

Tepelná a chladová zátěž



Zuzana Mathauserová
Státní zdravotní ústav

Centrum hygieny práce a nemocí z povolání

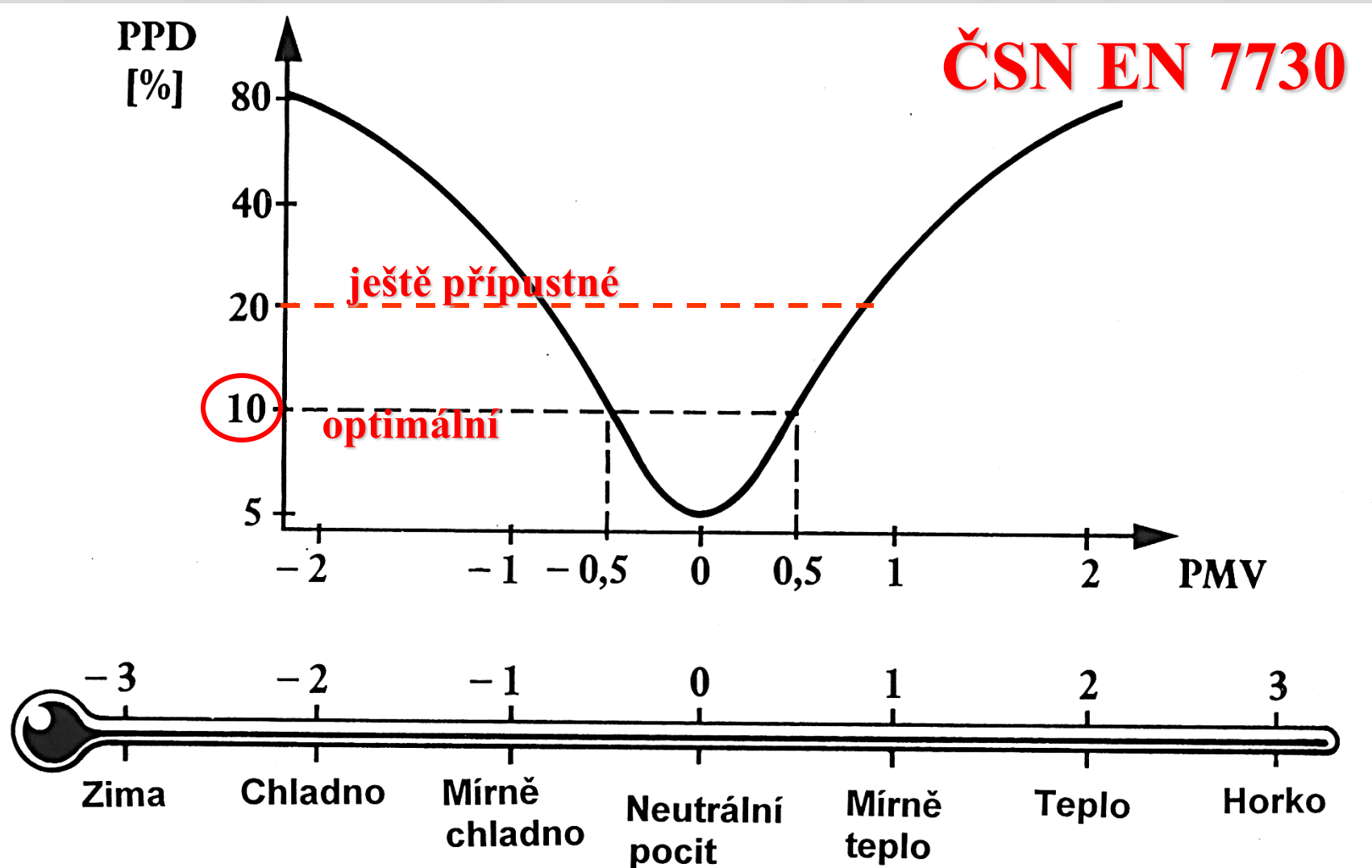
zuzana.mathauserova@szu.cz



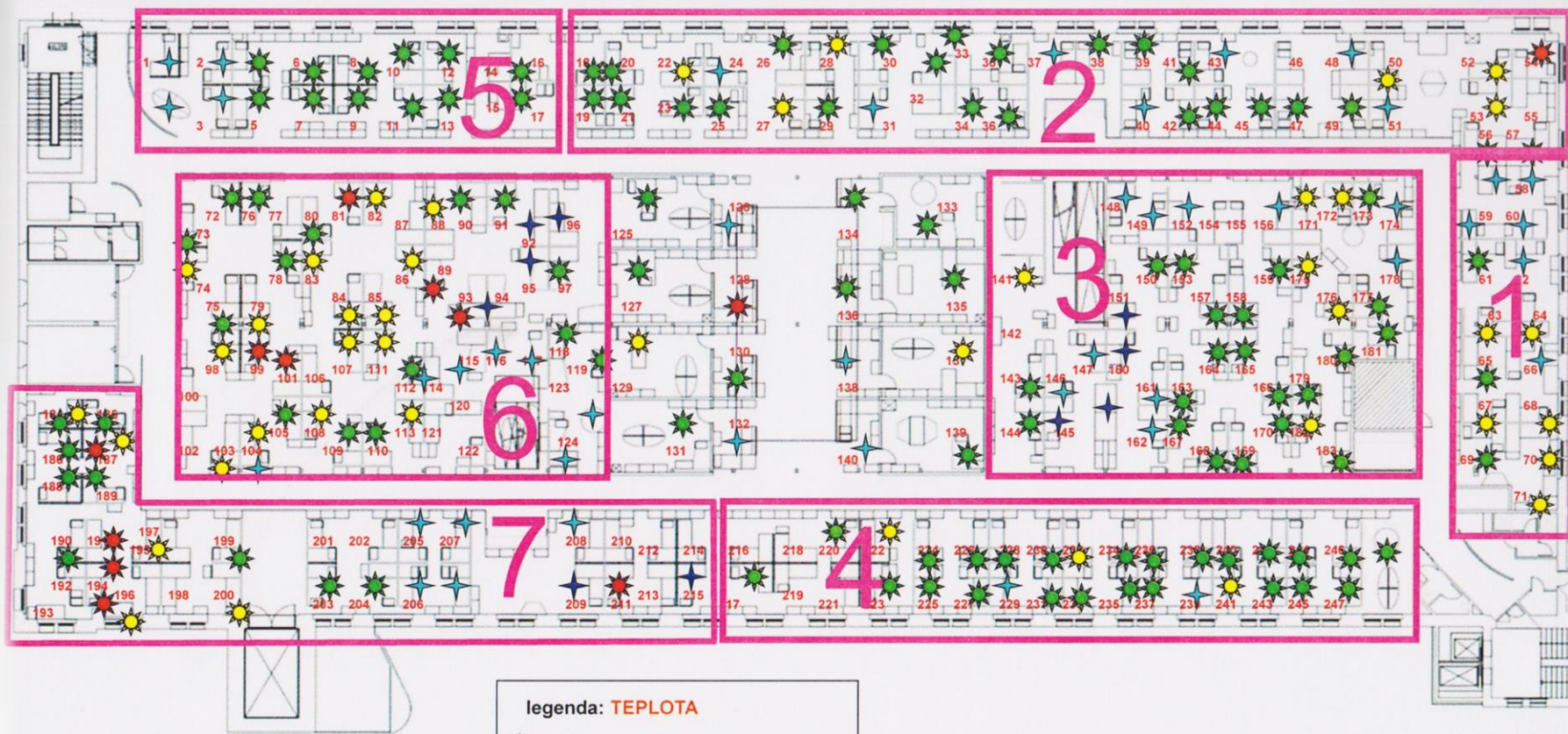
**Nadměrná tepelná/chladová
zátěž organismu je
definována jako škodlivina,
resp. rizikový faktor !**

Tepelné podmínky mají mnohem větší vliv na **subjektivní pocit pohody** člověka, míru odpočinku i skutečnou produktivitu práce než nežádoucí škodliviny či obtěžující hluk.

Individuální vnímavost tepelného stavu prostředí



Vnímání teplot na pracovišti



Tepelná zátěž na pracovišti

- **Technologické teplo, převážně sálavá složka**

- **Sluneční radiace**
 - **nedostatečné zastínění**



- **utěsnění objektu – přehřívání nedostatečným větráním**

(většinou pouze tepelný diskomfort)

K posouzení pracovní tepelné zátěže se používají dva druhy hodnocení:

I. Fyziologické hodnocení

II. Predikční hodnocení

I. Hodnocení fyziologické

- Hodnocení fyziologické se opírá o změny fyziologických ukazatelů, zejména:
 - 1. teploty tělesného jádra**
 - 2. ztráty tekutin potem a dýcháním**
 - 3. teploty kůže**
 - 4. srdeční frekvence**

1. Teplota tělesného jádra

- Teplota tělesného jádra je hlavním ukazatelem krátkodobě únosné tepelné zátěže
- reaguje stejně na metabolické i klimatické teplo (obě hodnoty se sčítají)
- **NV č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších platných předpisů připouští v pracovních podmínkách vzestup teploty tělesného jádra o 0,8 °C**

2. Ztráta tekutin potem a dýcháním

Produkce potu reaguje stejně na metabolické i klimatické teplo (obě hodnoty se sčítají)

**Produkce potu je hlavní ukazatel
dlouhodobě přípustné pracovní
tepelné zátěže**

(NV č. 93/2012 Sb., tab. č. 6 – hyg. limit
1,25 litru/8 hod směnu))

Faktory ovlivňující produkci potu

- **Pracovně-tepelná zátěž**
- **Věk**
- **% tělesného tuku**
- **Únava potního systému (intenzita a doba expozice)**
- **Pitný režim (dehydratace, nadměrný přívod tekutin)**
- **Charakter pocení (centrální – periferní typ pocení)**

- **Zjištění ztráty tekutin při zátěži teplem se provede měřením:**

- jde-li o práci vykonávanou ve speciálním ochranném reflexním oděvu
- oděvu s aktivním chlazením a větráním
- v pracovním oděvu, který omezuje odpařování potu
- je-li práce vykonávaná v prostředí, v němž je relativní vlhkost pracovního ovzduší vyšší než 80 %

- **Na pracovišti s délkou směny delší než 8 hodin:**

1. nesmí ztráta tekutin potem a dýcháním v důsledku pracovní a tepelné zátěže za směnu překračovat přípustný limit ztráty tekutin **3,9 litru** o více než **20 % (4680 ml/12 hodin)**

2. nesmí být překračovány krátkodobě přípustné doby práce.

3. Průměrná teplota kůže ($t_{sk,prům}$)

- Průměrná teplota kůže u nepotícího se člověka v rámci neutrálního pásma se pohybuje v rozmezí **31 až 34 °C**.
- *U potícího se člověka $t_{sk,prům}$ 33,5 °C může znamenat lehký termickou zátěž nebo vysokou zátěž blízko hranici pro selhávající termoregulaci .*
- **Průměrná teplota kůže je dobrým ukazatelem tepelné pohody na pracovištích s nízkou metabolickou produkcí (třída práce I a IIa)**

4. Srdeční frekvence

- Srdeční frekvence reaguje především na metabolickou zátěž
- **Není spolehlivým ukazatelem tepelné zátěže (zejména u energeticky málo náročných prací např. jeřábníci, řidiči)**
- Obecně platí stejné limity jako pro fyzickou práci:
 - celosměnově přípustná = **průměrná SF102/min**,
 - krátkodobě přípustná = **SF ≤150/min**

II. Predikční hodnocení

Posouzení pracovišť' na základě znalosti:

- **tepelně vlhkostních podmínek**
- **metabolické produkce**
- **tepelného odporu oděvu**

Predikční hodnocení

1. Výpočet z rovnice tepelné bilance pomocí výpočetního programu

(Zpracováno podle ČSN EN 12515 Horká prostředí –

Analytické stanovení a interpretace tepelné zátěže s použitím výpočtu požadované intenzity pocení

Nově ČSN EN ISO 7933 Ergonomie tepelného prostředí

- Analytické stanovení a interpretace tepelného stresu pomocí výpočtu předpovídané tepelné zátěže)

2. Pomocí tabulek – příloha NV č. 93/2012 Sb.

Tepelně vlhkostní parametry prostředí

- **tepelně neutrální** – úzké pásmo v závislosti na metabolické produkci a charakteru oděvu (suchá výměna tepla)
- **termická zátěž** - stálá teplota tělesného jádra se udržuje evaporací (mokrý výměna tepla)
- **chladová zátěž** (teplota tělesného jádra klesá pod 31 °C, nastupuje chladová termoregulace (třes)

Mikroklima optimální, přípustné, dlouhodobě a krátkodobě přípustné

Vysoké teploty způsobují nadměrnou únavu a nesoustředěnost vedoucí až k nebezpečným úrazům. Při déletrvajících vysokých teplotách se mohou projevit **příznaky akutních poruch zdraví z horka** jako nevolnost až zvracení, průjmy, krvácení z nosu a úst, náhlé a vůlí nekontrolovatelné zrychlení a prohloubení dechu, prudké snížení pocení nebo diastolického krevního tlaku, změny barvy obličeje, mravenčení a brnění, bolesti hlavy, ve svalech, u srdce, křeče a často neadekvátní, víceméně nekontrolovatelné chování.

Celkové působení tepla vede k rozšíření cév v kůži, ke zvýšení průtoku krve kůží a k **produkci potu.**

Lokální působení tepla poškozují povrchové tkáně a vede ke vzniku popálenin.

Tab. č. 2 Celoročně přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek s výjimkou mimořádně ...

NV č. 361/2007 Sb.

Třída práce	M (W.m ⁻²)	Operativní teplota t _o (°C)			v _a (m.s ⁻¹)	Rh (%)	SR _{tomax} (g.h ⁻¹) (g.sm ⁻¹)
		t _{o min}	t _{o opt}	t _{o max}			
I	≤ 80	20	22 ± 2	28	0,1 - 0,2	30 až 70	$\frac{107}{856}$
IIa	81-105	18	20 ± 2	27	0,1 - 0,2		$\frac{136}{1091}$
IIb	106-130	14	16 ± 2	26	0,2 - 0,3		$\frac{171}{1368}$
IIIa	131-160	10	12 ± 2	26	0,2 - 0,3		$\frac{256}{2045}$
IIIb	161-200	10	12 ± 2	26	0,2 - 0,3		$\frac{359}{2639}$

Informace pro projektanty, provozovatele



Tab. č. 2 Zátěž teplem na pracovišti (celoročně přípustná, s výjimkou . **NV č. 93/2012 Sb.**

Třída práce	M (W.m ⁻²)	Operativní teplota t _o (°C) Výsledná teplota kulového teploměru t _g (°C)		v _a (m.s ⁻¹)	Rh (%)
		t _o min nebo t _g min	t _o max nebo t _g max		
I	≤ 80	20	27	0,01 – 0,2	30 až 70
IIa	81-105	18	26		
IIb	106-130	14	32	0,05 - 0,3	
IIIa	131-160	10	30		
IIIb	161-200	10	26	0,1 – 0,5	
IVa	201-250	10	24		
IVb	251-300	10	20		
V	301 a více	10	20	-	

Tab. č. 2 Zátěž teplem na pracovišti (celoročně přípustná, s výjimkou . NV č. 93/2012 Sb.

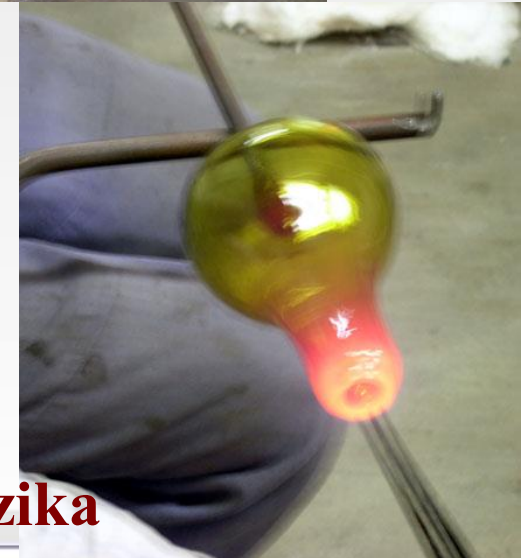
Třída práce	M (W.m ⁻²)	Operativní teplota t_o (°C) nebo výsledná teplota kulového teploměru t_g (°C)			v_a (m.s ⁻¹)	Rh (%)
		t_o min nebo t_g min	t_o opt nebo t_g opt	t_o max nebo t_g max		
I	≤ 80	20	22 ± 2	27	0,01 – 0,2	30 až 70
IIa	81-105	18	20 ± 2	26		
IIb	106-130	14	16 ± 2	32	0,05 - 0,3	
IIIa	131-160	10	12 ± 2	30		
IIIb	161-200	10	12 ± 2	26	0,1 – 0,5	
IVa	201-250	10		24		
IVb	251-300	10		20		
V	301 a více	10		20		

Příklad MKL parametrů v horkém provozu

(doba zátěže?)

t_{g170}	t_{g110}	t_{g10}	t_a	rh	v_a
42,6	43,0	36,8	26,8	23	0,42
57,9	70,9	42,9	42,1	19	0,33

prům. t_g	t_r	t_o
41,4	57,6	39,1
60,7	75,7	57,2



3. stupeň zátěže – významná míra zdravotního rizika

MIKROKLIMA přípustné

Horké – dlouhodobě přípustné

Tepelná bilance je vyrovnaná pomocí termoregulačních procesů, především mokrému pocení. Mírně se zvýší teplota tělesného jádra, pobyt v těchto podmínkách je zpravidla **bez omezení**.

Horké – krátkodobě přípustné

Nedojde k vyrovnání tepelné bilance, dochází k přehřívání organismu, proto pobyt v těchto podmínkách může být pouze krátkodobý.

Na trvalou vyšší tepelnou zátěž se lze adaptovat.



přípustná

Tabulka č. 4a: Dlouhodobě a krátkodobě ~~únosná~~ doba práce - aklimatizovaní muži

Podmínky: $v = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$, $t_g \geq t_a$, $rh < 70 \%$, $0,64 \text{ clo}$

t_g (°C)	Třída práce	Doba práce podle celkového energetického brutto výdeje (W.m^{-2})							
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IVa	IVb	V
	W.m^{-2} brutto	80	105	130	160	200	250	300	350
20	sm	480	480	480	480	403	323	232	188
	max	480	480	480	480	403	323	151	47
22	sm	480	480	480	480	403	323	218	179
	max	480	480	480	480	403	323	87	38
24	sm	480	480	480	480	403	282	207	171
	max	480	480	480	480	403	282	61	32
26	sm	480	480	480	480	403	245	196	163
	max	480	480	480	480	403	157	47	27
28	sm	480	480	480	480	352	230	186	156
	max	480	480	480	480	352	83	37	24
30	sm	480	480	480	468	280	217	177	150
	max	480	480	480	468	280	56	30	21
32	sm	480	480	480	348	262	205	169	144
	max	480	480	480	348	111	41	25	18
34	sm	480	480	392	308	245	195	161	138
	max	480	480	392	151	59	31	21	16
36	sm	385	433	351	287	230	185	154	132
	max	385	433	130	66	38	24	17	14

Chyby měření (a hodnocení)

- ? volba místa měření
- ? umíme změřit vysoké hodnoty sálání ?
- ? **nerovnoměrnost osálání**
- ? časový snímek - krátkodobé expozice
- ? přechody
- ? **vliv OOPP - tepelný odpor oděvu**
- ? **energetický výdej**

autobus



Místo měření ? (vlevo otevřené okno, naměřili bychom podstatně nižší teploty, než na místě vpravo, kam bylo možné stativ umístit)

Umíme změřit vysoké hodnoty sálání ?



Skutečné místo výkonu práce – tam se se stojanem nedostaneme:
a) překážíme, b) seškvaří se polyuretan na kulovém teploměru

Výroba skleněných baněk

ochranná zástěna

(vertik. posun cca 500 mm)

kyslíko-vodíkový plamen
teplota skla 1200 – 1400 °C
místní odsávání 1250 m³/h

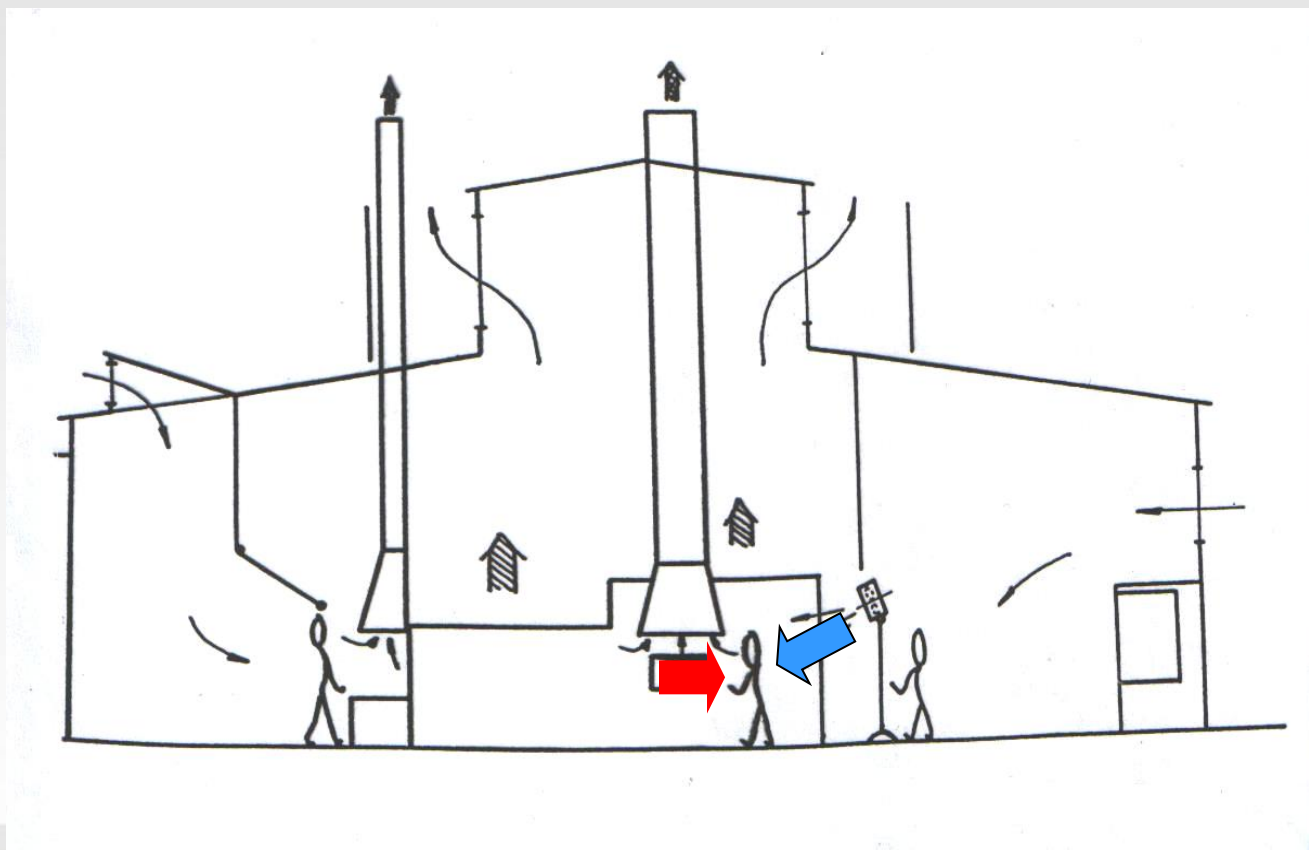


Nerovnoměrnost osálení

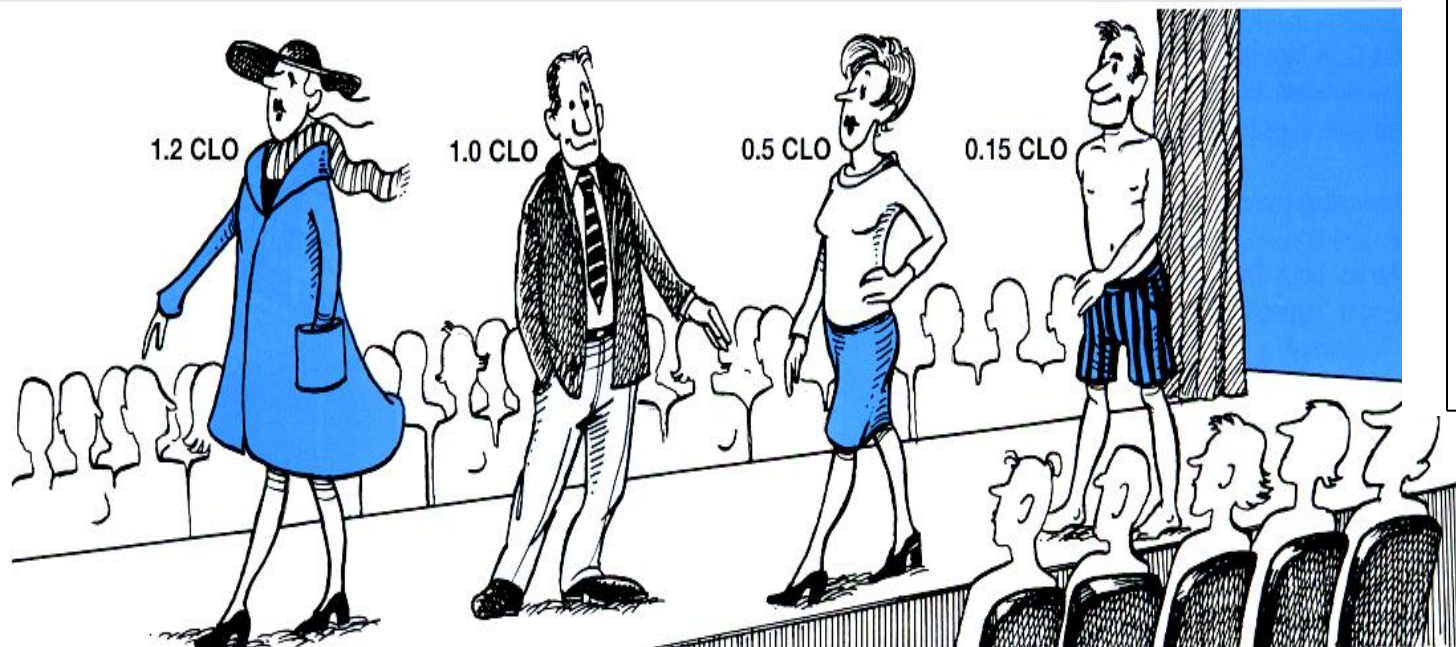
(Přirozené větrání s místním odsáváním a mobilní vzduchovou sprchou)

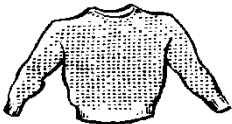







Lokální osálení



Tepelný odpor oděvů



	0.28
+	
	0.25
+	
	0.04
+	
	0.25
+	
	0.05
+	
	0.04
	<u>= 0.91</u>

ČSN EN ISO 7730



I_{cl} ?

**Jak stanovit
u ochranných
oděvů ?**

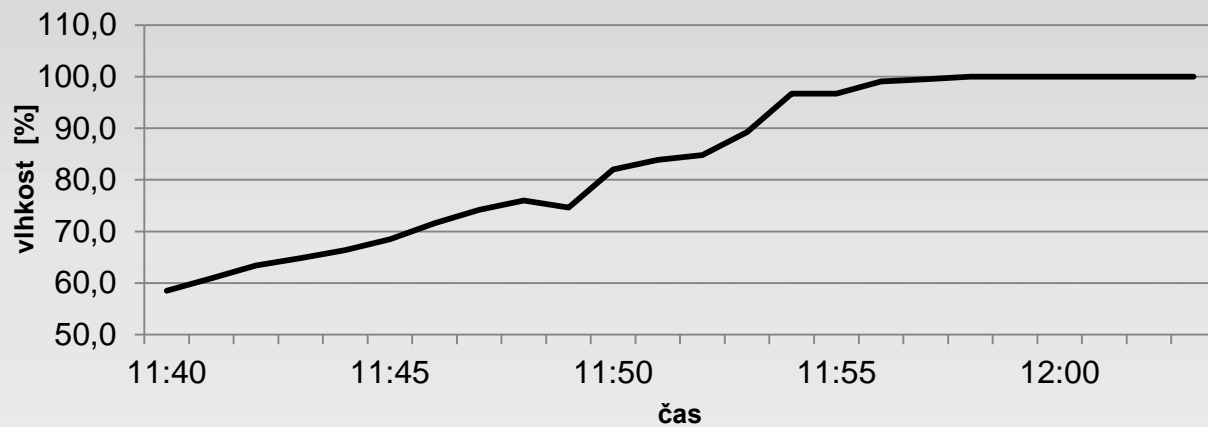


**Zohlednění OOPP při
kategorizaci prací ?**

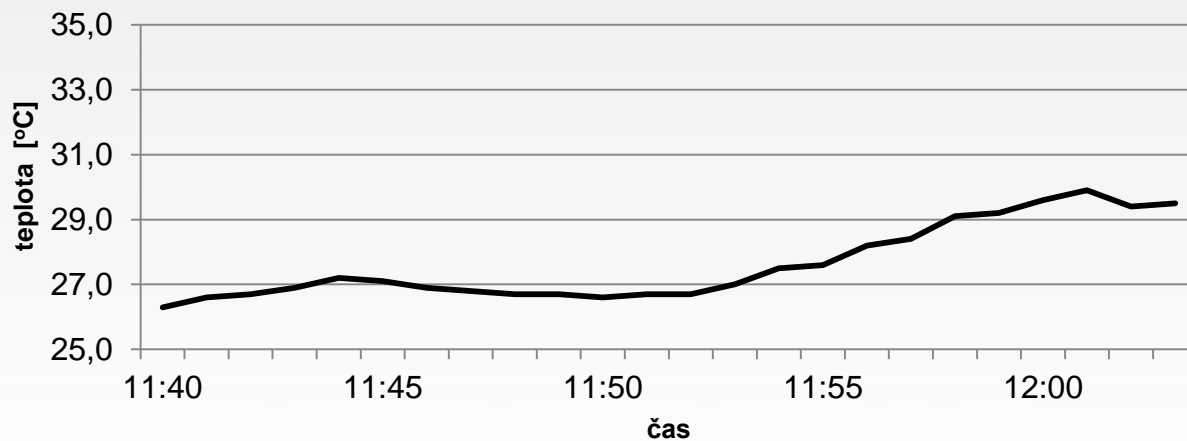
**Funkční oděvy
(ČSN EN 12515)**



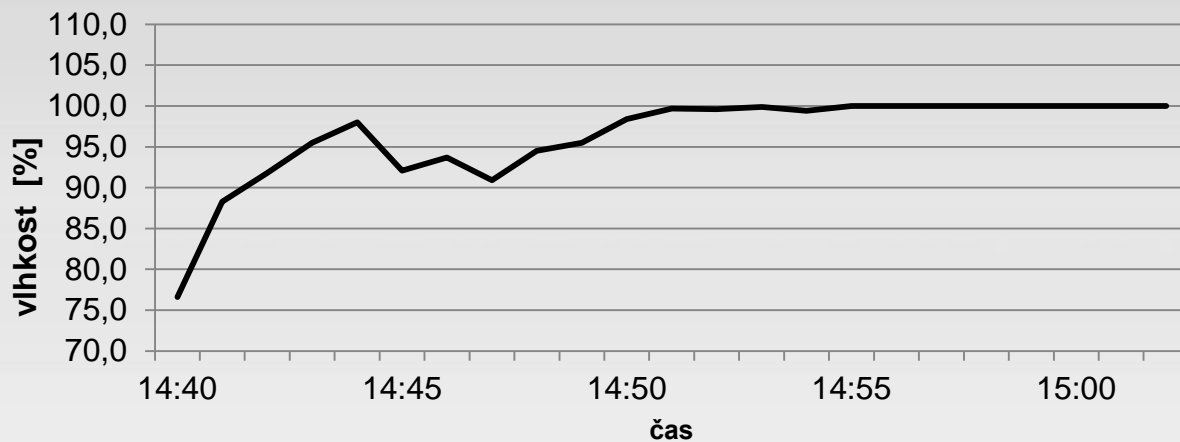
Průběh pododěvní vlhkosti SOO CO



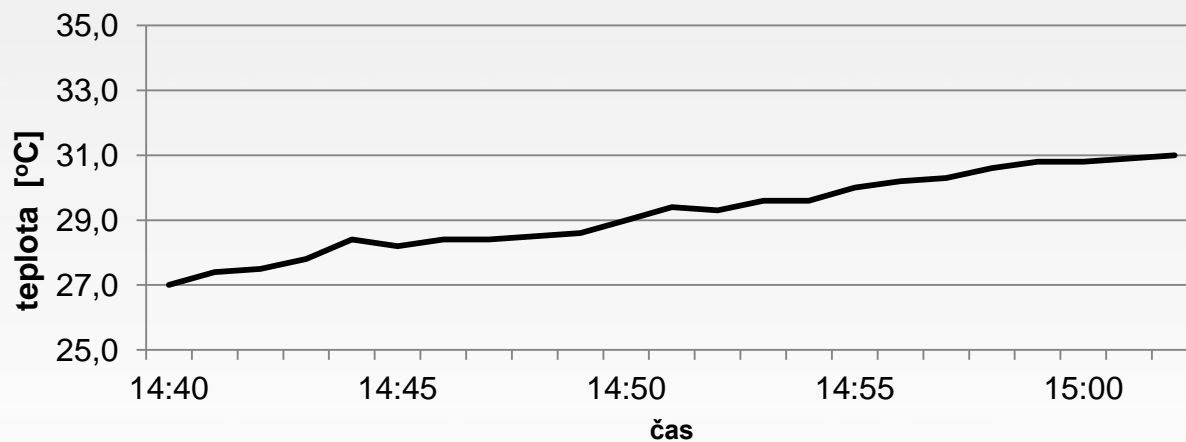
Průběh pododěvní teploty SOO CO



Průběh pododěvní vlhkosti OPCH 90 PO



Průběh pododěvní teploty OPCH 90PO



(s dýchacím přístrojem)

Stanovení energetického výdeje

- Příkladový seznam v NV
- ČSN (ČSN EN ISO 8996)
- **Pomocí srdeční frekvence**
- **Přímým měřením**
 - **Přímá kalorimetrie – stanovuje se ze spotřeby O_2**
 - **Ventilometrie**

Třída práce	Příklady činností	Energetický výdej ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
I	<p>Práce vsedě s minimální pohybovou aktivitou (kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech), práce vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, psaní na stroji, práce s PC, jednoduché šití, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů.</p>	<p>≤ 80</p>

Třída práce	Příklady činností	Energetický výdej (W.m ⁻²)
IIa	Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží (přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, montáž malých dílců, kusová práce nástrojařů, řízení osobního vozidla a některých drážních vozidel, ...	81 až 105

ČSN EN ISO 8996 –Ergonomie tepelného prostředí – Určování metabolismu

Část těla		Tělesná zátěž		
		lehká	střední	těžká
Obě ruce	Střední hodnota	70	85	95
	Rozsah	< 75	75 až 90	> 90
Jedna paže	Střední hodnota	90	110	130
	Rozsah	< 100	100 až 120	> 120
Obě paže	Střední hodnota	120	140	160
	Rozsah	< 130	130 až 150	> 150
Tělo	Střední hodnota	180	245	335
	Rozsah	< 210	210 až 285	> 285

Tělesné polohy (sezení, klečení, skrčení, stání, skloněné stání)

Činnosti (sezení, ležení, stání, chůze po rovině, svahu, se zátěží, bez zátěže, ...)

Druh činnosti (kancelář. práce, řemeslník, tiskař, doprava, ... důlní průmysl)

Srdeční frekvence

- Srdeční frekvence reaguje především na metabolickou zátěž
- **Není spolehlivým ukazatelem tepelné zátěže (zejména u energeticky málo náročných prací např. jeřábníci, řidiči)**
- Obecně platí stejné limity jako pro fyzickou práci:
 - **celosměnově přípustná = průměrná SF 102/min,**
 - **krátkodobě přípustná = SF \leq 150/min**

prac.	prům. SF	M [W/m ²]	I [clo]	tř. práce	nam. t _g /limit
Odlévač 56 let, 83 kg	101	205	0,9	IVa	30,3/24
Vytlouk.odlitků 1 32 let, 115 kg	96	195	0,9	IIIb	24,5/26
Vytlouk.odlitků 2 21 let, 75 kg	113	260	0,9	IVb	34,2/20
Odlévač 61 let, 105 kg	86	136	0,9	IIIa	28,8/30
Ruční formování 24 let, 85 kg	118	300	0,9	IVb	28,3/20
Tavič 41 let, 80 kg	89	150	1,58	IIIa	46,3/30
Modifikace 21 let, 80 kg	108	255	0,9	IVb	30,6/20

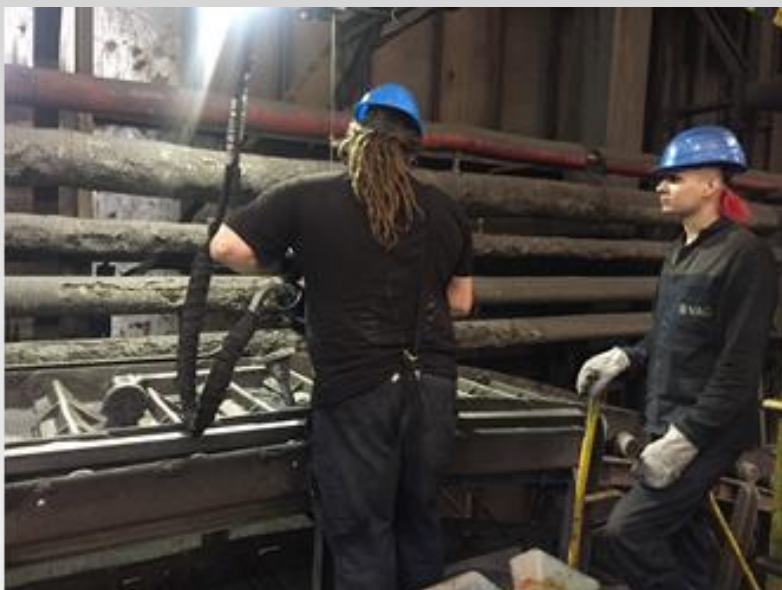
Pracoviště/ pracovník	Dlouhodobě přípustná doba práce [min]	Krátkodobě přípustná doba práce [min]
Odlévač 56 let, 83 kg	273	273
Vytlouk.odlitéků BMD 32 let, 115 kg	480	480
Vytlouk.odlitéků GDF 21 let, 75 kg	195	45
Odlévač 61 let, 105 kg	480	480
Ruční formování 24 let, 85 kg	185	36
Tavič 41 let, 80 kg	272	58
Modifikace 21 let, 80 kg	213	59



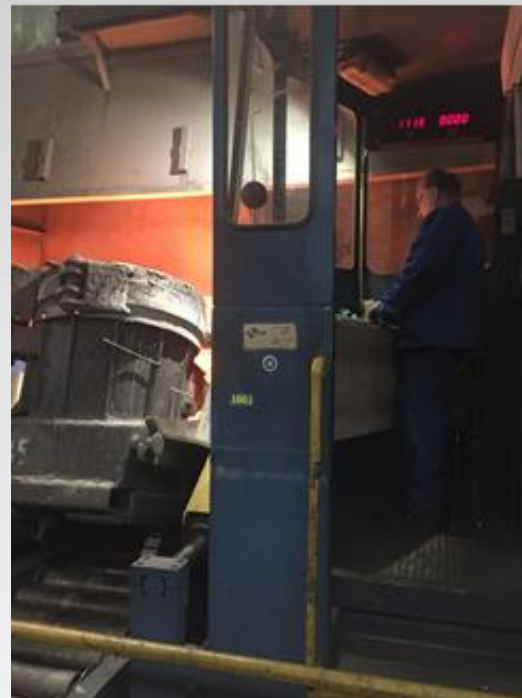
Tavič
IIIa t_{sm} 272 min
 t_{max} 58 min



Modifikace
IVb t_{sm} 213 min
 t_{max} 59 min



Vytloukání odlitků BMB



Odlévač

8hod směna bez omezení

Chyby při stanovení energetického výdeje

- **Tabelární odhad až 20 %**
- **Přímá kalorimetrie, ventilometrie až 5 %**

Jinou možnost stanovení tepelné zátěže zaměstnance dává **ČSN ISO 7243 Horká prostředí** - Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru). Je to obdoba normy ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí – Stanovení PMV a PPD indexu a specifikace podmínek tepelné pohody. Základem je z naměřených faktorů prostředí vypočítat ukazatel WBGT a ten pak porovnat s referenčními hodnotami stanovenými normou

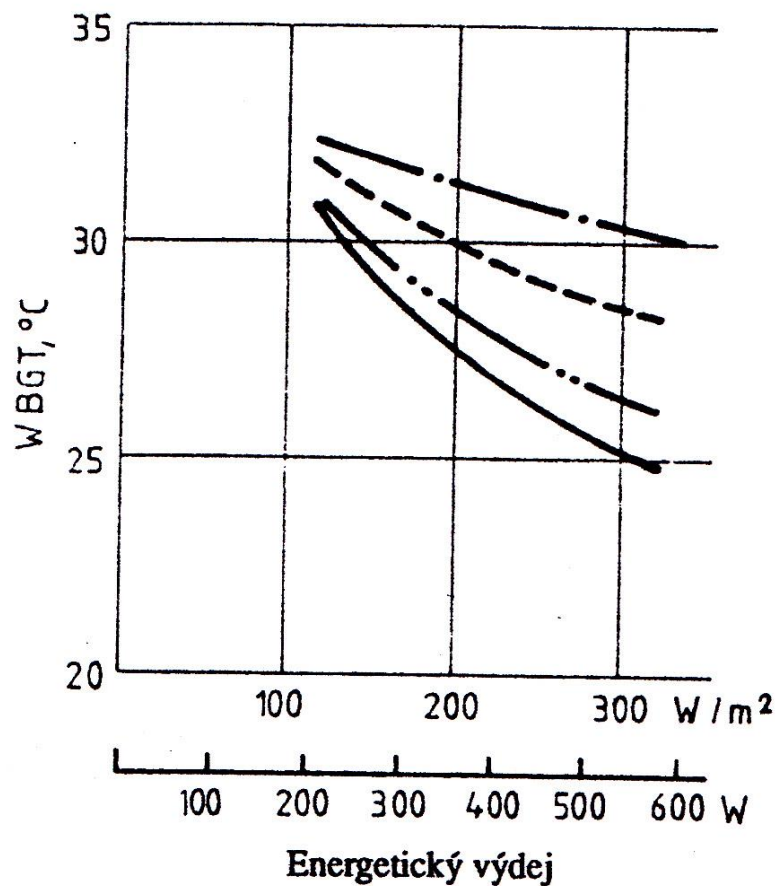
Referenční hodnoty ukazatele tepelné zátěže WBGT

Energetický výdej M [W] ¹⁾	Referenční hodnota WBGT [°C]			
	Osoba aklimatizovaná		Osoba neaklimatizovaná	
$M \leq 117$	33		32	
$117 < M \leq 234$	30		29	
$234 < M \leq 360$	28		26	
$360 < M \leq 468$	25 ²⁾	26 ³⁾	22 ²⁾	23 ³⁾
$M > 468$	23 ²⁾	25 ³⁾	18 ²⁾	20 ³⁾

1) pro průměrnou plochu povrchu těla 1,8 m²

2) bez pocíťovaného pohybu vzduchu

3) pocíťovaný pohyb vzduchu



25 % práce - 75 % odpočinku

50 % práce - 50 % odpočinku

75 % práce - 25 % odpočinku

Nepřetržitá práce

Obrázek B.1

Venkovní pracoviště

Stávající text: „zátěž teplem na venkovním pracovišti se hodnotí podle výsledné teploty kulového teploměru, proudění vzduchu a relativní vlhkost se nezohledňují“



Návrh: „... vychází se z meteorologických údajů pro danou oblast“

Chladová zátěž

- ***Celkové působení chladu*** omezuje průtok krve kůží, stoupá krevní tlak i srdeční frekvence, zvyšuje se spotřeba kyslíku v tkáni. Při vyčerpání termoregulačních možností organismu dochází k poklesu teploty tělesného jádra, oslabení dýchání, ke zpomalení srdeční frekvence, snížení aktivity CNS – objevuje se ospalost, může následovat smrt následkem selhání krevního oběhu.
- ***Lokální působení chladu*** může poškodit povrchové tkáně a vést ke vzniku omrzlin.
Kombinace chladu a vysoké vlhkosti vede k ochrnutí krevních kapilár v kůži a podkoží, městnání krve a otokům končetin.

Chladová zátěž

NV č. 68/2010 Sb.

NV č. 93/2012 Sb.

Teplota t_g [°C]	Doba práce [min]	Teplota t_g [°C]	Doba práce [min]
13 až 4	max 180	-	-
4 až -10	max 120	4 až -10	max 120
10 až -30	max 75	- 10,1 až -20 - 20,1 až -30	max 60 max 30

4 °C a nižší – bezpečnostní přestávky min 10 min

Korigovaná teplota t_{korig} (°C)

je teplota vzduchu snižená vlivem proudění vzduchu, která se užívá např. při hodnocení účinku větru na člověka na venkovních pracovištích.

Korigovaná teplota

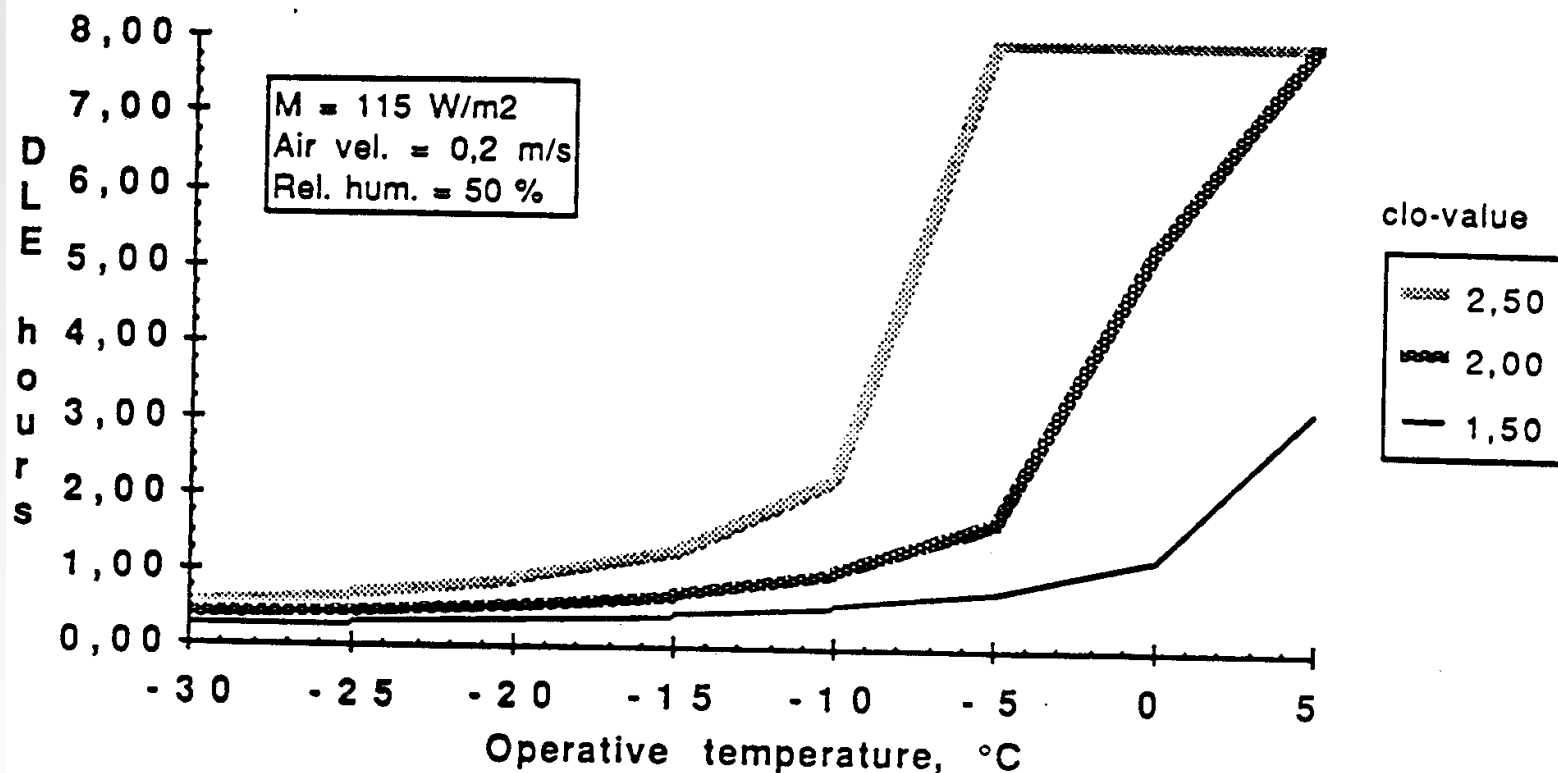
Korekce teploty účinkem proudění vzduchu (chladová zátěž)

Proudění vzduchu m.s ⁻¹	Aktuální teplota vzduchu (°C)						
	+5	-1	-7	-12	-16	-23	-29
1,8	+5	-1	-7	-12	-16	-23	-29
2,2	+3	-3	-9	-15	-21	-26	-32
4,5	-2	-9	-15	-23	-30	-36	-43
6,7	-6	-13	-21	-28	-38	-43	-50
8,9	-8	-16	-23	-32	-40	-47	-55
11,2	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59
13,4	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62
15,6	-12	-20	-29	-37	-45	-55	-63
17,9	-12	-21	-30	-38	-47	-56	-65

65 km/h

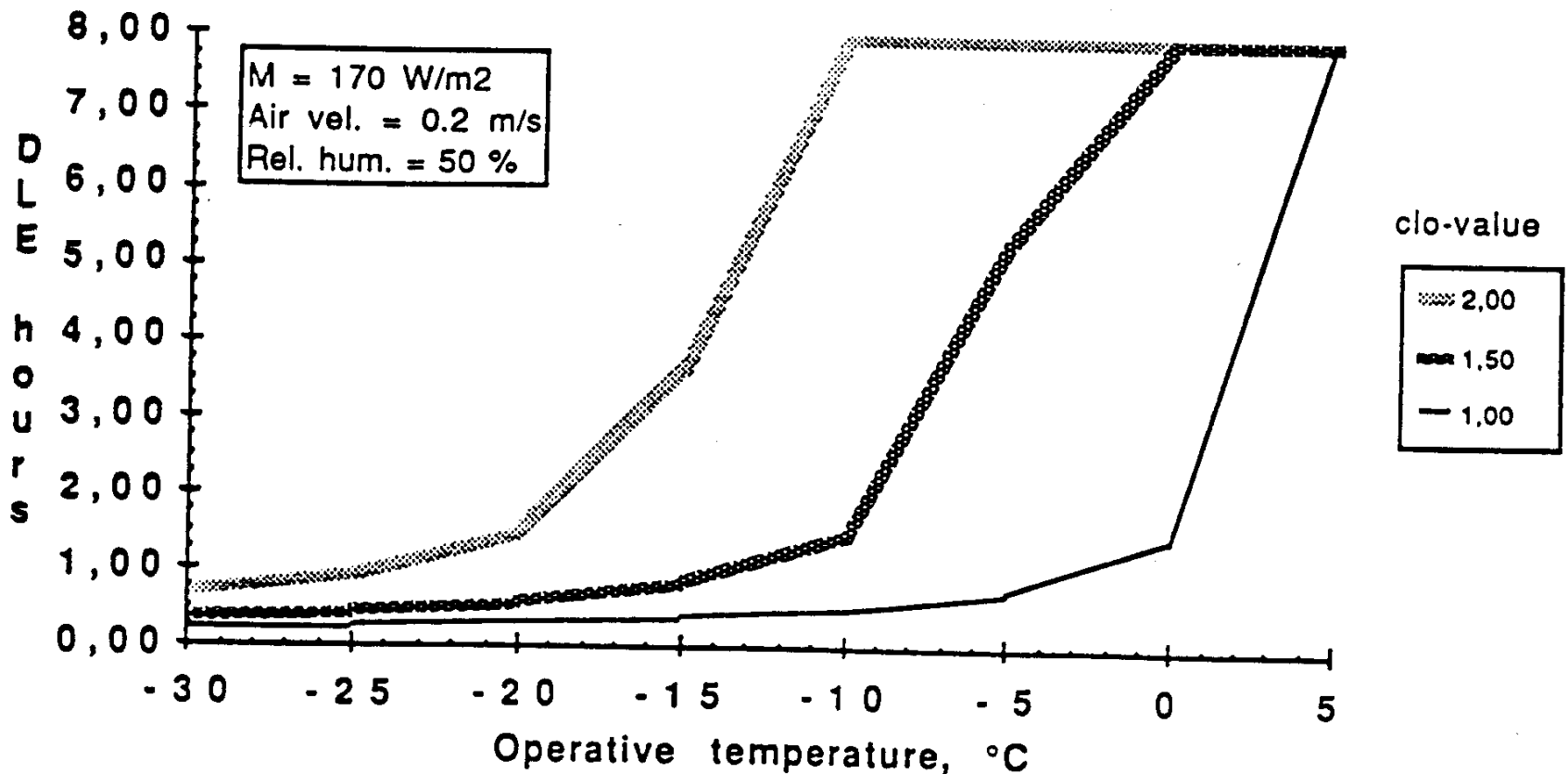
Připustná doba práce v závislosti na operativní teplotě a tepelně izolačních vlastnostech oděvu, $M = 115 \text{ W.M}^{-2}$

Figure 9.
Recommended exposure time (DLE) at three
levels of basic clothing insulation (Icl)



Připustná doba práce v závislosti na operativní teplotě a tepelně izolačních vlastnostech oděvu, $M = 170 \text{ W.M}^{-2}$

Figure 10.
Recommended exposure time (DLE) at three levels of basic clothing insulation (Icl)



ČSN EN ISO 11079 Ergonomie tepelného prostředí -
Stanovení a interpretace stresu z chladu pomocí
potřebné izolace oděvu (IREQ) a místních účinků chladu.

Týká se prostředí s teplotami 10 až -30 °C.

Výpočtový program:

- doporučená tepelná izolace

- maximální doba expozice D_{lim} (hod)

http://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/IREQ2009ver4_2.html

(pracuje i s ČSN EN ISO 9920 Ergonomie tepelného prostředí - Stanovení tepelné izolace a odporu odpařování oděvu)



CALCULATION OF REQUIRED INSULATION, IREQ AND DURATION LIMITED EXPOSURE, Dlim

116	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 400 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
-15	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
-15	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
8	p (l/m ² s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m ² s)
0	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
85	rh (%), Relative humidity
2.5	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

Calculate IREQ

Interpret IREQ

IREQ & Dlim RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ to (clo)

REQUIRED basic clothing insulation (ISO 9920), Icl to (clo)

Duration limited exposure, Dlim to (hours)



DĚKUJI ZA POZORNOST