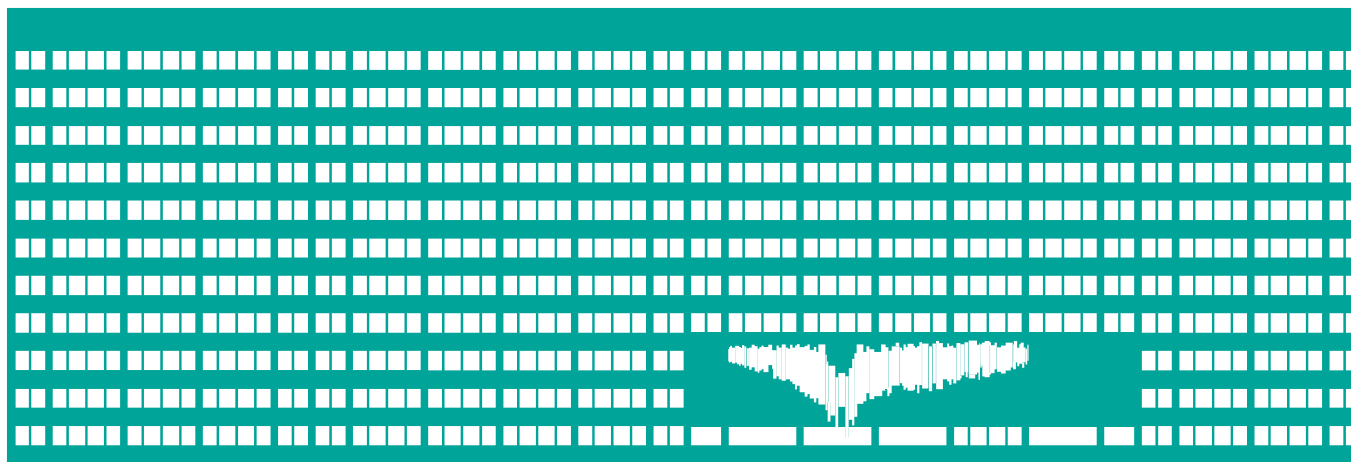


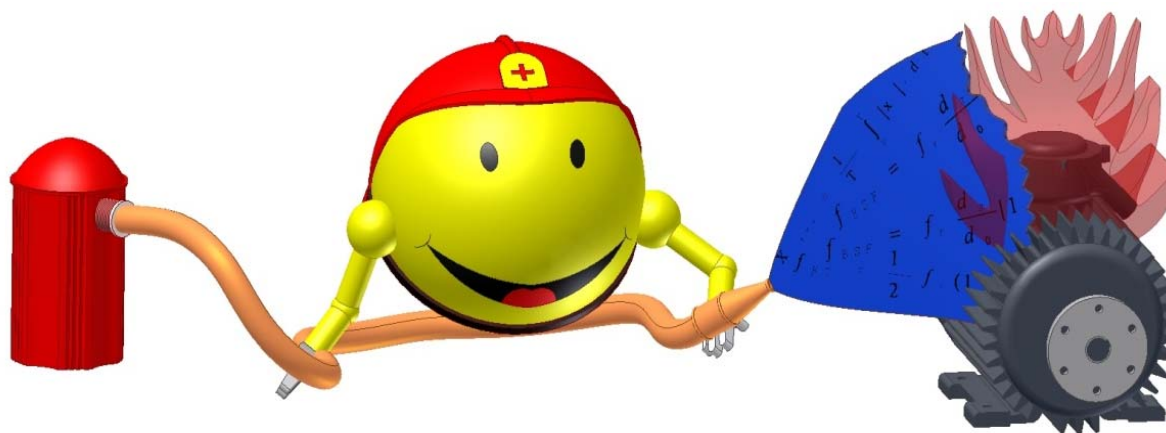
VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Termodiagnostika

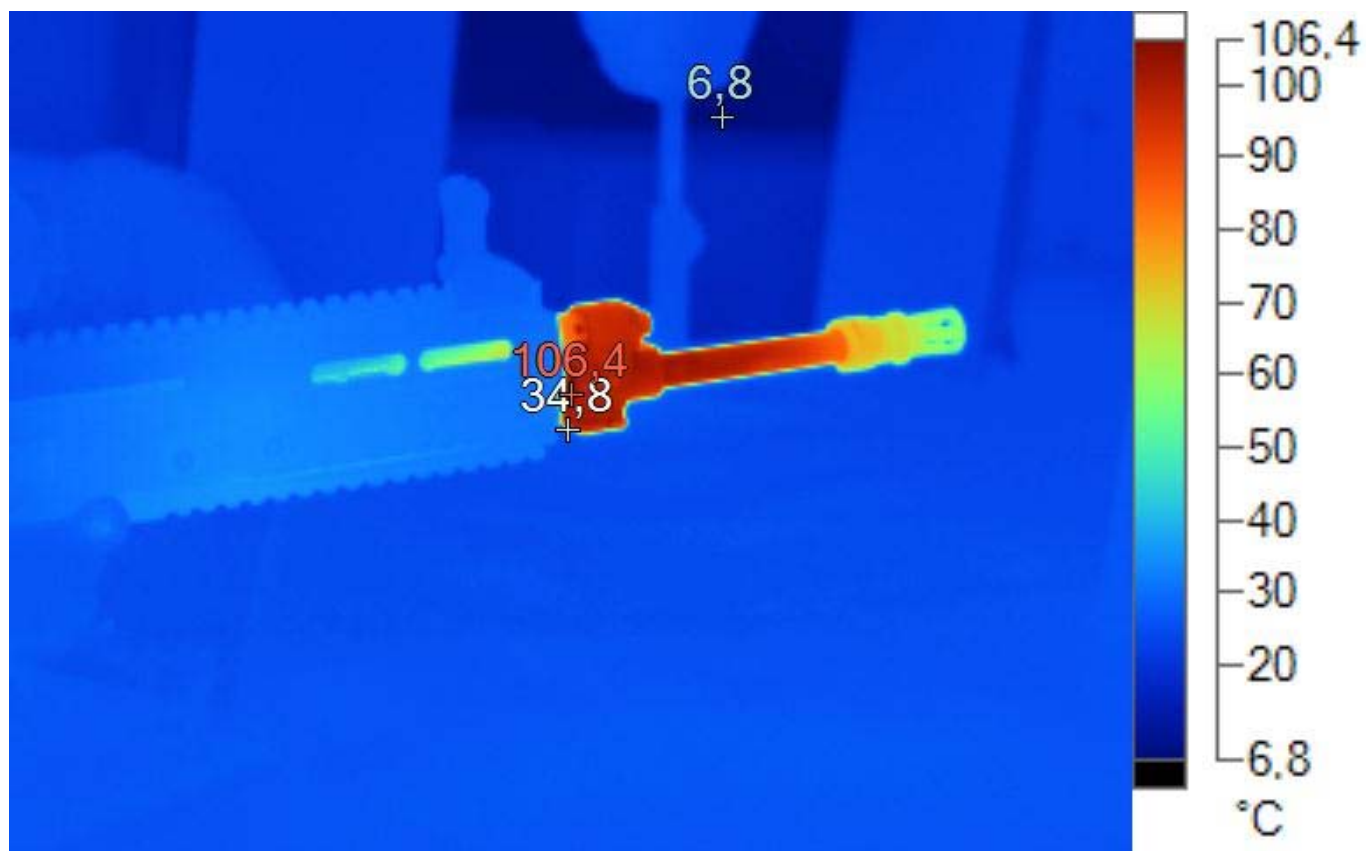


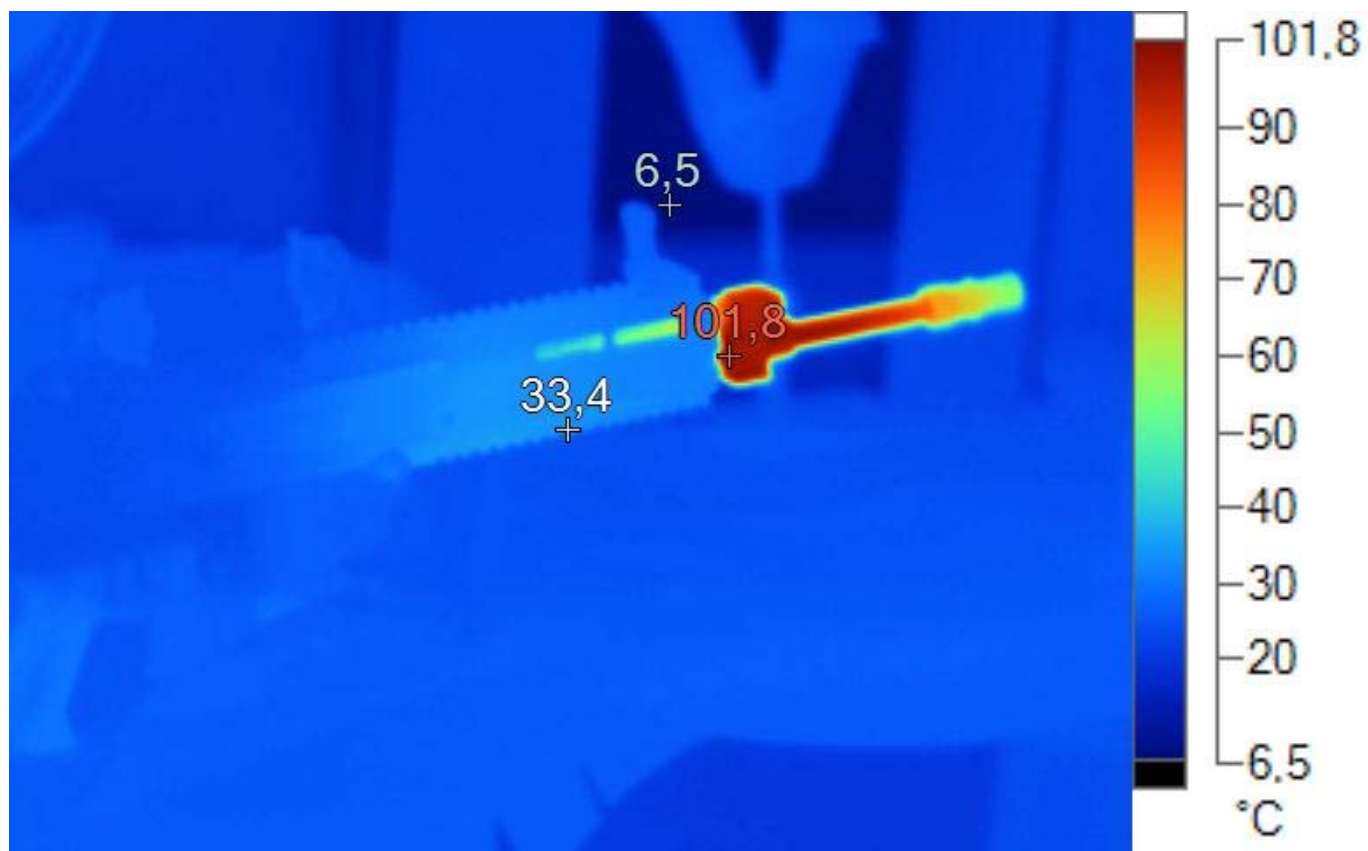
Vyhodnocování technického stavu za pomoci sledování teploty, teplotních obrazců u strojních zařízení, budov, potrubí, energetických zařízení apod. Široké použití v oblastech strojírenství, stavebnictví, lékařství, při použití v elektrodiagnostice, pro záchranné, vojenské, policejní složky...

## Bojové využití IR termokamer - T 72









[http://video.idnes.cz/?idvideo=V130921\\_201256\\_tv-zpravy\\_nov](http://video.idnes.cz/?idvideo=V130921_201256_tv-zpravy_nov)

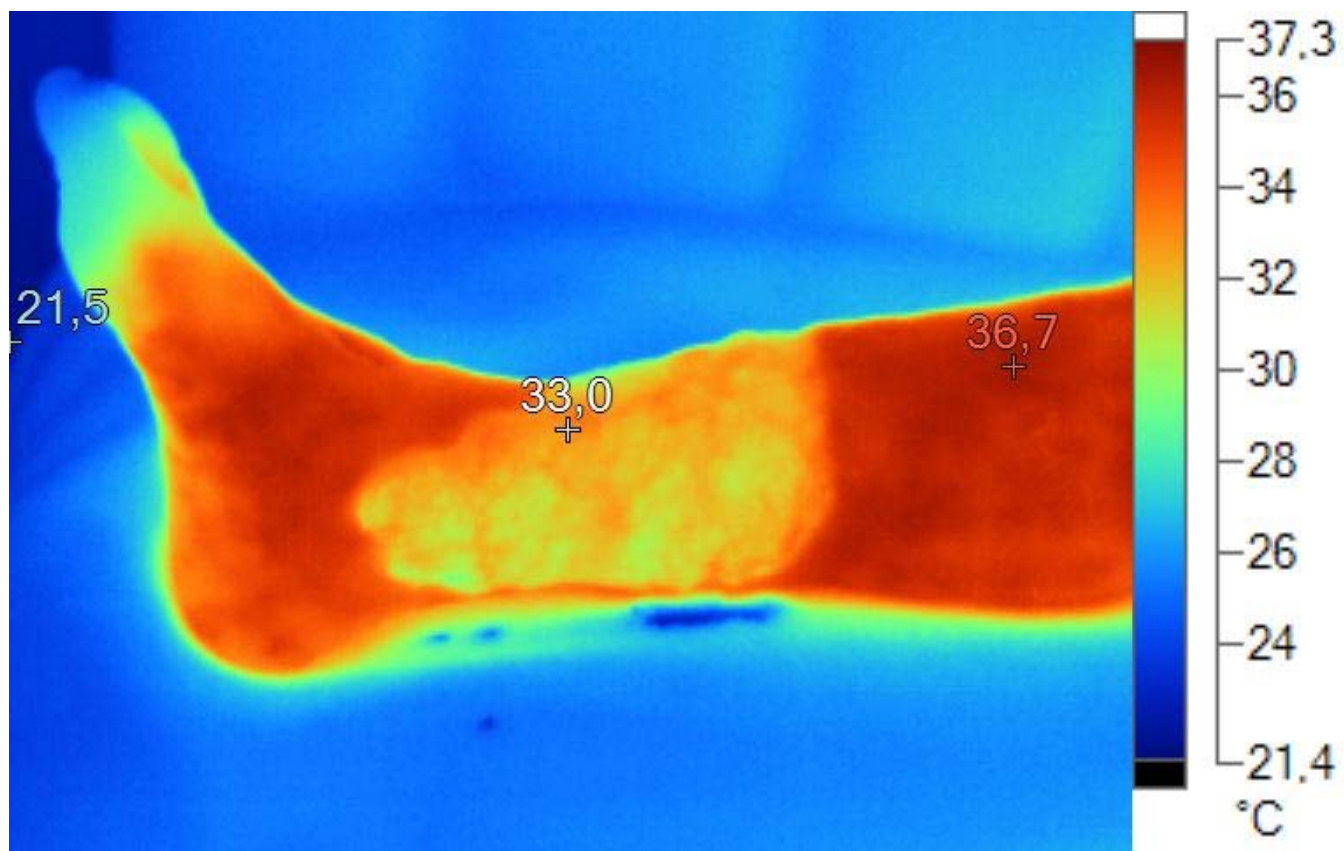


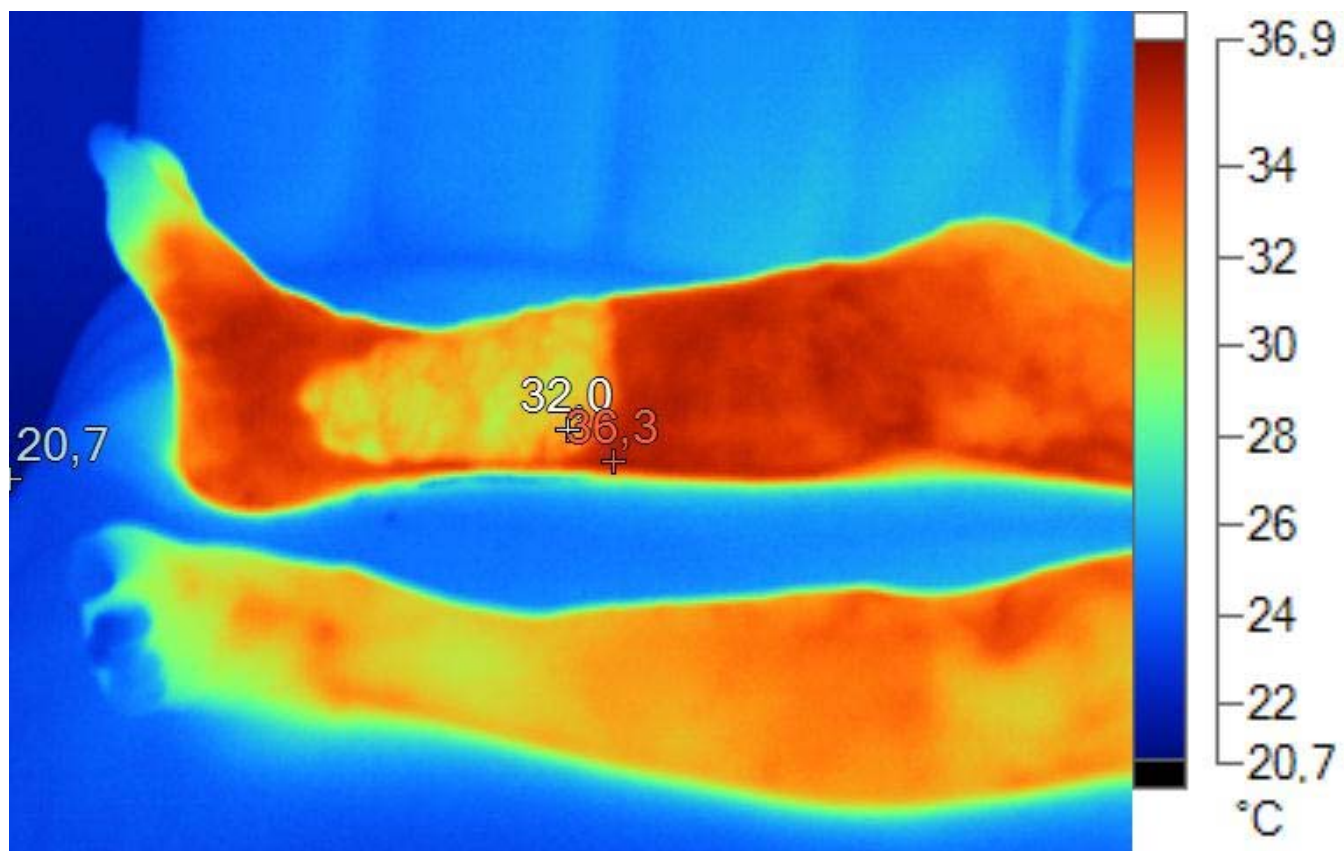


# Lékařská diagnostika

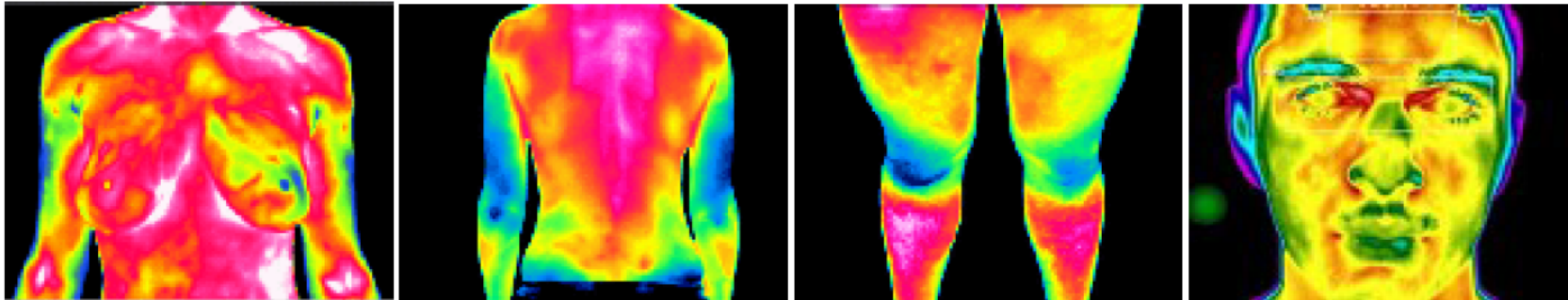




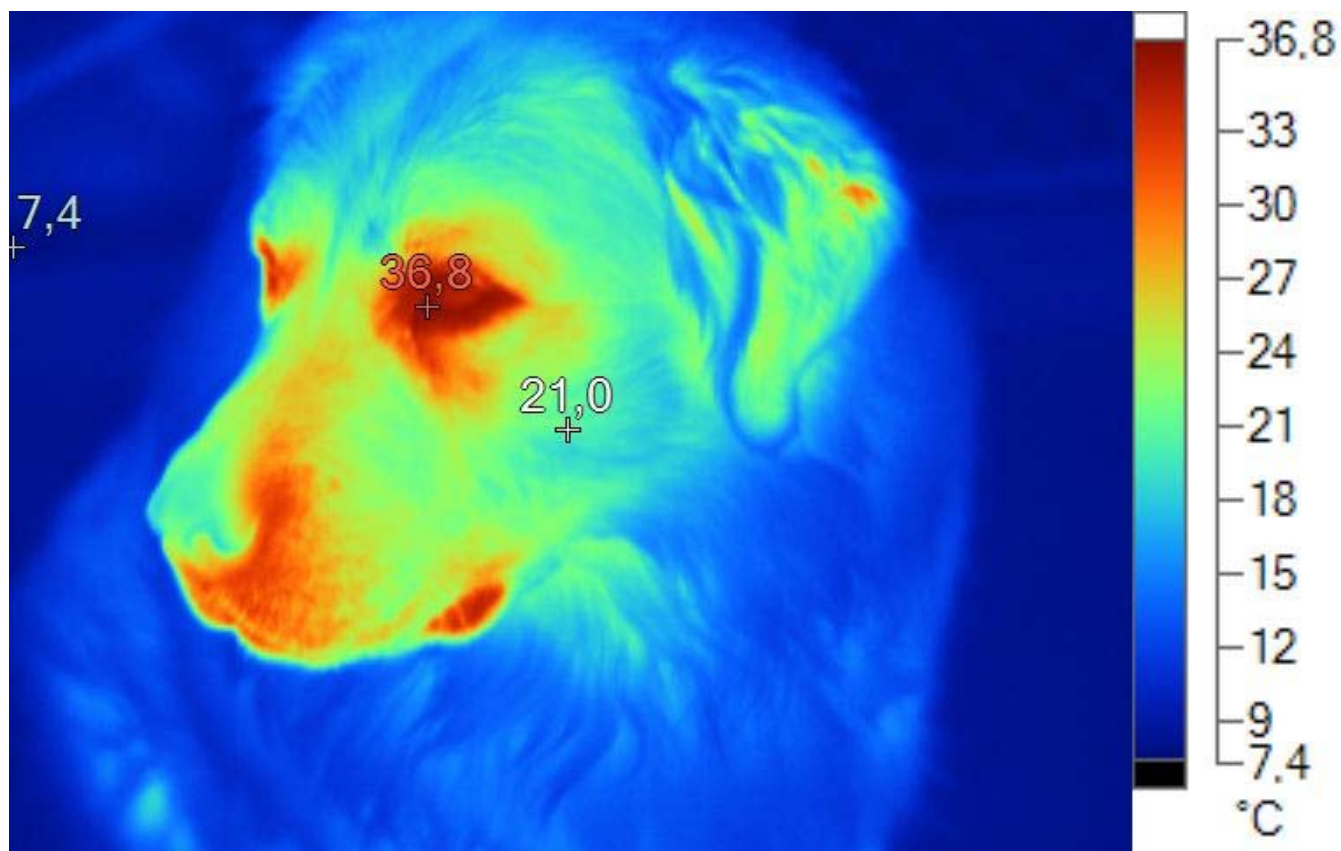








# Tepelná pohoda zvířat

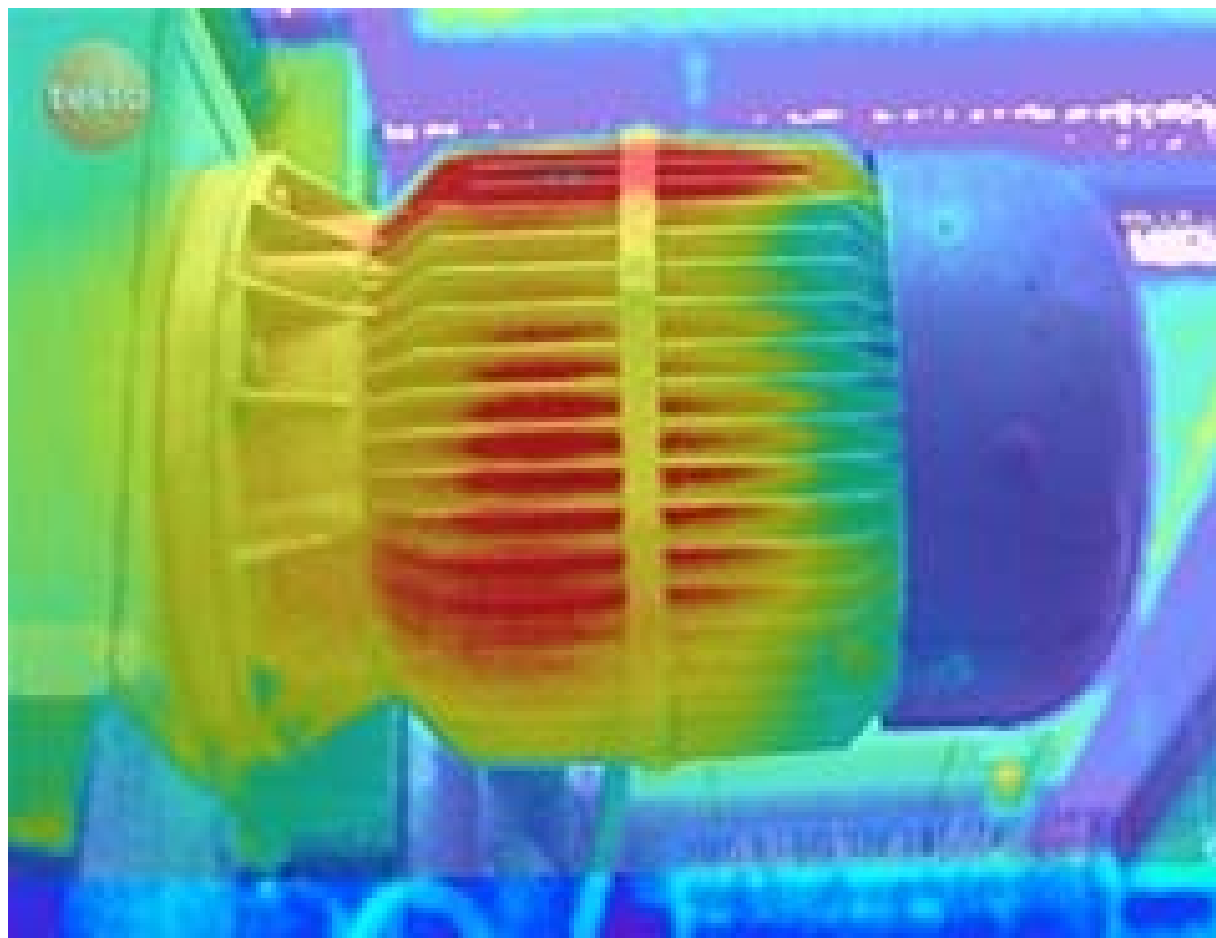




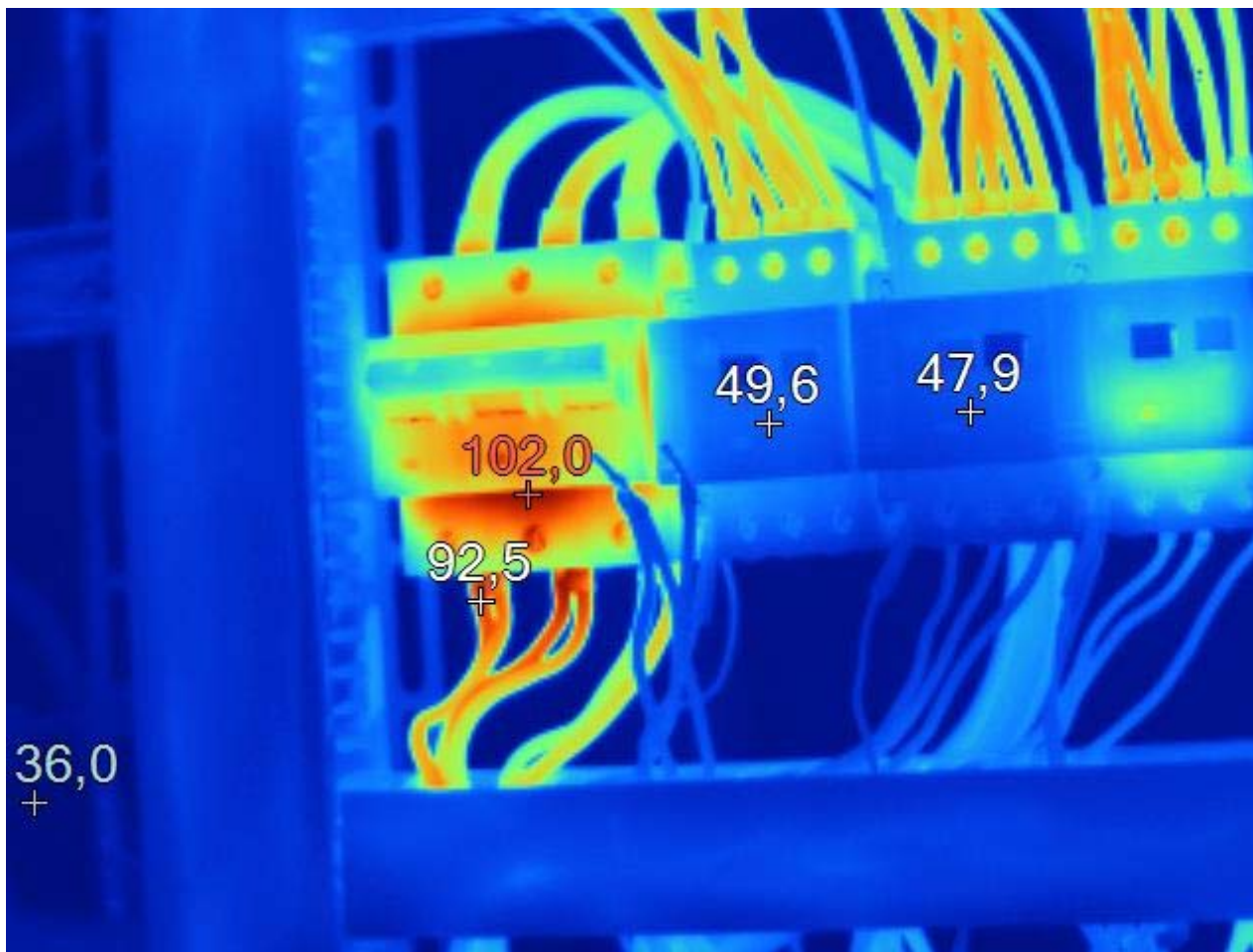
# Stavební diagnostika

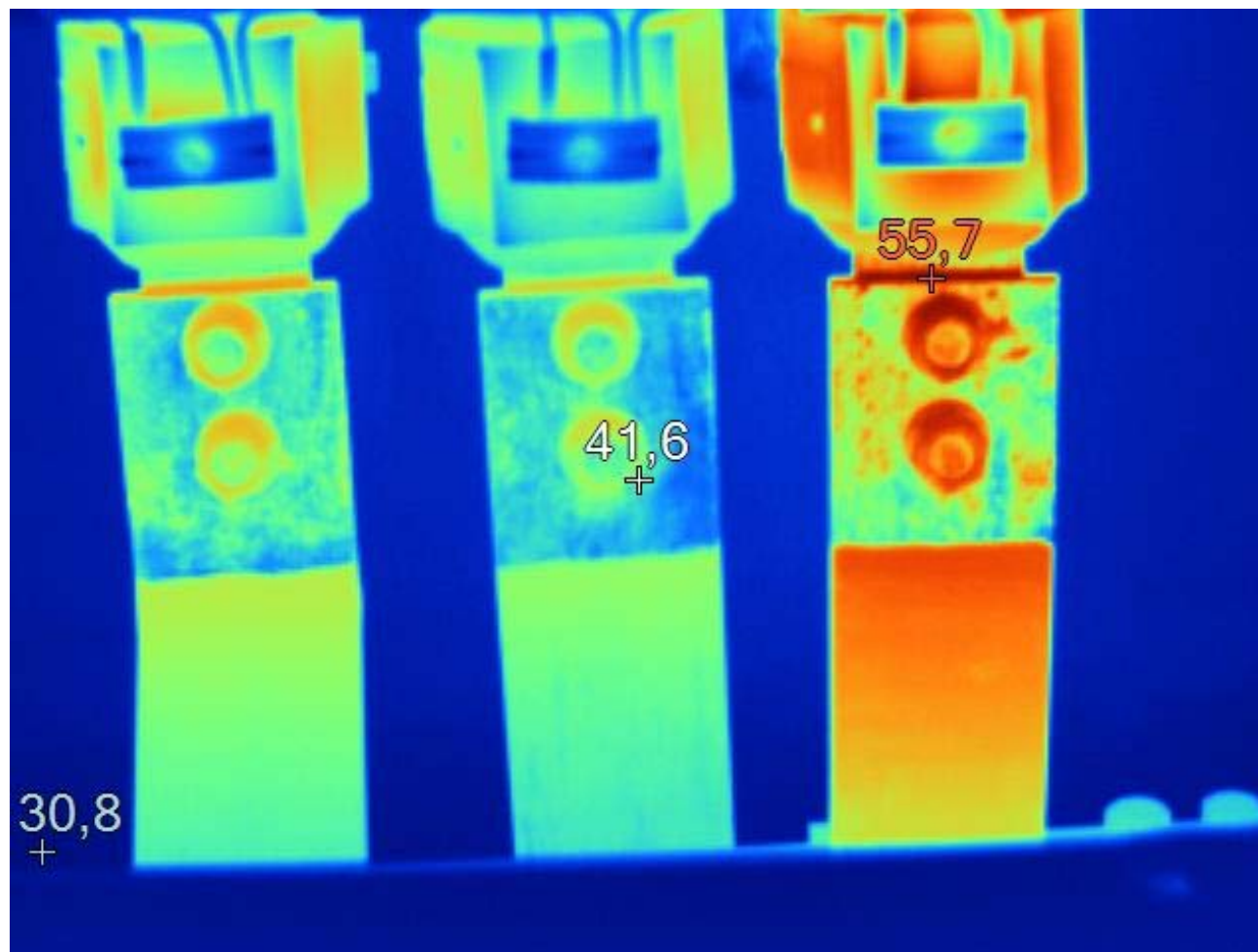


# Elektrodiagnostika

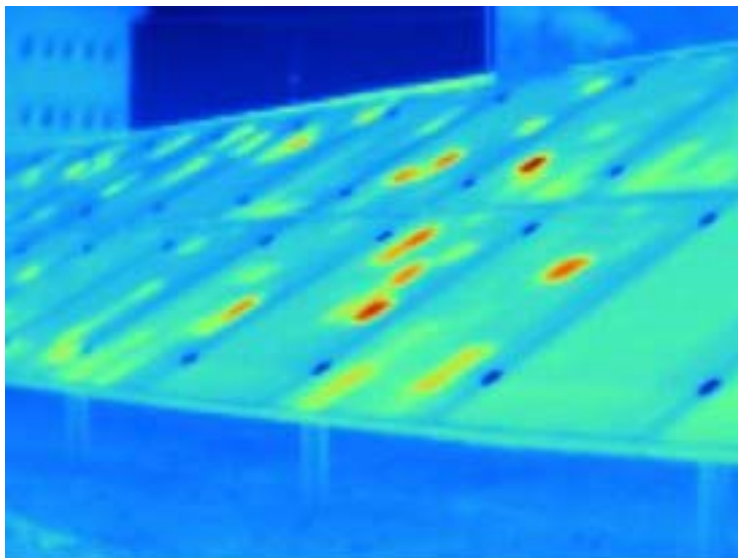








# Sluneční kolektory



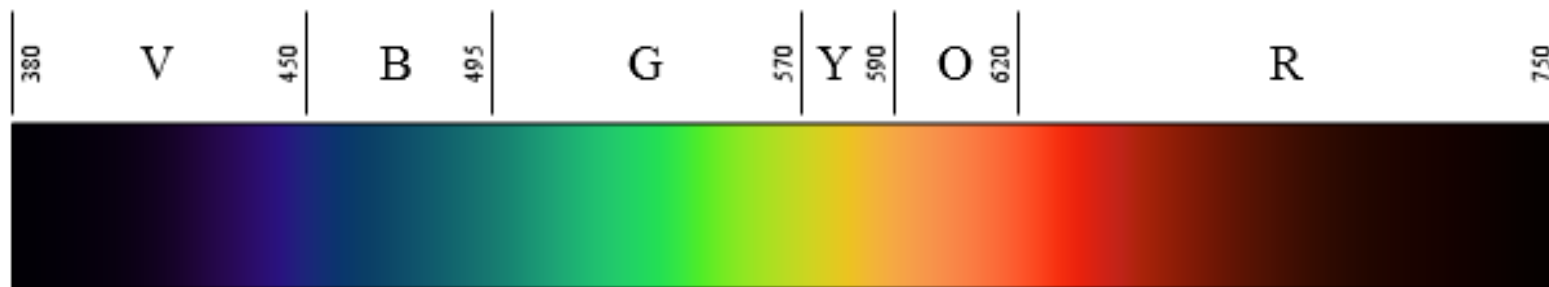
## Infračervená termografie IRT

## Infračervené záření

**Všechny formy hmoty vyzařují při teplotách vyšších než je absolutní nula tepelné záření ve viditelném i neviditelném pásmu spektra. Intenzita tohoto záření odpovídá teplotě hmoty. Příčinou tohoto záření je vnitřní mechanický pohyb molekul, jehož intenzita závisí právě na teplotě objektu. Protože pohyb molekul představuje přemísťování náboje, je vyzařováno elektromagnetické záření**

## Infračervené záření

Infračervené záření je neviditelná část elektromagnetického spektra projevující se tepelnými účinky; jedná se o záření s vlnovou délkou v intervalu přibližně  $0,75 \mu\text{m}$  až  $1 \text{ mm}$  – tedy nad viditelnou částí. Viditelné záření, odpovídající spektrální citlivosti lidského oka, leží v rozsahu vlnových délek cca.  $0,38$  až  $0,75 \mu\text{m}$



# Emisivita

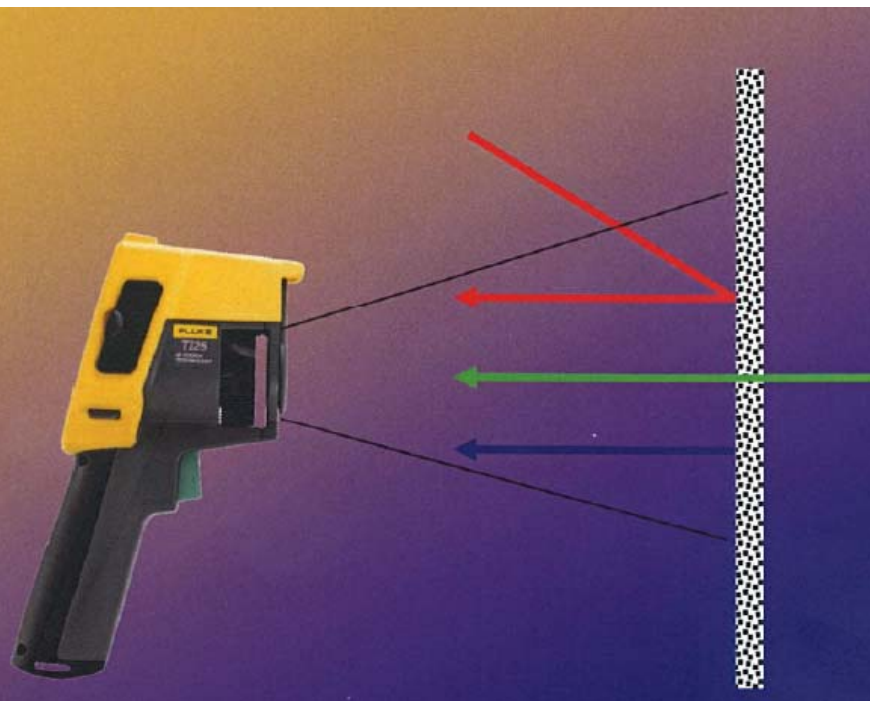
**Emisivita je mírou schopnosti daného předmětu vyzařovat infračervenou energii, která nese informaci o jeho teplotě. Emisivita může nabývat hodnot od 0 (lesklé zrcadlo) do 1,0 (černé těleso).**

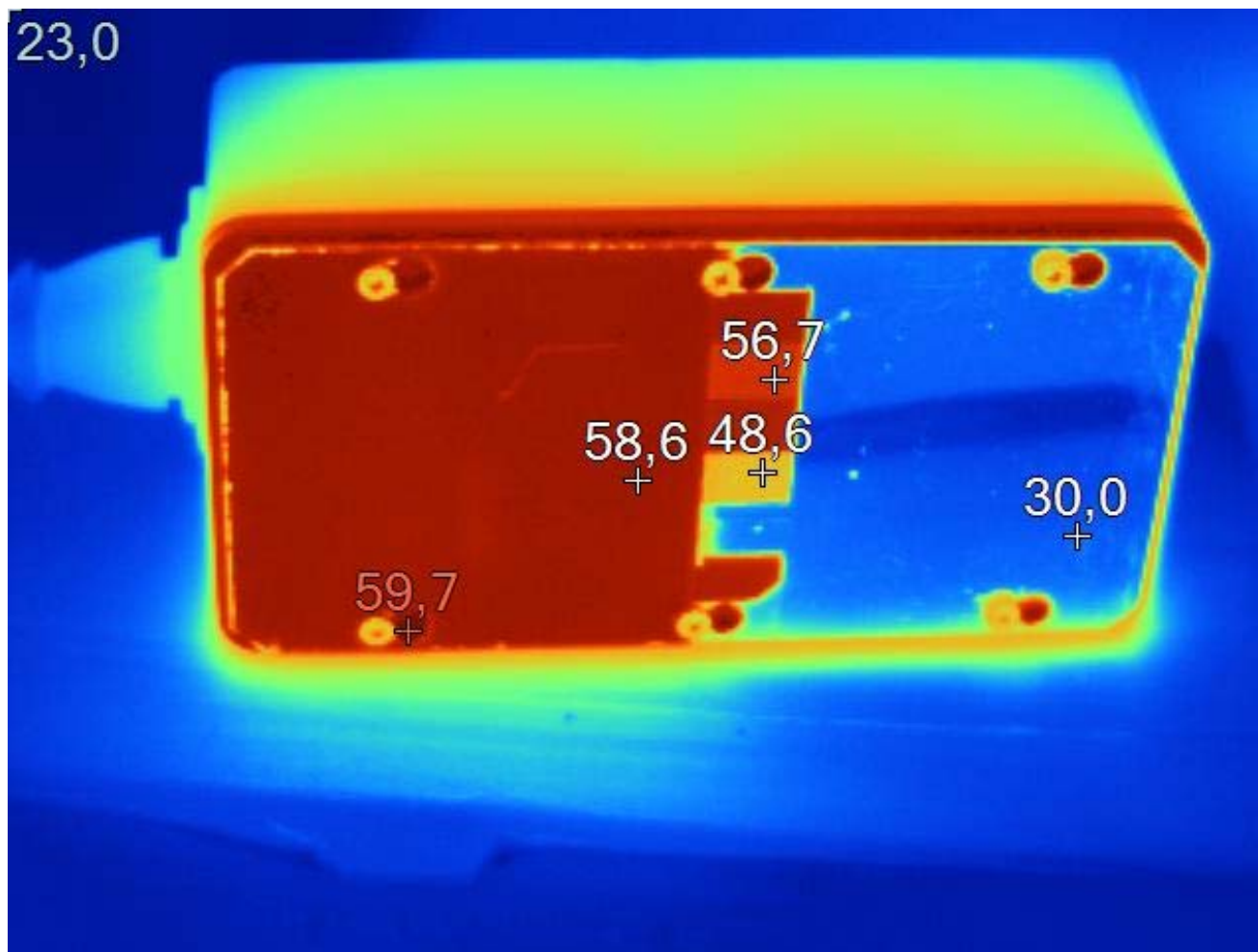
**Vztah mezi skutečnou vyzařovanou energií a energií vyzařovanou černým tělesem stejné teploty je znám jako emisivita  $\varepsilon$  a může mít maximální hodnotu 1 (těleso v tom případě odpovídá ideálnímu černému tělesu). Tělesa s emisivitou menší než 1 se nazývají šedá tělesa.**



- emitted radiation  $\varepsilon$
- reflected radiation  $\rho$
- transmitted radiation  $\tau$

$$1 = \varepsilon + \rho + \tau$$





Hodnoty emisivity běžných materiálů			
<i>Materiál</i>	<i>Emisivita*</i>		
Hliník, leštěný	0,05	Uhelný prach	0,96
Hliník, hrubý povrch	0,07	Chrom, leštěný	0,1
Hliník, silně zoxidovaný	0,25	Jíl, vypálený	0,91
Asbestová deska	0,96	Beton	0,54
Asbestová tkanina	0,78	Měď, leštěná	0,01
Asbestový papír	0,94	Měď, komerčně vyleštěná	0,07
Asbestový plát	0,96	Měď, zoxidovaná	0,65
Mosaz, matná, zašlá	0,22	Měď, černě zoxidovaná	0,88
Mosaz, leštěná	0,03	Elektrotechnická páska, černá plastová	0,95
Cihla, běžná	0,85	Glazura **	0,9
Cihla, glazovaná, hrubá	0,85	Umakart	0,93
Cihla, žárovzdorná, hrubá	0,94	Zmrzlá zemina	0,93
Bronz, porézni, hrubý	0,55	Sklo	0,92
Bronz, leštěný	0,1	Sklo, matné	0,96
Uhlík, čištěný	0,8	Zlato, leštěné	0,02
Litina, hrubý odlitek	0,81	Led	0,97
Litina, leštěná	0,21	Železo, za tepla válcované	0,77
		Železo, zoxidované	0,74
		Železo, galvanizovaná tabule, leštěná	0,23

**Př.: materiál s emisivitou  $\varepsilon = 0,95$**

**Orientační výpočet ve  $^{\circ}\text{C}$ :**

**Odražená zdánlivá teplota  $T_{\text{odr}}=10^{\circ}\text{C}$  (283,15 K)**

**Teplota měřeného objektu  $T_{\text{obj}}=50^{\circ}\text{C}$  (323,15 K)**

**Zdánlivá teplota objektu :  $0,5 + 47,5 = 48^{\circ}\text{C}$**

**Přesný výpočet v K:**

**$14,1575\text{ K} + 306,9925\text{ K} = 320,65\text{ K} = 47,5^{\circ}\text{C}$**

**Př.: materiál s emisivitou  $\varepsilon = 0,5$**

**Odražená zdánlivá teplota  $T_{\text{odr}}=10^{\circ}\text{C}$**

**Teplota měřeného objektu  $T_{\text{obj}}=50^{\circ}\text{C}$**

**Zdánlivá teplota objektu :  $5 + 25 = 30^{\circ}\text{C}$**

# Chyby měření

**Zaostření IR termokamery**

**Zdánlivá odražená teplota**

**Emisivita**

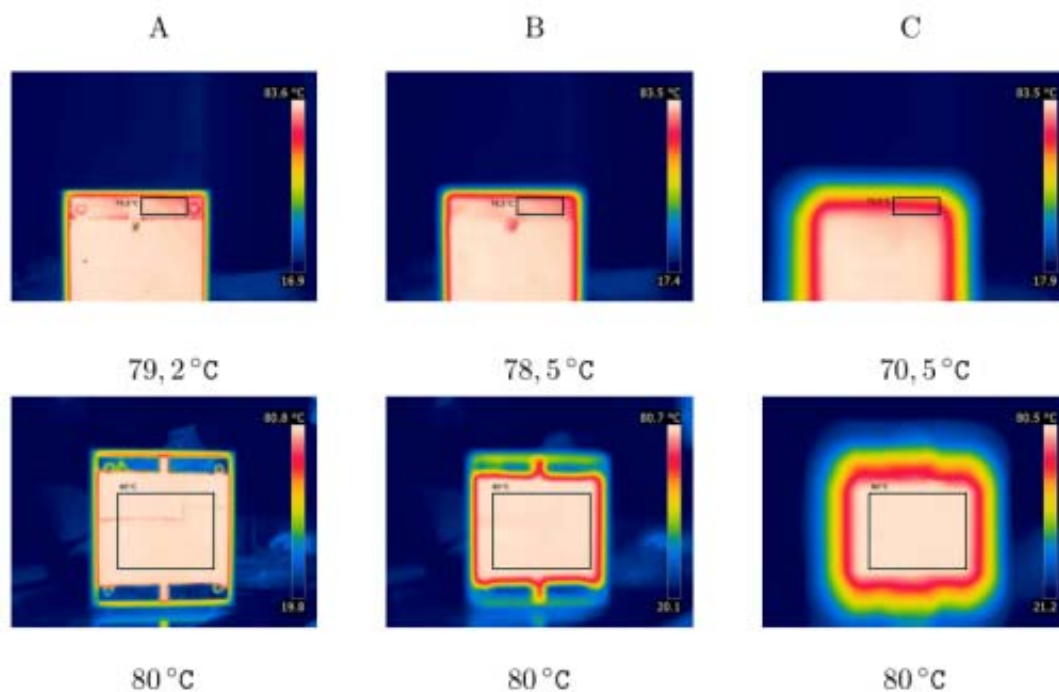
**Vlastní vyzařování a útlum atmosféry**

**Chyby interpretace**

**Nevhodná volba měřicí techniky**

**Nevhodné podmínky měření**

## Vliv zaostření

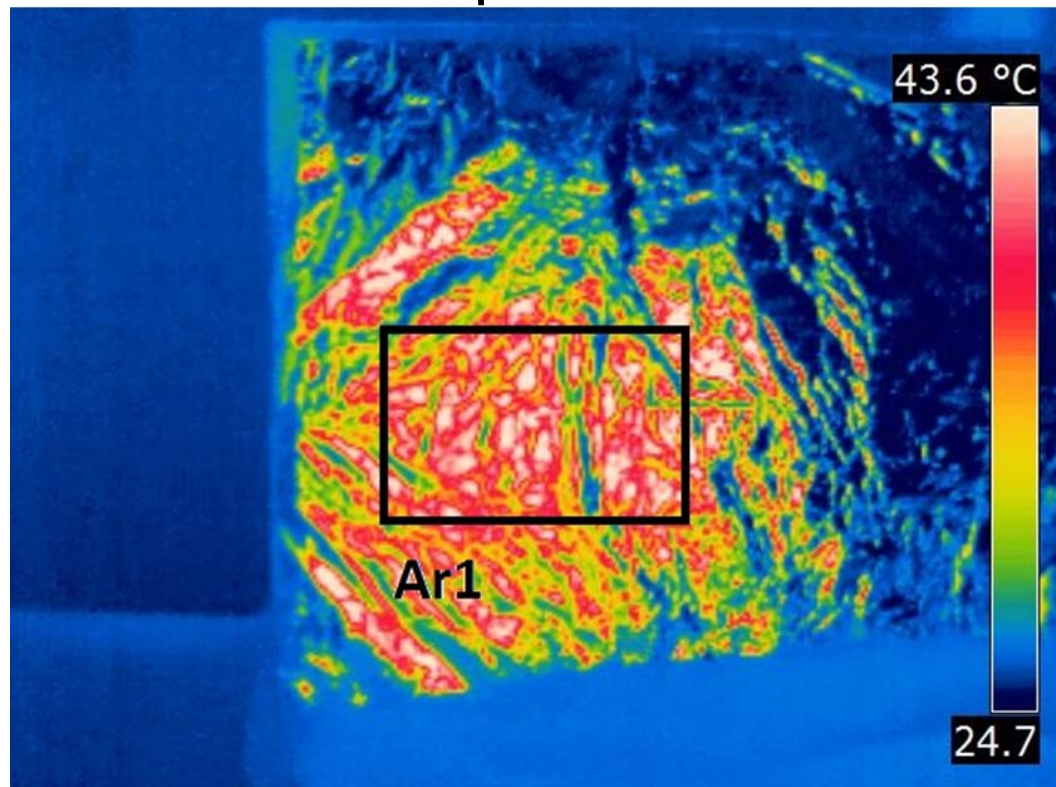


Porovnání různě zaostřených termogramů A jsou zaostřené obrazy, B zaostřeno před objekt, C zaostřeno za objekt.



## Odražená zdánlivá teplota

*Odražená zdánlivá teplota (reflected apparent temperature)* – zdánlivá teplota jiných objektů, která se odráží od povrchu měřeného objektu do termografické kamery.





## Měření odražené zdánlivé teploty-Metoda odrazu

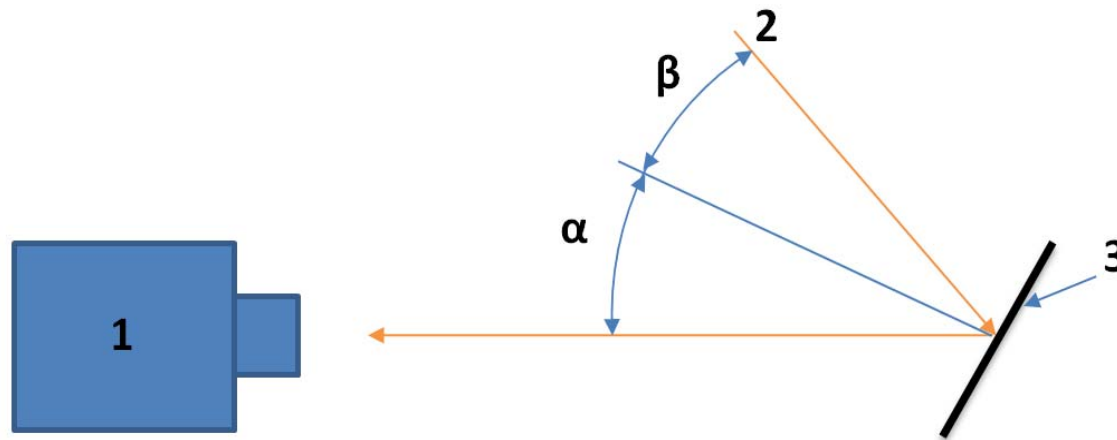


Metoda odrazu, 1 – termokamera, 2 – zdroj tepla, který objekt odráží do kamery, 3 – reflektor rovnoběžný s měřeným objektem, 4 – měřený objekt

## Zjednodušený postup čerpající z ČSN ISO 18434:

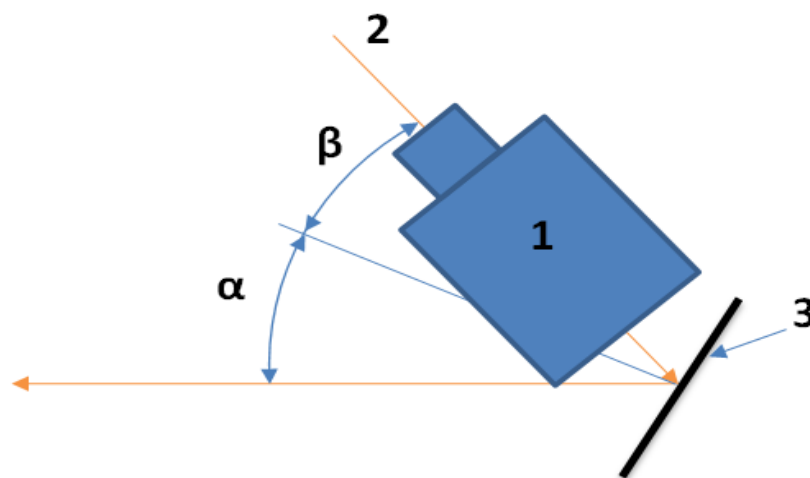
- a) Na termokameře se nastaví emisivita na hodnotu 1 a vzdálenost na 0.
- b) Termokamera se umístí do požadovaného místa a vzdálenosti od objektu, který se má měřit. Termokamera se zaměří na měřený objekt.
- c) Reflektor se umístí do požadovaného místa a vzdálenosti od objektu, který má být měřen.
- d) Bez změny pozice se termokamerou změří odražená zdánlivá teplota reflektoru. Tato zjištěná teplota je v podstatě tou hledanou od objektu se odrážející zdánlivou teplotou.
- e) Odražená zdánlivá teplota se kompenzuje vložení hodnoty odražené zdánlivé teploty do vnitřního software termokamery.

## Přímá metoda



Přímá metoda, 1 – termokamera, 2 – zdroj tepla, který objekt odráží do kamery, 3 – měřený objekt,  $\alpha$  úhel odrazu,  $\beta$  úhel dopadu  $\alpha = \beta$

## Přímá metoda



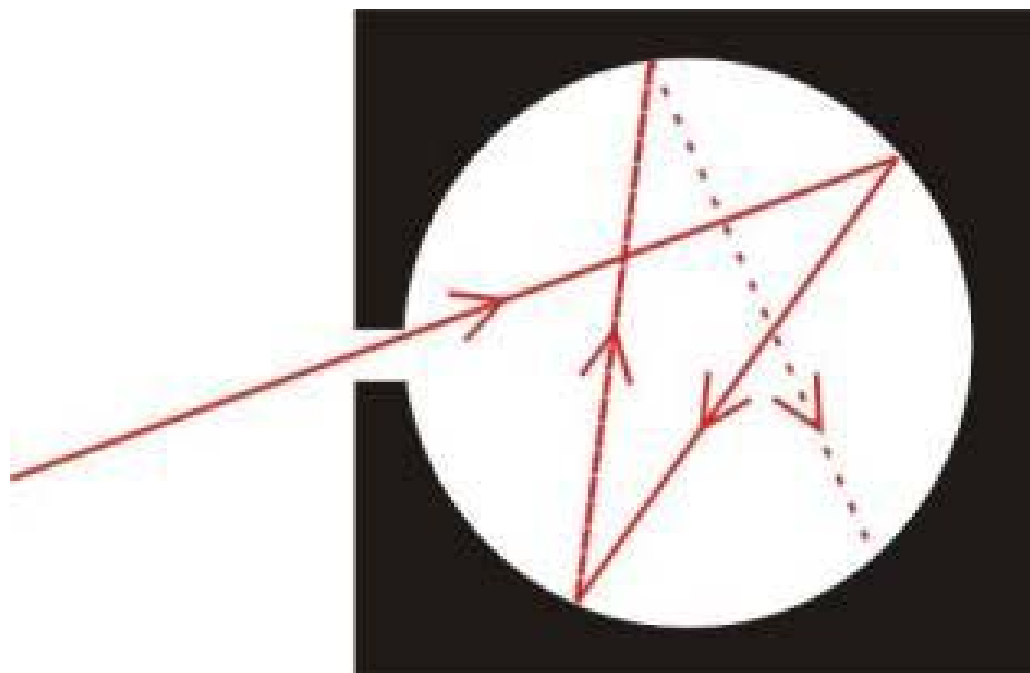
Přímá metoda, 1 – termokamera, 2 – zdroj tepla, který objekt odráží do kamery,  
3 – měřený objekt,  $\alpha$  úhel odrazu,  $\beta$  úhel dopadu  $\alpha = \beta$

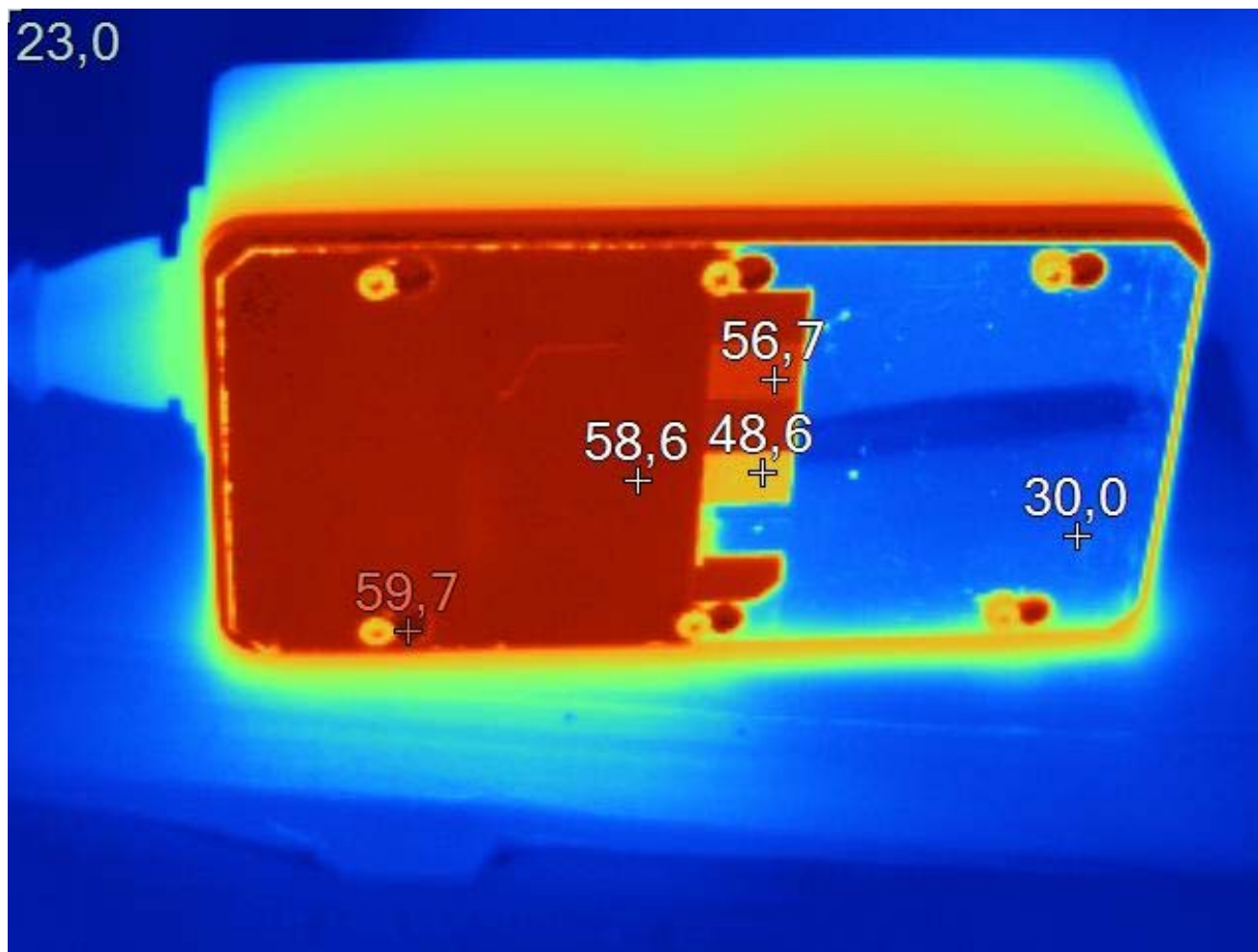
## Emisivita

**Emisivita je mírou schopnosti daného předmětu vyzařovat infračervenou energii, která nese informaci o jeho teplotě. Emisivita může nabývat hodnot od 0 (lesklé zrcadlo) do 1,0 (černé těleso).**

**Vztah mezi skutečnou vyzařovanou energií a energií vyzařovanou černým tělesem stejné teploty je znám jako emisivita  $\varepsilon$  a může mít maximální hodnotu 1 (těleso v tom případě odpovídá ideálnímu černému tělesu). Tělesa s emisivitou menší než 1 se nazývají šedá tělesa.**

**Absolutně černé těleso, černé těleso a nebo černý zářič je ideální těleso, které pohlcuje veškeré záření všech vlnových délek, dopadající na jeho povrch. Absolutně černé těleso je současně ideální zářič, ze všech možných těles o stejné teplotě vysílá největší možné množství zářivé energie.**







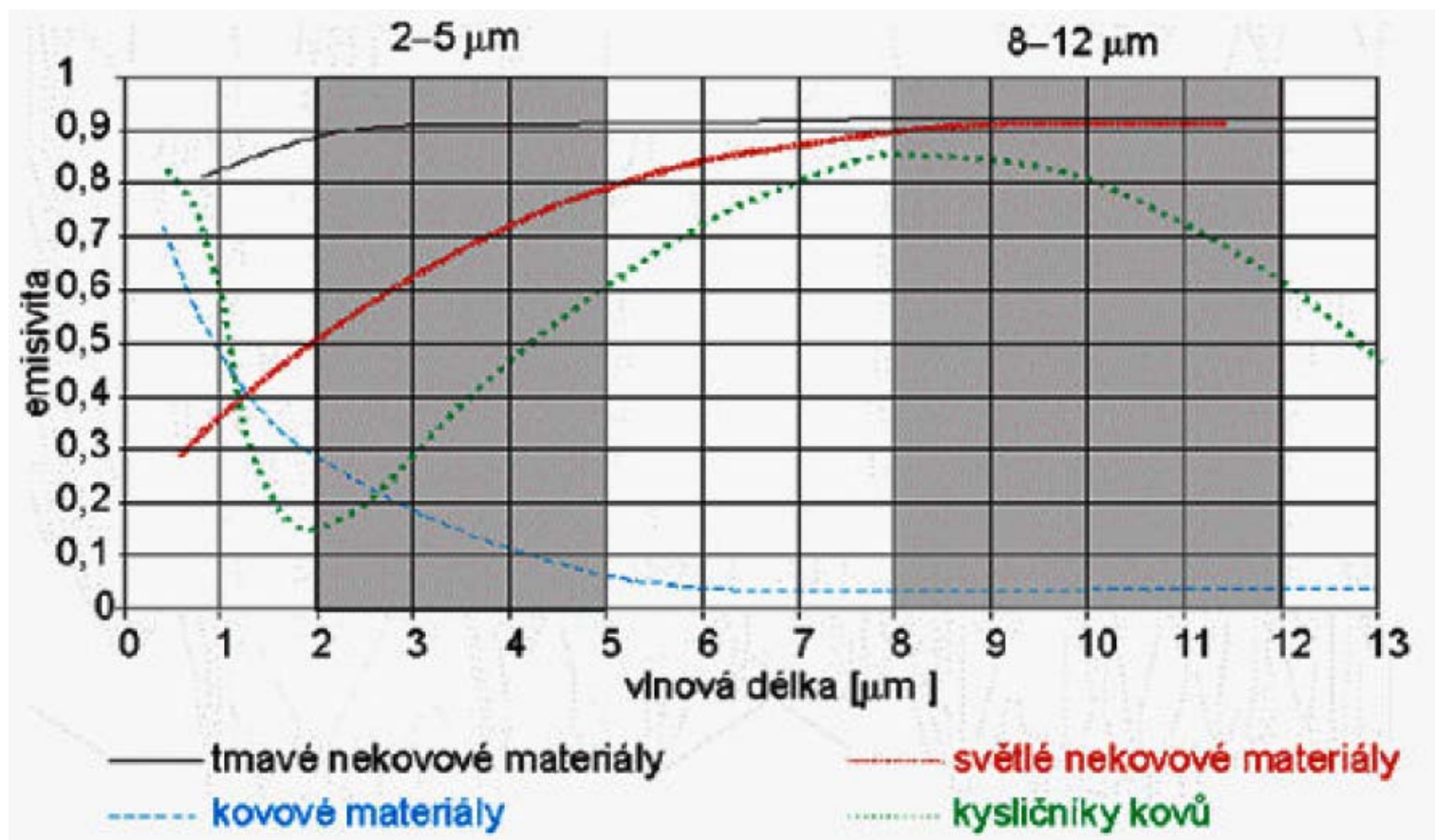
Hodnoty emisivity běžných materiálů	
Materiál	Emisivita*
Hliník, leštěný	0,05
Hliník, hrubý povrch	0,07
Hliník, silně zoxidovaný	0,25
Asbestová deska	0,96
Asbestová tkanina	0,78
Asbestový papír	0,94
Asbestový plát	0,96
Mosaz, matná, zašlá	0,22
Mosaz, leštěná	0,03
Cihla, běžná	0,85
Cihla, glazovaná, hrubá	0,85
Cihla, žárovzdorná, hrubá	0,94
Bronz, porézni, hrubý	0,55
Bronz, leštěný	0,1
Uhlík, čištěný	0,8
Litina, hrubý odlitek	0,81
Litina, leštěná	0,21

Uhelný prach	0,96
Chrom, leštěný	0,1
Jíl, vypálený	0,91
Beton	0,54
Měď, leštěná	0,01
Měď, komerčně vyleštěná	0,07
Měď, zoxidovaná	0,65
Měď, černě zoxidovaná	0,88
Elektrotechnická páska, černá plastová	0,95
Glazura **	0,9
Umakart	0,93
Zmrzlá zemina	0,93
Sklo	0,92
Sklo, matné	0,96
Zlato, leštěné	0,02
Led	0,97
Železo, za tepla válcované	0,77
Železo, zoxidované	0,74
Železo, galvanizovaná tabule, leštěná	0,23

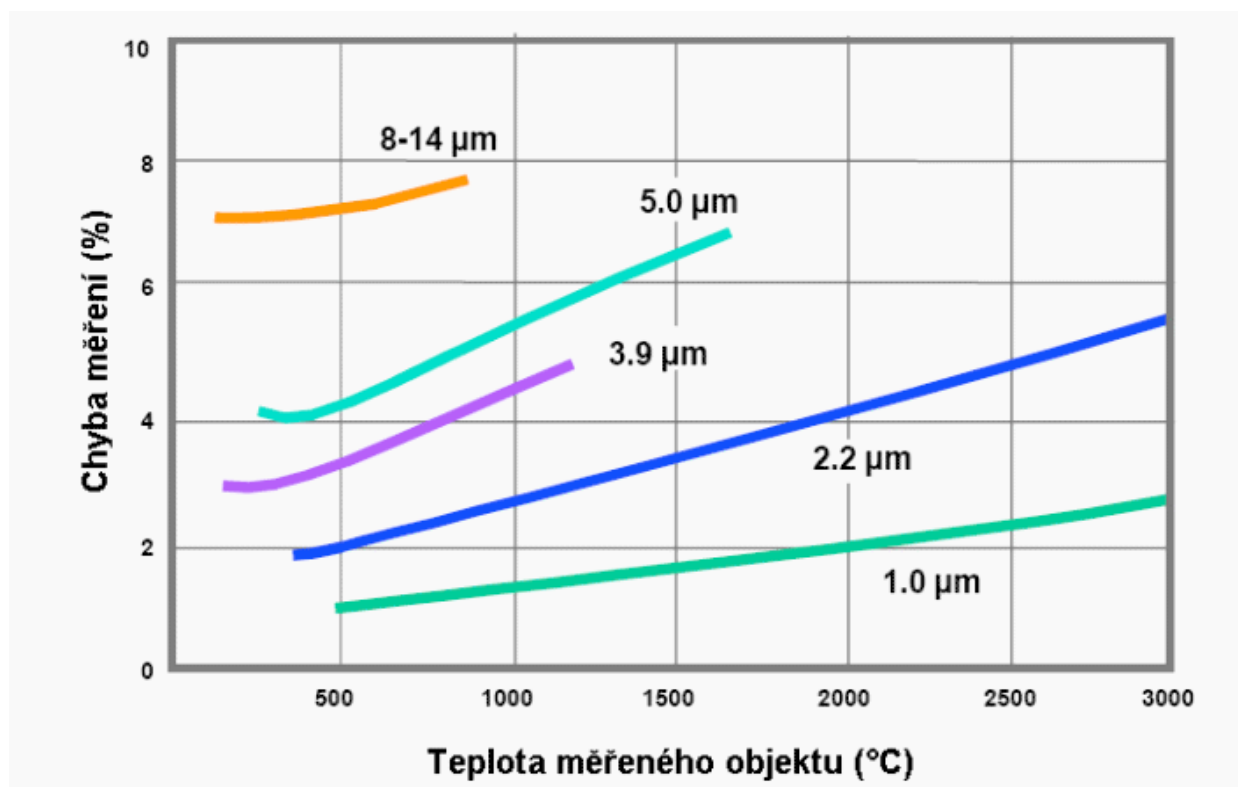
Materiál	emisivita
azbestová deska	0,96
beton neopracovaný	0,97
cihla, červená normální	0,93
cihla, šamot	0,85
omítnutá zeď	0,95
dřevo	0,98
hliníková fólie, nezoxidovaná	0,04
chrom, leštěný	0,10
měď, leštěná	0,02
měď, oxidovaná	0,60

U každé tabulky emisivit musí být určeno, pro jakou vlnovou délku (či rozsah vlnových délek) a teplotu (či rozsah teplot) je stanovena. Bez tohoto údaje tabulku nelze použít!!!

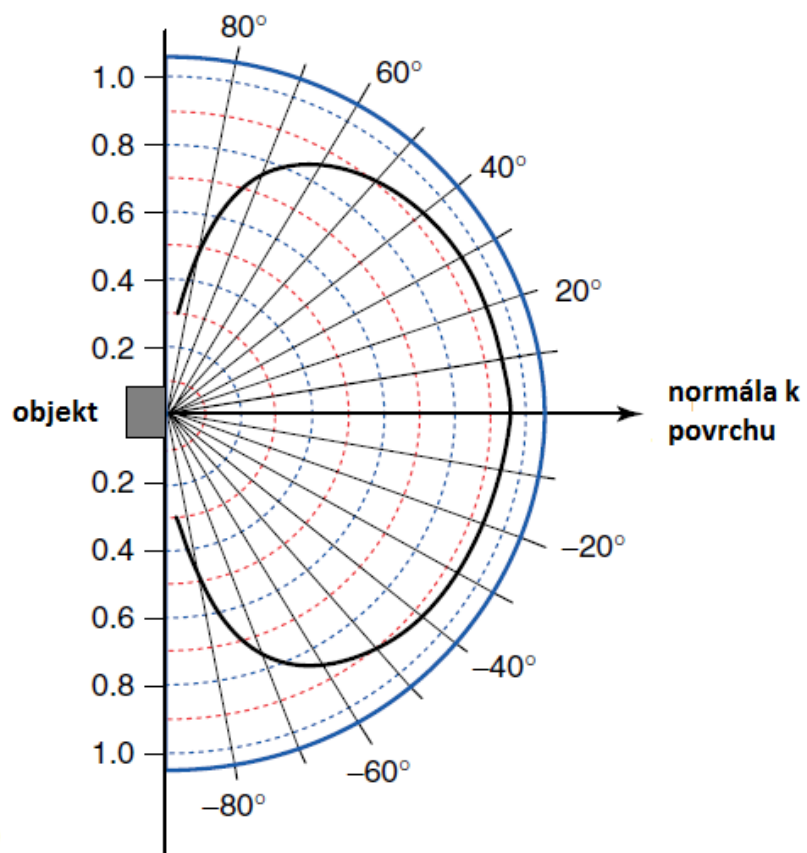
## Závislost emisivity na vlnové délce



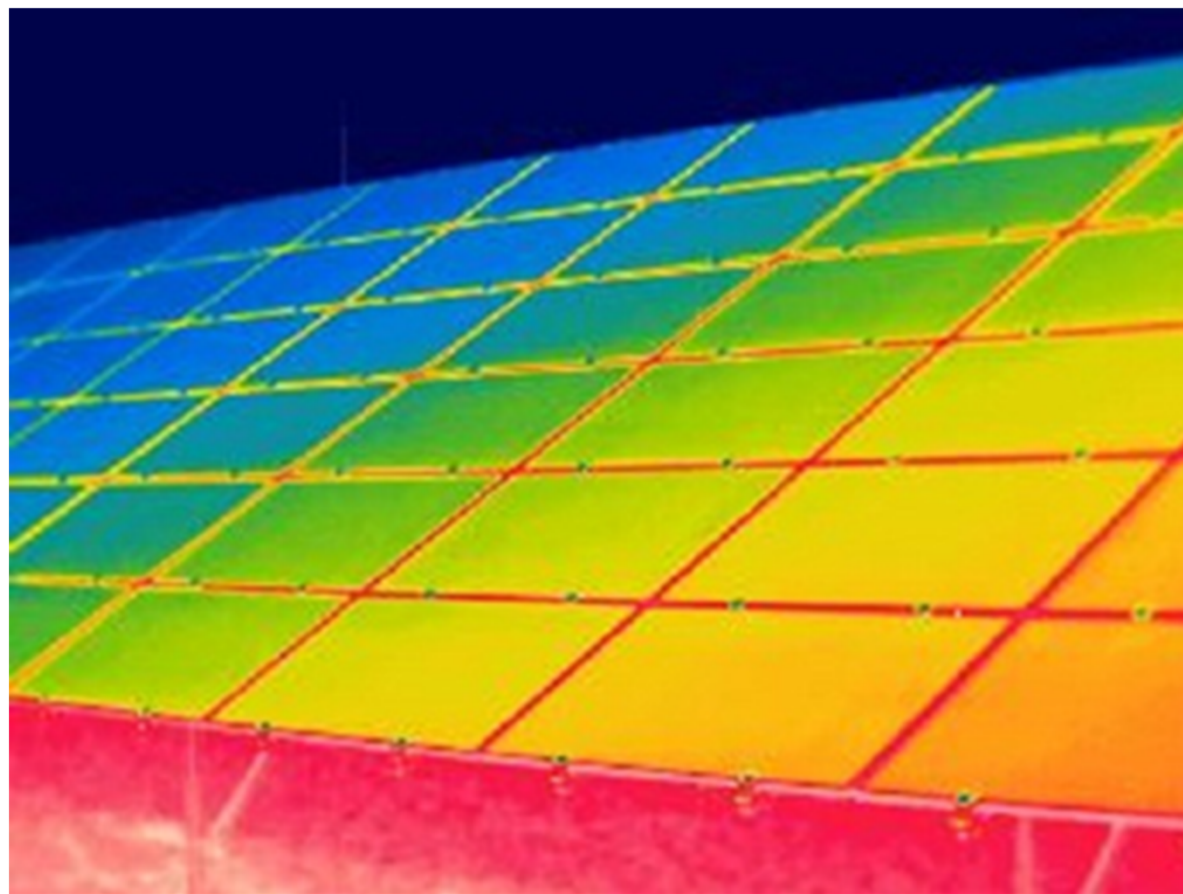
## Emisivita kovů v závislosti na vlnové délce a teplotě.



# Změna emisivity s úhlem snímání



## Vliv úhlu snímání



# Možnosti eliminace vlivu nízké emisivity



# Vliv atmosféry

Emissivity	
Object Distance	m
Reflected Temperature	°C
Atmospheric Temperature	22.0 °C
Atmospheric transmission	
Relative Humidity	%

d (m)	$\tau$	RV = 40 %	d (m)	t	RV = 80 %
0,4	1,00		0,4	1,00	
1,0	0,99		1,0	0,99	
2,5	0,99		2,5	0,99	
5,0	0,99		5,0	0,98	
7,5	0,98		7,5	0,98	
10	0,98		10	0,97	
12,5	0,98		12,5	0,97	
15,0	0,98		15,0	0,97	
20	0,97		20	0,96	
25	0,97		25	0,96	
30	0,97		30	0,96	
40	0,96		40	0,95	
50	0,96		50	0,94	
75	0,95		75	0,93	
100	0,94		100	0,91	

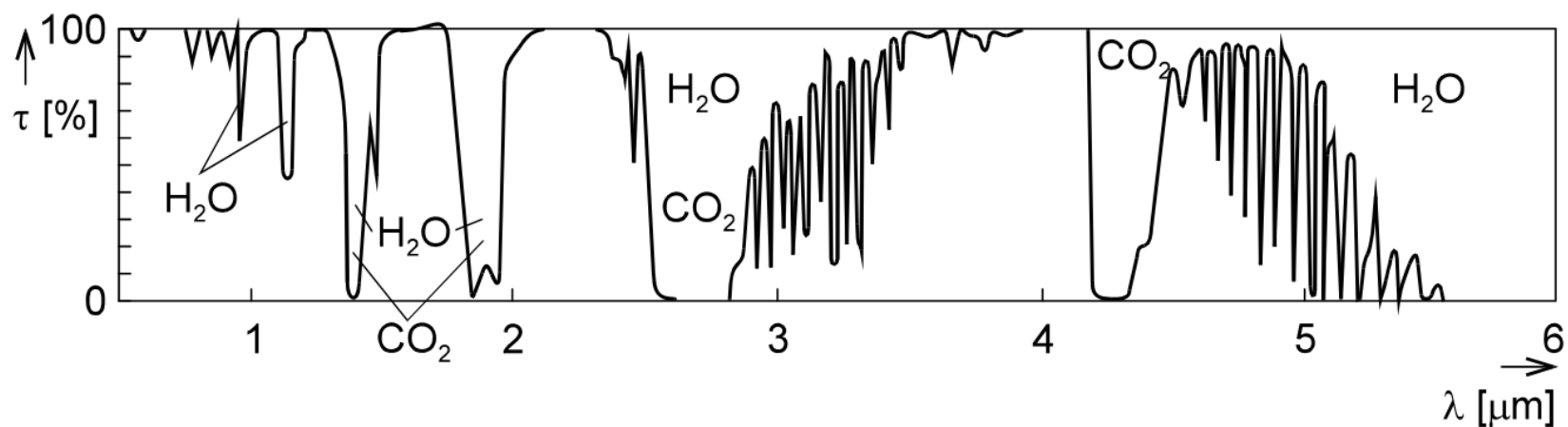


# Vliv atmosféry

Emissivity	
Object Distance	m
Reflected Temperature	°C
Atmospheric Temperature	5 °C
Atmospheric transmission	
Relative Humidity	%

d (m)	t	RV = 40 %	d (m)	t	RV = 80 %
0,4	1,00		0,4	1,00	
1,0	1,00		1,0	0,99	
2,5	0,99		2,5	0,99	
5,0	0,99		5,0	0,99	
7,5	0,99		7,5	0,99	
10	0,99		10	0,98	
12,5	0,99		12,5	0,98	
15,0	0,99		15,0	0,98	
20	0,98		20	0,98	
25	0,98		25	0,97	
30	0,98		30	0,97	
40	0,98		40	0,97	
50	0,97		50	0,96	
75	0,97		75	0,96	
100	0,96		100	0,95	

## Propustnost atmosféry



**Blízká oblast**

**(Near Wave IR)**

**Krátkovlnná oblast**

**(Short Wave IR)**

**Střední oblast**

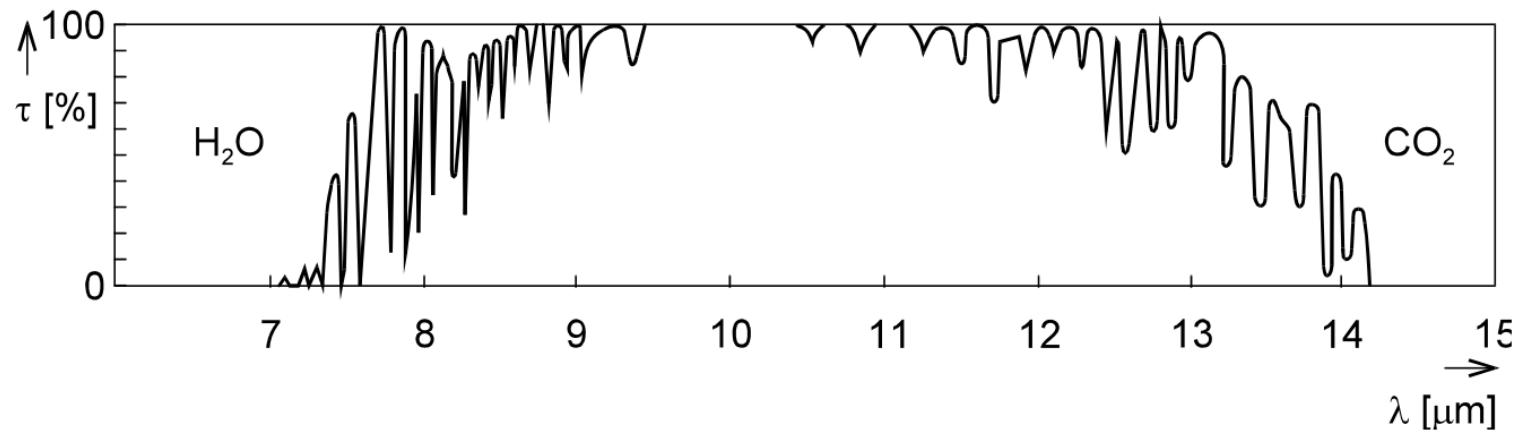
**(Middle Wave IR)**

**0,75  $\mu\text{m}$  - 2  $\mu\text{m}$  NWIR**

**2  $\mu\text{m}$  - 3  $\mu\text{m}$  SWIR**

**3  $\mu\text{m}$  - 5  $\mu\text{m}$  MWIR**

## Propustnost atmosféry



**Vzdálená oblast  
(Long Wave IR)  
Velmi vzdálená oblast  
(Very Long Wave IR)**

**5  $\mu\text{m}$  - 15  $\mu\text{m}$  LWIR**

**15  $\mu\text{m}$  - 1 mm VLWIR**

# Děkuji za pozornost

**Ing. Jan Blata, Ph.D.**

+420 605 317 606

+420 597 324 580

[jan.blata@vsb.cz](mailto:jan.blata@vsb.cz)

[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)