

EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut



Anri Petrov

AS TOFTANI TOOTMISLIINI SEADMETE ENERGIAKASUTUS

Energy Consumption of AS Toftan Production Line Devices

Bakalaureusetöö
energiakasutuse erialal

Tartu 2014

Olen koostanud bakalaureusetöö iseseisvalt. Kõik minu töös kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad ning kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Bakalaureusetöö koostaja: **Anri Petrov**
(kuupäev) (allkiri)

Juhendaja: **lektor Toivo Leola**
(kuupäev) (allkiri)

Retsensent: **lektor Erkki Jõgi**
(kuupäev) (allkiri)

Töö vastab kehtivatele nõuetele. Kaitsmisele lubatud

Energeetika osakonna juhataja:

dots. Andres Annuk
(kuupäev) (allkiri)

Mina, Anri Petrov

(sünnikuupäev 17.08.1990)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
AS TOFTANI TOOTMISLIINI SEADMETE ENERGIAKASUTUS,
mille juhendaja on lektor Toivo Leola,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartus, 22.08.2014

ABSTRACT

Petrov A, Energy Consumption of AS Toftan Production Line Devices, Tartu 2014, Bachelor's thesis, 40 pages, 15 figures, 3 tables, format A4. In Estonian language.

AS Toftan is sawmill which produces lumber in different size. Lumber is used for building houses, window frames, furniture etc. Sawmill produces over 200 000 cubicmeters lumber in one year.

The purpose of this thesis is to study the technology of AS Toftan and make conclusions and suggestions in order to save electric power exploitation in the future.

Electrical measurements were performed on timber assort line, crane hydraulic and timber peeler electric motors, timber bandsaw electric motors individually and timber edger electric motors. Electric motors were measured at current, voltage, power and energy consumption at load, no load and at the starting point of motors. The sawmill has 12 bandsaws in three different groups, each group has four electric motors in different power. First group is equipped with 90 kW, second group has 75 kW and third group has 55 kW electric motors.

The average timber assort line load power was 45 kW and energy consumption 151,8 kWh. First saw group average load power was 153,5 kW and energy consumption 505 kWh. The average power of second saw group was 133 kW and energy consumption 454 kWh. The average load power in third saw group was 66,4 kW and energy consumption 217 kWh. Timber edger energy consumption was 61 kWh. The total load power of AS Toftan measured production line was 424 kW and energy consumption 1417 kWh. In order to save energy in the future the company should change the 90 kW motors for 75 kW in first sawgroup. If there is standstill in the production over 10 minutes, they should turn off the motors to avoid extra power usage.

Keywords: electrical measurements, load power, energy consumption, production line, current, electric motors.

SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID	6
SISSEJUHATUS	7
1. AS TOFTAN	8
1.1. Ettevõtte tegevuse üldiseloomustus.....	8
1.2. Ettevõtte tootmine ja tootearendus	9
1.3. Tootmismaht, tootmiskorraldus ja kvaliteedisüsteem	11
1.4. Ettevõtte hankebaasi, varude juhtimise ja jaotuskanalite kirjeldus	12
1.5. Tööohutus ja keskkonnahoid	13
2. AS TOFTANI ÜLESEHITUS JA TOOTMISPROTSESS	14
2.1. Palgipõld ja –sorteer	15
2.2. Kraana ja koorija	16
2.3. Saeliin	16
2.4. Märja materjali sorteer	18
2.5. Kuivatid ja katlamaja.....	19
2.6. Kuiva materjali sorteer	19
3. ETTEVÕTTE ENERGIAKASUTUS	21
3.1. Ettevõtte energiakasutuse uurimine.....	22
3.2. Palgisorteeri energiakasutus	24
3.3. Kraana ja koorija energiakasutus.....	25
3.4. Esimese saegrupi energiakasutus.....	26
3.5. Teise saegrupi energiakasutus	30
3.6. Kolmanda saegrupi energiakasutus	33
3.7. Seimri energiakasutus.....	35
4. JÄRELDUSED JA SOOVITUSED	36
KOKKUVÕTE	38
KIRJANDUS	40

TÄHISED JA LÜHENDID

$\cos \varphi$ – võimsustegur

FSC – Metsahoolekogu

HT – kuumtöödeldud puidu tähis

I – vool A

I_n – nimivool A

I_k – koormusvool A

P – võimsus kW

PEFC – Metsade Sertifitseerimise Kinnitamise Programm

P_n – nimivõimsus kW

P_k – koormusvõimsus kW

β – koormustegur

SISSEJUHATUS

Lõuna-Eestis Sõmerpalu vallas tegutseb ligi 20 aastat puidutöötlemis ettevõte. Ettevõte toodab toormaterjalist saematerjali. Aastate jooksul on AS Toftani saematerjali tootmine kasvanud. Tänapäevani toodetakse juba üle 200 000 m³ saematerjali. Tootlikkus on kasvanud tänu liini täiustamisele, tehes seda aina kiiremaks. Töötajate arv ettevõttes on püsinud stabiilsena natuke üle 100 töötaja. Firma lõikab saematerjali vastavalt tellimustele ja suur osa tellimusi tuleb välismaalt.

Lõputöö eesmärgiks on analüüsida tootmisseadmete energiatarbimist ning leida võimalusi energiatarbimise vähendamiseks.

Töös käsitletakse ettevõtte tootmisliini ülesehitust ja energiakasutust. Tutvutakse tootmisprotsessi etappidega ja ettevõttes leiduvate seadmete parameetritega. Tootmisliini seadmetele sooritati võrguanalüsaatoriga elektrimõõtmisi, mille käigus koguti andmeid erinevate seadmete elektrienergia tarbimise kohta. Uurimistöös ilmnunud probleeme analüüsitakse ja tehakse vastavad soovitused.

Uurimistöös uuritud ajamid:

1. Palgisorteer.
2. Kraana ja koorija.
3. Saeliini lintsaagide mootorid.
4. Seimer.

Saeliini lintsaagide mootorid mõõdeti kõik eraldi käivitusmomendil, tühijooksu- ja koormusolukorras. Teiste osade puhul mõõdeti toitekaablil olevaid seadmeid korraga koormusolukorras.

Energiakasutamise säästmine on aktuaalne igapäevaselt ja sellele tuleks pöörata rohkem tähelepanu. Ettevõtte puhul, kus energia kulu on aastas suur, võib väikene kokkuhoida aasta jooksul osutada märkimisväärse summa.

1. AS TOFTAN

1.1. Ettevõtte tegevuse üldiseloostus

AS Toftan on erafirma, mille põhitegevuseks on saematerjali tootmine ja turustamine. Ettevõtte asutati 1995. aastal Rootsi ettevõtja poolt, kui endine saeveski Kesk-Rootsis demonteeriti ja transporditi Lõuna-Eestisse Sõmerpalu valda, kus saeliin taas kokku monteeriti vanas kartulihoidlas. Suur osa tootmisliinist on ehitati kohapeal, näiteks palkide sorteerimisliin, kuiva- ja märjamaterjali laudade liinid, kuivati, katlamaja ja ladu. Ettevõtte teostab iga aasta uuendusi tootmisliinis, et suurendada firma toomismahtu, mis on 17 aastaga suurenenud üle 500%. Suurte investeeringute tulemustena on Toftanist kerkinud suuruselt teiseks saeveski Eestis ja kolmas Baltikumis. Praegune tehnoloogia võimaldab paindlikult toota saematerjali nii mõõtude kui ka koguste lõikes väga väikeste materjalikadudega. Toormaterjali ostatakse kokku üle Eesti ja ka imporditakse teistest riikidest näiteks Lätist. Põhiliseks toormaterjaliks on mänd, kuid lõigatakse ka kuuske.

Ettevõttes on kokku üle 100 töötaja, nendest 10 töötavad kontoris, kelle ülesandeks on kordineerida saeveski tööd tellimuste ja ettevõtte vajaliku materjali hankimises. Valdav enamus töötajatest on liinitöölised, kes hoolitsevad saematerjali tootmise eest. Ettevõtte töötab päevas 17 tundi, töö toimub kahes vahetuses. Esimene vahetus töötab hommikust kella 6.00-15.00 ja teine vahetus kella 15-01.00-ni. Kolmandal vahetusel on puhkenädal. Ettevõttes on 12 mehaanikut ja 3 elektrikku, kes hoolitsevad ettevõtte tootmisliini korrashoiu eest.

Klientideks on puidutöötlemisettevõtted nii Eestis kui ka 24 erinevas välisriigis üle maailma. Toodangust valmivad maavärinakindlad majad Jaapanis, majad ja mööbel Põhja-Aafrika riikides, ehituskonstruktsioonid Euroopas, akna- ja uksekomponendid ning sildade ja hoonete talad Eestis. Toormaterjal pärineb peamiselt Kagu-Eesti ja Ida-Läti metsadest. 2011. aastal asutati ka tütaretevõtte Toftani Metsad, millest tänaseks on kasvanud üks suuremaid erametsaomanikke Kagu-Eestis.

AS Toftani tootmisprotsess on FSC, PEFC ja HT sertifitseeritud ning ta on Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu liige. [1]

1.2. Ettevõtte tootmine ja tootearendus

Tootmiskorraldus on tellimuspõhine, see tähendab, et lattu varusid ei toodeta. Toormaterjali võetakse aastas vastu 350 000 kuupmeetrit ehk 10 000 autokoormat, päevas saabub umbes 30 autokoormat. Kui toormaterjali pakkuja ja Toftani vahel on sõlmitud mõlemaid osapooli rahuldav algne hind, siis sõlmitakse leping. Ettevõtte maksab saematerjali tootmiseks kõlbliku materjali eest, seega tootmis kõlbliku palgi kogus võib muutuda, sest killuotsija ehk puiduskänner sorteerib kildudega palgid välja ja neid tootmises kasutada ei saa. Hoidmaks transpordikuluseid minimaalsena, siis väga suur osa palgist pärineb Kagu-Eestist ja Ida-Lätist. Ida-Lätis on puidu hind võrreldes Eesti hindadega soodsam ja see tõttu väga palju puitu tuleb just Lätist. Kokku ostetavast puidust 70 % on mänd ja 30 % kuusk. Oma hea geoloogilise asukoha tõttu on ettevõttel võimalus hankida oma toormaterjal kahest erinevast riigist.

Ettevõtte toodang on iga aastaga järjest tõusnud ning võrreldes firma algusaastaga on toodagu maht tõusnud koguni üle 500%. Toftan investeeris 2003-2006 a. vahemikus tootmise rekonstrueerimisse 7.3 miljonit eurot. Uuendati saematerjali tootmisliini ja katlamaja ning saeliini ja kuivatid. Ettevõtte põhilisteks kulutusteks on toormaterjali kokkuost, jooksvad kulutused seadmete töös hoidmiseks ja hooldamiseks. Investeeriti etappide kaupa, et mitte teha pikki tööpauze tootmises ega võtta liigseid riske laenude näol. Eesmärgiks püstitati, et Toftan suudaks toota üle 200 000 kuupmeetri saematerjali aastas. Tänu sellele saadi ka suuruselt teiseks saematerjalide tootjaks Eestis, millega mööduti Paikuse saeveskist. [2]

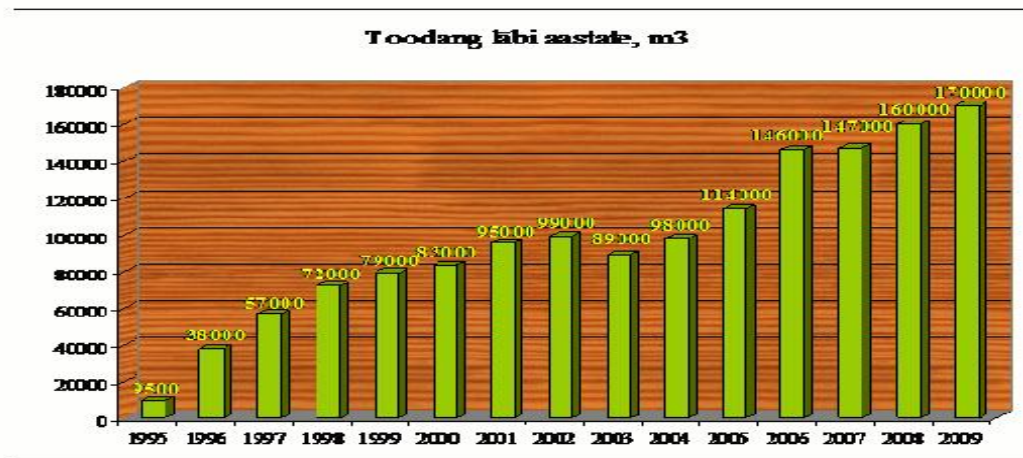
Ettevõtte tootmisstrateegia on vältida pikaajalisi seisakuid, see tähendab, et ettevõtte on meelestatud pidevale tootmisele ja selle arendamisele. Logistika hoolitseb, et oleks alati olemas toormaterjal, mis tagab järjepideva materjali tootmise. AS Toftan on endale välja töödanud süsteemi, mis tagab neile toor materjali olemas olu. Nimelt suviti, kui toormaterjali pole nii palju peale tulemas, siis ettevõtte kasutab 1,5 kuud oma tootmisliini arenduseks ja hooldamiseks. Sellel perioodil saed ei lõika kuu aega ja palgipõld täitub puiduga. Märgliin alustab oma puhkust 2 nädalat enne ja pärast kuiva liini. Selline süsteem tagab töö kuivale liinile, sest selle 2 nädala jooksul on kuivatid täist ja ettevõtte saab oma tööd jätkata tavapärasest süsteemi järgi.

Ettevõtte tootmine toimub vastavalt tellimustele ja sae võimsustele. Tootmise juures mängib suurt rolli toormaterjali kvaliteet, seega võib tekkida ettevõttel olukordi, kus ta ei saa täita kindlaid lepinguid. Lepingute sõlmimisel ettevõtte järgib kindlalt kvaliteedi nõudeid ja oma maksimaalset tootmisvõimalusi, mis tõttu on esikohal tellimuse täitmine tähtjaks. AS Toftan eelkõige soovib kindlale tellimusele kõige paremat hinda eelkõige just ettevõttele. Ettevõtte proovib maksimaalselt ära kasutada kõik tootmisressursid ja see tõttu enamust puidu jääkidest läheb hakkpuiduks. Ettevõtte müüb kuiva ja märga haket, lisaks hakkele ka saepuru. AS Toftanil on just nende toodetega lepingud mitmete Eesti firmadega. Ettevõtte kasutab ise oma katla töös hoidmiseks hakke ja koore segu, mis tähendab, et ettevõtte kasutab maksimaalselt sisse ostetud materjali ära. Praak materjali saavad osta kohalikud, sageli nendeks on firma oma töötajad, kes on sellest rohkem teadlikud. Töötajatel on võimalus osta ka kuivasid puidu klotse ehk laua otsade lõikamis ülejääke.

Toftanil on mitmete firmadega pikaajalsed lepingud, kuid alati ollakse avatud uutele pakkumistele. Näiteks pakutakse Lõuna-Eesti inimestele, kes ei jõua mingil põhjusel oma metsa küpseks saamist ära oodata, õiglase hinnaga metsamaa ära ostmist.[3]

1.3. Tootmiskaht, tootmiskorraldus ja kvaliteedisüsteem

AS Toftani tootmiskaht on läbi aastate aina kasvanud. Tootmine on stabiilne ja tellimuspõhine, mille nõudlus aina kasvab.



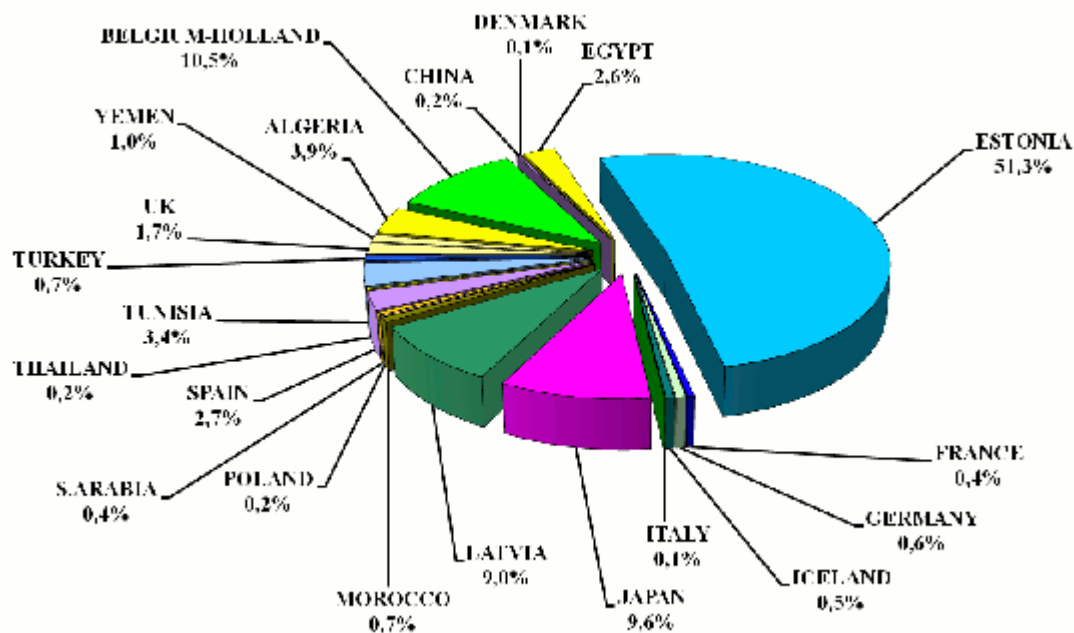
Joonis 1.1. Ettevõtte toodang läbi aastate.

Ettevõtte tootmisprotsess toimub kahes 10-tunnises vahetuses ning regulaarselt tegeletakse masinate hooldusega. Tootmiskaht pidevalt küll suureneb, kuid töötajate arv püsib üsna stabiilne, sest ettevõtte uuendab pidevalt tootmisliini, mis võimaldab rohkem toota vähema ajaga. Tootmise maht päevade lõikes on erinev, sest ettevõttel toimub seisakuid tootmises masinate purunemise tõttu. Ettevõtte on ettenägelik ja pikemate seisakute ära hoidmiseks on varu detailid. Tihti vajavad saed lintide vahetust, sest metallkillud muudavad saelindid kasutuskõlbmatuteks. Ettevõtte on arvestanud, et liin töötab päevas umbes 20 tundi, siis suuremaid mehhaanilisi rikkeid parandatakse ajutiselt ära nii, et saaks töö jätkuda kuni vahetuse lõpuni ja öösel viivad mehhanikud läbi korraliku parandustöö.

Ettevõtte on tootmise tugevalt mehhaniseerinud, seega pole töötajatelt vaja palju jõudu rakendada. Tootmisliin töötab valdavalt iseseisvalt, sest enamasti kõik on automatiseeritud. Automaatikast kasutatakse videokaameraid, fotosilmasid ja lasereid, mida kontrollib kontrollier. Töötajate ülesanne on jälgida arvutite ekraanidelt tootmisliinide veatut tööd. Vigade tekkimisel tootmisliin peatatakse ja viga likvideeritakse ning töö saab jätkuda.

1.4. Ettevõtte hankebaasi, varude juhtimise ja jaotuskanalite kirjeldus

AS Toftani tarnitavast toodangust 51,3 % tarnib Eesti erinevad ehitus- ja mööbli firmad. Ülejäänud toodang eksporditakse Eestist välja.



Joonis 1.2. Ettevõtte toodangu tarnijad.

Tarnete sagedus on stabiilselt jooksev, seega ettevõttel piisab oma laost. Tootmine on tellimuspõhine, seega toimub tootmine ja müümine jooksvalt. Kui toodang on pakitud ja valmis müügiks, siis vastavalt mõõdule ja kvaliteedile paigutatakse toodang lattu, kust see liigub autotranspordiga tellijateni. Ettevõtte põhiliseks eesmärgiks on ikka kasumi teenimine, seega enne lepingute sõlmimist tarnijatega proovitakse firmale saada kõige kasulikum kokkulepe. Suur osa ettevõtte toodangu tellijatest asub välisriikides.

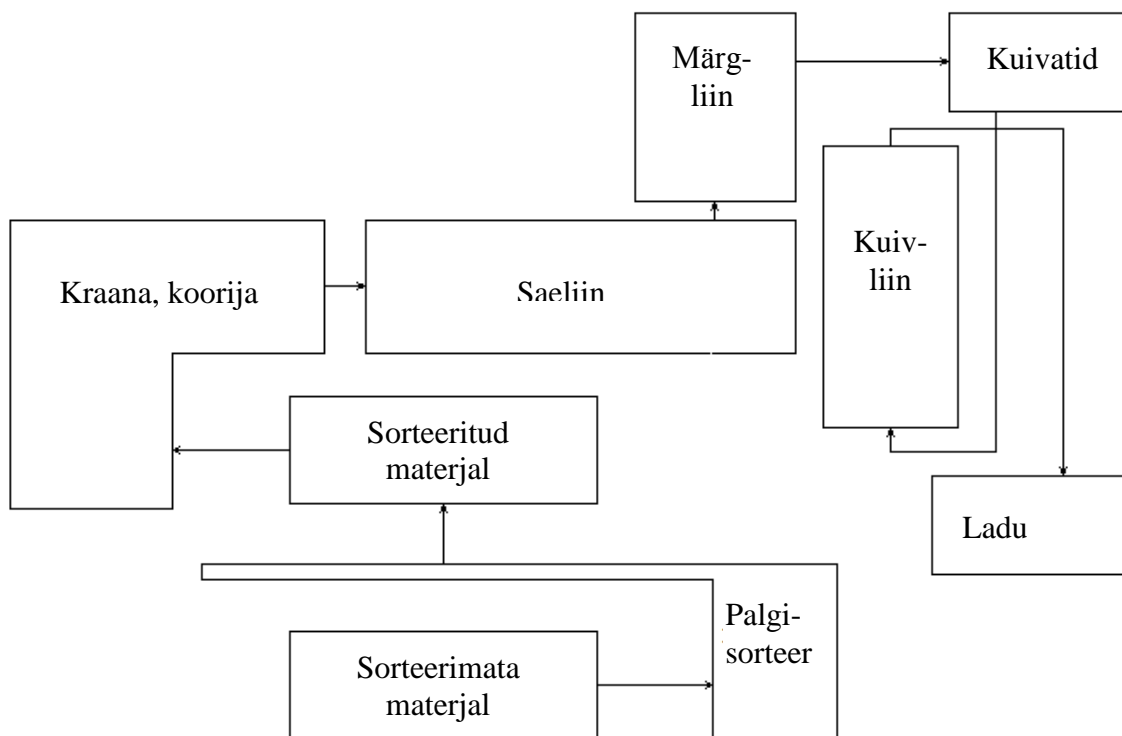
1.5. Tööohutus ja keskkonnahoid

Ettevõttes töötavad töötajatele on ette nähtud tööohutust tagavad reeglid, milles peavad töötajad kinni pidama. Töötajate tervise kaitsmiseks on ettenähtud töötajatel kanda kõrvaklappe ja vastavat tööriietust. Mehhaanikute tööriietus on tulekindel, sest vastasel juhul ei või tuleohtlikke töid teha. Tuleohtlikke töid võib ettevõttes sooritada vähemalt kahekesi. Eelnevalt tuleb töökoht tolmust puhastada ja märjaks kasta vältimaks tulekahju teket. Ettevõttel on tulekahju kustutamiseks sprinkler süsteem, lisaks kastmisvoolikud ja tulekustutid.

Töötava liini all ja vahele on keelatud liikuda tööajal vältimaks õnnetuste ohtu. Vajadusel liinile minnes tuleks liin esmalt seisata turvalülite abil ja keerata kinni pneumokraanid. Liini osad kuhu inimene liikuda võib, on piiratud trossidega, mis automaatselt seiskab töötava liini. Keskkonnahoiu mõttes kogub ettevõtte kokku tekkinud jäätmed ja viib need ettenähtud kohtadesse. Ettevõtte sorteerib prügi ehk metall kogutakse erinevatesse konteineritesse vastavalt liigile, paber ja olmejäätmed eraldi. Vana õli kogutakse kokku ja toimetatakse tagasi müüjale. Tootmisprotsessi käigus rohkem ohtlike jääke ei teki. Tootmisel tekkinud puidujäätmed kasutatakse katlamajas küttematerjaliks.

2. AS TOFTANI ÜLESEHITUS JA TOOTMISPROTSESS

Ettevõtte on asub umbes 20 hektari suurusel territooriumil. Ettevõtte põhitootmine toimub peahoones, kus asub kontor, töökoda, saeliin, märja ja kuiva materjali sorteerimis liinid. Kõrval hooneteks on katlamaja, ladu, kuivatid, palgisorteer ning kraana ja koorija.

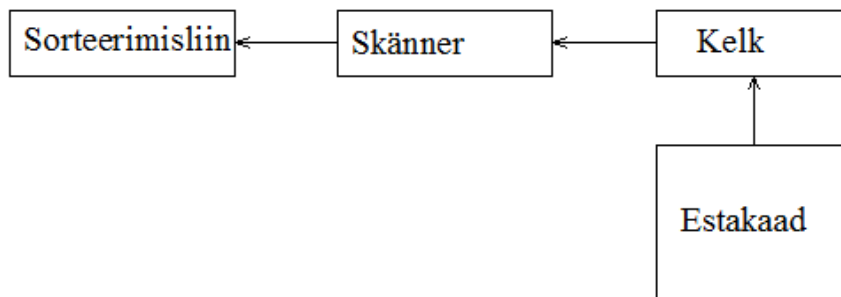


Joonis 2.1. Ettevõtte tehnoloogiline skeem.

Toormaterjal ladustatakse palgipõllule, kus see liigub palgisorteeris. Sorteeritud materjal paigutatakse virnadesse, kus palgid jäävad ootama töötlemist. Vastavalt saekavale tuakse vastava kvaliteedi ja mõõtmetega sorteeritud materjal koorimisse. Kooritud palgid liiguvad saeliinile, kus lõigatakse tellimustele vastav saematerjal. Värskest saetud materjal läbib sorteerimisliini, mille lõpus materjal pakitakse. Märja materjali pakid liiguvad kuivatitesse, kus toimub materjali kuivatamine vastavalt tellimusele. Kuivatist saabunud materjal saadetakse uuesti kuiva materjali sorteeris, kus hinnatakse kvaliteeti. Valmis pakid ladustatakse lattu.

2.1 Palgipõld ja –sorteer

Palgipõldu võib nimetada ettevõtte tootmisprotsessi esimeseks osaks. Antud üksuses toimub toormaterjali ladustamine ja sorteerimine. Kokkuostetud materjal on pidevalt veega kastetud vihmutite abil. See on vajalik materjali kvaliteedi säilitamiseks. Pärast ladustamist toimub palkide sorteerimine.

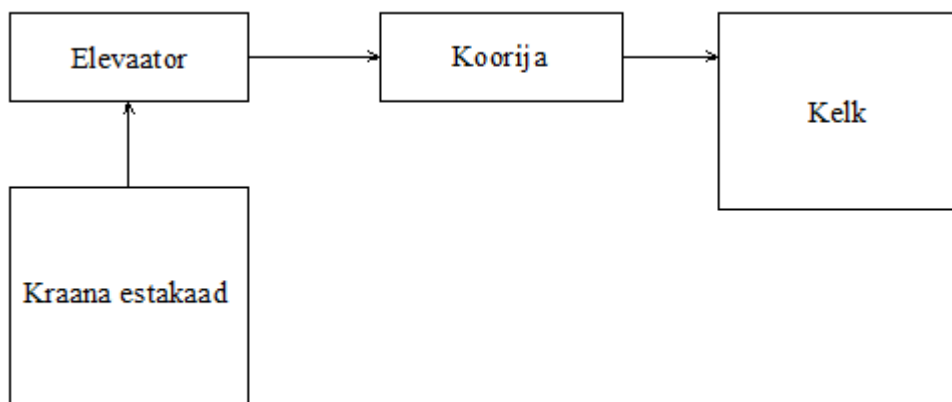


Joonis 2.2. Palgisorteereri tehnoloogiline skeem.

Tõstuki abil tuuakse palke ette palgiestakaadile, Kelguks nimetatakse ajamit, mille ülesandeks on palke anda ühekaupa palgisorteerile. Esmalt läbivad palgid ühekaupa metalliotsija välistamiseks, et puit oleks metallkildudest puhas. Järgmisena läbib materjal laseri, mis mõõdab 1 mm täpsusega palgi pikkuse, diameetri. Kvaliteeditunnuse määramine ja sorteerimine kuju järgi toimub visuaalselt. Arvuti abil jaotatakse palgid läbimõõtude alusel vastavatesse virnadesse.

2.2 Kraana ja koorija

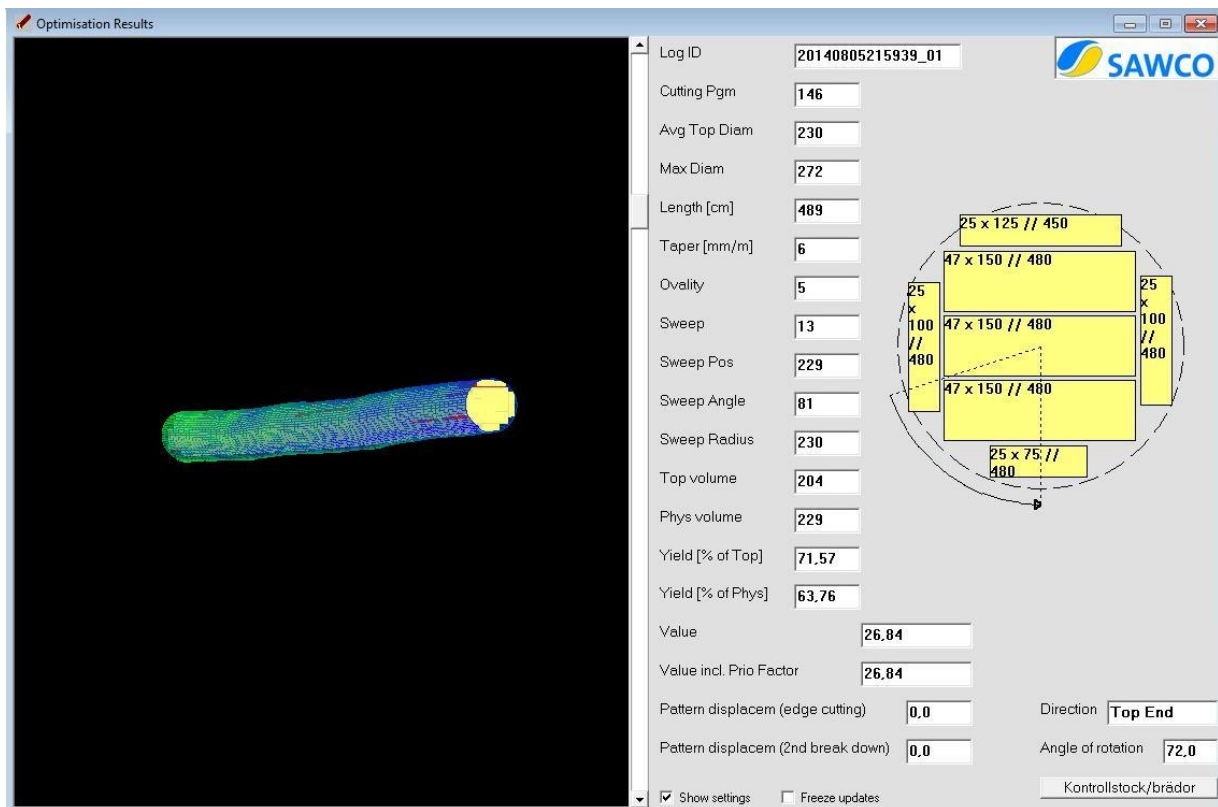
Vastavalt saekavale tuuakse eelnevalt sorteeritud materjale kraana estakaadile, kus kraanaoperaatori ülesanne on palgid keerata vajadusel ümber. Pärast elevaatorit asub kabafrees, mis töötab ainult vajadusel. Ettevõtte maksimaalne materjali lõikamis jämedus on 380 mm ladva poolsest otsast. Kui palgi tüve poolne ots peaks olema jämedam, siis toimub kabafreesimine. Järgmisena toimub toormaterjali koorimine ning see järel on toormaterjal ettevalmistatud saeliini läbimiseks.



Joonis 2.3. Krana ja koorija tehnoloogiline skeem.

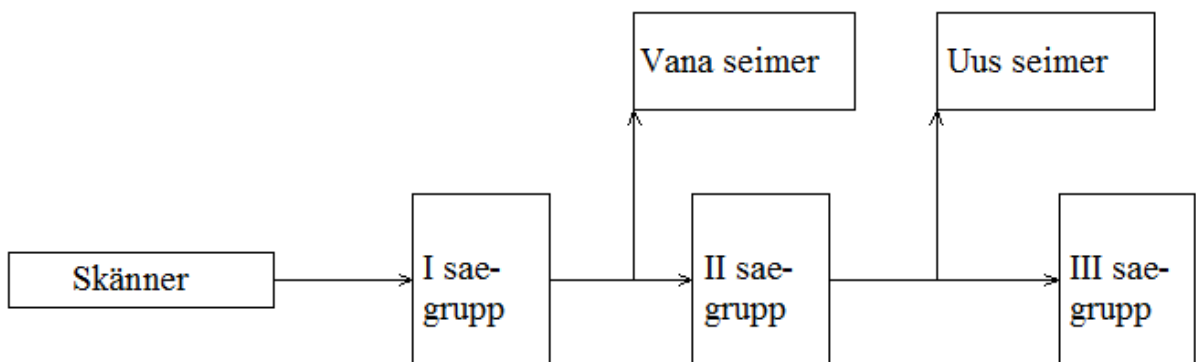
2.3 Saeliin

Saeliini töö oleneb tellimustest. Tellimuste põhjal koostatakse saeliinile lõikamiskava. Lõikamiskavasid kokku on umbes 400 erinevat. Saed seadistatakse vastavalt kavale, see järel toimub test saagimine, mis on vajalik õige lõikamise tagamiseks. Saed seadistatakse ümber, kui lõigatud materjali mõõtmed ei vasta kontrollile. Vastavalt kavale valitakse sobiva diameetriga palgid. Kooritud palkide skännerimisega. Iga palk skänneritakse eraldi, et leida kõige optimaalsem saagimispositsioon. Tänu skännerile on materjali kadu suhteliselt väike.



Joonis 2.4. Saagimise positsiooni määramine.

Joonisl on näidatud eelnevalt skanneeritud palk, mis keeratakse enne saeliini saagimise positsiooni. Kogu protsessi juhitakse automaatselt.



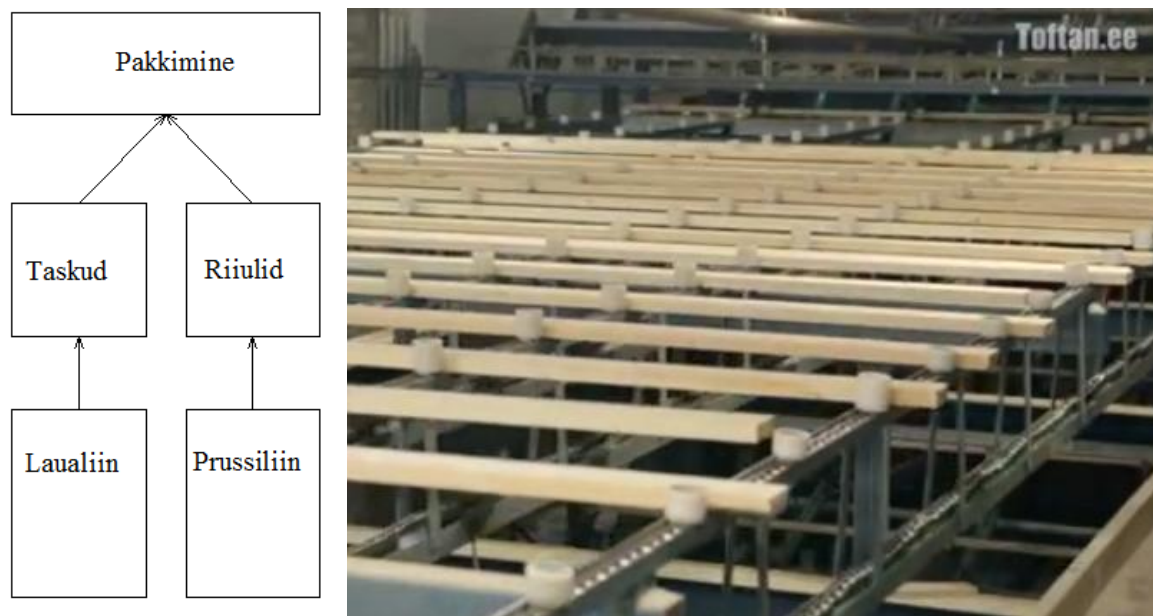
Joonis 2.5 Saeliini tehnoloogiline skeem.

Ettevõtte saeliin koosneb 12 lintsaest ja 4 freesist. Lintsaed on jagatud kolme erinevasse gruppi. Kahesesimeses grupis on lisaks lintsaagidele ka 2 freesi. Frees koosneb freesiteradest ja ketassaest. Freeside ülesandeks on küljed maha freesida ja pind siledaks lõigata. Pärast

freesimist järgnevad neli lintsaage, mis töötavad vastavalt saematerjali löikele. Suurema toormaterjali diameetri puhul kasutatakse 4 saage, väiksema puhul töötavad ainult 2 esimest. Külgelt maha saetud materjal liigub see järel seimrisse, kus toimub materjali servamine. Küljelauad skanneeritakse enne servamist, kus arvestatakse materjali kvaliteediga. Enne teist saegruppi pööratakse materjal 90°, kus protsessw kordub täpselt nagu esimeses grupis. Kolmanda saegrupini jõuab pruss, mis lõigatakse kas 2, 3, 4 või 5 osaks. Saeliini läbinud materjal suundub märja materjali sorteeri.

2.4. Märja materjali sorteer

Märja materjali sorteer koosneb laua- ja prussiliinist.



Joonis 2.6. Märja materjali soorterimisliin.[4]

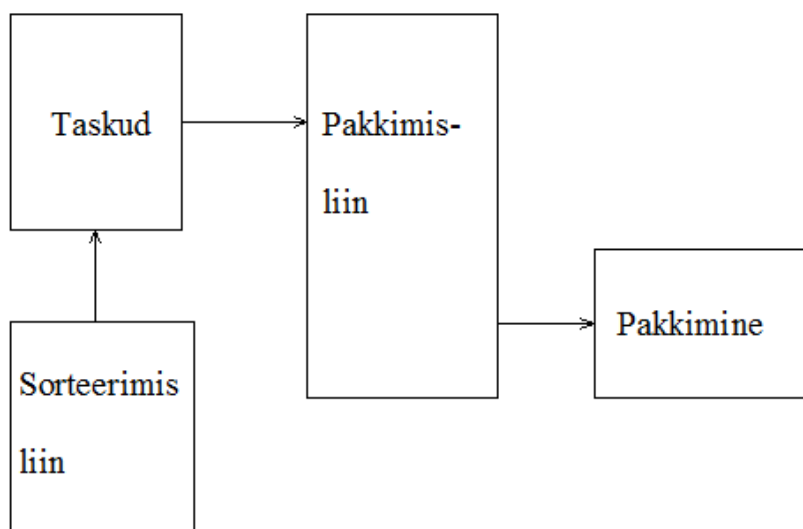
Prussid liiguvad mööda prussiliini riulitele, kus edasi liiguvad need kohe pakkimisse. Taskute ruumi säästmise mõttes ei toimu prusside ladustamist taskutesse. Lauad ladustatakse taskutesse kuni üks tasku on täitunud laudadega. See järel toimub laudade pakkimine. Valmis pakid liiguvad platsile või otse kuivatisse tõstuki abil.

2.5. Kuivatid ja katlamaja

Ettevõttel on kokku 28 kuivatuskambrit, mille kogumaht on 3360 tihumeetrit. Ühe kambri maht on 120 tihumeetrit. Kuivati saab oma soojusenergia biokatlamajast, mille võimsuseks on kokku 10 MW. Vajadusel kasutatakse ka vana katelt, mille võimsus on 5 MW. Katlamaja kütteks on tavaliselt kuivhake segatud puidukoorega. Ööpäevas kulub keskmiselt 175 kanti küttematerjali. Katlamaja võimsus oleneb kuivati võimsusest. Kuivatus protsessi juhitatakse arvuti abil. Kuivamis protsess oleneb materjali paksusest ja tellija soovitud lõppniiskusest. Tavaliselt kulub materjali kuivatamisel 3-5 päeva. Kuivatist väljunud materjal pannakse esmalt lattu jahtuma, see järel liigub see kuiva materjali sorteeri.

2.6. Kuiva materjali sorteer

Kuiva materjali sorteeri üles andeks on sorteerida materjal pikkuse ja kvaliteedi järgi. Sorteerimine toimub visuaalselt.

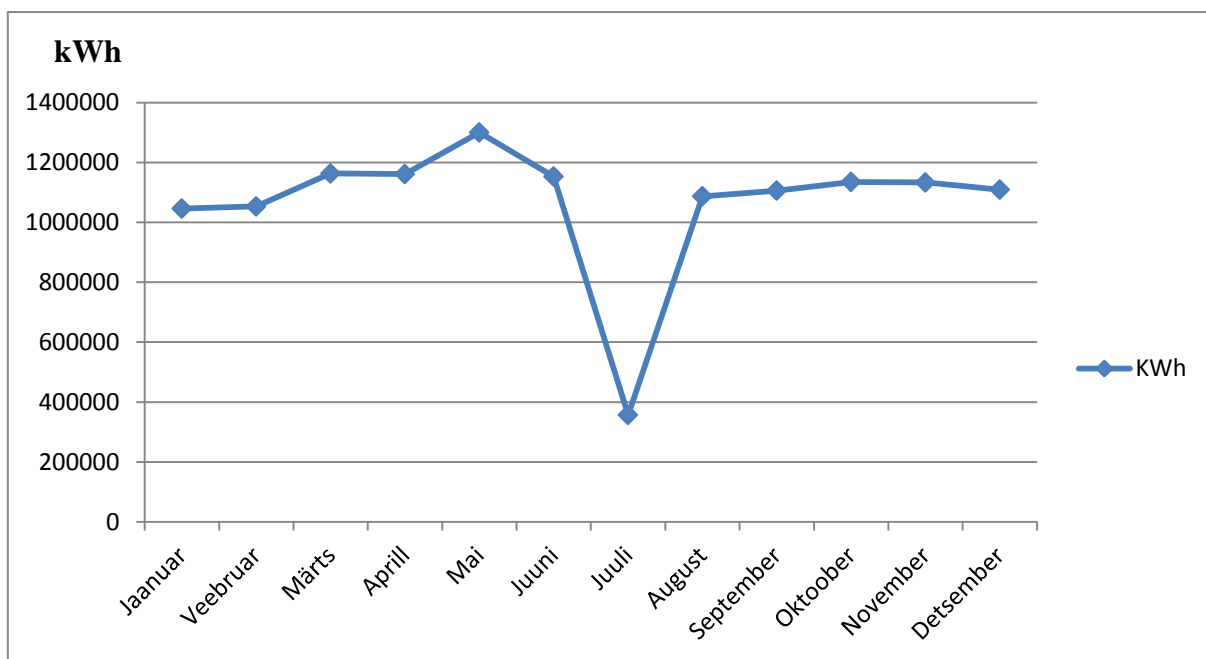


Joonis 2.6. Kuiva materjali sorteeri tehnoloogiline skeem.

Sorteeritud materjal paigutatakse taskutesse kvaliteedi ja pikkuse järgi. Kokku on 30 taskut. Tasku täitumisel materjaliga, liigub see all pakkimisliinile, kus moodustatakse materjalist pakk. Pakk kiletatakse pakkimise lõppfaasis, mille tulemuseks on valmis toodang, mis ladustatakse lattu.

3. ETTEVÖTTE ENERGIAKASUTUS

Ettevõtte elektrienergia tarvititeks on põhiliselt elektriajamid. Tegemist on suure ettevõttega, siis elektriajamite arv ulatub hinnanguliselt 150 juurde. Ajamite võimsused olenevad ajami ülesandest. Nende nimivõimsus jääb vahemikku 1-90 KW. Energia säästmine on väga aktuaalne, siis antud firmas, kus on suur energiatarbimine, peaks ettevõtte energiakasutust lähemalt uurima.



Joonis 3.1 Ettevõtte elektritarbimine aastal 2013.

Juunist kuni augustini on ettevõtte liinitööstel puhkus, mis tõttu tootmine seisab umbes kuu aega. See aeg on ettevõttes remondi aeg ehk remonditakse ja tõhustatakse liini. Esimesena jääb seisma palgisorteer, 2 nädalat hiljem sae- ja märgliin, viimasena kuivliin. Kui kuivliin läheb remonti, alustab tööd taas palgisorteer. Täielikku seisakut siiski ei ole ja elektrienergia tarbimine täiesti ei kao.

3.1. Ettevõtte energiakasutuse uurimine

Ettevõtte energiakasutust uuriti ajavahemikus 01.04.2014 – 15.08.2014. Uurimise käigus teostati elektrimõõtmisi tootmisliini seadmetel võrguanalüsaatoriga AMPROBE PQ55A.[5] Mõõteseade maksimaalne mõõdetab vool 1000 A ja pinge 1000 V. Mõõteseade ühendati ettevõtte peajaotlas mõõdetava tootmisliiniseadme toitekaabli klemmidele vastavalt võrguanalüsaatori kasutusjuhendile. Mõõteseade ühendati arvutiga, mis salvestas andmed reaalsajas arvutisse. Andmete salvestamine toimus 1 sekundi tagant. Mõõdeti faasivoolud ja – pinged, aktiiv-, reaktiiv- ja näivvõimsused ning faaside $\cos \varphi$.

Mõõdeti järgmised tootmisliini osad ja seadmed:

1. Palgipõld ja –sorteer.
2. Koorija ja kraana hüdropumbad.
3. Saeliini lintsaagide mootorid.
4. Seimer.

Energiakasutuse uurimisel tuuakse välja mõõdetud seadmete nimi- ja aktiivvõimsus, voolud, võimsus- ja koormustegur. Lintsaagide mootorite puhul mõõdeti käivitusmomendid, tühijooksud ja koormus olukorrad.

Ettevõtte seadmete toiteks on kolm alajaama. Kõige suurem alajaam on võimsusega 1600 kVA, mis on toiteks Toftan 1 peajaotlale. Toftan 1 peajaotlast saavad toite järgmised seadmed:

1. Esimese saegrupi freesid ja saemootorid.
2. Kolmanda saegrupi mootorid.
3. Niisutus.
4. Valgustus.
5. Palgisorteer.
6. Patlamaja.
7. Kuivapakkimine ja –sorteer.
8. Hakkurid.
9. Kraana hüdropumbad ja koorija.
10. Seimer.
11. Kuivatid 2-5 ja 12-17.
12. Kondensaatorid.

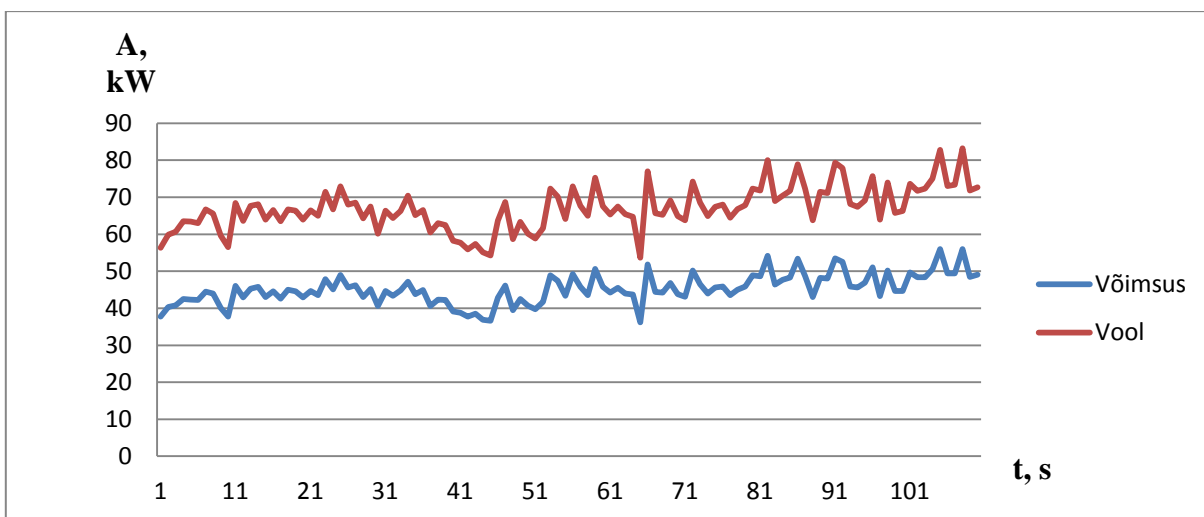
Katlamajas asuvad alajaamad on võimsustega 1000 ja 630 kVA. Alajaam 1000 kVA on toiteks teise saegrupi freeside ja saemootoritele ning kuivatitele. Alajaam 630 kVA on toiteks märja materjali sorteerile.

Ettevõtte kõige suuremateks energia tarbijateks on saeliin, mille nimivõimsuseks on 1240 kW ja 1400 kW, sorteerimis liinide võimsused on tunduvalt madalamad. Kui peaks tekkima juhus, et alajaam põleb maha, siis ettevõtte töö ei saa jätkuda, sest avariitoide puudub. Ettevõtte üldise $\cos \varphi$ parandamiseks kasutatakse kondensaatorid, mille tõttu väheneb reaktiivenergia osakaal. Kui reaktiivenergia osakaal on alla 15 %, siis ettevõtte selle eest maksma ei pea. Ettevõtte keskmine $\cos \varphi$ jääb umbes 0,90 juurde.[6]

Laudade sorteerimis liinid ja kuivatite energia kasutust ei olnud võimalik mõõta, sest jaotuskilpides on klemmid isoleeritud ja otse alajaamast mõõtmine oleks olnud liiga ohtlik. Mõõtmiste teostamisel kasutati kaitsekindaid ja lähtuti eelkõige ohutusest. Kuivatite muutlik koormus ei sisaldakse piisavalt täpseid andmeid ja uurimistöö oleks läinud liiga mahukaks.

3.2. Palgisorteeri energiakasutus

Palgisorteeri põhilisteks energiatarbijateks on sorteerimisliini ja hüdropumpade elektrimootorid. Palgiestakaad, kelk ja palgi tõukurid töötavad hüdrosilindrite abil. Hüdrosilindrite surve tagavad kaks hüdropumpa, mille nimivõimsusteks on 11 ja 7 kW. Sorteerimisliini elektriajamite koguvõimsuseks 56 kW, millest kõige suurema osa moodustab sorteerimisliini elektriajam võimsusega 45 kW, mille ülesandeks on vedada sorteerimisliin, mille pikkuseks on 150 meetrit. Ketil liikuvad palgid lükatakse maha hüdrosilindrite abil. Mõõteseadme abil sai mõõdetud palgisorteeri töörežiimi.



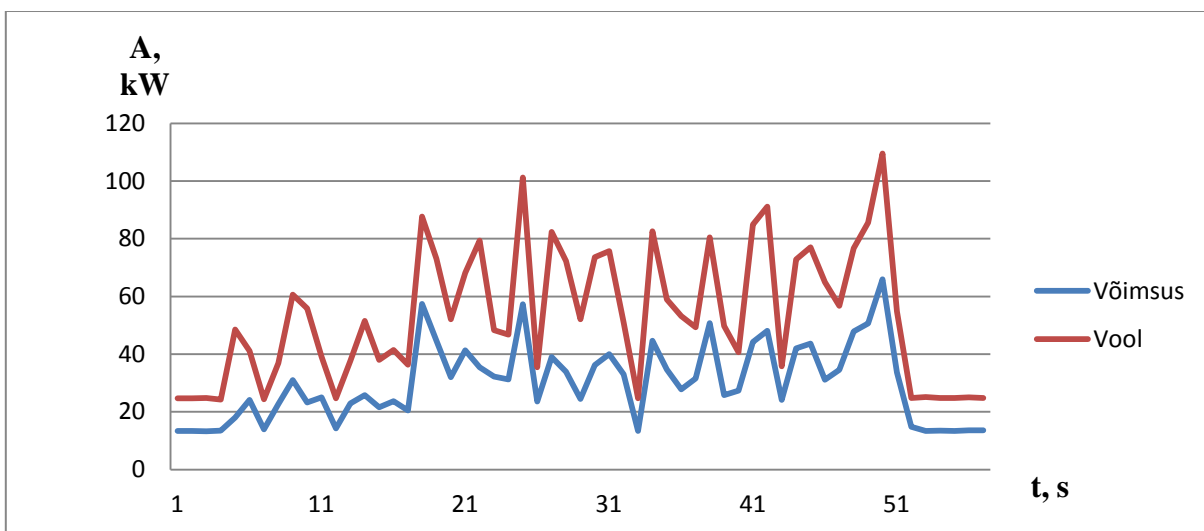
Joonis 3.1. Palgisorteeri voolu ja võimsuse diagramm.

Joonisel on näha voolu ja võimsuse tunnusjooni. Tunnusjooned on kasvavad, sest mõõtmise toimus pärast pausi ja liin ei olnud täielikult täitunud palkidega. Äkilised tõusud ja langused on tingitud liinile lisanduvatest ja maha lükatud palkidest. Vool ja võimsus vähenevad või tõusevad vastavalt koormuse muutumisele. Palgisorteeri elektrienergia tarbimine oli 151,8 kWh.

3.3. Kraana ja koorija energiakasutus

Kraana ja koorija põhilised elektritarvitid on hüdropumbad ja koorija elektriajamid. Hüdropumpadel töötab estakaad, kraana ja kelk. Hüdropumpade koguvõimsus on 131 kW, milles kaks 45 ja 11 kW, 15 ja 4 kW mootorid. Mootorite töötamine sõltub materjali jämedusest.

Koorija osa on varustatud 45, 11, 4 ja 4 kW mootoritega. Koorija elektriajami võimsus on 45 kW ja ülejäänud on transporttööriide ajamid. Elevaator ei tööta pidevalt vaid vastavalt vajadusele. Mõõdeti peajaotlast kraana hüdrosoõlmede ja koorija seadmete võimsust ja voolu.



Joonis 3.2. Kraana ja koorija voolu ja võimsuse diagramm.

Joonisel on näha, et mõõtmise algus ja lõpp on hüdropumpade ja koorija tühijooks, töörežiim on väga muutlik. Suurte järskude tõsude põhjuseks on koorijas tekkinud koormus. Eraldi mootoreid ei olnud võimalik mõõta. Kraana ja koorija elektritarbimine oli 19,4 kWh.

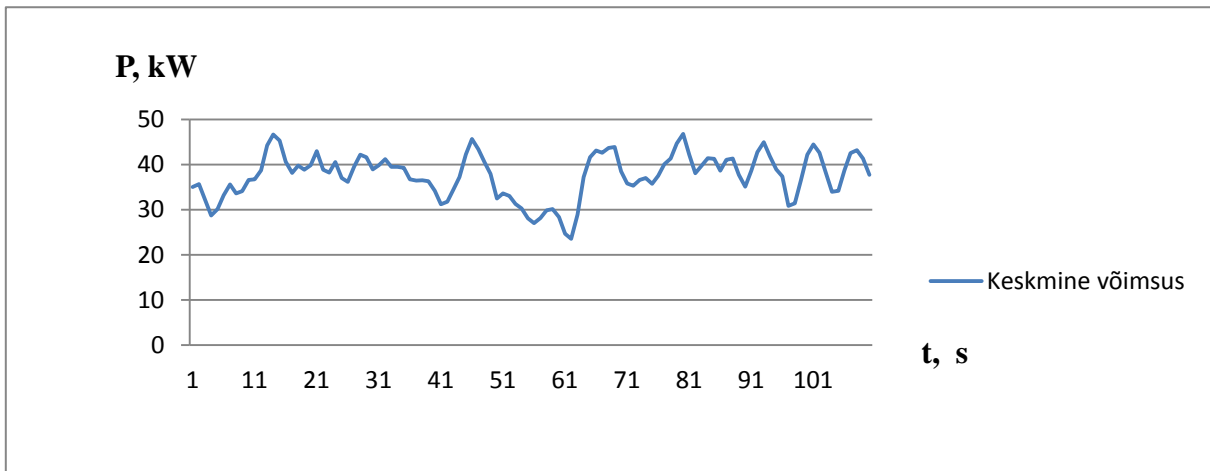
3.4. Esimese saegrupi energiakasutus

Ettevõtte jaotlast mõõdeti esimese saegrupi sae mootorite parameetrid töö režiimil, tühijooksul ja käivitusel iga mootor eraldi. Saegrupi kuulub 4 identset ABB mootorit.[6] Mootorid veavad ringi saerattaid, mille peal asetseb saelint. Saagede koormus oleneb puidu liigist, lõigatava pinna ristlõikest ja saelindi kulumisastmest.

Tabel 3.1. Esimese saegrupi mootorite andmed.

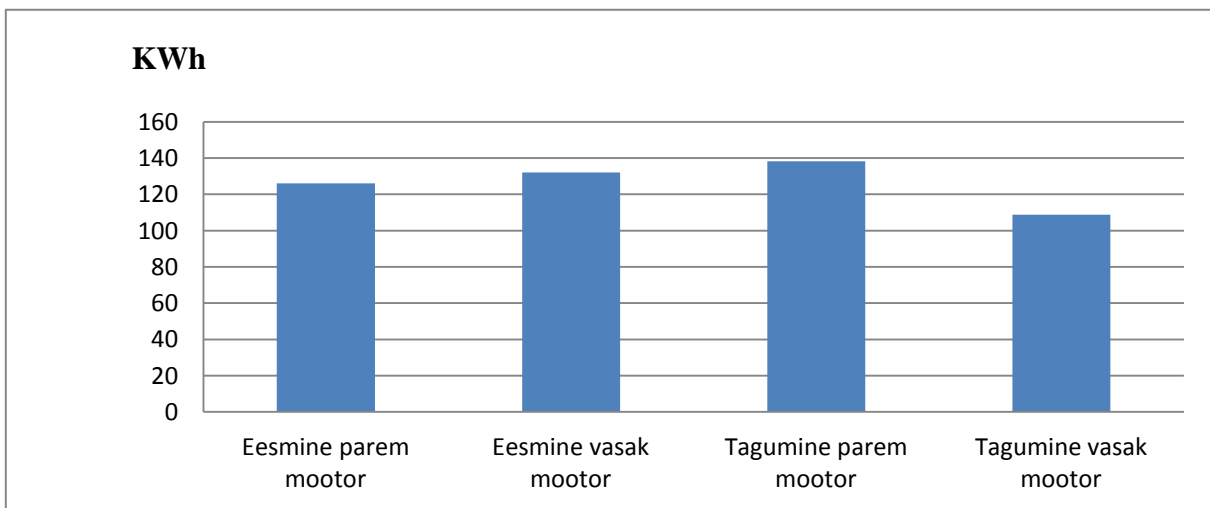
Seade	I_n, A	P_n, kW	I_k, A	P_k, kW	$\cos \varphi$	β
Eesmine parem mootor	162	90	80,7	39,3	0,73	0,44
Eesmine vasak mootor	162	90	80,5	39,5	0,74	0,44
Tagumine parem mootor	162	90	82,2	40,5	0,75	0,45
Tagumine vasak mootor	162	90	74,1	34,2	0,67	0,38

Tabeli andmete põhjal on näha, et tagumise vasaku mootori koormus on võrreldes teiste mootoritega väiksem. Tagumine vasak mootor on koormatud ainult suuremate palkide läbimõõdu korral, see tõttu on mootori keskmine võimsus madalam. Mootorite koormus on pidevas muutumises töörežiimil.



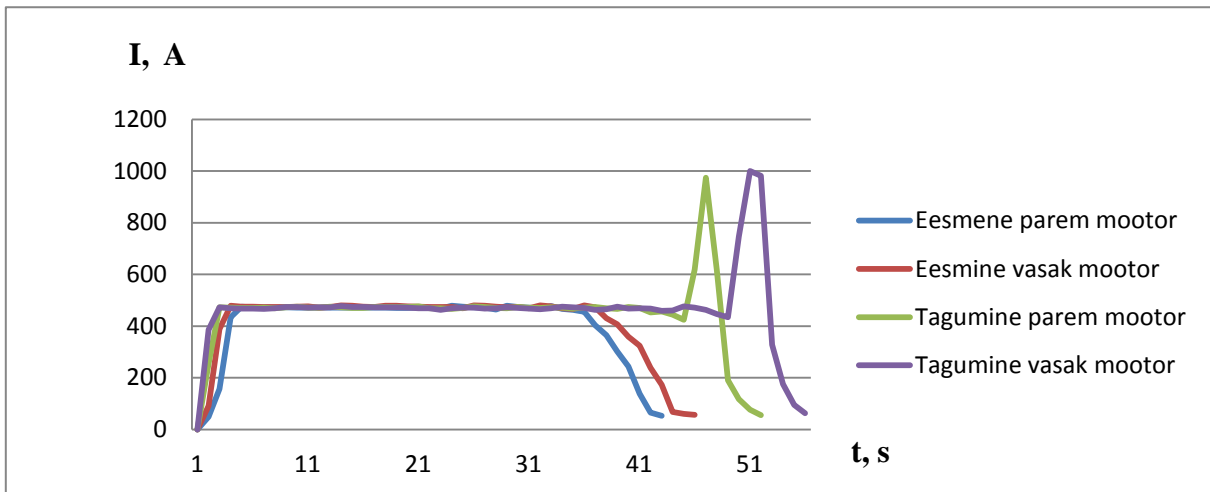
Joonis 3.3. I saegrupi mootorite keskmine võimsus.

Joonisel on näha mootorite võimsuste keskmist, mis on kiiresti muutuv. Võimsused jäävad vahemikku 24-47 kW. Olulist rolli mängib toormaterjali iseärasused. Järsud langused näitavad koormuse langust. Antud ajavahemiku jooksul on olnud saematerjali toomine sujuv.



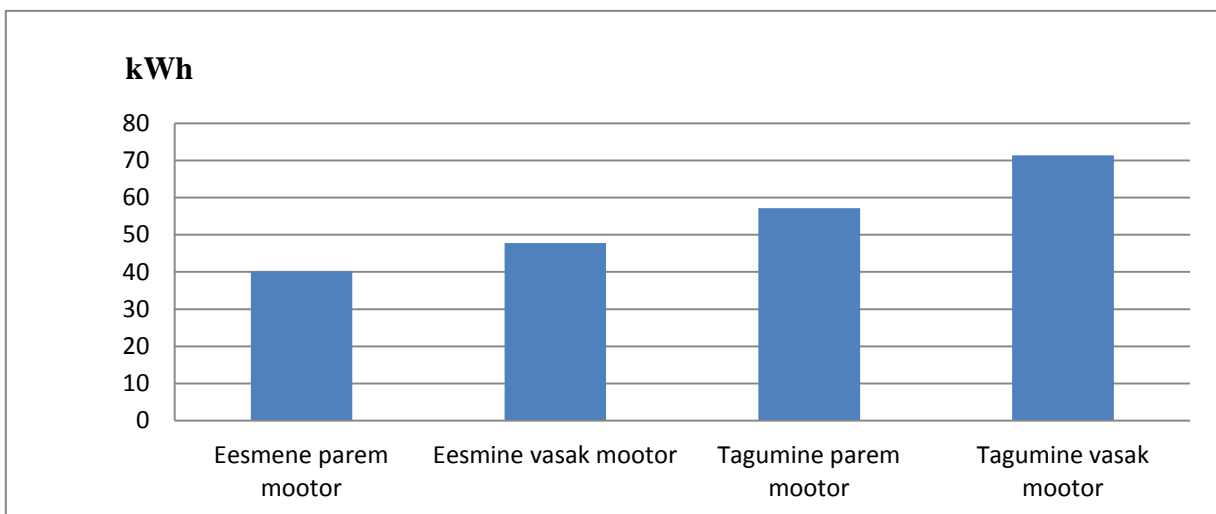
Joonis 3.4. I saegrupi mootorite elektrienergia tarbimine.

Energitarbimine on kõige suurem tagumisel paremal mootoril ja kõige väiksem tagumisel vasakul mootoril.



Joonis 3.5. Mootorite käivitamise voolu tunnusjooned.

Mootorite käivitamisi oli võimalik mõõta pausidel, mil mootorid jäati seisma. Käivitatakse iga mootor eraldi. Mootorite käivitamisel kasutatakse sujuvkäiviteid, mis piiravad voolu umbes 480 A lähedal. Eesmisetel mootoritel kulub käivitamisel vähem aega kui tagumistel. Tagumiste mootorite käivitamine kestis tunduvalt kauem ja on märgata äkilist voolu tõusu, mis ületas mõõteseadme maksimaalse mõõtepiiri ehk üle 1000 A. Antud juhtumit peaks lähemalt uurima.



Joonis 3.6. Mootorite elektrienergiatarbimine käivitamisel.

Joonisel on näha, et mootorite käivitamisel on kõige suurem elektritarbimine tagumistel mootoritel. Tagumiste mootorite käivitamine kestis eesmistest mootoritest kauem, siit tuleneb energiatarbimise erinevus.

Mootorite käivitamiseks kulus kokku aega 0,1 tundi, mille jooksul oli elektritarbimine 248,8 kWh. Tühijooks kestis 0,0975 tundi, mille jooksul kulus 147,4 kWh. Mootorid saaksid käivitamisel kulunud energial töötada tühijooksul 0,164 tundi ehk 9 minuti ja 52 sekundit.

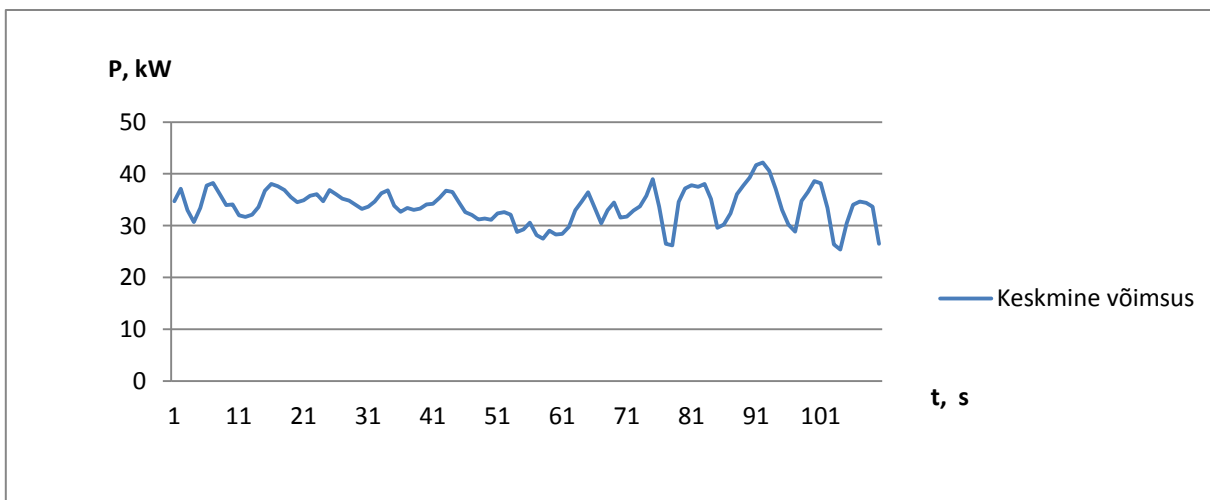
3.5. Teise saegrupi energiakasutus

Teise grupi mootorite toide tuleb katlamaja 1000 kVA alajaamast. Mõõtmise toimus sarnaselt esimese grupi mootorite mõõtmisel. Mõõdeti mootorite käivitusmomendid, tühijooksu ja töö olukorras.

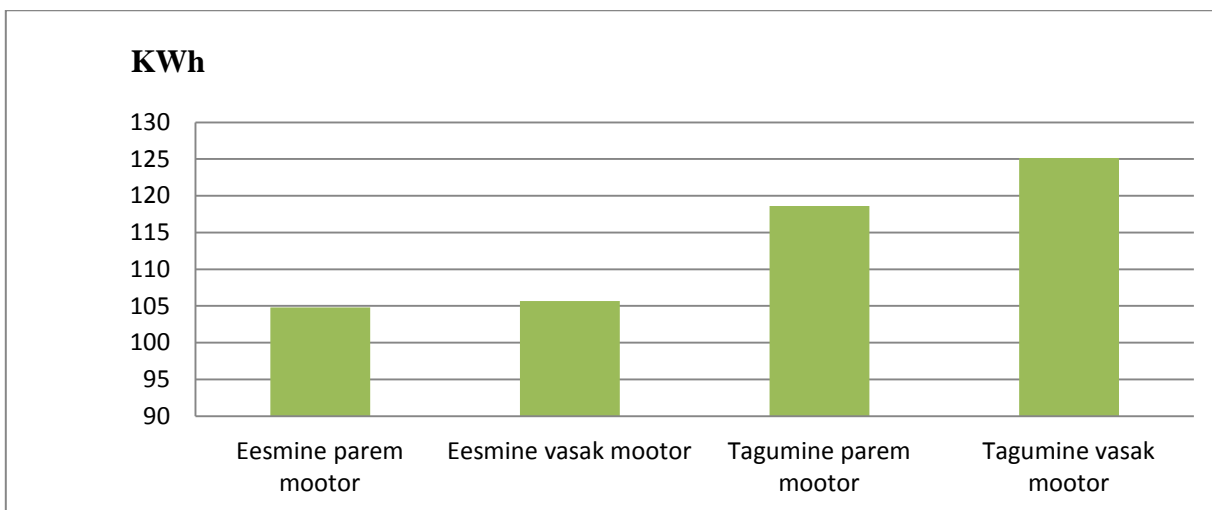
Tabel 3.2. Teise saegrupi mootorite andmed.

Seade	I_n, A	P_n, kW	I_k, A	P_k, kW	$\cos \varphi$	β
Eesmine parem mootor	132	75	63,4	29,8	0,66	0,40
Eesmine vasak mootor	132	75	64,9	31,4	0,69	0,42
Tagumine parem mootor	132	75	69,2	35,2	0,72	0,47
Tagumine vasak mootor	132	75	78,2	37,7	0,74	0,50

Tabeli andmete põhjal on näha, et mootorite koormus on madal, see tõttu on võimsus- ja koormustegurid madalad.

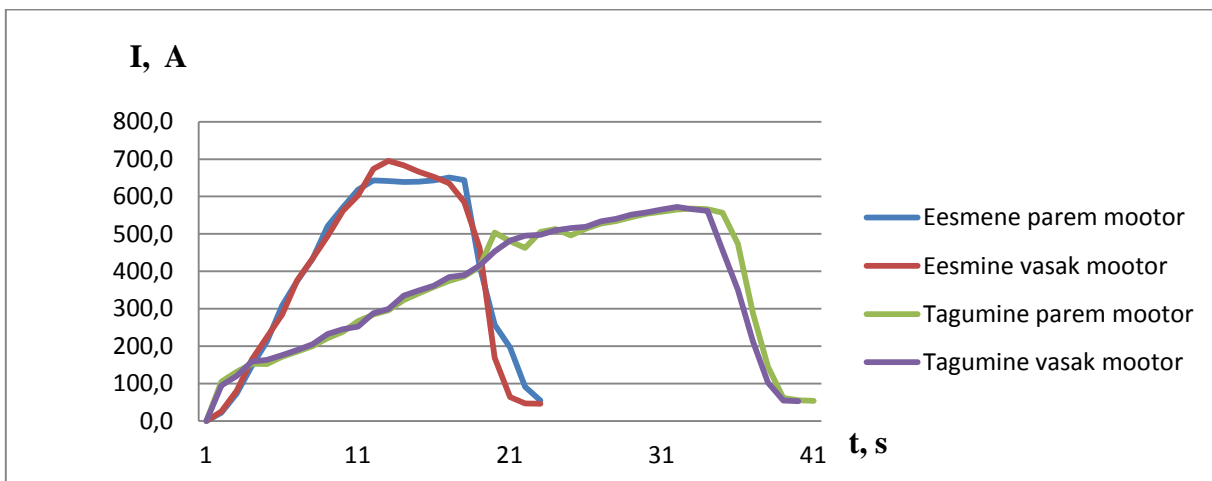


Joonis 3.7. Mootorite keskmine võimsus koormus olukorras.



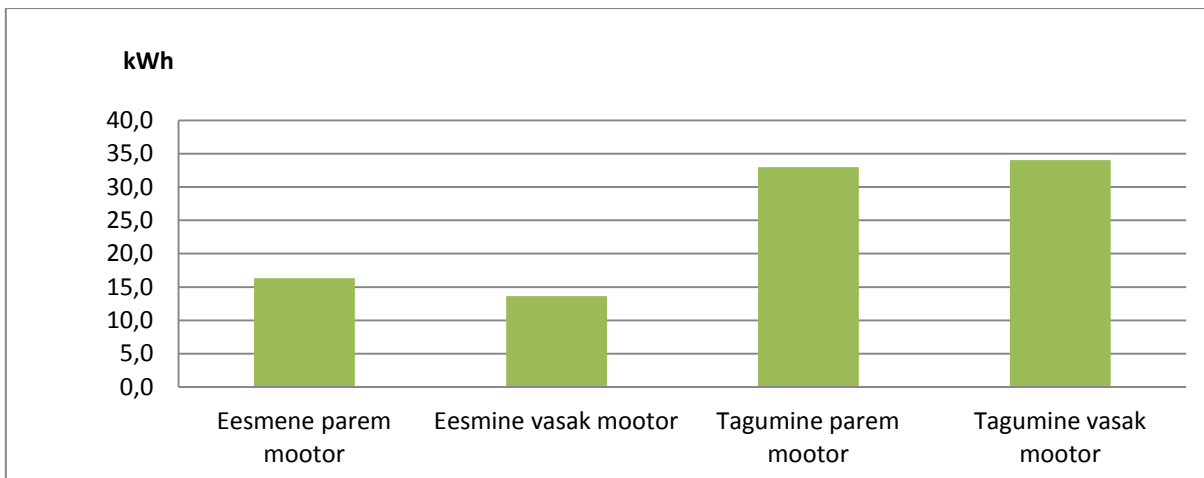
Joonis 3.8. Mootorite elektritarbimine koormusolukorras..

Eesmistele mootoritele koormus on väiksem, see tõttu ka elektritarbimine on väiksem, tagumistel mootoritel vastupidi. Tagumistel mootoritel on saagimise ristlõige suurem, mis tõttu koormus ja energiatarbimine suurem. Teise grupi saagedel mõõdeti käivitusmomendid.



Joonis 3.9. Mootorite käivitamise voolu tunnusjooned.

Sarnaselt esimesele grupile kasutatakse teise grupi mootorite käivitamisel sujuvkäiviteid. Eesmistele mootoritele käivituvad kiiremini, kui tagumised mootorid. Eesmistel mootoritel on käivitusvoolud kõrgemad, mis tõttu on käivituse kestvus lühem erinevalt tagumistest.



Joonis 3.10. Mootorite elektritarbimine käivitamisel.

Mootrite käivitamisel kulunud elektrienergia on tagumistel suurem, kui eesmistel mootoritel. Mootorite käivitamiseks kulus kokku aega 0,034 tundi, mille jooksul oli elektritarbimine 97 kWh. Tühijooks kestis 0,02 tundi, mille jooksul kulus 29,9 kWh. Mootorid saaksid käivitamisel kulunud energial töödada tühijooksul 0,065 tundi ehk 3 minuti ja 54 sekundit.

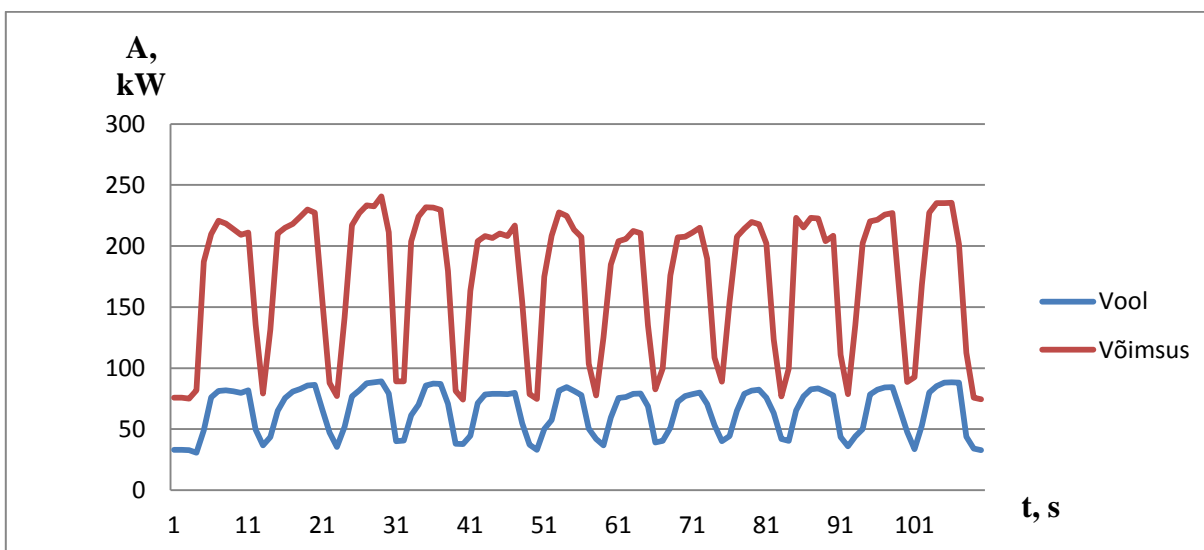
3.6. Kolmanda saegrupi energiakasutus

Kolmas saegrupp on varustatud 4 identse 55 kW ABB mootoriga. Erinevalt esimese ja teise grupi mootoriga ei olnud võimalik mõõta mootoreid eraldi, sest klemmid olid isoleeritud. Sai mõõta toitekaabil otstelt, mis oli toitek. Kahe mootori nimivõimsuseks oleks 110 kW.

Tabel 3.2. Kolmanda saegrupi mootorite andmed.

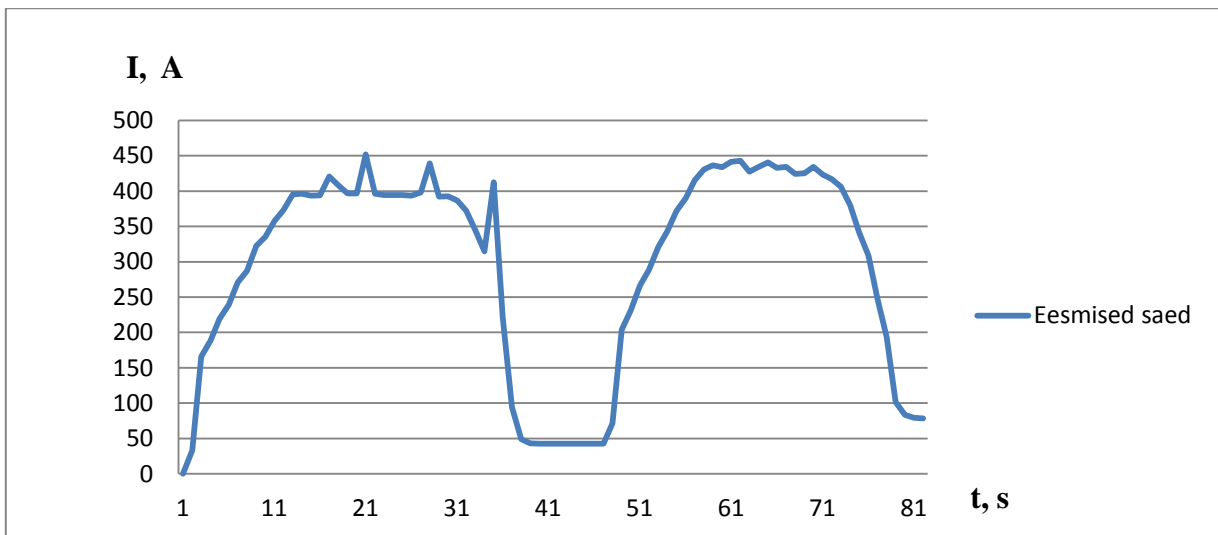
Seade	I_n , A	P_n , kW	I_k , A	P_k , kW	$\cos \varphi$	β
Eesmine parem ja vasak mootor	200	110	178,5	66,4	0,58	0,60

Mootorite koormus on suurem, kui kahes esimeses grupis. Materjali etteande kiirus on kolmandas grupis kõige kiirem, see tõttu on koormus ja voolud kõrged. Töörežiimis ületab vool nimivoolu.



Joonis 3.11. Kolmanda saegrupi mootorite voolu-võimsuse diagramm.

Joonisel on näha, et vool tõuseb umbes 240 A, see teeks 120 A mootori kohta kuigi mootori nimivool on 100 A. Mõõtmise hetkel lõigati jämedat materjali ehk ristlõike pind oli suur. Jämedama materjali lõikamisel on oht mootorite ülekuumenemiseks.



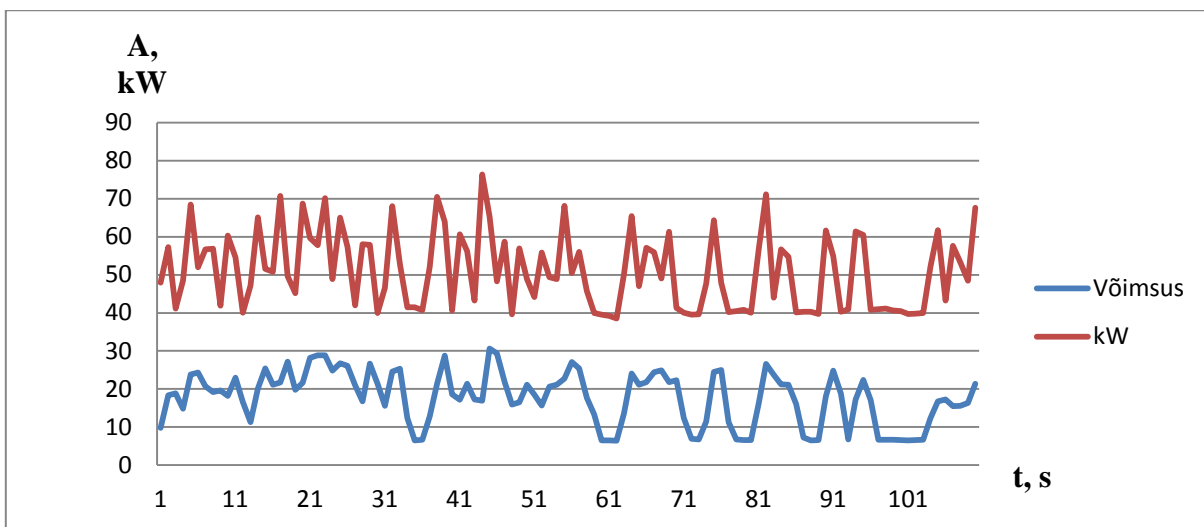
Joonis 3.12. Kolmanda saegrupi mootorite käivitusvoolu tunnusjoon.

Mootorite käivitamisel kasutatakse samuti sujuvkäiviteid. Mootorid käivitati erineval ajal. Esimese mootori puhul esineb käivitamisel järske voolu tõuse ja langusi. Tõusud ei ole väga suured, kuid peaks lähemalt uurima, viga võib tuleneda sujuvkäivitist. Teise mootori käivitus on sujuv.

Mootorite käivitamiseks kulus kokku aega 0,023 tundi, mille jooksul oli elektritarbimine 230 kWh. Tühijooks kestis 0,017 tundi, mille jooksul kulus 36 kWh. Mootorid saaksid käivatamisel kulunud energial töödada tühijooksul 0,11 tundi ehk 6 minuti ja 31 sekundit.

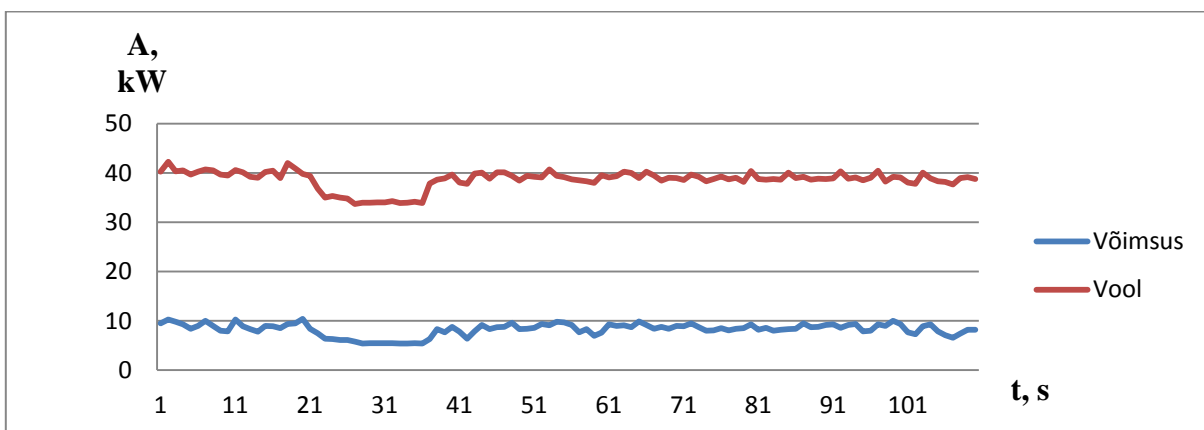
3.7. Seimri energiakasutus

Seimri elektrimõõtmised tõestati kahes osas. Esimese mõõtmise puhul mõõdeti 90 kW seimri mootori töörežiimi andmed. Teise mõõtmise alla kuulusid seimri üle jäänud seadmed, milleks põhiliselt on transportöörid, mida kokku on 6 mootorit võimsustega 4 kW, kokku 24 kW.



Joonis 3.13. Seimri 90 kW mootori voolu-võimsuse diagramm.

Seimri mootori koormus on muutlik materjali etteandele. Võimsus tõuseb materjali lõikamisele. Võimsus jääb 6-31 kW ja voolud 39-76 A vahele. Transportööride koormus on ühtlane. Võimsus jääb 5-11 kW vahele ja vool kõigub 40 A juures. Seimri 90 kW mootori elektritarve on 61 kWh ja teistel seadmetel 28,3 kWh.



Joonis 4.14. Seimri transportöormootorite voolu-võimsuse diagramm.

4. JÄRELDUSED JA SOOVITUSED

AS Toftani tootmisliini seadmete uurimise käigus koguti erinevaid ettevõtte energiakasutuse kohta. Mõõdeti palgisorteeri, kraana ja koorija ning seimri koormusvoolud ja võimsused. Saegruppidel mõõdeti lisaks käivitusmomendid. Ettevõtte aastane elektritarve on 12 803 MW.

Mõõdeti palgisorteeri koormus olukorda, mille elektritarbimine oli 151,8 kWh. Voolu ja võimsuse tunnusjoon on muutlik koormuse suhtes. Voolud jäävad vahemikku 53-85 A ja võimsus 35-53 kW. Palgisorteeri koormus on hetkel liinil olevate palkide massist.

Kraana ja koorija elektritarbimine oli 19,4 kWh, tühijooksul oli võimsus 19 kW. Kraana hüdropumbad töötavad vastavalt koormusele, jämedate palkide korral on see kõrgem. Koormusolukorras voolu ja võimsuse tõusud tulenevad peamiselt koorija koormusest.

Esimese saegrupi keskmine võimsus koormusel oli 153,5 kW, vool oli 79 A, madala koormuse tulemusena keskmine võimsustegur on 0,73 ja koormustegur on 0,43. Mootorite käivitamisel kasutatakse sujuvkäiviteid, mis piiravad käivitusvoolu 480 A juures. Tagumiste mootorite käivitus kestab kauem ja lõpus vool tõuseb äkitselt 1000 A. Antud juhtumit peaks lähemalt uurima. Elektritarbimine oli töö olukorras 505 kWh ja mootorite käivitamisel 248,8 kWh. Tühijooks kestis 0,0975 tundi, mille jooksl kulus 147,4 kWh. Mootorid saaksid käivatamisel kulunud energial töödada tühijooksul 0,164 tundi ehk 9 minuti ja 52 sekundit. Esimese saegrupi saagimis ristlõige ei erine palju teise saegrupi ristlõikest. Esimese saegrupi 90 kW mootorid võiks vahetada 75 kW mootorite vastu, mille tulemusena koormustegur tõuseks ja võimsustegur oleks kõrgem.

Teise saegrupi võimsus koormusel oli 133 kW, keskmine vool oli 68,9 A, madala koormuse tulemusena keskmine võimsustegur on 0,70 ja koormustegur on 0,45. Mootorite käivitamisel kasutatakse sujuvkäiviteid, mis piiravad käivitusvoolu 480 A juures. Elektritarbimine oli töö olukorras 454 kWh. Mootorite käivitamiseks kulus kokku aega 0,034 tundi, mille jooksl oli elektritarbimine 97 kWh. Tühijooks kestis 0,02 tundi, mille jooksl kulus 29,9 kWh. Mootorid

saaksid käivatamisel kulunud energial töödada tühijooksul 0,065 tundi ehk 3 minuti ja 54 sekundit.

Kolmanda saegrupi võimsus koormusel oli 66,4 kW, keskmine vool oli 89 A, võimsustegur 0,58 ja koormustegur 0,60. Mootorite elektri tarbimine oli töörežiimis 217 kWh. Tööolukorras oli vool kuni 120 A, mis ületab mootori nimivoolu 100 A. Kestva töö tulemusena on mootoritel oht ülekuumenemisele. Ülekuumenemise vältimiseks peaks asendama 55 kW mootorid suurema võimsusega mootorite vastu. Kolmanda saegrupi materjali etteande kiirus on kahest esimesest saegrupist kiirem, see tõttu ka koormus suurem. Mootorite käivitamiseks kulus kokku aega 0,023 tundi, mille jooksul oli elektritarbimine 230 kWh. Tühijooks kestis 0,017 tundi, mille jooksul kulus 36 kWh. Mootorid saaksid käivatamisel kulunud energial töödada tühijooksul 0,11 tundi ehk 6 minuti ja 31 sekundit.

Ettevõtte tootmises esinevate seisakute puhul tasuks saed seima jätta, kui seisak kestab kauem, kui 10 minutit.

Seimri 90 kW mootori keskmine võimsus oli mõõtmise hetkel 17,8 kW, võimsustegur 0,48 ja koormustegur 0,20. Mootori elektritarbimine oli 61 kWh. Seimri ülejäänud elektriajamite võimsus oli 8,3 kW, elektritarbimine 28,3 kWh, võimsustegur 0,39 ja koormustegur 0,35. Andmete põhjal võib 90 kW mootori vahetada väiksema võimsusega mootori vastu.

KOKKUVÕTE

1. AS Toftan on tootnud toormaterjalist saematerjali ligi 20 aastat. Aastas lõigatakse 350 000 m³ toormaterjalist üle 200 000 m³ saematerjali. AS Toftan on tootmismahu suuruselt teine saeveski.
2. Ettevõtte toodangust 51,3% turustatakse Eestisse, ülejäänud eksporditakse üle 20 erinevasse välisriiki.
3. Ettevõtte tootmisprotsess koosneb 5 etapist: toormaterjali sorteerimine, saematerjali lõikamine, märja materjali sorteerimine, kuivatamine ja kuivamaterjali sorteerimine.
4. AS Toftani tootmisliini seadmete toiteks on kolm alajaama, mille võimsusteks on 1600, 1000 ja 630 kVA. Ettevõtte aastane energiatarbimine on 12 803 MW, võimsustegur umbes 0,90. Reaktiivenergia kompenseerimiseks kasutab ettevõtte kondensaatoreid.
5. Palgisorteeeri nimivõimsuseks 73 kW, keskmine võimsus töö olukorras 45 kW, elektritarbimine oli 151,8 kWh.
6. Kraana ja koorija elektritarbimine oli 19,4 kWh.
7. Ettevõtte saeliin koosneb kolmest saegrupist. Esimene saegrupp on varsustatud nelja 90 kW, teine nelja 75 kW ja kolmas nelja 55 kW elektrimootoriga.
8. Esimese saegrupi võimsus koormusel oli 153,5 kW. Elektritarbimine töö olukorras oli 505 kWh ja käivitamisel 248,8 kWh. Mootorite koormustegur oli 0,43 ja võimsustegur 0,73. Esimese saegrupi 90 kW mootorid võiks asendada 75 kW mootoritega.
9. Teise saegrupi võimsus koormusel oli 133 kW. Elektritarbimine töö olukorras oli 454 kWh ja käivitamisel 97 kWh. Mootorite koormustegur oli 0,45 ja võimsustegur 0,70.

10. Kolmanda saegrupi kahe mootori võimsus koormusel oli 66,4 kW. Elektritarbimine töö olukorras oli 217 kWh ja käivitamisel 230 kWh. Mootorite koormustegur oli 0,60 ja võimsustegur 0,58. Töö olukorras ületab koormusvool nimivoolu, on oht mootorite ülekuumenemisele.
11. Seimri 90 kW mootori keskmine võimsus oli mõõtmise hetkel 17,8 kW, võimsustegur 0,48 ja koormustegur 0,20. Mootori elektritarbimine oli 61 kWh. Seimri ülejäänud elektriajamite võimsus oli 8,3 kW, võimsustegur 0,39 ja koormustegur 0,35. Andmete põhjal võib 90 kW mootori vahetada väiksema võimsusega mootori vastu.
12. Mõõdetud seadmete võimsus koormusel oli kokku 424 kW ja elektritarbimine 1417 kWh.
13. Elektrienergia säästmise pärast on tark saeliin jätta seisma, kui paus on töös pikem kui 10 minutit.
14. Ettevõtte energiakasutust tuleks kindlasti rohkem uurida, et vältida tulevikus võimalike probleeme ja leida võimalusi energiasäästmisele.

KIRJANDUS

1. Toftan AS kodulehekülg. Kättesaadav:
http://toftan.ee/?page=art&art_id=7&set_page_header=AS%20Toftan&set_menu_item=7 (17.06.2014)
2. Äripäev. Toftan pürib suuruselt teiseks saeveskiks. Kättesaadav:
<http://www.ap3.ee/?PublicationId=31503ED6-39D4-4163-9D98-74AA1E3959CE&code=2098> (06.06.2014)
3. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. Toftan hakkab soetama metsakinnistuid.
Kättesaadav:
http://www.empl.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=271%3Atoftan-hakkab-soetama-metsakinnistuid&catid=34%3A2010-uudised&Itemid=143&lang=et (06.03.2013)
4. Amprobe PQ55A Compact Power Analyzer. Kättesaadav:
<http://www.amprobe.com/amprobe/auen/Insulation-Ground-Resistance-and-Power-Quality/Power-Quality/AMP-PQ55A.htm?PID=73306> (12.03.2013)
5. AS Toftan mainevideo. Kättesaadav:
<https://www.youtube.com/watch?v=QQxKINGTCFg> (10.08.2014)
6. Võimsusteguri parandamine kondensaatoritega. Kättesaadav:
http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/6/65/V%C3%B5imsusteguri_parandamine_kondensaatoritega.pdf (10.08.2014)
7. ABB asünkroonmootorid 0.12 - 90 kW. Kättesaadav:
http://www.directindustry.com/prod/abb-motors-drives-power-electronics/asynchronous-electric-motors-heavy-duty-30286-175609.html#product-item_573772 (10.08.2014)