

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2007

Pavel Čech

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Matematický model přestupu tepla při tvarování

The mathematical model of heat transfer during forming

Pavel Čech

KOD - 754

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Dvořák

ROZSAH PRÁCE:

Počet stran:	97
Počet obrázků:	55
Počet tabulek:	36
Počet příloh:	13

V Liberci 10.5.2007

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Dvořákovi za odborné rady a připomínky, trpělivost a ochotu při zpracování této diplomové práce. Moje poděkování patří i všem, kteří mi poskytli cenné informace a rady.

Poděkování patří rovněž i mým rodičům, kteří mi studium umožnili a podporovali mě, ostatním členům rodiny a přátelům.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 10.5.2007

.....
Pavel Čech

ANOTACE

Téma: Matematický model přestupu tepla při tvarování

Diplomová práce se zabývá studií přestupu tepla při tvarování a žehlení textilních materiálů v simulovaném modelu.

Teoretická část popisuje charakteristiku tepelně-tvarovacího procesu, druhy sdílení tepla a termoelektrické snímače.

Experimentální část práce je zaměřená na charakteristiku a rozbor měření. Porovnává reálný model a simulovaný model. Je vyjádřený matematickou diferenciální rovnicí. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulkách a zpracovány výpočtem i graficky.

Klíčová slova: sdílení tepla, žehlení, matematický model, simulovaný model

ANNOTATION

Subject: The mathematical model of heat transfer during forming

The diploma thesis deals with study of heat transfer during the textile materials forming and ironing process in simulated model.

The theoretic part is about the characteristics of thermal shaping process, characteristics of heat transfers and thermoelectric sensors

The experimental part of the thesis work is concentrated on the characteristics and analysis of experiment. Matching real model and simulated model. Expressed mathematical differential equation. The measured values are recorded in tables and processed by calculation and grafically

Pivotal words: heat transfer, ironing, mathematical model, simulated model

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

VŠEOBECNÉ

atd. – a tak dále
tzv. – tak zvaný
apod. – a podobně
obr. – obrázek
tab. – tabulka
např. – například
resp. – respektive
tj. – to je
kap. – kapitola
mat. – materiál
pozn. – poznámka
rov. – rovnice
č. – číslo
konst. - konstantní
popř. – popřípadě

POUŽITÉ MATERIÁLY

PES – polyester
WO – vlna

POUŽITÉ VELIČINY

t - celsiova teplota [$^{\circ}\text{C}$]
 T - termodynamická teplota [K]
 Δt - konečný teplotní rozdíl [$^{\circ}\text{C}$]
 t - čas [s]
 Q - teplo [J]
 λ - tepelná vodivost [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]
 φ - tepelný odpor [Km^2W^{-1}]
 δ - tloušťka stěny [m]
 c - měrné teplo [$\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
 ρ - hustota [kg m^{-3}]
 a - teplotní vodivost [m^2s^{-1}]
 α - součinitel přestupu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

OBSAH

1. Úvod.....		9
---------------------	--	----------

TEORETICKÁ ČÁST

2. Tepelně-tvarovací proces.....		10
2.1	Od historie po současnost tepelně tvarovacího procesu.....	13
2.2	Meze žehlicích teplot.....	15
2.3	Vliv teploty na tvarování vláken.....	16
2.3.1	Teplo	16
2.3.2	Měrné teplo.....	17
2.3.3	Teplota.....	18
2.4	Termické vlastnosti vláken.....	19
2.4.1	Fyzikální princip působení tepla na vlákno	19
3. Sdílení tepla.....		25
3.1	Časově stálé vedení tepla.....	27
3.2	Stacionární vedení tepla jednoduchou rovinnou stěnou.....	29
3.3	Nestacionární vedení tepla.....	31
3.4	Časově stálý prostup tepla.....	33
3.5	Prostup tepla rovinnou stěnou.....	33
3.6	Sdílení tepla konvekci bez změny skupenství tekutiny.....	34
3.7	Sdílení tepla zářením.....	35
3.8	Teplota a tepelný tok.....	36
4. Měření teploty.....		37
4.1	Rozdělení senzorů teploty podle působení měřeného objektu a čidla.....	39
4.2	Senzory pro dotykové měření teploty.....	40
4.2.1	Dilatační snímače.....	40
4.2.2	Elektrické snímače.....	40
4.2.3	Termoelektrické snímače	40
4.2.4	Speciální snímače.....	43
4.3	Senzory pro bezdotykové měření teploty.....	43
4.3.1	Termovize.....	45
5. Simulační prostředí programu Comsol Multiphysics™.....		46
5.1	Seznámení s Comsol Multiphysics™.....	46
5.2	Práce v programu Comsol Multiphysics™.....	46

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6. Charakteristika měření.....		50
6.1	První část: Reálný model měření přestupu tepla při žehlení vybraných textilních materiálů.....	51
6.1.1	Postup měření.....	51
6.1.2	Zpracování naměřených dat.....	53
6.1.3	Výpočet Δt [°C].....	54
6.1.4	Tabulky a grafy zpracovaných hodnot.....	56
6.1.5	Naměřené hodnoty textilního materiálu potřebné pro výpočet tepelného toku.....	67
6.1.6	Výpočet tepelného toku.....	67
6.1.7	Chyba měření.....	69
6.2	Druhá část: Simulační model přestupu tepla v Comsol Multiphysics™.....	71

6.2.1	Zpracování výsledků modelu.....	73
6.2.2	Výpočet tepelného toku z dat modelu.....	81
6.2.3	Chyba modelu.....	82
7.	Vyhodnocení výsledků.....	83
8.	Závěr.....	93
9.	Seznam použité literatury.....	94
10.	Seznam příloh.....	97

ÚVOD

Ve světě dochází neustále ke zdokonalování technologií a oděvní odvětví není výjimkou. Zvláště v poslední době se vývoj nových technologií urychlil. Hlavním cílem rozvoje oděvnictví je získání oděvních výrobků s potřebnými spotřebitelskými vlastnostmi v závislosti na jejich použití, nových směrech módy a ceně.

Oděv, v dnešní době výrazně ovlivňuje náš životní styl, odráží individualitu každého člověka. Výroba oděvů v textilním průmyslu, patří stále mezi hlavní stavební kámen i přes nárůst jiných netradičních použití.

Hlavní trend převážné části oděvů má charakter průmyslové hromadné výroby, která stále více musí akceptovat požadavky trhu na flexibilitu, kvalitu, pohodlnost nošení, módní požadavky zákazníka a cenu.

Vlastní výrobu je možné rozdělit na výrobu jednotlivých dílů (oddělovací proces), montáž jednotlivých dílů do celků a hotových oděvů (spojovací proces) a dokončovací proces (tvarování, žehlení, adjustace a balení). Přičemž vlhko-tepelné a tepelné tvarování se podílí na celém procesu výroby od montáže. Ovšem ke kvalitnímu vlhko-tepelnému a tepelnému zpracování je potřeba znát vlastnosti materiálu a potřebné parametry tvarovacího zařízení.

Značný rozmach vývoje a výroby syntetických vláken v podstatné míře ovlivnil zpracovaný sortiment oděvních materiálů. Zavedení nových druhů materiálů do oděvní výroby, zvyšování podílu syntetických vláken, stanovení různých komponentů ze syntetických a přírodních vláken si vyžádalo změny v technologii zpracování.

Při stanovování technologických parametrů se musí věnovat pozornost rozdílným mechanicko-fyzikálním vlastnostem přírodních a syntetických vláken. Některé komponenty, které vznikly ze směsí přírodních a syntetických vláken, získaly vhodné spotřebitelské vlastnosti, ale rozdílné vlastnosti vláken ovlivňují technologii zpracování.

Z tohoto důvodu je důležité u vlhko-tepelného a tepelného zpracování textilních materiálů stanovení vhodných parametrů žehlicího procesu.

Těmito hlavními parametry jsou : teplota média [°C], tlak působící na materiál [kPa], vlhkost [%], čas působení tepla, tlaku a vlhkosti [s]

Druhotným činitelem při stanovení uvedených hlavních parametrů je způsob jejich dosažení, který značně ovlivňuje výsledný efekt zpracování a je dán druhem materiálu a operacemi vykonávanými na oděvním výrobku.

Pro spotřebitele významnou charakteristikou oděvů jsou, kromě užitných vlastností, estetické a módní parametry, které velmi silně ovlivňují obchodní úspěch na trhu. Z těchto důvodů význam vlhko-tepelného a tepelného zpracování oděvů, tj. tvarování oděvů a oděvních součástí, žehlení a podlepování stále vzrůstá a stává se i měřítkem kvality oděvní výroby.

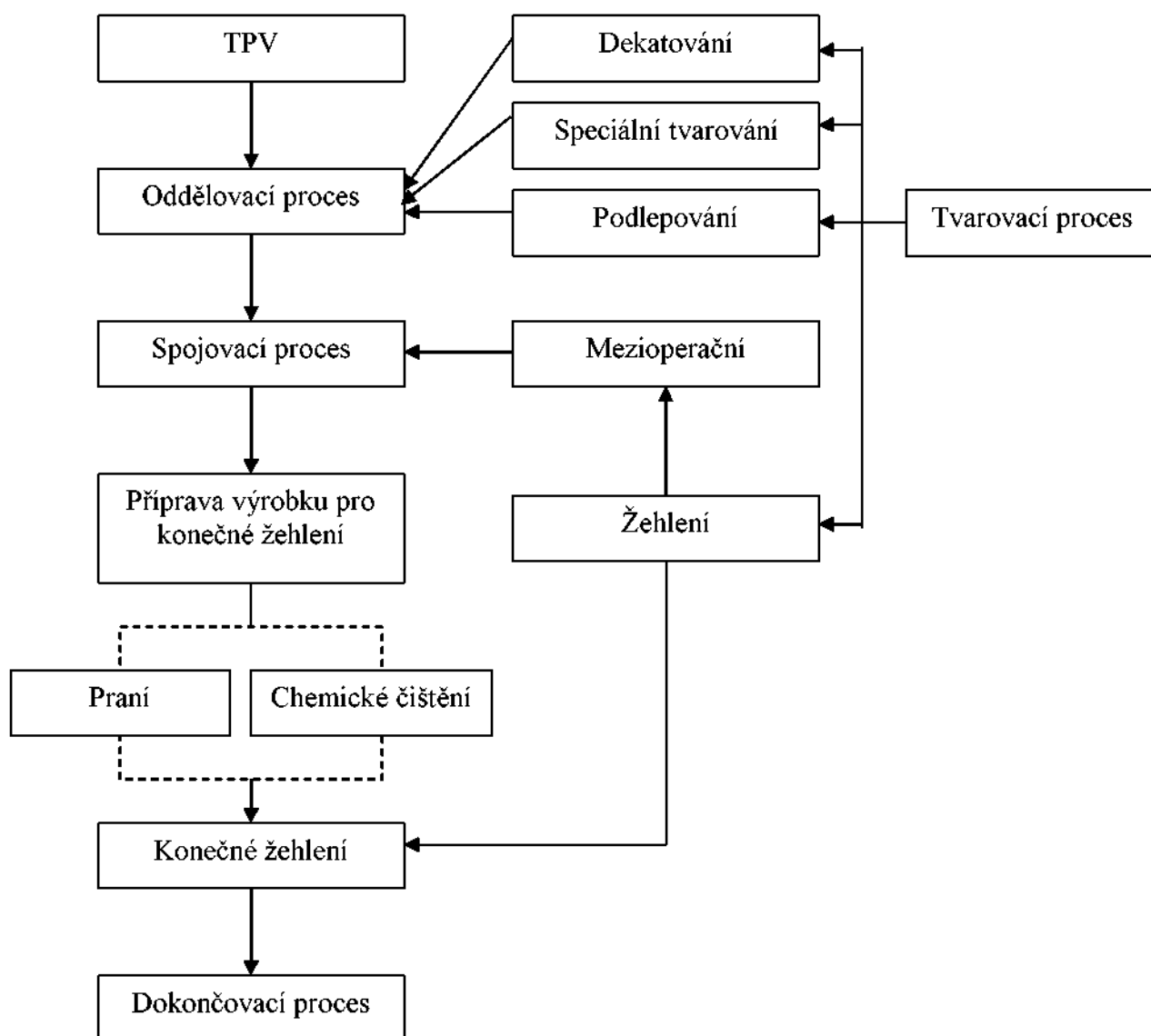
Celosvětovým trendem jakékoliv výroby, tedy i tvarovacího procesu je zefektivňování, zvyšování automatizace a hledání nových progresivních metod pro jeho urychlení. Estetická stránka oděvního výrobku je velmi důležitá a právě tvarování ji může velmi významně ovlivnit.

2. TEPELNĚ–TVAROVACÍ PROCES

Tvarování představuje tepelné a vlhko-tepelné procesy působení na oděv, které mu dodávají tvar. Tvarovací proces provází oděv během celého výrobního procesu, hlavně tedy v závěrečné fázi výrobního procesu. Proto se tedy nevyplatí jej zanedbávat za účelem dosažení časových úspor a zvětšení výrobní kapacity. Cílem tvarování je dodat oděvnímu výrobku prostorový tvar, maximální tvarovou stálost a zlepšit jeho estetický vzhled, za působení fyzikálně mechanických procesů.

Kvalitní provedení jednotlivých operací žehlení je ovlivňováno různými faktory, jimiž jsou vlastnosti materiálů, ze kterých jsou oděvní výrobky zhotoveny, způsoby jejich přepravy a také uskladnění. Poslední dva faktory převážně působí na konečný vzhled výrobku. Nesprávné zacházení s výrobky může mít za následek znehodnocení i řádně provedené vlhko-tepelné a tepelné tvarovací operace.

Jeho jednotlivé prvky tvarování spolu s jejich začleněním do jednotlivých procesů konfekční výroby znázorňuje následující blokové schéma



Graf 2.1: Schéma tvarovacího procesu a jeho začlenění do konfekční výroby oděvů [1]

Dekatování - působení tepla a páry na oděvní materiál a jeho fyzikálně mechanické vlastnosti, pro zajištění jak tvarové tak rozměrové stálosti.

Speciální tvarování – vyskytuje se zejména při zpracovávání textilních (i některých netextilních - kůže) materiálů. V oděvním průmyslu do této skupiny zařazujeme plisování. Mezi speciální tvarování může být zařazeno také tvarování svršků obuvi, výroba plstěných klobouků, vyrážení kožených etiket (pro jeansové oblečení, ...).

Plisování - oděvních výrobků znamená vytváření skladů materiálu, tedy skládání materiálu na hranu. Plisování oděvních výrobků a jejich částí je výhradně módní záležitostí,

používaná převážně na dámské a dětské oděvy. Plisuje se před, nebo na konci oddělovacího procesu.

Podleповání - velkoplošné podleповání součástí oděvních výrobků pro získání tvaru a náležité pružnosti podleпенé části výrobku. Při podleповání se vytváří za působení teploty, tlaku po určitou dobu trvalé spojení vrchového materiálu s výstužnou vložkou pomocí termoplastických pojiv. Za podleповání se nepovažuje lepení, které znamená pouze spojení dvou součástí, popř. zajištění okrajů proti třepení. Parametry podleповání: *teplota, tlak a čas*.

Žehlení - tepelné nebo vlhko-tepelné zpracování oděvního výrobku za účelem zlepšení jeho vzhledu a zachování jeho tvaru dosaženého střihem a zpracováním [1].

Tvarováním se rozumí technologický, fyzikálně-chemický nebo fyzikálně mechanický proces, který napomáhá k vytvoření požadovaného rovinného nebo prostorového útvaru. Tvarovatelnost závisí na: [1]

- tepelně-fyzikálních a mechanických vlastnostech materiálu,
- podmínkách tvarování (teplotě, času, působící síle a vlhkosti),
- potřebě uchování dosaženého tvaru (dnes řešeno převážně podleповáním)

Vlhko-tepelným zpracováním dochází v textilií v důsledku působení tepla, vlhka a tlaku k oslabení a narušení mezimolekulárních vazeb a tím ulehčení deformace a přemístění jednotlivých úseků makromolekulárních řetězců textilních vláken v souladu s velikostí a směrem tvarující síly. Při odstraňování vlhkosti z vláken se vytváří mezimolekulární vazby v nové poloze a následným snížením teploty se vzniklé vazby upevňují a tím fixují získanou deformaci.

Z toho vyplývá, že samotné žehlení neprobíhá jen při tepelném zpracování a při mechanické deformaci, ale i při přechodu z teplé oblasti do chladné, tzn. při rychlém ochlazení.

2.1 OD HISTORIE PO SOUČASNOST TVAROVACÍHO PROCESU

Žehlení představuje původní způsob tvarování oděvních výrobků. Zpočátku se prádlo lisovalo nebo válečkovalo, v 15. století se objevila horká žehlička. V minulosti žehlička vypadala jako hlazený kovový blok s držadlem. Po ohřátí např. na plotně kuchyňských kamen umožňovala tepelná setrvačnost kovového bloku udržet po několik minut dostatečnou teplotu, aby se dalo žehlit. Po vystydnutí bylo třeba žehličku položit na plotnu a nechat znovu zahřát. Tvar žehličky připomíná chodidlo s trojúhelníkově zakončenou špičkou na jedné straně a s plochým okrajem na straně „paty“. Tento tvar se vzhledem k pohodlnému žehlení ujal také v dalších, modernějších konstrukcích.



Zdokonalením žehličky byla konstrukce, kdy se na „chodidlo“ umístilo malé ohniště na dřevěné uhlí, kde bylo možné vložit několik rozžhavených uhlíků, které udržovaly vysokou teplotu žehličky, aniž by bylo nutné ji každou chvíli odstavovat na horkou plotnu. Další alternativou byly žehličky, kde se topilo lihem.

Ve 20. století se rozšířily žehličky, kde byla uvnitř elektricky zahřívána spirála s příkonem několika set wattů a která byla napájena z elektrické sítě domovního rozvodu. První elektrické žehličky se objevily v 90. letech 19. století. Později se do žehličky přidal termoregulátor, který umožňuje udržet požadovanou teplotu s přesností na několik stupňů Celsia, a kromě toho se v žehličce objevila i zvlhčovací zařízení (napařovací žehlička).

Princip zařízení sloužící k žehlení, čili vyhlazování tkaniny pomocí vysoké teploty a tlaku. Žehlení působí tak, že se vlivem teploty uvolňují vazby v molekulách polymerů tvořících vlákna tkaniny. Když jsou vlákna horká, pod tlakem žehličky se narovnávají a po ochlazení si uchovávají svůj tvar. U některých látek jako např. bavlna je potřeba též použít vodu. [15]

V současnosti jsou žehlící zařízení vyhřívány elektricky, párou nebo je možné kombinovat oba tyto způsoby.

Parní ohřev se v převážné většině průmyslových podniků zajišťuje centrální výrobou páry a to tak, aby kvalita páry na všech úsecích byla dostatečná. Podle umístění kotleny se musí vyrábět pára taková, aby ve spotřebičích měla hodnoty, které jsou vhodné pro vlhko-tepelné tvarování. To znamená, že ve spotřebiči se musí hodnota páry pohybovat těsně nad křivkou sytosti ($x = 1$) i - s diagramu vodní páry. Pára se pohybuje v rozmezí

teplot 150-160 °C. Spotřebičem, kterým je často zařízení pro vlhko-tepelné zpracování oděvních výrobků může být žehlička, tvarovky žehlicích strojů, vyhřevné komory, atd.

U elektricky vyhřívaných zařízeních se elektrická energie mění na tepelnou. Při elektrickém ohřevu, který se používá ve velmi malém měřítku jen na některé druhy tepelného zpracování v mezioperačním technologickém procesu, se teplota reguluje pomocí termoregulátoru v toleranci ± 5 °C. Tento druh ohřevu se používá na podlepování součástí a dílů oděvní výroby. Do elektricky vyhřívaných těles se montují vyhřevné články různé konstrukce. Teplota je regulovatelná v rozmezí 50-200 °C. [15]

Žehlení je tepelné nebo vlhko-tepelné zpracování oděvního výrobku za účelem zlepšení jeho vzhledu a zachování jeho tvaru dosaženého stříhem a zpracováním. Žehlení umožňuje, aby si výrobek dočasně podržel požadovaný tvar a vzhled, jde tedy o vratný proces.

Ve výrobním procesu rozlišujeme tři fáze úprav žehlením: [1]

Žehlení před šitím – podlepování a tvarování.

Mezioperační žehlení – je součástí spojovacího procesu, usnadňuje spojení šitých dílů a součástí. Kvalita jeho provedení výrazně ovlivňuje jakost hotového výrobku.

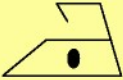
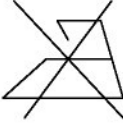
Konečné žehlení – je součástí dokončovacího procesu, jeho úkolem je dodat oděvnímu výrobku konečný tvar a estetický vzhled. Pro dosažení konečného vzhledu se konfekční výrobky zpracovávají tepelným nebo v současnosti nejčastěji používaným vlhko-tepelným žehlením. Způsob žehlení závisí na použitém oděvním materiálu. V zásadě platí, že:

- **tepelným žehlením** se zpracovávají materiály, u kterých nehrozí nebezpečí vzniku lesku při kontaktu s tvarovkou (pracovní oděvy, prádlové bavlněné výrobky, ...) nebo u materiálů, kde by mohly vzniknout působením páry skvrny a vrásnění (podšívky).
- **vlhko-tepelným žehlením** se zpracovávají materiály vlnařského typu, vlasové materiály, u kterých je stálost tvarování podmíněná propařením materiálu, případně materiály, u kterých hrozí vznik nežádoucího lesku. Tento způsob žehlení je stále více aplikován i pro syntetické materiály (mikrovlákna, apod.) pro vyšší efektivnost konečného vzhledu výrobku.

Konečnému tvarovacímu procesu může předcházet praní a chemické čištění. Toto se provádí jen v případě, že materiál oděvního výrobku tuto úpravu vyžaduje pro svůj konečný vzhled (jeansové oblečení, . . .), nebo pokud byl výrobek během zpracování znečištěn.

2.2 MEZE ŽEHLÍCÍCH TEPLIT

Krátkodobé působení teploty a vlhkosti pod teplotu měknutí ϑ_M je používáno v oděvní technologii při tzv. vlhko-tepelném zpracování, kde pomocí těchto vlivů je oděvní textilie tvarována (vytahována, srážena). Dochází k přestavbě sekundárních vazeb a jejím následkem částečně a dočasně ke změně tvaru. Děje se tak v kaučukovitém stavu polymeru (kap. 2.4.1). Účinků tepla je rovněž využíváno při údržbě výrobků, kde teploty žehlení jsou stanoveny podle druhu použité suroviny, aby nedošlo k poškození. Meze žehlicích teplot vystihuje tab. která vychází z ČSN EN 60311. Norma ISO 3758 obsahuje značení textilií pro maximální teploty žehlení. [1,2]

Značení	Teplota žehlicí desky °C		Materiál, např.
	Minimum	Maximum	
	70°C	120°C	Acetát, elastan, polyamid, polypropylén, syntetická vlákna, přírodní hedvábí
	100°C	160°C	Cupro, polyester, hedvábí, triacetát, viskóza, vlna
	140°C	210°C	Bavlna, len
	nežehlí se		

Tab 2.2.1. Meze žehlicích teplot a jejich označení.

2.3 VLIV TEPLoty NA TVAROVÁNÍ VLÁKEN

Při tvarování hraje velice důležitou roli teplota. Je jedním z důležitých činitelů podílejících se na kvalitním tvarování. Samotná teplota nám není nic platná, pokud neznáme její optimální hodnotu k tvarování. Při nízké teplotě nedojde k požadovanému tvarování, při vysoké zase může dojít k poškození.

V prvé řadě musíme tedy rozlišit typ textilních vláken (podle struktury). Je potřebné uvědomit si rozdíl, zda budeme tvarovat plošné textilie (resp. vlákno) ze syntetických polymerů, či z přírodních polymerů, případně jejich směsi.

Je nutné rozlišit jaký je vliv tepla a teploty na vlákna z přírodních polymerů a vlákna ze syntetických polymerů.

Základní rozdělení textilních vláken: [2]

- přírodní vlákna
- chemická vlákna

2.3.1 TEPLo

Teplo je forma energie související s neuspořádaným pohybem částic dané soustavy. Teplo je určené energií (změnou vnitřní energie), kterou při tepelné výměně odevzdává teplejší těleso chladnějšímu (sdílení tepla = předávání vnitřní energie). Množství tepla není stavovou veličinou. Teplo se jako fyzikální veličina značí „ Q “. Základní jednotkou tepla je 1 J (joule), což je jednotka práce (energie), $[Q] = [W] = 1 \text{ J}$.

Když těleso (soustava) přijme z okolí teplo Q , zvětší se jeho vnitřní energie, což se může projevit zvýšením teploty o hodnotu ΔT . Veličina se nazývá **tepelná kapacita** tělesa (soustavy) Předpokládáme, že při přijetí tepla Q nenastala skupenská přeměna. Tepelná kapacita tělesa závisí na chemickém složení tělesa, hmotnosti, stavu a na způsobu přijímání tepla. Jednotkou tepelné kapacity je $1 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ [3, 4, 5].

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \quad (2.3.1.1)$$

Kromě počátečního a konečného stavu závisí na způsobu procesu. Dodáním (vydáním) tepla se mění teplota tělesa a s ní také ostatní fyzikální vlastnosti (objem, tlak) soustavy. Množství tepla se měří kalorimetrem.

Teplo charakterizuje způsob přenosu tepla. [3, 4, 5]

Teplo se šíří: [3, 4, 5]

- *vedením* (nárazy molekul na sebe – tuhé látky),
- *prouděním* (kromě nárazů molekul i jejich přemístění – kapalina, plyn),
- *sáláním* (přenos tepla tepelným zářením, prostor mezi zdrojem tepla a tělesem se neohřívá – plyn nebo vakuum).

Při žehlení se teplo šíří prouděním a vedením, ale to za předpokladu použití páry (jako média) a tepla. Pára je mnohem efektivnější, dodává nejen teplo, ale i vlhkost.

2.3.2 MĚRNÉ TEPLLO

Měrné teplo (měrná tepelná kapacita) je množství tepla, které je třeba dodat, aby teplota 1 kg látky vzrostla o 1 K (1 °C). Veličinu - měrné teplo - označujeme „ c “. Jednotkou měrného tepla je 1 joule na 1 kilogram a 1 Kelvin. Měrné teplo závisí na druhu látky a částečně i na její teplotě. [3]

Jestliže dodáme tělesu o hmotnosti „ m “ teplo „ ΔQ “, zvýší se teplota tělesa o přírůstek „ ΔT “ (za předpokladu, že se nemění skupenství látky).

Rovnice pro výpočet tepla (2.1). [3]

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta t) \quad [\text{J}], \quad (2.3.2.1)$$

kde ΔQ je dodané teplo [J], c je měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$], m je hmotnost látky [kg], ΔT (Δt) je teplotní rozdíl (změna) [K] ([°C]).

2.3.3 TEPLOTA

Teplo je formou přenášené energie mezi systémem a okolím. Jeho přenos je vyvolán tepelným působením mezi systémem a okolím, jinak řečeno rozdílem teplot systému a okolí, teplotním spádem.

Je to míra intenzity tepelného pohybu molekul. Dodáním tepla se tělesa zahřívají, zvětšuje se jejich teplota. Dodáním stejného množství tepla se různé látky ohřejí o různou teplotu.

Systému dodávané teplo považujeme za kladné, odváděné za záporné.

Teplo má řadu společných vlastností s mechanickou prací, ale v některých svých vlastnostech se tyto dvě veličiny liší.

Závisí to jednak na tepelných vlastnostech látky a také na jejich množství (hmotnosti). Základní jednotkou teploty je 1 K (Kelvin). Vedlejší jednotkou teploty je $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (stupeň Celsia). Teplota je fyzikální veličina popisující teplotní stav systému, tělesa. Je to veličina stavová, intenzivní (nezávisí na množství látky). [3]

Teplota se stanovuje pomocí teplotní stupnice. Aby byla stupnice jednoznačná, musí být definovány dva údaje. Prvním údajem je základní bod stupnice a druhým je jednotka teplotního rozdílu (stupeň). [3]

Značení fyzikální veličiny teploty: [3]

- t nebo ϑ (značí se malými písmeny) – Celsiova teplota, jednotka $[^{\circ}\text{C}]$,
- T nebo Θ (značí se velkými písmeny) – termodynamická teplota (absolutní), jednotka $[\text{K}]$.

Mezi termodynamickou teplotou T , vyjádřenou v Kelvinech a teplotou t , vyjádřenou ve stupních Celsia, platí převodní vztahy (2.2): [3]

$$T [\text{K}] = t [^{\circ}\text{C}] + 273,15 \quad (2.3.3.1)$$

Pro teplotní rozdíl platí (2.3): [3]

$$\Delta t [^{\circ}\text{C}] = \Delta T [\text{K}] \quad (2.3.3.2)$$

Teplotní stupeň je u obou stupnic stejný. Termodynamická teplota nezávisí na teploměrné látce. [3]

Teplota je fyzikální veličina popisující teplotní stav systému, tělesa. Je to veličina stavová. [3, 5]

2.4 TERMICKÉ VLASTNOSTI VLÁKEN

Termické nebo tepelné vlastnosti vláken patří mezi nejdůležitější fyzikální vlastnosti vláken. Při působení tepla na vysokomolekulární látku dochází podle fyzikálních zásad ke změně její struktury, která se navenek jeví jako změna tvaru a později jako změna fáze. Podle průběhu změn při působení tepla se polymery rozdělují na: [1, 6]

- **termoplasty** – při ohřevu vzrůstá pohyb jejich molekul. Polymer působením tepla měkne, při ochlazení se vrací do výchozího stavu. Mluví se o reverzibilním – vratném ději. Příkladem termoplastických látek je polyester, polyamid, [1, 6]
- **termosety** – působením tepla se vazby ještě více propojují. Chemici hovoří o zesíťování struktury. Dochází k vytvrzování polymeru. Tento děj je ireverzibilní – nevratný. Příkladem jsou epoxidové pryskyřice, bakelit. Termosety se z tohoto důvodu pro textilní a oděvní účely nepoužívají. [1, 6]

Mezi tepelné vlastnosti vláken zahrnujeme vlastnosti, které se projevují, když na vlákenný materiál nebo hotové textilní výrobky působí tepelná energie. [7]

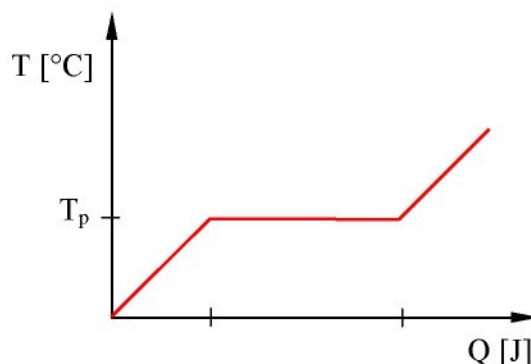
Mezi nejdůležitější tepelné vlastnosti patří: [7]

- tepelná vodivost (tepelně izolační vlastnosti),
- stálost při vyšších teplotách,
- teplota zesíťování, měknutí a tavení,
- změna barvy,
- zápalnost, hořlavost,
- tepelná stabilizace.

2.4.1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP PŮSOBENÍ TEPLA NA VLÁKNO

Zahříváním pevné látky stoupá její teplota. Růst teploty je tím větší, čím větší je specifické teplo dané látky. Projevy hmoty při vnějším působení tepla jsou rozdílné a to podle toho, zda se jedná o nízkomolekulární nebo vysokomolekulární látku. Molekula nízkomolekulární látky, jež je stavební jednotkou krystalické struktury (mřížky), při ohřevu rozrušuje jen jeden typ vazeb. Z toho důvodu je křivka ohřevu (obr. 2.4.1.1) charakteristická prodlevou na konstantní teplotě (ϑ_p teplota přeměny fáze), kdy se

meziatomové vazby rozrušují dodávaným teplem a teprve po porušení všech dojde ke zvýšení teploty (led – voda). [1, 6, 8]



Obr. 2.4.1.1: Křivka ohřevu nízkomolekulární látky (H_2O).

Přeměna fází u vysokomolekulárních látek: [1, 6]

Molekulová struktura vysokomolekulárních látek je mnohem složitější. Tvar molekul, tuhost řetězců, stupeň krystalinity – to jsou určující faktory pro změny vlastností při působení tepla. Teploty prudkých změn jsou pro jednotlivá vlákna specifické a jsou spojené se změnou pohybu molekulového řetězce. V některých případech je možné hovořit o vícero tepelných přechodech. Ve většině případů se hodnotí a pozoruje fázový přechod I. řádu a fázový přechod II. řádu.

Nejobvyklejší **fázový přechod I. řádu** je tavení. Zahrnuje změnu pravidelného uspořádání krystalitů na neuspořádanou formu – taveninu se strukturou kapaliny. Charakterizovaný je teplotou tavení nebo také teplotou zvratu I. řádu T_m .

Fázový přechod II. řádu nevyvolá změny molekulového uspořádání řetězců, ale mění se reakce struktury. Charakterizován je teplotou zesklenní T_g (nebo také teplotou zvratu II. řádu T_{II}) – teplotou, při níž je dodaná tepelná energie v rovnováze s energií mezimolekulových sil tvořících potenciální bariéru rotace segmentů řetězce. Nad teplotou zesklenní se mezimolekulové síly uvolňují, segmenty řetězce jsou schopné rotovat. Tento přechod je důležitý u polymerů, neboť v této fázi má polymer vlastnosti podobné jako vysoce pružný kaučuk s výbornou tažností. Se stoupající krystalinitou se T_g zvyšuje, intenzita projevu se zmenšuje. Úplně krystalické polymery přechod II. řádu nemají.

Zjednodušeně lze popsat chování polymeru při zvyšující se teplotě podle následujícího postupu. Při nízkých teplotách vibrují v polymeru pouze atomy kolem

rovnovážných poloh. Polymer se jeví jako tvrdý a křehký, vykazuje pouze Hookovy elastické deformace. Tento stav se nazývá **skelný** a platí do teploty T_g (ϑ_{II}).

Při další dodávce tepla se rozkmitají celé amorfnní segmenty makromolekul a následně se různě přemisťují a mohou vykonávat difúzní pohyb na krátkou vzdálenost (obr. 2.4.1.2). Tento stav se nazývá **kaučukovitý**. Vykazuje při mechanickém namáhání elastické a současně plastické deformace – viskoelastické deformace. Proto se tento stav nazývá také viskoelastický. Mezi skelným a kaučukovitým stavem se nachází přechodová oblast, při níž dochází k prudké změně některých vlastností vláken, jako je pevnost, optické vlastnosti, entalpie H , měrné teplo. [1, 6, 8]



Obr. 2.4.1.2: Různé konformace amorfnních částí makromolekul při působení tepla.

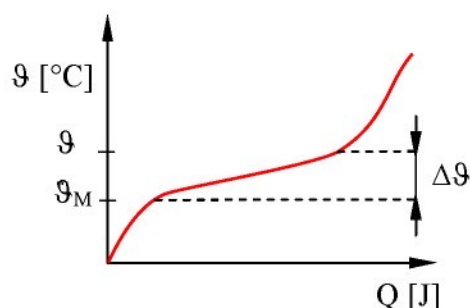
Další dodávkou tepla a již pohybujícími se amorfnními částmi makromolekul dojde k rozrušování sekundárních vazeb v krystalické oblasti. Molekuly mají možnost skluzu (obr. 2.4.1.3), dochází při aplikaci vnější silou k jejich nevratnému posuvu. Termoplastická vlákna obsahují velmi nízké procento příčných (sekundárních) vazeb, což umožňuje jejich vyšší pohyblivost. Polymer vykazuje vysokou plastickou deformaci, je to tzv. **plastický stav**. [1, 6, 8]



Obr. 2.4.1.3: Posuv (skluz) molekul při působení vnější silou.

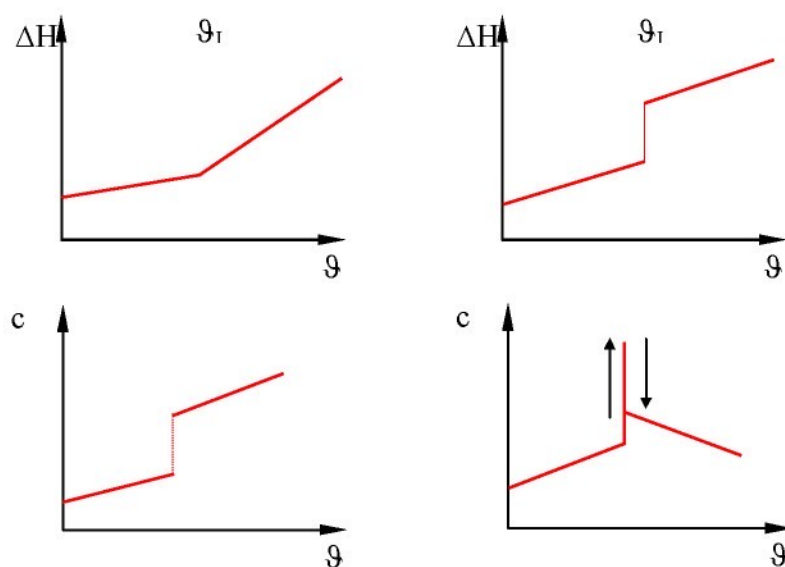
Mezi kaučukovitým a plastickým stavem se nachází přechodová oblast, tzv. teplota měknutí ϑ_M (teplota tečení T_f), při níž dochází k rozrušování prvních sekundárních vazeb. Teoreticky rozrušením poslední sekundární vazby v polymeru jsou roztaveny všechny krystality a tato teplota je označována jako teplota tání T_T nebo také jako teplota zvratu I. řádu - ϑ_I . Nad touto teplotou se polymer vyskytuje ve formě viskózní kapaliny.

Grafický průběh ohřevu vysokomolekulárních látek (obr. 2.4.1.4), následkem popsáných dějů, vykazuje teplotu měknutí a tání jako charakteristické ohyby na křivce ohřevu vlákna. [1, 6, 8]



Obr. 2.4.1.4: Grafický průběh ohřevu vlákna z vysokomolekulárních látek.

Teplotní rozdíl $\Delta\Theta$ udává množství krystalického podílu ve vlákne. Obvykle se pohybuje v intervalu 15 – 17 °C. Teplota zvratu II. řádu - Θ_{II} není na křivce ohřevu odečitatelná (pohlčená tepla jsou velice malá), ale dochází při ní ke změně entalpie ΔH a měrného tepla c , které jsou zobrazeny na obr. 2.4.1.5 i pro teplotu tavení Θ_T . [1, 6, 8]



Obr. 2.4.1.5: Změna entalpie ΔH a měrného tepla c pro Θ_{II} a Θ_T

Pro přesné určení hodnot těchto veličin je to nedostatečné, proto jsou použity jiné metody, např. DTA – diferenční termická analýza. DTA využívá skutečnosti, že každá strukturálně-chemická změna v látce je provázána změnou teplotní. V DTA křivce jsou zobrazeny i přeměny krystalické struktury. Pomocí DTA křivky se dá poměrně přesně určit velikost

teplot, při kterých dochází ke strukturálním změnám vlákna. Tímto způsobem se určují mezní teploty ($\vartheta_{II}, \vartheta_I$)... [1, 6, 8]

Pro zjišťování mezní teploty vzorku vláken pomocí DTA je vzorek vložen do ohřátého bloku s přesně programově lineárním ohřevem ($f(t)$), kde ϑ je teplota ($^{\circ}\text{C}$) a t je čas (s). Přesné snímače teplot registrují teplotu vzorku a teplotu srovnávacího vzorku (Al_2O_3). Teplotní rozdíl je nepřetržitě snímán a graficky zobrazen. [1, 6, 8]

Nejjednodušší zjištění teploty tání vlákna se provádí na speciálním mikroskopu s vyhřevným stolek. [1, 6]

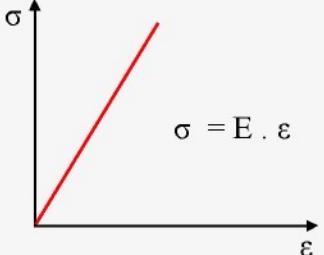
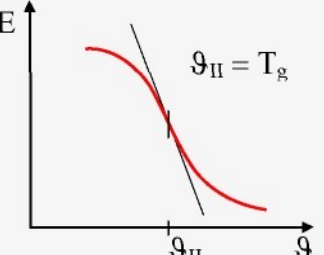
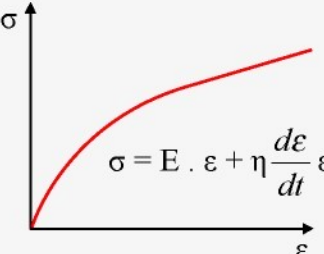
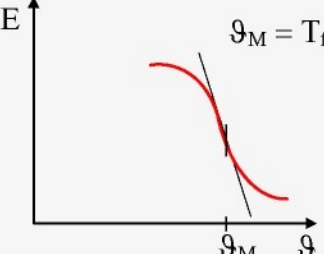
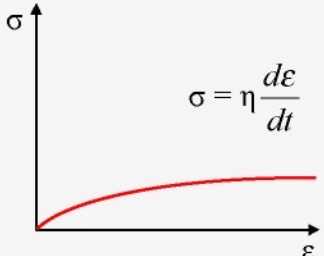
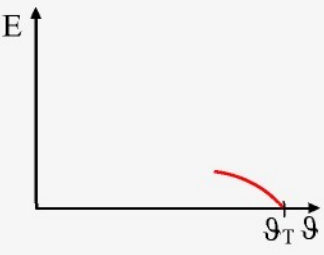
Pro termoplastická vlákna jsou jak po identifikační tak po technologické stránce nejdůležitější tyto teploty: [1, 6, 8]

ϑ_{II} – **teplota zvratu II. řádu**, nad níž se provádí dloužení syntetických vláken, žehlení a tvarování oděvních výrobků (viskoelastické deformace),

ϑ_M – **teplota měknutí** – oblast termofixace, ustalování tvaru vláken a plošných textilií, odstranění pnutí

ϑ_I – **teplota zvratu I. řádu** – teplota tání

V tepelně tvarovacím procesu pracujeme v oblasti teplot kaučukovitého stavu (vlákna se dají žehlit, tvarovat a dloužit). Popis jednotlivých stavů je uveden v tab. 2.4.1.1. [1, 6]

STAV POLYMERU	TERMODYNAMICKÁ CHARAKTERISTIKA
Sklovitý stav • tvrdý polymer • vibrace atomů kolem rovnovážných poloh • elastická deformace ε_E	
Přechodová oblast teplota zvratu II. řádu (ϑ_{II}) = teplota skelného přechodu (T_g)	
Kaučukovitý stav • přemísťování amorfních segmentů molekul • různé konformace molekul • viskoelastické deformace $\varepsilon_E + \varepsilon_P$	
Přechodová oblast • počátek tání krystalitů teplota měknutí (ϑ_M) = teplota tečení (T_f)	
Plastický stav • translační pohyb molekul, jejich změna je nevratná • viskózní tok • plastická deformace ε_P	
Teplota zvratu I. řádu (ϑ_I) = teplota tání (T_T) • roztavení všech krystalitů	

Tab.2.4.1.1: Přehled působení tepla na vlákno.

VLÁKNO	MEZNÍ TEPLoty		
	ϑ_{II} [°C]	ϑ_M [°C]	ϑ_I [°C]
acetát	180	175 – 205	232
triacetát	105	225	290 – 300
polyamid 6	40	170 – 190	215 – 218
polyamid 6.6	47	235	245 – 255
polyester	80	230 – 240	250 – 260
polypropylén	-10	149 – 160	163 – 175
polyakrylonitril	104	190 – 220	235 – 250 (rozpad)
polyuretan	–	170	183

Tab. 2.4.1.2: Charakteristické teploty vybraných syntetických vláken.

VLÁKNO	ÚČINEK TEPLA
bavlna	při 120 °C zlehka žloutne, při 150 °C hnědne, při 400 °C vzplane,
vlna	při 100 °C křehne, při 130 °C rozkládá se, při 205 až 300 °C hoří nebo uhelnatí, 600 °C teplota zápalnosti
přírodní hedvábí	při 175 °C rozkládá se
viskóza	při 150 °C ztrácí pevnost při 175 až 205 °C rozkládá se

Tab. 2.4.1.3: Charakteristické teploty vybraných vláken z přírodních polymerů.

3. SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení tepla – termokinetika – je nauka o šíření tepla v prostoru a čase. Ve smyslu druhého zákona termodynamiky se teplo samovolně šíří z místa vyšší teploty do místa nižší teploty. Mezi částmi těles, mezi dotýkajícími se tělesy, ale i mezi tělesy, která nejsou v bezprostředním kontaktu dochází k výměně tepelné energie.

Přenos tepla se v zásadě děje třemi odlišnými mechanizmy. Pokud dochází k výměně energie mezi interagujícími sousedícími molekulami, hovoříme o **vedení** tepla. V tekutinách může docházet k přemísťování teplejších oblastí, zahrnujících makroskopická množství částic, v prostoru vyplněném látkou.

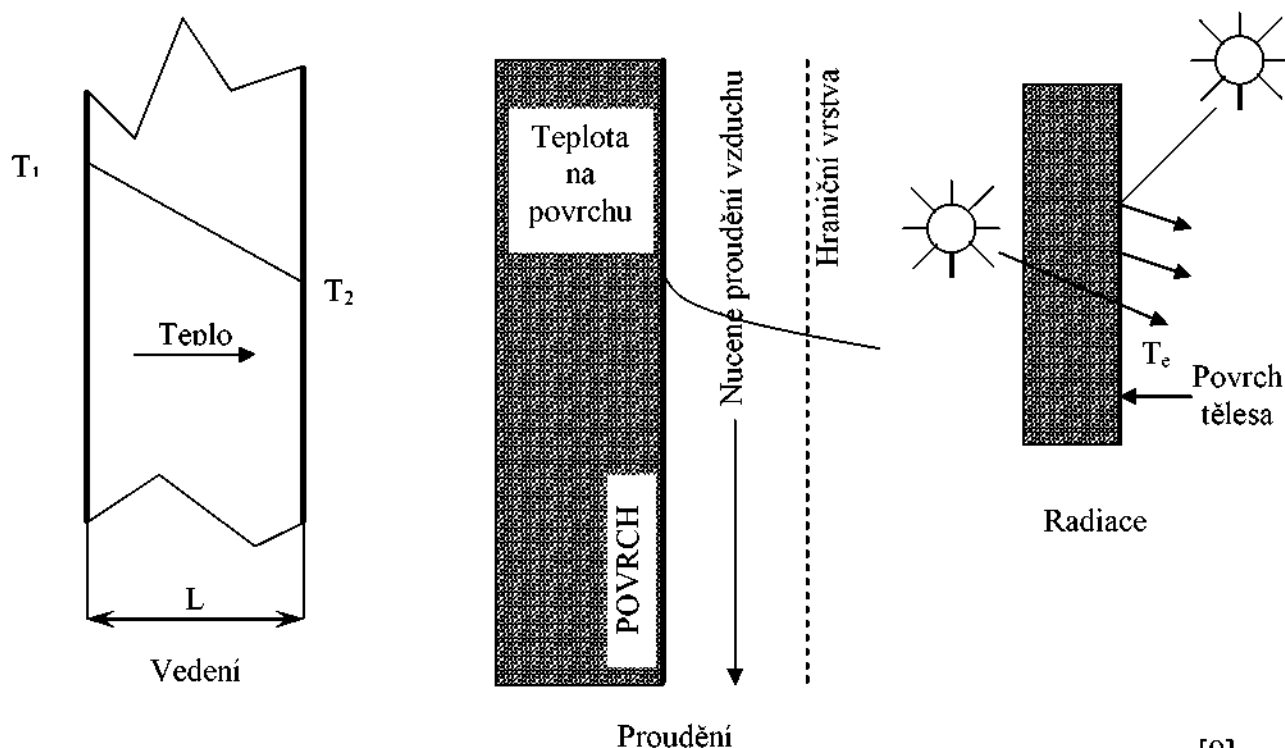
Teplo se v tomto případě šíří **prouděním**. Tělesa vyměňují energii s okolím také prostřednictvím emise a absorpce elektromagnetických vln, které vysílá každé těleso v závislosti na jeho teplotě (tzv. teplotní záření), jde o přenos tepla **zářením**. V tomto

případě není k přenosu potřeba žádné hmotné prostředí, elektromagnetické vlny se šíří i vakuem [10].

Sdílení tepla vedením hmoty (kondukce) je pohyb tepla v důsledku konečného rozdílu teploty v tuhé fázi hmoty nebo v klidové kapalně nebo plynné fázi hmoty. Vedení tepla je ve smyslu kinetické teorie tepla důsledek energetické výměny mikropohybu molekul hmoty. Sdílení tepla vedením v pevných látkách je transportem tepelné energie ve směru klesající teploty, děje se tedy mezi bezprostředně sousedícími částicemi tělesa. V plynech a kapalinách se k tomuto sdílení tepla vedením připojuje též sdílení tepla prouděním a u látek částečně propouštějících zářivou energii sdílení tepla sáláním (u skla).

Sdílení tepla prouděním hmoty (konvekce) je pohyb tepla v důsledku konečného rozdílu teploty v proudící kapalně nebo plynné fázi hmoty. Sdílení tepla v proudících tekutinách se uskutečňuje makro pohybem (smíšením) molekul hmoty o různé teplotě.

Sdílení tepla zářením hmoty (radiace) je přenos tepla, uskutečňovaný elektromagnetickým vlněním určité vlnové délky. Tepelné záření (sálání) je jediný způsob, jakým se teplo šíří ve vakuu a tělesa se navzájem nedotýkají.



[9]

V technických případech se na přenosu tepelné energie podílejí všechny tři způsoby současně, ale ne rovnoměrně. Pokud jeden způsob značně převažuje nad dvěma ostatními, podstatně se zjednoduší řešení případu.

Žehlení je příkladem prostupu, jedná se o komplex všech druhů sdílení tepla, i když určitý druh je zastoupen více, jiný méně a některý zanedbatelně. Jedná se o pole nestacionární, kdy se teploty časem mění.

Při vlhko-tepelném zpracování můžeme tento děj aproximovat na příkladu prostupu tepla nekonečnou deskou, která je na obou stranách udržována na konstantních teplotách. Sdílení tepla je zde však vedením a prouděním. Konvekce je způsobena prostupem páry. U vlhko-tepelného tvarování v neustáleném stavu zvětšuje tepelný tok kondenzační teplo. Následkem sorpce je uvolněné teplo vyšší a náběh teploty je rychlejší. V ustáleném stavu při prostupu páry se textilie nahřívá a nastává bobtnání vláken, zvětšující tepelnou vodivost a celkový tepelný tok.

Při pohybu žehličky má vliv také kondenzace páry, intenzita ohřevu následkem páry v materiálu a jevy sorpčních a termických vlastností materiálu.

3.1 ČASOVĚ STÁLÉ VEDENÍ TEPLA

Časově stálé vedení tepla představuje pohyb tepla v tuhé a klidové kapalné nebo plynné fázi hmoty v důsledku konečného rozdílu teploty, který se v čase nemění, tj. při časově stálém teplotním poli. [9]

Izotermická plocha je plocha, jejíž všechny body mají stejnou teplotu. Maximální vzrůst teploty ve směru normály k izotermické ploše se nazývá gradient teploty a je vyjádřen rovnicí [9]

$$\text{grad } T = \frac{dT}{dn} = \nabla T \quad [\text{K} \cdot \text{m}^{-1}]. \quad (3.1.1)$$

Teplotní spád je maximální pokles teploty ve směru normály k izotermické ploše

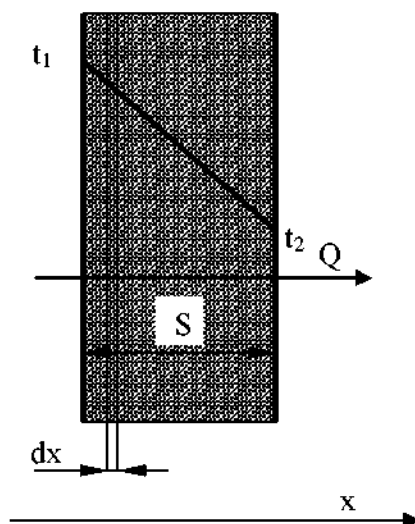
$$-\text{grad } T = -\frac{dT}{dn} = -\nabla T \quad [\text{K.m}^{-1}]. \quad (3.1.2)$$

Množství tepla, které projde izotermickou plochou A [m^2] za čas τ [s] v důsledku teplotního spádu na izotermické ploše, vyjadřuje **Fourierův zákon**: [9]

$$Q = -\lambda \text{ grad } T A \tau \quad [\text{J}]. \quad (3.1.3)$$

Při řešení problémů vedení tepla vyšetřujeme v tělese teplotní pole a tepelné toky v prostorové závislosti u stacionárních dějů, a u dějů nestacionárních, pak také v časové závislosti. Závislost mezi oběma veličinami lze podle zkušeností vyjádřit *zákonem Fourierovým*, který bývá také označován jako *základní zákon* vedení tepla.

Jsou-li udržovány povrchy rozměrově velké rovinné desky o tloušťce S na konstantních teplotách t_1 a t_2 , pak protéká kolmo deskou tepelný tok Q ve směru klesající teploty.



Obr.3.1.1 K odvození základního zákona vedení tepla

Pro jednotkovou plochu a jednotkový čas dostaneme rovnici hustoty tepelného toku

$$q = \frac{Q}{A \tau} = -\lambda = -\lambda \text{ grad } T = -\lambda \nabla T \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (3.1.4)$$

Součinitel úměrnosti λ [$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$] se nazývá tepelná vodivost hmoty a vyjadřuje schopnost hmoty vést teplo. U plynné fáze hmoty se mění s teplotou a tlakem. U kapalně a

tuhé fáze hmoty je možno v běžných technických podmínkách závislost na tlaku zanedbat. Závislost tepelné vodivosti na teplotě se zjišťuje empiricky a je vyjádřena rovnicí

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 \pm At \pm Bt^2 \pm \dots) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}], \quad (3.1.5)$$

kde λ_0 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] je tepelná vodivost při teplotě 0°C . [9]

Střední hodnota tepelné vodivosti v rozsahu teplot $t_1 > t_2$ [$^\circ\text{C}$] je [9]

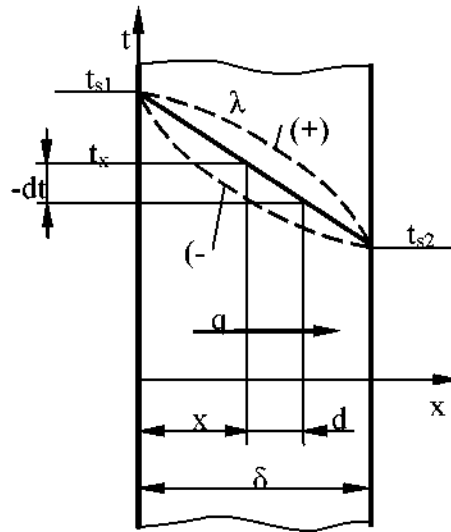
$$\lambda = \frac{1}{t_1 - t_2} \int_{t_2}^{t_1} \lambda_t dt \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]. \quad (3.1.6)$$

3.2 STACIONÁRNÍ VEDENÍ TEPLA JEDNODUCHOU ROVINNOU STĚNOU

Nejjednodušší případ, který se v teorii vedení tepla vyskytuje je jednorozměrné stacionární vedení tepla rovinnou deskou (stěnou).

Jednorozměrné vedení tepla nastává u nekonečně veliké rovinné desky s konstantními teplotami povrchových ploch (povrchová plocha je plochou izotermickou o určité teplotě T).

Časově stálé teplotní pole v rovinné neohraničené stěně o tloušťce δ [m] je znázorněno na obr. 3.1. Plná čára znázorňuje průběh teploty v rovinné stěně, je-li tepelná vodivost λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] ve stěně konstantní. Čárkované čáry vyjadřují časově stálé teplotní pole, jestliže tepelná vodivost λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] s teplotou roste nebo klesá, tj. znaménko plus nebo minus v rovnici (3.1.5). [9]



Obr. 3.2.1 Časově stálé teplotní pole v rovinné neohraničené stěně o tloušťce δ [m] z materiálu s tepelnou vodivostí λ [W.m⁻¹.K⁻¹]

Pro konstantní tepelnou vodivost λ [W.m⁻¹.K⁻¹] nebo její střední hodnotu podle rovnice (3.1.6) plynou z Fourierova zákona (rov. 3.1.4) vztahy pro časově stálé teplotní pole [9]

$$-dt = \frac{q}{\lambda} dx \quad [^{\circ}\text{C}], \quad (3.2.1)$$

$$t_x = t_{s1} - \frac{q}{\lambda} x = t_{s1} - \frac{t_{s1} - t_{s2}}{\delta} x \quad [^{\circ}\text{C}]. \quad (3.2.2)$$

Integrací Fourierova zákona (rov. 3.1.4) obdržíme rovnici hustoty tepelného toku rovinnou stěnou v diferenciálním tvaru [9]

$$q = \frac{Q}{A \tau} = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (3.2.3)$$

a po integraci podle obr. 3.2.1

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{s1} - t_{s2}) = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad [\text{W.m}^{-2}], \quad (3.2.4)$$

kde výraz před závorkou vyjadřuje tepelnou propustnost rovinné stěny a jeho převrácená hodnota je tepelný odpor rovinné stěny.

Je-li rovinná stěna složena z počtu n vrstev o tloušťkách δ_1 [m] až δ_n [m], je hustota tepelného toku v důsledku rozdílu teplot na povrchových rovinách složené stěny $t_{s1} > t_{sn+1}$ [°C] dána rovnicí

$$q = \frac{t_{s1} - t_{sn+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}], \quad (3.2.5)$$

kde výraz ve jmenovateli představuje tepelný odpor rovinné stěny složené z počtu n vrstev.

Teplota na styčné rovině například mezi 3. a 4. vrstvou, které počítáme do vrstev s nejvyšší povrchovou teplotou t_{s1} [°C], je

$$t_{s3,4} = t_{s1} - q \sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} = t_{s1} - (t_{s1} - t_{sn+1}) \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad [^\circ\text{C}]. \quad (3.2.6)$$

3.3 NESTACIONÁRNÍ VEDENÍ TEPLA

Pro zjednodušení tématu budeme uvažovat, tak jako v předchozích kapitolách, jednorozměrné sdílení tepla vedením. V případě nestacionárního dělení je teplota funkcí místa a času :

$$t = t(x, \tau) \text{ respektive } T = T(x, \tau) \quad (3.3.1)$$

Rovněž hustota tepelného toku je funkcí místa a času :

$$q' = q'(x, \tau) \quad (3.3.2)$$

Předpokládáme : $\lambda = \text{konstanta}$

$c, \rho = \text{konstanta}$

V určitém okamžiku vstupuje do elementární vrstvy stěny o ploše 1 m^2 a tloušťce dx tepelný tok q_x , v tomtéž okamžiku odtéká z této vrstvy tepelný tok o jiné hodnotě q_{x+dx} . Pro elementární vrstvu stěny o ploše A píšeme tepelnou bilanci :

$$(q_x A - q_{x+dx} A)d\tau = c \, dm \, \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (3.3.3)$$

Levá strana rovnice vyjadřuje rozdíl v množství dodaného a odvedeného tepla během časového intervalu $d\tau$. Pravá strana rovnice vyjadřuje změnu teploty vrstvy způsobenou prošlým množstvím tepla během časového intervalu $d\tau$. Aplikací Fourierova zákona na rovnici získáme po úpravě rovnici :

$$A \cdot \left[-\lambda \frac{\partial t}{\partial x} + \lambda \frac{\partial \left(t + \frac{\partial t}{\partial x} dx \right)}{\partial x} \right] d\tau = c \cdot \rho \cdot A dx \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (3.3.4)$$

Po provedení derivace a úpravě rovnice získáme tvar rovnice pro jednorozměrné nestacionární vedení tepla :

$$\lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = c\rho \frac{\partial t}{\partial \tau} \quad (3.3.5)$$

Seskupením materiálových termofyzikálních veličin v rovnici dostáváme termofyzikální veličinu teplotní vodivost a , která má jednotku $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$. Tuto veličinu lze pro některé materiály najít v literatuře.

$$(3.3.6)$$

$$a = \lambda / c\rho$$

Teplotní vodivost je přímo úměrná schopnosti materiálu vést teplo a nepřímo úměrná spotřebě tepla na ohřev jednotky objemu materiálu. [9]

3.4 ČASOVĚ STÁLÝ PROSTUP TEPLA

Prostup tepla je současný přestup tepla z teplejší tekutiny do stěny, vedení tepla stěnou a přestup tepla ze stěny do chladnější tekutiny. Přestup tepla z tekutiny do stěny nebo ze stěny do tekutiny (konvekce) vyjadřuje **Newtonova rovnice** [9]

$$Q = k(t_1 - t_2) A \tau \quad [\text{J}], \quad (3.4.1)$$

kde A [m^2] je teplosměnný povrch stěny o teplotě t_s [$^{\circ}\text{C}$], která je ve styku s tekutinou o teplotě $t < t_s$ [$^{\circ}\text{C}$] po dobu τ [s], α [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] je součinitel přestupu tepla.

3.5 PROSTUP TEPLA ROVINNOU STĚNOU

Je-li součinitel přestupu tepla v teplejší tekutině α_1 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] a teplotní spád mezi tekutinou a stěnou $t_1 > t_2$ [$^{\circ}\text{C}$] a je-li součinitel přestupu tepla v chladnější tekutině α_2 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] a teplotní spád mezi stěnou a tekutinou $t_s > t_2$ [$^{\circ}\text{C}$], je množství tepla, které projde z teplejší do chladnější tekutiny za čas τ [s] plochou A [m^2] rovinné stěny jednoduché [9]

$$Q = k(t_1 - t_2) A \tau \quad [\text{J}]. \quad (3.5.1)$$

Součinitel prostupu tepla k [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] rovinnou stěnou jednoduchou o tloušťce δ [m] a tepelné vodivosti λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] určíme z rovnice

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}], \quad (3.5.2)$$

kde α_1, α_2 [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$] je součinitel přestupu tepla.

Součinitel prostupu tepla k [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$] rovinnou stěnou složenou z počtu n vrstev o tloušťkách δ_1 až δ_n [m] a tepelných vodivostech λ až λ_n [$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$] je dán rovnicí

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}]. \quad (3.5.3)$$

Převratná hodnota součinitele prostupu tepla je tepelný odpor při prostupu tepla rovinnou stěnou. [9]

3.6 SDÍLENÍ TEPLA KONVEKČÍ BEZ ZMĚNY SKUPENSTVÍ TEKUTINY

Konvekce představuje současné sdílení tepla vedením (molekulární transport tepla) a prouděním tekutiny (molární transport tepla). Podíly sdílení tepla vedením a prouděním tekutiny na celkovém transportu tepla jsou různé a záleží především na druhu proudění a termokinetických a hydrodynamických veličinách tekutiny. Matematický popis současného molekulárního a molárního přenosu tepla s uvažováním změny termokinetických a hydrodynamických veličin tekutiny s teplotou, je velmi složitý a pro numerické řešení neupotřebitelný. Proto se případy sdílení tepla konvekčí řeší v technické praxi matematicko-experimentálním postupem. Experimentálně zjištěné hodnoty se vyjadřují v bezrozměrovém tvaru pomocí kritérií podobnosti, jejichž funkce tvoří kritériální rovnici, která je matematickým vyjádřením experimentálně sledovaného děje. Teorie podobnosti umožňuje na základě experimentálně zjištěných hodnot v jednom technickém případě řešit výpočtem všechny geometricky, tepelně a hydrodynamicky experimentu podobné děje. [9]

Uvedeným postupem se podstatně zjednoduší výpočet konvekčí sdíleného tepla mezi teplosměnnou plochou A [m^2] o teplotě t_s [$^{\circ}\text{C}$] a tekutinou o teplotě t [$^{\circ}\text{C}$]. Množství tepla Q [J] sdílené konvekčí v čase τ [s] určíme z **Newtonovy rovnice**. [9]

$$Q = \alpha \vartheta A \tau \quad [\text{J}], \quad (3.6.1)$$

kde α [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] je součinitel přestupu tepla a ϑ [K] teplotní spád v teplotní mezní vrstvě tekutiny podle rovnice (3.6.2)

$$\vartheta = \pm (t_s - t) \quad [\text{K}], \quad (3.6.2)$$

kde znaménko plus značí ohřev a znaménko minus ochlazování tekutiny.

V proudících tekutinách je nutno uvažovat zásadně dva způsoby sdílení tepla: čisté vedení tepla a výměnu tepla přemísťovanými částicemi hmoty (konvekce). Podle fyzikálních vlastností tekutiny a podle druhu proudění může převažovat jeden nebo druhý mechanismus, takže sdílení tepla v proudících tekutinách nelze oddělit od pohybu tekutiny.

Sdílení tepla mezi pevnou stěnou a tekutinou proudící podél této stěny je v podstatě velmi složitý pochod, poněvadž sdílení tepla je přitom značně ovlivňováno hydrodynamickými ději.

Při přestupu tepla z pevné stěny do tekutiny nebo obráceně je účelné zjednodušeně předpokládat rovnoměrné rozložení teploty v tekutině, i když je skutečnost složitější.

3.7 SDÍLENÍ TEPLA ZÁŘENÍM

Podstatou tepelného záření je elektromagnetické vlnění o určité délce vlny λ [m], které není závislé na teplotě prostředí, kterým prochází, ale je závislé na teplotě povrchu tělesa, které tepelné vlnění vyzařuje. Tepelné záření má délku vlny v mezích $0,8 \cdot 10^{-6} < \lambda$ [m] $< 0,8 \cdot 10^{-3}$. [9]

Hustota zářivého toku e [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$] je vyzářená energie jednotkou plochy zářiče za jednotku času. Je-li energie vyzářena v určité vlnové délce λ [m], jde o monochromatický nebo spektrální zářivý tok E_λ [W]. Integrální zářivý tok E [W] vyjadřuje energii vyzářenou ve všech vlnových délkách, teoreticky v rozsahu $0 < \lambda$ [m] $< \infty$.

Změna hustoty monochromatického zářivého toku e_λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$] v důsledku změny délky vlny λ [m] je spektrální intenzita záření I_λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$]. Vyjadřuje gradient monochromatického zářivého toku E_λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$] vztaženého na jednotku plochy podle rovnice [9]

$$I_{\lambda} = \frac{dE_{\lambda}}{d\lambda} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-3}]. \quad (3.7.1)$$

Každé dopadající těleso zářivou energii (E) částečně pohltí (E_a), odrazí (E_r) a propustí (E_d). **Zákon zachování energie záření** má proto tvar [9]

$$E = E_a + E_r + E_d \quad [\text{W}]. \quad (3.7.2)$$

Vlastnosti hmoty z hlediska energie záření:

1. $E = E_a$ – těleso je dokonale pohltivé => černé těleso, např. kov natřený na černo
2. $E = E_r$ – těleso je dokonale odrazivé => dokonale bílé těleso, např. těleso obalené alobalem
3. $E = E_d$ – těleso dokonale propouštějící dopadající záření => těleso dokonale průteplivé, např. kapalina

Většina skutečných tuhých těles dopadající zářivou energii jednak pohlcuje a jednak odráží. Oděvní materiál při žehlení a tvarování dopadající záření pohlcuje => šedé těleso.

3.8 TEPLOTA A TEPELNÝ TOK

Při sdílení tepla vedením je nutno znát vždy dvě veličiny: teploty na rozličných místech tělesa, tedy *teplotní pole* a *tepelné toky*, které vznikají vlivem teplotních spádů mezi různými místy tělesa.

Teplota t se může prostorově i časově měnit, množiny teplot v tělese nazýváme pak *teplotním polem*. Jsou definovány funkcí $t = t(x, y, z, \tau)$, kde x, y, z jsou prostorové souřadnice, τ značí čas. Jestliže se teploty s časem mění, pak se mluví o poli *nestacionárním*. Nemění-li se teploty s časem, je proudění tepla *stacionární*.

Všechny body tělesa, které mají v určitém okamžiku stejnou teplotu t , spojeny tvoří *izotermickou plochu*.

Vzniknou-li v tělese teplotní rozdíly, pak se teplo transportuje podle druhého zákona termodynamiky, podle kterého teplo přechází samo o sobě z teploty vyšší na teplotu nižší. Množství tepla transportované v časové jednotce nazýváme *tepelným tokem*

Q_τ . Tepelný tok, který prochází plochou o jednotkové velikosti, stojící kolmo ke směru toku, označuje se jako *měrný tok* q_τ a platí

$$dQ_\tau = q_\tau dS. \quad (3.8.1)$$

Libovolnou plochou velikosti dS , jejíž normála svírá se směrem tepelného toku úhel φ prochází tepelný tok.

$$dQ_\tau = q_\tau \cos\varphi dS. \quad (3.8.2)$$

4. MĚŘENÍ TEPLoty

K měření teploty využíváme jakýkoli fyzikální děj, který závisí na teplotě. K tomuto účelu se používá celá řada fyzikálních jevů a poznatků umožňujících tento převod zprostředkovat. Po přeměně měřené veličiny na veličinu měřící je tato dále upravována a konečně měřená vhodným elektrickým přístrojem cejkovaným v jednotkách měřené veličiny, příslušným způsobem zaznamenané nebo použité přímo k ovládání příslušné části stroje. Měření neelektrických veličin pomocí elektrických metod má následující výhody

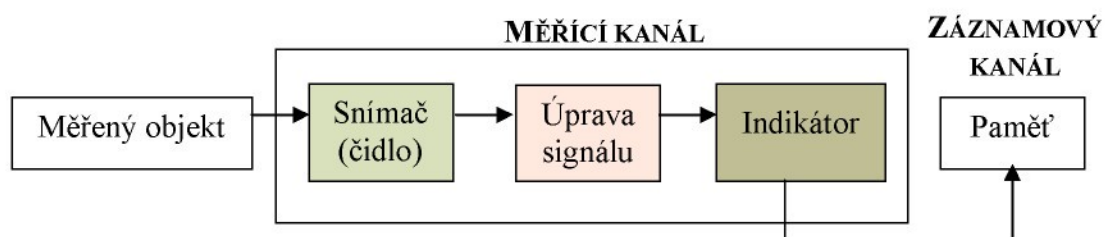
- větší přesnost a citlivost měření,
- možnost dálkového ovládání,
- zvýšení rychlosti měření,
- možnost přímého záznamu,
- možnost zpracování výsledku pomocí výpočtový techniky,
- možnost souběžného měření na velkém počtu místech.

Měření neelektrických veličin elektrickými metodami má i některé nevýhody:

- větší pořizovací cena,
- vyšší náklady na údržbu,
- vyšší kvalifikace obsluhy.

Teplota (viz kap. 2.3.3) je jednou z nejdůležitějších veličin ovlivňující téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Ke stanovení teploty t [°C] se používají teplotní závislosti fyzikálních veličin A na teplotě. Jsou voleny takové fyzikální jevy, u kterých je možné teplotní závislost veličin $A = f(t)$ matematicky vyjádřit s minimální odchylkou od termodynamické teploty, která je definována nezávisle na vlastnostech měřené látky. [10]

Nejčastější uspořádání jednokanálové měřicí soustavy je zobrazeno na obr. 4.1.



Obr. 4.1.: Schéma uspořádání jednokanálové měřicí soustavy.

Snímač (čidlo) je prvek měřicího obvodu určený ke sběru informací. Tento člen převádí vstupní neelektrický signál na výstupní signál elektrický.

Blok úpravy signálu je určen k úpravě elektrického signálu. Tato část může obsahovat prvky k úpravě signálu jako jsou např. zesilovače, filtry, generátory.

Indikátor zpracovává upravený signál, který vyhodnocuje. Získaný údaj z indikátoru může být v analogové nebo číselné formě.

Do **paměti** paralelně připojené k indikátoru jsou zaznamenávány všechny výsledky měření. Jako paměť slouží různé druhy zapisovačů, analogových nebo číselných pamětí.

V praxi je důležitá správná volba teploměru a také vhodné zabudování teploměrného snímače. [10]

4.1 ROZDĚLENÍ SENZORŮ TEPLOTY PODLE PŮSOBNÍ MĚŘENÉHO OBJEKTU A ČIDLA

Rozdělení senzorů	Skupina teploměru	Typ teploměru		Fyzikální princip	Teplotní rozsah [°C]	
DOTYKOVÉ	DILATAČNÍ	Kapalinové		změna objemu	-200	+750
		Plynové		změna tlaku	-5	+500
		Tenzí		změna tenze par	-40	+400
		Kovové		délková roztažnost	0	+900
	ELEKTRICKÉ	Odporové	Kovové	změna elektrického odporu	-250	+1000
			polovodičové	změna elektrického odporu	-200	+400
		Termoelektrické		termoelektrický jev	-200	+1700
		Diodové		změna prahového napětí	-200	+400
		Krystalové		teplotní závislost rezonančního kmitočtu křemenového výbrusu	-80	+250
	SPECIÁLNÍ	Keramické žároměrky		bod měknutí	+600	+2 000
		Teploměrná tělíska		bod tání	+100	+1300
		Kapalné krystaly		změna orientace	0	+300
		Teploměrné barvy		změna barvy po dosažení určité teploty	+40	+1350
BEZDOTYKOVÉ	PŘÍMO MĚŘÍCÍ	Úhrnné pyrometry		zachycení záření v celé oblasti vlnových délek	-40	+5000
		Monochromatické pyrometry		zachycení záření v úzkém pásmu vlnových délek	-100	+3000
		Pásmové pyrometry		zachycení záření ve stanoveném rozsahu vlnových délek	0	+1000
		Poměrové pyrometry		srovnání dvou poměrů září při dvou vlnových délkách	+700	+2000
	ZOBRAZOVACÍ	Fotografické měření teploty		fotografický materiál citlivý na infračervené záření a teplotní měřítko	-50	+650
		Termovizní systémy		fotomateriál sensibilován na infračervené záření	-30	+1200

Tab.4.1.1.: Přehled technických teploměrů [16].

4.2 SENZORY PRO DOTYKOVÉ MĚŘENÍ TEPLOTY

Při dotykovém měření teploty je nutný přímý dotyk čidla snímače teploty s měřeným objektem.

4.2.1 DILATAČNÍ SNÍMAČ

Princip těchto čidel spočívá v **objemové** nebo **délkové roztažnosti** (dilataci) **látek** všech skupenství. [10]

- snímače s pevnou látkou,
 - tyčové snímače,
 - dvojkovové snímače (bimetalové).
- snímače s kapalnou náplní,
 - skleněné snímače,
 - kapalinové tlakové snímače.
- snímače s plynovou náplní,
 - plynové snímače,
 - parní snímače.

4.2.2 ELEKTRICKÉ (ODPOROVÉ) SNÍMAČE

Principem těchto teploměrů je **teplotní závislost odporu kovu na teplotě**, tedy změně chemického odporu s teplotou. [10]

- odporové kovové snímače teploty,
 - drátkové kovové odporové snímače,
 - plošné kovové odporové snímače.
- odporové polovodičové snímače teploty,
 - polykrystalické (termistory): negistory, pozistory,
 - monokrystalické: bez PN přechodu, s jedním nebo více PN přechody.
- diodové snímače teploty.

4.2.3 TERMoeLEKTRICKÉ SNÍMAČE

Termoelektrické snímače (termočlánky) jsou založené na **termoelektrickém jevu**.

Pokud dva vodiče z různých kovů jsou spojené na obou koncích a spoje jsou udržované na různých teplotách, začne obvodem procházet elektrický proud. V zahřátém místě (teplý – měřicí spoj) se v důsledku zvýšení energie tepelného pohybu elektronů změni kontaktní napětí na vodiči a vznikne termoelektrické napětí. Při malých teplotních rozdílech je vzniklé termoelektrické napětí úměrné teplotnímu rozdílu

$$U_t = \alpha \Delta t \quad [\text{V}], \quad (4.2.3.1)$$

kde α je Seebeckův koeficient a Δt [°C] je rozdíl teplot spojů vodičů.

Pro přesné vyjádření závislosti $U_t = f(t)$ je nutné použít polynom, např.

$$U_t = a + b\Delta t + c(\Delta t^2) \quad [\text{V}], \quad (4.2.3.2)$$

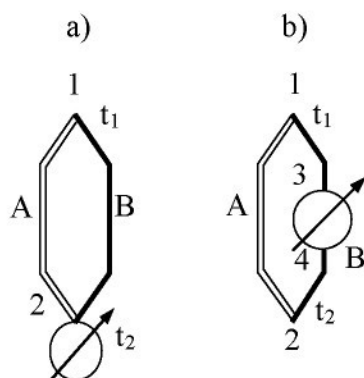
kde a , b , c jsou materiálové konstanty empiricky stanovené pro každý snímač. Pro praktickou kalibraci termočlánků se používá polynom 5. stupně. [10]

Termoelektrický článek	Rozsah teplot [°C]
železo-konstantan (J)	-200 až 600
chromel-kopel (E)	-50 až 600
chromel-alumel (K)	-50 až 1000
platinarhodium-platina (S)	0 až 1300

Tab.4.2.3.1: Základní parametry vybraných termoelektrických článků

Termočlánekové napětí však nemůžeme měřit přímo, protože musíme nejprve do termočlánku zapojit voltmetr a vedení voltmetru samo o sobě tvoří nový termoelektrický obvod.

Na obr. 4.2.3.1 jsou znázorněny nejjednodušší možnosti uspořádání obvodu termoelektrického čidla. Obvod je složen ze dvou vodivých drátů různých materiálů (A, B) vodivě spojených v místech 1 (měřicí spoj) a 2 (srovnávací spoj udržovaný na konstantní teplotě). Jestliže je teplota měřicího spoje (t_1 [°C]) různá od teploty srovnávacího spoje (t_2 [°C]), pak vzniká termoelektrické napětí a obvodem prochází elektrický proud. Pokud zapojíme voltmetr do jednoho spoje termočlánku (a), pak vzniknou dva srovnávací spoje. Pokud zapojíme voltmetr do termoelektrody (b), zůstane nám jeden srovnávací spoj a další dva neutrální spoje (3, 4) na svorkách voltmetru. [10]



Popis obrázku:

A, B – materiál

1 – měřicí spoj

2 – srovnávací spoj

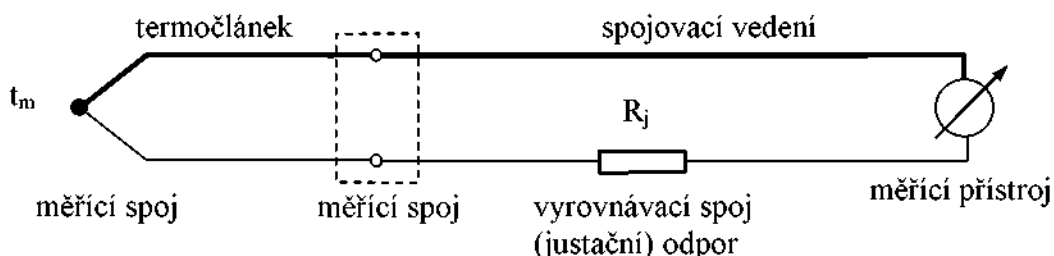
3, 4 – neutrální spoj

t_1 – teplota měřicího spoje

t_2 – teplota srovnávacího spoje

Obr. 4.2.3.1: Příklad uspořádání termoelektrického obvodu.

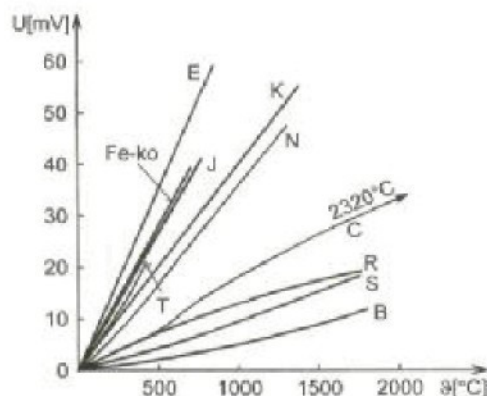
V termoelektrickém obvodu je nutné kompenzovat parazitní vliv srovnávacího spoje, jehož teplota musí být konstantní. Toho se docílí umístěním srovnávacích spojů do termostatu nebo použitím kompenzačních obvodů. Obě připojovací svorky měřidla musí mít stejnou teplotu, aby při zapojení měřidla do obvodu nedošlo ke změně termoelektrického napětí. Při praktickém použití termočlánku se setkáváme s tím, že mezi měřicí přístroj a vlastní termočlánek je zařazeno ještě spojovací vedení, u kterého se velikost odporu upravuje vyrovnávacím (justačním) odporem na stanovenou hodnotu (obvykle $20\ \Omega$ viz obr. 4.2.3.2). Na měřicí obvody jsou kladeny tyto **požadavky**: minimalizace vlivu kolísání teploty srovnávacího spoje, minimalizace vlivu odporu přívodů k senzoru a potlačení rušivých signálů. [10]



Obr. 4.2.3.2: Zapojení termočlánku

Při výběru materiálu pro termoelektrické snímače se snažíme splnit některé základní požadavky. Především, aby se závislost termoelektrického napětí na teplotě blížila lineárnímu průběhu. Materiál má být odolný proti chemickým, mechanickým a korozním vlivům. Výstupní termoelektrické napětí má být co největší. Čím je hodnota napětí menší, tím je menší přesnost, měřicí přístroj musí být citlivější a tím je choulostivější. Materiál volíme z hlediska požadovaného rozsahu teplot a požadované přesnosti měření. Důležitá je též časová stálost, popř. střední doba životnosti snímače. Stálost charakteristiky má být s časem neproměnná. [10]

Podle kombinace kovů ve větvích termočlánku (čidla) existuje více typů termočlánků určených pro různé teplotní rozsahy. Typy vyráběných termočlánků (čidel) a jejich teplotní charakteristiky jsou na obr. 4.2.3.3. [10]



Obr. 4.2.3.3: Teplotní charakteristiky vyráběných typů termočlánků.

4.2.4 SPECIÁLNÍ SNÍMAČE

Tato čidla využívají jiné **fyzikální principy**. Jsou to především čidla akustická, šumová, magnetická, tekuté krystaly, teploměrné barvy. Používají se především pro měření povrchových teplot těles, pro jednorázové měření teploty. [10]

4.3 SENZORY PRO BEZDOTYKOVÉ MĚŘENÍ TEPLoty

Bezdotykové měření teploty je **stanovení povrchové teploty na základě elektromagnetického záření** mezi tělesem a senzorem záření a to od 0,4 do 25 μm vlnové délky. Toto spadá do oblasti viditelného a infračerveného záření elektromagnetického spektra a odpovídá měření teplot od -40 do $10\,000^\circ\text{C}$.

Vyzařovací schopnost každého tělesa se nazývá emisivitou povrchu daného tělesa a označuje se $\varepsilon (0,1)$. Emisivita ε je rovna poměru intenzit záření reálného povrchu a absolutně černého tělesa:

$$\varepsilon = \frac{H_m(t)}{H_c(t)}, \quad (4.3.1)$$

kde $H_m(t)$ je intenzita vyzařování měřeného objektu o teplotě $t [^\circ\text{C}]$ a $H_c(t)$ je energie vyzařování černého tělesa o teplotě $t [^\circ\text{C}]$.

Chceme-li stanovit teplotu reálného povrchu materiálu, musíme podělit intenzitu záření měřeného povrchu $H_m(t)$ emisivitou povrchu ϵ .

Bezdotykové teploměry lze rozdělit na zobrazovací a měřicí. Zobrazovací metody zviditelňují tepelné záření a dávají informaci o teplotním poli (tedy o rozložení teplot), zatímco měřicí metody přímo určují střední teplotu na základě záření měřeného místa. [10]

Ty se dělí na:

- přímo měřicí bezdotykové teploměry – např. pyrometry
- zobrazovací bezdotykové teploměry – např. termovize

Podle způsobu detekce záření se pyrometry dělí na: [15]

- Subjektivní - detektorem záření je lidské oko (jasové a barvové pyrometry)
- Objektivní – záření je detekováno selektivními (Si, Ge) nebo neselektivními (bolometrické, termoelektrické, pyroelektrické) detektory záření

Další dělení je podle využití spektrální oblasti záření: [15]

1. Monochromatické – pracují se zářením jedné nebo dvou vlnových délek
2. Pásmové – pracují se zářením v širším pásmu vlnových délek
3. Úhrnné – pracují se zářením v celém pásmu vlnových délek

Podle konstrukce jednotlivých částí pyrometrů může být provedeno dělení následujícím způsobem: [15]

1. Optický systém
 1. clonkový
 2. čočkový
 3. zrcadlový
 4. světlovodný
2. Zaměřovací systém
 1. optický přes objektiv
 2. světelný (např. laserový paprsek)
 3. mířidlový (puškový)

4.3.1 TERMovIZE

Termovize využívá ke snímání povrchových teplot objektů speciální kamery a ke zobrazení speciální monitor s černobílou nebo barevnou obrazovkou. Rozložení teploty na měřeném povrchu je na obrazovce zobrazeno termogramem, tj. plochou s různým stupněm šedi – od černé po bílou, popř. barevně. Termogram lze pozorovat, filmovat popř. zaznamenat na magnetofon. Termovizní systémy pracují většinou s rozkladem obrazu pozorovaného pole. Rozklad obrazu je buď opticko – mechanický, nebo elektronický. Při opticko – mechanickém rozkladu se obraz rozloží do řádků a bodů pomocí vertikálně kmitajícího zrcadla a horizontálně rotujícího hranolu či zrcadla. Při elektronickém rozkladu se využívá řádkových pyroelektrických senzorů. [10]



Obr. 4.3.1.: Termovizní kamera ThermoCAM P60 firmy FLIR s infrač. a televizním objektivem a laserovým zaměřovačem

5 COMSOL MULTIPHYSICS™ (FEMLAB)

5.1 SEZNÁMENÍ S COMSOL MULTIPHYSICS™



Program FEMLAB, od švédské společnosti COMSOL Multiphysics, je nástavba výpočtového prostředí MATLAB. Jedná se o program, který využívá k modelování a simulaci úloh z oblasti vědy a technické praxe parciální diferenciální rovnice. Řešení je provedeno metodou konečných prvků.

Systém FEMLAB je navržen tak, aby usnadnil modelování a simulování fyzikálních jevů. Zadání lze provést buď pomocí vlastní definice parciálních diferenciálních rovnic, nebo s pomocí specializovaných aplikačních modulů. Tyto moduly již obsahují předdefinované šablony a uživatelské rozhraní spolu s rovnicemi a proměnnými pro příslušnou oblast problémů. Oba typy aplikací lze navzájem slučovat do jednoho modelu a tím simulovat úlohy s více fyzikálními ději najednou.

Řešení úloh ve FEMLABu lze rozdělit do několika kroků:

- Volba dimenze a typu problému
- Vytvoření geometrického modelu problému
- Zadání okrajových podmínek
- Zadání vlastností v jednotlivých oblastech
- Vytvoření sítě
- Řešení úlohy
- Zpracování a rozbor výsledků

5.2 PRÁCE V PROGRAMU COMSOL MULTIPHYSICS™ (FEMLAB)

Po spuštění Femlabu se nejprve ukáže Model Navigator, kde si zvolíme základní parametry řešené úlohy. Vybereme si, jestli chceme úlohu řešit v rozměrech 1D, 2D nebo 3D. Je možné použít čtyř záložek. V první záložce máme možnost vytvořit si vlastní úlohu. Ve druhé záložce je na výběr z úloh již vytvořených, které jsou součástí programu a mohou sloužit k demonstraci možností programu. Ve třetí záložce jsou modely definované uživatelem. V poslední záložce jsou jen některá

nastavení programu, jako např. cesta ke knihovně. Pomocí tlačítka Multiphysics je možné sloučit více fyzikálních vlivů najednou do jedné úlohy.

Pro přestup tepla je určena složka „Heat Transfer Module“, kde se nachází další členící kategorie (viz.obr).

Pro úplné doplnění každá úloha po vybrání zobrazuje na obrázku princip modelu a stručný popis. Zbylými parametry se nemusíme zabývat, dají se později nastavit i v samotném modelu. Po zvolení úlohy se dostaneme do grafického prostředí programu:

Nejprve je nutné vytvořit geometrický model zadaného problému. K dispozici jsou funkce na vytváření základních geometrických útvarů (čtverce, kruhy, elipsy, kvádry, koule, ...). Na vybrané objekty lze použít logické operace sjednocení, průnik, rozdíl. Objekty lze jednotlivě otáčet, přesouvat, měnit. Dále je tu volba která umožňuje vytvořit jediný objekt, nebo naopak jeden objekt rozdělit na více objektů. Pomocí tlačítka Delete Interior Boundaries lze vymazat vnitřní hranice objektu.

Jako další krok se nastavují okrajové podmínky. Jedná se o přiřazení určitých hodnot nebo funkčních závislostí nakreslenému modelu. Účelem je zajištění fyzikální jednoznačnosti řešení příslušné rovnice pole.

Rozlišujeme několik způsobů, jak zadávat okrajové podmínky:

- Okrajová podmínka 1. druhu – Dirichletova
- Okrajová podmínka 2. druhu – Neumannova

V prvním případě známe hodnotu potenciálu na hranici oblasti, ve které úlohu řešíme. V druhém případě známe derivaci potenciálu ve směru vnější normály k hranici.

Je možnost použít i smíšenou okrajovou podmínku. V tomto případě je pak na části hranice oblasti dána Dirichletova a na zbytku Neumannova okrajová podmínka.

Okno pro nastavování okrajových podmínek se ve Femlabu nazývá Boundary Settings. V horní části okna je zobrazena rovnice, která odpovídá dané okrajové podmínce. V levé části okna jsou čísla, která jsou přiřazena jednotlivým hranám geometrie. V pravé části okna se pak nastavuje pro vybranou hranu konkrétní okrajová podmínka.

Dále nastavíme vlastnosti jednotlivých oblastí (subdomén). Nastavujeme např. z jakého materiálu jsou zhotovené. Můžeme řešit model, který je složený z více

druhů materiálů. Vlastnosti je možné opět zadávat ručně, nebo využít databázi Femlabu, kde jsou tyto vlastnosti již přednastaveny.

Okno vypadá podobně jako v předchozím případě. V horní části je rovnice odpovídající zvolenému aplikačnímu režimu. V levé části jsou čísla oblastí a v pravé zadáme jejich vlastnosti. Při kliknutí na tlačítko Load (první obrázek) se nám otevře databáze Comsol MultiphysicsTM (Femlabu). Můžeme si vybrat třeba materiál oblasti (měď, hliník, sklo, ...), který je přímo definován v knihovně Comsol MultiphysicsTM (Femlab), nebo si jej nadefinovat ručně vyplněním příslušných polí.

Pokud máme již vše nastavené je potřeba vygenerovat diskretizační síť. Pro přesnější výpočty se možné síť ještě více zjemňovat.

Zpracování a rozbor výsledků se nachází v menu Postprocessing. Zde se nastavují vlastnosti grafického zobrazení výsledků. Můžeme si vybrat z několika možností, jak pole zobrazit.

Například:

- Surface plot – zobrazuje pole jako plochu jejíž barevný odstín se mění s velikostí zobrazované veličiny
- Contour plot – zobrazuje pole pomocí čar spojujících body v definiční oblasti se stejnou hodnotou zobrazované veličiny
- Boundary plot – zobrazuje hodnotu požadované veličiny na hranách geometrie problému
- Arrow plot – zobrazuje průběh zvolené veličiny pomocí šipek, proto je vhodný pro zobrazení vektorových veličin

Po nastavení všech požadovaných parametrů, dáme z v menu Solve a vybereme položku Solve problem – Vyřešení, spočítání zadání

Program daný model vyřeší, dle zadané metody a zobrazí výsledek

Z výsledný obraz se dá dále zpracovat, při základním zobrazení vidíme po výpočtu poslední snímek ve 2D. Můžeme jej převést pomocí lišty v levé části do 3D, nebo spustit celý průběh ve video sekvenci. Video sekvence, která je lidskému chápání nejbližší je řízena svým nastavením, hlavně tedy časovým mezikrokem a celkovým časem, který se dá nastavit v menu Solve pod položkou Solver Parametrs

Pro další srovnání a zpracování numerické, je potřeba z grafického rozhraní vytáhnout data. Samotný program jelikož je grafickou nástavbou Matlabu, neumožňuje zobrazení numerických dat. Pro zobrazení těchto informací je potřeba provést export modelu. Na výběr je hned několik možností a výsledných formátů. Samozřejmě nechybí ani konverze do Matlabu. Pro srovnání s reálnými, naměřenými daty (exportovanými do excelu a tam i zpracována) je nejvhodnější položka Postprocessing Data...

Kde je opět v záložkách na výběr možnost exportu, pro dané srovnání stačí export informací jednotlivých bodů na hranicích. Tedy zvolíme nastavení, které je vidět na obrázku. Do řádku Export to file nastavíme cestu a název výsledného souboru, přes tlačítko Browse..., můžeme přímo zadat cestu. Výsledný soubor má formát hodně podobný formátu CSV. S kterým excel vcelku dobře pracuje a není tedy problém výsledná data importovat do excelu a tam dále zpracovat [11, 17]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6. CHARAKTERISTIKA MĚŘENÍ

Cílem tohoto experimentálního měření bylo změřit, nasimulovat a objasnit průběh přestupu tepla mezi jednotlivými vrstvy textilního materiálu při žehlicím procesu.

Pro zaručení objektivitu modelu bylo použito celkem 7 materiálů různého složení:

- Vzorek č.1: PES červený
- Vzorek č.2: PES růžový
- Vzorek č.3: PES modrý
- Vzorek č.4: 100% WO (fleece)
- Vzorek č.5: 55% PES 45% WO (černý)
- Vzorek č.6: 100% WO (flauš)
- Vzorek č.7: 80% WO 20% PES (rybí kost)

Pro porovnání se simulovaným modelem byl nejprve utvořen reálný model, ze kterého byla získána reálná data. Reálný model se skládal z ELEKTRO-PARNÍ ŽEHLIČKU ZF25 – TREVITRON a spodní deska byla tvořena spodní tvarovkou (obr. 6.1.1.1)

U všech vzorků byly provedeny vždy 2 měření při různých teplotách (110°C, 150°C). Dále se u každého vzorku provedlo hned několik měření, které se zprůměrovalo, aby se předešlo nepřesnostem měření. Při měření byly teploty mezi jednotlivými vrstvami snímány pomocí termočlánků (izolované termočlánky, typ K - NiCr-Ni). Celkem bylo tedy 5 termočlánků. První termočlánek měřil teplotu mezi první a druhou vrstvou textilního materiálu, přičemž žehlička se pokládala na první vrstvu textilního materiálu. Druhý termočlánek měřil teplotu mezi druhou a třetí vrstvou. Třetí termočlánek byl mezi třetí a čtvrtou – předposlední vrstvou. Čtvrtý termočlánek byl mezi čtvrtou a pátou poslední textilní vrstvou materiálu. Poslední pátý termočlánek byl pod poslední textilní materiálovou vrstvou a spodní tvarovkou (obr. 6.1.1.1). Teplota žehličky byla zaznamenávána podle displeje žehličky, kde byla aktuální teplota zobrazena.

Naměřené teploty termočlánků byly zaznamenávány do počítače přes měřicí přístroj ALMEMO 2290-8, který s ním byl spojen.

Z naměřených a zpracovaných hodnot byly vypočteny přestupy tepla při tvarování a žehlení textilních materiálů. Dalším krokem tohoto experimentálního měření bylo zjistit vlastnosti jednotlivých textilních materiálů – vodivost, tloušťku, tepelný odpor.

Měření bylo rovněž prováděno na všech vzorcích. Pro každý druh materiálu bylo provedeno dvojí měření a měření více vrstev na sobě.

Nakonec se přistoupilo k samotné simulaci v programu Comsol MultiphysicsTM. Do programu byla zanesena získaná data o jednotlivých materiálech. Nastavila se rovnice, pro výpočet simulace přestupu tepla i s jeho parametry a počátečními podmínkami. Simulovaly se jednotlivé materiály zvlášť pro dvě různé teploty (110°C, 150°C) stejně jako u reálného modelu.

Na závěr byla data ze simulačního programu převedena a zpracována. Vyhodnotila se s reálnými daty. Výsledky byly zpracovány do tabulek a grafů (graf 7.1 – graf 7.x).

6.1 PRVNÍ ČÁST – REÁLNÝ MODEL MĚŘENÍ PŘESTUPU TEPLA PŘI ŽEHLÉNÍ VYBRANÝCH TEXTILNÍCH MATERIÁLŮ

6.1.1 POSTUP MĚŘENÍ

Ze sedmi druhů textilních materiálů (PES, vlna, směs – viz. **příloha č.1**) byly nastříhány vzorky o rozměrech (délka x šířka) cca 215x135 mm = velikost žehlicí plochy + 5 cm po obvodě. Z každého materiálu bylo nastříháno 15 vzorků (pro 2 různé teploty).

Model se skládal z ELEKTRO-PARNÍ ŽEHLIČKY ZF25 – TREVITRON a spodní tvarovky. Povrch žehličky byl z nerez oceli. Spodní tvarovka se skládala z kovové desky potažené silikonovou pryží a bavlněnou filtrační tkaninou, která celou desku zakrývala. Termočlánky byly pokládány mezi jednotlivé vrstvy materiálu a byly připojeny k měřicímu přístroji ALMEMO 2290-8, který byl propojen s počítačovým softwarem (ALMEMO ver.2.5), pomocí kterého byla data zaznamenávána přímo do počítače.

Zajištění stejného měřicího místa se provedlo označením průsečíku na spodní tvarovce, stejně jako na všech měřených vzorcích kam se přikládaly termočlánky a nakonec i žehlička. Termočlánky se umísťovaly na sebe, mezi jednotlivé vrstvy materiálu.

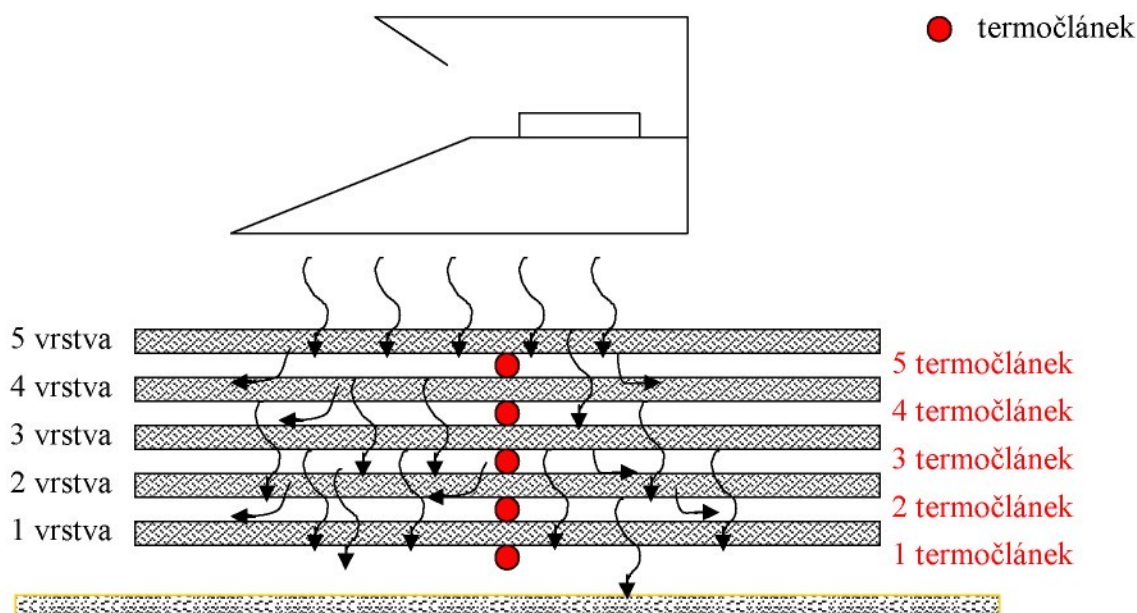
Nastavená teplota žehličky byla před každým žehlením kontrolována na externím digitálním displeji žehličky, kde byla aktuální teplota zobrazena. Na začátku byla teplota žehličky a display ověřena pomocí termočlánku typu typ K - NiCr-Ni a termokamery (**příloha č.7**). Všechny vzorky (pro porovnání) byly podrobeny dvěma měřeními při teplotách 110°C, 150°C (teploty udávající na žehličkách podle EU, jedna, dvě tečky).

První izolovaný termočlánek typu K se vloží mezi spodní krajovku a první (nejspodnější) vzorek materiálu (měří teplotu t_1). Druhý termočlánek (měřil teplotu t_2) o stejném průměru a materiálovém složení se položil mezi první a druhou vrstvu textilního materiálu na stejné místo jako první. Třetí termočlánek (měří teplotu t_3) o stejných vlastnostech jako předchozí se umístil mezi druhou a třetí vrstvu. Čtvrtý termočlánek (měřil teplotu t_4) o stejných vlastnostech jako předchozí se umístil mezi třetí a čtvrtou vrstvu textilního materiálu, opět na stejné místo, které určuje průsečík na vzorku. Poslední pátý termočlánek (měřil teplotu t_5) o stejných rozměrech a materiálovém složení se položil mezi čtvrtou a pátou vrstvu materiálu (obr.6.1.1.1).

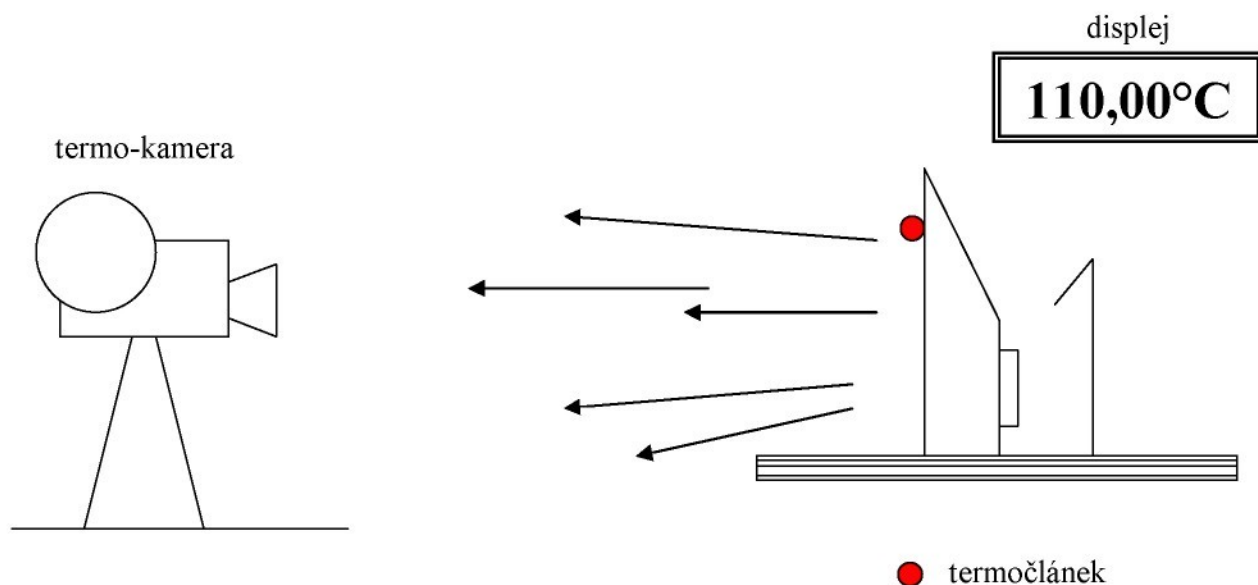
Termočláanky byli zahuštěny proti vysmeknutí z měřených míst přišpendlením. Na takto připravený vzorek byla přiložena nahřátá žehlička na požadovanou teplotu (110°C, 150°C). V průběhu měření bylo sledování kolísání teploty žehličky.

Údaje z jednotlivých termočláneků byly zobrazovány a zaznamenávány pomocí měřicího přístroje AMEMO 2290-8. Měřicí přístroj každé 2 s zaznamenával teplotu jak do své paměti, tak do počítače s kterým byl propojen. Doba žehlení byla 60 s. Po ukončení doby měření byla žehlička vrácena na svoji odkládací plochu a vzorky vyjmuty od termočláneků.

Mezi jednotlivými měřeními bylo nutno dbát na vychladnutí termočláneků, spodní izolační vrstvy a okolí, aby byly výchozí podmínky pro všechny vzorky a měření stejné.



Obr. 6.1.1.1: Znázornění způsobu snímání teplot jednotlivých vrstev



Obr. 6.1.1.2: Ověření teploty žehličky s kontrolním displejem pomocí termo-kamery a termočlánu.

Po skončení všech měření byly naměřené hodnoty zkontrolovány a vyexportovány do souboru.

Dále byly teploty zpracovány podle druhu materiálu do tabulek a grafů pro další zpracování (viz. kapitola 6.2.2). Technické údaje žehličky, termočláneků a měřícího přístroje AMEMO jsou v **příloze č.2**.

Měření bylo provedeno v šicí dílně na katedře oděvnictví při klimatických podmínkách:

teplota $t = 25^{\circ}\text{C}$

vlhkost $\varphi = 39\%$

6.1.2 ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Pro každý materiál bylo provedeno několik měření pro dvě teploty (100°C , 150°C). Přičemž u mezivrstvy každého měřeného textilního vzorku byla snímána jeho teplota t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 pomocí termočláneků ve stejném čase. Termočlánek t_1 byl mezi spodní izolační vrstvou a nejspodnější textilní vrstvou materiálu. Další termočláanky jsou postupně kladeny mezi jednotlivé vrstvy textilního materiálu postupně, až po poslední termočlánek t_5 , který je mezi čtvrtou a nejvrchnější pátou vrstvou. Teploty byly zaznamenávány každé 2 s v rozmezí 0 – 60 s. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek podle druhu materiálu (**příloha č. 9**). Z těchto naměřených teplot u 5 vzorků každého měření a pro

každou teplotu byly vypočítány průměrné teploty t_1' , t_2' , t_3' , t_4' , t_5' pro každé 2 s. Tyto průměrné teploty byly dále zpracovány graficky.

Průměrné teploty termočlánků t_1' , t_2' , t_3' , t_4' , t_5' pro teplotu 110°C byly vypočítány podle vztahu:

$$\begin{aligned} t_{1(110^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{1(110^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{2(110^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{2(110^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{3(110^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{3(110^\circ\text{C})}}{n} \\ & & & & & [^\circ\text{C}] \\ t_{4(110^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{4(110^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{5(110^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{5(110^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & & (6.1.2.1) \end{aligned}$$

Průměrné teploty termočlánků t_1' , t_2' , t_3' , t_4' , t_5' pro teplotu 150°C byly vypočítány podle vztahu:

$$\begin{aligned} t_{1(150^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{1(150^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{2(150^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{2(150^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{3(150^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{3(150^\circ\text{C})}}{n} \\ & & & & & [^\circ\text{C}] \\ t_{4(150^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{4(150^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & t_{5(150^\circ\text{C})}' &= \frac{\sum_1^5 t_{5(150^\circ\text{C})}}{n} \quad [^\circ\text{C}] & & (6.1.2.2) \end{aligned}$$

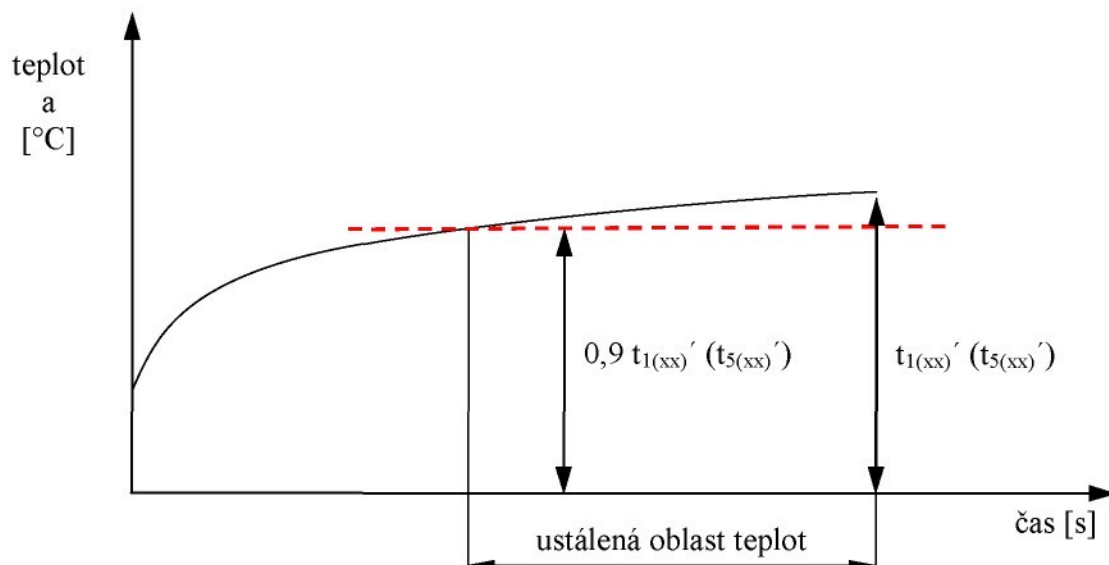
kde: $\sum t_n$ – součet teplot 5 vzorků zaznamenaných při stejném čase

n – počet vzorků

(110°C), (150°C) – teplota při níž byly vzorky měřeny

6.1.3 VÝPOČET Δt [°C]

Hodnota Δt byla vypočítána jako rozdíl teplot T_I a T_S . Teploty T_I a T_S byly vypočítány jako průměrné teploty z ustálených teplot t_I' a t_S' , tj. do výpočtu se nezapočítávaly náběhové teploty. Oblast ustálení byla určena jako hranice 90% hodnoty t_I' (t_S') ve 60 s měření (obr. 6.1.3.1).



kde: xx - 110°C, 150°C

t_1 – ustálená průměrná teplota první vrstvy (nejdále od žehličky)

t_5 – ustálená průměrná teplota první vrstvy (nejblíže k žehličce)

Obr. 6.1.3.1: Určení ustálené oblasti teplot.

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t1'}{n} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad T_2 = \frac{\sum_{i=1}^n t2'}{n} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad T_3 = \frac{\sum_{i=1}^n t3'}{n}$$

$$[^{\circ}\text{C}] \quad T_4 = \frac{\sum_{i=1}^n t4'}{n} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad T_5 = \frac{\sum_{i=1}^n t5'}{n} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta t = \sum_{i=1}^n (T_m - T_{m-1}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde: $\sum t_1', \sum t_2', \sum t_3', \sum t_4', \sum t_5'$ – součet ustálených teplot

(nezapočítávají se teploty náběhové)

n – počet ustálených teplot

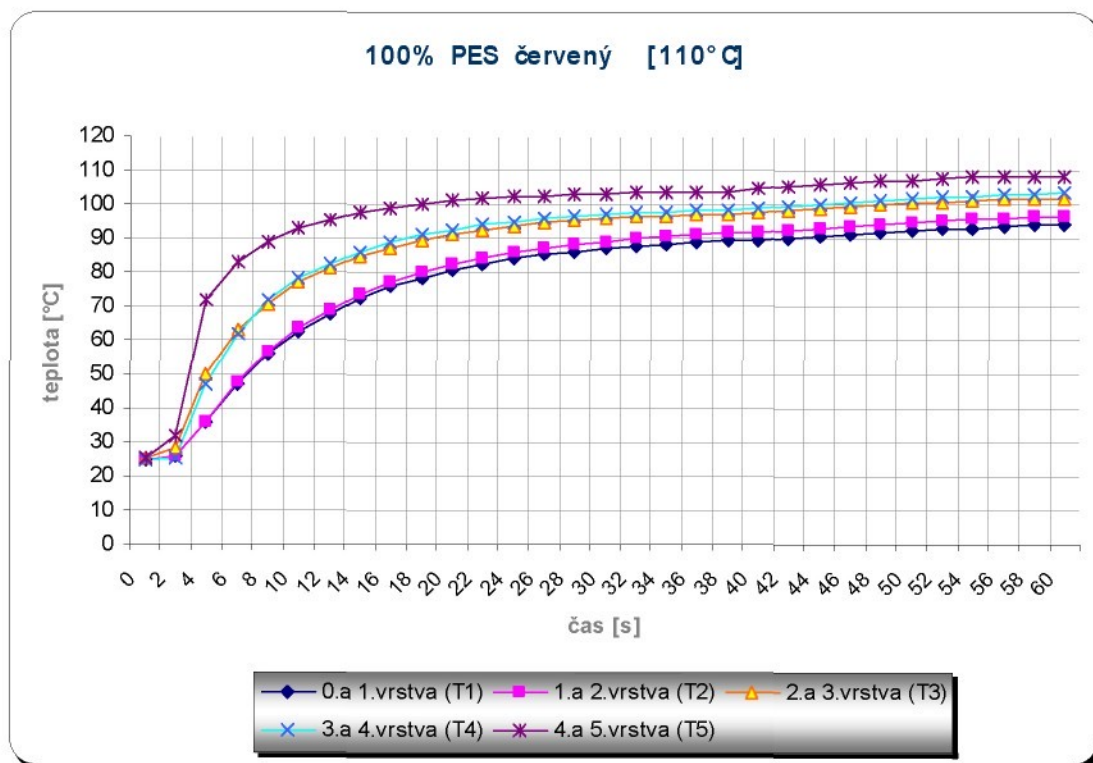
m – označení teploty vrstvy

Tyto rozdíly teplot byly potřebné pro výpočet tepelného toku.

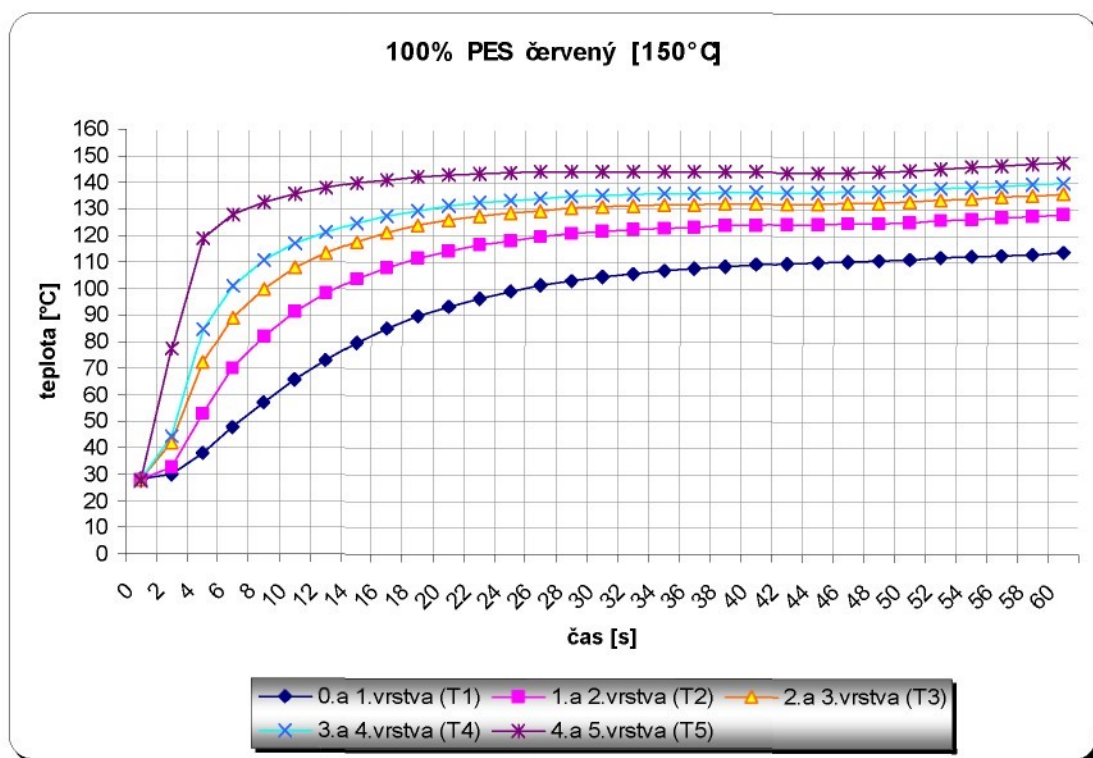
6.1.4 TABULKY A GRAFY ZPRACOVANÝCH HODNOT

Tab. 6.1.4.1: Průměrné teploty 100% PES červený										
ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLITY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	24,9	25,0	25,1	24,9	25,5	28,4	27,8	28,0	28,0	27,5
2	25,7	25,6	28,0	25,5	31,7	29,9	32,5	42,1	44,2	77,2
4	35,8	35,9	50,1	47,2	71,9	38,2	53,0	72,1	84,7	118,7
6	47,0	47,4	62,7	62,0	83,1	47,8	69,8	88,9	100,9	127,7
8	55,7	56,4	70,8	71,6	89,0	57,1	82,0	99,9	110,5	132,6
10	62,5	63,5	76,8	78,0	92,8	65,6	91,2	107,8	116,8	135,7
12	67,9	69,0	81,3	82,6	95,4	73,1	98,2	113,5	121,2	138,0
14	72,2	73,4	84,7	86,1	97,4	79,6	103,6	117,8	124,6	139,7
16	75,6	77,0	87,3	88,8	98,8	85,0	108,0	121,1	127,3	141,0
18	78,3	79,9	89,4	90,9	100,0	89,6	111,5	123,7	129,4	142,2
20	80,6	82,4	91,2	92,6	100,9	93,3	114,2	125,7	131,1	142,9
22	82,4	84,2	92,5	93,9	101,6	96,4	116,4	127,3	132,4	143,4
24	83,9	85,9	93,6	95,0	102,1	99,1	118,1	128,6	133,3	143,8
26	85,1	87,2	94,5	95,9	102,6	101,2	119,5	129,5	134,1	143,9
28	86,1	88,3	95,2	96,6	102,9	103,0	120,7	130,3	134,7	144,0
30	87,0	89,1	95,7	97,1	103,2	104,5	121,5	130,8	135,2	144,1
32	87,7	89,9	96,2	97,6	103,4	105,8	122,3	131,2	135,6	144,1
34	88,3	90,5	96,5	97,9	103,5	106,8	122,8	131,6	135,9	144,1
36	88,8	91,0	96,8	98,2	103,6	107,7	123,3	131,8	136,1	144,1
38	89,2	91,5	97,1	98,5	103,8	108,5	123,7	132,0	136,3	144,0
40	89,6	92,0	97,7	98,9	104,5	109,0	124,0	132,1	136,4	143,9
42	90,2	92,5	98,3	99,5	105,2	109,5	124,2	132,1	136,5	143,8
44	90,8	93,1	98,9	100,2	105,8	110,0	124,4	132,2	136,5	143,7
46	91,4	93,7	99,4	100,7	106,3	110,4	124,6	132,3	136,6	143,7
48	91,9	94,2	99,9	101,3	106,8	110,8	124,8	132,5	136,8	144,0
50	92,3	94,8	100,4	101,7	107,2	111,2	125,2	133,0	137,2	144,6
52	92,8	95,2	100,8	102,1	107,5	111,7	125,7	133,5	137,7	145,2
54	93,2	95,6	101,2	102,5	108,0	112,1	126,3	134,1	138,2	145,9
56	93,6	96,0	101,6	102,9	108,2	112,7	126,9	134,6	138,8	146,5
58	94,0	96,4	101,8	103,2	108,4	113,2	127,5	135,2	139,3	147,0
60	94,2	96,7	102,0	103,4	108,4	113,8	128,0	135,8	139,8	147,4

Tab. 6.1.4.1: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 6.1.4.1: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 6.1.4.2: vyhodnocení naměřených hodnot

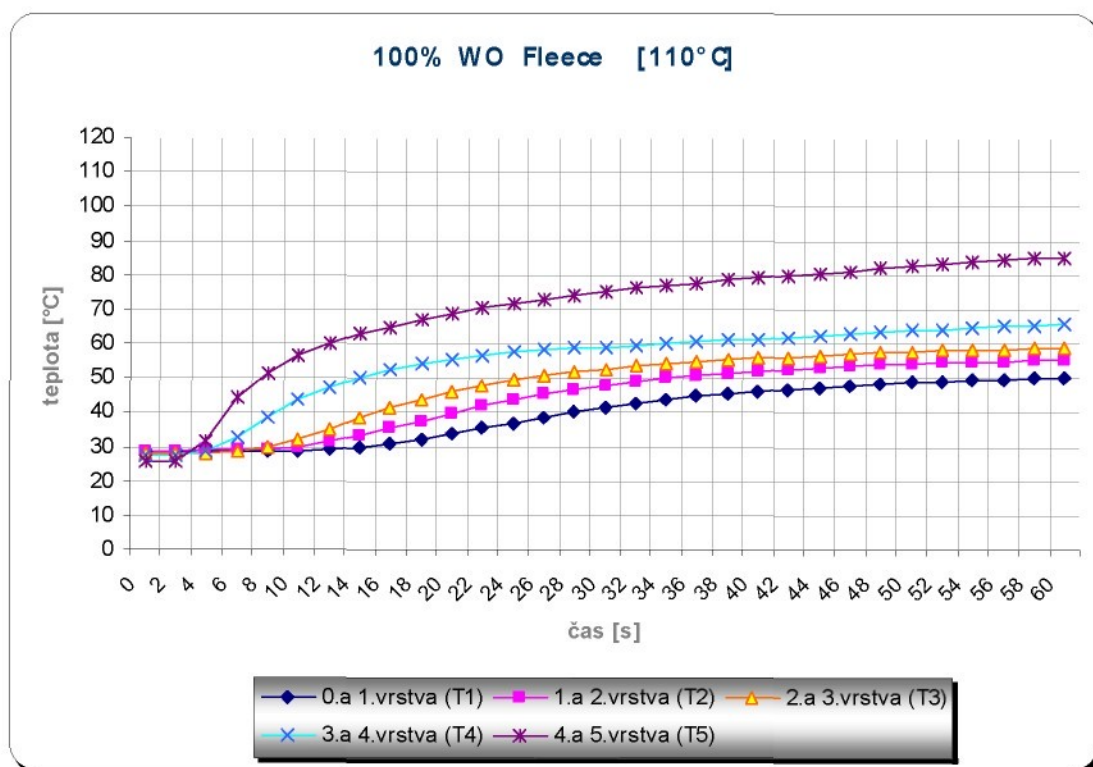
Teplota žehličky = 110°C	
$T_{1(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 560,1/6 = \mathbf{93,350^{\circ}\text{C}}$	$s=0,726$ $v_x=0,778$
$T_{2(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 574,7/6 = \mathbf{95,783^{\circ}\text{C}}$	$s=0,722$ $v_x=0,754$
$T_{3(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 607,8/6 = \mathbf{101,300^{\circ}\text{C}}$	$s=0,616$ $v_x=0,609$
$T_{4(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 615,8/6 = \mathbf{102,633^{\circ}\text{C}}$	$s=0,656$ $v_x=0,639$
$T_{5(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 647,7/6 = \mathbf{107,950^{\circ}\text{C}}$	$s=0,497$ $v_x=0,460$
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = (107,950 - 102,633) + (102,633 - 101,300) + (101,300 - 95,783) + (95,783 - 93,350) = 5,317 + 1,333 + 5,517 + 2,433 = \mathbf{14,600^{\circ}\text{C}}$	
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = \mathbf{14,605^{\circ}\text{C}}$	
vzduchové mezivrstvy = $14,605 - 14,600 = 0,005$	

Teplota žehličky = 150°C	
$T_{1(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 1332,9/12 = \mathbf{111,075^{\circ}\text{C}}$	$s=1,683$ $v_x=1,515$
$T_{2(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 1505,3/12 = \mathbf{125,442^{\circ}\text{C}}$	$s=1,434$ $v_x=1,143$
$T_{3(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 1599,4/12 = \mathbf{133,283^{\circ}\text{C}}$	$s=1,339$ $v_x=1,005$
$T_{4(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 1650,1/12 = \mathbf{137,508^{\circ}\text{C}}$	$s=1,235$ $v_x=0,898$
$T_{5(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 1739,7/12 = \mathbf{144,975^{\circ}\text{C}}$	$s=1,383$ $v_x=0,954$
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = (144,975 - 137,508) + (137,508 - 133,283) + (133,283 - 125,442) + (125,442 - 111,075) = 7,467 + 4,225 + 7,842 + 14,367 = \mathbf{33,900^{\circ}\text{C}}$	
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = \mathbf{33,900^{\circ}\text{C}}$	
vzduchové mezivrstvy = $33,900 - 33,900 = 0$	

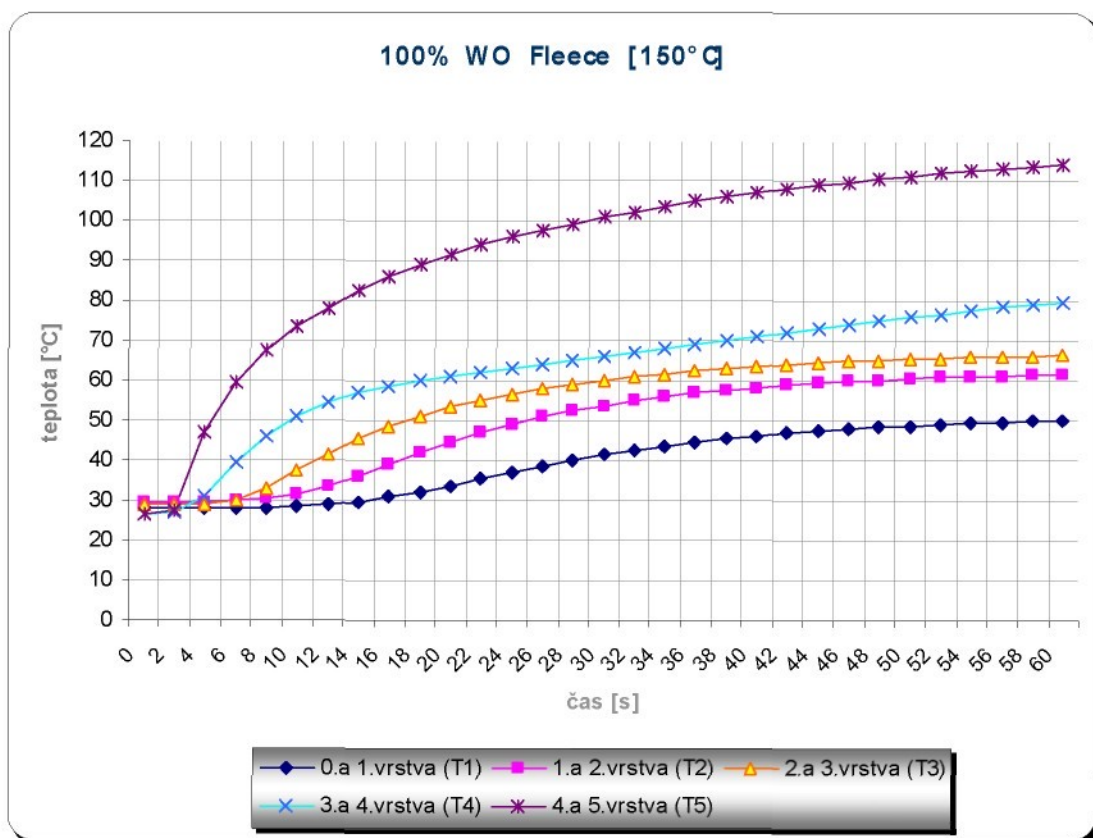
Tab. 6.1.4.5: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

Tab. 6.1.4.2: Průměrné teploty 100% WO (fleece)										
ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLITY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	28,6	28,8	28,0	27,5	25,6	28,2	29,6	28,9	26,7	26,7
2	28,6	28,8	28,1	27,5	25,6	28,1	29,7	28,9	26,8	27,6
4	28,6	28,9	28,1	28,3	31,2	28,1	29,7	29,1	30,8	47,1
6	28,6	28,9	28,4	32,8	44,1	28,2	29,8	30,1	39,3	59,7
8	28,6	29,1	29,6	38,7	51,5	28,2	30,3	33,1	46,2	67,4
10	28,7	29,8	32,0	43,6	56,5	28,4	31,6	37,3	51,1	73,3
12	29,1	31,2	35,1	47,4	60,0	28,9	33,5	41,7	54,5	78,2
14	29,7	33,1	38,3	50,3	62,7	29,6	36,1	45,4	56,9	82,4
16	30,8	35,3	41,2	52,6	64,9	30,8	39,0	48,6	58,6	86,1
18	32,2	37,5	43,7	54,3	67,0	32,2	41,8	51,2	60,0	89,1
20	33,6	39,6	45,9	55,5	68,7	33,7	44,5	53,3	61,1	91,7
22	35,3	41,7	47,7	56,5	70,3	35,4	46,9	55,0	62,1	93,9
24	36,9	43,5	49,3	57,4	71,8	37,0	49,0	56,5	63,1	95,8
26	38,6	45,2	50,6	58,0	73,0	38,6	50,8	57,8	64,1	97,6
28	40,0	46,6	51,7	58,6	74,2	40,0	52,3	58,9	65,0	99,2
30	41,4	47,9	52,6	59,1	75,2	41,3	53,7	59,9	66,1	100,8
32	42,6	48,9	53,5	59,6	76,1	42,5	54,8	60,8	67,1	102,2
34	43,7	49,9	54,2	60,1	76,9	43,6	55,9	61,6	68,1	103,5
36	44,7	50,7	54,8	60,5	77,6	44,5	56,8	62,3	69,1	104,8
38	45,5	51,5	55,3	60,9	78,4	45,3	57,6	63,0	70,2	105,9
40	46,2	52,0	55,8	61,3	79,0	46,1	58,2	63,5	71,1	106,9
42	46,8	52,5	56,2	61,8	79,8	46,8	58,8	64,0	72,1	107,9
44	47,4	53,0	56,6	62,3	80,5	47,3	59,3	64,4	73,1	108,8
46	47,9	53,5	57,0	62,9	81,2	47,9	59,8	64,8	74,0	109,6
48	48,4	53,9	57,4	63,4	82,0	48,4	60,2	65,1	74,9	110,4
50	48,7	54,2	57,7	63,9	82,7	48,7	60,6	65,4	75,8	111,2
52	49,1	54,5	58,0	64,3	83,2	49,1	60,8	65,6	76,7	111,8
54	49,4	54,8	58,2	64,6	83,8	49,4	61,0	65,8	77,5	112,3
56	49,7	55,0	58,4	65,1	84,3	49,7	61,2	66,1	78,3	112,9
58	49,9	55,2	58,6	65,4	84,8	49,9	61,3	66,2	79,0	113,4
60	50,2	55,4	58,8	65,8	85,2	50,1	61,4	66,3	79,7	113,9

Tab. 6.1.4.2: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 6.1.4.3: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 6.1.4.4: vyhodnocení naměřených hodnot

Teplota žehličky = 110°C	
$T_1 (110^\circ\text{C}) = \sum t_1' / n = 199,2/4 = \mathbf{49,800^\circ\text{C}}$	$s=0,337$ $v_x=0,676$
$T_2 (110^\circ\text{C}) = \sum t_2' / n = 220,4/4 = \mathbf{55,100^\circ\text{C}}$	$s=0,258$ $v_x=0,469$
$T_3 (110^\circ\text{C}) = \sum t_3' / n = 234,0/4 = \mathbf{58,500^\circ\text{C}}$	$s=0,258$ $v_x=0,441$
$T_4 (110^\circ\text{C}) = \sum t_4' / n = 260,9/4 = \mathbf{65,225^\circ\text{C}}$	$s=0,506$ $v_x=0,775$
$T_5 (110^\circ\text{C}) = \sum t_5' / n = 338,1/4 = \mathbf{84,525^\circ\text{C}}$	$s=0,608$ $v_x=0,719$
$\Delta t_{(110^\circ\text{C})} = (84,525 - 65,225) + (65,225 - 58,500) + (58,500 - 55,100) + (55,100 - 49,800)$ $= 19,300 + 6,725 + 3,400 + 5,300 = \mathbf{34,725^\circ\text{C}}$	
$\Delta t_{(110^\circ\text{C})} = T_5 - T_1 = \mathbf{34,725^\circ\text{C}}$	
vzduchové mezivrstvy = $34,725 - 34,725 = 0$	

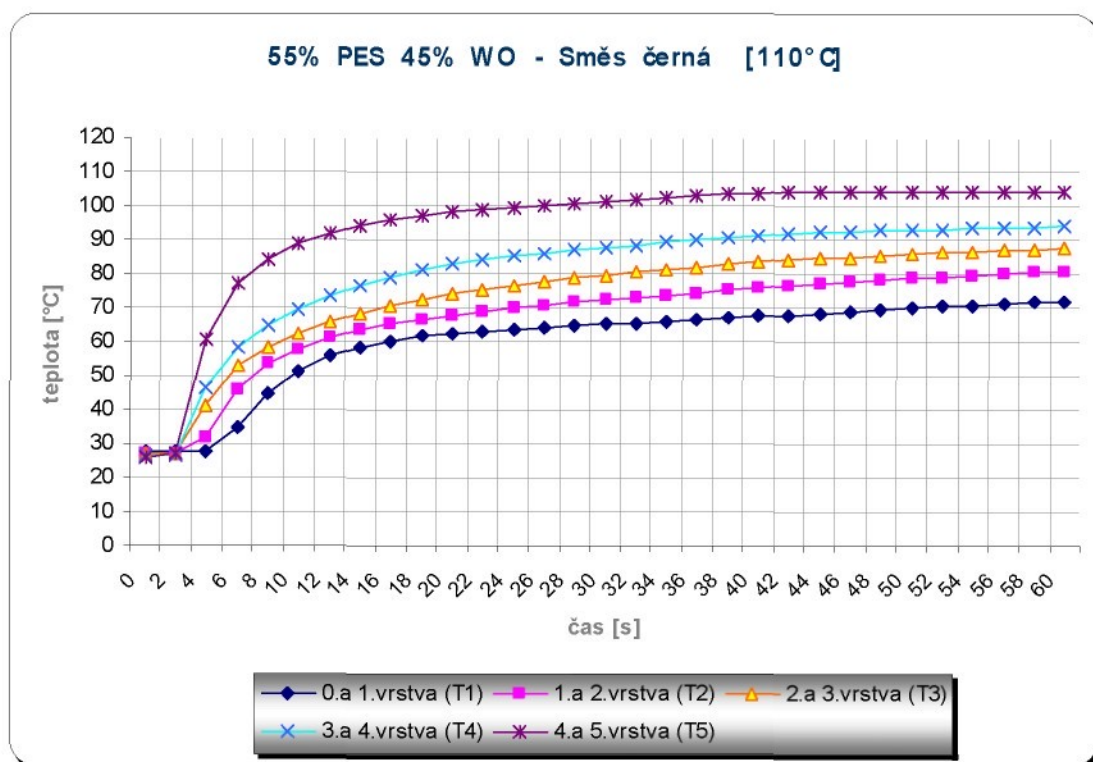
Teplota žehličky = 150°C	
$T_1 (150^\circ\text{C}) = \sum t_1' / n = 199,1/4 = \mathbf{49,775^\circ\text{C}}$	$s=0,299$ $v_x=0,600$
$T_2 (150^\circ\text{C}) = \sum t_2' / n = 244,9/4 = \mathbf{61,225^\circ\text{C}}$	$s=0,171$ $v_x=0,279$
$T_3 (150^\circ\text{C}) = \sum t_3' / n = 264,4/4 = \mathbf{66,100^\circ\text{C}}$	$s=0,216$ $v_x=0,327$
$T_4 (150^\circ\text{C}) = \sum t_4' / n = 314,5/4 = \mathbf{78,625^\circ\text{C}}$	$s=0,943$ $v_x=1,199$
$T_5 (150^\circ\text{C}) = \sum t_5' / n = 452,5/4 = \mathbf{113,125^\circ\text{C}}$	$s=0,685$ $v_x=0,605$
$\Delta t_{(150^\circ\text{C})} = (113,125 - 78,625) + (78,625 - 66,100) + (66,100 - 61,225) + (61,225 - 49,775)$ $= 34,5 + 12,525 + 4,875 + 11,450 = \mathbf{63,350^\circ\text{C}}$	
$\Delta t_{(150^\circ\text{C})} = T_5 - T_1 = \mathbf{63,350^\circ\text{C}}$	
vzduchové mezivrstvy = $63,350 - 63,350 = 0$	

Tab. 6.1.4.6: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

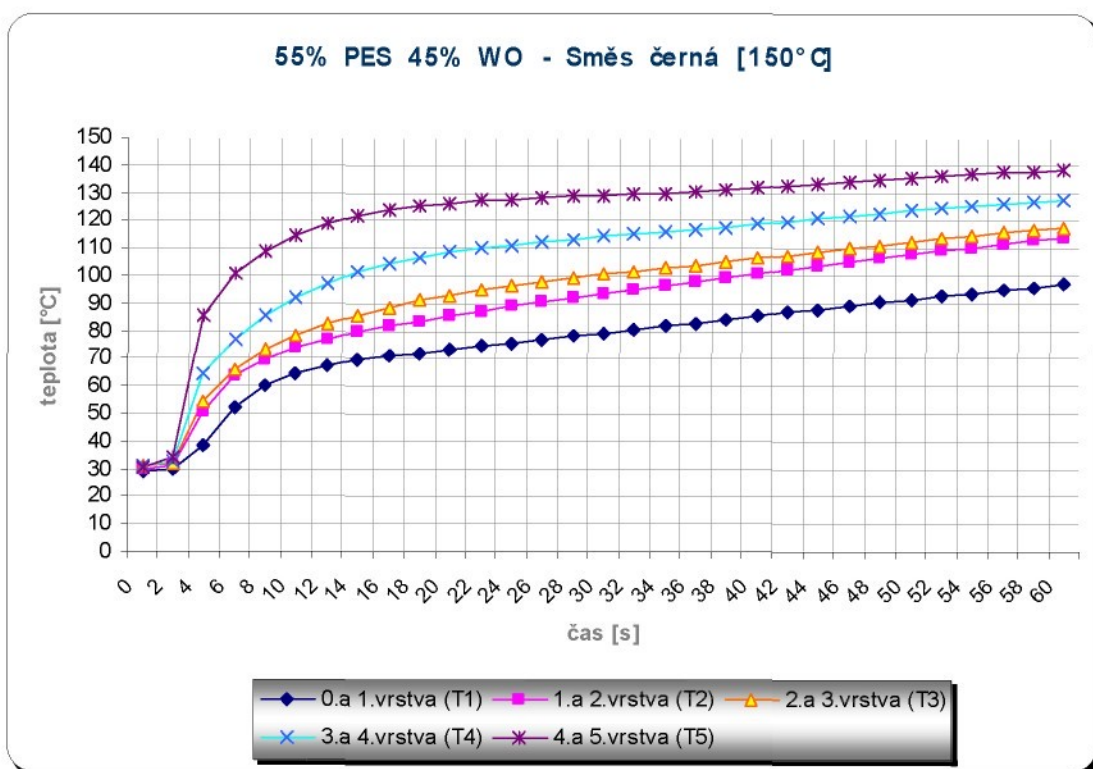
Tab. 6.1.4.3: Průměrné teploty 55% PES 45% WO

ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLITY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	27,4	27,1	27,1	26,5	26,1	29,3	30,0	31,3	31,5	30,7
2	27,4	27,1	27,2	26,5	26,9	29,5	31,2	31,8	32,3	33,7
4	27,5	32,0	41,2	46,4	60,3	38,1	51,0	54,4	64,3	85,4
6	35,0	45,6	52,9	58,4	76,9	52,1	63,6	66,0	76,6	100,5
8	45,0	53,4	58,5	64,7	84,1	60,1	69,9	72,9	85,4	109,0
10	51,4	57,9	62,5	69,6	88,6	64,7	73,9	78,2	92,1	114,8
12	55,6	61,1	65,7	73,5	91,8	67,6	76,9	82,4	97,2	118,7
14	58,4	63,4	68,3	76,6	94,0	69,4	79,4	85,8	101,1	121,5
16	60,2	65,2	70,6	79,1	95,7	70,8	81,6	88,7	104,1	123,6
18	61,5	66,7	72,5	81,1	97,0	72,0	83,6	91,1	106,5	125,1
20	62,4	67,9	74,1	82,7	98,0	73,2	85,5	93,1	108,4	126,3
22	63,1	68,9	75,5	83,9	98,8	74,3	87,3	95,0	109,9	127,2
24	63,6	69,9	76,7	85,1	99,5	75,5	89,0	96,5	111,2	127,8
26	64,2	70,7	77,7	86,1	100,2	76,7	90,7	97,9	112,3	128,3
28	64,6	71,5	78,8	86,9	100,8	77,9	92,2	99,2	113,3	128,8
30	65,1	72,3	79,6	87,8	101,4	79,1	93,7	100,5	114,2	129,1
32	65,5	73,1	80,4	88,5	101,8	80,3	95,2	101,6	115,0	129,4
34	66,0	73,8	81,2	89,3	102,4	81,6	96,5	102,7	115,7	129,8
36	66,5	74,4	82,0	89,9	103,0	82,9	98,0	103,9	116,6	130,4
38	67,0	75,2	82,7	90,6	103,4	84,1	99,4	105,1	117,6	131,2
40	67,5	75,8	83,3	91,2	103,8	85,4	100,8	106,3	118,6	131,9
42	67,9	76,4	83,9	91,7	104,0	86,7	102,3	107,5	119,6	132,7
44	68,4	77,0	84,5	92,1	104,2	87,9	103,7	108,7	120,7	133,6
46	68,9	77,5	85,0	92,4	104,2	89,2	105,2	110,0	121,7	134,4
48	69,4	78,0	85,4	92,7	104,2	90,4	106,5	111,2	122,7	135,1
50	69,8	78,6	85,8	93,0	104,2	91,6	107,9	112,4	123,7	135,8
52	70,3	79,0	86,2	93,2	104,2	92,7	109,2	113,5	124,5	136,4
54	70,7	79,5	86,5	93,4	104,2	93,8	110,5	114,6	125,4	136,9
56	71,1	79,9	86,8	93,6	104,1	94,9	111,7	115,6	126,2	137,5
58	71,5	80,3	87,1	93,8	104,1	95,9	112,8	116,6	126,9	137,9
60	71,9	80,7	87,4	94,0	104,0	96,8	113,7	117,6	127,6	138,3

Tab. 6.1.4.3: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 6.1.4.5: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 6.1.4.6: vyhodnocení naměřených hodnot

Teplota žehličky = 110°C	
$T_{1(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 494,7/7 = 70,671^{\circ}\text{C}$	$s=0,903$ $v_x=1,278$
$T_{2(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 556,0/7 = 79,429^{\circ}\text{C}$	$s=0,959$ $v_x=1,207$
$T_{3(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 605,2/7 = 86,457^{\circ}\text{C}$	$s=0,711$ $v_x=0,823$
$T_{4(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 653,7/7 = 93,386^{\circ}\text{C}$	$s=0,456$ $v_x=0,488$
$T_{5(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 729,0/7 = 104,143^{\circ}\text{C}$	$s=0,079$ $v_x=0,076$
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = (104,143 - 93,386) + (96,386 - 86,457) + (86,457 - 79,429) + (79,429 - 70,671) = 10,757 + 6,929 + 7,029 + 8,757 = 33,471^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 33,473^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $33,473 - 33,471 = 0,002$	

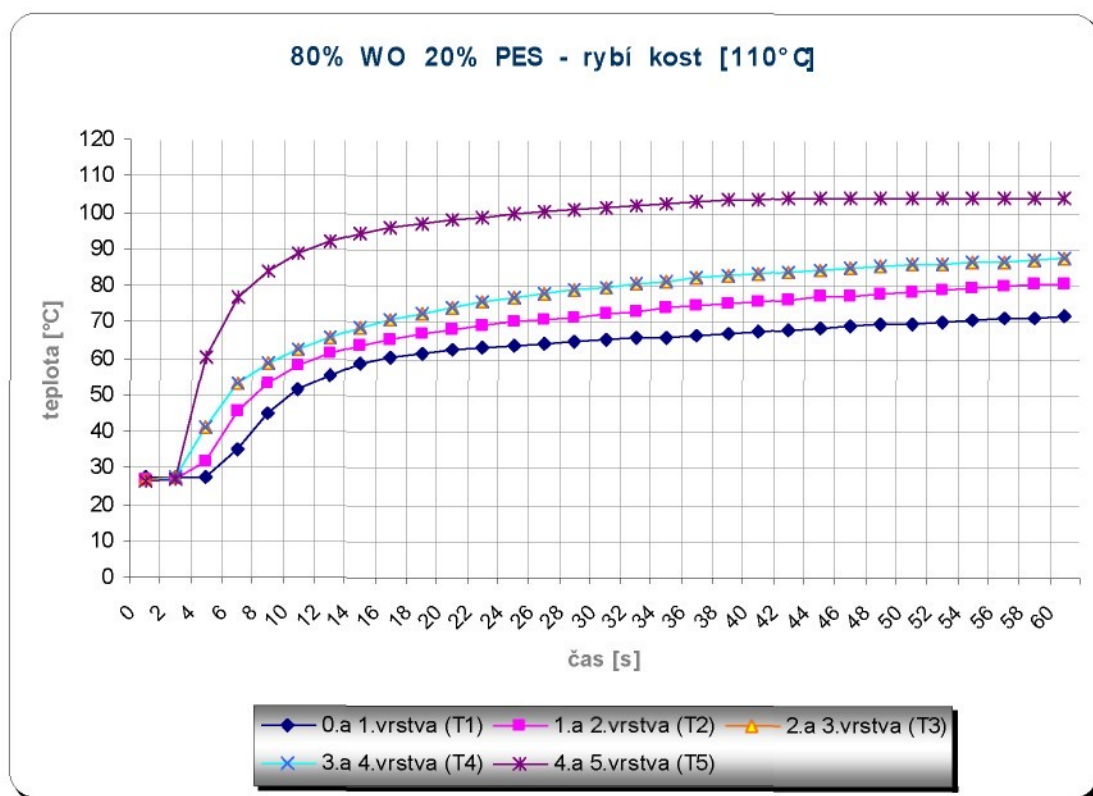
Teplota žehličky = 150°C	
$T_{1(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 656,1/7 = 93,729^{\circ}\text{C}$	$s=2,316$ $v_x=2,471$
$T_{2(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 772,3/7 = 110,329^{\circ}\text{C}$	$s=2,621$ $v_x=2,376$
$T_{3(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 801,5/7 = 114,500^{\circ}\text{C}$	$s=2,293$ $v_x=2,002$
$T_{4(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 877,0/7 = 125,286^{\circ}\text{C}$	$s=1,762$ $v_x=1,406$
$T_{5(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 957,9/7 = 136,843^{\circ}\text{C}$	$s=1,2154$ $v_x=0,844$
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = (136,843 - 125,286) + (125,286 - 114,500) + (114,500 - 110,329) + (110,329 - 93,729) = 11,557 + 10,786 + 4,171 + 16,600 = 43,114^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 43,115^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $43,115 - 43,114 = 0,001$	

Tab. 6.1.4.7: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

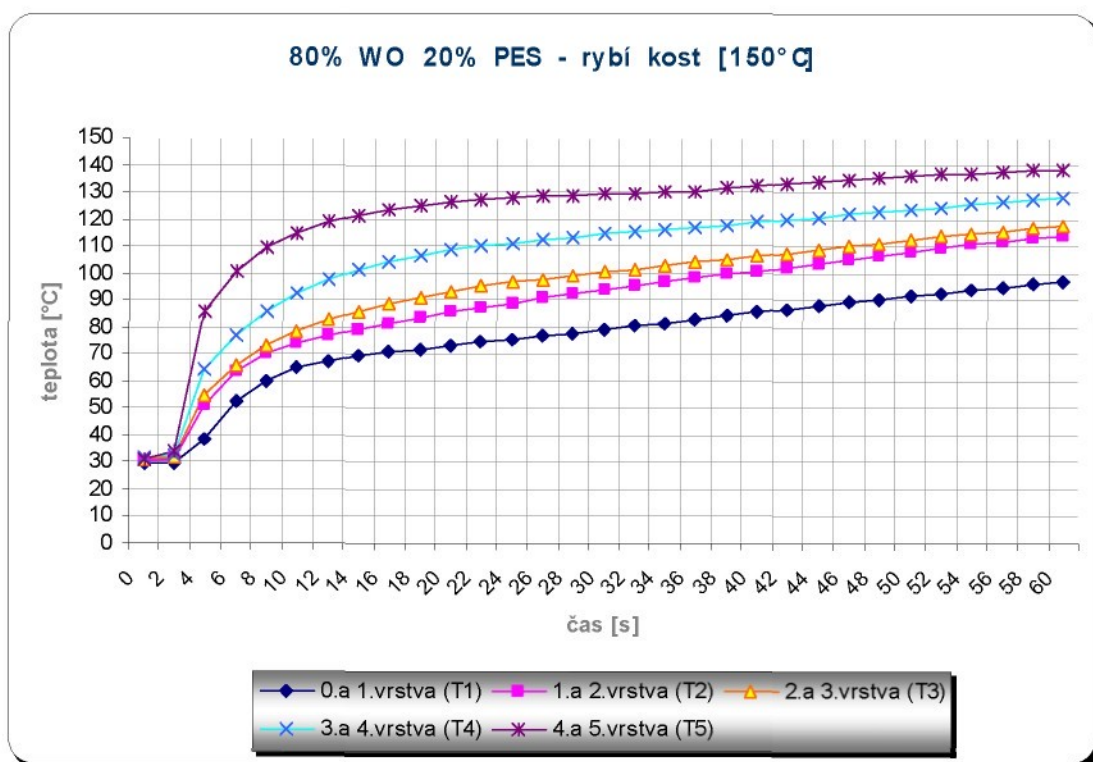
Tab. 6.1.4.4: Průměrné teploty 80% WO 20 PES% rybí kost

ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLOTY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	27,4	27,1	27,1	26,5	26,1	29,3	30,0	31,3	31,5	30,7
2	27,4	27,1	27,2	27,2	26,9	29,5	31,2	31,8	32,3	33,7
4	27,5	32,0	41,2	41,2	60,3	38,1	51,0	54,4	64,3	85,4
6	35,0	45,6	52,9	52,9	76,9	52,1	63,6	66,0	76,6	100,5
8	45,0	53,4	58,5	58,5	84,1	60,1	69,9	72,9	85,4	109,0
10	51,4	57,9	62,5	62,5	88,6	64,7	73,9	78,2	92,1	114,8
12	55,6	61,1	65,7	65,7	91,8	67,6	76,9	82,4	97,2	118,7
14	58,4	63,4	68,3	68,3	94,0	69,4	79,4	85,8	101,1	121,5
16	60,2	65,2	70,6	70,6	95,7	70,8	81,6	88,7	104,1	123,6
18	61,5	66,7	72,5	72,5	97,0	72,0	83,6	91,1	106,5	125,1
20	62,4	67,9	74,1	74,1	98,0	73,2	85,5	93,1	108,4	126,3
22	63,1	68,9	75,5	75,5	98,8	74,3	87,3	95,0	109,9	127,2
24	63,6	69,9	76,7	76,7	99,5	75,5	89,0	96,5	111,2	127,8
26	64,2	70,7	77,7	77,7	100,2	76,7	90,7	97,9	112,3	128,3
28	64,6	71,5	78,8	78,8	100,8	77,9	92,2	99,2	113,3	128,8
30	65,1	72,3	79,6	79,6	101,4	79,1	93,7	100,5	114,2	129,1
32	65,5	73,1	80,4	80,4	101,8	80,3	95,2	101,6	115,0	129,4
34	66,0	73,8	81,2	81,2	102,4	81,6	96,5	102,7	115,7	129,8
36	66,5	74,4	82,0	82,0	103,0	82,9	98,0	103,9	116,6	130,4
38	67,0	75,2	82,7	82,7	103,4	84,1	99,4	105,1	117,6	131,2
40	67,5	75,8	83,3	83,3	103,8	85,4	100,8	106,3	118,6	131,9
42	67,9	76,4	83,9	83,9	104,0	86,7	102,3	107,5	119,6	132,7
44	68,4	77,0	84,5	84,5	104,2	87,9	103,7	108,7	120,7	133,6
46	68,9	77,5	85,0	85,0	104,2	89,2	105,2	110,0	121,7	134,4
48	69,4	78,0	85,4	85,4	104,2	90,4	106,5	111,2	122,7	135,1
50	69,8	78,6	85,8	85,8	104,2	91,6	107,9	112,4	123,7	135,8
52	70,3	79,0	86,2	86,2	104,2	92,7	109,2	113,5	124,5	136,4
54	70,7	79,5	86,5	86,5	104,2	93,8	110,5	114,6	125,4	136,9
56	71,1	79,9	86,8	86,8	104,1	94,9	111,7	115,6	126,2	137,5
58	71,5	80,3	87,1	87,1	104,1	95,9	112,8	116,6	126,9	137,9
60	71,9	80,7	87,4	87,4	104,0	96,8	113,7	117,6	127,6	138,3

Tab. 6.1.4.4: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 6.1.4.7: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 6.1.4.8: vyhodnocení naměřených hodnot

Teplota žehličky = 110°C	
$T_1 (110^\circ\text{C}) = \sum t_1' / n = 355,5/5 = 71,100^\circ\text{C}$	$s=0,632$ $v_x=0,890$
$T_2 (110^\circ\text{C}) = \sum t_2' / n = 399,4/5 = 79,880^\circ\text{C}$	$s=0,665$ $v_x=0,832$
$T_3 (110^\circ\text{C}) = \sum t_3' / n = 434,0/5 = 86,800^\circ\text{C}$	$s=0,474$ $v_x=0,546$
$T_4 (110^\circ\text{C}) = \sum t_4' / n = 434,0/5 = 86,800^\circ\text{C}$	$s=0,084$ $v_x=0,080$
$T_5 (110^\circ\text{C}) = \sum t_5' / n = 520,6/5 = 104,120^\circ\text{C}$	$s=0,632$ $v_x=0,890$
$\Delta t_{(110^\circ\text{C})} = (104,120 - 86,800) + (86,800 - 86,800) + (86,800 - 79,880) + (79,880 - 71,100) = 17,320 + 0 + 6,920 + 8,780 = 33,020^\circ\text{C}$	
$\Delta t_{(110^\circ\text{C})} = T_5 - T_1 = 33,021^\circ\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $33,021 - 33,020 = 0,001$	

Teplota žehličky = 150°C	
$T_1 (150^\circ\text{C}) = \sum t_1' / n = 381,4/4 = 95,350^\circ\text{C}$	$s=1,292$ $v_x=1,355$
$T_2 (150^\circ\text{C}) = \sum t_2' / n = 448,7/4 = 112,175^\circ\text{C}$	$s=1,384$ $v_x=1,234$
$T_3 (150^\circ\text{C}) = \sum t_3' / n = 464,4/4 = 116,100^\circ\text{C}$	$s=1,291$ $v_x=1,112$
$T_4 (150^\circ\text{C}) = \sum t_4' / n = 506,1/4 = 126,525^\circ\text{C}$	$s=0,943$ $v_x=0,745$
$T_5 (150^\circ\text{C}) = \sum t_5' / n = 550,6/4 = 137,650^\circ\text{C}$	$s=0,597$ $v_x=0,434$
$\Delta t_{(150^\circ\text{C})} = (137,650 - 126,525) + (126,525 - 116,100) + (116,100 - 112,175) + (112,175 - 95,350) = 11,125 + 10,425 + 3,925 + 16,825 = 42,300^\circ\text{C}$	
$\Delta t_{(150^\circ\text{C})} = T_5 - T_1 = 42,300^\circ\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $42,300 - 42,300 = 0$	

Tab. 6.1.4.8: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

Zpracovaná data pro zbylé materiály stejného materiálového složení jsou v **příloze č.5**.

6.1.5 NAMĚŘENÉ HODNOTY TEXTILNÍHO MATERIÁLU POTŘEBNÉ PRO VÝPOČET TEPELNÉHO TOKU

	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹] tepelná vodivost	R [m ² .K/W] tepelný odpor	δ [m] tloušťka	Δt [°C] 110°C rozdíl teplot	Δt [°C] 150°C rozdíl teplot
PES červený	0,1397	0,00478	0,00058	14,600	33,900
PES růžový	0,2526	0,00316	0,00079	18,043	37,067
PES modrý	0,2100	0,00111	0,00047	36,375	39,850
100% WO (fleece)	0,0414	0,09636	0,00399	34,725	63,350
55% PES 45% WO (černý)	0,0474	0,04342	0,00121	33,471	43,114
100% WO (flauš)	0,3958	0,09622	0,00379	34,600	63,350
80% WO 20% PES (rybí kost)	0,3667	0,08372	0,00307	33,020	42,300

Tab. 6.1.5.1: Potřebné údaje pro výpočet tepelného toku

6.1.6 VÝPOČET TEPELNÉHO TOKU

Tepelný tok byl vypočítán podle rovnice:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (6.1.6.1)$$

kde: λ – součinitel tepelné vodivosti [W.m⁻¹.K⁻¹]

Δt – rozdíl teplot T_n a T_{n-1} [K]

δ – tloušťka materiálu [m].

Tepelná vodivost byla měřena na přístroji ALAMBETA pro každý materiál zvlášť. Naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulky a jsou přiloženy v **příloze č.3**. Tloušťka jednotlivých materiálů byla měřena na tloušťkoměru DM 100T, naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulek a přiloženy v **příloze č.3**. Naměřené a zpracované hodnoty teplot jednotlivých materiálů jsou v **příloze č.9**. Technické údaje všech použitých přístrojů jsou v **příloze č.2** a simulačního programu Comsol MultiphysicsTM jsou v **příloze č.10**.

<i>Materiál</i>	<i>Základní rovnice tepelného toku</i>	<i>Dosazení do rovnice</i>	<i>$q [W.m^{-2}]$ 110°C</i>	<i>$q [W.m^{-2}]$ 150°C</i>
PES červený	$q = \lambda * \frac{\Delta t}{\delta} [W.m^{-2}]$	$q_{110} = 0,1397 * \frac{14,6}{0,00085}$ $q_{150} = 0,1397 * \frac{33,9}{0,00085}$	2399,553	5571,565
PES růžový		$q_{110} = 0,2526 * \frac{18,043}{0,00079}$ $q_{150} = 0,2526 * \frac{37,067}{0,00079}$	5769,192	11852,060
PES modrý		$q_{110} = 0,21 * \frac{36,375}{0,00047}$ $q_{150} = 0,21 * \frac{39,85}{0,00047}$	16252,660	17805,319
100% WO (fleece)		$q_{110} = 0,0414 * \frac{34,725}{0,00399}$ $q_{150} = 0,0414 * \frac{63,35}{0,00399}$	360,305	657,316
55% PES 45% WO (černý)		$q_{110} = 0,0474 * \frac{33,471}{0,00121}$ $q_{150} = 0,0474 * \frac{43,114}{0,00121}$	1311,178	1688,929
100% WO (flauš)		$q_{110} = 0,3958 * \frac{34,6}{0,00379}$ $q_{150} = 0,3958 * \frac{63,35}{0,00379}$	3613,372	6615,813
80% PES 20% WO (rybí kost)		$q_{110} = 0,3667 * \frac{33,02}{0,00307}$ $q_{150} = 0,3667 * \frac{42,3}{0,00307}$	3944,115	5052,577

Tab. 6.1.6.1: Výpočet tepelného toku pro reálný model

6.1.7 CHYBA MĚŘENÍ

Chyby přístrojů při měření:

- ALMEMO 2290-8: $\pm 0,03\%$ z naměřené hodnoty
- Termočlánek NiCr-Ni, typ T: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$

- ALAMBETA: $\pm 2\%$ z naměřené hodnoty
- Tloušťkoměr DM 100T: $\pm 0,01$ mm

Celková chyba byla vypočítána podle vztahu:

$$s^2(y) = \sum_{i=1}^m \left[\frac{\partial G(x)}{\partial x_i} \right]^2 \cdot s^2(x_i) \quad (6.1.7)$$

kde: $s(y)$ – směrodatná odchylka výsledku

$s(x_i)$ – směrodatná odchylka měřené veličiny

$y = G(x)$

Např.: Celková chyba byla počítána z jednotlivých hodnot daných pro výpočet tepelného toku u 100% PES (červený).

$$s^2(q) = \left[\frac{\partial(\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta})}{\partial \lambda} \right]^2 \cdot s^2(\lambda) + \left[\frac{\partial(\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta})}{\partial \Delta t} \right]^2 \cdot s^2(\Delta t) + \left[\frac{\partial(\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta})}{\partial \delta} \right]^2 \cdot s^2(\delta)$$

$$s^2(q) = \left[\frac{\Delta t}{\delta} \right]^2 \cdot s^2(\lambda) + \left[\frac{\lambda}{\delta} \right]^2 \cdot s^2(\Delta t) + \left[\frac{\lambda \cdot \Delta t}{\delta^2} \right]^2 \cdot s^2(\delta)$$

$$s^2(q) = \left[\frac{14,600}{0,00058} \right]^2 \cdot 0,001396^2 + \left[\frac{0,0367}{0,00058} \right]^2 \cdot (14,600 \cdot 0,0003 + 0,1)^2 + \\ + \left[\frac{0,0367 \cdot 14,600}{0,00058^2} \right]^2 \cdot 0,00001^2 = 1234,868 + 43,623 + 253,703 = 1532,194$$

$$s(q) = \sqrt{1532,194} = 39,143 \text{ W.m}^2$$

tzn. pro daný případ $q = 3516,586 \text{ W.m}^{-2}$

celková chyba = $\pm 39,143 \text{ W.m}^{-2}$

interval od 3477,443 do 3555,729 W.m^{-2}

$$\text{Vyjádření celkové chyby výsledků měření v \%} = \frac{s(q)}{q} \cdot 100 = \frac{39,143}{3516,586} \cdot 100 = 1,113\%$$

6.2 DRUHÁ ČÁST: SIMULAČNÍ MODEL PŘESTUPU TEPLA V COMSOL MULTIPHYSICS™

Samotný postup vytvoření simulovaného modelu se skládal ze dvou částí. V první fázi bylo potřeba získat parametry jednotlivých materiálů, které se zanašely do každého modelu, pro každý textilní vzorek samostatně.

Měření probíhalo hned několik. Tloušťka vzorků se měřila na přístroji tloušťkoměr DM 100T. Tepelná kapacita pro většinu vzorku byla brána tabulková hodnota. Tepelná vodivost byla měřena hned na dvou přístrojích a sice na ALAMBETĚ a TOGMETER. Měření probíhala za stejného přtlaku (1,5 Kg = 15 N) jaký vynaloží položená žehlička na daný počet vrstev. Hustota byla brána také tabulková hodnota. Všechny změřené údaje byly zprůměrnovány a zpracovány do tabulek (kapitola 6.2.2 + příloha č.5). Přehled změřených hodnot je uveden v příloze č.3 a č.4.

V druhé fázi modelu bylo potřeba zvolit správný matematický model pro výpočet přestupu tepla. Comsol Multiphysics™ v tomto případě nabízí několik přednastavených úloh, které se přímo specifikují na danou problematiku. Byl zvolen model 2D s konečným počtem prvků pro tepelné přestupy. Výchozí matematická rovnice pro tento všeobecný model byla dána touto diferenciální rovnicí:

$$\delta_{is} \rho c_p \partial T / \partial t - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q + h_{trans} (T_{ext} - T) + c_{trans} (T_{ambtrans}^4 - T^4), T = temperature$$

Rovnice 6.2.1: Hlavní matematická diferenciální rovnice simulačního modelu

Tento model se musel dále nastavit. Další bodem bylo nastavení okrajových podmínek. Comsol Multiphysics™ nabízí dvě okrajové podmínky a sice Dirichletovu a Neumannovu. Pro všechny modely byla použita tzv. smíšená okrajová podmínka což znamená, že části hraniční oblasti jsou dány Dirichletovou a na zbytku je použita Neumanova okrajová podmínka.

Posledním nastavením, které měly všechny modely ještě společné byly výchozí teploty. Teplota okolí se nastavovala na 25°C stejně jako teplota při měření reálného modelu v jednotkách Kelvin tedy 298,15 K. Všechny modely měly potom společnou výchozí ohřívací teplotu (simulující žehličku) z vrchní polohy a sice 110°C a 150°C opět převedenou na Kelviny tedy 383,15 K a 423,15 K.

Po nastavení a specifikování modelu nastalo samotné vyjádření rozmístění vrstev materiálů a zadání parametrů textilních vzorků. Vzorky v tomto případě představovala

plocha o tvaru obdélníku, kde kratší část představovala zadanou tloušťku jedné vrstvy a delší část představovala šířku textilního reálného vzorku. Takto nadefinována vrstva byla na sebe položena stejně jako v reálném modelu.

V poslední fázi dostávaly všechny vrstvy u jednotlivých modelů své vlastnosti. Jelikož se jednalo vždy o jeden materiál, všechny vrstvy dostaly stejné vlastnosti. Zadávaly se čtyři potřebné údaje, které jsou zahrnuty do tabulky 6.2.1.

	δ_e [-] časová konstanta modelu	K (isotropic) [W/(m.K)] tepelná vodivost	ρ [kg/m ³] hustota / měrná hmotnost	C_p [J/(kg.K)] Měrná tepelná kapacita
PES červený	0,8	0,1397	1370	1340
PES růžový	0,8	0,2526	1370	1340
PES modrý	0,8	0,2100	1370	1340
100% WO (fleece)	0,5	0,0414	1300	1360
55% PES 45% WO (černý)	0,4	0,0474	1330	1350
100% WO (flauš)	0,5	0,3958	1300	1360
80% WO 20% PES (rybí kost)	0,3	0,3667	1310	1350

Tabulka 6.2.1: Potřebné údaje pro specifikaci jednotlivých materiálů v modelu

Po specifikaci a definování materiálu bylo u každého modelu potřeba specifikovat hranice. U všech modelů se provádělo stejné nastavení. Systém pro zjednodušení byl považován za uzavřený. Tedy hranice ze tří stran modelu (obě boční a spodní) byly uzavřeny. Horní hranice byla nastavena na konstantní teplotu (383,15 K, 423,15 K) – každý model pro samostatnou teplotu. Hranice mezi jednotlivými vrstvami byly považovány za hlavní tok tepla a byly proto nastaveny jako přestupové.

Zbylé nastavení jako síť (podobné jako struktura textilie) bylo ponecháno jako výchozí, tak jak bylo na začátku nastaveno programem. I do ostatních nastavení již nebylo zasahováno a byla ponechána v původním výchozím nastavení.

Takto připravený model byl posléze přepočítán programem a vyhodnocen do obrázku s postupným rozpořádáním teplot a stupnicí specifikují jednotlivé barvy určující teplotu. Celý průběh se dal zobrazit ve video formátu, kde je možno vidět postupné ohřívání jednotlivých vrstev. Jednotlivé snímky v čase byly vždy vizuálně vyhodnoceny (popřípadě vyexportovány a zpracovány do grafu pro porovnání) a v případě nesrovnalostí byly provedeny korekce modelu. Jednalo se hlavně o úpravu především tabulkových hodnot, které podle modelu mnohdy nesouhlasily. Někdy bylo ovšem potřeba upravit i

volitelné parametry (například: časová konstanta modelu), které ovlivňují průběh výpočtu modelu.

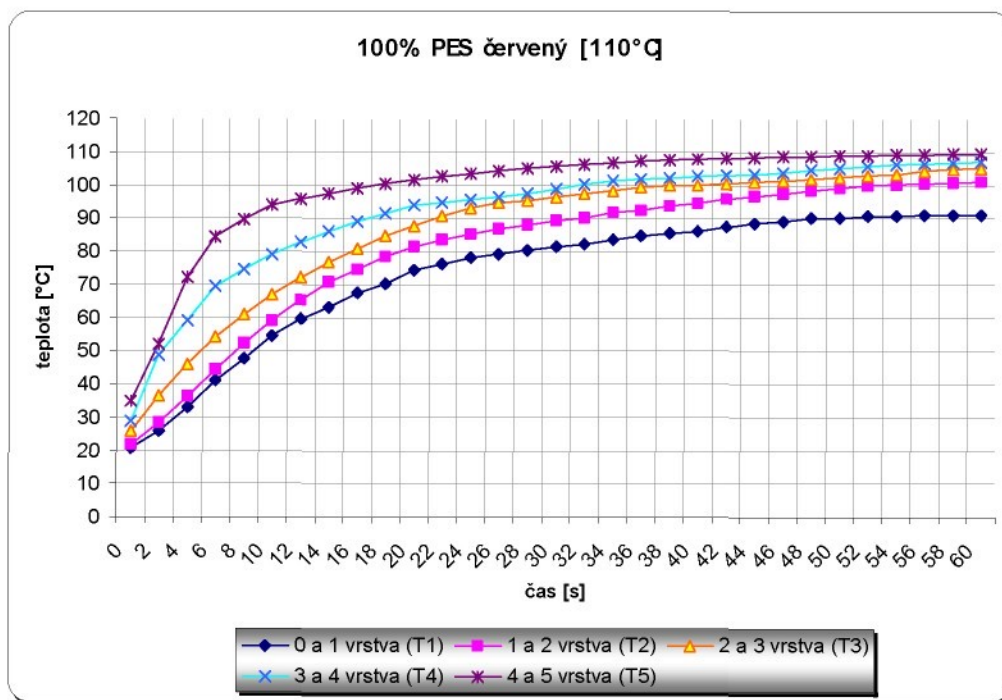
6.2.1 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MODELU

Pro provedení výpočtu modelu byla data nejprve ze simulačního programu Comsol MultiphysicsTM vyexportována. K exportu je hned několik možností, včetně exportu do programu Matlab a dalších programu pro zpracování. Data byla vyexportována stejně jako ze zařízení Almemo. Tedy jako obyčejný datový soubor, kde byl použit filtr na export pouze hraničních bodů jednotlivých obrysů.

Vzniklý soubor byl dále zpracován v tabulkovém programu Excel. Zde se tyto data musela exportovat a upravit. Použila se pouze data odpovídající bodům, které jsou umístěny stejně jako termočlánky u reálného měření. Stejně jako u naměřených dat, byla i simulovaná data zpracována do tabulek a výsledných grafů.

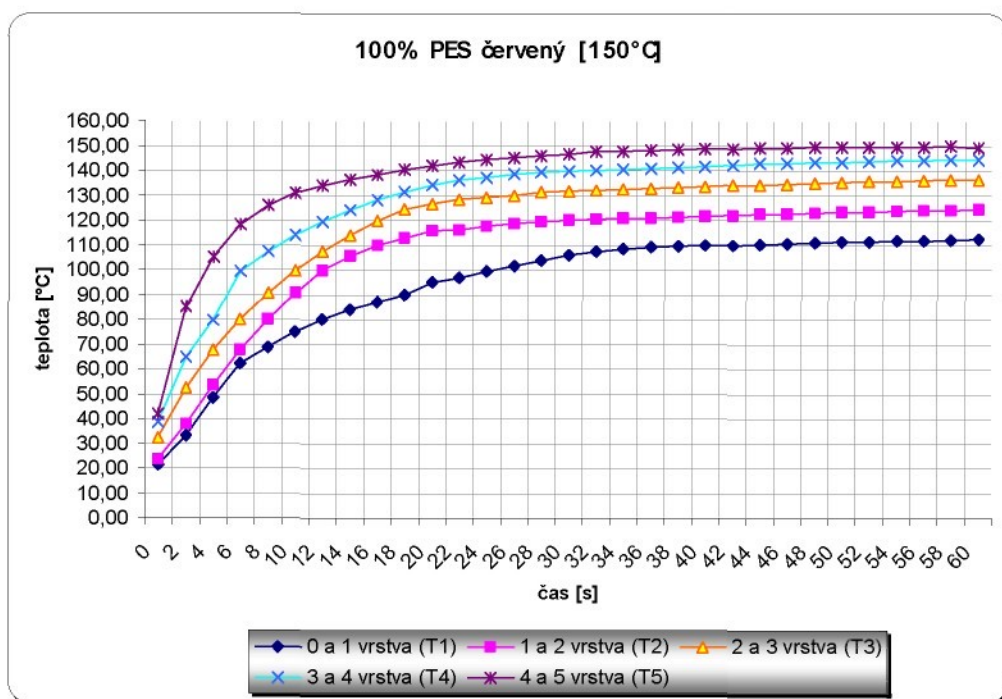
Měření bylo porovnáno s reálnými daty a vyhodnoceno. Po provedení korektury byl simulovaný model opraven a znovu provedena simulace. Nová data byla opět vyexportována a znovu vyhodnocena. Porovnána opět s reálnými daty. Oprava a simulace byla prováděna tak dlouho, dokud model nebyl shodný s reálnými daty. Tím byl model prohlášen za shodný a matematický model za ověřený. Daná měření se prováděla pro každý materiál a každý se modeloval tak dlouho, dokud simulace nesouhlasila s reálnými daty.

U jednotlivých modelů byla posléze proveden výpočet tepelného toku stejně jako u reálných naměřených dat. Výsledky byly zpracovány do grafů (graf.6.2.1.1 až 6.2.1.14), jednotlivé hodnoty z modelu se nachází v **příloze č.13**.

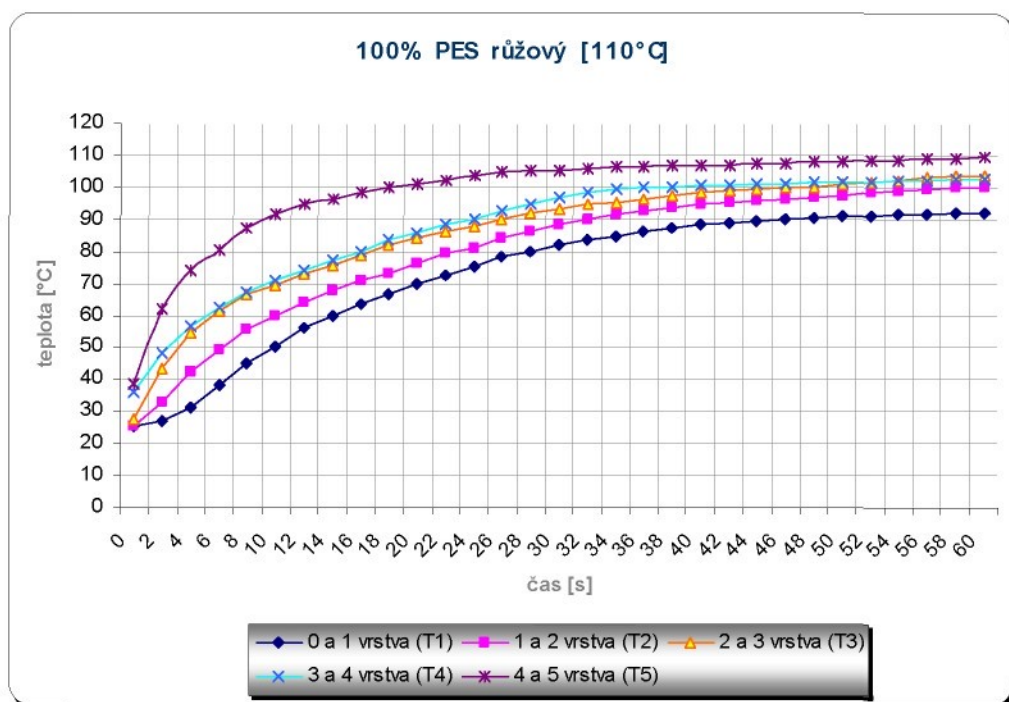


Graf. 6.2.1.1: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot ($t_5 - t_1$)	15,083	34,016
tepelný tok (q)	2481,73	5588,0

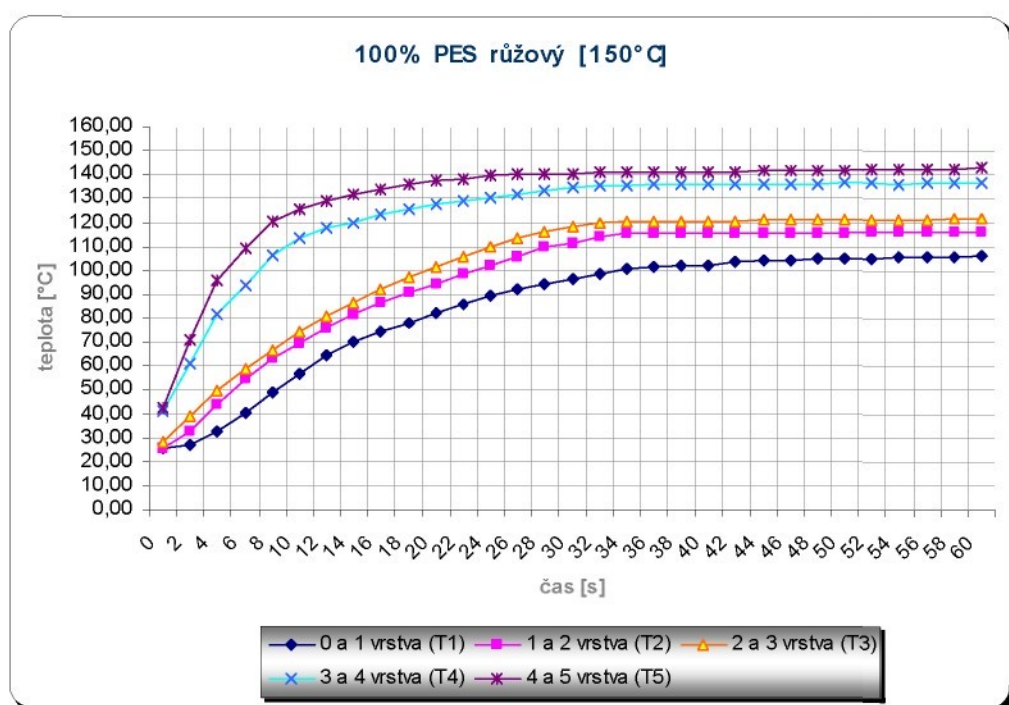


Graf. 6.2.1.2: vyhodnocení modelových hodnot

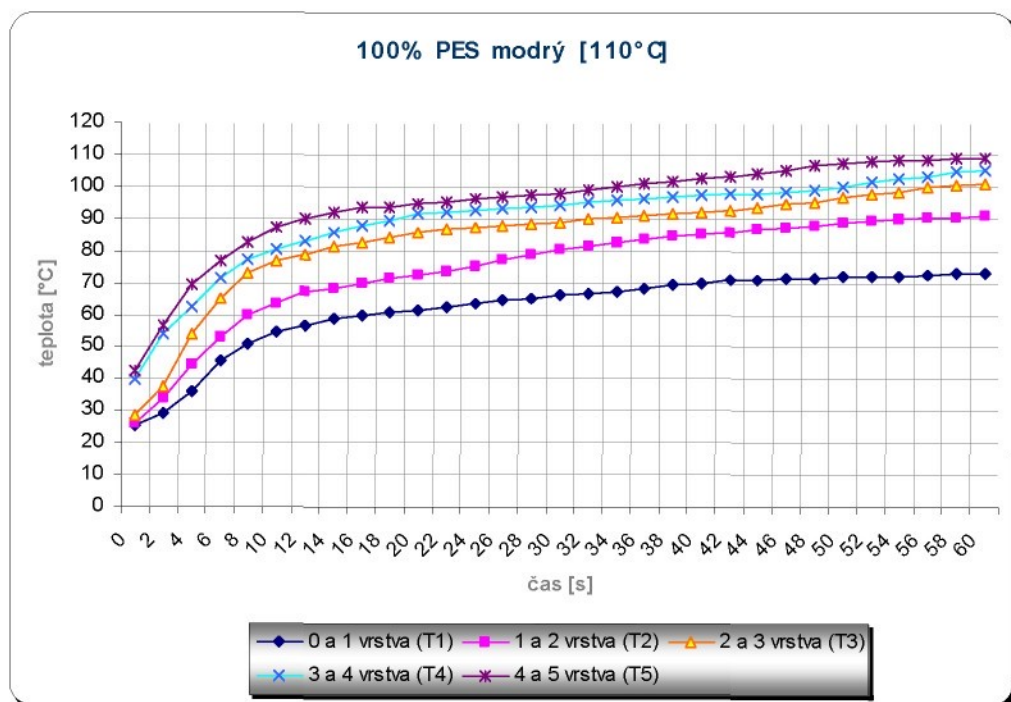


Graf. 6.2.1.3: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot (t_5-t_1)	17,171	37,017
tepelný tok (q)	5499,65	11830,63

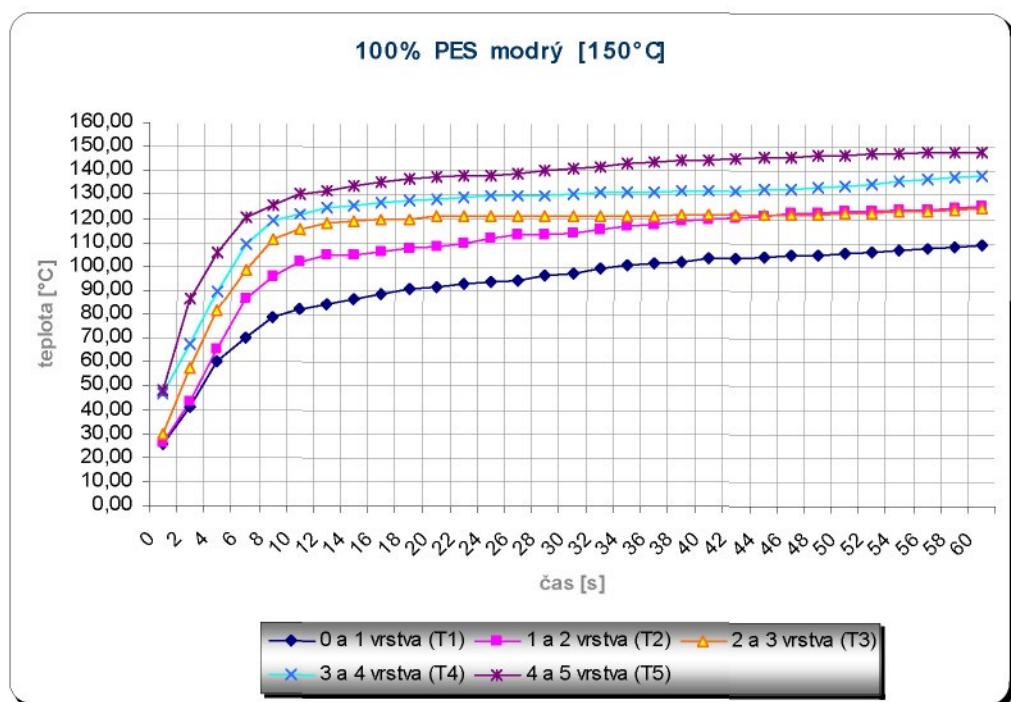


Graf. 6.2.1.4: vyhodnocení modelových hodnot

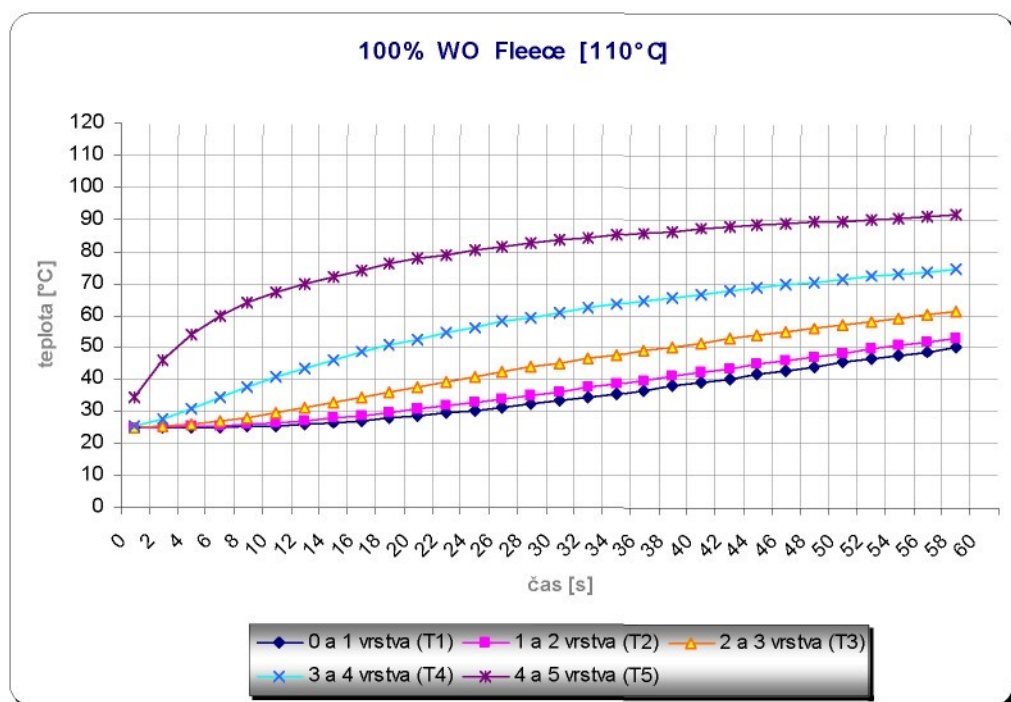


Graf. 6.2.1.5: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot (t_5-t_1)	36,050	40,055
tepelný tok (q)	16129,79	17917,02

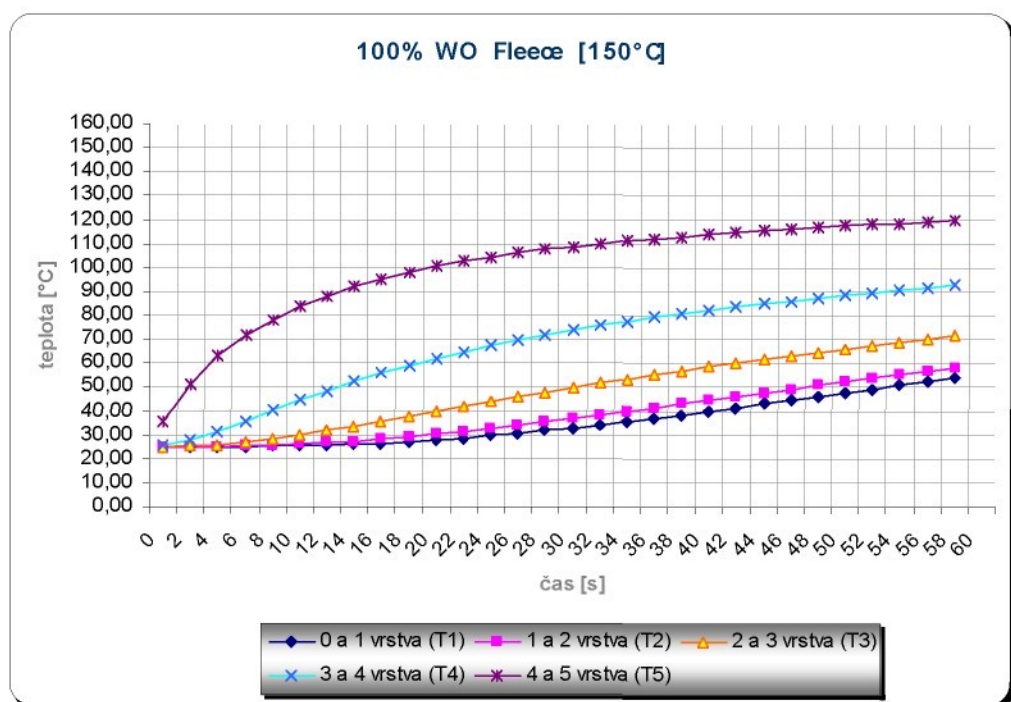


Graf. 6.2.1.6: vyhodnocení modelových hodnot

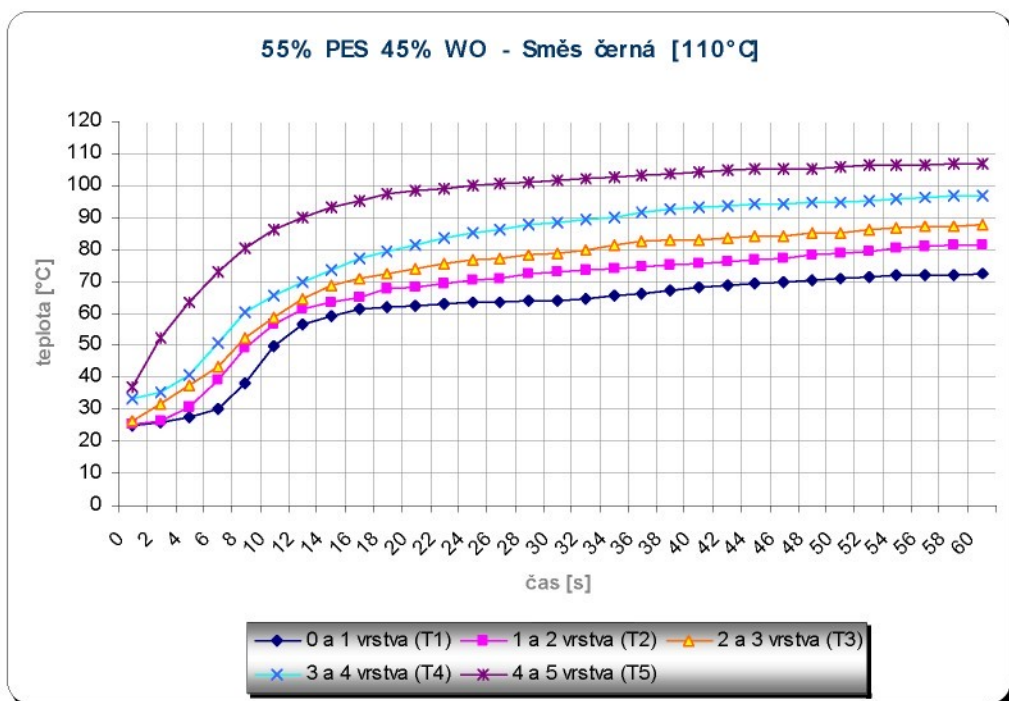


Graf. 6.2.1.7: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot ($t_5 - t_1$)	41,836	66,567
tepelný tok (q)	433,71	691,04

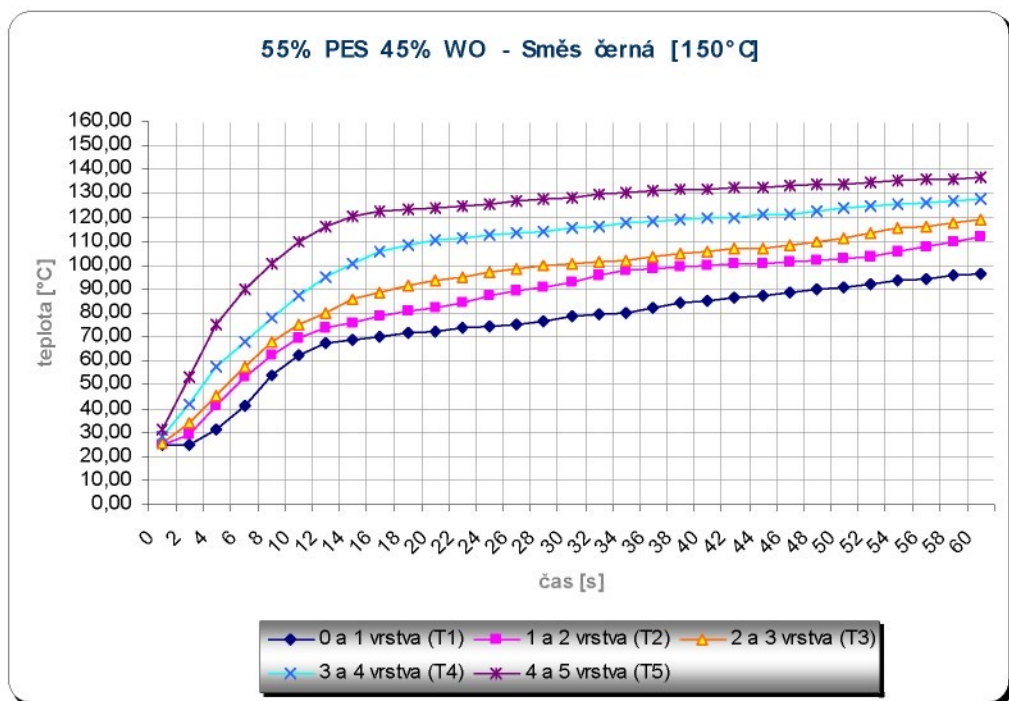


Graf. 6.2.1.8: vyhodnocení modelových hodnot

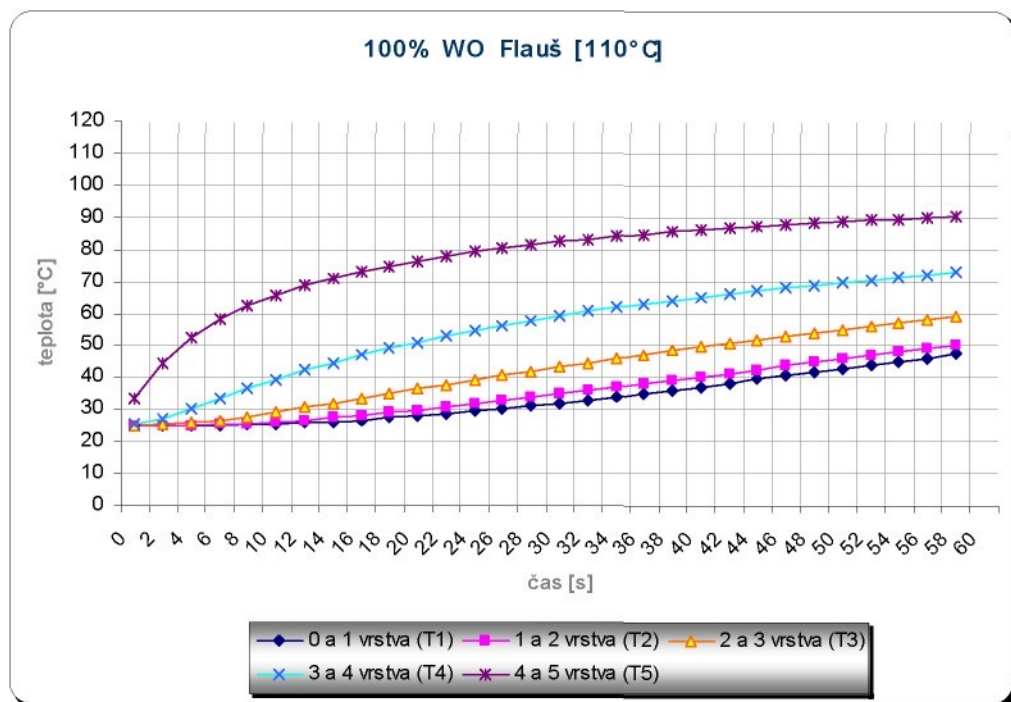


Graf. 6.2.1.9: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot (t5-t1)	34,629	41,900
Tepelný tok (q)	1355,40	1641,37

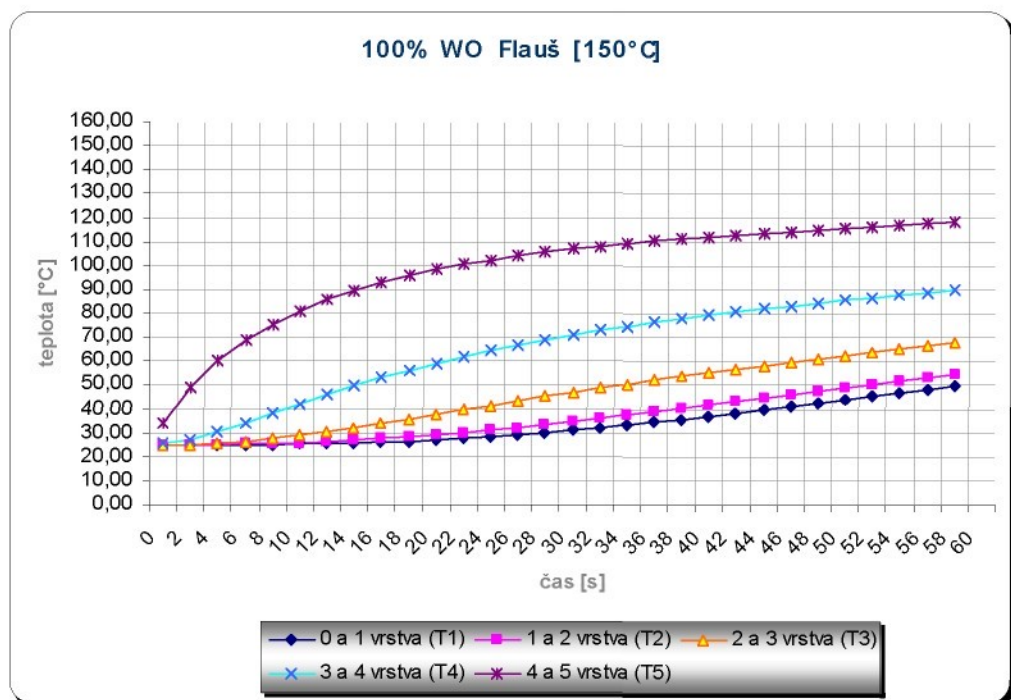


Graf. 6.2.1.10: vyhodnocení modelových hodnot

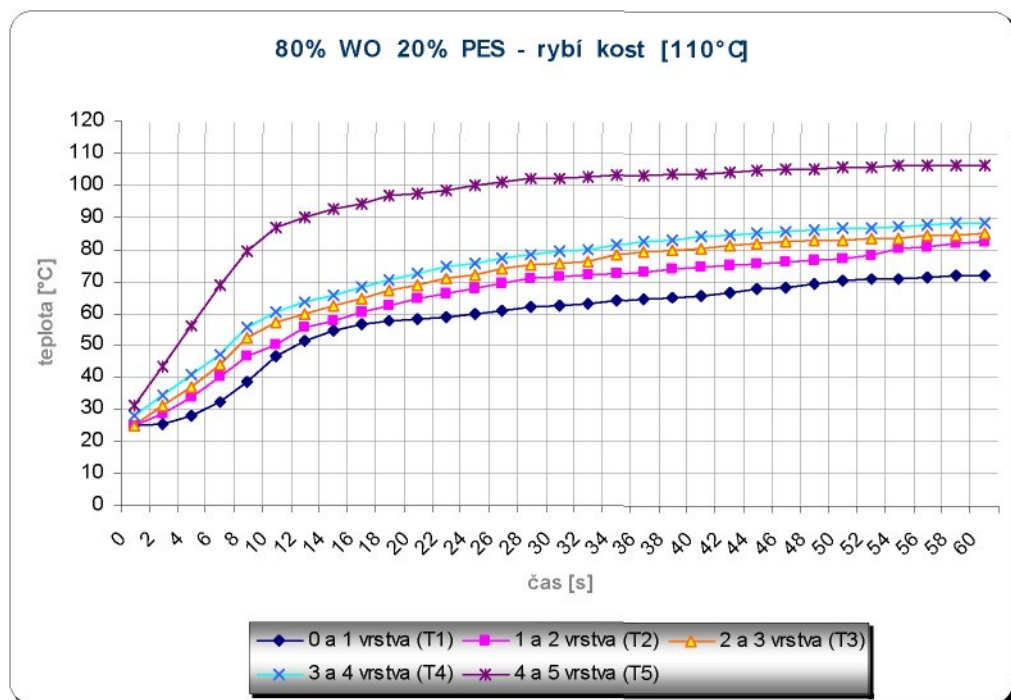


Graf. 6.2.1.11: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot (t5-t1)	44,409	69,663
tepelný tok (q)	4636,81	7278,96

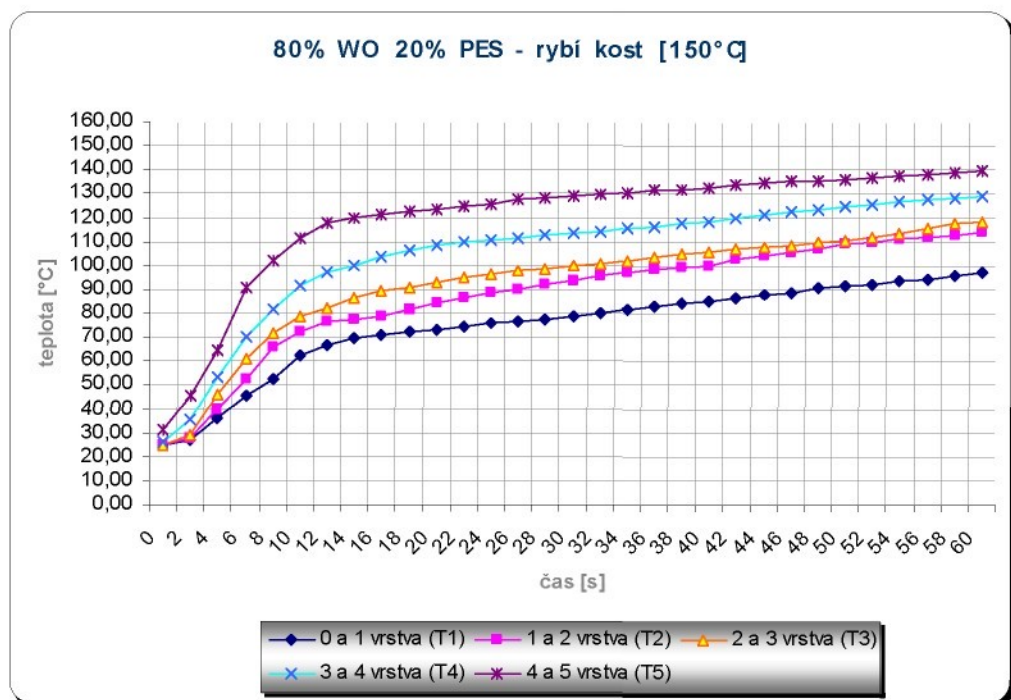


Graf. 6.2.1.12: vyhodnocení modelových hodnot



Graf. 6.2.1.13: vyhodnocení modelových hodnot

	110°C	150°C
rozdíl teplot (t5-t1)	34,820	43,250
tepelný tok (q)	4156,73	5172,02



Graf. 6.2.1.14: vyhodnocení modelových hodnot

6.2.2 VÝPOČET TEPELNÉHO TOKU Z DAT MODELU

Tepelný tok byl vypočítán podle stejné rovnice (rovnice 6.1.6.1) jako reálná naměřená data. Tepelná vodivost λ a tloušťka materiálu δ v rovnici zůstaly původní naměřené hodnoty. Do rovnice byl dosazován pouze modelový rozdíl teplot mezi první a poslední vrstvou.

<i>Materiál</i>	<i>Základní rovnice tepelného toku</i>	<i>Dosazení do rovnice</i>	$q_M [W.m^{-2}]$ 110°C	$q_M [W.m^{-2}]$ 150°C
PES červený	$q = \lambda * \frac{\Delta t}{\delta} [W.m^{-2}]$	$q_{110} = 0,1397 * \frac{15,1}{0,00085}$ $q_{150} = 0,1397 * \frac{34,0}{0,00085}$	2481,729	5588,000
PES růžový		$q_{110} = 0,2526 * \frac{17,2}{0,00079}$ $q_{150} = 0,2526 * \frac{37,0}{0,00079}$	5499,645	11830,632
PES modrý		$q_{110} = 0,21 * \frac{36,1}{0,00047}$ $q_{150} = 0,21 * \frac{40,1}{0,00047}$	16129,787	17917,021
100% WO (fleece)		$q_{110} = 0,0414 * \frac{41,8}{0,00399}$ $q_{150} = 0,0414 * \frac{66,6}{0,00399}$	433,714	691,037
55% PES 45% WO (černý)		$q_{110} = 0,0474 * \frac{34,6}{0,00121}$ $q_{150} = 0,0474 * \frac{41,9}{0,00121}$	1355,404	1641,371
100% WO (flauš)		$q_{110} = 0,3958 * \frac{44,4}{0,00379}$ $q_{150} = 0,3958 * \frac{69,7}{0,00379}$	4636,812	7278,960
80% PES 20% WO (rybí kost)		$q_{110} = 0,3667 * \frac{34,8}{0,00307}$ $q_{150} = 0,3667 * \frac{43,3}{0,00307}$	4156,729	5172,022

Graf. 6.2.2.1: Výpočet tepelného toku pro simulovaný model

6.2.3 CHYBA MODELU

Chyby přístrojů při měření:

- ALAMBETA: $\pm 2\%$ z naměřené hodnoty
- Tloušťkoměr DM 100T: $\pm 0,01 \text{ mm}$

Celková chyba byla vypočítána podle vztahu a zahrnovala pouze údaje měřené a vkládané do modelu jako výchozí data:

$$s^2(y) = \sum_{i=1}^m \left[\frac{\partial G(x)}{\partial x_i} \right]^2 \cdot s^2(x_i) \quad (6.2.3.1)$$

kde: $s(y)$ – směrodatná odchylka výsledku
 $s(x_i)$ – směrodatná odchylka měřené veličiny
 $y = G(x)$

Např.: Celková chyba byla počítána z jednotlivých hodnot daných pro výpočet tepelného toku u 100% PES (červený).

$$s^2(q) = \left[\frac{\partial(\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta})}{\partial \lambda} \right]^2 \cdot s^2(\lambda) + \left[\frac{\partial(\lambda \cdot \frac{\Delta t}{\delta})}{\partial \delta} \right]^2 \cdot s^2(\delta) = \left[\frac{\Delta t}{\delta} \right]^2 \cdot s^2(\lambda) + \left[\frac{\lambda \cdot \Delta t}{\delta^2} \right]^2 \cdot s^2(\delta)$$

$$s^2(q) = \left[\frac{14,600}{0,00058} \right]^2 \cdot 0,001396^2 + \left[\frac{0,0367 \cdot 14,600}{0,00058^2} \right]^2 \cdot 0,00001^2$$

$$= 1234,868 + 253,703 = 1488,571$$

$$s(q) = \sqrt{1488,571} = 38,582 \text{ W.m}^2$$

tzn. pro daný případ $q = 3516,586 \text{ W.m}^{-2}$

celková chyba = $\pm 38,582 \text{ W.m}^{-2}$

interval od 3438,860 do 3516,025 W.m^{-2}

$$\text{Vyjádření celkové chyby výsledků měření v \%} = \frac{s(q)}{q} \cdot 100 = \frac{38,582}{3516,586} \cdot 100 = 1,097\%$$

7. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

U experimentu bylo vyhodnocováno hned několik aspektů. Nejdůležitější byly hodnoty tepelného toku, které byly závislé na tepelné vodivosti textilního materiálu λ , rozdílu teplot mezi jednotlivými vrstvami (T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5) a na tloušťce textilního materiálu δ . Data byla závislá na tepelném žehlení a prostupu tepla jednotlivými vrstvami. Další důležité vlastnosti ovlivňující měření byly struktura materiálu (složení materiálu, vazba, ...), relativní vlhkost okolí, teplota okolí, materiálové složení žehlicí plochy, celková hmotnost žehličky zatěžující vrstvy textilního materiálu.

Při reálném experimentu byly hodnoty tepelného toku měřené pomocí termočlánků u všech druhů materiálů (PES, WO, směs), které byly zaznamenány do grafů pro porovnání. Výsledné grafy po zprůměrování hodnot vyšly dle předpokladu jednotlivých materiálů a při porovnání více vzorku sice jiných materiálů (barva, vzor, vazba), ale stejného složení vyšly podobně.

U modelu bylo hlavním úkolem dosáhnout optimalizace matematické rovnice simulace, tak aby se po provedení výpočtu modelu dosáhlo co nejreálnější podoby s modelem skutečným (reálným). K tomuto účelu byly u vzorků (textilních materiálů) zjištěny všechny potřebné údaje (tepelná vodivost, hustota, ...), které byly potřeba o vlastnostech vzorků zadat do modelu.

Samotný model se prováděl pro každý materiál samostatně a taktéž jeho optimalizace. Matematický model přestupu tepla vycházel z přednastaveného modelu již v programu Comsol MultiphysicsTM, který byl pro obdobné operace již základně přednastaven. Tento model byl postupně upravován a přizpůsobován reálnému modelu naměřenému v reálných podmínkách. Výchozí model pro všechny materiály byl řešen jako 2D s konečným počtem prvků, využívající smíšenou okrajovou podmínku (v případě Comsol MultiphysicsTM Dirichletovu a Neumannovu). U modelů byl brán zřetel hlavně na jednoduchost, ale zároveň v mezích možností se co nejvíce blížit skutečnému modelu přestupu tepla.

Po vytvoření jednoduchého modelu a definování vlastností materiálu (tloušťka, tepelná vodivost, tloušťka...) byl proveden výpočet, u kterého byl hlavně vyhodnocován průběžný a konečný stav prostupu tepla jednotlivými vrstvami materiálu. Porovnány byly i konečné dosažené maximální teploty. Výpočet celého modelu byl nastaven stejně jako v reálných podmínkách na 60 sekund v mezikroku po 2 sekundách stejně jako je schopna

zaznamenávat Almemo. Výsledná data po provedení výpočtu modelu byla potom vyexportována a zpracována v Excelu stejně jako reálná data.

U simulovaných modelů byly hodnoty tepelných toků vypočítány pomocí programu Comsol MultiphysicsTM na základě vyjádření matematické rovnice, specifikování okrajových podmínek a zadání vlastností materiálových vzorků pro každý druh materiálu zvlášť (PES, vlna, směs), které byly zaznamenány do grafů pro porovnání s reálnými modely. Výsledné grafy u jednotlivých modelů ze začátku nevycházely a postupnými korekturami a optimalizací modelu se došlo k podobným, ne-li shodným křivkám, které se předpokládaly stejně jako u reálného modelu. Přesto ne všechny modely vyšly optimálně. Model byl sice navržen nejjednodušeji jak bylo možné, výpočet modelu se dal ovlivnit hned několika parametry a tak nebylo vždy nejjednodušší najít optimální model pro daný textilní materiál.

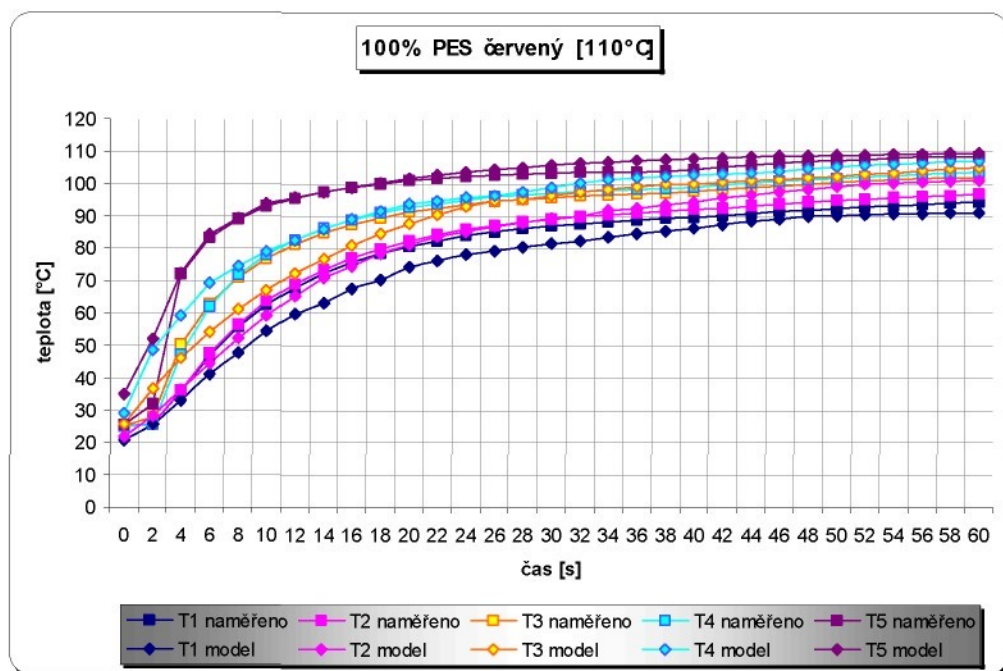
Největším nepřesnostem docházelo z lidského a přístrojového hlediska. Kdy do modelu se zadávali změřené (tabulkové) údaje, které se někdy ukázaly jako nepřesné a mnohdy se musela provést optimalizace modelu. Další možnosti, jak se dal průběh ovlivnit byli další parametry ovlivňující výpočet modelu přímo v programu Comsol MultiphysicsTM. Které mnohdy také sehráli svoji roli, jako například rychlost náběhových teplot apod.

Z daných materiálů (PES červený, PES růžový, PES modrý, WO Fleece, PES/WO směs, WO Flauš, WO/PES směs) se povedlo úspěšně udělat modely pro 100% PES a směsové materiály. Pro 100% WO se nepovedlo model optimalizovat, aby souhlasil s reálným modelem. Podle studií a průběhů křivek modelu, předpokládám, že se jedná o chybné zadání tepelného toku (c_p) nebo jiné parametru materiálu. Svoji roli tam může hrát také tloušťka, která je oproti ostatním materiálům značně odlišná. Co se týká materiálu 100% WO, tak zde zůstává ještě mnoho práce pro další zkoumání a ovlivňování simulovaného modelu, který je tedy neuzavřen. U zbylých materiálů byl úspěšně nalezen optimální model, který se dostatečně blíží reálným datům a splňuje tedy požadavky rovnice pro matematický výpočet přestupu tepla při tvarování.

V poslední fázi došlo k samotnému překreslení grafů reálných dat a modelových dat do jednoho pro porovnání. Na výsledných grafech je jednoznačně vidět, že na simulovaných modelech bylo dosaženo předpokládané optimální shody s reálnými modely a to jak pro 110°C, tak pro 150°C, kromě tedy modelů 100% WO, kde jsou křivky simulovaného modelu hlavně posunuty směrem dolů k nižším hodnotám, než byly reálně naměřeny. Tento problém byl u předešlých modelů většinou vyřešen právě změnou

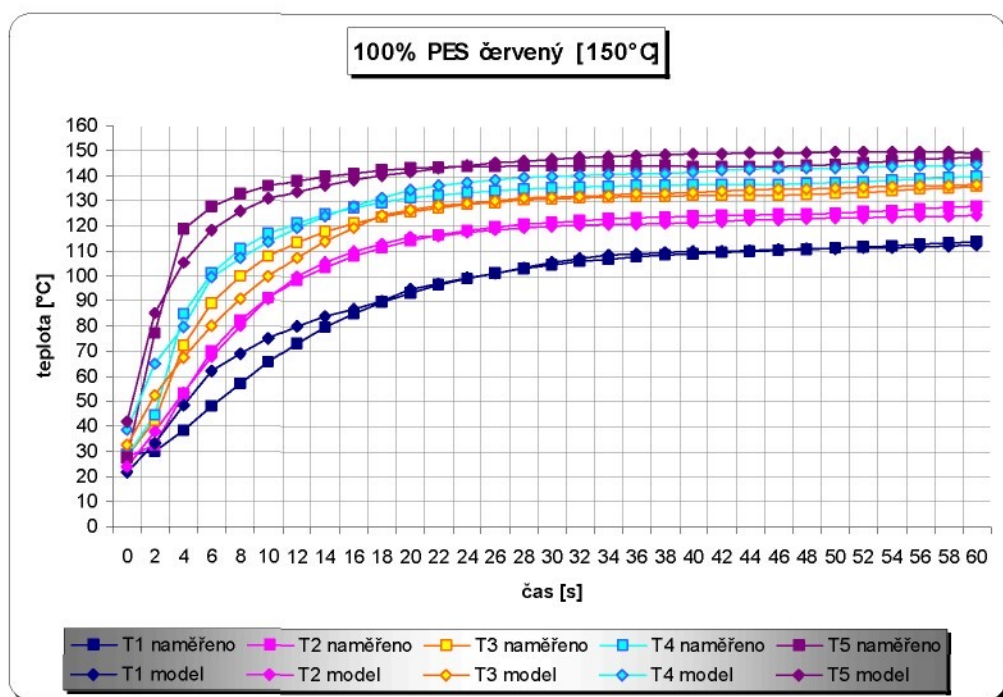
(korekcí) tepelné vodivosti (c_p), ovšem u ostatních modelů nikdy nebyl takový rapidní skok oproti reálným datům.

Kromě vizuálního zhodnocení podle křivek grafů, byl u jednotlivých hodnot materiálů a teplot, proveden ještě kontrolní výpočet tepelné vodivosti, rozdíl teplot, průměrná hodnota, atd. (viz.příloha č.6) k výsledným grafům byla přidána výsledná tabulka, ve které je uveden procentuální rozdíl průměrných hodnot.

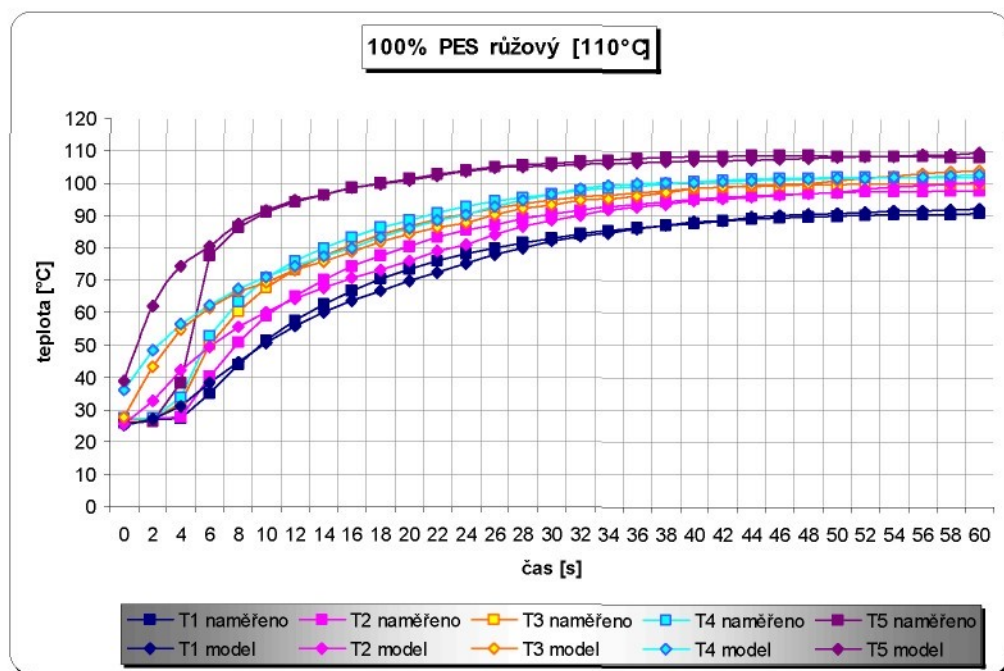


Graf. 7.1: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	1,55%	3,37%
variační koeficient	0,70%	4,56%
průměrná hodnota	0,28%	1,05%
teplotní rozdíl ($t_5' - t_1'$)	3,22%	0,34%
tepelný tok q	3,37%	0,29%

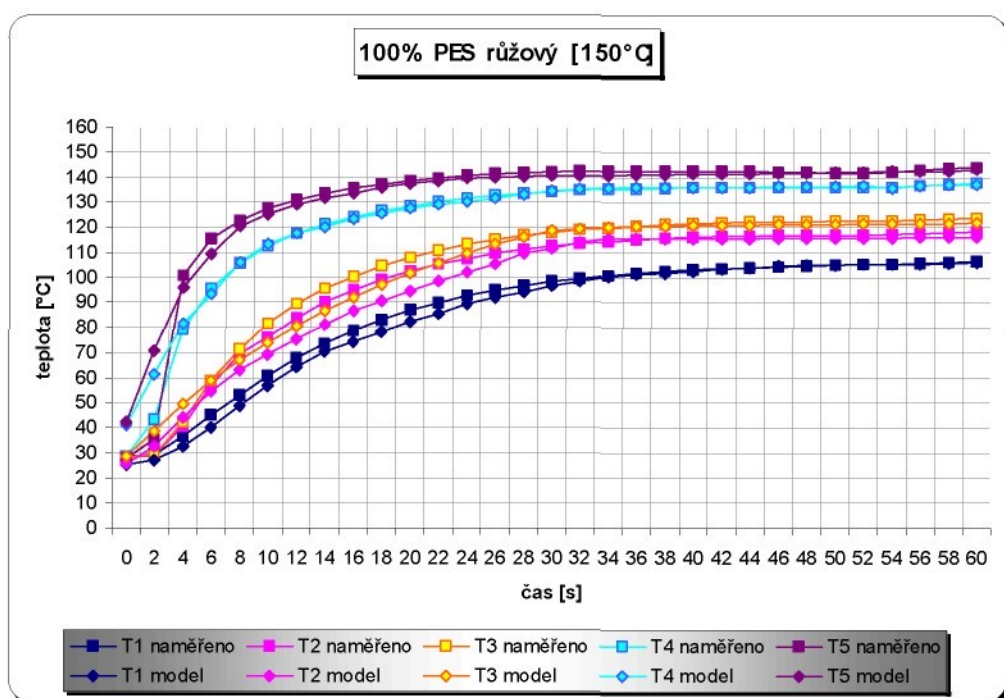


Graf. 7.2: srovnání naměřených a modelových hodnot

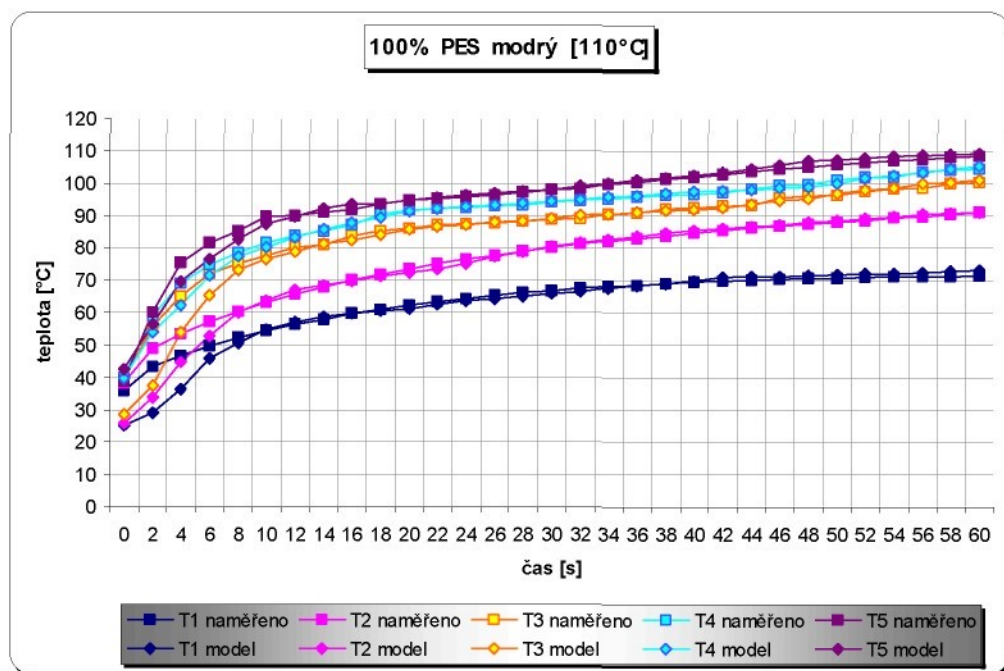


Graf. 7.3: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	16,63%	6,16%
variační koeficient	16,47%	3,34%
průměrná hodnota	1,29%	1,02%
teplotní rozdíl ($t_5' - t_1'$)	4,97%	0,14%
tepelný tok q	4,78%	0,18%

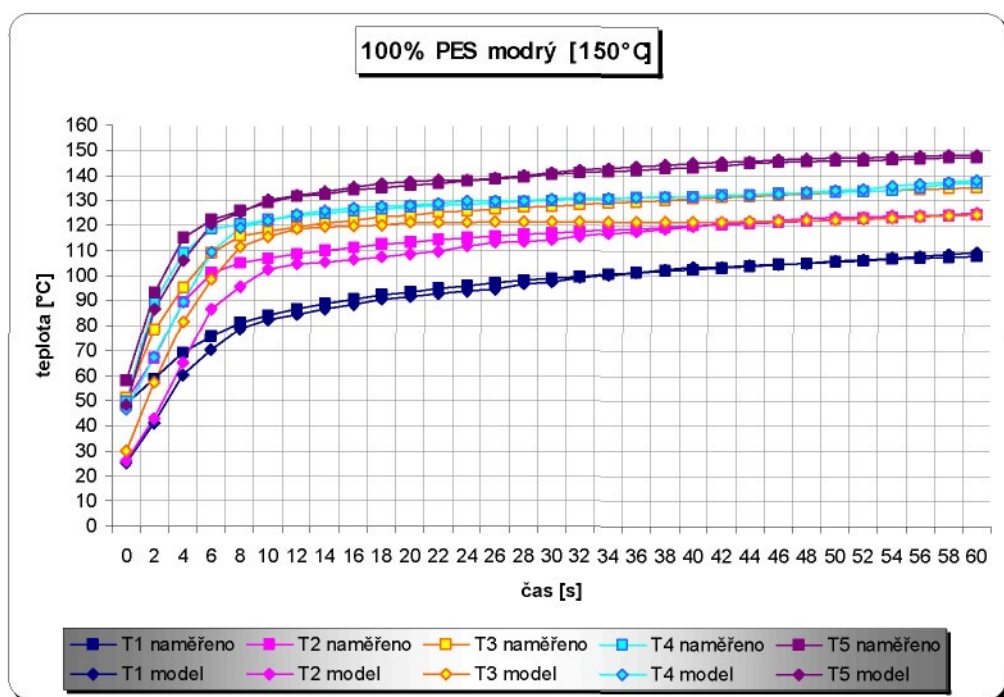


Graf. 7.4: srovnání naměřených a modelových hodnot

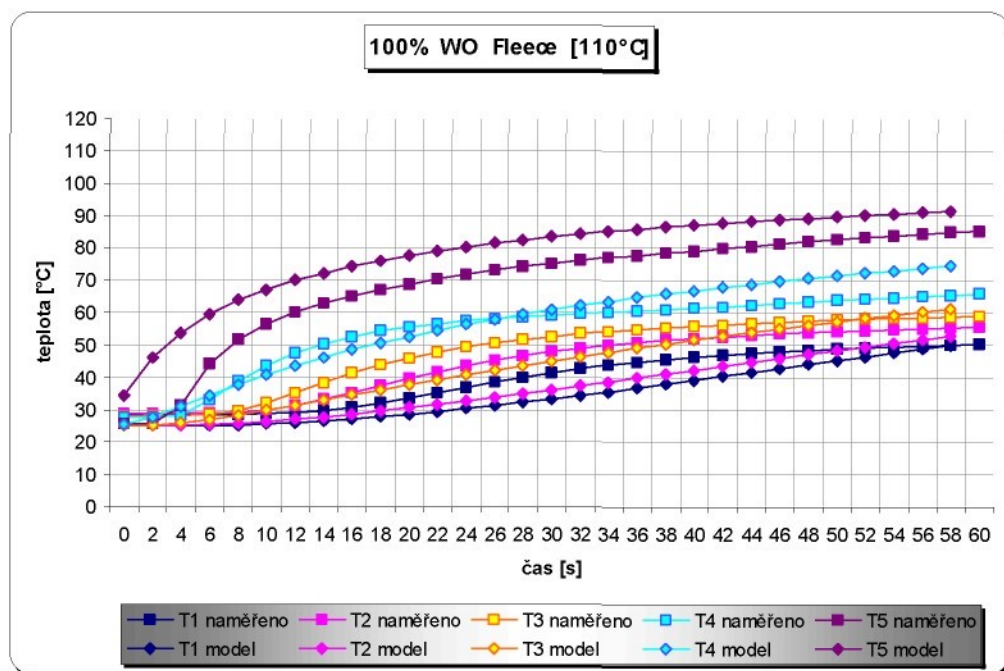


Graf. 7.5: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	16,91%	22,56%
variační koeficient	19,24%	26,36%
průměrná hodnota	1,09%	2,83%
teplotní rozdíl ($t_5' - t_1'$)	0,90%	0,50%
tepelný tok q	0,76%	0,63%

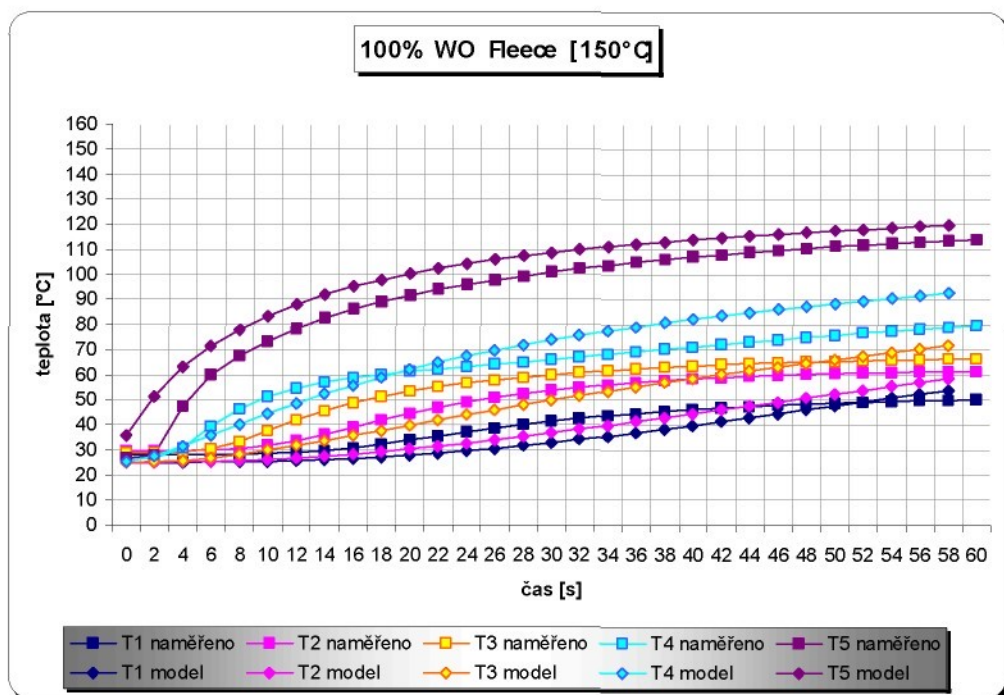


Graf. 7.6: srovnání naměřených a modelových hodnot

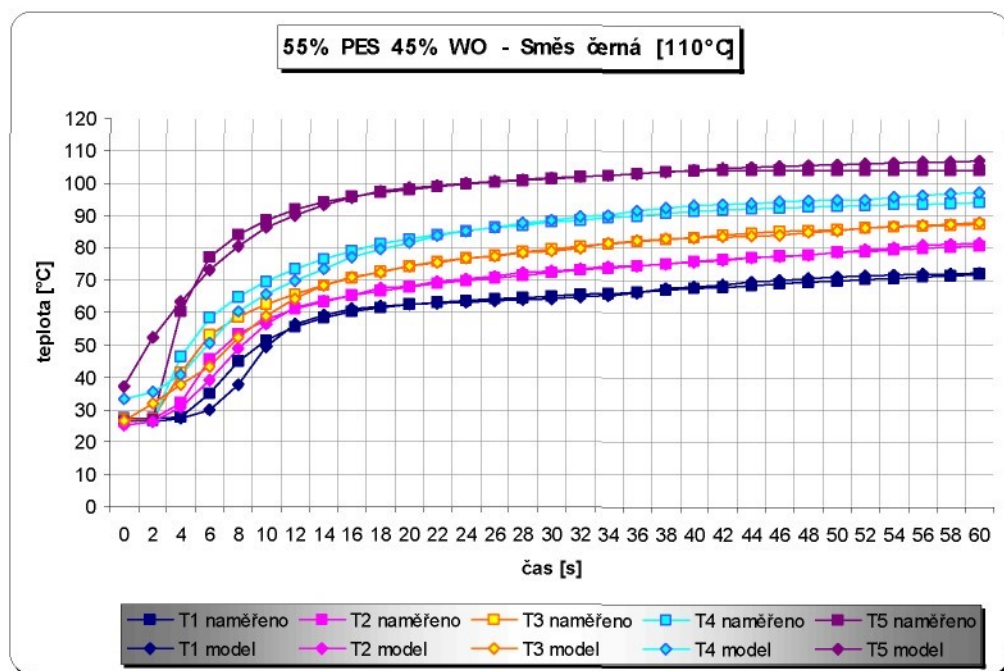


Graf. 7.7: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	0,33%	7,44%
variační koeficient	6,22%	15,99%
průměrná hodnota	2,56%	3,15%
teplotní rozdíl ($t_5' - t_1'$)	18,58%	4,95%
tepelný tok q	18,49%	5,00%

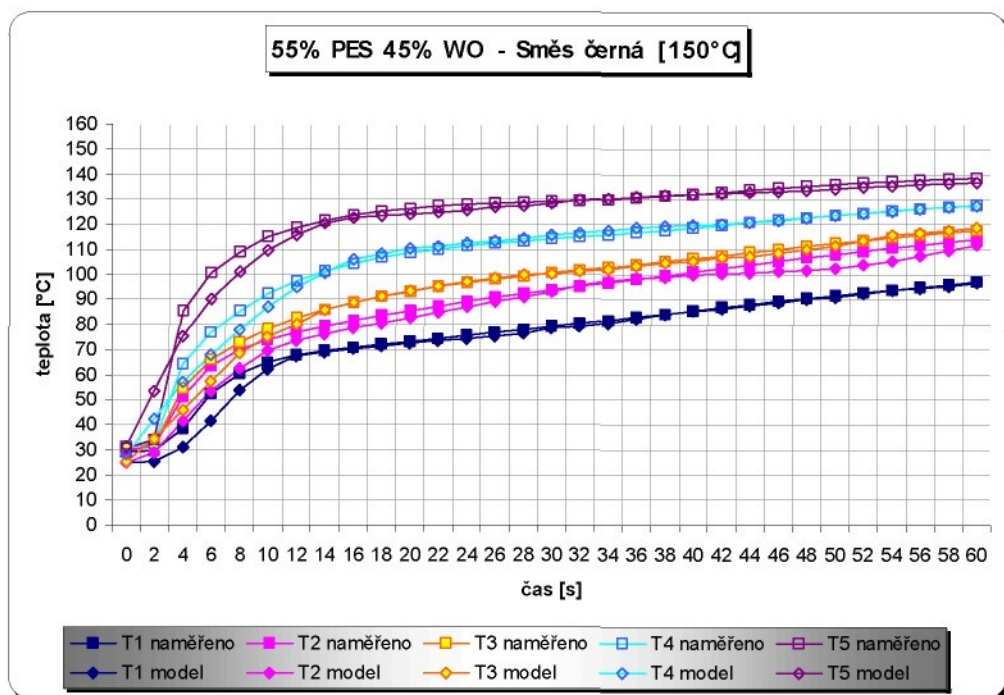


Graf. 7.8: srovnání naměřených a modelových hodnot

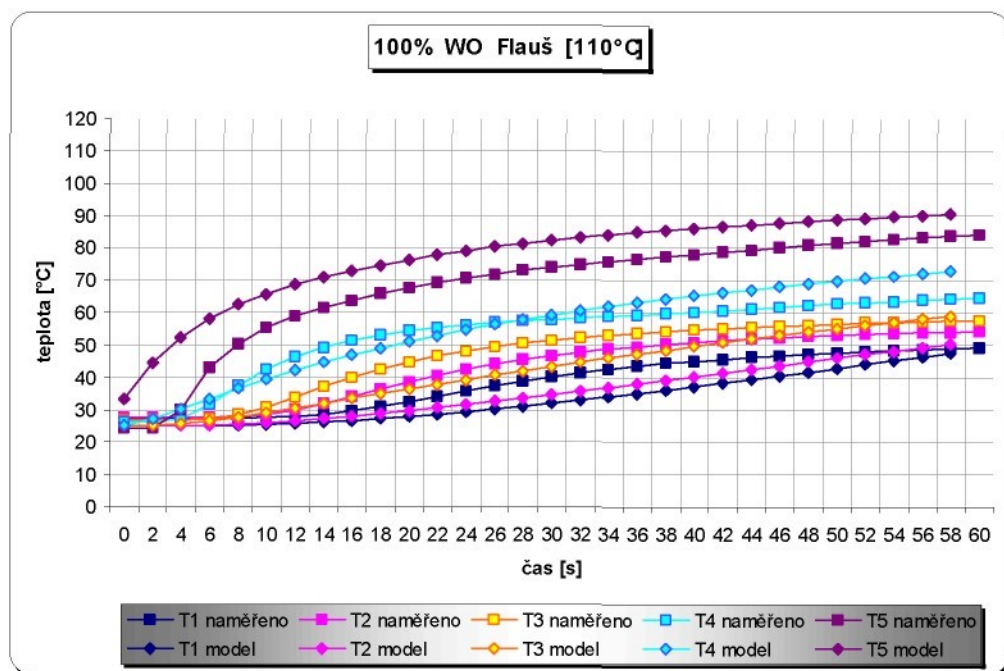


Graf. 7.9: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	0,16%	3,37%
variační koeficient	1,14%	5,88%
průměrná hodnota	0,15%	1,63%
teplotní rozdíl ($t_5 - t_1$)	3,39%	2,86%
tepelný tok q	3,32%	2,86%

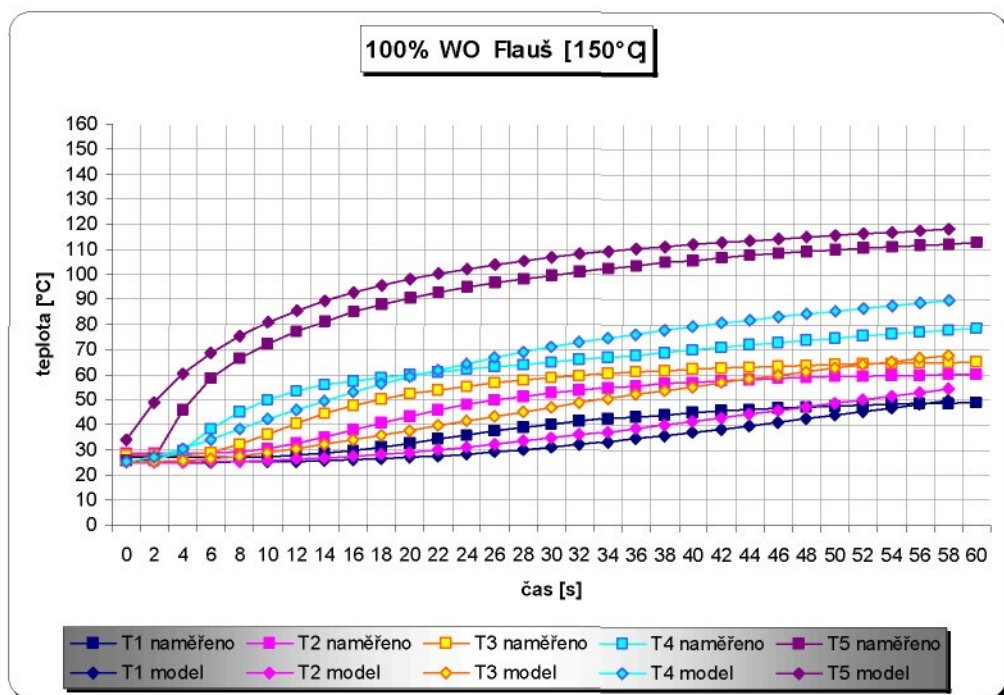


Graf. 7.10: srovnání naměřených a modelových hodnot

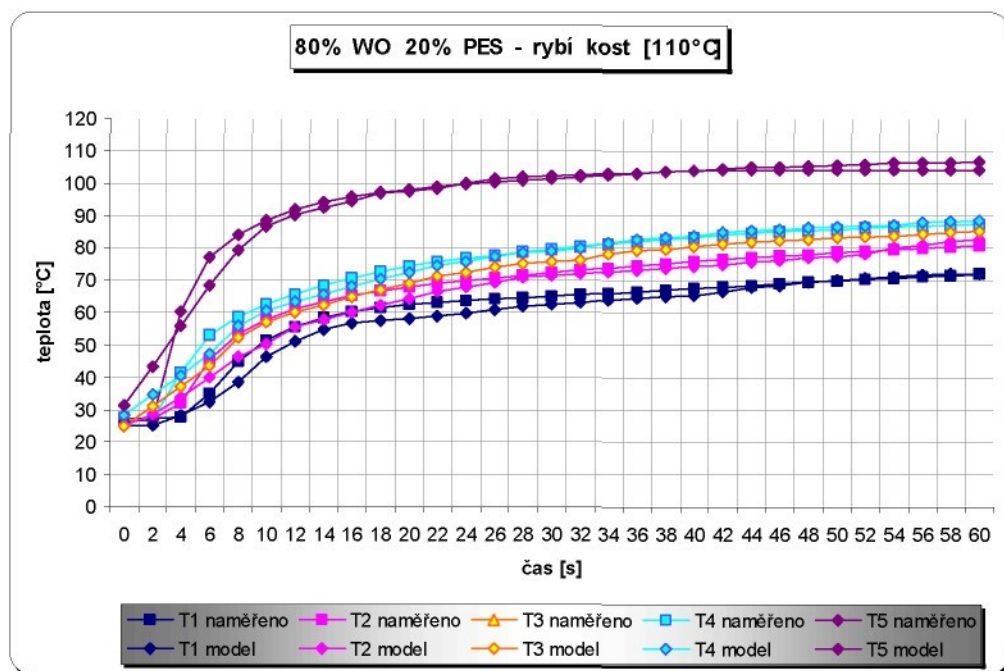


Graf. 7.11: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	4,92%	1,76%
variační koeficient	0,87%	10,23%
průměrná hodnota	2,90%	4,89%
teplotní rozdíl ($t_5' - t_1'$)	24,83%	9,49%
tepelný tok q	24,81%	9,55%

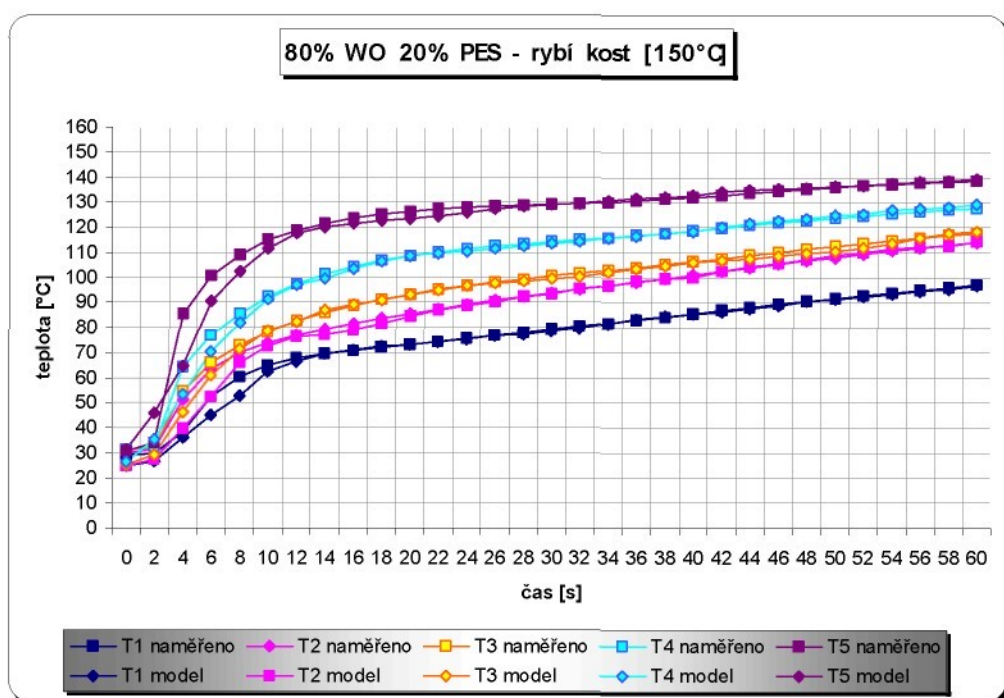


Graf. 7.12: srovnání naměřených a modelových hodnot



Graf. 7.13: srovnání naměřených a modelových hodnot

Rozdíl naměřených a modelových dat v %	110°C	150°C
směrodatná odchylka	0,33%	5,90%
variační koeficient	3,29%	7,42%
průměrná hodnota	2,08%	1,16%
teplotní rozdíl ($t_5 - t_1$)	5,30%	2,22%
tepelný tok q	5,25%	2,34%



Graf. 7.14: srovnání naměřených a modelových hodnot

8. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce, bylo změřit tepelný přestup při tepelném tvarování pomocí žehlení vícevrstvého textilního materiálu a ověřit jej pomocí matematického modelu.

Tato úloha se skládala ze tří částí. V první části bylo potřeba naměřit reálná data pro porovnání. Měření přestupu tepla bylo prováděno pomocí termočlánků. Druhá část ověření matematického modelu bylo řešeno pomocí simulačního programu Comsol MultiphysicsTM od firmy COMSOL. V poslední fázi se data zpracovala do shodné podoby a porovnála. Měřeno bylo celkem sedm materiálů: 3x 100% PES, 2 x 100% WO, 55% PES 45% WO černá směs, WO, 80% WO 20% PES směs rybí kost;.

První část měření byla prováděna tepelným tvarováním pomocí ELEKTRO-PARNÍ ŽEHLIČKY ZF25 – TREVITRON (**příloha č.2**) a spodním podkladem byla spodní tvarovka.

Teplota žehličky byla kontrolována pomocí přídavného digitálního displeje před každým měřením, který byl na začátku prověřen a zkontrolován pomocí termovize a termočlánku typu K (NiCr-Ni). Přesnost digitálního displeje byla kontrolována pomocí termočlánku typu K (NiCr-Ni) a rozložení teploty na žehlicí ploše bylo zkontrolováno pomocí termovize. (výsledky jsou v příloze č.7).

Samotná teplota byla snímána pomocí pěti termočlánků typu K (NiCr-Ni). Termočlánky byly umístěny mezi jednotlivé vrstvy textilního materiálu na sebe. Takže z horního pohledu tvořili jeden bod. Přičemž poslední termočlánek byl umístěn mezi předposlední a poslední vrstvou. Žehlička se přikládala tak, aby termočlánky byly v místě pod propařovacími průduchy.

Naměřené hodnoty byly každé 2 s zaznamenávány do počítače přes přístroje ALMEMO 2290-8 . Doba měření byla 60 s.

U každého materiálu bylo měření provedeno několikrát (naměřené hodnoty jsou v příloze č. 9). Každý vzorek měl pomocí termočlánků zaznamenán pět teplot (t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5), které se každé 2 s zaznamenávaly do programu v počítači přes měřicí přístroj ALMEMO 2290-8. Z těchto teplot byly vypočítány průměrné teploty t_1' , t_2' , t_3' , t_4' , t_5' , které byly zpracovány do tabulek a grafů.

Druhá část měření byla prováděna pomocí simulačního programu Comsol MultiphysicsTM 3.2 Multiphysics. Kde byl zvolený matematický model výpočtu přestupu tepla vybrán jako výchozí 2D přednastavená úloha pro výpočet přestupu tepla.

Tento model byl modifikován pro danou úlohu. Model vychází z předpokladu konečných prvků a okrajové podmínky byly nastaveny na smíšeně (tedy v případě Comsol MultiphysicsTM to znamená, že byly použity obě okrajové podmínky Dirichletova i Neumannova).

Do modelu byly zadány základní požadované údaje na seskupení materiálu (sestavení 5 vrstev na sebe), vlastnosti materiálu (tloušťka materiálu, hustota, tepelná vodivost,...) a okolní vlastnosti (teplota). Samotný model se musel ještě upravit, jako požadovaná stupnice, vzhled výsledného přestupu tepla, rozsahy teplot, atd...

Poslední fází bylo zadání času výpočtu modelu, kde čas byl nastaven stejně jako u reálného modelu na 60 s a mezikrok zaznamenávání dat, bylo taktéž jako u reálného modelu nastaveno na 2 s (min.mezikrok zaznamenání přístroje Almemo).

Model byl pro každý materiál korigován samostatně. U každého materiálu bylo provedeno hned několik výpočtů, než bylo dosaženo optimálních výsledků, které byly pro daný materiál předpokládány podle reálného modelu. Některé průběžné modely, které během testování vycházely jsou v příloze č.12..

Comsol MultiphysicsTM všechna výpočtová data zaznamenával a jelikož se jednalo o 2D úlohu, data byla vždy vypočtena pro celou plochu (v případě modelu pro celou přímku = vrstvu). Proto při exportu dat se braly pouze přímo vybrané souřadnice bodů, které se překrývaly s umístěním termočlánků v reálném modelu. Po exportu měl každý vzorek ze simulovaného modelu stejná data teplot v čase jako u reálného modelu.

Třetí poslední fáze bylo porovnání a vyhodnocení reálného naměřeného modelu a simulovaného modelu. Data obou modelů byla zpracována v tabulkovém kalkulátoru Excel. Nejprve byla upravena a zpracována do tabulek. U reálného modelu byla měření zprůměrnována a zpracována do jedné výsledné tabulky (tab. 6.2.2.1 – 6.2.2.x).

Potom byla výsledná data vizuálně vyhodnocena pomocí spojnicových grafů. Grafy byly nejprve vyhodnoceny samostatně, jak pro reálný model tak pro simulovaný model, kde se hlavně porovnávaly materiály stejných vlastností (hlavně složení materiálu) zda-li si odpovídají a zhruba odpovídají tabulkovým tepelným hodnotám.

Dále u jednotlivých materiálů (PES, WO, PES/WO, WO/PES) a teplot (110°C, 150°C) jak pro reálný tak simulovaný model byl proveden na ustálených hodnotách výpočet tepelného toku. Nejprve byl vypočítán rozdíl teplot mezi jednotlivými vrstvami a

suma těchto výsledků dala celkový tepelný tok. Dále byla spočítána průměrná hodnota, celková suma, směrodatná odchylka, variační koeficient. Hodnoty byly porovnány a od sebe navzájem odečteny. Vzniklý rozdíl byl potom procentuelně vyjádřen a uveden u jednotlivých výsledných grafů (zbylé hodnoty jsou přiloženy v příloze č. 6).

Matematický model byl navržen, tak že splňuje požadavky a očekávání od simulovaného modelu a přibližně opisuje reálný model. Rozdíly jsou u každého měřeného vzorku textilního materiálu odlišné, ale pohybují se v průměrném rozdílu co se týče tepelného toku (q), reálný model – simulovaný model, maximálně do 6%.

U porovnávaných dat (reálný model – simulovaný model) byly ještě kontrolovány i další údaje, některé výpočty byly provedeny na všechna data jednotlivých textilních materiálů a teplot (110°C, 150°C), jiné byly provedeny pouze na ustálené hodnoty. V porovnání potom kromě vizuálního hlediska (grafy) byla třeba průměrná hodnota, směrodatná odchylka, variační koeficient, rozdíl teplot atd. Všechny hodnoty se pohybují v procentuálním vyjádření maximálně o rozdíl do 10% (rozdíl reálný model – simulovaný model).

Kromě vzorku 100% WO, který se jako jediný nepovedlo dostatečně optimalizovat na takový model, který by se blížil reálnému modelu. Jde hlavně o čas a úpravu matematického vyjádření, kde 100% WO zabralo nejvíce času s přizpůsobováním matematického modelu, ale nakonec se stejně nedostavil kýžený výsledek. Tento vzorek materiálu je otevřen pro další bádání a hlavně optimalizaci matematického modelu. Podle posledních zkoušek a úpravy modelu by se mělo zřejmě jednat o chybné údaje tepelné kapacity (cp), která pro tento vzorek byla brána z tabulkových hodnot. Tento údaj nejvýrazněji ovlivňuje průběh celého modelu a podílí se na výsledném umístění křivek. Ovlivňuje tedy posunutí směrem k teplejším teplotám nebo naopak k nižším – chladnějším, což ve výsledku byl hlavní problém u modelu 100% WO (Fleece, Flauš).

Dle mého názoru bylo zadané téma splněno. Byl nalezen matematický model (na testovaných vzorcích), který se chová stejně jako reálný model. Optimální model pro 100% WO sice nebyl nalezen, ale je to jen otázka zkoumání a dalšího testování simulovaného modelu, než se optimální matematický model najde. Určitě je v této oblasti i nadále co zkoumat a jsou zde další předpoklady pro další rozsáhlejší měření vzorků a zkoumání dalších druhů materiálů (jiného složení), které by jednou mohly vést ke vzniku univerzálnímu modelu, na kterém by se daly, po zadání potřebných údajů, zkoumat věci jako nejen tepelný tok, ale prodyšnost, pevnost, trvanlivost a spoustu dalších údajů a parametrů, přestože by třeba taková textilie ještě vůbec neexistovala.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Havelka, A. – Halasová, A.: Tepelné a vlhkotepelné tvarování v konfekci, TU v Liberci, Liberec 2003
- [2] Militký, J.: Textilní vlákna – klasická a speciální, TU v Liberci, Liberec 2002
- [3] Wagner, J. a Kopal, A.: Fyzika, Skripta TUL 2. opr vyd. Liberec: TU, 1982, ISBN 80-7083-116-2
- [4] Staněk, J. – Kubičková, M.: Oděvní materiály, TU v Liberci, Liberec 1986
- [5] Urbášek, B.: Termomechanika a mechanika tekutin, TU v Liberci, Liberec 1990
- [6] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl I., část 3., Vlastnosti vláken, TU v Liberci, Liberec 1986
- [7] Simon, J.: Základy textilního a oděvního inženýrství, TU v Liberci, Liberec 1985
- [8] Havelka, A.: Stroje a technologie tvarování, Přednášky pro 4. ročník
- [9] Sazima, M. – Kmoníček, V., Schneller, J. a kolektiv: Teplo – technický průvodce 2, SNTL Praha 1989
- [10] Fáberová, a.: Principy snímačů teploty, Doktorandská práce TU v Liberci
- [11] Příručka k programu Comsol MultiphysicsTM
- [12] Kalčík, J., Sýkora, K.: Technická termomechanika, Skripta Praha Československá akademie věd, 1973
- [13] Kreidl M., J., Měření teploty – senzory a měřicí obvody, 1.vyd. Vydavatelství
- [14] Jenčík J., Volf J., Technická měření, 1.vyd. Vydavatelství ČVUT, Praha 2003
- [15] Odkaz na internetovou encyklopedii <http://en.wikipedia.org>
- [16] GIBEL, J.: Měření teplotního pole ručních žehliček kontaktním způsobem, [diplomová práce] Liberec: TUL, fakulta textilní, 2005
- [17] Domovská stránka COMSOL <http://www.humusoft.cz/femlab/indexcz.htm>

10. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 01 - Rozbor použitých materiálů

Příloha 02 - Technické údaje použitých zařízení

- ALAMBETA
- ALMEMO 2290-8
- TERMOELEKTRICKÉ SNÍMAČE (TERMOČLÁNKY)
- ELEKTRO-PARNÍ ŽEHLIČKA
- TLOUŠŤKOMĚR DM 100T

Příloha 03 - Tepelná vodivost a tloušťka materiálů

Příloha 04 - Hodnoty pro specifikaci textilních vzorků

Příloha 05 - Průměrné hodnoty zbylých materiálů

Příloha 06 - Vyhodnocení a porovnání výsledných dat

Příloha 07 - Kontrola plochy žehličky pomocí termovize

Příloha 08 - Některé důležité vlivy na tepelně-izolační vlastnosti

POUZE V ELEKTRONICKÉ PODOBĚ NA CD:

Příloha 09 - Data termočlánků (reálný model)

Příloha 10 - Comsol MultiphysicsTM příručka s obrázky

Příloha 11 - Comsol MultiphysicsTM rozbor diferenc.rovnice pro přestup tepla

Příloha 12 - Ukázky průběžného vizuálního vyhodnocení některých materiálů

Příloha 13 - Data modelu (simulovaný model)

PŘÍLOHA č.1: Rozbor použitých materiálů

100% PES červený		
Podle technologie výroby:	tkanina	
Vazba:	kepr	
Dostava osnovy na 1cm:	22 nití	
Dostava útku na 1cm:	20 nití	
Průměrná tloušťka materiálu:	0,58 mm	
Plošná měrná hmotnost:	0,185 kg·m ⁻²	
Průměrná tepelná vodivost:	0,1397 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	

Tab. 1.: Rozbor a vzorek materiálu 100% PES červený

100% PES růžový		
Podle technologie výroby:	tkanina	
Vazba:	plátno	
Dostava osnovy na 1cm:	66 nití	
Dostava útku na 1cm:	32 nití	
Průměrná tloušťka materiálu:	0,79 mm	
Plošná měrná hmotnost:	0,187 kg·m ⁻²	
Průměrná tepelná vodivost:	0,2526 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	

Tab. 2.: Rozbor a vzorek materiálu 100% PES růžový

100% PES modrý		
Podle technologie výroby:	tkanina	
Vazba:	atlas	
Dostava osnovy na 1cm:	48 nití	
Dostava útku na 1cm:	28 nití	
Průměrná tloušťka materiálu:	0,47 mm	
Plošná měrná hmotnost:	0,195 kg·m ⁻²	
Průměrná tepelná vodivost:	0,2100 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	

Tab. 3.: Rozbor a vzorek materiálu 100% PES modrý

100% WO (fleece)	
Podle technologie výroby:	tkanina
Vazba:	kepr
Dostava osnovy na 1cm:	16 nití
Dostava útku na 1cm:	14 nití
Průměrná tloušťka materiálu:	3,99 mm
Plošná měrná hmotnost:	0,245 kg·m ⁻²
Průměrná tepelná vodivost:	0,0414 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Tab. 4.: Rozbor a vzorek materiálu 100% WO (fleece)

55% PES 45% WO (černá směs)	
Podle technologie výroby:	tkanina
Vazba:	kepr
Dostava osnovy na 1cm:	14 nití
Dostava útku na 1cm:	13 nití
Průměrná tloušťka materiálu:	1,21 mm
Plošná měrná hmotnost:	0,290 kg·m ⁻²
Průměrná tepelná vodivost:	0,0474 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Tab. 5.: Rozbor a vzorek materiálu 55% PES 45% WO (černá směs)

100% WO (flauš)	
Podle technologie výroby:	tkanina
Vazba:	kepr
Dostava osnovy na 1cm:	14 nití
Dostava útku na 1cm:	13 nití
Průměrná tloušťka materiálu:	3,79 mm
Plošná měrná hmotnost:	0,260 kg·m ⁻²
Průměrná tepelná vodivost:	0,3958 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]

Tab. 6.: Rozbor a vzorek materiálu 100% WO (flauš)

70% WO 30% PES (rybí kost)		
Podle technologie výroby:	tkanina	
Vazba:	kepr	
Dostava osnovy na 1cm:	7 nití	
Dostava útku na 1cm:	6 nití	
Průměrná tloušťka materiálu:	3,07 mm	
Plošná měrná hmotnost:	0,228 kg·m ⁻²	
Průměrná tepelná vodivost:	0,3667 [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	

Tab. 7.: Rozbor a vzorek materiálu 70% WO 30% PES (rybí kost)

PŘÍLOHA č.2: Technické údaje použitých zařízení

PŘÍSTROJ ALAMBETA

Přístroj Alambeta je určen k měření termofyzikálních parametrů textilií, případně jiných netextilních materiálů. Naměřené hodnoty jsou vhodné k posuzování tepelně izolačních i tepelně vodivostních vlastností a teplo-studené složky omaku hodnocené látky.

Rozměr:	200 x 500 x 300 mm
Hmotnost:	15 kg
Příkon:	60 VA
Provozní podmínky:	
teplota:	18 – 23 °C
relativní vlhkost:	10 – 80 %
napájení:	220 V $\pm$ 10 %, 48 – 62 Hz
chvění a rázy	neměřitelné
vnější el. a magnet. pole	zanedbatelně malé
poloha přístroje	vodorovná $\pm$ 5 °
Přítlak hlavice:	měnitelný v rozsahu 2000 Pa
Tloušťka vzorku:	0,5 – 8,0 mm
Rozměr vzorku:	min. 100 x 100 mm
Doba měření:	10 – 100 s

PŘÍSTROJ ALMEMO 2290-8

Každý z měřících kanálů je zcela univerzální a lze k němu připojit jakýkoli snímač. Měřená data je možné ukládat do vnitřní paměti ústředny přes sériové rozhraní nebo je analogovým výstupem posílat na libovolné periferní zařízení pro záznam dat, např. PC, tiskárnu nebo zapisovač.

Měřicí vstupy:	5 zásuvek pro ALMEMO-konektory
Metoda měření:	integrující Dual Slope
Převodník A-D:	rozlišení 16 bitů
Měřicí výkon:	3 měření za sekundu
Vstupní impedance:	50 M Ω

Impedance zdroje:	max. chyba 2 $\mu\text{V}/100\ \Omega$
Vlastní kalibrace:	automatická korektura nulového bodu a zesilovače
Přesnost systému:	$\pm 0,03\ \%$ z měřené hodnoty, ± 2 digitů
Teplotní posuv:	0,005 $\%/^{\circ}\text{C}$
Jmenovitá teplota:	22 $^{\circ}\text{C} \pm 2\ \text{K}$
Kompenzace referenčních míst:	účinná v rozsahu $-30\dots+100\ ^{\circ}\text{C}$ přesnost $\pm 0,2\ \text{K} \pm 0,01\ \text{K}/^{\circ}\text{C}$
Mikroprocesor:	HD 6303 Y
Paměť:	130 kB (520 kB) zálohovaná baterií
Displej:	6 x 7 segmentů, 2 x 16 segmentů LCD 13 mm
Doba zobrazení:	ca. 1,5 s na měřicí kanál
Výstupy:	2 ALMEMO-zásuvky
analogový výstup:	0,1 mV/digit ($-0,5\dots 2,75\ \text{V}$)
rozhraní V24/RS232:	TXD, RXD, DSR, sériová 8 bitová data, kód ASCII, 1 rozběhový a 1 závěrný bit
přenos. výkony:	150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 Baud
mezí hodnota:	transist. spínač s otevřeným kolektorem
Napájecí napětí:	alkali-manganová baterie 9 V Síťový adaptér 9 V, 50 mA (7-13 V DC)
Spotřeba proudu:	ca. 10 mA bez modulů
Kontrola baterie:	automatická s optickou výstrahou
Rozměry (délka x šířka x výška):	180 x 85 x 33 mm
Pracovní teplota:	$-10\dots +60\ ^{\circ}\text{C}$
Skladovací teplota:	$-30\dots +60\ ^{\circ}\text{C}$

TERMoelektrické snímače teploty

Při měření byly použity izolované termočlánky, typ K - NiCr-Ni, průměr 0,076 mm. Výrobce je OMEGA. Měřicí rozsah je od -25 do 480°C . Třída přesnosti je $\pm 0,1\ ^{\circ}\text{C}$.

ELEKTRO-PARNÍ ŽEHLIČKA ZF25 – TREVITRON

Model:	ZF25
Elektrický příkon:	230 V/50 Hz
Elektrický příkon žehličky:	900 W
Hmotnost (netto):	1,5 kg
Rozměry (délka x šířka x výška):	210 x 130 x 160 mm
Rozsah teploty:	0°C až 220°C
Tolerance teploty:	± 1°C

TLOUŠŤKOMĚR DM 100T

Značení vnější stupnice:	0,00 – 1,00 mm po 0,01 mm
Značení vnitřní stupnice:	0 – 10 mm po 1 mm
Přesnost měření:	± 0,01 mm
Plocha měřicí desky (volitelná):	10/25 cm ²
Hmotnost měřicí desky (a hřídele):	50 g
Hmotnost zabudovaného závaží:	75 g
Doplňující závaží (volitelné):	125/ 375/ 1125 g
Pracovní napětí:	6 V
Speciální měřicí tlak	
pro plochu 10 cm ² :	5,0 12,5 25,0 50,0 125,0 Pa/cm ²
pro plochu 25 cm ² :	2,0 5,0 10,0 20,0 50,0 Pa/cm ²
Rozměry (délka x šířka x výška):	260 x 180 x 400 mm
Hmotnost:	12 kg

PŘÍLOHA č.3: Tepelná vodivost a tloušťka materiálů**MĚŘENO NA PŘÍSTROJI ALAMBETA**

100% PES červený		100% PES růžový		100% PES modrý	
Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,1579	0,52	0,2497	0,37	0,2497	0,77
0,1214	0,38	0,2487	0,67	0,1452	0,79
0,0269	0,37	0,2480	0,46	0,2497	0,78
0,1579	0,37	0,3010	0,44	0,2497	0,70
0,1214	0,37	0,2497	0,57	0,2497	0,72
0,0269	0,38	0,3015	0,37	0,3015	0,78
0,1579	0,45	0,1452	0,45	0,1452	0,77
0,1579	0,38	0,2497	0,44	0,2497	0,74
0,1214	0,37	0,2497	0,39	0,2497	0,73
0,1214	0,37	0,3005	0,42	0,3005	0,52
$\bar{\lambda}= 0,1171$	$\bar{\delta}= 0,396$	$\bar{\lambda}= 0,2543$	$\bar{\delta}= 0,458$	$\bar{\lambda}= 0,2391$	$\bar{\delta}= 0,73$

100% WO (fleece)		100% WO (flauš)	
Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,0371	2,31	0,0394	3,79
0,0467	2,34	0,0367	3,79
0,0420	2,23	0,0394	3,78
0,0370	2,30	0,0367	3,78
0,0371	2,33	0,0335	3,75
0,0467	2,33	0,0390	3,77
0,0370	2,21	0,0367	3,79
0,0452	2,28	0,0335	3,79
0,0371	2,34	0,0394	3,79
0,0467	2,23	0,0367	3,79
$\bar{\lambda}= 0,04126$	$\bar{\delta}= 2,29$	$\bar{\lambda}= 0,0371$	$\bar{\delta}= 3,782$

55% PES 45% WO		80% WO 20% PES	
Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,0809	0,52	0,0379	3,07
0,0685	0,53	0,0367	3,07
0,0288	0,52	0,0379	3,05
0,0815	0,50	0,0367	3,05
0,0288	0,52	DIV/0	3,11
0,0288	0,54	DIV/0	3,12
0,0815	0,53	0,0367	3,07
0,0705	0,52	0,0379	3,07
0,0312	0,50	0,0379	3,07
0,0815	0,53	0,0385	3,07
$\bar{\lambda}= 0,0582$	$\bar{\delta}= 0,521$	$\bar{\lambda}= 0,03752$	$\bar{\delta}= 3,075$

MĚŘENO NA PŘÍSTROJI TOGMETER

100% PES červený		100% PES růžový		100% PES modrý	
Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,1579	0,58	0,2497	0,79	0,2497	0,77
0,1214	0,58	DIV/0	0,79	DIV/0	0,79
0,0269	0,58	DIV/0	0,79	DIV/0	0,78
0,1579	0,58	DIV/0	0,78	DIV/0	0,70
0,1214	0,55	0,2497	0,81	0,2497	0,72
0,0269	0,55	0,3015	0,78	0,3015	0,78
0,1579	0,58	0,1452	0,79	0,1452	0,77
0,1579	0,62	0,2497	0,79	0,2497	0,74
0,1214	0,58	0,2497	0,77	0,2497	0,73
0,1214	0,62	0,3005	0,79	0,3005	0,52
$\bar{\lambda}=0,1171$	$\bar{\delta}=0,582$	$\bar{\lambda}=0,2494$	$\bar{\delta}=0,788$	$\bar{\lambda}=0,2494$	$\bar{\delta}=0,73$

100% WO (fleece)		100% WO (flauš)	
Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,0371	3,99	0,0394	3,79
0,0467	3,99	0,0367	3,79
DIV/0	3,89	0,0394	3,78
DIV/0	3,92	0,0367	3,78
0,0371	4,01	0,0335	3,75
0,0467	3,95	0,0390	3,77
0,0370	3,99	0,0367	3,79
0,0452	3,99	0,0335	3,79
0,0371	3,90	0,0394	3,79
0,0467	4,05	0,0367	3,79
$\bar{\lambda}=0,0417$	$\bar{\delta}=3,968$	$\bar{\lambda}=0,0371$	$\bar{\delta}=3,782$

55% PES 45% WO		80% WO 20% PES	
Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]	Tepelná vodivost λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Tloušťka materiálu δ [mm]
0,0809	0,96	0,0379	3,07
DIV/0	1,02	0,0367	3,07
0,0288	1,42	0,0379	3,05
0,0815	1,03	0,0367	3,05
DIV/0	0,94	DIV/0	3,11
0,0288	0,95	DIV/0	3,12
0,0815	0,96	0,0367	3,07
0,0705	1,05	0,0379	3,07
0,0312	1,02	0,0379	3,07
0,0815	0,96	0,0385	3,07
$\bar{\lambda}=0,0605$	$\bar{\delta}=1,031$	$\bar{\lambda}=0,03752$	$\bar{\delta}=3,075$

MĚŘENO NA PŘÍSTROJI TLOUŠTKOMĚR DM 100T

100% PES červený [m]	100% PES růžový [m]	100% PES modrý [m]	100% WO (fleece) [m]	100% WO (flauš) [m]	55% PES 45% WO [m]	70% WO 30% PES [m]
0,00058	0,00079	0,00075	0,00399	0,00379	0,00096	0,00307
0,00058	0,00079	0,00072	0,00399	0,00379	0,00102	0,00307
0,00058	0,00079	0,00074	0,00389	0,00378	0,00142	0,00305
0,00058	0,00078	0,00078	0,00392	0,00378	0,00103	0,00305
0,00055	0,00081	0,00081	0,00401	0,00375	0,00094	0,00311
0,00055	0,00078	0,00078	0,00395	0,00377	0,00095	0,00312
0,00058	0,00079	0,00074	0,00399	0,00379	0,00096	0,00307
0,00062	0,00079	0,00074	0,00399	0,00379	0,00105	0,00307
0,00058	0,00077	0,00071	0,00390	0,00379	0,00102	0,00307
0,00062	0,00079	0,00074	0,00405	0,00379	0,00096	0,00307
$\bar{\delta}=0,00058$	$\bar{\delta}=0,00079$	$\bar{\delta}=0,00075$	$\bar{\delta}=0,00397$	$\bar{\delta}=0,00378$	$\bar{\delta}=0,00103$	$\bar{\delta}=0,00307$

PŘÍLOHA č.4: Hodnoty pro specifikaci textilních vzorků

Vlákno	C_p [JKg ⁻¹ K ⁻¹] [20°C]	Vlákno	C_p [JKg ⁻¹ K ⁻¹] [20°C]
Acetát	1,46 – 1,88	Bavlna	1,21
Polyamid 6	1,40 – 1,50	Vlna	1,36
Polyester	1,34	Hedvábí	1,36
Polypropylen	1,46	Azbest	1,05

Tab. 1.: Hodnoty jednotlivých textilních materiálů pro tepelnou kapacitu

Vlákno	ρ [kg.m ⁻³]
Polyester	1340
Vlna	1300
55%PES 45% WO	1330
80%WO 20% PES	1310

Tab. 2.: Hodnoty jednotlivých textilních materiálů pro ρ

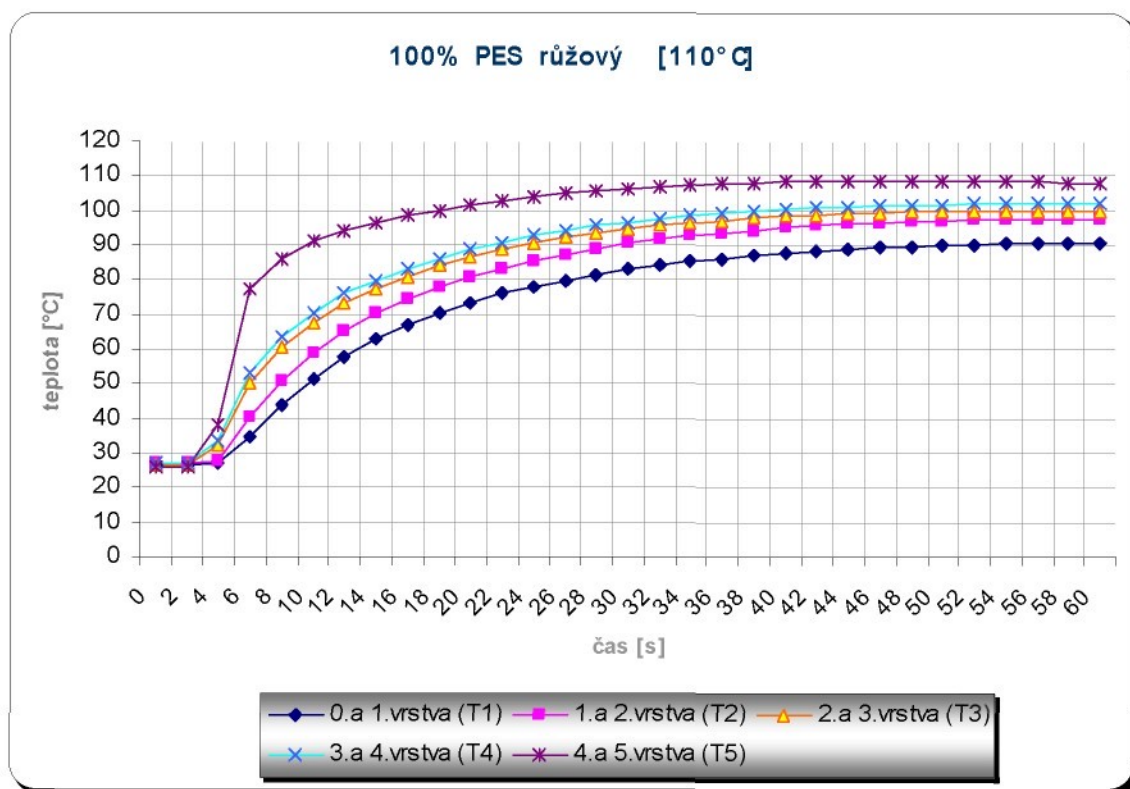
	1.měření	2.měření	3.měření	R [m ² .K/W] tepelný odpor
100% PES červený	0,00367	0,00478	0,02150	0,00478
100% WO fleece	0,10745	0,08527	DIV/0	0,00316
55%PES/45%WO černá	0,01216	0,03747	0,04937	0,00111
100% PES růžový	0,00316	0,00313	DIV/0	0,09636
100% PES modrý	0,00216	0,00357	DIV/0	0,04342
100% WO flauš	0,09622	0,09574	0,09595	0,09622
70%WO/30% PES rybí kost	0,08088	0,08372	0,08254	0,08372

Tab. 3.: Hodnoty jednotlivých textilních materiálů pro tepelný odpor

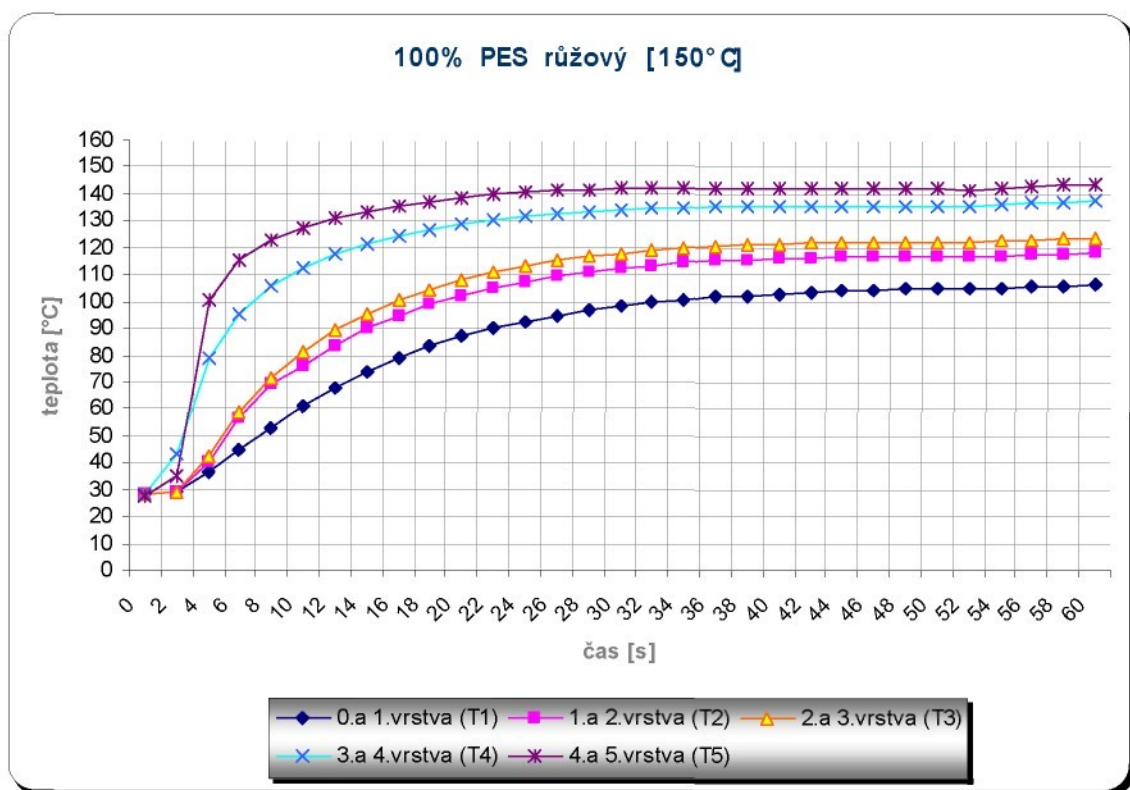
PŘÍLOHA č.5: Průměrné hodnoty zbylých materiálů

Tab. 5.2: Průměrné teploty 100% PES růžový										
ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLITY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	26,8	27,4	26,8	27,4	25,9	28,3	28	28,6	28,4	27,6
2	26,7	27,3	26,7	27,4	26,2	29,1	28,8	28,9	43,2	35,3
4	27,4	27,7	32,2	33,7	38,1	36,4	40,425	42,3	79,2	100,7
6	34,9	40,1	50,0	52,8	77,5	44,9	56,725	58,6	95,6	115,4
8	43,8	50,8	60,3	63,4	86,2	53,1	69,525	71,4	105,5	122,6
10	51,4	58,8	67,6	70,6	90,9	60,7	75,92	81,4	112,3	127,4
12	57,6	65,1	73,1	75,9	94,0	67,7	83,72	89,2	117,3	130,9
14	62,6	70,1	77,5	79,9	96,3	73,6	89,92	95,4	121,1	133,4
16	66,8	74,2	81,0	83,3	98,4	78,7	94,82	100,3	124	135,4
18	70,4	77,6	84,0	86,2	99,9	83	98,92	104,4	126,4	137,1
20	73,4	80,5	86,4	88,6	101,3	86,7	102,32	107,8	128,4	138,4
22	75,9	83,1	88,7	90,7	102,6	89,9	105,12	110,6	130,1	139,6
24	78,1	85,3	90,5	92,6	103,9	92,6	107,52	113	131,5	140,6
26	79,9	87,2	92,1	94,2	104,8	94,8	109,52	115	132,7	141,2
28	81,6	88,9	93,4	95,5	105,5	96,7	111,12	116,6	133,5	141,7
30	83,0	90,3	94,6	96,6	106,1	98,3	112,42	117,9	134,2	142
32	84,2	91,5	95,6	97,6	106,7	99,6	113,42	118,9	134,7	142,2
34	85,3	92,6	96,4	98,5	107,2	100,6	114,32	119,8	135	142,3
36	86,2	93,5	97,2	99,2	107,6	101,6	115,02	120,5	135,3	142,4
38	87,0	94,3	97,8	99,9	108,0	102,3	115,52	121	135,5	142,4
40	87,7	95,1	98,4	100,4	108,3	102,9	115,92	121,4	135,7	142,3
42	88,4	95,7	98,8	100,9	108,4	103,4	116,32	121,8	135,7	142,3
44	88,9	96,1	99,1	101,2	108,5	103,9	116,52	122	135,8	142,2
46	89,4	96,5	99,4	101,5	108,5	104,3	116,72	122,2	135,8	142,1
48	89,6	96,9	99,6	101,7	108,5	104,6	116,82	122,3	135,8	142
50	89,9	97,1	99,7	101,8	108,4	104,9	116,92	122,4	135,7	141,8
52	90,1	97,3	99,8	101,9	108,3	105,1	116,92	122,4	135,7	141,7
54	90,3	97,4	99,9	101,9	108,3	105,3	117,12	122,6	136	142,1
56	90,4	97,5	99,9	102	108,2	105,6	117,42	122,9	136,6	142,7
58	90,5	97,6	99,9	102	108,1	105,9	117,82	123,3	137,1	143,4
60	90,6	97,7	99,9	102	107,9	106,4	118,22	123,7	137,6	143,9

Tab. 5.1: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 5.1: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 5.2: vyhodnocení naměřených hodnot

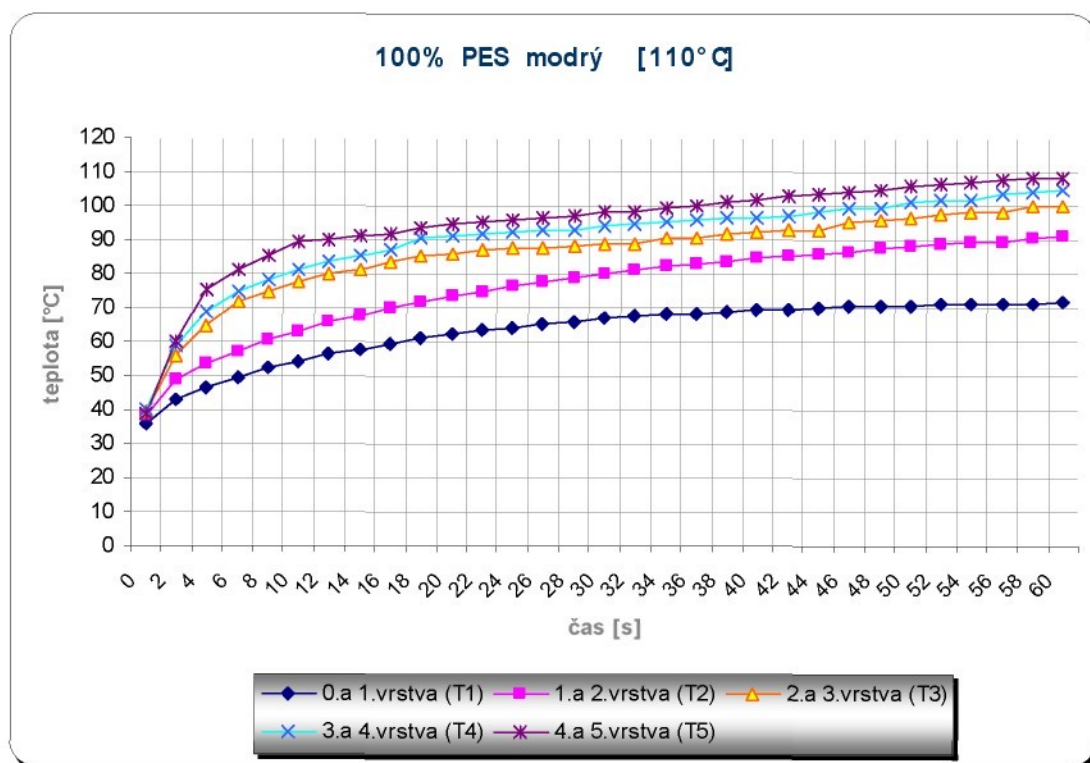
Teplota žehličky = 110°C	
$T_{1(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 631,4/7 = 90,200^{\circ}\text{C}$	$s=0,356$ $v_x=0,395$
$T_{2(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 681,5/7 = 97,357^{\circ}\text{C}$	$s=0,282$ $v_x=0,290$
$T_{3(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 698,7/7 = 99,814^{\circ}\text{C}$	$s=0,121$ $v_x=0,122$
$T_{4(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 713,3/7 = 101,900^{\circ}\text{C}$	$s=0,115$ $v_x=0,113$
$T_{5(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 757,7/7 = 108,243^{\circ}\text{C}$	$s=0,199$ $v_x=0,184$
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = (108,243 - 101,900) + (101,900 - 99,814) + (99,814 - 97,357) + (97,357 - 90,200) = 6,343 + 2,086 + 2,457 + 7,157 = 18,043^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 18,046^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $18,046 - 18,043 = 0,003$	

Teplota žehličky = 150°C	
$T_{1(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 633,2/6 = 105,533^{\circ}\text{C}$	$s=0,554$ $v_x=0,525$
$T_{2(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 704,4/6 = 117,403^{\circ}\text{C}$	$s=0,527$ $v_x=0,449$
$T_{3(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 737,3/6 = 122,883^{\circ}\text{C}$	$s=0,527$ $v_x=0,429$
$T_{4(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 818,7/6 = 136,450^{\circ}\text{C}$	$s=0,787$ $v_x=0,577$
$T_{5(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 855,6/6 = 142,600^{\circ}\text{C}$	$s=0,899$ $v_x=0,630$
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = (142,600 - 136,450) + (136,450 - 122,883) + (122,883 - 117,403) + (117,403 - 105,533) = 6,150 + 13,567 + 5,480 + 11,870 = 37,067^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 37,068^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $37,068 - 37,067 = 0,001$	

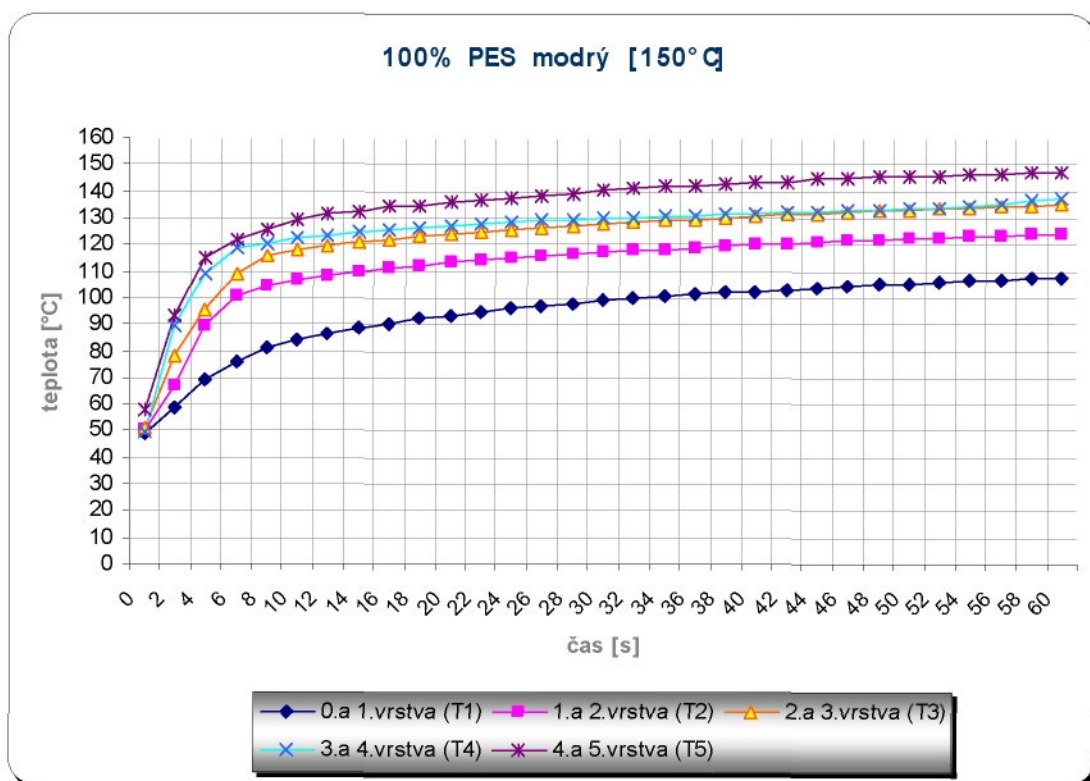
Tab. 5.2: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

Tab. 5.5: Průměrné teploty 100% PES modrý										
ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLOTY TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	35,6	38,1	39,3	40,0	38,9	48,5	50,1	51,2	49,7	58
2	43,2	48,9	55,7	58,9	60,1	58,7	67,2	78,2	89,5	93
4	46,7	53,3	65,0	69,0	75,4	69,1	89,5	95,3	109	115
6	49,6	57,1	72,0	74,8	81,4	75,8	100,8	108,9	118,6	122
8	52,1	60,3	75,0	78,4	85,2	81,2	104,7	115,5	120,5	125,8
10	54,3	63,2	77,7	81,4	89,5	84	106,8	117,6	122,1	129,1
12	56,3	65,7	80,2	83,8	90,0	86,4	108,5	119,3	123,5	131,5
14	57,9	67,9	81,0	85,1	91,1	88,6	109,9	120,7	124,6	132,1
16	59,6	70,0	83,7	87,1	91,8	90,4	111,1	121,9	125,6	134,2
18	60,9	71,8	85,2	90,4	93,5	92,1	112,3	123,1	126,5	134,8
20	62,2	73,5	86,0	91,4	94,5	93,5	113,2	124	127,2	135,9
22	63,3	75,0	87,1	92,0	95,1	94,8	114,1	124,9	127,8	136,7
24	64,3	76,5	87,4	92,5	95,8	95,9	114,8	125,6	128,4	137,5
26	65,3	77,7	87,6	93,0	96,3	96,9	115,6	126,4	128,9	138,4
28	66,1	79,0	88,1	93,1	97,1	97,9	116,3	127,1	129,4	139,2
30	66,8	80,1	88,8	94,0	98,0	98,8	116,9	127,7	129,8	140,1
32	67,4	81,1	89,0	94,6	98,2	99,6	117,6	128,4	130,3	140,9
34	68,0	82,1	90,4	95,2	99,5	100,4	118,1	128,9	130,6	141,8
36	68,5	83,0	90,8	95,7	100,1	101,2	118,7	129,5	131	142,0
38	69,0	83,8	92,0	96,3	101,2	101,9	119,3	130,1	131,3	142,8
40	69,4	84,6	92,4	96,6	101,9	102,5	119,9	130,7	131,7	143,1
42	69,7	85,4	92,8	97,1	102,7	103,2	120,3	131,1	132,1	143,8
44	70,0	86,1	93,2	98,2	103,6	103,8	120,9	131,7	132,4	144,8
46	70,3	86,7	95,4	99,3	104,4	104,4	121,4	132,2	132,8	145,1
48	70,5	87,4	96,0	99,7	105,0	105	121,9	132,7	133,1	145,5
50	70,7	88,0	96,2	100,9	105,7	105,5	122,4	133,2	133,4	145,9
52	70,9	88,6	97,5	101,8	106,2	106	122,8	133,6	133,8	146,0
54	71,1	89,2	98,1	102,0	106,9	106,5	123,2	134	134,1	146,3
56	71,2	89,7	98,5	103,5	107,5	106,9	123,5	134,3	135,3	146,8
58	71,3	90,3	99,9	104,0	108,0	107,3	123,9	134,7	136,4	146,9
60	71,5	90,9	100,2	104,5	108,2	107,7	124,2	135	137,1	147,1

Tab. 5.3: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 5.3: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 5.4: vyhodnocení naměřených hodnot

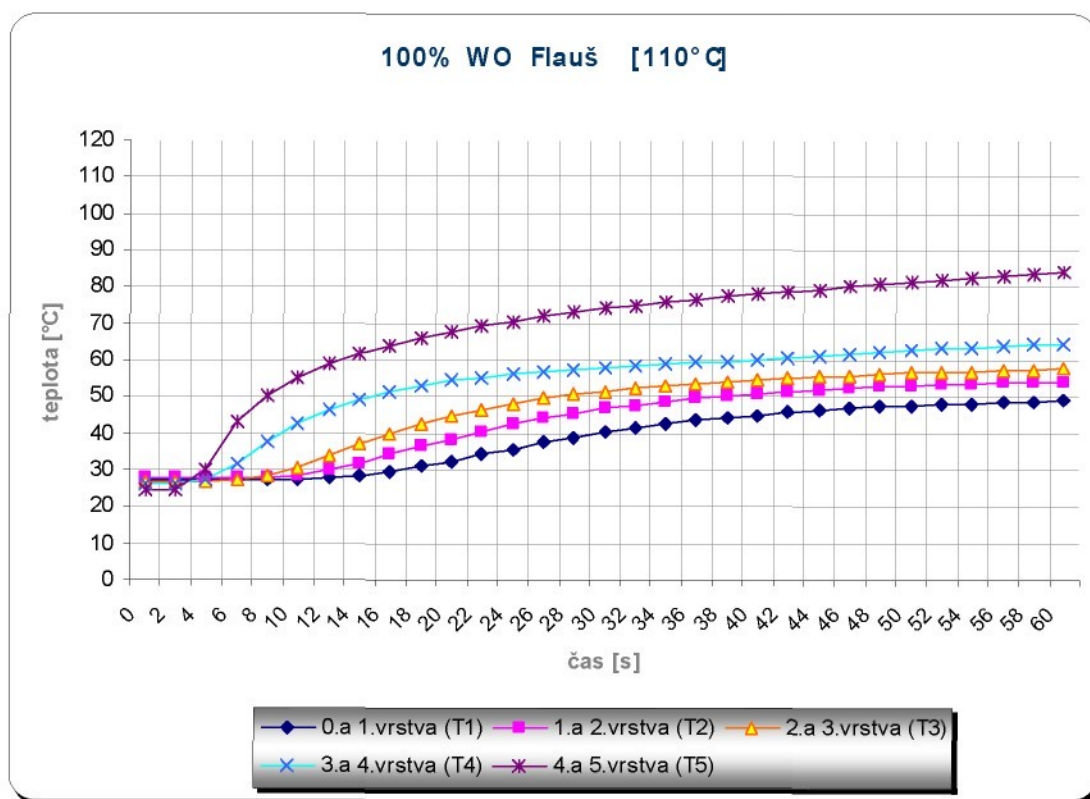
Teplota žehličky = 110°C	
$T_{1(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 285,1/4 = 71,100^{\circ}\text{C}$	$s=0,171$ $v_x=0,240$
$T_{2(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 360,1/4 = 90,025^{\circ}\text{C}$	$s=0,737$ $v_x=0,818$
$T_{3(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 396,7/4 = 99,175^{\circ}\text{C}$	$s=1,031$ $v_x=1,039$
$T_{4(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 414,0/4 = 103,500^{\circ}\text{C}$	$s=1,080$ $v_x=1,044$
$T_{5(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 430,6/4 = 107,650^{\circ}\text{C}$	$s=0,580$ $v_x=0,539$
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = (107,650 - 103,500) + (103,500 - 99,175) + (99,175 - 90,025) + (90,025 - 71,100) = 4,150 + 4,325 + 9,150 + 18,750 = 36,375^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 36,375^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $36,375 - 36,375 = 0$	

Teplota žehličky = 150°C	
$T_{1(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 639,9/6 = 106,650^{\circ}\text{C}$	$s=0,819$ $v_x=0,768$
$T_{2(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 740,0/6 = 123,333^{\circ}\text{C}$	$s=0,674$ $v_x=0,547$
$T_{3(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 804,8/6 = 134,133^{\circ}\text{C}$	$s=0,674$ $v_x=0,503$
$T_{4(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 810,1/6 = 135,017^{\circ}\text{C}$	$s=1,501$ $v_x=1,112$
$T_{5(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 879,0/6 = 146,500^{\circ}\text{C}$	$s=0,502$ $v_x=0,343$
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = (146,500 - 135,017) + (135,017 - 134,133) + (134,133 - 123,333) + (123,333 - 106,650) = 11,183 + 0,883 + 10,800 + 16,683 = 39,850^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 39,853^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $39,853 - 39,850 = 0,003$	

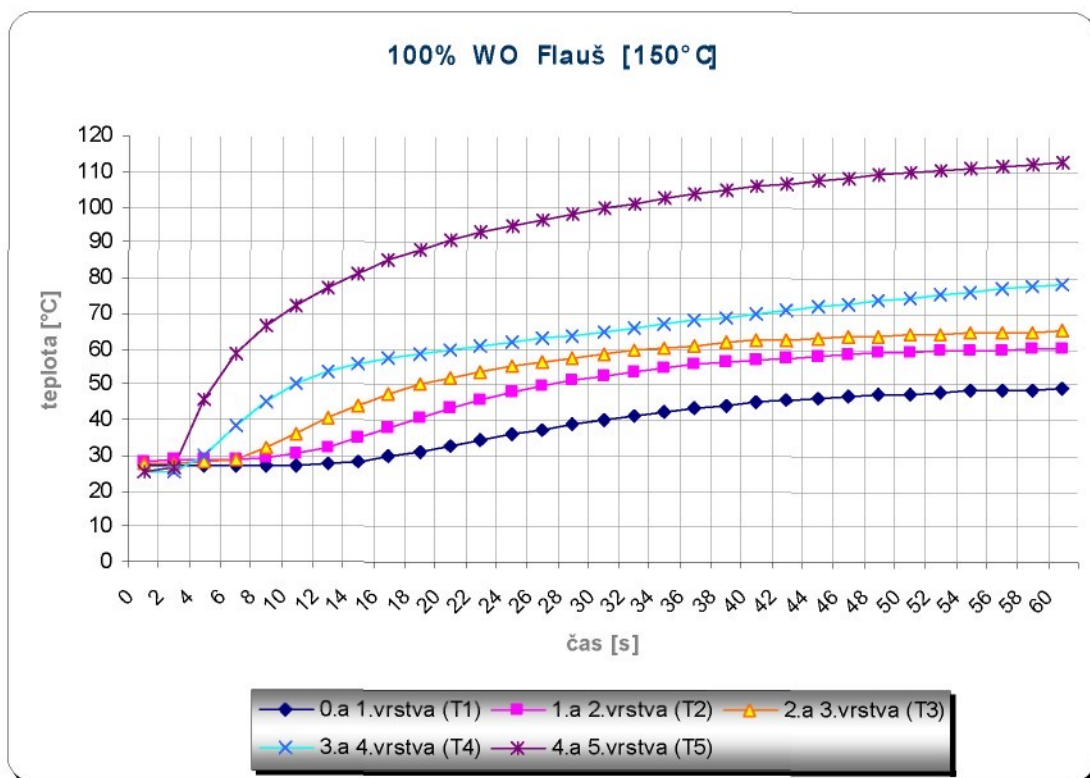
Tab. 5.4: vyhodnocení rozdílu teplot pro 110°C a 150°C

Tab. 5.8: Průměrné teploty 100% WO (flauš)										
ČAS [s]	PRŮMĚRNÉ TEPLoty TERMOČLÁNKŮ [°C]									
	teplota žehličky: 110°C					teplota žehličky: 150°C				
	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'	t1'	t2'	t3'	t4'	t5'
0	27,4	27,6	26,8	26,3	24,4	27,0	28,4	27,7	25,5	25,5
2	27,4	27,6	26,9	26,3	24,4	26,9	28,5	27,7	25,6	26,4
4	27,4	27,7	26,9	27,1	30,0	26,9	28,5	27,9	29,6	45,9
6	27,4	27,7	27,2	31,6	42,9	27,0	28,6	28,9	38,1	58,5
8	27,4	27,9	28,4	37,5	50,3	27,0	29,1	31,9	45,0	66,2
10	27,5	28,6	30,8	42,4	55,3	27,2	30,4	36,1	49,9	72,1
12	27,9	30,0	33,9	46,2	58,8	27,7	32,3	40,5	53,3	77,0
14	28,5	31,9	37,1	49,1	61,5	28,4	34,9	44,2	55,7	81,2
16	29,6	34,1	40,0	51,4	63,7	29,6	37,8	47,4	57,4	84,9
18	31,0	36,3	42,5	53,1	65,8	31,0	40,6	50,0	58,8	87,9
20	32,4	38,4	44,7	54,3	67,5	32,5	43,3	52,1	59,9	90,5
22	34,1	40,5	46,5	55,3	69,1	34,2	45,7	53,8	60,9	92,7
24	35,7	42,3	48,1	56,2	70,6	35,8	47,8	55,3	61,9	94,6
26	37,4	44,0	49,4	56,8	71,8	37,4	49,6	56,6	62,9	96,4
28	38,8	45,4	50,5	57,4	73,0	38,8	51,1	57,7	63,8	98,0
30	40,2	46,7	51,4	57,9	74,0	40,1	52,5	58,7	64,9	99,6
32	41,4	47,7	52,3	58,4	74,9	41,3	53,6	59,6	65,9	101,0
34	42,5	48,7	53,0	58,9	75,7	42,4	54,7	60,4	66,9	102,3
36	43,5	49,5	53,6	59,3	76,4	43,3	55,6	61,1	67,9	103,6
38	44,3	50,3	54,1	59,7	77,2	44,1	56,4	61,8	69,0	104,7
40	45,0	50,8	54,6	60,1	77,8	44,9	57,0	62,3	69,9	105,7
42	45,6	51,3	55,0	60,6	78,6	45,6	57,6	62,8	70,9	106,7
44	46,2	51,8	55,4	61,1	79,3	46,1	58,1	63,2	71,9	107,6
46	46,7	52,3	55,8	61,7	80,0	46,7	58,6	63,6	72,8	108,4
48	47,2	52,7	56,2	62,2	80,8	47,2	59,0	63,9	73,7	109,2
50	47,5	53,0	56,5	62,7	81,5	47,5	59,4	64,2	74,6	110,0
52	47,9	53,3	56,8	63,1	82,0	47,9	59,6	64,4	75,5	110,6
54	48,2	53,6	57,0	63,4	82,6	48,2	59,8	64,6	76,3	111,1
56	48,5	53,8	57,2	63,9	83,1	48,5	60,0	64,9	77,1	111,7
58	48,7	54,0	57,4	64,2	83,6	48,7	60,1	65,0	77,8	112,2
60	49,0	54,2	57,6	64,6	84,0	48,9	60,2	65,1	78,5	112,7

Tab. 5.5: průměrné naměřené hodnoty



Graf. 5.5: vyhodnocení naměřených hodnot



Graf. 5.6: vyhodnocení naměřených hodnot

Teplota žehličky = 110°C	
$T_{1(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 242,3/5 = 48,460^{\circ}\text{C}$	$s=0,428$ $v_x=0,883$
$T_{2(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 268,9/5 = 53,780^{\circ}\text{C}$	$s=0,349$ $v_x=0,649$
$T_{3(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 286,0/5 = 57,200^{\circ}\text{C}$	$s=0,316$ $v_x=0,553$
$T_{4(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 319,2/5 = 63,840^{\circ}\text{C}$	$s=0,602$ $v_x=0,944$
$T_{5(110^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 415,3/5 = 83,060^{\circ}\text{C}$	$s=0,792$ $v_x=0,954$
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = (83,060 - 63,840) + (63,840 - 57,200) + (57,200 - 53,780) + (53,780 - 48,460) = 19,220 + 6,640 + 3,420 + 5,320 = 34,600^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(110^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 34,600^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $34,600 - 34,600 = 0$	

Teplota žehličky = 150°C	
$T_{1(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_1' / n = 194,3/4 = 48,575^{\circ}\text{C}$	$s=0,299$ $v_x=0,615$
$T_{2(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_2' / n = 240,1/4 = 60,025^{\circ}\text{C}$	$s=0,171$ $v_x=0,285$
$T_{3(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_3' / n = 259,6/4 = 64,900^{\circ}\text{C}$	$s=0,216$ $v_x=0,333$
$T_{4(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_4' / n = 309,7/4 = 77,425^{\circ}\text{C}$	$s=0,943$ $v_x=1,218$
$T_{5(150^{\circ}\text{C})} = \sum t_5' / n = 447,7/4 = 111,925^{\circ}\text{C}$	$s=0,685$ $v_x=0,612$
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = (111,925 - 77,425) + (77,425 - 64,900) + (64,900 - 60,025) + (60,025 - 48,575) = 34,500 + 12,525 + 4,875 + 11,450 = 63,350^{\circ}\text{C}$	
$\Delta t_{(150^{\circ}\text{C})} = T_5 - T_1 = 63,350^{\circ}\text{C}$	
vzduchové mezivrstvy = $63,350 - 63,350 = 0$	

PŘÍLOHA č.6: Vyhodnocení a porovnání výsledných dat

Tab. 1: PES červený

Tab. 2: PES růžový

Tab. 3: PES modrý

		110°C					150°C					
WO Fleece	naměřeno	8,4	10,1	11,1	11,8	17,1	8,5	12,1	13,1	15,0	24,1	směrodatná odchylka
		39,7	44,2	47,8	54,5	69,0	39,5	48,9	54,2	62,6	92,0	průměr
		21,1%	22,8%	23,3%	21,7%	24,8%	21,4%	24,7%	24,2%	24,0%	26,2%	variační koeficient [%]
		1229,5	1370,9	1480,8	1690,0	2137,8	1226,0	1516,0	1680,6	1939,1	2852,1	Suma
	model	8,3	9,3	11,8	14,8	14,2	9,6	11,2	15,5	20,8	21,4	směrodatná odchylka
		34,5	36,6	43,4	56,4	77,8	35,0	38,0	47,9	67,2	99,9	průměr
		24,2%	25,3%	27,2%	26,2%	18,3%	27,5%	29,4%	32,3%	31,0%	21,4%	variační odchylka

		1034,2	1098,0	1303,0	1691,0	2334,4	1048,9	1139,2	1436,7	2016,9	2998,2	suma
		110°C					150°C					
WO/PES černá směs	naměřeno	13,5	15,2	16,5	18,3	20,3	18,1	21,7	22,6	24,7	26,2	směrodatná odchylka
		60,2	67,1	73,5	80,5	93,4	75,6	88,8	93,9	105,9	120,7	průměr
		22,4%	22,7%	22,5%	22,8%	21,7%	23,9%	24,5%	24,0%	23,4%	21,7%	variální koeficient [%]
		1864,8	2079,9	2277,1	2494,3	2895,9	2344,5	2752,9	2912,1	3282,9	3741,8	Suma
	model	14,7	16,2	17,2	18,7	16,9	20,0	22,8	24,1	25,5	24,9	směrodatná odchylka
		59,9	66,8	72,7	80,9	94,9	74,0	85,5	92,8	105,6	119,2	průměr
		24,5%	24,2%	23,6%	23,1%	17,9%	27,0%	26,7%	26,0%	24,2%	20,9%	variální odchylka
		1855,4	2071,2	2254,0	2507,0	2941,4	2292,7	2649,4	2877,2	3275,1	3696,7	suma

Tab. 5: WO/PES černá směs

		110°C					150°C					
WO Flauš	naměřeno	8,4	10,1	11,1	11,8	17,1	8,5	12,1	13,1	15,0	24,1	směrodatná odchylka
		38,5	43,0	46,6	53,3	67,8	38,3	47,7	53,0	61,4	90,8	průměr
		21,8%	23,5%	23,9%	22,3%	25,3%	22,1%	25,3%	24,7%	24,5%	26,6%	variální koeficient [%]
		1192,3	1333,7	1443,6	1652,8	2100,6	1188,8	1478,8	1643,4	1901,9	2814,9	Suma
	model	7,4	8,4	11,1	14,4	14,4	8,2	9,8	14,3	20,2	21,7	směrodatná odchylka
		33,2	35,3	42,0	54,9	76,7	33,2	36,0	45,6	64,7	97,9	průměr
		22,3%	23,8%	26,5%	26,3%	18,8%	24,6%	27,1%	31,4%	31,2%	22,1%	variální odchylka
		996,0	1058,0	1259,5	1646,7	2300,3	994,8	1080,3	1366,7	1940,6	2937,2	suma

Tab. 6: WO Flauš

		110°C					150°C					
WO/PES Rybí kost	naměřeno	13,5	15,2	16,5	16,6	20,3	18,1	21,7	22,6	24,7	26,2	směrodatná odchylka
		60,2	67,1	73,5	73,4	93,4	75,6	88,8	93,9	105,9	120,7	průměr
		22,4%	22,7%	22,5%	22,6%	21,7%	23,9%	24,5%	24,0%	23,3%	21,7%	variální koeficient [%]
		1864,8	2079,9	2277,1	2276,5	2895,9	2344,5	2752,9	2912,1	3282,9	3741,8	Suma
	model	14,1	15,9	16,6	16,6	19,1	19,4	24,1	23,9	26,3	26,7	směrodatná odchylka
		58,0	65,2	69,7	73,2	93,9	74,6	87,4	92,7	105,2	119,5	průměr
		24,4%	24,4%	23,8%	22,7%	20,3%	25,9%	27,5%	25,8%	25,0%	22,4%	variální odchylka
		1798,5	2019,9	2162,0	2269,2	2910,5	2312,0	2709,7	2874,6	3259,9	3704,8	suma

Tab. 7: WO/PES rybí kost

110°C	150°C		110°C	150°C	
20,4	26,2	průměrná směrodatná odchylka	0,314	0,869	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
86,0	115,8	průměr průměru	0,238	1,225	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
23,9%	23,1%	průměrný variační koeficient	0,2%	1,0%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
2665,3	3589,7	průměrná suma	7,378	37,963	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
20,1	25,3	průměrná směrodatná odchylka	14,605	33,900	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
86,2	117,0	průměr průměru	15,083	34,016	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
23,7%	22,1%	průměrný variační koeficient	2399,55	5571,57	naměřený tepelný tok
2672,6	3627,6	průměrná suma	2481,73	5588,00	modelový tepelný tok

110°C	150°C		110°C	150°C	
22,4	27,0	průměrná směrodatná odchylka	3,446	1,614	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
83,8	108,2	průměr průměru	1,092	1,101	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
26,9%	25,4%	průměrný variační koeficient	4,1%	0,8%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
2599,2	3353,2	průměrná suma	33,862	34,118	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
19,0	25,4	průměrná směrodatná odchylka	18,046	37,068	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
84,9	107,1	průměr průměru	17,171	37,017	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
22,8%	24,6%	průměrný variační koeficient	5769,19	11852,06	naměřený tepelný tok
2633,1	3319,0	průměrná suma	5499,65	11830,63	modelový tepelný tok

Tab. 9: PES růžový

110°C	150°C		110°C	150°C	
13,0	16,7	průměrná směrodatná odchylka	2,402	4,249	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
81,9	117,6	průměr průměru	0,884	3,282	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
15,9%	14,3%	průměrný variační koeficient	3,4%	4,3%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
2539,6	3644,1	průměrná suma	27,415	101,733	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
15,4	21,0	průměrná směrodatná odchylka	36,375	39,853	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
81,0	114,3	průměr průměru	36,050	40,055	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
19,3%	18,6%	průměrný variační koeficient	16252,66	17805,32	naměřený tepelný tok
2512,2	3542,4	průměrná suma	16129,79	17917,02	modelový tepelný tok

Tab. 10: PES modrý

110°C	150°C		110°C	150°C	
11,7	14,6	průměrná směrodatná odchylka	0,038	1,126	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
51,0	59,4	průměr průměru	1,289	1,845	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
22,8%	24,1%	průměrný variační koeficient	1,5%	4,2%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
1581,8	1842,8	průměrná suma	89,695	114,783	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
11,7	15,7	průměrná směrodatná odchylka	34,725	63,350	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
49,7	57,6	průměr průměru	41,836	66,567	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
24,2%	28,3%	průměrný variační koeficient	360,31	657,32	naměřený tepelný tok
1492,1	1728,0	průměrná suma	433,71	691,04	modelový tepelný tok

Tab. 11: WO Fleece

110°C	150°C		110°C	150°C	
16,8	22,7	průměrná směrodatná odchylka	0,027	0,777	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
74,9	97,0	průměr průměru	0,110	1,569	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
22,4%	23,5%	průměrný variační koeficient	0,3%	1,4%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
2322,4	3006,8	průměrná suma	3,408	48,632	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
16,7	23,5	průměrná směrodatná odchylka	33,473	43,115	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
75,0	95,4	průměr průměru	34,629	41,900	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
22,7%	24,9%	průměrný variační koeficient	1311,18	1688,93	naměřený tepelný tok
2325,8	2958,2	průměrná suma	1355,40	1641,37	modelový tepelný tok

Tab. 12: PES/WO černá směs

110°C	150°C		110°C	150°C	
11,7	14,6	průměrná směrodatná odchylka	0,563	0,259	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
49,8	58,2	průměr průměru	1,423	2,780	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
23,3%	24,6%	průměrný variační koeficient	0,2%	2,7%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
1544,6	1805,6	průměrná suma	92,516	141,635	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
11,2	14,8	průměrná směrodatná odchylka	34,600	63,350	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
48,4	55,5	průměr průměru	44,409	69,663	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
23,5%	27,3%	průměrný variační koeficient	3613,37	6615,81	naměřený tepelný tok
1452,1	1663,9	průměrná suma	4636,81	7278,96	modelový tepelný tok

Tab. 13: WO Flauš

110°C	150°C		110°C	150°C	
16,4	22,7	průměrná směrodatná odchylka	0,054	1,379	rozdíl směrodatných odchylek naměřeno/model
73,5	97,0	průměr průměru	1,511	1,118	rozdíl průměrných hodnot naměřeno/model
22,4%	23,5%	průměrný variační koeficient	0,7%	1,8%	rozdíl variačního koeficientu naměřeno/model
2278,8	3006,8	průměrná suma	46,840	34,645	rozdíl sumy všech hodnot naměřeno/model
16,5	24,1	průměrná směrodatná odchylka	33,021	42,300	rozdíl teplot T5-T1 s naměřených hodnot
72,0	95,9	průměr průměru	34,820	43,250	rozdíl teplot T5-T1 s modelových hodnot
23,1%	25,3%	průměrný variační koeficient	3944,12	5052,58	naměřený tepelný tok
2232,0	2972,2	průměrná suma	4156,73	5172,02	modelový tepelný tok

Tab. 14: WO/PES Rybí kost

110°C	150°C	
1,55%	3,37%	rozdíl směrodatných odchylek v %
0,28%	1,05%	rozdíl průměrných hodnot v %
0,70%	4,56%	rozdíl variačního koeficientu v %
0,28%	1,05%	rozdíl sumy všech hodnot v %
0,48	0,12	rozdíl teplot
3,22%	0,34%	rozdíl teplot v %
82,18	16,44	rozdíl tepelného toku
3,37%	0,29%	rozdíl tepelného toku v %

Tab. 15: PES červený

110°C	150°C	
16,63%	6,16%	rozdíl směrodatných odchylek v %
1,29%	1,02%	rozdíl průměrných hodnot v %
16,47%	3,34%	rozdíl variačního koeficientu v %
1,29%	1,02%	rozdíl sumy všech hodnot v %
0,87	0,05	rozdíl teplot
4,97%	0,14%	rozdíl teplot v %
269,55	21,43	rozdíl tepelného toku
4,78%	0,18%	rozdíl tepelného toku v %

110°C	150°C	
16,91%	22,56%	rozíl směrodatných odchylek v %
1,09%	2,83%	rozíl průměrných hodnot v %
19,24%	26,36%	rozíl variačního koeficientu v %
1,09%	2,83%	rozíl sumy všech hodnot v %
0,33	0,20	rozíl teplot
0,90%	0,50%	rozíl teplot v %
122,87	111,70	rozíl tepelného toku
0,76%	0,63%	rozíl tepelného toku v %

Tab. 16: PES modrý

110°C	150°C	
0,33%	7,44%	rozíl směrodatných odchylek v %
2,56%	3,15%	rozíl průměrných hodnot v %
6,22%	15,99%	rozíl variačního koeficientu v %
5,84%	6,43%	rozíl sumy všech hodnot v %
7,11	3,22	rozíl teplot
18,58%	4,95%	rozíl teplot v %
73,41	33,72	rozíl tepelného toku
18,49%	5,00%	rozíl tepelného toku v %

Tab. 17: WO Fleece

110°C	150°C	
0,16%	3,37%	rozíl směrodatných odchylek v %
0,15%	1,63%	rozíl průměrných hodnot v %
1,14%	5,88%	rozíl variačního koeficientu v %
0,15%	1,63%	rozíl sumy všech hodnot v %
1,16	1,22	rozíl teplot
3,39%	2,86%	rozíl teplot v %
44,23	47,56	rozíl tepelného toku
3,32%	2,86%	rozíl tepelného toku v %

Tab. 18: PES/WO černá směs

110°C	150°C	
4,92%	1,76%	rozíl směrodatných odchylek v %
2,90%	4,89%	rozíl průměrných hodnot v %
0,87%	10,23%	rozíl variačního koeficientu v %
6,17%	8,16%	rozíl sumy všech hodnot v %
9,81	6,31	rozíl teplot
24,83%	9,49%	rozíl teplot v %
1023,44	663,15	rozíl tepelného toku
24,81%	9,55%	rozíl tepelného toku v %

Tab. 19: WO Flauš

110°C	150°C	
0,33%	5,90%	rozdíl směrodatných odchylek v %
2,08%	1,16%	rozdíl průměrných hodnot v %
3,29%	7,42%	rozdíl variačního koeficientu v %
2,08%	1,16%	rozdíl sumy všech hodnot v %
1,80	0,95	rozdíl teplot
5,30%	2,22%	rozdíl teplot v %
212,61	119,45	rozdíl tepelného toku
5,25%	2,34%	rozdíl tepelného toku v %

Tab. 20: WO/PES Rybí kost

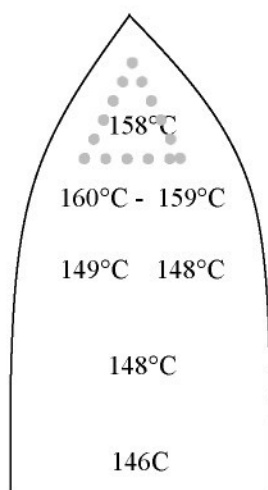
PŘÍLOHA č.7: Kontrola plochy žehličky pomocí termovize

Žehlička byla kontrolována pomocí termovize. Nejprve byl přiložen termočlánek na jedno místo žehlicí plochy a podle snímané teploty termočládku, byla nastavena emisivita termovize.

Potom byla zkontrolována plochy žehličky – rozložení teploty po celé ploše v různých místech a její rozdíl.

Dále byl zkontrolován digitální displej, s jakou přesností ukazuje aktuální teplotu a pro které místo na žehlicí ploše.

Poslední byla kontrolu sinusového sepínání ohřevu. Byl sledován interval a rozdíl teploty, neboli rozdíl ochladnutí a opětovného ohřátí po sepnutí čidla.



Obr. 7.1: Rozdělné teploty na žehlicí ploše při kontrole teploty žehličky

Použitá žehlička, měla na ploše při nastavení 160°C rozdíl cca 12°C mezi nejteplejším (mezi průduchy napařování) a nejstudenějším místem (patou žehličky). Ovšem tato teplota nemusí být přesná protože tyto teploty kolísaly podle daného průběhu ochladnutí/ohřev (sinusový průběh).

Kontrola digitálního displeje nad očekávání vyšla velmi dobře. Digitální displej ukazoval vždy aktuální teplotu v místě průduchu velice přesně. Ukazoval tedy nejteplejší místo žehličky, přesně tam, kde se přikládaly termočládky.

Sinusový průběh žehličky vykazoval maximální rozdíl v průběhu chladnutí/ohřev cca 8°C. Což je pro žehličku velice slušná hodnota.

PŘÍLOHA č.8: Některé důležité vlivy na tepelně-izolační vlastnosti

Vliv vlhkosti

Tepelně-izolační vlastnosti jsou závislé na vlhkosti oděvních materiálů. Se zvyšující se vlhkostí, tepelný odpor oděvních textilií klesá. Voda, která je dobrým vodičem tepla, zvyšuje tepelnou vodivost materiálu. Když je v pórech voda, zvyšují se styčné plochy mezi částicemi materiálu, a tím se zvyšuje tepelná vodivost

Byli provedené studie pozitivní úlohy bavlněných a vlněných hygroskopických vláken. Jejich přítomností v textilním materiálu dochází k navázání zkondenzované vody a k podstatně sníženému vzrůstu tepelné vodivosti než u vláken polyesterových.

Vyšším obsahem vlhkosti vzrůstá koeficient tepelné vodivosti, pomaleji u materiálů obsahujících viskózní vlákna, protože viskóza svojí fibrilární strukturou zajišťuje pevné fyzikální vázání vody. U syntetických materiálů je voda vázaná mezi jednotlivými fibrilami kapilárními silami.

Vliv stlačení textilií

Tloušťka materiálu ovlivňuje tepelný odpor oděvu nezávisle na jeho vlákenném složení a hustotě. S růstem tloušťky oděvního materiálu stoupá i jeho tepelný odpor.

Vliv stlačení textilií na tepelně-izolační vlastnosti je zřejmý. Se snižující se tloušťkou se zhoršují tepelně-izolační vlastnosti. Vyjímkou jsou však materiály s velmi nízkým zaplněním, kde až do určité hodnoty stlačení (dáno materiálem a zaplněním) může docházet k zlepšení tepelných vlastností, uzavřením vzduchových pórů.

PŘÍLOHA č.9: DATA TERMOČLÁNKŮ

100% PES ČERVENÝ

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	22,32	22,42	22,52	22,32	22,92	0	25,82	25,22	25,42	25,42	24,92
2	23,12	23,02	25,42	22,92	29,12	2	27,32	29,92	39,52	41,62	74,62
4	33,22	33,32	47,52	44,62	69,32	4	35,62	50,42	69,52	82,12	116,12
6	44,42	44,82	60,12	59,42	80,52	6	45,22	67,22	86,32	98,32	125,12
8	53,12	53,82	68,22	69,02	86,42	8	54,52	79,42	97,32	107,92	130,02
10	59,92	60,92	74,22	75,42	90,22	10	63,02	88,62	105,22	114,22	133,12
12	65,32	66,42	78,72	80,02	92,82	12	70,52	95,62	110,92	118,62	135,42
14	69,62	70,82	82,12	83,52	94,82	14	77,02	101,02	115,22	122,02	137,12
16	73,02	74,42	84,72	86,22	96,22	16	82,42	105,42	118,52	124,72	138,42
18	75,72	77,32	86,82	88,32	97,42	18	87,02	108,92	121,12	126,82	139,62
20	78,02	79,82	88,62	90,02	98,32	20	90,72	111,62	123,12	128,52	140,32
22	79,82	81,62	89,92	91,32	99,02	22	93,82	113,82	124,72	129,82	140,82
24	81,32	83,32	91,02	92,42	99,52	24	96,52	115,52	126,02	130,72	141,22
26	82,52	84,62	91,92	93,32	100,02	26	98,62	116,92	126,92	131,52	141,32
28	83,52	85,72	92,62	94,02	100,32	28	100,42	118,12	127,72	132,12	141,42
30	84,42	86,52	93,12	94,52	100,62	30	101,92	118,92	128,22	132,62	141,52
32	85,12	87,32	93,62	95,02	100,82	32	103,22	119,72	128,62	133,02	141,52
34	85,72	87,92	93,92	95,32	100,92	34	104,22	120,22	129,02	133,32	141,52
36	86,22	88,42	94,22	95,62	101,02	36	105,12	120,72	129,22	133,52	141,52
38	86,62	88,92	94,52	95,92	101,22	38	105,92	121,12	129,42	133,72	141,42
40	87,02	89,42	95,12	96,32	101,92	40	106,42	121,42	129,52	133,82	141,32
42	87,62	89,92	95,72	96,92	102,62	42	106,92	121,62	129,52	133,92	141,22
44	88,22	90,52	96,32	97,62	103,22	44	107,42	121,82	129,62	133,92	141,12
46	88,82	91,12	96,82	98,12	103,72	46	107,82	122,02	129,72	134,02	141,12
48	89,32	91,62	97,32	98,72	104,22	48	108,22	122,22	129,92	134,22	141,42
50	89,72	92,22	97,82	99,12	104,62	50	108,62	122,62	130,42	134,62	142,02
52	90,22	92,62	98,22	99,52	104,92	52	109,12	123,12	130,92	135,12	142,62
54	90,62	93,02	98,62	99,92	105,42	54	109,52	123,72	131,52	135,62	143,32
56	91,02	93,42	99,02	100,32	105,62	56	110,12	124,32	132,02	136,22	143,92
58	91,42	93,82	99,22	100,62	105,82	58	110,62	124,92	132,62	136,72	144,42
60	91,62	94,12	99,42	100,82	105,82	60	111,22	125,42	133,22	137,22	144,82

Tab.1 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	20,74	20,84	20,94	20,74	21,34	0	23,87	23,27	23,47	23,47	22,97
2	21,54	21,44	23,84	21,34	27,54	2	25,37	27,97	37,57	39,67	72,67
4	31,64	31,74	45,94	43,04	67,74	4	33,67	48,47	67,57	80,17	114,17
6	42,84	43,24	58,54	57,84	78,94	6	43,27	65,27	84,37	96,37	123,17
8	51,54	52,24	66,64	67,44	84,84	8	52,57	77,47	95,37	105,97	128,07
10	58,34	59,34	72,64	73,84	88,64	10	61,07	86,67	103,27	112,27	131,17
12	63,74	64,84	77,14	78,44	91,24	12	68,57	93,67	108,97	116,67	133,47
14	68,04	69,24	80,54	81,94	93,24	14	75,07	99,07	113,27	120,07	135,17
16	71,44	72,84	83,14	84,64	94,64	16	80,47	103,47	116,57	122,77	136,47
18	74,14	75,74	85,24	86,74	95,84	18	85,07	106,97	119,17	124,87	137,67
20	76,44	78,24	87,04	88,44	96,74	20	88,77	109,67	121,17	126,57	138,37
22	78,24	80,04	88,34	89,74	97,44	22	91,87	111,87	122,77	127,87	138,87
24	79,74	81,74	89,44	90,84	97,94	24	94,57	113,57	124,07	128,77	139,27
26	80,94	83,04	90,34	91,74	98,44	26	96,67	114,97	124,97	129,57	139,37
28	81,94	84,14	91,04	92,44	98,74	28	98,47	116,17	125,77	130,17	139,47
30	82,84	84,94	91,54	92,94	99,04	30	99,97	116,97	126,27	130,67	139,57
32	83,54	85,74	92,04	93,44	99,24	32	101,27	117,77	126,67	131,07	139,57
34	84,14	86,34	92,34	93,74	99,34	34	102,27	118,27	127,07	131,37	139,57
36	84,64	86,84	92,64	94,04	99,44	36	103,17	118,77	127,27	131,57	139,57
38	85,04	87,34	92,94	94,34	99,64	38	103,97	119,17	127,47	131,77	139,47
40	85,44	87,84	93,54	94,74	100,34	40	104,47	119,47	127,57	131,87	139,37
42	86,04	88,34	94,14	95,34	101,04	42	104,97	119,67	127,57	131,97	139,27
44	86,64	88,94	94,74	96,04	101,64	44	105,47	119,87	127,67	131,97	139,17
46	87,24	89,54	95,24	96,54	102,14	46	105,87	120,07	127,77	132,07	139,17
48	87,74	90,04	95,74	97,14	102,64	48	106,27	120,27	127,97	132,27	139,47
50	88,14	90,64	96,24	97,54	103,04	50	106,67	120,67	128,47	132,67	140,07
52	88,64	91,04	96,64	97,94	103,34	52	107,17	121,17	128,97	133,17	140,67
54	89,04	91,44	97,04	98,34	103,84	54	107,57	121,77	129,57	133,67	141,37
56	89,44	91,84	97,44	98,74	104,04	56	108,17	122,37	130,07	134,27	141,97
58	89,84	92,24	97,64	99,04	104,24	58	108,67	122,97	130,67	134,77	142,47
60	90,04	92,54	97,84	99,24	104,24	60	109,27	123,47	131,27	135,27	142,87

Tab.2 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	27,65	27,75	27,85	27,65	28,25	0	30,75	30,15	30,35	30,35	29,85
2	28,45	28,35	30,75	28,25	34,45	2	32,25	34,85	44,45	46,55	79,55
4	38,55	38,65	52,85	49,95	74,65	4	40,55	55,35	74,45	87,05	121,05
6	49,75	50,15	65,45	64,75	85,85	6	50,15	72,15	91,25	103,25	130,05
8	58,45	59,15	73,55	74,35	91,75	8	59,45	84,35	102,25	112,85	134,95
10	65,25	66,25	79,55	80,75	95,55	10	67,95	93,55	110,15	119,15	138,05
12	70,65	71,75	84,05	85,35	98,15	12	75,45	100,55	115,85	123,55	140,35
14	74,95	76,15	87,45	88,85	100,15	14	81,95	105,95	120,15	126,95	142,05
16	78,35	79,75	90,05	91,55	101,55	16	87,35	110,35	123,45	129,65	143,35
18	81,05	82,65	92,15	93,65	102,75	18	91,95	113,85	126,05	131,75	144,55
20	83,35	85,15	93,95	95,35	103,65	20	95,65	116,55	128,05	133,45	145,25
22	85,15	86,95	95,25	96,65	104,35	22	98,75	118,75	129,65	134,75	145,75
24	86,65	88,65	96,35	97,75	104,85	24	101,45	120,45	130,95	135,65	146,15
26	87,85	89,95	97,25	98,65	105,35	26	103,55	121,85	131,85	136,45	146,25
28	88,85	91,05	97,95	99,35	105,65	28	105,35	123,05	132,65	137,05	146,35
30	89,75	91,85	98,45	99,85	105,95	30	106,85	123,85	133,15	137,55	146,45
32	90,45	92,65	98,95	100,35	106,15	32	108,15	124,65	133,55	137,95	146,45
34	91,05	93,25	99,25	100,65	106,25	34	109,15	125,15	133,95	138,25	146,45
36	91,55	93,75	99,55	100,95	106,35	36	110,05	125,65	134,15	138,45	146,45
38	91,95	94,25	99,85	101,25	106,55	38	110,85	126,05	134,35	138,65	146,35
40	92,35	94,75	100,45	101,65	107,25	40	111,35	126,35	134,45	138,75	146,25
42	92,95	95,25	101,05	102,25	107,95	42	111,85	126,55	134,45	138,85	146,15
44	93,55	95,85	101,65	102,95	108,55	44	112,35	126,75	134,55	138,85	146,05
46	94,15	96,45	102,15	103,45	109,05	46	112,75	126,95	134,65	138,95	146,05
48	94,65	96,95	102,65	104,05	109,55	48	113,15	127,15	134,85	139,15	146,35
50	95,05	97,55	103,15	104,45	109,95	50	113,55	127,55	135,35	139,55	146,95
52	95,55	97,95	103,55	104,85	110,25	52	114,05	128,05	135,85	140,05	147,55
54	95,95	98,35	103,95	105,25	110,75	54	114,45	128,65	136,45	140,55	148,25
56	96,35	98,75	104,35	105,65	110,95	56	115,05	129,25	136,95	141,15	148,85
58	96,75	99,15	104,55	105,95	111,15	58	115,55	129,85	137,55	141,65	149,35
60	96,95	99,45	104,75	106,15	111,15	60	116,15	130,35	138,15	142,15	149,75

Tab.3 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	29,16	29,26	29,36	29,16	29,76	0	32,68	32,08	32,28	32,28	31,78
2	29,96	29,86	32,26	29,76	35,96	2	34,18	36,78	46,38	48,48	81,48
4	40,06	40,16	54,36	51,46	76,16	4	42,48	57,28	76,38	88,98	122,98
6	51,26	51,66	66,96	66,26	87,36	6	52,08	74,08	93,18	105,18	131,98
8	59,96	60,66	75,06	75,86	93,26	8	61,38	86,28	104,18	114,78	136,88
10	66,76	67,76	81,06	82,26	97,06	10	69,88	95,48	112,08	121,08	139,98
12	72,16	73,26	85,56	86,86	99,66	12	77,38	102,48	117,78	125,48	142,28
14	76,46	77,66	88,96	90,36	101,66	14	83,88	107,88	122,08	128,88	143,98
16	79,86	81,26	91,56	93,06	103,06	16	89,28	112,28	125,38	131,58	145,28
18	82,56	84,16	93,66	95,16	104,26	18	93,88	115,78	127,98	133,68	146,48
20	84,86	86,66	95,46	96,86	105,16	20	97,58	118,48	129,98	135,38	147,18
22	86,66	88,46	96,76	98,16	105,86	22	100,68	120,68	131,58	136,68	147,68
24	88,16	90,16	97,86	99,26	106,36	24	103,38	122,38	132,88	137,58	148,08
26	89,36	91,46	98,76	100,16	106,86	26	105,48	123,78	133,78	138,38	148,18
28	90,36	92,56	99,46	100,86	107,16	28	107,28	124,98	134,58	138,98	148,28
30	91,26	93,36	99,96	101,36	107,46	30	108,78	125,78	135,08	139,48	148,38
32	91,96	94,16	100,46	101,86	107,66	32	110,08	126,58	135,48	139,88	148,38
34	92,56	94,76	100,76	102,16	107,76	34	111,08	127,08	135,88	140,18	148,38
36	93,06	95,26	101,06	102,46	107,86	36	111,98	127,58	136,08	140,38	148,38
38	93,46	95,76	101,36	102,76	108,06	38	112,78	127,98	136,28	140,58	148,28
40	93,86	96,26	101,96	103,16	108,76	40	113,28	128,28	136,38	140,68	148,18
42	94,46	96,76	102,56	103,76	109,46	42	113,78	128,48	136,38	140,78	148,08
44	95,06	97,36	103,16	104,46	110,06	44	114,28	128,68	136,48	140,78	147,98
46	95,66	97,96	103,66	104,96	110,56	46	114,68	128,88	136,58	140,88	147,98
48	96,16	98,46	104,16	105,56	111,06	48	115,08	129,08	136,78	141,08	148,28
50	96,56	99,06	104,66	105,96	111,46	50	115,48	129,48	137,28	141,48	148,88
52	97,06	99,46	105,06	106,36	111,76	52	115,98	129,98	137,78	141,98	149,48
54	97,46	99,86	105,46	106,76	112,26	54	116,38	130,58	138,38	142,48	150,18
56	97,86	100,26	105,86	107,16	112,46	56	116,98	131,18	138,88	143,08	150,78
58	98,26	100,66	106,06	107,46	112,66	58	117,48	131,78	139,48	143,58	151,28
60	98,46	100,96	106,26	107,66	112,66	60	118,08	132,28	140,08	144,08	151,68

Tab.4 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,65	24,75	24,85	24,65	25,25	0	28,98	28,38	28,58	28,58	28,08
2	25,45	25,35	27,75	25,25	31,45	2	30,48	33,08	42,68	44,78	77,78
4	35,55	35,65	49,85	46,95	71,65	4	38,78	53,58	72,68	85,28	119,28
6	46,75	47,15	62,45	61,75	82,85	6	48,38	70,38	89,48	101,48	128,28
8	55,45	56,15	70,55	71,35	88,75	8	57,68	82,58	100,48	111,08	133,18
10	62,25	63,25	76,55	77,75	92,55	10	66,18	91,78	108,38	117,38	136,28
12	67,65	68,75	81,05	82,35	95,15	12	73,68	98,78	114,08	121,78	138,58
14	71,95	73,15	84,45	85,85	97,15	14	80,18	104,18	118,38	125,18	140,28
16	75,35	76,75	87,05	88,55	98,55	16	85,58	108,58	121,68	127,88	141,58
18	78,05	79,65	89,15	90,65	99,75	18	90,18	112,08	124,28	129,98	142,78
20	80,35	82,15	90,95	92,35	100,65	20	93,88	114,78	126,28	131,68	143,48
22	82,15	83,95	92,25	93,65	101,35	22	96,98	116,98	127,88	132,98	143,98
24	83,65	85,65	93,35	94,75	101,85	24	99,68	118,68	129,18	133,88	144,38
26	84,85	86,95	94,25	95,65	102,35	26	101,78	120,08	130,08	134,68	144,48
28	85,85	88,05	94,95	96,35	102,65	28	103,58	121,28	130,88	135,28	144,58
30	86,75	88,85	95,45	96,85	102,95	30	105,08	122,08	131,38	135,78	144,68
32	87,45	89,65	95,95	97,35	103,15	32	106,38	122,88	131,78	136,18	144,68
34	88,05	90,25	96,25	97,65	103,25	34	107,38	123,38	132,18	136,48	144,68
36	88,55	90,75	96,55	97,95	103,35	36	108,28	123,88	132,38	136,68	144,68
38	88,95	91,25	96,85	98,25	103,55	38	109,08	124,28	132,58	136,88	144,58
40	89,35	91,75	97,45	98,65	104,25	40	109,58	124,58	132,68	136,98	144,48
42	89,95	92,25	98,05	99,25	104,95	42	110,08	124,78	132,68	137,08	144,38
44	90,55	92,85	98,65	99,95	105,55	44	110,58	124,98	132,78	137,08	144,28
46	91,15	93,45	99,15	100,45	106,05	46	110,98	125,18	132,88	137,18	144,28
48	91,65	93,95	99,65	101,05	106,55	48	111,38	125,38	133,08	137,38	144,58
50	92,05	94,55	100,15	101,45	106,95	50	111,78	125,78	133,58	137,78	145,18
52	92,55	94,95	100,55	101,85	107,25	52	112,28	126,28	134,08	138,28	145,78
54	92,95	95,35	100,95	102,25	107,75	54	112,68	126,88	134,68	138,78	146,48
56	93,35	95,75	101,35	102,65	107,95	56	113,28	127,48	135,18	139,38	147,08
58	93,75	96,15	101,55	102,95	108,15	58	113,78	128,08	135,78	139,88	147,58
60	93,95	96,45	101,75	103,15	108,15	60	114,38	128,58	136,38	140,38	147,98

Tab.5 – 5.měření

100% PES RŮŽOVÝ

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,22	24,82	24,22	24,82	23,32	0	25,72	25,42	26,02	25,82	25,02
2	24,12	24,72	24,12	24,82	23,62	2	26,52	26,22	26,32	40,62	32,72
4	24,82	25,12	29,62	31,12	35,52	4	33,82	37,85	39,72	76,62	98,12
6	32,32	37,52	47,42	50,22	74,92	6	42,32	54,15	56,02	93,02	112,82
8	41,22	48,22	57,72	60,82	83,62	8	50,52	66,95	68,82	102,92	120,02
10	48,82	56,22	65,02	68,02	88,32	10	58,12	73,34	78,82	109,72	124,82
12	55,02	62,52	70,52	73,32	91,42	12	65,12	81,14	86,62	114,72	128,32
14	60,02	67,52	74,92	77,32	93,72	14	71,02	87,34	92,82	118,52	130,82
16	64,22	71,62	78,42	80,72	95,82	16	76,12	92,24	97,72	121,42	132,82
18	67,82	75,02	81,42	83,62	97,32	18	80,42	96,34	101,82	123,82	134,52
20	70,82	77,92	83,82	86,02	98,72	20	84,12	99,74	105,22	125,82	135,82
22	73,32	80,52	86,12	88,12	100,02	22	87,32	102,54	108,02	127,52	137,02
24	75,52	82,72	87,92	90,02	101,32	24	90,02	104,94	110,42	128,92	138,02
26	77,32	84,62	89,52	91,62	102,22	26	92,22	106,94	112,42	130,12	138,62
28	79,02	86,32	90,82	92,92	102,92	28	94,12	108,54	114,02	130,92	139,12
30	80,42	87,72	92,02	94,02	103,52	30	95,72	109,84	115,32	131,62	139,42
32	81,62	88,92	93,02	95,02	104,12	32	97,02	110,84	116,32	132,12	139,62
34	82,72	90,02	93,82	95,92	104,62	34	98,02	111,74	117,22	132,42	139,72
36	83,62	90,92	94,62	96,62	105,02	36	99,02	112,44	117,92	132,72	139,82
38	84,42	91,72	95,22	97,32	105,42	38	99,72	112,94	118,42	132,92	139,82
40	85,12	92,52	95,82	97,82	105,72	40	100,32	113,34	118,82	133,12	139,72
42	85,82	93,12	96,22	98,32	105,82	42	100,82	113,74	119,22	133,12	139,72
44	86,32	93,52	96,52	98,62	105,92	44	101,32	113,94	119,42	133,22	139,62
46	86,82	93,92	96,82	98,92	105,92	46	101,72	114,14	119,62	133,22	139,52
48	87,02	94,32	97,02	99,12	105,92	48	102,02	114,24	119,72	133,22	139,42
50	87,32	94,52	97,12	99,22	105,82	50	102,32	114,34	119,82	133,12	139,22
52	87,52	94,72	97,22	99,32	105,72	52	102,52	114,34	119,82	133,12	139,12
54	87,72	94,82	97,32	99,32	105,72	54	102,72	114,54	120,02	133,42	139,52
56	87,82	94,92	97,32	99,42	105,62	56	103,02	114,84	120,32	134,02	140,12
58	87,92	95,02	97,32	99,42	105,52	58	103,32	115,24	120,72	134,52	140,82
60	88,02	95,12	97,32	99,42	105,32	60	103,82	115,64	121,12	135,02	141,32

Tab.6 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	22,64	23,24	22,64	23,24	21,74	0	23,77	23,47	24,07	23,87	23,07
2	22,54	23,14	22,54	23,24	22,04	2	24,57	24,27	24,37	38,67	30,77
4	23,24	23,54	28,04	29,54	33,94	4	31,87	35,89	37,77	74,67	96,17
6	30,74	35,94	45,84	48,64	73,34	6	40,37	52,19	54,07	91,07	110,87
8	39,64	46,64	56,14	59,24	82,04	8	48,57	64,99	66,87	100,97	118,07
10	47,24	54,64	63,44	66,44	86,74	10	56,17	71,39	76,87	107,77	122,87
12	53,44	60,94	68,94	71,74	89,84	12	63,17	79,19	84,67	112,77	126,37
14	58,44	65,94	73,34	75,74	92,14	14	69,07	85,39	90,87	116,57	128,87
16	62,64	70,04	76,84	79,14	94,24	16	74,17	90,29	95,77	119,47	130,87
18	66,24	73,44	79,84	82,04	95,74	18	78,47	94,39	99,87	121,87	132,57
20	69,24	76,34	82,24	84,44	97,14	20	82,17	97,79	103,27	123,87	133,87
22	71,74	78,94	84,54	86,54	98,44	22	85,37	100,59	106,07	125,57	135,07
24	73,94	81,14	86,34	88,44	99,74	24	88,07	102,99	108,47	126,97	136,07
26	75,74	83,04	87,94	90,04	100,64	26	90,27	104,99	110,47	128,17	136,67
28	77,44	84,74	89,24	91,34	101,34	28	92,17	106,59	112,07	128,97	137,17
30	78,84	86,14	90,44	92,44	101,94	30	93,77	107,89	113,37	129,67	137,47
32	80,04	87,34	91,44	93,44	102,54	32	95,07	108,89	114,37	130,17	137,67
34	81,14	88,44	92,24	94,34	103,04	34	96,07	109,79	115,27	130,47	137,77
36	82,04	89,34	93,04	95,04	103,44	36	97,07	110,49	115,97	130,77	137,87
38	82,84	90,14	93,64	95,74	103,84	38	97,77	110,99	116,47	130,97	137,87
40	83,54	90,94	94,24	96,24	104,14	40	98,37	111,39	116,87	131,17	137,77
42	84,24	91,54	94,64	96,74	104,24	42	98,87	111,79	117,27	131,17	137,77
44	84,74	91,94	94,94	97,04	104,34	44	99,37	111,99	117,47	131,27	137,67
46	85,24	92,34	95,24	97,34	104,34	46	99,77	112,19	117,67	131,27	137,57
48	85,44	92,74	95,44	97,54	104,34	48	100,07	112,29	117,77	131,27	137,47
50	85,74	92,94	95,54	97,64	104,24	50	100,37	112,39	117,87	131,17	137,27
52	85,94	93,14	95,64	97,74	104,14	52	100,57	112,39	117,87	131,17	137,17
54	86,14	93,24	95,74	97,74	104,14	54	100,77	112,59	118,07	131,47	137,57
56	86,24	93,34	95,74	97,84	104,04	56	101,07	112,89	118,37	132,07	138,17
58	86,34	93,44	95,74	97,84	103,94	58	101,37	113,29	118,77	132,57	138,87
60	86,44	93,54	95,74	97,84	103,74	60	101,87	113,69	119,17	133,07	139,37

Tab.7 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	29,55	30,15	29,55	30,15	28,65	0	30,65	30,35	30,95	30,75	29,95
2	29,45	30,05	29,45	30,15	28,95	2	31,45	31,15	31,25	45,55	37,65
4	30,15	30,45	34,95	36,45	40,85	4	38,75	42,78	44,65	81,55	103,05
6	37,65	42,85	52,75	55,55	80,25	6	47,25	59,08	60,95	97,95	117,75
8	46,55	53,55	63,05	66,15	88,95	8	55,45	71,88	73,75	107,85	124,95
10	54,15	61,55	70,35	73,35	93,65	10	63,05	78,27	83,75	114,65	129,75
12	60,35	67,85	75,85	78,65	96,75	12	70,05	86,07	91,55	119,65	133,25
14	65,35	72,85	80,25	82,65	99,05	14	75,95	92,27	97,75	123,45	135,75
16	69,55	76,95	83,75	86,05	101,15	16	81,05	97,17	102,65	126,35	137,75
18	73,15	80,35	86,75	88,95	102,65	18	85,35	101,27	106,75	128,75	139,45
20	76,15	83,25	89,15	91,35	104,05	20	89,05	104,67	110,15	130,75	140,75
22	78,65	85,85	91,45	93,45	105,35	22	92,25	107,47	112,95	132,45	141,95
24	80,85	88,05	93,25	95,35	106,65	24	94,95	109,87	115,35	133,85	142,95
26	82,65	89,95	94,85	96,95	107,55	26	97,15	111,87	117,35	135,05	143,55
28	84,35	91,65	96,15	98,25	108,25	28	99,05	113,47	118,95	135,85	144,05
30	85,75	93,05	97,35	99,35	108,85	30	100,65	114,77	120,25	136,55	144,35
32	86,95	94,25	98,35	100,35	109,45	32	101,95	115,77	121,25	137,05	144,55
34	88,05	95,35	99,15	101,25	109,95	34	102,95	116,67	122,15	137,35	144,65
36	88,95	96,25	99,95	101,95	110,35	36	103,95	117,37	122,85	137,65	144,75
38	89,75	97,05	100,55	102,65	110,75	38	104,65	117,87	123,35	137,85	144,75
40	90,45	97,85	101,15	103,15	111,05	40	105,25	118,27	123,75	138,05	144,65
42	91,15	98,45	101,55	103,65	111,15	42	105,75	118,67	124,15	138,05	144,65
44	91,65	98,85	101,85	103,95	111,25	44	106,25	118,87	124,35	138,15	144,55
46	92,15	99,25	102,15	104,25	111,25	46	106,65	119,07	124,55	138,15	144,45
48	92,35	99,65	102,35	104,45	111,25	48	106,95	119,17	124,65	138,15	144,35
50	92,65	99,85	102,45	104,55	111,15	50	107,25	119,27	124,75	138,05	144,15
52	92,85	100,05	102,55	104,65	111,05	52	107,45	119,27	124,75	138,05	144,05
54	93,05	100,15	102,65	104,65	111,05	54	107,65	119,47	124,95	138,35	144,45
56	93,15	100,25	102,65	104,75	110,95	56	107,95	119,77	125,25	138,95	145,05
58	93,25	100,35	102,65	104,75	110,85	58	108,25	120,17	125,65	139,45	145,75
60	93,35	100,45	102,65	104,75	110,65	60	108,75	120,57	126,05	139,95	146,25

Tab.8 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,06	31,66	31,06	31,66	30,16	0	32,58	32,28	32,88	32,68	31,88
2	30,96	31,56	30,96	31,66	30,46	2	33,38	33,08	33,18	47,48	39,58
4	31,66	31,96	36,46	37,96	42,36	4	40,68	44,70	46,58	83,48	104,98
6	39,16	44,36	54,26	57,06	81,76	6	49,18	61,00	62,88	99,88	119,68
8	48,06	55,06	64,56	67,66	90,46	8	57,38	73,80	75,68	109,78	126,88
10	55,66	63,06	71,86	74,86	95,16	10	64,98	80,20	85,68	116,58	131,68
12	61,86	69,36	77,36	80,16	98,26	12	71,98	88,00	93,48	121,58	135,18
14	66,86	74,36	81,76	84,16	100,56	14	77,88	94,20	99,68	125,38	137,68
16	71,06	78,46	85,26	87,56	102,66	16	82,98	99,10	104,58	128,28	139,68
18	74,66	81,86	88,26	90,46	104,16	18	87,28	103,20	108,68	130,68	141,38
20	77,66	84,76	90,66	92,86	105,56	20	90,98	106,60	112,08	132,68	142,68
22	80,16	87,36	92,96	94,96	106,86	22	94,18	109,40	114,88	134,38	143,88
24	82,36	89,56	94,76	96,86	108,16	24	96,88	111,80	117,28	135,78	144,88
26	84,16	91,46	96,36	98,46	109,06	26	99,08	113,80	119,28	136,98	145,48
28	85,86	93,16	97,66	99,76	109,76	28	100,98	115,40	120,88	137,78	145,98
30	87,26	94,56	98,86	100,86	110,36	30	102,58	116,70	122,18	138,48	146,28
32	88,46	95,76	99,86	101,86	110,96	32	103,88	117,70	123,18	138,98	146,48
34	89,56	96,86	100,66	102,76	111,46	34	104,88	118,60	124,08	139,28	146,58
36	90,46	97,76	101,46	103,46	111,86	36	105,88	119,30	124,78	139,58	146,68
38	91,26	98,56	102,06	104,16	112,26	38	106,58	119,80	125,28	139,78	146,68
40	91,96	99,36	102,66	104,66	112,56	40	107,18	120,20	125,68	139,98	146,58
42	92,66	99,96	103,06	105,16	112,66	42	107,68	120,60	126,08	139,98	146,58
44	93,16	100,36	103,36	105,46	112,76	44	108,18	120,80	126,28	140,08	146,48
46	93,66	100,76	103,66	105,76	112,76	46	108,58	121,00	126,48	140,08	146,38
48	93,86	101,16	103,86	105,96	112,76	48	108,88	121,10	126,58	140,08	146,28
50	94,16	101,36	103,96	106,06	112,66	50	109,18	121,20	126,68	139,98	146,08
52	94,36	101,56	104,06	106,16	112,56	52	109,38	121,20	126,68	139,98	145,98
54	94,56	101,66	104,16	106,16	112,56	54	109,58	121,40	126,88	140,28	146,38
56	94,66	101,76	104,16	106,26	112,46	56	109,88	121,70	127,18	140,88	146,98
58	94,76	101,86	104,16	106,26	112,36	58	110,18	122,10	127,58	141,38	147,68
60	94,86	101,96	104,16	106,26	112,16	60	110,68	122,50	127,98	141,88	148,18

Tab.9 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	26,55	27,15	26,55	27,15	25,65	0	28,88	28,58	29,18	28,98	28,18
2	26,45	27,05	26,45	27,15	25,95	2	29,68	29,38	29,48	43,78	35,88
4	27,15	27,45	31,95	33,45	37,85	4	36,98	41,00	42,88	79,78	101,28
6	34,65	39,85	49,75	52,55	77,25	6	45,48	57,30	59,18	96,18	115,98
8	43,55	50,55	60,05	63,15	85,95	8	53,68	70,10	71,98	106,08	123,18
10	51,15	58,55	67,35	70,35	90,65	10	61,28	76,50	81,98	112,88	127,98
12	57,35	64,85	72,85	75,65	93,75	12	68,28	84,30	89,78	117,88	131,48
14	62,35	69,85	77,25	79,65	96,05	14	74,18	90,50	95,98	121,68	133,98
16	66,55	73,95	80,75	83,05	98,15	16	79,28	95,40	100,88	124,58	135,98
18	70,15	77,35	83,75	85,95	99,65	18	83,58	99,50	104,98	126,98	137,68
20	73,15	80,25	86,15	88,35	101,05	20	87,28	102,90	108,38	128,98	138,98
22	75,65	82,85	88,45	90,45	102,35	22	90,48	105,70	111,18	130,68	140,18
24	77,85	85,05	90,25	92,35	103,65	24	93,18	108,10	113,58	132,08	141,18
26	79,65	86,95	91,85	93,95	104,55	26	95,38	110,10	115,58	133,28	141,78
28	81,35	88,65	93,15	95,25	105,25	28	97,28	111,70	117,18	134,08	142,28
30	82,75	90,05	94,35	96,35	105,85	30	98,88	113,00	118,48	134,78	142,58
32	83,95	91,25	95,35	97,35	106,45	32	100,18	114,00	119,48	135,28	142,78
34	85,05	92,35	96,15	98,25	106,95	34	101,18	114,90	120,38	135,58	142,88
36	85,95	93,25	96,95	98,95	107,35	36	102,18	115,60	121,08	135,88	142,98
38	86,75	94,05	97,55	99,65	107,75	38	102,88	116,10	121,58	136,08	142,98
40	87,45	94,85	98,15	100,15	108,05	40	103,48	116,50	121,98	136,28	142,88
42	88,15	95,45	98,55	100,65	108,15	42	103,98	116,90	122,38	136,28	142,88
44	88,65	95,85	98,85	100,95	108,25	44	104,48	117,10	122,58	136,38	142,78
46	89,15	96,25	99,15	101,25	108,25	46	104,88	117,30	122,78	136,38	142,68
48	89,35	96,65	99,35	101,45	108,25	48	105,18	117,40	122,88	136,38	142,58
50	89,65	96,85	99,45	101,55	108,15	50	105,48	117,50	122,98	136,28	142,38
52	89,85	97,05	99,55	101,65	108,05	52	105,68	117,50	122,98	136,28	142,28
54	90,05	97,15	99,65	101,65	108,05	54	105,88	117,70	123,18	136,58	142,68
56	90,15	97,25	99,65	101,75	107,95	56	106,18	118,00	123,48	137,18	143,28
58	90,25	97,35	99,65	101,75	107,85	58	106,48	118,40	123,88	137,68	143,98
60	90,35	97,45	99,65	101,75	107,65	60	106,98	118,80	124,28	138,18	144,48

Tab.10 – 5.měření

100% PES MODRÝ

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	33,02	35,52	36,72	37,42	36,32	0	45,92	47,52	48,62	47,12	55,42
2	40,62	46,32	53,12	56,32	57,52	2	56,12	64,62	75,62	86,92	90,42
4	44,12	50,72	62,42	66,42	72,82	4	66,52	86,92	92,72	106,42	112,42
6	47,02	54,52	69,42	72,22	78,82	6	73,22	98,22	106,32	116,02	119,42
8	49,52	57,72	72,42	75,82	82,62	8	78,62	102,12	112,92	117,92	123,22
10	51,72	60,62	75,12	78,82	86,92	10	81,42	104,22	115,02	119,52	126,52
12	53,72	63,12	77,62	81,22	87,42	12	83,82	105,92	116,72	120,92	128,92
14	55,32	65,32	78,42	82,52	88,52	14	86,02	107,32	118,12	122,02	129,52
16	57,02	67,42	81,12	84,52	89,22	16	87,82	108,52	119,32	123,02	131,62
18	58,32	69,22	82,62	87,82	90,92	18	89,52	109,72	120,52	123,92	132,22
20	59,62	70,92	83,42	88,82	91,92	20	90,92	110,62	121,42	124,62	133,32
22	60,72	72,42	84,52	89,42	92,52	22	92,22	111,52	122,32	125,22	134,12
24	61,72	73,92	84,82	89,92	93,22	24	93,32	112,22	123,02	125,82	134,92
26	62,72	75,12	85,02	90,42	93,72	26	94,32	113,02	123,82	126,32	135,82
28	63,52	76,42	85,52	90,52	94,52	28	95,32	113,72	124,52	126,82	136,62
30	64,22	77,52	86,22	91,42	95,42	30	96,22	114,32	125,12	127,22	137,52
32	64,82	78,52	86,42	92,02	95,62	32	97,02	115,02	125,82	127,72	138,32
34	65,42	79,52	87,82	92,62	96,92	34	97,82	115,52	126,32	128,02	139,22
36	65,92	80,42	88,22	93,12	97,52	36	98,62	116,12	126,92	128,42	139,42
38	66,42	81,22	89,42	93,72	98,62	38	99,32	116,72	127,52	128,72	140,22
40	66,82	82,02	89,82	94,02	99,32	40	99,92	117,32	128,12	129,12	140,52
42	67,12	82,82	90,22	94,52	100,12	42	100,62	117,72	128,52	129,52	141,22
44	67,42	83,52	90,62	95,62	101,02	44	101,22	118,32	129,12	129,82	142,22
46	67,72	84,12	92,82	96,72	101,82	46	101,82	118,82	129,62	130,22	142,52
48	67,92	84,82	93,42	97,12	102,42	48	102,42	119,32	130,12	130,52	142,92
50	68,12	85,42	93,62	98,32	103,12	50	102,92	119,82	130,62	130,82	143,32
52	68,32	86,02	94,92	99,22	103,62	52	103,42	120,22	131,02	131,22	143,42
54	68,52	86,62	95,52	99,42	104,32	54	103,92	120,62	131,42	131,52	143,72
56	68,62	87,12	95,92	100,92	104,92	56	104,32	120,92	131,72	132,72	144,22
58	68,72	87,72	97,32	101,42	105,42	58	104,72	121,32	132,12	133,82	144,32
60	68,92	88,32	97,62	101,92	105,62	60	105,12	121,62	132,42	134,52	144,52

Tab.11 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,44	33,94	35,14	35,84	34,74	0	43,97	45,57	46,67	45,17	53,47
2	39,04	44,74	51,54	54,74	55,94	2	54,17	62,67	73,67	84,97	88,47
4	42,54	49,14	60,84	64,84	71,24	4	64,57	84,97	90,77	104,47	110,47
6	45,44	52,94	67,84	70,64	77,24	6	71,27	96,27	104,37	114,07	117,47
8	47,94	56,14	70,84	74,24	81,04	8	76,67	100,17	110,97	115,97	121,27
10	50,14	59,04	73,54	77,24	85,34	10	79,47	102,27	113,07	117,57	124,57
12	52,14	61,54	76,04	79,64	85,84	12	81,87	103,97	114,77	118,97	126,97
14	53,74	63,74	76,84	80,94	86,94	14	84,07	105,37	116,17	120,07	127,57
16	55,44	65,84	79,54	82,94	87,64	16	85,87	106,57	117,37	121,07	129,67
18	56,74	67,64	81,04	86,24	89,34	18	87,57	107,77	118,57	121,97	130,27
20	58,04	69,34	81,84	87,24	90,34	20	88,97	108,67	119,47	122,67	131,37
22	59,14	70,84	82,94	87,84	90,94	22	90,27	109,57	120,37	123,27	132,17
24	60,14	72,34	83,24	88,34	91,64	24	91,37	110,27	121,07	123,87	132,97
26	61,14	73,54	83,44	88,84	92,14	26	92,37	111,07	121,87	124,37	133,87
28	61,94	74,84	83,94	88,94	92,94	28	93,37	111,77	122,57	124,87	134,67
30	62,64	75,94	84,64	89,84	93,84	30	94,27	112,37	123,17	125,27	135,57
32	63,24	76,94	84,84	90,44	94,04	32	95,07	113,07	123,87	125,77	136,37
34	63,84	77,94	86,24	91,04	95,34	34	95,87	113,57	124,37	126,07	137,27
36	64,34	78,84	86,64	91,54	95,94	36	96,67	114,17	124,97	126,47	137,47
38	64,84	79,64	87,84	92,14	97,04	38	97,37	114,77	125,57	126,77	138,27
40	65,24	80,44	88,24	92,44	97,74	40	97,97	115,37	126,17	127,17	138,57
42	65,54	81,24	88,64	92,94	98,54	42	98,67	115,77	126,57	127,57	139,27
44	65,84	81,94	89,04	94,04	99,44	44	99,27	116,37	127,17	127,87	140,27
46	66,14	82,54	91,24	95,14	100,24	46	99,87	116,87	127,67	128,27	140,57
48	66,34	83,24	91,84	95,54	100,84	48	100,47	117,37	128,17	128,57	140,97
50	66,54	83,84	92,04	96,74	101,54	50	100,97	117,87	128,67	128,87	141,37
52	66,74	84,44	93,34	97,64	102,04	52	101,47	118,27	129,07	129,27	141,47
54	66,94	85,04	93,94	97,84	102,74	54	101,97	118,67	129,47	129,57	141,77
56	67,04	85,54	94,34	99,34	103,34	56	102,37	118,97	129,77	130,77	142,27
58	67,14	86,14	95,74	99,84	103,84	58	102,77	119,37	130,17	131,87	142,37
60	67,34	86,74	96,04	100,34	104,04	60	103,17	119,67	130,47	132,57	142,57

Tab.12 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	39,86	42,36	43,56	44,26	43,16	0	52,78	54,38	55,48	53,98	62,28
2	47,46	53,16	59,96	63,16	64,36	2	62,98	71,48	82,48	93,78	97,28
4	50,96	57,56	69,26	73,26	79,66	4	73,38	93,78	99,58	113,28	119,28
6	53,86	61,36	76,26	79,06	85,66	6	80,08	105,08	113,18	122,88	126,28
8	56,36	64,56	79,26	82,66	89,46	8	85,48	108,98	119,78	124,78	130,08
10	58,56	67,46	81,96	85,66	93,76	10	88,28	111,08	121,88	126,38	133,38
12	60,56	69,96	84,46	88,06	94,26	12	90,68	112,78	123,58	127,78	135,78
14	62,16	72,16	85,26	89,36	95,36	14	92,88	114,18	124,98	128,88	136,38
16	63,86	74,26	87,96	91,36	96,06	16	94,68	115,38	126,18	129,88	138,48
18	65,16	76,06	89,46	94,66	97,76	18	96,38	116,58	127,38	130,78	139,08
20	66,46	77,76	90,26	95,66	98,76	20	97,78	117,48	128,28	131,48	140,18
22	67,56	79,26	91,36	96,26	99,36	22	99,08	118,38	129,18	132,08	140,98
24	68,56	80,76	91,66	96,76	100,06	24	100,18	119,08	129,88	132,68	141,78
26	69,56	81,96	91,86	97,26	100,56	26	101,18	119,88	130,68	133,18	142,68
28	70,36	83,26	92,36	97,36	101,36	28	102,18	120,58	131,38	133,68	143,48
30	71,06	84,36	93,06	98,26	102,26	30	103,08	121,18	131,98	134,08	144,38
32	71,66	85,36	93,26	98,86	102,46	32	103,88	121,88	132,68	134,58	145,18
34	72,26	86,36	94,66	99,46	103,76	34	104,68	122,38	133,18	134,88	146,08
36	72,76	87,26	95,06	99,96	104,36	36	105,48	122,98	133,78	135,28	146,28
38	73,26	88,06	96,26	100,56	105,46	38	106,18	123,58	134,38	135,58	147,08
40	73,66	88,86	96,66	100,86	106,16	40	106,78	124,18	134,98	135,98	147,38
42	73,96	89,66	97,06	101,36	106,96	42	107,48	124,58	135,38	136,38	148,08
44	74,26	90,36	97,46	102,46	107,86	44	108,08	125,18	135,98	136,68	149,08
46	74,56	90,96	99,66	103,56	108,66	46	108,68	125,68	136,48	137,08	149,38
48	74,76	91,66	100,26	103,96	109,26	48	109,28	126,18	136,98	137,38	149,78
50	74,96	92,26	100,46	105,16	109,96	50	109,78	126,68	137,48	137,68	150,18
52	75,16	92,86	101,76	106,06	110,46	52	110,28	127,08	137,88	138,08	150,28
54	75,36	93,46	102,36	106,26	111,16	54	110,78	127,48	138,28	138,38	150,58
56	75,46	93,96	102,76	107,76	111,76	56	111,18	127,78	138,58	139,58	151,08
58	75,56	94,56	104,16	108,26	112,26	58	111,58	128,18	138,98	140,68	151,18
60	75,76	95,16	104,46	108,76	112,46	60	111,98	128,48	139,28	141,38	151,38

Tab.13 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	39,86	42,36	43,56	44,26	43,16	0	52,78	54,38	55,48	53,98	62,28
2	47,46	53,16	59,96	63,16	64,36	2	62,98	71,48	82,48	93,78	97,28
4	50,96	57,56	69,26	73,26	79,66	4	73,38	93,78	99,58	113,28	119,28
6	53,86	61,36	76,26	79,06	85,66	6	80,08	105,08	113,18	122,88	126,28
8	56,36	64,56	79,26	82,66	89,46	8	85,48	108,98	119,78	124,78	130,08
10	58,56	67,46	81,96	85,66	93,76	10	88,28	111,08	121,88	126,38	133,38
12	60,56	69,96	84,46	88,06	94,26	12	90,68	112,78	123,58	127,78	135,78
14	62,16	72,16	85,26	89,36	95,36	14	92,88	114,18	124,98	128,88	136,38
16	63,86	74,26	87,96	91,36	96,06	16	94,68	115,38	126,18	129,88	138,48
18	65,16	76,06	89,46	94,66	97,76	18	96,38	116,58	127,38	130,78	139,08
20	66,46	77,76	90,26	95,66	98,76	20	97,78	117,48	128,28	131,48	140,18
22	67,56	79,26	91,36	96,26	99,36	22	99,08	118,38	129,18	132,08	140,98
24	68,56	80,76	91,66	96,76	100,06	24	100,18	119,08	129,88	132,68	141,78
26	69,56	81,96	91,86	97,26	100,56	26	101,18	119,88	130,68	133,18	142,68
28	70,36	83,26	92,36	97,36	101,36	28	102,18	120,58	131,38	133,68	143,48
30	71,06	84,36	93,06	98,26	102,26	30	103,08	121,18	131,98	134,08	144,38
32	71,66	85,36	93,26	98,86	102,46	32	103,88	121,88	132,68	134,58	145,18
34	72,26	86,36	94,66	99,46	103,76	34	104,68	122,38	133,18	134,88	146,08
36	72,76	87,26	95,06	99,96	104,36	36	105,48	122,98	133,78	135,28	146,28
38	73,26	88,06	96,26	100,56	105,46	38	106,18	123,58	134,38	135,58	147,08
40	73,66	88,86	96,66	100,86	106,16	40	106,78	124,18	134,98	135,98	147,38
42	73,96	89,66	97,06	101,36	106,96	42	107,48	124,58	135,38	136,38	148,08
44	74,26	90,36	97,46	102,46	107,86	44	108,08	125,18	135,98	136,68	149,08
46	74,56	90,96	99,66	103,56	108,66	46	108,68	125,68	136,48	137,08	149,38
48	74,76	91,66	100,26	103,96	109,26	48	109,28	126,18	136,98	137,38	149,78
50	74,96	92,26	100,46	105,16	109,96	50	109,78	126,68	137,48	137,68	150,18
52	75,16	92,86	101,76	106,06	110,46	52	110,28	127,08	137,88	138,08	150,28
54	75,36	93,46	102,36	106,26	111,16	54	110,78	127,48	138,28	138,38	150,58
56	75,46	93,96	102,76	107,76	111,76	56	111,18	127,78	138,58	139,58	151,08
58	75,56	94,56	104,16	108,26	112,26	58	111,58	128,18	138,98	140,68	151,18
60	75,76	95,16	104,46	108,76	112,46	60	111,98	128,48	139,28	141,38	151,38

Tab.14 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	35,35	37,85	39,05	39,75	38,65	0	49,08	50,68	51,78	50,28	58,58
2	42,95	48,65	55,45	58,65	59,85	2	59,28	67,78	78,78	90,08	93,58
4	46,45	53,05	64,75	68,75	75,15	4	69,68	90,08	95,88	109,58	115,58
6	49,35	56,85	71,75	74,55	81,15	6	76,38	101,38	109,48	119,18	122,58
8	51,85	60,05	74,75	78,15	84,95	8	81,78	105,28	116,08	121,08	126,38
10	54,05	62,95	77,45	81,15	89,25	10	84,58	107,38	118,18	122,68	129,68
12	56,05	65,45	79,95	83,55	89,75	12	86,98	109,08	119,88	124,08	132,08
14	57,65	67,65	80,75	84,85	90,85	14	89,18	110,48	121,28	125,18	132,68
16	59,35	69,75	83,45	86,85	91,55	16	90,98	111,68	122,48	126,18	134,78
18	60,65	71,55	84,95	90,15	93,25	18	92,68	112,88	123,68	127,08	135,38
20	61,95	73,25	85,75	91,15	94,25	20	94,08	113,78	124,58	127,78	136,48
22	63,05	74,75	86,85	91,75	94,85	22	95,38	114,68	125,48	128,38	137,28
24	64,05	76,25	87,15	92,25	95,55	24	96,48	115,38	126,18	128,98	138,08
26	65,05	77,45	87,35	92,75	96,05	26	97,48	116,18	126,98	129,48	138,98
28	65,85	78,75	87,85	92,85	96,85	28	98,48	116,88	127,68	129,98	139,78
30	66,55	79,85	88,55	93,75	97,75	30	99,38	117,48	128,28	130,38	140,68
32	67,15	80,85	88,75	94,35	97,95	32	100,18	118,18	128,98	130,88	141,48
34	67,75	81,85	90,15	94,95	99,25	34	100,98	118,68	129,48	131,18	142,38
36	68,25	82,75	90,55	95,45	99,85	36	101,78	119,28	130,08	131,58	142,58
38	68,75	83,55	91,75	96,05	100,95	38	102,48	119,88	130,68	131,88	143,38
40	69,15	84,35	92,15	96,35	101,65	40	103,08	120,48	131,28	132,28	143,68
42	69,45	85,15	92,55	96,85	102,45	42	103,78	120,88	131,68	132,68	144,38
44	69,75	85,85	92,95	97,95	103,35	44	104,38	121,48	132,28	132,98	145,38
46	70,05	86,45	95,15	99,05	104,15	46	104,98	121,98	132,78	133,38	145,68
48	70,25	87,15	95,75	99,45	104,75	48	105,58	122,48	133,28	133,68	146,08
50	70,45	87,75	95,95	100,65	105,45	50	106,08	122,98	133,78	133,98	146,48
52	70,65	88,35	97,25	101,55	105,95	52	106,58	123,38	134,18	134,38	146,58
54	70,85	88,95	97,85	101,75	106,65	54	107,08	123,78	134,58	134,68	146,88
56	70,95	89,45	98,25	103,25	107,25	56	107,48	124,08	134,88	135,88	147,38
58	71,05	90,05	99,65	103,75	107,75	58	107,88	124,48	135,28	136,98	147,48
60	71,25	90,65	99,95	104,25	107,95	60	108,28	124,78	135,58	137,68	147,68

Tab.15 – 5.měření

100% WO FLEECE

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	26,02	26,22	25,42	24,92	23,02	0	25,62	27,02	26,32	24,12	24,12
2	26,02	26,22	25,52	24,92	23,02	2	25,52	27,12	26,32	24,22	25,02
4	26,02	26,32	25,52	25,72	28,62	4	25,52	27,12	26,52	28,22	44,52
6	26,02	26,32	25,82	30,22	41,52	6	25,62	27,22	27,52	36,72	57,12
8	26,02	26,52	27,02	36,12	48,92	8	25,62	27,72	30,52	43,62	64,82
10	26,12	27,22	29,42	41,02	53,92	10	25,82	29,02	34,72	48,52	70,72
12	26,52	28,62	32,52	44,82	57,42	12	26,32	30,92	39,12	51,92	75,62
14	27,12	30,52	35,72	47,72	60,12	14	27,02	33,52	42,82	54,32	79,82
16	28,22	32,72	38,62	50,02	62,32	16	28,22	36,42	46,02	56,02	83,52
18	29,62	34,92	41,12	51,72	64,42	18	29,62	39,22	48,62	57,42	86,52
20	31,02	37,02	43,32	52,92	66,12	20	31,12	41,92	50,72	58,52	89,12
22	32,72	39,12	45,12	53,92	67,72	22	32,82	44,32	52,42	59,52	91,32
24	34,32	40,92	46,72	54,82	69,22	24	34,42	46,42	53,92	60,52	93,22
26	36,02	42,62	48,02	55,42	70,42	26	36,02	48,22	55,22	61,52	95,02
28	37,42	44,02	49,12	56,02	71,62	28	37,42	49,72	56,32	62,42	96,62
30	38,82	45,32	50,02	56,52	72,62	30	38,72	51,12	57,32	63,52	98,22
32	40,02	46,32	50,92	57,02	73,52	32	39,92	52,22	58,22	64,52	99,62
34	41,12	47,32	51,62	57,52	74,32	34	41,02	53,32	59,02	65,52	100,92
36	42,12	48,12	52,22	57,92	75,02	36	41,92	54,22	59,72	66,52	102,22
38	42,92	48,92	52,72	58,32	75,82	38	42,72	55,02	60,42	67,62	103,32
40	43,62	49,42	53,22	58,72	76,42	40	43,52	55,62	60,92	68,52	104,32
42	44,22	49,92	53,62	59,22	77,22	42	44,22	56,22	61,42	69,52	105,32
44	44,82	50,42	54,02	59,72	77,92	44	44,72	56,72	61,82	70,52	106,22
46	45,32	50,92	54,42	60,32	78,62	46	45,32	57,22	62,22	71,42	107,02
48	45,82	51,32	54,82	60,82	79,42	48	45,82	57,62	62,52	72,32	107,82
50	46,12	51,62	55,12	61,32	80,12	50	46,12	58,02	62,82	73,22	108,62
52	46,52	51,92	55,42	61,72	80,62	52	46,52	58,22	63,02	74,12	109,22
54	46,82	52,22	55,62	62,02	81,22	54	46,82	58,42	63,22	74,92	109,72
56	47,12	52,42	55,82	62,52	81,72	56	47,12	58,62	63,52	75,72	110,32
58	47,32	52,62	56,02	62,82	82,22	58	47,32	58,72	63,62	76,42	110,82
60	47,62	52,82	56,22	63,22	82,62	60	47,52	58,82	63,72	77,12	111,32

Tab.16 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,44	24,64	23,84	23,34	21,44	0	23,67	25,07	24,37	22,17	22,17
2	24,44	24,64	23,94	23,34	21,44	2	23,57	25,17	24,37	22,27	23,07
4	24,44	24,74	23,94	24,14	27,04	4	23,57	25,17	24,57	26,27	42,57
6	24,44	24,74	24,24	28,64	39,94	6	23,67	25,27	25,57	34,77	55,17
8	24,44	24,94	25,44	34,54	47,34	8	23,67	25,77	28,57	41,67	62,87
10	24,54	25,64	27,84	39,44	52,34	10	23,87	27,07	32,77	46,57	68,77
12	24,94	27,04	30,94	43,24	55,84	12	24,37	28,97	37,17	49,97	73,67
14	25,54	28,94	34,14	46,14	58,54	14	25,07	31,57	40,87	52,37	77,87
16	26,64	31,14	37,04	48,44	60,74	16	26,27	34,47	44,07	54,07	81,57
18	28,04	33,34	39,54	50,14	62,84	18	27,67	37,27	46,67	55,47	84,57
20	29,44	35,44	41,74	51,34	64,54	20	29,17	39,97	48,77	56,57	87,17
22	31,14	37,54	43,54	52,34	66,14	22	30,87	42,37	50,47	57,57	89,37
24	32,74	39,34	45,14	53,24	67,64	24	32,47	44,47	51,97	58,57	91,27
26	34,44	41,04	46,44	53,84	68,84	26	34,07	46,27	53,27	59,57	93,07
28	35,84	42,44	47,54	54,44	70,04	28	35,47	47,77	54,37	60,47	94,67
30	37,24	43,74	48,44	54,94	71,04	30	36,77	49,17	55,37	61,57	96,27
32	38,44	44,74	49,34	55,44	71,94	32	37,97	50,27	56,27	62,57	97,67
34	39,54	45,74	50,04	55,94	72,74	34	39,07	51,37	57,07	63,57	98,97
36	40,54	46,54	50,64	56,34	73,44	36	39,97	52,27	57,77	64,57	100,27
38	41,34	47,34	51,14	56,74	74,24	38	40,77	53,07	58,47	65,67	101,37
40	42,04	47,84	51,64	57,14	74,84	40	41,57	53,67	58,97	66,57	102,37
42	42,64	48,34	52,04	57,64	75,64	42	42,27	54,27	59,47	67,57	103,37
44	43,24	48,84	52,44	58,14	76,34	44	42,77	54,77	59,87	68,57	104,27
46	43,74	49,34	52,84	58,74	77,04	46	43,37	55,27	60,27	69,47	105,07
48	44,24	49,74	53,24	59,24	77,84	48	43,87	55,67	60,57	70,37	105,87
50	44,54	50,04	53,54	59,74	78,54	50	44,17	56,07	60,87	71,27	106,67
52	44,94	50,34	53,84	60,14	79,04	52	44,57	56,27	61,07	72,17	107,27
54	45,24	50,64	54,04	60,44	79,64	54	44,87	56,47	61,27	72,97	107,77
56	45,54	50,84	54,24	60,94	80,14	56	45,17	56,67	61,57	73,77	108,37
58	45,74	51,04	54,44	61,24	80,64	58	45,37	56,77	61,67	74,47	108,87
60	46,04	51,24	54,64	61,64	81,04	60	45,57	56,87	61,77	75,17	109,37

Tab.17 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,35	31,55	30,75	30,25	28,35	0	30,55	31,95	31,25	29,05	29,05
2	31,35	31,55	30,85	30,25	28,35	2	30,45	32,05	31,25	29,15	29,95
4	31,35	31,65	30,85	31,05	33,95	4	30,45	32,05	31,45	33,15	49,45
6	31,35	31,65	31,15	35,55	46,85	6	30,55	32,15	32,45	41,65	62,05
8	31,35	31,85	32,35	41,45	54,25	8	30,55	32,65	35,45	48,55	69,75
10	31,45	32,55	34,75	46,35	59,25	10	30,75	33,95	39,65	53,45	75,65
12	31,85	33,95	37,85	50,15	62,75	12	31,25	35,85	44,05	56,85	80,55
14	32,45	35,85	41,05	53,05	65,45	14	31,95	38,45	47,75	59,25	84,75
16	33,55	38,05	43,95	55,35	67,65	16	33,15	41,35	50,95	60,95	88,45
18	34,95	40,25	46,45	57,05	69,75	18	34,55	44,15	53,55	62,35	91,45
20	36,35	42,35	48,65	58,25	71,45	20	36,05	46,85	55,65	63,45	94,05
22	38,05	44,45	50,45	59,25	73,05	22	37,75	49,25	57,35	64,45	96,25
24	39,65	46,25	52,05	60,15	74,55	24	39,35	51,35	58,85	65,45	98,15
26	41,35	47,95	53,35	60,75	75,75	26	40,95	53,15	60,15	66,45	99,95
28	42,75	49,35	54,45	61,35	76,95	28	42,35	54,65	61,25	67,35	101,55
30	44,15	50,65	55,35	61,85	77,95	30	43,65	56,05	62,25	68,45	103,15
32	45,35	51,65	56,25	62,35	78,85	32	44,85	57,15	63,15	69,45	104,55
34	46,45	52,65	56,95	62,85	79,65	34	45,95	58,25	63,95	70,45	105,85
36	47,45	53,45	57,55	63,25	80,35	36	46,85	59,15	64,65	71,45	107,15
38	48,25	54,25	58,05	63,65	81,15	38	47,65	59,95	65,35	72,55	108,25
40	48,95	54,75	58,55	64,05	81,75	40	48,45	60,55	65,85	73,45	109,25
42	49,55	55,25	58,95	64,55	82,55	42	49,15	61,15	66,35	74,45	110,25
44	50,15	55,75	59,35	65,05	83,25	44	49,65	61,65	66,75	75,45	111,15
46	50,65	56,25	59,75	65,65	83,95	46	50,25	62,15	67,15	76,35	111,95
48	51,15	56,65	60,15	66,15	84,75	48	50,75	62,55	67,45	77,25	112,75
50	51,45	56,95	60,45	66,65	85,45	50	51,05	62,95	67,75	78,15	113,55
52	51,85	57,25	60,75	67,05	85,95	52	51,45	63,15	67,95	79,05	114,15
54	52,15	57,55	60,95	67,35	86,55	54	51,75	63,35	68,15	79,85	114,65
56	52,45	57,75	61,15	67,85	87,05	56	52,05	63,55	68,45	80,65	115,25
58	52,65	57,95	61,35	68,15	87,55	58	52,25	63,65	68,55	81,35	115,75
60	52,95	58,15	61,55	68,55	87,95	60	52,45	63,75	68,65	82,05	116,25

Tab.18 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	32,86	33,06	32,26	31,76	29,86	0	32,48	33,88	33,18	30,98	30,98
2	32,86	33,06	32,36	31,76	29,86	2	32,38	33,98	33,18	31,08	31,88
4	32,86	33,16	32,36	32,56	35,46	4	32,38	33,98	33,38	35,08	51,38
6	32,86	33,16	32,66	37,06	48,36	6	32,48	34,08	34,38	43,58	63,98
8	32,86	33,36	33,86	42,96	55,76	8	32,48	34,58	37,38	50,48	71,68
10	32,96	34,06	36,26	47,86	60,76	10	32,68	35,88	41,58	55,38	77,58
12	33,36	35,46	39,36	51,66	64,26	12	33,18	37,78	45,98	58,78	82,48
14	33,96	37,36	42,56	54,56	66,96	14	33,88	40,38	49,68	61,18	86,68
16	35,06	39,56	45,46	56,86	69,16	16	35,08	43,28	52,88	62,88	90,38
18	36,46	41,76	47,96	58,56	71,26	18	36,48	46,08	55,48	64,28	93,38
20	37,86	43,86	50,16	59,76	72,96	20	37,98	48,78	57,58	65,38	95,98
22	39,56	45,96	51,96	60,76	74,56	22	39,68	51,18	59,28	66,38	98,18
24	41,16	47,76	53,56	61,66	76,06	24	41,28	53,28	60,78	67,38	100,08
26	42,86	49,46	54,86	62,26	77,26	26	42,88	55,08	62,08	68,38	101,88
28	44,26	50,86	55,96	62,86	78,46	28	44,28	56,58	63,18	69,28	103,48
30	45,66	52,16	56,86	63,36	79,46	30	45,58	57,98	64,18	70,38	105,08
32	46,86	53,16	57,76	63,86	80,36	32	46,78	59,08	65,08	71,38	106,48
34	47,96	54,16	58,46	64,36	81,16	34	47,88	60,18	65,88	72,38	107,78
36	48,96	54,96	59,06	64,76	81,86	36	48,78	61,08	66,58	73,38	109,08
38	49,76	55,76	59,56	65,16	82,66	38	49,58	61,88	67,28	74,48	110,18
40	50,46	56,26	60,06	65,56	83,26	40	50,38	62,48	67,78	75,38	111,18
42	51,06	56,76	60,46	66,06	84,06	42	51,08	63,08	68,28	76,38	112,18
44	51,66	57,26	60,86	66,56	84,76	44	51,58	63,58	68,68	77,38	113,08
46	52,16	57,76	61,26	67,16	85,46	46	52,18	64,08	69,08	78,28	113,88
48	52,66	58,16	61,66	67,66	86,26	48	52,68	64,48	69,38	79,18	114,68
50	52,96	58,46	61,96	68,16	86,96	50	52,98	64,88	69,68	80,08	115,48
52	53,36	58,76	62,26	68,56	87,46	52	53,38	65,08	69,88	80,98	116,08
54	53,66	59,06	62,46	68,86	88,06	54	53,68	65,28	70,08	81,78	116,58
56	53,96	59,26	62,66	69,36	88,56	56	53,98	65,48	70,38	82,58	117,18
58	54,16	59,46	62,86	69,66	89,06	58	54,18	65,58	70,48	83,28	117,68
60	54,46	59,66	63,06	70,06	89,46	60	54,38	65,68	70,58	83,98	118,18

Tab.19 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	28,35	28,55	27,75	27,25	25,35	0	28,78	30,18	29,48	27,28	27,28
2	28,35	28,55	27,85	27,25	25,35	2	28,68	30,28	29,48	27,38	28,18
4	28,35	28,65	27,85	28,05	30,95	4	28,68	30,28	29,68	31,38	47,68
6	28,35	28,65	28,15	32,55	43,85	6	28,78	30,38	30,68	39,88	60,28
8	28,35	28,85	29,35	38,45	51,25	8	28,78	30,88	33,68	46,78	67,98
10	28,45	29,55	31,75	43,35	56,25	10	28,98	32,18	37,88	51,68	73,88
12	28,85	30,95	34,85	47,15	59,75	12	29,48	34,08	42,28	55,08	78,78
14	29,45	32,85	38,05	50,05	62,45	14	30,18	36,68	45,98	57,48	82,98
16	30,55	35,05	40,95	52,35	64,65	16	31,38	39,58	49,18	59,18	86,68
18	31,95	37,25	43,45	54,05	66,75	18	32,78	42,38	51,78	60,58	89,68
20	33,35	39,35	45,65	55,25	68,45	20	34,28	45,08	53,88	61,68	92,28
22	35,05	41,45	47,45	56,25	70,05	22	35,98	47,48	55,58	62,68	94,48
24	36,65	43,25	49,05	57,15	71,55	24	37,58	49,58	57,08	63,68	96,38
26	38,35	44,95	50,35	57,75	72,75	26	39,18	51,38	58,38	64,68	98,18
28	39,75	46,35	51,45	58,35	73,95	28	40,58	52,88	59,48	65,58	99,78
30	41,15	47,65	52,35	58,85	74,95	30	41,88	54,28	60,48	66,68	101,38
32	42,35	48,65	53,25	59,35	75,85	32	43,08	55,38	61,38	67,68	102,78
34	43,45	49,65	53,95	59,85	76,65	34	44,18	56,48	62,18	68,68	104,08
36	44,45	50,45	54,55	60,25	77,35	36	45,08	57,38	62,88	69,68	105,38
38	45,25	51,25	55,05	60,65	78,15	38	45,88	58,18	63,58	70,78	106,48
40	45,95	51,75	55,55	61,05	78,75	40	46,68	58,78	64,08	71,68	107,48
42	46,55	52,25	55,95	61,55	79,55	42	47,38	59,38	64,58	72,68	108,48
44	47,15	52,75	56,35	62,05	80,25	44	47,88	59,88	64,98	73,68	109,38
46	47,65	53,25	56,75	62,65	80,95	46	48,48	60,38	65,38	74,58	110,18
48	48,15	53,65	57,15	63,15	81,75	48	48,98	60,78	65,68	75,48	110,98
50	48,45	53,95	57,45	63,65	82,45	50	49,28	61,18	65,98	76,38	111,78
52	48,85	54,25	57,75	64,05	82,95	52	49,68	61,38	66,18	77,28	112,38
54	49,15	54,55	57,95	64,35	83,55	54	49,98	61,58	66,38	78,08	112,88
56	49,45	54,75	58,15	64,85	84,05	56	50,28	61,78	66,68	78,88	113,48
58	49,65	54,95	58,35	65,15	84,55	58	50,48	61,88	66,78	79,58	113,98
60	49,95	55,15	58,55	65,55	84,95	60	50,68	61,98	66,88	80,28	114,48

Tab.20 – 5.měření

55% PES/ 45% WO - ČERNÁ SMĚS

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,82	24,52	24,52	23,92	23,52	0	26,72	27,42	28,72	28,92	28,12
2	24,82	24,52	24,62	23,92	24,32	2	26,92	28,62	29,22	29,72	31,12
4	24,92	29,42	38,62	43,82	57,72	4	35,52	48,42	51,82	61,72	82,82
6	32,42	43,02	50,32	55,82	74,32	6	49,52	61,02	63,42	74,02	97,92
8	42,42	50,82	55,92	62,12	81,52	8	57,52	67,32	70,32	82,82	106,42
10	48,82	55,32	59,92	67,02	86,02	10	62,12	71,32	75,62	89,52	112,22
12	53,02	58,52	63,12	70,92	89,22	12	65,02	74,32	79,82	94,62	116,12
14	55,82	60,82	65,72	74,02	91,42	14	66,82	76,82	83,22	98,52	118,92
16	57,62	62,62	68,02	76,52	93,12	16	68,22	79,02	86,12	101,52	121,02
18	58,92	64,12	69,92	78,52	94,42	18	69,42	81,02	88,52	103,92	122,52
20	59,82	65,32	71,52	80,12	95,42	20	70,62	82,92	90,52	105,82	123,72
22	60,52	66,32	72,92	81,32	96,22	22	71,72	84,72	92,42	107,32	124,62
24	61,02	67,32	74,12	82,52	96,92	24	72,92	86,42	93,92	108,62	125,22
26	61,62	68,12	75,12	83,52	97,62	26	74,12	88,12	95,32	109,72	125,72
28	62,02	68,92	76,22	84,32	98,22	28	75,32	89,62	96,62	110,72	126,22
30	62,52	69,72	77,02	85,22	98,82	30	76,52	91,12	97,92	111,62	126,52
32	62,92	70,52	77,82	85,92	99,22	32	77,72	92,62	99,02	112,42	126,82
34	63,42	71,22	78,62	86,72	99,82	34	79,02	93,92	100,12	113,12	127,22
36	63,92	71,82	79,42	87,32	100,42	36	80,32	95,42	101,32	114,02	127,82
38	64,42	72,62	80,12	88,02	100,82	38	81,52	96,82	102,52	115,02	128,62
40	64,92	73,22	80,72	88,62	101,22	40	82,82	98,22	103,72	116,02	129,32
42	65,32	73,82	81,32	89,12	101,42	42	84,12	99,72	104,92	117,02	130,12
44	65,82	74,42	81,92	89,52	101,62	44	85,32	101,12	106,12	118,12	131,02
46	66,32	74,92	82,42	89,82	101,62	46	86,62	102,62	107,42	119,12	131,82
48	66,82	75,42	82,82	90,12	101,62	48	87,82	103,92	108,62	120,12	132,52
50	67,22	76,02	83,22	90,42	101,62	50	89,02	105,32	109,82	121,12	133,22
52	67,72	76,42	83,62	90,62	101,62	52	90,12	106,62	110,92	121,92	133,82
54	68,12	76,92	83,92	90,82	101,62	54	91,22	107,92	112,02	122,82	134,32
56	68,52	77,32	84,22	91,02	101,52	56	92,32	109,12	113,02	123,62	134,92
58	68,92	77,72	84,52	91,22	101,52	58	93,32	110,22	114,02	124,32	135,32
60	69,32	78,12	84,82	91,42	101,42	60	94,22	111,12	115,02	125,02	135,72

Tab.21 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	23,24	22,94	22,94	22,34	21,94	0	24,77	25,47	26,77	26,97	26,17
2	23,24	22,94	23,04	22,34	22,74	2	24,97	26,67	27,27	27,77	29,17
4	23,34	27,84	37,04	42,24	56,14	4	33,57	46,47	49,87	59,77	80,87
6	30,84	41,44	48,74	54,24	72,74	6	47,57	59,07	61,47	72,07	95,97
8	40,84	49,24	54,34	60,54	79,94	8	55,57	65,37	68,37	80,87	104,47
10	47,24	53,74	58,34	65,44	84,44	10	60,17	69,37	73,67	87,57	110,27
12	51,44	56,94	61,54	69,34	87,64	12	63,07	72,37	77,87	92,67	114,17
14	54,24	59,24	64,14	72,44	89,84	14	64,87	74,87	81,27	96,57	116,97
16	56,04	61,04	66,44	74,94	91,54	16	66,27	77,07	84,17	99,57	119,07
18	57,34	62,54	68,34	76,94	92,84	18	67,47	79,07	86,57	101,97	120,57
20	58,24	63,74	69,94	78,54	93,84	20	68,67	80,97	88,57	103,87	121,77
22	58,94	64,74	71,34	79,74	94,64	22	69,77	82,77	90,47	105,37	122,67
24	59,44	65,74	72,54	80,94	95,34	24	70,97	84,47	91,97	106,67	123,27
26	60,04	66,54	73,54	81,94	96,04	26	72,17	86,17	93,37	107,77	123,77
28	60,44	67,34	74,64	82,74	96,64	28	73,37	87,67	94,67	108,77	124,27
30	60,94	68,14	75,44	83,64	97,24	30	74,57	89,17	95,97	109,67	124,57
32	61,34	68,94	76,24	84,34	97,64	32	75,77	90,67	97,07	110,47	124,87
34	61,84	69,64	77,04	85,14	98,24	34	77,07	91,97	98,17	111,17	125,27
36	62,34	70,24	77,84	85,74	98,84	36	78,37	93,47	99,37	112,07	125,87
38	62,84	71,04	78,54	86,44	99,24	38	79,57	94,87	100,57	113,07	126,67
40	63,34	71,64	79,14	87,04	99,64	40	80,87	96,27	101,77	114,07	127,37
42	63,74	72,24	79,74	87,54	99,84	42	82,17	97,77	102,97	115,07	128,17
44	64,24	72,84	80,34	87,94	100,04	44	83,37	99,17	104,17	116,17	129,07
46	64,74	73,34	80,84	88,24	100,04	46	84,67	100,67	105,47	117,17	129,87
48	65,24	73,84	81,24	88,54	100,04	48	85,87	101,97	106,67	118,17	130,57
50	65,64	74,44	81,64	88,84	100,04	50	87,07	103,37	107,87	119,17	131,27
52	66,14	74,84	82,04	89,04	100,04	52	88,17	104,67	108,97	119,97	131,87
54	66,54	75,34	82,34	89,24	100,04	54	89,27	105,97	110,07	120,87	132,37
56	66,94	75,74	82,64	89,44	99,94	56	90,37	107,17	111,07	121,67	132,97
58	67,34	76,14	82,94	89,64	99,94	58	91,37	108,27	112,07	122,37	133,37
60	67,74	76,54	83,24	89,84	99,84	60	92,27	109,17	113,07	123,07	133,77

Tab.22 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	30,15	29,85	29,85	29,25	28,85	0	31,65	32,35	33,65	33,85	33,05
2	30,15	29,85	29,95	29,25	29,65	2	31,85	33,55	34,15	34,65	36,05
4	30,25	34,75	43,95	49,15	63,05	4	40,45	53,35	56,75	66,65	87,75
6	37,75	48,35	55,65	61,15	79,65	6	54,45	65,95	68,35	78,95	102,85
8	47,75	56,15	61,25	67,45	86,85	8	62,45	72,25	75,25	87,75	111,35
10	54,15	60,65	65,25	72,35	91,35	10	67,05	76,25	80,55	94,45	117,15
12	58,35	63,85	68,45	76,25	94,55	12	69,95	79,25	84,75	99,55	121,05
14	61,15	66,15	71,05	79,35	96,75	14	71,75	81,75	88,15	103,45	123,85
16	62,95	67,95	73,35	81,85	98,45	16	73,15	83,95	91,05	106,45	125,95
18	64,25	69,45	75,25	83,85	99,75	18	74,35	85,95	93,45	108,85	127,45
20	65,15	70,65	76,85	85,45	100,75	20	75,55	87,85	95,45	110,75	128,65
22	65,85	71,65	78,25	86,65	101,55	22	76,65	89,65	97,35	112,25	129,55
24	66,35	72,65	79,45	87,85	102,25	24	77,85	91,35	98,85	113,55	130,15
26	66,95	73,45	80,45	88,85	102,95	26	79,05	93,05	100,25	114,65	130,65
28	67,35	74,25	81,55	89,65	103,55	28	80,25	94,55	101,55	115,65	131,15
30	67,85	75,05	82,35	90,55	104,15	30	81,45	96,05	102,85	116,55	131,45
32	68,25	75,85	83,15	91,25	104,55	32	82,65	97,55	103,95	117,35	131,75
34	68,75	76,55	83,95	92,05	105,15	34	83,95	98,85	105,05	118,05	132,15
36	69,25	77,15	84,75	92,65	105,75	36	85,25	100,35	106,25	118,95	132,75
38	69,75	77,95	85,45	93,35	106,15	38	86,45	101,75	107,45	119,95	133,55
40	70,25	78,55	86,05	93,95	106,55	40	87,75	103,15	108,65	120,95	134,25
42	70,65	79,15	86,65	94,45	106,75	42	89,05	104,65	109,85	121,95	135,05
44	71,15	79,75	87,25	94,85	106,95	44	90,25	106,05	111,05	123,05	135,95
46	71,65	80,25	87,75	95,15	106,95	46	91,55	107,55	112,35	124,05	136,75
48	72,15	80,75	88,15	95,45	106,95	48	92,75	108,85	113,55	125,05	137,45
50	72,55	81,35	88,55	95,75	106,95	50	93,95	110,25	114,75	126,05	138,15
52	73,05	81,75	88,95	95,95	106,95	52	95,05	111,55	115,85	126,85	138,75
54	73,45	82,25	89,25	96,15	106,95	54	96,15	112,85	116,95	127,75	139,25
56	73,85	82,65	89,55	96,35	106,85	56	97,25	114,05	117,95	128,55	139,85
58	74,25	83,05	89,85	96,55	106,85	58	98,25	115,15	118,95	129,25	140,25
60	74,65	83,45	90,15	96,75	106,75	60	99,15	116,05	119,95	129,95	140,65

Tab.23 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,66	31,36	31,36	30,76	30,36	0	33,58	34,28	35,58	35,78	34,98
2	31,66	31,36	31,46	30,76	31,16	2	33,78	35,48	36,08	36,58	37,98
4	31,76	36,26	45,46	50,66	64,56	4	42,38	55,28	58,68	68,58	89,68
6	39,26	49,86	57,16	62,66	81,16	6	56,38	67,88	70,28	80,88	104,78
8	49,26	57,66	62,76	68,96	88,36	8	64,38	74,18	77,18	89,68	113,28
10	55,66	62,16	66,76	73,86	92,86	10	68,98	78,18	82,48	96,38	119,08
12	59,86	65,36	69,96	77,76	96,06	12	71,88	81,18	86,68	101,48	122,98
14	62,66	67,66	72,56	80,86	98,26	14	73,68	83,68	90,08	105,38	125,78
16	64,46	69,46	74,86	83,36	99,96	16	75,08	85,88	92,98	108,38	127,88
18	65,76	70,96	76,76	85,36	101,26	18	76,28	87,88	95,38	110,78	129,38
20	66,66	72,16	78,36	86,96	102,26	20	77,48	89,78	97,38	112,68	130,58
22	67,36	73,16	79,76	88,16	103,06	22	78,58	91,58	99,28	114,18	131,48
24	67,86	74,16	80,96	89,36	103,76	24	79,78	93,28	100,78	115,48	132,08
26	68,46	74,96	81,96	90,36	104,46	26	80,98	94,98	102,18	116,58	132,58
28	68,86	75,76	83,06	91,16	105,06	28	82,18	96,48	103,48	117,58	133,08
30	69,36	76,56	83,86	92,06	105,66	30	83,38	97,98	104,78	118,48	133,38
32	69,76	77,36	84,66	92,76	106,06	32	84,58	99,48	105,88	119,28	133,68
34	70,26	78,06	85,46	93,56	106,66	34	85,88	100,78	106,98	119,98	134,08
36	70,76	78,66	86,26	94,16	107,26	36	87,18	102,28	108,18	120,88	134,68
38	71,26	79,46	86,96	94,86	107,66	38	88,38	103,68	109,38	121,88	135,48
40	71,76	80,06	87,56	95,46	108,06	40	89,68	105,08	110,58	122,88	136,18
42	72,16	80,66	88,16	95,96	108,26	42	90,98	106,58	111,78	123,88	136,98
44	72,66	81,26	88,76	96,36	108,46	44	92,18	107,98	112,98	124,98	137,88
46	73,16	81,76	89,26	96,66	108,46	46	93,48	109,48	114,28	125,98	138,68
48	73,66	82,26	89,66	96,96	108,46	48	94,68	110,78	115,48	126,98	139,38
50	74,06	82,86	90,06	97,26	108,46	50	95,88	112,18	116,68	127,98	140,08
52	74,56	83,26	90,46	97,46	108,46	52	96,98	113,48	117,78	128,78	140,68
54	74,96	83,76	90,76	97,66	108,46	54	98,08	114,78	118,88	129,68	141,18
56	75,36	84,16	91,06	97,86	108,36	56	99,18	115,98	119,88	130,48	141,78
58	75,76	84,56	91,36	98,06	108,36	58	100,18	117,08	120,88	131,18	142,18
60	76,16	84,96	91,66	98,26	108,26	60	101,08	117,98	121,88	131,88	142,58

Tab.24 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	27,15	26,85	26,85	26,25	25,85	0	29,88	30,58	31,88	32,08	31,28
2	27,15	26,85	26,95	26,25	26,65	2	30,08	31,78	32,38	32,88	34,28
4	27,25	31,75	40,95	46,15	60,05	4	38,68	51,58	54,98	64,88	85,98
6	34,75	45,35	52,65	58,15	76,65	6	52,68	64,18	66,58	77,18	101,08
8	44,75	53,15	58,25	64,45	83,85	8	60,68	70,48	73,48	85,98	109,58
10	51,15	57,65	62,25	69,35	88,35	10	65,28	74,48	78,78	92,68	115,38
12	55,35	60,85	65,45	73,25	91,55	12	68,18	77,48	82,98	97,78	119,28
14	58,15	63,15	68,05	76,35	93,75	14	69,98	79,98	86,38	101,68	122,08
16	59,95	64,95	70,35	78,85	95,45	16	71,38	82,18	89,28	104,68	124,18
18	61,25	66,45	72,25	80,85	96,75	18	72,58	84,18	91,68	107,08	125,68
20	62,15	67,65	73,85	82,45	97,75	20	73,78	86,08	93,68	108,98	126,88
22	62,85	68,65	75,25	83,65	98,55	22	74,88	87,88	95,58	110,48	127,78
24	63,35	69,65	76,45	84,85	99,25	24	76,08	89,58	97,08	111,78	128,38
26	63,95	70,45	77,45	85,85	99,95	26	77,28	91,28	98,48	112,88	128,88
28	64,35	71,25	78,55	86,65	100,55	28	78,48	92,78	99,78	113,88	129,38
30	64,85	72,05	79,35	87,55	101,15	30	79,68	94,28	101,08	114,78	129,68
32	65,25	72,85	80,15	88,25	101,55	32	80,88	95,78	102,18	115,58	129,98
34	65,75	73,55	80,95	89,05	102,15	34	82,18	97,08	103,28	116,28	130,38
36	66,25	74,15	81,75	89,65	102,75	36	83,48	98,58	104,48	117,18	130,98
38	66,75	74,95	82,45	90,35	103,15	38	84,68	99,98	105,68	118,18	131,78
40	67,25	75,55	83,05	90,95	103,55	40	85,98	101,38	106,88	119,18	132,48
42	67,65	76,15	83,65	91,45	103,75	42	87,28	102,88	108,08	120,18	133,28
44	68,15	76,75	84,25	91,85	103,95	44	88,48	104,28	109,28	121,28	134,18
46	68,65	77,25	84,75	92,15	103,95	46	89,78	105,78	110,58	122,28	134,98
48	69,15	77,75	85,15	92,45	103,95	48	90,98	107,08	111,78	123,28	135,68
50	69,55	78,35	85,55	92,75	103,95	50	92,18	108,48	112,98	124,28	136,38
52	70,05	78,75	85,95	92,95	103,95	52	93,28	109,78	114,08	125,08	136,98
54	70,45	79,25	86,25	93,15	103,95	54	94,38	111,08	115,18	125,98	137,48
56	70,85	79,65	86,55	93,35	103,85	56	95,48	112,28	116,18	126,78	138,08
58	71,25	80,05	86,85	93,55	103,85	58	96,48	113,38	117,18	127,48	138,48
60	71,65	80,45	87,15	93,75	103,75	60	97,38	114,28	118,18	128,18	138,88

Tab.25 – 5.měření

100% WO - FLAUŠ

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,82	25,02	24,22	23,72	21,82	0	24,42	25,82	25,12	22,92	22,92
2	24,82	25,02	24,32	23,72	21,82	2	24,32	25,92	25,12	23,02	23,82
4	24,82	25,12	24,32	24,52	27,42	4	24,32	25,92	25,32	27,02	43,32
6	24,82	25,12	24,62	29,02	40,32	6	24,42	26,02	26,32	35,52	55,92
8	24,82	25,32	25,82	34,92	47,72	8	24,42	26,52	29,32	42,42	63,62
10	24,92	26,02	28,22	39,82	52,72	10	24,62	27,82	33,52	47,32	69,52
12	25,32	27,42	31,32	43,62	56,22	12	25,12	29,72	37,92	50,72	74,42
14	25,92	29,32	34,52	46,52	58,92	14	25,82	32,32	41,62	53,12	78,62
16	27,02	31,52	37,42	48,82	61,12	16	27,02	35,22	44,82	54,82	82,32
18	28,42	33,72	39,92	50,52	63,22	18	28,42	38,02	47,42	56,22	85,32
20	29,82	35,82	42,12	51,72	64,92	20	29,92	40,72	49,52	57,32	87,92
22	31,52	37,92	43,92	52,72	66,52	22	31,62	43,12	51,22	58,32	90,12
24	33,12	39,72	45,52	53,62	68,02	24	33,22	45,22	52,72	59,32	92,02
26	34,82	41,42	46,82	54,22	69,22	26	34,82	47,02	54,02	60,32	93,82
28	36,22	42,82	47,92	54,82	70,42	28	36,22	48,52	55,12	61,22	95,42
30	37,62	44,12	48,82	55,32	71,42	30	37,52	49,92	56,12	62,32	97,02
32	38,82	45,12	49,72	55,82	72,32	32	38,72	51,02	57,02	63,32	98,42
34	39,92	46,12	50,42	56,32	73,12	34	39,82	52,12	57,82	64,32	99,72
36	40,92	46,92	51,02	56,72	73,82	36	40,72	53,02	58,52	65,32	101,02
38	41,72	47,72	51,52	57,12	74,62	38	41,52	53,82	59,22	66,42	102,12
40	42,42	48,22	52,02	57,52	75,22	40	42,32	54,42	59,72	67,32	103,12
42	43,02	48,72	52,42	58,02	76,02	42	43,02	55,02	60,22	68,32	104,12
44	43,62	49,22	52,82	58,52	76,72	44	43,52	55,52	60,62	69,32	105,02
46	44,12	49,72	53,22	59,12	77,42	46	44,12	56,02	61,02	70,22	105,82
48	44,62	50,12	53,62	59,62	78,22	48	44,62	56,42	61,32	71,12	106,62
50	44,92	50,42	53,92	60,12	78,92	50	44,92	56,82	61,62	72,02	107,42
52	45,32	50,72	54,22	60,52	79,42	52	45,32	57,02	61,82	72,92	108,02
54	45,62	51,02	54,42	60,82	80,02	54	45,62	57,22	62,02	73,72	108,52
56	45,92	51,22	54,62	61,32	80,52	56	45,92	57,42	62,32	74,52	109,12
58	46,12	51,42	54,82	61,62	81,02	58	46,12	57,52	62,42	75,22	109,62
60	46,42	51,62	55,02	62,02	81,42	60	46,32	57,62	62,52	75,92	110,12

Tab.26 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	23,24	23,44	22,64	22,14	20,24	0	22,47	23,87	23,17	20,97	20,97
2	23,24	23,44	22,74	22,14	20,24	2	22,37	23,97	23,17	21,07	21,87
4	23,24	23,54	22,74	22,94	25,84	4	22,37	23,97	23,37	25,07	41,37
6	23,24	23,54	23,04	27,44	38,74	6	22,47	24,07	24,37	33,57	53,97
8	23,24	23,74	24,24	33,34	46,14	8	22,47	24,57	27,37	40,47	61,67
10	23,34	24,44	26,64	38,24	51,14	10	22,67	25,87	31,57	45,37	67,57
12	23,74	25,84	29,74	42,04	54,64	12	23,17	27,77	35,97	48,77	72,47
14	24,34	27,74	32,94	44,94	57,34	14	23,87	30,37	39,67	51,17	76,67
16	25,44	29,94	35,84	47,24	59,54	16	25,07	33,27	42,87	52,87	80,37
18	26,84	32,14	38,34	48,94	61,64	18	26,47	36,07	45,47	54,27	83,37
20	28,24	34,24	40,54	50,14	63,34	20	27,97	38,77	47,57	55,37	85,97
22	29,94	36,34	42,34	51,14	64,94	22	29,67	41,17	49,27	56,37	88,17
24	31,54	38,14	43,94	52,04	66,44	24	31,27	43,27	50,77	57,37	90,07
26	33,24	39,84	45,24	52,64	67,64	26	32,87	45,07	52,07	58,37	91,87
28	34,64	41,24	46,34	53,24	68,84	28	34,27	46,57	53,17	59,27	93,47
30	36,04	42,54	47,24	53,74	69,84	30	35,57	47,97	54,17	60,37	95,07
32	37,24	43,54	48,14	54,24	70,74	32	36,77	49,07	55,07	61,37	96,47
34	38,34	44,54	48,84	54,74	71,54	34	37,87	50,17	55,87	62,37	97,77
36	39,34	45,34	49,44	55,14	72,24	36	38,77	51,07	56,57	63,37	99,07
38	40,14	46,14	49,94	55,54	73,04	38	39,57	51,87	57,27	64,47	100,17
40	40,84	46,64	50,44	55,94	73,64	40	40,37	52,47	57,77	65,37	101,17
42	41,44	47,14	50,84	56,44	74,44	42	41,07	53,07	58,27	66,37	102,17
44	42,04	47,64	51,24	56,94	75,14	44	41,57	53,57	58,67	67,37	103,07
46	42,54	48,14	51,64	57,54	75,84	46	42,17	54,07	59,07	68,27	103,87
48	43,04	48,54	52,04	58,04	76,64	48	42,67	54,47	59,37	69,17	104,67
50	43,34	48,84	52,34	58,54	77,34	50	42,97	54,87	59,67	70,07	105,47
52	43,74	49,14	52,64	58,94	77,84	52	43,37	55,07	59,87	70,97	106,07
54	44,04	49,44	52,84	59,24	78,44	54	43,67	55,27	60,07	71,77	106,57
56	44,34	49,64	53,04	59,74	78,94	56	43,97	55,47	60,37	72,57	107,17
58	44,54	49,84	53,24	60,04	79,44	58	44,17	55,57	60,47	73,27	107,67
60	44,84	50,04	53,44	60,44	79,84	60	44,37	55,67	60,57	73,97	108,17

Tab.27 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	30,15	30,35	29,55	29,05	27,15	0	29,35	30,75	30,05	27,85	27,85
2	30,15	30,35	29,65	29,05	27,15	2	29,25	30,85	30,05	27,95	28,75
4	30,15	30,45	29,65	29,85	32,75	4	29,25	30,85	30,25	31,95	48,25
6	30,15	30,45	29,95	34,35	45,65	6	29,35	30,95	31,25	40,45	60,85
8	30,15	30,65	31,15	40,25	53,05	8	29,35	31,45	34,25	47,35	68,55
10	30,25	31,35	33,55	45,15	58,05	10	29,55	32,75	38,45	52,25	74,45
12	30,65	32,75	36,65	48,95	61,55	12	30,05	34,65	42,85	55,65	79,35
14	31,25	34,65	39,85	51,85	64,25	14	30,75	37,25	46,55	58,05	83,55
16	32,35	36,85	42,75	54,15	66,45	16	31,95	40,15	49,75	59,75	87,25
18	33,75	39,05	45,25	55,85	68,55	18	33,35	42,95	52,35	61,15	90,25
20	35,15	41,15	47,45	57,05	70,25	20	34,85	45,65	54,45	62,25	92,85
22	36,85	43,25	49,25	58,05	71,85	22	36,55	48,05	56,15	63,25	95,05
24	38,45	45,05	50,85	58,95	73,35	24	38,15	50,15	57,65	64,25	96,95
26	40,15	46,75	52,15	59,55	74,55	26	39,75	51,95	58,95	65,25	98,75
28	41,55	48,15	53,25	60,15	75,75	28	41,15	53,45	60,05	66,15	100,35
30	42,95	49,45	54,15	60,65	76,75	30	42,45	54,85	61,05	67,25	101,95
32	44,15	50,45	55,05	61,15	77,65	32	43,65	55,95	61,95	68,25	103,35
34	45,25	51,45	55,75	61,65	78,45	34	44,75	57,05	62,75	69,25	104,65
36	46,25	52,25	56,35	62,05	79,15	36	45,65	57,95	63,45	70,25	105,95
38	47,05	53,05	56,85	62,45	79,95	38	46,45	58,75	64,15	71,35	107,05
40	47,75	53,55	57,35	62,85	80,55	40	47,25	59,35	64,65	72,25	108,05
42	48,35	54,05	57,75	63,35	81,35	42	47,95	59,95	65,15	73,25	109,05
44	48,95	54,55	58,15	63,85	82,05	44	48,45	60,45	65,55	74,25	109,95
46	49,45	55,05	58,55	64,45	82,75	46	49,05	60,95	65,95	75,15	110,75
48	49,95	55,45	58,95	64,95	83,55	48	49,55	61,35	66,25	76,05	111,55
50	50,25	55,75	59,25	65,45	84,25	50	49,85	61,75	66,55	76,95	112,35
52	50,65	56,05	59,55	65,85	84,75	52	50,25	61,95	66,75	77,85	112,95
54	50,95	56,35	59,75	66,15	85,35	54	50,55	62,15	66,95	78,65	113,45
56	51,25	56,55	59,95	66,65	85,85	56	50,85	62,35	67,25	79,45	114,05
58	51,45	56,75	60,15	66,95	86,35	58	51,05	62,45	67,35	80,15	114,55
60	51,75	56,95	60,35	67,35	86,75	60	51,25	62,55	67,45	80,85	115,05

Tab.28 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,66	31,86	31,06	30,56	28,66	0	31,28	32,68	31,98	29,78	29,78
2	31,66	31,86	31,16	30,56	28,66	2	31,18	32,78	31,98	29,88	30,68
4	31,66	31,96	31,16	31,36	34,26	4	31,18	32,78	32,18	33,88	50,18
6	31,66	31,96	31,46	35,86	47,16	6	31,28	32,88	33,18	42,38	62,78
8	31,66	32,16	32,66	41,76	54,56	8	31,28	33,38	36,18	49,28	70,48
10	31,76	32,86	35,06	46,66	59,56	10	31,48	34,68	40,38	54,18	76,38
12	32,16	34,26	38,16	50,46	63,06	12	31,98	36,58	44,78	57,58	81,28
14	32,76	36,16	41,36	53,36	65,76	14	32,68	39,18	48,48	59,98	85,48
16	33,86	38,36	44,26	55,66	67,96	16	33,88	42,08	51,68	61,68	89,18
18	35,26	40,56	46,76	57,36	70,06	18	35,28	44,88	54,28	63,08	92,18
20	36,66	42,66	48,96	58,56	71,76	20	36,78	47,58	56,38	64,18	94,78
22	38,36	44,76	50,76	59,56	73,36	22	38,48	49,98	58,08	65,18	96,98
24	39,96	46,56	52,36	60,46	74,86	24	40,08	52,08	59,58	66,18	98,88
26	41,66	48,26	53,66	61,06	76,06	26	41,68	53,88	60,88	67,18	100,68
28	43,06	49,66	54,76	61,66	77,26	28	43,08	55,38	61,98	68,08	102,28
30	44,46	50,96	55,66	62,16	78,26	30	44,38	56,78	62,98	69,18	103,88
32	45,66	51,96	56,56	62,66	79,16	32	45,58	57,88	63,88	70,18	105,28
34	46,76	52,96	57,26	63,16	79,96	34	46,68	58,98	64,68	71,18	106,58
36	47,76	53,76	57,86	63,56	80,66	36	47,58	59,88	65,38	72,18	107,88
38	48,56	54,56	58,36	63,96	81,46	38	48,38	60,68	66,08	73,28	108,98
40	49,26	55,06	58,86	64,36	82,06	40	49,18	61,28	66,58	74,18	109,98
42	49,86	55,56	59,26	64,86	82,86	42	49,88	61,88	67,08	75,18	110,98
44	50,46	56,06	59,66	65,36	83,56	44	50,38	62,38	67,48	76,18	111,88
46	50,96	56,56	60,06	65,96	84,26	46	50,98	62,88	67,88	77,08	112,68
48	51,46	56,96	60,46	66,46	85,06	48	51,48	63,28	68,18	77,98	113,48
50	51,76	57,26	60,76	66,96	85,76	50	51,78	63,68	68,48	78,88	114,28
52	52,16	57,56	61,06	67,36	86,26	52	52,18	63,88	68,68	79,78	114,88
54	52,46	57,86	61,26	67,66	86,86	54	52,48	64,08	68,88	80,58	115,38
56	52,76	58,06	61,46	68,16	87,36	56	52,78	64,28	69,18	81,38	115,98
58	52,96	58,26	61,66	68,46	87,86	58	52,98	64,38	69,28	82,08	116,48
60	53,26	58,46	61,86	68,86	88,26	60	53,18	64,48	69,38	82,78	116,98

Tab.29 – 4.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	27,15	27,35	26,55	26,05	24,15	0	27,58	28,98	28,28	26,08	26,08
2	27,15	27,35	26,65	26,05	24,15	2	27,48	29,08	28,28	26,18	26,98
4	27,15	27,45	26,65	26,85	29,75	4	27,48	29,08	28,48	30,18	46,48
6	27,15	27,45	26,95	31,35	42,65	6	27,58	29,18	29,48	38,68	59,08
8	27,15	27,65	28,15	37,25	50,05	8	27,58	29,68	32,48	45,58	66,78
10	27,25	28,35	30,55	42,15	55,05	10	27,78	30,98	36,68	50,48	72,68
12	27,65	29,75	33,65	45,95	58,55	12	28,28	32,88	41,08	53,88	77,58
14	28,25	31,65	36,85	48,85	61,25	14	28,98	35,48	44,78	56,28	81,78
16	29,35	33,85	39,75	51,15	63,45	16	30,18	38,38	47,98	57,98	85,48
18	30,75	36,05	42,25	52,85	65,55	18	31,58	41,18	50,58	59,38	88,48
20	32,15	38,15	44,45	54,05	67,25	20	33,08	43,88	52,68	60,48	91,08
22	33,85	40,25	46,25	55,05	68,85	22	34,78	46,28	54,38	61,48	93,28
24	35,45	42,05	47,85	55,95	70,35	24	36,38	48,38	55,88	62,48	95,18
26	37,15	43,75	49,15	56,55	71,55	26	37,98	50,18	57,18	63,48	96,98
28	38,55	45,15	50,25	57,15	72,75	28	39,38	51,68	58,28	64,38	98,58
30	39,95	46,45	51,15	57,65	73,75	30	40,68	53,08	59,28	65,48	100,18
32	41,15	47,45	52,05	58,15	74,65	32	41,88	54,18	60,18	66,48	101,58
34	42,25	48,45	52,75	58,65	75,45	34	42,98	55,28	60,98	67,48	102,88
36	43,25	49,25	53,35	59,05	76,15	36	43,88	56,18	61,68	68,48	104,18
38	44,05	50,05	53,85	59,45	76,95	38	44,68	56,98	62,38	69,58	105,28
40	44,75	50,55	54,35	59,85	77,55	40	45,48	57,58	62,88	70,48	106,28
42	45,35	51,05	54,75	60,35	78,35	42	46,18	58,18	63,38	71,48	107,28
44	45,95	51,55	55,15	60,85	79,05	44	46,68	58,68	63,78	72,48	108,18
46	46,45	52,05	55,55	61,45	79,75	46	47,28	59,18	64,18	73,38	108,98
48	46,95	52,45	55,95	61,95	80,55	48	47,78	59,58	64,48	74,28	109,78
50	47,25	52,75	56,25	62,45	81,25	50	48,08	59,98	64,78	75,18	110,58
52	47,65	53,05	56,55	62,85	81,75	52	48,48	60,18	64,98	76,08	111,18
54	47,95	53,35	56,75	63,15	82,35	54	48,78	60,38	65,18	76,88	111,68
56	48,25	53,55	56,95	63,65	82,85	56	49,08	60,58	65,48	77,68	112,28
58	48,45	53,75	57,15	63,95	83,35	58	49,28	60,68	65,58	78,38	112,78
60	48,75	53,95	57,35	64,35	83,75	60	49,48	60,78	65,68	79,08	113,28

Tab.30 – 5.měření

80% WO/ 20% PES - RYBÍ KOST

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	24,82	24,52	24,52	23,92	23,52	0	26,72	27,42	28,72	28,92	28,12
2	24,82	24,52	24,62	24,62	24,32	2	26,92	28,62	29,22	29,72	31,12
4	24,92	29,42	38,62	38,62	57,72	4	35,52	48,42	51,82	61,72	82,82
6	32,42	43,02	50,32	50,32	74,32	6	49,52	61,02	63,42	74,02	97,92
8	42,42	50,82	55,92	55,92	81,52	8	57,52	67,32	70,32	82,82	106,42
10	48,82	55,32	59,92	59,92	86,02	10	62,12	71,32	75,62	89,52	112,22
12	53,02	58,52	63,12	63,12	89,22	12	65,02	74,32	79,82	94,62	116,12
14	55,82	60,82	65,72	65,72	91,42	14	66,82	76,82	83,22	98,52	118,92
16	57,62	62,62	68,02	68,02	93,12	16	68,22	79,02	86,12	101,52	121,02
18	58,92	64,12	69,92	69,92	94,42	18	69,42	81,02	88,52	103,92	122,52
20	59,82	65,32	71,52	71,52	95,42	20	70,62	82,92	90,52	105,82	123,72
22	60,52	66,32	72,92	72,92	96,22	22	71,72	84,72	92,42	107,32	124,62
24	61,02	67,32	74,12	74,12	96,92	24	72,92	86,42	93,92	108,62	125,22
26	61,62	68,12	75,12	75,12	97,62	26	74,12	88,12	95,32	109,72	125,72
28	62,02	68,92	76,22	76,22	98,22	28	75,32	89,62	96,62	110,72	126,22
30	62,52	69,72	77,02	77,02	98,82	30	76,52	91,12	97,92	111,62	126,52
32	62,92	70,52	77,82	77,82	99,22	32	77,72	92,62	99,02	112,42	126,82
34	63,42	71,22	78,62	78,62	99,82	34	79,02	93,92	100,12	113,12	127,22
36	63,92	71,82	79,42	79,42	100,42	36	80,32	95,42	101,32	114,02	127,82
38	64,42	72,62	80,12	80,12	100,82	38	81,52	96,82	102,52	115,02	128,62
40	64,92	73,22	80,72	80,72	101,22	40	82,82	98,22	103,72	116,02	129,32
42	65,32	73,82	81,32	81,32	101,42	42	84,12	99,72	104,92	117,02	130,12
44	65,82	74,42	81,92	81,92	101,62	44	85,32	101,12	106,12	118,12	131,02
46	66,32	74,92	82,42	82,42	101,62	46	86,62	102,62	107,42	119,12	131,82
48	66,82	75,42	82,82	82,82	101,62	48	87,82	103,92	108,62	120,12	132,52
50	67,22	76,02	83,22	83,22	101,62	50	89,02	105,32	109,82	121,12	133,22
52	67,72	76,42	83,62	83,62	101,62	52	90,12	106,62	110,92	121,92	133,82
54	68,12	76,92	83,92	83,92	101,62	54	91,22	107,92	112,02	122,82	134,32
56	68,52	77,32	84,22	84,22	101,52	56	92,32	109,12	113,02	123,62	134,92
58	68,92	77,72	84,52	84,52	101,52	58	93,32	110,22	114,02	124,32	135,32
60	69,32	78,12	84,82	84,82	101,42	60	94,22	111,12	115,02	125,02	135,72

Tab.31 – 1.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	23,24	22,94	22,94	22,34	21,94	0	24,77	25,47	26,77	26,97	26,17
2	23,24	22,94	23,04	23,04	22,74	2	24,97	26,67	27,27	27,77	29,17
4	23,34	27,84	37,04	37,04	56,14	4	33,57	46,47	49,87	59,77	80,87
6	30,84	41,44	48,74	48,74	72,74	6	47,57	59,07	61,47	72,07	95,97
8	40,84	49,24	54,34	54,34	79,94	8	55,57	65,37	68,37	80,87	104,47
10	47,24	53,74	58,34	58,34	84,44	10	60,17	69,37	73,67	87,57	110,27
12	51,44	56,94	61,54	61,54	87,64	12	63,07	72,37	77,87	92,67	114,17
14	54,24	59,24	64,14	64,14	89,84	14	64,87	74,87	81,27	96,57	116,97
16	56,04	61,04	66,44	66,44	91,54	16	66,27	77,07	84,17	99,57	119,07
18	57,34	62,54	68,34	68,34	92,84	18	67,47	79,07	86,57	101,97	120,57
20	58,24	63,74	69,94	69,94	93,84	20	68,67	80,97	88,57	103,87	121,77
22	58,94	64,74	71,34	71,34	94,64	22	69,77	82,77	90,47	105,37	122,67
24	59,44	65,74	72,54	72,54	95,34	24	70,97	84,47	91,97	106,67	123,27
26	60,04	66,54	73,54	73,54	96,04	26	72,17	86,17	93,37	107,77	123,77
28	60,44	67,34	74,64	74,64	96,64	28	73,37	87,67	94,67	108,77	124,27
30	60,94	68,14	75,44	75,44	97,24	30	74,57	89,17	95,97	109,67	124,57
32	61,34	68,94	76,24	76,24	97,64	32	75,77	90,67	97,07	110,47	124,87
34	61,84	69,64	77,04	77,04	98,24	34	77,07	91,97	98,17	111,17	125,27
36	62,34	70,24	77,84	77,84	98,84	36	78,37	93,47	99,37	112,07	125,87
38	62,84	71,04	78,54	78,54	99,24	38	79,57	94,87	100,57	113,07	126,67
40	63,34	71,64	79,14	79,14	99,64	40	80,87	96,27	101,77	114,07	127,37
42	63,74	72,24	79,74	79,74	99,84	42	82,17	97,77	102,97	115,07	128,17
44	64,24	72,84	80,34	80,34	100,04	44	83,37	99,17	104,17	116,17	129,07
46	64,74	73,34	80,84	80,84	100,04	46	84,67	100,67	105,47	117,17	129,87
48	65,24	73,84	81,24	81,24	100,04	48	85,87	101,97	106,67	118,17	130,57
50	65,64	74,44	81,64	81,64	100,04	50	87,07	103,37	107,87	119,17	131,27
52	66,14	74,84	82,04	82,04	100,04	52	88,17	104,67	108,97	119,97	131,87
54	66,54	75,34	82,34	82,34	100,04	54	89,27	105,97	110,07	120,87	132,37
56	66,94	75,74	82,64	82,64	99,94	56	90,37	107,17	111,07	121,67	132,97
58	67,34	76,14	82,94	82,94	99,94	58	91,37	108,27	112,07	122,37	133,37
60	67,74	76,54	83,24	83,24	99,84	60	92,27	109,17	113,07	123,07	133,77

Tab.32 – 2.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	30,15	29,85	29,85	29,25	28,85	0	31,65	32,35	33,65	33,85	33,05
2	30,15	29,85	29,95	29,95	29,65	2	31,85	33,55	34,15	34,65	36,05
4	30,25	34,75	43,95	43,95	63,05	4	40,45	53,35	56,75	66,65	87,75
6	37,75	48,35	55,65	55,65	79,65	6	54,45	65,95	68,35	78,95	102,85
8	47,75	56,15	61,25	61,25	86,85	8	62,45	72,25	75,25	87,75	111,35
10	54,15	60,65	65,25	65,25	91,35	10	67,05	76,25	80,55	94,45	117,15
12	58,35	63,85	68,45	68,45	94,55	12	69,95	79,25	84,75	99,55	121,05
14	61,15	66,15	71,05	71,05	96,75	14	71,75	81,75	88,15	103,45	123,85
16	62,95	67,95	73,35	73,35	98,45	16	73,15	83,95	91,05	106,45	125,95
18	64,25	69,45	75,25	75,25	99,75	18	74,35	85,95	93,45	108,85	127,45
20	65,15	70,65	76,85	76,85	100,75	20	75,55	87,85	95,45	110,75	128,65
22	65,85	71,65	78,25	78,25	101,55	22	76,65	89,65	97,35	112,25	129,55
24	66,35	72,65	79,45	79,45	102,25	24	77,85	91,35	98,85	113,55	130,15
26	66,95	73,45	80,45	80,45	102,95	26	79,05	93,05	100,25	114,65	130,65
28	67,35	74,25	81,55	81,55	103,55	28	80,25	94,55	101,55	115,65	131,15
30	67,85	75,05	82,35	82,35	104,15	30	81,45	96,05	102,85	116,55	131,45
32	68,25	75,85	83,15	83,15	104,55	32	82,65	97,55	103,95	117,35	131,75
34	68,75	76,55	83,95	83,95	105,15	34	83,95	98,85	105,05	118,05	132,15
36	69,25	77,15	84,75	84,75	105,75	36	85,25	100,35	106,25	118,95	132,75
38	69,75	77,95	85,45	85,45	106,15	38	86,45	101,75	107,45	119,95	133,55
40	70,25	78,55	86,05	86,05	106,55	40	87,75	103,15	108,65	120,95	134,25
42	70,65	79,15	86,65	86,65	106,75	42	89,05	104,65	109,85	121,95	135,05
44	71,15	79,75	87,25	87,25	106,95	44	90,25	106,05	111,05	123,05	135,95
46	71,65	80,25	87,75	87,75	106,95	46	91,55	107,55	112,35	124,05	136,75
48	72,15	80,75	88,15	88,15	106,95	48	92,75	108,85	113,55	125,05	137,45
50	72,55	81,35	88,55	88,55	106,95	50	93,95	110,25	114,75	126,05	138,15
52	73,05	81,75	88,95	88,95	106,95	52	95,05	111,55	115,85	126,85	138,75
54	73,45	82,25	89,25	89,25	106,95	54	96,15	112,85	116,95	127,75	139,25
56	73,85	82,65	89,55	89,55	106,85	56	97,25	114,05	117,95	128,55	139,85
58	74,25	83,05	89,85	89,85	106,85	58	98,25	115,15	118,95	129,25	140,25
60	74,65	83,45	90,15	90,15	106,75	60	99,15	116,05	119,95	129,95	140,65

Tab.33 – 3.měření

	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	31,66	31,36	31,36	30,76	30,36	0	33,58	34,28	35,58	35,78	34,98
2	31,66	31,36	31,46	31,46	31,16	2	33,78	35,48	36,08	36,58	37,98
4	31,76	36,26	45,46	45,46	64,56	4	42,38	55,28	58,68	68,58	89,68
6	39,26	49,86	57,16	57,16	81,16	6	56,38	67,88	70,28	80,88	104,78
8	49,26	57,66	62,76	62,76	88,36	8	64,38	74,18	77,18	89,68	113,28
10	55,66	62,16	66,76	66,76	92,86	10	68,98	78,18	82,48	96,38	119,08
12	59,86	65,36	69,96	69,96	96,06	12	71,88	81,18	86,68	101,48	122,98
14	62,66	67,66	72,56	72,56	98,26	14	73,68	83,68	90,08	105,38	125,78
16	64,46	69,46	74,86	74,86	99,96	16	75,08	85,88	92,98	108,38	127,88
18	65,76	70,96	76,76	76,76	101,26	18	76,28	87,88	95,38	110,78	129,38
20	66,66	72,16	78,36	78,36	102,26	20	77,48	89,78	97,38	112,68	130,58
22	67,36	73,16	79,76	79,76	103,06	22	78,58	91,58	99,28	114,18	131,48
24	67,86	74,16	80,96	80,96	103,76	24	79,78	93,28	100,78	115,48	132,08
26	68,46	74,96	81,96	81,96	104,46	26	80,98	94,98	102,18	116,58	132,58
28	68,86	75,76	83,06	83,06	105,06	28	82,18	96,48	103,48	117,58	133,08
30	69,36	76,56	83,86	83,86	105,66	30	83,38	97,98	104,78	118,48	133,38
32	69,76	77,36	84,66	84,66	106,06	32	84,58	99,48	105,88	119,28	133,68
34	70,26	78,06	85,46	85,46	106,66	34	85,88	100,78	106,98	119,98	134,08
36	70,76	78,66	86,26	86,26	107,26	36	87,18	102,28	108,18	120,88	134,68
38	71,26	79,46	86,96	86,96	107,66	38	88,38	103,68	109,38	121,88	135,48
40	71,76	80,06	87,56	87,56	108,06	40	89,68	105,08	110,58	122,88	136,18
42	72,16	80,66	88,16	88,16	108,26	42	90,98	106,58	111,78	123,88	136,98
44	72,66	81,26	88,76	88,76	108,46	44	92,18	107,98	112,98	124,98	137,88
46	73,16	81,76	89,26	89,26	108,46	46	93,48	109,48	114,28	125,98	138,68
48	73,66	82,26	89,66	89,66	108,46	48	94,68	110,78	115,48	126,98	139,38
50	74,06	82,86	90,06	90,06	108,46	50	95,88	112,18	116,68	127,98	140,08
52	74,56	83,26	90,46	90,46	108,46	52	96,98	113,48	117,78	128,78	140,68
54	74,96	83,76	90,76	90,76	108,46	54	98,08	114,78	118,88	129,68	141,18
56	75,36	84,16	91,06	91,06	108,36	56	99,18	115,98	119,88	130,48	141,78
58	75,76	84,56	91,36	91,36	108,36	58	100,18	117,08	120,88	131,18	142,18
60	76,16	84,96	91,66	91,66	108,26	60	101,08	117,98	121,88	131,88	142,58

Tab.34 – 4.měření

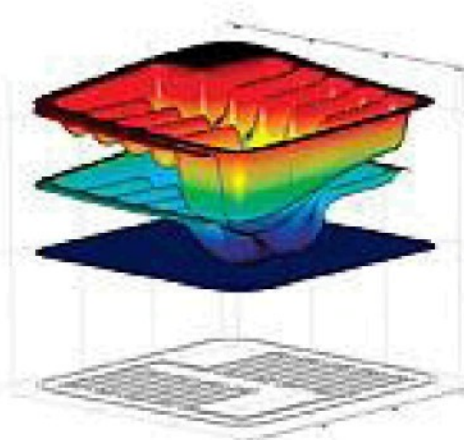
	T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno		T1 naměřeno	T2 naměřeno	T3 naměřeno	T4 naměřeno	T5 naměřeno
0	27,15	26,85	26,85	26,25	25,85	0	29,88	30,58	31,88	32,08	31,28
2	27,15	26,85	26,95	26,95	26,65	2	30,08	31,78	32,38	32,88	34,28
4	27,25	31,75	40,95	40,95	60,05	4	38,68	51,58	54,98	64,88	85,98
6	34,75	45,35	52,65	52,65	76,65	6	52,68	64,18	66,58	77,18	101,08
8	44,75	53,15	58,25	58,25	83,85	8	60,68	70,48	73,48	85,98	109,58
10	51,15	57,65	62,25	62,25	88,35	10	65,28	74,48	78,78	92,68	115,38
12	55,35	60,85	65,45	65,45	91,55	12	68,18	77,48	82,98	97,78	119,28
14	58,15	63,15	68,05	68,05	93,75	14	69,98	79,98	86,38	101,68	122,08
16	59,95	64,95	70,35	70,35	95,45	16	71,38	82,18	89,28	104,68	124,18
18	61,25	66,45	72,25	72,25	96,75	18	72,58	84,18	91,68	107,08	125,68
20	62,15	67,65	73,85	73,85	97,75	20	73,78	86,08	93,68	108,98	126,88
22	62,85	68,65	75,25	75,25	98,55	22	74,88	87,88	95,58	110,48	127,78
24	63,35	69,65	76,45	76,45	99,25	24	76,08	89,58	97,08	111,78	128,38
26	63,95	70,45	77,45	77,45	99,95	26	77,28	91,28	98,48	112,88	128,88
28	64,35	71,25	78,55	78,55	100,55	28	78,48	92,78	99,78	113,88	129,38
30	64,85	72,05	79,35	79,35	101,15	30	79,68	94,28	101,08	114,78	129,68
32	65,25	72,85	80,15	80,15	101,55	32	80,88	95,78	102,18	115,58	129,98
34	65,75	73,55	80,95	80,95	102,15	34	82,18	97,08	103,28	116,28	130,38
36	66,25	74,15	81,75	81,75	102,75	36	83,48	98,58	104,48	117,18	130,98
38	66,75	74,95	82,45	82,45	103,15	38	84,68	99,98	105,68	118,18	131,78
40	67,25	75,55	83,05	83,05	103,55	40	85,98	101,38	106,88	119,18	132,48
42	67,65	76,15	83,65	83,65	103,75	42	87,28	102,88	108,08	120,18	133,28
44	68,15	76,75	84,25	84,25	103,95	44	88,48	104,28	109,28	121,28	134,18
46	68,65	77,25	84,75	84,75	103,95	46	89,78	105,78	110,58	122,28	134,98
48	69,15	77,75	85,15	85,15	103,95	48	90,98	107,08	111,78	123,28	135,68
50	69,55	78,35	85,55	85,55	103,95	50	92,18	108,48	112,98	124,28	136,38
52	70,05	78,75	85,95	85,95	103,95	52	93,28	109,78	114,08	125,08	136,98
54	70,45	79,25	86,25	86,25	103,95	54	94,38	111,08	115,18	125,98	137,48
56	70,85	79,65	86,55	86,55	103,85	56	95,48	112,28	116,18	126,78	138,08
58	71,25	80,05	86,85	86,85	103,85	58	96,48	113,38	117,18	127,48	138,48
60	71,65	80,45	87,15	87,15	103,75	60	97,38	114,28	118,18	128,18	138,88

Tab.35 – 5.měření

PŘÍLOHA č.10: Příručka s obrázky**Comsol Multiphysics™ (Femlab)****Simulujeme v programu Comsol**

Aplikační možnosti Comsol jsou dosti široké. Systém dokáže modelovat prakticky všechny jevy popsateľné pomocí parciálních diferenciálních rovnic.

Systém Comsol je navržen tak, aby usnadnil modelování a simulování fyzikálních jevů. Zadání lze provést buď pomocí vlastní definice parciálních diferenciálních rovnic, nebo s pomocí specializovaných aplikačních modulů. Tyto moduly již obsahují předdefinované šablony a uživatelské rozhraní spolu s rovnicemi a proměnnými pro příslušnou oblast problémů. Oba typy aplikací lze navzájem slučovat do jednoho modelu a tím simulovat úlohy s více fyzikálními ději najednou.

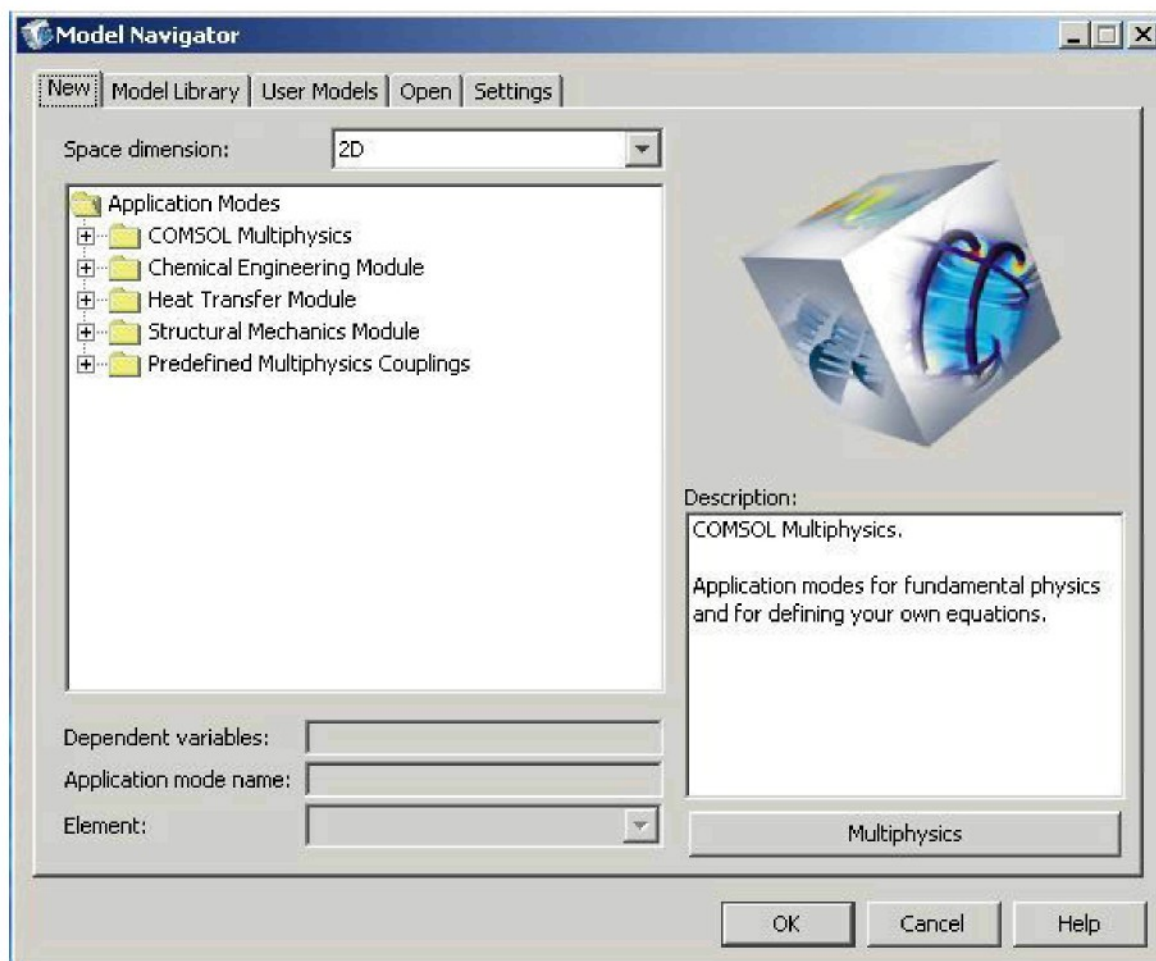


Jádro Comsolu obsahuje knihovnu parciálních diferenciálních rovnic, pro některé hotové aplikační režimy s připraveným grafickým rozhraním. Uživatel pak do připravených dialogů zadává potřebné okrajové podmínky a vlastnosti prostředí týkající se zvolené aplikace. Specializované moduly tedy rozšiřují knihovnu parciálních diferenciálních rovnic Comsolu o další.

Řešení úloh ve Comsolu lze rozdělit do několika kroků:

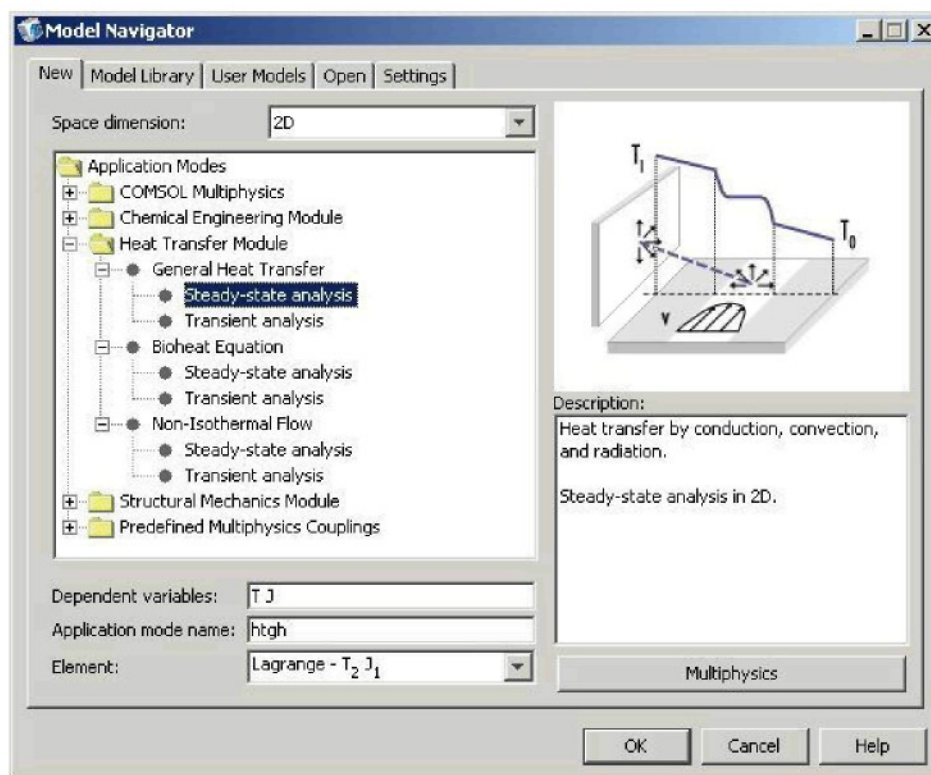
- Volba dimenze a typu problému
- Vytvoření geometrického modelu problému
- Zadání okrajových podmínek
- Zadání vlastností v jednotlivých oblastech
- Vytvoření sítě
- Řešení úlohy
- Zpracování a rozbor výsledků

Vzhled Comsolu

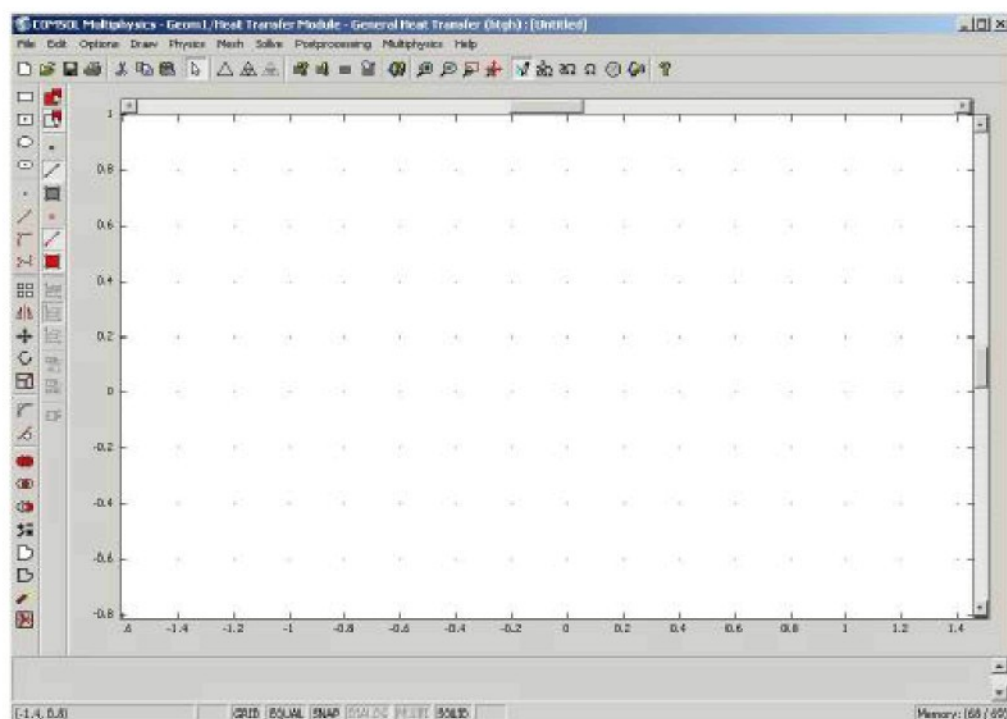


Po spuštění Comsolu se nejprve ukáže Model Navigator, kde si zvolíme základní parametry řešené úlohy. Vybereme si, jestli chceme úlohu řešit ve rozměrech 1D, 2D nebo 3D. Je možné použít čtyř záložek. V první záložce máme možnost vytvořit si vlastní úlohu. Ve druhé záložce je na výběr z úloh již vytvořených, které jsou součástí programu a mohou sloužit k demonstraci možností programu. Ve třetí záložce jsou modely definované uživatelem. V poslední záložce jsou jen některá nastavení programu, jako např cesta ke knihovnám. Pomocí tlačítka Multiphysics je možné sloučit více fyzikálních vlivů najednou do jedné úlohy.

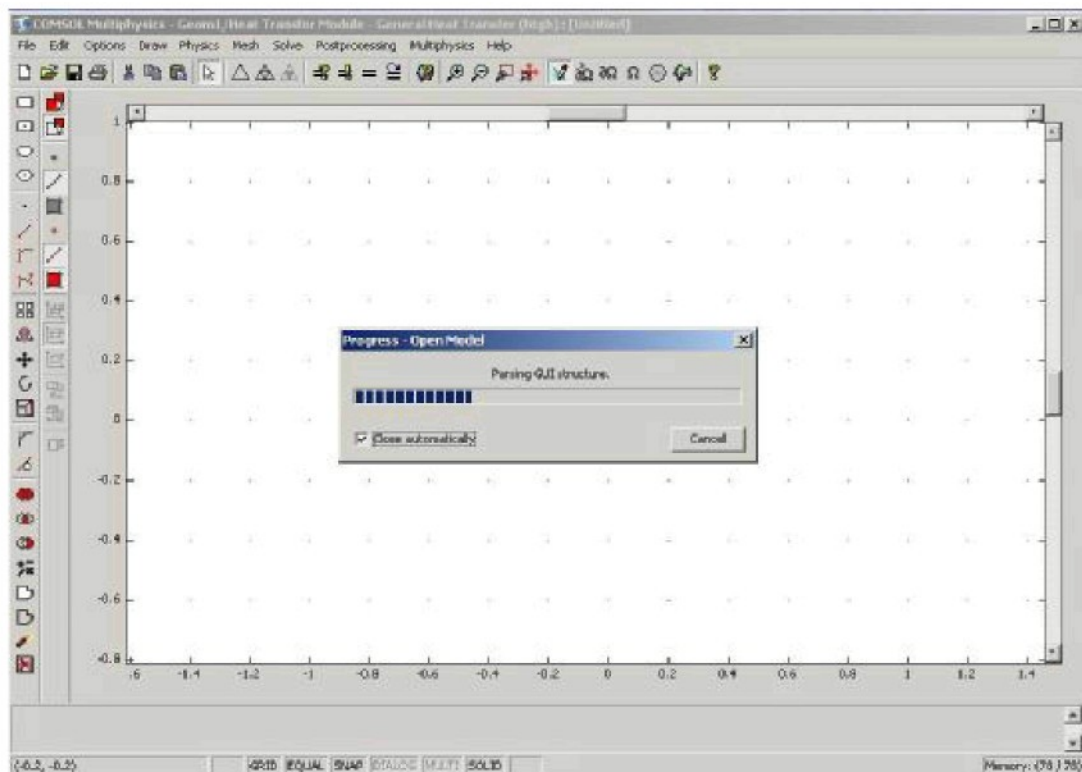
Pro přestup tepla je určena složka „Heat Transfer Module”, kde se nachází další členící kategorie (viz.obr).

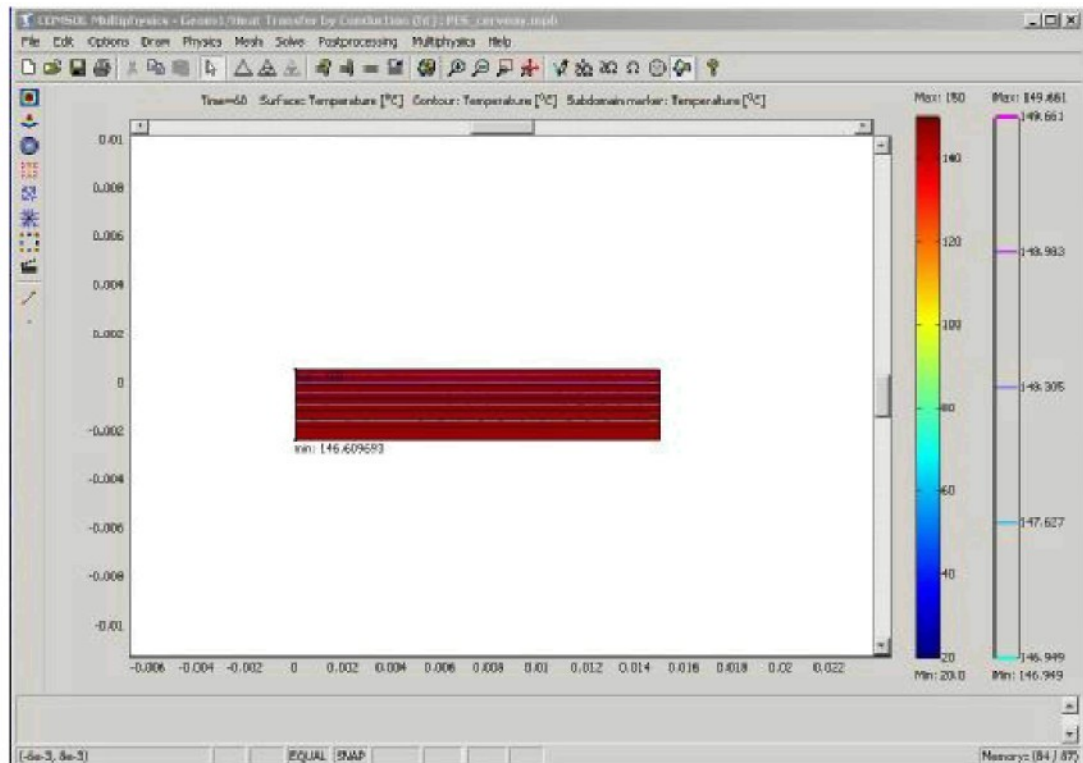


Pro úplné doplnění každá úloha po vybrání zobrazuje na obrázku princip modelu a stručný popis. Zbylými parametry se nemusíme zabývat, dají se později nastavit i v samotném modelu. Po zvolení úlohy se dostaneme do grafického prostředí programu:

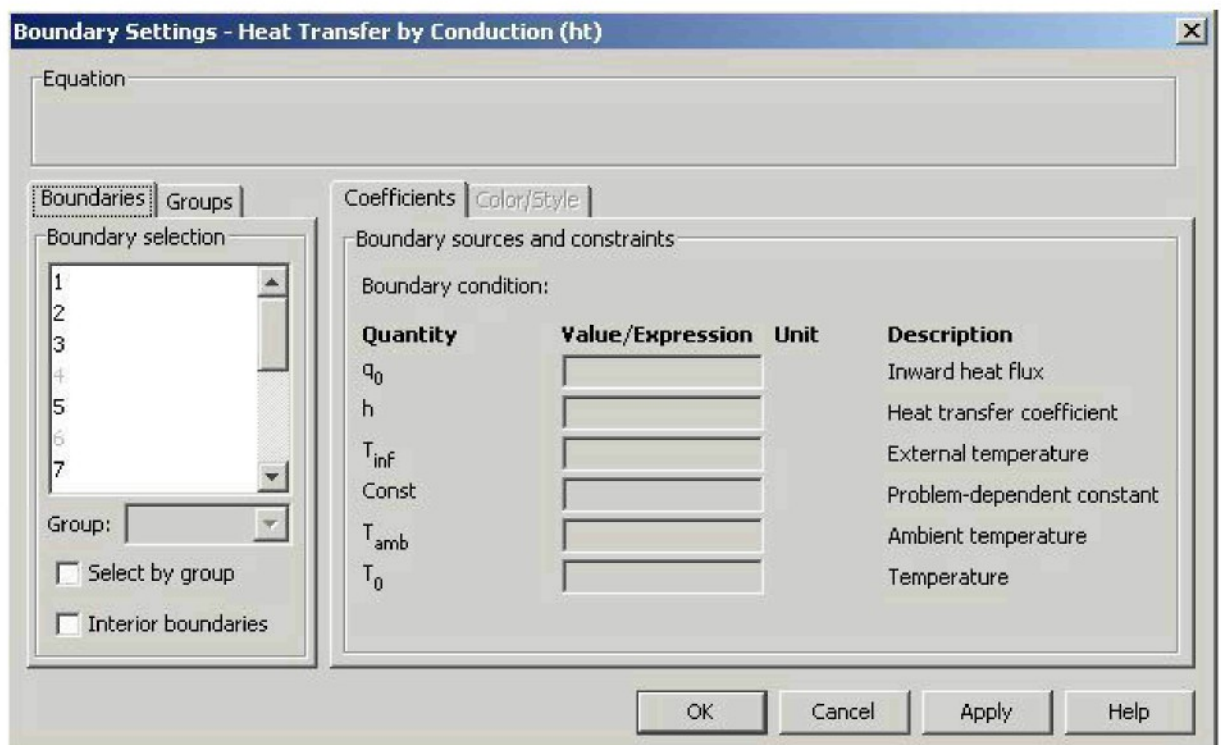


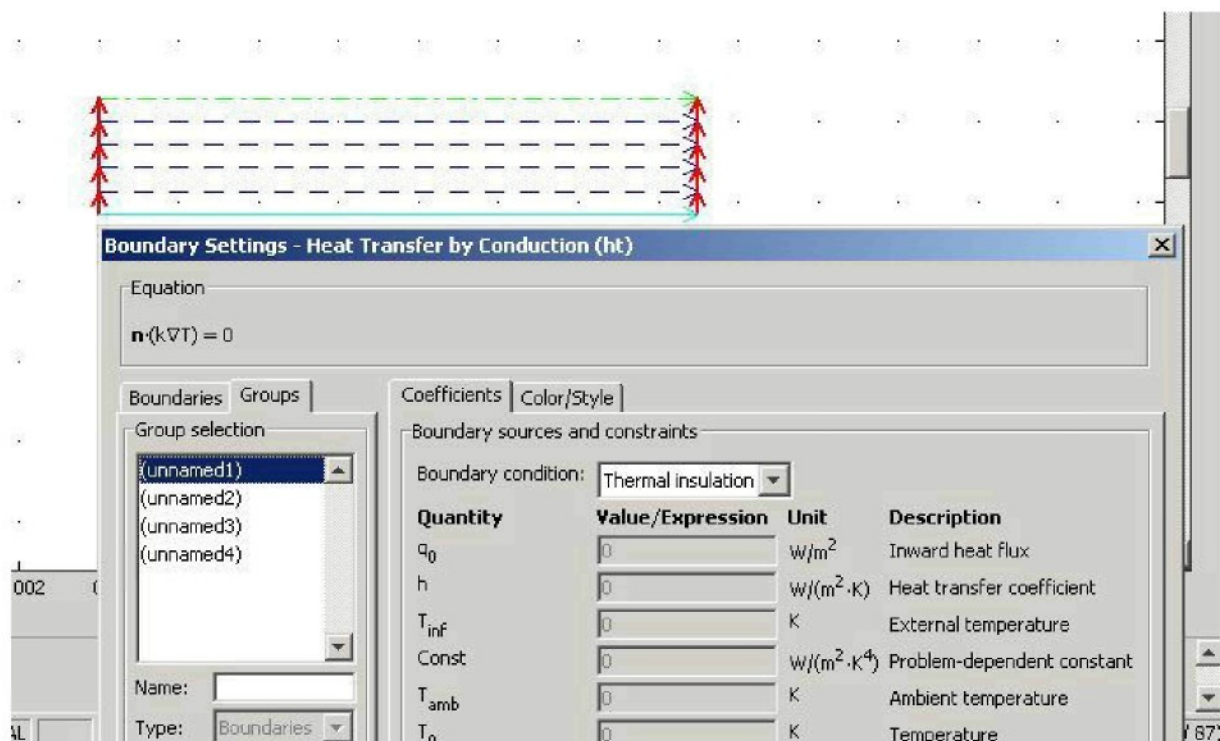
Nejprve je nutné vytvořit geometrický model zadaného problému. K dispozici jsou funkce na vytváření základních geometrických útvarů (čtverce, kruhy, elipsy, kvádry, koule, ...). Na vybrané objekty lze použít logické operace sjednocení, průnik, rozdíl. Objekty lze jednotlivě otáčet, přesouvat, měnit. Dále je tu volba která umožňuje vytvořit jediný objekt, nebo naopak jeden objekt rozdělit na více objektů. Pomocí tlačítka Delete Interior Boundaries lze vymazat vnitřní hranice objektu.





Jako další krok se nastavují okrajové podmínky. Jedná se o přiřazení určitých hodnot nebo funkčních závislostí nakreslenému modelu. Účelem je zajištění fyzikální jednoznačnosti řešení příslušné rovnice pole.





Rozlišujeme několik způsobů, jak zadávat okrajové podmínky:

- Okrajová podmínka 1. druhu – Dirichletova
- Okrajová podmínka 2. druhu – Neumannova

V prvním případě známe hodnotu potenciálu na hranici oblasti, ve které úlohu řešíme. V druhém případě známe derivaci potenciálu ve směru vnější normály k hranici.

Je možnost použít i smíšenou okrajovou podmínku. V tomto případě je pak na části hranice oblasti dána Dirichletova a na zbytku Neumannova okrajová podmínka.

Okno pro nastavování okrajových podmínek se ve Femlabu nazývá Boundary Settings. V horní části okna je zobrazena rovnice, která odpovídá dané okrajové podmínce. V levé části okna jsou čísla, která jsou přiřazena jednotlivým hranám geometrie. V pravé části okna se pak nastavuje pro vybranou hranu konkrétní okrajová podmínka.

Dále nastavíme vlastnosti jednotlivých oblastí (subdomén). Nastavujeme např. z jakého materiálu jsou zhotovené. Můžeme řešit model, který je složený z více druhů materiálů. Vlastnosti je možné opět zadávat ručně, nebo využít databázi Femlabu, kde jsou tyto vlastnosti již přednastaveny.

Subdomain Settings - Heat Transfer by Conduction (ht)

Equation

$$\delta_{ts} \rho C_p \partial T / \partial t - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q + h_{trans} (T_{ext} - T) + C_{trans} (T_{ambtrans}^4 - T^4), T = \text{temperature}$$

Subdomains | Groups

Subdomain selection

2
3
4
5

Group:

☐ Select by group
☒ Active in this domain

Physics | Init | Element | Color

Thermal properties and heat sources/sinks

Library material: Load...

Quantity	Value/Expression	Unit	Description
δ_{ts}	0.5		Time-scaling coefficient
☒ k (isotropic)	0.2	W/(m·K)	Thermal conductivity
☐ k (anisotropic)	400 0 0 400	W/(m·K)	Thermal conductivity
ρ	1370	kg/m ³	Density
C_p	1340	J/(kg·K)	Heat capacity
Q	0	W/m ³	Heat source
h_{trans}	0	W/(m ² ·K)	Convective heat transfer coefficient
T_{ext}	0	K	External temperature
C_{trans}	0	W/(m ³ ·K ⁴)	User-defined constant
$T_{ambtrans}$	0	K	Ambient temperature

OK Cancel Apply Help

Subdomain Settings - Heat Transfer by Conduction (ht)

Equation

$$\delta_{ts} \rho C_p \partial T / \partial t - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q + h_{trans} (T_{ext} - T) + C_{trans} (T_{ambtrans}^4 - T^4), T = \text{temperature}$$

Subdomains | Groups

Subdomain selection

1
2
3
4
5

Group:

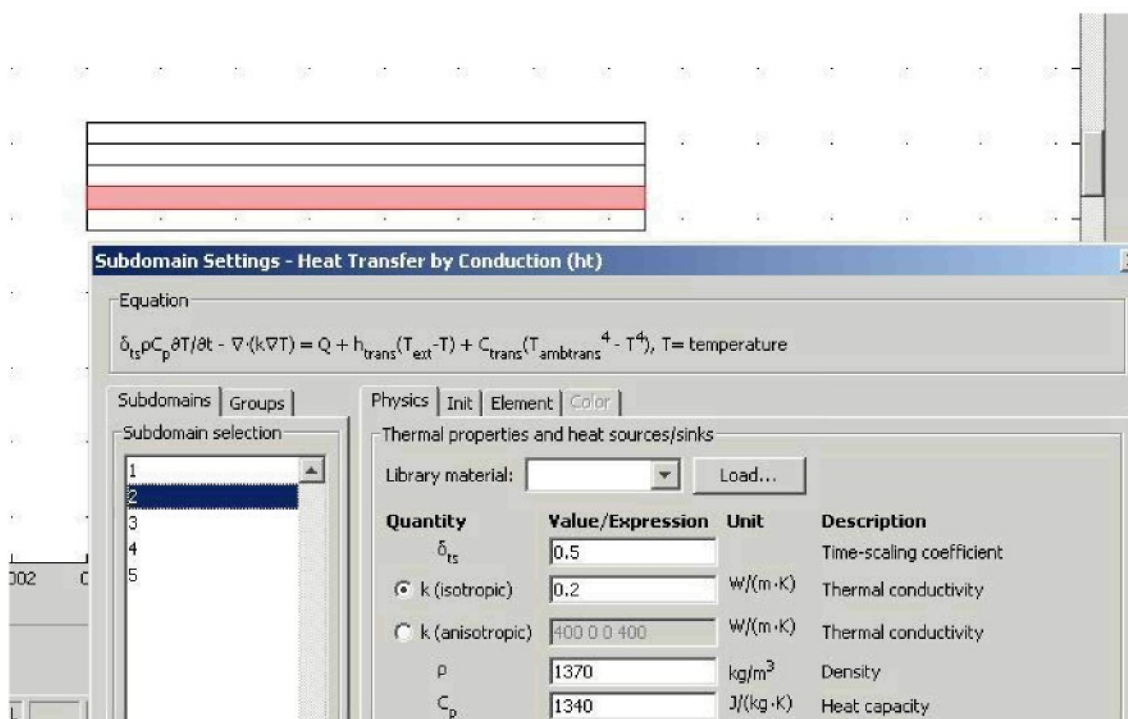
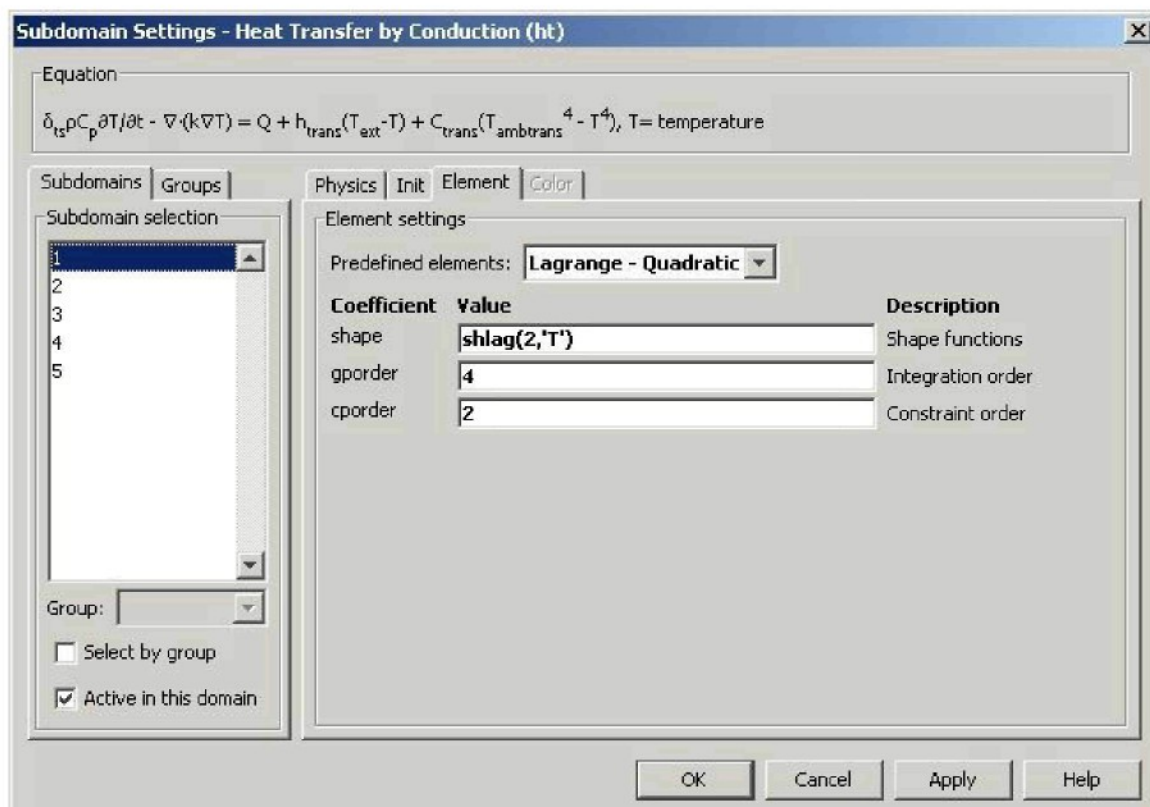
☐ Select by group
☒ Active in this domain

Physics | Init | Element | Color

Initial value

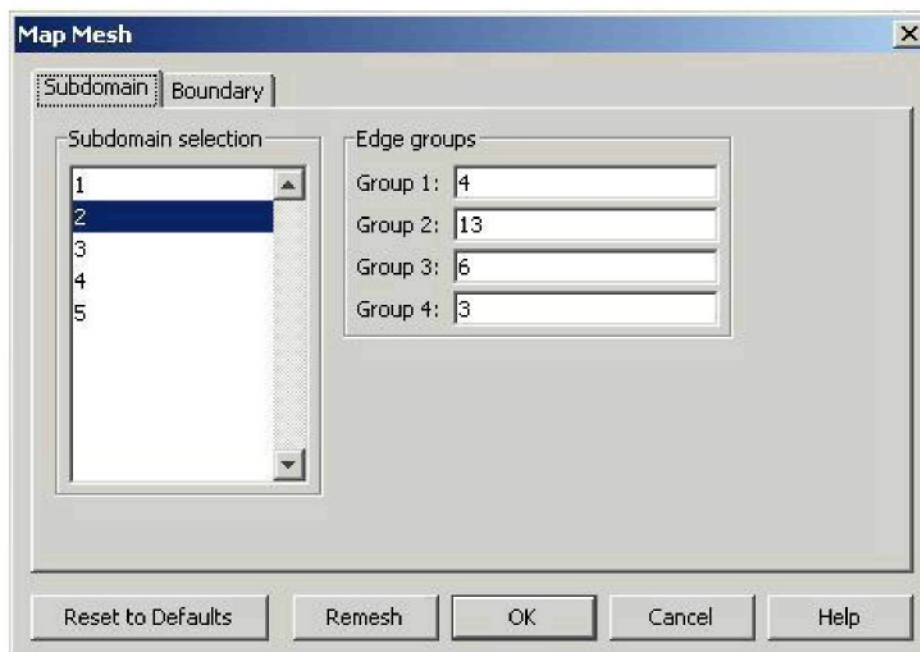
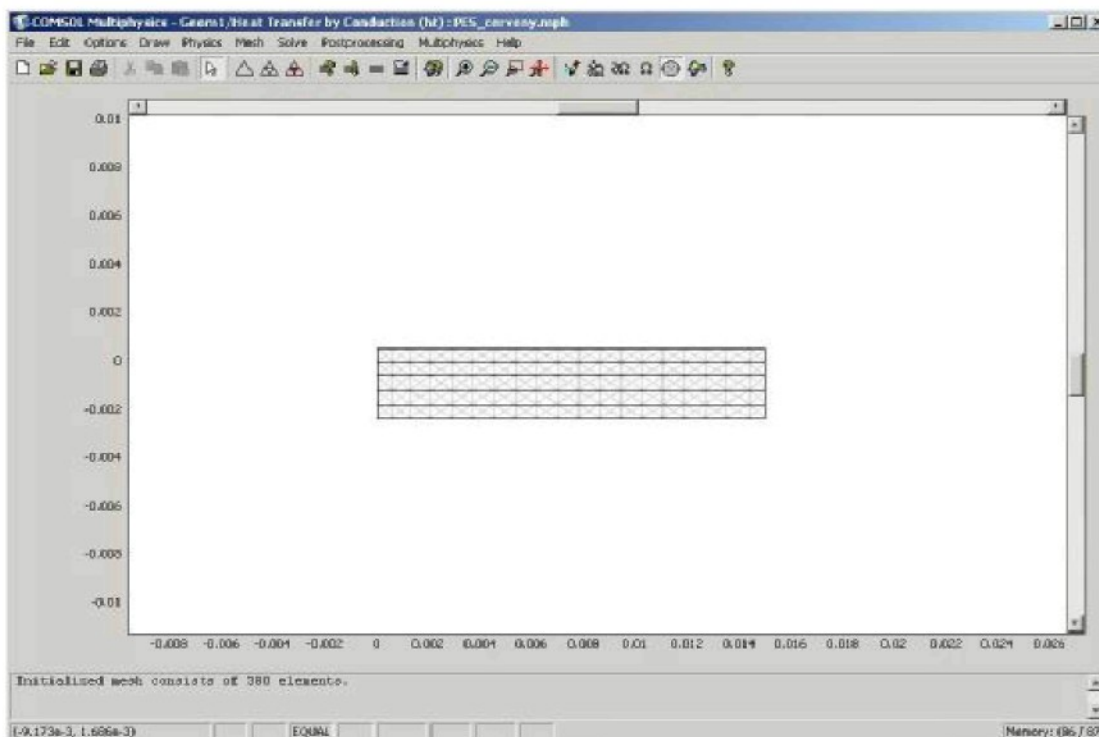
Variable	Initial value	Unit	Description
$T(t_0)$	293.15	K	Temperature

OK Cancel Apply Help

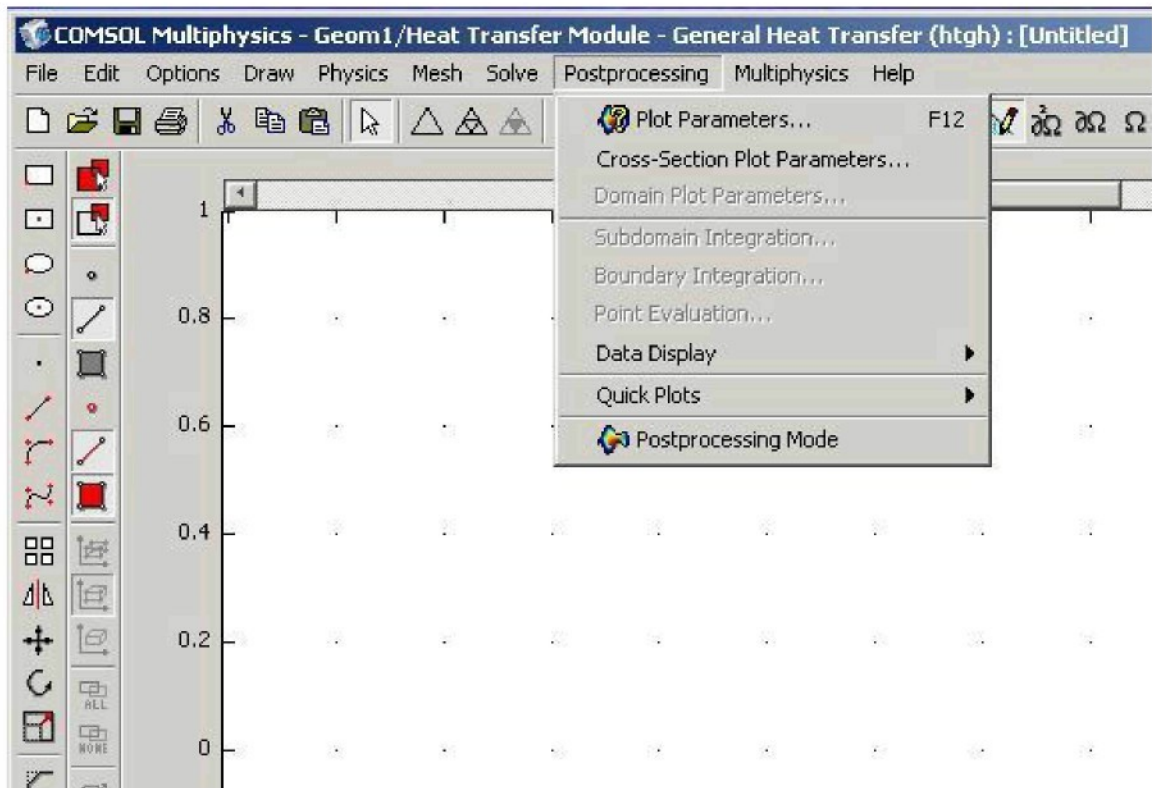


Okno vypadá podobně jako v předchozím případě. V horní části je rovnice odpovídající zvolenému aplikačnímu režimu. V levé části jsou čísla oblastí a v pravé zadáme jejich vlastnosti. Při kliknutí na tlačítko Load (první obrázek) se nám otevře databáze Comsol (Femlabu). Můžeme si vybrat třeba materiál oblasti (měď, hliník, sklo, ...), který je přímo definován v knihovně Comsol (Femlab), nebo si jej nadefinovat ručně vyplněním příslušných polí.

Pokud máme již vše nastavené je potřeba vygenerovat diskretizační síť. Pro přesnější výpočty se možné síť ještě více zjemňovat.



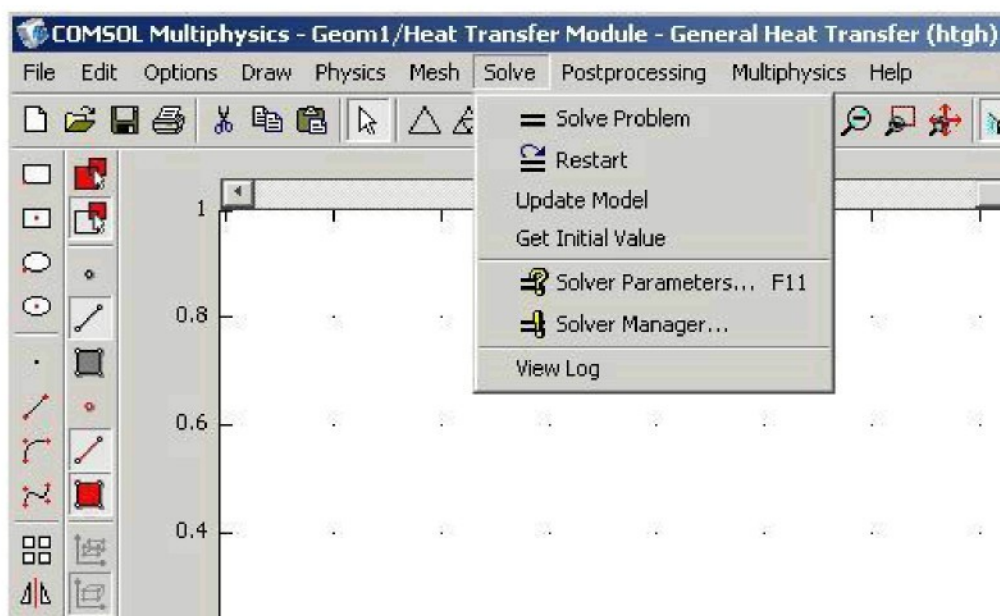
Zpracování a rozbor výsledků se nachází v menu Postprocessing. Zde se nastavují vlastnosti grafického zobrazení výsledků. Můžeme si vybrat z několika možností, jak pole zobrazit.



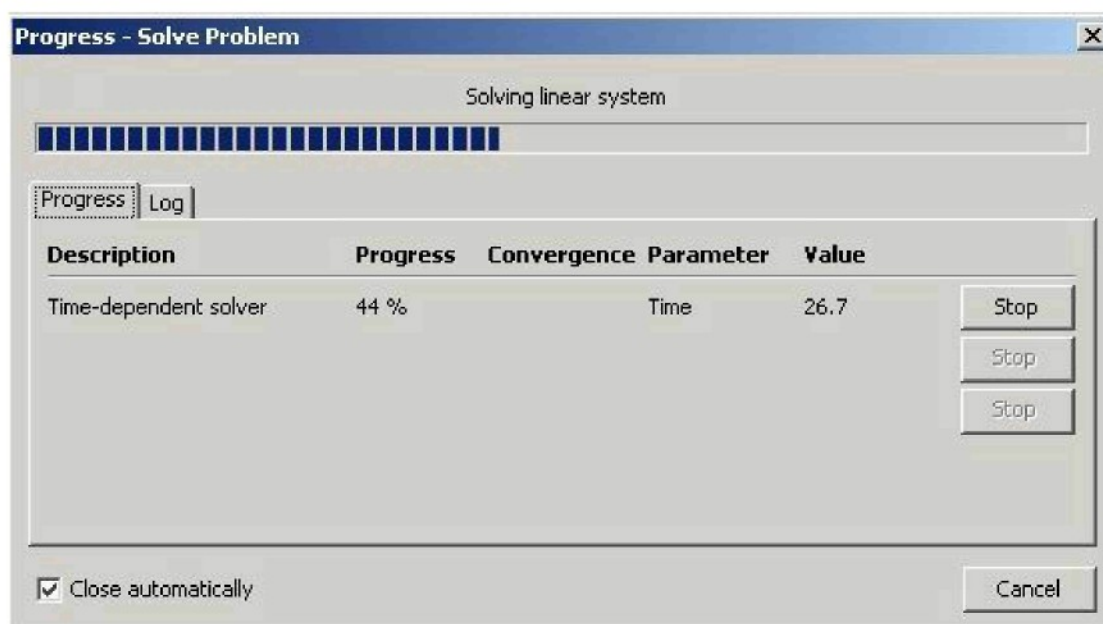
Například:

- Surface plot – zobrazuje pole jako plochu jejíž barevný odstín se mění s velikostí zobrazované veličiny
- Contour plot – zobrazuje pole pomocí čar spojujících body v definiční oblasti se stejnou hodnotou zobrazované veličiny
- Boundary plot – zobrazuje hodnotu požadované veličiny na hranách geometrie problému
- Arrow plot – zobrazuje průběh zvolené veličiny pomocí šipek, proto je vhodný pro zobrazení vektorových veličin

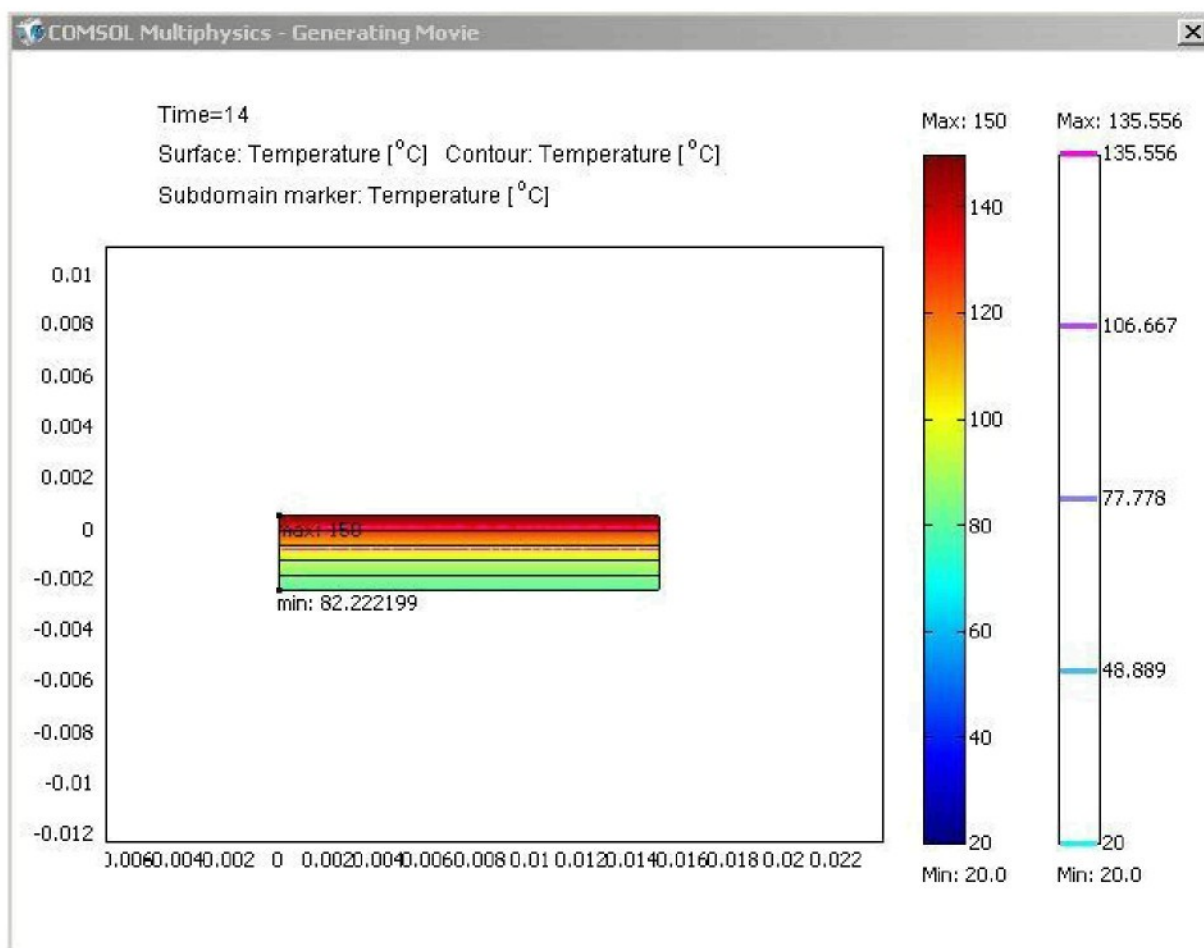
Po nastavení všech požadovaných parametrů, dáme v menu Solve a vybereme položku Solve problem – Vyřešení, spočítání zadání



Program daný model vyřeší, dle zadané metody a zobrazí výsledek

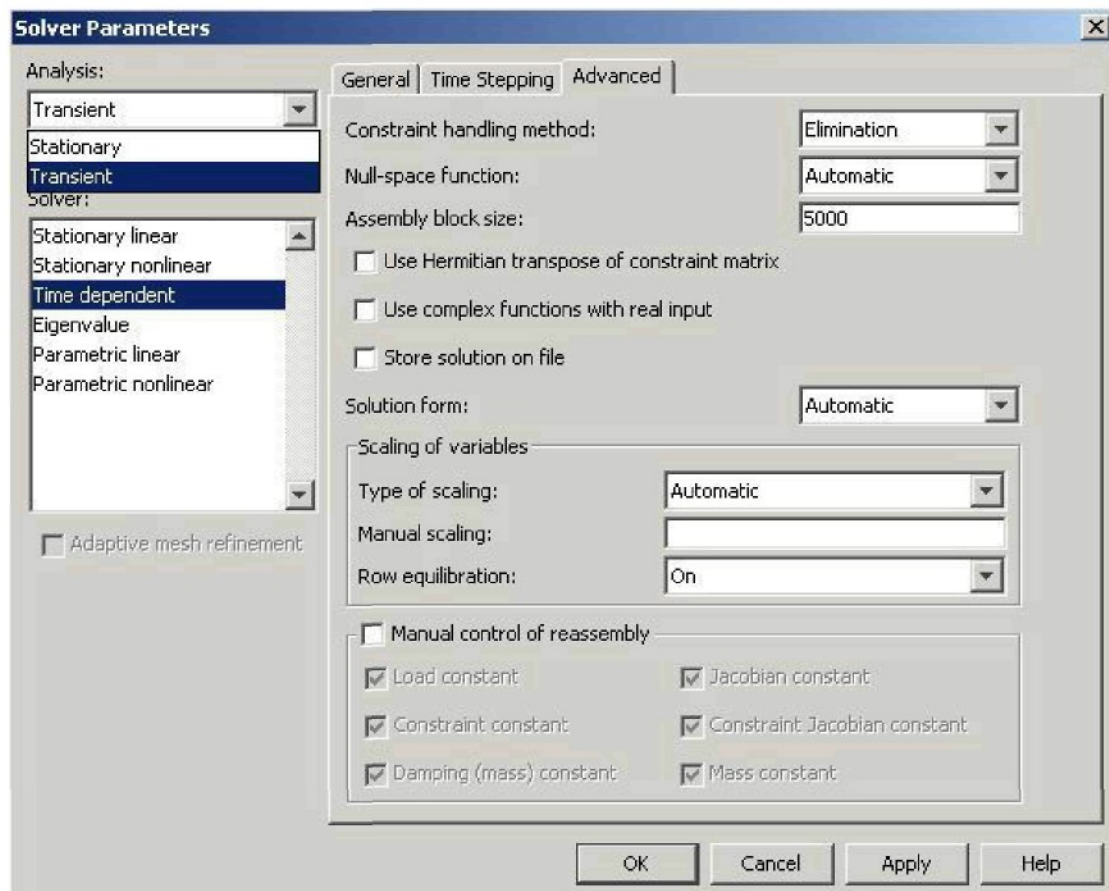
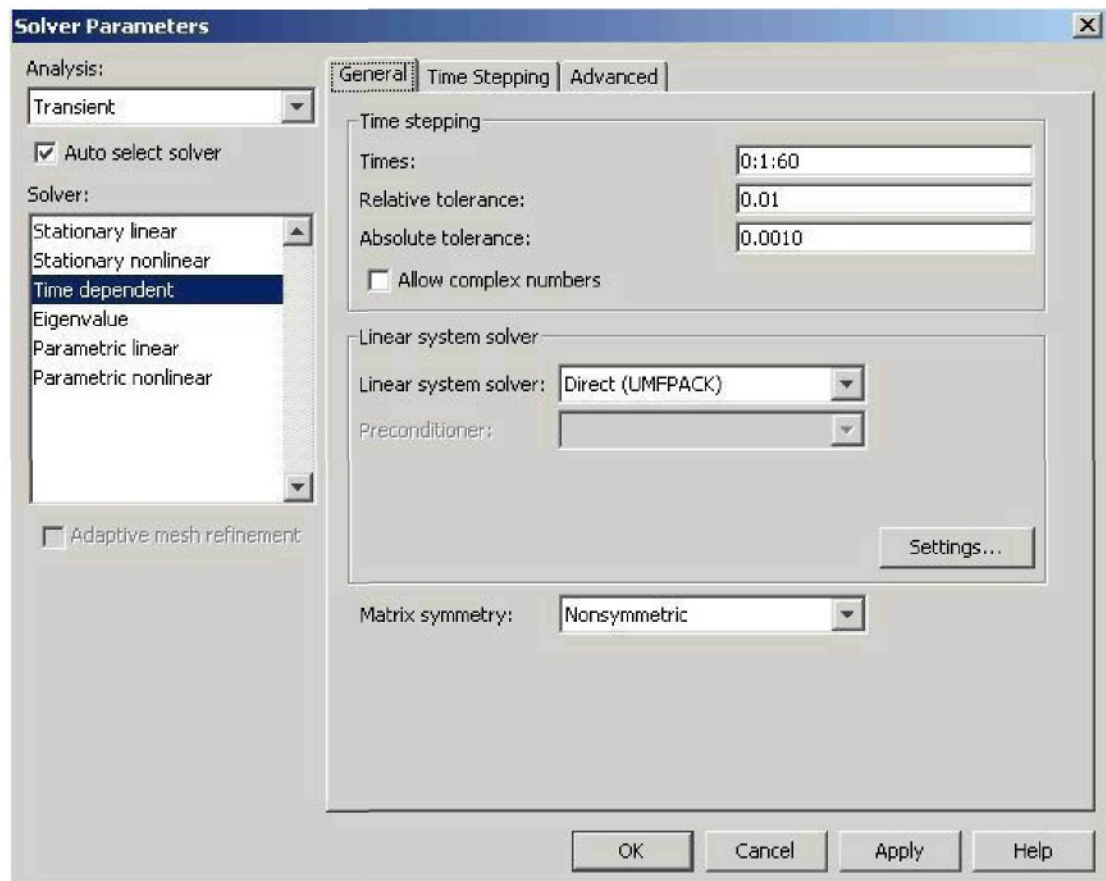


Z výsledným obrazem se dá dále zpracovat, při základním zobrazení vidíme po výpočtu poslední snímek ve 2D. Můžeme jej převést pomocí lišty v levé části do 3D, nebo spustit celý průběh ve video sekvenci. (viz.obr.1)

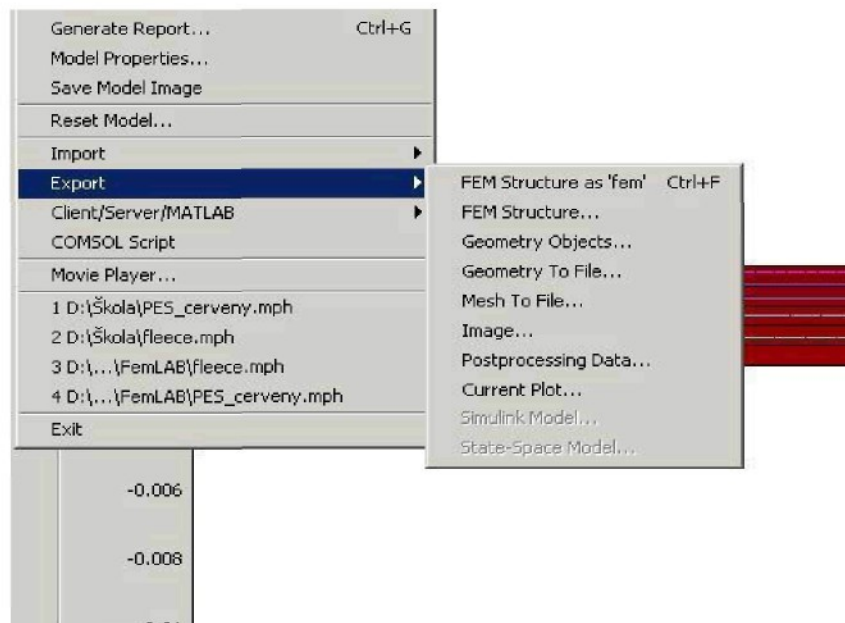


(obr.1)

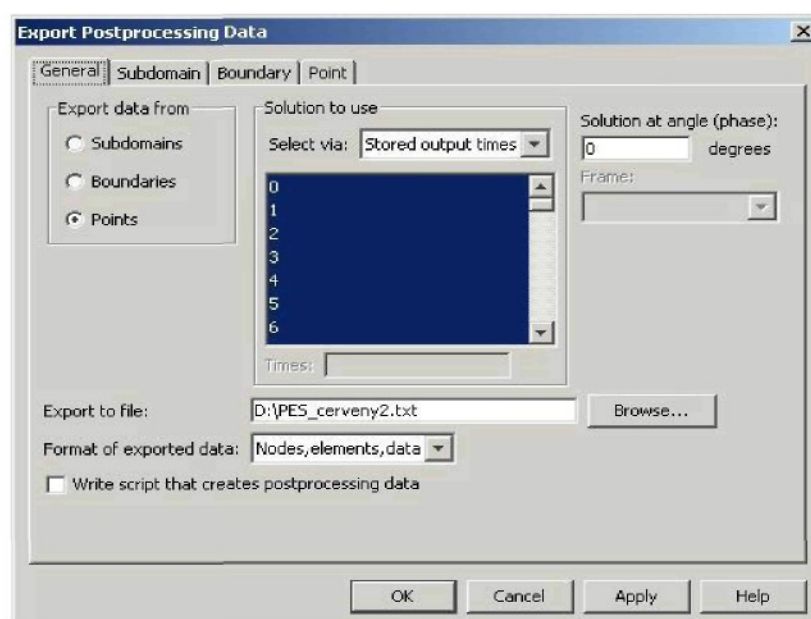
Video sekvence, která je lidskému chápání nejbližší je řízena svým nastavením, hlavně tedy časovým mezikrokem a celkovým časem, který se dá nastavit v menu Solve pod položkou Solver Parametrs



Pro další srovnání a numerické zpracování, je potřeba z grafického rozhraní vytáhnout data. Samotný program, jelikož je grafickou nástavbou Matlabu, neumožňuje zobrazení numerických dat. Pro zobrazení těchto informací je potřeba provést export modelu. Na výběr je hned několik možností a výsledných formátů. Samozřejmě nechybí ani konverze do Matlabu. Pro srovnání s reálnými, naměřenými daty (exportovanými do excelu a tam i zpracována) je nejvhodnější položka Postprocessing Data...



V záložkách je opět v na výběr možnost exportu, pro dané srovnání stačí export informací jednotlivých bodů na hranicích. Zvolíme nastavení, které je vidět na obrázku. Do řádku Export to file nastavíme cestu a název výsledného souboru, přes tlačítko Browse..., můžeme přímo zadat cestu. Výsledný soubor má formát hodně podobný formátu CSV. S kterým excel vcelku dobře pracuje a není tedy problém výsledná data importovat do excelu a tam dále zpracovat



PŘÍLOHA č.11: Rozbor diferenc.rovnice pro přestup tepla

Hlavní matematická diferenciální rovnice pro simulační model přestupu tepla:

$$\delta_{ts} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q + h_{trans} (T_{ext} - T) + c_{trans} (T_{ambtrans}^4 - T^4), T = \text{temperature}$$

Matematický model simulace pro přestup tepla vedením je následující:

$$\delta_{ts} \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (k \nabla T) = Q$$

kde:

δ_{ts}je časový režim součinitel

ρje hustota,

C_p je tepelná kapacita,

k je tepelná vodivost

Q je zdroj tepla.

Časové měřítko

δ_{ts} tento součinitel je pravidelně 1, ale měřítko může být změněno, Jako například u výrobků nejrůznějších jakostí můžeme nastavit 1/60.

Hustota

ρ zadání materiální hustoty (kg/m³ v jednotkách SI).

Tepelná kapacita

C_p popisuje množství tepelné energie požadované k tomu, aby došlo ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň.

Tepelná vodivost

k popisuje vztah mezi vektorovým tepelným tokem q a teplotním gradientem ∇T viz. rovnice.

$$q = -k \nabla T$$

Který je *Fourierovým zákonem vedení tepla*. Základní jednotkou je energie, která je vyjádřena jako W/m/K v SI jednotkách.

Tepelný zdroj

Q popisuje vytváření tepla v mezích navolených hranic. Rychlé ohřátí a chladnutí s kladnými a zápornými hodnotami. Zadaný zdroj tepla je vyjádřen jako jednotka energie lomeno jednotkou objemu (W/m³ v SI jednotkách).

Neprůhlednost

Tento parametr se týká pouze problému u simulace přestupu tepla pomocí záření. Další informace k tomuto parametru jsou v návodu Comsol.

Druhy okrajových podmínek – vedením (Boundary Condition)

Použitelné okrajové podmínky pro výpočet simulace vedení tepla přestupem jsou:

Okrajové podmínky	Popis
$-n \cdot (-k \nabla T) = q_0 + h(T_{\text{inf}} - T)$	Tepelný tok
$-n \cdot (-k \nabla T) = 0$	Izolace nebo symetrie
$T = T_0$	Předepsaná teplota
$r = 0$	Osová (podélná) symetrie

Okrajové podmínky využívané pro vnitřní hranice jsou:

Vnitřní okrajové podmínky	Popis
$-n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = q_0 + h(T_{\text{inf}} - T)$	Tepelný zdroj/odvod
$-n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = 0$	Spojitosť (kontinuita)
$T = T_0$	Předepsaná teplota

TEPELNÝ TOK

$$-n \cdot (-k \nabla T) = q_0 + h(T_{\text{inf}} - T)$$

Podmínky tepelného toku ovlivňují hlavní tepelný tok, stejně jako definovaný konvekční součinitel přenosu tepla.

Aplikační mód simulace interpretující tepelný tok q_0 je nastaven směrem dovnitř jako výchozí. Všechna nastavení simulace, jako převod a měřítko bodů se dá nastavit.

- q_0 představuje tepelný tok. Zadaný parametr q_0 je podíl jednotky energie a jednotky plochy (W/m² v jednotkách SI).
- $h((T_{\text{inf}} - T))$ modeluje konvekční přestup tepla s obklopujícím okolním prostředím, kde h je součinitel přenosu tepla, a T_{inf} je celková teplota za hranicemi modelu. Protihodnota h je závislá na změně a proudění okolí.

IZOLAČNÍ SCHOPNOST NEBO SYMETRIE

$$-n \cdot (-k \nabla T) = 0$$

Tato podmínka stanovuje, že absolutní oblast je izolována, nebo je uvedena v jiný stav v důsledku využití souměrnosti. Intuitivně tato rovnost říká, že gradient napříč oblastí se

musí rovnat bodu mrazu (0). Proto platí, že teplota jedné oblasti (strany) se musí rovnat teplotě na druhé straně (oblasti). Protože není žádný rozdíl teplot napříč oblastí.

OSOVÁ SOUMĚRNOST

Tato okrajová podmínka je k dispozici jen pro osově souměrné aplikační modely přestupu tepla. Použito to může být, jen na souměrné ose $r = 0$.

PŘEDEPSANÁ TEPLOTA

$$T = T_0$$

Tato oblast definuje teplotu T_0 . Tato podmínka definuje, že konečný prvek algoritmus se vrací odděleně, v pořadí v kterém výše uvedeným podmínkám je buď rovna (pravdivá) nebo se minimálně přiblíží.

TEPELNÝ ZDROJ/ODVOD (POUZE VNITŘNÍ HRANICE)

$$-n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = q_0 + h(T_{\text{inf}} - T)$$

Na vnitřních hranicích může být stanoven zdroj nebo odvod tepla. Tepelný zdroj odpovídá za definovaný převod konvekčního součinitele přenosu tepla. Rovnost pro tuto okrajovou podmínku je definována tak, že nalevo jsou dílčí parametry s indexy u a d , které značí horní oblast a stinnou (dolní) oblast v daném pořadí. Jinými slovy, rovnost stojí na rozdílu mezi kolmicí tepelného toku na vrchní straně a kolmicí tepelného toku na stinné (dolní) straně rovnající se zdroji tepla oblasti.

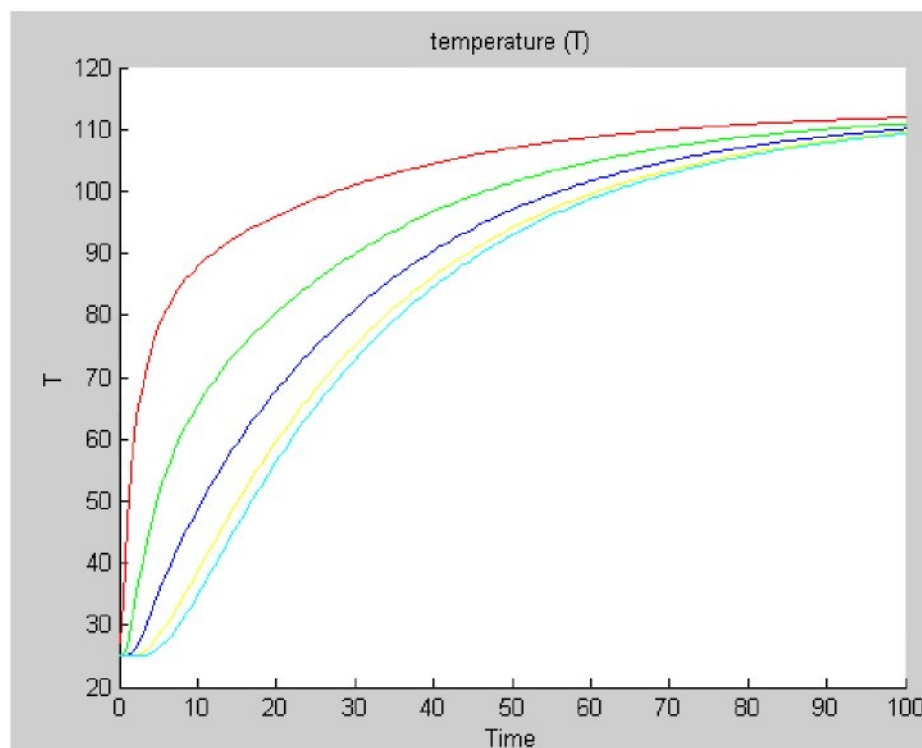
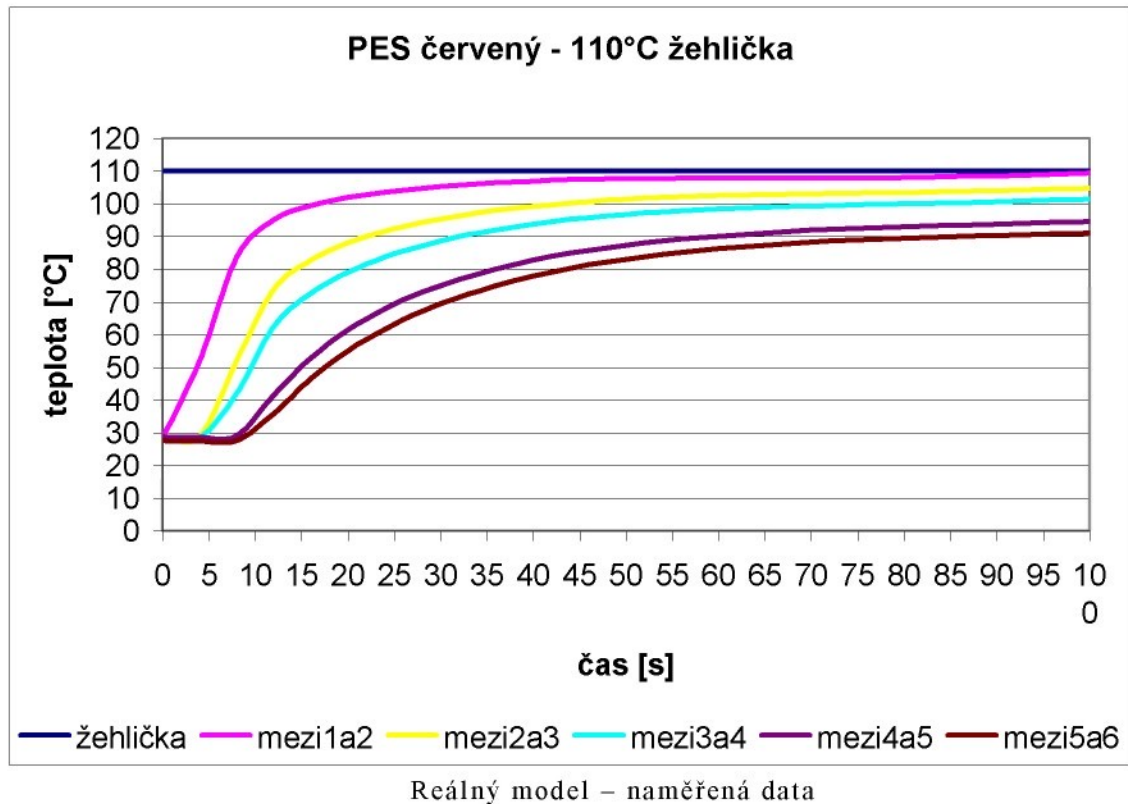
Spojitosť (Kontinuita) (Pouze VNITŘNÍ HRANICE)

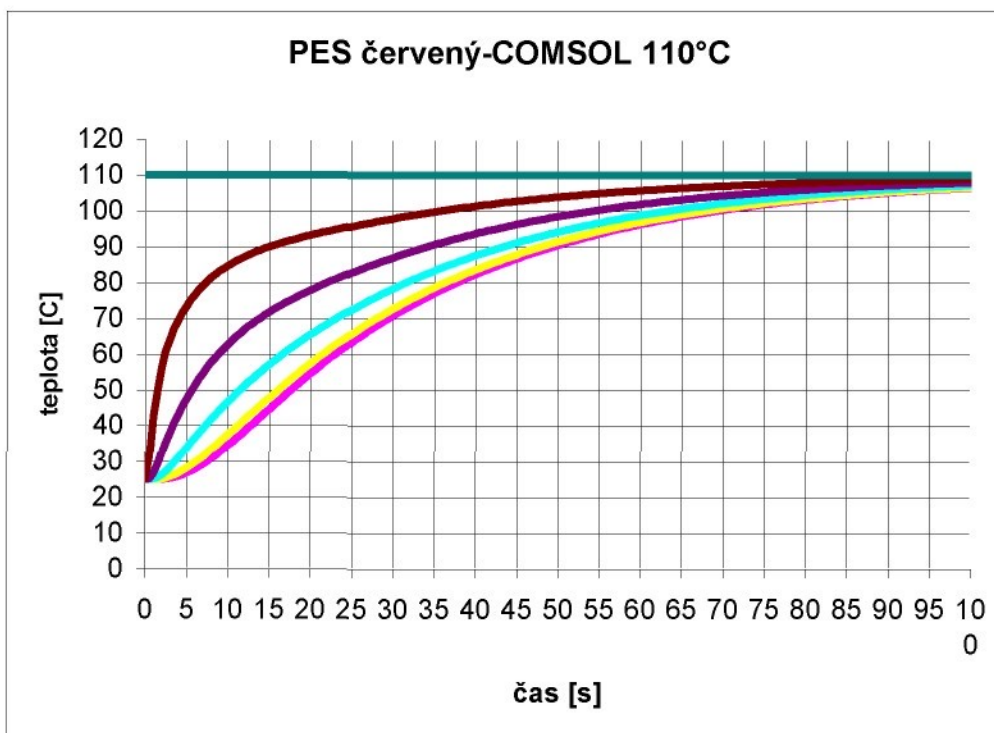
$$-n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = 0$$

Tepelná souvislost je výchozím dějištěm vnitřních hranic. Tato okrajová podmínka stanovuje tepelný tok na horní části oblasti rovno tepelnému toku na stinné (dolní) oblasti. Emitor, výraz nalevo z toho důvodu je bod mrazu (0). Okrajové podmínky jsou nastaveny na výchozí hodnoty a dají se nastavit v menu *Boundary Settings*.

PŘÍLOHA č.12: Ukázky průběžného vizuálního vyhodnocení některých materiálů

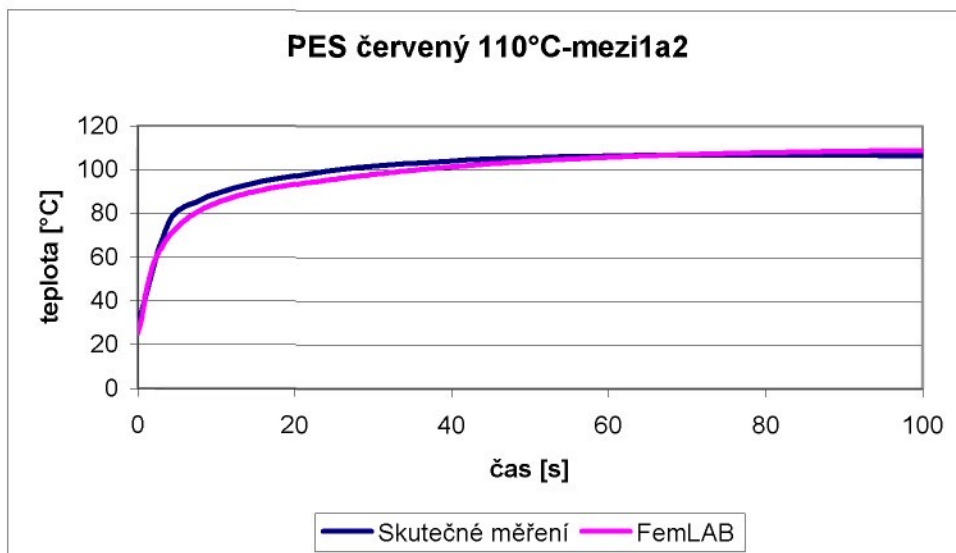
100% PES červený 110°C

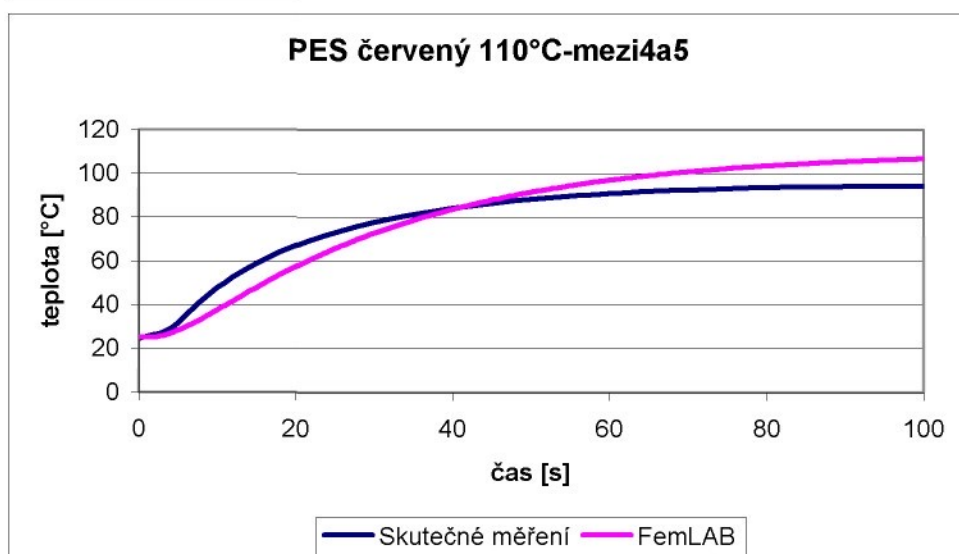
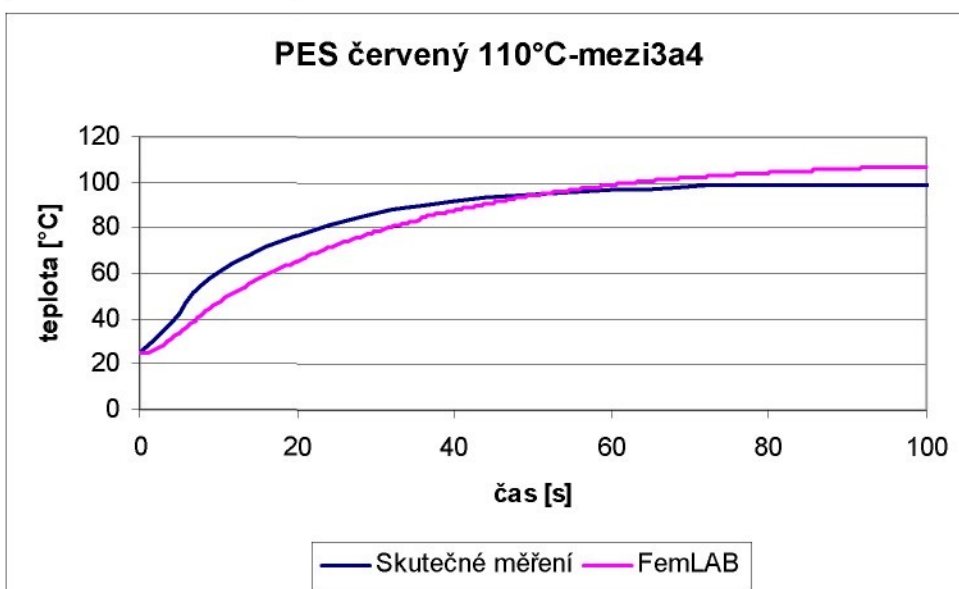
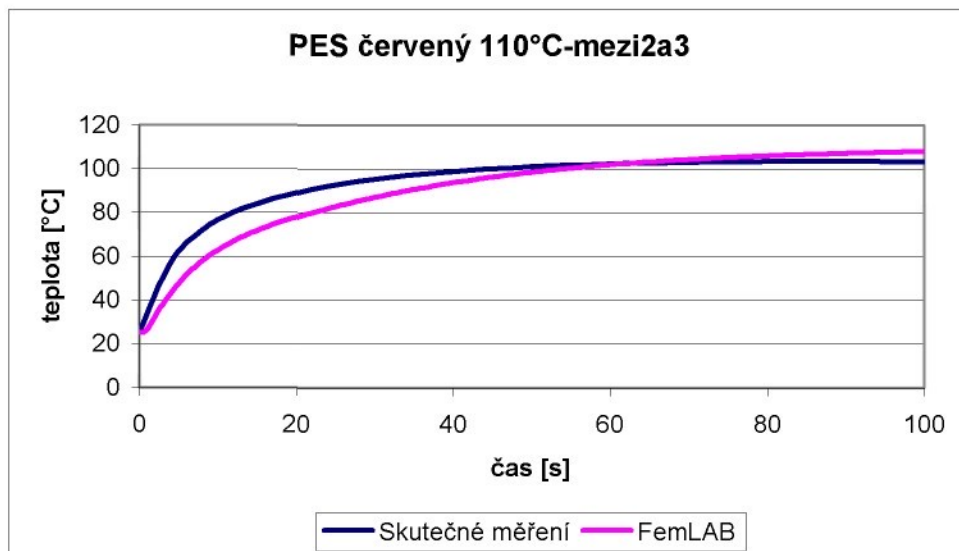


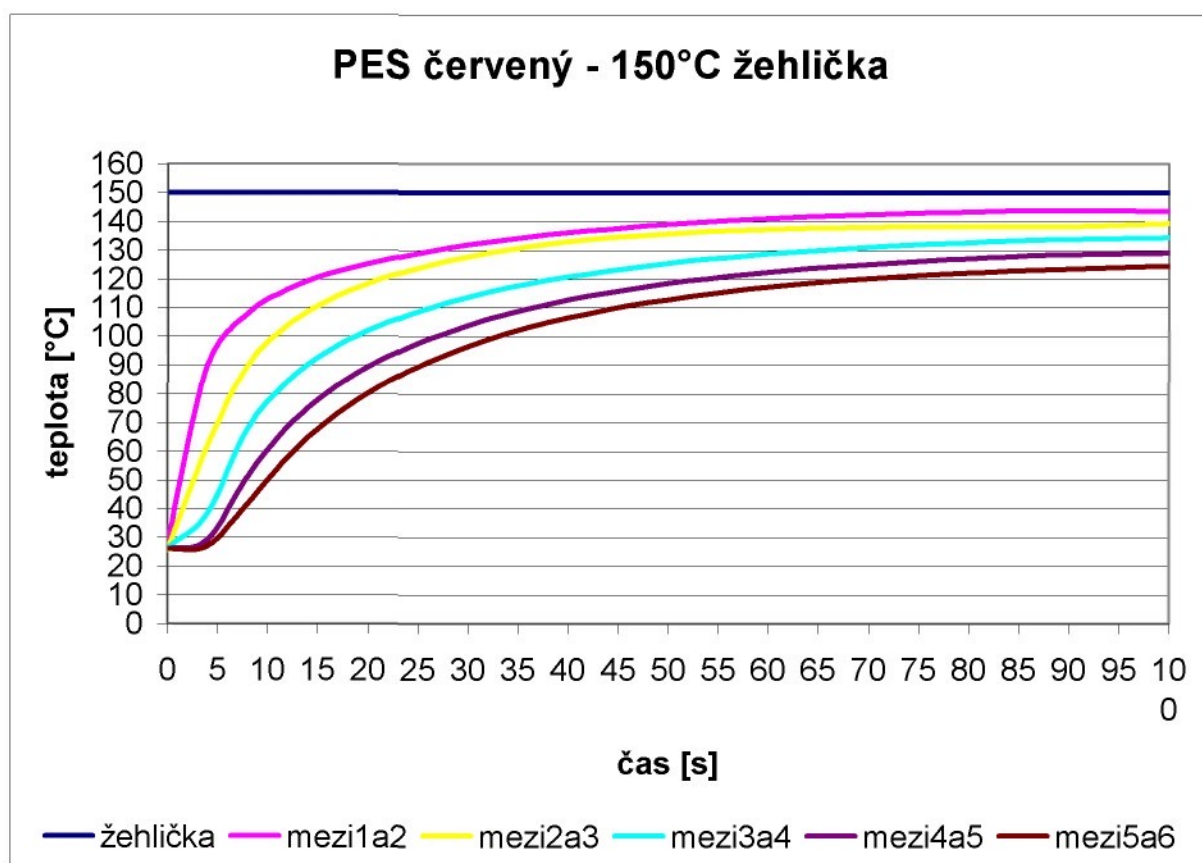


Simulační model – vyexportováno do Excelu

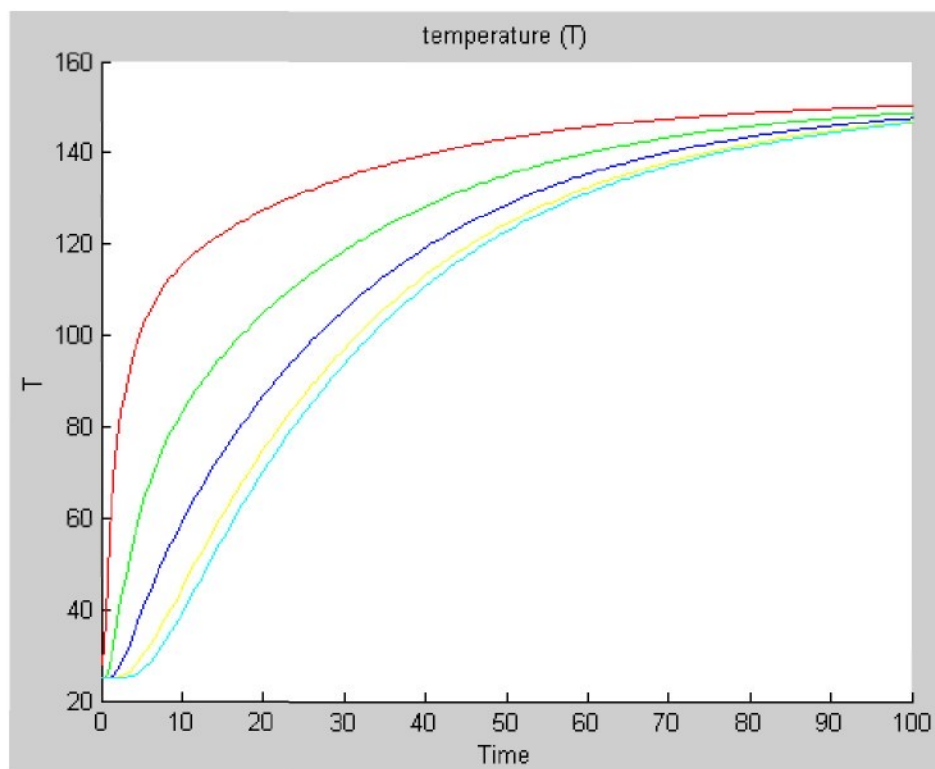
Jednotlivé křivky v porovnání model x reálná data



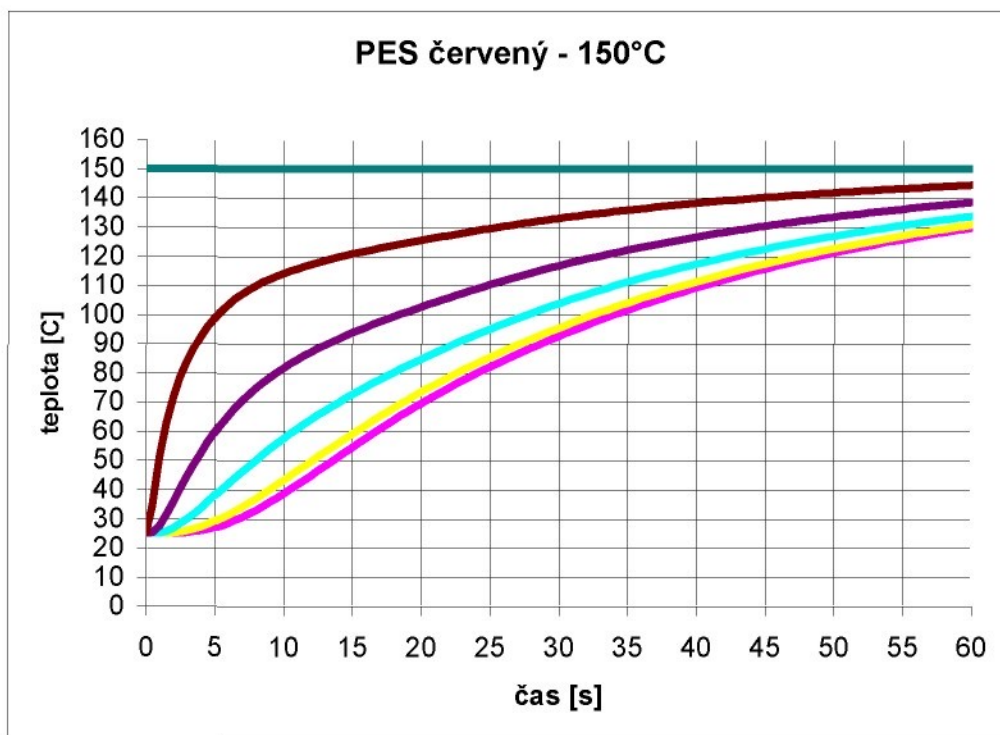


100% PES červený 150°C

Reálný model – naměřená data

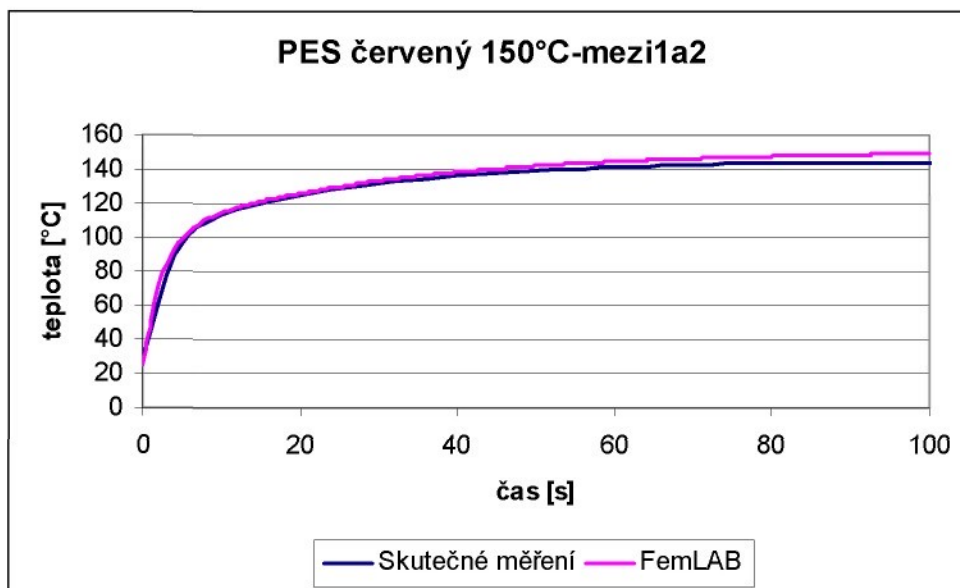


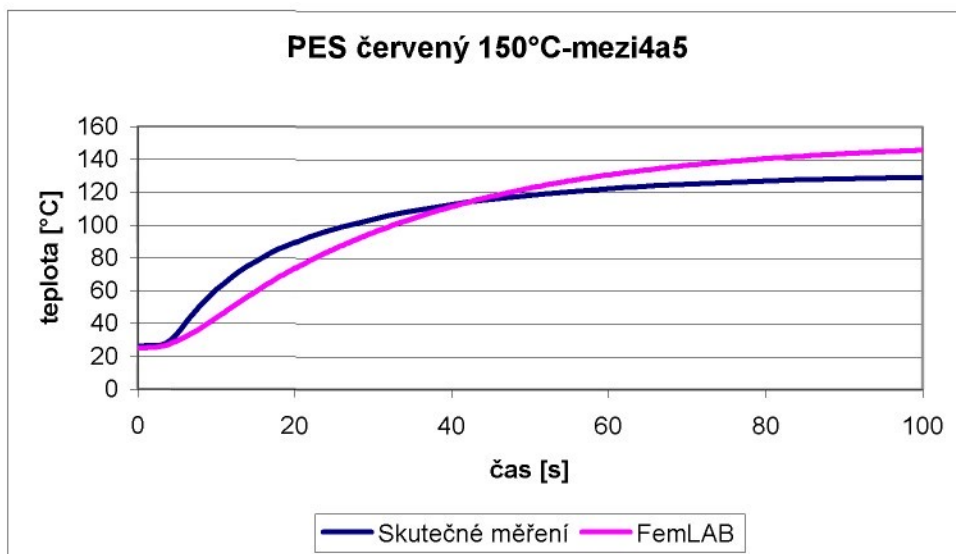
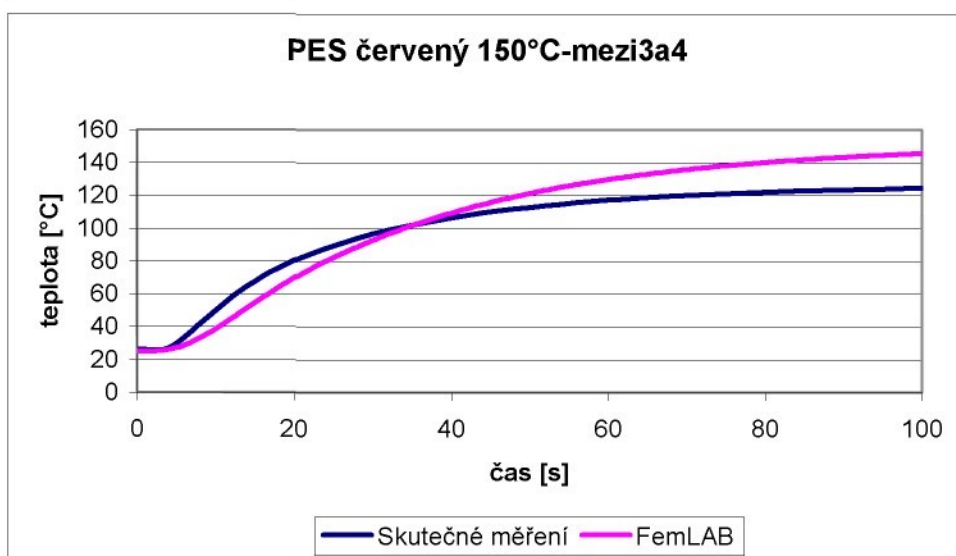
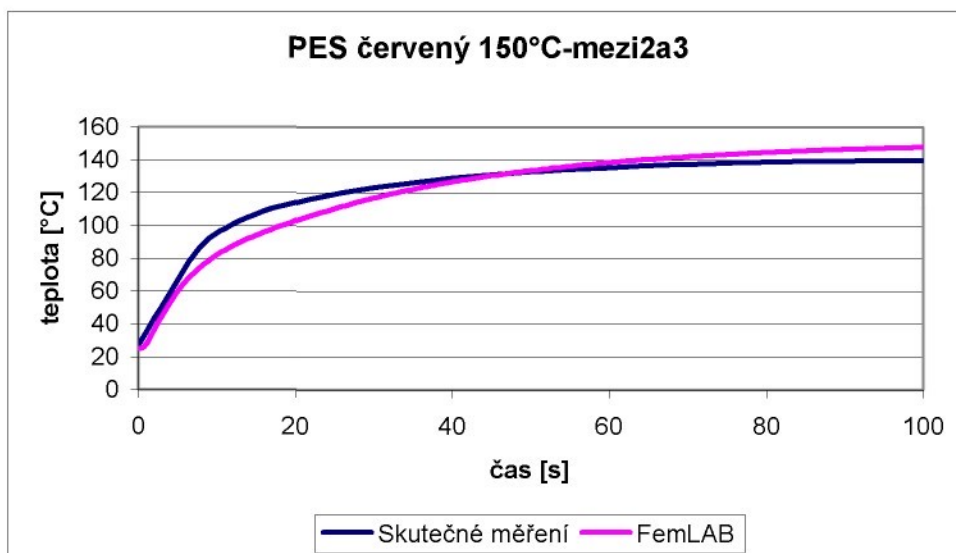
Simulační model - zobrazený v Matlabu

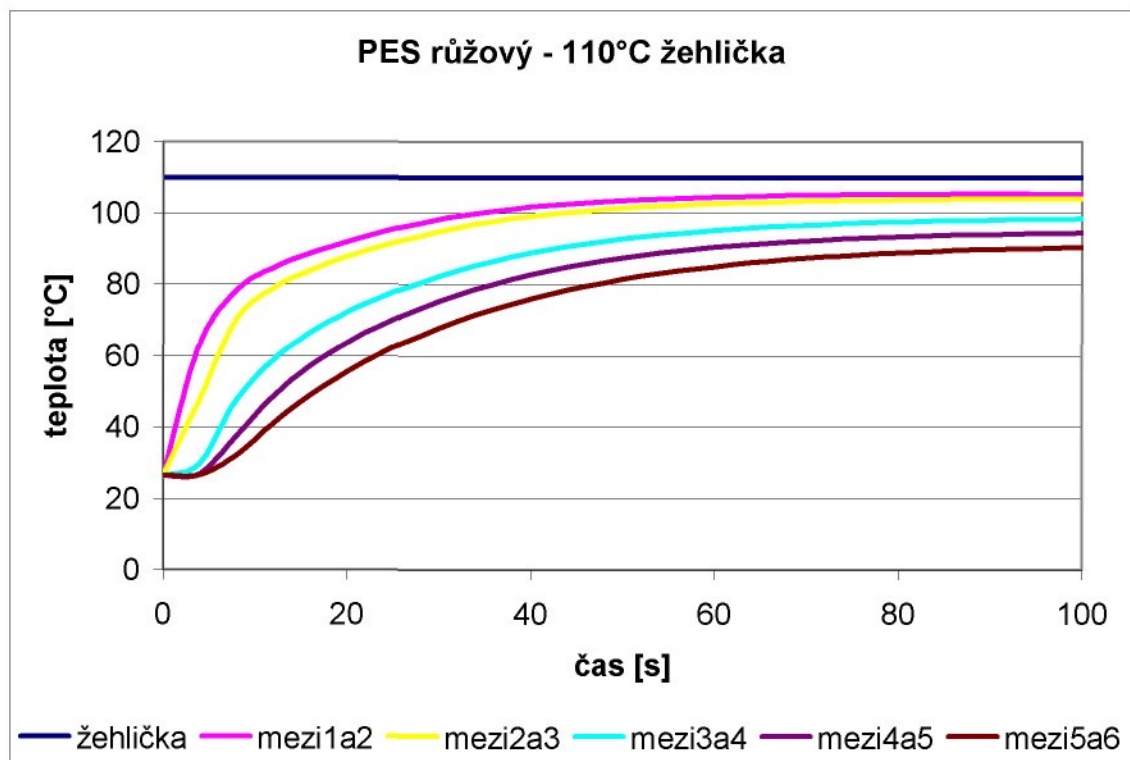


Simulační model – vyexportováno do Excelu

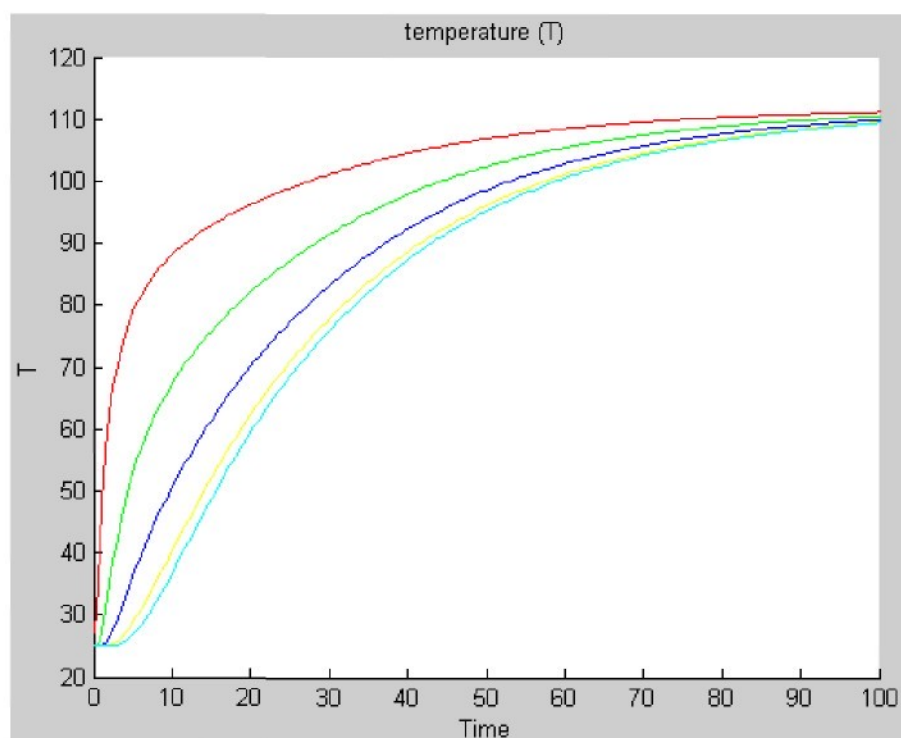
Jednotlivé křivky v porovnání model x reálná data



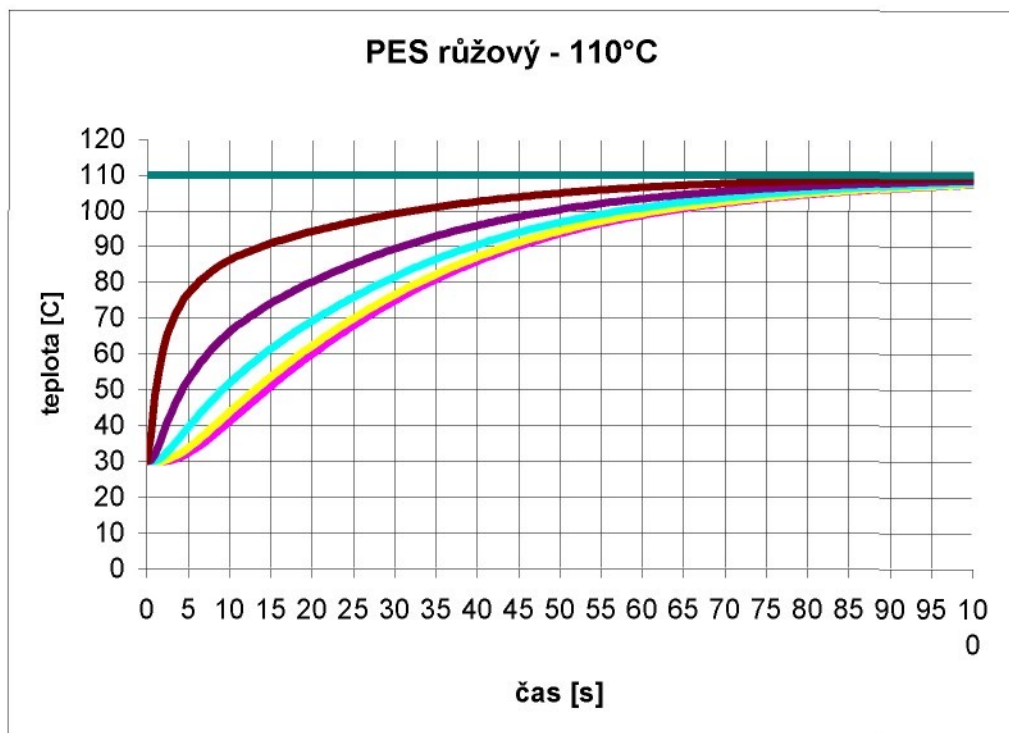


100% PES růžový 110°C

Reálný model – naměřená data

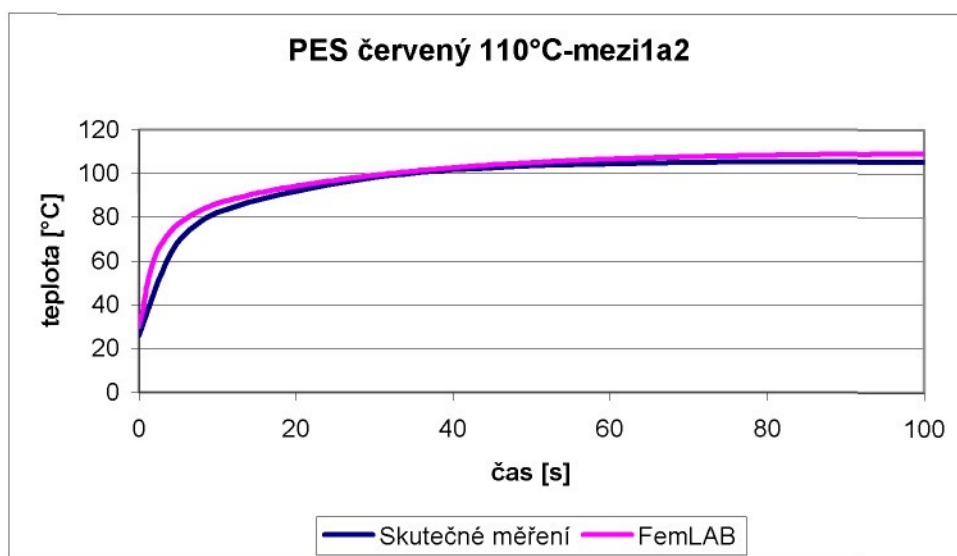


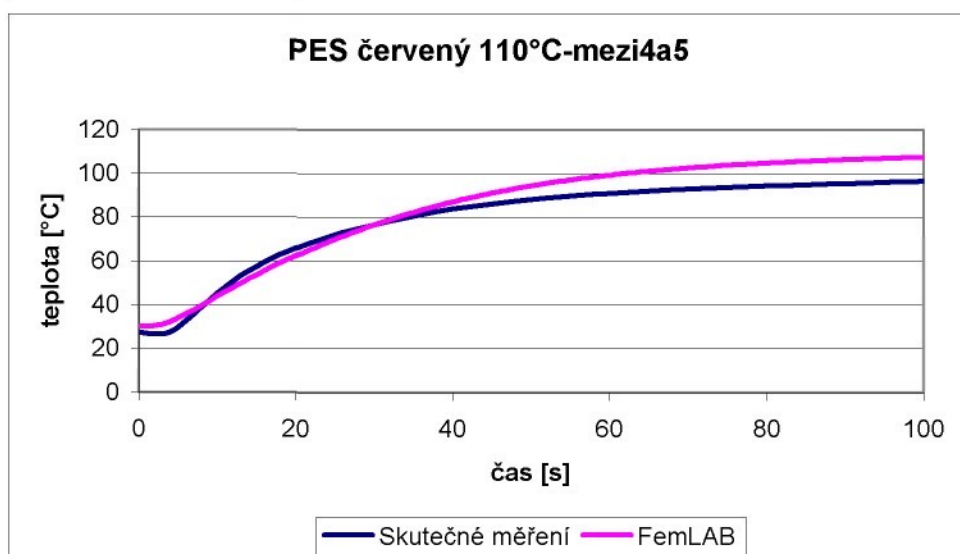
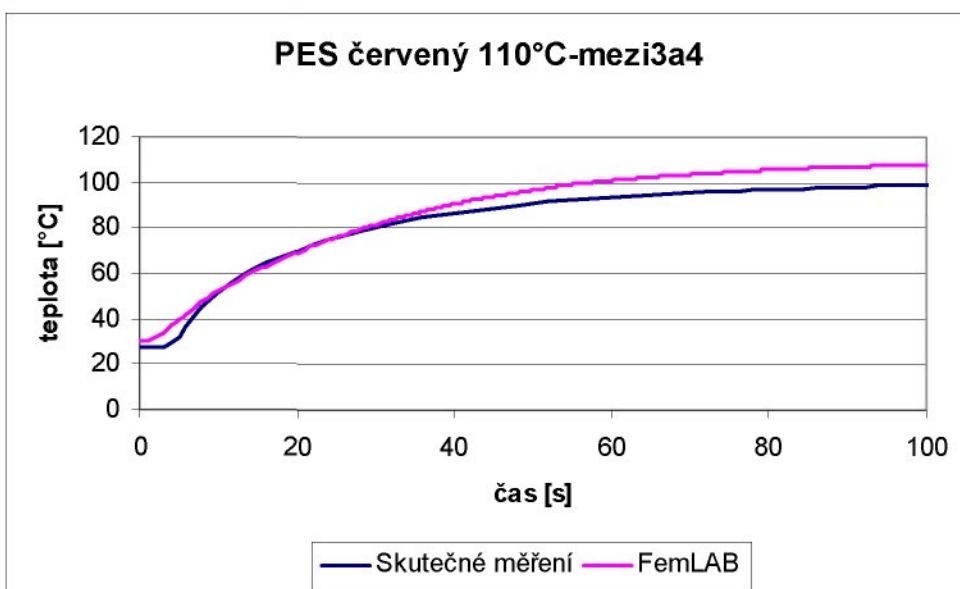
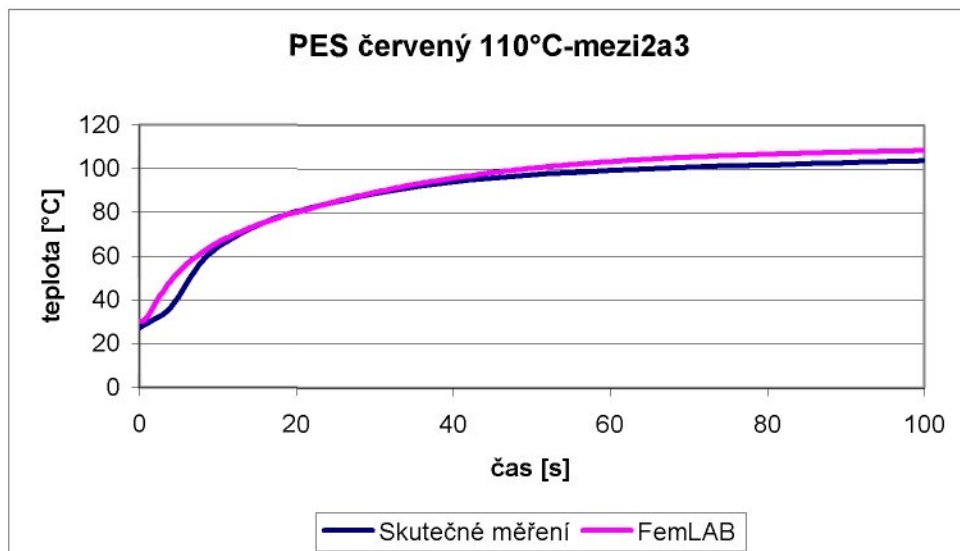
Simulační model - zobrazený v Matlabu

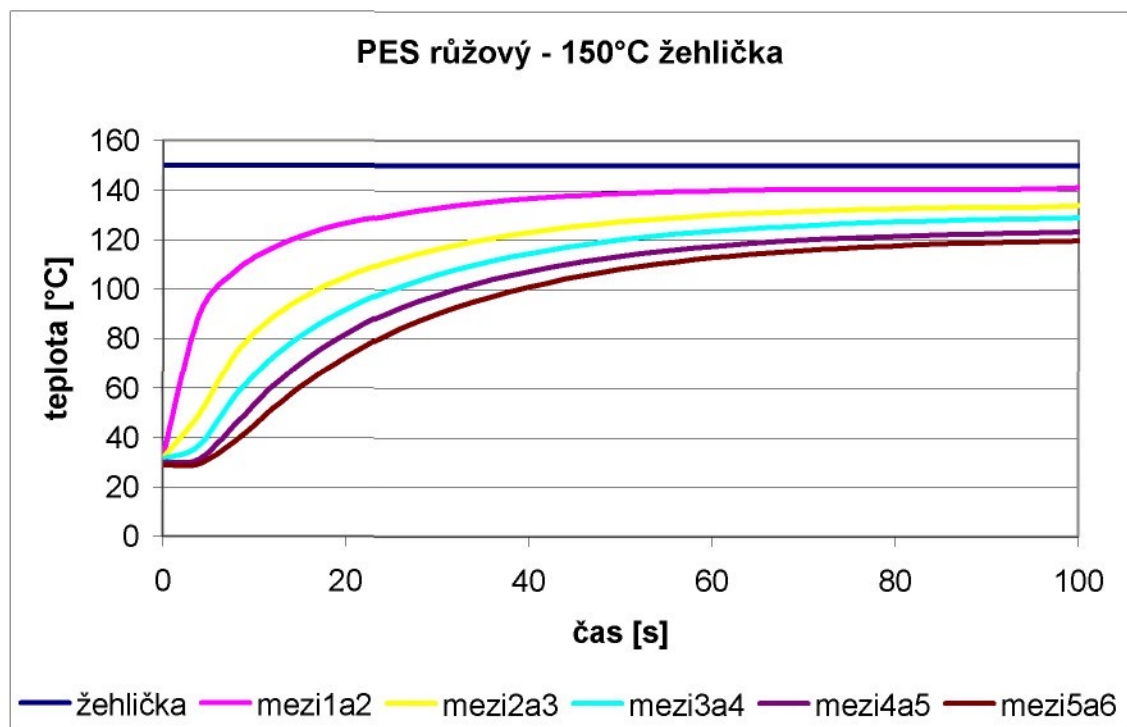


Simulační model – vyexportováno do Excelu

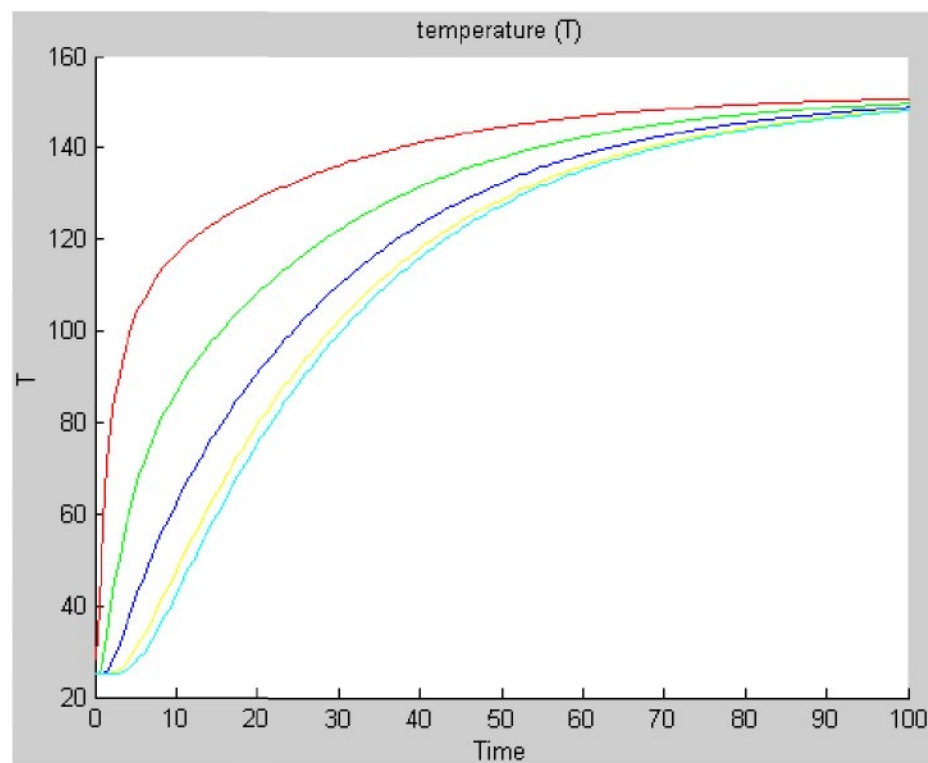
Jednotlivé křivky v porovnání model x reálná data



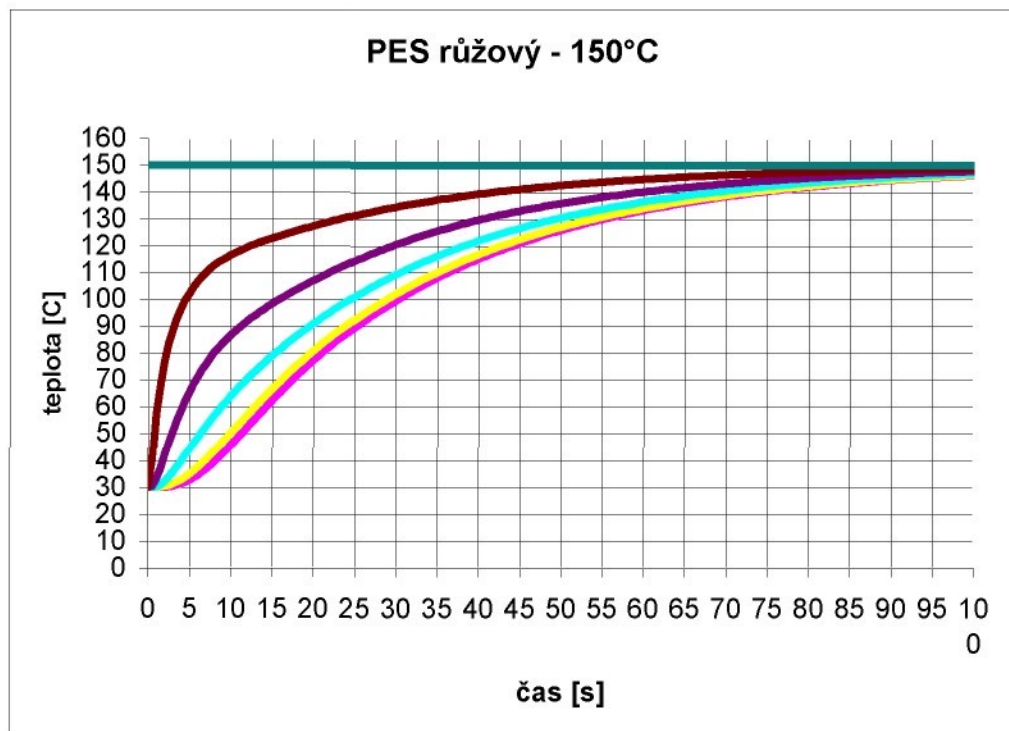


100% PES růžový 150°C

Reálný model – naměřená data

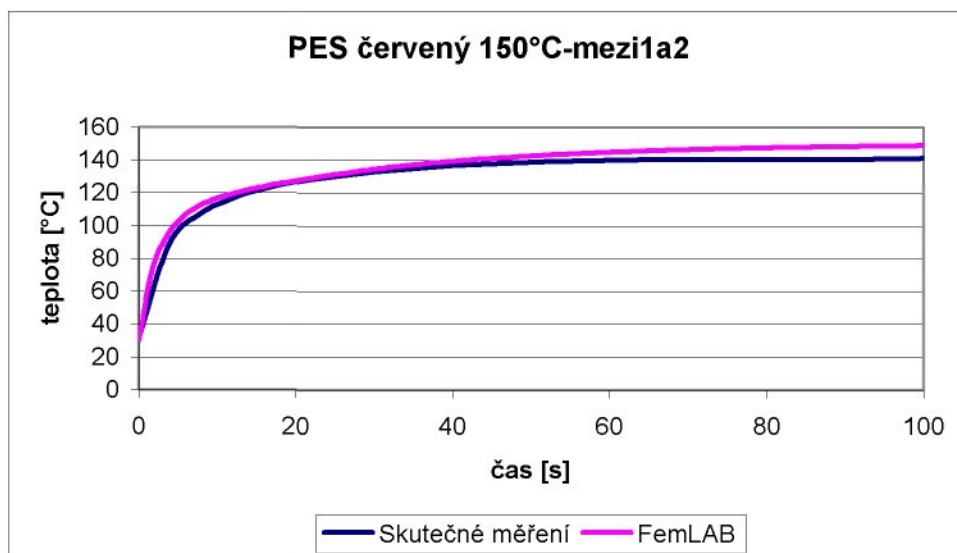


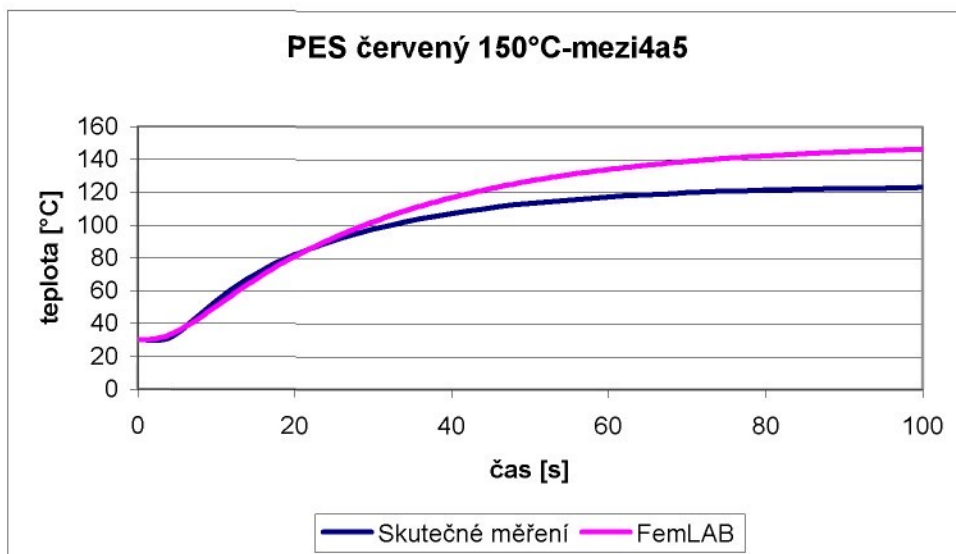
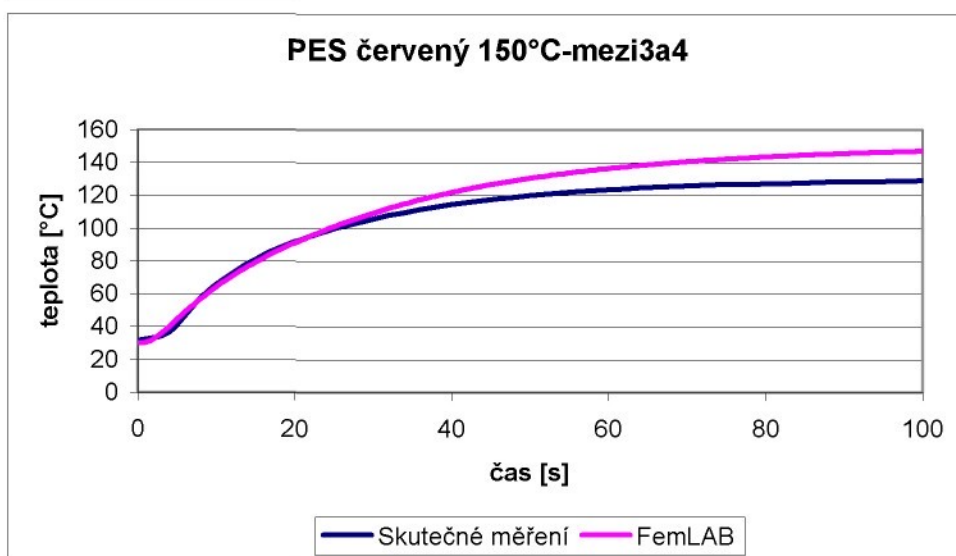
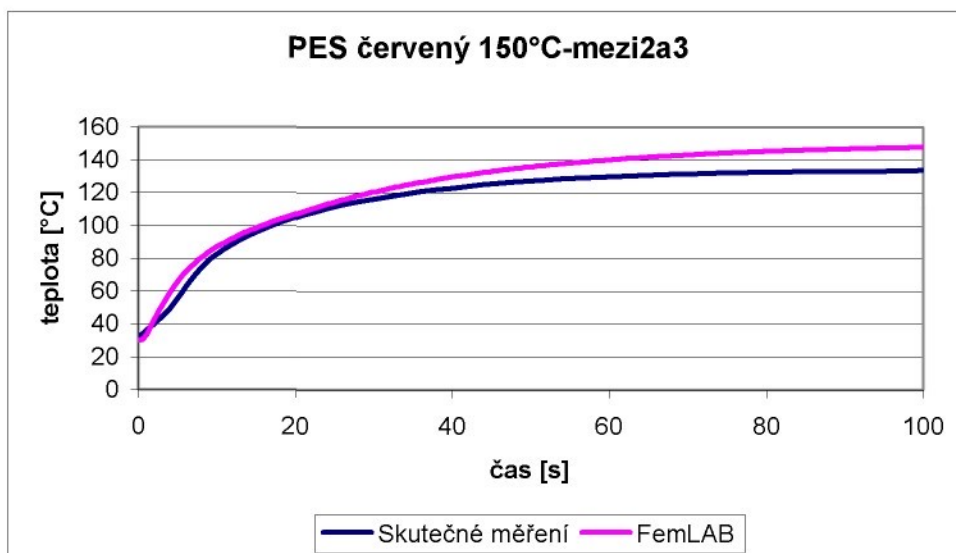
Simulační model - zobrazený v Matlabu



Simulační model – vyexportováno do Excelu

Jednotlivé křivky v porovnání model x reálná data





PŘÍLOHA č.13: Data simulovaného modelu

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	20,8	25,7	33,0	41,2	47,6	54,3	59,7	63,2	67,4	70,3	74,2	76,2	78,2	79,3	80,4	81,4	82,3	83,5	84,6	85,4	86,1	87,3	88,4	89,1	90,0	90,8	91,3	91,8	92,1	92,8	93,8
1 a 2 vrstva (T2)	21,6	28,2	36,2	44,4	52,1	59,1	65,3	70,8	74,5	78,5	81,3	83,6	85,1	86,8	88,0	89,3	90,0	91,7	92,3	93,5	94,3	95,7	96,5	97,4	98,2	99,0	100,0	100,2	100,5	100,8	101,0
2 a 3 vrstva (T3)	25,8	36,6	46,0	54,1	61,0	67,0	72,2	76,8	80,9	84,5	87,7	90,5	93,0	94,7	95,3	96,4	97,5	98,1	99,2	99,8	100,0	100,5	100,9	101,3	101,8	102,2	102,9	103,2	104,1	104,7	104,9
3 a 4 vrstva (T4)	28,9	48,6	59,1	69,3	74,6	79,0	82,7	85,9	88,9	91,5	93,8	94,7	95,6	96,4	97,5	98,7	100,1	101,3	101,8	102,1	102,6	102,9	103,2	103,8	104,6	105,1	105,7	106,1	106,4	106,8	106,9
4 a 5 vrstva (T5)	34,8	51,9	72,2	84,4	89,4	93,9	95,7	97,4	98,9	100,3	101,5	102,6	103,5	104,3	105,0	105,7	106,2	106,3	106,4	106,5	106,5	106,7	106,8	106,8	106,9	107,0	107,0	107,1	107,2	107,3	107,5

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	21,62	32,98	48,47	62,10	68,90	74,90	80,00	84,00	87,00	90,00	94,80	96,80	99,40	101,40	103,60	105,70	107,10	108,40	109,00	110,30	111,80	112,30	113,50	114,70	115,10	116,30	116,90	117,20	117,70	118,00	118,3
1 a 2 vrstva (T2)	23,63	37,74	53,34	67,60	80,03	90,70	99,78	105,60	109,90	112,80	115,50	116,10	117,40	118,60	119,30	120,10	120,30	120,60	120,70	121,20	121,50	121,80	122,50	122,70	122,90	123,30	123,40	123,60	123,90	124,00	124,3
2 a 3 vrstva (T3)	32,38	52,34	67,55	80,05	90,73	99,76	107,40	113,92	119,46	124,34	126,40	128,20	129,10	130,00	131,20	131,60	131,90	132,20	132,80	133,10	133,30	134,10	134,30	134,60	134,90	135,20	135,50	135,80	136,10	136,30	136,4
3 a 4 vrstva (T4)	38,50	64,90	79,50	99,31	107,17	113,69	119,15	123,84	127,82	131,35	134,35	136,10	137,20	138,50	139,30	139,80	140,10	140,50	140,80	141,00	141,50	142,20	142,80	143,00	143,20	143,20	143,60	143,90	144,10	144,30	144,5
4 a 5 vrstva (T5)	41,90	85,20	105,10	118,10	125,90	130,90	133,83	136,26	138,34	140,19	141,77	143,10	144,26	145,21	145,99	146,69	147,50	147,70	148,11	148,43	148,68	148,90	149,07	149,21	149,32	149,41	149,50	149,56	149,61	149,67	148,9

Tab.1: 100% PES červený

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,2	27,1	31,0	38,3	44,7	50,4	55,9	60,0	63,7	66,7	69,7	72,3	75,1	78,0	79,8	82,1	83,5	84,6	86,0	87,1	88,2	88,6	89,5	90,1	90,4	90,8	91,1	91,4	91,6	91,9	92,0
1 a 2 vrstva (T2)	25,5	32,7	42,1	49,3	55,5	60,0	64,2	67,5	70,6	73,1	75,9	79,1	80,9	84,1	86,4	88,5	89,9	91,7	92,6	93,4	94,5	95,2	95,6	96,2	96,9	97,2	98,1	98,9	99,3	99,8	100,1
2 a 3 vrstva (T3)	27,5	43,2	54,7	61,3	66,5	69,2	73,2	75,6	78,8	81,9	84,3	86,2	87,5	90,1	92,0	93,3	94,5	95,3	96,1	97,2	98,4	98,8	99,3	99,9	100,0	100,8	101,5	102,3	102,9	103,5	103,8
3 a 4 vrstva (T4)	35,9	48,2	56,4	62,3	67,1	71,0	74,2	77,3	79,8	83,3	85,9	88,4	90,1	92,7	94,5	96,6	98,1	99,3	99,8	100,1	100,3	100,5	100,8	101,0	101,3	101,5	101,7	101,9	102,0	102,5	102,7
4 a 5 vrstva (T5)	38,7	61,9	74,1	80,4	87,3	91,5	94,6	96,4	98,5	99,7	100,8	102,1	103,4	104,6	105,0	105,3	105,7	106,1	106,4	106,6	106,9	107,0	107,2	107,5	107,8	108,1	108,2	108,4	108,7	108,9	109,3

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,14	27,19	32,50	40,14	48,56	56,72	64,30	70,10	74,10	78,10	82,30	85,50	89,30	91,80	94,10	96,40	98,20	100,20	101,20	101,80	102,30	103,50	103,80	104,40	104,80	105,00	105,10	105,20	105,30	105,60	105,90
1 a 2 vrstva (T2)	25,54	32,50	44,10	54,30	63,00	69,10	75,40	81,20	86,50	90,40	94,50	98,40	102,10	105,40	109,40	111,50	113,70	115,20	115,20	115,20	115,30	115,30	115,40	115,50	115,60	115,70	115,80	115,80	115,90	116,00	116,20
2 a 3 vrstva (T3)	28,32	38,62	49,53	58,85	66,88	74,02	80,53	86,49	91,92	96,95	101,53	105,68	109,52	112,99	116,10	118,50	119,30	120,10	120,20	120,40	120,60	120,70	120,80	121,00	121,20	121,20	121,30	121,40	121,40	121,50	121,80
3 a 4 vrstva (T4)	41,20	61,08	81,60	93,50	105,90	113,20	117,40	120,00	123,20	125,40	127,40	129,10	130,00	131,50	133,10	134,30	135,20	135,40	135,70	135,80	135,90	135,90	136,00	136,10	136,20	136,30	136,40	136,50	136,70	136,80	136,90
4 a 5 vrstva (T5)	42,30	70,50	95,70	109,20	120,40	125,10	128,90	131,70	133,50	135,90	137,30	138,20	139,60	140,00	140,20	140,50	140,60	140,70	140,90	141,00	141,10	141,20	141,30	141,60	141,80	141,90	142,10	142,30	142,40	142,50	143,00

Tab.2: 100% PES růžový

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,2	29,1	36,2	45,7	50,5	54,7	56,8	58,6	59,8	60,6	61,1	62,4	63,6	64,3	65,1	65,9	66,5	67,4	68,4	69,0	69,8	70,9	71,1	71,3	71,5	71,8	72,0	72,1	72,3	72,8	73,2
1 a 2 vrstva (T2)	25,7	33,7	44,6	52,8	60,0	63,6	66,9	68,3	69,8	71,3	72,3	73,5	75,1	77,2	78,6	80,4	81,5	82,6	83,4	84,6	85,3	85,9	86,5	87,1	87,8	88,6	89,1	89,7	90,4	90,6	90,9
2 a 3 vrstva (T3)	28,5	37,4	53,8	65,2	73,2	76,6	78,8	81,2	82,4	84,1	85,8	86,5	87,2	87,8	88,3	88,9	90,1	90,3	91,0	91,5	91,9	92,3	93,5	94,6	95,3	96,8	97,9	98,5	99,8	100,3	101,0
3 a 4 vrstva (T4)	39,5	53,8	62,3	71,4	77,3	80,1	83,2	85,8	87,6	89,3	91,3	92,2	92,7	93,1	93,8	94,3	94,9	95,6	96,1	96,7	97,3	97,8	98,0	98,4	98,9	99,8	101,5	102,4	103,2	104,5	105,1
4 a 5 vrstva (T5)	42,5	56,5	69,4	76,5	82,6	87,3	89,7	92,0	93,4	93,6	94,5	95,4	96,3	96,9	97,4	98,0	99,1	99,9	100,9	101,7	102,4	103,2	104,3	105,4	106,8	107,2	107,6	108,2	108,5	108,8	109,1

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,27	41,10	60,10	70,40	78,60	82,10	84,30	86,40	88,40	90,40	91,60	92,50	93,60	94,50	96,40	97,30	99,10	100,30	101,20	102,30	103,40	103,60	104,00	104,50	105,00	105,80	106,40	107,20	107,90	108,40	109,10
1 a 2 vrstva (T2)	25,90	42,90	65,30	86,40	95,60	102,30	104,50	105,10	106,30	107,50	108,40	109,70	111,80	113,20	113,40	114,30	115,50	116,70	117,50	118,70	119,50	120,60	121,20	122,30	122,80	123,10	123,30	123,90	124,00	124,40	125,10
2 a 3 vrstva (T3)	29,99	57,20	81,30	98,30	111,20	115,20	118,50	119,10	119,80	120,00	121,10	121,10	121,20	121,30	121,30	121,30	121,40	121,30	121,40	121,50	121,50	121,60	121,80	121,90	122,10	122,30	122,70	123,00	123,50	123,80	124,30
3 a 4 vrstva (T4)	46,39	67,38	89,40	109,10	118,90	121,90	124,50	125,60	126,80	127,50	127,90	128,50	129,60	129,70	129,90	130,50	130,70	130,80	131,20	131,50	131,70	131,90	132,30	132,70	133,40	133,90	134,50	135,80	136,40	137,20	138,00
4 a 5 vrstva (T5)	48,30	86,50	105,80	120,30	125,20	130,10	131,90	133,50	135,10	136,40	137,20	137,90	138,00	138,84	139,98	141,02	141,93	142,75	143,49	144,15	144,73	145,26	145,74	146,15	146,53	146,88	147,19	147,46	147,71	147,94	147,94

Tab.3: 100% PES modrý

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	25,00	25,03	25,10	25,25	25,59	25,96	26,50	27,09	27,82	28,59	29,42	30,32	31,27	32,27	33,33	34,44	35,57	36,73	37,93	39,13	40,34	41,57	42,79	44,02	45,23	46,44	47,64	48,82	49,98	49,98
1 a 2 vrstva (T2)	25,00	25,01	25,12	25,34	25,70	26,30	26,94	27,76	28,60	29,57	30,57	31,61	32,69	33,81	34,96	36,13	37,34	38,55	39,77	41,00	42,23	43,45	44,67	45,88	47,08	48,27	49,44	50,60	51,73	52,85	52,85
2 a 3 vrstva (T3)	25,01	25,21	25,89	26,92	28,22	29,74	31,29	32,88	34,49	36,06	37,63	39,17	40,69	42,18	43,63	45,04	46,41	47,75	49,05	50,31	51,54	52,73	53,89	55,02	56,12	57,19	58,23	59,26	60,26	61,23	61,23
3 a 4 vrstva (T4)	25,33	27,56	30,89	34,37	37,75	40,68	43,55	46,03	48,44	50,54	52,56	54,46	56,23	57,90	59,45	60,89	62,22	63,48	64,67	65,77	66,82	67,82	68,77	69,67	70,53	71,37	72,17	72,94	73,70	74,43	74,43
4 a 5 vrstva (T5)	34,36	45,96	53,72	59,50	63,95	67,01	69,93	72,14	74,22	75,89	77,46	78,90	80,19	81,36	82,42	83,38	84,22	85,01	85,74	86,39	87,01	87,60	88,13	88,64	89,12	89,58	90,02	90,44	90,84	91,24	91,24

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	25,00	25,01	25,05	25,15	25,33	25,59	25,93	26,39	26,96	27,66	28,48	29,42	30,44	31,57	32,80	34,08	35,44	36,87	38,32	39,81	41,35	42,90	44,46	46,04	47,62	49,20	50,77	52,32	53,86	53,86
1 a 2 vrstva (T2)	25,00	25,01	25,06	25,23	25,54	25,98	26,55	27,25	28,08	29,04	30,10	31,27	32,55	33,86	35,26	36,73	38,21	39,73	41,29	42,84	44,41	46,00	47,58	49,16	50,73	52,29	53,84	55,37	56,88	58,38	58,38
2 a 3 vrstva (T3)	25,00	25,15	25,70	26,73	28,13	29,79	31,58	33,51	35,53	37,63	39,69	41,75	43,81	45,81	47,76	49,69	51,55	53,36	55,11	56,82	58,48	60,08	61,65	63,18	64,67	66,12	67,54	68,93	70,30	71,63	71,63
3 a 4 vrstva (T4)	25,26	27,47	31,24	35,62	40,03	44,28	48,31	52,12	55,65	58,91	61,93	64,70	67,22	69,60	71,78	73,76	75,66	77,41	79,03	80,60	82,07	83,44	84,76	86,02	87,22	88,38	89,50	90,59	91,65	92,68	92,68
4 a 5 vrstva (T5)	35,64	51,33	62,93	71,35	77,94	83,29	87,90	91,81	95,13	97,82	100,30	102,43	104,21	105,90	107,37	108,61	109,83	110,92	111,89	112,84	113,71	114,51	115,27	115,99	116,67	117,32	117,94	118,55	119,13	119,70	119,70

Tab.4: 100% WO - Fleece

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,07	26,15	27,30	29,90	37,80	49,50	56,40	59,30	61,20	61,90	62,40	62,70	63,20	63,60	63,80	64,10	64,70	65,30	66,20	67,40	68,20	68,70	69,50	70,00	70,50	71,10	71,40	71,70	72,00	72,10	72,30
1 a 2 vrstva (T2)	25,24	26,30	30,56	39,10	48,90	56,30	61,30	63,60	65,20	67,50	68,10	69,40	70,20	71,10	72,30	72,80	73,40	74,10	74,60	75,00	75,70	76,20	76,90	77,40	78,00	78,70	79,40	80,20	81,00	81,30	81,40
2 a 3 vrstva (T3)	26,55	31,86	37,72	43,26	52,10	58,90	64,30	68,50	70,90	72,30	74,20	75,40	76,70	77,30	78,50	79,00	79,90	81,50	82,40	82,90	83,20	83,50	83,80	84,10	84,90	85,30	86,10	86,80	87,00	87,30	87,80
3 a 4 vrstva (T4)	33,28	35,50	40,70	50,50	60,20	65,70	69,90	73,50	77,09	79,43	81,50	83,70	85,20	86,30	87,50	88,40	89,50	90,10	91,50	92,40	93,20	93,60	93,90	94,30	94,50	94,80	95,00	95,70	96,30	96,80	97,00
4 a 5 vrstva (T5)	37,20	52,30	63,40	73,20	80,40	86,10	89,92	93,20	95,40	97,30	98,40	99,10	99,80	100,40	100,90	101,50	101,80	102,40	102,90	103,50	104,00	104,60	105,00	105,20	105,40	105,70	106,10	106,20	106,50	106,70	106,90

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	25,05	30,90	41,30	53,80	62,00	67,40	68,90	70,10	71,20	72,40	73,50	74,40	75,20	76,40	78,60	79,40	80,30	82,10	84,10	85,30	86,30	87,40	88,70	90,10	90,80	92,30	93,60	94,30	95,30	96,50
1 a 2 vrstva (T2)	25,01	28,70	41,40	53,20	62,30	69,60	73,50	76,10	78,50	80,40	82,40	84,60	86,80	89,10	90,90	92,80	95,60	97,40	98,20	98,80	99,80	100,20	100,60	101,20	101,80	102,40	103,70	105,40	107,50	109,70	111,80
2 a 3 vrstva (T3)	25,22	34,20	45,60	57,20	68,30	75,10	80,10	85,70	88,80	91,20	93,50	95,10	97,00	98,40	99,70	100,30	101,20	102,10	103,40	104,50	105,30	106,70	107,20	108,50	109,90	111,50	113,50	115,60	116,40	117,40	118,60
3 a 4 vrstva (T4)	28,18	42,10	57,10	67,90	77,80	86,90	94,90	100,60	105,80	108,20	110,40	111,00	112,30	113,20	114,10	115,50	116,40	117,30	118,40	119,20	119,80	120,00	120,80	121,40	122,50	123,60	124,50	125,10	126,10	126,80	127,20
4 a 5 vrstva (T5)	31,20	53,40	75,30	90,20	100,88	109,70	115,80	120,30	122,50	123,40	124,00	124,60	125,40	126,70	127,10	128,40	129,60	130,20	130,80	131,40	131,80	132,10	132,70	133,00	133,50	134,10	134,70	135,30	135,80	136,10	136,70

Tab.5: 55% PES 45% WO - směs černá

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	25,00	25,02	25,07	25,17	25,44	25,72	26,16	26,63	27,24	27,89	28,59	29,35	30,17	31,04	31,97	32,95	33,96	35,00	36,08	37,18	38,29	39,41	40,55	41,69	42,83	43,96	45,09	46,21	47,31	
1 a 2 vrstva (T2)	25,00	25,01	25,08	25,25	25,53	26,03	26,56	27,25	27,97	28,82	29,69	30,60	31,56	32,56	33,59	34,65	35,75	36,85	37,97	39,11	40,25	41,39	42,53	43,66	44,79	45,92	47,03	48,13	49,21	50,28	
2 a 3 vrstva (T3)	25,00	25,15	25,70	26,56	27,68	29,05	30,44	31,90	33,38	34,85	36,32	37,77	39,20	40,62	42,00	43,34	44,66	45,94	47,19	48,40	49,59	50,74	51,86	52,95	54,01	55,05	56,06	57,05	58,02	58,97	
3 a 4 vrstva (T4)	25,25	27,11	30,09	33,31	36,49	39,31	42,09	44,52	46,88	48,95	50,95	52,84	54,60	56,26	57,81	59,25	60,58	61,83	63,02	64,12	65,17	66,17	67,11	68,01	68,86	69,69	70,48	71,24	71,99	72,71	
4 a 5 vrstva (T5)	33,29	44,46	52,14	57,95	62,45	65,56	68,53	70,79	72,92	74,64	76,25	77,73	79,05	80,26	81,35	82,33	83,20	84,00	84,75	85,42	86,05	86,64	87,19	87,70	88,18	88,64	89,08	89,50	89,91	90,31	

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	25,00	25,01	25,03	25,09	25,21	25,39	25,63	25,96	26,38	26,91	27,54	28,28	29,10	30,01	31,02	32,09	33,23	34,45	35,69	36,99	38,34	39,71	41,11	42,53	43,96	45,39	46,82	48,26	49,68	
1 a 2 vrstva (T2)	25,00	25,00	25,04	25,15	25,37	25,70	26,13	26,67	27,33	28,11	28,98	29,95	31,02	32,14	33,34	34,62	35,91	37,25	38,64	40,02	41,43	42,87	44,30	45,75	47,19	48,63	50,06	51,48	52,89	54,29	
2 a 3 vrstva (T3)	25,00	25,10	25,50	26,30	27,44	28,83	30,36	32,04	33,83	35,72	37,59	39,49	41,40	43,26	45,10	46,92	48,68	50,40	52,08	53,71	55,29	56,84	58,34	59,80	61,23	62,63	63,99	65,33	66,63	67,92	
3 a 4 vrstva (T4)	25,17	26,91	30,11	34,01	38,05	42,02	45,82	49,47	52,88	56,08	59,04	61,78	64,30	66,66	68,84	70,84	72,74	74,51	76,14	77,72	79,19	80,57	81,89	83,15	84,35	85,51	86,62	87,70	88,74	89,76	
4 a 5 vrstva (T5)	34,03	48,79	60,15	68,56	75,21	80,65	85,34	89,35	92,75	95,53	98,09	100,29	102,14	103,89	105,40	106,70	107,96	109,09	110,10	111,07	111,97	112,79	113,58	114,31	115,01	115,67	116,30	116,92	117,50	118,08	

Tab.6: 100% WO - Flauš

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,01	25,16	28,10	32,40	38,60	46,30	51,20	54,60	56,70	57,50	58,10	58,90	59,60	60,70	61,90	62,50	63,10	63,90	64,50	64,90	65,30	66,50	67,80	68,40	69,50	70,10	70,60	71,10	71,60	71,90	72,00
1 a 2 vrstva (T2)	25,03	28,50	33,80	40,00	46,30	50,10	55,60	57,80	60,10	62,30	64,30	66,30	67,80	69,30	70,80	71,50	72,00	72,50	73,10	73,80	74,30	74,90	75,50	76,20	76,90	77,40	78,16	80,10	80,82	82,06	82,60
2 a 3 vrstva (T3)	24,78	31,04	37,04	43,64	52,24	57,04	59,94	62,24	64,64	66,94	68,94	71,04	72,14	73,84	74,94	75,64	76,27	78,04	79,14	79,64	80,34	81,34	81,84	82,24	82,74	83,04	83,44	83,64	84,34	84,74	85,04
3 a 4 vrstva (T4)	28,24	34,50	40,50	47,10	55,70	60,50	63,40	65,70	68,10	70,40	72,40	74,50	75,60	77,30	78,40	79,10	79,72	81,50	82,60	83,10	83,80	84,80	85,30	85,70	86,20	86,50	86,90	87,10	87,80	88,20	88,50
4 a 5 vrstva (T5)	31,20	43,20	55,80	68,50	79,30	86,50	90,10	92,40	94,20	96,70	97,30	98,30	99,80	101,20	101,80	102,10	102,50	102,90	103,10	103,50	103,80	104,30	104,80	105,00	105,30	105,60	105,90	106,20	106,30	106,40	106,50

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
0 a 1 vrstva (T1)	25,00	26,60	36,20	45,10	52,70	62,30	66,40	69,50	71,00	72,30	73,00	74,10	75,40	76,70	77,10	78,50	79,80	81,60	83,10	84,20	85,30	86,20	87,50	88,70	90,40	91,10	92,30	93,40	94,50	95,30	96,70
1 a 2 vrstva (T2)	25,00	27,40	39,70	52,10	65,80	72,40	76,50	77,20	78,90	81,60	84,20	86,70	88,60	90,10	92,30	93,50	95,60	96,70	98,40	99,30	100,00	102,50	104,30	105,60	106,90	108,70	109,80	111,20	112,00	112,50	114,20
2 a 3 vrstva (T3)	25,05	29,10	46,30	60,90	71,20	78,50	82,10	86,70	88,90	90,70	93,00	94,60	96,50	97,80	98,40	99,60	100,20	102,10	103,40	104,60	105,80	106,80	107,40	108,50	109,70	110,40	111,60	113,50	115,70	117,30	118,20
3 a 4 vrstva (T4)	26,32	35,20	53,20	70,40	81,70	91,10	96,80	99,60	103,50	106,30	108,40	109,50	110,40	111,50	112,40	113,50	114,30	115,60	116,30	117,60	118,30	119,90	121,40	122,50	123,40	124,60	125,20	126,70	127,30	128,10	128,90
4 a 5 vrstva (T5)	31,20	45,60	64,50	90,30	102,30	111,20	117,50	120,00	121,40	122,50	123,40	124,50	125,60	127,10	128,30	129,00	129,30	130,50	131,40	132,00	132,50	133,90	134,60	135,00	135,50	136,10	136,70	137,30	137,90	138,50	139,20

Tab.7: 80% WO 20% PES – Rybí kost