



Bakalářská práce

Kolejová vozidla

Railway vehicles

Autor:

Petr Šíma

Studijní program:

(B) Bakalářský

Studijní obor:

(B212) Design

Vedoucí:

MgA. Jan Jaroš

Praha, 2025

© Petr Šíma

České vysoké učení technické v Praze, 2025

Klíčová slova: *tramvaj, městská hromadná doprava, sedadlo, ohýbané dřevo*

Key words: *tram, public transport, seat, bent wood*



FAKULTA
ARCHITEKTURY
ČVUT V PRAZE

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury
Zadání bakalářské práce

Jméno a příjmení: Petr Šíma

datum narození: 25.1.2003

akademický rok / semestr: 2024/25 LS

studijní program: Design

ústav: 15150 Ústav designu

vedoucí bakalářské práce: MgA. Jan Jaroš

téma bakalářské práce: kolejová vozidla

viz přihláška na BP

zadání bakalářské práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

analýza problematiky

formulování vize

vlastní návrh řešení

vizualizace a model

2/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítko zpracování

Model

Plakát

Portfolio

3/ seznam případných dalších dohodnutých částí BP

Datum a podpis studenta 13.2.2025

Datum a podpis vedoucího BP 13.2.2025

registrováno studijním oddělením dne

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury	
Autor: Petr Šíma Akademický rok / semestr: LS 2024/2025 Ústav číslo / název: 15150/Design Téma bakalářské práce - český název: Kolejová vozidla Téma bakalářské práce - anglický název: Railway vehicles Jazyk práce: čeština	
Vedoucí práce:	MgA. Jan Jaroš
Oponent práce:	Ing. Miloš Zelinger
Klíčová slova (česká):	tramvaj, městská hromadná doprava, sedadlo, ohýbané dřevo
Anotace (česká):	Práce se zaměřuje na návrh sedadel do tramvaje metodou ohýbaného dřeva. Vývoj finálního řešení vychází ze současné podoby interiéru tramvaje Škoda 15T ForCity Alfa. Cílem práce bylo navrhnout funkční řešení, které odpovídá požadavkům kladeným na sedadla v tramvajích. Funkčně i esteticky tak představit návrh, který by byl plnohodnotnou alternativou stávající nabídky sedadel pro městskou hromadnou dopravu.
Anotace (anglická):	The project focuses on the design of tram seats using the bent wood technique. The development of the final solution is based on the current interior design of the Škoda 15T ForCity Alfa tram. The goal of the work was to design a functional solution that meets the requirements placed on tram seating. The aim was to present a design that, both functionally and aesthetically, serves as a full-fledged alternative to the existing range of seats used in urban public transport.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 23.5.2025



Podpis autora bakalářské práce

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucím práce MgA. Janu Jarošovi a Akad. Mal. Miroslavu Bednářovi za strukturované a inspirativní vedení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě C.I.E.B Kahovec, konkrétně panu Ing. Liboru Leksovi, za možnost konzultovat své návrhy z hlediska technického řešení. Firma mi také poskytla prostory pro ohyb ocelových trubek a samotný materiál, za což ji ještě jednou děkuji. Dřevěná část mohla vzniknout pouze díky panu Michalovi Prokešovi, který vlastní truhlářskou dílnu ve Štěpánovicích. Za konzultace také děkuji doc. Ing. arch. Patriku Kotasovi a společnosti VÚKV a.s., kteří mi poskytli spoustu podkladů a inspirace pro mou tvorbu.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Vývoj tramvajové dopravy	10
2.1. Koňský pohon	10
2.2. Parní pohon	12
2.3. Elektrický pohon	13
2.3.1. vozy PCC	15
2.3.2. T1	16
2.3.3. T3	17
2.3.4. RT6.....	18
2.4. Současná řešení	19
2.4.1. Škoda ForCity Smart 41T.....	19
2.4.2. Flexity tram.....	19
2.4.3. Variobahn Mnichov	20
2.4.4. Drak Evo 2	21
2.4.5. Škoda 14T.....	21
2.4.6. Sirio	22
3. Normy, rozměry a požadavky na sedadlo	23
3.1. Požární norma	23
3.2. Zátěžové normy	23
3.3. Rozměrové normy.....	24
3.3.1. Rozměry uličky.....	24
3.3.2. Rozměry spojených sedadel.....	26
3.3.3. Madla.....	27
3.4. Tvarování a sklon sedadla	28
3.5. Další požadavky na sedadla	29
3.6. Výběr materiálu	29

3.6.1.	Sklolaminát.....	29
3.6.2.	Plast	30
3.6.3.	Dřevo	30
4.	Ohýbání dřeva.....	32
4.1.	Výběr dřeva.....	33
4.2.	Lamelování.....	33
4.3.	Lisování.....	34
5.	Nosná konstrukce sedadel.....	35
5.1.	Dimenzování konstrukce.....	35
5.2.	Typy konstrukcí dle uchycení do konstrukce.....	35
5.2.1.	Konstrukce na podestě v oblasti kol.....	35
5.2.2.	Uchycení k podlaze a do bočnice.....	36
5.2.3.	Uchycení do stěny konzolí.....	37
6.	Analýza současného řešení v tramvaji Škoda 15T For City.....	38
7.	Výstup z analýzy a formulace vize.....	40
8.	Proces navrhování.....	42
9.	Výsledný návrh, prototyp.....	48
9.1.	Dřevěná část.....	48
9.2.	Rám.....	50
10.	Závěr.....	56
11.	Technická dokumentace	57
12.	Seznam zdrojů	69
12.1.	Textové zdroje.....	69
12.2.	Obrazové zdroje.....	72

1. Úvod

S rozšiřujícími se městy a stále většími požadavky na kvalitu života roste i význam městské hromadné dopravy. Typy vozidel MHD tak již musíme chápat z několika komplexních úhlů pohledu. Mezi ně patří jak komfort cestujících, efektivita převozu osob, tak i chápání vozidel jako prvků, které velkým způsobem ovlivňují samotný charakter města.

Nejvýraznější jednotkou, která nejvýrazněji mění charakter městských center, jsou bezesporu tramvaje. Jejich ekologický provoz, malá míra produkovaného hluku, bezbariérový přístup, přednost v dopravě a mnoho dalších kvalit z tramvají vytváří investiční cíle mnohých rozvíjejících se měst. Nejvýrazněji změnu charakteru měst můžeme pozorovat v prostorách širokých ulic či velkých volných ploch mezi zástavbou. V těchto případech dochází k úplné segregaci kolejové a silniční dopravy. Vznikají tak často zelené pruhy, které kladně působí na vzhled dané vozovky i jeho okolí.

Důvodem, proč jsem se rozhodl navrhnout sedadlo do tramvaje, je zejména vidina produktu, který by měl přesah do každodenního života. Návrh, který by díky své kvalitě a jednoduchosti nevyčníval a pouze sloužil svému účelu.

Jak vizuální, tak ergonomická kvalita interiérů dopravních prostředků přímo ovlivňuje, jak se člověk v daném prostředku cítí. Je tak velkou výzvou navrhovat prvky, které budou uzpůsobeny pro širokou skupinu uživatelů a zároveň budou odpovídat předepsaným pevnostním i bezpečnostním normám. Dále je důležité zohlednit i životnost sedadel, se kterou se výrobce zaručuje dodavateli, barevnou stálost, povrchovou pevnost či omyvatelnost proti vandalům. Pokud by se sedadlo skládalo z více částí, pak zajistit jednoduchou výměnu a nahraditelnost dílů.

Největším rozhodnutím v rámci návrhu je samotný materiál, ze kterého se budou sedadla vyrábět. Tímto výběrem se zejména stanoví pevnostní a tvarové možnosti. Materiál a tvar tak musí vyhovět požárním, estetickým i pevnostním normám, které jsou požadované od zadavatele nebo přímo uzákoněné. Výběru materiálu předchází řešerše v oblasti současných interiérů ergonomických specifik a technologií zpracování a tváření. S tím souvisí i spojení se s odborníky z praxe, jak v kontextu navrhování a konstruování interiérů, tak i zpracování vybraného materiálu.

Předmětem práce je tak v neposlední řadě i analýza variant konzolí, na kterých se sedadla budou nacházet. Vytvoření nejvhodnější varianty uchycení sedadel a samotné konzole do konstrukce tramvaje je ideálním spojením

estetických a technických znalostí, kterými se průmyslový design zabývá. Prvkem, který přímo souvisí s návrhem sedadla, je i napojení na vertikální úchopnou tyč, která by měla být polohovatelná vůči sedadlu z důvodů nepřesnosti umístění sedadla vůči rámu tramvaje.

Pro zúžení rozsáhlého pole možností návrhu jsem se rozhodl pro výběr jednoho typu tramvaje, kterým je pražská tramvaj Tatra 15 T z roku 2009, která vznikla ve spolupráci VÚKV a atelieru designu a architektury doc. Ing. arch. Patrika Kotase. Jako cíl jsem si stanovil zanalyzovat současný stav variant sedadel v těchto vozech a možných alternativ sedadel v českém i zahraničním kontextu. Z této analýzy pak navrhnout optimální řešení pro sedadlo určitého materiálu pro tuto tramvaj. Velkou výhodou je i možnost konzultace přímo s návrhářem tohoto vozu, který vede atelier na fakultě stavební, a tudíž je možné se s ním prostřednictvím školy spojit.

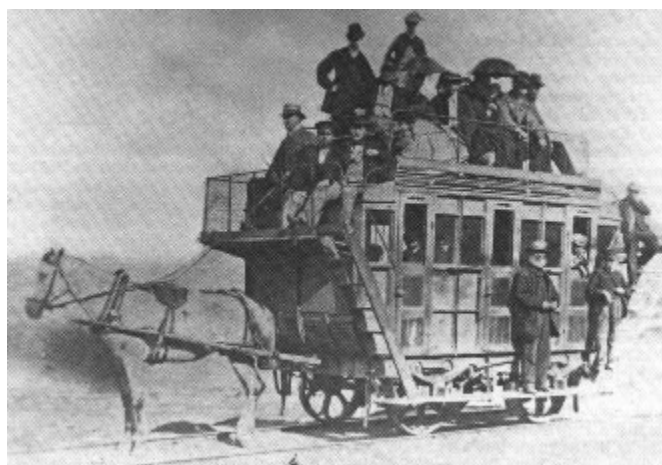
Výsledkem by měl být plně funkční prototyp ideálně ve variantě dvojsedadla, výkresová dokumentace, dotažený postup výroby, popř. jeho alternativa pro sériovou výrobu a vizualizace či fotografická dokumentace modelu zachycujícího sedadla v kontextu interiéru tramvaje.

2. Vývoj tramvajové dopravy

Kořeny městské hromadné dopravy sahají na počátek 19. století, jsou spojeny s růstem světových metropolí a spojováním městských center s periferiemi. Spolu s průmyslovou revolucí a potřeby koncentrace pracovních sil na jedno místo začínají vznikat první linky městské hromadné dopravy složené zpočátku omnibusy (nekolejová potahová vozidla), tažených koňmi. Tyto tendence můžeme spatřovat ve světových metropolích jako Londýn, Paříž či New York. Postupně se rozšiřují i do zbytku evropských měst. Počátkem 20. si vedení měst čím dál více uvědomuje výhody tohoto typu přepravy, s tím souvisí i jeho začleňování do již stávající infrastruktury. V historických částech měst se tak často můžeme setkat s provozem tramvají i ve značně stísněných podmínkách, které často omezují jejich další vývoj. První tramvaje zpočátku tažených koňmi nahrazuje pohon parní, na přelomu století pak i pohon elektrický, který se uplatňuje dodnes [1]

2.1. Koňský pohon

Roku 1807 byla uvedena do provozu v Anglii první pravidelná linka z města Swansea do Oystermouth (dnes Mumbles). Tato linka pravidelně převážela cestující po celkové dráze dlouhé 8km. Tato trasa byla inspirací pro rozvoj kolejové osobní dopravy, která na svůj rozkvět čekala až do 30. let 19. století. V tomto období vznikají koněspřežkové tratě v Americe, ale i po celé Evropě. V lokálním kontextu pak byla významná trať z Českých Budějovic do Lince, která tehdy sloužila zejména k přepravě soli z hornorakouské Solné komory. [2][3]



Obr. 1: Koněm tažený vlak, trasa ze Swansea do Mumbles, Wales

Městská tramvajová doprava se rozvíjela od poloviny 19. století. Odlehčené vagony, vycházející z té doby již fungujících tratí, poháněné parními

lokomotivami, posloužily jako inspirace pro rozvoj dopravy ve městech. Komplikace se zaváděním pravidelných koňských linek ve městech byly především spojeny s faktem, že koně byli schopni pracovat pouze po určitou denní dobu a bylo tedy zapotřebí je vyměňovat. V ojedinělých případech se koně vyměňovali za osly. Existují záznamy, že v kritických případech nedostatku zvířat byly tramvaje taženy i lidmi. [4][5]

Raritou je japonská tramvajová Jinsha Kidō linka tažená pouze lidmi fungovala v Japonsku ve 30. letech 19. století. Na trati dlouhé 2,5km sloužily 4 vozy s kapacitou 8 lidí. Tažná obsluha celé dráhy čítala okolo 16 lidí. [6]



Obr. 2: Vagón Jinsha Kidō

Alternativou byly takzvané omnibusy, nekolejová potahová vozidla tažená koňmi, tento druh dopravy byl známý již od poloviny 17 století. Na rozdíl od kolejí však ve zhoršených podmínkách nebyly schopné jízdy po tehdy často nedlážděných silnicích. Kolejová doprava nabízela menší odpor, tudíž mohlo stejný vagon táhnout méně koní, zároveň nebyla tolik náchylná na změnu povrchu vlivem nepříznivého počasí. [7]

Konstrukce tažených vagonů byla uzpůsobena městskému provozu. Jako hlavní materiál se používalo dřevo, kovové části byly používány pouze minimálně, a to v oblasti pojezdu a upevnění koňského oje. Vzdálenost přední a zadní nápravy byla zmenšena oproti železničním vagonům zejména kvůli zatáčení v městských ostřejších zatáčkách. Vyráběly se jak zastřešené, tak nezastřešené varianty, do příslušné výšky nápravy se chodilo po schodech. Dřevěné lavičky se z důvodu ušetření prostoru často umísťovaly podélně. Alternativou pro to bylo pak sezení příčné. Tyto lavičky byly často vybaveny opěradly, která se dala překloupit tak, aby lidé seděli vždy ve směru jízdy. Dobrým příkladem jsou vozy pražské koňské dráhy z konce 19. století. Jak podlaha, tak i sloupy, střecha a lavice byly vyrobeny z dubového dřeva. Dobrá dostupnost byla zařízena možností nastoupit po celé délce vagonu, samotný podvozek byl také snížený, tudíž se do přepravního prostoru nemuselo chodit po schodech. [5]

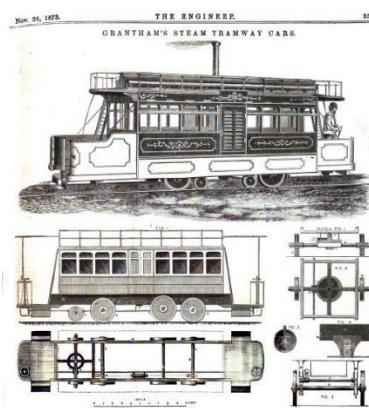
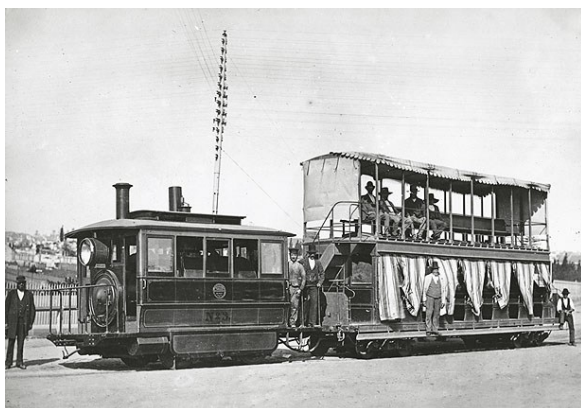


Obr. 3: Vůz pražské koňky, 1885

2.2. Parní pohon

S průmyslovou revolucí přichází alternativa koňského pohonu, kterým se stala pára. Zpočátku se od parního pohonu upouštělo a to zejména kvůli hrozcím explozím, které se zpočátku děly. Od 70. let 19. století se již začaly zavádět do běžného provozu. V Čechách jsme se s parní tramvají mohli setkat v Brně, Ostravě či Bohumíně.

Díky zmenšujícím velikostem parních strojů tak vznikaly elegantní a levné pohonné jednotky, které mohly být umístěny i uvnitř vozu s cestujícími. Vozy s tzv. vertikálním boilerem, tak mohly zastupovat jak pohonnou, tak přepravní funkci v jednom vozidle. Spolu s rostoucí tažnou silou se zvětšoval i počet cestujících. V Americe a Evropě, ale také například v japonské Osace pak vznikaly dvouposchodové kryté vozy, které byly schopny uvést výrazně vyšší počet cestujících. Vedle dřevěných sedadel se začala využívat sedadla kožená, ale to pouze v ojedinělých případech. [4][8]



Obr. 4: Parní tramvaj s dvoupatrovým vagonem Obr. 5: Vůz s vertikálním boilerem

2.3. Elektrický pohon

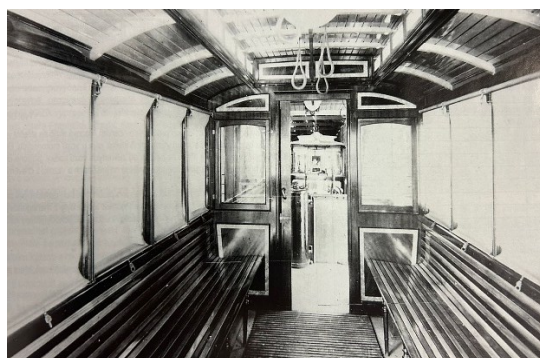
První komerčně využívaná elektrická linka byla zavedena nedaleko Berlína Wernerem von Siemensem roku 1881, původně poháněná elektřinou z kolejí, později se přešlo na pohánění z drátů nad provozem. [5]

Ve spoustě zemích pak elektrická tramvajová doprava navazovala přímo na tramvajovou dopravu koňskou. Výjimkou nebyla ani Praha, když se podařilo ing. Františku Křižíkovi prosadit výstavbu elektrické trati k příležitosti Jubilejní zemské výstavy v roce 1891. Dráha na Letné navázala na letenskou lanovou dráhu a vedla až k hornímu vchodu do královské zahrady. Dřevěná skříň se prakticky nelišila od otevřeného vozu koňky, dalo se nastupovat po celé délce vozidla. Hlavním rozdílem bylo připojení na horní napájecí drát a umístění trakčního motoru v podvozku. [5]

Na této i dalších nově vznikajících drahách v Praze se v následujícím desetiletí začínají objevovat i uzavřená elektrická vozidla. Příkladem může být motorový vůz Havlíčkovy elektrické dráhy Smíchov Košíře. Tyto vozy disponovaly z větší části stále dřevěnými lavicemi stejně, jako tomu bylo u koňské dráhy. [5]

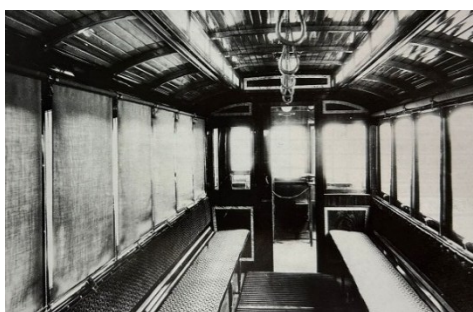


Obr. 6: Vůz Hlaváčkovy tramvaje



Obr. 7: Interiér vozu Hlaváčkovy tramvaje

S lavicemi potahovanými látkou se můžeme setkat u novějších modelů série č. 1-11. Luxusní výjimkou té doby byl Salónní vůz č. 200 vystavený na pařížské světové výstavě. Vnější i vnitřní podobu navrhl původně pro pražského primátora architekt Jan Kotěra. [5]



Obr. 8: Interiér motorových vozů ze série č.1-11



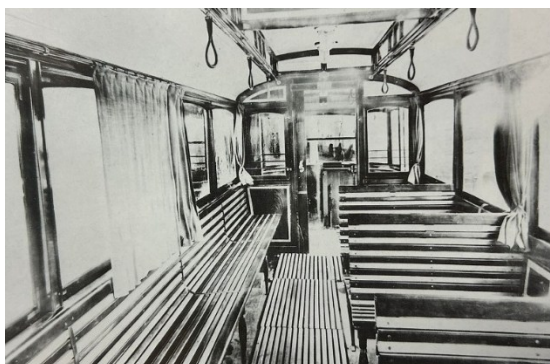
Obr. 9: motorový vůz č.11



Obr. 10: Interiér salónního vozu č. 200



Obr. 11: Salónní vůz č. 200 (archiv DP) str. 42,43



Obr.12: Interiér motorového vozu č 179. ze série č. 178-179 z roku 1905

V následujících desetiletích se interiéry příliš nemění, rozložení laviček bývá podobné – většinou kombinace podélných a příčných lavic. V kabině pro řidiče se již zpravidla vyskytuje sedadlo, tudíž řidič po celou cestu jízdy nestojí. Častěji se také objevují polstrovaná sedadla jako například v tramvaji č. 3005 dodávané z Ringhofferových závodů. Většina soudobých tramvají měla interiéry vykládané dřevem, což působilo příjemným a neutrálním dojmem. [5]



Obr. 13: Interiér jednosměrného motorového vozu č. 3005 v pohledu ke stanovišti řidiče



Obr. 14: Interiér jednosměrného motorového vozu č. 3005 v pohledu k zadnímu čelu

Ze zdařilých typů zahraničních tramvají začátku 20. století stojí za zmínku typ zvaný Peter Witt streetcar z roku 1915. Tento typ se vyznačoval jednoduchým, ale příjemným interiérem tvořeným dřevěnými prvky, mořenými do tmavých odstínů. Propracovaná jsou i držadla záchytných trubek. Vyskytují se zde také stropní záchytné tyče ukotvené po celé délce vozu, které usnadňovaly stabilitu stojícím lidem. Tento typ se používal převážně v Americe, ale nalezneme ho i v italském Miláně, kde slouží i dnes. [9]



Obr. 15 Tram No. 1503 of ATM Milano



Obr. 16 interier vozu typu Peter Witt streetcar, Milao

2.3.1. vozy PCC

Ve 30. letech 20. století se v americkém Detroitu spustil vývoj zcela nového konceptu tramvaje. Vozy PCC byly revoluční zejména v pohonné a ovládací oblasti. Motory byly již ve všech nápravách, byly uloženy podélně a spojeny s nápravou kardanem a převodovkou. Toto technické řešení pak umožňovalo rychlejší rozjezdy, efektivnější brzdění a celkové zvýšení komfortu z jízdy. Již první modely se vyznačují velkým a vzdušným prostorem. Unikátní atmosféru podtrhovala i horní řada oválných oken, která navozovala až futuristický dojem. [1]



Obr. 17: Interiér vozu typu PCC

Tato koncepce byla základem pro výrobu skupiny cca 30 000 tramvají po celém světě. Z tohoto modelu také vycházejí československé modely Tatra typ T. [1]

2.3.2. T1

Důležitou sérií tramvají v kontextu pražské dopravy bylo zavedení vozidel typu T z dílen českého výrobce Tatra n.p. závod Smíchov. Konstrukce se skládala z válcovaných ocelových a lisovaných profilů s obložnými plechy bočnic a střechy. Interiér pak z dřevovláknitých desek, podlaha z borovicových prken, krytá gumovým kobercem. V celé tramvaji byla použita čalouněná sedadla. Oproti moderním tramvajím jsou tyto typy poměrně úzké. Většinou se tedy přistupovalo k podélným sedadlům s prostorem pro stání uprostřed. [5]



Obr. 18: Interiér tatra T1



Obr. 19: Vůz tatra T1

2.3.3. T3

Revolučním typem byla Tatra T3, kterou pro Tatra n.p. závod Smíchov navrhl František Kardaš. Za konstrukčním řešením vozu pak stál Antonín Honzík. Došlo ke snížení celé konstrukce díky použití plastických hmot, zejména skelných laminátů. Ve první variantě vozu T3 č. 6101 se nacházela čalouněná sedadla v uspořádání dvě na jedné straně a jedno na druhé. U dalších modelů Tatry T3 již byla sedadla navržena v uspořádání pouze jedno sedadlo po každé straně. Toto rozložení dělalo prostor vzdušnější a prostornější. Estetická a minimalistická sedadla Františka Kardaše jsou dodnes velmi ceněným designovým prvkem. [5]

Horizontální červený pruh zvednutý od země nadlehčoval vizuálně celou konstrukci a přidával jí dynamický vzhled. Předek byl zakončen kruhovými světly, která se tou dobou používala na většině tramvají. Obecně oblé křivky uplatněné na konstrukci navozují příjemný a bezpečný dojem. [5]

Samotná Tatra T3 se stala nejrozšířenější tramvají na světě. V Československu bylo vyrobeno téměř 14 000 kusů, jež v některých částech světa slouží dodnes. Pro srovnání vozů PCC bylo v Americe vyrobeno přibližně 5000 kusů. [5]



Obr. 20: Interiér vozu T3, František Kardaš



Obr 21: Vůz tatra T1

2.3.4. RT6

Předností této tramvaje zaštiťované výrobcem Č.K.D. Tatra a.s. bylo usnadnění nástupu a výstupu osob s omezenou pohyblivostí. Bylo v ní také několik nízkopodlažních částí, které se nacházely i v prostorech mezi nápravami. Stejně jako u modelu T3 byla využita odlehčená svařovaná konstrukce s čely ze zpevněných skelných laminátů. Vyznačovala se originálním barevným řešením, které korespondovalo s barvou exteriéru. [5]



Obr. 22: Zelený interiér vozu RT6

Obr. 23: Detail laminátové sedačky



Obr. 24: Vůz RT6

2.4. Současná řešení

2.4.1. Škoda ForCity Smart 41T

Tato tramvaj vyráběná pro německý Bonn patří do rodiny tramvají společnosti Škoda transportation. Interiér je jedinečný množstvím dřevěných ploch, které zakrývají prostor mezi sedadly, dřevěná jsou i sedadla samotná. Je zde vhodně zvolená barevnost, kdy se pro důležité prvky používá jeden odstín červené, který je pak použit i na polstrovaná sedadla a exteriér tramvaje. [11]



Obr. 25: Interiér ForCity 41T



Obr. 16: Čelo vozidla ForCity 41T

2.4.2. Flexity tram

Návrh této tramvaje od studia Milani ve spolupráci výrobcem Alstom pro švýcarský Zürich je unikátní kvalitním zpracováním dřevěných sedaček. Na tmavé úpravě dřeva není tolik vidět jeho opotřebení, zároveň s ním tolik nesplývá trubková konstrukce z nerezové oceli. Zajímavým prvkem jsou i držadla v horní části sedadla sloužící pro zvedající se cestující. Tento návrh respektuje přirozené natočení zápěstí do vertikální polohy. [12]



Obr. 27: Interiér vozu Flexity tram



Obr. 28.: Vozidlo Flex tram

2.4.3. Variobahn Mnichov

Tento typ z německého studia ergon3Design se vyznačuje jednoduchým interiérem tvořící kombinací modré a žluté. Sedadla jsou jednoduchá. Dobře je řešeno napojení sedadla a tyče vedené ze stropu, tento spoj je pro jistotu zvýrazněn žlutou barvou. [13]



Obr. 29.: Kombinace modré a žluté ve voze Variobahn



Obr. 30.: Detail napojení na stropní tyč

2.4.4. Drak Evo 2

Tramvaj vyvinutá českou aliancí TW tým jezdí nyní ve čtyřech českých městech, a to v Liberci, Mostě, Brně a Plzni. V každém městě se můžeme setkat s jiným interiérovým řešením. Ve většině případů je téměř celý interiér šedý či světlý, což navozuje pocit většího prostoru, na druhou stranu může působit chladně. Barevná jsou většinou pouze sedadla, která často v interiéru vytvářejí velmi ostrý až nepříjemný kontrast. [14]



Obr. 31: Plastová sedadla ve voze Evo 2



Obr. 32: Evo drak2 v Brně

2.4.5. Škoda 14T

Tramvaj Škody transportation z roku 2006 navržena studiem Porsche Design Group má v současné době nová sedadla od firmy MSV interiéry. Sklolaminátová sedadla svým lesklým povrchem a dvěma variantami barevnosti rozbíjejí šedý interiér a organické tvary působí přirozeným až hravým dojmem. [15]



Obr. 33: Laminátová sedadla ve voze Škoda 14T



Obr. 34: Vozidlo 14T

2.4.6. Sirio

Varianta tramvaje pro Miláno japonsko italské spolupráce je specifická svým výrazně barevným interiérem. Cestující jsou celou cestu stimulováni výrazně zelenou barvou, kterou je pokryt celý interiér. Tento pokus o oživení interiéru patří mezi ty méně zdařilé. . [16]



Obr. 35: Vůz Sirio, Milano



Obr. 36: Jednobarevný interiér vozu Sirio

3. Normy, rozměry a požadavky na sedadlo

3.1. Požární norma

Protipožární podmínky pro dřevěná sedadla v kolejových vozidlech spadají pod normu ČSN EN 45545 (280160): Drážní aplikace - Protipožární ochrana drážních vozidel. Tato norma sleduje zejména množství vyprodukovaného tepla materiálem při hoření, produkci kouře či toxicitu spalovaného materiálu. Samotná norma rozděluje drážní vozidla do třech kategorií OC (Operational Categories) podle možností evakuace. Čím vyšší je číslo kategorie, tím je evakuace obtížnější, a tudíž jsou kladeny i vyšší požadavky na sedadla a vnitřní komponenty tramvaje.

OC 1 – otevřené tratě, krátké tunely (evakuace je snadná)

OC 2 – častý pohyb v tunelech, ale s možností evakuace

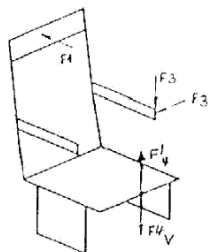
OC 3 – dlouhé tunely nebo uzavřené prostory, kde je evakuace obtížná nebo opožděná (platí zejména pro metro)

Pro pražské tramvaje se vztahuje již norma C2, jelikož se v rámci svých tratí pohybují v již normou stanovených minimálních délkách tunelů. Samotné testování dle normy ČSN 45545 u nás provozuje firma CZ testing v Novém Jičíně. [17]

3.2. Zátěžové normy

Požadované zátěžové síly na sedadlo odpovídají hodnotám v normě UIC 566 - Loadings of coach bodies and their components. Tato norma specifikuje maximální zatížení opěradla, které simuluje brždění či zrychlení, maximální zatížení područek a sedací plochy. Pro opěradlo je to 1500 N v horní části sedadla, na područky je to ze strany a shora 750 N, na přední část sedací plochy shora 1000 a ze spodu 1200 N. [18]

**Test loads for seats,
folding tables and tip-up seats**



F1 1 500 N horizontally, at any point on the upper part of the supporting structure (per seat) on an area of 380 x 80 mm.

F3 750 N vertically and horizontally on individual seats. Only vertically on compartment seats (1).

F4 1 000 N downwards applied to a seating surface of 380 x 220 mm or,

F'4 1 200 N upwards (1) on the front edge of the seat, depending on its construction.

Folding table

750 N vertically in the centre.

Tip-up seat

1 000 N vertically in the centre of the seat surface.

(1) The punch shall have a diameter of 250 mm and an edge radius of 25 mm.

Obr. 37: Z normy UIC 566, str. 41

3.3. Rozměrové normy

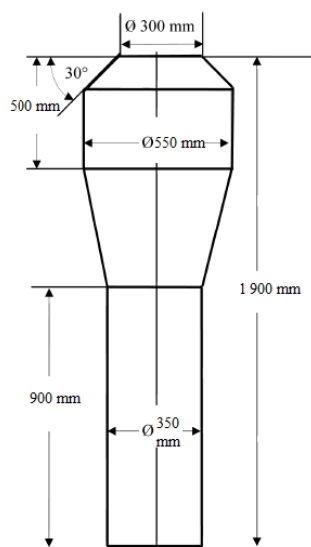
Při navrhování sedadel a celkového interiéru kolejových vozidel se nejčastěji vychází z normy Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 107. Tato norma stanovuje jednotné požadavky na konstrukci vozidel kategorií M2 a M3 – tedy vozidel určených pro přepravu více než osmi cestujících, přičemž u kategorie M2 nesmí hmotnost překročit 5 tun a u kategorie M3 tuto hranici naopak přesahuje. V rámci této normy jsou vozidla rozdělována podle účelu a způsobu provozu do tří tříd. Vozidla třídy I jsou navržena pro častý pohyb cestujících a mají vyhrazené prostory pro stání. Třída II kombinuje sedící i stojící cestující s omezeným prostorem pro stání, zatímco třída III slouží výhradně pro přepravu osob v sedě. Tramvajové soupravy nejčastěji spadají do třídy M2.

Alternativní norma, ze které se může při navrhování rozměrů pro tramvajová vozidla vycházet, je norma ČSN 28 1300.

3.3.1. Rozměry uličky

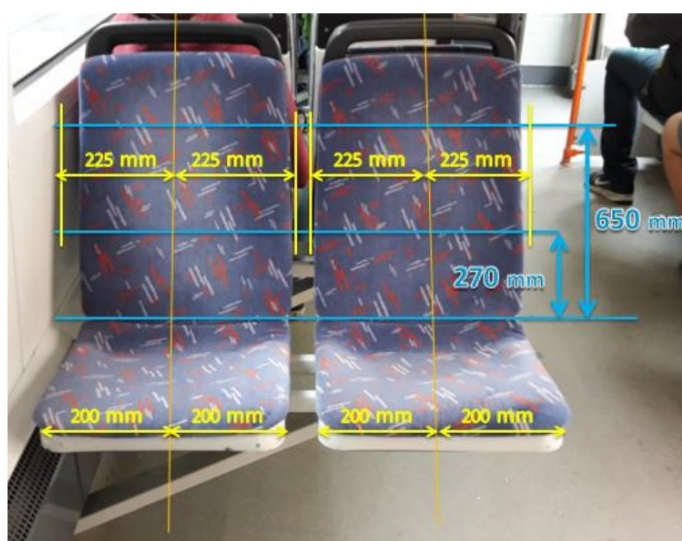
Uličkou se dle této normy myslí prostor, díky kterému se mohou cestující pohybovat po vozidle. Prostor uličky je kontrolován pomocí zkušebního kalibru. Kalibr se skládá ze dvou sousedních válců s obráceným komolým kuželem, který

je vložený mezi ně. Tento kalibr se při průchodu uličkou nesmí dotknout, žádného pevného prostorového prvku interiéru tramvaje. Pružné součásti, jako madla nebo pásy, se při měření nezohledňují. Tyto rozměry mohou být upraveny technickými specifikacemi vozidla nebo požadavkem zadavatele. [19] [20]



Obr. 38: Kalibr pro průchod v uličce

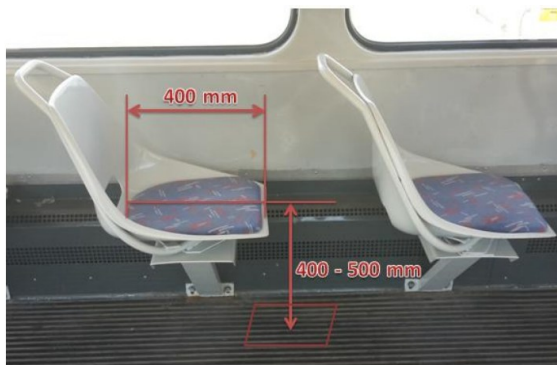
Šířka sedadla se odvíjí od dvou parametrů. Jedním je šířka sedadla, která se měří od středu sedadla – tato varianta nesmí být menší než 200 mm. Druhý parametr je šířka v prostoru opěradla, která se měří od osy ve výšce 270 až 650 mm. V této výšce by neměla jít pod hodnotu 250 mm nebo pod hodnotu 225 pro dvojsedadla. Rozměry druhého parametru mohou být redukovány na 200 užších tramvají o šířce 2,37m místo standardních 2,5m. [19] [20]



Obr. 39: Rozměry sedací části

3.3.2. Rozměry spojených sedadel

Hloubka sedadla by se měla pohybovat nad hodnotou 400 mm. Výška nestlačeného sedadla v případě polstrování pak v rozmezí 400 až 500 mm. Výjimkou jsou sedadla umístěná v oblasti podvozku, kdy výška může být i pouhých 350 mm. [19] [20]

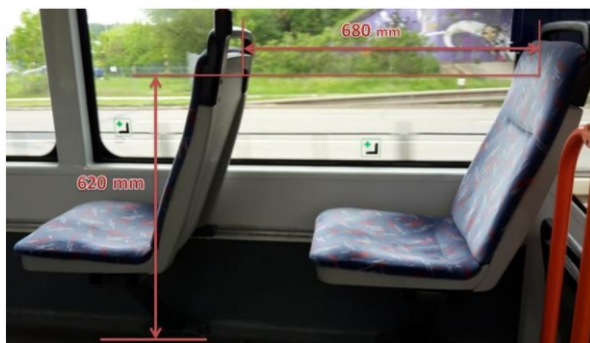


Obr. 40: Hloubka a výška sedáku

V tomto případě rozlišujeme variantu, kdy jsou sedadla proti sobě a kdy jsou paralelně za sebou. U paralelních sedadel umístěných ve stejném směru se tento rozměr měří do přední strany opěradla k zadní straně opěradla sedadla před ním. Tento rozměr nesmí být menší než 680 mm. Tato výška je měřena od polohy sedáku do výšky 620 mm nad podlahou. U sedadel umístěných naproti se měří minimální vzdálenost mezi protilehlými sedáky, která nesmí být menší než 1300 mm. [19] [20]



Obr. 41: Min.vzdálenost pro příčně orientované sedadla naproti sobě

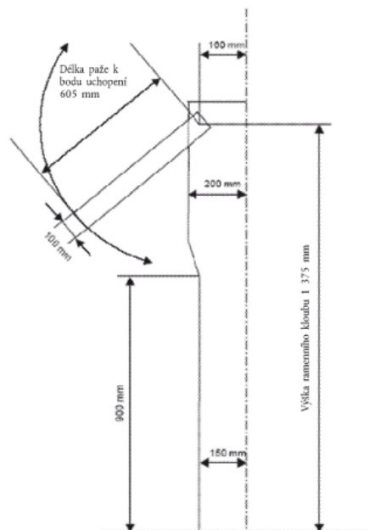


Obr. 42: Min. vzdálenost pro sedadla uspořádané za sebou

3.3.3. Madla

Držadel přímo spojených se sedadly se týkají zejména požadavky na optimální průměr trubky, který by se měl pohybovat mezi průměrem 20-45mm, na minimální délku úchytné plochy měřící alespoň 100 mm a na vzdálenost madla od karosérie či sedadla, která by měla být větší než 40 mm.

Obecně platí, že musí být držadla pevně ukotvena v karoserii, neměla by pružit, povrch by měl být kontrastní a neměl by klouzat. Dostupnost držadel z pohledu stojícího člověka se kontroluje kalibrem viz obrázek. [20]

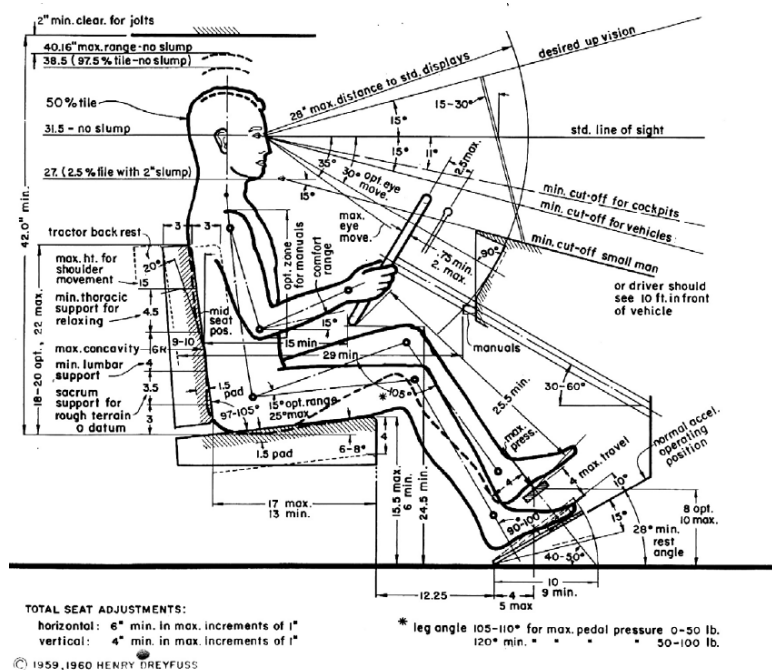


Obr. 43: Kalibr pro měření dostupnosti madel

3.4. Tvarování a sklon sedadla

Kromě základních rozměrů je důležité také samotné tvarování sedadla a jeho sklon. Pro opěradlo je důležité tvarování v oblasti beder, konkávnost tohoto oblouku by měla sahat přibližně do výšky okolo 250 mm nad sedákem. Od tohoto bodu by měl dále kopírovat páteř, tudíž by mělo navazovat prohnutí na druhou stranu či pokračování v rovině pod daným úhlem. Tento úhel záklonu sedadla se pohybuje mezi 13 a 16 stupni. Je to optimální poměr, kdy je ze sedadla ještě jednoduché vstát, ale zároveň je tento sklon důležitý při prudším brždění, aby zpomalil pohyb cestujícího směrem ze sedadla proti směru jízdy. S úhlem sedadla pak souvisí i úhel sedáku, který má stejnou jistící funkci při brždění. Tento úhel je standardně 6 stupňů. [20]

V příčném směru je pak žádoucí, aby sedadlo vytvářelo tvar U, který potenciálně zabraňuje cestujícím v pohybu do stran při ostrých zatáčkách. Zároveň věrohodněji kopíruje tvar zad a páteř tak nedosedá na rovnou plochu. [21]



Obr. 44: *The measure of man: human factors in design*, Henry Dreyfuss

3.5. Další požadavky na sedadla

Další nároky na sedadla se většinou odvíjejí dle požadavků zadavatele. V první řadě je to odolnost vůči vandalizmu, která může být měřena odolností vůči vrypu do sedadla ostrým předmětem, či omyvatelností materiálu od špíny či graffiti. [21]

Dále to pak může být požadavek na stálost barvy, který se opět odvíjí od materiálu či povrchové úpravy sedadla. Standardně se můžeme setkat se zárukou okolo 10let na sedadlo. [22]

Důležitá je i možnost vyměnitelnosti prvků v případě jejich poškození. Požaduje se tak jednoduchá vyměnitelnost př. sedací dřevěné desky od rámu či odejmutí a výměna polstrovaného podsedačku. [22]

Aspekt tepelné vodivosti jde zejména pocítit v extrémech teplotách. Po materiálu se tak vyžaduje co nejmenší tepelná vodivost. Jinak řečeno, aby byl materiál izolantem. V zimních měsících materiál, který má nízkou tepelnou vodivost, neodvádí tolik tepla z okolí, tudíž je na dotyk teplejší než materiál s velkou tepelnou vodivostí. Pro letní měsíce je vysoká tepelná vodivost také výhodou, kdy materiál neabsorbuje tolik tepla a tudíž i v přímém kontaktu s intenzivním sluncem nepálí. Tepelná vodivost se také řeší v kontextu topných těles tramvaje, které jsou často umístěny pod sedadly. [22]

Vytvarování příslušného materiálu do tvaru finálního sedadla vyžaduje vždy specifický postup výroby. Od jeho složitosti a ceně materiálu se pak odvíjí výsledná cena produktu, která také bývá důležitým faktorem při výběru. S postupem výroby a specifikacemi materiálu také přichází ekologické měřítko výrobků. Zde se vyhodnocuje dopad získávání materiálu na životní prostředí, množství odpadního materiálu, množství toxických látek vyprodukovaných při jeho výrobě i zpracování či samotná recyklace materiálu. [22]

3.6. Výběr materiálu

Z části zabývající se vývojem tramvají můžeme vypočítat tři základní materiálová řešení sedadel. Jedná se o plast, sklolaminát a dřevo. Každý z těchto materiálů má své přednosti i nevýhody. V následujících odstavcích jsou rozvedeny vlastnosti materiálů z pohledu požadavků na sedadla výše zmíněných.

3.6.1. Sklolaminát

V regionálním kontextu se sklolaminátová sedadla objevila například v typech Tatra T3, RT6N1 či nové sedačky od firmy MSV interiéry v modelu 14T ze studia Porsche Design.

Výhody sklolaminátu jsou jeho lehkost a pevnost skořepinové konstrukce, která je často vyztužená žebrováním či výplňovou pěnou. Pevnost a hladkost povrchu je ideální proti vandalům a je snadno omyvatelná. Kvalita povrchové úpravy je často velmi vysoká, materiál je charakteristický pevností i povrchovou stálostí. Povrch tedy není tak háklivý na UV záření a jeho barva tedy časem nevyčpívá. Výhodou je i požární odolnost, materiál je téměř nehořlavý.

Nevýhodou pak je vysoká tepelná vodivost, která se v letních měsících může projevit vysokými teplotami materiálu, naopak v zimních teplo odvádí a materiál je tedy studený. Při samotném procesu výroby může vznikat větší množství nerecyklovatelného a toxického odpadu.

Výrobní postup pak spočívá ve výrobě formy nejčastěji z lehkého kovu či frézované MDF. Na formu se pak nanese separátor, aby materiál neulpíval na formě. Pohledovým materiálem je pak nejčastěji gelcoat nanesený stříkáním, který zajišťuje hladkost a odolnost vůči UV záření. Skelná vlákna jsou pak ručně nanášena na formu, pryskyřice je pak také ručně nanášena do vrstev. Často používanou metodou je metoda infuze, kdy se model uzavře do vaku a pryskyřice je pod tlakem nasávána skrz laminát. Při následném opracování pak vzniká skelný prach, který při vdechnutí může být zdraví škodlivý. Sedadla nejsou recyklovatelná. [22]

3.6.2. Plast

Plastová sedadla Pino od německé společnosti Vogelsitze GmbH jsou dobrým příkladem uplatnění plastových sedadel u nás. Můžeme je nalézt v současném typu Škoda 15T.

Výhodou sedadel z plastu je jejich pevnost, zároveň však materiál není tvrdý, takže poskytuje komfort při sezení. Má lepší izolační vlastnosti než sklolaminát. Výhodou také může být protiskluzová úprava povrchu daná již při konstruování formy. Tvar sedadla může být v podstatě jakýkoli, od složitosti tvaru se odvíjí pouze komplexnost formy, se kterou přirozeně roste i cena.

Plastová sedadla jsou nejčastěji náchylná na UV záření, tudíž může během let docházet k postupné degradaci materiálu, současně tedy k jeho blednutí. Pro vývoj nového typu sedadla tohoto typu je nejnákladnější výroba vstřikovací formy, která se kvůli požadavkům na přesnost při vstřikování může pohybovat v řádech milionů. V případě velkovýroby je forma výhodou, jelikož se náklady na jeden kus s počtem vyprodukovaných kusů zmenšuje. [22]

3.6.3. Dřevo

Zdařilým návrhem sedadel ze dřeva jsou sedadla CITY od společnosti C.I.E.B. Kahovec navržená jak pro autobusovou, tak tramvajovou dopravu.

Dřevěná sedadla mají několik předností. Mezi ně patří zejména estetický rozměr daného materiálu. Dřevo v interiérech tramvají navozuje příjemnou neutrální atmosféru. Dřevo je také výborným izolantem, v zimních měsících tak nestudí, v letních naopak pomaleji absorbuje teplo z okolí. Jedná se o ekologickou variantu řešení sedadel, kdy se k výrobě používá zejména přírodní materiál, který po svém dosloužení nevytváří odpad náročný na likvidaci. U dřevěných variant sedadlo často tvoří pouze ohýbaná dýha, která je případně vložená do lehké kovové konstrukce. Minimum objemu použitého materiálu tak zmenšuje prostor, který sedadla zaplňují.

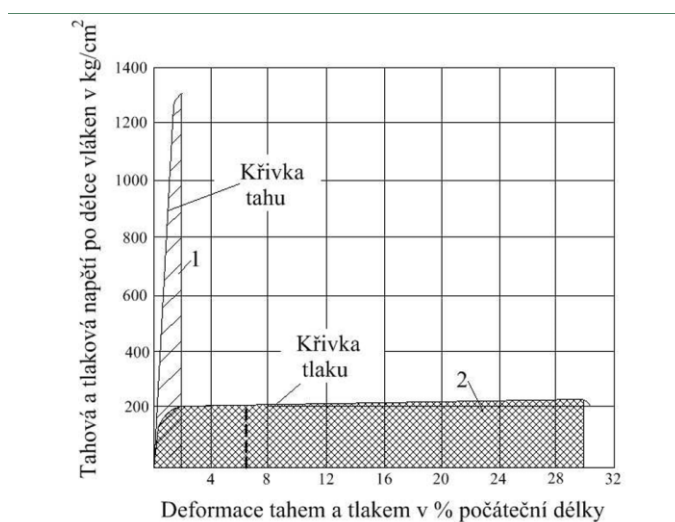
Dřevo je ze své podstaty měkkým materiálem, což může přispívat k pohodlí cestujících, zároveň je však náchylnější na mechanické vlivy způsobené vandaly či běžnými uživateli.

Sedadla se nejčastěji vyrábějí z ohýbané vrstvené dýhy. Materiál je za tepla a určité vlhkosti lisován pod velkým tlakem. V lisu dochází k vytvrzení lepidla mezi vrstvami, po vyjmutí již překližka drží svůj tvar. Ohýbání se provádí v čistém prostředí, nevznikají při něm škodlivé látky. Náklady na formy, které se dělají z kovu či MDF, jsou méně nákladné než u forem na vstřikovaný plast. [22]

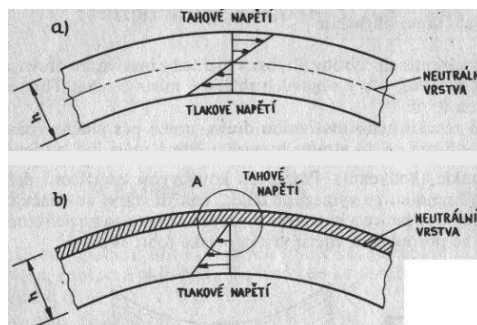
4. Ohýbání dřeva

Ohýbání dřeva můžeme chápat jako proces zpracování dřeva, při kterém chceme docílit určité plastifikace dřeva a udržení daného tvaru po vysušení. Nejčastěji se tak tvarují hranaté či kulaté dílce, pro ohyby ploch pak vrstvená lepená dýha.

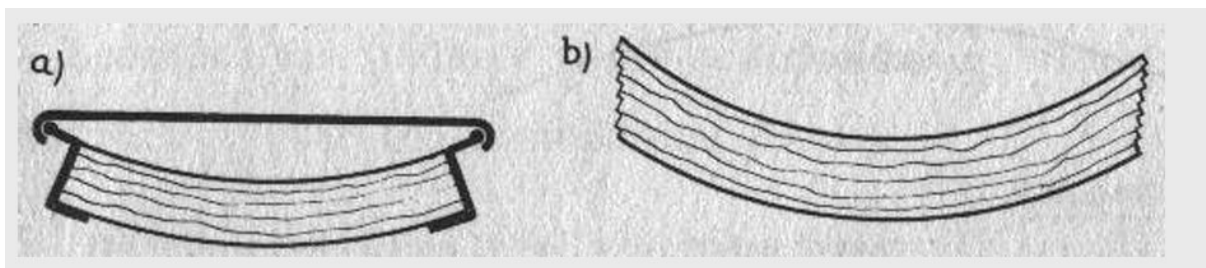
Při ohybu dochází k napětí vláken nacházejících se na vnější straně ohybu, naopak vlákna na vnitřní straně jsou ovlivněna kompresí. Vlákna jsou schopna měnit svou délku v procesu plastifikace, kterého je dosaženo zejména změnou vlhkosti potažmo teploty. Dochází tak k výraznějšímu snížení modulu pružnosti v tlaku než modulu pružnosti v tahu. Vrstvy ohýbaného dřeva pak mají tendenci se nerovnoměrně roztahovat, což vede k nežádoucím deformacím či prasknutí dřeva. Tento jev pozorujeme zejména u ohýbání masivních dílců. Pro tento typ ohybu se pak používá takzvaná pásnice, která zabraňuje vychýlení vrstev na koncích ohýbaného dílce. U dýh je tento jev redukován zejména kvůli tenkému průřezu vrstev. [23]



Obr. 45: Příklad poměru deformace a napětí u ohýbaného pařeného buku – masivní hranolek



Obr. 46: Porovnání namáhání dřeva při ohýbání bez použití pásnice a) a s použitím pásnice b)



Obr. 47: Ohyb dřeva s použitím pásnice a) bez b)

4.1. Výběr dřeva

Při výběru druhu dřeva jsou klíčovými parametry především vlastnosti, které ovlivňují tažnost a pevnost materiálu v ohybu. Klíčová je v případě dřeva délka vláken, tvar letokruhů či rozdíly mezi zimním a letním dřevem. Nežádoucí krátká vlákna či dominantní zimní či letní letokruh se vyskytují u dřevin rostoucích v nepříznivých podmínkách, obecně pak u dřevin jehličnatých. Dobrymi vlastnostmi pak disponují dřeviny listnaté. [23]

4.2. Lamelování

Procesy formování ohýbaného nábytku se dělí zejména na ohýbání masivního dřeva, ohýbání lamelovaného dřeva či z lisování plošných vrstvených dýh. Nejčastěji se používá bukové či březové dřevo, z jehličnatých pak případně borovice, jedle nebo smrk. [23]

U lamelování se pracuje vždy s tenkými masivními dílci s tloušťkou od 0,7 do 2,5 mm, které se na sebe lepí tak, aby léta nasedala rovnoběžně na sebe – je tak zaručena vyšší pevnost v jednom směru zatížení. Proces lamelování se tak nejčastěji využívá pro nosné prvky nábytku typu područky či nosné konstrukce. Proces lamelování může být jak rovinný tak tvarový. Při tvarovém lamelování dochází k procesu lepení dřevěných lamel, které jsou zároveň tvarovány. [23] [24]

Výhodou této technologie je, že nám dovoluje zpracování i méně kvalitních surovin. Obecně se jedná o metodu, při které dochází ke zhodnocování dřeva a využití jeho fyzikálních vlastností. [23] [24]

tloušťka dýh (mm)	0,7 až 3 nejčastěji 1,2 až 1,5
vlhkost dýh (%)	6 až 10
nános lepicí směsi (g.m ⁻²)	250 až 300
rychlost uzavírání lisu (s)	10
dosažení maximálního tlaku (s)	90 až 120
lisovací tlak (MPa)	1 až 1,5
doba lisování:	
- VF (s)	30 až 180
- kontaktní ohřev (s/1 mm tloušťky)	60

Obr. 48: Parametry ohýbaných dýh

4.3. Lisování

Při lisování je tlak přenášen zejména vyhřívanými formami, které v sobě mají často nainstalované trubičky pro vedení topného média či vodní páry pro zvýšení vlhkosti, a tedy i plasticity materiálu. [24]

Plošné lisované dílce se nejčastěji skládají z pravoúhle nebo hvězdicovitě vrstvených loupaných nebo krájených dýh. Lisování pak probíhá v hydraulických lisech pod tlakem 1 až 1,5 MPa.cm⁻² a teplotě 100 až 140 °C. Tento proces se používá i pro výrobu dílů tvarových lamel. Po dobu lisování dochází k vytvrzení lepidla, které se nachází mezi vrstvami. Po vyjmutí z lisu se výrobky klimatizují nejméně po dobu 48 hodin. Dále se mohou výlisky frézovat na požadovaný finální tvar. [24]

Proces ohýbaných překližek v užitém designu vycházel zejména z technologických objevů, které vznikaly v průběhu druhé světové války. [23]

Mezi největší průkopníky ohýbaného dřeva patří Michael Thonet, který začal s experimenty ohybu dřeva již ve třicátých letech 19. století. Neustálým experimentováním a rozvíjením nových technologií dosáhl velkých úspěchů v oblastech lamelování, svazkové techniky prostorového ohýbání tenkých lišt a zejména ohýbání masivu, zejména tedy kulatých profilů. Mezi nejslavnější výrobek firmy patří revoluční židle Thonet č. 14, jejíž celodřevěná konstrukce potřebovala ke svému smontování minimum spojovacího materiálu. Prodává se dodnes po celém světě. [23] [24]

Mezi další slavné návrháře zabývající se ohybem dřeva patří např. Alvar Alto, Marcel Breuer, Marc Newson, Charles a Ray Eamesovi, Jack Rogers Hopkins, Frank Gehry či Jan Waterston.

5. Nosná konstrukce sedadel

5.1. Dimenzování konstrukce

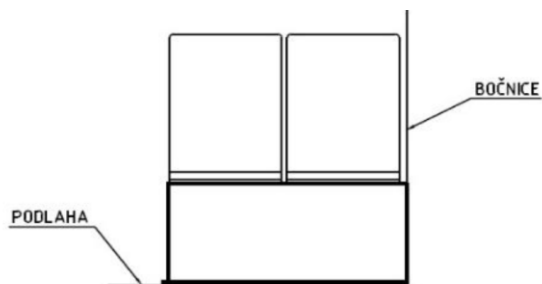
Dimenzování nosných konstrukcí vychází již ze zmíněné normy UIC 566, rozšiřující norma pro dimenzování sedadel je norma ČSN 12 663. Norma ČSN 12 663 stanovuje, jaká přídatná zrychlení je nutné zohlednit při výpočtu sil v místech uchycení vybavení. Ve směru osy x, tedy podélně ve směru jízdy vozidla, se používá přídatné zrychlení $\pm 3g$. Ve směru osy y, což je příčný směr, je předepsané zrychlení $\pm 1g$. Ve směru osy z, tedy ve svislém směru, se zohledňuje pouze vlastní hmotnost vybavení a zrychlení se vypočítává podle vztahu $(1 \pm c) \cdot g$. Hodnota c závisí na umístění vybavení ve vozidle – na jeho konci je c rovno 2 a směrem ke středu vozidla tato hodnota klesá lineárně až na 0,5. [25]

5.2. Typy konstrukcí dle uchycení do konstrukce

Všechny typy sedadel mohou být umístěny příčně či podélně ve směru jízdy. Typy konstrukcí se dají použít pro oba typy orientace sedadel.

5.2.1. Konstrukce na podestě v oblasti kol.

Tento typ sedadel se nachází v nízkopodlažních tramvajích. Sedadla jsou připevněna do lišt, které se nacházejí přímo na krycích podestách nad koly. Sedadla jsou tedy přímo uchycena do konstrukce tramvaje. [26]



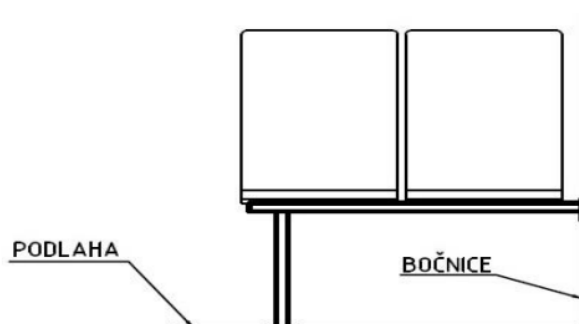
Obrázek 49: Uchycení na podestě



Obr. 50: Škoda ForCity Smart 41T

5.2.2. Uchycení k podlaze a do bočnice

Tato varianta má výhodu v pevnosti konstrukce. Tím, že je na obou stranách připevněna ke konstrukci, rám není tolik namáhán a pevnost sedadel se tak zvýší. Zároveň není potřeba příčné podpěry, která vede od konce sedadla šikmo do konstrukce, tudíž tato varianta nabízí více místa pro nohy. Nevýhodou je údržba podlahy pod sedákem, kterou komplikuje noha v podlaze směrem do uličky. Další nevýhodou je narušení celistvosti podlahy, v tomto případě může dojít skrz uchycení k podlaze k prostupu vody do spodní konstrukce, což může mít degradující vliv na kvalitu podvozku. [26]



Obr. 51: Uchycení do bočnice a k podlaze

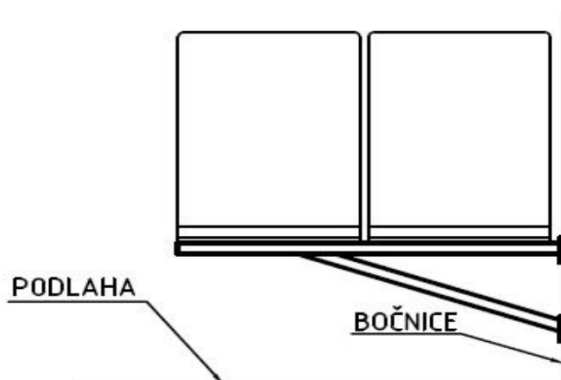


Obr. 52: Variobahn interiér

5.2.3. Uchycení do stěny konzolí

Konstrukčně nejobtížnější varianta. Konstrukce bývá zpravidla robustnější a to především z pevnostních důvodů. Stejně tak k tomu musí být uzpůsobeny stěny tramvaje, které jsou v tomto případě nejvíce namáhány.

Výhodou tohoto řešení je bezesporu možnost pohodlné údržby podlahy pod sedadlem, kdy při uklízení nic nebrání. Je také zachována celistvost krytí podlahy. [26]



Obr. 53: Uchycení do bočnice

Obr. 54: Interier tramvaje 15T

6. Analýza současného řešení v tramvaji

Škoda 15T For City

Tříčlankový model Škoda 15T For City byla představena firmou Škoda Transportation v roce 2008, do provozu se pak dostala o rok později. Vozidlo je plně nízkopodlažní a nabízí 239 míst na stání a 69 míst na sezení, které jsou z většiny orientovány ve směru jízdy. Uspořádání sedadel pro tento typ vozu je 2+1. [27][1]

Varianta dřevěných sedadel pro tento interiér byla vybrána na základě veřejné ankety, lidé vybírali ze dvou variant. Varianty s dřevěnými a s čalouněnými sedadly. Dřevěná varianta se ukázala jako vhodnější. Do velkovýroby byla tedy zařazena sedadla z ohýbané překližky a plastovým držadlem přichyceným šrouby do překližky. [27][1]

Sedadla jsou umístěna na jeklových konzolích přimontovaných do stěny konstrukce. U všech dvojsedadel se v konzolích nachází topné zařízení.

Systém madel je řešený z pískované nerezové oceli, povrch není barvený. Vertikální úchytné tyče jsou v kontextu sedadel řešeny tak, že jsou připevněny na každé druhé dvojsedadlo. Zároveň se stoupající výškou uhýbají z uličky, což vytváří větší prostor v uličce v oblasti ramen. Horizontální tyče jsou pak opět představené do uličky pro lepší dosah.

V současné době se v mnoha tramvajích objevují i plastová sedadla typu pino. Je tomu tak i kvůli nevhodnému tvarování dřevěných sedadel, která v sedací oblasti místo zapuštěného charakteru má spíše charakter konkávního tvaru. V kombinaci s kluzkým povrchem dřeva se tak často stávalo, že lidé z těchto sedadel sklouzávali.

Řešení v podobě plastových sedadel s sebou však přineslo i nutnost použití přídavných kolejí, které se pouze namontovaly na staré kolejnice pro dřevěná sedadla. Vizuální podoba zadní části sedadel je tak poněkud nižší. Dalším prvkem, který je řešen poněkud zvláště, je napojení na vertikální trubku na dvojsedadlo.

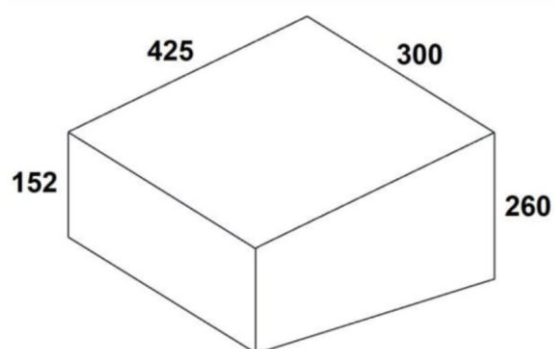


Obr. 55: Odhalená konzole



Obr. 56: Spojení sedadla typu pino s madlem ze stropu

Obr. 57: Spojení dřevěných sedadel vozu 15T s madlem ze stropu



Obr. 58: Rozměry tvaru topného tělesa

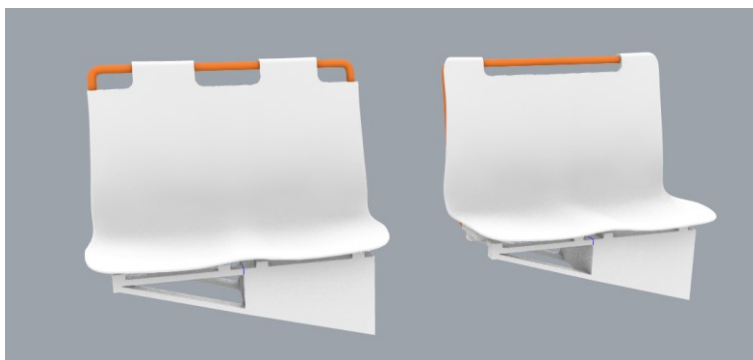
Dřevěná varianta mě přivedla k české firmě C.I.E.B. Kahovec, která za sebou má úspěšný model CITY. Sedadel tohoto typu se již vytvořilo bezmála 16 000, a to do 200 autobusů Solaris a 80 ostravských tramvají. Tento typ sedadla je vyráběn z lisovaných dýh, které obstarává firma Beker sídlící nedaleko Košic. Dřevěná část je pak vložena do kovové konstrukce, která zvyšuje pevnost a zároveň slouží jako místo pro uchycení. Ohýbání, svařování a sestavování sedadla již obstarává firma sama. Kromě těchto sedadel se firma specializuje na výrobu čalouněných sedadel zejména do osobních dopravních prostředků.

V rámci kontextu modelu tramvaje Škoda 15T ForCity bych chtěl navrhnout alternativu k dosavadním řešením dřevěných sedadel, navrhnout jedno i dvojsedadlo s případným napojením na vertikální madla na straně uličky. Chtěl bych se zaměřit na konzole pod sedadly, vzít v úvahu topné těleso pod dvousedadly, zároveň navrhnout variantu, která by poskytovala více prostoru pro nohy a která by byla více univerzální.

Součástí řešení spojeného s případným zasazení dřevěné části do trubkového rámu bych chtěl navrhnout variantu s přirozenějším zasazením držadla do tvaru sedačky.

8. Proces navrhování

V první fázi jsem se pouze snažil koncepčně přiblížit k představám, které ve mně krystalizovaly v průběhu rešerše. Ve chvíli, kdy jsem ještě neměl daný materiál, jsem zkoušel pouze prostorově navrhovat hmotu sedadla, do které jsem se snažil vhodně zakomponovat držadlo a napojení na vertikální tyč. V první fázi jsem také pracoval se současnou verzí konzole pod sedadly, v tomto kontextu jsem se snažil o možnosti zakrytí zadní části pod dvojsedadlem, kde je vidět nevzhledá konstrukce.



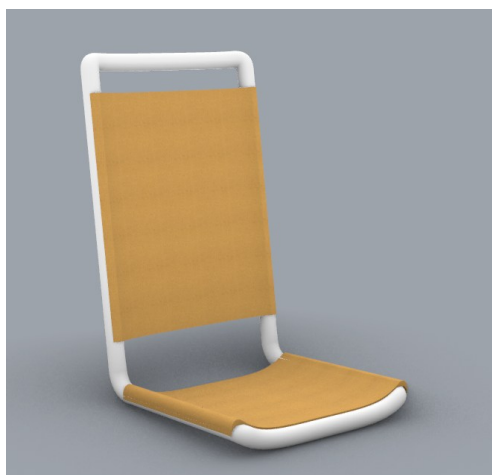
Obr. 60: Návrh madla



Obr. 61: Návrh napojení vertikálního madla

Po první fázi jsem se již z výše uvedených důvodů rozhodl pro dřevěnou variantu. Již jsem měl také jasno, že chci pracovat s trubkovým rámem, na který bude dřevěná část připevněna. Zde jsem začal pracovat s nápadem, že by ohýbaná překližka se v určitých místech mohla tvarově přizpůsobit konstrukci, a tak napomoci k jejímu zachycení na rám. Pracoval jsem s extrémními ohyby okolo trubek konstrukce, které spíše demonstrovaly myšlenkový proces možného nasouvání či nacvakávání dřeva na konstrukci. Průměr trubky jsem již od začátku volil 25 mm díky konzultaci ve firmě C.I.E.B. Kahovec, kdy mi byly

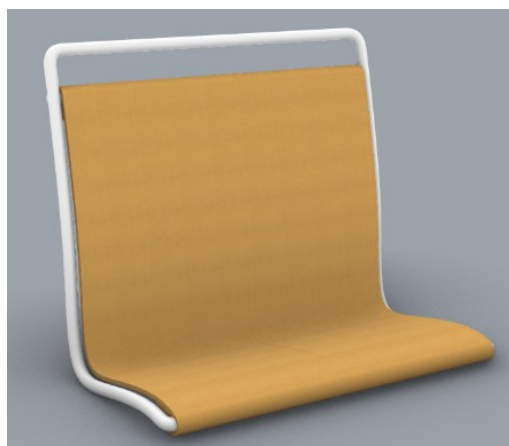
poskytnuty základní parametry jejich sedadla, ze kterého jsem v mnoha ohledech vycházel.



Obr. 62: Dřevěná část varianta 1

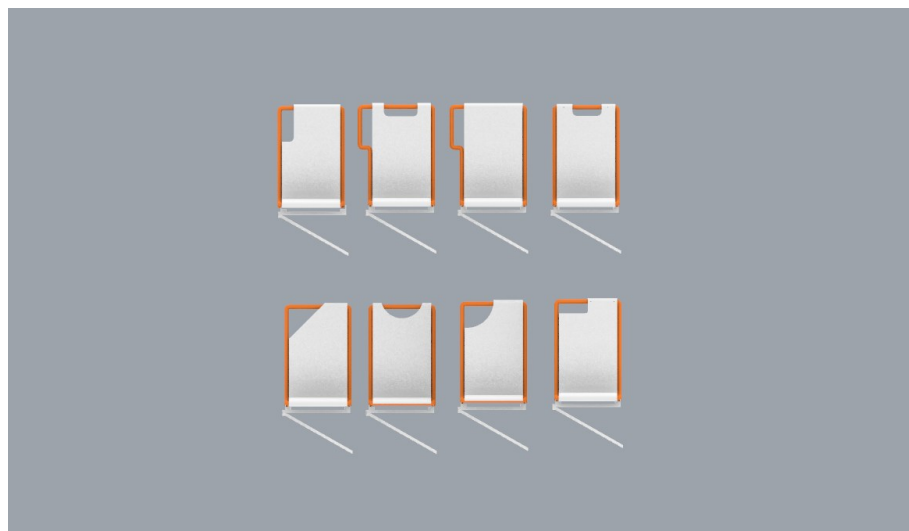


Obr. 63: Varianta 2



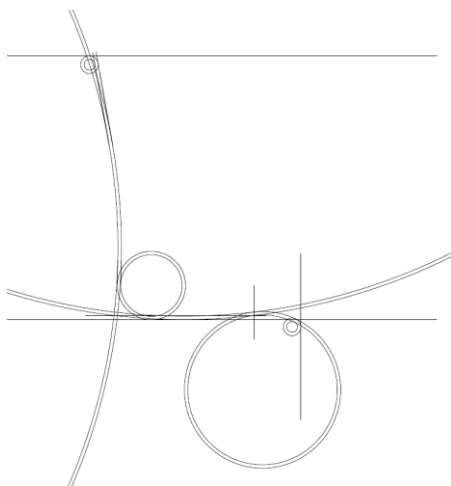
Obr. 64: Dvojsedadlo

Již od začátku jsem také začal rozvádět možnosti tvarování držadla na ruku. Nejsnazší variantou bylo vytvořit výřez v ohnuté překližce tak, aby část rámu ve výřezu sloužila jako madlo. Každá varianta výřezu pro madlo dávala celému sedadlu specifický charakter. Stále jsem se držel minimálního rozměru madla od sedadla či konstrukce tramvaje, kterým je 45mm.



Obr. 65: návrhy výběru pro madlo

V další fázi jsem se zaměřil na tvarování sedáku a základních rozměrů sedadla. Vycházel jsem z analytické části zaměřující se na požadované rozměry a ergonomii při sezení. Jako vzorová řešení jsem si vzal sedadla CITY od firmy C.I.E.B. Kahovec, sedadla od MSV interiérů pro tramvaj 14T ForCity Alfa a základních tvarů kancelářských a běžných židlí. Z vybraných tvarů jsem vytvořil základní křivky, které sloužily jako podélné řezy sedadlem. Snažil jsem křivky vytvářet z kruhů i pro jasně definované radii z vnější strany tvaru pro následující ohyb trubek, které budou tento tvar kopírovat. Jako orientační tloušťku ohýbaného dřeva jsem si zvolil 10 mm.



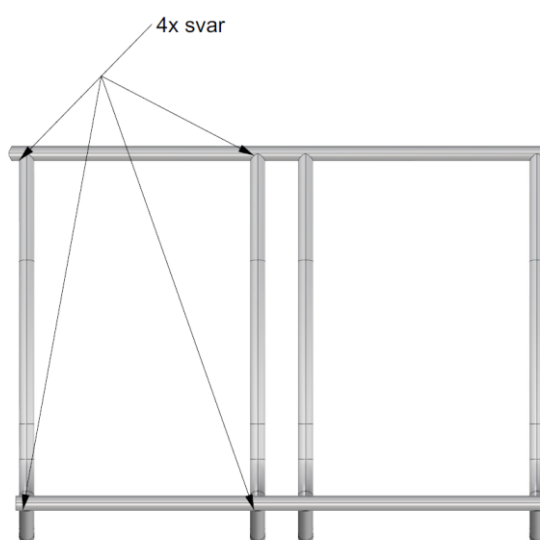
Obr. 66: Definice sedadla základními tvary



Obr. 67: základní tvar sedadla

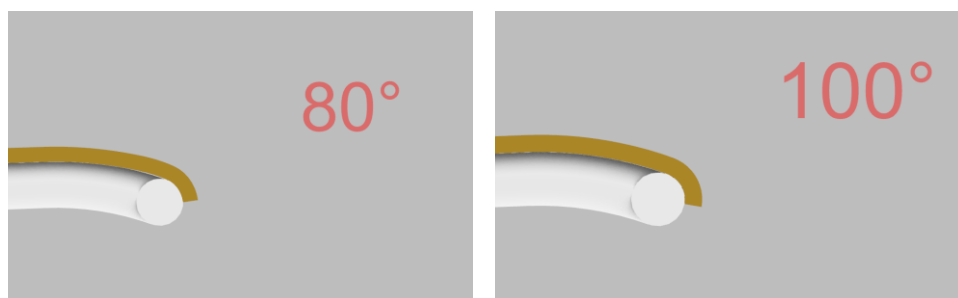
U sedací části jsem se rozhodnul použít prohnutí o hloubce 15mm, tvar písmena U tak napomáhá udržet cestujícího uprostřed sedadla i v prudčích zatáčkách. Toto prohnutí však musí být pouze v rovné části sedáku, u ohnutých částí v druhém směru musí být tvar zachován z hlediska vyrobitelnosti.

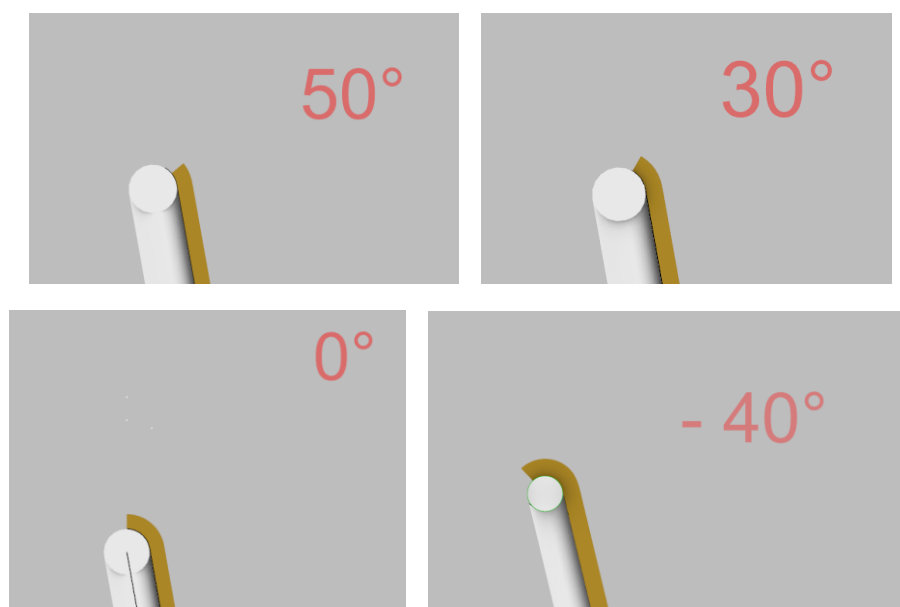
Další fáze se týkala navrhování nosného rámu tak, aby tvarově vyhověl ohýbané překližce. První varianta pro jednosedadlo měla pouze dva sváry, rám byl v rozích ohnutý do malých rádiusů, které téměř kopírovaly rohy sedadla. Po konzultaci z hlediska výroby jsem zjistil, že tato varianta je neproveditelná zejména kvůli nemožnosti ohnout trubku s tak malým rádiusem. Minimální rádius by měl nabývat hodnoty minimálně 1,5x velikost průměru trubky. Z tohoto důvodu jsem přišel na variantu, kde by měl každý rám pro jedno sedadlo čtyři sváry. Pro dvojsedadlo by pak horní a spodní trubka byla v jednom kuse, postranní trubky kopírující tvar překližky by mezi ně byly přivařeny.



Obr. 68: Návrh umístění svarů

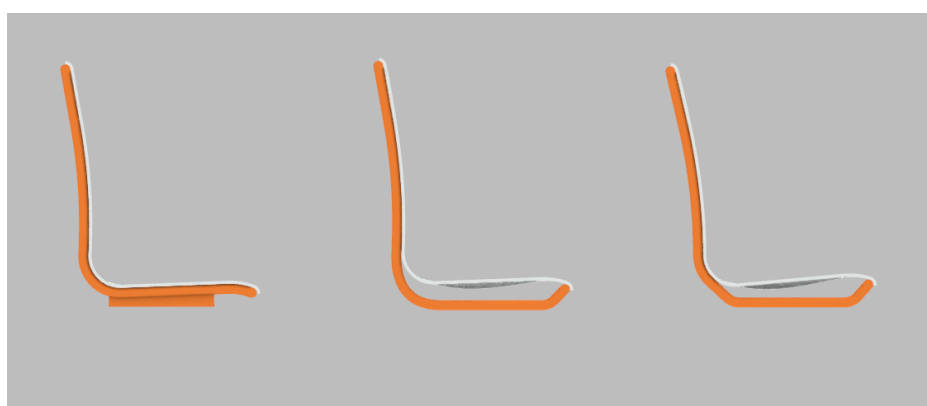
Následně by na ně byl tvar překližky nasazený, popř. připevněný vruty skrze destičky nebo vruty provedenými skrze kovovou konstrukci. V rámci sedadla jsem si nebyl jistý možnostmi ohybu, které jsou s vrstvenou ohýbanou dýhou vůbec možné, proto jsem navrhnul různé varianty zakončení, které měly menší úhly a nekopírovaly na koncích větší části trubek.





Obr. 69 – 74: návrh zakončení dřevěné části

Samotný rám potřeboval místo, kde bude přichycený k podpůrným konzolám. První možnou variantu jsem převzal od sedadel CITY, která mají pod sedadlem k rámu navařený L profil, ve kterém jsou v místě kolejnic díry pro uchycení šrouby. Tuto variantu jsem následně rozvedl o možnost propojení s kolejnicemi přímo pomocí rámu, na který by byl pouze přivařený plech v místě děr, nemusel by se tak k sedadlu vařit celý L profil. Zároveň část sedáku nad tvarovaným rámem by se tak ocitla ve vzduchu, což by mělo za následek zvýšení pružnosti v této oblasti a tudíž i možnému zvýšení pohodlí.



Obr. 75: Návrhy spodní části sedadla



Obr. 76: Návrhy spodní části sedadla, perspektiva

Druhou velkou částí bylo navrhnout podpůrné konzole pod sedadla. Rozhodnul jsem se vycházet z varianty, která se nachází i ve vozech 15T ForCity a to jsou konzole upevněné pouze do stěny tramvaje. Tato varianta je nejvhodnější kvůli hygienické údržbě podlahy pod sedadly a zachování celistvosti krytí podlahové části vozu. Největším omezením v rámci mého návrhu jsou stávající topná tělesa pod sedadly, která mají již definovaný tvar. Chtěl jsem tedy vytvořit jednu variantu, která by respektovala dané rozměry topidla a variantu, která by poskytovala více prostoru pro nohy než současná, zároveň by působila lehčeji a estetičtěji a měla by univerzálnější použití.

V dané konstrukci jsem chtěl stejně jako u sedadla pracovat s prvkem ohýbané trubky. Tento prvek tak dává možnost širšího tvarování a přizpůsobení se požadovanému tvaru či prostoru, který bych chtěl vytvořit pod sedačkou.

Nejdříve jsem pracoval i s možnou jeklovou konstrukcí, chvíli jsem i rozvíjel myšlenku, že by se tvarování konzolí dalo přizpůsobit tvarově tak, aby bylo možné si na něj pohodlně položit nohy.

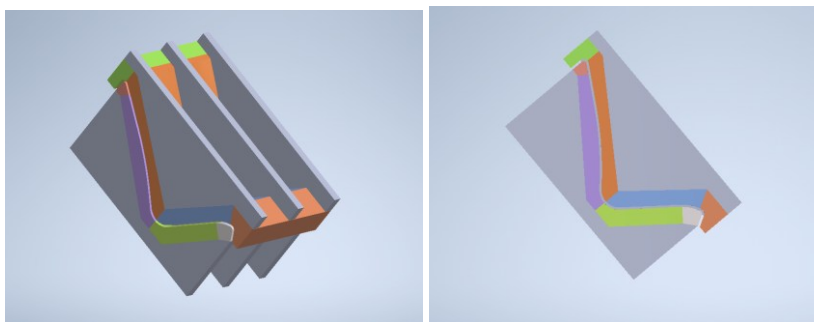
Přišel jsem s pěti variantami. V návaznosti na zakončení trubky mi vykrystalizovaly dvě varianty uchycení sedadla. Jedna byla do hliníkových kolejí, které by se rámu musely připevnit rozebíratelným spojem, jelikož ocel s hliníkem se nedá svařovat. Výhoda tohoto řešení je, že se v příčném směru nemusí řešit přesná vzdálenost děr od sebe v místech úchyty sedačky, protože úchytné šrouby jsou v kolejích pojízdné. Druhá varianta by se pak skládala z provrtaných jeklů, které by byly přímo přivařeny ke konstrukci. V jeklech by pak musely být navrtány díry přesně v místech uchycení sedadla a sedačky.

9. Výsledný návrh, prototyp

9.1. Dřevěná část

Pro výsledný návrh jsem zvolil tloušťku vrstvené dýhy 9 mm. V modelu CITY je tloušťka překližky 12 mm, co se týče pevnostních vlastností i samotná překližka o tloušťce 12 mm by byla vyhovující pro zátěžové zkoušky požadované pro provoz. Po uchycení do rámu se tato pevnost ještě zvyšuje, proto jsem také i kvůli úspoře materiálu a použití tenčí tloušťky pro snazší ohýbání vybral sílu 9 mm.

Pro tvarování vrstvené dýhy jsem navrhnul formu z materiálu MDF, jejíž přesný tvar se obrobil na CNC fréze. Forma se skládala z více částí, které se pak vložily do připravených žeber. Forma pak byla navržena po konzultaci s odborníky z firmy Mosled s.r.o. a poslána do výroby.



Obr. 77: model formy na ohyb

Obr. 78: Model formy na ohyb



Obr 79-82: Finální forma na ohyb

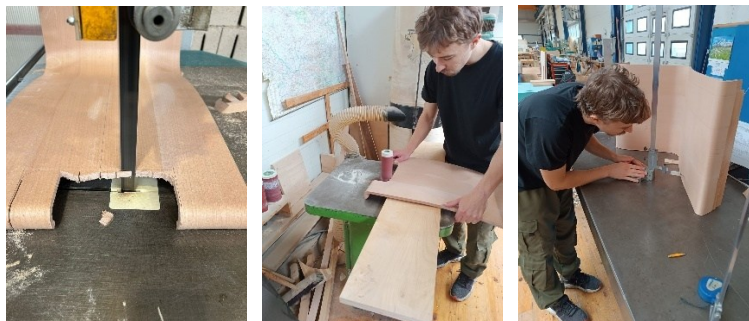
Pro konzultaci s truhlářem jsem zvolil bukové dřevo, nejvhodnější typ dřeviny pro ohýbaný nábytek. Samotná hmota sedadla pak bude složena z poslepovaných dýh o tloušťce 0,5mm. Tyto dýhy se vždy po dvou lepí k sobě, čímž vzniká takzvaná „kůže“. Pro toto lepení se používá lepidlo Rakoll GXL3. Takto přilepené dvojvrstvy se nechají vylisovat a zaschnout pod teplotou 60 stupňů a po vytvrzení lepidla jsou horní strany namazány pomalu schnoucím lepidlem chemcol U100. Vrstvy „kůže“ se pak navrství do formy, kde se nechají cca 12 hodin schnout. Tento postup platí pro kusovou výrobu, při sériové výrobě se častěji používají plastické překližky, které se nelepí z jednotlivých takto tenkých dýh. Lepidlo pak tvrdne rychleji. Celý tento proces jsem pak mohl aplikovat v dílně u truhláře sídlícího nedaleko Českých Budějovic v obci Štěpánovice.

První variantu jsme dělali s prohnutím 15mm v příčném směru sedáku. Bohužel v této variantě vznikly v místě přehybu malé vlny, tudíž jsme pro druhou sedačku udělali i variantu pouze s plochým sedákem.



Obr. 83 – 86: Ohýbání dřevěné části

Po vylisování následovalo vyříznutí dřevěné části do její výsledné šířky, zarovnání horního a spodního okraje. Tyto úkony včetně vyříznutí byly provedeny na pásové pile. Následovalo vytvoření rádiusů na ostrých okrajích a sražení hrany po celém obvodu. Ve chvíli, kdy byl tvar hotový, následovalo zabroušení a začistění povrchu, který se nalakoval.



Obr. 87- 89: Opracování dřevěné části na finální podobu

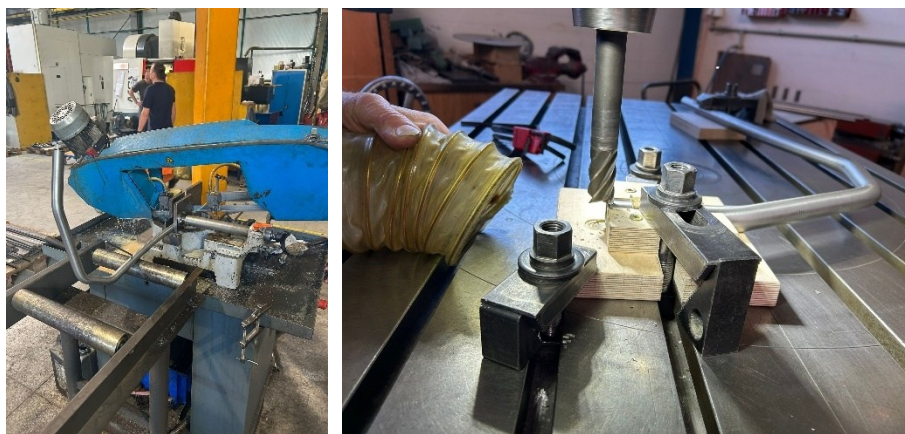
9.2. Rám

Rám se skládá z ohýbaných nerezových trubek, plechových výpalků a hliníkových H drážek. Dodání materiálu i samotný ohyb trubek jsem zařídil díky firmě C.I.E.B. Kahovec, kde jsem mohl své návrhy i konzultovat z ohledu proveditelnosti. Z výrobních důvodů také na výsledném návrhu spodní rádius přímo nekopíruje dřevěnou část, jelikož na CNC ohýbacím stroji, který jsem použil, byl použit ve spodní části 3x rádius 60 stupňů. Původní návrh počítal se středovým rádiusem 92,5, takto ve výsledném návrhu v zadní části trubka přímo nenavazuje na dřevěnou část zad.



Obr. 90 – 92: Ohyb trubek

Konce trubek se pak musely upravit na požadovanou velikost na pásové pile na železo a na frézce pak udělat otvory v příčném směru sedadla pro snadné navaření.



Obr. 93: Řezání ohnutých trubek na požadovanou velikost

Obr 94. Frézování konců trubek pro svar



Obr. 95 Svařená konstrukce

Navařily se také destičky pro uchycení rámu na dřevo a ve spodní části pro uchycení rámu na podstavec. Všechny části se svařily pomocí metody TIG. Po navaření se celý rám očistil speciálním brusným papírem, který celé konstrukci dal matný nádech.

U podstavce byly nařezány ohnuté tyče průměru 32 na požadované rozměry, následně se přivařily kvýpalkům a přimontovaly k hliníkovým H profilům.

Dřevěná část z bukového dřeva, která byla z hlediska proveditelnosti až do posledního okamžiku otázkou, nakonec vyšla bez větších komplikací. Díky zahnutým okrajům se zvýší její upevnění na konstrukci, ve spodní části tak bude

dolní okraj sloužit i k tomu, že při sezení nebudou mít třísky tendenci se vyštipovat jako ve chvíli, kdy by byl konec zakončen kolmo ke směru, ve kterém si člověk sedá. Jedna varianta částečně povedeného sedáku s 15mm průhybem uprostřed bude pohodlnější variantou, která člověka více podrží, avšak musely by se doladit geometrické parametry přechodu prohnutí U do kolmého prohnutí sedadla mezi sedadlem a opěradlem.

Co se týče povrchové úpravy na sedadlo uvedené do provozu by se musel aplikovat odolný lak, např. transparentní 2K PUR-lak, který se používá na silně namáhané plochy v interiéru. Tento typ laků má velmi dobrou mechanickou i chemickou odolnost, zároveň kryje povrch od průniku UV záření, což má za následek jeho vizuální stálost. Zároveň má tento lak i protiskluzové vlastnosti, často se používá i při lakování dřevěných schodišť

Na daný povrch se může nanést i anti graffiti vrstva např. weberantigrffiti nátěr, který se aplikuje jako finální vrstva na lak či penetrované dřevo. [28][29]

Pro sériovou výrobu by se musel pořídit jiný nástroj, který by zvládl 3 různé rádiusy na jedné tyči. Jinak bude vždy mezi sedadlem a konstrukcí mezera, která může způsobit zranění v případě skřípnutí.

Vzhledem k tomu, že jsem měl příležitost využít nerezové ohýbané trubky z firmy C.I.E.B. Kahovec, nevolil jsem žádnou aditivní povrchovou úpravu, pouze jsem zbrousil povrch, aby dostal matný a nekluzký charakter. Takto upravované tyče se běžně nacházejí v moderních tramvajích včetně typu 15T ForCity. Nerezová ocel se volí zejména vysoké odolnosti proti korozi a nízkými náklady na údržbu, na jejím povrchu se méně drží bakterie a nečistoty, je snadno omyvatelná. V případě, že by se tyče vyráběly z běžné oceli, musela by se na jejich povrch nanést ochranná vrstva. Zvolil bych práškové lakování, tzv. komaxit či galvanické pokovení.



Obr. 96: Pohled zepředu na finální model



Obr. 97: Pohled na konstrukci zepředu



Obr. 98: Pohled na konstrukci zezadu



Obr. 99: Pohled zepředu na finální model



Obr. 100: Oranžová varianta



Obr. 101: Varianta z nerezové oceli

10. Závěr

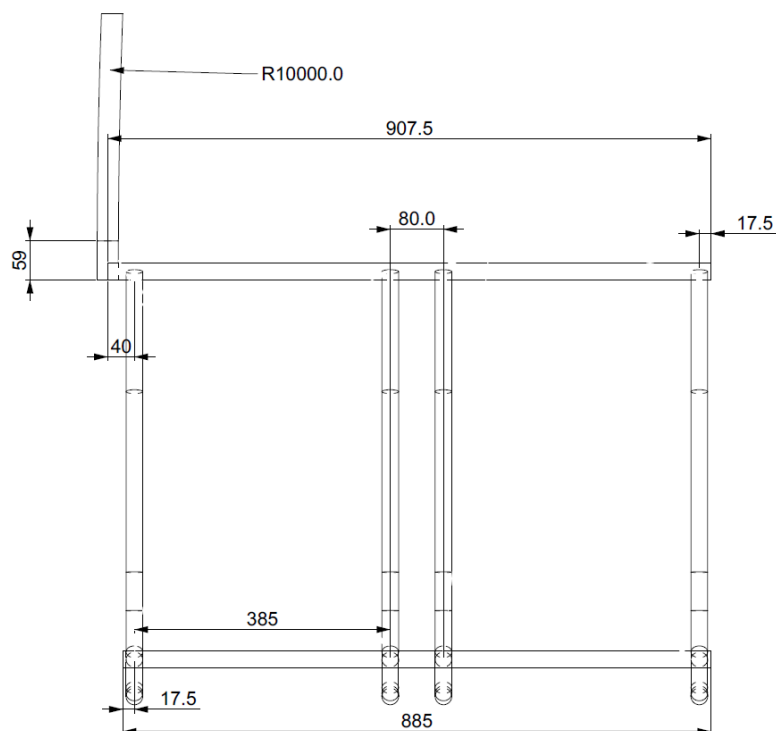
Celé zpracování tématu sedadel do tramvají byl velkou výzvou. Na rozdíl od návrhů běžných židlí či sedacích souprav se na sedadla v městské hromadné dopravě klade spousta požadavků. Zejména pak z hlediska pevnosti a údržby. Tím, že jsem neměl příležitost spočítat rozklad sil na konstrukci a dřevěnou část, musel jsem vycházet pouze z doporučení konzultovaných odborníky. Mohlo by se tedy stát, že by sedadlo při pevnostních testech neobstálo. V tomto případě by se dalo uvažovat o změnách tloušťky materiálů či změnách v geometrii sedadla.

Největším přínosem mého návrhu vidím v unikátním tvarování dřevěné části a využitím konstrukce pro vytvoření nevyčnávajícího úchyty v sedadle. Dalšími pozitivy může být snadné odmontování od konzole, či jednoduché oddělení dřevěné části od rámu. Esteticky jsem se snažil držet jednoduchých linií, které by na sebe v interiéru nestrhávaly zbytečnou pozornost. Potenciál pro další rozvoj má spojení vertikální tyče jdoucí směrem ke stropu a konstrukce dvojsedadla.

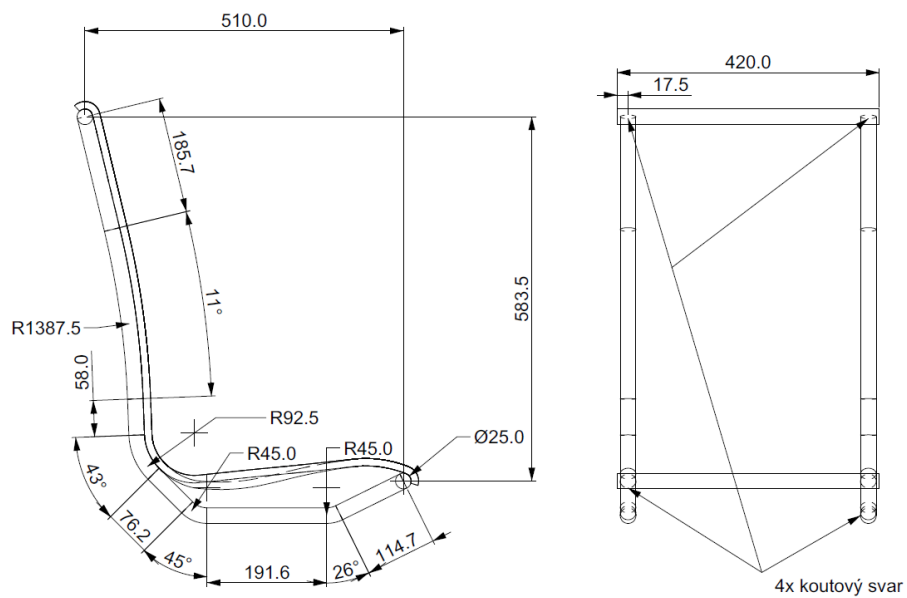
Díky komplexnosti finálního návrhu jsem se dozvěděl o velkém množství výrobních postupů. Velkou výzvou byl proces ohýbání dřeva, kdy se nedalo předem s jistotou říci, zdali se tvar povede vytvořit. Díky zkušenostem truhláře pana Michala Prokeše se však ohyb povedlo dotáhnout do zdárného cíle.

Se specifickými požadavky na výrobu jsem se setkal i u ohýbání trubek, kdy i při přesném CNC ohýbacím stroji se většinou pracuje s počátečními odchylkami, které mohou být u každé trubky jiné. Ohýbání trubek i komplexní konzultace k mým návrhům mi poskytla firma C.I.E.B. Kahovec. V této firmě jsem měl možnost nahlédnout přímo do sériové výroby sedadel jak do veřejné, tak i soukromé dopravy. Konzultace spojené jak s estetickými, tak konstrukčními aspekty jsem pak měl možnost probrat i ve firmě V.U.K.V. či s panem doc. Ing. arch. Patrikem Kotasem.

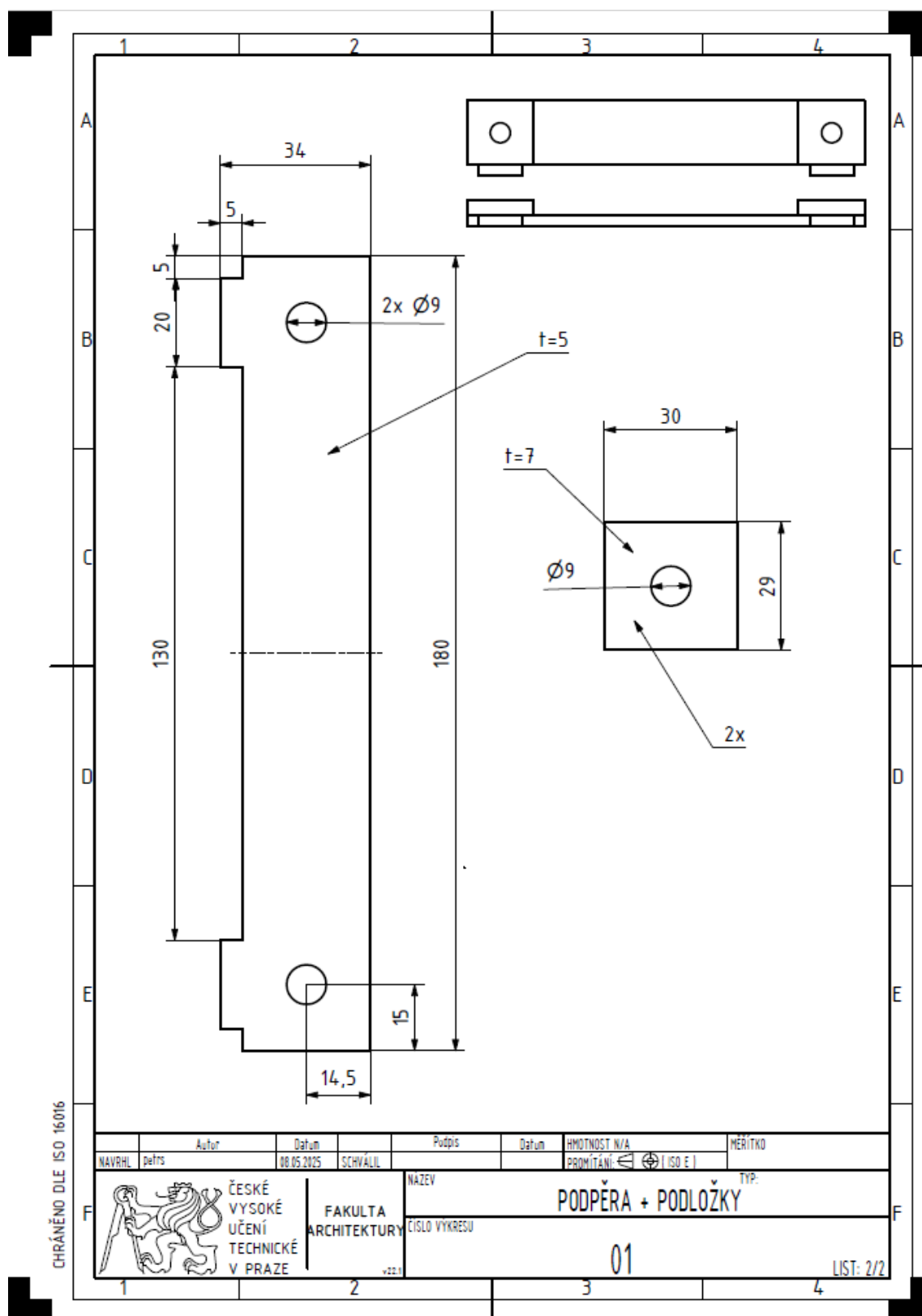
11. Technická dokumentace



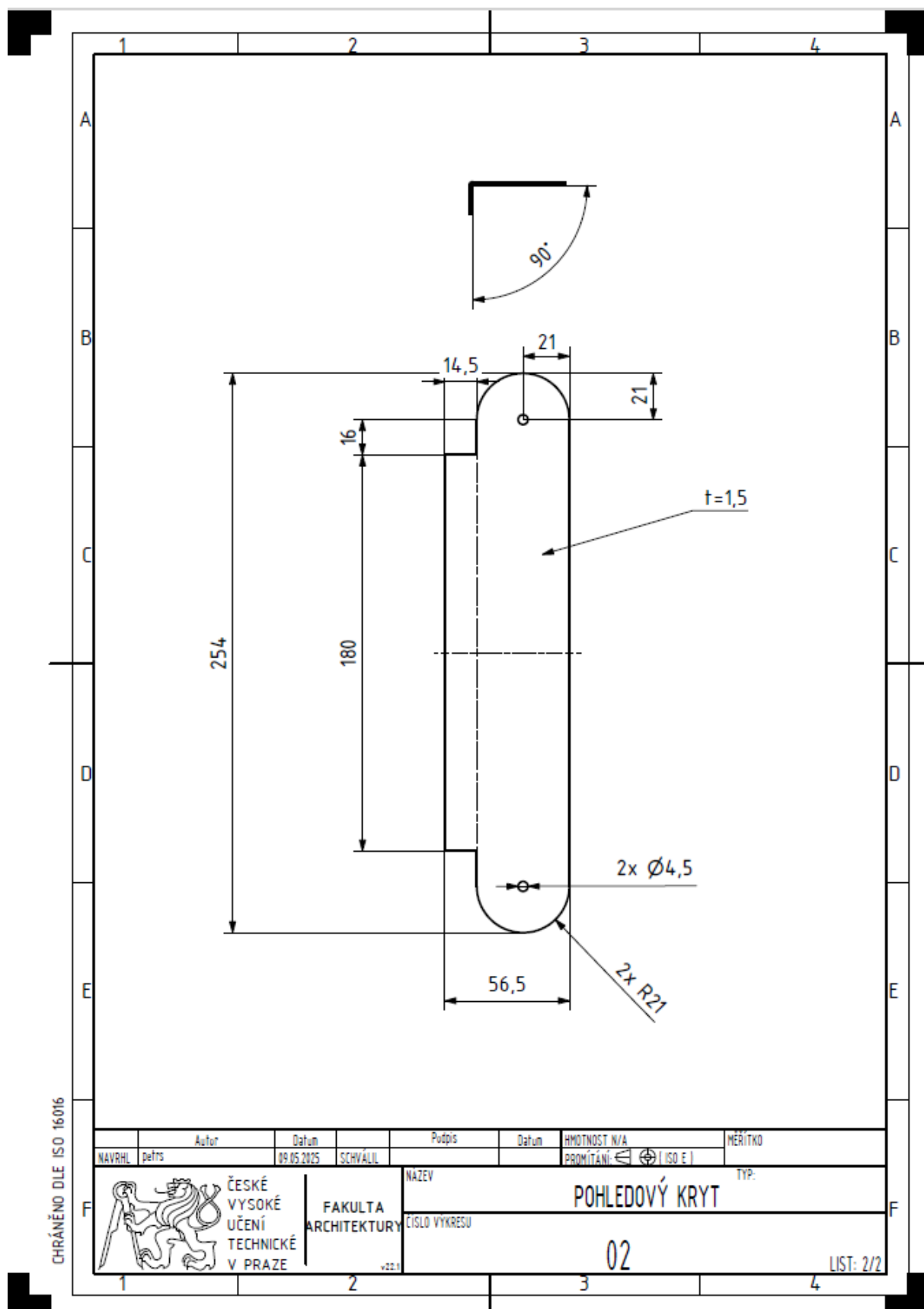
Obr. 102: Trubková konstrukce dvojsedadlo



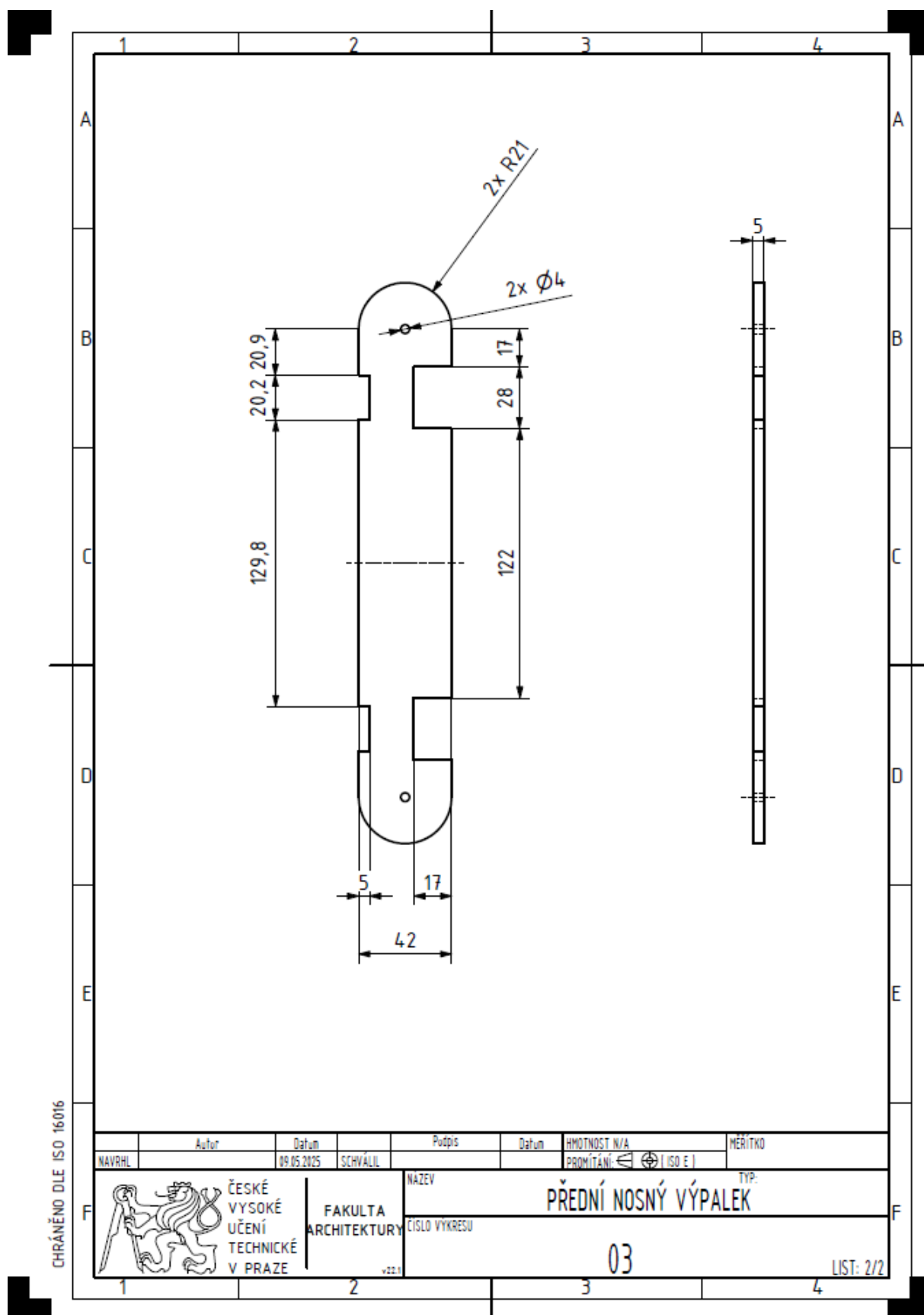
Obr. 103: Trubková konstrukce, výkres pro ohyb



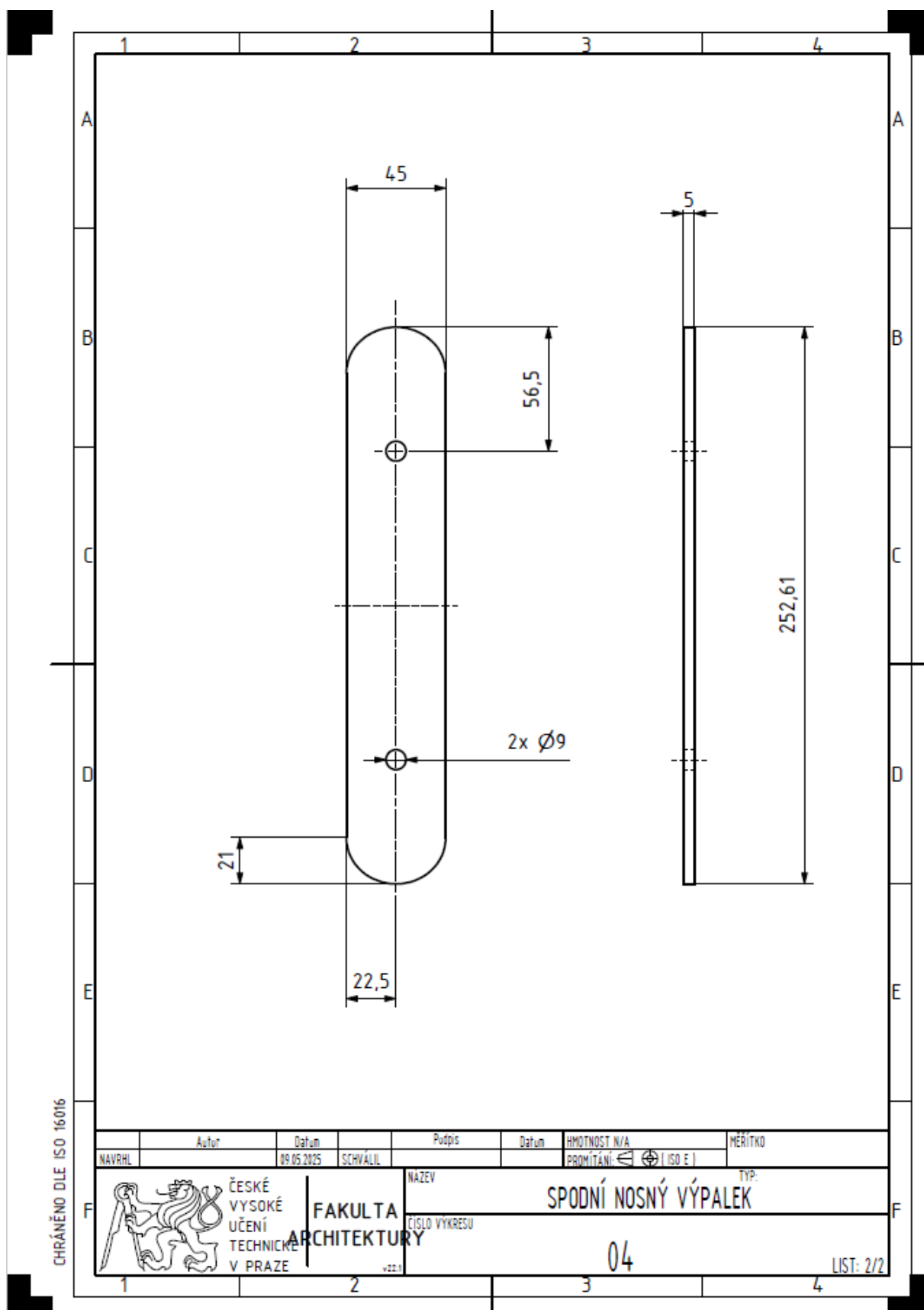
Obr. 106: Podpěra + podložky



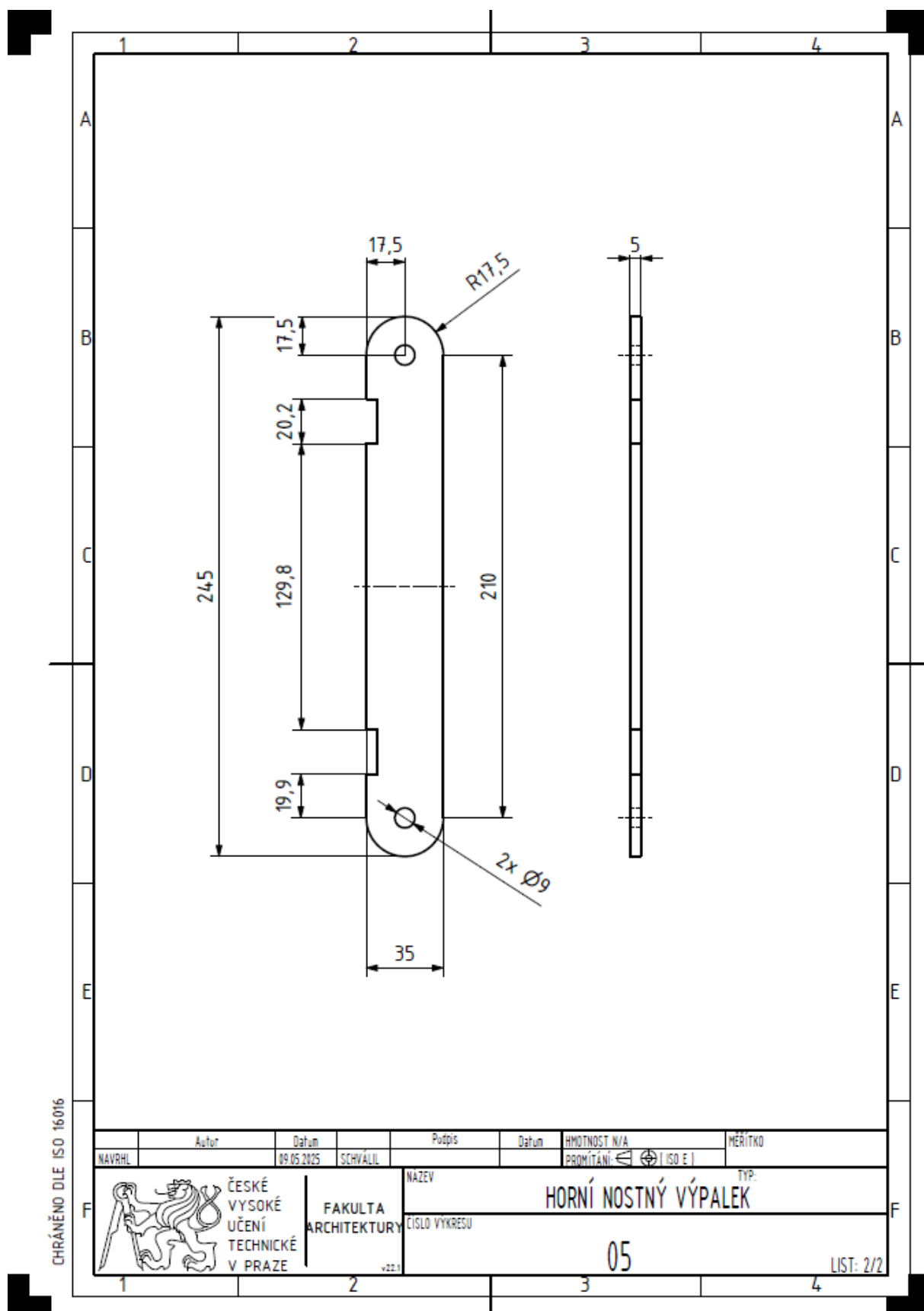
Obr. 107: Pohledový kryt



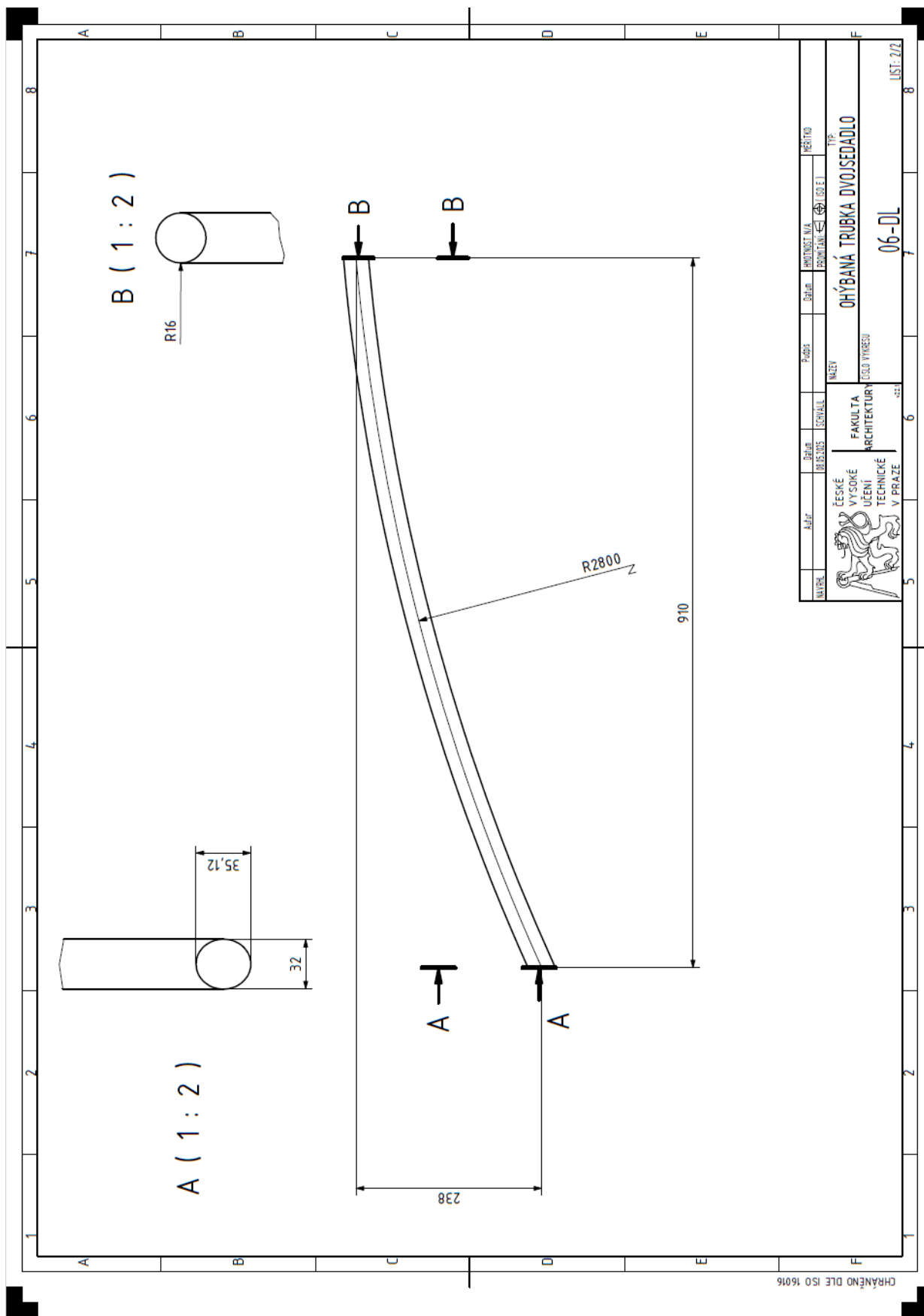
Obr. 108: Přední nosný výpalek



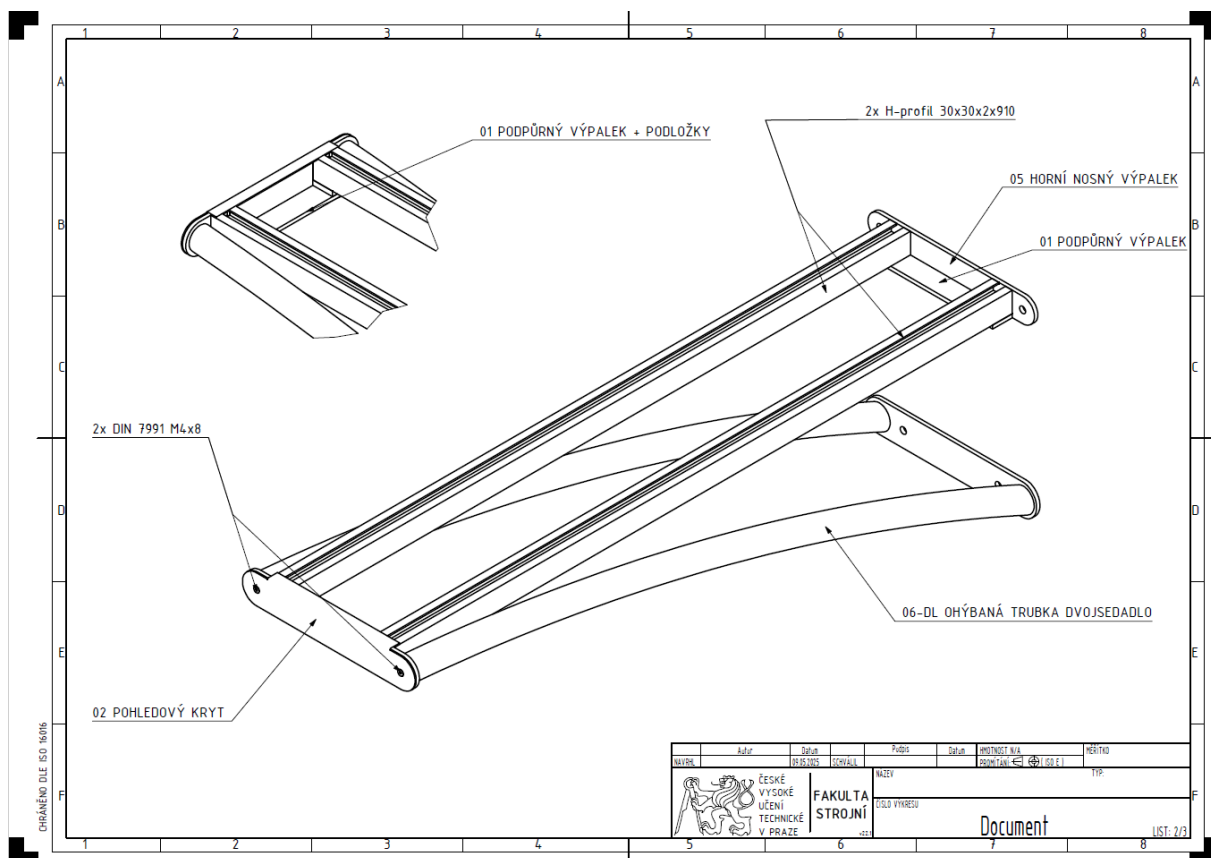
Obr. 109: Spodní nosný výpalek



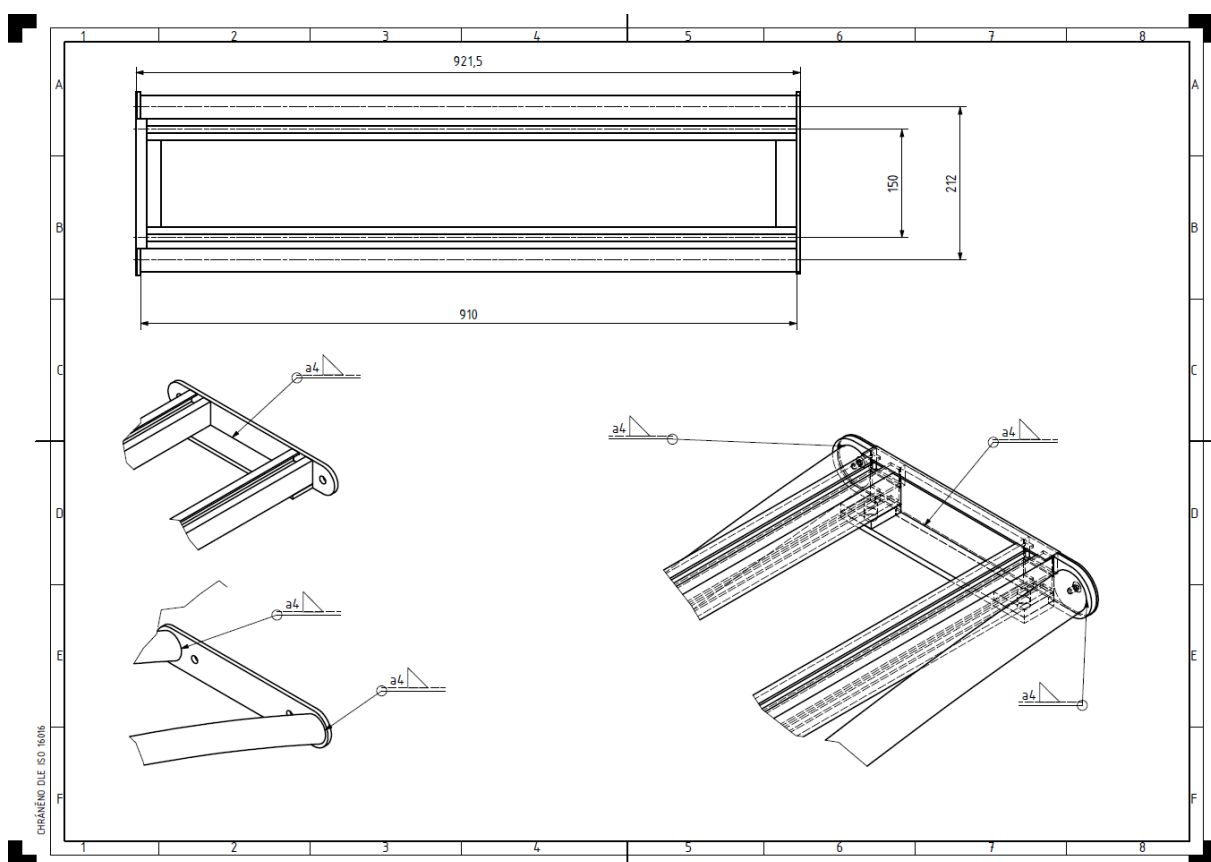
Obr. 110: Horní nosný výpalek



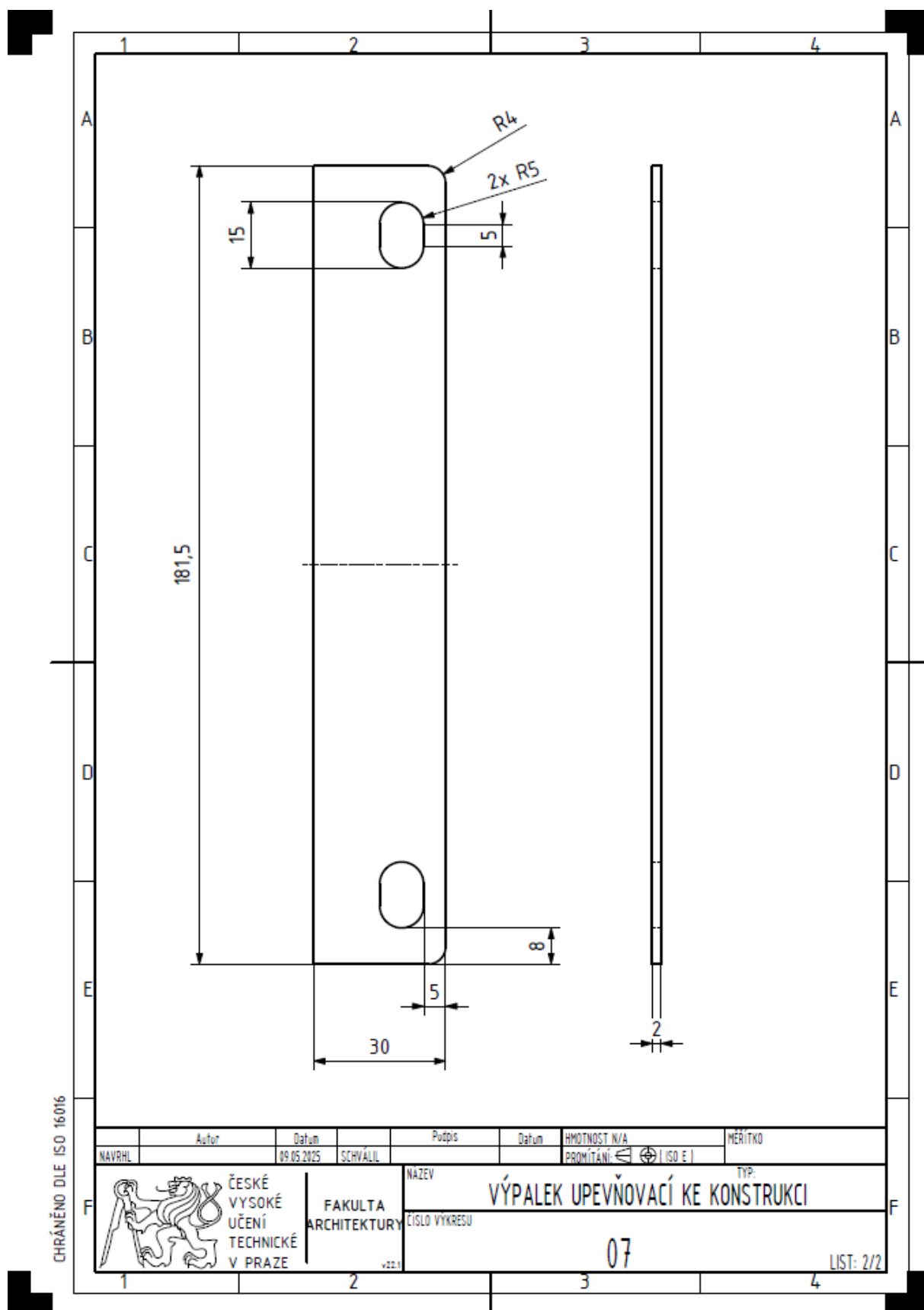
Obr. 111: Ohýbaná trubka sedadlo



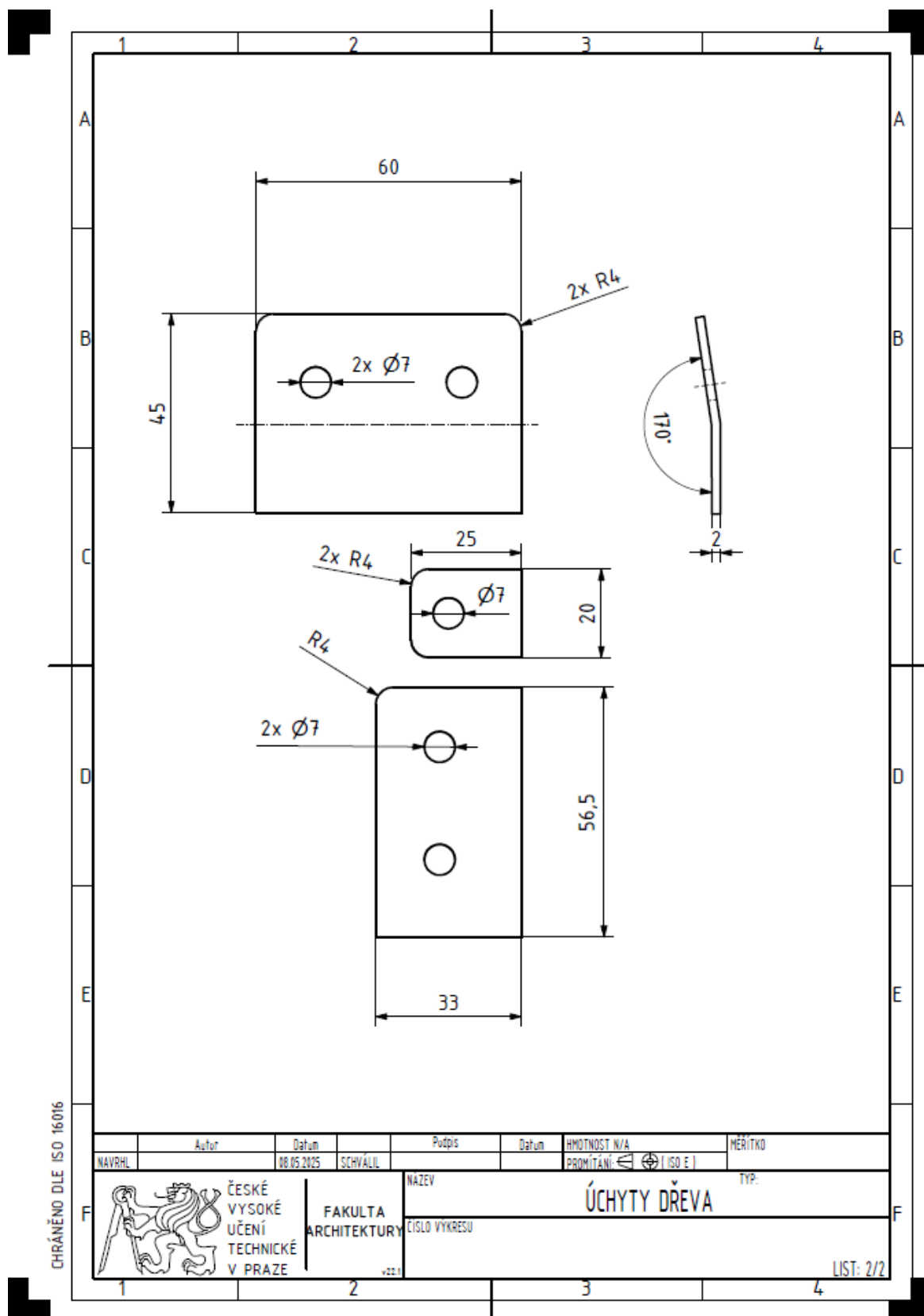
Obr. 112: Sestava konzole



Obr. 113: sestava konzole



Obr. 115: Výpalek upevňovací



Obr 116: Úchyty do dřeva

12. Seznam zdrojů

12.1. Textové zdroje

1. KUBÁT, Bohumil; PEJŠA, Jiří; JACURA, Martin a TREŠL, Ondřej. *Městská a příměstská kolejová doprava*. Wolters Kluwer ČR, 2010.
2. *Swansea and Mumbles Railway*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2.5.2025. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Swansea_and_Mumbles_Railway#History. [cit. 2025-05-13].
3. *Tramvaj*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 11. 2. 2025. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tramvaj#Historie>. [cit. 2025-04-25].
4. *History of trams*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 19.5.2025. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_trams. [cit. 2025-05-22].
5. LINERT, Stanislav. *Vozidla pražské tramvajové dopravy*. Dopravní podnik hlavního města Prahy, 1996.
6. *Trať Macuyama Jinsha*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2023. Dostupné z: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%9D%BE%E5%B1%B1%E4%BA%BA%E8%B%8A%E8%BB%8C%E9%81%93#%E5%87%BA%E5%85%B8>. [cit. 2025-04-22].
7. *Omnibus*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 13. 11. 2024. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Omnibus>. [cit. 2025-05-22].
8. *Parní tramvaj*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 6. 6. 2021. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Parn%C3%AD_tramvaj. [cit. 2025-05-12].
9. *Peter Witt streetcar*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 3.3.2025. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Witt_streetcar. [cit. 2025-04-11].
10. *1000 kolejových vozidel*. Naumann & Göbel, 2009.

11. *New tram for Bonn presented at InnoTrans*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.railwaypro.com/wp/new-tram-for-bonn-presented-at-innotrans/>. [cit. 2025-04-18].
12. *Exterior and interior design of the new Flexity Tram*. Online. Dostupné z: <https://milani.ch/en/projects/vbz-transportation-design-flexity-tram>. [cit. 2025-04-18].
13. *SWM MVG VARIOBAHN*. Online. Dostupné z: <https://www.ergon3.de/mvg-swm-variobahn/>. [cit. 2025-04-18].
14. *Evo2*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 27. 3. 2025. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/EVO2>. [cit. 2025-04-18].
15. *Škoda 14T*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 8. 1. 2025. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Škoda_14T. [cit. 2025-04-26].
16. DRÁPAL, Filip. *Milán - tramvaje*. Online. 2006. Dostupné z: <http://www.zastavka.net/fd-svet/milan3.phtml>. [cit. 2025-04-18].
17. ČSN EN 45545-2 (280160), *Drážní aplikace - Protipožární ochrana drážních vozidel - Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí*. 2021
18. INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS. *UIC 566*.
19. *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 [15/922]*. 18.6. 2015. Dostupné také z: [eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618(01)).
20. HLAVOVÁ, Vendula. *Měření 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.
21. DREYFUSS, Henry. *The measure of men: human factors in design*. Online. 1966. Dostupné z: <http://design.data.free.fr/RUCHE/documents/Ergonomie%20Henry%20DREYFUS.pdf>. [cit. 2025-05-23].
22. Konzultace s odborníky ve firmě C.I.E.B. Kahovec
23. HLÁSKOVÁ, Lud'ka. *Ohýbání a lamelování masivního dřeva*. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně. Dostupné také z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_volitelne_pr

[edmetry/Tvarovani_materialu_na_bazi_dreva/pr04%200h%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf](#).

24. Učebnice: *Výroba nábytku III.*, ing. Arnošt Trávník, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, ISBN 80-7157-755-3
25. ČSN EN 12663-1+A2 (280320), *Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel - Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*. Dostupné také z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-12663-1-a2-280320-251801.html#>
26. MAREŠ, Václav. *Návrh umístění a upevnění sedadel v interiéru nízkopodlažní tramvaje Design*. Diplomová práce. Praha: Fakulta strojní, ČVUT, 2019
27. Škoda 15T ForCity se představuje. Online. Dostupné z: <https://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocclanku=2008041001>. [cit. 2025-05-17]
28. *PUR lak s vysokou odolností PUR-Strong, G30, 20kg*. Online. Dostupné z: <https://www.kili.cz/chemie/barvy/pur-lak-s-vysokou-odolnosti-pur-strong-g30-20kg-s823986877>. [cit. 2025-05-17]
29. *Weberantigraffiti nátěr*. Online. Dostupné z: <https://www.cz.weber/vnejsi-omitky-natery/antigraffiti-system/weberantigraffiti-nater>. [cit. 2025-05-17]

12.2. Obrazové zdroje

1. Koněm tažený vlak, trasa ze Swansea do Mumbles
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Horsetrain_1870.jpg
2. Vagón Jinsha Kidō
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Osaki_City_Matsuyama_Sake_Museum_replica_handcar_side_view.jpg
3. Vůz pražské koňky, 1885, archiv VÚKV
4. Parní tramvaj s dvoupatrovým vagonem
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steam_Tram_\(2688542952\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steam_Tram_(2688542952).jpg)
5. Vůz s vertikálním boilerem
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grantham_Steam_Tramway_-_TheEngineer1873_p.353.png
6. Vůz Hlaváčkovy tramvaje u Klamovky (foto Jiří Eckert)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praha_Hlaváčkova_tramvaj_u_Klamovky.jpg
7. Interiér vozu Hlaváčkovy tramvaje, Archiv VÚKV
8. Interiér motorových vozů ze série č.1-11 archiv VÚKV
9. Motorový vůz č.11 archiv VÚKV
10. Interiér salónního vozu č. 200, zdroj. Sbírka Stanislava Linerta
11. Salónní vůz č. 200 archiv DP
12. Interiér motorového vozu č 179. ze série č. 178-179 z roku 1905 (archiv VÚKV)
13. Interiér jednosměrného motorového vozu č. 3005 v pohledu ke stanovišti řidiče archiv VÚKV
14. Interiér jednosměrného motorového vozu č. 3005 v pohledu k zadnímu čelu archiv VÚKV
15. Tram No. 1503 of ATM Milano
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tram_ATM_storico_1503.jpg
16. Interiér vozu typu Peter Witt streetcar, Milao
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Milan_class_1500_tram_interior.jpg

17. Interiér vozu typu PCC
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEPTA_Streetcar_Interior.jpg
18. Interiér tatra T1:
https://d15-a.sdn.cz/d_15/c_img_E_l/8aHm4i.jpeg?fl=cro,0,0,1280,720%7Cres,1280,1%7Cwebp,75
19. Tatra T1:
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ostrava,_Tatra_T1_\(4\)_cropped.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ostrava,_Tatra_T1_(4)_cropped.jpg)
20. Interiér vozu T3 navržen Františkem Kardausem
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chemnitz,_Tatra_T3D_interior.jpg
21. Vůz tatra T1
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Levského,_Tatra_T3_přívjezdu,_detail.jpg
22. Zelený interiér vozu RT6 archiv VÚKV
23. Detail laminátové sedačky archiv VÚKV
24. Vůz RT6 archiv VÚKV
25. Interiér ForCity 41T
<https://www.railwaypro.com/wp/new-tram-for-bonn-presented-at-innotrans/>
26. Čelo vozidla ForCity 41T
<https://www.railwaypro.com/wp/new-tram-for-bonn-presented-at-innotrans/>
27. Interiér vozu Flexity tram
<https://milani.ch/en/projects/vbz-transportation-design-flexity-tram>
28. Vozidlo Flex tram
<https://milani.ch/en/projects/vbz-transportation-design-flexity-tram>
29. Kombinace modré a žluté ve voze Variobahn
[SWM MVG Variobahn – ergon3 Design](#)
30. Detail napojení na stropní tyč
[SWM MVG Variobahn – ergon3 Design](#)

31. Plastová sedadla ve voze Evo 2
<https://zdopravy.cz/v-brne-vyrobili-letos-devet-draku-pristi-rok-planuji-stejny-pocet-70183/>
32. Evo drak v Brně
<https://zdopravy.cz/v-brne-vyrobili-letos-devet-draku-pristi-rok-planuji-stejny-pocet-70183/>
33. Laminátová sedadla ve voze Škoda 14T
<https://www.prazskypatriot.cz/v-tramvajich-porsche-se-zmeni-usporadani-sedacek-probehla-prestavba-prvniho-vozu/>
34. Vozidlo 14T
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Přístaviště -
Dvorce, Škoda 14T.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Přístaviště_-_Dvorce,_Škoda_14T.jpg)
35. Vůz Sirio, Milano
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sirio7100-Milano.jpg>
36. Jinobarevný interiér vozu Sirio
<http://www.zastavka.net/fd-svet/milan3.phtml>
37. Z normy UIC 566, str. 41
38. Kalibr
[eur-lex.europa.eu/legal-
content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618(01))
39. Rozměry sedací části
https://www.vut.cz/studenti/zav-prace?zp_id=100316
40. Hloubka a výška sedáku https://www.vut.cz/studenti/zav-prace?zp_id=100316
41. Min.vzdálenost pro příčně orientované sedadla naproti sobě
https://www.vut.cz/studenti/zav-prace?zp_id=100316
42. Min. vzdálenost pro sedadla uspořádané za sebou
https://www.vut.cz/studenti/zav-prace?zp_id=100316
43. Kalibr pro měření dostupnosti madel
[eur-lex.europa.eu/legal-
content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618(01))
44. The measure of man: human factors in design, Henry Dreyfuss
45. Příklad poměru deformace a napětí u ohýbaného pařeného buku – masivní hranolek HLÁSKOVÁ, Ludka. *Ohýbání a lamelování masivního*

dřeva. Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně.
Dostupné také

z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_volitelne_predmety/Tvarovani_materialu_na_bazi_dreva/pr04%20Oh%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf.

46. Porovnání namáhání dřeva při ohýbání bez použití pásnice a) a s použitím pásnice b)

https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_volitelne_predmety/Tvarovani_materialu_na_bazi_dreva/pr04%20Oh%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf

47. Ohyb dřeva s použitím pásnice a) bez b)

https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_volitelne_predmety/Tvarovani_materialu_na_bazi_dreva/pr04%20Oh%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf

48. Parametry ohýbaných dýh

https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_volitelne_predmety/Tvarovani_materialu_na_bazi_dreva/pr04%20Oh%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf

49. Uchycení na podestě:

<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80603/F2-DP-2019-Mares-Vaclav-Mares%20Vaclav%20Diplomova%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

50. Škoda ForCity Smart 41T

<https://www.railwaypro.com/wp/new-tram-for-bonn-presented-at-innotrans/>

51. Uchycení do bočnice

<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80603/F2-DP-2019-Mares-Vaclav-Mares%20Vaclav%20Diplomova%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

52. Variobahn interiér

[Variobahn_VT04-4.jpg \(1858x1244\)](#)

53. Uchycení do bočnice

<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80603/F2-DP-2019-Mares-Vaclav-Mares%20Vaclav%20Diplomova%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

- 54. Interier tramvaje 15T, vlastní foto
- 55. Odhalená konzole, vlastní foto
- 56. Spojení sedadla typu pino s madlem ze stropu, vlastní foto
- 57. Spojení dřevěných sedadel vozu 15T s madlem ze stropu, vlastní foto
- 58. Rozměry tvaru topného tělesa, VÚKV
- 59. Řez tramvají 15T
<https://www.vlaky.net/upload/images/reports/002701/Výkres.jpg>
- 60. Návrh madla
- 61. Návrh napojení vertikálního madla
- 62. Dřevěná část varianta1
- 63. Varianta 2
- 64. Dvojsedadlo
- 65. Návrhy výběru pro madlo
- 66. Definice sedadla základními tvary
- 67. Základní tvar sedadla
- 68. Návrh umístění svarů
- 69. Návrh zakončení dřevěné části
- 70. Návrh zakončení dřevěné části
- 71. Návrh zakončení dřevěné části
- 72. Návrh zakončení dřevěné části
- 73. Návrh zakončení dřevěné části
- 74. Návrh zakončení dřevěné části
- 75. Návrhy spodní části sedadla
- 76. Návrhy spodní části sedadla, perspektiva
- 77. Model formy na ohyb
- 78. Model formy na ohyb
- 79. Finální forma na ohyb
- 80. Finální forma na ohyb
- 81. Finální forma na ohyb

- 82. Finální forma na ohyb
- 83. Ohýbání dřevěné části
- 84. Ohýbání dřevěné části
- 85. Ohýbání dřevěné části
- 86. Ohýbání dřevěné části
- 87. Opracování dřevěné části na finální podobu
- 88. Opracování dřevěné části na finální podobu
- 89. Opracování dřevěné části na finální podobu
- 90. Ohyb trubek
- 91. Ohyb trubek
- 92. Ohyb trubek
- 93. Řezání ohnutých trubek na požadovanou velikost
- 94. Frézování konců trubek pro svar
- 95. Svařená konstrukce
- 96. Pohled zepředu na finální model
- 97. Pohled na konstrukci zepředu
- 98. Pohled na konstrukci zezadu
- 99. Pohled zepředu na finální model
- 100. Oranžová varianta
- 101. Varianta z nerezové oceli
- 102. Trubková konstrukce dvojsedadlo
- 103. Trubková konstrukce, výkres pro ohyb
- 104. Počet kusů kovových dílů poptávaných u C.I.E.B Kahovec
- 105. Rozmístění destiček pod dřevo
- 106. Podpěra + podložky
- 107. Pohledový kryt
- 108. Přední nosný výpalek
- 109. Spodní nosný výpalek

- 110. Horní nosný výpalek
- 111. Ohýbaná trubka sedadlo
- 113. sestava konzole
- 114. Ohýbaná trubka jednosedadlo
- 115. Výpalek upevňovací
- 116. Úchyty do dřeva

*obrázky bez uvedeného zdroje byly pořízeny autorem