

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Využití moderních audiovizuálních technologií pro  
ovládání osobních vozidel**

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Hruška, Ph.D.

Autor práce: Vojtěch Karásek

PRAHA 2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Vojtěch Karásek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Využití moderních audiovizuálních technologií pro ovládání osobních vozidel**

Název anglicky

**Using modern audiovisual technology to operate passenger vehicles**

---

### Cíle práce

Cílem práce je ověřit možnost využití moderních audiovizuálních technologií pro potřeby ovládání osobního vozidla. Konkrétně bude posuzováno možné využití dotykových panelů pro ovládání nového typu na bázi Škoda Superb.

### Metodika

Autor práce bude vycházet z konceptu, navrženého pro nový model vozu Škoda Superb. Za pomoci programu Siemens Tecnomatix Jack bude autor ověřovat všechny ergonomické parametry tohoto řešení, jako je dosah, výhled nebo světelná expozice. Výsledkem práce by mělo být ergonomické zhodnocení navrženého řešení a návrhy možných úprav. Práce bude probíhat ve spolupráci se společností EDAG Engineering CZ.

**Doporučený rozsah práce**

50-60 stránek včetně příloh

**Klíčová slova**

multifunkční panel, kokpit, řidič, dosah, výhled

---

**Doporučené zdroje informací**

BHISE, Vivek D. Ergonomics in the automotive design process. Boca Raton, FL: CRC Press, c2012. ISBN 14-398-4210-8.

Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9.

CHUNDELA, L. : ERGONOMIE. ČVUT, Praha 2001, ISBN-80-01-02301-X.

RUTRLE, J. : Přístrojová optika, 1. Vydání, Brno, IDV PZ, 2000, 189 str.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Michal Hruška, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

**Konzultant**

Ing. Jakub Topor (EDAG Engineering CZ)

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2017

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2017

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2017

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Využití moderních audiovizuálních technologií pro ovládání osobních vozidel** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

4. 4. 2017 .....

## **Poděkování**

Chtěl bych na tomto místě poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Michalu Hruškovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady, konzultace a celkový přístup k vedení této práce.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá řešením moderní audiovizuální technologie pro ovládání osobních vozidel z hlediska ergonomie. Konkrétně jde o dosahové a výhledové možnosti nového konceptu středového LCD panelu navrženého společností EDAG Engineering CZ pro nový model vozu Škoda Superb. Faktory, které tyto ergonomické parametry ovlivňují, jsou popsány v teoretické části. Jedná se o člověka, techniku a schopnost jejich součinnosti. Člověk je popsán z hlediska rozdílnosti jeho rozměrových parametrů. Technika je prezentována hlavně z hlediska návrhu interiéru vozidla. Je zde popsán postup, jakým je navrhováno místo řidiče spolu s ovládacími prvky. Pro zpracování výzkumu popsaného v praktické části je využito počítačového programu Siemens Tecnomatix Jack.

## **Abstract**

The present diploma thesis analyses solutions of modern audiovisual technologies for controlling passenger cars in terms of ergonomics. Specifically, this is an issue that concerns the options of the accessibility and prospects of a new concept of the centre LCD panel designed by EDAG Engineering CZ for a new model of Škoda Superb. The factors influencing these ergonomic parameters are delineated in the theoretical part. These factors include people, technology and capability of their collaboration. People are described from the perspective of differences of their dimensional parameters. Technology is presented especially with respect to car interior design. The thesis then proceeds to describe the process of designing a driver's seat along with control devices. The research described in the practical part is processed using the computer programme Siemens Tecnomatix Jack.

## **Klíčová slova**

multifunkční panel, kokpit, řidič, dosah, výhled

## **Keywords**

multifunction panel, cockpit, driver, reach, wiew

# Obsah

Úvod .....	9
<b>1 Ergonomie a interiér vozidla.....</b>	<b>10</b>
1.1 Ergonomie .....	10
1.2 Metody rozměrového projektování .....	20
1.3 Design interiéru vozidla .....	22
<b>2 Cíle práce a metodika.....</b>	<b>31</b>
2.1 Cíle práce .....	31
2.2 Metodika .....	31
<b>3 Postup měření .....</b>	<b>33</b>
3.2 Výsledky měření – 95% muž .....	40
3.3 Výsledky měření - 50% muž.....	49
3.4 Výsledky měření - 5% muž.....	58
<b>4 Diskuze.....</b>	<b>67</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>71</b>
Seznam použitých zdrojů.....	72
Seznam obrázků .....	76
Seznam grafů .....	79
Seznam tabulek .....	80



## Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zhodnocením možností řidiče, z hlediska jeho dosahů a výhledů v interiéru moderního osobního vozidla. Pro orientaci v této tématice, je potřebné porozumět určitým faktorům, které dané možnosti ovlivňují, což je podrobně popsáno v teoretické části této práce. Hlavním bodem teoretické části je detailní popis řidiče, zejména jeho rozměrové parametry a pohybové možnosti, podle zásad antropometrie. Dalším faktorem ovlivňujícím dosahy řidiče je pozice jednotlivých technických prvků ve vozidle, zejména umístění sdělovacích a ovládacích prvků. Tato část je zohledněna v kapitole, která se zabývá návrhem interiéru. V praktické části této práce je podrobně rozebrán a zhodnocen návrh nového nekonvenčního centrálního informačního panelu, který navrhuje společnost EDAG pro možné další využití ve vozidle Škoda Superb nové generace. Návrhy dodané zadavatelem této studie, společností EDAG, jsou podrobeny detailním rozborům, za pomoci využití programu Tecnomatix Jack. Na základě získaných výsledků bylo možné odborně zhodnotit navrhované řešení a definovat možná východiska pro další vývoj a testování.

# 1 Ergonomie a interiér vozidla

## 1.1 Ergonomie

Termín ergonomie vznikl pravděpodobně složením dvou řeckých slov („Ergon“ – práce) a („Nomos“ – zákon, věda). Jednoduše řečeno je tedy ergonomie vědou o práci. V hlubším pohledu se jedná o mezioborovou disciplínu, která má za úkol optimalizovat pracovní prostředí a techniku v závislosti na fyziologických a psychologických možnostech člověka tak, aby jeho činnost byla maximálně bezpečná a vykonávaná s co nejmenším energickým výdejem. [1] Ergonomie čerpá ze znalostí z celé řady jiných věd a vědních disciplín a snaží o jejich komplexní propojení. Na jedné straně to jsou humanitní vědy (antropometrie, psychologie, sociologie, fyziologie práce atd.) a na druhé straně jsou to vědy technické (statistika, konstrukce, normování, mechanika a kybernetika atd.). [2]

S neustálým vývojem vědy a techniky, který přináší nové technologie, stroje, zařízení i metody práce, rostou požadavky i na člověka, který danou práci vykonává. Velmi často pak dochází k situacím, kdy možnosti a schopnosti člověka nemohou pro obsluhu daných zařízení stačit. Následkem může být fyzické i psychické přetížení, což může vést k selhání nebo dokonce havárii celého systému a možné zdravotní újmě nejen obsluhy tohoto zařízení, ale i okolí. Hlavní úlohou ergonomie proto je, aby již při samotném navrhování strojů a zařízení bylo maximálně přihlíženo ke schopnostem a limitům obecného člověka.

### 1.1.1 Odborné okruhy ergonomie

#### a) Fyzická (Somatická) ergonomie

Zabývá se vlivem anatomie, antropometrie, fyziologie a biomechaniky člověka. Tyto vlivy vyhodnocuje a porovnává s jeho fyzickou aktivitou. Patří sem například hodnocení uspořádání prostoru, opakování jedné konkrétní činnosti a hodnocení výdrže člověka nebo schopnosti dosahu a výhledu v určitých pracovních pozicích.

#### b) Kognitivní

Zaměřuje se na psychické procesy (paměť, motorika, usuzování).

#### c) Organizační

Zaměřuje se na optimalizaci celých systémů, organizačních struktur, strategií, postupů atd. [3]

### 1.1.2 Základní cíle ergonomie

#### Ochrana psychofyziologického zdraví

- Odstranění nesprávných poloh těla a jeho částí při dané činnosti.
- Předcházení zbytečné manipulace s těžkými břemeny.
- Předcházení stresovým situacím vlivem špatné konstrukce technických prvků.
- Snaha o minimalizaci systémových chyb.

#### Bezpečnost práce

- Odstranění únavových a rušivých faktorů (vibrace, hluk atd.).
- Integrace automatických prvků (např.: jízdní asistenti).

#### Zvýšení efektivity práce

- Odstranění zbytečných činností a nadměrné zátěže. [4]

### 1.1.3 Hlavní přínosy ergonomie

- Optimalizace a komfort práce nebo jiných činností.
- Prevence zdravotních obtíží.
- Minimalizace únavy.
- Zvýšení výkonosti.
- Zlepšení kvality prováděných činností. [3]

### 1.1.4 Oblasti využití

Jak již vyplývá z předchozích řádků, ergonomie najde využití skoro ve všech lidských činnostech, a to nejen těch pracovních. Její uplatnění lze nalézt jak v návrhu jednotlivých výrobků, tak i v řešení a optimalizaci pracoviště, na kterém se tyto výrobky budou vyrábět, a v neposlední řadě i při jejich užívání. Jednodušeji řečeno, lidé chtějí používat v práci, ale i v domácnosti a ostatních oblastech života takové přístroje a nástroje, které by se dobře držely, nebyly těžké, snadno se s nimi manipulovalo a zároveň, aby splňovaly určitý estetický dojem.

Technický rozvoj, velkosériová výroba, unifikace dílů náradí a pracovišť vede k větší efektivitě a tím i k větší ekonomické prosperitě. V určité míře však opomíjí variabilitu člověka, ať už z hlediska antropometrických parametrů (fyziologických rozměrů nebo silových schopností) nebo duševních schopností atd. Proto se v současné době jako jedno z hlavních témat v této oblasti prezentuje prevence zdravotních obtíží, a to zejména v průmyslových podnicích. Nové technologie a zařízení sice přebírají těžkou manuální práci, ale pracovníci jsou mnohem častěji vystaveni rizikům spojeným s dlouhodobým nadměrným jednostranným zatěžováním a monotónní prací. U velmi často se opakujících pohybů se může poškození zdraví objevit i při velmi malé části maximální vynaložené síly. Důsledkem toho pak vznikají tzv. muskuloskeletální onemocnění, která postihují svaly, klouby, šlachy, vazy, nervy a kosti a jsou hlavními příčinami vzniku nemocí

z povolání způsobených fyzikálními faktory. Proto jednou z oblastí, ve které se ergonomické poznatky hojně využívají, je návrh a optimalizace pracoviště. Výrobní linka, interiér vozidla či kokpit letounu, před počítačem v kanceláři ale i na pracoviště na operačním sále, to jsou všechno místa, pro které se mohou dělat a dělají ergonomické analýzy. Je mnoho způsobů, jak tyto analýzy provádět, jako neoptimálnějším se však dnes jeví využití ergonomických softwarů a tzv. digitálních modelů člověka, které vycházejí z dosavadních ergonomických poznatků. [5]

### 1.1.5 Software používaný v ergonomii

Softwary využívané v ergonomických analýzách umožňují vytvořit 3D model pracovního prostředí, pracovníka i pracovní činnosti (viz obr. 1) a analyzovat jejich vzájemné vazby z hlediska ergonomie, fyzické zátěže pracovníka a také z hlediska efektivity práce. [6] Dokáží tedy propojit jak fyzické, tak i organizační okruhy ergonomie.

*Obr. 1 Umístění digitálního modelu člověka do pracovního prostředí*



[14]; [15]

Umožňují zjistit potřebné síly, dosahy, úchopy, viditelnost, únavu, zatížení končetin, spotřebu metabolické energie, komfort polohy, odhadnout kdy hrozí nebezpečí poranění nebo umožňují předpovědět čas potřebný

k vykonání úkolu (viz obr. 2). Tím lze predikovat vhodnou pracovní polohu, optimalizovat rozmístění prvků v kokpitu a také ověřit sestavitelnost a rozebiratelnost dílů. Zjištěné hodnoty mohou být následně porovnány s příslušnými normami a doporučeními vyplývajícími z legislativy, a také s údaji z rozsáhlých ergonomických studií. Ty mohou být také součástí těchto softwarových nástrojů, viz obr. 2. [7]

Obr. 2 Hodnocení zátěže v důsledku polohy těla (RULA)



[16]

Mezi největší výhody této metody patří nalezení ergonomických i funkčních problémů již v rané fázi vývoje, ještě před stavbou prvních prototypů. Tím se dají výrazně ušetřit náklady a čas. S tím souvisí i často opomíjená část životního cyklu výrobků, kterou je údržba. Mnoho výrobků je postaveno bez uvážení toho, že je jednou bude někdo opravovat a udržovat, ačkoli náklady spojené s údržbou v průběhu života výrobku mohou být značné. Další výhodou dozajisté je, že virtuální simulace může sloužit pro velmi rychlou tvorbu manuálů a instruktážních postupů, které mohou sloužit pro zácvik nových pracovníků.[7]

Celý proces simulace však nemusí probíhat výhradně virtuálně. S pomocí speciálního obleku, který dokáže snímat pohyby lidského těla, lze zasadit skutečného člověka do digitálního prostředí a v reálném čase zaznamenávat jeho pohyby a reakce pro daný úkon (viz obr. 3). [7]

Tímto způsobem lze také do jisté míry kompenzovat slabinu takto prováděných ergonomických analýz. A to, že se v nich prozatím nedají dostatečně zohlednit parametry jako teplo, vlhko, proudění vzduchu, osvětlení nebo hluk, které také výrazně ovlivňují pohodu a komfort člověka v pracovním prostředí. [8]

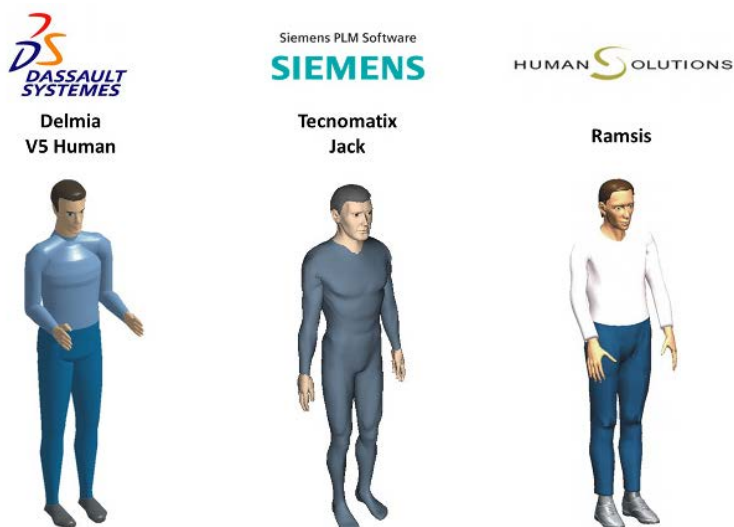
*Obr. 3 Zasazení skutečného člověka do virtuální reality*



[17]; [18]

V současné době jsou nejznámější a nejpoužívanější digitální modely člověka obsažené v softwarech Delmia (Dassault Systemes), Tecnomatix (Siemens PLM) a Ramsis (Human Solutions).

*Obr. 4 Současně nejpoužívanější digitální modely člověka*



[5]

Ačkoliv se mohou tyto modely zdát zcela odlišné, jejich funkčnost je velmi podobná. Každý z těchto digitálních modelů člověka se skládá přibližně ze 70 segmentů. Ke každému z těchto segmentů existují minimálně 2–3 stupně volnosti umožňující pohyb v různých směrech. Celkem je tedy možné manipulovat až se 140 stupni volnosti, což umožňuje manipulovat s digitálním modelem úplně stejně jako s živým člověkem. [5]

Při definování postavy můžeme zvolit, zda má pracovník být muž či žena, jaká je jeho/její tělesná výška a váha, či k jaké národnostní skupině patří. Designéři nebo ergonomové tak mohou do svých analýz zahrnout různé populace, jako například Evropany, Američany nebo Asiaty. Je možné také nedefinovat postavu podle konkrétních rozměrů jednotlivých tělesných částí. Tím lze při hodnocení pracoviště vytvořit obraz fyziologicky zcela stejného pracovníka, který daný úkon provádí nebo provádět teprve bude. [5]

### **1.1.6 Antropometrie**

Antropometrie je věda, zabývající se fyziologickými parametry člověka a jejich statistickým hodnocením. Tématem výzkumné části této práce jsou pouze dosahy řidiče v interiéru vozidla, a proto není nutné popisovat komplexní fyziologické parametry člověka, jako jsou například parametry somatické či energetické. Pro dané téma nejsou údaje o hmotnosti či energetickém výdeji tolik podstatné. Nejsou zde uvedeny ani smyslové a psychické parametry ze stejného důvodu, ačkoli pro ucelený přístup ergonomie jsou tyto údaje také velmi důležité.

Zásadní snahou ergonomie je býti protiváhou tzv. „mechanocentrického“ přístupu, kdy je člověk nucen se přizpůsobit stroji. Naopak prosazuje přístup, kdy technika musí respektovat omezení a limity člověka, a to jak fyzické tak i psychické, tzv. „antropocentrismus“. Obor, který se zabývá měřením, popisem a rozbořením lidských parametrů se nazývá antropometrie. [2]

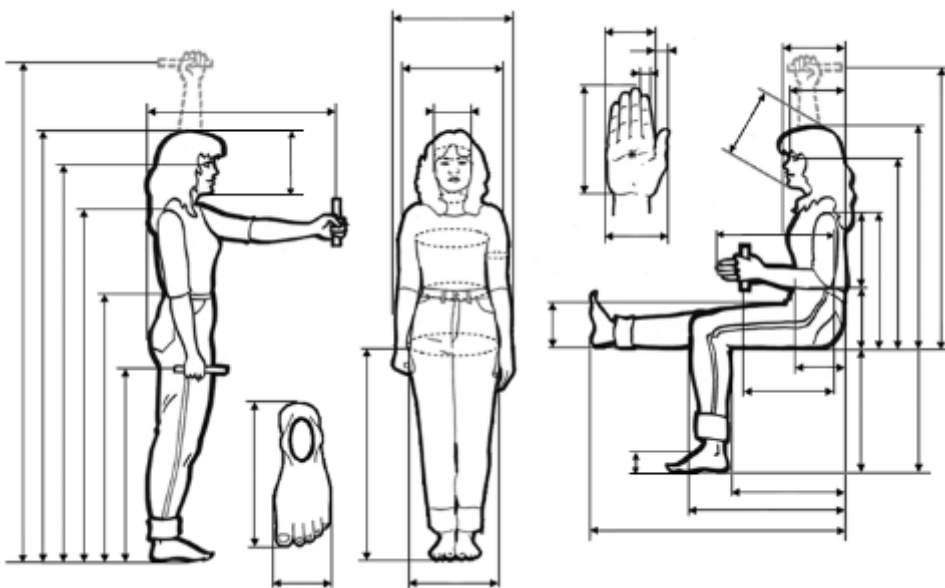


### 1.1.7 Rozměrové parametry člověka

Jelikož každý člověk je svým způsobem unikát, jsou i rozměry každého jedince rozdílné. Pro ergonomii je tedy důležité nevycházet pouze z průměrných hodnot rozměrů člověka, ale respektovat i menší a větší postavy. K tomu slouží tzv. percentily. Například, když člověk spadá do kategorie 5% percentilu, tak to znamená, že pouze 5 % populace má menší rozměr, než tento konkrétní člověk. [2]

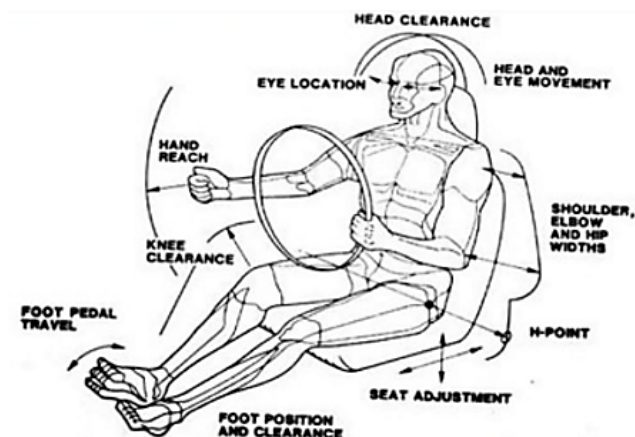
Mezi rozměrové parametry patří rozměry délkové, šířkové a obvodové rozměry lidského těla a jeho částí. Z takto získaných dat se dají určit například dosahové zóny. Vznikají databáze, kde se naměřená data shromažďují, a ze kterých vycházejí různá doporučení nebo normy, například pro výškové uspořádání pracovišť. [3] Měření může probíhat staticky, tedy podle standardizovaných statických poloh (viz obr. 5) nebo může probíhat funkčně (dynamicky), tedy měření v konkrétní pracovní pozici (viz obr. 6). [9]

Obr. 5 Základní statické rozměrové parametry člověka



[19]

Obr. 6 Dynamické měření rozměrů v pozici řidiče

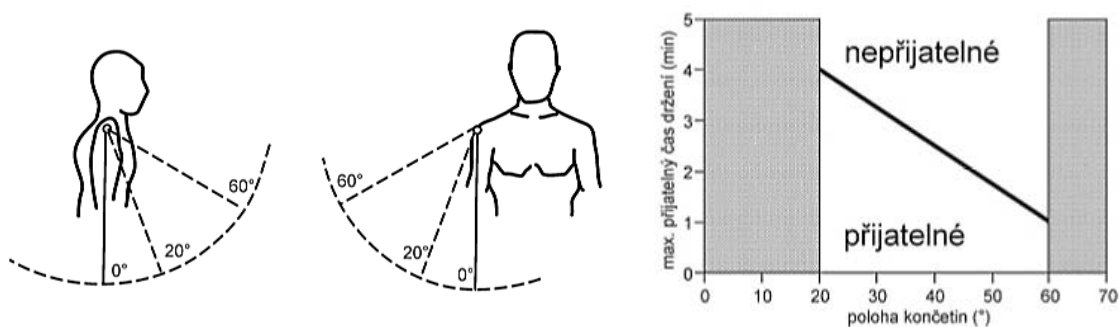


[13]

### 1.1.7.1 Pohybové parametry člověka

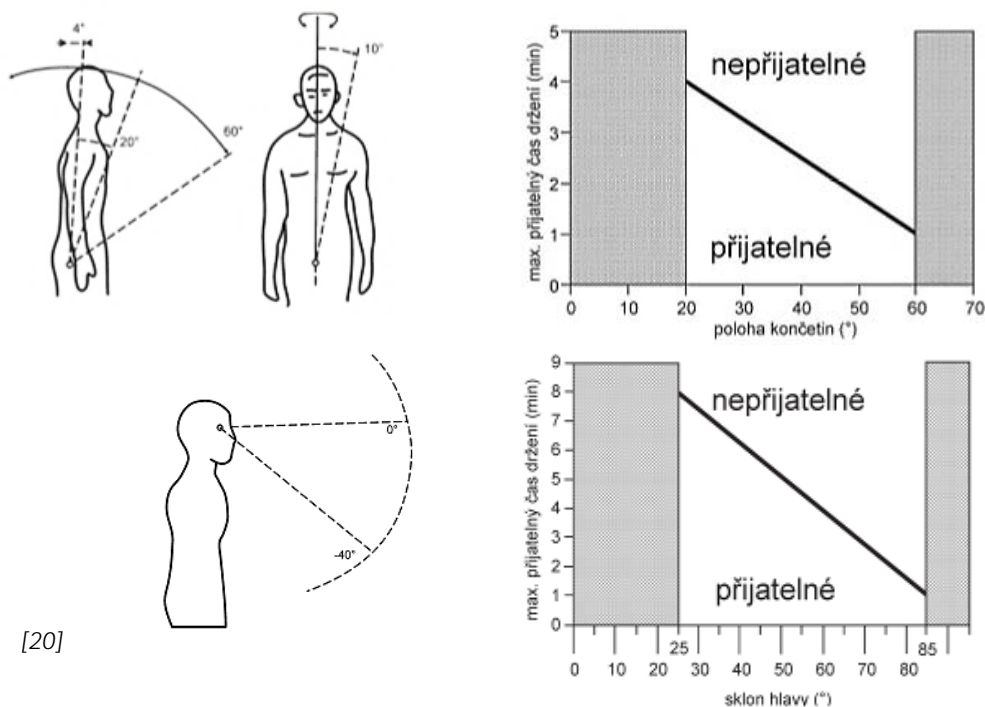
Při projektování či hodnocení techniky je nutné brát v úvahu i pohyblivost částí lidského těla. Jednotlivé pohyby se hodnotí z hlediska zátěže a pohodlnosti pozice, většinou v závislosti na čase a zatížení. K tomu se dají využít různé ergonomické analýzy, např. RULA. Pro případ této práce je nejdůležitější ohýbání a rotace, a to zejména horní části trupu, hlavy, krku a paží. Optimální polohy v závislosti na čase jsou uvedeny na obr. 7 a 8.

Obr. 7 Optimální poloha horních končetin



[20]

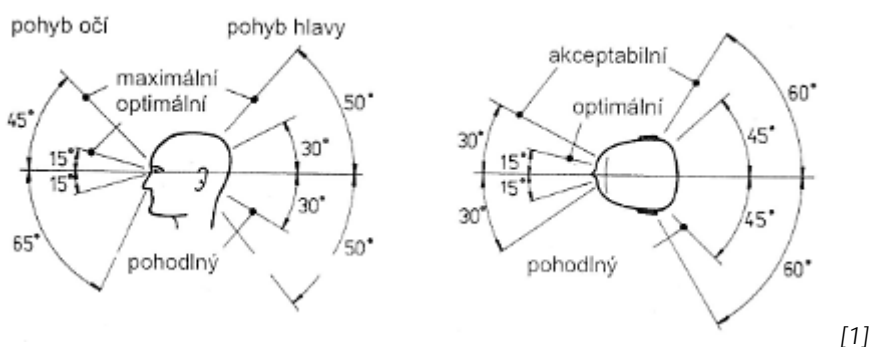
Obr. 8 Optimální poloha hlavy a trupu



[20]

Pro pohledové pole (oblast, kterou vidíme, pohybují-li se pouze oči, nikoli hlava) a pro rozhledové pole (oblast, kterou vidíme pomocí pohybu očí i hlavy) jsou optimální i maximální úhlová rozmezí uvedena na obr. 9. [1]

Obr. 9 Úhlové rozmezí pro pohyby očí a hlavy



[1]

Součástí ergonomických softwarů jsou i nástroje, sloužící k hodnocení určité polohy z hlediska pohodlí. Například v programu Tecnomatix Jack je možné posoudit aktuální pozici virtuálního modelu řidiče pomocí různých databází, a to jak podle polohy jednotlivých částí těla, tak i co se týče celkové polohy.

## 1.2 Metody rozměrového projektování

Při navrhování stroje, pracoviště, nábytku atd. je možné použít několik metod, různě přesných i pracných. Jaká metoda je pro daný účel nejvhodnější, závisí na tom, co konkrétně navrhujeme, v jakém množství je plánována výroba, jaká je vazba mezi strojem a člověkem (jednoduché či složité ovládání), jak dlouho bude člověk stroj používat a za jakých podmínek, a v neposlední řadě, kdo jej bude používat (amatér - profesionál). Jednotlivé metody jsou zmíněné od té nejjednodušší a nejméně přesné. Zároveň se však metody vzájemně nevylučují a mohou se doplňovat. Výše už je stručně popsáno a uvedeno jako nejoptimálnější řešení projektování pomocí počítačového modelování, avšak to má ve srovnání s ostatními metodami jednu výraznější slabinu, a tou je počáteční investice na pořízení modelovacího softwaru pro ergonomické analýzy.[2]

### a) Odhad

Vychází se pouze ze subjektivního hodnocení situace a vlastních zkušeností. Tento způsob však vyjma náhody nekončí kvalitním ergonomickým řešením. [2]

### b) Kopírování podobných řešení

Tento způsob využívá převzetí řešení z jiných koncepcí, avšak s rizikem, že nemusí zcela vyhovovat. Příkladem špatného použití, může být řešení interiérů vozidla asijské značky stejné pro domácí i evropský trh a naopak. [2]

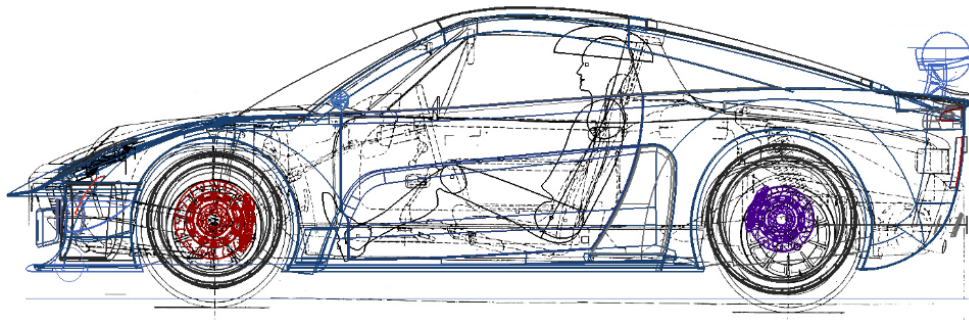
### c) Použití doporučených hodnot

Vychází se z tabulkových rozměrů člověka, z různých údajů ergonomické literatury atp. [2]

### d) Somatografie

Vychází se ze zakreslení lidských postav (minimální, průměrné, maximální) do výkresu, tím se dají získat limitující rozměry stroje nebo pracoviště (viz obr. 10). Využívají se k tomu šablony ve 2D formě, a to jak v elektronické podobě, tak i v reálné. Výhodou této metody je názornost a rychlost, na druhé straně dochází k určitému zjednodušení, protože šablona nedokáže dostatečně pružně simulovat např. pohyblivost lidského těla. [2]

*Obr. 10 Využití šablony lidské postavy při návrhu vozidla*



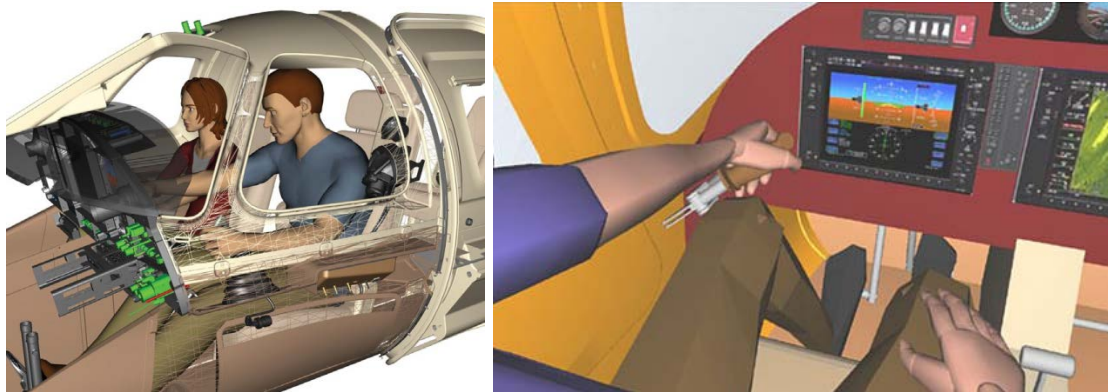
[21]

### e) Modelování

Jedná se o nejpřesnější metodu, zároveň však také nejpracnější. Modelování dané situace se nejprve provádí pomocí počítačového softwaru ve virtuálním prostředí, kdy je možné oproti předchozí metodě lépe vyhodnotit celé 3D prostorové uspořádání. Například, zda nedochází ke kolizím mezi jednotlivými prvky atd. Dále můžeme do tohoto virtuálního prostředí vložit digitální model člověka a zkoumat potřebné rozměry dosahy, přístupy, viditelnost jednotlivých prvků atd.

(viz obr. 11). Nebo lze, pomocí konkrétních lidí a speciálních obleků se snímači, získat tyto parametry pro konkrétní postavy. [2]

Obr. 11 Umístění postav do kokpitu pomocí počítačového programu



[22]; [23]

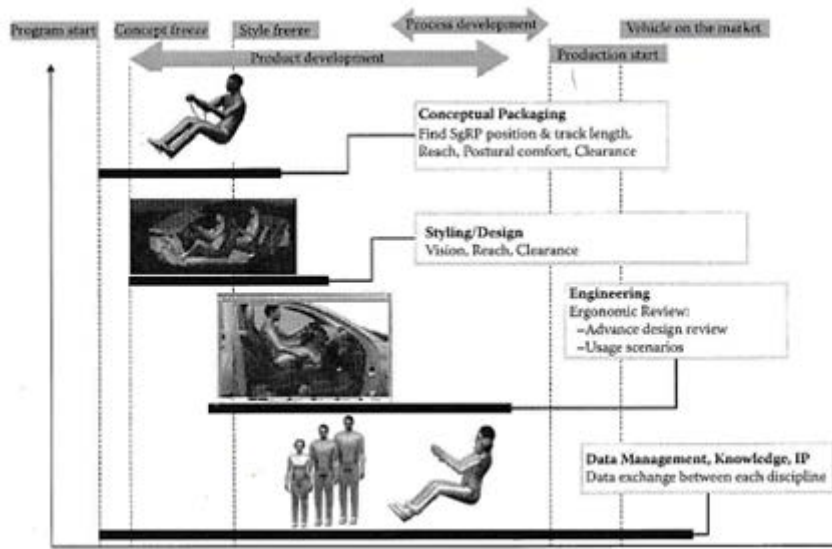
### 1.3 Design interiéru vozidla

#### Úvod do kapitoly:

V této kapitole se začínají promílat informace z předchozí kapitoly s praktickou částí této diplomové práce. Tedy, jak souvisí ergonomie s návrhem interiéru vozidla, jak jsou dosahy řidiče spojené s jeho polohou ve vozidle, jak se určuje správná poloha řidiče v závislosti na antropometrii, a jaké metody se při návrhu používají. Postup návrhu interiéru je zde tedy zaměřen hlavně na polohu řidiče, zejména co se týče ergonomie. Konkrétně na horní části jeho těla, v závislosti na dosahu ovládacích prvků, a to i přesto, že celá problematika je mnohem rozsáhlejší.

Návrh interiéru vozidla má celou řadu vstupních požadavků, od funkčnosti, bezpečnosti, ergonomie, komfortu, použitých technologií a materiálů až po určitý estetický dojem. Pro pokrytí těchto požadavků má každá automobilka své specifické postupy, avšak velice obecně je možné je vyjádřit schématem (viz obr. 12).[10]

Obr. 12 Obecný postup při návrhu interiéru vozidla



[13]

Interní směrnice automobilek vycházejí jednak z doporučení SAE (viz kap. 1.3.1.2), tak ze svých dosavadních zkušeností z vývoje automobilů, a také ze srovnání s konkurenčními výrobky. [10] Při návrhu interiéru vozidla musejí designéři vycházet z koncepce celého vozu, kterou jsou do jisté míry omezeni. Možnosti jsou rozdílné napříč kategoriemi vozů, a to hlavně rozměrové, kdy například u SUV mají designéři volnější ruce, než u sportovního sedanu. Prostorové řešení záleží na tvaru karoserie, typu pohonu, rozsahu celkového vybavení, objemu kufru ale i jiných náležitostech, jako komfort, jízdní bezpečnost atd. [11] Existují však ergonomické nároky pro všechny vozy společné.

- Dostatečný komfort při nastupování a vystupování z vozidla.
- Zajištění geometricky správného sezení.
- Určení vhodných sil a pohybů pro ovládání.
- Vhodný design ovládacích prvků (páky, tlačítka, atd.).
- Vhodný design a uspořádání kontrolních přístrojů.
- Zajištění dobrého výhledu.
- Snížení vibrací a hluku.

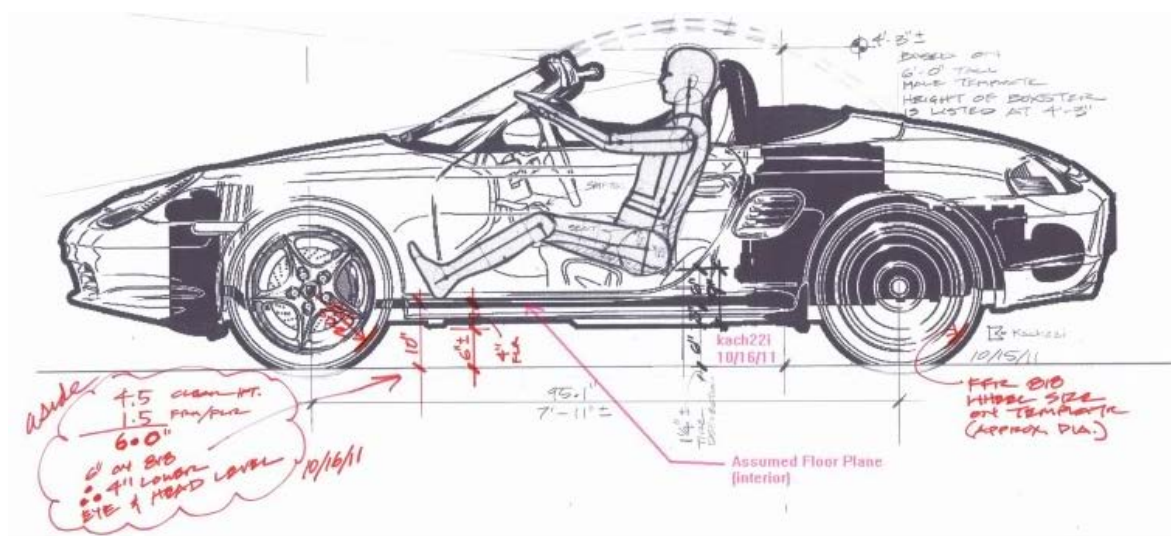
- Zajištění pasivní bezpečnosti.
- Zajištění optimálního mikroklima (teplota, vlhkost vzduchu, atd.) [1]

Co se týče zajištění geometricky správného sezení, tak nejdůležitější je jednoznačně návrh místa řidiče. Jeho poloha těla je totiž jednoznačně určena vzájemným vztahem mezi geometrií sedadla a umístěním hlavních ovladačů (volant, pedály, řadicí páka). Zatímco spolucestující si mohou svoji tělesnou pozici upravovat i během jízdy. [1]

### 1.3.1 Poloha řidiče – 2D geometrie a základní rozměry

Celý proces návrhu místa řidiče začíná zakreslením postavy do výkresu nebo do skic, ke zjištění zásadních limitujících rozměrů (viz obr. 13).

Obr. 13 Zakreslení 2D postavy do náčrtu



[24]

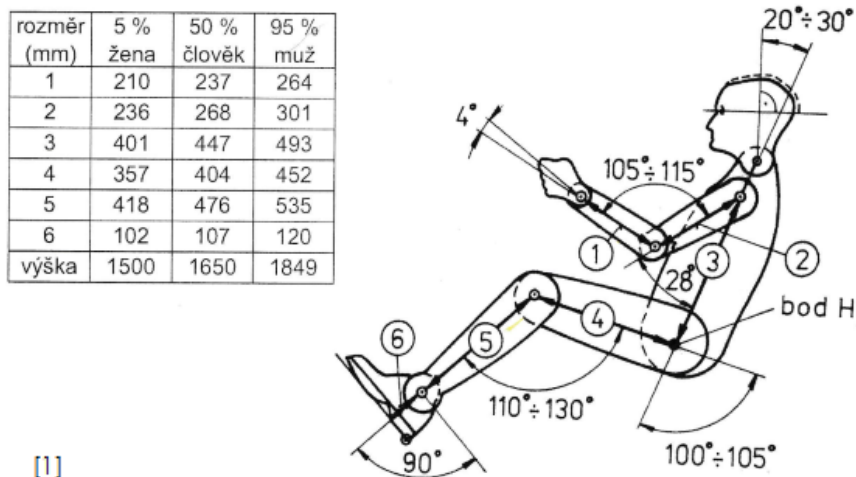
K tomu se využívají dvourozměrné šablony, které vycházejí jednak z norem, z doporučení SAE a jednak z interních směrnic jednotlivých automobilek.

Nejdůležitějším bodem šablony je tzv. bod H, což je střed otáčení trupu a stehna. Ten je výchozím parametrem pro určení vztažných bodů, které dále slouží pro nastavení polohy volantu, pedálů, zpětných zrcátek, palubní desky a dalších částí, pro zajištění dostatečného prostoru, pohodlí



a bezpečí pro široké spektrum řidičů. K definování tohoto bodu se využívají trojrozměrné figuríny napodobující antropometrické znaky sedícího dospělého muže i ženy (viz obr. 14, 15)

Obr. 14 Rozměry figuríny podle doporučení SAE J833 a normy VDI 2780



[1]

Figurína má délkově nastavitelné určité části podle stanovených rozměrů jednotlivých velikostních skupin, co se týče percentilového rozdělení. Dále je opatřena úhloměrnou stupnicí pro měření úhlů (trupu, kolen, chodidel), závažím o hmotnostech příslušných částí těla umístěných v jejich těžišti pro získání údajů o pružení sedadla, a dvěma vodováhami pro orientaci figuríny v prostoru. [1]

Obr. 15 Trojrozměrná figurína



[25]; [26]

### 1.3.1.1 Vztažné body

Mezi vztažné body, tedy body pevně spojené s vozidlem, počítáme projektovaný vztažný bod sezení R (v amerických normách označovaný též SgRP (SRP) – Seating Reference Point), který znázorňuje bod H šablony umístěné v zadní a nejnižší poloze rozsahu seřízení sedadla (viz obr. 16). Druhým vztažným bodem je patní bod F (viz obr. 16). [1] Tyto dva referenční body, jejich svislá a vodorovná vzdálenost, slouží k určení základní polohy řidiče, od které se odvíjí výchozí kontura hlavy důležitá pro tvar střechy, pozice oční elipsy, důležitá pro zjištění výhledových úhlů, dále pro určení dosahů rukou, pro správné umístění ovládacích prvků a pro určení správné pozice pedálů. [11] Ve chvíli, kdy máme tyto body zjištěny, můžeme s využitím softwaru vytvořit virtuální model člověka a podle získaných parametrů začít vytvářet virtuální prostor okolo. [9]

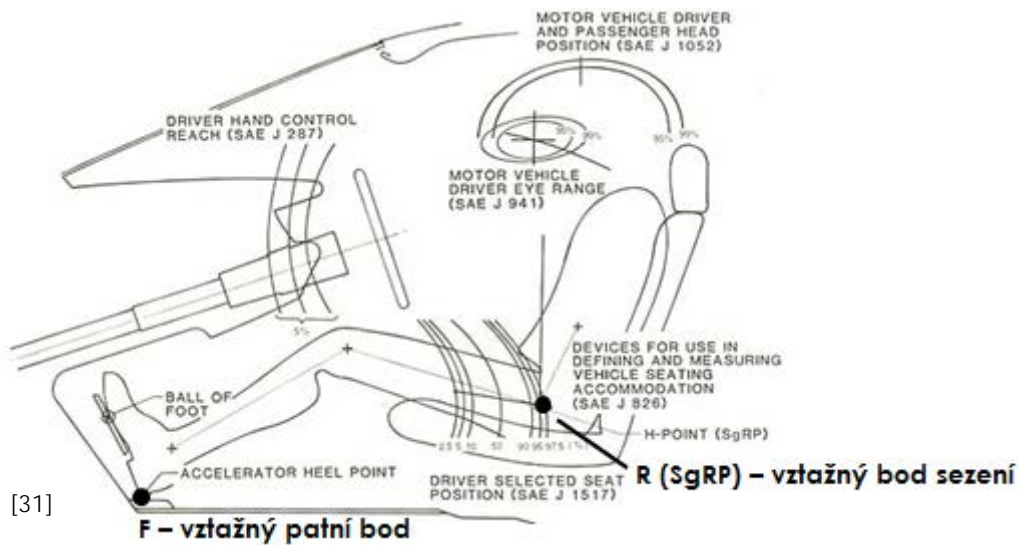
### 1.3.1.2 SAE (Society of Automotive Engineers)

Jedná se o profesní sdružení odborníků zabývajících se oblastmi leteckého, automobilového a dopravního průmyslu. Cílem je tvorba standardů a vzdělávání v těchto oblastech. [12]

Ačkoli každá automobilka má mnoho svých postupů a směrnic pro návrh vozidla, standardy SAE jsou základem pro mnoho z nich. Níže jsou uvedeny standardy týkající se interiéru vozidla (viz také obr. 16). [13]

- J 287 - maximální dosahové zóny
- J 383 - zóny pro nastavení sedadel
- J 826 - 2D šablona pro umístění osob
- J 941 – dosah očí řidiče (oční elipsy)
- J 1052 – pozice hlavy řidiče a cestujících
- J 1100 – rozměry vozidla
- J 1516 – vztažné body (R (SgRP), F atd.)
- J 1517 – poloha sedadla [13]

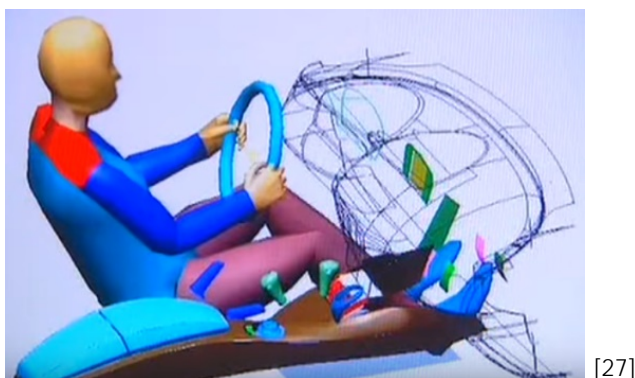
Obr. 16 Schematické znázornění SAE standardů pro interiér vozidla



### 1.3.2 Poloha řidiče – 3D virtuální model

Dalším krokem je podle získaných údajů z předchozího kroku vytvořit virtuální model interiéru pomocí CAD programů a zasadit do něj virtuální model člověka v některém z ergonomických programů (viz obr. 17). Hlavní výhodou tohoto kroku je, že místo řidiče může být navrženo a hodnoceno z hlediska mnoho vstupních parametrů (řidiči reprezentující různé tvary, velikosti a populace) a to bez nákladné tvorby fyzického prototypu. Je možné tak vytvořit množství variant, které mohou projít posouzením ostatních oddělení, které se podílejí na celkovém vzniku vozidla. Programy jsou vybaveny množstvím nástrojů, které jsou zaměřeny přímo na umístění řidiče ve vozidle (dosahy, rozhledové úhly, komfort pozice, síly pro ovládní primárních a sekundárních ovladačů, atd.). [9]

Obr. 17 Zasazení virtuálního modelu člověka do interiéru vozu



### 1.3.3 Poloha řidiče – první prototyp

V tomto kroku je postaven fyzický model interiéru vozidla s přesností pár milimetrů, do kterého se umísťují konkrétní lidé (viz obr. 18). Důležité aspekty a parametry jsou tvořeny s co možná největší přesností, naopak aspekty, které nepatří mezi kritické, jsou vyjádřeny pouze v hrubé formě (např. použité materiály). Hodnocení se skutečnými zástupci jednotlivých skupin budoucích uživatelů v reálném prostředí může upozornit na problémy, které nebudou patrné při používání virtuálního modelu člověka. To mohou být například problémy spojené s komfortem v delším časovém úseku nebo vlivy únavy. Tyto modely mohou jak být statické, tak i dynamické. Statické jsou vytvořeny v laboratoři a využívají se předně pro získání dat o komfortu při nastupování a vystupování, a pohodlí pozice řidiče. Dynamický model podává informace ze skutečného provozu, kdy se interiér může zabudovat do staršího modelu vozidla a snímá se a hodnotí chování řidiče v reálném čase. [9]

*Obr. 18 Posuzování výhledových úhlů pomocí virtuálních brýlí*

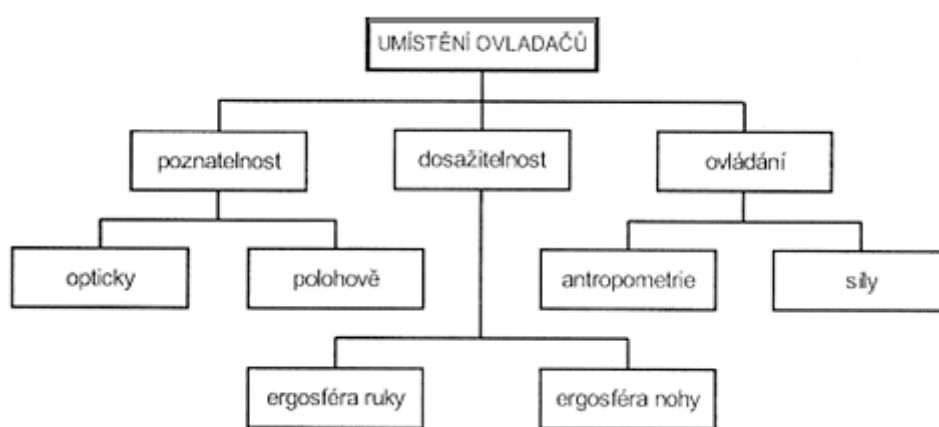


[28]

### 1.3.4 Uspořádání ovládacích a kontrolních prvků

Pracovní místo řidiče musí být uspořádáno tak, aby byla hlavně zaručena spolehlivá obsluha vozidla. K jejímu zabezpečení je potřebné splnit některá kritéria, ty jsou uvedeny na následujícím schématu (viz Obr. 19). Mezi ovladače se počítají například volant, pedály, řadicí páka, ruční brzda, osvětlení, signalizace, stahování oken, topení, displeje atd. [1]

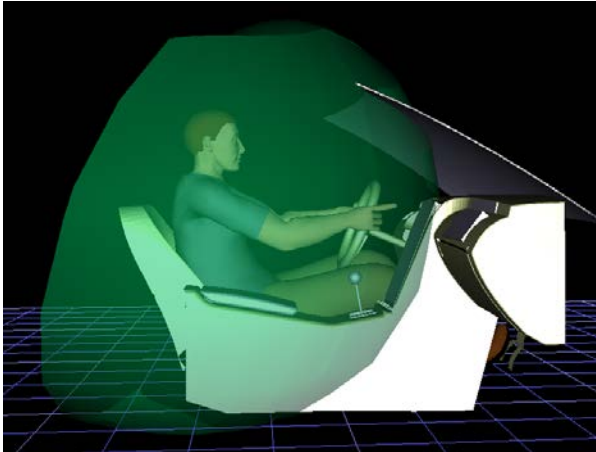
Obr. 19 Kritéria pro umístění ovladačů



Zdroj: [1]

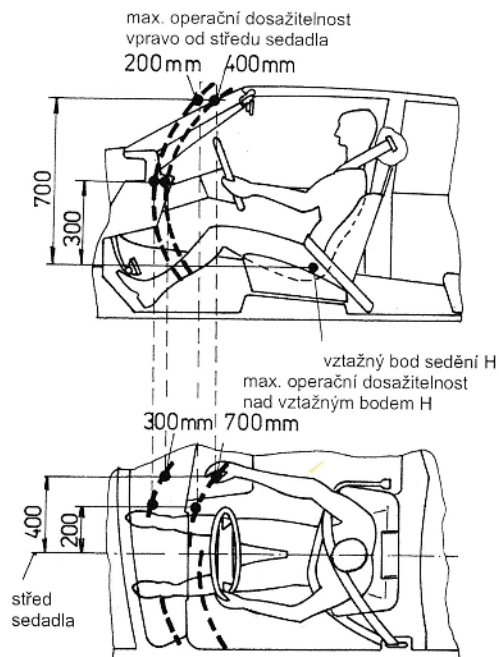
Co se týče dosažitelnosti, tak ta je určena prostorem, ve kterém je člověk schopen při optimální pozici sezení a při zapnutých pásech vykonávat příslušné ovládací úkony. Tento prostor je nazýván ergosféra. Dosažitelnost závisí i na antropometrických mírách a druhu ovladače (např. tlačítko může být umístěno dále než páka, jelikož nemusí být ovládáno celou rukou). Stanovení ergosféry pro různé četnosti populace řidičů se provádí pomocí ergonomických programů (viz obr. 20).

Obr. 20 Ergosféra řidiče vytvořená pomocí programu Tecnomatix Jack



Existují však doporučení, ze kterých se může vycházet (viz obr. 21). Například, že nejpříznivější ergosféra rukou leží vpředu o něco níže než je ramenní kloub řidiče. Z toho vyplývá, že je nutno uspořádat ruční ovladače v rozmezí 100 až 450 mm nad vztáhným bodem sezení H. Co se týče stranového rozdělení, tak pravá paže řidiče má částečně větší ergosféru než levá paže, ta je totiž do jisté míry omezena bezpečnostním pásem. [1]

Obr. 21 Obrysy dosažitelnosti ovládacích prvků



[1]

## 2 Cíle práce a metodika

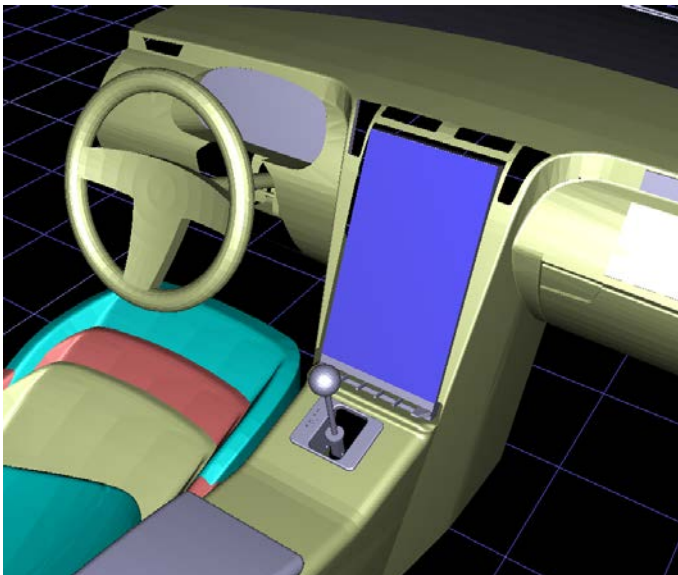
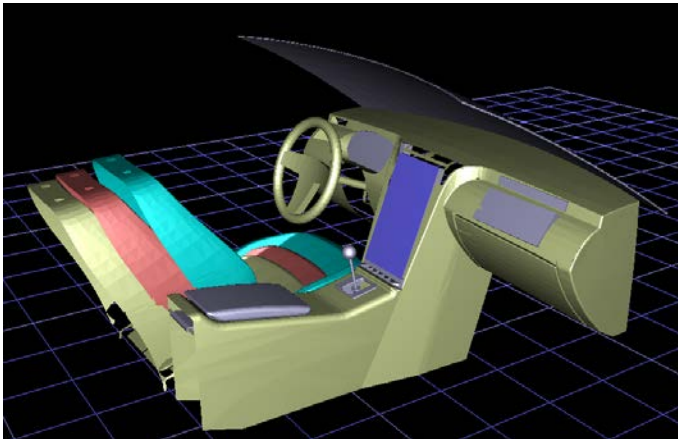
### 2.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce bylo experimentálně ověřit, zda řidič dokáže ovládat dotykový displej umístěný na navrhovaném středovém panelu, co se týče jeho umístění v interiéru vozidla, zda mu nic nepřekáží v zorném poli při jeho ovládní, a to vše pomocí virtuálního modelu interiéru a člověka v programu Tecnomatix Jack od společnosti Siemens. Pozice řidiče byla předem stanovena ve třech polohách sedadla odpovídajícím třem různým velikostním kategoriím člověka (5%, 50% a 95% percentil), aby hodnocení bylo vypovídající napříč rozměrovým spektrem budoucích uživatelů.

### 2.2 Metodika

Model hodnoceného interiéru byl poskytnut firmou EDAG Engineering CZ. Konkrétně jde o nový experimentální model vozu Škoda Superb. Interiér je z důvodu velmi vysokých výpočetních nároků velmi zjednodušen, je tedy zobrazen pouze v jednoduché podobě, bez detailů, nepotřebných částí a bez návaznosti na karosérii (viz obr. 22). Z tohoto modelu nelze tedy hodnotit umístění dalších ovladačů nebo celkovou úroveň ergonomie vozu (např. celkové rozhledové úhly z vozidla). Model obsahuje tři výchozí polohy umístění sedadel podle percentilového rozdělení pro 95, 50 a 5% muže.

Obr. 22 Hodnocený interiér vozidla – polohy sedadel jsou barevně odlišeny



### 2.2.1 V jaké fázi návrhu interiéru vozu se projekt nachází?

Projekt se nachází ve fázi, kdy je vytvořen digitální model vozidla a v návaznosti na něj je vytvořen i model interiéru. Dochází k odlaďování uspořádání ovládacích prvků, konkrétně umístění dotykového displeje (viz kapitola 3.2 a 3.4). Této fázi předcházelo rozhodnutí, jaký koncept pro ovládání infotainmentu, klimatizace a dalších funkcí bude využit. To znamená, že v této praktické části nebude hodnocena správnost nebo nesprávnost použití tohoto řešení. Displej se tedy nebude porovnávat s jinými možnostmi ovládání (ovládání gesty, hlasem, tlačítky, využití head up displeje), a také se nebude hodnotit z hlediska uživatelského rozhraní



a příjemnosti ovládání. Dále se nebere v úvahu materiálové zpracování obrazovky, zda nebude např. docházet k odleskům, pod jakým úhlem bude moci řidič rozpoznat zobrazované údaje atd. Výstupem této práce by měly být vytvořené a popsané dosahové zóny řidiče, v závislosti na poloze jeho sedadla, a zhodnocení, jak velká část displeje tyto zóny profíná. Dále by měla být posouzena rozhledová pole vůči displeji v jednotlivých pozicích, a to zejména tak, zda nějaké prvky neomezují viditelnost celé plochy. V návaznosti na tento výstup by mělo být zhodnoceno, zda je nutné polohu displeje nebo ostatních prvků nějak pozměnit. K ověření těchto teoretických výsledků by bylo možné vytvořit velmi zjednodušený reálný model interiéru vozu a vyzkoušet ho na konkrétních jedincích reprezentujících velikostní kategorie. I když je úroveň programu Tecnomatix Jack velmi vysoká, zcela se nemůže vyrovnat reálným podmínkám. Slouží pouze pro prvotní orientaci před vytvořením velmi nákladných reálných ověřovacích modelů (viz kapitola 3.3).

### **2.2.2 Použitý ověřovací software – Siemens Tecnomatix Jack**

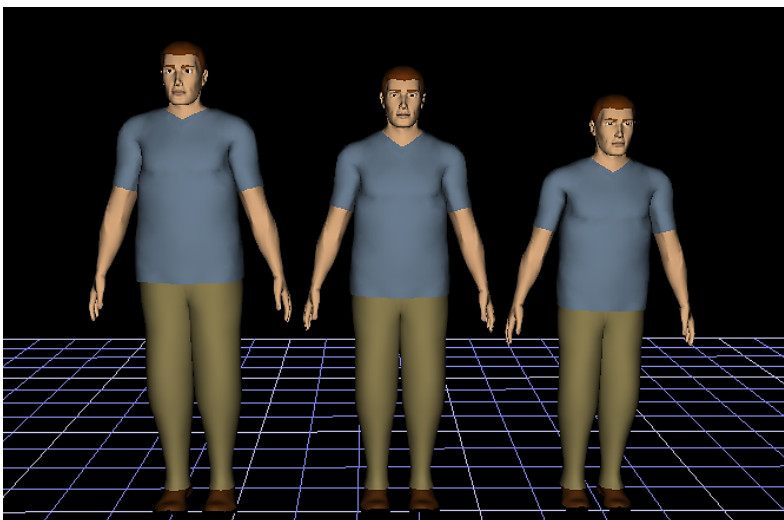
Pomocí programu Tecnomatix Jack je zhodnoceno celé koncepční řešení. Program nabízí celou řadu nástrojů pro ergonomické řešení interiéru vozidla sjednocené pod názvem OPT (Occupant Packaging Toolkit). Použití jednotlivých nástrojů bude popsáno v kapitole o postupu měření.

## 3 Postup měření

### 3.1.1 Výběr virtuálního modelu člověka podle percentilového rozdělení

Celkové řešení bude hodnoceno z hlediska rozměrového i hmotnostního rozdělení populace na základě percentilů 5%, 50% a 95% (více viz kap. 1.6.1), a to pouze pro muže. Zadavatel výzkumu, společnost EDAG, požaduje výsledky pouze pro muže. Poziční rozmístění sedadel poskytnutého modelu neodpovídá statistickým parametrům žen a výsledky pro ženy by tak byly značně zkreslené. Celkem tedy budou hodnoceny pouze tři kategorie, muž (95%, 50% a 5%), (viz obr. 22). Program Tecnomatix Jack nabízí více antropometrických databází, ze kterých se může při výběru percentilových vzorků vycházet. Pro tento případ byla vybrána jako výchozí databáze „German Anthropometric Database: DIN 33402: German Industry Standard, March 2008“, ve které jako v jediné z nabízených je zastoupena evropská populace.

*Obr. 23 Percentilové rozdělení muže 95%, 50% a 5%*

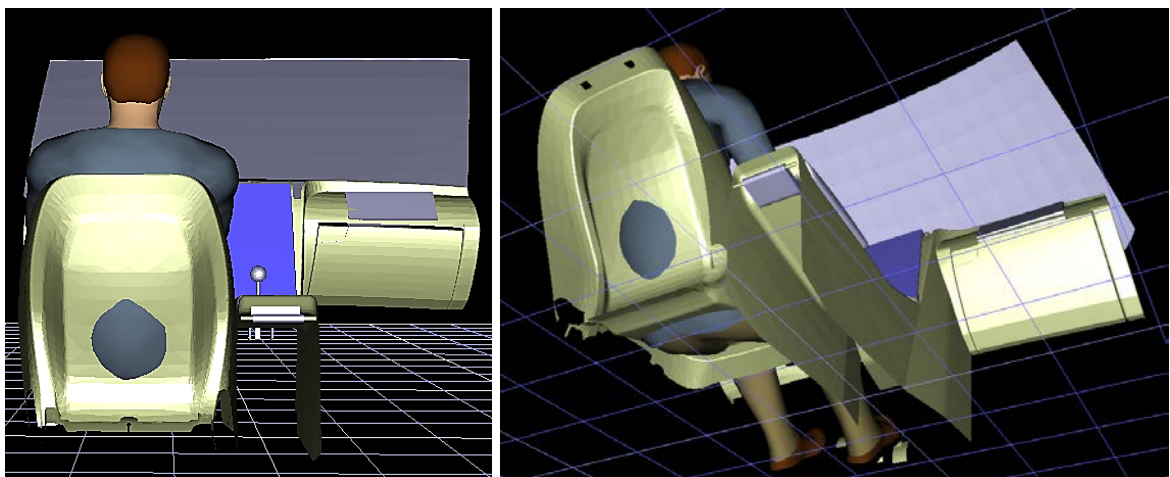


### 3.1.2 Poloha řidiče

Vzhledem k tomu, že model interiéru poskytnutý zadavatelem má přesně dané umístění sedadel, je tím tak dáno i umístění vztažných bodů R (SgRP) a F (viz kap. 1.3.1.1). Stačí tedy umístit řidiče do optimální pozice pro řízení a pomocí bodu H (viz kap. 1.3.1) ho umístit do sedadla. Pro nasimulování pozice pro řízení slouží nástroj „Posture prediction“, který vychází z poznatků výzkumu americké univerzity v Michiganu (UMTRI - University of Michigan Transportation Research Institute). Výzkum byl založen na zaznamenávání nejdůležitějších parametrů pozic řidiče, a to na stovkách dobrovolníků při reálné jízdě nebo při jízdě na simulátoru. Z těchto údajů byly vytvořeny statistické modely, které dokáží odhadnout pozice vztažných bodů R a F vůči sobě a v závislosti na nich i důležité úhly a rozměry, to vše vzhledem k antropometrickým údajům řidiče.

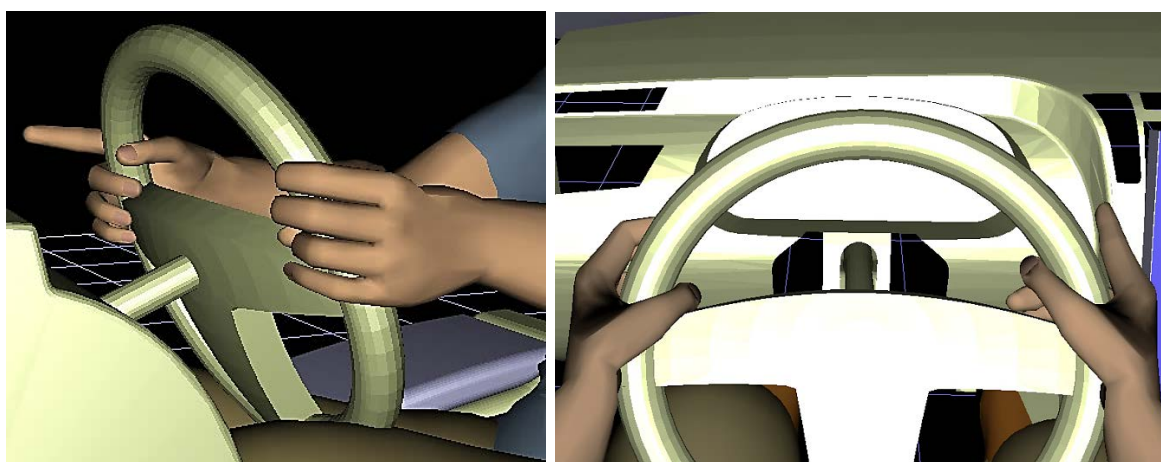
Takto upravený řidič se následně usadí do sedadla a přizpůsobí se konkrétnímu modelu kabiny. Program Tecnomatix Jack bohužel nedokáže simulovat deformaci těla ani ostatních prvků vlivem působení tlaku, takže se například hýždě nepřizpůsobí sedadlu a zároveň polstrování sedadla nepřizpůsobí hýždím. Pro korekci tohoto nedostatku se přistupuje k mírnému zapuštění řidiče do sedačky (viz obr. 24).

*Obr. 24 Zapuštění řidiče do sedačky*



Výchozí pozice rukou, pro určení dosahových zón, byly vybrány pomocí nástroje pro použití předem definovaných pozic, tedy levá ruka objímá věnec volantu (steering grip) a pravá ruka je v poloze, ve které bude ovládat dotykový displej (finger press) viz obr. 25. Následně byly přizpůsobeny konkrétnímu navrhovanému volantu a umístěny do pozice „tři čtvrtě na tři“. Poloha pravé nohy byla upravena tak, aby se chodidlo dotýkalo plynového pedálu.

Obr. 25 Výchozí pozice rukou



Celková pozice se pomocí dalšího nástroje „Comfort Assessment“ vyhodnotí z hlediska její pohodlnosti. Tento nástroj může vycházet z hodnot šesti databází. Pět z nich nabízí hodnocení pohodlí z hlediska úhlů v jednotlivých kloubech, zbylá hodnotí pohodlí podle pozice celého těla.

Pro hodnocení pohodlí konkrétní pozice, z hlediska ohybu jednotlivých kloubů, byla vybrána databáze „Dreyfuss 2D“ [29], která bude považována za primární. Jako doplňkové hodnocení, pro názornost, bude použita databáze „Krist (1994)“ [30], která hodnotí pozici těla jako celku. Obě databáze vycházejí z jiné metodiky, jejich výsledky se tak mohou v určitých ohledech lišit. Jejich srovnání však může poskytnout důležité údaje ergonomům využívajících programu Tecnomatix Jack, aby při svých závěrech nebyli zaměřeni jen na určitý typ výsledků.

## **Dreyfuss 2D**

Tato databáze vychází z dat více výzkumů, mimo jiné i z údajů pořízených NASA [29]. Vzhledem k této skutečnosti bude brána jako primární a určující. Výstupem bude graf (viz např. graf 1), ve kterém bude popsán výchozí komfortní úhel pro jednotlivé klouby a graficky bude vyznačeno jeho toleranční pole (šedá barva). Pokud úhel kloubu spadá do tolerančního pole, je označen zeleně, pokud ho překročí je označen žlutě a červeně je vyznačena odchylka od tolerance. Číselně bude vše popsáno v souhrnné tabulce (viz např. tab. 1).

## **Krist (1994)**

Tato databáze vychází z údajů matematických rovnic, které využívají korelace mezi skutečnou pozicí a subjektivním hodnocením dobrovolníků. Bude brána pouze jako doplňková. Výstupem bude graf (viz např. graf 2), kde budou pozice jednotlivých částí těla hodnoceny z hlediska pohodlí na stupnici od 0 do 80. Čím nižší hodnota, tím je pozice pohodlnější. Dále je v grafu mimo částí těla zastoupena i kategorie „Únava“, která hodnotí, po jaké době se člověk cítí v této pozici unaven. Graf uzavírá kategorie „Komfort“, která vypovídá o komfortu těla jako celku. [30]

Pro názornost bylo přidáno i hodnocení (viz obr. 29), reflektující pohled řidiče na dolní část displeje, jako přibližný a přehledový údaj o tom, jak velká část displeje je zablouknuta pravou rukou, držící věnec volantu. Protože program neumožňuje vygenerovat pohled oběma očima zároveň, jsou tyto obrázky dva, pro levé a pravé oko zvlášť.

### **3.1.3 Dosahové zóny z výchozí pozice**

Pomocí nástroje „Reach zones“ se dají vytvořit dosahové zóny, kam model člověka může dosáhnout konkrétním bodem na jeho ruce. Nástroj má více možností nastavení. Je možné zjistit maximální nebo komfortní dosahy, a to

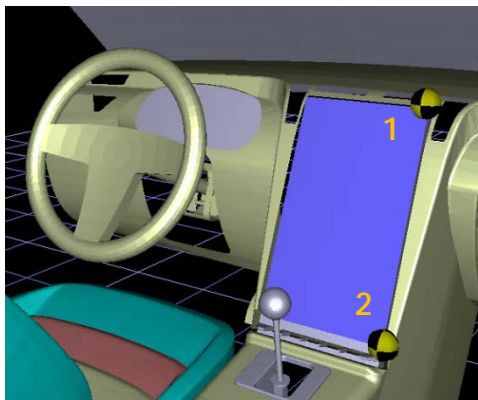
při omezeném nebo neomezeném pohybu trupu. V případě této práce bylo přistoupeno k nastavení, kdy se zjistí maximální možné dosahy pravé ruky omezené ramenním kloubem, tedy bez pohybu trupu. Jako vztažný bod ruky byla vybrána špička ukazováčku, tedy bod, kterým bude řidič ovládat dotykový displej. Toto nastavení má svá omezení, a to především to, že počítá s maximálními limity jednotlivých kloubů, kterých nemusejí být v reálu všichni lidé schopni dosáhnout. Tyto limity vycházejí ze studií NASA. Dalším omezením je, že Tecnomatix Jack nebere v úvahu pevné překážky. Výstupem budou obrázky znázorňující průnik dosahové zóny a displeje.

### **3.1.4 Krajiné polohy**

Krajiné polohy vycházejí z umístění řidiče do pozice, ve které bude moci ovládat nejméně dostupné části obrazovky. K tomuto kroku bude přistoupeno v případě, kdy řidič z výchozí pozice bez pohybu trupu nebude moci dosáhnout na celou plochu displeje. Řidiči se změnila poloha, tak aby se ukazováčkem pravé ruky dotýkal těchto bodů. Tyto definované polohy se budou hodnotit z hlediska komfortu stejně jako tomu je u výchozí pozice. Jelikož není známo uživatelské rozhraní displeje, tedy v jakých místech budou „tlačítka“, byly jako vztažné body vybrány dva krajiné rohy obrazovky. Pozice bodů jsou vyznačeny na obr. 26.

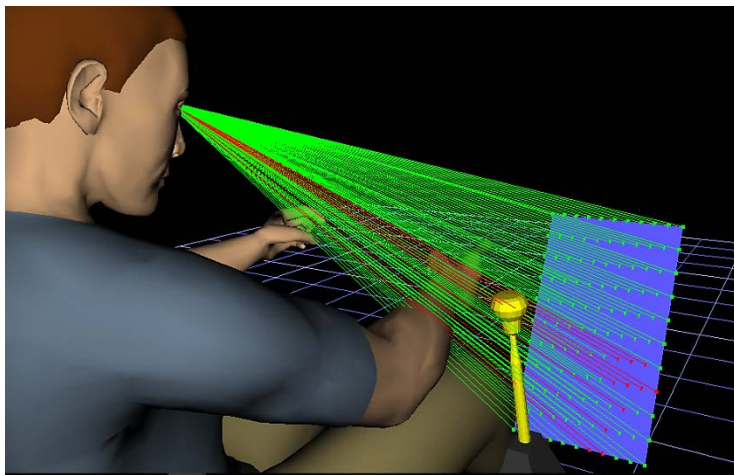
Zhodnocením mechanismu dosahu těchto krajiných bodů bude posouzena míra pohodlí v situaci, kdy bude muset řidič, pro dosažení těchto konkrétních bodů, opustit základní pozici. Výstupem by mělo doporučení, zda je potřeba umístění z hlediska komfortu displeje nějak pozměnit, nebo zda nebude mít na řidiče výraznější vliv.

Obr. 26 Body určující krajní polohy



Pro obě dvě krajní polohy potom bude pomocí nástroje „Coverage zone“ zjištěna viditelnost celé plochy displeje. Zda výhledu nebrání nějaká překážka, například řadicí páka nebo volant. Nerušený výhled je reprezentován zelenými paprsky, pokud je ve výhledu překážka, paprsky jsou zobrazeny červeně a konkrétní překážka se zvýrazní (viz obr. 27).

Obr. 27 Příklad upozornění na překážku bránící výhledu

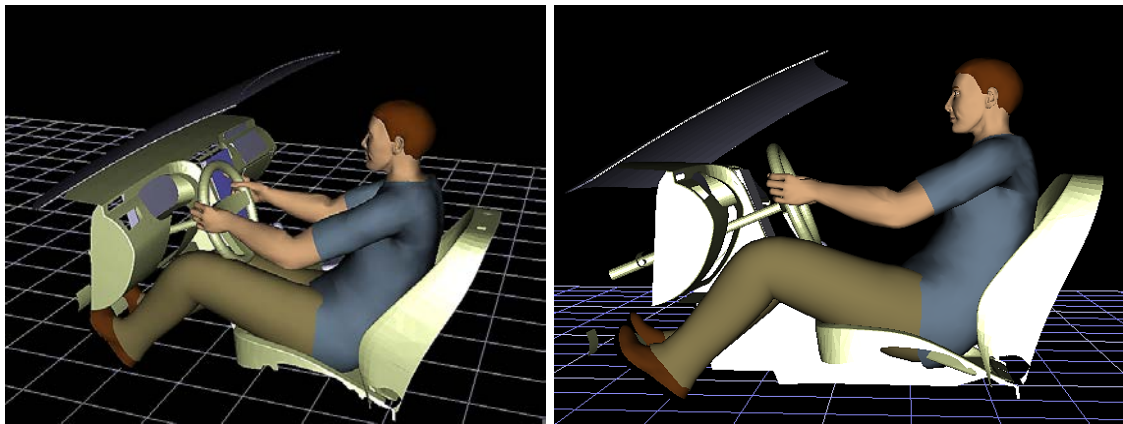


## 3.2 Výsledky měření – 95% muž

### 3.2.1 Základní pozice

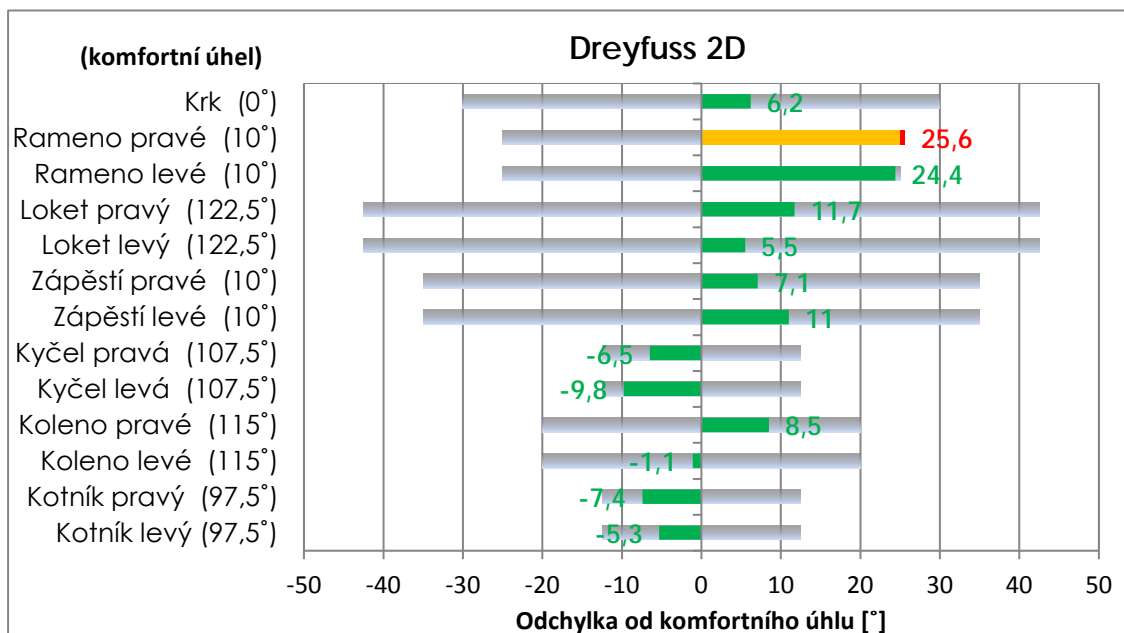
Umístění 95% řidiče v modelu interiéru je znázorněno na obr. 28. Běžová barva sedadla reprezentuje jeho výchozí polohu pro 95% kategorií.

Obr. 28 Základní pozice – 95% muž



Z hlediska hodnocení pohodlnosti podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] spadá základní pozice skoro ve všech kategoriích do tolerančního komfortního pole (viz graf 1). Pravé rameno jako jediné, toto pole mírně překračuje.

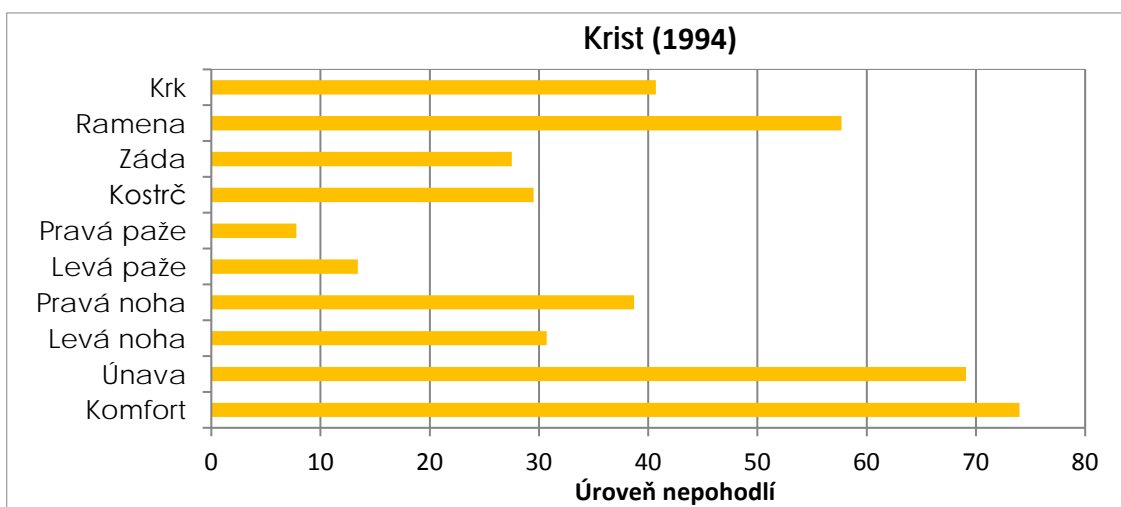
Graf 1 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže





V doplňkovém hodnocení pohodlnosti podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 2) je na tom z tělesných partií nejhůře kategorie „Ramena“, to se odráží i na špatném hodnocení z hlediska únavy a celkového komfortu. Je zde však vidět určitou rozdílnost oproti hodnocení podle dat. „Dreyfuss 2D“ [29] (viz graf 1). Doplňkové hodnocení je však nutné posuzovat hlavně vzájemně ve srovnání s krajními polohami, to má v tomto případě větší vypovídající hodnotu (viz tab. 1).

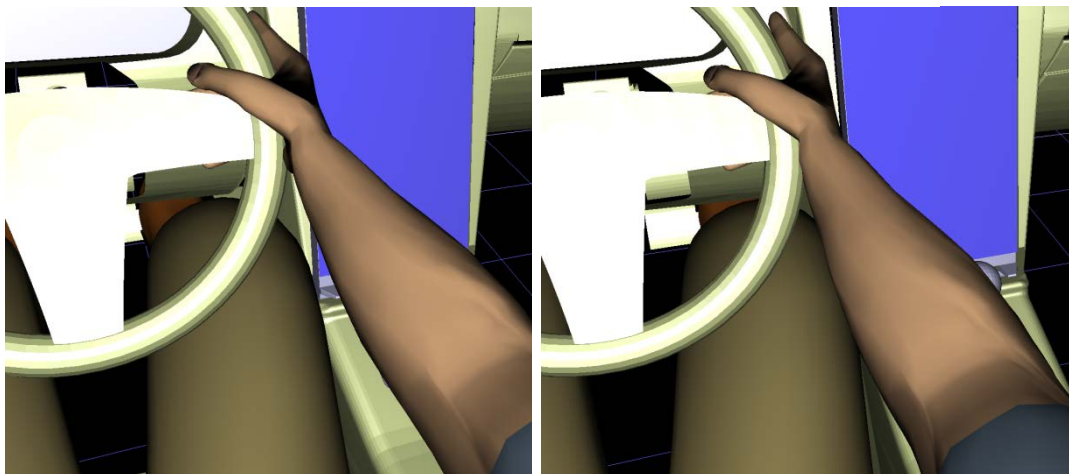
Graf 2 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže



### 3.2.2 Základní pozice – pohled z místa řidiče

V základní pozici je výhled na dolní část displeje omezen pravou rukou svírající volant (viz obr. 29). S tímto aspektem by se mělo počítat, při navrhování uživatelského rozhraní displeje.

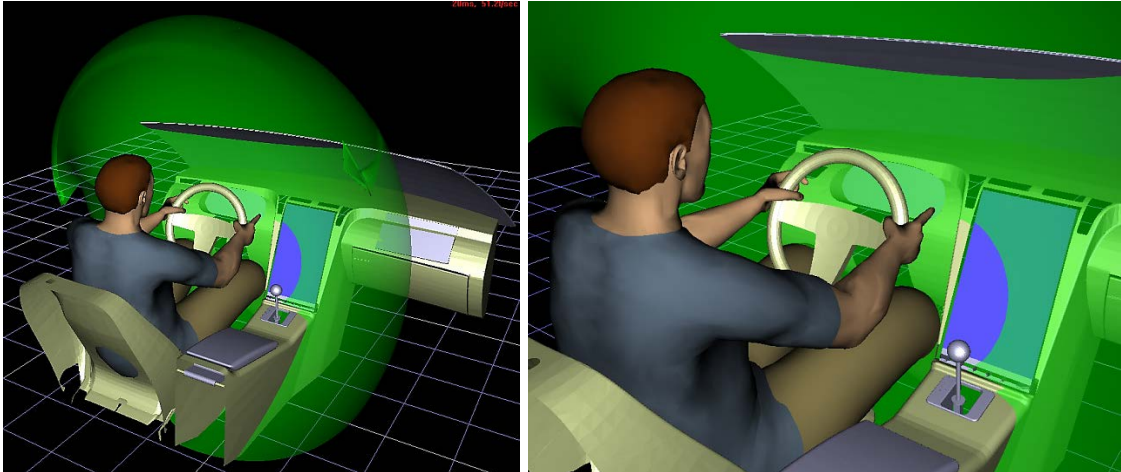
Obr. 29 Pohled z místa řidiče v základní pozici - 95% muž



### 3.2.3 Základní pozice - dosahové zóny

Jak je vidět z obr. 30, řidič by ze základní pozice, při fixaci trupu, dokázal ovládat pouze okolo třetiny plochy displeje. Je tedy nutné přistoupit k hodnocení krajních poloh (viz kap. 3.1.4).

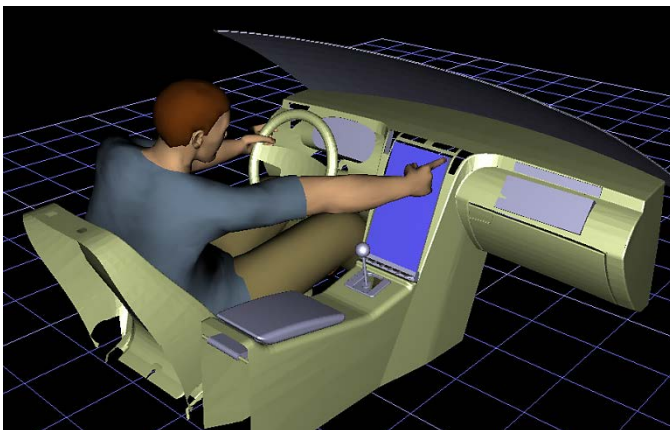
Obr. 30 Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 95% muž



### 3.2.4 Krajní poloha 1

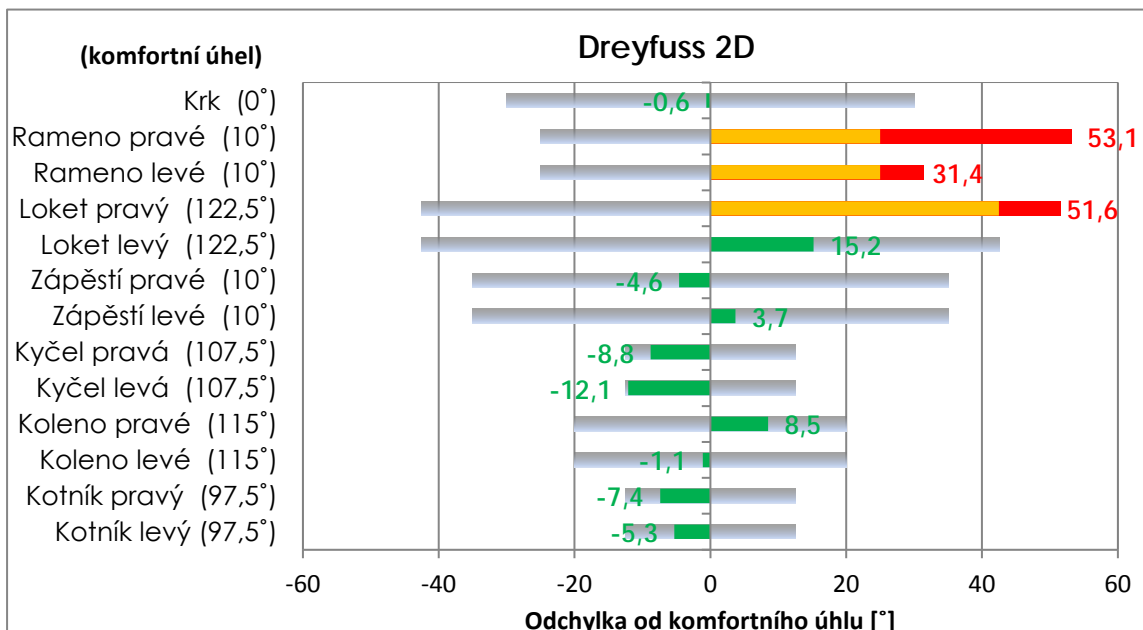
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého horního rohu obrazovky (viz obr. 31). Vychází se z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 31 Krajní poloha 1 – 95% muž



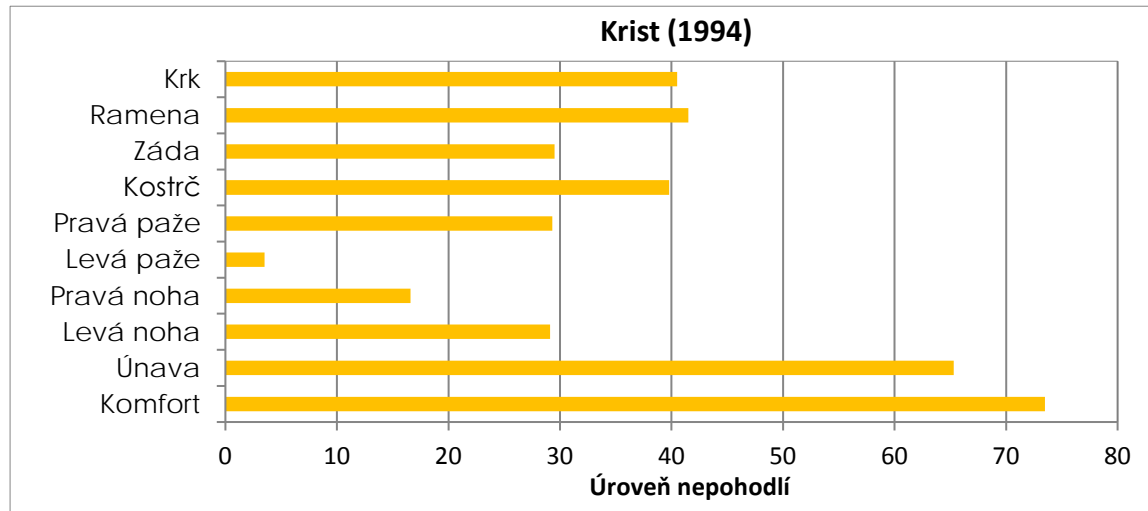
Podle hodnocení pohodlnosti podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračují komfortní toleranční pole hned tři kategorie, nejvýrazněji kategorie pravého ramene (viz graf 3).

Graf 3 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže



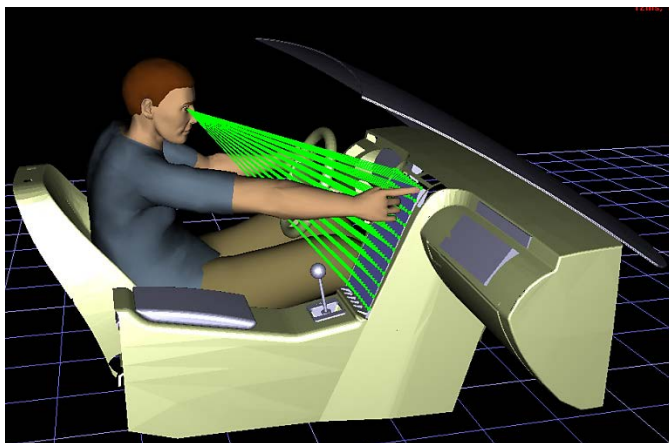
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 4) se však hodnocení s výše uvedeným značně rozchází, zatímco zde oproti základní pozici se pohodlí v ramenu mírně zlepšilo, tak hodnocení výše vypovídá o naprostém opaku (viz graf 3).

Graf 4 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže



Výhledu na displej v této poloze nebrání žádná překážka (viz obr. 32)

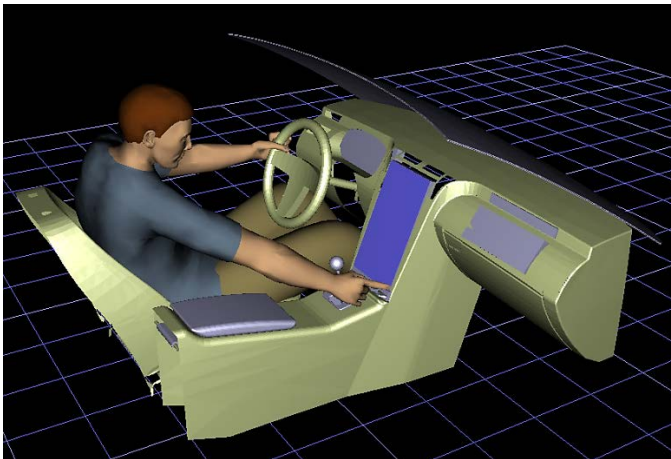
Obr. 32 Viditelnost displeje v poloze 1 – 95% muž



### 3.2.5 Krajní poloha 2

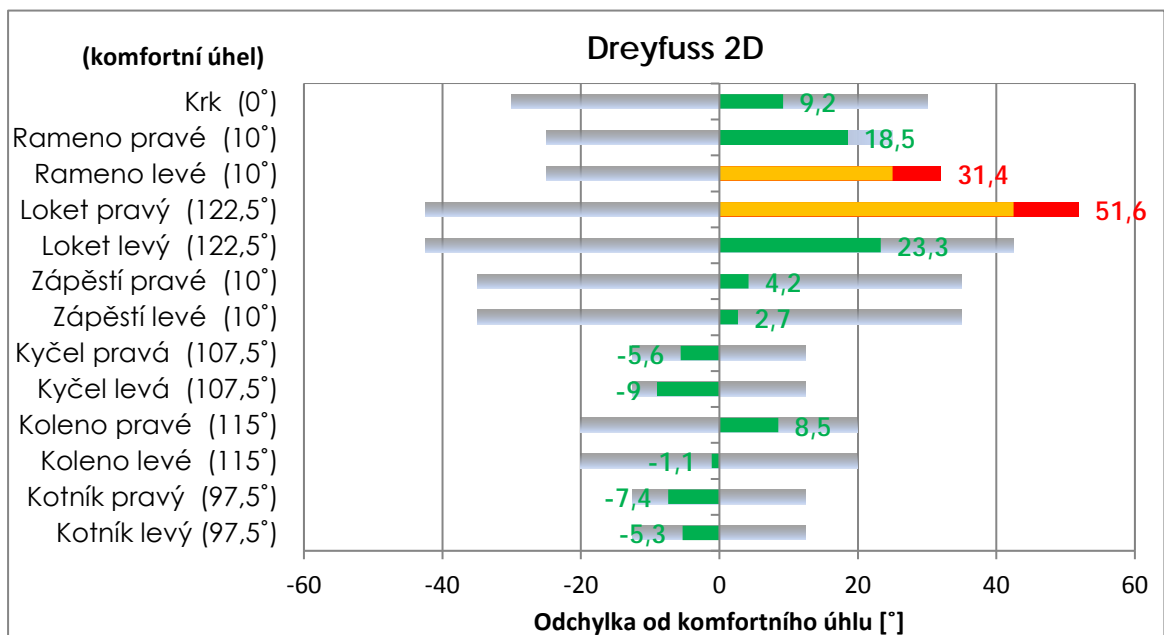
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého dolního rohu obrazovky (viz obr. 33). Též se vychází z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 33 Krajní poloha 2 – 95% muž



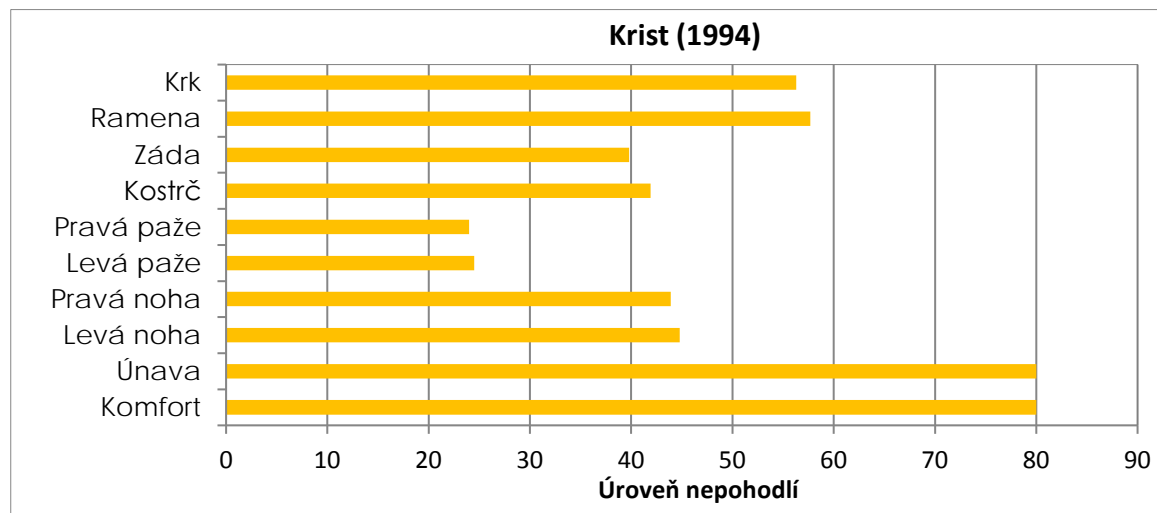
Podle hodnocení pohodlnosti podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračují komfortní toleranční pole tentokrát pouze dvě kategorie, levé rameno a pravý loket (viz graf 5).

Graf 5 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže



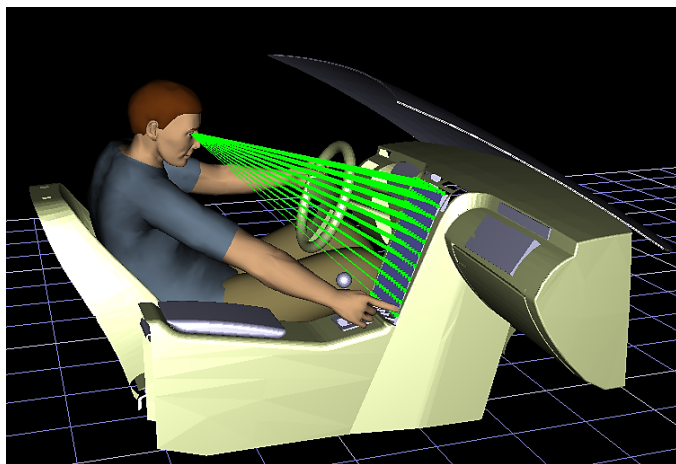
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf) je tato poloha z hlediska únavy a celkového komfortu na nejhorší možné hodnotě.

Graf 6 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže



Výhledu na displej v této poloze nebrání žádná překážka (viz obr. 34).

Obr. 34 Viditelnost displeje v poloze 2 – 95% muž



### 3.2.6 Souhrn

Tab. 1 Souhrn všech číselných údajů – 95% muž

Databáze	Percentil	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]
German Anthropometric Dat.	95%	Muž	185,5	100

Dreyfuss 2D						
Hodnocené části těla	Výchozí úhel (komfortní) [°]	Dolní tolerance [°]	Horní tolerance [°]	Základní pozice [°]	Krajní poloha 1 [°]	Krajní poloha 2 [°]
Krk	0	-30	30	6,2	-0,6	9,2
Rameno pravé	10	-15	35	35,6	63,1	28,5
Rameno levé	10	-15	35	34,4	41,4	42
Loket pravý	122,5	80	165	134,2	174,1	174,4
Loket levý	122,5	80	165	128	137,7	145,8
Zápěstí pravé	10	-25	45	17,1	5,4	14,2
Zápěstí levé	10	-25	45	21	13,7	12,7
Kyčel pravá	107,5	95	120	101	98,7	101,9
Kyčel levá	107,5	95	120	97,7	95,4	98,5
Koleno pravé	115	95	135	123,5	123,5	123,5
Koleno levé	115	95	135	113,9	113,9	113,9
Kotník pravý	97,5	85	110	90,1	90,1	90,1
Kotník levý	97,5	85	110	92,2	92,2	92,2

Krist (1994)			
Hodnocené části těla	Základní pozice	Krajní poloha 1	Krajní poloha 2
Krk	40,7	40,5	56,3
Ramena	57,7	41,5	57,7
Záda	27,5	29,5	39,8
Kostrč	29,5	39,8	41,9
Pravá paže	7,8	29,3	24
Levá paže	13,4	3,5	24,5
Pravá noha	38,7	16,6	43,9
Levá noha	30,7	29,1	44,8
Únava	69,1	65,3	80
Komfort	74	73,5	80

### 3.2.7 Zhodnocení

Z obrázků výše vyplývá, že 95% muž řidič nedokáže ze své základní pozice ovládat ani polovinu displeje (viz obr. 30). Bylo tedy přistoupeno k hodnocení krajních poloh. Co se týče hodnocení podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29], tak ve výchozí pozici je těsně překročen kladný komfortní limit úhlu pravého ramena vůči trupu, zato v Poloze 1 překračuje tento limit o více než polovinu na  $63,1^\circ$  (viz tab. 1). Je tedy nejkritičtější místem. Takto vysoká hodnota nespadá ani do rozmezí, ve kterém se hodnotí optimálnost polohy paží v závislosti na čase (viz kap. 1.1.7.1 obr. 7). Z hodnocení podle databáze „Krist (1994)“ [30] je patrné, že krajní Poloha 2 má nejhorší hodnocení skoro ve všech kategoriích, vyjma pravé paže (viz tab. 1).

Výhledu na displej v krajních polohách nebrání žádná překážka (viz obr. 32 a 34). V základní pozici je při pohledu na dolní část displeje výhled řidiče omezen do jisté míry pravou rukou (viz obr. 29).

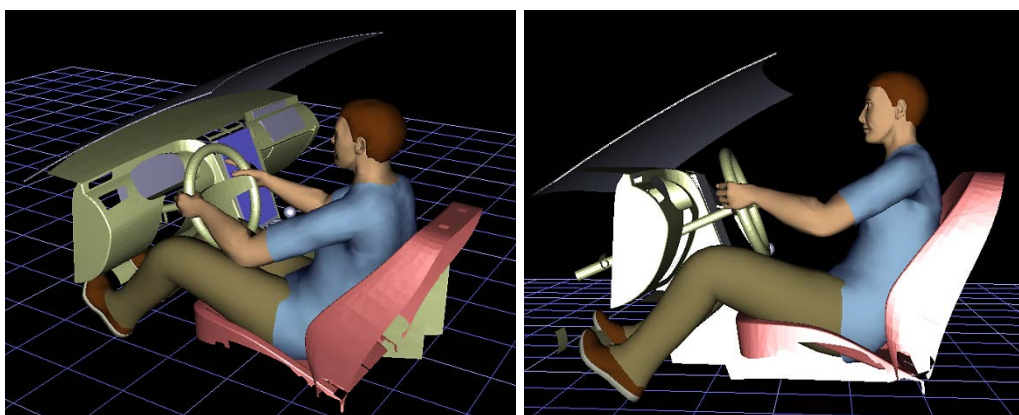


### 3.3 Výsledky měření - 50% muž

#### 3.3.1 Základní pozice

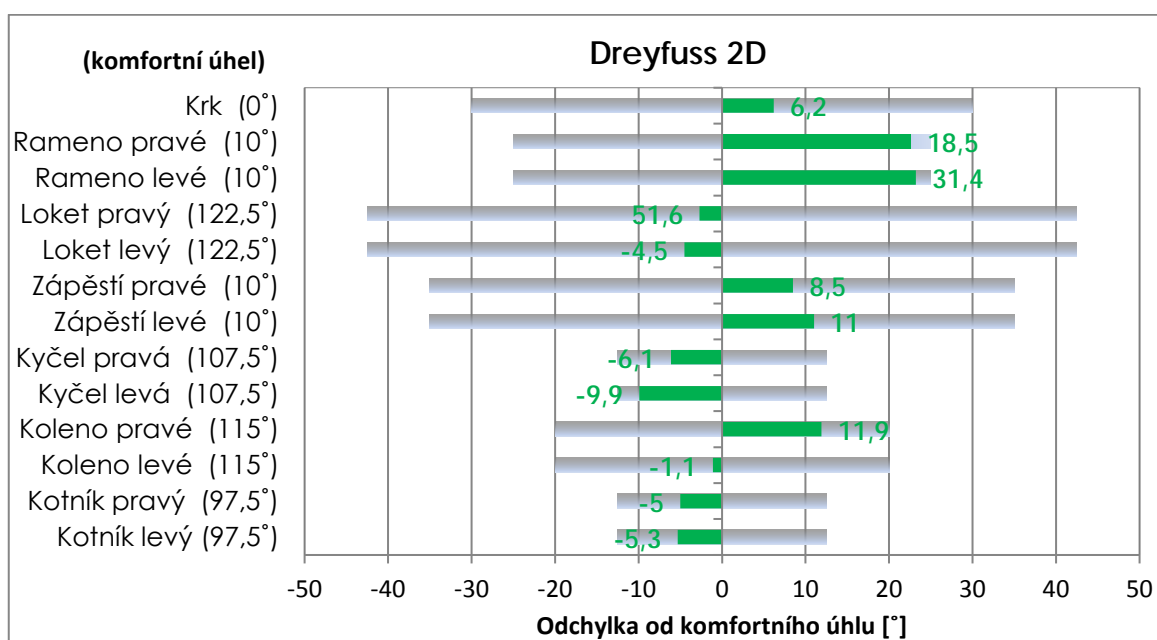
Umístění 50% řidiče v modelu interiéru je znázorněno na obr. 35. Růžová barva sedadla reprezentuje jeho výchozí polohu pro 50% kategorií.

Obr. 35 Základní pozice – 50% muž



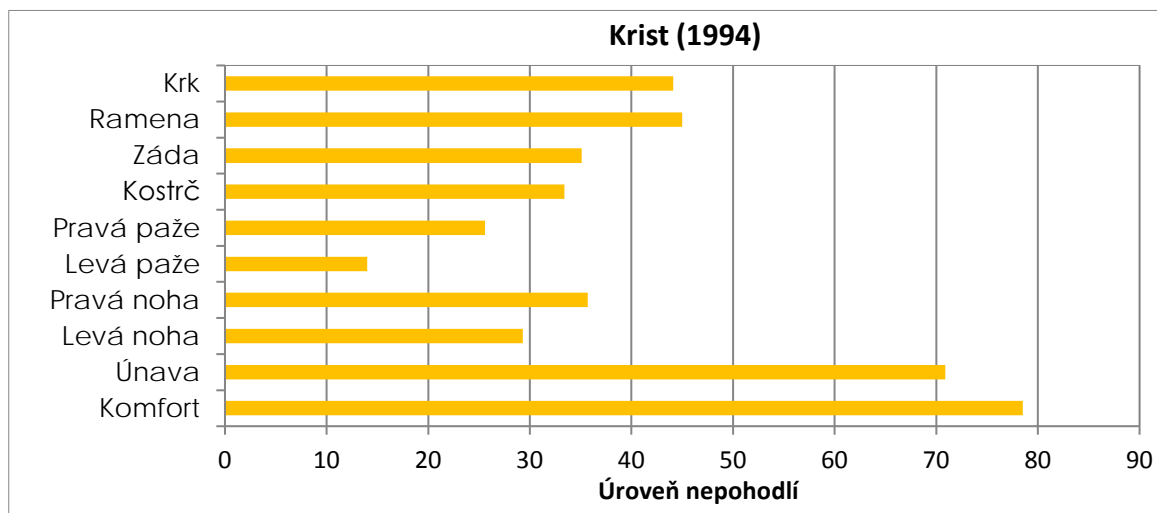
Z hlediska hodnocení pohodlnosti dle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] spadá základní pozice ve všech kategoriích do tolerančního komfortního pole (viz graf 7).

Graf 7 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže



V doplňkovém hodnocení pohodlnosti podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 8) mají nejvyšší hodnocení kategorie „Ramena“ a „Krk“, avšak ve srovnání s 95% modelem jsou na tom tyto kategorie lépe (viz graf 2).

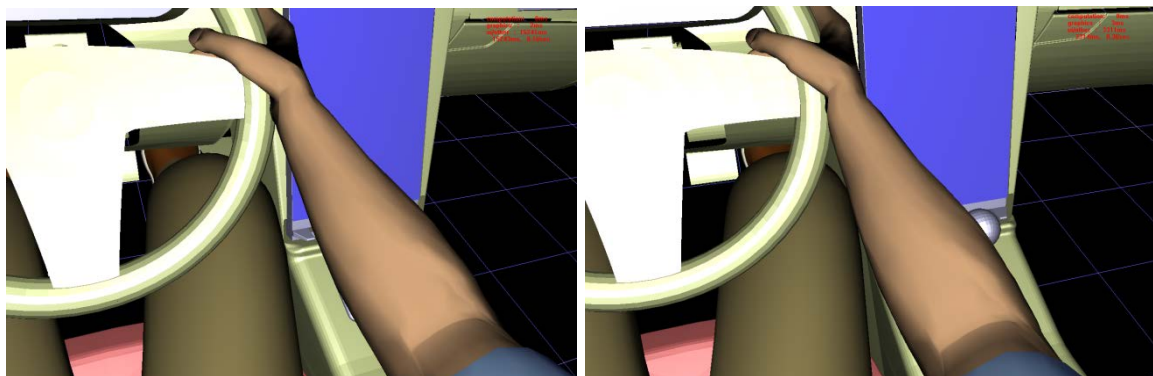
Graf 8 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže



### 3.3.2 Základní pozice – pohled z místa řidiče

V základní pozici je výhled na dolní část displeje (viz obr. 36) opět omezen pravou rukou v podobném rozsahu jako u základní pozice 95% kategorie (viz obr. 29).

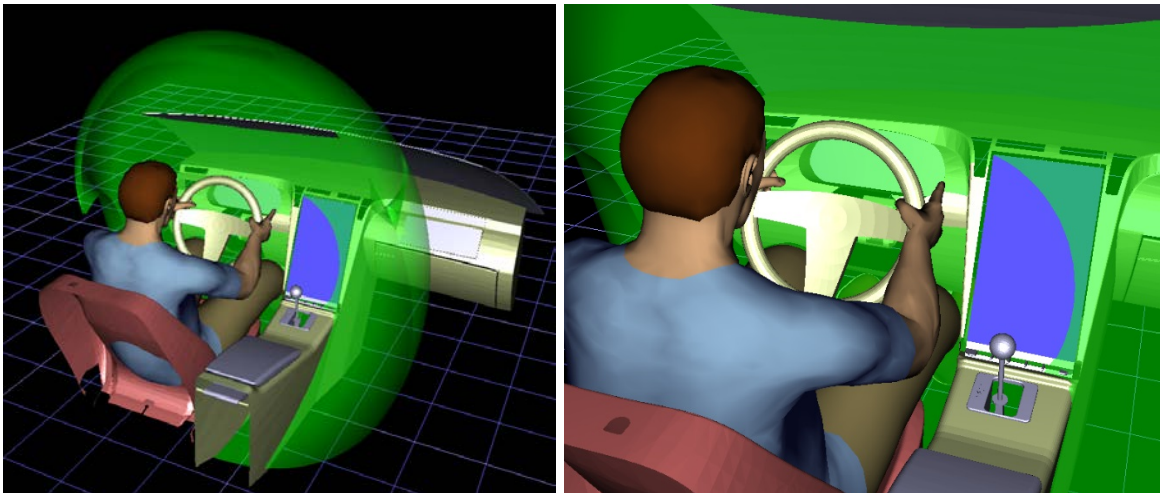
Obr. 36 Pohled z místa řidiče v základní pozici - 50% muž



### 3.3.3 Základní pozice – dosahové zóny

Jak je vidět z obr. 37, řidič by ze základní pozice, aniž by změnil úhel trupu, dokázal ovládat cca  $\frac{3}{4}$  plochy displeje. To je podstatně více než je tomu u 95% muže (viz obr. 30). I v tomto případě je však nutné přistoupit k hodnocení krajních poloh (viz kap. 3.1.4).

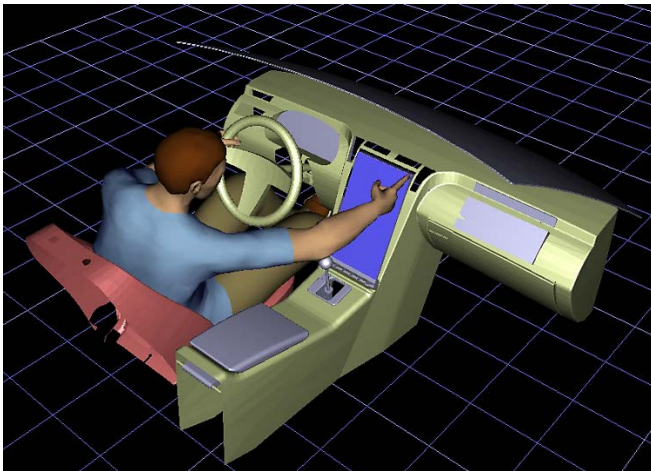
Obr. 37 Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 50% muž



### 3.3.4 Krajní poloha 1

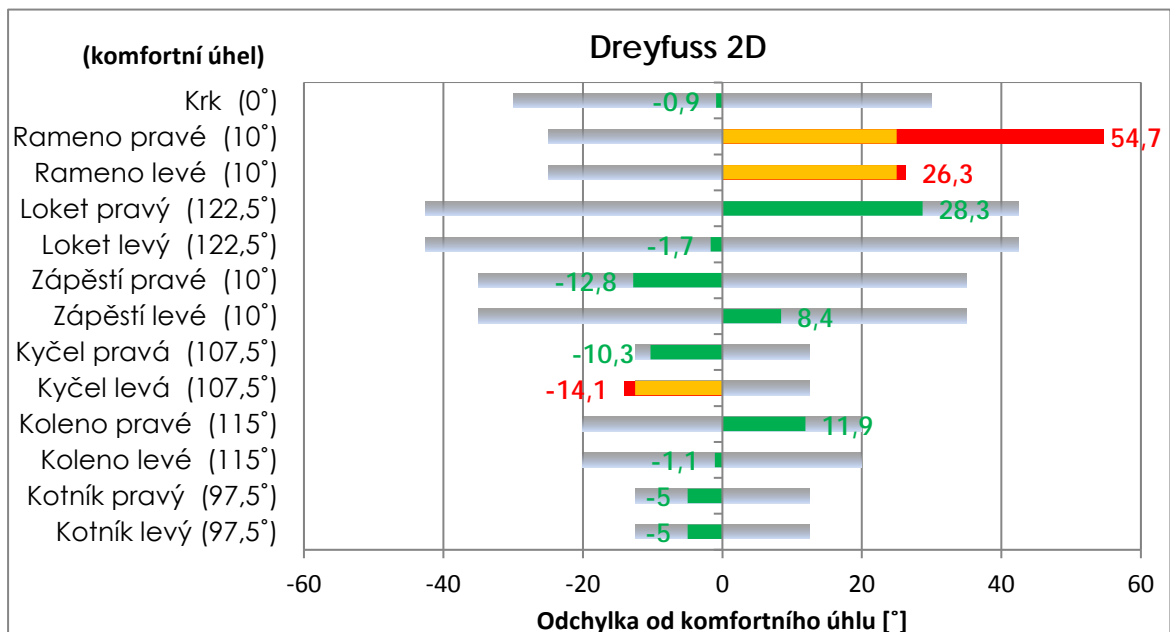
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého horního rohu obrazovky (viz obr. 38). Vychází se z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 38 Krajní poloha 1 – 50% muž



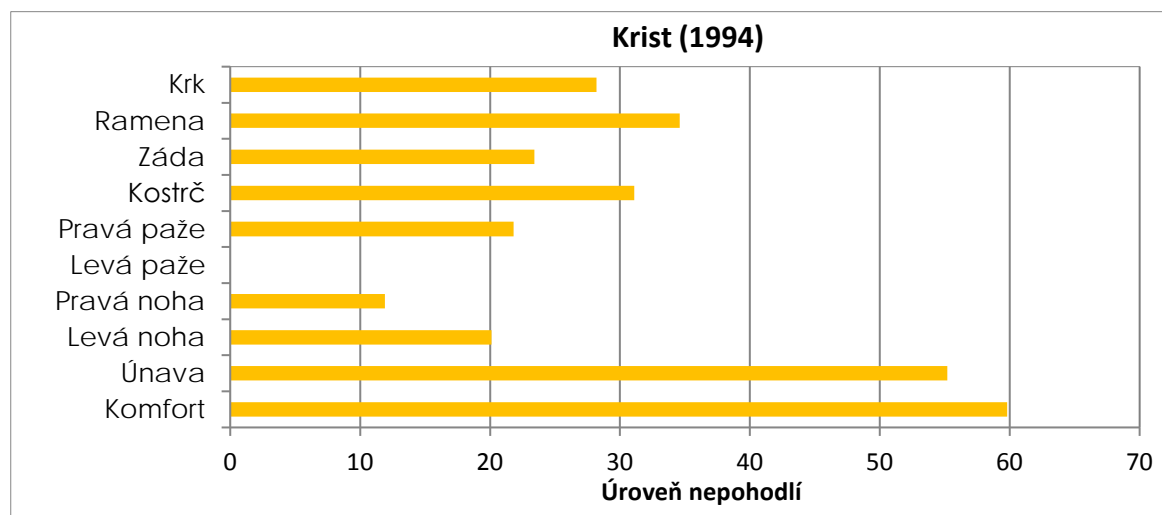
Podle hodnocení pohodlnosti podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračují komfortní toleranční pole tři kategorie, velice výrazně kategorie pravého ramene, zbylé dvě jen velmi mírně (viz graf 9).

Graf 9 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže



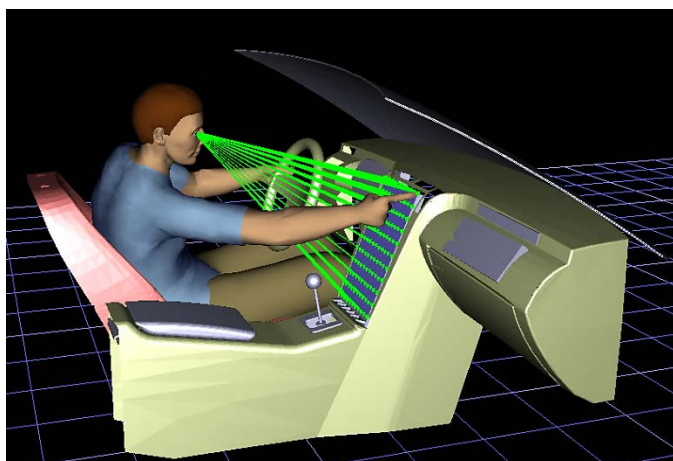
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 10) se však hodnocení s výše uvedeným znovu značně rozchází, zatímco zde oproti základní pozici se pohodlí v ramenu mírně zlepšilo, tak hodnocení výše vypovídá o naprostém opaku (viz graf 9).

Graf 10 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže



Výhledu na displej v této poloze nebrání žádná překážka (viz obr. 39)

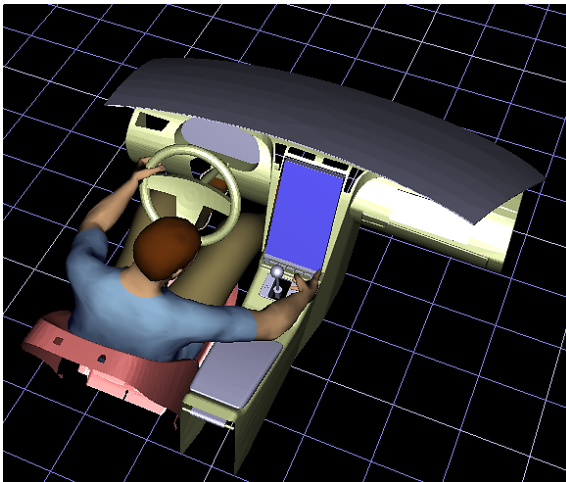
Obr. 39 Viditelnost displeje v poloze 1 – 50% muž



### 3.3.5 Krajní poloha 2

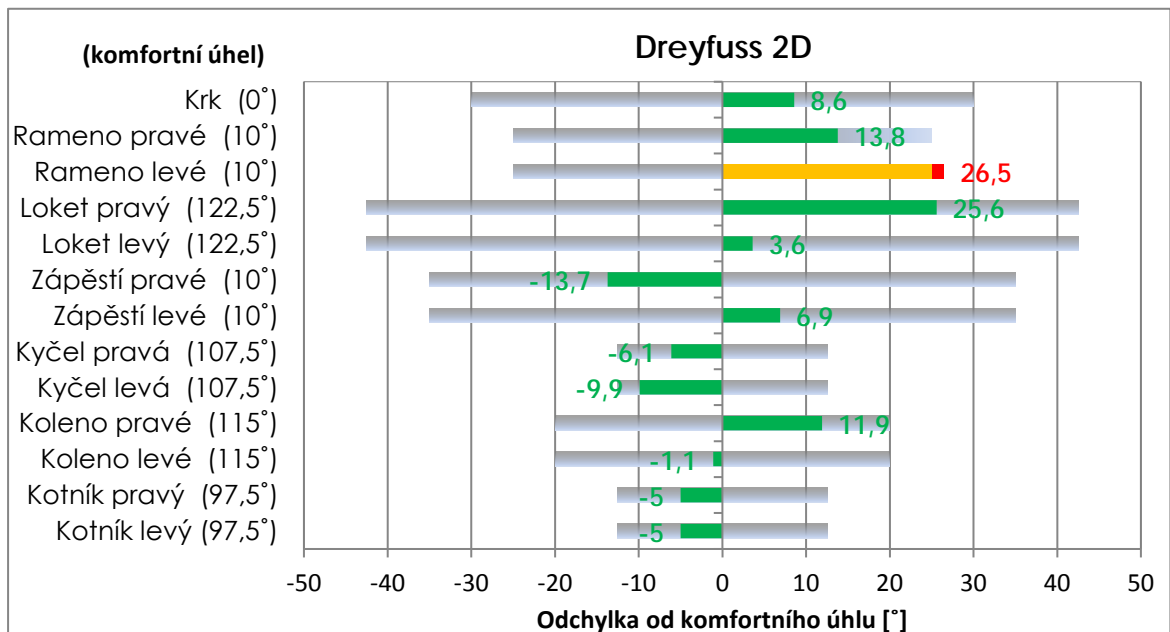
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého dolního rohu obrazovky (viz obr. 40). Též se vychází z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 40 Krajní poloha 2 – 50% muž



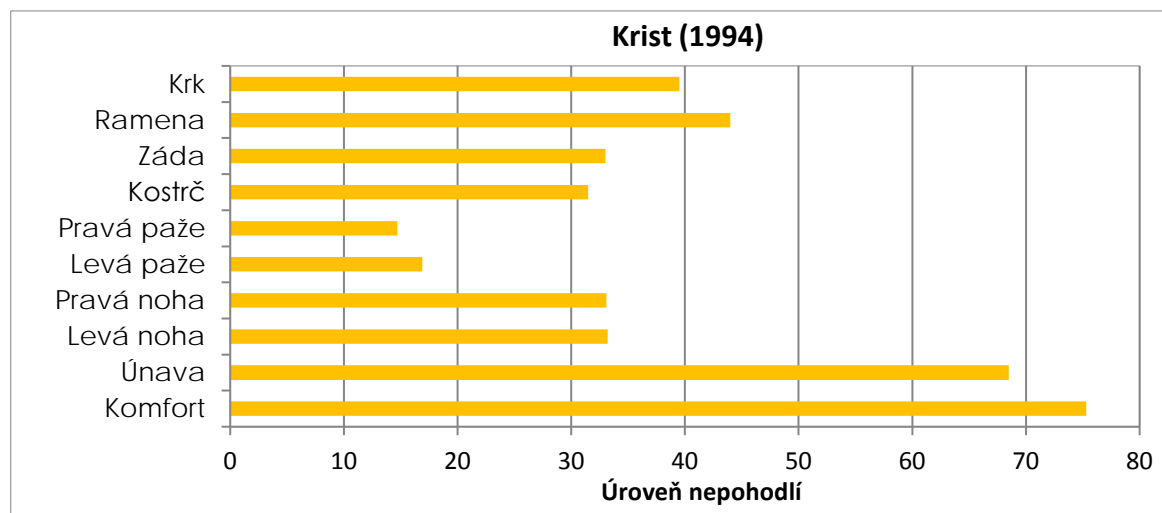
Podle hodnocení pohodlnosti dle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračuje komfortní toleranční pole pouze kategorie levého rameno a to nepatrně (viz graf 11).

Graf 11 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže



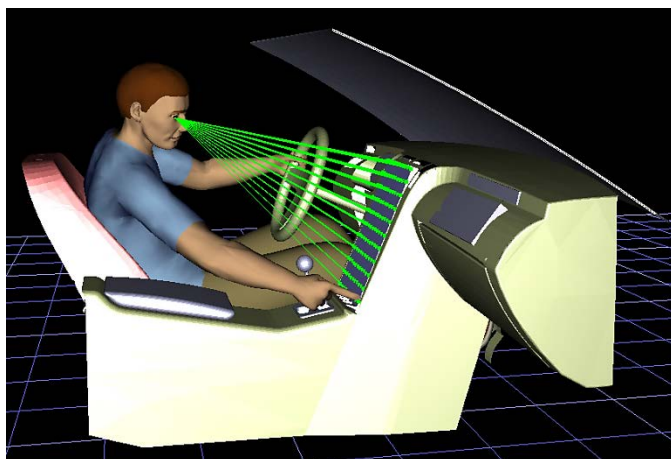
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 12) se tato poloha z hlediska celkového komfortu velmi přibližuje nejhorší možné hodnotě.

Graf 12 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže



Výhledu na displej v této poloze znovu nebrání žádná překážka (viz obr. 41)

Obr. 41 Viditelnost displeje v poloze 2 – 50% muž



### 3.3.6 Souhrn

Tab. 2 Souhrn všech číselných údajů – 50% muž

Databáze	Percentil	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]
German Anthropometric Dat.	50%	Muž	175	79

Dreyfuss 2D						
Hodnocené části těla	Výchozí úhel (komfortní) [°]	Dolní tolerance [°]	Horní tolerance [°]	Základní pozice [°]	Krajní poloha 1 [°]	Krajní poloha 2 [°]
Krk	0	-30	30	6,2	-0,9	8,6
Rameno pravé	10	-15	35	32,6	64,7	23,8
Rameno levé	10	-15	35	33,2	36,3	36,5
Loket pravý	122,5	80	165	119,8	151,2	148,1
Loket levý	122,5	80	165	118	120,8	126,1
Zápěstí pravé	10	-25	45	18,5	-2,8	-3,7
Zápěstí levé	10	-25	45	21	18,4	16,9
Kyčel pravá	107,5	95	120	101,4	97,2	101,4
Kyčel levá	107,5	95	120	97,6	93,4	97,6
Koleno pravé	115	95	135	126,9	126,9	126,9
Koleno levé	115	95	135	113,9	113,9	113,9
Kotník pravý	97,5	85	110	92,5	92,5	92,5
Kotník levý	97,5	85	110	92,2	92,2	92,2

Krist (1994)			
Hodnocené části těla	Základní pozice	Krajní poloha 1	Krajní poloha 2
Krk	33,2	28,2	39,5
Ramena	50,9	34,6	44
Záda	21,2	23,4	33
Kostrč	23	31,1	31,5
Pravá paže	3	21,8	14,7
Levá paže	9	0	16,9
Pravá noha	34,7	11,9	33,1
Levá noha	23,4	20,1	33,2
Únava	61,4	55,2	68,5
Komfort	63,2	59,8	75,3



### 3.3.7 Zhodnocení

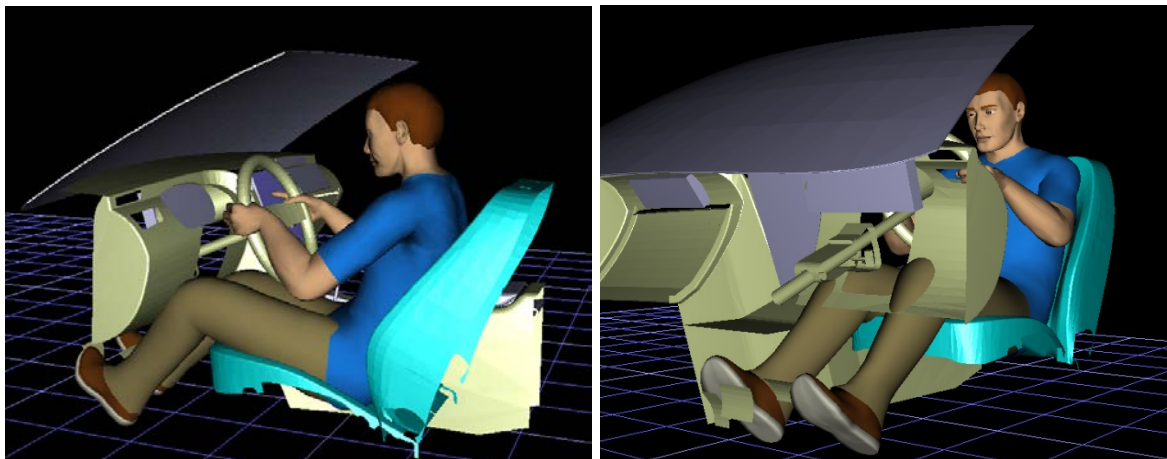
Z obrázků výše vyplývá, že 50% mužů řidič nedokáže ze své základní pozice ovládat více než  $\frac{3}{4}$  displeje (viz obr. 37). Bylo tedy přistoupeno k hodnocení krajních poloh. Co se týče hodnocení podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29], tak nejkritičtějším místem je jednoznačně úhel pravého ramene vůči trupu v krajní poloze 1, kde překračuje kladný komfortní limit o více než o polovinu, a to na  $64,7^\circ$  (viz tab. 2). Takto vysoká hodnota znovu nespadá ani do rozmezí, ve kterém se hodnotí optimálnost polohy paží v závislosti na čase (viz kap. 1.1.7.1 obr. 7). Hodnocení podle databáze „Krist (1994)“ [30] je v tomto ohledu značně rozdílné, pravá paže má sice v krajní poloze 1 nejhorší hodnocení, ale zároveň ramena mají hodnocení nejlepší (viz tab. 2). Tento fakt by mohl být dán skutečností, že není jisté, zda se v této databázi počítalo s volantem jako opěrným bodem.

Výhledu na displej v krajních polohách ani tentokrát nebrání žádná překážka (viz obr. 39 a 41). V základní pozici je dolní část displeje opět zakryta v podobném rozsahu jako u 95% kategorie (viz obr. 36 a 29).

## 3.4 Výsledky měření - 5% muž

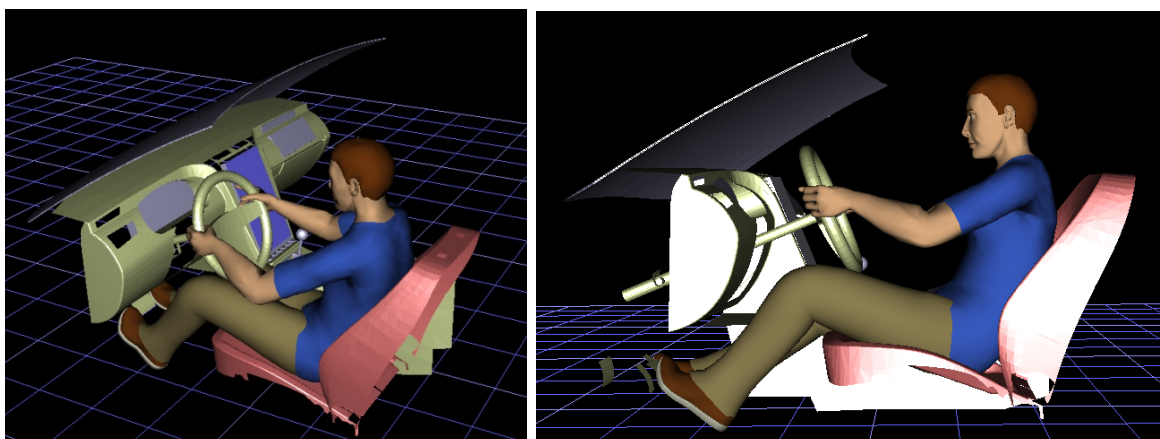
### 3.4.1 Základní pozice

Obr. 42 Nevyhovující pozice sedadla pro 5%muže



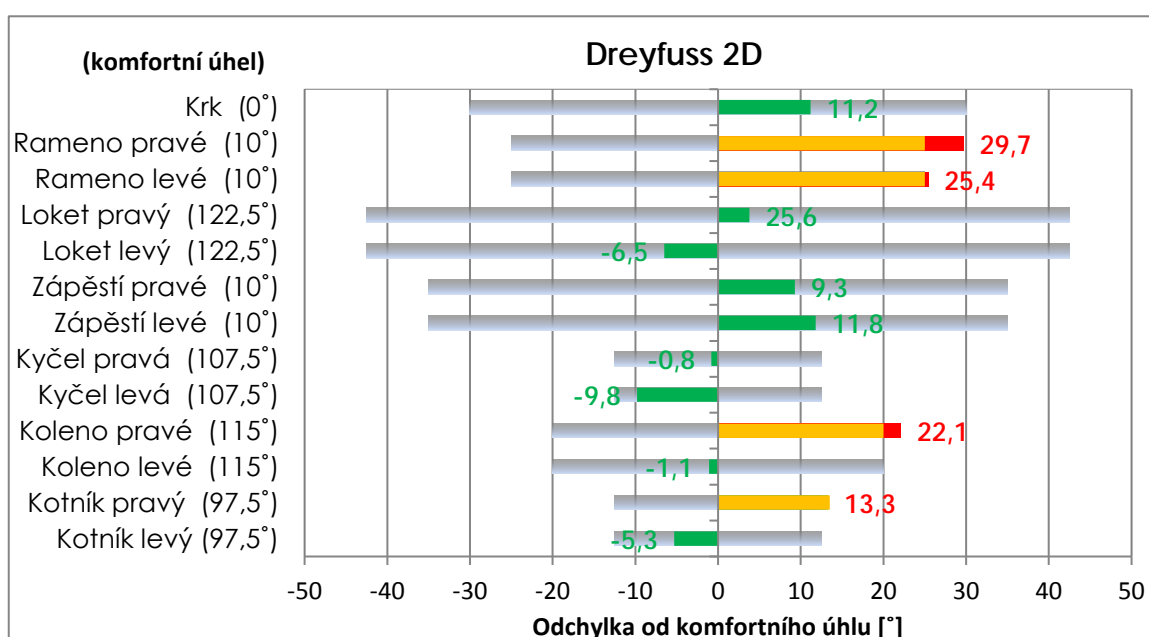
Při umístění řidiče do sedadla odpovídajícímu 5% velikostní skupině, bylo zjištěno, že je tato pozice zcela nevyhovující (viz obr. 42). Z obrázků je patrné, že obě nohy znatelně kolidují s palubní deskou. Bylo tedy přistoupeno k hodnocení usazením řidiče do sedadla odpovídajícímu 50% velikostní skupině (viz obr. 43). Tato pozice sice také není zcela adekvátní, ale má větší vypovídající hodnotu. Jejím nedostatkem je vzdálenost pedálové skupiny, což je ostatně patrné z grafu hodnocení komfortu podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] pro pravý kotník a koleno.

Obr. 43 Základní pozice s 50% umístěním sedadla - 5% řidič

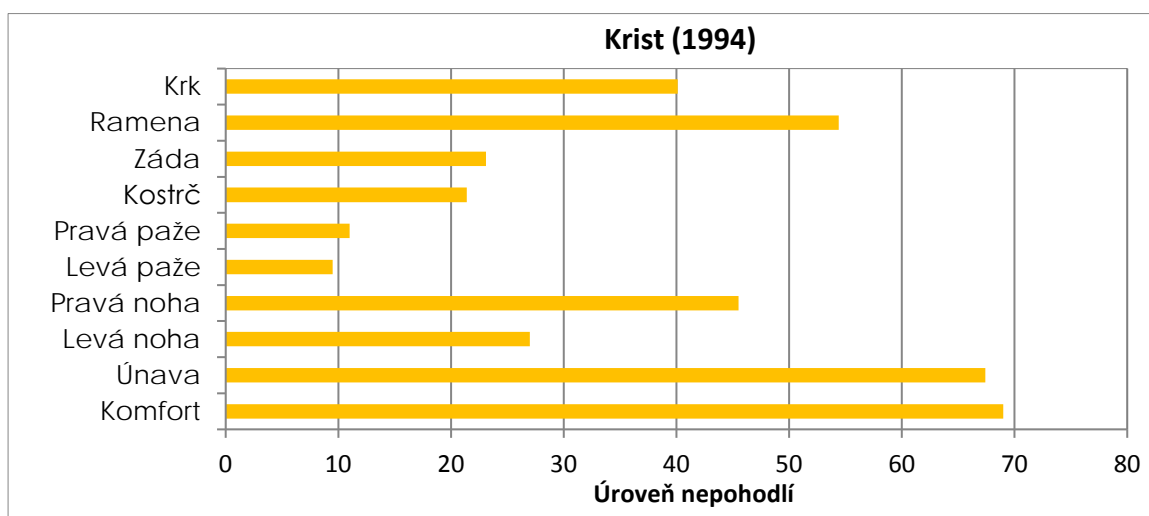


Podle hodnocení pohodlnosti dle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračují komfortní toleranční pole čtyři kategorie, výrazněji však jenom kategorie pravého ramene, zbylé tři jen velmi mírně (viz graf 13). Oproti předchozím velikostním kategoriím se mimo toleranční pole dostalo i pravé koleno a kotník. To je dáno právě změnou výchozí polohy sedadla. To se odráží i v hodnocení pohodlnosti pravé nohy podle databáze „Krist (1994)“ (viz graf 14). [30]

Graf 13 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže



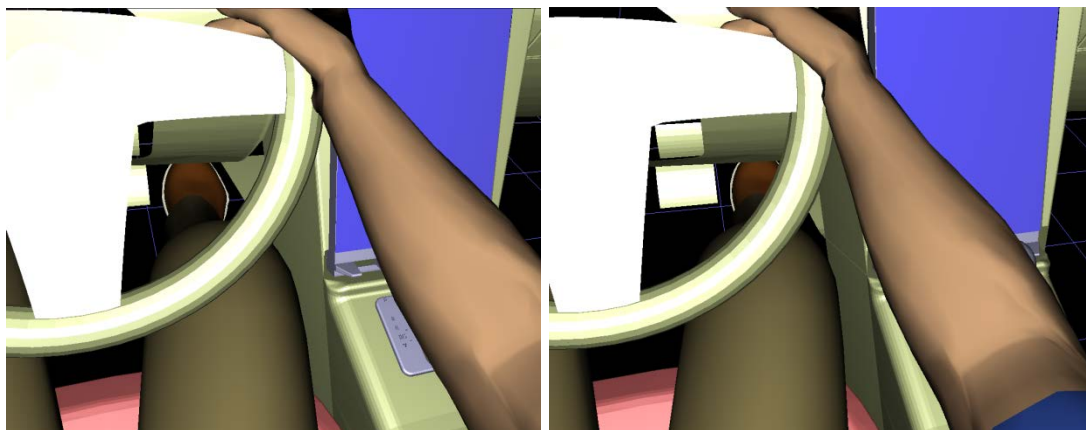
Graf 14 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže



### 3.4.2 Základní pozice – pohled z místa řidiče

V základní pozici je výhled na dolní část displeje (viz obr. 44) opět omezen pravou rukou, avšak ve větším rozsahu než u předešlých kategorií (viz obr. 28 a 35).

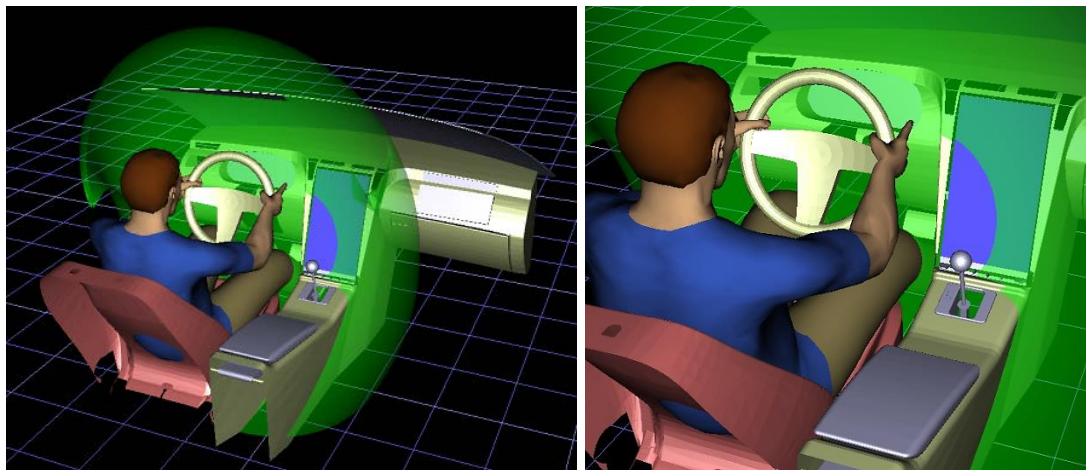
Obr. 44 Pohled z místa řidiče v základní pozici - 5% muž



### 3.4.3 Základní pozice – dosahové zóny

Jak je vidět z obr. 45, řidič by ze základní pozice, aniž by změnil úhel trupu, dokázal ovládat pouze okolo třetiny plochy displeje. V tomto případě však má výsledek o něco nižší vypovídající hodnotu, než u předchozích kategorií. Vychází totiž z 50% polohy sedadla, která pro 5% řidiče není optimální.

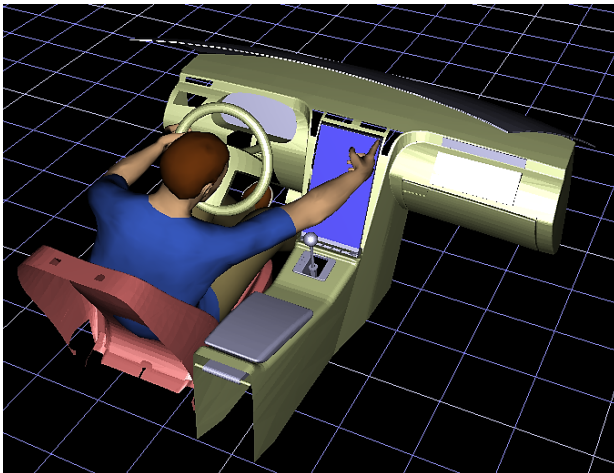
Obr. 45 Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 5% muž



### 3.4.4 Krajiní poloha 1

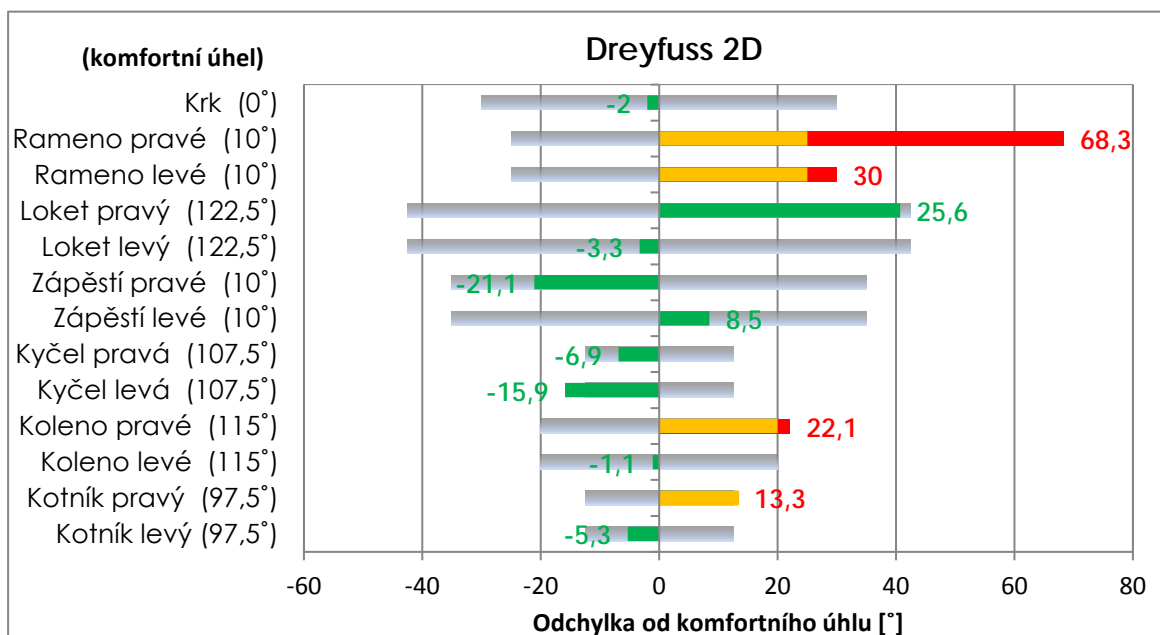
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého horního rohu obrazovky (viz obr. 46). Vychází se opět z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 46 Krajiní poloha 1 – 5% muž



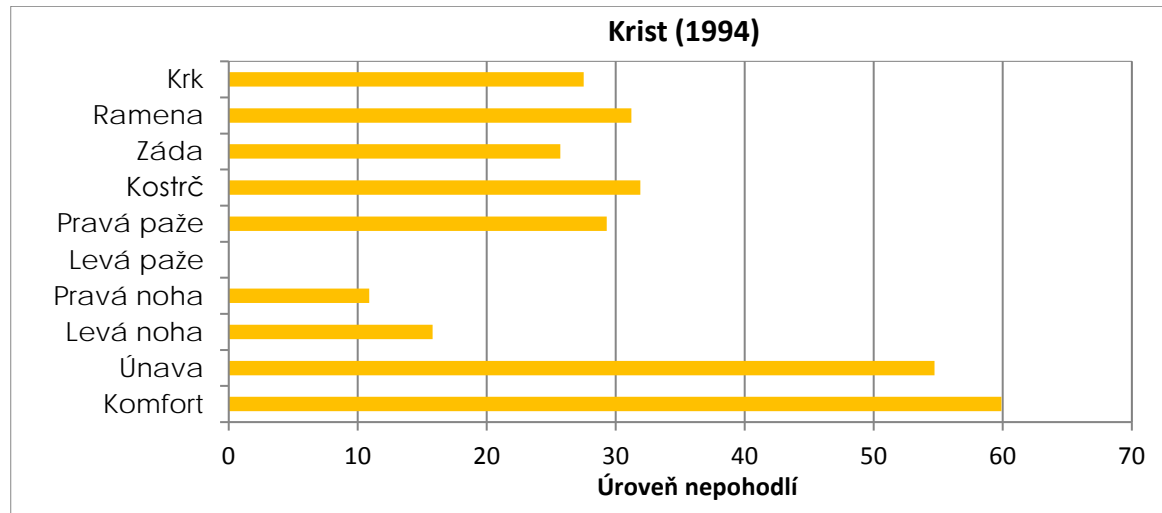
Podle hodnocení pohodlnosti podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračují komfortní toleranční pole čtyři kategorie, opět nejvýrazněji kategorie pravého ramene (viz graf 15).

Graf 15 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže



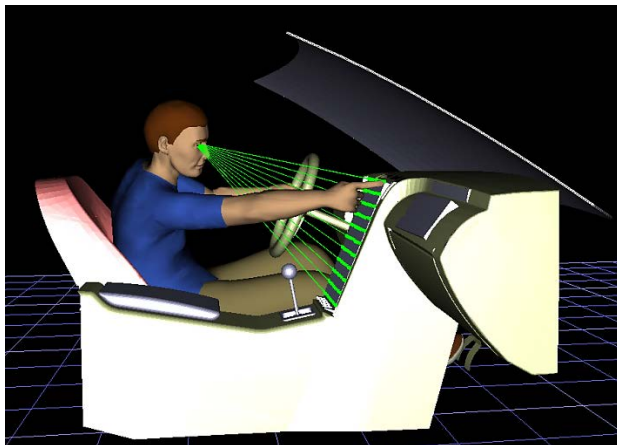
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 16) se však hodnocení s výše uvedeným znovu značně rozchází, zatímco zde oproti základní pozici se pohodlí v ramenu mírně zlepšilo, tak hodnocení výše vypovídá o naprostém opaku (viz graf 15).

Graf 16 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže



Výhledu na displej v této poloze nebrání žádná překážka (viz obr. 47)

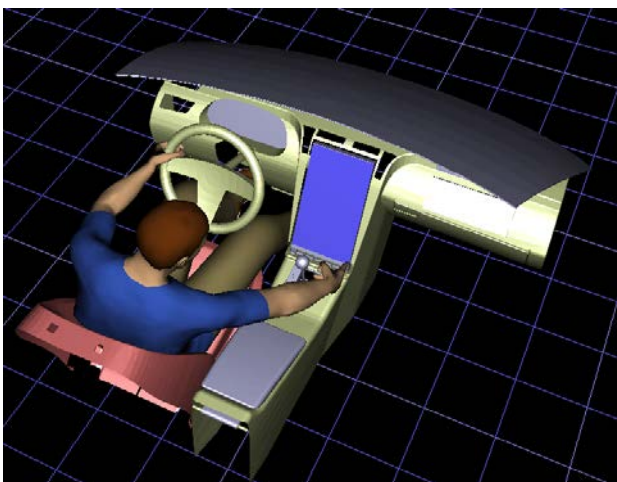
Obr. 47 Viditelnost displeje v poloze 1 – 5% muž



### 3.4.5 Krajní poloha 2

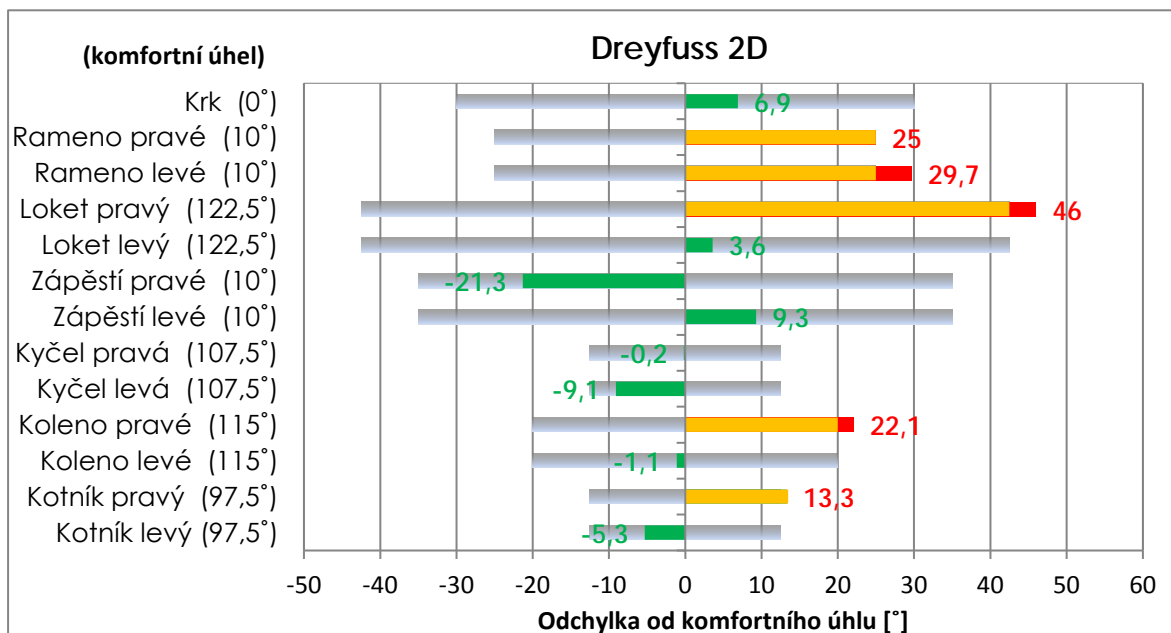
Poloha řidiče byla upravena tak, aby se pravý ukazováčkem dotýkal pravého dolního rohu obrazovky (viz obr. 48). Též se vychází z teze, že člověk v první fázi pohybu raději natáhne celou ruku počínaje ramenem, než by změnil úhel trupu.

Obr. 48 Krajní poloha 2 – 5% muž



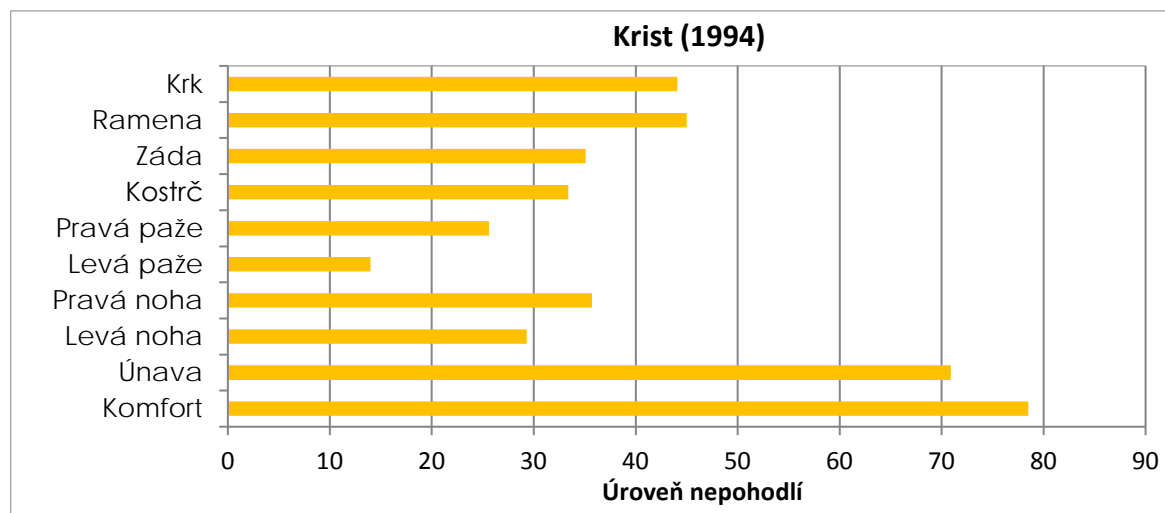
Podle hodnocení pohodlnosti dle databáze „Dreyfuss 2D“ [29] překračuje komfortní toleranční pole pouze kategorie levého rameno a to nepatrně (viz graf 11).

Obr. 49 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže



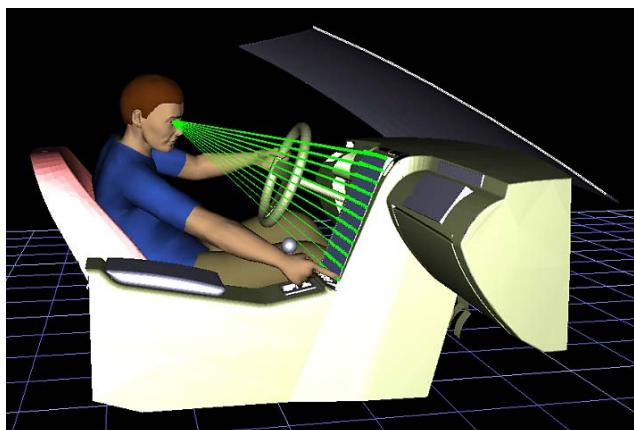
Podle databáze „Krist (1994)“ [30] (viz graf 17) se tato poloha z hlediska celkového komfortu velmi přibližuje nejhorší možné hodnotě.

Graf 17 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže



Výhledu na displej v této poloze znovu nebrání žádná překážka (viz obr. 50)

Obr. 50 Viditelnost displeje v poloze 2 – 5% muž





### 3.4.6 Souhrn

Tab. 3 Souhrn všech číselných údajů – 5% muž

Databáze	Percentil	Pohlaví	Výška [cm]	Váha [kg]
German Anthropometric Dat.	5%	Muž	165	63,5

Dreyfuss 2D						
Hodnocené části těla	Výchozí úhel (komfortní) [°]	Dolní tolerance [°]	Horní tolerance [°]	Základní pozice [°]	Krajní poloha 1 [°]	Krajní poloha 2 [°]
Krk	0	-30	30	11,2	-2	6,9
Rameno pravé	10	-15	35	39,7	78,3	35
Rameno levé	10	-15	35	35,4	40	39,7
Loket pravý	122,5	80	165	126,3	163,2	168,5
Loket levý	122,5	80	165	116	119,2	126,1
Zápěstí pravé	10	-25	45	19,3	-11,1	-11,3
Zápěstí levé	10	-25	45	21,8	18,5	19,3
Kyčel pravá	107,5	95	120	106,7	100,6	107,3
Kyčel levá	107,5	95	120	97,7	91,6	98,4
Koleno pravé	115	95	135	137,1	137,1	137,1
Koleno levé	115	95	135	113,9	113,9	113,9
Kotník pravý	97,5	85	110	110,8	110,8	110,8
Kotník levý	97,5	85	110	92,2	92,2	92,2

Krist (1994)			
Hodnocené části těla	Základní pozice	Krajní poloha 1	Krajní poloha 2
Krk	40,1	27,5	44,1
Ramena	54,4	31,2	45
Záda	23,1	25,7	35,1
Kostrč	21,4	31,9	33,4
Pravá paže	11	29,3	25,6
Levá paže	9,5	0	14
Pravá noha	45,5	10,9	35,7
Levá noha	27	15,8	29,3
Únava	67,4	54,7	70,9
Komfort	69	59,9	78,5

### 3.4.7 Zhodnocení

Z obrázků výše vyplývá, že 5% muž řidič nedokáže ze své základní pozice ovládat více než třetinu displeje (viz obr. 45). Tento údaj je však do jisté míry zavádějící, jelikož v tomto se případě vychází z 50% polohy sedadla, která pro 5% řidiče není optimální. Co se týče hodnocení podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29], tak nejkritičtějším místem je znovu jednoznačně úhel pravého ramene vůči trupu v krajní poloze 1, kde překračuje kladný komfortní limit o více než o polovinu, a to na  $78,3^\circ$  (viz tab. 3). To je nejvyšší hodnota ze všech tří kategorií. Hodnocení podle databáze „Krist (1994)“ [30] se v tomto ohledu znovu značně rozchází, z hlediska ramenou a pravé paže je na tom poloha 1 lépe, než poloha 2 i základní pozice. Tento fakt by mohl být dán skutečností, že není jisté, zda se v této databázi počítalo s volantem jako opěrným bodem.

Výhledu na displej v krajních polohách ani tentokrát nebrání žádná překážka (viz obr. 47 a 50). V základní pozici je výhled na dolní část displeje (viz obr. 44) opět omezen pravou rukou, avšak ve větším rozsahu než u předešlých kategorií (viz obr. 29 a 36).

## 4 Diskuze

Z měření maximálních dosahových zón vyplývá, že vzdálenost dotykového displeje neumožňuje jeho ovládání na celé své ploše ze základní pozice, a to ani pro jednu kategorii hodnocených řidičů. Pro ovládání displeje na celé ploše jsou tedy nuceni základní pozici opustit. Jak vyplývá z grafů hodnocení pohodlnosti polohy podle databáze „Dreyfuss 2D“ [29], tak nejkritičtější částí těla se v tomto ohledu rozhodně jeví pravé rameno. Ve všech třech hodnocených kategoriích v Poloze 1 překračuje jeho úhel toleranční komfortní pole více než dvojnásobně (viz tab. 1, 2 a 3). Co se týče hodnocení celkového faktoru únavy a komfortu podle databáze „Krist (1994)“ [30], tak Poloha 2 je všech kategoriích v tomto ohledu nejméně vhodná (viz tab. 1, 2 a 3). V souvislosti s tím, že řidič jakékoli kategorie musí pro ovládání celé plochy displeje opustit svoji základní polohu, by se mělo v dalším řešení uvážit, jakým stylem se v tomto ohledu změní výhled řidiče z vozidla. Zejména v Poloze 2, by mohlo dojít k výraznému omezení tohoto výhledu.

V rámci řešení výše stanovených problémů, by bylo vhodné přistoupit k systému naklonění displeje směrem k řidiči, nejlépe tak, aby mohl pro dosažení v prostoru celé plochy zůstat ve své základní pozici. Způsob naklonění displeje směrem k řidiči využívá například podobný koncept vozů Tesla (viz obr. 51). Jelikož nejkritičtější místo pro ovládání z hlediska komfortu je pravé rameno v Poloze 1 (ovládání pravého horního rohu obrazovky), bylo by nejvhodnější tento bod co nejvíce přiblížit řidiči.

Obr. 51 Interiér vozu Tesla Model X

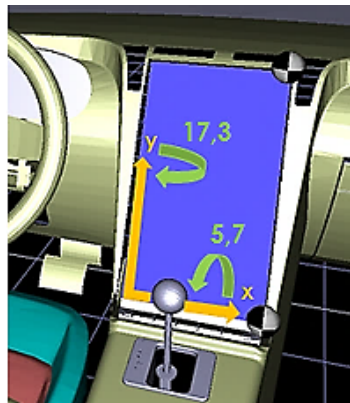


Pro orientační zjištění, v jaké míře by bylo potřeba displej naklopit, bylo provedeno doplňkové ověřovací měření. Měření probíhalo postupným naklápěním a zaznamenáváním změny úhlů, dokud nebylo dosaženo ideální pozice, ve které by celá plocha displeje byla uvnitř dosahových zón všech tří kategorií řidičů. Tímto krokem byly zjištěny hodnoty úhlů, o které je potřeba displej natočit směrem k řidiči (viz tab. 4).

Tab. 4 Změna úhlů displeje

Potřebná změna úhlu kolem obou os směrem k řidiči		
Percentil	x	y
95%	3,6°	14,8°
50%	0,1°	16,3°
5%	5,7°	17,3°
Výsledek	5,7°	17,3°

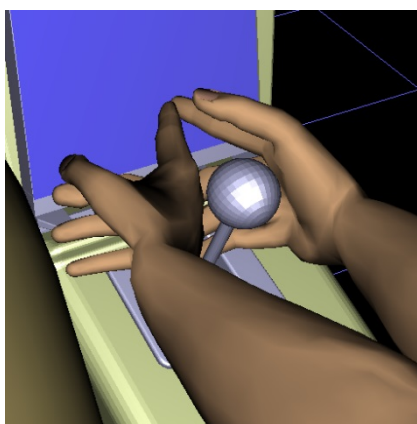
Obr. 52 Potřebná změna úhlu displeje



Jako výsledný potřebný úhel byl stanoven největší úhel ( $x: 5,7^\circ$ ,  $y: 17,3^\circ$ ), který odpovídá 5% kategorii řidiče (viz obr. 52).

Ze způsobu uspořádání interiéru vyplynul ještě další prvek, který ovlivňuje komfort při ovládání displeje, a tím je vzájemná poziční interakce řadicí páky a centrálního displeje. Při hodnocení pomocí dosahových zón program bohužel nebere v úvahu pevné překážky, nepočítá tedy s nutnou změnou polohy ruky pro ovládání okolo řadicí páky (viz obr. 53). Tento problém by potřeboval další detailnější rozbor, v rozsahu této práce totiž nebyl prostor pro jeho podrobnější zhodnocení.

*Obr. 53 Ovládání displeje v místě omezeném řadicí pákou*

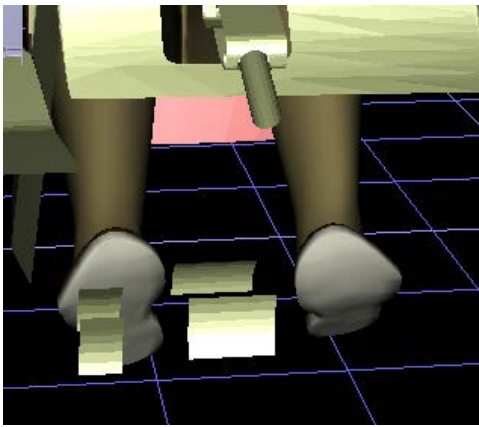


Hodnocení uspořádání interiéru z hlediska viditelnosti displeje v závislosti na případných překážkách dopadlo ve všech kategoriích kladně. Možné překážky jako řadicí páka nebo volant neomezují řidiče ve výhledu na displej ani v jedné z hodnocených poloh. Hodnocení vychází z obrázků výhledů na displej ze základní pozice, a z rozhledových polí v krajních polohách. (viz obr. 29, 32, 34, 36, 39, 41, 44, 47, 50)

Prvek, který by se měl v dalším řešení návrhu multifunkčního panelu také zohlednit, konkrétně při navrhování uživatelského rozhraní, je skutečnost jakou oblast dolní části displeje vidí řidič ze své základní pozice a uvážit, v jaké části displeje zobrazovat důležité informace. Tato úvaha vychází z obrázků výhledu řidiče v základní pozici.

Při řešení se objevil další ergonomický parametr, jehož hodnocení nebylo v zadání přímo požadováno, bylo by však dobré ho přinejmenším zmínit pro další rozbor. Je to vzdálenost jednotlivých pedálů od sebe a od středového panelu. Při hodnocení 50% muže vyvstal problém s umístěním chodidla na plynový pedál. Pravá noha byla umístěna v nejkrajnější možné poloze, kdy už se nedala více posunout ke středovému panelu, a chodidlo skoro zasahovalo i zároveň na pedál brzdový (viz obr. 54).

*Obr. 54 Problematické umístění chodidla na plynový pedál*



## Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo experimentálně ověřit, zda řidič dokáže ovládat dotykový displej umístěný v nově navrhovaném středovém panelu, aniž by musel opustit základní pozici. Z výsledků měření je patrné, že ani v jedné kategorii hodnocených řidičů, není možné tento stav dosáhnout. Na základě těchto primárních zjištění byl zvolen další možný postup řešení, kterým je změna úhlového natočení displeje směrem k řidiči. To by posunulo testovaný displej do optimálních dosahových vzdáleností pro téměř celé testované spektrum řidičů.

Dalším cílem bylo ověřit, zda řidiči nepřekáží část interiéru v zorném poli při ovládání testovaného displeje. V tomto ohledu dopadlo hodnocení interiéru ve všech kategoriích pozitivně, a lze konstatovat, že výhledu nebrání žádná překážka.

Z měření vyplynuly další aspekty, spadající do ergonomického řešení interiéru daného vozidla. Jedním z nich jsou možné budoucí problémy při ovládání displeje, plynoucí ze vzájemné polohy displeje a řadicí páky. Dalším je prostorové uspořádání pedálové skupiny a středového panelu. Na závěr byla definována některá doporučení pro návrh rozvržení uživatelského rozhraní displeje, s ohledem na rozmístění jednotlivých sdělovacích a ovládacích prvků na displeji.

Samotné výsledky experimentálního měření však nelze brát jako podklady pro konečné řešení zmiňovaných ergonomických aspektů. Je třeba brát v potaz, že jde pouze o část celkového procesu navrhování interiéru. Výsledky by měly sloužit jako podklady, ze kterých je možné vycházet při směřování dalšího postupu návrhu interiéru.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [2] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [3] Ergonomie. NIS: Nábytkářský informační systém [online]. Brno [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/ergonomie/page/19/>
- [4] LADA, Ondřej. *Základy ergonomických studií* [online]. , 9-10 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/16206225-Zaklady-ergonomickych-studii.html>
- [5] BUREŠ, Marek a Kateřina SEKULOVÁ. Ergonomická rizika opakované výroby. In: CAD.cz [online]. Brno: CCB [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6006-ergonomicka-rizika-opakovane-vyroby.html>
- [6] GAĎOUREK, Petr a Tomáš LEBEDA. *Příklady použití simulačního programu Tecnomatix Classic Jack při optimalizaci pracovního prostředí a pracovní zátěže* [online]. In: . Praha: GETA Centrum, 2011, s. 2 [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/8189454-Priklady-pouziti-simulacniho-programu-tecnomatix-classic-jack-pri-optimalizaci-pracovniho-prostredi-a-pracovni-zateze.html>
- [7] BAUMRUK, Martin. Tady žije Jack!. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 2005, **2005**(3), 50 [cit. 2017-03-13]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/tady-zije-jack.html>



- [8] BUREŠ, Marek...[et al.]. Využití digitálních nástrojů ergonomie pro praxi. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 1. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2011/digitalni-nastroje-ergonomie.html>>. ISSN 1803–3687.
- [9] SIVARAMAN, Velmurugan. *Human Factors & Ergonomics in automotive design* [online]. In: . s. 77 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <https://fr.slideshare.net/sudhavel/human-factors-amp-ergonomics-in-automobile-enineering>
- [10] GKIKAS, Nikolaos. *Automotive ergonomics: driver-vehicle interaction*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. ISBN 978-1439894255.
- [11] *Bosch Automotive Handbook*. 6th ed. compl. rev. and extended. Stuttgart: Robert Bosch, 2004. ISBN 08-376-1243-8.
- [12] About SAE International. *SAE INTERNATIONAL* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.sae.org/about/>
- [13] SIVAMARAN, Velmurugan. *Basic ergonomics in automotive design* [online]. In: . 2016, [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/sudhavel/basic-ergonomics-in-automotive-design>
- [14] APV Human simulation. In: *4D SYS* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://4dsysco.com/>
- [15] In: *Siemens* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/Images/jack-download\\_tcm841-214620.jpg](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/Images/jack-download_tcm841-214620.jpg)
- [16] Movement analysis. In: *Production Ergonomics: Developed by Vivetech* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.gyartasergonomia.hu/en/>

- [17] In: NASA [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
[https://www.nasa.gov/centers/marshall/images/content/652395main\\_VEL\\_3080x2464.jpg](https://www.nasa.gov/centers/marshall/images/content/652395main_VEL_3080x2464.jpg)
- [18] Virtual manufacturing at Ford slashes worker injuries. In: *Michigan radio* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
[http://mediad.publicbroadcasting.net/p/michigan/files/styles/x\\_large/public/201507/ford-virtual-2.jpg](http://mediad.publicbroadcasting.net/p/michigan/files/styles/x_large/public/201507/ford-virtual-2.jpg)
- [19] Antropometrické rozměry. In: *NIS Nábytkářský informační systém* [online]. 2013 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie-a-dimenzovani/page/342/>
- [20] SKŘEHOT, Petr. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. ISBN 978-80-86973-91-3.
- [21] In: *Factory Five Forum* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
<http://thefactoryfiveforum.com/attachment.php?attachmentid=4970&d=1317927712>
- [22] Working with CAD geometry. In: *Computer Graphics World* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
<http://www.cgw.com/Publications/CGW/2012/Volume-35-Issue-5-Aug-Sept-2012-/In-Harms-Way.aspx>
- [23] Moderní řešení ergonomie v leteckém průmyslu: Kontrola kolize při maximální výchylce řízení. In: *CAD.CZ* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z:  
<https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2713-moderni-reseni-ergonomie-v-leteckem-prumyslu.html>

- [24] Porsche Boxster Seating Template Study. In: *Photobucket* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://s184.photobucket.com/user/kach22i/media/Automobile/GKA-Boxster-Template-more-notes.jpg.html?sort=3&o=153>
- [25] Oscar. In: *Ars technica* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <https://arstechnica.com/cars/2014/06/why-youll-never-drive-your-car-with-a-joystick/2/>
- [26] Shooting from the Hip: Meet Hieronymus, Our H-Point Machine. In: *Car and Driver* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://blog.caranddriver.com/shooting-from-the-hip-meet-hieronimus-our-h-point-machine/>
- [27] BMW 6 Series The Birth of a Sports Car - Design. In: *YouTube* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=CaHup6viPIU>
- [28] In: *SAE International* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: [http://www.sae.org/dlymagazineimages/web/516/4360\\_4014.jpg](http://www.sae.org/dlymagazineimages/web/516/4360_4014.jpg)
- [29] TILLEY, Alvin R. *The Measure of man and woman: human factors in design*. New York: Whitney Library of Design, 1993. ISBN 08-230-3031-8.
- [30] Krist, R. (1994). Modellierung des Sitzkomforts: Eine experimentelle Studie (Modeling of sit comfort: An experimentel study). Doctoral thesis. Katolischen Universität Eichstätt, Germany.
- [31] Basic Ergonomics in Automotive design: SAE recommended occupant packaging. In: *D'source* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.dsource.in/course/basic-ergonomics-automotive-design/module-2/introduction>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Umístění digitálního modelu člověka do pracovního prostředí.....	13
Obr. 2 Hodnocení zátěže v důsledku polohy těla (RULA) .....	14
Obr. 3 Zasazení skutečného člověka do virtuální reality.....	15
Obr. 4 Současně nejpoužívanější digitální modely člověka .....	15
Obr. 5 Základní statické rozměrové parametry člověka.....	17
Obr. 6 Dynamické měření rozměrů v pozici řidiče .....	18
Obr. 7 Optimální poloha horních končetin .....	18
Obr. 8 Optimální poloha hlavy a trupu .....	19
Obr. 9 Úhlové rozmezí pro pohyby očí a hlavy .....	19
Obr. 10 Využití šablony lidské postavy při návrhu vozidla .....	21
Obr. 11 Umístění postav do kokpitu pomocí počítačového programu .....	22
Obr. 12 Obecný postup při návrhu interiéru vozidla .....	23
Obr. 13 Zakreslení 2D postavy do náčrtu.....	24
Obr. 14 Rozměry figuríny podle doporučení SAE J833 a normy VDI 2780 ....	25
Obr. 15 Trojrozměrná figurína.....	25
Obr. 16 Schematické znázornění SAE standardů pro interiér vozidla .....	27
Obr. 17 Zasazení virtuálního modelu člověka do interiéru vozu .....	27
Obr. 18 Posuzování výhledových úhlů pomocí virtuálních brýlí.....	28
Obr. 19 Kritéria pro umístění ovladačů.....	29

Obr. 20 Ergosféra řidiče vytvořená pomocí programu Tecnomatix Jack....	30
Obr. 21 Obrisy dosažitelnosti ovládacích prvků .....	30
Obr. 22 Hodnocený interiér vozidla .....	32
Obr. 23 Percentilové rozdělení muže 95%, 50% a 5%.....	34
Obr. 24 Zapuštění řidiče do sedačky.....	35
Obr. 25 Výchozí pozice rukou.....	36
Obr. 26 Body určující krajní polohy .....	38
Obr. 27 Příklad upozornění na překážku bránící výhledu.....	39
Obr. 28 Základní pozice – 95% muž.....	40
Obr. 29 Pohled z místa řidiče v základní pozici - 95% muž .....	41
Obr. 30 Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 95% muž .....	42
Obr. 31 Krajní poloha 1 – 95% muž .....	43
Obr. 32 Viditelnost displeje v poloze 1 – 95% muž .....	44
Obr. 33 Krajní poloha 2 – 95% muž .....	45
Obr. 34 Viditelnost displeje v poloze 2 – 95% muž .....	46
Obr. 35 Základní pozice – 50% muž.....	49
Obr. 36 Pohled z místa řidiče v základní pozici - 50% muž .....	50
Obr. 37 Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 50% muž .....	51
Obr. 38 Krajní poloha 1 – 50% muž .....	52
Obr. 39 Viditelnost displeje v poloze 1 – 50% muž .....	53

Obr. 40	Krajní poloha 2 – 50% muž	54
Obr. 41	Viditelnost displeje v poloze 2 – 50% muž	55
Obr. 42	Nevyhovující pozice sedadla pro 5%muže	58
Obr. 43	Základní pozice s 50% umístěním sedadla - 5% řidič	58
Obr. 44	Pohled z místa řidiče v základní pozici - 5% muž	60
Obr. 45	Dosahové zóny z místa řidiče v základní poloze – 5% muž	60
Obr. 46	Krajní poloha 1 – 5% muž	61
Obr. 47	Viditelnost displeje v poloze 1 – 5% muž	62
Obr. 48	Krajní poloha 2 – 5% muž	63
Obr. 49	Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže	63
Obr. 50	Viditelnost displeje v poloze 2 – 5% muž	64
Obr. 51	Interiér vozu Tesla Model X	68
Obr. 52	Potřebná změna úhlu displeje	68
Obr. 53	Ovládání displeje v místě omezeném řadicí pákou	69
Obr. 54	Problematické umístění chodidla na plynový pedál	70

## Seznam grafů

Graf 1 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže....	40
Graf 2 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže.....	41
Graf 3 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže .....	43
Graf 4 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže.....	44
Graf 5 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 95% muže .....	45
Graf 6 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 95% muže.....	46
Graf 7 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže....	49
Graf 8 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže.....	50
Graf 9 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže .....	52
Graf 10 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže.....	53
Graf 11 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 50% muže ...	54
Graf 12 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 50% muže.....	55
Graf 13 Komfort základní pozice podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže....	59
Graf 14 Komfort základní pozice podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže .....	59
Graf 15 Komfort krajní polohy1 podle dat. „Dreyfuss 2D“ pro 5% muže .....	61
Graf 16 Komfort krajní polohy 1 podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže.....	62
Graf 17 Komfort krajní polohy 2 podle dat. „Krist (1994)“ pro 5% muže.....	64

## Seznam tabulek

Tab. 1 Souhrn všech číselných údajů – 95% muž .....	47
Tab. 2 Souhrn všech číselných údajů – 50% muž .....	56
Tab. 3 Souhrn všech číselných údajů – 5% muž .....	65
Tab. 4 Změna úhlů displeje.....	68