

Tento dokument je k dispozici na internetu na adrese:
<http://www.vscht.cz/ufmt> (elektronické pomůcky)

Celý návod k laboratorní práci včetně příloh ve vytištěné formě mají posluchači k dispozici v laboratoři.

ÚSTAV FYZIKY A MĚŘICÍ TECHNIKY VŠCHT PRAHA

MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI MATERIÁLŮ

Návod k laboratorní práci MPM



Měření termokamerou s předřazeným filtrem

VŠCHT Praha – říjen 2015

Obsah

A. Zadání laboratorní práce:.....	3
B. Pokyny k provedení práce:	4
1 Zadání hodnot a vytvoření pracovní složky	4
1.1 Konkrétní zadání	4
1.2 Pracovní složky na disku L v počítači	4
2 Optické filtry	4
2.1 Optické filtry a jejich spektrální propustnost	4
2.2 Vybrané příklady použití filtru při bezdotykovém měření teploty.....	11
3 Přístrojová technika	11
3.1 IČ teploměry.....	12
3.1.1 Ruční bezdotykový teploměr OPTRIS LS, (8 až 14) μm , (-30 až 900) $^{\circ}\text{C}$	12
3.1.2 Stabilní IČ teploměr OPTRIS-CT-Laser (8 až 14) μm	13
3.1.3 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM2 (1,6 μm)	14
3.1.4 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM3 (2,3 μm)	15
3.1.5 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserCOMBUSTION (4,24 μm)	15
3.2 Termokamera.....	16
3.2.1 Termokamera FLIR i7.....	16
3.2.2 Program k termokameře	16
3.3 Černá tělesa	16
3.3.1 Černé těleso HYPERION R	16
3.3.2 Černé těleso GEMINI R.....	16
3.3.3 Černé těleso OMEGA BB 702	17
4 Kontrola správnosti měření	17
4.1 Kontrola správnosti IČ teploměru	17
4.2 Kontrola správnosti termokamery	17
5 Měření vlivu předřazených filtrů.....	18
5.1 Měření IČ teploměrem	18
5.2 Měření termokamerou	18
5.3 Vyhodnocení vlivu filtrů	19
6 Zpracování protokolu o měření	19
6.1 Kontrola souborů na disku L	19
6.2 Zpráva o termografickém měření	20
C. Ukončení práce v laboratoři	20
D. Seznam příloh, které jsou k dispozici v laboratoři:	20
E. Odkazy na literaturu.....	21

Laboratorní práce – MPM

MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI MATERIÁLŮ

A. Zadání laboratorní práce:

1. Zadání hodnot a vytvoření pracovní složky

- 1.1. Konkrétní zadání
- 1.2. Vytvoření pracovní složky na disku L pro ukládání souborů

2. Optické filtry

- 2.1. Optické filtry a jejich spektrální propustnost.
- 2.2. Vybrané příklady použití filtru při bezdotykovém měření teploty.

3. Seznámení s přístrojovou technikou a softwarem

- 3.1. IČ teploměry
 - 3.1.1. Ruční bezdotykový teploměr OPTRIS LS, (8 až 14) μm , (-30 až 900) $^{\circ}\text{C}$
 - 3.1.2. Stabilní IČ teploměr OPTRIS-CT-Laser, (8 až 14) μm , (-40 až 975) $^{\circ}\text{C}$
 - 3.1.3. Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM2, 1,6 μm , (250 až 800) $^{\circ}\text{C}$
 - 3.1.4. Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM3, 2,3 μm , (150 až 900) $^{\circ}\text{C}$
 - 3.1.5. Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserCOMBUSTION, 4,24 μm , (200 až 1450) $^{\circ}\text{C}$
- 3.2. Termokamera
 - 3.2.1. Termokamera FLIR i7, (7,5 až 13) μm , (0 až -250) $^{\circ}\text{C}$.
 - 3.2.2. Program k termokameře
- 3.3. Černá tělesa
 - 3.3.1. Černé těleso HYPERION R ($\epsilon = 0,995$, rozsah -10 až 80 $^{\circ}\text{C}$).
 - 3.3.2. Černé těleso GEMINI R ($\epsilon = 0,995$, rozsah 50 až 550 $^{\circ}\text{C}$).
 - 3.3.3. Černé těleso OMEGA BB 702 ($\epsilon = 0,95$, rozsah 30 až 215 $^{\circ}\text{C}$)

4. Kontrola správnosti měření

- 4.1. Proveďte kontrolu správnosti měření IČ teploměrem pomocí černého tělesa při zadaných teplotách.
- 4.2. Proveďte kontrolu správnosti měření termokamerou pomocí černého tělesa při zadaných teplotách.
- 4.3. Vyhodnoťte výsledky kontroly správnosti.

5. Měření vlivu předřazených filtrů

- 5.1. Změřte teplotu černého tělesa IČ teploměrem při zadaných teplotách s předřazenými filtry.
- 5.2. Změřte teplotu černého tělesa termokamerou při zadaných teplotách s předřazenými filtry.
- 5.3. Vyhodnoťte vliv použitých filtrů.

6. Zpracování protokolu o měření

- 6.1. Zkontrolujte soubory uložené na disku L.
- 6.2. Vypracujte zprávu o termografickém měření.

B. Pokyny k provedení práce:

Pokyny k provedení práce se vztahují k jednotlivým bodům zadání, uvedeným v kapitole A.

1 Zadání hodnot a vytvoření pracovní složky

1.1 Konkrétní zadání

- Na základě zadání od vyučujícího si poznamenejte:
 - ✓ označení bezdotykových teploměrů a filtrů, se kterými budete měřit,
 - ✓ identifikační čísla měřicích přístrojů (zadané IČ-teploměry a termokamera),
 - ✓ teplotu černého tělesa při kontrole správnosti (pokud nebude zadáno jinak, použijte černé těleso GEMINI R a nastavte teplotu 255 °C),
 - ✓ teploty černých těles, při kterých budete měřit s předřazenými filtry,
 - ✓ teplotu topné spirály.

1.2 Pracovní složky na disku L v počítači

- Přihlaste se do počítačové sítě VŠCHT.

Na disku L ve složce L:\TG_TD\Studenti\ jsou pracovní složky jednotlivých studentů.

- Vytvořte pracovní složku „MPM“, do které budete ukládat soubory z této laboratorní práce.

2 Optické filtry

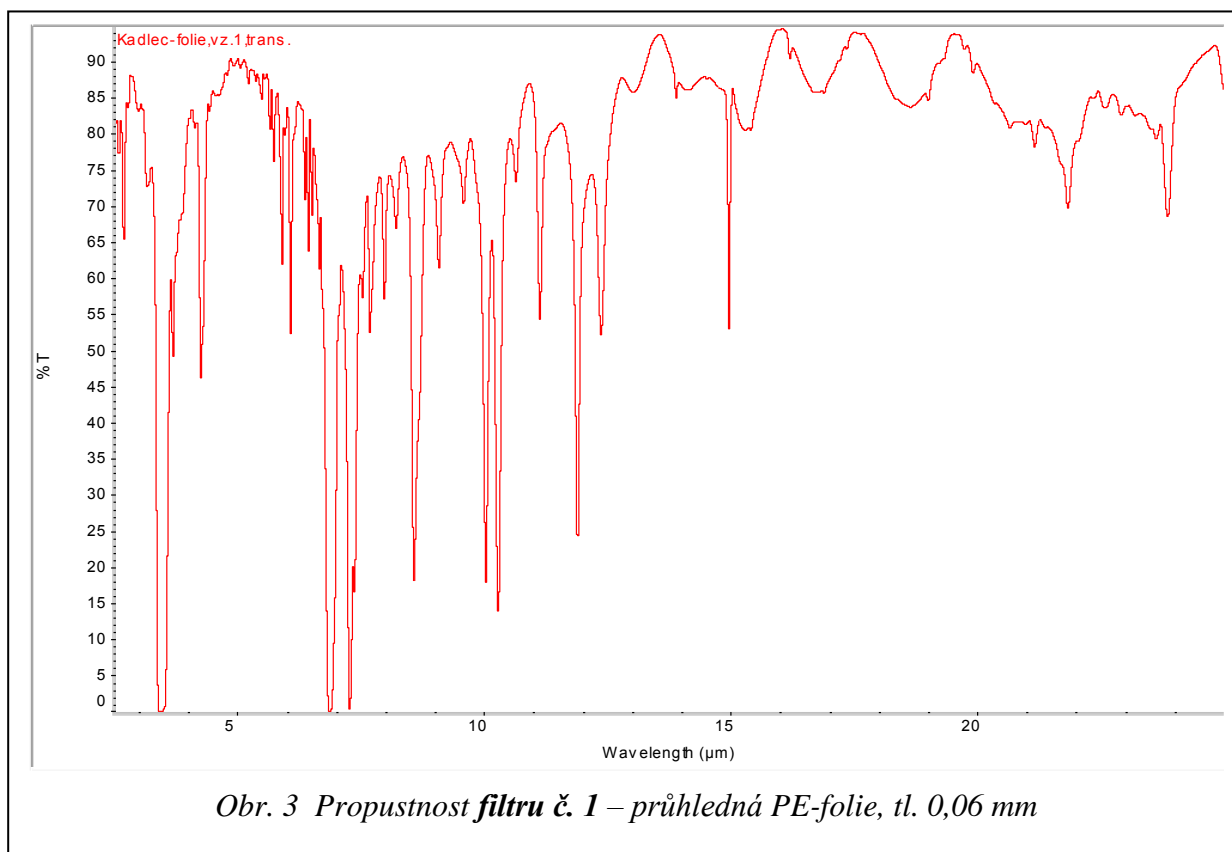
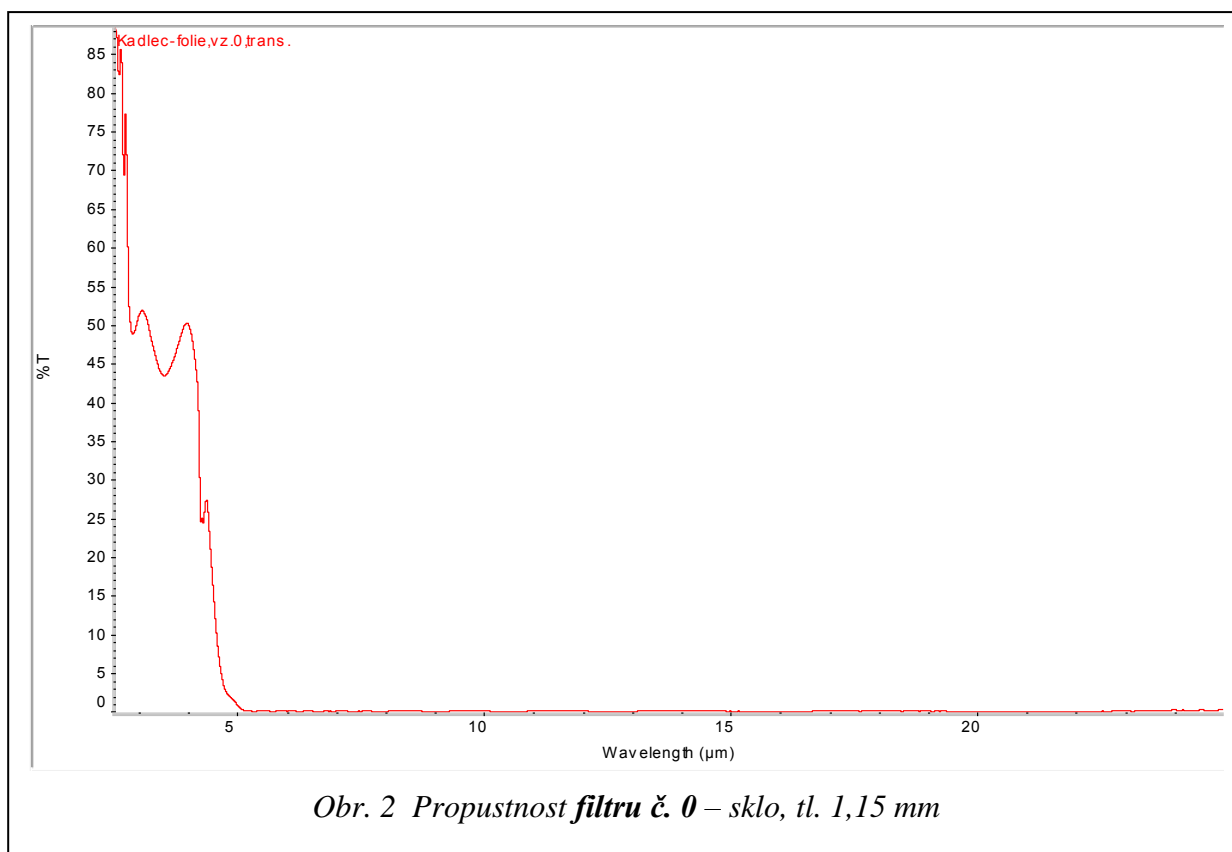
2.1 Optické filtry a jejich spektrální propustnost

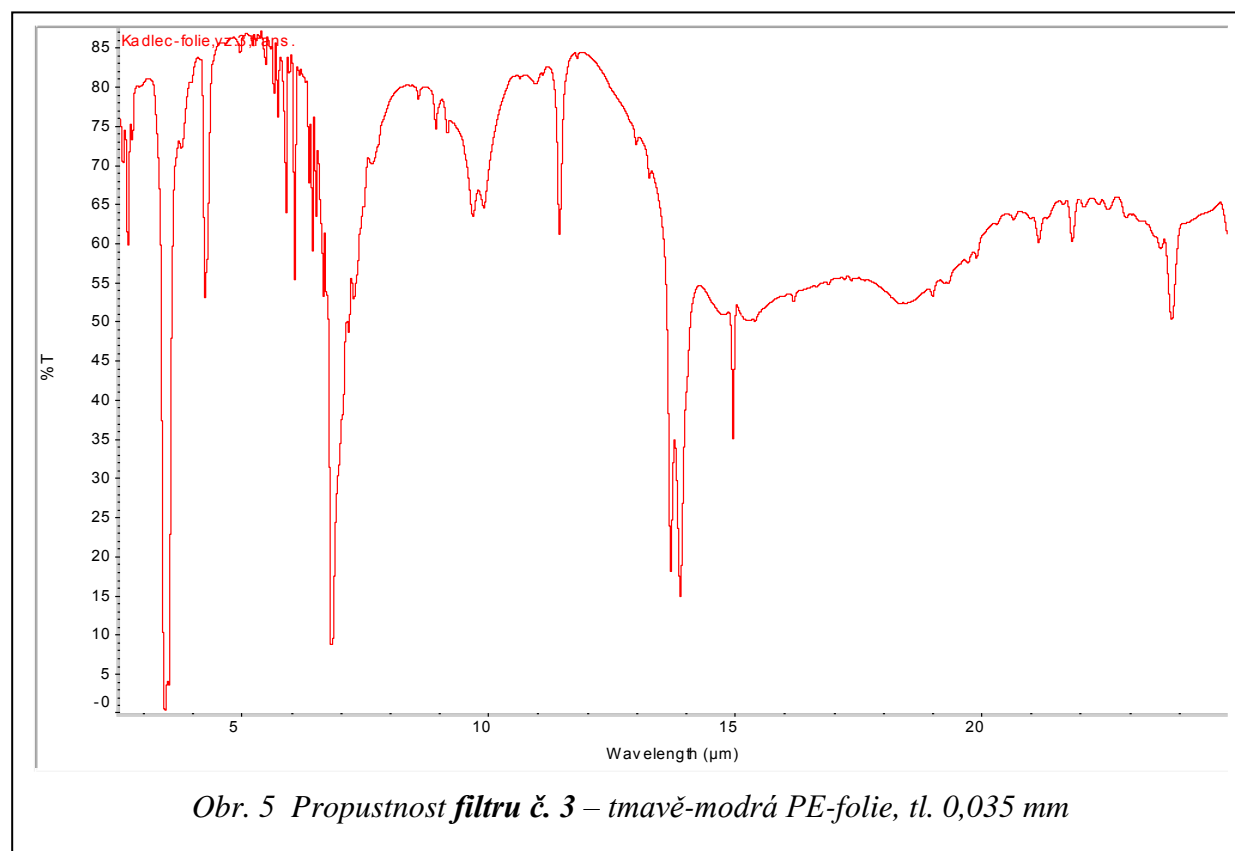
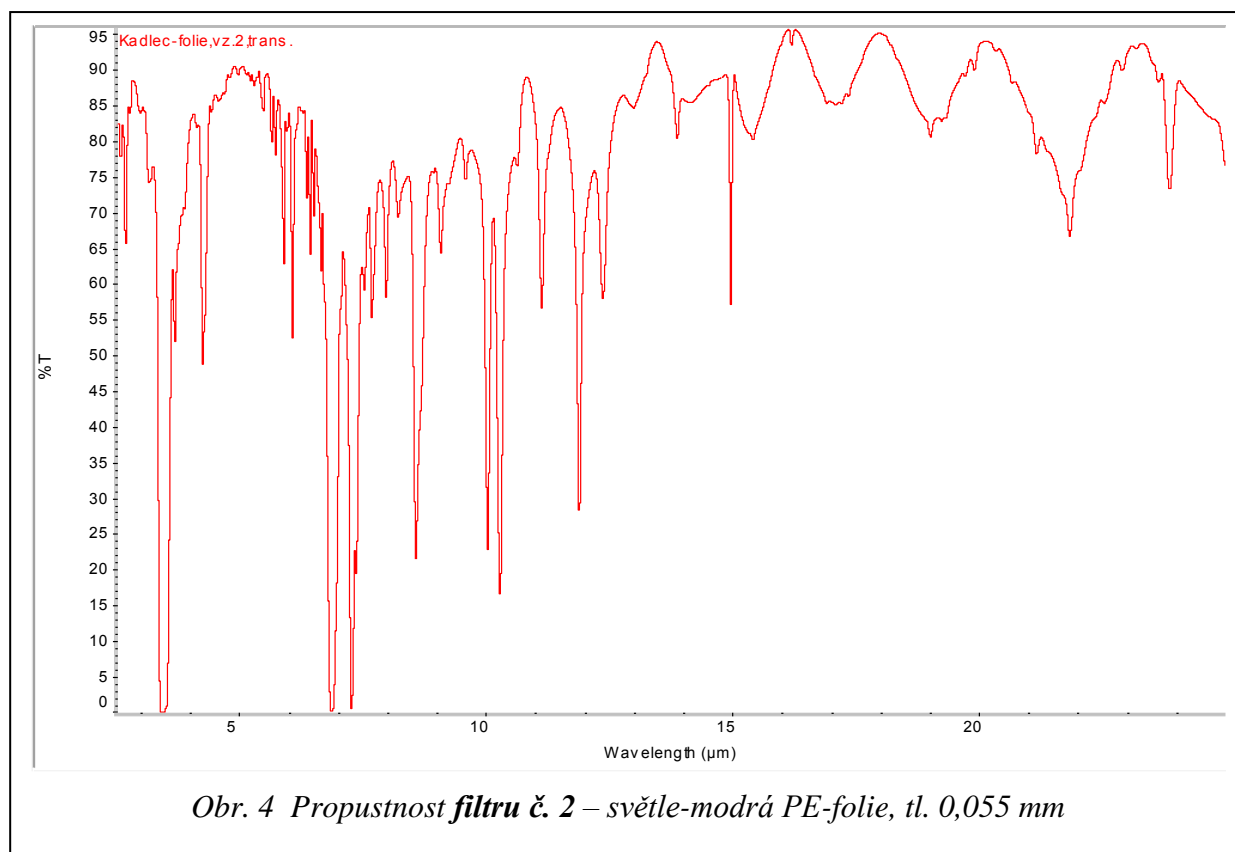
Pro účely měření v laboratoři byly připraveny optické filtry z různých materiálů, které jsou upevněny v plastovém rámečku a jsou číselně označené (obr. 1).

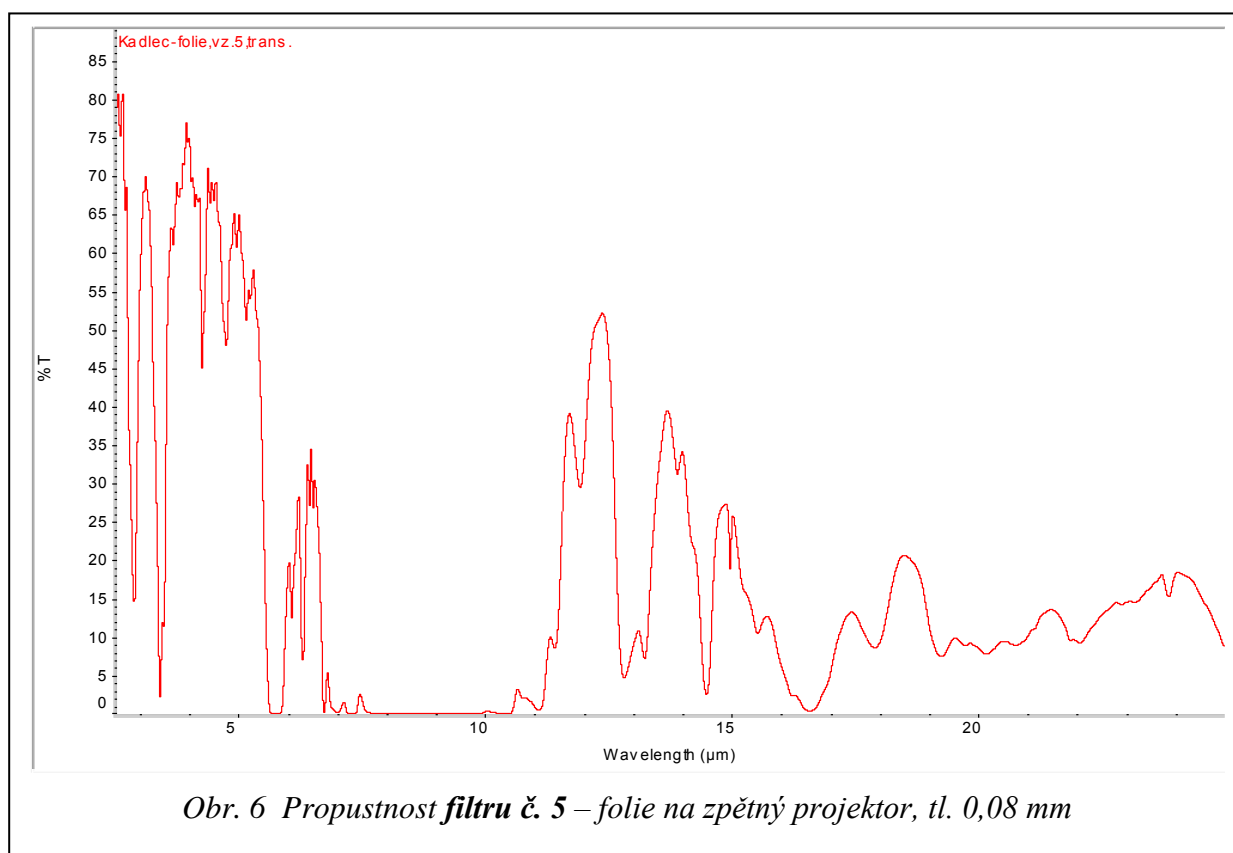
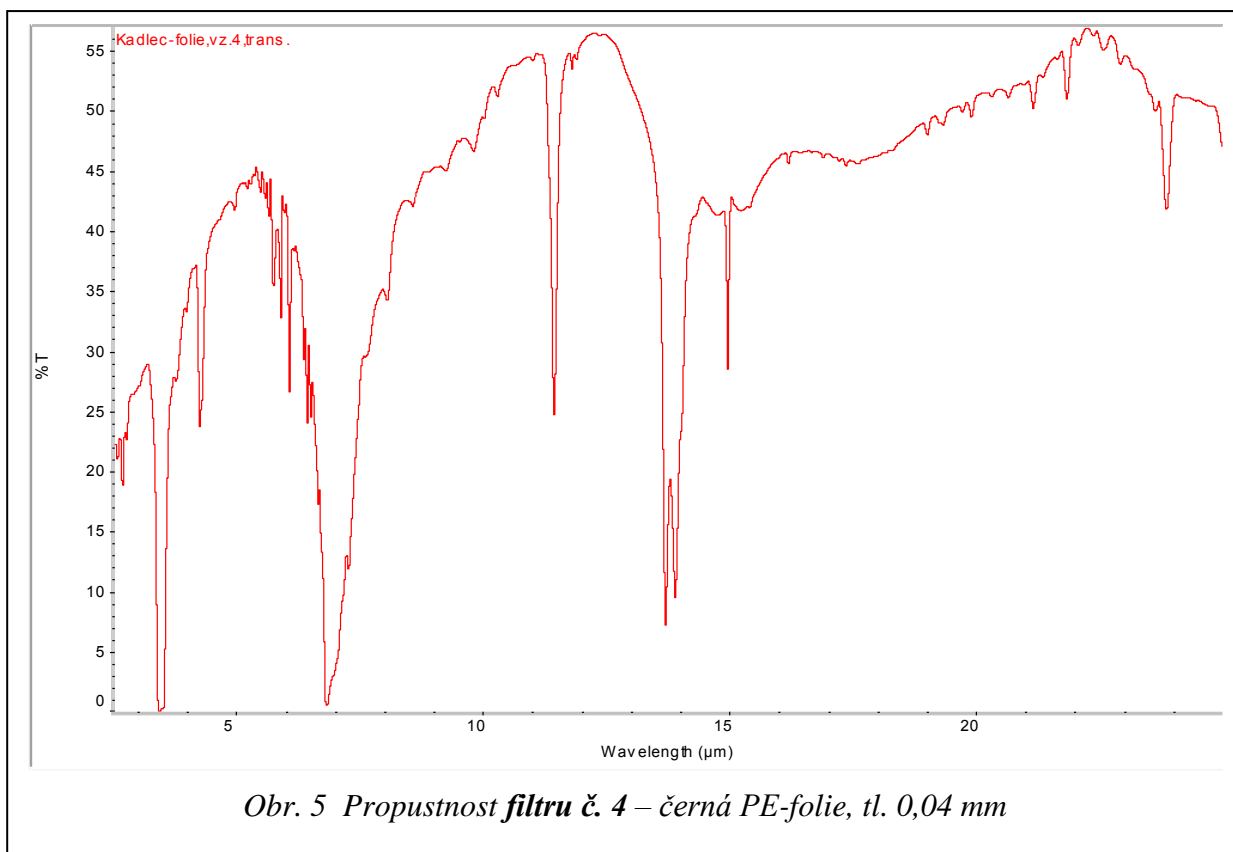


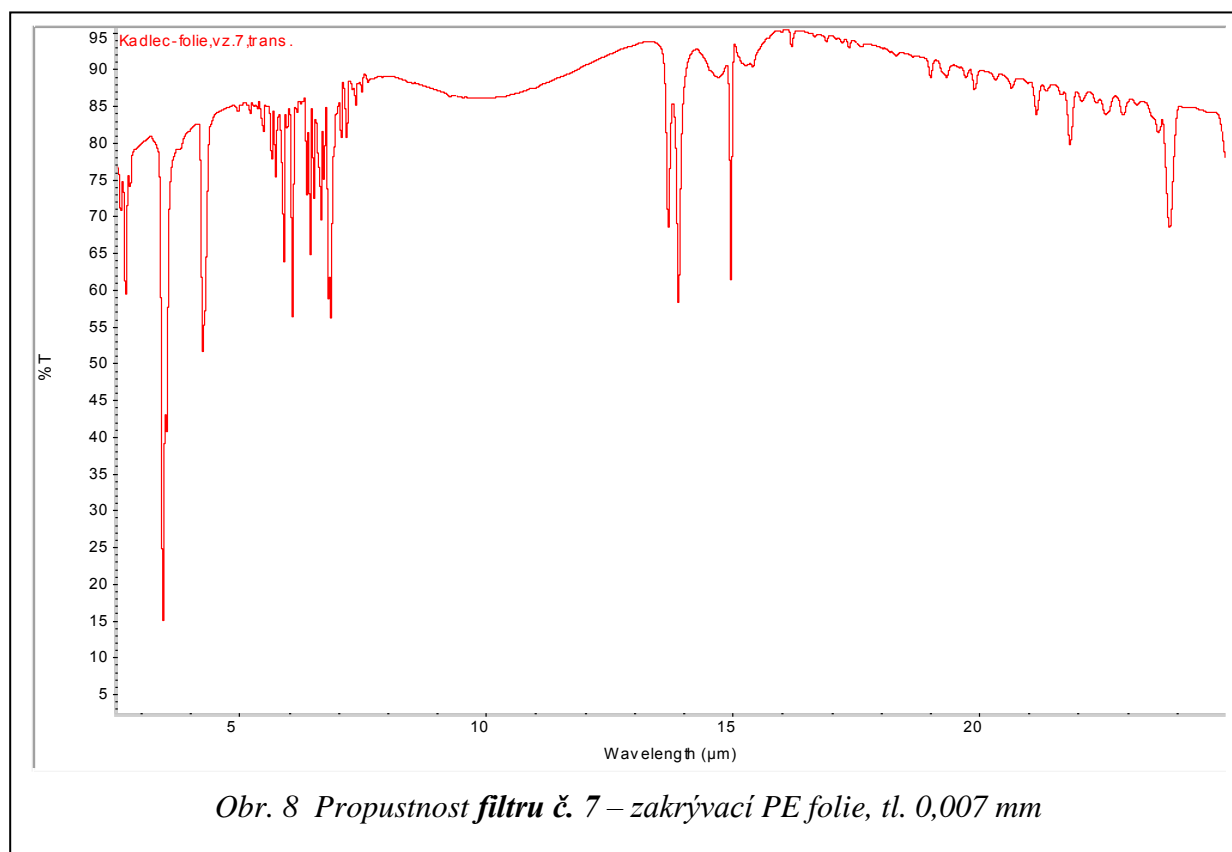
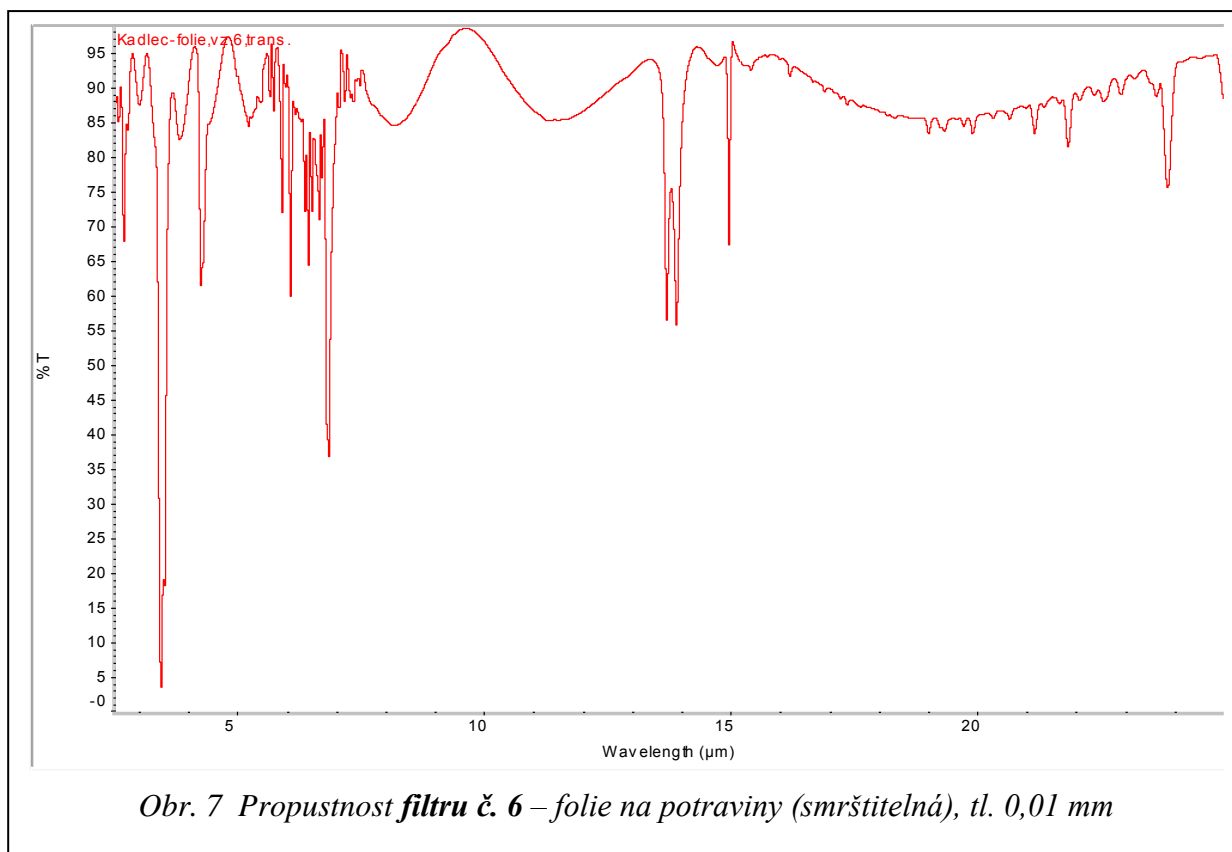
Obr. 1 Optické filtry

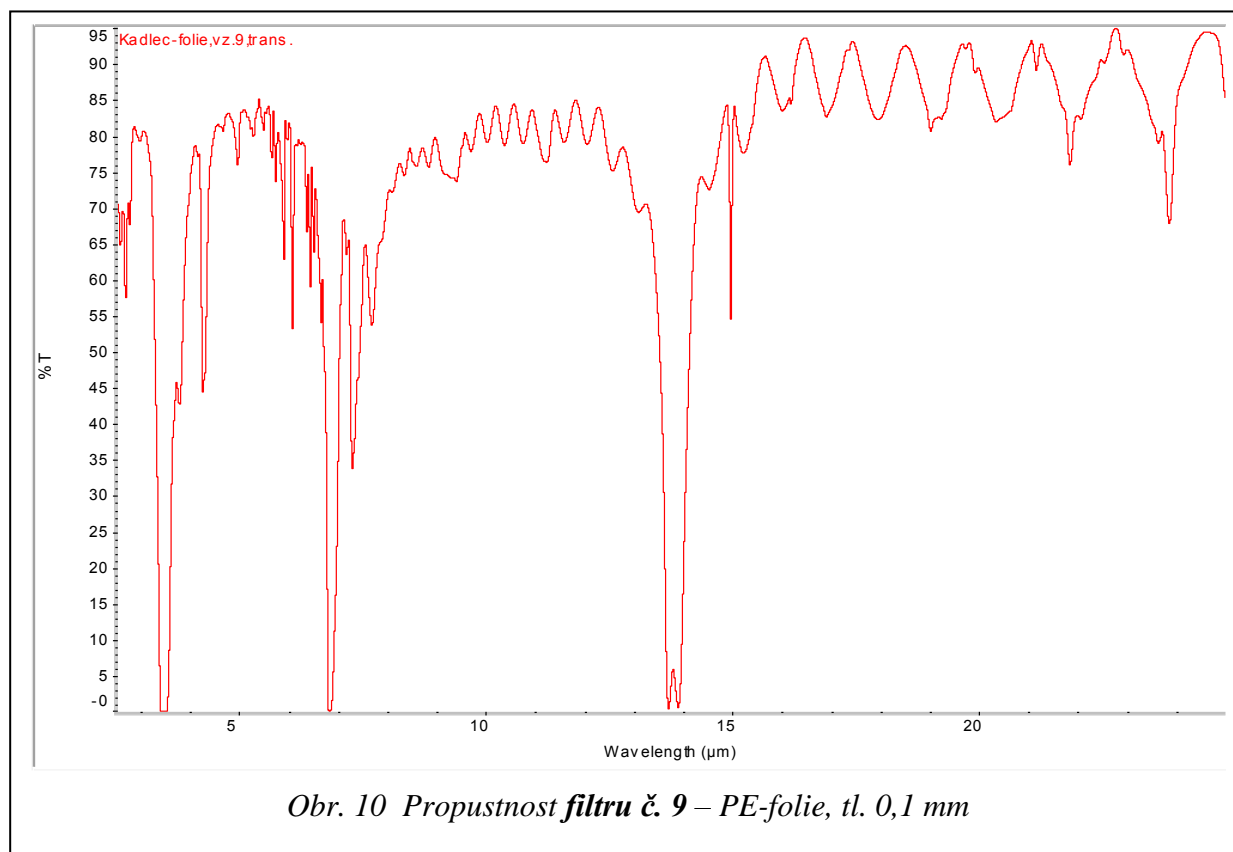
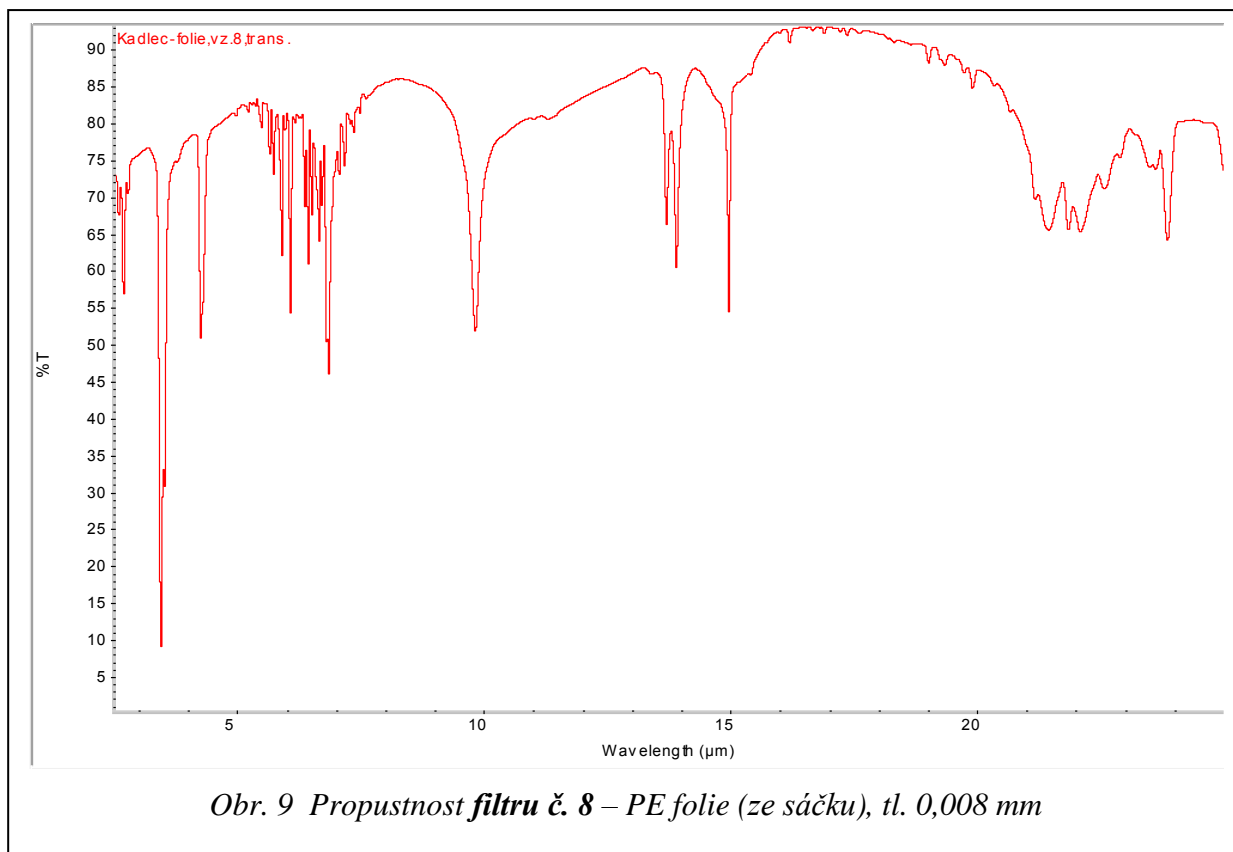
Pro jednotlivé materiály byla proměřena jejich spektrální propustnost; příslušné grafy jsou na obr. 2 až 12

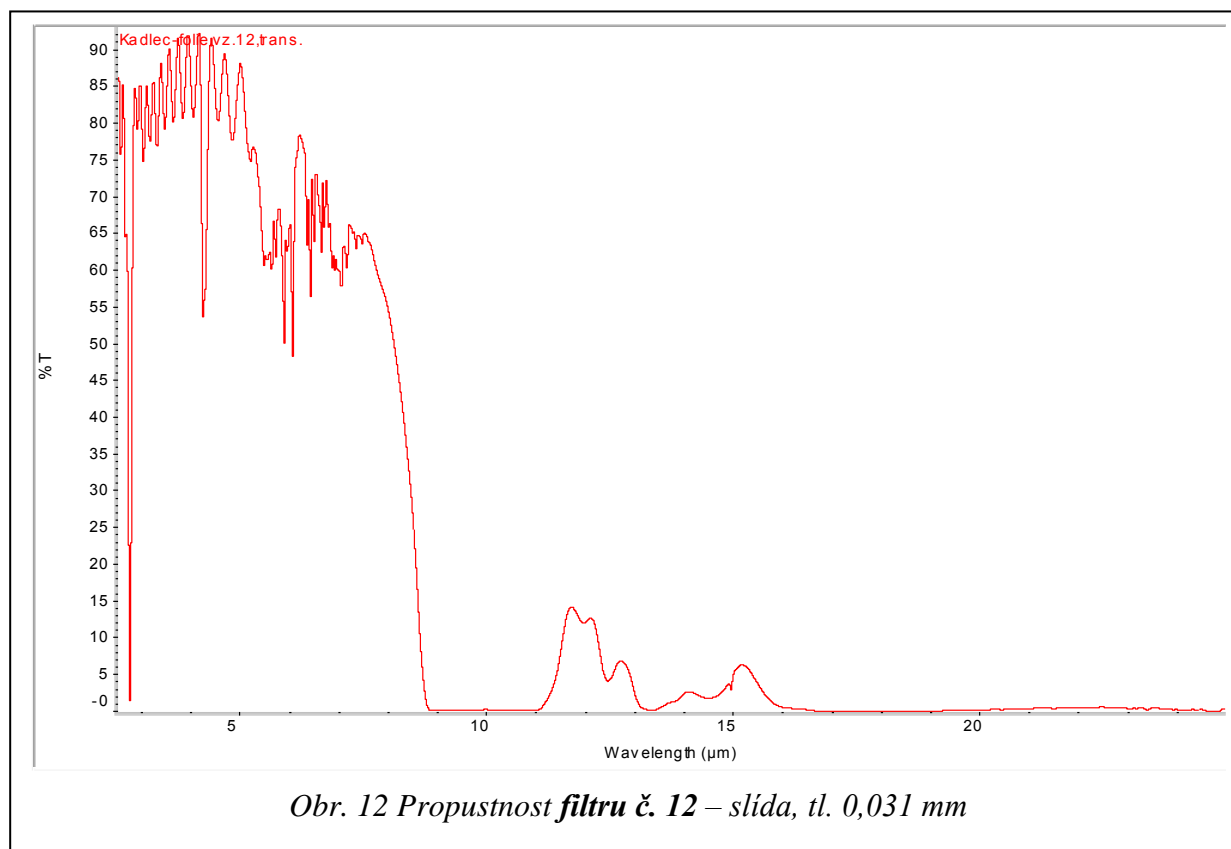
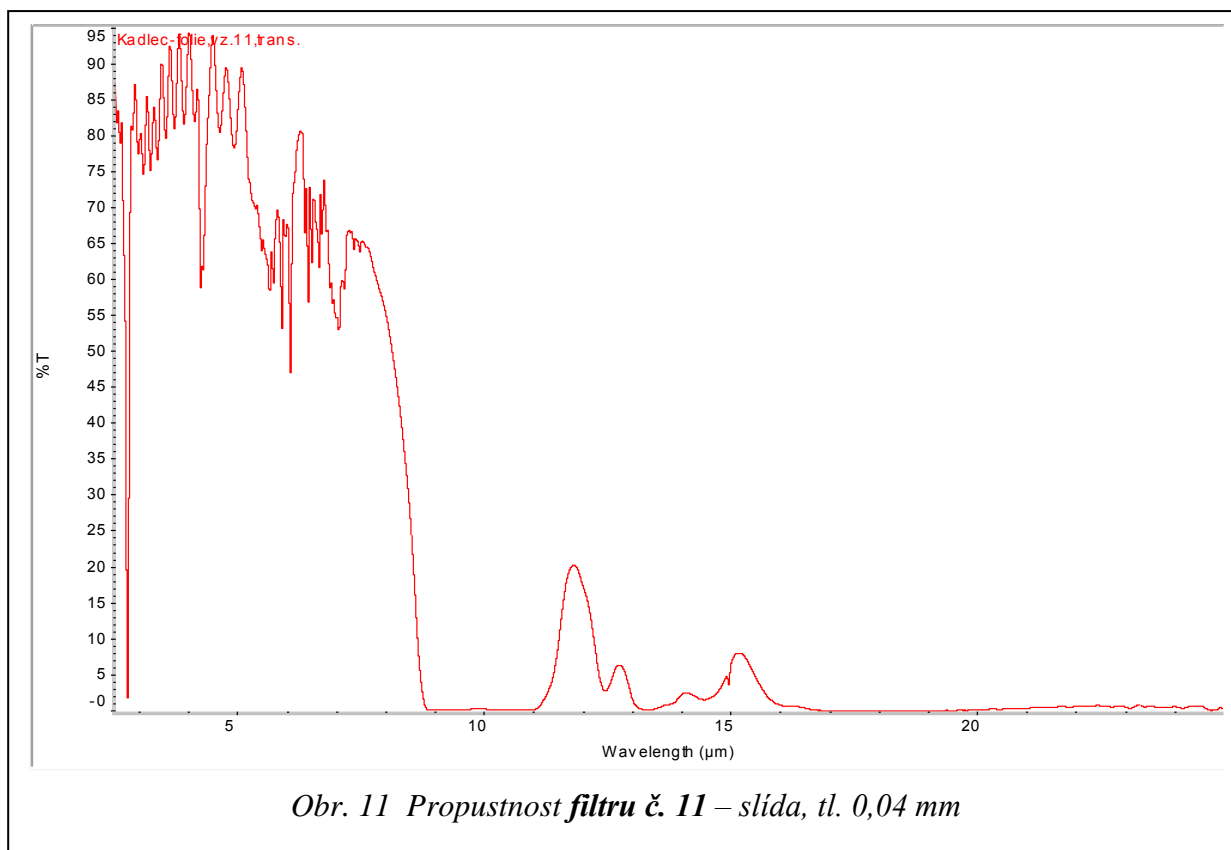












2.2 Vybrané příklady použití filtru při bezdotykovém měření teploty

Při měření bezdotykovým teploměrem nebo termokamerou nelze vždy měřit přímo teplotu na povrchu měřeného objektu. Potřebujeme-li například měřit bezdotykově teplotu uvnitř nějakého zařízení, které musí být uzavřené, je nutno mezi měřený objekt a IČ teploměr či termokameru vložit okno z materiálu, který propouští IČ záření odpovídajících vlnových délek.

Příkladem může být měření povrchové teploty senzoru v měřicí komoře, kterou proudí analyzovaný plyn. Do stěny měřicí komory je nutno zabudovat okénko z vhodného materiálu, které bude oddělovat vnitřní prostor komory, bude odolávat působení plynného prostředí v komoře a bude propouštět IČ záření odpovídající spektrálnímu rozsahu použitého IČ teploměru nebo termokamery.

Jinými příklady jsou okna do prostorů s velmi vysokým napětím, přes která je zapotřebí provádět IČ termodiagnostiku na elektrickém zařízení, průzory do reaktorů, pecí apod.

3 Přístrojová technika

UPOZORNĚNÍ:

IČ-teploměr a termokamera jsou přesné měřicí přístroje, obsahující citlivý infračervený detektor a vysoce kvalitní optiku.

Optiky se nikdy nedotýkejte rukou ani žádným předmětem.

Dojde-li k znečištění čočky, nikdy ji nečistěte a upozorněte na tuto skutečnost asistenta.

K čištění se nesmí nikdy použít čisticí prostředky obsahující rozpouštědla.

**Nikdy nezaměřujte IČ-teploměr a termokameru do Slunce,
mohlo by dojít k poškození detektoru!**

POZOR: Bezdotykové teploměry jsou vybaveny laserovým zaměřovacím systémem.

Laserem nemiřte nikdy přímo do očí!

Nedívejte se upřeně do laserového paprsku.

Vyvarujte se i nepřímé expozice odrazem od lesklých ploch.

Černé těleso představuje nákladný a velmi přesný přístroj s definovanými vlastnostmi.

Nikdy se nedotýkejte rukou ani žádnými předměty povrchu dutiny černého tělesa.

Dejte pozor i na to, že při provozu může teplota dutiny nabývat vysokých hodnot.

Termokamera je složitý a drahý přístroj, který vyžaduje kvalifikovanou a zaškolenou obsluhu a citlivé zacházení.

S termokamerou můžete pracovat až po zaškolení, nebo v případě, že jste s kamerou již v laboratoři pracovali.

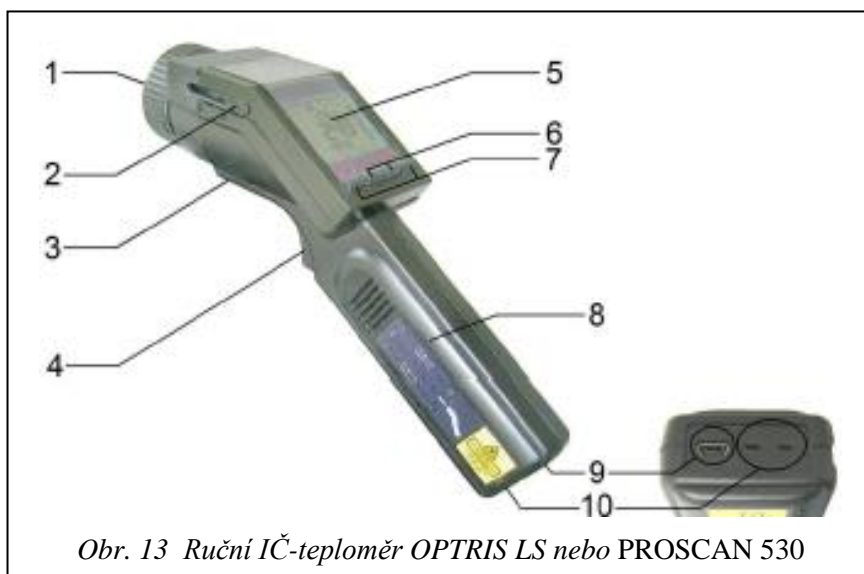
Při práci dodržujte základními pokyny pro obsluhu termokamery, v případě nejasností se obraťte na vyučujícího pedagoga s žádostí o pomoc.

3.1 IČ teploměry

3.1.1 Ruční bezdotykový teploměr OPTRIS LS, (8 až 14) μm , (-30 až 900) $^{\circ}\text{C}$

Popis ručních bezdotykových teploměrů typu OPTRIS-LS nebo Dual focus infrared PROSCAN 530 (obr. 13) je uveden v ***návodu k práci BMT***, kapitola 2.1.3, str. 7.

Přístroj využívá spektrální rozsah (8 až 14) μm , pracuje s teplotním rozsahem (-30 až 900) $^{\circ}\text{C}$, s citlivostí 0,1 $^{\circ}\text{C}$ a přesností $\pm 0,75$ $^{\circ}\text{C}$. Doba odezvy pro 95 % signálu činí 150 ms.



Obr. 13 Ruční IČ-teploměr OPTRIS LS nebo PROSCAN 530

Podrobný popis a úplné technické údaje jsou uvedeny v manuálu k přístroji, který je v laboratoři k dispozici (***příloha A2***).

- Při manipulaci s přístrojem neměňte náhodně nastavení teploměru (nestiskávejte náhodně tlačítka). Pokud změníte nastavení teploměru, musíte si vyžádat od asistenta manuál k přístroji, abyste mohli obnovit původní nastavení.

Propojení IČ-teploměru s počítačem

IČ-teploměr je možno připojit k počítači prostřednictvím rozhraní USB, konektor k propojení se nachází v dolní části rukojeti (pozice 9 na obr. 4).

Pro propojení přístroje s počítačem lze použít pouze USB kabel dodaný k přístroji, protože jinak nebude komunikace fungovat. Použitý propojovací kabel není standardní USB kabel.

Program Optris Connect

Ke komunikaci mezi IČ-teploměrem a počítačem slouží program Optris Connect nebo IR-Connect. Popis ovládacího programu najdete v ***návodu k práci BMT***, kapitola 2.1.3, str. 11.

Podrobný popis a úplné technické údaje jsou spolu i s dalšími podrobnostmi o programu OptrisConnect uvedeny v manuálu k přístroji, který je v laboratoři k dispozici (***příloha A2***).

3.1.2 Stabilní IČ teploměr OPTRIS-CT-Laser (8 až 14) μm

Stabilní IČ-teploměr typ OPTRIS-CT-Laser [4] patří do skupiny pásmových pyrometrů a sestava teploměru je ukázána na obr. 14. Přístroj se skládá ze snímače s dvoupaprskovým laserovým zaměřovacím systémem a vyhodnocovací elektronické jednotky.

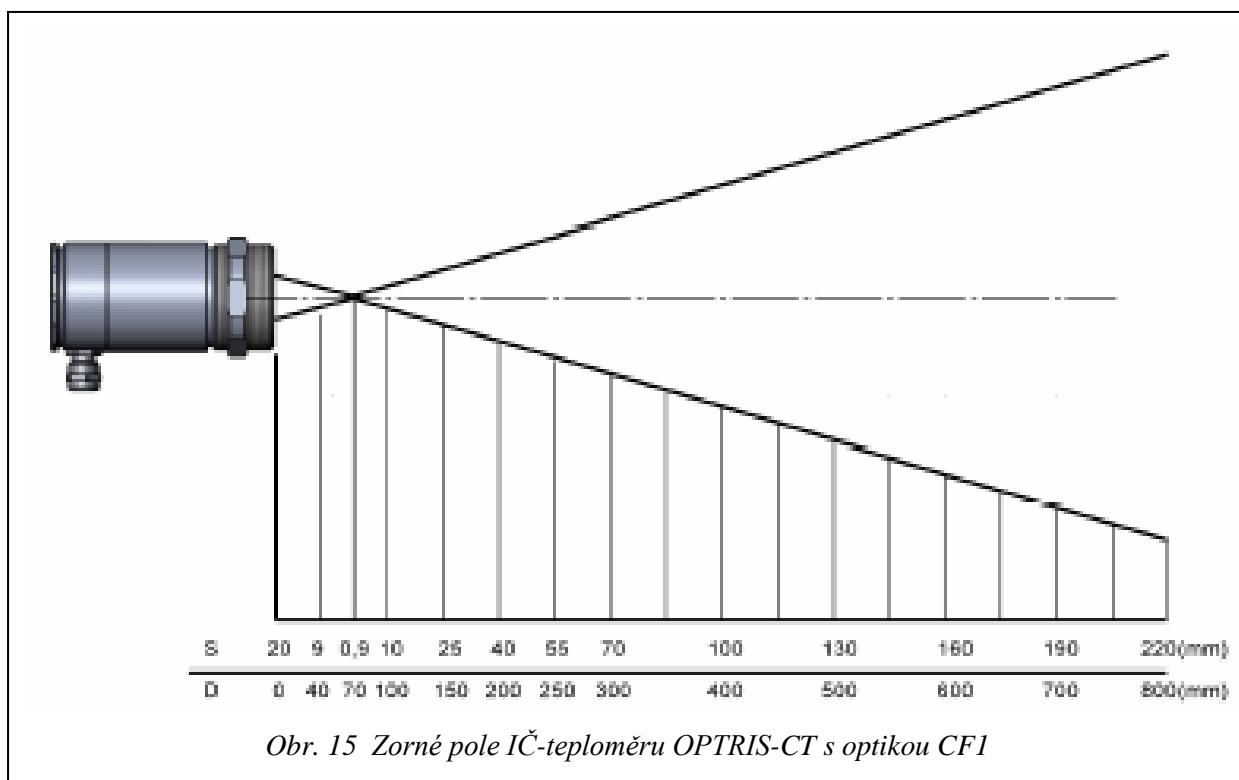
Přístroj využívá spektrální rozsah (8 až 14) μm , pracuje s teplotním rozsahem (od -40 do 975) $^{\circ}\text{C}$, s citlivostí 0,1 $^{\circ}\text{C}$ a přesností ± 1 $^{\circ}\text{C}$. Doba odezvy pro 90 % signálu činí 120 ms.

Přístroj se ovládá prostřednictvím **softwaru Compact Connect**.

Na obr. 15 je znázorněno zorné pole optického snímače teploměru.



Obr. 14 IČ-teploměr OPTRIS-CT-Laser



Obr. 15 Zorné pole IČ-teploměru OPTRIS-CT s optikou CF1

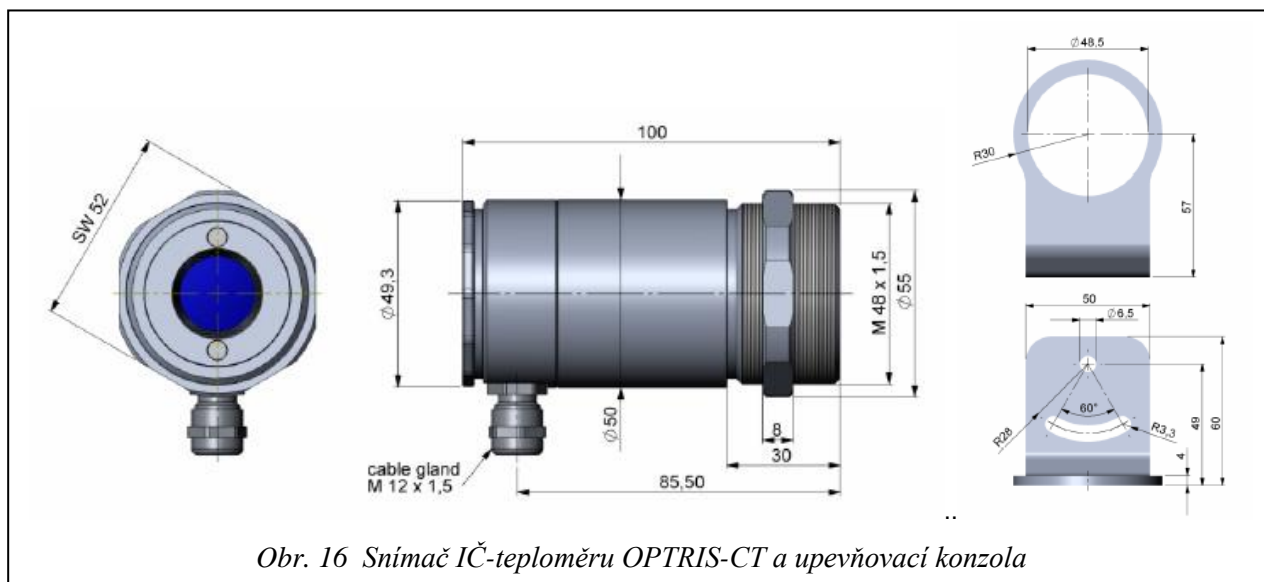
Symbol S je průměr měřeného terče (tzv. „stopa“ teploměru, nebo též „průměr měřeného bodu“), D je vzdálenost mezi měřeným předmětem a okrajem snímací hlavy.

$D:S$ (ohnisková vzdálenost) = 75:1 / 0,9 mm při 70 mm,

$D:S$ (vzdálené pole) = 3,5:1.

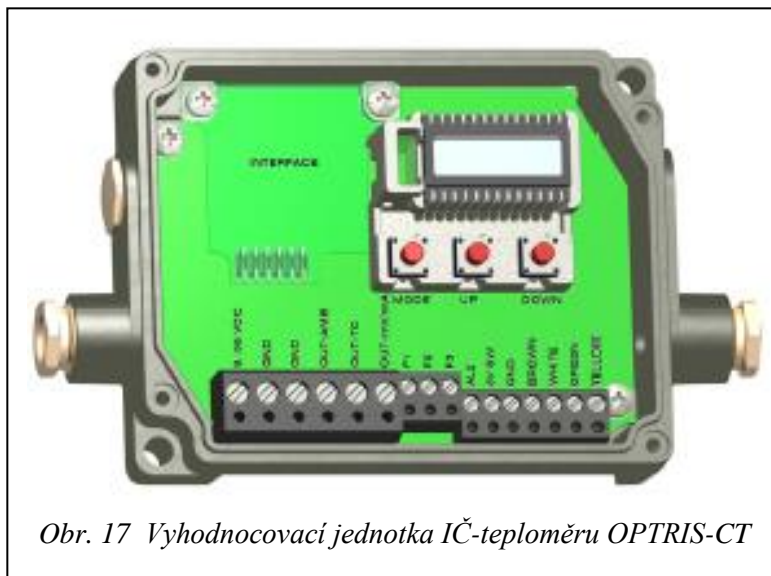
Pro stabilní instalaci v provozu je snímač vybaven metrickým závitem M48x1,5 a může být k zařízení přichycen buď přímo přes tento závit, nebo pomocí montážní matice a montážní konzoly (obr. 16).

Signál ze snímače je zpracován v elektronické vyhodnocovací jednotce (obr. 17), která je napájena ze stejnosměrného zdroje napětím 8 až 36 V, 160 mA, nebo z počítače prostřednictvím rozhraní USB.



Po zapnutí napájení se spustí proces inicializace, který trvá několik sekund. Během této doby se na displeji objeví nápis „INIT“. Po dokončení inicializace displej zobrazí teplotu předmětu. Barva podsvícení displeje se bude měnit v závislosti na nastavení alarmů.

Místní nastavení přístroje lze provést pomocí programovacích tlačítek „Mode“ (režim), „Up“ (nahoru) a „Down“ (dolů). Zobrazena bude aktuální hodnota měření nebo zvolená funkce. Prvním z těchto tlačítek se vybere požadovaná funkce, a poté se tlačítky nahoru a dolů zvolí funkční parametry – změna parametrů se projeví okamžitě. Pokud nebude po dobu delší než 10 s stisknuto žádné tlačítko, tak se na displeji automaticky zobrazí vypočítaná teplota předmětu. Podrobný popis jednotlivých funkcí přístroje je popsán v manuálu.



Přístroj poskytuje analogový proudový nebo napěťový výstup a digitální výstup prostřednictvím rozhraní USB. Funkce vstupních a výstupních kanálů se nastavuje prostřednictvím **softwaru Compact Connect**.

Podrobné údaje o zapojení přístroje a pokyny pro jeho obsluhu, rovněž tak informace o softwaru Compact Connect a kompletní technické údaje jsou uvedeny v manuálu, který je v laboratoři k dispozici (**příloha B2**).

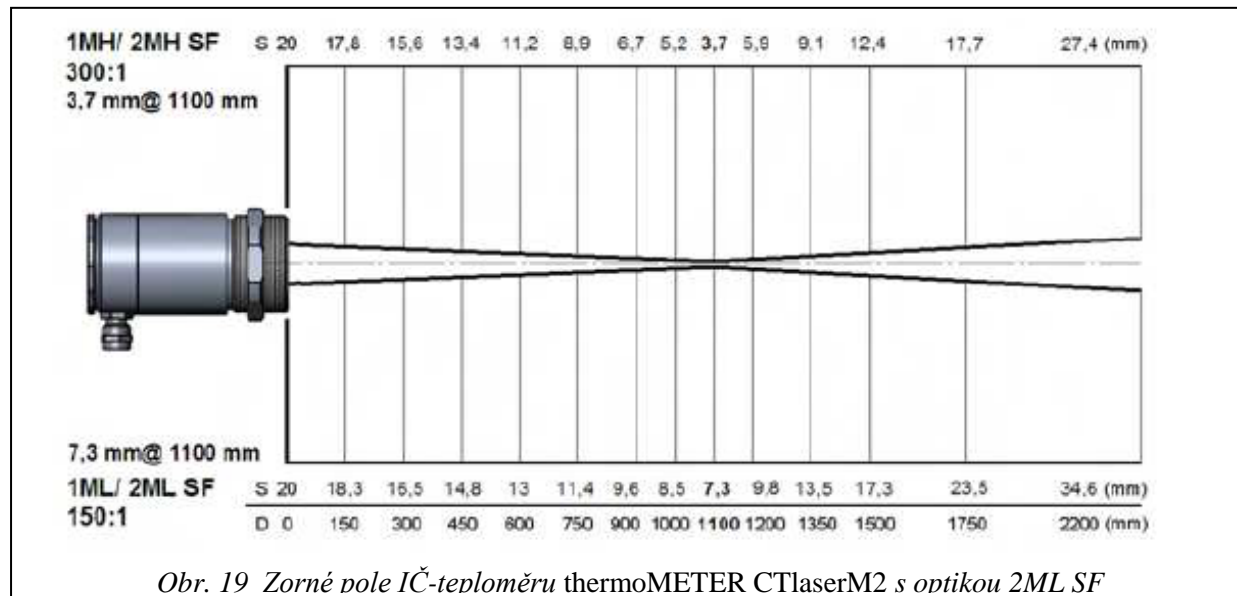
3.1.3 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM2 (1,6 μm)

Přístroj CTLM-2LSF150-C3 pracuje s vlnovou délkou 1,6 μm , s měřicím rozsahem 250 až 800 °C a je vhodný pro měření kovových a keramických lesklých povrchů s nízkou emisivitou. Citlivost teploměru je 0,1 °C a přesnost $\pm (0,3 \% \text{ z měřené hodnoty} + 2 \text{ °C})$. Doba odezvy pro 90 % signálu činí 1 ms.

Zorné pole teploměru je znázorněno na obr. 18 a19.

Optical specifications thermoMETER CTlaser M1/M2																	
□ = smallest spot size (mm)																	
Standard Focus optics																	
1L/2L SF	150:1	20	18.3	16.5	14.8	13	11.4	9.6	8.5	7.3	9.8	13.5	17.3	23.5	34.6		
1H/2H SF	300:1	20	17.8	15.5	13.2	11	8.6	6.4	4.8	3.7	5.5	8.6	11.8	17	26.6		
distance in mm		0	150	300	450	600	750	900	1000	1100	1200	1350	1500	1750	2200		

Obr. 18 Zorné pole IČ-teploměru thermoMETER CTlaserM3 s optikou SF150



Obr. 19 Zorné pole IČ-teploměru thermoMETER CTlaserM2 s optikou 2ML SF

3.1.4 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserM3 (2,3 μm)

Přístroj typu CTLM-3H1SF300-C3 pracuje s vlnovou délkou 2,3 μm, s měřicím rozsahem 150 až 900 °C a je vhodný pro měření kovových a keramických lesklých povrchů s nízkou emisivitou. Citlivost teploměru je 0,1 °C a přesnost ± (0,3 % z měřené hodnoty + 2 °C). Doba odezvy pro 90 % signálu činí 1 ms. Na obr. 20 je znázorněno zorné pole optického snímače teploměru.

Optical specifications thermoMETER CTlaserM3																	
□ = smallest spot size (mm)																	
Standard Focus optics																	
3LSF	60:1	20	20	20	20	20	19	19	19	18.3	19	25	30	40	53		
3HSF	100:1	20	19	18	17	15	15	14	12	11	13	16	20	28	38		
3 H1/H2/H3 SF300	300:1	20	17.8	15.5	13.2	11	8.6	6.4	4.8	3.7	5.5	8.6	11.8	17	26.6		
distance (mm)		0	150	300	450	600	750	900	1000	1100	1200	1350	1500	1750	2200		

Obr. 20 Zorné pole IČ-teploměru thermoMETER CTlaserM3 s optikou SF300

3.1.5 Stabilní IČ teploměr thermoMETER CTlaserCOMBUSTION (4,24 μm)

Přístroj typu CTLIC-2SF45-C3 pracuje s vlnovou délkou 4,24 μm, s měřicím rozsahem 200 až 1 450 °C a je vhodný pro měření teploty objektů přes prostor plamene a lze s ním měřit i přímo teplotu plamene. Na obr. 21 je znázorněno zorné pole optického snímače teploměru.

Optical specifications thermoMETER CTlaserCOMBUSTION																	
□ = smallest spot size (mm)																	
Standard Focus optics																	
SF45 optic	45:1	20	20.8	21.7	22.5	23.4	24.2	25	25.9	27	32.5	38.4	50	61.7	73.4		
distance in mm		0	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1800	2100	2400		

Obr. 21 Zorné pole IČ-teploměru thermoMETER CTlaserCOMBUSTION s optikou SF45

3.2 Termokamera

3.2.1 Termokamera FLIR i7.

Popis přenosné termovizní kamery FLIR i7 (obr. 22) spolu se základními pokyny pro obsluhu je uveden v *návodu k práci BMT*, kapitola 3.1, str. 17.

Kamera využívá spektrální rozsah (7,5 až 13) μm , pracuje s rozlišením 120x120 bodů a s teplotním rozsahem (0 až 250) $^{\circ}\text{C}$, s citlivostí 0,1 $^{\circ}\text{C}$ a přesností $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Podrobný popis ovládání termokamery je uveden v manuálu, jehož vybrané partie jsou k dispozici v laboratoři (*příloha A8*).



Obr. 22 Termokamera FLIR i7

3.2.2 Program k termokameře

Popis programu FLIR Quick Report pro termokameru FLIR i7 jsou uvedeny v *návodu k práci BMT*, kapitola 3.3, str. 17.

3.3 Černá tělesa

3.3.1 Černé těleso HYPERION R

Popis kalibračního zařízení s černým tělesem HYPERION R (obr. 23) je uveden v *návodu k práci BMT*, kapitola 2.1.2, str. 6.

Teplotní rozsah je, od -10 až do 80 $^{\circ}\text{C}$,
emisivita dutiny $\varepsilon = 0,995$.



Obr. 23 Kalibrační zařízení HYPERION R

3.3.2 Černé těleso GEMINI R

Popis kalibračního zařízení s černým tělesem GEMINI R (obr. 24) je uveden v *návodu k práci SEO*, kapitola 2.1.3.2, str. 9.

Teplotní rozsah je, od 50 až do 550 $^{\circ}\text{C}$,
emisivita dutiny $\varepsilon = 0,995$.



Obr. 24 Kalibrační zařízení GEMINI R

3.3.3 Černé těleso OMEGA BB 702

Základem kalibračního zařízení OMEGA BB 702 je s černá válcová dutina umístěná na čelním panelu přístroje (obr. 25). Teplota dna dutiny je udržována na požadované hodnotě PID-regulátorem s přesností $\pm 0,15^\circ\text{C}$. Požadovanou hodnotu teploty je možno nastavit pomocí tlačítek na panelu regulátoru v rozmezí od teploty, která je o 11°C vyšší než je teplota okolí až do 215°C .

Emisivita dna dutiny $\varepsilon = 0,95$; průměr dutiny je 63,5 mm.

Další podrobnosti o kalibračním zařízení jsou uvedeny v návodu k přístroji (viz příloha XC).



Obr. 25 Kalibrační zařízení OMEGA BB 702

4 Kontrola správnosti měření

4.1 Kontrola správnosti IČ teploměru

Protože kontrola správnosti se provádí v laboratoři při každém měření, tak je možno předpokládat, že postup je již běžně známý (obr. 26). Postup je popsán v *návodu k práci BMT*, kapitola 2.2, str. 13.

- Kontrolu správnosti proveďte při zadané teplotě.
- Věnujte pozornost správnému zaměření teploměru do dutiny černého tělesa.
- Vyhodnoťte naměřené výsledky a porovnejte zjištěné odchylky s údaji z technické dokumentace k přístrojům.



Obr. 26 Kontrola správnosti IČ teploměru pomocí černého tělesa

4.2 Kontrola správnosti termokamery

- Analogicky proveďte kontrolu správnosti při zadané teplotě i pro termokameru (obr. 27).
- Dbejte na správné zaměření termokamery do dutiny černého tělesa.
- Vyhodnoťte naměřené výsledky a porovnejte zjištěné odchylky s údaji z technické dokumentace k přístrojům.



Obr. 27 Kontrola správnosti termokamery pomocí černého tělesa

5 Měření vlivu předřazených filtrů

5.1 Měření IČ teploměrem

- Zjistěte vliv filtrů zhotovených z různých materiálů, které budou zařazeny před objektiv IČ teploměru.
- Nejprve změřte teplotu bez filtru a poté nasadte před objektiv IČ teploměru zvolený filtr a zaznamenejte údaj (obr. 28).
- Střídavě měřte bez a s filtrem a měření opakujte alespoň třikrát.
- Při každém měření věnujte pozornost správnému zaměření teploměru do dutiny černého tělesa.
- Stanovte korekční faktor pro IČ teploměr.
- Změřte teplotu vybraného objektu (např. vyhřívané pole na temperované desce s Peltierovými články, nebo povrch topné spirály) s filtrem a bez filtru a porovnejte výsledky při užití korekčního faktoru.
- Proměřte postupně všechny zadané filtry při zadaných teplotách.
- Sobory s naměřenými daty ve formátu *.dat nebo *.log uložte ve své pracovní složce.



Obr. 28 Měření IČ teploměrem s předřazeným filtrem

5.2 Měření termokamerou

- Analogicky jako v předchozím bodě postupujte při měření s termokamerou.
- Nejprve uložte termogram získaný bez filtru a poté umístěte filtr před objektiv (obr. 29) a uložte nový termogram.
- Zaznamenejte si čísla ukládaných termogramů s poznámkou, zda bylo měřeno s filtrem nebo bez filtru.



Obr. 29 Termokamera s předřazeným filtrem

Poznámka:

Číslo termogramu uvidíte na displeji termokamery po stisknutí spouště při ukládání snímku.

- Při snímání termogramů věnujte pozornost správnému zaměření termokamery do dutiny černého tělesa; měřte vždy tak, aby osa optiky byla totožná s osou válcové dutiny černého tělesa (obr. 30).
- Podobně jako u IČ teploměru vypočtete korekční faktor pro termokameru.
- Účinek korekce ověřte při měření na vybraném objektu v laboratoři (temperovaná deska s Peltierovými články, nebo topná



Obr. 30 Měření s termokamerou s předřazeným filtrem

- spirála) a porovnejte výsledky bez filtru a s filtrem při užití korekčního faktoru.
- Pro vyhodnocení termogramů budete potřebovat údaje o vzdálenosti termokamery od měřeného objektu, hodnotu tzv. odražené teploty pro dané místo měření, údaje o teplotě a vlhkosti v laboratoři.
 - Pro zjištění teploty a vlhkosti v laboratoři použijte přístroj Commeter THZ1 s teplotní a vlhkosní sondou. Popis měření s přístrojem je v návodu k práci BMT, kapitola 3.2, str. 21.
 - Pro měření tzv. odražené teploty použijte improvizovaný Lambertův zářič.
 - Po ukončení měření s termokamerou uzavřete kryt IČ-objektivu.

5.3 Vyhodnocení vlivu filtrů

- Pro vyhodnocení termogramů z termokamery FLIR použijte program FLIR QuickReport.
- Při přenosu termogramů z termokamery do počítače se ve vaší složce „MPM“ utvoří podsložky „images“ a „DirA“. V podsložce „DirA“ najdete vaše termogramy.
- Termogramy vyhodnocené v programu FLIR QuickReport ukládejte s modifikovaným názvem např. IR_xxxx_vyhod, kde xxxx je původní číslo neupraveného termogramu.
- Porovnejte účinek korekce vlivu filtru pomocí korekčního faktoru; výsledky vhodně uspořádejte do tabulky. Účinek korekce vyjádřete rozdílem od údaje naměřeného bez optického filtru.
- Porovnejte údaje získané při měření IČ teploměrem a termokamerou.
- Konfrontujte naměřené údaje s charakteristikou spektrální propustnosti daného optického filtru.
- Do protokolu o měření budete potřebovat vložit snímek obrazovky s vyhodnoceným termogramem v programu FLIR Quick Report.
- S využitím klávesy „PrtScr“ sejmete celou obrazovku, aktivní okno se sejme stiskem kláves „Alt+PrtScr“. Pro uložení a případné úpravy obrázku si otevřete program „MALOVÁNÍ (PAINT)“ a daný obrázek pak uložte např. ve formátu JPG s vhodným názvem *.jpg.

6 Zpracování protokolu o měření

6.1 Kontrola souborů na disku L

Ve vaší složce na disku L by měly být po ukončení práce v laboratoři uloženy tyto soubory:

- ✓ soubory formátu *.dat nebo *.log z měření IČ teploměrem,
- ✓ termogramy získané při termografickém měření (IR_xxxx) a vyhodnocené snímky (IR_xxxx_vyhod),
- ✓ kopie obrazovky (vyhodnocení termogramů) např. ve formátu JPG nebo PNG,
- ✓ zpráva o termografickém měření podle bodu 6.2 (rozpracovaný soubor ve formátu docx „MPM_xy_zpráva.docx, kde xy je vaše jméno)
- ✓ případné další soubory.

Nezapomeňte si všechny soubory zkopírovat pro zpracování protokolu.

6.2 Zpráva o termografickém měření

Písemná zpráva bude obsahovat:

- ✓ seznam a specifikaci použitých přístrojů,
- ✓ označení proměřovaných optických filtrů,
- ✓ výsledky kontroly správnosti měření IČ teploměrem a termokamerou při měření s černým tělesem (porovnání intervalů správných hodnot měření),
- ✓ tabulku s porovnáním účinku korekce vlivu optického filtru,
- ✓ vyhodnocení termografického měření termokamerou s kopií obrazovky z programu FLIR QuickReport,
- ✓ podmínky při měření termokamerou (vzdálenost, odražená teplota, teplota atmosféry, vlhkost),
- ✓ vyhodnocené termogramy,
- ✓ hodnotící komentář k výsledkům měření.

Odevzdání protokolu:

- rozpracovanou zprávu o termografickém měření uložte do vaší složky na disku L, konečné znění zašlete ve formátu DOCX nebo PDF jako přílohu k e-mailu vašemu učiteli (fitlp@vscht.cz, kadleck@vscht.cz, kopeckyd@vscht.cz).

C. Ukončení práce v laboratoři

- ✓ Vyučujícímu asistentovi předejte vypnutou termokameru s uzavřeným krytem IČ-objektivu uloženou v kufříku a další zapůjčené přístroje.
- ✓ Odhlaste se na počítači.

D. Seznam příloh, které jsou k dispozici v laboratoři:

Příloha A1 – Manuál k černému tělesu HYPERION R

Příloha A2 – Manuál k IČ-teploměru OPTRIS-LS.

Manuál k IČ-teploměru Dual focus infrared - DOSTMANN POSCAN 530

Příloha A4 – Manuál k programu FLIR QuickReport, v.1.2, Publ. 1558625, September 2008

Příloha A6 – Návod k obsluze přístroje Commeter THZ1 s teplotní a vlhkostní sondou.

Příloha A8 – Vybrané části z manuálu k termokameře FLIRi7

Příloha B1 – Manuál k IČ-teploměru FLUKE 576

Příloha B2 – Manuál k IČ-teploměru OPTRIS-CT

Příloha B3 – Manuál k termokameře OPTRIS-PI

Příloha B4 – Manuál k černému tělesu GEMINI-R

Příloha D1 – Vybrané části z manuálu k termokameře FLIR T400

Příloha D3 – Manuál k programu ThermaCAM Reporter 8.3 Professional

E. Odkazy na literaturu

1. Manuál OPTRIS-LS. Optris GmbH Berlin, E 2006-01-A-(2006)
2. Manuál DOSTMANN PROSCAN 530. MEPDFI-MA-2007-04-A (2007)
3. Manuál k IČ-teploměru FLUKE 576, Fluke Corporation, March 2005
4. Manuál k černému tělesu HYPERION R Model 982. Isothermal Technology Limited, Southport, England, Ed. 05 04/01 (2005)
5. Manuál k černému tělesu GEMINI-R 550 Model 976. Isothermal Technology Limited, Southport, England, Ed. 04 12/06 (2006)
6. Manuál k termokameře FLIR i7. Publ. No. T559576. November 2010
7. www.flir.com/thermography/apac/au/view/?id=54662 (August 2012)
8. Manuál k programu FLIR QuickReport, v.1.2, Publ. 1558625, September 2008