



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **Metallkonstruktsioonide tehase eskiisprojekt**

### **Sketch design of a metal construction plant**

MASINAEHITUS-JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMINE  
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jakob Säätla

Üliõpilaskood: 195302

Juhendaja: Tatjana Baraškova,  
vanemlektor

Kaasjuhendaja: Robert Kahar  
protsesside juhtivinsener

# 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.

"...." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Jakob Säästla (sünnikuupäev:11.02.1999)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Metallkonstruktsioonide tehase eskiisprojekt, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Jakob Säästla, 195302

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 Masinaehitus-ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, Masinaehitus

Juhendaja(d): Vanemlektor, Tatjana Baraškova, [Tatjana.baraskova@taltech.ee](mailto:Tatjana.baraskova@taltech.ee)

Protsessi juhtivinsener, Robert Kahar, [e1001019@hotmail.com](mailto:e1001019@hotmail.com)

Konsultant:

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) *Metallkonstruktsioonide tehase eskiisprojekt*

(inglise keeles) Sketch design of a metal construction plant

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Ärimahule ja tootmistehnoloogiale vastava optimeeritud kuluefektiivse tehasehoone ja tootmis-sisseseade projekteerimine
2. Tehnoloogiliste kriteeriumite leidmine
3. Detailne joonis (3d mudel) uuest tootmishoonest

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Hetke olukorra kaardistamine: Tooteportfell, müügiplaan, protsessikirjeldus	23.02.22
2.	Tehnoloogilised kriteeriumid: tootmispinna vajadus, läbilaskevõime, efektiivsus, materjali liikumine (tehnoloogilised marsruudid), eskiisjoonis (blokk skeem), pudelikael (mahupiirid, laienemisvõimalused)	21.03.22
3.	Hoone: dimensioonid, kommunikatsioonid, tarbimine, keskkonnakoormus, töökeskkond	04.04.22
4.	Personal: personali vajadus, kvalifikatsioon	04.04.22
5.	Finantsarvutused: projekti maksumus, finantsplaan, tasuvusarvutus	04.04.22
6.	Joonised: detailne joonis, 3d mudel.	10.05.22

**Töö keel:** eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:**

"19" mai 2022a

**Üliõpilane:** .....  
/allkiri/

"....." ..... 20.....a

**Juhendaja:** .....  
/allkiri/

"....." ..... 20.....a

**Konsultant:** .....  
/allkiri/

"....." ..... 20.....a

**Programmijuht:** .....  
/allkiri/

"....." ..... 20.....a

# SISUKORD

EESSÕNA .....	8
SISSEJUHATUS .....	9
1. TOOTMISE NING TOOMISHOONETE PLANNERIMISE VÕTTED NING EFEKTIIVSUSE TAGAMINE.....	11
1.1 Tootmise planeerimine .....	11
1.2 Efektiivse tootmise põhiprintsiibid.....	11
1.2.1 Lean tootmine.....	11
1.2.2 VSM value stream mapping .....	11
1.2.3 Tootmise planeerimise põhieesmärgid. Võtmenäidikud KPI .....	11
1.3 Tootmise paigutuse tüüp .....	11
1.4 Uued optimeerimise suunad. Generatiivne disain. ....	12
1.5 Autodesk Factory Design Suite .....	12
2. LÄHTEPUNKT .....	15
2.1 Probleem.....	15
2.2 Algandmed .....	16
2.3 Hetke tootmisüksused.....	17
2.4 Tooteportfell .....	18
3. TEHASE PÕHIKARAKTERISTIKUTE ARVUTAMINE.....	21
3.1 Tootmisseadmete vajadus .....	21
3.2 Tootmispinna arvutus .....	22
3.3 Tehnoloogilised marsruudid .....	25
4. TEHASE ESKIISPLAAN.....	27
4.1 Suur vaade.....	27
4.2 Eskiisplaani seadmete paigutusega.....	28
4.3 Uue ning vana tehase tehnoloogiliste marsruutide ning territooriumi pindala võrdlus. ....	31
5. EFEKTIIVSUS .....	32
5.1 Koomratus algse tootmisplaani alusel .....	32
5.2 Tooteportfelli optimeerimine .....	33
6. FINANTSID .....	37
6.1 Projekti maksumus.....	37
6.2 Tasuvusarvutus.....	38

7.	TEHASE TEHNILISED PARAMEETRID .....	40
7.1	Asukoha informatsioon.....	40
7.2	Ehitustehnilised nõuded .....	40
7.2.1	Nõuded vundamendile .....	40
7.2.2	Nõuded seintele .....	40
7.2.3	Nõuded ustele.....	41
7.2.4	Nõuded katusele .....	41
7.3	Nõuded Töökeskonnale .....	41
7.3.1	Keevitusosalad .....	41
7.3.2	Ventilatsioon.....	41
7.3.3	Valgustatus .....	42
7.3.4	Temperatuur ja niiskus .....	42
7.3.5	Nõuded müratasemele .....	42
7.4	Tõsteseadmed .....	43
7.5	Tehase Spetsifikatsioon.....	43
8.	DETAILNE JOONIS JA 3D MUDEL TOOTMISHOONEST .....	44
	KOKKUVÕTE .....	46
	SUMMARY.....	48
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	50
	LISAD .....	52
	Lisa 1 Tooteportfell, tehnoloogilised marsruudid .....	53
	Lisa 2 Müügiplaan.....	54
	Lisa 3 Seadmete Tabel .....	55
	Lisa 4 Tootmispinna arvutus .....	56
	Lisa 5 Optimeeritud tooteportfell .....	57
	Lisa 6 Projekti finantsanalüüs.....	58
	Lisa 7 Tasuvusarvutus.....	59
	Lisa 8 Tehase põhikarakteristikud .....	60
	Lisa 9 Tehase Eskiisjoonis.....	61
	Lisa 10 Tehase 3D mudel ÜLD .....	62
	Lisa 11 Tehase 3D mudel ETV-MKJ .....	63
	Lisa 12 Tehase 3D mudel MKJ-ETV .....	64
	Lisa 13 Tehase 3D mudel MTJ .....	65
	Lisa 14 Tehase 3D mudel MTJ vaatega välisukse poole .....	66

## **EESSÕNA**

Käesoleva teema valiku initsiaatoriks oli ettevõtte Enefit Solutions protsesside juhtivinsener Robert Kahar. Tema oli antud töö ettevõttepoolseks juhendajaks ning oli autorile suureks abiks. Ta aitas autorit mitmel viisil, nii teema valiku, töö struktuuri, algandmete ning arvutusmetoodikate väljatöötamise juures.

Enefit Solutions tegi omalt poolt kõik oleneva, et autoril oleks ligipääs töö teostamiseks vajalikele andmetele, ning töövahenditele ning toetas igati töö valmimist.

Siinkohal avaldabki antud diplomitöö autor tänu Robert Kaharile, kui ka Enefit Solutionsi meeskonnale tervikuna.

Võtmesõnad: tootmispinna planeerimine, projekteerimine, eskiisprojekt, tootmishoone, metallkonstruktsioonid, diplomitöö



## SISSEJUHATUS

Tänapäeval on ettevõtete vahel tugev konkurents, kes soovib püsima jääda peab ajaga kaasas käima ning arenema. Leidma lahendusi, kuidas toota efektiivsemalt, jätkusuutlikumalt, vähendama raiskamisi ning suurendama kasumlikkust. Kuid kõik see saab tootmisettevõtte puhul paljuski alguse just tootmishoone projektiga. Projekteerimise algfaasis tuleb leida mahtudele vastav tootmispind ning optimaalseimad materjaliliikumisteed, sobilikud seadmed, pöranda kandevõimed. Selles faasis tehtud otsuste õigsusest lähtub tootmise edasine käekäik, kuna hiljem on tunduvalt kallim ja keerulisem juba olemasolevat tootmist ümber korraldada.

Käesoleva töö eesmärgiks oli Enefit Solutionsi uue metallkonstruktsioonide tehase eskiisprojekti koostamine. Enefit Solutions remondib, hooldab ning valmistab mitmesuguseid tööstusseadmeid, teeb metallide ja keevisliidete ekspertiisi ning sertifitseerib keevitajaid. Malmi tootmishoone on ehitatud Nõukodude ajal ja on juba 77 aastat vana. Mahud on kordades kukkunud võrreldes valmimisajaga, selle tõttu seisab ka suurosa tehnikast ja tootmispinnast jõude ning ei teeni ettevõttele kasumit. Sellest lähtubki antud töö teema.

Autoril on konkreetne ülesanne valmis töötada eskiislahendus praeguse olukorra parandamiseks uue tootmishoone näol. Töö olulisus peitub selles, et sääraseid suuregabariidiliste metallkonstruktsioonide tehaseid on Eestis vähe, sellest lähtudes on tegemist unikaalse projektiga. Samuti on ettevõttes küll läbi viidud analüüse efektiivsuse kaardistamiseks, aga praktilisi lahendusi antud probleemile pole välja pakutud.

Töö põhieesmärgid:

- Tutvuda tootmise planeerimist ja tootmishoone projekteerimist käsitlevate töödega
- Koguda algandmeid
- Leida tootmispinna vajadus, seadmete vajadus, tööjõuvajadus, seadmete paigutus
- Efektiivsus ja kasumlikkus
- Eskiis uuest tootmishoonest

Kõige olulisem neist on projekti kasumlikkus. Kas on üldse mõttekas uut tootmishoonet ehitada?

Antud töö jagunes kaheksaks osaks. Esimesena selgitab autor mõningaid põhimõtteid tootmise planeerimise ja tootmishoone projekteerimise kohapealt. Teises osas kirjeldab

autor andmete kogumist, ettevõtte struktuuri ning probleeme praeguse tehasega. Kolmas osa hõlmab tehase põhikarakteristikute arvutamist kasutades tabelarvutusprogrammi Excel. Neljandas osas koostab autor eskiisplaani tootmispinna paigutuse kohta, siis kajastab efektiivsuse aspekte, peale seda uuritakse projekti kasumlikkust ja koostatakse tootmishoone põhikarakteristikute tabel. Lõpetuseks valmib 3d mudel uuest tootmishoonest visualiseerimaks autori kontseptsiooni. Mudeli koostamisel kasutab autor tarkvarapaketti Autodesk Fusion 360 ning Autodesk Factory Design Suite.

Antud töö sisaldab mitmeid jooniseid (30 joonist) ja tabeleid (2 tabelit) arvutuste visualiseerimiseks ning 14 lehekülge lisamaterjaliga. Lisades on kujutatud väljavõtteid Exceli arvutusmudelist, algandmetest kui ka jooniseid ning pilte 3d-mudelitest.

# 1. TOOTMISE NING TOOMISHOONETE PLANNERIMISE VÕTTED NING EFEKTIIVSUSE TAGAMINE

## 1.1 Tootmise planeerimine

Tehase paigutuse planeerimine on struktureeritud protsess, välja arendamiseks sihipärase süsteemi, et toota või pakkuda teenust võimalikult efektiivselt. Tootmishoone planeerimisel on oluline meeles pidada, et mida põhjalikum ja pikaajalisem on plaan seda efektiivsem on tootmine strateegilises vaates aga lühivaates on tootmise ülessätetamine kulukas. Selle tõttu on väga oluline teha kaalutletud otsuseid disaini osas ning kasutada erinevaid IT lahendusi [1].

## 1.2 Efektiivse tootmise põhiprinsipiidid

### 1.2.1 Lean tootmine

Lean on kvaliteedi ja produktiivsuse edendamise süsteem mis on üks *Toyota Production System* TPS osadest. Selle eesmärk on elimineerida raiskamised *7Waste* mille tulemusena paraneb produktiivsus, kiirus, materjali liikumine ning väheneb tsüklaeg [2].

Seitse raiskamist on: liigne laovarude, ootamine, defektid, ületootmine, transport, ületöötamine [2]. Nendest kõige olulisemad antud töö kontekstis on transpordi marsruutide optimeerimine ning ootamise (jõude seismise) vähendamine.

### 1.2.2 VSM value stream mapping

VSM kaasab eeltoodud printsiipe väärtuse ja raiskamise kohta. See meetod mõõdab ning analüüsib igat tegevust ning püüab välja selgitada tegevused, mis lisavad väärtust ning välja sõeluda tegevused, mis ainult kulutavad ressursse [3].

### 1.2.3 Tootmise planeerimise põhieesmärgid. Võtmenäidikud KPI

KPI (*key performance indicator*) ehk võtmenäidikud on mõõdetavad suurused, mis illustreerivad tootmisprotsessi tulemuslikkust. Võtmenäidikute valimisel tuleks lähtuda SMART põhimõtetest. See tähendab eesmärk peab olema spetsiifiline, mõõdetav, saavutatav, asjakohane, õigeaegne. Üks klassikalisemaid KPI on kindlasti EBIT ning EBITDA, mis kirjeldavad ettevõtte majandustegevuse kasumlikkust. Tootmise seisukohalt on olulised OEE (*overall equipment efficiency*) seadmete ülddefektiivsus ning samuti tehnoloogiliste marsruutide pikkus [3].

## 1.3 Tootmise paigutuse tüüp

- Toote paigutus- Tootmise tüüp, milles masinad on organiseeritud operatsioonide järjekorras. Selline paigutus vähendab transpordikuluseid, suurendab koormatust ning vähendab tootmispinna vajadust. Kuid sellisel tootmistüübil on väike

paindlikus toodete variatsioonile ning tootmismahutade kõikumisele. Sobib vaid masstootmiseks [3].

- Protsessi paigutus- Selle paigutuse puhul on masinad organiseeritud vastava tehnoloogilistele protsessidele. Selline lahendus on kõige efektiivsem väikese mahulistes tootmistes, kus on nõutud suur paindlikus, suur toodete nomenklatuur ning tellimuste hajusus. Miinustena võib välja tuua pikemad transporditeed, pikema tsükliaja, optimeerimise keerukuse ning suurema pinnavajaduse [3].
- Fikseeritud positsiooniga paigutus- toode on kogu tootmisprotsessi vältel ühes kohas ning vajalikud seadmed, materjal, tööjõud transporditakse toote juurde. Positiivse külje pealt väga hea viis suuregabariidiliste toodete valmistamiseks, vähendab transpordiaega ning suurendab paindlikkust. Miinustena võib välja tuua suurema kvalifikatsiooninõuetega töölised, materjali ja seadmete liigutamine on aeganõudev [3].

Tänapäeva tootmise keerukuse tõttu kasutatakse tavaliselt nende tootmistüüpide kombinatsioone, et saavutada suurim võimalik efektiivsus.

## **1.4 Uued optimeerimise suunad. Generatiivne disain.**

Generatiivne disain on uus suund projekteerimises, mis püüab integreerida inimese loovust ja IT tehnoloogilisi ning matemaatilisi optimeerimislahendusi. Generatiivne disain hõlmab ühelt poolt julgeid ning lennukaid ideid, teiselt poolt teaduspõhist optimeerimist kasutades erinevaid arvutisüsteeme ja tehisintellekti ning ratsionaalset otsuste langetamist. Generatiivne disaini eesmärk on kirjeldada eesmärgid ja piirangud ning nende baasilt pakub tarkvara välja kõige optimaalsemad lahendused [4].

Paljud tarkvarapakettide tootjad püüavad rakendada generatiivset disaini nagu näiteks Autocadi programm Revit, mille üks funktsioone on visuaalse programmeerimise keel Dynamo. See programm lubab määratleda kriteeriumid ning nende andmete pealt pakub algoritm välja sadu erinevaid võimalusi, kuidas antud probleemi lahendada [4]. Samas kaasneb selliste süsteemidega suur ajakulu, lihtsustatud arvutusmudelid ning vajadus suure hulga algandmete järele [5].

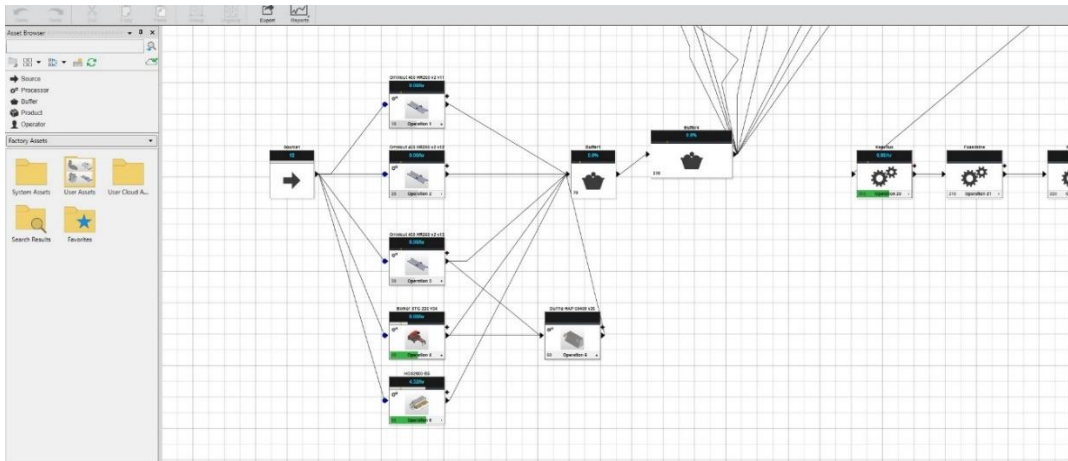
## **1.5 Autodesk Factory Design Suite**

Autodesk pakub omalt poolt välja programmide kogumiku mis lihtsustab tootmise planeerimist ning uue tootmishoone projekteerimist [6]. Factory Design Suite koosneb põhiliselt neljast programmist:

- Autodesk Autocad Arhitectural
- Autodesk Inventor

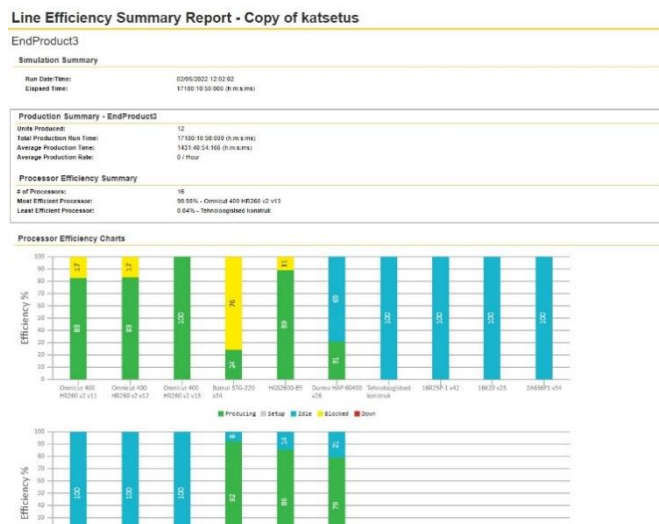
- Autodesk Navisworks
- Autodesk Process Analyzer

Kõige parem osa selle tarkvarapaketi juures on erinevate programmide integreeritus. Antud tarkvarapaketi algab töö Protcess analyzeriga, kus saab simuleerida erinevaid tootmisprotsesse [7]. Antud programm töötab visuaalse programmeerimise keeles, kus saab erinevaid protsesside kaste omavahel ühendada (sisendid-väljundid) ning saab defineerida iga protsessi karakteristikud (vt Joonis 1.1).



Joonis 1.1 Autodesk Process Analyzer töökeskkond

Saab ka valida juba valmis protsesse andmebaasist, näiteks treipingi või laserlõikamise protsessi jaoks. Lõpptulemusena koostab programm raporti efektiivsuse, kasutatavuse ja teiste võtmenäidikute kohta (vt Joonis 1.2).

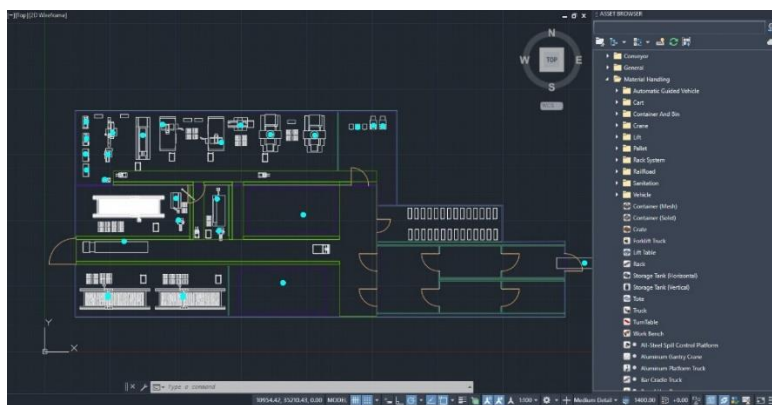


Joonis 1.2 Autodesk Process Analyzer-i raport

Käesoleva töö autori esialgne plaan oli kasutada seda programmi tootmisseedmete vajaduse leidmiseks, kuid see osutus kehvasti rakendatavaks antud tootmishoone

puhul. Põhjuseks toodete suur nomenklatuur ning variatsioon. Tulemuse saavutamine oleks väga aeganõudev ja ei anna paremaid tulemusi, kui antud töös kasutatud Excelis koostatud mudel.

Autocad Architectural-is toimub põhiline tootmiseseadmete paigutamine (vt Joonis 1.3). Antud programmil on suur raamatukogu erinevaid tootmiseseadmeid alustades sildkraanadest lõpetades treipinkidega. Seadmeid, seinu, uksi ja muud geomeetriat ei pea ise joonestama, neid saab valida kas andmebaasist või tööriistaribalt. Vaja on ainult defineerida parameetrid näiteks seina kõrgus paksus ning hiirega saab tõmmata kuhu seda geomeetriat luua [6].



Joonis 1.3 Autocad Architectural töökeskkond

Autodesk Inventor-is saab luua mudelid tootmiseseadmetest ning konverteerida need tehase seadmeteks. Neile pääseb ligi näiteks Autocad Architectural-is. Samuti saab avada Autocadis tehtud projekti ning seda muuta juba 3D tööruumis. Ning kõik muudatused kanduvad üle ka 2D joonise peale [6].

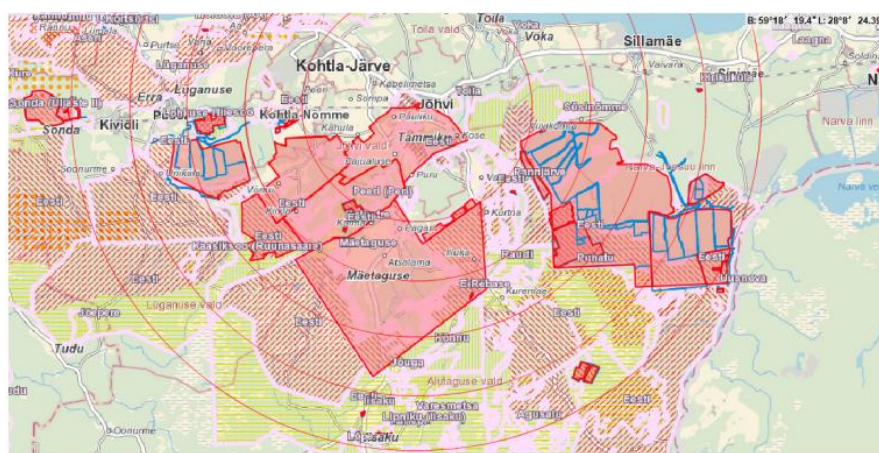
Projekti lõppfaasis saab mudelit analüüsida Navisworks-is. See võimaldab leida vigu seadmete paigutuses ja muus geometria, nt kas üks seade lõikab teise seadme tööala. Samuti annab Navisworks väga hea visuaalse pildi kogu projektist.

Navisworks-i tööruumi on võimalik vaadata läbi virtuaalse reaalsuse prillide ning see annab disainerile väga reaalse ettekujutuse projekteeritavast tehasest. Samuti saab luua *renderid* projektist kasutades *ray-tracing*-ut, mis annab väga realistliku pildi tootmisest [6].

## 2. LÄHTEPUNKT

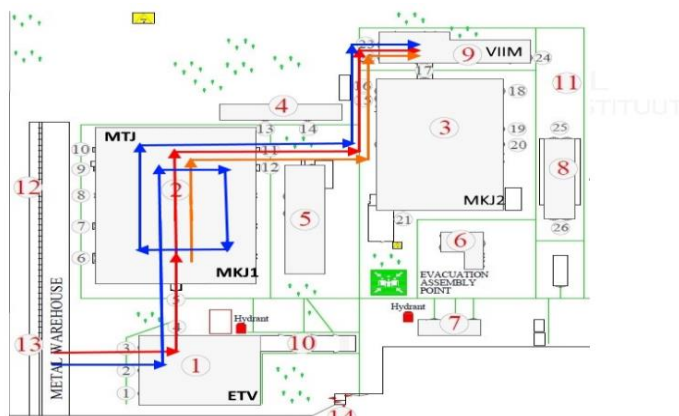
### 2.1 Probleem

Põhiliseks probleemiks on kaevandusmahtude ja ka grupiväliste tellimuste vähenemine, mis ei ole enam vastavuses Jõhvi tootmisüksuse tootmispinnaga. Tootmishoone ehitati 1945 aastal ja on korduvalt ümber ehitatud. Algselt oli see planeeritud kaevandusseadmete remonditöökojana. Nõukogude ajal oli kaevandusmahud kordades suuremad ja samuti asusid suuremad kaevandused ja karjäärid Jõhvile lähemal. Hetkel liigub suurtööstus aina rohkem Narva poole, selle tulenevalt jääb Enefit Solutonsi asukoht kaugeks põhikliendist, kaevandustest, Auvere õliteshasest ja elektrijaamast (vt Joonis 2.1).



Joonis 2.1 Enefit Solutionsi paiknemine kaevandustest [8]

Hetkel on 35 000 ruutmeetrise tootmispinnast kasutuses 12 000 ruutmeetrit ülejäänud on konserveeritud. Hoonete seisukord on võrdlemisi halb. Põrandad on mitmete remontidele vaatamata ikkagi ära vajunud.



Joonis 2.2 Konveieri tehnoloogiline marsruut [8]

Seadmete paigutus ja materjali liikumine on halvasti organiseeritud (vt Joonis 2.2), pikad materjali liikumisteed. Tootmise viis allüksust on jaotatud ära nelja hoone vahel.

See omakorda toob kaasa transpordist tuleneva ressursikulu [8]. Suurte detailide liigutamine nõuab sildkraanadega detailide tõstmist transpordialusele, selle transportimist teise tootmisüksusesse ja seal jälle maha laadimist. See on probleem isegi põhitootmishoones, kus keevitus ja montaaži osakond on jaotatud kahe lüüsi vahele. Sildkraana on olemas mõlemas, aga lüüside enda vahel ühendus on halb.



Joonis 2.3 Filtrisüsteemi transportimine

Kõige paremini iseloomustab tootmiskompleksi sisest materjali liikumise probleemi järgnev joonis (vt Joonis 2.3). Tegemist on filtersüsteemiga, mis viiakse viimistlustsehhi pinnatöötluseks ja värvimiseks.

## 2.2 Algandmed

Algandmete kogumine tähendab tootekategooriate, tootmismahude ja tehnoloogiliste marsruutide leidmist. See osutus tõsiseks väljakutseks. Põhiliseks probleemiks sai toodete suur nomenklatuur. Kuna tegemist on projektipõhise tootmisega ning leida näiliselt erinevate toodete vahel ühiseid nimetajaid oli keerukas.

Materjalide kogumine algas viimaste aastate (2020-2022) tellimuste uurimise, sorteerimise ja süstematiseerimisega. Jagada erinevad tooted kategooriatesse ja leida vastavat kategooriat kõige paremini iseloomustav projekt. Põhiliselt sai projekti valida keskmise käibe põhjalt. Kuid oli ka erandeid.

Näidisprojektide põhjalt sai leida töötunnid tootmisplaanist ja kulude struktuur projekti andmetest (vt Lisa 1).

Müügiplaani koostamise aluseks oli Enefit Solutionsi strateegiline plaan, kus on kirjas eelarvestatud müügimahud (vt Lisa 2).



Käesolevate andmete kogumisel tegi autor mitmeid lihtsustusi. Põhjustena võib välja tuua andmete suure hulga ja halva süstematiseerituse antud töö eesmärges silmas pidades. Kuid põhipõhjuseks on antud ettevõtte spetsiifika ehk siis tüki/projektipõhine tootmine ning väiksed mahud. Kui uurida näiteks tooteportfelle aastate lõikes siis on tootegrupid ja mahud üpris erinevad ning samuti erinevad tooted isegi samas tootekategoorias. Näiteks mõni tehnoloogiline konstruktsioon on mustast mõni roostevabast metallist. Samuti erinevad toodete mõõdud, tööjõukulud ning projekti maksumused. Sellest suurest toodete hajuvusest tulenevalt otsustas autor mitte liiga pikalt selle punkti juurde pidama jääda, vaid võtta nende andmete põhjal alus, millelt edasi liikuda (vt Lisa 1, Lisa 2).

## 2.3 Hetke tootmisüksused

Enefit Solutionsi tootmisdivisjon on jaotunud viieks osakonnaks.

**ETV Ettevalmistustsehh-** Tegeleb toormaterjali lõikamise ja painutamisega. Peamised tehnoloogilised protsessid on:

- Plasmalõikus- Hetkel on kasutusel 3 plasmalõikurit tööalaga 14x3m.
- Giljotiinlõikus- Pleki lõikamiseks on kasutusel giljotiin/käärid.
- Painutus- ja valtspingid- Kasutusel on mitmeid painutus ja valtspinge nii silindriliste pindade valmistamiseks, kui ka torude painutamiseks. Samuti on neid erinevates surveklassides.
- Käsilõikesadmed- Lintsaed lihtsamate toorikute lõikamiseks.

**MTJ Mehhaanilise töötuse tsehh-** Tegeleb peamiselt täppistöödega ja suuregabariidiliste toorikute treimise ja freesimistöödega.

Põhilised tehnoloogilised protsessid on:

- Freesimine- Nii manuaalsed kui ka arvutijuhitavad (CNC) pingid.
- Puurimine- Suuregabariidilised puurid väiksemat täpsust nõudvatele töödele.
- Treimine- Nii suure- kui ka väikesemõõdulised treipingid. Tooriku mõõtmed väikestel pinkidel paarikümnest millimeetrist kuni 8 meetrini välja suuremate pinkide puhul.
- Sisetreimine- Suuregabariidilised radiaal freespingid siseavauste täpseks lõikamiseks.
- Lihvpingid- Nii ümar kui ka tasalihvpingid detailide tasapinnalisuse tagamiseks.

**MKJ Keevitus ja montaaži tsehh-** Toorikute ja valmis detailide koostamine valmis tooteks. Põhilisteks operatsioonideks on keevitamine ning teised käsitööriistu nõudvad tööd, faasimine ja erinevad koostamiülesanded. Eristada tuleb ka musta ning roostevaba metalli keevitustöid.

**KTS Sepistamise ja termilise töötlemise tsehh-** Peamiselt tegeletakse seal remondidetailide termilise töötlemisega ja mõningatel juhtudel ka sepistamisega. Samuti valmistatakse seal karjäärade ekskavaatoritele mõeldud vante.

**VIM Viimistlustsehh-** Tegeleb toodete viimistlemise, värvimise ja pakkimisega. Peamised tootmisoperatsioonid on:

- Passiveerimine- Detailide korrosioonikindluse tagamiseks on vaja mõningaid tooteklasse passiveerida s.t. happega töödelda. (Roostevabad tooted)
- Xylan töötlemine- Pinnatöötlustehnoloogia, kasutatakse just merenduse (offshore) toodete juures.
- Haaveldamine- Toodete pinna puhastamine korrosioonist, värvijääkidest jms.
- Pesemine- Toodete pesemine, pinna ette valmistamine enne värvimist. Õlide ja muude värvimist segavate ühendite eemaldamine.
- Värvimine-Toodete pinna kruntimine ja värvimine.
- Pakkimine-toodete pakkimine ja saatmine tellijale.

## 2.4 Tooteportfell

### Mahutid

Tüüpiliselt valmistatakse terasest horisontaalse paigutusega mahuteid (Vt. Joonis2.4). Täpne konstruktsioon oleneb hoiustatavast ainest ja kogusest. Teatud juhtudel on mahuti ka kaheseinaline. Mahutite valmistamise kulude jaotus on võrdselt jagatud nii tööjõu kui materjali vahel. Antud tootekategooria tööjõuvajadus on alla keskmise ja jagatud on see kolme tootmisüksuse vahel: ettevalmistus, keevitus ja montaaž ning viimistlus (vt Lisa 1). Kõige suurema koormatusega on ettevalmistus ja keevitus osakond.

### Gaasikäigud

Tavapärasemad tooted on erinevad heitgaasikanalid, vastavalt tellija spetsifikatsioonidele (vt Joonis 2.4). Gaasikäigud on kõige suurema käibega tooteklass, samas vajavad need ka kõige rohkem ressursi. Tehnoloogiline marsruut sarnaneb mahutite valmistamisega, aga samas on 4 korda suurema mahuga (vt Lisa 1). Antud

toote projekteerimine ja valmistamine on suhteliselt lihtne ja selle tõttu on kasumlikkus väike.

### **Tehnoloogilised konstruktsioonid**

See tootekategooria hõlmab endas laia sortimenti, filtrisüsteemidest katelde küttepindadeni välja. Tooted on väga erinevad ja projektipõhised. Kuigi saab ka mõningaid üldistusi teha näiteks heitgaaside pesurid *Scrubberid* (vt Joonis 2.4). Tooteid valmistatakse nii mustast kui ka roostevabast terasest. Tehnoloogilised konstruktsioonid koormavad viiest tootmisüksusest nelja ning kõige suurem koormatus on keevitus ja montaažiosakonnal (vt. Lisa 1)

### **Ehituskonstruktsioonid**

Kategooria hõlmab endast erinevaid ehituslikke konstruktsioone, tugiraamidest konteineriteni välja. Tööjõukulu moodustab toote omahinnast kõige väiksema osa. Seetõttu on lisandväärtus väike ja töö kasumlikkus kasin. See kajastub ka strateegilises plaanis, kus mahud on planeeritud pigem kahanevaks. Põhilised tootmisoperatsioonid on lõiketöötus, keevitus ja montaaž ning viimistlus (vt Lisa 1). Tööde mahud on suhteliselt ühtlaselt jagatud osakondade vahele, kõige suurem koormatus on ettevalmistustsehhis.

### **Konveierid**

Konveierite all on mõeldud nii lint-, kett- kui ka kruvikonveiereid koos vajalike kandekonstruktsioonidega. Lintkonveierite puhul valmistatakse põhiliselt rullide kinnitusraame (vt Joonis 2.4). Konveierid koormavad enim ettevalmistustsehhi, kuna tulenevalt antud tootegrupi spetsifikast on vajalik lõigata ja painutada suures koguses detaile (vt Lisa 1).

### **Kopad, rasketehnika remont**

Selle kategooria alla kuuluvad põhiliselt kaevanduste remont ja hooldustööd (vt Joonis 2.4). Näitena võib tuua kaevanduste kopplaadurite koppade hammaste keevitustööd, sammuvate ekskavaatorite koppade remont, kruvikonveierite parandustööd jpm. Antud töö on väikese ressursimahuga ja kulud on jaotunud võrdselt tööjõu ja materjali vahel (vt Lisa 1).

### **Mehhanismid, remontdetailid**

Erinevad eritellimuslikud mehhanismid ja remontdetailid nii kaevandustele, kui suurtootmistele. Tegemist on ühega kahest tootegrupist, mis koormab ka sepikoda, kuna vajab erinevaid termotöötusprotsesse. Kuid samas kulub valdav osa tootmisressurssi just mehhaanilise töötlemise jaoks (vt Lisa 1).

## Vandid

Kaevanduste sammuvatele konveieritele mõeldud trossid. Tross keeratakse lahti ja paigaldatakse kiilud ja otsad. Samuti viiakse läbi tõmbekatsed tööde vastavuse kohta nõuetele.

Tegemist väga spetsiifilise tööga, kliendiks ainult kaevandused. Vantide tööjõu ja materjali kulu on ühtlaselt jaotunud ja nad koormavad ainult sepikoda (vt Lisa 1). Praeguste mahtude juures on tegemist väga väikese kasumlikkusega tööga

## Offshore

Merendusele mõeldud detailid, mehhanismid. Antud tootegrupi suurim kulukoht on materjal, kuna mereveele vastupidavad suure korrosioonikindlusega metallid on kallid. Kuna tegemist on keerukate mehhanismidega, mis nõuavad täpseid tolerantse on kõige suurema koormatusega üksus just mehaanilise töötlemise divisjon (vt Lisa 1). Strateegiline plaan ei näe ette järgmisteks aastateks tellimusi antud tootekategoorias.



Joonis 2.4 Näidistooted. 1.Mahuti; 2.Gaasikäigud; 3.Tehnoloogiline konstruktsioon; 4.Konveier; 5.Remonttööd

### 3. TEHASE PÕHIKARAKTERISTIKUTE ARVUTAMINE

#### 3.1 Tootmisseadmete vajadus

Tootmisseadmete vajaduse leidmisel lähtus autor 2018 aastal TTÜ Raportist, mis käsitles antud tehase kompleksi efektiivsuse näitajaid [8]. Põhiprobleemina toodi välja juhtimisstruktuuri keerukus, seadmete vähene koormatus ja kasutatavuse halb jagamine seadmete vahel, samuti pikad tehnoloogilised marsruudid. TTÜ raport oli kaardistanud seadmete kasutatavuse 2017 aastal, vormistanud selle kohta tabelid ja koostanud 4 tootegrupi põhjaliku tootmismarsruudid. Kuna see ei paku välja konkreetseid lahendusi olukorra parandamiseks võttis käesoleva töö autor TTÜ raporti aluseks, mille põhjal tuletada seadmete vajadus uue tootmishoone jaoks [8].

Seadmete vajadus	Ajafond 2017	Suhe kogutundide sse osakondade kaupa	Optimaalne ajafond	Ajafond 2022-2025	Seadmete vajadus 2022-2025	Seadmete vajadus (tk)	Seadmete vajadus kokku(arvestatud vahetuste arvuga ETV JA MKJ)
Treipink	10438	37,9%	1625	7278	4,47883	5	5
Freepink	6273	22,8%	1625	4374	2,69167	3	3
Puurpink	2807	10,2%	1625	1957	1,20445	1	1
Sisetreipink	7165	26,0%	1625	4996	3,07442	3	3
Tasalihevpink	107	0,4%	1625	75	0,04591	1	1
Ümarlihevpink	191	0,7%	1625	133	0,08196	1	1
Hambatöötlu	288	1,0%	1625	201	0,12358	1	1
Tõukepink	267	1,0%	1625	186	0,11457	1	1
Kokku MTJ	27536			19200			
Press	1115	60,0%	1625	386	0,23783	1	1
Sepahaamer	743	40,0%	1625	258	0,15848	1	1
Kokku KTS	1858		1625	644			
Lintsaag	2611	26,6%	1625	6016	1,85119	2	1
Plasmatöötlu	5475	55,7%	1625	12616	3,88176	4	2
Painutuspink	1745	17,7%	1625	4021	1,2372	1	1
Kokku ETV	9831			22653			0
							0
							0
Keevitus		81,4%	1625	33191	10,2126	11	6
Montaas		9,3%	1625	3788	1,16561	2	1
Faasimine		9,3%	1625	3788	1,16561	2	1
Keevitus	26000			40767			

Joonis 3.1 Tootmisseadmete vajaduse leidmine Excelis

Selle tulemusena valmis käesolev Exceli tabel (vt Joonis 3.1). Tabeli esimene veerg kirjeldab raportist leitud ajamahte pinkide kohta, teine veerg kujutab nende ajamahtude suhet kogu osakonna töötundidesse, protsentuaalne osatähtsus. Optimaalne ajafond (3.1) on sisendsuurus mis võrdub maksimaalse töötundide arvuga ühe pingi kohta ühes vahetuses.

$$Opt. Ajafond = \text{töönädalate arv} * \text{tööpäevi nädalas} * (\text{töötundi päevas-pausid})$$

(3.1)

Seadme protsentuaalne osatähtsus leiti kui jagati 2017 aastal kaardistatud töötunnid seadme kohta jagatud töötundidega osakonna kohta. Näitena toob autor treipingi

osatahtsuse, mis leiti kui jagati treipingi töötunnid kogu töötundidega MTJ osakonna puhul 2017 aastal (3.2).

$$\text{Treipingi protsentuaalne osatahtsus} = \frac{\text{Treipink}}{\text{KokkuMTJ}} * 100\% \quad (3.2)$$

Ajafond 2022-2025 veerg on täidetud järgmiselt. Iga osakonna summeeritud tunnid on leitud müügi mahu ning vastava osakonna ajafondi korrutise summana (3.3).

$$\begin{aligned} \text{Planeeritav ETV ajafond} &= \\ &= (\text{mahutiMAHT} * \text{mahutiAJAFOND}) \\ &+ (\text{gaasikäigudMAHT} * \text{gaasikäigudAJAFOND}) + \dots + (\text{offshoreMAHT} \\ &* \text{offshoreAJAFOND}) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Seadmetüübi töötunnid perioodil 2022-2025 leiti, kui korrutati osakonna planeeritav ajafond seadmetüübi protsentuaalse osatahtsusega (3.4). Seadmete vajadus seadmetüübi kohta saadi, kui töötunnid seadmetüübi kohta jagati optimaalse ajafondiga ühe seadme kohta (3.5). Saadud tulemus tuli jagada vahetuste arvuga, see puudutab just ETV ja MKJ osakondi.

$$\begin{aligned} \text{Seadmetüübi töötunnid} &= \\ &= \text{planeeritav ajafond} * \text{seadmetüübi protsentuaalne osatahtsus} \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\text{Seadmete vajadus} = \frac{\text{seadmetüübi töötunnid}}{\text{opt. ajafond}} \quad (3.5)$$

Antud arvutusmudeli sisendid ja väljundid on otseselt seotud algandmete ning tootmispinna arvutusega. Algandmetest tulevad mahud (vt Lisa 1, Lisa 2) ning seadmete vajadus kantakse otse üle tootmispinna arvutusmudelisse. Säärane lahendus lihtsustab hilisemaid tooteportfelli optimeerimise probleeme.

Seadmed valiti hetkel tootmishoones kasutusel olevate seadmete tabelist, vastavalt eelnevalt arvutatud seadmete vajadusele. Valiku erinevate seadmete hulgast langetas autor lähtudes TTÜ raportist leitud seadmete kasutatavuse tabelile [8]. Nende andmete baasil koostas autor seadmete nimekirja, mida saab näha töö lisades (vt Lisa 3).

### 3.2 Tootmispinna arvutus

Üks põhilisemaid kriteeriume uue tehase ehituseks on tootmispinna arvutus. Tootmispinna arvutamisel sai lähtutud iga allüksuse töö spetsiifikast. Tootmise tüübina valis autor protsessi *layouti*, välja arvatud MKJ kuhu sobib paremini rakendada fikseeritud positsiooniga tootmist.

Ettevalmistustsehhi ning mehhaanilise töötlemise osakonna pindala arvutamisel oli lähtekohaks pingi mõõtmed koos laadimisala ja üldalaga (vt Joonis 3.2). Seadmete vajadus tuli otse seadmete vajaduse tabelist ning see kanti edasi pindala arvutamise valemisse (Vt. Lisa 3).

Seadme kogu pinnavajadus (3.6) leiti, kui liideti seadme orienteeruv pindala, laadimisala ja üldala. Seadme pindala sai vana tehase jooniselt, laadimisala on üldjuhul võrdne seadme pindalaga lihtsustamise huvides ning üldala võrdub 30 % seadme pindalast.

$$A_{seade\ 1} = (A_{seadme\ pindala} + A_{Laadimisala}) * (1 + 30\%)_{\text{üldala}(30\%)} \quad (3.6)$$

Transpordiala (3.7) on võrdne summaarse seadmete pindala ruutjuurega (see annab kõigi seadmete keskmise pikkuse summa) korrutatuna maksimaalse toote laiuse ning 30% üldalaga.

$$A_{Transpordiala} = (\sqrt{A_{seade\ 1} + A_{seade\ 2} + \dots + A_{seade\ n}} * \max\ toote\ laius) * (1 + 30\%)_{\text{üldala}(30\%)} \quad (3.7)$$

Osakonna pindala arvutamiseks (3.8) tuli seadme kogupindala korrutada seadete arvuga seadmetüübi kohta, tulemused summeerida ning liita transpordiala.

$$A_{Pindala\ kokku} = A_{seade\ 1} * KOGUS\ seade\ 1 + \dots + A_{seade\ n} * KOGUS\ seade\ n + A_{Transpordiala} \quad (3.8)$$

Personali vajadus seadmetüübi kohta leiti kui korrutati seadmete arv personali vajadusega ühe pingi kohta (3.9). Personali vajadus osakonna (3.10) kohta leiti kui personali vajadus seadmetüübi kohta korrutati seadmetüüpide (tootmisoperatsioonide) arvuga.

$$Personali\ vajadus\ seadmetüübi\ kohta = Seadmete\ arv * \textit{töötajate arv ühe seadme kohta} \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} & Personali\ vajadus\ osakonna\ kohta = \\ & = personali\ vajadus\ seadmetüübi\ kohta * seadmetüüpide\ arv \end{aligned} \quad (3.10)$$

Personali ajafond osakonna kohta (3.11) saadi kui personali vajadus osakonna kohta korrutati töötundide arvuga aastas (töönädalad korrutatuna tööpäevaga nädalas ning töötundidega päevas)





$$\begin{aligned}
\text{Tootmispind} &= \text{Päevatoodang} * \text{tootepindala} * \text{Tsükliäeg} = \\
&= \frac{\text{kogus}}{\text{töönadalte arv} * \text{tööpäeva nädalas}} * \text{tootepindala} * \text{tsükliäeg}
\end{aligned}
\tag{3.15}$$

Tsükliäeg (3.16) on omakorda võrdne toote jaoks vajaminevate tundide arv jagatud töötundide arvuga päevas.

$$\text{Tsükliäeg} = \frac{\text{vajaminevad töötunnid}}{\text{töötunnid päevas}}
\tag{3.16}$$

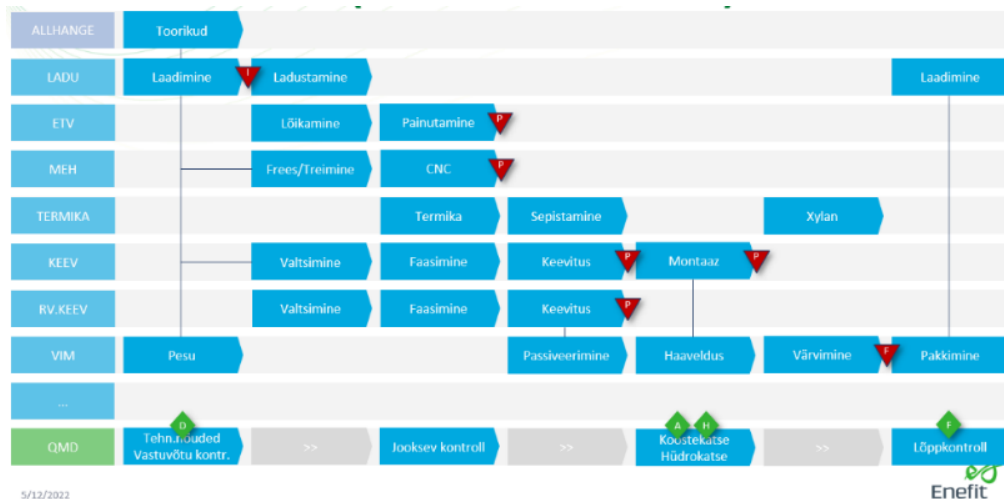
Kolmas meetoodika on suurima toote pindala järgi. Seda sai rakendatud viimistlustsehhi puhul, kus on oluline, et suure gabariidilised detailid värvikambrisse piisava varuga ära mahuksid. Iga kambri pindala valiti maksimaalse toote pindala järgi ning kambrite arv [10] valiti lähtuvalt järgnevast arvutusest (3.17) (Vt. Lisa 4). Seda valemit tuli rakendada iga toote kohta ning tulemuse summeerimisel saadi värvikambrite arv. Värvikambrite arvust on aga sõltuvuses pakkimis- ning haavelduskambriid. Samuti sai arvutusmudelisse integreerida koefitsiendi, et värvikambrite arv liiga piiripealseks ei muutuks või siis hilisema paigutuse lihtsustamiseks.

$$\text{Värvikambreid}(tk) = \left( \frac{\text{kogus}(\text{tooteid } tk.)}{\text{töönadalad} * \text{tööpäeva nädalas}} \right) * \text{Tsükliäeg}
\tag{3.17}$$

### 3.3 Tehnoloogilised marsruudid

Tehnoloogiliste marsruutide väljatöötamisel on väga oluline minimeerida toote poolt läbitavat distantsi lähtudes *Lean* ja *7Waste* printsiibist [2]. Tehnoloogiliste marsruutide analüüsimisel sai alustada osakondade omavaheliste suhete väljaselgitamisega [8]. Lähtekohaks võttis autor töötundide tabeli, mille alusel sai koostatud tehnoloogiliste marsruutide *swimline* graafik (vt Joonis 3.3) ning osakondade vahelise materjali liikumise tabel (vt Tabel 3.1).

Swimline graafik annab hea visuaalse ülevaate, millised on tootmisoperatsioonid igas allüksuses ja samuti osakonde omavaheline sõltuvus.



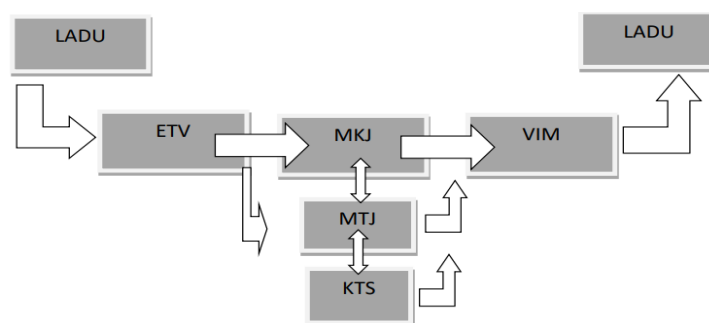
Joonis 3.3 Tehnoloogiliste operatsioonide swimline graafik

Materjali liikumise tabeli ülemises reas on tootmisüksused, kust materjal tuleb ning parempoolses veerus on tootmisüksused, kuhu materjal läheb. Tähisted näitavad liikumise olulisust: V- väga oluline; O-oluline; T-tavaline. Nagu tabelist on näha Laost-ETV on väga oluline materjali liikumisetee. ETV-MKJ on samuti väga oluline ning ETV-MTJ on tavapärase materjaliliiklus. Kuid teistesse osakondadesse materjaliliiklus ETV ei ole vajalik (Vt. Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Materjali liikumine

	Ladu	ETV	MKJ	MTJ	KTS	VIM	Ladu
Ladu							
ETV	V						
MKJ		V					
MTJ	T	T	O				
KTS				T			
VIM			V	O	T		
Ladu						O	

Siit tuleb välja lineaarne muster. Põhiosakonnad ETV; MKJ; VIM peaksid olema paigutatud võimalikult lähedistiku, MTJ ja KTS paigutus ei ole nii rangelt oluline (Vt Joonis 3.4).

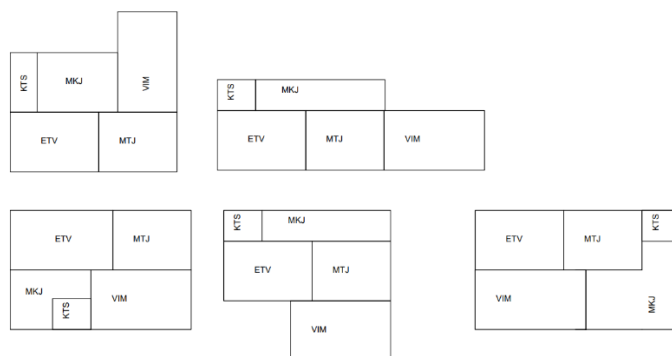


Joonis 3.4 Osakondade tehnoloogiline marsruut

## 4. TEHASE ESKIISPLAAN

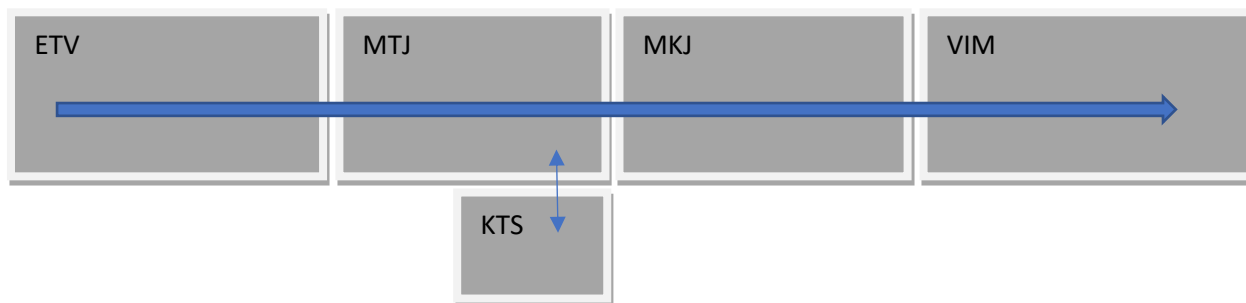
### 4.1 Suur vaade

Seadmete paigutusel sai lähtunud eelmise tehase põhilisest murekohast, pikkade transpordimarsruutide optimeerimisest. Antud töö autor katsetas parima tulemuse saavutamiseks mitmete ideedega (vt Joonis 4.1). Arusaadavalt ei suuda inimene kõiki võimalikke kombinatsioone, mida 5 osakonna paigutamisel saaks saada läbi mõelda (5!). Selle tõttu lähtus autor TTÜ raporti [8] tulemustest ning püüdis leida intuiivselt parima võimaliku lahenduse.



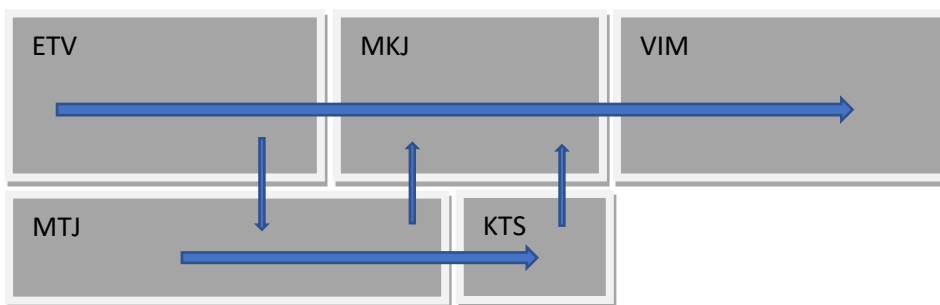
Joonis 4.1 Mõned autori poolt katsetatud asetusplaanid

Üks lihtsamaid ideid oleks allüksused paigutada võimalikult sirgjooneliselt: ETV, MTJ, MKJ, VIM (vt Joonis 4.2).



Joonis 4.2 Eskiisplaan 1

See eskiis on muidugi väga lihtne lahendus kõik osakonnad üksteise järgi paigutada, samas see ei ole praktikas kuigi mõttekas, kuna hoone kogupikkus läheks liiga suureks ja tekiks ka pudelikael MTJ juures. See väljenduks selles, et põhiosa toorikutest läheb ETV- st otse MKJ-i. Kui kogu materjal peaks liikuma läbi MTJ koridori koormaks see kiiresti selle üle. Seetõttu otustas autor antud eskiisi täiendada.



Joonis 4.3 Eskiisplaani 2

Antud eskiis (vt Joonis 4.3) on kõige paremini kooskõlas tehnoloogiliste marsruutidega ja elimineerib esimese joonise puudused. ETV, MKJ ja VIM on paigutatud järjest ning nendega paralleelselt on MTJ ja KTS. See tagab töö parema jaotamise ning paralleelsete operatsioonide võimalikkuse.

## 4.2 Eskiisplaani seadmete paigutusega

Kuna tootmispinna arvutus oli tehtud tabelarvutusprogrammis Excel ja põhines paljuski eelduslikel andmetel (vt Tabel 4.1) tuleb teha ka eskiisjoonis iga osakonna kohta. Võtta tootmispinna arvutuses leitud seadmete arv ja seadmete tüübid aluseks ning selle põhjal koostada tehase lihtsustatud joonis seadmete paigutuse kohta.

Seadmete mõõtmed sai võetud praeguse tehase joonistelt vastavalt seadmete nimekirjale (vt Lisa 4). Iga seadme jaoks on arvestatud kahekordne seadme pindala koos 30% üldalaga. See tagab, et seadme juures oleks piisavalt ruumi nii laadimiseks kui ka hoolduse teostamiseks.

Tehase paigutuse põhilisteks mõjutajateks kujunesidki:

- Toote transpordimarsruudi sirgjoonelisuse tagamine
- Hoone väliskontuur (võimalikult ristkülik)
- Sildkraanatee laius (lüüsi laius vastavalt sellele)
- Toote mõõtmed
- Seadmete mõõtmed

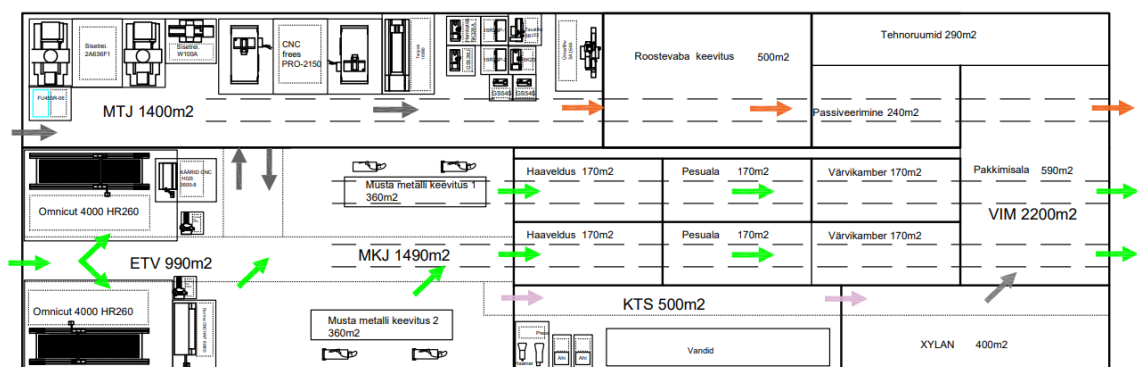
Osakondade paigutuses sai lähtutud eelnevate peatükkides käsitletud eskiisplaanist ning osakondadevahelistest seostest. Põhiline eesmärk oli valmis toote teekond projekteerida võimalikult sirgjooneliselt. Selle jaoks sai hoone põhilüüsi paigutatud järjest ETV ja MKJ, et toorikuid oleks sildkraanaga võimalikult lihtne transportida. Viimistlusosakond on paigutatud kohe peale MKJ nagu varasem eskiisplaani ette nägi, see võimaldab keevitusosakonnas toote lihtsa vaevaga transpordialusele tõsta ning edasi värvimisse transportida (vt Joonis 4.4). VIM on kaks paralleelset värvikambrit koos pesuala ning haaveldusalaga võimaldamaks mitme toote samaaegset töötlust. Kuigi

arvutused näitavad, et piisaks ka ühest värvikambrist otsustas autor siiski kahe kasuks, kuna see suurendab paindlikkust ning aitab kaasa hoone paremale paigutusele. See tähendab ilma teise paralleelse värvikambrita tekiks hoonesse tühi ruum, mida millekski vaja pole või tuleks viimistlusosakonna laiust vähendada, mis viiks hoone väliskontuuri tasakaalust välja ning raskendaks ehitustöid.

Põhilüüsiga on paralleelselt mehhaanilise töötlemine. Sellesse osakonda saavad tulla toorikud nii ETV-st kui ka välislaost edasiseks mehaaniliseks töötluks. Seadmete paigutusel MTJ on lähtunud ideest, et kõige suurema gaariidilised töötluksed on välisuksele ning ETV-le lähemal transpordi lihtsustamiseks. Väiksemad seadmed asuvad kaugemal kuna nende jaoks mõeldud toorikud on ka väiksemad ning lihtsamini transporditavad. Mööda MTJ osakonda liigub ka vajalik materjal roostevaba keevituse osakonda jaoks (vt Joonis 4.4).

Roostevaba keevitus sai paigutatud MTJ samasse lüüsi hoone väliskontuuri ühtlustamiseks (vältimaks välisseintes tarbetuid nurki) ning tagamaks selle osakonna eraldatus muust tootmisest. Roostevabast keevitusest pääseb otse passiveerimisse ning sealt juba teiste värvikambritega ühisesse pakkimisalasse (vt Joonis 4.4).

Termiline töötlemine ning merendusele mõeldud xylan pinnatöötlusosakonnad asuvad paralleelselt värvikambritega. Nende paigutus ei ole nii rangelt määratletud nagu teistel osakondadel, sest nendes osakondades valmistatavad detailid on antud tootmist silmas pidades võrdlemisi väiksed.



Joonis 4.4 Eskiisplaan koos seadmete paigutusega

Nagu allolev tabel (vt Tabel 4.1) näitab, erineb arvutuslik projekteeritust ligi 28%, mis on tingitud mitmetest aspektidest. Peamine põhjus seisneb selles, et kui tahta toote transporditeekonda sirgjoonelisustada toob see paratamatult kaasa teatud tootmispinna raiskamist. Näitena viimistlusosakonna pakkimisala ei peaks nii suur olema. Kui tahta, et peale värvimist ja bassiveerimist saaks toote lihtsalt värvikambrist

välja lükata ilma muid tõstetöid vajamata, ei jää lihtsalt muud üle kui leppida suurema alaga.

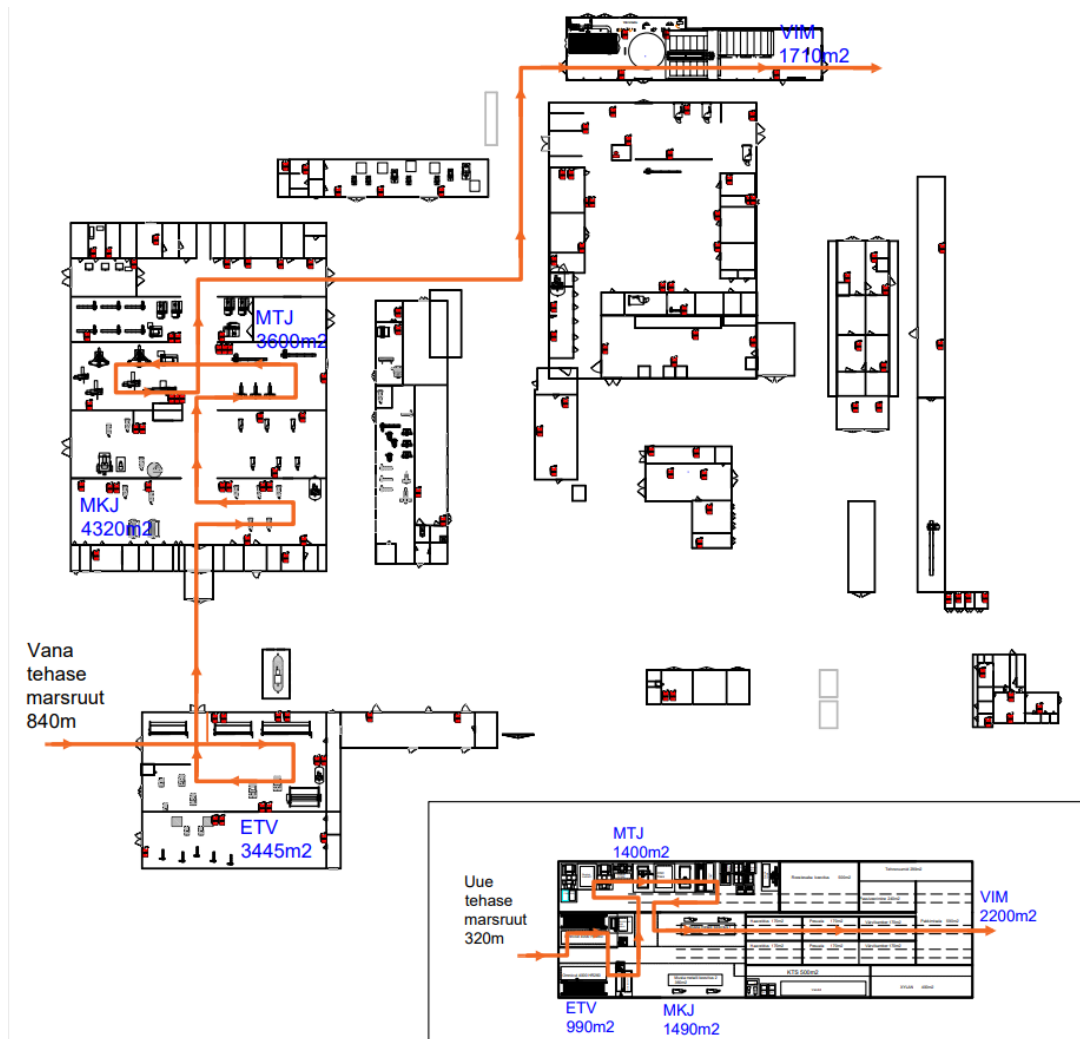
Teine põhjus on lähtuvalt masinate geomeetriast ning transpordimarsruutidest. Neist viimast on veel eriti keerukas arvutuslikult määratleda. Eriti märgatav on see just KTS osakonnas, kus pindala on kaks korda suurem kui arvutuslik, põhiliselt just selle tõttu et KTS läbib materjaliliikumisekoridor mida algselt ei arvestatud.

Kolmandana võib välja tuua ehitustehnilise efektiivsuse. Lihtsalt öeldes hoone peaks olema võimalikult risküliku kujuline, iga lüüs ühtlase laiuse ja pikkusega. Põranda plaatide võrgustik *grid* (6x6) peaks olema rahuldatud. See seab teatavad piirangud projekteerimisele ja toob samuti kaasa suurema pindala kui arvutuslik.

Tabel 4.1 Eskiisi erinevus arvutuslikust

	Joonis	Arvutuslik	Erinevus arvutuslikust
ETV	990	578	71%
MTJ	1400	1256	11%
MKJ	1490	1166	28%
KTS	500	240	108%
VIM	2200	1900	16%
TOT kokku	6580	5141	28%

### 4.3 Uue ning vana tehase tehnoloogiliste marsruutide ning territooriumi pindala võrdlus.



Joonis 4.5 Uue ning olemasoleva tehase tehnoloogiliste marsruutide võrdlus

Antud joonise peal on kujutatud nii vana kui ka planeeritava tootmishoone materjali liikumise teekondi konveieri valmistamise puhul (vt Joonis 4.5). Konveiersüsteem on näitena toodud, kuna on üks kõige tüüpilisema materjaliliikumisega tooteklasse.

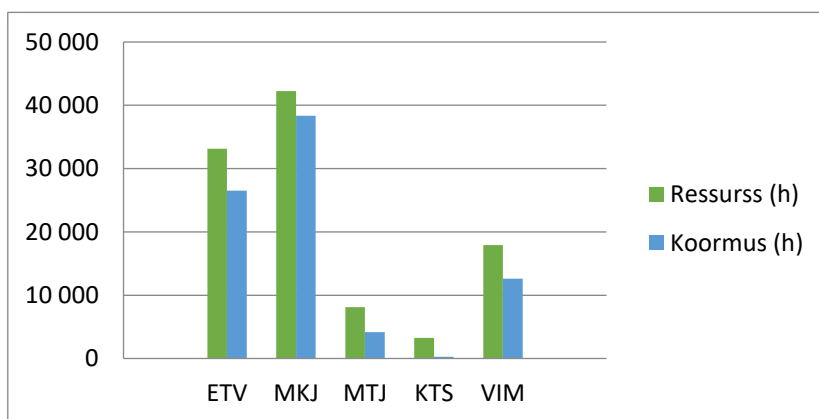
Vana hoone puhul läbib toorik mitut hoonet ning antud teekonna pikkus on ligi 840m aga uue tootmishoone puhul oleks liikumistee ainult 320m. Ainuüksi see tooks transpordi poole pealt 2,6 kordse kokkuhoiu. Samuti toimub põhiliklus hoone siseselt, mis on eriti oluline just talvisel perioodil kütmist silmas pidades.

Samuti pakub joonis (vt Joonis 4.5) head võrdlusmomenti vana ning uue tehase territooriumi pindala suhtes. Uus tehase krundi pindala oleks ligi 14 korda väiksem kui olemasoleval tehasel.

## 5. EFEKTIIVSUS

### 5.1 Koormatus algse tootmisplaani alusel

Tehase ajaressursi kõrge kasutatavus on üks olulistest KPI-dest ning on tootmishoone majandusliku otstarbekuse seisukohalt ülioluline. Selle kajastamiseks koostas autor graafiku võrdlemaks tööjõu ressursi reaalse koormatusega (vt Joonis 5.1) ning tegelikku tootmispinna vajadust planeeritavaga (vt Joonis 5.2)



Joonis 5.1 Personalikoormatus

Personalikoormatuse graafikult saab näha, et olukord ei ole just halb kui MTJ ja KTS kõrvale jätta.

Tootmispinna kasutatavuse leidmiseks osakonna kohta kasutas autor järgnevat meetodikat. Kõigepealt leidis iga toote kohta eraldi, kui palju pindala see toode ühes osakonnas vajaks (5.1).

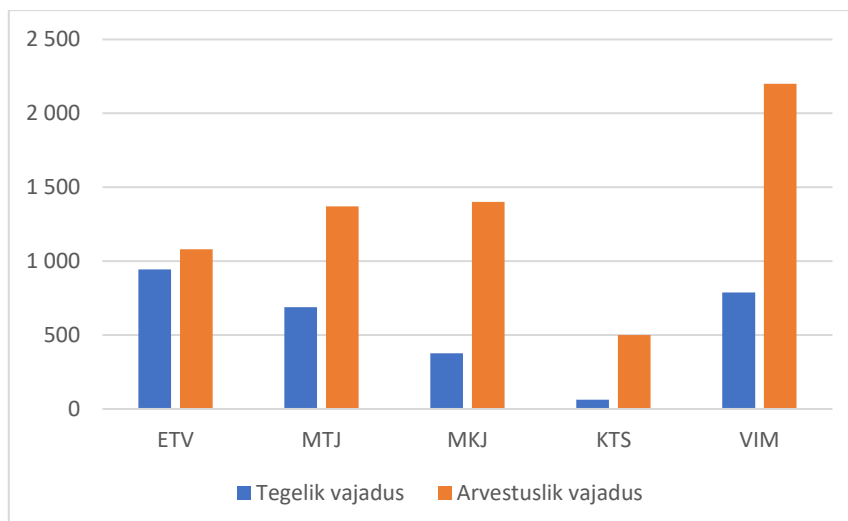
$$A_{\text{Toote } 1 \text{ valmistamine}} = A_{\text{toode } 1} * kogus(tk) * \frac{\text{tsükliäeg(päeva)} * kogus(tk)}{\text{tööpäevi aastas}} \quad (5.1)$$

Järgnevalt tuli saadud tulemused tooteklasi kohta summerida (5.2) ning tulemuseks on osakonna tootmispinna vajadus. Selle suhe planeeritava pindalaga annab tootmispinna kasutatavuse.

$$A_{\text{osakond}} = A_{\text{Toote } 1 \text{ valmistamine}} + \dots + A_{\text{Toote } n \text{ valmistamine}} \quad (5.2)$$

Tehnoloogiline koormatus (vt Joonis 5.2) näitab aga selget alakoormust. Nendest andmetest lähtuvalt tuleb tooteportfelli optimeerida, et suurendada osakondade efektiivsust.





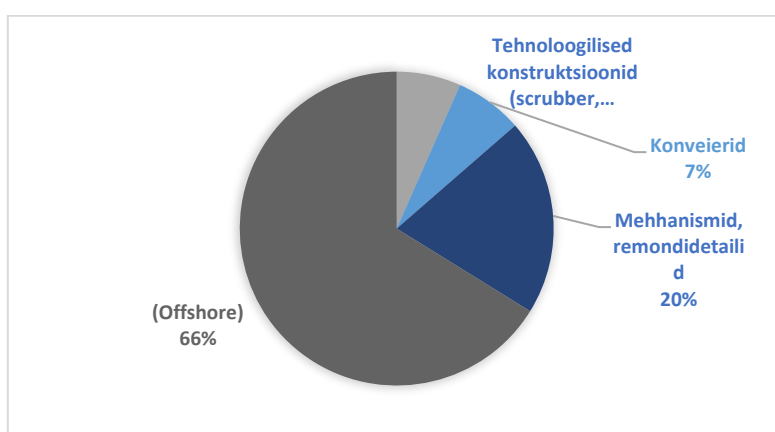
Joonis 5.2 Tootmispinna koormatus

Samuti on hetke tootmismahd liiga väike ning selle tõttu on projekt hetke mahtude juures kahjumlik. (Majanduslikke aspekte käsitleb autor järgmises peatükis 6. Finantsid)

## 5.2 Tooteportfelli optimeerimine

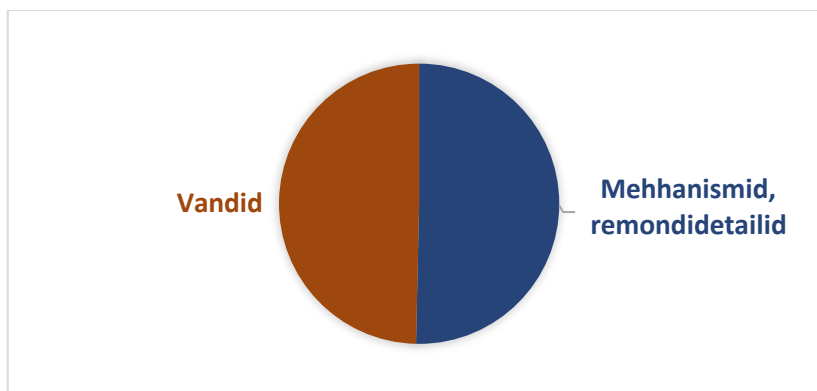
Antud punktis proovib autor lahendada kasutatavuse probleeme nii töötundide kui ka tootmispinna suhtes, samuti püüab autor tagada ka lõpptulemusena projekti kasumlikkuse. Esmalt tuli valida mida KTS-iga teha. Kuna kaevandused on siiski jätkuvalt klientideks ja kuna tegemist on ka Eesti Energia tüdarettevõttega ei saaks autori arvates neist mahtudest ka päris loobuda. Selle tõttu otsustas töö autor püüda optimeerida tooteportfelli nii, et Sepikoda alles jääks.

Järgmise etapina uuris autor millised tootekategooriad enim koormavad antud allüksusi MTJ ja KTS.



Joonis 5.3 Mehaanika tsehhi MTJ tellimuste ajafond

Nagu antud graafik näitab koormavad mehaanilise töötlemise tsehhi enim *offshore* tellimused (vt Joonis 5.3), teisena remondidetailid ning tehnoloogilised konstruktsioonid hõlmavad vaid 7% ning sama olukord on ka konveieritega.

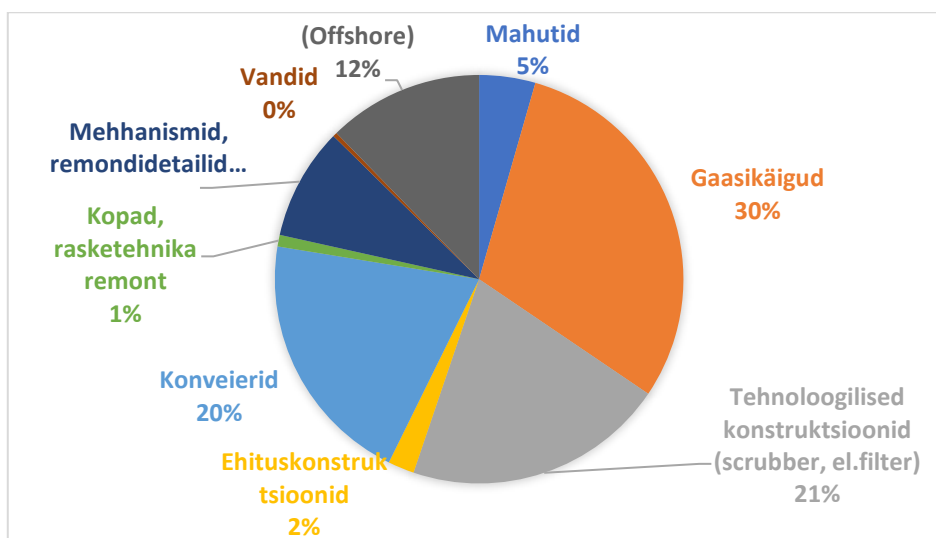


Joonis 5.4 Sepikojä KTS tellimuste ajafond

Järgnev joonis kujutab ägä KTS ehk sepikojä tellimuste baasi, mis on väga kasin (vt Joonis 5.4). Seda Üksust koormavad vaid vandid koos remondidetailidega.

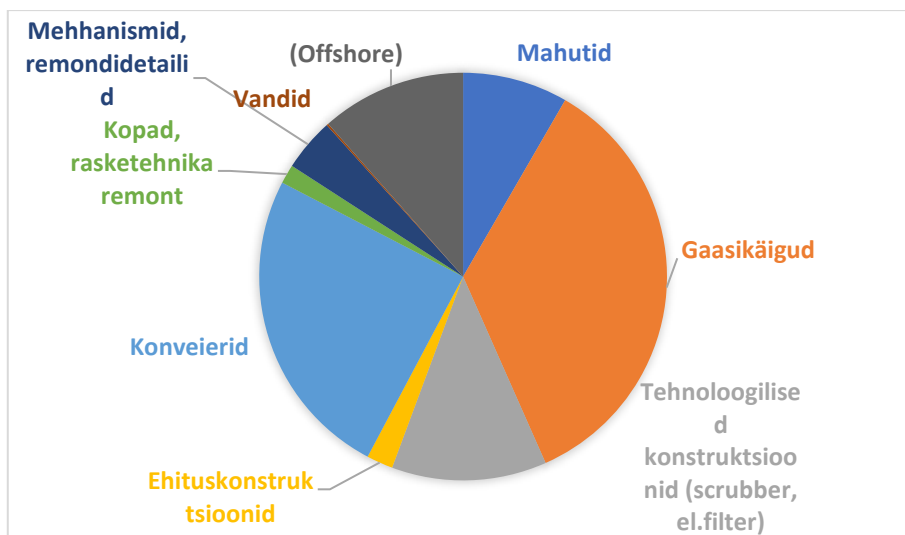
Antud info põhjal saab teha järelduse, et kui tahta koormata KTS peab suurendama vantide ja remondidetailide tootmist. Et ägä suurendada MTJ efektiivsust tuleb just rõhuda *offshore* toodetele.

Kõige efektiivsemate koguste jaoks katsetas autor paljude erinevate stsenaariumitega. Eesmärgiks oli saavutada efektiivsus üle 70% ning saavutada projekti kasumlikkus.



Joonis 5.5 Tootmis tellimuste käibe võrdlus

Kõige parema ülevaate toodete käibest annab järgnev graafik (vt Joonis 5.5) mis kujutab keskmist projekti maksumust. Sellelt on näha et kõige suurema käibega on gaasikäigud, tehnoloogilised konstruktsioonid ning konveierid.



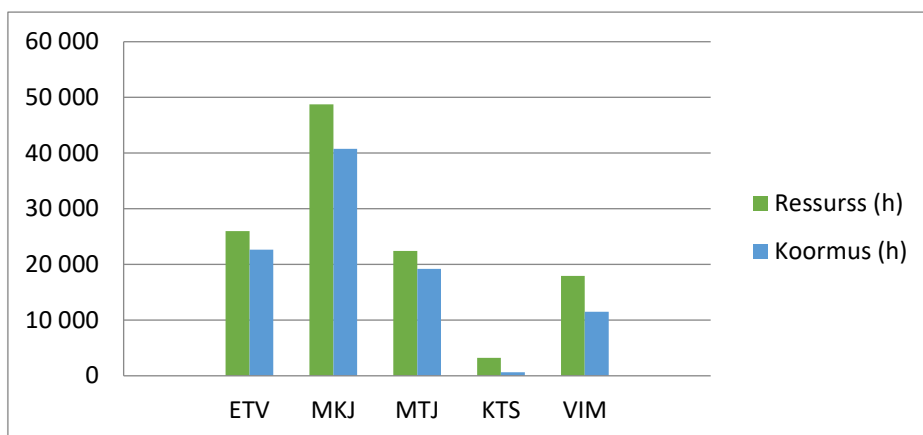
Joonis 5.6 Tootmise tellimuste ajafondi võrdlus

Antud andmete põhjal sai teha järgmine optimeerimine. Loobuda gaasikäikudest kuna tegemist on suure käibega, aga samas ka suure töömahuga tootegrupiga (vt Joonis 5.6) mille tõttu lisandväärtus on väike. Autor pakub välja järgneva spetsialiseerumise (vt Lisa 5).

Tooteportfell (tellimused kasvavalt)

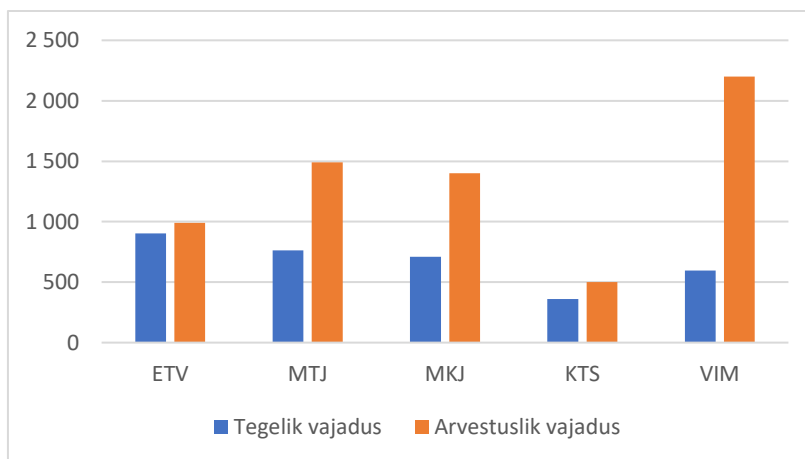
1. Tehnoloogilised konstruktsioonid- tegemist suure kasumlikkusega tootegrupiga, mis koormab peaaegu kõiki allüksusi
2. Mehhanismid remondidetailid- tagamaks KTS ja MTJ koormatus
3. Konveierid- antud kategooria on oluline tagamaks ETV koormatus
4. Mahutid- antud tootekategooria koormab ühtlaselt põhilisi allüksusi ja võimaldab koormust parmini jagada.
5. Offshore- oluline kategooria tagamaks MTJ koormatus
6. Vandid- väga oluline on vantide tootmist suurendada, et tagada KTS koormatus
7. Rasketehnika remont- Lähtuvalt ettevõtte spetsiifikast oluline kategooria

Spetsialiseeritud tooteportfelli järgi koostatud personali (vt joonis 5.7) ja tehnoloogilise koormatuse graafikud (vt Joonis 5.8) näitavad paremat tulemust, eriti just MTJ ja KTS. Sellisel juhul oleks ajaressurss efektiivselt kasutusel, jäädes vajalikku diapasoni 60%-80%, mis tagab et koormatus oleks piisav aga samas lubaks ka teatavat paindlikkust. Erandiks on KTS mille efektiivsust suutis autor tõsta 9%-20% peale, mis siiski on väga madal.



Joonis 5.7 Personali koormatus

Tootmispinna kasutatavus oleks ETV ja MTJ puhul piisav, aga MKJ ja KTS ning VIM oleks alakoormatud, kuid see tuleneb peamiselt nende üksuste spetsiifikast. Kuna tegemist on detailide tootmise üksustega, kus on palju seadmeid ja kõiki seadmeid iga projekti jaoks vaja pole ning samuti ei teostata nendes ruumides ka koostamistöid, see tingib vähese tehnoloogilise efektiivsuse. Viimistlustsehhi puhul on vähene tootmispinna koormatus põhjustatud värvi ja muude tehnoloogiliste kambrite paigutusest. Marsruudi optimeerimine ning sirgjoonelisuse tagamine toob kaasa paratamatult üleliigset pinda.



Joonis 5.8 Tehnoloogiline koormatus

Kasumlikkuse aspekte käsitleb teose autor peatükis Finantsid. Kuid etteruttavalt olgu öeldud, et antud tooteportfelli põhi optimeerimise tingimus oli just kasumlikkuse tagamine ning see sai ka rahuldatud, põhiliselt just mahtude suurendamise tõttu.

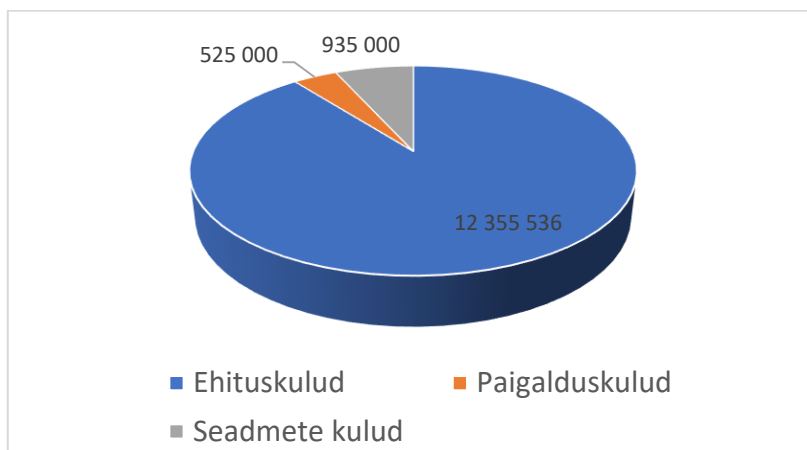
## 6. FINANTSID

### 6.1 Projekti maksumus.

Projekti maksumuse põhiosa moodustab orienteeruv tootmispinna ühe ruutmeetri hind, milleks on 1200 eurot. Kõik projekti maksumuse tabelis (vt Lisa 6) välja toodud ühikulisel suurused on võetud ühe näidisprojekti alusel. See projekt kajastab suuregabariidiliste elektrigeneraatorite tootmishoone põhikarakteristikute arvutamist Excelis [10]. Järgmine projekti maksumuse põhiosa on krundi hind, selle leidmiseks sai kogu tootmispinnavajadusele liita 20% tootmishoonet ümbritsev ala ning ruutmeetrihinnana sai võetud orienteeruvalt 60eur/m<sup>2</sup>. Samuti lisanduvad ka projekteerimis- ja ka määramatud kulutused.

Järgmine osa on iga tootmisüksuse spetsiifikast lähtuvad kulud. Nende alla kuuluvad tõsteseadmed, ventilatsioon, seadmete aluse vundamendikulud ning seadmete paigalduse kulud.

Kogu projekti maksumuseks sai autor ligi 14mln eurot (vt Lisa 6). Ning üldistatult saab kulud jagada kolme kategooriasse: ehituslikud kulud, seadmete kulud, seadmete paigalduse kulud.



Joonis 6.1 Projekti kulude jaotus

Seadmete kulu on võrdlemisi väike, kuna autori plaan on kasutada olemasolevaid tootmiseseadmeid. Seadmete kulu all käsitleb autor tõsteseadmete, ventilatsiooni ning muu infrastruktuuri kulusid. Ehituskulude all on orienteeruv ruutmeetri maksumus ning osakondade muud nõuded, näiteks vundamendikulud. Seadmete paigaldus on orienteeruv suurus, mis tekib vanade seadmete siirdamisel uude tehasesse. Tegemist on puhta kuluga mida ei saa võtta arvesse amordikuluna.

## 6.2 Tasuvusarvutus

Tasuvusarvutuse eesmärgiks on vastata küsimusele, kas antud projekt oleks kasumlik. Sellest olenevad ka paljud eelnevad punktid. Autor viis arvutused läbi Excelis ja püüdis tehase parameetreid eriti just tellimusi nii optimeerida, et tehas muutuks kasumlikuks.

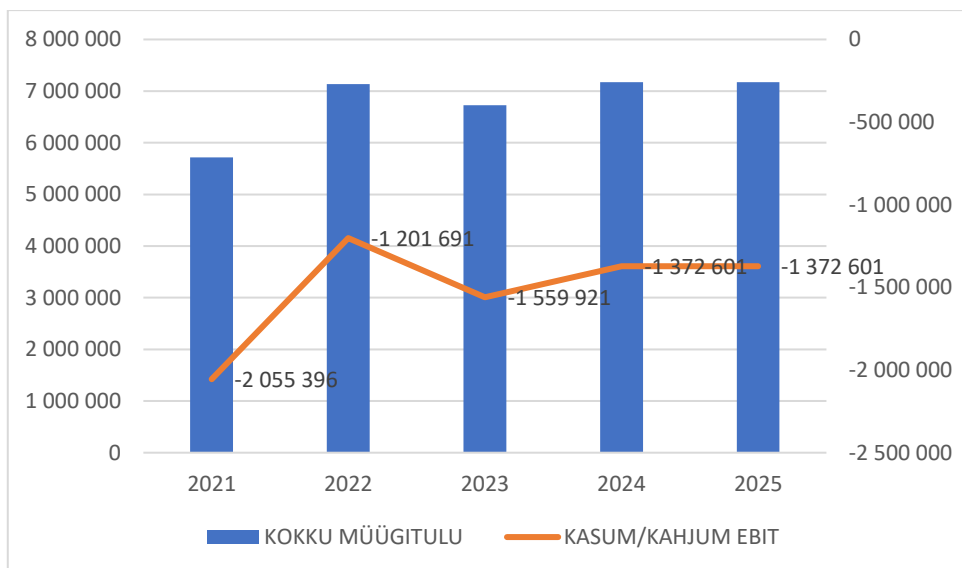
Tasuvusarvutus on teatavate lihtsustustega ning põhines järgmisel valemil (6.1). Tuludeks oli optimeeritud müügiplaani maht. Püsikulud leiti praeguse tehase kulude baasilt. Elektritarve võeti maksimaalse tarbimisvõimsuse järgi lähtuvalt seadmete vajaduse tabelist ning samuti sisaldab arvutus ka orienteeruvat valgustuse ning ventilatsiooni kulusid. Küttekulu hetkel ei arvesta planeeritavast asukohast lähtuvalt. Kui rajada hoone Auveresse oleks võimalik kasutada sealset soojust, grupisisene tehing. (vt. peatükk 7.1 Asukoha informatsioon) Materjali kulu leiti automaatselt otse tellimuste baasilt. See tähendab käive toote kohta korrutati kuludejaotusega toote kohta ning saadi materjalikulu tooteklassi kohta. Tööjõukulu on lähtuvalt töötajate arvust ning neile makstavast orienteeruvast palgast. Amort hõlmab endas eelmises punktis leitud projekti kogumaksumust jagatuna amordiperioodiga, 20 aastaga (amordiperiood valitud eelneva kogemuse ja parima tava põhjal, seadmete tavapärase amordiperiood 5-10 aastat hoonel, aga 15-30 aastat olenevalt projektist)

$$kasum = tulud - (materjal + tööjõud + elekter + püsikulud + amort)$$

(6.1)

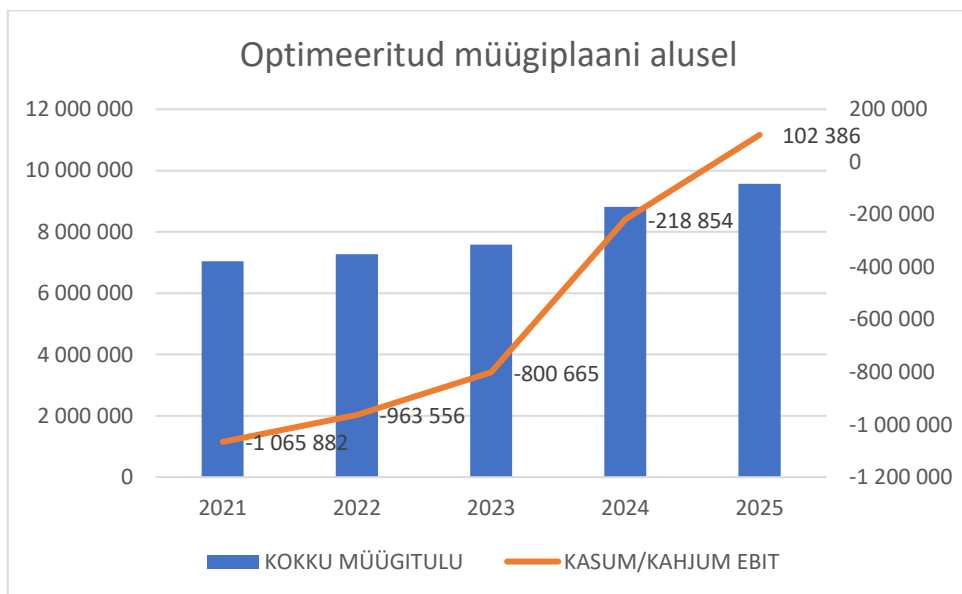
Käesolev valem (6.1) võimaldas tasuvusarvutuse integreerida ülejäänud arvutusmudeliga ning lihtsustas sobiva tooteportfelli valimist.

Planeeritud tootmismahdade juures ei paranda ka uue tehase ehitamine kasumilikkuse probleeme, kuna käive on liiga väike ja ei kata tehase ehituskulusid (vt Joonis 6.2). See tähendab planeeritud 5-7mln käibe juures tekiks üle miljoni euro kahjumit (samam võib seda probleemi lahendada ka amordiperioodi pikendamise, kuid see toob kaasa riske). Kui tooteportfelli ei ole võimalik suurendada ja spetsialiseerida, ei ole uue tehase ehitus otstarbekas. Kuid kui tellimusbaasi suurendada ning jagada hoone ehituskulud 20 aastase amortisatsiooniperioodi peale ei ole amordikulu palju suurem, kui hetke tehase remondi-ja hoolduskulud kokku.



Joonis 6.2 Käive ning Ebit planeeritud tooteportfelli korral

Optimeeritud tellimuspagasiga saavutas autor 100 000 eurose kasumi 9,5mln eurose käibe juures (vt Lisa 7). Esimene aasta oleks ettevõtte kahjumis tootepagasi kesise ning seadmete ülessätetuskulude tõttu. Kasumlikkuse saavutaks projekt siis kui järgmiste aastate jooksul suurendada käivet 9 miljoni euroni, mis on antud projekti nullkasumi punktiks (vt Joonis 6.3). Peale seda käibe kasv pidurduks lähtudes tootmise võimekusest ning kui amordiperiood lõppeb 20 aasta pärast saavutaks ettevõtte maksimaalse kasumi.



Joonis 6.3 Käive ning Ebit optimeeritud tooteportfelli korral

## **7. TEHASE TEHNILISED PARAMEETRID**

### **7.1 Asukoha informatsioon**

Sobiliku asukoha valimine on tehase ehitamise juures oluline punkt. Sellest tulenevad paljud projekteerimise piirangud [11].

Antud projekti puhul on valikus kaks asukohta. Kas teha uus hoone olemasoleva tehase asemele ning üleliigne maa-ala müüa maha või rentida välja. Teise variandina võiks uue tootmishoone püstitada Auveresse, kuna ida poole on koondunud suurem osa Eesti Energia tootmisest. See viiks Enefit Solutionsi klientidele lähemale. Samuti oleks siis võimalik küttelahenduste poole pealt kokku hoida. Näiteks oleks võimalik sõlmida leping odava kütte osas Eesti Energiaga, vastutasuks teeb Enefit Solutions grupisiseid tellimusi soodsamalt. Selline samm oleks mõttekas, kuna tegemist on ikkagi suures plaanis ühe kontserniga ning grupisestest tehingute pealt kasumit ei teki.

Eelnevast lähtudes arvab autor, et kõige mõttekam oleks valida tehase uueks asukohaks Eesti Energia Auvere tööstuspark.

### **7.2 Ehitustehnilised nõuded**

#### **7.2.1 Nõuded vundamendile**

Tugev vundament on tehasehoone olulisim osa, eriti veel tootmisele, mis tegeleb suurte raskustega. Selle tõttu peab viima läbi põhjalikud pinnaseuurimused ning käituma vastavalt tulemustele. Vundamendi peab rajama sügavusele, millel aluspinna kandevõime on vähemalt 150kN/m<sup>2</sup> kohta. Põrand peaks koosnema armeeritud betoonplaatidest, mis on asetatud hästi tihendatud kõvale südamikule, nende vahele peab olema paigutatud niiskustõkkekiht. See peaks koosnema bituumeni- või asfaldikihist, bituumenvildist või polüetüleenkestest. Raudbetoonist plaatide vahel peavad olema paisumisavad, et vältida pragude tekkimist ja need tuleks katta mõne sentimeetri paksuse tsemendikorgiga, ning krohvida siledaks. Põranda tase peab olema piisavalt maapinnast kõrgemal, et vesi ei satuks tehasehoonesse [11].

#### **Tehnoloogilised nõuded vundamendile**

Vundamendi rajamisel peab arvestama tootmiseseadmete paigutusega. Teatud seadmed näiteks painutuspingid vajavad vundamendi sisse süvendeid ja seadmete suur raskus nõuab ka seadme aluspinna suuremat tugevdamist. Samuti peab sellise seadme juurde elektrivarustus tulema põranda alt, vältimaks suurte, kõrge pingega juhtmete põrandale jätmist [11].

#### **7.2.2 Nõuded seintele**

Enamik kaasaegseid tehaseid on ehitatud karkassiga ning kaetud tavaliselt raudbetoonist või plekist plaatidega. Tugisambad on ühendatud alumiste



kinnitusvarrastega, mis kinnituvad põrandaplaadi külge ning ülemised kinnitusvardad, mis hoiavad raami kindlalt koos. See on oluline, et kõik ühendused oleksid turvalised ja täpsed ning, et armatuurvardad on hästi betooniga seotud. Seinad on ehitatud tugisammaste vahele. Seinad võivad olla valmistatud plokkidest või muudest ehitusplaatidest. Samuti tuleks lisada seinte ja põranda kokkupuutepinnale betoonriba, umbes ühe meetri laiune, ümber välisperimeetri, et vihmad ei õõnestaks seinte alust [11].

### **7.2.3 Nõuded ustele**

Uste arv sõltub hoone ehitusest. Võimaluse korral peaks olema vähemalt kaks ust varude rotatsioonid põhimõttel "kõigepealt sisse, esimene välja". Kahekordsed terasest lükanduksed on üks võimalus. Kaasaegsem alternatiiviks on kompaktsed seksioonvoldikud. Avamisel, need ukse klapivad ukse kohal olevate külgmiste rõõbaste sisse, pakkudes hoones rohkem kasutatavat ruumi. Sääraste siinisüsteem on sujuv ja vaikne, mis kasutab vähe energiat ja tagab pika elutsükli [11]. Uste oluliseks kriteeriumiks on muidugi mõõdukus. Mõõdukus peab valima vastavalt suurima planeeritud toote mõõtudele.

### **7.2.4 Nõuded katusele**

Katusekonstruktsioon peab olema projekteeritud nii, et see kannaks katuse raskuse kõige optimaalsemalt üle tugisammastele. Kui tehase laius on suurem kui 15 meetrit peaks kindlasti kasutama portaalraame. Katuse kattematerjalina peaks kasutama pigem galvaniseeritud terast või alumiinium profiile. Katuse peaks ulatuma üle seinte 0.7 kuni 1m tagamaks, et vihm ei voolaks mööda seinu alla [11].

## **7.3 Nõuded Töökeskonnale**

### **7.3.1 Keevitusala**

Keevitus ja montaažitsehhis peab olema iga keevitusala juures liigutatav äratõmbetoru suitsu gaaside väljatõmbeks. Samuti peab olema piisavalt elektripistikuid, see tähendab pistikud võiksid olla vähemalt iga 10m järgi, et töölised saaksid ilma probleemideta jõuda käsitööriistadega iga toote piirkonnani.

### **7.3.2 Ventilatsioon**

Hea ventilatsioon on tehasele, mis tegeleb metalli töötlemise ja keevitamisega väga oluline just tööohutuse seisukohalt. Ventilatsioon peab tagama piisama õhuvahetuse, see tähendab ruumis olev õhk peaks vahetuma minimaalselt neli korda tunnis, antud tootmishoone puhul võiks see näitaja olla isegi kümme [14]. Väljundõhulõõris peab olema peenosakeste filtrisüsteem, et tagada keskkonnanõuete täitmine. Hoone laes peavad paiknema ventilaatorid, et tsirkuleerida õhku mis on eriti oluline talvisel perioodil, millal küttesüsteemist tulev soe õhk koguneb kõrge lae alla. Ventilatsiooni

sissevõtte- ja väljaviske lõõrid peavad olema kaldega allapoole katuseservast ning avad peavad olema kaetud võrguga [11].

Töö autor arvutas ka ligikaudese energiakulu ventilatsiooni peale lähtudes viimistlustsehhi väljaviske *ekstraktor*-ite spetsifikatsioonist. Arvutusmetoodika põhines osakonna ruumala arvutamisel ning selle korrutamisel nõutava õhuvahetuse arvuga tunnis. Saadava õhuhulga jagas ühe *ekstraktor*-i poolt väljapuhutava õhu hulgaga. Kuna autor teadis *ekstraktor*-i võimsust sai ta nende pealt tuletada kogu nõutava võimsuse.

### **7.3.3 Valgustatus**

Valgustatus on ohutu, mugava ja produktiivse tootmishoone oluline komponent. Päevasel ajal peaks maksimeerima naturaalse valguse osakaalu, mis aitab parandada nii töökeskkonda, kui ka hoida vahendeid kokku. Tehislik valgustus peab muidugi igal juhul olema olemas, et tagada nõuetekohane valgustatus. Lagi võiks olla heledamat tooni, et tagada parem valguse peegeldavus [11]. Põhiliselt peaks tootmishoones valgustatus jääma normaalse valgustatuse piiridesse (800lux juurde) välja arvatud viimistlustsehhi, kus peaks olema eriotstarbeline valgustatus (800-3000lux) [12]. See aitab paremini hinnata värvimistöde nõuetele vastavust. Valgustuse puhul on oluline ka lambitüüp ja summaarne võimsus kõigi valgusallikate peale kokku. Lambitüübina oleks kõige efektiivsem kasutada kas fluoresents või LED lampe. Võimuse arvutamise juures on oluline teada valgustatava ala suurust (pindala) ja nõutavat lux näitu. Kuna lux on võrdne 1 lumeniga ühe ruutmeetri kohta ning 800 lumenine fluoresents lamp võtab 14 watti, saab umbkaudu leida kogu valgustusele kuluva energia [15].

### **7.3.4 Temperatuur ja niiskus**

Vastavalt eesti tööinspektsiooni kodulehele peaks tööde puhul, mis nõuavad teatavat füüsilist pingutust või pidevat liikumist olema sisekliima temperatuurivahemikuks 16-22°C. Õhuniiskus võiks olla mõõdukas liiga kuiv õhk tekitab limaskestade ärritust ning liiga niiske (85% ja enam) põhjustab hallituse teket [12]. Tehnoloogilised nõuded niiskusele ja temperatuurile on antud tootmishoone puhul võrdlemisi leebed ning lähtuvad pigem töötaja mugavusest ja heaolust. Kuid viimistlusosakonnaga on teine olukord ning see peab vastama värvimiseks vajaliku sisekliima nõuetele. Sobilik temperatuur ja madal niiskustase värvi kuivamiseks.

### **7.3.5 Nõuded müratasemele**

Müratase ei tohi ületada 85 dB(A) kaheksatunnise tööpäeva juures [13]. Suurem müratase põhjustab kuulmislangust. Mürataseme vähendamiseks peaksid seinad olema hea heliisolatsiooniga, laes võiksid olla helisummutavad plaadid, et vältida müra võimendamist ja edasi kandumist teistesse osakondadesse [11]. Muidugi peavad töötajatele olema kättesaadavad isikukaitsevahendid- kõrvaklapid, kui müratase siiski liiga kõrgeks osutub.

## **7.4 Tõsteseadmed**

Tõsteseadmed ning detailide transport olid ka väga oluliseks mõjutajaks tootmise eskiisplaani väljatöötamisel. Hoone laius oli valitud vastavalt sellele. Põhilüüsi laius 30 meetrit on kompromiss, mis tagab piisava laiuse kuid pole ka liiga piiripealne suurus, (lähtub Kraanavabriku kahetalalise sildkraana maksimaalsest sildest mis on 36 meetrit) mis viiks sildkraana hinna ülesse.

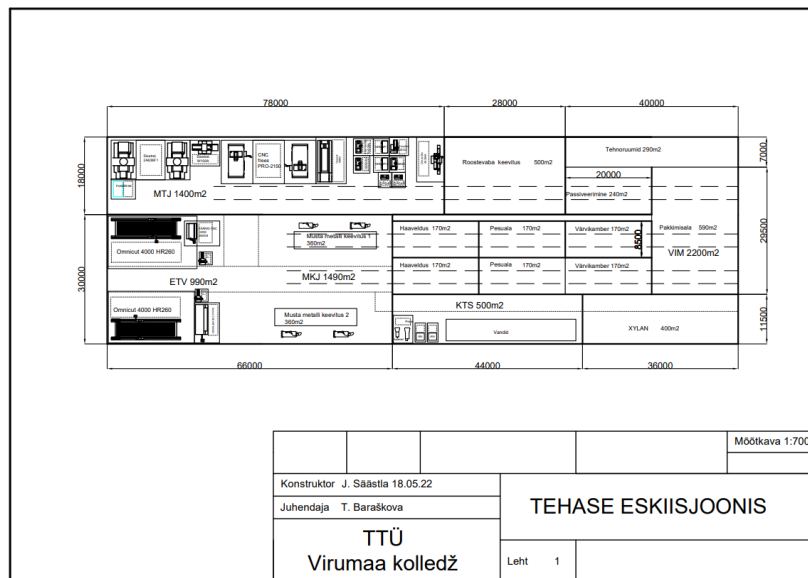
Samuti sai hoone osakondade paigutuses arvestada sellega et sildkraana saaks sõita ka ühest osakonnast teise, just ETV ja MKJ puhul. See tagab toorikute efektiivsema transpordi.

## **7.5 Tehase Spetsifikatsioon**

Eelnevate peatükkide arvutuste ja uurimistöö tulemusena valmis tehase põhikarakteristikute tabel, mis kajastab erinevaid tehnilisi nõudeid käesolevale tehasele (Vt. Lisa 8). Spetsifikatsioonis kajastuvad nõutavad pindalad osakondade lõikes, nõutud pörandakandevõimed, kraanade spetsifikatsioon jpm.

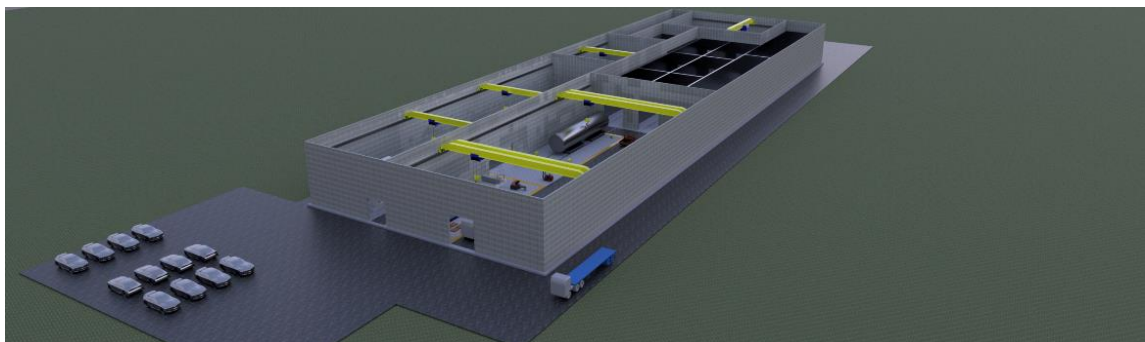
## 8. DETAILNE JOONIS JA 3D MUDEL TOOTMISHOONEST

Käesoleva töö viimane etapina valmis eelnevalt leitud andmete baasilt tootmishoone eskiisjoonis (vt Lisa 9). Mõõtmed kajastavad hoone siseseid suuruseid seinte ja kandekonstruktsioonide ning sildkraanateed on kantud mudelile illustratiivsetel eesmärkidel. Hoone ehituslikud karakteristikud vajavad veel väga põhjalikku analüüsi ning antud töö seda ei kajasta.



Joonis 8.1 Tehase eskiisjoonis koos mõõtudega

Parameetrilise disaini jaoks kasutas autor mitmeid programme. Algse 2d joonis sai konverteeritud 3d-sse tänu Factory Design Suit funktsionaalsusele. Saadud mudelit täiendas autor Fusion 360 kuna autor on antud programmiga paremini tuttav ning samuti on autori arust Fusion 360 parem programm prototüüplahenduste modelleerimiseks. Põhipõhjuseks programmi lihtsus ning detaili ning koostejooniste muutmise ning loomise võimalus ühes failis. Antud programmis sai teostatud ka mudeli *render*-id (Vt. Joonis 8.2) mida saab näha töö lisades (Vt. Lisa10-Lisa14).



Joonis 8.2 Tehase mudel ülalt

Tootmiseseadmed modelleeris autor vastavalt seadmete nimekirjale ning iga seadme geomeetria joonest autor ülesse vastavalt internetist leitud spetsifikatsioonile ning fotodele. Sildkraanad kahveltõstukid veokid jpm. tüüpseadmed ja sõidukid on võetud Factory Design Suit-i raamatukogust.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja töötada eskiisplaan uuest metallkonstruktsioonide tehasest asendamaks praegust Enefit Solutionsi tootmishoonet. Antud projekt on unikaalne, kuna Eestis ei tegele palju ettevõtteid suuregabariidiliste metallkonstruktsioonide ja tehnoloogiliste seadmete tootmisega, liiatigi veel sellise uue tehase planeerimisega. Autori jaoks oli oluline uurida hetke tootmise puudujääke ning leida kas uus tehas suudaks neid lahendada ning, kas see oleks ikka majanduslikult otstarbekas.

Tulemuse saavutamist alustas autor erialase kirjandusega tutvumisega ning vajalike meetodikate leidmisega. Järgnevalt kogus töö koostaja algandmeid, mille alla kuuluvad näiteks toodete tüübid, tellimuste mahud ning tööjõuvajadus. Samuti uuris autor hetke tootmisüksuste struktuuri ning nendes allüksustes teostatavaid töid. Oluline oli ka välja selgitada praeguse tootmise murekohad, et neid saaks adresseerida uue tehase projekteerimisel.

Nende andmete baasilt töötas autor koos ettevõttepoolse juhendajaga välja arvutusmetoodika Exceli tabelarvutusprogrammis. Exceli metoodika põhieesmärk oli siduda kõik tehase põhilised parameetrid ühte arvutusmudelisse. See tähendab ainsad muudetavad suurused on tellimuste arvud ning toodete parameetrid ning ülejäänud arvutused pindalast kuni tasuvuseni genereeritakse automaatselt. Esmalt selgitas autor välja vajaminevate seadmete tüübid ning hulga. Järgmise punktina aga arvutas iga osakonna nõutava tootmispinna vajaduse. Rakendada sai mitmeid metoodikaid vastavalt osakonna spetsiifikale: seadmemõõtude ja seadmete vajaduse järgi, Little järjekorrateooria järgi ning ka suurima toote pindala järgi. Sealsete arvutuste tulemusena sai autor põhilised parameetrid, mille alusel välja töötada eskiislahendus.

Järgmine osa hõlmab arvutuste põhjalt eskiisi väljatöötamist, tootmismarsruutide analüüsi ning vastavalt sellele detailse seadmete ja asetuspilani väljatöötamist. Samuti ka tootmismarsruutide võrdlust uue ning vana tehase vahel.

Väga oluline on tagada tootmise ajaressurssi kui tootmispinna efektiivne koormatus, samuti tootmise kasumlikkus. Selle tõttu uuris autor planeeritava tehase efektiivsussenäitajad ja optimeeris tooteportfelli nendele vastavalt.

Peale seda vastab autor sissejuhatuses püstitatud küsimusele, kas uus tehas oleks kasumlik. Selle jaoks arvutas töö koostaja välja orienteeruva projekti maksumuse ning teostas lihtsustatud tasuvusarvutuse.

Autor põhjendab ka asukohavalikut ning kirjeldab põgusalt ehitustehnilisi ning töökeskkonna nõudeid. Mille eesmärgiks on formuleerida eelnevate punktide põhjal tootmishoone põhikarakteristikute tabel.

Lõpetuseks valmis eskiis joonis ning mudel uuest tootmishoones, andmaks visuaalse ülevaate autori kontseptsioonile.

Põhiprobleemidena toob autor siinkohal välja praeguse tootmishoone pikad tootmismarsruudid, seadmete kehva paigutuse ning hoonekompleksi amortiseerituse ning tootmispinna liigse suuruse.

Käesolevas töös väljatöötatud eskiislahendus suudaks lahendada paljusid neid probleeme. Uus tehas oleks ligi 2,5 korda väiksema tootmispinnaga 1,4 korda suurema tootepagasi juures. Tehnoloogilised marsruudid oleksid 2,5 korda lühemad ning territooriumi kogupindala oleks 14 korda väiksem kui vanal tootmishoonel. See tooks kaasa kulude kokkuhoiu aga samuti on uue tehase ehitus suur investeering. Isegi siis kui jagada ehituskulud 20 aastase perioodi peale ei oleks tehas kasumlik vana tooteportfelli korral. Kasumlikuks muutuks tehas vaid siis kui tõsta käivet ligi kolmandiku võrra, see tähendab kasumiläveks on 9mln. euro käive 6mln. asemel.

Autor peab lõputöös püstitatud eesmärgid saavutatuks. Kuid samas näeb autor ka vajadust teemat edasi uurida, kuna teema on keerukas ning vajab tunduvalt põhjalikumat analüüsi kui antud töö maht seda võimaldaks. Töö annab küll ettekujutuse milline uus tootmine välja võiks näha, mis oli ka eskiisprojekti eesmärgiks, aga et seda praktikas rakendada tuleks veel süvitsi uurida nii käesolevat teemat kui ka ehituslikke aspekte tootmishoone juures, mida antud töö käitles väga pinnapealselt.

## SUMMARY

The purpose of this research was to generate a sketch design of a metal construction factory for Enefit Solutions to replace the existing old factory. This topic was chosen for several reasons. Firstly, it is a unique project and would give the author a lot of knowledge of manufacturing. Secondly it is also very practical because the old factory is ineffective and trying to think of a solution to that problem will help Enefit Solutions to operate more effectively.

- To achieve the best result, the author set the following tasks
- Study manufacturing and factory design principles and previous works
- To gather data and study the problems with existing factory
- Calculate main parameters of factory. Area requirements, equipment etc.
- Material flow analyze
- Calculate parameters that indicate how effective the factory is. KPI-key performance indicators
- To study the financial aspects of this project
- Define criteria for factory
- Make drawings and 3d-model

This diploma consists of eight chapters. The first chapter gives an overview of different factory planning principles. Secondly, the author will explain how data was gathered and the structure of the existing factory. After that, the floorspace and equipment need are calculated. Then the material flow was analyzed, and a suitable factory layout was chosen. From that the author made sketch drawing with equipment placement and compared this new layout to existing one. Then the efficiency parameters were analyzed, and orders portfolio was optimized. After that the author analyzed financial aspects such as profitability of this project. Then the main criteria of factories were explained, and the specification table was created. And lastly the model and drawing were made.

The calculations for this work were done in Excel. Authors goal was to integrate all the factory parameters. That means changing the number of orders will change the amount of equipment needed and floor space. Also, all the efficiency and financial calculations were tied to these formulas. All drawings and material flow analyze were carried out in Autodesk Factory Design suite and Fusion360.

The author's main objective was to answer the question, can new factories solve problems that exist in the old one?

Main problems were long material routes, poor placement of equipment, too large floorspace that is not proportional to orders and the depreciation of old building.



At first glance the new factory could solve almost all these problems. The new factory will be 2,5 times smaller than the old factory. Material handling routes will be 2.5 times shorter, and the overall real estate area will be 5 times smaller. But if the new factory wants to be profitable the orders portfolio must be optimized and the number of orders and therefore income must be increased from 6 mln to 9mln euros.

This diploma works author thinks he has accomplished this research main goal but a lot of work could be done because this topic is very large. The author briefly explained many aspects of factory design but many thing didn't reflect on this diploma such as constructural design. But this work is a good starting point where to move on and it gives a good overview how this kind of factory would look like and what are the main design criteria.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. M. Sübe, M. Putz. Generative design in factory layout design [Online]  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121002584>  
(05.05.2022). (Konventsimaterjal)
2. Vivekananthamoorthy N., Sankar S. Lean Six Sigma. [Online]  
<https://core.ac.uk/reader/322396429>(05.05.2022). (Veebiartikkel)
3. L. Fermín M. Ciáurriz. Study and design of the factory layout. [**Online**]  
<https://core.ac.uk/reader/401626082> (05.05.2022). (Diplomitöö)
4. Marian Sübe, Steffen Ihlenfeldt, Matthias Putz. Framework for increased sustainability of factory systems by generative layout design [Online]  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122000579>  
(05.05.2022). (Konventsimaterjal)
5. M. Dannapfel, S. P. Vierschilling, S. Losse, O. Matzke. Generative Design In Factory Layout Planning: An Application Of Evolutionary Computing Within The Creation Of Production Logistic Concepts. [**Online**]  
<https://core.ac.uk/reader/288114783> (05.05.2022). (Konventsimaterjal)
6. 6. Civil CAD. Tutorials Autodesk Factory Design Suite Tutorial [**Online**]  
[https://www.youtube.com/watch?v=pIK8\\_M\\_Tnxo&t=2524s](https://www.youtube.com/watch?v=pIK8_M_Tnxo&t=2524s) (05.05.2022).  
(Õppevideo)
7. Autodesk Process Analysis Overview [**Online**]  
<https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/CloudHelp/cloudhelp/ENU/ProcessAnalysis/files/ProcessAnalysis-About-Process-Analysis-html-html.html> (05.05.2022). (Veebiartikkel)
8. K. Karjust, A. Hermaste, J. Riives, M. Eerme. RAPORT Enefit Solutions AS Tootmisprotsessi analüüs.(Raport Enefit Solutions Andmebaasist, Teostaja TTÜ Mehaanika ja tööstustehnika instituut)
9. John D.C. Little, Stephen C. Chapter 5 Little's Law [**Online**]  
[http://web.eng.ucsd.edu/~massimo/ECE158A/Handouts\\_files/Little.pdf](http://web.eng.ucsd.edu/~massimo/ECE158A/Handouts_files/Little.pdf)  
(05.05.2022). (E-Raamat)
10. Näidisprojekt ABB tootmishoonest Excelis (Enefit Solutions Andmebaasist)

11. Remax Products. A Guide to Good Factory Planning [Online] [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/268676/docs/Guide\\_to\\_good\\_factory\\_planning\\_eBook.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/268676/docs/Guide_to_good_factory_planning_eBook.pdf) (05.05.2022). (E-Raamat)
12. Tööeluportaal. Tööruumi korraldus [Online] <https://www.tooelu.ee/et/97/tooruumi-korraldus> (09.05.2022). (Veebiartikkel)
13. Tööeluportaal. Müra [Online] <https://www.tooelu.ee/et/109/mura> (09.05.2022). (Veebiartikkel)
14. Atlanticej, Building ventilation. The proper air changing per hour(ACH) [Online] <https://www.atlenv.com/building-ventilation-the-proper-air-changes-per-hour-ach> (09.05.2022). (Veebiartikkel)
15. Karman, How to calculate how many lumens and watts are needed to illuminate a room [Online] <https://storybox.karmanitalia.it/en/calculate-lumens-watts-illuminate-room#calculate-lumens> (09.05.2022). (Veebiartikkel)

**LISAD**



## Lisa 2 Müügiplan

MÜÜGIPLAAN												
Kogus / kEur	2021		2022		2023		2024		2025		TRIMMEAN	
	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur	Kogus	
Mahutid		1,5	240	6	960	2	320	2	320	2	320	3
Gaasikalgud		0,11	119	1	1081	1	1081	1	1081	1	1081	1
Tehnoloogilised konstruktsioonid (scrubber, ei filter)		4	2984	3	2238	4	2984	5	3730	5	3730	4
Ehituskonstruktsioonid		6	450	12	900	10	750	6	450	6	450	9
Konveierid		1,5	1095	1,5	1095	1	730	1	730	1	730	1
Kopad, rasketehnika remont		5	165	6	198	6	198	6	198	6	198	6
Mehhanismid, remondidetailid		2	639	2	639	2	639	2	639	2	639	2
Vandid		2	24	2	24	2	24	2	24	2	24	2
(Offshore)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...			0		0		0		0		0	
Kokku (k€)			5716		7135		6726		7172		7172	7172 eur
TOT BU & STR	5220			7100		6850		7280		7250		
GV	3171		8530	5150		5150		5550		5550		
Töötajate arv	140		48	42		42		44		44		

## Lisa 3 Seadmete Tabel

Seadmete nimekiri								
No	Inv. Nr.	Mark	Seadme nimetus	Seadme tüüp	Võimsus(kW)	Asupaik	Väljalaskeaasta	
1	370695	Omnicut 4000 HR130	GAASI-PLASMALÕIKEM	Plasma CNC	8	ETV	31.08.2013	
2	252819	Omnicut 4000 HR260	GAASI-PLASMALÕIKEM	Plasma CNC	8	ETV	20.05.2011	
3	209243	STG 320 DG	LINTSAAG STG 320 DG	Lintsaag	2,2	ETV	08.05.2000	
4	208996	DURMA CNCHAP 6040	HÜDRAULILINE PAINUTI	Painutuspink	40	ETV	01.01.2004	
5	262967	CNC/HGS 2600-8	KÄÄRID CNC HGS 2600-	Killotiin/käärid		ETV	01.01.2007	
6	209224	16K20	KEERME TREIPINK 16K2	Treipink <=1000	11	MTJ	01.01.1983	
7	209280	GS526U	KEERMELÕIKEPINK GS5	Treipink <=1000	11	MTJ	18.12.2001	
8		16660	Токарно - винторезны	Treipink >1000	37	MTJ	01.01.1972	
9	209306	16R25P-1	UNIVERSAALNE KEERME	Treipink >1000	12	MTJ	01.01.2003	
10	209306	16R25P-2	UNIVERSAALNE KEERME	Treipink >1000	12	MTJ	01.01.2003	
11	209269	FU450R-06	HORISONTAAL KONSOOL	Freepink hor.	20	MTJ	01.01.2001	
12	401778	SW-423	CNC töötlemiskeskus H	CNC frees	44	MTJ	01.02.2015	
13	401779	PRO-2150	CNC töötlemiskeskus H	CNC frees	44	MTJ	01.02.2015	
14	209309	2A636F1	HORISONTAAL SISETREI	Sisetreipink	30	MTJ	01.01.2003	
15	209392	2A637F1	HORISOLTAAL SISETREI	Sisetreipink	30	MTJ	01.01.1984	
16	209300	W100A	HORISONTAAL SISETREI	Sisetreipink	11	MTJ	01.01.2002	
17	209282	GS545	RADIAAL PUURPINK GS5	Radiaal puurpink	4,25	MTJ	01.01.2001	
18	209370	3B722	TASAPINNA LIHVIMISPII	Lihvpink	15	MTJ	01.01.1978	
19	209337	3A164A	ÜMARLIHVIMISPIINK 3A	Lihvpink	20	MTJ	01.01.1965	
20	209279	FB-1732	PRESS FB-1732	Press	10	KTS	01.01.1974	
21	207342	MB-412	PNEUMAATILINE ALASI	Pneumaatiline alasi	10	KTS	01.01.1957	
22	209433		AHI	Elektriah	30	KTS	01.01.2006	
23			AHI N1	Elektriah	40	KTS	01.01.2006	
24	598866	CAB 300M	KEEVITAJA MANIPULAAT	Keevitusseade	10,4	MKJ	01.12.2017	
25		KEMPO Pro Evolution	(MMA, TIG, MAG)	Keevitusseade	10,4	MKJ		
26		MasterTig 2800	(TIG)	Keevitusseade	4,8	MKJ		
27		KEMPOWELD 5500W	(MIG)	Keevitusseade	5,5	MKJ		
28		KEMPOMIG 4000W	(MIG)	Keevitusseade	4	MKJ		
29		KMS 400 FastMIG	(MIG)	Keevitusseade	14,4	MKJ		
30		KEMPOMAT 4000	(MIG/MAG)	Keevitusseade	14,4	MKJ		
31		KEMPOMAT 3200	(MIG/MAG)	Keevitusseade	14,4	MKJ		
32		420 C PRO	(MIG/MAG, FCAW)	Keevitusseade	14,4	MKJ		

# Lisa 4 Tootmispinna arvutus

TOOTMISPIND	Üldaad	Efektiivsus	ETV	MTK	MTJ	Täpsem pingipindala järgi
TPT-m2	30%					
6.5 Ressursiarvutus:						
Maahutid	Plasmalõik	Saadmata	Operaatorid	LT (d)	Vajadus (h)	Nominaal (h)
	Painutus	1	2	15	2 400	4 800
	Kiloliit/linnaag	1	2	46	528	528
	Vahetusi	2	2	14	5 620	9 835
	Töötunde	104	0	4	2 520	0
	Kokku h	26 000	0	54	8 400	5 600
	Koormus	87%				
	Tehn.m2 arvutus:					
	Plasmalõik	2	191,36	1	520	520
	Painutus/vaits	1	39	2	428	1 070
	Kiloliit/linnaag	1	44,2	0	0	0
	Transpordiala	112,24237	0	0	0	0
	Kokku m2	573		1	300	300
	laadimine	pink				
	pink	laadimine				
...					20 716	22 653
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					
	Töötunde	50	3	48	0,0	0,0
	Töötunde	46	31	35	0,1	0,1
	Tehn.m2 arvutus:					
	Laadimisala Max(m2)	216	2	12	0,0	0,0
	Paasveerimiskambri suurus Max(m2)	59	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	62	4	6	0,1	0,1
	Haavetõmburi suurus Max(m2)	59	0	0	0	0
	Värvitamburi arv WIP-1	2	6	8	0,1	0,1
	Värvitamburi suurus Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	Pakomisa Max(m2)	59	6	8	0,1	0,1
	(Xylan offshore 12 x 24m2)					
...						
TOOTMISPIND						
TPT-m2						
Maahutid	Töeaja jaotus:	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid	Resurssid
	25% Haav	Vahet. 1	Vahet. 2	Vahet. 3	Vahet. 1	Vahet. 2
	50% Vihv/Pass	4	4	4	0	0
	0% Kuiv					
	25% Pakk					
	Töötunde	2	2	2	7	40
	Hooldus	50	3	48	0,2	0,2
	Hooldus 1tkv. 1w					



# Lisa 5 Optimeeritud tooteportfell

MÜÜGIPLAAN	2021		2022		2023		2024		2025		Max Kogus	DL	DM	
	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur	tk.	kEur				
Kogus / kEur														
Mahutid		1,5	240	2	320	3	480	3	480	4	640	4	168000	163200
Gaasikalgud		0,11	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tehnoloogilised konstruktsioonid (scrubber, ei filter)		4	2.984	5	3.730	6	4.476	7	5.222	8	5.968	8	630370	281240
Ehituskonstruktsioonid		6	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konveierid		1,5	1.995	1	730	1	730	1	730	1	730	1	175000	357700
Kopad, rasketehnika remont		5	165	5	165	5	165	5	165	5	165	5	57750	56100
Mehhanismid, remondidetailid		2	639	3	958	4	1.278	5	1.597	5	1.597	5	325781,88	665138,01
Vandid		2	24	3	36	3	36	3	36	4	48	4	13650	13260
(Offshore)		3	1.329	3	1.329	3	1.329	3	1.329	3	1.329	3	199350	744240
Kokku (k€)			7.645		7.268		8.484		9.559		10.477		1.570.002	4.812.058
TOT BU & STR		5.220	8.530	7.100	6.850	6.850	7.250	7.250	7.250	7.250	7.250			
GV		3.171	4.980	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150	5.150			
Töötajate arv		140	48	42	42	42	44	44	44	44	44			
MÜÜGIPLAAN														
Meht (h) osakonna kohta aastate lõikes														
ETV		20.716	17.287	20.506	22.125	25.130	25.130	25.130	25.130	25.130	25.130			
MKJ		30.523	30.640	36.120	39.800	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000			
MTJ		15.010	16.280	17.740	19.200	19.560	19.560	19.560	19.560	19.560	19.560			
KTS		286	429	501	573	644	644	644	644	644	644			
VIM		10.873	9.026	10.362	11.210	12.557	12.557	12.557	12.557	12.557	12.557			
Keskmine														

## Lisa 6 Projekti finantsanalüüs

Capex Krundikulu, ehituskulu, masinate invest. Ehituskulu 1200€/m2, tehnoloogilised kulud						
		spec	TK	Ühiku hind	Hind Kokku	
Kokku					13 788 536	
Tehas					10 875 536	
Krundikulu		20,00%	7 896	60	473 760	
Lammutus			0,1		47 376	
Ehituskulu			6 580	1200	7 896 000	
Kommunaalid						
	Elekter	transformerid				1 274 000
Disain			5,00%		394 800	
Planeerimatud kulud			10,00%		789 600	
Lisandud allüksustele						
ETV					522 000	
	Vundamaent	3t/m2 ?			100 000	
	Sildkraanad	35/10T	1	107 000	107 000	
	Tõsteseadmed				15 000	
	Kahveltõstuk			1	45 000	
	Ventilatsioon				35 000	
	Seadmete paigaldus				150 000	
	Konsoolkraana	5T		1	50 000	
	Transformer				20 000	
MKJ					526 000	
	Vundament	3t/m2 ?			100 000	
	Sildkraanad	35/10T	1	107 000	107 000	
	Tõsteseadmed				15 000	
	Kompressor				30 000	
	Ventilatsioon				20 000	
	Kohtväljatõmme gaasijaotus		6	1500	9 000	
	Kahveltõstuk			1	45 000	
	Käsitööriistad				20 000	
	Seadmete paigaldus				150 000	
MTJ					375 000	
	Vundamaent	3t/m2 ?			100 000	
	Sildkraanad	20/10T	2	80 000	160 000	
	Tõsteseadmed				15 000	
	Seadmete paigaldus				100 000	
KTS					238 000	
	Vantide valmistamine				3 000	
	Ahjud		2	80 000	160 000	
	Konsoolkraana	5T		1	50 000	
	Seadmete paigaldus				25 000	
VIM					1 252 000	
	Vundamaent	3T/m2			100 000	
	Värvikamber		1	260 000	260 000	
	Haaveldus		1	260 000	260 000	
	Passiveerimine		1	260 000	260 000	
	Pesu		2	100 000	200 000	
	Relsidel transpordialus		2	36 000	72 000	
	Seadmete paigaldus				100 000	

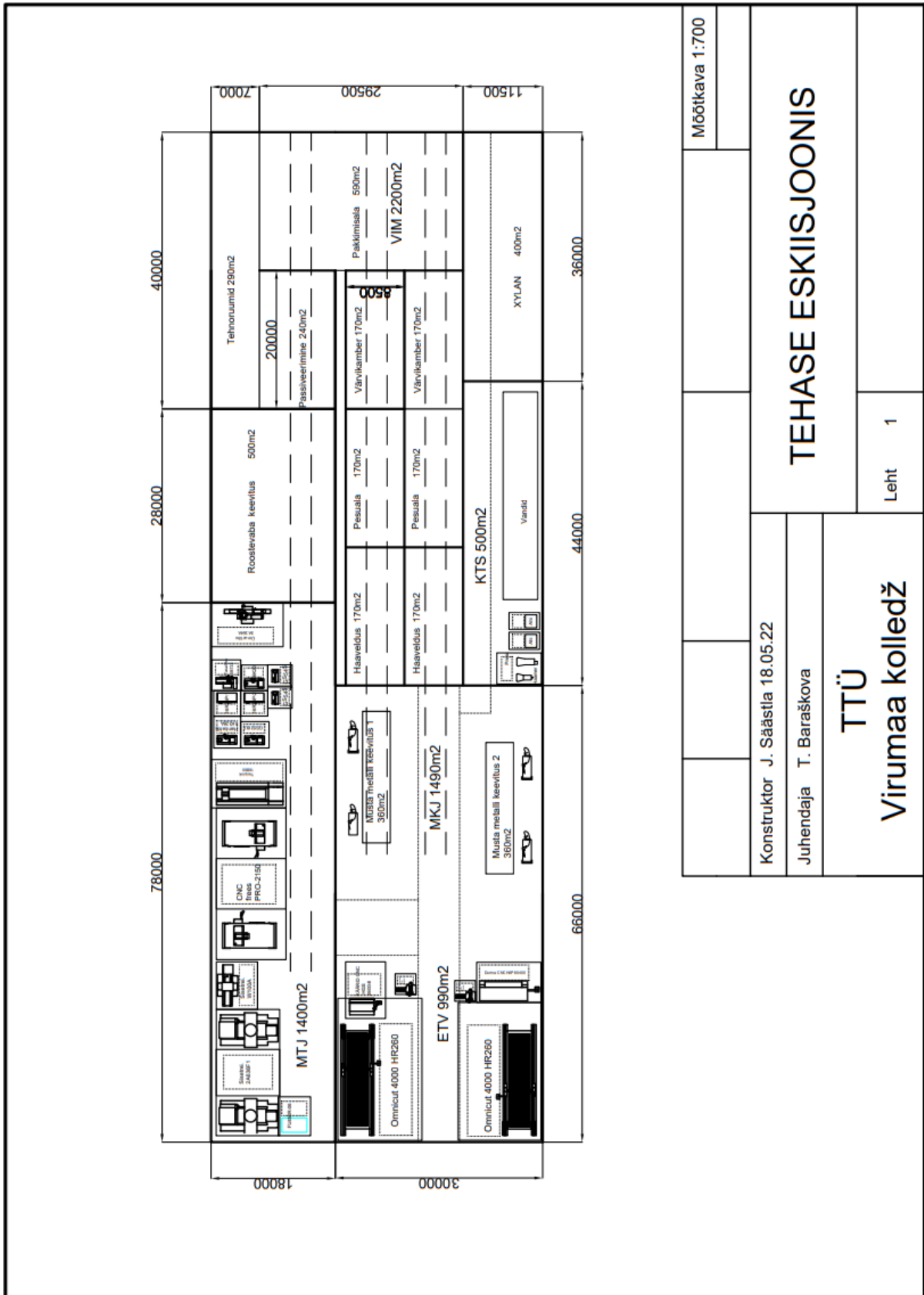
## Lisa 7 Tasuvusarvutus

Kasumiaruanne / Äriplaan (Lähtuvalt kulude struktuurist aga tööjõukulu personali tabelist)		2021	2022	2023	2024	2025
KOKKU MÜÜGITULU		7 044 698	7 268 182	7 587 576	8 812 970	9 570 970
ÄRIKULUD						
MATERJALIKULU		3 046 591	3 167 749	3 324 252	3 967 835	4 404 595
TÖÖJÕUKULUD KOKKU		2 763 045	2 763 045	2 763 045	2 763 045	2 763 045
ELEKTRIKULU	1 231	0,1	220 119	220 119	220 119	220 119
Tehnoloogiline kütus		54 878	54 878	54 878	54 878	54 878
Transporti ja töövahendite kulud kokku		116 609	116 609	116 609	116 609	116 609
Töövahendite kulud		230 497	230 497	230 497	230 497	230 497
Turva- ja üldkindlustuskulud kokku		62 589	62 589	62 589	62 589	62 589
Infotehnoloogilised kulud kokku		46 235	46 235	46 235	46 235	46 235
Töökaitiselasel kulud kokku		48 515	48 515	48 515	48 515	48 515
Lähetus-, koolitus- ja kontorikulud kokku		18 239	18 239	18 239	18 239	18 239
Muud tegevuskulud		24 517	24 517	24 517	24 517	24 517
Keskised tugiteenused		322 034	322 034	322 034	322 034	322 034
Solutionsi tugiteenused		492 185	492 185	492 185	492 185	492 185
Küte						
AMORT		664 527	664 527	664 527	664 527	664 527
Seadmete paigaldus		525 000				
KOKKU ÄRIKULUD		8 110 580	8 231 738	8 388 241	9 031 824	9 468 584
EBIT(kasum/kahjum)		-1 065 882	-963 556	-800 665	-218 854	102 386

## Lisa 8 Tehase põhikarakteristikud

Tehase Põhikarakteristikud										
	ETV	MKJ	Roostevaba	MTJ	KTS	VIM	TOT kokku			
Tootmispind	Lõik./pain./val	Faas./keev./mon	Keevitus	Meh.tööt./crn	Term./sepist.	Pass./haav./væ				
Tootmispinna vajadus, Pindala(m2)	990	1 490	(500)	1 400	500	2 200	6 580			
Grid(Plaadi suurus)	6X6	6X6	6x6	6X6	6X6	6X6				
Lae konstruktsiooni kõrgus	10	10	10	10	10	10				
Põranda kandevõime (t/m2)	3	3	3	3	3	3				
Nõuded vundamendile		Seadmete aluspinna tugevdamine		Seadmete aluspinna tugevdamine						
Nõuded aluspinnale kN/m2 soil-beari	150	150	150	150	150	150				
<b>Uksed</b>										
Välisuks (m)	5x5			4x4		5x5				
Osakondade vahelised uksed (m)	8x4	5x5	5x5	5x5	3x3	5x5				
<b>Sildkraanad</b>										
Arv	1	1	1	2		1				
Kraanatee kõrgus (m)	8	8	8	8		8				
Kraana tõstevõime (t)	35	35	20	20		35				
Sille (m)	30	30	18	18		22				
Tõstekõrgus (m)	7	7	7	7		7				
<b>Relsidel transpordialus</b>										
Arv		2	1				Läbiv ühendus			
Tagab liikumise		MKJ-VIM	MTJ-Roost-VIM				MKJ MTJ			
Kogupikkus(m)		104	120				JA			
Rööpa laius (m)		3	3							
<b>Elektritarbimine</b>										
Maksimaalne seadmete võimus (kw)	58	93		311	90		596			
Valgustatus (kw)	14	20		21	7	58	119			
Ventilatsioon (kw)	74	105		112	38	188	516			
Maksimaalne elektivõimsus kokku (kw)	146	0	217	0	444	0	135	0	245	1231
<b>Küte</b>										
Küte (kw)	189	268		285	96	612	1451			
<b>Valgustatus</b>										
Lux näit	800	800		800	800	1500				
Lambi tüüp	Fluoroussents	Fluoroussents		Fluoroussents	Fluoroussents	Fluoroussents				
<b>Temperatuur ja niiskus</b>										
Temperatuuri vahemik (°C)	16-22	16-22		16-22	16-22	20-25				
RH vahemik (%)	35-65	35-65		35-65	35-65	25-35				
<b>Ventilatsioon</b>										
Õhu vahetus tunnis ACH	10	10		10	10	>15				
<b>Müra</b>										
Müratase dB(A)	<85	<85		<85	<85	<85				

# Lisa 9 Tehase Eskiisjoonis

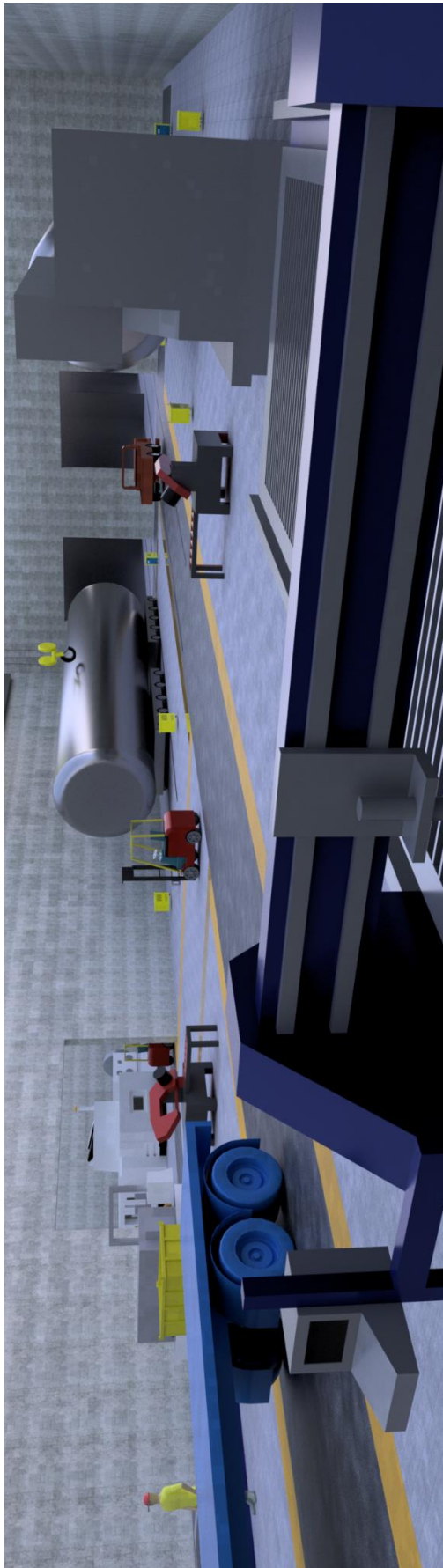


Mõõtkava 1:700	
<b>TEHASE ESKIISJOOINIS</b>	
Konstruktor J. Säästla 18.05.22	
Juhendaja T. Baraškova	
<b>TTÜ</b>	
<b>Virumaa kolledž</b>	
Leht	1

## Lisa 10 Tehase 3D mudel ÜLD

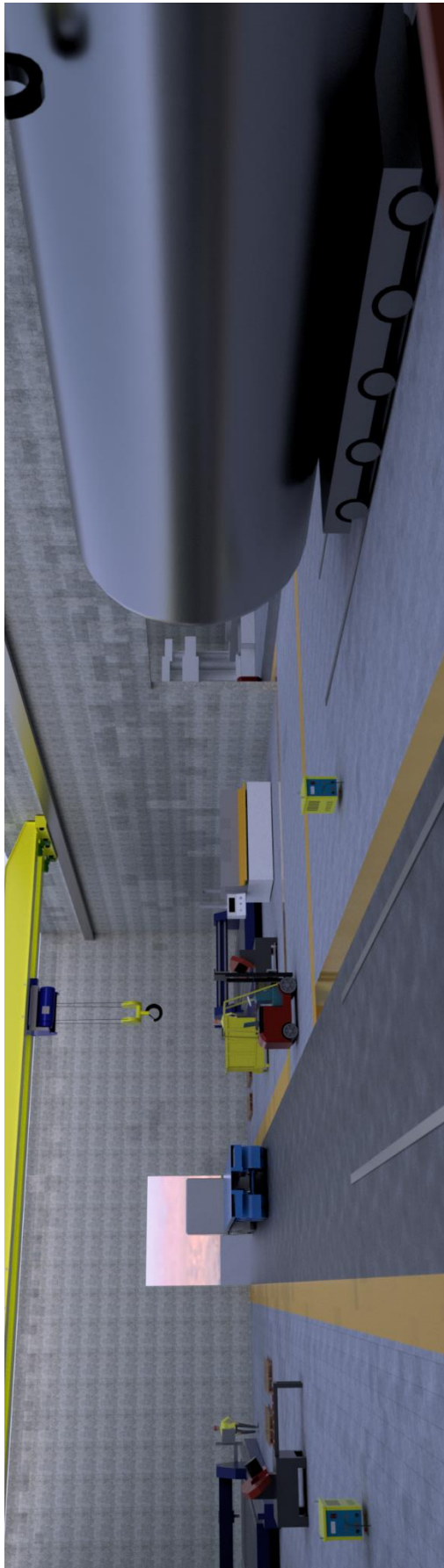


**Lisa 11 Tehase 3D mudel ETV-MKJ**





**Lisa 12 Tehase 3D model MKJ-ETV**





**Lisa 13 Tehase 3D mudel MTJ**



## Lisa 14 Tehase 3D mudel MTJ vaatega väisukse poole

