

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Vývoj ergonomie ve vozidlech

Radim Heyduk

© 2023/2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Radim Heyduk

Technika a technologie v dopravě a spojkách
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vývoj ergonomie ve vozidlech

Název anglicky

Development of ergonomics in vehicles

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku vývoje ergonomie ve vozidlech. Hlavním cílem práce bude vytvořit přehled ovládacích a signalizačních prvků ve vozidlech a zhodnotit je z pohledu ergonomie.

Metodika

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

- 1 Úvod
- 2 Cíl a metodika práce
- 3 Přehled řešené problematiky
- 4 Praktická část práce
- 5 Závěr
- 6 Seznam použitých zdrojů
- 7 Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

Ergonomie, Vývoj, Eyetracking, Bezpečnost

Doporučené zdroje informací

Bubb, H., Bengler, K., Grünen, R. E., & Vollrath, M. (2021). Automotive Ergonomics. Springer Publishing. Gkikas, N. (2012). Automotive Ergonomics. In Automotive Ergonomics (pp. 1–6). CRC Press.
Görnig, T. (n.d.). From Passive to Active Safety Systems. In Advanced Microsystems for Automotive Applications 2004 (pp. 201–210). Springer Berlin Heidelberg.
Seiffert, U., & Wech, L. (2003). Automotive Safety Handbook (illustrated edition). Sae Intl.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne
19.1.2022

doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne
23.2.2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vývoj ergonomie ve vozidlech" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.3.2024.

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za její pomoc, rady a trpělivost. Dále bych rád poděkoval všem kolegům z Mercedes-Benz Česká republika za poskytnutí vozidel využitých v praktické části.

Vývoj ergonomie ve vozidlech

Abstrakt

Bakalářská práce seznamuje se základními prvky bezpečnosti silničního provozu se zaměřením na bezpečnostní prvky ve vozidlech. Jedním z bezpečnostních faktorů vozidla je ovládací bezpečnost, která je velice úzce spjata s ergonomií. Ergonomie ovlivňuje bezpečnost především z hlediska pohody řidiče, aby se mohl co nejvíce soustředit na řízení. Do pojmu ergonomie ve vozidlech lze zařadit polohu sezení řidiče, přehlednost ovladačů a sdělovačů a rozmístění ovládacích prvků. V praktické části je porovnání vývoje ergonomie v průběhu 26 let ve vozech Mercedes-Benz.

Klíčová slova: Ergonomie, Vývoj, Eyetracking, Bezpečnost, Pasivní bezpečnost, Aktivní bezpečnost, Mercedes-Benz

Development of ergonomics in vehicles

Abstract

The bachelor thesis focuses on the basic elements of road safety with a focus on safety features in vehicles. One of the safety factors of a vehicle is handling safety, which is very closely related to ergonomics. Ergonomics affects safety primarily in terms of the driver's well-being so that he can concentrate as much as possible on driving. The concept of ergonomics in vehicles includes the seating position of the driver, the clarity of controls and communicators and layout of controls. The practical part compares the development of ergonomics over 26 years in Mercedes-Benz vehicles.

Keywords: Ergonomics, Development, Eyetracking, Safety, Passive safety, Active safety, Mercedes-Benz

Obsah

1. Úvod	1
Cíl práce a metodika	2
2. Přehled řešené problematiky	3
2.1 Člověk	3
2.2 Pozemní komunikace	4
2.3 Vozidlo	5
2.3.1 Pasivní bezpečnost	6
2.3.2 Aktivní bezpečnost	12
2.4 Ergonomie	22
2.4.1 Historie a vývoj	23
2.4.2 Ergosféra	32
3. Praktická část	33
3.1 Výběr stěžejních ovládacích prvků	33
3.2 Přehled pracovního místa řidiče	33
3.3 Volant	36
3.4 Volič rychlostních stupňů	39
3.5 Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů	41
3.6 Ovládání světlometů	43
3.7 Ovládání klimatizace	46
3.8 Nastavení sedadla řidiče	48
4. Závěr	51
Seznam použitých zdrojů	52

1. Úvod

Každým rokem roste intenzita silniční dopravy, tato skutečnost ovšem také přímo úměrně souvisí i s nárůstem nehodovosti. Mezi největší důvody vzniku dopravní nehody patří způsob jízdy, nepřiměřená rychlost, přednost nebo technická závada na vozidle. Díky tomu jsou výrobci automobilů tlačeni ke zdokonalování jejich bezpečnostních systémů a vyvíjení nových. Mluví se ale převážně o nových systémech jako asistence držení v jízdních pruzích, bezpečný odstup vozidla, autonomní ovládání atp. Výrobci převážně vyzdvihují jiné vlastnosti než ergonomii. Téma ergonomie není v automobilech mezi běžnými uživateli moc rozšířené a mnoho řidičů neví co si pod tímto slovem představit i když je s ohledem na bezpečnost stejně důležitá jako ostatní bezpečnostní prvky.

Ovladatelnost vozidla by měla být intuitivní a jednoduchá pro jakéhokoliv uživatele, aby se předešlo hledání ovládacích prvků při jízdě a tím snížení schopnosti řidiče včas zareagovat na situaci na vozovce. Nejde ale pouze o rozmístění těchto prvků, ale také o jejich viditelnost, ovládací prvky musí být dobře zpozorovatelné. Dále je třeba, aby byl správně navrhnut ovládací element, musí mít srozumitelné ovládání a ovládací síly musí být dosažitelné pro každého uživatele, zároveň však musí být dostatečně velké kvůli citlivosti ovládání.

Ergonomie ale není pouze ovladatelnost, ale celkové prostředí řidiče, lze sem zařadit polohu sezení, tvar sedadla, teplotu a směr ventilování v kabině a také sdělovače, které oznamují upozornění, výstrahy, změny a stav vozidla. Jde tedy hlavně o celkovou pohodu řidiče, aby se mohl při řízení co nejvíce soustředit.

Cíl práce a metodika

Cíle práce teoretická část:

- Popsat základní prvky bezpečnosti silničního provozu
- Vysvětlit pojem ergonomie a jeho důležitost v bezpečnosti silničního provozu
- Seznámit s historií a vývojem ergonomie
- Popsat základní oblasti ergonomie ve voze

Cíle práce praktická část:

- Určit stěžejní ovládací prvky vozu
- Zvolit vhodný model a značku vozu
- Zdokumentovat stěžejní prvky
- Popsat vývojový stav stěžejních prvků se zaměřením na ergonomii
- Vyhodnotit získané poznatky

2. Přehled řešené problematiky

Hlavními členy bezpečnosti silničního provozu jsou člověk, vozidlo, pozemní komunikace a lékařské ošetření. Všechny mají za úkol především zajištění přežití všech účastníků nehody a minimalizace škod. Jednotlivé členy spolu úzce souvisí a nemohly fungovat odděleně, a proto byly zavedeny normy a vyhlášky, kterými se výrobci automobilů řídí. [1]

2.1 Člověk

Zřejmě nejvíce chybovým článkem v dopravě je člověk samotný. Ne vždy pracuje na sto procent, a ne vždy jsou rozhodnutí řidiče správná. Člověk není stroj, aby byl vždy bezchybný. V automobilu působí na řidiče řada neovlivnitelných činitelů, se kterými se musí vyrovnávat. Ať už jde o jeho psychiku, fyzický stav, krizová situace na vozovce nebo technické selhání vozidla. [3]

Reakční doba

Jak již bylo řečeno, na řidiče v automobilu působí mnoho vlivů, většina z nich má za následek snížení reakční doby. Ta je kritická při vyhnutí se nebezpečí nebo pro brzdnou dráhu, a tedy zabráněním vzniku dopravní nehody. Je ovšem závislá na limitu lidského organismu, nejdříve je zde vizuální reakce, ta se pohybuje okolo 0,2 sekundy. Poté co je vjem zaregistrován následuje fyzická reakce nejčastěji v rozmezí 0,4-0,8 sekundy. Pokud se tedy jedná o jednodušší reakci například pouhé sešlápnutí brzdy, u pozorného řidiče se očekává reakční doba přibližně 1 sekundu. Složitější situace, ale vyžadují sledování více prvků nebo počítat s těmi, které jsou mimo oblast pozornosti, v takovém případě se může pohybovat reakční doba i kolem 2 sekund. [4] [3]

Tyto reakční doby jsou ovšem v provozu spíše idealistické a jsou ovlivněny mnoha faktory, například používání mobilního telefonu, únava, počasí, užití drog nebo alkoholu před jízdou, konverzace s posádkou vozu, hlasitá hudba, schopnost předvídání, denní doba, počasí nebo jiné úkony ve vozidle. Mnohdy nastane situace, že některý ze zmíněných faktorů ovlivní řidiče natolik, že vlastně k žádné reakci nedojde. [4] [3]

Dalším činitelem je věk, nejvíce rozebírané věkové skupiny jsou mladí řidiči a senioři. Ze statistik totiž vyplývá, že tyto věkové skupiny mají za následek nejvíce nehod. Výzkumy prokázaly, že mladší řidiči na simulátoru reagují rychleji než senioři, ovšem v běžném provozu

nebyly rozdíly tak markantní. Senioři dokázali totiž přizpůsobit své chování za volantem jejich stylu jízdy a fyzickým indispozicím. Věk hrál roli především ve zkušenosti, kdy při známých situacích měli senioři lepší reakční dobu, než mladí řidiči, kteří měli tendence situace podceňovat. Z tohoto výzkumu je patrné, že věk má určitý vliv na reakční dobu, ale ve srovnání s technickými vlivy se nejedná o zásadní faktor. Nízká viditelnost z vozidla vlivem špinavého čelního skla například může prodloužit reakční čas až na dvojnásobek. [4] [3]

2.2 Pozemní komunikace

Pozemní komunikace jsou v České republice rozděleny do čtyř tříd, a to na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace. Rozhodnutí o zařazení pozemní komunikace do těchto tříd spravuje příslušný úřad na základě jejich atributů jako například dopravní význam či technické vybavení infrastruktury. Pozemní komunikací není pouze samotná vozovka, ale i její přilehlé součásti. Jsou jimi svodidla, dopravní značení, tunely, pruhy, odpočívadla, ostrůvky, zpomalovací pruhy atp. [7]

Rozdělení pozemních komunikací:

Silnice

Dělí se do tří tříd, podle jejich účelu na silnici I. Třídy, která slouží pro dálkovou a mezistátní dopravu. Dále na silnici II. Třídy sloužící pro dopravu mezi okresy a silnice III. Třídy pro spojení obcí nebo jako připojení na ostatní komunikace. Silnice II. a III. třídy vlastní kraj a jsou spravovány organizacemi pro správu a údržbu silnic. [7]

Dálnice

Zajišťují rychlou dálkovou a mezistátní dopravu, užívání je omezeno poplatkem a mýtným. Bývají navrhovány převážně pro rychlé spojení mezi vzdálenými body a tranzitní dopravu, kde je uvažováno maximální využití těžké nákladní dopravy. Jsou označeny příslušným dopravním značením. Mohou ji využívat pouze motorová vozidla, ostatní vozidla případně chodci jsou vyloučena z dálniční dopravy. Dále musí mít motorová vozidla nejnižší možnou konstrukční rychlost minimálně 80 km/h nebo pro vozidla hromadné dopravy 65 km/h. [7]

Místní komunikace

Do této třídy patří komunikace uvnitř obcí nebo měst. Určení, zdali se jedná o místní komunikace rozhoduje správní orgán. Účelem místní komunikace je místní doprava na území obce a přilehlých částí. Místní komunikaci může využívat kdokoli. Není zde časové ani žádné jiné omezení. Příkladem místní komunikace může být ulice nebo chodníky propojující významné části obce. [5] [7]

Účelové komunikace

Rozeznání účelových komunikací od silnic nebo dálnic je zřejmé, rozlišit je, ale od místní komunikace je poněkud obtížnější. Jsou rozlišeny díky rozhodnutí silničního správního orgánu nebo v evidenci místních komunikací, zde jsou účelové komunikace uvedeny. Rozděleny jsou na veřejně přístupné a neveřejně přístupné. Vznikají na základě rozhodnutí vlastníka komunikace ne na základě rozhodnutí správního úřadu jako u ostatních. Slouží převážně ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřebu vlastníka účelové komunikace, může sloužit i jako cesta, která navazuje na lesní pozemek. Účelová komunikace nemá žádné určující znaky, může se jednat o asfaltovou, ale například i o polní cestu. [5] [17] [7]

Bezpečnostní prvky na silničních komunikacích:

Proaktivní – slouží jako prevence vzniku dopravní nehody, zaměřují se na odhalování faktorů související se vznikem dopravní nehody a navrhuje nápravná opatření (dopravní značení, reflexní prvky na vozovce, osvětlení vozovky atp.) [18]

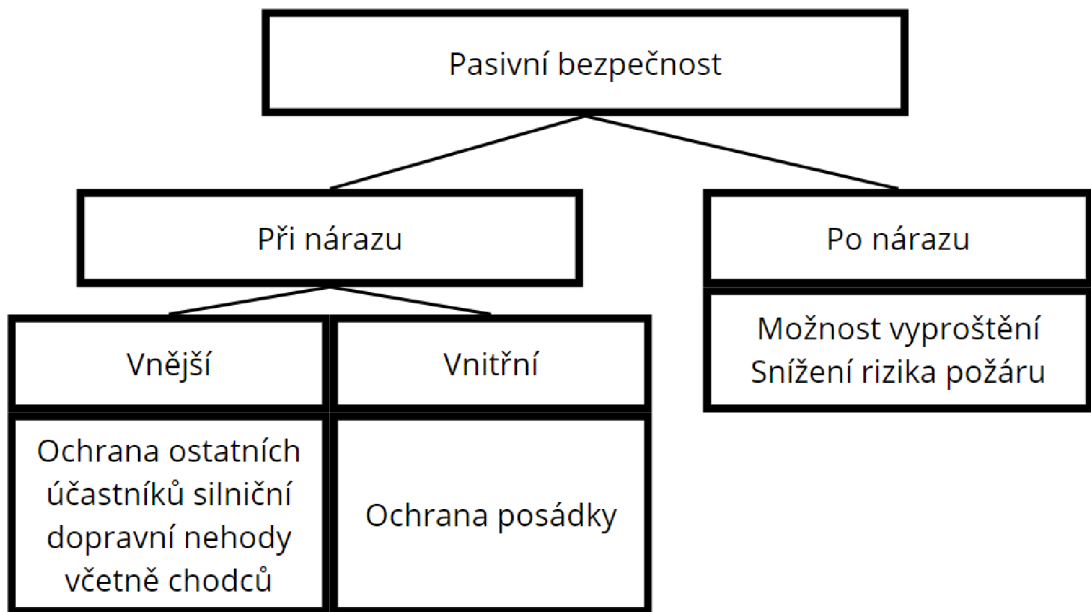
Reaktivní – zkoumají aspekty související se vznikem dopravních nehod, které se na dané komunikaci již staly a reagují na ně zavedením příslušných bezpečnostních opatření a prvků. [18]

2.3 Vozidlo

Bezpečnost vozidla lze rozdělit na provozní a mimoprovozní. Mimoprovozní, jak již z názvu vyplývá je bezpečnost vozidla, které není v provozu. Do této bezpečnosti se řadí zajištění proti rozjezdu, požáru a zneužití nebo viditelnost stojícího vozidla. Provozní se dále dělí na aktivní a pasivní. [1] [4]

2.3.1 Pasivní bezpečnost

Opatření, která snižují následky nehody pro všechny zúčastněné osoby. Není to tedy pouze ochrana cestujících ve vozidle, ale i ochrana ostatních účastníků dopravy. Základní rozdělení pasivní bezpečnosti je možné vidět na obr. 1. Další možné rozdělení z technického hlediska je dělení na karoserii vozidla a zádržné systémy. [1]



Obrázek 1 - Rozdělení pasivní bezpečnosti [1]

Hlediska ovlivňující možnost přežití při nehodě:

- Maximální hodnota přetížení organismu a doba jeho trvání
- Zbytkový prostor pro přežití
- Možnost zranění o řídicí a ovládací prvky vozidla, tedy o vnitřní prostor
- Možnost včas opustit vozidlo
- Nebezpečí vzniku požáru

Zákonné předpisy zabývající se pasivní bezpečností:

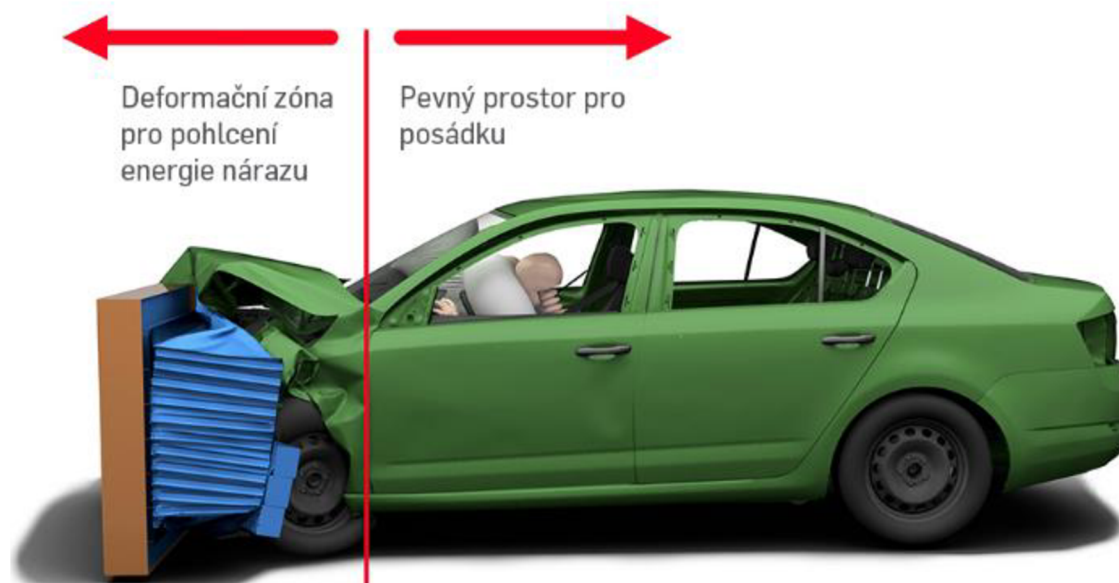
- Zákon č. 56/2001 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- Homologační předpisy EHK-OSN
- Směrnice ES
- Předpisy a normy USA, některé daly podnět k vypracování předpisů EHK

2.3.1.1 Karoserie

Deformovatelná před' vozidla

Jedním z opatření je snížení energie, která se dostane k řidiči od nárazu. Pokud by vozidlo bylo celé vyrobené z pevných materiálů, byl by sice zachován prostor pro přežití, ale většina nárazové energie by byla přenesena na cestující, to by mělo za následek přetížení lidského organismu a zranění neslučitelná se životem. Proto je důležité tuto energii minimalizovat pomocí několika způsobů: [4] [1]

- a) Deformovatelná plechová struktura
- b) Hydraulický absorbér – tlumič
- c) Pneumatický absorbér – tlumič
- d) Konstrukční díly z plastů
- e) Kombinovaný absorbér – hydropneumatický, vypěnovaný plechový nosník

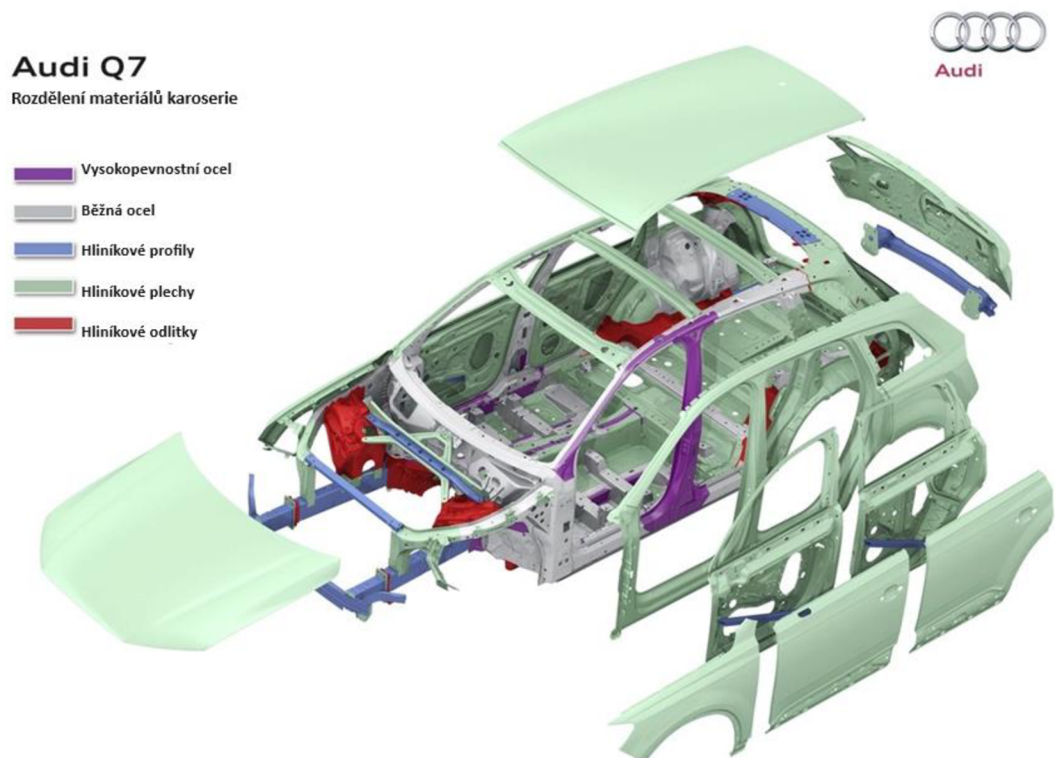


Obrázek 2 - Deformační zóna vozidla [21]

Zachování prostoru pro přežití

Oproti deformačním zónám, které mají za úkol pohltit energii nárazu, prostor pro posádku musí zůstat co nejvíce nedotčený, aby nepřišlo k přílišné deformaci vozidla a tím ohrožení zdraví cestujících. Prostor pro posádku je tedy vyráběn z jiných materiálů, které nepodléhají tolik deformaci. Vyztužena je především karoserie z boční části vozu, kde je minimum materiálu chránící cestující, proto je zde použita vysoko pevnostní ocel viz obr. 4.

[1] [4]



Obrázek 4 - Materiály karoserie – upraveno [10]

Ochrana proti vymrštění osob

Aby bylo možné posádku efektivně chránit, je nutné, aby ji energie při nárazu nevymrštila mimo oblast vozidla. Toho je dosaženo především díky zádržným systémům, avšak mají zde vliv i ostatní faktory, jako například uchycení dveří a dalších částí karoserie. Uchycení dveří a karoserie je také zásadní při vyprošťování osob z vozu po nehodě. [1]

Druhy používaných dveří u osobních automobilů:

- Dveře se svislými závěsy
- Dveře s vodorovnými závěsy
- Posuvné dveře
- Dveře s jednodílným vnitřním a vnějším plechem
- Dveře s nasazeným okenním rámem
- Dveře bez okenního rámu
- Dveře s vyklápěcím oknem

Požadavky na dveře při a po nárazu:

- Nesmí se při nehodě otevřít
- Musí být po nehodě otevíratelné
- Musí dobře přiléhat ke sloupkům karoserie prostřednictvím závěsů a zámků
- Nosníky dveří musí zajistit přenos nárazové síly do karoserie
- Vnitřní panel dveří musí umožňovat cestujícím dostatečnou deformační dráhu

Zasklení karoserie

Zasklení karoserie neslouží pouze jako ochrana před venkovními podmínkami, je také důležitá k ochraně osob ve vozidle nebo v případě nehody musí být zasklení navrženo tak aby nedošlo ke zranění účastníků dopravní nehody. [1]

Požadavky na zasklení:

- Uzavření prostoru pro posádku
- Možnost vidění na všechny strany
- Ochrana cestujících před vnikajícími částicemi
- Při prasknutí skla nesmí vzniknout stěpiny způsobující zranění
- Dobrá viditelnost i po poškození skla
- Co nejlepší plastické vlastnosti při vysoké tuhosti
- Ochrana před oslněním a tepelným zářením

Druhy skel:

- Vrstvené sklo jsou dvě nebo více vrstev skla spojených jednou nebo více mezivrstvami plastu
- Tvrzené sklo je jednovrstvý materiál tepelně zpracovaný kalením tak, že ve skle vznikne vnitřní pnutí, které umožní při nárazu rozpadnutí skla na malé úlomky s tupými hranami.

2.3.1.2 Zadržovací systémy

Jejich účelem je držet posádku při zpomalení vozidla vlivem nárazu, fungují na podstatě změny kinetické energie řidiče na mechanickou práci. Mezi základní druhy zadržovacích systémů patří: [1]

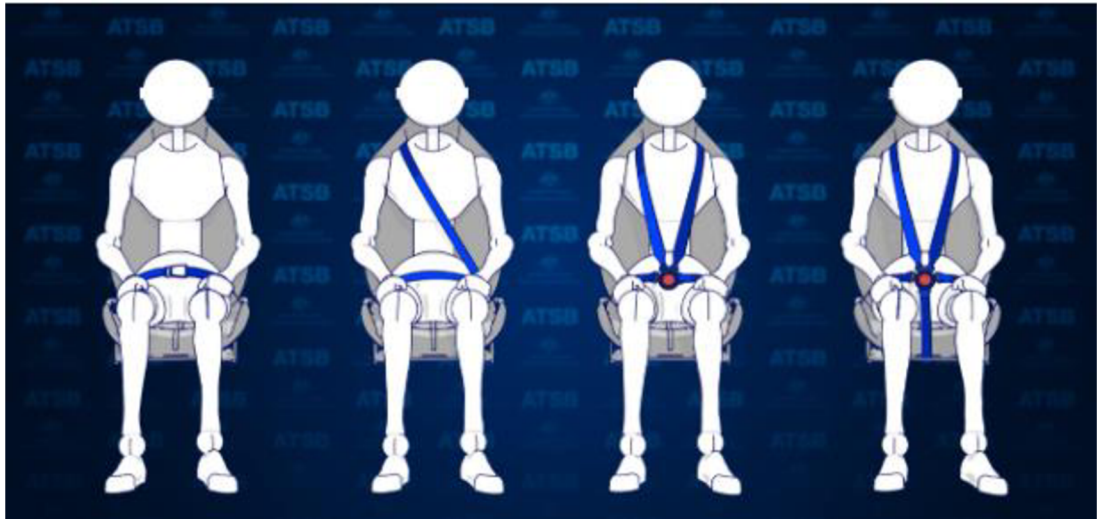
1. Aktivní – obsluhovány posádkou, například bezpečnostní pásy
2. Pasivní – jejich funkce není závislá na obsluze posádky, airbagy, předpínače bezpečnostních pásů

Airbagy jsou nafukovací vaky, které slouží při nehodě jako ochrana posádky, jak z názvu vyplývá jedná se o vak, který se při nárazu rychle nafoukne a ochrání možného účastníka dopravní nehody ve vozidle před kolizí s tvrdými materiály, zmenšující riziko zranění. Od roku 1999 povinné ve všech automobilech, v dnešní době jsou až čtyři druhy airbagů ve vozidle – čelní, boční, hlavový, kolenní viz obr. 5. [1] [4]



Obrázek 5 – Airbagy [11]

Bezpečnostní pásy jsou povinné od roku 1979 vpředu a od roku 1993 i na zadních sedadlech. Jejich úkolem je ochránit cestující před kolizí s dalšími částmi vozidla a také zajistit, aby nevyletěli z vozu. Nejčastějším druhem bezpečnostního pásu ve vozidle je pás tříbodový, dříve se také používal pás dvoubodový (dnes nejčastěji v komerčních letadlech pro cestující), dále jsou pásy čtyř a pětibodové, pokud jsou používány ve vozidle je to převážně v motorsportu nebo ve velice prémiových sportovních vozech. Všechny druhy pásů je možná vidět na obr. 6. [1] [4]

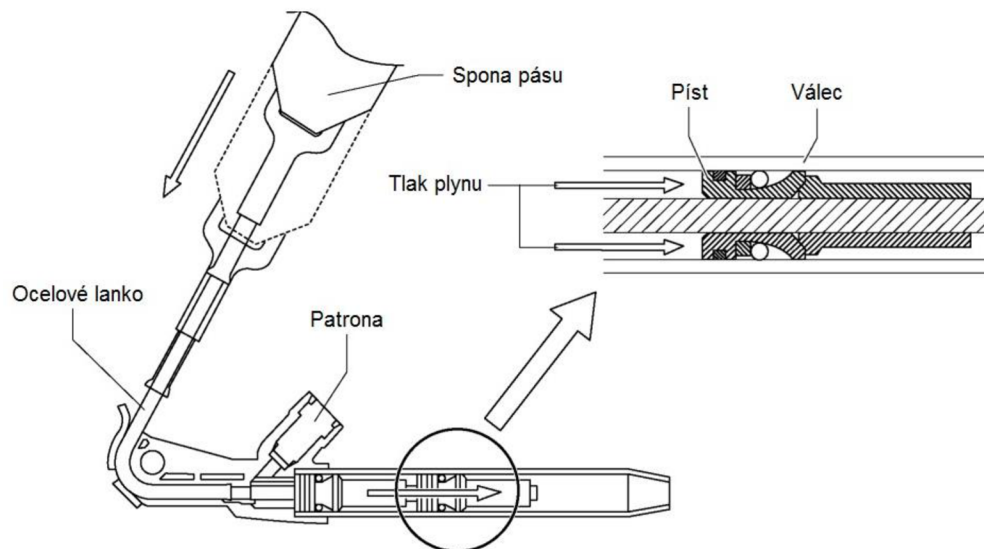


Obrázek 6 - Druhy bezpečnostních pásů [22]

Předpínače bezpečnostních pásů mají za úkol zmenšit dráhu cestujícího v průběhu nárazu, jeho činnost je velice spojená s činností airbagů. Pokud by ve vozidle s airbagy předpínač nebyl, cestující by se pohyboval proti airbagu příliš rychle a mohlo by dojít k fatálním zraněním při nárazu do airbagu. Funkci pyrotechnického předpínače je možné vidět na obr. 7. [1] [4]

Druhy:

1. Mechanické
2. Pyrotechnické
3. Hydraulické

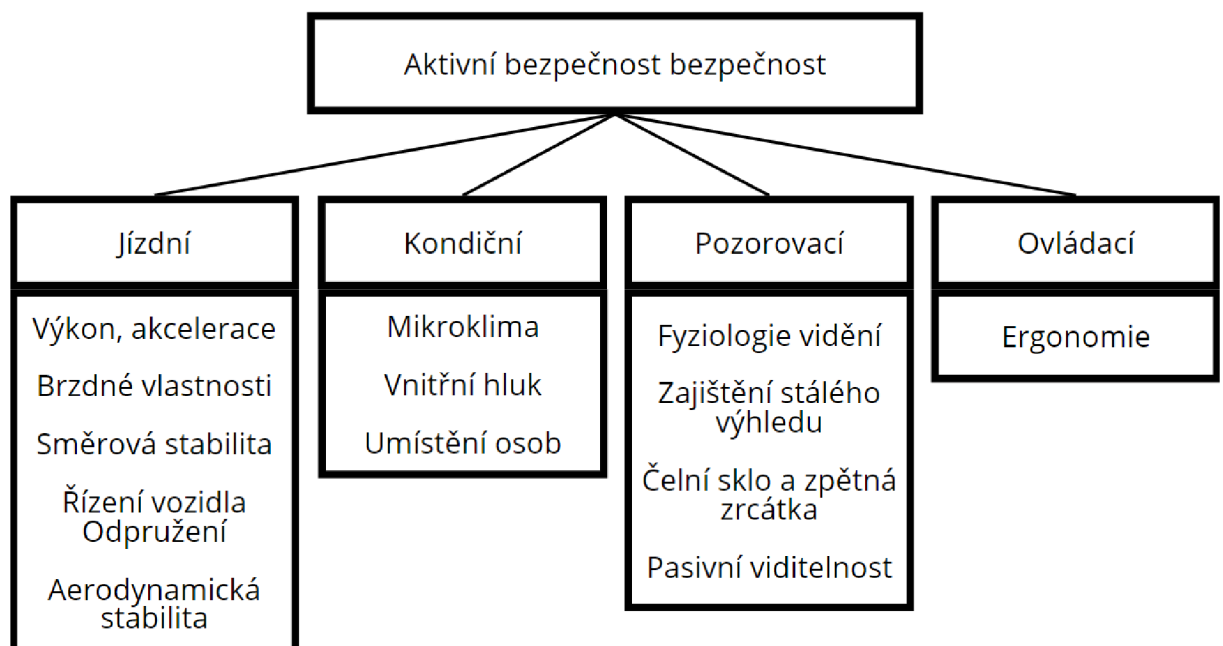


Obrázek 7 - Funkce předpínače bezpečnostních pásů [19]

Pro správné fungování zádržných systémů je potřeba zajistit správnou kompatibilitu. Vnitřní kompatibilita zahrnuje sladění zadržovacích systémů s průběhem zpoždění kabiny k dodržení biomechanických mezních hodnot, zachování neporušeného prostoru pro cestující s pevnými úchyty pro bezpečnostní pásy a vytvoření vnitřního prostoru se zřetelem na možné oblasti nárazu. Vnější kompatibilita sladuje deformační síly a dráhy se zřetelem na rozdělení nárazové energie všech účastníků nehody k dodržení biomechanických mezních hodnot a zachování prostoru pro přeživší. [1] [4]

2.3.2 Aktivní bezpečnost

Aktivní bezpečnostní prvky jsou navrženy tak, aby předcházeli vzniku dopravních nehod nebo jim v případě krizové situace dokázali zabránit. Patří mezi ně vlastnosti vozidla, technické vybavení a asistenční systémy. Nejdůležitějším prvkem je kvalitní a spolehlivá brzdová soustava, pneumatiky, odpružení vozidla a tlumiče, díky těmto prvkům je zajištěný stálý styk vozidla s vozovkou pro přenášení sil z hnacího ústrojí a brzdové soustavy. Dobré osvětlení vozidla zajišťuje viditelnost řidiče na vozovku, ale zároveň aby bylo vozidlo vidět ostatními účastníky provozu. Řídicí soustava musí být navržena pro co nejpohodlnější a nejpřesnější ovládání vozidla. Mezi další prvky, které zvyšují aktivní bezpečnost vozu jsou například ergonomie vozidla a výkon motoru. Moderní vozy jsou vybaveny podpůrnými elektronickými asistenčními systémy, které také zvyšují aktivní bezpečnost. Základní rozdělení aktivní bezpečnosti je možné vidět na obr.8. [1]



Obrázek 8 - Rozdělení aktivní bezpečnosti [1]

Zákonné předpisy zabývající se aktivní bezpečností:

- Zákon č. 56/2001 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- Vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích
- Homologační předpisy EHK-OSN
- Směrnice ES
- Předpisy a normy USA, některé daly podnět k vypracování předpisů EHK

2.3.2.1 Jízdní bezpečnost

Vlastnosti zmenšující jízdní nedostatky.

a) Výkon, akcelerace

K bezpečnosti vozidla určitě přispívají i tyto dvě vlastnosti vozidla i když to na první pohled nemusí být zřejmé. Výkon vozidla lze například využít k rychlému a bezpečnému předjetí jiného vozidla či překážky. Nedostatečný výkon může vést ke zdlouhavému předjíždění nebo pomalému opuštění křižovatky a železničního přejezdu. Je závislý na konstrukci pohonného ústrojí, hmotnosti a aerodynamiky vozu. [1]

b) Brzdné vlastnosti

Brzdová soustava má za úkol snížit rychlost vozidla, zastavit vozidlo a zajistit vozidlo proti samovolnému pohybu její podstata spočívá v tření neboli přeměně pohybové energie na tepelnou. Účinnost a spolehlivost ústrojí je daná jeho konstrukcí. Brzdová soustava je v moderních automobilech podporována a využívána řadou elektronických asistenčních systémů jako jsou například ABS, ASR, ESP, EBD, DSR nebo asistent rozjezdu do kopce. [1]

c) Směrová stabilita, řízení vozidla

Řízení vozidla umožňuje změnu směru jízdy nebo k udržení přímého směru jízdy. Směrovou stabilitou je schopnost vozidla udržovat směr daný řízením i při působení vnější sil, je závislá na směrové citlivosti, ta je definována jako změna směru automobilu bez zásahu řidiče. Slouží především k zajištění přenosu sil od vozidla na vozovku a jejich správné rozložení, pohodlné a jednoduché manévrovatelnosti. Systém řízení vozidla je také podporován asistenčními systémy, některé také spolupracují vzájemně s brzdovou soustavou například ESP, EDS, DSC a VSC. [1]

d) Odpružení

Účelem odpružení je zmenšit přenos kmitavých pohybů náprav na karoserii, zajistit stálý styk kola s vozovkou, zabezpečit dostatečně pohodlí jízdy, zajistit bezpečné a plynulé ovládání vozidla a zmenšit namáhání rámu nebo nosné části karoserie vozidla. Podstatou odpružení je pružnost materiálů v případě ocelových pružin a stlačitelnost plynů a kapalin v případě vzduchového nebo vzduchokapalinového odpružení. [1]

e) Aerodynamická stabilita

Vhodně tvarovaná karoserie vozidla slouží ke splnění požadavků jeho účelu, ale také k minimalizaci působení okolních vlivů jako například větru na stabilitu a ovladatelnost vozidla. [1]

2.3.2.2 Kondiční bezpečnost

Jedná se především o vnitřní pohodlí posádky a jednoduchá obsluha vozidla. Do této kategorie spadá také ergonomie neboli ovládací bezpečnost, která je popsána v samostatné kapitole. [1]

a) Mikroklima

Je stav prostředí v homosféře. Homosféra je místo pobytu člověka, v tomto případě automobil. Mikroklima automobilu závisí na teplotě, vlhkosti, čistotě vzduchu a také na rychlosti jeho proudění. Pro udržení vhodné tepelné pohody ve vozidle se používají různé systémy. [1]

Větrací systémy

Mají za účel v letním období odvod tepla produkovaného cestujícími a slunečním zářením a zajistit čistotu ovzduší v interiéru vozidla. [1]

Požadavky:

- jednoduchá obsluha,
- bezprůvanové větrání,
- regulace nejméně ve dvou stupních,
- proudění vzduchu rovnoměrné a bez vírů,
- nesmí vířit prach z podlahy,
- odmlžování a odmrazování čelního skla,
- systém také musí být přetlakován, kvůli omezení vnikání prachu, pachů a studeného vzduchu.

Druhy:

1. Náporový větrací systém – využívá natlakovaný vzduch z povrchu karoserie
2. Větrací systém s nuceným prouděním – pomocí ventilátoru
3. Kombinovaný větrací systém – spojení obou předešlých systémů

Vytápěcí systémy

Účel vytvořit optimální prostředí, tzv. teplotní zónu, která se nachází v termoregulačním rozmezí člověka a s ohledem na tepelnou produkci člověka. Optimální teplota vzduchu (přibližně 21 °C) závisí na relativní vlhkosti vzduchu – čím je vyšší vlhkost vzduchu, tím nižší je optimální teplota a naopak. [1]

Požadavky:

- Rozdělení tepla do celého prostoru pro cestující
- U automobilů vnitřní teplota +18 °C při venkovní teplotě -15 °C
- U autobusů vnitřní teplota +15 °C při venkovní teplotě -15 °C
- Teplota na výstupech rozváděcích kanálů nesmí překročit +40 °C

Druhy:

1. Závislé vytápěcí systémy – závisí na chodu motoru, využití odpadního tepla motoru
2. Nezávislé vytápěcí systémy – nezávisí na chodu motoru

Klimatizace

Má za úkol snižovat teplotu vzduchu ve vozidle při vysokých teplotách vnějšího prostředí a regulovat vlhkost vzduchu (odmlžování oken). Podstatou klimatizace je změna skupenství chladiva při různých teplotách a tlacích. [1]

b) Vnitřní hluk

Je každý nežádoucí zvuk, který vyvolá nepříjemný nebo rušivý vjem, nebo který má škodlivý účinek. [1]

Zdroje hluku:

1. Závislé na otáčkách motoru
 - Hluk výfuku
 - Hluk sání
 - Mechanický hluk motoru
 - Hluk chladicího ventilátoru

2. Zdroje závislé na rychlosti jízdy
 - Obtékání karoserie vzduchem
 - Hluk převodového ústrojí
 - Hluk odvalujících se pneumatik

3. Ostatní zdroje hluku
 - Vibrace karoserie
 - Hluk příslušenství (stěrače, topení...)
 - Nerovnost vozovky

Lze podniknout některá opatření, kterými hluk minimalizovat a v některých případech zcela eliminovat. Lze například využít lepší zvukové izolace (neprůzvučné kryty) viz. obr.9, pneumatiky s nižší hlučností, lepší odpružení karoserie nebo tlumící nátěry. [1]



Obrázek 9 - Odhlučnění vozidla [23]

c) Umístění osob v karoserii

Je ovlivněno řadou požadavků, které jsou buď geometrické, do nichž se řadí pohodlné sezení a ovládání nebo prostorové, to zahrnuje minimální prostorové nároky vzhledem ke konstrukci a využití vozidla. Při vývoji vozidla je jedním z nejdůležitějších úkolů projektování místa řidiče. Poloha těla řidiče je určena vztahem mezi geometrií sedadla a umístěním hlavních ovladačů (volant, pedály, řadící páka). Optimální poloha řidiče je ovlivněna sklonem opěradla, výškovým a podélným posuvem sedadla, přestavitelnost opěrky hlavy, sklon volantu a také seřiditelnými pedály. [1]

Způsoby návrhu geometrie sezení řidiče:

1. Dvourozměrnou kreslicí šablonou (viz. obr. 10) – tvoří základ návrhu
2. Trojrozměrnou figurínou (viz. obr. 11) – Figurína se používá pro stanovení takzvaných vztažných bodů, a také jako základní přístroj pro kontrolu parametrů sezení řidiče a cestujících na sedadle v dopravním prostředku, pracovního místa řidiče apod. [8]

Určení vztažných bodů:

Bod H – vztažný bod sezení (představuje polohou kyčelního kloubu)

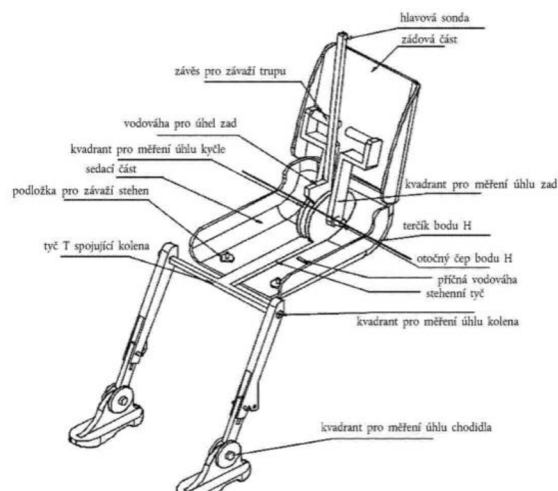
- U šablony – střed vzájemného otáčení nohou a trupu, norma ČSN 30 0725
- U figuríny – průsečík osy otáčení zádové a stehenní části s rovinou souměrnosti figuríny

Bod F – patní bod

- Pevně spojen s vozidlem
- Je definován jako průsečík tří rovin – roviny souměrnosti vedené pedálem, tečné roviny ke středu nášlapné plochy pedálu a roviny podlahy vozidla před pedálem [9]



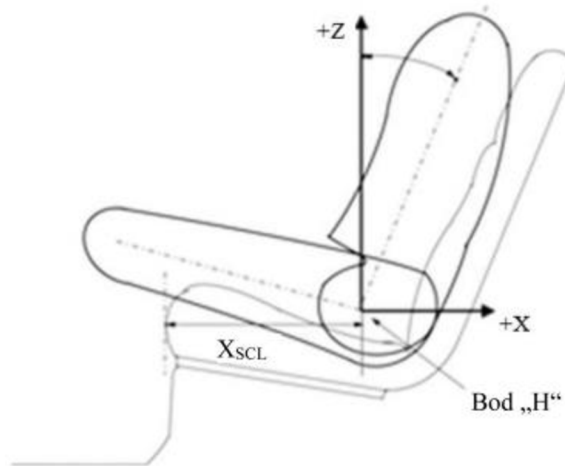
Obrázek 10 - Kreslicí šablona norma [9]



Obrázek 11 - Trojrozměrná figurína [8]

Poloha sezení je dána (viz obr.6):

- a) Vzdáleností x – vodorovná vzdálenost bodu H od bodu F
- b) Vzdáleností z – svislá vzdálenost bodu H od bodu F



Obrázek 12 - Poloha sezení [1]

Sedadla

Účelem sedadla je podepřít tělo řidiče, popřípadě ostatních cestujících a přenést převážnou část tíhy, odpovídající hmotnosti lidského těla. Mezi základní požadavky na sedadla patří anatomické požadavky (tvarování, měrné tlaky), fyziologické (teplota, prodyšnost), přenosové (tlumení vibrací, pevnostní a na seřiditelnost polohy včetně seřízení bederní opěry). [1] [4]

2.3.2.3 Pozorovací bezpečnost

a) Fyziologie vidění a výhled z místa řidiče

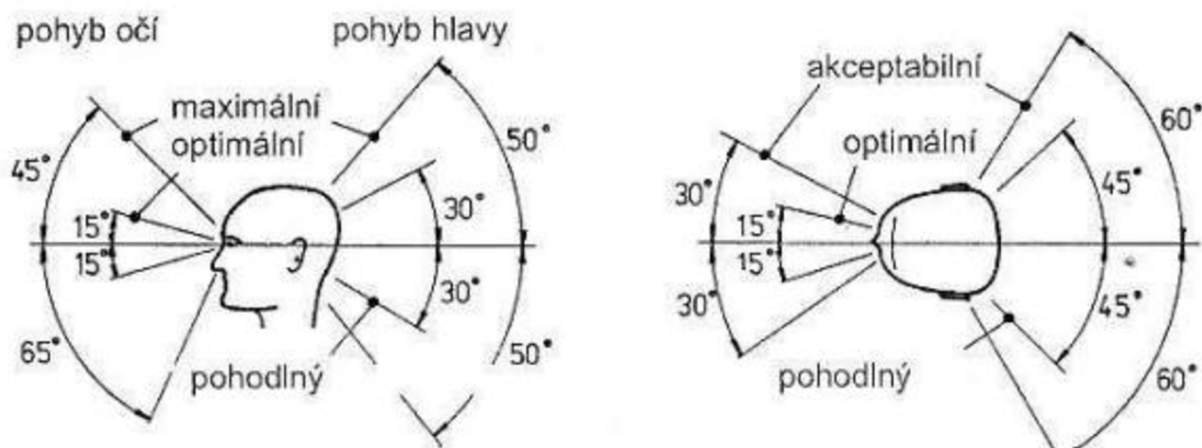
Veškerá pozorovací bezpečnost se odvíjí od fyziologie vidění. Například při klidném pohledu (oko a hlava se nepohybují), částí viditelného prostoru se nazývá zorné pole. Pohybují-li řidič očima oblast, kterou vidí je pohledové pole a pokud hýbe i hlavou jedná se o rozhledové pole. Zorné úhly člověka lze vidět na obr.13. [1]

Z vozidla jsou tři základní výhledy:

Přímý výhled – dopředu od roviny očí s ohledem na výhled na přístroje a ukazatele.

Nepřímý výhled – dozadu díky vnějším a vnitřním zpětným zrcátkům.

Mrtvý úhel – úhel ve kterém není vidět míjející vozidlo, jenž musí konstrukčními opatřeními být zmenšen na co nejmenší hodnotu.



Obrázek 13 - Zorné úhly [1]

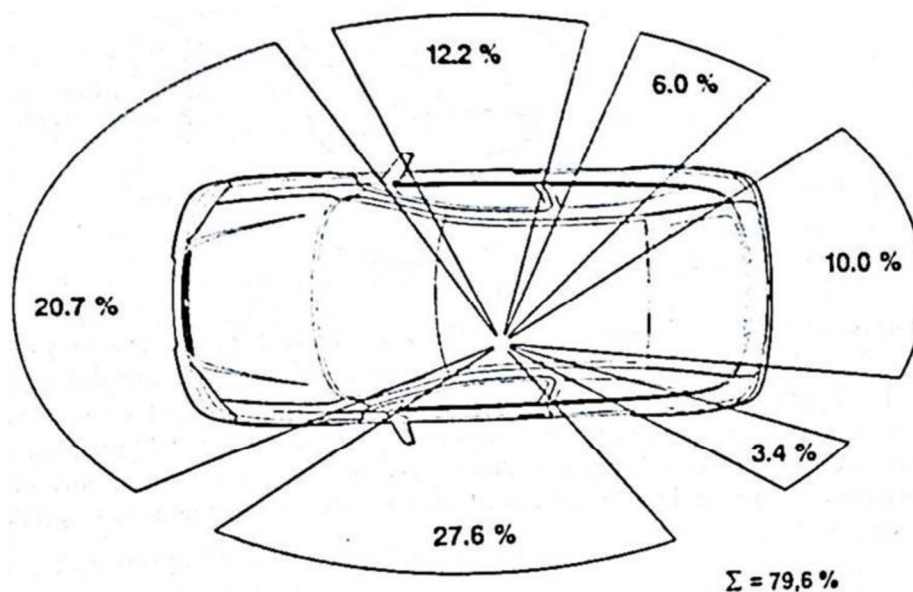
Výhled z místa řidiče je dán vzájemnou polohou očí řidiče a neprůhledných částí karosérie jako jsou sloupky, rám předního okna nebo kapota viz obr.14.

Tři základní výhledy:

Přímý výhled – dopředu od roviny očí s ohledem na výhled na přístroje a ukazatele.

Nepřímý výhled – dozadu díky vnějším a vnitřním zpětným zrcátkům.

Mrtvý úhel – úhel ve kterém není vidět míjející vozidlo, jenž musí konstrukčními opatřeními být zmenšen na co nejmenší hodnotu



Obrázek 14 - Výhled z místa řidiče [1]

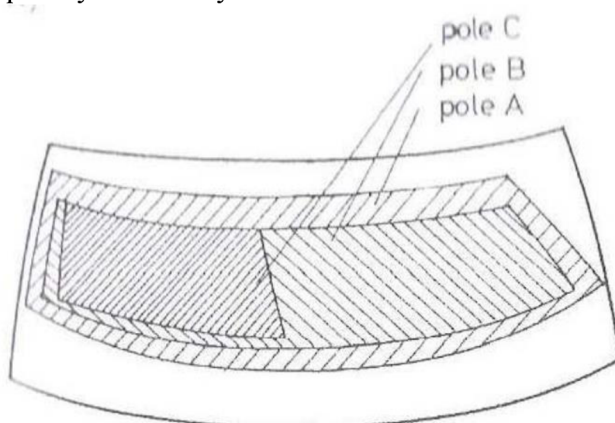
b) Prostředky k zajištění stálého výhledu

Jak bylo již uvedeno čistota čelního skla je velice důležitá pro správnou viditelnost a má velký vliv na reakční dobu řidiče. Nejedná se pouze o čelní sklo, ale také ostatní výhledová ústrojí zpětná zrcátka, zadní okno a boční okna. To je docíleno pomocí tří druhů systémů. [1]

Druhy systémů:

1. Stírací

- Jedná se o stěrače, ať už čelního a zadního skla nebo světlometů. Stírací systém čelního skla je normován normou SAE J 903b, která udává rozdělení čelního skla z hlediska stírané plochy viz obr. 9.
- Z plochy A musí být stíráno 80%
- Z plochy B musí být stíráno 95%
- Z plochy C musí být stíráno 100%



Obrázek 15 - Stírané plochy [1]

2. Omývací nebo ostříkovací

- Ostříkovací systém funguje ve většině případech se systémem stíracím, pokud by bylo například čelní sklo zašpiněno pouhé setření stěrači by nestačilo. Využívá se k očištění čelního a zadního skla nebo světlometů. [1]

3. Odmlžovací a odmrazovací

- Součástí větracího systému napomáhá k odmlžení či odmražení čelního skla, kdy je proud teplého vzduchu soustředěn na plochu čelního skla. Automobily jsou také vybaveny odmrazovacím systémem čelního a zadního skla nebo zpětných zrcátek. Systém funguje na principu vyhřívání drátu. [1]

c) Čelní sklo a zpětná zrcátka

Na vlastnostech čelního skla je závislý dobrý výhled z vozidla. [1]

Vlastnosti čelního skla:

- a) Průhlednost čelního skla
 - Je daná složením, barvou, tloušťkou a jeho sklonem
- b) Hladkost
 - Nerovnosti a škrábance vyvolávají lom světla od vnějších zdrojů

Zpětná zrcátka umožňují nepřímý výhled dozadu za vozidlo.

Druhy:

- a) Podle umístění
 - Vnitřní a vnější
- b) Podle vyhřívání
 - S nebo bez vyhřívání
- c) Podle způsobu seřizování
 - Manuální (ruční)
 - Mechanické
 - Elektrické
- d) Podle tvaru skla
 - Asférické – u řidiče 2/3 ploché, 1/3 rádius
 - Sférické – u spolujezdce

d) Pasivní viditelnost

Chápána jako viditelnost vozidla pro ostatní účastníky provozu. Je podmíněna barvou karosérie, osvětlením vozu, výstražným signalizačním zařízením a v některých případech odrazovými plochami. [1]

2.4 Ergonomie

Pojem "ergonomie" se skládá ze dvou částí, obě jsou řeckého původu. "Ergon" lze vykládat jako "pracovník, který něco vykonal" nebo jednoduše jako "práce", „Nomos" znamená v překladu zákon. Ergonomie je věda zabývající se optimalizací lidské činnosti, a to zejména vhodnými rozměry a tvary nástrojů, nábytku a jiných předmětů. Odtud ergonomický – přizpůsobený ergonomickým požadavkům. Podle definice je ergonomie mezioborová disciplína, jejímž cílem je dosáhnout přizpůsobení pracovních podmínek výkonnostním možnostem člověka; tento vědní obor integruje a využívá poznatky humanitních věd (zejména psychologie práce, fyziologie práce, hygieny práce, antropometrie, biomechaniky) a věd technických (např. vědy o řízení, kybernetiky, normování atd.). [2] [4]

Řízení vozidla je náročný úkol, i když tuto činnost nevykonává řidič profesionálně jako povolání. Ergonomie proto hraje důležitou roli během vývojového procesu automobilu. Lidské limity jsou rozmanité, což ergonomii činí multidisciplinárním úkolem. Řada omezení je čistě geometrická a je způsobena rozměry lidského těla. Tento problém dal podnět k vytvoření samostatné vědy zabývající se touto problematikou zvanou "antropometrie", tato disciplína zkoumá prostorové nároky sedícího operátora. Dalším značným omezením je vnitřní zatížení lidského organismu, k ovládnutí vozidla je zapotřebí mechanická interakce. Biomechanika je věda, která se těmito interakcemi zabývá. Velice důležitým smyslem při řízení je především zrak, tento a další důležité smysly jsou zkoumány ve Fyziologii. I když řidič dosáhne na všechno, provozní síly jsou v dokonalém rozsahu a smysly zvládnou situaci, stále je potřeba aby pochopil, jak systém funguje a mít schopnost přijít se správným řešením situace v daných momentech. Kognitivní limity je obtížné zkoumat, Psychologie je v čele této oblasti, která je sama o sobě interdisciplinární. [2] [4]

Bohužel všichni řidiči vozidel nejsou stejní, a tak závisí na velkém množství parametrů jako je věk, zkušenosti, únava a motivovanost, fyziologické a psychické vlastnosti. Pro inženýry je někdy obtížné přijít s optimálním řešením ergonomického problému. Desítky let vývoje a výzkumu vedly k vytvoření ergonomických pravidel. Obvykle byly vytvořeny na základě testování na dostatečném počtu subjektů za velmi kontrolovaných podmínek. Nejnovější studie jsou vytvářeny pomocí metody CAE neboli počítačem podporované inženýrství. Tato metoda využívá počítačový software k usnadnění inženýrské analýzy. [2] [4] [6]

Základní rozdělení oblastí ergonomie

- a) Fyzická – Vliv pracovního prostředí na lidské zdraví. Poznatky z vědních oborů jako jsou anatomie, antropometrie, fyziologie, biomechanika
- b) Kognitivní – Psychické aspekty pracovního výkonu. Zátěž nervové soustavy, snížení psychické zátěže, usnadnění rozhodovacích procesů, omezení pracovního stresu
- c) Organizační – Optimalizace sociotechnických systémů a organizačních struktur

2.4.1 Historie a vývoj

Řecko a Egypt

První zmínky o čemkoliv podobném ergonomii byly již ve starověkém Řecku a Egyptě. Existuje mnoho důkazů, že řecká civilizace v 5. století před našim letopočtem využívala při navrhování a vyrábění nástrojů, pracovišť a pracovních míst ergonomické zásady. Jedním z těchto důkazů je například v textu, jenž publikoval Hippokrates. V něm stojí, jakým způsobem by mělo být navrženo pracoviště chirurga a jak by měly být uspořádány jeho nástroje. Další důkaz se nachází v Egyptě, zde bylo v archeologických záznamech poukázáno, že pracovní či domácí nástroje byly vyrobeny s ergonomickými zásadami. [12]

Průmyslová revoluce

Další milník nastal v roce 1857, kdy polský přírodovědec Wojciech Jastrzębowski napsal první knihu o ergonomii. První ergonomické pojmy se však začaly objevovat až kolem roku 1900, díky průmyslové revoluci, která neustále zvedala nároky na fyzickou zátěž pracovníků. [12]

Frederick Winslow Taylor propagoval například metodu „vědeckého řízení“. Pomocí této metody bylo navrhováno řešení, jakým způsobem co nejefektivněji provést pracovní úkon. Tímto způsobem například zjistil, že pokud zmenší hmotnost a velikost lopaty na uhlí, je možné až ztrojnásobit množství přeházeného uhlí. Počátkem 20. století se bratři Gilbrethovi snažili rozšířit Taylorovy metody, jejich cílem bylo vyvinout takzvanou „studii času a pohybu“. Cílem bylo odstranění zbytečných pracovních kroků při práci čímž se zvýšila efektivita. Tento postup aplikovali na zednických pracích, kdy snížili počet pohybů a tím dosáhli větší efektivitě ze 120 na 350 cihel za hodinu. Jak Taylor, tak bratři se však zaměřovali především na pracovní efektivitu bez ohledu na zdraví a pracovní pohodu člověka. Jejich přístup byl značně kritizován ruskými badateli, ti se naopak zaměřovali spíše na člověka než na produktivitu. [12]

1. Světová válka

Během první světové války se ergonomie hojně využívala při navrhování a vylepšování kokpitu pilota. Nejen že se soustředili na letadlo samotné, ale zvýšenou pozornost také kladli ke konstrukci ovládacích prvků a displejů, zkoumali také vliv nadmořské výšky a prostředí ve kterém se pilot nachází na jeho schopnost efektivně ovládat stroj. Začal tedy vznikat historicky první aeromedicínský výzkum, ten měl za úkol studovat chování pilotů. Výzkumné metody začaly být velice efektivní a potřebné. Těchto metod využíval například Henry Ford, který vyráběl a prodával miliony automobilů. [12]

Další převrat nastal, když se zkoumaly účinky kvality osvětlení na produktivitu práce. Díky těmto výzkumům byl objeven takzvaný Hawthornský efekt, zkoumal efektivitu práce při konkrétních technických podmínkách. Výzkum také sledoval pracoviště jako samotné, nejen jeho technický stav, například odstraňování překážek, či předělání celého stanoviště. Důraz se začal klást i na hygienu a čistotu pracoviště. [12]

2. Světová válka

Počátky moderní ergonomie se objevují v období druhé světové války. Díky technickému rozmachu a vývoji složitějšího vojenského vybavení, strojů, zbraní a letadel. Téměř vše bylo navrhováno s ohledem na lidské schopnosti a omezení. Hlavním bodem se stalo rozhodování, pozornost, situační uvědomění, koordinace rukou a očí při pilotování letadla. Kokpity byly konstruovány tak, aby rozmístění ovládacích prvků bylo logické a snadné k používání, bylo totiž zjištěno, že velká většina leteckých nehod byla způsobena kvůli špatně navrženým kokpitům. V této době se opravdu začala zkoumat ergonomie a lidské schopnosti. [12]

Informační revoluce

V 60. letech 20. století byl rozkvět počítačových systémů. Stávala se čím dál běžnější interakce člověka s počítačem, to mělo velký podíl na vývoji ergonomie. Doba strávená u počítače rostla a tím více se projevovali zdravotní problémy, toto mělo za následek více se soustředit na ergonomii práce. V USA byly vědci zaměřeni především na behaviorální vědy, například psychologie a technologie, zatímco v Evropě se kladlo spíše na fyziologii člověka. [12]

Moderní ergonomie

Je běžnou součástí denní báze života, téměř vše zahrnuje určitou úroveň ergonomického designu. Od kancelářského vybavení, kuchyňských spotřebičů až po automobily je vše konstruováno tak, aby bylo možné to co nejsnadněji a nejlogičtěji ovládat. Moderní ergonomie spojuje prvotní Taylorovu myšlenku zaměřenou pouze na efektivitu s myšlenkou pracovní pohody a hygieny. V moderní době je ergonomie nepostradatelným vědním oborem. Zahrnuje práci těch nejdůležitějších oborů, průmysloví inženýři, lékaři, bezpečnostní inženýři a spoustu dalších, kteří zkoumají jak kognitivní ergonomii (chování, rozhodování, vnímání), tak průmyslovou ergonomii (fyzické aspekty pracoviště, fyzické schopnosti člověka). [12]

2.4.1.1 Ovladače ve vozidle

Ovladače jsou strojní prvky, kterými člověk zasahuje do chodu a řízení strojů. Musí se navrhovat, rozmisťovat a vybírat tak, aby odpovídaly fyziologickým vlastnostem a také pohybovým možnostem částí těla používaných k jejich obsluhování ať už se jedná o ruku, prst nohu či jinou končetinu. Je velice důležité dbát ohled na rychlost, přesnost a sílu ovládní. Správné rozmístění a uspořádání ovladačů může zabránit chybnému jednání člověka anebo zmenšit jeho následky na minimum. [13] [15] [1]

Základní typy ovladačů:

Tabulka 1 - Základní typy ovladačů [13]

Typ	Varianta ovladače	Ovládání	Provedení hmatníku
Páky	Horizontální	Obloukové	Dlouhá/krátká
	Vertikální	Celou rukou nebo prsty	Rotační/nerotační
Klika	Jednoduchá s kolem	Kruhové Celou rukou nebo prsty	Pevný/otočný
Kolo	Volant	Centrické	Plné věnce s rameny
	Kolečko	Oběma rukama, jednou	Kruh – části kruhu,
	Točítko	rukou, dlaní nebo prsty	rotační, válcovité,
	Otočné přepínače		kuželovité Hladké/rýhované

Táhlo	Tyčové Třmen Hříbovité	Přímočaré Oběma rukama jednou rukou dlaní nebo prsty	Rotační/nerotační Podélné/příčné
Tlačítko	Hříbovité Větší/menší	Přímočaré Dlaní, palce, chodidlem, prstem	Kruhové/čtvercové Konkávní/konvexní Zapuštěné/vystouplé
Pedál	Šlapka Kolébka Páka	Obloukové Celou nohou, chodidlem, špičkou nebo patou	Obdélníková plocha Noha podepřená/nepodepřená

Rozdělení ovladačů:

1. Podle formy přenosové energie
 - Mechanické
 - Hydraulické
 - Pneumatické
 - Elektrické
 - Kombinované

2. Podle užívané části těla při ovládání
 - Ruční
 - Jedním prstem
 - Více prsty
 - Dlaní
 - Paží
 - Oběma rukama
 - Nožní
 - Chodidlem
 - Oběma chodidly
 - Jinou částí nohy
 - Hlasové
 - Ovládané jinou částí těla (například okem)

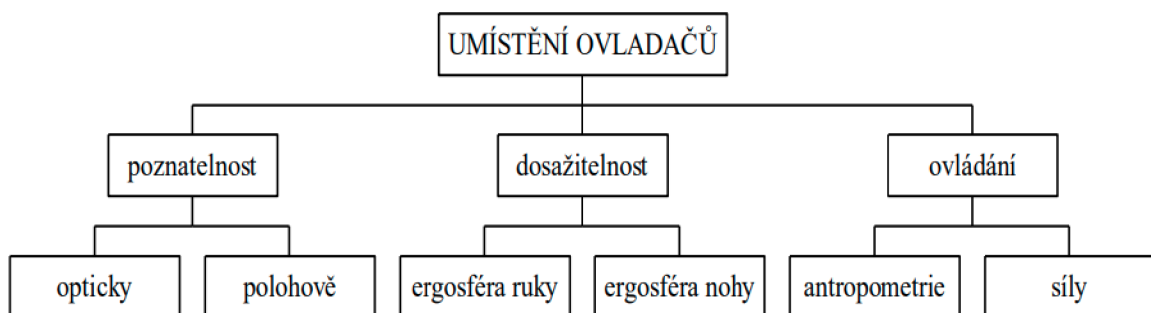
3. Podle způsobu vyvolání stavové změny
- Polohový = pro ovládání je rozhodující poloha ovladače
 - Pohybový = rozhodující je rychlost, zrychlení nebo dráha
 - Silový = rozhodující je síla vyvinutá na ovladač
4. Podle dráhy ovládacího pohybu
- Přímocharý = tlačítko, spínač, přepínač
 - Obloukový = páka
 - Kruhový = klika
 - Centrický = točítka, volant, kolo
 - Obecný = pohyb po obecné křivce

Tabulka 2 - Specifikace ovládacích elementů [13]

Typ	Preferované použití	Ovládání	Rozměry Min/Max (mm)	Pohyb Min/Max	Síla Min/Max (N)
Tlačítka	Rychlé a časté zapínání a vypínání	Prstem Dlaní	Průměr 12/3 Průměr 30/5	Zdvih 5/20 /20	2,5/10 /120
Páčky	Rychlou, ne však častou funkci	Prsty	Průměr 3/25 Délka 12/50	Dvoupolohový 30° Třípolohový 45°	2,5/10
Přepínače otočné	Změna funkce jednotlivých pochodů	Prsty	Šířka 8/20 Výška 12/25 Průměr základny 25/70		2,5/15
Točítka	Jemné nastavování a regulování spojitých funkcí	Dva prsty Více prstů	Průměr 7/60 Výška dle průměru		2,5/4 2,5/14

Ruční kolečka	Přímé ovládání	Rukou Oběma	Průměr 70/400		10/100 /200
Ruční páky	Rychlé ovládání, menší přesnost, větší síla	Rukou Oběma	Hmatník ve výši vodorovného předloktí		Trvale 10/60 S přestávkami: Sagitálně /120 Frontálně /80
Nožní tlačítko	Rychlost Nízká přesnost	Chodidlo	Průměr 20/	Zdvih 12/60	15/75
Pedál	Rychlost Síla	Chodidlo	Šířka min. 75 Výška 30	Zdvih špičky V kotníku /60 Kolena /150	Trvale 40/90 S přestávkami 40/50 Regulace 15/90 Zřídka /200

Optická a hmatová poznatelnost ovladačů závisí na barvě, jasu, kontrastu, označení, tvaru, velikosti a poloze. Polohově poznatelné ovladače jsou například řadič páka a pedály. Důležitým aspektem je dosažitelnost ovladačů, ta závisí na antropometrických mírách a druhu ovladačů. Antropometrie je nauka o měření lidského těla. Umístění ovladačů závisí na několika hlediscích viz. obr.10. [13] [15] [1]



Obrázek 16 - Umístění ovladačů [1]

2.4.1.2 Sdělovače ve vozidle

Jsou to zařízení, jenž informují provozovatele o stavu sledovaných parametrů a chodu stroje. Je třeba aby podávaly jasné, spolehlivé a rychlé informace, podle kterých je automobil ovládán. Většinu sdělovačů tvoří sdělovače vizuální, protože největší množství informací je přijímáno pomocí zraku. Proto je zapotřebí, aby pro čtení sdělovačů byly stanovené dobré podmínky vidění to je například optimální intenzita světla, odrazivost, jas, kontrast a velikost pozorovaných znaků. Sdělovače a další signalizační prvky musí být navrženy a vybrány tak, aby byly rozmístěny způsobem odpovídajícím vlastnostem lidského vnímání a úkolu, který má být plněn. [13] [15] [1]

Požadavky na sdělovače:

- Spolehlivost a kvalita
- Optimální vjem údajů
- Estetičnost a přehlednost
- Vhodné umístění a upevnění

Zásady pro sdělování informací:

1. Musí být zajištěno jasné a jednoznačné vnímání, to je obzvláště důležité u výstražných sdělovačů a signalizačních prvků. Velký důraz je třeba věnovat intenzitě sdělovače, trvání informace, barvě, tvaru, velikosti, kontrastu a rozlišitelnosti proti zrakovému nebo zvukovému pozadí. Výhodná kombinace výstražných signálů je zraková a sluchová, zvyšuje se tím účinnost sdělovače. Kontrast sdělovače je nejlepší v maximálním rozsahu – například černá plocha a bílá stupnice nebo naopak při špatném osvětlení.

Tabulka 3 - Vhodné barevné kombinace sdělovačů [13]

Symbol	Pozadí
Černá	Žlutá
Zelená	Bílá
Červená	Bílá
Modrá	Bílá
Bílá	Modrá
Černá	Bílá
Bílá	Zelená
Bílá	Černá
Žlutá	Modrá
Červená	Žlutá
Zelená	Červená

2. Druhy a počty signálních prvků a sdělovačů je vhodné udržovat na minimu pro účinné plnění jejich úkolu, aby se předešlo přehlcení informacemi.
3. Jednoznačný a jasný způsob předání důležitých informací, přebytečné informace se musí eliminovat.
4. Podstatné je jejich umístění, aby umožňovaly bezpečnou, jasnou, rychlou orientaci a rozpoznání. Zásadní je také důležitost a frekvenci jednotlivých informací a nutnost zpětné vazby v rámci pracovního úkolu. Forma obsahu této zpětné vazby musí být jednoznačné a musí být obsluze dobře známé.
5. Zpětná vazba zobrazované informace a její změna musí odpovídat rychlosti změny na prvotním zdroji měřených veličin. [13] [15] [1]

Dělení sdělovačů podle média:

a) Varovné

- Jejich úkolem je vzbudit pozornost a varovat při mimořádných událostech, které by mohly způsobit větší hmotné škody či ohrožení zdraví a života

b) Zvukové

- Obvykle se kombinují s vizuálními, zvuk upozorňuje na událost a vizuální sdělovač upřesňuje informaci. Vhodná intenzita je mezi 40 až 60 dB, je ale třeba aby byla intenzita o 10 dB vyšší než průměrná hladina hluku v okolí. Přerušovaný signál je vhodnější než stejnosměrný nebo kolísavý.

c) Světelné

- Informují o normálním nebo mimořádném stavu vozidla, jeho poloze nebo poruše. Pro upoutání větší pozornosti se používá kmitavé světlo, obecně se doporučuje kmitočty 2 až 4 Hz, u červeného 0,5-1 Hz a u žlutého poměr svícení k zhasnutí 1:1 nebo 1:4. Důležitost a povaha informace je rozlišena barvou.
 - Červená – Mimořádná událost nebo nebezpečí
 - Žlutá – Výstraha, změna nebo hrozící změna stavu, kritické hodnoty
 - Zelená – Bezpečí, normální stav, výchozí poloha
 - Modrá – Význam dle potřeby, informativní

d) Obrazovka, displej

- Zobrazuje libovolné signály, je ovlivněno kvalitou zobrazení a množstvím barev. V dnešní době jsou vozidla například vybavena Head-Up displejem, ten poskytuje čtení informací v zorném poli řidiče a není třeba sklánět zrak na přístrojovou desku, čímž by mohla být pozitivně ovlivněna reakční doba řidiče.

e) Číselníky, počítadla

- Číselník je analogový ukazatel, počítadlo digitální, odpadá tedy u něj složitost vjemu a zajišťuje jednodušší čtení informací. Je třeba je umístit, tak aby se v krycích sklech neodráželo světlo, to by zhoršovalo čtení údajů a chyby.

[13] [15] [1]

Podle smyslu vnímání:

- a) **Zrakové**
- b) **Sluchové**
- c) **Hmatové**
- d) **Ostatní**

2.4.2 Ergosféra

Dalším důležitým pojmem je ergosféra, jenž je prostor, ve kterém je člověk schopen při normální pozici sezení vykonávat příslušné ovládací úkony. [1]

a) Ergosféra ruky

Nejvýhodnější leží vpředu níže, než je ramenní kloub. Pravá paže má větší ergosféru než paže levá z důvodu omezení bezpečnostním pásem. Vzhledem k tomu, že nelze umístit všechny prvky do oblasti, která je dosažitelná bez pohybu ramene a trupu, jsou stanoveny oblasti z hlediska priority, a to na: [1]

1. Důležité prvky obsluhované během jízdy a jejichž uspořádání musí být takové, aby nemusel být uvolněn volant
2. Důležité prvky, které jsou méně často obsluhovány a které jsou umístěny v příznivém dosahu rukou poblíž volantu
3. Méně důležité a méně často obsluhované prvky, které jsou také dobře dosažitelné, ale ne tak důležité jako prvky oblasti 2.
4. Prvky, které jsou obsluhovány při stání a jejichž obsluha podle okolností vyžaduje změnu polohy sezení

b) Ergosféra nohy

Poloha nohy je závislá na poloze sedadla. Pro ovládání pedálů jsou nutné určité ovládací síly. Tyto síly závisí na směru a druhu ovládání, akcelerační pedál je ovládán chodidlem, zatímco spojkový a brzdový pedál celou nohou. Největší přípustné ovládací síly jsou stanovené zákonnými předpisy – vyhláška Č. 301/2001 Sb. a dále předpisy EHK-OSN.

Velmi důležité je půdorysné umístění pedálů i umístění jejich nášlapných ploch z hlediska dodržení rozmezí úhlů mezi částmi těla. Uspořádání pedálů musí být dle normy DIN 73 001, ČSN 30 0734 a předpisu EHK-R 35. [1]

3. Praktická část

Praktická část je zaměřena na pozorování vývoje ergonomických prvků ve vozidlech Mercedes-Benz řady E v průběhu let 1994-2024. Bylo vybráno 5 sérií tohoto modelu od modelu 210 výrobní roky 1994-2003 po model 214 (2023-současnost).

3.1 Výběr stěžejních ovládacích prvků

Prvky byly vybrány na základě frekvence jejich používání. Nejpoužívanějšími jsou volant, multifunkční ovládání na volantu, ovládání klimatizace, páčka směrových ukazatelů, volič rychlostních stupňů, ovládání světel, ovládání sedadla řidiče, páčka stěračů, ovládání tempomatu.

3.2 Přehled pracovního místa řidiče

Základní pohled z místa řidiče pro lepší pochopení rozmístění prvků.

Model 210 (1994-2003)



Obrázek 17 - Pracovní prostředí řidiče 210 [20]

Model 211 (2001-2009)



Obrázek 18 - Pracovní prostředí řidiče 211 [20]

Model 212 (2009-2016)



Obrázek 19 - Pracovní prostředí řidiče 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Veliká změna oproti předchozím modelům, místo standartního palubního počítače je displej. Části displeje před řidičem slouží jako palubní počítač se základními informacemi jako otáčky motoru, stav palivové nádrže, stav akumulátoru a další. Část na středu palubní desky slouží jako navigace, rádio, systém nastavení jízdních režimů vozidla atp.



Obrázek 20 - Pracovní prostředí řidiče 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Hned na první pohled jsou vidět dva displeje, jeden sloužící jako palubní počítač. Druhý displej nad středovou konzolí slouží k nastavování navigace, klimatizace, nastavení jízdních režimů a jako rádio.



Obrázek 21 - Pracovní prostředí řidiče 214 [20]

3.3 Volant

Model 210 (1994-2003)

Na levé straně se nachází multifunkční ovládání sloužící k ovládání palubního počítače. Na pravé straně ovládá hlasitost rádia a přijímání hovorů. Čtyřramenná konstrukce.



Obrázek 22 - Volant 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Velice podobný jako v přechozím modelu, ovládací prvky jsou stejné.



Obrázek 23- Volant 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Podobně jako u předchozích modelů, na levé straně ovládání palubního počítače, na pravé nastavení hlasitosti a ovládání hovorů. Změna z čtyřramenného na tříramenný, také jiný materiál na hlavních dotykových plochách pro příjemnější držení.



Obrázek 24 - Volant 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Na levé straně je multifunkční ovládání pomocí jeho horní části se dotykově ovládá displej řidiče a spodní částí se nastavuje a zapíná tempomat. Na pravé straně je opět v horní části dotykové ovládání displeje, tentokrát středového, spodní část slouží k nastavení hlasitosti rádia a ovládání hovorů. Opět tříramenná konstrukce jako u modelu 212 s lepším materiálem v hlavních dotykových plochách.



Obrázek 25 - Volant 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Na levé straně je multifunkční ovládání pomocí jeho horní části se dotykově ovládá displej řidiče a spodní část nastavuje a zapíná tempomat. Na pravé straně v horní části dotykové ovládání displeje, tentokrát středového, spodní část slouží k nastavení hlasitosti rádia a ovládání hovorů.

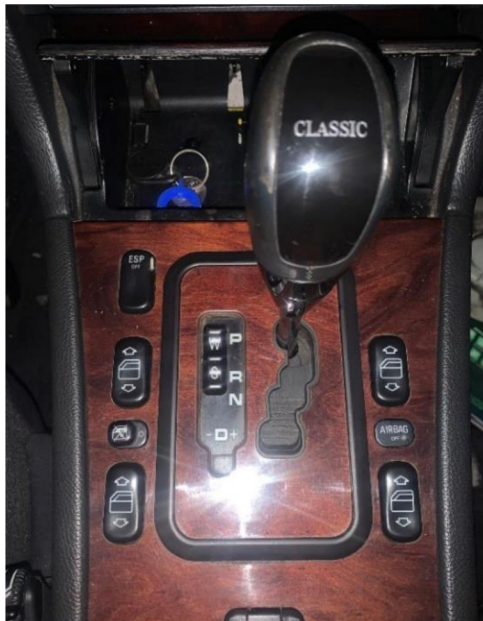


Obrázek 26 - Volant 214 [20]

3.4 Volič rychlostních stupňů

Model 210 (1994-2003)

Nachází se na středové konzoli a je realizován řadicí pákou, kterou se při sešlápnutí spojkového pedálu volí režim převodovky. Dále pomocí tlačítka W (Winter) lze zvolit zimní mód převodovky, mód S (Standart) tlačítkem S. Dále se u řadicí páky nachází tlačítka na ovládání bočních oken a vypnutí ESP systému.



Obrázek 27 - Volič rychlostních stupňů 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Umístěn na středové konzoli vpravo od řidiče. Volení rychlostních stupňů pouze pohybem nahoru a dolů. Možnost měnit režimy převodovky pomocí tlačítka C/S.



Obrázek 28 - Volič rychlostních stupňů 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Stejně jako u předchozího modelu.



Obrázek 29 - Volič rychlostních stupňů 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Volič je na pravé straně za volantem. Toto umístění může být pro nového řidiče poněkud netradiční. Do režimu D (drive) a režimu R (reverse) se volí pohybem nahoru nebo dolů, pro zvolení režimu N opačná akce k režimu, který je zařazený. Režim P (park) se zvolí stisknutím tlačítka na konci pravé strany páčky.



Obrázek 30 - Volič rychlostních stupňů 213 [20]

Model 214 (2023 - současnost)

Volič je stejný jako u modelu 213.



Obrázek 31 - Volič rychlostních stupňů 214 [20]

3.5 Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů

Model 210 (1994-2003)

Páčku je na levé straně za volantem, stěrače se ovládají pomocí natočení páčky a ostřikovače se zapnou stisknutím tlačítka na konci páčky. Dálková světla se ovládají pohybem od sebe a k sobě. Zapnutí směrových ukazatelů standartně pohybem páčky nahoru a dolů.



Obrázek 32 - Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Umístění i ovládání stejné jako u modelu 210.



Obrázek 33 - Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Rozdíl oproti předchozím modelům v přesunu otočné části pouze na kraj.



Obrázek 34 - Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Ovládání stěračů a ostřikovačů čelního skla stejné jako u přechozího modelu, přibylo zde ovládání stěrače a ostřikovače zadního okna pomocí otočného knoflíku.



Obrázek 35 - Ovládání stěračů, ostřikovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Na stejném místě jako u předchozích modelů. Rychlost stěračů se nastavuje pootáčením drážkovaného válečku na konci páčky, ostříkovače jsou spouštěny tlačítkem na jejím konci. Dálková světla a směrové ukazatele se zapínají stejným způsobem jako u předchozích.



Obrázek 36 - Ovládání stěračů, ostříkovačů, dálkových světel a směrových ukazatelů 214 [20]

3.6 Ovládání světlometů

Model 210 (1994-2003)

Jeho umístění je mezi volantem a dveřmi řidiče. Ovládání pomocí otočného knoflíku. Napravo od knoflíku volič naklopení světlometů pomocí otočného kolečka.



Obrázek 37 - Ovládání světlometů 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Ovládání se nachází na stejném místě jako na předchozím modelu. Nastavení pomocí otočného knoflíku. Napravo od knoflíku ovládání ostřikovačů světlometů pomocí tlačítka.



Obrázek 38 - Ovládání světlometů 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Umístění a ovládání podobně jako u předchozích modelů, nalevo od knoflíku zapnutí zadního mlhového světla tlačítkem.



Obrázek 39 - Ovládání světlometů 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Umístění i funkce stejné jako u předchozích modelů, navíc je zde pouze na pravé straně nastavení intenzity podsvícení otočným drážkovaným kolečkem.



Obrázek 40 - Ovládání světlometů 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Nachází na levé spodní straně od displeje řidiče, oproti ostatním modelům výše. Ovládání režimů probíhá natáčením drážkovaného kolečka, zadní mlhové světlo je zapnuto pomocí tlačítka ve spodní části.



Obrázek 41 - Ovládání světlometů 214 [20]

3.7 Ovládání klimatizace

Model 210 (1994-2003)

Nachází se na středové konzoli napravo od řidiče. Režim a intenzita větrání je volena pomocí otočných knoflíků, teplota pomocí koleček. Rádio ve spodní části ovládané pomocí tlačítek.



Obrázek 42 - Ovládání klimatizace 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Nachází se uprostřed palubní desky napravo od řidiče. Ovládání teploty probíhá natáčením kolečka, intenzita větrání a režim pomocí tlačítek.



Obrázek 43 - Ovládání klimatizace 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Umístění na spodní části středu palubní desky. Nastavování teploty pomocí spodních stříbrných tlačítek směrem nahoru a dolů, teplota se zobrazuje na malém displeji nad nimi. Nad displejem jsou další tlačítka pro nastavení režimu klimatizace nebo odmrazování čelního a zadního skla.



Obrázek 44 - Ovládání klimatizace 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Umístění a funkce podobné jako u modelu 212 s rozdílem, že teplota se zobrazuje na středovém displeji. Je zde také možnost využít ovládání klimatizace pomocí hlasového asistenta.



Obrázek 45 - Ovládání klimatizace 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Ovládání klimatizace probíhá prostřednictvím středového displeje, kde se v menu zvolí ovládání klimatizace. Lze také ovládat pomocí hlasového asistenta.



Obrázek 46 - Ovládání klimatizace 214 [20]

3.8 Nastavení sedadla řidiče

Model 210 (1994-2003)

Částí v podobě sedadla se nastavuje sklon opěrky a výšku sedačky. Otočným knoflíkem se ovládá náklon sedáku. Posuv je nastaven pomocí páčky v pravé přední části sedadla.



Obrázek 47 - Nastavení sedadla řidiče 210 [20]

Model 211 (2001-2009)

Posuv realizován pomocí pohybu páčky směrem nahoru. Naklápění opěrky a sedáku pomocí tlačítek ve tvaru sedadla.



Obrázek 48 - Nastavení sedadla řidiče 211 [20]



Obrázek 49 - Nastavení sedadla řidiče 211 [20]

Model 212 (2009-2016)

Nachází se na dveřích řidiče, vozidlo je vybaveno paměťovou funkcí pro tři řidiče. Opěrka a sedák nastavovány stejnými tlačítky jako u přechozích, přibývá nám zde možnost nastavení polohy hlavové opěrky.



Obrázek 50 - Nastavení sedadla řidiče 212 [20]

Model 213 (2016-2023)

Umístění a funkce stejná jako u modelu 212, přibilo pouze tlačítko na ovládání výhřev sedačky a rozšířené nastavení sedáku řidiče.



Obrázek 51 - Nastavení sedadla řidiče 213 [20]

Model 214 (2023 – současnost)

Toto vozidlo není vybaveno paměťovou funkcí polohy sedadla řidiče, z tohoto důvodu se nachází ovládání sedadla na jeho levé spodní části, jinak by bylo umístění stejné jako u modelu 212 a 213. Kolečko s šipkami slouží pro posuv nebo nastavení výšky sedadla, druhou částí v podobě sedadla se ovládá sklon opěrky a sedáku.



Obrázek 52 - Nastavení sedadla řidiče 214 [20]

4. Závěr

Cílem této práce bylo především zhodnotit praktický vývoj v ergonomii vozidla z pohledu řidiče. Cíle jsem snažil dosáhnout pomocí porovnání vozidla stejné třídy v průběhu 26 let, praktického vyzkoušení všech zmíněných vozidel a zhodnocení změn v uspořádání a ovladatelnosti stěžejních prvků.

U nejstaršího modelu 210 si lze všimnout jednoduchosti, není zde přehršel tlačítek a ovládacích prvků a je poměrně jednoduché se na místě řidiče zorientovat. Problém u tohoto modelu nastává při jízdě v noci, kdy z mého pohledu nejsou ovládací prvky dostatečně podsvíceny a řidič je musí intuitivně hledat. U modelu 211 je celkový pocit téměř stejný, zásadní rozdíl je přesun ovládání klimatizace a podsvícení ovládacích prvků, tlačítka na volantu nejsou podsvícena, ale dají se jednoduše nahmatat a ovládat intuitivně. Největší rozdíl u modelu 212 je přidání středového displeje pro navigaci a rádio, dále rozšířené nastavení sedadla řidiče o polohu hlavové opěrky a paměťové funkce.

Model 213 ukazuje zřejmě největší skok oproti ostatním modelům, je zde vidět velký vývoj v technologiích hned na první pohled, například nahrazení tachometru a palubního počítače za displej. Dále dotykové ovládání na volantu a nahrazení řadící páky páčkou za volantem. Tento vývoj má ale z mého pohledu i negativní dopad na ovladatelnost, řidič je nucen si prostudovat veškeré ovládací prvky, aby mohl vozidlo spolehlivě obsluhovat, jelikož mnoho nastavení probíhá prostřednictvím právě displeje a dotykového ovládání, v menu může být těžké se zorientovat, protože je v něm mnoho možností nastavení. Pokud je ale dobře řidič seznámen s veškerým ovládáním je zde možné konfigurovat opravdu mnoho prvků pro co největší pohodlí řidiče, ku příkladu nastavení jízdního režimu, tuhosti podvozku nebo výkonnostní charakteristiky motoru. U porovnání modelu 213 s modelem 214 nenastalo mnoho změn, viditelné změny jsou pouze zvětšení středového displeje a přesun ovládání klimatizace z analogového na digitální. Oba modely také disponují hlasovým ovládáním, které může řidiči usnadnit obsluhu vozu a dodat mu větší soustředění na vozovku.

Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, František. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlček, 2003. 499 s. ISBN 80-238-8757-2
- [2] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. Ergonomie Optimalizace lidské činnosti. Vyd. 2. Praha: GRADA PUBLISHING a.s., 2002. ISBN 80-247-0226-6
- [3] Rozptýlení pozornosti řidiče [online]
<https://www.czrso.cz/clanek/rozptyleni-pozornosti-ridice/?id=1301>
- [4] CROLLA, David; FOSTER, David; KOBAYASHI, Toshio a VAUGHAN, Nichols. Encyclopedia of Automotive Engineering. 1. Wiley, 2015. ISBN 9780470974025.
- [5] MOTEJL, Otakar. Veřejné cesty: místní a účelové pozemní komunikace. Stanoviska (Kancelář veřejného ochránce práv). Brno: Kancelář veřejného ochránce práv, [2007]. ISBN 978-80-254-0663-2.
- [6] Co je to CAE? [online]
<https://www.appliedfem.cz/faq/co-je-to-cae>
- [7] Kategorie pozemních komunikací dle ČSN [online]
<https://www.czrso.cz/clanek/kategorie-pozemnich-komunikaci-dle-csn/?id=1205>
- [8] (EHK/OSN) č. 94 [online]
<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42010X0528%2803%29>
- [9] OSN č. 137 [online]
<https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=42020X0576>
- [10] Aluminum helped cut 716.5 pounds out of 2017 Q7 on sale soon [online]
<https://www.repairerdrivennews.com/2015/12/28/audi-aluminum-helped-cut-716-5-pounds-out-of-2017-q7-on-sale-soon/>
- [11] Airbag zachraňuje životy již 45 let. Víte, jaké druhy existují? [online]
<https://www.autorevue.cz/airbag-zachranuje-zivoty-jiz-45-let-vite-jake-druhy-existuji>
- [12] HISTORIE ERGONOMIE OD STAROVĚKÉHO ŘECKA A EGYPTA AŽ PO SOUČASNOST [online]
<https://www.bezpecnostprace.info/ergonomie/historie-ergonomie/>
- [13] BUBB, Heiner, Klaus BENGLER a Rainer E. GRÜNEN. Automotive Ergonomics. 1. Springer, 2021. ISBN 3658339403.
- [14] VALLDORF, Jürgen a Wolfgang GESSNER. Advanced Microsystems for Automotive Applications 2004. 1. Springer, 2004. ISBN 3662312352.

- [15] SEIFFERT, Ulrich a Lothar WECH. Automotive Safety Handbook. 1. Sae Intl, 2004. ISBN 076800912X.
- [16] Elektronický meteorologický slovník [online]
<http://slovník.cmes.cz/heslo/2044>
- [17] Co lze považovat za účelovou pozemní komunikaci? [online]
<https://www.portalridice.cz/clanek/co-lze-povazovat-za-ucelovou-pozemni-komunikaci>
- [18] Bezpečná komunikace [online]
<https://www.czrso.cz/clanek/bezpecna-komunikace/?id=1693>
- [19] Jak funguje předepínač bezpečnostního pásu? [online]
<https://www.autoforum.cz/technika/jak-funguje-predepinac-bezpecnostniho-pasu-vysokorychlostni-kamera-to-ukaze>
- [20] Vlastní zdroj
- [21] Karoserie
<https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie#&gid=1&pid=2>
- [22] Fitment of constant wear lifejackets with seatbelts in aircraft
<https://www.atsb.gov.au/publications/safety-advisory-notice/2024/fitment-constant-wear-lifejackets-seatbelts-aircraft>
- [23] CTK sound insulation for cars
https://www.facebook.com/ctk.soundinsulation/photos/sound-insulation-for-carsnoise-isolation-is-a-very-important-step-in-tuning-the-641570632701431/?paipv=0&eav=Afb0AgtGtmkat15ClkgJo6KLeAPxZs6VL7_ycyg7Zv3KihVBiEaJ97souwvgJsWyi2o&_rdr