

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Zemědělská fakulta**

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: 4131R007 Zemědělská technika:

obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní

a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

**Bakalářská práce**

Porovnání bezkontaktního měření teplot při zrání  
kompostů s měřením pomocí povrchových a zahloubených  
čidel

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor bakalářské práce: Jaroslav Blahout

České Budějovice, 2014

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav BLAHOUT**  
Osobní číslo: **Z11346**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Porovnání bezkontaktního měření teplot při zrání kompostů s měřením pomocí povrchových a zahloubených čidel.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

**Cíl práce :**

Cílem práce je experimentálně ověřit a porovnat teploty na povrchu i uvnitř kompostu při jeho zrání měřením pomocí kontaktních čidel s měřením teplot pomocí termovizních metod.

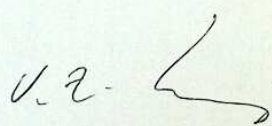
**Zásady pro vypracování:**

1. Vliv vnitřních a povrchových teplot na proces zrání kompostu.
2. Používané metody na udržení optimální teploty kompostu.
3. Kontaktní měření teplot - použité přístroje, pracnost, časová náročnost, ohniska zvýšené teploty apod.
4. Bezkontaktní měření teplot - použité přístroje, pracnost, časová náročnost, zachycení ohnisek zvýšené teploty a vyhodnocení naměřených hodnot.
5. Souběžné měření pomocí obou metod a vzájemné porovnání výsledků.
6. Rozbor výsledků a doporučení pro provoz.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

PLÍVA, P. a kol.: **Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu.** [Foundation, course and control of composting proces]. Praha: VÚZT 1/2006, 65 s., ISBN: 80-86884-11-2;  
PLÍVA, P., ALTMANN, V., HABART, J., JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M., MAREŠOVÁ, K., MIMRA, M., VÁŇA, J., VOSTOUPAL, B. **Kompostování v pásových hromadách na volné ploše.** [Composting in belt piles on free surface]. 1. vyd. Praha : Profi Press, 2009. 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8;  
KOLLÁROVÁ, M., ALTMANN, V., JELÍNEK, A., PLÍVA, P. **Zásady pro zpracování zbytkové biomasy z údržby TTP.** [Principles for processing of residual biomass from perennial grassland maintenance]. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008, č. 1. 35 s. ISBN 978-80-86884-32-5.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
  
Datum zadání bakalářské práce: **13. ledna 2013**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studená 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.  
vedoucí katedry

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to- v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Josefu Frolíkovi, CSc., za cenné rady, připomínky a metodické vedení týkající se mé práce.

## **Anotace:**

Tématika bakalářské práce se zaměřuje na porovnání výsledků zjištěných měření pomocí kontaktních čidel a infračervenou (termovizní) kamerou, jejich vzájemné porovnání v různých stádiích procesu kompostování a stanovení nejvhodnějšího způsobu získávání informací týkajících se teploty zakládky. Takto získané informace by měly přispět k zefektivnění vlastního výrobního procesu kompostování. Předmětem této práce tedy není hodnocení či sledování vlastního procesu kompostování.

## **Klíčová slova:**

měření teploty, kontaktní čidlo, termokamera

## **Abstract:**

The topic of the bachelor 's thesis is focuses on the comparison of the results obtained by contact measurement sensors and infrared (thermal imaging) camera. Their mutual comparison of the different stages of the composting process and determine the most appropriate method of obtaining information on the temperature of the fill. The information thus gathered should help to streamline their own process of composting. The object of this work isn 't the evaluation or monitoring of composting process.

## **Key words:**

temperature measurement, contact measurement sensors, infrared (thermal imaging) camera

## Obsah

Úvod.....	8
1 Teplota.....	9
1.1 Definice teploty.....	9
1.2 Teplotní stupeň.....	9
2. Měření bezdotykovými teploměry (termokamerou).....	10
2.1 Úvod.....	10
2.2 Emisivita, reflexe, prostup.....	10
2.3 Příčiny chyb při infračerveném měření.....	11
2.4 Ideální podmínky pro infračervené měření.....	12
3. Měření dotykovými teploměry.....	13
3.1 Úvod.....	13
3.2 Přehled dotykových teploměrů.....	13
3.3 Odporové teploměry.....	13
3.4 Vlastnosti odporových teploměrů.....	14
3.5 Cejchování teploměrů.....	16
4. Metodika.....	21
4.1 Způsob měření.....	21
4.2 Použité teploměry.....	22
5. Výsledky měření.....	24
5.1 Vyhodnocení výsledků měření.....	44
Diskuze.....	52
Závěr.....	53
Seznam použité literatury.....	54

## Úvod

Teplota spolu s vlhkostí a surovinovou skladbou kompostu (poměru dusíku a uhlíku) tvoří hlavní faktory kompostovacího procesu. Pro jeho správný průběh je nezbytné, aby zakládka (promíchané počáteční suroviny) prošla celkem třemi teplotními stádii. Při první fázi (fáze rozkladu) dochází k prudkému nárůstu teploty zakládky (60°C-70°C). Druhým stádiem je fáze přeměny. V této fázi teplota zakládky postupně klesá až na hodnotu 25°C-30°C. Posledním stádiem je fáze syntézy, při které by měla zakládka vykazovat již konstantní teplotu pohybující se na úrovni 20°C. [2]

K měření procesu kompostování lze využít dvě metody – kontaktní (měření dotykovými teploměry) a bezkontaktní (měření bezdotykovými teploměry). Kontaktní metodu představují ve většině případů odporové teploměry. Princip měření je založený na přímém kontaktu čidla s měřeným materiálem. Uplatňují se především při měření dobře přístupných částí a míst. Jejich hlavní nevýhodou je omezený rozsah měřených teplot, výhodou pak jejich nízká cena. [6]

Bezkontaktní metoda představuje infračervené teploměry – infračervené (termovizní) kamery. Bezkontaktní metody měření se využívá především tam, kde nelze zajistit přímý kontakt čidla s měřeným materiálem a využít tak kontaktní metody. Hlavním problémem infračervených kamer je možnost naměření nepřesných hodnot z důvodu ne zcela přesného nastavení hodnoty emisivity, která je charakteristická pro každý druh materiálu. [6]



# 1 Teplota

## 1.1 Definice teploty

Brož a kol. [4] charakterizovali teplotu takto: pojem teplota je ze zkušenosti každému známý, i když přesně definovat tento pojem není nikterak snadné. Uvědomujeme si, že teplota je mírou subjektivních pocitů, které vnímáme při styku s okolními tělesy tak, že se nám zdají chladná nebo naopak teplá. Známý pokus, kdy se nám jedno a totéž množství vody v nádobě o teplotě místnosti zdá teplé nebo studené v závislosti na tom, zda jsme těsně předtím ponořili ruku do horké nebo ledové vody přesvědčuje o subjektivnosti takto odstupňovaných pocitů. Ze zkušenosti je rovněž známo, že při vzájemném styku dvou těles se mění nejen jejich teploty, ale též dochází ke změnám jiných fyzikálních vlastností obou těles, a to zřejmě zcela nezávisle na našich pocitech. Takovými změnami mohou být například změna délky tělesa, změna objemu kapaliny, změna tlaku plynu za stálého (konstantního) objemu, změna elektrického odporu apod. Je pouze málo fyzikálních veličin, které by se při změně teploty neměnily (např. poločas rozpadu radioaktivní látky).

Jestliže se při styku dvou těles přestanou měnit jejich teploty, přestanou se měnit i ostatní fyzikální vlastnosti těchto těles. Proto tedy můžeme tělesům přisoudit stejnou teplotu, když se při jejich styku přestane měnit některá vybraná fyzikální vlastnost, jejíž změna se dá pohodlně a přesně sledovat. Tím jsme vlastně převedli obtížné přímé měření teploty na měření jiné fyzikální vlastnosti, kterou lze měřit a sledovat snadněji, a jejíž změna je úměrná změně teplotního stavu těles. [4]

## 1.2 Teplotní stupeň

Teplotní stupeň je 273,16 díl teplotního rozdílu mezi absolutní nulou a teplotou trojného bodu vody, měřený v termodynamické stupnici teplot. V teplotní stupnici, jež začíná absolutní nulou, se označuje jako stupeň Kelvinův (K), v teplotní stupnici, jejíž nule přísluší 273,15 K, se označuje jako stupeň Celsiův (°C). Je to základní jednotka. Termodynamické měření teplot převádí měření teploty na měření kalorimetrická tzn. poměr teplot dvou těles je roven poměru dvou tepelných množství – množství tepla odebraného k množství tepla odevzdaného libovolnou teploměrnou látkou ve vratném Carnotově cyklu, pracujícím mezi oběma teplotami. [5]

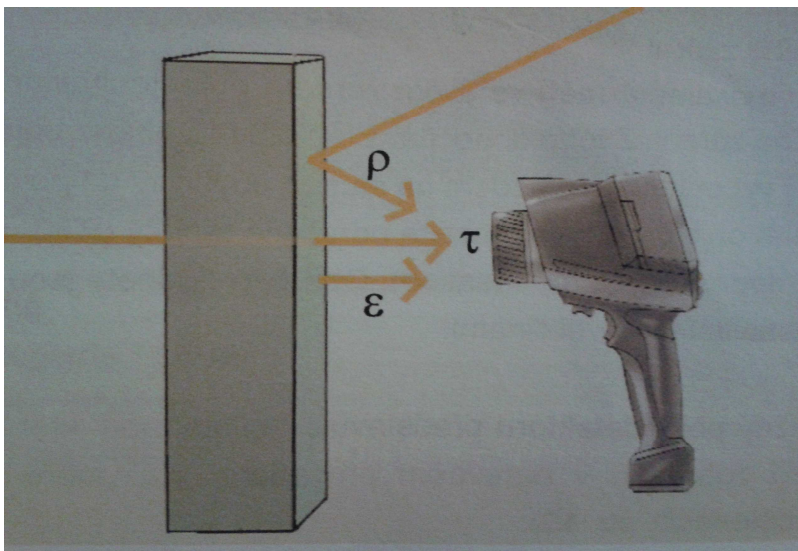
## 2. Měření bezdotykovými teploměry (termokamerou)

### 2.1 Úvod

Termografie (měření teploty pomocí termokamery) je pasivní bezdotyková měřicí metoda, při které se vytváří obraz rozložení teploty na povrchu měřeného objektu. Pomocí termokamery nelze měřit vnitřní teplotu objektu, ani teplotu objektů v pozadí. Každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula ( $0 \text{ Kelvinů} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) vydává infračervené záření. Toto infračervené záření není lidským okem viditelné. Termokamera měří ve svém zorném poli dlouhovlnné infračervené záření. Z tohoto záření dopočítává teplotu měřeného objektu. Výpočet provádí s ohledem na stupeň emisivity ( $\epsilon$ ) povrchu měřeného objektu a kompenzace odražené teploty (RTC = Reflected Temperature Compensation). Obě tyto hodnoty jsou manuálně nastavitelnými veličinami. [1]

### 2.2 Emisivita, reflexe, prostup

Záření vstupující do termokamery se skládá z více složek – vyzářené, odražené, a přenesené složky infračerveného záření, které vychází z objektů v zorném poli termokamery. [1]



Obrázek č. 1: Emise, reflexe a transmise

Zdroj: [1]

Emisivita ( $\varepsilon$ ) je měřítkem ochoty materiálu pohlcovat a tedy i vyzařovat infračervené záření. Závisí na charakteru povrchu materiálu. U některých materiálů  $\varepsilon = 1$  je ideálním stavem, který však ve skutečnosti nikdy nenastane. U reálných těles je vždy  $\varepsilon < 1$ , neboť reálná tělesa záření zároveň odrážejí a eventuelně přenášejí. Mnoho nekovových materiálů (např. PVC, beton, organické látky) mají vysokou, na teplotě nezávislou emisivitu ( $\varepsilon = 0,8-0,95$ ) v dlouhém spektru infračerveného záření. Kovy, především s hladkými povrchy, mají nízkou, teplotně závislou emisivitu. Hodnotu  $\varepsilon$  je možné v termokameře nastavit manuálně. [1]

Hodnota reflexe ( $\rho$ ) je konstanta specifická pro každý materiál, která udává schopnost tělesa odrážet záření. Závisí na charakteru povrchu materiálu, a u některých materiálů také na teplotě měřeného tělesa. Zpravidla hladký, lesklý povrch odráží záření mnohem lépe než hrubý a matný povrch stejného materiálu. Teplotu odraženého záření je možné v termokameře manuálně nastavit (RTC). RTC odpovídá v mnoha měřících úlohách teplotě okolí. Tu je možné měřit samostatným zařízením (teploměrem). Úhel odrazu odraženého infračerveného záření je stejný jako úhel dopadu (zrcadlová reflexe). [1]

Transmise ( $\tau$ ) je měřítkem schopnosti materiálu propouštět infračervené záření. Transmise  $\tau$  závisí na druhu a tloušťce materiálu. Většina materiálů není pro dlouhovlnné infračervené záření průchozí. [1]

### 2.3 Příčiny chyb při infračerveném měření

Následující faktory mohou ovlivnit výsledek infračerveného měření:

- Špatně nastavená emisivita
- Špatně nastavené RTC
- Neostrý teplotní obraz (nutné zaostřit před pořízením snímku, nelze později upravit)
- Příliš velká/malá vzdálenost od měřeného objektu
- Měření nevhodným objektivem
- Moc velké měřené místo (nejvhodnější je nejmenší vzdálenost)
- Rušení v přenosové cestě (znečištění vzduchu, kryty)

- Vliv rušivých zdrojů záření (žárovky, slunce, topení)
- Rychlá změna teploty okolí (možnost orosení předmětu)

Zdroj: [1]

#### **2.4 Ideální podmínky pro infračervené měření**

Při infračerveném měření jsou důležité zejména stabilní okolní podmínky. To znamená, že objekty v okolí měřeného tělesa, i všechny ostatní ovlivňující faktory by se během měření neměly měnit. Pouze tak je možné vyhodnotit všechny rušivé zdroje a zdokumentovat je pro budoucí analýzu. [1]

Při měření ve venkovním prostředí by mělo být stabilní počasí a zatažená obloha, aby byl měřený objekt odstíněn od přímého slunečního záření a i od „chladného záření oblohy“. Zde je potřeba dbát, aby měřené objekty nebyly zahřáté slunečním zářením. [1]

Ideální podmínky pro měření jsou:

- Stabilní počasí
- Zatažené obloha před a během měření
- Bez osvětlení přímého slunečního záření před, i během měření
- Žádné srážky
- Suché, termicky volně přístupné plochy měřeného objektu
- Bezvětrí, bez průvanu
- Bez zdrojů rušivého záření v okolí měřeného tělesa i v cestě přenosu
- Povrch měřeného objektu s vysokou, přesně známou emisivitou

Zdroj: [1]

## 3. Měření dotykovými teploměry

### 3.1 Úvod

Při kontaktním měření teploty je teplotní čidlo, nejčastěji termočlánek, v přímém kontaktu s měřeným povrchem. Volba čidla a způsob jeho připevnění musí být volen tak, aby teplota měřeného povrchu nebyla tímto čidlem ovlivněna, a zároveň čidlo mělo s povrchem dobrý kontakt. [6]

### 3.2 Přehled dotykových teploměrů

- Skleněné s náplní (pentan, alkohol, toluen, rtuť)
- Tyčové dilatační
- Bimetalové dilatační
- Odporové platinové
- Odporové termistorové
- Termoelektrické

Zdroj: [7]

### 3.3 Odporové teploměry

Jelikož jsem při své práci používal ke kontaktnímu měření pouze odporové teploměry, soustředím se na vysvětlení principu jejich činnosti.

Měření teploty odporovými teploměry využívá změnu velikosti elektrického proudu kovů a polovodičů v závislosti na změně jejich teploty. Odpor kovů a slitin roste se stoupající teplotou, odpor některých polovodičů se stoupající teplotou naopak klesá (tento druh polovodičů se označuje pojmem negistory-NTC), odpor jiných polovodičů se stoupající teplotou roste (pozistory-PTC). [7]

Materiály používané na výrobu odporových teploměrů a teplotní rozsah jejich použití

- Platina (-200°C až 800°C)
- Nikl (-70°C až 150°C)
- Železo (0°C až 150°C)
- Měď (-50°C až 150°C)
- Polovodiče (-80°C až 200°C)

Zdroj: [7]

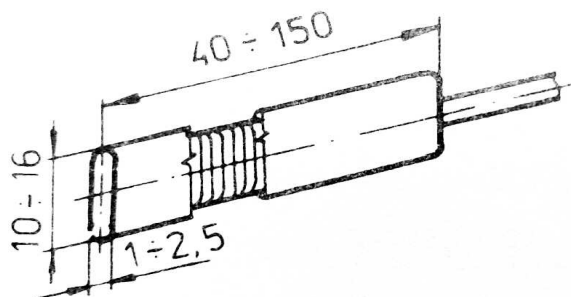
### 3.4 Vlastnosti odporových teploměrů

Měřicí odpor odporových teploměrů se posuzuje podle následujících hlavních kritérií:

- Přesnost- hodnotí se podle shody závislosti odporu od teploty s hodnotami, které stanovuje norma ČSN pro daný materiál.
- Odporový poměr- poměr hodnoty měřicího odporu při teplotě +100°C k jeho odporu při teplotě 0°C.
- Stabilita-vyjadřuje kolísání hodnoty základního odporu po teplotních cyklech. Základní odpor je hodnota měřicího odporu 0°C. Obvykle se měřicí odpory vyrábějí se základním odporem 100Ω.
- Maximální měřicí proud-průchodem proudu měřicím odporem nastává ohřev odporu, přičemž vzniká chyba. Z uvedeného důvodu se omezuje maximální měřicí proud.
- Schopnost odolávat otřesům-jde o odolnost snímače vůči chvění.

Zdroj: [7]

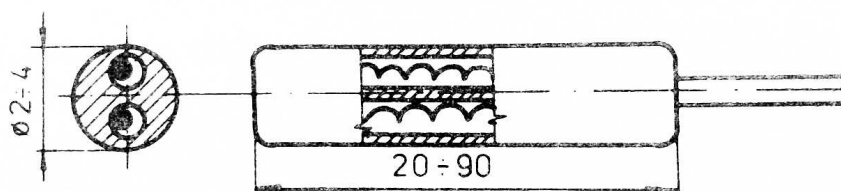
Uvedeným požadavkům nejlépe vyhovuje platina. Teploty v rozsahu  $-200^{\circ}\text{C}$  až  $350^{\circ}\text{C}$  se měří plochými měřicími odpory. Platinový vodič je navinutý na slídové destičce a z obou stran je chráněný ochrannými destičkami (obr. č. 2). [7]



Obrázek č. 2: Platinový vodič navinutý na slídové destičce

Zdroj: [7]

Plochými měřicími odpory vinutými na tvrdém papíru se měří teploty v rozsahu  $-100^{\circ}\text{C}$  až  $110^{\circ}\text{C}$ . Na měření vyšších teplot se vyrábějí odpory uložené v keramickém obalu (obr. č. 3). Obal tvoří keramický váleček se dvěma nebo čtyřmi kanálky, ve kterých jsou ke stěnám sklovinou fixované spirálky, spojené na jednom konci. Na volné konce spirál jsou připájeny vývody z platiny. Oba konce keramického válečku jsou uzavřené glazurou. [7]



Obrázek č. 3: Odpor uložený v keramickém obalu

Zdroj: [7]

### 3.5 Cejchování teploměrů

Při měření podléhají teploměry rozličným vlivům, přičemž se může postupně snížit přesnost jejich měření. Proto se musí po určitém časovém intervalu cejchovat. Proces cejchování zahrnuje srovnání teploměrem naměřených údajů s údaji teplotového normálu. Na základě rozsáhlých výzkumů byla sestavena mezinárodní praktická teplotní stupnice, která udává šest základních reprodukovatelných teplot. Mezi tyto metody patří kontrola hodnoty 0°C, kontrola hodnoty 100°C, kontrola na bodu varu síry, cejchování pomocí ultratermostatu, cejchování při vyšších teplotách, kontrola infračervených pyrometrů. [7]

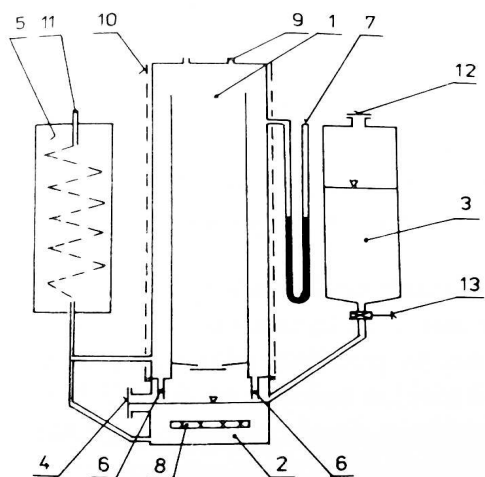
Kontrola hodnoty 0°C. Snímač kontrolovaného teploměru se zasune dostatečně hluboko do nádoby s tajícím ledem. Led se připraví z destilované vody, čímž se zamezí přítomnosti nečistot a příměsí, které by mohly zkreslit výsledek cejchování. Teploměr je nutné před zahájením procesu mírně podchladiť aby bylo minimalizováno zpoždění jeho ohřevu spolu s kapalinou. [8]

Kontrola hodnoty 100°C se provádí v hypsometrii (obr. č. 4). Při tomto procesu se hypsometr plní destilovanou vodou, přestože vliv příměsí není v tomto procesu tak významný jako v prvním případě. Teploměr má vyčnívat ze zátky pouze o malou hodnotu nad 100°C. Vyhřívání může být plynové, elektrické anebo lihové. Teplota varu vody odpovídá skutečnému tlaku  $p$ , který je součtem atmosférického tlaku a tlaku (přetlaku) v přístroji, podle vztahu:

$$t_v = 100 + 28,012 \left( \frac{p}{p_o} - 1 \right) - 11,64 \left( \frac{p}{p_o} - 1 \right)^2 + 7,1 \left( \frac{p}{p_o} - 1 \right)^3 \quad (^\circ\text{C})$$

Zdroj: [7]





Obrázek č. 4: Hypsometr s elektrickým ohřevem.

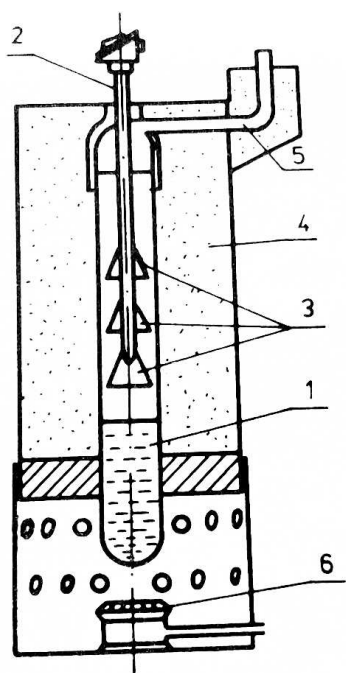
Zdroj: [7]

1. pracovní prostor
2. varná nádoba
3. doplňovací nádrž
4. ukazatel hladiny
5. chladič
6. zpětný přívod kondenzátu
7. indikace přetlaku
8. vyhřívání
9. průchodky teploměrů
10. izolace
11. chladící voda
12. uzávěr
13. ventil

Kontrola na bodě varu síry (444,6°C). Tato metoda cejchování se provádí v přístroji uvedeném na obrázku č. 5. Keramická, skleněná, nebo kovová nádobka (1) se z části naplní čistou sírou. Kontrolovaný teploměr (2) má kryty (3), které zabraňují ztrátám tepla sáláním a stékání zkondenzovaných par po teploměru. Nádobka (1) musí být dobře tepelně izolovaná materiálem (4) a vybavená komínkem (5) na odvod par. Otvor komínku se musí čistit, aby v nádobě nevznikl přetlak. K ohřevu lze použít běžný plynový hořák (6). Teplota v nádobce se ustaluje několik hodin. Rovnovážná teplota  $t_s$  (odpovídá atmosférickému tlaku  $p$ ) se vypočítá s přesností  $\pm 0,001$  podle vztahu:

$$t_s = 444,6 + 69,01 \left( \frac{P}{P_o} - 1 \right) - 27,48 \left( \frac{P}{P_o} - 1 \right)^2 + 19,14 \left( \frac{P}{P_o} - 1 \right)^3 \quad (^\circ\text{C})$$

Zdroj: [7]



Obrázek č. 5: Přístroj na realizaci teploty varu síry

Zdroj: [7]

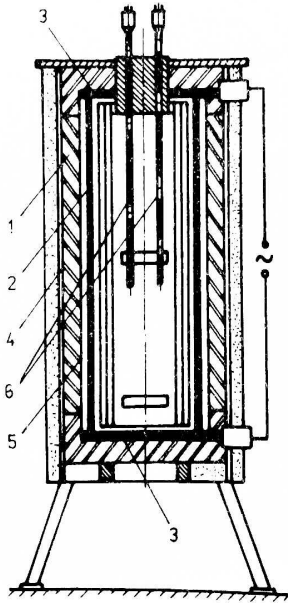
1. nádržka se sírou
2. kontrolovaný teploměr
3. kryty
4. izolace
5. komínek
6. hořák

Zdroj: [7]

Cejchování pomocí ultratermostatu. Rozsah jejich funkčnosti je  $-60^{\circ}\text{C}$  až  $260^{\circ}\text{C}$  a přesnost udržení nastavené hodnoty je  $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$  až  $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$  (v závislosti od použitého typu). Jsou tedy vhodné pro cejchování teploměrů. Při cejchování se nastavují nejprve obě mezní teploty, a poté minimálně tři mezihodnoty v 25, 50 a 75% rozsahu. Výsledky se zpracovávají do formy korekční křivky, nebo tabulky. [7]

Kontrola infračerveným pyrometrem. Na kontrolu tímto způsobem se používá elektricky vyhřívané černé tělísko s přesným teploměrem a regulací teploty. Improvizovaně je možné provádět kontrolu přesně známé (naměřené) teploty pomocí přesně definovaného součinitele poměrné emisivity. [7]

Cejchování při vyšších teplotách. Při vyšších teplotách je k cejchování možné použít keramickou komparační pec (obr. č. 6), ve které se údaj cejchovaného teploměru porovnává s údají normálu. Jako normál je použit platinový odporový teploměr. Teplota se reguluje regulátorem, jehož snímač se nachází v jednom z otvorů pro teploměry. Snímač regulátoru a cejchovaný teploměr by se měly nacházet co nejbližší k sobě a pokud možno uprostřed zařízení. [7]



Obrázek č. 6: Keramická komparační pec

Zdroj: [7]

1. šamotové těleso
2. vyhřívací tyče
3. sběrací kruhy
4. vzduchová mezera
5. kanálový stínící plášť
6. ochranné pouzdro teploměru

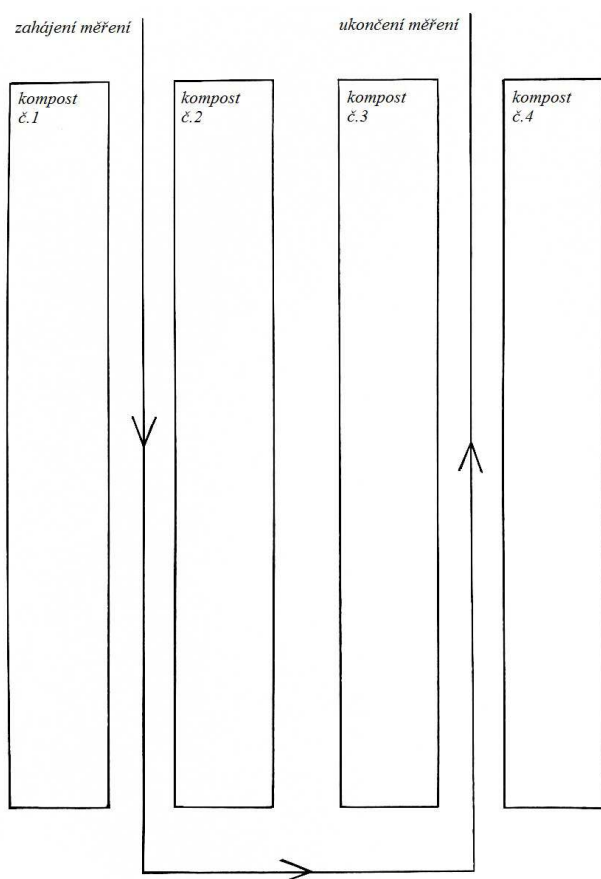
## 4. Metodika

Pro účely tohoto výzkumu bylo zřízeno celkem 5 pokusných kompostů, z čehož 4 byly umístěny na pozemcích Zemědělského Družstva Haklovy Dvory, a 1 přímo v areálu Jihočeské univerzity.

Měření teplot probíhalo v období od 7. října 2013 do 20. prosince 2013, a to vždy 1x denně v době mezi 07:00 až 14:00 hod. Naměřené hodnoty byly ručně zaznamenávány a posléze transformovány do elektronické podoby.

### 4.1 Způsob měření

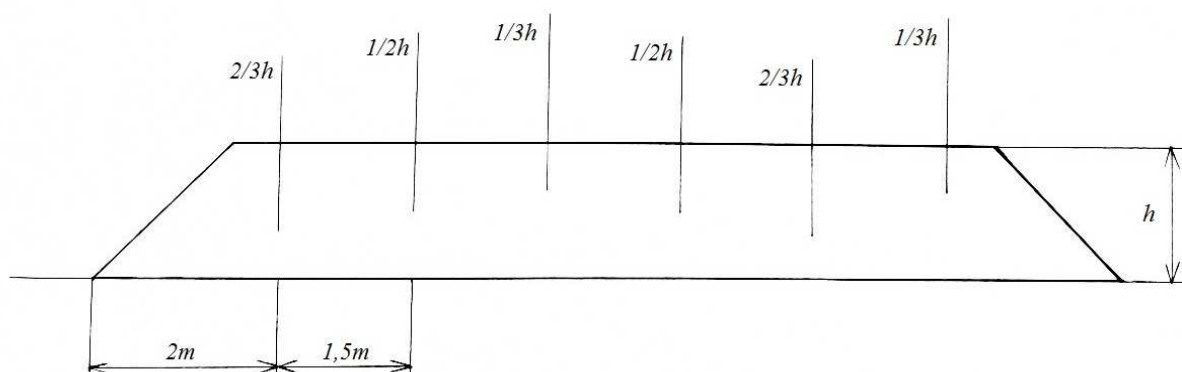
Komposty na pozemcích ZD Haklovy Dvory byly založeny s ohledem na optimální využití plochy určené ke kompostování, následné operace s nimi (překopávání) a k usnadnění prováděného měření do řady, rovnoběžně vedle sebe (obr. č. 7).



Obrázek č. 7: Schéma umístění kompostů a pořadí měření teploty

Zdroj : [Vlastní]

Při vlastním měření byly při jednom průchodu mezi komposty měřeny vždy dvojice sousedících kompostů. Jako první byly tedy současně měřeny komposty č. 1 a 2 a posléze komposty č 3 a 4 a to v opačném pořadí měřených míst (od zadu). Na jednom kompostu byla teplota měřena vždy v šesti místech a ve třech stanovených hloubkách. První měřící bod byl od paty kompostu ve vzdálenosti 2 m z důvodu získání objektivních údajů v již plně homogenní směsi zakládky a požadované výšky jejího profilu. Od tohoto bodu bylo vytyčeno dalších 5 měřících bodů se vzájemným rozestupem vždy po 1,5 m. Vzdálenost od posledního měřeného bodu ke konci (patě) kompostu je stejně jako na jeho začátku 2 m. Součet těchto vzdáleností vytváří celkovou délku kompostů, která při jejich zakládání činila 11,5 m. Schéma vzdáleností a hloubek měřících bodů je patrné z obrázku č. 8. Během procesu kompostování došlo v důsledku jeho zrání ke zvyšování objemové hmotnosti a tedy i snižování objemu kompostu, což mělo za následek změnu výšky, šířky i délky kompostů. Uvedené vzdálenosti byly platné na počátku procesu kompostování.



Obrázek č. 8: Schéma vzdáleností a hloubek měřených bodů

Zdroj: [Vlastní]

#### 4.2 Použité teploměry

K bezkontaktnímu způsobu měření teplot kompostů byla použita robustní ruční termokamera testo 875, která primárně slouží ke kontrole budov (vytápění, ventilace a klimatizace, energetické vyhodnocení stavu budov), preventivní údržbě (kontrola mechanických a elektronických systémů, strojů) a kontrole výroby (jakosti).

[1]



Obrázek č. 9: Termokamera testo 875

Zdroj: [10]

Ke kontaktnímu způsobu měření teplot kompostů byl použit zemědělský elektronický teploměr AZT-095 s teplotním rozsahem 0°C-100 °C a dobou ustálení teploty do max. 50 sekund. [11]



Obrázek č. 10: Detail měřící stupnice teploměru AZT-095

Zdroj: [Vlastní]



Obrázek č. 11: Kompletní teploměr AZT-095

Zdroj: [Vlastní]

## 5. Výsledky měření

Naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce (tabulka číslo 5.1 až 5.19), a to vždy pro každý den měření, kompost a měřený bod samostatně. Pro ulehčení srovnání kontaktního a bezkontaktního způsobu měření jsou tyto dvě hodnoty umístěny v tabulce pod sebou namísto ve dvou samostatných tabulkách. V prvním sloupci je uvedeno datum sběru dat. Ve druhém sloupci je číslo konkrétního kompostu (zkratka č. k.), kdy komposty číslo 1 až 4 jsou umístěny na pozemcích ZD Haklovy Dvory a kompost číslo 5 v areálu Jihočeské univerzity. Ve třetím sloupci je uvedena metoda měření (kontaktní/bezkontaktní), ke které dále náleží příslušné výsledky (měřené body 1 až 6). Měřené body 1 až 6 odpovídají bodům vyznačeným ve schématu na obrázku č. 8, kde první bod zleva ( $2/3h$ ) odpovídá měřenému bodu číslo jedna v tabulce, druhý bod zleva ( $1/2h$ ) odpovídá druhému měřenému bodu v tabulce. Tento systém značení je platný pro všech 6 bodů.

Po celou dobu měření se nevyskytly žádné problémy (technické či klimatické), proto lze soudit, že získané hodnoty jsou objektivní a poslouží co nejlépe ke stanovení optimální metody při zjišťování teploty při zrání kompostů.



Tabulka č. 5.1: Výsledky z období od 7.10.2013 do 10.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
7.10.13	1	Kontaktní(K)	18	18	50	58	56	54
		Bezkontaktní(B)	15	16	22	21	23	23
	2	K	50	52	62	60	59	54
		B	25	24	24	23	23	24
	3	K	53	41	36	39	46	38
		B	24	22	18	22	23	20
	4	K	57	56	51	46	47	40
		B	23	24	22	22	19	22
	5	K	22	43	58	54	52	47
		B	15	22	24	25	24	23
8.10.13	1	K	24	25	49	56	54	57
		B	16	18	22	23	24	24
	2	K	46	59	56	45	57	56
		B	21	26	22	20	24	21
	3	K	46	39	37	45	49	40
		B	19	21	20	19	22	21
	4	K	48	54	48	40	45	45
		B	21	24	21	19	22	23
	5	K	18	36	52	49	41	32
		B	14	16	23	23	22	21
9.10.13	1	K	23	42	48	54	56	52
		B	17	22	23	25	24	23
	2	K	48	53	49	43	56	50
		B	23	23	22	19	23	24
	3	K	48	39	35	40	45	45
		B	22	19	16	20	22	21
	4	K	47	52	53	42	48	43
		B	20	25	26	19	23	22
	5	K	28	43	56	52	43	40
		B	18	20	26	24	20	19
10.10.13	1	K	12	25	42	48	52	60
		B	9	15	22	23	26	26
	2	K	35	36	53	50	49	35
		B	18	21	26	25	22	18
	3	K	24	25	28	25	30	20
		B	15	17	20	18	19	15
	4	K	32	38	38	28	33	38
		B	19	21	20	18	19	22
	5	K	28	44	52	51	39	39
		B	16	20	22	23	19	18

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.2: Výsledky z období od 11.10.2013 do 14.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
11.10.13	1	Kontaktní(K)	20	38	41	40	39	49
		Bezkontaktní(B)	15	19	20	20	18	21
	2	K	34	40	51	49	48	29
		B	18	19	24	22	20	17
	3	K	23	26	24	23	32	25
		B	14	15	15	16	20	18
	4	K	30	29	27	31	29	35
		B	19	19	20	18	21	20
	5	K	21	58	47	57	45	36
		B	14	25	22	26	23	20
12.10.13	1	K	18	32	45	45	32	39
		B	14	19	22	23	21	23
	2	K	35	42	52	48	45	30
		B	18	21	22	23	21	20
	3	K	25	53	25	24	37	25
		B	17	25	14	14	18	16
	4	K	32	31	24	35	28	36
		B	18	18	25	18	17	20
	5	K	20	55	47	57	44	35
		B	13	24	24	24	21	20
13.10.13	1	K	16	25	35	33	30	40
		B	12	14	20	19	18	23
	2	K	28	22	32	45	44	40
		B	19	17	20	21	21	19
	3	K	18	24	30	28	28	25
		B	14	17	21	22	21	20
	4	K	23	26	27	27	28	34
		B	18	18	19	18	17	22
	5	K	21	55	48	55	44	37
		B	18	24	23	23	24	19
14.10.13	1	K	14	13	20	33	31	45
		B	10	10	14	18	18	22
	2	K	25	17	19	41	41	40
		B	19	12	12	22	20	21
	3	K	23	25	26	27	27	32
		B	17	18	18	18	20	22
	4	K	23	25	26	27	27	32
		B	16	16	18	15	18	21
	5	K	22	28	45	52	44	34
		B	17	20	25	25	23	22

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.3: Výsledky z období od 15.10.2013 do 18.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
15.10.13	1	Kontaktní(K)	15	14	17	29	30	46
		Bezkontaktní(B)	10	10	11	21	20	22
	2	K	25	18	30	37	40	40
		B	18	14	18	21	22	24
	3	K	17	22	26	24	28	24
		B	13	15	18	15	20	18
	4	K	22	26	25	28	28	30
		B	17	18	18	20	19	22
	5	K	13	23	31	42	30	27
		B	10	18	22	23	24	20
16.10.13	1	K	16	16	20	25	28	45
		B	14	12	15	17	19	22
	2	K	25	20	31	35	41	40
		B	17	17	23	22	23	24
	3	K	18	22	27	25	25	25
		B	14	18	19	17	18	20
	4	K	21	26	24	27	28	30
		B	17	18	20	21	20	22
	5	K	14	24	30	42	30	27
		B	10	18	20	21	23	21
17.10.13	1	K	16	15	18	23	29	43
		B	14	10	12	15	21	25
	2	K	23	15	34	28	37	40
		B	18	11	24	21	25	25
	3	K	20	20	25	26	27	24
		B	17	24	21	18	19	18
	4	K	19	26	25	28	29	31
		B	25	20	19	21	18	22
	5	K	15	23	30	43	31	27
		B	10	18	22	26	25	20
18.10.13	1	K	15	15	18	24	30	44
		B	11	14	14	18	22	23
	2	K	24	16	32	28	36	41
		B	18	13	24	22	23	26
	3	K	18	20	26	26	26	23
		B	14	14	18	17	20	17
	4	K	20	24	25	29	30	30
		B	16	18	20	21	22	22
	5	K	16	20	32	43	33	25
		B	12	16	25	24	26	20

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.4: Výsledky z období od 19.10.2013 do 22.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
19.10.13	1	Kontaktní(K)	17	20	20	23	31	42
		Bezkontaktní(B)	15	16	15	18	22	24
	2	K	25	18	30	27	35	40
		B	20	14	25	20	24	26
	3	K	20	20	27	28	22	21
		B	17	15	20	21	17	15
	4	K	22	22	25	31	31	32
		B	15	14	20	22	23	26
	5	K	14	18	31	37	30	22
		B	11	15	20	22	21	18
20.10.13	1	K	20	22	24	26	22	14
		B	17	18	18	20	18	10
	2	K	18	25	23	24	20	17
		B	14	20	19	18	16	14
	3	K	22	23	26	22	22	16
		B	17	15	20	18	17	14
	4	K	20	22	21	25	24	24
		B	17	19	17	20	19	18
	5	K	17	25	28	25	27	24
		B	14	20	22	21	21	20
21.10.13	1	K	23	26	22	25	19	15
		B	18	20	17	20	14	11
	2	K	20	27	29	28	25	19
		B	16	21	22	20	19	15
	3	K	24	25	27	19	23	18
		B	19	20	21	15	17	13
	4	K	23	28	25	27	25	26
		B	18	22	20	21	19	20
	5	K	19	32	38	46	41	37
		B	17	25	27	26	23	24
22.10.13	1	K	26	23	21	22	18	15
		B	19	17	16	18	13	10
	2	K	27	31	40	24	17	16
		B	20	24	22	18	15	9
	3	K	28	28	23	26	25	23
		B	19	22	17	19	20	18
	4	K	26	29	26	25	25	24
		B	21	22	20	22	19	19
	5	K	20	34	38	42	40	38
		B	16	22	23	24	24	23

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.5: Výsledky z období od 23.10.2013 do 26.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
23.10.13	1	Kontaktní(K)	24	25	20	25	20	17
		Bezkontaktní(B)	18	20	17	21	16	14
	2	K	26	32	42	26	18	19
		B	20	24	25	19	25	14
	3	K	25	27	24	22	24	22
		B	20	21	18	17	18	17
	4	K	23	27	26	25	24	23
		B	18	22	20	21	19	18
	5	K	19	32	39	43	41	38
		B	15	25	24	26	24	23
24.10.13	1	K	24	23	19	23	21	17
		B	18	16	15	19	17	14
	2	K	25	30	38	24	18	20
		B	20	24	26	18	14	16
	3	K	23	24	25	20	21	19
		B	17	20	20	15	17	15
	4	K	22	26	26	23	22	21
		B	18	20	19	18	17	15
	5	K	18	30	35	40	38	35
		B	14	25	26	27	27	25
25.10.13	1	K	22	21	20	21	19	18
		B	17	16	16	17	17	14
	2	K	23	28	35	24	18	19
		B	19	22	25	18	14	14
	3	K	22	25	22	20	20	20
		B	18	19	17	17	16	18
	4	K	22	23	25	22	20	20
		B	18	17	20	17	16	15
	5	K	18	27	31	35	33	32
		B	15	22	24	24	25	25
26.10.13	1	K	20	19	18	18	17	20
		B	16	14	13	14	14	15
	2	K	21	24	29	20	16	18
		B	17	20	21	16	11	12
	3	K	19	20	17	20	18	18
		B	14	15	12	15	12	11
	4	K	20	21	24	22	19	20
		B	15	15	17	17	13	14
	5	K	18	24	27	28	30	25
		B	13	18	20	21	22	18

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.6: Výsledky z období od 27.10.2013 do 30.10.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
27.10.13	1	Kontaktní(K)	15	16	16	14	16	19
		Bezkontaktní(B)	11	10	10	10	11	13
	2	K	17	15	21	14	15	17
		B	12	11	14	10	9	12
	3	K	17	17	16	18	16	17
		B	11	10	9	11	11	10
	4	K	18	19	20	18	16	17
		B	11	12	11	11	10	9
	5	K	17	22	24	23	25	23
		B	11	14	15	14	15	15
28.10.13	1	K	14	15	15	16	15	17
		B	8	10	9	10	9	11
	2	K	13	14	15	14	15	14
		B	7	8	10	8	8	9
	3	K	15	14	14	15	16	14
		B	9	8	8	8	9	7
	4	K	17	16	15	15	14	18
		B	11	10	10	9	10	11
	5	K	15	19	20	18	20	21
		B	9	11	12	11	12	13
29.10.13	1	K	13	14	14	15	15	15
		B	6	8	7	9	10	9
	2	K	10	12	11	15	15	14
		B	6	7	6	9	10	8
	3	K	12	12	14	15	15	11
		B	8	7	8	10	10	7
	4	K	15	16	14	15	13	17
		B	10	11	8	10	8	12
	5	K	14	18	18	19	19	18
		B	10	12	13	12	13	14
30.10.13	1	K	12	13	15	14	14	15
		B	8	9	10	10	9	11
	2	K	11	11	12	14	15	13
		B	8	8	7	10	10	9
	3	K	10	13	15	15	15	10
		B	8	10	11	10	10	7
	4	K	14	15	13	14	12	16
		B	10	11	11	9	9	11
	5	K	12	15	19	19	20	16
		B	9	11	13	14	14	11

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.7: Výsledky z období od 31.10.2013 do 3.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
31.10.13	1	Kontaktní(K)	12	12	13	13	14	14
		Bezkontaktní(B)	8	7	9	8	10	11
	2	K	10	11	10	12	13	12
		B	7	7	8	9	9	8
	3	K	11	11	14	12	13	9
		B	8	7	10	10	9	6
	4	K	12	13	12	14	10	13
		B	9	10	9	10	8	7
	5	K	10	13	16	15	17	13
		B	7	10	11	11	12	10
1.11.13	1	K	11	12	13	14	14	13
		B	8	8	9	8	8	8
	2	K	10	10	11	12	12	10
		B	7	8	7	8	7	7
	3	K	11	10	13	12	12	10
		B	8	7	8	9	7	7
	4	K	11	12	13	13	11	13
		B	7	8	8	7	6	8
	5	K	11	10	12	17	16	11
		B	6	7	8	11	10	7
2.11.13	1	K	12	11	13	15	14	14
		B	9	7	8	10	9	8
	2	K	12	10	10	13	14	9
		B	9	7	6	8	7	4
	3	K	10	12	14	12	12	11
		B	7	7	8	6	6	7
	4	K	12	12	12	14	11	14
		B	7	7	6	8	6	7
	5	K	12	11	12	18	15	12
		B	7	7	8	12	10	8
3.11.13	1	K	14	11	15	14	14	15
		B	9	7	9	8	7	10
	2	K	13	11	10	14	14	10
		B	8	7	6	8	7	5
	3	K	10	12	15	12	13	12
		B	5	7	11	9	8	8
	4	K	12	13	11	14	10	14
		B	7	8	5	7	5	10
	5	K	12	10	11	19	15	11
		B	9	7	6	12	9	7

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.8: Výsledky z období od 4.11.2013 do 7.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
4.11.13	1	Kontaktní(K)	15	10	16	14	15	15
		Bezkontaktní(B)	9	5	10	7	10	9
	2	K	14	15	15	16	14	15
		B	9	8	7	11	8	10
	3	K	16	14	17	15	16	13
		B	10	10	11	9	8	7
	4	K	17	14	12	14	11	16
		B	11	8	6	10	7	10
	5	K	19	15	13	20	14	14
		B	12	7	9	13	8	10
5.11.13	1	K	18	15	17	19	19	16
		B	12	10	9	14	12	10
	2	K	20	17	21	19	20	22
		B	14	13	16	13	15	16
	3	K	18	16	21	17	20	18
		B	12	11	16	10	14	14
	4	K	22	18	17	22	16	21
		B	17	12	12	14	10	17
	5	K	20	14	14	19	16	15
		B	14	10	9	15	11	10
6.11.13	1	K	19	19	20	21	20	18
		B	14	12	15	17	14	12
	2	K	23	20	22	22	21	23
		B	17	14	15	16	15	16
	3	K	26	20	23	20	23	21
		B	20	16	18	17	16	15
	4	K	26	21	18	24	17	22
		B	19	15	12	17	11	16
	5	K	22	17	15	20	19	14
		B	16	11	10	16	13	9
7.11.13	1	K	18	19	20	19	14	12
		B	13	12	15	11	9	6
	2	K	28	27	22	21	20	20
		B	21	19	15	14	15	14
	3	K	35	28	35	37	38	39
		B	27	21	28	25	24	24
	4	K	32	28	35	38	41	27
		B	24	22	26	25	24	19
	5	K	24	24	27	29	33	37
		B	17	18	20	22	24	26

Zdroj: [Vlastní]



Tabulka č. 5.9: Výsledky z období od 8.11.2013 do 11.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
8.11.13	1	Kontaktní(K)	17	20	19	20	13	13
		Bezkontaktní(B)	12	14	14	14	9	8
	2	K	37	28	22	20	19	17
		B	25	20	17	15	13	12
	3	K	41	36	41	43	47	42
		B	26	24	25	24	23	24
	4	K	38	35	44	42	46	39
		B	25	24	22	25	27	23
	5	K	29	27	31	38	37	43
		B	20	21	23	22	24	25
9.11.13	1	K	18	20	18	18	12	12
		B	12	14	12	13	8	7
	2	K	42	30	20	18	18	16
		B	26	24	15	11	13	10
	3	K	48	44	48	54	54	52
		B	25	24	26	23	25	24
	4	K	44	48	50	50	50	46
		B	24	25	26	25	23	24
	5	K	36	34	40	42	44	50
		B	25	23	25	24	26	25
10.11.13	1	K	34	20	18	14	12	14
		B	27	15	13	9	7	10
	2	K	40	18	20	18	18	16
		B	26	11	12	11	10	8
	3	K	40	42	46	44	40	48
		B	25	23	24	26	27	25
	4	K	40	36	44	44	48	46
		B	24	24	27	26	24	25
	5	K	35	36	39	43	45	51
		B	24	26	26	27	26	28
11.11.13	1	K	35	21	17	15	16	15
		B	25	15	11	9	10	10
	2	K	41	18	19	19	20	15
		B	26	11	12	11	13	9
	3	K	42	39	45	43	46	49
		B	27	25	24	25	26	26
	4	K	41	36	43	45	50	44
		B	27	25	24	26	24	26
	5	K	36	37	42	44	46	52
		B	23	22	24	22	24	23

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.10: Výsledky z období od 12.11.2013 do 15.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
12.11.13	1	Kontaktní(K)	36	22	18	17	18	17
		Bezkontaktní(B)	25	16	12	11	12	10
	2	K	42	18	20	21	19	17
		B	26	11	13	14	14	11
	3	K	45	40	43	42	45	50
		B	24	27	24	25	23	24
	4	K	42	35	42	46	52	44
		B	27	26	25	23	27	25
	5	K	35	36	43	44	47	51
		B	24	25	27	26	28	27
13.11.13	1	K	30	20	19	19	20	19
		B	22	14	11	10	13	13
	2	K	38	17	21	22	17	16
		B	23	12	15	16	11	9
	3	K	41	42	41	41	43	51
		B	25	24	26	27	25	26
	4	K	41	32	44	43	51	46
		B	25	23	26	24	25	26
	5	K	32	34	43	47	42	50
		B	22	23	27	25	24	26
14.11.13	1	K	31	22	18	20	22	23
		B	22	15	11	13	14	15
	2	K	41	18	23	21	18	17
		B	26	12	18	17	11	10
	3	K	42	42	40	41	43	50
		B	26	25	24	23	25	27
	4	K	42	32	43	43	52	45
		B	25	26	27	26	25	24
	5	K	31	35	42	46	40	47
		B	24	24	26	25	24	25
15.11.13	1	K	34	23	20	22	22	24
		B	24	18	15	17	16	17
	2	K	42	19	22	22	19	18
		B	25	14	15	16	12	11
	3	K	43	43	40	41	44	49
		B	25	26	24	25	27	25
	4	K	43	39	42	45	51	47
		B	25	26	24	25	27	27
	5	K	30	34	38	41	35	45
		B	22	23	25	26	24	27

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.11: Výsledky z období od 16.11.2013 do 19.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
16.11.13	1	Kontaktní(K)	25	22	21	19	20	19
		Bezkontaktní(B)	19	17	16	16	15	14
	2	K	35	20	21	20	17	15
		B	26	14	14	16	11	9
	3	K	37	41	35	34	35	41
		B	26	24	25	25	26	24
	4	K	37	25	37	39	46	40
		B	22	24	23	25	26	22
	5	K	24	26	31	32	28	38
		B	15	18	19	21	20	21
17.11.13	1	K	23	19	18	19	20	17
		B	15	12	10	11	14	10
	2	K	20	19	20	19	19	16
		B	14	14	13	12	11	10
	3	K	25	29	27	33	28	25
		B	18	20	19	21	18	17
	4	K	34	29	30	34	39	34
		B	20	21	22	24	23	23
	5	K	21	26	28	25	31	29
		B	16	18	19	16	22	23
18.11.13	1	K	20	15	16	14	20	15
		B	15	10	9	10	11	8
	2	K	18	16	17	18	21	16
		B	11	7	9	11	12	10
	3	K	20	24	23	32	16	19
		B	13	14	15	20	7	12
	4	K	32	35	27	30	35	30
		B	21	19	20	21	22	21
	5	K	18	24	21	20	22	15
		B	12	18	16	12	12	8
19.11.13	1	K	19	24	26	31	38	25
		B	14	18	20	21	23	18
	2	K	18	17	18	14	19	16
		B	12	10	11	6	13	11
	3	K	19	17	16	18	22	17
		B	12	10	10	9	13	11
	4	K	30	25	24	32	18	22
		B	22	18	17	23	12	15
	5	K	18	24	23	26	38	26
		B	12	17	15	16	22	17

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č.5.12: Výsledky z období od 20.11.2013 do 23.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
20.11.13	1	Kontaktní(K)	20	17	19	15	20	16
		Bezkontaktní(B)	15	11	12	10	13	10
	2	K	22	18	18	24	25	20
		B	17	14	12	16	17	15
	3	K	22	20	18	23	24	17
		B	17	16	14	15	14	11
	4	K	30	25	26	33	17	24
		B	22	18	17	19	12	14
	5	K	17	22	22	25	25	19
		B	12	11	13	14	16	10
21.11.13	1	K	16	15	18	17	19	17
		B	9	10	11	11	10	9
	2	K	23	18	17	25	23	20
		B	14	12	11	11	12	12
	3	K	24	22	20	25	23	18
		B	17	16	13	16	17	12
	4	K	25	26	24	31	17	23
		B	17	19	14	19	11	14
	5	K	18	24	21	20	22	15
		B	12	13	14	13	14	9
22.11.13	1	K	16	14	19	18	20	16
		B	9	8	11	10	13	11
	2	K	23	20	16	25	24	19
		B	16	12	10	12	13	11
	3	K	25	21	20	24	24	17
		B	16	16	14	16	13	10
	4	K	24	24	24	30	18	22
		B	17	16	12	19	10	12
	5	K	18	25	21	21	20	14
		B	12	14	12	12	12	6
23.11.13	1	K	15	15	20	19	19	17
		B	9	10	12	10	13	9
	2	K	24	19	18	22	23	20
		B	13	11	11	10	13	14
	3	K	23	24	22	25	25	18
		B	16	13	14	14	13	9
	4	K	25	25	23	28	21	23
		B	18	14	12	11	12	10
	5	K	20	23	20	22	20	14
		B	10	10	11	9	12	10

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.13: Výsledky z období od 24.11.2013 do 27.11.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
24.11.13	1	Kontaktní(K)	14	15	18	16	19	16
		Bezkontaktní(B)	8	9	9	8	10	8
	2	K	21	18	17	20	22	19
		B	13	10	9	9	11	9
	3	K	22	23	20	24	23	17
		B	16	12	11	10	11	9
	4	K	21	24	22	26	18	19
		B	11	12	11	13	10	9
	5	K	18	20	21	21	20	16
		B	10	11	9	8	9	7
25.11.13	1	K	12	16	17	15	17	15
		B	8	9	9	8	10	7
	2	K	20	18	18	19	21	18
		B	11	9	7	10	10	9
	3	K	20	22	21	23	24	17
		B	10	9	11	10	11	7
	4	K	20	24	20	25	19	16
		B	12	11	9	10	8	7
	5	K	16	20	18	20	22	17
		B	8	9	8	12	10	8
26.11.13	1	K	12	14	10	15	17	14
		B	7	8	6	9	10	8
	2	K	19	19	18	20	20	17
		B	11	9	10	11	12	8
	3	K	21	22	20	25	22	18
		B	14	12	9	11	10	9
	4	K	22	25	23	24	19	16
		B	12	11	14	14	10	8
	5	K	17	22	19	21	21	18
		B	10	11	9	10	11	7
27.11.13	1	K	13	15	17	14	16	14
		B	7	8	10	7	8	7
	2	K	19	20	20	21	17	18
		B	10	9	8	8	9	10
	3	K	20	23	22	23	23	19
		B	12	11	9	8	9	10
	4	K	25	24	22	23	20	17
		B	14	12	15	14	12	9
	5	K	18	20	21	21	20	18
		B	10	9	12	10	8	11

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.14: Výsledky z období od 28.11.2013 do 1.12.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
28.11.13	1	Kontaktní(K)	13	14	15	14	15	13
		Bezkontaktní(B)	8	7	10	8	9	6
	2	K	18	19	20	21	16	18
		B	11	10	10	9	7	9
	3	K	18	21	20	22	21	17
		B	11	10	9	12	8	10
	4	K	24	22	20	21	18	18
		B	11	10	9	9	7	8
	5	K	18	19	20	21	20	18
		B	9	8	7	9	10	7
29.11.13	1	K	12	13	14	14	15	12
		B	6	7	10	8	7	7
	2	K	17	18	20	20	14	15
		B	11	10	9	11	6	9
	3	K	16	20	19	21	20	16
		B	9	11	8	12	9	7
	4	K	22	23	19	21	18	17
		B	12	11	14	9	8	10
	5	K	18	20	18	18	19	17
		B	10	10	7	11	12	7
30.11.13	1	K	10	8	10	11	11	9
		B	5	4	6	6	5	7
	2	K	15	13	18	17	12	12
		B	8	8	11	12	7	5
	3	K	13	10	18	18	18	15
		B	6	6	9	10	9	9
	4	K	17	22	19	20	19	18
		B	11	10	9	11	9	8
	5	K	19	21	18	17	18	16
		B	11	9	10	8	8	8
1.12.13	1	K	10	7	9	10	11	9
		B	5	4	4	5	5	4
	2	K	15	14	17	18	11	12
		B	9	7	8	10	5	7
	3	K	12	10	15	15	16	13
		B	8	7	7	8	9	7
	4	K	13	17	16	18	16	17
		B	7	9	8	9	7	10
	5	K	14	22	23	25	24	27
		B	8	11	10	12	11	14

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.15: Výsledky z období od 2.12.2013 do 5.12.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
2.12.13	1	Kontaktní(K)	7	4	4	5	5	7
		Bezkontaktní(B)	5	3	3	3	2	3
	2	K	6	7	6	5	4	6
		B	3	4	4	3	2	3
	3	K	13	12	16	16	11	15
		B	8	7	8	10	6	9
	4	K	13	12	15	13	18	15
		B	7	7	6	9	11	8
	5	K	11	25	29	35	37	40
		B	6	13	16	24	23	25
3.12.13	1	K	7	4	4	5	4	7
		B	5	2	2	2	2	3
	2	K	6	6	4	6	4	6
		B	3	2	2	3	1	2
	3	K	12	12	15	16	10	15
		B	8	7	10	9	5	9
	4	K	13	12	14	12	17	15
		B	8	8	6	7	11	9
	5	K	11	26	28	34	37	40
		B	6	17	15	23	25	25
4.12.13	1	K	6	4	4	4	4	6
		B	2	2	3	2	2	4
	2	K	6	5	4	5	4	6
		B	3	3	2	2	2	4
	3	K	10	11	13	15	11	13
		B	5	7	6	10	6	8
	4	K	11	11	12	10	13	13
		B	6	5	5	4	7	6
	5	K	10	18	22	25	28	23
		B	4	10	11	17	19	15
5.12.13	1	K	6	4	3	3	4	5
		B	3	2	2	2	3	3
	2	K	6	5	4	4	4	5
		B	4	3	3	2	3	2
	3	K	9	11	10	12	10	12
		B	5	5	4	6	4	5
	4	K	8	9	10	8	11	11
		B	4	4	7	3	5	6
	5	K	8	13	14	12	14	20
		B	4	6	8	7	7	11

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.16: Výsledky z období od 6.12.2013 do 9.12.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
6.12.13	1	Kontaktní(K)	4	4	3	3	4	4
		Bezkontaktní(B)	2	2	2	2	2	3
	2	K	5	4	3	3	3	3
		B	3	2	2	2	2	3
	3	K	5	9	8	8	7	9
		B	3	5	5	4	3	5
	4	K	5	7	7	6	7	7
		B	3	4	4	4	4	3
	5	K	8	12	14	12	14	19
		B	4	6	6	5	6	11
7.12.13	1	K	5	4	3	3	4	4
		B	2	3	2	2	3	2
	2	K	4	5	4	4	4	5
		B	2	3	2	2	3	3
	3	K	7	9	9	10	8	10
		B	4	4	5	6	4	5
	4	K	7	8	8	8	10	9
		B	3	3	4	4	4	5
	5	K	7	8	8	8	10	9
		B	3	4	3	3	5	4
8.12.13	1	K	5	4	4	3	3	3
		B	2	2	2	3	2	2
	2	K	4	4	4	4	4	5
		B	2	2	3	2	2	3
	3	K	6	9	9	9	8	9
		B	3	4	5	4	4	5
	4	K	7	8	7	7	9	9
		B	5	4	3	3	4	5
	5	K	7	10	12	11	13	18
		B	5	6	6	4	7	12
9.12.13	1	K	4	4	4	3	3	4
		B	2	2	3	2	3	2
	2	K	4	4	5	4	4	4
		B	3	2	3	2	2	3
	3	K	6	8	9	9	8	8
		B	5	6	5	4	6	5
	4	K	7	8	6	7	8	8
		B	5	4	3	5	4	5
	5	K	7	10	11	10	12	17
		B	3	6	5	6	8	11

Zdroj: [Vlastní]



Tabulka č. 5.17: Výsledky z období od 10.12.2013 do 13.12.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
10.12.13	1	Kontaktní(K)	4	4	3	4	3	4
		Bezkontaktní(B)	2	3	2	2	3	2
	2	K	4	4	4	4	4	3
		B	2	3	2	3	2	2
	3	K	6	7	8	8	7	8
		B	3	4	4	3	5	4
	4	K	7	7	6	7	8	8
		B	5	6	4	5	4	5
	5	K	7	10	10	9	11	16
		B	3	5	4	5	5	11
11.12.13	1	K	4	3	3	4	3	4
		B	2	2	2	3	2	2
	2	K	4	4	4	4	4	2
		B	3	2	3	3	2	2
	3	K	5	7	7	8	7	8
		B	2	3	4	4	3	4
	4	K	6	7	6	7	7	7
		B	3	3	3	4	3	4
	5	K	7	9	10	9	10	13
		B	4	5	5	3	4	8
12.12.13	1	K	3	3	3	4	3	3
		B	2	2	3	2	3	2
	2	K	4	4	4	3	4	2
		B	3	2	3	2	3	2
	3	K	5	6	7	7	7	7
		B	3	3	4	3	4	3
	4	K	6	6	6	7	6	7
		B	3	4	3	4	4	3
	5	K	7	9	10	8	10	13
		B	4	3	5	4	5	7
13.12.13	1	K	3	3	3	4	3	3
		B	2	2	2	3	2	2
	2	K	4	3	3	3	4	2
		B	3	2	2	2	3	2
	3	K	5	6	6	6	7	6
		B	2	3	2	3	3	2
	4	K	6	6	6	7	5	6
		B	4	4	3	4	2	3
	5	K	6	8	9	6	8	11
		B	3	4	5	2	3	5

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.18: Výsledky z období od 14.12.2013 do 17.12.2013

Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
14.12.13	1	Kontaktní(K)	3	3	2	3	3	3
		Bezkontaktní(B)	2	2	2	3	2	2
	2	K	4	2	3	3	3	2
		B	2	2	2	3	2	2
	3	K	4	5	6	5	6	5
		B	3	3	4	4	2	3
	4	K	5	6	5	6	5	6
		B	4	3	3	4	3	3
	5	K	5	7	10	4	6	8
		B	3	4	4	2	3	4
15.12.13	1	K	3	4	2	3	3	2
		B	2	3	2	3	2	2
	2	K	3	2	3	3	3	2
		B	3	2	2	2	2	2
	3	K	3	4	6	5	5	5
		B	3	3	4	4	5	4
	4	K	5	6	5	5	5	4
		B	3	3	2	3	2	2
	5	K	4	6	9	4	6	8
		B	2	3	5	2	2	3
16.12.13	1	K	3	3	2	2	3	2
		B	3	2	2	2	3	2
	2	K	3	2	3	3	3	2
		B	2	2	2	2	3	2
	3	K	3	3	3	4	4	3
		B	2	2	2	2	3	2
	4	K	4	6	5	4	4	3
		B	3	4	3	2	2	2
	5	K	3	5	7	2	4	5
		B	3	3	4	2	2	3
17.12.13	1	K	3	3	2	3	3	2
		B	2	2	2	2	2	2
	2	K	3	2	2	2	3	2
		B	3	2	2	2	2	2
	3	K	2	3	3	3	3	2
		B	2	3	2	2	2	2
	4	K	4	6	4	2	3	2
		B	3	4	2	2	2	2
	5	K	3	3	4	2	4	4
		B	2	3	2	2	2	3

Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.19: Výsledky z období od 17.12.2013 do 20.12.2013

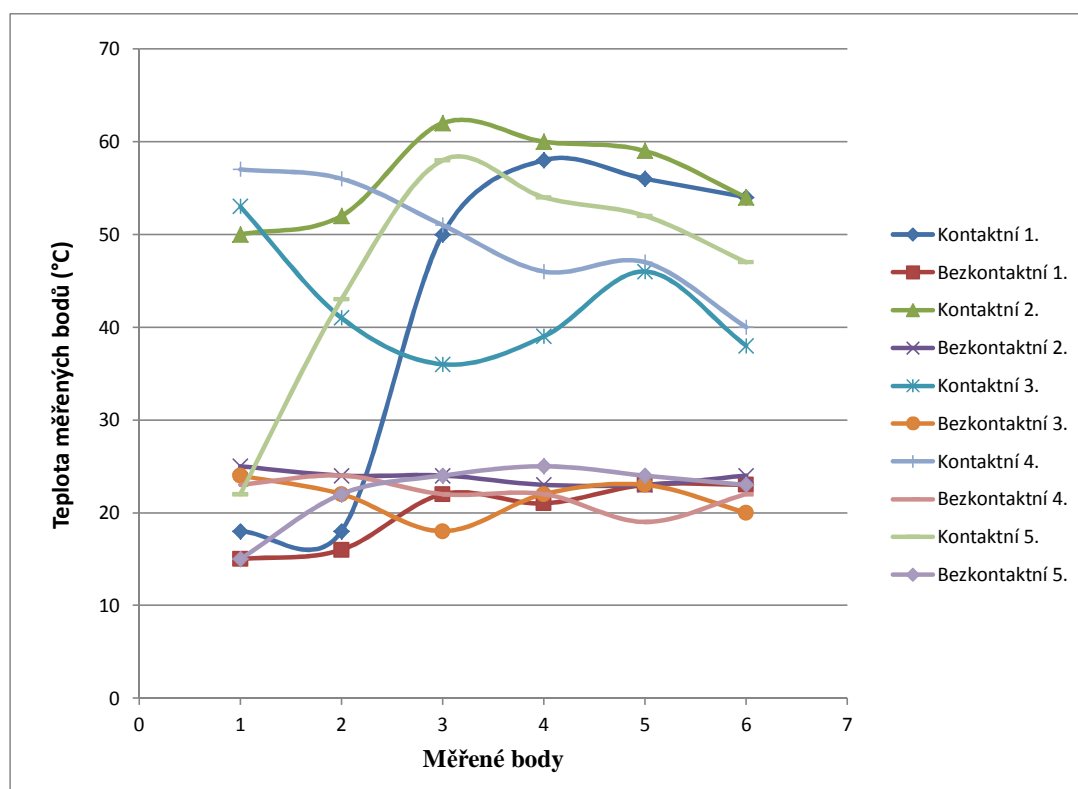
Datum	č.k.	Metoda	Teplota měřeného bodu (°C)					
			1	2	3	4	5	6
18.12.13	1	Kontaktní(K)	3	2	3	3	2	2
		Bezkontaktní(B)	2	2	2	3	2	2
	2	K	3	3	2	2	2	2
		B	3	3	2	2	2	2
	3	K	2	3	3	3	2	2
		B	2	2	2	3	2	2
	4	K	3	4	3	3	2	2
		B	2	3	2	2	2	2
	5	K	3	3	4	2	3	3
		B	3	2	3	2	2	2
19.12.13	1	K	3	3	2	3	2	2
		B	3	2	2	2	2	2
	2	K	3	2	2	3	2	2
		B	3	2	2	2	2	2
	3	K	2	3	2	3	2	3
		B	2	2	2	2	2	2
	4	K	3	4	3	2	2	2
		B	2	3	2	2	2	2
	5	K	3	3	3	2	3	2
		B	3	2	2	2	2	2
20.12.13	1	K	3	3	2	2	2	2
		B	3	2	2	2	2	2
	2	K	3	2	2	2	2	2
		B	2	2	2	2	2	2
	3	K	2	3	2	2	2	2
		B	2	2	2	2	2	2
	4	K	2	3	2	2	2	3
		B	2	2	2	2	2	2
	5	K	3	2	3	2	2	2
		B	2	2	2	2	2	2

Zdroj: [Vlastní]

## 5.1 Vyhodnocení výsledků měření

Pro vyhodnocení výsledků byly vybrány údaje z počátku, průběhu a závěru měření. Každý tento časový úsek je charakterizován naměřenými hodnotami z 5 kompostů v jednom vybraném dni.

Počátek měření je zastupován údaji ze dne 7. 10. 2013, kdy jednotlivé zakládky dosahovaly nejvyšších hodnot teploty. Na obrázku č. 12 jsou graficky znázorněny teploty jednotlivých kompostů získané kontaktním a bezkontaktním způsobem měření. Z obrázku je jasně patrný rozdíl v naměřených hodnotách jednotlivými metodami.



Obrázek č. 12: Grafické porovnání údajů zjištěných při kontaktním a bezkontaktním způsobu měření

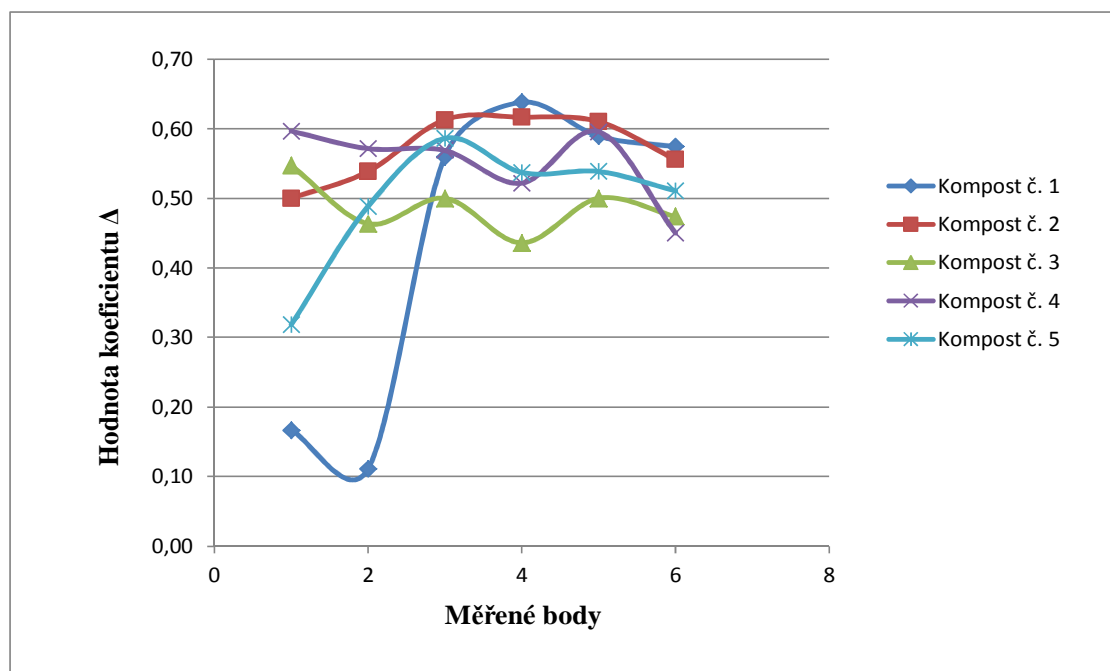
Zdroj: [Vlastní]

K vyhodnocení byl dále použit koeficient delta ( $\Delta$ ) vyjádřený z následujících vzorců:

$$\Delta t = t_k - t_b$$

$$\Delta = \frac{\Delta t}{t_k}$$

Kde  $\Delta t$  je výsledek rozdílu mezi teplotou bodu zjištěnou kontaktní ( $t_k$ ) a bezkontaktní ( $t_b$ ) metodou. Tento údaj je použit ke znázornění poměru mezi dvěma výše zmíněnými metodami měření. Vypočtené koeficienty jsou uvedené v tabulce č. 5.20 a dále pak graficky v obrázku č. 13.



Obrázek č. 13: Graficky znázorněné koeficienty  $\Delta$  pro jednotlivé komposty

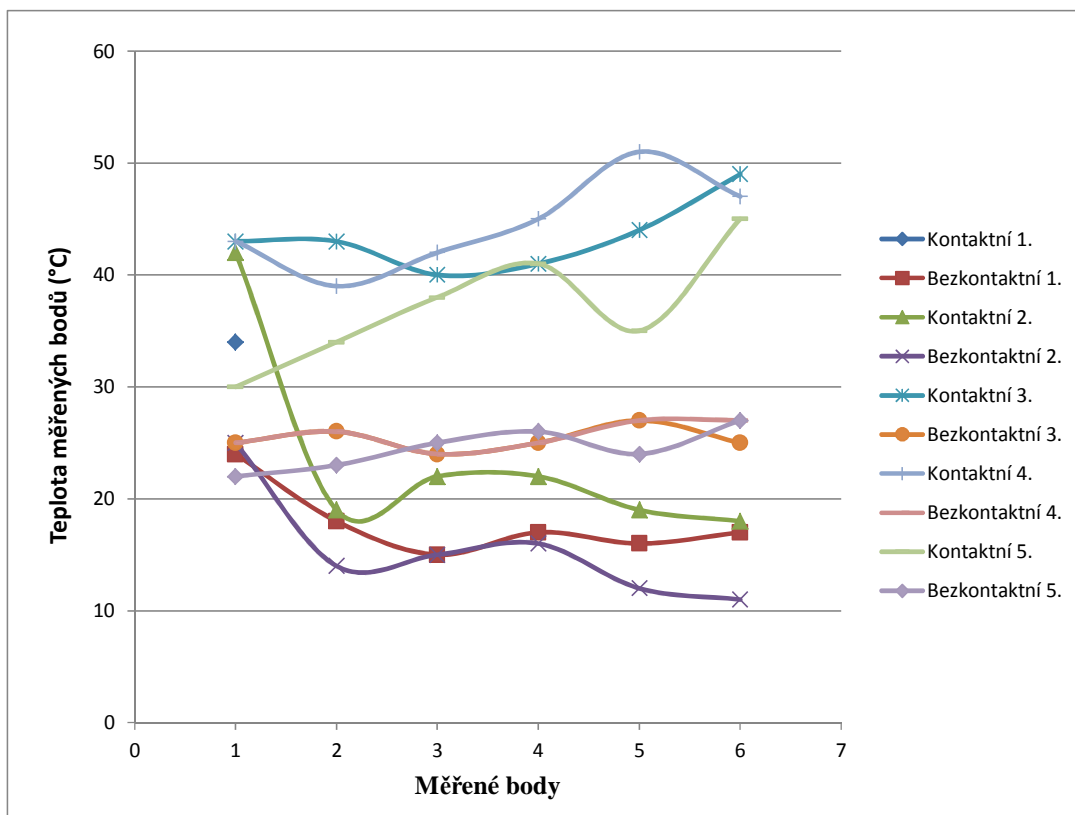
Zdroj: [Vlastní]

Tabulka č. 5.20: Tabulka zobrazující naměřené teploty a koeficienty  $t_k$  a  $\Delta$

č.k.		Teplota měřeného bodu (°C)					
		1	2	3	4	5	6
1.	K	18	18	50	58	56	54
	B	15	16	22	21	23	23
	$t_k$	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>31</b>
	$\Delta$	<b>0,17</b>	<b>0,11</b>	<b>0,56</b>	<b>0,64</b>	<b>0,59</b>	<b>0,57</b>
2.	K	50	52	62	60	59	54
	B	25	24	24	23	23	24
	$t_k$	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>30</b>
	$\Delta$	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,61</b>	<b>0,62</b>	<b>0,61</b>	<b>0,56</b>
3.	K	53	41	36	39	46	38
	B	24	22	18	22	23	20
	$t_k$	<b>29</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>18</b>
	$\Delta$	<b>0,55</b>	<b>0,46</b>	<b>0,50</b>	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>	<b>0,47</b>
4.	K	57	56	51	46	47	40
	B	23	24	22	22	19	22
	$t_k$	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>18</b>
	$\Delta$	<b>0,60</b>	<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>0,52</b>	<b>0,60</b>	<b>0,45</b>
5.	K	22	43	58	54	52	47
	B	15	22	24	25	24	23
	$t_k$	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>24</b>
	$\Delta$	<b>0,32</b>	<b>0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>

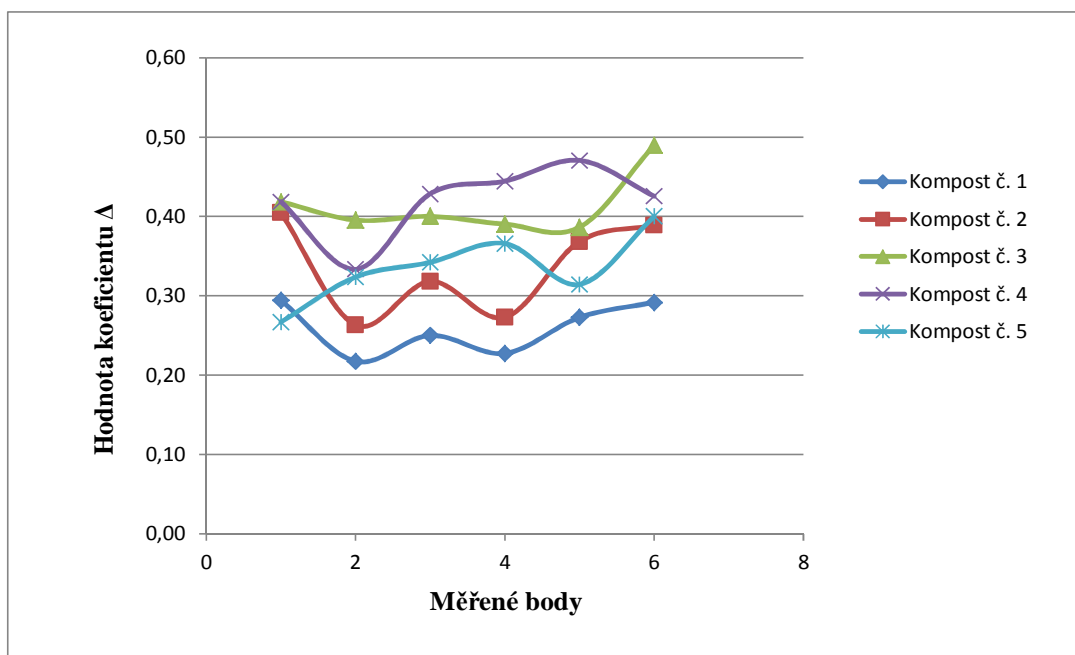
Zdroj: [Vlastní]

Jako střední hodnoty během procesu kompostování byly vybrány údaje ze dne 15. 11. 2013 uvedené v tabulce č. 5.21. V tomto stádiu lze stále pozorovat výrazný rozdíl ve výsledcích zjištěných kontaktní a bezkontaktní metodou.



Obrázek č. 14: Grafické porovnání údajů zjištěných při kontaktním a bezkontaktním způsobu měření

Zdroj: [Vlastní]



Obrázek č. 15: Graficky znázorněné koeficienty  $\Delta$  pro jednotlivé komposty

Zdroj: [Vlastní]

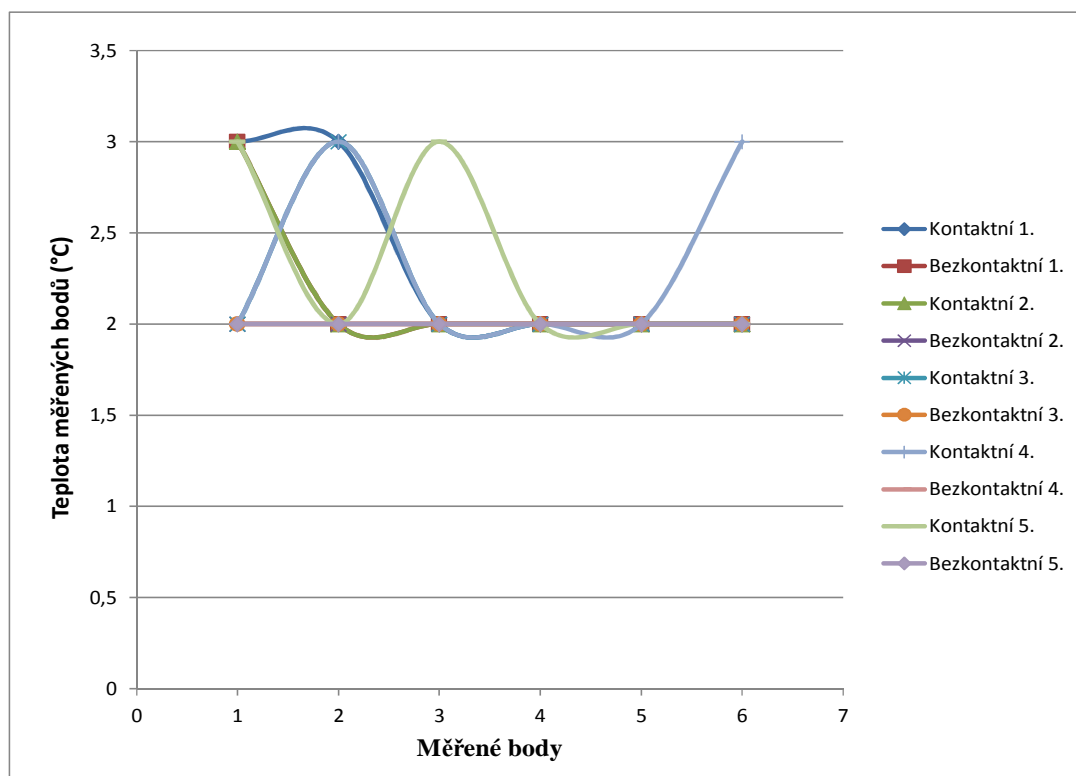
Tabulka č. 5.21: Tabulka zobrazující naměřené teploty a koeficienty  $t_k$  a  $\Delta$

č.k.		Teplota měřeného bodu (°C)					
		1	2	3	4	5	6
1.	K	34	23	20	22	22	24
	B	24	18	15	17	16	17
	$t_k$	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
	$\Delta$	<b>0,29</b>	<b>0,22</b>	<b>0,25</b>	<b>0,23</b>	<b>0,27</b>	<b>0,29</b>
2.	K	42	19	22	22	19	18
	B	25	14	15	16	12	11
	$t_k$	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
	$\Delta$	<b>0,40</b>	<b>0,26</b>	<b>0,32</b>	<b>0,27</b>	<b>0,37</b>	<b>0,39</b>
3.	K	43	43	40	41	44	49
	B	25	26	24	25	27	25
	$t_k$	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>24</b>
	$\Delta$	<b>0,42</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	<b>0,49</b>
4.	K	43	39	42	45	51	47
	B	25	26	24	25	27	27
	$t_k$	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>20</b>
	$\Delta$	<b>0,42</b>	<b>0,33</b>	<b>0,43</b>	<b>0,44</b>	<b>0,47</b>	<b>0,43</b>
5.	K	30	34	38	41	35	45
	B	22	23	25	26	24	27
	$t_k$	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>18</b>
	$\Delta$	<b>0,27</b>	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>0,31</b>	<b>0,40</b>

Zdroj: [Vlastní]

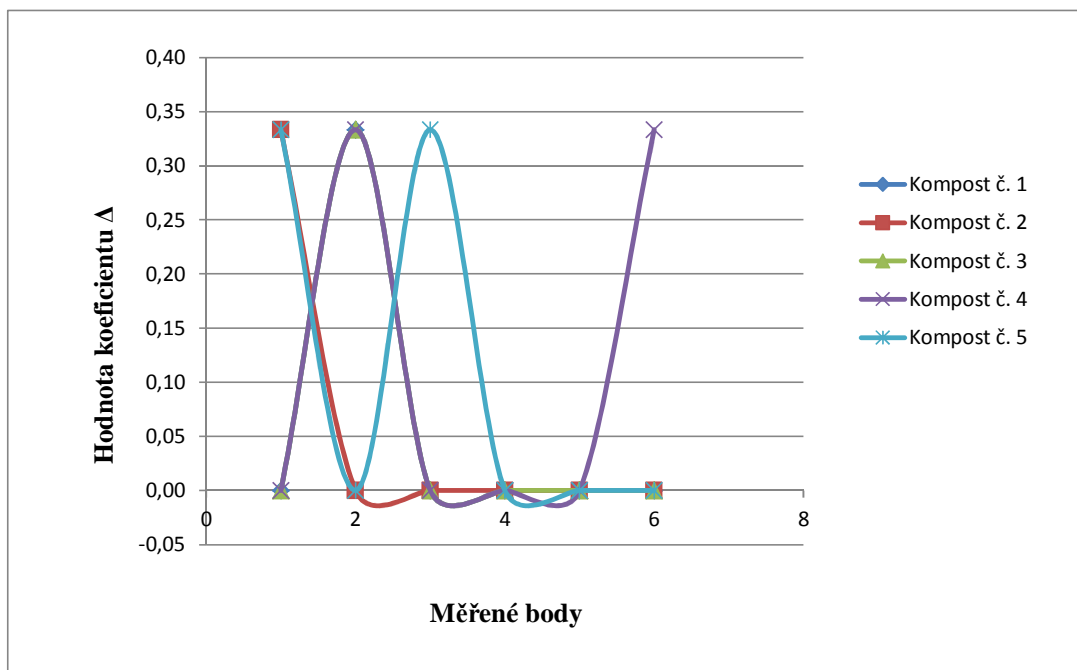


Závěr měření je charakterizován vyrovnáním teploty uvnitř a na povrchu kompostů. Toto vyrovnání je patrné nejen z tabulek uvedených v kapitole 5., ale i z obrázku č. 16 znázorňující teploty zaznamenané dne 20. 12. 2013. Taktéž hodnota koeficientu delta se ustálila, což je opět důsledek vyrovnání vnitřních a vnějších teplot.



Obrázek č. 16: Grafické porovnání údajů zjištěných při kontaktním a bezkontaktním způsobu měření

Zdroj: [Vlastní]



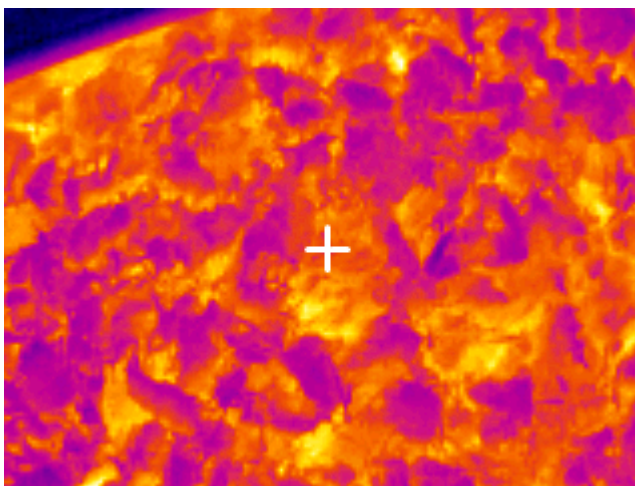
Obrázek č. 17: Grafické znázornění koeficientů  $\Delta$  pro jednotlivé komposty

Zdroj (obrázek č. 17, tabulka č. 5.22): [Vlastní]

Tabulka č. 5.22: Tabulka zobrazující naměřené teploty a koeficienty  $t_k$  a  $\Delta$

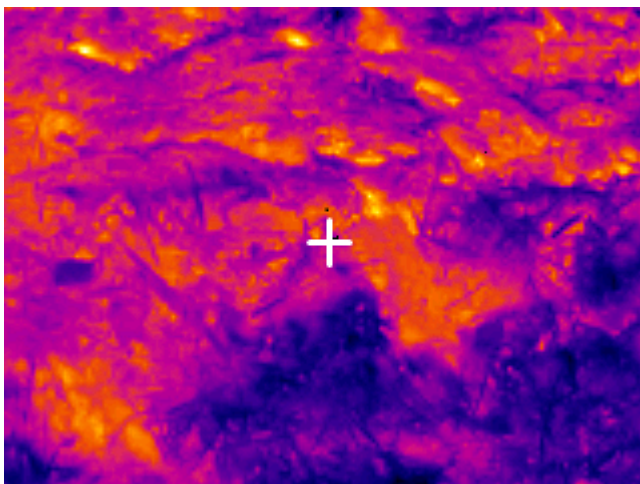
č.k.		Teplota měřeného bodu ( $^{\circ}\text{C}$ )					
		1	2	3	4	5	6
1.	K	3	3	2	2	2	2
	B	3	2	2	2	2	2
	$t_k$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	$\Delta$	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
2.	K	3	2	2	2	2	2
	B	2	2	2	2	2	2
	$t_k$	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	$\Delta$	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
3.	K	2	3	2	2	2	2
	B	2	2	2	2	2	2
	$t_k$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	$\Delta$	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
4.	K	2	3	2	2	2	3
	B	2	2	2	2	2	2
	$t_k$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
	$\Delta$	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>
5.	K	3	2	3	2	2	2
	B	2	2	2	2	2	2
	$t_k$	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	$\Delta$	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Nepřesnost bezkontaktního způsobu měření je do určité míry dána faktem, že snímáný povrch nemusí ve všech místech vykazovat konstantní teplotu. Zjištěné údaje jsou pak do určité míry zkreslené. Jak je patrné z obrázků č. 18 a 19, teplota se vždy pohybuje v určitém rozpětí, které je dáno minimální (nejtmavší místa) a maximální (nejsvětlejší místa) teplotou. V tomto případě byl vždy snímán bod, kterým byl při předchozím měření veden vpich kontaktního teploměru.



Obrázek č. 18: Graficky znázorněná teplota 27°C

Zdroj: [Vlastní]



Obrázek č. 19: Graficky znázorněná teplota 20°C

Zdroj: [Vlastní]

## Diskuze

Na základě výsledků uvedených v tabulce č. 5.1 až 5.19 lze pozorovat značný nepoměr mezi metodou kontaktní a bezkontaktní. V mnoha případech je rozdíl mezi metodami o více než 10°C, což není zanedbatelné pro objektivní sledování a vyhodnocování aktuálního stavu procesu kompostování.

Nejpravděpodobnější příčinou této neshody může být samotný princip snímání teploty u jednotlivých metod. U kontaktního způsobu sledování teploty je teplota za ideálních podmínek měřena v plně homogenní směsi a v jádru kompostu, kde je teplota logicky nejvyšší. Určitým problémem mohou být místa, kde není zakládka plně homogenní (například obsahuje velké částice, které se obtížně mísí s ostatními složkami zakládky). Při použití zapichovacího teploměru v tomto případě může dojít k zasažení některého z nehomogenizovaných zrn zakládky, přičemž teplota tohoto zrna bude nižší než teplota jeho okolí. Druhou možností, ke které může dojít, je zasažení místa, kde zůstala místa nevyplněná směsí (a tedy se v nich nachází vzduch). V tomto případě bude snímaná teplota také neadekvátní vůči skutečnému teplotnímu stavu zakládky. Takto neobjektivně získané údaje se mohou významnou měrou promítnout jak v samotné dále procesu kompostování, tak i v ekonomické stránce procesu kompostování.

Při použití termokamery (bezkontaktního způsobu zjišťování teploty) narážíme v podstatě na stejné problémy, jako při metodě kontaktní. Pokud bude zakládka nehomogenní, lze předpokládat, že teplota se nebude šířit od jádra k povrchu kompostu rovnoměrně. V důsledku tohoto jevu bude mít tedy i povrch rozdílnou povrchovou teplotu. Další možnou příčinou nepřesného měření může být samotný povrch kompostu. Zejména v počátku procesu kompostování obsahuje kompost velký podíl částic různorodé velikosti a hmotnosti. Pokud tedy bude například na povrchu kompostu značné množství slámy, lze předpokládat, že tato vrstva slámy bude do určité míry fungovat jako tepelná izolace a námi zjištěný údaj bude opět ne zcela objektivní. Tento stav by se měl po určitém časovém úseku (několika překopávkách kompostu) do určité míry sám eliminovat. Další nevýhodou při měření povrchu kompostu je jeho vazba s okolním prostředím (konkrétně s teplotou okolního prostředí, ohřev povrchu slunečním zářením, ochlazování). Působení těchto nežádoucích vlivů lze zabránit pouze kompostováním v uzavřených, zastřešených objektech.

## Závěr

V mé bakalářské práci jsem provedl výzkum s cílem porovnání bezkontaktního způsobu měření teploty při zrání kompostů (termokamerou) s měřením teploty pomocí povrchových a zahluobených čidel (zapichovací teploměr).

Během doby mého výzkumu jsem nashromáždil velké množství dat, která objektivně vypovídají o vhodnosti jednotlivých metod snímání teploty.

Jak je patrné z tabulek č. 1 až 19 při kontaktním způsobu měření byly naměřené hodnoty vždy vyšší oproti hodnotám získaných měření termokamerou, což jednoznačně prokazuje, že měření povrchu kompostu zkresluje skutečnou teplotu uvnitř kompostu. Výjimku tvoří výsledky z druhé poloviny měsíce prosinec (od 14. 12. 2013 do konce měření), kdy došlo k zastavení procesu kompostování (ukončení překopávání a teploty okolo bodu mrazu). V tomto stádiu byla směs již velmi homogenní a po dlouhý časový úsek se teplota výrazně neměnila, což mělo za následek její vyrovnaní v celém profilu kompostu, tzn. teplota povrchu se vyrovnala teplotě jádra.

Další důležitý poznatek je fakt, že při teplotě zakládky nad 35°C vykazoval povrch teplotu pohybující se okolo 25°C až 28°C. Tato teplota povrchu se však nadále nezvyšovala, i když teplota zjištěná kontaktní metodou vykazovala hodnoty teploty 40°C až 50°C uvnitř kompostu. Z tohoto hlediska se jeví měření termokamerou jako naprosto nevyhovující.

Pokud se vnitřní teplota kompostu pohybovala do hodnoty cca 30°C, byla patrná určitá návaznost mezi povrchovou a vnitřní teplotou. V tomto případě byla teplota povrchu nejčastěji o 10°C nižší než skutečná teplota kompostu. Tento poznatek byl patrný ve většině měření, ne však ve všech.

Výsledkem mé práce jsou tedy dva závěry. Prvním z nich je, že pro optimální zjištění teploty během procesu kompostování je vhodný z výše uvedených důvodů konvenční způsob. Tedy měření teploty pomocí dotykových, zapichovacích teploměrů. Dalším faktorem v této problematice je cena, která je u mnou používané termokamery testo 875 dle oficiálního ceníku firmy 87 894,40 Kč vč. DPH, což je vzhledem k objektivnosti zjištěných údajů neadekvátní investice.

Druhý závěr plynoucí z mého výzkumu je, že za daných podmínek a především z důvodu rozdílného principu funkce obou metod měření je spolu nelze řádně a plnohodnotně srovnávat.

## Seznam použité literatury

- [1] TESTO AG. *Kapesní průvodce termografie*. Praha, 2008, 56 s. 0980 7323/san/R/Q/09.2008.
- [2] KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [3] HEJÁTKOVÁ, Květuše, Iva DVORSKÁ, Jiří JALOVECKÝ, Alois KOHOUTEK, Maria KOLLÁROVÁ, MIČÁNKOVÁ, Petr PLÍVA, Lucie VALENTOVÁ a Zdenek VORLÍČEK. *Kompostování přebytečné travní biomasy* [online]. 1. vydání. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, a.s., 2007 [cit. 2014-04-08]. ISBN 80-903548-6-6. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/26930/Kompostovani\\_prebytecne\\_travni\\_biomasy.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/26930/Kompostovani_prebytecne_travni_biomasy.pdf)
- [4] BROŽ, František et al. VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ (PRAHA). MECHANIZAČNÍ FAKULTA. *Fyzika*. 2. přepracované vydání. Praha: Vysoká škola zemědělská, 1988, 138 s.
- [5] HLAVIČKA, Alois, Zbyněk KUBÍČEK a Vojtěch PLISKA. UNIVERZITA KARLOVA (PRAHA, Česko). *Přehled nejdůležitějších fyzikálních veličin a jejich jednotek*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1966, 82 s.
- [6] *Kontaktní a bezkontaktní měření teplot* [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: [http://tftp.zcu.cz/files/vyuka/mft/pdf/MFT\\_2012\\_PC08\\_05\\_navod\\_porovnaní\\_kontaktního\\_a\\_bezkontaktního\\_měření\\_teplo.pdf](http://tftp.zcu.cz/files/vyuka/mft/pdf/MFT_2012_PC08_05_navod_porovnaní_kontaktního_a_bezkontaktního_měření_teplo.pdf)
- [7] REJNIAK, Ivan, Peter ZAVODNOV a Lubor KUČÁK. *Meranie v tepelnej energetike*. 1. vydání. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatury, 1989, 399 s.

[8] Thermometer Calibration. [online]. 2005 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z:  
<http://www.foodsafety.unl.edu/haccp/helpful/thermcalibration>

[9] Calibrating Thermometers. [online]. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z:  
<http://www.canadacutlery.ca/download/calibrate-a-thermometer.pdf>

[10] Testo 875-1i - Termokamera <50mK. [online]. Praha: Testo s.r.o. [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.testo.cz/pristroje-detailne/0563+0875+V1/testo-875-1i>

[11] JZD CHOVA TEL. *Zemědělský elektronický teploměr AZT-095, návod k použití*.  
Lučany n.Nisou, 1985.