



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

**PANASONIC TOUGHBOOK CF-33
PUUTETUNDLIKU EKRAANI DOKI
PROJEKTEERIMINE**

**DESIGNING THE PANASONIC TOUGHBOOK CF-33
TOUCHSCREEN DOCK**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Johanna Aaslepp

Üliõpilaskood: 205889EAAB

Juhendaja: Kristjan Pütsep

Lektor

Tallinn 2023

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“18” mai 2023

Autor: Johanna Aaslepp

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

“18” mai 2023

Juhendaja: Kristjan Pütsep

Kaitsemisele lubatud

“.....”2023.

Kaitsemiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Johanna Aaslepp

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Panasonic Toughbook CF-33 puutetundliku ekraani doki projekteerimine, mille juhendaja on Kristjan Pütsep,
 - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2023 (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Johanna Aaslepp

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Panasonic Toughbook CF-33 puuetundliku ekraani doki projekteerimine

Kuupäev: 52 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)

18.05.2023

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): lektor Kristjan Pütsep

Töö konsultant (konsultandid): Kristjan Tiimus

Sisu kirjeldus:

Töö eesmärgiks on luua Panasonic Toughbook CF-33 ekraani dokk, mille saab kinnitada sõiduki seinale ning kuhu saab ühendada teisi seadmeid Etherneti ja USB-pistiku kaudu. Projekteeritav dokk on mõeldud militaarkasutusse. Lõputöös kirjeldatakse prototüübist kuni valmis tooteni protsessi. Tihendite, pistikühenduste ja seinakinnituse valikut. Samuti tutvuti sisemise elektroonika integreerimisega. Doki detailidele tehti majanduslik analüüs ja tugevusarvutus ning valiti välja ka detailide materjal.

Märksõnad: dokisüsteem, sülearvuti ekraan, projekteerimine, prototüüp, valmis toode, aku valimine, tugevusanalüüs.

ABSTRACT

Author: Johanna Aaslepp

Type of the work: Bachelor Thesis

Title: Designing the Panasonic Toughbook CF-33 touchscreen dock

Date: 18.03.2023

52 pages (the number of thesis pages including appendices)

University: Tallinn University of Technology

School: School of Engineering

Department: Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Supervisor(s) of the thesis: Lecturer Kristjan Pütsep

Consultant(s): Kristjan Tiimus

Abstract:

The aim of the work is to create a Panasonic Toughbook CF-33 screen dock that can be attached to the vehicle wall and to which other devices can be connected via Ethernet and USB. The designed dock is intended for military use. The thesis describes the process from the prototype to the finished product. Choice of gaskets, connectors and wall mounting. The integration of internal electronics was also introduced. An economic analysis and strength calculation were made for the dock details, and the material for the details was also selected.

Keywords: docking station, laptop screen, designing, prototype, finished product, battery selection, strength analysis.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema:	Panasonic <i>Toughbook</i> CF-33 puutetundliku ekraani doki projekteerimine
Lõputöö teema inglise keeles:	Designing the Panasonic Toughbook CF-33 touchscreen dock
Üliõpilane:	Johanna Aaslepp, 205889EAAB
Eriala:	Elektroenergeetika ja mehhatroonika
Lõputöö liik:	bakalaureusetöö
Lõputöö juhendaja:	Kristjan Pütsep
Lõputöö kaasjuhendaja: (ettevõtte, amet ja kontakt)	-
Lõputöö ülesande kehtivusaeg:	kehtivusaja annab juhendaja 2022/2023 2023/2024 Sügis
Lõputöö esitamise tähtaeg:	18.05.2023

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

1. Teema põhjendus

Lõputöö teema on saadud Hevi Engineering OÜ ettevõttest ning antud töö eesmärgiks on luua sülearvuti puutetundliku ekraani dokk, mille saab kinnitada sõiduki siseseina külge. Seda on vaja selleks, et kui soetatakse firmast elektro-optiline gürostabilisaatorsüsteem, mida juhitakse läbi sülearvutii ning liikuvast sõidukis oleks seda võimalik kuskile kinnitada. Enamus ettevõttes loodud süsteemid on mõeldud soomukite ning muude sarnaste sõjaväeliste masinate sisse, siis peab antud süsteem pidama vastu erinevatele põrutustele. Antud süsteemi lahendab soomukis paigutusprobleemi ning teeb selleläbi sinna külge ühendatud süsteemide juhtimise kergemaks.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on luua Panasonic *Toughbook* CF-33 ekraani dokk, mille saab kinnitada sõiduki seinale ning kuhu saab ühendada teisi seadmeid Etherneti ja USB-pistiku kaudu.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Süsteemis kasutatav andmesideprotokollide integreerimine.
2. Elektritoite arvutused olemasolevale dokile ja sinna lisanduvatele seadmetele.
3. Seinakinnituse valik.
4. Toote projekteerimine ja testimine.
5. Niiskuse ning vibratsiooni kaitse.

4. Lähteandmed

1. Nõuded süsteemile ning disainile – Hevi Engineering OÜ.
2. Nõuded kaitsevâes kasutatavatele süsteemidele.
3. Panasonic *Toughbook* CF-33 mõõdud ja pinout.

5. Uurimismeetodid

Nõuetega tutvumine

Elektrilised arvutused

Mudeli koostamine

Detailide tootmine ning toote ehitamine

Toote katseline kontroll

6. Graafiline osa

Toode detailide joonised, pinge arvutusteks elektriskeemid. Graafiline osa on nii põhiosas kui ka lisades.

7. Töö struktuur

1. Sissejuhatus
2. Ülesande püstitus
3. Olemasolevad lahendused
 - 3.1 Panasonic Toughbook CF-33
4. Projekteerimine
 - 4.1 Kasutatavad komponendid
 - 4.1.1 Pistikupesad
 - 4.1.2 Seinakinnitus
 - 4.1.3 Tihendid
 - 4.2 Toote disain
 - 4.2.1 Panasonic CF-33 mudel
 - 4.2.2 Toote prototüüp
 - 4.2.3 Toote lõpplahendus
 - 4.3 Elektritoite süsteemid
 - 4.4 Seadmete integreerimine
5. Tootmistehnika
6. Kokkuvõte
7. Kasutatud kirjanduse loetelu
8. Lisad

8. Kasutatud kirjanduse allikad

1. Allikates on erinevad kaitsevää seadustikud.
2. **Robert H. Bishop. (2008). Mechatronic system control, logic, and data acquisition**, CRC Press.
3. **Roland Gomeringer, Max Heinzler, Roland Kilgus. (2022).** Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn.
4. David Fisher. (2009). Building Automation: System Integration with Open Protocols, American Technical Publishers.

9. Lõputöö konsultandid

Kristjan Tiimus – nõuetele vastavus ja disain.

10. Töö etapid ja ajakava

Lähteandmete kogumine (01.09.2022)

Prototüübi projekteerimine (01.10.2022)

Teoreetilise osa kirjutamine (30.11.2022)

Prototüübi katsetamine (20.03.2023)

Praktilise osa kirjutamine (30.03.2022)

Töö lõplik versioon valmis (20.04.2022)

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritud

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	5
EESSÕNA	10
Lühendite ja tähiste loetelu	11
SISSEJUHATUS	12
1 ÜLESANDE PÜSTITUS	13
2 OLEMASOLEVAD LAHENDUSED	15
2.1 Panasonic Toughbook CF-33.....	20
3 Projekteerimine	22
3.1 Kasutatavad komponendid	22
3.1.1 Pistikühendused	22
3.1.2 Seinakinnitus	24
3.1.3 Tihendid	26
3.2 Toote disain	28
3.2.1 Panasonic Toughbook CF-33 mudel	28
3.2.2 Esimene prototüüp	29
3.2.3 Toote lõplik versioon.....	31

3.3 Elektritoite süsteemid.....	33
3.4 Seadmete integreerimine.....	36
4 Tootmistehnika.....	40
4.1 Materjali valik.....	40
4.2 Tugevusanalüüs.....	41
4.3 Majanduslik analüüs.....	43
KOKKUVÕTE	44
SUMMARY.....	45
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	47
LISAD	50
Lisa 1. VESA 75 ja 100 kinnituse auguvalem [17].....	50

EESSÕNA

Antud lõputöö on välja pakutud ettevõttest Hevi Optronics OÜ ning suur osa arendustööd ning katsetused toimusid seal. Kuna lõpplahendus on põhiliselt mõeldud militaar kasutusse, siis põhilised algandmete sisendid on saadud erinevatest militaarsetest organisatsioonidest. Arendatav toode pidi kokku sobima ettevõttes olemasolevate süsteemidega siis suur osa eeskirju ja nõudeid tuli sealt. Mehhaanilise ja elektrilise poolega abistas Hevi Optronics OÜ tegevusjuht Kristjan Tiimus ning vormistuse, tagasiside ning muu nõu ja jõuga Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi lektor Kristjan Pütsep.

Lühendite ja tähiste loetelu

BNC - *Bayonet Neill-Concelman* (eesti keeles bajonettühendus)

CNC – *Computer numerical control* (eesti keeles arvprogrammjuhtimine - APJ)

DB-9 - *D-subminiature 9-pin*

HDMI - *High-Definition Multimedia Interface* (eesti keeles kõrglahutusega multimeediumliides)

MIL-STD – Ameerika Ühendriikide sõjaline standard

RJ-45 - *Registered Jack-45* Ethernet

SMBus - *System Management Bus* (eesti keeles süsteemi haldamise liides)

TNC - *Threaded Neill-Concelman*

USB – *Universal Serial Bus* (eesti keeles universaalne jadasiin)

VGA - *Video Graphics Arrey* (eesti keeles video graafikamassiiv)

SISSEJUHATUS

Sülearvuti doki muudab arvuti ühendamise lihtsamaks ja kiiremaks ning annab juurde lisavõimekust Etherneti, USB ja teist ühenduste näol. Samuti annab dokk võimaluse luua pidevad ühendusest seadmetega, mida ei pea arvuti eemaldamisel lahti ühendama doki küljest. Tänapäeval on arvuti dokid kasutusel erinevates valdkondades, aga sõidukile mõeldud dokke on vähe. Olemasolevatel dokkidel kasutatakse põhiliselt pistikupesasid, millel puuduvad standardid, mis lubaksid neid kasutada sõjatööstustes.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida Panasonic CF-33 puutetundliku sülearvuti ekraani kiirkinnitusedokk sõidukisse. Kiirkinnituse ülesandeks on tagada antud sülearvuti ekraani kiire kinni ja lahti ühendus sõiduvahendi küljest. Töö koostamisel tutvusin mitmete erinevate sülearvuti doki süsteemidega, et projekteerida kõige optimaalsem lahendus.

Puutetundlik sülearvuti Panasonic CF-33 on kaks ühes süsteem, mis koosneb ekraanist ja sellele külge käivast klaviatuurist. Lõputöö ülesandes kasutatakse põhiliselt puutetundliku ekraani poolt.

Antud sülearvuti doki loomine on oluline, et sõidukiga maastikul sõites oleks ekraan kinnitatud sõiduki külge nii, et see viga ei saaks ning kaamerapilt oleks paremini jälgitav. Samuti pidi sülearvuti ekraan olema kiiresti eemaldatav sõidukist, mis tõttu tuli välja mõelda ka kiirkinnituse süsteem. Kuna välja töötatav süsteem läheb kasutusse põhiliselt kaitsetööstuse sõidukitele, siis peab täpselt jälgima nende poolt esitatavaid nõudeid ja ootusi. Doki süsteemi valmistooteni jõudmine on ajamahukas protsess, mis hõlmab endas süsteemi nõuete uurimist, projekteerimist ja katsetamist.

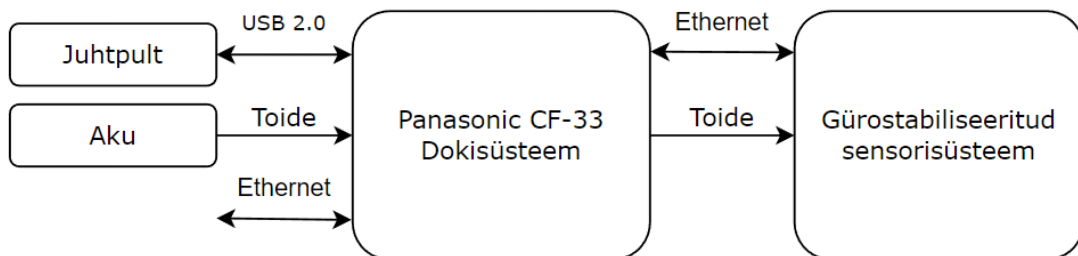
Töös kasutatakse projekteerimiseks Solid Edge programmi. Tugevusanalüüsiks kasutati Autodesk Fusion 360 programmi. Majanduslikuks analüüsiks Excelit.

Lõputöö koosneb neljast peatükist, millest esimene kirjeldab ülesande püstitust ning esitatud nõudeid. Teises peatükis on ülevaade olemasolevatest lahendustest ning tutvutud kasutatava sülearvutiga. Kolmandas peatükis antakse ülevaade projekteeritud süsteemist, kasutatavatest komponentidest ning seadmetest. Valiti välja sobiv aku, millega toita süsteemi, kui seda pole võimalik teha pistikupesast või sõiduki toitepesast. Neljandas peatükis kirjeldatakse prototüübist tooteni projekteerimist, materjali valikut. Samuti tehti toote detailidele hindade arvutus.

1 ÜLESANDE PÜSTITUS

Lõputöö ülesanne püstitati Hevi Optronics OÜ ettevõtte poolt. Doki süsteem kaudu juhitakse teisi ettevõtte poolt arendatavaid gürostabiliseeritud süsteeme. Need süsteemid on mõeldud erinevateks otstarveteks, nt: statsionaarselt masti otsa, sõiduki peale. Antud lõputöös lahendatakse sülearvuti paigutamist sõidukis.

Kuna hetkel puudub sülearvuti kinnitamise viis sõidukis ning sõidu ajal on see lahtiselt, siis on vaja projekteerida dokisüsteem. Lõputöös koostatav dokisüsteem lahendaks ära nii paigutuse kui ka pistikute probleemi. Dokis kasutatavad pistikud peavad vastama militaar standarditele ning pidama vastu vibratsioonile ja niiskusele. Sülearvuti kaudu kantakse üle gürostabiliseeritud süsteemide videopilti, siis pole antud lahenduses vaja klaviatuuri kasutada ning doki saab projekteerida ainult ekraanile. Ühendatavat gürostabiliseeritud süsteemi juhitakse läbi juhtpuldi, mis peab samuti saama ühendada doki külge (joonis 1.1). Samuti peab olema Panasonic CF-33 sülearvuti ekraan kiiresti eemaldatav doki küljest, et tagada hädaolukorras arvuti kaasa võtmise võimalus. Selle lahendamiseks on vaja mõelda välja viis, kuidas saab kiiresti sülearvuti ekraani doki küljest kätte ilma tööriistu kasutamata. Samuti peaks olema kiirkinnitus lahti tehtav ühe käega.



Joonis 1.1 Disainitava dokisüsteemi skeem

Enne projekteerimisega alustamist tuli panna kirja nõuded, mida on vaja doki projekteerimisel arvestada. Sisendid tulid erinevatest spetsifikatsioonidest. Nõuete kohta koostati kokkuvõtlik tabel (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Nõuded tootele

Kriteerium	Nõue
Mass	<ul style="list-style-type: none"> Toote mass peab olema võimalikult väike Toote kogukaal peab sobima valitava kinnitusega
Jäikus	<ul style="list-style-type: none"> Toote kaalu vähendades peab säilima süsteemi tugevus ja jäikus
Ilmastikukindlus	<ul style="list-style-type: none"> Kogu süsteem peab olema niiskus- ja tolmukindel
Kasutamine	<ul style="list-style-type: none"> Ekraani kiire kinni ja lahti ühendamine Pistikühenduste kiire ühendamine
Vibratsioon	<ul style="list-style-type: none"> Toode peab vastu pidama sõiduki vibratsioonile Toode peab vastu pidama väiksematele löökidele
Koostamine	<ul style="list-style-type: none"> Süsteem peab olema kergesti koostatav
Tootmis tehnoloogia	<ul style="list-style-type: none"> Toode peab olema täielikult CNC pingiga freesitav Tootmine peab olema võimalikult optimaalne

Koostatud kriteeriumite ja nõuete tabeli põhjal sai hakata valima komponente tootesse ja projekteerima esmast lahendust. Toote projekteerimisel esmalt valiti nõuetele vastavad komponendid.

2 OLEMASOLEVAD LAHENDUSED

Panasonic CF-33 doki süsteeme on olemas erinevaid ning siin peatükis tutvustatakse kolme olemasolevat lahendust ning võrreldakse neid omavahel. Kolm väljavalitud süsteemi on Precision mounting technologies (PMT), Havis ja Gamber-Johnson-i poolt pakutatavad dokid. Kõik kolm uuritavat doki lahendust on võimalik kinnitada sõiduvahendi sisse.

PMT dokk on mõeldud sülearvuti ekraani kinnitamiseks (joonis 2.1). Vaadeldaval dokil on vargusvastane süsteem, mis tähendab, et antud dokki saab keerata võtmega lukku. See süsteem aitab selle vastu, et keegi kolmas isik ei saaks mööda minnes haarata arvutit kaasa. Antud dokil on suur valik USB 2.0 ja 3.0 ehk *Universal Serial Bus* (eesti keeles universaalne jadasiin) pesasid. Lisaks on veel dokil RJ-45 ehk *Registered Jack-45* Etherneti, HDMI ehk *High-Definition Multimedia Interface* (eesti keeles kõrglahutusega multimeediumliides), DB-9 ehk *D-subminiature 9-pin*, TNC ehk *Threaded Neill-Concelman* ja VGA ehk *Video Graphics Arrey* (eesti keeles video graafikamassiiv) pesad. Vaadeldava doki eelisteks on suur valik erinevaid ühendus pesasid. Samuti on dokk täielikult freesitud alumiiniumist, mis tagab doki tugevuse aga samas ka kerguse. Dokk on õhuke, mis tähendab, et see dokk ei võta palju ruumi sõiduvahendis. Dokki saab soetada kõikide ühendus pesadega kui ka ilma, mis tähendab, et kui pole vaja luua ühendusi teiste seadmetega saab soetada doki odavamalt ning kasutada seda ainult ekraani kinnitamiseks. [1]

Puudusteks sellel dokil on MIL standardile vastavate pistikupesade puudumine ning antud dokk on oma hinnaklassis üks kallimaid. Samuti pole antud tootel ära märgitud ühenduste kordasi, et mitu korda saab kinni/lahti antud toodet ühendada.



Joonis 2.1 PMT dokk [1]

Järgmiseks tutvume Havis-e poolt pakutava dokiga (joonis 2.2). Antud dokk on mõeldud terve sülearvuti kinnitamiseks, mis tähendab, et saab kasutada ka klaviatuuri. Sellel dokil USB 2.0 ja 3.0, RJ-45, DB-9, HDMI ning VGA. Sarnaselt eelnevale dokile on ka sellel dokil vargusvastane kinnitus. Samuti saab sellel lahendusel fikseerida ära doki ekraani, et kolmandad isikud ei saaks ekraani ega klaviatuur kätte. Sellel dokil on ära märgitud ka ühendamiste korrad, mis annab usaldusväärse töökindluse osas. Havis-e doki puuduseks on kinnitus, kuna selleks on vaja lisa detaili, mis kinnitatakse doki külge ning alles siis on võimalik kasutada VESA 75 (vt. Lisa 1). Doki kinnitamiseks mõeldud detaili peab eraldi juurde ostma. [2]

Doki puudusteks on see, et dokisüsteemis võtab palju ruumi klaviatuuri osa, mis vähendab liikumisruumi sõiduki sees. Havis-e süsteemi saavad kasutada sellised üksused, kellel on vaja kasutada klaviatuuri oma töö tegemiseks.



Joonis 2.2 Havis dokk [2]

Viimaseks tutvume Gamber-Johnson'i poolt pakutava dokisüsteemiga (joonis 2.3). Antud süsteem on taas mõeldud ainult kasutatava sülearvuti ekraani kinnitamiseks, nagu oli PMT dokk. Sarnaselt eelnevatele dokkidele on sellel samad RJ-45, USB ja teised ühendused. Kuigi tegemist on ekraani jaoks mõeldud dokiga on sellele võimalik lisada juurde ka klaviatuur. Seda dokki saab kasutada nii horisontaalselt kui ka vertikaalselt. Sellele saab lisada lisa aku, mis aitab pikendada kasutamisaega laadimiste vahel. Dokki saab lahti ühendada ühe käega ning seetõttu on ta teistest kergemini kasutatav. Samuti on sellele projekteeritud VESA 75 kinnitusavad ning ei vaja lisa detaili, et kinnitada seda. Doki projekteerimisel on mõeldud ka ohutusele. Doki nurgad on tehtud ümaraks, et tagada inimeste ohutus löökide korral. [3]

Antud doki puudusteks on samuti MIL standardile vastavate ühenduspistikute puudumine, kuigi dokil on teised MIL standardit antud, siis ei kata see pistikute osa.



Joonis 2.3 Gamber-Johnsoni dokk [3]

Allolevas tabeli on tehtud kolme doki võrdlus (tabel 2.1). Andmed on saadud uuritava kolme doki andmelehtedest. Tabeli põhjal tuleb välja, et Gamber-Johnson-il on toodud välja kõige rohkem sertifikaate ning saadud standardeid. Samuti kaalub see dokk kõigist kolmest kõige vähem ning on ka mõõtmetelt väikseim. Kolmest valikust on Gamber-Johnsoni poolt pakutav dokilahendus kõige parem, kuna see on kerge, mõõtmetelt väike ning selle dokiga on tehtud kõige rohkem katseid, sest neil on kõige rohkem sertifikaate. Kuigi hind on kallim, kui Havis-e dokil on Gamber-Johnsoni dokil paremad näitajad.

Tabel 2.1 Olemasolevate lahenduste võrdlus

Tootja	PMT	Havis	Gamber-Johnson
RJ45 Ethernet	2	2	2
USB 2.0	4	4	2
USB 3.0	2	2	2
Kaal, kg	3,38	2,44	1,88
Doki mõõtmed (L x P x K) / mm	318,8 x 281,4 x 84,1	317,5 x 298,2 x 69,3	282 x 296,4 x 77,2
Lahtiühendamiste arv	Info puudub	30 000	30 000

Tabel 2.2 Olemasolevate lahenduste võrdlus

Kinnitamine	VESA 75	Kinnitamiseks lisa plaat	VESA 75
Sertifikaadid	MIL-STD 810G SAE J1455	MIL-STD 810G SAE J1455	MIL-STD 810G SAE J1455 FCC CE RoHS
Lisad	2 x TNC VGA HDMI DB-9	2 x TNC VGA HDMI DB-9	2 x TNC VGA HDMI DB-9
Hind	1756,75 €	1 244,33 €	1 612,60 €

Tabelist 2.2 on näha, et seadmetes kasutatakse nii USB 2.0 kui ka 3.0. USB. Neid kasutatakse seadmete ühendamiseks arvutiga. USB standard määratleb ära kaablite tüübi, pistikud ja pesad, suhtlusprotokollid kui ka läbiva voolu parameetrid. USB on kasutamise osas paindlikum kui mõni teine liides. USB-d on kerge ühendada ning ühendamiseks või eemaldamiseks võib toite all, kuna see ei kahjusta USB seadet ega arvutit. Samuti on USB odav ning seda müüakse peaaegu igal pool. USB 2.0 kasutab pooldupleks andmeedastust, kuigi andmeid saab ikkagi edastada ainult ühtepidi, andmeedastus kiiruseks on 480 Mbps ning signaale saab saata peaaegu 5 meetri kaugusele. USB 2.0 kasutatakse põhiliselt arvuti hiire ja klaviatuuri ühendamiseks, kõlarite, printerite kui ka kaamerate jaoks. USB 2.0 kaabel koosneb neljast juhtmest. Äärmised kaablid on toitekaabel (5 V) ja maandus ning kaks keskmist kaablit kasutatakse signaalide edastamiseks. Ühe pistiku kohta on maksimaalne vool 500 mA. [4]

On olemas kolme tüüpi andmeedastus viisi: simpleks (*simplex*) andmeedastus, kus andmeid saab saata ainult ühte pidi, pooldupleks (*half-duplex*) andmeedastus, kus andmeid saab saata mõlemat pidi, kuid korraga saab saata ainult ühes suunas kuna kasutatakse ühe siini, ning viimaseks viisiks on täisdupleks (*duplex*) andmeedastus, kus andmeid saab saata ja võtta vastu sama aegselt kuna kasutatakse kahte andmeedastus siini. Kolmest valikus on kõige kiirem on täisdupleks, kuna korraga saab saata ja vastu võtta andmeid. [5]

USB 3.0 kasutab andmete edastamiseks kahe simpleks siini. Selle andmeedastus kiirus on 10 korda kiirem kui USB 2.0 oli ehk 4800 Mbps, mida ümardatakse 5 Gbps. USB 3.0 kasutatakse põhiliselt video edastamiseks ning väliste salvestusseadmete jaoks. USB

3.0 suudab andmeid edastada ainult 2,7 meetri kaugusele. USB 3.0 kaabel koosneb üheksast juhtmest: toitekaabel (5 V), kaks maandus kaablit, kaks saatmis ja kaks vastuvõtmis kaablit ning kaks signaali edastus kaablit. Ühe pistiku kohta on maksimaalne vool 900 mA. Väliselt näevad USB 2.0 ja 3.0 sarnased välja. Neid saab eristada pistiku kui ka pesade sees oleva klotsi värviga, USB 3.0 on see sinine ja USB 2.0 on see must või hall. Kuna USB 3.0 on kallim kui USB 2.0 tuleb toote disainimisel lähtuda sellest. Kui pole vaja videopilti edasta või suurel kiirusel andmevahetust, siis võib USB 3.0 asemel kasutada USB 2.0. [4]

TNC pistikühendust kasutatakse 11 GHz sagedust signaalide saatmiseks. TNC pistikühendus sarnanevad BNC ehk bajonettühendus (inglise keeles *Bayonet Neill-Concelman*) pistikule, ainsake erinevuseks on keermestatud ühendus osa TNC pesal, mis aitab ühendust säilitada ka siis kui on vibratsioon. TNC kaabliks on koaksiaalkaabel. [6] Koaksiaalkaabel koosneb sisemisest vasktraadist, sisemine isolatsioon dielektrikust, vasktraadist tehtud punutis ning välisest isolatsioonist. Seda kaablit kasutatakse nt. kaabeltelevisiooni juhtmetes, antennide ühendamiseks. Veel kasutatakse sõidukites, lennunduses, sõjaväes ja ka meditsiinivaldkonnas. [7]

VGA ja DB9 kuuluvad mõlemad DB standardi pistikute sekka ning neid kasutatakse arvuti ja automaatika süsteemides. Enamus DB pistikud koosnevad kahest kontaktid rivist. DB taga olev number tähistab kontaktide arvu nt. DB9 tähendab, et antud pistikul on üheksa kontaktsiini. VGA teise nimega HD15 kuulub samuti DB pistikute seeriasse. Ainsaks erinevuseks on kontakt ridade arv, milleks on kolm. VGA koosneb 15 kontaktist, mis on vastavalt paigutatud kolme ritta. VGA-d kasutatakse põhiliselt lisa monitoride ühendamiseks arvuti külge. [8]

HDMI on mõeldud audiovisuaalseks edastamiseks. Signaale edastatakse DVD-mängijatest, digiboksidest või muudest audiovisuaalsetest allikatest televiisorisse, projektorisse või mõnda teised video ja heli kuvamis süsteemi. HDMI suudab kvaliteetselt edastada mitme kanaliga heliandmeid ja kõiki standardseid videoformaate. HDMI suudab ka edastada oleku- ja juhtimisteavet mõlemas suunas. HDMI protokoll põhineb minimeeritud diferentsiaalsignaale (inglise keeles *Transition Minimized Differential Signaling*). HDMI-I on viite tüüpi pistikuid: A, B, C, D ja E. Kõige laialdasemalt kasutatakse A tüüpi HDMI pistikut ning on kasutuses ka vaadeldavates toodetes. HDMI A tüübil on 19 kontaktklemmi, millega edastatakse signaale. Samuti on HDMI-I üks 5 V kontakt, millega saavad ühendatavad seadmed toite. [9]

RJ45 on Etherneti kaabli pistikühenduse tüüp. Ethernet on võrgutehnoloogia, mis sisaldab endast protokolle, porte, kaableid ja arvutikiipe. Etherneti on vaja arvuti ühendamiseks LAN-võrku ehk kohtvõrku. LAN annab võimaluse kiireks andmeedastuseks, läbi koaksiaal- või fiiberoptiliste kaablite. Etherneti kiirused on 10 Mbit/s kuni 10 Gbit/s. Antud kiirused on hetkel standardiseeritud. [10]

Samuti on tabelist 2.1 näha, et kõigil dokkidel on MIL-STD-810G ja SEA J1455. MIL-STD on standard, mis on loodud Ameerika Ühendriikide sõjaväe poolt. MIL-STD-810G standard käsitleb erinevaid keskkonnatingimusi, nt: madal rõhk, vihm ja niiskus, kokkupuude liiva ja tolmuaga, aga ka katab see standard tulistamis vibratsiooni ning juhuslikus vibratsiooni, plahvatusohtliku keskkonda ning transporti. [11] SEA J1455 standard poolt on määratletud seadme töökindlus maastikusõidukite elektroonika seadmetele. Antud standardisse kuulub näiteks niiskuskindlus vibratsioonimõju jne. [12]

Erinevad ühendused loovad dokisüsteemidele funktsionaalsusi erinevate ühilduvate seadmetega. TNC pistikühenduste kaudu saab doki kui ka arvuti külge ühendada antenni, millega määratakse asukoha koordinaate.

2.1 Panasonic Toughbook CF-33

Käesolevates töödes tuleb luua dokisüsteem Panasonic Toughbook CF-33 sülearvuti ekraanile. Antud arvuti on kasutuses juba olemasolevates sõiduvahendi sisse mõeldud dokisüsteemides. Selle seeria arvutitele on tehtud palju dokke sellepärast, et need arvutid on disainitud sellisteks dokisüsteemide külge ühendamiseks.

Panasonic Toughbook CF-33 kuulub „*rugged computer*” seeriasse, mis on mõeldud karmidesse kasutus tingimustesse, nt: tugev vibratsioon, äärmuslikud temperatuurid ning niisked ja tolmuised tingimused. Nii sülearvuti väliskorpus kui ka sisemised komponendid on kavandatud täpselt selliste tingimuste jaoks. Sellele sülearvutite seeriale on tehtud erinevaid doki süsteeme. [13]



Joonis 2.1 Panasonic CF-33 [13]

Panasonic CF-33 sülearvuti on kaks ühes süsteem, mis koosneb puutetundlikust ekraanist ning klaviatuurist (joonis 2.1). Arvuti ekraan on 12 tolline 3:2 QHD (3:2 tähendab kolm ühikust lai ja kaks ühikut pikk) ekraan, mis võimaldab hõlpsasti teha tööd antud ekraaniga. Samuti on sülearvutil kaks vahetatavat 11.1 V, 2050 mAh akut, mis võimaldavad arvutiga järjepidevalt teha tööd 10 h järjest. On võimalik soetada ka pikema tööajaga akusid (10.8 V, 4420 mAh), mis tagaksid lausa 20 h järjest arvutiga töötamise ilma laadimiseta. [13] Samuti on olemas sellel süsteemil IP 65 reiting, mis näitab, et antud süsteem on veekindel. Sellele arvutile on antud ka esimese klassi teise jaotise ohtlikutes rajoonides viibimise märgis. Esimene klass tähendab, et antud arvuti võib töötada tuleohtlikutu gaaside, aurude ja vedelikutega. Jaotis kaks tähendab, et üldjuhul ei esine tuleohtlike materjale piisavalt suures koguses, et need oleksid tuleohtlikud. [15]

Sellel arvutil on MIL-STD-810G ja MIL-STD-461F standardid. MIL-STD-461F standard esitab nõuded elektromagnetiliste häiringute kiirguse ja vastuvõtlikkuse kontrollimisele. Selle standardiga pannakse paika elektrilised ühendused, juhtmestik eri korpuste vahel ning elektrienergia sisend primaarsest energiaallikast. [11]

Eelpool mainitud standardeid on vaja selleks, et tagada kaitseväe või sõjaväe poolt kasutatavate seadmete töökindlus. Militaarsed nõuded tagavad parema töökindluse karmimates olustiku tingimustes. Standardides kehtivad nõuded aitavad vähendada mehaanilist, elektrilist kui ka elektromagneetilist mõju seadmetele ja seepärast on vaja sinna selliseid seadmeid, mis peavad vastu näiteks vibratsioonile kui ka pörutusele.

3 Projekteerimine

3.1 Kasutatavad komponendid

Järgnevas peatükis valitakse välja pistikühendused, seinakinnitus ja tihendid. Kasutatavad komponendid peavad vastama kriteeriumitele, mis on määratud dokisüsteemile. Need komponendid on olulisemad toote disaini juures ning määravad ära toote elektrilised kui ka mehaanilised parameetrid. Peale komponentide valikut saab hakata projekteerima esmast prototüüpi.

3.1.1 Pistikühendused

Projekteeritava doki külge on planeeritud MIL-DTL-38999 (varasemalt kutsutud MIL-C-38999 standard) standardile vastavad pistikühendused, mida kasutatakse enim sõjaväes ja kosmoserakendustes. Seda tüüpi pistikühendus on hästi vastupidavad välistele mõjuritele, nagu nt: niiskus, põrutused, temperatuuri kõikumine, korrosioon. Antud standardile vastavaid pistikühendusi on nelja seeriat. [15]

Esimeses seerias on pistikühendus ja pistiku ühendamiseks kasutatud bajonettühendus. Bajonettühendus on mõeldud kohtadesse, kus on vaja kiiret pistikuid lahti ühendada või kuhu on raske ligi pääseda. Sellel pistikul on suur vibratsiooni taluvus ning sobib niiskettesse kohtadesse. Teine seeria on sama ühendusega nagu esimene seeria, aga pistikühendus on disainitud madalam. Seda tüüpi pistikühendusi kasutatakse kohtades, kus suuruse ja kaalu pärast ei saa kasutada esimese seeria pistikühendust. Madala profiiliga pistikühendusi kasutatakse laialdaselt lennundus-, side- ja meditsiinerakendustes. Kolmanda seeria pistikühendus on tehtud keermega ehk pistikühendusel on väline keere ja ühilduval pistikul on sisemine keere. Seda tüüpi pistikühendusi ja pistikuid kasutatakse kõrge vibratsiooniga ja temperatuuriga lahendustes. Enamasti kasutatakse seda tüüpi pistikuid sõjaväe- ja kosmoseühendustes. Samuti on sellel seerial nii Boeing BACC63 ja Airbus EN3645 spetsifikatsioon. Neljanda seeria pistikud on 90° keerdlukuga. Antud tüüpi pistikühendusi kasutatakse enim raketilahendustes kuid ka sõjalistes rakenduses. Neljandat seeriat kasutatakse äärmuslikes vibratsioonitingimustes. Samuti peab vastu selle seeria pistik paremini põrutustele kui eelmised. [15]

Käesolevas töös kasutatakse kolmanda seeria pistikühendusi ja pistikuid (joonis 3.1), kuna need on laialdaselt kasutusel sõjaväelistes rakendustes. Samuti on neil kõrge vibratsiooni taluvus ning niiskuskindlus. Lõpplahendusse tulevad mutriga pistikud, et ettevõttel oleks võimalikult vähe erinevaid tooteid laos. Mutriga pistikühendused aitavad ka luua mitme konfiguratsiooniga dokisüsteemi, kus saab vastavalt kliendi soovile asendada pistikühenduse konfiguratsiooni. Samuti on mutriga pistikühendusel juba olemas tihendus, mida pole kandilise äärikuga pistikühendusel. Valiti just kolmanda seeria pistikühendused kuna need on lihtsasti kättesaadavad ning tarneaeg on lühike.

Kokku valiti viis pistikühendust: USB 2.0, elektritoide sisse, elektritoide välja ning kaks Etherneti pistikühendust. Pistikühendused said valitud vastavalt Ameerika Ühendriikide MIL-standardi järgi. Euroopa MIL-standardid on vastavuses Ameerika Ühendriikide omaga.



Joonis 3.1 Kolmanda seeria pistikühenduse tüübid: mutter (vasak) ja kandilise ääriku ning poltidega (parem) [16]

Kuna valitud pistikud on nii niiskus- kui ka vibratsioonikindlad, siis tagab see ka elektrilise töökindluse. Iga kontaktklemmile on määratud oma asukoht ning pistikühendused on projekteeritud nii, et kontaktklemmide vahel ei saaks tekkida lühiseid. Samuti pistikühendusse ühilduv pistik on keermega, siis tagab see veel omakorda kindluse, et ei tekiks elektrilisi lühiseid ega vibratsiooni tõttu ei ühilduks elektriline ühendus lahti. Samuti on pistikühendustel juhtapid, mis ei lase pistikühendust elektriliselt valesti kokku ühendada.

3.1.2 Seinakinnitus

Toode on mõeldud sõiduki siseseina külge, siis on vaja selleks ka kinnitust. Enamus ostutooted kasutasid VESA 75 ja 100 standardit (lisa 1), kuna see on laialdaselt levinud kinnitus standard. Projekteeritava toote lahendusse valiti samuti VESA 75 standard. Seinakinnituse valikul oli kaks võimalust, kas toode projekteerida ettevõttes või osta sisse ostutoode. Kuna seinakinnituse valik on suur otsustati seinakinnitus osta ostutootena.

Enne toote valimist pandi kirja kriteeriumid, millele pidi valitav seinakinnitus vastama.

1. Valitav kinnitus peab vastama VESA 75 standardile.
2. Seinakinnitus peab vastu pidama vibratsioonile ja pörutustele.
3. Kinnitus peab olema reguleeritav ilma tööriistadeta.
4. Kinnitus kandevõime peab vastama toote kaalule.

Brändi RAM MOUNT (RAM) pakub suurt valikuit erinevaid VESA kui ka teistele standarditele vastavaid kinnitusi. Neil on erinevatele kaalukategooriatele vastavad kinnitused. Samuti saab osta neilt komplektset toodet kui ka üksiktoodet. Selle firma tooteid kasutatakse rasketes keskkonnatingimustest just sellepärast, et antud firma tooted on disainitud taluma vibratsiooni ja pörutust. Nad kasutavad oma lahendustes kuulliigendi lahendust, mis muudab kinnituse asendi muutmise väga kergeks (joonis 3.2). RAM-i tooted on tehtud 5052 alumiiniumis, mida kasutatakse merel on korrosioonikindluse ja tugevuse tõttu. Kuulliigendi kuul on kaetud kummiga, et tagada kuuli haakuvust pesaga kui ka vibratsiooni summutada. Samuti on RAM-i poolt pakutatavad tooted oma hinnaklassi poolest odavamad. Seinakinnituse kandevõime oleneb kuuli suurusel. RAM seinakinnituse kandevõime kõige suurema kuuli juures on umbes 6,8 kg.[18]



Joonis 3.2 RAM seinakinnitus [18]

Teiseks variandiks on soetada ühe eelnevalt uuritud dokisüsteemile mõeldud kinnitus. Selleks on Gamber-Johnson-i poolt pakutav kiirkinnitus (joonis 3.3). Antud seinakinnitusel on olemas kiirkinnitus, millega saab kiiresti lahti ühendada dokisüsteemi sein küljest. Samuti on antud kinnitus hästi kompaktne ning ekraani saab kinnitada seinale lähedale (umbes 5,1 mm), mis säästab ruumi sõiduki kabiinis. Kinnitusel on ühel pool VESA 75 standardile vastavad avad ning teisel pool on avad jagatud ära 6,4 cm diameetri peale. Toode on valmistatud alumiiniumist, mis on anodeeritud mustaks. Selle toote maksimaalne kandevõime on umbes 5 kg. [19]



Joonis 3.3 Gamber-Johnson-i seinakinnitus [19]

Anodeerimine (inglise keeles *anodizing*) on oksiidikihi tekitamine metalli pinnale. Selleks kasutatakse elektrokeemilist protsessi, mis eemaldab metallilt naturaalse oksidi ning asendab kuntsliku oksidi kihiga. Anodeerimine annab metallile suurema korrosiooni- ja kulumiskindluse. Kuigi põhiliselt kasutatakse seda eel nimetatud jaoks, siis saab seda kasutada ka dekoratiivsetel eesmärkidel, kuna anodeerimise käigus saab lisada detailile värvikihi. Üldjuhul kasutatakse musta, aga saab ka punast, sinist, naturaalsel jm. [20]

Võrreldes neid kahte toodet omavahel on suurem kandevõime RAM-i kinnitusel. Samuti Saab RAM-i kinnitusel muuta ekraaninurka, mida ei saa muuta Gamber-Johnson-i kinnitusel. RAM seinakinnitus on laialdaselt levinud sõidukite kasutuses ning on ka odavam kui Gamber-Johnsoni kinnitus. RAM kinnitus maksab 40 €, Gamber-Johnsoni kinnistu maksab 100 €. Vaadeldes neid andmeid valiti seinakinnituseks RAM-i oma.

RAM tooteseeriast valiti suurus D seinakinnitus, mille kandevõime on 2,8 kg [18], kuna projekteeritava toote kogukaal koos sülearvuti ekraani tuleb väiksem. Panasonic Toughbook CF-33 ekraan kaalub 1,5 kg ning doki kaal jääb alla 1,2 kg.

3.1.3 Tihendid

Tihendeid on vaja toote niiskuskindluse tagamiseks. Kõik lahtikäivad osad peavad olema tihendatud, sh pistikühendused, luugid ja avad, mis on läbivad. Tihendeid on eri liiki pehmematest silikoon tihenditest kuni tugevate kummideni, aga leidub ka metallidest või paberist tehtuid tihendeid. Selles töös kasutatakse silikoon- ja kummitihendeid ehk pehmeid tihendeid.

Tihendite paindlikkuse tõttu kasutatakse neid eriotstarveteks, nt. vibratsiooni tõrjumine, pakendamine, müra, heli vähendamine jne. Tihendi materjal valitakse kasutusvaldkonna ja keskkonnatingimuste järgi. Selleks, et tihend töötaks tõhusalt peab olema see piisavalt kokku surutud, et tekitada tõke. Tõkke tekitamine tagab selle, et ei pääseks vedelikud ega gaasid kohtadesse kuhu ei tohi need sattuda. Tihendeid on erineva kujuga: O-rõngad, nõõrid kui ka CNC välja lõigatud spetsiaalse kujuga tihendid. [21]

Õige tihendi valimiseks tuleb esmalt valid välja tihendi materjal. Seda valitakse kasutusvaldkonna järgi. Teiseks tuleb määrata tihendi rakenduskeskkonna temperatuur ja rõhk, sest vale tihendi kasutamine vales keskkonnas muudab tihendi kasutuskõlbmatuks. Kui on välja valitud tihendi materjal saab valida õige tihendi tüübi

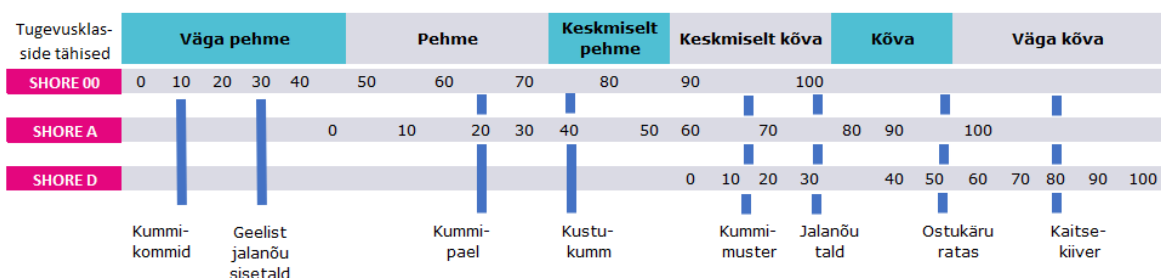
ja struktuuri. Viimaseks tuleb tutvuda tihendi töökindlusega. Seda saab kontrollida läbi katsetust. [22]

Eelnevalt on mainitud, et töös kasutatakse silikoon- või kummitihendeid. Valiti just seda tüüpi tihendid, sest põhiline tihendus on raamide ja kaante vahel. Pehmeid tihendeid kasutatakse kahe pinna vaheliseks tihendamiseks. Need tihendid ei vaja palju survet. Kasutatav tihend on mõeldud niiskuse ja tolmu tõrjumine doki sisse sattumisest. Kuna põhi ülesanne on tõrjuda niiskust, siis võib välistada tihendilt õlide sattumise tihendile suurtes kogustes.

Pehmed tihendid on odavamad, suure valikuga ning saab kasutada madala temperatuuride juures. Silikoontihendite temperatuuri vahemik -35 °C kuni 176 °C [22].

Valitud sain Polymax-i poolt toodetav pehme silikoonnöörtihend tootekoodiga 300912, mille läbimõõt on 2 mm. Valitud tihend on mõeldud töötama ekstreemsetes temperatuurides -40 °C kuni +200 °C. Sellel on osoon- ja kiirguskindlus, UV vastupidavus ning see on hästi painduv. Valitud tihend ei sobi küll õlide ega lahustite keskkonda, aga kuna dokk ei ole ka mõeldud sellisesse keskkonda töötama, siis see tihend sobib siia tootesse. Sellel tihend vastab süttivusnõuetele FAR 25.853 ja CAA. Tihendi tugevuseks on määratud „5 a“. [23]

Tugevusklass „a“ määrab kummide kõvaduse, selle klassi ulatus on pehmetest ja painduvatest kuni kõvade ja mittepainduvate kummideni. „5“ tähendab tugevust, mis antud juhul tähendab, et tegu on pehme ja painduva silikoonkummiga (joonis 3.4). [24]

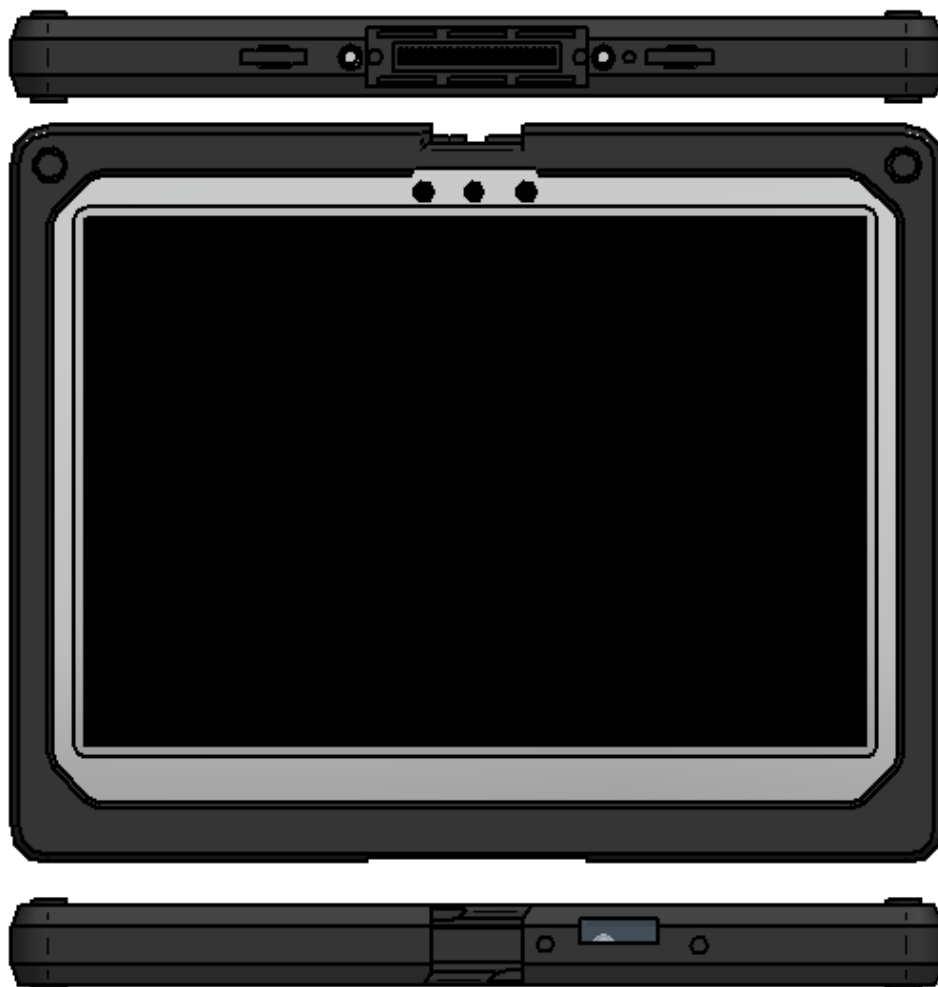


Joonis 3.4 Plastikute ja kummide tugevusklassid

3.2 Toote disain

3.2.1 Panasonic Toughbook CF-33 mudel

Toote disainimine algas Panasonic Toughbook CF-33 sisse joonistamisega 3D programmi, kuna antud arvuti mudelit polnud vabavarana internetist saadaval. Mudel sai koostatud kabariitmõõtmega ning mõõdistati toote disaini jaoks ära kinnitamiseks mõeldud koht ning kontaktide ja alumise kinnituse piirkonda, et projekteeritavat dokki saaks kõige täpsemalt teha (joonis 3.5). Ülejäänud väljalõiked, avad lisa detailid, mis ei mõjutanud doki disaini jäeti projekteerimata. Sülearvuti mõõtmed saadi Panasonic Toughbook CF-33 spetsifikatsioonist ning sai mõõdetud ka konkreetselt kasutatava arvuti pealt, et veenduda kasutatud allika täpsuses.



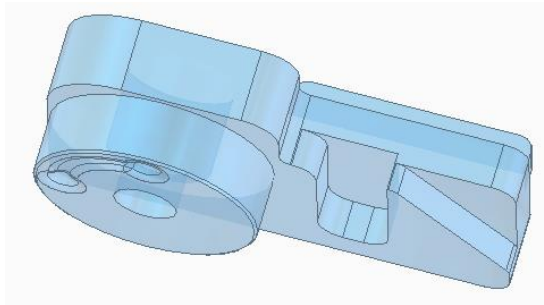
Joonis 3.5 Panasonic CF-33 3D mudel

3.2.2 Esimene prototüüp

Järgmise etapina hakati projekteerima eelnevalt valmis saanud sülearvuti ekraanile dokki. Esimese mudeli eesmärgiks oli testida kontseptsiooni ja hinnata mehaanilist vastupidavust.

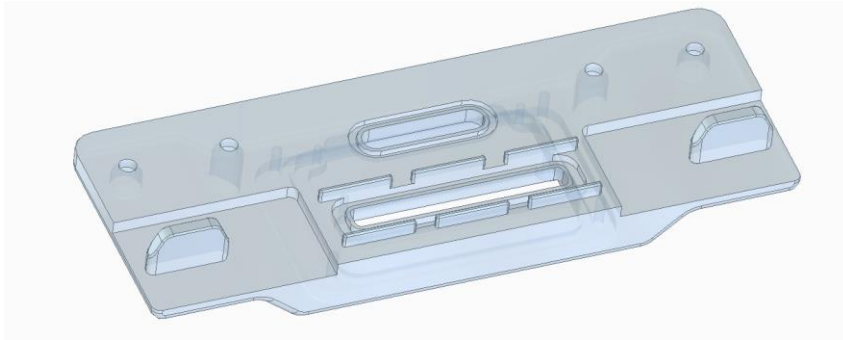
Esialgne mudel oli mõeldud kandilise äärikuga MIL standardi pesade jaoks, kuna varasemalt oli kasutatud ettevõttes sarnase kinnitusega pesasid. Kokku tuli pistikühendusi doki külge viis tükki. Kaks Ethernet RJ45, kaks toitepesa (üks sisse, teine välja) ja üks USB pesa. Pesad kinnitati põhiraami külge ISO 14580 M3 x 8 poltidega.

Sülearvuti ekraani kiirkinnitamiseks tuli idee teha sarnane kinnitus nagu kasutatakse selle seeria sülearvuti ekraani ja klaviatuuri kinnitamiseks. Klaviatuuri küljes on 90° keeratav kinnitus, mis tõmbab ekraani vastu klaviatuuri kinni, nõu transpordiasendisse. Doki külge mõeldi välja sarnane kinnitus, mis keerleks 90° ning tõmbaks ekraani doki külge kinni. Selleks, et kinnitus ei keeraks rohkem kui 90° kasutati keermetatud kuulkolvi. Kinnituse sisse projekteeriti kuuli pesad, mis määravad ära, kui kinnitus on lahti või kinni. Detaili kinnitamiseks kasutati ISO 7379 M3 (3) x 4 x 5 polti. Selles poldil on õlg, mille ümber saab kiirkinnitus pöörelda. Samuti tagab see õlg, et kinnitust ei tõmmataks kinni nii, et see ei saaks enam pöörelda (joonis 3.6).



Joonis 3.6 Panasonic toughbook CF-33 ekraani kinnitus

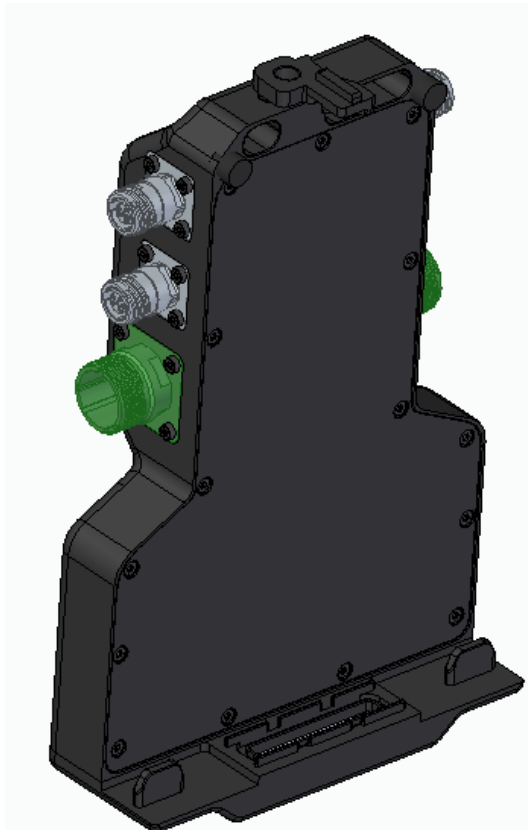
Samuti tuli dokile projekteerida põhi, mis toetas ekraani ning hoiaks seda kinni suurematest liikumistest. Põhi kinnitub põhiraami külge nelja M4 x 10 poldiga. Kasutataval ekraanil on kaks neljakandilist ava, mida kasutatakse ekraani kinnitamiseks klaviatuuri külge. Samu avasid saab kasutada ka doki külge fikseerimiseks. Kuna ekraani all olevatelt klemmidega saavutatakse kontakt kasutades vedruga kontaktpinne. Nende kaitseks projekteeriti kuus kontaktikaitseplaate. Samuti aitavad need ekraani fikseerida doki ning kaitseb kontakte otseste löökide eest (joonis 3.7).



Joonis 3.7 Esimene doki põhjaraam

Põhiraami külge ühenduvad kiirkinnitus, pistikühendused ja põhiraami kaas. Kuna suurem osa doki elektroonikat paigutatakse põhiraami on vaja sinna jätta piisavalt ruumi elektroonika komponentide jaoks. Samuti peab tagama ligipääsetavuse elektroonika juurde.

Doki esimene variant koosneb viiest detailist: põhiraam, põhiraami kaas, põhi, põhja kaas ning ekraani kiirkinnitus (joonis 3.8).

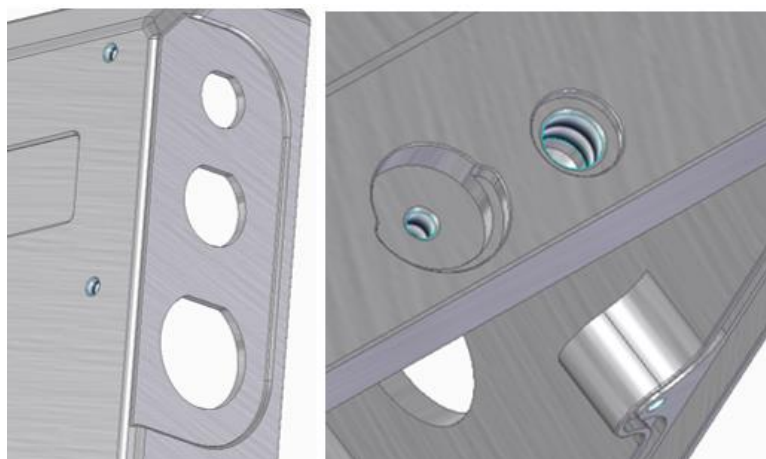


Joonis 3.8 Doki esimene versioon

3.2.3 Toote lõplik versioon

Toode muutus algsest versioonist teistsuguseks, sest kasutusele tulid mutriga pistikühendused. Samuti oli algsest disainitud toode tootmistehnoloogia mõttes keerukas ning seetõttu tuli see lihtsamaks projekteerida.

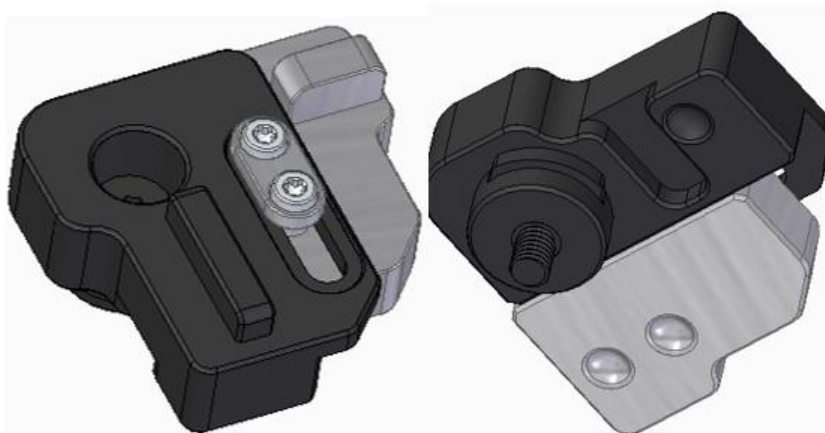
Esimeseks suurmeikas muudatuseks oli põhiraami muutmise tootmistehnoloogia mõttes lihtsamaks, samuti tuli äärikuga pistikühendused asendada mutriga pistikühendustega, aga neid kasutades peab olema seinapaksus kuni 3,2 mm. Selletõttu tuli tehas väljast detail siiski mitme tasapinnalaseks. Samuti muudeti sülearvuti ekraani doki külge tõmbamise süsteemi (joonis 3.9). Algselt koosnes kinnitus ainult ühest detailist, aga lõplikus versioonis koosneb kolmest detailist. Üks detail tõmbab ekraani doki vastu ning teine piirab doki horisontaal liikumise.



Joonis 3.9 Doki põhiraam (vasakul näidatud mutriga pistikute avad, paremal ülemise ekraani kinnituse avad)

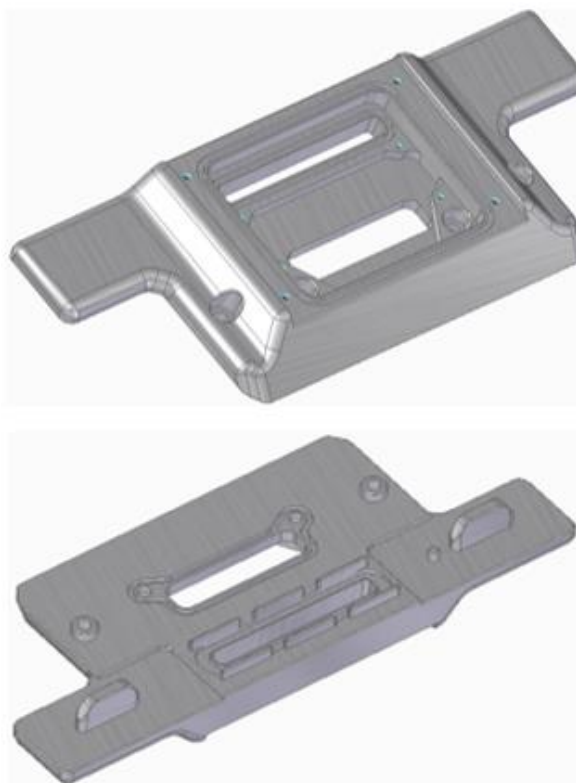
Teine suurem muudatus tehti ülemise kinnitusega, mis tõmbab sülearvuti ekraani vastu dokki. Algne lahendus ei tõmmanud arvutit doki külge kinni, ning algse ühe lukusti asemel oli kolme detailiga lahendus. Joonisel 3.10 on näha kolme projekteeritud detaili. Musta värvi detail tõmbab ekraani vastu dokki ehk piirab ekraani liikumise x-telje suunas ja halli värvi detail piirab ekraani liikumise y-telje ehk horisontaal suunas liikumise. Selleks, et halli värvi detail saaks liikuda vabalt tuli projekteerida väike lisa detail, mis laseb halli värvi detailil libiseda. Samuti tuli määrata lukusti süsteemi keeramise raadius, selleks projekteeriti musta detaili pöörlemis telje ümber väike aste ja doki põhiraami sisse süvend, mille sees aste liigub ning piirab ära selle, et lukusti ei saaks minna üle lubatud piiri. Detailide all olevad kumerad õõnsused fikseerivad ära

lukustisüsteemi asukohad lahti ja kinni olekus. Selleks kasutatakse kuulvedru süsteemi, mis keeratakse joonisel 3.9 suuremasse keermestatud avasse.



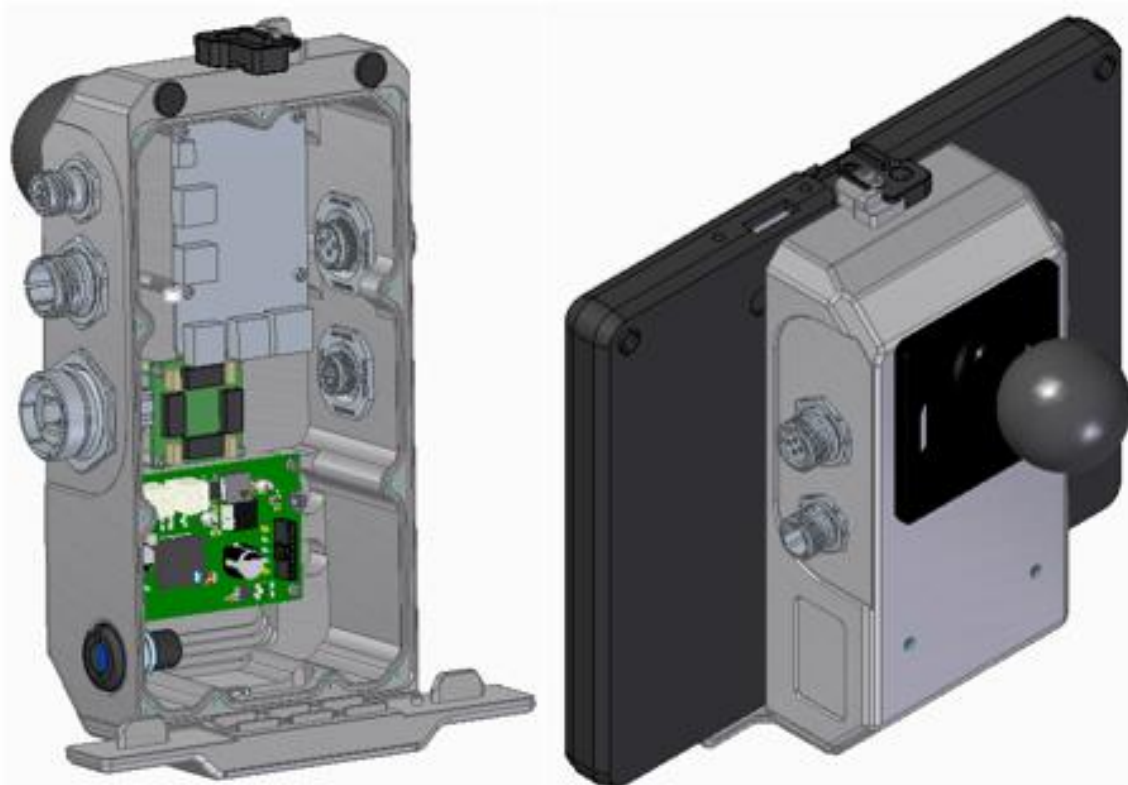
Joonis 3.40 Doki lukusti süsteem (vasakul pealtvaade nurga alt, paremal altvaade nurga all)

Kuna ülemine raam läks ristküliku kujuliseks, tuli muuta ka põhja raam vastavaks. Samuti tuli lisada kahe raami vahele kaks tihvti, mis aitavad kahel põhiraami detailil täpsemalt kokku istuda (joonis 3.11). Veel parandati ära esialgsest disainist tulnud vead.



Joonis 3.51 Põhja raam (ülemine altvaade nurga alt, alumine pealtvaade nurga alt)

Doki lõplik versioon koosneb kaheksast detailist: põhiraam, põhja raam, põhi- ja põhjaraami kaaned, lukustisüsteemi kolm detaili ja alumiste kontaktide kaitseks detail (joonis 3.12).

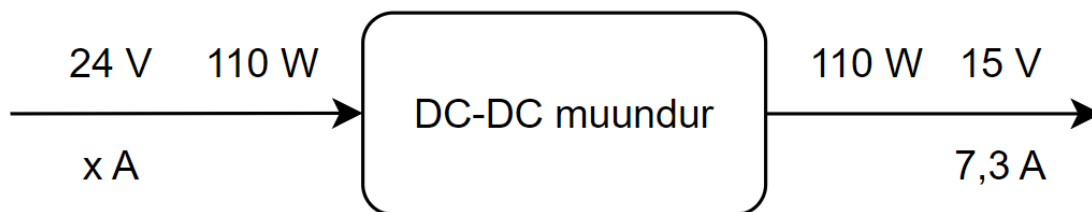


Joonis 3.62 Doki koost (vasakul eestvaade ilma puuetundliku ekraaniga ja esikaaneta, paremal tagantvaade puuetundliku ekraaniga)

3.3 Elektritoite süsteemid

Dokk peab suutma ka töötada siis, kui sõiduk seisab. Selleks tuleb lisada dokile lisa aku, kuhu külge saab vajadusel laadimiseks ühendada, et mitte liigselt kurnata sõiduki akut. Nõuete järgi ei pea aku mahtuma doki sisse, seega ei ole aku suurus määratud. Dokki tulevat elektrivoolu kasutatakse ainult sülearvuti ekraani laadimiseks. Sülearvuti ekraanist tuleb 11 V välja, millega toidetakse ülejäänud elektroonikasüsteemi doki sees. Kuna nii USB 3.0 jagaja, USB 3.0 Gigabit Ethernetiks ega *Switch* ei mõjuta oluliselt sülearvuti ekraani tarbimist, pole vaja aku arvutustest nende komponentidega arvestada.

Doki sisse on projekteeritud trükkplaat, mis muudab dokki tuleva elektripinge 15 V peale, millega laetakse ühilduvat sülearvutit. Pinget reguleerival elektroonikaplaadil on DC-DC muundur. Teades, et arvuti ekraan laadimise ajal kasutab 110 W võimsust ja vajab laadimiseks 15 V pinget ja 7,3 A voolu. Sellega saame välja arvutada voolu, mis kasutatakse enne DC-DC muundurit ristkorrutise abil (joonis 3.13). Akul valiti välja antavaks pingeks 24 V.



Joonis 3.73 Voolu leidmise skeem (x A on otsitav vool)

$$I = \frac{P}{U} \quad (3.1)$$

Kus I – vool, A,

P – võimsus, W,

U – pinge, V.

$$I = \frac{110 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 4,5 \text{ A}$$

Kasutades valemit 3.1 leiame, et akult võetakse maksimaalselt 4,5 A.

Panasonic kasutab ooterežiimis kuni 5,15 W. Puututundlik ekraan tarvitab maksimaalsel koormusel võimsust 29,2 W. Aku valimiseks tuleb leida energia, mis kulub sülearvuti laadimiseks doki kaudu vähemalt nelja tunni vältel. Ettevõtte laboris testiti ka sülearvuti aku laadimist siis, kui arvuti akud on täiesti tühjad. Sellises olukorras kasutas sülearvuti kuni 110 W.

$$E = P \cdot t \quad (3.2)$$

Kus E – energia, Wh,

P – võimsus, W,

t – aeg, h.

Esmalt leiti kuluv energia nelja tunni jooksul, kui arvuti on ooterežiimis ning kasutab 5,15 W.

$$E = 5,15 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} = 20,6 \text{ Wh}$$

Samuti leiti kuluv energia, kui arvuti on maksimaalselt koormatud nelja tunni vältel

$$E = 29,2 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} = 116,8 \text{ Wh}$$

Viimaseks leiti ka energia, kui arvuti akud on täiesti tühjad, ning neid peab laadima.

$$E = 110 \text{ W} \cdot 4 \text{ h} = 440 \text{ Wh}$$

Panasonic kasutab nelja tunni jooksul ooterežiimis 20,6 Wh, maksimaalse võimsuse juures 116,8 Wh ja laadimise juures 440 Wh, kasutades 3.2 valemit. Määratud ja saadud andmete põhjal saab valida välja aku.

Valitud akuks sain Bren-Tronics liitiumioonaku (joonis 3.14), mille parameetrid on tabelis 3.1.

Tabel 3.1 Valitud aku parameetrid [30]

Pinge U / V	Maksimaalne vool I / A	Aku mahtuvus Q / Ah	Energia E / Wh	Spetsifikatsioonid
24	10	9,9	294	MIL-PRF-32052/1

MIL-PRF-32052/1 standard määrab sõjaväes akude kasutuse, hoiustamise ja laadimise. Samuti määrab akudele mehaanilistele omadustele nõuded.



Joonis 3.14 Valitud aku [30]

Selleks, et kasutada dokki valitud akuga nelja tunni jooksul on vaja vähemalt kahte sellist akut. Sai valitud just see aku, sest valitud aku on kõige optimaalsete mõõtmetega ning neid saab kergesti transportida. Neid akusid kasutatakse militaarsetes robotlahendustes. Neil on suur töötemperatuuri vahemik. Samuti on valitud akul olemas SMBus (*System Management Bus*) ehk süsteemi haldamise liides, mis sisaldab endas ka akuhaldussüsteemi, mis haldab aku laadimist ning jälgib, et aku ei saaks kahjustada.

3.4 Seadmete integreerimine

Doki külge tulevad Ethernet RJ45 ja USB pistikühendused. Panasonic CF-33 ekraani all servas on 25 kontaktklemmi, mille kaudu saab anda laadimisvoolu dokile. Samuti on seal USB 3.0 klemmid ja Panasonic-u ekraan ilma toite ühenduseta annab ülejäänud

süsteemile 11 V, seega saab kasutada dokki ka siis kui toitekaabel pole järgi ühendatud. Dokist tulev 11 V muudetakse. Kuna doki klemmidelt ei saa otse võtta Etherneti ühendust, tuleb see teha USB 3.0. Selleks tuleb kõigepealt USB 3.0 kontakt viia USB jagaja.

USB *hub* ehk jagajat kasutatakse, et luua ühest USB pesast mitu pesa ehk ühe ülesvoolupesa (*downstream port*) kohta on mitu allavoolupesa (*upstream port*). Ülesvoolupesa ühendab jaoturi hostiga, kelle ülesanne on andmeedastus alluvseadmetega, kontrollib kas ja millised seadmed on ühendatud või lahtiühendatud, tagab elektritoite alluvseadmetesse jne. Allavoolupessa saab ühendada teisi USB seadmeid ja jaotureid. Ülesvoolupesa saab saata andmeid kõigile allavoolu pesadesse ühendatud seadmetele, aga allavoolupesa saadab andmeid ainult ülesvoolupessa. USB 3.0 jaoturis muudeti andmete edastamist hosti ja alluvseadme vahel. Host saab USB 3.0 jagaja abil saata andmeid ainult ühte sihtkohta, mis vähendab ummikuid ja energiatarbimist ning kiirendab andmevahetust seadmete vahel. USB 3.0 jagaja ühendab endas USB 2.0 ja „*SuperSpeed*“ jagaja. „*SuperSpeed*“ jagaja koosneb kahest põhilisest komponendist „*SuperSpeed*“ kontrollerit ja edastajast/kordajast. Edastaja/kordaja on protokollilt poolt kontrollitud ruuter üles- ja allavoolupesade vahel. [4]

Nagu eelnevalt mainitud on vaja Ethernet teha USB kaudu. See tehnoloogia võimaldab Etherneti sidet edastada USB ühendusega. Selle tehnoloogia kasutamine võimaldab USB 3.0 protokollilt kasutades Etherneti raame USB-ühenduse kaudu edastada, võimaldades seadmetel suhelda võrguga ilma pühendatud Ethernet-pordita. Ethernet üle USB 3.0 on tavaliselt kasutatud seadmetes nagu sülearvutid, mis ei oma sisseehitatud Ethernet-porte, kuid neil on olemas USB 3.0 pordid. Ethernet üle USB 3.0 pakub mugavat ja kulutõhusat lahendust Etherneti ühenduvuse lisamiseks seadmetele, mis ei oma sisseehitatud Ethernet-porti või vajavad täiendavaid Ethernet-liideseid. [25]

Kuigi USB pole füüsiliselt Ethernet on enamus suuremad operatsioonisüsteemide võrgud loodud transportima IEEE 802.3 standardile vastavaid raame. Põhilised protokollid, mida kasutatakse on: RNDIS (*Remote Network Driver Interface Specification*), ECM (*Ethernet Control Model*), EEM (*Ethernet Emulation Model*) ja NCM (*Network Control Model*). [26] Kõik eelnevalt mainitud protokollid võimaldavad luua virtuaalse Etherneti adapteri, mille kaudu saab saavad seadmed omavahel suhelda, kasutades internetiprotokolle: TCP ehk *Transmission Control Protocol*, UDP ehk *User Datagram Protocol*, FTP ehk *File*

Transfer Protocol, HTTP ehk *Hypertext Transfer Protocol* ja Telnet ehk *Teletype Network*. See aitab hoida kokku arendus ja riistvara kulusid. [27]

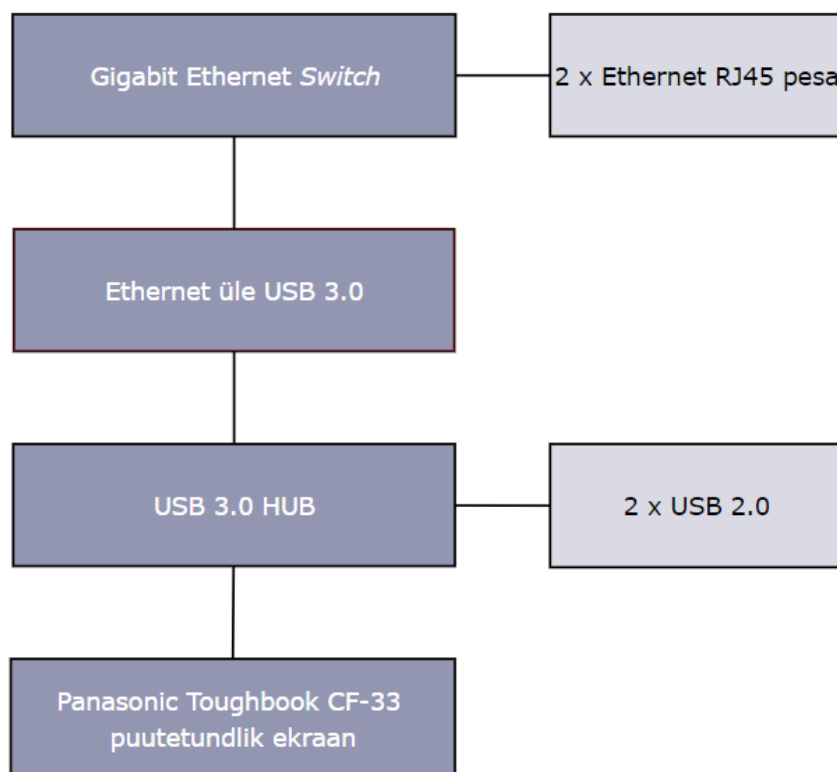
Kuna USB 3.0 andmete edastuskiirus on kõikidest eelnevatest kiirem, saab selle kaudu teha Gigabit Etherneti. USB 3.0 edastuskiirus on kuni 5 Gbit/s, seega saab sellest teha Gigabit Etherneti.

Dokisüsteemi sai valitud kaks-ühes süsteem, mis koosneb nii USB jagajast kui ka Ethernet üle USB 3.0-e konverterist. Valituks sai Waveshare-i poolt toodetav trükkplaat, mis on mõeldud küll Raspberry Pi lisana, kuid saab ka eraldi kasutada. Sai valitud kaks-ühes süsteem, kuna doki sisene ruum on piiratud ning kuna valitud trükkplaat on väga kompaktne. Trükkplaadi peal on nii USB jagaja kivi kui ka Gigabit Ethernet üle USB 3.0-i kivi. Samuti on valitud trükkplaat hinnaklassis odavamapoolne ning kompaktne.

Pärast Etherneti üle USB 3.0 saab viia äsja tehtud Etherneti *switch*, mis on mõeldud erinevate Etherneti seadmete omavahel ühendamiseks. Andmete edastamiseks kasutatakse LAN ehk kohtvõrku. Ethernet *switch* kasutab andmete edastamiseks tehnoloogiat. Andmete edastamiseks loetakse kõigepealt paketi aadress ning siis edastatakse see porti, kus asub seade, kellele andmed mõeldud on. Selline edastusmeetod vähendab võrgus andmete liikumise ummikuid ja parandab võrgu efektiivsust. Ethernet *switch*-e kasutatakse väikestes kui ka suurtes konfiguratsioonides. Väiksemad süsteemid on kasutusel näiteks kodudes ja suuremad süsteemid suurtes ettevõtetes, kus on vaja ühte kohtvõrku lisada palju seadmeid, mis vajavad Etherneti. Ethernet mängib suurt rolli tänapäevases võrgunduses, sest pakub kiiret ja usaldusväärset seadmete ühendamist võrku. Gigabit Ethernet loodi kiiremaks andmevahetuseks, aga see pidi sobima juba kõigi olemasolevate Etherneti standartidega. Gigabit Ethernet on 10 korda kiirem kui eelnev standard, milleks oli *fast* Ethernet. Gigabit Ethernet kasutab sama 48-bitist aadressiskeemi kui eelmised Etherneti standardid ning säilitab ka sama raami formaadi, kaasa arvatud minimaalse ja maksimaalse raami suuruse. [10]

Valituks sai Hiina ettevõtte Shenzhen Yinuo-Link Co poolt toodetav gigabit Ethernet *switch*. Valitud *switch*-il on neli pesa, kuhu saab ühendada seadmeid. Samuti on valitud plaadil Ethernet RJ45 pesade asemel väiksemad ettevõtte Molex Pico-Blade pistikupesad. Valitud toode on turul üks väiksemate mõõtmetega Ethernet *switch*-e. Kuna antud *switch*-i on kasutatud ettevõtte poolt ka varasemalt arendustöökis sai valitud sama toode, kuna on juba teada, kuidas see töötab, ning kiirendab arendusprotsessi. Samuti on see üks odavamaid, mis turul pakutakse.

Joonisel 3.15 on näha skeemi, millised ühendused luuakse dokisüsteemi töötamiseks. Panasonic-st võetakse USB 3.0, mis läheb USB 3.0 jagaja. Kasutataval jagajal peab olema vähemalt kolm allavoolu pesa. Kahest allavoolupesast tulevad USB 2.0 pesad, sest USB 2.0 on odavam ning kuna USB seadmed, mis doki külge üldiselt ühendatakse ei vaja suurt kiirust, saab disainitavas dokis kasutada USB 2.0 pistikühendusi. Süsteemi külge ühendub läbi USB 2.0 pult, millega juhitakse gürostabiliseeritud süsteemi. Üks USB 2.0 pesa jääb varuks. Järgmisena tehakse ühest USB 3.0 Gigabit Ethernet ning sealt läheb see edasi *switch*-i. Kasutataval *switch*-il peab olema vähemalt kolm pesa. Kaks pesa ühendatakse Ethernet RJ45 pistikühendusse, et ühendada väliseid seadmeid arvutiga. Ethernetiga ühendatakse gürostabiliseeritud *pan-tilt* süsteem. Etherneti kaudu kuvatakse pilt arvuti ekraanile. Teine Ethernet jääb vabaks, ning sinna saab vajadusel lisada teisi Gigabit Etherneti kaudu lisatavaid seadmeid.



Joonis 3.85 Seadmete integreerimise skeem

4 Tootmistehnika

4.1 Materjali valik

Materjali valiku puhul peab arvestama mitme faktoriga. Kuna disainitav dokk peab olema kerge, siis peab olema materjali tihedus väike. Samas peab dokk olema jäik ja vastu pidama põrutustele, seega ei saa materjal pehme ega habras. Kriteeriumites on öeldud, et dokk peab olema disainitud nii, et see oleks CNC freespingis töödelda, seega peab olema valitav materjal hästi töödeldav. Samuti peab olema valitud materjal korrosioonikindel ning mõistliku hinnaga.

Projekteeritaval tootel on suur rõhk pandud kaalule, kuna projekteeritav toode ei tohi ületada seinakinnitus maksimaalset koormust. Selle põhjal valiti materjaliks alumiinium sulam.

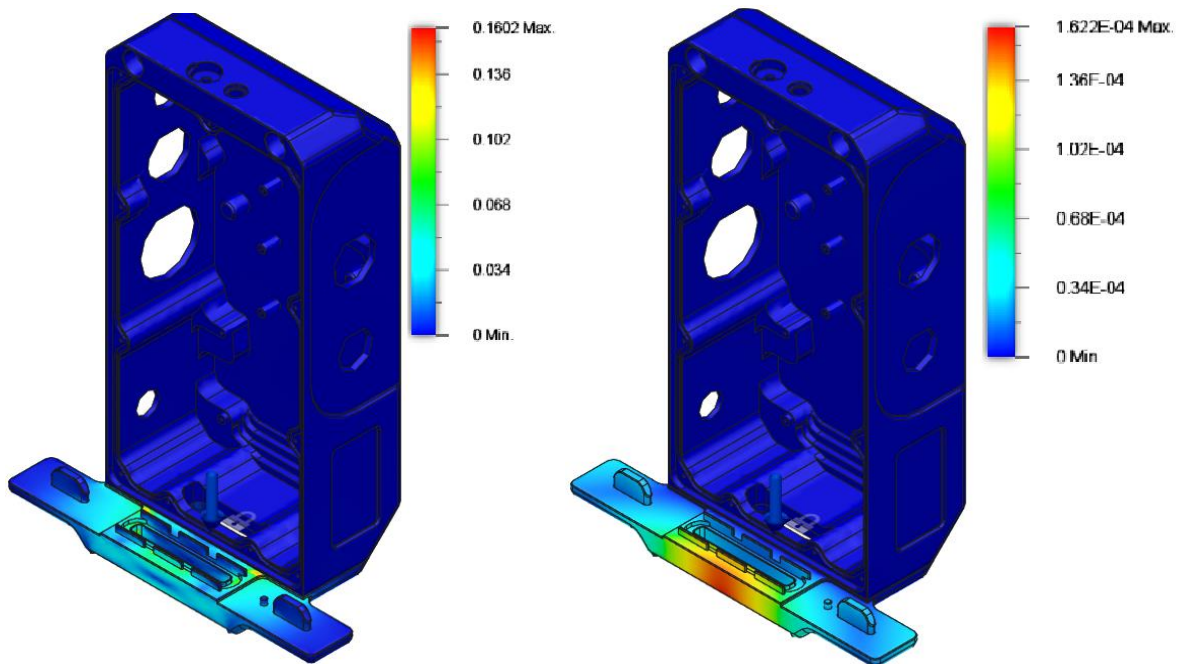
Sulami põhikoostiseks valiti AlMgSi deformeeritav sulamid, mis kuuluvad AW-6000 kuni AW-6990 seeriasse. AW tähendab deformeeritud alumiiniumtooted. Antud seeria sulamitel on hea külm- ja kuumtöödeldavus, korrosioonikindlus, keevitavus, hea löiketöödeldavus termotöödeldult. Antud alumiinium sulameid kasutatakse koormust taluvates konstruktsioonides, massikorpusetes, hüdro- ja pneumoseadetes. [28]

Antud seeriast valiti alumiiniumsulam tunnusnumbriga 6082. Selle sulami margitähis on AlSi1MgMn ja see koosneb 0,7 – 1,3% ränist (Si), 0,5% rauast (Fe), 0,1% vasest (Cu), 0,4 – 1,0 mangaanist (Mn), 0,6 – 1,2% magneesiumist (Mg) ning lisaks on veel 0,003% pliid (Pb). Konkreetset sulamit kasutatakse majapidamistarvetes ja toiduainetöötuses. [28] Materjali tihedus on $2,7 \text{ g/cm}^3$, mis võrreldes rauaga on peaaegu kolm korda väiksem. Raua tihedus on umbes $7,87 \text{ g/cm}^3$. [29]

Materjalidel määratakse ka materjali olek. Materjali oleku tähised on F, O, T1, T4, T5 ning T6. F tähendab, et valusulam on valatud olekus ning sulamile pole tehtud lisatöötlust. O tähendab, et sulam on sferoidiseeritud. T1 tähendab, et sulami jahtumist on kontrollitud ning loomulikult vanandatud. T4 tähendab, et sulam on karastatud ja loomulikult vanandatud. T5 ja T6 on sarnased T1 ning T4, aga T5 ja T6 on loomuliku vanandamise asemel kunstlikult vanandatud. [28]

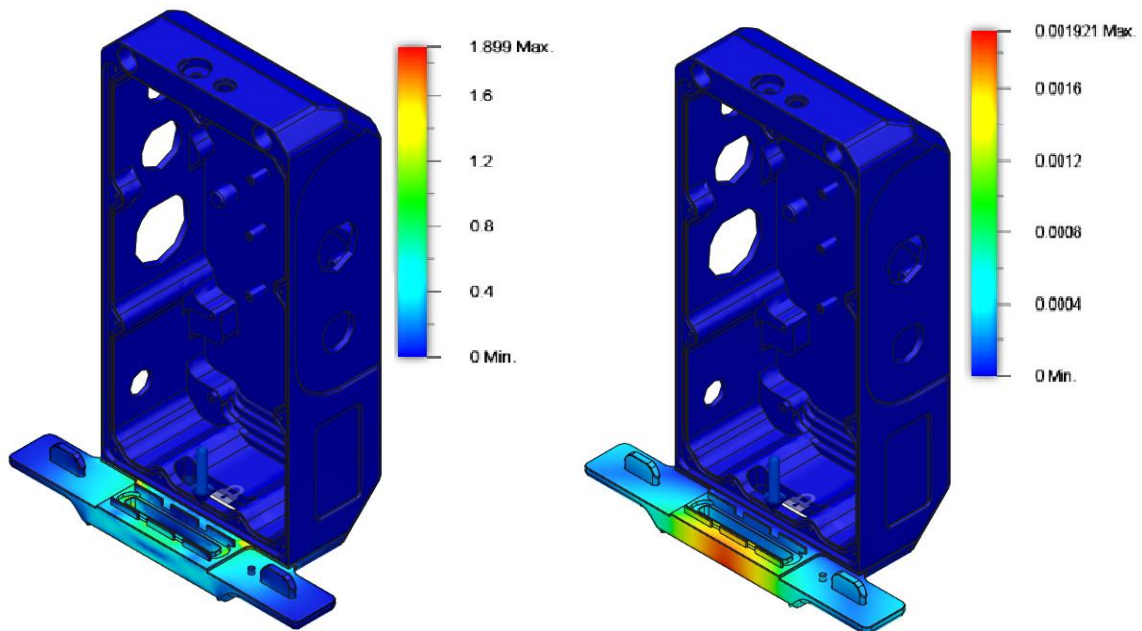
4.2 Tugevusanalüüs

Tugevusanalüüsi tehakse, et leida nõrgad kohad toote projekteerimises. Tugevusanalüüsiks kasutati Autodesk Fusion 360 programmi. Jooniselt 4.1 näeb, et dokile mõjuv surve on ligikaudu 0,16 MPa ja doki põhi vajub sellisel koormusel maksimaalselt läbi ligikaudu 0,16 μm . Analüüs viidi läbi sulearvuti ekraani ja doki ülemise osa kaaluga ning kiirenduseks kasutati 2G ehk kahekordset raskuskiirendust. Doki ülemise osa ja sulearvuti kaalud kombineeritud on 1,7 kg. Ja kahekordne raskuskiirendus on $19,8 \text{ m/s}^2$. Seega tuleb jõuks 33,66 N.



Joonis 4.1 Doki tugevusanalüüs 1,7 kg (vasakul on mõjuv surve (MPa), paremal läbivajuvus (mm))

Samuti tehti tugevusanalüüs 25 kg-ga. Jooniselt 4.2 on näha, et 25 kg juures on mõjuv surve 1,9 MPa ja doki põhja läbivajumine on maksimaalselt 0,002 mm.



Joonis 4.2 Doki tugevusanalüüs 25 kg juures (vasakul on mõjuv surve (MPa), paremal läbivajuvus (mm))

Antud tugevusanalüüside põhjal võib öelda, et tegu on tugeva konstruktsiooniga ning mehaaniliselt ei tohiks puruneda ega moonduda antud detailid.

Samuti arvatati koormus neljal poldil, mis seovad ülemist osa alumise osaga. Selleks on vaja teada massi (m) ja kiirendust (a), millega arvutatakse jõud (F) (valem 4.1).

$$F = m \cdot a \quad (4.1)$$

$$F = 1,7 \cdot 19,8 = 33,66 \text{ N}$$

Siit saab edasi arvutada poldidele mõjuva nihkepinge (valem 4.2)[28].

$$\tau = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot D^2} \quad (4.2)$$

Kus τ = nihkepinge,

F – jõud,

D – poldi diameeter.

Kuna raami kinnitus on nelja poldiga, tuleb jagada jõud neljaga, et saada nihkepinget ühele poldile.

$$\tau = \frac{33,66}{\pi \cdot 0,004^2} = 0,67 \text{ MPa}$$

M4 poldi nihkepinge taluvus on minimaalselt 400 MPa olenevalt tugevusastest, seega peavad hetkel projekteeritud neli polti dokki koos ilma suure pingeta.

4.3 Majanduslik analüüs

Lõputöö raames sai valmis toode, mida müüakse koos ettevõtte poolt toodetavate gürostabiliseeritud optroonikasüsteemidega. Lõpliku tootehinna leidmiseks tuleb esmalt leida üksiku detaili hind. Selles peatükis leitakse freesitavate ja 3D prinditud detailide hinnad. Detailide hinna arvutamises on kasutatud materjali kilohinda, freesimise tunni- ja tooriku ettevalmistamishinda. 3D print hind on saadud ettevõttelt, kes tegeleb 3D printimisega.

Antud hinnad on arvutatud detaili ühekordsel freesimisel. Kui tõsta detailide kogust läheb ka ühe detaili tükihind odavamaks. Detailide hinnad ühekordsel freesimisel on leitavad tabeli 4.1.

Tabel 4.1 Detailide hinnad

Toode/detail	Kogus	Hind	Summa / €
Põhiraam	1	313,6	313,6
Põhja raam	1	150,4	150,4
Esikaas	1	38,8	38,8
Põhjakaas	1	35,6	35,6
Lukusti	1	62,2	62,2
Lukusti 2	1	33,6	33,6
Lukusti kate	1	17,22	17,22
Kontaktide kaitseplaat	1	10	10
Summa kokku:			661,42

Arvutustest tuleb välja, et toote korpuse hinnaks tuleb 661,42 €. Toote hinda mõjutavad tooriku hind ja tootva ettevõtte hinnakiri.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli projekteerida Panasonic Toughbook CF-33 sülearvuti ekraani dokk. Samuti valiti sinna välja vastavad tihendid, seinakinnitus ja militaar standardile vastavad pistikühendused. Valiti välja aku, mis võetakse kasutusse edaspidises arenduses.

Lõputöö esimeses peatükis loodi doki projekteerimiseks kriteeriumite ja nõuete tabel. Teises peatükis tutvutakse olemasolevate lahendustega ning kasutatava sülearvutiga, mis kuulub vastupidavate arvutite kategooriasse. Järgmises peatükis valiti välja doki külge kinnituvad pistikühendused, seinakinnitus ja tihendusmaterjal, mis tagab doki veekindluse. Samuti räägiti doki projekteerimise protsessist ning kirjeldati esimest prototüüpi ning viimaks valminud toodet. Valiti välja ka aku, mida kasutatakse doki edasiarenduses, et seda oleks võimalik kasutada ka sõiduvahendist väljaspool olevates konfiguratsioonides, kus pole võimalik seinapistikust või muust toiteallikast süsteemi toita. Samuti selgitati seadmete omavahelist integreerimist. Viimases peatükis valiti välja materjal, millest dokk CNC-pingis freesitakse, tehti tugevusanalüüs doki põhiraamile ja neid siduvatele poltidele. Leiti ka freesitavate detailide hinnad ühekordsel freesimisel.

Lõputöö tulemusega võib rahule jääda, kuna prototüübi faasist jõuti päris tooteni, mis läheb kasutusse. Samuti sai lahendatud tihedus lahtikäivate luukide vahel, et tagada niiskuskindlus. Valitud sai ka pistikühendused, mis vastavad Ameerika Ühendriikide sõjaväe poolt sätestatud nõuetele ning on vibratsiooni ja niiskuskindlas. Valiti ka seinakinnitus, mis peaks vastu sõiduki vibratsioonile.

Lõputöö käigus valmistati prototüübist valmis toode. Prototüübifaasis tehti valmis algne mudel millega mõõdeti tolerantsse ning selle põhjal valmis päris toode. Samuti tehti tugevusanalüüs, et veenduda toote mehaanilises töökindluses. Toote materjaliks valitu alumiinium 6082, mida kasutatakse üldiselt ehitiste konstruktsioonides, samuti on ta tugev kuid odavam. Selle põhjal sai teha detailidele hinna arvutuse, mida arvestatakse toote hinna sisse.

Lõputöö edasiarendusena peab tegema sülearvuti dokisüsteemi elektritoite lahenduse välise aku pealt. Samuti tuleks hetkel doki sees oleva ostutoodete põhjal tehtud elektroonika asendada ettevõtte siseselt arendatud trükkplaadiga, mis aitaks optimeerida dokisüsteemi nii elektriliselt kui ka mehaaniliselt.

SUMMARY

The aim of the thesis was to design a screen dock for a Panasonic Toughbook CF-33 laptop. Corresponding gaskets, wall mounting and military standard plug connections were also selected there. A battery was selected, which will be used in future development.

In the first chapter of the thesis, a table of criteria and requirements was created for the design of the dock. The second chapter introduces the available solutions and the used laptop, which belongs to the category of durable computers. In the next chapter, the connectors that attach to the dock, the wall mount, and the sealing material that ensures the waterproofing of the dock were selected. They also talked about the process of designing the dock and described the first prototype and finally the finished product. A battery was also selected to be used in further development of the dock so that it can be used in off-vehicle configurations where it is not possible to power the system from a wall outlet or other power source. The integration of the devices was also explained. In the last chapter, the material from which the dock will be milled on the CNC bench was selected, a strength analysis was made for the main frame of the dock and the bolts connecting them. The prices of the parts to be milled for one-time milling were also found.

You can be satisfied with the result of the final work, since the prototype phase has reached a real product that is put into use. The tightness between the opening hatches was also solved to ensure moisture resistance. Connectors that meet the requirements set forth by the United States military and are vibration and moisture resistant were also selected. A wall mount was also chosen to withstand vehicle vibration.

During the final work, a finished product was made from the prototype. In the prototype phase, an original model was made with which tolerances were measured, and the real product was made based on this. A strength analysis was also performed to ensure the mechanical reliability of the product. The material chosen for the product is aluminum 6082, which is generally used in building structures, it is also strong but cheaper. Based on this, it was possible to calculate the price of the details, which is included in the price of the product.

As a further development of the thesis, the power supply solution for the laptop docking system must be made from an external battery. Also, the electronics currently inside

the dock based on the purchased products should be replaced with a printed circuit board developed internally by the company, which would help to optimize the dock system both electrically and mechanically.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] PMT *docking station*, [Võrgumaterjal], <https://www.precisionmounts.com/products/docking-station-power-adapter-panasonic-toughbookr-33-slim-tablet-full-dpt> [Kasutatud 12.12.2022]
- [2] Havi *docking station*, [Võrgumaterjal], https://www.havis.com/product/devmt_dockst_pan_33-129832-0/ [Kasutatud 12.12.2022]
- [3] Gamber Johnson *docking station*, [Võrgumaterjal], <https://www.gamberjohnson.com/products/panasonic-toughbook-33-tablet-docking-station-full-port-dual-rf> [Kasutatud 12.12.2022]
- [4] USB Complete Fourth Edition: The Developer's Guide, J. Alexson, Madison: Lakeview Research LLC
- [5] Andmeedastus, [Võrgumaterjal], https://petz.planet.ee/elekter/infosys_energeetikas/AES3241-5%20Andmeedastus.pdf [Kasutatud 27.02.2023]
- [6] TNC *connectors*, [Võrgumaterjal], [https://www.data-alliance.net/tnc-cables-adapters/#:~:text=TNC%20\(Threaded%20Neill%E2%80%93Concelman\),threaded%20%2D%20replacing%20the%20BNC's%20bayonet.](https://www.data-alliance.net/tnc-cables-adapters/#:~:text=TNC%20(Threaded%20Neill%E2%80%93Concelman),threaded%20%2D%20replacing%20the%20BNC's%20bayonet.) [Kasutatud 27.02.2023]
- [7] *Coaxial cables*, [Võrgumaterjal], <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/coaxial-cable-illustrated#:~:text=Coaxial%20cable%20is%20a%20type,to%20customer%20homes%20and%20businesses.> [Kasutatud 27.02.2023]
- [8] DB standard pistikud, [Võrgumaterjal], <https://www.cablestogo.com/learning/connector-guides/db> [Kasutatud 27.02.2023]
- [9] High-Definition Multimedia Interface: Specification Version 1.3a Hitachi, Ltd., Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Philips Consumer Electronics, International B.V., Silicon Image, Inc., Sony Corporation, Thomson Inc., Toshiba Corporation
- [10] Ethernet: The Definitive Guide, 2nd Edition, C. E. Spurgeon, J. Zimmerman: O'Reilly Media, Inc.
- [11] MIL standardid, [Võrgumaterjal], <http://everyspec.com/> [Kasutatud 12.12.2022]
- [12] SAE J1455 standard, [Võrgumaterjal], <https://experiorlabs.com/sae-j1455/#:~:text=SAE%20J1455%20is%20a%20recommended,on%20and%20off%20road%20vehicles.> [Kasutatud 12.12.2022]

- [13] Panasonic 33, [Võrgumaterjal], <https://na.panasonic.com/us/computers-tablets-handhelds/computers/2-1s/toughbook-33> [Kasutatud 12.12.2022]
- [14] *NEC hazardous locations*, [Võrgumaterjal], <https://thermal-edge.com/understanding-the-nec-hazardous-location-option-class-1-div-2-groups-b-c-and-d-for-enclosure-cooling-systems/#:~:text=Class%20I%20Hazardous%20Locations%20refer,high%20enough%20to%20be%20ignitable.> [Kasutatud 12.12.2022]
- [15] MIL D38999 standard, [Võrgumaterjal], <https://connectorsupplier.com/mil-dtl-38999-connectors/#:~:text=MIL%2DDTL%2D38999%20connectors%2C,crimp%20or%20fixed%20solder%20contacts.> [Kasutatud 17.01.2023]
- [16] MIL D38999 *connectors*, [Võrgumaterjal], <https://connectorsupplier.com/the-differences-between-mil-dtl-38999-series-i-ii-and-iii-connectors/> [Kasutatud 17.01.2023]
- [17] VESA standard, [Võrgumaterjal], <https://www.vesa-standard.com/vesa-mis-d.html> [Kasutatud 12.12.2022]
- [18] RAM Mounts, [Võrgumaterjal], <https://rammount.com> [Kasutatud 01.03.2023]
- [19] Gamber-Johnson Wall Mount, [Võrgumaterjal], <https://www.gamberjohnson.com/products/zirkona-quick-release-wall-mount> [Kasutatud 03.03.2023]
- [20] Anodeerimine, [Võrgumaterjal], <https://www.vemo.ee/teenused/anodeerimine/> [Kasutatud 03.03.2023]
- [21] *Gaskets*, [Võrgumaterjal], <https://www.redwoodplastics.com/materials/rubber/die-cut-gaskets/> [Kasutatud 05.03.2023]
- [22] *Choosing the right gasket*, [Võrgumaterjal], <https://mercergasket.com/6-tips-for-choosing-the-right-gasket/> [Kasutatud 05.03.2023]
- [23] Polymax tihendid, [Võrgumaterjal], <https://www.polymax.co.uk/rubber-cords/silicone-sponge-cord/silicone-sponge-cord> [Kasutatud 05.03.2023]
- [24] *Shore hardness*, [Võrgumaterjal], <https://www.smooth-on.com/page/durometer-shore-hardness-scale/> [Kasutatud 05.03.2023]
- [25] USB Ethernet adapter, [Võrgumaterjal], <https://blog.ugreen.com/usb-ethernet-lan-adapters/> [Kasutatud 12.03.2023]
- [26] Ethernet *devices via* USB, [Võrgumaterjal], <https://www.networxsecurity.org/members-area/glossary/e/ethernet-over-usb.html> [Kasutatud 12.03.2023]

- [27] *USB Device stack*, SEGGER Microcontroller GmbH
- [28] Mehaanikainseneri käsiraamat, P.Kulu. Tallinn: TTÜ Kirjastus.
- [29] *Material property data*, [Võrgumaterjal],
<https://www.matweb.com/Search/MaterialGroupSearch.aspx?GroupID=9>
[Kasutatud 21.03.2023]
- [30] *Lithium battery*, [Võrgumaterjal], <https://www.bren-tronics.com/bt-70791cg.html> [Kasutatud 18.04.2023]

LISAD

Lisa 1. VESA 75 ja 100 kinnituse auguvalem [17]

