

**Analýza konstrukční změny ovládacího panelu  
a návrh metodiky měření teploty varné desky firmy  
MORA MORAVIA, s.r.o.**

Ing. Kateřina Pechrová

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Kateřina Pechrová**  
Osobní číslo: **T12851**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza konstrukční změny ovládacího panelu  
a návrh metodiky měření teploty varné desky firmy  
MORA MORAVIA, s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše v oblasti teorie přenosu tepla, měření teploty a statistických metod vhodných pro vyhodnocování těchto měření.
2. Nalezení míst s nejvyšším oteplením na ovládacím panelu.
3. Příprava a provedení měření teploty časověnou formou na ovládacím panelu.
4. Statistické zpracování a vyhodnocení naměřených dat.
5. Návrh firemní metodiky pro měření teploty včetně aplikace do firemní příručky jakosti.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BUMBÁLEK, Leoš. KOLEKTIV. Kontrola a měření. 1. vyd. Praha: Informatorium, 2009, 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.

[2] KUTATELADZE, Samson Semenovič a V BORIŠANSKIJ. Příručka sdílení tepla. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 527 s.

[3] KREIDL, Marcel. Měření teploty: Senzory a měřící obvody. 1. vyd. Praha: BEN, 2005, 239 s. ISBN 80-7300-145-4.

[4] HINDLS, Richard. Statistika pro ekonomy. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Vladimír Pata**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
děkan



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24.4.2014



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

V teoretické části byla pozornost věnována teorii tepla, prostředkům pro měření teploty a statistickým metodám používaným pro vyhodnocování měření v této oblasti.

Praktická část byla poté zaměřena na objasnění principu fungování sklokeramické varné desky, dále na přípravu a provedení několika typů měření oteplení ovládacího panelu časosběrnou formou a následnému vyhodnocení s využitím matematicko-statistických metod. V závěru praktické části byla navržena metodika pro uživatelskou zkoušku oteplení ovládacího panelu sklokeramické varné desky.

Cílem diplomové práce bylo analyzovat firemní konstrukční změnu panelu varné desky a navrhnout metodiku měření oteplení ovládacího panelu této desky při extrémních podmínkách, za účelem zajištění ochrany a bezpečnosti jejího uživatele.

Klíčová slova:

teplo, teplota, termoelektrické články, teplotní sondy, dotykové měření teploty, bezdotykové měření teploty, regresní analýza

## **ABSTRACT**

The theoretical part is focused on the heat theory, tools for temperature measurement and the statistical methods used for evaluating the measurements in this field.

Practical part is focused on clarifying the principle of glass-ceramic hob running, on the preparation and executing of several types of kontrol panel temperature rise measurement using time-lapse method and on evaluation using statistical methods. At the end of the practical part the methodology for necking the temperature rise of the kontrol panel glass-ceramic hob by a user was proposed.

The aim of the diploma thesis to analyse the design chase of the hob panel and suggest the methodology for measuring the temperature rise of the kontrol panel of the hob in extreme conditions with the purpose of providing the protection and safety of its user.

Keywords:

Heat, temperature, thermoelectrical elements, thermal probe, contact temperature measurement, contactless temperature measurement, regression analysis.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné vedení, věcné připomínky a čas věnovaný konzultacím nad danou problematikou.

A dále chci poděkovat panu Ing. Zbyňku Brázdilovi z firmy MORA MORAVIA, s.r.o. za jeho cenné poznatky a zkušenosti z praxe a za ochotu a čas, který mi věnoval během zpracování praktické části této práce.

## **MOTTO**

*„Co slyším, to zapomenu. Co vidím, si pamatuji. Co si vyzkouším, tomu rozumím.“*

Konfucius

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TEORIE TEPLA</b> .....	<b>12</b>
1.1 DRUHY SDÍLENÍ TEPLA.....	12
1.1.1 Rovnice sdílení tepla konvekcí .....	13
<b>2 PROSTŘEDKY PRO MĚŘENÍ TEPLoty</b> .....	<b>15</b>
2.1 POLOVODIČOVÉ ODPOROVÉ SENZORY .....	16
2.1.1 Termistory .....	16
2.1.2 Termoelektrické články .....	17
2.1.3 Bezdotykové měření teploty .....	19
2.1.3.1 Černé těleso .....	20
2.1.3.2 Zákony záření.....	21
2.1.3.3 Senzory tepelného záření.....	22
2.1.3.4 Termovize.....	23
2.1.3.5 Nejistoty měření teploty .....	24
2.1.3.6 Chyby měření teploty .....	25
<b>3 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI METROLOGIE</b> .....	<b>28</b>
<b>4 STATISTIKA V METROLOGII</b> .....	<b>29</b>
4.1 ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ POJMY .....	29
4.2 TESTOVÁNÍ NORMALITY .....	32
4.2.1 Grafické metody testování normality .....	32
4.2.2 Statistické metody testování normality .....	33
4.3 TESTOVÁNÍ VYCHÝLENÝCH HODNOT .....	35
4.3.1 Grubbsův test .....	35
4.4 TESTOVÁNÍ STATISTICKÝCH HYPOTÉZ .....	36
4.4.1 Test hypotézy o střední hodnotě .....	38
4.4.2 Test hypotézy o rozptylu .....	38
4.4.3 Test hypotézy o shodě dvou středních hodnot .....	39
4.4.4 Test hypotézy o shodě dvou rozptylů .....	40
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>41</b>
<b>5 POPIS PROBLÉMU</b> .....	<b>42</b>
<b>6 VARNÁ DESKA</b> .....	<b>44</b>
6.1 POPIS A PRINCIP FUNGOVÁNÍ .....	44
<b>7 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE</b> .....	<b>49</b>
7.1 TEPLOMĚR TESTO 735 .....	49
Sonda typu K .....	50
7.2 TERMOKAMERA TESTO 881 .....	50
7.3 OSTATNÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE .....	51
<b>8 PRŮBĚH MĚŘENÍ</b> .....	<b>52</b>



8.1	MĚŘENÍ DLE NORMY ČSN .....	53
8.2	DOMÁCNOST .....	54
8.3	UŽIVATELSKÉ ZKOUŠKY .....	54
<b>9</b>	<b>VÝHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....</b>	<b>56</b>
9.1	FIRMA.....	56
9.1.1	Měření dle normy ČSN .....	56
9.1.2	Uživatelské zkoušky.....	57
9.1.2.1	Popáleniny.....	67
9.2	DOMÁCNOST .....	70
9.3	TERMOVIZE .....	72
<b>10</b>	<b>METODIKA MĚŘENÍ .....</b>	<b>76</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>90</b>

## ÚVOD

Výrobci domácích spotřebičů se neustále snaží následovat moderní trendy. V dnešní době se již příliš nenosí sporáky s plynovými hořáky nebo elektrickými plotýnkami a s velkými ovládacími knoflíky. Trendem současnosti jsou sklokeramické nebo indukční varné desky s dotykovým ovládacím panelem, které je možno zabudovat přímo do desky kuchyňské linky.

Současně s ohřevem pokrmů dochází i k ohřevu hrnců, ve kterých jsou pokrmy připravovány, a také k ohřevu okolí. Okolím je myšlena samotná varná deska a její ovládací panel. Vyskytují se i případy, kdy se ovládací panel ohřeje na takovou teplotu, kdy již uživatel není schopen, po nezbytně nutnou dobu, udržet prst na tomto ovládacím panelu a varná deska se stává neovladatelnou.

Tyto domácí spotřebiče musí splňovat v první řadě předepsané normy ISO, ale v neposlední řadě také požadavky koncového uživatele. Proto výrobci od svých konstruktérů požadují takové návrhy těchto produktů, které splňují nejen normativně dané požadavky, ale i požadavky zákaznické, neboť uspokojení zákazníka je v dnešní vysoce konkurenční době předpokladem konkurenceschopnosti.

Cílem diplomové práce bylo analyzovat firemní konstrukční změnu panelu varné desky a navrhnout metodiku měření oteplení ovládacího panelu této desky při extrémních podmínkách a to za účelem zajištění ochrany a bezpečnosti jejího uživatele.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TEORIE TEPLA

**Teplo** není stavovou veličinou. Jedná se o formu energie, která je spojena s pohybem částic dané soustavy tělesa. Teplo je nezávislé na přítomném stavu této soustavy tělesa.

**Teplota** je, oproti teplu, stavovou veličinou charakterizující stav termodynamické rovnováhy. Tento stav je dán termodynamickou teplotou, která musí být shodná pro všechny části dané soustavy. Hodnotu teploty nelze změřit přímo. K jejímu zjištění je třeba jiných fyzikálních veličin. [1]

### 1.1 Druhy sdílení tepla [2]

Základním pojmem je zde tepelný tok, kterým je tokem energie z tělesa s vyšší teplotou do tělesa s nižší teplotou v okamžiku jejich bezprostředního kontaktu. Také se může jednat o tok, který prochází prostředím obklopujícím tělesa, a který je schopen procházet tepelné vyzařování.

Máme několik způsobů sdílení tepla:

- **Vedením** tzv. kondukcí
  - Šíření tepla je důsledkem tepelného pohybu strukturálních částic hmoty; sdílení tepla probíhá vedením v tuhých tělesech a také ve velmi tenkých nepohybujících se vrstvách kapalin a plynů.
- **Prouděním** tzv. konvekcí
  - K šíření teplota dochází působením tepelné vodivosti a bezprostředního směšování molárních částí prostředí z jedné oblasti do oblasti druhé; toto sdílení tepla může nastat v pohybuujících se kapalinách, plynech a sypkých materiálech.
- **Sáláním** tzv. radiací
  - Teplo je přenášeno z jednoho tělesa na druhé vlivem elektromagnetického vlnění mezi odlehlými prostředími, kterými může záření procházet. V průběhu přenosu dochází k přeměně části vnitřní energie vyzařujícího tělesa ve vyzařovanou energii, která se šíří elektromagnetickým polem a poté se znovu při dopadu na ozařované těleso transformuje v energii tepelných pohybů strukturálních částic.

### 1.1.1 Rovnice sdílení tepla konvekcí

M.B. Lomonsov vyslovit kinetickou teorii látek, ve které uvádí, že odevzdávaný impuls molekul je úměrný rozdílu jejich kinetických energií v uvažovaných oblastech tělesa. Tuto teorii vyjadřuje Biot-Fourierova rovnice:

$$q = -\lambda \text{ grad } t \quad (1.1)$$

**Kde:**

- q                   vektor tepelného toku;  
 $\lambda$                  součinitel úměrnosti;  
 grad t             teplotní gradient.

Znaménko mínus znamená vzájemně opačný smysl vektorů tepelného toku a teplotního gradientu.

Diferenciací Biot-Fourierovi rovnice šíření tepla dostáváme následující tvar:

$$\text{div}(\lambda \text{ grad } t) + q_v + A\mu \text{ diss } F(w) = c\gamma \frac{dt}{d\tau} - A \frac{dp}{d\tau} \quad (1.2)$$

**Kde:**

- $\gamma$                  měrná váha prostředí;  
 c                 měrné teplo prostředí při daném pochodu;  
 $\mu$                  součinitel dynamické vazkosti prostředí;  
 $\lambda$                  součinitel tepelné vodivosti prostředí;  
 w                 rychlost proudění prostředí v daném bodě a okamžiku;  
 p                 tlak v daném bodě a okamžiku;  
 t                 teplota prostředí v daném bodě a okamžiku;  
 $\tau$                  čas;  
 $q_v$                intenzita vnitřního zdroje tepla;  
 A                 tepelný ekvivalent mechanické práce = 1/427.

V pravoúhlé souřadné soustavě má předchozí vektorová rovnice tvar:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) + q_v + A\mu \left\{ 2 \left[ \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_y}{\partial y} \right)^2 + \right. \right. \\ & \left. \left. \left( \frac{\partial w_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_z}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial z} \right)^2 - \frac{2}{3} \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \right\} = c\gamma \left( \frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) - A \left( \frac{\partial p}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial p}{\partial x} + w_y \frac{\partial p}{\partial y} + w_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (1.3)$$

**Význam jednotlivých částí rovnice:**

1.  $\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right)$

- Množství tepla nashromážděného v uzavřeném elementárním objemu prostředí účinkem molekulárního vedení tepla.

2.  $q_v$

- Množství tepla uvolněného vnitřním zdrojem nacházejícím se v uzavřeném objemu.

3.

$$\begin{aligned} & A\mu \left\{ 2 \left[ \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_y}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \left( \frac{\partial w_x}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_x}{\partial z} + \frac{\partial w_z}{\partial x} \right)^2 + \right. \\ & \left. \left( \frac{\partial w_z}{\partial y} + \frac{\partial w_y}{\partial z} \right)^2 - \frac{2}{3} \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \right\} + A \left( \frac{\partial p}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial p}{\partial x} + w_y \frac{\partial p}{\partial y} + w_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

- Množství tepla přivedeného do uvažovaného objemu v souvislosti s prací produkovanou proudící tekutinou.

4.  $c\gamma \left( \frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} \right)$

- Změna tepelného obsahu elementárního objemu prostředí.

## 2 PROSTŘEDKY PRO MĚŘENÍ TEPLoty [3]

Pro měření teploty jsou využívány tzv. senzory teploty. Jedná se o funkční prvek, který tvoří blok v přímém styku s měřeným prostředím. Senzorem teploty se rozumí jak snímače teploty, čidla teploty, detektor tepelného záření, tak i teploměr.

Senzory teploty je možné dělit z různých pohledů:

a) Dle fyzikálního principu:

- odporové,
- termoelektrické,
- polovodičové,
- dilatační,
- optické,
- radiační,
- chemické,
- šumové,
- akustické,
- magnetické.

b) Dle styku s měřeným prostředím:

- dotykové,
- bezdotykové.

c) Dle transformace signálu:

- aktivní,
- pasivní.

Dále budou blíže popsány pouze vybrané druhy senzorů teploty.

## 2.1 Polovodičové odporové senzory

Princip polovodičových odporových senzorů vycházející ze závislosti koncentrace náboje  $n$  na teplotě je dán vztahem:

$$n = e^{\frac{\Delta E}{2kT}} \quad (2.1)$$

**Kde:**

$\Delta E$  šíře mezery mezi energetickými hladinami;

$k$  Boltzmannova konstanta.

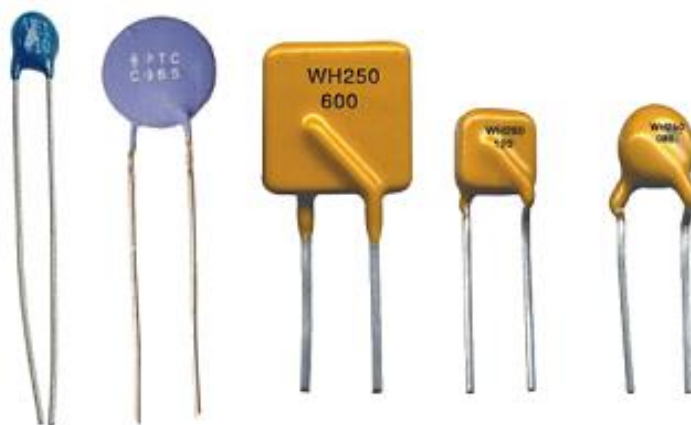
Teplotní součinitel odporu je poté vyjádřen:  $\alpha \approx \frac{\partial(\ln n)}{\partial T} \approx -\frac{\Delta E}{2kT^2}$  a je záporný.

Dělení polovodičových odporových senzorů:

- Termistory
  - Negastory;
  - Pozistory;
- Monokrystalické odporové senzory – senzory zhotovené např. z křemíku, germia, india.

### 2.1.1 Termistory

Termistor je konstruován jako teplotně závislý odpor, který je vyroben z polovodičových feroelektrických keramických materiálů. Různé provedení termistorů je znázorněno na Obr. 1. Termistor může mít např. tvaru disku, destičky, kapky, válečku atd. Tento typ polovodičových odporových senzorů je využíván pro svou velkou teplotní citlivost, malé rozměry, snadný převod odporu na elektrické napětí a také pro schopnost provádět přímé měření odporu termistoru i na větší vzdálenost. Jedná se o senzory s nelineární charakteristikou.



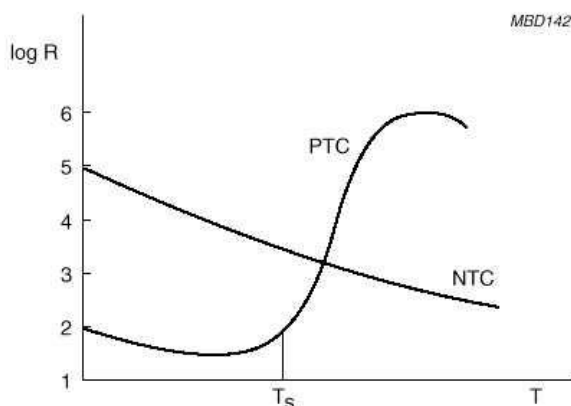
Obr. 1 Termistory [9]



Termistory dělíme dle materiálu na:

- negastory (NTC termistory)
  - mají velký záporný teplotní součinitel odporu.
- pozistory (PTC termistory)
  - mají velmi kladný teplotní součinitel odporu.

Na Obr. 2 je vidět značný rozdíl mezi termistory, při srovnání jejich závislosti odporu ( $\log R$ ) na teplotě ( $T$ ).



Obr. 2 Srovnání negastorů a pozistorů [3]

### **Negastory**

K výrobě negastorů se využívá prášková technologie. Práškování je prováděno kysličníky kovů jako jsou kysličníky chromu, kobaltu, mědi, železa, manganu, niklu,... Následné zpevňování vylisovaných senzorů probíhá slinováním za vysokých teplot, přičemž teplotní rozsahy negastorů jsou obvykle  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v extrémních případech od  $+4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Pozistory**

Oproti negastorům jsou pozistory vyráběny z polykrystalické feroelektrické keramiky, např. z titaničinu barnatého ( $\text{BaTiO}_3$ ). Se stoupající teplotou dochází nejprve k mírnému poklesu odporu pozistoru.

#### **2.1.2 Termoelektrické články**

Fungování termoelektrických článků spočívá v tzv. Seebeckově jevu. Seebeckův jev je jev, při kterém se tepelná energie mění na energii elektrickou. K tomuto převodu dochází tím, že v teplejší části vodiče mají tzv. nositelé náboje větší energii ve srovnání s nositeli přecházejícími z chladnějších míst do teplejších, a také pronikajících ve větší míře do míst chladnějších.



Obr. 3 Různé podoby termočlánků [10]

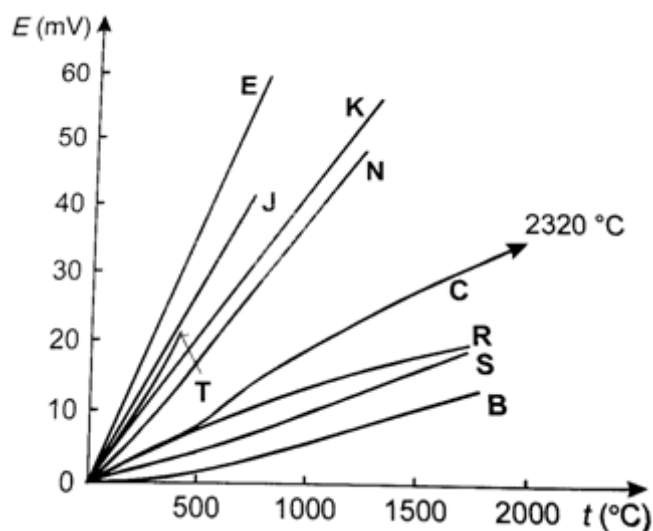
### **Typy termoelektrických článků**

Termoelektrické články jsou tvořeny vždy dvěma materiály, jejichž kombinace je normalizována. Dané materiály musí zajišťovat dostatečnou linearitu závislosti termoelektrického napětí na teplotě (v daném teplotním rozsahu), odolnost proti korozi, chemickému působení a ionizačnímu záření a stabilitu charakteristiky  $E = f(\Delta t)$ . Různé podoby termočlánků využívaných v praxi jsou zobrazeny na Obr. 3.

Jednotlivé typy termoelektrických článků jsou rozlišeny pomocí velkých písmen. Jejich odlišnost spočívá v materiálu, teplotě a prostředí použití, v hodnotě Seebeckova koeficientu. Na základně těchto kritérií, se můžeme setkat s těmito typy termoelektrických článků:

- TYP K: materiál NiCr-NiAl, použití v oxidační a inertní atmosféře, necitlivý pro neutronový tok, nevhodnost pro měření ve vakuu.
- TYP T: materiál Cu-CuNi, použití při nízkých teplotách kryogenní aplikace, redukční a oxidační atmosféře a oproti typu K je použitelný i ve vakuu až do teploty 700°C.
- TYP N: materiál NiCrSi-NiSiMg, velmi stabilní charakteristika, použití při cyklických změnách teploty a v jaderné energetice (odolný vůči neutronovému toku).
- Atd.

Srovnání závislosti termoelektrického napětí ( $E$ ) na teplotě ( $t$ ) u vybraných termoelektrických článků viz Obr. 4.



Obr. 4 Vybrané termoelektrické články[3]

### 2.1.3 Bezdotykové měření teploty

Pod pojmem bezdotykové měření teploty, nebo také tzv. infračervená pyrometrie, se skrývá měření povrchové teploty vyzařované tělesem. Základem pro měření povrchové teploty je vysílané elektromagnetické záření tělesem a přijímané senzorem záření o vlnové délce od  $0,4\ \mu\text{m}$  do  $25\ \mu\text{m}$ .

Výhodou této metody měření je v podstatě zanedbatelný vliv měřicí techniky na měřené těleso, možnost provádět měření i u rotujících a pohybujících se těles, dodržení bezpečné vzdálenosti od tělesa při měření, zaznamenání i velmi rychlých změn teplot a měření teplot povrchů těles jako celku a další zpracování těchto dat.

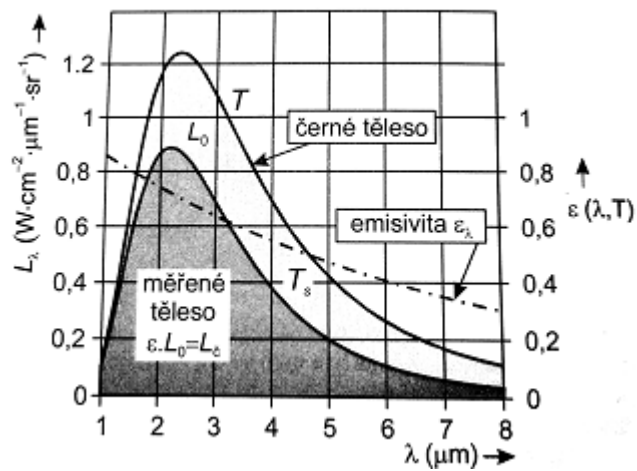
Každá metoda má ale i své nevýhody, a stejně tak je tomu i v tomto případě. Jde především o nejistoty měření vzniklé neznalostí správné hodnoty emisivity povrchu měřeného objektu, neznalostí správné hodnoty prostupnosti prostředí mezi čidlem a objektem a nepřesností korekce nežádoucího odraženého záření z okolní na objekt měření.

**Prostupnost (transmitance; transmisivita)  $\tau$  záření** – vyjadřuje míru schopnosti, v jaké je těleso schopno propouštět záření

**Odrážnost (reflaktance; reflexivita)  $\rho$  záření** – vyjádřena poměrem celkové intenzity vyzařování tělesa k celkové intenzitě záření na těleso dopadající (vlastnost povrchu snímaného objektu);

**Emisivita  $\varepsilon$**  – vyjadřuje poměr mezi vyzařování tepelného zářiče a vyzařování černého tělesa, a to při stejné teplotě (vlastnost povrchu snímaného objektu).

$$\varepsilon + \rho + \tau = 1 \quad (2.2)$$

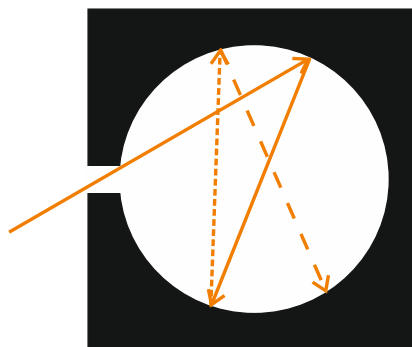


Obr. 5 Zář dopadající na detektor z černého a reálného zářiče[3]

### 2.1.3.1 Černé těleso

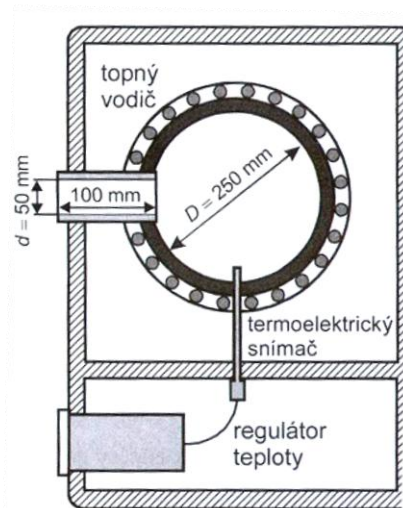
Za černé těleso je považováno takové těleso, které dokonale pohlcuje dopadající záření při každém úhlu dopadu a při libovolné spektrální záři, a které naopak při každé vlnové délce vyzařuje maximální energii bez ohledu na použitý materiál.

Princip fungování černého tělesa je vidět v obrázku (viz Obr. 6). Černé těleso má podobu duté kostky s velmi malým průřezem, vnitřní povrch kostky je černý a matný. Záření, které projde malým průřezem, je v tomto prostoru po několika odrazech pohlceno a žádné záření nevychází zpět ven. [11]



Obr. 6 Princip funkčnosti černého tělesa

Emisivita černého tělesa  $\varepsilon = 1$ . Pro praktické využití ke kalibraci pyrometrů pracujeme s tzv. černým zářičem, který má hodnotu emisivity  $\varepsilon \approx 1$  ( $1 > \varepsilon > 0,99$ ). Nejběžněji používaná podoba černého zářiče je jako dutinový zářič (viz Obr. 7)



Obr. 7 Dutinový zářič[3]

### 2.1.3.2 Zákoný záření

V odborné literatuře se můžeme setkat s množstvím zákonů souvisejících se zářením. Mezi ty nejzákladnější patří Planckův zákon, dále Wienův zákon, a v neposlední řadě také zákon Stefan-Bolzmannův.

#### Planckův zákon

$$M_{0\lambda} = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \left( e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)^{-1} = c_1 \lambda^{-5} \left( e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (2.3)$$

Pokud se jedná o kosinový zářič, má rovnice následující podobu:

$$L_{0\lambda} = \frac{1}{\Omega_0 \pi} 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \left( e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)^{-1} = \frac{1}{\Omega_0 \pi} c_1 \lambda^{-5} \left( e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (2.4)$$

#### Kde:

- $M_{0\lambda}$  spektrální hustota vyzařování černého tělesa;
- $L_{0\lambda}$  spektrální hustota záře černého tělesa;
- $c$  rychlost světla ( $c = 299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ );
- $k$  Boltzmanova konstanta ( $k = 1,380658 \cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ );
- $h$  Planckova konstanta ( $h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ );
- $c_1$  první vyzařovací konstanta;  $c_1 = 2\pi hc^2$ ;
- $c_2$  druhá vyzařovací konstanta;  $c_2 = h\cdot c/k$ ;

- $\lambda$  vlnová délka záření;  
 T termodynamická teplota černého tělesa;  
 $\Omega_0$  prostorový úhel 1 sr.

### **Wienův zákon**

V oblasti teplot kdy je  $T < 3000 \text{ }^\circ\text{C}$  platí následující podmínky:

$$e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \gg 1 \quad \text{tzn. } \lambda T < 0,1 \cdot c_2. \quad (2.5)$$

Existuje možnost zjednodušení Planckova zákona, ale toto zjednodušení je zatíženo odchylkou menší než 1%.

$$M_{0\lambda} = c_1 \lambda^{-5} e^{\frac{c_2}{\lambda T}}; \quad L_{0\lambda} = \frac{1}{\Omega_0 \pi} c_1 \lambda^{-5} e^{\frac{c_2}{\lambda T}}. \quad (2.6)$$

### **Stefan-Boltzmannův zákon**

Tímto zákonem je vyjádřena intenzita vyzařování pro danou teplotu v celém rozsahu vlnových délek.

$$M_o = \int_0^\infty M_{0\lambda} d\lambda = \sigma T^4; \text{ opět pro kosinový zářič } L_{0\lambda} = \frac{1}{\Omega_0 \pi} \sigma T^4. \quad (2.7)$$

**Kde:**

$$\sigma = (5,67051 \pm 0,00019) \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4};$$

$$\Omega_0 = 1 \text{ sr.}$$

#### **2.1.3.3 Senzory tepelného záření**

**Senzory tepelného záření** dělíme na:

- **tepelné**
  - oteplování citlivé části detektoru je způsobeno absorpcí fotonů a pohlcovaný energie je následně vyhodnocována nepřímo pomocí snímačů teploty. Tepelné snímače můžeme ještě dále dělit:
    - **termoelektrické detektory:** termoelektrických baterie v podobě termoelektrických článků, které jsou řazeny za sebou a mají podobu tenkého kovového pásku tloušťky kolem 0,03 mm nebo pásků vytvořeného tenkými vrstvami nebo pomocí Si technologie.
    - **bolometrické detektory:** ke snímání oteplení detektoru je využívání teplotně závislých odporových materiálů. Při využití těchto materiálů pohlcené

záření způsobí změnu teploty odporového čidla a zároveň i změnu elektrického odporu tohoto čidla.

- Pyroelektrické detektory: fungují na principu pyroelektrického jevu, během kterého dochází ke změně spontánní polarizace při změně teploty.

- **kvantové detektory infračerveného záření**

- U kvantových detektorů dochází při interakci dopadajících fotonů ke generaci párů elektron a vzniká díra. Pokud se pohybujeme v teplotách vyšších než je absolutní nula a je splněna následující podmínka:

$$W_f \geq W_g \quad (2.8)$$

Kde:

$W_f$  energie fotonů

$W_g$  šířka zakázaného pásu polovodiče.

#### 2.1.3.4 Termovize

Termovize je typem systému pro bezdotykové měření a plošné zobrazení teplotních polí, který pracuje s rozkladem obrazu.

Máme dva druhy termovizních systémů a to:

- s opticko-mechanickým rozkladem obrazu;
- s maticovým detektorem.

První druh systému provádí rozklad obrazu snímáním jednotlivých bodů objektu řízenou optickou osou. Následně dochází k postupnému zaměření okamžitého zorného pole termovize na všechny body sledovaného objektu. Pro tvorbu dráhy rozkladu slouží optické části kamery jako otočné hranoly nebo zrcadla. Tento systém se již v dnešní době nepoužívá.

V dnešní době je využívána termovize s maticovými detektory, které jsou buď chlazené nebo nechlazené, mikrobolometrické nebo kvantové FPA. Chlazení matice je řešeno buď pomocí tzv. Stirlingova chladiče nebo termoelektrického chladiče. Vysílaný signál je zpracováván na čipu multiplexery a 14bitovými A/D převodníky, a to v každé řádce matice.

Každá termovize je dodávána s příslušným programovým vybavením. V základním nastavení lze nalézt následující parametry: emisivitu, vzdálenost, teplotu okolí, relativní vlhkost, typ objektivu. Na toho základní nastavení navazuje možnosti práce s termovizním

obrazem jako např. vykreslení teplotního profilu, v kterémkoliv místě obrazu, zjištění teploty v kterémkoliv místě tohoto obrazu a stejně tak i zjištění střední a maximální hodnoty teploty, změny emisivity u daného obrazu, změny barevného vykreslení,...

V oblasti termovize pracujeme se dvěma pásmy vlnových délek:

- krátkovlnné:  $2\ \mu\text{m} - 5\ \mu\text{m}$ ;
- dlouhovlnné:  $7\ \mu\text{m} - 13\ \mu\text{m}$ .

Termovize je s výhodou používána jako základní měřicí zařízení pro infračervenou diagnostiku. Za předpokladu znalosti rozložení teplotního pole sledovaného objektu, se nám naskytuje možnost kontroly těch funkcí sledovaného objektu, které souvisí se vznikem a pohlcováním tepla.

Na trhu se vyskytuje celá řada výrobců nabízejících termovizní techniku. Jedním ze zástupců je i společnost FLIR, na Obr. 8 je jako příklad uvedena Termovizní kamera FLIR i7.



*Obr. 8 Termovize společnosti FLIR[12]*

### **2.1.3.5 Nejistoty měření teploty [3]**

Zdrojem nejistoty měření u bezdotykových metod může být stanovení emisivity. Pokud bychom pracovali s tzv. černým tělesem, byla by emisivita konstantní pro všechny vlnové délky. V praxi, ale takové těleso neexistuje a emisivita se různě mění, např. tuhá tělesa mají emisivitu spojitě závislou na teplotě a plyny mají emisivitu závislou diskrétně.



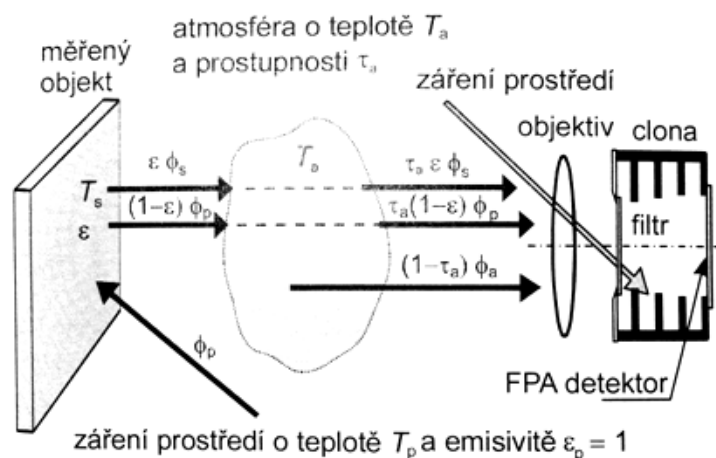
Pro zajištění správného stanovení emisivity je dobré:

- použít vhodnou tabulku emisivity pro daný druh materiálu;
- nejprve provést měření teploty objektu dotykovým snímačem. Následně se tuto hodnotu emisivity nastavit na bezdotykovém snímači a je tuto hodnotu dále považovat za správnou hodnotu emisivity tělesa;
- určité místo sledovaného povrchu začernit vrstvou laku nebo sazí, u nichž známe hodnotu pohltivosti. Provést změřeni správné teploty na vyznačené části povrchu a poté zaměřit bezdotykový snímač na jinou část plochy;
- dle možností do sledovaného povrchu vyvrtat otvor o hloubce min. šestkrát větší než je průměr otvoru. Přičemž průměr otvoru musí být zároveň větší než průměr terče, který je stanoven optikou bezdotykového snímače pro danou vzdálenost. Pro měření teploty ve vytvořeném otvoru se staví emisivita  $\varepsilon = 1$ . Při tomto měření je nutno dodržet shodnost teplot otvoru a povrchu.
- změřit ekvitu daného materiálu pomocí spektrometru.

### 2.1.3.6 Chyby měření teploty [3]

Obecně při každém měření může docházet k chybám a stejně je tomu i u měření teploty. Při měření této fyzikální veličiny, byly vypořádány následující nejčastěji se vyskytující chyby.

**Chyba způsobená nerespektováním prostupnosti atmosféry a zářivého toku okolního prostředí**



Obr. 9 Vliv propustnosti atmosféry a záření okolního prostředí [3]

Z Obr. 9 je zřejmé jak ovlivňuje propustnost atmosféry a okolního prostředí měření. Pokud předpokládám, že měřené prostředí je tvořeno černým prostorem a zanedbáme zářivý tok jdoucí od bezdotykového snímače k měřenému objektu, je celkový zářivý tok dopadající na objektiv matematicky vyjádřen následujícím vztahem:

$$\Phi = \varepsilon\tau_a\Phi_s + (1 - \varepsilon)\tau_a\Phi_p + (1 - \tau_a)\Phi_a. \quad (2.9)$$

**Kde:**

$\varepsilon\tau_a\Phi_s$  dáno emisivitou měřeného objektu;

$(1 - \varepsilon)\tau_a\Phi_p$  odražené záření z prostředí;

$(1 - \varepsilon)$  odrazivost objektu za nulové propustnosti;

$(1 - \tau_a)\Phi_a$  dáno emisivitou okolní atmosféry;

$(1 - \tau_a)$  emisivita atmosféry za nulové odrazivosti.

Bezdotykové senzory jsou kalibrovány na černém tělese, tudíž k eliminaci chyb bezdotykové metody měření může dojít až poté, kdy známe emisivitu objektu, propustnost atmosféry a teplotu okolního prostředí.

### **Chyba způsobená zanedbáním vzájemného zářivého toku**

Tato chyba se týká zanedbání vzájemného zářivého toku mezi měřeným objektem a detektorem. Je třeba brát v úvahu fakt, že zářivý tok z objektu dopadající na detektor s nulovou propustností je částečně pohlcen, ale zároveň se částečně odráží. Stejně tak je tomu u zářivého toku vycházející z detektoru směrem k měřenému objektu, který jej po dopadu částečně pohltí a částečně odrazí zpět. Nedochozí tak jen kde snímání zářivého toku snímání, ale i ke snímání odraženého zářivého toku. Pracovat dále musíme také se vzájemným sdílením tepla mezi detektorem a okolními objekty a geometrickým tvarem prostředí.

### **Chyba způsobená nedodržením velikosti měřené plochy na základě technických podmínek daných výrobcem**

Výrobci bezdotykových snímačů u svých produktů uvádějí grafické znázornění závislosti minimální plochy na měřeném objektu na vzdálenosti od objektivu zorného úhlu snímače. Pro názornost uvádím požadavky společnosti TESTO (viz Obr. 10). V případě nedodržení této závislosti dochází k chybám.



*Obr. 10 Minimální vzdálenost snímače od měřené plochy dle požadavků firmy TESTO[13]*

### 3 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI METROLOGIE [1]

Věda zabývající se problematikou měření se nazývá metrologie. Základními pojmy z této oblasti, které budou pro tuto práci směrodatné, jsou:

- **hodnota:** velikost blíže specifikované veličiny, která je obecně vyjádřena jako jednotka násobená číselnou hodnotou;
- **pravá hodnota:** jedná se o takovou hodnotu, která je ve shodě s denní dané blíže specifikované veličiny;
- **konvečně pravá hodnota:** je přiřazována blíže specifikované veličině a je přijata, jako hodnota, která má nejistotu vyhovující pro dané použití (např. hodnota získaná referenčním etalonem);
- **opakovatelnost:** představuje těsnost shody mezi výsledky po sobě bezprostředně jdoucích měření téže měřené veličiny, která byla provedena za stejných podmínek.
  - Mezi podmínky opakovatelnosti patří: stejný postup měření, stejný pozorovatel, stejný měřicí přístroj, stejné místo a opakování v průběhu krátké časové periody
- **reprodukovatelnost:** vyjadřuje stejně jako opakovatelnost těsnost shody mezi výsledky měření téže veličiny, ale tentokrát za změněných podmínek měření.
  - Za změnu podmínek lze považovat změnu: principu měření, metody měření, pozorovatele, měřicího přístroje, referenčního etalonu, místa, času,...
- **měření:** soubor činností směřujících ke stanovení hodnoty veličiny;
- **výsledek měření:** hodnota vzešlá z provedeného měření a přiřazená k dané veličině;
- **nejistota měření:** výsledek přiřazený k vyhodnocování měření, který charakterizuje, v jakém rozsahu hodnot leží pravá hodnota měřené hodnoty, a to obecně s danou pravděpodobností.

## 4 STATISTIKA V METROLOGII

### 4.1 Základní statistické pojmy [1]

Pro získání intervalu nejistoty měření je nutno provést několik měření opakovaných za nezměněných podmínek. Z tohoto opakovaného měření je získán soubor hodnot, který je nazýván **výběrovým souborem**. Tento výběrový soubor vychází ze **základního souboru**, ze kterého byl získán.

#### *Charakteristiky základního souboru:*

- rozsah:  $N$ ;
- $\mu$  - aritmetický průměr základního souboru;
- $\sigma$  – směrodatná odchylka základního souboru;
- $\sigma^2$  – rozptyl základního souboru.

#### *Charakteristiky náhodného výběru:*

- rozsah:  $n$ ;
- $\bar{x}$  - výběrový aritmetický průměr;
- $s$  – výběrová směrodatná odchylka;
- $s^2$  – výběrový rozptyl.

Základními parametry základního souboru jsou: střední hodnota a rozptyl. Z výběrových souborů jsou vypočítávány odhady těchto parametrů, a to buď bodový odhad, nebo intervalový odhad.

#### **Odhad střední hodnoty**

Pro odhad střední hodnoty může sloužit:

- aritmetický průměr – hodnota získaná po sečtení všech naměřených hodnot a dělení tohoto součtu počtem měření;
- modus – nejčastěji se opakující hodnota;
- medián – střední hodnota z naměřených hodnot, které byly seřazeny dle velikosti.

Pro další práci se střední hodnotou je nutné ji ještě doplnit o parametr vyjadřující rozptyl hodnot kolem střední hodnoty, tzv. **rozpětí  $R$** , které je dáno vztahem:

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (4.1)$$

Tento vztah vyjadřuje pouze rozptýlení hodnot kolem střední hodnoty, ale ne kolem průměru. Proto je využívána tzv. **Směrodatná odchylka**  $\sigma$ . Směrodatná odchylka  $\sigma$  je charakteristikou **rozptylu**  $\sigma^2$  a vyjadřuje střední hodnotu vzdálenosti jednotlivých hodnot od aritmetického průměru. Z těchto charakteristik poté vycházejí následující vztahy:

$$\text{odhad střední hodnoty } \mu: \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.2)$$

$$\text{odhad směrodatné odchylky } \sigma: s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.3)$$

Pro srovnání množiny údajů je také využíván tzv. **variační koeficient**  $v$  vyjádřený vztahem:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100 (\%). \quad (4.4)$$

### Normální rozdělení Gaussova křivka

Při opakovaných měřeních téže veličiny se vyskytuje tzv. Normální (Gaussovo nebo Gaussovo-Laplaceovo) rozdělení. Frekvenční funkci tohoto rozdělení udává vztah:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.5)$$

#### Kde:

- $x$  výsledky měření;
- $\mu$  střední hodnota základního souboru;
- $\sigma$  směrodatná odchylka;
- $\sigma^2$  rozptyl základního souboru;
- $e$  Eulerovo číslo.

Pro možnost tabelace hodnot frekvenční funkce a také zjednodušení byla zavedena tzv. směrodatná nebo také normovaná veličina  $U$ , která je vyjádřena následovně:

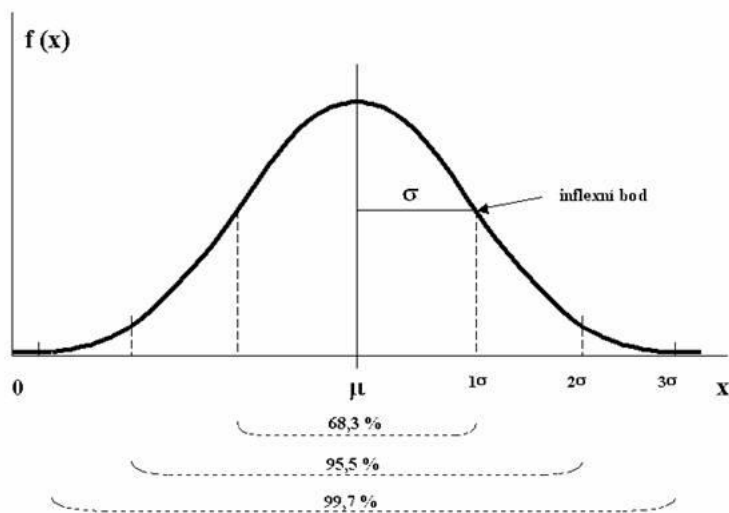
$$U = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (4.6)$$

Po dosazení této nové náhodné veličiny do původního vztahu pro frekvenční funkci dostáváme tzv. normované normální rozdělení:

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (4.7)$$

Z této rovnice je zřejmé, že hodnota aritmetického průměru  $\mu = 0$  a hodnota směrodatné odchylky  $\sigma = 1$ . Tento výsledek znamená, že normovaná náhodná veličina má normální rozdělení. [1]

Grafická podoba Gaussova normálního rozdělení je vystihnuta na Obr. 11. Křivka je zvonovitého tvaru se symetrií kolem střední hodnoty  $\mu$ .



Obr. 11 Normální rozdělení [14]

## 4.2 Testování normality

Zda má naměřený soubor hodnot normální rozdělení lze posuzovat ze dvou pohledů, a to grafického a statistického.

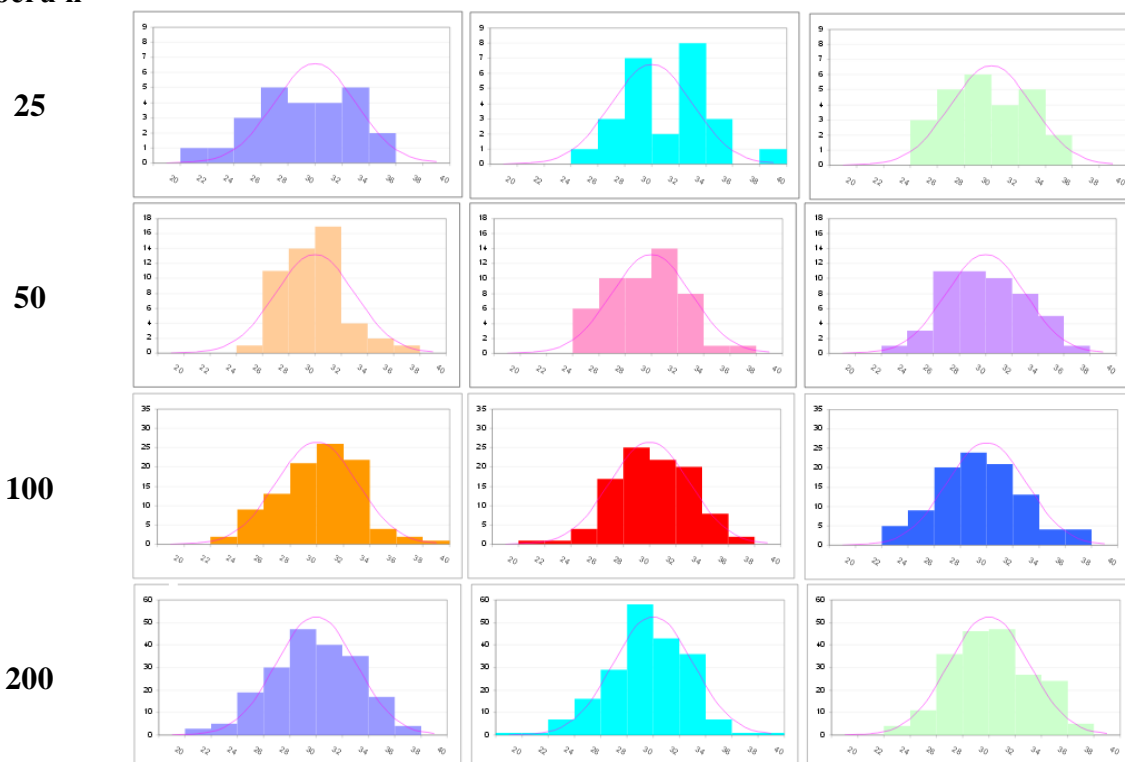
### 4.2.1 Grafické metody testování normality

#### *Histogram*

Histogram má tvar charakteristický pro Gaussovu křivku v případě, že je sestaven z dostatečného množství dat a data pochází z normálního rozdělení. Nutnost dostatečného množství dat je zřejmá z následujících obrázků (Obr. 12), kdy všechna data byla náhodně vybrána z normálního rozdělení, a mají vždy stejnou střední hodnotu a stejnou směrodatnou odchylku.

Velikost  
výběru  $n$

#### Histogramy



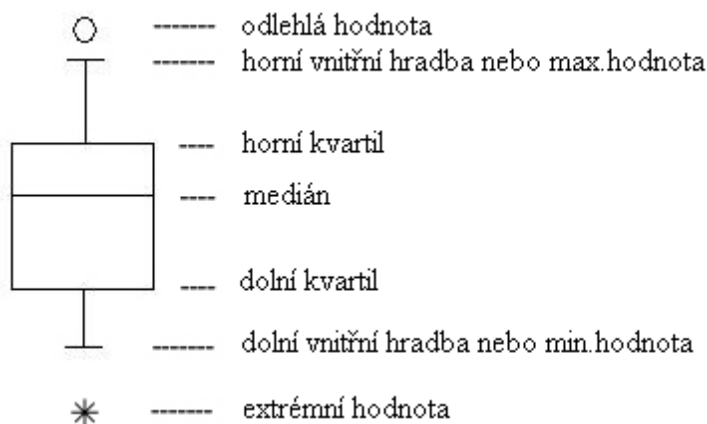
Obr. 12 Podoby histogramů v závislosti na velikosti výběrového souboru [15]

#### *Krabicový diagram (Box plot)*

Ze schématu krabicového grafu (Obr. 13) jsou zřejmé informace o maximální a minimální naměřené hodnotě, mediánů, dolním a horním kvartilu a také odlehlých a extrémních hodnotách. Odlehlými pozorováními nazýváme taková pozorování, která jsou v grafu znázorněna jako izolované body. Základem diagramu je krabice, jejíž „dno“ vyjadřuje



dolní kvartil a „víko“ horní kvartil. Uvnitř krabice se nachází čára zobrazující medián. Z obou částí krabice vychází kolmé čáry „vousy“ u nichž konce představují maximum (popř. minimum) ze souboru naměřených hodnot po vyloučení odlehlých pozorování. [5]



Obr. 13 Box plot [5]

#### 4.2.2 Statistické metody testování normality [4]

V praxi se můžeme setkat s případem, kdy neznáme rozdělení základního souboru, ale i tak bychom chtěli provádět srovnání, např. pro možnost prokázání nezávislosti sledovaných znaků. Při těchto situacích je vhodné použít tzv. neparametrické testy. Z této skupiny testů jsou nejpoužívanějšími testy dobré shody, a to:  $\chi^2$  – test a Kolmogorovův – Smirnovův test.

##### Chí - kvadrát test dobré shody

Test dobré shody je jedním z testů sloužících pro určení splnění předpokladu normálního rozdělení naměřeného souboru dat. Jde o ověření shodnosti empirického rozdělení s rozdělením teoretickým.

**Nulová hypotéza  $H_0$**  může předpokládat, že:

- a) existuje základní soubor roztríděný dle nějakého kvantitativního nebo kvalitativního znaku do  $k$  skupin a podíly možností v tomto základním souboru jsou ekvivalentní hodnotám  $\pi_{0,1}, \pi_{0,2}, \dots, \pi_{0,k}$ .
- b) základní soubor je nekonečný a má rozdělení konkrétního (běžného) typu, jako např. rozdělení normální. Nulová hypotéza udává jak typ rozdělení, tak i parametry tohoto rozdělení, a proto tento model nazýváme tzv. úplně specifikovaným modelem. Tento případ je v praxi méně častý.

**Testovací statistika**

$$G = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n\pi_{0,i})^2}{n\pi_{0,i}} \quad (4.8)$$

Kde:  $n_i$  pozorované četnosti

$n\pi_{0,i}$  teoretické četnosti v  $i$ -té skupině

$i = 1, 2, \dots, k$ .

Tato testovací statistika  $G$  má při dostatečně velkém výběru zhruba  $\chi^2$  rozdělení s  $v = k-1$  stupni volnosti. Za dostatečně velký výběr rozumíme takový, po jehož roztřídění do skupin, jsou tyto skupiny dostatečně obsazeny, a to přibližně

$$n\pi_{0,i} > 5 \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, k. \quad (4.9)$$

Obecně lze považovat nedodržení této podmínky za znak toho, že testovaný soubor není dostatečně rozsáhlý a že výsledky testování budou v některých případech zpochybnitelné.

**Alternativní hypotéza  $H_a$**  následně jednoduše popírá platnost hypotézy nulové  $H_0$ .

**Kolmogorov – Smirnov test**

Tento test se používá stejně jako  $\chi^2$  – test pro zjištění shody mezi empirickým a teoretickým rozdělením. Rozdíl je ale v tom, že Kolmogoro – Smirnov test se použije v situacích, kdy výběr má malý rozsah.

Mezi výhody použití tohoto testu v porovnání s Kolmogoro – Smirnov testem patří:

- větší síla testu;
- není tu omezující podmínka  $n\pi_{0,i} > 5$  pro  $i = 1, 2, \dots, k$ ;
- vychází z jednotlivých naměřených hodnot a ne z výběru.

**Nulová hypotéza  $H_0$**  dává za předpoklad, že:

- Náhodný výběr pochází z rozdělení, které má spojitou distribuční funkci  $F(x)$ , a který musí být zcela jednoznačně specifikován i se všemi parametry.

Pracujeme s náhodným výběrem  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$  (4.10), který tedy pochází z rozdělení se spojitou distribuční funkcí  $F(x)$  a je uspořádán dle velikosti.

Funkce  $F_n(x)$  je definována následujícími výrazy:

- $F_n(x) = 0; \quad x < x_{(1)}$

- $F_n(x) = \frac{i}{n}; \quad x_{(i)} \leq x \leq x_{(i+1)}; \quad i = 1, 2, \dots, n - 1;$
- $F_n(x) = 1; \quad x \geq x_{(n)}.$  (4.11)

Toto definování nám říká, že funkce  $F_n(x)$  je plně specifikována a nezávisí na žádném neznámém parametru. Funkce  $F_n(x)$  je tzv. empirickou (výběrovou) distribuční funkcí a distribuční funkci  $F(x)$ , ze které byl náhodný výběr získán, a je tzv. teoretickou distribuční funkcí.

### *Testovací statistika*

$$D_n = \sup |F_n(x) - F_0(x)| = \max(D_1^*, D_2^*, \dots, D_n^*) \quad (4.12)$$

Kde:  $D_i^* = \max \left\{ \left| F_0(x_i) - \frac{i-1}{n} \right|, \left| \frac{i}{n} - F_0(x_i) \right| \right\}$  pro  $i = 1, 2, \dots, n;$

*Alternativní hypotéza  $H_a$*  je vyjádřena takto  $H_a: \text{non } H_0.$

## 4.3 Testování vychýlených hodnot [6]

Při vyhodnocování naměřených výsledků se nám může ve skupině dat, která by měla být stejnorodá, objevit nějaká výrazně odlišná hodnota tzv. „vychýlená (odlehlá) hodnota“.

Pro testování těchto vychýlených hodnot použijeme Grubbsův test.

### 4.3.1 Grubbsův test

Grubbsův test vychýlených hodnot se řadí do tzv. parametrických testů. Při tomto testování je nutné znát tyto hodnoty: výběrové průměry a směrodatné odchylky. Musíme také uspořádat naměřené hodnoty dle velikosti  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_{n-1} \leq x_n$  (4.13).

Dále postupujeme takto:

- 1) určíme nulovou hypotézu - např.  $H_0$ : maximální (minimální) hodnota není hrubá chyba měření;
- 2) určíme alternativní hypotézu – např.  $H_a$ : maximální (minimální) hodnota je hrubá chyba měření;
- 3) zvolíme hladinu významnosti  $p = 0,05$  nebo  $0,01$ ;
- 4) vypočítáme výběrový průměr  $\bar{x}$  a směrodatnou odchylku;
- 5) vybereme vhodnou rovnici testovacího kritéria pro uspořádaný soubor dle jeho velikosti;

- 6) najdeme kritickou hodnotu  $T_{n,p}$  (resp.  $T_1, p$ ) pro zvolenou hladinu významnosti a daný výběrový rozsah ( $n$ );

$$T_n = \frac{x_n - \bar{x}}{s} \quad T_1 = \frac{\bar{x} - x_1}{s} \quad (4.14)$$

- 7) pokud je  $T_n$  (resp.  $T_1$ )  $>$   $T_{n,p}$  (resp.  $T_{1,p}$ ), zamítneme nulovou hypotézu  $H_0$  a odstraníme hodnotu testovaného prvku ze sledovaného souboru, z důvodu zatížení chybou.

#### 4.4 Testování statistických hypotéz [4]

Statistická hypotéza vyjadřuje daný předpoklad o parametrech nebo tvaru rozdělení sledovaného znaku. Následuje tzv. Testování hypotézy, tzn. zda se jedná o hypotézu správnou či nesprávnou. Takovému testování je podroben pouze výběrový soubor, protože testování celého základního souboru by bylo velmi náročné ve více ohledech.

Máme dva typy hypotéz:

- **hypotéza nulová  $H_0$ :**

- vyjadřuje předpoklad vyřčený o dané charakteristice nebo tvaru rozdělení základního souboru.
- může vypadat např. takto:

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad (4.15)$$

- **Hypotéza alternativní  $H_1$**

- Alternativní hypotéza nepřiznává předpoklad daný v hypotéze nulové.
- Možná podoba  $H_1$ :

-  $H_1: \mu \neq \mu_0$     Dvoustranná hypotéze – hodnota parametru je jiná než je dáno v  $H_0$

$H_1: \mu > \mu_0$     Jednostranná hypotéza – hodnota parametru je větší než je dáno v  $H_0$

$H_1: \mu < \mu_0$     Jednostranná hypotéza – hodnota parametru je menší než je dáno v  $H_0$ .    (4.16)

Při testování hypotéz se můžeme dopustit chyb způsobených špatným vyhodnocením závěrů z náhodně získaných dat. Rozpoznáváme tzv. chybu prvního druhu, kdy zamítneme hypotézu  $H_0$ , i když je pravdivá, a tzv. chybu druhého druhu, při níž dochází k přijetí  $H_0$ , i přesto, že ve skutečnosti platí  $H_1$  viz. Tab 1.

		Výsledek testu	
		Nezamítáme $H_0$	Zamítáme $H_0$
Skutečnost	Platí $H_0$	správné rozhodnutí pravděpodobnost rozhodnutí: $1 - \alpha$ (spolehlivost)	chyba I. druhu Pravděpodobnost rozhodnutí: $\alpha$ (hladina významnosti)
	Platí $H_1$	chyba II. druhu pravděpodobnost rozhodnutí: $\beta$	správné rozhodnutí Pravděpodobnost rozhodnutí: $1 - \beta$ (síla testu)

Tab. 1 Chyby vznikající při testování

Sílu testu udává pravděpodobnost  $1 - \beta$ . Jde o pravděpodobnost, se kterou zamítneme nulovou hypotézu  $H_0$ , v případě kdy platí alternativní hypotéza  $H_1$ , tzn. neuděláme chybu II. druhu.

V běžné praxi dochází k pevnému stanovení pravděpodobnosti chyby I. druhu, nebo-li hladiny významnosti, již na začátku testování.

### Doporučený postup testování:

#### 1. Formulace hypotéz

Nejprve je nutné stanovit nulovou hypotézu  $H_0$ , která by měla jednoznačně specifikovat rozdělení sledovaného znaku. Je tzv. jednoduchá hypotéza. Poté se stanoví hypotéza alternativní  $H_1$ , která by měla vyjadřovat to, co chceme testem dokázat. Ve srovnání s hypotézou  $H_0$  ji nazýváme hypotézou složenou, protože buď popírá platnost  $H_0$ , nebo je vyjádřena nějakou nerovností.

#### 2. Volba testovacího kritéria

Testovací kritérium vyjadřuje funkci výběru. Zjištění hodnoty této funkce je cílem zpracování hodnot, které byly získány náhodným výběrem.

#### 3. Sestrojení kritického oboru

Velikost kritického oboru musí být dostatečně velká, aby bylo možno dopustit se chyby prvního druhu pouze ve  $100 \alpha$  % případů. Pravděpodobnost dosažení výsledku ležícího v kritickém oboru při dodržení podmínky platnosti nulové hypotézy se má rovnat předem zvolené hladině významnosti  $\alpha$ .

#### 4. Výpočet hodnoty testovacího kritéria

Máme k dispozici náhodný výběr dat a vzorec pro výpočet hodnoty testovacího kritéria. Pak již stačí jen zvolit vhodný postup a vybrat vhodné výpočetní prostředky, abychom získali hodnotu tohoto testovacího kritéria.

## 5. Formulace závěru

Po provedení testu, můžeme dostat dva výsledky:

- a) hodnota testovacího kritéria se nachází v kritickém oboru hodnot, tzn. prokázali jsme hypotézu  $H_1$ . Pokud bychom řekli, že hypotéza  $H_1$  platí, musíme počítat s 100  $\alpha$  % rizikem nesprávnosti tohoto výroku;
- b) hodnota testovacího kritéria je v oboru přijetí, tzn. neprokázali jsme hypotézu  $H_1$ . V případě, že bychom prohlásili hypotézu  $H_0$  za platnou, pracovali bychom s rizikem omylu  $\beta$ , že skutečnost taková není.

### 4.4.1 Test hypotézy o střední hodnotě

Tímto testem se snažíme ověřit, zda se průměr základního souboru  $\mu$  rovná dané hodnotě  $\mu_0$ . Formulace hypotéz poté vypadá následovně:

$$H_0: \mu = \mu_0 \quad (4.17)$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0; \mu > \mu_0; \mu < \mu_0 \quad (4.18)$$

Pokud předpokládáme, že rozptyl základního souboru známe, můžeme testovacím kritériem zvolit veličinu:

$$U = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma} \sqrt{n}. \quad (4.19)$$

Při neznalosti rozptylu základního souboru jeho hodnotu odhadneme pomocí výběrového rozptylu ve tvaru:

$$U = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s_x} \sqrt{n}. \quad (4.20)$$

Za podmínky platnosti hypotézy  $H_0$  má veličina  $U$  normované normální rozdělení.

### 4.4.2 Test hypotézy o rozptylu

Ze základního souboru, jehož rozdělení bylo rozdělením normálním, byl selektován náhodný výběr o velikosti  $n$ . Následně bude testována hypotéza o rovnosti rozptylu základního souboru stanovené hodnotě  $\sigma_0^2$ .

Podoby hypotéz bude takovátto:

$$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 \quad (4.21)$$

$$H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2; \sigma^2 > \sigma_0^2; \sigma^2 < \sigma_0^2. \quad (4.22)$$

Opět je nutné zvolit testovací kritérium:

$$\chi^2 = \frac{(n-1)s_x^2}{\sigma_0^2}. \quad (4.23)$$

#### 4.4.3 Test hypotézy o shodě dvou středních hodnot

Jde o test porovnání dvou výběrů mezi sebou. Porovnání těchto výběrů nám poté umožňuje posuzovat dva základní soubory, z nichž tyto výběry vzešly. Předpokladem pro tento test je, že se jedná o nezávislé náhodné výběry.

Možné předpoklady pro provedení testu:

##### 1. *Známost rozptylů obou základních rozptylů.*

Dva soubory s normálním rozdělením, středními hodnotami  $\mu_1$  a  $\mu_2$ , rozptyly  $\sigma_1^2$  a  $\sigma_2^2$ , náhodné výběry  $n_1$  a  $n_2$ , výběrové průměry  $\bar{x}_1$  a  $\bar{x}_2$ .

Hypotézy tvrdí:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; \text{ resp. } \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (4.24)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2; \text{ resp. } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2; \text{ resp. } \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$H_1: \mu_1 < \mu_2; \text{ resp. } \mu_1 - \mu_2 < 0 \quad (4.25)$$

Statistika testování:

$$U = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (4.26)$$

V případě předpokladu, že  $H_0$  platí, má statistika normované normální rozdělení.

##### 2. *Neznámost rozptylů obou základních souborů, ale předpoklad jejich shodnosti.*

Dva soubory s normálním rozdělením, rozptyly základního souboru neznáme, ale jejich hodnota je shodná  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ . (4.27)

Za těchto okolností použijeme statistiku:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}} \quad (4.28)$$

Tato statistika má na rozdíl od předchozích statistik v případě platnosti  $H_0$  Studentovo rozdělení  $t$  s  $v = n_1 + n_2 - 2$  stupni volnosti. (4.29)

### 3. Neznámost rozptylů obou základních soboru a zároveň jejich různost.

Tento postup je používán v případech, kdy nelze využít předchozí dva postupy nebo v situacích, kdy nelze u dvou neznámých rozptylů předpokládat jejich shodu.

Vhodné testovací kritérium vypadá takto:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1'^2}{n_1} + \frac{s_2'^2}{n_2}}} \quad (4.30)$$

Jeho přibližné rozdělení je  $t$  s  $v$  stupni volnosti.

#### 4.4.4 Test hypotézy o shodě dvou rozptylů

Shodnost nebo neshodnost rozptylů byla v předchozích testech kritériem pro volbu testovacího postupu. Rozptyly jsou tedy velmi důležitým parametrem a je nutné je také otestovat.

Víme, že mám dva nezávislé náhodné výběry  $n_1$  a  $n_2$  a výběrové rozptyly  $s_1'^2$  a  $s_2'^2$ . Hypotézy jsou na základě těchto údajů stanoveny následně:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (4.31)$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2; \sigma_1^2 > \sigma_2^2; \sigma_1^2 < \sigma_2^2 \quad (4.32)$$

Jako testovací kritérium použijeme statistiku:

$$F = \frac{s_1'^2}{s_2'^2} \quad (4.33)$$

Opět pokud předpokládáme platnost  $H_0$ , má toto testované kritérium rozdělení  $F$  s

$$v_1 = n_1 - 1 \text{ a } v_2 = n_2 - 1 \text{ stupni volnosti.} \quad (4.34)$$

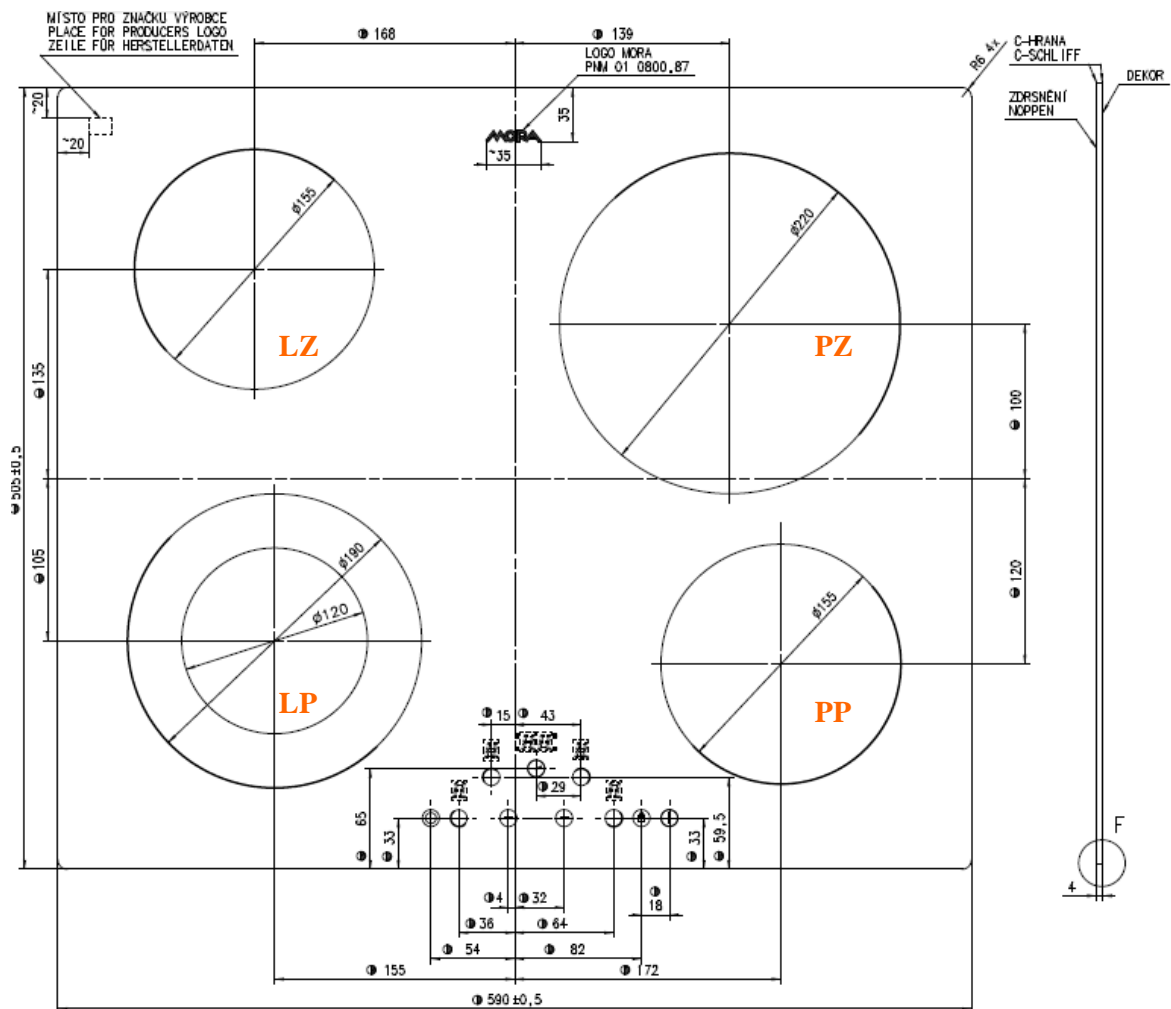


## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 POPIS PROBLÉMU

Firma MORA MORAVIA, s.r.o. je tradičním českým výrobcem domácích spotřebičů. Jedná se především o kuchyňské spotřebiče, jako jsou: volně stojící sporáky, vestavné trouby, varné desky, odsavače,...

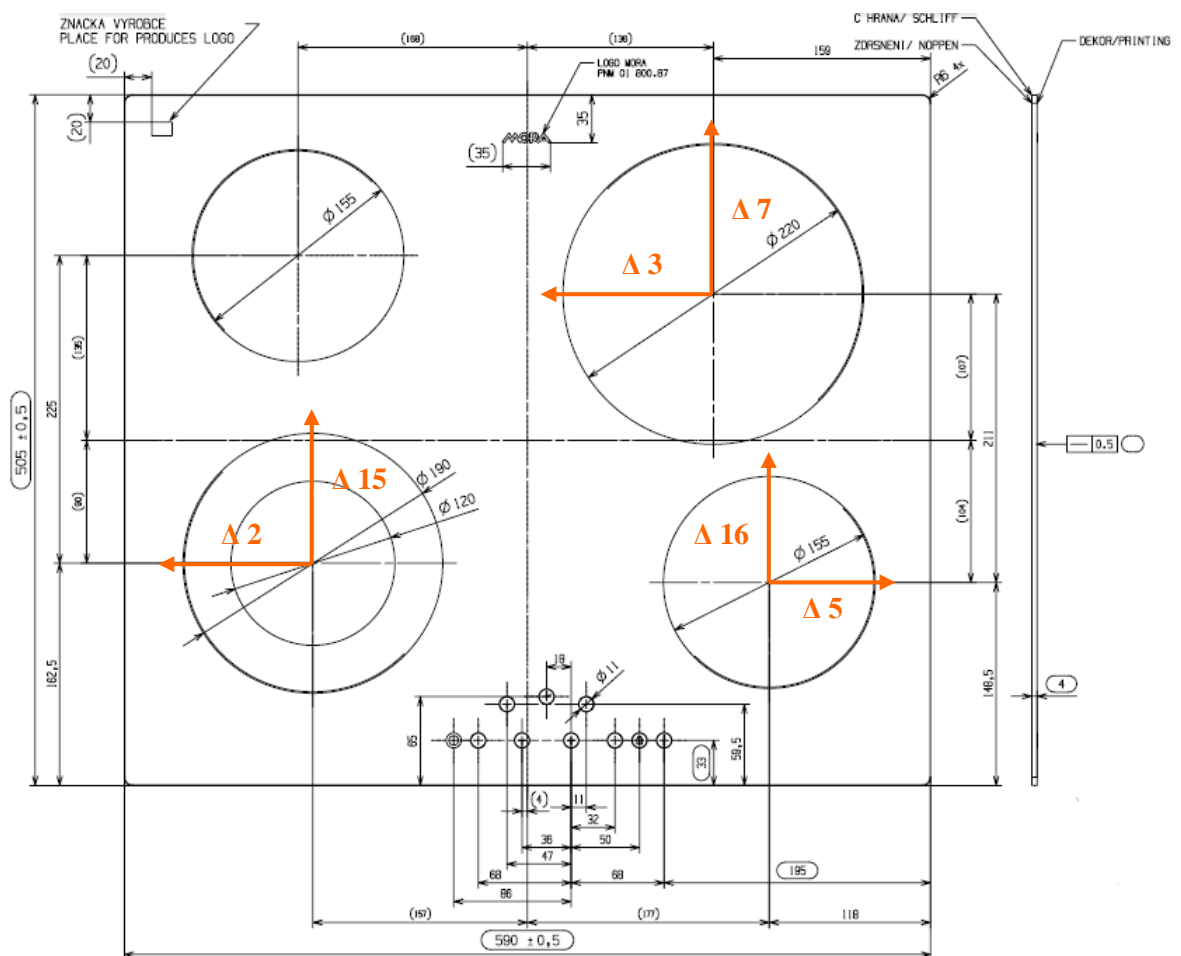
Z Obr. 14 je patrné konstrukční uspořádání varné desky. Vestavené varné desky mají umístěn ovládací panel s dotykovými tlačítky ve středu přední části desky. Tento panel leží poměrně blízko ke dvěma předním varným zónám, proto může docházet k jeho nadměrnému ohřevu teplem odraženým od hrnců. Výrobce předpokládal, že by se tímto nadměrným ohřevem mohla deska pro konečného uživatele stát hůře ovladatelnou. Aby této situaci předešel, rozhodl se varnou desku inovovat a provést změnu konstrukčního uspořádání.



Obr. 14 Varná deska před inovací

Jak je vidět z následujícího obrázku (Obr. 15) při konstrukční změně došlo pouze ke změně polohy pravé přední, pravé zadní a levé přední varné zóny. Všechny ostatní rozměry desky zůstaly zachovány. Pravá přední (PP) varná zóna byla posunuta o 5 mm doprava a 16 mm nahoru oproti původní poloze. Pravá zadní (PZ) varná zóna byla posunuta o 7 mm nahoru a 3 mm doleva oproti původní poloze. Levá přední (LP) varná zóna byla posunuta o 2 mm doleva a o 15 mm nahoru oproti původní poloze. Poloha levá zadní (LZ) varná zóny zůstala zachována. Minimální vzdálenost senzoru od varné zóny se zvětšila ze 40 mm na 50 mm.

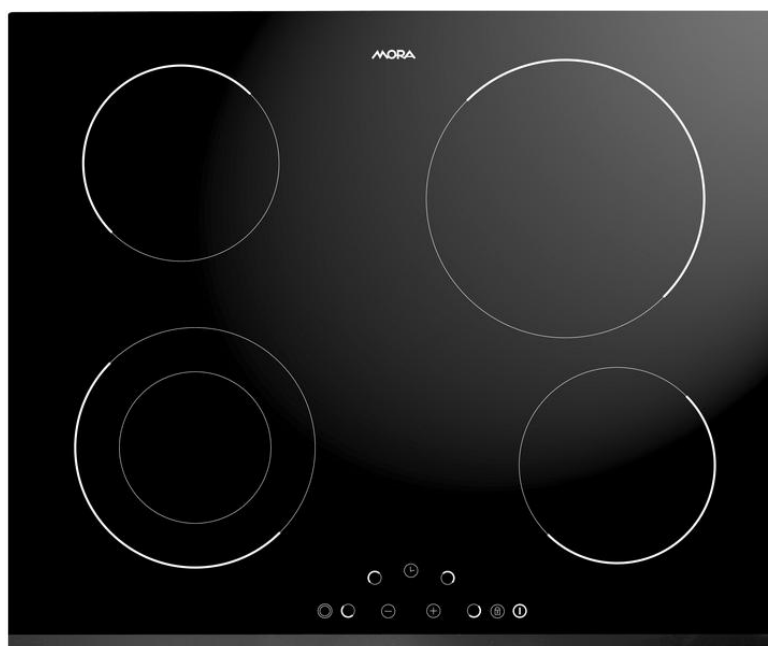
Mým úkolem bylo zjistit, na kolik byla tato konstrukční změna účinná.



Obr. 15 Varná deska po inovaci

## 6 VARNÁ DESKA

V dnešní době zákazníci žádají, aby domácí spotřebiče zapadaly co nejvíce do celkového konceptu interiéru bytu. Proto bylo i u varných desek přistoupeno k takové konstrukci, která umožní jejich zabudování přímo do desky kuchyňské linky. Jedním z používaných typů je právě sklokeramická varná deska (Obr. 16). Povrch této desky je zcela plochý a lesklý. Na jejím povrchu jsou pouze vyznačena ohraničení varných zón a dotyková tlačítka.



*Obr. 16 Sklokeramická varná deska [16]*

### 6.1 Popis a princip fungování

Základní tvar varné desky je tvořen (Obr. 17) sklokeramickou deskou a plechovou vanou, s vyřezanými otvory pro umístění dalších komponentů a také s otvory pro větrání. Na plechovou vanu jsou připevněna tzv. Highlight odporová hnízda, elektronický panel a přípojná svorkovnice.



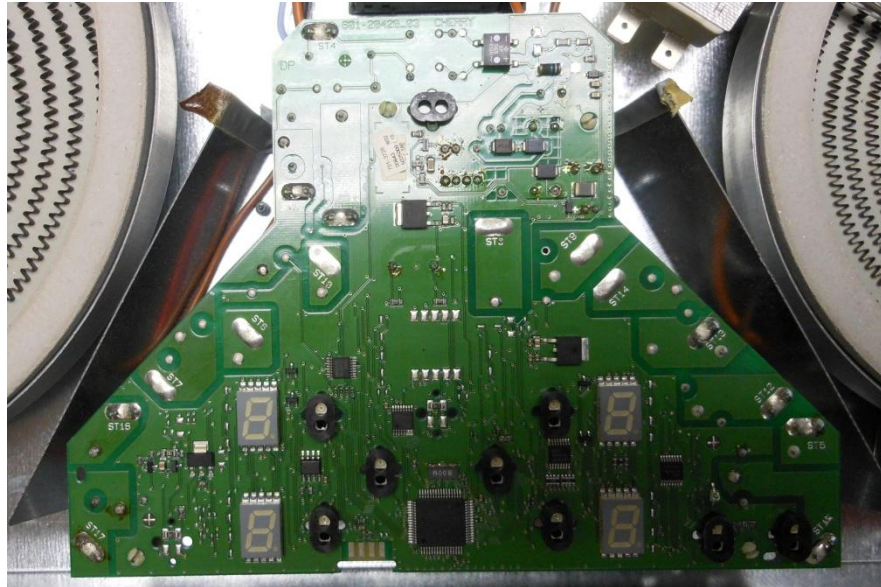
*Obr. 17 Odkrytá varná deska*

Horizontálně by sklokeramická deska neměla propouštět teplo a ani by ho neměla přenášet. Ke generaci tepla dochází vertikálně, přímo pod dnem hrnce. Nepochází tak ke ztrátám skrz sklokeramický povrch, a zároveň však dochází k úsporám spotřeby energie. K zahřítí sklokeramické desky poté dochází nepřímo prostřednictvím odraženého tepla, které přenáší hrnce, jedná se o tzv. zbytkové teplo.

### ***Elektronický panel – optické senzory***

Tento typ varné desky je opatřen dotykovou ovládací jednotkou s optickými senzory. Optický senzor (Obr. 18) je složen ze dvou částí: přepínače a vysílače. Vysílač vysílá infračervený paprsek, který prochází sklokeramickou deskou a odráží se od prstu, který funguje jako odrazová plocha, zpět. Z tohoto důvodu je využívána právě sklokeramika, která má vlnovou propustnost 890 nm, a ne obyčejné sklo.

Po prvním připojení do sítě probíhá kalibrace optického senzoru na okolní světelné podmínky.



*Obr. 18 Elektronický panel*

Dle normy nesmí oteplení na optických senzorech přesáhnout 45 K. Po přičtení průměrné teploty okolí se dostáváme na max. teplotu cca 60°C.

Elektronicky je mikročip a veškerá elektronika chráněna před přehřátím teplotním čidlem. Toto čidlo je nastaveno přímo výrobcem elektronického panelu a maximální teplota, které může být dosaženo, se pohybuje kolem T 105.

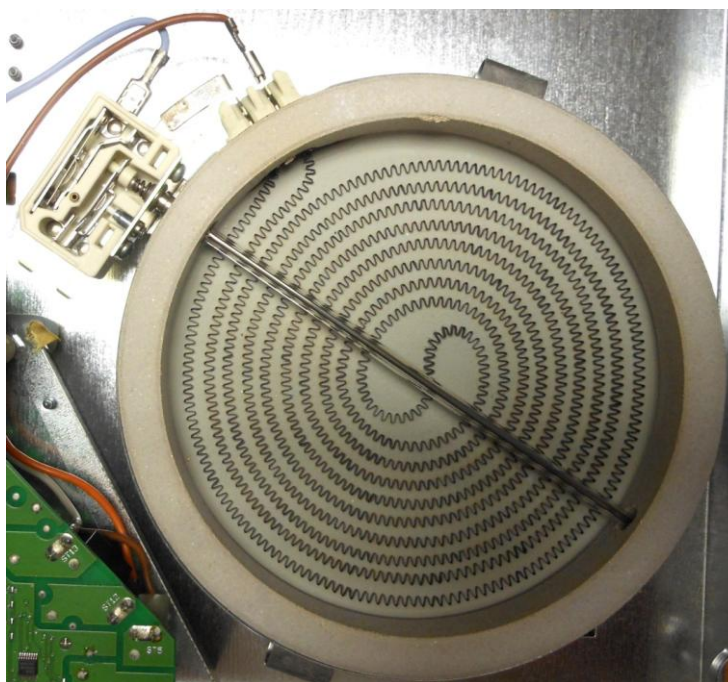
Mechanicky je elektronika chráněna před teplem vyzářeným varnou zónou, k tomu slouží tepelná clona. Je vyrobena z pozinkovaného plechu a je konstruována na teplotu T 105, což odpovídá teplotě 105°C.

Pro rozvod elektrických impulzů mezi elektronickým panelem a odporovými hnízdy slouží vodiče. Jsou obaleny silikonové izolací, která má dlouhodobou tepelnou odolnost 180°C (krátkodobě 250°C). Jednotlivé vodiče je nutné vyvazovat do svazků, aby nedocházelo k jejich dotyku s jinými částmi desky, např. hnízdy, a jejich následnému přepálení nebo k jejich přerезání o plechovou miskou hnízda.

### *Odporová hnízda*

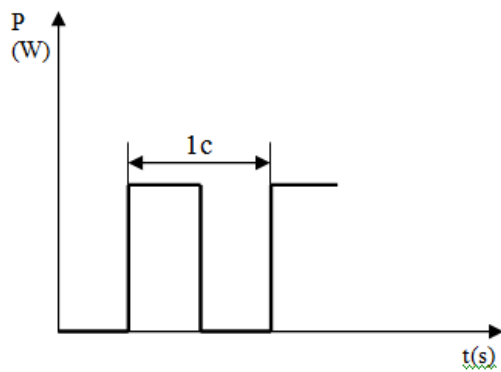
Odporové hnízdo (Obr. 19) je složeno z misky z pozinkovaného plechu, do které je uložena izolační hmota a izolační prstenec. Uvnitř tohoto prstence je navinutá nebo nasponkovaná spirála. První část spirály je napojena přímo na konektor a druhá část na omezovač teploty.

Na každé odporové hnízdo je připojen omezovač teploty. Omezovač teploty funguje na principu tepelné roztažnosti kovu. Ve skleněné trubičce je umístěný lehce napružený kovový drát, který se s růstem teploty prodlužuje a stlačuje pružinku v omezovači, a tím dochází k sepnutí. Na výrobu těla omezovače je využita keramika. Úkolem omezovače je zabránit tomu, aby došlo k přepálení spirály, defektu na skle,... Na základě toho je konstruován na teplotu 560°C.

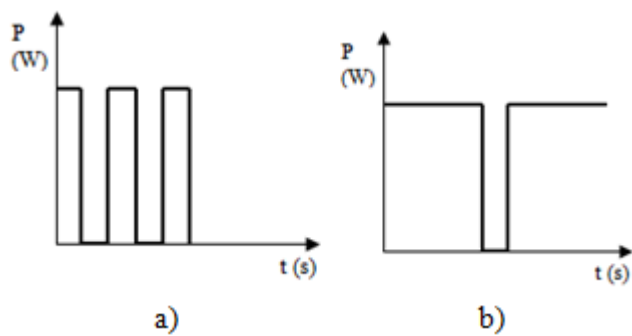


*Obr. 19 Odporové hnízdo*

Odporové hnízdo představuje zároveň varnou zónu. Z druhé strany každé varné zóny se nachází spínací relé, které udává stupeň ohřevu. Toto nastavení je dáno softwarem. Varné zóny fungují v pulzním režimu (Obr. 20). Dle délky pulsů, tzv. střídý se poté určuje stupeň ohřevu (Obr. 21). Minimální odolnost desky by měla být 10 000 spínacích cyklů. Standardem je 50 000 spínacích cyklů.



Obr. 20 Jeden spínací cyklus



Obr. 21 Perioda cyklů a) stupeň „1“; b) stupeň „9“



## 7 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

K měření bylo použito několik měřících přístrojů, které byly poskytnuty firmou. Všechna měřidla měla platnou kalibrační známku.

### 7.1 Teploměr Testo 735 [17]

#### Popis produktu

Teploměr Testo 735 (Obr. 22) je kompaktní vysoce flexibilní přístroj s krátkou dobou odezvy. Jedná se o vícekanálové měřící zařízení, které je opatřeno dvěma vstupy pro termočlávkové sondy typu K a T a jedním vstupem pro ponornou nebo vpichovací sondu. Pokud je přístroj doplněn o radiomodul, mohou být zpracovány a vyobrazeny teploty až ze tří rádiových sond a tří sond připojených prostřednictvím kabelu.



Obr. 22 Teploměr Testo 735

Následující tabulka (Tab. 2) uvádí základní technické parametry teploměru.

Technické parametry	
<b>Skladovací teplota</b>	-30 ... +70 °C
<b>Provozní teplota</b>	-20 ... +50 °C
<b>Typ baterie</b>	alkalické, mikrotužkové, typ AA
<b>Výdrž baterie</b>	200 h
<b>Rozměry</b>	220 x 74 x 46 mm
<b>Materiál pouzdra</b>	ABS/TPE/kov

Tab. 2 Technické parametry teploměru Testo 735

### Sonda typu K

Při měření byla použita termočláňková sonda typu K. Tento typ sond se vyznačuje rychlou odezvou a velkým rozsahem měřených teplot. Tab. 2 uvádí základní technické parametry sondy typu K.

Technické parametry	
<b>Měřicí rozsah</b>	-200 ... +1370 °C
<b>Přesnost</b>	±0.3 K v rozsahu -60 ... +60 °C; ±(0.2 °C + 0.3% z naměřené hodnoty ve zbytku rozsahu)
<b>Rozlišení</b>	0.1 K

Tab. 3 Technické parametry sondy typu K



a)

b)

Obr. 23 Sonda typu K a) vrchní pohled; b) boční pohled

## 7.2 Termokamera Testo 881 [18]

### Popis produktu

Termokamera Testo 881 je schopna velice přesně zobrazit i velmi malé teplotní rozdíly. Toto detailní rozpoznání zajišťuje tzv. metoda SuperResolution. Pro flexibilní zobrazení požadovaného výřezu je termokamera opatřena výměnnými objektivy a k usnadnění následné dokumentace slouží vestavěný fotoaparát, díky kterému je možné doplnit termosnímky o reálnou fotografii snímaného místa. Termokamera také disponuje funkcí automatického rozpoznání horkých a studených míst, což přispívá k bezpečnému a rychlému odhalení kritických hodnot teploty. Pokud termokameru doplníme o filtr pro vysoké teploty, můžeme provádět přesné měření teploty až do 550°C. Termokamera je opatřena 32° standardním objektivem s minimální vzdáleností ostření 10 cm, který umožňuje zachytit i malé detaily ve velkém záběru snímku.

Specifikace základních technických parametrů termokamery testo je uvedena v Tab. 4.

Technické parametry	
Teplotní rozlišení	< 50 mK
Vysoce kvalitní standardní objektiv	32° x 23°
Teplotní rozsah	-20 až +350 °C
Obnovovací frekvence	33 Hz (uvnitř EU, mimo EU 9 Hz)

Tab. 4 Technické parametry Termokamery Testo 881



Obr. 24 Termokamera  
Testo 881

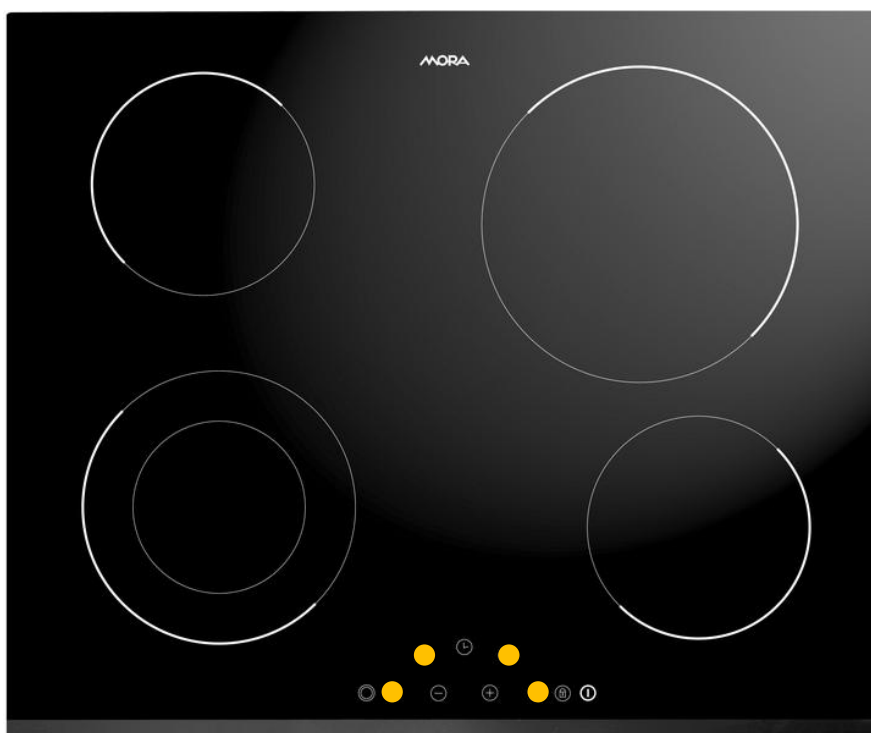
### 7.3 Ostatní měřicí přístroje

Teplota okolí byla ve firemní zkušebně snímána pomocí termočlánků připojených na teploměr Omega. V podmínkách domácnosti byla teplota okolí odečítána ze rtuťového teploměru.

Dobrá trvání měření byla sledována pomocí stopek Quartz. Viz: <http://qq-watch.jp/eng/collection/index.html>.

## 8 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Při realizaci praktické části této diplomové práce probíhaly tři druhy měření oteplení ovládacího panelu varné desky. Bylo to měření dle požadavků normy, měření v domácnosti a uživatelské zkoušky. Konkrétně bylo měřeno oteplení dotykových tlačítek ovládajících jednotlivé varné zóny, jak je zřejmé z Obr. 25.



*Obr. 25 Označení měřených míst na varné desce*

Nejprve jsem provedla měření varné desky dle požadavků daných platnou normou ČSN. Toto měření je standardním měřením prováděným ve firemní zkušebně při zkouškách nových nebo inovovaných produktů, při periodických kontrolních zkouškách, problémech ve výrobě, či reklamách od zákazníka. Následně jsem prováděla měření v podmínkách domácnosti. Firmou byl dán požadavek, aby bylo měření prováděno za situace, která zcela odpovídala reálným podmínkám, a při kterých na varné desce pracuje konečný uživatel výrobku. Na základě vyhodnocení měření v domácnosti jsem navrhla třetí měření, a to tzv. uživatelské zkoušky.

## 8.1 Měření dle normy ČSN

Ve firemní zkušebně bylo prováděno měření dle požadavků daných normou ČSN EN 60335-1 Elektronické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 1: Všeobecné požadavky a ČSN EN 60335-2-6 Elektronické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 2-6: Zvláštní požadavky na nepřenosné sporáky, varné panely, trouby a podobné spotřebiče.

Varná deska byla nainstalována dle návodu výrobce a zapojena do zdroje elektrické energie za podmínek normální činnosti při 1,15 násobku jmenovitého příkonu. Na varnou desku byly umístěny hrnce o předepsaných průměrech. Hrnce byly naplněny vodou o objemech 2 x 1l, 1,5 l a 2l a byly přikryty poklicí (Obr. 26).



*Obr. 26 Umístění hrnců na varnou desku dle normy ČSN*

Zkouška byla zahájena zapnutím varné desky na max. výkonový stupeň „9“. Po dosažení bodu varu ve všech hrncích byl výkonový stupeň snížen na mírný var, tj. stupeň „2“.

Doba trvání zkoušky byla 60 minut. Teplota okolí byla snímána pomocí termočlánků typu J umístěných ve vzdálenosti 1m od varné desky, a to v 10 minutových časových intervalech.

Snímání teploty dotykových tlačítek ovládacího panelu bylo zahájeno ve chvíli přechodu na výkonový stupeň „2“ a probíhalo v 5ti minutových intervalech. Data byla získávána pomocí teploměru Testo, ke kterému byla připojena sonda typu K.

## 8.2 Domácnost

Další měření bylo prováděno přímo v podmínkách domácnosti. Varná deska byla zabudována v kuchyňské lince a nainstalována servisním technikem dle návodu výrobce.

Na varnou desku byly umísťovány různé průměry hrnců dle aktuální potřeby uživatele. Jeden z příkladů umístění je vidět na Obr. 27. Umístění hrnců na varné desce se v průběhu měření měnilo. Výkonové stupně byly měny dle požadavků na přípravu daných pokrmů. Na základě toho byli po určitou dobu i některé varné zóny vypnuty. Všechny tyto údaje byly také zaznamenávány do tabulky viz Příloha II.



*Obr. 27 Umístění hrnců na varné desce dle možností a potřeb uživatele*

Zkoušky probíhaly v rozmezí od 70 do 110 min. dle připravovaných pokrmů. Teplota okolí byla snímána po 10ti minutách pomocí rtuťového teploměru. Ke snímání teploty dotykových tlačítek byl použit, stejně jako ve firmě, teploměr Testo se sondou typu K. Odečítání teplot probíhalo opět v intervalu 5 minut.

## 8.3 Uživatelské zkoušky

Nově navržené uživatelské zkoušky byly skloubením zkoušek dle normy, které jsou prováděny ve firmě a zkoušek prováděných v podmínkách domácnosti. Jednalo se

o simulaci extrémních podmínek užívání. Tyto zkoušky probíhaly na specializovaném pracovišti firmy. Instalace i zapojení desky bylo provedeno dle daných pravidel.

Při uživatelských zkouškách bylo prováděno dvojí měření. Jednou s hrnci o předepsaných průměrech, podruhé s hrnci o průměrech větších než je předepsaný průměr. Byly tak nasimulovány podmínky, kdy konečný uživatel nepoužije správné nádobí. Hrnce byly opět naplněny vodou a překryty poklicí.

Nastavením všech varných zón na max. výkonový stupeň „9“ byla zkouška započata. Ve chvíli varu byly pouze odejmuty poklice, ale nebyl snižován výkonový stupeň, jak tomu bylo u měření dle normy. Na rozdíl od měření v domácnosti při tomto měření nedochází k neustálému střídání výkonového stupně a je zajištěna určitá systematičnost. V průběhu měření docházelo k odpařování vody z hrnců, proto bylo nutné ji doplňovat.

Doba trvání zkoušky byla nastavena na 90 min, čímž jsme se přiblížili k podmínkám měření v domácnosti. Snímání teploty okolí probíhalo standardně po 10 minutách a snímání teploty ovládacího panelu po 5 minutách, a to stejnými měřicími přístroji, jako při měření dle normy.

## 9 VÝHODNOCENÍ MĚŘENÍ

### 9.1 Firma

Ve firemní zkušebně proběhly dva typy měření a to: měření dle požadavků normy ČSN a uživatelské zkoušky navržené na základě výsledků z měření v podmínkách domácnosti. Z každého měření je zpracován protokol o zkoušce tzv. test report viz. Příloha I.

Naměřené teploty byly zaznamenávány do tabulek, které jsou součástí Přílohy II. Pro závěrečné srovnání variant byly teploty naměřené na jednotlivých ovládacích tlačítkách vždy zprůměrovány a v souhrnných tabulkách jsou u jednotlivých časových intervalů zobrazeny pouze průměrné teploty pro danou variantu varné desky.

Pro účely této diplomové práce byla naměřená data zpracována a následně vyhodnocována pomocí softwaru Minitab.

#### 9.1.1 Měření dle normy ČSN

Průměrné teploty byly vypočteny dle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9.1)$$

Pro příklad uvádím v Tab. 5 výpočet průměrné teploty ovládacích tlačítek na začátku měření, tj. v čase 0 při měření varianty desky bez inovace. Všechny další průměrné teploty byly vypočteny obdobným způsobem.

Ovládací tlačítka $n$	Teplota v čase 0 $x_i$ (°C)
Levé zadní	38,5
Pravé přední	35,8
Pravé zadní	36,2
Levé přední	36,4
<b>Průměrná teplota <math>\bar{x}</math> (°C)</b>	<b>36,73</b>

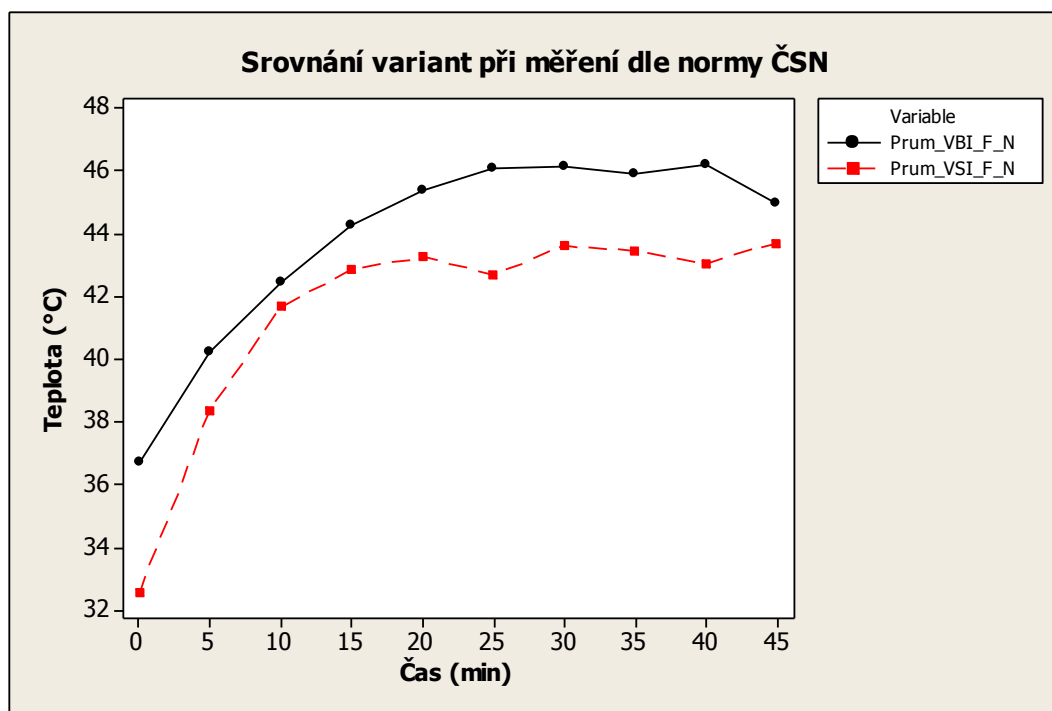
Tab. 5 Příklad výpočtu průměrné teploty

V Tab. 6 je již uvedeno celkové srovnání průměrných teplot u varianty bez inovace a varianty s inovací.



Čas (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Průměrná teplota varianta bez inovace (°C)	36,73	40,25	40,45	44,28	45,43	46,13	46,18	45,95	46,23	45,00
Průměrná teplota varianta s inovací (°C)	32,55	41,39	41,68	42,85	43,28	42,70	43,63	43,45	43,08	43,73

Tab. 6 Průměrné teploty při měření dle normy ČSN



Obr. 28 Srovnání variant varné desky při měření dle normy ČSN

Z grafického vyjádření naměřených teplot (Obr. 28) je zřejmé, že při měření prováděném dle požadavků normy ČSN, dosahovala varianta varné desky po inovaci po celou dobu měření nižších teplot než varianta před inovací. Maximální naměřená teplota u varianty před inovací byla 46,8 °C a u varianty po inovaci 44,4 °C. Z těchto výsledků lze říci, že konstrukční změna byla účinná. Z hlediska normy je také podstatné, že u žádné z variant nebyla přesáhnuta maximální dovolená hodnota oteplení 45 K.

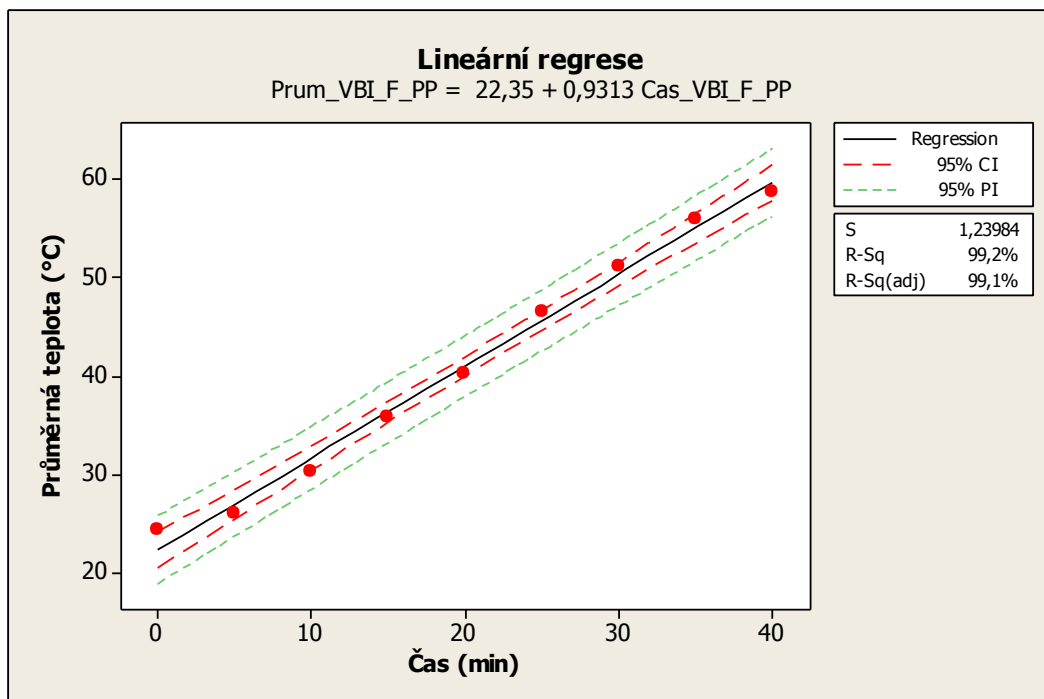
### 9.1.2 Uživatelské zkoušky

Při provádění uživatelských zkoušek došlo u varianty bez inovace po 40 min měření k úplnému zablokování varné desky. Deska se zcela vypnula, pouze blikal index „t“. Toto zablokování znemožnilo pokračovat v dalším měření a měření muselo být ukončeno. Zablokování desky pravděpodobně způsobilo teplotní čidlo chránící elektroniku. Pro získání většího množství dat, které by mi umožnilo lepší srovnávání obou variant,

jsem se rozhodla predikovat vývoj po dobu následujících 20 minut pomocí regresní analýzy. Volila jsem následující postup. Nejdříve bylo nutné naměřené hodnoty proložit funkcí, které co nejlépe kopírovala jejich průběh. Volila jsem mezi lineární, kvadratickou a kubickou funkcí. Vzhledem k tomu, že dle srovnání grafů vyhodnocených programem Minitab, byly rozdíly hodnoty  $R - S_q$  tj. redukovaného koeficientu determinace, zanedbatelné, rozhodla jsem se pro účely této diplomové práce využít funkci lineární. Pro názornost byly u měření varianty desky bez inovace s předepsaným průměrem hrnců uvedeny všechny regresní funkce. U ostatních variant jsou již uvedeny pouze lineární funkce a grafy ostatních funkcí jsou součástí Přílohy III.

**Varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců*****Lineární regrese***

Grafické vyjádření lineární regrese u varianty bez inovace při měření s předepsaným průměrem hrnců znázorňuje Obr. 29.



Obr. 29 Lineární regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$Prum\_teplota = 22,35 + 0,9313 * Cas$$

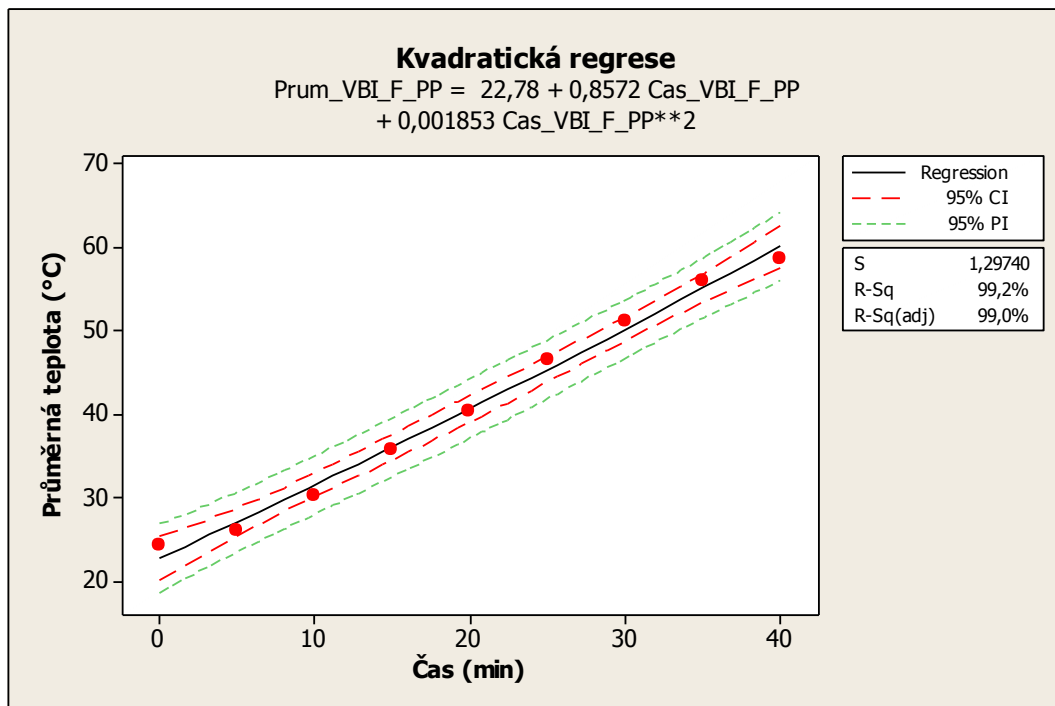
Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab. 7).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	64,3
50	68,9
55	73,6
60	78,2

Tab. 7 Predikované teploty lineární regrese varianta bez inovace předepsaný průměr

**Kvadratická regrese**

Grafické vyjádření kvadratické regrese u varianty bez inovace při měření s předepsaným průměrem hrnců znázorňuje Obr. 30.



Obr. 30 Kvadratická regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$\text{Prum\_teplota} = 22,78 + 0,8572 * \text{Cas} + 0,001853 * \text{Cas}^2$$

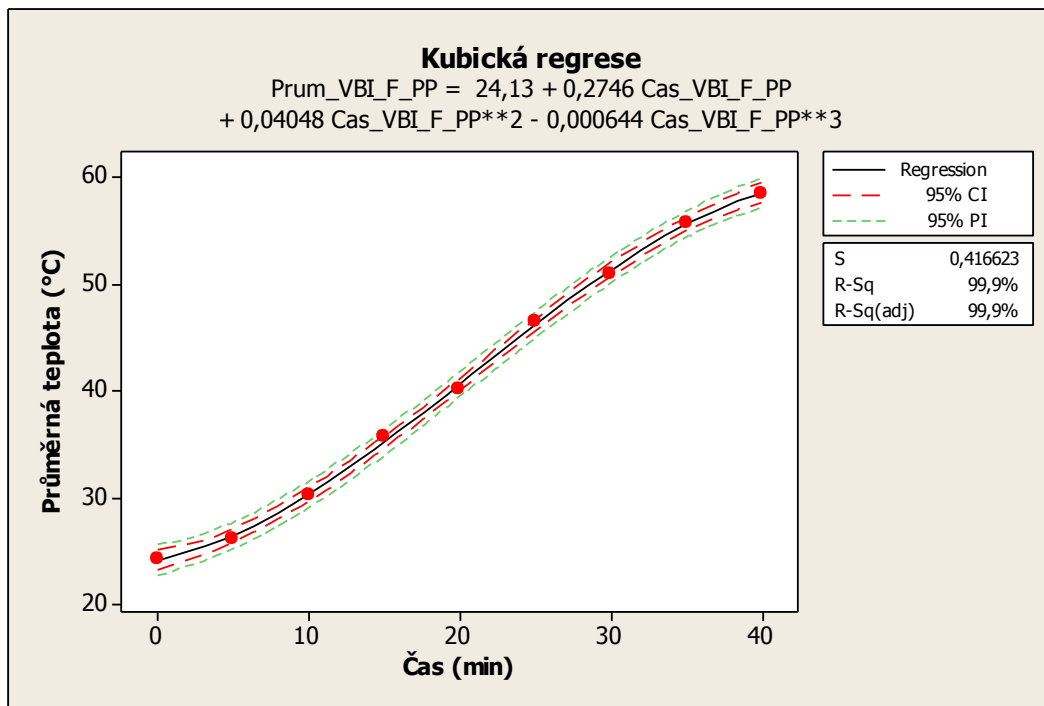
Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab. 8).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	65,12
50	70,27
55	75,53
60	80,88

Tab. 8 Predikované teploty kvadratickou regrese varianta bez inovace předepsaný průměr

**Kubická regrese**

Grafické vyjádření kubické regrese u varianty bez inovace při měření s předepsaným průměrem hrnců znázorňuje Obr. 31.



Obr. 31 Kubická regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$\text{Prum\_teplota} = 24,13 + 0,2746 * \text{Cas} + 0,04048 * \text{Cas}^2 - 0,000644 * \text{Cas}^3$$

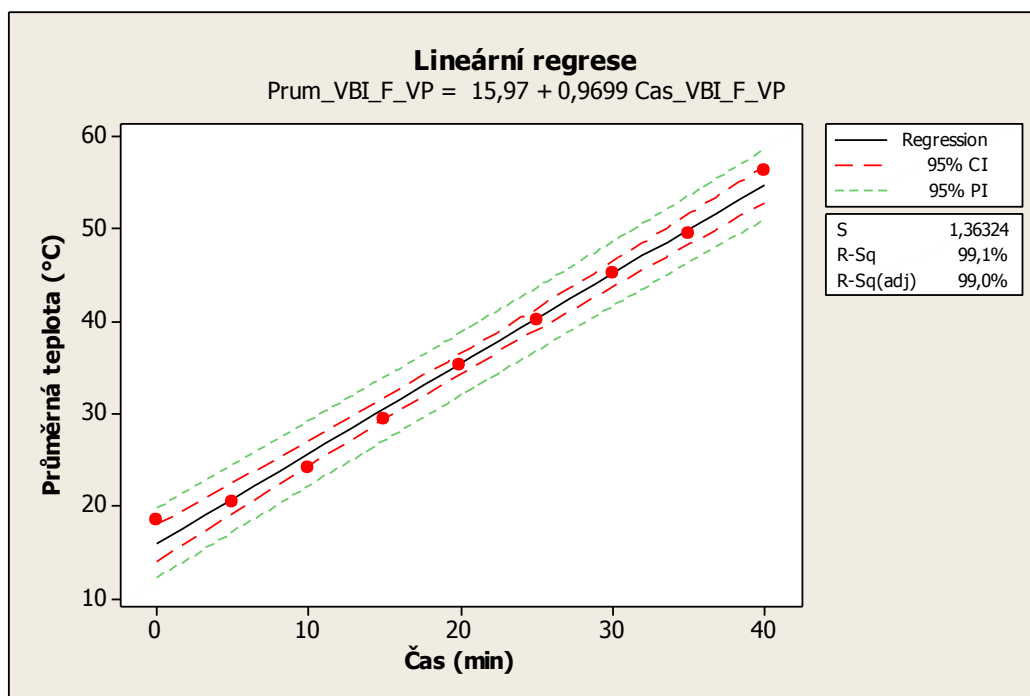
Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab. 9).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	59,77
50	58,56
55	54,54
60	47,23

Tab. 9 Predikované teploty kubickou regresí varianta bez inovace předepsaný průměr

**Varianta bez inovace větší průměr hrnců*****Lineární regrese***

Grafické vyjádření lineární regrese u varianty bez inovace při měření s větším průměrem hrnců znázorňuje Obr. 32.



Obr. 32 Lineární regrese varianta bez inovace větší průměr hrnců

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$Prum\_VBI\_F\_VP = 15,97 + 0,9699 * Cas\_VBI\_F\_VP$$

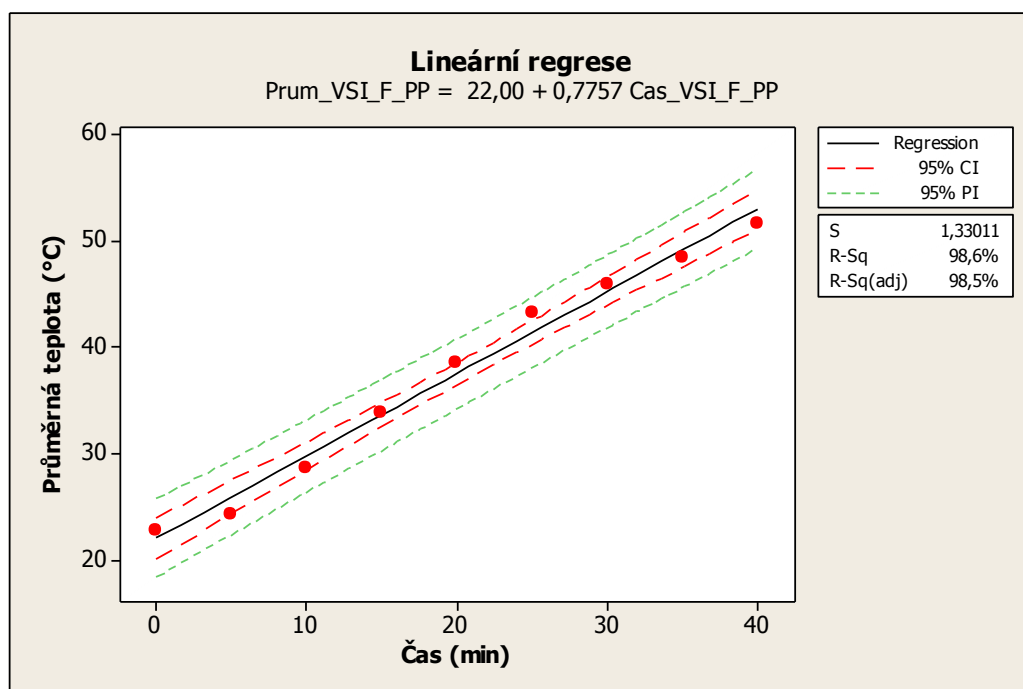
Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab.10).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	59,6
50	64,5
55	69,3
60	74,2

Tab. 10 Predikované teploty lineární regrese varianta bez inovace větší průměr

**Varianta s inovací předepsaný průměr hrnců*****Lineární regrese***

Grafické vyjádření lineární regrese u varianty s inovací při měření s předepsaným průměrem hrnců znázorňuje Obr. 33.



*Obr. 33 Lineární regrese varianta s inovací předepsaný průměr hrnců*

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$Prum\_VSI\_F\_PP = 22,00 + 0,7757 * Cas\_VSI\_F\_PP$$

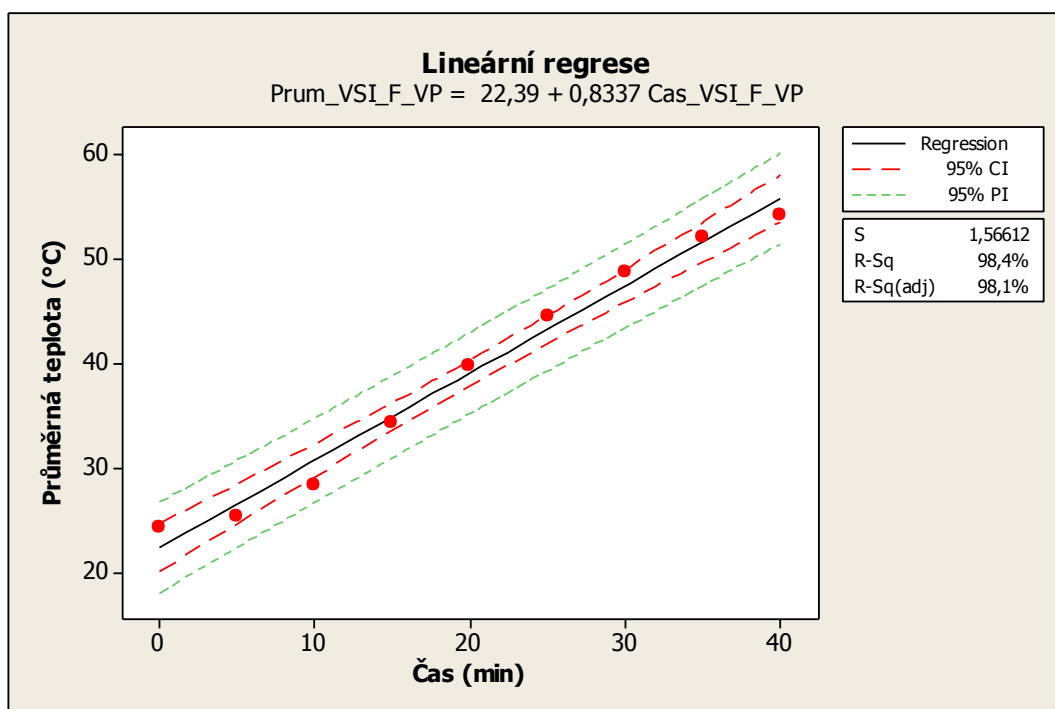
Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab. 11).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	56,9
50	60,8
55	64,7
60	68,5

*Tab. 11 Predikované teploty lineární regrese varianta s inovací předepsaný průměr*

**Varianta s inovací větší průměr hrnců*****Lineární regrese***

Grafické vyjádření lineární regrese u varianty s inovací při měření s větším průměrem hrnců znázorňuje Obr. 34.



Obr. 34 Lineární regrese varianta s inovací větší průměr hrnců

**Rovnice pro predikci hodnot**

$$Prum\_VSI\_F\_VP = 22,39 + 0,8337 * Cas\_VSI\_F\_VP$$

Predikované hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce (Tab. 12).

Čas (min)	Průměrná teplota (°C)
45	59,9
50	64,1
55	68,2
60	72,4

Tab. 12 Predikované teploty lineární regrese varianta s inovací větší průměr



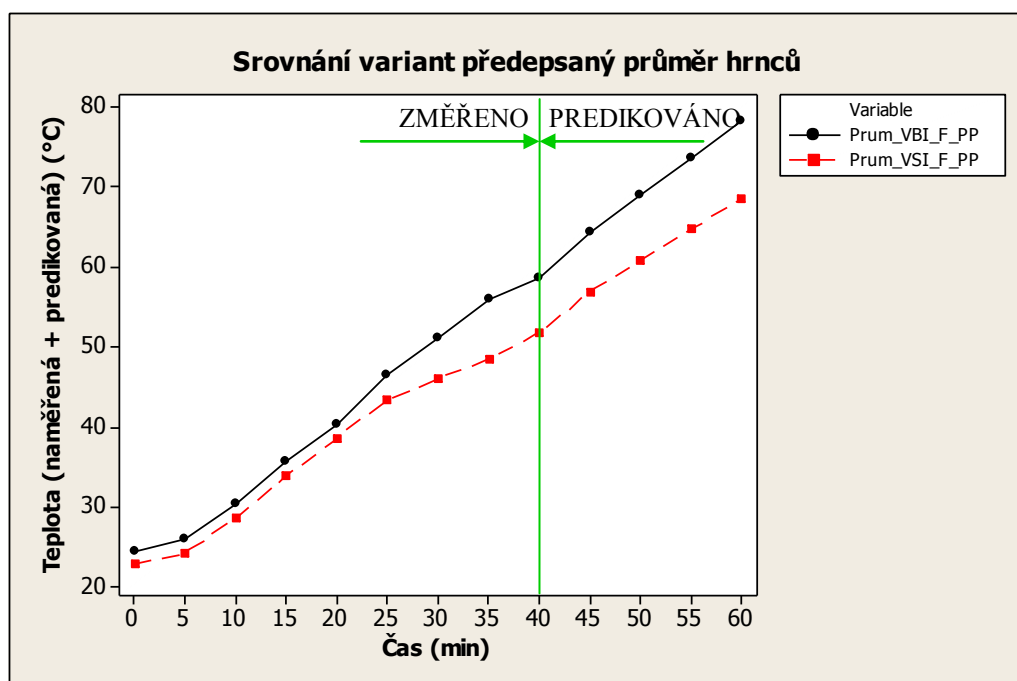
### Srovnání variant

Teploty získané v průběhu měření byly doplněny o teploty vypočtené pomocí regresní analýzy a následně byly vykresleny do grafu. Grafické vyjádření zobrazuje srovnání průběhu teploty v časovém intervalu u varianty bez inovace a varianty s inovací.

### Srovnání variant měření s předepsaným průměrem hrnců

Čas (min)	Průměrná teplota varianty bez inovace (°C)	Průměrná teplota varianty s inovací (°C)
0	24,30	22,80
5	26,05	24,20
10	30,28	28,63
15	35,73	33,85
20	40,25	38,63
25	46,50	43,30
30	51,08	46,03
35	55,93	48,43
40	58,65	51,75
45	64,30	56,90
50	68,90	60,80
55	73,60	64,70
60	78,20	68,50

Tab. 13 Srovnání variant dle uživatelských zkoušek s předepsaným průměrem hrnců



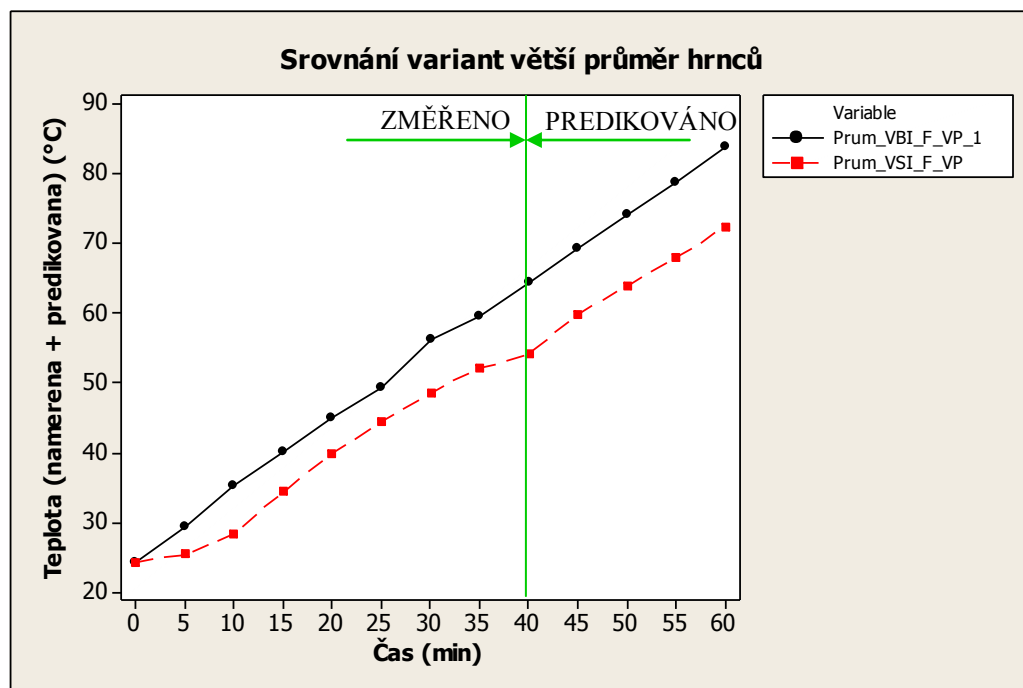
Obr. 35 Srovnání varianty předepsaný průměr hrnců dle uživatelské zkoušky

Pokud provedeme srovnávání variant dle výsledků měření s hrnci o předepsaném průměru (Tab. 13, Obr. 35), nejsou na začátku měření rozdíly mezi variantami varných desek příliš markantní. Jedná se pouze o cca 2 °C. Od 20 minuty se již tento rozdíl začíná zvětšovat a na konci měření se tento rozdíl již pohybuje kolem 10 °C. Dle předpokladu by po hodině provozu měla být průměrná teplota ovládacího panelu u varianty bez inovace 78,2 °C, oproti tomu u varianty s inovací pouze 68,5 °C.

#### Srovnání variant měření s větším průměrem hrnců

Čas (min)	Průměrná teplota varianta bez inovace (°C)	Průměrná teplota varianta s inovací (°C)
0	24,10	24,30
5	29,38	25,40
10	35,20	28,35
15	40,00	34,40
20	45,08	39,78
25	49,43	44,48
30	56,28	48,65
35	59,60	52,05
40	64,50	54,18
45	69,30	59,90
50	74,20	64,10
55	79,00	68,20
60	83,90	72,40

Tab. 14 Srovnání variant dle uživatelských zkoušek s větším průměrem hrnců



Obr. 36 Srovnání variant větší průměr hrnců dle uživatelské zkoušky

V případě porovnání měření s hrnci o průměru větším než odpovídá průměru danému normou (Tab. 14, Obr. 36), jsou rozdíly mezi variantami od začátku měření vyšší než u předepsaných průměrů. Rozdíly jsou v rozmezí 5 – 6 °C. Od 40 minuty se rozdíl mezi naměřenými teplotami začíná pohybovat okolo 10 °C a do konce měření se tento rozdíl jen nepatrně zvětšuje. U varianty bez inovace by tak pravděpodobně měla být na konci měření teplota ovládacího panelu 83,9 °C kdežto u varianty s inovací 72,4 °C.

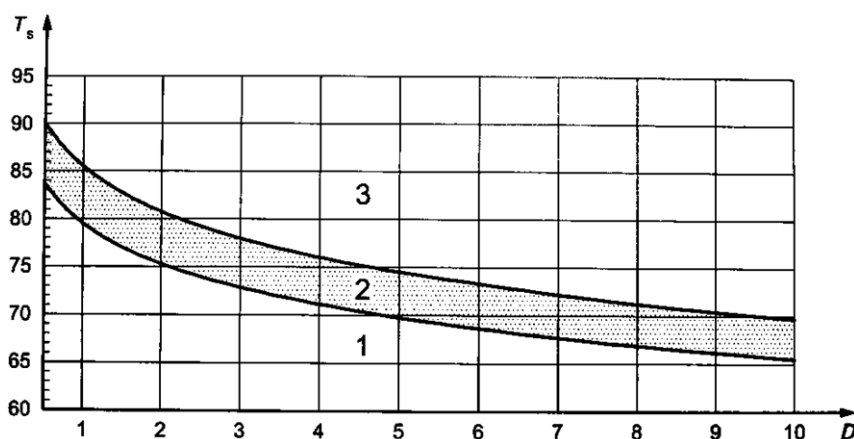
V obou případech, jak při měření s hrnci o předepsaném průměru, tak i s hrnci o větším průměru, bylo dokázáno, že deska s inovací dosahovala nižších teplot než deska bez inovace. Tudíž lze konstatovat, že konstrukční změna byla účinná. Je však nutné zvážit, zda by při tak vysokých teplotách, kterých by na ovládacím panelu mohlo být dosaženo, nemohlo dojít k ohrožení zdraví konečného uživatele.

### 9.1.2.1 Popáleniny [8]

Přímým nebo nepřímým vlivem neprahové tepelné energie na lidský organismus dochází ke vzniku popáleninového traumatu. Toto trauma se projeví částečnou nebo úplnou destrukcí kůže nebo sliznice popř. hlubších tkání. Projevy popálení, dle závažnosti a rozsahu popálení, jsou velká bolest, dlouhodobá a náročná léčba, vysoká mortalita a trvalé následky. [19]

Problematikou vzniku popálenin způsobených kontaktem lidské kůže s horkým povrchem výrobků se zabývá norma ČSN EN ISO 13732-1 Ergonomie tepelného prostředí – Metody posuzování odezvy člověka na kontakt s povrchy – Část 1: Horké povrchy.

Na Obr. 37 je znázorněno, jaké je rozmezí prahu popálení při kontaktu kůže s horkým, hladkým povrchem ze sklokeramiky, což odpovídá povrch měřené sklokeramické varné desky.



Obr. 37 Rozmezí prahu popálení při kontaktu kůže s horkým, hladkým povrchem ze sklokeramiky [8]

Vysvětlivky:

$D$  kontaktní doba [s] tj. doba, po kterou dochází ke styku povrchu kůže s povrchem;

$T_s$  povrchová teplota [°C] tj. teplota povrchu materiálu.

1 – žádné popálení; 2 – práh popálení; 3 – popálení.

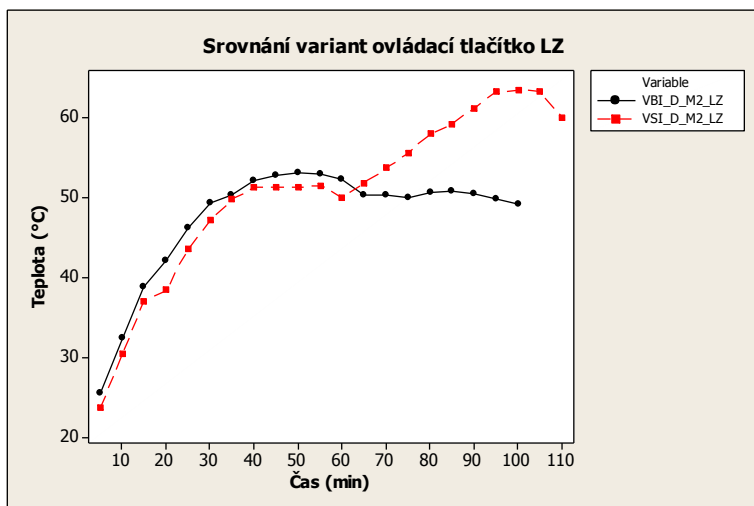
Práh popálení vyjadřuje povrchovou teplotu, která leží na hranici mezi žádným popálením a povrchovou částečnou vrstvou popálení vznikající při kontaktu kůže s povrchem výrobku po specifikovanou kontaktní dobu. Povrchová částečná vrstva popálení představuje celkové, ale ne naprosté povrchové popálení. Při tomto typu popálení je kůže zcela zničena, ale vlasové kořínky a potní a mazové žlázy zůstaly zachovány.

K tomu, aby bylo možné sklokeramickou desku ovládat, je nutný kontakt mezi kůží a horkým povrchem. Jedná se o tzv. úmyslný kontakt, kdy dochází ke stlačení tlačítka. Pro tento případ je normou stanovena maximální kontaktní doba 4 s. Z Obr. 37 lze poté konstatovat, že v případě, že by uživatel držel stačené ovládací tlačítko po dobu 4 s a ovládací tlačítko by mělo teplotu vyšší než 76°C, došlo by ke vzniku popálení.

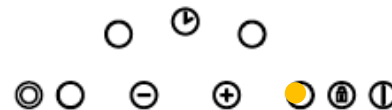
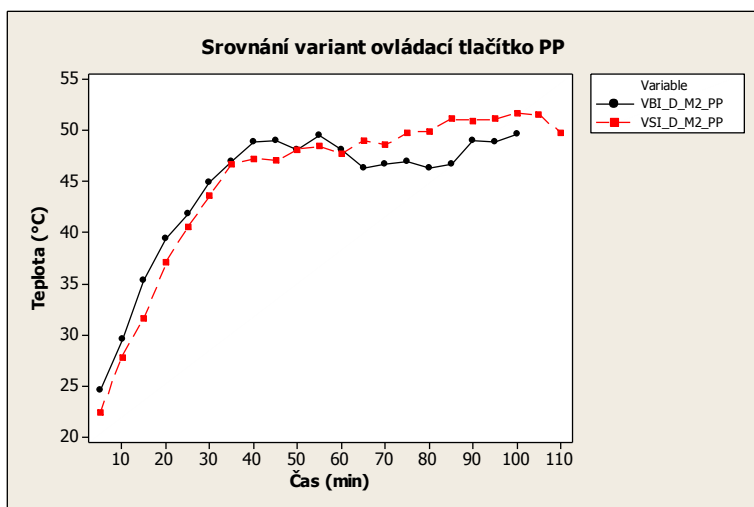
Pokud vezmeme v úvahu výše uvedené fakty, lze říci, že při ovládání varná desky bez inovace, by mohlo dojít k popálení uživatele. Teploty v závěru měření totiž přesahovaly prahovou teplotu pro vznik popálenin tj.  $76^{\circ}\text{C}$ . U varné desky s inovací k tomuto překročení nedošlo, tudíž byla inovace účinným krokem k zajištění větší bezpečnosti uživatele.

## 9.2 Domácnost

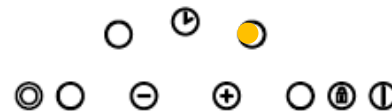
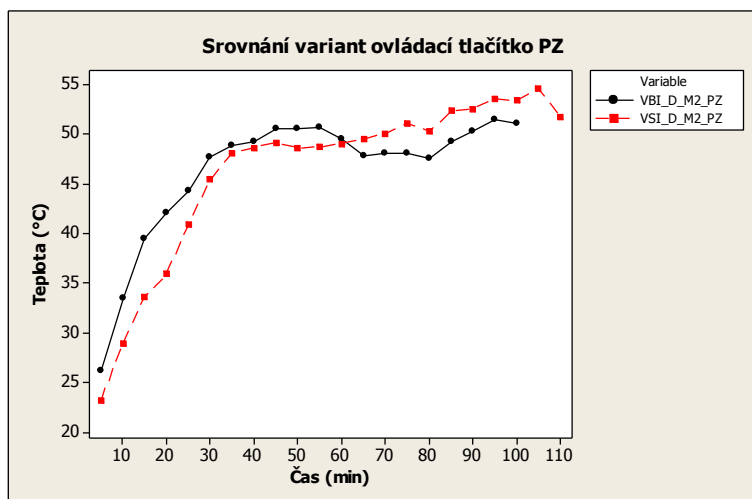
V podmínkách domácnosti byla provedena pro každou variantu vždy dvě měření. Pro následné vyhodnocení byly v grafu srovnány vždy naměřené teploty jednotlivých tlačítek ovládacího panelu (Obr. 38 – Obr. 41).



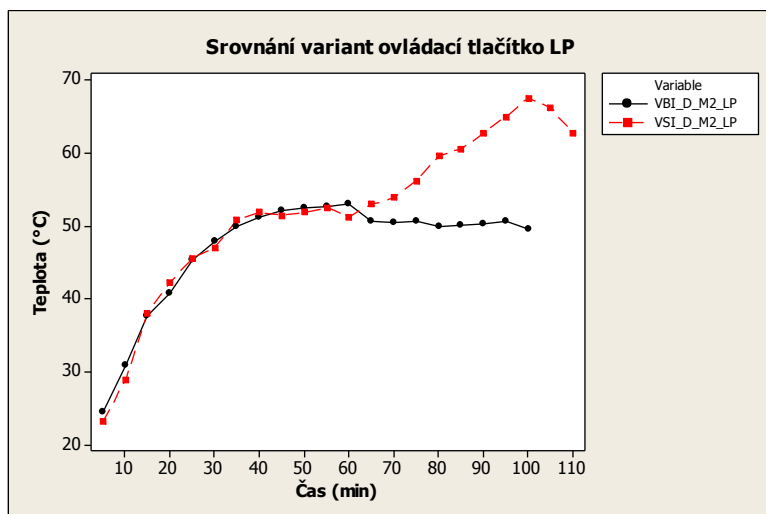
Obr. 38 Srovnání variant ovládací tlačítko levá zadní



Obr. 39 Srovnání variant ovládací tlačítko pravá přední



Obr. 40 Srovnání variant ovládací tlačítko pravá zadní



Obr. 41 Srovnání variant ovládací tlačítko levá přední

Jak je z grafů zřejmé, oproti měření prováděném dle požadavků normy a uživatelských zkoušek, přesahovaly v tomto případě v určitých časových úsecích naměřené teploty u varianty s inovací teploty u varianty bez inovace. Dalo by se tak říci, že konstrukční změna byla v podstatě neúčinná, ba dokonce spíše na škodu. Skutečnost je však jiná.

Výsledky tohoto měření byly ovlivněné působením nesystematičnosti. V průběhu měření byly v různých časových intervalech libovolně měněny stupně. Měnila se poloha hrnců na varné desce a také se v průběhu měření měnily hrnce samotné. V některých momentech, byly některé zóny zcela vypnuty a poté znovu zapnuty,...

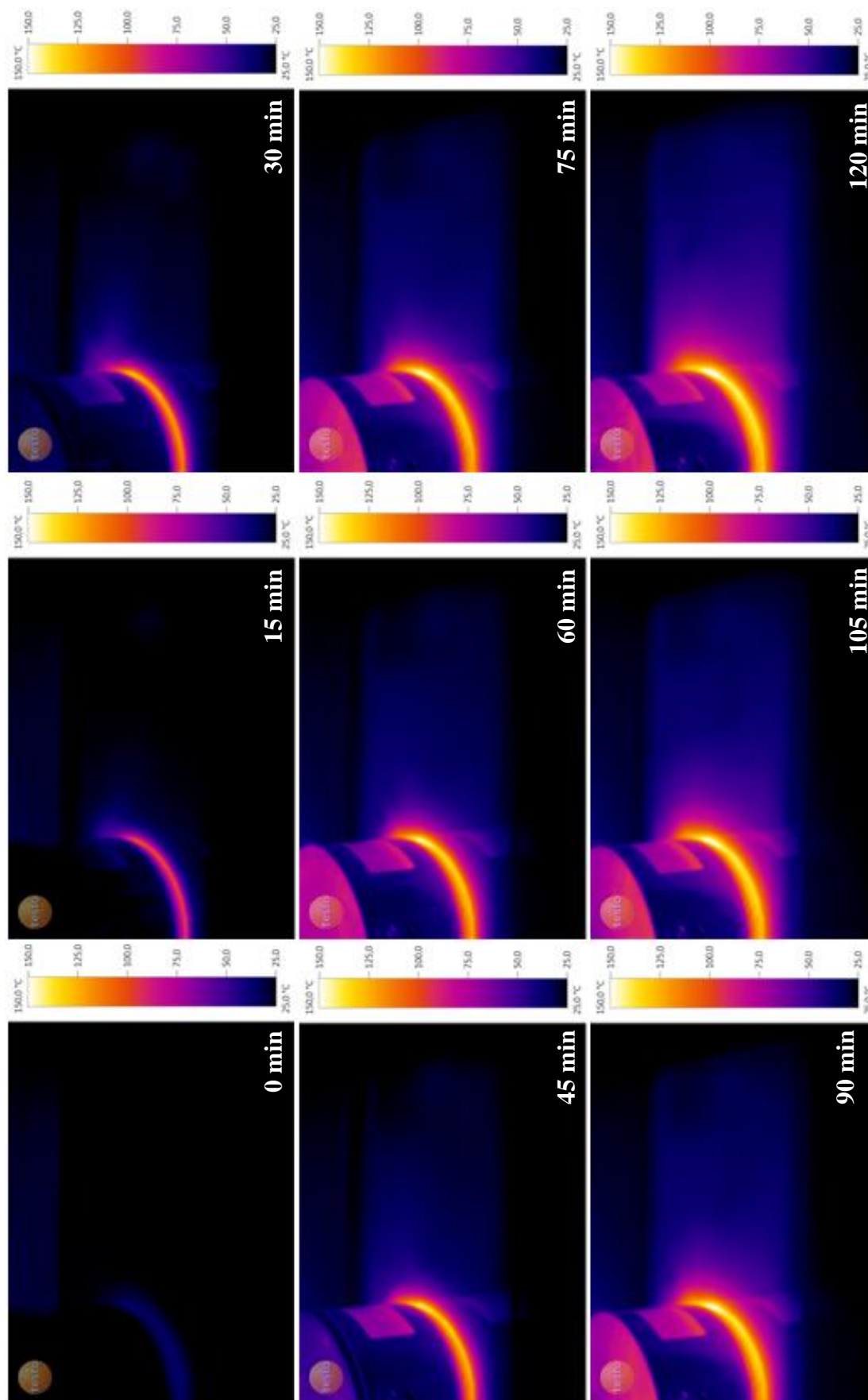
Proto tato data nelze považovat za věrohodná a pro naše účely jsou nepoužitelná. Na základě tohoto zjištění byla proto navržena uživatelská zkouška.

### 9.3 Termovize

Termovize byla použita jako doplňková měřicí metoda, při sledování oteplení varné desky. Pořízené snímky nám poskytly informace objasňující vývoj teplot během zkoušení varné desky.

Jak je vidět na Obr. 42 byl pomocí termokamery sledován postup tepla v průběhu času. Varná deska byla zapnuta na nejvyšší výkonový stupeň „9“ a každých 15 minut byl pořízen termosnímek. Celková doba snímání byla 180 minut.

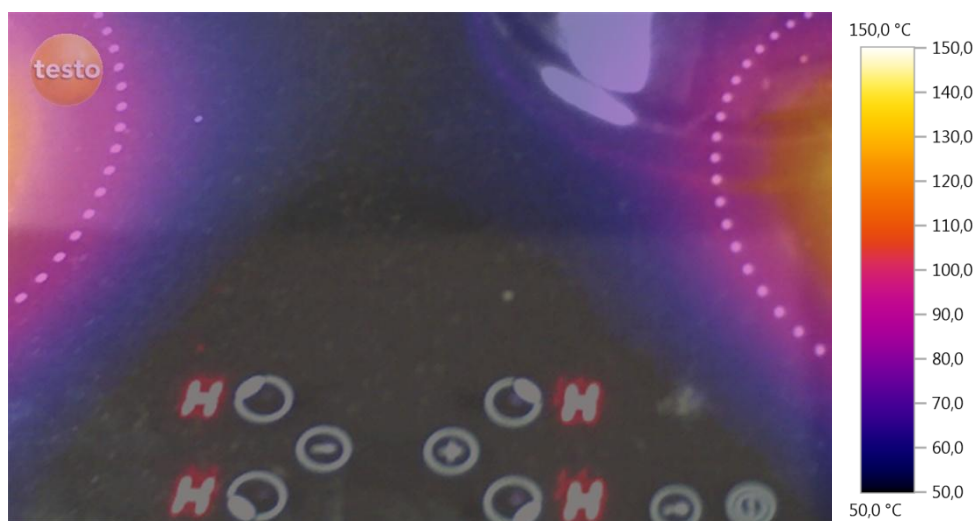




Obr. 42 Termosnímky postupu tepla v intervalu 15 min

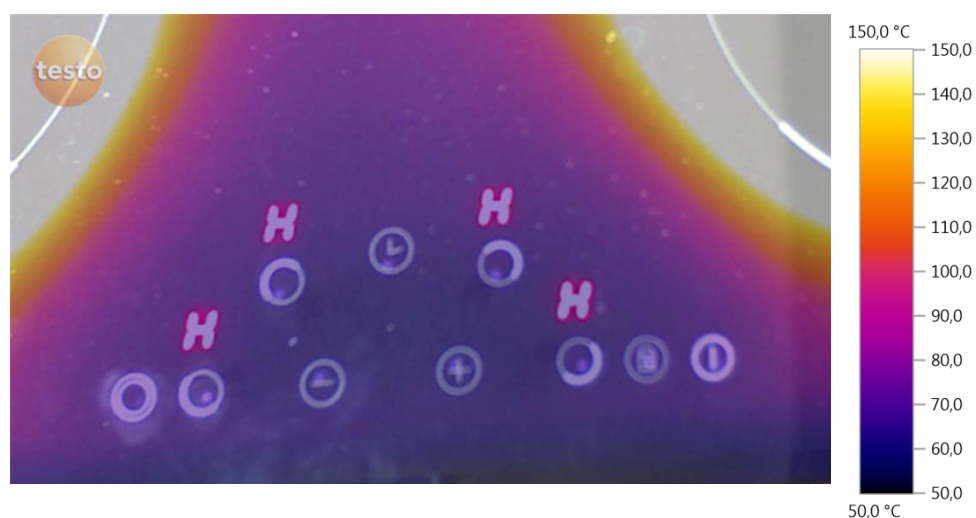
Toto sledování nám ukázalo, jak a do jaké míry s postupem času dochází k sekundárnímu ohřevu sklokeramické desky, a také, jakých teplot může být v okolí zóny dosahováno.

Další předmětem snímání termokamery byl již samotný ovládací panel. Byly pořízeny dva snímky. První snímek (Obr. 43) je snímkem pořízeným po ukončení měření dle podmínek daných normou ČSN. Měření probíhalo po dobu 60 min, kdy byly varné zóny nejdříve zapnuty na výkonový stupeň „9“ a v okamžiku dosažení varu na všech zónách byl výkonový stupeň snížen na tzv. mírný var tj. stupeň „2“. Po celou dobu měření byly hrnce opatřeny poklicí.



Obr. 43 Snímek varné desky před inovací pořízený pomocí termokamery

Pro ilustraci byl pořízen snímek v okamžiku dokončení uživatelské zkoušky (Obr. 44). V tomto případě, se tak jednalo o měření dlouhé 90 minut, kdy byly po celou dobu všechny varné zóny zapnuty na maximální výkonový stupeň „9“ a hrnce nebyly opatřeny poklicí.



Obr. 44 Snímek varné desky po inovaci pořízený pomocí termokamery

Z termovizních snímků je zřejmé, že při měření dle požadavků normy ČSN teplota v místech ovládacího panelu dosahovala maximálně teplot kolem 50°C a na okrajích varných zón kolem 80 – 90°C. Naproti tomu, ale v případě snímku z uživatelské zkoušky se teplota v oblasti ovládacího panelu pohybovala již kolem 70°C a i v místech před ohraničením varných zón teplota vystoupala ke 150°C a výše.

I přesto, že v této diplomové práci bylo snímání pomocí termokamery použito pouze jako doplňková metoda, pořízené snímky mají určitou vypovídající hodnotu, např. je z nich zřejmé, které z dotykových ovládacích tlačítek je nejvíce zahříváno. Termosnímky rovněž také potvrzují nutnost a účelnost zavedení uživatelských zkoušek do firemní praxe, a to v zájmu zajištění bezpečnosti uživatele tohoto produktu.

## 10 METODIKA MĚŘENÍ

### Uživatelská zkouška oteplení ovládacího panelu sklokeramické varné desky

#### Obsah:

1. Účel
2. Působnost
3. Použité přístroje
4. Proces přípravy měření
5. Proces průběhu měření
6. Podrobný popis kroků
7. Přílohy

#### 1. Účel

Tato metodika popisuje postup při provádění uživatelských zkoušek oteplení ovládacího panelu varné desky v podnikové zkušebně. Jedná se o navození extrému, ke kterému může docházet v podmínkách uživatele. Účelem je zajištění ochrany a bezpečnosti uživatele daného spotřebiče.

#### 2. Působnost

Metodika má působnost v podnikové zkušebně.

#### 3. Použité přístroje

Měřené veličiny a přístroje sloužící k jejich zjištění jsou zaznamenány v Tab. 15.

Měřená veličina	Měřicí přístroj
Teplota ovládacího panelu (°C)	Teploměr Testo 735, sonda typu K
Teplota okolí (°C)	Teploměr Omega, termočlánky typu J
Čas (min)	Stopky Quartz

Tab. 15 Použité měřicí přístroje

#### 4. Proces přípravy měření

Před zahájením samotného měření je nutné provést jeho přípravu viz. Tab. 16.

	Krok	Kapitola
1.	Instalace varné desky	6.1
2.	Umístění hrnců	6.2
3.	Příprava měřících přístrojů	6.3
4.	Příprava záznamového archu	6.4

Tab. 16 Proces přípravy výroby

## 5. Proces průběhu měření

Proces měření (Tab. 17) je prováděn při zkouškách nových nebo inovovaných produktů, problémech ve výrobě nebo reklamacích od zákazníka.

	<b>Krok</b>	<b>Kapitola</b>
<b>1.</b>	Zahájení měření	6.5
<b>2.</b>	Průběh měření	6.6
<b>3.</b>	Ukončení měření	6.7
<b>4.</b>	Vyhodnocení měření	6.8

*Tab. 17 Proces průběhu měření*

## 6. Podrobný popis kroků

### 6.1 Instalace varné desky

Varná deska se nainstaluje do zkušebního boxu dle návodu výrobce a zapojí do zdroje elektrické energie za podmínek normální činnosti při 1,15 násobku jmenovitého příkonu.

### 6.2 Umístění hrnců

Na varnou desku se umístí hrnce o předepsaných průměrech, tj. průměrech odpovídajících velikosti varné zóny. Poté se hrnce naplní vodou o objemech 2 x 1l, 1,5 l a 2l (adekvátně k velikosti hrnce) a přikryjí poklicí.

### 6.3 Příprava měřicích přístrojů

Termočlánky typu J připojené k teploměru Omega, sloužící pro snímání okolní teploty, se umístí ve vzdálenosti 1m od sklokeramické varné desky. Dále se připraví teploměr Testo 735, sloužící pro měření teploty ovládacích tlačítek, ke kterému se připojí sonda typu K a také se připraví stopky Quartz.

### 6.4 Příprava záznamového archu

Naměřené teploty budou zaznamenávány do tabulek viz Příloha (Tab. 18).

### 6.5 Zahájení měření

Na začátku měření se provede odečtení teploty okolí z teploměru Omega. Dále se změří teploty ovládacích tlačítek pomocí teploměru Testo 735. Měří se vždy místo odpovídající nejnejpříznivějším podmínkám normálního používání dle Obr. 45. Jedná se o tzv. dotykový způsob měření. Sonda se přiloží na měřené místo povrch a na tomto místě se setrvá do doby, než dojde k ustálení teploty zobrazující se na displeji teploměru.



Obr. 45 Měřená místa na ovládacím panelu

Následně se všechny varné zóny zapnou na max. výkonový stupeň „9“ a následně se spustí odměřování času.

### 6.6 Průběh měření

Perioda měření teploty ovládacích tlačítek je 5 minut. Perioda odečítání teploty okolí je 10 minut. Celková délka měření je 90 minut.

V okamžiku varu vody v hrncích se sejmou poklice. V průběhu měření dochází k odpařování vody, proto je nutné ji v pravidelných intervalech doplňovat a tento úkon vždy zaznamenat do záznamového archu.

### 6.7 Ukončení měření

Po uplynutí doby 90 minut a zaznamenání teplot na konci měření, se všechny varné zóny vypnout a měření je ukončeno.

### 6.8 Vyhodnocení měření

Z hodnot zaznamenaných v tabulce se vždy určí max. naměřená teplota v daném čase. Zjištěné maximální teploty by neměly přesahovat teplotu 76°C danou normou ČSN EN ISO 13732-1. Od této teploty již může docházet ke vzniku popálenin.

Vzhledem k tomu, že teplota okolí významně ovlivňuje výsledek naměřené teploty povrchu, byl zaveden termín oteplení.

**Oteplení** je rozdílem teploty naměřené a teploty okolí. Jeho hodnota je uváděna ve stupních Kelvina [K]. Měření se provádí při okolních teplotách odpovídajících běžným teplotám v daném podnebním pásmu tj. 20 – 25°C nebo teplotám v rozsahu podobném. Mimo tento, nebo podobný rozsah (definovaný např. normou) se měření neprovádí, protože výrazně vyšší nebo nižší teplota okolí má značný vliv na výsledek měření.

Hodnota oteplení jednotlivých ovládacích tlačítek se vypočte dle vzorce:

$$T = T_n - T_o \quad [\text{K}] \quad (10.1)$$

Kde:  $T_n$  teplota naměřená [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_o$  teplota okolí [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$1 \text{ } ^{\circ}\text{C} \equiv 1 \text{ K}$

Následně se určí maximální hodnota oteplení v daném čase.

Dle požadavků daných normou ČSN EN 60 335-1 ed. 2 a ČSN EN 335-2-6 ed.2 nesmí maximální hodnota oteplení přesáhnout oteplení 45K.

V případě, že budou zjištěny hodnoty přesahující výše stanové limity, je nutné na tuto skutečnost upozornit oddělení Konstrukce. Na základě tohoto upozornění provede oddělení konstrukce, ve vzájemné spolupráci s podnikovou Zkušebnou, zjištění příčiny vzniku nadměrného oteplení ovládacího panelu a stanoví nápravná opatření. Po zavedení nápravných opatření, budou provedeny opětovné zkoušky.

Z každého měření se vypracuje protokol o zkoušce a data jsou dále zpracována dle aktuálních potřeb.

## 7. Přílohy

## Příloha I

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]																		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
PP																			
PZ																			
LP																			
LZ																			
Max. teplota [°C]																			
Teplota okolí [°C]																			
Oteplení [K]																			
Pozn.																			

Tab. 18 Záznamový arch pro naměřené hodnoty v průběhu uživatelské zkoušky

Toto je pouze doporučený obsah metodiky pro uživatelskou zkoušku oteplení ovládacího panelu sklokeramické varné desky. Aby bylo možné toto metodiku aplikovat do firemní praxe, je nutné ji vydat jako tzv. řízený dokument (např. instrukční list).



## ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabývala analýzou konstrukční změny varné desky a návrhem metodiky měření teploty ovládacího panelu varné desky.

Impulsem pro provedení konstrukční změny na stávající sklokeramické varné desky bylo zjištění, že dochází k přílišnému ohřevu dotykového ovládacího panelu. Jako nápravné opatření provedli konstruktéři posun varných zón do větší vzdálenosti od toho ovládacího panelu. Mým úkolem bylo zjistit, zda byla tato konstrukční změna účinná.

Byly provedeny tři typy měření a to: měření dle norem ČSN, měření v domácnosti a základě mého návrhu i uživatelské zkoušky. Po vyhodnocení měření dle norem ČSN bylo zjištěno, že teploty naměřené u varné desky s inovací jsou o 2 – 4°C nižší než u varné desky bez inovace. Z výsledků měření provedeného při uživatelských zkouškách je zřejmé, že v případě měření s hrnci předepsaných průměrů byly na začátku měření teploty u varné desky s inovací o cca 2°C nižší než u varné desky bez inovace, a v závěru již byl tento rozdíl cca 10°C. U hrnců s většími průměry byly teploty u varné desky s inovací nižší o 5 – 6°C a ke konci měření nižší cca o 10°C. Na základě těchto zjištění lze říci, že provedená změna byla účinná.

Ve firmě jsou běžně prováděny zkoušky oteplení ovládacího panelu sklokeramické varné desky dle požadavků daných normou ČSN EN 60335-1 Elektronické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 1: Všeobecné požadavky a normou ČSN EN 60335-2-6 Elektronické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 2-6: Zvláštní požadavky na nepřenosné sporáky, varné panely, trouby a podobné spotřebiče. Měření dle norem probíhá po dobu 60 min, s hrnci předepsaných průměrů a v okamžiku varu je výkonový stupeň snížen z maximálního stupně „9“ na mírný var tj. stupeň „2“. Tyto podmínky ovšem neodpovídají reálným podmínkám, ve kterých je varná deska uživatelem používána. Uživatel užívá desku dle svých možností a aktuálních potřeb. Deska tam může být v provozu po dobu delší než je 60 minut, stejně tak maximální výkonový stupeň bude zapnut déle, a dá se předpokládat, že ani používané nádobí nemusí vždy odpovídat průměru varných zón. Za těchto podmínek již varná deska, která sice odpovídá předepsaným normám, nemusí být pro uživatele zcela bezpečnou. Proto by měl výrobce, v zájmu ochrany spotřebitelů, při zkoušení svých produktů zohlednit i tento fakt.

Na základě všech zjištění doporučuji zařadit provádění uživatelských zkoušek mezi standardní měření ve firmě. Uživatelské zkoušky budou mít za úkol nasimulovat používání

varné desky za extrémních situací, které by mohly v uživatelských podmínkách nastat. V závěru praktické části jsem zároveň navrhla, obsah metodiky – Uživatelská zkouška oteplení ovládacího panelu sklokeramické varné desky. Pro implementaci do firemní praxe je nutné tuto metodiku vydat jako tzv. řízený dokument.

Uživatelské zkoušky navrhuji provádět ve vývojové fázi výrobku a to jak v případě nového výrobku, tak i v případě jeho konstrukční změny. Jednalo by se nejprve o zkoušky prototypu a následně pak také o zkoušky první série výrobků. Další zkoušky sklokeramických desek by probíhaly v případě reklamací od zákazníků, které mohou být způsobeny např. tolerancemi ve výrobě.

Věřím, že má zjištění a doporučení budou pro firmu přínosem, a to jak z hlediska získání nových informací využitelných při testování výrobků v jeho různých fázích, tak i z hlediska zajištění větší bezpečnosti, komfortnosti a spokojenosti konečných uživatelů těchto produktů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Monografie:

- [1] BUMBÁLEK, Leoš. KLEKTIV. *Kontrola a měření*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 2009, 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.
- [2] KUTATELADZE, Samson Semenovič a V BORIŠANSKIJ. *Příručka sdílení tepla*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 527 s.
- [3] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: Senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN, 2005, 239 s. ISBN 80-7300-145-4.
- [4] HINDLS, Richard. *Statistika pro ekonomy*. 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 415 s. ISBN 978-80-86946-43-6.
- [5] Přednášky doc. Dr. Ing. Vladimír Pata.
- [6] ČSN EN 60335-1 ed. 2. *Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [7] ČSN EN 60335-2-6 ed.2. *Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely – Bezpečnost – Část 2-6: Zvláštní požadavky na nepřenosné sporáky, varné panely, trouby a podobné spotřebiče*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [8] ČSN EN ISO 13732-1. *Ergonomie tepelného prostředí - Metody posuzování odezvy člověka na kontakt s povrchy – Část 1: Horké povrchy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

### Internetové zdroje:

- [9] Součástky řízené neelektrickými veličinami. *Součástky řízené teplem* [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/neelektricke.htm>>.
- [10] Omegaeng.cz. *Termočlánky s vysokoteplotní izolací a opředěním z Inconelu* [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=XCIB>>.
- [11] *Záření absolutně černého tělesa* [online]. [cit. 2013-11-2]. Dostupný z WWW: <[http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13\\_act/13\\_act.htm](http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13_act/13_act.htm)>.
- [12] Termogram: *Termovizní kamera FLIR i5* [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.termogram.cz/termovizni-kamera-flir-i5>>.

- [13] Testo [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: <[www.testo.cz](http://www.testo.cz)>.
- [14] Statistika a výpočetní technika. *Pravděpodobnostní rozdělení spojité náhodné veličiny pro základní soubory* [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupný z WWW: <<http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn2/rozdels.htm>>.
- [15] Národní informační středisko pro podporu jakosti: *Ověřování předpokladu normality* [online]. [cit. 2013-11-2]. Dostupný z WWW: <[http://isq.cz/npj/2006/05%20-%2012%20-%20Testy\\_normality.pdf](http://isq.cz/npj/2006/05%20-%2012%20-%20Testy_normality.pdf)>.
- [16] MORA. Svět kuchyňských spotřebičů. *Varná deska VDS 640 ff* [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mora.cz/vds-640-ff/>>.
- [17] Automa. Časopis pro automatizační techniku. *Testo 735 pro měření několika teplot současně* [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=34146](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34146)>.
- [18] i strojirenstvi.cz. *Předcházení výpadkům výroby pomocí průmyslové termografie* [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.istrojirenstvi.cz/automatizace/precist.php?navez=predchazeni-vypadkum-vyroby-pomoci-prumyslove-termografie&id=23>>.
- [20] Snímače, převodníky, měřící technika. *Průmyslová termografie brání výpadkům výroby* [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39595.pdf>>.
- [21] Automa. Snímače a měřící technika. *Testo SuperResolution – Patentová metoda vyhodnocování termogramů* [online]. [cit. 2014-01-10]. Dostupný z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Automa/2012/03/Automa\\_03\\_2012\\_output/web/flipviewerxpress.html?pn=33&keyword=testo%20881](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Automa/2012/03/Automa_03_2012_output/web/flipviewerxpress.html?pn=33&keyword=testo%20881)>.
- [19] Anesteziologie a neodkladná péče. *Popáleniny* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.lf2.cuni.cz/projekty/mua/fm/f310.htm>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	tepelný ekvivalent mechanické práce
atd.	a tak dále
c	rychlost světla
c	měrné teplo prostředí při daném pochodu
$c_1$	první vyzařovací konstanta
$c_2$	druhá vyzařovací konstanta
ČSN	česká státní norma.
e	Eulerovo číslo
grand t	teplotní součinitel úměrnosti
h	Planckova konstanta
k	Boltzmannova konstanta
K	Kelvin
$L_{0\lambda}$	spektrální hustota záře černého tělesa
LP	levá pření zóna
LZ	levá zadní zóna
$M_{0\lambda}$	spektrální hustota vyzařování černého tělesa
např.	například
Obr.	Obrázek
p	tlak v daném bodě a okamžiku
PP	pravá pření zóna
PZ	pravá zadní zóna
q	vektor tepelného toku
$q_v$	intenzita vnitřního zdroje tepla
R	rozpětí

s	výběrová směrodatná odchylka
$s^2$	výběrový rozptyl
t	teplota prostředí v daném bodě a okamžiku
t	čas
T	termodynamická teplota černého tělesa
tj.	to jest
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný
v	variační koeficient
w	rychlost proudění prostředí v daném bodě a okamžiku
$W_f$	energie fotonů
$W_g$	šířka zakázaného pásu polovodiče
$\gamma$	měrná váha prostředí
$\Delta E$	šířka mezi energetickými hladinami
$\varepsilon$	emisivita
$\lambda$	součinitel úměrnosti
$\mu$	aritmetický průměr základního souboru
$\mu$	součinitel dynamické vazkosti prostředí
$\rho$	odrazivost (reflexivita)
$\sigma$	směrodatná odchylka základního souboru
$\sigma^2$	rozptyl základního souboru
$\tau$	propustnost (transmisivita)
$\bar{x}$	výběrový aritmetický průměr
$\Omega_0$	prostorový úhel
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Termistory [9] .....</i>	16
<i>Obr. 2 Srovnání negastorů a pozistorů [3] .....</i>	17
<i>Obr. 3 Různé podoby termočlánků [10] .....</i>	18
<i>Obr. 4 Vybrané termoelektrické články[3] .....</i>	19
<i>Obr. 5 Zář dopadající na detektor z černého a reálného zářiče[3] .....</i>	20
<i>Obr. 6 Princip funkčnost černého tělesa .....</i>	20
<i>Obr. 7 Dutinový zářič[3] .....</i>	21
<i>Obr. 8 Termovize společnosti FLIR[12] .....</i>	24
<i>Obr. 9 Vliv propustnosti atmosféry a záření okolního prostředí [3] .....</i>	25
<i>Obr. 10 Minimální vzdálenost snímače od měřené plochy dle požadavků firmy TESTO[13].....</i>	27
<i>Obr. 11 Normální rozdělení [14] .....</i>	31
<i>Obr. 12 Podoby histogramů v závislosti na velikosti výběrového souboru [15] .....</i>	32
<i>Obr. 13 Box plot [5] .....</i>	33
<i>Obr. 14 Varná deska před inovací .....</i>	42
<i>Obr. 15 Varná deska po inovaci.....</i>	43
<i>Obr. 16 Sklokeramická varná deska [16] .....</i>	44
<i>Obr. 17 Odkrytá varná deska .....</i>	45
<i>Obr. 18 Elektronický panel.....</i>	46
<i>Obr. 19 Odporové hnízdo .....</i>	47
<i>Obr. 20 Jeden spínací cyklus.....</i>	48
<i>Obr. 21 Perioda cyklů a) stupeň „1“; b) stupeň „9“ .....</i>	48
<i>Obr. 22 Teploměr Testo 735.....</i>	49
<i>Obr. 23 Sonda typu K a) vrchní pohled; b) boční pohled .....</i>	50
<i>Obr. 24 Termokamera Testo 881 .....</i>	51
<i>Obr. 25 Označení měřených míst na varné desce .....</i>	52
<i>Obr. 26 Umístění hrnců na varnou desku dle normy ČSN .....</i>	53
<i>Obr. 27 Umístění hrnců na varné desce dle možností a potřeb uživatele .....</i>	54
<i>Obr. 28 Srovnání variant varné desky při měření dle normy ČSN .....</i>	57
<i>Obr. 29 Lineární regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců .....</i>	59
<i>Obr. 30 Kvadratická regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců .....</i>	60
<i>Obr. 31 Kubická regrese varianta bez inovace předepsaný průměr hrnců.....</i>	61

<i>Obr. 32 Lineární regrese varianta bez inovace větší průměr hrnců.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 33 Lineární regrese varianta s inovací předepsaný průměr hrnců.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 34 Lineární regrese varianta s inovací větší průměr hrnců .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 35 Srovnání varianty předepsaný průměr hrnců dle užitelné zkoušky.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 36 Srovnání variant větší průměr hrnců dle uživatelské zkoušky.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 37 Rozmezí prahu popálení při kontaktu kůže s horkým, hladkým povrchem ze sklokeramiky [8].....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 38 Srovnání variant ovládací tlačítko levá zadní .....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 39 Srovnání variant ovládací tlačítko pravá přední .....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 40 Srovnání variant ovládací tlačítko pravá zadní .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 41 Srovnání variant ovládací tlačítko levá přední .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 42 Termosnímky postupu tepla v intervalu 15 min.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 43 Snímek varné desky před inovací pořízený pomocí termokamery.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 44 Snímek varné desky po inovaci pořízený pomocí termokamery .....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 45 Měřená místa na ovládacím panelu .....</i>	<i>78</i>




**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Chyby vznikající při testování.....</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 2 Technické parametry teploměru Testo 735.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 3 Technické parametry sondy typu K.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 4 Technické parametry Termokamery Testo 881.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 5 Příklad výpočtu průměrné teploty.....</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 6 Průměrné teploty při měření dle normy ČSN.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 7 Predikované teploty lineární regresí varianta bez inovace předepsaný průměr.....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. 8 Predikované teploty kvadratickou regresí varianta bez inovace předepsaný průměr.....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 9 Predikované teploty kubickou regresí varianta bez inovace předepsaný průměr.....</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 10 Predikované teploty lineární regresí varianta bez inovace větší průměr.....</i>	<i>62</i>
<i>Tab. 11 Predikované teploty lineární regresí varianta s inovací předepsaný průměr.....</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 12 Predikované teploty lineární regresí varianta s inovací větší průměr.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 13 Srovnání variant dle uživatelských zkoušek s předepsaným průměrem hrnců.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 14 Srovnání variant dle uživatelských zkoušek s větším průměrem hrnců.....</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 15 Použité měřicí přístroje.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 16 Proces přípravy výroby.....</i>	<i>76</i>
<i>Tab. 17 Proces průběhu měření.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 18 Záznamový arch pro naměřené hodnoty v průběhu uživatelské zkoušky.....</i>	<i>80</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Test report.
- P II Tabulky měření.
- P III Grafy regresních funkcí.

# PŘÍLOHA P I: TEST REPORT.

 SVĚT KUCHYŇSKÝCH SPOTŘEBIČŮ	<b>PROTOKOL O ZKOUŠCE</b> <b>TEST REPORT</b>	Číslo protokolu: Number of test report:	
Žadatel: Applicant:		Oddělení: Department:	
Číslo požadavku žadatele: Request Nr.:		Datum podání požadavku: Date of application:	
Datum zahájení práce: Date of start of work:		Datum vydání protokolu: Date of issue:	
Výrobek: Product:	<b>Vestavné varné desky MORA</b>		
Vzorky / Samples:			
Č./No	Název vzorku / Name of sample	Výrobce / Producer	Ks / Pcs.
1	4320	MORA	1
2	4332	MORA	1
3	X	X	X
Zadání zkoušky / Test assignment: Porovnání oteplení ovládacího panelu vestavných varných desek před konstrukční změnou (inovací) a po konstrukční změně (inovací).			
Použité normy a postupy / Test specification - standard: ČSN EN 60 335-1 ed.2; ČSN EN 60 335-2-6 ed.2			
Zkrácený závěr / Short conclusion: Naměřené hodnoty oteplení ovládacího panelu při měření dle požadavků ČSN se pohybují v povolené toleranci. Lepších výsledků bylo dosaženo u desky po konstrukční změně. Při uživatelských zkouškách dopadla, stejně jak tomu bylo při měření dle normy, lépe varná deska po konstrukční změně.			
Rozdělovník / Distribution list:			
Zkušební technik: Testing technician:		Vedoucí zkušebny: Head of test. laboratory:	



**PROTOKOL O ZKOUŠCE  
TEST REPORT**

Číslo protokolu:  
Number of test report:

**Průběh zkoušky / Course of the test:**

K provedení zkoušek byly spotřebiče postupně zabudovány do zkušebních skříněk v souladu s návodem výrobce.

Zkoušky byly provedeny ve dvou etapách:

I – zkoušky dle požadavků ČSN EN 60 335-1 a ČSN EN 60 335-2-6.

II – uživatelské zkoušky, kdy byly spotřebiče v provozu s hrnci naplněnými vodou bez poklice na maximální stupeň nastavení po dobu 1,5 hodiny. Voda byla v průběhu zkoušek dle potřeby doplňována.

Výsledky zkoušek jsou uvedeny v následujících tabulkách:

**I. Měření dle požadavku ČSN – mírný var vody po dobu 1 hodiny**

Typ spotřebiče	Min. vzdálenost senzoru od varné zóny (mm)	Max. naměřená teplota (°C)	Teplota okolí (°C)	Max. naměřené oteplení (K)	Povolená hodnota oteplení max. (K)	Zkušební skříňka
4320	40	46,8	22,7	23,9	45	
4332	50	44,4	22,05	22,05	45	

**II. Uživatelský zkouška – maximální výkon po dobu 1,5 hodiny**

Typ spotřebiče	Min. vzdálenost senzoru od varné zóny (mm)	Max. naměřená teplota (°C)	Teplota okolí (°C)	Max. naměřené oteplení (K)	Povolená hodnota oteplení max. (K)	Zkušební skříňka
4320	40	65,2	20,2	43,9	-	**
4332	50	61,7	23,3	38,7	-	

\*\* zkouška nemohla být dokončena – ve 40 (55) minutě došlo k automatickému vypnutí desky.

Použitá měřidla / Used gauges				
Č./No	Název / Name	Typ / Type	Evid. č. / Reg. number	Ověření / Verif.
1	Teploměr	Testo 735		
2	Měřicí ústředna			
3	Stopky	Quartz		

**Závěr/Conclusion:**

Naměřené hodnoty oteplení ovládacího panelu zkoušených varných desek se při měření dle požadavků ČSN nachází v povolené toleranci. Lepšího výsledku dosáhla varná deska 4332 (deska po inovaci).

Při uživatelské zkoušce byly naměřeny lepší výsledky u varné desky 4332 (deska po inovaci).

\*\*\* konec protokolu / The end of test report \*\*\*



# Domácnost - nová deska

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]																						
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	
Stupeň	PP	22,30	27,80	31,60	37,10	40,60	43,70	46,70	47,30	47,10	48,20	48,50	47,70	49,10	48,60	50,00	51,20	51,00	51,20	51,70	51,60	49,80	51,20
	PZ	23,20	28,90	33,60	35,90	40,90	45,40	48,00	48,60	49,10	48,60	48,70	49,00	49,50	50,00	51,10	50,30	52,50	53,50	53,40	54,50	51,70	51,70
	LP	23,20	28,80	38,00	42,10	45,50	47,00	50,80	51,80	51,40	51,80	52,40	51,20	52,90	53,80	56,10	59,50	60,50	62,70	64,90	66,20	62,70	62,70
	LZ	23,60	30,30	36,90	38,40	43,50	47,20	49,70	51,20	51,20	51,20	51,50	50,00	51,80	53,70	55,50	58,00	59,20	61,20	63,20	63,50	63,20	60,00
Oteplení	PP	9	9	9	9	4	4	4	6	6	7	7	7	7	7	7	4	4	5	7	7	0	0
	PZ	8	8	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	5	5	2	0	0
	LP	8	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	8	5	5	7	5	7	0	0
	LZ	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	0	0	5	0	0	0	0
Max. hodnota oteplení v čase t	Teplota okolí [°C]	23,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	27,00	27,00	27,80	27,80
	PP	4,80	13,10	19,70	19,70	22,30	23,20	23,60	23,60	23,60	23,60	23,60	24,30	24,30	24,30	24,30	24,30	24,30	24,30	26,40	26,40	24,70	22,80
	PZ	5,80	11,90	21,40	23,00	23,00	23,00	23,00	26,80	26,80	26,80	26,20	26,20	26,20	27,80	27,80	33,50	36,70	36,70	40,50	40,50	35,70	35,70
	LZ	7,30	14,40	23,20	23,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	25,00	27,70	32,00	35,20	35,20	36,50	36,50	40,50	35,00	33,00
Max. hodnota oteplení v čase t	7,30	18,10	23,20	23,20	26,80	26,80	26,80	26,20	26,20	26,80	26,80	26,20	26,20	27,80	33,50	36,70	36,70	40,50	40,50	35,70	35,70	35,70	

Teplota okolí

Čas [min]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Teplota [°C]	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27
Pozn.			otevřené okno	otevřené okno								

Záznam vaření

Zóna	Ø dna	Co se vaří	čas	0:00:00 - 0:19:06	0:19:06 - 0:32:20	0:32:20 - 0:33:34	0:33:34 - 0:43:54	0:43:54 - 1:03:52
PP	20	Vývar tl. Hrnec	čas	9	4			
	20	Maso na hořčici	čas	4	6	7		
	16	Brambory	čas	7	4			
	16	Fazolová polévka	čas	5	7	2	1:41:06	
PZ	20	Zelňačka	čas	8	4	3		
	20	Vývar tl. hrnec	čas	3				
	23	Maso na houbách	čas	3	0			
	23	Maso na houbách	čas	8	4			
LP	23	Žampiony	čas	5	8	5		
	16	Brambory	čas	7	4			
	23	Žampiony	čas	4	8	0		
	16	Fazolová polévka	čas	5	0			

Firma - stará deska měření dle normy

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
PP	35,80	38,00	40,40	42,30	44,30	45,00	45,20	45,00	45,40	44,40
PZ	36,20	40,60	42,60	43,80	45,60	46,30	46,60	46,20	46,30	44,90
LP	36,40	40,80	43,00	45,40	46,10	46,80	46,60	46,50	46,70	45,30
LZ	38,50	41,60	43,80	45,60	45,70	46,40	46,30	46,10	46,50	45,40
Teplota okolí [°C]		22,50	22,60	22,60	22,70		22,90		22,80	
Oteplení	PP	13,30		17,80			22,30		22,60	
	PZ	13,70		20,00			23,70		23,50	
	LP	13,90		20,40			23,70		23,90	
	LZ	16,00		21,20			23,40		23,70	
Max. hodnota oteplení v čase t		16,00		21,20		23,40	23,70		23,90	

Teplota okolí

Termočl.	čas [min]				
	0	10	20	30	50
T	22,5	22,6	22,7	22,9	22,9
			22,8		22,9

Firma – stará deska uživatelské zkoušky předepsaný průměr, větší průměr

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40		
PP	24,30	25,50	28,70	33,30	38,50	44,00	49,10	53,80	56,40		
PZ	24,30	26,10	30,20	35,40	39,90	46,10	50,70	54,70	56,90		
LP	24,30	25,90	30,60	36,30	41,20	47,20	51,80	57,50	60,80		
LZ	24,30	26,70	31,60	37,90	41,40	48,70	52,70	57,70	60,50		
Teplota okolí [°C]											
PP	22,40		22,50		22,60		22,40		23,00		
PZ	1,90		6,20		15,90		26,70		33,40		
LP	1,90		7,70		17,30		28,30		33,90		
LZ	1,90		8,10		18,60		29,40		37,80		
LZ	1,90		9,10		18,80		30,30		37,50		
Max. hodnota oteplení v čase t											
	1,90		9,10		18,80		30,30		37,80		
Pozn. DOP.VOD.											

Teplota okolí

Termočl.	čas [min]			
	0	10	20	40
T	22,4	22,5	22,6	23

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
PP	18,50	19,70	22,60	27,20	33,00	37,80	42,50	46,90	52,20	54,70	55,70	57,50
PZ	18,50	20,90	24,50	29,40	35,40	40,40	45,00	50,00	56,90	58,80	60,10	62,10
LP	18,50	19,90	24,10	29,60	35,90	40,30	46,50	50,60	57,80	60,70	61,40	62,50
LZ	18,50	20,80	25,20	31,30	36,50	41,50	46,30	50,20	58,20	62,40	62,80	65,20
Teplota okolí [°C]												
PP	1,00		17,60		18,10		18,30		18,90		18,9	
PZ	1,00		5,00		14,90		24,20		33,30		36,80	
LP	1,00		6,90		17,30		26,70		38,00		41,20	
LZ	1,00		6,50		17,80		28,20		38,90		42,50	
LZ	1,00		7,60		18,40		28,00		39,30		43,90	
Max. hodnota oteplení v čase t												
	1,00		7,60		18,40		28,20		39,30		43,90	
Pozn. Dop. voda												

Teplota okolí

Termočl.	čas [min]			
	0	10	20	40
T	17,5	17,6	18,1	18,9



**Firma - nová deska měření dle normy**

Teplota ovládacího panelu

Zóna	Čas [min]									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
PP	30,30	36,60	41,30	41,60	42,60	42,20	43,00	42,30	42,60	43,10
PZ	32,40	37,50	41,40	42,40	42,60	42,60	43,40	43,40	42,40	43,20
LP	34,20	40,60	42,10	44,00	44,10	43,00	44,00	44,00	43,80	44,40
LZ	33,30	38,80	41,90	43,40	43,80	43,00	44,10	44,10	43,50	44,20
Teplota okolí [°C]		22,00	22,00	22,00			22,05		22,05	
Oteplení	PP	8,30		19,30			20,95		20,55	
	PZ	10,40		19,40			21,35		20,35	
	LP	12,20		20,10			21,95		21,75	
	LZ	11,30		19,90			22,05		21,45	
Max. hodnota oteplení v čase t		12,20		20,10			22,05		21,75	

Teplota okolí

Termočl.	čas [min]				
	0	10	20	30	50
T1	22,3	22,3	22,4	22,2	22,5
T2	21,7	21,7	21,9	21,9	22,1
Průměrná t [°C]	22	22	22,15	22,05	22,3

Firma – nová deska uživatelské zkoušky předepsaný průměr, větší průměr

Teplota ovládacího panelu		Čas [min]																		
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Otepleni	PP	22,80	23,70	28,30	32,80	37,40	42,20	46,90	48,50	52,50	52,70	57,00	59,00	59,30	59,00	57,70	57,80	54,10	55,60	56,30
	PZ	22,80	24,30	28,80	33,20	38,80	42,80	45,20	48,90	50,30	54,20	55,80	57,80	58,50	58,80	54,30	57,10	55,60	56,00	56,00
	LP	22,80	24,30	28,40	34,70	39,10	44,00	46,10	48,80	53,30	56,10	57,40	59,70	59,90	60,20	60,00	60,30	56,90	57,80	57,00
	LZ	22,80	24,50	29,00	34,70	39,20	44,20	45,90	47,50	50,90	53,80	57,20	58,10	60,00	59,50	56,50	55,90	55,50	56,70	57,20
Teplota okolí [°C]		22,05		21,55		21,65		21,75		21,95		22,15		22,30		22,45		22,55		22,70
Max. hodnota otepleni v čase t	PP	0,75		6,75		15,75		25,15		30,55		34,85		37,00		35,25		31,55		33,60
	PZ	0,75		7,25		17,15		23,45		28,35		33,65		36,20		31,85		33,05		33,30
	LP	0,75		6,85		17,45		24,35		31,35		35,25		37,60		37,55		34,35		34,30
	LZ	0,75		7,45		17,55		24,15		28,95		35,05		37,70		34,05		32,95		34,50
Max. hodnota otepleni v čase t		0,75		7,45		17,55		25,15		31,35		35,25		37,70		37,55		34,35		34,50
Pozn.						DOP. VOD.				DOP. VOD.				DOP. VOD.						

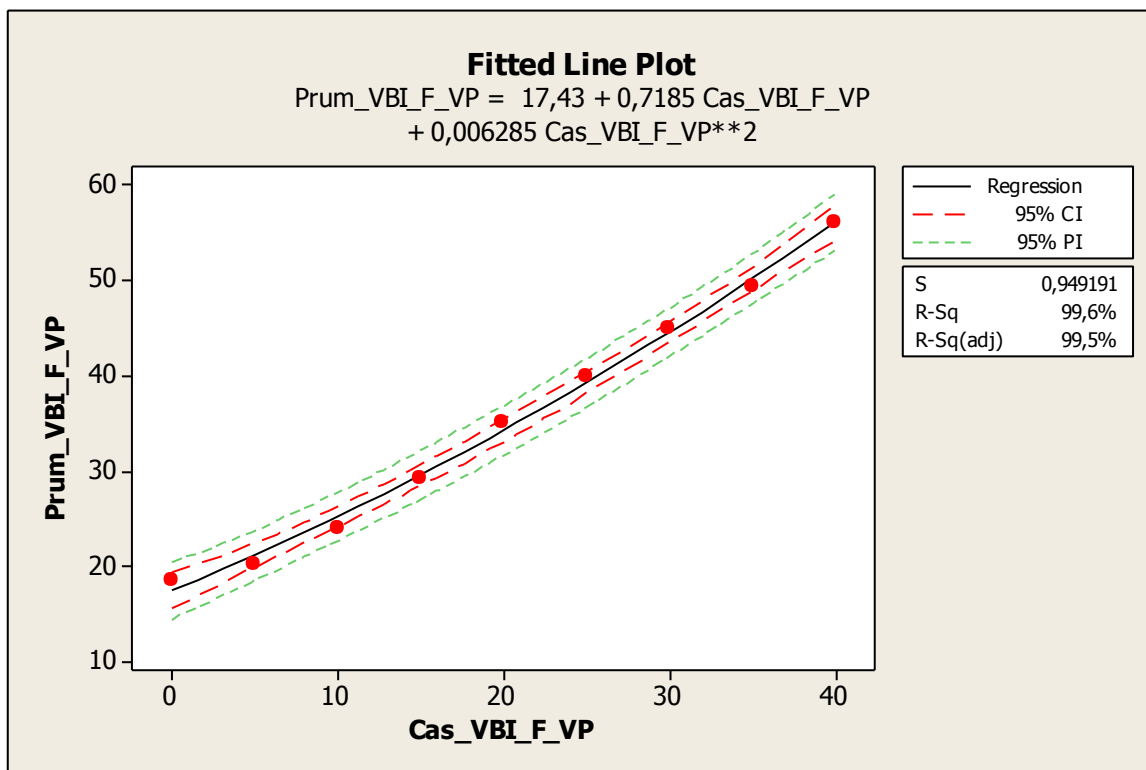
Teplota okolí		čas [min]										
Termočl.		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
T1	22	21,6	21,7	21,9	22,1	22,2	22,2	22,4	22,4	22,5	22,7	
T2	22,1	21,5	21,7	21,8	22	22,2	22,4	22,5	22,6	22,7		
Průměrná t [°C]		22	21,55	21,65	21,75	21,95	22,15	22,3	22,45	22,55	22,7	

Teplota ovládacího panelu		Čas [min]																		
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Otepleni	PP	24,30	24,90	27,90	34,00	40,00	44,30	49,00	52,00	54,70	57,00	58,80	56,20	58,10	58,20	56,10	58,30	56,50	55,70	56,20
	PZ	24,30	25,70	28,80	34,50	40,10	44,30	47,30	52,10	54,10	55,30	57,70	58,30	58,40	59,30	58,40	57,60	57,10	57,00	57,20
	LP	24,30	25,50	28,50	35,00	39,60	45,40	49,20	52,80	55,30	57,30	59,30	60,60	61,70	60,70	59,90	59,10	58,90	58,70	58,80
	LZ	24,30	25,50	28,20	34,10	39,40	43,90	49,10	51,30	52,60	57,30	59,80	60,50	59,50	59,90	59,50	58,80	57,60	57,60	57,80
Teplota okolí [°C]		22,55		22,35		22,45		22,65		22,75		22,85		23,00		23,15		23,25		23,15
Max. hodnota otepleni v čase t	PP	1,75		5,55		17,55		26,35		31,95		35,95		35,10		32,95		33,25		33,05
	PZ	1,75		6,45		17,65		24,65		31,35		34,85		35,40		35,25		33,85		34,05
	LP	1,75		6,15		17,15		26,55		32,55		36,45		38,70		36,75		35,65		35,65
	LZ	1,75		5,85		16,95		26,45		29,85		36,95		36,50		36,35		34,35		34,65
Max. hodnota otepleni v čase t		1,75		6,45		17,65		26,55		32,55		36,95		38,70		36,75		35,65		35,65
Pozn.										DOP. VOD.				DOP. VOD.						

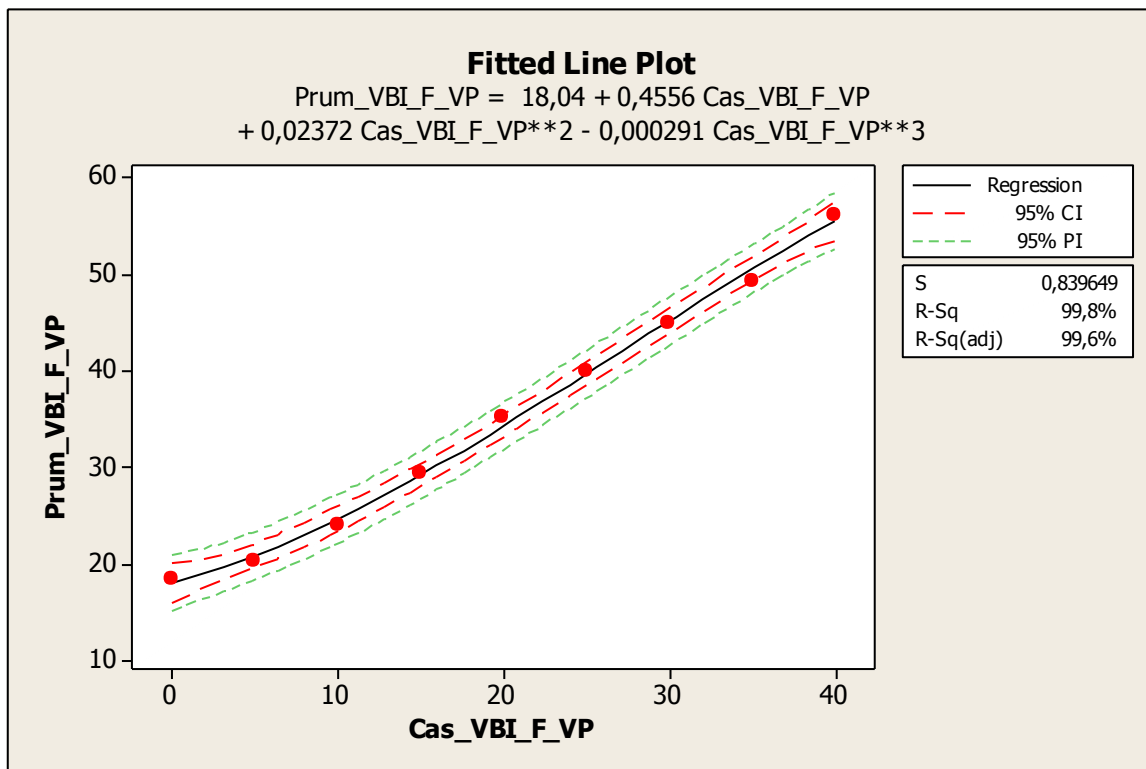
Teplota okolí		čas [min]										
Termočl.		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
T1	22,6	22,4	22,4	22,4	22,6	22,7	22,8	23,0	23,1	23,2	23,1	
T2	22,5	22,3	22,5	22,7	22,8	22,9	23,0	23,2	23,2	23,3	23,2	
Průměrná t [°C]		22,55	22,35	22,45	22,65	22,75	22,85	23,0	23,15	23,25	23,15	

## PŘÍLOHA P III: GRAFY REGRESNÍCH FUNKCÍ.

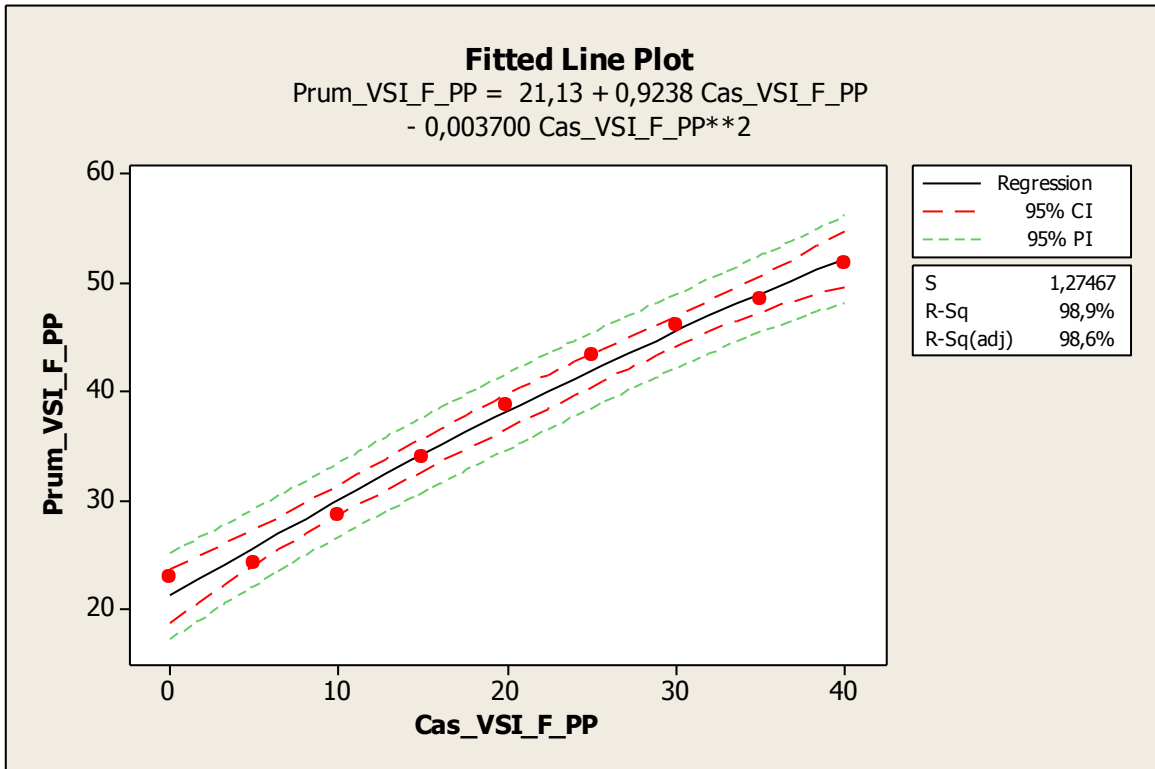
### VBI\_F\_VP Quadratic



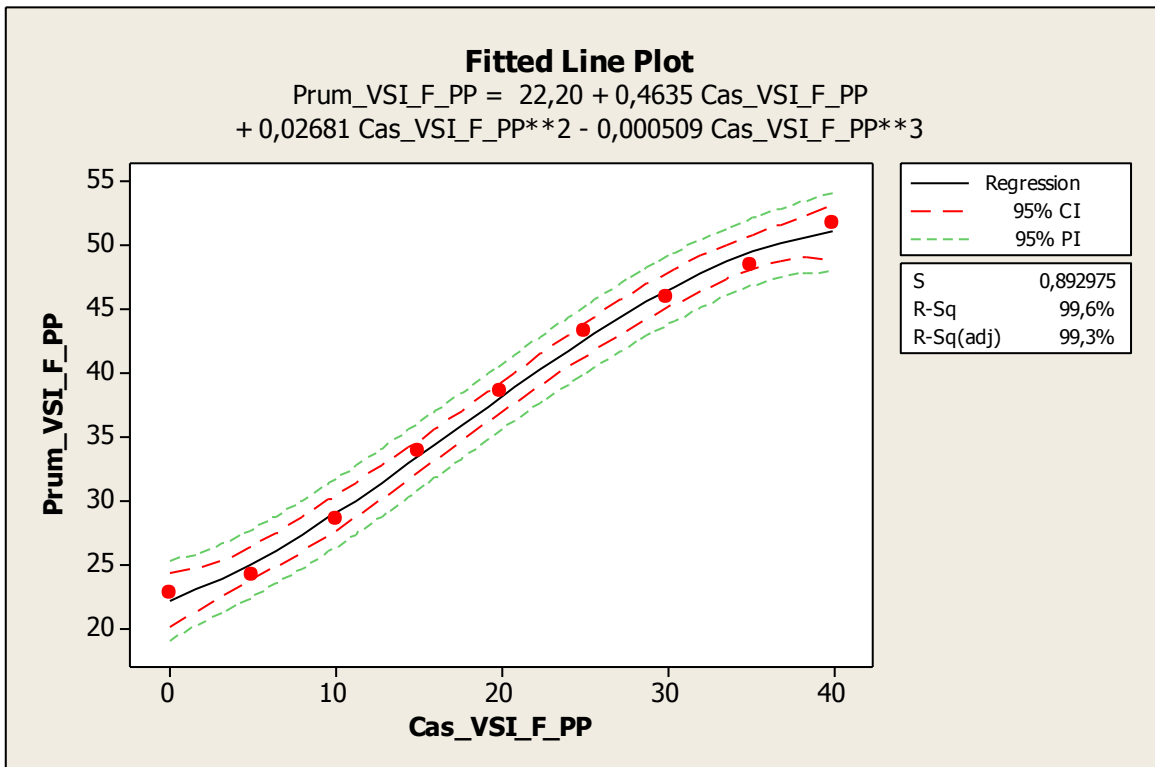
### VBI\_F\_VP Cubic



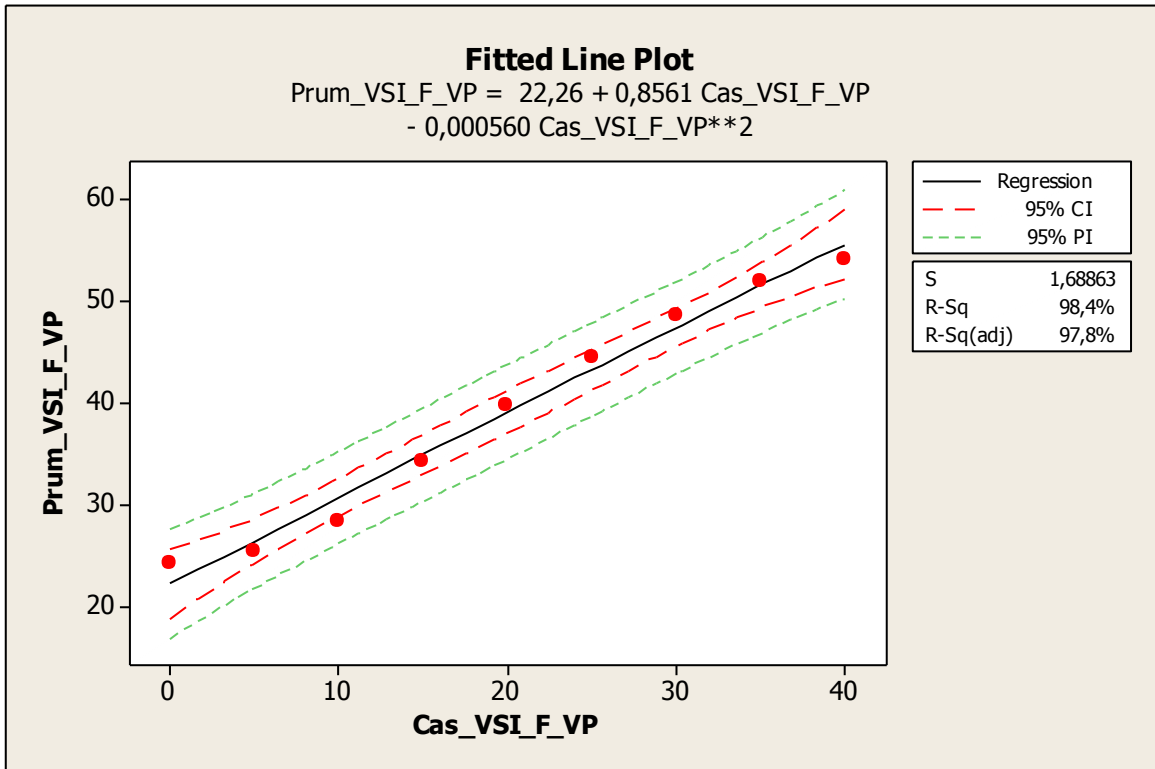
VSI\_F\_PP Quadratic



VSI\_F\_PP Cubic



### VSI\_F\_VP Quadratic



### VSI\_F\_VP Cubic

