



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Konetekniikan koulutus

Päivittäistavaralogistiikan pak- kasvaraston ARC-kuljettimen hih- nojen kehitysprojekti

Joona Mäki

Opinnäytetyö, Huhtikuu 2025

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Joonas Mäki

Nimeke
Päivittäistavaralogistiikan pakkasvaraston ARC-kuljettimen hihnojen kehitysprojekti
Toimeksiantaja
Inex Partners oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia päivittäistavaralogistiikan pakkasvaraston ARC-kuljettimen hihnojen vikatilanteita ja löytää vastauksia ja kehitysideoita. Opinnäytetyössä selvitetään ongelman aiheuttajia ja juurisyytä, jotka aiheuttavat hihnojen rikkoutumisen pakkasolosuhteissa. Tietoperustana työssä käytettiin toimeksiantajan keräämää tietoa kuljettimen vikatilanteista.

Kuljettimien vikatilanteista kerättiin ja tutkittiin tietoja sekä vikojen määrää selvitetiin tarkastelujaksolla, josta saatujen tietojen mukaan pystyttiin laskemaan arvioita vian kunnossapitokustannuksista pidemmällä ajalla. Pakkasvarastoalueella tarkasteltiin myös kriittisiä alueita, joissa hihnojen vikoja on enemmän tai niiden vaikutus tuotantoon on suurempi. Vian ilmenemisestä saatiin paljon uutta tietoa, jonka avulla voidaan kehittää ratkaisuja ongelmaan. Lopuksi vertailtiin hieman vian laajuutta muihin varastoalueisiin verrattuna.

Kieli
suomi

Sivuja 38
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
Kunnossapito, Kehitystyö, Inex Partners



THESIS
April 2025
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Joonas Mäki

Title
Development project for the ARC-conveyor belts in the frozen warehouse of grocery logistics
Commissioned by
Inex Partners oy

Abstract

The objective of the thesis was to investigate the malfunction incidents of the ARC conveyor belts in the frozen goods warehouse within daily goods logistics and to find answers and development ideas. The thesis explores the causes and root reasons behind the belt failures occurring under freezing conditions. The knowledge base for the work was built on information collected by the commissioning party regarding the conveyor malfunctions.

Data on conveyor failures was collected and analyzed, and the number of malfunctions during the review period was determined. Based on the gathered data, it was possible to estimate the maintenance costs of the failures over a longer period. Critical areas within the frozen storage zone, where belt failures occur more frequently or have a greater impact on production, were also examined. A significant amount of new information was obtained regarding the manifestation of the failures, which can be used to develop solutions to the problem. Finally, a brief comparison was made between the extent of the issue in this area and other warehouse areas.

Language
Finnish

Pages 38
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords
Maintenance, Development work, Inex Partners

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön aihe	6
1.2	Inex Partners Oy	7
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet	8
1.4	Opinnäytetyön rajaus	8
2	Teoreettinen viitekehys	9
2.1	Automaatiojärjestelmä	9
2.2	Logiikkaohjausjärjestelmä	10
2.3	Mitä kunnossapito tarkoittaa?	11
2.4	Vikojen analysointi kunnossapidossa	12
2.5	ARC-kuljettimen tehtävä automaatiossa	14
2.6	Kuljettimen hihnalta pakkasessa vaadittavat ominaisuudet	15
2.7	ARC-hihnan ominaisuuksia	15
2.8	ARC-hihnojen viat ja aiheuttajat	18
2.9	Materiaaliohjaus osana tuotannonohjausta	22
2.9.1	Materiaalivirta Inexillä	22
2.10	Luotettavuustekniikka	24
2.11	Vikataajuus ajan funktiona	25
2.12	Automaation laadun osatekijöitä	25
3	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät	27
4	Kehitys ja vikatietojen kerääminen sekä tarkastelu	28
4.1	ARC-viat viikon tarkastelujaksolla	28
4.2	Kriittisten alueiden kartoitus tuotannossa	28
4.3	ARC-hihnojen vikojen taloudellinen vaikutus	29
4.4	Visuaalinen tarkastus	31
4.5	Hihnojen säilytys ja varastointitavat ennen asennusta	31
4.6	Varastoalueiden väliset erot	31
5	Opinnäytetyön tulokset	33
6	Pohdinta	35
6.1	Parannusehdotukset toimeksiantajalle	36

Liitteet

Liite 1 ARC-kuljettimen syyseurausketjutus

Liite 2 ARC-hihnojen asennustapa

Lyhenteet ja termit sekä standardit

ARC	Rullakuljetin, jolla voidaan kerryttää tuotteita tiettyyn paikkaan tai erotella tuotteita linjastolla ennen seuraavaa toimintapistettä.
PTDC	Inexin päivittäistavaralogistiikka keskus, suurelta osin automatisoitu logistiikkakeskus Sipoossa.
Material flow	Tarkoittaa reittiä tai kaavaa, joka on suunniteltu automaation läpikulkusuunta tai kierto materiaaleille.
LCC	Elinajankokonaiskustannukset, todelliset kokonaiskustannukset eli myös vikojen aiheuttamat korjaus- ja tuotannonmenetykset.
SFS-EN 13306:2017:en	Standardi, Kunnossapidon terminologia

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön aihe

Automatisoidussa logistiikassa kuljettimen tehtävänä on kuljettaa tavara tai esine automaattisesti seuraavaan kohteeseen. Seuraava kohde voi olla työasema tai välivarasto. Kun kuljetin rikkoutuu, syntyy tuotantokatkoksia ja automaatioalueet ruuhkautuvat, eli materiaalivirta katkeaa. Tuotantokatkokset ovat yritykselle aina negatiivinen asia. Tuotannon läpimenot laskevat ja huonoimmassa tilanteessa joudutaan teettämään ylitöitä, jotta tuotanto saadaan takaisin aikatauluun. Laitteen rikkoutuessa joudutaan kutsumaan paikalle huolto. Isossa rakennuksessa korjaajan saapuminen paikalle vie usein paljon aikaa.

Tämän opinnäytetyön aiheena käsitellään Accumulated roller conveyor- kuljettimen hihnoja sekä niiden rikkoutumista pakkasvarastolla, jossa elohopea näyttää -26 astetta vuoden jokaisena päivänä. Opinnäytetyössä selvitetään syitä hihnojen rikkoutumiselle sekä hihnoista johtuvia vikatilanteita ja niiden vaikutuksia toimeksiantaja yritykselle. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Inex Partners Oy.

Opinnäytetyön teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään logistiikan käsitteitä sekä varastoinnin ja materiaalivirran teoriaa. Lisäksi keskeisinä aiheina opinnäytetyössä esiintyy kunnossapito ja sen vaikutukset sekä kustannukset. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:

Miten rikkoutuneet ARC-hihnat vaikuttavat tuotantoon ja toimeksiantajaan?

Mitkä tekijät vaikuttavat hihnojen rikkoutumiseen?

Miten pakkasolosuhteet muuttavat hihnojen ominaisuuksia?

1.2 Inex Partners Oy

Inex Partners Oy on SOK:n omistuksessa oleva logistiikkayhtiö. Inex Partners Oy tuottaa logistiikkapalveluja s-ryhmälle. Inex Partners Oy nimestä käytetään usein lyhennettä Inex. Tässä opinnäytetyössä käytetään myös lyhennettä Inex. Yritys on perustettu 29.8.1990. Päätoimipaikka on Keravan ja Sipoon rajalla toimivat käyttö- ja päivittäistavara logistiikkakeskukset. Inexillä on myös aluetermiinaaleja mm. Kuopiossa, Lempäälässä, sekä Limingassa. Sipooseen vuonna 2016–2017 valmistuneet päivittäis- ja käyttötavaralogistiikkakeskukset yhdessä Inexin aluetermiinaalien kanssa muodostavat koko Suomen kattavan verkoston, jonka kautta toimitetaan tuotteet S-ryhmän myymälöihin Suomessa ja Virossa. Sipoossa sijaitsevilla logistiikkakeskuksissa on lattiapinta-alaa yhteensä: 270 000 m². Tuotteita kuljetetaan myös suoraan tavarantoimittajilta ja tuottajilta myymälöihin. (Inex 2024.)

Inexillä työskentelee noin 1323 työntekijää ja liikevaihtoa tilikaudella 2023 oli noin 456 miljoonaa euroa. Vuodesta 2021 eteenpäin yhtiön toimitusjohtajana on toiminut Mauri Jouni Petteri Pelkonen. (Finder 2024.)



Kuva 1. päivittäistavaroiden logistiikkakeskus (PTDC), taustalla käyttötavaroiden logistiikkakeskus (KTDC) (Instagram 2021).

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Inex Partners Oy. Toimeksianto keskittyy päivittäistavara logistiikkakeskuksen pakkasvaraston ARC-kuljettimen hihnoin ja niiden rikkoutumisesta aiheutuviin vikatilanteisiin. Toimeksiantona on selvittää hihnojen rikkoutumisen yleisimpiä syitä ja aiheuttajia sekä selvittää mahdollisia kehitysmahdollisuuksia ongelmaan. Opinnäytetyön tavoitteena on vastata tutkimuskysymyksiin ja raportoida toimeksiantajalle työn tuloksista sekä työn tuloksena mahdollisesti syntyvistä kehitysideoista. Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on selvittää hihnojen rikkoutumisen juuritekijöitä ja auttaa yritystä ehkäisemään hihnarikoista johtuvia tuotantokatkoksia. Opinnäytetyössä panostetaan systemaattisiin ja ratkaisukeskeisiin toimintatapoihin, joilla yritetään saada positiivinen tulos ja lisää tietoa toimeksiantajan ongelmasta.

1.4 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö rajautuu Inex Partners oy:n PTDC pakkasvarastoalueelle ja tarkemmin tämän alueen ARC-kuljettimien hihnojen rikkoutumisiin ja niistä aiheutuviin ongelmatilanteisiin. Ongelman vaikutusalue on koko pakkasvaraston alue, sillä ARC-kihnojen vikatilanteet vaikuttavat selkeästi koko pakkasvaraston päivittäiseen toimintaan ja tuotantoon ongelman laajuus määräytyy rikki menevän hihnan sijainnista.

2 Teorettinen viitekehys

2.1 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä voi olla esimerkiksi yksittäinen ohjelmitava logiikkalaite tai laajempi järjestelmä, (kuva 2) joka hallitsee koko tehtaan toimintaa. Paperitehtaassa tällaisen automaatiojärjestelmän keskeisenä osana toimii valvomoasema, joka perustuu teollisuusstandardin mukaisiin PC-komponentteihin sekä siihen liitettyihin erillisiin I/O-yksiköihin. Valvomoaseman I/O-yksiköiden kautta ohjausväylät yhdistävät järjestelmän tehtaaseen. Nämä ohjausväylät voivat olla joko kuparikaapeleihin perustuvia parikaapeliväyliä tai tietyissä tapauksissa valokuituyhteyksiä. (Opetushallitus 2023a.)

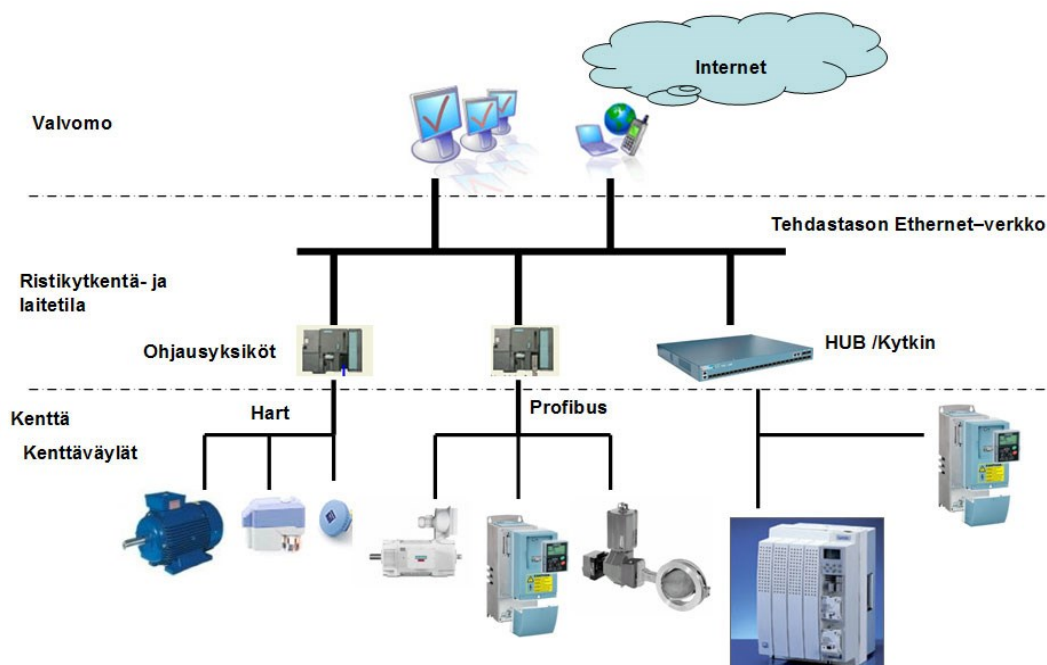


Kuva 2. Yleiskuva Inexiltä automaatiojärjestelmästä (Inex 2016)

Väyläjärjestelmän hierarkkinen jako

Alimmalla tasolla sijaitsevat yksittäiset ohjausyksiköt, lähettimet, anturit, mittalaitteet sekä prosessia ohjaavat toimilaitteet. Seuraavalla tasolla ovat

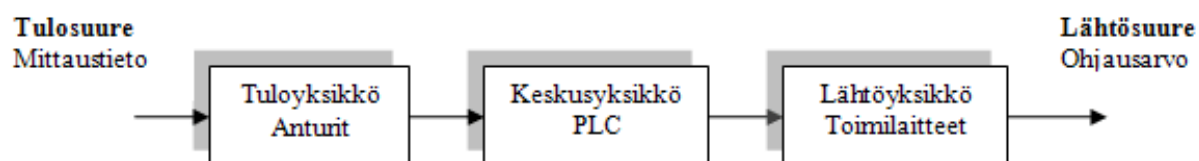
logiikkayksiköt, jotka hallitsevat ohjainyksiköitä, säätimiä ja toimilaitteiden ohjausta. Ylimmällä tasolla ovat esimerkiksi valvomotietokoneet, (kuva 3) erilliset ohjauspäätteet ja hälytysten kirjaamiseen tarkoitettut laitteet. Tältä tasolta on mahdollista muodostaa yhteys myös lähiverkkoon ja tarvittaessa Internetiin. (Opetushallitus 2023a.)



Kuva 3. Tyypillinen automaatiojärjestelmä (Opetushallitus 2023a).

2.2 Logiikkaohjausjärjestelmä

Logiikkayksikköön perustuvan ohjausjärjestelmän lohkokaavio koostuu seuraavista toiminnallisista osista. (kuva 4)

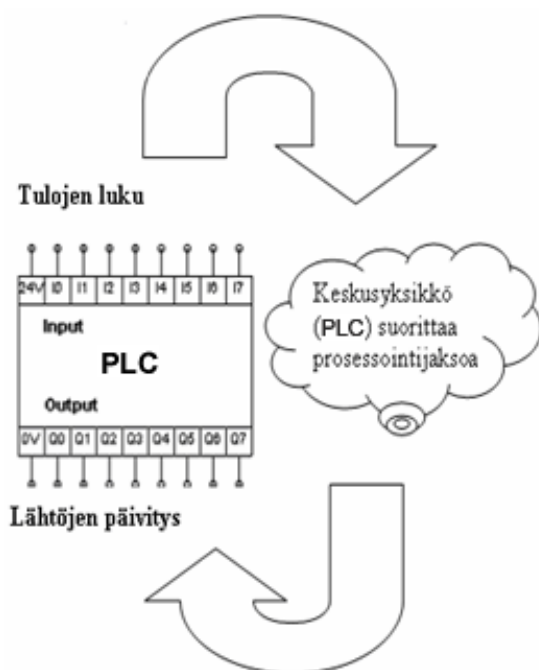


Kuva 4. Ohjausjärjestelmän lohkokaavio (Opetushallitus 2023b.)

Ohjelmakierron vaiheet logiikkalaitteessa etenevät seuraavasti:

Keskusyksikkö (PLC) lukee anturien, kytkimien ja lähettimien lähettämät tiedot ja tallentaa ne laitteen sisäiseen muistiin. Tämän jälkeen keskusyksikkö

käsitlee saadut tiedot sen mukaan, mitä sille ohjelmoitu ohjelma määrittää. Tätä vaihetta kutsutaan prosessoinniksi. (kuva 4) Prosessoinnin päätyttyä keskusyksikkö asettaa lähtösignaalit (Output) ohjelman ohjeiden mukaisiin arvoihin. Päivitetyt lähtösignaalit siirtyvät lähtöyksiköiden kautta ohjausväylällä toimilaitteille, jotka mukautuvat keskusyksikön määrittelemiin asetuksiin. Anturit puolestaan mittaavat prosessissa tapahtuneet muutokset ja lähettävät nämä tiedot takaisin keskusyksikölle, jolloin ohjelmakierto alkaa alusta. (Opetushallitus 2023b; Unitronicsplc 2024).



Kuva 4. Logiikkalaitteessa tapahtuvan ohjelmakierron eteneminen vaiheelta. (Opetushallitus 2023b.)

2.3 Mitä kunnossapito tarkoittaa?

SFS-EN 13306:2017:en: standardin mukainen kunnossapito käsittää seuraavia asioita. Kunnossapidon tehtävä on ylläpitää ja palauttaa tila, jossa laite tai kunnossapidettävä elementti pystyy suorittamaan siltä vaaditut tehtävät. Tämä käsittää kaikki hallinnolliset, tekniset sekä johtamiseen liittyvät toimet. (SFS-EN 13306:2017:en.)

2.4 Vikojen analysointi kunnossapidossa

Vikakäsitteet ja aikakäsitteet:

Tuotantoympäristössä vikakäsitteitä voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta:

- **Kohteen toiminnan näkökulmasta:**

Tämä lähestymistapa on olennainen kohteen käytettävyyden kannalta.

- **Kohteen rakenteen ja teknologian näkökulmasta:**

Tämä näkökulma on keskeinen kohteen kunnossapidon kannalta.

(Opetushallitus 2023c.)

Vika tarkoittaa toiminnan keskeytymistä tai estymistä, kuten esimerkiksi tilanteessa, jossa laitetta ei saada käynnistettyä. Se on peruskäsite, joka kuvaa joko koko järjestelmän tai yksittäisen osan toiminnan loppumista. Vian ilmenemisen hetkestä käytetään termejä vioittuminen tai vikaantuminen. Mikäli vikaantuneen osan toiminta voidaan korvata rinnakkaisella yksiköllä, vika aiheuttaa järjestelmässä ainoastaan häiriön, eikä toiminta katkea kokonaan. (Opetushallitus 2023c.)

Vioittumismekanismi tarkoittaa fysikaalista, kemiallista tai muuta tapahtumaketjua, joka johtaa vian syntyyn. Vioittumistapa puolestaan kuvaa vian luonnetta tai ominaispiirrettä, ja samalla komponentilla voi olla useita erilaisia vioittumistapoja. Yhteisviasta puhutaan, kun useampi yksikkö vioittuu samasta syystä samanaikaisesti. Piilevä vika on sellainen, joka jää huomaamatta syntyessään ja havaitaan vasta testeissä tai käyttötilanteen muuttuessa. Paljastuva vika sen sijaan huomataan heti sen syntyessä. Vaarallinen vika on piilevä vika, joka heikentää järjestelmän toimintakykyä kriittisellä hetkellä.

(Opetushallitus 2023c.)

Vikatilanteen kehitymisessä on kolme vaihetta:

Ensimmäinen vaihe on vian alku siitä seuraa vian kehittyminen ja lopuksi rikkoutuminen. Esimerkiksi materiaalin väsyminen tapahtuu seuraavaksi esitetyn mallin mukaisesti:

Väsymissärön syntyminen - Särön kasvaminen - Rikkoutuminen (Opetushallitus 2023c.)

Inexillä ARC-hihnojen vikaantuminen tapahtuu seuraavalla kaavalla:

Hihnan asennus – Hihnan rasitus käytössä – Rikkoutuminen.

Kunnossapidollisesti on tärkeää tiedostaa vikaantumisen vaiheet ja eteneminen, jotta kunnossapito olisi tehokkaampaa. (Opetushallitus 2023c).

Vikojen syyt ja niiden luokittelut

Vikaantuminen ei yleensä johdu yhdestä ainoasta syystä, mutta usein on mahdollista tunnistaa pääsyy, jonka vaikutusta muut tekijät ovat lisänneet ja nopeuttaneet. Vikoja analysoidessa on tärkeää selvittää ja dokumentoida kaikki syyt, jotka ovat johtaneet vikaantumiseen. Syiden tunteminen auttaa kehittämään tehokkaita torjuntatoimia vikaantumisen estämiseksi.

Seuraavassa on lueteltu vikaantumisten peruseräiteelliset syyt:

- Onnettomuus: Ulkoisten tekijöiden aiheuttama vahinko, kuten törmäys, kastuminen. Tämä voi johtaa joko välittömään vikaantumiseen tai olla aluksi huomaamaton ja tuntua vaarattomalta, mutta aiheuttaa kuitenkin vian alkuvaiheen.
- Ylikuormitus: Suoritusarvojen ylittäminen, kuten mekaaninen rasitus, lämpötilan muutos, tehonsiirto, jännite, sähkövirta.
- Korroosio: Monenlaisia ilmenemismuotoja, erityisesti kunnossapidossa esiin tuleva ongelma.
- Väsyminen: Materiaalin väsymisestä johtuva vikaantuminen, joka syntyy kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta.
- Kuluminen: Ilmiö, joka syntyy kahden pinnan liukumisesta toisiaan vastaan.
- Abraasio: Materiaalin hankautuminen kovempaa materiaalia vasten.
- Inhimillinen virhe: Virheitä voi syntyä, jos henkilö ei ole riittävästi koulutettu, on välinpitämätön tai toimii tahallisesti virheellisesti.

- Komponenttien vanheneminen: Komponenttien heikkeneminen kemiallisten tai muiden tekijöiden vaikutuksesta kuten ulkoisien olosuhteiden vaikutuksesta.

(Opetushallitus 2023c.)

2.5 ARC-kuljettimen tehtävä automaatiossa

Accumulated conveyor roller- kuljettimen tehtävänä automaatiojärjestelmässä on ensisijaisesti kuljettaa tuote tai paketti seuraavaan toimintapisteeseen tai varastoon. (kuva 5) Keräilykuljetin on olennainen osa useimpia nykyaikaisia automaatiojärjestelmiä. Se toimii mahdollistamalla työn puskuroinnin eri prosessien välillä. Kuljettimen ominaisuuksia hyödyntämällä voidaan tehostaa automaation toimintaa ja ehkäistä ongelmia. ARC-kuljettimen muita hyötyjä on mahdollisuus tehdä nopeudenmuutoksia tuotteiden virrassa. ARC-kuljettimen avulla automaatiojärjestelmässä voidaan kuljettaa tuotteita nopeammin kuin järjestelmän hitain kuljetin, jos ARC-kuljetinta ei olisi järjestelmä olisi yhtä nopea kuin hitain kuljetin, prosessi tai työvaihe, tämä vaikuttaa järjestelmän läpimenoon sekä tehokkuuteen merkittävästi. (Conveyco 2019.)



Kuva 5. ARC-kuljetin (Inex Partners oy 2016).

2.6 Kuljettimen hinnalta pakkasessa vaadittavat ominaisuudet

Toimiminen kylmissä ympäristöissä asettaa merkittäviä vaatimuksia, joita tavalliset kuljetin hinnat eivät pysty tehokkaasti täyttämään. Alhaiset lämpötilat muuttavat hihnojen ominaisuuksia ja voivat aiheuttaa erilaisia toimintahäiriöitä. Tässä on tärkeimmät kylmissä olosuhteissa esiintyvät haasteet:

- Heikko kylmänsieto: Tavalliset hinnat eivät ole suunniteltu kestävään äärimmäisen alhaisia lämpötiloja, mikä tekee niistä alttiita vaurioille ja ongelmille.
- Joustavuuden menetys: Kylmä ilma jäykistää hihnoja, vähentäen niiden elastisuutta ja lisäten vaurioriskiä käytön aikana.
- Kovettuminen: Alhainen lämpötila voi tehdä hihnoista kovat ja jäykät, mikä heikentää niiden suorituskykyä ja käyttöikä.
- Haurastuminen: Kylmissä olosuhteissa hinnat muuttuvat helposti hauraksi, mikä lisää niiden halkeamisen tai rikkoutumisen riskiä.
- Halkeilu: Jäätymisolosuhteissa hinnat voivat halkeilla, mikä vaarantaa niiden rakenteen ja johtaa tarpeeseen vaihtaa hihnoja usein.
- Heikentynyt suorituskyky: Pakkanen vaikuttaa merkittävästi kuljetin hihnojen toimintaan, hidastaen työvaiheita ja nostaa käyttökustannuksia.
- Turvallisuusuhkat: Hauraiden ja halkeilevien hihnojen odottamattomat rikkoutumiset voivat aiheuttaa vaaratilanteita.
- Kustannusten nousu: Toistuvat korjaukset ja hihnojen vaihdot kasvattavat operatiivisia kustannuksia, mikä vaikuttaa yrityksen talouteen. (Gram-conveyor 2024.)

2.7 ARC-hihnan ominaisuuksia

Accumulation roller conveyor kuljettimessa voi olla jopa 20–50 kuljetinrullaa yhtä moottoria kohden, joten jos moottorilta voimaa siirtävä hihna rikkoutuu, merkittävä osa kuljettimesta pysähtyy. Kuljetin on suunniteltu kestäväksi kuormitusta ja käyttöä yhtäjaksoisesti jopa ympäri vuorokauden. Kuitenkin laitteiston

kulumisen myötä, hihnojen rikkoutuminen yleistyy. (Hutchinsontransmission, 2024).

Inexillä käytetyissä arc-kuljettimissa hihnoina käytetään kolmesta eri kovuusasteisesta kumiseoksesta valmistettuja hihnoja. Hihnojen sisällä on myös nylon säikeet (Polyamidi), jotka antavat elastisuutta hihnalle. Hihnnot ovat kestäviä monenlaisissa olosuhteissa ja käyttökohteissa. Hihnoissa on pienet v-muotoiset urat ja urien määrä määrittää hihnan kuljetuskestävyyden, urien määrää lisätessä hihnan kuljetuskestävyys lisääntyy. (kuva 6) kylmän- ja kuumankesto-ominaisuudet ovat oikein asennettuna erittäin monipuoliset.



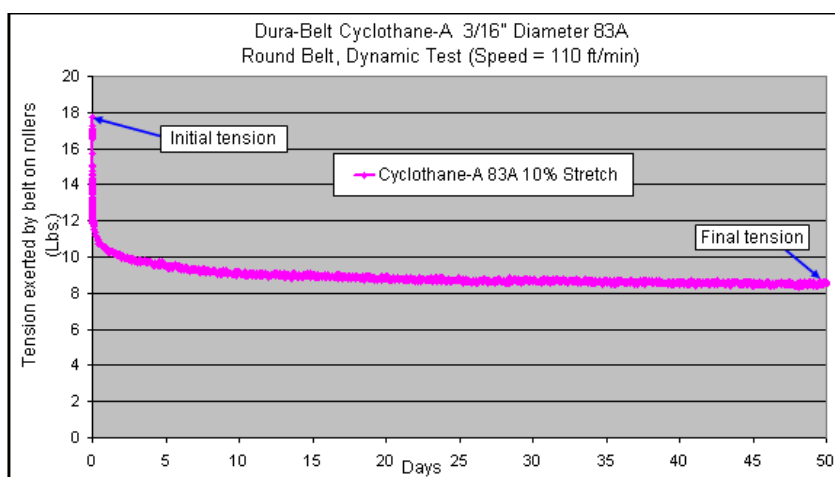
Kuva 6. V-ihnan profiili (Durabelt)

V-uritetun hihnan kestävyys ja ominaisuudet heikkenevät huomattavasti väärin suoritettuna asennuksen takia. Hihnnot menettävät kireyden ja rikkoutuvat tai tippuvat uriltaan, tämä johtaa ennenaikaiseen rikkoutumiseen. Väärin asennettuna hihna saavuttaa vain 10–15 % kestävyys verrattuna oikein asennettuun hihnaan. Kuljettimen huoltoa vaativat osat kuten kuljettimen rullat, sähkömoottori ja hihnnot vaativat kunnonvalvontaa sekä säännöllistä huoltoa. Epäsäännöllisesti huollettu kuljetinelementti toimii huonosti ja rasittaa kuljettimen osia aiheuttaen lisäkustannuksia. V-uritetut hihnnot ovat taipuvaisia luistamaan käytössä ja hihnnot menettävät keskimäärin noin 8 % kestävydestään luistamisen takia. Hihnan asentamisen jälkeen käytössä oleva hihna heikkenee jatkuvasti, kunnes hihna rikkoutuu. Hihnan kestävyteen vaikuttaa kuitenkin muutkin ulkoiset tekijät. (Tyma 2024a.)

Edellä mainitut hihnnot ovat tyypillisesti hieman elastisia ja joustavat keskimäärin 2–7 % pituudestaan. Elastinen hihna pystyy vastaanottamaan tärinää ja värinää paremmin kuin joustamaton hihna. Elastisia hihnoja voidaan käyttää myös

kuljettimen kaarteissa, joissa kuljetinrullat ovat korkeintaan viiden asteen etäisyydellä toisistaan mitattuna säteen avulla kaarteeseen keskikohdasta. 2-loviset kuljetinhihnat ovat kaarteissa toimintavarmemmat kuin 3-4 loviset. Jos kuljetinhihnat eivät sovi kaarteisiin voivat ne ”hypätä” urilta tai kulua nopeammin kuin suunniteltu, hihnan kulumisella tarkoitetaan usein abraasiota. (Durabelt, 2019.)

Kuljettimen hihnoilla esiintyy myös valmistuksesta johtuvia poikkeamia sekä vaihtelua, eri valmistuserien välillä voi olla suuriakin heittoja hihnan mitoissa tai muissa ominaisuuksissa. Hihnavalmistajan mukaan hihnan kovuus (Durometer) voi vaihdella +/- 5 yksiköllä, myös hihnojen elastisuus voi vaihdella jopa +/- 10 % ilmoitetusta elastisuudesta. Hihnojen väri ja kosmeettiset ominaisuudet vaihtelevat myös valmistuserän mukaan. Näiden syiden takia hihnavalmistajat suosittelevat käyttämään suurta varmuuskerrointa hihnojen valinnassa. Suositellaan käyttämään jopa 2-3 kertaista varmuutta. Jos pitäisi kuljettaa 100 kg kuormaa jatkuvasti ympärivuorokauden, hihnan kannattaisi olla suunniteltu kestävä jatkuvasti 200-300 kg kuormaa. Jos riittävää varmuuskerrointa ei ole käytetty hihnojen valinnassa, hihnojen käyttöikä vähenee huomattavasti sekä viikaintensiteetti kasvaa. Hihnan jatkuva käyttö kylmissä olosuhteissa korostaa varmuuskertoimen lisäämistä entuudestaan. Asennuksen jälkeen hihna on kireimmillään viisi minuuttia asennuksesta ja noin viikon käytön jälkeen hihnan kireys on vakiintunut normaalille käyttötasolle. Viikko asennuksen jälkeen hihnan kireys alenee tasaisesti elinkaaren loppuun asti. Kuvassa 7 esitetään hihnankireys sen elinkaaren aikana asennuksesta rikkoutumiseen. (Durabelt, 2019.)



Kuva 7. Asennetun hihnan jäykkyys ajan kuluessa (Durabelt, 2019)

2.8 ARC-hihnojen viat ja aiheuttajat

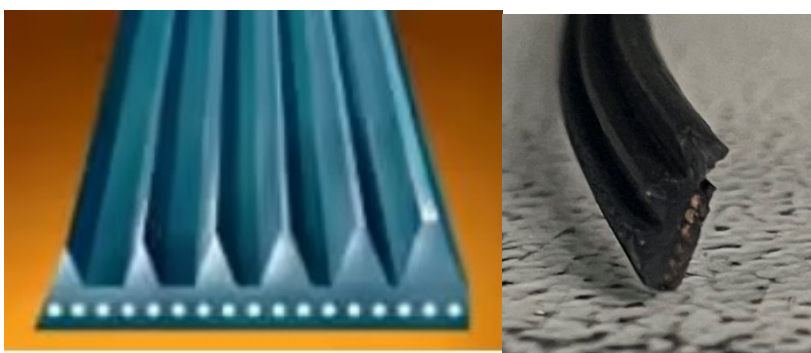
Tässä opinnäytetyön luvussa tarkastellaan vikojen aiheuttajia ja erilaisia tilanteita, joissa hihnarikkoja tapahtuu. Kuvissa on hihnavalmistajan kuva tilanteesta sekä myös kuva rikkoutuneesta ARC-hihnasta hihnasta, joka vastaa hihnavalmistajan kuvaa mahdollisimman hyvin. Rikkoutuneet hihnat ovat olleet tuotannossa normaalissa käytössä.

Kovettunut hihna, kiillottuneet sivut (kuvat 8 ja 9). Vian aiheuttaja voi johtua väärästä hihna kireydestä tai väärästä asennustavasta, myös käyttöolosuhde vaikuttaa hihnan kuivumiseen sekä hihnan säilytystapa ennen asennusta. Tuotannossa ollut hihna on selkeästi ollut visuaalisesti vaihtokunnossa pitkään ennen lopullista rikkoutumista eli huolto olisi mahdollisesti voitu ajoittaa tuotantokoltele.



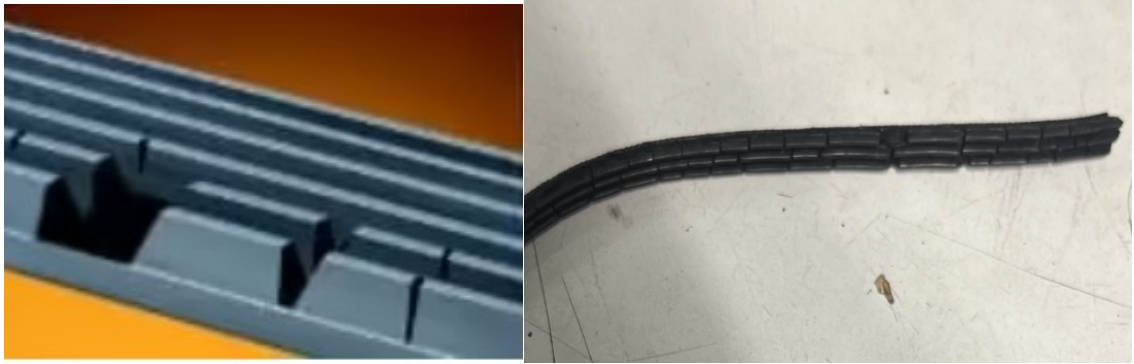
Kuvat 8 (Tyma), 9 (Joonas Mäki) Kuivunut ja kovettunut ARC-hihna

Epätasaisesti kulunut hihna (kuvat 10 ja 11). Aiheuttajia ovat väärä hihnan kireys tai väärä asennustapa. Epätasaisesti kulunut kuljetinrulla tai hihnanohjainrulla voi aiheuttaa epätasaisista kulumista myös hihnalle.



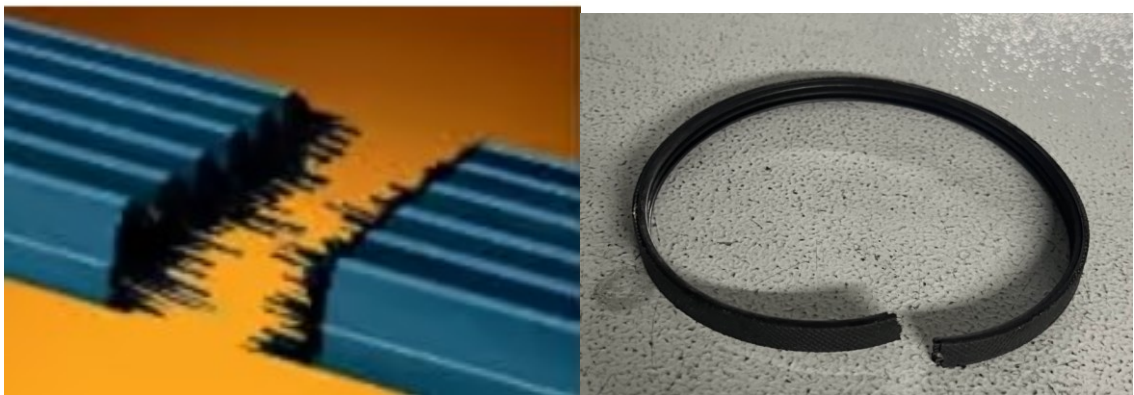
Kuva 10 (Tyma), 11 (Joonas Mäki) Epätasaisesti kulunut hihna

Halkeilu tai hihnasta puuttuvat osiot (kuvat 12 ja 13). Aiheuttajia ovat liian suuri tai pieni kireys hihnalla, ulkoinen tekijä (tuotteet hankaavat hihnaa), tai hihna on vanhentunut ja elinkaarensa lopussa. Myös väärin säilytetty hihna on altis halkeilulle.



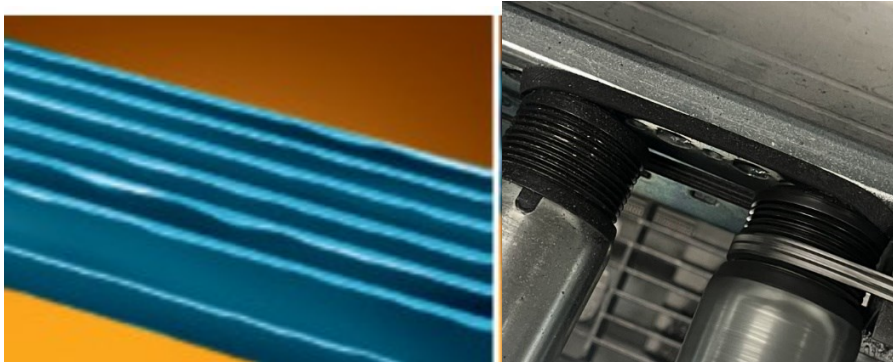
Kuvat 12 (Tyma), 13 (Joonas Mäki) Hihnasta puuttuu osa

Hihnanrikkoutuminen nopeasti asennuksen jälkeen (kuvat 14, 15). Aiheuttajia ovat: vioittunut kuljetinrulla, Liian kireä hihna, ja ulkoinen tekijä sekä käyttöolosuhde. Muita mahdollisia aiheuttajia kuljettimen nopeuden muutokset sekä tuotteen tai tarjottimen aiheuttama viilto hihnaan, jonka seurauksena viilto leviää ja katkaisee hihnan nopeasti. Etenkin tuotannossa rikkoutuneet tarjottimet aiheuttavat terävillä reunoilla viiltoja hihnoihin.



Kuvat 14 (Tyma), 15 (Joonas Mäki) Hihna katkennut siististi yhdestä kohtaa

Lian kertyminen hihnalle (kuva 16), esimerkiksi öljy, hiekka, pöly. Aiheuttajia on monia, likaista hihnaa ei saa käyttää tuotannossa. Joissakin tilanteissa hihna hyppää pois uriltaan ja aiheuttaa vikatilanteen, vaikka ei hihna ei olisi edes poikki. (kuva 17).



Kuvat 16 (Tyma), 17 (Joonas Mäki) Likainen hihna sekä uralta pois ohjautunut hihna.

Näiden yleisten sekä toistuvien vikatilanteiden ja rikkoutumistapojen lisäksi, jos hihnasta kuuluu normaalista poikkeavia ääniä voi se olla merkki hihnan kulumisesta. Äännet voivat johtua väärästä hihnakireydestä. Usein poikkeavat äännet hihnalta ovat merkki vaihtaa hihna, sillä se on elinkaarensa lopussa. (Tyma, 2024b.)

Muita syitä hihnojen rikkoutumiseen on hihnojen hankautuminen toisiinsa eli abraasio. Tämä johtaa usein hihnan hajoamiseen suikaleina pituussuunnassa. (Kuva 18) Tilanne johtuu asennusvirheestä tai hihna on hypännyt alkuperäiseltä uraltaan ulkoisen tekijän tai vaikutuksen seurauksesta.



Kuva 18 (Joonas Mäki). Pituussuunnassa hajonnut hihna.

Kuten hihnavalmistajan sekä itse otettujen kuvien perusteella voidaan huomata, hihnojen rikkoutumistapoja on monia. Rikkoutumistilannetta tai vikatilanteen aiheuttajaa ei voida aina saada selvitettyä. Mielenkiintoista on kuitenkin, että samalla kuljettimella on usein samankaltaisesti kuluneita tai vaurioituneita hihnoja. Kaikkiin hihnoin vaikuttaa samat kulutustekijät, jotka ovat: Kuljetettavat tuotteet, olosuhteet, sekä käyttöaste. Kuva asennusvirheestä liitteenä (Liite 2). -liitteessä näkyy tilanne, joka on kohtuullisen yleinen tuotannossa. Hihnat ovat asennettu väärin tavalla, joka mahdollistaa hihnojen hankautumisen toisiinsa, joka lyhentää molempien hihnojen käyttöikää huomattavasti. Huomiona kuitenkin, että kaikki tilanteet eivät johdu asennusvirheestä vaan myös ulkoisesta tekijästä kuten aikaisemmin mainittu pöly tai lika, joka saa hihnan hyppäämään asennusuraltaan.

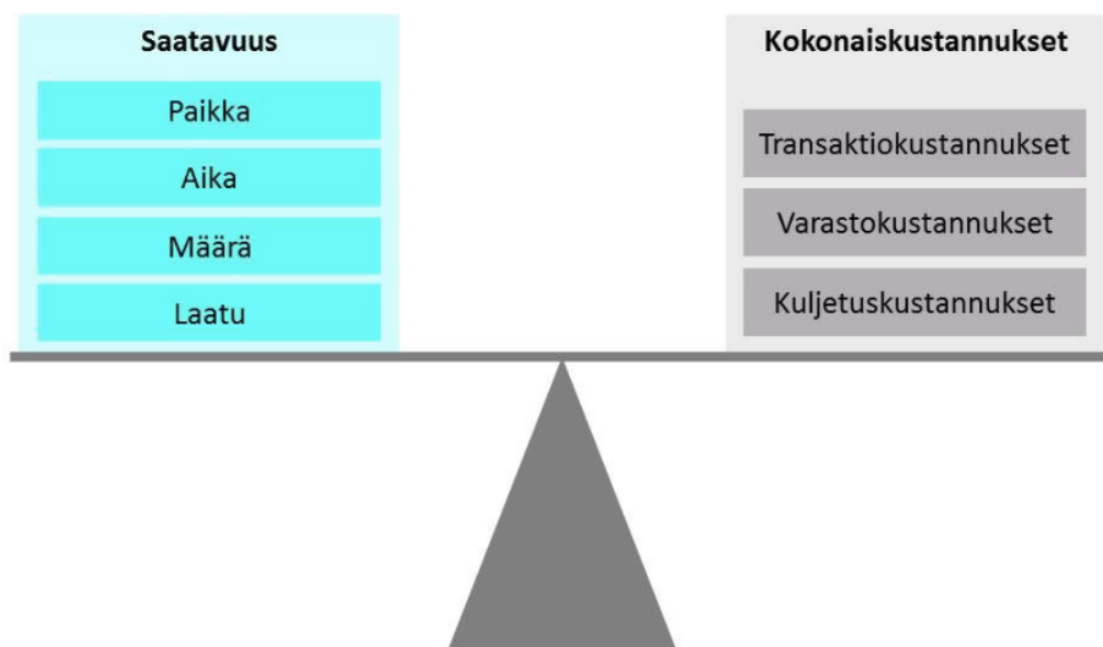
Kuljettimen jatkuva pysähtely tuotannon aikana luo kuljettimen hihnoille ja moottorille ylimääräistä rasitusta. Hihnavalmistajan testien ja tiedon mukaan hihnat kestävät maksimissaan miljoona pysähdystä ja käynnistystä vuodessa.

Tämä tarkoittaa, kun kuljetinta käytetään kuutena päivänä viikossa noin 18 tunnin ajan. Hihnat saavat pysähtyä maksimissaan kolme kertaa minuutissa. Kuitenkin jokainen pysäytys kuluttaa hihnoja ja sähkömoottoria. Ongelman vaikutuksia voidaan minimoida laskemalla kuljettimen nopeutta sekä optimoimalla kuljettimella liikkuvien tuotteiden ajoitusta välttämällä turhat pysähdykset. Kun kuljetinelementillä ilmenee vikatilanne, se pysähtyy. Jos näin ei tapahdu ja kuljettimella on painavia tuotteita, alkavat hihnat luistamaan neljän sekunnin tyhjää pyörimisen jälkeen. Tämä on erittäin kuluttavaa hihnoille sekä moottorille. Tämän tilanteen syntyminen on estetty antureilla, mutta joskus anturikin voi antaa väärää dataa järjestelmälle tai hihnalla voi olla este, jota anturi ei osaa huomioda ja tilanteesta voi tulla mahdollinen. (Durabelt, 2019.)

Muita mahdollisia aiheuttajia hihnojen ennenaikaiselle rikkoutumiselle on hihnojen hankautuminen kuljetettaviin tuotteisiin, sormisuojaan tai muuhun hihnalla kulkevaan. Hihnat voivat luistaa, tai ylikuumentua kitkan takia. Myös inhimilliset virheet ja ympäristön vaikutukset on huomioitava. (Durabelt, 2019.)

2.9 Materiaaliohjaus osana tuotannonohjausta

Materiaaliohjaus on yksi tuotannonohjauksen peruspilareista yhdessä kapasiteetiohjauksen kanssa. Lisäksi se liittyy tiiviisti varastojen hallintaan ja ohjaimiseen. Materiaaliohjauksen tehtävänä on varmistaa, että asiakkaalla, tuotantolla ja toimitusketjun eri osapuolilla on käytettävissään tarvittavat materiaalit oikeaan aikaan, oikeassa paikassa, oikeassa määrässä, halutulla laadulla ja kustannustehokkaasti. Sen tavoitteena on löytää tasapaino materiaalien saatavuuden ja kustannusten välillä (kuva 19). Materiaaliohjauksen kustannukset koostuvat transaktiokustannuksista, kuten ostotilausten tekemisestä ja saapuvan materiaalin laadunvalvonnasta, sekä varastointi- ja kuljetuskuluista. (Logistiikanmaailma 2024.)



Kuva 19. Materiaaliohjauksen tasapainotus (Logistiikanmaailma 2024)

2.9.1 Materiaalivirta Inexillä

Materiaalivirta alkaa siitä, kun rekka ohjataan oikealle lastauslaiturille Inexillä. Rekka tuo tuotteet lastauslaiturille, minkä jälkeen vastaanottotyöntekijä ottaa tuotteet vastaan ja syöttää ne automaatioon. Tästä eteenpäin automaatio liikuttaa ja ohjaa tuotteita. Automaatio-operaattorit valvovat ja avustavat tuotteiden

kulkua eri työalueilla sekä ratkaisevat alueella syntyviä automaation vikatilanteita. Vastaanotosta sisään syötetyt lavat siirtyvät korkeavarastoon (HBW) odottamaan. Kun tuotteita tarvitaan, automaatio siirtää tuotteet defoil-työasemalle. Tässä työvaiheessa tuote valmistellaan automaation seuraavaan vaiheeseen, joka ei ole automatisoitu. Automaatio-operaattori leikkaa lavasta kelmun pois ja varmistaa että tuote ja lava ovat valmiita automaation seuraavaan vaiheeseen, eli depalletizer asemalle. Tässä työvaiheessa lava puretaan kerroksittain yksittäisiksi kolleiksi eli myyntieriksi. Yksittäiset kollit kulkeutuvat tämän jälkeen arc-kuljettimia pitkin toimintapisteelle, jossa kolli liitetään tarjottimelle. Tämän jälkeen tarjotin kulkeutuu tarjotinvarastoon (kuva 20) odottamaan. Kun tarjottimella olevalle tuotteelle on tilaus, siirtyy se tarjotinvarastosta välivarastoon eli bufferiin. Siellä se odottaa omaa vuoroaan siirtyäkseen com-asemalle, jossa se pakataan automaattisesti kauppaan menevään tilaukseen. Kun com-työvaihe on ohi, lava tai rullakko siirtyy kuljettimia pitkin kelmutukseen, jonka jälkeen lava tai rullakko siirtyy lähettämöön odottamaan lastausta. Tämä on karkea kuvaus materiaalivirrasta Inexillä.



Kuva 20. Tarjotin varasto (TWH) (Inex 2016)

2.10 Luotettavuustekniikka

Luotettavuus tarkoittaa koneen tai järjestelmän kykyä suorittaa tehtävänsä häiriöttä. Laitteiden valmistajien tulisi pitkällä aikavälillä suunnitella toimintansa niin, että ne tuottavat käyttäjän kannalta kustannustehokkaimpia tuotteita. Luotettavuuden taloudelliset vaikutukset voidaan arvioida parhaiten elinkaarikustannusanalyysin (Life Cycle Costs) avulla. LCC-analyysi ottaa huomioon kokonaiskustannukset, kuten vikojen aiheuttamat korjaus- ja tuotannonmenetykset. Elinkaarikustannusanalyysiä voidaan hyödyntää myös yksittäisten komponenttien valinnassa. (Opetushallitus 2023; Hänninen & Lokka 1994.)

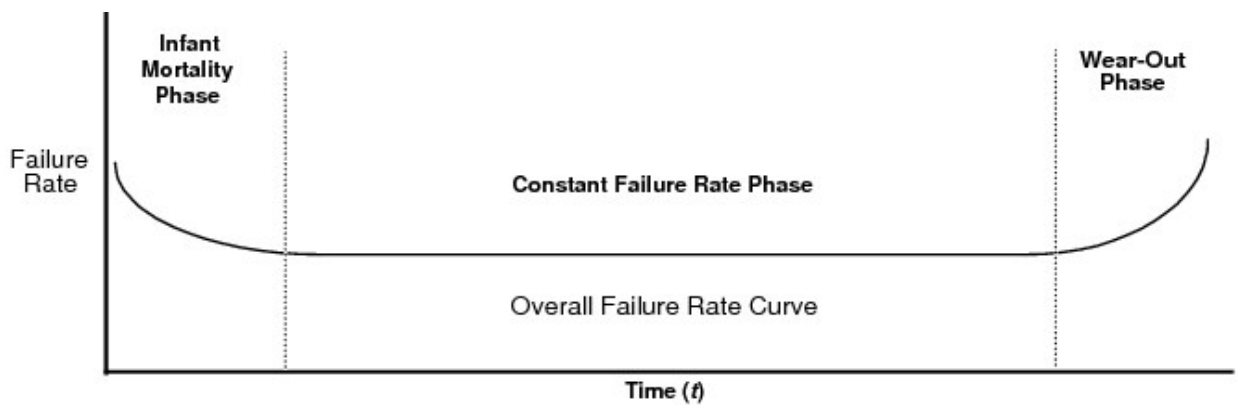
Elinkaarikustannuksiin sisältyvät:

- pääomakustannukset
- asennus
- käyttöönotto
- ohjelmointi
- koulutus
- testaus ja hyväksyntä
- jatkuvat käyttökustannukset (työvoima, energia jne.)
- huolto ja korjaukset
- jälleenkäyttöarvo ja lopullinen hävittäminen.

Kaikille laitteille tulee laatia ennaltaehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon suunnitelma, ja arvioidut, huolto- sekä varaosakustannukset on sisällytettävä taloudelliseen analyysiin. Lisäksi on hyvä laatia pitkän aikavälin suunnitelma laitteiston korvaamiseksi sen vanhentuessa. Vaikka mitattavat kustannukset ovat keskeisiä valintakriteerejä, on huomioitava myös strategiset tekijät, jotka tukevat organisaation kilpailukykyä markkinoilla, ja pyrittävä määrittämään niiden arvo mahdollisuuksien mukaan. (Kutz, 2015, s. 519.)

2.11 Vikataajuus ajan funktiona

Kylpyammekäyrä (Kuva 22) on kuvaaja, joka esittää vikatiheyden ajan suhteen ja havainnollistaa kohteen vikatiheyden kehitystä sen elinkaaren aikana. Komponenteilla, kuten ihmisillä, on elinajanodote. Komponenttien kohdalla palveluikä tai suunniteltu käyttöikä kuvaavat paremmin sitä, kuinka pitkään komponentin on suunniteltu kestävän. Komponentin käyttöiän aikana vikatiheyksiä verrataan kolmeen erilliseen vaiheeseen. Kylpyammekäyrä syntyy, kun näiden kolmen vaiheen vikatiheyskäyrät yhdistetään. (PTC 2019.)

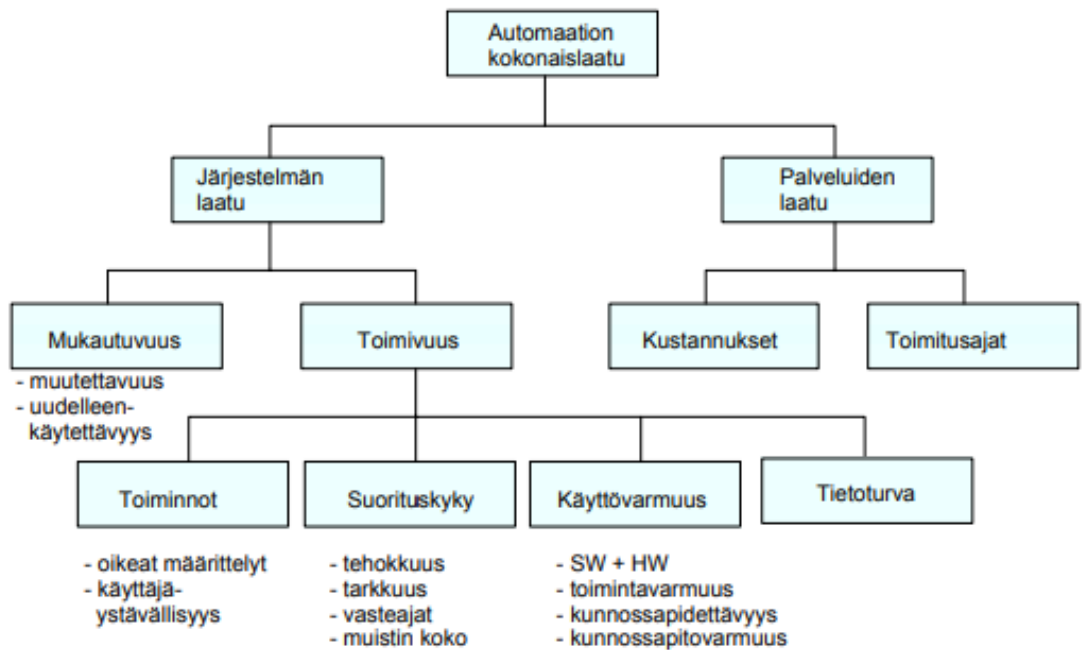


Kuva 22. Kylpyammekäyrä (PTC 2019.)

2.12 Automaation laadun osatekijöitä

Laatu tarkoittaa tuotteen tai palvelun kykyä täyttää asiakkaan tarpeet, olivatpa ne suoraan ilmaistuja tai epäsuoria. Osa laatuvaatimuksista on välttämättömiä, ja niiden puuttuminen johtaa asiakkaan tyytymättömyyteen. Toisia tarpeita asiakas ei osaa määrittellä etukäteen, mutta niiden täytyminen parantaa kokemusta myöhemmin. Laadun määrittämisessä on tärkeää löytää tasapaino, sillä liian matala tai liian korkea laatu voi tuottaa ylimääräisiä kustannuksia. (Automaatioseura.)

Seuraavassa kuvassa (kuva 23) esitetään osatekijät, jotka muodostavat automaation kokonaislaadun. Automaation kokonaislaatu jakautuu järjestelmän laadullisiin osiin sekä palveluiden laadullisiin osiin. Automaation kokonaislaatu käsittää myös toimintavarmuuden ja kunnossapitovarmuuden.



Kuva 23. Automaation laadun osatekijöitä (Automaatioseura.)

3 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät

Tässä opinnäytetyössä käytetään tutkimusmenetelminä kvantitatiivisia sekä kvalitatiivisia menetelmiä. Työn teoreettiseen viitekehykseen kerätään tietoa alan kirjallisuudesta, sekä elektronisista lähteistä ja artikkeleista.

Tiedonhankinnassa käytetään raportteja Inex Partnersin tuotannosta sekä työntekijöiltä. Opinnäytetyö tehdään noudattaen insinöörimäistä ajattelutapaa ja ongelmanratkaisua. Tiedonhankinnan tukena keskustellaan työntekijöiden kanssa, jotta saadaan ajantasainen yleiskuva tilanteesta tuotannossa. Opinnäytetyö on toiminnallinen kehitysprojekti, jonka tarkoituksena on auttaa toimeksiantajaa ymmärtämään ongelman juurisyitä sekä auttaa parantamaan toimintamalleja liityen kuljettimen hihnojen vikatilanteisiin.

4 Kehitys ja vikatietojen kerääminen sekä tarkastelu

Tässä vaiheessa opinnäytetyötä tarkastellaan kerättyä dataa tuotannosta ja selvitetään ARC-hihnojen vikatilanteiden määrää sekä laatua tietyllä aikavälillä. Raporteista selviävistä tiedoista saadaan tärkeää tietoa ongelman laajuudesta sekä vaikutuksesta päivittäiseen tuotantoon, kerätyillä tiedoilla voidaan miettiä ratkaisuja tai parannusehdotuksia ongelmaan.

4.1 ARC-viat viikon tarkastelujaksolla

Huoltokutsujen määrä liittyen ARC - hinnan katkeamiseen: 7

Huoltojen keskimääräinen kesto: noin 30-45 minuuttia / vika

Kerätyt tiedot järjestelmästä viikon seurantajaksoilta, jossa selvisi karkeasti rikkoutuneiden hihnojen määrä viikossa. Viikon aikana rikkoutuu keskimäärin 6–10 ARC-hihnaa. Huippusesonkiaikana eli kesäkaudella järjestelmän käyttöaste on korkeimmillaan ja hihnoja rikkoutuu useammin kuin muina aikoina. Viikon seurantajakson dataa ei voida pitää täysin totuudenmukaisena jokaiselle viikolle, sillä hinnat eri puolella aluetta kuluvat eritavoin.

4.2 Kriittisten alueiden kartoitus tuotannossa

Tässä osiossa selvitetään, onko osa automaation alueista kriittisiä ajatellen hihnojen rikkoutumista. Kriittinen alue voi tarkoittaa vaikeaa hinnanvaihtoa tai isoa aluetta tuotannosta pysäyttävää kohtaa sekä myös usein toistuvaa hihnarikkoo samalla osalla automaatiota/kuljetinta.

Kriittisiä alueita ovat sellaiset alueet, joista hinnan vaihtaminen vie enemmän aikaa tai on vaikeasti vaihdettavissa (ahdas väli tai korkealla oleva hihna). Kriittisiä elementtejä ovat myös sellaiset elementit, jotka pysähtyessään vaikuttavat moneen laitteeseen pysäyttävästi (tyhjiin tarjottimien kuljettimet, tic-kuljettimet, tai suojarahkkien sisällä olevat kuljettimet).

Tuotannonkannalta kriittisiä alueita ovat myös sellaiset kohdat kuljettimilla, joissa hihnojen rasitus on korkealla ja hihnoja rikkoutuu muita elementtejä

tiheämmin. Korkeampi rasitus hihnoille syntyy tic-kuljettimen hihnoille sillä tic-kuljettimet kuljettavat enemmän tarjottimia kerralla, eli painoa ja rasitusta hihnoille on enemmän. Tic-kuljettimet voivat kuljettaa 12 pientä tarjotinta tai kuutta isoa tarjotinta. Korkeampi rasitus syntyy myös kuljettimien osille mutkissa, sillä hinnat hankaavat mutkissa helpommin toisiinsa tai hyppäävät asennusuraltaan pois.

Visuaalisella hinnatarkastuskierroksella huomasi monia hihnoja mutkissa, jotka ovat hankautuneet toista hihnaa vasten mutkassa. Mutkat ovat myös alttiita hihnojen luistamiselle, koska hihat eivät välitä mutkassa lineaarisesti sähkömoottorilta tulevaa voimaa. Tämä puolestaan voi johtaa hihnojen luistamiseen ja ylimääräiseen rasitukseen. Kuljettimien mutkat ovat alttiita myös kuljetinrullien jäätymiselle pakkasvarastoalueella, ongelma on yleinen tuotantoa käynnistettäessä tuotantokatkoksen jälkeen tai vuoronvaihdon yhteydessä. Suuri osa hihnojen rikkoutumisista tapahtuu kriittisellä kuljettimen elementillä, mikä nostaa ongelman taloudellista vaikutusta. Ennakoivaa kunnossapitoa sekä visuaalisia tarkastuksia tuotannon kannalta kriittisille elementeille olisi tärkeää lisätä pakastevaraston alueella.

4.3 ARC-ihnojen vikojen taloudellinen vaikutus

Tarkoituksena on määrittää vialle mahdollisimman tarkasti hinta, jotta saadaan tietoa ongelman laajemmista vaikutuksista ja voidaan paremmin kartoittaa ongelmaan ratkaisuvaihtoehtoja. Taulukkoon (taulukko 1.) on kuvattu ARC-kuljettimien hihnojen huoltojen arvioitu vuosikustannus.

ARC-kuljettimien hihnojen huoltojen arvioitu vuosikustannus	Kunnossapito
Vikojen määrä / vuosi	364
Korjausaika / vika	0,75
Huollon tuntiveloitus	€ 60
Varaosakustannus per vika	€ 20
Kunnossapitokustannukset yhteensä / vuosi	€ 23 660

Taulukko 1. ARC-kuljettimien hihnojen huoltojen arvioitu vuosikustannus.

Taloudellisia kuluja ongelman takia ovat: hihnojen korjaamisen kulut, hihnan hankinnan kulut, hihnarikoista johtuvat tuotannon menetykset ja ylityöllä paittu tuotannon menetys tuotantoaikataulussa pysymiseksi. Nämä kaikki kulut huomioiden saadaan kokonaiskäsitys ongelman taloudellisista vaikutuksista toimeksiantajalle.

Aikaisemmin arvioitu keskimääräinen hihnojen rikkoutumismäärä viikossa on noin 6–10 hihnaa. Hihnan taloudellinen vaikutus on selkeästi suurempi, kun hihna rikkoutuu kriittiseltä elementiltä automaatiassa. Taulukkoon (Taulukko 2.) on kuvattu vioista johtuvat tuotannonmenetykset sekä tuotannonmenetyksistä johtuvat euromääräiset arvot.

Viasta johtuvan tuotannonmenetyksen kustannuksen arvio	Kollimäärä / arvo
Tuotannon läpimeno vuorokaudessa	70000
depalletizer menetys	500
depalletizer kriittisen vian menetys	1000
COM vianmenetys	250
COM kriittisen vian menetys	1000
Kriittisen vian menetys päivässä	333
Yhden kollin arvo	0,10 €
Vianmenetys päivässä	1083
Vianmenetys vuodessa kollia	338000
Vianmenetyksen arvo päivässä	108 €
Vianmenetyksen arvo vuodessa	33 800 €
Hinta ylityötuotannolle ARC- hihnojen vioista johtuen vuodessa	50 700 €
Vianmenetys ja ylityötuotanto vuodessa	84 500 €
Arvioidut kunnossapitokustannukset + tuotantomenetykset	108 160 €

Taulukko 2. Viasta johtuvan tuotannonmenetyksen kustannuksen arvio.

Arvion kokonaissumma muodostuu kunnossapitokustannuksista, tuotantomenetyksestä sekä tehdyistä ylityötunneista. Laskelman selkeyttämiseksi käytetään huollon tuntihintana 60 €, tämä on arvio eikä todellisuutta vastaava hinta. Samalla tavalla on arvioitu työntekijän palkkakuluksi 30 € tunnilta määrittäessä laskelmassa kollien arvoa.

4.4 Visuaalinen tarkastus

Visuaalisella tarkastuskierroksella tuotannossa huomasi nopeasti monia viallisesti asennettuja tai vikaantuneita hihnoja, erityisesti COM-alueella sekä depalletizer alueella pakkasessa. Hihnoista pystyi nopeasti erottamaan paljon kuluneet tai pian rikkoutuvat hihnat. Näihin puuttuminen ennakoivalla kunnossapidolla pienentää riskiä kriittisen vian syntymisestä. Yleensä hihna on visuaalisesti selkeästi kulunut tai muutoin näkyvästi viallinen ennen kuin se rikkoutuu ja aiheuttaa vian.

Visuaalisen tarkastuskierroksen tavoite olisi huomata mahdolliset vioittuvat tai rikkoutuneet hihnat ennen kuin ne aiheuttavat vikatilanteen, jotta vältetään ylimääräiseltä katkokselta tuotannossa. Ideaalitalanne olisi, että visuaalinen tarkastus suoritettaisiin ennen suunniteltua huoltokatkosta tuotannossa ja seuraavalla huoltokatkolla vaihdettaisiin huomatuksi vialliset hihnat ennakoivasti. Toimissaan tämä toimintamalli olisi tehokas poistamaan pidemmät tuotantokatkokset, jotka johtuvat ARC-kuljettimien hihnojen katkeamisesta.

4.5 Hihnojen säilytys ja varastointitavat ennen asennusta

Valmistajan ohjeistuksen mukaisesti ARC-kuljettimen hihnoja tulisi säilyttää kuivassa sekä pimeässä. Kun hihnoja säilytetään oikein, niiden käyttöikä on selvästi pidempi kuin väärin säilytetyillä. Esimerkkinä väärästä säilytystavasta on vaihtelevat ympäristön olosuhteet tai hihnan taittaminen varastoinnin aikana. Pakkasessa asentamaton hihna kovettuu ja kuivuu nopeasti. Kovettunut hihna on huomattavasti heikompi ominaisuuksiltaan kuin oikein säilytetty hihna.

4.6 Varastoalueiden väliset erot

Keskustelujen tarkoituksena on kerätä vertailukelpoista tietoa eri automaatioalueiden välillä. Tieto muilta automaation alueilta erilaisista olosuhteista auttaa ymmärtämään ongelman laajuutta sekä auttaa myös ymmärtämään erilaisten ympäristöolosuhteiden vaikutuksia ARC-kuljettimen hihnoin. Keskustelut ovat tehokas tapa kerätä tietoa ja kokemuksia eri alueiden välillä. Alkutietoina on, että

pakkasvarastolla ongelma korostuu ja ARC-hihnojen rikkoutumista ilmenee muita alueita tiheämmin johtuen kylmästä ja vaativasta käyttöolosuhteesta verrattuna muihin työalueisiin.

Varastoalueiden erot liittyen ARC-hihnojen kulumiseen johtuvat varmasti enemmän olosuhteista kuin toimintatapa eroista eri alueiden välillä. Toimintatavat automaatiossa ovat alueesta riippumatta samanlaiset vikatilanteiden ratkaisemisen suhteen. Hihnojen rikkoutumismäärät ja niiden erot johtuvat monista syistä, esimerkiksi hihnojen määrät ovat erilaisia varastoalueiden välillä. Tämä selittää osittain, miksi pakkasessa sekä kuivalla varastoalueella hajoaa eniten ARC-kuljettimen hihnoja. Pakkasessa hihnoja on vähemmän kuin kuivalla, mutta hihnat ovat kovemmassa rasituksessa olosuhteista johtuen. Kuivalla taas hihnoja on huomattavasti enemmän isomman alueen ja kuljetinmäärän johdosta, mikä puolestaan lisää hihnojen määrää ja kasvattaa rikkoutuvien hihnojen määrää.

Varastoalueiden lämpötilat sekä olosuhteet:

Kuivat tuote: +20 °C. normaali ympäristö.

Tuoretuote: +13/+8/+4/+2 °C, kostea sekä happirikas ilma.

Jalostettu: +4°C/+2 °C, kostea, happirikas ilma.

Pakaste: -26°C, kuivattu pakkasilma.

Alueiden väliset lämpötilaerot sekä muut vaikutukset ilmastoon vaikuttavat ARC-hihnojen kuntoon ja kulumiseen. Optimaalisin ilmasto hihnojen toiminnan kannalta on tuoretuote varastolla, sillä siellä ilma on kostea ja happirikas. Hihnat eivät pääse kuivumaan ja säilyttävät kimmoisuuden ja joustavuuden pitkään, mikä auttaa hihnoja kestämaan rasitusta paremmin. Jaloste ja tuoretuote varastoilla ARC-hihnarikkoja tapahtuu vähemmän kuin pakasteessa ja kuivavarastolla. Ongelmaa esiintyy väistämättä jokaisella varaston alueella. ARC-kuljettimen hihnojen rikkoutumista ei voida täysin estää, koska hihnat kuluvat missä tahansa ympäristössä ja ne ovat kuluvia komponentteja. Keskustelujen perusteella toimeksiantajalla ei ole ollut käytössä hihnojen visuaalista tarkastamista ainakaan systemaattisesti. Vikojen huoltoajat ja menetelmät ovat alueesta riippumatta samankaltaisia. Myös jokaisella alueella esiintyy kriittisiä alueita.

5 Opinnäytetyön tulokset

Keskimäärin 6–10 ARC-hihnaa rikkoutuu viikossa, ja jokainen huoltotoimenpide kestää noin 30–45 minuuttia. Kesäkaudella, jolloin järjestelmän käyttöaste on korkeimmillaan, hihnojen rikkoutuminen on yleisempää. Kriittisillä alueilla hihnan rikkoutuminen aiheuttaa erityisen merkittäviä häiriöitä tuotannolle. Kriittisiksi alueiksi voidaan tunnistaa esimerkiksi kohdat, joissa tilan ahtaus tai hihnan korkea asennus vaikeuttavat huoltotyötä. Pakastevarastossa hihnojen kulumista ja rikkoutumista lisäävät mutkat, joissa hihnat hankaavat toisiaan vasten herkemmin kuin suorilla kuljettimen elementeillä.

Hihnojen rikkoutuminen aiheuttaa taloudellisia vaikutuksia. Suoria kustannuksia syntyy varaosien hankinnasta ja korjaustoimenpiteistä, kun taas epäsuoria kustannuksia syntyy tuotannon keskeytymisistä ja ylitöistä, joilla pyritään paikkaamaan menetettyä tuotantoa.

Visuaalisen tarkastuksen yhteydessä havaittiin useita kuluneita tai virheellisesti asennettuja hihnoja. Ennakoivalla huollolla voitaisiin merkittävästi vähentää tuotannon keskeytyksiä vaihtamalla kuluneet hihnat ennen niiden rikkoutumista suunniteltujen tuotantokatkojen aikana.

Hihnojen oikeaoppinen säilytys vaikuttaa merkittävästi niiden käyttöikänsä. Valmistajan ohjeistuksen mukaan hihnoja tulisi säilyttää kuivassa ja pimeässä, sillä väärin säilytetty hihna, kuten pakkasessa kovettunut tai taitettu hihna, menettää ominaisuutensa nopeammin ja rikkoutuu helpommin kuin ohjeiden mukaisesti säilytetty.

Hihnarikkojen välttämiseksi kuljettimien toimintaa tulisi seurata ja säätää siten, että kuljetin pysähtelisi tuotteita tai tarjottimia kuljettaessa mahdollisimman vähän. Ylimääräiset pysähdykset tai jarrutukset kuljettimella rasittavat hihnoja sekä kuljettimen moottoria turhaan.

Pakastevarastossa hihnat altistuvat erityisen kovalle rasitukselle kylmyyden ja vaativien olosuhteiden vuoksi. Sen sijaan tuoretuotevarasto tarjoaa

optimaalisemmat olosuhteet hihnojen kestävyyskannalta, sillä kostea ja happirikas ilma auttaa säilyttämään hihnojen kimmoisuutta.

Kaikilla varastoalueilla on kriittisiä alueita ARC-kuljettimien kannalta. Yleisesti ottaen ARC-kihnojen vikatilanteiden seuranta, kriittisten alueiden tunnistaminen ja ennakoivan huollon lisääminen voisivat vähentää tuotannon keskeytyksiä ja taloudellisia menetyksiä jatkossa.

COM-työalueella pakkasessa on paljon mahdollisia kriittisiä alueita ARC-kihnan katkeamiselle. Alueella hihnarikot ovat myös yleisiä suuren kuljetin määrän myötä.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää vastauksia toimeksiantajan ongelmatilanteeseen. ARC-kuljettimen vikatilanteet liittyen kuljettimen hihnoiniin on ongelma, joka on kaivannut parannusideoita ja ratkaisuja pakkasvarastolla pitkään. Opinnäytetyöstä tekee merkittävän vikatilanteen yleisyys ja aiheuttamat vaikutukset päivittäiseen tuotantoon sekä huoltoon.

Opinnäytetyö prosessi aloitettiin kartoittamalla tutkimuskysymykset ja opinnäytetyösuunnitelma sekä pidettiin työn aloituspalaveri, johon osallistui minun lisäksi toimeksiantajan edustaja sekä Karelia-ammattikorkeakoulun ohjaaja. Aloituspalaverissa keskusteltiin ongelman laajuudesta sekä rajauksesta ja mahdollisista toimeksiantajan toiveista opinnäytetyölle.

Opinnäytetyön kulku ja edistyminen on ollut ajoittain hieman hitaampaa kuin aluksi ajattelin, johtuen työmäärästä sekä varaston koosta. Työmäärä oli laajempi ja hitaampi käsitellä kuin ajattelin. Dataa sekä tietoa on laajasti saatavilla erilaisissa muodoissa toimeksiantajalla, mutta se on hidasta ja työlästä käsitellä ja kerätä ymmärrettävään muotoon. Järjestelmästä kerätyn tiedon, kuten vikatietojen määrä on valtava.

Toimeksiantajan ongelma ja sen ratkaisu ja kehityskohteiden tutkiminen on ollut parasta työssä. Olen saanut haastaa tietoani ja koulutuksen aikana oppimaani paljon, sekä myös oppinut uutta opinnäytetyön edetessä kohti loppua. On ollut myös hienoa huomata, että toimeksiantajalla työskentelee paljon motivoituneita sekä ratkaisukeskeisiä logistiikan sekä automaation ammattilaisia, jotka kehittävät ja parantavat toimintaa yhdessä päivittäin.

Työn tuloksiin olen tyytyväinen ja koen, että niistä on todellista hyötyä myös toimeksiantajalle. Työtä on ollut mielenkiintoista sekä palkitsevaa tehdä. Voisin myös ajatella haluavani tehdä samankaltaista kehitystyötä tulevaisuudessa työkseni, osana kehitystiimiä. Lopuksi haluan kiittää toimeksiantaja yritystä Inex Partners oy:tä sekä Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyön ohjaajaa.

6.1 Parannusehdotukset toimeksiantajalle

Kuljettimen elementtien tarrojen uudelleen asennus, tämä nopeuttaa korjaustyötä, kun huoltajalla ei mene niin kauan etsiä viallista hihnaa kuljettimelta. Elementtitarroja puuttuu monista kuljetin elementeistä kokonaan mikä hidastaa huollon kutsumista oikeaan paikkaan.

Visuaalinen tarkastus säännöllisin väliajoin kriittisillä alueilla ja elementeillä. Kun huomataan poikkeamia, aloitetaan huolto ennakoivasti. Ennakoimalla huoltoja kriittisillä elementeillä vältetään kriittiseltä vialta, joka pysäyttää suuren osan automaatiosta. Ennakoivan kunnossapidon tärkeys korostuu huippusesongin aikana, kun tuotanto on kiireisin eikä pidempiin keskeytyksiin ole varauduttu.

Vioittuneiden kuljetinrullien vaihtaminen, jos havaitaan epätasaisuutta tai kuljetinrulla ei pyöri vapaasti ilman ääntämistä. Kun kuljetin ääntää kuljetinrullien laakerit saattavat olla vioittuneet, joka aiheuttaa kitkaa ARC-hihnalle. Hihnojen asentaminen oikealla tavalla auttaisi pidentämään nykyisen hihnan kestävyyttä ja vähentämään rikkoutumisia.

Hihnojen valmistajan ohjeiden mukainen säilöminen ennen asennusta sekä asennus valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tähän liittyen hihnojen sekä kuljettimen muiden elementtien puhtaanapito auttaisi välttämään hihnojen suistumisen asennusuralta.

Kuljettimen rytmitys siten että kuljetin pysähtyy mahdollisimman harvoin tuotannon ollessa päällä. Työn aikana seuratessa kuljettimien toimintaa huomasin, että jotkut tuotteet pysäyttävät kuljettimen tietyillä elementeillä liian usein, joka rasittaa hihnoja sekä myös kuljettimen sähkömoottoria.

Yhtenä parannus ehdotuksena toimeksiantajalle on kokeilla uutta ARC-hihnaa pakkasvarastolla, uusi hihna kestää käyttöolosuhteessa mahdollisesti paremmin kuin nykyinen käytössä oleva hihna. Uutta hihnaa pitäisi testata pilottina ja seurata hihnan kestoa ennen mahdollista investointia.

Lähteet

- Automaatioseura. 2012. LAATU AUTOMAATIOSSA Parhaat käytännöt
 Saatavissa: <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiossa.pdf> 5.12.2024
- Conveyco. 2018. The Supply Chain Pro's Guide to Warehouse Automation
 Saatavissa: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2623156/Ebook_Guide%20to%20Warehouse%20Automation_Final.pdf?_hstc=&_hssc= 28.11.2024
- Conveyxonic. 2024. The revolution in roller conveyors.
 Saatavissa: <https://www.hutchinsontransmission.com/products-solutions/industry/conveyxonic> 25.11.2024
- Durabelt. 2019. ConveyXonic Poly-V Conveyor Belts. Verkkosivu
 Saatavilla: <https://www.durabelt.com/faq.php#FAQ36> 17.12.2024
- Finder. 2024. Inex Partners Oy taloustiedot.
 Saatavissa: <https://www.finder.fi/Tukkuliike/Inex+Partners+Oy/Kerava/yhteystiedot/139534> 25.11.2024
- Gramconveyor. 2024. Necessary Cold Resistant Conveyor Belt
 Saatavissa: https://www.gramconveyor.com/fi/cold-resistant-conveyor-belt/#Types_of_Cold_Resistant_Conveyor_Belts 5.12.2024
- Instagram. 2021. inexpartners. <https://www.instagram.com/p/COko81iCagQ/>
 28.11.2024
- Kutz, M. 2015. Mechanical Engineers' Handbook, Manufacturing and Management. Sivu 519. 10.12.2024
- Logistiikanmaailma. 2024. Materiaalinohjaus
 Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/materiaalinohjaus/> 8.11.2024
- Lokka, M. & Hänninen, H. 1994. Elinjaksokustannus- ja elinkaarianalyysi ja niiden soveltaminen materiaalinvalinnassa. Saatavissa:
<https://urly.fi/3HZ6> 14.11.2024
- Opetushallitus. 2023a. Kunnossapito menestystekijä. Sähkötekniikka. Automaatiojärjestelmä. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html
 14.11.2024

Opetushallitus. 2023b. Kunnossapito menestystekijä. Sähkötekniikka. Logiikkaohjausjärjestelmä

Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahko-tekniikka_a3_logiikkaohjausjarjestelma.html 14.11.2024

Opetushallitus. 2023c. Kunnossapito menestystekijä. Perusteet. Vikojen analysointi. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html 13.11.2024

PTC. 2024. Kylpyammekäyrä

Saatavilla: https://support.ptc.com/help/wrr/r12.0.2.0/en/index.html#page/wrr/ReferenceGuide/prediction/the_bath-tub_curve.html 10.12.2024

SFS-EN 13306:2017:en 12.12.2017 Maintenance. Maintenance terminology
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. 9.12.2024

Tyma. 2024a. Belts and transmission systems. Verkkosivu

Saatavilla: <https://www.tyma.eu/technical-information/belt-efficiency/>

Tyma. 2024b. Technical information, Causes of failure V-belts. Verkkosivu

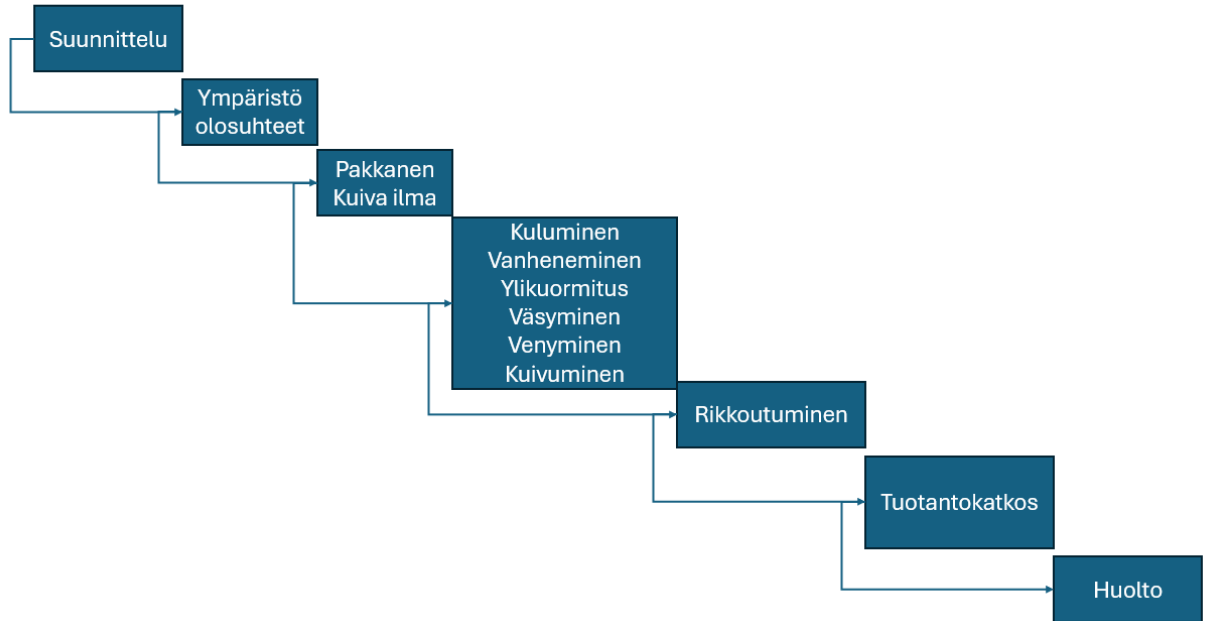
Saatavilla: <https://www.tyma.eu/technical-information/causes-of-failure/v-belts/>

Unitronicsplc. 2024. What is the definition of "PLC"?

Saatavissa: <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/> 4.12.2024

Syysseuraus ketjutus ARC-kuljettimelle

Syysseuraus ketjutus ARC



ARC-hihnojen asennustapa

