



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Aivaras Geidonas

ELEKTRINIO KRAUTUVO OPERATORIAUS DARBO VIETOS
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Martynas Starevičius

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

ELEKTRINIO KRAUTUVO OPERATORIAUS DARBO VIETOS
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (M5036M21)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Martynas Starevičius

(data)

Recenzentas

(parašas) Prof. dr. Artūras Keršys

(data)

Projektą atliko

(parašas) Aivaras Geidonas

(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

(Studento vardas,pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Aivaro Geidono, baigiamasis projektas tema „.....“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Aivarui Geidonui*

1. Projekto tema: *Elektrinio krautuvo operatoriaus darbo vietos tyrimas.*

Investigation of the operator's workplace of an electric loader.

Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas: *Ištirti elektrinio krautuvo operatoriaus darbo vietą atsižvelgiant į darbo specifiką bei ergonomikos ir komforto poreikius.*

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

3.1. Krautuvų, skirtų žemės ūkiui, statybų ir sandėliavimo-logistikos šakoms, operatoriaus darbo vietos analizė.

3.2. Tiriama krautuvo sėdėsenos ir valdymo įrenginių montavimo vietos tyrimas.

3.3. Krautuvų operatoriaus matymo lauko analizė.

3.4. Elektrinio krautuvo operatoriaus darbo vietos saugumo tyrimas.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 20 d.

Vadovas: _____

(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau _____:

(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Geidonas, Aivaras. ELEKTRINIO KRAUTUVO OPERATORIAUS DARBO VIETOS TYRIMAS. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Martynas Starevičius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: elektrinis, krautuvas, ergonomika, antropometrija, komfortas, matymo laukas, apsauginė konstrukcija, statinis stovumas.

Kaunas, 2016. XX p.

SANTRAUKA

Šiame darbe atsižvelgiant į darbo specifiką ir ergonomikos bei komforto reikalavimus konstruojama ir tiriama operatoriaus darbo vieta. Su programa „SolidWorks“ suprojektuojama operatoriaus darbo vieta atsižvelgiant į elektrinio krautuvo konstrukciją ir jam reikalingus valdymo įrenginius, o naudojant programą „CATIA“ patikrinamas suprojektuoto modelio valdymo įrenginių pasiekiamumas ir matymo laukas su 5, 50 ir 95 procentilių operatoriais. Įvertinami antropometriniai duomenys, kurie pateikiami schemeje.

Darbe tai pat palyginamas elektrinio krautuvo matymo laukas su kito traktoriaus matomumu, kuris naudoja tą patį krautuvą.

Nustatoma elektrinio krautuvo rizikos kategorija ir pagal tai parenkama apsauginė konstrukcija. Norint išvengti apvirtimo apskaičiuojami pradiniai virtimo kampai tam tikrais atvejais.

Realiai sukonstruota operatoriaus darbo vieta pagal suprojektuotą modelį išbandoma ir palyginama su apžvalgoje aptartais reikalavimais.

Šio darbo medžiaga gali būti panaudota ateityje kaip pavyzdys projektuoti ir konstruoti kitas panašios darbo specifikos t.y. traktorių, krautuvų ir kitų darbo mašinų operatoriaus darbo vietas.

Geidonas, Aivaras. *INVESTIGATION OF THE OPERATOR'S WORKPLACE OF AN ELECTRIC LOADER: Master's thesis in / supervisor assoc. prof. Martynas Starevičius. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: electric, loader, ergonomics, anthropometry, comfort, field of view, protective structures, static stability.

Kaunas, 2016.XX p.

SUMMARY

In this thesis, the operator's workplace is constructed and investigated considering the specifics of work, ergonomics and comfort requirements. Two software programs, „SolidWorks“ and „CATIA“, have been used for this project. The „SolidWorks“ program has been used to design the workplace of an operator considering the construction of an electric loader and all the needed controls for it. The „CATIA“ software program has been used to inspect the reach zones and the field of view of the model designed using 5th, 50th and 95th percentile operators. The anthropometric data is estimated and presented schematically.

The field of view is compared to another tractor which uses the same loader.

The risk category of the electric loader is determined, and the protective structure is selected accordingly. In order to avoid rolling over, the primary roll over angles are calculated in some cases.

The real-life operator's workplace based on the model designed is tested and the results obtained are compared to the requirements discussed in the theoretic analysis. The present thesis can be used in the future as an example of how to design and construct other similar work specifics, i.e. workplaces of tractor, loader and other machinery operators.

Turinys

ĮVADAS.....	9
1. LITERATŪROS APŽVALGA	10
1.1. Operatoriaus darbo vietos analizė	10
1.1.1. Sandėliavimo – logistikos krautuvų valdymo įrenginiai.....	10
1.1.2. Traktorių valdymo įrenginiai	12
1.1.3. Statybose naudojamų krautuvų valdymo įrenginiai.....	13
1.1.4. Dvikryptis traktorius	15
1.2. Ergonomika	16
1.2.1. Operatorius-mašina-aplinka kaip sistema	16
1.2.2. Reikalavimai užtikrinti tinkamai darbo erdvei.....	17
1.2.3. Rankomis valdomi įrenginiai	18
1.2.4. Pėdomis valdomi įrenginiai	20
1.2.5. Žmogaus antropometriniai duomenys.....	21
1.2.6. Komfortas.....	22
1.2.7. Atmosferos įtaka	26
2. TYRIMŲ METODIKA	28
2.1. Matymo lauko tyrimo metodas.....	28
2.2. Matymo lauko schemas pavyzdys.....	30
3. TIRIAMO KRAUTVO VALDYMO ĮRENGINIŲ IR SĖDĖSENOS TYRIMAS	32
3.1. Pasiekiamumo ir komforto įvertinimas	32
3.2. Matymo lauko analizė	35
4. APSAUGINĖS KONSTRUKCIJOS PROJEKTAVIMAS	38
4.1. Virtimo kampo skaičiavimas.....	40
4.2. Sukonstruota operatoriaus darbo vieta	43
5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	47
IFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	48
PRIEDAI.....	51

P – 1. Antropometriniai žmogaus matmenys sėdint	52
P – 2. Antropometriniai vyro matmenys stovint	53
P – 3. Antropometriniai moters matmenys stovint	54
P – 4. Komforto zonos	55
P – 5. 5 procentilių operatoriaus pasiekiamumas bei rankų komforto zona	56
P – 5. 95 procentilių operatoriaus pasiekiamumas bei rankų komforto zona	57
P – 7. Antropometriniai duomenys pagal sukonstruotą operatoriaus darbo vietą	58
P – 8. Papildoma schema	59

ĮVADAS

Operatoriaus darbo vieta yra viena iš vietų, kur operatorius valdydamas darbo mašinos valdymo įrenginius praleidžia daug laiko. Jį taip pat gaubia darbo erdvė t.y. kabina ar kitos apsauginės konstrukcijos. Darbo metu svarbu, kad operatorius jaustųsi komfortabiliai ir galėtų be apribojimų dėl kitų operatoriaus aplinkoje esančių objektų valdyti darbo įrenginius. Darbo įrenginių išdėstymas, valdymo pobūdis bei kiti ergonominiai veiksniai įtakoja darbo efektyvumą, todėl svarbu tinkamai parinkti valdymo įrenginių padėtis. Jie turi ne tik būti patogiai ir logiškai išdėstyti, bet taip pat turi ir kuo mažiau trukdyti operatoriaus judesiams, matomumui. Matomumą taip pat įtakoja kabinos dalys ir kiti elementai. Todėl reikia sukurti kuo geresnį matomumo lauką aplink darbo mašiną tiek dėl operatoriaus saugumo, tiek dėl aplinkinių saugumo.

Konstruojant operatoriaus darbo vietą reikia atkreipti dėmesį į darbo mašinos specifiką ir jai keliamus ergonomikos ir komforto reikalavimus.

Darbo tikslas – ištirti elektrinio krautuvo operatoriaus darbo vietą atsižvelgiant į darbo specifiką bei ergonomikos ir komforto poreikius.

Darbo uždaviniai:

1. Krautuvų, skirtų žemės ūkiui, statybų ir sandėliavimo – logistikos šakoms operatoriaus darbo vietos analizė;
2. Tiriamo krautuvo sėdėsenos ir valdymo įrenginių montavimo vietos tyrimas;
3. Krautuvų operatoriaus matymo lauko analizė;
4. Elektrinio krautuvo operatoriaus darbo vietos saugumo tyrimas.

Darbo pradžioje analizuojama skirtingų darbo šakų krautuvų operatoriaus darbo vietos. Apžvelgiama ergonomika, komfortas, reikalavimai valdymo įrenginiams ir darbo erdvei.

Remiantis darbo apžvalga, atsižvelgiant į elektrinio krautuvo konstrukciją ir įvertinant, tai kad krautuvai yra varomas elektra, naudojantis programa „SolidWorks“ sudaromas skaitinis modelis pagal kurį parenkamos valdymo įrenginių padėtys. Naudojantis programa „Catia“ patikrinamas 5, 50 ir 95 procentilių operatorių valdymo įrenginių pasiekiamumas, taip pat įvertinamas matomumas. Matomumas tikrinamas remiantis matymo lauko tyrimo metodu.

Norint apsaugoti operatorių naudojama apsauginė konstrukcija nuo virtimo. Apžvelgiama galimos apsauginės konstrukcijos bei jų klasifikavimas pagal darbo riziką. Apskaičiuojami pradiniai virtimo kampai tam tikrais atvejais.

Darbo pabaigoje pateikiamos išvados ir pasiūlymai.

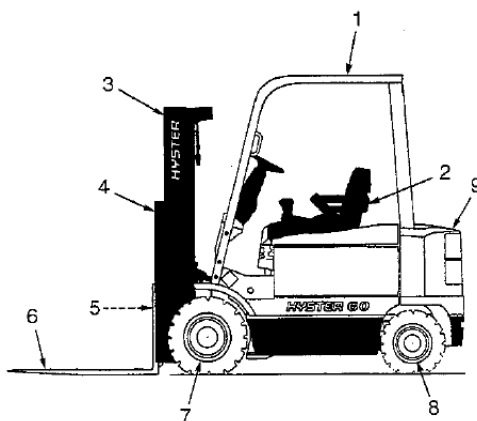
1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Operatoriaus darbo vietos analizė

Krautuvai naudojami įvairiose darbų srityse sandėliavimo – logistikos, žemės ūkio, statybų. Kiekvienas kitos srities krautuvai turi šiek tiek skirtingą operatoriaus darbo vietą, tačiau visa sistema yra panaši visuose krautuvuose, tik vis su kitais inžineriniais sprendimais.

1.1.1. Sandėliavimo – logistikos krautuvų valdymo įrenginiai

Šie krautuvai varomi dyzelinu, dujomis, elektra. Krautuvai varomi elektra, taip pat tiekia energiją hidraulinės pompos varikliui, vairo stiprintuvo pompai, skydeliui ir kitiems valdymo įrenginiams. Bendras krautuvo vaizdas (1 pav.). [\[17\]](#)



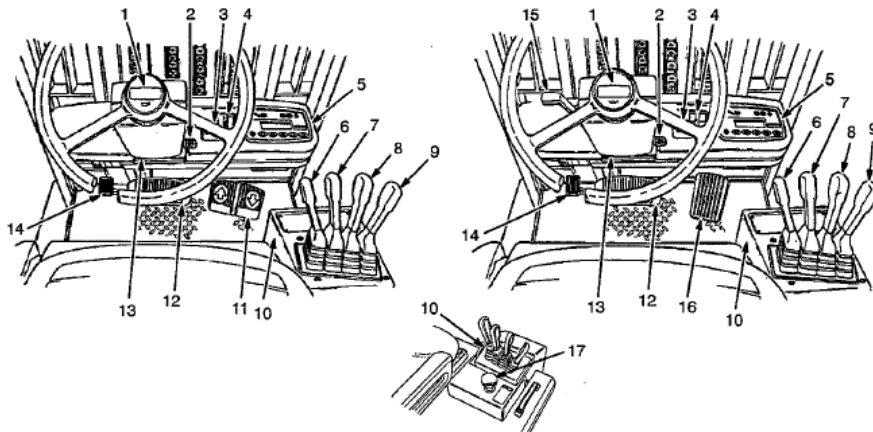
1 pav. 1 – apsauga virš galvos, 2 – saugos diržas ir klubų sutvirtinimo kronšteinas, 3 – keltuvo stiebas, 4 – kylančioji dalis, 5 – suportas, 6 – šakės, 7 – varančioji ašis, 8 – vairuojamoji ašis, 9 – atsvaras [\[17\]](#)

Elektriniai krautuvai turi regeneracinį stabdymą, taip pat ir įprastus darbinius stabdžius. Regeneracinis stabdymas operatoriui leidžia keisti važiavimo kryptį nenaudojant darbinių stabdžių. Kai pasirenkama nauja važiavimo kryptis regeneraciniai stabdžiai naudoja motorą sustabdyti krautuvui prieš važiuojant kita kryptimi. [\[17\]](#)

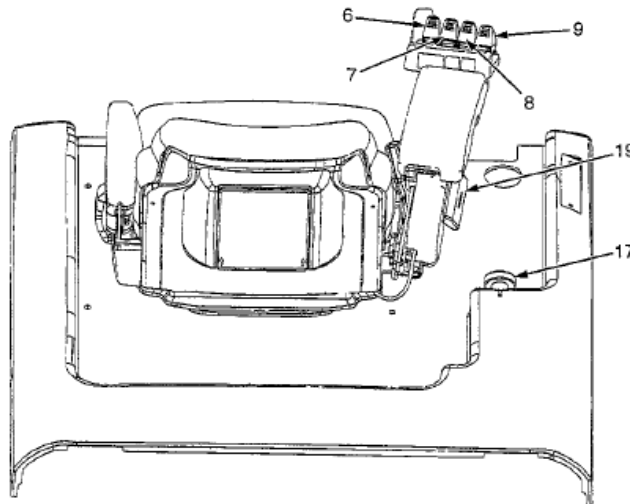
Stabdžių pedalas aktyvuoja hidraulinius darbinius stabdžius varančiuose ratuose. Pėda valdomas stovėjimo stabdis taip pat naudoja tuos pačius darbinius stabdžius. Kai kurie keltuvai turi papildomą sujungimą tarp motoro ir varančiojo veleno, kur yra sujungiamas su stovėjimo stabdžiu. Šis stovėjimo stabdis įsijungia operatoriui išlipus iš kabinos. [\[17\]](#)

Judėjimas į priekį ar atgal gali būti kontroliuojamas svirtimi esančia šalia vairo kolonėlės ar pėdalu. Jei yra judėjimo krypties keitimo svirtis, krautuvai turi akseleratoriaus pedalą. Jei yra pedalas, tai tas pats pedalas kontroliuoja ir judėjimo kryptį, ir greitį. [\[17\]](#)

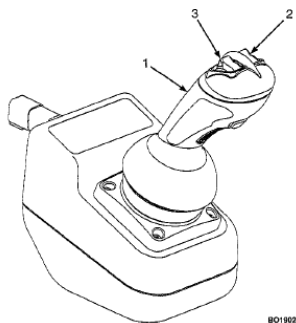
Kēlīmo darbams krautuvai dažnāusiai turi hidraulines svirtis (2 pav.) ar elektro – hidraulines svirtis, kurias būna svirčīų (3 pav.) arba vairalazdēs pavidalu (4 pav.). [17]



2 pav. Valdymo īrenginiai esant hidraulīnai svirčīų sistēmai. 1 – garsinis signālas, 2 – degimo spynelē, 3 – vairs, 4 – šviesū jungikļi, 5 – informācinis skydelis, 6 – kēlīmo/leidimo svirtis, 7 – šakiū posvyrio reguliavimo svirtis, 8 – papildoma svirtis kitoms funkcijoms, 9 – papildoma svirtis kitoms funkcijoms, 10 – valdymo svirties użrakinimas, 11 – pedālai akselerācijai ir krypties keitimui, 12 – stabdžiū pedālas, 13 – vairo kolonēlēs padēties keitimo svirtis, 14 – stovējimo stabdys, 15 – judējimo krypties keitimo svirtis, 16 – akseleratoriaus pedālas [17]

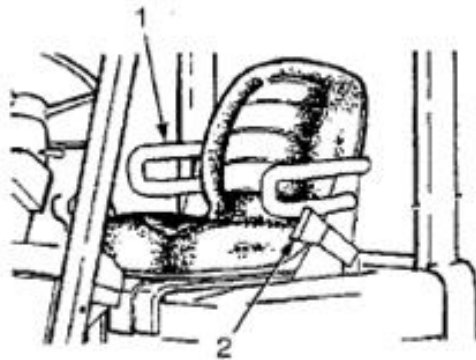


3 pav. Kēlīmo darbams skirtos svirtis ir vairalazdē kai valdymo sistēma elektro – hidraulīnē. 6 – kēlīmo/leidomo svirtis, 7 – šakiū posvyrio reguliavimo svirtis, 8 – papildoma svirtis kitoms funkcijoms, 9 – papildoma svirtis kitoms funkcijoms, 17 – avarinis stabdymo mygtukas, 19 – porankiū reguliavimo svirtis [17]



4 pav. 1 – kēlīmo/leidomo bei šakiū polinkio kampo reguliavimo mygtukai, 2 ir 3 – papildomi mygtukai valdymui priklausomai nuo pritvirtinto ītaiso prie keltuvo [17]

Vairuotojui apsaugoti apvirtus naudojamas saugos diržas, dažniausiai segamas per liemenį, taip pat kai kuriais atvejais klubų sutvirtinimo kronšteinas (5 pav.). [17]



5 pav. 1 – klubų sutvirtinimo kronšteinas, 2 – saugos diržas [17]

Taip pat kabina, kuri apsaugo nuo krentančių objektų. [17]

1.1.2. Traktorių valdymo įrenginiai

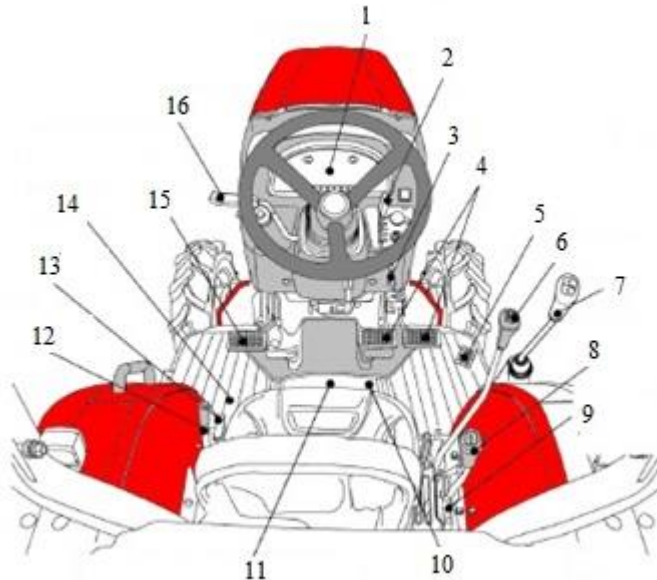
Agrokultūroje dažniausiai naudojami traktoriai su pridedamais krautuvais, taip pat teleskopiniai krautuvai. Jų darbinė galia didesnė nei sandėliavimo – logistikos krautuvų, bet nevisada galingesni už statyboje naudojamus krautuvus. [26]

Traktorių darbo vieta nedaug skiriasi nuo sandėliavimo – logistikos krautuvų. Tačiau traktoriai gali atlikti daugiau funkcijų, jie turi daugiau valdymo įrangos. Kaip pavyzdys pateikiamas kompaktinės klasės traktorius TYM T354 (6 pav.). [26]



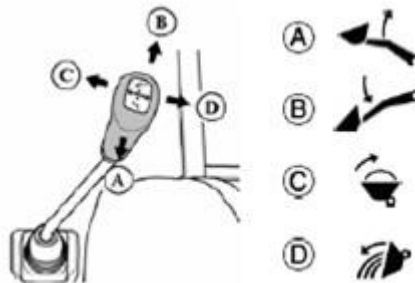
6 pav. Traktorius TYM T354 [26]

Traktoriaus TYM T354 bendras darbo vietos vaizdas (7 pav.).



7 pav. 1 – skydelis, 2 – akseleratoriaus svirtis, 3 – stovėjimo stabdžio svirtis, 4 – stabdžių pedalai, 5 – akseleratorius, 6 – pagrindinė pavarų svirtis, 7 – vairalazdė, 8 – pavarų perjungimo intervalo svirtis, 9 – hidraulinio vožtuvo valdymo svirtis, 10 – diferencialo blokavimo pedalas, 11 – palėtintojas, 12 – darbinio veleno svirtis, 13 – svirtis sujungti priekinius ratus su varančiąja pavara, 14 – rankinis stabdys, 15 – sankabos pedalas, 16 – judėjimo krypties keitimo svirtis [26]

Krautuvui valdyti naudojama vairalazdė. Kaip ir paprasto sandėliavimo – logistikos krautuvo vairalazdė (ar svirtys) atlieka tas pačias funkcijas: kelia, leidžia, keičia pokrypio kampą (šiuo atveju kaušo, tačiau gali būti prijungtas ir kitoks priedas) (8 pav.). [26]



8 pav. A – kelia, B – leidžia, C – kaušas verčiamas į save, D – kaušas išverčiamas [26]

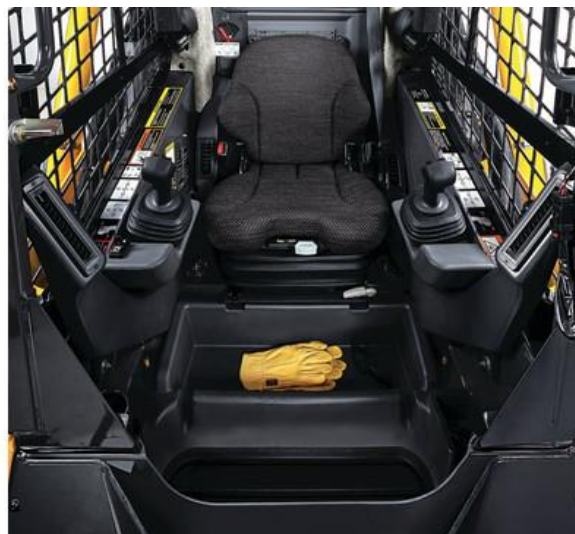
Traktorių kabinos gali būti atviros ar uždaros, taip pat kabiną pakeičiant tik saugos lanku, kur rizika yra maža būti sužeistam krentančių objektų ar apvirtimo atveju. [26]

1.1.3. Statybose naudojamų krautuvų valdymo įrenginiai

Statyboje bei kalnakasyboje naudojami įvairaus dydžio krautuvai. Mažiausieji kompaktinės klasės krautuvai (9 pav.) valdomi vairalazdžių pagalba tiek krautuvo vairavimas, tiek pats krautuvai. Dažniausiai naudojamos elektrohidraulinės vairalazdės (10 pav., 11 pav.), tačiau neretai kaušo valdymo naudojami ir pedalai. [7]



9 pav. Kompaktinės klasės krautuvas [\[13\]](#)



10 pav. Vaizdas į vidų [\[14\]](#)



11 pav. Vaizdas iš vidaus [\[7\]](#)

Sunkesniems darbams atlikti naudojami galingesni krautuvai (12 pav.).



12 pav. Statyboje naudojamas šarnyrinis krautuvas [\[9\]](#)

Jų valdymas yra panašus kaip ir anksčiau minėtų traktorių.

Kompaktinės klasės statybų krautuvas keliami šiek tiek mažesni reikalavimai žmogaus apsaugai, tačiau vis tiek reikalinga kabina apsaugoti žmogų nuo krentančių objektų, priekinė pertvara (tinklinė arba stiklas). Sunkesniems darbams atlikti t.y. didesnės rizikos darbams kabinos turi būti stipresnės ir atlaikyti tam tikras apkrovas nutikus nelaimėi. [\[6, 8\]](#)

1.1.4. Dvikryptis traktorius

Dvikrypčiai traktoriai turi galimybę laisvai judėti abejomis kryptimis. Vienas iš tokių pavyzdžių New Holland TV6070 (13 pav.). [\[19\]](#)



13 pav. New Holland TV6070 [\[19\]](#)

Šio traktoriaus atveju visa konsolė t.y. vairas, prietaisų skydas, valdymo prietaisai, sėdynė, kaip vienas mazgas gali pasisukti važiavimo kryptimi tiek į vieną, tiek į kitą pusę, taip žymiai efektyviau išnaudojant matomumo galimybes, dėl ko padidėja darbo našumas. [\[19\]](#)

Tiriamas elektrinio krautuvo komponentai yra labai panašūs dėl to, kad gale bus naudojamas krautuvas, o visa konsolė bus nukreipta taip pat į galą. [19]

1.2. Ergonomika

Ergonomika yra mokslo disciplina, tirianti žmonių tarpusavio sąveiką ir ryšį su kitais sistemos elementais. Tai taip pat profesija, kurioje taikoma teorija, principai, duomenys ir metodai, skirti sukurti ir patobulinti darbinę sistemą, kurioje dalyvauja žmogus ir mašina kaip sistema. [21]

Ergonomika susiduria su mašina ar darbu, operatoriumi ir darbo erdve kaip vientisa sistema, kuri veikia paskirtų darbų atlikimą. [21]

Darbo aplinka gali įtraukti darbo erdvę, valdymo įrenginius, artimiausią aplinką, triukšmą, dulkes, vibracijas, dūmus ir dujas, šviesą, saugumą ir t.t. Ergonomika yra medicinos ir inžinerijos mokslų principai, susiję su žmogiškaisiais faktoriais ir užduotimis. [21]

1.2.1. Operatorius-mašina-aplinka kaip sistema

Žmogus, palyginus su varikliu/mašina turi ribotą jėgos šaltinį. Tačiau žmogus turi išskirtinį privalumą kalbant apie sąmoningumą ir sprendimų priėmimą priklausomą nuo poreikių. Operatorius atstoja sistemos branduolį. Operatorius naudoja savo jutiminę sistemą suvokti aplinkai, priima sprendimus, paremtus gauta informacija ir atlieka tam tikrus veiksmus norimam rezultatui gauti. Jei užduotis nauja ir mažai pažįstama, tada sprendimų priėmimo procesas yra lėtas. Rutinos ir gerai žinomos užduoties atveju sprendimai priimami greitai ir tiksliai. Stresas yra vienas iš veiksnių, kuris veikia operatoriaus suvokimą, sprendimų priėmimą ir atsakymų pasirinkimą. Daugelis faktorių, tokių kaip operatoriaus amžius, mokymas, motyvacija ir kita veikia užduoties atlikimo sėkmę. [21]

Mašinos charakteristikos, įtrauktos į sistemą, yra priedai, valdymo įrenginiai, informaciniai skydeliai, jėgos galimybės, operacijos greitis, sėdynė, vibracijos, triukšmas, išmetamosios dujos, matomumas, saugumo priemonės ir t.t. Darbinė erdvė, valdymo įrenginių išdėstymas ir informacinių skydelių išdėstymas veikia operatoriaus gebėjimus. Pavyzdžiui, traktoriaus sėdynė yra suprojektuota operatoriaus komfortui lengvai prieti prie valdymo įrenginių, tokių kaip stabdžiai, pavarų svirtis, vairas, sankaba ir kita. [21]

Ergonomika tiria ir kuria įrangą ir prietaisus, labiausiai tinkančius žmogaus kūnui, jo judesiams ir pažintinėms galimybėms. Susiduriama su fizine darbo aplinka, įrankiais ir technologiniu dizainu, darbo stotelės dizainu, darbo poreikiais, fiziologiniais ir biomechaniniais kūno apkrovimais. Ergonomikos tikslas ne tik patobulinti darbo efektyvumą, bet ir pagerinti žmogaus komfortą ir saugumą. Jei ergonomika nėra vertinama, sistemos efektyvumas tampa prastas. Todėl svarbu sukurti darbo erdvę, kuri prisitaikytų prie fiziologinių, psichologinių veiksnių ir darbuotojų elgesio. [21]

Yra skiriami penki pagrindiniai principai: efektyvumas ir atlikimas, komfortas, naudojimo nesudėtingumas, saugumas, estetika. [21]

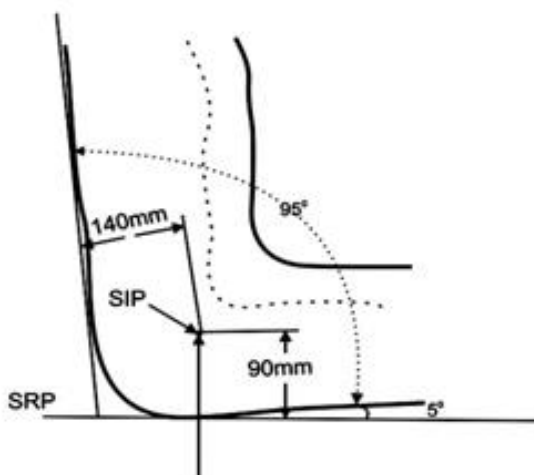
Šie penki principai skirstomi į tris sritis: fizinė ergonomika (kaip kūnas sąveikauja su įrankiais ir kitais dalykais ir kokios viso to pasekmės); pažintinė ergonomika (sąmonės informacijos suvokimas tiriant motorines funkcijas, atminties panaudojimą, sprendimų priėmimą ir kitus protinius gebėjimus); organizacinė ergonomika (optimizuoja darbo erdvę, grupinį darbą, atlikimo įvertinimo ir kokybės valdymą). [21]

1.2.2. Reikalavimai užtikrinti tinkamai darbo erdvei

Valdymo įrenginiai leidžia operatoriui keisti mechanizmo padėtis. Tai yra operatoriaus išėities duomenys mašinos valdymo įrengimų įvesties duomenys. Tai yra dalis mašinos, bet projektavimo atžvilgiu gali būti įvertinti kaip ryšiai tarp mašinos ir operatoriaus. Valdymo įrenginys perduoda informaciją iš žmogaus į mašiną ir projektavimo pradžios taškas turi būti operatoriaus išėities duomenų charakteristikų ryšys. [1, 21]

Operatoriaus išėities priemonės, tai keturios galūnės, balsas. Pagrindinis žmogaus galūnių išėities dėmuo yra jėga, kad valdymo įrenginiai būtų valdomi su tam tikru slėgiu ir valdymo įrenginių poslinkiu. Valdymo įrenginio slėgio atveju nejudanti jungtis neatrakios būsenos ir tik panaudojus tam tikrą jėgą į valdymo įrenginį, veikia mašiną. Poslinkio atveju mašinos padėtis pakeičiama pakeičiant valdymo įrenginio atstumą ar kampą. Tiesioginis grįžtamasis ryšys iš poslinkinio įrenginių yra gana sudėtingas, priklausomai nuo įrenginio atstotamosios jėgos. Jos gali neegzistuoti, tokiu atveju valdymo įrenginys, pakeitus jo padėtį, lieka toje pačioje vietoje ir tik su nujaučiamu poslinkiu. [1, 21]

Sėdynės kontrolinis taškas (SIP) yra susikirtimas su centre vertikalia plokštuma per sėdynės teorinę ašį centrinės linijos tarp žmogaus liemens ir šlaunų (14 pav.). [21]



14 pav. Sėdynės kontrolinio (SIP) ir sėdynės atskaitos (SRP) taškai [21]

Sėdynės atskaitos taškas (SRP), tai taškas, esantis sėdynės centrinės išilginės plokštumos, kur žemesniojo atlošo tangentinė ir horizontali plokštumos susikerta. [21]

Optimalūs ir apribojantys matmenys naudojami valdymo įrengimų išdėstymui erdvėje. Optimalūs matmenys apibrėžia labiausiai tinkamas erdves, įrenginių vietoms esant neutralios padėties ir esant kitoms padėtimis. Tokiu atveju pagrindiniai valdymo įrenginiai tinkamiausi būti tokiose zonose, nes nuolat naudojami. Apribojantys matmenys aprašo priimtinumą, bet ne pačias geriausias erdves valdymo įrenginių vietoms. Jei valdymo įrenginiai yra už erdvės jie nėra nei per arti nei per toli. Matmenys apibrėžti erdvei dažniausiai pasirenkami pagal 5 ir 95 procentilius žmonių populiacijos. [1, 21]

Dvi valdymo įrenginių grupės yra ypač svarbios, t.y. rankos ir pėdos. Pėdomis valdomi įrenginiai labiausiai tinka stipriems ar pasikartojantiems jėgos reikalaujantiems įrenginiamas valdyti, o plaštakų atveju – greičio ir tikslumo. Daugiausiai keturi pėdomis valdomi įrengimai gali būti valdomi operatoriaus, neturinčio praktikos ir įgūdžių. Numatyta, kad operatorius sėdi ir gali palaikyti pusiausvyrą nesiremdamas pėdomis. Stovintis operatorius negali naudoti pėdomis kontroliuojamų įrenginių be pozos prisitaikymo. Tai yra neekonomiška greičio ir energijos eikvojimo atveju, dėl individualių skirtumų galint koordinuoti plaštakų ir pėdų valdymo įrenginių judesius. [21]

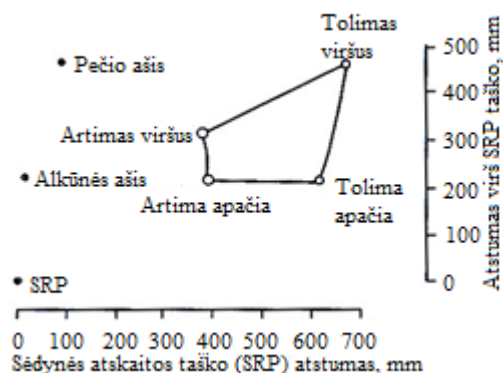
Išdėliojant valdymo įrenginius erdvėje svarbūs trys pagrindiniai faktoriai: pirmumas, grupavimas ir asociacijos. Pirmumas priklauso nuo dažnumo ir naudojimo ilgumo. Aukščiausio pirmumo valdymo įrenginiai turėtų būti išdėlioti optimaliose erdvėse. Avariniai įrenginiai privalo būti lengvai prieinamose vietose. Antraeiliai valdymo įrenginiai turėtų būti išdėlioti ties apribojančia erdve ir nebūtinai optimalioje erdvėje. Konfigūratorių ir kalibravimo valdymas, kuris naudojamas retai, gali būti išdėstomas už normalios operatoriaus darbo zonos. [1, 21]

Grupavimas gali būti atliktas pagal funkciją ir seką. Pagal funkcinį grupavimą valdymo įrenginiai, kurie yra įdentiški pagal funkciją ar naudojami kartu tam tikroms užduotims yra grupuojami kartu. Sekos atveju sugrupuojama pagal naudojimo seką. [1, 21]

1.2.3. Rankomis valdomi įrenginiai

Plaštakomis valdomi įtaisai turi būti naudojami ten, kur reikalingas tikslumas. Plaštaka ir ranka yra daug tikslesnės nei pėdos, o taip pat ir greitesnės. [21]

Yra pageidautina, kad sėdėjimo pozicija būtų artima stovėjimo pozicijai, ypač jei valdymo įtaisai turi būti valdomi įvairaus ilgio linijoje. Stovėjimas yra labiau varginanti ir paprastai mažiau efektyvi, silpnesnė ar mažiau tiksliai atliekant judesius. Didesni valdymo įtaisai su grįžtamuju slenkamuju judesiu valdomi dviem rankomis. Rekomenduotina matmenų zona optimaliam prietaisų valdymui (15 pav.) [21]



15 pav. Optimali erdvė rankų valdomiems įtaisams sėdint [21]

Visi valdymo įtaisai negali būti išdėstyti optimalioje zonoje. Įprastai valdymo įtaisų padėtys yra pasirenkamos pagal SRP. Todėl, siekiant pritaikyti šiuos matmenis, SRP taškas turi būti reguliuojamas bent 125mm horizontaliai ir 125mm vertikalčiai. [21]

Rankomis valdomų įtaisų įvairovė priklauso nuo rankų universalumo. Vairas yra rankos ekvivalentas strypui ir turi galimybę pasiekti tikslumą subalansuojant jėgas tarp dviejų rankų. Tai sudaro sąlygas plačiam pozicionavimo diapazonui ir rankos pagriebimui, bei valdomumui viena ar abejomis rankomis, su galimybe sukurti didelį sukimo momentą (1 lentelė). [21]

1 lentelė

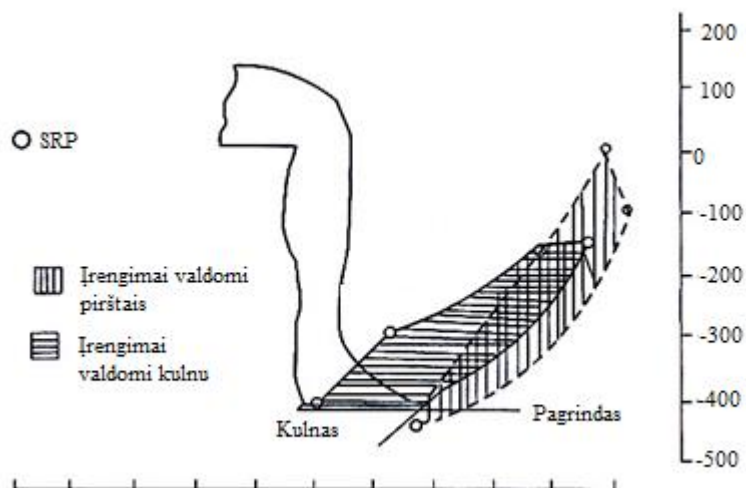
Didžiausios valdymo jėgos naudojamos valdant valdymo įtaisus

Valdomi įtaisai	Valdymo tipas	Didžiausia leistina jėga, N
Darbiniai stabdžiai	Pedalas	600
	Svirtis	400
Stovėjimo stabdys	Pedalas	600
	Svirtis	400
Sankaba	Pedalas	350
Darbinis velenas	Pedalas	300
	Svirtis	200
Vairavimo sistema	Vairas	250
Hidraulinis kėlimas	Svirits	70

Idealiai optimali vertikali valdymo įrenginių padėtis stovinčiam operatoriui būtų ryšys tarp pečių lygio ir alkūnės lygio, rankoms esant šalia kūno. Jei ši erdvė būtų optimizuota aukštam ir žemam operatoriui liekamoji erdvė būtų per maža. Geriausia naudoti vidutinių matmenų operatorių (50 procentilių). [21]

1.2.4. Pėdomis valdomi įrenginiai

Pėdomis valdomi įrenginiai turėtų būti tokie kur nereikalingas tikslumas, reikalingos didesnės jėgos ar kai reikia naudoti pastoviai didelę jėgą ir kur rankos gali labai pavargti. Pedalai gali būti išskirti į dvi grupes, kai vieni valdomi esant 44-89N jėgai ir tai pasiekama kojos judesiu (stabdžių pedalai) ir kai jėga esti iki 44N ir reikalinga pastovi operacija (akseleratoriaus pedalas). Optimali pedalo erdvė, kuri pati patogiausia pedalamis tiek neutralioje, tiek darbinėje padėtyje, pateikta paveiksle (16 pav.). [21]



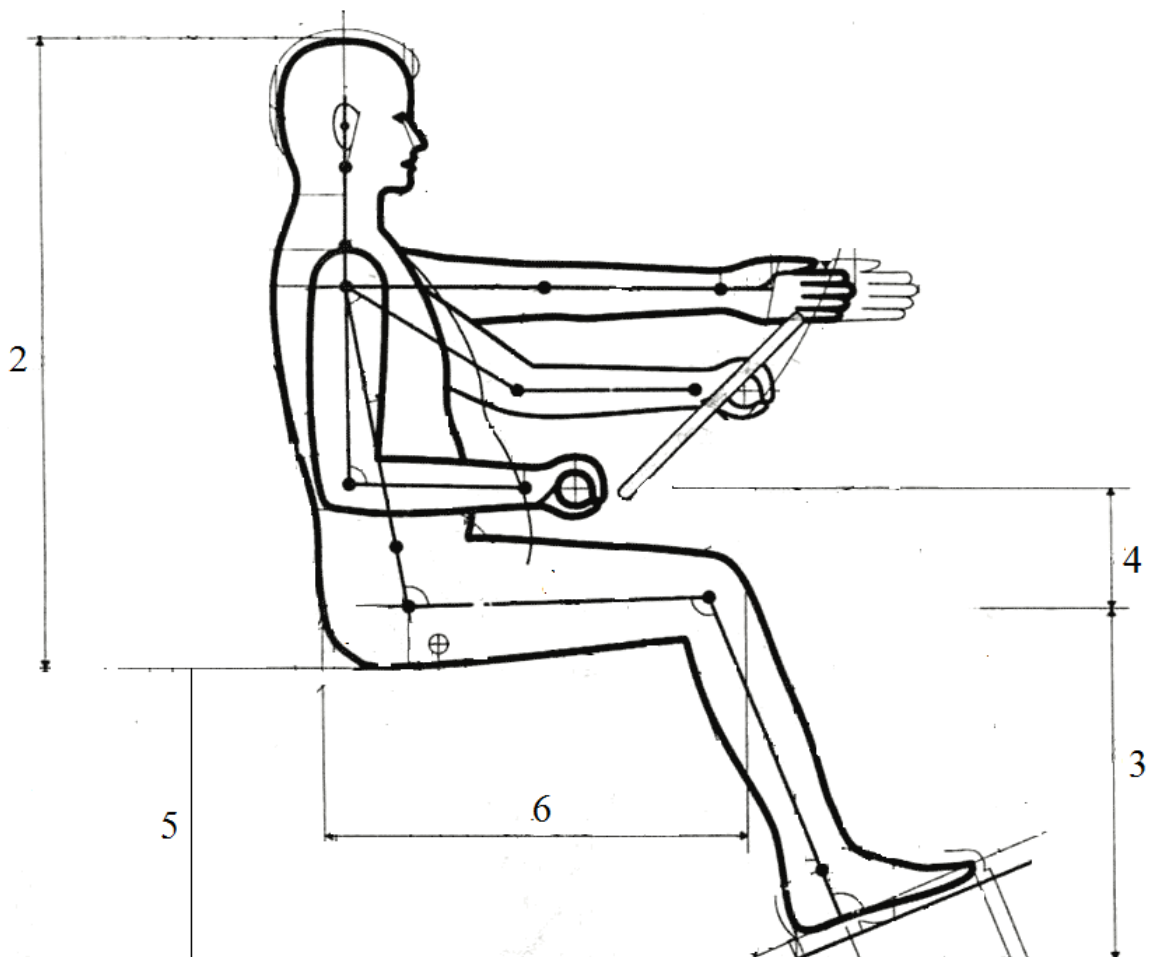
16 pav. Optimali erdvė pėdų valdomiems įtaisams sėdint [21]

Nustatant pėdų valdymo įrenginių padėtis, esant sėdėjimo pozicijai reikia atkreipti dėmesį į priešakinę ir užpakalinę vietas, vertikalią ir šonines vietas. Priešakinio ir užpakalinio sėdynės atskaitos taško (SRP) pedalo atstumai yra svarbūs nustatant reikalingos jėgos kiekį spaudžiant pėdomis valdomus įtaisus. Kuo trumpesnis atstumas, tuo didesnė jėga reikalinga, pedalai gali būti išdėstyti žemiau SRP pagal vertikalią ašį, priklausomai nuo užduoties. Kai pedalai pastumiami nuo kojos centrinės ašies šoniu, jėga didėja. [21]

Pėdomis valdomi įtaisai turi būti sukonstruoti valdyti iš sukurtos pozicijos. Sėdint, nugaros atrama turi būti aktyvi visada. Yra tik nedidelis skirtumas tarp kojų jėgos skirtumo, greičio ir tikslumo, bet daugelis teikia pirmenybę dešinės kojos panaudojimui ekstremaliais atvejais. Pedalo dizainas yra didelė antropometrinė problema parenkant pedalo padėtis grindų ir sėdynės atžvilgiu. Pedalas turi būti padengtas neslidžiu paviršiumi, atsistatanti jėga turėtų būti pakankamai didelė, kad paremtų pėdos svorį. [21]

1.2.5. Žmogaus antropometriniai duomenys

Antropometrija yra žmogaus mokslo šaka, kuri susiduria su žmogaus kūno matmenų dydžių duomenimis taip pat ir kitomis fizinėmis charakteristikomis ir žmogaus kūno judesių mechaniniais aspektais. Antropometrija yra matavimo technologija įvairiems žmogaus bruožams, tokiems kaip dydžiui, judrumui ir jėgai, o inžinerinė antropometrija yra operatoriaus pastangos, kai žmogaus ir mašinos sąsaja pasiekiamas didžiausias darbo sistemos/įrangos našumas. Yra didelė kūno matmenų variacija, todėl nėra ekonomiškai ar kartais praktiškai negalima suprojektuoti įrangos/darbo erdvės, kuri tiktų 100% naudotojų. Taigi projektuojama taip, kad 90% vartotojų galėtų patogiai naudotis įranga. Tai pasiekama naudojant 5 ir 95 procentilius žmonių populiacijos, kai reikia naudojami ir 50 procentilių žmonės (17 pav., 2 lentelė). Taip pat žiūrėti priedus P – 1, P – 2, P – 3. [\[1, 21\]](#)



17 pav. Kaikurių matmenų padėtys pagal 2 lentelę [\[18\]](#)

5, 50 ir 95 procentilių žmonių matmenys

Nr.	Kūno matmenys	Matmenys, mm		
		5 procentilis moteris/vyras	50 procentilis moteris/vyras	95 procentilis moteris/vyras
1	Stovėjimo aukštis	1495/1618	1605/1736	1713/1844
2	Sėdėjimo aukštis	786/842	850/906	907/967
3	Kelių aukštis sėdint	452/493	498/543	545/593
4	Alkūnių aukštis sėdint	181/190	233/243	281/294
5	Šlaunies aukštis sėdint	355/392	398/442	443/488
6	Nuo kelio iki sėdmens ilgis	518/540	569/594	625/642
7	Nuo alkūnės iki alkūnės plotis	315/350	384/417	491/506
8	Klubų plotis sėdint	312/308	364/354	437/406
9	Nuo klubų ašies iki grindų (kojų ilgis)	643/698	702/754	759/804
10	Svoris, kg	46,2/56,2	61,1/74,0	89,9/97,1

Iš bendrosios praktikos naudojama 5 ir 95 procentinės vertės darbo vietos projektavimui. Mažiausi matmenys kai kuriais atvejais turi būti paremti aukštesniąja procentine verte, tada, kada vertinama durų ir pabėgimo liukų matmenys. Kita vertus, didžiausi matmenys parenkami pagal žemesniąją procentinę vertę, siekiant užtikrinti trumpesnių rankų funkciškumą ir valdymo įrenginių pasiekiamumą. [\[1, 15, 21\]](#)

Šie žmonės galės naudotis įranga, bet su šiek tiek mažesniu ekonomiškumu ir komfortu. Antropometriniai duomenys yra ypač svarbūs projektuojant įrangą ir darbo erdvę. [\[21\]](#)

1.2.6. Komfortas

Daugelis darbuotojų didžiąją dalį darbo laiko praleidžia mažoje darbo erdvėje. Darbe yra trijų dimensijų regionas, supantis darbuotoją, apibrėžiamas pagal daugiausia kūno dalių paliestus taškus ir valdymo įrenginius, įrankius ar kitą darbuotojo naudotą įrangą. [\[21\]](#)

Projektuojama operatoriaus darbo erdvė priklauso nuo standartų, nustatančių mažiausius leistinus matmenis reikalavimus atitinkančiai darbo vietai. Operatorius turi laisvai tilpti į kabiną ir nejusti diskomforto. Jis turi galėti pasiekti ir valdyti visus valdymo įrenginius be pagrįstų kliūčių. [\[21\]](#)

Kabinos konstrukcijos vidaus matmenys gali turėti įtakos vairuotojo komfortui ir saugumui. Jei vairuotojas kabinoje yra susikūprinęs ar kitokios nepatogios padėties dėl netinkamos erdvės, jis

greičiau pavargs. Jei nėra pakankamai erdvės valdyti vairą, pedalus ir kitus įrenginius, vairuotojas neatliks vykdomų darbų taip gerai, kaip galėtų. Reikalavimai kabinos interjerui turi užtikrinti minimalų saugumą, sveikatą ir komfortą, kuris mažina operatoriaus pajėgumą laikui bėgant. [21]

Yra keletas pagrindinių faktorių projektuojant operatoriaus darbo vietą: ergonomika atliekant agrokultūros operacijas; antropometrija agrokultūros mašinos; operatoriaus darbo vietos optimizacija; sėdynės ir operatoriaus ryšys; operatoriaus ir vairo ryšys; vairuotojo atsakomumas; operacijos metu esanti laikysena; valdymo įrenginių padėtys. [21]

Todėl operatorių reikia pasodinti teisingai. Saugumas, komfortas ir nauda turi būti įvertinta projektuojant, padėtis ir darbo vietos konstrukcija. Darbo vieta turi būti tokia, kad matomumas važiuojant būtų geras ir nereikėtų būti nepatogiose, varginančiose pozicijose. Svirtys, pedalai ir kiti instrumentai turi būti išdėstyti patogiai ir logiškai, o darbo erdvėje turi tilpti tiek žemas, tiek aukštas operatorius. Taip pat darbo erdvėje operatorius turi turėti galimybę šiek tiek keisti savo darbo poziciją bei erdvė turi neturėti aštrių kampų ir kitų pavojingų konstrukcijos elementų. [21]

Funkcinis dėmesys į darbo vietos projektavimą beklėms transporto priemonėms sutelkiamas į operatoriaus matomumą, lengvą priėjimą prie valdymo įrenginių ir kabinos gabaritų. Lengvas priėjimas prie visų valdymo įrenginių darbo vietoje ir kabinos yra būtinybė, kad operatorius galėtų pasiekti norimas mašinos eksploatacines savybes ir produktyvumą. Pirmiausia matomumas reikalingas, kad operatorius galėtų žvelgti už kabinos ribų bet kuria kryptimi tiek arti, tiek toli. Antra matomumas reikalingas stebėti prietaisus ir valdymo įrenginius darbo vietoje ir kabinoje. Kabinos gabaritai turi būti tokie, kad būtų lengva įlipti ir išlipti iš darbo vietos. Tinkami darbo vietos matmenys, priklausomai nuo sėdynės yra svarbu sugriebiant ir valdant valdymo įrenginius. Šie veiksniai yra susiję su antropometrinėmis ir biomechaninėmis charakteristikomis. [21]

Kad būtų patogi laikysena bevažiuojant, liemens posvyrio ir kiti kūno dalių kampai turėtų būti tam tikrose ribose (3 lentelė, 4 lentelė). [8, 21]

3 lentelė

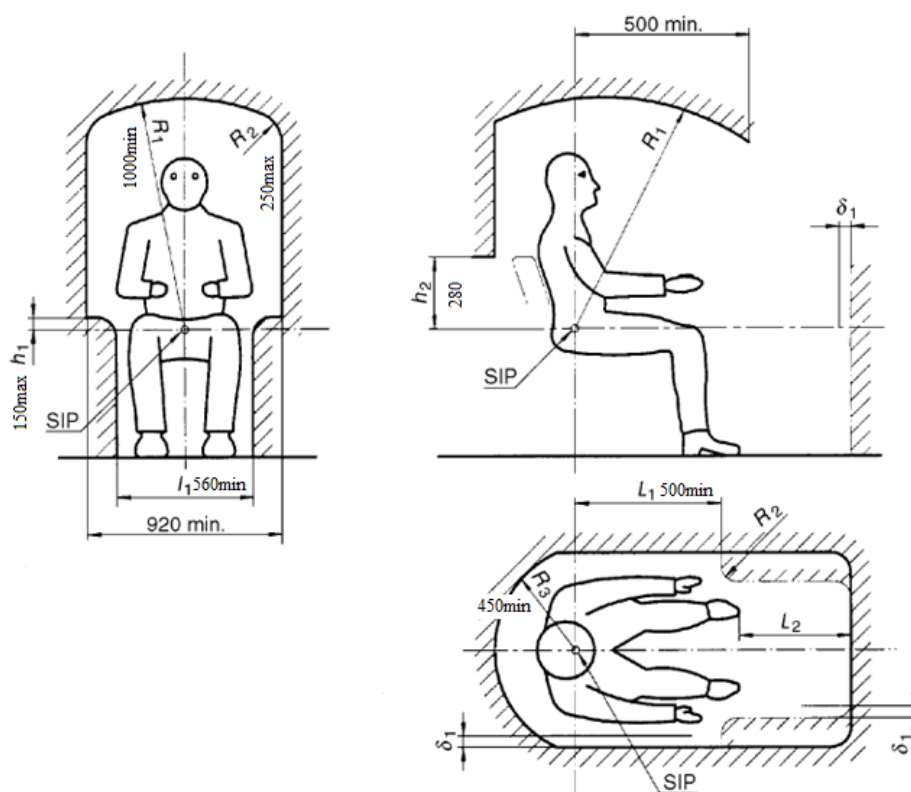
Komforto kampų intervalai

Kūno dalis	Kampas, °
Nugara	20-30
Klubai	95-120
Kelias	95-135
Kulkšnis	90-110
Viršutinė rankos dalis	10-45
Alkūnė	80-120
Riešas	170-196

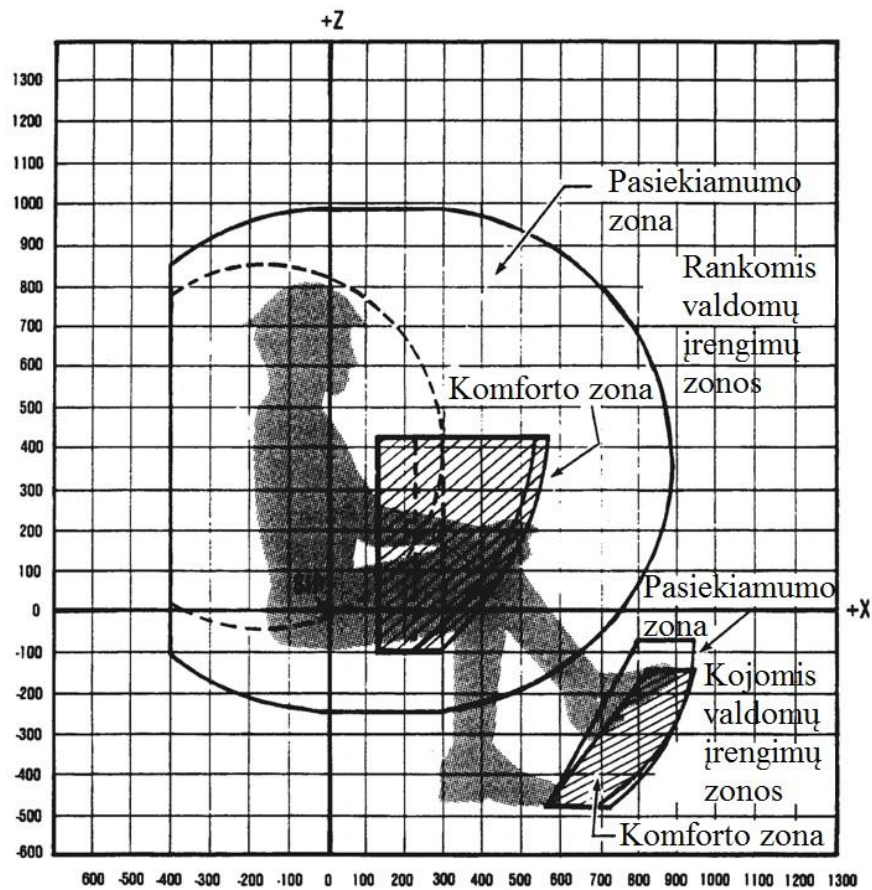
Optimalūs judesio intervalai sėdinčiam operatoriui

Kūno dalis	Judesio diapazonas, °	Komforto diapazonas, °	Komentaras
Nugara	-	10-45	-
Klubai	80-226	95-120	95°-97° vairuojant avariniu atveju
Kelias	53-180	95-135	110°-120° pedalų valdymui
Kulkšnis	55-128	90-100	-
Viršutinė rankos dalis	55-179	10-45	Vairo valdymui
Alkūnė	38-180	80-120	Darbui sėdint
Riešas	126-277	-	-

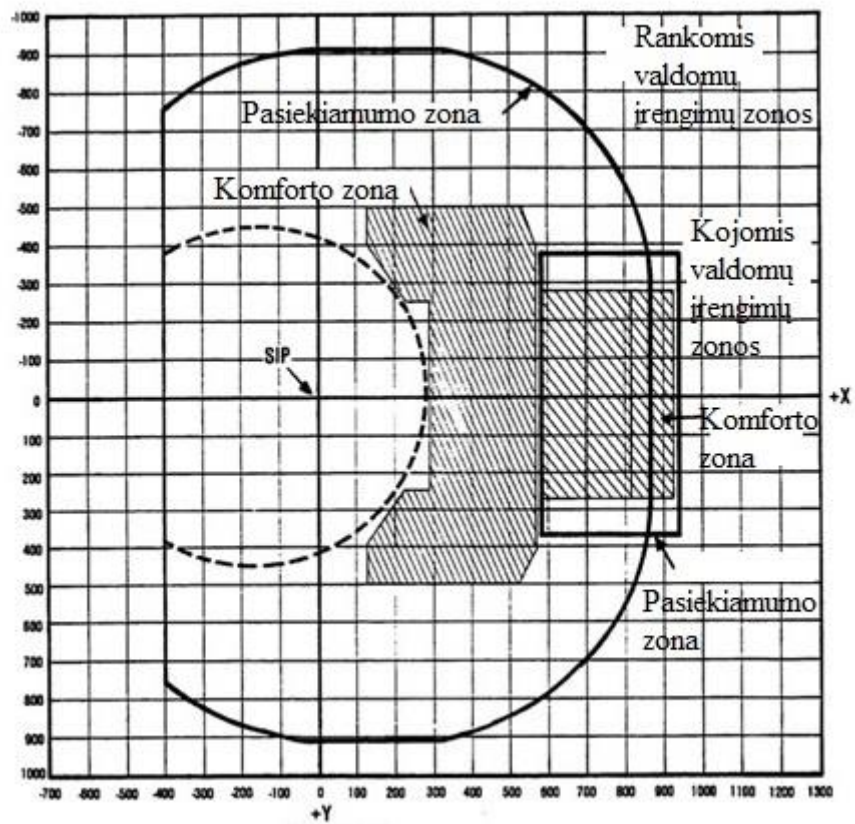
Normali darbo erdvė aplink operatorių (18 pav.) bei komforto zonos (19 pav. 20 pav. 21 pav.).



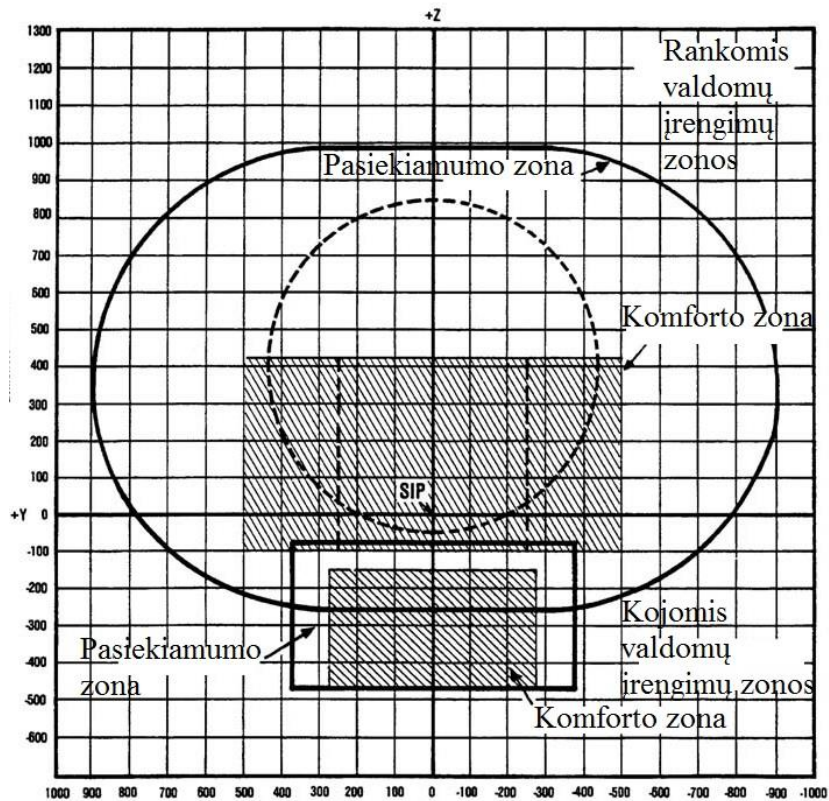
18 pav. Optimalios darbo erdvės matmenys [16]



19 pav. Komforto zonos žiūrint iš šono [8]



20 pav. Komforto zonos žiūrint iš viršaus [8]



21 pav. Komforto zonos žiūrint iš priekio [8]

Žmogaus kūnas niekada neišsitiesia iki visiško rankos pasiekimo ribų, o tik iki 80% savo pasiekiamų ribų, dėl to visada liekama komforto zonoje valdant valdymo įtaisus. Taip pat kabinos matmenys yra pakankami ir suteikiantys pakankamai erdvumo bet kuriam operatoriui. [21]

1.2.7. Atmosferos įtaka

Bekelės transporto priemonės yra naudojamos įvairiomis geografinėmis ir klimato sąlygomis. Tiesioginis temperatūros poveikis, drėgmė, vėjas, šiluminis spinduliavimas, dulkės, chemikalai ir kiti veiksniai su kuriais yra susiduriama darbo metu. [8, 21]

Vidaus klimatas turi tenkinti keletą sąlygų. Šiuo atveju yra keturi pagrindiniai klimato faktoriai (5 lentelė). [8, 21]

5 lentelė

Aplinkos zonos

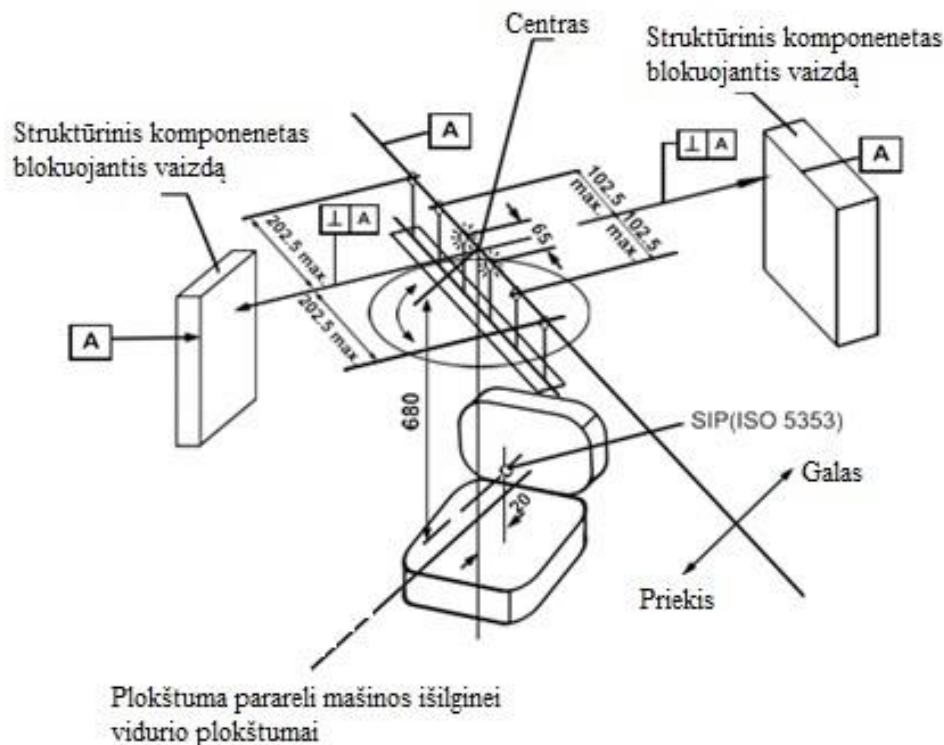
Parametras	Komforto zona		Pakenčiamos sąlygos	
	Apatinė riba	Viršutinė riba	Apatinė riba	Viršutinė riba
Temperatūra, °C	18	24	-1.0	38
Drėgmė,%RH	30	70	10	90
Ventiliacija,m ³ /mm	0.37	0.57	0.14	0.14

Operatoriaus kabinoje turi būti užtikrinta terminis komfortas, važiavimo komfortas, triukšmo apsauga, oro kokybė ir apsauga apvirtimo atveju. [\[8, 21\]](#)

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Matymo lauko tyrimo metodas

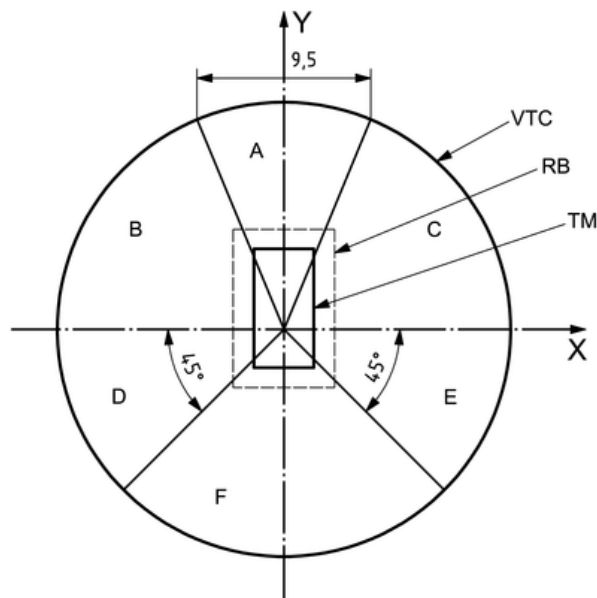
Geras matymo laukas reikalingas, kad operatorius galėtų matyti aplink mašiną esančias kliūtis, kad būtų galima atlikti tinkamai, efektyviai ir saugiai operacijas, kurios gali būti objektyviai apskaičiuotos inžineriniu požiūriu. Matymo lauko tyrimui naudojama dvi šviesos, kurios statomos operatoriaus akių vietose (22 pav.). [11]



22 pav. Matymo lauko tyrimas. (SIP – sėdynės kontrolinis taškas) (matmenys milimetrais) [24]

Aklosios zonos apibrėžiamos trimis plokštumomis: žemės plokštuma, plokštuma 900mm aukštyje, kad atitiktų valdymo prietaisų aukštį, plokštuma 1500mm aukštyje, kad atitiktų 5 procentus operatorių ūgių. [11]

Mašinos sudaromos uždangos, jos komponentai ir priedai yra nustatomi aplink mašiną, ties 1 – u metru mažiausio stačiakampio atžvilgiu, kuris apsupa mašiną ir bandymo matymo apskritimu (23 pav.). Apskritimo spindulys 12 metrų (jei mašinos gabaritai dideli naudojamas spindulys 24 metrų). Naudojamas metodas neužfiksuoja visų operatoriaus matomumo aspektų, bet suteikia informacijos, kad padėtų įvertinti matomumo priimtinumą žiūrint iš mašinos. [11]



23 pav. Matymo lauko sektoriai. VTC – 12 metrų apskritimo spindulys; RB – 1 metro atstumas nuo mašinos; TM – mašina (Y kryptimi mašinos priekis) [11]

Dėl operatoriaus sugebėjimų ir mašinų operacijų, testo metu erdvė aplink mašiną yra suskirstoma į 6 sektorius: priekinį (sektorius A), priekinius šonus (sektoriai B ir C), galinius šonus (sektoriai D ir E), galinį (sektorius F). [11]

Kiekvienam sektoriui operatorius turi fizinius parametrus, kuriais remiamasi. Apart akių tarpo 65mm (nominalus žiūrėjimo tarpas tarp akių 50 – ties procentų operatorių), papildomai gali būti įvertinama, kad operatorius veiksnius sukti galvą ir sukstis ties liemeniu į šalis. Šis akių diapazonas leidžia padidinti akių tarpą iki 405mm sektoriams A, B ir C. Sektoriui D, E ir F operatoriaus galvos pasukimas ir kūno sukimasis apie liemenį yra apibrėžtas fiziniais aspektais sėdinčio operatoriaus. Taipogi didžiausias galimas akių tarpas sektoriams D, E ir F yra 205mm. Tam tikriems mašinų tipams akių tarpas naudojamas mažesnis nei leistinos didžiausios vertės paremtos operatoriaus ergonomika. Taip yra siekiama išlaikyti mašinų inovatyvumą. [11]

Nustatytas matomumo atlikimo kriterijus paremtas fiziniais žmogaus operatoriaus aspektas ir antžeminį personalą naudojant atstojančius matmenis ir mašinų dizainą, kuris suteikia priimtina matomumą. Norint padidinti matomumo kriterijų naudojama akių tarpų ir uždangų pločių kombinacijos. Kelios uždangos sektoriuose yra priimtinos ten kur yra adekvatus tarpas tarp uždangų. [11]

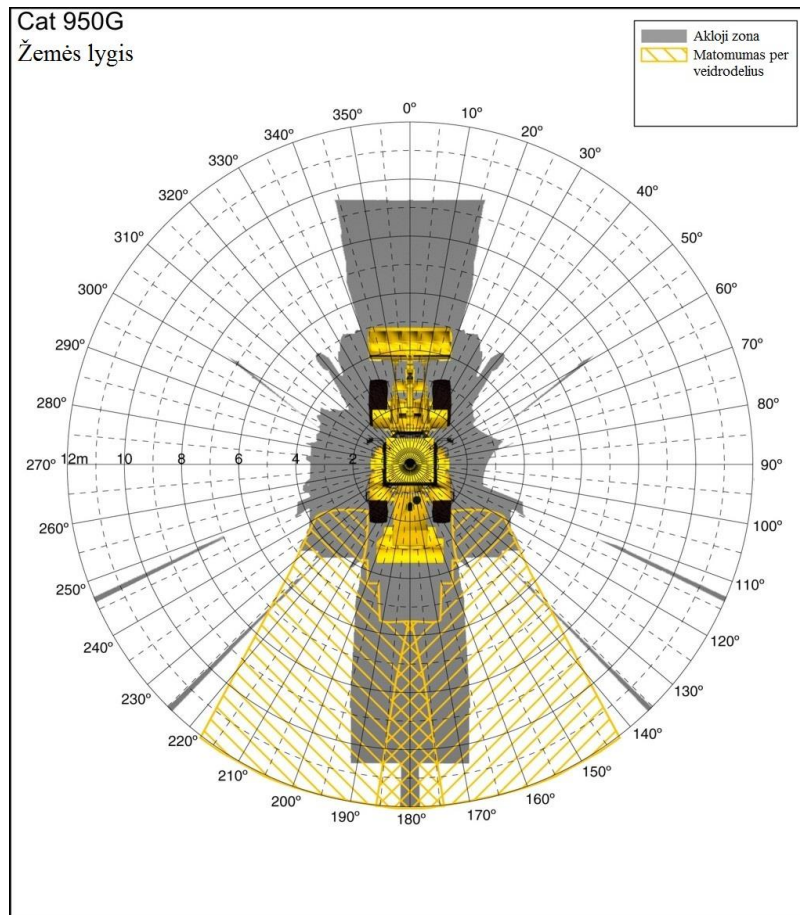
Kur tiesioginis matomumas nėra adekvatus, naudojami papildomi prietaisai (veidrodėliai ar kameros) sukurti netiesioginiam matomumui. Stačiakampiui 1 metro atžvilgiu naudojami netiesioginio matymo prietaisai (veidrodėliai ir kameros). [11]

2.2. Matymo lauko schemos pavyzdys

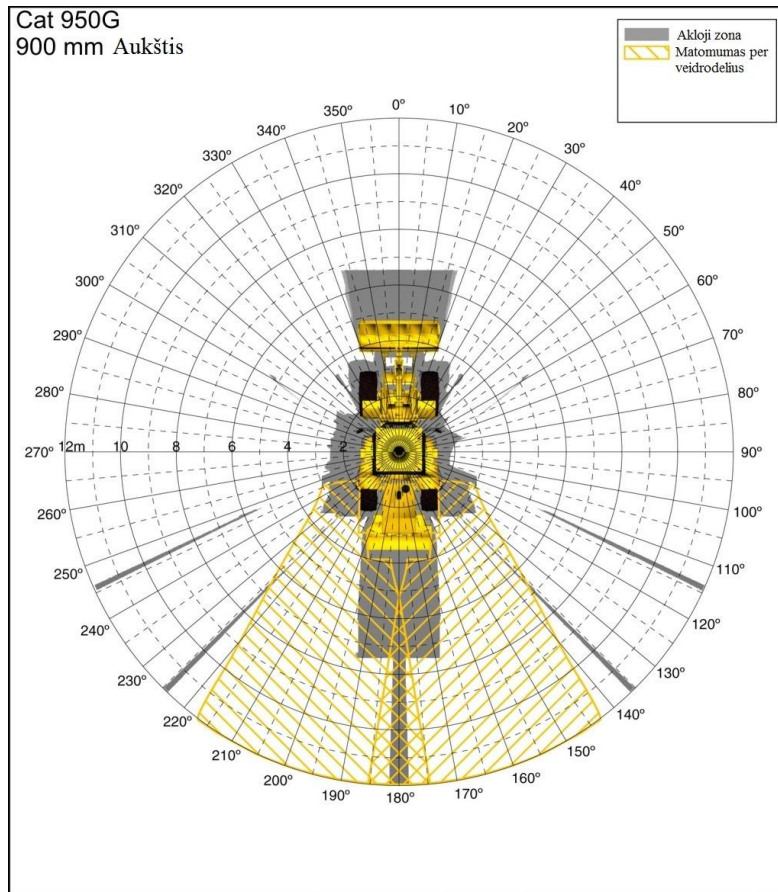
Pagal pateiktą matymo lauko nustatymo metodą yra atliekami tyrimai įvertinti transporto priemonės matomumui. Pavyzdyje pateikiama matymo zonos tam tikruose lygiuose (24 pav., 25 pav., 26 pav., 27 pav.). Numatoma, kad ateityje gamintojai turės pateikti tokius matomumo žemėlapius naudotojo instrukcijoje.



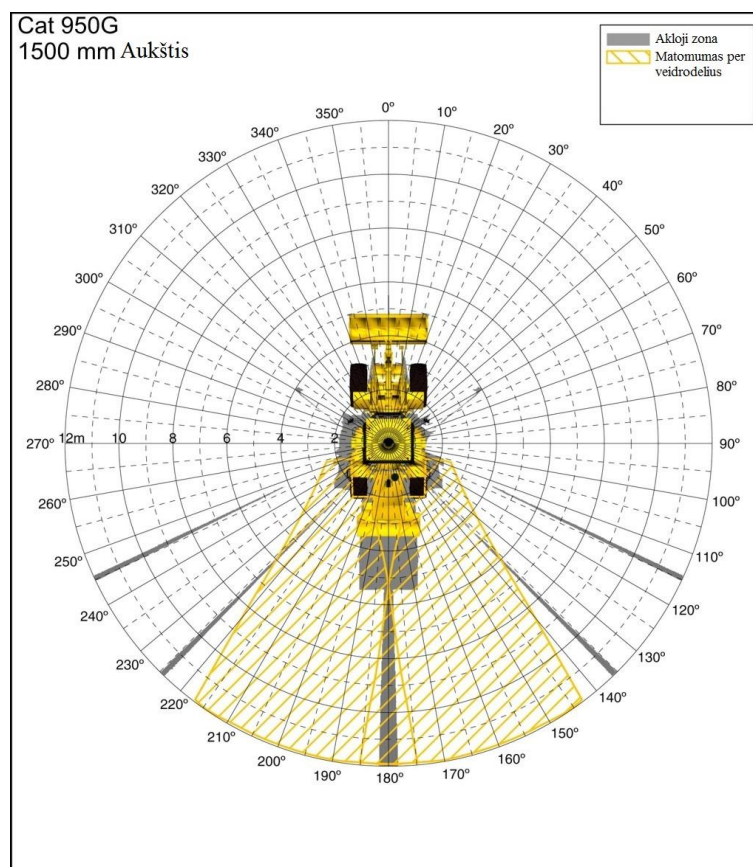
24 pav. Bandymui naudotas CAT 950G [3]



25 pav. Matomumas žemės lygyje (geltonai štrichuotos vietos matomumas per veidrodėlius, pilkai – akloji zona) [25]



26 pav. Matomumas 900 mm aukštyje [25]



27 pav. Matomumas 1500mm aukštyje [25]

Iš pateiktų matomumo žemėlapių matyti, kad prasčiausias matomumas žemės lygyje, tačiau aukštesniajame matomumas pagerėja, o 1500mm aukštyje matomumas galimas beveik visomis kryptimis. Matomumas 1500mm aukštyje ateityje numatomas keisti į 1000mm aukštį. [12, 22]

Matomumui pagerinti naudojamos kameros, kurios kartais pakeičia ir veidrodėlius arba jos sumontuojamos sukurti 360° matomumą, radarų ir sonarų montavimas, įvairių komunikacijų diegimas mašinose ir aplink mašiną esančių darbuotojų, GPS sistemos. [12, 22]

3. TIRIAMO KRAUTVO VALDYMO ĮRENGINIŲ IR SĖDĖSENOS TYRIMAS

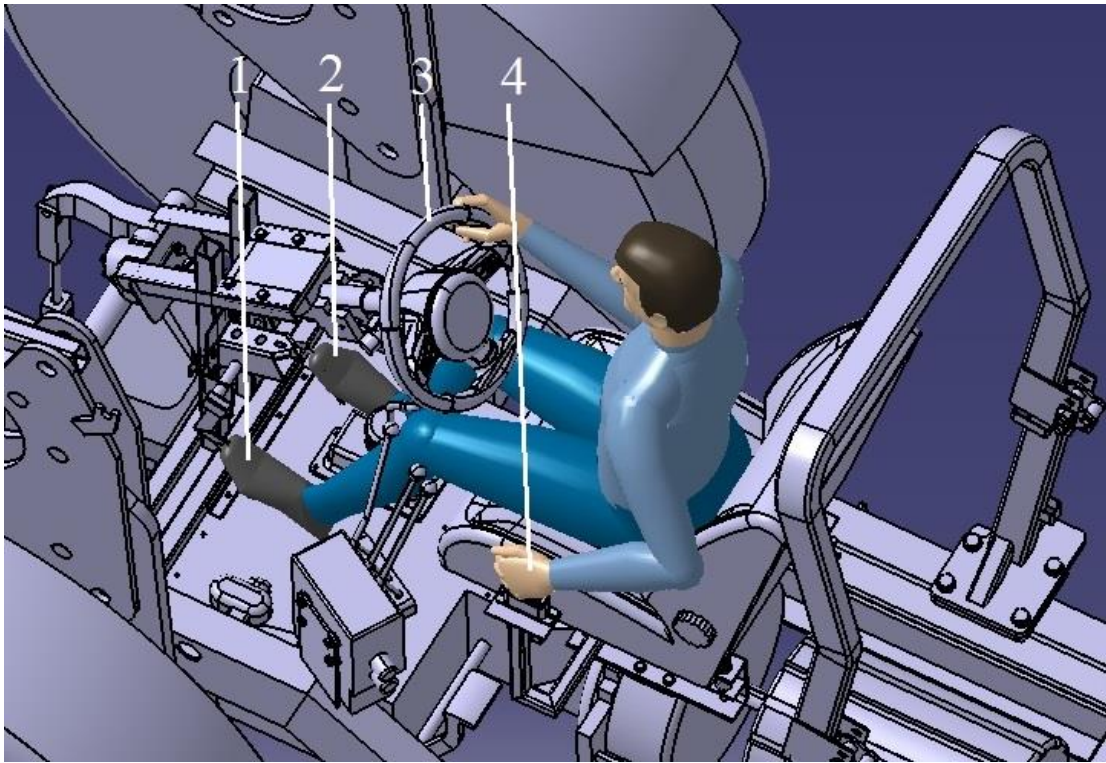
Konstruojamos elektrinio krautuvo darbo vietos valdymo įrenginių padėtys parenkamos pagal apžvalgoje pateiktą ergonomikos aprašymą bei atsižvelgiant į praktinius pastebėjimus ir traktoriaus konstrukciją.

Traktorius išardomas ir paliekami tik varantieji ratai su pavarų dėže ir jos korpusu. Prie korpuso ir naujų konstrukcijos elementų yra montuojama visos laikančiosios konstrukcijos skirtos pedalų sistemai, vairui, hidro valdymui, vairalazdei, sėdynei.

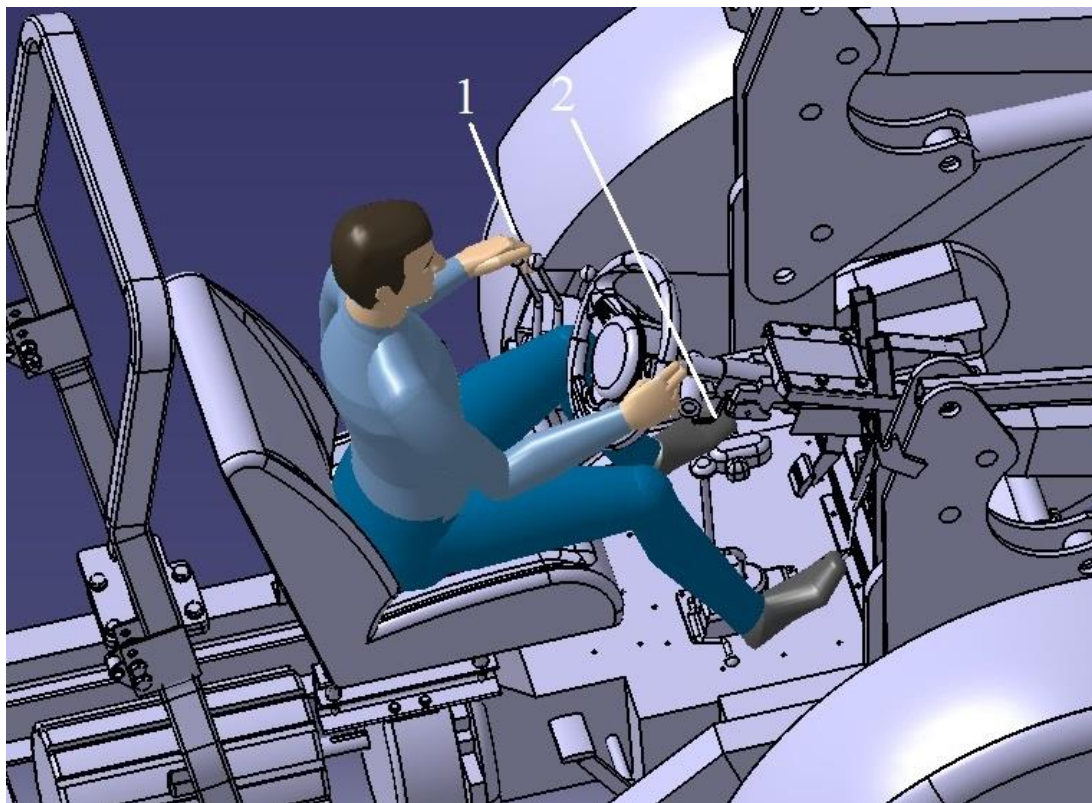
Konstrukcijų konstravimui pasirinkta programa „SolidWorks“. Valdymo įrengimų pasiekiamumui ir matymo lauko įvertinimui naudojama programa „CATIA“.

3.1. Pasiekiamumo ir komforto įvertinimas

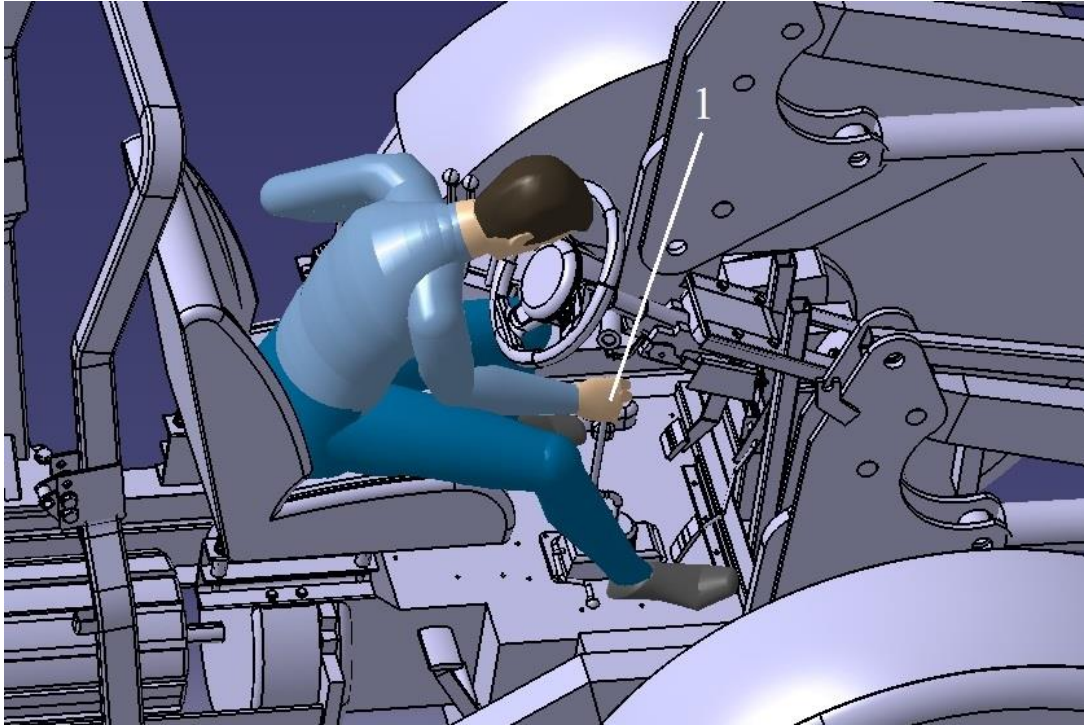
Pasiekiamumas įvertinamas su programa „CATIA“ naudojant 5, 50 ir 95 procentilių žmones. Paveiksluose matyti 50 procentilių žmogaus valdymo įrengimų pasiekiamumas (28 pav., 29 pav. 30 pav., 31 pav.). Paveiksle 32 pateikta rankų komforto zonos. Taip pat žiūrėti priedą P – 4.



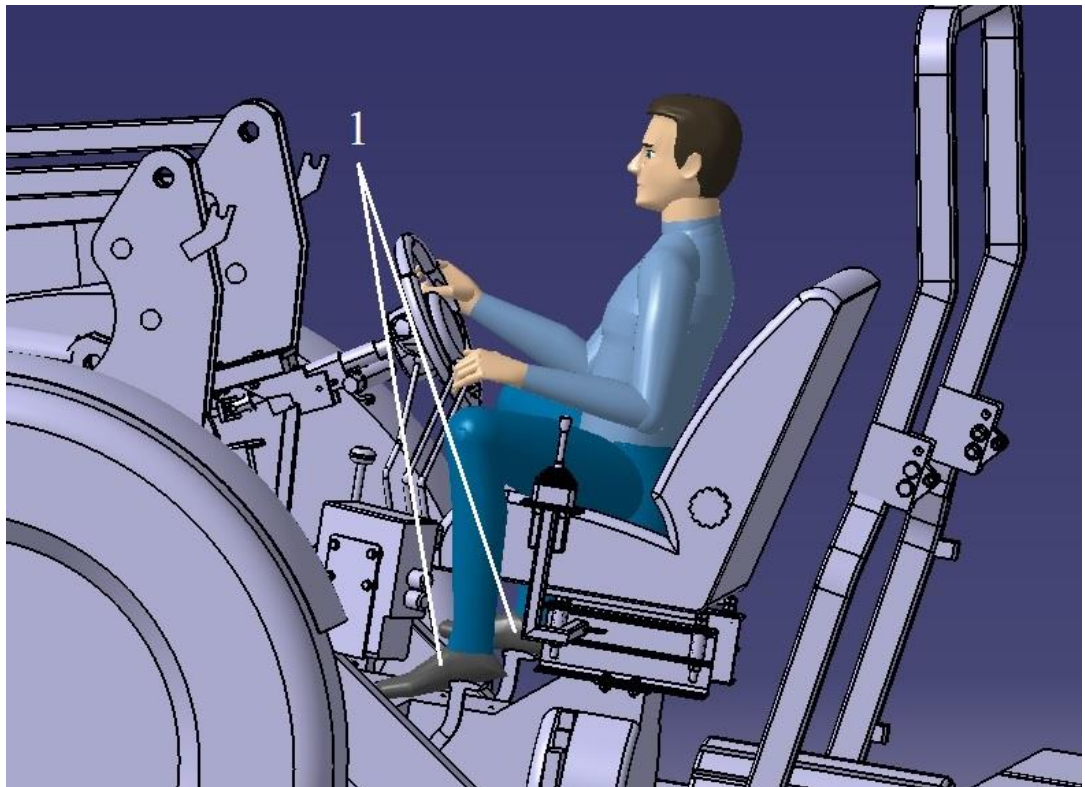
28 pav. Sumodeliuota žmogaus padėtis pasiekti 1 – regeneraciniams stabdžiams, 2 – akseleratoriui, 3 – vairui, 4 – krautuvo vairalazdei



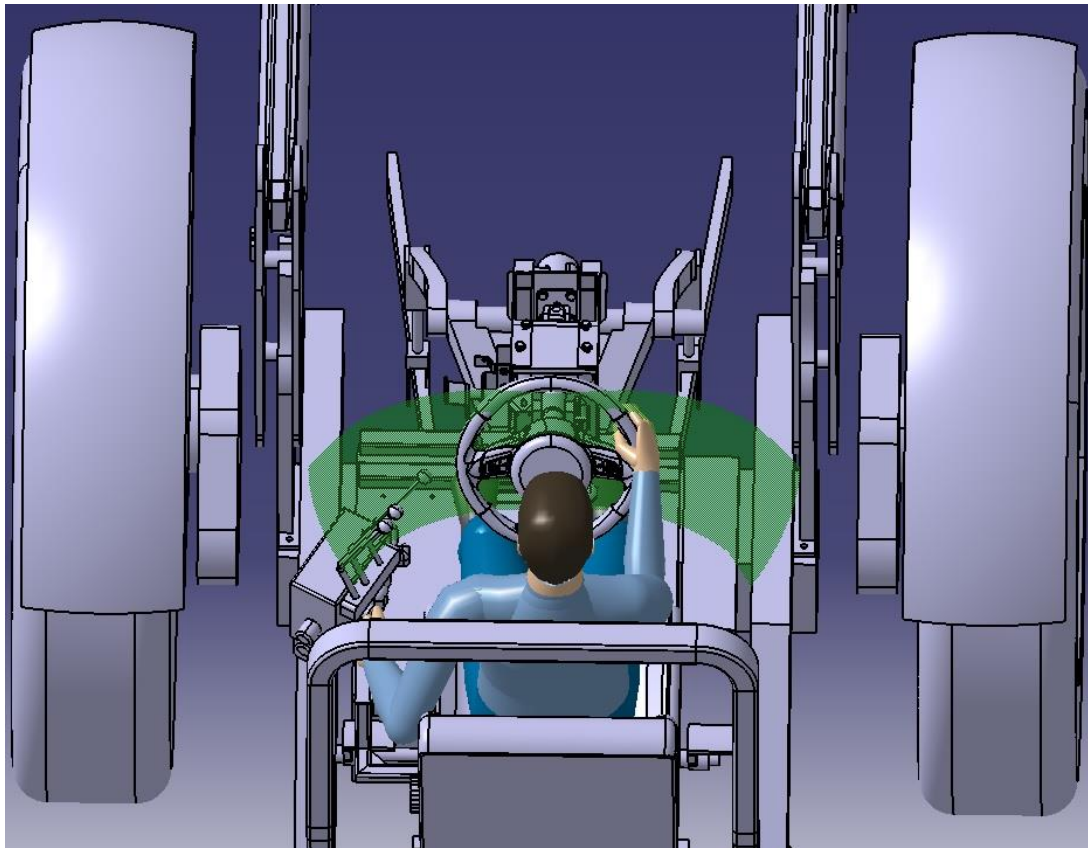
29 pav. Sumodeliuota žmogaus padėtis pasiekti 1 – hidro valdymui bei 2 – ratų blokatoriui



30 pav. Sumodeliuota žmogaus padėties pasiekti 1 – pavarų svirčiai



31 pav. Sumodeliuota operatoriaus padėtis pasiekti 1 – mechaniniams stabdžiams



32 pav. Rankų komforto zona (pažymėta žalia zona)

Iš pateiktų vaizdų naudojant 50 procentilių žmogų matyti, kad suprojektuotos valdymo įrengimų padėties yra lengvai pasiekiamos. Taip pat rankų darbo zona yra rankų komforto zonoje.

Prieduose P – 5 ir P – 6 atitinkamai pateikti 5 ir 95 procentilių operatorių pasiekiamumo tikrinimo vaizdai bei rankų komforto zonos.

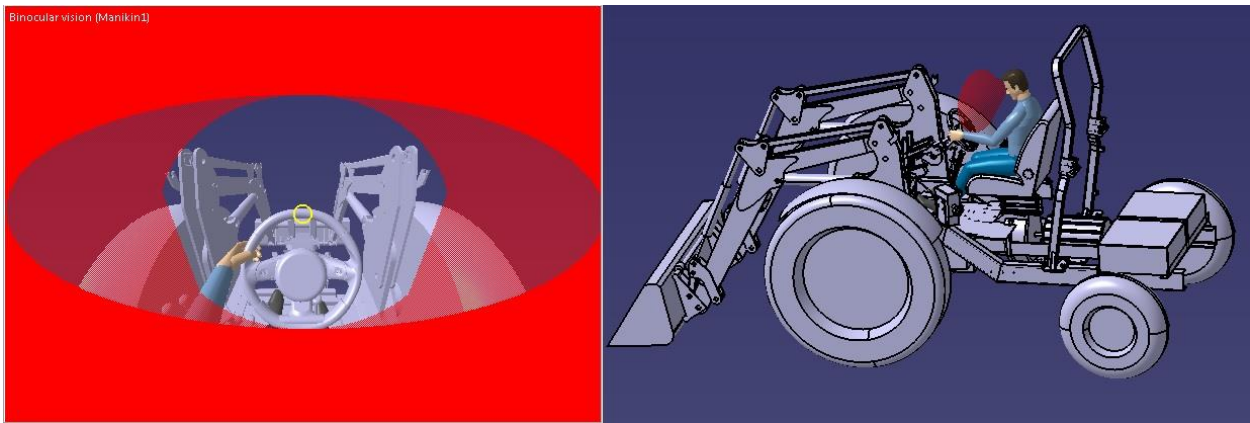
3.2. Matymo lauko analizė

Matymo lauko analizei pasirinkta programa „CATIA“. Matymo lauko vaizdas žiūrint į priekį, kai krautuvus nuleistas (33 pav.) ir kai krautuvus pakeltas (34 pav.), ir bendru atveju žiūrint atgal (35 pav.). Matymo lauką apibrėžiantys matmenys 6 lentelėje. Naudojamas abiejų akių matymo laukas.

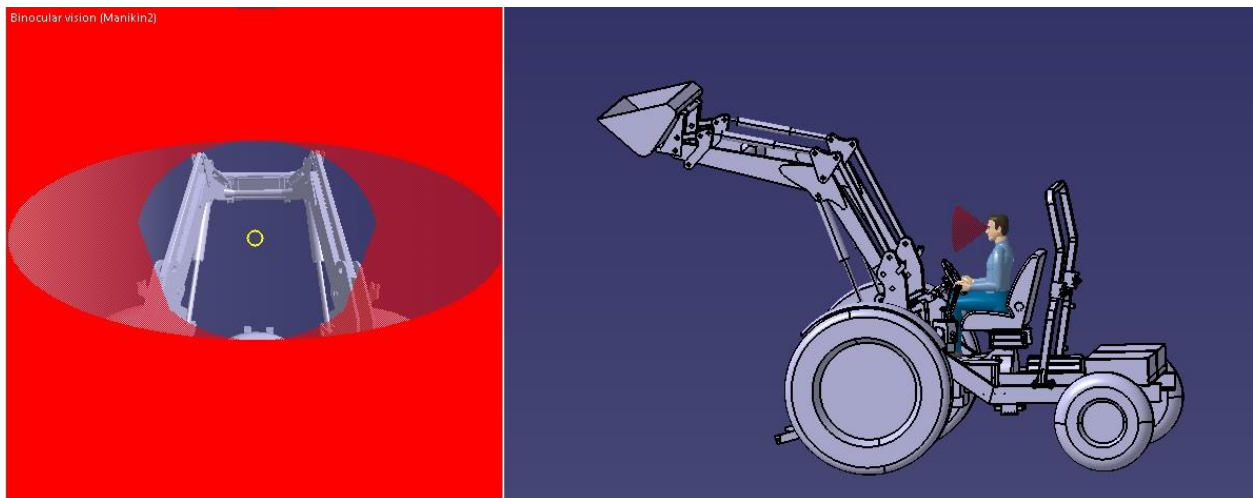
6 lentelė

Matymo lauko matmenys programoje CATIA

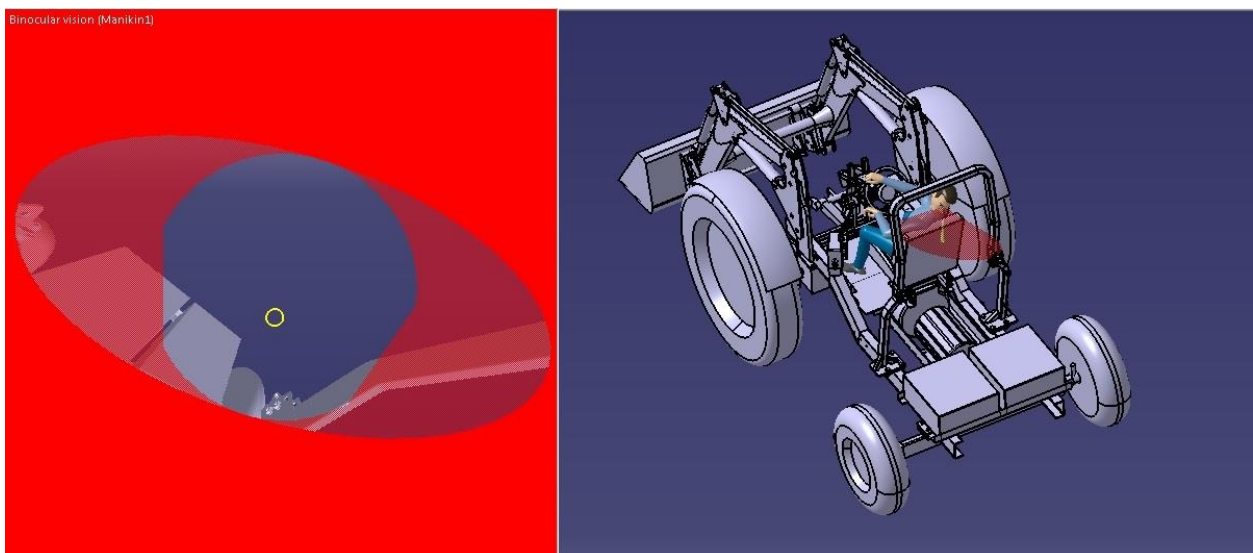
Matymo lauko tipas	Intervalas, °
Horizontalus vienos akies	100
Horizontalus abiejų akių	120
Vertikaliai į viršų	35
Vertikaliai į apačią	35



33 pav. Matymo laukas žiūrint į priekį, kai krautuvas nuleistas

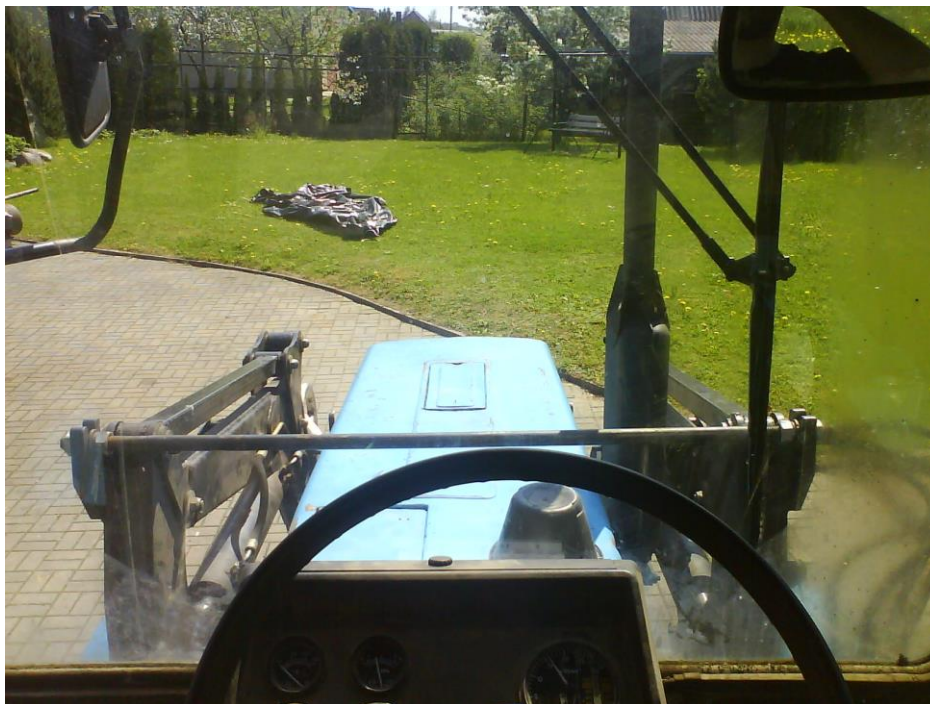


34 pav. Matymo laukas žiūrint į priekį, kai krautuvas pakeltas

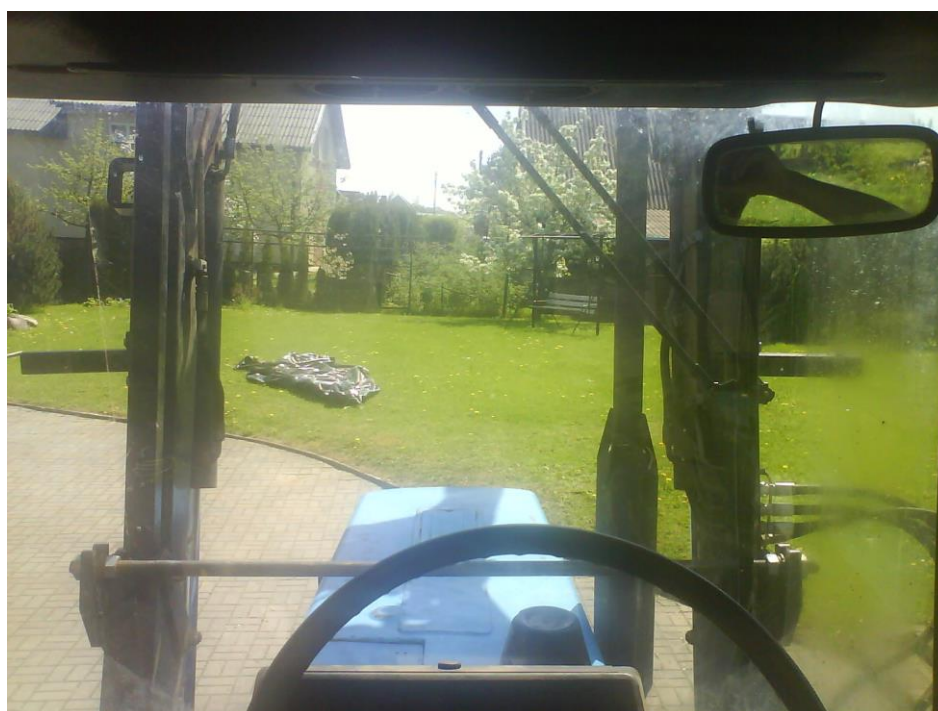


35 pav. Matymo laukas žiūrint atgal

Traktoriaus „MTZ 82“ patikrintas matomumas, kai naudojamas tas pats krautuvas, nuleistoje (36 pav.) ir pakeltoje padėtyje (37 pav.).



36 pav. Traktoriaus „MTZ 82“ matomumas, kai krautuvas nuleistas



37 pav. Traktoriaus „MTZ 82“ matomumas, kai krautuvas pakeltas

Sukonstruoto elektrinio krautuvo matomumas be krautuvo (38 pav.).



38 pav. Operatoriaus matymo laukas elektriniame krautuve

Iš pateiktų vaizdų matyti, kad modeliuojant matymo lauką su programa „CATIA“ matomumas yra geras tiek su nuleistu krautuvu, tiek su pakeltu. Yra galimybė matyti krautuvą tiek paimant krovinius, tiek juos keliant į norimą vietą. Vaizdui atgal taip pat nėra daug kliūčių ir matomumas yra taip pat geras apart apsauginio lanko, kuris gali šiek tiek užstoti vaizdą. Palyginus traktoriaus „MTZ 82“ ir elektrinio krautuvo matymo laukus matyti, kad traktoriaus „MTZ 82“ priekis užstoja krautuvą ir dėl to yra sunku paimti krovinius, taip pat esant pakeltam krautuvui jo nesimato dėl stogo. Elektrinio krautuvo atveju matomumas yra labai geras, dėl ko galima patogiai dirbti su kroviniais naudojantis krautuvu.

4. APSAUGINĖS KONSTRUKCIJOS PROJEKTAVIMAS

Rekomendacijos, kada kokia apsauginė struktūra turėtų būti parinkta mašinai pateikta 7 lentelėje. Lentelėje apžvelgiama, kokioje aplinkoje yra dirbama, ar ji turi stabilų pagrindą, ar yra rizika dėl krentančių objektų. Todėl reikia įvertinti keleta punktų:

- kokie pavojai tyko atliekant tam tikras operacijas/užduotis;
- aplinka, kurioje mašina dirbs;
- kas gali nutikti operatoriui jei nebus sumontuota apsauginė konstrukcija;
- dėl kokių priežasčių negali būti sumontuojama tinkama apsauginė struktūra (ar dėl amžiaus, ar dėl mašinos konstrukcijos ir pan.);
- pasirūpinti kitomis apsauginėmis priemonėmis norint pašalinti ar bent sumažinti pavojaus grėsmę.

Rekomendacijos apsauginei konstrukcijai

	Žema	Vidutinė	Aukšta
Darbo sąlygos	Stabilus pagrindas	Kelių kraštai Krūvos Nedideli pylimai	Status ir/arba nestabilus pagrindas Valymo operacijos Griovimas
Mechanizmo tipas	Apsauginės konstrukcijos		
Kategorija 1 (aukšta) Volai Krautuvai Maži krautuvai	<i>TOPS/FOPS/COPS</i> <i>Reikalingos apsaugos</i> <i>Rekomenduojama</i> <i>apsauginė</i> <i>konstrukcija</i>	TOPS/ ROPS/FOPS/OPS/ COPS Apsauginė konstrukcija ypač rekomenduotina	ROPS/FOPS/OPS Didelė rizika Apsauginė konstrukcija ypač rekomenduotina
Kategorija 2 (vidutinė) Ekskavatoriai Buldozeriai Traktoriai Komerčinis transportas Žoliapjovės	Apsauga nebūtina	TOPS/ROPS/FOPS/ OPS/COPS Rekomenduojama apsauginė konstrukcija	TOPS/ROPS/FOPS/OPS/ COPS Rekomenduojama apsauginė konstrukcija
Kategorija 3 (žema) Greideris Šlavimo mašina	Apsauga nebūtina	TOPS/FOPS/COPS Reikalingos apsaugos Rekomenduojama apsauginė konstrukcija	TOPS/ROPS/FOPS/OPS/ COPS Rekomenduojama apsauginė konstrukcija

ROPS – apvirtimo apsauginė konstrukcija; TOPS – apvirtimo ant šono apsauginė konstrukcija; FOPS – krentančių objektų apsauginė konstrukcija; COPS – kabinos skirtos operatoriui apsauginė konstrukcija; OPS – operatoriaus apsauginė konstrukcija. [23]

ROPS gali būti kartu su FOPS ir/arba OPS. TOPS gali būti kartu su FOPS ir/arba OPS. COPS gali būti kartu su FOPS ir/arba OPS. Galimi ir kiti konstrukcijų komponavimo variantai. [23]

Elektrinio krautuvo darbo aplinka numatoma su stabiliu pagrindu, o krautuvai priskiriami pirmai kategorijai, todėl galima derinti apsaugą nuo krentančių objektų ir apvirtimo apsauginę konstrukciją.

Apsaugai nuo apvirtimo naudojamas standartinis lankas, kuris po įvykio paveiktas deformacijų turi būti pakeistas į kitą lanką. Kadangi šio krautuvo atveju nebus kraunami birūs produktai, apsauginė konstrukcija nuo krentančių objektų nebus konstruojama. [6, 23]

Norint užtikrinti struktūrinį vientisumą prie žemų temperatūrų medžiagos pasirinkimas, konstrukcija ir suvirinimas turi užtikrinti plastiškumą ir kietumą. [6, 23]

Reikalavimai turi atitikti leistinąsias deformacijas pagal deformacijų leistinąjį turį. Remiantis 8 lentelėje pateiktomis formulėmis pagal darbo mašinos masę apskaičiuojamos jėgos, kurias turi atlaikyti ROPS ir COPS konstrukcijos. [6, 23]

8 lentelė

Atlaikomų apkrovų skaičiavimas ROPS ir COPS konstrukcijoms

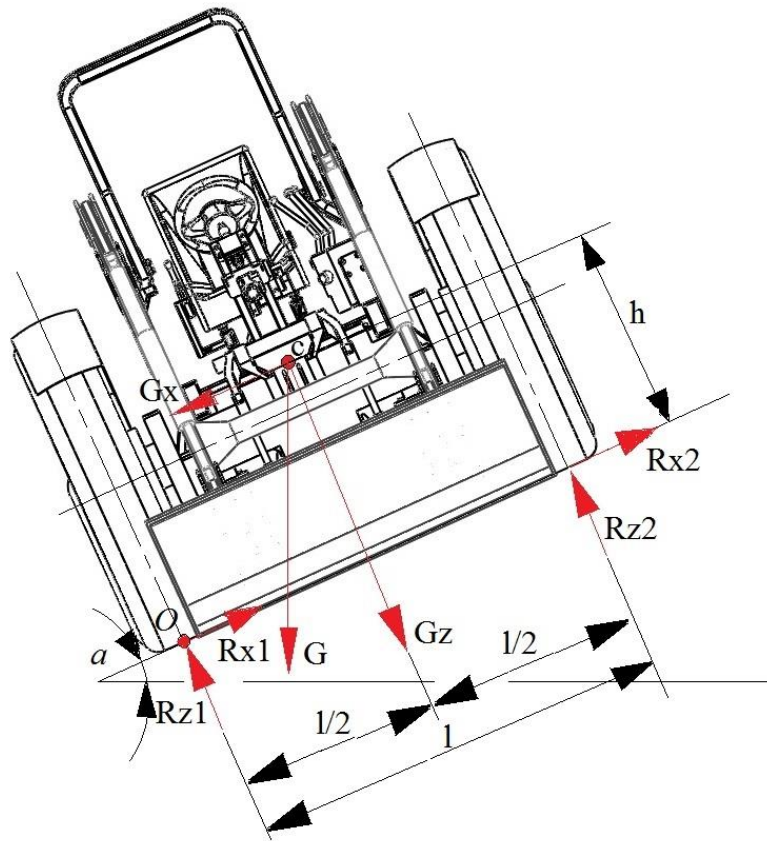
Mašinos masė = M, kg	Šoninės apkrovos jėga F, N	Šoninės apkrovos energija U, J	Vertikalios apkrovos jėga F, N	Išilginė apkrova F, N
$700 < M$ ≤ 4630	$6M$	$13000 \left(\frac{M}{10000}\right)^{1,25}$	$19,61M$	$4,8M$
$4630 < M$ ≤ 59500	$70000 \left(\frac{M}{10000}\right)^{1,2}$	$13000 \left(\frac{M}{10000}\right)^{1,25}$		$56000 \left(\frac{M}{10000}\right)^{1,2}$
$M > 59500$	$10M$	$2,03M$		$8M$

Elektriniame krautuve naudojamas apsauginis lankas sumažinti apvirtimo rizikai iš traktoriaus „Branson“. Remiantis tuo, kad traktoriaus „Branson“ masė 1839 kg, o jo didžiausia keliamoji galia 1500 kg ir tuo, kad elektrinis krautuvas, kuris sveria 1849 kg ir bus naudojamas kelti apie 500 kg sveriančius šieno ritinius, palyginus jų bendras mases galima teigti, kad naudojamas apsauginis lankas nuo apvirtimo galės apsaugoti nuo visiško apvirtimo ir atlaikys leistinas apkrovas. Svarbu žinoti, kad po apvirtimo deformuotas apsauginis lankas turi būti pakeistas. [2]

4.1. Virtimo kampo skaičiavimas

Norint išvengti apvirtimo važiuojant pasvirusiais šlaitais ar panašiais atvejais reikalingi masės centro skaičiavimai bei lygčių apie virtimo tašką sudarymas. Masės centrui apskaičiuoti naudojama programa „Masių centras“. Nustatomas masės centras tam tikrais atvejais t.y., kai elektrinis krautuvas be krautuvo, su tuščiu nuleistu ir pakeltu krautuvu, esant kroviniui nuleistame ir pakeltame krautuve.

Norint apskaičiuoti pradinį virtimo kampą sudaroma schema (39 pav.), o pagal ją statinės pusiausvyros lygčių sistema. [4, 20]



39 pav. Pasvirusio krautuvo schema

Suma jėgų, veikiančių ašies x kryptimi:

$$G_x - R_{x1} - R_{x2} = 0 \quad (1)$$

Suma jėgų, veikiančių ašies z kryptimi:

$$G_z - R_{z1} - R_{z2} = 0 \quad (2)$$

Momentų lygtis apie tašką O:

$$G_z \frac{l}{2} - R_{z2}l - G_x h = 0 \quad (3)$$

Gautos lygčių išraiškos:

$$G_x = R_{x1} + R_{x2} \quad (4)$$

$$G_z = R_{z1} + R_{z2} \quad (5)$$

$$R_{z2} = \frac{1}{l} \left(G_z \frac{l}{2} - G_x h \right) \quad (6)$$

Pagal šias išraiškas nustatomas pradinis transporto priemonės virtimo kampas α . Transporto priemonei viršijus leistiną kampą α , ji virsta per šoninę išilginę liniją esančią taške O. R_{z2} sumažėja iki nulio, kai transporto priemonė pasvyra iki pradinio virtimo kampo.

$$R_{z2} = \frac{1}{l} \left(G_z \frac{l}{2} - G_x h \right) = 0 \quad (7)$$

$$G_z \frac{l}{2} - G_x h = 0 \quad (8)$$

$$ctg\alpha = \frac{l}{2h} \quad (7)$$

čia:

G – svorio jėga;

G_x – svorio jėgos dedamoji x kryptimi;

G_z – svorio jėgos dedamoji z kryptimi;

R_{x1}, R_{x2} – slydimo jėgos;

R_{z1}, R_{z2} – reakcijos į ratus;

l – ratų tarpvežė;

h – masės centro aukštis;

c – masės centras;

O – virtimo taškas;

α – virtimo kampas.

Slydimo jėgos nevertinamos priimanč, kad krautuvą virš iš karto neslydęs, nes dirbant net ir ant stabilaus pasvirusio pagrindo, dažniausiai tas pagrindas turi savo nelygų reljefą, dėl ko elektrinio krautuvo ratas slysdamas gali užkliūti už nelygumo ar įslysti į duobutę, ar bevažiuojant užvažiuoti ant grumsto ir dėl to gali peržengti didžiausią leistiną virtimo kampą.

Pasinaudojus programa „Masių centras“ ir formule (9) apskaičiuojami keletas atvejų su pradiniais elektrinio krautuvo virtimo kampais, kurie pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė

Pradiniai virtimo kampai

Krautuvo padėtis	Pradinis virtimo kampas α , °	Rato pakylimo aukštis, mm
El. krautuvą be krautuvo	47,7	1360,8
El. krautuvą su nuleistu tuščiu krautuvu	43,0	1254,9
El. krautuvą su nuleistu krautuvu esant kroviniui	46,1	1323,7
El. krautuvą su pakeltu tuščiu krautuvu	30,1	920,5
El. krautuvą su pakeltu krautuvu esant kroviniui	26,6	821,0

Iš pradinių virtimo kampų matyti, kad saugiausia važiuoti be krautuvo, tačiau dirbant, kai krautuvą uždėtas rekomenduojama važiuoti nuleistu krautuvu, nes taip yra išlaikomas žemesnis elektrinio krautuvo masės centras. Krovinius patartina kelti tik sustojus ir esant daugiausiai 23° pasvirimui, kad būtų išlaikyta darbo sauga.

Iš bendros praktikos, žmonės, kurie mažiau susiduria su važiavimu pasvirusiais šlaitais ar kitomis panašiomis kliūtimis, linkę pajauti savisaugą esant 20° pasvirimui.

Apvirtimo išvengimui gali būti naudojamas giroskopas su pažymėtomis leistinomis ribomis traktoriaus leistinam posvyrio kampui, taip pat įspėjamieji garsiniai ar šviesiniai signalai likus keliems laipsniams iki virtimo kampo ribos.

4.2. Sukonstruota operatoriaus darbo vieta

Sėdynė naudojama iš automobilio „Honda“. Sėdynės nugaros ir galvos atlošai yra reguliuojami, todėl suteikia geresnį komforto pojūtį. Sėdynė yra sukonstruota ant laikančiosios konstrukcijos, kur tarpusavyje yra sujungti spyruoklėmis. Suveržiant ar atleidžiant spyruoklių suveržimą galima reguliuoti sėdynės atsakomumą į kelio nelygumus ir šiek tiek sėdynės aukštį.

Pedalų konstrukcija regeneraciniam stabdymui ir akseleravimui naudojama iš „Honda“ automobilio (40 pav.). Todėl pedalų jėgos yra tokios, kad stabdymo metu yra jaučiamas stabdymo intensyvumas, o akseleratoriui nereikia didelės jėgos spaudimui, dėl to koja nepavargs ilgesnio darbo metu.



40 pav. Automobilio „Honda“ pedalų konstrukcija [\[10\]](#)

Mechaniniai stabdžiai sujungti su originaliais „T 40“ stabdžiais perdarius pedalus.

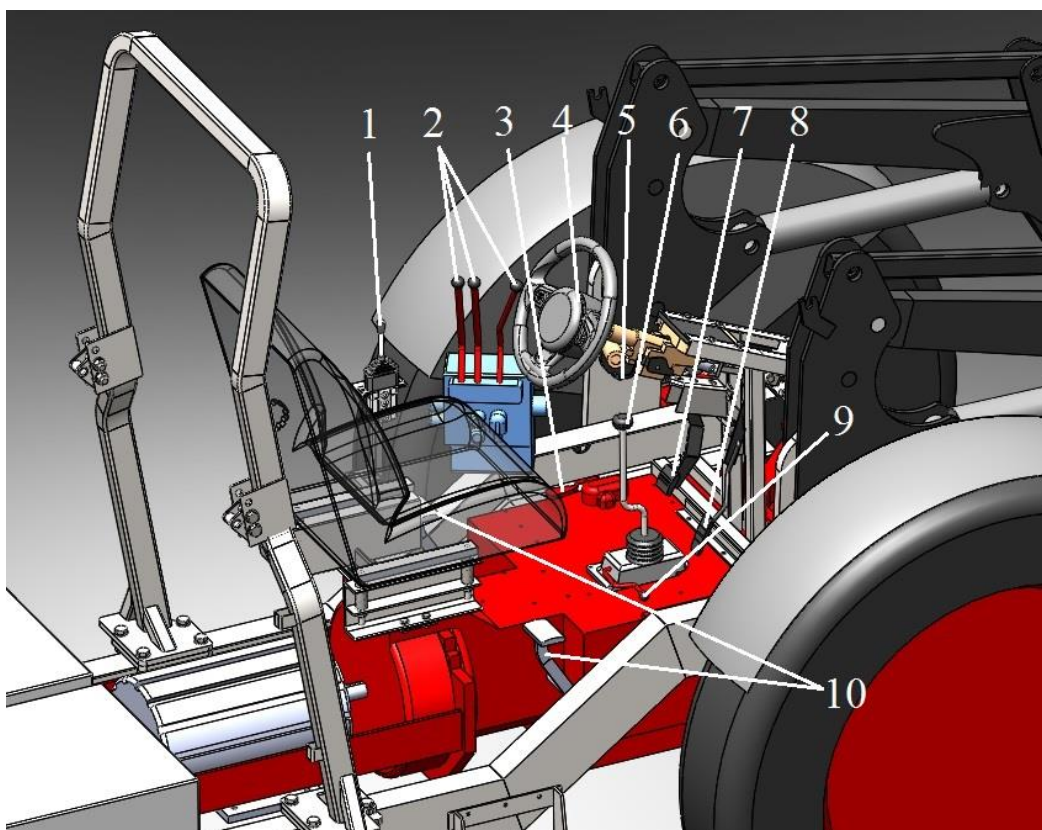
Vairas ir vairo padėties reguliavimo mechanizmas naudojamas iš automobilio „Audi“ (41 pav.).



41 pav. Vairo padeties valdymo mechanizmas [5]

Hidro valdymas naudojamas iš traktoriaus „T 40“.

Sukonstruoto elektrinio krautuvo darbo vietos bendras vaizdas „SolidWorks“ programoje (42 pav.), realūs vaizdai (43 pav., 44 pav.).



42 pav. Sukonstruota darbo vieta 1 – krautuvo vairalazdė; 2 – hidro valdymas; 3 – ratų blokatorius; 4 – vairas; 5 – vairo padeties reguliavimo mechanizmas; 6 – pavarų svirtis; 7 – regeneraciniai stabdžiai; 8 – akseleratorius; 9 – reversas; 10 – mechaniniai stabdžiai



43 pav. Elektrinis krautuvas

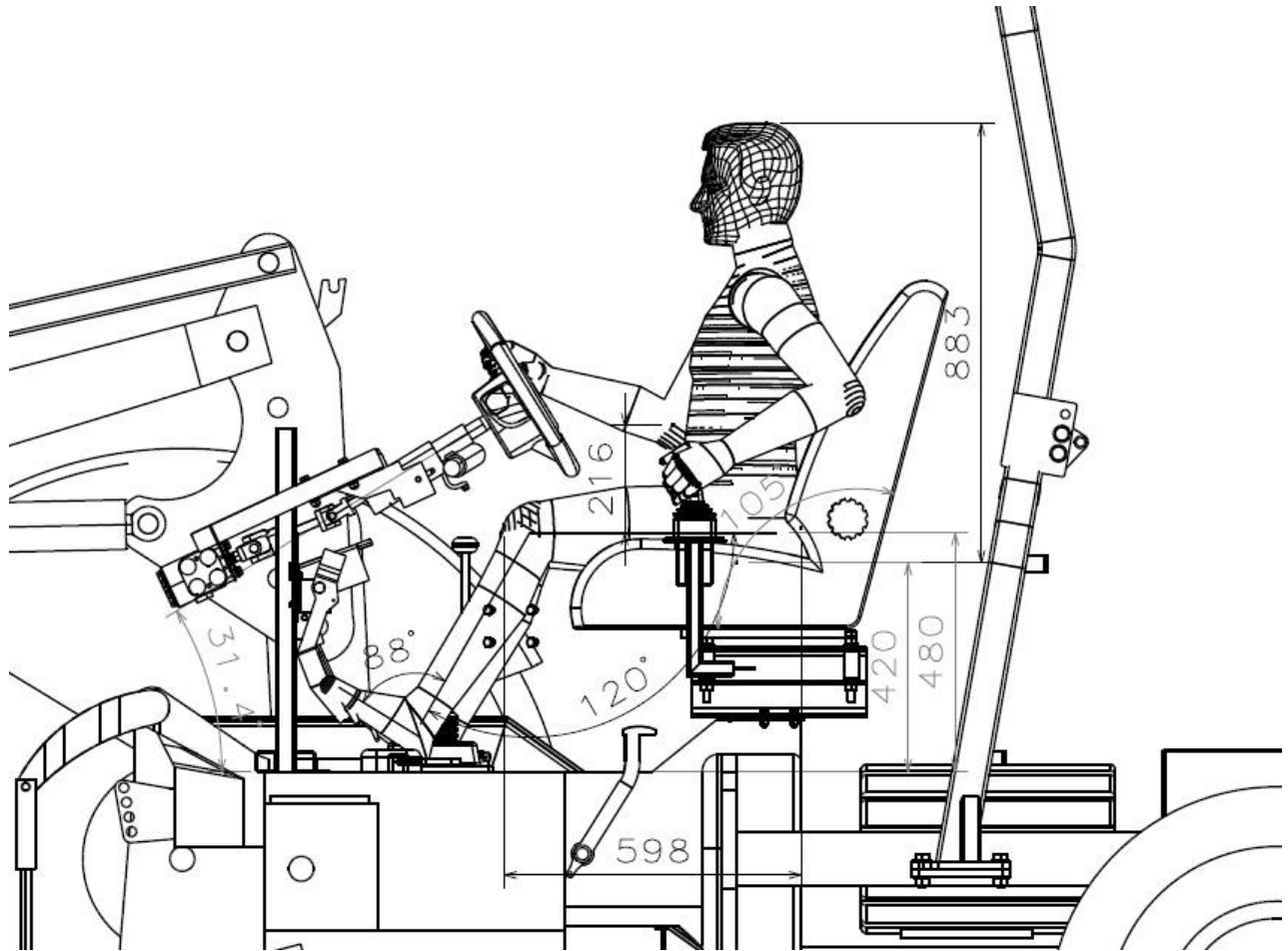


44 pav. Realiai sukonstruotos darbo vietos vaizdas

Iš pateiktų vaizdų (42 pav., 43 pav., 44 pav.) matoma, kad darbo vieta yra sukonstruota pagal „SolidWorks“ programa suprojektuotą modelį.

Sukonstruotų valdymo įrenginių (vairo, pedalų, svirčių) ir sėdynės padėčių schema įvertinti atropometriniams duomenims (45 pav.). Sėdynė pavaizduota neutralioje pozicijoje t.y. nei atstumta, nei pristumta. Sėdynė gali būti atitraukta nuo vairo 100 mm, o taip pat ir pristumta link vairo 100 mm.

Vairas pavaizduotas taip pat neutralioje pozicijoje. Jis gali būti reguliuojamas 15° kampu bei stumdomas 70 mm intervale. Taip pat žiūrėti priedus P – 7 ir P – 8.



45 pav. Antropometriniai duomenys pagal sukonstruotą operatoriaus darbo vietą

Palyginus su apžvalgoje pateiktaisiais matmenimis, matyti, kad aukštis sėdint skiriasi 26 mm, šlaunies aukštis skiriasi 22 mm, alkūnės aukštis skiriasi 27 mm, kelio aukštis skiriasi 63 mm, nuo sėdmens iki kelio skirtumas 4 mm, kiekvieno matmens atveju programoje „CATIA“ sėdinčio manekeno apibrėžiantys matmenys yra mažesni. Taip gali būti dėl, netiksliai išdėstyto operatoriaus galūnių ir pozicijos programoje „CATIA“ bei dėl galimai netiksliai suprojektuoto traktoriaus „T 40“ modelio. Kulkšnies kampas yra mažesnis 2° nei komfortą atitinkantis kampas, kelio kampas patenka į komforto intervalą, norint suteikti patogią atramą nugarai, ją galima pakeisti nuo vertikalios pozicijos ir nuleisti ją 30° .

5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikta krautuvų skirtų žemės ūkiui, statybų ir sandėliavimo – logistikos sritims operatoriaus darbo vietos analizė. Atsižvelgiant į krautuvų darbo specifiką bei pagrindinius ergonomikos reikalavimus jie pritaikyti projektuojant operatoriaus darbo vietą programa „SolidWorks“.
2. Suprojektuota pagrindinė operatoriaus darbo zona atsižvelgiant į traktoriaus „T 40“ konstrukciją bei jo valdymo įrenginius. Modelis panaudotas patikrinti 5, 50 ir 95 procentilių operatoriams valdymo įrenginių pasiekiamumui. 5, 50 ir 95 procentilių operatoriai suprojektuotus rankomis valdomus valdymo įrenginius pasiekia ir gali juos patogiai valdyti rankų komforto zonoje. 5 procentilių operatoriui diskomfortą gali sukelti nepakankamas sėdynės aukščio reguliavimas, dėl ko sumažėja jo matomumo zona bei regeneracinių stabdžių, mechaninių stabdžių ir akseleratoriaus pasiekiamumas kojomis.
3. Programa „CATIA“ patikrintas 5, 50 ir 95 procentilių operatorių matomumas elektriniame krautuve. 5 procentilių operatoriui matomumas suprastėja dėl nepakankamo sėdynės aukščio reguliavimo, dėl to vairas trukdo matyti vaizdą priešais. 50 ir 95 procentilių operatoriai turi gerą matomumą žiūrint į priekį. Visų procentilių operatoriai turi gerą matomumą žiūrint į šonus ir atgal.
4. Parinktas apsauginis lankas nuo atitinkamos galios ir masės traktoriaus, todėl naudojamas apsauginis lankas nuo apvirtimo galės apsaugoti operatorių virtimo atveju, taip pat naudojamas saugos diržas užsegamas per liemenį.
5. Norint apsaugoti operatorių nuo galimybės apvirsti ant šono apskaičiuoti pradiniai virtimo kampai. Važiuoti pasvirusiu pagrindu saugiausia be krautuvo arba su nuleistu krautuvu esant kroviniui tada atitinkamai pradiniai virtimo kampai yra $47,7^\circ$ ir $46,1^\circ$. Pavojingiausia važiuoti esant iškeltam krautuvui su kroviniu. Šiuo atveju leistinas pasvirimo kampas yra $26,6^\circ$. Norint žinoti pasvirimo kampą valdant krautuvą galima naudoti giroskopą skydelyje, kuris rodytų leistinas posvyrio ribas. Rekomenduotina gautus pradinius virtimo kampus sumažinti bent po 5° .
6. Įvertinus kitų sričių krautuvus ir ergonomiką bei panaudojus šiame darbe pateiktus tyrimų rezultatus, suprojektuota ir sukonstruota operatoriaus darbo vieta elektriniame krautuve.

IFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. A. J. Kliučininkas, „Ergonomika“, mokomoji knyga. Kaunas: Technologija 2000. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/225/ergonomika/>
2. Branson, 2016 Branson tractors 3120R. Žiūrėta [2016-04-01]. Prieiga per: <http://www.bigredsonline.net/default.asp?page=xInventoryDetail&id=1621846&p=1&s=Year&d=D&sq=branson&vt=tractor&fr=xAllInventory>
3. Cat, „950 GC“. Žiūrėta [2016-04-20]. Prieiga per internetą: http://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/medium-wheel-loaders/18548328.html
4. D. Petrovas, V. Bartulis, „Savivarčių automobilių statinio stovumo palyginimas“. Žiūrėta [2016-05-10]. Prieiga per internetą: http://leidykla.vgtu.lt/conferences/JMK_TRANSPORTAS_2007/Pagalbiniai/PDF/VGTU-Transportas-275-281.pdf
5. Ebay, automobilio „AUDI“ vairo padėties reguliavimo mechanizmo nuotrauka. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: http://www.ebay.co.uk/itm/282034250841?clk_rvr_id=1030032603034&rmvSB=true
6. Ernslaw one limitde, „Operator protective structures“. Žiūrėta [2016-05-01]. Prieiga per internetą: <http://www.ernslaw.co.nz/assets/resources-contractors/HealthSafety/Machinery/Operator-Protective-Structures-IPENZ-PN12-2008.pdf>
7. For construction pros, „Skid steer E-H controls“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.forconstructionpros.com/product/10092135/john-deere-skid-steer-e-h-controls>
8. Goering, Carroll E., Marvin L Stone, David W. Smith, Paul K. Turnquist., 2003 metai. „Human factors and safety“. 15 skyrius, 421 – 462p. Žiūrėta [2016-04-15]. Prieiga per internetą: <http://210.27.80.89/2006/qiche/engine%20book/Human%20Factors%20and%20Safety%20%2815%29.pdf>
9. Hyundai, „HL730-9A wheel loader“. Žiūrėta [2016-04-15]. Prieiga per internetą: <http://constructionequipment.hyundai.eu/en/products/detail/hl730-9a-wheel-loader>
10. Honda-tech, pedalų surinkimo nuotrauka. Žiūrėta [2016-05-01]. Prieiga per internetą: <http://honda-tech.com/sale-10/eg6-crx-da-parts-engine-harness-partout-2992352/>
11. ISO 5006:2006, „Earth moving machinery – operator’s field of view – test method and performance criteria“. Žiūrėta [2016-05-07]. Prieiga per internetą: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5006:ed-1:v1:en:fig:2>
12. J. Teizer, „Safety 360: surround-view sensing to comply with changes to the iso 5006 earth moving machinery – operator’s field of view – test method and performance criteria“. Žiūrėta

- [2016-05-07]. Prieiga per internetą: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/FFACE-ISARC15-3024465.pdf>
13. John Deere 328D skid steer loader nuotrauka. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.koenigequipment.com/sites/default/files/products/John%20Deere%20328D%20Skid%20Steer%20Loader.jpg>
 14. John Deere E Series cab interior nuotrauka. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://assets.cougar.nineentertainment.com.au/imagegen/cp/black/800/600/assets/TradeEarthmovers/GalleryMedia/John-Deere-E-Series-cab-interior.jpg>
 15. K. A. Kaminskas, „Ergonomika“, paskaitų konspektas. Vilnius, 2005. Žiūrėta [2016-04-01]. Prieiga per: <http://elibrary.lt/resursai/Mokslai/VGTU/Leidiniai/Leidinukai/8.pdf>
 16. Konferencija „Anthropometric compatibility of driver’s post on agricultural tractor cabs: a survey on medium high power tractors“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: http://www.boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H93000/H93100/CIOSTA_Presentations/MONARCA.pdf
 17. Logistics Insights Corporation, „Hyster operating manual“. Žiūrėta [2016-04-09]. Prieiga per internetą: <http://intranet.4linc.com/lincops/Portals/0/Docs/Manuals/Hyster5KOperManual.pdf>
 18. Manufacturing, design, mechanical engineering, „Ergonomics“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.learneasy.info/MDME/MEMmods/MEM30008A-EcoErgo/Ergonomics/Ergonomics.html>
 19. New Holland, „New Holland bidirectional tractor 105 PTO hp TV6070“. Žiūrėta [2016-05-01]. Prieiga per internetą: http://agriculture.newholland.com/us/en/Products/Agricultural-Tractors/Documents/TV6070_NH8060801_INB.pdf
 20. N. Grigalius, „Keturačio motociklo stovumo tyrimas“. Žiūrėta [2016-05-10]. Prieiga per internetą: http://vddb.laba.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2010~D_20100609_125342-09606/DS.005.0.02.ETD
 21. N. K. Chhuneja, „Human engineering and safety“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://ecoursesonline.iasri.res.in/course/view.php?id=18>
 22. Office of mine safety and health research, „Overview of proximity warning technology and approaches“. Žiūrėta [2016-04-25]. Prieiga per internetą: <http://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/workshops/proximityworkshop2010/Ruff-NIOSH-PDWorkshop2010-508.pdf>
 23. Operator protective structures on self – propelled mobile mechanical plant – Approved code of practice, „Operator protective structures“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.business.govt.nz/worksafe/information-guidance/all-guidance-items/acop-operator-protective-structures-on-self-propelled-mobile-mechanical-plant/opscode.pdf>

24. The national institute for occupational safety and health, „Construction equipment visibility. Test procedure“. Žiūrėta [2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/highwayworkzones/bad/testprocedure.html>
25. The national institute for occupational safety and health, „Construction equipment visibility. Cat 950G“. Žiūrėta [2016-05-10]. Prieiga per internetą: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/highwayworkzones/bad/loaders/cat950g.html>
26. TYM, „TYM Operator’s manual for tractors T354“. Žiūrėtas [2016-04-09]. Prieiga per internetą: <http://tym-tractors.com/wp-content/uploads/2015/02/T354.pdf?5eeebb>

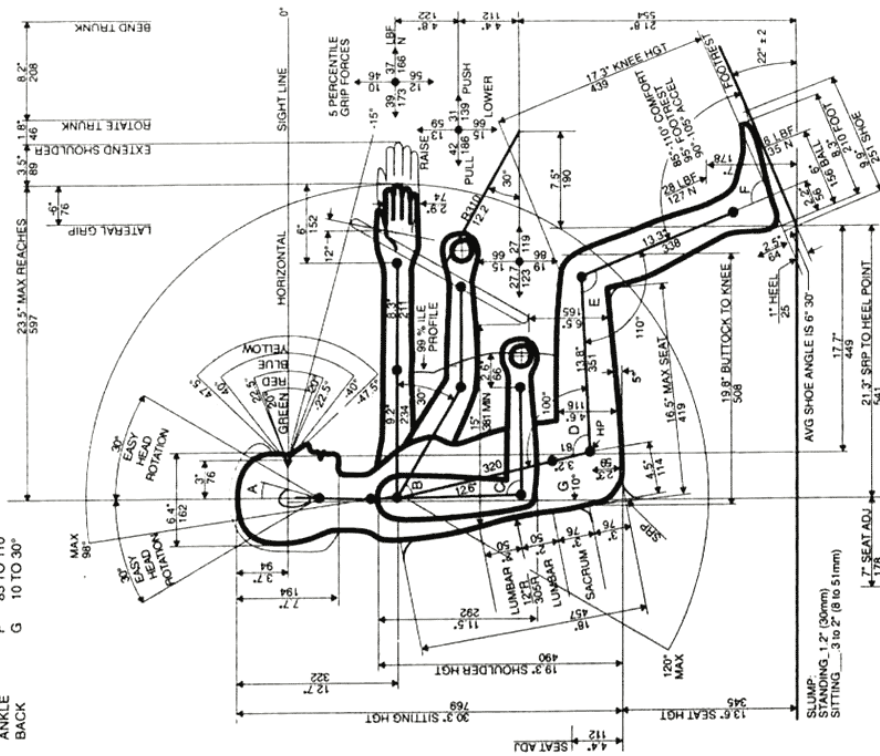
PRIEDAI

P – 1. Antropometriniai žmogaus matmenys sėdint

DI IN 21 56 DI TH LU HI BA MF MI CY MA MI

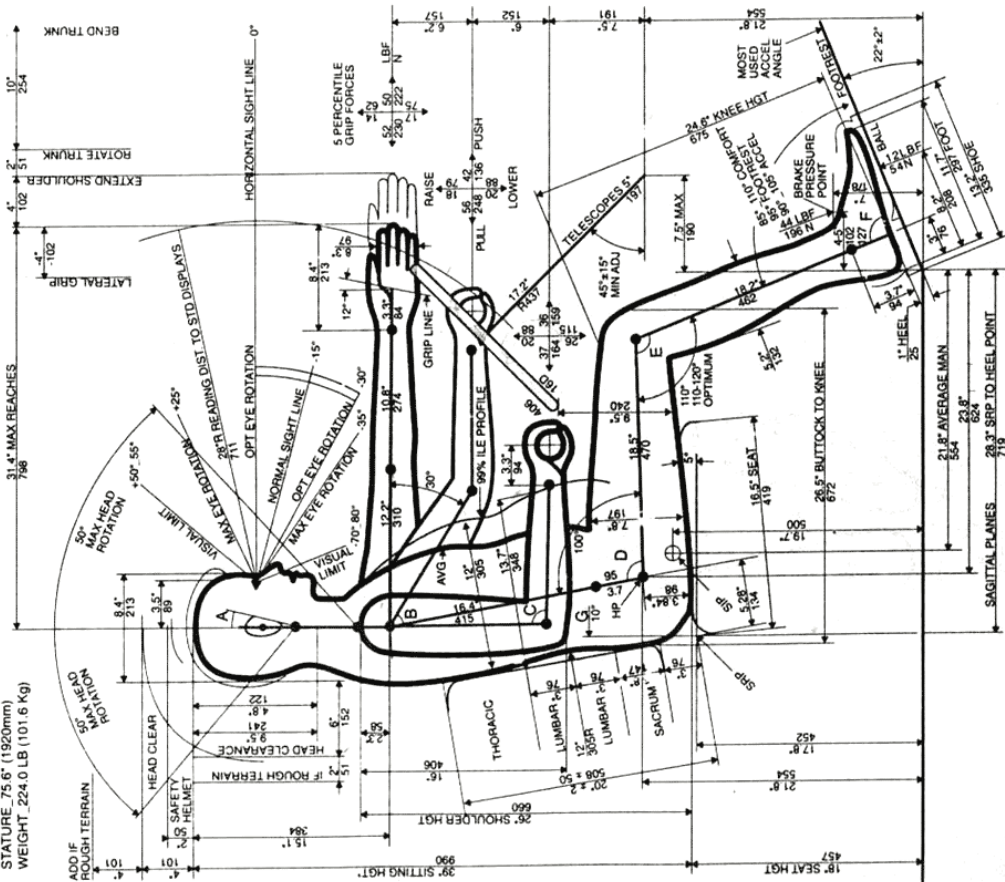
1 PERCENTILE US WOMAN
 WEIGHT_ 67.3 LB (30.5 Kg)
 STATURE_ 56.1 IN (1476 mm)

ANGLES OF COMFORT
 LOCATION ANGLE RANGE
 HEAD 0 TO 15°
 B -15 TO 45°
 C 80 TO 120°
 D 95 TO 120°
 E 95 TO 135°
 F 85 TO 110°
 G 10 TO 30°



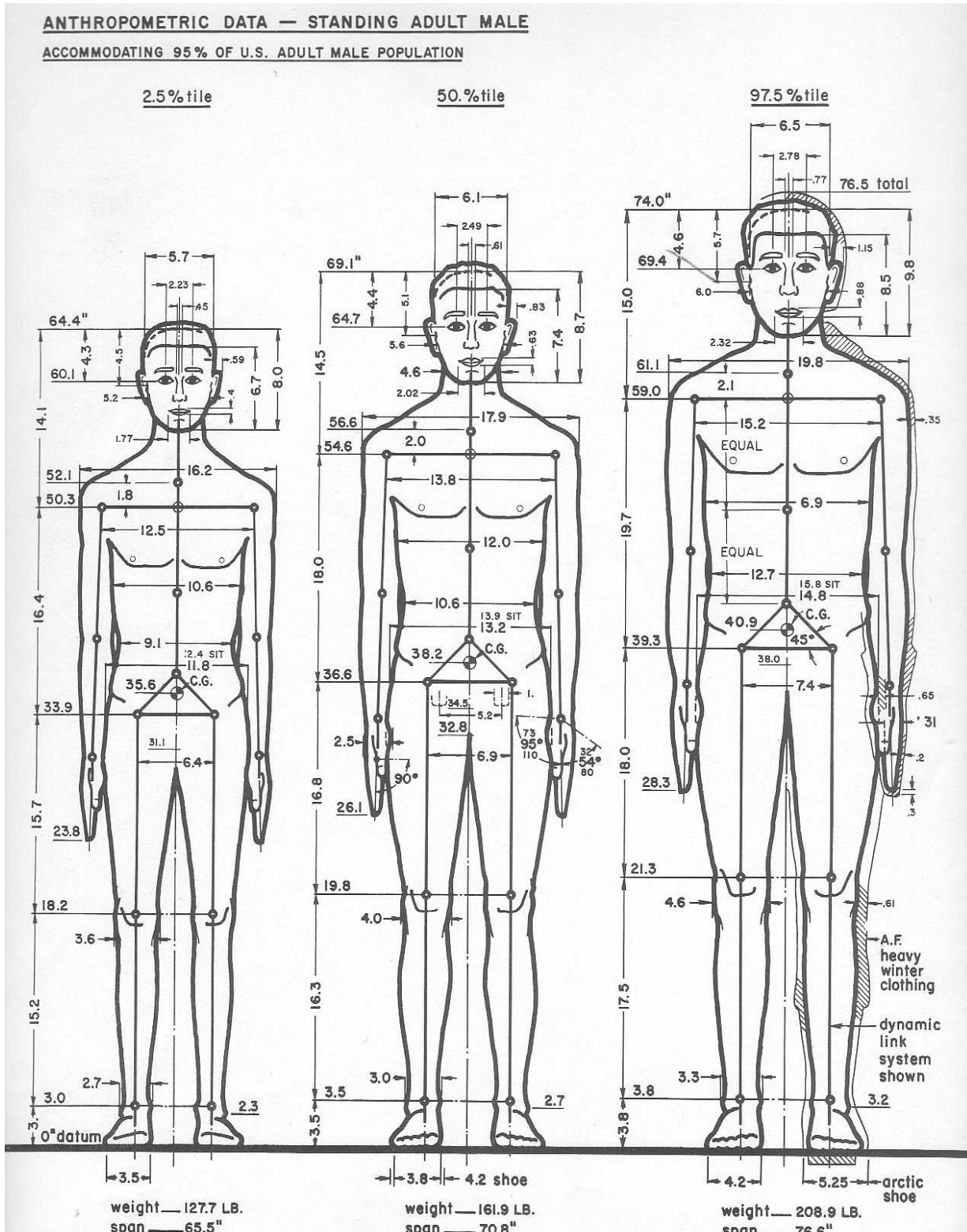
99 PERCENTILE US MAN
 STATURE_ 75.6\" (1920mm)
 WEIGHT_ 245.2 LB (111.2 Kg)

95 PERCENTILE US/CANADIAN FARMERS
 STATURE_ 75.6\" (1920mm)
 WEIGHT_ 224.0 LB (101.6 Kg)

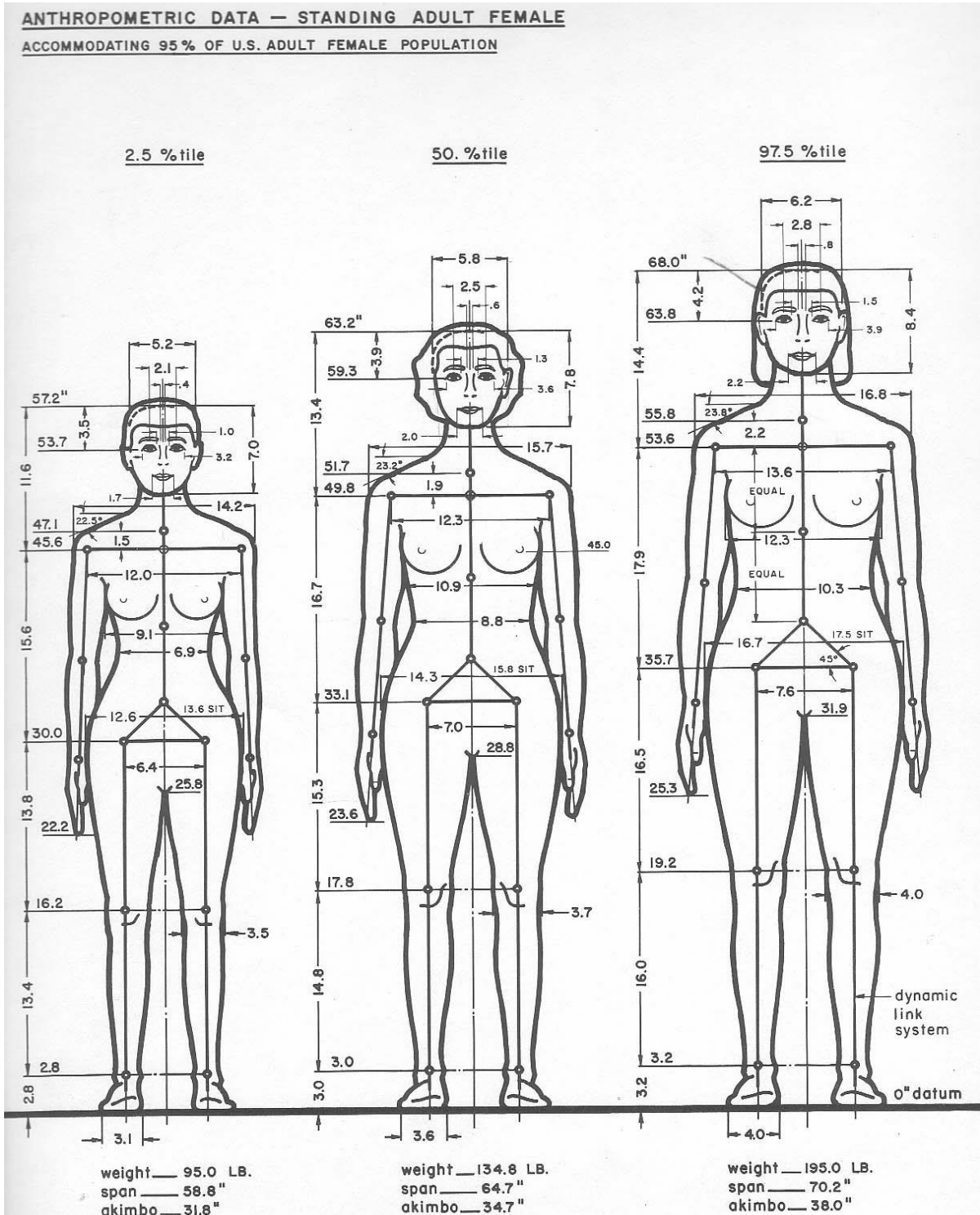


47

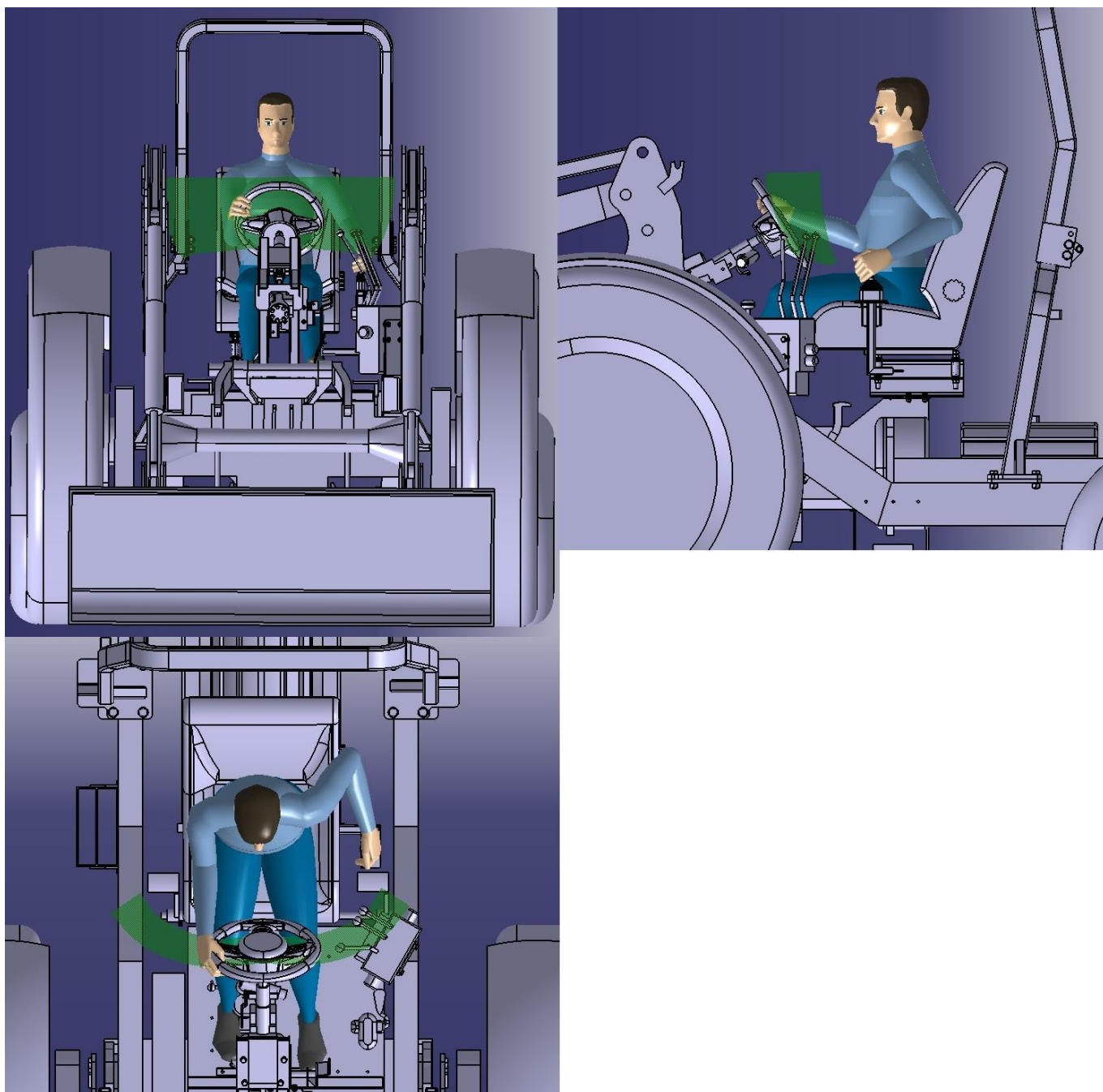
P – 2. Antropometriniai vyro matmenys stovint



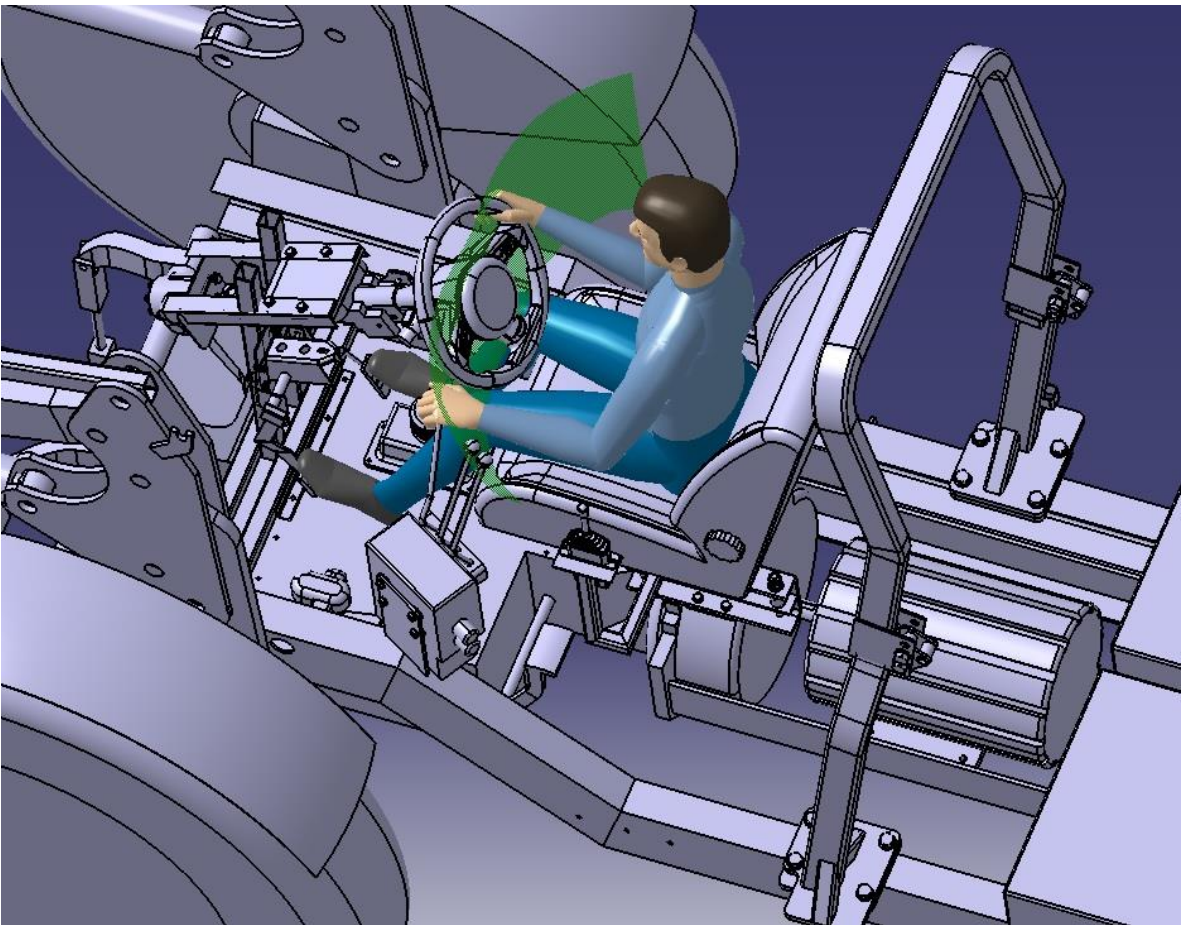
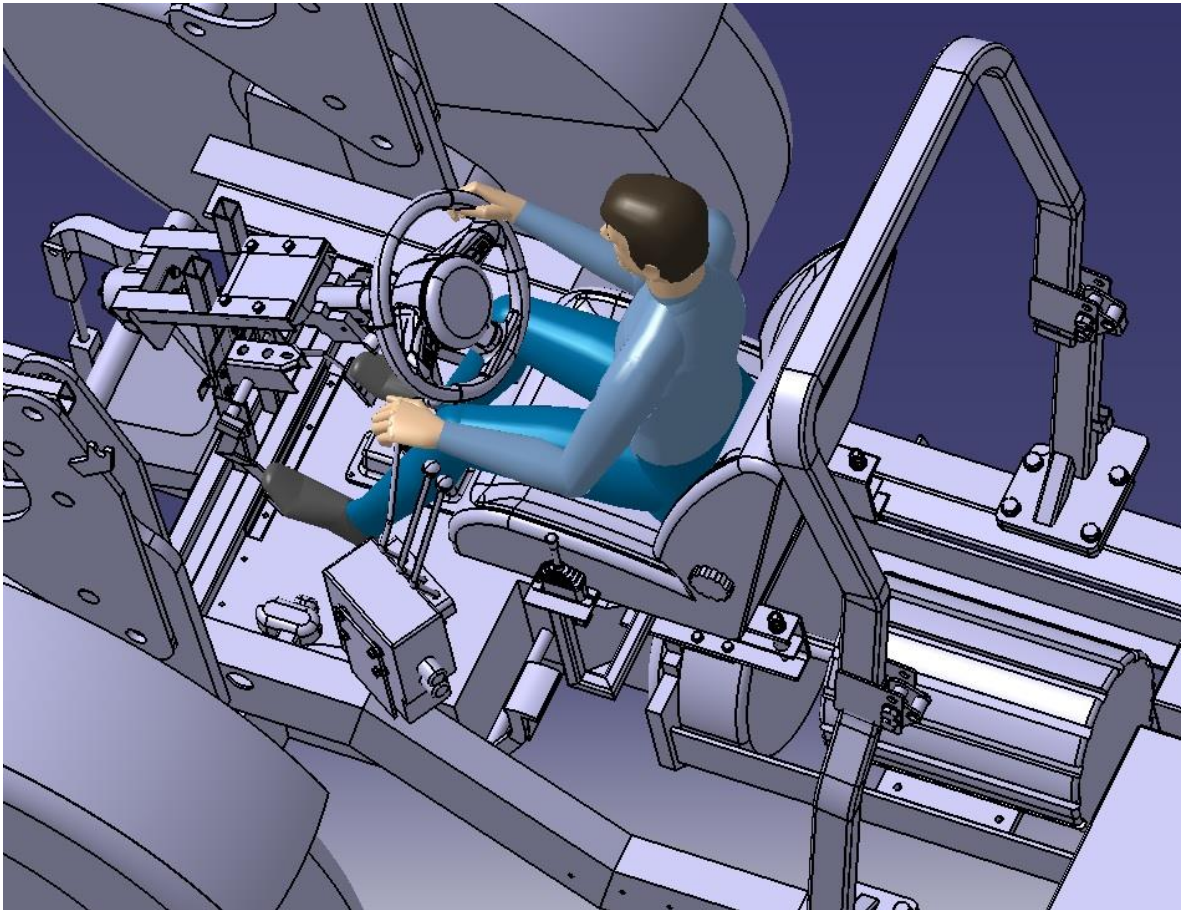
P – 3. Atropometriniai moters matmenys stovint



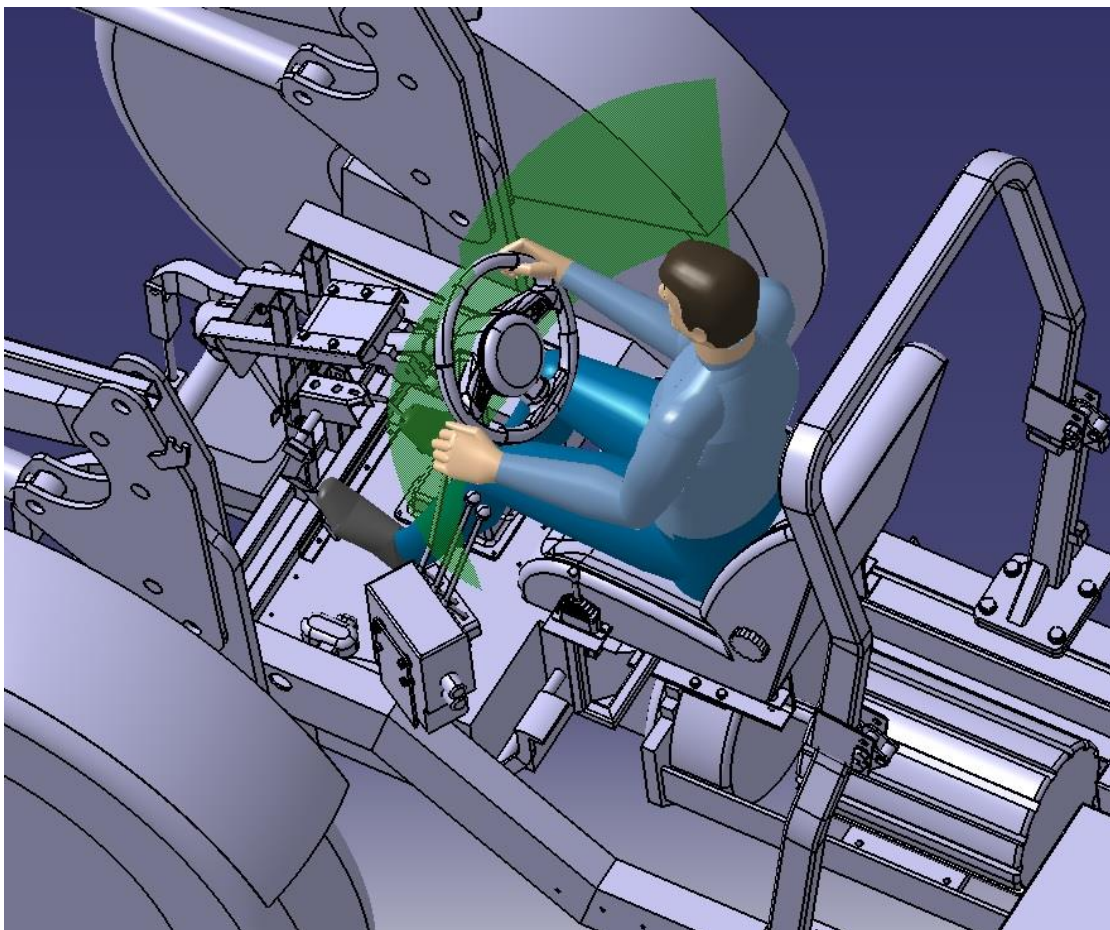
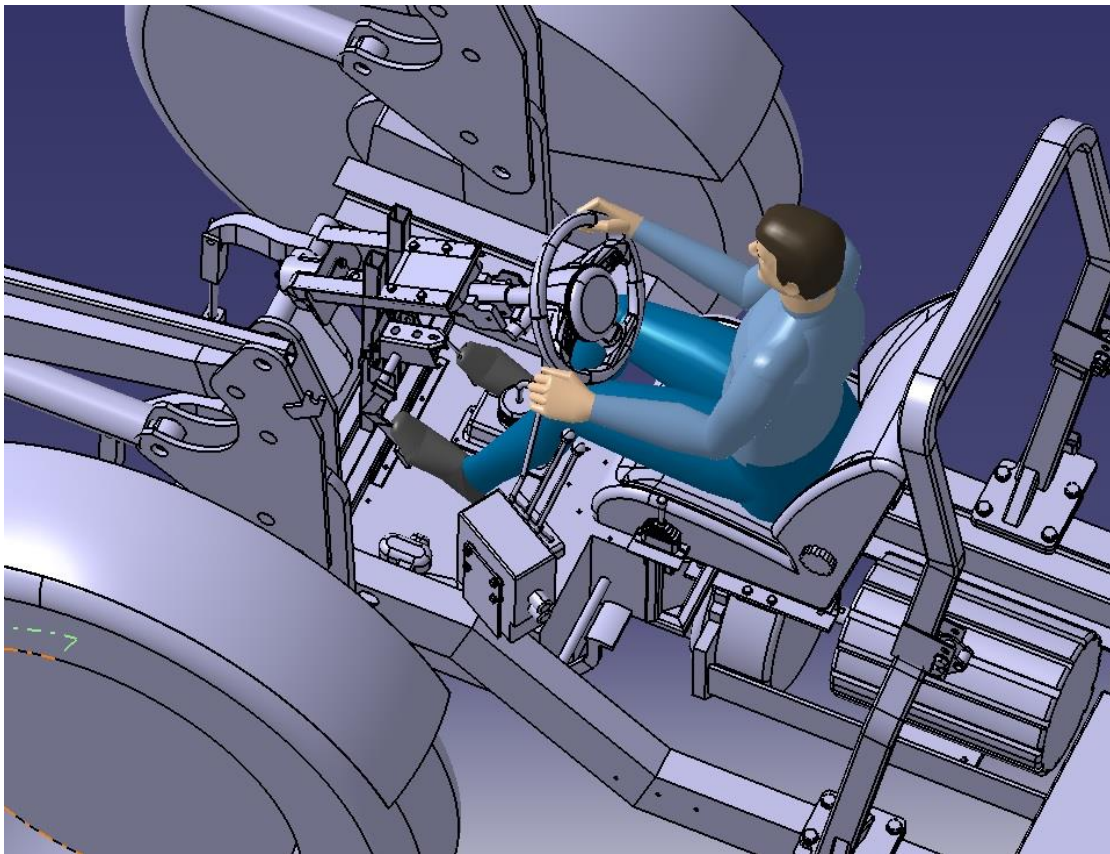
P – 4. Komforto zonos



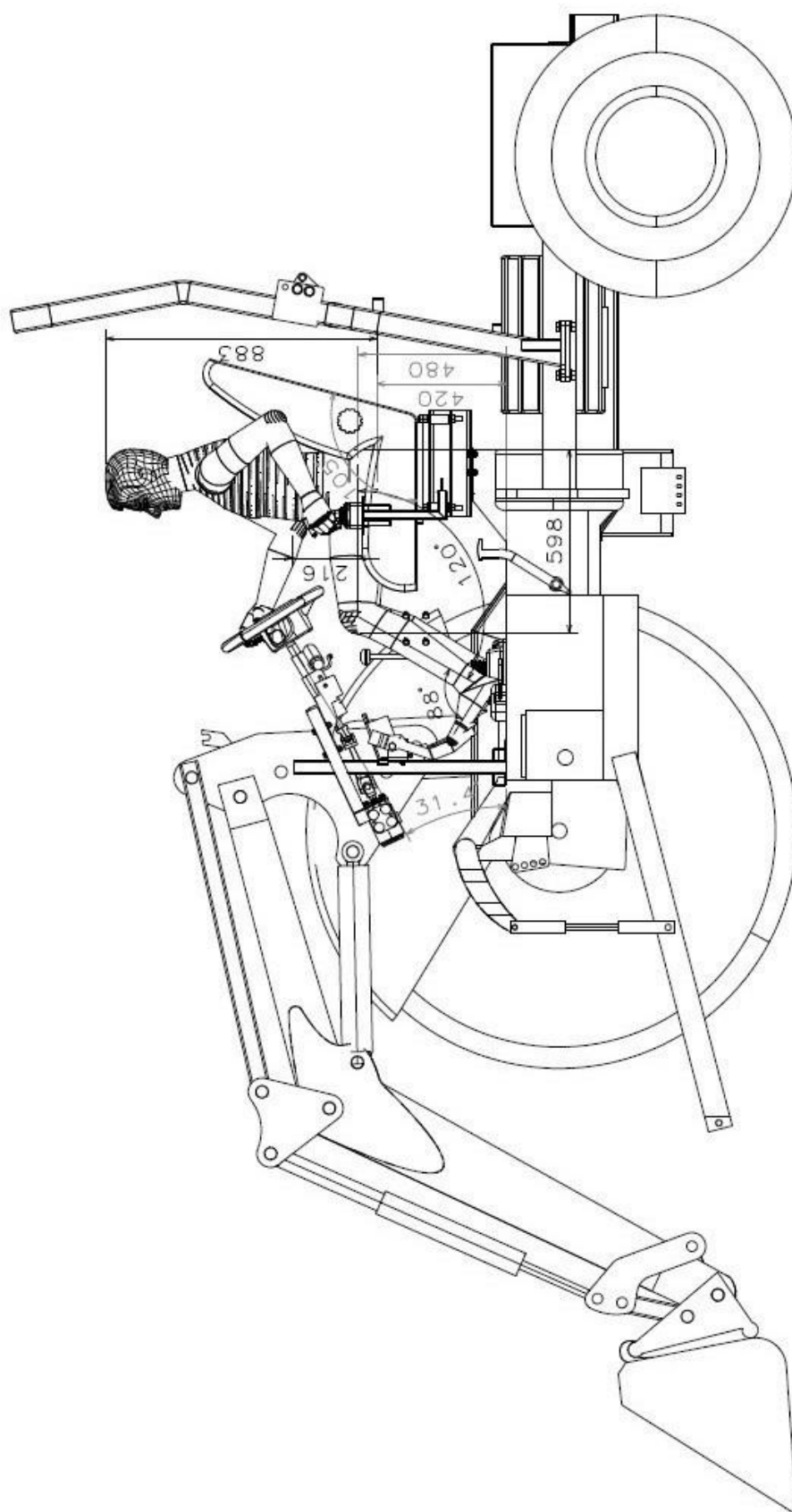
P – 5.5 procentilių operatoriaus pasiekiamumas bei rankų komforto zona



P – 5. 95 procentilių operatoriaus pasiekiamumas bei rankų komforto zona



P – 7. Antropometriniai duomenys pagal sukonstruotą operatoriaus darbo vietą



P – 8. Papildoma schema

