



Selvitys paperikoneen telan tasapainokoneen modernisaation tarpeellisuu- desta

Pyry Paananen

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Paananen, Pyry

Selvitys paperikoneen telan tasapainokoneen modernisaation tarpeellisuudesta

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2024**, 49 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Paperikoneiden tehokkuuden optimoimiseksi, niiden toimintanopeuksia on pyritty nostamaan. Nopeuden nostaminen kuitenkin tuottaa haasteita koneissa käytettäville paperikoneiden teloille, kuten värähtelyä ja muodonmuutoksia. Näiden haasteiden hallinta on välttämätöntä, sillä jo pienikin paperikoneen ajonopeuden hidastuminen voi johtaa suuriin tuotannollisiin ja taloudellisiin tappioihin. Tästä syystä paperikoneessa käytettävät telat tulee tasapainottaa säännöllisin väliajoin.

Toimeksiannon tarkoituksena oli tehdä selvitys Valmet Technologies Rautpohjan telahuollon yksikön tasapainokoneen modernisaation tarpeellisuudesta. Tehtävänä oli selvittää mitä haasteita nykyisessä tasapainotuskoneessa on ja miten modernisaatiolla voidaan lisätä tuotannon tehokkuutta samalla selvittäen mahdollisen investoinnin takaisinmaksulaskelmaa.

Tietoperusta luotiin kirjallisuuslähteitä ja alan julkaisuja tutkimalla. Aluksi tarkasteltiin telan tasapainotuksen perusteita, sekä perehdyttiin tasapainotusmenetelmiin. Lisäksi tietoperustassa perehdyttiin eri investointilaskentamalleihin – ja periaatteisiin.

Tutkimusosassa selvitettiin yrityksen nykyisen tasapainotuskoneen tämänhetkinen tilanne tasapainotuskoneen operaattoreita ja heidän esihenkilöään haastatteleamalla. Nykyistä laitetta vertailtiin vertailututkimuksen avulla sisäisesti sekä kilpailevan yrityksen laitteisiin. Investoinnin kannattavuutta tutkittiin toimeksiantajalta saatujen investointikustannusten perusteella.

Tutkimuksen tuloksena syntyi selvitys, jota Valmet Technologiesin Rautpohjan telahuollon yksikkö voi hyödyntää mahdollisen tulevaisuuden investoinnin perustana ja tukena.

Avainsanat (asiasanat)

tasapainotus, epätasapaino, paperikone, telahuolto, paperikoneen telat, investointilaskenta, takaisinmaksu, kehittämistutkimus, benchmarking

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liite 1 on kokonaan salassa pidettävä, ja se on poistettu julkisesta työstä. Liite 2 on osittain salassa pidettävä, ja siitä on poistettu salaisia tietoja. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 1.1.2035.

Paananen, Pyry

Evaluation of the modernization necessities of a paper machine roll balancing machine

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2024, 49 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

To optimize the efficiency of paper machines, efforts have been made to increase their operating speeds. However, increasing the speed creates challenges for the rolls used in the machine, such as vibration and deformation. Managing these problems is essential, as even a minor slowdown in paper machine running speed can lead to large production and economic losses. For this reason, the rolls used on the machine must be balanced at regular intervals.

The purpose of the assignment was to carry out a study on the need for modernization of the Valmet Technologies Rautpohja service unit's roll balancing machine. The task was to find out what challenges the current balancing machine is facing and how modernization could increase production efficiency while at the same time clarifying the payback calculation of a possible investment.

The knowledge base was created by examining the literature sources and publications in the field. Firstly, the basics of the roll balancing was examined as well as the balancing methods were studied. In addition, the knowledge base introduced the different investment calculation models and principles.

In the research part, the current situation of the company's current balancing machine was investigated by interviewing the operators and their supervisor. The current machine was compared internally and with a competitor's machine by the means of a comparative survey. The profitability of the investment was examined based on the investment costs obtained from the contractor.

The study resulted in an evaluation that Valmet Technologies' Rautpohja service unit can use as a basis and support for a possible future investment.

Keywords/tags (subjects)

dynamic balancing, unbalance, roll maintenance, paper machine, paper machine rolls, investment calculation, payback period, development research, benchmarking

Miscellaneous (Confidential information)

Appendix 1 is completely confidential and has been removed from the public work. Appendix 2 is partially confidential and has been stripped of confidential information. The reason for confidentiality is the business or professional secrecy of the company according to § 24, paragraph 17 of the Publicity Act 621/1999. The confidentiality period is ten (10) years, expiring on 1 January 2035.

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Työn tavoite ja rajaus	7
1.2	Yritysesittely	8
1.3	Työn tausta	8
2	Tutkimusmenetelmät	10
2.1	Kehittämistutkimus	10
2.2	Kvalitatiivinen tutkimus	11
2.3	Aineistonkeruu	11
3	Kehittämistyön tai tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus	12
4	Tasapainotus	13
4.1	Tasapainotuksen tarkoitus	13
4.2	Tasapainotus telahuollossa	14
4.3	Tasapainotuksen toimenpiteet	15
4.4	Turvallisuusohjeet tasapainotuksen aikana	17
4.5	Telatyypit	18
4.6	Mitä on epätasapaino?	19
4.7	Jäännösepätasapaino	20
4.8	Tasapainotusluokat	21
5	Investointilaskenta	22
5.1	Investointilaskennan tarkoitus	22
5.2	Investointien suunnittelu	22
5.3	Investointilaskelmien lähtötiedot	23
5.3.1	Perusinvestointi	23
5.3.2	Investoinnin vuotuinen nettotuotto	24
5.3.3	Investointiajanjakso	24
5.3.4	Investoinnin jäännösarvo	24
5.3.5	Laskentakorkokanta	24
5.4	Investointilaskentamenetelmät	25
5.4.1	Nykyarvomenetelmä	25
5.4.2	Sisäinen korkokanta	26
5.4.3	Takaisinmaksuajan menetelmä	27
5.4.4	Annuiteettimenetelmä	28

6	Tutkimuksen toteutus	29
6.1	Tasapainokoneen nykytila-analyysi.....	29
6.1.1	Haastattelukysymykset.....	30
6.1.2	Haastateltavien näkemykset tasapainokoneen nykytilasta	31
6.1.3	Haastateltavien näkemykset tasapainokoneen modernisaatiosta	32
6.1.4	Visuaalinen havainnointi nykyisen tasapainotuskoneen haasteista	32
7	Benchmarking	35
7.1	Benchmarking-vertailu.....	35
7.2	Benchmarking - tulosten analysointi.....	35
7.2.1	SWOT - analyysi	36
8	Modernisaation laajuus	37
8.1	Vaatimuslista laitteistolle	37
8.2	Koneinvestoinnin sisältö	37
9	Investointilaskelmien tulokset	38
9.1	Investointilaskelman lähtötiedot ja hankintahinta	38
9.1.1	Vuosittain syntyvät tuotot ja kustannukset eli vuotuinen nettotuotto	38
9.1.2	Investointiajanjakso tai pitoaika	38
9.1.3	Investointikohteen jäännösarvo	39
9.1.4	Laskentakorkokanta.....	39
9.2	Investointilaskelmamenetelmät	39
9.2.1	Nykyarvomenetelmä	39
9.2.2	Sisäinen korkokanta.....	40
9.2.3	Takaisinmaksuajan menetelmä	40
9.2.4	Annuiteettimenetelmä	40
9.3	Yhteenveto laskelmista	40
10	Tulokset	41
11	Pohdinta ja johtopäätökset	42
11.1	Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi.....	42
11.2	Modernisaation aiheellisuus	43
11.3	Miten modernisaatiolla voi lisätä tuotannon tehokkuutta?.....	44
11.4	Investoinnin takaisinmaksu.....	45
11.5	Yhteenveto	45
	Lähteet	46
	Liitteet	48
	Liite 1. Telatyypeittäin toleranssit ja tasapainotarkkuusluokat (salassa pidettävä).....	48

Liitteet 49

Liite 2. Benchmarking taulukko (tietoja osittain salattu)..... 49

Kuviot

Kuvio 1. Valmetin liiketoiminta on jaettu viiteen maantieteelliseen alueeseen. (Valmet 2023). 8

Kuvio 2. Telahuollon prosessit. 9

Kuvio 3. Valmet Rautpohjan telahuoltohallin tasapainotuskone 14

Kuvio 4. Siirrettävä porakone..... 16

Kuvio 5. Tasapainoporaus reikä 16

Kuvio 6. Painotaulukot ja poikkileikkaussuureet 17

Kuvio 7. Tasapaino jaetaan kahteen eri tyyppiin: staattiseen ja dynaamiseen epätasapainoon.
(Muokattu Juhanko 2011.)..... 19

Kuvio 8. Keskitasapainotusmassan lisääminen telan sisäpuolella olevaan verkkoon. 21

Kuvio 9. Tasapainotusohjelma, johon ei ole enää mahdollista saada päivityksiä 33

Kuvio 10. Nykyinen hihnavetolaite 33

Kuvio 11. Nykyiset telapukit..... 34

Kuvio 12. Nykyinen hätäpysäytysjärjestelmä 34

Taulukot

Taulukko 1 Jaksollisten maksujen nykyarvotekijä (Haverila ym. 2005, 500) 26

Taulukko 2 Annuiteettitekijän taulukko (Haverila ym. 2005, 500) 29

Taulukko 3 SWOT-analyysin tulokset..... 36

Taulukko 4 Vaatimuslista 37

1 Johdanto

1.1 Työn tavoite ja rajaus

Sanonta ”aika on rahaa” on usein käytetty fraasi, joka edelleen pitää paikkansa monissa asiayhteyksissä, näin on myös paperikoneiden tuotantokapasiteetin maksimoinnista puhuttaessa. Paperikoneiden toimintanopeuden kasvattaminen on suoraan yhteydessä yrityksen liikevoittoon. Nopeuden kasvu aiheuttaa kuitenkin haasteita, kuten värinää ja muodonmuutoksia paperikoneen teloissa. Näiden ongelmien hallinta on ensisijaisen tärkeää, ja siitä syystä telojen on oltava dynaamisesti tasapainossa. (Juhanko 2011.)

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajalla on käytössään Schenk-merkkinen tasapainotuskone vuodelta 1989, jota käytetään telojen tasapainottamiseen. Yrityksessä on kuitenkin herännyt keskustelua nykyisen tasapainotuskoneen mahdollisesta uudistamisesta ja sen tarpeellisuudesta. Tämän työn tarkoituksena olikin selvittää, onko toimeksiantajan paperikoneen telan tasapainotuskoneen modernisaatio aiheellinen. Työ tehtiin toimeksiantajana Valmet Technologies Oyj Jyväskylän telahuollon yksikölle. Tutkimuksen lopputuloksena esitetään Valmetin hankintaorganisaatiolle selvitys, jossa vastataan seuraaviin kysymyksiin:

1. Onko telahuollon tasapainokoneen modernisaatio aiheellinen?
2. Miten modernisaatiolla voi lisätä tuotannon tehokkuutta?
3. Mikä on mahdollisen investoinnin takaisinmaksulaskelma?

Toimeksiantajan nykyisen tasapainotuskoneen ominaisuuksia ja toimintaa kartoitettiin havainnoidulla yrityksen päivittäisiä työprosesseja, haastatteleamalla työntekijöitä ja esihenkilöä, sekä tutkimalla yrityksen sisäisiä dokumentteja. Lisäksi benchmarking-vertailun avulla pystyttiin tunnistamaan nykyisen tasapainotuskoneen heikkoudet ja kehityskohteet. Tavoitteena oli tunnistaa nykyisen tasapainokoneen rajallisuus ja arvioida, onko modernisaatio aiheellista toteuttaa.

1.2 Yritysesittely

Valmet on suomalainen teknologiayritys, jonka osakkeet on listattu Helsingin pörssissä ja yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. Valmet on merkittävä prosessiteknologian, automaattioratkaisujen ja palvelujen tuottaja, joka työllistää yli 17500 työntekijää ympäri maailman. Valmetin liiketoiminta on jaettu viiteen maantieteelliseen alueeseen: Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA, Kiina ja Aasian ja Tyynenmeren alue, jotka on esitetty kuviossa 1. (Valmet 2023.)

Yhtiön suurin tuotantoyksikkö sijaitsee Jyväskylän Rautpohjassa, jossa työskentelee noin 1500 työntekijää. Rautpohjassa suunnitellaan ja valmistetaan suurin osa maailman paperi- ja kartonkikoneista. Rautpohjassa sijaitsee myös Service-liiketoimintalinjan yksi suurimmista ja monipuolisimmista huoltopalvelukeskuksista, jossa huolletaan ja palvellaan asiakkaita maailmanlaajuisesti. Maailmassa on noin 4000 sellu- ja paperitehdasta, ja yli puolet niistä käyttää Valmetin palveluja vuosittain. Valmetin liiketoiminta jakautuu viiteen pääalueeseen: palvelut, virtauksensääto, automaatiojärjestelmät, sellu ja energia sekä paperit. (Valmet 2023.)

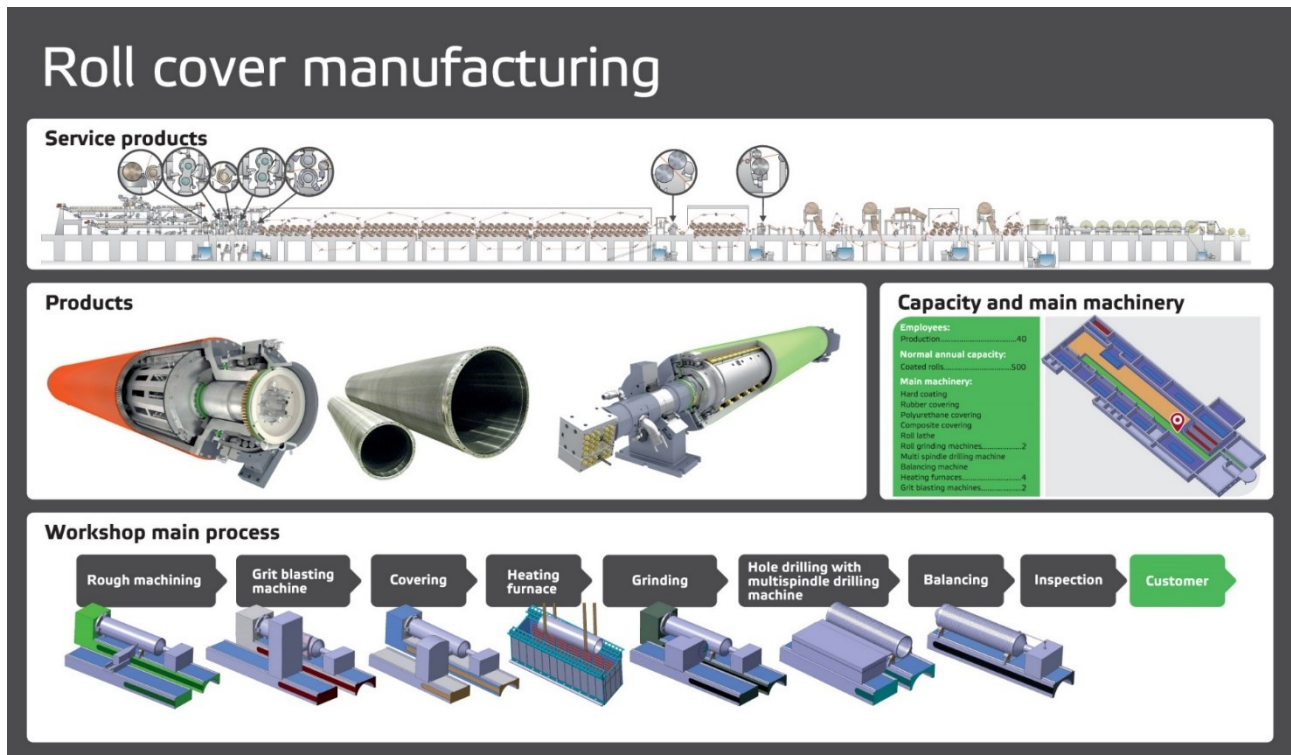


Kuvio 1. Valmetin liiketoiminta on jaettu viiteen maantieteelliseen alueeseen. (Valmet 2023)

1.3 Työn tausta

Valmet Rautpohjan telahuolto kuuluu konsernin palveluliiketoimintayksikköön. Telahuoltohalliin on kerätty saman katon alle useita eri toimintoja, jonka ansiosta huoltoon saapuva paperikoneen

tela pystytään huoltamaan nopeasti ja tehokkaasti. Huollettavaa telaa liikutellaan kattonostureiden avulla pisteeltä toiselle. Lisäksi halliin on varastoituna huoltoon saapuvia ja kuljetusta odottamassa olevia valmiita teloja. Uudelleenpinnoitukseen tulevan paperikoneentelan läpimenoaika on noin kahdesta kymmeneen viikkoa, riippuen työn sisällöstä. Kuviossa 2 on esitetty telahuollon prosessit, joihin kuuluu sorvaus, hiekkapuhallus, pinnoitus, lämpökäsittely, hionta, pinnoiteporaus ja tasapainotus.



Kuvio 2. Telahuollon prosessit.

Valmet Rautpohjan telahuollon toimintaa ja tasapainotusta on myös havainnoitu opinnäytetyön kirjoittajan toimesta niin tuotannon työntekijän kuin projekti-insinöörin roolissa. Useiden työvuosien aikana tapahtuneen tarkastelun kautta on monesti törmätty telan tasapainotuskoneen toiminnallisiin rajoitteisiin ja haasteisiin. Myös telan tasapainotuksesta vastaavat työntekijät ovat antaneet palautetta tasapainokoneen puutteellisista ominaisuuksista.

Opinnäytetyö on annettu toimeksiantona Valmet Technologiesilta, jossa tasapainotuskoneen modernisaatiota on pohdittu sen ennakoitujen hyötyjen vuoksi ja aihetta haluttiin tutkia syvällisem-

min potentiaalista investointipäätöstä ajatellen. Toimeksianto tasapainotuskoneen modernisointi tarpeellisuudesta on tärkeää, koska - sekä kokemusten että palautteiden vuoksi – on järkevä tutkia, voisiko telan tasapainokoneen modernisaatiolla lisätä tuotannon tehokkuutta huoltoon tulevien telojen osalta ja parantaa tuotannon läpimenoaikaa. Toimeksiantajaa kiinnostaa myös millainen taloudellinen vaikutus olemassa olevan tasapainokoneen kehittämisellä on, ja voiko modernisaatiolla esimerkiksi supistaa alihankintana tehtyä tasapainotusta.

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Kehittämistutkimus

Tämä opinnäytetyö edustaa kehittämistutkimusta. Se yhdistää kehitystyön ja tutkimuksen elementit, joissa keskeisenä tavoitteena on tunnistaa prosessissa oleva ongelma ja tutkimuksen päämääränä on löytää kyseiseen ongelmaan ratkaisu. (Kananen 2012, 45.)

Kehittämistutkimuksessa käytetään useimmiten kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien yhdistelmää, mutta se voi myös perustua yksinomaan kvalitatiivisiin tutkimusmenetelmiin. Kvalitatiivisten menetelmien käyttö kehittämistutkimuksen tavoitteena on saada aikaan muutosta. Kehittämistutkimus soveltuu tähän työhön, koska kehittämistutkimuksella pyritään luomaan muutosta telan tasapainotusprosessissa. (Kananen 2015, 33,39.)

Kehittämistutkimus voidaan jakaa tutkimussykliin, jota seuraa muutossykli. Tutkimussykli alkaa nykytilanteen kartoittamisella ratkaistavan ongelman tunnistamiseksi. Ongelman määrittely ja sen muuttaminen tutkimuskysymykseksi on tärkeää kehittämistutkimuksen onnistumisen kannalta. Tutkimussyklissä nykytilanteen kartoitusta seuraa ongelman määrittely, vaihtoehtojen tutkiminen, vaihtoehtojen arviointi ja ratkaisujen valinta. (Kananen 2015, 40–42.)

Tutkimusvaihetta seuraa muutosvaihe, joka sisältää ratkaisun testaamisen ja käyttöönoton, arvioinnin ja seurannan. Tätä sykliä voidaan toistaa niin monta kertaa kuin tarvitaan haluttujen tulosten saavuttamiseksi (Kananen 2015, 40–42). Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimusvaiheeseen, koska tutkimus ei mahdollista muutosvaiheen toteuttamista. Tämä johtuu siitä, että tutkimuksen aikana syntyneitä alustavia suunnitelmia ei ole vielä toteutettu. Näin ollen muutosvaiheeseen kuuluvia kokeiluja, toteutusta, arviointia ja seurantaa ei voida suorittaa.

2.2 Kvalitatiivinen tutkimus

Tutkimuksen lopputuloksen vaikutusten määrittämiseksi on tärkeää ymmärtää ensin nykytilanne. Nykytilanteen ymmärtämiseksi on valittava asianmukaiset menetelmät. Tämä tutkimus hyödyntää laadullista eli kvalitatiivista metodia, sillä tutkimuksen aihe on erityinen ja ensimmäinen laatuaan toimeksiantajalle. Tutkimuksen nykytilan selvittämiseksi käytetään pääasiassa havainnointia ja teemahaastatteluja. Nämä menetelmät voidaan jakaa kahteen kategoriaan: sekundääri- ja primääriaineistoihin. Sekundääriaineistot ovat jo olemassa olevia tietolähteitä, kuten tutkittavaan ilmiöön liittyvät asiakirjat. Primääriaineistot puolestaan on kerätty erityisesti tämän tutkimuksen tarpeisiin, kuten haastattelun aikana tehdyt muistiinpanot. (Kananen 2015, 34–35.)

2.3 Aineistonkeruu

Tutkimuksessa hyödynnetään laadullisia tutkimusmenetelmiä. Tietoa kerätään omien havaintojen ja haastattelujen kautta. Lisäksi käytetään benchmarkingia, joka on esikuva-analyysi. Omien havaintojen ja haastattelujen kerääminen kuuluvat laadullisten tutkimusmenetelmien piiriin, kun taas benchmarking on työkalu kehittämistyöhön.

Havainnot ja niistä tehtävät päätelmät ohjaavat toimintaamme, minkä vuoksi havainnointi on tärkeä osa tutkimusprosessia. Havainnointi on prosessi, jossa tutkija seuraa ja tekee merkintöjä tutkittavasta ilmiöstä. Se on erittäin hyödyllinen menetelmä vuorovaikutuksen ja dynaamisten tilanteiden tutkimisessa. Havainnointi keskittyy ihmisten toiminnan ja käyttäytymisen tarkkailuun, ja havainnot tallennetaan esimerkiksi muistiinpanoina tai äänitallenteina. Kuitenkin satunnainen havainnointi ei ole riittävä tieteelliseen tutkimukseen. Havainnointi voi olla osa tutkimusmenetelmää vain, jos se suoritetaan systemaattisesti ja kriittisesti. Kerätyn tiedon luokittelu ja jatkuva analyysi ovat myös olennainen osa tätä menetelmää. Havainnointi on keskeinen työkalu opinnäytetyössä, koska se auttaa syventämään ymmärrystämme tutkittavasta ilmiöstä ja mahdollistaa tiedon keräämisen suoraan tutkimuskohteelta. (Kananen 2012, 94–98.)

Teemahaastattelu on joustava tutkimusväline, joka auttaa meitä ymmärtämään nykyisiä olosuhteita ja se on erityisen suosittu laadullisen tutkimuksen alalla. Tämä menetelmä auttaa tutkijaa pääsemään syvälle tutkittavaan aiheeseen, ymmärtämään ilmiöitä ja ohjaamaan keskustelua.

Haastattelukysymykset ovat yleensä avoimia, jotta haastateltavat voivat ilmaista ajatuksensa vapaasti. Strukturoituja kysymyksiä käytetään vain, kun tarvitaan tarkkoja tietoja. Arvokkaimmat tiedot saadaan usein niiltä henkilöiltä, jotka ovat suoraan vaikutuksissa tutkittavaan ilmiöön. (Kananen 2012, 99–106.)

Benchmarking on tehokas työkalu yrityksen suorituskyvyn parantamiseen ja kehittämiseen. Sen ydinajatuksena on yritysten välinen kumppanuus, jossa molemmat osapuolet voivat tarjota ja oppia jotain. Benchmarking voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: vertaamalla tuloksia ja suorituskykyä tai vertaamalla prosessien rakennetta ja vaiheita. (Lecklin 2006, 161.)

Tässä opinnäytetyössä käytetään prosessikeskeistä benchmarkingia, jossa tehdään sisäistä vertailua Valmetin omaan tasapainotusprosessiin sekä ulkoisesti kilpailijoiden vastaaviin prosesseihin. Benchmarkingin avulla syntyy vertailututkimus, jossa verrataan toimeksiantajan telan tasapainokoneen toimintoja ja suorituskykyä Valmetin muihin tasapainokoneisiin sekä kilpailijoiden tasapainokoneisiin. Vertailututkimus voi auttaa tunnistamaan toimeksiantajan tasapainokoneen vahvuuksia ja heikkouksia sekä löytämään kehityskohteita (Lecklin 2006, 165–166).

Benchmark-tulosten purkamiseen ja analysointiin käytetään SWOT-analyysiä, jonka avulla yrityksen tai yksittäisen projektin strategista asemaa ja toimintaa arvioidaan vertaamalla sen vahvuuksia (strengths) ja heikkouksia (weaknesses) kilpailuympäristön tarjoamiin mahdollisuuksiin (opportunities) ja uhkiin (threats). Analyysiä tehtäessä ensin tunnistetaan vahvuudet, jotka kuvastavat yrityksen sisäisiä etuja, kuten teknistä asiantuntemusta tai vahvaa tuotemerkkiä. Seuraavaksi arvioidaan heikkoudet, jotka ovat sisäisiä puutteita, kuten resurssipula tai osaamisvaje. Sitten tunnistetaan mahdollisuudet, jotka ovat ulkoisia tekijöitä, kuten markkinoiden kasvupotentiaali tai teknologiset keksinnöt. Lopuksi arvioidaan uhat, jotka ovat ulkoisia haasteita, kuten kilpailun tiukkeneminen tai taloudelliset haasteet. SWOT-analyysi on laajalti käytössä erilaisissa tutkimuksissa ja liiketoiminnan kehittämisessä, sillä se auttaa havaitsemaan ja hyödyntämään mahdollisuuksia sekä välttämään mahdollisia uhkia. (Vuorinen & Huikkola 2023, 97–98.)

3 Kehittämistyön tai tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus

Tutkimuksen eettisiä näkökohtia ovat muun muassa tietojen luottamuksellisuus, luottamukselliset asiakirjat, tietojen säilyttäminen ja tekijänoikeuskysymykset. Lisäksi eettiset näkökohdat pitävät

sisällään plagioinnintarkastuksen. (Kettunen, Kärki, Näreaho & Päällysaho, 2019.) Opinnäytetyöntekijä ja toimeksiantaja ovat allekirjoittaneet salassapitosopimuksen jo työsuhteen alussa, ja tutkimusta varten tehtiin erillinen salassapitosopimus koskien liiketoiminnallisesti sensitiivisiä tietoja. Sisäisistä arkistoista kerättyjen tietojen käyttämiseen ei liity eettisyysaasteita.

Henkilöhaastatteluissa keskitytään asiantuntemusalueeseen, ei haastateltavaan. Vain haastateltavan alan ammatti- ja työkokemusta käytetään tietolähteiden luotettavuuden arvioimiseksi. Tutkimuksessa haastateltavat henkilöt ovat tasapainotusprosessin asiantuntijoita ja operaattoreita. Kerätyt tiedot analysoidaan tietojen yhdistämisen mahdollistamiseksi. Tutkimustulosten tavoitteena on tulkita tutkimusaineistoa siten, että vältetään liiallinen yleistäminen ja samalla havaitaan poikkeavuudet toimintaympäristössä (Kananen 2012, 63–65).

Kriittinen tarkastelu luotettavuudesta on olennainen osa tutkimusprosessia ja sitä tulisi soveltaa jatkuvasti tutkimuksen alusta loppuun saakka. Päämääränä on analysoida tutkimuksen kaikkia vaiheita ja pohtia kriittisesti omaa suoritusta. Samalla arvioidaan, onko lähestymistapa ollut oikea ja onko tavoitteet saavutettu. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006.)

4 Tasapainotus

4.1 Tasapainotuksen tarkoitus

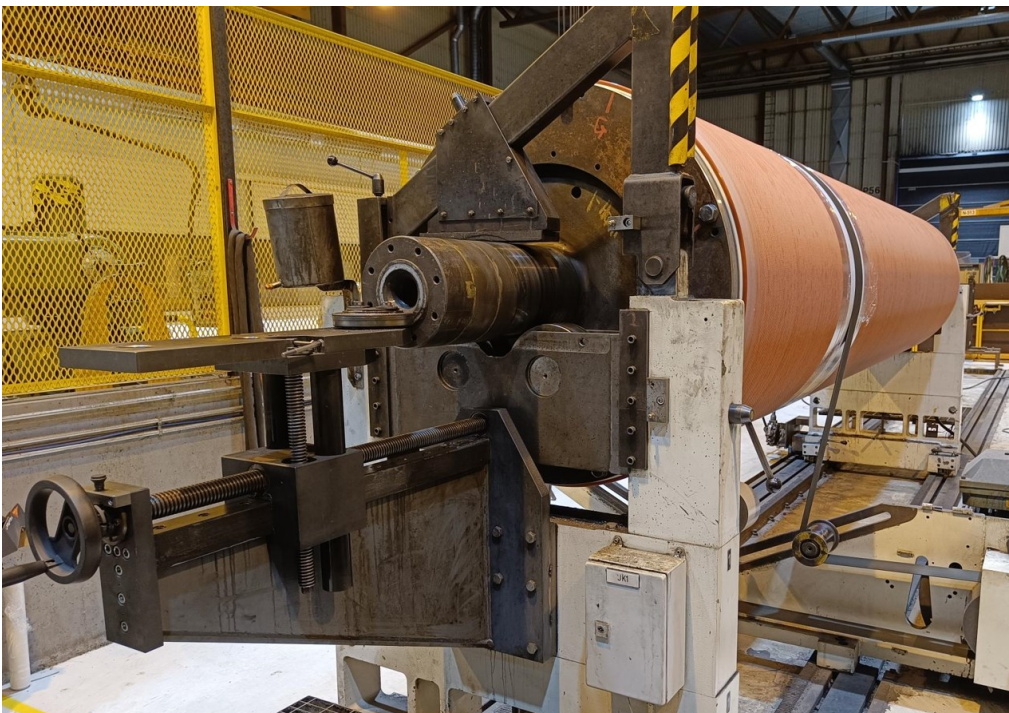
Paperikoneiden toiminnan optimoimiseksi on tärkeää pyrkiä nostamaan niiden toimintanopeuksia. Juhangon (2011) mukaan tämä kuitenkin luo haasteita koneissa käytettäville teloille, sillä suuret pyörimisnopeudet voivat aiheuttaa teloissa värähtelyä ja muodonmuutoksia. Nämä ongelmat on kyettävä tunnistamaan ja hallitsemaan etukäteen, sillä pienetkin muutokset paperikoneen suunnitellussa ajonopeudessa voivat johtaa suuriin tuotannollisiin ja taloudellisiin tappioihin. Tästä syystä on erittäin tärkeää, että paperikoneen telat ja vaipat tasapainotetaan. Tasapainotus auttaa pidentämään jatkuvasti pyörivien telojen käyttöikää, parantamaan turvallisuutta ja vähentämään epätasapainosta johtuvaa melua ja lisääntyviä vaurioita. (Dynamic roll balancing - why, how, measurement and specification 2019.)

Tasapainotuksessa kappaleen massan epätasapaino osoitetaan ja korjaustoimenpiteillä massaa lisätään tai vähennetään osoitetusta paikasta. Tasapainotuksen tarkoituksena onkin saada tärinättömästi toimiva paperi- tai kartonkikoneentela. (Dynamic roll balancing - why, how, measurement and specification 2019.)

4.2 Tasapainotus telahuollossa

Tasapainotuskone, joka esitetty kuviossa 3, on kriittinen laite Valmet Rautpohjan telahuoltoverssaassa. Lähes kaikki telat ja telan vaipat tasapainotetaan huollon aikana, yhteensä noin 200 kappaletta vuodessa.

Telahuollossa tasapainotetaan asiakkaiden huoltoa tarvitsevia teloja. Pääsääntöisesti telan tasapainotus tehdään pinnoituksen ja viimeistelyhionnan jälkeen, jolloin kappaleeseen ei kohdistu enää muovaavia muutoksia ja tasapainon tarkastus voidaan suorittaa. Mikäli telaan on tullut koneessa pyöriessään iskuja tai kolhuja, tai telaan on vaihdettu uusia osia, kuten laippa-akseli, tela joudutaan tasapainottamaan jo ennen pinnoitusta ja heti uudestaan pinnoituksen ja hionnan jälkeen.



Kuvio 3. Valmet Rautpohjan telahuoltohallin tasapainotuskone

4.3 Tasapainotuksen toimenpiteet

Tässä kappaleessa on selitetty yksityiskohtaisesti, mitä eri työvaiheita tasapainotukseen kuuluu Valmet Rautpohjan telahuoltoverstaan nykyisellä tasapainokoneella. Telat tasapainotetaan Valmetin sisäisen työohjeen mukaan.

Ensimmäinen työvaihe on asetusten teko, jossa rullapukit säädetään telan halkaisijan mukaan kohdalleen. Tela nostetaan koneeseen tukirullien varaan laippa-akselin pyörityskauloilta. Vaipat asetetaan työpäätyjen akselin kauloilta, jonka jälkeen akselia vasten kiinnitetään päätyrullat, jotka estävät telan aksiaalisuuntaisen liikkeen. Turva-aisat lasketaan alas ja kiristetään, lisäksi turvakaaret asemoidaan telan päätyjen kohdalle. Tämän jälkeen kiinnitetään ja kiristetään vetohihna, joka pyörittää telaa. Seuraavaksi telan pintaan kiinnitetään heijastava teipinpalanen nollapisteen merkiksi ja kierroslukulaskijan valokenno asennetaan paikalleen. (Telan tasapainotusohje. N.d.)

Sähköportti lukitaan ennen telan pyöritystä, jolla estetään aidatulle alueelle kulku telan pyöriessä. Seuraavaksi koneelle syötetään telan tiedot kuten telan pituus ja vastapainon säde. Tämän jälkeen suoritetaan oikaisupyöritys, jossa telaa pyöritetään myötäpäivään hitaalla nopeudella, kunnes tela oikenee. Samalla varmistetaan, ettei tela liiku päätyrullia vasten, vaan pyörii keskeisesti rullilla. Tämän jälkeen seurataan säteisheittoa keskeltä vaippaa heittokellolla tai mittausohjelmalla laserin avulla ja mahdollista epätasapainoa koneen näyttölaitteesta. Keskiheiton ollessa piirustuksessa mainitun rajan sisällä ja pysyen muuttumattomana, tasapainotus voidaan suorittaa. Tällöin nostetaan telan kierroksia hitaasti etukäteen määrättyyn pyörimisnopeuteen (esim. 1100 m/min). (Telan tasapainotusohje. N.d.)

Tasapainolukemat tarkastetaan koneen näyttölaitteesta, joka ilmoittaa epätasapainon telan kummastakin päästä. Mikäli telan kummankin pään epätasapaino ja keskeltä mitattu dynaaminen heitto on sallitun rajan sisällä, telan tasapainotus on valmis. (Telan tasapainotusohje. N.d.) Epätasapainon ylittäessä sallitun rajan telalle tehdään tasapainoporaus kuviossa 4 esitetyllä siirrettävällä porakoneella.



Kuvio 4. Siirrettävä porakone

Vaihtoehtoisesti epätasapaino voidaan korjata telatyypin mukaan joko lisäämällä tai poistamalla painoja. Ennen tasapainoporausta telaan merkitään epätasapainossa oleva puoli ja kumpaankin päähän epätasapainon määrä. Tasapainottaja poraa painavalta puolelta ainetta pois tarvittavan määrän, lopputuloksena porattu reikä, joka esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Tasapainoporaus reikä

Kuviossa 6 esitetyssä taulukossa on painotaulukot ja poikkileikkaussuureet, josta nähdään, kuinka paljon tarvitsee porata. Yleensä porauksessa käytetään 30 mm tai 50 mm poranterää, esim. poraamalla 100 mm syvä reikä, 50 mm poranterällä, saadaan teräksestä poistettua 1.541 kg massaa.

PAINOTAUUKOT JA POIKKILEIKKAUSSUUREET

Poran →

d mm	PITUUSMASSA												A mm ²
	TERÄS (Fe) THEIYS 7850 kg/m ³			KUPARI (Cu) THEIYS 8930 kg/m ³				MESSINKI (Zn) THEIYS 8500 kg/m ³			ALUMIINI (Al) THEIYS 2700 kg/m ³		
	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	
4,00	0,093	0,105	0,117	0,142	0,123	0,127	0,136	0,118	0,104	0,083	0,037	0,01	
4,50	0,125	0,139	0,153	0,182	0,160	0,165	0,172	0,149	0,133	0,095	0,047	0,01	
4,80	0,162	0,178	0,194	0,233	0,208	0,213	0,219	0,176	0,159	0,092	0,054	0,01	
5,00	0,194	0,211	0,228	0,273	0,245	0,250	0,257	0,194	0,173	0,098	0,058	0,01	
5,50	0,267	0,286	0,305	0,360	0,328	0,333	0,340	0,253	0,228	0,123	0,071	0,02	
6,00	0,340	0,361	0,382	0,447	0,412	0,417	0,424	0,306	0,277	0,144	0,084	0,02	
6,50	0,413	0,435	0,457	0,532	0,493	0,498	0,505	0,353	0,321	0,164	0,100	0,02	
7,00	0,486	0,509	0,532	0,617	0,574	0,579	0,586	0,406	0,371	0,194	0,120	0,02	
7,50	0,559	0,583	0,607	0,692	0,645	0,650	0,657	0,446	0,408	0,213	0,130	0,02	
8,00	0,632	0,657	0,682	0,767	0,716	0,721	0,728	0,494	0,454	0,244	0,150	0,02	
8,50	0,705	0,731	0,757	0,842	0,787	0,792	0,799	0,543	0,501	0,273	0,170	0,02	
9,00	0,778	0,805	0,832	0,917	0,858	0,863	0,870	0,592	0,549	0,293	0,180	0,02	
9,50	0,851	0,879	0,907	0,992	0,929	0,934	0,941	0,640	0,596	0,323	0,200	0,02	
10,00	0,924	0,953	0,982	1,067	1,001	1,006	1,013	0,688	0,643	0,353	0,220	0,02	
10,50	0,997	1,027	1,057	1,142	1,072	1,077	1,084	0,736	0,689	0,383	0,240	0,02	
11,00	1,070	1,101	1,132	1,217	1,144	1,149	1,156	0,784	0,736	0,403	0,260	0,02	
11,50	1,143	1,175	1,207	1,292	1,216	1,221	1,228	0,832	0,783	0,433	0,280	0,02	
12,00	1,216	1,249	1,282	1,367	1,288	1,293	1,300	0,880	0,830	0,463	0,300	0,02	
12,50	1,289	1,323	1,357	1,442	1,360	1,365	1,372	0,928	0,877	0,493	0,320	0,02	
13,00	1,362	1,397	1,432	1,517	1,432	1,437	1,444	0,976	0,924	0,523	0,340	0,02	
13,50	1,435	1,471	1,507	1,592	1,504	1,509	1,516	1,024	0,971	0,553	0,360	0,02	
14,00	1,508	1,545	1,582	1,667	1,575	1,580	1,587	1,072	1,018	0,583	0,380	0,02	
14,50	1,581	1,619	1,657	1,742	1,647	1,652	1,659	1,120	1,065	0,613	0,400	0,02	
15,00	1,654	1,693	1,732	1,817	1,719	1,724	1,731	1,168	1,112	0,643	0,420	0,02	
15,50	1,727	1,767	1,807	1,892	1,791	1,796	1,803	1,216	1,159	0,673	0,440	0,02	
16,00	1,800	1,841	1,882	1,967	1,863	1,868	1,875	1,264	1,206	0,703	0,460	0,02	
16,50	1,873	1,915	1,957	2,042	1,935	1,940	1,947	1,312	1,253	0,733	0,480	0,02	
17,00	1,946	1,989	2,032	2,117	2,007	2,012	2,019	1,360	1,299	0,763	0,500	0,02	
17,50	2,019	2,063	2,107	2,192	2,079	2,084	2,091	1,408	1,346	0,793	0,520	0,02	
18,00	2,092	2,137	2,182	2,267	2,152	2,157	2,164	1,456	1,393	0,823	0,540	0,02	
18,50	2,165	2,211	2,257	2,342	2,224	2,229	2,236	1,504	1,440	0,853	0,560	0,02	
19,00	2,238	2,285	2,332	2,417	2,296	2,301	2,308	1,552	1,487	0,883	0,580	0,02	
19,50	2,311	2,359	2,407	2,492	2,369	2,374	2,381	1,600	1,534	0,913	0,600	0,02	
20,00	2,384	2,433	2,482	2,567	2,442	2,447	2,454	1,648	1,581	0,943	0,620	0,02	
20,50	2,457	2,507	2,557	2,642	2,514	2,519	2,526	1,696	1,628	0,973	0,640	0,02	
21,00	2,530	2,581	2,632	2,717	2,586	2,591	2,598	1,744	1,675	1,003	0,660	0,02	
21,50	2,603	2,655	2,707	2,792	2,658	2,663	2,670	1,792	1,722	1,033	0,680	0,02	
22,00	2,676	2,729	2,782	2,867	2,730	2,735	2,742	1,840	1,769	1,063	0,700	0,02	
22,50	2,749	2,803	2,857	2,942	2,799	2,804	2,811	1,888	1,816	1,093	0,720	0,02	
23,00	2,822	2,877	2,932	3,017	2,869	2,874	2,881	1,936	1,863	1,123	0,740	0,02	
23,50	2,895	2,951	3,007	3,092	2,939	2,944	2,951	1,984	1,910	1,153	0,760	0,02	
24,00	2,968	3,025	3,082	3,167	3,009	3,014	3,021	2,032	1,957	1,183	0,780	0,02	
24,50	3,041	3,100	3,159	3,244	3,081	3,086	3,093	2,080	1,994	1,213	0,800	0,02	
25,00	3,114	3,174	3,234	3,319	3,155	3,160	3,167	2,128	2,041	1,243	0,820	0,02	
25,50	3,187	3,248	3,309	3,394	3,226	3,231	3,238	2,176	2,078	1,273	0,840	0,02	
26,00	3,260	3,322	3,384	3,469	3,297	3,302	3,309	2,224	2,125	1,303	0,860	0,02	
26,50	3,333	3,396	3,459	3,544	3,368	3,373	3,380	2,272	2,171	1,333	0,880	0,02	
27,00	3,406	3,470	3,534	3,619	3,439	3,444	3,451	2,320	2,218	1,363	0,900	0,02	
27,50	3,479	3,544	3,609	3,694	3,510	3,515	3,522	2,368	2,255	1,393	0,920	0,02	
28,00	3,552	3,618	3,684	3,769	3,581	3,586	3,593	2,416	2,292	1,423	0,940	0,02	
28,50	3,625	3,692	3,759	3,844	3,649	3,654	3,661	2,464	2,339	1,453	0,960	0,02	
29,00	3,698	3,766	3,834	3,919	3,719	3,724	3,731	2,512	2,377	1,483	0,980	0,02	
29,50	3,771	3,840	3,910	3,995	3,791	3,796	3,803	2,560	2,415	1,513	1,000	0,02	
30,00	3,844	3,914	3,985	4,070	3,863	3,868	3,875	2,608	2,462	1,543	1,020	0,02	
30,50	3,917	3,988	4,060	4,145	3,935	3,940	3,947	2,656	2,509	1,573	1,040	0,02	
31,00	3,990	4,062	4,135	4,220	4,007	4,012	4,019	2,704	2,556	1,603	1,060	0,02	
31,50	4,063	4,136	4,210	4,295	4,079	4,084	4,091	2,752	2,603	1,633	1,080	0,02	
32,00	4,136	4,210	4,284	4,369	4,151	4,156	4,163	2,800	2,650	1,663	1,100	0,02	
32,50	4,209	4,284	4,359	4,444	4,223	4,228	4,235	2,848	2,697	1,693	1,120	0,02	
33,00	4,282	4,358	4,434	4,519	4,295	4,300	4,307	2,896	2,744	1,723	1,140	0,02	
33,50	4,355	4,432	4,509	4,594	4,367	4,372	4,379	2,944	2,791	1,753	1,160	0,02	
34,00	4,428	4,506	4,584	4,669	4,439	4,444	4,451	2,992	2,838	1,783	1,180	0,02	
34,50	4,501	4,580	4,659	4,744	4,511	4,516	4,523	3,040	2,885	1,813	1,200	0,02	
35,00	4,574	4,654	4,734	4,819	4,579	4,584	4,591	3,088	2,932	1,843	1,220	0,02	
35,50	4,647	4,728	4,809	4,894	4,647	4,652	4,659	3,136	2,979	1,873	1,240	0,02	
36,00	4,720	4,802	4,884	4,969	4,715	4,720	4,727	3,184	3,027	1,903	1,260	0,02	
36,50	4,793	4,876	4,959	5,044	4,783	4,788	4,795	3,232	3,074	1,933	1,280	0,02	
37,00	4,866	4,950	5,034	5,119	4,851	4,856	4,863	3,280	3,121	1,963	1,300	0,02	
37,50	4,939	5,024	5,109	5,194	4,921	4,926	4,933	3,328	3,168	1,993	1,320	0,02	
38,00	5,012	5,100	5,186	5,271	4,991	4,996	5,003	3,376	3,216	2,023	1,340	0,02	
38,50	5,085	5,174	5,261	5,346	5,040	5,045	5,052	3,424	3,263	2,053	1,360	0,02	
39,00	5,158	5,248	5,336	5,421	5,089	5,094	5,101	3,472	3,310	2,083	1,380	0,02	
39,50	5,231	5,322	5,411	5,496	5,138	5,143	5,150	3,520	3,357	2,113	1,400	0,02	
40,00	5,304	5,396	5,486	5,571	5,187	5,192	5,199	3,568	3,404	2,143	1,420	0,02	
40,50	5,377	5,470	5,561	5,646	5,235	5,240	5,247	3,616	3,451	2,173	1,440	0,02	
41,00	5,450	5,544	5,636	5,721	5,284	5,289	5,296	3,664	3,498	2,203	1,460	0,02	
41,50	5,523	5,618	5,711	5,796	5,332	5,337	5,344	3,712	3,546	2,233	1,480	0,02	
42,00	5,596	5,692	5,786	5,871	5,381	5,386	5,393	3,760	3,593	2,263	1,500	0,02	
42,50	5,669	5,766	5,861	5,946	5,429	5,434	5,441	3,808	3,641	2,293	1,520	0,02	
43,00	5,742	5,840	5,936	6,021	5,478	5,483	5,490	3,856	3,688	2,323	1,540	0,02	
43,50	5,815	5,914	6,011	6,096	5,526	5,531	5,538	3,904	3,735	2,353	1,560	0,02	
44,00	5,888	5,988	6,086	6,181	5,575	5,580	5,587	3,952	3,782	2,383	1,580	0,02	
44,50	5,961	6,062	6,161	6,266	5,623	5,628	5,635	4,000	3,829	2,413	1,600	0,02	
45,00	6,034	6,136	6,236	6,351	5,672	5,677	5,684	4,048	3,876	2,443	1,620	0,02	
45,50	6,107	6,210	6,311	6,426	5,720	5,725	5,732	4,096	3,924	2,473	1,640	0,02	
46,00	6,180	6,284	6,386	6,511	5,769	5,774	5,781	4,144	3,971	2,503	1,660	0,02	
46,50	6,253	6,358	6,461	6,596	5,817	5,822	5,829	4,192	4,018	2,533	1,680	0,02	
47,00	6,326	6,432	6,536	6,681	5,866	5,871	5,878	4,240	4,064	2,563	1,700	0,02	
47,50	6,399	6,506	6,611	6,766									

keskeisesti pyöritysrullien päälle ja pääsee pyörimään vapaasti. Liikuttaessa tasapainokoneen johdealueella on otettava huomioon nyrjähdysvaarat. Pakollisia suojavarusteita ovat suojalasit, turvakengät ja kolhulippis, lisäksi meluhaitan vuoksi on suositeltavaa käyttää kuulosuojaimia. Tasapainotusalueella oleskelu on kielletty tasapainotuksen aikana, lisäksi on vältettävä suoraan mittauslasersäteeseen katsomista. (Telan tasapainotusohje. N.d.)

4.5 Telatyypit

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti eri telatyypit ja niiden tasapainotuksessa huomioitavat ominaisuudet. Koska opinnäytetyön aiheena on yleisesti tasapainotus, telojen rakenteita ei käsitellä tarkasti. Karkeasti telat jaetaan kolmeen eri ryhmään niiden kokoonpanojen mukaan (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

Ensimmäisenä on ns. välikokoonpanossa tasapainotettavat telat, jotka pyöritetään telan omilta akselikauloilta. Tällaisia teloja ovat esim. putkitelat, joiden tasapainotus riippuu telan painosta ja ajonopeudesta. Teloille, joiden suunniteltu ajonopeus koneessa on mitoitettu alle puoleen kriittisestä ajonopeudesta, riittää tasapainotus kahdessa tasossa. Mikäli telan nopeus koneessa on yli puolikriittisen nopeuden, joudutaan tela myös keskitasapainottamaan. Tämä on tyypillistä pitkille ja ohutseinämaisille johtoteloille. Tasapainotuksen jälkeen telaan asennetaan laakerointiosat paikoilleen. (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

Toisena ryhmänä ovat vaipat. Vaipoilla tarkoitetaan esimerkiksi imutelojen vaippoja, jotka tasapainotetaan yleensä erillisillä työpäädyillä tai vaipan omilta pyörityskauloilta eli ns. kongeilta. Tällä tavoin voidaan varmistaa vaipan olevan tasapainossa ennen kasausta. Tähän kategoriaan liittyy myös SYM-telat ns. taipumakompensoidut telat, joiden pintaan on kierretty erillinen haponkestävä profiilinauha eli G-nauha. Aika ajoin tämä nauhoitus on vaihdettava uuteen ja uusimisen yhteydessä vaipan sisäreiän ja laakeritilojen säteisheittoa joudutaan mittaamaan useampaan otteeseen tasapainokoneella. (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

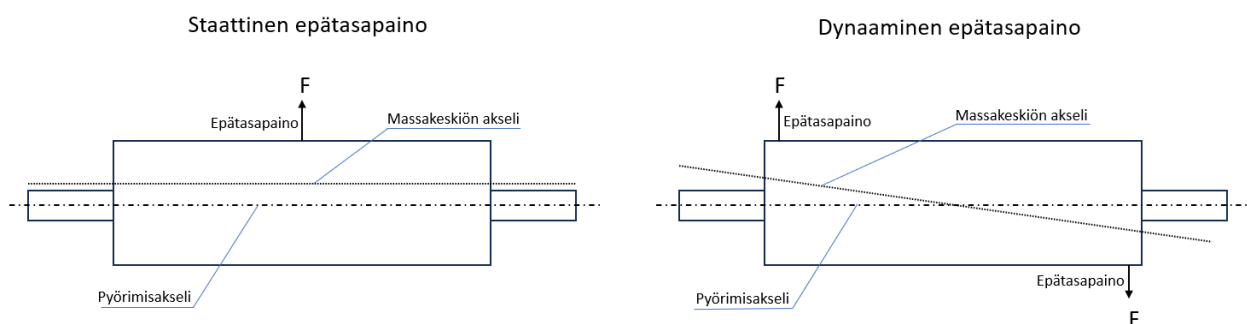
Kolmantena ryhmänä tulevat telat, jotka ovat jo valmiina kokoonpanossa. Esimerkiksi imutela, jossa vaipan sisälle on asennettu imulaatikko ja vaipan päätyihin asennettaville laippa-akseleille on

kasattu laakerointi. Valmiina kokoonpanossa olevien telojen tasapainotuksessa haasteeksi muodostuu telojen asemointi pyörityspukeille ja telan pyöritys. (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

4.6 Mitä on epätasapaino?

Kuviossa 7 esitetään, kuinka tasapaino voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: staattiseen ja dynaamiseen epätasapainoon. Staattisessa tasapainossa telan massakeskiön kautta kulkeva akseli on samansuuntainen pyörimisakselin kanssa. Tela on staattisesti tasapainossa, jos vapaasti pyörivä tela pysyy paikallaan missä tahansa asennossa. Toisaalta staattisesti tasapainossa oleva tela voi olla dynaamisesti epätasapainossa ja se voidaan havaita vain pyörittämällä telaa suurella nopeudella. Tämän takia telojen dynaaminen tasapainotus tehdään niiden todellisella ajonopeudella. Tämä tarkoittaa, että telojen tasapainotus ottaa huomioon niiden todelliset käyttöolosuhteet ja pyrkii minimoimaan epätasapainosta aiheutuvat haitat. (Juhanko 2011.)

Epätasapaino johtuu käytännöllisesti katsoen aina staattisen ja dynaamisen epätasapainon yhteisvaikutuksesta. Epätasapainosta voi seurata esimerkiksi telan värinää, laakerikuormituksen kasvua sekä dynaamista taipumaa, joka aiheuttaa telan heittoa eli telan pinnan säteensuuntaista liikettä. Näitä haitallisia vaikutuksia pyritään vähentämään tasapainottamalla telaa. Tasapainotuksessa korjataan telavaipan massajakaumaa niin, että jäännösepätasapaino ja taipuma pysyvät sallituissa rajoissa. (Pokela 2006.)



Kuvio 7. Tasapaino jaetaan kahteen eri tyyppiin: staattiseen ja dynaamiseen epätasapainoon. (Muokattu Juhanko 2011.)

4.7 Jäännösepätasapaino

ISO 1940/1-standardi käsittelee pyörähdyskappaleiden tasapainotusta joko yhdessä tai kahdessa tasossa. Levymäiset kappaleet, joissa on pistemassa ja pitkä laakeriväli, voidaan tasapainottaa yhdessä tasossa. Muut pyörähdyskappaleet on kuitenkin tasapainotettava kahdessa tasossa. Standardissa määritellään myös, kuinka paljon jäännösepätasapainoa saa olla. (Juhanko 2011.)

Sallittu jäännösepätasapaino lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$U_{\text{per}} = e_{\text{per}} \cdot m$$

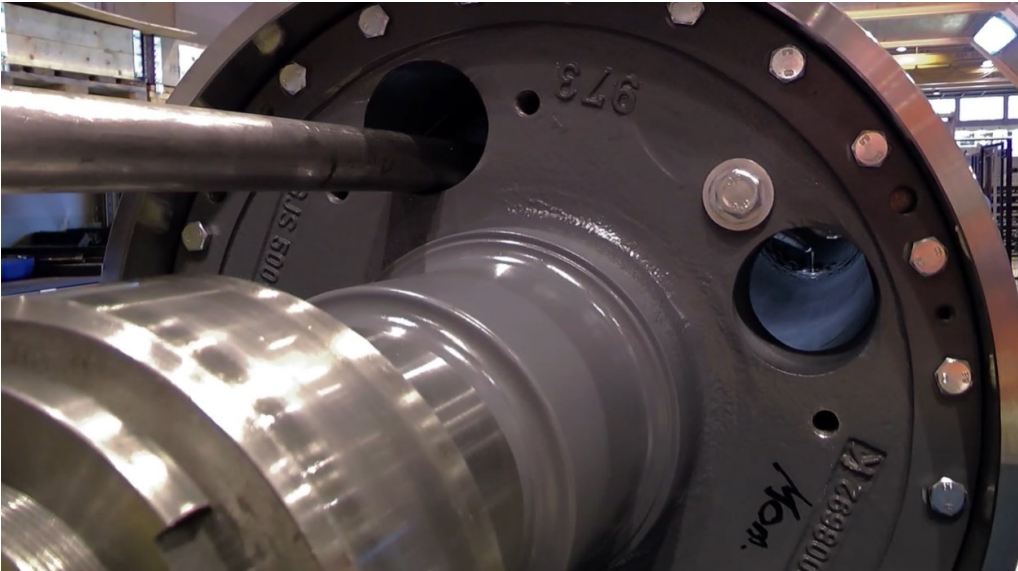
missä, U_{per} on sallittu jäännösepätasapaino (g·mm),

e_{per} on sallittu epätasapaino massaa kohden (g·mm/kg)

m on pyörähdyskappaleen massa (kg)

Paperikoneessa käytettäville teloille on asetettu tasapainotusluokat, jotka perustuvat tasapainotusnopeuteen (ω rad/s). Kun vaadittu arvo G on vakio, suurimman sallitun epätasapainon vaatimus massaa kohden kasvaa pyörimisnopeuden funktiona. Pitkät ja kapeat telat luokitellaan joustaviksi pyörähdyskappaleiksi, joten kahden tason tasapainotus ei merkittävästi vaikuta niiden dynaamiseen taipumaan. Joustava kappale tarkoittaa, että sen epätasapaino muuttuu pyörimisnopeuden mukaan, mikä on yleistä teloilla, koska epätasapaino lisää säteisheittoa ja siten epätasapainoa. (Juhanko 2011.)

Dynaamisen taipuman hallitsemiseksi telat on tasapainotettava useammassa tasossa. Tasapainotustasojen lukumäärä riippuu tasapainotettavien ominaismuotojen summasta, ja vaadittavien tasojen luku on $N+2$, missä N on tasapainotettujen ominaismuotojen lukumäärä. Yleensä johtoteiloissa käytetään kolmea tasapainotustasoa, joista kolmas taso poistaa dynaamisen keskitaipuman. (Juhanko 2011.) Kuviossa 8 on havainnollistettu, kuinka keskitasapainotusmassa lisätään telan sisäpuolella olevaan verkkoon.



Kuvio 8. Keskitasapainotusmassan lisääminen telan sisäpuolella olevaan verkkoon.

4.8 Tasapainotusluokat

Juhangon (2011) mukaan mitä suurempi pyörähdyskappaleen massa on, sitä enemmän sallittua jäännösepätasapainoa hyväksytään. Paperikoneen telan tasapainotusluokka määritellään seuraavalla kaavalla:

$$G = e_{\text{per}} \cdot \omega$$

G on tasapainotusluokan arvo (mm/s),

e_{per} on ominaisepätasapaino (g·mm/kg)

ω on tasapainotusnopeus (rad/s)

Eri telatyypeille on määritelty omat toleranssit ja tasapainotarkkuusluokat. Ks. liite 1. Tasapainotustarkkuusluokat määrittävät, kuinka tarkasti pyörivät koneen osat on tasapainotettu. Näitä luokkia on useita ja ääripäät ovat G0.4, joka on erittäin tarkka, ja G40, joka on vähiten tarkka. Näiden luokkien ero on siinä, kuinka paljon epätasapainoa sallitaan pyörivässä osassa; tarkemmissa luokissa epätasapaino on hyvin pieni, kun taas vähemmän tarkkoissa luokissa epätasapainoa sallitaan

enemmän. Paperikoneen telojen tyypilliset tasapainoluokat ovat 1.0 tai 1.6, mikä tarkoittaa erittäin tarkkaa tasapainotusta. (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

Tasapainotustarkkuusluokkaa ja sallittua jäännösepatasapainoa noudattamalla ei myöskään lähdetä tavoittelemaan liian tarkkoja raja-arvoja, joka ei ole taloudellisesti kannattavaa eikä paranna kappaleen tasapainoa. Siksi standardeissa on määritelty toleranssit, joiden sisällä kappaleiden tulee pysyä. Yleisesti ottaen, mitä suurempi kappale on ja mitä hitaammin se pyörii, sitä suurempi sallittu jäännösepatasapaino on. (Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d.)

5 Investointilaskenta

5.1 Investointilaskennan tarkoitus

Investointilaskelmat ovat yrityksissä käytettyjä laskelmia, joiden avulla arvioidaan investointivaihtoehtojen kannattavuutta päätöksenteon tueksi. Näiden laskelmien avulla pyritään valitsemaan edullisin investointivaihtoehto tai päättämään, tehdäänkö investointi vai ei. Investointilaskelmat ovat osa yrityksen operatiivista laskentatoimea. (Kinnunen, Laitinen, Laitinen, Leppiniemi & Puttonen 2010, 130–131.)

Investoinnit tarkoittavat pitkäaikaisten tuotannontekijöiden hankkimista tulevaisuuden tulojen saamiseksi. Investoinnit ovat merkittäviä menoja yrityksen tyypilliseen liiketoimintaan nähden, ja tulojen karttumisaika ulottuu pitkälle aikajaksolle. Investointien tekemiseen liittyy uhkia ja epäilyksiä, joten investointilaskelmien tarkoituksena on varmistaa mahdollisimman oikeat investointipäätökset käytettävissä olevien tietojen ja tulevaisuuden arvioiden perusteella. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 199.)

5.2 Investointien suunnittelu

Kinnusen ja muiden (2010, 130–131) mukaan investointiprosessi jaetaan usein kuuteen vaiheeseen:

1. investointitarpeen tunnistaminen
2. tutkimusvaihe,
3. informaation hankinta,

4. investointipäätöksenteko,
5. rahoituksen järjestäminen
6. investoinnin toteutus ja valvonta

Ensimmäinen vaihe on investointitarpeen määrittäminen. Toinen vaihe on tutkimusvaihe, jossa arvioidaan eri investointivaihtoehtoja. Kolmas vaihe on tiedonkeruuvaihe, jossa lasketaan ja vertaillaan investointivaihtoehtojen kustannuksia ja tuottoja. Neljäs vaihe on päätöksentekovaihe, jossa päätetään, mikä vaihtoehto vastaa parhaiten tavoitteita. Viides vaihe on rahoituksen järjestäminen ja kuudes on investointihankkeen toteuttaminen. Investoinnin kustannuksia ja tuottoja seurataan koko investointikauden ajan.

Investointilaskelmat liittyvät olennaisesti investointiprosessin vaiheeseen kolme. Investointilaskelmat kattavat investoinnin käyttöiän ja pyrkivät arvioimaan sen kannattavuutta. Laskelmissa on kuitenkin haasteita, kuten epävarmuuden huomioiminen ja eri ajankohtien suoritusvertailukelpoiseksi saaminen. (Kinnunen ym. 2010, 130–131.) Tiivistettynä voidaan sanoa, että investointilaskelmat auttavat yritystä vaiheessa neljä ja viisi; tekemään päätöksiä investoinneista ja toisaalta perustelemaan investoinnille rahoitusta.

5.3 Investointilaskelmien lähtötiedot

Jotta investointilaskelmia voidaan tehdä ja lopulta arvioida eri vaihtoehtojen paremmuutta, tarvitsee Kinnusen ja muiden (2010, 132) mukaan ennakkoon selvittää muutamia lähtötietoja:

- Perusinvestointi- eli perushankintakustannus
- Vuosittain syntyvät tuotot ja kustannukset eli vuotuinen nettotuotto
- Investointiajanjakso tai pitoaika
- Investointikohteen jäännösarvo
- Laskentakorkokanta

5.3.1 Perusinvestointi

Perusinvestointi tarkoittaa investoinnin alkuvaiheessa tehtävää merkittävää kertakustannusta, joka käynnistää jatkuvat tuotto- ja kustannusvirrat, kuten esimerkiksi uuden koneen hankinnan.

Koska perusinvestointi tapahtuu lähellä päätöksentekohetkeä, sen kustannusten arvioimiseen liittyy yleensä vähemmän epävarmuutta verrattuna muihin investoinnin tuottoihin ja kustannuksiin. (Kinnunen ym. 2010, 132.)

5.3.2 Investoinnin vuotuinen nettotuotto

Investoinnin tavoitteena on usein lisätä yrityksen tuottoja, mutta se voi myös tuoda mukanaan uusia kustannuksia. Investoinnin nettotuotto tarkoittaa vuotuisen tuoton ja vuotuisten kustannusten erotusta. Nettotuotto voi myös ilmetä kustannussäästönä, esimerkiksi kun uusi kone korvaa vanhan. Tällöin tuotot eivät välttämättä kasva merkittävästi, mutta kustannukset voivat pienentyä esimerkiksi tuotannon nopeutumisen tai vähentyneen työntekijätarpeen ansiosta. (Kinnunen ym. 2010, 132.)

5.3.3 Investointiajanjakso

Investoinnin pitoajan määrittäminen on keskeistä investoinnin kannattavuuden arvioinnissa, erityisesti, kun kyseessä on laite tai kone, jonka arvo laskee ajan myötä. Pitoaika voidaan määrittellä fyysisen, taloudellisen tai teknisen käyttöiän perusteella. Investointien vaikutukset ulottuvat usein useille vuosille tai jopa vuosikymmenille. (Kinnunen ym. 2010, 132.)

5.3.4 Investoinnin jäännösarvo

Investoinnin jäännösarvo tarkoittaa yleensä myyntituloa, joka saadaan investointikohteen, kuten koneen tai laitteen, myynnistä pitoajan päättyessä. Usein jäännösarvo on kuitenkin niin vähäinen, ettei sitä huomioida laskelmissa, tai sitä ei ole lainkaan. Joskus jäännösarvo voi olla myös negatiivinen, jos investointikohteen poistaminen aiheuttaa suuria kustannuksia, esimerkiksi hävittämisen tai purkamisen vuoksi. (Kinnunen ym. 2010, 133.)

5.3.5 Laskentakorkokanta

Laskentakorkokantaa käytetään vertailemaan eri investointivaihtoehtojen kannattavuutta. Sitä pidetään minimituottovaatimuksena, jonka suunnitellun investoinnin on täytettävä. Laskentakoron avulla eri ajankohtina tapahtuvat suoritukset voidaan tehdä vertailukelpoisiksi. Tämä tarkoittaa, että laskentakorkoa käyttäen selvitetään, kuinka paljon arvokkaampi tietty rahamäärä on tänään

verrattuna tulevaisuuteen, eli diskontataan tulevaisuuden raha nykyhetkeen. Laskentakorkoa määriteltäessä on myös arvioitava investointiin mahdollisesti liittyviä riskejä. (Haverila ym. 2005, 200–201)

5.4 Investointilaskentamenetelmät

Investointilaskelmatapoja on useita erilaisia, ja niiden tarkoitus on auttaa yritystä arvioimaan investointien kannattavuutta ja vertailemaan eri vaihtoehtoja. Yleisimmät investointilaskelmamenetelmät ovat nykyarvomenetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, takaisinmaksuajan menetelmä, annuiteettimenetelmä sekä yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä. (Haverila ym. 2005, 199.)

5.4.1 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä tulot ja menot diskontataan eli tulevaisuuden rahavirrat muutetaan nykyhetken arvoon valitulla korolla. Jos tulevat nettotuotot ylittävät alkuperäisen investoinnin, investointi on kannattava. (Haverila ym. 2005, 202–203)

Seuraavassa laskuesimerkki nykyarvomenetelmästä, seuraavilla lähtöarvoilla:

perushankintakustannus 500 000 €

pitoaika 10 vuotta

vuotuiset nettotuotot joka vuosi 70 000 €

laskentakorkokanta (tuottovaatimus) 9 %

jäännösarvo 0 €

Kun nettotuotot ovat samansuuruisia joka vuosi, voidaan hyödyntää taulukkoa nimeltä ”jaksollisten maksujen nykyarvotekijä”, joka on esitetty taulukossa yksi. Taulukosta saadulla kertoimella voidaan laskea tulevien maksujen nykyarvon.

Taulukko 1 Jaksollisten maksujen nykyarvotekijä (Haverila ym. 2005, 500)

$$f_n = ((1 + i)^n - 1) / (i * (1 + i)^n)$$

Vuosi	Jaksollisten maksujen nykyarvotekijän taulukko												
	Korko-% 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	
1	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091	0,9009	0,8929	0,8850	0,8772	0,8696	0,8333	
2	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591	1,7355	1,7125	1,6901	1,6681	1,6467	1,6257	1,5278	
3	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313	2,4869	2,4437	2,4018	2,3612	2,3216	2,2832	2,1065	
4	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397	3,1699	3,1024	3,0373	2,9745	2,9137	2,8550	2,5887	
5	4,3295	4,2124	4,1002	3,9927	3,8897	3,7908	3,6959	3,6048	3,5172	3,4331	3,3522	2,9906	
6	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859	4,3553	4,2305	4,1114	3,9975	3,8887	3,7845	3,3255	
7	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330	4,8684	4,7122	4,5638	4,4226	4,2883	4,1604	3,6046	
8	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348	5,3349	5,1461	4,9676	4,7988	4,6389	4,4873	3,8372	
9	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952	5,7590	5,5370	5,3282	5,1317	4,9464	4,7716	4,0310	
10	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177	6,1446	5,8892	5,6502	5,4262	5,2161	5,0188	4,1925	
11	8,3064	7,8869	7,4987	7,1390	6,8052	6,4951	6,2065	5,9377	5,6869	5,4527	5,2337	4,3271	
12	8,8633	8,3838	7,9427	7,5361	7,1607	6,8137	6,4924	6,1944	5,9176	5,6603	5,4206	4,4392	
13	9,3936	8,8527	8,3577	7,9038	7,4869	7,1034	6,7499	6,4235	6,1218	5,8424	5,5831	4,5327	
14	9,8986	9,2950	8,7455	8,2442	7,7862	7,3667	6,9819	6,6282	6,3025	6,0021	5,7245	4,6106	
15	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607	7,6061	7,1909	6,8109	6,4624	6,1422	5,8474	4,6755	
20	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285	8,5136	7,9633	7,4694	7,0248	6,6231	6,2593	4,8696	
25	14,0939	12,7834	11,6536	10,6748	9,8226	9,0770	8,4217	7,8431	7,3300	6,8729	6,4641	4,9476	
30	15,3725	13,7648	12,4090	11,2578	10,2737	9,4269	8,6938	8,0552	7,4957	7,0027	6,5660	4,9789	

$$X = 6,4177 * 70\,000 \text{ €} = 449\,239 \text{ €}$$

$$\text{Josta saadaan ratkaisuksi} \rightarrow 449\,239 \text{ €} - 500\,000 \text{ €} = -50\,761 \text{ €}$$

Ratkaisusta voidaan tulkita, että investointi ei ole kannattava. 500 000 € hankintahinta on liian korkea. Toisaalta 70 000 € nettohyöty vuodessa on liian vähän tai 9 % tuottovaatimus on liian paljon. Tärkeää on keskittyä näihin asioihin ja pyrkiä löytämään ratkaisu, joka vastaa tuotto-odotuksia.

5.4.2 Sisäinen korkokanta

Sisäinen korkokanta on se prosentuaalinen tuotto, jolla investoinnin netto nykyarvo asettuu nol- laan. Investointi on taloudellisesti kannattava, mikäli sisäinen korkokanta on vähintään yhtä suuri kuin asetettu tuottoprosentti. Eri investointivaihtoehdoista edullisin on se, jolla on korkein sisäi- nen korkokanta. Sisäisen korkokannan menetelmässä käytetään edellisen esimerkin lähtötietoja ja "jaksollisten maksujen nykyarvotekijä" taulukkoa ja selvitetään, millä tuottovaatimuksella inves- tointi olisi ollut kannattava. (Haverila ym. 2005, 204)

perushankintakustannus 500 000 €

pitoaika 10 vuotta

vuotuiset nettotuotot joka vuosi 70 000 €

laskentakorkokanta (tuottovaatimus) 9 %

jäännösarvo 0 €

$$X = k_n * 70\,000 \text{ €} = 500\,000 \text{ €} \rightarrow k_n = 500\,000 \text{ €} / 70\,000 \text{ €}$$

$$k_n = 7,142857 \rightarrow$$

$$k_n = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$7,142857 = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$i = 6,63745 \%$$

Vastauksesta voidaan tulkita, että 6,63745% laskentakorkokannalla investointi olisi kannattava.

5.4.3 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmässä selvitetään, kuinka kauan kestää, että investoinnin yhteenlasketut nettotuotot ylittävät perushankintakustannuksen. Tämä menetelmä on yksinkertainen tapa arvioida investoinnin kannattavuutta, sillä se keskittyy siihen, kuinka nopeasti alkuperäinen sijoitus saadaan takaisin. (Haverila ym. 2005, 205–206.)

Takaisinmaksuajan laskentakaava, kun laskentakorkoa ei huomioida ja vuotuinen nettotuotto pysyy vakiona:

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Investoinnin hankintameno}}{\text{Vuotuinen nettotuotto}}$$

perushankintakustannus 500 000 €

vuotuinen nettotuotto 70 000 €

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{500\,000\ \text{€}}{70\,000\ \text{€}} = 7,14\ \text{vuotta}$$

5.4.4 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmässä investoinnin hankintakustannukset jaetaan tasaisesti pitovuosille vuosittaisiksi pääomakustannuksiksi, eli annuiteeteiksi. Nämä koostuvat poistoista sekä käytettävän korkokannan perusteella lasketuista korkokuluista. Annuiteetin määrän laskemiseksi hankintameno kerrotaan annuiteettitekijällä. Investointi on taloudellisesti kannattava, jos vuosittaiset nettotuotot ovat vähintään yhtä suuret kuin vuosittaiset pääomakustannukset eli annuiteetit. (Haverila ym. 2005, 203–204.)

Käytetään samoja lähtötietoja, kun lasketaan esimerkki annuiteettimenetelmästä:

perushankintakustannus 500 000 €

pitoaika 10 vuotta

vuotuiset nettotuotot joka vuosi 70 000 €

laskentakorkokanta (tuottovaatimus) 9 %

jäännösarvo 0 €

Jos halutaan ylläpitää 9 % tuottovaatimus, täytyy pyrkiä kasvattamaan vuosittaista nettotuottoa. Annuiteettia laskettaessa, perushankintakustannus kerrotaan annuiteettitekijällä, joka saadaan taulukossa kaksi olevasta taulukosta.

$$\text{Vuotuinen annuiteetti} = 0,1558 * 500\,000\ \text{€} = 77\,900\ \text{€}$$

70 000 € - 77 900 € = -7900 € -> investointi ei ole kannattava.

Taulukko 2 Annuiteettitekijän taulukko (Haverila ym. 2005, 500)

$$f_n = (i * (1 + i)^n) / ((1 + i)^n - 1)$$

Vuosi	Annuiteettitekijän taulukko											
	Korko-% 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20
1	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000	1,1100	1,1200	1,1300	1,1400	1,1500	1,2000
2	0,5378	0,5454	0,5531	0,5608	0,5685	0,5762	0,5839	0,5917	0,5995	0,6073	0,6151	0,6545
3	0,3672	0,3741	0,3811	0,3880	0,3951	0,4021	0,4092	0,4163	0,4235	0,4307	0,4380	0,4747
4	0,2820	0,2886	0,2952	0,3019	0,3087	0,3155	0,3223	0,3292	0,3362	0,3432	0,3503	0,3863
5	0,2310	0,2374	0,2439	0,2505	0,2571	0,2638	0,2706	0,2774	0,2843	0,2913	0,2983	0,3344
6	0,1970	0,2034	0,2098	0,2163	0,2229	0,2296	0,2364	0,2432	0,2502	0,2572	0,2642	0,3007
7	0,1728	0,1791	0,1856	0,1921	0,1987	0,2054	0,2122	0,2191	0,2261	0,2332	0,2404	0,2774
8	0,1547	0,1610	0,1675	0,1740	0,1807	0,1874	0,1943	0,2013	0,2084	0,2156	0,2229	0,2606
9	0,1407	0,1470	0,1535	0,1601	0,1668	0,1736	0,1806	0,1877	0,1949	0,2022	0,2096	0,2481
10	0,1295	0,1359	0,1424	0,1490	0,1558	0,1627	0,1698	0,1770	0,1843	0,1917	0,1993	0,2385
11	0,1204	0,1268	0,1334	0,1401	0,1469	0,1540	0,1611	0,1684	0,1758	0,1834	0,1911	0,2311
12	0,1128	0,1193	0,1259	0,1327	0,1397	0,1468	0,1540	0,1614	0,1690	0,1767	0,1845	0,2253
13	0,1065	0,1130	0,1197	0,1265	0,1336	0,1408	0,1482	0,1557	0,1634	0,1712	0,1791	0,2206
14	0,1010	0,1076	0,1143	0,1213	0,1284	0,1357	0,1432	0,1509	0,1587	0,1666	0,1747	0,2169
15	0,0963	0,1030	0,1098	0,1168	0,1241	0,1315	0,1391	0,1468	0,1547	0,1628	0,1710	0,2139
20	0,0802	0,0872	0,0944	0,1019	0,1095	0,1175	0,1256	0,1339	0,1424	0,1510	0,1598	0,2054
25	0,0710	0,0782	0,0858	0,0937	0,1018	0,1102	0,1187	0,1275	0,1364	0,1455	0,1547	0,2021
30	0,0651	0,0726	0,0806	0,0888	0,0973	0,1061	0,1150	0,1241	0,1334	0,1428	0,1523	0,2008

6 Tutkimuksen toteutus

6.1 Tasapainokoneen nykytila-analyysi

Tässä luvussa rakennetaan tarkka kuva Rautpohjan telahuollon tasapainokoneen nykytilasta. Nykyinen Schenk-merkkinen tasapainotuskone on ollut käytössä vuodesta 1989 alkaen. Tutkimuksen avulla pyrittiin saavuttamaan mahdollisimman syvälinen ymmärrys nykyisen tasapainokoneen haasteista ja vahvuuksista, ja toisaalta uhista ja mahdollisuuksista.

Tieto tutkimukseen kerättiin haastatteluiden avulla. Haastattelut toteutettiin teemahaastattelumenetelmällä, johon oli valmisteltu suunnitelma etukäteen. Haastattelut etenivät ennalta laaditun teemahaastattelurungon mukaisesti. Haastateltaviksi valittiin henkilöt, jotka ovat tiiviisti tekemisissä tutkittavan aiheen, eli telahuollon tasapainotuskoneen kanssa. Tähän ryhmään kuuluivat kaksi koneen käyttäjää ja heidän esihenkilönsä. Haastattelujen tarkoituksena oli kerätä kvalitatiivista tietoa ja saada syvälinen käsitys tasapainotusprosessista, sen eri vaiheista, järjestyksestä ja mahdollisista ongelmakohtista. Haastatteluissa pyrittiin erityisesti muodostamaan näkemys niistä ongelmakohtista, joita haastateltavat ovat kohdanneet työssään, mutta jotka eivät välttämättä ole

heti ilmeisiä. Lisäksi haastateltavilta kysyttiin heidän mielipidettään mahdollisesta uudesta tasapainokoneesta.

6.1.1 Haastattelukysymykset

Operaattoreita haastateltiin seuraavilla kysymyksillä:

1. Onko telahuollon nykyinen tasapainokone tullut tiensä päähän?
2. Mitkä ominaisuudet vanhassa koneessa häiritsevät/vaikeuttavat työntekemistä?
3. Mitä hyvää nykyisessä koneessa on?
4. Koetko, että laite on turvallinen käyttää? Mitä turvallisuuteen liittyviä ominaisuuksia uudessa koneessa pitäisi olla?
5. Mitä ominaisuuksia toivoisit uudessa koneessa olevan?
6. Jos uusi tasapainotuskone olisi kardaanivetoinen, miten se vaikuttaisi työhösi?
7. Koetko, että uusi tasapainotuskone toisi lisää tehokkuutta työhösi?

Esihenkilöä haastateltiin seuraavilla kysymyksillä:

1. Onko telan tasapainotusprosessi mielestäsi riittävällä tasolla tällä hetkellä?
2. Mitä ongelmia olette havainneet telan tasapainotusprosessissa?
3. Pystytäänkö telan tasapainotus yleensä tekemään alusta loppuun ilman suurempia haasteita/odotusaikoja?
4. Onko nykyinen tasapainokone turvallinen käyttää?
5. Mitä asioita toivoisit uudelta tasapainokoneelta?

Työntekijöiden haastatteluun valittiin seuraavat kysymykset, jotta saataisiin kattava ja monipuolinen kuva nykyisen tasapainokoneen tilasta ja tarpeista mahdollista uuden laitteen investointia silmällä pitäen. Kysymykset tarkastelevat laitteen kuntoa, käyttöikä ja työntekijöiden kokemuksia, varmistaen, että päätökset perustuvat todellisiin tarpeisiin eikä oletuksiin. Ne tuovat esiin konkreettisia ongelmia ja hyviä puolia nykyisestä koneesta, sekä arvioivat turvallisuutta ja toivottuja ominaisuuksia uudessa laitteessa. Työntekijöiden näkemykset uuden teknologian vaikutuksista ja tehokkuudesta ovat tärkeitä, jotta mahdollisella investoinnilla voitaisiin parantaa työolosuhteita, turvallisuutta ja tuottavuutta. Kysymykset on suunniteltu keräämään kattavaa tietoa ja huomioidaan työntekijöiden kokemukset ja tarpeet, mikä on sekä luotettavaa että eettistä.

Esihenkilön haastattelukysymykset valittiin, jotta saataisiin liiketoiminnallisesti syvällisempi ymmärrys telan tasapainotusprosessin nykytilasta ja mahdollisista parannustarpeista. Kysymykset tarkastelevat prosessin tehokkuutta, laatua ja turvallisuutta esihenkilön näkökulmasta, tuoden esiin konkreettisia ongelmia ja parannuskohteita. Kysymykset muotoiltiin avoimiksi ja mahdollisimman neutraaleiksi, antaen esihenkilölle mahdollisuuden ilmaista ammattimainen mielipiteensä ilman ennako-oletuksia. Vastaamalla kysymyksiin esihenkilö voi esittää näkemyksensä tasapainotusprosessin tarpeista ja toiveista, joilla voidaan parantaa myös työolosuhteita. Tämä lähestymistapa on sekä luotettava että eettinen.

6.1.2 Haastateltavien näkemykset tasapainokoneen nykytilasta

Operaattoreiden vastauksista käy ilmi, että nykyinen tasapainokone on vanhentunut ja sen modernisointi olisi tarpeen. Nykyisessä koneessa havaittiin useita ongelmia, kuten vanhentunut tasapainotusohjelma ja huterat telanpyörityspukit, jotka aiheuttavat värinää erityisesti raskaita teloja pyörittäessä. Turvallisuuspuutteet, erityisesti telan jarrutusominaisuuden riittämättömyys, koettiin ongelmalliseksi. Mikäli telaa pyörittävä nauha katkeaisi, tela jatkaisi pyörimistään useita tunteja ennen pysähtymistä. Operaattorit myös ilmaisivat huolensa nauhavedosta aiheutuvia pinnoitevaurioita kohtaan, jotka voivat olla mahdollisia, mikäli telaa joudutaan ajamaan monta kertaa tavoite-nopeuteen. Myös telojen valurautaiset akselinkaulat ovat kovalla rasituksella ja voivat alkaa murenemaan, jos telan epätasapainoa ei saada korjattua yhdellä ajolla.

Myös esihenkilön haastattelussa kävi ilmi, että nykyinen telantasapainotusprosessi ei ole riittävällä tasolla. Prosessissa on havaittu useita ongelmia, kuten tasapainotusohjelma, johon ei ole enää saatavilla päivityksiä. Haasteiksi havaittiin myös huterat telanpyörityspukit, jotka ilmenevät värinä erityisesti raskailla teloilla. Nykyisellään telanpyörityspukkien maksimikuorma on 35 000 kg ja telan akselikaulan maksimihalkaisija mitta on 360 mm, mikä tarkoittaa, että painavien ja isokaulaisten telojen tasapainottaminen on käytännössä aina ulkoistettava. Tuotantoa rajoittavaksi tekijäksi nähtiin myös se, että telaa ei voida nykyisellään pyörittää koottuna tai sisäreikien heittoa ei pystytä mittaamaan. Näistä jälkimmäisen puute korostuu etenkin G-nauhan uusimisprojekteissa, jotka joudutaan alihankkimaan pinnoitusprosessia lukuun ottamatta. Lisäksi nykyisen tasapainokoneen varaosien huonosta saatavuudesta aiheutuu ylimääräisiä tuotannon seisokkeja.

Yleensä telan tasapainotus onnistuu alusta loppuun ilman haasteita tai odotusaikoja, mikäli ennakkoselvitys on tehty riittävän hyvin. Tällöin tasapainotukseen ei oteta teloja, joiden tasapainotus ei onnistu telahuollon tasapainokoneella.

Haastateltavien yhteinen näkemys on, että nykyinen tasapainokone ei ole täysin turvallinen käyttää. Hyvänä asiana nähtiin, että tasapainokoneen perustukset ovat hyvässä kunnossa, mikä mahdollistaa telan tasapainottamisen aina 60 000 kg asti, mutta tämä vaatisi, että telanpyörityspukit uusittaisiin.

6.1.3 Haastateltavien näkemykset tasapainokoneen modernisaatiosta

Sekä operaattoreiden että esihenkilön haastatteluissa kävi ilmi, että uudelta tasapainokoneelta toivottaisiin erityisesti kardaanivetoa, joka mahdollistaisi monipuolisemmat ja nopeammat tasapainotukset sekä hallitun ja nopean telan pysäytyksen. Kardaaniveto parantaisi myös olennaisesti työturvallisuutta, sillä se itsessään sisältää hätäpysäytysjärjestelmän. Kardaaniveto vähentäisi lisäksi telan pinnoitteen vaurioitumisriskiä, koska telan pyöritys tapahtuisi akselin päästä eikä pinnoitteen päältä, kuten nykyisessä laitteessa. Uusi tasapainotusohjelma tehostaisi koneen käytettävyyttä ja mahdollistaisi päivityksien tekemisen. Uudet tukevammat telanpyörityspukit parantaisivat mittaustarkkuutta, laatua, läpimenoaika ja turvallisuutta. Lisäksi uusi kone tehostaisi työtä nopeuttamalla tasapainotusaikoja ja mahdollistamalla kokoonpanossa olevan telan tasapainotuksen tarkistuksen sekä ennen että jälkeen huollon.

6.1.4 Visuaalinen havainnointi nykyisen tasapainotuskoneen haasteista

Nykytilan kartoitusta tehtiin myös itse havainnoimalla ja olemalla läsnä telahuollon tuotannossa. Telahuollon tasapainokoneen modernisaation tarpeellisuutta silmällä pitäen tutkittiin tasapainotusprosessin pullonkauloja ja mahdollisia rajoittavia tekijöitä, jolloin saatiin syvempi ymmärrys tasapainotusprosessista ja tasapainokoneen nykytilasta.

Puolestaan sisäisiä dokumentteja tutkimalla saatiin tietoa siitä, paljonko telahuolto joutuu ulkoistamaan tasapainotuksia vuodessa oman laitekannan rajallisuuden takia. Keskimäärin tasapainotuksia joudutaan ulkoistamaan noin 20 kappaletta vuodessa.

Seuraavassa vielä visuaalisen havainnoinnin tulokset.



Kuvio 9. Tasapainotusohjelma, johon ei ole enää mahdollista saada päivityksiä



Kuvio 10. Nykyinen hihnavetolaite



Kuvio 11. Nykyiset telapukit



Kuvio 12. Nykyinen hätäpysäytysjärjestelmä

Myös visuaalisen havainnoinnin perusteella voidaan päätellä, että tutkimushaastatteluissa kerätyt tiedot vaikuttavat olevan aiheellisia ja haasteet todellisia. Visuaalinen havainnointi vahvistaa sekä kerätyn tiedon todellisuuden mutta myös todentaa mahdollisen investoinnin perusteita.

7 Benchmarking

7.1 Benchmarking-vertailu

Bechmarking-vertailua suoritettiin organisaation sisällä sekä ulkoisesti. Tuloksena syntyi vertailutaulukko, jossa on listattuna eri tasapainokoneiden ominaisuuksia. Ks. liite 2. Vertailuun otettiin toimeksiantajan nykyisen tasapainotuskoneen lisäksi tasapainotuskoneita Valmetin muista yksiköistä sekä yksi tasapainotuskone kilpailevalta yritykseltä.

Kyseiset koneet valittiin vertailuun, koska ne edustavat erilaisia vaihtoehtoja ja teknologioita, joita toimeksiantaja ja sen kilpailija käyttävät tasapainotukseen. Toimeksiantajan omat tasapainotuskoneet valittiin vertailuun, koska ne ovat jo käytössä yrityksessä ja niiden suorituskyky ja luotettavuus ovat tunnettuja ja käytössä todennettuja. Näiden koneiden vertailu auttaa ymmärtämään, miten ne pärjäävät toisiinsa ja kilpailijoihin nähden ja onko niissä parannettavaa. Kilpailevan yrityksen kone valittiin vertailuun, jotta saataisiin käsitys siitä, miten toimeksiantajan omat koneet pärjäävät markkinoilla oleviin vaihtoehtoihin nähden. Benchmarking-vertailu auttaa arvioimaan, kuinka paljon parempia tai puutteellisempia toiset koneet ovat verrattuna telahuollon nykyiseen tasapainotuskoneeseen.

Kyseisillä koneilla tehdään telojen tasapainotuksia, jonka tavoitteena on varmistaa, että telat toimivat optimaalisesti ja turvallisesti parantaen paperikoneiden tuotantoprosessien tehokkuutta ja vähentäen seisokkiaikoja. Vertailutaulukossa listatut ominaisuudet, kuten koneen tyyppi, painoraja, tasapainotusmenetelmä ja hätä-seis-pysäytyskäytännöt, ovat tärkeitä tekijöitä, jotka vaikuttavat koneiden suorituskykyyn ja turvallisuuteen.

7.2 Benchmarking - tulosten analysointi

Tässä tutkimuksessa bechmarkingin vertailutuloksia lähdettiin purkamaan SWOT-analyysin avulla. Benchmarking ja SWOT-analyysi ovat kaksi tehokasta työkalua, joita voidaan käyttää yhdessä vertailemaan erilaisia tasapainotuskoneita ja niiden suorituskykyä ja ominaisuuksia. SWOT-analyysin avulla pystytään arvioimaan Rautpohjan telahuollon nykyisen tasapainotuskoneen vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia toisiin vastaaviin tasapainotuskoneisiin.

Benchmarking-tietoja keräämällä saatiin kattava listaus eri tasapainotuskoneiden suorituskyvystä, käyttömahdollisuuksista, rajoitteista, huollettavuudesta, käyttäjäystävällisyydestä ja turvallisuudesta.

7.2.1 SWOT - analyysi

Taulukossa 3 on esitetty SWOT- analyysin tulokset Rautpohjan telahuollon nykyisestä tasapainokoneesta STC SEK-225.

Taulukko 3 SWOT-analyysin tulokset

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tasapainokoneen perustukset hyvässä kunnossa, mikä mahdollistaa telan tasapainottamisen aina 60 000 kg asti - Laite on tuttu ja nykyinen henkilöstö osaa käyttää sitä hyvin 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Korkeat huoltokustannukset - Varaosien heikko saatavuus - Ohjelmisto vanhentunut, päivitys ei enää mahdollista - Teloja ei voida tasapainottaa kokoonpantuina - Sisäreikien heittojenmittaus ei mahdollista - Nykyiset rullatuet ja rullastot ovat alimitoitettut - Tasapainotettavan telan maksimipainoraja 35 000 kg - Häätäpysäytysjärjestelmän puute
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mahdollisuus havaita nykyisen tasapainotuskoneen puutteet ja turvallisuusriskit - Mahdollisuus parantaa työturvallisuutta - Mahdollisuus parantaa tuotannon tehokkuutta ja läpimenoaikoja - Mahdollisuus teettää työ omilla resursseilla 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kehittyneemmät koneet syrjäyttävät nykyisen teknologian - Tuotantoa joudutaan alihankkimaan - Työt vähenee, mahdolliset työvoiman vähenykset - Työturvallisuusuhat

Benchmarkingin ja SWOT-analyysin avulla voidaan tehdä perusteltu päätös siitä, mitkä tasapainotuskoneen ominaisuudet palvelisivat jatkossa parhaiten telahuoltohallin tasapainotustarpeita. Tällä tavalla benchmarking- ja SWOT-analyysin yhdistelmä tarjoaa kattavan näkemyksen eri tasapainotuskoneista, mahdollistaen vertailun ja päätöksenteon modernisointia ajatellen.

8 Modernisaation laajuus

8.1 Vaatimuslista laitteistolle

Toimeksiantajan pyynnöstä tähän tutkimukseen liitettiin myös tarkempi kuvaus mahdollisen koneinvestoinnin sisällöstä. Tätä varten tehtiin taulukossa 4 esitetty vaatimuslistataulukko, jossa määritettiin tarkemmat raja-arvot modernisoitavalle laitteistolle. Vaatimuslista luotiin toimeksiantajan kanssa käytyjen palaverien ja oman pohdinnan pohjalta.

Taulukko 4 Vaatimuslista

Vaatus	Tarkempi kuvaus	Vaatimusten luokittelu: KV = kiinteät vaatimukset, täytettävä kaikissa olosuhteissa VV = vähimmäisvaatimukset, raja-arvo saavutettava T = toivomukset, toteutetaan mahdollisuuksien mukaan
Koneen max. kantavuuden nostaminen	Maksimi telan paino 50 000 kg, jonka kone voi tasapainottaa	KV
Koneen max. akselinhalkaisija nostamien	Maksimi akselinhalkaisija 600mm, jonka kone voi tasapainottaa	KV
Tasapainotusnopeuden nostaminen	Tasapainotuksen maksimi pyöritysnopeus 2200rpm	VV
Kardaanivetomahdollisuus	Kardaanivedon hankkiminen hihnavedon rinnalle	KV
Ohjauksen ja käyttöliittymän uusiminen	Uusi ohjaus, joka on päivitettävissä	KV
Telan pyörityspukkien ja rullastojen uusiminen	Telan pyörityspukit ja rullastot vaatii uusimista	KV
Telan tasapainotus kokoonpantuna	Mahdollisuus telan tasapainotukseen kokoonpantuna	VV
Sisäreikien heiton mittaus	Säteisheiton mittaus telavaipan sisäreiästä	VV
Hätäseisjärjestelmän parantaminen	Hätäpysäytysjärjestelmän kytkeminen sähköverkkoon	KV
Huollettavuuden parantaminen	Varaosien saatavuuden parantaminen	VV
Energiankulutuksen vähentäminen	Koneen energiankulutuksen vähentäminen	T
Dokumentaation päivitys	Käyttöohjeiden ja huolto-oppaiden uusiminen	VV
Modernisaation kustannusten kontrollointi	Modernisaation kokonaisbudjetti alle 500 000€	VV

8.2 Koneinvestoinnin sisältö

Tämän opinnäytetyön aikana tehtyjen tutkimusten ja toimeksiantajan toiveiden perusteella, tulevan koneinvestoinnin tulisi pitää sisällään seuraavat osat: uudet rullatuet ja pyöritysrullat, kardaanikäytön, uuden ohjausjärjestelmän, mittalaitteen sisäreiän ja vaipan seinämän paksuuden mittaamiseen, sähkömoottori- ja sähkökaapit. Lisäksi koneen ympäristön turvallisuuden parantaminen

kuuluu olennaisena osana modernisaatioon, samoin kuin laitteenasennus, käyttöönotto ja operaattoreiden koulutus.

9 Investointilaskelmien tulokset

9.1 Investointilaskelman lähtötiedot ja hankintahinta

Seuraavat investointilaskelman lähtötiedot perustuvat toimeksiantajan referenssitietoihin ja arvioihin aiemmin toteutetuista investoinneista. Tasapainokoneen hankintahinta on yhteensä noin 500 000 €, summa on arvio ja perustuu luvussa 8.2 esitettyyn mahdolliseen koneinvestoinnin sisältöön. Todellinen hankintakustannus voi osoittautua suuremmaksi esimerkiksi raaka-ainehintojen nousun takia.

9.1.1 Vuosittain syntyvät tuotot ja kustannukset eli vuotuinen nettotuotto

Vuosittain syntyvien tuottojen arvioimiseen voidaan käyttää referenssitietoa edellisiltä vuosilta. Aikaisemmin Rautpohjan telahuolto on vuosittain hankkinut noin 20 telan tasapainotukset alihankijoilta. Lisäksi vaipan sisäreiän sekä seinämän vahvuuden mittaaminen on teetetty ulkopuolisilla toimijoilla. Telahuoltoon tulevien telojen tasapainotusten tekeminen koottuna toisi huomattavaa lisämyyntiä vuosittain ja samalla auttaisi ongelmanratkaisutilanteissa.

Uuden koneinvestoinnin myötä myös G-nauhan uusimisprojektien tekeminen, nauhan vetoa lukuun ottamatta, olisi mahdollista tehdä omassa tuotannossa, tuoden merkittävän lisän vuotuisiin nettotuottoihin. Nettotulojen lisäksi laiteinvestoinnilla voitaisiin laskea koneen vuotuisia suunniteltuja ja suunnittelemattomia kunnossapitokustannuksia. Arvioidut nettotuotot ovat yhteensä 120 000 € vuodessa ja summa on viitteellinen.

9.1.2 Investointiajanjakso tai pitoaika

Investoinnin pitoajaksi on asetettu 10 vuotta. Uuden koneen tyypillinen käyttöikä teollisuudessa on 5–10 vuotta riippuen koneen teknologisesta kehityksestä ja huoltovaatimuksista. Tänä aikana koneella on riittävästi aikaa tuottaa lisäarvoa ja saada alkuperäinen investointi takaisin. Nopea teknologinen kehitys ja kasvavat ylläpitokustannukset voivat lyhentää koneiden käyttöikää ja saada yritykset päivittämään laitteistonsa säännöllisesti pysyäkseen kilpailukykyisinä.

9.1.3 Investointikohteen jäännösarvo

Investoinnin jäännösarvoksi on määritetty nolla. Teollisuuskäyttöön hankittujen koneiden jäännösarvo on yleensä nolla kirjanpidollisista ja taloudellisista syistä. Koneiden arvo poistetaan asteittain niiden käyttöiän aikana, ja teknologian nopea kehitys voi tehdä vanhemmista koneista vanhentuneita ennen kuin ne on käytetty fyysisesti loppuun. Myös poistot ja verokannustimet kannustavat arvioimaan jäännösarvon nollassi, vaikka koneella olisi edelleen käyttöarvoa.

9.1.4 Laskentakorkokanta

Investoinnin laskentakorkokanta on 9 %. Teollisuuskoneinvestointien diskonttokorot eli laskentakorkokanta ovat tyypillisesti 5–20 prosenttia. Valmet Technologiesin diskonttokoron taso riippuu useista tekijöistä, kuten riskiprofiilista, markkinoiden korkotasosta ja rahoituskustannuksista. Matalan riskin yritykset ja vakaat toimialat voivat käyttää alhaisempaa diskonttokorkoa, kun taas yritykset, jotka toimivat korkean riskin hankkeissa tai markkinoilla, joilla on paljon epävarmuutta, voivat käyttää korkeampaa diskonttokorkoa, mikä heijastaa suurempaa riskiä sijoituksen tuoton saamisesta (Haverila ym. 2005, 204).

9.2 Investointilaskelmamenetelmät

9.2.1 Nykyarvomenetelmä

perushankintakustannus 500 000 €

pitoaika 10 vuotta

vuotuiset nettotuotot joka vuosi 120 000 €

laskentakorkokanta (tuottovaatimus) 9 %

jäännösarvo 0 €

$$X = 6,4177 * 120\,000 \text{ €} = 770\,124 \text{ €}$$

$$\text{Josta saadaan ratkaisuksi} \rightarrow 770\,124 \text{ €} - 500\,000 \text{ €} = 270\,124 \text{ €}$$

Ratkaisusta voidaan tulkita, että investointi on kannattava. 500 000 € hankintahinta suhteessa nettohyötyyn on kirkkaasti plussan puolella, eikä 9 % tuottovaatimus ole liikaa.

9.2.2 Sisäinen korkokanta

$$X = k_n * 120\,000 \text{ €} = 500\,000 \text{ €} \rightarrow k_n = 500\,000 \text{ €} / 120\,000 \text{ €}$$

$$k_n = 4,1667 \rightarrow$$

$$k_n = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$4,1667 = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$i = 2,0182 \%$$

Vastauksesta voidaan tulkita, että jo 2,0182% laskentakorkokannalla investointi olisi kannattava.

9.2.3 Takaisinmaksuajan menetelmä

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{500\,000 \text{ €}}{120\,000 \text{ €}} = 4,16 \text{ vuotta}$$

9.2.4 Annuiteettimenetelmä

$$\text{Vuotuinen annuiteetti} = 0,1558 * 500\,000 \text{ €} = 77\,900 \text{ €}$$

$$120\,000 \text{ €} - 77\,900 \text{ €} = 42\,100 \text{ €} \rightarrow \text{investointi on kannattava.}$$

9.3 Yhteenveto laskelmista

Käytettyjen investointilaskelmien perusteella voidaan todeta, että investointi olisi kannattava. Laskelmissa on huomioitu potentiaaliset, merkittävät kustannukset ja odotettavissa olevat tulot. Nettotulos osoittaa positiivista kassavirtaa, ja investoinnin takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin ennakoitu käyttöikä. Lisäksi laskelmissa käytetty sisäinen korkokanta ylittää yrityksen asettaman tuottovaatimuksen, mikä vahvistaa investoinnin taloudellisen kannattavuuden. Näiden tekijöiden perusteella investointi on perusteltu ja sen toteuttaminen suositeltavaa.

10 Tulokset

Luvussa kuusi esitettiin tarkka kuvaus telahuollon tasapainokoneen nykytilasta, haastatteluiden ja havaintojen perusteella. Luvussa seitsemän esitettiin benchmarking -vertailun tulokset, joiden purkamiseen käytettiin SWOT-analyysia. Luvussa kahdeksan muodostettiin mahdollisen koneinvestoinnin tarkempi sisältö vaatimuslistaa hyväksi käyttäen. Luvussa yhdeksän esitettiin modernisaation investointilaskelmat, käyttämällä neljää eri laskumenetelmää. Näiden tulosten perusteella voidaan esittää Valmetin hankintaorganisaatiolle selvitys, jossa vastataan kysymyksiin: onko telahuollon tasapainokoneen modernisaatio aiheellinen, miten modernisaatiolla voidaan lisätä tuotannon tehokkuutta ja mikä on mahdollisen investoinnin takaisinmaksulaskelma.

Tutkimuksen perusteella telahuollon tasapainokoneen modernisaatio on aiheellinen. Nykyinen laitteisto on vanhentunut ja varaosien saatavuus on heikentynyt merkittävästi viime vuosina. Lisäksi vanhan laitteiston tarkkuus ja luotettavuus eivät enää vastaa nykypäivän vaatimuksia, mistä on aiheutunut tuotantoon keskeytyksiä. Modernisaatio parantaisi koneen suorituskykyä ja vähentäisi huoltokustannuksia pitkällä aikavälillä.

Modernisaatiolla voidaan lisätä tuotannon tehokkuutta useilla tavoilla. Uusi teknologia mahdollistaisi tarkemmat mittaukset ja vähentäisi virheiden määrää, johtuen korkeampaan tuotantolaa- tuun. Modernisoinnin ansiosta tasapainotuskoneen maksimiraja-arvoja voitaisiin nostaa, jolloin toimeksiantajan tuotanto monipuolistuisi eikä työtä tarvitsisi teettää ulkopuolisilla toimijoilla. Tämä lisäisi myös työkuormitusta ja nostaisi tuotannon tehokkuutta.

Uudet laitteet ovat vähemmän alttiita vikaantumisille ja vaativat vähemmän huoltoa. Tämä vähentäisi tuotannon seisokkeja ja parantaa käyttöastetta. Vähemmän seisokkeja tarkoittaa tasaisempaa tuotantovirtaa, parempaa toimitusvarmuutta asiakkaille sekä tehokkaampaa tuotannon kuormitusta.

Uudet laitteet ovat tyypillisesti energiatehokkaampia, mikä vähentää energiankulutusta ja täten pienentää tuotantokustannuksia. Tuotantokustannusten vähenemisen lisäksi, pienempi energiaku- lutus vähentää ympäristövaikutuksia, mikä on tärkeää kestäväen kehityksen tavoitteiden näkökul- masta.

Lisäksi investoinnin kannattavuus- ja takaisinmaksulaskelmat tukevat modernisaation kannattavuutta perustuen modernisaation tuomiin säästöihin ja tuotannon tehostumiseen.

Tasapainokoneen modernisaation myötä tuotantokapasiteettia on mahdollista kasvattaa ilman lisätyövoiman tai -tilan tarvetta. Lisäksi modernisoinnin avulla voitaisiin parantaa työturvallisuutta. Uuden laitteen turvaominaisuudet vähentäisivät mahdollisten työtapaturmien riskiä ja parantaisivat työympäristön turvallisuutta merkittävästi.

11 Pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön päätavoitteina oli tehdä selvitys paperikoneen telan tasapainokoneen modernisaation tarpeellisuudesta Valmet Technologies Oyj:lle Jyväskylän telahuollon yksikölle. Lisäksi tavoitteisiin kuului selvittää, voisiko telan tasapainokoneen modernisaatiolla lisätä tuotannon tehokkuutta huoltoon tulevien telojen osalta ja parantaa tuotannon läpimenoaikaa. Toimeksiantajaa kiinnosti myös tietää, millainen taloudellinen vaikutus olemassa olevan tasapainokoneen kehittämisellä on, ja voiko modernisaatiolla esimerkiksi supistaa alihankintana tehtyä tasapainotusta.

Mielestäni työn tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan kaikkiin asetettuihin kysymyksiin. Selvitys osoitti, että koneen modernisaatio olisi tarpeellista ja perusteltua. Modernisaation avulla voitaisiin merkittävästi lisätä tuotannon tehokkuutta ja parantaa tuotannon läpimenoaikaa. Taloudellisten vaikutusten osalta tutkimus osoitti, että olemassa olevan koneen kehittäminen olisi kustannustehokasta ja toisi merkittäviä säästöjä. Modernisaation avulla pystyttäisiin myös vähentämään alihankintana tehtyä koneistusta, mikä edelleen parantaisi yrityksen kustannustehokkuutta ja tuotannon joustavuutta. Selvityksessä on vastaukset kaikkiin toimeksiantajan esittämiin kysymyksiin, ja sen tulokset tukevat vahvasti koneen modernisaation toteuttamista.

11.1 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Kriittinen tarkastelu ja tulkinta tulosten ja tietoperustan välisestä suhteesta vaatii systemaattista lähestymistapaa ja syvällistä alan tuntemusta. Mielestäni tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset olivat selkeitä ja näihin kysymyksiin saatiin perustellut vastaukset. Lisäksi käytetyt tutkimusmenetelmät olivat asianmukaisia ja luotettavia, joilla voitiin minimoida mahdolliset virhelähteet. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia haasteita voi olla tutkimushaastateltavien puolueellisuus ja

henkilökohtaiset toiveet modernisaation toteuttamisesta. Toisaalta tutkimuksen benchmarking-osuudessa ja sisäisesti kerätyissä tiedoissa nousee esiin samat tutkimushaastatteluisia ilmi tulleet tarpeet ja hyödyt toimeksiantajalle, jotka osaltaan kumoavat validiteettipohdinnan haasteet.

Investointilaskelmissa käytettyjen lähtötietojen kerääminen oli jokseenkin haasteellista, mutta yrityksen sisäisistä dokumenteista saatiin riittävän paljon tietoa, joita yhdistelemällä päästiin tavoitteeseen. Kerätyt tiedot analysoitiin, jotta laskelmia voidaan pitää luotettavina ja todenmukaisina. Tällä tavoin vältettiin virheet laskutoimituksissa.

Tutkimuksen eettiset näkökohdat toteutuivat tutkimuksessa siten, että haastateltavien henkilötietoja käsiteltiin luottamuksellisesti, eikä nimiä mainittu tutkimuksessa. Opinnäytetyöntekijä ja toimeksiantaja solmivat salassapitosopimuksen tutkimusta varten. Tutkimuksessa salattiin toimeksiantajalle liiketoiminnallisesti sensitiivisiä tietoja, jotka ovat eritelty liitteissä 1 ja 2.

Tutkimusaineistoa säilytettiin asianmukaisesti ja turvallisesti tutkimuksen ajan, sekä tutkimuksen jälkeen aineisto arkistoitii huolellisesti. Näillä toimenpiteillä varmistettiin, että tutkimus suoritettiin eettisesti kestäväällä tavalla ja vastuullisesti.

11.2 Modernisaation aiheellisuus

Benchmarking-vertailu tehtiin kuudesta eri tasapainokoneesta, jonka avulla pystyttiin tunnistamaan telahuollon nykyisen tasapainotuskoneen heikkoudet ja kehityskohteet. Samalla saatiin konkreettisia parannuskeinoja, joilla telahuollon tasapainotusprosessin suorituskykyä ja kilpailukykyä voitaisiin parantaa.

Myös operaattoreiden ja esihenkilön haastattelujen perusteella voidaan todeta, että nykyinen tasapainotuskone on vanhentunut, eikä kykene enää vastaamaan nykyisiä tasapainotukselle asetettuja tuotannollisia ja laadullisia vaatimuksia.

Benchmarkingin ja haastatteluiden tuloksista saatiin hyvä kokonaiskuva nykyisen tasapainokoneen haasteista. Nykyisessä tasapainokoneessa on useita merkittäviä heikkouksia, jotka vaikuttavat sen tehokkuuteen ja käyttökelpoisuuteen. Ensinnäkin koneen huoltokustannukset ovat korkeat, ja varaosien saatavuus on heikkoa, mikä vaikeuttaa ylläpitoa. Lisäksi ohjelmisto on vanhentunut, eikä sitä voida enää päivittää, mikä rajoittaa koneen toiminnallisuuksia. Teloja ei voida tasapainottaa

kokoonpantuina, ja sisäreikien heittojen mittausta ei ole mahdollista, mikä rajoittaa koneen käyttömahdollisuuksia. Nykyiset rullatuet ja rullastot ovat alimitoitettuja heikentäen koneen suorituskykyä. Lisäksi tasapainotettavan telan maksimipainoraja on vain 35 000 kg. Tämä rajoittaa koneen käyttöä raskaampien telojen kanssa. Lopuksi koneesta puuttuu hätäpysäytysjärjestelmä, mikä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa työturvallisuusriskejä.

Lisäksi nykyisen tasapainokoneen käyttöön liittyy useita uhkakuvia, jotka voivat vaikuttaa yrityksen toimintaan ja henkilöstöön, mikäli tasapainokoneen modernisointia tehdään. Ensinnäkin kehittyneemmät koneet saattavat syrjäyttää nykyisen teknologian, mikä voi johtaa tuotannon alihankintaan ja lisäkustannuksiin. Tämä voi myös vähentää työmäärää johtaen mahdollisiin työvoiman vähennyksiin. Lisäksi vanhentunut teknologia voi aiheuttaa työturvallisuusuhkia lisäten riskejä työntekijöiden hyvinvoinnille ja terveydelle. Nämä tekijät yhdessä voivat merkittävästi heikentää yrityksen kilpailukykyä ja toimintavarmuutta.

Lisäksi toimeksiantajan alaisuudessa tehty havainnointi ja henkilökohtaiset kokemukset Jyväskylän Rautpohjan telahuollon projekti-insinöörinä tukevat tutkimuksen aikana havaittuja puutteita telahuollon tasapainotusprosessissa. Vastuu huoltoon tulevien telojen toimitusaikatauluista ja kustannustavoitteista on osoittanut useita kehitysalueita. Mikäli telan tasapainotus joudutaankin suorittamaan jossain muualla kuin omassa tuotannossa, eikä sitä ole otettu huomioon jo tarjousvaiheessa, aiheuttaa se työkustannusten kasvua ja aikataulun venymistä. Pahimmassa tapauksessa tela ei valmistu ajoissa asiakkaan ennalta sovittuun huoltoseisakkiin ja siinä tapauksessa telahuolto on velvollinen maksamaan asiakkaalleen merkittävät myöhästymissakot.

11.3 Miten modernisaatiolla voi lisätä tuotannon tehokkuutta?

Paperikoneentelan tasapainotuskoneen modernisaatiosta ei löytynyt aikaisempia tutkimuksia, joten saatuja tuloksia ei pystytty vertailemaan aiempiin tutkimuksiin. Tutkimuksen aikana saadut tulokset sopivat olemassa olevaan teoreettiseen viitekehukseen, sillä Juhangon (2011) mukaan tasapainotuksella saavutetaan tärkeitä etuja, jotka parantavat sekä paperikoneen suorituskykyä että käyttöikä.

Telahuollon oman tuotannon tehokkuuden parantamisesta saatiin tietoa tutkimalla yrityksen sisäisiä dokumentteja, joista selvisi, että yritys menettää vuosittain noin 120 000 € edestä nettotuloja

oman tasapainotusprosessin rajallisuuden takia, mikä vastaa työtunteina noin 1000 tuntia. Tasapainokoneen modernisaation avulla kaikki tämä työmäärä saataisiin lisättyä omaan työkuormaan, mikä johtaisi suurempiin tuloihin ja parantaisi yrityksen taloudellista tilannetta. Lisäksi yrityksen kilpailukyky vahvistuu, kun se pystyy tarjoamaan monipuolisempia palveluita asiakkaille ja vastamaan ajantasaisesti asiakkaiden kysyntään. Nopealla ja luotettavalla palvelulla yritys parantaa myös asiakastytyvyyttä.

11.4 Investoinnin takaisinmaksu

Tasapainokoneen modernisointia voidaan pitää myös investointilaskelmien näkökulmasta päätellen järkevänä, koska Haverilan ja muiden (2005, 199) mukaan investointilaskelmat osoittavat, että onko kyseinen investointi taloudellisesti kannattava ja strategisesti järkevä päätös yrityksen kannalta. Tämän tutkimuksen myötä tehdyistä laskelmista voidaan päätellä, että investointi on kannattava, koska se tuottaa positiivista kassavirtaa ja parantaa yrityksen taloudellista tilannetta. Investointi tukee myös yrityksen pitkän aikavälin strategisia tavoitteita, kuten markkina-aseman vahvistamista ja kilpailukykyyn parantamista. Investointi mahdollistaa resurssien tehokkaamman käytön, mikä puolestaan parantaa tuottavuutta. Nämä kannattavuuslaskelmat antavat yrityksen johdolle luottamusta tehdä päätöksiä objektiivisten ja kvantitatiivisten tietojen perusteella.

11.5 Yhteenveto

Tulevaisuuden näkökulmasta tutkimuksella saadut tulokset ovat merkitseviä ja niillä voi olla suuria käytännön merkityksiä, mikäli toimeksiantaja saa tämän selvityksen ansiosta myönteisen investointipäätöksen. Modernisoidulla tasapainokoneella voidaan työskennellä nopeammin ja tarkemmin, mikä lisää tuotantokapasiteettia ja lyhentää läpimenoaikoja, parantaen näin tuottavuutta. Uudemmat laitteet vaativat vähemmän huoltoa, mikä tuo merkittäviä kustannussäästöjä pitkällä aikavälillä. Lisäksi modernisoinnin avulla pystyttäisiin tekemään monipuolisempia tasapainotuksia ja mittauksia kuin aikaisemmin lisäten tuotannon joustavuutta. Yhteenvetona, modernisaation myötä yrityksen on mahdollista kasvattaa kilpailukykyä, jolla pystytään vastaamaan paremmin markkinoiden vaatimukseen ja henkilöstön sekä asiakkaiden tarpeisiin. Lisäksi modernisoinnin ansiosta tasapainotuskoneen turvallisuusominaisuudet parantuisivat merkittävästi vähentäen työtapa-turmien riskiä.

Lähteet

Dynamic roll balancing - why, how, measurement and specification. 2019. Artikkel Valmet Oyj:n www-sivuilla 25.6.2019. Viitattu 26.9.2024. <https://www.valmet.com/insights/articles/up-and-running/performance/FRDynamicBalancing/>.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacts Oy.

Juhanko, J. 2011. Dynamic geometry of a rotating paper machine roll. Väitöskirja, Aalto-yliopisto. Koneenrakennustekniikan laitos, Department of Engineering Design and Production. Viitattu 26.9.2024. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/44a147c6-0b3a-4923-bf39-b7f2a62c4f7a/content>.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kettunen, J., Kärki, A., Näreaho, S. & Päällysaho, S. 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry:n suositukset. Viitattu 10.4.2024. <https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/AMMATTIKORKEAKOULUJEN%20PINN%C3%84YTET%C3%96IDEN%20EETTISET%20SUOSITUKSET%202020.pdf?t=1578480382>.

Kinnunen, J., Laitinen, E., Laitinen, T., Leppiniemi, J. & Puttonen, V. 2010. Avain laskentatoimeen ja rahoitukseen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Pokela, K. 2006. Paperikoneen johtotelojen kunnossapidon kehittäminen. Diplomityö, Espoon teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto. Viitattu 26.9.2024. <http://innoforest.tkk.fi/Kari.Pokela.DT.pdf>.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. Tutkimuksen arviointi – reflektointia. KvaliMOTV-Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 10.4.2024. https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_3.html.

Telan tasapainotusohje. N.d. Valmet sisäinen tietokanta.

Telojen tasapainotuksesta ja 1/2- kriittisestä värähtelystä. N.d. Valmet sisäinen tietokanta.

Valmet lyhyesti. N.d. Artikkel Valmet Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 10.9.2024. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>.

Vuorinen, T. 2023. Strategiakirja – 25 työkalua. Helsinki: Alma Talent. [https://bisneskirjasto-almat-lentfi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/GAJBIXETEB#/kohta:OSA\(\(20\)2\(\(20\)STRATEGIATY\(\(d6\)KALUT\(\(20\)JA\(\(20\)MENETELM\(\(c4\)T\(\(20\)ERI\(\(20\)TILANTEISIIN/piste:t3xv](https://bisneskirjasto-almat-lentfi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/GAJBIXETEB#/kohta:OSA((20)2((20)STRATEGIATY((d6)KALUT((20)JA((20)MENETELM((c4)T((20)ERI((20)TILANTEISIIN/piste:t3xv)

Liitteet

Liite 1. Telatyypeittäin toleranssit ja tasapainotarkkuusluokat (salassa pidettävä)

