

Význam (správneho) merania a overovania údajov pri energetických auditoch

Ing. Ladislav Piršel, PhD.
alocons spol. s r.o.

Povinnosti energetického audítora

- Zistiť a vyhodnotiť súčasný stav predmetu energetického auditu (§2 ods. 1 písm. b Vyhl. MH SR č. 179/2015 Z.z.)
 - Rozsah zistenia a vyhodnotenia súčasného stavu predmetu energetického auditu sa vypracuje podľa prílohy č. 1 a 2 (§3 Vyhl. MH SR č. 179/2015 Z.z.)
- Vypracovať návrh opatrení na zníženie spotreby energie (§2 ods. 1 písm. c Vyhl. MH SR č. 179/2015 Z.z.)
- Vyhodnotiť vplyv navrhnutých opatrení na spotrebu energie, náklady na prevádzku a na životné prostredie
- Stanoviť ekonomickú návratnosť navrhnutých opatrení

Potrebné podklady

- Zoznam všetkých objektov a činností, v ktorých sa používa energia
- Technicko-prevádzkové parametre:
 - objektov-budov (STN EN 16247-2)
 - účel a spôsob využitia,
 - tepelno-technické vlastnosti stavebných konštrukcií,
 - technické zariadenia,
 - **tepelné straty (STN 73 0540:2012),**
 - **spotreba energie na prevádzku;**
 - technologických zariadení (STN EN 16247-3)
 - charakteristika spotrebiča,
 - prevádzková doba za rok,
 - energetický príkon,
 - druh energetického média a jeho parametre,
 - spôsob merania a riadenia,
 - **spotreba na prevádzku,**
 - **špecifická spotreba na jednotku produkcie;**

Potrebné podklady - 2

Technicko-prevádzkové parametre:

Osvetlenia

-  charakteristika a parametre osvetľovacej sústavy,
-  spôsob prevádzkovania vrátane riadenia,
-  **spotreba energie na prevádzku,**
-  **dodržanie svetelno-technických podmienok;**

Dopravných prostriedkov (STN EN 16247-4)

-  charakteristika a parametre dopravných prostriedkov,
-  spôsob používania dopravných prostriedkov,
-  spôsob dopĺňania pohonných hmôt.

Pokyny k postupom

(Príloha 1 a 2 Vyhl. MH SR č. 179/2015 Z.z.)

- “... **Údaje o množstve energie**, ktorej spotreba závisí od klimatických podmienok, **sa prepočítajú dennostupňovou metódou** (odkaz na STN 73 0550)...” (bod 4. Prílohy 1)
- “... Pre budovy **sa vypočíta potreba energie** (STN EN 12831) **a upraví sa na základe priemerných hodnôt skutočnej spotreby** energie za najviac 4 predchádzajúce kalendárne roky...” (bod 5. Prílohy 2)
- “... Spotreba energie na vykurovanie a na prípravu teplej vody **sa posúdi z hľadiska dodržiavania podmienok tepelnej pohody vo vykurovaných priestoroch**, využívania meracej a riadiacej techniky, ročnej spotreby tepla na jednotku objemu vykurovaného priestoru alebo vykurovanej plochy a spotreby teplej vody na osobu...” (bod 6. Prílohy 2)
- “... Pri spotrebe energie na ostatné procesy, napríklad vetranie, chladenie alebo osvetlenie sa hodnotí výška príkonu, časové využitie a špecifická spotreba energie...” (bod 8. Prílohy 2)

Pokyny k postupom

(STN EN 16247-2)

- “... Analýza má poskytnúť prinajmenšom:
 - pre každé technické zariadenie budov porovnanie skutočnej a primeranej úrovne služieb...,
 - porovnanie skutočnej výkonnosti technických systémov s vhodnými referenčnými systémami,
 - hodnotenie (skutočných) vlastností obálky budovy,
 - hodnotenie energetickej hospodárnosti celej budovy so zohľadnením potenciálnych vzájomných interakcií medzi technickými systémami a obálkou budovy...,”
- (čl. 5.5.1 STN EN 16247-2)

Dôsledky pokynov

- **Prepočet podľa dennostupňovej metódy**
 - teploty vnútorného vzduchu → meranie
 - teploty vonkajšieho vzduchu → údaje SHMÚ alebo záznamy z merania
- **Dodržanie svetelno-technických podmienok**
 - úroveň osvetlenosti → meranie

Dôsledky pokynov - 2

- **Posúdenie dodržiavania podmienok tepelnej pohody**
 - teplota vnútorného vzduchu → meranie
 - stredná sálavá/radiačná teplota → meranie
 - rýchlosť prúdenia vzduchu → meranie
 - vlhkosť → meranie
- **Skutočné vlastnosti obálky**
 - tepelný odpor obalových konštrukcií → meranie
 - vzduchová tesnosť, tepelné mosty → meranie
- **Overenie úrovne osvetlenosti**
 - Priemerná a minimálna osvetlenosť → meranie

Meranie teploty vnútorného vzduchu



Vykurované miestnosti → v zimnom období aspoň 7 dní (aby sa dal zachytiť priebeh v pracovných a v mimopracovných dňoch)

➤ zistia sa:

- priebehy počas dňa
- priemerná denná hodnota
- priemerná denná hodnota počas pracovného času
- priemerná denná hodnota mimo pracovného času
- veľkosť a trvanie útlmu po pracovnom čase
- veľkosť a trvanie útlmu v dňoch pracovného pokoja

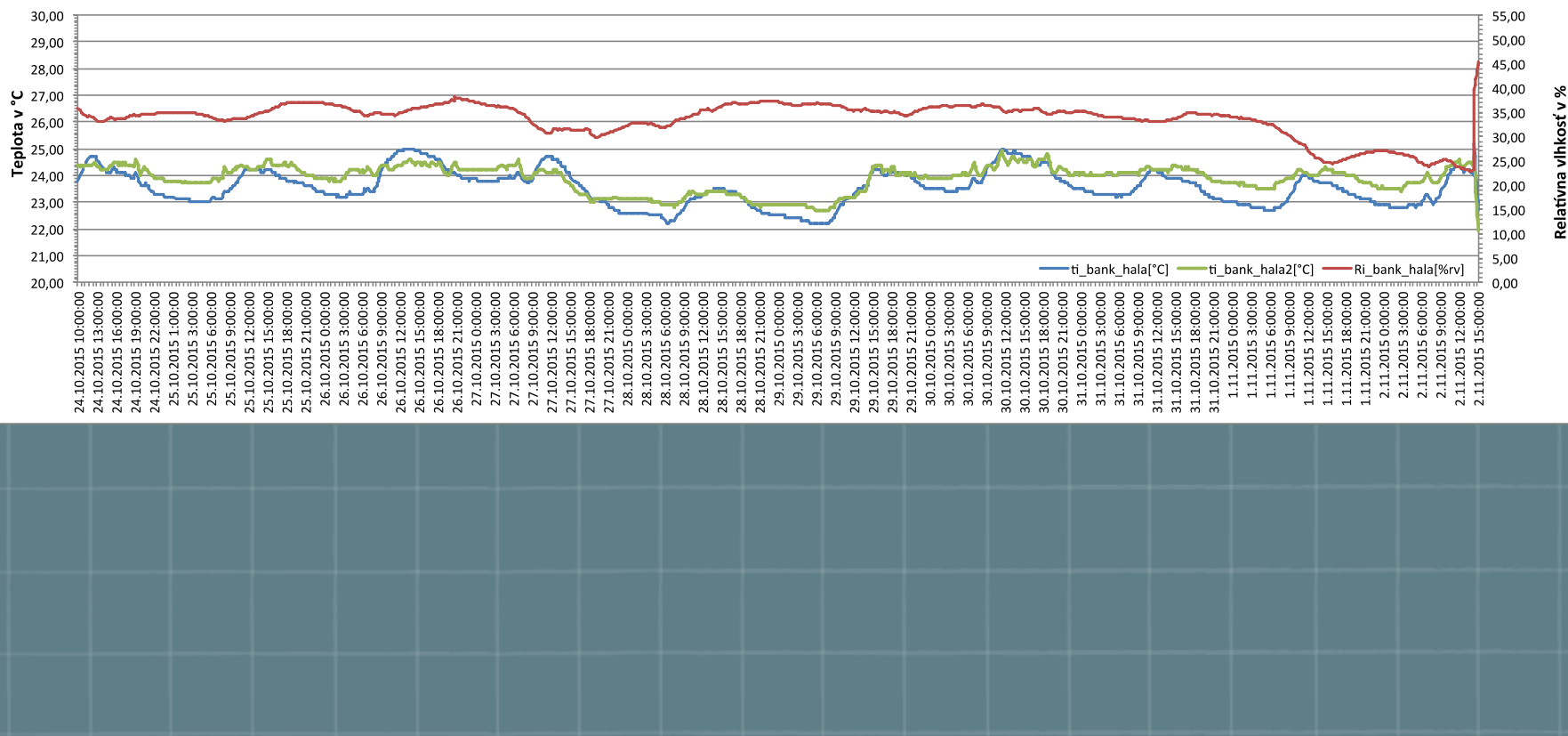
➤ význam:

- aby sa dal urobiť prepočet dennostupňovou metódou

➤ Ako? → záznamníky

Ukážka nameraných priebehov teploty

Denný priebeh teploty a relatívnej vlhkosti - banková hala



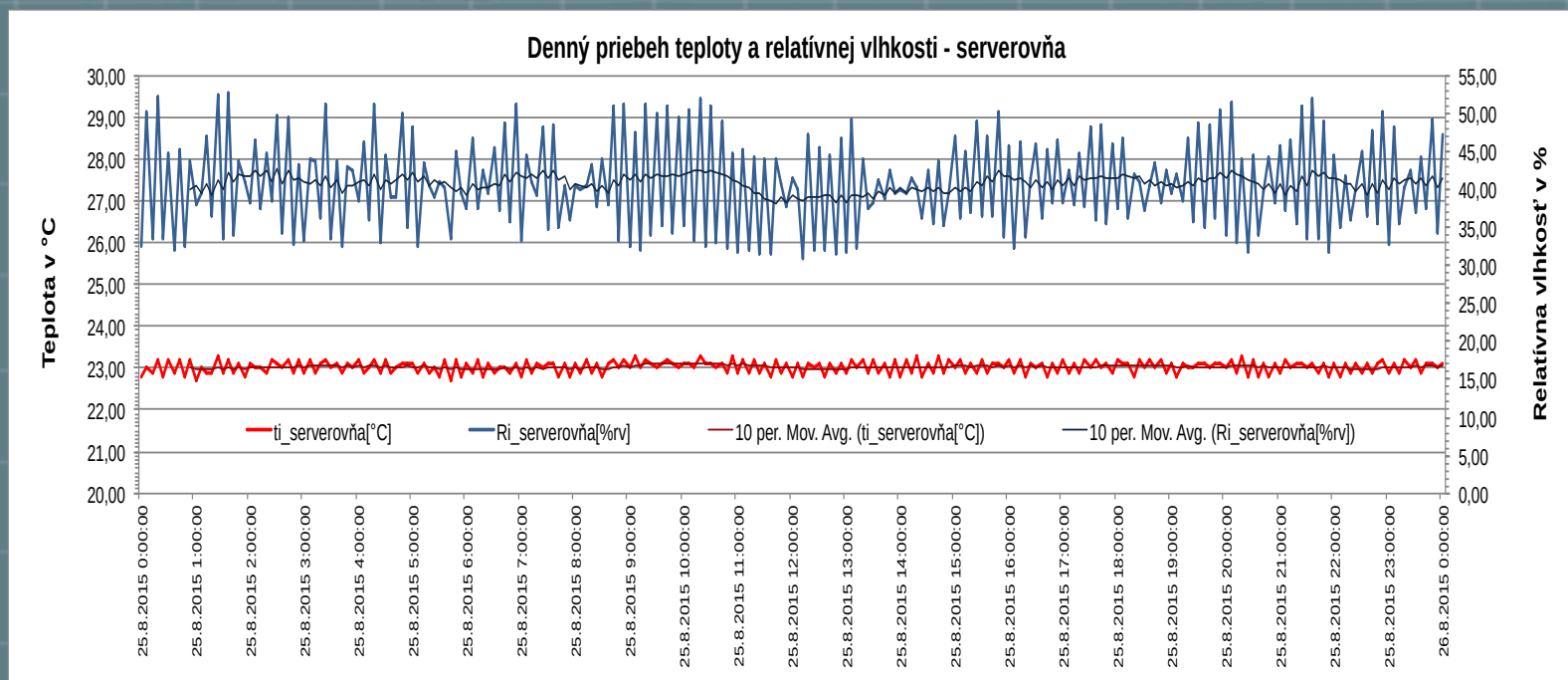
Meranie teploty vnútorného vzduchu - 2



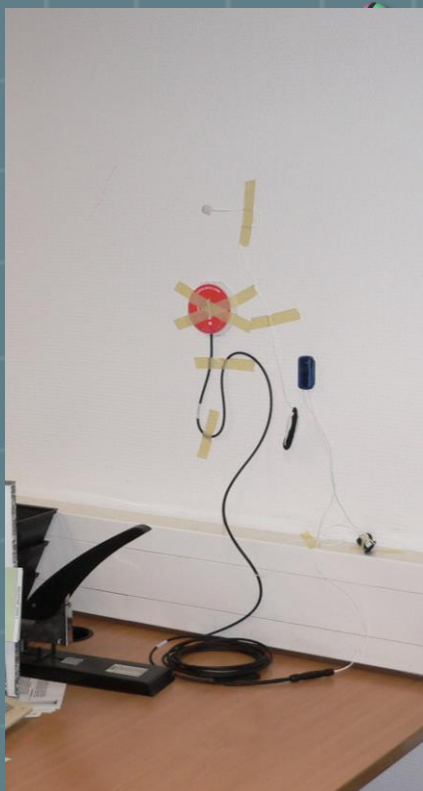
Chladené miestnosti → kedykoľvek aspoň 7 dní
(aby sa dal zachytiť priebeh v pracovných a v
mimopracovných dňoch)

- zistia sa:
 - priebehy počas dňa
 - priemerná denná hodnota
- význam:
 - aby sa dal urobiť prepočet dennostupňovou metódou
 - aby sa zistili anomálie v režime chladenia
- Ako? → záznamníky

Ukážka nameraných priebehov teploty



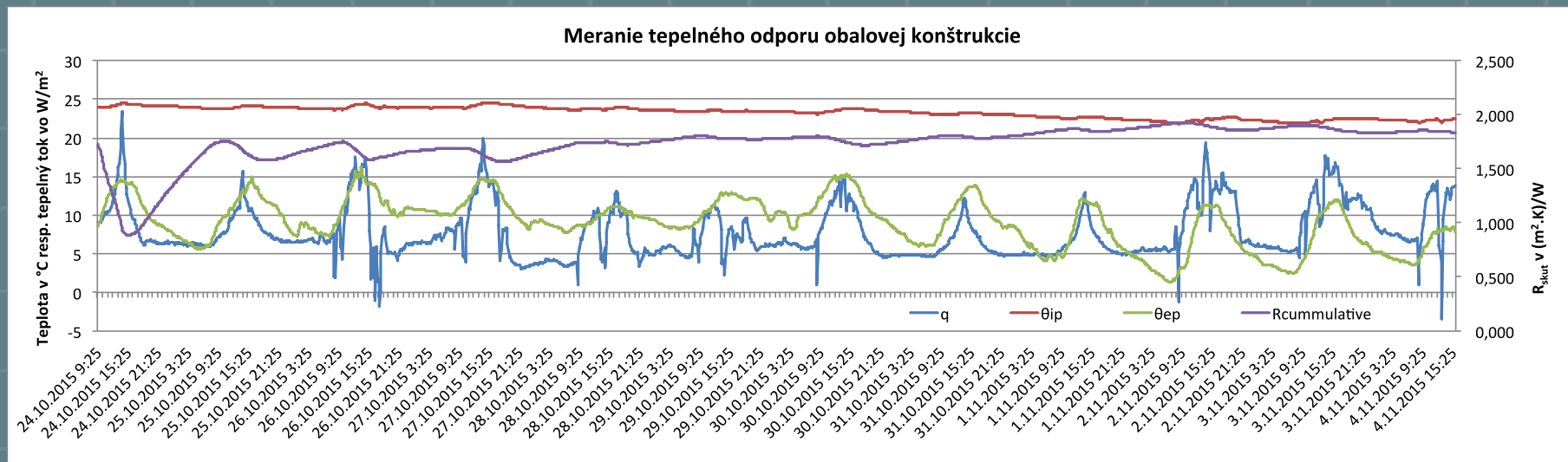
Meranie parametrov obálky budovy



Charakteristické obalové konštrukcie → meranie tepelného odporu musí prebehnúť v súlade s ISO 9869-1 (aspoň 72 h)

- Za sledované obdobie sa zistia:
 - priebehy tepelných tokov
 - priebehy povrchových teplôt resp. teplôt vzduchu (vonkajšia aj vnútorná)
- význam:
 - aby sa zistili skutočné parametre obalových konštrukcií
- Ako? → prístroj na meranie tepelných tokov/tepelného odporu/súčiniteľa U spolu so snímačmi teploty

Ukážka merania tepelného odporu



Tepelný odpor z teplotného posudku $R = 2,25 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$

Nameraný tepelný odpor v teréne $R_{skut} = 1,835 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$

Rozdiel -18,4%

$U = 0,413 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

$U_{skut} = 0,499 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Meranie parametrov obálky budovy - 2



Termografia obálky budovy

- Zistí sa rozdelenie tepelných tokov:
 - jednotlivými časťami obálky
 - Tepelné toky sú reprezentované rozdelením teplôt povrchov
- význam:
 - aby sa zistili tepelné mosty a úniky vzduchu obálkou
- Ako? ➔ termovízna kamera spolu s programom na vyhodnocovanie termovíznych snímok

Komentár k termografii



© FLIR: Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications

Rozdielna interpretácia farieb (teplôt) na termovíznom snímku ešte neznamená, že ide skutočne o rôzne povrchové teploty

Komentár k termografii

- Termovízna kamera meria tepelné toky radiáciou a interpretuje ich ako povrchové teploty

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$\rightarrow T = [q/(\varepsilon \cdot \sigma)]^{1/4}$$

- Nepresnosť v stanovení ε (emisivity povrchu) vedie k dramatickej nepresnosti v interpretácii teploty

θ_p °C	0,90 ε_1 W/m ²	0,95 ε_2 W/m ²	ε_1 θ'_p °C	ε_2 θ''_p °C	ε_1 $\theta'_p - \theta_p$ K	ε_2 $\theta''_p - \theta_p$ K
-10,00	244,7	258,3	-6,42	-13,53	3,58	-3,53
-9,00	248,5	262,3	-5,41	-12,55	3,59	-3,55
-8,00	252,2	266,3	-4,39	-11,56	3,61	-3,56
-7,00	256,1	270,3	-3,38	-10,57	3,62	-3,57
-6,00	259,9	274,4	-2,36	-9,59	3,64	-3,59
-5,00	263,9	278,5	-1,35	-8,60	3,65	-3,60
-4,00	267,8	282,7	-0,34	-7,61	3,66	-3,61
-3,00	271,8	286,9	0,68	-6,63	3,68	-3,63
-2,00	275,9	291,2	1,69	-5,64	3,69	-3,64
-1,00	280,0	295,5	2,70	-4,65	3,70	-3,65
0,00	284,1	299,9	3,72	-3,67	3,72	-3,67
1,00	288,3	304,3	4,73	-2,68	3,73	-3,68
2,00	292,5	308,8	5,74	-1,69	3,74	-3,69
3,00	296,8	313,3	6,76	-0,71	3,76	-3,71
4,00	301,1	317,8	7,77	0,28	3,77	-3,72
5,00	305,5	322,4	8,79	1,27	3,79	-3,73
6,00	309,9	327,1	9,80	2,25	3,80	-3,75
7,00	314,4	331,8	10,81	3,24	3,81	-3,76
8,00	318,9	336,6	11,83	4,23	3,83	-3,77
9,00	323,4	341,4	12,84	5,21	3,84	-3,79
10,00	328,0	346,3	13,85	6,20	3,85	-3,80
11,00	332,7	351,2	14,87	7,19	3,87	-3,81
12,00	337,4	356,1	15,88	8,17	3,88	-3,83
13,00	342,2	361,2	16,89	9,16	3,89	-3,84
14,00	347,0	366,2	17,91	10,14	3,91	-3,86
15,00	351,8	371,4	18,92	11,13	3,92	-3,87
16,00	356,7	376,6	19,93	12,12	3,93	-3,88
17,00	361,7	381,8	20,95	13,10	3,95	-3,90
18,00	366,7	387,1	21,96	14,09	3,96	-3,91
19,00	371,8	392,4	22,98	15,08	3,98	-3,92
20,00	376,9	397,8	23,99	16,06	3,99	-3,94

Komentár k termografii



**Porovnanie
meraní povrchov s
nízkou a bežnou
emisivitou**

θ_p °C	0,20 ϵ_1 W/m ²	0,95 ϵ_2 W/m ²	ϵ_1 θ'_p °C	ϵ_2 θ''_p °C	ϵ_1 $\theta'_p - \theta_p$ K	ϵ_2 $\theta''_p - \theta_p$ K
-10,00	54,4	258,3	115,34	-94,90	125,34	-84,90
-9,00	55,2	262,3	116,81	-94,22	125,81	-85,22
-8,00	56,1	266,3	118,29	-93,55	126,29	-85,55
-7,00	56,9	270,3	119,77	-92,87	126,77	-85,87
-6,00	57,8	274,4	121,24	-92,19	127,24	-86,19
-5,00	58,6	278,5	122,72	-91,51	127,72	-86,51
-4,00	59,5	282,7	124,20	-90,84	128,20	-86,84
-3,00	60,4	286,9	125,67	-90,16	128,67	-87,16
-2,00	61,3	291,2	127,15	-89,48	129,15	-87,48
-1,00	62,2	295,5	128,62	-88,80	129,62	-87,80
0,00	63,1	299,9	130,10	-88,13	130,10	-88,13
1,00	64,1	304,3	131,58	-87,45	130,58	-88,45
2,00	65,0	308,8	133,05	-86,77	131,05	-88,77
3,00	66,0	313,3	134,53	-86,09	131,53	-89,09
4,00	66,9	317,8	136,01	-85,42	132,01	-89,42
5,00	67,9	322,4	137,48	-84,74	132,48	-89,74
6,00	68,9	327,1	138,96	-84,06	132,96	-90,06
7,00	69,9	331,8	140,43	-83,38	133,43	-90,38
8,00	70,9	336,6	141,91	-82,71	133,91	-90,71
9,00	71,9	341,4	143,39	-82,03	134,39	-91,03
10,00	72,9	346,3	144,86	-81,35	134,86	-91,35
11,00	73,9	351,2	146,34	-80,68	135,34	-91,68
12,00	75,0	356,1	147,82	-80,00	135,82	-92,00
13,00	76,0	361,2	149,29	-79,32	136,29	-92,32
14,00	77,1	366,2	150,77	-78,64	136,77	-92,64
15,00	78,2	371,4	152,24	-77,97	137,24	-92,97
16,00	79,3	376,6	153,72	-77,29	137,72	-93,29
17,00	80,4	381,8	155,20	-76,61	138,20	-93,61
18,00	81,5	387,1	156,67	-75,93	138,67	-93,93
19,00	82,6	392,4	158,15	-75,26	139,15	-94,26
20,00	83,8	397,8	159,63	-74,58	139,63	-94,58

Odporúčania k termografii

- Termovízne snímky robiť s vylúčením slnečného žiarenia
- Pozor na odrazy žiarenia od osôb a povrchov s výrazne odlišnou teplotou
- Nakalibrovať si meranie povrchov s rôznou emisivitou (napr. presným zmeraním povrchovej teploty telesa so známou emisivitou)
- Spracovať termovízne snímky so zohľadnením emisivity povrchov
- Nechať robiť termografiu odborne spôsobilým osobám alebo sa nechať na to aspoň zaškoliť

Meranie parametrov tepelnej pohody



Charakteristické priestory → overenie dodržiavania parametrov tepelnej pohody musí prebehnúť v súlade s ISO 7730

- Meraním v ohraničenom časovom intervale v charakteristických miestach sa zistí:
 - teplota vzduchu a radiačná teplota
 - rýchlosť prúdenia vzduchu resp. turbulencia
 - Relatívna vlhkosť vzduchu
 - Vyčíslenie indexov tepelnej pohody PMV a PPD podľa činnosti a oblečenia
 - kontrolné meranie koncentrácie CO₂
- význam:
 - aby sa zistili skutočné parametre tepelnej pohody prostredia
- Ako? → prístroj na meranie tepelnej pohody

- Merania sú dôležitou súčasťou charakterizovania skutočného stavu predmetu energetického auditu
- Údaje z projektovej dokumentácie si je vhodné overovať meraním
 - parametre konštrukcií a technických zariadení
 - prevádzkové parametre
- Každé meranie je zaťažené neistotou a prípadnými chybami, ide o to, aby neistota merania a prípadne chyby dramaticky nezmenili výpovedú hodnotu výsledkov merania
- Okrem samotného merania je treba mať nástroj, ktorý umožní efektívne nasimulovať potrebu resp. spotrebu energie predmetu energetického pri rôznych parametroch konštrukcií, technických zariadení a klimatických podmienkach

ENERGY EFFICIENCY □ ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY □ ECONOMIC PROSPERITY



alocons

Ing. Ladislav Piršel, PhD.

ladislav.pirsel@alocons.com

alocons spol. s r.o., Lombardiniho 22/B, 831 03 Bratislava