

SIEMENS

Jiří Pohl / SD ČR Os Tramvaje, Kravaře ve Slezsku / 22.10.2014

Ergonomie, fyziologie, hygiena a antropologie cestujícího v MHD (1. část)

Ergonomie

- Ergonomie (z řečtiny ergon práce a nomos zákon) je věda zabývající se optimalizací lidské činnosti, a to zejména vhodnými rozměry a tvary nástrojů, nábytku a jiných předmětů.
- Odtud ergonomický - přizpůsobený ergonomickým požadavkům.

- **Související obor:**
- Antropologie je vědou o člověku, která uplatňuje na člověka integrální pohled. Shromažďuje informace o tom, jakým směrem a jak probíhá vývoj člověka jako jedince i celé populace. Zaměřuje se na člověka jako jednotlivce, všímá si jeho četných seskupení (etnické skupiny, populace) a zahrnuje do svých výzkumů lidstvo jako celek.

Význam ergonomie

Ergonomie vytváří takové prostředí, které zabezpečuje dostatečný komfort při pracovních i mimo pracovních činnostech a zabraňuje nezdravému zatěžování pohybového aparátu špatným pohybem (pozicí) nebo vlivem vnějšího prostředí. Vnějšími prostředím rozumíme rozličné nástroje, přístroje a vybavení pro práci, zábavu nebo odpočinek.

Hlavním přínosem správné ergonomie je:

- vytvoření komfortu při práci nebo jiných činnostech
- prevence zdravotních obtíží
- minimalizace únavy při různých činnostech
- zvýšení výkonnosti a zlepšení kvality prováděných činností
- dobrá fyzická a psychická kondice

Ergonomie v běžném životě

Lidé chtějí kvalitně sedět nejenom při práci, ale i doma při odpočinku nebo v dopravních prostředcích.

Při práci i domácnosti chtějí používat přístroje a nástroje s líbivým tvarem, ale zároveň požadují aby se dobře držely, nebyly těžké a snadno se s nimi manipulovalo.

Ergonomie se uplatňuje i v mimopracovních činnostech, jako je sport, doprava a samozřejmě i spánek.

Ergonomie a design

„Ergonomie je, když lze potřebný předmět najít hmatem i potmě.“

„Design je, když se i přes to na něj dá dívat.“

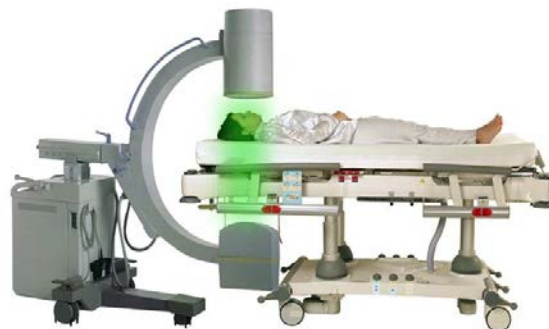
Ergonomie



Ergonomické
předměty v
běžném životě



Žehlička ETA 211: Design
Stanislav Lachman 1973



Ergonomie

**Příklad řešení ergonomie
kancelářské židle s počtem 11-ti
proměnných parametrů**



Ergonomie cestujícího v MHD

Ergonomie = komfort, pohodlí, příjemnost

Fyzická ergonomie – tělesná pohoda,

Psychická ergonomie – duševní pohoda,

Organizační ergonomie – předcházení nepohodě

Ergonomie dopravního prostředku MHD

Pohodlné, klidné a zabezpečené cestování

Cestující (plus jeho zavazadla, děti, ...):

- vyhledání spojení, nalezení zastávky, příchod na zastávku, nelezni správného směru, nalezení správného vlaku, případně vydání povelu k zastavení na znamení, nalezení dveří, nalezení tlačítka k otevření dveří, překonání rozdílu polohy mezi nástupištěm a vozem, vstup do vozu,
- případně označení jízdenky, prokázání se jízdním dokladem,
- průchod vozem, hledání a nalezení/nenalezení místa,
- usazení se na sedadlo, respektive postavení se na vhodném místě a uchopení držadla
- umístění či držení zavazadel,
- činnosti během jízdy (čtení, psaní, práce či zábava s podporou osobní elektroniky, poslech hudby, hovor se sousedy, péče o děti, spánek, zjišťování informací o jízdě, ...)
- zjištění potřebné doby výstupu, případně nalezení a stisknutí tlačítka k zastavení v zastávce na znamení, případně označení výstupu, chůze ke dveřím, případně zjištění strany výstupu, otevření dveří, výstup z vozu, překonání rozdílu polohy mezi vozem a nástupištěm, odchod z nástupiště.

Fyzická ergonomie – cestování MHD

- nástupní prostor,
- vnitřní schodiště,
- sedadlo (rozměry, tvar, materiál),
- volný okolní prostor
- madla a zádržné tyče (poloha, nekonfliktnost),
- vnitřní optický informační systém (viditelnost, funkčnost, nekonfliktnost),
- vnitřní akustický informační systém (slyšitelnost, funkčnost, nekonfliktnost),
- dosažitelnost ovladače a viditelnost sdělovače zastávky na znamení,
- dosažitelnost ovladače a viditelnost sdělovače dveří,
- dosažitelnost označovače jízdenek.

=> cesta MHD musí být pohodlná

Psychická ergonomie – cestování MHD

- nepříjemní spolucestující (vzdálenost, kontakt, pohled),
- palubní personál (ochota a pozornost versus přezíravost),
- technická bezpečnost – safety (zabezpečení jízdy, pevnost, odolnost při nárazu, ostré hrany, pneumatická zařízení, elektrická zařízení, dveře – sevření, vypadnutí, ...),
- spolehlivost, dochvilnost,
- občanská bezpečnost – security (okradení, znásilnění, přepadení),
- možnost zakoupení chybějícího jízdního dokladu,
- posazení na nesprávné (vyhrazené) místo,
- zaspání, přehlédnutí výstupní stanice,
- zapomenutí věcí a zavazadel,
- umění zjistit, na kterou stranu je výstup
- umění najít ovladač na otevření dveří,
- umění otevřít dveře,
- chybné vystoupení v nesprávné stanici,
- vykročení od vozidla chybným směrem,
- zpoždění, zmeškání přípoje či jiné události.

=> cesta MHD nesmí cestujícího stresovat (nejen cestujícího, ale i personál)

Organizační ergonomie – cestování MHD

- jízdní řád,
- označení zastávky (název, linky, směr),
- označení vozu (linka směr)
- úměrnost přepravní nabídky (počet míst) přepravní poptávce (počet cestujících),
- označení vyhrazených míst (PRM),
- informační systémy (vnější a vnitřní, optické a akustické),
- informace o nepravidelnostech,
- náhradní doprava.

=> cesta MHD musí být (dopravcem) dobře promyšlená a připravená

Motivace

Cestující, který dojíždí denně MHD 30 minut do zaměstnání, stráví ročně v MHD:

$$T = (N_t - N_d) \cdot N_p \cdot 2 \cdot T_c = (52 - 4) \cdot 5 \cdot 2 \cdot 0,5 = 240 \text{ hodin} = 10 \text{ celých dnů}$$

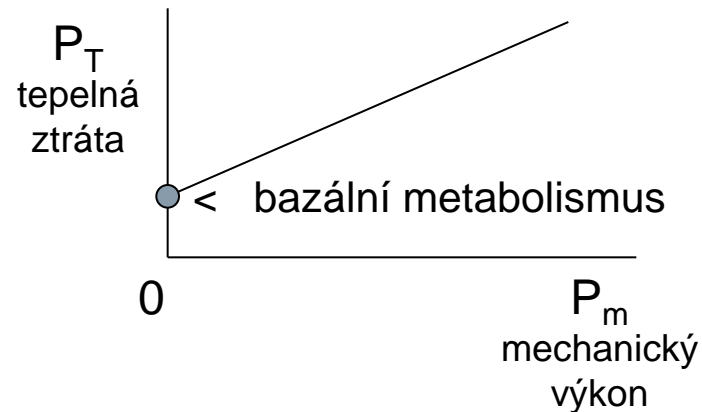
Doba strávená ve vlaku je pro cestujícího velmi významnou částí disponibilního denního volného času (po odečtení pracovní doby a doby spánku):

$$k = 2 \cdot T_c / (T_d - T_p - T_s) = 2 \cdot 0,5 / (24 - 9 - 6) = 1 \text{ h} / 9 \text{ h} = 11 \%$$

⇒ stojí za to, aby byl tento čas prožitý v pěkném, čistém a příjemném prostředí,

⇒ stojí za to zkrátit dobu cesty o 1 minutu – cestující (i stát) získá ročně 240 minut, tedy 8 hodin času navíc - jednu celou pracovní směnu.

Člověk - produkce tepla



Chladicí výkon:

$$P_T = P_s + P_m = \frac{T_{\check{c}} - T_o}{R_{\check{c}} + R_o} + Q \cdot \rho \cdot c_s$$

$$\frac{P_s}{P_T} = \alpha$$

$$\frac{P_m}{P_t} = 1 - \alpha$$

- P_s suché chlazení
- P_m mokré chlazení
- Q intenzita odparu vody [dm^3/h]
- ρ měrná hmotnost vody
- c_s skupenské (výparné) teplo vody
- $T_{\check{c}}$ teplota člověka
- T_o teplota okolí
- $R_{\check{c}}$ tepelný odpor člověka
- R_o tepelný odpor oblečení

Tepelná pohoda člověka

Bazální metabolismus		- chůze	$P_T = 200 \text{ W}$
sedící člověk	$P_T = 120 \text{ W}$	- rychlá chůze	$P_T = 300 \text{ W}$
spící člověk	$P_T = 90 \text{ W}$	- běh	$P_T = 700 \text{ W}$

Tepelná pohoda: $\alpha = 0,7$ až $0,8$
suché chlazení $P_s = \alpha \cdot P_T = 0,75 \cdot P_T$
mokré chlazení $P_m = (1 - \alpha) \cdot P_T = (1 - 0,75) \cdot P_T = 0,25 \cdot P_T$

Lehké oblečení: tepelná pohoda nastane při $T_o = 22^\circ \text{ C}$
 $v = 0 \text{ m/s}$

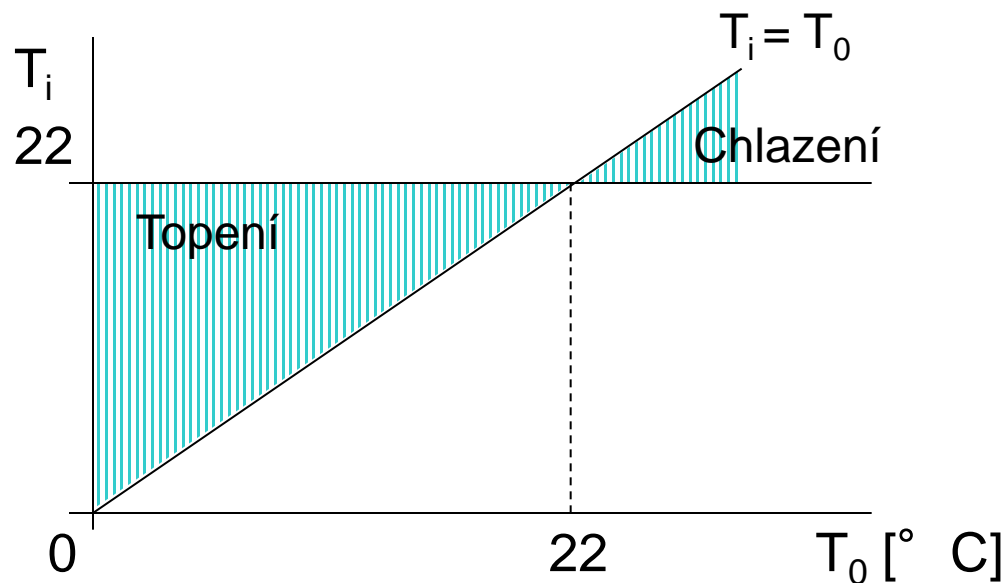
$$R_{\check{c}} + R_o = \frac{T_{\check{c}} - T_o}{P} = \frac{T_{\check{c}} - T_o}{\alpha \cdot P} = \frac{37 - 22}{0,75 \cdot 120} = \frac{15}{90} = 0,17 \text{ K/W}$$

$\alpha = 0,7$ až $0,8$	OPTIMUM	
$\alpha > 0,7$ až $0,8$	POCIT ZIMY	=> žádné pocení („husí kůže“)
$\alpha < 0,7$ až $0,8$	POCIT HORKA	=> zvýšené pocení

Železniční doprava

Člověk odkládá svrchní oděv

=> ve voze je nutné udržovat stálou („pokojevou“) teplotu



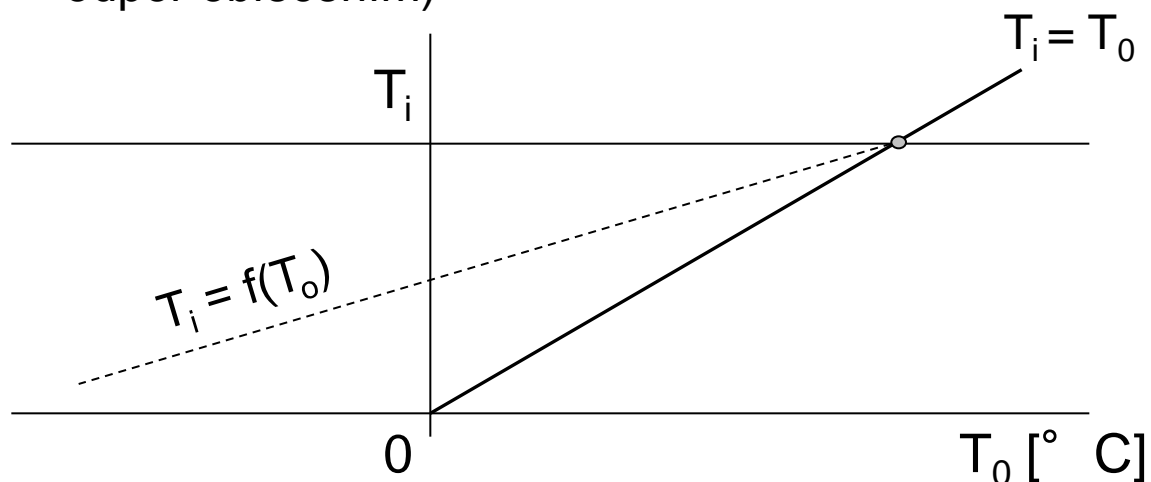
„Ve voze musí být věšáky na kabáty“

Městská hromadná doprava

Člověk (cestující) neodkládá svrchní oděv

=> ve voze nemá smysl udržovat v zimě stálou „pokojovou“ teplotu

=> teplotu ve voze je potřebné řídit podle venkovní teploty
(lidé se oblékají podle venkovní teploty => zvyšují tepelný odpor oblečením)



Sedadla musí být tak široká, aby se na ně vešli lidé v kabátech.

Vnitřní prostředí – teplota ovzduší

Na rozdíl železnice si ve vozidlech MHD cestující nesnímají svrchní šat

⇒ nejsou potřebné háčky na kabáty,

⇒ musí být větší příčná rozteč sedadel (sezení v kabátech),

⇒ v prostor pro cestující není žádoucí udržovat pokojovou teplotu (kolem 23° C) – v kabině řidiče však ano

Teplota v prostoru pro cestující, udržovaná klimatizací (ohříváním i chlazením) má řízena s ohledem na teplotu okolí:

- za mrazů má být méně než pokojová (cestující má silné oblečení a zbytečně by se hřál),
- za letního vedra spíš trochu víc (cestující jsou velmi lehce oblečení a bylo by jim zima, zejména by pro ně byly nepříjemné přechody do vozu a z vozu),
- přivádění příliš horkého či příliš studeného vzduchu dovnitř do vozu je zamezeno jeho ředěním přidáváním vnitřního (recirkulačního) vzduchu,
- svislý gradient teploty (Archimédův zákon: studený vzduch dole, horký nahoře) je potřeba potlačit na minimum,
- efekt teplosměnných ploch (okna: v zimě studená, v létě horká) je potřebné potlačit na minimum,
- člověk svým bazálním metabolismem (v klidu cca 90 W suchého tepla) pomáhá vytápět vůz (princip vytápění chlívů) a v létě zvyšuje potřebný výkon klimatizace,
- člověk je velmi citlivý na změnu teploty – stálou teplotu v interiéru je potřeba udržovat regulátorem teploty velmi přesně (s minimální hysterezí).

Vnitřní prostředí – specifika MHD

- na rozdíl od jiných dopravních prostředků cestujících v MHD též stojí – podlaha nesmí být studená (styk podrážka – podlaha má vlivem velkého přítlaku velmi dobrou tepelnou vodivost),
- chlazení vzduchu (klimatizace) je standardem současných osobních automobilů – nemůže chybět v MHD, stala se samozřejmou nutností, a to zejména u nízkopodlažních tramvají (vysoká okna, kontejnery na střeše),
- samovolné větrání vozu otevřením dveří na zastávkách způsobuje únik tepla v zimě a únik chladu v létě – poptávkové řízení,
- podzemní metro (středoevropské podmínky): v zimě cca + 10 ° C, v létě cca + 25 ° C – prostor pro cestující není potřebné ani vytápět, ani chladit (klimatizovat),
- avšak pozor: efekt ohřívání podzemí dlouholetým provozem metra (trvalý výkon kolem 0,5 kW/m), časová konstanta zemního tělesa je několik let (v Praze příznivě ochlazené povodní v roce 2002),
- ventilace vozidel metra: nefiltrovaným vzduchem (při udržování tunelů v čistotě).

Vnitřní prostředí - rychlost proudění vzduchu

Člověk je velmi citlivý na proudění vzduchu (průvan), ze jména vzduchu chladnějšího než cca 25 ° C, respektive teplejšího než 40 ° C

- není vhodné větrat otevřenými okny ani střešními náporovými klapkami, ale systémem nucené ventilace,
- je potřeba dosáhnout vhodné (nízké) rychlostí přivádění či odvádění vzduchu do interiéru – nefoukat cestujícím na hlavu,
- výústky přivádění teplého či studeného vzduchu musí být patřičně vzdáleny od cestujících („vysoký strop“), aby se přiváděný vzduch stačil promísit s okolním vzduchem (v zimě snížit svojí teplotu, v létě zvýšit svojí teplotu), než dojde k cestujícím,
- přitom vstupy a výstupy vzduchu musí být tak prostorově uspořádány, aby nedocházelo k vnitřnímu ventilačnímu zkratu – tedy aby čerstvý vzduch krátkou cestu neunikl do výstupních otvorů, aniž by promísil s prostředím ve voze.

Člověk - produkce CO₂

Člověk vdechuje kyslík a vydechuje CO₂:

$$Q_{\text{CO}_2} = 0,02 \text{ m}^3/\text{h}$$

Potřeba čerstvého vzduchu:

- komfort: 0,1% koncentrace

$$Q_{\check{c}} = \frac{Q_{\text{CO}_2}}{k} = \frac{0,02}{0,001} = 20 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- mezní stav: 2% koncentrace

$$Q_{\check{c}} = \frac{Q_{\text{CO}_2}}{k} = \frac{0,02}{0,02} = 1 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Vnitřní prostředí – kvalita vzduchu

Vozidlo projíždí prašným, avšak vzduch uvnitř vozu musí být čistý - bez prachu, který by znečišťoval interiér vozu i cestující.

= > nikoliv větrání okny, ale nucená ventilace filtrovaným vzduchem (přetlaková, podtlaková by přisávala nečistoty netěsnostmi).

Cestující spotřebovává kyslík a mění jej vnitřním spalováním potravy na oxid uhličitý. Ve stavu bazálního metabolismu vydechuje 20 litrů CO_2 za hodinu. Pro pocit čistého vzduchu vyžaduje jen 0,1 % koncentraci CO_2 v ovzduší, tedy 20 m^3/h čerstvého (vnějšího) vzduchu.

Množství čerstvého vzduchu je dimenzováno na plné obsazení vozu. Při nižším obsazení vozu (snížená produkce CO_2 cestujícími) lze zvýšit podíl recirkulačního vzduchu. Přínosem je úspora energie pro vytápění respektive chlazení. Řízení poměru čerstvého a recirkulačního (vnitřního) vzduchu - buď podle čidla obsazení vozu, nebo podle čidla koncentrace CO_2 (ULF Vídeň).

Člověk – produkce vody

Tepelná pohoda - mokrá složka ochlazování těla:

$$P_m = (1 - \alpha) \cdot P = (1 - 0,75) \cdot 120 = 30 \text{ W}$$

$$Q = \frac{P}{\rho \cdot c_v} = \frac{0,03}{1,0,6} = 0,05 \text{ dm}^3 / \text{h}$$

Tělo odpaří za hodinu 0,5 dcl (50 g) vody:

- pocením
- dýcháním

Vzduch 22° C:

$\varphi = 100\%$ vlhkost ... 16 g H₂O/m³

$\varphi = 50\%$ vlhkost 8 g H₂O/m³

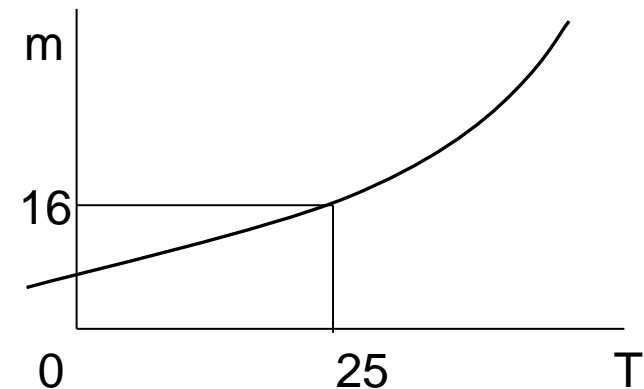
„sucho“ $\varphi = 30\%$ vlhkost 5 g H₂O/m³ (osychají sliznice)

„dusno“ $\varphi = 70\%$ vlhkost 11 g H₂O/m³ (člověk se potí)

optimum $\varphi =$ kolem 50 % vlhkosti 8 g H₂O/m³

Potřebné množství čerstvého vzduchu:

$$Q = \frac{m}{(\varphi - \varphi_a) \cdot m_a} = \frac{50}{(0,7 - 0,5) \cdot 16} = \frac{50}{0,2 \cdot 16} = 16 \text{ m}^3 / \text{h}$$



Vnitřní prostředí – vlhkost vzduchu

Člověk vyžaduje vlhkost vzduchu zhruba v rozmezí cca 40 až 60 %.

- suchý vzduch (pod 40 % relativní vlhkosti) způsobuje osychání sliznic,
- vlhký vzduch (nad 60 % relativní vlhkosti) způsobuje sníženou odpařitelnost potu – zavlhlou pokožku.

Cestující však vzduch zvlhčuje. Člověk v režimu tepelné pohody (75 % suché ochlazování, 25 % mokré ochlazování) odpařuje tepelným výkonem 30 W zhruba 0,05 litru vody za hodinu.

Aby tato vlhkost ve voze nekondenzovala (orosená okna), musí ji z vozu odvést ventilační systém (odpadním vzduchem do okolí). Jde nejen o pohodu cestujících, ale i o korozi skříně vozidla – kondenzace na kovových částech.

Odvlhčování vzduchu zajišťuje jeho zchlazením pod rosný bod v letním období výparník klimatizace, v zimně nízká absolutní vlhkost přiváděného venkovního vzduchu (vně vozu studeného).

Částečná recirkulace vzduchu brání za mrazu jeho přesušování.

Rekapitulace – člověk v klidu

Pro množství chladícího vzduchu je rozhodující jeho oteplení a zvlhčení člověkem, nikoliv koncentrace CO₂. Proto může pracovat klimatizace s recirkulací (teplotu lze snížit a vzduch odvlhčit jeho ochlazením pomocí výparníku).

Produkuje	Vyžaduje	Zkází vzduch (Q = 30 m³/h)
suché teplo: 80 W	teplotu 21 až 23° C	ohřeje o 8° C
odpaří vody: 0,05 dm³/h (50 g/h)	relativní vlhkost vzduchu 40 až 60% absolutní vlhkost vzduchu 6 až 10 g/m³	zvýší relativní vlhkost o 10% zvýší absolutní vlhkost o 1,6 g/m³
vydechuje CO₂: 20 dm³/h	koncentraci CO₂ 0,1 až 0,2%	zvýší koncentraci CO₂ o 0,07%

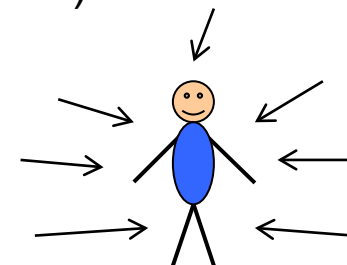
Vliv způsobu cestování

- sedící člověk
- o samotě stojící člověk



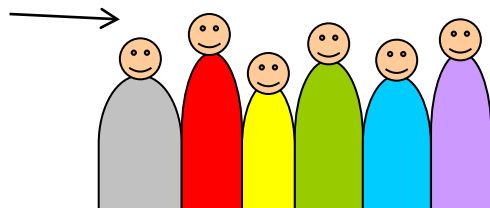
má volný přístup vzduchu k tělu
dobře se chladí (celým povrchem)

- člověk v návalu - nemá volný přístup vzduchu k tělu
- špatně se chladí (v podstatě jen hlavou)



Operativní (zoufalé) řešení:
Strategické řešení:

- velká rychlost vzduchu
- kratší intervaly, menší obsazení
(maximálně 2 až 3 stojící osoby/m²)



Příklad - vůz Metra M1

$N_{se} = 48$ sedadel

$S = 30 \text{ m}^2$ volné podlahy

$h = 5/\text{m}^2$ plošná hustota stojících osob

$N = N_{se} + N_{st} = N_{se} + h.S = 48 + 5.30 = 200$ osob

Tento náklad:

- zatíží vozidlo o $200.0,08 = 16 \text{ t}$
- produkuje $200.0,08 = 16 \text{ kW}$ tepla
- produkuje $200.0,05 = 40 \text{ dm}^3/\text{h}$ vody
- produkuje $200.0,02 = 4 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$

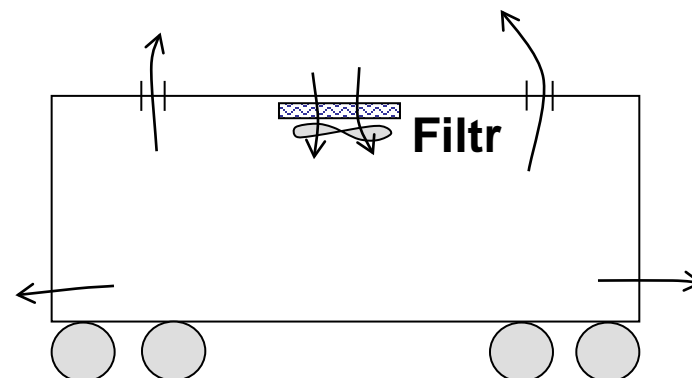
Vyžaduje ventilaci $200.30 = 6\,000 \text{ m}^3/\text{h}$

(v prázdném interiéru o objemu $19 \times 2,5 \times 2,1 \approx 100 \text{ m}^3$ se vzduch vymění 60x za hodinu, tedy 1x za minutu)

Ventilace vozu

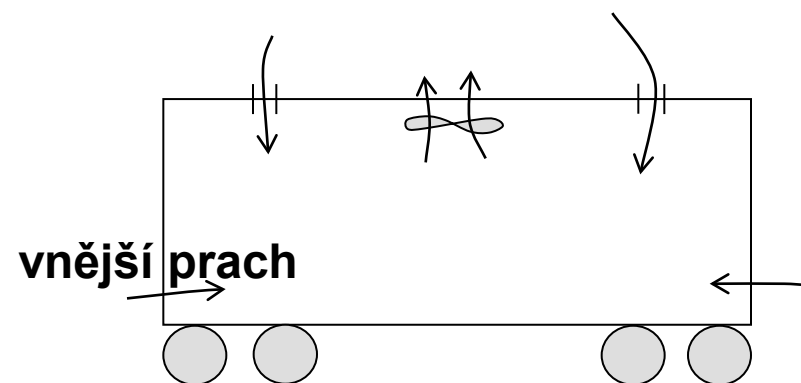
Tlačná (přetlaková)

- vzduch lze na vstupu do vozu filtrovat
- netěsnostmi nevniká do vozu prach
- dveře tlačí ven



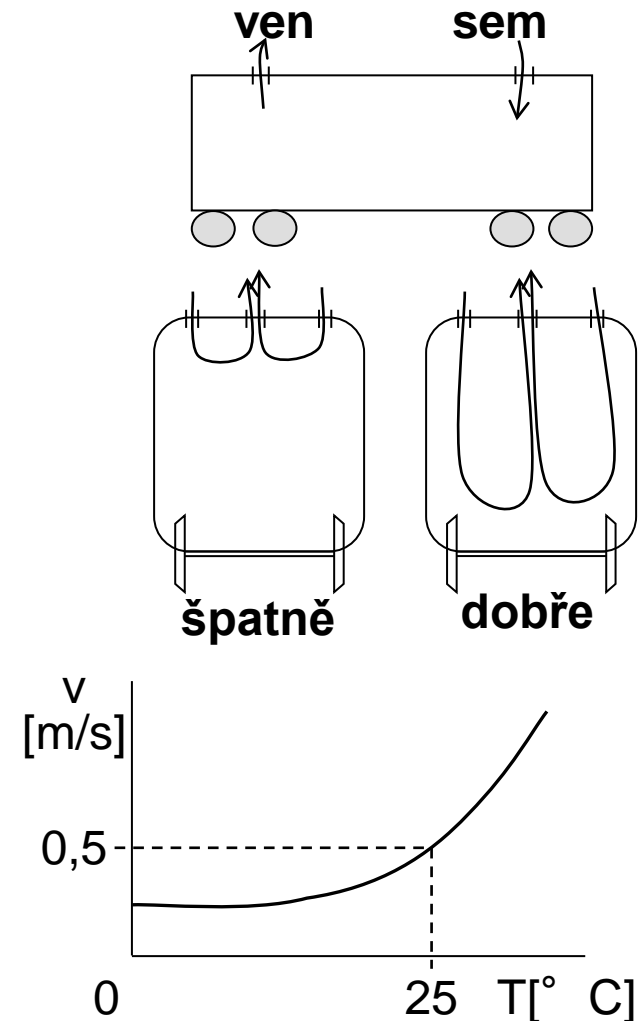
Sací (podtlaková)

- problematická filtrace
- netěsnostmi vniká prach dovnitř
- dveře tlačí dovnitř



Zásady ventilace

- má-li být „ventilace“, musí být i „semtilace“
- zamezit ventilačním zkratům
(vzduch musí projít celým objemem vozu)
- rovnoměrně ventilovat celý interiér
- nepřekračovat dovolené rychlosti proudění
(nevyvolávat pocit průvanu)
- ne vysoká rychlost vzduchu v kanálech
(hlučnost) - max. 7 m/s



Vnitřní prostředí – čistota

Cestující vyžaduje čisté prostředí, nechce se v MHD umazat.

Základní zásady:

- zamezit vnikání prachu do vozu otevřenými či netěsnými okny
=> pevná okna, tlakové větrání filtrovaným vzduchem, klimatizace,
- zamezit vnikání prachu do vozu otevřenými či netěsnými dveřmi
=> poptávkové řízení dveří, utěsnění dveří,
- zamezit vnikání prachu do vozu netěsnostmi v podlaze (průchody kabelů)
=> pečlivé utěsnění,
- snadná udržovatelnost čistoty.

Vnitřní prostředí – čistota

Důležité momenty k zajištění čistoty vozu

- **Sedadla:** snadno čistitelná,
- **Plochy:** vyvarovat se zákoutí a výklenkům s malými rozměry, do kterých nelze vsunout ruku s hadrem,
- **Materiály:** prioritně, hladké, snadno čistitelné,
- **Podlaha:** celistvá bez vík, minimum noh či ukotvení tyčí, zaoblení rohů, žádné nepřístupné kouty, zvednuté okraje.

Vnitřní prostředí – zrychlení

Silové působení jízdy vlaku na cestujícího je určeno v souladu s Newtonovým zákonem zrychlením.

Podélný směr – rozjezdové síly a provozní brzdění způsobují podélné zrychlení zhruba 1,2 až 1,8 m/s² (nižší hodnoty platí pro obsazené vozy, vyšší hodnoty platí pro prázdné vozy). Při nouzovém a záchranném brzdění (kolejnicové brzdy) kolem 3 m/s² „cestující jsou povinni se za jízdy držet“

Příčný směr – průjezd obloukem způsobuje (po odečtení vlivu stavebního převýšení) příčné nevyrovnané zrychlení $a = v^2/R - g \cdot h / 2e$.

Pro tramvaje je v ČR mezní hodnota 0,8 m/s² (nedostatek převýšení 122 mm).

Skutečné na cestujícího působící hodnoty zrychlení (ve vztahu k rovině podlahy vozu) je vlivem náklonu vozu odstředivou silou ven z oblouku mírně vyšší.

Na rozdíl od železnice (systém rychlostníků plus kontrola záznamu tachografu) nebývalo u tramvají dodržení hodnoty 0,8 m/s² systémově zajištěno. Zpravidla záleželo jen na citu řidiče. V provozu však byly zjištěny i čtyřnásobné hodnoty příčného zrychlení (výjezd z oblouku, zadní část vozu). To odpovídá dvojnásobné rychlosti.

Důsledky: nepohodlná jízda, namáhání vozidla, opotřebení kol a kolejnic, v krajním případě vykolejení.

Nově je definování a dodržování rychlostního profilu zaváděno i v tramvajové dopravě.

Vnitřní prostředí – ryv (cz), rüch (de), jerk (en)

Lidské tělo se chová jako zpětnovazebně řízený mechanismus. Jakmile hmat pocítí akční silové působení okolních předmětů na člověka (podlaha, sedadlo, zádržné tyče), vyše mozek svalům povel k vyvíjení reakční síly. Tento proces není okamžitý, vyžaduje určitý čas.

K tomu, aby člověk stojící či sedící člověk nezakolísal (netrhnul sebou, nespadol) nesmi se akční síla (zrychlení) měnit skokem, ale postupně, aby tělo mělo dostatek času na vybudování reakční síly.

Proto je potřebné, aby změna zrychlení ryv ($r = da/dt$) nepřesáhla hodnotu cca $0,8 \text{ m/s}^3$

Cestující zvládne zrychlení $1,6 \text{ m/s}^2$, ale musí 2 sekundy plynule narůstat, aby na něj stačil zareagovat vytvořením síly ve svalech.

Toho je dosahováno:

- plynulou změnou (zvyšováním či snižováním) tažných a brzdých sil (včetně pozvolného povolování brzdy před zastavením – „máslový dojezd“),
- plynulou změnou křivosti ($1/R$) na začátku a konci kruhových traťových oblouků (přechodnice se stálou třetí derivací polohy – kubická parabola nebo klotoida), dynamicky (pružně) otočné podvozky.

Děkuji Vám za Vaši pozornost

Konec první části. Těším se na příští pokračování a setkání s Vámi!

