

Řešení vozidel dálkové i regionální železniční dopravy z hlediska ergonomie cestujícího

Jiří Pohl, Siemens, s.r.o.

Vendryně, 13.10.2016

Ergonomie

Ergonomie = komfort, pohodlí, příjemnost

Fyzická ergonomie – tělesná pohoda,

Psychická ergonomie – duševní pohoda,

Organizační ergonomie – předcházení nepohodě

Ergonomie kolejového vozidla

Pohodlné, klidné a zabezpečené cestování

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

- vyhledání vlaku, příchod k vlaku, nalezení vozu, otevření dveří, překonání mezery mezi nástupištěm a vozem, vstup do vozu,
- průchod vozem, hledání a nalezení/nenalezení místa,
- uložení zavazadel, svlékání a uložení oděvu, vyndání věcí potřebných k cestě,
- usazení se, činnosti během jízdy (prokázání se jízdním dokladem, přijmutí/nákup zboží z nabídky palubního servisu, čtení, psaní, práce či zábava s PC, poslech hudby, hovor se sousedy, péče o děti, spánek, občerstvení jídlem a pitím, zjišťování informací o jízdě vlaku, ...)
- odchod na toaletu, hledání toalety, použití toalety, návrat na místo,
- odchod do jídelního oddílu, hledání jídelního oddílu, stravování, návrat na místo,
- zjištění potřebné doby výstupu, sbalení cestovních věcí, oblékání, příprava zavazadel, chůze ke dveřím, zjištění strany výstupu, otevření dveří, výstup z vozu, překonání mezery mezi vozem a nástupištěm, odchod od vlaku.

Fyzická ergonomie – cestování vlakem

- prostor,
- sedadlo (rozměry, tvar, materiál),
- stolek (velikost, poloha),
- koš na odpadky (přístupnost, funkčnost),
- ovladač osvětlení (přístupnost, funkčnost),
- věšák na oděv (poloha, nekonfliktnost),
- zavazadlová police (velikost, poloha),
- stojan na zavazadla (poloha, viditelnost),
- madla a zádržné tyče (poloha, nekonfliktnost),
- interiérové dveře (velikost, ovládání),
- zásuvka 230 V 50 Hz pro počítač (poloha, četnost, přístupnost),
- vnitřní optický informační systém (viditelnost, funkčnost, nekonfliktnost),
- vnitřní akustický informační systém (slyšitelnost, funkčnost, nekonfliktnost).

=> cesta vlakem musí být pohodlná

Psychická ergonomie – cestování vlakem

- **nepříjemní spolucestující (vzdálenost, kontakt, pohled),**
- **palubním personál (ochota a pozornost versus dohled a vtíravost),**
- **technická bezpečnost – safety (zabezpečení jízdy vlaku, pevnost, odolnost při nárazu, ostré hrany, pneumatická zařízení, elektrická zařízení, dveře – sevření, vypadnutí, ...),**
- **občanská bezpečnost – security (okradení, znásilnění, přepadení),**
- **možnost zakoupení chybějícího jízdního dokladu,**
- **posazení na nesprávné 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 vlaku chybným směrem,**
- **zpoždění, zmeškání přípoje.**

=> cesta vlakem nesmí cestujícího stresovat

Organizační ergonomie – cestování vlakem

- jízdní řád,
- úměrnost přepravní nabídky (počet míst) přepravní poptávce (počet cestujících)
- rezervační systém,
- informační systémy (vnější a vnitřní, optické a akustické),
- vyhrazené vozy a oddíly (kuřáci/nekuřáci, tiché/rušné, dámy, cestující s dětmi),
- řazení vlaku,
- číslování vozů (logika posloupnosti),
- rozlišení vozových tříd,
- označení míst (přiřazení čísla k sedadlu, indikace rezervování),
- milý a vstřícný personál dopravce.

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

Motivace

Cestující, který dojíždí denně vlakem 30 minut do zaměstnání, stráví ročně ve vlaku:

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

Doba strávená ve vlaku je pro cestujícího velmi významnou částí disponibilního denního 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 8 hodin času navíc, tedy celou jednu pracovní směnu.**

Vnitřní prostředí – teplota ovzduší

Na rozdíl od vozidel MHD snímá člověk ve vlaku svrchní šat.

Proto potřebuje ve vlaku pokojovou teplotu (kolem 23 °C), udržovanou klimatizací (ohříváním i chlazením)

- za silných mrazů to může být méně (cestující si neodkládá teplé spodní prádlo 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 brání zvyšování jeho objemu přidáním 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 chlévů) a v létě zvyšuje potřebný výkon klimatizace,
- při usínání klesá výkon bazálního metabolismu na 70 W suchého tepla – spící cestující potřebuje mírně vyšší teplotu okolí, nebo přikrývku,
- člověk je velmi citlivý na změnu teploty – stálou teplotu v interiéru je potřeba udržovat regulátorem teploty velmi přesně (s minimální hysterezí).

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,**
- **výustky 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 promísel s prostředím ve voze.**

Vnitřní prostředí – tlak vzduchu

Člověk dokáže žít ve velkém rozmezí tlaku vzduchu (p), avšak lidské ucho je velmi citlivé na náhlé změny tlaku vzduchu (dp/dt).

Na tenkou kůžičku bubínku působí síla úměrná rozdílu tlaku okolního vzduchu a tlaku vzduchu uloženého v prostoru středního ucha. Při polykání se na okamžik otevírá Eustachova trubice a umožňuje vyrovnání tlaku v prostoru vnitřního ucha.

Tlakové rázy při míjení vlaků či při průjezdu tunelem překračují hodnotu nepříjemného pocitu (zhruba $0,5 \text{ kPa/s}$) již při rychlostech kolem 160 km/h .

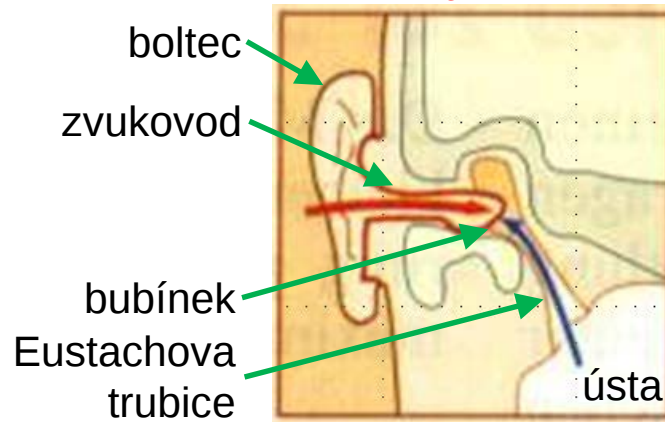
= > tlakotěsné vozy (s pasivní či aktivní tlakovou ochranou ventilačního systému),

=> odklon od standardního UIC mezivozového rozhraní k utěsněným mezivozovým přechodům

Tlakové rázy

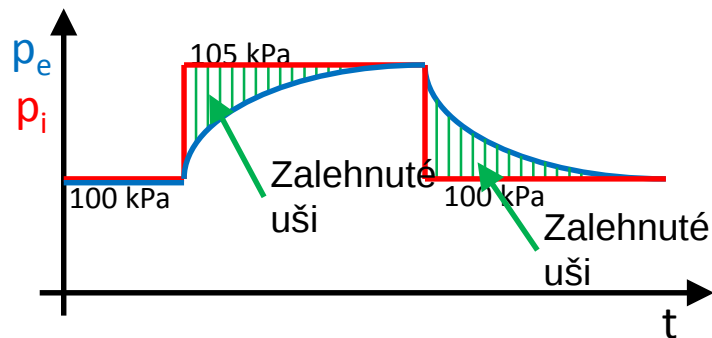
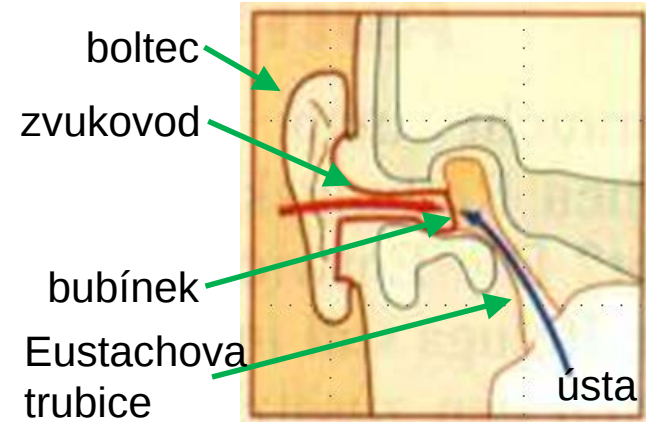
Vnější přetlak

$$p_e > p_i$$



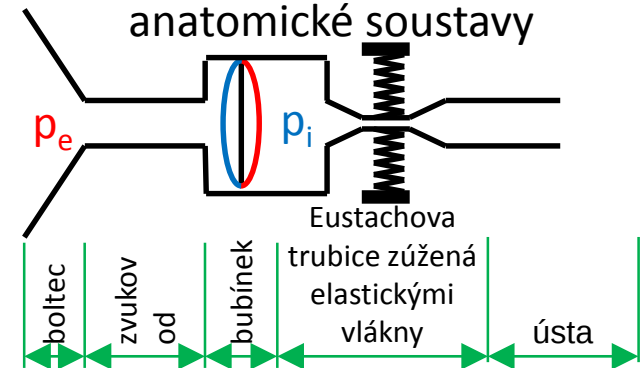
Vyrovnění tlaků

$$p_e = p_i$$



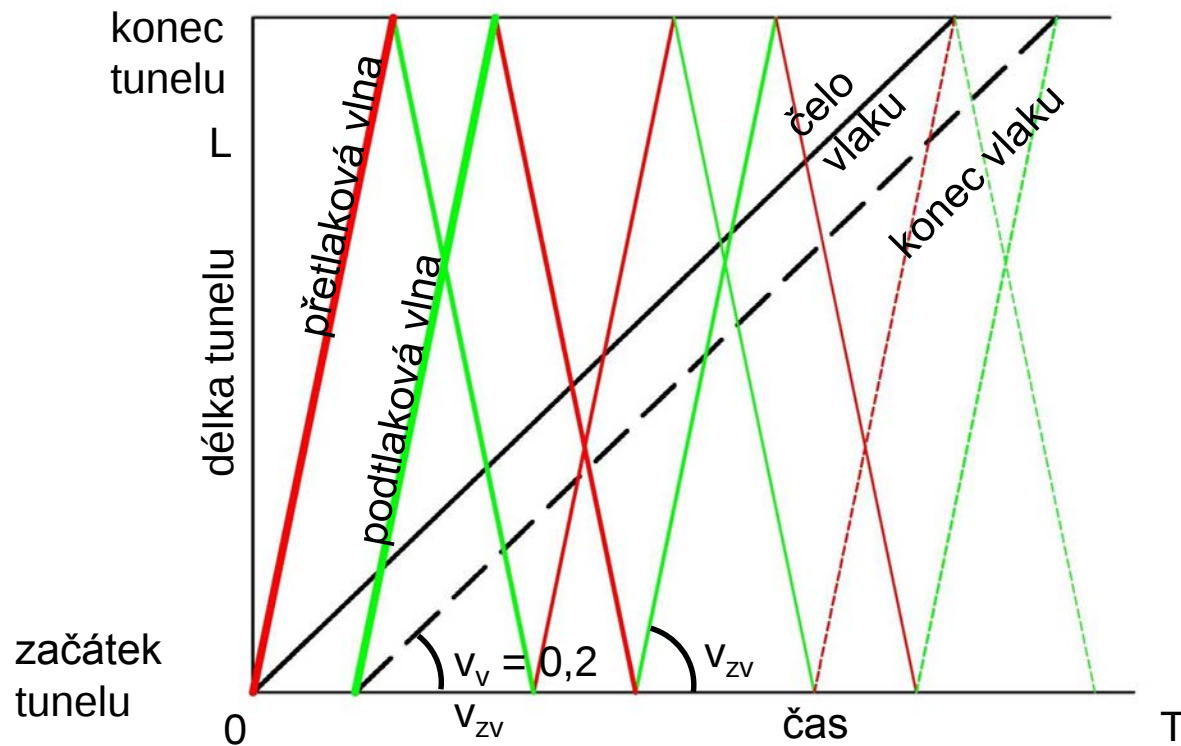
Mechanické znázornění

anatomické soustavy



Tlakové rázy

„Grafikon“ průjezdu vlaku a tlakových vln tunelem



Vnitřní prostředí – kvalita vzduchu

Vlak projíždí prašným prostředím (štěrkové lože – obrus kameniva, bláto, lidské exkrementy, otěr z brzdových zdrží, odkapy maziva z vozů, uhlíkový otěr z lišty sběrače, ...).

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 CO₂ za hodinu.

Pro pocit čistého vzduchu vyžaduje člověk jen 0,1 % koncentraci CO₂ v ovzduší, tedy 20 m³/h čerstvého (vnějšího) vzduchu.

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).

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.

Vnitřní prostředí – čistota

Čestující vyžaduje čisté prostředí, nechce se ve vlaku umazat.

Základní zásady:

- **zamezit vnikání prachu do vozu otevřenými či netěsnými okny**
=> pevná okna, tlakové větrání filtrovaným vzduchem, klimatizace, tlakotěsnost,
- **zamezit vnikání prachu do vozu netěsnými mezivozovými přechody**
=> odklon od UIC přechodu s můstky a návalky k těsným přechodům s celistvou podlahou, tlakotěsnost,
- **zamezit vnikání prachu do vozu otevřenými či netěsnými dveřmi**
=> samočinné zavírání otevřených dveří, utěsnění dveří, tlakotěsnost,
- **zamezit vnikání prachu do vozu netěsnostmi v podlaze (průchody kabelů, potrubí, ...)**
=> pečlivé utěsnění, tlakotěsnost

Vnitřní prostředí – čistota

Důležité momenty k zajištění čistoty vozu

- **Toalety:** odklon od gravitačního principu k principu vakuovému, rozdělení toalet pro ženy a muže,
- **Koše na odpadky:** snadno přístupné, dobře čistitelné, těsné víko,
- **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.

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 0,6 až 1 m/s² (nižší hodnoty platí pro dálkové vlaky, vyšší hodnoty platí pro příměstské regionální vlaky),

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

Tradiční hodnota byla 0,65 m/s² (nedostatek převýšení 100 mm), nově je pro zvýšení rychlosti průjezdu obloukem přípustná hodnota 0,85 m/s² (nedostatek převýšení 130 mm), respektive 0,98 m/s² (nedostatek převýšení 150 mm).

Skutečné na cestujícího působící hodnoty zrychlení (ve vztahu k rovině podlahy vozu) jsou vlivem vyklápění vozu ven z oblouku mírně vyšší.

Svislý směr – analogicky jako příčný směr, vliv poloměru oblouku zaoblené lomu nivelety (také : $a = v^2/R$)

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), vyšle 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, nespadl) nesmí 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 0,5 až 0,8 m/s³ (nižší hodnoty platí pro dálkovou, vyšší pro regionální příměstskou dopravu).

Toho je dosahováno:

- plynulou změnou (zvyšováním či snižováním) tažných a brzdných sil,
- plynulou změnou křivosti ($1/R$) na začátku a konci kruhových traťových oblouků (přechodnice se stálou třetí derivací polohy – kubická parabola nebo klotoida).

Vnitřní prostředí – rázy a vibrace

Vlivem geometrických nepřesností koleje působí na cestujícího v průběhu jízdy rázy a vibrace.

Ty rostou s rychlostí jízdy

Citlivost těla na vnější mechanické kmity je závislá na čtyřech základních faktorech:

- amplituda zrychlení
- směr působení
 - podélně ve směru osy x,
 - příčně ve směru osy y,
 - svisle ve směru osy z ,
- frekvence (frekvenčně a vůči lidskému tělu směrově závislá váhová funkce).

Souhrn těchto vlivů charakterizuje kvalitu chodu vozidla. Ta se zhoršuje se zvyšující se rychlostí jízdy vozidla

Dalším důležitým faktorem je doba působení rázů a vibrací - doba expozice, tedy doba jízdy vlakem:

- regionální doprava (expozice v desítkách minut) ... mírnější kritéria,
- dálková doprava (expozice v hodinách) ... přísnější kritéria,
- stanoviště strojvedoucího (expozice po dobu pracovní směny) ... kritéria pro pracoviště.

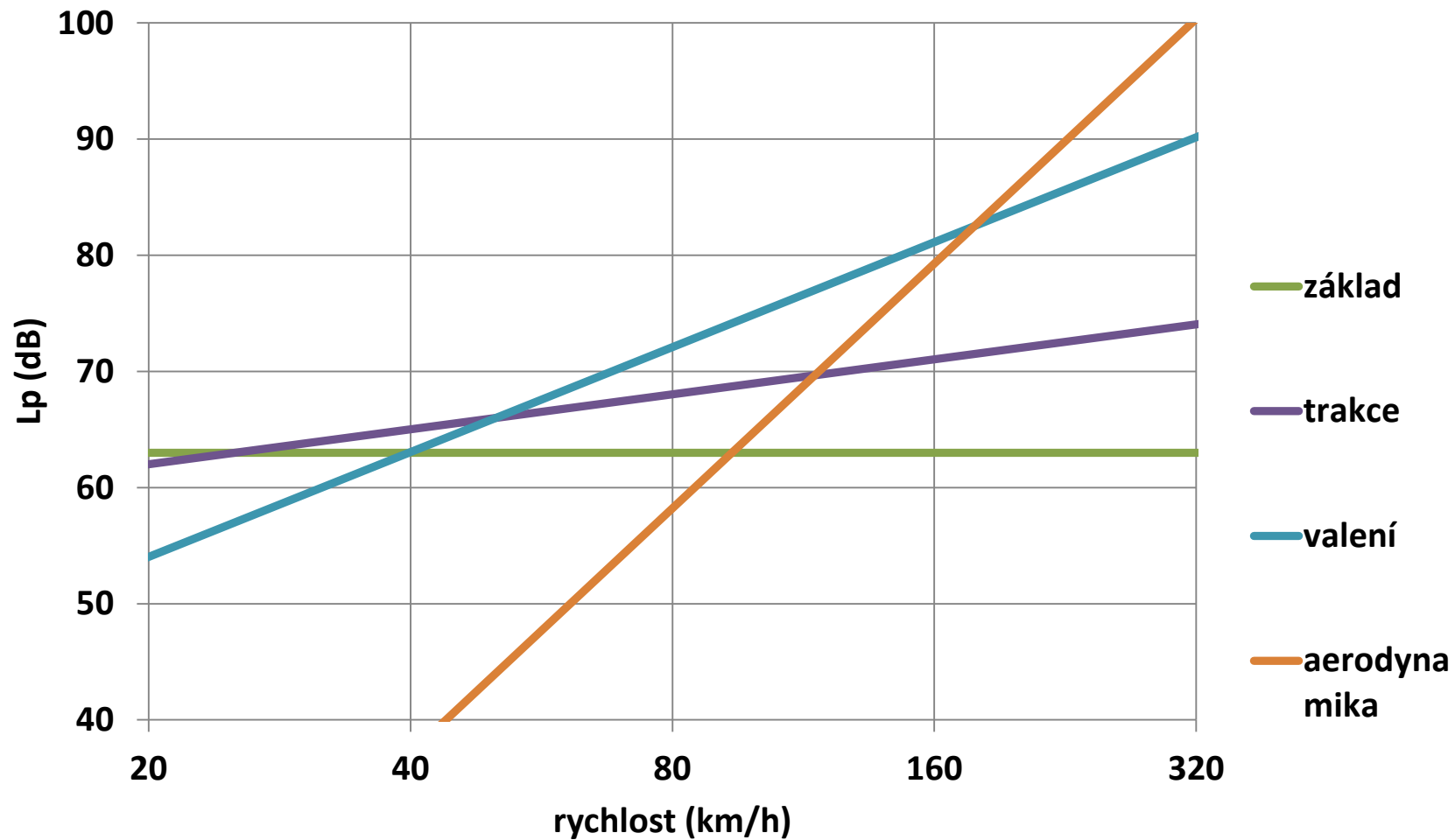
Vnitřní prostředí - hluk

Hluk je formou energie.

Jízda kolejového vozidla je provázena čtyřmi složkami hluku:

- základní (na rychlosti nezávislá).
produkují ji pomocná zařízení (elektrické měniče, kompresor, ventilace, topení, chlazení),
- trakční (zhruba úměrná 1. mocnině rychlosti)
produkuje ji trakční pohon,
- valení (zhruba úměrná 3. mocnině rychlosti)
produkuje ji styk kolo kolejnice (v rozsahu rychlostí 60 až cca 200 km/h
dominantní složka, lze ji snížit až o 15 dB hladkými povrchy kol a kolejnic),
- aerodynamická (zhruba úměrná 7. mocnině rychlosti)
produkuje ji vnější tvar vozidla.

Složky hluku emitovaného železnicí (princip)



Vnitřní prostředí – sluneční záření

Příliš intenzivní sluneční záření je pro cestující nepříjemné.

Proto jsou okna železničních vozidel upravována tónováním, s cílem poněkud snížit prostup světla.

Tónováním skel zároveň dochází ke snížení intenzity prostupu radiačního tepla slunečního záření do vozu (s pozitivním dopadem na redukci potřebného chladicího výkonu klimatizačního zařízení).

Komplikace: snížení intenzity pole signálu mobilních telefonů a podobných zařízení

Další ochranné prvky proti přímému slunečnímu záření:

- záclony,**
- roletky (manuální pohon, elektrický pohon),**
- žaluzie,**
- stínítka.**

Vnitřní prostředí - osvětlení

Osvětlení vnitřních prostor musí zajistit:

- orientaci ve voze,
- bezpečnost ve voze (safety – neupadnutí, i security - nepřepadení),
- cestu k výstupu (evakuaci).

Tuto funkci zajišťuje základní (celoplošné) osvětlení, které musí mít nejen vhodnou (ani nízkou, ani vysokou, zhruba do 100 Lx) hodnotu osvětlenosti. Osvětlení musí být rovnoměrné a nesmí cestující obtěžovat přílišným jasnem svítidel, na která mohou pohlédnout.

Dále osvětlení napomáhá cestujícímu k vhodnému využití času stráveného jízdou.

Optimální osvětlenost místa pobytu cestujícího záleží na jeho činnosti. K odpočinku není potřebné přídavné osvětlení, k práci (četba a podobně) však ano, jinak by docházelo k únavě zraku.

Tuto funkci zajišťují individuální (a individuálně ovládaná) směrově orientovaná svítidla, zajišťující osvětlenost nad 300 Lx.

Viaggio Comfort - ÖBB railjet kombinace celkového a individuálního osvětlení



Pohodlné cestování

Cestovní pohodlí

Cíl: cestující má vnímat rychlost jízdy jen při pohledu z okna, ne podle fyziologických pocitů

Je potřebné odstranit, respektive minimalizovat:

- rázy a vibrace,
- chlad či vedro,
- hluk,
- průvan,
- náhlé změny tlaku.

Řešení:

- kvalitní pojezd,
- pevná skříň,
- kvalitní tepelné a hlukové izolace,
- klimatizace,
- tlakotěsnost.

Prostorové pohodlí

Volnost stání

Cestující lze natěsnat na plošnou hustotu stojících osob kolem 8 osob na čtvereční metr. To je hodnota používaná k dimenzování pevnosti a brzd (640 kg/m^2).

To však neodpovídá kulturnímu cestování. Nával je nežádoucí:

- dochází k proniknutí cizích osob do ochranné zóny člověka, respektive dokonce k fyzickému kontaktu lidských těl,
- člověk ztrácí schopnost předávat své ztrátové teplo (chladit se) povrchem celého těla do okolního vzduchu, ve volném prostoru mu zůstává jen tepelně přetížená (potící se) hlava,
- ve ventilačním vzduchu roste koncentrace oxidu uhličitého a vodní páry,
- roste oteplení ventilačního vzduchu.

Pro kulturní cestování je potřeba zajistit takovou kapacitu a intenzitu přepravní nabídky, aby plošná hustota stojících osob nepřesáhla 2 až 2,5 osob na čtvereční metr.

Tato hodnota platí jen pro krátkou dobu přepravy (MHD) ve vlacích (zejména dálkových) by měli všichni cestující sedět.

Historický vývoj prostorového pohodlí

Prostorové pohodlí sedící osoby charakterizují geometrické rozměry:

- **podélná rozteč sedadel**
vztah této hodnoty k cestujícímu je dále ovlivněn:
- **uspřádáním sedadel za sebou / proti sobě (uspořádání za sebou je výhodnější, neboť umožňuje zasunutí nohou pod předchozí sedadlo, větší prostor pro kolena (využití jinak ztraceného prostoru pod záklonem) a případně i mírně vyšší záklon),**
- **tvar sedadla a jeho tloušťka (rozhodující je volný prostor pro kolena),**
- **příčná rozteč sedadel (širší než vlastní sedák – prostor pro ruce),**
- **výška nad sedadlem (pokud možno neomezující - posazování a vstávání)**

Optimalizace prostorového pohodlí

Uspořádání sedadel za sebou je z hlediska prostorového komfortu výhodnější, než uspořádání sedadel proti sobě (využívá i prostor pod předchozím sedadlem).

Umožňuje:

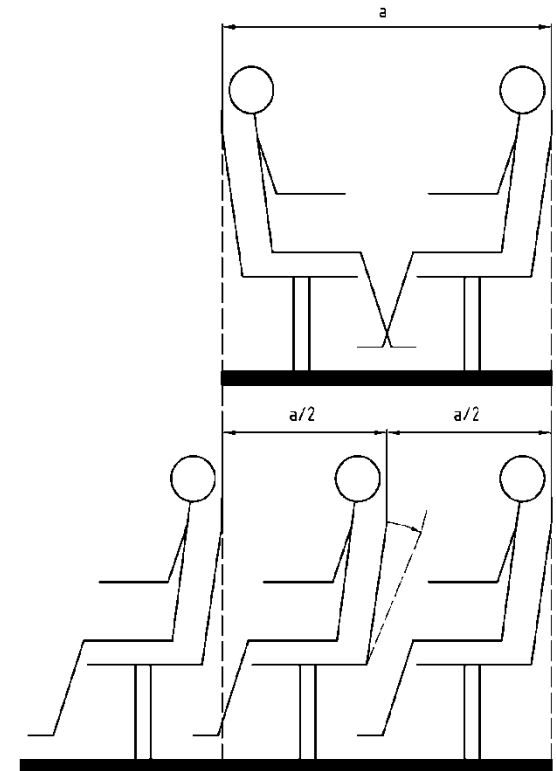
- a) větší komfort při stejné rozteči,**
- b) stejný komfort při menší rozteči (více sedadel),**

Tradičně:

sedadla za sebou jsou montována na poloviční rozteč sedadel proti sobě

Nově:

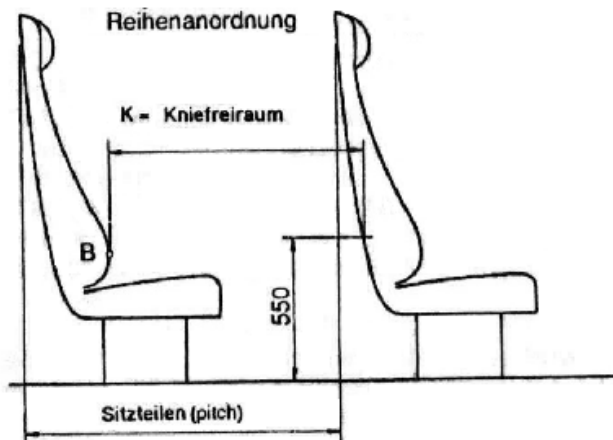
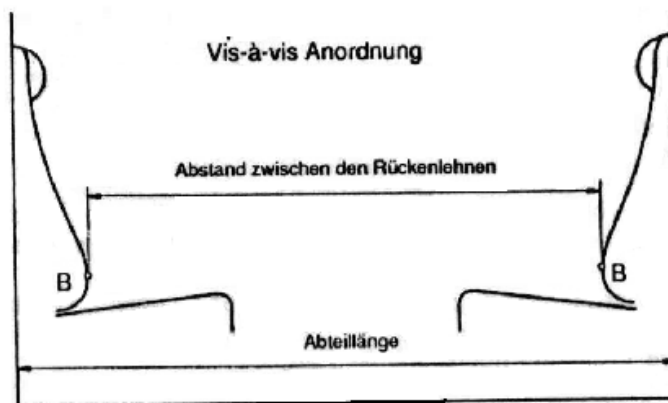
Poměr 1 : 2 není dodržen, rozteč sedadel proti sobě je zvětšena nad dvojnásobek podélné rozteče sedadel za sebou (k vytvoření srovnatelného prostorového komfortu)



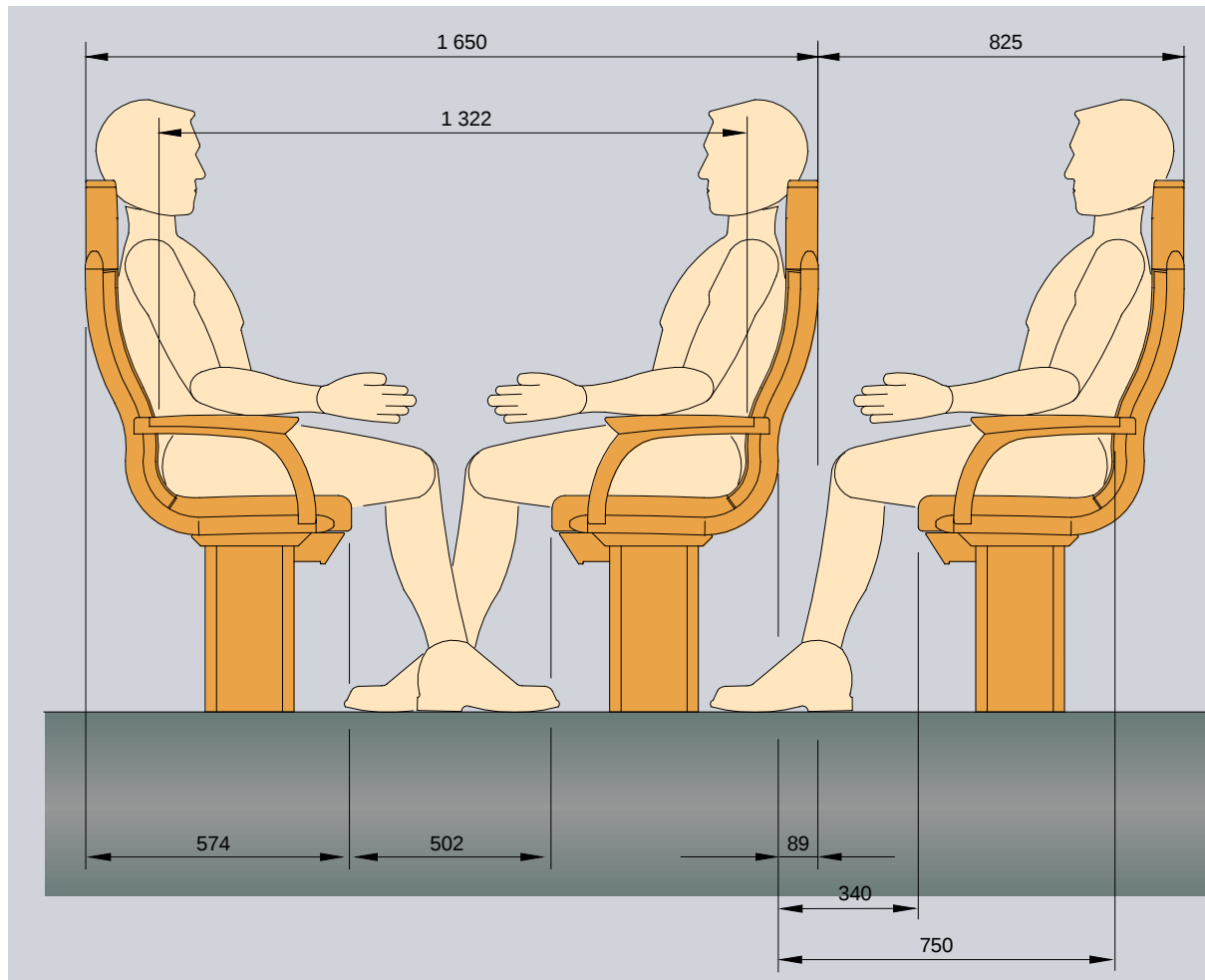
**Prostorové pohodlí není určeno roztečí sedadel,
ale volným prostorem pro kolena**

Anordnung der Sitze

5 6 7



Uspořádání sedadel



Prostorové pohodlí – technické limity

Prostorové pohodlí cestujícího je limitováno rozměry vozidla, tedy jeho obrysem, který musí být v souladu s průjezdným průřezem trati (prostorová průchodnost).

Interiér přepravního prostoru vozu je ohraničen vnitřními rozměry vozidla. Ty určuje vozová skříň včetně izolací a obložení (snaha o minimalizaci jejich tloušťky při zachování potřebných pevnostních, termických a akustických parametrů: „malý z venku, velký zevnitř“

Prostorové pohodlí – ekonomické limity

Cena železničního vozidla pro přepravu osob (včetně trakce umístěné ve voze či mimo vůz) činí v přepočtu na jedno sedadlo přibližně:

- **cca 30 000 EUR (750 000 Kč) na sedadlo u vozidel pro regionální dopravu,**
- **cca 40 000 EUR (1 000 000 Kč) na sedadlo u vozidel pro dálkovou dopravu**
- **cca 60 000 EUR (1 500 000 Kč) na sedadlo u vozidel pro vysokorychlostní dopravu**

Skutečná cena jednoho sedadla 1 tř. je podle výbavy mezi 800 a 1 200 EUR (20 až 30 tis. Kč). To je kolem 2 % ceny vozidla připadajícího na jedno sedadlo.

⇒ na provedení sedadla se nevyplatí šetřit (cestující je se sedadlem v bezprostředním styku a podle sedadla hodnotí celý vlak).

Vozové třídy

Dva trendy ve veřejné hromadné dopravě:

- stejný komfort pro všechny (2. třída),
- za úplatu vyšší komfort (1. a 2. třída, respektive: Business, 1. třída, 2. třída).

Jízdné v 1. třídě je zpravidla o 50 % vyšší než ve 2. třídě. Tomu pak odpovídají benefity:

- a) větší prostor – podélně (například 2 000 / 1000 mm místo 1 800 / 900 mm) i příčně (sezení nikoliv 2 +2 , ale 2 + 1).

Typicky dříve ve vozech UIC Y: 10 kupé pro 8 osob ve druhé třídě či 9 kupé pro 6 osob v první třídě

- b) pohodlí – koženka versus měkce čalouněná sedadla, čtenářské lampičky, klimatizace – postupně se komfort 2. třídy blíží ke komfortu 1. třídy,
- c) segregace – oddělení od ostatních cestujících, klid, větší pravděpodobnost volného místa
- d) služby – denní tisk a malé občerstvení v ceně jízdenky

Optické rozlišení 1. třídy: žlutý pruh nad okny – rychlá orientace cestujících při nástupu, též blokové řazení vlaku (A, WR, B).

Zřetelné rozlišení i v interiéru (označení číslicemi, jiné barvy)

Osobní vozy ČSD z let 1920 až 1930

řada	třída	účel	provedení	uspořádání sedadel	provedení sedadel	rozteč sedadel	šíře sedadel
						mm	mm
ABe	1	zastávkové vlaky	oddílové	3 + 0	čalouněná	2 100	713
ABe	2	zastávkové vlaky	oddílové	4 + 0	čalouněná	1 930	535
Ce	3	zastávkové vlaky	oddílové plus velkoprostorové	5 + 0	dřevěná	1 570	428
Ci	3	vedlejší tratě	velkoprostorové	4 + 1	dřevěná	1475	463
CIm	3	vedlejší tratě	velkoprostorové	2 + 2	dřevěná	1 396	480
BCa	2	rychlíky	oddílové	3 + 0	čalouněná	1 930	640
BCa	3	rychlíky	oddílové	4 + 0	dřevěná	1 555	480
Ca	3	rychlíky	oddílové plus velkoprostorové	4 + 0	dřevěná	1 570	479

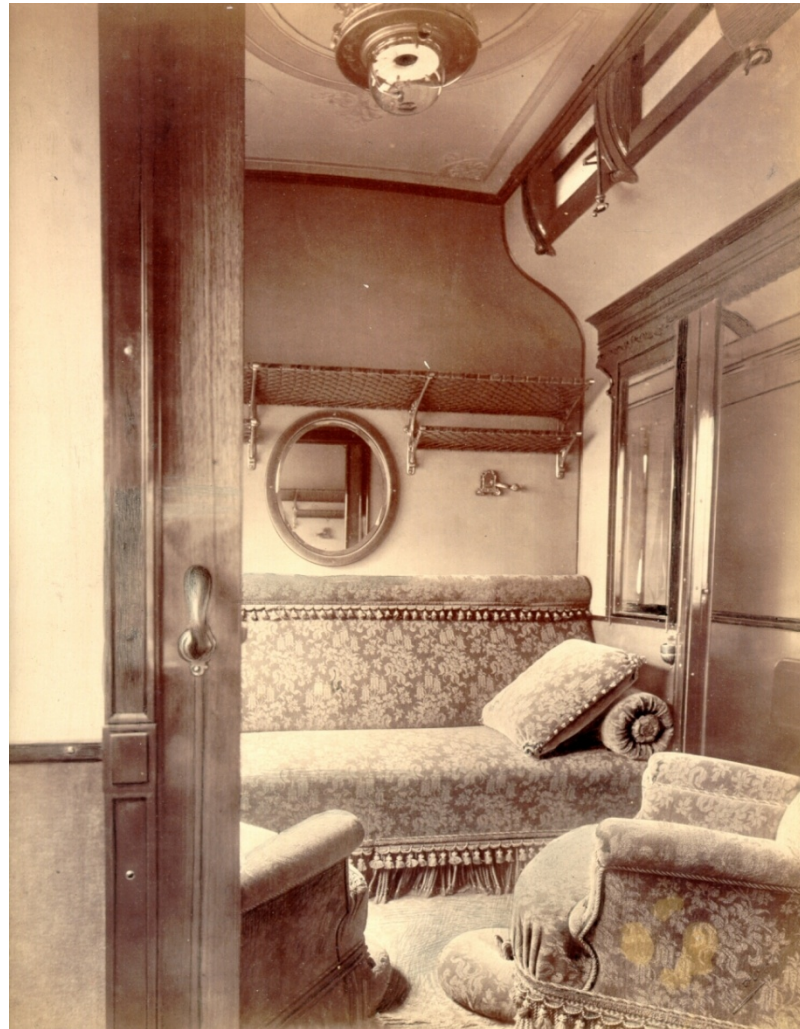
Ringhoffer – kupé 3. třídy



Ringhoffer – kupé 2. třídy



Ringhoffer – kupé 1. třídy



Historický vývoj prostorového pohodlí

V průběhu dvacátého století došlo ve stavbě osobních železničních vozů k znatelnému zvětšení podélných i příčných roztečí sedadel a to z více důvodů:

- růst prostorových nároků cestujících,
- růst rozměrů (a hmotnosti) cestujících,
- použití pohodlnějších (měkce čalouněných sedadel).

rok výroby	řada vozu	třída	uspořádání	sedadla	materiál sedadel	podélná rozteč (mm)	
1930	Ci Ce	3	proti sobě	4 + 1 5 + 0	dřevo	1 475	
1965	451	2	proti sobě	2 + 2	koženka	1 530	
1975	810	2	proti sobě	3 + 2	koženka	1 500	
2000	Desiro Classic	2	proti sobě	2 + 2	textil	1 650	
2010	Desiro ML	2	za sebou	2 + 2	textil	826	

Příklad: současná železniční vozidla – dálková doprava

rok výroby	řada vozu	třída	uspořádání	sedadla	podélná rozteč (mm)	příčná rozteč (mm)
2010	Velaro D	1	za sebou	2+1	1010	680
2010	Velaro D	1	proti sobě	2+1	1970	680
2010	Velaro D	2	za sebou	2+2	915	520
2010	Velaro D	2	proti sobě	2+2	1850	520
2010	railjet	1	za sebou	2+1	1000	685
2010	railjet	1	proti sobě	2+1	2000	685
2010	railjet	2	za sebou	2+2	925	490
2010	railjet	2	proti sobě	2+2	1850	490

Letadla

V letecké dopravě je rozteč sedadel důležitým nástrojem k docílení hospodárnosti dopravy. Konstrukce letadla ji umožňuje měnit a tím dosáhnout:

- **bud' větší obsaditelnost při menším pohodlí,**
- **nebo menší obsaditelnost při větším pohodlí.**

Není evropsky jednotné, záleží na strategii letecké společnosti, jakou strategii zvolí – zda větší pohodlí a dražší letenky, nebo menší pohodlí a levnější letenky.

dopravce	rozteč (inch)	rozteč (mm)
Air France, KLM, Swiss Air	31	787
ČSA, Lufthansa, Aeroflot	32	813

Viaggio Comfort - ÖBB railjet - 2. třída



Viaggio Comfort - ÖBB railjet - 1. třída



Viaggio Comfort - ÖBB railjet - Business třída



Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním - trend

Na rozdíl od letadel a autobusů (velkoprostorové uspořádání, sezení za sebou) bylo dříve na železnici tradiční:

- **dálková doprava: cestování v kupé s postranní chodbou, sedadla proti sobě, poloha sedadel shodná s polohou oken,**
- **regionální doprava: cestování ve velkoprostorových vozech se střední chodbou sedadla (respektive lavice) proti sobě, poloha sedadel shodná s polohou oken.**

Současným trendem v dálkové i regionální dopravě je velkoprostorové uspořádání se sedadly převážně za sebou (polovina po směru jízdy, polovina proti), poloha sedadel nezávislá na poloze oken.

V obou třídách čalouněná sedadla, klimatizace, vakuová toaleta.

Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním - spolucestující

Pocit soukromí (analogie: hledání volného místa v restauraci)

Cestující si nemůže vybrat své spolucestující – ty mu přináší náhoda a mohou mu vadit (chováním, vzhledem, návyky).

Proto cestující (má-li možnost) nejraději „sedí sám“, tedy bez bezprostředních sousedů.

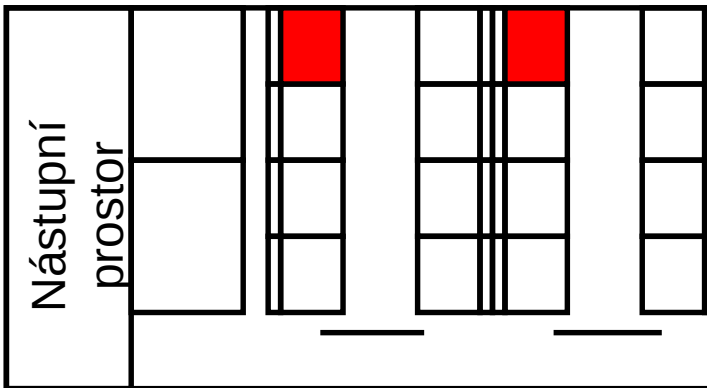
Cestující však ve své jízdence platí veškeré náklady dopravce, tedy i neobsazená místa ve vlaku. Proto není ekonomicky možné, aby byl pocit soukromí vykoupen velmi slabým středním obsazením vlaku.

- tradiční osmimístné kupé – cestování bez přímých sousedů je možné jen při středním obsazení vlaku do 12,5 %, což není ekonomicky únosné,**
- uspořádání sedadel 2 + 2 proti sobě (vis-a- vis) – cestování bez přímých sousedů je možné jen při středním obsazení vlaku 25 %, ani to není ekonomicky únosné,**
- uspořádání sedadel 2 + 2 za sebou – cestování bez přímých sousedů je možné při středním obsazení vlaku do 50 %, což je ve střední hodnotě vcelku běžný a ekonomicky únosný stav.**

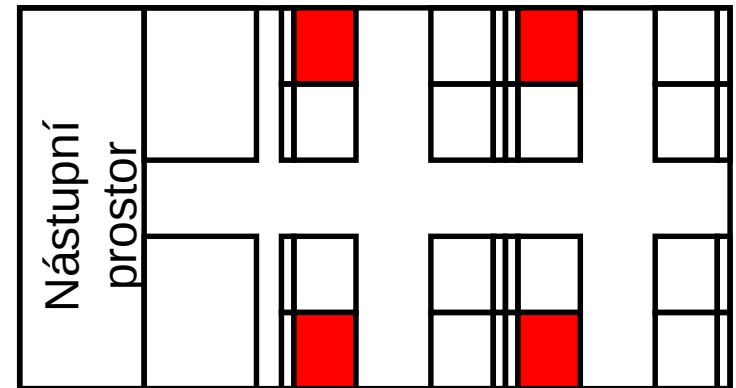
Pocit soukromí versus poměrné obsazení vozu

Cestování bez přímých sousedů

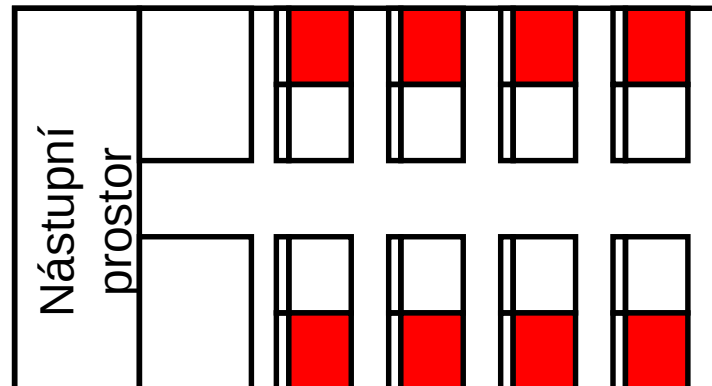
Kupé (spokojenost při obsazení do 12,5 %)



2+2 proti sobě (spokojenost při obsazení do 25 %)



2+2 za sebou (spokojenost při obsazení do 50 %)



Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním - orientace

Hledání posledního volného místa

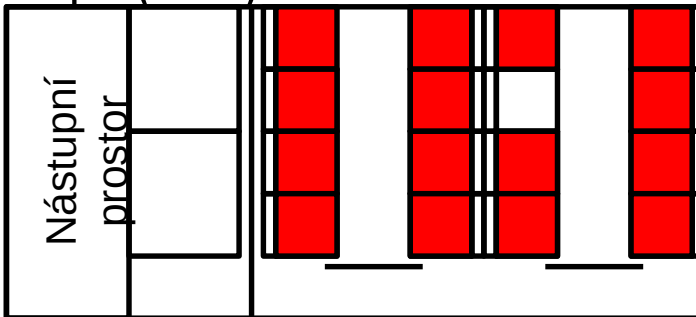
Modelová situace – cestující nastoupí do silně, ale ne zcela obsazeného vlaku a hledá pro sebe místo k sezení:

- **tradiční osmimístné kupé**
 - místo obtížně hledá, často musí otevírat dveře jednotlivých kupé (záclonky, silně tónovaná skla) a nahlížet dovnitř,
 - musí překračovat nohy několika cestujících a zpravidla je i žádat o uvolnění svého místa příliš uvolněným sezením či zavazadly
- **uspořádání sedadel 2 + 2 proti sobě (vis-a- vis)**
 - místo najde snadněji, ale zpravidla je okna proti směru jízdy (první cestující si sedl k oknu, druhý a třetí příchozí se posadili od uličky), musí překračovat nohy dvou cestujících,
- **uspořádání sedadel 2 + 2 za sebou**
 - místo snadno najde (je do uličky, neboť na rozdíl od MHD cestující ve vlaku zpravidla obsazují napřed místa u oken),
 - snadno přisedne ke svému sousedovi, jiné neobtěžuje.

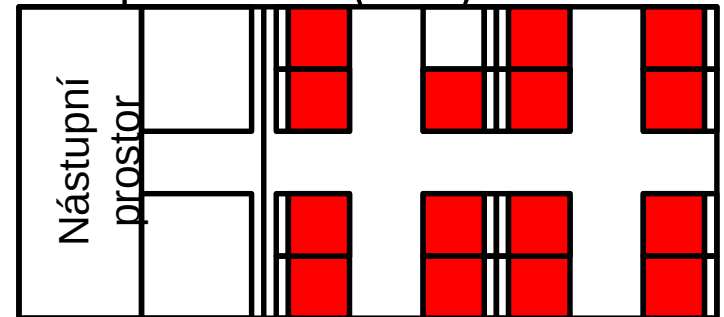
Orientace v téměř plně obsazeném voze

Hledání posledního volného místa

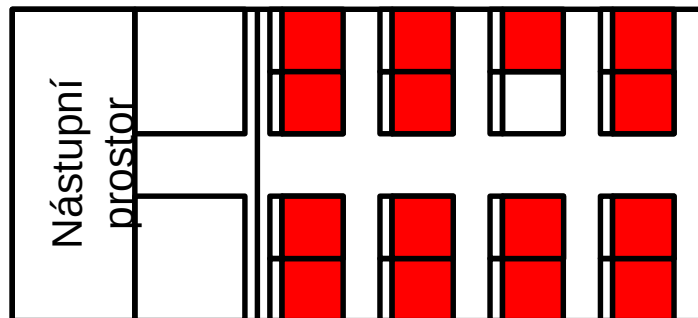
Kupé (1 : 7)



2+2 proti sobě (1 : 3)



2+2 za sebou (1 : 1)



Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním - hovor

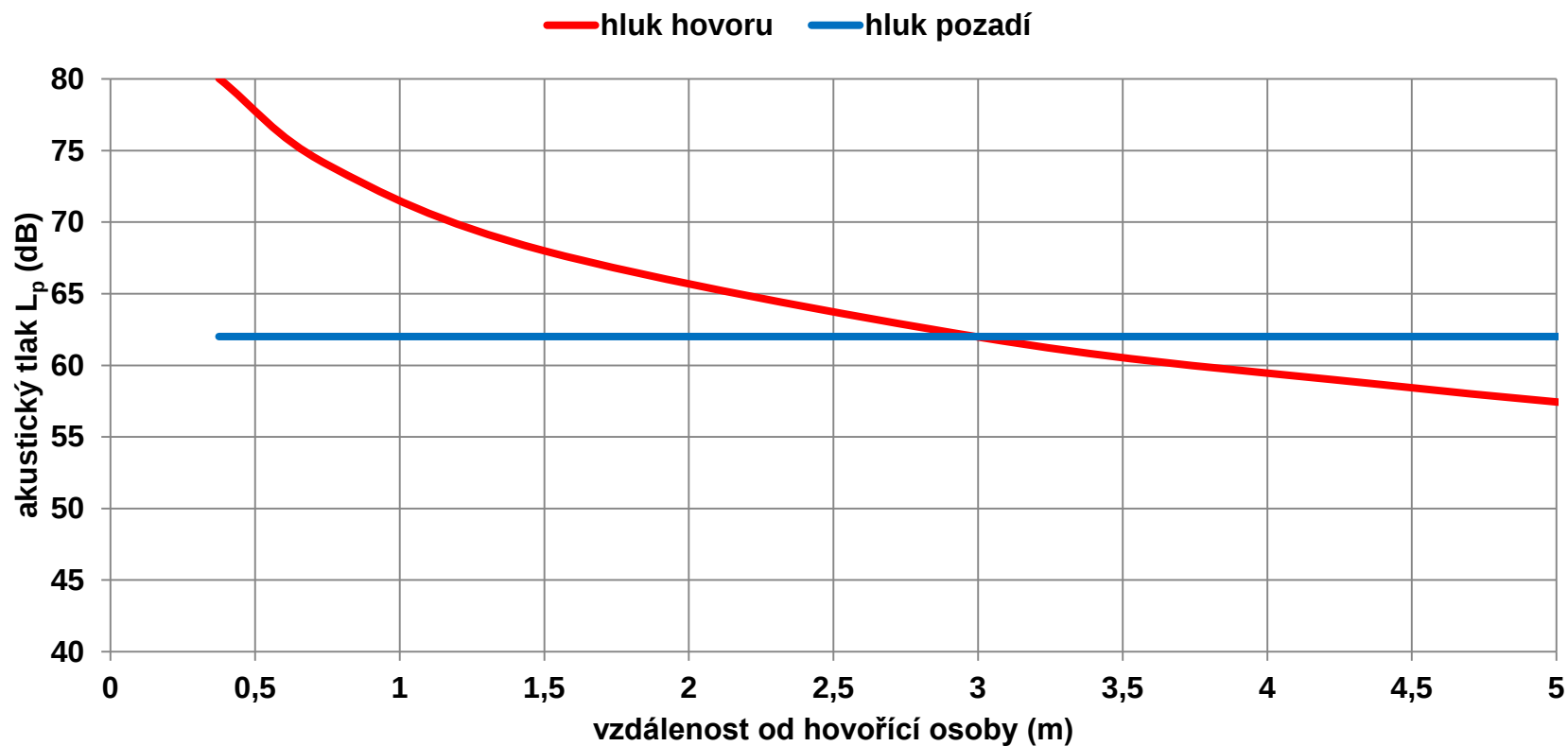
Modelová situace: dvě známé osoby cestují vlakem a hovoří spolu, hluk pozadí je 62 dB. Aby posluchač rozuměl, musí být intenzita zvuku v místě jeho ucha poněkud vyšší než hluk pozadí – zhruba dvojnásobná, tedy 65 dB.

- a) Cestující sedí proti sobě, podélná rozteč sedadel je 1 800 mm. Vzdálenost mezi ústy hovořícího a uchem posluchače je cca 1,2 m. Jde o bodový zdroj zvuku, jeho intenzita $I = P/S$ klesá s druhou mocninou vzdálenosti (povrch kole), tedy o 6 dB při jejím zdvojnásobení. Na poloviční úroveň intenzity hluku pozadí, tedy na 59 dB, respektive o – 6 dB, klesne intenzita zvuku hovoru při dvojnásobné vzdálenosti. Hovor slyší (ruší) osoby ve vzdálenosti 2,4 m od hovořícího.**
- b) Cestující sedí vedle sebe, příčná rozteč sedadel je 450 mm. Vzdálenost mezi ústy hovořícího a uchem posluchače je cca 0,3 m. Na poloviční úroveň intenzity hluku pozadí, tedy na 59 dB, respektive o – 6 dB, klesne intenzita zvuku hovoru při dvojnásobné vzdálenosti. Hovor slyší (ruší) osoby ve vzdálenosti 0,6 m od hovořícího. Hovořící osoba může hovořit tišeji, na čtyřikrát menší vzdálenost od ucha posluchače (0,3 m versus 1,2 m ji stačí šestnáctkrát menší akustický výkon hlasivek (- 12 dB).**

Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním

Hovor

hovor dvou osob sedících proti sobě ($r_1 = 1,5$ m)

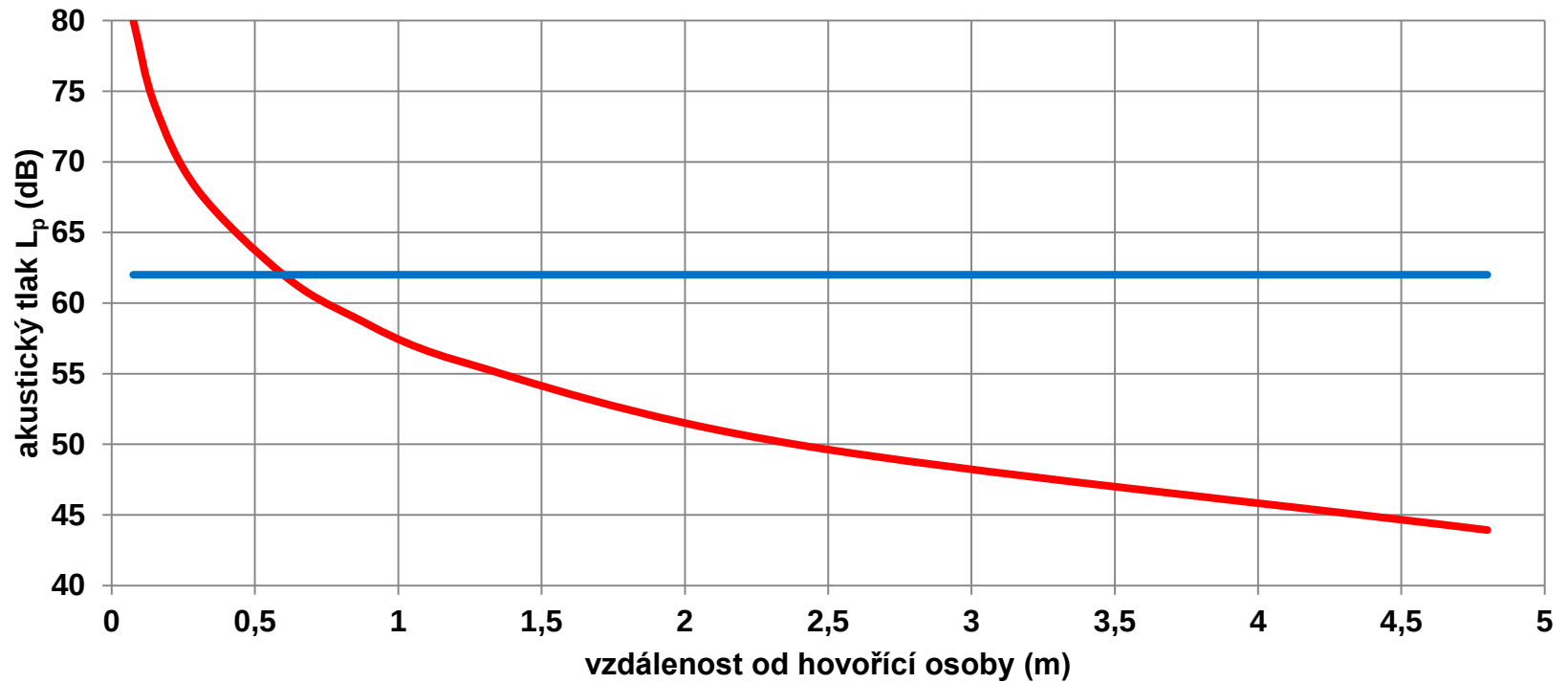


Od kupé k velkoprostoru s leteckým uspořádáním

Hovor

hovor dvou osob sedících vedle sebe ($r_1 = 0,3 \text{ m}$)

— hluk hovoru — hluk pozadí



Oddělování cestujících

Dříve:

kuřáci – nekuřáci

(zajímavost – vozy Be (druhá třída, postranní chodba dřevěné lavice 5 + 0): nekuřáci v kupé, kuřáci ve velkoprostoru odděleném vnitřními dveřmi

Nyní:

Výhradně jen nekuřáci

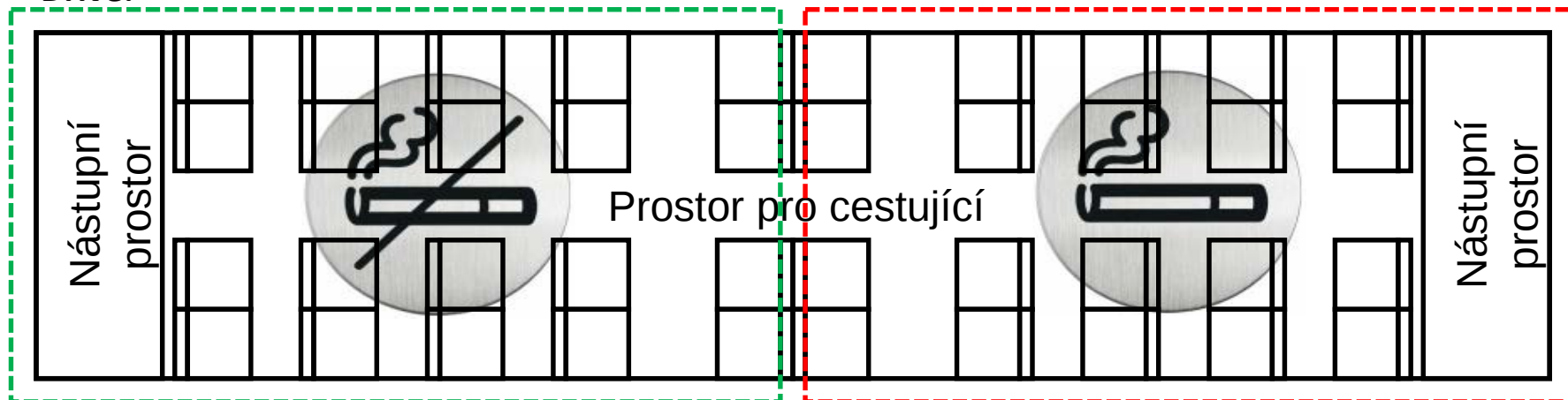
Důvod: ochrana zdraví, čistota, požární bezpečnost, HVAC (recirkulace), požární bezpečnost (vyloučení jednoho možného zdroje požáru, možnost použití kouřových čidel).

Rozdělení vozů na tiché a rušné

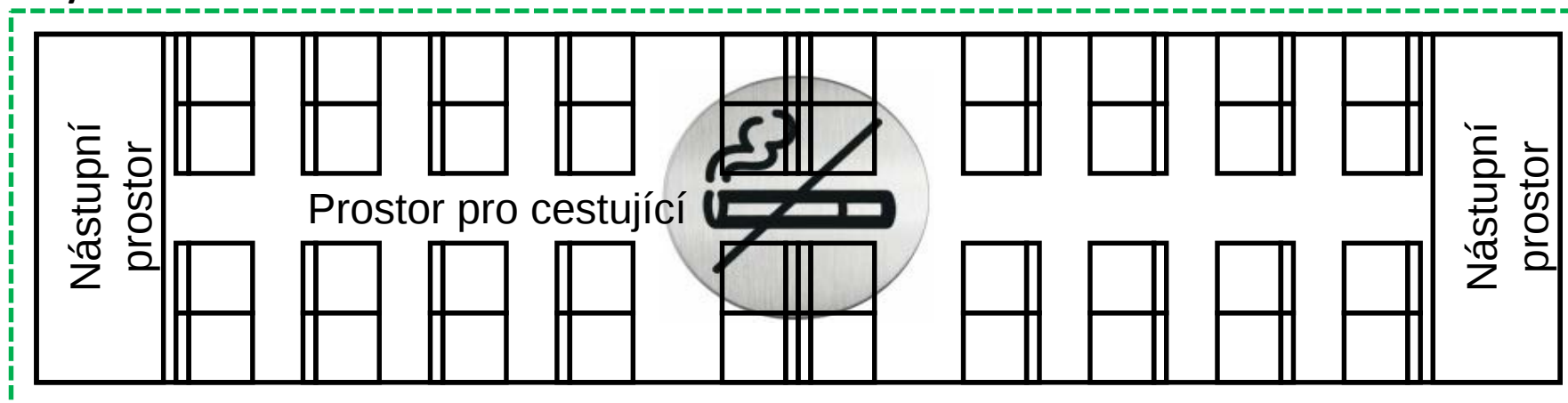
Avšak i v klidných vozech možnost příjmu signálu – neverbální komunikace: uvnitř zesilovače signálu (repetery) plus pokovená okna pro zamezení interference vnitřního fázově posunutého signálu s původním vnějším signálem.

Kuřácký prostor

Dříve:



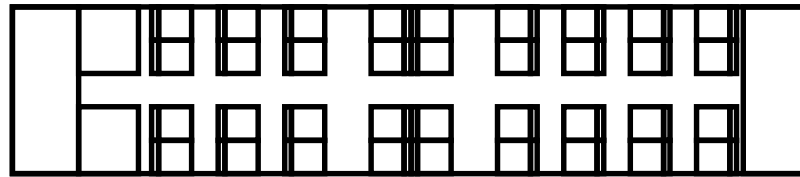
Nyní:



Mobilní telefony

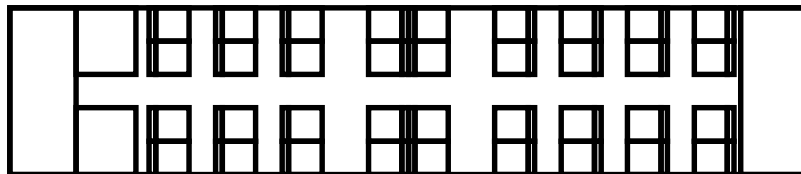
Dříve:

Nerozlišený prostor



Nyní:

Bez klidové zóny (rušné)



S klidovou zónou



Děti

Cestování s dětmi

- oddělení od ostatních cestujících (rušivý element) – vůz respektive oddíl pro cestující s dětmi (rodinný),
- v jeho těsné blízkosti nebo přímo v něm prostor pro kočárky,
- dětské prostory pro hry a zábavu (dětské kino),
- WC s deskou na přebalování,
- vnitřní dveře bez samočinného otevírání senzorem (jen na tlačítko),
- ideálně: kuchyňka pro přípravu dětské stravy (dřez, chladnička, mikrovlnná trouba, ...)

Viaggio Comfort - ÖBB railjet

2. třída – dětské kino



Služební vůz

Minulost:

Oddělená přeprava zavazadel (kufry, kočárky, jízdní kola) ve služebním voze

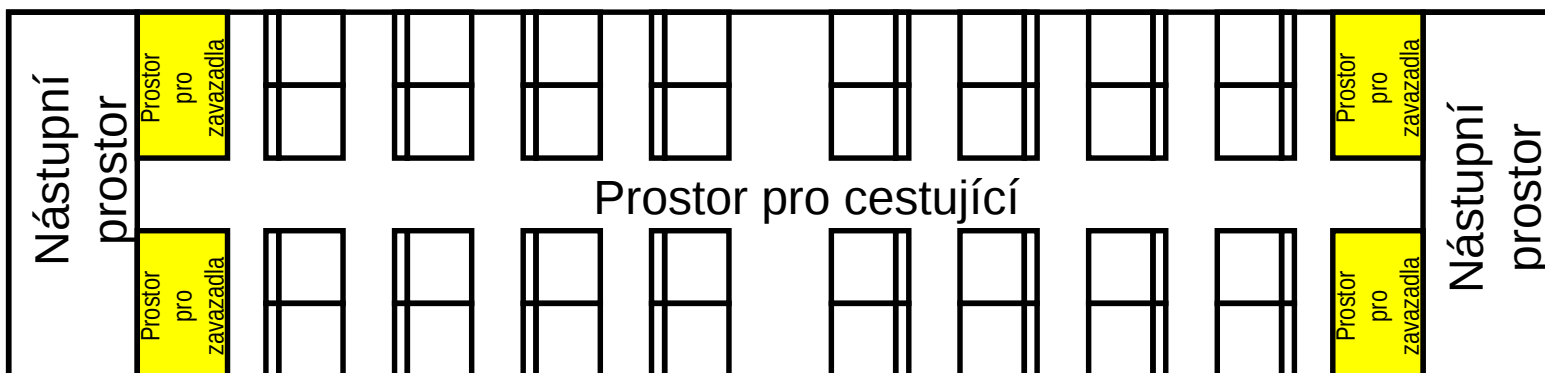
Pro četné nevýhody (časová ztráta podejem / výdejem zavazadla před odjezdem / po příjezdu, potřeba pracovních sil, obava ze ztráty či poškození, potíže při přestupech, ...) byly samostatné služební (zavazadlové) vozy postupně zrušeny a nahrazeny přepravou zavazadel samotným cestujícím v jeho voze.

⇒ určitý pokles přepravní kapacity jednotlivých vozů o plochu prostor pro zavazadla („rozdělení bývalého služebního vozu do všech vozů vlaku“)

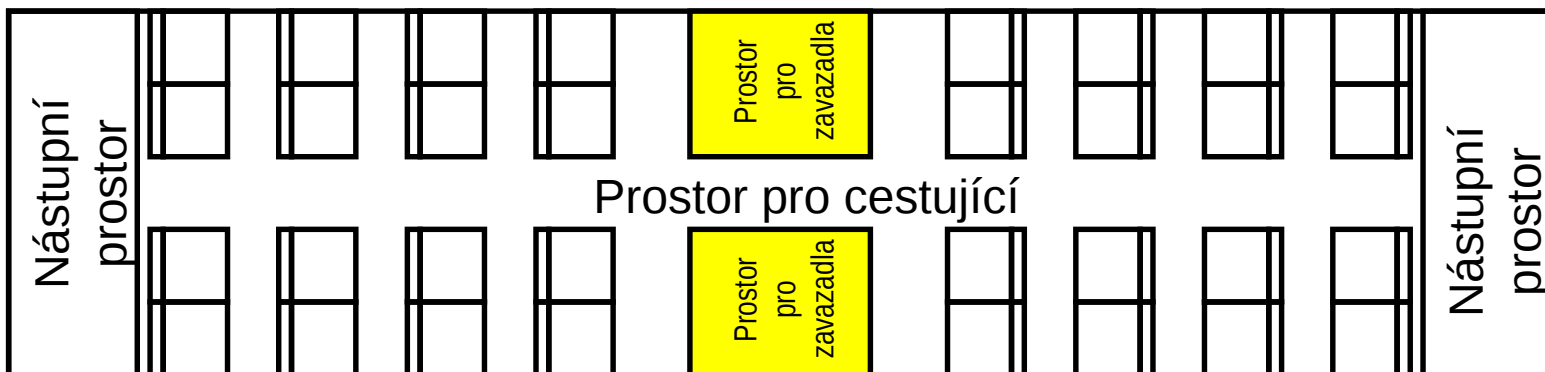
- velké kufry – stojany uvnitř velkoprostorového oddílu – vizuální kontrola zásada: „cestující musí na své zavazadlo vidět“,**
- kola – ve víceúčelovém prostoru (speciální závěsy),**
- kočárky - ve víceúčelovém prostoru nebo v pro ně vyhrazeném prostoru poblíž dětského (rodinného) oddílu**
- vozíky pro invalidy (poblíž PRM nástupního prostoru a PRM WC)**

Prostor pro zavazadla v osobním voze: „cestující musí na svá zavazadla vidět!“

Dříve: zavazadla na krajích (bez dohledu)



Nyní: zavazadla uprostřed (pod dohledem)



Viaggio Comfort - ÖBB railjet úložný prostor pro velká zavazadla



Stravování

Tradice:

Jídelny v restauračním voze

a) přednosti:

- **bezprostřední blízkost k přípravně jídel (kuchyni),**
- **oddělenost od ostatních cestujících**

b) nedostatky:

- **cestující blokuje dvě místa (v cestovním voze i v restauračním voze),**
- **ponechání nestřežených zavazadel v cestovním voze,**
- **Schopnost obsloužit jen malou část cestujících**

Trend

Stravování na místě (plus bistro a malá jídelna v restauračním voze)

- **podmínkou jsou individuální stolky,**
- **logistika rozvážkových vozíků,**
- **objednávka pokrmů přes internet (ČD)**

Vnější bezbariérovost

Vertikální difference

(rozdíl výšky podlahy vozu a výšky hrany nástupiště)

Dálková doprava:

v Evropě typicky výška podlahy ve voze 1 250 mm nad TK versus výška nástupiště 550 (příp. 760) mm nad TK

- schůdky (snaha o malou strmost)
- spodní výklopný schůdek (ve vyklopeném stavu přesahuje dovolený obrys, neboť je v jeho spodní, dovnitř skosené části – smí být vyklopen jen v klidu vozidla - 0 km/h),
- výtah pro osoby na vozíku (PRM)

Výklopné stupátko u každých nástupních dveří vozidel – - Viaggio Comfort ÖBB railjet



Vnější bezbariérovost

Vertikální diference

Regionální doprava:

Zásada vnější bezbariérovosti

výška podlahy ve vozidle je zhruba stejně vysoká, jako výška nástupiště (mírně vyšší – nepadat do vozu při nástupu a ne zakopávat hranu nástupiště při výstupu), rezerva na opotřebení a propružení

- **Rakousko, ČR, ... : nástupiště 550 mm nad TK, vozidlo 600 mm nad TK,**
- **Německo, Belgie, ... : nástupiště 760 mm nad TK, vozidlo 600 mm nad TK,**
- **Anglie, ... : nástupiště 1 100 mm nad TK, vozidlo 1 150 mm nad TK,**
- **Rusko, ... : nástupiště 1 300 mm nad TK, vozidlo 1 400 mm nad TK.**

Motiv:

- **přeprava osob se sníženou schopností pohybu a orientace (PRM – týká se 30 % populace: kočárky, děti, nemocní, staří, invalidé, ...),**
- **zvýšení cestovní rychlosti zkrácením pobytu na zastávkách (pro zvýšení atraktivity veřejné dopravy i pro zvýšení propustnosti tratí)**

Řešení vnější bezbariérovosti

a) Vysoká nástupiště

(metro, železnice Anglie a Rusko)

Nevýhoda:

nutno vybudovat vysoká nástupiště

Výhody:

- jednoduchá, levná a lehká vozidla,
- vnitřní bezbariérovost (žádné schody v interiéru, snadná průchodnost vozidlem),
- prostor pod podlahou pro vysoce účinné hlukové izolace,
- prostor pod podlahou pro zástavbu komfortního vypružení pojezdu,
- prostor pod podlahou pro zástavbu elektrické výzbroje,
- prostor pod podlahou pro objemnou fekální nádrž,
- souvislý interiér.

Řešení vnější bezbariérovosti

**b) nízkopodlažní vozidla
(tramvaje, železnice Evropa)**

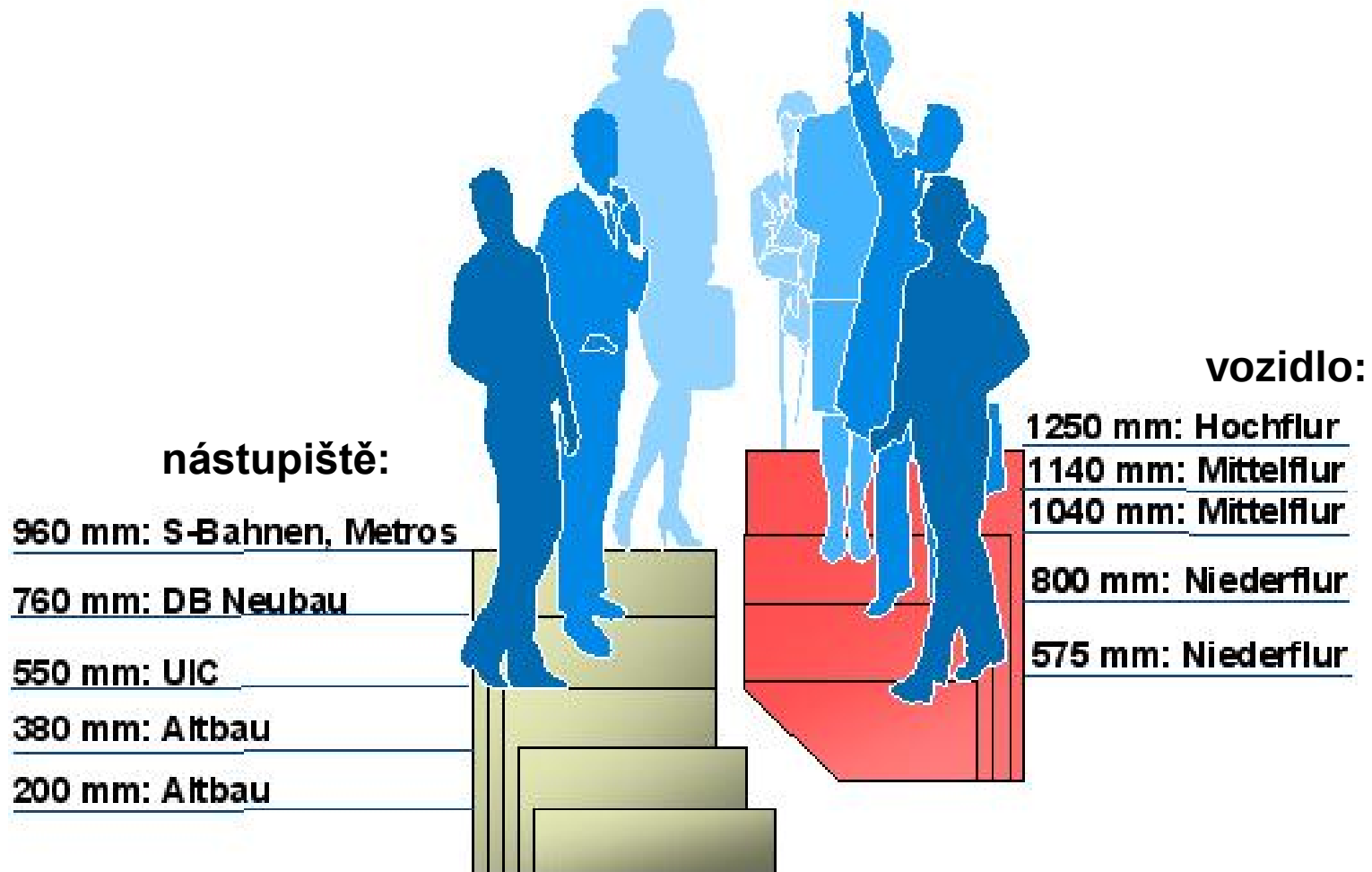
Výhoda:

stačí vybudovat středně vysoká nástupiště

Nevýhody:

- **složitá těžší a dražší vozidla,**
- **vnitřní bariéry (schody v interiéru, obtížná průchodnost vozidlem),**
- **chybí prostor pod podlahou pro účinné hlukové izolace,**
- **chybí prostor pod podlahou pro zástavbu komfortního vypružení pojezdu,**
- **chybí prostor pod podlahou pro zástavbu elektrické výzbroje – musí na střechu,**
- **chybí prostor pod podlahou pro fekální nádrž – umístění v interiéru,**
- **interiér je schodišti rozdělen na dílčí prostory.**

Výška nástupiště a výška podlahy v nástupním prostoru vozu



Vnitřní bezbariérovost

Požadavek na snadnou vnitřní průchodnost vlakem

Zejména dálková doprava:

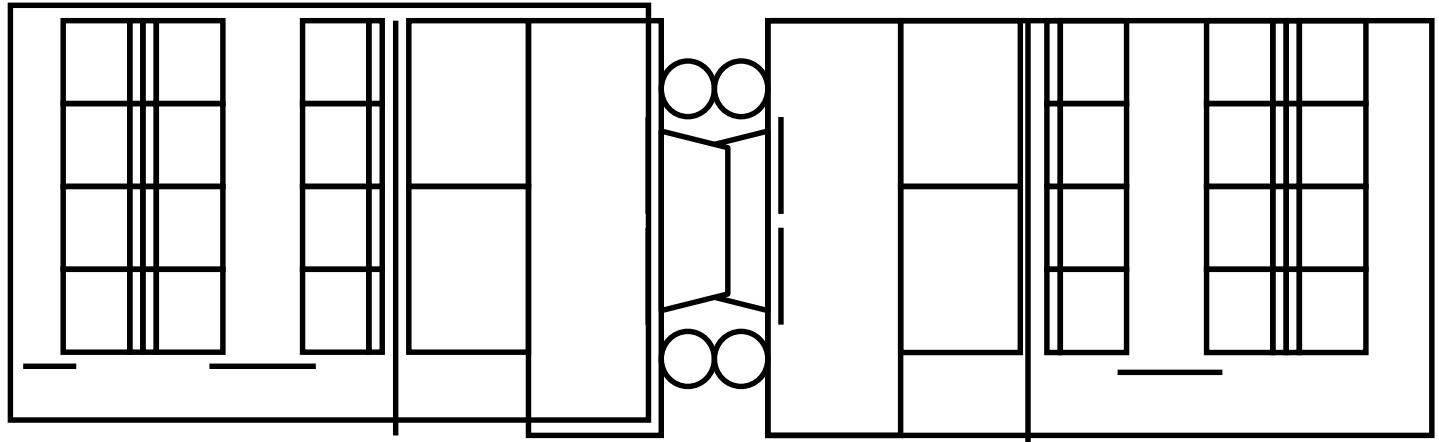
- vozík s občerstvením,
- návštěva jídelního vozu,
- zavazadla na kolečkách,
- dětské kočárky.

Řešení

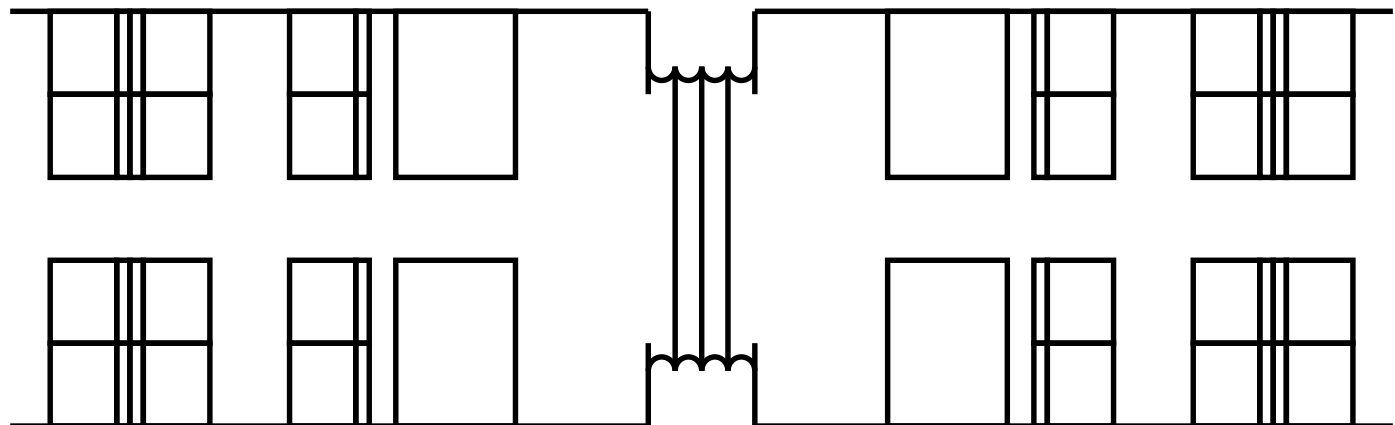
- vyloučit schody (konflikt: dvoupodlažní vozidla, nízkopodlažní vozidla 600 mm – u nízkopodlažních vozidel 800 mm je řešitelné šikmou rampou)
- přechodové můstky s plošinovými plechy nahradit celistvými (lamelovými) – odklon od standardního UIC mezivozového rozhraní,
- trvale otevřené mezivozové dveře (jen požární funkce, nutností jsou těsné tepelně i akusticky dobře izolované měchy mezivozového přechodu) – odklon od standardního UIC mezivozového rozhraní,
- interní dveře samočinně ovládané senzorem.

Mezivozové přechody

Netěsné návalky (hluk, nečistoty, talkové vlny, únik tepla, obtížný průchod)

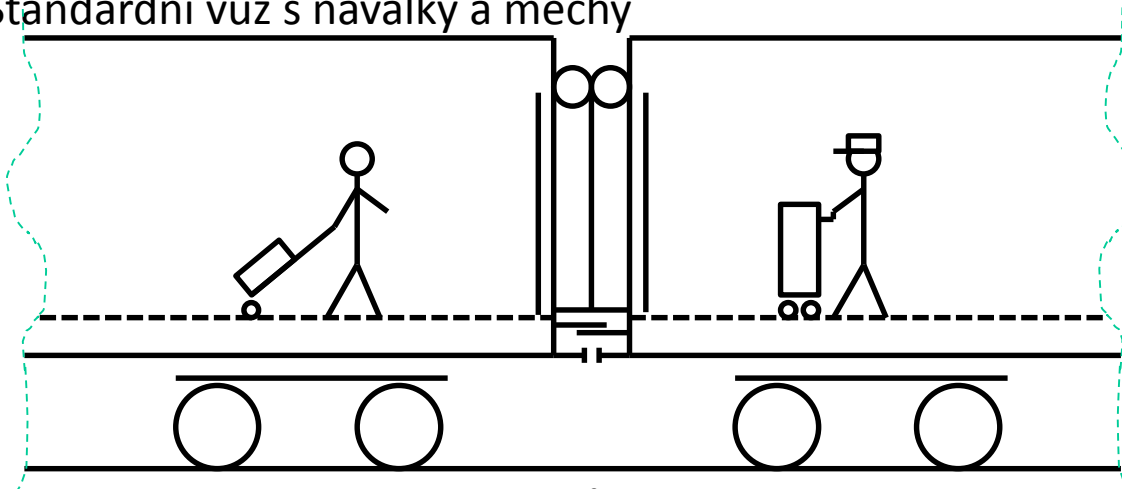


Těsné přechody bez mezivozových dveří (ticho, čisto, tlakový komfort, teplo, snadný průchod)

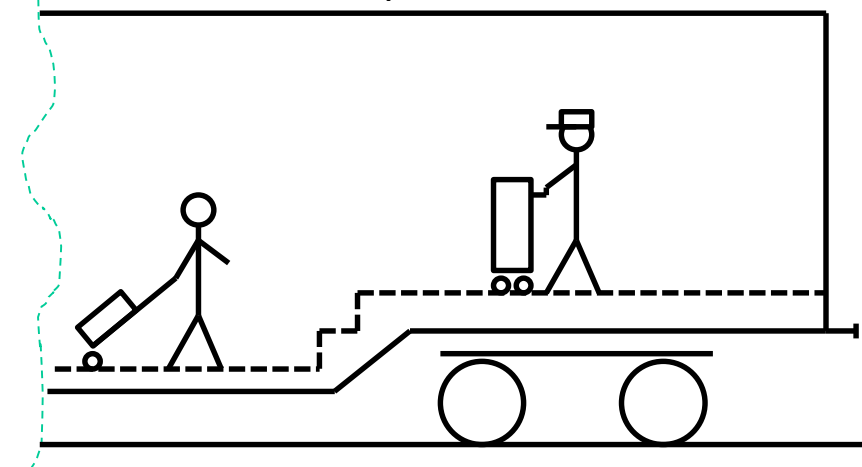


Vnitřní bezbariérovost: důležitá v dálkové dopravě

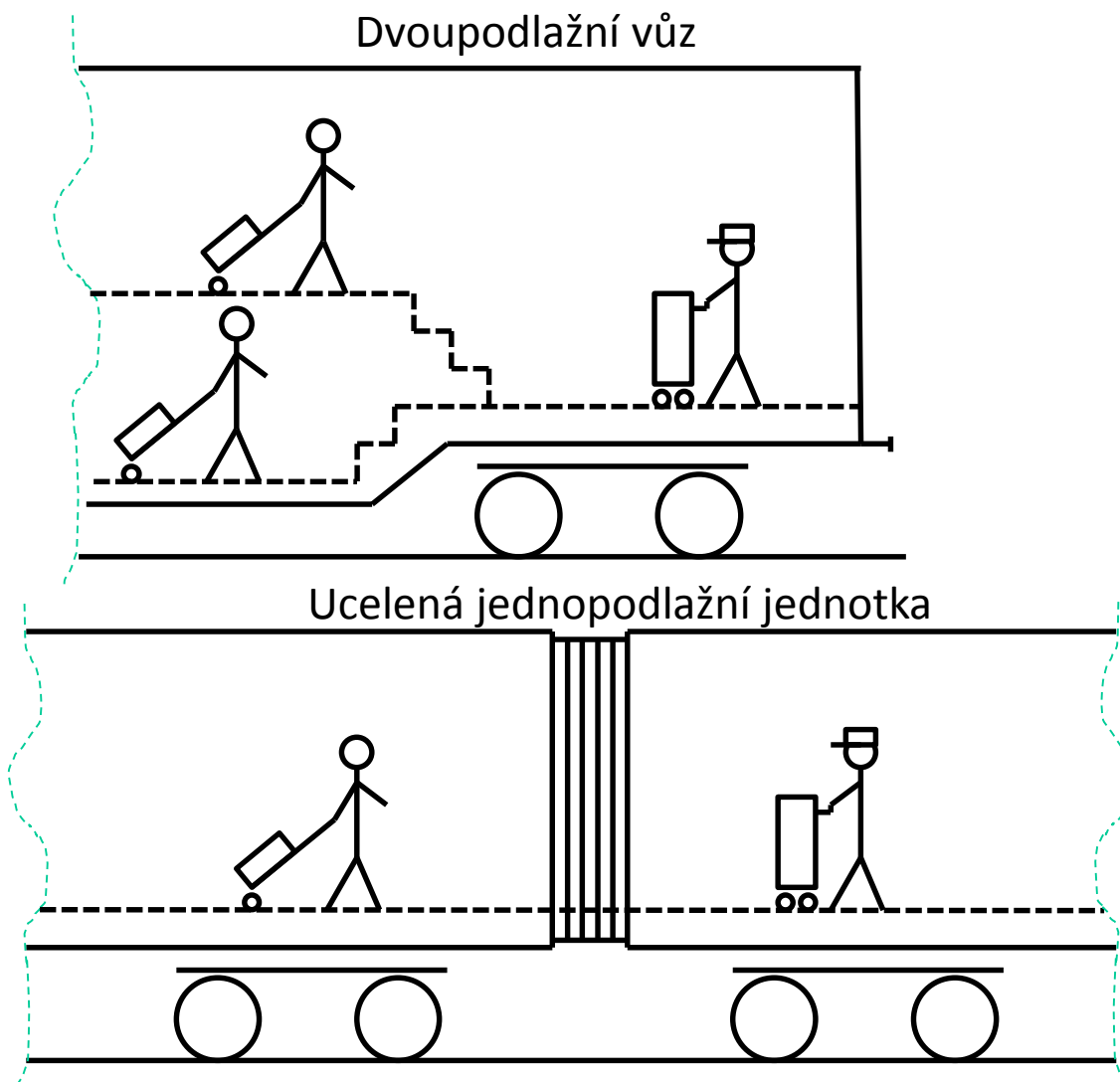
Standardní vůz s návalky a měchy



Nízkopodlažní vůz



Vnitřní bezbariérovost

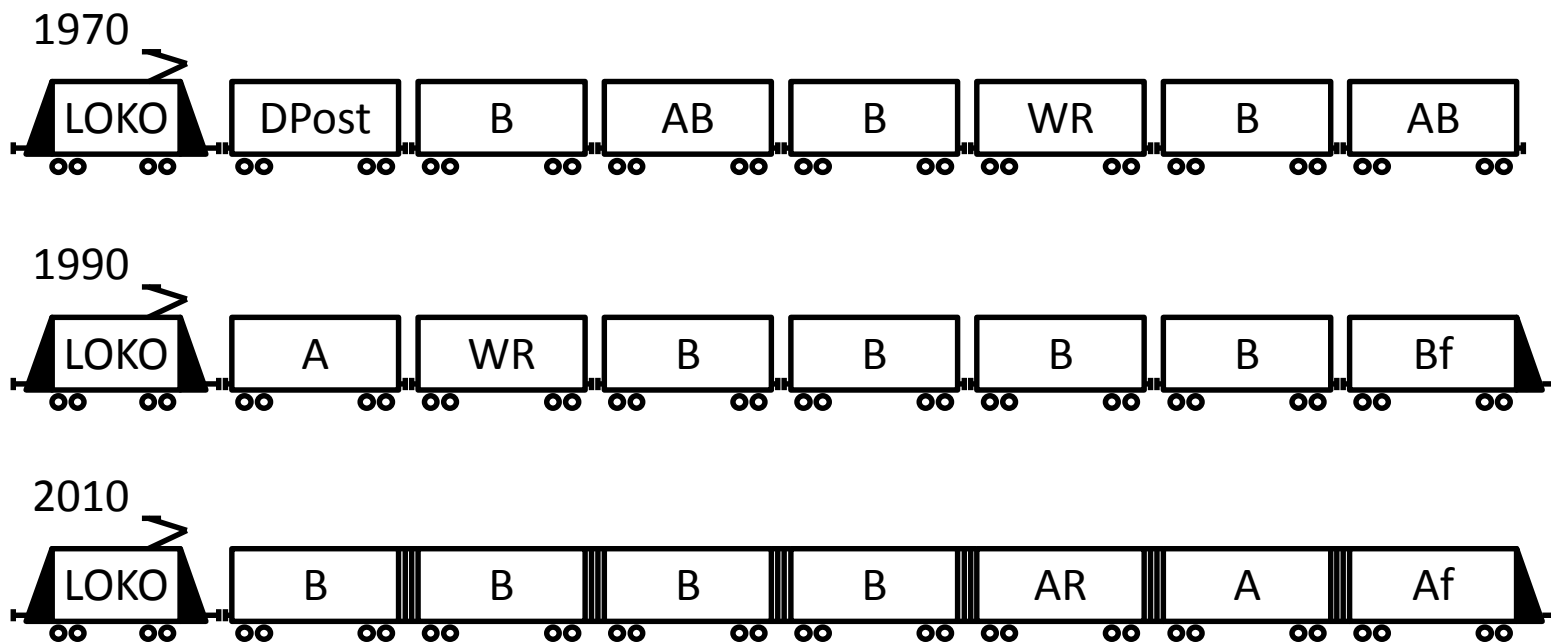


Viaggio Comfort - ÖBB railjet: volně průchozí vlak

- dokonale utěsněný a odhlučněný mezivozový přechod



Vývoj řazení vlaků



Legenda:

LOKO lokomotiva

A první třída

B druhá třída

DPost služební vůz s poštovním oddílem

WR restaurační vůz

R bistro

f vůz vybaven řídicím stanovištěm

Trend v řazení vlakové soupravy

Linkové vedení dálkových vlaků v pravidelném taktu vyvolalo změny v řazení vlaku:

- odklon od oddělené přepravy zavazadel k přepravě zavazadel spolu s cestujícím (náhrada služebních vozů prostory pro zavazadla uvnitř jednotlivých vozů),**
- zrychlení nástupu do vlaku jeho stálou konfigurací (rychlá orientace cestujících),**
- zjednodušené číslování vozů (nízká čísla a v aritmetickém pořadí),**
- blokové uspořádání s restauračním vozem na rozhraní mezi 1. a 2. třídou,**
- rozšíření cateringu o rozvážkovou službu (vnitřní bezbariérovost),**
- zavedení řídících vozů pro odstranění manipulací v koncových a úvrat'ových stanicích,**
- odklon od samostatných vozů k trakčním i netrakčním uceleným jednotkám.**

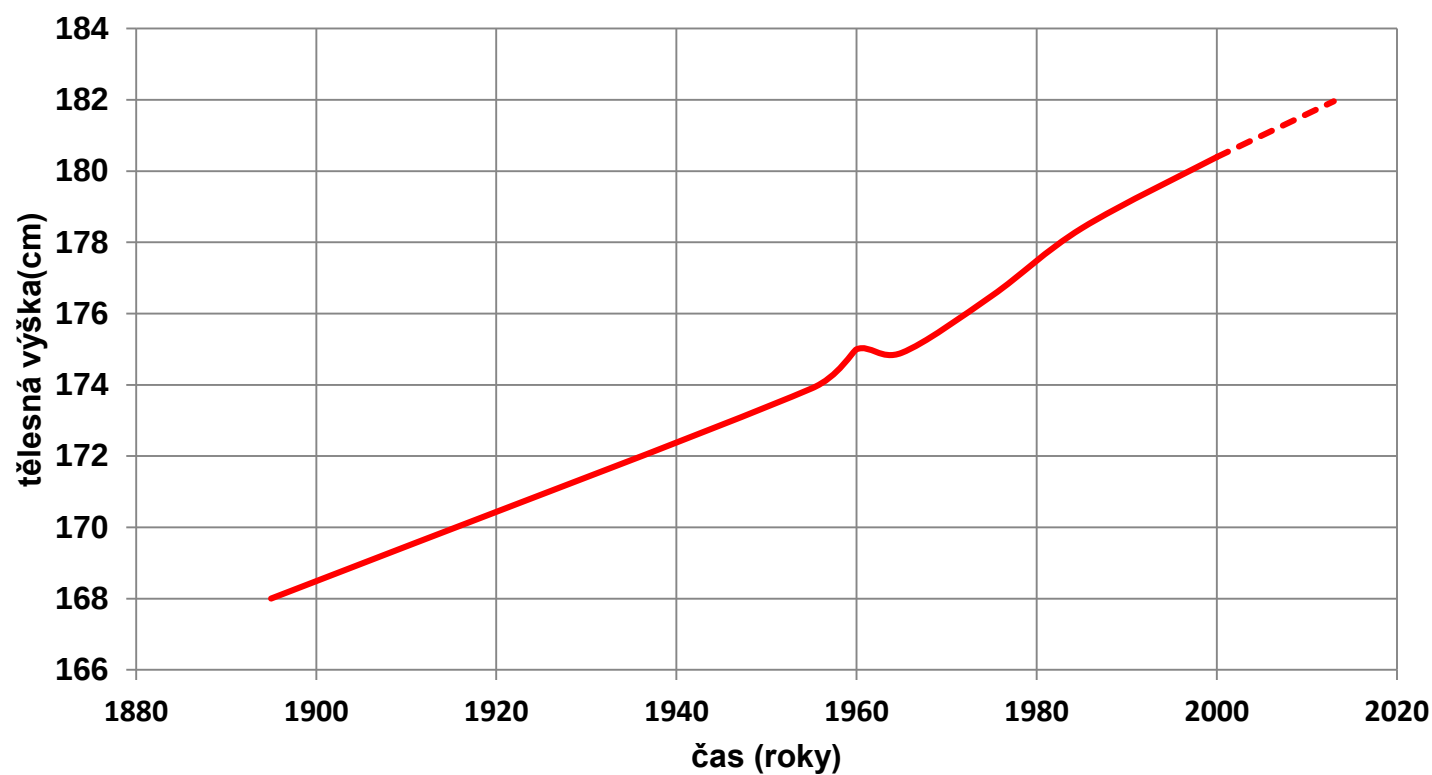
Antropologie a ergonomie

Výška postavy je geneticky kontrolovaný znak, na nějž působí další faktory, například zdravotní stav, výživa a klimatické podmínky. Dědičnost tělesné výšky se odhaduje na 50 až 60 %. Výška těla patřila vždy k základním údajům o identitě člověka. Informace o výšce jsou důležité jak pro výrobce průmyslového zboží, kteří se snaží přizpůsobit velikostní sortiment výrobků potřebám svých zákazníků, tak pro badatele zkoumající proměny životních podmínek a jejich vliv na jedince i populace.

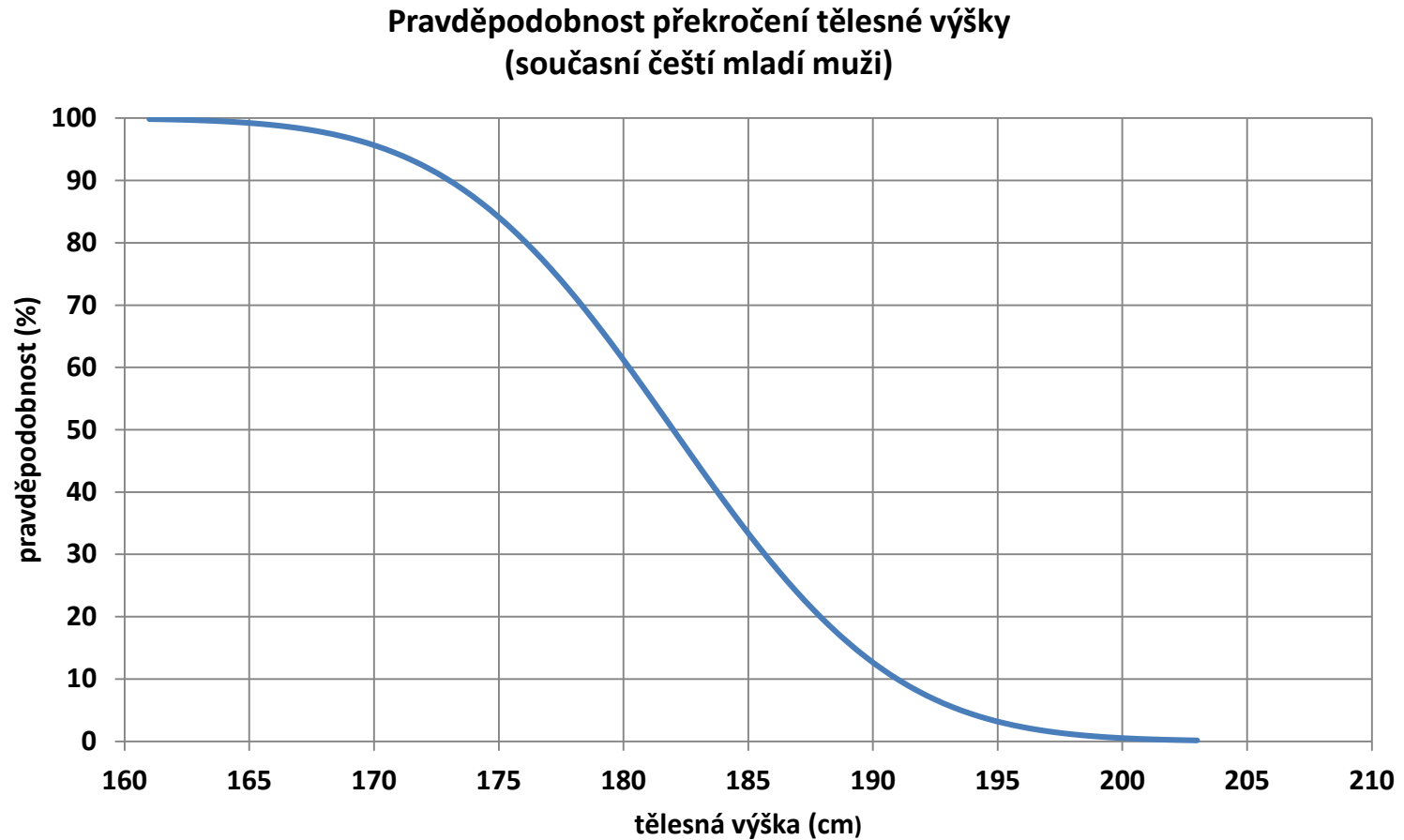
Tělesný růst je indikátorem zdravotního stavu a stavu výživy populace, barometrem minulých sociálních a ekonomických aspektů vývoje populace, včetně ekologických. Monitorování růstu patří k základním metodám zdravotní péče.

Antropologie a ergonomie

Vývoj tělesné výšky mladých českých mužů



Statistická analýza (střední hodnota 182 cm, směrodatná odchylka 7 cm)



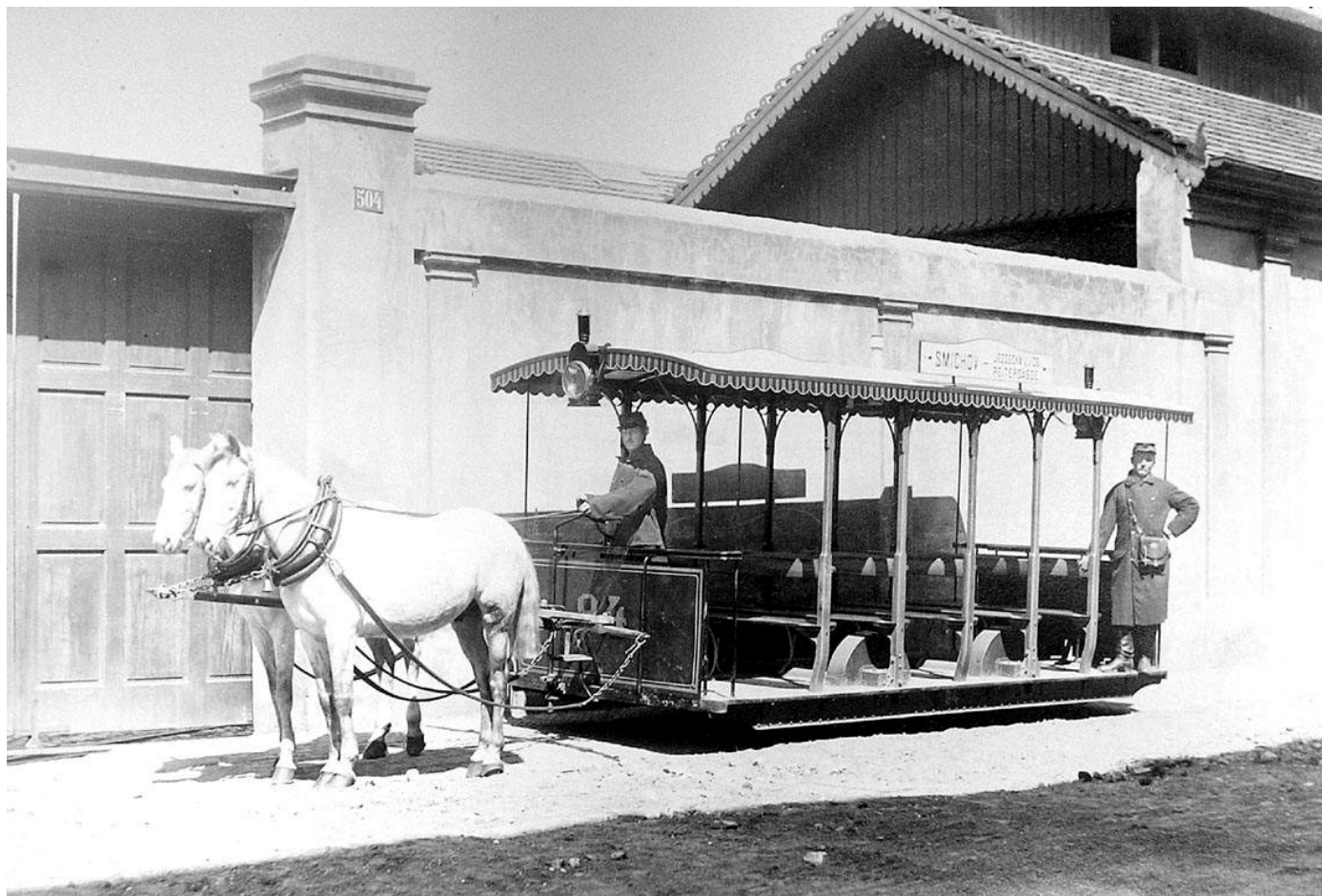
Závěr

Základní strategickou orientací EU i ČR je zvýšení podílu železniční dopravy a kolejové městské hromadné dopravy na celkových přepravních výkonech osobní dopravy, především náhradou za individuální automobilismus.

Nástrojem k tomu není restrikce (zakazování individuálnímu automobilismu), ale pozitivní motivace obyvatelstva k používání hromadné dopravy kvalitou její nabídky.

Ergonomie a design jsou důležitou součástí tohoto trendu.

Děkujeme vám za vaši pozornost !



(nízkopodlažnost není nic nového)