

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ergonomická analýza prostoru cestujících v tramvajích

Autor: **Jana NEDVĚDOVÁ**
Vedoucí práce: **Ing. Marek BUREŠ, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytoval během zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat také mému konzultantovi panu Ing. Jiřímu Vokounovi a Ing. Barboře Hájkové. V neposlední řadě i své rodině za podporu během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Nedvědová	Jméno Jana	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016-07 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická analýza prostoru cestujících v tramvajích		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	111	TEXTOVÁ ČÁST	111	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce se zaměřuje na porovnání konceptů interiéru tramvajových vozidel zejména z ergonomického hlediska. Jedná se o 17 vybraných tramvajových vozidel od předních světových výrobců. Ke klasifikaci jednotlivých konceptů je proveden rozbor modulů interiérů a hodnocení je provedeno pomocí dvou multikriteriálních analýz, z čehož jedna zohledňuje i požadavky vybraných 10 skupin cestujících. Při hodnocení prostorů bylo využito normovaných dat.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">tramvaj, tramvajové vozidlo, interiér, ergonomie, ergonomická analýza, multikriteriální analýza</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Nedvěďová	Name Jana	
FIELD OF STUDY	2301R016-07 “Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Ergonomic analysis of passenger space in trams		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	111	TEXT PART	111	GRAPHICAL PART	0
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This Bachelor thesis focuses on the comparison of the interior concepts of the trams, especially from an ergonomic point of view. There are 17 selected trams from leading world manufacturers. Classification of individual concepts is done by analysis of interior modules and the evaluation is done by using two multi-criteria analyses, of which one takes into account the requirements of the selected 10 groups of passengers. Normalized data were used to evaluate the passenger spaces.</p>
KEY WORDS	<p>tram, tramcar, interior, ergonomics, ergonomic analysis, multicriterial analysis</p>

Obsah

Úvod	18
1 Historický vývoj tramvají	19
1.1 Koněspřežné tramvaje	19
1.2 Parní tramvaje	19
1.3 Elektrické tramvaje	20
1.4 Nízkopodlažní tramvaje	21
2 Technický popis tramvají	22
2.1 Koncepce nízkopodlažních tramvají	22
2.2 Konstrukční provedení (exteriér)	23
2.2.1 Základní rozměry	23
2.2.2 Skříň vozidla	25
2.2.3 Podvozky	25
2.2.4 Napájení	27
2.2.4.1 Napájení pomocí pantografů	27
2.2.4.2 Napájení pomocí třetí koleje	27
2.2.4.3 Indukční napájení	27
2.2.4.4 Bateriové napájení	28
2.2.5 Spojení článků	28
2.2.5.1 Měchy	28
2.2.5.2 Spřáhla	28
3 Ergonomické parametry tramvají	29
3.1 Skupiny cestujících	29
3.1.1 Antropometrie v návaznosti na ergonomii	29
3.1.2 Cestující bez hendikepu	30
3.1.2.1 Lidé průměrné vysoké, nízké, štíhlé, silné postavy	30
3.1.2.2 Děti	31
3.1.3 Cestující s dočasným omezením mobility	33
3.1.3.1 Maminky doprovázející dítě v kočárku	33
3.1.3.2 Cestující se zavazadly a taškami	33
3.1.3.3 Cestující s cyklistickým kolem	34
3.1.3.4 Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)	35
3.1.4 Cestující s permanentním omezením mobility	35
3.1.4.1 Cestující na invalidním vozíku	35
3.1.4.2 Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem	36

3.1.4.3	Cestující se zrakovým postižením	36
3.2	Kognitivní ergonomie	37
3.2.1	Osvětlení	37
3.2.2	Hluk	38
3.3	Fyzická ergonomie	38
3.3.1	Ergonomické normativy	39
3.3.2	Plocha pro cestující	40
3.3.3	Provozní dveře	40
3.3.4	Přístup k provozním dveřím	41
3.3.5	Nouzové východy	41
3.3.6	Přístup k nouzovým východům	42
3.3.7	Okna	43
3.3.8	Ulička	43
3.3.9	Schody	44
3.3.10	Sedadla	44
3.3.10.1	Minimální šířka sedadla	44
3.3.10.2	Minimální hloubka a výška sedáku	45
3.3.10.3	Vzdálenost mezi sedadly	45
3.3.10.4	Materiál sedadel	46
3.3.11	Madla a držadla	46
3.3.12	Prostor pro cestující se sníženou pohyblivostí	48
3.3.12.1	Vyhrazené sedadlo	48
3.3.12.2	Prostor pro invalidní vozík	48
3.3.12.3	Umístění invalidního vozíku	48
3.3.12.4	Ovladače, označení	49
3.3.12.5	Zadržný systém – madla a opěradla	49
3.3.12.6	Zařízení pro snížení výšky podlahy – zdviž, rampa	50
3.3.12.7	Sedadla a stojící cestující v prostoru invalidního vozíku	50
4	Modulové provedení	51
4.1	Přehled tramvají	51
4.1.1	Bombardier	51
4.1.2	Alstom	51
4.1.3	Škoda Transportation	51
4.1.4	Siemens	51
4.1.5	Solaris Bus & Coach	51
4.1.6	Stadler	52
4.1.7	TW Team	52

4.2	Moduly interiéru tramvajového vozidla.....	52
4.2.1	Schémata tramvají s vyznačenými moduly	52
4.2.2	Nadpodvozkový modul jako samostatný článek.....	55
4.2.3	Nadpodvozkový modul jako součást kabiny řidiče či zadní části vozidla posledního článku tramvaje	58
4.2.4	Nadpodvozkový modul jako součást spojovací části (měchů) tramvaje.....	60
4.2.5	Modul zadní části vozidla posledního článku tramvaje	61
4.2.6	Multifunkční modul pro cestující s omezením mobility	63
5	Multikriteriální analýza.....	74
5.1	Multikriteriální analýza: nalezení optimálního typu tramvaje pro cestující	74
5.1.1	Definování alternativ	74
5.1.2	Definování kritérií	74
5.1.3	Stanovení vah kritérií	77
5.1.4	Naměření hodnot k daným kritériím v interiéru tramvaje.....	85
5.1.5	Zhodnocení alternativ.....	87
5.2	Multikriteriální analýza: nalezení optimálního typu tramvaje pro jednotlivé skupiny cestujících.....	91
5.2.1	Definování alternativ	91
5.2.2	Definování kritérií	91
5.2.3	Stanovení vah kritérií	92
5.2.4	Naměření hodnot k daným kritériím v interiéru tramvaje.....	92
5.2.5	Zhodnocení alternativ dle skupin cestujících	94
	Závěr.....	105
	Seznam použitých zdrojů a literatury.....	106

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Koněspřežná tramvaj – exteriér [20].....	19
Obrázek 1-2 Koněspřežná tramvaj – interiér [21].....	19
Obrázek 1-3 Parní tramvaj – exteriér [22].....	19
Obrázek 1-4 Parní tramvaj – interiér [23]	19
Obrázek 1-5 Tramvaj PCC – exteriér [25]	20
Obrázek 1-6 Tramvaj PCC – interiér [24]	20
Obrázek 1-7 Tramvaj T3 – exteriér [26]	21
Obrázek 1-8 Tramvaj T3 – interiér [27].....	21
Obrázek 1-9 Tramvaj RT6N1 – exteriér [28].....	21
Obrázek 1-10 Tramvaj RT6N1 – interiér [29].....	21
Obrázek 1-11 Tramvaj ForCity 15T – exteriér [30].....	21
Obrázek 1-12 Tramvaj ForCity 15T – interiér [31]	21
Obrázek 2-1 Částečně nízkopodlažní tramvaj s otočnými hnacími podvozky [32]	22
Obrázek 2-2 Částečně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočných podvozcích [32]	22
Obrázek 2-3 Stoprocentně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočném pojezdu bez náprav [32].....	23
Obrázek 2-4 Stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s dlouhými články spojenými klouby [32]	23
Obrázek 2-5 Stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s krátkými články s velmi nízkou podlahou [32]	23
Obrázek 2-6 Průjezdni průřez pro jednokolejné tramvajové tratě [32].....	24
Obrázek 2-7 Řez podvozků tramvajových vozidel T3 a 15T [37].....	25
Obrázek 2-8 Částečně nízkopodlažní vozidlo [36]	26
Obrázek 2-9 Dvojkolí s menším průměrem kol [36]	26
Obrázek 2-10 Podvozek s nápravnicemi s volně otočnými koly [36].....	27
Obrázek 2-11 Otočný podvozek s nápravnicemi vysunutými pod kabinu řidiče [36].....	27
Obrázek 3-1 Člověk - prostředí - technika	29
Obrázek 3-2 Antropometrické rozměry [58]	31
Obrázek 3-3 Orientační rozměry kočárku [47].....	33
Obrázek 3-4 Orientační prostorová náročnost cestujícího s kufrem [49].....	34
Obrázek 3-5 Rozměry zavazadla [50]	34
Obrázek 3-6 Rozměry batohu [51].....	34
Obrázek 3-7 Orientační prostorová náročnost kola v tramvaji [52]	34
Obrázek 3-8 Prostorové požadavky stojící osoby o berlích [48].....	35

Obrázek 3-9 Prostorová náročnost invalidního vozíku [48].....	35
Obrázek 3-10 Prostorová náročnost invalidního vozíku [13].....	35
Obrázek 3-11 Prostorová náročnost osoby s chodítkem [48].....	36
Obrázek 3-12 Prostorová náročnost nevidomého se slepeckou holí [48]	36
Obrázek 3-13 Prostorová náročnost nevidomého s vodícím psem [48].....	36
Obrázek 3-14 Homologační značka [12].....	39
Obrázek 3-15 Zkušební kalibry pro přístup k provozním dveřím [12].....	41
Obrázek 3-16 Zkušební kalibry pro přístup k nouzovým dveřím[12]	42
Obrázek 3-17 Zkušební kalibr pro rozměry uličky – půdorys [12]Obrázek 3-18 Zkušební kalibr pro rozměry uličky – bokorys [12].....	43
Obrázek 3-19 Rozměry schodů [12]	44
Obrázek 3-20 Minimální šířka sedadla [5].....	45
Obrázek 3-21 Minimální hloubka a výška sedáku [5]	45
Obrázek 3-22 Vzdálenost mezi sedadly[12].....	46
Obrázek 3-23 Čalouněná sedadla.....	46
Obrázek 3-24 Dřevěná sedadlaObrázek 3-25 Plastová sedadla.....	46
Obrázek 3-26 Zkušební kalibr s otočným ramenem pro kontrolu vzdálenosti madel a držadel [12]	47
Obrázek 3-27 Plastová a gumová madla [5].....	47
Obrázek 3-28 Madla v prostoru interiéru tramvaje [44]	47
Obrázek 3-29 Piktogram vyhrazeného sedadla pro cestující se sníženou pohyblivostí [12] ...	48
Obrázek 3-30 Rozměry referenčního invalidního vozíku [12].....	49
Obrázek 3-31 Minimální volný prostor pro hendikepovaného člověka v prostoru pro invalidní vozík [12].....	49
Obrázek 3-32 Piktogram prostoru pro invalidní vozík [12]	49
Obrázek 3-33 Opěradlo pro invalidní vozík [12].....	50
Obrázek 4-1 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis X05	56
Obrázek 4-2 Uspořádání sedadel nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis X05 [64] .	56
Obrázek 4-3 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig s variantou lavic[65].....	56
Obrázek 4-4 Schéma uspořádání sedadel v nadpovozkové části v tramvaji Alstom Citadis Compact.....	56
Obrázek 4-5 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis Compact [66]	56
Obrázek 4-6 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji EVO1	57
Obrázek 4-7 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji EVO1[63]	57

Obrázek 4-8 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Stadler Tango (Basel).....	57
Obrázek 4-9 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Stadler Tango (Basel)[67]	57
Obrázek 4-10 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Tramino Solaris Olsztyn.....	57
Obrázek 4-11 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Olsztyn[68]	57
Obrázek 4-12 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Poznan	58
Obrázek 4-13 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Poznan[69].....	58
Obrázek 4-14 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Alfa 15T (Praha).....	58
Obrázek 4-15 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Alfa 15T (Praha)[70]	58
Obrázek 4-16 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)	59
Obrázek 4-17 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)[72].....	59
Obrázek 4-18 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)	59
Obrázek 4-19 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)[71]	59
Obrázek 4-20 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji Stadler Tango	59
Obrázek 4-21 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji Stadler Tango[73].....	59
Obrázek 4-22 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji Stadler Tango	60
Obrázek 4-23 Schéma nadpodvozkové části v tramvaji Siemens ULF	60
Obrázek 4-24 Nadpodvozková část v tramvaji Siemens ULF[74]	60
Obrázek 4-25 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji ŠT 15T Praha	60
Obrázek 4-26 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji ŠT 15T Praha[72].....	60
Obrázek 4-27 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji Stadler Tango	61
Obrázek 4-28 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji Stadler Tango[75]	61

Obrázek 4-29 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Siemens ULF	61
Obrázek 4-30 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Siemens ULF[76]	61
Obrázek 4-31 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji TWT EV01	62
Obrázek 4-32 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji TWT EV01[77]	62
Obrázek 4-33 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig	62
Obrázek 4-34 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig[78]	62
Obrázek 4-35 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Poznan	63
Obrázek 4-36 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Alstom Citadis 302	63
Obrázek 4-37 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Bombardier Flexity Melbourne	64
Obrázek 4-38 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Bombardier Flexity Melbourne[79]	64
Obrázek 4-39 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis Compact	64
Obrázek 4-40 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis Compact[80]	64
Obrázek 4-41 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis x05	65
Obrázek 4-42 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis x05[81]	65
Obrázek 4-43 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis 320	65
Obrázek 4-44 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis 320[82]	65
Obrázek 4-45 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji ŠT 15T Praha	66
Obrázek 4-46 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji ŠT 15T Praha[83]	66
Obrázek 4-47 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ŠT 15T Praha	66
Obrázek 4-48 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ŠT 15T Praha[84]	66
Obrázek 4-49 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 26T (Miskolc)	67
Obrázek 4-50 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 26T (Miskolc)	67

Obrázek 4-51 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v obousměrné tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava).....	67
Obrázek 4-52 Uspořádání sedadel v multifunkční části v obousměrné tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)[86].....	67
Obrázek 4-53 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v jednosměrné tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava).....	68
Obrázek 4-54 Uspořádání sedadel v multifunkční části v jednosměrné tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)[87].....	68
Obrázek 4-55 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 28T (Konya).....	68
Obrázek 4-56 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 28T (Konya).....	68
Obrázek 4-57 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Siemens Avenio (Haag) a Siemens ULF (Vídeň).....	69
Obrázek 4-58 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Siemens Avenio (Haag)[88].....	69
Obrázek 4-59 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens Avenio (Haag) – verze 3 sedadel.....	69
Obrázek 4-60 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens Avenio (Haag) – verze 2 sedadel.....	69
Obrázek 4-61 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens ULF (Vídeň).....	70
Obrázek 4-62 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens ULF (Vídeň)[74].....	70
Obrázek 4-63 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Solaris Tramino Poznan.....	70
Obrázek 4-64 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Solaris Tramino Poznan[89].....	70
Obrázek 4-65 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Poznan.....	71
Obrázek 4-66 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Poznan[89].....	71
Obrázek 4-67 Schéma multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Jena a Solaris Tramino Olsztyn.....	71
Obrázek 4-68 Multifunkční část v tramvaji Solaris Tramino Jena[90].....	71
Obrázek 4-69 Schéma multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig.....	72
Obrázek 4-70 Multifunkční část v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig[78].....	72
Obrázek 4-71 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Stadler Tango.....	72
Obrázek 4-72 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Pragoimex EV01.....	73
Obrázek 4-73 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Pragoimex EV01.....	73

Obrázek 5-2 První část dotazníku	78
Obrázek 5-3 Druhá část dotazníku	80
Obrázek 5-4 Třetí část dotazníku	82
Obrázek 5-5 Čtvrtá část dotazníku	84
Obrázek 5-6 Příklad půdorysného výkresu tramvaje ForCity Praha 15T	86

Obrázky, u kterých není uveden zdroj, jsou dílem autora nebo jsou poskytnuté od společnosti Škoda Transportation a.s.

Seznam tabulek

Tabulka 2-1 Dovoleno přeseh obrysu tramvaje [34].....	25
Tabulka 3-1 Antropometrické tělesné rozměry – tabulka hodnot [58]	30
Tabulka 3-2 Souhrn tělesných výšek chlapců a dívek věku 8, 11 a 15 let [45].....	32
Tabulka 3-3 Obtížnost dorozumívání na základě intenzity hluku pozadí [4].....	38
Tabulka 3-4 Třídy vozidel městské hromadné dopravy[12].....	39
Tabulka 3-5 Provozní dveře [16]	41
Tabulka 3-6 Nouzové dveře [12]	42
Tabulka 3-7 Únikové okno [12].....	42
Tabulka 3-8 Rozměry schodů [12].....	44
Tabulka 5-1 Přehled tramvají pro multikriteriální analýzu	74
Tabulka 5-2 Přehled kritérií multifunkční analýzy	75
Tabulka 5-3 Nasbíraná data k první části dotazníku	79
Tabulka 5-4 Nasbíraná data k druhé části dotazníku	81
Tabulka 5-5 Nasbíraná data ke třetí části dotazníku	83
Tabulka 5-6 Nasbíraná data k čtvrté části dotazníku	85
Tabulka 5-7 Finální seznam kritérií se stanovenými váhami	85
Tabulka 5-8 Příklad tabulky měřených a dopočítávaných parametrů pro tramvaj ForCity Praha 15T	86
Tabulka 5-9 Vyhodnocení variant - hodnoty kritérií každé varianty tramvaje.....	84
Tabulka 5-10 Vyhodnocení variant - převod min. kritérií na max., převed kvalitativních kritérií na kvantitativní.....	89
Tabulka 5-11 Vyhodnocení variant - převedení hodnot do stejného měřítka, celkové vážené součty.....	90
Tabulka 5-12 Alternativy: skupiny cestujících.....	91
Tabulka 5-13 Definovaná kritéria	91
Tabulka 5-14 Stanovení vah	92
Tabulka 5-15 Prostorové nároky daných skupin cestujících	93
Tabulka 5-16 Naměřené hodnoty daných kritérií ve všech tramvajích.....	93
Tabulka 5-17 Odchyly naměřených hodnot od standardizovaných.....	98
Tabulka 5-18 Vyhodnocení optimální varianty tramvaje pro každou skupinu cestujících	103

Tabulky, u kterých není uveden zdroj, jsou dílem autora nebo jsou poskytnuté od společnosti Škoda Transportation a.s.

Seznam grafů

Graf 3-1 Tělesná výška chlapci 2-18 let [45]	32
Graf 3-2 Tělesná výška dívky 2-18 let [45].....	32
Graf 5-1 Hodnocení první části dotazníku.....	79
Graf 5-2 Hodnocení druhé části dotazníku.....	81
Graf 5-3 Hodnocení třetí části dotazníku	83
Graf 5-4 Hodnocení čtvrté části dotazníku.....	84
Graf 5-5 Souhrn tří ergonomicky nejvhodnějších tramvají pro každou skupinu cestujících .	104

Grafy, u kterých není uveden zdroj, jsou dílem autora nebo jsou poskytnuté od společnosti Škoda Transportation a.s.

Seznam použitých zkratek a symbolů

PCC – President's Conference Comittee Car

ULF – Ultra Low Floor Tram

ES – Nařízení Evropského parlamentu a Rady

OSN – Organizace spojených národů

TOPSIS – The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

mm – milimetr

m – metr

mm² – milimetr čtvereční

m² – metr čtvereční

kg – kilogram

Úvod

Výhodou tramvajových vozidel je velká přepravní kapacita a vzhledem k počtu přepravovaných cestujících se tento způsob městské hromadné dopravy vyznačuje poměrně nízkou energetickou náročností. S ohledem na současné technické parametry a na výši provozních a investičních nákladů tramvajových vozidel je tramvajová doprava optimální způsob přepravy pro města s počtem obyvatel od 150 tisíc. [14] Na současném světovém trhu se přední světoví výrobci tramvajových vozidel předhánějí v tom, jak by zaujali a uspokojili zákazníky svým produktem. Konkurence nutí každého výrobce k nepřetržité modernizaci tramvajových vozidel tak, aby byly splněny požadavky zákazníka a s tím i požadavky konečného uživatele, cestujícího. V rámci modernizace a vývoje tramvají se proto klade důraz na návrh interiéru tramvajových vozidel tak, aby splňoval náročné požadavky různých skupin cestujících.

Cílem práce je ergonomická analýza prostoru cestujících v tramvajích od světových výrobců a vyhodnocení ergonomicky nejpříjemnější tramvaje pomocí multikriteriálních analýz. Kromě toho jsou vyhodnoceny tramvaje, které z ergonomického hlediska nejlépe vyhovují skupinám cestujících, jako jsou například běžní cestující, ale i lidé s tělesným postižením, senioři se sníženou pohyblivostí, ženy s kočárky, apod.

Podkladem pro tyto analýzy byly informace z různých normativů a legislativ, které předepisují minimální rozměry prvků v interiéru, a antropometrické údaje a jiné publikace, které stanovují minimální prostorové nároky různých typů cestujících.

Využití výsledků ergonomických analýz interiéru tramvají může být podkladem pro ergonomickou optimalizaci prostoru cestujících v tramvajích. Ergonomická analýza označí tramvaje s ergonomicky nejvhodnějšími prvky interiéru a prvky takových tramvají by bylo možné zakomponovat do nového optimalizovaného interiéru tramvaje. Ve své práci se zabývám detailnější specifikací jednotlivých konceptů interiérů tramvajových vozidel, a to konkrétně definováním modulů, které se v tramvajových vozidlech nacházejí. Navrhování interiérů tramvajových vozidel s využitím modulů nejlépe hodnocených tramvají může být přínosné při tvorbě nových konceptů vozidel ergonomicky vhodnějších a přístupnějších pro širší spektrum cestujících s rozmanitými nároky na městskou hromadnou dopravu.

1 Historický vývoj tramvají

1.1 Koněspřežné tramvaje

Průkopníky tramvajové dopravy byly tramvaje určeny pro koňská spřežení, které se objevily již na počátku 19. století. Přesněji roku 1832 byly v New Yorku zřízeny první koněspřežné dráhy, které se postupně rozšířily do Evropy. Vzhledem k velikosti tažné síly dvou koní byla nosnost omezená, proto se vozová skříň vyráběla převážně ze dřeva, aby byla co nejlehčí. Kůň nebo pár koní byli schopni přepravit až 30 osob a provozní rychlost byla maximálně 15 km/hod. Rozvor kol činil cca 1,5 až 2 metry a kola dosahovala průměru 800 mm. Interiér byl vybaven dřevěnými lavicemi a v některých případech byla koněspřežná tramvaj vylepšena o točité schody vedoucí na střechnu, kde byly umístěny podélné lavice zády k sobě. [1][11][19]



Obrázek 1-1 Koněspřežná tramvaj – exteriér [20]



Obrázek 1-2 Koněspřežná tramvaj – interiér [21]

1.2 Parní tramvaje

Zanedlouho vystřídal koňskou sílu parní pohon. Využívala se stejná tramvajová vozidla jako u koněspřežných tramvají. Vzhledem k většímu výkonu parního pohonu bylo možné zapojit více článků za sebou a docílilo se tak navýšení převozní kapacity. V některých případech byly tramvaje využívány v průmyslových podnicích pro přepravu nákladu. Jelikož nebyla nutná přítomnost vozky, byla tramvajová skříň často uzavřená, a kromě toho byla i větší s větším rozvorem z důvodu mírnějších požadavků na jízdní odpor. [1][11][19]



Obrázek 1-3 Parní tramvaj – exteriér [22]



Obrázek 1-4 Parní tramvaj – interiér [23]

1.3 Elektrické tramvaje

Na přelomu 19. a 20. století došlo k dalšímu milníku v historii tramvajové dopravy, a to konkrétně v Berlíně roku 1881, kdy Werner Von Siemens uvedl do provozu první elektrickou tramvaj. O 10 let později se František Křižík zasloužil o to, aby se i česká města dočkala elektrických tramvají. Ty měly většinou ocelový nebo železný rám s pohonem, dřevěnou kostru a oplechované či dřevěné obložení. Napájení elektřiny ze sítě bylo zajištěno pomocí tyčového sběrače s kladkou na konci.

Ve 30. letech 20. století došlo k významné změně konstrukce a designu vyráběných tramvají. Jednalo se o americkou koncepci tramvaje PCC (Presidents Conference Comittee Car), které se podobaly tramvajím jezdícím dodnes. Už v meziválečné době bylo snahou eliminovat časové ztráty v provozu v souladu s tím, že se neustále zvyšoval zájem o tento způsob městské dopravy. Ustupovalo se od dřevěných skříní z důvodu bezpečnosti, proto PCC tramvaje disponovaly celokovovou skříní. Objevovaly se i systémy pro dálkové ovládní dveří, opět z důvodu bezpečnosti. Navíc došlo k výraznému ergonomickému zlepšení prostoru řidiče, protože se do tramvajového vozidla zakomponovala oddělená kabina se sedadlem. Výhodou bylo, že se stavěly vozy jednosměrné, s čímž došlo k odstranění jedné kabiny řidiče a zbylo tak více prostoru pro cestující. Vůz měl dva otočné dvounápravové podvozky, které umožňovaly tišší provoz. Dalším významným prvkem byl tzv. zrychlovač, pomocí kterého se ovládaly trakční motory, s cílem plynulejšího a rychlejšího rozjezdu a brzdění formou postupného spínání odporů. Koncepce PCC tramvají se brzy rozšířila do Evropy, kdy byla zakoupena významnými evropskými výrobci, například i ČKD Tatra v České republice. [1]



Obrázek 1-5 Tramvaj PCC – exteriér [25]



Obrázek 1-6 Tramvaj PCC – interiér [24]

Po druhé světové válce došlo k ústupu tramvajové dopravy. Začala se rozšiřně využívat technologie spalovacích motorů, proto pozornost připadla spíše autobusům, a to i z důvodu, že nebyla nutná výstavba nákladné infrastruktury. Od stavby dvounápravových tramvají se ustupovalo a zaváděly se motorové vozy dvou, tří i více článkových tramvají. I přes pokles tramvajové dopravy byla na území České republiky forma této dopravy nadále využívána a v provozu bylo hned několik typů tramvají. Příkladem je tramvajové vozidlo T1, po kterém následoval typ T2 a T3. Vyrobeno bylo kolem 15 000 vozů, které byly exportovány převážně do zemí východního bloku, díky čemuž je tramvaj T3 celosvětově nejrozšířenější typ tramvaje. Z tohoto typu tramvajového vozidla byl odvozen další typ T4 s užší skříní, dále také vlečné vozy B3 a B4, a v neposlední řadě i kloubové dvoučlánkové vozy K1 a K2. [1][11][19]



Obrázek 1-7 Tramvaj T3 – exteriér [26]



Obrázek 1-8 Tramvaj T3 – interiér [27]

1.4 Nízkopodlažní tramvaje

Už v 80. letech se objevily první snahy o přiblížení úrovně podlahy tramvaje k temeni kolejnice, přesněji 350 mm nad něj. Jednalo se tak o první nízkopodlažní tramvajová vozidla, která byla takto snižena jen v určitých částech vozidla. Velkého podílu snížené podlahy dosáhla nízkopodlažní tramvaj typu TSF-2 od firmy GEC-Alstom roku 1987, kdy podíl nízké podlahy činil 70 procent. Vývoj takového konceptu nabral rychlý spád a v 90. letech byly nízkopodlažní tramvaje vyráběny většinou výrobců. Konkrétně v České republice roku 1993 vyvinula společnost ČKD Tatra typ tramvaje RT6N1, která byla také částečně nízkopodlažní. [1][11][19]



Obrázek 1-9 Tramvaj RT6N1 – exteriér [28]



Obrázek 1-10 Tramvaj RT6N1 – interiér [29]

Nízkopodlažní tramvaje si žádají mnohá konstrukční vylepšení, která se neustále modernizují. Příkladem unikátního technického řešení je vznik tramvaje ULF (Ultra Low Floor) od firmy Siemens, kdy bylo speciální portálovou konstrukcí kloubů dosaženo snížené úrovně podlahy na pouhých 190 mm nad temeno kolejnice. Konkrétně v České republice uvedla společnost Škoda na trh ojedinělé konstrukční řešení, a to model 15T ForCity, jehož všechny podvozky jsou otočné a hnané a zároveň tramvaj 100 procentně nízkopodlažní. [1][11][19]



Obrázek 1-11 Tramvaj ForCity 15T – exteriér [30]



Obrázek 1-12 Tramvaj ForCity 15T – interiér [31]

2 Technický popis tramvají

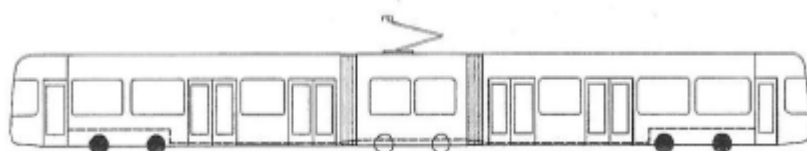
Konstrukční provedení tramvajových vozidel úzce souvisí s designem a návrhem interiéru tramvají. Jedná se zejména o konstrukční provedení podvozku tak, aby byly zajištěny všechny technické požadavky, které jsou na podvozky kladeny, ale zároveň musí být navrženy tak, aby se zachoval co největší podíl nízké podlahy. Je zřejmé, že s výhledem do budoucna lze očekávat upřednostňování konceptu 100 procent nízkopodlažních tramvajových vozidel, a to vzhledem k tomu, že má několik zásadních výhod oproti variantám tramvajových vozidel s vyvýšenou podlahou:

- Bezbariérovost – jedná se o bezbariérovou variantu městské hromadné dopravy, snadno dostupnou pro handicapované lidi, maminky s kočárky, důchodce se sníženou pohyblivostí, sportovce, atd.
- Bezpečnost – pohyb v prostorách interiéru tramvajového vozidla je díky odstranění schodů bezpečnější, nehrozí totiž potenciální zranění, jako například zakopnutí nebo pád ze schodů
- Pohodlí, estetika – členitost interiéru v podobě vyvýšených podlah může působit ztísněně

2.1 Koncepte nízkopodlažních tramvají

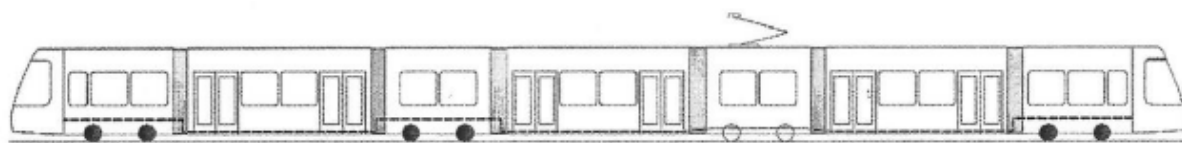
Existuje několik typů nízkopodlažních tramvají, které se svým konceptem liší délkou jednotlivých článků nebo uspořádáním náprav s otočnými či neotočnými podvozky, atd. V posledních letech vzniklo během vývoje nízkopodlažních tramvají nepřeberné množství konceptů. Dle literatury [32] se koncepte nízkopodlažních tramvají dělí do 5 skupin. Na následujících obrázcích 2-1 až 2-5 je černá náprava (kolo) hnaná a naopak bílá náprava (kolo) je běžná.

- a) *částečně nízkopodlažní tramvaj s otočnými hnacími podvozky* – z ergonomického hlediska není tato varianta příliš komfortní vzhledem ke schodům umístěných v prostoru mezi oblastí dveří a oblastí podvozků.



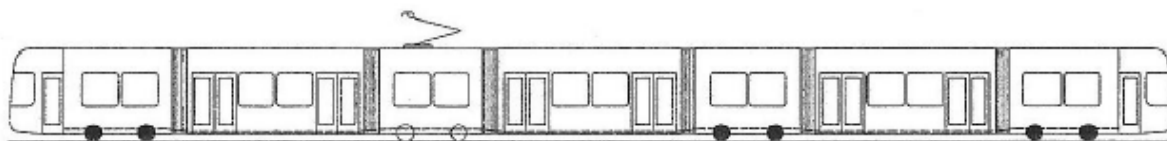
Obrázek 2-1 Částečně nízkopodlažní tramvaj s otočnými hnacími podvozky [32]

- b) *částečně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočných podvozcích, mezi nimiž jsou zavěšeny nízkopodlažní články* – vzhledem k neotočným podvozkům je tato varianta určena pro tratě spíše rychlodrážního charakteru tak, aby nebyly přítomny prudké oblouky způsobující zvýšené opotřebení kol a kolejnic. Nutný je vyšší počet kloubových spojení, což je náročnější na údržbu.



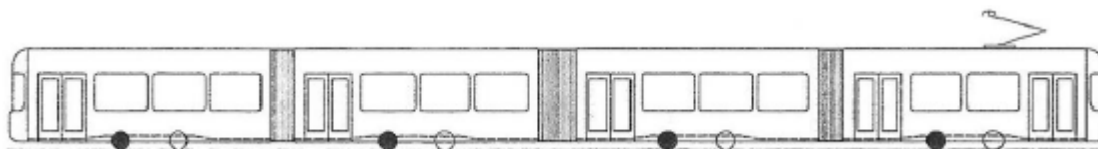
Obrázek 2-2 Částečně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočných podvozcích [32]

- c) *stoprocentně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočném pojezdu bez náprav, mezi nimiž jsou zavěšeny nízkopodlažní články – co se týče neotočných podvozků, jedná se o předchozí variantu se stejnými nevýhodami, jen je tato varianta přijatelnější z ergonomického hlediska díky odstranění schodů v interiéru.*



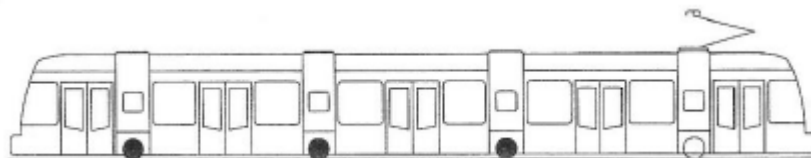
Obrázek 2-3 Stoprocentně nízkopodlažní tramvaj s krátkými články na neotočném pojezdu bez náprav [32]

- d) *stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s dlouhými články spojenými klouby, umístěnými na částečně otočném podvozku bez náprav – implikací částečně otočných podvozků se dosáhlo lepší kinematiky při jízdě v obloucích. Malou nepříjemností jsou sedadla umístěna na krytech podvozků, která se vyznačují úzkou uličkou*



Obrázek 2-4 Stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s dlouhými články spojenými klouby [32]

- e) *stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s krátkými články s velmi nízkou podlahou, zavěšenými na portálech s pojezdem s nezávislými koly – konkrétně se jedná o typ tramvaje ULF (Ultra Low Floor). Podlaha je v tomto případě umístěna jen 190 mm nad temeno kolejnice.*



Obrázek 2-5 Stoprocentně nízkopodlažní vozidlo s krátkými články s velmi nízkou podlahou [32]

2.2 Konstrukční provedení (exteriér)

2.2.1 Základní rozměry

Limitujícími parametry při konstrukci tramvajového vozidla a následného návrhu interiéru jsou základní rozměry tramvaje, které podléhají normám ČSN 28 0318 „Průjezdne průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách“ a ČSN 28 1300 „Tramvajová vozidla – Technické požadavky a zkoušky.“ [33][34]

Hodnoty základních rozměrů musí být vždy menší než obrys tramvajového vozidla, který je definovaný jako „obrys obrazce v rovině, která je kolmá k ose koleje a vymezuje dovolené vzdálenosti jednotlivých bodů vnějšího povrchu vozidel a jejich součástí od osy obrysu pro vozidla a úroveň temene kolejnice. Obrys se stanovuje tak, že mezi ním a průjezdným průřezem je přiměřená vůle.“ [8]

Obrys vozidla se dělí na dvě části, a to na základní a sběračovou. Základní část přísluší jeho odpruženým částem a sběračová část přísluší oblasti, kde se nachází sběrač a veškeré elektrické vybavení vozidla.

	Přesah obrysu tramvajového vozu	
Zpětná zrcátka	Pravá strana	200 mm
	Levá strana	120 mm
Směrová světla	60 mm	
Bezpečnostní kamery	60 mm	

Tabulka 2-1 Dovoleno přesah obrysu tramvaje [34]

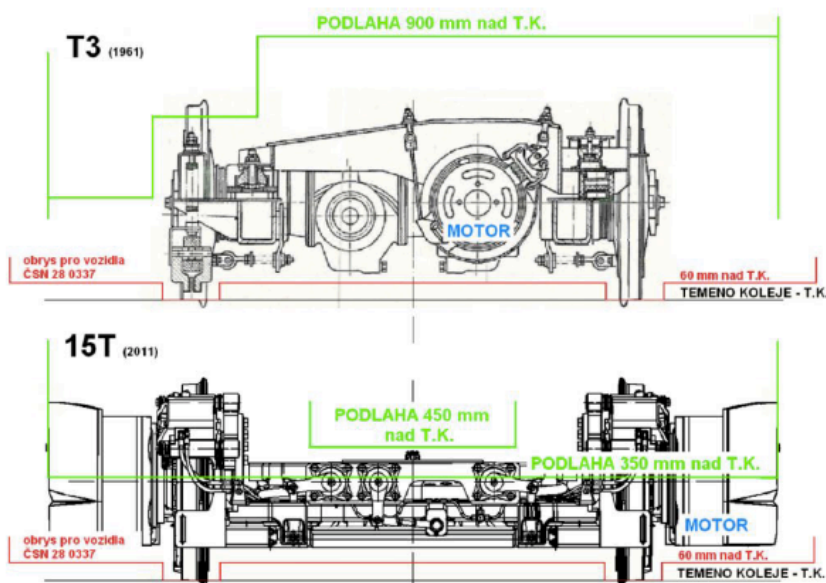
Největší délka samotného článku tramvajového vozidla je stanovena na 18 000 mm a u sprážených souprav včetně spráhel by největší délka neměla přesáhnout 40 000 mm.

2.2.2 Skříň vozidla

Skříň vozidla tvoří prostor pro cestující a řidiče, proto jsou na ni kladeny vysoké bezpečnostní, ale i ergonomické nároky. Konstrukce skříně musí sama o sobě splňovat bezpečnostní požadavky, stejně jako uložení skříně vozu na podvozky. Skříň je v místech uložení natřena speciálními nátěry, aby se co nejvíce eliminoval přenos vibrací a hluku. Skříň je dimenzována tak, aby byla schopna přenést vodorovnou sílu o velikosti 200 kN bez žádných trvalých deformací. Aby při čelních nárazech došlo k co nejmenšímu porušení konstrukce skříně vozidla, umísťují se na přední a zadní čelo deformační nárazové prvky, které pohlcují energii a přeměňují kinetickou energii na deformační. [35] S konstrukcí skříně souvisí i rozmístění a rozměry dveří, oken, což je popsáno v kapitole Ergonomické normativy.

2.2.3 Podvozky

K dosažení co největšího podílu nízké podlahy v tramvajovém vozidle bylo zapotřebí konstrukčního vývoje podvozků. Jedná se zejména o snížení prostorových nároků motoru, převodovky a veškerých prvků, které v případě standardních vysokopodlažních či částečně nízkopodlažních tramvají byly umístěny uprostřed podvozku a měly tak vysoké prostorové nároky. Proto jsou u nízkopodlažních tramvají pohonná a převodová ústrojí přemístěna na vnější strany podélníku rámu, aby bylo možné snížit skříň vozidla i v oblasti podvozků. Navíc se nahrazuje prostorově náročnější náprava nápravnicí, aby opět bylo možné skříň snížit.



Obrázek 2-7 Řez podvozků tramvajových vozidel T3 a 15T [37]

Základním členěním podvozků je rozdělení na podvozky neotočné a otočné. Existuje několik typů podvozků, které se dále liší podle toho, zda jsou hnané či hnací, nebo podle toho, jakým způsobem je uchycen motor, zda je využit přímý pohon nebo převodovka, anebo zda jsou kola spojena nápravou. [1] Co se týče základních parametrů podvozků, „rozvor podvozků bývá obvykle 1800 až 1900 mm. Průměr dvojkolí nepřesahuje 700 mm u standardních tramvají, u nízkopodlažních bývá do 600 mm.“ [36]

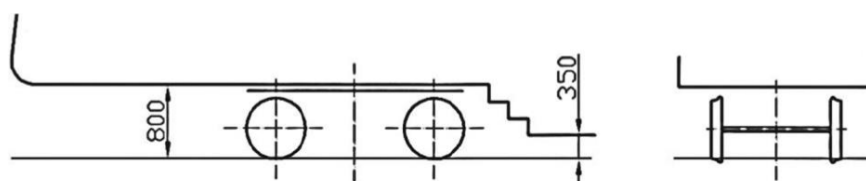
V případě neotočného podvozku dochází k pevnému spojení podvozku se skříní tramvajového vozidla, které neumožňuje jeho umístění v oblasti spojení článků – měchů. Tím pádem se v interiéru vozidla nachází méně prostoru pro cestující. Vzhledem k pevnému spojení podvozků se skříní vozu dochází při průjezdu obloukem k vyššímu opotřebení kolejnic a zvyšuje se hluchost, proto je ideální pro provoz po přímé trati.

V případě otočného podvozku je podvozek se skříní vozu spojen otočným čepem. Umístění podvozku může být na kraji či uprostřed tramvajového vozu nebo může otočně spojovat jednotlivé články tramvají, čímž se zachová prostor pro cestující, jelikož nedojde k lokálnímu zúžení místa pro cestující. Vzhledem k možnosti natáčení v zatáčkách se příliš neopotřebovává kolejnice a provoz je tišší. Díky těmto vlastnostem je vhodný i pro provoz v hustě zabydlených městských oblastech.

Škoda Transportation ve spolupráci s Výzkumným ústavem kolejových vozidel přišla na trh s novým řešením uspořádání motorů. Aby se dosáhlo ještě většího podílu nízké podlahy, byl vyvinut přímý pohon podvozku bez nutného použití převodovky. Jednotlivým kolům byly individuálně přiřazeny synchronní motory s permanentními magnety. Krajiní podvozky disponují otočným čepem a podvozky umístěné ve spojení dvou článků mají otočné čepy dva. [1]

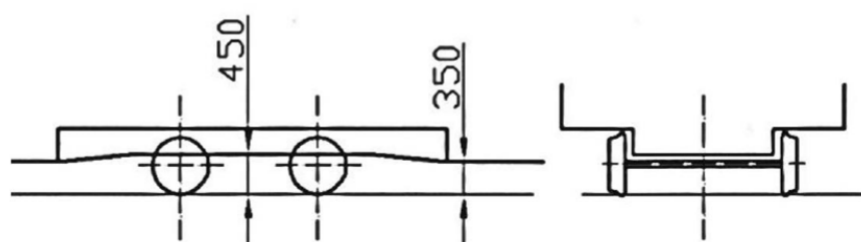
Konstrukčního provedení podvozků u nízkopodlažních vozidel má čtyři základní podoby, u kterých se nízká podlaha situuje do vzdálenosti 350 mm nad temeno kolejnice: [36]

- a) *Částečně nízkopodlažní vozidlo* – tramvaj disponuje neotočnými podvozky vyžadující umístění pod vysokou podlahou vzhledem k prostorovým nárokům podvozku. Pro přechod k nízké podlaze jsou do prostoru interiéru zakomponovány 2 až 3 schody.



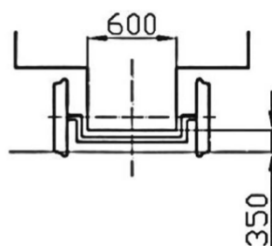
Obrázek 2-8 Částečně nízkopodlažní vozidlo [36]

- b) *Dvojkolí s menším průměrem kol* – v interiéru tramvaje se nachází šikmá rampa nebo schod, které spojují nízkou podlahu a vyšší podlahu sníženou na 450 mm



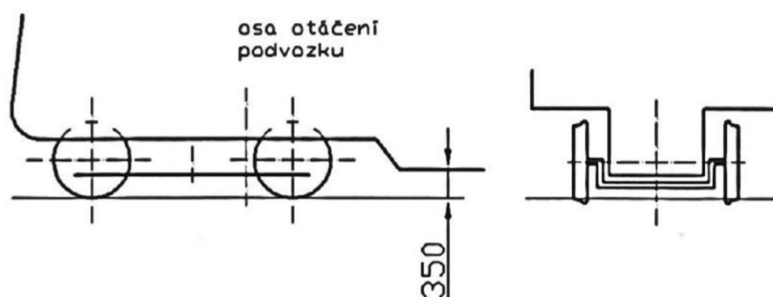
Obrázek 2-9 Dvojkolí s menším průměrem kol [36]

- c) *Podvozek s nápravnicemi s volně otočnými koly* – tato varianta disponuje především neotočnými podvozky. Kola jsou umístěna pod sedadlo tak, aby byla zachována šířka uličky nejméně 600 mm.



Obrázek 2-10 Podvozek s nápravnicemi s volně otočnými koly [36]

- d) *Otočný podvozek s nápravnicemi vysunutými pod kabinu řidiče*



Obrázek 2-11 Otočný podvozek s nápravnicemi vysunutými pod kabinu řidiče [36]

2.2.4 Napájení

Existuje několik způsobů napájení tramvajových vozidel elektrickou energií. První skupina využívá sběrače pro trolejová vedení a druhá sběrače pro přívodní kolejnici. Volba typu sběrače závisí také na dostupné infrastruktuře kompatibilní s určitou skupinou sběračů či jejich kombinací.

2.2.4.1 Napájení pomocí pantografů

Mezi sběrače pro trolejová vedení patří pantografy, polopantografy, nebo lyry či tyčové sběrače. Princip pantografového napájení je v dnešní době nejběžnější. Jedná se o výsuvné spojení několika pák, které zajišťuje přenos elektrické energie z trolejového vedení. Nevýhoda tohoto typu napájení je vizuální, a to zastavění střechy elektrickým vybavením a zastavění veřejného prostoru trolejovým vedením.

2.2.4.2 Napájení pomocí třetí koleje

Způsob napájení tramvajového vozu, který tolik nezasahuje do rázu městského prostoru, je napájení pomocí třetí kolejnice. Jedná se o přídatnou, elektricky izolovanou, napájecí kolejnici umístěnou v malé výšce podél koleje, jejíž odběr je možný pomocí kontaktních ploch umístěných buď na vrchní, spodní či boční straně koleje. [38] Pro zajištění bezpečnosti je nutné, aby třetí kolej byla zapojena do elektrické sítě pouze v momentě, kdy přichází do kontaktu s tramvajovým vozem. [19]

2.2.4.3 Indukční napájení

Pro zvýšení bezpečnosti napájení tramvajových vozů byl vyvinut provoz na indukční napájení. V takovém případě je kolejová dráha rozdělena do několika úseků, které jsou řízeny rádiem a napájecí úseky jsou spuštěny pouze tehdy, pokud je tramvajové vozidlo v přímém kontaktu s napájecí částí kolejnice. [1]

2.2.4.4 Bateriové napájení

Obdobným způsobem jako indukční napájení pracuje i bateriové napájení. To pokrývá buď krátký úsek, anebo i celou trať. „V zastávkách jsou v trati integrované krátké plochy, namísto třetí koleje, které jsou aktivní pouze v případě zakrytí vozem. K přenosu elektrické energie dochází vyklopením kontaktů z podvozku vozu. Baterie jsou plně nabity za 20s.“ [39]

2.2.5 Spojení článků

2.2.5.1 Měchy

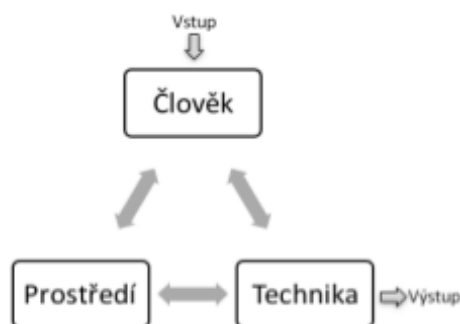
Pro spojení jednotlivých skříní tramvajového vozidla slouží měchy, které jsou na krajích vyztuženy žebry. „Ta svým tvarem kopírují zakřivení bočnic i mírné prohnutí stropu, pouze ve spodní části jsou zkosena směrem ke středu, čímž dochází k zúžení podlahy v místě průchodu mezi články.“ [19] V místě zúžení se nachází půlkruhová točna v podlaze, která zajišťuje vzájemný pohyb částí podlahy a jejíž okraje musí měch překrývat. Tato část je užší z toho důvodu, aby byl mimo točnu prostor pro vzájemné přibližování a oddalování jednotlivých článků.

2.2.5.2 Spřáhla

„Spřáhla slouží ke spřažení kolejových vozidel v provozu. Přenášejí tažné (u určitých typů spřáhel, např. automatická spřáhla, i tlačné) síly mezi vozidly.“ [41] V současné době se pro spřažení tramvajových vozidel využívají skládací spřáhla, a to hlavně z bezpečnostních důvodů, protože v případě srážek nemají tak devastující účinky. V nečinném stavu jsou totiž zabudovány do prostoru pod předním a zadním čelem krajních článků. V případě nutnosti je možné mechanismus spřáhla jednoduše rozložit a používat jej na trvalý provoz nebo k nouzovému odtažení. Kromě toho využití skládacího spřáhla přispívá výrazně i estetické stránce. [40]

3 Ergonomické parametry tramvají

Člověk je z ergonomického hlediska součástí systému člověk-technika-prostředí, jehož nejvýznamnějším rozhodujícím a limitujícím prvkem je právě člověk. Dalším prvkem je technika, do které se zahrnuje vše, s čím přijde člověk do kontaktu (např.: tramvaj, sedadla, madla, měchy) a posledním prvkem je prostředí, kam kromě fyzikálních faktorů (světlo, teplo, hluk,...) řadíme i pracovní zátěž, organizaci práce, bezpečnost, hygienu práce, atd. Podle definice je ergonomie *vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.* [42] Rychlý technický rozvoj a mechanocentrický přístup způsobil, že v některých případech se vyrábí technika, která nerespektuje rozměry člověka, jeho požadavky a schopnosti. Ergonomie tento mechanocentrický přístup vylučuje a prosazuje „antropocentrismus,“ tzn. přístup, který respektuje v první řadě limity člověka.



Obrázek 3-1 Člověk - prostředí - technika

Ergonomie tramvajových vozidel se vztahuje zejména na interiér, protože v interiéru tvoří sedadla, tyče, informační panely, měchy, apod. prostředí cestujících, ve kterém se člověk musí cítit dobře. To má na starost zejména fyzická a kognitivní ergonomie, která respektuje fyzické, smyslové a mentální parametry člověka. Je nutné si uvědomit, že splněním ergonomických kritérií dosáhneme zároveň mnohem větší bezpečnosti přepravy cestujících.

3.1 Skupiny cestujících

3.1.1 Antropometrie v návaznosti na ergonomii

Věda antropometrie slouží odborníkům, kteří se zabývají ergonomickými optimalizacemi, protože poskytuje informace o tělesných rozměrech vybrané části populace. Tato měření se provádí pomocí standardizovaných rozměrů a bodů na kostře, které se promítají na povrch lidského těla. [54] *Nejdůležitější údaje o rozměrech částí těla platné pro střeoevropskou populaci jsou uvedeny v ČSN EN 547 část 3. a jsou založeny na výsledcích antropometrických šetření reprezentativních údajů pro populační skupiny v Evropě.* [55][56] Další normou, která obsahuje výčet standardizovaných antropometrických tělesných rozměrů, je ČSN EN ISO 7250:1998. [57]

Při navrhování optimálního prostoru pro cestující v tramvajích je cílem vyhovět co největšímu množství požadavků, které si kladou různé skupiny cestujících, ať jsou to cestující bez jakéhokoliv omezení nebo cestující s tělesným postižením. Jelikož jsou tělesné rozměry cestujících rozmanité a snahou je vytvořit komfort pro všechny, neměl by návrh interiéru záviset jen na aritmetickém průměru antropometrických údajů. Proto se musí respektovat i menší a větší postavy, což se uvádí pomocí tzv. percentilů. V tabulkách „5. percentil znamená, že 5% populace má menší rozměr než je udávaná hodnota a naopak 95. percentil udává, že pouze 5% populace má větší rozměr než udaná hodnota.“ [58]

3.1.2 Cestující bez hendikepu

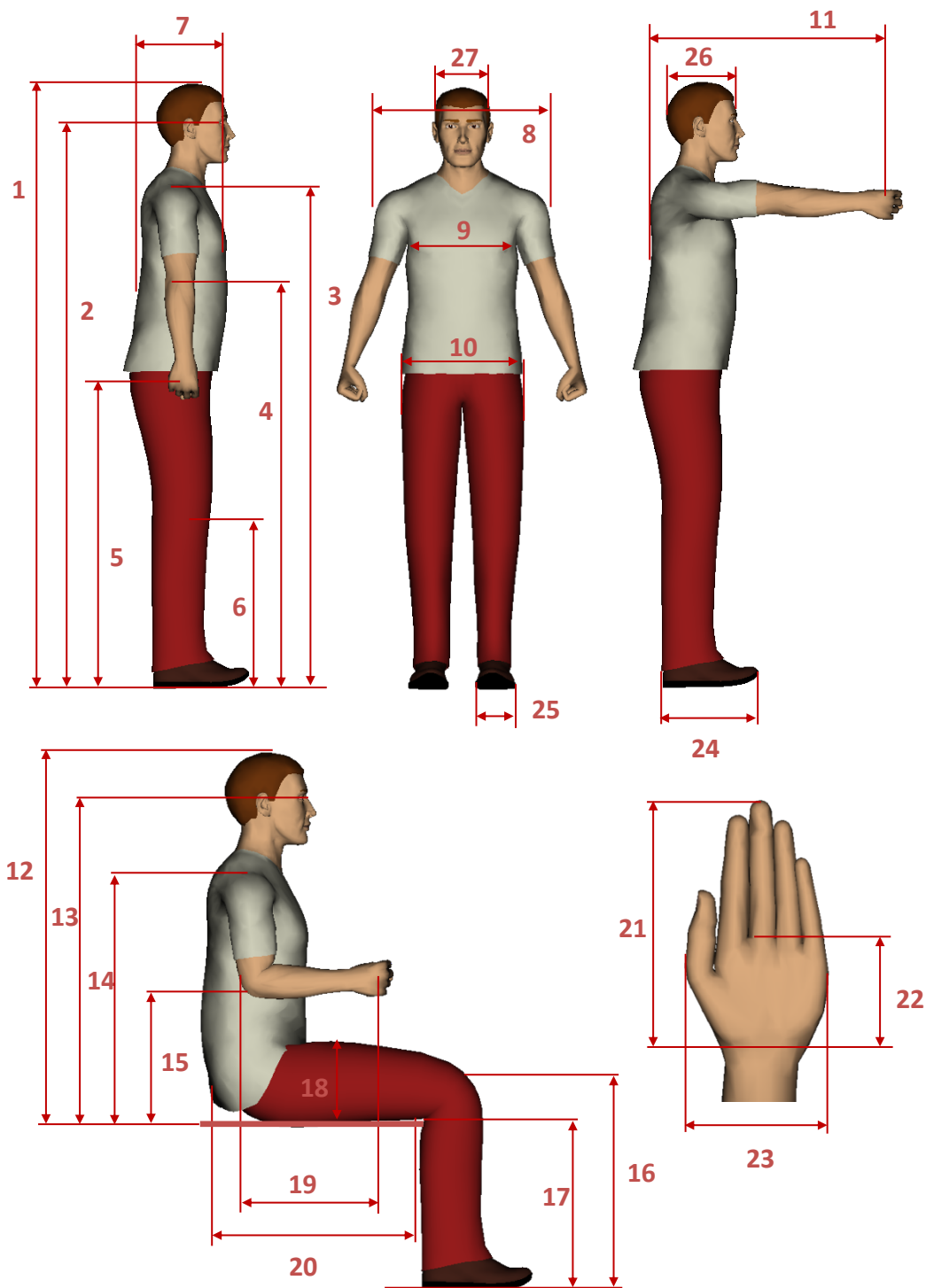
Mezi cestující bez hendikepu patří ti, kteří nemají žádné trvalé či dočasné omezení mobility. Takový typ cestujících je nejběžnější, jedná se přibližně o více než 90% všech cestujících. [53]

3.1.2.1 Lidé průměrné vysoké, nízké, štíhlé, silné postavy

Do skupiny cestujících bez hendikepu patří lidé s rozmanitými tělesnými rozměry, které odpovídají vyšším i nižším postavám, štíhlejším i silnějším. Ekvivalentem typů těchto cestujících, které se nepovažují svými tělesnými rozměry za cestujícího s průměrnou postavou, jsou hodnoty percentilu 5% a 95% (viz Tabulka 3-1 a Obrázek 3-2). Tučně jsou vyznačeny ty rozměry, které jsou klíčové pro návrh interiéru tramvajových vozidel.

rozměry [cm]	koeficient		muži - percentil			ženy - percentil		
	muž [%]	žena [%]	5.	50.	95.	5.	50.	95.
1 - tělesná výška	100	100	165	175	185,5	153,5	162,5	172
2 - výška očí	94	93	153	163	173,5	143	151,5	160,5
3 - výška ramen	82	81	134,5	145	155	126	134,5	142,5
4 - výška lokte	62	62	102,5	110	117,5	96	102	108
5 - výška úchopu	44	44	73	76,5	82,5	67	71,5	76
6 - výška kolen	27	26	43	46	48	40	42,5	45
7 - hloubka těla	17	18	26	28,5	38	24,5	29	34,5
8 - šířka ramen	27	24	44	48	52,5	29,5	43,5	48,5
9 - šířka hrudníku	22	23	37	40,5	43,5	34,5	37	40
10 - šířka v bocích	21	23	34	36	38,5	34	36,5	40
11 - dosah dopředu od stěny	43	42	68,5	74	81,5	62,5	69	75
12 - výška vsedě nad sedadlem	52	53	85,5	91	96,5	81	86	91
13 - výška očí nad sedadlem	45	46	74	79,5	85,5	70,5	75,5	80,5
14 - výška ramen nad sedadlem	35	36	57	62,5	67	54	59	63
15 - výška lokte nad sedadlem	14	14	21	24	28,5	18,5	23	27,5
16 - výška kolena	31	31	49,5	53,5	58,5	46	50	54,5
17 - výška podkolení jamky	26	25	41	45	49	37,5	41,5	45
18 - tloušťka stehna v sedě	8,5	9	13	15	18	12,5	14,5	17,5
19 - délka loket - úchop	20	20	32,5	35	39	29,5	31,5	35
20 - délka hýždě - podkolení	28	30	45	49,5	54	43,5	48,5	53
21 - délka ruky dlaňová	11	11	17,5	18,9	20,7	16,2	17,7	19,3
22 - délka dlaně	6,5	6	10,4	11,1	12,1	9,2	10	10,8
23 - šířka dlaně	6	5,5	9,8	10,7	11,7	8,2	9	9,9
24 - délka chodidla	15	15	24,5	26,5	28,5	22,5	24,5	26
25 - šířka chodidla	5,8	5,7	9,2	10,1	11,1	8,3	9,2	10,2
26 - délka hlavy	11	11,3	18,5	19,5	20,5	17	18,5	19,5
27 - šířka hlavy	8,8	9,2	14,5	15,5	16,5	14	15	16
váha [kg]			63,5	79	100	52	66	87

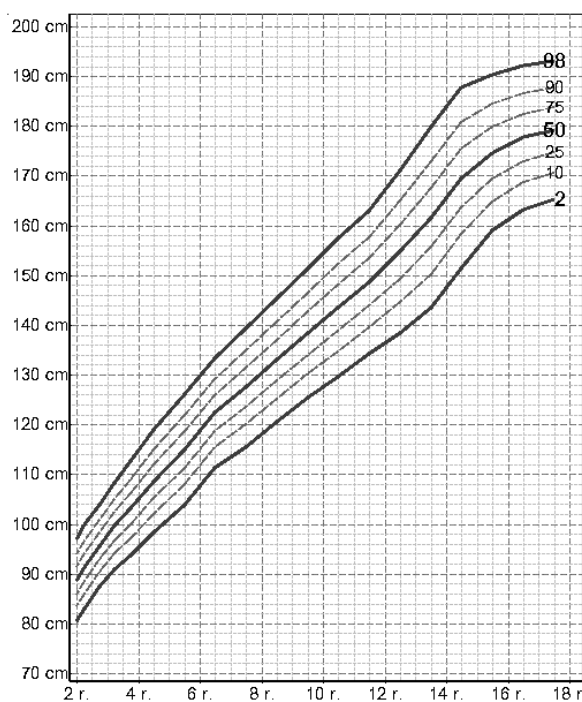
Tabulka 3-1 Antropometrické tělesné rozměry – tabulka hodnot [58]



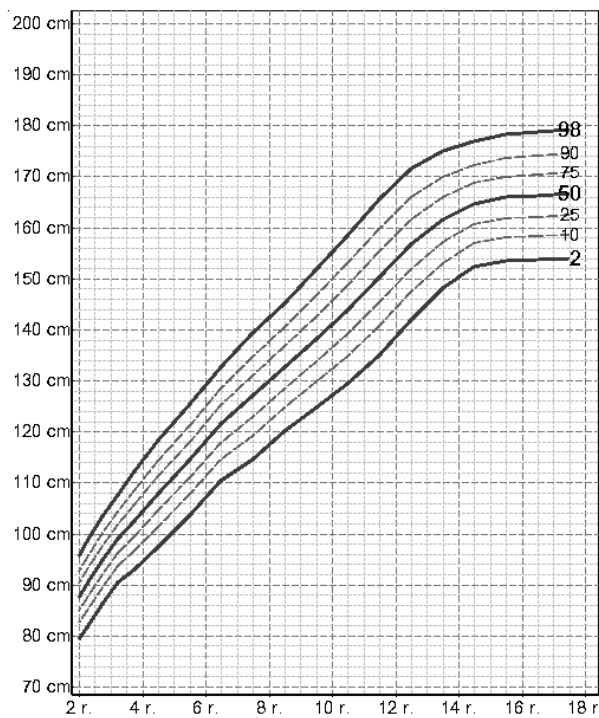
Obrázek 3-2 Antropometrické rozměry [58]

3.1.2.2 Děti

Další specifickou skupinou cestujících jsou děti, pro které musí být většina prvků interiéru tramvají stejně dosažitelná jako pro dospělé cestující. V rámci 5. celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže 1991 byly naměřeny tělesné rozměry dětí, a to výška, hmotnost a výška vsedě. Pro návrh interiéru tramvají jsou relevantní údaje o dětech školního věku, které už cestují samy a využívají městskou hromadnou dopravu, a údaje o tělesné výšce, která je hlavním limitujícím tělesným rozměrem (viz Tabulka 3-2). [45]



Graf 3-1 Tělesná výška chlapci 2-18 let [45]



Graf 3-2 Tělesná výška dívky 2-18 let [45]

	Chlapci (cm)			Dívky (cm)		
	2.	50.	98.	2.	50.	98.
8 let	118	130	143	118	130	142
11 let	132	146	160	132	147	162
15 let	147	166	184	150	163	176

Tabulka 3-2 Souhrn tělesných výšek chlapců a dívek věku 8, 11 a 15 let [45]

3.1.3 Cestující s dočasným omezením mobility

Cestující s dočasně omezenou mobilitou se dělí na dvě skupiny. První skupina jsou ti, kteří toto omezení můžou kdykoliv odložit podle jejich uvážení (např. kočárky, zavazadla), a druhou skupinou jsou ti, u kterých dočasné omezení trvá po určité ohraničené období (např. zlomená noha). [46]

3.1.3.1 Maminky doprovázející dítě v kočárku

Podobně jako lidé odkázaní na invalidní vozík mají maminky s kočárky v některých tramvajích přímo vyhrazená místa k sezení s dostatečným prostorem pro kočárek. V některých případech je prostor pro vozíčkáře zároveň určen i pro kočárky. Vždy se však jedná o prostor v blízkosti provozních dveří, aby nebylo nutné kočárek tlačít do zúženého prostoru mezi sedačkami. Minimální průchozí šířka je dána šířkou kočárku (viz Obrázek 3-3), která je různá. Dle Filipiové by měla být *šířka pruhu 90 centimetrů v mimořádných případech, a to pouze na krátkém úseku cesty, optimální je 120 centimetrů na přímém úseku cesty. Je-li část zakřivená, musíme průchozí část rozšířit na 150 centimetrů.* [48]



Obrázek 3-3 Orientační rozměry kočárku [47]

3.1.3.2 Cestující se zavazadly a taškami

Další skupinou lidí s dočasně omezenou mobilitou jsou převážně turisté, kterým volný pohyb znemožňují těžká zavazadla. Podobně jako maminky s kočárky mají tu výhodu, že své omezení mobility mohou odložit, tj. nechat zavazadlo/dítě na hotelu/doma. Kvůli těžkým zavazadlům si tito cestující vybírají místa v oblasti dveří. Nejčastěji využívají právě prostor pro invalidní vozíky, anebo vyhrazené sedadlo určené pro seniory, slepce, lidi s berlemi apod. Prostorové požadavky se liší dle velikosti a typu zavazadla. Prostorově náročnější jsou kufry (viz Obrázek 3-4) méně náročnější jsou batohy, přičemž se v takových případech vypočítá limitující rozměr cestujícího hloubka těla (viz Tabulka 3-1) přičtením hloubky batohu (viz Obrázek 3-6 Rozměry batohu [51]).



Obrázek 3-4 Orientační prostorová náročnost cestujícího s kufrem [49]

Obrázek 3-5 Rozměry zavazadla [50]

Obrázek 3-6 Rozměry batohu [51]

3.1.3.3 Cestující s cyklistickým kolem

Sníženou mobilitou disponují i cyklisté, jejichž cyklistické kolo komplikuje nástup a výstup či samotný pohyb v tramvaji. Aby byl jejich pohyb po tramvaji minimální, umísťují se prostory vyhrazené pro kola do oblastí dveří. Většinou jsou to stejné prostory jako prostory pro invalidní vozíky či kočárky. Minimální rozměry prostoru pro kola by měly odpovídat největším rozměrům samotného kola, a to zejména šířce řídicíků a délce kola (viz Obrázek 3-7). Tyto dva konkrétní rozměry jsou 650 mm a 1080 mm.



Obrázek 3-7 Orientační prostorová náročnost kola v tramvaji [52]

3.1.3.4 Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)

Cestující s dočasně omezenou mobilitou, kteří patří do skupiny těch, jejichž imobilita trvá v jistém období, jsou cestující s berllemi, francouzskými hůlkami, apod. Potřebná šířka uličky k pohodlnému průchodu osoby *chodící pomocí francouzských hůlí – berlí je v podstatě stejný jako u osoby chodící o holi, tedy 120 centimetrů, v mimořádných případech 90cm, což by také mohl být případ uličky tramvaje.* [48]



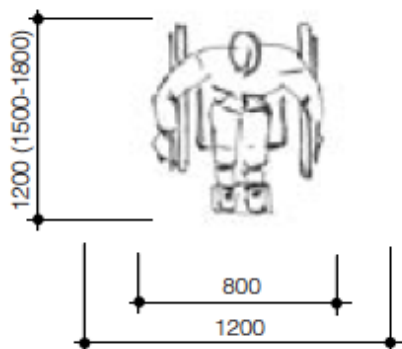
Obrázek 3-8 Prostorové požadavky stojící osoby o berlích [48]

3.1.4 Cestující s permanentním omezením mobility

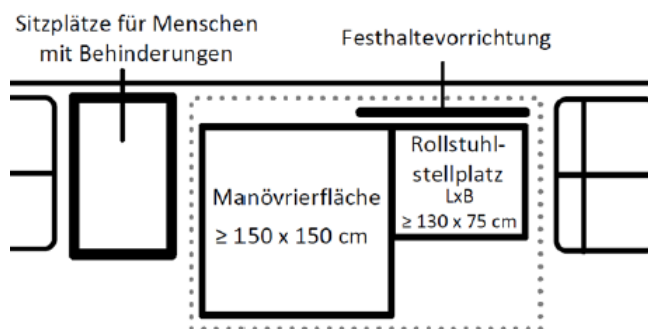
Cestující s trvalým omezením mobility se potýkají s pohybovým postižením buď vrozeným nebo následkem úrazu či nemoci. Mají ztížený samostatný pohyb či prostorovou orientaci. Podle Českého statistického úřadu je v České republice 10,2% populace se zdravotním postižením a z toho je necelých 30% lidí tělesně postižených. [53]

3.1.4.1 Cestující na invalidním vozíku

Lidé odkázaní na invalidní vozík mají největší prostorové požadavky. Dle ES jsou konkrétní rozměry referenčního invalidního vozíku a prostoru pro vozík spolu s dalšími požadavky na tento prostor detailněji popsány v kapitole Prostor pro invalidní vozík. Dle Filipiové jsou rozměry prostorové náročnosti invalidního vozíku 800x1200mm (viz Obrázek 3-9). Dle Rebstocka je minimálním prostorem pro invalidní vozík plocha 1300x750mm s dodatečnou minimální plochou 1500x1500mm k manévrování (viz Obrázek 3-10). [12][13][48]



Obrázek 3-9 Prostorová náročnost invalidního vozíku [48]



Obrázek 3-10 Prostorová náročnost invalidního vozíku [13]

3.1.4.2 *Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem*

Senioři si ke snadnějšímu pohybu pomáhají různými pomůckami jako jsou například jedna nebo dvě hole anebo chodítka. Někdy jim stejně tak poslouží nákupní taška na kolečkách, která má podobnou prostorovou náročnost jako chodítka. Ke snížení jejich nutného pohybu po tramvaji se vyhrazená sedadla umísťují v oblasti dveří, ať mohou usednout bezprostředně po nástupu do tramvaje. Blíže je toto vyhrazené sedadlo popsáno v kapitole Vyhrazené sedadlo. Prostorová náročnost seniorů používající hole je shodná s cestujícím se zlomenou dolní končetinou (viz kapitola Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)). Rozdílem jsou ti, kteří využívají chodítka, v tom případě je průměrná šířka potřebného pásu 900 mm (viz Obrázek 3-11). [48]



Obrázek 3-11 Prostorová náročnost osoby s chodítkem [48]

3.1.4.3 *Cestující se zrakovým postižením*

Cestující se zrakovým postižením jsou charakterizováni poškozením zrakového orgánu v takové míře, že ztrácejí úplnou nebo velkou část zrakových schopností, významně také postižení ovlivňuje vytváření zrakových představ a snižuje orientaci. [53] Minimální průchozí šířka pro nevidomé cestující, kteří využívají slepeckou holi, je minimálně 900 mm, ideálně však 1200 mm. Podobně je tomu tak i v případě, kdy nevidomý využívá ke snadnějšímu pohybu a orientaci vodícího psa s rozdílem, že je minimální šířka průchodu 800 mm. (viz Obrázek 3-12, Obrázek 3-13)[48]



Obrázek 3-12 Prostorová náročnost nevidomého se slepeckou holí [48]



Obrázek 3-13 Prostorová náročnost nevidomého s vodícím psem [48]

3.2 Kognitivní ergonomie

Ergonomie zasahuje do projektování techniky prostředí, do kterého se řadí složky jako větrání, klimatizace, vytápění, zrakové podmínky, ochrana proti hluku, vibracím, atd. Toto hledisko návrhu prostoru cestujících v tramvajích se v neposlední řadě podřizuje kognitivním a smyslovým parametrům člověka. Kognitivní ergonomie je *zaměřena na psychologické aspekty pracovní činnosti, jako např. na percepci, paměť, usuzování, psychickou zátěž* [6], a jelikož je v této oblasti ergonomie běžná interakce člověka s informačními technologiemi (informační obrazovky), řadí se sem například i procesy rozhodování. Kognitivní parametry souvisí s temperamentem člověka, což je *soubor vlastností, které charakterizují způsob reagování na vnější podmínky a způsob jejich prožívání*. [42] Do smyslových parametrů řadíme například zrak, čich, sluch, hmat, apod. Smyslovými receptory přijímáme vjemy nebo počítky z okolního prostředí, což jsou *odrazy jednotlivých vlastností předmětů a jevů hmotného světa, které bezprostředně působí na naše smyslové orgány*. [42]

3.2.1 Osvětlení

Kapacita zraku je dána zrakovou ostrotí, schopností rozlišovat barvy, rozsahem hloubkového vidění a schopností akomodace, kdy se oko přizpůsobí vzdálenosti pozorovaného předmětu skrze zakřivení čočky, a adaptace, při které je oko schopné se přizpůsobit změně světelných podmínek. [4] Proto cestující v tramvajovém vozidle vnímají intenzitu osvětlení v prostoru, barvy a celkovou estetiku vozu.

Vnitřní elektrické osvětlení musí být zajištěno dle EHK OSN č. 107 v následujících prostorech: [12]

- a) *Všech prostorů pro cestující, prostorů pro posádku a kloubové části kloubového vozidla*
- b) *Každého schodu nebo schodů*
- c) *Přístupu ke každému východu a prostor bezprostředně u provozních dveří, včetně pomocného zařízení pro nastupování, když je v provozu*
- d) *Vnitřních označení a vnitřních ovladačů všech východů*
- e) *Všech míst, kde jsou překážky*

Kromě toho musí být zajištěny minimálně dva okruhy osvětlení, kdyby došlo k výpadku jednoho z nich. *Při umělém osvětlení jsou nejvhodnější tzv. denní nebo teplé bílé zářivky o teplotě 3000-3300 K. Musí však být rozmístěny tak, aby nebyly příčinou oslnění, a musí být vybaveny rozptylnými kryty. Minimální celková osvětlenost je 200 lx v prostorech s okny*. [4]

Zvláštní pozornost si žádá osvětlení provozních dveří tak, aby měl řidič tramvaje přehled o pohybu v těchto místech při nastupování a vystupování z vozidla. Toto osvětlení musí být bílé barvy a musí *osvětlovat rovnou, vodorovnou část podlahy o šířce 2 m, měřeno od roviny rovnoběžné se střední podélnou svislou rovinou vozidla, která prochází nejzadnějším bodem zavřených provozních dveří, a o délce od příčné roviny procházející nejřednějším okrajem zavřených provozních dveří k příčné rovině procházející osou nejřednějším kol umístěných za provozními dveřmi, nebo v případě, kdy taková kola neexistují, k příčné rovině procházející zadní částí vozidla*. [12]

Vhodnou volbou rozměrů oken s případným pokovením či tónováním skel se dosáhne přiměřeného prostupu světla do prostoru tramvaje tak, aby příliš velká intenzita osvětlení neoslňovala cestující. Pro bezproblémovou orientaci ve voze, bezpečnost ve voze (zakopnutí, nepřepadení) a přehlednou cestu k výstupu musí být interiér tramvajových vozidel vybaven

světly. Vhodnou polohou sedadla a oken by se měl také zajistit dostatečný výhled z oken jak pro sedící, tak stojící pasažéry. Informační panely jsou prvky interiéru, ze kterých cestující zachycují zrakové vjemy v podobě informací, proto jas displeje by měl být nastaven tak, aby nebyl pronikavý a nepříjemný. Písmo na něm by mělo být zároveň dostatečně velké a případně by mělo být využito barevné rozlišení nápisů, například pro současnou a nadcházející zastávky.

3.2.2 Hluk

Co se sluchu týče, cestující zachycuje zvukové vlny, které pomocí sluchových receptorů rozlišuje podle síly, výšky a barvy tónu. Slyšitelnost zvuku, tedy slyšitelná frekvence, je v rozmezí od 18 do 18 000 Hz.s⁻¹, která se s věkem snižuje. [4] Při překročení této hranice může dojít k bolestem hlavy, vedoucích k poškození sluchového aparátu. Aby se předešlo těmto negativním důsledkům, je nutná izolace kabiny pomocí speciálních nátěrů tlumících vibrace a hluk, ale především musí být zajištěno odpružení, tlumiče, atd. k co největší eliminaci hluku v interiéru. Navíc je nutné zvolit hlasitost informačních zvukových stop tak, aby se opět vešla do dané tolerance slyšitelnosti. *Lidský hlas se pohybuje v rozmezí 100-5000 Hz* [4], přičemž snahou je být v tomto rozmezí u spodní hranice, aby se nevytvářel v prostoru několika mluvících cestujících hluk. Dorozumívání osob a dobrá srozumitelnost řeči v interiéru tramvaje je závislá na vzdálenosti osob od sebe, s čímž souvisí návrh vzdálenosti mezi sedadly, anebo na intenzitě okolního hluku v pozadí: [4]

Intenzita hluku pozadí	Obtížnost dorozumívání, slyšitelnost
Pod 35 dB	Šeptem
35-55 dB	Normální intenzita hlasu
60-65 dB	Zvýšení hlasu
cca 80 dB	Obtížné dorozumění
110 dB	Nemožné dorozumění

Tabulka 3-3 Obtížnost dorozumívání na základě intenzity hluku pozadí [4]

Existuje mnoho dalších smyslových receptorů lidského těla a všechny bez výjimky vyvolávají určité vjemy a počitky, které v nás evokují různé pocity a mají na nás psychické dopady buď negativní, pozitivní či neutrální. Někdy se získávání vjemů na základě smyslových a kognitivních parametrů prolíná s parametry fyzickými. V prostoru cestujících tramvajového vozidla jde například o tyče a madla. Konkrétně hmatovými receptory vnímají cestující drsnost nebo teplotu materiálu, která může vyhovovat a bude mít na cestující pozitivní vliv, ale naopak na základě fyzických parametrů může vyvolat negativní psychický dopad v důsledku nevhodného umístění, velikosti, tvaru, což může vést například k puchýřům, otlakům či mozolům.

3.3 Fyzická ergonomie

Fyzická ergonomie se zabývá vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na lidské zdraví. Uplatňuje přitom poznatky anatomie, fyziologie, biomechaniky, atd. [6] V tramvajové dopravě se zabývá zejména rozměrovým řešením jednotlivých prvků interiéru. Při optimalizaci prostoru cestujících se vychází z fyzických rozměrů člověka tak, že se nesmí zprůměrovat, ale musí se respektovat menší i větší postavy. V případě vývozu tramvajového vozidla do zahraničí se musí brát v úvahu různé základní hodnoty tělesných rozměrů v daných zemích, které jsou zastřešeny normami.

Konkrétními příklady, které se podřizují fyzické ergonomii v případě tramvajových vozidel, jsou např. sedadla vozidel, kdy musí být správně řešena přední hrana sedáku, sklon sedáku, materiál sedáku, veškeré opěrky a barva. Dalším příkladem jsou tyče, které musí být správně situovány do prostoru cestujících, tak aby byly k dispozici všem typům cestujících a aby jejich umístění bylo bezpečné. Zároveň se řeší i volba jejich materiálu. Stejně tak se fyzická ergonomie zabývá návrhem šířky uličky, velikostí prostoru okolo dveří, umístění informačních panelů, atd. Jednotlivé limitující parametry částí interiéru jsou probrány v kapitole Ergonomické normativy.

3.3.1 Ergonomické normativy

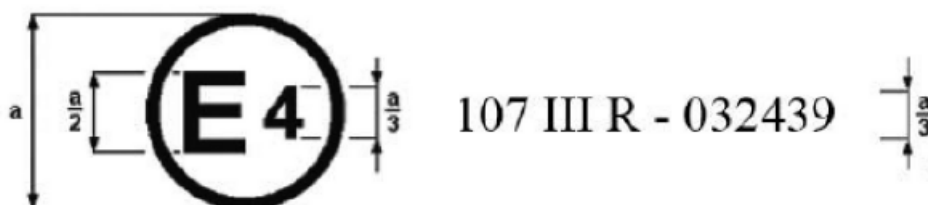
Při navrhování interiéru se vychází z předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 107, jejímž obsahem jsou *jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie M2 nebo M3 z hlediska jejich celkové konstrukce*. [12] Dle evropské kategorizace náleží kategorie M motorovým vozidlům, která mají nejméně 4 kola a podle zákona č. 56/2001 Sb. připadá kategorie M2 vozidlům, které mají více než osm míst a nejvyšší přípustná hmotnost je menší než 5 tun a kategorie M3 je stejná jako M2 jen s tím rozdílem, že nejvyšší přípustná hmotnost je větší než 5 tun. [43]

V rámci předpisu EHK OSN č. 107 jsou vozidla jednopodlažní, dvoupodlažní, pevná nebo kloubová s kapacitou nad 22 cestujících včetně řidiče rozdělena do třech tříd. Vozidla městské hromadné dopravy se řadí do 2. třídy, ve které je běžná přeprava sedících a stojících cestujících v uličkách. [12]

Třída	Vozidla
I.	<i>Vozidla konstruovaná s prostory pro stojící cestující a umožňující častý pohyb cestujících</i>
II.	<i>Vozidla určená hlavně pro přepravu sedících cestujících a konstruovaná tak, aby umožňovala přepravu stojících cestujících v uličce a/nebo v prostoru, který není větší než prostor pro dvě zdvojená sedadla.</i>
III.	<i>Vozidla konstruovaná výhradně pro přepravu sedících cestujících.</i>

Tabulka 3-4 Třídy vozidel městské hromadné dopravy[12]

Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích se zabývá homologací vozidel nebo jejich jednotlivých částí, které jsou podrobeny homologačními zkouškami. Pokud vyhovují, přiřadí se jim homologační značka podle předpisů EHK OSN.



Obrázek 3-14 Homologační značka [12]

Číslice v kruhu označuje zemi, pro kterou je homologace udělena, konkrétně číslo 8 náleží České republice. Římská číslice představuje třídu, která je definovaná dle vyhlášky číslo 107 s číslem schválení 03 a zbývající číslice 2439 představují číslo homologačního protokolu. Homologační značka musí být nesmazatelná a čitelná s rozměrem a minimálně 8 mm.

3.3.2 Plocha pro cestující

Dle předpisu EHK OSN č. 107 se rozlišuje celková plocha pro cestující S_0 a plocha pro stojící cestujícího S_1 . Sedící cestující má k dispozici plochu vymezenou rozměry jednoho sedadla. [12]

Celková plocha pro cestující S_0 je dána plochou podlahy s odečtením následujících ploch vozidla: [12][5]

- a) *Plochy prostoru řidiče*
- b) *Plochy schodů u dveří a plochy jakéhokoli dalšího schodu s hloubkou menší než 300 mm a plochy potřebné pro pohyb dveří a jejich mechanismus*
- c) *Plochy, nad kterými je světlá výška menší než 1350 mm*
- d) *Plochy zakázané přístupu cestujících*
- e) *Plochy vyhrazené pro zboží a zavazadla*

Plocha vyhrazená pro stojící cestující S_1 spočítáme odečtením následujících ploch od celkové plochy S_0 : [12][5]

- a) *Plochy přesahující sklon 8% a 5% v příčném směru*
- b) *Plochy, které nejsou cestujícím přípustné v případě obsazení všech sedadel a plochy pro invalidní vozíky, na kterých je zákaz stání*
- c) *Plochy o světlé výšce nad podlahou menších než výška uličky 1900 mm.*
- d) *Plochy menší než obdélník o rozměru 400 mm x 300 mm*
- e) *Plochy před příčnou svislou rovinou procházející středem sedáku řidičova sedadla*
- f) *Plochy 300 mm před všemi sedadly, u bočně orientovaných sedadel 225 mm*
- g) *Plochy se zákazem stání*
- h) *Plochy určené pro invalidní vozík*

3.3.3 Provozní dveře

Cílem je navrhnout rozmístění dveří tak, aby se dosáhlo co největší přepravní kapacity a nástup a výstup cestujících byl co nejrychlejší a nej pohodlnější. Dveře vozidla jsou umístěny na straně přilehlé ke krajnici s ohledem na směr jízdy. Pokud se jedná o obousměrné vozidlo, jsou dveře umístěny zrcadlově naproti sobě. *Dvojdílné provozní dveře se považují za dvoje dveře s tím, že ve vozidle musí být minimálně dvoje dveře, a to buď dvoje provozní dveře, nebo jedny provozní a jedny nouzové.* [12]

Provozní dveře musí být snadno otevíratelné zevnitř i zvenku. Pokud jsou dveře konstruovány tak, že se zavírají směrem do vnitřního prostoru, musí být v takovém konstrukčním návrhu zahrnuta bezpečnostní opatření, aby nedošlo k poranění cestujících. Při otevírání dveří směrem ven mohou dveře přesáhnout obrys tramvajového vozidla maximálně o 250 mm, v uzavřené poloze ho nesmí přesáhnout vůbec. Pro otevírání dveří jsou k dispozici označená tlačítka, která jsou umístěna dle normy ČSN 28 1300 ve výšce od 1 000 mm do 1 500 mm nad hranou nástupiště a nejdále 500 mm od dveří. Pro případ lidí na invalidním vozíku se tyto tlačítka umísťují ve vzdálenosti mezi 850 mm a 1 300 mm nad hranou nástupiště. Pro bezpečný a pohodlný nástup cestujících na invalidním vozíku je zajištěna elektrická výsuvná plošina o minimálních rozměrech 80 x 100 mm a maximálním přípustným sklonem 12 stupňů.

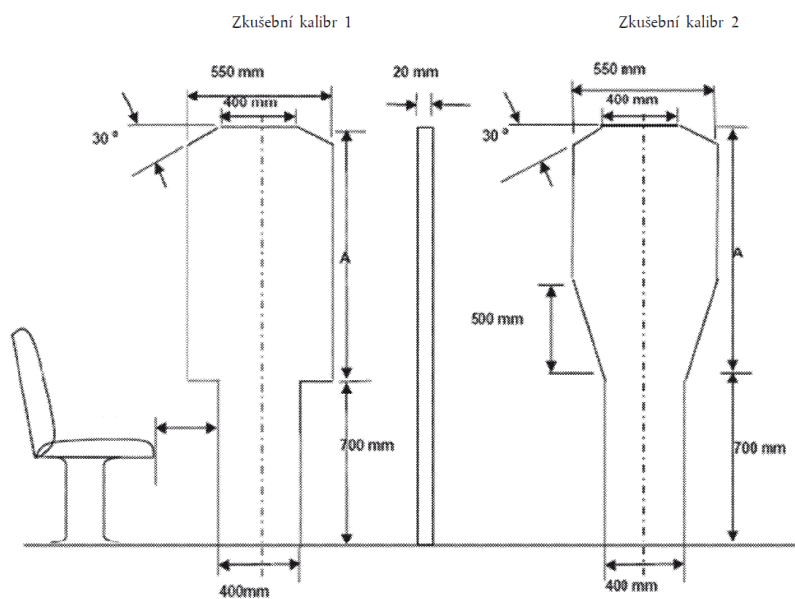
Detailnější požadavky cestujících se sníženou pohyblivostí jsou popsány v kapitole Prostor pro cestující se sníženou pohyblivostí. [8][13][34]

Provozní dveře	Otvor dveří		
	Výška	Šířka	
	1950 mm	Jednoduché dveře: 650 mm	Dvojdílné dveře: 1300 mm

Tabulka 3-5 Provozní dveře [16]

3.3.4 Přístup k provozním dveřím

Ke zkoušení volného prostoru a konkrétně přístupu k provozním dveřím se využívá zkušební kalibr, který je složen ze dvou vertikálních panelů umístěných svisle nad sebou. Spodní panel je 400 mm široký a 700 mm vysoký a druhý panel je 550 mm široký a rozměr A, tedy výška horního panelu pro vozidla třídy II. činí 950 mm. Možnost měření je pomocí jiného podobného zkušební kalibru, který má ovšem zkosený přechod z jednoho panelu na druhý a rozměr A činí 1 100 mm. Světlost uliček se zkouší pomocí válcové figuríny, jejímž posouváním se kopíruje pohyb cestujícího v oblasti dveří. [12]



Obrázek 3-15 Zkušební kalibry pro přístup k provozním dveřím [12]

3.3.5 Nouzové východy

S bezpečností také souvisí únikové východy, kterých musí být v každém článku tramvajového vozidla dostatek a které musí být zřetelně označeny. Každý únikový východ a každý jiný východ, který splňuje požadavky na únikový východ, musí být označen uvnitř i vně vozidla nápisem „Únikový východ“ a případně doplněn odpovídajícím symbolem podle normy ISO 7010:2003 [12] a stejně tak i nouzové ovladače provozních dveří a únikových východů. Minimální počet nouzových dveří je následující: [8]

- šest nouzových východů – při maximálním obsazení vozidla 100 cestujících
- osm nouzových východů – při maximálním obsazení vozidla od 100 do 180 cestujících
- deset nouzových východů – při maximálním obsazení vozidla nad 180 cestujících

Nouzové dveře	Otvor dveří	
	Výška	Šířka
	min 1250 mm	min 550 mm

Tabulka 3-6 Nouzové dveře [12]

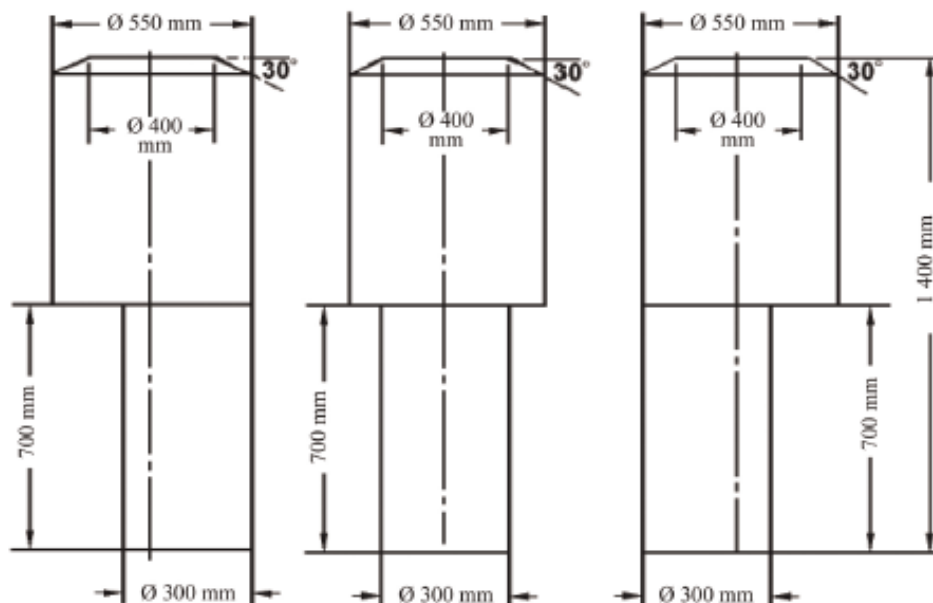
Pokud nejsou zajištěny nouzové dveře vyhovující rozměrům uvedených v tabulce, je nutné umístit únikové okno do zadního článku tramvajového vozidla, které je vyrobeno ze snadno rozbitného bezpečnostního skla. Otvor únikového okna musí mít minimální plochu 400 000 mm² a takové rozměry, aby bylo možné do něj vepsat obdélník o stranách 500x700 mm *nebo musí být možné do otvoru tohoto únikového okna vepsat obdélník o rozměrech 350mm × 1 550mm a jeho hrany musí být zaobleny v poloměru nepřesahujícím 250 mm.* [16]

Únikové okno	Otvor min. 400 000 mm ²	
	Varianta 1	Varianta 2
	Min. 500x700 mm	Min. 350x1550 mm

Tabulka 3-7 Únikové okno [12]

3.3.6 Přístup k nouzovým východům

Dostatečný a rychlý přístup k únikovým dveřím v případě nouze je prověřován pomocí zkušebního zařízení, kterému musí být umožněn průchod v místech mezi uličkou a nouzovými dveřmi. Zkušební zařízení se skládá ze *svislého válce o průměru 300 mm ve výšce 700 mm od podlahy, na němž je posazen druhý svislý válec o průměru 550 mm, přičemž celková výška sestavy je 1 400 mm. Průměr horního válce se může nahoře snížit na 400 mm, pokud zkosení hran nepřesahuje 30° od vodorovné roviny.* [12]



Obrázek 3-16 Zkušební kalibry pro přístup k nouzovým dveřím[12]

Pro zkoušení přístupu k únikovým oknům se používá zkušební kalibr, který se prostrkuje únikovým oknem ven, přičemž se kopíruje pravděpodobný pohyb cestujícího. Zkušební kalibr má tvar tenké desky o rozměrech 600 mm x 400 mm s poloměrem zaoblení rohů 200 mm. V případě únikového okna v zadní stěně vozidla však může mít zkušební kalibr případně rozměry 1 400 mm × 350 mm s poloměrem zaoblení rohů 175 mm. [12]

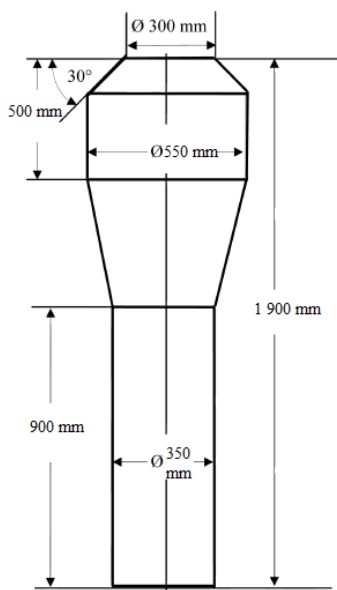
3.3.7 Okna

Součástí komfortu cestujících během jízdy tramvajového vozidla je dostatek světla uvnitř interiéru. Pro zajištění přístupu světla a zároveň možnosti výhledu z okna jsou plochy bočnic tramvaje z velké části vyplněny panely oken, jejichž spodní hrana oken je ve výšce 880 mm a končí ve výšce 2120 mm. Tyto parametry jsou zvoleny tak, aby výhled z oken byl uspokojivý jak pro stojící, tak pro sedící cestující. Okna jsou ke skřini vozu lepena, a přestože je tramvaj vybavena klimatizací, mají okna v horní části výklopné okénko, které se může vyklopit směrem ven do polohy o 30 stupňů. [8]

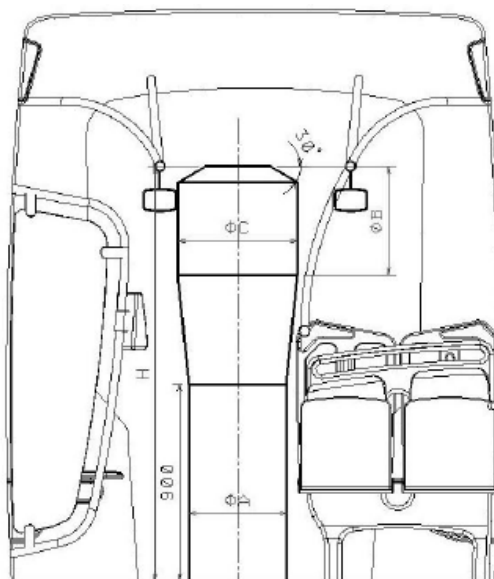
3.3.8 Ulička

Ulička je prostor umožňující přesun cestujících po vozidle, buď ze sedadla do prostoru pro invalidní vozíky, k provozním dveřím, na jiné libovolné sedadlo nebo kamkoli do prostoru stojících cestujících. Prostor uličky nezahrnuje 300 mm před každým sedadlem kromě bočně orientovaných sedadel, u kterých se tento rozměr zmenšuje na 225 mm. Dále se do uličky nezahrnuje prostor schodů nebo jakákoliv plocha, která je vyhraněna pro přístup pouze k jednomu sedadlu nebo řadě sedadel.

Rozměry uličky jsou kontrolovány pomocí měřicího zařízení, které je složeno ze dvou souosých válců s obráceným komolým kuzelem mezi ně vloženým, [12] jednotlivé limitující rozměry se mohou snížit vlivem konstrukčních parametrů daných tramvají.



Obrázek 3-17 Zkušební kalibr pro rozměry uličky – půdorys [12]

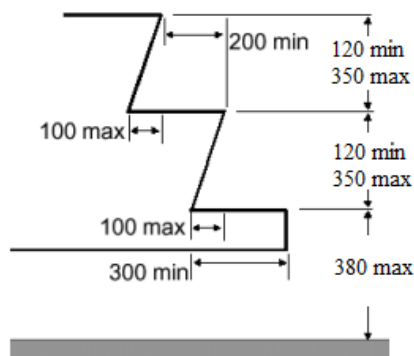


Obrázek 3-18 Zkušební kalibr pro rozměry uličky – bokorys [12]

Měřicí zařízení se v průběhu měření může dotknout a nebrat v potaz pružné prvky interiéru, jako jsou například závěsná držadla a bezpečnostní pásy. Nepřípustné je zasahování sklopných sedadel do prostoru uličky, mohou být však umístěny v jiných prostorách, kde ve sklopené poloze nebrání průchodu kalibru. V uličkách mohou být namontovány schody. Šířka těchto schodů nesmí být menší než šířka uličky u horního konce schodů. [12] V případě kloubových vozidel nesmí žádná část kloubového spojení včetně měchů zasahovat do uličky. Povrch uličky musí být vyroben z protiskluzového materiálu a sklon uličky nesmí přesahovat 8% v podélném směru a 5% v příčném směru.

3.3.9 Schody

Schody uvnitř interiéru se vyskytují ve všech vysokopodlažních tramvajích, které mají schody v oblasti dveří při vstupu do interiéru. U částečně nízkopodlažních tramvajích jsou schody umístěny v uličce pro překonání úrovně nízké podlahy a vyvýšené podlahy nad podvozky. Jakýkoliv vyvýšený přechod z uličky k sedadlům se považuje jako schod. *Svislá vzdálenost mezi povrchem uličky a podlahou prostoru k sezení nesmí být větší než 350 mm.* [12] Rozměry schodů u provozních a nouzových dveří nebo uvnitř interiéru jsou následující (viz Obrázek 3-19):



Obrázek 3-19 Rozměry schodů [12]

Tvar nášlapné plochy schodu se kontroluje tak, že musí být možné na něj umístit obdélník daných rozměrů (viz Tabulka 3-8 Rozměry schodů [12]) a skutečné rozměry nesmí přesahovat o více než 5% plochy zkušebního obdélníku. Zároveň musí být všechny schody z protiskluzového materiálu a sklon ve všech směrech nesmí být větší než 5%. Pro větší bezpečnost musí být hrana každého schodu nabarvena výraznou barvou vzhledem k barvě okolí.

Počet cestujících	>22	
Plocha	První schod	400 x 300 mm
	Další schody	400 x 200 mm

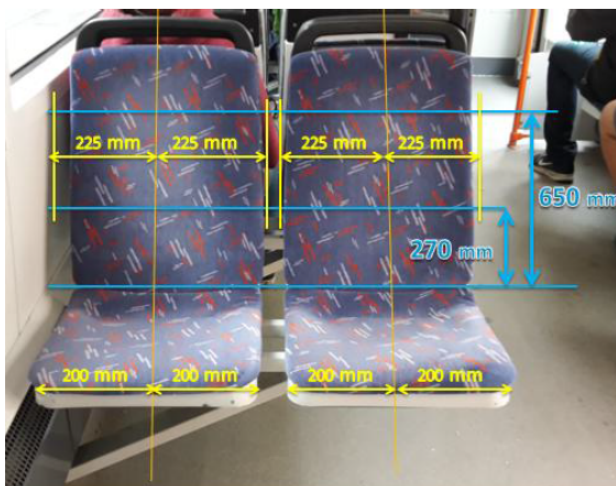
Tabulka 3-8 Rozměry schodů [12]

3.3.10 Sedadla

V rámci celkového prostoru interiéru vymezují sedadla prostor pro sedící cestující. Vzhledem k této skutečnosti je na ně kladené velké množství nároků, co se týče vlastních rozměrů sedadla, materiálů, barevného provedení, ale i umístění vůči ostatním sedadlům, dveřím apod. Následující normativní parametry sedadel se vztahují i na sedadla sklápěcí.

3.3.10.1 Minimální šířka sedadla

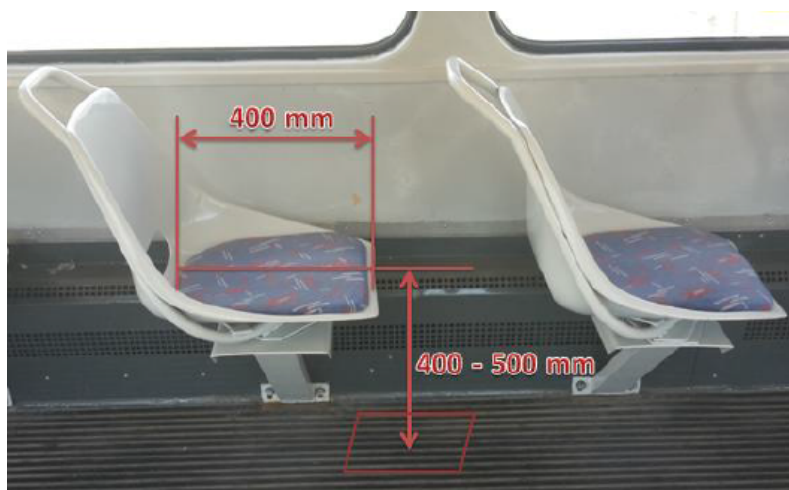
Při určování minimální šířky sedadla se dbá na dodržení dvou parametrů, a to minimální šířky sedáku a šířky prostoru. Minimální šířka sedáku je měřena od svislé roviny procházející středem sedáku k okraji sedáku. Tento rozměr činí 200 mm. Minimální šířka prostoru má být k dispozici každému sedícímu cestujícímu a měří se od svislé roviny procházející středem sedáku ve výšce 270 mm až 650 mm nad nestlačeným sedákem a nesmí být menší než 250 mm u samostatných sedadel nebo 225 mm u řady sedadel pro 2 a více cestujících. [12] U tramvajových vozidel s menší šířkou 2,35 m, oproti běžné (2,5m), se musí přizpůsobit i šířka sedadla, a to z rozměru 225 mm či 250 mm na šířku 200 mm.



Obrázek 3-20 Minimální šířka sedadla [5]

3.3.10.2 Minimální hloubka a výška sedáku

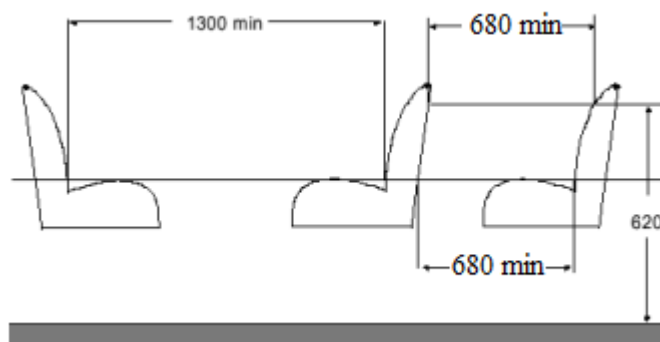
Minimální hloubka činí 400 mm od okraje sedáku a výška nestlačeného sedáku činí 400 až 500 mm. Tento rozměr je měřen od povrchu podlahy k přední horní hraně sedáku. V oblasti podvozků je přípustné tento rozměr zmenšit na minimálně 350 mm. [12]



Obrázek 3-21 Minimální hloubka a výška sedáku [5]

3.3.10.3 Vzdálenost mezi sedadly

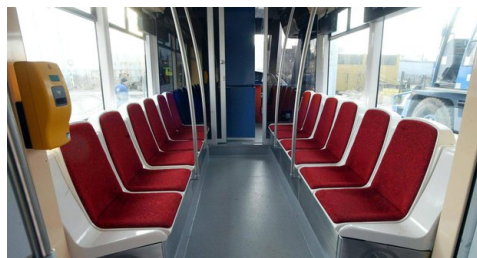
Tento parametr se liší v případech, ve kterých jsou sedadla umístěna buď ve stejném směru za sebou anebo naproti sobě. U sedadel směřujících stejným směrem nesmí být vzdálenost mezi přední stranou opěradla sedadla a zadní stranou opěradla sedadla před ním menší než 680 mm. Tato vzdálenost je měřena vodorovně ve všech výškách mezi úrovní sedáku do úrovně 620 mm nad podlahou. V případě sedadel, která jsou umístěna naproti sobě, musí být vzdálenost mezi nejvyššími body sedáků ležících na předních stranách opěradel sedadel alespoň 1300 mm. [12]



Obrázek 3-22 Vzdálenost mezi sedadly[12]

3.3.10.4 Materiál sedadel

Během vývoje sedadel, při kterém se dbalo na ergonomické požadavky, se objevily na trhu tři základní typy materiálů, a to čalouněné, dřevěné a plastové. Čalouněná sedadla se nestala příliš oblíbená, „mimo jiné se v nich drží původci svrabu, moč od opilců a bezdomovců a jen těžko jdou vyčistit.“ [9] Dřevěná sedadla vytváří v interiéru dobrý dojem, jelikož tramvaj dostává přírodní ráz, což na cestující působí příjemně. Nevýhodou těchto dřevěných sedadel z překližek je kluzkost povrchu a že se do mezer a prasklinek dostává množství prachu a sedadla jsou pak znečištěná. Plastová verze sedadel se jeví jako nejspokladnější. Lze je vytvořit v drsnější plastové verzi tak, aby cestující po sedadle neklouzali, a navíc jsou lehce čistitelné.



Obrázek 3-23 Čalouněná sedadla



Obrázek 3-24 Dřevěná sedadla

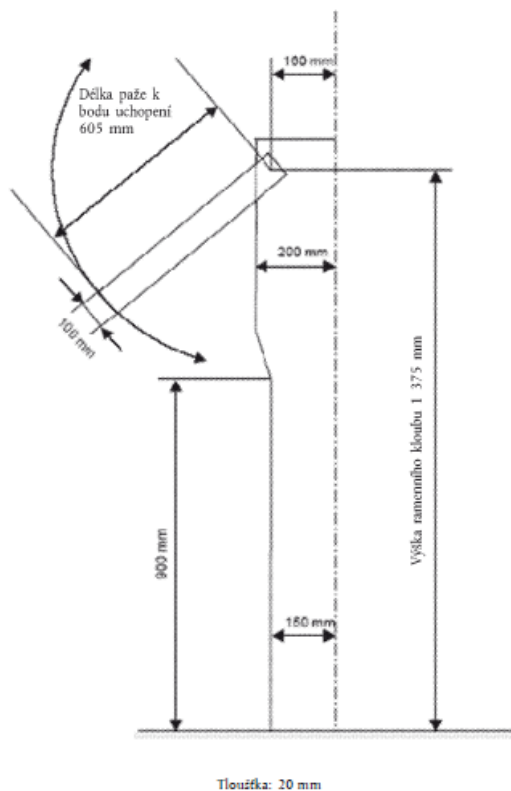


Obrázek 3-25 Plastová sedadla

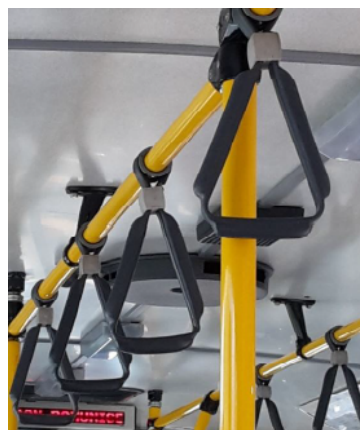
3.3.11 Madla a držadla

Madla a držadla slouží jako podpěrný prvek pro cestující, aby udrželi stabilitu při rozjezdech, prudkém brzdění apod. Proto musí být madla dostatečně pevná, materiál nesmí být kluzký a barva musí být kontrastní oproti okolí. Madla a držadla musí být minimálně 100 mm dlouhá a v jakémkoliv průřezu musí mít od 20 mm až 45 mm, aby se dala snadno, pevně a bezpečně uchopit. Výjimky jsou madla a držadla na dveřích a sedadlech, tam se tyto rozměry snižují na 15 až 25 mm. Mezera mezi madlem či držadlem a přilehlou karosérií musí být minimálně 40 mm, v případě madel na dveřích či sedadlech se tento rozměr může snížit na 35 mm. [12][5]

Pro stojící cestující jsou určena závěsná držadla. Na Obrázek 3-26 je zkušební zařízení s pohyblivým ramenem, které se dokáže otáčet kolem své osy. Z místa stojícího cestujícího by měla být dosažitelná minimálně dvě madla nebo držadla, a to ve výšce od 800 mm do výšky 1950 mm nad podlahou, přičemž je podmínkou, že jedno z nich musí být ve výšce 1500 mm nad podlahou. Tvarovým provedením a materiálovým řešením musí být zajištěna udržitelnost polohy madel a držadel ve své původní poloze. Výjimkou pro takové podmínky je pro oblast dveří a větší plošiny. Součet těchto výjimek musí být ale menší než 20% celkové plochy cestujících S_1 . [12]



Obrázek 3-26 Zkušební kalibr s otočným ramenem pro kontrolu vzdálenosti madel a držadel [12]



Obrázek 3-27 Plastová a gumová madla [5]

Plochy přilehlé přímo bočním stěnám nebo zadní stěně tramvaje, které jsou určeny pro stojící cestující, musí být vybaveny vodorovnými madly ve výšce mezi 800 mm a 1500 mm. Navíc po stranách dvoudílných dveří musí být také připevněna madla nebo musí být zajištěna středová tyč.



Obrázek 3-28 Madla v prostoru interiéru tramvaje [44]

3.3.12 Prostor pro cestující se sníženou pohyblivostí

Cílem návrhu současných tramvajových vozidel je vyhovět všem skupinám cestujících, ať už jde o běžného cestujícího nebo cestujícího se sníženou pohyblivostí, jako jsou například senioři nebo i lidé na invalidním vozíku.

3.3.12.1 Vyhrazené sedadlo

Právě pro seniory, slepce nebo pro lidi s berlemi jsou speciálně vyhrazená sedadla, která se umísťují v blízkosti provozních dveří. Dle ES musí být taková sedadla ve vozidle třídy II. alespoň dvě, přičemž nesmí být sklopná. Alespoň jedno z takových sedadel musí mít v prostoru u nohou místo pro vodičího psa takové, aby nezasahovalo do prostoru uličky. Tato sedadla mají širší sedáky, a to 220 mm na každou stranu od roviny procházející středem sedáku. Každé vyhrazené sedadlo pro cestující se sníženou pohyblivostí musí být označeno pomocí příslušného piktogramu modré barvy s bílým symbolem na čele vozidla, zvnějšku u nejbližších provozních dveří a uvnitř v místě vyhrazeného sedadla. V blízkosti každého vyhrazeného sedadla musí být tlačítko pro dorozumívání s řidičem. [12]



Obrázek 3-29 Piktogram vyhrazeného sedadla pro cestující se sníženou pohyblivostí [12]

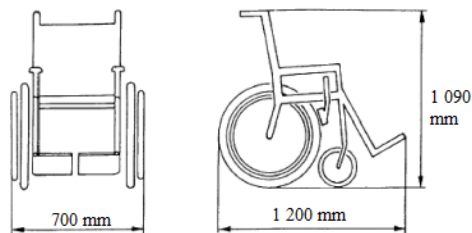
Další nutností je přítomnost madel v místě vyhrazeného sedadla, která může cestující snadno uchopit a která usnadní usednutí a vstávání ze sedadla. Mezi vyhrazenými sedadly a provozními dveřmi musí být madlo ve výšce 800 mm až 900 mm nad úroveň podlahy, aby byl zajištěn bezpečný nástup a výstup. Přerušení madla je přípustné, zda se jedná o prostor pro invalidní vozík, schody, uličku, ale žádné přerušení madla nesmí být delší než 1050 mm. [12]

3.3.12.2 Prostor pro invalidní vozík

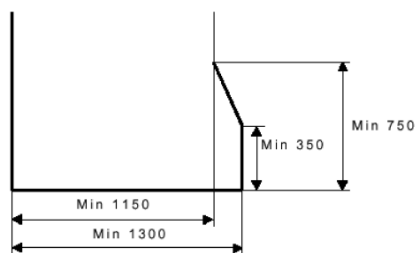
Lidé, kteří jsou odkázáni na invalidní vozík, mají na tramvajovou dopravu mnohem větší nároky, a to z hlediska komplikovanějšího nástupu a výstupu a z hlediska větších prostorových nároků, které jsou dány rozměry invalidního vozíku.

3.3.12.3 Umístění invalidního vozíku

Hendikepovaný člověk na invalidním vozíku potřebuje minimální plochu 750 x 1300 mm. Tato plocha musí být protiskluzová a sklon podlahy nesmí přesahovat 5% v žádném směru. Alespoň jedny dveře musí být určeny pro invalidní vozíky s tím, že jsou vybaveny příslušným zařízením pro nastupování – rampy nebo zdviže, a umožněn je průjezd referenčním vozíkem (viz Obrázek 3-30), jehož rozměry s invalidou se zvětšují z 1200 mm na 1250 mm a z 1090 mm na 1350 mm, a zároveň v cestě nesmí být žádné překážky. [12]



Obrázek 3-30 Rozměry referenčního invalidního vozíku [12]



Obrázek 3-31 Minimální volný prostor pro hendikepovaného člověka v prostoru pro invalidní vozík [12]

3.3.12.4 Ovladače, označení

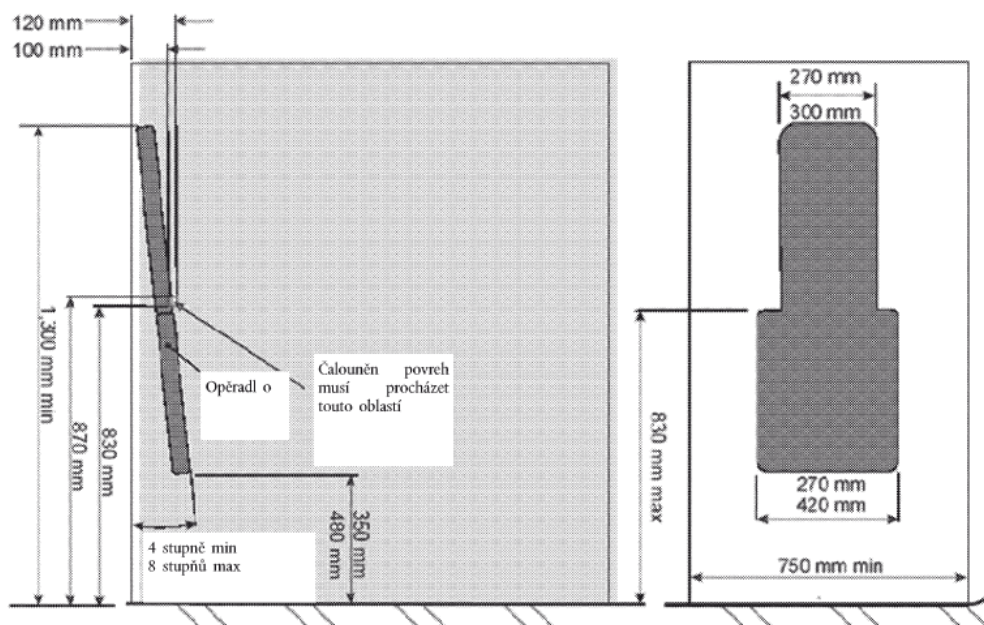
Prostory určené pro invalidní vozík musí být vybaveny tlačítkem pro komunikaci s řidičem a musí být označeny příslušným piktogramem modré barvy s bílým symbolem na čele tramvaje, zvenku u provozních dveří s rampou či zdviží a v místech samotného prostoru pro invalidní vozík a musí být uvedeno, zda má být invalidní vozík orientován směrem dopředu nebo dozadu. Ovladače pro otevírání dveří jsou pro lidi na invalidním vozíku umístěny *na dveřích nebo v jejich blízkosti ve výšce mezi 850 mm a 1 300 mm od země a ve vzdálenosti maximálně 900 mm od těchto dveří* [12] a stejně tak v případě vnitřních ovladačů.



Obrázek 3-32 Piktogram prostoru pro invalidní vozík [12]

3.3.12.5 Zádržný systém – madla a opěradla

Každý prostor pro invalidní vozík musí být vybaven zádržným systémem schopným zadržet invalidní vozík a jeho uživatele. [12] Zádržný systém se konstruuje s ohledem na typ vozidla a na směr orientace vozíku ve vozidle. Navíc se musí podrobit statickou či hybridní zkouškou s přesně danými měřicími parametry. Na boku by měl být tento prostor vybaven madlem či držadlem ve výšce 850 mm nad podlahou a svislý průmět nesmí zasahovat do prostoru invalidního vozíku o více než 90 mm. Aby se zabránilo převržení vozíku, musí být v prostoru pro zadní část invalidního vozíku namontovaná opora nebo opěradlo ve svislém směru. Opora či opěradlo musí mít dolní okraj ve výšce 350 až 480 mm od podlahy a horní okraj minimálně ve výšce 1300 mm od podlahy vozu. Limitující rozměry opěradla jsou uvedeny na Obrázek 3-33 Opěradlo pro invalidní vozík [12]:



Obrázek 3-33 Opěradlo pro invalidní vozík [12]

3.3.12.6 Zařízení pro snížení výšky podlahy – zdviž, rampa

Pro bezpečný nástup a výstup hendikepovaných lidí na invalidním vozíku musí být tramvaj vybavena zařízením snížení a opětovného zdvižení podlahy. K takovým účelům by měla být k dispozici zdviž či rampa. *Plošina zdviže musí být nejméně 800 mm široká a nejméně 1 200 mm dlouhá a musí ji být možné uvést v činnost při naložení hmotnosti nejméně 300 kg.* [12] Stejně tak musí i rampa dodržovat normované parametry. *Využitelná plocha rampy musí být široká minimálně 800 mm. Sklon rampy, rozložené nebo vysunuté na obrubník vysoký 150 mm, by neměl překročit 12 %. Sklon rampy, rozložené nebo vysunuté na vozovku, by neměl překročit 36 %. Maximální nosnost rampy by měla být 300 kg.*

3.3.12.7 Sedadla a stojící cestující v prostoru invalidního vozíku

V prostoru pro invalidní vozík smí být namontována sklápěcí sedadla. Taková sedadla, pokud jsou ve sklopené poloze a nejsou používána, však nesmějí zasahovat do prostoru pro invalidní vozík. [12] Další alternativou jsou odnímatelná sedadla, jejichž montáž a demontáž si žádá asistenci řidiče, proto jsou častěji volena sklopná sedadla.

4 Modulové provedení

4.1 Přehled tramvají

V rámci bakalářské práce budou porovnávány vybrané typy tramvají od tuzemských i světových výrobců. Mezi nejznámější výrobce tramvají patří například Škoda Transportation, francouzská společnost Alstom, německá společnost Siemens, kanadská společnost Bombardier Transportation, švýcarská společnost Stadler, polská firma Solaris Bus & Coach a v neposlední řadě česká aliance TW Team.

4.1.1 Bombardier

Firma Bombardier konkuruje na světovém trhu svou řadou tramvajových vozidel zvanou Flexity. K roku 2015 bylo prodáno 3500 tisíce těchto tramvají do celého světa. [59] Jedná se o tramvaje s podílem nízké podlahy 100% nebo 75%, přičemž se jejich prvky liší v závislosti na požadavcích zákazníka a města, kde bude tramvaj provozována. Jedním z porovnávaných tramvají je tramvaj **Flexity Melbourne**.

4.1.2 Alstom

Nejnovější řadou vyráběných tramvajových vozidel firmy Alstom je řada nízkopodlažních tramvají Citadis. Těchto tramvají se k roku 2017 prodalo 2300 kusů do celého světa. [60] Porovnávaná vozidla jsou vozidla **Citadis Compact** pro francouzské město Aubagne, **Citadis X05** pro Sydney a **Citadis 302** pro Tunis.

4.1.3 Škoda Transportation

Jednou z tuzemských společností, která je výrobcem kolejových vozidel, je Škoda Transportation. Na trh přišla řada nízkopodlažních tramvajových vozidel ForCity, přičemž budou porovnávány tramvaje **ForCity Alfa 15T** pro Prahu a **ForCity Classic 28T** pro turecké město Konya. Další tramvají je tramvaj **ForCity Plus 30T a 29T** pro Bratislavu a to v jednosměrné i obousměrné verzi. A mimo jiné bude porovnáována tramvaj **ForCity Classic 26T** pro maďarské město Miskolc.

4.1.4 Siemens

Řada 100% nízkopodlažních tramvajových vozidel firmy Siemens se nazývá Avenio. Podobně jako u ostatních firem se konstrukce tramvaje přizpůsobuje požadavkům měst, pro která jsou tramvaje vyráběny. Z řady Avenio bude porovnáována tramvaj **Avenio Haag** do Nizozemska. Další porovnávanou tramvají je netradiční **ULF** (Ultra Low Floor) tramvaj pro Vídeň, v jejímž případě bylo speciální portálovou konstrukcí kloubů dosaženo snížené úrovně podlahy na pouhých 190 mm nad temeno kolejnice.

4.1.5 Solaris Bus & Coach

Nízkopodlažní tramvajová vozidla v rámci řady Solaris Tramino jsou 100% nízkopodlažní tramvaje koncipované modulárně. Rozbor interiéru bude prováděn na všech 4 typech tramvají této řady. Prvním typem tramvaje je **Solaris Tramino S105p**, které byly dodány v letech 2011 a 2012 do polského města Poznaň. Dalším typem je tramvaj **Solaris Tramino S109j**, která roku 2013 putovala do německého města Jena. Následující rok byly dodány tramvaje **Solaris Tramino S110b** do německého města Braunschweig a roku 2015 tramvaj **Solaris Tramino S111o** do polského města Olsztyn. [61]

4.1.6 Stadler

Tramvajové vozidlo firmy Stadler, jehož interiér bude porovnáván s ostatními konkurenčními vozidly, se nazývá **Stadler Tango** pro švýcarské město Basel. Podíl nízké podlahy činí 100% a 75%. Kromě toho byla tramvaj Tango vyrobena i pro města jako je Geneva ve Švýcarsku, Lyon ve Francii a Bochum v Německu. [62]

4.1.7 TW Team

Aliance TW Team je společenství tvořeno firmami PRAGOIMEX a.s., což je obchodně-inženýrský subjekt, dále firmou Krnovské opravny a strojírny s.r.o., která zajišťuje základnu pro výrobu, a posledním partnerem je VKV Praha s.r.o., který se zabývá konstrukcí kolejových vozidel. Tato aliance dodává tramvaje, jejichž příkladem je tramvaj **EVO1**. [63]

4.2 Moduly interiéru tramvajového vozidla

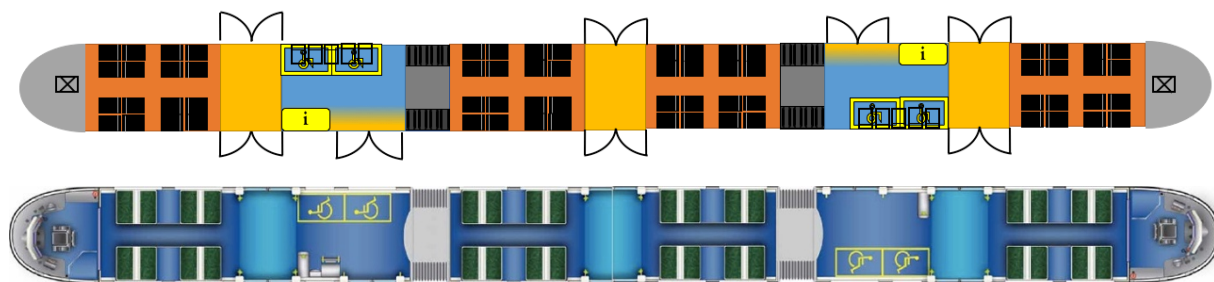
Souprava tramvaje má modulovou podobu, aby byla možná snadnější přestavba jednotlivých článků při případné modernizaci. Podle koncepce tramvaje se rozlišuje, zda se jedná o samotný vůz nebo tříčlánkovou, pětičlánkovou či sedmičlánkovou tramvaj. Typickými moduly tramvajových vozidel je modul kabiny řidiče, modul článku s podvozkem, závěsného mezičlánku a zadního čela. *Skříň jednotlivých článků jsou tvořeny jako skládačka, svařována z lehké ocelové konstrukce, která je chráněna antikorozi úpravou. Čela tramvaje jsou laminátová a ke skeletu tramvaje přichycena pomocí pružného lepicího tmelu.* [8]

Podobně jako u celé soupravy tramvaje lze definovat i jednotlivé moduly interiéru. Modulové uspořádání slouží jako pomoc při přizpůsobení interiéru pro různé kategorie lidí. Při bližším rozebrání interiérů daných tramvajových konceptů byly interiéry rozčleněny do několika modulů dle jejich specifických prvků jako například modul kabiny řidiče, nadpodvozkový, multifunkční, modul spojení článků (měchů), oblast dveří a ostatní.

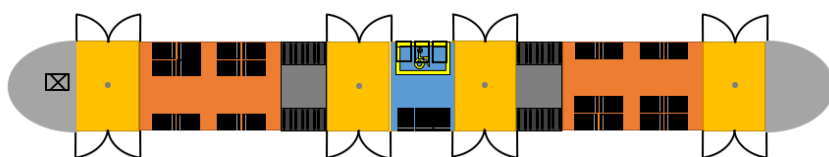
4.2.1 Schémata tramvajů s vyznačenými moduly

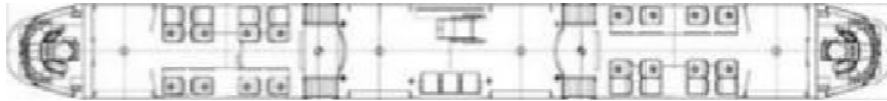
Pro přehlednost byla vytvořena barevná schémata tramvajů, ve kterých jsou šedě označeny části zadního čela tramvajů a kabiny řidiče, žlutě jsou označeny oblasti dveří, oranžově nadpodvozkové moduly, šedo-černě oblasti spojení článků a modře multifunkční oblasti.

1) Bombardier – Flexity Melbourne

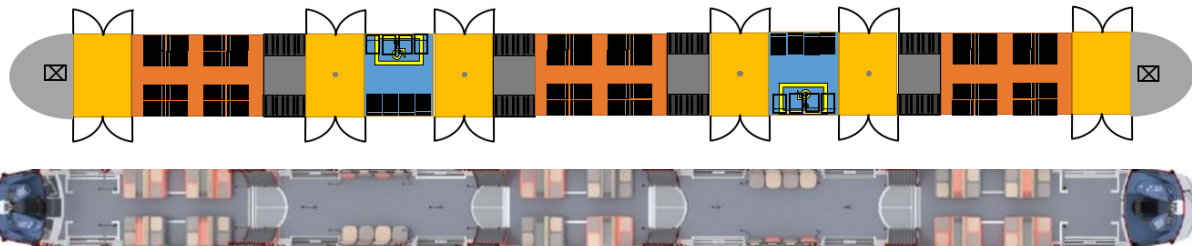


2) Alstom – Citadis Compact Aubagne

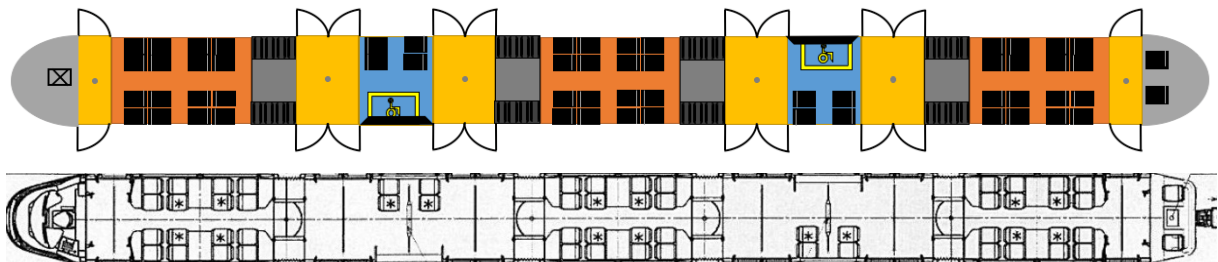




3) Alstom – Citadis X05 Sydney



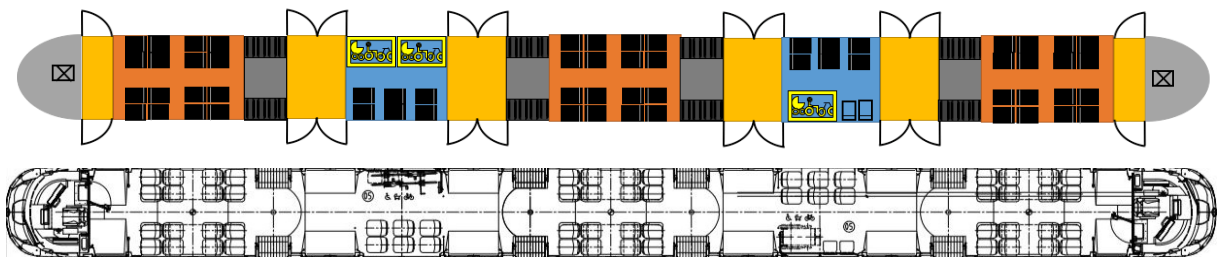
4) Alstom – Citadis 302 Tunis



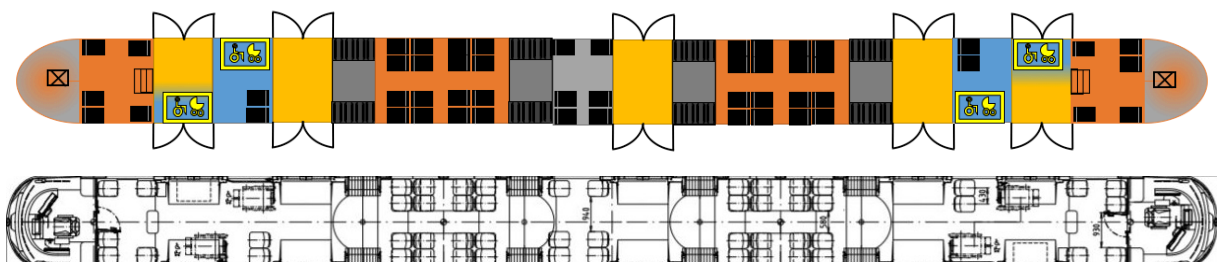
5) Škoda Transportation – ForCity Alfa 15T Praha



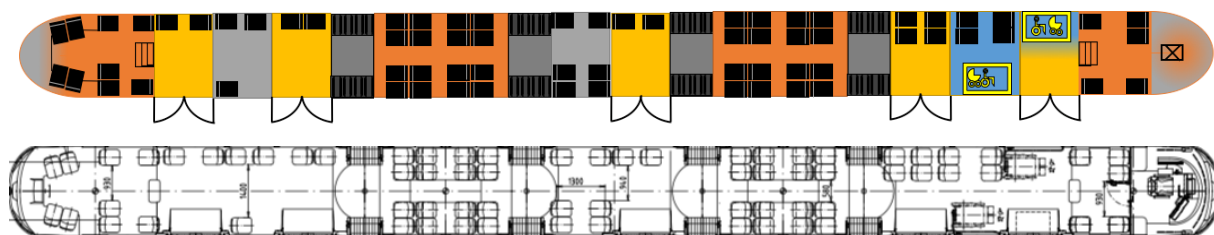
6) Škoda Transportation – ForCity Classic 28T Konya



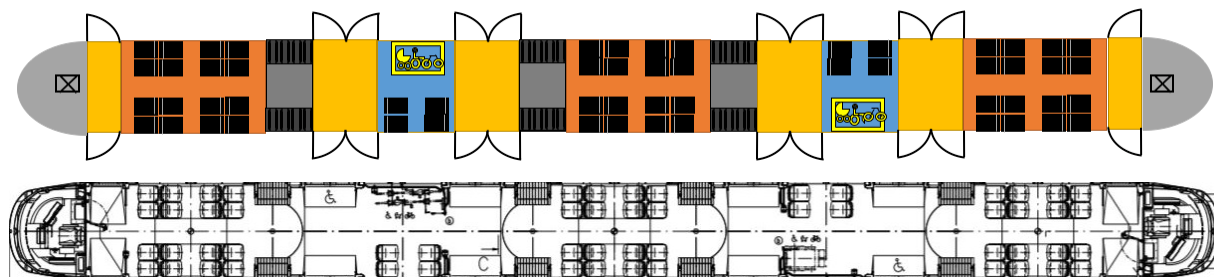
7) Škoda Transportation – ForCity Plus 30T Bratislava



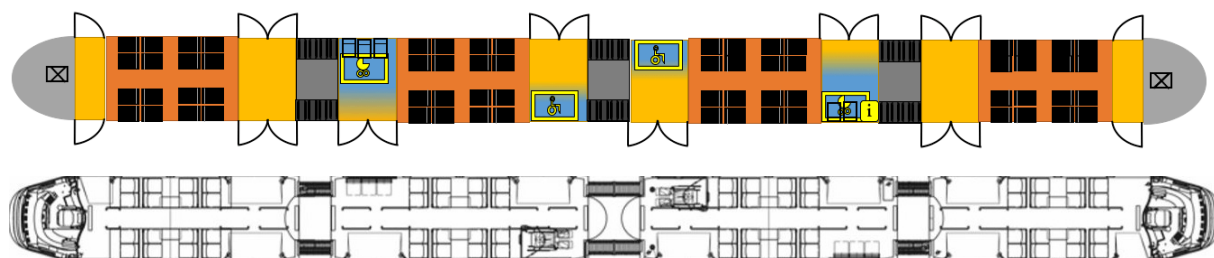
8) Škoda Transportation – ForCity Plus 29T Bratislava



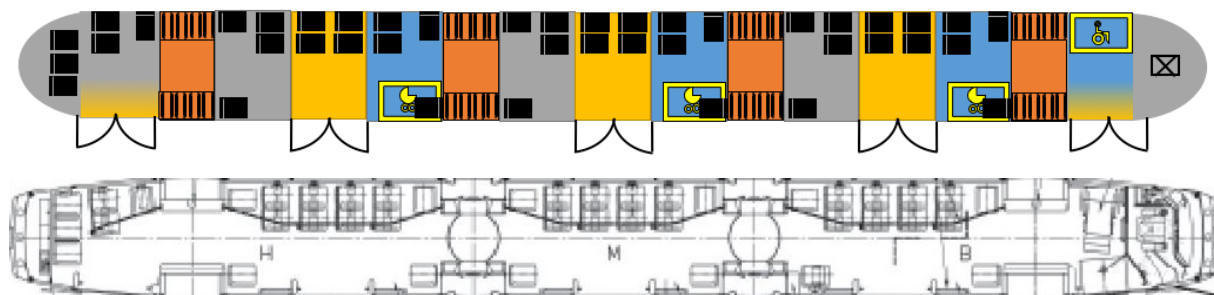
9) Škoda Transportation – ForCity Classic 26T Miskolc



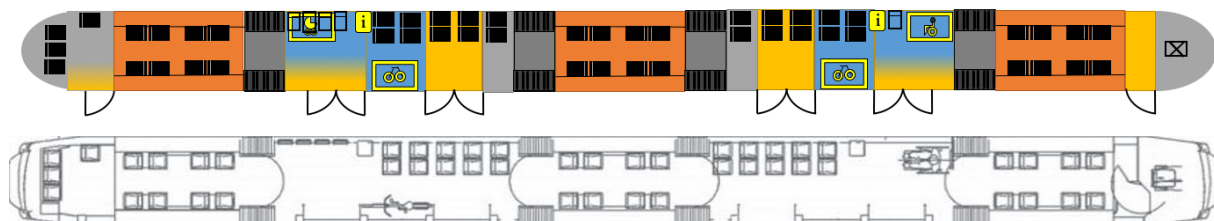
9) Siemens – Avenio Haag



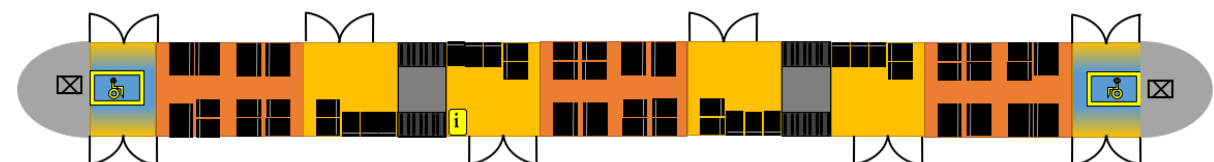
10) Siemens – ULF Vídeň



11) Solaris Bus & Coach – Solaris Tramino S105p Poznaň



12) Solaris Bus & Coach – Solaris Tramino S109j Jena

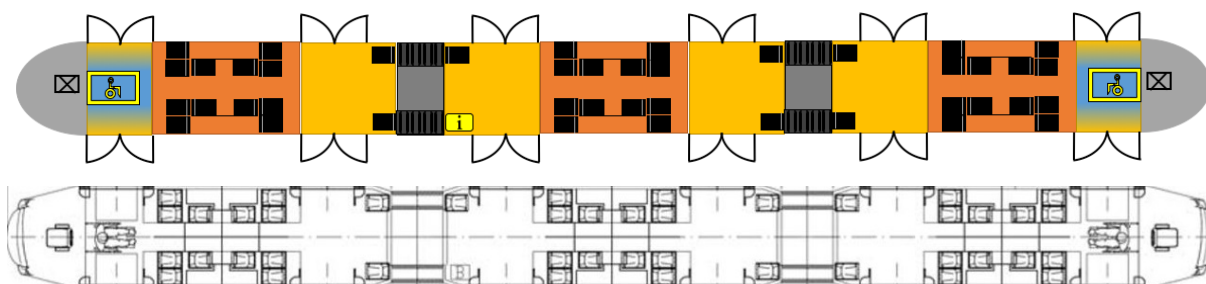




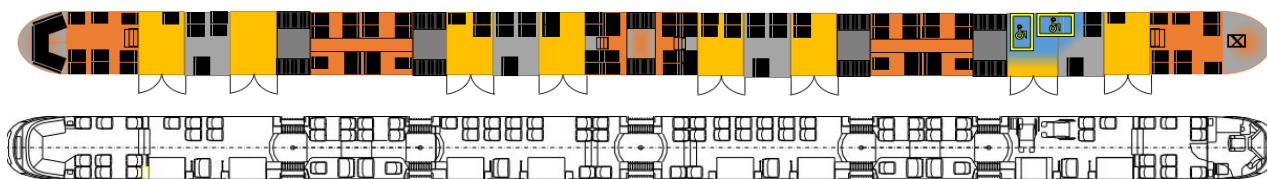
13) Solaris Bus & Coach – Solaris Tramino S110b Braunschweig



14) Solaris Bus & Coach – Solaris Tramino S111o Olsztyn



15) Stadler – Tango Basel



16) TW Team – EVO1

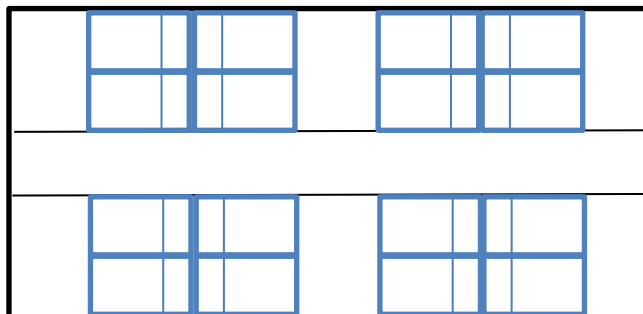


4.2.2 Nadpodvozkový modul jako samostatný článek

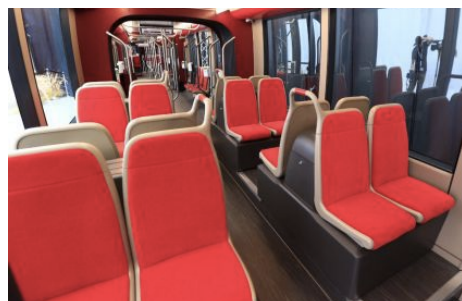
Nadpodvozková část představuje modul interiéru, jehož poloha je dána polohou podvozků a jejich prostorovými nároky s ohledem na typ podvozku. Dle typu podvozku se liší rozmístění sedadel umístěných spolu s veškerým příslušenstvím na podestách. Nejjednodušším rozmístěním sedadel je v případě vysokopodlažních tramvajů, kde je rozmístění sedadel vcelku libovolné. U otočných podvozků jsou prostorové nároky o něco vyšší než u neotočných a vždy je nutné dodržet dostatečné ergonomické parametry. Nadpodvozková část často disponuje vyvýšenou podlahou z důvodu umístění dvojkolí. Ovšem pokud je požadavek velkého podílu nízké podlahy, je tramvaj vybavena podélným skupinovým pohonem nebo individuálním pohonem jednotlivých kol.

Nejčastější varianta tohoto modulu je *umístění šestnácti sedaček na podesty nad jedním podvozkem, kdy uprostřed nad podvozkem jsou umístěny čtyři sedačky proti sobě a na krajích podvozku jsou dvě dvojice sedaček, z nichž jedna dvojice je po směru jízdy a druhá dvojice je*

proti směru jízdy. [10] V tomto případě je omezena šířka uličky vzhledem k tomu, že se jedná o rozmístění čtyř sedadel v jedné řadě. Další nevýhodou je dosažení těchto sedadel po překonání schodu, pokud jsou na vyvýšených podestkách. Výhodou je však dostatek prostoru pro veškeré komponenty podvozku. V rámci seskupení 16-ti sedadel jsou alternativně nahrazeny dvojice sedadel lavicemi v různých kombinacích uspořádání, tzn. že sedadla nemají mezeru mezi sebou a není tak ohraničen prostor pro jednoho sedícího cestujícího.



Obrázek 4-1 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis X05



Obrázek 4-2 Uspořádání sedadel nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis X05 [64]



Obrázek 4-3 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig s variantou lavic[65]

Další variantou modulu je asymetrické uspořádání sedadel, jelikož se jedná o umístění samostatného sedadla na jednu stranu a dvousedadla na protější stranu, všechny orientované příčně vůči směru jízdy. Jedná se o umístění 12 sedadel, z nichž je vždy jedna řada střídavě umístěna po směru jízdy a druhá proti směru jízdy.

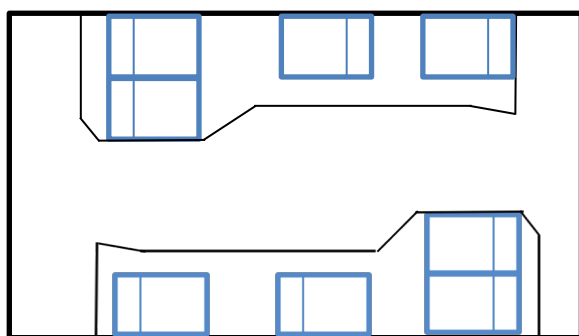


Obrázek 4-4 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis Compact



Obrázek 4-5 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Alstom Citadis Compact [66]

Netypickou verzí modulu nadpodvozkové části je rozložení sedadel *s nízkými podestami nepravidelných tvarů, které kopírují prostorové nároky podvozku. Na podestách jsou umístěna sedadla na konstrukci a podesty tak slouží jako zvýšená podlaha.* [10] Nevýhodou je tedy dostupnost sedadel po překonání schodu, ale naopak se relativně dobře umísťují sedadla.

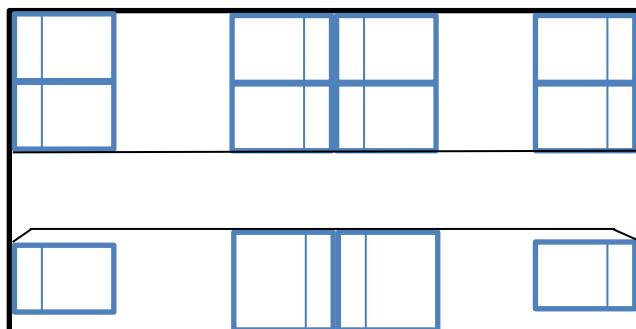


Obrázek 4-6 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji EVO1



Obrázek 4-7 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji EVO1[63]

Další variantou uspořádání sedadel v oblasti nad podvozkem jsou při jedné straně čtyři dvousedadla orientována ve dvojicích vždy naproti sobě. Na druhé straně přes uličku se nacházejí uprostřed dvě lavice zády k sobě, které jsou široké stejně jako dvousedadla. Čelem k oběma lavicím jsou situována samostatná sedadla.

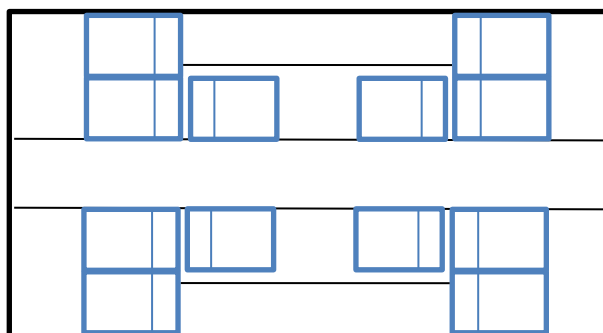


Obrázek 4-8 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Stadler Tango (Basel)

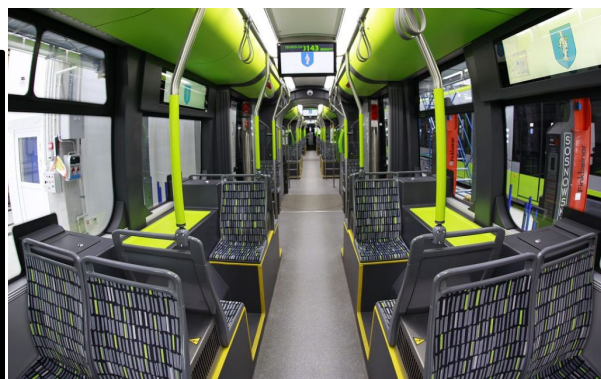


Obrázek 4-9 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Stadler Tango (Basel)[67]

Další typ modulu nadpodvozkové části má kapacitu 12 míst pro sedící cestující. Na krajích jsou dvě řady 4 sedadel umístěných zády k sobě, které jsou odděleny uprostřed uličkou. Uprostřed nadpodvozkového modulu jsou vždy 2 samostatná sedadla na jedné straně umístěna proti sobě v bezprostřední blízkosti uličky. Prostor u okna slouží jako odkládací prostor, což je sice uživatelsky příjemné, ale snižuje se tak celková kapacita tramvaje. Tento prostor se dosáhne po překonání nízkého schodu.

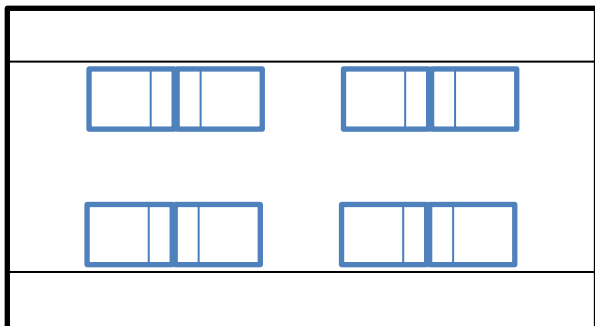


Obrázek 4-10 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Tramino Solaris Olsztyn



Obrázek 4-11 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Olsztyn[68]

Modul nadpodvozkové části, který je nejméně efektivní z hlediska kapacity, má celkem 8 míst. Jedná se o čtyři řady dvou sedadel, které jsou uprostřed odděleny uličkou a střídavě jsou orientovány po směru jízdy a proti směru jízdy. Sedadla jsou na každé straně posunuta přibližně o vzdálenost jednoho sedadla od okna z důvodu vybavení podvozku.



Obrázek 4-12 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Poznan

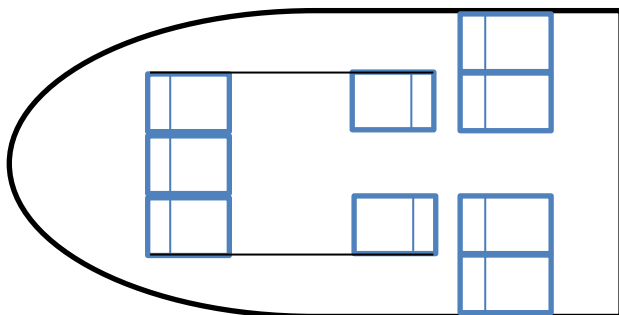


Obrázek 4-13 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části v tramvaji Solaris Tramino Poznan[69]

4.2.3 Nadpodvozkový modul jako součást kabiny řidiče či zadní části vozidla posledního článku tramvaje

Je-li podvozek umístěn v krajních částech tramvajové skříně, kterou tvoří kabina řidiče s volným prostorem k sezení nebo pouze prostor k sezení, je často tato část vyvýšená a přístup k ní je oddělen schody.

Výjimkou je například tramvaj Škody Transportation 15T, která schody v této části nemá. Podvozek je umístěn na konci tramvajového vozidla bez řidiče a tato část interiéru poskytuje 10 míst k sezení. Atypicky se tam nachází trojsedadlo, jemuž čelí po okrajích dvě samostatná sedadla a zády k nim jsou navíc dvě dvojsedadla oddělena uprostřed uličkou.

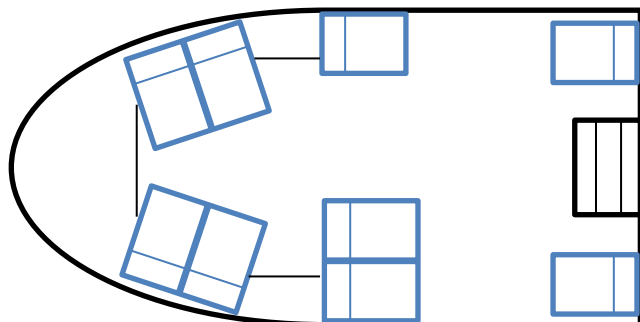


Obrázek 4-14 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Alfa 15T (Praha)



Obrázek 4-15 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Alfa 15T (Praha)[70]

Další typ nadpodvozkové části v oblasti nejzadnější části tramvaje má tu nevýhodu, že se do něj vstupuje po schodech. K dispozici je 9 míst k sezení. V oblasti schodů jsou dvě samostatná sedadla orientovaná proti směru jízdy a naproti jim čelí na jedné straně samostatné sedadlo a dvojsedadlo na druhé straně. V nejzadnější části jsou potom dvě dvojsedadla orientovaná naproti sobě bočně ke směru jízdy (úplně přesně neodpovídá schématu Obrázek 4-16).

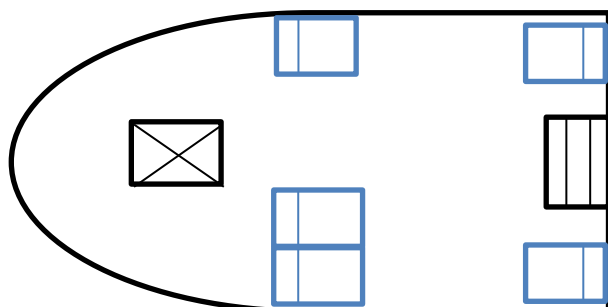


Obrázek 4-16 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)



Obrázek 4-17 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)[72]

Další typ uspořádání sedadel je nadpodvozková část, která slouží nejen pro cestující, ale také jako prostor pro kabinu řidiče. V této části je celkem 5 míst k sezení a jedno místo je vyhrazeno řidiči tramvaje (označeno křížkem). Nevýhodou je přítomnost schodů. V tomto prostoru jsou dvě samostatná sedadla po obou stranách v oblasti schodů a naproti jim čelí jedno samostatné sedadlo a dvojsedadlo na straně druhé.

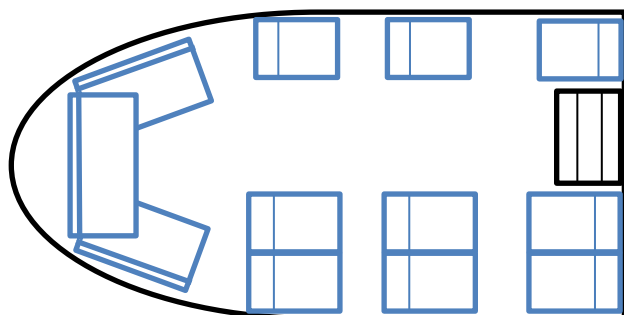


Obrázek 4-18 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)



Obrázek 4-19 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)[71]

Dalším typem je nadpodvozková část relativně velká oproti ostatním porovnávaným, protože je v ní devět sedadel a velká půlkruhová lavice. Nachází se v nejzadnější části tramvaje a je na vyvýšené platformě, kam se cestující dostanou po překonání schodů. Sedadla jsou ve třech řadách, vždy samostatné sedadlo na jedné straně a dvojsedadlo na druhé straně oddělené uličkou. První řada sedadel v blízkosti schodů je jako jediná situovaná zády ke směru jízdy.



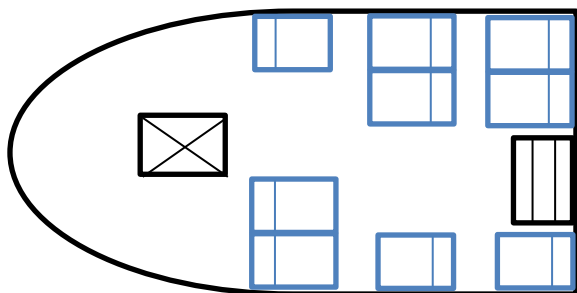
Obrázek 4-20 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji Stadler Tango



Obrázek 4-21 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást zadní části vozidla) v tramvaji Stadler Tango[73]

V neposlední řadě existuje nadpodvozková část, která je zároveň v přední části řidiče a má k dispozici celkem devět míst. Do této části se přistupuje po překonání schodů a jsou zde

tří řady se samostatným sedadlem na jedné straně a s dvojsedadlem na straně druhé. Dvě řady v blízkosti schodů jsou orientovány zády ke směru jízdy.

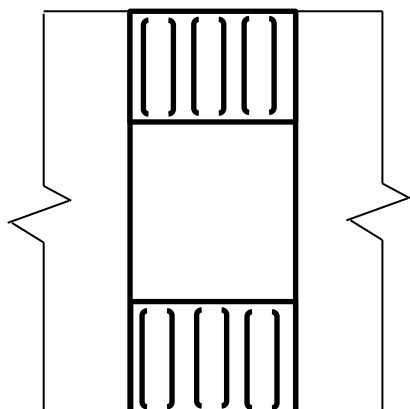


Obrázek 4-22 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást kabiny řidiče) v tramvaji Stadler Tango

4.2.4 Nadpodvozkový modul jako součást spojovací části (měchů) tramvaje

V některých případech se podvozek umísťuje do spojovací oblasti článků tramvaje, tedy do oblasti s měchy. Dle daných tramvají existují tři typy uspořádání podvozků v oblasti měchů.

Netypická je tramvaj ULF, jejíž podvozky jsou jednoosé a plošně tak zaujímají malý prostor. Mají portálovou konstrukci, tudíž tramvaj nemá běžně používané měchy pro spoj jednotlivých článků. Jelikož je tento prostor nadpodvozkové části zúžený, nejsou v modulu k dispozici žádná místa k sezení. Prostor funguje jen jako průchod mezi články tramvaje.

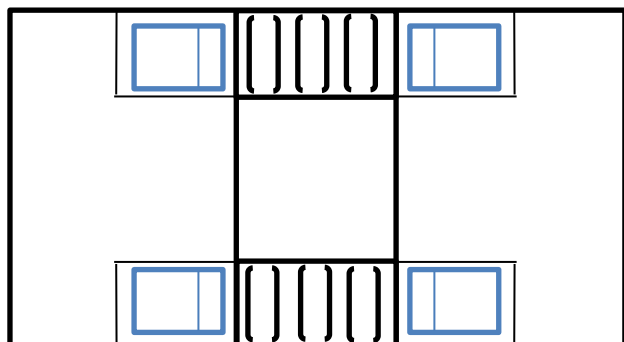


Obrázek 4-23 Schéma nadpodvozkové části v tramvaji Siemens ULF



Obrázek 4-24 Nadpodvozková část v tramvaji Siemens ULF[74]

Zajímavě řešený interiér v oblasti měchů je v tramvaji 15T Praha, ve které se spojily dva prostorově nejnáročnější moduly do jednoho, a to konkrétně měch s nadpodvozkovou částí. V tomto prostoru jsou čtyři sedadla orientovaná vždy zády k měchu.

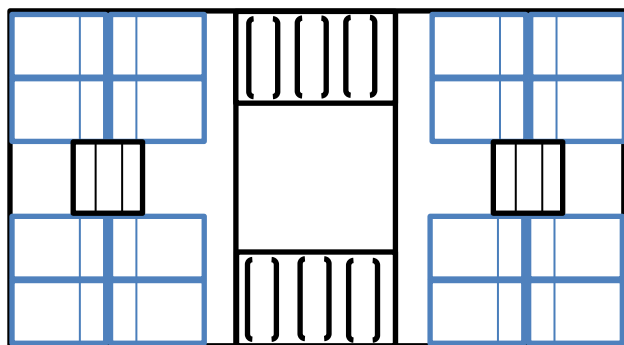


Obrázek 4-25 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji ŠT 15T Praha



Obrázek 4-26 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji ŠT 15T Praha[72]

Dalším typem nadpodvozkové části je její sloučení s měchy, kvůli kterému jsou v interiéru měchy na vyvýšené části podlahy společně s některými místy k sezení. K dispozici je 16 míst, konkrétně osm dvojsedel, z nichž jsou vždy dvojice v bezprostřední blízkosti zády k sobě. Jeden ze dvojice dvojsedel je na úrovni vyvýšené podlahy a druhé dvojsedle je na úrovni nejnižšího bodu podlahy.



Obrázek 4-27 Schéma uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji Stadler Tango

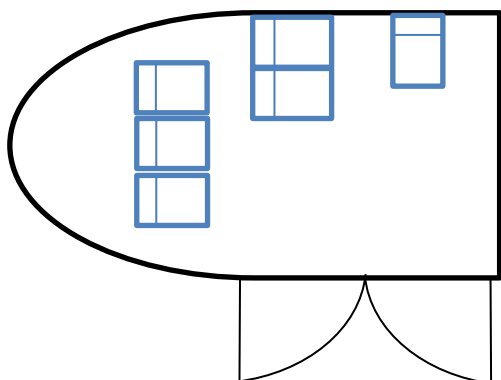


Obrázek 4-28 Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části (součást měchů) v tramvaji Stadler Tango[75]

4.2.5 Modul zadní části vozidla posledního článku tramvaje

V případě jednosměrných tramvají se v zadní části posledního článku tramvaje nabízí stejně velký prostor, který je využíván na opačné straně tramvaje jako kabina pro řidiče. U některých tramvají je podvozek situován právě do této konečné části tramvaje, přičemž nastává jisté omezení v podobě schodů. To ubírá procentuální podíl nízké podlahy a je překážkou pro skupiny cestujících s omezením mobility. Uspořádání sedadel v nadpodvozkové části, která je součástí konečné části tramvaje je popsáno v kapitole Nadpodvozkový modul jako součást kabiny řidiče či zadní části vozidla posledního článku tramvaje. Nejčastějším řešením interiéru zadní části vozidla je trojsedadlo umístěné ve směru jízdy. Pokud se nejedná zároveň o nadpodvozkový modul, je modul zadní části tramvaje snadno dosažitelný díky přítomnosti dveří, ať už jednokřídlých či dvoukřídlých.

Prvním příkladem je uspořádání sedadel, kde se nachází trojsedadlo ve směru jízdy, dále je při jedné straně vozidla dvojsedadlo ve směru jízdy a samostatné sedadlo čelící dvoukřídlým dveřím na druhé straně tramvajové skříně.



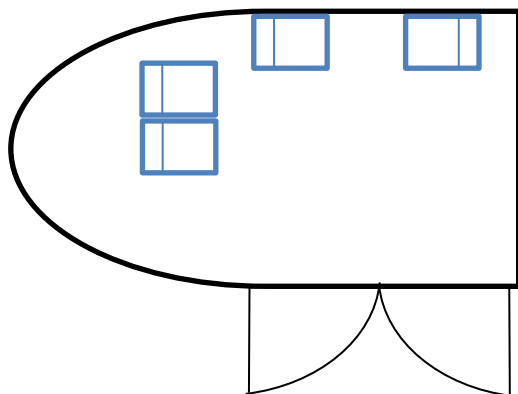
Obrázek 4-29 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Siemens ULF



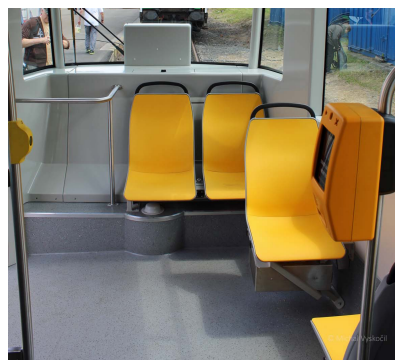
Obrázek 4-30 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Siemens ULF[76]

Varianta dalšího uspořádání sedadel v zadní části posledního článku tramvaje je jiná v tom, že se zde nenachází trojsedadlo jako u ostatních porovnávaných tramvají, ale jen

dvousedadlo. Kapacita této oblasti je jen čtyřmístná. Jsou zde ještě dvě samostatná sedadla, která si čelí naproti sobě. Přístup do této části je umožněn dvoukřídlými dveřmi.

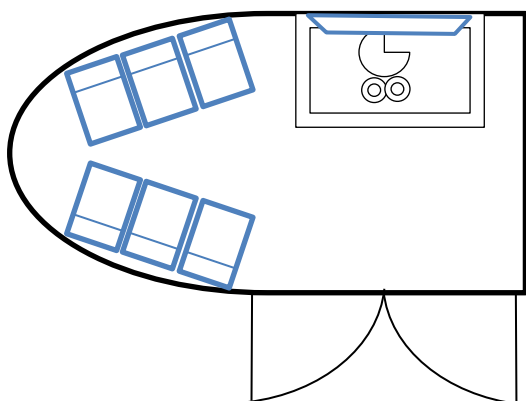


Obrázek 4-31 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji TWT EV01



Obrázek 4-32 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji TWT EV01[77]

Další typ zadní části posledního článku disponuje šesti místy k sezení a dvěma opěradly. Jedná se o dvě řady třech sedadel, které jsou orientovány čelem k sobě rovnoběžně ke směru jízdy (neodpovídá schématu Obrázek 4-33). Přístup do této části je zajištěn dvoukřídlými dveřmi. Úsek naproti dveřím slouží jako multifunkční část vozidla, protože jsou naproti dveřím umístěna dvě opěradla, která slouží například maminkám s kočárky. Tuto multifunkční oblast odděluje jeden schod od části zadní.

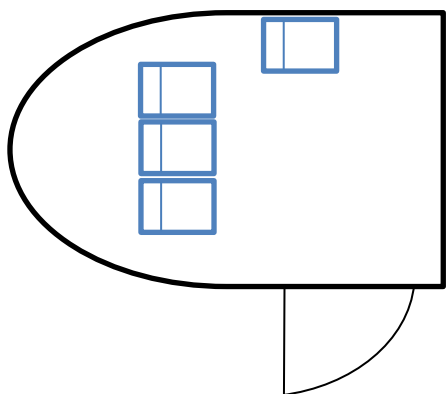


Obrázek 4-33 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig



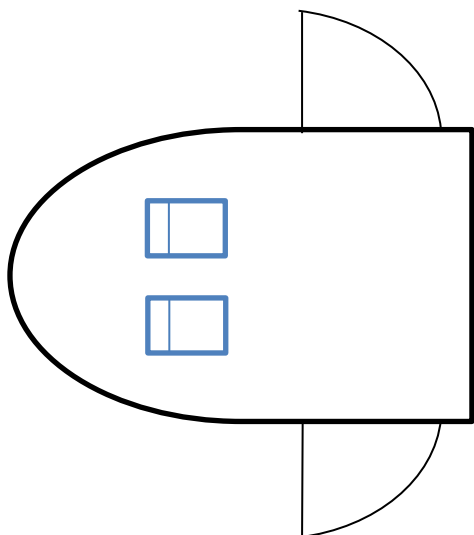
Obrázek 4-34 Uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig[78]

Dalším typem uspořádání sedadel v zadní části posledního článku tramvaje je trojsedadlo v zadní části, samostatné sedadlo orientované ve směru jízdy na jedné straně a jednokřídlé dveře na straně druhé.



Obrázek 4-35 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Solaris Tramino Poznan

Dalším typem modulu zadní části posledního článku tramvaje poskytuje cestujícím pouze dvě místa. Modul je přístupný z obou stran jednokřídlými dveřmi, což poskytuje relativně dostatek místa pro stojící cestující.

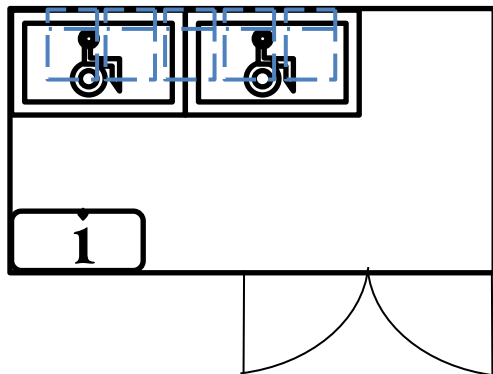


Obrázek 4-36 Schéma uspořádání sedadel v zadní části posledního článku v tramvaji Alstom Citadis 302

4.2.6 Multifunkční modul pro cestující s omezením mobility

Velká váha se přikládá optimalizaci modulu, jenž je určen pro cestující s omezením mobility, ať už se jedná o dočasné omezení mobility (maminky s kočárky, cestující se zavazadly, cyklisté či lidé s berlemi), anebo o trvalé omezení mobility (cestující upoutání na invalidní vozík, senioři, lidé se zrakovým postižením). Proto označení tohoto prostoru jako multifunkční je příhodné, jelikož ve výsledku plní svou funkci všem skupinám cestujících. Modul je uzpůsoben pro převoz lidí s invalidním vozíkem (viz kapitola Prostor pro invalidní vozík) a díky většímu prostoru se hravě vejde i kočárek, kolo, zavazadlo. Pro tyto cestující je většinou stěna přilehlá prostoru pro cestující s omezením mobility vybavena opěradly či sklápěcími sedadly. Tento modul je vždy umístěn v bezprostřední blízkosti dveří. Buď je multifunkční prostor umístěn přímo naproti dveřím nebo jsou dveře po jedné straně či z obou stran.

Velmi prostornou variantou multifunkčního modulu je typ, ve kterém se nachází dvě plochy pro umístění invalidního vozíku. Při stěně je umístěno celkem pět sklápěcích sedadel. Dveře jsou umístěny na každé straně po obou stranách obou ploch a nabízí se spousta prostoru také díky tomu, že naproti prostoru pro invalidní vozíky se nenachází žádná jiná sedadla, pouze automat na lístky a relativně rozsáhlý informační automat na dobíjení karet apod.

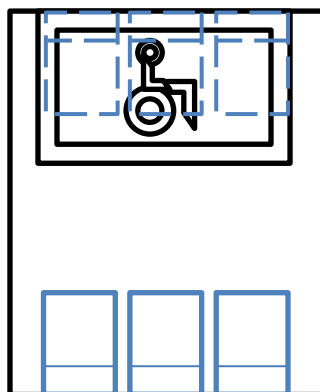


Obrázek 4-37 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Bombardier Flexity Melbourne



Obrázek 4-38 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Bombardier Flexity Melbourne[79]

Další typ multifunkčního modulu disponuje celkem šesti místy k sezení, z toho tři sedadla jsou sklápěcí a nachází se tam prostor pro cestující s invalidním vozíkem. Obě trojsedadla směřují do interiéru. Dveře jsou po obou stranách, nikoli naproti. Přístup do prostoru určený pro invalidní vozík může být relativně složitější vzhledem k přítomnosti svislých madel uprostřed oblasti dveří. Další madla potom ohraničují trojsedadla na každé straně, které by opět mohly zneprůchodit přístup do modulu multifunkčního.

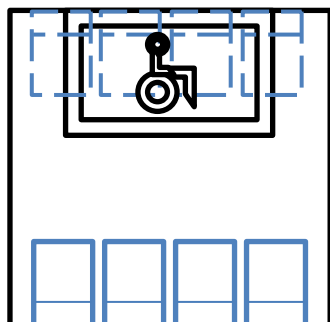


Obrázek 4-39 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis Compact



Obrázek 4-40 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis Compact[80]

Obdobným typem multifunkčního modulu jako je u tramvaje Alstom Citadis Compact je multifunkční modul tramvaje Alstom Citadis x05 pro město Sydney, ve kterém se nachází celkem 8 sedadel a prostor pro cestující s omezenou mobilitou je tak větší. Vždy jsou 4 sedadla na každé straně s tím, že řada, kde se nachází prostor pro vozíčkáře, disponuje sedadly sklápěcími. Dveře jsou na každé straně řady čtyř sedadel z obou stran tramvaje. Stejně jako u typu Citadis Compact by přístup do multifunkčního prostoru mohly znehodnotit svislá madla uprostřed oblasti dveří.

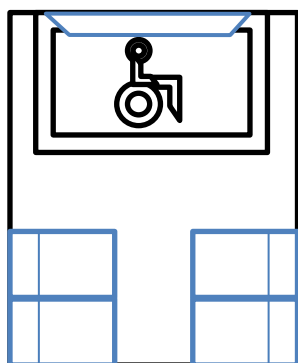


Obrázek 4-41 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis x05

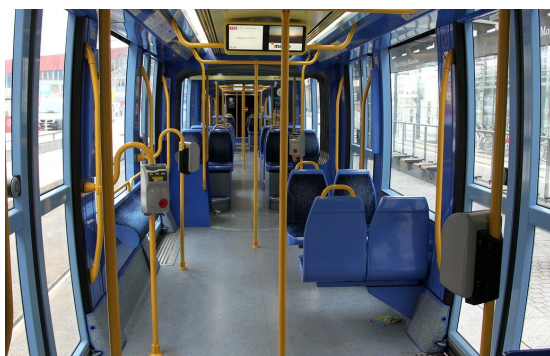


Obrázek 4-42 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis x05[81]

Další možností uspořádání sedadel v multifunkční části tramvajového vozidla se vyznačuje dvěma řadami dvousedadel při jedné straně, které čelí naproti sobě. Na druhé straně vozidla je prostor určený pro invalidní vozík. Pokud tento prostor využívají ostatní cestující, mají k dispozici opěradla. Podobně jako u ostatních modelů firmy Alstom jsou uprostřed oblasti dveří svislá držadla, tentokrát v podobě štíhlé tyče, která zabírá méně místa, přesto může být nepraktická při zdolávání vzdálenosti od dveří do multifunkčního prostoru. Dveře jsou na každé straně vozidla z obou stran multifunkčního prostoru.

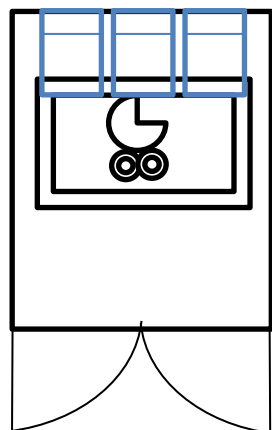


Obrázek 4-43 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis 320



Obrázek 4-44 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Alstom Citadis 320[82]

Další varianta uspořádání sedadel v prostoru multifunkčního modulu přísluší tuzemské pražské tramvaji. Tento typ modulu není určen pro invalidní vozíky, protože nemá příslušné standardizované vybavení (viz kapitolu Prostor pro invalidní vozík). Na jedné straně vozidla jsou tři sedadla směřující do tramvaje a čelící dvoukřídlým dveřím. Tak je zajištěno rychlé a bezpečné usednutí např. maminek s kočárky. Tento multifunkční modul navazuje z jedné strany na modul nadpodvozkové části, kde je zároveň umístěn měch a z druhé strany je doplňkový modul se 6 sedadly.

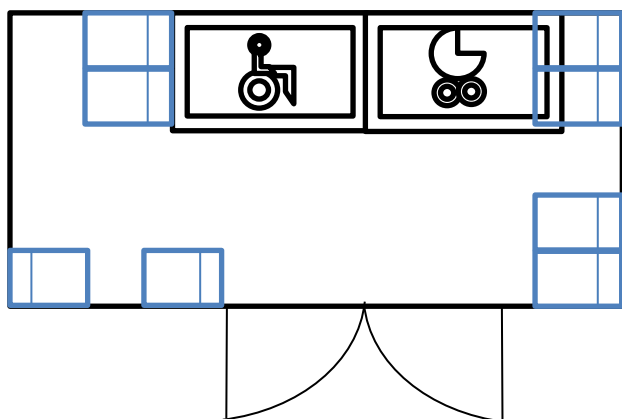


Obrázek 4-45 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji ŠT 15T Praha



Obrázek 4-46 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji ŠT 15T Praha[83]

V tramvaji ForCity 15T Praha musí být alespoň jeden prostor vyhrazený i pro invalidní vozíky. Tento multifunkční modul je navíc doplněn i o prostor navíc pro kočárky, zavazadla, kola, apod. Výhodou je minimalizace madel a tyčí, které by překáželi v snadném nástupu cestujících a jejich pohybu po tramvaji. Navíc je tento prostor pro invalidní vozík a kočárek umístěn přímo naproti dvoukřídlým dveřím. V jednom prostoru pro kočárky je dvousedadlo orientované zády ke směru jízdy. Na druhé straně přes uličku je v prostorách dveří orientované dvousedadlo stejně tak.

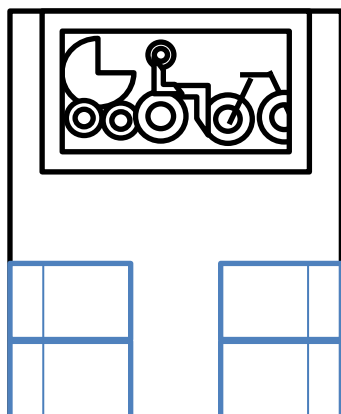


Obrázek 4-47 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ŠT 15T Praha



Obrázek 4-48 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ŠT 15T Praha[84]

Dalším produktem tamější firmy Škoda Transportation je tramvaj ForCity Classic 26T, jejíž multifunkční modul nabízí kromě prostoru pro invalidní vozík, který je zároveň prostorem pro kočárky, cyklisty, apod., čtyři místa k sezení. Toto sezení je ve dvou řadách dvousedadel, která čelí naproti sobě. Tento multifunkční modul působí a je velice prostorný, protože z obou stran je ohraničený moduly dveří, kde jsou dveře dvoukřídlé a po obou stranách vozidla. Oba moduly dveří potom navazují na měchy a uzavírají tak tento multifunkční článek jako takový.

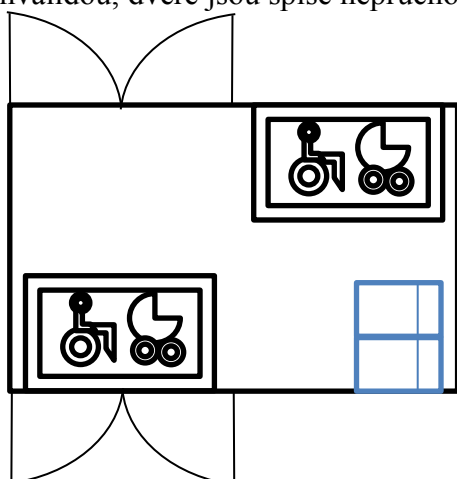


Obrázek 4-49 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 26T (Miskolc)

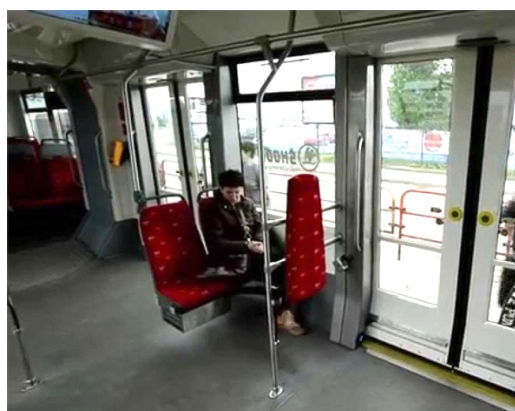


Obrázek 4-50 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 26T (Miskolc)

Další z variant uspořádání sedadel a prostorů vyhrazeného pro invalidní vozíky v rámci multifunkčního modulu je typ obousměrné tramvaje ForCity Plus 30T, kde jsou celkem dvě místa pro invalidní vozíky. Jeden z vozíků je umístěn při jedné straně vozidla a na straně druhé je dvousedadlo. Tento prostor je ohraničen moduly dvoukřídlých dveří z obou stran. Nestandardně je druhé místo pro invalidní vozík umístěno ve dveřích, proto když je toto místo využíváno invalidou, dveře jsou spíše neprůchodné.

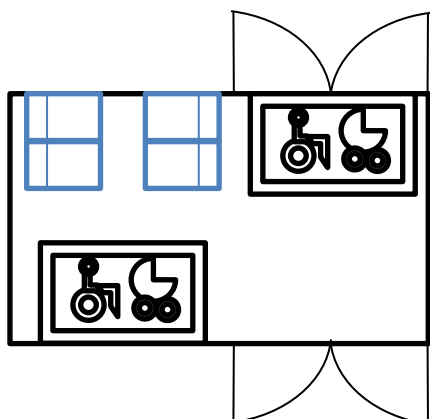


Obrázek 4-51 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v obousměrné tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)



Obrázek 4-52 Uspořádání sedadel v multifunkční části v obousměrné tramvaji ForCity Plus 30T (Bratislava)[86]

Škoda Transportation kromě tramvaje ForCity Plus 30T vyrábí tu samou tramvaj, pouze ale jednosměrnou, která se označuje ForCity Plus 29T. V tomto případě je prostor pro vozíky či kočárky, apod. umístěn při jedné straně a na druhé straně se nachází dvě řady dvousedadel čelící si naproti sobě. Tento multifunkční prostor je ohraničen moduly dvoukřídlých dveří na jedné straně. V prvním případě jsou naproti dveřím dvě řady dvousedadel ve směru jízdy a naproti druhým dveřím je další prostor pro cestující s omezením mobility, tzn. prostor pro invalidní vozík, kočárek, kolo, zavazadla, atd.

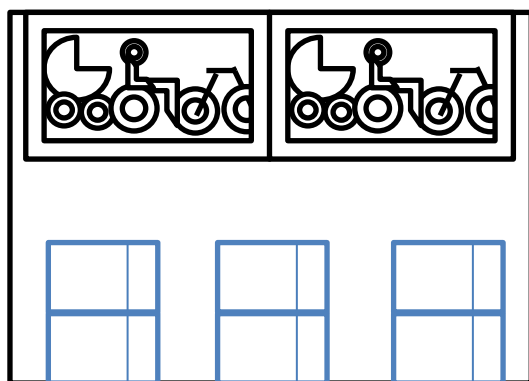


Obrázek 4-53 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v jednosměrné tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)

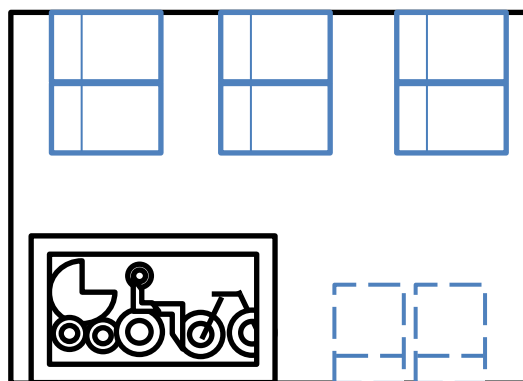


Obrázek 4-54 Uspořádání sedadel v multifunkční části v jednosměrné tramvaji ForCity Plus 29T (Bratislava)[87]

Dalším typem multifunkčního modulu je prostor, ve kterém se nachází dvě multifunkční místa ať už pro invalidní vozík, kočárek či kolo. Obě jsou při jedné straně vozidla a na druhé straně přes uličku jsou tři řady dvousedadel ve směru jízdy. Tento multifunkční modul navazuje z každé strany na modul dvoukřídlých dveří, které jsou umístěny na obou stranách vozidla. Alternativou je uspořádání, ve kterém se pouze nahradí jedno multifunkční místo dvěma sklápěcími sedadly. Tak je k dispozici více míst k sezení pro běžné cestující bez omezení, kterých je většina.

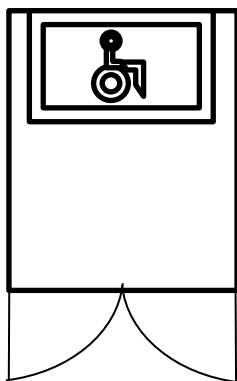


Obrázek 4-55 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 28T (Konya)



Obrázek 4-56 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji ForCity Classic 28T (Konya)

Dalším typem multifunkčního modulu je prostor, ve kterém je místo pro invalidní vozík umístěno přímo naproti dvoukřídlým dveřím. Nic dalšího v modulu není. Tento multifunkční modul v případě tramvaje Siemens Avenio Haag navazuje z jedné strany na modul měchu a z druhé strany na nadpodvozkový modul a v případě tramvaje Siemens ULF Vídeň navazuje na měch a kabinu řidiče.

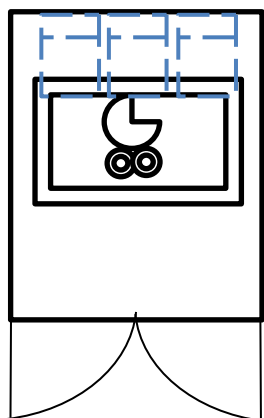


Obrázek 4-57 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Siemens Avenio (Haag) a Siemens ULF (Viedeň)

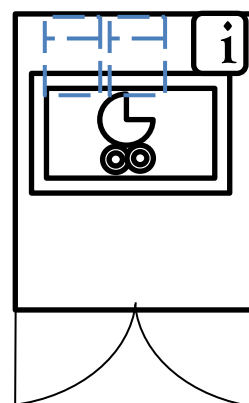


Obrázek 4-58 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Siemens Avenio (Haag)[88]

V interiéru tramvaje Siemens Avenio se dále vyskytuje typ multifunkčního modulu, který ale není vybaven pro potřeby lidí upoutaných na invalidní vozík. Slouží jen kočárkům, zavazadlům, cyklistům, apod. V prvním případě jsou v prostoru umístěny tři sklopná sedadla a v druhém případě dvě sklopná sedadla kvůli tomu, že je zde ještě navíc umístěn automat.

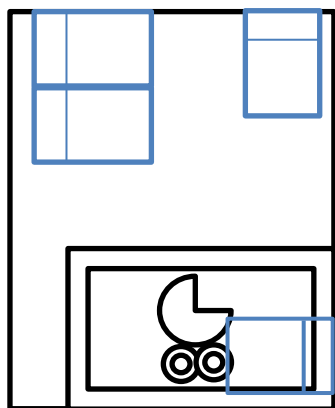


Obrázek 4-59 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens Avenio (Haag) – verze 3 sedadel



Obrázek 4-60 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens Avenio (Haag) – verze 2 sedadel

Další typ multifunkčního modulu je typický pro tramvaj Siemens ULF Vídeň. V tramvaji se kromě multifunkčního prostoru pro invalidní vozíky nachází multifunkční prostor pro kočárky, seniory a obecně pro lidi s omezenou mobilitou. V tomto modulu je na jedné straně vozidla samostatné sedadlo zády ke směru jízdy s dostatkem prostoru pro kočárek, apod. Na druhé straně vozidla je dvousedadlo orientované ve směru jízdy a samostatné sedadlo směřované do středu tramvaje.

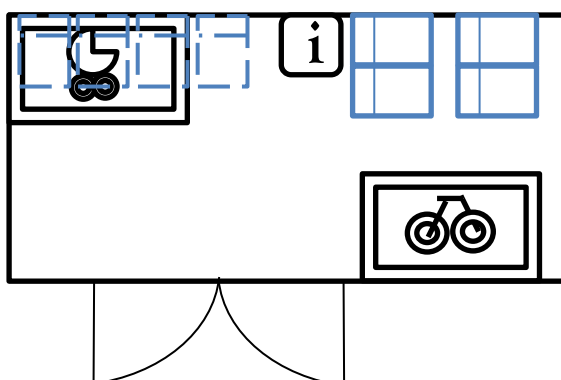


Obrázek 4-61 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens ULF (Viedeň)



Obrázek 4-62 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Siemens ULF (Viedeň)[74]

Další typ multifunkčního modulu nabízí osm míst k sezení, z toho čtyři jsou sklápěcí sedadla, u kterých je jeden multifunkční prostor pro cestující s omezenou mobilitou bez vybavení pro invalidní vozíky. Toto multifunkční místo je umístěno přímo naproti dveřím. Zbylá čtyři sedadla jsou umístěna ve dvou řadách za sebou a jsou ve směru jízdy. Naproti těmto sedadlům je další multifunkční prostor, který poskytuje prostor například pro cyklisty s koly. V tomto prostoru totiž nejsou žádná sklápěcí sedadla či opěradla. V prostoru se nachází automat na lístky a dobíjení karet.

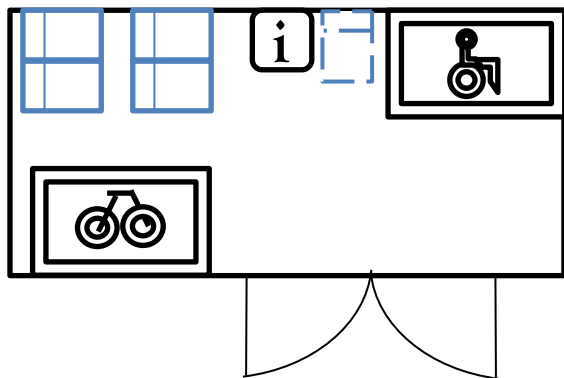


Obrázek 4-63 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Solaris Tramino Poznan



Obrázek 4-64 Uspořádání sedadel v multifunkční části (výjimka invalidní vozík) v tramvaji Solaris Tramino Poznan[89]

Další varianta uspořádání sedadel a multifunkčních míst v rámci multifunkčního modulu disponuje pěti místy k sezení, z toho jedno sedadlo je sklápěcí. Jedná se o dvousedadla umístěných ve dvou řadách ve směru jízdy. Mezi těmito sedadly a sklápěcím sedadlem je umístěn automat na lístky a dobíjení karet. Naproti dvou řadám sedadel je multifunkční prostor, který je určen například pro cyklisty a není zde k dispozici žádné opěradlo. Multifunkční prostor pro invalidní vozík je umístěn přímo naproti dvoukřídlovým dveřím a vedle něj je umístěno zmíněné sklápěcí sedadlo, které funguje jako vyhrazené sedadlo pro seniory, doprovody invalidů či lidi zrakově postižené, apod., a to díky větším rozměrům a dostupností přímo u dveří.

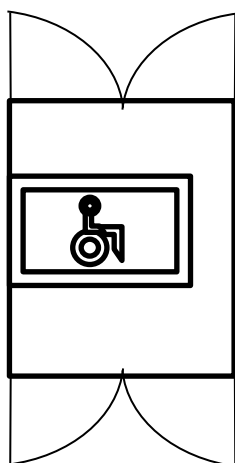


Obrázek 4-65 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Poznan



Obrázek 4-66 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Poznan[89]

Další typ multifunkčního modulu nabízí jen jedno multifunkční místo pro invalidní vozíky. Je přístupné z obou stran dvoukřídlými dveřmi a navazuje na modul kabiny řidiče a nadpodvozkový modul. Tento modul se nachází v tramvajích Solaris Tramino Poznan a Olsztyn, které jsou obousměrné. Solaris Tramino Braunschweig je tramvaj jednosměrná, proto jedinou modifikací multifunkčního modulu je, že se zde nachází jen jedny dveře.

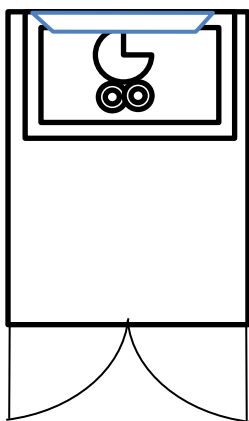


Obrázek 4-67 Schéma multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Jena a Solaris Tramino Olsztyn



Obrázek 4-68 Multifunkční část v tramvaji Solaris Tramino Jena[90]

Další multifunkční modul není vybaven příslušenstvím pro invalidní vozíky. Tento prostor je proto určen pro kočárky, cestující se zavazadly, apod. Nachází se zde jen jedno multifunkční místo, které je umístěno přímo naproti dveřím a jsou zde umístěna opěradla pro větší pohodlí.

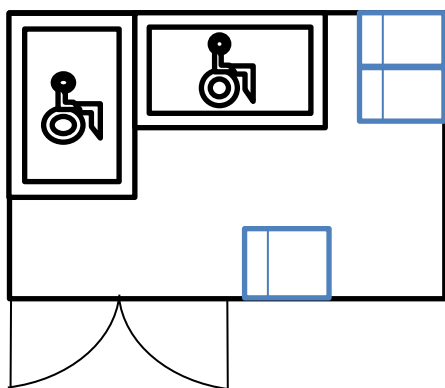


Obrázek 4-69 Schéma multifunkční části v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig



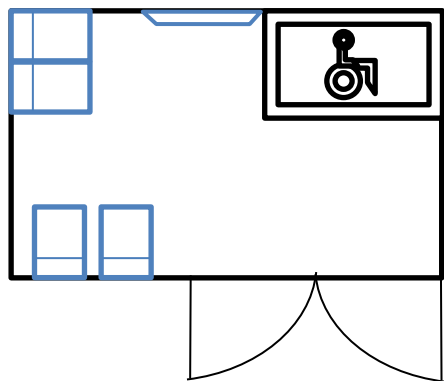
Obrázek 4-70 Multifunkční část v tramvaji Solaris Tramino Braunschweig[78]

Další typ uspořádání sedadel a multifunkčních míst zejména pro lidi s omezenou mobilitou v multifunkčním modulu poskytuje jedno vyhrazené sedadlo, dvousedadlo a dvě místa pro invalidní vozík, která jsou umístěna přímo naproti dvoukřídlým dveřím. Modul navazuje z jedné strany na měch, z druhé strany na modul dveří. Na straně měchu se nachází multifunkční místa pro invalidní vozíky, přičemž jedno je orientováno kolmo k ose jízdy a druhé zády podélně ke směru jízdy. Na opačné straně vozidla se nachází vyhrazené sedadlo širších rozměrů pro seniory, nevidomé lidi, apod. Naproti, vedle podélně umístěného multifunkčního místa, se nachází dvousedadlo.



Obrázek 4-71 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Stadler Tango

V dalším multifunkčním modulu se nachází multifunkční místo pro invalidní vozík přímo naproti dvoukřídlým dveřím. Vedle místa pro vozík jsou opěradla například pro maminky s kočárky apod. a dvousedadlo orientované ve směru jízdy. Na druhé straně vozidla, naproti dvousedadla a zároveň vedle dvoukřídlých dveří, se nachází dvě samostatná sedadla orientovaná směrem do vozidla.



Obrázek 4-72 Schéma uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Pragoimex EV01



Obrázek 4-73 Uspořádání sedadel v multifunkční části v tramvaji Pragoimex EV01

5 Multikriteriální analýza

Multikriteriální analýza je způsob rozhodování mezi několika alternativami, přičemž výsledkem analýzy je nalezení pouze jediné optimální alternativy. Předpoklad pro multikriteriální analýzu je posuzování alternativ dle několika kritérií.

5.1 Multikriteriální analýza: nalezení optimálního typu tramvaje pro cestující

V tomto konkrétním případě jsou za alternativy považované různé typy interiérů tramvají a kritéria jsou vlastnosti, které u daných alternativ posuzujeme. Každému kritériu je přiřazena váha, která vyjadřuje důležitost jednotlivých kritérií vzhledem k ostatním. [92]

5.1.1 Definování alternativ

V prvním kroku se identifikují alternativy, mezi kterými se bude rozhodovat o nejlepší variantě. Alternativy tvoří interiéry tramvají a snahou je zvolit ergonomicky nejoptimálnější koncept interiéru pro cestující. Všechny typy tramvají včetně jejich výrobců jsou stručně popsány v kapitole Přehled tramvají.

Alstom	Siemens
Citadis 302	Avenio Haag
Citadis Compact	ULF
Citadis X05	Stadler
Bombardier	Tango
Flexity Melbourne	Solaris Tramino
Škoda Transportation	ST S110b Braunschweig
ForCity Alfa 15T	ST S109j Jena
ForCity Plus 29T	ST S111o Olsztyn
ForCity Plus 30T	ST S105p Poznan
ForCity Classic 26T	TW Team
ForCity Classic 28T	EVO1

Tabulka 5-1 Přehled tramvají pro multikriteriální analýzu

5.1.2 Definování kritérií

V dalším kroku se definují kritéria, podle kterých se bude rozhodovat o ergonomicky nejlepším interiéru tramvaje. Jelikož jsou zdrojem pro měření pouze půdorysné výkresy tramvají, počet limitujících parametrů je značně omezen. Kritéria je možné rozdělit do několika kategorií, jako například dostatek prostoru pro stojící cestující a sedící cestující, nízkopodlažnost tramvají, pohodlí při nastupování a vystupování, pohodlí za jízdy v sedadlech či uličkách, a dále kritéria zabývající se multifunkčními místy a vyhrazenými sedadly. Celkový přehled kritérií je uveden v Tabulka 5-2. Existují různé typy kritérií, například rozlišujeme kritéria dle povahy: [92]

- Kritéria maximalizační – během analýzy se vychází z předpokladu, že vyšší hodnota kritéria je žádoucí. Do této skupiny patří například šířka uličky, velikost sedadel, velikost dostupné plochy pro cestující, apod.

- Kritéria minimalizační – na rozdíl od maximalizačních kritérií je v tomto případě nižší hodnota žádoucí. Do této skupiny patří například vzdálenost multifunkčních míst či vyhrazených sedadel od dveří.

V rámci multikriteriální analýzy je nutné převést kritéria na jeden typ povahy kritérií. Většinou se převádí kritéria z minimalizačních na maximalizační. Tento převod může být učiněn tak, že zvolíme nejvyšší hodnotu jako základ a ostatní od ní odečteme. [93]

Dále se kritéria dělí podle jejich kvantifikovatelnosti:[92]

- Kritéria kvantitativní – kritéria vyjádřena číselnou hodnotou
- Kritéria kvalitativní – kritéria vyjádřena slovně

Kritéria, podle kterých se rozhoduje o ergonomicky optimální variantě konceptu interiéru tramvaje, jsou následující:

Seznam kritérií
Dostupnost multifunkčních prostorů pro cestující
Dostupnost vyhrazených sedadel pro cestující
Nízkopodlažnost vozidla
Prostor pro kolena při sedu
Prostor pro kolena při sedu (2 osoby naproti sobě)
Prostor pro sedící cestující
Prostor pro stojící cestující
Přístup k multifunkčním prostorům
Přístup k vyhrazenému sedadlu
Šířka sedadla
Šířka uličky
Vytíženost dveří při nástupu a výstupu
Využitelnost multifunkčních míst
Využitelnost vyhrazeného sedadla

Tabulka 5-2 Přehled kritérií multifunkční analýzy

- 1) **Prostor pro stojící cestující [%]** – kritérium, které udává, kolik procent celkové plochy tramvajového vozidla tvoří plocha pro stojící cestující. K tomu je zapotřebí naměřit celkovou plochu pro cestující a dále plochu určenou pouze pro stání. Dle ergonomických normativů se nezapočítávají multifunkční plochy, plochy menší než obdélník 300x400 mm, plocha schodů či 300 mm před sedadly a 225 mm před bočně orientovanými sedadly. Pokud je již naměřená plocha pro stojící cestující, je možné určit kapacitu stojících cestujících v tramvajovém vozidle. Kapacita se většinou uvádí ve dvou stavech, a to v případě běžného provozu, kdy 4 osoby připadají na 1 m² v tramvaji a stav dopravní špičky, kdy se standardně počítá se 6 osobami na 1m².
- 2) **Prostor pro sedící cestující [%]** – kritérium, které udává, kolik procent celkové plochy tramvajového vozidla tvoří plocha pro sedící cestující. K tomu je nutné naměřit celkovou plochu a čistě plochu pro sedící cestující, kde musíme dbát na to, abychom před každým sedadlem započítali minimálně 300 mm a 225 mm, pokud je orientované bočně ke směru jízdy.

V případě, že je naměřena plocha určená pro sedící a stojící cestující, je možné zjistit celkovou využitelnou plochu pro cestující. Ta může být dalším porovnávacím faktorem jednotlivých tramvajových interiérů. Stejně tak součet počtu sedadel (kapacita pro sedící cestující) a kapacity pro stojící cestující dopočtenou z plochy vymezené ke stání, je možné považovat za kritérium.

- 3) **Nízkopodlažnost [%]** – kritérium, které udává, kolik procent celkové plochy tramvajového vozidla tvoří nízká podlaha. K získání hodnoty tohoto kritéria je nutné naměřit plochy s nízkou podlahou a vztáhnout ji k celkové ploše.
- 4) **Vytíženost dveří při nástupu a výstupu [mm/kapacita]** – k určení hodnoty tohoto kritéria je nutné spočítat dveře jednokřídlé i dvoukřídlé na jedné straně vozidla a naměřit jejich šířku v mm. Tímto kritériem se obecně zjišťuje, zda je k dispozici dostatek dveří vzhledem k počtu cestujících tak, aby byl umožněn co nejrychlejší a nej pohodlnější nástup a výstup. Aby byly výsledky porovnatelné, hodnota tohoto kritéria je rovna celkové šířce všech dveří v mm na jedné straně vozidla ku celkové kapacitě vozidla, tzn. kolik mm šířky dveří připadne jednomu cestujícímu.

Další skupina kritérií se týká pohodlí cestujícího při jízdě v tramvaji. Je nutné zajistit pohodlí a s tím i bezpečnost jednotlivých prvků uvnitř tramvaje, se kterými jak sedící, tak stojící cestující přijdou do kontaktu. Na základě toho, že jsou k dispozici pouze půdorysné výkresy tramvají, je možné měřit jen zlomek prvků uvnitř interiéru, které se týkají ergonomické optimalizace prostoru cestujících. Například není možné posoudit madla a tyče, informační obrazovky, schody, materiál sedadel, apod.

- 5) **Šířka uličky [mm]** – kritérium, jehož hodnota je šířka nejužšího místa uličky v mm. Dle ergonomických parametrů je minimální šířka uličky 800 mm.
- 6) **Šířka sedadla [mm]** – kritérium, jehož hodnota je šířka sedadla v mm. Dle ergonomických parametrů je minimální šířka sedadla 400 mm.
- 7) **Prostor pro kolena [mm]** – kritérium, které udává vzdálenost hrany sedáku od opěradla sedadla před ním v mm. Dle ergonomických parametrů je minimální prostor pro kolena 280 mm.
- 8) **Prostor pro kolena (2 osoby naproti sobě) [mm]** – kritérium, které udává vzdálenost v mm mezi hrany sedáků dvou sedadel, které jsou orientovány čelem k sobě. Cestující tyto čtyřsedadla neshledávají příliš oblíbenými, jelikož tam dochází ke kontaktu s dalšími cestujícími. V případě, že je prostor příliš malý, mohou se dotýkat kolena. Dle ergonomických parametrů je minimální prostor pro kolena 500 mm.

Další skupina kritérií souvisí s multifunkčními prostory, které jsou určeny pro cestující s omezením mobility.

- 9) **Dostupnost multifunkčních míst [mm²/kapacita]** – k určení hodnoty tohoto kritéria je zapotřebí zjistit počet multifunkčních míst a velikost jejich ploch. Z těchto parametrů je možné zjistit počet osob, který připadá na jedno multifunkční místo. Aby se dosáhlo přesnější hodnoty porovnávaného kritéria, spočítá se celková plocha všech multifunkčních

míst v tramvaji a vztáhne se k celkové kapacitě tramvaje, tj. maximální možný počet osob v tramvaji.

- 10) **Přístup k multifunkčním prostorům [mm]** – kritérium, které tvoří délka trasy v mm, kterou musí překonat cestující s omezením mobility do středu plochy multifunkčního prostoru od dveří. K ujednocení měření tohoto kritéria jsou vzdálenosti měřeny vždy po osách.
- 11) **Využitelnost multifunkčních míst [-]** – jedná se o kvalitativní kritérium, jehož hodnota je vyjádřena slovně a bude nutné ji převést na kvantitativní charakter kritéria. Využitelnost může být buď nízká, střední, vysoká a velmi vysoká. Pokud je univerzálnost multifunkčních míst nízká, nachází se v něm běžná sedadla, která zaujímají značnou část plochy. Střední využitelnost multifunkčních míst znamená, že jsou vybavena standardně jen madly a tyčemi. Pokud je využitelnost vysoká, v prostoru se nachází opěradla, například pro maminky dohlížející na kočárek s dítětem. Velmi vysoká využitelnost multifunkčního prostoru znamená, že se v prostoru nachází sklopná sedadla. Tím může být prostor využíván běžnými cestujícími, pokud zrovna nejsou přítomni cestující s omezenou mobilitou.

Další skupinu tvoří kritéria související s vyhrazenými sedadly pro cestující s omezením mobility.

- 12) **Dostupnost vyhrazených sedadel [mm/kapacita]** – k určení hodnoty tohoto kritéria je zapotřebí zjistit počet vyhrazených sedadel a šířku jejich sedáku. Z těchto parametrů je možné zjistit počet osob, který připadá na jedno vyhrazené sedadlo. Aby se dosáhlo přesnější hodnoty porovnávaného kritéria, spočítá se celková šířka všech vyhrazených sedadel v tramvaji a vztáhne se k celkové kapacitě tramvaje, tj. maximální možný počet osob v tramvaji. Je nutné také dbát na to, že dle normy je minimální šířka sedáku 440 mm.
- 13) **Přístup k vyhrazeným sedadlům [mm]** – kritérium, které tvoří délka trasy v mm, kterou musí překonat cestující s omezením mobility k vyhrazenému místu od dveří. K ujednocení měření tohoto kritéria jsou vzdálenosti měřeny vždy po osách.
- 14) **Využitelnost vyhrazených sedadel [-]** – jedná se o kvalitativní kritérium, jehož hodnota je vyjádřena slovně a bude nutné ji převést na kvantitativní charakter kritéria. Využitelnost může být buď nízká, střední anebo vysoká. Pokud je využitelnost vyhrazených sedadel vysoká, sedadlo může být využíváno i kočárky. Střední využitelnost vyhrazených sedadel znamená, že prostoru pro kočárky by nebylo dostatek, ale stačí i pro vodícího psa v bezprostřední blízkosti sedadla. Pokud je využitelnost nízká, ani kočárek a ani vodící pes nevidomých se do prostoru nevejde. Nízká využitelnost je tedy určena převážně jen pro seniory.

5.1.3 Stanovení vah kritérií

Existuje několik metod ke stanovení vah kritérií jako například metoda pořadí, metoda bodování a metody párového porovnání. Všechny jsou založeny na subjektivním posouzení o tom, která kritéria jsou zásadní a která méně. Vyhnout se subjektivitě při stanovování vah kritérií byl vytvořen dotazník, přičemž bylo dotazováno 275 respondentů různých věkových skupin. Součástí dotazníku jsou čtyři matice, ve kterých jsou uvedeny jednotlivá kritéria, která respondenti hodnotili na stupnici od 1-5 podle toho, v jaké míře ovlivňují kritéria jejich pohodlí v tramvajových vozidlech nebo co považují za méně či více důležité. Dotazník byl vytvořen

pomocí Google Docs a rozeslán na sociální síti Facebook, přičemž se jednalo o respondenty různých věkových skupin převážně z plzeňského kraje.

1) Prosím uveďte, v jaké míře ovlivňují následující faktory vaše pohodlí v MHD.

V první části dotazníku byli respondenti požádáni, aby ohodnotili, v jaké míře ovlivňují daná kritéria jejich pohodlí v MHD. Tyto kritéria jsou: Dostatek volného prostoru pro stojící cestující; dostatek míst k sezení; nízkopodlažnost/bezbariérovost; pohodlí a dostatek místa při nastupování/vystupování; pohodlnost sedadel, prostorná ulička, prostor pro kolena, atd.; dostupnost vyhrazených míst pro invalidní vozíky, kočárky, kola, atd.; dostupnost vyhrazených sedadel pro seniory, cestující se zavazadly, atd.

Kritérium týkající se pohodlí sedadel apod., multifunkčních míst a vyhrazených sedadel byly v této části hodnoceny jako celek. V dalších sekcích dotazníku jsou hodnoceny individuálně a detailněji.

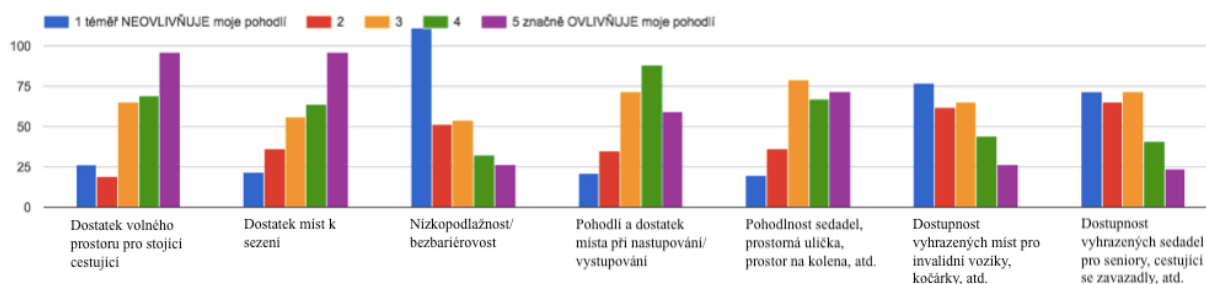
Prosím uveďte, v jaké míře ovlivňují následující faktory vaše pohodlí v MHD. *

	1 téměř NEOVLIVŇUJE moje pohodlí	2	3	4	5 značně OVLIVŇUJE moje pohodlí
Dostatek volného prostoru pro stojící cestující	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dostatek míst k sezení	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nízkopodlažnost/bezbariérovost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pohodlí a dost místa při nastupování/vystupování	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pohodlnost sedadel, prostorná ulička, prostor na kolena, atd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dostupnost vyhrazených míst pro invalidní vozíky, kočárky, kola, atd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dostupnost vyhrazených sedadel pro seniory, cestující se zavazadly, atd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 5-1 První část dotazníku

Ze získaných dat je nutné stanovit váhy. U každého kritéria se vynásobí počet respondentů, kteří volili určité číslo ze stupnice 1-5, s tímto konkrétním číslem ze stupnice. Součiny počtu respondentů s číslem ze stupnice se u každého kritéria sečtou. Z těchto součtů pro každé kritérium se spočítá celková suma a každý součet pro každé kritérium se vydělí touto celkovou sumou. Tím získáme váhu kritéria. Pro kontrolu by se suma všech vah kritérií měla rovnat 1.

Prosím uveďte, v jaké míře ovlivňují následující faktory vaše pohodlí v MHD.



Graf 5-1 Hodnocení první části dotazníku

kritéria	neovlivňuje					ovlivňuje					resp. body	váha	pořadí
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Dostatek volného prostoru pro stojící cestující	26	19	65	69	96	275	1015	0,170	1				
Dostatek míst k sezení	22	36	56	64	97	275	1003	0,168	2				
Nízkopodlažnost/bezbariérovost	112	51	54	32	26	275	634	0,106	7				
Pohodlí a dostatek místa při nastupování/vystupování	21	35	72	88	59	275	954	0,160	4				
Pohodlnost sedadel, prostorná ulička, prostor na kolena atd.	20	36	80	67	72	275	960	0,161	3				
Dostupnost vyhrazených míst pro invalidní vozíky, kočárky, kola, atd.	77	62	66	44	26	275	705	0,118	5				
Dostupnost vyhrazených sedadel pro seniory, cestující se zavazadly, atd.	72	65	73	41	24	275	705	0,118	5				

Tabulka 5-3 Nasbíraná data k první části dotazníku

Z nasbíraných dat první sekce dotazníku je zřejmé, že cestujícím nejvíce záleží na tom, zda mají dostatek volného prostoru pro stání, tzn. zda interiér působí otevřeně a prostorně. Pro toto kritérium hodnotilo 96 respondentů, že dostatek volného prostoru pro stání značně ovlivňuje jejich pohodlí v MHD. Pouze 26 respondentů z 275 uvedlo, že tento faktor jejich pohodlí neovlivňuje.

Další kritérium, které značně ovlivňuje pohodlí cestujících je dostatek míst k sezení. Celkem 97 respondentů uvedlo, že mít k dispozici místo k sezení značně ovlivňuje jejich pohodlí v MHD a pouze 22 respondentů uvedlo, že toto kritérium jejich pohodlí neovlivňuje.

Třetí kritérium, které je důležité pro cestující v tramvajích je pohodlnost sedadel, prostorná ulička, prostor na kolena apod. V tomto případě 72 respondentů uvedlo, že tento faktor značně ovlivňuje jejich pohodlí v MHD a naopak pouze 20 respondentů uvedlo, že toto kritérium neovlivňuje jejich pohodlí.

U dalšího kritéria, které se týká pohodlí při nastupování a vystupování, uvedlo 59 respondentů, že pohodlí při výstupu a nástupu značně ovlivňuje jejich pohodlí a 21 lidí uvedlo, že toto téměř neovlivňuje jejich pohodlí.

Zbylá kritéria byla hodnocena tak, že počet respondentů, kteří tvrdí, že kritérium téměř neovlivňuje jejich pohodlí v MHD, převyšuje nad počtem respondentů, kteří tvrdí, že dané kritérium značně ovlivňuje jejich pohodlí v MHD. Všechna tato kritéria se týkají méně početnějších skupin cestujících, jejichž mobilita je nějak omezená. Jedná se o multifunkční prostory, prostory s vyhrazenými sedadly a celkově o nízkopodlažnost. U nízkopodlažnosti

uvedlo dokonce 112 respondentů, že toto kritérium téměř neovlivňuje jejich pohodlí, a má proto nejmenší váhu.

2) Ohodnot'te prosím, v jaké míře ovlivňují následující kritéria vaše pohodlí v MHD.

V druhé sekci dotazníku je detailněji rozebrána skupina kritérií spadající do skupiny „Pohodlnost sedadel, prostorná ulička, prostor pro kolena, atd.“, která byla hodnocena v první části dotazníku. Váha této skupiny činí 0,161 z 1. Tato kategorie kritérií se dále rozpadá na kritéria: šířka uličky, šířka sedadla, prostor pro kolena, prostor pro kolena ve čtyřsedadle (2 osoby naproti sobě). Dle separátního vyhodnocení vah pro tyto kritéria se dle správného poměru přiřadí váhy, jejichž suma bude činit 0,161 vůči celku.

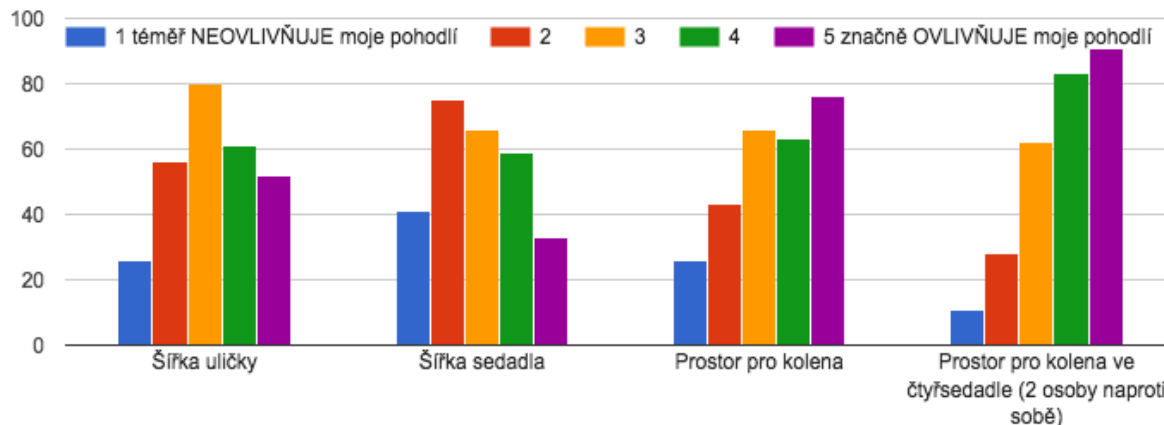
Ohodno'tte prosím, v jaké míře ovlivňují následující kritéria vaše pohodlí v MHD. *

	1 téměř NEOVLIVŇUJE moje pohodlí	2	3	4	5 značně OVLIVŇUJE moje pohodlí
Šířka uličky	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Šířka sedadla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prostor pro kolena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prostor pro kolena ve čtyřsedadle (2 osoby naproti sobě)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 5-2 Druhá část dotazníku

V tomto případě se vyhodnocovaly dvě různé váhy pro každé kritérium. Nejdříve se vyhodnotily váhy v rámci této skupiny čtyř kritérií stejným způsobem jako v první části dotazníku, tzn. součet těchto čtyř vah je 1. Dle tohoto separátního vyhodnocení vah pro tato kritéria se dále přiřadily váhy vůči celku (tzn. vůči všem zbylým kritériím v první sekci dotazníku) ve správném poměru tak, aby jejich součet byl 0,161.

Ohodnoťte prosím, v jaké míře ovlivňují následující kritéria vaše pohodlí v MHD.



Graf 5-2 Hodnocení druhé části dotazníku

kritéria	neovlivňuje					ovlivňuje					váha celk.
	1	2	3	4	5	resp.	body	wáha	pořadí		
Šířka uličky	26	56	80	61	52	275	882	0,241	3	0,039	
Šířka sedadla	41	75	67	59	33	275	793	0,217	4	0,035	
Prostor pro kolena	26	43	67	63	76	275	945	0,258	2	0,041	
Prostor pro kolena ve čtyřsedadle (2 osoby naproti sobě)	11	28	62	83	91	275	1040	0,284	1	0,046	
										0,161	

Tabulka 5-4 Nasbíraná data k druhé části dotazníku

Z výsledků druhé části dotazníků vyšlo najevo, že cestující přikládají největší váhu tomu, aby měli dostatek prostoru pro kolena v případě, kdy jejich sedadlo čelí sedadlu jinému a musí tak prostor pro kolena sdílet s dalším cestujícím. 91 respondentů hodnotilo toto kritérium jako to, které ovlivňuje značně jejich pohodlí v tramvajích. Pouze 11 respondentů hodnotilo toto kritérium naopak.

Dalším důležitým faktorem pro cestující je dostatek prostoru pro kolena mezi klasickými za sebou řazenými sedadly. Zde hodnotilo 76 respondentů toto kritérium jako značně ovlivňující pohodlí a 26 jako kritérium bez vlivu na jejich pohodlí v MHD.

Jako další se umístila šířka uličky, kde 52 respondentů uvedlo, že tento parametr má značný vliv na jejich pohodlí v tramvajích a 26 respondentů toto kritérium nepovažuje za důležité.

Jako poslední se umístila šířka sedadla, kde počet respondentů, kteří uvedli, že tento parametr nemá na jejich pohodlí v MHD téměř vliv, převyšuje počtu respondentů, kteří uvedli, že šířka sedadla má značný vliv na pohodlí v MHD. Tato čísla jsou 41:33 respondentů.

3) Multifunkční prostory: Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější.

Ve třetí sekci dotazníku je detailněji rozebrána skupina kritérií spadající do kategorie „Dostupnost vyhrazených míst pro invalidní vozíky, kočárky, kola, atd.“, která byla hodnocena

v první části dotazníku. Váha této skupiny činí 0,118 z 1. Tato kategorie kritérií se dále rozpadá na kritéria: dostatečné množství míst pro invalidní vozíky, kočárky, apod.; snadný přístup pro invalidní vozíky, kočárky, apod.; univerzálnost využití těchto vyhrazených míst (přítomnost sklápěných sedadel, opěradel, atd.). Dle separátního vyhodnocení vah pro tyto kritéria se dle správného poměru přiřadí váhy, jejichž suma bude činit 0,118 vůči celku.

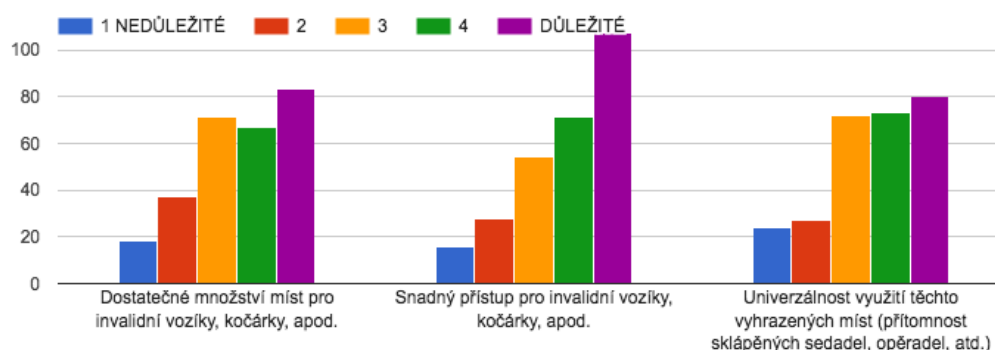
Multifunkční prostory: Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější. *

	1 NEDŮLEŽITÉ	2	3	4	DŮLEŽITÉ
Dostatečné množství míst pro invalidní vozíky, kočárky, apod.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Snadný přístup pro invalidní vozíky, kočárky, apod.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Univerzálnost využití těchto vyhrazených míst (přítomnost sklápěných sedadel, opěradel, atd.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 5-3 Třetí část dotazníku

Stejně jako v druhé části dotazníku se i v tomto případě vyhodnocovaly dvě různé váhy pro každé kritérium. Nejdříve se vyhodnotily váhy v rámci této skupiny tří kritérií stejným způsobem jako v první části dotazníku, tzn. součet těchto tří vah je 1. Dle tohoto separátního vyhodnocení vah pro tyto kritéria se dále přiřadily váhy vůči celku (tzn. vůči všem zbylým kritériím v první sekci dotazníku) ve správném poměru tak, aby jejich součet byl 0,118.

Multifunkční prostory: Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější.



Graf 5-3 Hodnocení třetí části dotazníku

kritéria	nedůležité					důležité					váha celk.
	1	2	3	4	5	resp. body	váha	pořadí			
Dostatečné množství míst pro invalidní vozíky, kočárky, atd.	18	37	70	67	83	275	985	0,326	2	0,039	
Snadný přístup pro invalidní vozíky, kočárky, apod.	16	28	53	71	107	275	1050	0,348	1	0,041	
Univerzálnost využití těchto vyhrazených míst	24	27	71	73	80	275	983	0,326	3	0,038	
										0,118	

Tabulka 5-5 Nasbíraná data ke třetí části dotazníku

Ze třetí části dotazníku vyšlo najevo, že co se týče multifunkčních prostorů, lidé považují za nejdůležitější snadný přístup pro invalidní vozíky, kočárky, apod. 107 respondentů hodnotilo toto kritérium jako velmi důležité a pouze 16 respondentů jako nedůležité.

Dále respondenti považují za důležité, aby byl v interiérech tramvají dostatečný počet multifunkčních míst. Toto považuje 83 respondentů jako velmi důležité a 18 respondentů jako nedůležité.

Jako nejméně důležitý faktor považují cestující, aby tato multifunkční místa byla univerzální i pro ostatní skupiny cestujících a byly vybaveny například sklápěcími sedadly, opěradly, apod. Toto kritérium ohodnotilo 80 lidí jako velmi důležité a 24 respondentů jako nedůležité.

4) Tzv. vyhrazené sedadlo (pro seniory, slepce s vodícími psy, atd.): Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější.

Ve čtvrté sekci dotazníku je detailněji rozebrána skupina kritérií spadající do kategorie „Dostupnost vyhrazených sedadel pro seniory, cestující se zavazadly, atd.“, která byla hodnocena v první části dotazníku. Váha této skupiny činí 0,118 z 1. Tato kategorie kritérií se dále rozpadá na kritéria: dostatečné množství vyhrazených sedadel; snadný přístup k vyhrazenému sedadlu; univerzálnost využití vyhrazeného sedadla (dostatek prostoru i pro vodícího psa, dostatek prostoru i pro kočárky, apod.). Dle separátního vyhodnocení vah pro tyto kritéria se dle správného poměru přiřadí váhy, jejichž suma bude činit 0,118 vůči celku.

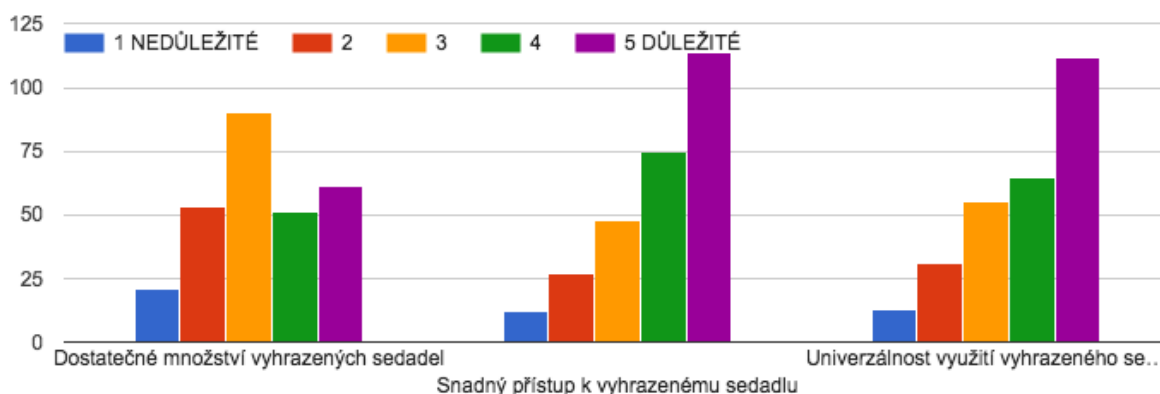
**Tzv. vyhrazené sedadlo (pro seniory, slepce s vodícími psy, atd.):
Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější. ***

	1 NEDŮLEŽITÉ	2	3	4	5 DŮLEŽITÉ
Dostatečné množství vyhrazených sedadel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Snadný přístup k vyhrazenému sedadlu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Univerzálnost využití vyhrazeného sedadla (dostatek prostoru i pro vodícího psa, dostatek prostoru i pro kočárky, apod.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 5-4 Čtvrtá část dotazníku

Stejně jako v druhé a třetí části dotazníku se i v tomto případě vyhodnocovaly dvě různé váhy pro každé kritérium. Nejdříve se vyhodnotily váhy v rámci této skupiny tří kritérií stejným způsobem jako v první části dotazníku, tzn. součet těchto tří vah je 1. Dle tohoto separátního vyhodnocení vah pro tyto kritéria se dále přiřadily váhy vůči celku (tzn. vůči všem zbylým kritériím v první sekci dotazníku) ve správném poměru tak, aby jejich součet byl 0,118.

Tzv. vyhrazené sedadlo (pro seniory, slepce s vodícími psy, atd.): Ohodnoťte prosím, co je podle vás v MHD nejdůležitější.



Graf 5-4 Hodnocení čtvrté části dotazníku

kritéria	nedůležité					důležité					váha celk.
	1	2	3	4	5	resp.	body	wáha	pořadí		
Dostatečné množství vyhrazených sedadel	21	53	89	51	61	275	903	0,297	3	0,035	
Snadný přístup k vyhrazenému sedadlu	12	27	47	75	114	275	1077	0,355	1	0,042	
Univerzálnost využití vyhrazeného sedadla	13	31	54	65	112	275	1057	0,348	2	0,041	
										0,118	

Tabulka 5-6 Nasbíraná data k čtvrté části dotazníku

Z poslední části dotazníku, která souvisí s vyhrazenými sedadly, je zřejmé, že respondenti odpovídali podobně jako v případě multifunkčních míst. Jako nejdůležitější považují respondenti snadný přístup k vyhrazeným sedadlům. 114 respondentů toto kritérium označuje jako důležité a pouze 12 respondentů toto považuje jako nedůležité.

Na druhém místě se umístila univerzálnost využití vyhrazeného sedadla. 112 respondentů toto považuje za velmi důležité a pouze 13 respondentů jako nedůležité.

Jako nejméně důležitý považují respondenti počet vyhrazených sedadel, které jsou k dispozici. 61 respondentů toto hodnotí jako velmi důležité a 21 jako nedůležité.

5) Finální seznam kritérií

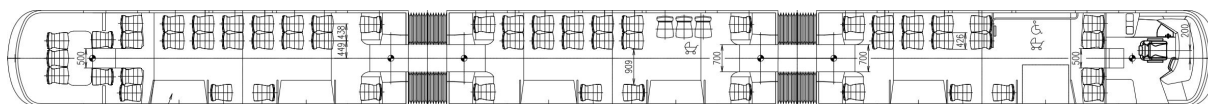
Po implementaci dílčích kritérií dostáváme konečný seznam sledovaných kritérií, které jsou ohodnoceny vahami, jejichž součet se rovná hodnotě 1:

kritéria	neovlivňuje					ovlivňuje					váha	pořadí
	1	2	3	4	5	resp.	body					
Prostor, nástup/výstup	Dostatek volného prostoru pro stojící cestující	26	19	65	69	96	275	1015	0,170	1		
	Dostatek míst k sezení	22	36	56	64	97	275	1003	0,168	2		
	Nízkopodlažnost/bezbariérovost	112	51	54	32	26	275	634	0,106	4		
	Pohodlí a dost místa při nastupování/vystupování	21	35	72	88	59	275	954	0,160	3		
Pohodlnost prvků v interiéru	Šířka uličky	26	56	80	61	52	275	882	0,039	10		
	Šířka sedadla	41	75	67	59	33	275	793	0,035	14		
	Prostor pro kolena	26	43	67	63	76	275	945	0,041	7		
	Prostor pro kolena ve čtyřsedadle (2 osoby naproti sobě)	11	28	62	83	91	275	1040	0,046	5		
Multi-funkční místa	Dostatečné množství míst pro invalidní vozíky, kočárky, atd.	18	37	70	67	83	275	985	0,039	11		
	Snadný přístup pro invalidní vozíky, kočárky, apod.	16	28	53	71	107	275	1050	0,041	9		
	Univerzálnost využití těchto vyhrazených míst	24	27	71	73	80	275	983	0,038	12		
Vyhrazená sedadla	Dostatečné množství vyhrazených sedadel	21	53	89	51	61	275	903	0,035	13		
	Snadný přístup k vyhrazenému sedadlu	12	27	47	75	114	275	1077	0,042	6		
	Univerzálnost využití vyhrazeného sedadla	13	31	54	65	112	275	1057	0,041	8		
										1,000		

Tabulka 5-7 Finální seznam kritérií se stanovenými vahami

5.1.4 Naměření hodnot k daným kritériím v interiéru tramvaje

Měření jednotlivých parametrů se provádělo na základě půdorysných výkresů tramvajů, které se převedly v softwaru Siemens NX do správného měřítka na základě největších parametrů tramvaje daných výrobcem v katalogích.



Obrázek 5-5 Příklad půdorysného výkresu tramvaje ForCity Praha 15T

Naměřené hodnoty se zanašely do tabulky (viz Tabulka 5-8 Příklad tabulky měřených a dopočítávaných parametrů pro tramvaj ForCity Praha 15T). Hodnoty, které se v interiéru měřily jsou v tabulce označeny oranžovou barvou a hodnoty dopočítávané jsou označeny černou barvou. Dopočítávání je blíže popsáno v kapitole Definování kritérií. Tučně jsou dále vyznačena ta kritéria, kterým se pomocí dotazníku přiřazovaly váhy.

Kritérium	Jednotka	Naměřená hodnota	Standardizovaná hodnota
Celková plocha	mm ²	67 404 000	
Celkový využitelná plocha pro cestující	mm ²	51 131 021	
Prostor pro stojící cestující	%	37	
Plocha pro stojící cestující	mm ²	24 713 305	
Kapacita pro stojící cestující (4 os./m ²)	počet osob	99	
Kapacita pro stojící cestující (6 os./m ²)	počet osob	148	
Prostor pro sedící cestující	%	39	
Plocha pro sedící cestující	mm ²	26 417 716	
Kapacita pro sedící cestující	počet osob	60	
Nízkopodlažnost vozidla	%	100	
Vysoká podlaha	mm ²	0	
Vytíženost dveří při nástupu a výstupu	mm/kapacita	59	
Počet osob na 1 dveře	počet osob/dveře	26	
Počet jednokřídlých dveří	ks	0	
Počet dvoukřídlých dveří	ks	6	
Šířka jednokřídlých dveří	mm	0	650
Šířka dvoukřídlých dveří	mm	1 550	1300
Šířka uličky	mm	500	800
Šířka sedadla	mm	426	400
Prostor pro kolena při sedu	mm	320	280
Prostor pro kolena při sedu (2 osoby naproti sobě)	mm	430	500
Dostupnost multifunkčních prostorů pro cestující	mm ² /osoba	25 457	
Počet osob na 1 multifunkční místo	počet osob/místo	79	
Počet multifunkčních míst	ks	2	
Velikost multifunkčního místa	mm ²	2 684 000	3225000
Přístup k multifunkčním prostorům	mm	1 850	
Využitelnost multifunkčních míst	-	střední	
Dostupnost vyhrazených sedadel pro cestující	mm/osoba	32	
Počet osob na 1 vyhrazené místo	počet osob/místo	20	
Počet vyhrazených sedadel	ks	8	
Šířka sedadla vyhrazeného sedadla	mm	630	440
Přístup k vyhrazenému sedadlu	mm	3 065	
Využitelnost vyhrazeného sedadla	-	střední	

Tabulka 5-8 Příklad tabulky měřených a dopočítávaných parametrů pro tramvaj ForCity Praha 15T

5.1.5 Zhodnocení alternativ

V dalším kroku dochází ke zhodnocení alternativ podle předem určených kritérií s přiřazenými vahami. Pro tento krok existuje několik metod, které je možné kombinovat: [93][94]

- **Aspirační úroveň** – tato hodnota kritéria označuje úroveň, pod kterou už není možné výběr provést, protože hodnoty menší jsou nepřípustné. Tato metoda je vhodná pro rychlou eliminaci některých variant. Aspirační úroveň je dále použita v metodách PRIAM a v konjunktivní a disjunktivní metodě.
- **Výběr dominantních variant** – tato metoda se používá, pokud nejsou stanoveny váhy kritérií a dochází v ní k eliminaci dominovaných variant. Dominovaná varianta je ta, která má stejnou nebo menší hodnotu u jednotlivých kritérií než varianta dominující. Do této skupiny patří i grafická metoda výběru dominujících variant, a to pomocí polygonálního zobrazení kritérií.
- **Metody založené na ordinálních informacích** – používá se tehdy, pokud jsou k dispozici jen ordinální informace ke kritériím, tzn. že jsou k dispozici informace typu tramvaj A je dražší než tramvaj B, apod. Do této skupiny se například řadí metoda pořadí.
- **Metody založené na kardinálních informacích** – základem těchto metod jsou výpočty maximalizace užitku nebo nejmenší vzdálenosti od ideální alternativy. Informace přitom vyjadřují rozdíly mezi objekty, například tramvaj A je dvakrát dražší než tramvaj B. Do této skupiny patří například metoda váženého součtu, která je založená na výpočtu maximalizace užitku, anebo sem patří například metoda TOPSIS, která je naopak založena na výpočtu nejmenší vzdálenosti od ideální alternativy.

Pro náš případ multikriteriálního rozhodování byla zvolena metoda založená na kardinálních informacích, a to konkrétně **metoda váženého součtu**, jelikož jsou k dispozici hodnoty, kterými lze vyjádřit rozdíly mezi objekty, tj. jsou kardinální. Dále byla volena proto, že je založena na výpočtu maximalizace užitku. Metoda aspirační úroveň nebyla zvolena, protože by došlo k rychlé eliminaci těch variant, které například nemají v interiéru tramvaje dostupné vyhrazené sedadlo. To je nežádoucí, protože snahou je posoudit i jiné faktory v interiéru tramvaje, které by svou významností převýšily i fakt, že není ve vozidle přítomné vyhrazené sedadlo. Tato varianta by pravděpodobně nebyla tou nejoptimálnější, ale i přesto by mohlo dojít k zajímavým ergonomickým zjištěním. Metoda výběru dominantních variant nebyla volena proto, že nepočítá s vahami kritérií a metody založené na ordinálních informacích nebyly zvoleny vzhledem k typu informací.

V rámci metody váženého součtu byla nejprve vygenerována tabulka (viz Tabulka 5-9 Vyhodnocení variant - hodnoty kritérií každé varianty tramvaje), ve které byly v řádcích uvedena jen ta kritéria, kterým byla přiřazena váha. Nutné bylo také definovat, o jaký typ kritéria se jedná, zda je to kritérium maximalizační nebo minimalizační. Ve sloupcích jsou potom naměřené/dopočítané či určené hodnoty kritérií pro každou variantu tramvaje.

V další fázi (viz Tabulka 5-10 Vyhodnocení variant - převod min. kritérií na max., převed kvalitativních kritérií na kvantitativní) vyhodnocování je nutné převést minimalizační kritéria na maximalizační. To se provádí tak, že každá hodnota minimalizačního kritéria je odečtena od

maximální hodnoty daného kritéria. Pokud se jedná o případ, kdy u některého typu tramvaje kritérium úplně chybí, například absence vyhrazeného sedadla, potom je nutné k těmto kritériím daných typů tramvají přiřadit hodnotu, která je rovna záporné hodnotě maxima ze všech hodnot daného kritéria. Tím je zaručeno nejnižší bodové ohodnocení těchto kritérií příslušných tramvají.

Dále je nutné převést kvalitativní kritéria na kvantitativní, tj. z hodnoty vyjádřené slovně na hodnotu číselnou. V případě využitelnosti multifunkčních míst a vyhrazených sedadel jsou škály hodnocení blíže popsány v kapitole Definování kritérií. Způsob převedení informací na kvantitativní typ kritéria se provede tak, že v případě multifunkčních míst se hodnota „nízká“ rovná hodnotě 1, hodnota „střední“ se rovná hodnotě 2, hodnota „vysoká“ se rovná hodnotě 3 a hodnota využití „velmi vysoká“ se rovná hodnotě 4. V případě využitelnosti vyhrazených sedadel se hodnota „nízká“ rovná hodnotě 1, hodnota „střední“ se rovná hodnotě 2 a hodnota „vysoká“ se rovná hodnotě 3.

V poslední fázi (viz Tabulka 5-11 Vyhodnocení variant - převedení hodnot do stejného měřítka, celkové vážené součty) vyhodnocování je nutné převést hodnoty kritérií do stejného měřítka hodnot, kterou jsou hodnoty od 0 do 1. Rozdíly hodnot musí být přitom zachovány ve správném poměru. Hodnoty se přepočítávají tak, že je od konkrétní hodnoty kritéria odečtena minimální hodnota daného kritéria a výsledek je potom vydělen rozdílem maximální a minimální hodnoty daného kritéria.

Dále se k jednotlivým kritériím přiřadí váhy, které byly určeny na základě dotazníku v kapitole Stanovení vah kritérií. V posledním kroku se vypočítají vážené součty tak, že se pro každou variantu tramvaje sečtou jednotlivé součiny hodnot kritérií a odpovídajících vah. Nejvyšší vážený součet přísluší optimální variantě tramvaje, která je obecně ergonomicky nejvhodnější pro cestující.

Jako ergonomicky nejvhodnější byla vyhodnocena tramvaj Citadis Compact firmy Alstom.

Kritéria	Max/ Min.	Citadis 302	Citadis Compact X05	Citadis X05	Flexity Melbourne	ForCity Alfa 15T	Avenio Haag	ForCity Plus 29T	ForCity Plus 30T	EVO1 26T	Classic Tango 28T	ForCity Classic 28T	ULF	ST S110b Braunschweig	ST S109j Jena	ST S110 Olstyn	ST S105p Poznan	
																		Max
Prostor pro stojící cestující [%]	max	54,5	55,6	53,7	44,0	36,7	49,8	47,7	51,1	39,8	51,8	43,3	46,3	41,3	34,9	41,5	51,2	38,7
Prostor pro sedící cestující [%]	max	36,1	35,5	34,0	38,8	39,2	36,8	36,7	27,7	40,2	24,9	37,0	33,4	27,6	44,5	40,2	26,4	28,1
Nízkopodlažnost vozidla [%]	max	67,0	77,7	80,3	71,8	100,0	71,6	69,2	73,0	63,0	77,6	60,8	86,1	74,8	60,3	64,7	67,6	100,0
Využitost dveří při nástupu a výstupu [mm/kapacita]	max	35,5	47,4	36,2	19,2	49,1	31,4	31,4	33,8	57,3	32,4	39,9	35,0	55,6	38,5	31,4	45,0	47,1
Šířka uličky [mm]	max	456,0	630,0	650,0	600,0	500,0	590,0	580,0	600,0	570,0	690,0	640,0	560,0	670,0	525,0	515,0	690,0	610,0
Šířka sedadla [mm]	max	425,0	455,0	500,0	455,0	426,0	475,0	475,0	475,0	440,0	450,0	420,0	450,0	420,0	450,0	430,0	425,0	475,0
Prostor pro kolena při sedu [mm]	max	395,0	300,0	470,0	300,0	320,0	210,0	210,0	300,0	250,0	300,0	210,0	200,0	240,0	280,0	300,0	300,0	220,0
Prostor pro kolena při sedu (2 osoby naproti sobě) [mm]	max	600,0	600,0	600,0	635,0	430,0	450,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	580,0	585,0	500,0	665,0
Dostupnost multifunkčních prostorů pro cestující [mm²/kapacita]	max	10 640,2	15 333,8	16 109,7	20 107,8	25 457,5	27 826,9	16 029,3	33 318,8	27 446,1	23 564,9	10 864,7	27 121,5	15 527,9	25 039,4	19 295,0	17 749,6	63 043,1
Přístup k multifunkčním prostorům [mm]	min	3 010,0	2 325,0	2 650,0	3 360,0	1 850,0	2 010,0	1 990,0	1 980,0	1 930,0	2 665,0	1 580,0	2 780,0	1 540,0	1 625,0	1 150,0	1 250,0	1 700,0
Využitost multifunkčních míst [-]	max	vyšoká	velmi vysoká	velmi vysoká	velmi vysoká	střední	velmi vysoká	střední	střední	vyšoká	střední	velmi vysoká	velmi vysoká	střední	vyšoká	střední	střední	velmi vysoká
Dostupnost vyhrazených sedadel pro cestující [mm/kapacita]	max	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0	2,3	9,9	11,3	0,0	10,4	0,0	19,8	0,0	0,0	16,1	2,8
Přístup k vyhrazenému sedadlu [mm]	min	0,0	0,0	0,0	0,0	3 065,0	0,0	1 745,0	3 086,0	3 386,0	0,0	2 535,0	0,0	1 750,0	0,0	0,0	1 265,0	2 465,0
Využitost vyhrazeného sedadla [-]	max	0	0	0	0	střední	0	střední	střední	vyšoká	0	střední	0	vyšoká	0	0	vyšoká	vyšoká

Tabulka 5-9 Vyhodnocení variant - hodnoty kritérií každé varianty tramvaje

Kritéria	Max/ Min.	Citadis 302	Citadis Compact X05	Citadis X05	Flexity Melbourne	ForCity Alfa 15T	Avenio Haag	ForCity Plus 29T	ForCity Plus 30T	EVO1 26T	Classic Tango 28T	ForCity Classic 28T	ULF	ST S110b Braunschweig	ST S109j Jena	ST S110 Olstyn	ST S105p Poznan	
																		Max
Prostor pro stojící cestující [%]	max	54,5	55,6	53,7	44,0	36,7	49,8	47,7	51,1	39,8	51,8	43,3	46,3	41,3	34,9	41,5	51,2	38,7
Prostor pro sedící cestující [%]	max	36,1	35,5	34,0	38,8	39,2	36,8	36,7	27,7	40,2	24,9	37,0	33,4	27,6	44,5	40,2	26,4	28,1
Nízkopodlažnost vozidla [%]	max	67,0	77,7	80,3	71,8	100,0	71,6	69,2	73,0	63,0	77,6	60,8	86,1	74,8	60,3	64,7	67,6	100,0
Využitost dveří při nástupu a výstupu [mm/kapacita]	max	35,5	47,4	36,2	19,2	49,1	31,4	31,4	33,8	57,3	32,4	39,9	35,0	55,6	38,5	31,4	45,0	47,1
Šířka uličky [mm]	max	456,0	630,0	650,0	600,0	500,0	590,0	580,0	600,0	570,0	690,0	640,0	560,0	670,0	525,0	515,0	690,0	610,0
Šířka sedadla [mm]	max	425,0	455,0	500,0	455,0	426,0	475,0	475,0	475,0	440,0	450,0	420,0	450,0	420,0	450,0	430,0	425,0	475,0
Prostor pro kolena při sedu [mm]	max	395,0	300,0	470,0	300,0	320,0	210,0	210,0	300,0	250,0	300,0	210,0	200,0	240,0	280,0	300,0	300,0	220,0
Prostor pro kolena při sedu (2 osoby naproti sobě) [mm]	max	600,0	600,0	600,0	635,0	430,0	450,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	580,0	585,0	500,0	665,0
Dostupnost multifunkčních prostorů pro cestující [mm²/kapacita]	max	10 640,2	15 333,8	16 109,7	20 107,8	25 457,5	27 826,9	16 029,3	33 318,8	27 446,1	23 564,9	10 864,7	27 121,5	15 527,9	25 039,4	19 295,0	17 749,6	63 043,1
Přístup k multifunkčním prostorům [mm]	max	3 500,0	1 035,0	710,0	0,0	1 510,0	1 350,0	1 370,0	1 380,0	1 430,0	695,0	1 780,0	580,0	1 820,0	1 735,0	2 210,0	2 110,0	1 660,0
Využitost multifunkčních míst [-]	max	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	4,0	2,0	3,0	2,0	2,0	4,0
Dostupnost vyhrazených sedadel pro cestující [mm/kapacita]	max	0,0	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0	2,3	9,9	11,3	0,0	10,4	0,0	19,8	0,0	0,0	16,1	2,8
Přístup k vyhrazenému sedadlu [mm]	max	-3 386,0	-3 386,0	-3 386,0	-3 386,0	3 210,0	-3 386,0	1 641,0	3 000,0	0,0	-3 386,0	851,0	-3 386,0	1 636,0	-3 386,0	-3 386,0	2 121,0	921,0
Využitost vyhrazeného sedadla [-]	max	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	3,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	3,0	3,0

Tabulka 5-10 Vyhodnocení variant - převod min. kritérií na max., převod kvalitativních kritérií na kvantitativní

Kritéria	Max./ Min.	Citadis 302	Citadis Compact	Citadis X05	Flexity Melbourne	Forcity Alfa 15T	Avenio Haag	ForCity Plus 29T	ForCity Plus 30T	EVO1	ForCity Classic		Tango	ForCity Classic 28T	UF	ST S110B Braun-schweig	ST S109J Jena	ST S110 Olštyn	ST S105P Poznan	Váha
											26T	28T								
Prostor pro stojící cestující [%]	max	0,946	1,000	0,908	0,439	0,083	0,721	0,618	0,782	0,235	0,819	0,408	0,550	0,311	0,000	0,320	0,790	0,184	0,170	
Prostor pro sedící cestující [%]	max	0,571	0,542	0,465	0,712	0,730	0,610	0,605	0,782	0,140	0,000	0,620	0,435	0,137	1,000	0,784	0,077	0,163	0,166	
Nízkopodlažnost vozidla [%]	max	0,170	0,438	0,503	0,289	1,000	0,286	0,224	0,320	0,069	0,436	0,013	0,650	0,365	0,000	0,111	0,184	1,000	0,106	
Vyživenost dveří při nástupu a výstupu [mm/kapacita]	max	0,427	0,740	0,447	0,000	0,785	0,319	0,321	0,384	1,000	0,346	0,544	0,415	0,955	0,505	0,318	0,676	0,731	0,159	
Šířka uličky [mm]	max	0,000	0,744	0,829	0,615	0,188	0,573	0,530	0,615	0,487	1,000	0,786	0,444	0,915	0,295	0,252	1,000	0,658	0,039	
Šířka sedadla [mm]	max	0,063	0,438	1,000	0,438	0,075	0,688	0,688	0,688	0,250	0,375	0,000	0,375	0,000	0,375	0,125	0,063	0,688	0,035	
Prostor pro kolena při sedu [mm]	max	0,722	0,370	1,000	0,370	0,444	0,370	0,037	0,370	0,185	0,370	0,037	0,000	0,148	0,296	0,370	0,370	0,370	0,074	0,042
Prostor pro kolena při sedu (2 osoby naproti sobě) [mm]	max	0,723	0,723	0,723	0,872	0,000	0,085	0,298	0,298	0,298	0,298	0,298	0,298	0,298	0,298	0,660	0,298	1,000	0,046	
Dostupnost multifunkčních prostorů pro cestující [mm²/kapacita]	max	0,000	0,090	0,104	0,181	0,283	0,328	0,103	0,433	0,321	0,247	0,004	0,315	0,093	0,275	0,165	0,136	1,000	0,038	
Přístup k multifunkčním prostorům [mm]	max	0,158	0,468	0,321	0,000	0,683	0,611	0,620	0,624	0,647	0,314	0,805	0,262	0,824	0,785	1,000	0,955	0,751	0,041	
Využitelnost multifunkčních míst [-]	max	0,500	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,500	0,000	1,000	1,000	0,000	0,500	0,000	0,000	1,000	0,039	
Dostupnost vyhrazených sedadel pro cestující [mm/kapacita]	max	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,072	0,312	0,357	0,000	0,329	0,000	0,624	0,000	0,000	0,509	0,089	0,036	
Přístup k vyhrazenému sedadlu [mm]	max	0,000	0,000	0,000	0,000	0,673	0,000	0,913	0,669	0,615	0,000	0,769	0,000	0,912	0,000	0,000	1,000	0,782	0,042	
Využitelnost vyhrazeného sedadla [-]	max	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,000	0,667	0,667	1,000	0,000	0,667	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,042	
Cellkové vážené součty		0,433	0,578	0,554	0,364	0,525	0,447	0,438	0,438	0,524	0,344	0,450	0,406	0,461	0,374	0,354	0,491	0,565		
Pořadí		12	1	3	15	4	9	10	11	5	17	8	13	7	14	16	6	2		

Tabulka 5-11 Vyhodnocení variant - převedení hodnot do stejného měřítka, celkové vážené součty

5.2 Multikriteriální analýza: nalezení optimálního typu tramvaje pro jednotlivé skupiny cestujících

Ze získaných dat z měření různých parametrů uvnitř interiéru tramvají je dále možné zjistit optimální variantu tramvaje pro konkrétní skupinu cestujících.

5.2.1 Definování alternativ

Alternativami jsou skupiny cestujících, které byly rozděleny v kapitole Skupiny cestujících, kde jsou dále popsány jejich prostorové nároky vůči několika prvkům v interiéru tramvaje, které byly zjištěny z literatury či na základě vlastního měření.

	Skupiny cestujících
bez omezení mobility	Cestující průměrné postavy
	Cestující menší postavy (včetně dětí)
	Cestující větší postavy
dočasné omezení mobility	Maminky doprovázející dítě v kočárku
	Cestující se zavazadly a taškami
	Cestující s cyklistickým kolem
trvalé omezení mobility	Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin
	Cestující na invalidním vozíku
	Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem
	Cestující se zrakovým postižením

Tabulka 5-12 Alternativy: skupiny cestujících

5.2.2 Definování kritérií

Výběr optimální varianty tramvaje se posuzuje na základě několika kritérií, která jsou měřitelná z půdorysných výkresů tramvají a ke kterým existují standardizované hodnoty různých typů cestujících. Jedná se o následující parametry: šířka jednokřídlých dveří, šířka dvoukřídlých dveří, šířka uličky, šířka sedadla, prostor pro kolena v případě sedadel za sebou řazených, a i v případě tzv. čtyřsedadel, dále také velikost multifunkčního místa a šířka vyhrazeného sedadla.

Kritéria
Dvoukřídlé dveře [mm]
Vyhrazené sedadlo [mm]
Multifunkční místo [mm ²]
Prostor pro kolena [mm]
Prostor pro kolena (2 osoby naproti sobě) [mm]
Šířka sedadla [mm]
Šířka uličky [mm]

Tabulka 5-13 Definovaná kritéria

5.2.3 Stanovení vah kritérií

V této multikriteriální analýze byly váhy přiřazeny subjektivněji. U skupin cestujících bez omezení mobility se v úvahu vzaly výsledky z druhé sekce dotazníku, kde respondenti hodnotili to, v jaké míře ovlivňují jejich pohodlí kritéria prostor pro kolena u sedadel za sebou řazenými a u čtyřsedadla, dále šířka sedadla a šířka uličky. U skupin cestujících s dočasně omezenou mobilitou se nejvyšší váha přikládá multifunkčnímu místu a přístupu do tramvajového vozidla, s rozdílem cestujících s berlemi, u kterých se váha přikládá vyhrazenému sedadlu pro ně určeného. V případě skupin s trvalým omezením mobility se u seniorů a cestujících se zrakovým postižením přikládá váha vyhrazenému sedadlu a v případě cestujících na invalidním vozíku je váha razantně přiřazena logicky multifunkčnímu místu a přístupu do tramvajového vozidla. V Tabulka 5-14 Stanovení vah se nachází shrnutí vah pro všechna kritéria a skupiny cestujících.

	Skupiny cestujících/kritéria	Prostor						
		Dvou- křídle dveře [mm]	Vyhr. Seda- dlo [mm]	Multi- funkční místo [mm ²]	Prostor pro kolena [mm]	Prostor pro kolena (2 osoby) [mm]	Šířka seda- dla [mm]	Šířka uličky [mm]
bez omezení mobility	Cestující průměrné postavy	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22
	Cestující menší postavy (včetně dětí)	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22
	Cestující větší postavy	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22
dočasné omezení mobility	Maminky doprovázející dítě v kočárku	0,2	0	0,45	0,09	0,09	0,09	0,08
	Cestující se zavazadly a taškami	0,2	0	0,35	0,1	0,1	0,1	0,15
	Cestující s cyklistickým kolem	0,2	0	0,45	0,09	0,09	0,09	0,08
	Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15
trvalé omezení mobility	Cestující na invalidním vozíku	0,4	0	0,5	0	0	0	0,1
	Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15
	Cestující se zrakovým postižením	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15

Tabulka 5-14 Stanovení vah

5.2.4 Naměření hodnot k daným kritériím v interiéru tramvaje

V Tabulka 5-15 jsou uvedeny všechny skupiny cestujících a k nim jsou přiřazeny hodnoty jejich prostorové náročnosti vůči daným kritériím, které jsou popsány blíže v kapitole Skupiny cestujících. Nechybí ani řádek se standardizovanými hodnotami ke každému kritériu nezávisle na tom, o kterou skupinu se jedná.

Skupiny cestujících/kritéria	Dvou- křídle dveře [mm]	Vyhr. Seda- dlo [mm]	Multi- funkční místo [mm ²]	Prostor			
				Prostor pro kolena [mm]	pro kolena (2 osoby) [mm]	Šířka seda- dla [mm]	Šířka uličky [mm]
Standardizovaná hodnota	1300	440	3225000	280	500	400	800
Běžní cestující	480	365	0	245	490	365	480
Cestující větších postav	525	400	0	275	550	400	525
Cestující menších postav (včetně dětí)	440	340	0	235	470	340	440
Kočárky	650	365	973000	245	490	365	900
Zavazadla	480	365	247200	475	720	365	480
Cyklisti	845	365	702000	245	490	365	845
Berle	900	365	0	245	490	365	900
Invalidi vozík	780	365	975000	240	480	330	605
Senioři (včetně chodítek)	700	365	0	245	490	365	700
Nevidomí (včetně vodičů psů)	900	365	0	245	490	365	900

Tabulka 5-15 Prostorové nároky daných skupin cestujících

V Tabulka 5-16 jsou uvedeny všechny potřebné parametry, které byly v dalším kroku naměřeny ve všech tramvajích. Jedná se vždy o minimální hodnotu kritéria, např. šířka uličky v nejužším místě.

Tramvaje/kritéria	Dvou- křídle dveře [mm]	Vyhr. Seda- dlo [mm]	Multi- funkční místo [mm ²]	Prostor			
				Prostor pro kolena [mm]	pro kolena (2 osoby) [mm]	Šířka seda- dla [mm]	Šířka uličky [mm]
Citadis 302	1300	0	1018888	395	600	425	456
Citadis Compact	1500	0	1940400	300	600	455	630
Citadis X05	1500	0	2000000	470	600	500	650
Avenio Haag	1300	0	1965600	300	450	475	590
EVO1	1300	460	2227500	250	500	440	570
Tango	1300	680	1608000	210	500	420	640
ULF	1520	420	1978000	240	500	420	670
Flexity Melbourne	1300	0	1018888	300	635	455	600
ForCity Alfa 15T	1300	630	2684000	320	430	426	500
ForCity Plus 29T	1300	475	1550000	210	500	475	580
ForCity Plus 30T	1300	475	1600000	300	500	475	600
ForCity Classic 26T	1300	0	2472500	300	500	450	690
ForCity Classic 28T	1300	0	2633500	200	500	450	560
ST S110b							
Braunschweig	1300	0	1740000	280	580	450	525
ST S109j Jena	1300	0	1600000	300	585	430	515
ST S111o Olsztyn	1300	400	1540000	300	500	425	690
ST S105p Poznan	1500	450	3220000	220	665	475	610

Tabulka 5-16 Naměřené hodnoty daných kritérií ve všech tramvajích

5.2.5 Zhodnocení alternativ dle skupin cestujících

V Tabulka 5-17 jsou uvedeny hodnoty odchylek mezi naměřenou a standardizovanou hodnotou pro každou skupinu cestujících u všech typů tramvají pro každý parametr. Pokud jsou odchylky záporné, znamená to, že naměřená hodnota je o tolik menší než hodnota standardizovaná. Tyto záporné hodnoty jsou vyznačeny červeně. Hodnoty odchylek mají maximalizační charakter, tzn. čím je hodnota vyšší, tím víc jsou uspokojeny prostorové požadavky dané skupinami cestujících.

Předpokladem pro výpočty je nutné vědět, že vyhrazená sedadla jsou určena pro skupinu seniorů, lidí s poraněním dolních končetin a lidem se zrakovým postižením. Naopak multifunkční prostor by měl být k dispozici zejména pro lidi na invalidním vozíku, pro cestující s cyklistickým kolem, pro maminky s kočárky a pro lidi se zavazadly. Proto jen u těchto skupin se započítávají hodnoty odchylek týkající se velikosti multifunkčních míst.

	Dvou- křídle dveře [mm]	Vyhr. Seda- dlo [mm]	Multi- funkční místo [mm ²]	Prostor pro kolena [mm]	Prostor pro kolena (2 osoby) [mm]	Šířka seda- dla [mm]	Šířka uličky [mm]
--	----------------------------------	-------------------------------	--	----------------------------------	---	-------------------------------	-------------------------

Cestující průměrné postavy

Citadis 302	820	-	-	150	110	60	-24
Citadis Compact	1020	-	-	55	110	90	150
Citadis X05	1020	-	-	225	110	135	170
ForCity Alfa 15T	1070	-	-	75	-60	61	20
Flexity Melbourne	820	-	-	55	145	90	120
Avenio Haag	820	-	-	55	-40	110	110
ForCity Plus 29T	820	-	-	-35	10	110	100
ForCity Plus 30T	820	-	-	55	10	110	120
EVO1	820	-	-	5	10	75	90
ForCity Classic 26T	820	-	-	55	10	85	210
Tango	820	-	-	-35	10	55	160
ForCity Classic 28T	820	-	-	-45	10	85	80
ULF	1040	-	-	-5	10	55	190
ST S110b	820	-	-	35	90	85	45
ST S109j	820	-	-	55	95	65	35
ST S111o	820	-	-	55	10	60	210
ST S105p	1020	-	-	-25	175	110	130

Cestující menší postavy (včetně dětí)

Citadis 302	860	-	-	160	130	85	16
Citadis Compact	1060	-	-	65	130	115	190
Citadis X05	1060	-	-	235	130	160	210
ForCity Alfa 15T	860	-	-	85	-40	86	60
Flexity Melbourne	860	-	-	65	165	115	160
Avenio Haag	860	-	-	65	-20	135	150
ForCity Plus 29T	860	-	-	-25	30	135	140

ForCity Plus 30T	860	-	-	65	30	135	160
EVO1	860	-	-	15	30	100	130
ForCity Classic 26T	860	-	-	65	30	110	250
Tango	860	-	-	-25	30	80	200
ForCity Classic 28T	860	-	-	-35	30	110	120
ULF	1080	-	-	5	30	80	230
ST S110b	860	-	-	45	110	110	85
ST S109j	860	-	-	65	115	90	75
ST S111o	860	-	-	65	30	85	250
ST S105p	1060	-	-	-15	195	135	170

Cestující větší postavy

Citadis 302	775	-	-	120	50	25	-69
Citadis Compact	975	-	-	25	50	55	105
Citadis X05	975	-	-	195	50	100	125
ForCity Alfa 15T	775	-	-	45	-120	26	-25
Flexity Melbourne	775	-	-	25	85	55	75
Avenio Haag	775	-	-	25	-100	75	65
ForCity Plus 29T	775	-	-	-65	-50	75	55
ForCity Plus 30T	775	-	-	25	-50	75	75
EVO1	775	-	-	-25	-50	40	45
ForCity Classic 26T	775	-	-	25	-50	50	165
Tango	775	-	-	-65	-50	20	115
ForCity Classic 28T	775	-	-	-75	-50	50	35
ULF	995	-	-	-35	-50	20	145
ST S110b	775	-	-	5	30	50	0
ST S109j	775	-	-	25	35	30	-10
ST S111o	775	-	-	25	-50	25	165
ST S105p	975	-	-	-55	115	75	85

Maminky doprovázející dítě v kočárku

Citadis 302	650	-	45888	150	110	60	-444
Citadis Compact	850	-	967400	55	110	90	-270
Citadis X05	850	-	1027000	225	110	135	-250
ForCity Alfa 15T	650	-	1711000	75	-60	61	-400
Flexity Melbourne	650	-	45888	55	145	90	-300
Avenio Haag	650	-	992600	55	-40	110	-310
ForCity Plus 29T	650	-	577000	-35	10	110	-320
ForCity Plus 30T	650	-	627000	55	10	110	-300
EVO1	650	-	1254500	5	10	75	-330
ForCity Classic 26T	650	-	1499500	55	10	85	-210
Tango	650	-	635000	-35	10	55	-260
ForCity Classic 28T	650	-	1660500	-45	10	85	-340
ULF	870	-	1005000	-5	10	55	-230

ST S110b	650	-	767000	35	90	85	-375
ST S109j	650	-	627000	55	95	65	-385
ST S111o	650	-	567000	55	10	60	-210
ST S105p	850	-	2247000	-25	175	110	-290

Cestující se zavazadly a taškami

Citadis 302	820	-	771688	-80	-120	60	-24
Citadis Compact	1020	-	1693200	-175	-120	90	150
Citadis X05	1020	-	1752800	-5	-120	135	170
ForCity Alfa 15T	820	-	2436800	-155	-290	61	20
Flexity Melbourne	820	-	771688	-175	-85	90	120
Avenio Haag	820	-	1718400	-175	-270	110	110
ForCity Plus 29T	820	-	1302800	-265	-220	110	100
ForCity Plus 30T	820	-	1352800	-175	-220	110	120
EVO1	820	-	1980300	-225	-220	75	90
ForCity Classic 26T	820	-	2225300	-175	-220	85	210
Tango	820	-	1360800	-265	-220	55	160
ForCity Classic 28T	820	-	2386300	-275	-220	85	80
ULF	1040	-	1730800	-235	-220	55	190
ST S110b	820	-	1492800	-195	-140	85	45
ST S109j	820	-	1352800	-175	-135	65	35
ST S111o	820	-	1292800	-175	-220	60	210
ST S105p	1020	-	2972800	-255	-55	110	130

Cestující s cyklistickým kolem

Citadis 302	455	-	316888	150	110	60	-389
Citadis Compact	655	-	1238400	55	110	90	-215
Citadis X05	655	-	1298000	225	110	135	-195
ForCity Alfa 15T	455	-	1982000	75	-60	61	-345
Flexity Melbourne	455	-	316888	55	145	90	-245
Avenio Haag	455	-	1263600	55	-40	110	-255
ForCity Plus 29T	455	-	848000	-35	10	110	-265
ForCity Plus 30T	455	-	898000	55	10	110	-245
EVO1	455	-	1525500	5	10	75	-275
ForCity Classic 26T	455	-	1770500	55	10	85	-155
Tango	455	-	906000	-35	10	55	-205
ForCity Classic 28T	455	-	1931500	-45	10	85	-285
ULF	675	-	1276000	-5	10	55	-175
ST S110b	455	-	1038000	35	90	85	-320
ST S109j	455	-	898000	55	95	65	-330
ST S111o	455	-	838000	55	10	60	-155
ST S105p	655	-	2518000	-25	175	110	-235

Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)

Citadis 302	400	-365	-	150	110	60	-444
-------------	-----	------	---	-----	-----	----	------

Citadis Compact	600	-365	-	55	110	90	-270
Citadis X05	600	-365	-	225	110	135	-250
ForCity Alfa 15T	400	265	-	75	-60	61	-400
Flexity Melbourne	400	-365	-	55	145	90	-300
Avenio Haag	400	-365	-	55	-40	110	-310
ForCity Plus 29T	400	110	-	-35	10	110	-320
ForCity Plus 30T	400	110	-	55	10	110	-300
EVO1	400	95	-	5	10	75	-330
ForCity Classic 26T	400	-365	-	55	10	85	-210
Tango	400	315	-	-35	10	55	-260
ForCity Classic 28T	400	-365	-	-45	10	85	-340
ULF	620	55	-	-5	10	55	-230
ST S110b	400	-365	-	35	90	85	-375
ST S109j	400	-365	-	55	95	65	-385
ST S111o	400	35	-	55	10	60	-210
ST S105p	600	85	-	-25	175	110	-290

Cestující na invalidním vozíku

Citadis 302	520	-	43888	155	120	95	-149
Citadis Compact	720	-	965400	60	120	125	25
Citadis X05	720	-	1025000	230	120	170	45
ForCity Alfa 15T	520	-	1709000	80	-50	96	-105
Flexity Melbourne	520	-	43888	60	155	125	-5
Avenio Haag	520	-	990600	60	-30	145	-15
ForCity Plus 29T	520	-	575000	-30	20	145	-25
ForCity Plus 30T	520	-	625000	60	20	145	-5
EVO1	520	-	1252500	10	20	110	-35
ForCity Classic 26T	520	-	1497500	60	20	120	85
Tango	520	-	633000	-30	20	90	35
ForCity Classic 28T	520	-	1658500	-40	20	120	-45
ULF	740	-	1003000	0	20	90	65
ST S110b	520	-	765000	40	100	120	-80
ST S109j	520	-	625000	60	105	100	-90
ST S111o	520	-	565000	60	20	95	85
ST S105p	720	-	2245000	-20	185	145	5

Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem

Citadis 302	600	-365	-	150	110	60	-244
Citadis Compact	800	-365	-	55	110	90	-70
Citadis X05	800	-365	-	225	110	135	-50
ForCity Alfa 15T	600	265	-	75	-60	61	-200
Flexity Melbourne	600	-365	-	55	145	90	-100
Avenio Haag	600	-365	-	55	-40	110	-110
ForCity Plus 29T	600	110	-	-35	10	110	-120

ForCity Plus 30T	600	110	-	55	10	110	-100
EVO1	600	95	-	5	10	75	-130
ForCity Classic 26T	600	-365	-	55	10	85	-10
Tango	600	315	-	-35	10	55	-60
ForCity Classic 28T	600	-365	-	-45	10	85	-140
ULF	820	55	-	-5	10	55	-30
ST S110b	600	-365	-	35	90	85	-175
ST S109j	600	-365	-	55	95	65	-185
ST S111o	600	35	-	55	10	60	-10
ST S105p	800	85	-	-25	175	110	-90

Cestující se zrakovým postižením

Citadis 302	400	-365	-	150	110	60	-444
Citadis Compact	600	-365	-	55	110	90	-270
Citadis X05	600	-365	-	225	110	135	-250
ForCity Alfa 15T	400	265	-	75	-60	61	-400
Flexity Melbourne	400	-365	-	55	145	90	-300
Avenio Haag	400	-365	-	55	-40	110	-310
ForCity Plus 29T	400	110	-	-35	10	110	-320
ForCity Plus 30T	400	110	-	55	10	110	-300
EVO1	400	95	-	5	10	75	-330
ForCity Classic 26T	400	-365	-	55	10	85	-210
Tango	400	315	-	-35	10	55	-260
ForCity Classic 28T	400	-365	-	-45	10	85	-340
ULF	620	55	-	-5	10	55	-230
ST S110b	400	-365	-	35	90	85	-375
ST S109j	400	-365	-	55	95	65	-385
ST S111o	400	35	-	55	10	60	-210
ST S105p	600	85	-	-25	175	110	-290

Tabulka 5-17 Odchylky naměřených hodnot od standardizovaných

V Tabulka 5-18 se přiřadily ke kritériím váhy z Tabulka 5-14 pro každou skupinu cestujících zvlášť. V rámci každé skupiny se také převedly hodnoty odchylek do stejného měřítka hodnot, kterými jsou hodnoty od 0 do 1. Rozdíly hodnot musí být přitom zachovány ve správném poměru. Hodnoty se přepočítávají tak, že je od konkrétní hodnoty kritéria odečtena minimální hodnota daného kritéria a výsledek je potom vydělen rozdílem maximální a minimální hodnoty daného kritéria. Na závěr se vypočítají vážené součty tak, že se pro každou skupinu cestujících sečtou jednotlivé součiny hodnot odchylek a odpovídajících vah. Nejvyšší vážený součet přísluší optimální variantě tramvaje, která je obecně ergonomicky nejpríjemnější pro danou skupinu cestujících.

	Dvou- křídle dveře [mm]	Vyhr. Seda- dlo [mm]	Multi- funkční místo [mm ²]	Prostor pro kolena [mm]	Prostor pro kolena (2 osoby) [mm]	Šířka seda- dla [mm]	Šířka uličky [mm]	Vážené součty odchy- lek
--	----------------------------------	-------------------------------	--	----------------------------------	---	-------------------------------	-------------------------	-----------------------------------

Cestující průměrné postavy

Váha	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22	
Citadis 302	0,00	-	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,36
Citadis Compact	0,80	-	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,60
Citadis X05	0,80	-	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,87
ForCity Alfa 15T	1,00	-	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,26
Flexity Melbourne	0,00	-	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,53
Avenio Haag	0,00	-	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,37
ForCity Plus 29T	0,00	-	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,34
ForCity Plus 30T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,43
EVO1	0,00	-	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,27
ForCity Classic 26T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,45
Tango	0,00	-	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,26
ForCity Classic 28T	0,00	-	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,25
ULF	0,88	-	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,40
ST S110b	0,00	-	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,37
ST S109j	0,00	-	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,33
ST S111o	0,00	-	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,39
ST S105p	0,80	-	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,63

Cestující menší postavy (včetně dětí)

Váha	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22	
Citadis 302	0,00	-	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,36
Citadis Compact	0,91	-	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,61
Citadis X05	0,91	-	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,88
ForCity Alfa 15T	0,00	-	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,16
Flexity Melbourne	0,00	-	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,53
Avenio Haag	0,00	-	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,37
ForCity Plus 29T	0,00	-	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,34
ForCity Plus 30T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,43
EVO1	0,00	-	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,27
ForCity Classic 26T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,45
Tango	0,00	-	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,26
ForCity Classic 28T	0,00	-	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,25
ULF	1,00	-	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,41
ST S110b	0,00	-	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,37
ST S109j	0,00	-	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,33
ST S111o	0,00	-	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,39
ST S105p	0,91	-	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,64

Cestující větší postavy

Váha	0,1	0	0	0,23	0,25	0,2	0,22	
Citadis 302	0,00	-	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,36
Citadis Compact	0,91	-	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,61
Citadis X05	0,91	-	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,88
ForCity Alfa 15T	0,00	-	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,16
Flexity Melbourne	0,00	-	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,53
Avenio Haag	0,00	-	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,37
ForCity Plus 29T	0,00	-	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,34
ForCity Plus 30T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,43
EVO1	0,00	-	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,27
ForCity Classic 26T	0,00	-	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,45
Tango	0,00	-	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,26
ForCity Classic 28T	0,00	-	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,25
ULF	1,00	-	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,41
ST S110b	0,00	-	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,37
ST S109j	0,00	-	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,33
ST S111o	0,00	-	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,39
ST S105p	0,91	-	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,64

Maminky doprovázející dítě v kočárku

Váha	0,2	0	0,45	0,09	0,09	0,09	0,08	
Citadis 302	0,00	-	0,00	0,72	0,72	0,06	0,00	0,14
Citadis Compact	0,91	-	0,42	0,37	0,72	0,44	0,74	0,57
Citadis X05	0,91	-	0,45	1,00	0,72	1,00	0,83	0,69
ForCity Alfa 15T	0,00	-	0,76	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	-	0,00	0,37	0,87	0,44	0,62	0,20
Avenio Haag	0,00	-	0,43	0,37	0,09	0,69	0,57	0,34
ForCity Plus 29T	0,00	-	0,24	0,04	0,30	0,69	0,53	0,24
ForCity Plus 30T	0,00	-	0,26	0,37	0,30	0,69	0,62	0,29
EVO1	0,00	-	0,55	0,19	0,30	0,25	0,49	0,35
ForCity Classic 26T	0,00	-	0,66	0,37	0,30	0,38	1,00	0,47
Tango	0,00	-	0,27	0,04	0,30	0,00	0,79	0,21
ForCity Classic 28T	0,00	-	0,73	0,00	0,30	0,38	0,44	0,43
ULF	1,00	-	0,44	0,15	0,30	0,00	0,91	0,51
ST S110b	0,00	-	0,33	0,30	0,64	0,38	0,29	0,29
ST S109j	0,00	-	0,26	0,37	0,66	0,13	0,25	0,24
ST S111o	0,00	-	0,24	0,37	0,30	0,06	1,00	0,25
ST S105p	0,91	-	1,00	0,07	1,00	0,69	0,66	0,84

Cestující se zavazadly a taškami

Váha	0,2	0	0,35	0,1	0,1	0,1	0,15	
Citadis 302	0,00	-	0,00	0,72	0,72	0,06	0,00	0,15
Citadis Compact	0,91	-	0,42	0,37	0,72	0,44	0,74	0,59

Citadis X05	0,91	-	0,45	1,00	0,72	1,00	0,83	0,73
ForCity Alfa 15T	0,00	-	0,76	0,44	0,00	0,08	0,19	0,34
Flexity Melbourne	0,00	-	0,00	0,37	0,87	0,44	0,62	0,26
Avenio Haag	0,00	-	0,43	0,37	0,09	0,69	0,57	0,35
ForCity Plus 29T	0,00	-	0,24	0,04	0,30	0,69	0,53	0,27
ForCity Plus 30T	0,00	-	0,26	0,37	0,30	0,69	0,62	0,32
EVO1	0,00	-	0,55	0,19	0,30	0,25	0,49	0,34
ForCity Classic 26T	0,00	-	0,66	0,37	0,30	0,38	1,00	0,49
Tango	0,00	-	0,27	0,04	0,30	0,00	0,79	0,25
ForCity Classic 28T	0,00	-	0,73	0,00	0,30	0,38	0,44	0,39
ULF	1,00	-	0,44	0,15	0,30	0,00	0,91	0,53
ST S110b	0,00	-	0,33	0,30	0,64	0,38	0,29	0,29
ST S109j	0,00	-	0,26	0,37	0,66	0,13	0,25	0,25
ST S111o	0,00	-	0,24	0,37	0,30	0,06	1,00	0,31
ST S105p	0,91	-	1,00	0,07	1,00	0,69	0,66	0,81

Cestující s cyklistickým kolem

Váha	0,2	0	0,45	0,09	0,09	0,09	0,08	
Citadis 302	0,00	-	0,00	0,72	0,72	0,06	0,00	0,14
Citadis Compact	0,91	-	0,42	0,37	0,72	0,44	0,74	0,57
Citadis X05	0,91	-	0,45	1,00	0,72	1,00	0,83	0,69
ForCity Alfa 15T	0,00	-	0,76	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	-	0,00	0,37	0,87	0,44	0,62	0,20
Avenio Haag	0,00	-	0,43	0,37	0,09	0,69	0,57	0,34
ForCity Plus 29T	0,00	-	0,24	0,04	0,30	0,69	0,53	0,24
ForCity Plus 30T	0,00	-	0,26	0,37	0,30	0,69	0,62	0,29
EVO1	0,00	-	0,55	0,19	0,30	0,25	0,49	0,35
ForCity Classic 26T	0,00	-	0,66	0,37	0,30	0,38	1,00	0,47
Tango	0,00	-	0,27	0,04	0,30	0,00	0,79	0,21
ForCity Classic 28T	0,00	-	0,73	0,00	0,30	0,38	0,44	0,43
ULF	1,00	-	0,44	0,15	0,30	0,00	0,91	0,51
ST S110b	0,00	-	0,33	0,30	0,64	0,38	0,29	0,29
ST S109j	0,00	-	0,26	0,37	0,66	0,13	0,25	0,24
ST S111o	0,00	-	0,24	0,37	0,30	0,06	1,00	0,25
ST S105p	0,91	-	1,00	0,07	1,00	0,69	0,66	0,84

Cestující se zlomenou nohou či jiným úrazem končetin (převážně dolních)

Váha	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15	
Citadis 302	0,00	0,00	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,15
Citadis Compact	0,91	0,00	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,45
Citadis X05	0,91	0,00	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,58
ForCity Alfa 15T	0,00	0,93	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	0,00	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,26
Avenio Haag	0,00	0,00	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,20

ForCity Plus 29T	0,00	0,70	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,43
ForCity Plus 30T	0,00	0,70	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,47
EVO1	0,00	0,68	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,38
ForCity Classic 26T	0,00	0,00	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,25
Tango	0,00	1,00	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,50
ForCity Classic 28T	0,00	0,00	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,13
ULF	1,00	0,62	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,60
ST S110b	0,00	0,00	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,18
ST S109j	0,00	0,00	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,15
ST S111o	0,00	0,59	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,43
ST S105p	0,91	0,66	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,69

Cestující na invalidním vozíku

Váha	0,4	0	0,5	0	0	0	0,1	
Citadis 302	0,00	-	0,00	0,72	0,72	0,06	0,00	0,00
Citadis Compact	0,91	-	0,42	0,37	0,72	0,44	0,74	0,65
Citadis X05	0,91	-	0,45	1,00	0,72	1,00	0,83	0,67
ForCity Alfa 15T	0,00	-	0,76	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	-	0,00	0,37	0,87	0,44	0,62	0,06
Avenio Haag	0,00	-	0,43	0,37	0,09	0,69	0,57	0,27
ForCity Plus 29T	0,00	-	0,24	0,04	0,30	0,69	0,53	0,17
ForCity Plus 30T	0,00	-	0,26	0,37	0,30	0,69	0,62	0,19
EVO1	0,00	-	0,55	0,19	0,30	0,25	0,49	0,32
ForCity Classic 26T	0,00	-	0,66	0,37	0,30	0,38	1,00	0,43
Tango	0,00	-	0,27	0,04	0,30	0,00	0,79	0,21
ForCity Classic 28T	0,00	-	0,73	0,00	0,30	0,38	0,44	0,41
ULF	1,00	-	0,44	0,15	0,30	0,00	0,91	0,71
ST S110b	0,00	-	0,33	0,30	0,64	0,38	0,29	0,19
ST S109j	0,00	-	0,26	0,37	0,66	0,13	0,25	0,16
ST S111o	0,00	-	0,24	0,37	0,30	0,06	1,00	0,22
ST S105p	0,91	-	1,00	0,07	1,00	0,69	0,66	0,93

Senioři se sníženou pohyblivostí související s vysokým věkem

Váha	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15	
Citadis 302	0,00	0,00	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,15
Citadis Compact	0,91	0,00	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,45
Citadis X05	0,91	0,00	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,58
ForCity Alfa 15T	0,00	0,93	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	0,00	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,26
Avenio Haag	0,00	0,00	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,20
ForCity Plus 29T	0,00	0,70	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,43
ForCity Plus 30T	0,00	0,70	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,47
EVO1	0,00	0,68	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,38
ForCity Classic 26T	0,00	0,00	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,25

Tango	0,00	1,00	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,50
ForCity Classic 28T	0,00	0,00	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,13
ULF	1,00	0,62	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,60
ST S110b	0,00	0,00	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,18
ST S109j	0,00	0,00	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,15
ST S111o	0,00	0,59	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,43
ST S105p	0,91	0,66	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,69

Cestující se zrakovým postižením

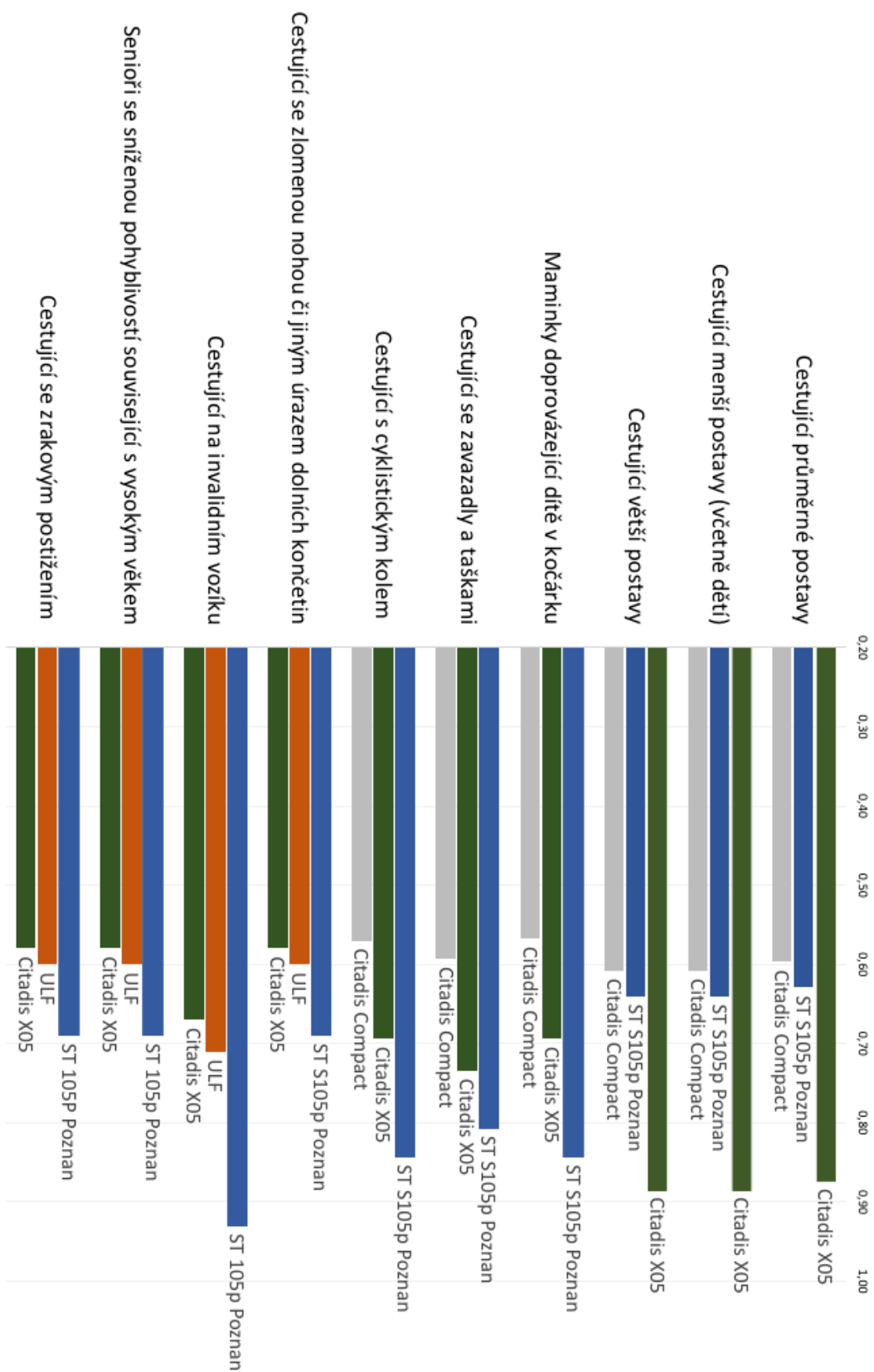
Váha	0,2	0,35	0	0,1	0,1	0,1	0,15	
Citadis 302	0,00	0,00	-	0,72	0,72	0,06	0,00	0,15
Citadis Compact	0,91	0,00	-	0,37	0,72	0,44	0,74	0,45
Citadis X05	0,91	0,00	-	1,00	0,72	1,00	0,83	0,58
ForCity Alfa 15T	0,00	0,93	-	0,44	0,00	0,08	0,19	0,40
Flexity Melbourne	0,00	0,00	-	0,37	0,87	0,44	0,62	0,26
Avenio Haag	0,00	0,00	-	0,37	0,09	0,69	0,57	0,20
ForCity Plus 29T	0,00	0,70	-	0,04	0,30	0,69	0,53	0,43
ForCity Plus 30T	0,00	0,70	-	0,37	0,30	0,69	0,62	0,47
EVO1	0,00	0,68	-	0,19	0,30	0,25	0,49	0,38
ForCity Classic 26T	0,00	0,00	-	0,37	0,30	0,38	1,00	0,25
Tango	0,00	1,00	-	0,04	0,30	0,00	0,79	0,50
ForCity Classic 28T	0,00	0,00	-	0,00	0,30	0,38	0,44	0,13
ULF	1,00	0,62	-	0,15	0,30	0,00	0,91	0,60
ST S110b	0,00	0,00	-	0,30	0,64	0,38	0,29	0,18
ST S109j	0,00	0,00	-	0,37	0,66	0,13	0,25	0,15
ST S111o	0,00	0,59	-	0,37	0,30	0,06	1,00	0,43
ST S105p	0,91	0,66	-	0,07	1,00	0,69	0,66	0,69

Tabulka 5-18 Vyhodnocení optimální varianty tramvaje pro každou skupinu cestujících

V případě druhé multikriteriální analýzy byla vyhodnocena tramvaj ST S105p pro město Poznaň firmy Solaris Bus & Coach jako ideální pro skupiny cestujících, které kladou důraz na přítomnost a parametry vyhrazeného sedadla, a také pro ty, které kladou důraz na parametry multifunkčního místa.

Jako ergonomicky nejvhodnější tramvají pro skupinu běžných cestujících bez omezení mobility je tramvaj Citadis X05 firmy Alstom.

V Graf 5-5 je znázorněno závěrečné shrnutí 3 ergonomicky nejvhodnějších tramvají pro každou skupinu cestujících. Na vodorovné ose jsou hodnoty celkových vážených součtů a na svislé ose jsou jednotlivé skupiny cestujících.



Graf 5-5 Souhrn tří ergonomicky nevhodnějších tramvají pro každou skupinu cestujících

Závěr

Cílem práce byla ergonomická analýza prostoru cestujících v tramvajích od světových výrobců a vyhodnocení ergonomicky nejpříjemnější tramvaje pomocí multikriteriálních analýz. Kromě toho byly vyhodnoceny tramvaje, které z ergonomického hlediska nejlépe vyhovují skupinám cestujících, jako jsou například běžní cestující, ale i lidé s permanentním a dočasným omezením mobility.

Podkladem pro tyto analýzy byly informace z různých normativů a legislativ, které předepisují minimální rozměry prvků v interiéru, a antropometrické údaje a jiné publikace, které stanovují minimální prostorové nároky různých typů cestujících.

Z výsledků první multikriteriální analýzy byla vyhodnocena tramvaj Citadis Compact firmy Alstom jako optimální, a to na základě dotazníku, z něž vyplynuly váhy jednotlivých kritérií. Na druhém místě se umístila tramvaj ST S105p pro město Poznaň od firmy Solaris Bus & Coach a na třetím místě se umístila tramvaj Citadis X05 od firmy Alstom.

V druhé multikriteriální analýze byla tramvaj Citadis X05 firmy Alstom označena jako ergonomicky nejvhodnější pro běžné cestující bez omezení mobility. Na druhém místě se umístila tramvaj Solaris ST105p a na třetím místě tramvaj Citadis Compact.

Pro skupiny cestujících, pro které je určené vyhrazené sedadlo, a pro cestující na invalidním vozíku, kteří vyžadují striktně multifunkční místo, byla označena tramvaj Solaris ST105p jako ergonomicky nejvhodnější. Cestující vyžadující vyhrazené sedadlo jsou konkrétně cestující se zlomenou nohou, senioři a zrakově postižení. Druhou ergonomicky nejvhodnější tramvaj pro tyto skupiny cestujících je tramvaj ULF firmy Siemens a třetí ergonomicky nejoptimálnější byla označena tramvaj Citadis X05 firmy Alstom.

Cestující vyžadující multifunkční místo jsou maminky s kočárky, cestující s cyklistickým kolem a cestující se zavazadly. Pro tyto skupiny cestujících byla vyhodnocena tramvaj ST S105p jako ergonomicky nejpříjemnější, na druhém místě se umístila tramvaj Citadis X05 a na třetím místě tramvaj Citadis Compact.

Využití výsledků ergonomických analýz interiérů tramvajů lze použít při další optimalizaci prostoru cestujících v tramvajích. U ergonomicky nejpříjemnějších tramvajů lze využít provedeného rozboru modulů interiéru a sestavit z nich novou tramvaj, která bude ergonomicky vhodnější a přístupnější pro širší spektrum cestujících s rozmanitými nároky na městskou hromadnou dopravu.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] BLAHA, Tomáš. *Design tramvaje*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.
- [2] *Design tramvaje pro MHD* [online]. [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=48. Diplomová práce. Vedoucí práce Akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
- [3] Ergonomie. *Masarykova univerzita* [online]. 1996 [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1433/jaro2009/VV063/um/pred.1.pdf>
- [4] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *ERGONOMIE: Optimalizace lidské činnosti*. Grada, 2002.
- [5] HLAVOVÁ, Vendula. *Meření jízdních manévřů vozidel hromadné přepravy osob, pro stanovení komfortní a bezpečné jízdy*. Brno, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Stanislav Tokař.
- [6] CHUNDELA, Lubor. Ergonomie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN DOI. Dostupné také z: http://www.strojar.com/upload/skripta/Str_ergo_skripta.pdf
- [7] KREJČÍK, Stanislav. *Studie podvozku pro nízkopodlažní tramvajové vozidlo*. Plzeň, 2015. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Heller, CSc.
- [8] MAŘÍK, Jan. *Designová studie tramvajového vozu*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
- [9] Metro. *Sedačky v MHD jsou nasáklé potem a močí, stěžují si Pražané* [online]. 2013 [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: http://www.metro.cz/sedacky-v-mhd-jsou-nasakle-potem-a-moci-stezujji-si-prazane-pmt-/praha.aspx?c=A130909_123417_co-se-deje_ava
- [10] NÁDHERNÝ, Martin. *Návrh uzlu "spodek-podvozek" tramvajového vozidla*. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Karel Petr, Ph.D.
- [11] POKORNÝ, David. *Design tramvaje*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.
- [12] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 107 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie M2 nebo M3 z hlediska jejich celkové konstrukce*. In: . ročník 2010.
- [13] REBSTOCK, Markus. *Leitfaden zur Veranschaulichung der Checkliste Mindeststandards für barrierefreie Straßenbahnen*. Institut Verkehr und Raum der Fachhochschule Erfurt, 2014.
- [14] ŘEZÁČ, Miroslav a Leopold HUDEČEK. *Tramvajová doprava*. Fakulta stavební VŠB - TU Ostrava.
- [15] SLÁDEK, Jiří. *Spřáhla v modelové velikosti TT* [online]. Trainmania, 2005 [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: <http://trainmania.wz.cz>
- [16] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/85/ES ze dne 20. listopadu 2001 o zvláštních ustanoveních pro vozidla používaná k přepravě osob, která mají více než osm sedadel kromě sedadla řidiče, a o změně směrnic 70/156/EHS a 97/27/ES*.

- [17] SPECIFIKACE předmětu plnění obnovy vozového parku 40 ks nových nízkopodlažních středněkapacitních tramvají do délky 25m pro Dopravní podnik Ostrava a. s. [online]. [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/24309593-1-2-tramvaje-musi-splnovat-pozadavky-platnych-pravnich-predpisu-a-technicky-norem-odpoved-ano-ne-doplujici-popis.html>
- [18] ŠRETR. *Studie elektrické jednotky a jejího interiéru*. Praha, 2010. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Josef Kolář, CSc.
- [19] ŘÍHÁNEK, Šimon. *Design tramvaje*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.
- [20] *Old Postcards and Photographs of North-East Trams 2: South Shields Horse-drawn Tram* [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: http://www.picturesofgateshead.co.uk/postcards_trams2/
- [21] HORSE-DRAWN TRAM: A richly detailed passenger vehicle. *Severn Lamb: The Transport Engineering Specialists* [online]. 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://severn-lamb.com/people-movers/tracked-trains/trams-trolleys-funiculars/horse-drawn-tram>
- [22] Steam tram Bern 12. *Wikimedia Commons* [online]. 2015 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2004-07-07_Steam_tram_Bern_12.JPG
- [23] Steam Tram Interior. *Flickr* [online]. Geoffrey Tribe, 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/125096403@N08/32900607175>
- [24] Interieur van een PCC-tram. *Wikipedia: PCC-trams in Den Haag* [online]. 2007 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://nl.wikipedia.org/wiki/PCC-trams_in_Den_Haag#/media/File:Tram_interior_HTML_PCC.JPG
- [25] Meer informatie Haagse vierasser 215 (serie 201-216) in het HOVM. *Wikipedia: PCC-trams in Den Haag* [online]. 2007 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://nl.wikipedia.org/wiki/PCC-trams_in_Den_Haag#/media/File:HOVMHTML215.jpg
- [26] "DÁMA NA KOLEJÍCH": Photo of 1965: a test drive of coupled single-ended tramcars T3. *Flickr* [online]. 2011 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://www.flickr.com/photos/frantisek_kardaus/5919408790
- [27] Tatra T3: Interior of T3D. *Wikiwand* [online]. 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: http://www.wikiwand.com/en/Tatra_T3
- [28] Tatra RT6N1: Brněnská tramvaj RT6N1 ev. č. 1801 ve zkušebním provozu s cestujícími v roce 2008. *Wikipedie* [online]. 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tatra_RT6N1
- [29] Tatra RT6N1: Wnętrze poznańskiej Tatry, sprawiające wrażenie dość mocno zaniedbanego. *Garnek: Strona na zdjęcia, fotoblogi, fotofora* [online]. 2013 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.garnek.pl/wej96/26345215/tatra-rt6n1-407>
- [30] Škoda 15T ForCity (Praha). *METRO: Rozhovor: Tramvajovou trať na Barrandov bych dnes řešil jinak, říká architekt Kotas* [online]. 2014 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://praha.idnes.cz/foto.aspx?c=A140311_140338_co-se-deje_jbs&foto=JBS51cba0_13_B_Skoda_15T_for_city_Praha.jpg
- [31] Praha - Inside Tram - Škoda 15T For City. *Wikimedia Commons* [online]. 2012 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praha_-_Inside_Tram_-_%C5%A0koda_15T_For_City_\(7510138192\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praha_-_Inside_Tram_-_%C5%A0koda_15T_For_City_(7510138192).jpg)

- [32] KUBÁT, Bohumil. *Městská a příměstská kolejová doprava*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2010, 347 s. ISBN 978-80-7357-539-7.
- [33] ČSN 28 0318: *Průjezdne průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách*. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [34] ČSN 28 1300: *Tramvajová vozidla - Technické požadavky a zkoušky*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [35] ŠAŠEK, Jakub. *Návrh deformačního nárazového prvku tramvaje*. 2005. Diplomová práce.
- [36] HELLER, Petr a DOSTÁL, Josef. *Kolejová vozidla III*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011, 223 s. ISBN 978-80-261-0028-7
- [37] ZELINGR, Miloš. 100% nízkopodlažní tramvaj s otočnými podvozky. *Czech Raildays*[online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.railvolution.net/>
- [38] Napájecí kolejnice. *Wikiwand: Z Wikipedie, otevřené encyklopedie* [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: http://www.wikiwand.com/cs/Napajeci_kolejnice
- [39] SRS: An innovative catenary-free solution. Alstom [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/products-services/productcatalogue/rail-systems/Infrastructures/products/srs-ground-based-staticcharging-system/>
- [40] SKLÁDACÍ TRAMVAJOVÉ SPŘÁHLO - pro SKD TRADE, a.s. Praha. *KLL-konstrukční kancelář, s.r.o.* [online]. Ostrava, 2004 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.kll.cz/pages/skladaci%20sprahlo.htm>
- [41] SLÁDEK, Jiří. Spřáhla v modelové velikosti TT. *TRAINMANIA: Zajímavosti o velké i malé železnici*[online]. , 47 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://trainmania.wz.cz>
- [42] ISO 4253: *Agricultural Tractors — Operator Seating Accommodation — Dimensions*. ISO (International Standards Organisation), 1993.
- [43] Kategorie vozidel. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie_vozidel
- [44] ŠKODA Transportation a.s. *Interiér tramvaje 15T Praha*. 2017.
- [45] BLÁHA, P. a kol. *V. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže v roce 1991 (České země) - vybrané antropometrické charakteristiky*. 10. Čsl. pediatrie 48, 1993.
- [46] PECKOVÁ, Anna. *Pohyb městem Pardubice očima lidí s omezenou mobilitou*. Brno, 2017. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Mgr. Kateřina Sidiropulu Janků, Ph.D.
- [47] Aston Marcelo Kombi kočik s autosedačkou. *Maja Kočíky* [online]. Skalica [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.kocikyskalica.sk/obchod-kociky/kociky/kombinovane/aston-marcelo-kombi-kocik-s-autosedackou.html>
- [48] FILIPIOVÁ, Daniela. *Projektujeme bez bariér*. Praha, 2002. ISBN 80-86552-18-7.
- [49] Man with luggage 3d model. *CadNav.com* [online]. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.cadnav.com/3d-models/model-21219.html>
- [50] Carry-on baggage. *Polish Airlines LOT* [online]. 2017 [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.lot.com/us/en/carry-on-baggage>

- [51] Batoh TopBags School Can. *Top batohy* [online]. 2017 [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <https://www.topbatohy.cz/batoh-topbags-school-can-modry/>
- [52] MACMICHAEL, Simon. *Sheffield urged to appoint cycling champion and allow bikes on trams* [online]. 2014 [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://road.cc/content/news/116362-sheffield-urged-appoint-cycling-champion-and-allow-bikes-trams>
- [53] DOČEKALOVÁ, Zuzana. *Optimalizace bezbariérové dopravy a bezbariérových tras v Opavě*. Praha, 2015. Diplomová práce. ČVUT.
- [54] VÁGNEROVÁ, Nikol. *Antropometrie dětí mladšího školního věku ve vztahu k ergonomii*. Brno, 2016. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [55] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Sylva GILBERTOVÁ. *ABC Ergonomie: Ergonomie pro praxi*. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2010.
- [56] ČSN EN 547-3:1998: *Bezpečnost strojních zařízení - Tělesné rozměry - Část 3: Antropometrické údaje*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [57] ČSN EN ISO 7250:1998: *Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [58] BUREŠ, Marek. *Antropometrie: ŘOP - Řízení a organizace práce*. Západočeská Univerzita v Plzni.
- [59] Flexity. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Flexity>
- [60] Alstom Citadis. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Alstom_Citadis
- [61] Solaris Tramino. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Solaris_Tramino
- [62] Stadler Tango. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Stadler_Tango
- [63] Bezbariérová tramvaj EVO 1. Prago!mex [online]. Praha: TW Team [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.pragoimex.cz/>
- [64] BARROW, Keith. *Nice previews Alstom LRV for Line T2. IRJ - International Railway Journal* [online]. Simmons-Boardman Publishing, 2016 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.railjournal.com/index.php/light-rail/nice-previews-alstom-lrv-for-line-t2.html>
- [65] BARTKOWIAK, Robert. *Solaris Tramino Braunschweig wnetrze InnoTrans Berlin 2014*. Flickr [online]. 2014 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/112320505@N07/15367134622>
- [66] TPAMBAŇ ALSTOM CITADIS 301. LiveJournal [online]. 2016 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://nau-spb.livejournal.com/601566.html>
- [67] Tango in Gelb - neu! Drämmli für d'Region. YouTube [online]. BLT Baselland Transport, 2012 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=LRRVO8ztIVE>
- [68] MONGIRD, Alicja. *Stadler/Solaris czy Pesa? Koperty z ofertami na nowe tramwaje otwarte. Portal Miasta Gdańska* [online]. 2017 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z:

- <http://www.gdansk.pl/wiadomosci/Stadler-Solaris-czy-Pesa-Koperty-z-ofertami-na-nowe-tramwaje-otwarte,a,74304>
- [69] Solaris Tramino S100. Solaris Club [online]. 2004 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: http://galeria.solaris-club.com/details.php?image_id=3810&sessionid=e782cbf2002068aea8b75
- [70] 15T 9217 - 1. část. YouTube [online]. 2011 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gpKtVHCM2zQ>
- [71] Škoda 30T ForCity Plus. Imhd.sk [online]. 2017 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://m.imhd.sk/ba/popis-typu-vozidla/740/Skoda-30T-ForCity-Plus>
- [72] 'OLD BRIDGE' RECONSTRUCTION + TRAM SYSTEM EXTENSION. Skyscrapercity.com [online]. 2015 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://www.skyscrapercity.com>
- [73] MEYER, Thomas. *BLT Tango. Tram-Oldtimer Basel* [online]. 2015 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.tramoldtimer-basel.ch/fzblt151s0.html>
- [74] Innovative trams, streetcars, and light rail vehicles. Siemens [online]. 2018 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/rail-solutions/rolling-stock/trams-and-light-rail.html>
- [75] GILLIERON, Laurent. *Streit um das neue Zuri-Tram entschieden. 20 Minuten* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.20min.ch/diashow/diashow.tmpl?showid=175812>
- [76] Tram in Vienna - Wiener Linien - Straßenbahn - Villamos - Wien. YouTube [online]. 2007 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=eLDYtgfANh8>
- [77] EVO 1. Tramvaje.net [online]. 2017 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://tramvaje.net/tramvaje-vyrobene-v-cr/TW-Team/evo_1
- [78] BARTKOWIAK, Robert. *Solaris Tramino Braunschweig wnetrze tyl pojazdu InnoTrans Berlin 2014* [online]. 2017 [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/112320505@N07/15207132978>
- [79] BOMBARDIER. Bombardier Flexity, Melbourne. Bombardier, 2010.
- [80] WILLING, Jon. *See? LRT is real*. Ottawa Sun [online]. 2015 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://ottawasun.com/2015/01/29/live-ottawans-get-sneak-peak-of-lrt-trains/wcm/6e26f4f6-cb43-4e86-b533-cc1cddb5f946>
- [81] First Citadis X05 tram rolled out. Metro Report [online]. 2017 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.metro-report.com/news/single-view/view/first-citadis-x05-tram-rolled-out.html>
- [82] Tramway de Lyon. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: https://fr.wikipedia.org/wiki/Tramway_de_Lyon
- [83] Praha - Inside Tram - Škoda 15T For City. In: *Wikimedia Commons: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praha_-_Inside_Tram_-_Škoda_15T_For_City_\(7510188012\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praha_-_Inside_Tram_-_Škoda_15T_For_City_(7510188012).jpg)
- [84] Archiv diskuse Tramvaje v Praze do 25. 01. 2014. K-report [online]. 2014 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.k-report.net/discus/archiv2014/48/513-archiv-5.html>

- [85] TRAMCAR FORCITY CLASSIC MISKOLC. Škoda [online]. 2018 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/en/references/tramcar-forcity-classic-miskolc/?from=prod>
- [86] BELOVIČ, Nino. *Skoda 30T ForCity Plus*. YouTube [online]. 2015 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=92htu1Y9n6E>
- [87] FOTOGALÉRIA: *Staré električky v Bratislave vystriedajú nové*. TVNOVINY.SK [online]. Dopravní podnik Bratislava, 2013 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: http://www.tvnoviny.sk/domace/galeria_1688003_fotogaleria-stare-elektricky-v-bratislave-vystriedaju-nove/8300
- [88] HTM - Avenio, interieur - (2).jpg. Wikimedia Commons [online]. 2016 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HTM_-_Avenio,_interieur_-__\(2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HTM_-_Avenio,_interieur_-__(2).jpg)
- [89] SOLARIS TRAMINO POD KONIEC TYGODNIA?. Lepszy Poznan [online]. 2011 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.lepszypoznan.pl/2011/05/24/solaris-tramino.html>
- [90] Straßenbahn Jena Solaris Tramino. YouTube [online]. 2014 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=cp1KPe5iLEA>
- [91] HRADÍLEK, Ludvík. *Tohle je nová tramvaj pro Prahu. Už na podzim vás svezí*. Aktuálně.cz [online]. 2015 [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/regiony/praha/novy-prototyp-tramvaje-pro-prahu-je-hotov>
- [92] SKULINOVÁ, Darja. Vícekriteriální rozhodování při stanovení využitelnosti budov z hlediska stavebně energetické koncepce na územích se zvýšenou průmyslovou činností. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada stavební* [online]. 2009, 9(1), 97-106 [cit. 2018-03-29]. ISSN 1213-1962. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/83138>
- [93] Vícekriteriální analýza variant. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org>
- [94] Vícekriteriální rozhodování. In: *Matematicko-fyzikální fakulta univerzity Karlovy* [online]. [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kopa/VRfinal.pdf>

