



Danver Teder

ETTEVALMISTUSALA ERALDAMINE PÕHITOOTMISEST WINDAK OÜ NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmise ja tootmiskorralduse õppekava

Juhendajad: lektor Anneli Reinok ja Jaak Lavin

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Danver Teder annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Ettevalmistusala eraldamine põhitootmisest Windak OÜ näitel

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, Danver Teder tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt. Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega

(allkirjastatud digitaalselt)

Anneli Reinok

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1 ETTEVÕTTEST	6
1.1. Ettevõtte kirjeldus	6
1.1.1. Ettevõtte struktuur	6
1.2. Toodete ülevaade	7
1.2.1. Kaablite poolimis- ja kerimisliinid	9
1.2.2. Pakkimisliinid	10
1.2.3. Liinide lisaseadmed	12
2 MEETODID	13
2.1. 5S+S süsteem	13
2.2. Toyota 3M-mudel (Muda, Muri, Mura)	17
2.3. Jira Software	18
2.4. Monitor ERP	19
3 HETKEL TOIMIVATE PROTSESSIDE KIRJELDUS	23
3.1. Monteerimis- ja programmeerimisprotsess	24
3.2. Laoprotsessid	25
4 TOOTMISPROTSESSIDE KAARDISTAMINE	27
5 UUS TOOTMISPROTSESS	29
6 ANALÜÜS JA JÄRELDUSED	32
KOKKUVÕTE	39
SUMMARY	40
VIIDATUD ALLIKAD	41
7 LISAD	43
Lisa 1. 5S standard töökärule	43
Lisa 2. Projekti nr 1 arve	44

SISSEJUHATUS

Käesolev lõputöö on tehtud Windak OÜ baasil, kus vaatluse all on ettevõtte tootmine ja ladu, kus tööd läbi viiakse. Autori ülesandeks oli kaardistada nii tootmist kui ladu, et välja selgitada ettevalmistusala eraldamise efekt põhitootmisest erinevate mõõdikute näol ning viimaks anda omapoolne hinnang tasuvusele.

Lõputöö eesmärgiks püstitati:

- Hinnata pindalakasutust tootmisalal enne ja pärast tehtavat projekti;
- hinnata töökorralduse muutusest tulenevat ajalist faktorit enne ja pärast ettevalmistus alal ja projektialal tehtavat projekti;
- ettevalmistusala eraldamise efekti mõõtmise ja ettepanekute tegemine.

Käesolev lõputöö koosneb teoreetilisest ja empiirilisest osast. Teoreetilises osas tutvustatakse erinevaid tootmise parendamise meetodeid ja näitajaid. Kirjeldatakse meetodeid ja nende kasutust ning lõputöö teises pooles praktiseeritakse antud meetodeid töös. Samuti kirjeldatakse töös kasutatavaid programme.

Käesoleva lõputöö empiirilises osas tutvustatakse ettevõtet, mille baasil lõputöö läbi viidi. Tutvustatakse lisaks veel tootmisliine, laosüsteeme ja seadmeid. Empiirilise osa lõpus tuuakse välja ettepanekud, mis tehti autori poolt, et ettevalmistusala tulusust tõsta. Käesoleva diplomitöö uurimisstrateegiana kasutati nii kvalitatiivset ja kvantitatiivset lähenemist, et saada ülevaade olukorrast.

Eesmärkide saavutamiseks kasutati järgnevaid tegevusi:

- Uurimuse eesmärkide püstitamine;
- tootmisprotsesside kaardistamine;
- laoprotsesside kaardistamine;
- vaatluste läbiviimine tootmisalal ja laos ning andmete analüüs;
- andmete esitamine Windak OÜ juhtkonnale;
- uurimusküsimustele lahenduste pakkumine ja võimalusel implementeerimine.

Lõputöö jaguneb kaheksaks peatükiks. Esimeses peatükis tutvustatakse ettevõtet, kus lõputöö läbi viidi – tuuakse välja ettevõtte struktuur ja tooted. Teises peatükis tutvustatakse erinevaid parendamise tööriistu mida lõputöö koostamise käigus kasutati, samuti ettevõttes kasutusel olevaid tarkvarasid.

Kolmas peatükk keskendub tootmises kasutatavatele seadmetele ja praegusele töövoole. Neljandas peatükis kaardistatakse ära tootmisprotsess. Kaardistamise eesmärk on teada

saada töö erinevate etappide ajakulu vastavalt töövoole ning analüüsida pindalakasutust ning liikumiseks kuluvat aega tootmises. Viiendas peatükis tuuakse välja kavandatavad muudatused ning hinnatakse ajakulu, pindalakasutust ning liikumiseks kuluvat aega uuesti.

Kuuendas peatükis analüüsitakse saadud tulemuste põhjal ettevalmistusala eraldamise efekti ning tuuakse välja järeldused ning ettepanekud protsessi muudatuse tasuvuses. Need samad tulemused ja ettepanekud esitatakse ka juhtkonnale kirjalikus vormis koos vestlusega. Seitsmendas peatükis tehakse kokkuvõtte, järeldused ja vastatakse küsimusele, kas püstitatud eesmärgid said täidetud. Kaheksandas peatükis tuuakse välja lisad.

Autor soovib tänada Windak OÜ juhendajaid ja personali, tänu kellele kogu vajalik info lõputöö koostamiseks saadi.

1 ETTEVÕTTEST

1.1. Ettevõtte kirjeldus

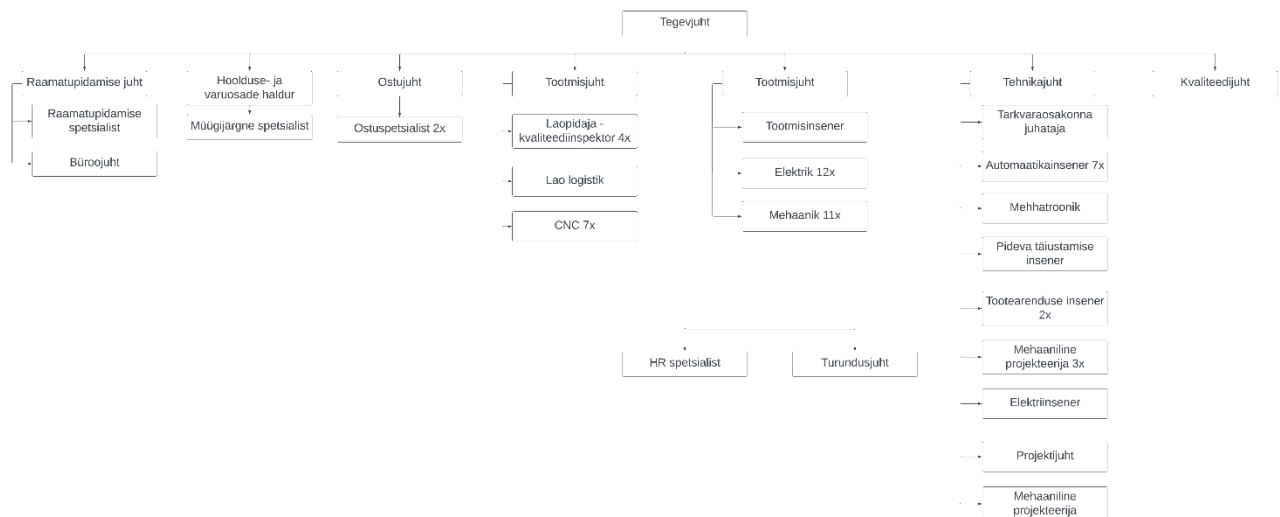
Windak Group on maailma juhtiv kaablite pakkimismasinade ettevõtte, mis asutati Rootsis 1994 aastal. Windak OÜ on asutatud 2004. aastal ning on osa rahvusvahelisest Windak gruppist. Teised grupi ettevõtted tegutsevad Rootsis, Austrias, Austraalias ja Põhja-Ameerikas. Windak OÜ on Eestis tegutsenud ligikaudu 20 aastat, põhitegevuseks on kliendispetsiifiliste kaablipakendamise seadmete projekteerimine, koostamine, katsetamine ja paigaldamine. Lisateenusena pakub ettevõtte garantiijärgset hooldust ning varuosade müüki. [1]

Tänapäeval on Windak OÜ Põhja-Ameerika suurim kaablitööstuse automaatsete pakkimisseadmete tarnija. Windak OÜ tarnib tooteid 30 riiki üle maailma ja nende klientideks on valdkonna juhtivad ettevõtted. Windak OÜ esindused asuvad neljas kohas – Eestis asub peakontor, tootearendus ja tootmine, lisaks on müügi- ja teeninduskontorid Austrias, USA-s ja Austraalias. [1] Ettevõttes on 65 töötajat (aastal 2023).

Peamine turuosa paikneb Põhja-Ameerikas, kuid viimastel aastatel on ettevõtte jõudsamalt laienenud ka Euroopa maastikule. 2022. aastal moodustas Windak OÜ müügitulu 11 582 936 €. Põhiturg tavapäraselt Põhja-Ameerika, mis moodustas 75% käibest ning müük Euroopa Liitu oli 25%. Keskmine brutopalk töötaja kohta 2023 kolmandas kvartalis oli 2 595€. [2]

1.1.1. Ettevõtte struktuur

Windak OÜ Eesti filiaalis töötab kokku 65 inimest (aastal 2023). Eesti osakonda juhib tegevjuht, tegevjuhile allub tootmisjuht. Autor töötab ettevõttes toomisinsenerina ning allub tootmisjuhile. Tootmisosakond jaguneb kahe tootmisjuhi vahel, kes juhivad CNC operaatoreid, elektrikke, mehaanikuid ning lao- ja kvaliteediinspektoreid. Töötajad töötavad esmaspäevast reedeni kaheksast poole viieni (koos lõunapausiga 30 minutit). Autor koostas kokkuvõtliku skeemi ettevõtte struktuurist (vt. Joonis 1).



Joonis 1. Windak OÜ struktuur. (autori koostatud)

1.2. Toodete ülevaade

Windak Group müüb kohandatud pakkimisliine kaablitootjatele. Liin võib olla üksik masin või koosneda mitmest masinast. Nende masinate põhifunktsiooniks on kliendi poolt toodetud kaabli poolile või mähisesse kerimine ja transpordiks pakkimine. Projektid koosnevad tavaliselt akumulaatorist, kerijast või poolijast ja palletisaatorist. Kerijate ja poolijate erinevus seisneb selles, et kerijad teevad kaablimähise (vt Joonis 2), samas kui poolijad panevad kaabli plast- või puitpoolile (vt Joonis 3 ja Joonis 4, lk 9).



Joonis 2. Keritud kaablimähis. [3]

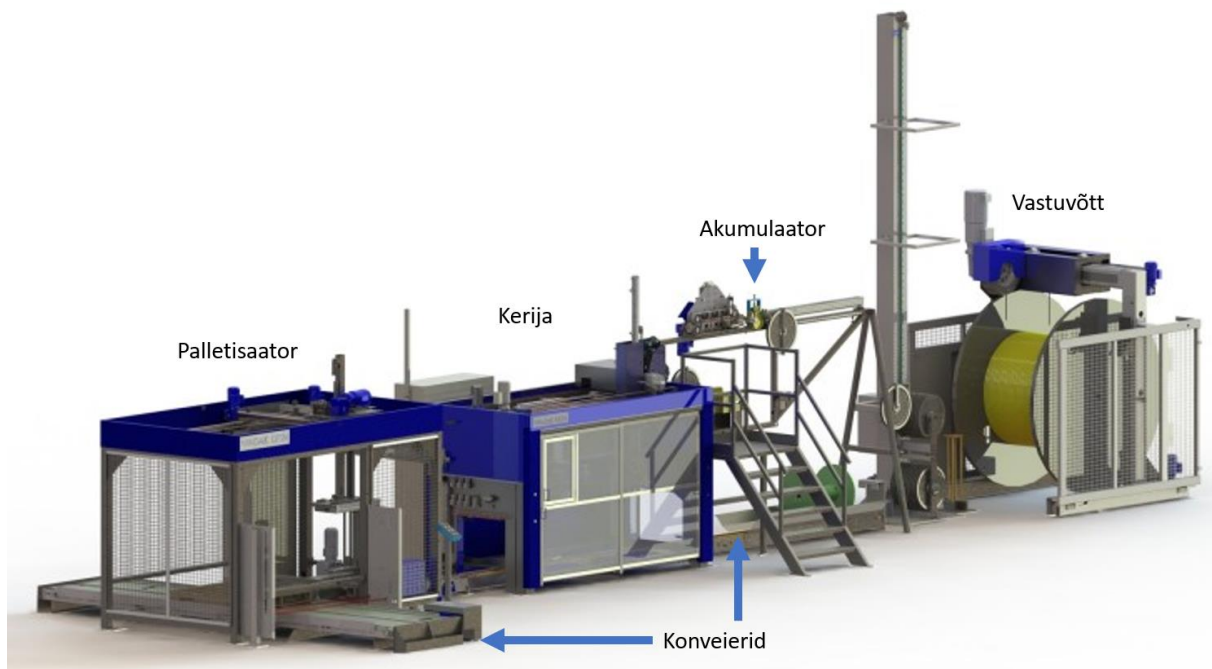


Joonis 3. Keritud kaabel plastpoolil. [4]



Joonis 4. Keritud kaabel puitpoolil. [5]

Windaki masinad jagunevad tavaliselt kolmeks põhiosaks, kus esimene on sissevõtt, seejärel tuleb põhimasin ja pakkimisosa on liini lõpus. Iga masina vahel võivad olla kaabli kvaliteedikontrolli seadmed, märgistus- või sildimasinad. Joonisel on kujutatud AR24_1.0 kerimisliini, millel on vastuvõtt, akumulaator, kerija, konveierid ja palletisaator (vt Joonis 5, lk 10).



Joonis 5. Windak OÜ liin. [6]

1.2.1. Kaablite poolimis- ja kerimisliinid

Windakil on mitut tüüpi põhimasinaid, mis erinevad üksteisest poolijate või kerijate ning sisselaske/väljundi kiiruse, kaabli läbilaskevõime ja ka selle poolest ja millisele turule see mõeldud on. Poolijad on kõige arenenumad masinad kõrgeima sisselaske/väljundiga.

Windaki masinad võivad kasutada erineva suurusega pooli. Suurused varieeruvad läbimõõduga 165 mm kuni 800 mm. Pooli väljundkiirus varieerub 2 poolist minutis kuni 4,6 poolini minutis, olenevalt pooli suurusest ja kaabli läbimõõdust. Kaabli läbimõõt võib olla 1,6 mm kuni 25 mm. Väiksemaid pooli väiksema kaabliga saab kiiremini kerida ja suuremate kaablite poolimiseks kulub rohkem aega.

Kerijad toodavad lihtsamaid tooteid ja seetõttu on ka masin lihtsam. Mähise suurused on vahemikus 120 mm kuni 480 mm. Kuna mähiseid on lihtsam toota, võib masina väljund olla kuni 12 rulli minutis. Kaabli läbimõõt võib olla 2,5 mm kuni 20 mm.

AR-seeria kerimismasin on toodete täisautomaatseks kerimiseks ja pakkimiseks. Neid mudeleid kasutatakse juhul kui kaabel tuleb ühendada läbi trumli. AR-seeria kerija võib olla kas ühe- või kahepealine. Ideaalselt kasutatakse poolautomaatse kerijana või eraldiseisva võrguühenduse tagasikerimisrakenduse asendajana. Seda saab kasutada nii liinil kui ka väljaspool liini ning selle peale- ja mahalaadimine on automaatne. Sisaldab rulli kiletamisfunktsiooni, mis hoiab ära lõigatud otsa paigal. Kõik AR-seeria kerijaid on võimalik

ümberseadistada kahele erinevale poolile ning samuti saab AR18 ja 24 seeria masinaid seadistada töötama vasakult paremale või paremalt vasakule, et tulla vastu erinevate klientide vajadustele. [7]

Mõlema SW-seeria poolijad on täisautomaatsed. Masinaid saab kasutada liini osana või *off-line* üksiku masinana. Poolijad kerivad traadi, kaabli või muu toote poolile. Masinatel on kahe peaga poolirull ühe või kahe tõstevõimalusega. Poolid laaditakse automaatselt poolipeasse ja sealt maha. Välimised otsad on kinnitatud kilega, et mähis laiali ei vajuks. Kõiki tööparameetreid ja mehaanilisi seadistusi juhitakse kindlate formaadi parameetritega, et vähendada toote ja pooli vahetamise vahelist aega. Masinaid eristab poolimise kiirus, maksimaalne pooli diameeter ning maksimumkaal, mis masin on võimeline vastu võtma. [8] Kõikide eeltoodud poolijate ja kerijate tehnilised andmed on välja toodud tabelis (vt Tabel 1).

Tabel 1. Windaki kerijate ja poolijate tehnilised andmed.

Mudel	Kaabli diameeter, mm	Pooli diameeter, mm	Maksimumkaal, kg	Maksimum poole, tk/min
AR18	3-16	216-460	90	2,5
AR24	3-16	300-600	204	2
AR32	3-25	400-800	350	2
SW6	1,6-6,5	165	10	4,5
SW6-14	2,3-8	165-300	56	4

Kuna Windak valmistab kohandatud tootmisliine, saab iga klient saada individuaalselt kohandatud toote, mis sobib tema tootmisega.

1.2.2. Pakkimisliinid

Windaki liini viimane osa on põhimasinast välja tulnud mähiste ja poolide kokkupakkimine. Kasutuses võivad olla sildistamismasinad, pakkimismasinad, kuumutustunnelid ja palletisaatorid. Põhimasin ja pakkimisosa on ühendatud konveieriga. [9]

Sildimasinad lisavad silte mähistele või poolidele ja pakkimismasinad panevad mähised või poolid pappkarpidesse ja sulgevad kastid. Võib olla ka teine sildistamismasin, mis paneb ka kastidele sildid. Kuumutustunnelid on üks võimalus poolide mähise täiendavaks kiletamiseks. Pakendusprotsessi põhimasinaks on palletisaator. [9]

Palletisaator on Descartes'i robot, millel on ristkülikukujuline konfiguratsioon. Palletisaatoril on kolmel teljel haarats, millega saab tõsta, liigutada ja asetada pooli alusele. Esimene telg liigutab haaratsit üles-alla toote võtmiseks ja asetamiseks, teine telg viib

toote konveierilt alusele ja kolmanda telje abil asetatakse toode alusele õigesse kohta. Kaubaalus on ka spetsiaalsel konveieril, mis saadab täisalused pakendamisalale, et see kilesse pakkida. Kaubaalusetäis kaablipole on Windak'i liinide lõplik väljund. Need alused on lõppkliendi jaoks valmis. [9]

Windaki palletisaatorid on kaasaegse ja tõhusa disainiga. Palletisaatoritel kasutatakse Integreeritud ohutussüsteemi, et operaator oleks palletisaatorite tööpiirkonnas kaitstud. Windaki palletisaatorid on mõeldud Windaki poolimis- ja kerimismasinate pakkimisosaks, et luua võimalikult terviklik süsteem mähiste, poolide ja kastide alustele pakkimiseks. Windak pakub palletisaatoreid eraldiseisvate masinatena kui ka olemasolevate Windaki masinate jaoks. [9]

Palletisaatoritele on võimalik tellida juurde ka lisafunktsioone [9]:

- Etikettimisseadmed poolidele või mähistele;
- poolide ja mähiste prakeerija;
- kaubaaluste konveier;
- kaubaaluste puhver (kuni 10 alust);
- poolautomaatne alusekiletaja;
- kartonglehe võimalus kihtide vahel.

PX5 ja PX8 on automaatsed palletisaatorid mähiste ja poolide jaoks. See masin asetab poolid või mähised alusele. Kui kaubaalus on täis liigub alus masinast konveierile edasi ning sealt puhverkonveierile (kui see on lisana ostetud) ja palletisaatorisse liigub uus (tühi) alus. GP6 on konstrueeritud nii liini- kui ka eraldiseisva *off-line* kastimasinana. Kui see on *off-line* masin siis operaator asetab käsitsi pakitud kastid pöörlevale plaadile. Sealt edasi pöörab vajadusel masin ise kasti ümber, positsioneerib palletiseerimiseks kolm kasti ning asetab kastid vastavalt mustriale alustele. GP14 suudab täita samu nõudeid, kuid lisaks karbile suudab GP14 palletisaator pakkida alustele ka poole. [9] Kõikide eeltoodud palletisaatorite tehnilised andmed on välja toodud tabelis (vt Tabel 2).

Tabel 2. Windaki palletisaatorite tehnilised andmed.

Mudel	Pakend	Kiirus, tk/min	Toote mõõdud, m	Toote maksimumkaal, kg	Windaki poolija	Windaki kerija
PX5	Pool ja mähis	5	0,2-0,5	120	AR16 AR18	FC4-S FC5-S FC5-D
PX8	Pool	3	0,3-0,8	350	AR24 AR32	
GP6	Kastid	3	3,4	75	SW6	
GP14	Pool ja kastid	4	0,2-0,35	60	SW6-14	

1.2.3. Liinide lisaseadmed

Liinidele pakub Windak ka eraldi lisaseadmeid, mida saab tellida koos liiniga või hiljem oma Windaki liinile lisaks. Valikud on testimisseadmed, mõõteseadmed, kvaliteedi kontrollimise seadmed, printimisseadmed ja erinevad pakendusseadmed. [10]

Testmisseadmed tagavad kvaliteedikontrolli täisautomaatsete toimingute puhul. Masin ise testis ning vajadusel eemaldab defektiga toote liinilt. Mõõteseadme loeb kaabli pikkust millele veel lisaks saab tellida prindikvaliteedi seadme. Kui Windaki klient soovib oma toodetel kasutada etikette siis selle jaoks on olemas etiketiprinter koos etikettijaga. Valida saab nii eelprinditud etikettijat ehk etikett on koguaeg sama infoga või teise valikuna on olemas ka reaalaaja infoga etikett, mis sisaldab infot toote, kuupäeva ja kellaaja kohta. [10]

Pakendamiseseadmetena on Windakil valikus kaablimähise rihmataja ehk kaablimähise kinnitatakse kahest kohast lindi või rihmaga, et see laiali ei vajuks. Teise pakenduslahendusena pakub Windak kahandatava kile (*shrink wrap*) süsteemi. Kaablimähised ja poolid suunatakse konveieril läbi ahju, mis kiletab tooted tarneks ära. [10] Mõnel juhul soovib klient mõlemat pakendamisvalikut koos kasutada. (vt Foto 1).



Foto 1. Kiletatud ja köidetud kaablimähis.

2 MEETODID

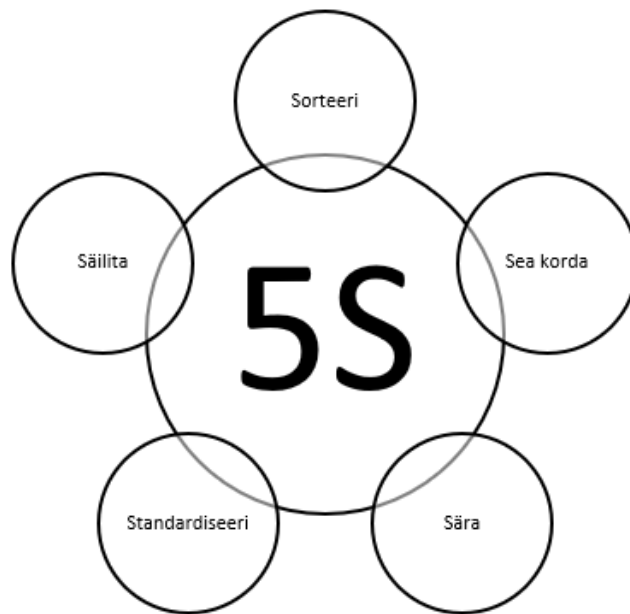
2.1. 5S+S süsteem

Viie S'i meetod on loodud selleks, et eemaldada nii töökohal kui tööalal esemed, mida ei kasutata (sorteerimine). Peale sorteerimist seatakse vajalikud esemed oma kohale tagasi nii, et neid oleks võimalikult efektiivne ja tõhus kasutada (korda seadmine). Kogu tööpind ja tööala puhastatakse (sära) ning rakendatakse värve ning sildistamist, et asju võimalikult hõlpsasti leida või nende puudumist märgata (standardiseerimine). Viimaks rakendatakse kõiki eelpool nimetatud meetodeid, et ala koguaeg ideaaliga kooskõlas oleks (säilitatakse). (Vt. Joonis 6, lk 15). Seda nimetatakse ka kui 6S või 5S+S (lisab turvalisust). [11]

Terminid 5S jaoks on järgmised [11]:

1. *Sort* (eesti k sorteer);
2. *set in order* (eesti k sea korda);
3. *shine* (eesti k sära);
4. *standardize* (eesti k standardiseeri);
5. *sustain* (eesti k säilita);

Sorteerimise eesmärk on eristada vajalikud ja mittevajalikud esemed. Sorteerimine hõlmab ka materjale, katkisi seadmeid, üleliigseid asju ja isegi faile arvutis. Korda seadmine tähendab sorteeritud esemete uuesti paigutamist nii, et ligipääsetavus nendele oleks võimalikult tõhus. Puhastamise eesmärk on töökohal luua puhtus, et anomaaliate märkamine oleks võimalikult lihtne. Puhastamine kehtib ka kõikidele esemetele ja töövahenditele. Standardiseerimine, nagu nimigi ütleb, on eelnimetatud tegevuste standardiseerimine, et iga töökoht oleks teisega kooskõlas ja asjade puudumist lihtsam märgata. Samuti asjade leidmist kiirendada. Selle jaoks on abiks standardid ja fotod, et ideaaltingimusi töötajatele visualiseerida. Säilitamine on kõikide 5S tegevuste harjumise juurutamine, et säilitada puhtust ja standardeid. [11]



Joonis 6. 5S-süsteem.

Windakis on kohandatud spetsiaalsed 5S standardid, et näidata ideaalkonditsiooni tööpäeva lõpus (vt

Foto 2, lk 15). Lisaks sellele on välja toodud 5S+S seis kahe nädala kokkuvõttes tootmise tahvlitel, see visualiseerib ära korrashoiu seisu tootmisalal ning näitab erinevust võrreldes üleelmise nädalaga. Fotol on näha ka 5S+S seisu halvenemist kahe nädala võrdluses. (Foto 3, lk 16). Standardid tagavad asjade õige paigutuse ning kiire leidmise, et vähendada raiskamist (*Muda*).



Foto 2. 5S standard.

Lõputöö autor vormistas 5S standardid Windak OÜ põhjale, et oleks võimalik standardil näha koostajat, kuupäeva, versiooni numbrit ja standardi numbrit (vt Lisa 1). Lisaks standardiseeriti ja markeeriti pilootprojektina üks töökäru (vt Foto 4, lk 16), et asjade otsimisaega vähendada (*Muda*).

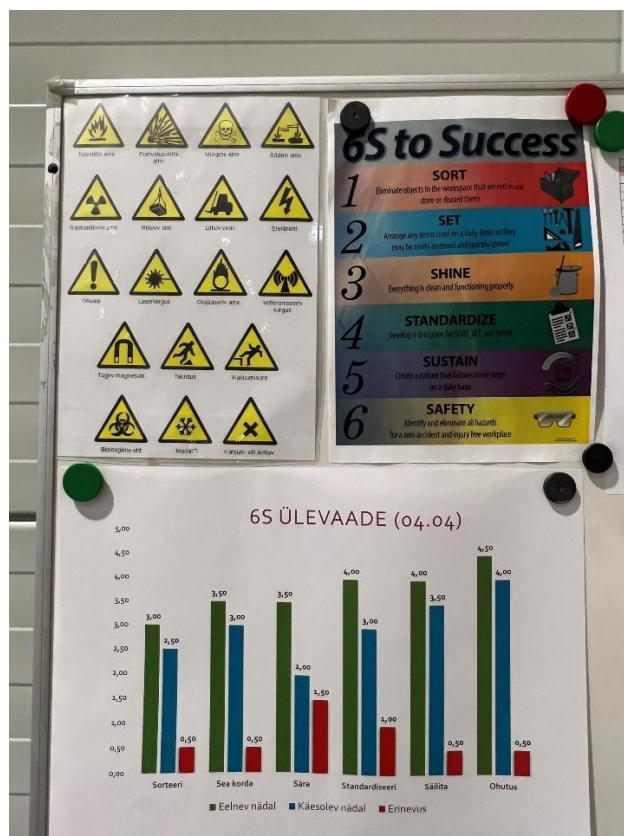


Foto 3. 5S ülevaade tahvil.



Foto 4. Sildistatud töökäru.

2.2. Toyota 3M-mudel (**Muda, Muri, Mura**)

Jäätmete kõrvaldamine on tõhususe võti – Toyota tootmissüsteemis nimetatakse seda *Muda, Muri* ja *Mura*. [12]

Muda tähendab raiskamist ja viitab tegevustele, mis ei loo väärtust. Jäätmeteks loetakse tarbetuid finantseerimiskulusid, laokulusid, väärtusetut vanade asjade laoseisu jne. Kõige levinumad on ületootmise *muda* ja laovarude *muda*. [12]

Toyota jagab *Muda* seitsmeks ressursiks, mida tihti raisatakse [12]:

1. Transport;
2. laovarud;
3. liikumine;
4. ootamine;
5. ületöötamine;
6. ületootmine;
7. defektid.

Hiljem lisati nimekirja ka kaheksas raiskamine, milleks oli inimressursi kasutamata jätmine. See raiskamine väljendub, kui töötaja ja juhtkonna roll eraldatakse. Kõik otsustavad tööülesanded jäetakse juhtidele ning töötaja roll on lihtsalt täita oma tööülesandeid ilma muu sisendita. Kui tavatöötaja teadmised kasutamata jäetakse on keeruline probleeme tuvastada ja neid lahendada. [13]

Muri on seadmete ja inimeste ülekoormus. Selleks, et ülekoormust vältida jagatakse tootmisetapid võimalikult ühtlaselt, et töötajate tootmistempo oleks piisav ja ei tekiks „pudelikaela“. [12]

Mura on tootmisprotsessi ebatasasuste või ebakorrapärasuste kõrvaldamine. Toyota tootmissüsteemi peamise alustala, *Just-In-Time* süsteemi üks peamisi põhimõtteid. [12]

Selleks, et hinnata Windaki töötajate produktiivsust ja raiskamist peavad kõik töötajad registreerima oma koosteaaja arvutis. Selle põhjal loob Monitor ERP logi tööaegadest, mida analüüsitakse korra kuus, et teha kokkuvõtte tööaegadest ning näha kui palju aega vähem või rohkem töötajal läks (vt Joonis 7). Kui töötajal läks koostejaks väga palju vähem või rohkem aega siis suheldakse töötajaga, et aru saada mida tehti teistmoodi ning kas ja kuidas oleks võimalik protsesse parendada, et töö sujuks kiiremini.

Manufacturing order log

Selection **List**

Date	Time	Order nu...	Order type	Part number	Part name	Op.	WC	Warehouse	User	Quantity	Setup time	Unit time	R
29.04.2024													
29.04.2024	17:29	17535	Stock driven	02-2533-A8	Moving wheel unit	20	500	STD	WORK3	0,00 pcs	0,00 hrs	1,75 hrs	
29.04.2024	15:44	17535	Stock driven	02-2532-A14	Fixed wheel unit	20	500	STD	WORK2	1,00 pcs	0,00 hrs	6,13 hrs	
29.04.2024	09:36	17528	Stock driven	02-6044-A1	Stretch wrap cutter	20	500	STD	WORK3	0,00 pcs	0,00 hrs	1,55 hrs	
29.04.2024	08:03	17528	Stock driven	02-2678-A4	Spooling head V-clamp	20	500	STD	WORK3	2,00 pcs	0,00 hrs	0,20 hrs	
										3,00	0,00 hrs	9,63 hrs	
27.04.2024													
27.04.2024	16:18	17528	Stock driven	02-2678-A4	Spooling head V-clamp	20	500	STD	WORK3	0,00 pcs	0,00 hrs	2,82 hrs	
27.04.2024	13:29	17528	Stock driven	02-3286-A1	Stretch wrap cutter	20	500	STD	WORK3	1,00 pcs	0,00 hrs	0,52 hrs	
27.04.2024	12:58	17528	Stock driven	02-6048-A1	Brake wheel lifting actuator	20	500	STD	WORK3	1,00 pcs	0,00 hrs	0,33 hrs	
27.04.2024	12:38	17528	Stock driven	02-6047-A2	Gripper	20	500	STD	WORK3	1,00 pcs	0,00 hrs	1,82 hrs	
27.04.2024	10:49	17528	Stock driven	02-6123-A1	Drive sprocket	20	500	STD	WORK3	1,00 pcs	0,00 hrs	1,48 hrs	
27.04.2024	09:20	17528	Stock driven	02-2079-D4	Double sprockets, free rolling	20	500	STD	WORK1	4,00 pcs	0,00 hrs	0,30 hrs	
27.04.2024	09:02	17528	Stock driven	02-2079-C1	Sprocket tensioner	20	500	STD	WORK3	4,00 pcs	0,00 hrs	0,73 hrs	
27.04.2024	08:18	17528	Stock driven	02-2079-A2	Sprocket	20	500	STD	WORK3	12,00 pcs	0,00 hrs	0,38 hrs	
27.04.2024	07:55	17528	Stock driven	02-3866-A1	Roller	20	500	STD	WORK3	2,00 pcs	0,00 hrs	0,27 hrs	
										26,00	0,00 hrs	8,65 hrs	
26.04.2024													
26.04.2024	17:30	17528	Stock driven	02-3866-A1	Roller	20	500	STD	WORK1	0,00 pcs	0,00 hrs	1,10 hrs	
26.04.2024	16:24	17528	Stock driven	02-1528-A6	Belt tensioner	20	500	STD	WORK3	2,00 pcs	0,00 hrs	1,05 hrs	
26.04.2024	15:21	17528	Stock driven	02-4897-A2	Stretch wrap core	20	500	STD	WORK3	1,00 pcs	0,00 hrs	1,33 hrs	
26.04.2024	14:01	19850	Customer order ...	02-2850-A3	Stretch wrap core	20	500	STD	WORK3	2,00 pcs	0,00 hrs	6,13 hrs	
26.04.2024	07:53	19722	Customer order ...	02-5220-A2	Roller kit	20	500	STD	WORK3	48,00 pcs	0,00 hrs	0,10 hrs	
										53,00	0,00 hrs	9,72 hrs	

Joonis 7. Tööaegade arvestus Monitor ERP's.

2.3. Jira Software

Jira on projektijuhtimise tööriist arendatud Atlassiani poolt, mida saavad meeskonnad kasutada tarkvara planeerimiseks, jälgimiseks, lahendamiseks ja toetamiseks. See on kogu arendustegevuse elutsükli jälgimistööriist mis annab kontekstiga autonoomsetele meeskondadele võimaluse kiiresti edasi liikuda, hoides samas ühenduses suurema ärieesmärgiga. Olenemata sellest, kas seda kasutatakse lihtsate projektide haldamiseks või tarkvaraarenduseks, on meeskondadel lihtne tööga edasi liikuda, kursis püsida ja kontekstis suhelda. [14]

Jira käivitati 2002. aastal meeskondade probleemide jälgimise ja projektijuhtimise tööriistana. Sellest ajast alates on üle 65 000 ettevõtte üle kogu maailma kasutusele võtnud Jira selle paindlikkuse tõttu, et toetada igat tüüpi projekte, ja tänu võimalusele töötada koos tuhandete rakenduste ja integratsioonidega. [14]

Peamiselt kasutavad Jirat [14]:

- Agiilsed meeskonnad;
- vigade jälgimise meeskonnad
- tarkvaraarenduse meeskonnad;
- tootehaldusmeeskonnad;
- projektijuhtimise meeskonnad.

Jira toimib nagu ühtne ettevõtte tahvel, kus on kirjas projektid, pooleriolevad ja lahendatud

ülesanded ning teistele töötajatele suunatud ülesanded. Windak kasutab seda sama lahendust projekti edusammude nägemiseks. Joonis 8 on välja toodud ühe projekti kuvatõmmis, kus on näha kui palju ülesandeid on selle konkreetse projektiga lahti, kes on ülesandeid jaganud ja kelle täita ülesanne on, samuti on välja toodud töö staatus.

Type	Key	Summary	Project	Assignee	Reporter	P	Status	Resolution
	A1932-143	Add Analog OUT for Laying guide propo	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			DESIGN READY	Unresolved Apr
	A1932-138	Update prints to match reality	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			TO DO	Unresolved Apr
	A1932-134	Issue with panel sign/test	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			PURCHASE	Unresolved Apr
	A1932-131	Move laying guide to correct position according to layout	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			TO DO	Unresolved Apr
	A1932-128	Check if 02-6518-A1 installed	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			TO DO	Unresolved Apr
	A1932-125	UW traverse tooth wheels slack	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			IN PROGRESS	Unresolved Apr
	A1932-124	Connect back wires 408-410 from PLC to Terminals	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			IN PROGRESS	Unresolved Apr
	A1932-121	Front door	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MP			IN PROGRESS	Unresolved Apr
	A1932-115	UW laying guide limit sensor needed	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MN			PURCHASE	Unresolved Apr
	A1932-41	Laying guide plastic not in BOM	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	DT	Danver Teder		ALL PARTS DISPATCHED	Unresolved Mar
	A1932-33	Energy chains missing from doors, EL lock can't be connected	FR-LAF-21-1932 UW&OW12	MN			ALL PARTS AT WAREHOUSE	Unresolved Mar

Joonis 8. Jira Software projektihel.

2.4. Monitor ERP

ERP ajalugu ulatub 1960. aastatesse, mil ettevõtte juhtkonna töö lihtsustamiseks töötati välja baasprogrammid. Need programmid, mida tuntakse IC (*Inventory Control*) programmidenämis mis olid mõeldud peamiselt otsuste tegemise toetamiseks varude kontrollimise valdkonnas. Selle arengu järgmiseks etapiks oli MRP (*Material Requirements Planning*) standardi kehtestamine. Selle standardi eesmärk oli hallata tootmisprotsesse ja materjalide vajaduste analüüsi. [15]

Seda tüüpi programmide jätkuv arendamine ja laiendamine viis ERP-süsteemide edenemiseni. Need süsteemid pakkusid ulatuslikumat funktsionaalsust, mis hõlmas selliseid valdkondi nagu logistika, laohaldus, rahandus, raamatupidamine, personalihaldus ja palgaarvestus. [15]

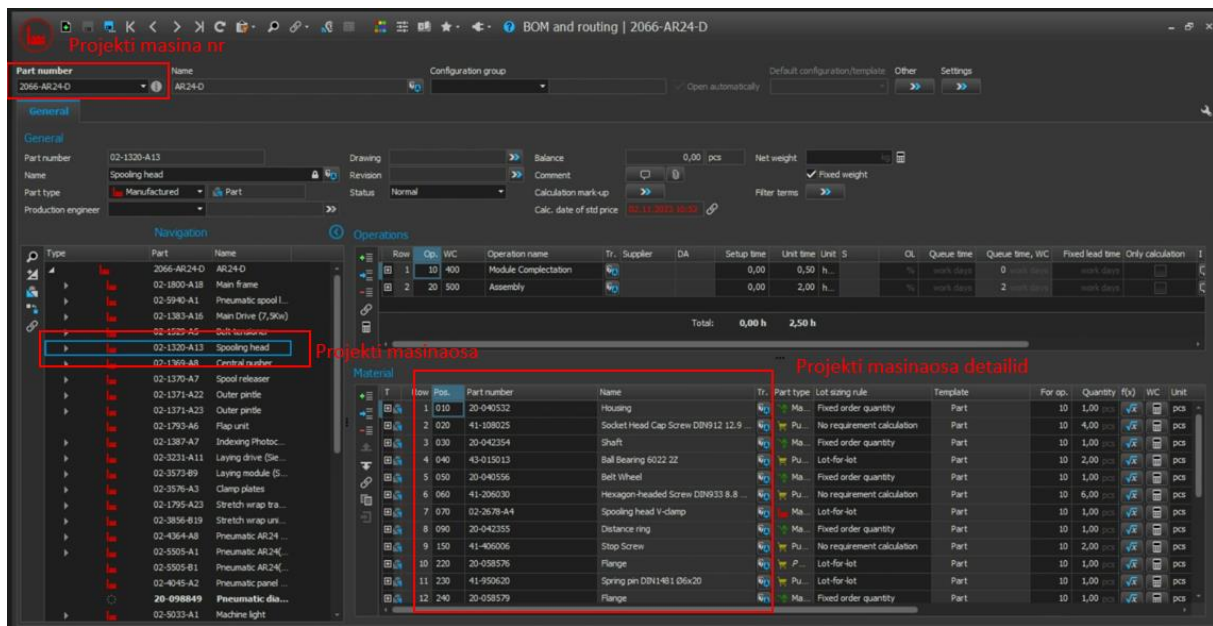
ERP-süsteemi esmane eesmärk on toetada ettevõtte ressursside juhtimist, struktureerida ja optimeerida kõiki selle protsesse ning omada seeläbi mõõdetavat mõju nii valmistatavate toodete kiirusele ja kvaliteedile kui ka ettevõtte arengule ja kasumlikkusele. ERP-süsteem mõjutab [15]:

- Protsesside täiustamine ja automatiseerimine;
- oskus teha õigeid otsuseid;
- hoolikas jälgimine, analüüs ja aruandlus;
- tõhus tarne ja laoseisu planeerimine;
- ettevõtte kõigi ressursside optimaalne juhtimine;
- ettevõtte digitaliseerimine.

Terviklik ERP-süsteem peaks hõlmama tootmisettevõttes võimalikult paljusid äriprotsesse ja ka selle tegevusvaldkondi. Monitor ERP on kuuest moodulist koosnev standardsüsteem, mille funktsioonid pakuvad igakülgset tuge kogu ettevõtte juhtimiseks. Need kuus moodulit on [15]:

- Tootmismoodul;
- müügimoodul;
- ostu moodul;
- varude moodul;
- aja salvestamise moodul;
- raamatupidamismoodul.

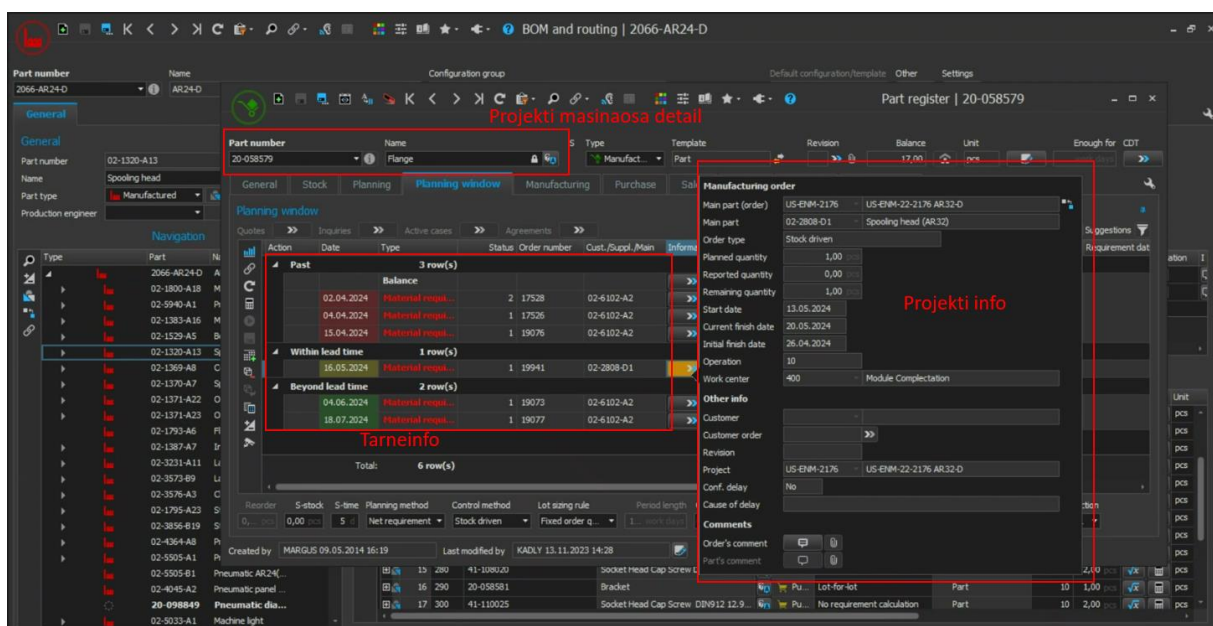
Windaki tootmises kasutatakse enim tootmismoodulit. Peamiselt on kasutusel „BOM and routing“ funktsioon. Sisestades projekti numbri näitab *BOM and routing* funktsioon ära konkreetse projektiga seotud liini masinad ja spetsifikatsioonid, lisaks masina turvasüsteemid, testimise protseduuri ja isegi kuidas seda masinat transportima hakatakse. Projekti avades näeb kõiki mooduleid, moodulit avades näeb ära kõik detailid mis on selle mooduliga seotud. Alloleval joonisel (vt Joonis 9) on välja toodud BOM and routing vaade moodulile, selle mooduli masinaosadele ning nende masinaosade detailidele.



Joonis 9. Monitor ERP BOM and routing vaade

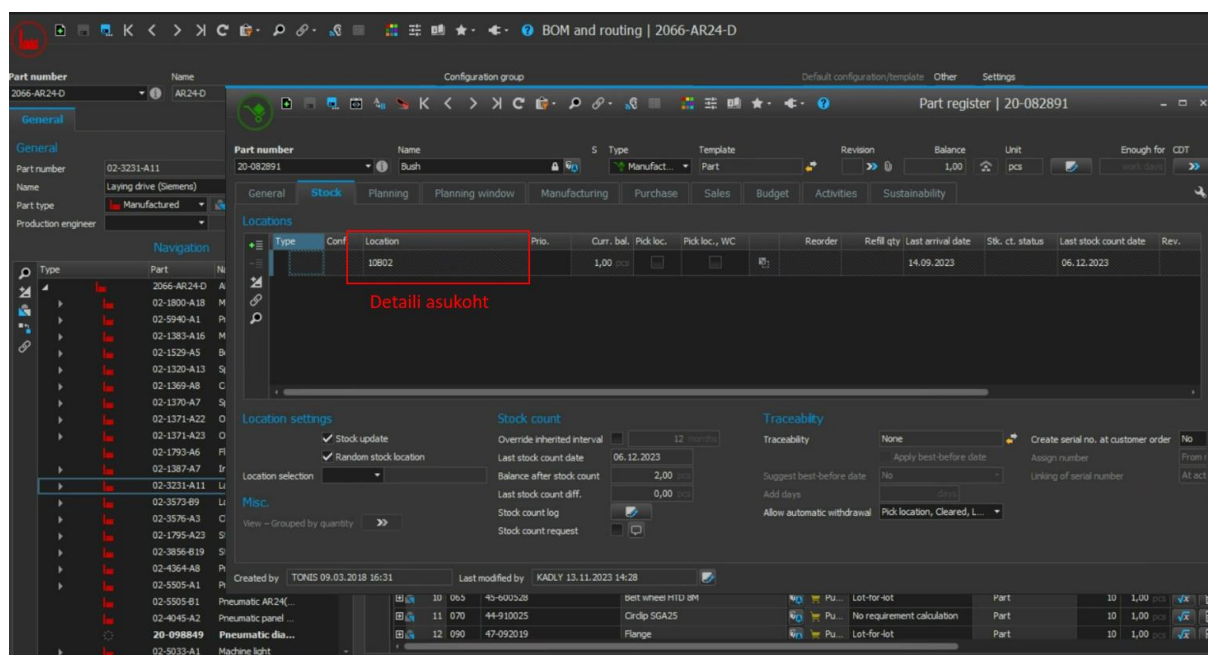
Et leida detaili laovaru peab lisama laomoodulisse tootekoodi ning see näitab ära (vt Joonis 10):

- kui palju on laovaru;
- kas on enda valmistatud või sisse ostetud osa;
- millal viimati telliti;
- millal uuesti tellitakse;
- vajadusel mooduli info.



Joonis 10. Laomooduli vaade Monitor ERP programmis

Vajutades „stock“ nupule näeb ära riulikoodi ehk detaili asukoha (vt Joonis 11).



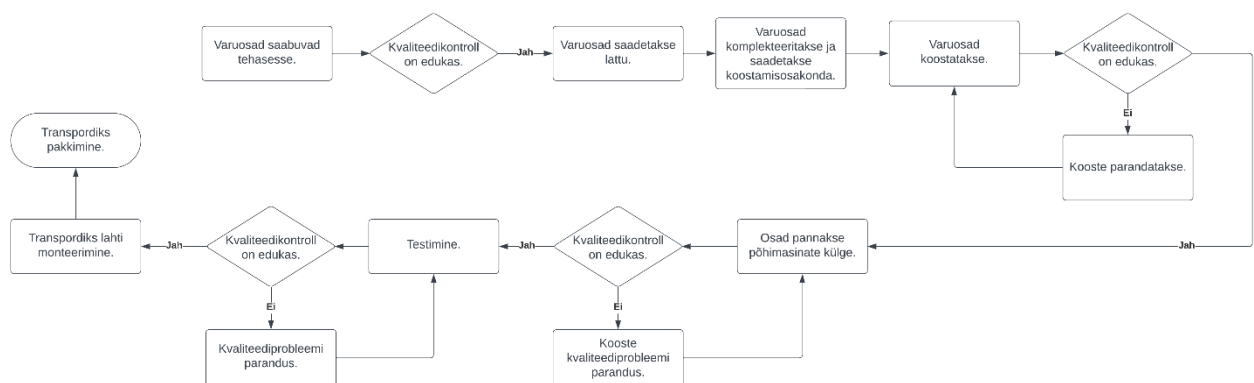
Joonis 11. Detaili asukohanumber Monitor ERP programmis

3 HETKEL TOIMIVATE PROTSESSIDE KIRJELDUS

Käesolev peatükk selgitab hetkel toimivat protsessi kaablipakendamise seadmete monteerimisel, koostamisel, katsetamisel ja paigaldamisel. Alloleval joonisel on autor kujutanud üldist protsessi varuosade saabumisest kuni pakendamiseni (vt Joonis 12).

Masinad pannakse algusest lõpuni kokku ühel projektialal. Projektil töötavad töötajad kas masina kallal või teisaldatavates töökohtades. Väiksemate alakoostude jaoks kasutatakse teisaldatavaid tööjaamu. Masina kokkupanek tähendab seda, et esimese asjana asetatakse iga masina põhiraamid täpselt nii, nagu need lõplikul paigutusel on, ning seejärel lisatakse põhiraamide moodulid. Suure projekti puhul võib põhiraame olla ka rohkem kui üks.

Sama projektiala kasutatakse ka testimiseks. Masinaid saab testida, kui kokkupanek on lõppjärgus. Kui masinad on testimiseks valmis, lahkub monteerimismeeskond projektialalt ning testimismeeskond tuleb ja alustab katsetamist samal projektil. See on põhjustanud testimiseks ajakadu, kuna mõnikord on planeeritud, et testijad alustavad ühe masinaga, kuid kokkupanek pole selles piirkonnas lõppenud. Kui on situatsioon, et kvaliteedikontrollis on koostatud moodulid defektsed või ebakvaliteetsed siis tellitakse laost varuosad, millega kooste parandatakse. Samuti on varuosade saadavus laos tähtis, sest Windak Group pakub ka ostujärgset hooldust ehk masinate ja moodulite tagavaraosade saadavus peab olema tagatud.



Joonis 12. Protsess osade saabumisest pakkimiseni (autori koostatud)

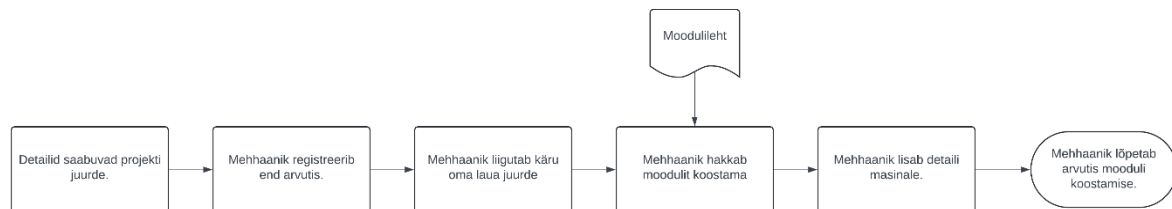
Windaki tootmisala võib jagada kolmeks osaks: monteerimine, programmeerimine ja ladu.

3.1. Monteerimis- ja programmeerimisprotsess

Monteerimisprotsessis on korraga tööl üks kuni kaks mehhaanikut/elektrikut. Olenevalt projekti iseloomust muutuvad töökohad iga kahe päeva tagant. Mõnel juhul on projektil kogu aeg üks ja sama mehhaanik/elektrik. Iga projekti juures on teisaldatav tööjaam, kus on olemas kõik üldkasutatavad detailid (kruvid, seibid, needid jms) (vt

Foto 5, lk 25). Kokku on teisaldatavaid tööjaamu ettevõttes kaheksa.

Monteerimine algab alati detailide väljastamisega laost. Kogu projekti detailid viiakse kärudes projektialale. Seejärel võtab mehhaanik kärust mooduli lehe ja registreerib end arvutis ära. Kuna koosteaeg on üks sooritusindikaator siis on oluline, et iga töö saaks registreeritud. Peale registreerimist liigub mehhaanik oma töölaua juurde, suuremate detailide puhul viib ka detailikäru oma töölaua juurde. Kui detaili koostamine on valmis lisab ta selle projektile ning lõpetab arvutis mooduli koostamise Monitor ERP programmis. Autor tegi ka kokkuvõtliku joonise mehhaaniku tööprotsessist (vt Joonis 13).



Joonis 13. Mehhaaniline monteerimisprotsess

Kui mehhaanik on detailide koostamise ja kinnitamisega lõpetanud tuleb projektialale elektrik, kes hakkab seda sama moodulit elektriliselt monteerima. Kõigepealt alustab elektrik arvutis tööd ning seejärel alustab elektriliste detailide koostamisega. Mõnel juhul (suure projekti korral) töötavad korraga mehhaanik ja elektrik.

Kui monteerimisprotsess on mehhaanikute ja elektrikute poolt lõpule viidud tuleb masinat programmeerima ja testima hakata. Suurema projekti korral töötavad elektrik ja programmeerija koos ühel projektil, et kohe kui elektrik ühe etapi lõpetab saab programmeerija juba alustada. Kui programmeerimine on tehtud tuleb veel masina testida kliendi materjalidega. Kui see on õnnestunud võetakse projekt transpordiks lahti ja pakitakse.



Foto 5. Teisaldatav tööjaam

3.2. Laoprotsessid

Ladu jaguneb kaheks: koosteosade ladu ja katsematerjali ladu. Windaki masinad vajavad palju katsetamist kliendi materjalidega, sest masinad toodetakse vastavalt kliendi spetsiifilistele vajadustele. Seetõttu tarnivad kliendid palju materjale alates kaablinäidistest kuni tühjade etikettideni.

Keskmiselt saadab üks klient Windaki tehasesse pool merekonteinerit täis testmaterjale. Kulude vähendamiseks koondab USA müügiettevõtte Windak Inc. erinevate klientide katsematerjalid kokku ja saadab need koos.

Windaki tootmise laos on tavaliselt 4-6 kliendi katsematerjalid. Samuti võib sama klient tellida mitu liini korraga ja saadetakse mitme erineva liini katsematerjalid korraga. Ühel merekonteineril on 29,28 ruutmeetrit põrandapinda ja materjal on laotud, siis tavaliselt arvestatakse, et materjali täis konteiner vajab põrandapinda ca 30 ruutmeetrit ja 4-6 kliendiga on laos kuni 180 ruutmeetrit põrandapinda vaja. Samas tuleb arvestada ka statsionaarsete kliendi katsematerjalidega, mis vajavad lisaks 100 ruutmeetrit laopinda.

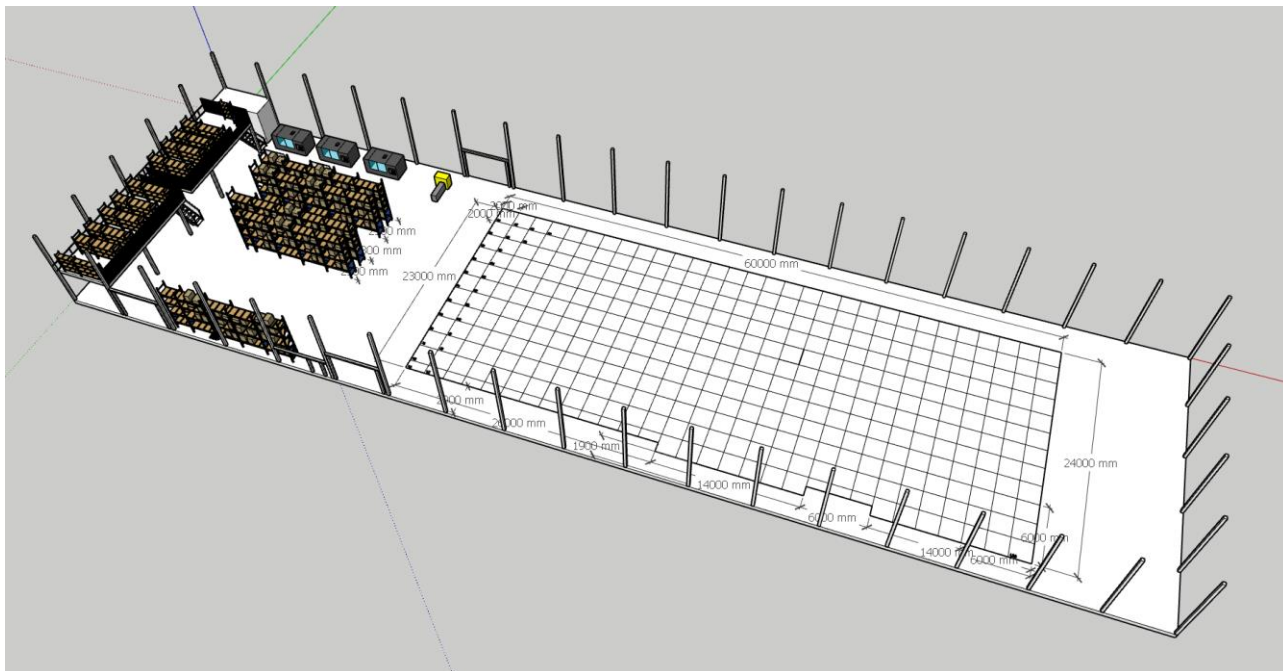
Kui materjalid on ilmastikukindlad siis hoiustatakse materjale välialal.

Ladu jaguneb kahe korruse vahel. Esimese korruse ladu on kõrgladu, kus kasutatakse konventsionaalset laotehnoloogiat. Riiulite kõrgus on seal laos 5m. Alumise korruse laos hoitakse siis kliendi katsematerjale ning suuri masinate varuosi. Iga laovahe on tähistatud tähega ning iga riiul omakorda tähekombinatsiooni ja numbriga.

Teise korruse laosal kasutatakse samuti konventsionaalset tehnoloogiat, kuid tegu on madala peenkaubariiuliga, mille kõrgus on 2,4m. Üleval hoiustatakse väiksemaid detaile masinate jaoks. Riiulite tähistused on sama loogikaga nagu kõrglaos. Et efektiivselt varuosi ja detaile leida, on kasutusel Monitor ERP süsteem (vt peatükk 2.4.). Kui projekt on töösse võetud siis väljastatakse kõik vajaminevad varuosad ja detailid laost, et viia need projektialale.

4 TOOTMISPROTSESSIDE KAARDISTAMINE

Tootmis- ja laoala suurus on koos on 3240 ruutmeetrit. Sellest 2490 ruutmeetrit on tootmisala ja 750 ruutmeetrit on ette nähtud laoalaks. Tootmisala on nähtaval joonisel (vt Joonis 14).



Joonis 14. Windak OÜ tootmis- ja laoala

Tootmispind asub Windakile kuuluvas tehases, kuna tootmismasinad vajavad stabiilset keskkonda kvaliteetse põrandakattega. Ka internetiühendus mängib olulist rolli, masinad vajavad internetiühendust testimise jaoks ning täpsete mõõdistuste jaoks on oluline, et põrand oleks loodis. Sellele tootmispinnale mahub maksimaalselt 20 väiksemat projekti. Kui on erineva suurustega projekte siis mahub tootmispinnale neli suuremat projekti ja üheksa väiksemat projekti. Projekti suurus sõltub nii masinate arvust kui ka masinate suuruselt. Projektide koostamise algul tõstetakse pearaamid projektialale õigesse asendisse (nagu lõplikul paigutusel) ning seejärel lisatakse põhiraamile väiksemad moodulid.

Metalli töötlemise alal on põhivarustusena:

- CNC treipink;
- frees;
- metallisaag;
- keevitusseade

- magnet- ja statsionaarne trell.

Mehhaanikutel on üldkasutatavad tööriistad, milleks on:

- Akuneedipüstol;
- akutrell;
- ristlaser;
- metalli lihvmasin;
- suruõhupüss.

Tööpinkidena kasutatakse ühiselt:

- Hüdropress;
- järkamissaag;
- puurpink;
- treipink.

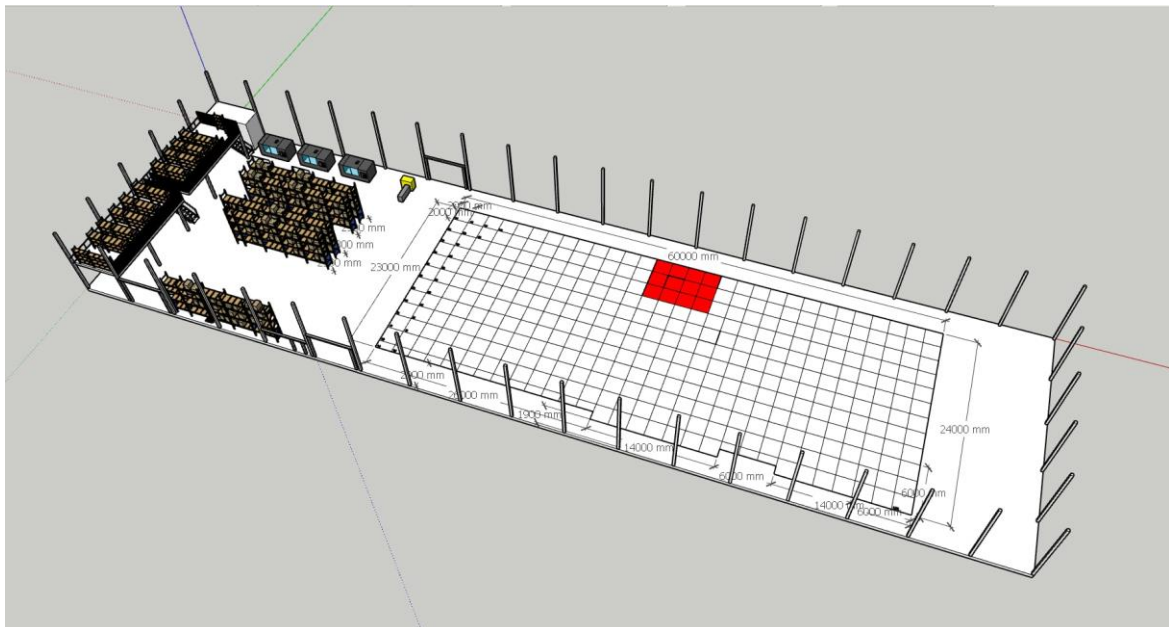
Projektialale käiakse tööriistu toomas ja viimas vastavalt hetkevajadusele. Üks mehhaanik kõnnib tööpäevas edasi tagasi kuni 10 000 sammu. Elektrikutel on tööriistad kõigil eraldi, kuid kulumaterjali (andurid, kaablid jms) käiakse toomas vastavalt vajadusele. Elektrikud kõnnivad tööpäeval kuni 11 000 sammu.

Autor mõõdistas konveierliinide moodulite mehhaanilise koostamise aega ja sai tulemuseks kolm tundi ja 27 minutit, mis oli registreeritud mehhaanik A poolt Monitor ERP programmis. Mõõdistus viidi läbi tavatingimustes, kus mehhaanik peab ise tööriistad tooma, tagasi viima ja mooduli koostama.

5 UUS TOOTMISPROTSESS

Ettevalmistusala suuruseks oleks 48 ruutmeetrit. Ettevalmistusala eraldamise kavandamise eesmärk oli vähendada projektialade koormust ehk projektialadel saaks moodulid kinnitada juba pearaamile, mitte ei peaks seal ka mooduleid koostama. Ettevalmistusala eraldamisel kaoksid ära teisaldatavad tööjaamad (vt Foto 5, lk 25), selle asemel oleks statsionaarne tööjaam, mis sisaldaks kõiki tööriistu (akuneedipüstol, akutrell, ristlaser, suruõhupüss, lihvmasin jms) ja kuluosi (mutrid, poldid, seibid jms). Ettevalmistusala võimaldab mehhaanikutel koostada masina osade mooduleid ilma, et peaks minema tooma ja viima tööriistu ehk kõik oleks ettevalmistusosalal olemas. Samuti ei pea tööjaamu projektilt projektile liigutama.

Ettevalmistusala asuks tootmisala äärel, kõikide teiste projektide läheduses (vt Joonis 15). Algselt hakataks ettevalmistusosalal koostama konveierliini mooduleid ja kõiki väiksemaid mooduleid, mida saab transportida tõstuki, kraana või laaduri abiga projektialale, kus asuvad peamoodul(id). Transpordiks on olemas kaks tõstukit, kaks kraanat ja seitse käsilaadurit, neid kõiki jagatakse laoga ning kasutatakse projektialades. Kui juhuslikult on vaja kasutada ühte tõstukit, kraanat või laadurit siis võib tekkida ooteaeg. Samuti ei saa käsilaaduriga kõiki detaile transportida. Ettevalmistusosalale mahub maksimaalselt töötama kaks mehaanikut.



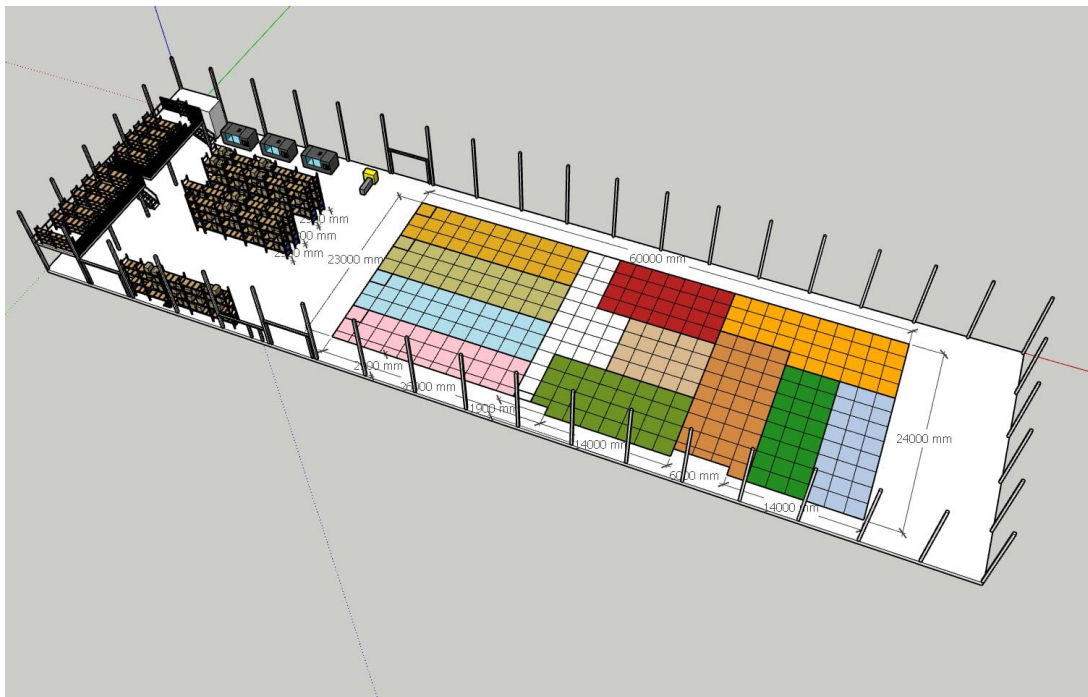
Joonis 15. Ettevalmistusala asukoht tootmises (punaselt).

Ettevalmistusosalal valmistatavad moodulid oleks järgenvad:

- Konveierliinide moodulite koostamine (erinevad mõõdud ja otstarbed);
- kaabli suunamisüsteemi moodul;
- kaablikastide ja poolide pöördesüsteem;
- samm sammult traverseerimise seade kaabli lahti kerimise masina jaoks;
- pöördemasin poolidele;
- kaabli pikkuseloendur.

Koos ettevalmistusalaga mahuks tootmisalale (olenevalt projekti suurusest) kolm suuremat projekti ja lisaks kaheksa väiksemat projekti ehk ettevalmistusala loomine võtaks ära ühe projekti ala (vt Joonis 16).

Kui mehhaanik töötaks terve koostamise aja ainult ettevalmistusosal suureneks produktiivsus, sest tööriistu viies ja tuues mitte ainult ei liiguta liigselt (*Muda*) vaid jäädakse ka teiste töötajatega arutlema ja jutustama, mis tähendab, et mehhaanik peab pidevalt välja süvenema projektist ning vastupidi uuesti projekti süvenema, mis võtab aega ja võib tekitada tahtmatuid vigu. Samuti ei liigu tööriistad teistele projektialadele, mistõttu ei kao tööriistad ära ning ettevalmistusosal oleks igal tööriistal oma ettenähtud koht (5S-süsteem), see vähendab asjade otsimiseks kuluvat aega.



Joonis 16. Projektialad koos ettevalmistusalaga.

Autor mõõdistas konveierliinide moodulite mehhaanilise koostamise aega ja sai tulemuseks kaks tundi ja 45 minutit. Mõõdistus viidi läbi tingimustes, kus ettevalmistusala on eraldatud ning mehhaanikul on kõik tööks vajalik juba projektialal. Seejuures tegi mehhaanik A 2000

sammu, mis teeks umbes 5000 sammu terve päeva jooksul kui ta samade detailide koostamist jätkaks. See tulemus oli suuresti tingitud sellest, et ettevalmistusalal olid kõik töövahendid olemas ning kõik muud segavad faktorid elimineeritud (peamiselt suhtlus teiste töötajatega).

6 ANALÜÜS JA JÄRELDUSED

Esimene eesmärk oli hinnata projekti- ja ettevalmistusala tootlikkus, mis on välja toodud (vt Tabel 3).

Tabel 3. Konveierliinide moodulite tootlikkuse võrdlus erinevatel aladel

Konveierliini koostamine	Kooste maht 8 h tööpäevas, tk	Kooste maht kuus 21 tööpäeva, tk	Maht aastas 254 tööpäeva, tk
Projektilal	2,32	48,7	589,0
Ettevalmistusalal	2,91	61,09	738,9
Vahe	0,59	12,4	149,9

Lõputöö esimene eesmärk oli hinnata pindalakasutust ettevalmistusala eraldamisega. Kui hetkel on kogu tootmisala suurus 2490 ruutmeetrit, siis ettevalmistusala eraldamisel väheneks projektide jaoks arvestatud ala 48 ruutmeetri võrra. Tulenevalt klientide tellimusest varieeruvad projektide suurused ning seetõttu ka pindala vajadus projektialade jaoks. Arvutatud 4,8% tootlikkuse tõus ei anna nii suurt efekti, et ettevalmistusala eraldi luua. Eeldatav koostamisaeg konveierliini moodulitele oli koostamisaega vähendada 45-50% võrra ehk üks konveierliini moodul valmiks 207 minuti asemel 103-113 minutiga.

Teine eesmärk oli kaardistada ettevalmistusala eraldamisega seotud ajaline faktor. Lõputöö koostamise käigus mõõdeti konveierliini mooduli koostamisega seonduvat ajalist kulu projektilal ja ettevalmistusalal. Ettevalmistusalal koostataks lisaks konveierliini moodulitele ka teisi väiksemaid moduleid, mis lisatakse hiljem projektile. Ajaline faktor koosnes:

- Liikumine materjali järgi;
- mooduli koostamine;
- kulumaterjali toomine;
- suhtlus teiste töötajatega.

Esimene mõõtmine toimus Windak Group'i tootmishoone projekti US-ENM-21-2064 SW6 alal. Mõõtmine toimus 17. novembril aastal 2023 algusega kell 7:57 kuni 11:24 (vt Joonis 17) ning viidi läbi mehhaaniku A poolt. Enne koostamise alustamist registreeris mehhaanik A end Monitor ERP programmis ning samal hetkel pani töö autor käima ka stopperi, et

vaadelda kogu protsessi algusest lõpuni. Mõõtmisel osalesid töö autor ning koostav mehhaanik A.

Task	Start	End	Duration	Task Name	Unit	Quantity	Material	Material Qty	Material Unit
09:37	10:24	00:45	02-4193-A1	Speed outfeed conveyor	20 Assembly	15273	2 193 751	0,00	pcs
10:50	11:14	00:24	02-2325...	Drive unit (Backwell)	20 Assembly	15811	2 158 651	0,00	pcs
13:49	16:24	02:35	02-2325...	Drive unit (Backwell)	20 Assembly	15831	2 158 651	0,00	pcs
11:14	13:49	02:35	02-2325-A2	Cable accumulator	20 Assembly	15328	2 131 382	1,00	pcs
16:24	16:56	00:32	02-3533-B2	Clamp unit	20 Assembly	15830	2 158 627	0,00	pcs
16:56	17:20	00:24	02-3533-A1	Valve assembly	20 Assembly	15830	2 158 631	0,00	pcs

Joonis 17. Esimene konveierliini mooduli koostamise mõõdistus Monitor ERP programmis

Teine mõõtmine toimus ettevalmistusala ala simuleerides, kus töötajale oli valmis pandud ala nii, nagu ettevalmistusala välja nägema hakkaks (vt pt 5). Mõõtmine toimus 15. jaanuaril aastal 2024 algusega kell 8:01 kuni 10:46 (vt Joonis 18) ning viidi läbi mehhaaniku A poolt. Kogu mõõdistusprotsess viidi läbi samamoodi nagu eelnev mõõdistus ehk kasutati nii Monitor ERP programmi kui ka autori stopperit. Teine mõõtmine viidi läbi antud ajahetkel tühjal projektialal, kus polnud projekt veel alanud. Mõõtmisel osalesid töö autor ning koostav mehhaanik A.

Task	Start	End	Duration	Task Name	Unit	Quantity	Material	Material Qty	Material Unit
08:01	10:46	02:45	02-4193-A1	Speed outfeed conveyor	20 Assembly	15274	2 193 758	0,00	pcs
10:52	12:02	01:10	02-2325-B2	Drive unit (Backwell)	20 Assembly	15772	2 158 651	0,00	pcs
14:44	17:25	02:41	02-2325-A2	Cable accumulator	20 Assembly	15772	2 158 659	0,00	pcs
12:41	14:44	02:03	02-2325...	Cable accumulator	20 Assembly	15772	2 158 661	1,00	pcs

Joonis 18. Teine konveierliini mooduli koostamise mõõdistus Monitor ERP programmis

Projektide ajalised tulemused registreeris töötaja Monitor ERP programmis. Mõlemas mõõdistuses koostas konveierliini moodulit sama mehhaanik, et vältida inimfaktori mõju mõõdistusele.

Mõõdistused eeldavad, et ettevalmistusala koostatakse ainult konveierliini mooduleid, aeg võib varieeruda, kui vahepeal koostatakse mõnda muud projektiga seonduvat moodulit. Arvutused lähtuvad situatsioonist, kus ettevalmistusala koostatakse ainult konveierliini mooduleid, reaalsuses koostatakse kõigi projektide väiksemaid mooduleid vastavalt projektide olemusele ja prioriteedile (prognoositud projekti valmimisaeg).

Tabel 4 on välja toodud kahe konveierliini mooduli koostamise mõõdistuse tulemused sama mehhaaniku poolt. Mõõdistustest selgus, et projektialal koostamine võtab aega 207 minutit ning ettevalmistusalal koostamine 165 minutit.

See tulemus on suuresti tingitud sellest, et mehhaanik ei pea projektialalt ära liikuma ning kaasav tegur on ka head tingimused keskendumiseks, sest kui mehhaanik projektialalt ära liigub häirib see tema süvenemist antud projekti ning samuti teel varuosadeni, tööriistadeni ja kuluosadeni või sealt tagasi projektile liikudes on töötajaid, kes:

- paluvad abi;
- küsivad nõu;
- jäävad lihtsalt jutustama.

Kõik need tegurid pikendavad koostamise aega.

Tabel 4. Konveierliini mooduli koostamise mõõdistus erinevatel aladel.

Mõõdistus	Mõõdistuse kuupäev ja kellaaeg	Koostamise aeg, min
a-Mehhaaniline koostamine projektialal	17.11.2023 7:57-11:24	207
b-Mehhaaniline koostamine ettevalmistusalal	15.02.2024 8:01-10:46	165
c-Koostamise vahe erinevatel aladel, min valem: $c=a-b$		42

Vastavalt arvutusele oli kahe koostamisaja vahe 42 minutit. Kaheksa tunni jooksul on arvesatatud, et töötaja jõuab koostada vähemalt kaks konveierliini moodulit. Projektialal koostades peaks mõõdistuste kohaselt töötaja jõudma ära teha kaks konveierliini moodulit ja veerand kolmandast konveierliini moodulist. Ettevalmistusalal koostades jõuaks töötaja kaheksa tunni jooksul valmis teha kaks konveierliini mooduleid ning kolmveerand kolmandast konveierliini moodulist.

Kui päevas projektialal koostatakse 2,32 konveierliini moodulit siis ühes kuus oleks 21 tööpäeva kohta kooste maht 48,7 konveierliini moodulit. Ettevalmistusalal jõuaks koostada 2,91 konveierliini moodulist, sel juhul suureneks tootlikkus 12,4 konveierliini mooduli võrra 21 tööpäeva jooksul ehk 61,09 konveierliini moodulit. Aasta maht suureneks 254 tööpäeva jooksul 149,9 konveierliini mooduli võrra – projektialal 589 moodulit ja ettevalmistusalal

738,9 moodulit. Arvutustel lähtuti esimese ja teise mõõdistuse ajast ja sellele vastavast töömahust. (vt Tabel 3)

Kui on teada aasta maht projekti- ja ettevalmistusalal, saab arvutada tootlikkuse tõusu protsentides.

Järgnevalt leitakse ettevalmistusala tootlikkuse moodulite tõusu protsentides valemiga (1):

$$d = \frac{f \times 100}{e} - 100 \quad (1)$$

kus e – koostemaht projektialal, 1/tk;

f – koostemaht ettevalmistusalal, 1/tk.

Ettevalmistusalal moodulite tootlikkuse tõusu protsent vastavalt valemile (1) on:

$$d = \frac{2,91 \times 100}{2,32} - 100 \approx 25,4 \, \%$$

Vastavalt arvutusele oli tootlikkuse tõus ettevalmistusalal 25,4 protsenti.

Esimesel projektil (vt Lisa 2) oli ühe moodulina installeeritud konveierliini moodul. Kogu projekti-1 kaabli pakendamise liini mehhaanilise koostamise aeg sellel alal oli 1054 tundi.

Kui on teada projekti koostamise aeg, saab arvutada kui palju tõuseb tootlikkus protsentides ettevalmistusala lisamisega.

Järgnevalt leitakse projektiala tootlikkuse tõus koos ettevalmistusalaga võrreldes projektialal moodulite koostamisega protsentides valemiga (2):

$$g = \frac{i \times 100}{h} - 100 \quad (2)$$

kus h – koostamisaeg projektialal, 1/min;

i – koostamisaeg projektialal koos ettevalmistusalaga, 1/min.

Ettevalmistusala moodulite tootlikkuse tõusu protsent vastavalt valemile (2) on:

$$g = \frac{63\,198 \times 100}{63\,240} - 100 = 0,0066 \, \%$$

Vastavalt arvutusele oli ajaline muutus 0,0066%.

Juhul kui projektile on ette nähtud kümme konveierliini moodulit, saab arvutada tootlikkuse tõusu protsentides kümne mooduli koostamise puhul.

Järgnevalt leitakse kümne konveierliini mooduli lisamisega saadav tootlikkuse tõus protsentides (3):

$$j = g \times 10 \quad (3)$$

kus g – tootlikkuse tõus projektialal koos ettevalmistusalaga, 1/min;

Ettevalmistusala moodulite tootlikkuse tõusu protsent vastavalt valemile (3) on:

$$j = 0,0066 \times 10 = 0,66 \, \%$$

Vastavalt arvutusele oli ajaline muutus 0,66%.

Ajaliselt kulub projektialal väiksemate moodulite koostamiseks 12 000 minutit mida saaks koostada ettevalmistusalal. Kui on teada ettevalmistusala tootlikkus suurenes 25,4 protsendi võrra, saab arvutada kui palju väheneks töötundide arv koostades mooduleid ainult ettevalmistusalal.

Järgnevalt leitakse moodulite koostamiseks kuluv aeg ettevalmistusalal (4):

$$h = \frac{k \times d}{100} \quad (4)$$

kus k – moodulite koostamisaeg projektialal, 1/min;

d – moodulite koostamine projektialal, 1/min;

Ettevalmistusala moodulite tootlikkuse tõus protsentides vastavalt valemile (4) on:

$$h = \frac{12\,000 \times 25,4}{100} = 3048 \, min$$

Vastavalt arvutusele oli koostamisaja vähenemine 3048 minutit. Sel juhul väheneb projektialal kogu projekti koostamise aeg 60 192 minutini.

Kui on teada kogu projektiala koostamise aeg koos ettevalmistusalaga, saab arvutada kogu koostamisaja vähenemise protsentides.

Järgnevalt leitakse kogu koostamisaja vähenemine protsentides (5):

$$l = 100 - \frac{m \times 100}{h} \quad (5)$$

kus m – moodulite koostamisaeg projektialal koos ettevalmistusalaga, 1/min;

h – kogu projekti koostamine projektialal, 1/min;

Kogu projekti koostamisaja vähenemine protsentides vastavalt valemile (5) on:

$$l = 100 - \frac{60\,192 \times 100}{63240} = 4,8 \%$$

Vastavalt arvutusele oli kogu projekti koostamisaja vähenemine 4,8 protsenti.

Viies moodulite koostamise ettevalmistusalale suureneks kogu projektiala tootlikkus 4,8 protsenti ehk ümardatult 50 tundi.

Maksimaalne projektide arv tootmisalal on 20 projekti, sel juhul on ühelt projektilt võidetud 50 tunni juures võita 20 projekti korral peaaegu ühe projekti töömaht. Arvutusel korrutati maksimaalsete projektide arv projektialal tootlikkuse suurenemise ajaga: $20 \times 50 = 1000h$.

Varasema kogemuse ja info alusel sellist olukorda pole olnud, et projektialadel on maksimumarv ehk 20 projekti korraga, reaalsuses on 12-13 projekti, mis teeks 600 tundi ajalist võitu, arvutusel korrutati reaalsete projektide arv tootlikkuse suurenemise ajaga: $12 \times 50h = 600h$.

Kuna ühe projekti valmimiseks kulub rohkem kui võidetud 600 tundi, siis ettevalmistusala eraldamine tootmisest lõpptulemusena ära ei tasuks.

Arvutused tuginesid eeldusel, et ettevalmistusala kasutatakse ainult konveierliini moodulite koostamiseks. Tegelikuses koostataks ettevalmistusosal ka teisi moduleid ning projektiala maht oleneb nõudlusest ja tööde mahust.

Lisaks projektiala suuremale tootlikkusele võeti arvesse ka hetkeliste transpordivahendite aspekti. Ettevõttes on transpordiks olemas kaks tõstukit, kaks kraanat ja seitse käsilaadurit, mis on igapäevases kasutuses nii laos kui tootmises. Kui käsilaaduriga ei saa mooduli suuruse tõttu transportida siis võib tekkida ooteaeg kraanale või tõstukile, et moodulit liigutada.

Parendusettepanekuna tooks autor välja, et oleks rohkem üldkasutatavaid tööriistu ja tööpinke, et ei tekiks üldkasutatavate tööriistade järgi ootamist. See vähendaks projekti koosteaega ja võimaldaks paremini keskenduda. Samuti tuleb juurutada 5S süsteemi nii standardite kui ka sildistamise näol, et vähendada asjade otsimiseks kuluvat aega. Kui see ei ole võimalik, tuleks üle vaadata teisaldatavate tööjaamade komplekteeritus ja 5S-süsteemi seis nendes tööjaamades, et veenduda kõikide töövahendite olemasolus, puhtuses ja asjade korrashoius.

KOKKUVÕTE

Lõputöö esimene eesmärk oli kaardistada eraldatud alade tootlikkus. Selleks vaadeldi tootmisprotsesse projektialal koostades ja ettevalmistusalal koostades, et kindlaks teha kahe koostaja erinevus ja hinnata ettevalmistusalal konveierliini moodulite koostamise ajalist mõju projektialale. Selleks mõõdeti ajakulu ning tehti arvutused ja parendusettepanekud. Lõputöö teine eesmärk oli hinnata pindalakasutust tootmises enne ja pärast. Selleks võeti aluseks tootmishoone planeering ning maksimaalsete projektide arv vastavalt tootmisalale ning hinnati ajalist tasuvust.

Windak Grupis on kasutusel Jira Software ja Monitor ERP süsteem, et efektiivselt projekte juhtida ja varudel ning tootmisprotsessidel silma peal hoida. Kirjeldati Windakis kasutusel olevaid LEAN süsteeme ning hinnati nende implementeerimist. Nende teadmiste baasil ja kogutud andmete põhjal tehti analüüsid ning parendusettepanekud. Parendusettepanekud toetusid nii teoreetilistele kui ka empiirilistele tulemustele.

Töö mõõdistamise ja hindamise vältel jälgiti töötajate puhtuse hoidmist ja tööülesannete täitmise korrektsust, et teada saada, kas töötajate tegevustest tulenevalt tekib ajalisi kadusid või esineb viivitusi tööprotsessides. Vaatluse käigus tehti ettepanek 5S-süsteemi paremaks juurutamiseks. Eraldatud alade mõõdistustest selgus, et eraldamise tulemusel tekiks 42 minutit ajalist võitu, kuid selle ala arvelt kaoks üks projektiala, mis muudetaks ettevalmistusalaks.

Lõputöö eesmärgid said täidetud ning kõik lõputöö jooksul välja tulnud probleemid ja parendusettepanekud said juhtkonnale edastatud. 5S-süsteemi kitsaskohtade parenduseks koostas autor 5S-süsteemi juurutamiseks ja standardiseerimiseks 5S-standardi tootmisalale, et parendada heakorda ja tööriistade otsimise aega (vt Lisa 1).

SUMMARY

The first goal of the thesis was to map the productivity of the separated areas. For this purpose, the production processes were observed when assembling in the project area and assembling in the preparation area in order to determine the difference between the two assembly times and to assess the time effect of assembling the conveyor line modules in the preparation area on the project area. For this purpose, time consumption was measured and calculations and improvement proposals were made. The second goal of the thesis was to evaluate the area use in production before and after. For this purpose, the planning of the production building and the maximum number of projects according to the production area were taken as a basis, and the time profitability was evaluated.

Windak Group uses Jira Software and the Monitor ERP system to effectively manage projects and keep an eye on stocks and production processes. The LEAN systems in use at Windak were described and their implementation was evaluated. Analyzes and suggestions for improvement were made based on this knowledge and collected data. Suggestions for improvement were based on both theoretical and empirical results.

During the measuring and evaluation of the work, employees' cleanliness and the correctness of their tasks were monitored in order to find out whether there are time losses or delays in the work processes as a result of the employees' activities. During the observation, a proposal was made for a better implementation of the 5S system. The measurements of the separated areas revealed that as a result of the separation, a time gain of 42 minutes would occur, but at the expense of this area, one project area would disappear, which would be turned into a preparation area.

The objectives of the thesis were met and all problems and improvement proposals that emerged during the thesis were forwarded to the management. In order to improve the bottlenecks of the 5S system, the author prepared a 5S standard for the implementation and standardization of the 5S system in the production area to improve the order and tool retrieval time (see Appendix 1).

VIIDATUD ALLIKAD

- [1 Windak OÜ, „About Windak,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/company>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [2 REGISTER OÜ, „Töötajad ja palgad,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://ssb.ee/11025871-WINDAK-OU/tootajad-palgad>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [3 Windak OÜ, „Pack cable on coils,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/products-and-services/pack-cable-on-coils/>.
[Kasutatud 8. november 2023].
- [4 Windak OÜ, „Pack cable on spools,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/products-and-services/pack-cable-on-spools/>.
[Kasutatud 8. november, 2023].
- [5 Windak OÜ, „SW series,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <http://creativebox.se/windak/flip/201207/en/brochure/sw-series/index.html>.
[Kasutatud 9. november, 2023].
- [6 Windak OÜ, „Automatic spoolers,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/product-category/automatic-spoolers-and-coilers/automatic-spoolers/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [7 „Autoreeler AR-18,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/product/autoreeler-ar18/>. [Kasutatud 15. veebruar, 2024].
- [8 „Spoolwinder SW6-14,” [Võrgumaterjal]. Available:
] <https://www.windakgroup.com/product/spoolwinder-sw6-14/>. [Kasutatud 16. veebruar, 2024].
- [9 Windak OÜ, „Windak Palletizers,” [Võrgumaterjal]. Available:
] https://www.windakgroup.com/wp-content/themes/windak/pdf/Windak_Palletizers_A4+5mm.pdf?fbclid=IwAR05VVRjbSRjv8Qxo3vbBmf7vbjIySSIKSCHlnO4W888Femj3tbsmC6mGWw. [Kasutatud 14. märts, 2024].
- [1 Windak OÜ, „Additional equipment,” [Võrgumaterjal]. Available:
0] <https://www.windakgroup.com/product/additional-equipment/>. [Kasutatud 16. märts, 2024].
- [1 Business Performance Improvement, „5S,” [Võrgumaterjal]. Available:
1] <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/5s/>. [Kasutatud 4. veebruar, 2023].
- [1 Toyota (GB) PLC, „Muda, Muri, Mura – Toyota Production System guide,”
2] [Võrgumaterjal]. Available: <https://mag.toyota.co.uk/muda-muri-mura-toyota->

production-system/. [Kasutatud 4. veebruar, 2024].

[1 Six Sigma Daily, „The 8 Wastes of Lean,” 5. august, 2017. [Võrgumaterjal]. Available:
3] <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>. [Kasutatud 16. märts, 2023].

[1 Atlassian Corporation, „What is Jira Software,” [Võrgumaterjal]. Available:
4] <https://www.atlassian.com/software/jira/guides/getting-started/introduction#what-is-jira-software>. [Kasutatud 18. märts, 2024].

[1 Monitor ERP, „What is ERP,” [Võrgumaterjal]. Available:
5] <https://www.monitorerp.com/what-is-erp/>. [Kasutatud 24. märts, 2024].

[1 Register OÜ, „WINDAK OÜ,” [Võrgumaterjal]. Available:
6] <https://www.inforegister.ee/11025871-WINDAK-OU>. [Kasutatud 8. november 2023].

7 LISAD

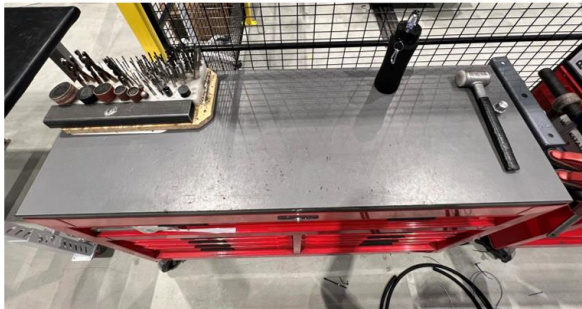
Lisa 1. 5S standard töökarule

Töökäru pealispind

ENNE



PÄRAST



Windak Group 5S standard				
Koostaja:	Kuupäev:	Standard ID:	Versiooni nr:	
Protsessiinsener	24.03.2024	PROD_01	1	

Lisa 2. Projekti nr 1 arve



Windak Inc, USA
 Windak AB, Sweden
 Windak OU, Estonia
 Windak EMEA GmbH, Austria
 Windak Asia Pacific P/L, Australia

Price Summary

#	Qty	STANDARD	Unit	Extd
1	1			
2	1			
3	1			
4	1			
5	1			
6	1			
7	1			
8	1	Traversing Outfeed Conveyor	\$ 19,600	\$ 19,600
9	1			
10	1			
11	1			
12	1			
13	3			
14	3			
#	Qty			
15	1			
16	1			
#	Qty			
17	3			
18	1			
19	10			

Quotation Totals

Currency US Dollar: \$

Total \$ 1,022,789

Windak Inc
 1661 4th St SW
 Conover, NC 28613, USA
 Phone +1 828 322 2292

Quote no: 2021-2043
 Order Confirmation
 Page 3 of 15.