



Hodnotenie vnútorného prostredia budov

STN EN 15251 - Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov - kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika

Ing. Hana Pustayová
prof. Ing. Dušan Petráš, PhD.

ÚVOD

Európska norma špecifikuje parametre vnútorného prostredia, ktoré majú vplyv na energetickú hospodárnosť budov

Špecifikuje použitie návrhových kritérií pri dimenzovaní systémov

Stanovuje a definuje hlavné parametre používané ako vstupy pre energetické výpočty a dlhodobé hodnotenie prostredia v budovách.

Identifikuje parametre vnútorného prostredia budov pre ich monitorovanie a indikáciu ako sa odporúča v Smernici o energetickej hospodárnosti budov.

Použitie pri nevýrobných budovách (rodinné domy, bytové domy, administratíva, školstvo, nemocnice, hotely a reštaurácie ...)

KATEGÓRIE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Opis použiteľnosti jednotlivých kategórií

Kategória	Vysvetlenie
I	Vysoká úroveň očakávania a odporúča sa pre priestory užívané veľmi senzitívnymi užívateľmi so špeciálnymi požiadavkami, ako sú telesne postihnutí, chorí, veľmi malé deti a starší ľudia.
II	Normálna úroveň očakávania a má byť použitá pre nové a rekonštruované budovy.
III	Prípustná, priemerná úroveň očakávania a môže byť použitá pre existujúce budovy.
IV	Hodnoty parametrov mimo kritérií predtým spomenutých kategórií. Táto kategória je prípustná iba obmedzenú časť roka.

Poznámka: V normách ako EN 13779 a EN ISO 7730 sa takisto používajú kategórie, ich označenia však môžu byť odlišné (A, B, C alebo 1, 2, 3 atď.).

METÓDY HODNOTENIA VPB

Je potrebné hodnotiť dlhodobé správanie sa budovy vo väzbe na vnútorné prostredie. Toto hodnotenie je potrebné na uvedenie klimatických faktorov (vnútorného prostredia) v energetickom certifikáte (článok 6 a 7)

Hodnotenie môže byť založené:

- Návrhové ukazovatele
- Vypočítané ukazovatele vnútorného prostredia
- Merané ukazovatele
- Subjektívne hodnotenie

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Hodnotenie kategórie VPB je založené na kategóriách týchto faktorov vnútorného prostredia:

- Kritérium tepelného stavu prostredia v zime
- Kritérium tepelného stavu prostredia v lete
- Kvalita vzduchu a kritérium vetrania
- Kritérium vlhkosti
- Kritérium osvetlenia
- Akustické kritérium

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Tepelný stav prostredia

Kritériá sú založené na ukazovateľoch tepelnej pohody PMV-PPD s typickou úrovňou aktivity a tepelnou izoláciou odevu, ako sa detailne uvádza v EN ISO 7730

Pri navrhovaní a hodnotení budov a systémov techniky prostredia sa musia brať do úvahy aj kritériá lokálnej tepelnej nepohody, ktoré sú predmetom normy EN ISO 7730:

- prievan
- asymetria teploty sálania
- vertikálne teplotné rozdiely
- teplota povrchu podlahy

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Kvalita vnútorného vzduchu a intenzita vetrania

1. Metóda založená na užívateľoch a súčastiach budovy

Vypočítaná návrhová intenzita vetrania sa skladá z dvoch zložiek:

- z vetrania pre znečistenie od užívateľov (bioeffluents)
- z vetrania pre znečistenie od stavebných konštrukcií a systémov

Príklady odporúčaných intenzít vetrania pre nebytové budovy so zvolenou hustotou obsadenosti

Typ budovy alebo priestoru	Kategória	Podlahová plocha m ² /osoba	q _p	q _B	q _{tot}	q _B	q _{tot}	q _B	q _{tot}	Prídavok, keď je dovolené fajčenie [l/(s.m ²)]
			l/(s.m ²) na užívateľa	l/(s.m ²) pre veľmi málo znečistenú budovu	l/(s.m ²) pre málo znečistenú budovu	l/(s.m ²) pre znečistenú budovu				
Jednoduchá kancelária	I	10	1,0	0,5	1,5	1,0	2,0	2,0	3,0	0,7
	II	10	0,7	0,3	1,0	0,7	1,4	1,4	2,1	0,5
	III	10	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	1,2	0,3
Kancelária s otvorenou dispozíciou	I	15	0,7	0,5	1,2	1,0	1,7	2,0	2,7	0,7
	II	15	0,5	0,3	0,8	0,7	1,2	1,4	1,9	0,5
	III	15	0,3	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	1,1	0,3
Konferenčná miestnosť	I	2	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	5,0
	II	2	3,5	0,3	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9	3,6
	III	2	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	2,0

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Kvalita vnútorného vzduchu a intenzita vetrania

2. Metóda založená na výmene vzduchu na osobu alebo na m² podlahovej plochy

Hodnoty vetrania na osobu - zdrojom znečistenia je užívateľ

Hodnoty vetrania na meter štvorcový - zdrojom znečistenia sú emisie z materiálov

Príklady odporúčanej intenzity vetrania pri nebytových budovách

Kategória	Dávka vzduchu na osobu [l/(s.osoba)]	Dávka vzduchu pre znečistenie od budovy, [l/(s.m ²)]		
		Veľmi málo znečistené budovy	Málo znečistené budovy	Znečistené budovy
I	10	0,5	1	2
II	7	0,35	0,7	1,4
III	4	0,2	0,4	0,8

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Kvalita vnútorného vzduchu a intenzita vetrania

3. Metóda založená na požadovanej úrovni CO₂

Odporúčané kritériá koncentrácie CO₂ sa uvádzajú v tabuľke

Príklady odporúčanej koncentrácie CO₂ nad hodnotou koncentrácie vo vonkajšom vzduchu

Kategória	Úroveň CO ₂ nad vonkajšou úrovňou vzduchu na energetické výpočty, [ppm]
I	350
II	500
II	800
IV	> 800

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Vlhkosť

Zvyčajne je zvlhčovanie alebo odvlhčovanie potrebné iba v špeciálnych budovách, ako sú múzeá, niektoré zdravotnícke zariadenia, pri riadení procesov, v papierenskom priemysle atď.

Príklady odporúčanej relatívnej vlhkosti na navrhovanie odvlhčovacích a zvlhčovacích systémov

Typ budovy/priestoru	Kategória	Návrhová relatívna vlhkosť na odvlhčovanie [%]	Návrhová relatívna vlhkosť na zvlhčovanie [%]
Priestory, kde kritériá na vlhkosť sú dané prítomnosťou užívateľov. Špeciálne priestory (múzeá, kostoly atď.) môžu vyžadovať iné limity	I	50	30
	II	60	25
	III	70	20
	IV	> 70	< 20

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Osvetlenie

Norma sa zaoberá požiadavkami na osvetlenie nebytových priestorov. Požadovaná osvetlenosť zrakovej úlohy sa podrobne definuje v STN EN 12464-1 a osvetlenie na šport sa uvádza v EN 12193

Príklady návrhových úrovní osvetlenosti pre niektoré budovy a priestory podľa EN 12464-1

Typ budovy	Priestor	Udržiavaná osvetlenosť \dot{E}_m , v pracovných oblastiach, [lx]	UGR	Ra	Poznámka
Budovy Pre administratívu	Jednoduché kancelárie	500	19	80	pri 0,8 m
	Kancelárie s otvorenou dispozíciou	500	19	80	pri 0,8 m
	Konferenčné miestnosti	500	19	80	pri 0,8 m
Budovy Pre školstvo	Učebne	300	19	80	pri 0,8 m
	Učebne pre vzdelávanie dospelých	500	19	80	pri 0,8 m
	Prednáškové haly	500	19	80	pri 0,8 m

HODNOTENIE VPB - NÁVRHOVÉ UKAZOVATELE

Hluk

Hluk v priestore sa môže hodnotiť použitím ekvivalentnej hladiny akustického tlaku váhového filtra (A)

Príklady návrhovej hladiny akustického tlaku váhového filtra (A)

Budova	Typ priestoru	Hladina akustického tlaku, [dB(A)]	
		Typický rozsah	Zvolená návrhová hodnota
Bytová	Obývacía izba	25 – 40	32
	Spálňa	20 – 35	26
Predškolské zariadenia	Materské školy	30 – 45	40
	Detské jasle	30 – 45	40
Zhromažďovacie priestory	Prednáškové sály	30 – 35	33
	Knižnice	28 – 35	30
	Kiná	30 – 35	33
	Súdne siene	30 – 40	35

HODNOTENIE VPB - VYPOČÍTANÉ UKAZOVATELE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Simulácia budovy je cenovo efektívna metóda analýzy správania sa budov. Použité počítačové programy sa musia overiť v súlade s prEN 15265 a prEN 15255

Prezentujú sa štyri metódy na hodnotenie tepelného stavu prostredia:

- Základný ukazovateľ
- Hodinové kritérium
- Kritérium hodinostupňov
- Celkové kritérium tepelnej pohody (vážené kritériá PMV)

HODNOTENIE VPB - VYPOČÍTANÉ UKAZOVATELE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Základný ukazovateľ

Na hodnotenie charakteristiky celej budovy sa musia namodelovať reprezentatívne miestnosti alebo priestory.

Budova spĺňa kritériá určitej kategórie, ak miestnosti reprezentujúce 95 % objemu budovy spĺňajú kritériá vybranej kategórie.

Hodinové kritérium

Určenie počtu alebo percent hodín počas prevádzky budovy, keď index PMV alebo operatívna teplota je mimo určeného rozsahu.

Sú stanovené povolené odchýlky od limitov stanovených pre danú kategóriu.

HODNOTENIE VPB - VYPOČÍTANÉ UKAZOVATELE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Kritéria hodinostupňov

Čas počas prevádzky budovy, kedy skutočná operatívna teplota prevyšuje určenú hranicu, je vážený váhovým faktorom

1. Váhový faktor, wf, rovnajúci sa 0 pre $\Theta_{o, limit, dolný} \leq \Theta_o \leq \Theta_{o, limit, horný}$

2. Váhový faktor, wf, je vypočítaný ako $wf = \Theta_o - \Theta_{o, limit}$

kde $\Theta_o < \Theta_{o, limit, dolný}$ alebo $\Theta_{o, limit, horný} < \Theta_o$

3. Výsledok váhového faktora a času je zrátaný pre

teplé obdobie: $\Sigma wf \cdot čas$ pre $\Theta_o > \Theta_{o, limit, horný}$

chladné obdobie: $\Sigma wf \cdot čas$ pre $\Theta_o < \Theta_{o, limit, dolný}$

HODNOTENIE VPB - VYPOČÍTANÉ UKAZOVATELE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Celkové kritérium tepelnej pohody (vážené kritérium PMV)

Čas, počas ktorého aktuálny index PMV prekročí hranice pohody, je vážený faktorom, ktorý je funkciou PPD.

1. Váhový faktor, w_f , rovnajúci sa 0 pre $PMV_{limit, dolný} \leq PMV \leq PMV_{limit, horný}$

2. Váhový faktor, w_f , je vypočítaný ako $w_f = PPD_{aktuálny PMV} / PPD_{PMV limit}$

kedy $PMV < PMV_{limit, dolný}$ alebo $PMV_{limit, horný} < PMV$

3. Výsledok váhového faktora a času je zrátaný pre

teplé obdobie: $\Sigma w_f \cdot čas$ pre $PMV > PMV_{limit, horný}$

chladné obdobie: $\Sigma w_f \cdot čas$ pre $PMV < PMV_{limit, dolný}$

HODNOTENIE VPB - VYPOČÍTANÉ UKAZOVATELE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA

Tabuľka uvádza príklady konceptov uvedených metódy. Váhový faktor je založený na teplotnom rozdieli wf (°C) a PPD

Príklady vážených faktorov založených na teplotných rozdieloch alebo PPD

	Teplota [°C]	PPD [%]	Váhové faktory	
			wf (°C)	wf (PPD)
Chladno	20	47	3	4,7
	21	31	2	3,1
	22	19	1	1,9
Neutrálne	23	10	0	0
	24	< 10	0	0
	25	< 10	0	0
	26	10	0	0
Tepló	27	19	1	1,9
	28	31	2	3,1
	29	47	3	4,7

HODNOTENIE VPB - MERANÉ UKAZOVATELE

Sú povolené odchýlky od vybraných kritérií. Niektoré národné kritériá vyjadrujú „prípustné odchýlky“ ako prípustný počet hodín mimo kritéria založeného na ročnom hodnotení (napr. 100 až 150 h)

Kritéria môžu byť stanovené na dennom, týždennom, mesačnom a ročnom základe

Jednotlivé parametre vnútorného prostredia budov splňajú kritériá špecifickej kategórie, ak parameter v miestnostiach predstavujúcich 95 % užívaného priestoru nie je viac ako napr. 3% alebo 5 % času užívania budovy v hodinách za deň, týždeň, mesiac a rok mimo limitov stanovených pre danú kategóriu

HODNOTENIE VPB - MERANÉ UKAZOVATELE

Nasledujúca tabuľka zobrazuje čas, ktorý korešponduje 3 % a 5 % odchýlke založenej na pracovných hodinách a celkových hodinách.

Príklady veľkosti odchýlky zodpovedajúcej 3 % a 5 % času

3 % / 5 % času	Denne minúty	Týždenne hodiny	Mesačne hodiny	Ročne hodiny
Pracovné hodiny	15/24	1/2	5/9	61/108
Celkové hodiny	43/72	5/9	22/36	259/432

To dovoľuje krátkodobé odchýlky. Napríklad je prípustné na úrovni 5 % mať teplotu nad kritérium 108 h počas roka, ale nie viac ako 24 min počas pracovného dňa a 2 h počas pracovného týždňa.

HODNOTENIE VPB - SUBJEKTÍVNE HODNOTENIE

Hodnotenie pomocou PMV a PPD indexov:

PMV (Predicted mean vote - predpovedaná stredná voľba) je index predpovedajúci strednú hodnotu voľby tepelného pocitu veľkej skupiny ľudí na 7-bodovej škále

PPD (predicted percentage of dissatisfied - predpovedané percento nespokojných) predstavuje kvantitatívnu predpoveď počtu ľudí nespokojných s tepelným prostredím. Predpovedá percento z veľkej skupiny ľudí, ktoré sa pravdepodobne bude cítiť príliš horúco alebo chladne, zbytok skupiny sa bude cítiť tepelne neutrálne, trochu teplo alebo trochu chladno.

Na hodnotenie vnútorného prostredia sa môžu použiť dotazníky subjektívneho hodnotenia

HODNOTENIE VPB - SUBJEKTÍVNE HODNOTENIE

Príklady dotazníkov na subjektívne hodnotenie tepelného prostredia:

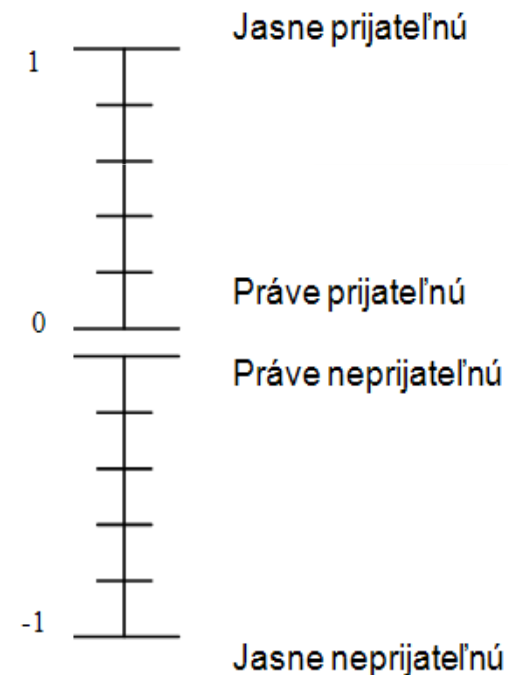
Ako by ste ohodnotili tepelný pocit?

Horúco
Teplo
Mierne teplo
Neutrálne
Mierne chladno
Chladno
Zima

Prajete si

- vyššiu teplotu miestnosti?
- teplotu miestnosti bez zmien?
- nižšiu teplotu miestnosti?

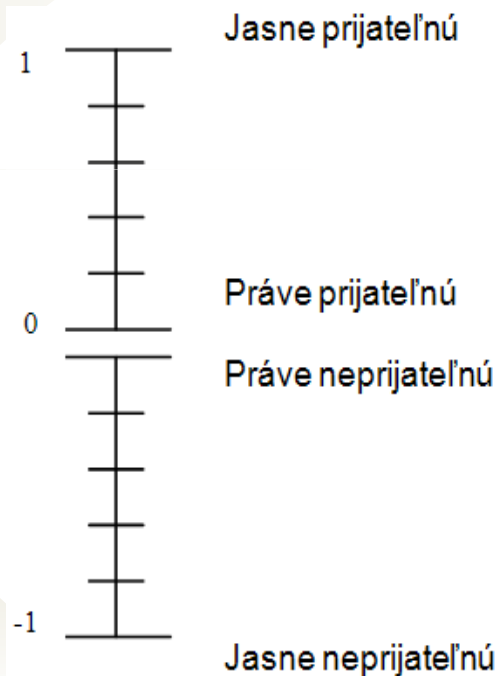
Ako vnímate teplotu?



HODNOTENIE VPB - SUBJEKTÍVNE HODNOTENIE

Príklady dotazníkov na subjektívne hodnotenie kvality vzduchu:

Ako vnímate kvalitu vzduchu?



Ako vnímate intenzitu pachu?

Žiadny pach

Slabý pach

Mierny pach

Silný pach

Veľmi silný pach

Ohromujúci pach

HODNOTENIE VPB - SUBJEKTÍVNE HODNOTENIE

Z predpokladu rozdielnych kritérií pre PPD-PMV (EN ISO 7730) sa zaviedli rozdielne kategórie vnútorného prostredia. Odporúčaná rozsah PPD sa uvádza v tabuľke

Príklady odporúčaných kategórií pre návrh mechanicky vykurovaných a chladených budov

Kategória	Tepelný stav tela ako celku	
	PPD [%]	PMV [-]
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	> 15	$PMV < -0,7; +0,7 < PMV$

Klasifikácia a certifikácia VPB

Vnútorne prostredie budov sa môže klasifikovať:

- kritériami použitými na energetické výpočty (pri nových budovách - návrhové kritériá)
- celoročnými simuláciami vnútorného prostredia a energetickej hospodárnosti (pri nových a existujúcich budovách)
- dlhodobými meraniami vybraných parametrov vnútorného prostredia (pri existujúcich budovách)
- subjektívnymi hodnoteniami užívateľov (pri existujúcich budovách)

Klasifikácia a certifikácia VPB

Používané návrhové kritériá

Klasifikácia sa vykonáva vytvorením tabuľky s kritériami použitými na energetické výpočty. Príklad sa uvádza v tabuľke

Klasifikácia založená na kritériách na energetické výpočty

Kritériá na vnútorné prostredie	Kategória budovy	Návrhové kritériá
Tepelný stav prostredia v zime	II	20 – 24 °C
Tepelný stav prostredia v lete	III	22 – 27 °C
Kvalita vzduchu, indikátor CO ₂	II	500 ppm nad vonkajšou koncentráciou
Intenzita vetrania	II	1 l/(s.m ²)
Osvetlenie		$E_m > 500 \text{ lx}$; $UGR < 19$; $80 < R_a$
Akustika		Hluk z vnútorného prostredia < 35 dB(A) Hluk z vonkajšieho prostredia < 55 dB(A)

Klasifikácia a certifikácia VPB

Celoročné počítačové simulácie

Dynamickými počítačovými simuláciami je možné pre reprezentatívne priestory budovy určiť teplotu, intenzitu vetrania alebo koncentráciu CO₂. Príklad sa uvádza na obrázku.

Príklad klasifikácie prostredia budov prostredníctvom indikácie tepelného stavu prostredia a kvality vzduchu/vetrania. Distribúcia medzi jednotlivými kategóriami je vážená podlahovou plochou v rozličných priestoroch budovy

Kvalita vnútorného prostredia v % času v štyroch kategóriách kvality prostredia				
Percentá	5	7	68	20
Tepelný stav prostredia	IV	III	II	I
Percentá	7	7	76	10
Kvalita vzduchu	IV	III	II	I

Klasifikácia a certifikácia VPB

Dlhodobé merania vybraných parametrov

Parametre vnútorného prostredia, ako sú teplota miestnosti, intenzita vetrania alebo koncentrácia CO₂, sa merajú v reprezentatívnych priestoroch počas celého roka alebo počas reprezentatívneho časového obdobia.

Údaje sa analyzujú a prezentujú rovnakým spôsobom ako pri počítačových simuláciách.

Klasifikácia a certifikácia VPB

Subjektívna odozva užívateľov

Užívatelia sú v reprezentatívnych obdobiach počas roka (zima - jar - leto - jeseň) požiadaní vyplniť dotazník. Výsledky sa môžu uviesť formou tabuľky, ako je zrejmé na príklade.

Príklady používania subjektívnych reakcií pri klasifikácii vnútorného prostredia

Klasifikácia založená na reakciách užívateľa	Percentá						
Užívatelia považujúci tepelný stav prostredia za prijateľný	85						
Užívatelia považujúci kvalitu vzduchu za prijateľnú	81						
Rozloženie hodnotenia tepelného pocitu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	0	5	10	53	20	10	2
Rozloženie tepelných preferencií	Chladnejšie		Bez zmeny			Teplejšie	
	20		75			5	



SLOVENSKÁ INOVAČNÁ A ENERGETICKÁ AGENTÚRA

ENERGETICKÁ EFEKTÍVNOSŤ A VYUŽÍVANIE OZE PODĽA
TECHNICKÝCH NORIEM

24 – 25.9.2012 JASNÁ



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ!

Kontakt:

hana.pustayova@gmail.com