

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



**Diplomová práce**

**Zjištění skutečné pozice řidičů osobních vozidel**

**Bc. Dominik Žícha**

© 2023 ČZU v Praze

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Dominik Žícha

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Zjištění skutečné pozice řidičů osobních vozidel

Název anglicky

Researching the actual position of drivers in a passenger car

---

## Cíle práce

Cílem práce je získat aktuální hodnoty pro určení reálné pozice řidičů osobních vozidel. Předpokládá se získání hodnot ze vzorku mužů a žen a porovnání hodnot na základě zvolených parametrů. Dalším cílem je posouzení pozice, ve které řidiči drží volant v různých režimech jízdy. Sekundárním cílem je zjištění, jak velkému vzorku řidičů neumožňuje dané testovací vozidlo nastavit správnou polohu sedadla a ovládacích prvků tak, aby to bylo, vzhledem k jejich antropometrickým parametrům, možné považovat za optimální.

## Metodika

Hodnoty pro dosažení cílů práce budou získány pomocí experimentálního výzkumu, který bude prováděn v laboratorních podmínkách na stacionárním vozidle. Předpokládá se použití testovacího vozidla běžné střední třídy, které bude shodné pro celý vzorek respondentů. Zjištěné údaje budou vyhodnoceny pomocí statistických metod.



Doporučený rozsah práce  
50-60 stránek včetně příloh

Klíčová slova

ergonomie, řidič, vozidlo, sedadlo, pozice, bezpečnost

---

Doporučené zdroje informací

- Andreoni, G., Rabuffetti, M., Santambrogio, G.C., 2002, Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. Appl. Ergon. 33, 511-522.
- Bhise, V. 2012, Ergonomics in the automotive design process, Taylor & Francis Group, 309 pp. ISBN 978-1-4398-4210-2
- Hanson, L., Sperling, L., Akselsson, R., 2006. Preferred car driving posture using 3-D information. Int. J. Vehicle Des. 42 (1/2), 154-169.
- Havlíčková L. 1999, Physiology of physical strain I: General part. (Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část) Praha: Karolinum, 203 pp. ISBN 9788071848752.
- Hruška, M., Jindra, P., 2016, Ability to handle unfamiliar systems in passenger cars according to driver skills. Agronomy Research. 2016, 14(5), 1601-1608. ISSN 1406894X.
- Kyung, G., Nussbaum, M.A., 2009. Specifying comfortable driving postures for ergonomic design and evaluation of the driver workspace using digital human models. Ergonomics 52 (8), 939-953.
- Lay, W.E., Fisher, L.C., 1940. Riding comfort and cushions. SAE J. 47 (5), 482-496.
- Tilley, A.R. 2002, The measure of man and woman: human factors in design. Rev. ed. New York: Wiley, 98 pp. ISBN 04-710-9955-4.
- Véle, F., 1995, Kinesiology of postural system (Kineziologie posturálního systému), Karolinum, 83 pp. ISBN 80-7184-297-4.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/2023 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 25. 1. 2023

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Zjištění skutečné pozice řidičů osobních vozidel" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2023

Dominik Žícha

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalovi Hruškovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za vstřícnost a poskytnuté rady, které mi pomohly při zpracování diplomové práce. Také bych rád poděkoval svým rodičům, kteří mě při studiu podporovali.

# **Zjištění skutečné pozice řidičů osobních vozidel**

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá porovnáním skutečné polohy řidičů ve dvou typově odlišných osobních vozidlech s teoretickou pozicí, kterou lze, na základě dostupných studií, považovat za správnou z pohledu ochrany zdraví a z pohledu aktivní a pasivní bezpečnosti. Výzkum provedený v této práci probíhal na relativně heterogenní skupině testovacích řidičů. Experimentální statické měření probíhalo v laboratorních podmínkách na dvou odlišných typech vozidel, Škoda Enyaq a Volvo V60. Respondenti nastavovali polohu v každém vozidle dle vlastních zkušeností tak, aby byla nejvíce podobná skutečné pozici, kterou zaujímají při řízení. Vstupní i výstupní data byla následně podrobena statistickému vyhodnocení, na základě kterého lze konstatovat, že významná část testovaných subjektů nepoužívá při řízení automobilu pozici, kterou lze, z hlediska ergonomie, označit za správnou. Mezi mužskými účastníky testování byl také zjištěn statisticky významný rozdíl v polohách, které zaujímali v jednotlivých typech testovaných vozidel.

**Klíčová slova:** ergonomie, řidič, vozidlo, sedadlo, pozice, bezpečnost

# **Researching the actual position of drivers in a passenger car**

## **Abstract**

This thesis deals with the comparison of the actual position of drivers in two different types of passenger vehicles with the theoretical position which, based on the available studies, can be considered correct from the point of view of health protection and from the point of view of active and passive safety. The research conducted in this thesis was carried out on a relatively heterogeneous group of test drivers. Experimental static measurements were carried out under laboratory conditions on two different types of vehicles, a Skoda Enyaq and a Volvo V60. Respondents adjusted the position in each vehicle according to their own experience to be most similar to the actual driving position. The input and output data were then subjected to statistical evaluation, which showed that a significant proportion of the test subjects do not use a driving position that can be described as correct from an ergonomic point of view. There was also a statistically significant difference between the male test subjects in the positions they occupied in the different types of vehicles tested.

**Keywords:** ergonomics, driver, vehicle, seat, position, safety

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
2.1 Cíl práce .....	2
2.2 Metodika .....	2
<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>3</b>
2.3 Ergonomie obecně.....	3
2.3.1 Historie ergonomie .....	3
2.3.2 Kategorie ergonomie.....	3
2.4 Ergonomie osobních automobilů .....	4
2.4.1 Historie ergonomie automobilů .....	5
2.4.2 Ergonomie kabiny osobního vozidla .....	7
2.4.3 Normy používané při modelování kabin vozidla.....	8
2.4.4 Optimální nastavení sedadla .....	10
2.4.5 Druhy karoserií osobních vozidel .....	12
2.5 Sedadlo řidiče.....	14
2.5.1 Základní informace .....	14
2.5.2 Vývoj automobilových sedadel v průběhu času .....	15
2.5.3 Způsoby ovládání sedadel automobilů .....	22
2.6 Pohybový aparát člověka .....	23
2.6.1 Pasivní část pohybového aparátu člověka .....	23
2.6.2 Aktivní část pohybového systému člověka.....	24
2.6.3 Vztah mezi aktivní a pasivní částí pohybového aparátu a ergonomie vozidel	25
2.6.4 Antropometrie .....	26
2.7 Poruchy pohybového aparátu člověka a možné prvky kompenzace.....	28
2.7.1 Akrální koaktivační terapie.....	29
<b>3 Vlastní zpracování.....</b>	<b>30</b>
3.1 Testovací vzorek .....	30
3.1.1 Použitá technika .....	30
3.2 Postup měření .....	33
<b>4 Zhodnocení výsledků .....</b>	<b>36</b>
4.1 Vyhodnocení naměřených úhlů.....	36
<b>5 Závěr.....</b>	<b>45</b>
<b>6 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>46</b>

6.1	Seznam obrázků .....	51
6.2	Seznam grafů.....	52
6.3	Seznam tabulek .....	53

# 1 Úvod

Ergonomie je věda, která se zabývá zkoumáním optimálních pracovních podmínek pro člověka. V automobilovém průmyslu se využívá hlavně při návrhu a konstrukci pro řidiče a posádku. Správně navržený interiér je důležitý nejen pro komfort cestujících, ale především pro jejich bezpečnost. Práce „Evaluation of the actual sitting position of drivers of passenger vehicles“ (M. Hruška 2017) zjistila, že správná pozice řidičů ve vozidle má vliv na jejich zdraví.

Diplomová práce „Zjištění skutečné pozice řidičů osobních vozidel“ se zabývá v teoretické části vysvětlením pojmu ergonomie, její historií a rozdělením obecně, dále se zaměřuje především na její využití v automobilovém průmyslu.

Práce v jednotlivých kapitolách popisuje ergonomii kabiny osobních automobilů, normy při jejich modelování, druhy osobních automobilů a prostředí pro řidiče, zabývá se také druhy sedaček a jejich ovládním.

Poukazuje také na pohybový aparát člověka na jeho pasivní i aktivní část a jejich vzájemné působení s ergonomií vozidel, na poruchy pohybového systému člověka a prvky možné kompenzace.

Praktická část se zaměřuje na výzkum, který poukáže na skutečnou pozici řidičů. Výzkum probíhal v prostorách České zemědělské univerzity v Praze, a to na dvou automobilech. Prvním byla Škoda Enyaq a druhým Volvo V60. Osoby, které se měření zúčastnily neměly předchozí zkušenosti s těmito automobily, a tak nebyl nikdo zvýhodněn. Získané hodnoty byly následně zpracovávány pomocí programů AutoCad a MS Excel, a také podrobeny statistickým testům, aby byla zjištěna závislost mezi měřeními.



## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je porovnat skutečnou polohu řidičů z vybrané heterogenní skupiny respondentů, kterou zaujímají v testovacích vozidlech dvou odlišných typů, s polohou, kterou lze označit za optimální. Sekundárním cílem práce je nalezení možných rozdílů v polohách, kterou zaujímají řidiči v jednotlivých testovacích vozidlech dvou odlišných typů a nalezení případných statistických závislostí.

### **2.2 Metodika**

K získání hodnot potřebných k dosažení cíle práce bude proveden experimentální výzkum prováděný v laboratořích České zemědělské univerzity v Praze. Pro výzkum budou využity dva vozy odlišných typů, Volvo V60 a Škoda Enyaq. Testovaným osobám budou změřeny délky paží, předloktí, lýtek a stehenních kostí. Všichni účastníci budou seznámeni se způsoby ovládání sedadel automobilů, a poté jim bude poskytnut dostatek času nastavit si sedadlo a polohu volantu do pro ně ideální polohy. Následně budou osoby označeny terčíky a pomocí fotografie zaznamenána data, která budou později vyhodnocována. Získané hodnoty budou zpracovány pomocí programů MS Excel a AutoCad. Výsledky budou také analyzovány pomocí statistických metod. Pro vyhodnocení statistické závislosti byl použit Pearsonův chí-kvadrát test. Tato práce se bude zabývat hypotézami, kde bude sledováno, zda existuje rozdíl v poloze, kterou řidiči zaujímají ve vozidlech SUV a kombi. Druhá hypotéza se bude soustředit, zda existuje rozdíl, jak s k optimální poloze sezení blíží muži a jak ženy.

# **Teoretická východiska**

## **2.3 Ergonomie obecně**

Ergonomie je vědní disciplína, která se zabývá studiem interakce mezi člověkem a dalšími prvky systému, s cílem optimalizovat lidskou pohodu a celkovou výkonnost systému [1]. Tato interdisciplinární oblast zahrnuje znalosti z psychologie, fyziologie, biomechaniky, průmyslového inženýrství a designu [2].

### **2.3.1 Historie ergonomie**

Historie ergonomie sahá až do starověku, když řecký filozof Hippokrates popsal správné sezení při práci jako klíčový faktor pro udržení zdraví. V 17. a 18. století začala vědecká revoluce přinášet důraz na systémové myšlení a pozornost vědců se obrátila k otázkám pracovních podmínek a zdraví pracovníků [3].

Ve 20. století se ergonomie začala rozvíjet jako samostatná disciplína. Během první a druhé světové války byla ergonomie používána především v oblasti vojenské techniky a v letectví, kde bylo třeba optimalizovat výkonnost a spolehlivost strojů a zbraní. Po druhé světové válce se ergonomie začala šířit i do civilního sektoru a začala se aplikovat ve výrobě, dopravě a dalších oblastech [4].

Dnes je ergonomie důležitou součástí návrhu a vývoje téměř všech produktů a služeb, které používáme každodenně. Ergonomické principy se aplikují při návrhu nábytku, elektroniky, dopravních prostředků a v mnoha dalších oblastech, aby bylo zajištěno, že budou co nejbezpečnější, nejefektivnější a nej pohodlnější pro uživatele [5].

### **2.3.2 Kategorie ergonomie**

Ergonomii můžeme rozdělit na několik základních kategorií, mezi které můžeme zařadit:

- Kognitivní ergonomii
- Organizační ergonomii
- Enviromentální ergonomii
- Makroergonomii

- Sociální ergonomii
- Fyzickou ergonomii

### **2.3.2.1 Fyzická ergonomie**

Fyzická ergonomie se zaměřuje na vztah mezi člověkem a jeho pracovním prostředím, s důrazem na minimalizaci rizik způsobených nevhodnými pracovními podmínkami. Zahrnuje studium lidské anatomie a fyziologie, pohybového aparátu, energetických požadavků a psychických faktorů, které ovlivňují výkon pracovníků [6].

Fyzická ergonomie má také významnou roli při navrhování interiéru automobilů, protože řidič tráví většinu času ve voze. Správné uspořádání ovládacích prvků, sedaček, volantu a dalších prvků interiéru může minimalizovat únavu a stres řidiče, což přispívá k bezpečnosti a pohodlí v průběhu dlouhých jízd [7].

Mezi faktory, které mají vliv na ergonomii interiéru automobilů, patří:

- Uspořádání ovládacích prvků, jako jsou pedály, volant, přepínače a ovladače, aby byly snadno přístupné a ovladatelné.
- Výška sedaček, aby se minimalizovala únava a napětí v dolní části zad a krku.
- Umístění hlavy řidiče vůči okolí, aby byla minimalizována únava způsobená neustálým pohybem hlavy.
- Ovládání klimatizace, které zajistí přiměřenou teplotu a vlhkost, což může pomoci snížit únavu řidiče [7].

## **2.4 Ergonomie osobních automobilů**

Ergonomie patří k důležitým a nezastupitelným procesům, využívaným při navrhování interiéru osobních vozidel. Optimalizací designu a uspořádáním interiéru se ergonomie snaží co nejvíce přizpůsobit potřebám člověka a také co nejvíce zmenšit případná zdravotní rizika řidiče a posádky vozidla.

### **2.4.1 Historie ergonomie automobilů**

První automobily byly často navrhovány bez ohledu na ergonomický design, pohodlí řidiče a cestujících. S nárůstem poptávky po automobilech se však začaly objevovat snahy o zlepšení ergonomie v interiérech automobilů [5].

Samotná pozice řidiče v automobilech se vyvíjela po celá desetiletí. V prvních automobilech, které se objevily v 19. století, byla pozice řidiče velmi vysoká a odkazovala spíše na kočár než na moderní automobil. Řidiči seděli na sedadle umístěném na voze a měli přehled o vozidle i okolí. Postupně se s vývojem technologií a designu automobilů změnila i geometrie kabiny a pozice řidiče. V průběhu 20. století se řidičská kabina začala více a více podobat tomu, co známe dnes. Výrobci automobilů se snažili umožnit řidiči co nejlepší výhled z vozu, a proto se kabina posouvala více dozadu. To umožnilo řidiči mít přehled o silnici a vozidle, aniž by musel překonávat velkou vzdálenost [8].

V 50. letech 20. století se kabina řidiče v automobilech začala více přizpůsobovat ergonomii a pohodlí řidiče. Vozidla se začala vybavovat většími sedadly, která byla pohodlnější pro řidiče, a měla více místa pro nohy, aby řidiči mohli sedět pohodlněji a měli více prostoru pro ovládání pedálů [8].

V 60. letech se kabina řidiče opět změnila, tentokrát v důsledku zvýšeného bezpečnostního povědomí. Automobilový průmysl začal uplatňovat bezpečnostní prvky jako například bezpečnostní pásy, což vedlo k přesunu polohy řidiče více dozadu. To zvýšilo bezpečnost řidiče v případě nehody a současně umožnilo větší prostor pro ochranné prvky [8].



Obrázek 1. Kabina automobilu Dodge Charger 1969, [53]

V 70. a 80. letech 20. století se ergonomie v automobilech stala klíčovým faktorem pro automobilové firmy. V té době se začaly používat počítačové technologie pro navrhování ergonomického designu interiérů automobilů. To umožnilo vývoj nových ergonomických inovací, jako například nastavitelných sedaček, které umožňovaly řidičům a cestujícím nalézt optimální polohu těla a minimalizovat riziko zdravotních problémů. Také se začaly objevovat bezpečnostní pásy a polstrování sedadel, což přispělo k minimalizování rizika zranění při nehodách a zlepšilo pohodlí řidičů a cestujících. [4, 9].

V současnosti je ergonomie v interiéru automobilů klíčovým faktorem pro automobilové firmy, které mají snahu minimalizovat riziko zdravotních problémů u řidičů a cestujících a zlepšit jejich pohodlí. Moderní automobily nabízejí mnoho ergonomických inovací, jako jsou například nastavitelné sedačky, ovládací prvky a stavitelný sloupek řízení, které jsou navrženy s ohledem na ergonomii. Dále se objevují nové technologie, jako jsou biometrické systémy a virtuální realita, které umožňují zlepšit ergonomii interiéru automobilů [10].



Obrázek 2. Kabina moderního automobilu, [54]

#### 2.4.2 Ergonomie kabiny osobního vozidla

Využití ergonomie v interiéru osobních vozidel závisí na typu vozidla a jeho způsobu využití. Ergonomie se musí vypořádat především s následujícími výzvami jako jsou:

- Nedostatek prostoru
- Neergonomický design ovládacích prvků
- Zvýšené riziko nehod

Interiéry automobilů jsou obecně velmi prostorově omezené a mohou vést k nepohodlí a bolestem těla. Řidiči a cestující se mohou potýkat s problémy jako jsou například bolesti zad a krční páteře, způsobené špatnou ergonomickou polohou těla v důsledku nedostatku prostoru [11].

Ergonomické problémy v interiéru automobilu mohou zvýšit riziko nehod. Například nedostatečné polstrování sedadel může vést k únavě a bolestem těla, což způsobuje zvýšení rizika nehody [12].

Pro zlepšení ergonomie existuje několik návrhů či postupů, mezi které můžeme zařadit:

- Zlepšení ergonomie sedadel
- Ergonomické uspořádání prvků
- Využití asistenčních systémů
- Využití inteligentních ovládacích prvků
- Využití umělé inteligence
- Využití biometrických systémů [12].

Dosažení lepší ergonomie sedadel lze dosáhnout použitím materiálů s vysokou úpravou a polstrováním, které zlepšuje pohodlí a podporuje zdravé držení těla. Sedadla by mohla poskytovat nastavení výšky a naklonění hloubky, tak aby cestujícím a řidiči bylo umožněno nalézt co nejlepší pozici [7].

Umělou inteligenci lze využít k analyzování dat, které nám ukazují chování cestujících i řidiče, a dále k následné identifikaci ergonomických problémů. Výsledné informace mohou být využity k navržení ergonomicky vhodnějších interiérů [13].

Biometrické systémy lze využít k identifikaci řidičů a cestujících. Za pomoci těchto systémů může být řidič identifikován a automobil pomocí předvoleb dokáže automaticky nastavit sedadla, zrcátka a další ovládací prvky [13].



Obrázek 3. Subaru Driver focus, [55]

Některé automobilky nabízejí funkce, které umožňují řidičům uložit si své preferované pozice sedačky a zrcátek do paměti vozidla a poté je kdykoliv opětovně načíst. Například BMW nabízí funkci "Memory Seats", Audi má funkci "Driver Memory" a Mercedes-Benz nabízí funkci "Easy-Entry". Tyto funkce automaticky nastaví sedadlo řidiče, volant, zrcátka a další prvky vozidla podle předchozího nastavení [14, 15, 16].

### 2.4.3 Normy používané při modelování kabin vozidla

Při modelování kabin vozidla jsou důležité určité normy a standardy, které mají zajistit maximální bezpečnost a pohodlí pro řidiče a cestující. Tyto normy jsou rozdílné podle typu vozidla a určují například ergonomické parametry, kvalitu sedadel, polohu a uspořádání ovládacích prvků a další.



Jednou z důležitých norem je norma ISO 15007-1:2002, která se týká ergonomie sedadel pro řidiče a posádku vozidla. Tato norma stanovuje požadavky na kvalitu sedadel, včetně materiálů, výrobních postupů, testování a způsobu montáže sedadel. Zohledňuje také různé velikosti a postavy řidičů a cestujících. Správné ergonomické sedadlo v kabině vozidla snižuje riziko úrazů a zdravotních problémů způsobených sedavým zaměstnáním a zvyšuje komfort a produktivitu při řízení vozidla [17].

Další důležitou normou je například norma ISO 15007-2:2013, která se týká ergonomického návrhu interaktivních systémů, jako jsou mimo jiné displeje a ovládací prvky v kabinách vozidel. Tato norma stanovuje požadavky na optimalizaci interakce mezi uživatelem a systémem, včetně uspořádání ovládacích prvků, velikosti písma, barev a dalších parametrů. Při správném ergonomickém návrhu interaktivních systémů může být minimalizována zátěž na řidiče, snížena rizika chybného ovládání a maximalizována bezpečnost v kabině vozidla [18].

Zohlednění těchto norem při modelování kabin vozidla je důležité pro zajištění co nejvyšší bezpečnosti a pohodlí pro řidiče a cestující. Kromě těchto dvou norem jsou také důležité další normy, jako jsou normy týkající se ergonomického návrhu pedálů, volantu a dalších.

Efektivní ergonomický návrh v kabině vozidla může také přispět k efektivitě a produktivitě v řízení vozidla a minimalizaci únavy řidiče. Důležité je také brát v úvahu požadavky cestujících, jako jsou uspořádání sedadel, vzdálenost mezi nimi a komfort během jízdy. Tyto faktory mohou mít významný vliv na spokojenost a pohodu cestujících.

Kromě norem jsou také k dispozici standardy pro ergonomický návrh kabin vozidel, jako je například standard SAE J1100, který definuje standardizované body v kabině vozidla pro měření a porovnání interiérových rozměrů mezi vozidly. Tento standard také definuje minimální vzdálenost mezi sedadlem a interiérovými prvky, jako jsou střecha, stěny a podlaha, aby se minimalizovalo riziko úrazů při nehodách [19].

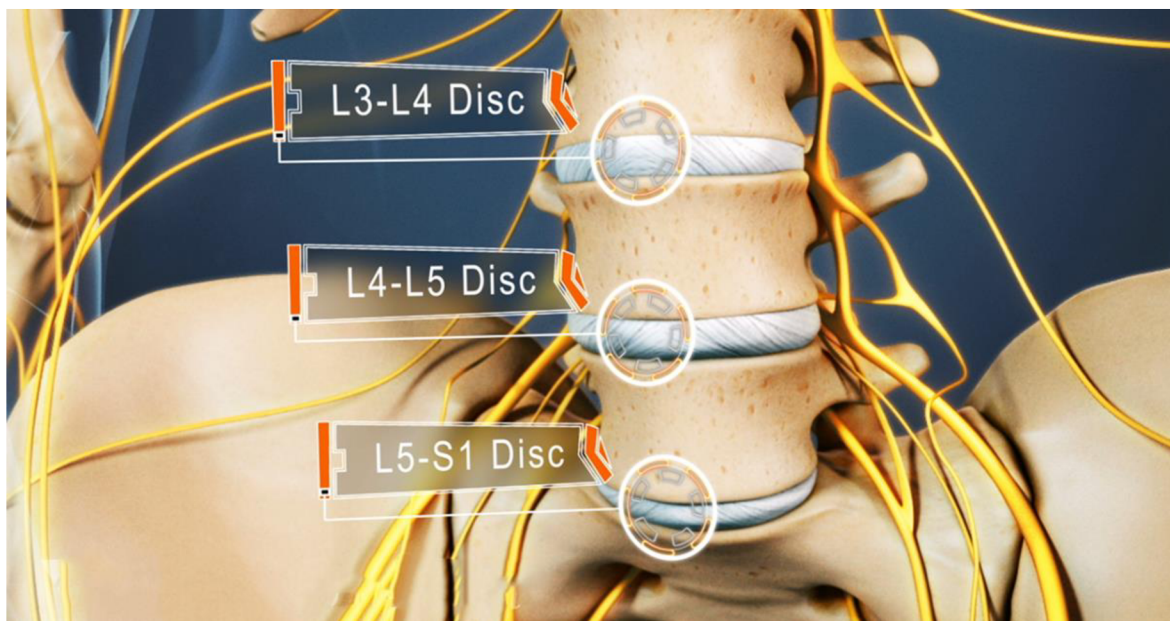


Ergonomie je dynamický obor, a tak se standardy a normy neustále vyvíjejí. Některé společnosti navíc používají vlastní normy a standardy pro ergonomický návrh kabin vozidel, aby lépe odpovídaly jejich potřebám. Zohlednění těchto standardů a norem při návrhu a výrobě kabin vozidel může přispět k větší bezpečnosti, komfortu a spokojenosti řidičů a cestujících.

#### 2.4.4 Optimální nastavení sedadla

Optimální nastavení sedadla ve vozidle je klíčové pro pohodlí a bezpečnost řidiče, zejména při dlouhých jízdách. Pozice řidiče ovlivňuje fyzickou i duševní kondici. V důsledku špatné pozice může klesat výkonost při dlouhých cestách až o 50 %.

Z pohledu biomechaniky je cílem zajištění co nejnižší zátěže páteře v oblasti L5-S1. Tuto oblast nazýváme oblastí lordózy a jedná se o oblast 5. bederního a 1. křížového obratle, kde snížení zátěže v této oblasti podporuje zajištění přirozeného tvaru páteře [63].



Obrázek 4. Oblasti páteře, [64]

Mezi hlavní faktory pro správné nastavení sedadla jsou výška, hloubka, úhel sedadla a úhel opěradla. Nastavení sedadla ovlivňuje zdraví a pohodu řidiče a cestujících. Sedadlo by mělo být nastaveno tak, aby řidič měl dobrý výhled na silnici a mohl snadno ovládat pedály a volant. Pokud je sedadlo příliš blízko nebo daleko od řídicího zařízení, může to

způsobit namáhání krku, ramen a zápěstí. Sedadlo by mělo být nastaveno tak, aby záda řidiče byla opřena o opěradlo v celé délce a aby byla zachována přirozená křivka páteře. Pokud je sedadlo příliš nakloněné nebo příliš svislé, může to způsobit bolest v zápěstí, krku a zádech. Řidič by měl mít při řízení dostatek prostoru pro nohy a kolena. Pokud jsou kolena příliš pokrčená nebo příliš rovná, může to způsobit bolest v kolenou a dolních zádech. Správné nastavení sedadla může také pomoci snížit riziko úrazu při nehodách. Pokud je řidič příliš blízko k airbagu nebo má sedadlo příliš nakloněné, může to zvýšit riziko zranění při nehodě.

Správné nastavení sedadel může přispět k lepšímu držení těla, což snižuje únavu a riziko úrazů při dlouhých cestách.



Obrázek 5. Příklad ideální pozice, [65]

Existuje řada studií, které se zaměřují na optimální nastavení sedačky v automobilech pro minimalizaci rizika bolesti zad a dalších problémů spojených s dlouhodobým sezením v autě. Tyto studie se obvykle zaměřují na různé faktory, jako jsou úroveň sedu, hloubka sedu, výška opěradla a úhel sezení.

Například studie publikovaná v časopisu *Applied Ergonomics* v roce 2007 zkoumala vliv výšky a úhlu sezení na pohodlí řidičů a zjistila, že optimální úroveň sedu by měla být mezi 10 a 20 stupni od vodorovné roviny. Další studie, publikovaná v časopisu *International Journal of Industrial Ergonomics* v roce 2014, zkoumala vliv hloubky sedu na pohodlí a zjistila, že optimální hloubka sedu se liší pro různé typy automobilů a individuální preference uživatele [20, 21].

Výška sedadla by měla být nastavena tak, aby řidič měl dobrý výhled na silnici, a zároveň aby byly nohy v pravém úhlu k podlaze [22]. Hloubka sedadla by měla umožňovat dostatečný pohyb nohou, ale zároveň by měla podporovat dolní část zad [23]. Správný úhel sedadla by měl minimalizovat únavu řidiče při dlouhodobé jízdě [24].

Úhel opěradla by měl být optimálně mezi 100 a 110 stupni, aby minimalizoval tlak na bedra a záda [25]. Správné nastavení opěradla také může pomoci snížit riziko úrazů při nehodách [26]. Optimální hodnoty úhlů jsou zobrazeny v Tabulce 4., která se nachází v kapitole 4.1. Jednotlivé úhly jsou znázorněny na obrázku 20., který je obsažen v kapitole 4.

Důležitým aspektem je také ergonomické doporučení pro různé typy vozidel. Například pro osobní automobily se doporučuje umístit sedadlo tak, aby řidič měl dobrý výhled na silnici a mohl volně ovládat pedály a řídicí prvky [27].

Celkově je důležité přizpůsobit nastavení sedačky individuálním potřebám a preferencím řidiče a zohlednit i faktory, jako jsou délka jízdy, typ vozovky a další okolnosti. To může přispět k pohodlnému a bezpečnému řízení a minimalizaci rizika zdravotních problémů spojených s dlouhodobým sezením v autě.

Vzhledem k tomu, že ergonomický návrh sedadel v automobilech je poměrně složitý proces, často jsou používány sofistikované metody, jako jsou například virtuální simulace nebo analýza tlakových map, které umožňují přesněji zohlednit individuální potřeby řidiče a optimalizovat design sedadel. Také se v současné době výrazně rozvíjí ergonomické návrhy sedadel s využitím umělé inteligence, které umožňují adaptivní nastavení sedadel podle individuálních potřeb uživatele.

#### **2.4.5 Druhy karoserií osobních vozidel**

Existuje mnoho různých druhů karoserií osobních vozidel, každé s jinými funkcemi a vlastnostmi. Některé z nejčastějších druhů osobních vozidel jsou následující:

- **Liftback**

Liftback je karoserie vozidla, která kombinuje vlastnosti hatchbacku a sedanu. Má delší zád' než hatchback, což umožňuje větší prostor pro náklad, a zároveň má pevnou střechu jako sedan. Liftbacky jsou oblíbené pro svou praktičnost a elegantní vzhled [28].

- **SUV (Sport Utility Vehicle)**

Jedná se o větší a robustnější vozidla, disponující obvykle větší světlou výškou a bývají vybavena pohonem 4x4. Tyto vozy jsou ideální pro jízdu v náročných terénech, jako jsou horské oblasti nebo nezpevněné cesty, a jsou často využívány pro rodinné výlety nebo dovolené [28].

- **Kombi**

Vozidla s větším zavazadlovým prostorem a prodlouženou karosérií. Jsou využívány pro přepravu větších předmětů nebo zavazadel. Majiteli bývají rodiny s dětmi nebo osoby, které potřebují přepravovat větší objemy zboží [29].

- **Hatchback**

Vozidla ideální pro jízdu ve městech díky jejich menším rozměrům s omezeným zavazadlovým prostorem s obvykle čtyřmi, v některých typech pouze se dvěma sedadly. Bývají ekonomické z hlediska spotřeby paliva [29].

- **Kabriolet**

Vozidla, obvykle menší než klasické automobily, které disponují otevírací střechou. Jsou určeny především pro zábavu a rekreaci v teplých a slunečných obdobích [29].

- **Sedan**

Sedan je karoserie vozidla s pevnou střechou a dvěma nebo čtyřmi dveřmi. Charakteristickým znakem sedanu je oddělená zavazadlová část a interiér pro cestující. Sedany jsou oblíbené pro svou komfortní jízdu a luxusní vzhled [29].

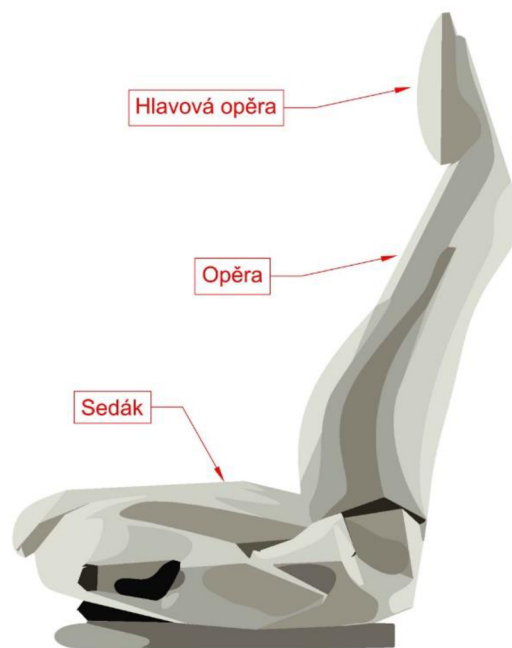
## 2.5 Sedadlo řidiče

### 2.5.1 Základní informace

Automobilová sedadla, zejména ta pro řidiče, jsou velmi komplexními součástmi v průmyslu. Obsahují mnoho dílů a jsou vyrobena z různých materiálů. Sedadla musí splňovat bezpečnostní a ergonomické požadavky, což ovlivňuje fyzické zdraví a psychiku řidičů během dlouhých cest. Podle studie Design parameters of driver seat in an automobile [30] jsou hlavními cíli vývoje sedadel bezpečnost, zdraví a pohodlí řidičů. Hlavními funkcemi sedadel jsou poskytnutí místa k sezení, opory a pohodlí při sezení. Konstrukce sedadla je dále ovlivněna následujícími kritérii:

- Sedadlo musí umožnit řidiči dosáhnout na ovládání vozidla a současně udržet optimální výhled.
- Mechanismy sedadla musí co nejlépe odpovídat tvaru těla řidiče.
- Sedadlo musí být pohodlné během jízdy.
- Sedadlo musí řidiče chránit odpovídajícím způsobem v případě nehody.

Celková konstrukce sedadla obsahuje tři hlavní celky: opěra, sedák a hlavová opěrka, jak je ukázáno na Obrázku 4. Hlavová opěrka je zodpovědná za zabezpečení bezpečnosti řidiče a ochranu hlavy, krku a páteře. Je velmi důležité ji správně nastavit. Současné hlavové opěrky lze obvykle nastavit v několika směrech, včetně nastavení výšky, vzdálenosti od hlavy a sklonu. Opěradlo musí řidiči poskytnout dostatečnou oporu zad a přizpůsobit se jejich tvaru. Základním nastavením u opěradla je nastavení sklonu. U sedáku je důležité, aby podpíral stehna a sedací kost. Lze jej polohovat podélným posuvem, výškově, naklápěním nebo prodloužením [30, 31].



Obrázek 6. Schéma automobilového sedadla, vlastní zpracování

## 2.5.2 Vývoj automobilových sedadel v průběhu času

### 2.5.2.1 Historie

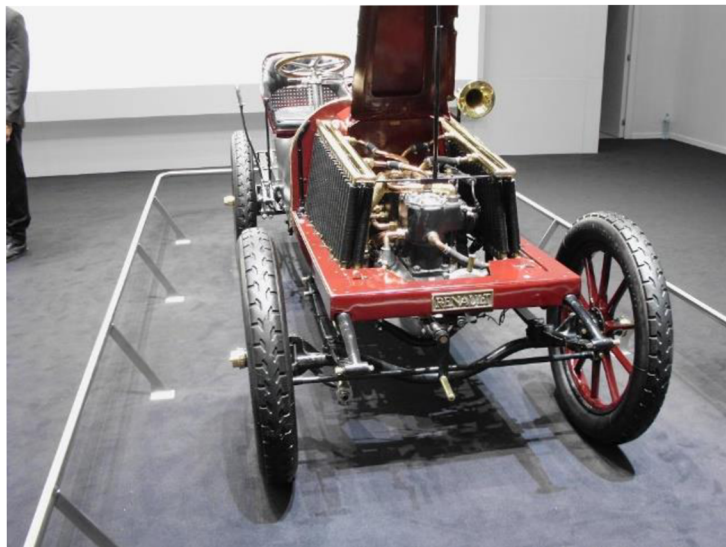
Sedadla jsou neodmyslitelnou součástí historie automobilů již od jejich počátků. Nicméně, v počátcích automobilismu nebyla bezpečnost na prvním místě a funkce sedadel byla spíše základní. První sedadla byla inspirována kočáry taženými koňmi a používala se u nich podobná konstrukce. Například první registrované auto, vyrobené Carlem Benzem v roce 1886, měla sedadla s podobnou funkcí jako sedadla u kočárů [32].





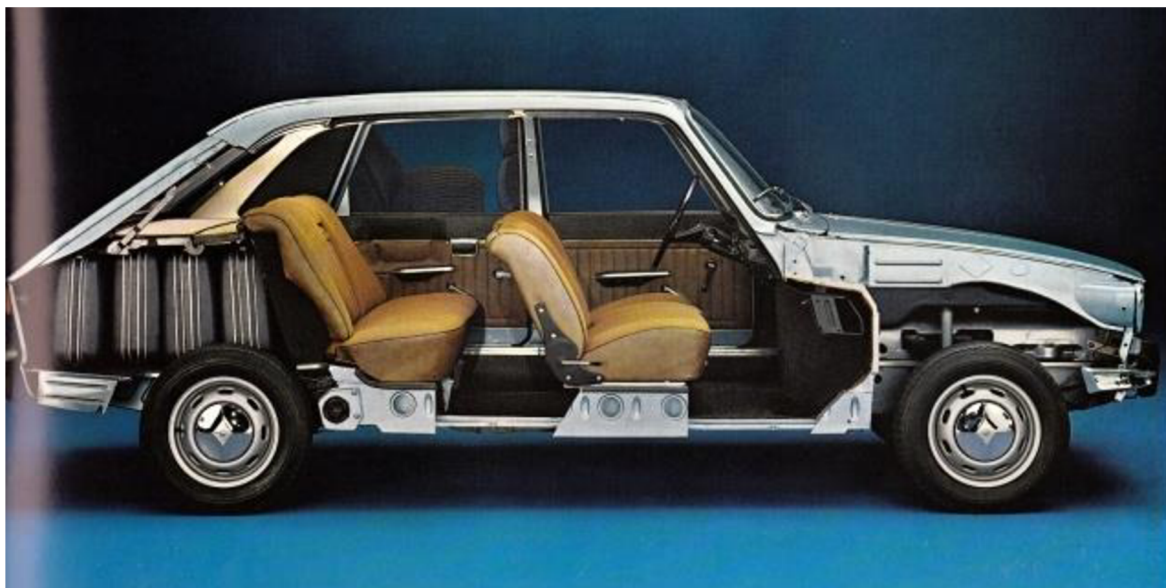
Obrázek 7. První registrované vozidlo Benz, [56]

Renault byl jedním z průkopníků automobilismu a již od počátku kladl důraz na ergonomii sedadel a celkově na komfort řidičů. V roce 1902 přišel s vozem Type K, který měl na svou dobu neobvykle pohodlná sedadla. Renault také patřil mezi první automobilové výrobce, kteří používali pružinové sedačky a ergonomická sedadla, která byla navržena pro co největší pohodlí řidiče [33].



Obrázek 8. Renault Type K, [57]

Dalším příkladem Renaultových inovací v oblasti ergonomie sedadel byl vůz Renault 16, který byl uveden na trh v roce 1965. Tento vůz měl ergonomická sedadla s opěradly a podhlavníky, které byly vyrobeny z jednoho kusu pěnového materiálu a byly speciálně navrženy tak, aby minimalizovaly tlak na páteř řidiče. Tento model se stal velmi populárním a byl považován za průkopnický v oblasti ergonomie sedadel v automobilech [33].



Obrázek 9. Renault 16, [58]

V dnešní době jsou samostatná sedadla standardem v moderních automobilech a výrobci kladou velký důraz na ergonomii a bezpečnost řidičů a pasažérů. Sedadla jsou navrhována s ohledem na optimální oporu a ochranu při kolizi, a využívají nejrůznějších technologií a materiálů, jako jsou například vzduchové polštáře a integrované bezpečnostní pásy. Dále jsou využívány i nejrůznější možnosti polohování, ať už manuální nebo elektronické, které zajišťují pohodlnou a bezpečnou jízdu. Sedadla jsou také často vybavována různými funkcemi, jako jsou vytápění, chlazení nebo masáže, které zvyšují komfort řidiče a pasažérů [10].

Samostatně umístěná přední sedadla byla běžným prvkem v automobilech až do 70. let minulého století. Postupně se však začaly zpřísnovat bezpečnostní normy a požadavky, které vyžadovaly bezpečnostní pásy, umístěné uprostřed vozu mezi pasažéry. Tato bezpečnostní opatření byla postupně implementována po celém světě, i když ne všude se rozšířila stejnou měrou. I v 80. letech někteří američtí výrobci stále nabízeli přední sedadla bez bezpečnostních pásů. Kromě bezpečnostních požadavků vedlo ke změně uspořádání předních sedadel také umístění řadicí páky z oblasti volantu do místa mezi předními sedadly.



V důsledku toho byla v automobilovém průmyslu vytvořena konzole s různými funkcemi, jako jsou držáky na nápoje, autorádia, ovladače klimatizace, zapalovače atd., aby uspokojila požadavky zákazníků [33].

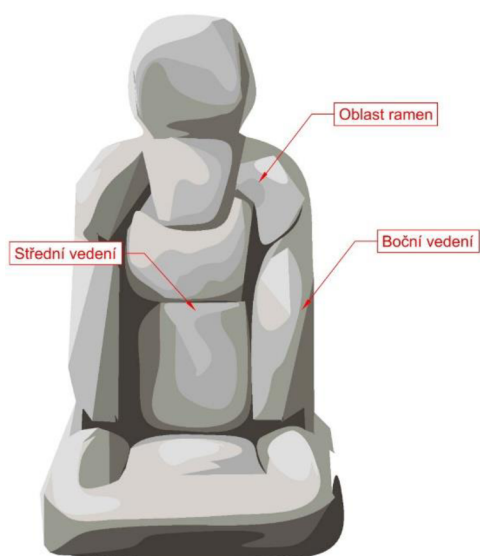
Hlavová opěrka je dnes neodmyslitelnou součástí automobilových sedadel, ale nebyla přítomna od samotného začátku. Patent na ni byl sice v USA udělen již v roce 1921, ale až do 60. let minulého století byly hlavové opěrky volitelnou výbavou a byly vnímány hlavně jako komfortní prvek. Až Volvo v roce 1968 nasadilo hlavové opěrky (Volvo 164) s cílem zlepšit ochranu cestujících, začaly být brány jako bezpečnostní prvek a postupem času se staly povinnými. [34]



Obrázek 10. Volvo 164, [59]

#### **2.5.2.2 Současnost**

Dnešní moderní sedadla osobních vozidel jsou konstruována s ohledem na několik faktorů. Sedadlo rozdělujeme na dvě základní části, kterými jsou boční a střední vedení. Obrázek 9 ukazuje tyto dvě oblasti.



Obrázek 11. Schéma sedadla a jeho oblasti, vlastní zpracování

Pro výrobu sedadel je klíčová kombinace kovového rámu, pěnové výplně a čalounění. Tyto části musí splňovat různé požadavky, jako je bezpečnost, komfort a estetický vzhled. V sériové výrobě jsou pro rám sedadel nejčastěji používány různé druhy vysoce pevnostních ocelí, zatímco pro pěnové výplně se nejčastěji používá polyuretan. Na potahové materiály jsou používány různé druhy látek, kůží a syntetických materiálů. S ohledem na udržitelnost se však stále více používají recyklované materiály. V důsledku tlaku na snížení emisí se navíc rostoucí pozornost soustřeďuje na hmotnost rámu, což vede k použití nových materiálů jako jsou třeba rámy z karbonových vláken [30, 31].



Obrázek 12. Řez sedadlem, [60]

Počet komponent připevněných na rámu sedadla neustále narůstá a výsledný tvar sedadla je kromě designového návrhu také ovlivňován těmito komponentami. Ty jsou ukryty v zapnění sedadla, a jejich umístění je nutné zakrýt s důrazem na zachování co nejvyššího komfortu. Mezi tyto komponenty řadíme boční a centrální airbag, systémy ventilace sedadel, senzory obsazenosti sedadel a další. Boční airbasy jsou umístěny na postranicích rámu opěr, což je důležitým faktorem pro tvarování bočního vedení sedadla. Ventilace a senzory obsazenosti jsou umístěny v středu sedadla.

Umístění komponent na rámu sedadla, jako jsou boční a centrální airbasy, senzory obsazenosti a systémy ventilace, má vliv na tloušťku zapnění a vlastnosti pěnové výplně. Senzory obsazenosti detekují zatížení od 5 kg hmotnosti a spolupracují s informací z bezpečnostního pásu, aby upozornily na nezapnutý pás. Pro správnou detekci je vhodný co nejplošší tvar sedáku.

V současnosti nabízejí výrobci automobilů možnost konfigurace sedadel a výběru z několika typů v rámci výbavy vozidla. Mezi dostupné typy patří sportovní sedadla a klasická sedadla, a to i u běžných vozů. Tento výběr se samozřejmě týká i tvarování sedadel.

Vzhledem k vyššímu bočnímu vedení je sportovní verze sedadla vhodnější pro sportovnější jízdu a závodění, kde se při prudkých zatáčkách a rychlých manévrech cestující mohou spoléhat na větší stabilitu a lepší držení v sedadle. Naopak běžná verze sedadla je navržena pro pohodlné a klidné cestování, kde není potřeba taková úroveň bočního vedení a přilnavosti ke křeslu.

Moderní sedadla nabízejí širokou škálu nastavitelnosti, což je pro uživatele důležité, protože jim umožňuje zvolit nastavení ideální k jejich postavě a preferencím. Nejmodernější sedadla umí nabídnout přestavování až v 18 směrech. Kromě nastavení vzdálenosti od volantu a sklonu opěry se lze setkat s možností změny vzdálenosti hlavových opěrek od hlavy a dalšími prvky, které umožňují nastavovat tvar sedadla. Mezi tyto prvky náleží nastavení bederní podpěry a prodloužení sedáku, kterého můžeme technicky dosáhnout jak mechanicky, tak elektricky nebo pneumaticky. V oblasti bočního vedení je možné pomocí pneumatických vaků zvětšovat nebo zmenšovat boční vedení a zužovat nebo rozšiřovat sedák a opěru.

AGR je německá asociace, která oceňuje výrobce automobilů na základě splnění daných podmínek týkajících se ergonomie sedadel. Asociace AGR při své činnosti spolupracuje s renomovanými odborníky na téma zdravé držení těla a ergonomie. Jejich certifikace je považována za kvalitativní záruku pro vysokou ergonomii sedadel a je stále častěji brána v úvahu při výběru automobilů [35].

### **2.5.2.3 Budoucnost**

V budoucnosti se očekává, že automobilová sedadla budou stále více vyvíjena s ohledem na bezpečnost, pohodlí a udržitelnost. Technologie autonomního řízení bude mít zásadní vliv na design a funkce automobilových sedadel. Rozdílné stupně automatizace vozidel přinesou nové požadavky na ergonomii a bezpečnost sedadel. V nejvyšší úrovni plné automatizace budou sedadla sloužit výhradně pro pohodlnou a relaxační jízdu, a proto bude kladen důraz na ergonomický design a pohodlí. Navíc se očekává, že v budoucnu budou automobilová sedadla nabízet stále více možností interakce a zábavy pro cestující, včetně rozmanitých multimediálních funkcí. Tyto trendy již vidíme v některých konceptech a

vizích, které představují významní hráči na trhu, jako jsou například BMW nebo Mercedes-Benz. Spolu s těmito trendovými vývoji bude pravděpodobně i udržitelnost a snaha o minimalizaci dopadu automobilové výroby na životní prostředí hrát stále větší roli v designu a vývoji automobilových sedadel [36].



Obrázek 13. Autonomní vozidlo Bosch, [61]

### **2.5.3 Způsoby ovládání sedadel automobilů**

Podobně jako u druhů sedadel i zde má každé ovládání sedadla své výhody a nevýhody, kde výběr závisí opět na individuálních potřebách a preferencích řidiče a spolujezdce.

#### **2.5.3.1 Mechanické ovládání**

Tento způsob ovládání sedadel používá manuální posuvky a klíčky pro nastavení pozice sedadla. Tento typ ovládání nalezneme především u starších modelů automobilů [37].

#### **2.5.3.2 Elektrické ovládání**

Modernější automobily používají především tento druh ovládání, které umožňuje řidiči a spolujezdci snadno nastavit polohu sedadla pomocí tlačítek nebo přepínačů. Jedná se o ovládání stále více populární a nachází se v mnoha automobilech v současné době [38].

### **2.5.3.3 Elektrické ovládání s pamětí**

U některých automobilů můžeme nalézt paměťové ovládání, které řidiči a spolujezdci umožňuje uložit své preferované nastavení sedadla pro rychlé a snadné nastavení [10].

### **2.5.3.4 Ovládání pomocí displeje**

Některé moderní automobily disponují displejem s dotykovým ovládáním, které umožňuje snadné nastavení polohy sedadla [10].

## **2.6 Pohybový aparát člověka**

Pohybový aparát je souhrnný název pro soustavu struktur, které umožňují člověku a ostatním obratlovcům pohyb a stabilitu těla. Pohybový aparát je tvořen třemi hlavními složkami: kosterním systémem, svalovým systémem a klouby [39].

### **2.6.1 Pasivní část pohybového aparátu člověka**

Kosti jsou složeny z tvrdých, pevných tkání, které poskytují pevnou oporu a ochranu vnitřních orgánů. Kosti se skládají z různých typů tkání, včetně kostní hmoty, kostní dřevě a okostice. Kosti jsou propojeny klouby, což jsou místa, kde se dvě kosti spojují a umožňují pohyb těla. Klouby jsou uzavřené dutiny vyplněné synoviální tekutinou, která zajišťuje pohyblivost a tlumí nárazy. Kosti jsou také spojeny vazy, což jsou elastické tkáně, které spojují kosti a zajišťují stabilitu kloubu [40].

#### **2.6.1.1 Pasivní část pohybového systému a ergonomie vozidel**

Kosti musí být vystaveny co nejmenšímu tlaku, aby se minimalizovalo riziko zranění. Proto jsou moderní sedadla vybavena mnoha polštáři a výplněmi, aby poskytovala dostatečnou oporu a zmírňovala vibrace a nárazy. V případě sedadel automobilů jsou polštáře a výplně navrženy tak, aby co nejlépe kopírovaly tvar lidského těla a poskytovaly tak optimální oporu pro bederní oblast, stehna a sedací kost [41].

Klouby musí být umístěny v optimální pozici, aby řidič mohl pohodlně ovládat vozidlo. Ergonomické řešení také zahrnuje možnost nastavení sedačky a volantu v závislosti na výšce a postavě řidiče, aby se minimalizovala rizika bolesti zad, krku a ramen a zlepšila se celková ergonomie. Vazy musí být chráněny a zajištěny tak, aby minimalizovaly riziko zranění, zejména při nárazu vozidla. Proto jsou sedadla vybavena také bezpečnostními pásy, které chrání řidiče a cestující při nehodě [42, 43].

## **2.6.2 Aktivní část pohybového systému člověka**

Svaly jsou tvořeny svalovými vlákny a jsou schopné stahovat se a tím pohybovat kostmi, které jsou s nimi spojeny. Svaly jsou řízeny nervovým systémem, který jim umožňuje stahování a uvolňování. Nervy jsou složeny z nervových vláken, které přenášejí signály z mozku do svalů a řídí jejich funkci [44].

### **2.6.2.1 Aktivní část pohybového systému a ergonomie vozidel**

Svaly jsou zapojeny do ovládání vozidla a jsou pod stálým tlakem během jízdy. Proto je ergonomické sedadlo navrženo tak, aby minimalizovalo únavu svalů a snižovalo riziko bolesti zad. Pohodlné sedadlo má také pozitivní vliv na celkovou výkonnost řidiče a zlepšuje jeho schopnost reagovat v případě nebezpečí [7].

Do procesu řízení vozidla jsou zapojeny následující svalové skupiny:

- Svaly paží a předloktí: Tyto svaly jsou zapojeny při držení volantu a posunu rukou mezi volantem a řadicí pákou. Patří sem biceps, triceps, průpony a široké zápěstní svaly
- Svaly nohou: Svaly nohou se zapojují při ovládání brzdového a akceleračního pedálu. Patří sem svaly hýždí, stehna, lýtka a svaly chodidla.
- Svaly zádové a krční svaly: Tyto svaly jsou zapojeny při udržování správného držení těla a hlavy. Patří sem svaly trapézové, krční a zádové svaly
- Svaly břišní: Tyto svaly se zapojují při změně pozice těla, například při naklánění se dopředu nebo do stran. Patří sem svaly břišní stěny [13]

Nervy jsou také zapojeny do procesu řízení vozidla a jsou pod stálým tlakem během jízdy. Proto je ergonomické řešení navrženo tak, aby minimalizovalo únavu nervů a zlepšilo reakční časy řidiče. Například ergonomický volant musí být navržen tak, aby byl snadno ovladatelný a aby se minimalizovalo riziko únavy a bolesti rukou. Dále jsou ergonomicky navrženy také pedály a další ovládací prvky, aby se zvýšila bezpečnost a pohodlí řidiče [45].

### **2.6.3 Vztah mezi aktivní a pasivní částí pohybového aparátu a ergonomie vozidel**

Svaly zastupující aktivní část pohybového systému člověka umožňují provádět pohyby, jako je stisk pedálů nebo ovládání volantu. Na druhé straně, pasivní část pohybového systému zahrnuje kosti, klouby a vazy, které poskytují strukturální podporu a umožňují pohyb těla [46].

Ergonomie vozidel se zaměřuje na optimalizaci interakce mezi člověkem a vozidlem, aby bylo dosaženo maximálního pohodlí, efektivity a bezpečnosti. V takovém případě je důležité najít rovnováhu mezi aktivní a pasivní částí pohybového systému člověka [11].

Jako jeden z klíčových aspektů je nastavení sedadla a volantu tak, aby byly vhodné pro různé tělesné proporce a umožňovaly řidiči správně ovládat vozidlo. To zahrnuje nastavení výšky, úhlu a vzdálenosti sedadla a volantu vůči tělu řidiče, aby byly zajištěny správné úhly kloubů a minimální zatížení svalů [10].

Dále je důležité brát v úvahu polohu pedálů a jejich vzdálenost od sedadla. Optimální umístění pedálů umožňuje řidiči snadno dosáhnout a ovládat pedály bez přetěžování svalů nohou a zároveň udržuje správnou polohu těla [13].

Ergonomie vozidel zohledňuje také pasivní část pohybového systému člověka, například tím, že je navržena tak, aby minimalizovala vibrace, které se přenášejí z vozidla na tělo řidiče a pasažérů. To může zahrnovat použití odpružených materiálů, která snižují dopad vibrací na páteř a klouby [11].



Výsledkem je, že ergonomie vozidel má snahu najít rovnováhu mezi aktivní a pasivní částí pohybového systému člověka, aby bylo dosaženo optimálního pohodlí, efektivity a bezpečnosti během řízení vozidla. Kromě fyzických aspektů je důležité zohlednit také kognitivní a sensorické faktory, jako je snadná čitelnost informací na přístrojovém panelu, přístupnost ovládacích prvků a dostatečná viditelnost z vozidla [11].

Vývoj ergonomických prvků v automobilovém průmyslu zahrnuje využití antropometrických dat, biomechanických modelů a uživatelských testů, aby bylo zajištěno, že design vozidla je vhodný pro co nejširší populaci řidičů. Výzkum v oblasti ergonomie vozidel také zahrnuje studium vlivu doby trvání jízdy, únavy a stresu na výkonnost řidiče, což umožňuje navrhovat vozidla, která podporují zdraví a pohodlí řidiče v různých jízdních situacích [10].

V posledních letech je rostoucí důraz kladen na vývoj pokročilých asistenčních systémů pro řidiče (ADAS), které zahrnují technologie, jako jsou adaptivní tempomat, varování před kolizí nebo asistence pro udržení jízdního pruhu. Tyto systémy pomáhají řidičům při řízení vozidla, snižují zátěž na aktivní část pohybového systému a zlepšují celkovou ergonomii vozidel [47, 48].

#### **2.6.4 Antropometrie**

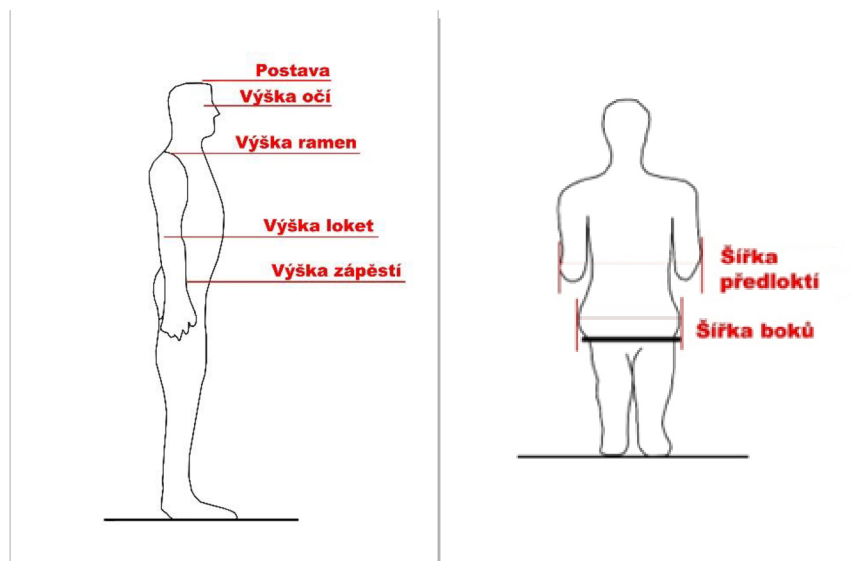
Antropometrie hraje důležitou roli při nastavování sedadla řidiče v automobilu, protože každý řidič má odlišné fyzické proporce a požadavky na pohodlí a bezpečnost. Nastavení sedadla by mělo být přizpůsobeno individuálním potřebám každého řidiče, aby byla minimalizována únava, nepohodlí a riziko zranění při nehodě [10].

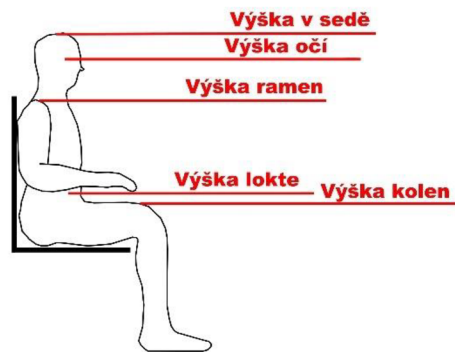
Existuje mnoho různých antropometrických faktorů, které ovlivňují správné nastavení sedadla řidiče v automobilu. Některé z nejvýznamnějších antropometrických faktorů pro nastavení sedadla jsou:

- **Výška:** Správné nastavení sedadla řidiče musí být přizpůsobeno výšce každého řidiče. Řidič by měl mít dostatečný výhled přes přední okno a zároveň by měl být schopen dosáhnout na řídicí prvky.

- Délka nohou: Řidič by měl mít dostatečný prostor pro nohy, aby se mu pohodlně ovládaly pedály. Příliš malý prostor pro nohy může způsobit nepohodlí a únavu.
- Délka paže: Řidič by měl být schopen dosáhnout na volant a ovládací prvky, aniž by se musel příliš natáčet nebo ohýbat paže. Příliš velká nebo malá délka paže může způsobit nepohodlí nebo ztuhlost.
- Velikost boků: Sedadlo by mělo být dostatečně široké, aby řidič mohl pohodlně sedět a ovládat pedály. Příliš malé sedadlo může způsobit tlak na boky a nepohodlí.
- Obvod pasu: Řidič by měl mít možnost nastavit opěrku bederní páteře tak, aby mu poskytovala dostatečnou podporu a ochranu před poraněním páteře [7].

Z toho vyplývá, že správné nastavení sedadla řidiče závisí na individuálních antropometrických vlastnostech řidiče. Někteří automobiloví výrobci používají antropometrii při vývoji a testování svých sedadel, aby zajistili, zda sedadla budou pohodlná a bezpečná pro co největší počet řidičů. Tyto testy zahrnují měření a hodnocení antropometrických dat pro různé populace a věkové skupiny.





Obrázek 14. Antropometrické údaje, vlastní zpracování

## 2.7 Poruchy pohybového aparátu člověka a možné prvky kompenzace

Poruchy pohybového systému mohou mít různé příčiny a projevy a mohou se objevit jak v raném dětství, tak v pozdějším věku.

Jedním z faktorů, které mohou negativně ovlivnit pohybový systém člověka, jsou dlouhodobé sedavé aktivity, jako je sezení v automobilu. Nedostatečná ergonomie sedadel automobilu může vést k bolesti zad, krční páteře a ramen a může způsobit různé poruchy pohybu [49].

Existuje několik možných prvků kompenzace, které mohou pomoci snížit negativní dopad poruch pohybového systému v důsledku nevhodné ergonomie sedadel automobilu.

Jedním z klíčových prvků kompenzace je úprava polohy sedadla a opěradla. Správná poloha sedadla a opěradla by měla být individuálně přizpůsobena každému řidiči tak, aby minimalizovala tlak na páteř a zlepšila podporu zad. Sedadlo by mělo být dostatečně pevné a vybaveno regulací výšky a sklonu, aby se minimalizovaly nežádoucí tlaky na spodní část zad a krční páteře [7].

Dalším možným prvkem kompenzace je použití speciálních podložek pro sedadla. Tyto podložky mohou pomoci snížit tlak na páteř a zlepšit podporu zad. Podložky pro

sedadla by měly být vybaveny regulací výšky a tloušťky, aby bylo možné je přizpůsobit individuálním potřebám každého řidiče [50].

Pravidelné procvičování a protahování během jízdy je dalším důležitým prvkem kompenzace. Řidiči by měli pravidelně provádět jednoduché cviky, jako jsou natahování a kroucení zad, ramen a krku. Tato cvičení mohou pomoci uvolnit svaly a minimalizovat tlak na páteř [51].

Význam ergonomie sedadel automobilu se zvyšuje v souvislosti s tím, že řidiči tráví v sedě stále více času. Proto je důležité, aby automobilový průmysl investoval do výzkumu a vývoje ergonomických sedadel, který by minimalizoval negativní dopad na zdraví řidičů. Význam ergonomického návrhu sedadel se také projevuje v oblasti prevence pracovních úrazů a onemocnění, protože ergonomicky navržené sedadlo může snížit riziko úrazů a onemocnění, které jsou způsobeny nevhodnou pracovní pozicí [9].

### **2.7.1 Akrální koaktivační terapie**

Akrální koaktivační terapie (ACT) je terapeutická metoda, která se zaměřuje na uvolnění napětí v akupunkturálních bodech na končetinách a hlavě. Tato terapie využívá jemného tlaku na specifické body na rukou, nohou a hlavě, aby uvolnila napětí v celém těle [52].

ACT je založena na předpokladu, že akupunkturální body jsou propojené s různými částmi těla a stimulace těchto bodů může vést k uvolnění napětí v celém těle. Cílem ACT je obnovit rovnováhu a harmonii v těle, což může vést ke zlepšení celkového zdraví [52].

Tato terapeutická metoda, kterou využívají mimo jiné řidiči dálkové dopravy, se často využívá jako doplněk k jiným terapiím, jako je například masáž, chiropraxe, osteopatie nebo fyzioterapie. ACT se často používá k léčbě chronických bolestí, poruch spánku, stresu a úzkosti [52].

## 3 Vlastní zpracování

### 3.1 Testovací vzorek

Pro účely měření byla využita relativně heterogenní skupina 56 testovacích osob, z toho 39 mužů a 17 žen. Stáří účastníků bylo v rozmezí od 19 do 57 let, průměrný věk činil 30 let viz. tabulka 1. Všechny osoby vlastnily řidičský průkaz, který je oprávněně řídit osobní automobil. Žádná z účastněných osob netrpěla omezeními pohybového aparátu.

	Počet	Průměrný věk	Minimální věk	Maximální věk
Muži	39	30	20	57
Ženy	17	30	19	50
Celkem	56	30	19	57

Tabulka 1. Základní informace o testovaných osobách, vlastní zpracování

#### 3.1.1 Použitá technika

Pro měření byla použita dvě osobní vozidla dvou rozdílných tříd – kombi a SUV. První vozidlo bylo Škoda Enyaq (prototyp tzv. „nulté“ série). Automobil Škoda Enyaq je možné charakterizovat jako crossover SUV a elektromobil.



Obrázek 15. Škoda ENYAQ, [zdroj autor]



Obrázek 16. Sedadlo řidiče Škoda ENYAQ, [zdroj autor]

Druhým použitým vozem bylo Volvo V60 (rok výroby 2017) patřící do kategorie kombi.



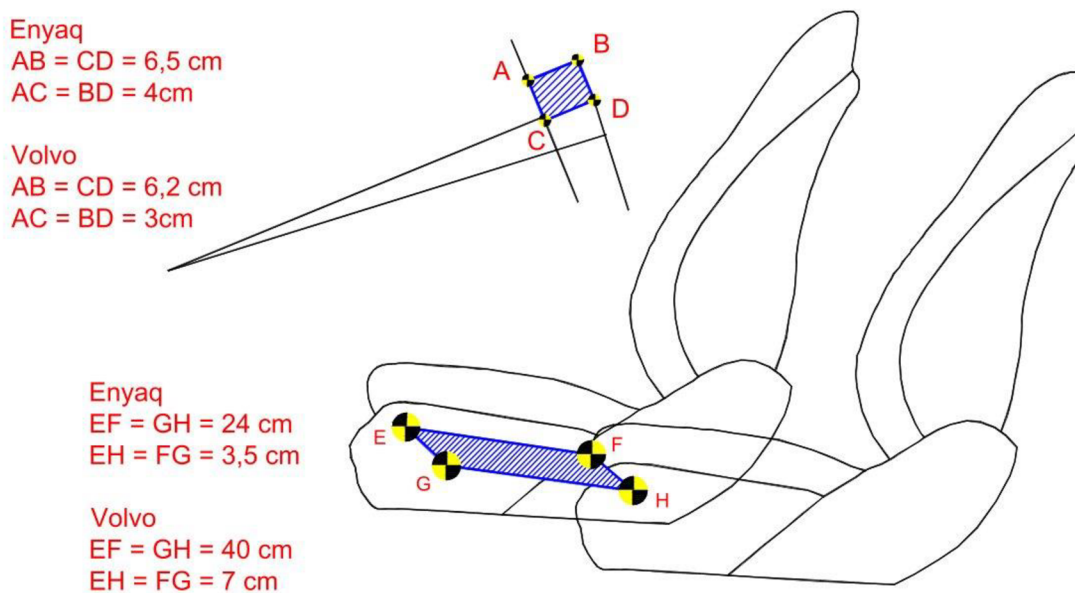
Obrázek 17. Volvo V60, [zdroj autor]





Obrázek 18. Sedadlo řidiče Volvo V60, [zdroj autor]

Obě vozidla měla elektronicky nastavitelná sedadla a měla možnost nastavení výšky, vzdálenosti, sklonu sedáku a sklonu opěradla. Dále bylo možné u obou vozidel nastavit mechanicky volant, a to jeho výšku, vzdálenost a sklon. Na obrázku níže (obrázek 18.) můžeme vidět pohybové obálky sedadel a volantů obou vozidel. Tyto údaje jsou jedním z hlavních faktorů pro nastavení optimální polohy řidiče. Určité procento řidičů si vzhledem k jejich omezení není schopno nastavit sedadlo do optimální polohy.



Obrázek 19. Rozsah pohybu sedadel a volantů, vlastní zpracování

Vozidla byla umístěna v laboratoři v areálu Technické fakulty ČZU v Praze. Při průběhu měření byly řidičovy dveře otevřeny do maximální polohy pro zajištění maximálního zorného úhlu snímacího fotoaparátu.

Ruční sbírání dat bylo pomocí klasického metru, pro vytváření digitálních fotografií byly použity digitální fotoaparát Olympus a mobilní telefon Samsung Galaxy S23. Obě zařízení byla umístěna na fotografických stativích pro zajištění stability a konstantní vzdálenosti od vozidla. Pro získání dat z pořízených fotografií byl použit program AutoCAD.

### 3.2 Postup měření

Účastníci studie neměli předchozí zkušenost s testovanými vozidly. Po příchodu do laboratoře vyplnili dotazník a byli změřeni z hlediska jejich výšky, délky paže, předloktí, lýtka a stehna. Naměřené údaje byly poté zaneseny do dotazníku. V dalším kroku byli účastníci seznámeni s ovládáním polohy volantu a nastavením sedadla. Poté byli požádáni, aby nastavili sedadlo a volant do pozice, kterou považují za standardní v běžném používání vozidla, s dostatečným časovým prostorem na tento krok.



Následně byla na ramenní, loketní, kolenní a kyčelní kloub každé osoby umístěna terčíková označení a účastníci byli požádáni, aby umístili své ruce na volant v neutrální pozici. Posledním krokem bylo pořízení fotografie.



Obrázek 20. Měření ve vozidle Volvo V60, [zdroj autor]

Tento postup byl opakován i ve druhém vozidle. Pro zvýšení přesnosti měření nezačínali všichni účastníci stejným vozidlem (polovina začínala v Enyaqu a druhá ve Volvu).



Obrázek 21. Měření ve vozidle Škoda ENYAQ, [zdroj autor]

Na závěr byly fotografie zpracovány, aby se zjistily hodnoty úhlů alfa, beta, gama, delta a epsilon. Naměřené maximální, minimální a průměrné hodnoty délky paže, předloktí, lýtka a stehna jsou zobrazeny v následujících tabulkách.

<b>Ženy</b>			
	<b>minimum</b>	<b>maximum</b>	<b>průměr</b>
<b>Délka předloktí</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>26,35</b>
<b>Délka paže</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>30,06</b>
<b>Délka lýtka</b>	<b>34</b>	<b>47</b>	<b>40,29</b>
<b>Délka stehna</b>	<b>38</b>	<b>54</b>	<b>44,71</b>

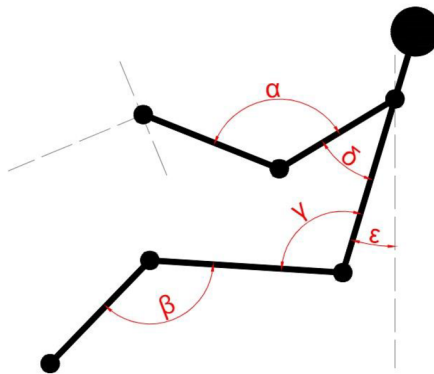
Tabulka 2. Souhrn antropometrických hodnot žen, vlastní zpracování

<b>Muži</b>			
	<b>minimum</b>	<b>maximum</b>	<b>průměr</b>
<b>Délka předloktí</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>27,77</b>
<b>Délka paže</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>30,82</b>
<b>Délka lýtka</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>43,13</b>
<b>Délka stehna</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>44,87</b>

Tabulka 3. Souhrn antropometrických hodnot mužů, vlastní zpracování

## 4 Zhodnocení výsledků

Zpracování fotografií bylo provedeno programem AutoCAD, kde byla vytvořena šablona, která se umístila na fotografii, upravila se podle umístěných značek („terčičků“) a následně byly programem odečteny požadované úhly.



Obrázek 22. Měřené úhly, vlastní zpracování

### 4.1 Vyhodnocení naměřených úhlů

Získané hodnoty byly v tabulkách rozděleny do tří kategorií podle toho, zda se hodnoty pohybovaly v optimálním rozmezí případně zda byly vyšší či nižší. V tabulce 4. níže můžeme vidět optimální hodnoty úhlů.

Úhel	Optimální hodnoty (°)
Alfa	115 +/-10
Beta	140 +/- 10
Gama	93 +/- 6
Delta	32 +/- 10
Epsilon	17 +/- 3

Tabulka 4. Optimální hodnoty úhlů, [62]

Tabulky byly také rozděleny podle pohlaví účastníků a vozidla na kterém měření probíhaly.

Ženy Enyaq			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	8	6	3
Beta	1	16	0
Gama	16	1	0
Delta	10	0	7
Epsilon	11	1	5

Tabulka 5. Výsledky žen na vozidle Škoda Enyaq, vlastní zpracování

U vozidla Škoda Enyaq můžeme vidět z tabulky výše, že ženy se nacházely nejvíce mimo optimální pozici úhlem Beta.

Ženy Volvo			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	10	2	5
Beta	4	13	0
Gama	8	7	2
Delta	9	2	6
Epsilon	6	0	11

Tabulka 6. Výsledky žen na vozidle Volvo V60, vlastní zpracování

Také u automobilu Volvo V60 vidíme podobné výsledky, a to opět nejvíce úhel Beta, můžeme také ale pozorovat nárůst mimo optimální pozice u úhlů Gam a Epsilon.

Z porovnání možného nastavení sedadel u vozů, kde vozidlo Volvo má větší rozsah nastavení sledujeme častěji výskyt sledovaných úhlů mimo optimální oblast.

Muži Enyaq			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	15	12	12
Beta	12	27	0
Gama	21	15	3
Delta	25	2	12
Epsilon	21	7	11

Tabulka 7. Výsledky mužů na vozidle Škoda Enyaq, vlastní zpracování

Muži u Škody Enyaq se nacházejí mimo optimální rozmezí nejvíce také u úhlu Beta, vysoký počet zúčastněných je ale také u úhlu Alfa.

Muži Volvo			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	15	10	14
Beta	15	24	0
Gama	21	7	11
Delta	24	9	6
Epsilon	9	0	30

Tabulka 8. Výsledky mužů na vozidle Volvo V60, vlastní zpracování

U Volva V60 vidíme také vyšší počet mimo optimum u úhlů Alfa a Beta, nejvyšší výskyt ale nacházíme u úhlu Epsilon.

Ženy Enyaq			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	47,06	35,29	17,65
Beta	5,88	94,12	0,00
Gama	94,12	5,88	0,00
Delta	58,82	0,00	41,18
Epsilon	64,71	5,88	29,41

Tabulka 9. Výsledky žen na vozidle Škoda Enyaq v procentech, vlastní zpracování

Ženy Volvo			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	58,82	11,76	29,41
Beta	23,53	76,47	0,00
Gama	47,06	41,18	11,76
Delta	52,94	11,76	35,29
Epsilon	35,29	0,00	64,71

Tabulka 10. Výsledky žen na vozidle Volvo V60 v procentech, vlastní zpracování

- Pro vozidlo Škoda Enyaq je průměrné procento optimálního úhlu vyšší (51,13 %) než pro Volvo V60 (43,30 %).
- Pro vozidlo Škoda Enyaq je průměrné procento lidí s úhlem pod optimálním (30,27 %) vyšší než pro Volvo V60 (26,85 %).
- Pro vozidlo Škoda Enyaq je průměrné procento lidí s úhlem nad optimálním (18,57 %) nižší než pro Volvo V60 (29,76 %).

Muži Enyaq			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	38,46	30,77	30,77
Beta	30,77	69,23	0,00
Gama	53,85	38,46	7,69
Delta	64,10	5,13	30,77
Epsilon	53,85	17,95	28,21

Tabulka 11. Výsledky mužů na vozidle Škoda Enyaq v procentech, vlastní zpracování

Muži Volvo			
Úhel	optimum	pod	nad
Alfa	38,46	25,64	35,90
Beta	38,46	61,54	0,00
Gama	53,85	17,95	28,21
Delta	61,54	23,08	15,38
Epsilon	23,08	0,00	76,92

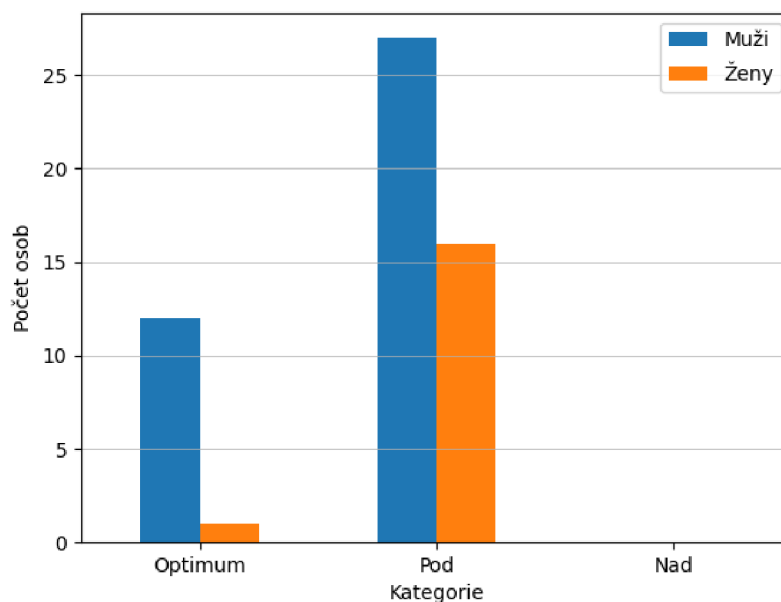
Tabulka 12. Výsledky mužů na vozidle Volvo V60 v procentech, vlastní zpracování

- Pro ženy je průměrné procento optimálního úhlu vyšší (48,82 %) než pro muže (45,64 %).
- Pro ženy je průměrné procento lidí s úhlem pod optimálním (28,13 %) nižší než pro muže (29,03 %).
- Pro ženy je průměrné procento lidí s úhlem nad optimálním (22,94 %) nižší než pro muže (25,39 %).

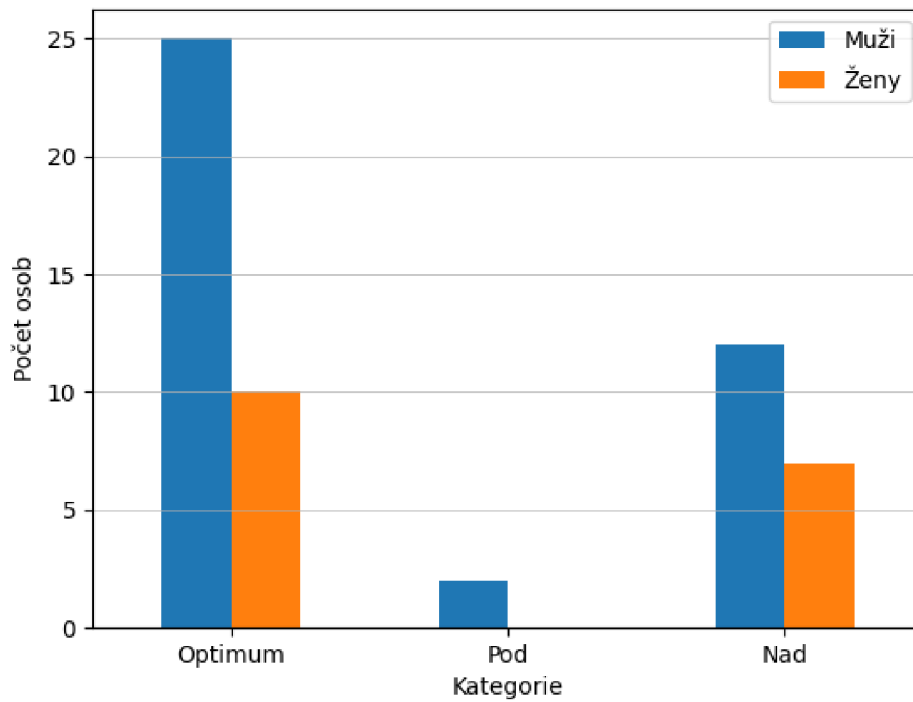
Z měření je patrné, že více mimo optimální rozmezí se nachází mužské pohlaví. Jak u mužů, tak u žen ale společně sledujeme velký výskyt mimo optimální rozmezí u úhlu Beta.

Pomocí statistické metody chí-kvadrát testu (na hladině významnosti 0,05) provedeného v programu MS Excel bylo zjištěno:

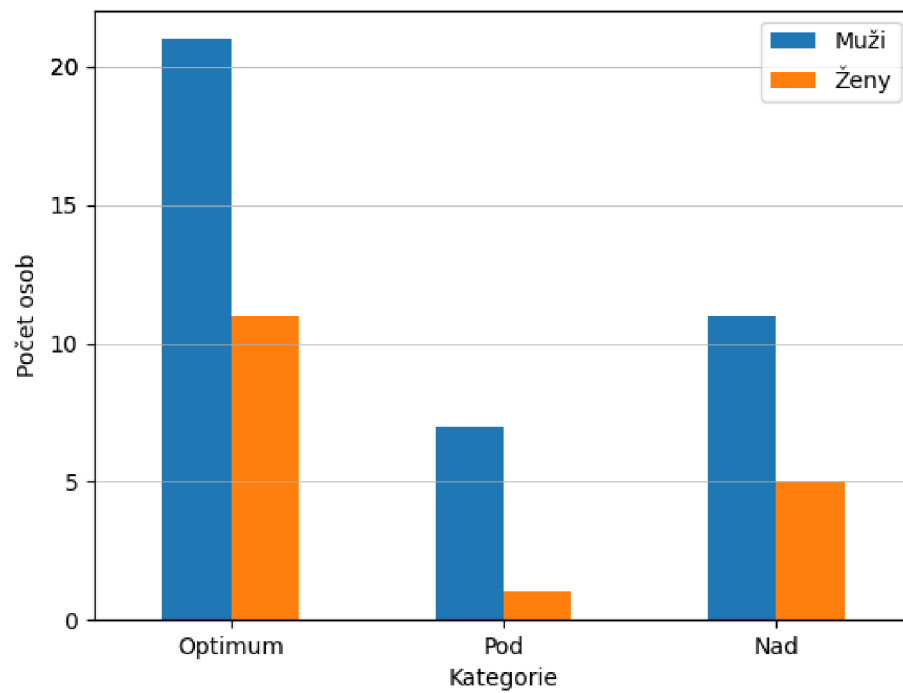
Výsledky ukazují, že mezi skupinami žen a mužů existuje u vozidla Enyaq statisticky významný rozdíl v úhlech Beta, Delta a Epsilon, zatímco v úhlech Alfa a Gama statisticky významný rozdíl neexistuje.



Graf 1. Úhel Beta, vlastní zpracování



Graf 2. Úhel Delta, vlastní zpracování

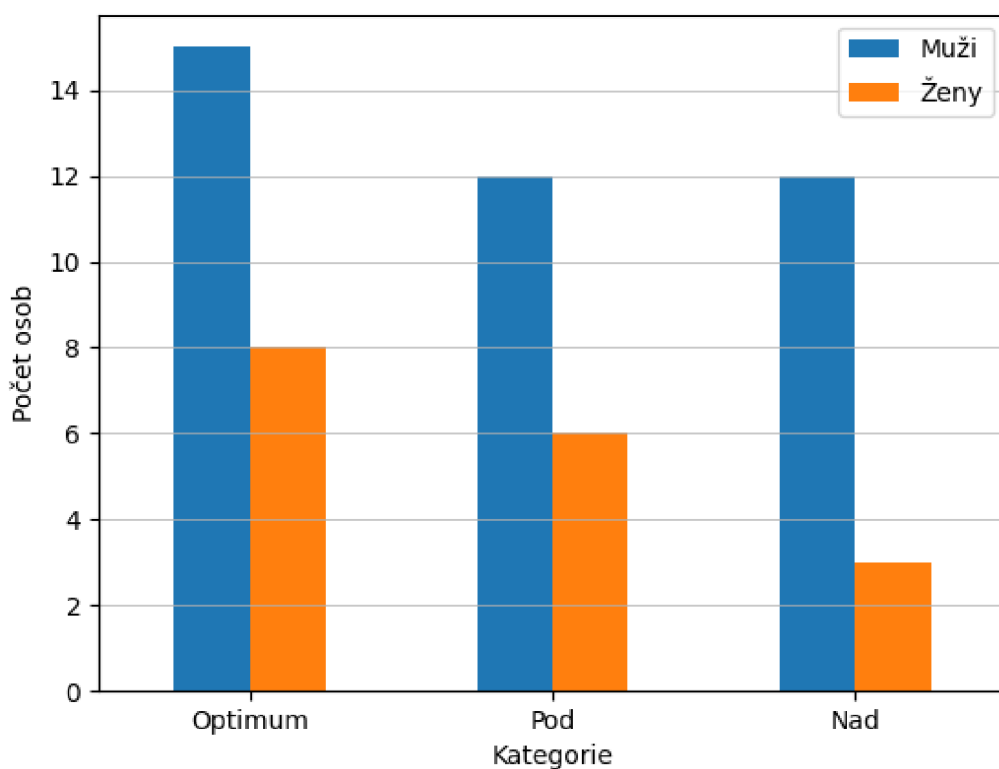


Graf 23. Úhel Epsilon, vlastní zpracování

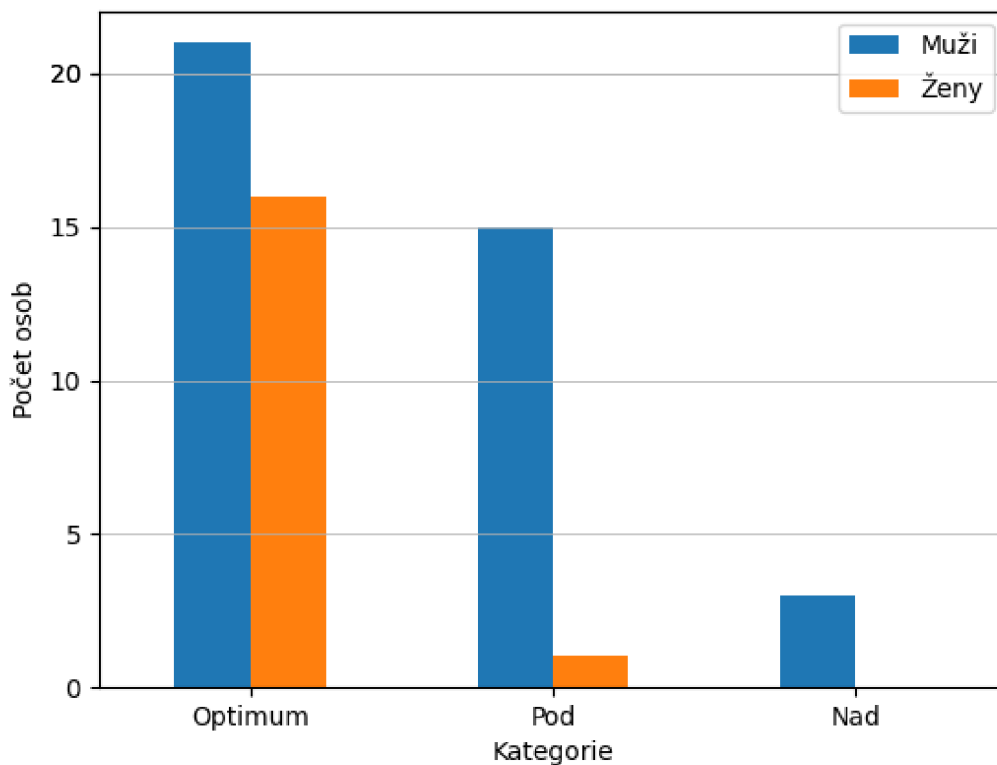


U vozidla Volvo byla zjištěna existence statisticky významného rozdílu mezi ženami a muži v úhlech Beta, Gama, Delta a Epsilon, zatímco v úhlu Alfa neexistuje statisticky významný rozdíl.

Při sloučení dat mužů a žen a jejich sledování mezi vozidly bylo zjištěno, že existují statisticky významné rozdíly mezi úhly Beta, Gama, Delta a Epsilon, zatímco v úhlu Alfa neexistuje statisticky významný rozdíl.



Graf 24. Úhel Alfa, vlastní zpracování



Graf 25. Úhel Gama, vlastní zpracování

Bylo tedy zjištěno, že existují statisticky významné rozdíly v úhlech mezi muži a ženami u obou vozidel, a to především v úhlech Beta, Delta a Epsilon. Dále bylo zjištěno, že ženy sedí celkově optimálněji než muži.

U mužů na vozidle Škoda Enyaq vidíme také stejné výsledky, u vozidla Volvo V60 je výchylka u úhlu Beta také vyšší, ale nejvyšší počet osob mimo optimum vidíme u úhlu Epsilon.

Z fyziologického pohledu jsou nejvýznamnější hodnoty úhlu alfa, pokud překračují optimální hodnotu. Dokonce i malé překročení horní hranice, která je  $125^\circ$  může způsobit výrazné přetížení dvojhlavého pažního svalu (musculus biceps brachii). Obecně platí, že čím je hodnota úhlu alfa nižší, tím je tato pozice vhodnější. Hodnota úhlu delta je přímo závislá na úhlu alfa a platí zde také, že pokud je překročena horní mez optimálního rozsahu  $44^\circ$ ,

dochází také k přetížení dvojhlavého pažního svalu (*musculus biceps brachii*) a v závislosti na tom i k přetížení trojhlavého pažního svalu (*musculus triceps brachii*) a zdvihače lopatky (*musculus levator scapulae*). U úhlu  $\gamma$  způsobuje překročení horní hranice  $99^\circ$  zatížení kyčelního (*musculus iliacus*) a bedrokyčelního svalu (*musculus iliopsoas*). Při hodnotách nad  $110^\circ$  se prakticky anulují význam opory bederní části páteře o opěradlo sedadla a celková váha těla významně působí na hýžd'ový (*gluteus medius*) a velký hýžd'ový sval (*gluteus maximus*).

## 5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjistit skutečnou polohu řidičů za volantem. K provedení experimentu byl získán dostatečný počet osob rozdílného věku, počtu řízených aut a najetých kilometrů, které byly změřeny za účelem získání dat, které byly následně dále zpracovávány. Získaná data byla zpracovávána pomocí programů MS Excel a AutoCad.

Testování probíhalo v prostorách České zemědělské univerzity v Praze, a to na dvou zcela odlišných vozidlech: Škoda Enyaq a Volvo V60. Zatímco Škoda Enyaq je kompaktní SUV, tak Volvo V60 je kompaktní kombi.

Výsledná data byla rozdělena podle pohlaví a typu vozidla. Srovnání výsledků mezi vozidly ukázalo, že Škoda Enyaq měla vyšší průměrné procento optimálního úhlu (51,13 %) než Volvo V60 (43,30 %). To naznačuje, že sedadla Škody Enyaq by mohla být lépe přizpůsobena ergonomii řidičů.

Pokud jde o pohlaví, ženy měly vyšší průměrné procento optimálního úhlu (48,82 %) než muži (45,64 %), což naznačuje, že ženy mohou mít tendenci nastavit si sedadla bližší k optimálním hodnotám úhlů. Nicméně muži i ženy měli vysoký výskyt mimo optimální rozmezí u úhlu Beta.

Statistickými metodami bylo zjištěno, že při sloučení dat mužů a žen a jejich sledování mezi vozidly, že existují statisticky významné rozdíly mezi úhly Beta, Gama, Delta a Epsilon, zatímco v úhlu Alfa neexistuje statisticky významný rozdíl.

Z dat získaných výzkumem a měřením pohybových obálek sedadel, můžeme také pozorovat, že u vozidla Volvo V60, který má větší rozmezí poloh pro nastavení pozice se osoby více nachází mimo optimální pozici.

Na základě výsledků této studie můžeme doporučit, aby výrobci automobilů věnovali pozornost ergonomii sedadel a umožnili širší rozsah nastavení, aby co nejlépe vyhovovali individuálním potřebám řidičů. Řidiči by měli být také informováni o důležitosti správného nastavení sedadel a jejich vlivu na pohodlí a zdraví během řízení.

Vzhledem k významu ergonomie a pohodlí při řízení by mohly být zavedeny osvětové kampaně a tréninkové programy, které by řidiče učily, jak správně nastavit sedadlo a volant pro optimální polohu a minimalizaci zátěže svalů a kloubů. Tyto programy by mohly být implementovány jako součást autoškol nebo pravidelných technických kontrol vozidel.

## 6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Dul, Jan and Weerdmeester, Bernard, Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide, Third Edition, 2008, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Ergonomics-for-Beginners-A-Quick-Reference-Guide-Third-Edition/Dul-Weerdmeester/p/book/9781420077513>
- [2] William S. Marras, Waldemar Karwowski, Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics, 2006, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Fundamentals-and-Assessment-Tools-for-Occupational-Ergonomics/Marras-Karwowski/p/book/9780367864989>
- [3] Robert Bridger, Introduction to Ergonomics, Third Edition, 2008, ISBN 978-0849373060
- [4] Gavriel Salvendy, Waldemar Karwowski, Handbook of Human Factors and Ergonomics, 5th Edition, 2021, ISBN 978-1-119-63609-0
- [5] Martin Helander, A Guide to Human Factors and Ergonomics, 2006, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/A-Guide-to-Human-Factors-and-Ergonomics/Helander/p/book/9780415282482>
- [6] E. N. Corlett, John R. Wilson, Evaluation of Human Work, 2nd Edition, 1995, ISBN 9780748400836
- [7] Vivek D. Bhise, ERGONOMICS in the Automotive Design Process, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20ERGONOMI/BUKU%20INGGRIS/Ergonomics%20in%20the%20Automotive%20Design%20Process.pdf>
- [8] Georgano, Nick, The Beaulieu Encyclopedia of the Automobile: Coachbuilding, 2001, ISBN 9781579583675
- [9] Mark S. Sanders, Ernest J. McCormick, Human Factors In Engineering and Design, 1993, ISBN 978-0070549012
- [10] Nikolaos Gkikas, Automotive Ergonomics, 2013, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Automotive-Ergonomics-Driver-Vehicle-Interaction/Gkikas/p/book/9781138073159>

- [11] Heiner Bubb, Klaus Bengler, Rainer E. Grünen, *Automotive Ergonomics*, 2021, ISBN 3658339403
- [12] Christopher Schlick, Stefan Trzcieliński, *Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future*, 2016, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41697-7>
- [13] Guy H. Walker, Neville A. Stanton, *Human Factors in Automotive Engineering and Technology*, 2015, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Human-Factors-in-Automotive-Engineering-and-Technology/Walker-Stanton/p/book/9781138747258>
- [14] [bmw.cz](https://www.bmw.cz), [online]. [cit. 2023-03-28], Dostupné z <https://www.bmw.cz/cs/index.html>
- [15] [audi.cz](https://www.audi.cz/), [online]. [cit. 2023-03-28], Dostupné z <https://www.audi.cz/>
- [16] [mercedes-benz.cz](https://www.mercedes-benz.cz/passengercars.html?csref=mc-sem_cn-CZE_GD_MBC_Brand_Individual_CoreBrand_ci-Google_si-g_pi-aud-1795667374260%3Akwd-10498341_cri-417376728180_ai-mercedes&kpid=go_cmp-6524834327_adg-86817453748_ad-417376728180_aud-1795667374260%3Akwd-10498341_dev-c_ext-&gclid=CjwKCAjw5pShBhB_EiwAvmnNVwNBgQmbphThDsvl_vCQkfIE6LHb9cu7XD4ESDS5JAOdKoiauMy4-RoC47wQAvD_BwE&group=all&subgroup=all.saloon&view=BODYTYPE), [online]. [cit. 2023-03-28], Dostupné z [https://www.mercedes-benz.cz/passengercars.html?csref=mc-sem\\_cn-CZE\\_GD\\_MBC\\_Brand\\_Individual\\_CoreBrand\\_ci-Google\\_si-g\\_pi-aud-1795667374260%3Akwd-10498341\\_cri-417376728180\\_ai-mercedes&kpid=go\\_cmp-6524834327\\_adg-86817453748\\_ad-417376728180\\_aud-1795667374260%3Akwd-10498341\\_dev-c\\_ext-&gclid=CjwKCAjw5pShBhB\\_EiwAvmnNVwNBgQmbphThDsvl\\_vCQkfIE6LHb9cu7XD4ESDS5JAOdKoiauMy4-RoC47wQAvD\\_BwE&group=all&subgroup=all.saloon&view=BODYTYPE](https://www.mercedes-benz.cz/passengercars.html?csref=mc-sem_cn-CZE_GD_MBC_Brand_Individual_CoreBrand_ci-Google_si-g_pi-aud-1795667374260%3Akwd-10498341_cri-417376728180_ai-mercedes&kpid=go_cmp-6524834327_adg-86817453748_ad-417376728180_aud-1795667374260%3Akwd-10498341_dev-c_ext-&gclid=CjwKCAjw5pShBhB_EiwAvmnNVwNBgQmbphThDsvl_vCQkfIE6LHb9cu7XD4ESDS5JAOdKoiauMy4-RoC47wQAvD_BwE&group=all&subgroup=all.saloon&view=BODYTYPE)
- [17] International Organization for Standardization. (2002). ISO 15007-1:2002 - Ergonomics of the thermal environment -- Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index.
- [18] norma ISO 15007-2:2013, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.mystandards.biz/standard/edineniso-15007-1-1.2.2013.html>
- [19] SAE J1100: Motor Vehicle Dimensions, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1100.1984.pdf>
- [20] WATANABE, H., KANEKO, S., TANIGUCHI, Y. Effect of seat height and inclination on discomfort of automobile driver. *Applied Ergonomics* [online]. 2007, 38(2), 143-148. ISSN 0003-6870
- [21] KONDA, S., ASADA, H., MINOWA, Y. Optimal seat depth for passenger cars: effects of seat shape, backrest angle, and thigh support on subjective discomfort.

International Journal of Industrial Ergonomics [online]. 2014, 44(5), 740-749. ISSN 0169-8141.

[22] MICHIEL P. DE LOOZE and LOTTIE F. M. KUIJT-EVERS and JAAP VAN DIEËN, Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, 2003, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://doi.org/10.1080/0014013031000121977>

[23] Margarita Vergara and Álvaro Page, Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture, 2002, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(01\)00056-4](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(01)00056-4)

[24] Stephen Pheasant, Christine M. Haslegrave, Bodyspace Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Third Edition, 2006, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Bodyspace-Anthropometry-Ergonomics-and-the-Design-of-Work-Third-Edition/Pheasant-Haslegrave/p/book/9780415285209>

[25] Dissanayake, Sunanda and Ratnayake, Indike, Effectiveness of Seat Belts in Reducing Injuries, 2007, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z [https://www.researchgate.net/publication/254854115\\_Effectiveness\\_of\\_Seat\\_Belts\\_in\\_Reducing\\_Injuries](https://www.researchgate.net/publication/254854115_Effectiveness_of_Seat_Belts_in_Reducing_Injuries)

[26] Campbell, J. L., Brown, J. L., Graving, J. S., Richard, C. M., Lichty, M. G., Sanquist, T., ... & Morgan, J. L., Human Factors Design Guidance For Driver-Vehicle Interfaces, 2016, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/812360\\_humanfactorsdesignguidance.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/812360_humanfactorsdesignguidance.pdf)

[27] Marcelo M. Soares, Francisco Rebelo, Ergonomics in Design Methods and Techniques, 2017, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/Ergonomics-in-Design-Methods-and-Techniques/Soares-Rebelo/p/book/9780367356903>

[28] Donald E Malen, Fundamentals of Automobile Body Structure Design, 2nd Edition, 2020, ISBN 978-1468601749

[29] Donald E Malen, Fundamentals of Automobile Body Structure Design (R-394), 2011, ISBN 978-0768021691

- [30] HANUMANT, N. Kale – DHAMEJANI, C. L. Design parameters of driver seat in an automobile, 2015 Pune: International Journal of Research in Engineering and Technology
- [31] PATIL, Amit – PATIL, Utkarsh. Overview of Automotive Seating System, 2017 Pune: International Journal of Engineering Research and General Science
- [32] Benz Patent Motor Car: The first automobile (1885–1886), 2022, [online], [cit. 17.03.2023]. Dostupné z: <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>
- [33] Nick Georgano, The Beaulieu Encyclopedia of the Automobile: Coachbuilding, 2001, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://www.routledge.com/The-Beaulieu-Encyclopedia-of-the-Automobile-Coachbuilding/Georgano/p/book/9781579583675>
- [34] The Interesting & Life Saving History of the Headrest, [online], Dostupné z: <https://www.goodcarbadcar.net/the-interesting-life-saving-history-of-the-headrest/>
- [35] Produkte-Mobility-Car seats - Aktion Gesunder Rücken (AGR) e.V, [online], Dostupné z: <https://www.agr-ev.de/en/back-friendly-products/back-friendly-products/2903-carseats>
- [36] Šest úrovní autonomních vozidel: co umí, neumí a budou umět samořídící auta? ,VTM.cz. VTM.cz – Věda, technika, zajímavosti, budoucnost [online], [cit. 17.11.2022], Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/sest-urovni-autonomnich-vozidel-co-umi-neumi-a-budou-umet-samoridici-auta/sc-870-a-206236/default.aspx#part=3>
- [37] Advanced Automotive Technology: Visions of a Super-Efficient Family Car, 1995, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/55968>
- [38] Tom Denton, Automobile Electrical and Electronic Systems, ISBN 0750662190
- [39] Amitrano, Robert; Tortora, Gerard J., Principles of Anatomy and Physiology, ISBN 0470392347
- [40] Gerard J. Tortora, Bryan H. Derrickson, Principles of Anatomy and Physiology, 15th Edition, 2016, ISBN 978-1-119-32064-7
- [41] Shorrock Steven, Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World, 2016, ISBN 9781472439253
- [42] Gerrit Meixner, Christian Müller, Automotive User Interfaces, 2017, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49448-7>
- [43] Christopher D. Wickens, William S. Helton, Justin G. Hollands, Simon Banbury, Engineering Psychology and Human Performance, 2022, [online]. [cit. 2023-03-29],



- Dostupné z <https://www.routledge.com/Engineering-Psychology-and-Human-Performance/Wickens-Helton-Hollands-Banbury/p/book/9781032011738>
- [44] Ody, Erin; Norris, Maggie A., *Anatomy & Physiology for Dummies*, 3rd Edition, 2017, ISBN 9781119345237
- [45] Neville A. Stanton, Paul Salmon, Daniel Jenkins, Guy Walker, *Human Factors in the Design and Evaluation of Central Control Room Operations*, 2009, ISBN 9781439809914
- [46] Elaine Marieb, Katja Hoehn, *Human Anatomy & Physiology*, 2018, ISBN 978-0134580999
- [47] Jörg Dubbert, Beate Müller, Gereon Meyer, *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2018: Smart Systems for Clean, Safe and Shared Road Vehicles (Lecture Notes in Mobility)*, 2018, ISBN 978-3319997612
- [48] Christopher Schlick, Stefan Trzcieliński, *Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future*, 2016, [online], [cit. 20.03.2023]. Dostupné z <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41697-7>
- [49] Donald A. Neumann, *Kinesiology of the Musculoskeletal System*, 2016, ISBN 9780323287531
- [50] William S. Marras, Waldemar Karwowski, *Fundamentals and Assessment Tools for Occupational Ergonomics*, 2006, ISBN 9780367864989
- [51] Don B. Chaffin, Gunnar B. J. Andersson, Bernard J. Martin, *Occupational Biomechanics*, 2006, ISBN 978-0-471-72343-1
- [52] Ruth Grant, *Physical Therapy of the Cervical and Thoracic Spine*, 2022, [online]. [cit. 2023-03-29], Dostupné z <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-06564-4.50001-3>
- [53] PINTEREST, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://cz.pinterest.com/pin/345229127668184222/>
- [54] TOPGEAR, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z [https://www.topgear.com/car-news/british/revealed-bentleys-interior-future?fbclid=IwAR1xM2ySJonojyDJnoyEWuXfCu-vkl3EDC9plEaHy8a4pP6\\_p-AIbJ-sdmM](https://www.topgear.com/car-news/british/revealed-bentleys-interior-future?fbclid=IwAR1xM2ySJonojyDJnoyEWuXfCu-vkl3EDC9plEaHy8a4pP6_p-AIbJ-sdmM)
- [55] AUTONEWS, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://www.autonews.com/technology/subaru-safety-feature-watches-drivers-eyes>

- [56] AUTOWEB, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://www.autoweb.cz/benz-patent-motorwagen-vznikl-pred-vice-nez-130-lety-nejstarsim-aute-sveta-se-ved-muzete-svezit/>
- [57] AUTA5P, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z [https://auta5p.eu/vystavy/zeneva\\_2012/zeneva\\_297.php](https://auta5p.eu/vystavy/zeneva_2012/zeneva_297.php)
- [58] AUTOREVUE, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://www.autorevue.cz/renault-16-1965-reformator-v-ceskem-prospektu>
- [59] VOLVOCARS, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/5947?preview=true&t=d2755b5c-8f50-4a5f-9b8f-7ab4bfa448f5>
- [60] SROVNATOR, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://www.srovnator.cz/clanky/jak-probiha-vyvoj-automobilovych-sedacek/>
- [61] AUTOSALON, [online]. [cit. 2023-03-30], Dostupné z [https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/zlevni-pojistne-zmeni-silnice-spojuri-rivaly-co-jste-mozna-dosud-nevedeli-o-autonomnich-autech?fbclid=IwAR2EVQOgmDolnImFQOCM87K3k1-\\_2PXxKBSa3u6450crC0ykcKnMvz8lPJI](https://www.autosalon.tv/novinky/ridicuv-chleba/zlevni-pojistne-zmeni-silnice-spojuri-rivaly-co-jste-mozna-dosud-nevedeli-o-autonomnich-autech?fbclid=IwAR2EVQOgmDolnImFQOCM87K3k1-_2PXxKBSa3u6450crC0ykcKnMvz8lPJI)
- [62] ANDREONI, G., M. RABUFFETTI, G.C. SANTAMBROGIO a A. PEDOTTI. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics*. 2002, 33(6), 12.
- [63] Ing. Michal Hruška, Ph.D., Sedadla a poloha řidiče, 2023, [online]. [cit. 2023-03-30]
- [64] DRALBERTOMARQUES, [online], [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://dralbertomarques.com/segmento-vertebral-lumbar-14-15-s1?fbclid=IwAR26AMd-1F7gSNNYDTka1wavE-rvfaANSCjBOBIZYgr5ISZceZS2IKdhXHE>
- [65] ELEMENTALCARS, [online], [cit. 2023-03-30], Dostupné z <https://elementalcars.co.uk/the-rp1/design/driving-position/>

## 6.1 Seznam obrázků

Obrázek 1. Kabina automobilu Dodge Charger 1969, [53].....	6
Obrázek 2. Kabina moderního automobilu, [54].....	7
Obrázek 3. Subaru Driver focus, [55].....	8

Obrázek 4. Oblasti páteře, [64].....	10
Obrázek 5. Příklad ideální pozice, [65] .....	11
Obrázek 6. Schéma automobilového sedadla, vlastní zpracování .....	15
Obrázek 7. První registrované vozidlo Benz, [56].....	16
Obrázek 8. Renault Type K, [57].....	16
Obrázek 9. Renault 16, [58].....	17
Obrázek 10. Volvo 164, [59] .....	18
Obrázek 11. Schéma sedadla a jeho oblasti, vlastní zpracování .....	19
Obrázek 12. Řez sedadlem, [60].....	20
Obrázek 13. Autonomní vozidlo Bosch, [61] .....	22
Obrázek 14. Antropometrické údaje, vlastní zpracování.....	28
Obrázek 15. Škoda ENYAQ, [zdroj autor].....	30
Obrázek 16. Sedadlo řidiče Škoda ENYAQ, [zdroj autor].....	31
Obrázek 17. Volvo V60, [zdroj autor].....	31
Obrázek 18. Sedadlo řidiče Volvo V60, [zdroj autor].....	32
Obrázek 19. Rozsah pohybu sedadel a volantů, vlastní zpracování .....	33
Obrázek 20. Měření ve vozidle Volvo V60, [zdroj autor].....	34
Obrázek 21. Měření ve vozidle Škoda ENYAQ, [zdroj autor].....	34
Obrázek 22. Měřené úhly, vlastní zpracování .....	36
Graf 23. Úhel Epsilon, vlastní zpracování .....	41
Graf 24. Úhel Alfa, vlastní zpracování .....	42
Graf 25. Úhel Gama, vlastní zpracování.....	43

## 6.2 Seznam grafů

Graf 1. Úhel Beta, vlastní zpracování.....	41
Graf 2. Úhel Delta, vlastní zpracování .....	41
Graf 3. Úhel Epsilon, vlastní zpracování .....	41
Graf 4. Úhel Alfa, vlastní zpracování .....	42
Graf 5. Úhel Gama, vlastní zpracování.....	43

### 6.3 Seznam tabulek

Tabulka 1. Základní informace o testovaných osobách, vlastní zpracování .....	30
Tabulka 2. Souhrn antropometrických hodnot žen, vlastní zpracování .....	35
Tabulka 3. Souhrn antropometrických hodnot mužů, vlastní zpracování .....	35
Tabulka 4. Optimální hodnoty úhlů, [62] .....	36
Tabulka 5. Výsledky žen na vozidle Škoda Enyaq, vlastní zpracování .....	37
Tabulka 6. Výsledky žen na vozidle Volvo V60, vlastní zpracování .....	37
Tabulka 7. Výsledky mužů na vozidle Škoda Enyaq, vlastní zpracování .....	38
Tabulka 8. Výsledky mužů na vozidle Volvo V60, vlastní zpracování .....	38
Tabulka 9. Výsledky žen na vozidle Škoda Enyaq v procentech, vlastní zpracování .....	38
Tabulka 10. Výsledky žen na vozidle Volvo V60 v procentech, vlastní zpracování .....	39
Tabulka 11. Výsledky mužů na vozidle Škoda Enyaq v procentech, vlastní zpracování .....	39
Tabulka 12. Výsledky mužů na vozidle Volvo V60 v procentech, vlastní zpracování .....	39