

**Risto Parikka, Kimmo K. Mäkelä, Janne Sarsama &
Kimmo Virolainen**

Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen



Hihnakuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen

Risto Parikka & Kimmo K. Mäkelä

VTT Valmistustekniikka

Janne Sarsama & Kimmo Virolainen

VTT Automaatio



ISBN 951-38-5677-1 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5683-6 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2000

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Valmistustekniikka, Käyttötekniikka, Kemistintie 3, PL 1704, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 7002, (09) 456 7010, (09) 456 5875

VTT Tillverkningssteknik, Driftsäkerhet, Kemistvägen 3, PB 1704, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 7002, (09) 456 7010, (09) 456 5875

VTT Manufacturing Technology, Operational Reliability,
Kemistintie 3, P.O.Box 1704, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 7002, + 358 9 456 7010, + 358 9 456 5875

VTT Automaatio, Riskienhallinta, Tekniikankatu 1, PL 1306, 33101 TAMPERE
puh. vaihde (03) 316 3111, faksi (03) 316 3282, (03) 316 3499, (03) 316 3493

VTT Automation, Riskhantering, Tekniikankatu 1, PB 1306, 33101 TAMMERFORS
tel. växel (03) 316 3111, fax (03) 316 3282, (03) 316 3499, (03) 316 3493

VTT Automation, Risk Management, Tekniikankatu 1, P.O.Box 1306, FIN-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. + 358 3 316 3111, fax + 358 3 316 3282, + 358 3 316 3499, + 358 3 316 3493

Julkaistu työsuojelurahaston tuella

Toimitus Kerttu Tirronen

Otamedia Oy, Espoo 2000

Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo. Hihnakuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen [Improvement of the safety and reliability of the use of belt conveyors]. Espoo 2000. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 2036. 77 s. + liitt. 24 s.

Avainsanat belt conveyors, safety, materials handling equipment, utilization, reliability, accident prevention, failure, occupational safety, maintenance

Tiivistelmä

Hihnakuljettimien määrä teollisuudessa on kasvanut jatkuvasti materiaalsiirtojen automatisoituessa. Hihnakuljettimien turvallisuus tiedetään yleisesti ongelmalliseksi, sillä Suomen teollisuuden hihnakuljettimilla sattuu vuosittain satoja tapaturmia ja jopa kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Uhkaavia vaaratilanteita oletetaan syntyvän tuhansia, ja vaaratilanteet ja tapaturmat liittyvät usein kuljettimen toimintahäiriöihin tai ruuhkan purkuun. Onnettomuuden uhriksi joutunut työntekijä on ollut useimmiten korjaamassa kuljettimella tapahtunutta häiriötä tai tekemässä puhdistusta tai siivousta. Käyttöhäiriöiden ja turvallisuuden välillä nähdään selvä yhteys.

Tämä julkaisu pohjautuu tutkimushankkeeseen, jonka tavoitteena oli parantaa hihnakuljettimien turvallisuutta kehittämällä kuljettimien häiriönhallintaa, kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa. Tutkimusmenetelminä olivat tarkistuslistoihin perustuvat turvallisuusanalyysit sekä käyttövarmuusanalyysit, joita varten VTT Valmistustekniikka kehitti analysointityökalun. Tutkimuksen pohjatieto perustui suurelta osin kuljettimien käyttäjien ja suunnittelijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin ja projektiin osallistuneilta yrityksiltä saatuun materiaaliin.

Tässä julkaisussa esitetään eri menetelmillä saatuja tuloksia ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä. Turvallisuusanalyseissa tehtyjen havaintojen pohjalta käsitellään hihnakuljettimien keskeisimpiä vaaratekijöitä sekä esitetään esimerkkejä keinoista, joilla turvallisuus- ja käyttövarmuusongelmia voitaisiin vähentää. Keskeisiä ovat lisäksi hihnakuljettimen hankinnassa ja suunnittelussa huomioon otettavat näkökohdat sekä niihin liittyvät taloudellisuustarkastelut.

Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen [Improvement of the safety and reliability of the use of belt conveyors]. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 2036. 77 p. + app. 24 p.

Keywords belt conveyors, safety, materials handling equipment, utilization, reliability, accident prevention, failure, occupational safety, maintenance

Abstract

As material transfer technologies become automatic, the industrial use of belt conveyors continues to increase. The safe use of belt conveyors is generally considered problematic; there are hundreds of accidents caused by industrial use of belt conveyors every year in Finland alone. The amount of hazardous occurrences is considered to be in the thousands. Accidents resulting in deaths also occur yearly. Most accidents are related to conveyor malfunctions and resolving jam-up situations. In most cases, the injured employee has been sorting out a conveyor blockage or performing clean-up and maintenance work. There is a clear correlation between malfunctions and operational safety.

This publication is a part of a research project designed to improve belt conveyor safety by developing conveyor malfunction control, maintenance and condition monitoring. The research methods used were checklist-based safety analyses and reliability analyses. To utilize these methods, VTT Manufacturing Technology developed a specific analysing tool as a part of the project. The background material used in the research was based largely on discussions with belt conveyor users and designers and material provided by companies involved in the project.

This publication introduces the results of different research methods and subsequent conclusions. Observations from the safety analyses are used to discuss the central hazard factors in belt conveyors and present examples of ways to eliminate safety and reliability problems. The major factors in acquiring and designing belt conveyors and their economic considerations also play an important role.

Alkusanat

Tämä julkaisu on osa VTT:n, Työsuojelurahaston ja teollisuusyritysten toteuttamaa projektia "Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen", joka toteutettiin vuosina 1998–2000. Projektiin osallistuivat VTT Valmistustekniikka, VTT Automaatio, Oy Metsä-Botnia Ab, Rautaruukki Oyj, Roxon Oy, Oy Svedala Ab ja UPM-Kymmene Oyj. Tutkimuksen rahoittivat Työsuojelurahasto, projektiin osallistuneet yritykset ja VTT.

Projektiryhmän muodostivat tutkija Risto Parikka ja erikoistutkija Kimmo K. Mäkelä VTT Valmistustekniikasta sekä tutkija Janne Sarsama ja tutkimusinsinööri Kimmo Virolainen VTT Automaatiosta. VTT Automaatio vastasi hihnakuuljettimilla sattuneiden tapaturmien analysoinnista ja kuljetinjärjestelmien turvallisuusanalyysistä, joihin tämän julkaisun luvut 4 ja 5 perustuvat. VTT Valmistustekniikka vastasi luvussa 6 esitettyjen käyttövarmuusanalyysien suorittamisesta sekä julkaisun koostamisesta. Projektin johtoryhmän jäseninä toimivat Peter Rehnström Työsuojelurahastosta, Heikki Halme Roxon Oy:stä, Esko Kurvinen Rautaruukki Oyj:stä, Markku Kylmälä Metsä-Botnia Oy:stä, Jouko K. Leinonen UPM-Kymmene Oyj:stä, Timo Suutarla Oy Svedala Ab:sta ja Helena Ronkainen VTT Valmistustekniikasta. Tutkimushankkeen projektipäällikkönä toimi tutkija Risto Parikka.

Tekijät kiittävät projektiin osallistuneita tahoja aktiivisesta panostuksesta projektin onnistumiseksi. Erityisesti kiitämme johtoryhmän jäseniä sekä tutkimusprofessori Veikko Rouhiaista VTT Automaatiosta ja tutkimusprofessori Kenneth Holmbergia VTT Valmistustekniikasta.

Espoossa 29.5.2000

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	9
2. Hihnakujuettimet.....	10
2.1 Hihnakujuettimen rakenne ja pääosat.....	10
2.1.1 Hihna.....	10
2.1.2 Kannatus- ja palautusrullasto.....	11
2.1.3 Veto- ja taittorummut.....	12
2.1.4 Syöttösuppilo.....	13
2.1.5 Kiristyslaitteisto.....	13
2.1.6 Puhdistuslaitteet.....	14
2.1.7 Suojalaitteet.....	15
2.1.8 Käyttökoneisto.....	16
2.2 Hihnakujuettimien sopivuus eri käyttökohteisiin.....	16
3. Tutkimuksen toteutus ja käytetyt tutkimusmenetelmät.....	17
3.1 Sattuneiden tapaturmien ja käyttöhäiriöiden analysointi.....	17
3.2 Kuljetinjärjestelmien turvallisuusanalyysit.....	18
3.3 Hihnakujuettimien käyttövarmuusongelmien analysointi.....	19
4. Hihnakujuetintapaturmat tapaturmaselostusrekisterin mukaan.....	21
4.1 Yleistä.....	21
4.2 Vahingoittumistapa.....	23
4.3 Ensisijainen syy.....	24
4.4 Työntekijän tekemä työ.....	25
4.5 Inhimillisten tekijöiden vaikutus.....	26
4.6 Teknisten puutteiden vaikutus.....	27
5. Hihnakujuettimiin liittyvät vaaratekijät ja turvallisuuden parantaminen.....	30
5.1 Yleistä.....	30
5.2 Liikkuminen ja työskentely kujuettimen läheisyydessä.....	31
5.2.1 Kulkutiet ja -väylät.....	31
5.2.2 Suojaamattomat ja puutteellisesti suojatut nielut.....	33
5.3 Kujuettimien siivous.....	35
5.3.1 Kujuetettavan materiaalin kariseminen.....	36

5.3.2	Puutteelliset tai huonosti toimivat kaavarit.....	37
5.3.3	Karisteen poistaminen.....	39
5.3.4	Karisteen poiskuljetus.....	40
5.4	Kuljettimien kunnossapito.....	41
5.5	Häiriötilanteet	43
5.5.1	Hihnan sivuun siirtyminen.....	44
5.5.2	Syöttö- ja purkaussuppiloiden tukkeutuminen	45
5.5.3	Kuljetettavan materiaalin luistaminen hihnalla – ruuhkanpoisto	45
5.5.4	Hihnan luistaminen	46
5.5.5	Hätäpysäytyslaitteet	46
6.	Hihnakuuljettimien käyttöhäiriöt ja käyttövarmuuden parantaminen.....	48
6.1	Käyttöhäiriöt tilastojen valossa	48
6.2	Hihnan sivuunsiirtymisen analysointi ja tulokset.....	50
6.3	Hihnakuuljettimen puhtaanapidon ongelmien analysointi ja tulokset.....	57
7.	Hihnakuuljettimien turvallisuutta ja käyttövarmuutta parantavat kunnossapidolliset toimintatavat ja niiden tulevaisuudennäkymät	64
7.1	Hihnakuuljettimien laite- ja komponenttivalmistajat	64
7.2	Hihnakuuljettimia käyttävät yritykset.....	64
7.3	Hihnakuuljettimien huoltoa ja kunnossapitoa helpottavat uudet ratkaisut.....	66
8.	Kuljettimen hankinnassa ja modernisoinnissa huomioon otettavia näkökohtia	68
8.1	Tilaaajan kuuljettimelle asettamat tekniset vaatimukset.....	68
8.2	Kuljettimien sijoittelu ja tilasuunnittelu	69
8.3	Taloudellisuusnäkökohdat.....	71
8.3.1	Yleistä	71
8.3.2	Case-tutkimus: kuljettimen hankinnan ja modernisoinnin takaisinmaksuaikalaskelmat.....	72
8.4	Työturvallisuusmääräykset	73
8.5	Standardit.....	73
9.	Yhteenveto	74

LIITTEET

Liite A: Tapaturmaselostusrekisterin hihnakuuljettintapaturmien tarkastelu.

Liite B: Hihnakuuljettimien turvallisuuden tarkistuslista.

Liite C: Esimerkki kriittisyysanalyysistä TosiPuu-menetelmällä.

Liite D: Teollisuuden Case-kohteet ja niihin liittyvät takaisinmaksuaikalaskelmat.

Liite E: SFS-käsikirjan 29 mukainen luettelo kuuljettimiin liittyvistä standardeista.

1. Johdanto

Hihnakuljettimien määrä teollisuudessa on kasvanut jatkuvasti materiaalsiirtojen automatisoituessa. Hihnakuljetin soveltuu hyvin jauhemaisen ja erikokoisia kiintoainekappaleita sisältävän materiaalin sekä kappaletavaran siirtoon. Uusia hihnakuljettimien sovelluksia, kuten putkihihnakuljetin, kaarrekuljetin ja sandwich-ratkaisut, kehitetään jatkuvasti. Kuitenkin hihnakuljettimien peruseriaatteet ovat pysyneet muuttumattomina, eikä hihnakuljetinta korvaavia tekniikoita ole näköpiirissä.

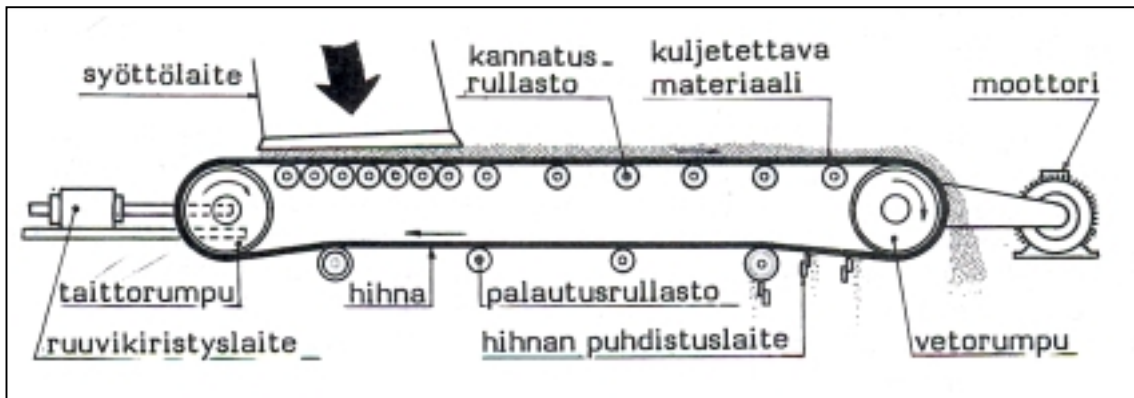
Hihnakuljettimen turvallisuus tiedetään yleisesti ongelmalliseksi. Sen jatkuvasti liikkuvat osat, hihna ja pyörivät komponentit, näyttävät ulkonaisesti vaarattomilta, mutta lukuisten nielujensa vuoksi ne ovat arvaamattoman vaarallisia ja yllättäviä. Hihnakuljetin mielletään kohtuullisen luotettavaksi, mikä on johtanut tilanteeseen, jossa kuljettimet jäävät vaille tarvittavaa huolenpitoa ja tarkkailua pitkiksi ajoiksi. Tällöin esimerkiksi materiaalin kasaantuminen ja komponenttivauriot muodostuvat merkittäviksi vaaran aiheuttajiksi.

Kuljettimien keskeinen merkitys tuotannossa ei useinkaan näy niiden hankintaprosessissa. Kuljetin valitaan usein pelkän hankintahinnan perusteella. Kuljettimien suunnittelussa sekä komponenttien ja lisävarusteiden hankinnassa ei useinkaan oteta huomioon kuljettimen käytöstä ja huollosta aiheutuvia kustannuksia eikä mahdollista tapaturmavaaraa. Huolellinen suunnittelu, laadukkaat rakenteet ja komponentit sekä hihnanohjauksesta, puhtaudesta ja turvallisuudesta huolehtivat lisälaitteet varmistavat yleensä kuljettimen pitkäaikaisen toiminnan ja vähäisen huoltotarpeen. Laskelmien mukaan perusteellisesti suunnitellun ja toteutetun hihnakuljettimen takaisinmaksuaika halvimpaan hihnakuljetinvaihtoehtoon nähden on erittäin kilpailukykyinen.

Yksittäisenä koneryhmänä kuljettimet aiheuttavat edelleen erittäin paljon tapaturmia. Työsuojelurahasto rahoitti 1980-luvun alussa laajan hankkeen, jossa tutkittiin kuljettimien turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä eri teollisuusaloilla [1–4]. Hankkeessa julkaistiin useita raportteja, joita on hyödynnetty laajasti teollisuudessa. Myöhemmin Työsuojelurahaston rahoituksella on tutkittu mm. hihnakuljettimien puhdistimia [5] ja hätäpysäyttimiä [6]. Nämä hankkeet ovat antaneet hyvän pohjan tälle tutkimukselle. Hihnakuljettimien käyttöhäiriöistä ja vikaantumisista aiheutuvia vaaroja ei ole tutkittu systemaattisesti aikaisemmissa hankkeissa.

2. HihnakuJettimet

HihnakuJetin on teollisuuden materiaaliirroissa yleisin ja tärkein kuJetinlaite, joka soveltuu sekä massa- että kappale-tavaran kuJettamiseen. HihnakuJettimella aikaan-saadaan jatkuva kuJetus, jossa kuJetettava tavara lastataan ja puretaan yleensä kuJettimen toimiessa. Muita teollisuudessa käytettäviä kuJetintyyppjeä ovat esi-merkiksi ketjukuJettimet, köysikuJettimet, elevaattorit sekä pneumaattiset ja hydrau-liset kuJettimet. Tässä tutkimuksessa keskityttiin massatavaraa kuJettaviin hihna-kuJettimiin. HihnakuJettimen rakenne ja pääosat on esitetty kuvassa 1.



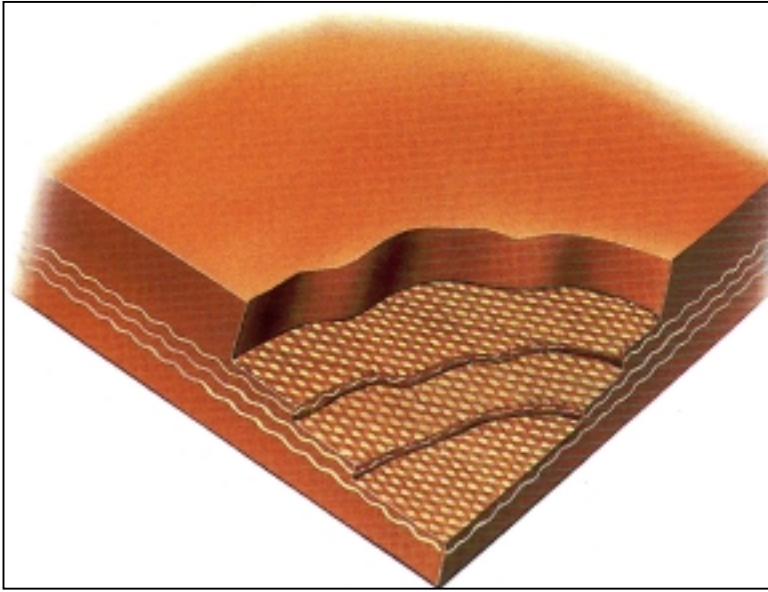
Kuva 1. HihnakuJettimen rakenne ja pääosat [7].

2.1 HihnakuJettimen rakenne ja pääosat

Teollisuuden hihnakuJettimet suunnitellaan standardisoiduista komponenteista erikseen kutakin käyttötarkoitusta ja -paikkaa varten. Seuraavassa esitellään lyhyesti hihna-kuJettimien keskeisimpiä komponentteja perustuen lähteisiin [7–10].

2.1.1 Hihna

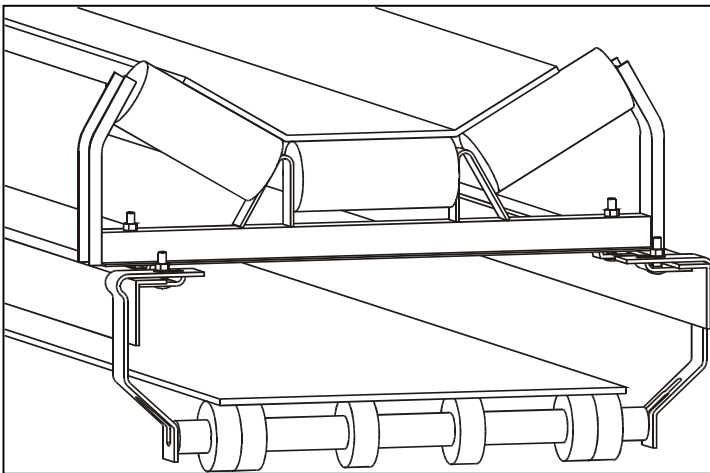
Teollisuudessa käytettävät kuJetinhihnat muodostuvat yleensä kolmesta rakenneosasta, ylä- ja alapeitteestä sekä rungosta. Kumiseoksesta valmistettujen peitteiden paksuus vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Peitteet suojaavat hihnan runkoa mekaanisilta, kemiallisilta ja ilmastollisilta vaikutuksilta. Runko antaa hihnalle tarvittavan vetolujuuden ja tukevuden. Se muodostuu nykyään pääasiassa tekokuiduista valmistetuista, ohuella kumikerroksella toisiinsa liitetyistä hihnakankaista. Kangaskerrosten määrä riippuu hihnalle tulevan kuormituksen suuruudesta. Liian monet kangaskerrokset jäykistävät hihnaa ja voivat haitata kuJettimen toimintaa. Monivahvikehihnan periaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Monivahvikehina [8].

2.1.2 Kannatus- ja palautusrullasto

Kannatusrullasto kannattaa ja ohjaa sen päällä kulkevaa hihnaa. Rullaston profiilimuoto ja leveys vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Massatavaraa kuljetettaessa käytetään yleensä 3-rullaista koururullastoa (kuva 3), jolla saavutetaan korkea kuljetuskapasiteetti. Hihnan kourumuoto ja -kulma vaihtelevat käyttötavan mukaan.

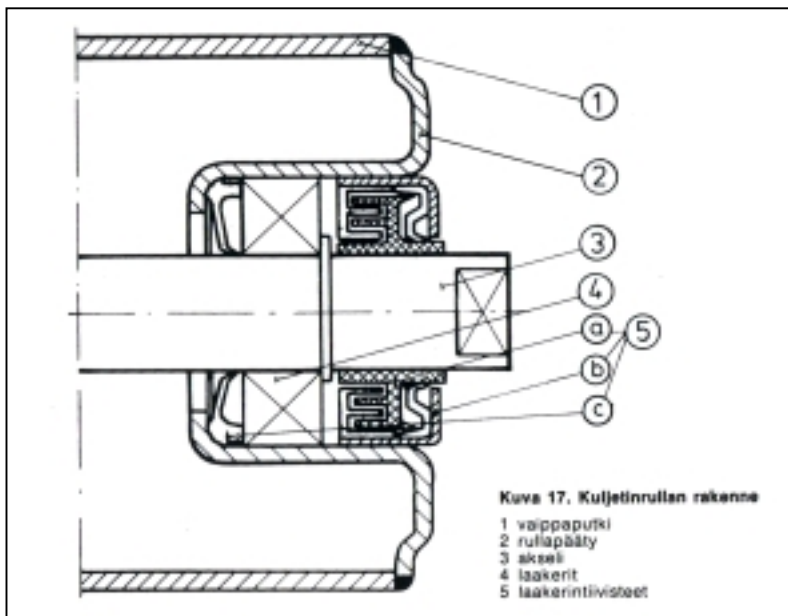


Kuva 3. Hihnan kourumuoto ja rullasto (kuva: Roxon Oy).

Normaali kannatusrulla on teräsvaippainen, päistään laakeroitu ja tiivistetty (kuva 4). Syöttökohdissa ja muissa kuormitetuissa kohdissa rullia on sijoitettu yleensä tiheämmin. Käytössä on lisäksi kumilla päällystettyjä erikoisrullia vaimentamassa materiaalin

iskuja. Hihnan pysyminen paikallaan varmistetaan tarvittaessa kannatinrullien päihin pystyasentoon sijoitetuilla ohjausrullilla.

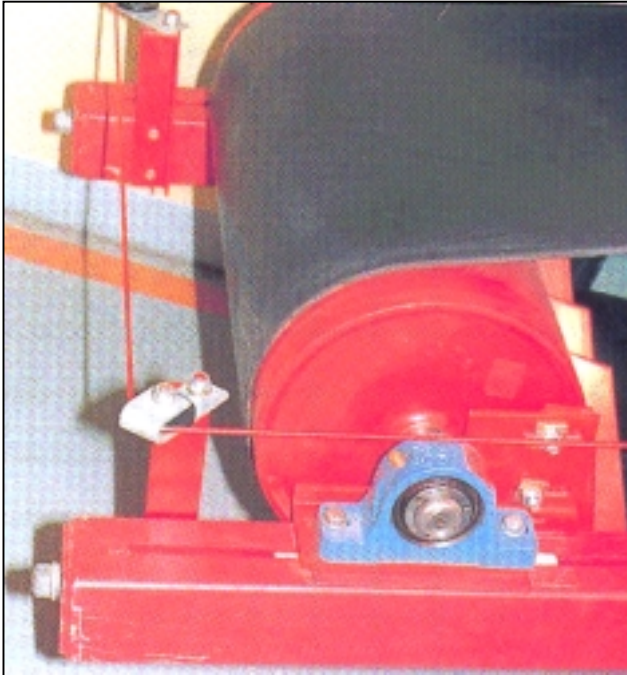
Paluurullaston kuormitus on pienempi, joten siinä käytetään pidempiä rullavälejä ja rullat ovat kevytrakenteisia. Paluurullat on usein varustettu kumiekkoilla, joiden tehtävä on estää hienojakoisen materiaalin tarttuminen rullan pintaan. Sekä kuljettavalla puolella että paluupuolella voidaan käyttää hihnaa ohjaavia ja keskittäviä rullia, joilla pyritään estämään hihnan siirtyminen sivuun.



Kuva 4. Kannatusrullan rakenne [9].

2.1.3 Veto- ja taittorummut

Veto- ja taittorummut eivät rakenteeltaan sanottavasti poikkea toisistaan. Vetorummun avulla siirretään käyttövoima kuljetinhihnaan. Vetorummun vaippa on usein päällystetty uritetulla erikoiskumilla, joka lisää hihnan ja rummun välistä kitkaa. Taittorumpu, joka on yleensä teräspintainen, pyörii vapaasti kuljettimen toisessa päässä tai muussa hihnan kulkusuunnan muutoskohdassa. Kuljettimen syöttöpään taittorumpua, jonka avulla hihna palautetaan takaisin vetorummulle, nimitetään yleisesti pääterummukseksi, kuva 5. Veto- ja taittorummut ovat tynnyrimäisiä eli keskeltä hieman paksumpia kuin päistä (bombeeraus), jotta hihna pysyisi paremmin keskellä rumpua.



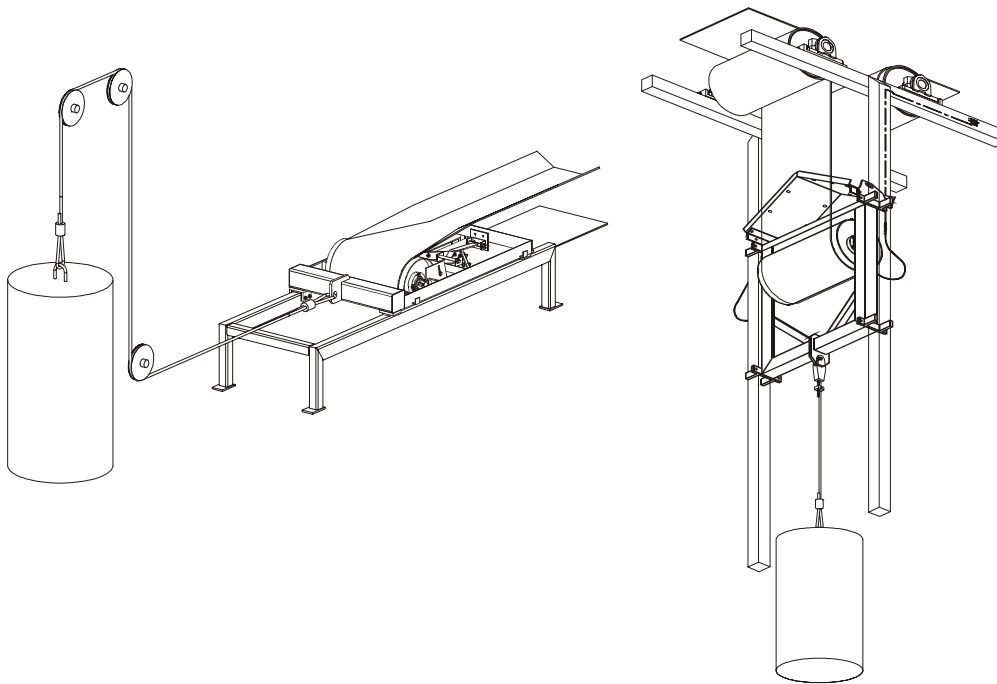
Kuva 5. Hihnakuuljettimen pääterumpu [10].

2.1.4 Syöttösuppilo

Syöttösuppilon avulla siirretään kuljetettava materiaali hihnalle. Syöttötavalla on huomattava vaikutus hihnan kestoikään. Materiaalin nopeuden ja suunnan tulee vastata hihnan nopeutta ja suuntaa, jolloin hihnaa kuluttavat törmäykset minimoituvat. Materiaalin on asetettava keskelle hihnaa, jotta epätasainen kuormitus ei siirtäisi hihnaa sivuun. Suppilot tulee suunnitella mahdollisimman tiiviiksi. Tarvittaessa tulee käyttää laitoja ja roiskesuojia, jotta materiaali ei leviäisi ympäristöön. Suppilon lisäksi kuljetinratkaisuissa käytettäviä syöttölaitteita ovat esimerkiksi tärypöytä, ruuvisyötin, hihnasyötin ja pyörivät telat.

2.1.5 Kiristyslaitteisto

Kiristyslaitteiston tarkoituksena on estää vetorummun ja hihnan välistä luistoa pitämällä hihnan kireys riittävänä ja tasaisena. Hihnakuuljettimien kiristystavat ovat ruuvi-, riippu- ja vaunukiristys. Yksinkertaisin kiristystapa on ruuvikiristys, jossa hihnan kireyttä säädetään siirtämällä pääterumpua ruuvin avulla. Haittapuolena on säädön tarve hihnan venyessä, minkä vuoksi ruuvikiristys sopii parhaiten lyhyisiin kuljettimiin. Vaunu- ja riippukiristyksessä tarvittava kiristys saadaan vastapainosta, joten menetelmät ottavat huomioon hihnan venymisen (kuva 6). Vaunu- ja riippukiristyksestä käytetään myös yleisnimitystä vastapainokiristys.



Kuva 6. Hihnakuuljettimen vastapainokiristysmekanismeja (kuva: Roxon Oy).

2.1.6 Puhdistuslaitteet

Puhdistuslaitteilla poistetaan hinnan tai rumpujen pinnalta niihin tarttuneet epäpuhtaudet. Puhdistuslaitteita ovat esimerkiksi hihnaan tai rumpuun jatkuvassa kosketuksessa olevat kaapivat puhdistimet (kaavarit), pyörivät hihnaharjat (kuva 7), ravistavat tai koputtavat pyörivät puhdistimet sekä hinnan pesulaitteet. Laajempi selvitys hihnakuuljettimien puhdistimisista on esitetty lähteessä [5].



Kuva 7. Hihnakuuljettimen purkauspään hihnaharja [10].

2.1.7 Suojalaitteet

Hihnakuljettimien yhteydessä tapahtuu paljon onnettomuuksia muihin kuljetinryhmiin verrattuna. Myös ruuhkat ja hihnavauriot aiheuttavat paljon turhaa työtä. Työsuojeluhallitus on antanut ohjeet ja määräykset kuljettimien turvalaitteista. Ohjeet noudattavat kansainvälisiä turvallisuutta ja turvalaitteita koskevia ISO-standardeja. Kuljettimien suojalaitteita ovat mm. hätäpysäyttimet, nielun suoijat, pyörinnanvalvojat, sivusiirronvalvojat ja tukosvahdit. Kuljetinjärjestelmien hätäpysäyttimien testauksesta on raportoinut mm. Liljeroos [6].

Vahinkokäynnistymisen estämiseksi kuljettimissa tulee olla turvakytin. Mikäli kuljetettava tavara voi ruuhkautua, tulee kuljettimessa olla lisäksi paikallisojhaus eli ruuhkanpurkukytin. Hätäpysäyttimen, turvakytimen ja paikallisojhauksen käyttötapoja ja vaatimuksia selventää taulukko 1.

Taulukko 1. Hätäpysäyttimen, turvakytimen ja paikallisojhauksen perusvaatimukset ja yleisimmät käyttötilanteet [11].

Laite	Perusvaatimukset	Yleiset käyttötilanteet	Huomautuksia
Hätäpysäytin	<ul style="list-style-type: none"> • käyttöelimen on lukkiuduttava pohjaan • laite ei saa käynnistyä uudelleen, kun hätäpysäytin vapautetaan • hätäpysäyttimen on mahdollisimman nopeasti pysäytettävä laite tai saatettava se muuten turvalliseen tilaan 	<ul style="list-style-type: none"> • vaaratilanteissa laitteiston pysäyttäminen • ei saa käyttää käyttökytkimenä tai häiriöpoistokytkenä 	<ul style="list-style-type: none"> • yleensä painike, mutta esim. hihnakuljettimella usein vaijeritoiminen • järjestelmän on valvottava vaijerin löystymistä ja katkeamista • laitteiston käynnistäjän on ennen uudelleenkäynnistystä tarkistettava, mitä hätäpysäytintä on käytetty ja minkä vuoksi • jos hätä-seis-kytkintä käytetään yleisesti, tulisi lisätä erillinen paikallisojhaus
Turvakytin	<ul style="list-style-type: none"> • erottaa laitteen päävirtapiiristä • selvä asennosoitus • lukittava 	<ul style="list-style-type: none"> • häiriötilanteissa sekä huolto- ja kunnossapitotöissä vahinkokäynnistämisen estäminen 	<ul style="list-style-type: none"> • ei saa käyttää käyttökytkimenä • asennettava moottorin lähelle helposti luoksepäästävään paikkaan
Paikallisojhaus (ruuhkanpurkukytin)	<ul style="list-style-type: none"> • kolmiasentoinen: automaattiojhaus, seis ja eteenpäin (käsiäjoilla) • hyvä näköyhteys kuljettimelle 	<ul style="list-style-type: none"> • käytetään häiriötilanteissa paikallisojhauksena, kun halutaan käyttää kuljetinta siten, että se nähdään jatkuvasti 	<ul style="list-style-type: none"> • ei teknisesti yhtä luotettava käynnistykseen estoon kuin turvakytin, joka on päävirtapiirissä

Hihnakuljettimien rummut ja rullat suojataan nielunsuojauksella, sivusuojauksella, kuljetinrunгон laatikoinnilla tai verkkosuojauksella. Esimerkkejä nielujen suojauksista on standardissa SFS 2697. Myös kiristyslaitteisto, kuten riippukiristys, voidaan suojata koteloinnilla tai verkkosuojauksilla. Hihnakuljettimien rullien nielujen suojauksesta on esitetty esimerkkejä standardissa SFS 4392.

2.1.8 Käyttökoneisto

Hihnakuljettimen käyttökoneiston muodostaa yleensä vetorummun akselille sijoitettu hammasvaihde tai välitys esimerkiksi kiilahihnan avulla, oikosulkumoottori sekä tarvittaessa nestekytkin. Nestekytintä käytetään suurilla moottoritehoilla rajoittamaan kuljettimeen käynnistyshetkellä kohdistuvaa momenttia. Nousevissa kuljettimissa käytetään myös vaihteen yhteyteen rakennettua jarrua estämään kuormitettua hihnaa liikkumasta taaksepäin.

2.2 Hihnakuljettimien sopivuus eri käyttökohteisiin

Hihnakuljettimen etuja ovat suuri kuljetuskyky, melko yksinkertainen rakenne ja alhainen tehonkulutus. Sen tyypillisiä käyttökohteita ovat malmin ja rikasteen kuljetukset metallin perusteellisuudessa sekä puun, hakkeen ja jätteiden kuljetukset metsäteollisuudessa.

Hihnakuljetin ei sovellu helposti hyvin kuuman tai kuluttavan tavarankuljetukseen. Sekä kuljetettavan materiaalin että ympäristön lämpötilan tulisi pysyä -45 °C :n ja $+120\text{ °C}$:n välissä, joskin käytännön kokemukset ovat osoittaneet lämpötilan voivan lyhytaikaisesti olla jopa yli 200 °C . Huonosti hihnakuljettimelle soveltuvat myös erittäin painavat aineet. Niiden siirtämiseen hihnakuljetinta voidaan käyttää erikoisrakenteiden ja -ratkaisujen avulla, mutta tällöin kuljettimen taloudellisuus ja käyttövarmuus heikkenevät. Hihnakuljettimen käyttöä rajoittaa lisäksi sen nousukulma. Kaltevuuskulman yläraja on sileillä hihnoilla alle 20° . Kuvioituilla tai lokerohihnoilla nousukulma on suurempi, lokerohihnoilla jopa 90° , mutta nousukulmaan vaikuttavat myös materiaalin laatu ja määrä, olosuhteet ja syöttötapa.

Hihnakuljetinta suunniteltaessa on otettava huomioon käyttöoloissa vaaditut käyttöteho ja hihnavoimat. Kuljettimen turvallisen käytön kannalta on tärkeää tietää kunnossapito- ja hoito-ohjeet, turvalaitteiden sijainti ja toiminta sekä turvalliset työskentelyetäisyydet. Jo hihnakuljetinta suunniteltaessa tulisi ottaa erityisesti huomioon olosuhteista, sijainnista ja kuljetettavan tavarankuudesta aiheutuvat turvallisuusriskit ja puhdistettavuustekijät.

3. Tutkimuksen toteutus ja käytetyt tutkimusmenetelmät

Tässä luvussa kuvataan lyhyesti niitä periaatteita ja menetelmiä, joilla tutkimus käytännössä tehtiin. Kuvaus noudattelee projektin osatehtäväjakoja. Siinä suoritettiin erillisinä osakokonaisuuksina työministeriön ylläpitämästä tapaturmaselostusrekisteristä koottujen hihnakuljetintapaturmien analysointi, teollisuuslaitosten kuljetinjärjestelmien turvallisuusanalyysit sekä käyttövarmuusongelmien analysointi.

3.1 Sattuneiden tapaturmien ja käyttöhäiriöiden analysointi

Yleiskäsityksen saamiseksi hihnakuljettimien tapaturmavaaroista ja sattuneiden tapaturmien luonteenomaisista piirteistä selvitettiin tutkimuksen alkuvaiheessa hihnakuljettimilla sattuneita tapaturmia työministeriön ylläpitämästä tapaturmaselostusrekisteristä. Rekisteriin kootaan tiedot niistä vakavista työtapaturmista, jotka työsuojelupiirin tarkastaja on käynyt tutkimassa.

Analysoitavia, massatavarahihnakuljettimilla sattuneita tapaturmia löydettiin kaikkiaan 44 kappaletta. Nämä ajoittuivat vuosien 1985–1997 välille. Liitteessä A on esitetty tiedonhaussa käytetyt hakusanat sekä analysoitavaksi valittujen tapaturmaselostusten TAPS-numerot (sivu A1).

Tapaturma-aineisto analysoitiin 1980-luvun alkupuolella tehdyn kuljetintutkimuksen periaatteita noudattaen [1]. Keskeiset tapaturmaselostuksista analysoidut asiat olivat

- vahingoittumistapa
- ensisijainen syy
- työntekijän tapaturman sattuessa tekemä työ
- inhimillisten tekijöiden vaikutus
- tapaturmaan vaikuttaneet tekniset puutteet.

Lueteltujen asioiden luokitteluperusteet on esitetty liitteessä A (sivu A2). Perustietoina kirjattiin lisäksi tapaturman tapahtumisvuosi, toimialaluokka, vahingoittuneen työntekijän työkokemuksen määrä (mikäli annettu) sekä kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa kuolonuhrien lukumäärä.

Erityisen mielenkiinnon kohteena olivat kuljettimien vika- ja häiriötilanteisiin liittyneet tapaturmat. Mikäli mahdollista, tapaturmaselostuksista pyrittiin tunnistamaan tapaturman syntyyn vaikuttaneet komponenttien vikaantumiset ja toimintahäiriöt sekä näihin

mahdollisesti vaikuttaneet tai liittyneet ympäristö- ja käyttöolosuhdetiedot tai molemmat. Tapaturmien analysoinnin tuloksia on esitetty luvussa 4.

Tapaturmien lisäksi tutkimuksessa selvitettiin hihnakuuljettimien käyttöhäiriöitä ja niiden leimallisia piirteitä kohdelaitosten vika- ja häiriötilastojen pohjalta. Käytössä olleesta aineistosta pystyttiin selvittämään vikojen tai häiriöiden jakautuminen vika- tai häiriötyypeittäin (lukumäärän perusteella), mutta niiden kriittisyyden määrittäminen aiheutuneen seisokkijan pohjalta ei ollut kaikissa tapauksissa mahdollista. Tämä oli seurausta kirjausten puutteellisuudesta. Vika- ja häiriötilastojen tarkastelun tuloksia on esitetty luvussa 6.

3.2 Kuljetinjärjestelmien turvallisuusanalyysit

Kussakin tutkimushankkeessa mukana olleessa tuotantolaitoksessa tehtiin systemaattiseen työskentelyyn perustuva turvallisuusanalyysi laitoksen edustajien valitsemalle hihnakuuljetinjärjestelmälle. Kuljetinjärjestelmien turvallisuusanalyysit aloitettiin kohteeseen tutustumisella, joka tapahtui käymällä kuuljettimet läpi liitteessä B esitetyn tarkistuslistan osan 1 avulla. Tarkistuslista pohjautui lähteessä [12–15] esitettyihin tarkistuslistoihin.

Tarkistuslistan mukaisesti kuuljettimiin tutustuminen eteni kuormauspäästä purkauspäähän ja käyttölaitteisiin. Lopuksi tarkistettiin myös sähköisiin turvalaitteisiin liittyvät seikat.

Seuraavassa vaiheessa laitoksen käytön ja kunnossapidon edustajien sekä VTT:n tutkijoiden muodostama työryhmä analysoi kuuljettimet yksi kerrallaan. Työskentely tapahtui edelleen liitteen B tarkistuslistan osan 1 avulla. VTT:n tutkijat vetivät keskusteluja ja kirjasivat ne liitteen B mukaisille lomakkeille (sivu B7).

Lomakkeen ensimmäiseen sarakkeeseen kirjattiin tunnistettu vaaraa aiheuttava tilanne tai ongelma. Seuraavaan sarakkeeseen kirjattiin minkälaisia seurauksia havaitulla ongelmalla on. Seurauksia arvioitiin henkilöturvallisuuden lisäksi käyttövarmuuden kannalta. Turvallisuusanalyysissä ei tavallisesti oteta huomioon käyttövarmuusnäkökohtia, mutta tässä tutkimuksessa päätettiin kirjata myös nämä käyttövarmuusongelmien myöhempää tarkastelua varten. Myös mahdolliset muut, esimerkiksi työtä hankaloittavat seuraukset, kirjattiin ylös. Toiseksi viimeiseen sarakkeeseen kirjattiin vielä nykyiset varautumiskeinot kuvatus vaaran tai vaaratilanteen tai ongelman kannalta ja viimeiseen sarakkeeseen toimenpide-ehdotuksia tilanteen korjaamiseksi.

Toimenpide-ehdotukset saattoivat olla joko konkreettisia ehdotuksia esimerkiksi jonkun teknisen ratkaisun käyttöön ottamiseksi tai yleisellä tasolla olevia huomautuksia tilanteen tarkemmaksi selvittämiseksi.

Kuvatun ongelmien tunnistamisvaiheen jälkeen tunnistetut ongelmat luokiteltiin turvallisuus- ja riskianalyysille tyypillisen menettelytavan mukaisesti niiden merkittävyyden mukaan. Luokittelu tehtiin karkeasti seurausten vakavuuden mukaan (esiintymistodennäköisyyksiä ei otettu huomioon) ja turvallisuuteen ja käyttövarmuuteen liittyvät seuraukset luokiteltiin erikseen.

Turvallisuuteen liittyvien seurausten osalta käytettiin esimerkiksi seuraavia luokkia:

- 1 Vähäiset vammat, esimerkiksi käynti työterveysasemalla tai korkeintaan muutaman päivän sairausloma.
- 2 Vakavat vammat, esimerkiksi pitkä sairausloma, raajan menetys jne.

Käyttövarmuuteen liittyvien seurausten osalta käytettiin esimerkiksi seuraavia luokkia:

- 1 Ei aiheuta pysäytystä, mutta ylimääräistä työtä.
- 2 Lyhytaikainen kuljettimen tai linjan pysäytys.
- 3 Linjan pysäytys niin pitkäksi aikaa, että se aiheuttaa häiriöitä (pysäytyksen) seuraavassa prosessivaiheessa.
- 4 Linjan pysäytys niin pitkäksi aikaa, että aiheuttaa häiriöitä (pysäytyksen) koko osastolla tai tuotantolaitoksessa.

Kuljetinkohtaisten analyysien jälkeen kuljettimiin liittyvien yleisten, kuten esimerkiksi työskentelytasoihin, kulkuteihin tai kuljettimien siivoukseen liittyvien näkökohtien tarkastelu tehtiin liitteen B tarkistuslistan osan 2 avulla. Turvallisuusanalyysien tuloksia ja niissä tehtyjä havaintoja esitellään yleisellä tasolla tämän raportin luvussa 5.

3.3 Hihnakuljettimien käyttövarmuusongelmien analysointi

Hihnakuljettimien käyttövarmuusongelmien analysointia varten VTT Valmistustekniikka kehitti puumalliin ja ristiintaulukointiin perustuvan tutkimusmenetelmän (TosiPuu-menetelmä). Menetelmällä saadut tulokset perustuvat projektiin osallistuneiden kuljettimien käyttäjien ja laitevalmistajien itsearviointiin. Menetelmällä voitiin numeerisesti priorisoida käyttövarmuus- ja turvallisuusongelmien kriittiset syyt ja parannustoimet. TosiPuu-menetelmä laadittiin sellaiseksi, ettei yksittäinen mielipide päässyt ratkaisevasti vaikuttamaan kokonaistulokseen. Lisäksi menetelmän etuna oli, ettei arvioinnin tekijä voinut havaita syy-seuraussuhteita, joiden perusteella olisi voitu aikaansaada jo ennalta haluttu tulos.

TosiPuu-analyysin lähtökohtana oli tutkittavan kuljettimen jako fyysisiin osiin. Sen jälkeen määritettiin puumallia havainnollistamismenetelmänä käyttäen kyseisessä osassa vaikuttavat käyttövarmuusongelmien syyt ja näiden syiden parannustoimet. Sen jälkeen kullekin ongelman syyille määriteltiin syyn vakavuutta kuvaava painokerroin. Lisäksi määritettiin parannustoimien vaikutus kuhunkin käyttövarmuusongelman syyhyn arvosanoin 0–2, jolloin arvosana 0 tarkoitti "ei vaikutusta" tai "ei tärkeä", arvosana 1 "tilapäistä vaikutusta" ja arvosana 2 "suurta vaikutusta" tai "erittäin tärkeää". Muodostetun taulukon perusteella voitiin taulukkomuodossa laskea käyttövarmuusongelman kriittisimmät syyt ja niiden tehokkaimmat parannustoimet. Käyttövarmuusongelmien syyt jaettiin lisäksi prosenttiosuuksiksi hihnakuljettimen suunnittelun, käytön ja huollon kesken. TosiPuu-mallin mukainen kriittisyysanalyysi koostui

- kuljettimesta tehdystä toimintopuusta
- käyttöhenkilökunnan tekemästä ristiintaulukoinnista
- syiden kriittisyysarviosta
- parannustoimenpiteiden vaikutuksen arvioinnista
- suunnittelutoimenpiteiden, käytön ja huollon vaikutusten prosenttiosuuksien arvioinnista.

Kriittisten käyttövarmuus- ja turvallisuusongelmien vähentämiseksi tarkasteltiin erilaisia ratkaisuja. Yhdessä projektiin osallistuneiden yritysten henkilökunnan kanssa tarkasteltiin hihnakuljettimien ennakkohuoltoon liittyviä toimintatapoja ja ohjeistuksia. Lisäksi tarkasteltiin uusia teknisiä ratkaisuja, joita hyödyntämällä voidaan vähentää käyttöhäiriöitä ja sitä kautta parantaa kuljettimien turvallisuutta. Hihnakuljettimien yleistä toimivuutta ja tulevaisuudennäkymiä pyrittiin myös analysoimaan. Analyysien tuloksia esitetään yleisellä tasolla tämän julkaisun luvuissa 6.2, 6.3 ja 7. Lisäksi liitteessä C on esitetty esimerkki yhdelle tutkimuksen kohteena olleelle kuljetinjärjestelmälle tehdystä kriittisyysarviosta.

4. Hihnakuljetintapaturmat tapaturmaselostusrekisterin mukaan

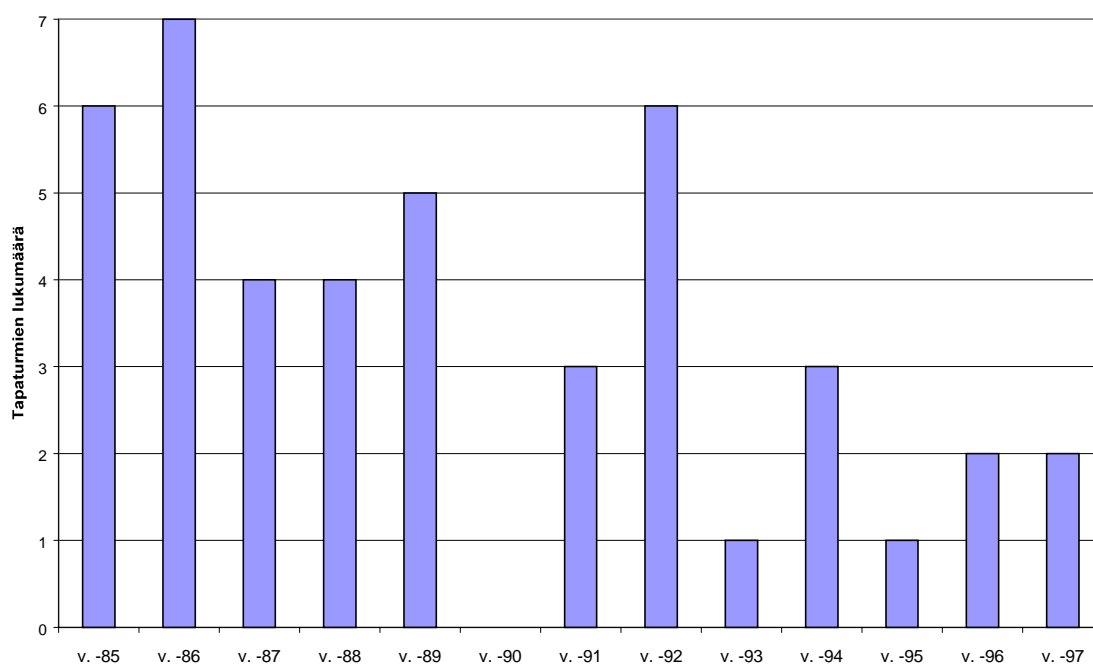
4.1 Yleistä

Tässä luvussa esitellään lyhyesti työministeriön ylläpitämän tapaturmaselostusrekisterin hihnakuljetintapaturmien analysoinnin tuloksia. Tapaturma-aineisto analysoitiin 1980-luvun alkupuolella tehdyn kuljetintutkimuksen [1] periaatteita noudattaen. Keskeiset analysoinnin kohteena olleet asiat sekä näiden luokitteluperusteet on esitetty liitteen A sivulla A2.

Jokaista tapausta ei välttämättä pystytty luokittelemaan kaikkien asioiden mukaan. Esimerkiksi työntekijän tekemä työ tapaturmahetkellä saattoi jäädä epäselväksi. Joissakin tapauksissa tapaturma saatettiin luokitella useaan luokkaan. Esimerkiksi tapaturmaan vaikuttaneita teknisiä puutteita tarkasteltaessa saatettiin nielusuojan puuttumisen lisäksi tunnistaa hätäpysäyttimen tai hoitotason tai molempien puuttuminen tai puutteellisuus.

Vahingoittumistapa oli analysoitavista asioista ainoa, jonka kohdalla tapaturma-aineistosta löytyi tapauksia kaikkiin liitteen A mukaisiin luokkiin. Esimerkiksi inhimillisten tekijöiden vaikutusta tarkasteltaessa aineistossa ei ollut yhtään tapausta, joka olisi luokiteltu kuuluvaksi luokkaan ”puutteellinen yhteydenpito”. Jäljempänä esitettävissä pylväsdiagrammeissa (kuvat 10–14) on jätetty esittämättä ne liitteen A mukaiset luokat, joihin ei tässä tarkastelussa osunut yhtään luokiteltavaa tapausta. Liitteessä A on annettu muutama esimerkki tyypillisistä tapaturmaselostuksista (sivut A3–A5).

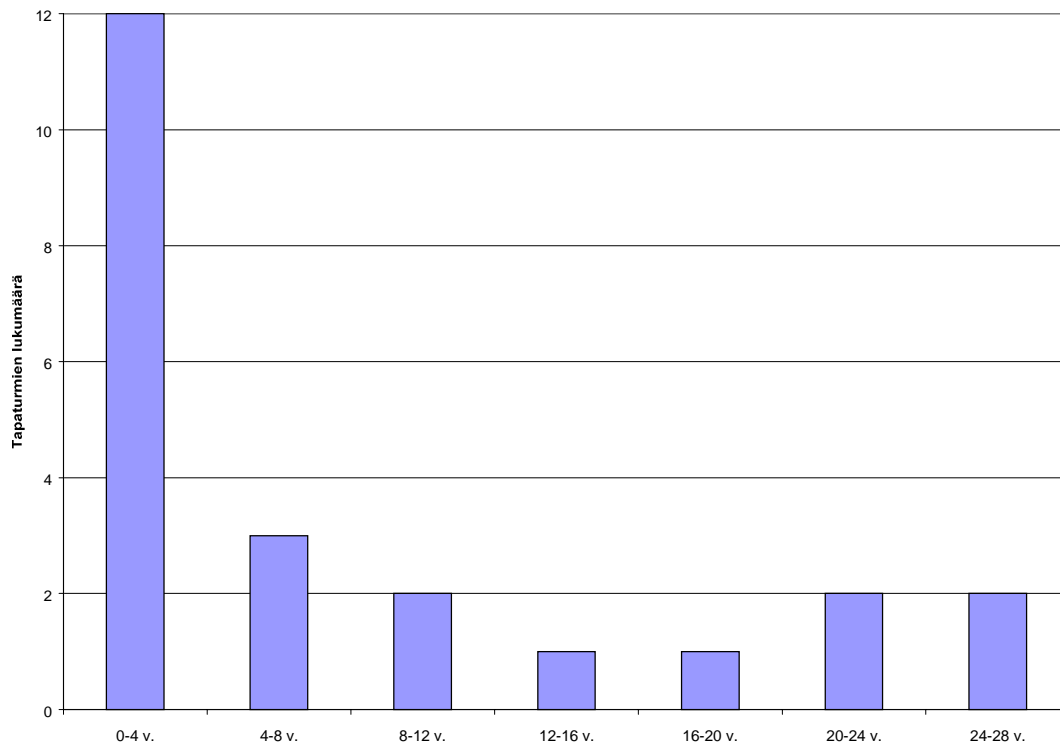
Analysoitujen tapaturmaselostusten lukumäärä oli 44 kappaletta. Tapaturmat ajoittuivat vuosien 1985 ja 1997 välille. Tapaturmien lukumäärä vuosittain on esitetty kuvassa 8. Vuosi 1986 oli tarkastelujakson pahin, jolloin vakavia tapaturmia sattui yhteensä seitsemän. Keskimääräinen tapaturmien määrä tarkastelujaksolla oli 3,4 tapaturmaa vuodessa. Vakavien tapaturmien lukumäärässä näyttäisi olevan havaittava laskeva trendi.



Kuva 8. Analysoitujen tapaturmien lukumäärä vuosittain.

Analysoiduista 44 tapaturmasta kuusi oli kuolemaan johtaneita. Viidessä tapauksessa kuolleita oli yksi, yhdessä tapauksessa kaksi. Kuolemaan johtaneet tapaturmat painottuivat tarkastelujakson alkupuolelle. 1985 ja 1986 sattui kumpanakin vuonna kaksi kuolemaan johtanutta tapaturmaa. Loput kuolemaan johtaneista tapaturmista sattuivat vuosina 1987 ja 1993.

Kuvassa 9 on esitetty tapaturmien lukumäärän ja vahingoittuneen työntekijän työkokemuksen välinen riippuvuus. Työkokemuksen määrä oli ilmoitettu 23 tapauksessa eli noin puolessa tapauksista. Kuvasta on havaittavissa, että tapaturmia sattui selvästi eniten suhteellisen vähän työkokemusta omaaville henkilöille (työkokemuksen määrä alle neljä vuotta). Tämän jälkeen tapaturmien lukumäärä näyttää putoavan selvästi ja pysyvän jotakuinkin vakiona riippumatta työkokemuksen määrästä. Tulosta arvioitaessa on kuitenkin huomattava, että kaikkien työntekijöiden työkokemuksen määrän jakaumaa ei tunneta.

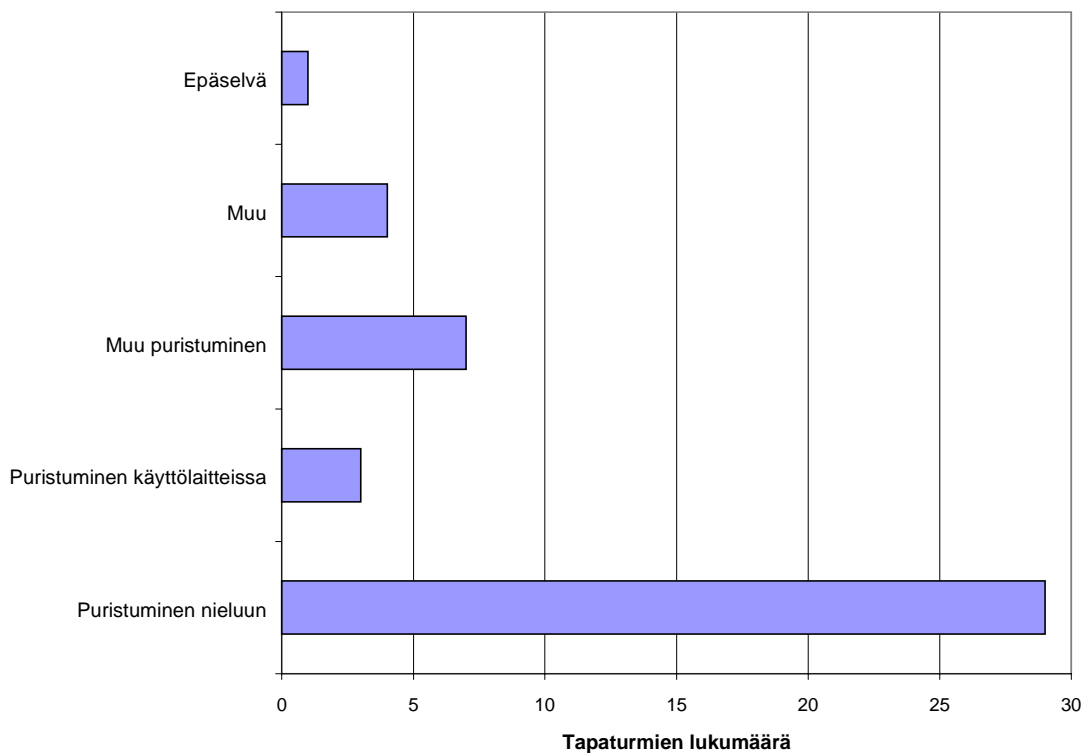


Kuva 9. Tapaturmien lukumäärä ja vahingoittuneen työntekijän työkokemus.

4.2 Vahingoittumistapa

Kuvassa 10 on esitetty tapaturmien jakautuminen vahingoittumistavoittain. Kuvasta nähdään selvästi, että nieluun puristuminen oli analysoitujen tapaturmien osalta kaikkein merkittävin vahingoittumistapa, yhteensä 29 tapausta. Tämä vastaa lähes kahta kolmasosaa tapauksista. Luokkaan katsottiin kuuluviksi sellaiset tapaukset, joissa vahingoittunut oli joutunut joko kuljettimen jonkin rummun tai rullan ja kuljetinhihnan muodostamaan nieluun. Muu puristuminen oli vahingoittumistapana seitsemässä tapauksessa (16 %). Tähän luokkaan kuului mm. sellaisia tapauksia, joissa vahingoittunut oli joutunut puristuksiin pudotussuppilon alaosan ja hihnan väliin.

Puristuminen käyttölaitteissa oli vahingoittumistapana kolmessa tapauksessa (7 %). Luokkaan ”muu” tuli neljä tapausta (9 %). Näiden joukossa oli mm. yksi tapaus, jossa vahingoittumiset olivat seurausta pelastautumisyrittämisestä palavalta hakekuljettimelta (hakekasan päälle hyppääminen). Epäselväksi vahingoittumistapa jäi yhdessä tapauksessa.

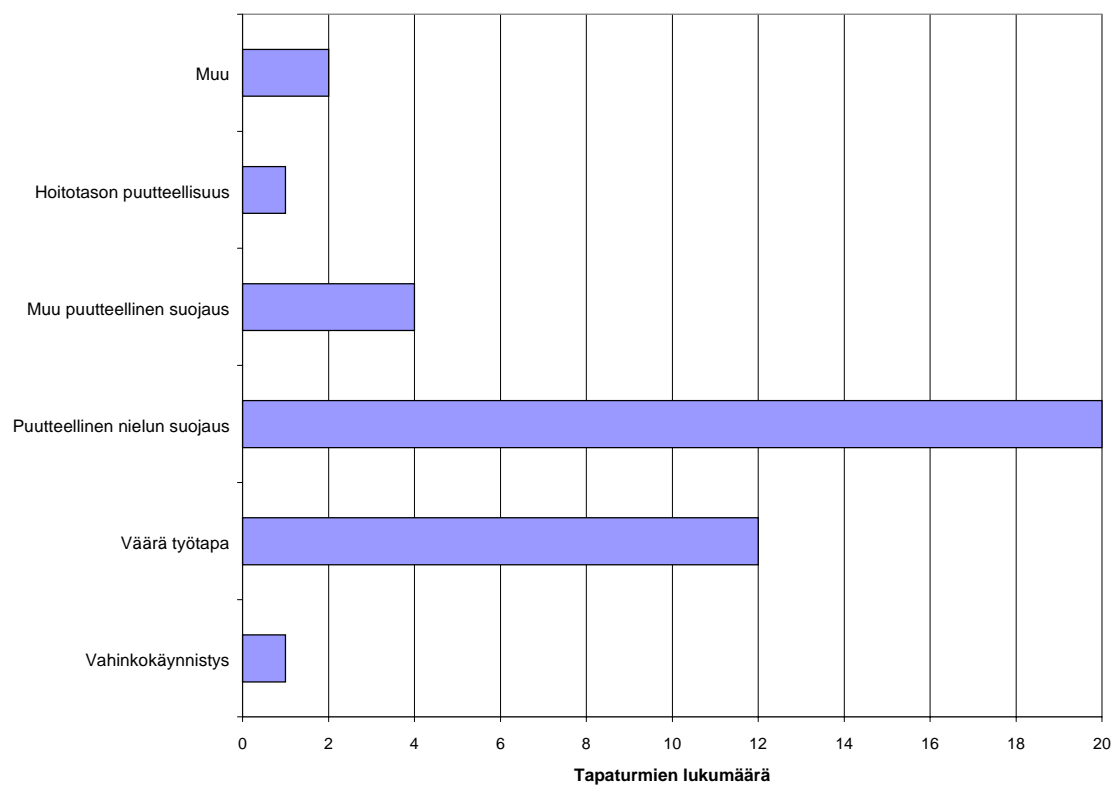


Kuva 10. Tapaturmien jakautuminen vahingoittumistavan mukaan.

4.3 Ensisijainen syy

Kuvassa 11 on esitetty tapaturmien jakautuminen tapaturman ensisijaisen syyn mukaan. Ensisijainen syy pystyttiin määrittämään 40 tapauksessa. Nähdään selvästi, että suurimmassa osassa tapaturmien ensisijaisena syynä on ollut nielun puutteellinen suojaus, yhteensä 20 tapausta (50 %). Seuraavaksi merkittävin syytekijä tarkastelluissa tapaturmissa oli väärä työtapo, yhteensä 12 tapausta (30 %). Yleensä näissä tapauksissa oli kysymys kuljettimen siivouksesta tai häiriön tai ruuhkan poistosta kuljettimen käynnin aikana (katso esimerkiksi liitteen A esimerkkitapaus 3, TAPS-numero 06043).

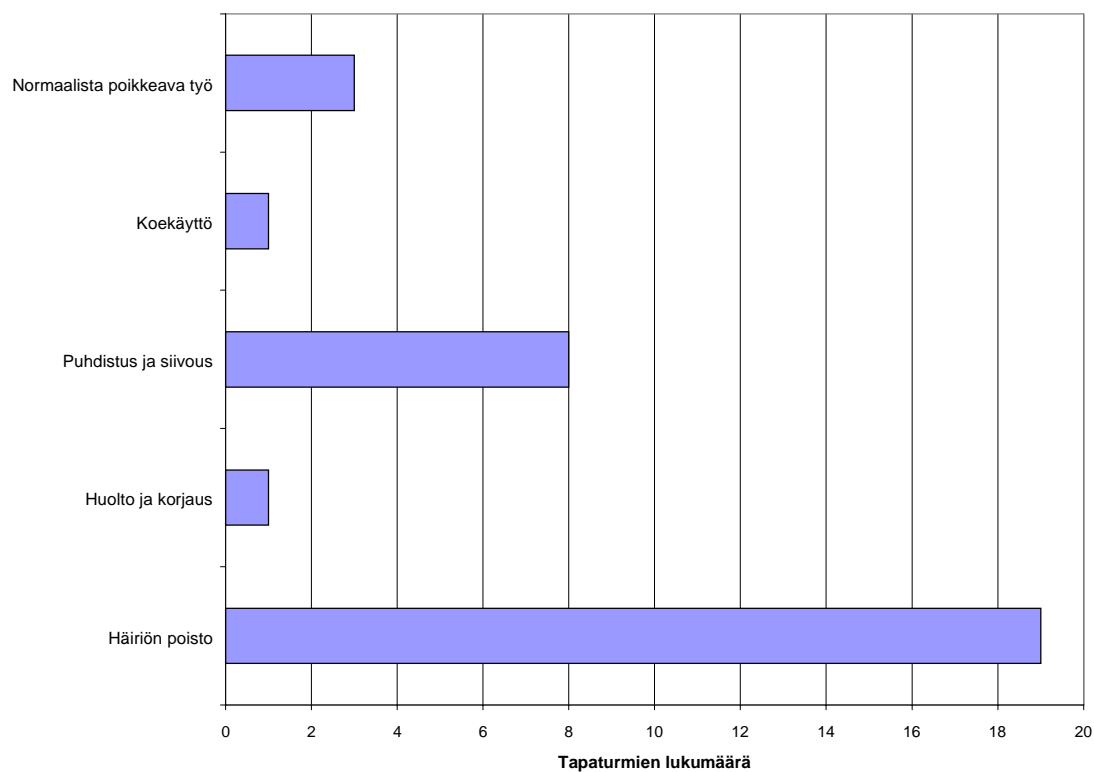
Muu puutteellinen suojaus oli ensisijaisena syynä neljässä tapauksessa (10 %). Lähinnä nämä tapaukset koskivat suojaamattomia tai puutteellisesti suojattuja käyttölaitteita. Vahinkokäynnistys ja hoitotason puutteellisuus olivat kummatkin syynä yhdessä tapauksessa. Kahdessa tapauksessa oli kysymyksessä muu ensisijainen syy ja neljässä tapauksessa ensisijainen syy jäi tapaturmaselostusten pohjalta kokonaan epäselväksi.



Kuva 11. Tapaturmien jakautuminen ensisijaisen syyn mukaan.

4.4 Työntekijän tekemä työ

Kuvassa 12 on esitetty tapaturmien jakautuminen työntekijän tekemän työn mukaan. Ylivoimaisesti merkittävin työtilanne tarkastelluissa tapaturmissa oli häiriön poisto, yhteensä 19 tapausta (59 %). Seuraavana tuli puhdistus ja siivous, yhteensä 8 tapausta (25 %). Muut työtilanteet (huolto ja korjaus, koekäyttö, normaalista poikkeava työ) olivat selvästi harvinaisempia kahteen yleisimpään verrattuna. Kaikkiaan 12 tapauksessa jäi työntekijän tekemä työ kokonaan epäselväksi. Näissä oli kysymys lähinnä siitä, että kuvauksen perusteella ei ollut riittävän selvää, olisiko tapaus pitänyt luokitella häiriön poistoksi vai puhdistukseksi ja siivoukseksi.



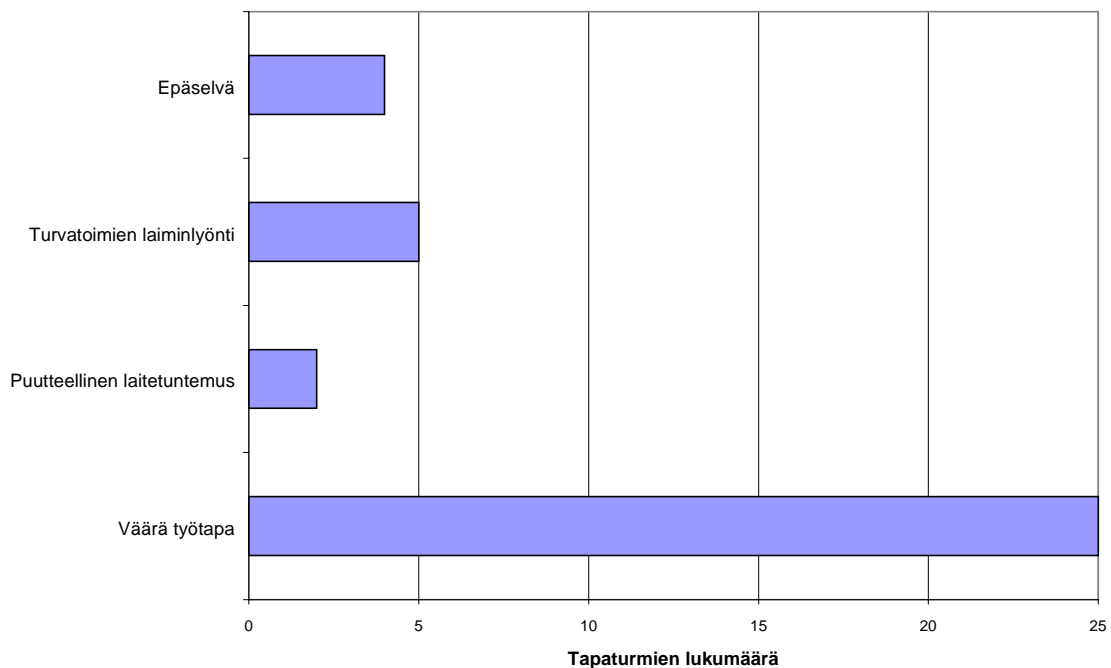
Kuva 12. Tapaturmien jakautuminen työntekijän tekemän työn mukaan.

4.5 Inhimillisten tekijöiden vaikutus

Kuvassa 13 on esitetty tapaturmien jakautuminen inhimillisten tekijöiden vaikutuksen mukaan. Inhimillisillä tekijöillä tunnistettiin olleen selkeästi vaikutusta tapaturman syntyyn 35 tapauksessa. Yhdeksässä tapauksessa ei voitu saada riittävää käsitystä inhimillisten tekijöiden vaikutuksesta, joten näitä tapauksia ei luokiteltu mihinkään käytössä olleista luokista. Yhdessä tapauksessa tunnistettiin kaksi tapaturman syntyyn vaikuttanutta inhimillistä tekijää.

Väärä työtapa oli yleisin inhimillinen tekijä, jolla oli vaikutusta tapaturman syntyyn. Väärä työtapa ilmeni kaikkiaan 25 tapauksessa. Tyypillisesti näissä tapauksissa oli kysymys kuljettimen siivouksesta tai häiriön tai ruuhkan poistosta kuljettimen käynnin aikana. Turvatoimien laiminlyönti oli seuraavaksi yleisin tapaturman syntyyn vaikuttanut inhimillinen tekijä (5 tapausta). Yleensä näissä oli kysymys turvakytkimien käytön laiminlyönnistä. Puutteellinen laitetuntemus oli vaikuttamassa kahdessa tapauksessa, ja epäselväksi inhimillinen tekijä jäi neljässä tapauksessa. Lähinnä näissä oli kysymys siitä, että kuvauksen perusteella ei ollut riittävän selvää, olisiko tapaus pitänyt luokitella luokkaan ”väärä työtapa” vai ”turvatoimien laiminlyönti”. Esimerkki

tällaisesta selostuksesta on liitteessä A (esimerkkitapaus 1, TAPS-numero 04186). Mielenkiintoista kyseisessä tapauksessa on lisäksi se, että itse tapaturmaselostuksen mukaan inhimillisillä tekijöillä ei olisi ollut vaikutusta tapaturman syntyyn, vaan tapaturman syyksi esitettiin pelkästään puutteellista nielun suojausta. ”Rivien välistä lukemalla” voidaan kuitenkin varsin helposti todeta, että inhimillisillä tekijöillä on ollut vaikutusta tapaturman syntyyn. Se, onko kyseessä ollut ”väärä työtap” vai ”turvatoimien laiminlyönti”, jää kuitenkin epäselväksi kuvauksen perusteella. Tapaus antaa jonkinlaisen käsityksen tapaturmaselostusten tulkintaan liittyneistä ongelmista.



Kuva 13. Inhimillisten tekijöiden vaikutus tutkituissa tapaturmissa.

4.6 Teknisten puutteiden vaikutus

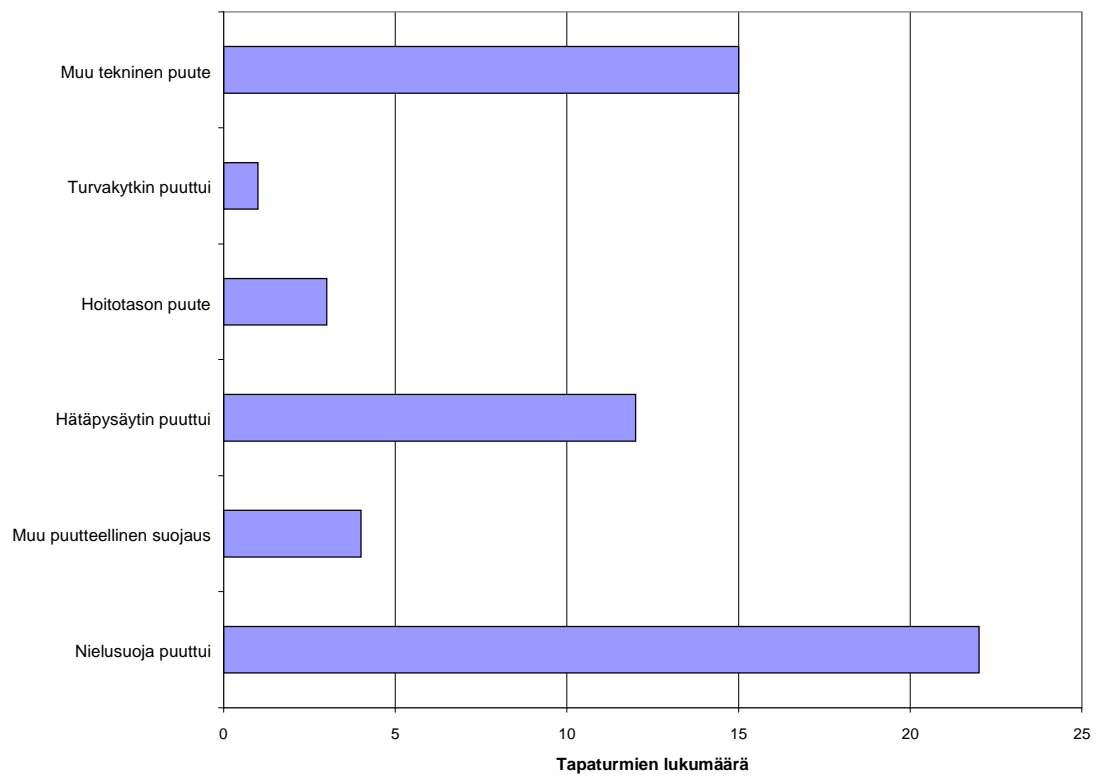
Kuvassa 14 on esitetty, millainen oli erilaisten teknisten puutteiden vaikutus analysoitujen tapaturmien syntyyn. Suurimmassa osassa eli 26 tapauksessa voitiin tunnistaa yksi tapaturman syntyyn vaikuttanut tekninen puute. Viidessä tapaturmassa ei voitu kuvauksen perusteella tunnistaa lainkaan tapaturman syntyyn vaikuttanutta teknistä puutetta. 13 tapauksessa vaikuttaneita teknisiä puutteita tunnistettiin taas kaksi tai useampia (eräissä tapauksessa jopa neljä kappaletta).

Kuvasta nähdään, että selvästi yleisin tekninen puute oli nielusuojan (täydellinen) puuttuminen tai sen puutteellisuus. Ongelma ilmeni 22 tapauksessa. Näistä 19 liittyi veto-, pääte-, kiristys- tai taittorumpujen nieluihin. Kolmessa tapauksessa ongelma liittyi

palautusrullien muodostamiin nieluihin. Toiseksi yleisin tekninen puute (12 tapausta) oli hätäpysäyttimen puuttuminen tai sen puutteellisuus (hätäpysäyttimenä pelkkä painikemallinen kytkin, pysäytyslanka vain kuljettimen toisella puolella, pysäytyslangan heikko havaittavuus jne.). Muu puutteellinen suojaus oli vaikuttavana tekijänä neljässä tapauksessa. Tähän luokkaan kuului lähinnä tapauksia, jotka olivat seurausta puutteellisesti suojatuista käyttömoottorin ja vetorummun välisistä ketju- tai hihnavälityksistä.

Muita teknisiä puutteita tunnistettiin 15 tapauksessa. Tähän luokkaan kuului mm. seuraavanlaisia tapauksia (tapausten lukumäärä sulkeissa):

- turvakytkimen tai pysäytyslaitteen huono sijoitus, esimerkiksi kolmen metrin korkeudelle (3)
- heikko valaistus, huono näkyvyys, pöly tms. (2)
- taittotelan tai kannatusrullan laakerin vaurioituminen, seurauksena tulipalo (1)
- kuljettimella ei kiinteää sammutusvesiputkistoa (1)
- ei hihnan lukitus- tai salpalaitetta, joka olisi estänyt hihnan sinkoutumisen sen katketessa (1)
- kaavarin huono sijoituskohta (1)
- hihnaa kavennettu (1)
- puhdistusauran kiinnityskorvakkeen heikko hitsiliitos (1)
- rikkinäinen syöttösuppilo (1)
- tilan ahtaus (1)
- kannatinrullan sijoitus tukiraudan viereen (1).



Kuva 14. Teknisten puutteiden vaikutus tutkituissa tapaturmissa.

5. Hihnakuljettimiin liittyvät vaaratekijät ja turvallisuuden parantaminen

5.1 Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan hihnakuljettimien keskeisiä vaaratekijöitä. Samassa yhteydessä esitellään myös keinoja turvallisuuden parantamiseksi. Vaaratekijöillä tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaisia kuljetinjärjestelmään liittyviä asioita, tyypillisesti erilaisia teknisiä puutteita, joiden esiintyminen tai olemassaolo voi jollakin tavalla vaikuttaa työtapaturman syntymiseen. Teknisten puutteiden lisäksi tapaturmien syntyyn vaikuttavat tavallisesti erilaiset ihmisen toimintaan ja toimintatapoihin liittyvät asiat sekä esimerkiksi organisaatioon ja johtamiseen liittyvät kysymykset.

Tässä keskitytään ennen kaikkea vaaratekijöihin, jotka johtuvat järjestelmän teknisistä puutteista. Kuljettimien ja niiden varusteiden lisäksi kuljettimien ympäristö, esimerkiksi kulkuväylät ja hoitotasot, sekä ympäristössä vallitsevat olosuhteet, esimerkiksi valaistus, katsotaan osaksi kuljetinjärjestelmää.

Jäljempänä esiteltävät vaaratekijät ovat yleensä luonteeltaan sellaisia, että ne lisäävät välillisesti tapaturman sattumistodennäköisyyttä. Kun kaavari toimii puutteellisesti tai sitä ei kenties ole ollenkaan, kertyy kuljettimen ympäristöön karistetta normaalia runsaammin. Tällöin kuljettimen ympäristöä joudutaan siivoamaan useammin, mikä taas johtaa siivoustyöhön liittyvien tapaturmavaarojen kasvamiseen. Puutteellisesti toimiva kaavari voi olla vaaratekijä myös sitä kautta, että kulkuteille mahdollisesti muodostuvat karistekasat lisäävät työntekijöiden kaatumis- ja kompastumisriskiä.

Hihnakuljettimien välittömät vaaratekijät, jotka sellaisenaan voivat johtaa tapaturman syntymiseen, liittyvät lähinnä suojaamattomiin tai puutteellisesti suojattuihin nieluihin sekä puutteellisiin kulkuväyliin ja hoitotasoihin.

Kuljetinjärjestelmään liittyvät vaaratekijät tulisi ottaa huomioon jo kuljettimen suunnitteluvaiheessa. Käytäntö on osoittanut, että tähän tavoitteeseen ei aina päästä – täydellisesti ei ehkä koskaan. Tämä on ymmärrettävää, kun otetaan huomioon suunnitteluprosessin luonne aika- ja resurssirajoituksineen.

Ongelmia eli vaaratekijöitä joudutaan siis käytännössä poistamaan kuljettimen käyttöönoton jälkeen. Monesti tästä selvitään erilaisten lisäinvestointien avulla, esimerkiksi parantamalla kuljettimen varustelutasoa, valaistusta jne. Kaikissa tapauksissa ei ole edes tarpeen puhua lisäinvestoinneista, vaan merkittäväkin parannus voidaan saada aikaan lähes olemattomin taloudellisin panostuksin.

Joissakin tapauksissa jonkun tietyn vaaratekijän tai ongelman poistaminen olemassa olevasta kuljetinjärjestelmästä voi olla miltei mahdotonta. Esimerkiksi kuljetinta ympäröivän työskentelytilan ahtauteen ei voida juurikaan vaikuttaa jälkikäteen.

Seuraavassa esitettävät asiat perustuvat suurimmaksi osaksi hankkeessa toteutettuihin turvallisuusanalyysiin ja niissä tehtyihin havaintoihin. Vaaratekijät jaotellaan seuraaviin kokonaisuuksiin:

- Liikkuminen ja työskentely kuljettimen läheisyydessä
- Kuljettimien siivous
- Kuljettimien kunnossapito
- Häiriötilanteet.

Vaaratekijöitä esittäessä ei pyritä kuvaamaan niiden kaikkia mahdollisia vaikutustapoja ja -mekanismeja näiden runsaudesta johtuen. Vaaratekijöiden jaottelu lueteltuihin kokonaisuuksiin on tietyllä tavalla keinotekoista, koska monet niistä voisivat kuulua useaan kokonaisuuteen. Esimerkiksi vaaratekijä ”puutteellinen nielun suojaus” voi kuulua ainakin luokkiin ”Liikkuminen ja työskentely kuljettimen läheisyydessä” sekä ”Kuljettimien siivous”. Peruseriaatteena on pidetty sitä, että tietty vaaratekijä on tuotu esiin vain kerran. Aina siitä ei ole voitu pitää kiinni, joten tekstissä esiintyy väistämättä jonkin verran toistoa.

5.2 Liikkuminen ja työskentely kuljettimen läheisyydessä

5.2.1 Kulkutiet ja -väylät

Tyypillisimmät työturvallisuusongelmat liikuttaessa tai työskenneltäessä kuljettimien läheisyydessä liittyvät kulkuteillä ja -väylillä oleviin erilaisiin esteisiin (karistekasat, työkalut), kulkuväylien liukkauteen, niiden teknisiin puutteisiin (esim. puuttuvat kaiteet) tai niillä vallitsevaan huonoon näkyvyyteen. Kompastumiset ja itsensä kolhimiset sekä putoamiset ovat mainittujen tekijöiden tyypillisiä seurauksia.

Kulkuteiden rakennemateriaalilla voidaan jonkin verran vaikuttaa kulkuteille muodostuviin karistekasoihin. Yleensä ritilätaso on hyvä ratkaisu. Karisteen kertyminen ritilätasolle on yleensä vähäisempää kuin umpitasolle, koska osa karisteesta putoaa siitä läpi ja muutenkin karisteen siivous ritilätasolta on yleensä helppoa. Tämä ei pidä paikkaansa kaikkien materiaalien kohdalla. Kaivannais- ja metalliteollisuudessa kuljetettavat materiaalit voivat olla luonteeltaan sellaisia, että ne jäävät ritilätasolle koviksi kasoiksi tai muodostelmiksi, joiden poistaminen on hankalaa. Tällöin tason rakentaminen jostakin muusta materiaalista, esimerkiksi nk. rihlalevystä, on yleensä

parempi vaihtoehto [3]. Karisteen kertymistä kulkuteille ja -väylille tarkastellaan tarkemmin luvussa 5.3.

Samaan tapaan kuin kulkuteilla ja -väylillä olevat karistekasat myös kulkuteilla olevat työkalut, varaosat ja muut esineet voivat haitata liikkumista ja työskentelyä kuljettimien läheisyydessä. Kuljettimien siivouksessa, kunnossapidossa ja häiriötilanteiden poistossa käytettäville työvälineille ja varaosille olisi oltava selkeät säilytyspaikat. Tavallisia, usein tarvittavia työvälineitä, kuten esimerkiksi lapioita ja harjoja, on järkevää sijoittaa kuljetinjärjestelmän eri puolille, ainakin pitkien tai laajojen järjestelmien yhteydessä.

Kun työvälineillä ja muilla tarvikkeilla on omat, selkeästi sovitut säilytyspaikkansa, niin työvälineiden etsinnästä johtuva viive pienenee häiriötilanteissa. Työturvallisuus paranee myös sitä kautta, että kiusaus käyttää väliaikaisia ja työhön huonosti soveltuvia ”työvälineitä” pienenee. Kunnossapitotöissä tulisi muistaa myös rikkoutuneista ja poistetuista osista huolehtiminen, esimerkkinä kannatusrullat. Osat tulisi välittömästi kunnossapitotyön jälkeen siirtää niille varatuille keräilypaikoille.

Toinen työturvallisuusongelma liikkumisessa ja työskentelyssä kuljettimien läheisyydessä on kulkuteiden ja -väylien liukkaus. Vaaratekijä voi piillä sekä ulko- että sisätiloissa olevien kuljettimien kohdalla. Ulkotiloissa olevat kuljettimet ja niiden kulkuväylät tulisi suojata riittävästi sääoloja vastaan. Paras ratkaisu olisi umpinainen kuljetintunneli, joka suojaisi kuljetinta ja sen hoitotasoa sekä päältä että molemmilta sivuilta. Ritiätasot ovat yleensä paras ratkaisu kulkuväylien rakennemateriaaliksi ulkona olevissa kuljettimissa.

Sisätiloissa liukkaus voi olla seurausta esimerkiksi karisteen poistoon käytettävän veden jääytymisestä kulkuväylille. Kuljettimen ympäristö tulisi suunnitella niin, että vesi ei pääsisi kerääntymään lammikoiksi kulkuväylille. Myös kosteuden tiivistyminen kuljetintiloihin tulisi pyrkiä minimoimaan. Yksi keino välttää liukkausongelmaa on pitää kuljetintunnelit ja muut tilat lämmityksen ja eristyksen avulla riittävän lämpiminä.

Joissakin tapauksissa ”liukkaus” voi olla seurausta myös kuljetettavan materiaalin taipumuksesta muodostaa lähes pyöreitä, ”kuulamaisia” karistejyväsiä. Kulkuväylille pudotessaan nämä muodostavat erityisen liikkumista vaarantavan riskitekijän. Ongelmaa voidaan hallita minimoimalla hihnalta putoavan materiaalin määrää esimerkiksi laidantiivistystä parantamalla. Luonnollisesti paras keino ongelman ratkaisemiseksi on puuttua itse ilmiöön eli karistejyvästen muodostumiseen, tavoitteena muodostumisen estäminen tai vähentäminen.

Kuljettimen ympäristön puutteellinen valaistus on myös yksi kuljettimien vaarallisuutta lisäävä tekijä. Tilat tulisi varustaa riittävällä valaistuksella niin, että sekä liikkuminen että erilaisten kunnossapito- ym. tehtävien suorittaminen olisi turvallista. Kuljetin-

tunneleissa valaisimet kannattaa sijoittaa mieluummin tunnelin toiseen reunaan kuin kuljetintunnelin keskelle tai pahimmassa tapauksessa kuljetinhihnan yläpuolelle. Jos valaisimet sijoitetaan hihnan yläpuolelle, ne eivät yleensä valaise kuljettimen alustaa riittävästi, jolloin esimerkiksi karisteen poisto hankaloituu. Hihnan yläpuolelle sijoitettuja valaisimia ei voida myöskään huoltaa kuljettimen käynnin aikana [3]. Koska kunnossapitotöiden yhteydessä tarvittavan valaistuksen määrä on yleensä suurempi, olisi kuljettimen läheisyyteen hyvä varata riittävä määrä pistorasioita, niin että valaistustehoa voidaan tarvittaessa saada lisää. Valaisimien sijoittelussa tuli ottaa huomioon niiden huolto. Yleensä kaikkien tietyn kuljettimen (kuljetinjärjestelmän) lamppujen vaihto kannattaa tehdä kerralla. Tällä tavoin päästään yleensä kokonaiskustannuksissa edullisimpaan ratkaisuun.

5.2.2 Suojaamattomat ja puutteellisesti suojatut nielut

Merkittävimpanä tapaturmavaarana työskenneltäessä tai liikuttaessa kuljettimien läheisyydessä pidetään puutteellisesti tai kokonaan suojaamattomien nielujen aiheuttamaa takertumisvaaraa. Hihnakuuljettimen vaarallisimmat nielut ovat siellä, missä hihna muuttaa suuntaa tai taipuu eli käytännössä veto-, pääte- tai taittorumpujen kohdalla. Myös kannatus- ja palautusrullien nielut voivat joissakin kohdissa olla vaarallisia suojaamattomina.

Yleisen periaatteen mukaisesti hihnakuuljettimen nielut niin kuin muutkin vaarakohdat on suojattava, jos niihin voi ulottua (SFS 2696). Ihmisen kehon eri osien ulottumaetäisyyksiä on esitetty niin yleisissä koneturvallisuusstandardeissa (SFS-EN 294, SFS-EN 349) kuin kuljetintyyppien erityisstandardeissakin (esimerkiksi SFS 2697). Määritettäessä etäisyyksiä vaarallisiin nieluihin tulee lattioiden, kiinteiden hoitotasojen, kulkuteiden, tikkaiden ja portaiden lisäksi ottaa huomioon myös muut paikat, joihin on pääsy ilman erityisiä toimenpiteitä tai välineitä. Vaarakohdat on suojattava myös niiden paikkojen läheisyydessä, jonne joudutaan menemään laitoksen muuta kuin kuljettimeen kohdistuvaa huoltoa (lamppu vaihto, säätö yms.) varten. Vaarallisena on pidettävä sellaista nielua, jonka puristusvoima minkä tahansa ruumiinosan sinne jouduttua on sellainen, ettei nielusta pääse nopeasti ja helposti irti, jolloin nielu voi aiheuttaa puristus-, leikkaantumis- tai palovammoja.

Kannatusrullien ja hihnan muodostamat nielut voivat olla vaarallisia niissä kohdissa, joissa hihna ei pääse vapaasti nousemaan niin paljon, että nieluun mahdollisesti joutunut ruumiinosa - tyypillisesti käsi - ei voi vahingoittumatta luiskahtaa nielun läpi. Standardin SFS 4392 mukaan hihnan pitäisi päästä nousemaan kannatusrullan kohdalla vähintään 50 mm. Muussa tapauksessa nielu olisi suojattava. Esitetty vaatimus koskee luonnollisesti niitä kannatusrullia, jotka sijaitsevat kuljettimen sellaisissa kohdissa,

joiden lähistöllä liikutaan tai tehdään joitakin, ei välttämättä kuljettimeen liittyviä työtehtäviä kuljettimen käynnin aikana.

Hihnan vapaan nousemisen estää tyypillisesti kuljettimen ohjauslaita tai siihen kiinnitetty laitatiivistys. Tyypillisesti tällaisia kohtia esiintyy kuljettimen kuormauskohdissa. Kuvan 15 kuljettimella esiintyy tilanne, jossa olisi syytä pohtia kannatusrullien nielujen suojaamista ainakin niiltä kohdoin, missä kannatusrullat sijaitsevat työskentelykorkeudella. Hihnan oma paino tai hihnan ja sillä olevan materiaalin paino eivät myöskään saa estää hihnaa nousemasta.



Kuva 15. Suojaamattomia kannatusrullien nieluja.

Kannatusrullien ja hihnan muodostamien nielujen vaarallisuutta voi joissakin kohdissa lisätä rullan kannattimen kohdalla oleva kuljettimen runkorakenne tai sivuohjausrulla, joka estää käden kiertymisen tämän yli. Tällainen tilanne on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Kuljettimen runkorakenteen pystytolppa lisää kannatusrullan ja hihnan muodostaman nielun vaarallisuutta, koska se estää käden kiertymisen rullan kannattimen yli.

Palautusrullien ja hihnan muodostamat nielut voivat vastaavalla tavalla olla vaarallisia niissä kohdin, joissa hihna ei pääse vapaasti nousemaan niin paljon, että nieluun mahdollisesti joutunutta ruumiinosaa ei voida vahingoittumatta vetää takaisin nieluun läpi. Standardin SFS 4392 mukaan hihnan pitäisi päästä nousemaan palautusrullan kohdalla vähintään 120 mm. Muussa tapauksessa nielu olisi suojattava. Esitetty vaatimus koskee luonnollisesti niitä palautusrullia, jotka sijaitsevat kuljettimen sellaisissa kohdissa, joiden lähistöllä tehdään joitakin työtehtäviä tai joiden lähistöllä liikutaan (voidaan liikkua) kuljettimen käynnin aikana. On huomattava myös, että hihnan paino tai kiristysvoima voi aiheuttaa sen, että palautusrullan ja hihnan välinen nielu on vaarallinen, vaikka edellä mainittu 120 mm:n vähimmäismitta täyttyisikin. Vaarallisia palautusrullien ja hihnan muodostamia nieluja voi olla erityisesti niissä kohdin, missä kuljettimen ali kuljetaan kuljettimen käynnin aikana.

5.3 Kuljettimien siivous

Kariste sinällään ei yleensä aiheuta välitöntä tapaturmavaaraa. Hihnalta putoavat raskaat kappaleet, kuten pöllit, suuret lohkarit yms. aiheuttavat kuitenkin vaaraa. Liikkuminen alueilla, joihin kertyy karistetta, on hankalaa kompastumisvaaran takia. Karisteen poistaminen on kuljettimilla enemmän tai vähemmän jatkuvaa työtä, johon liittyy edellä

luvussa 5.2 kuvattuja vaaroja. Vähentämällä karisteen syntymistä ja toisaalta parantamalla karisteen poistomahdollisuuksia vähennetään myös tapaturmavaaroja.

Kuljettimien puhtaanapitoon liittyvät ongelmat voidaan jakaa karisteen muodostumiseen ja toisaalta sen poistamiseen liittyviin ongelmiin. Karisteen muodostuminen ei-toivottuihin paikkoihin on yleensä seurausta riittämättömistä hihnanpuhdistuslaitteista, niiden puutteellisesta toiminnasta tai kuljetettavan materiaalin pölisemisestä tai karisemisesta kuormauskohdasta tai itse hihnalta. Leijuva kariste tarttuu kuljettimen kannatus- ja palautusrulliin ja voi siten aiheuttaa mm. hihnan sivuun siirtymistä. Puhdistustarvetta voi syntyä myös muista kuljettimista tai muusta toiminnasta kuljettimien lähellä. Karisteen poistamiseen liittyvät ongelmat ovat seurausta esimerkiksi kuljettimien rakenteista tai roskatasojen ja karisteen poiskuljettamiseen tarkoitettujen kulkureittien puutteellisuuksista. Talvella karisteen poistaminen voi olla vaikeaa jäätyneen vuoksi. Vuodenajoilla voi olla merkitystä myös karisteen syntymiseen. Esimerkiksi jäisten puiden hakettamisessa syntyy huomattavasti enemmän purua ja hienojakoista pölyä kuin sulan puun haketuksessa. Kuljetettavalle materiaalille ei yleensä voida tehdä paljoakaan karisteen syntymisen vähentämiseksi.

5.3.1 Kuljetettavan materiaalin kariseminen

Yleensä kariste kertyy syntykohtansa, esimerkiksi kaavarin, alle, mutta leijuva pöly leviää kuljettimien alle, sivuille ja jopa kuljettimien päällä olevien kansilevyjen ja muiden rakenteiden päälle.

Kuljetettavan materiaalin pölyäminen lastauskohdassa on yleensä seurausta lastauskohdan puutteellisesta koteloinnista. Puutteita voi olla sekä suppilon koteloinnissa että lastauskohdan laidan ja hihnan välisessä tiivistyksessä.

Pölyn muodostuksen vähentämiseksi tulisi välttää suuria pudotuskorkeuksia. Helposti pölisävien materiaalien kuljetusjärjestelmissä pudotussuppilon tulisi olla rakenteeltaan tiivis. Lisäksi sen tulisi muotoilultaan olla sellainen, että se ohjaa kuljetettavan materiaalin keskelle hihnaa, vaikka kuljetettava materiaalmäärä vaihtelisikin. Suppilossa voi olla esimerkiksi säädettäviä ohjauslevyjä. Toisaalta suppilon pitäisi olla avattavissa esimerkiksi puhdistusta ja mahdollisten tukosten poistamista varten. Pudotussuppilon ja lastauskohdan reunantiivistien tulisi muodostaa yhtenäinen kokonaisuus, jossa olisi mahdollisimman vähän aukkoja. Jos hihnaa kannatellaan kuormauskohdassa rullien päällä, etenkin raskas materiaali painaa hihnaa pussille rullien väliseltä alueelta, eikä hyväkään laidantiiviste pysty pitämään reunaa tiiviinä. Paras ratkaisu on toteuttaa pudotuskohdan hihnan kannatus liukulevyillä. Reunan tiivisteenä ns. monihuulitiiviste on osoittautunut monissa kohteissa paremmaksi kuin suora tiivistelevy. Reunan tiivistettä asennettaessa on huomattava tiivisteen ja hihnan välinen

kitka. Tiukasti hihnan pintaa vasten asennettu tiiviste parantaa tiiviyttä, mutta voi lisätä kitkaa niin, että hihna ei jaksa lähteä liikkeelle tai kitka aiheuttaa hihnan sivuun siirtymistä.

Sivuun siirtynyt hihna voi aiheuttaa kuljetettavan materiaalin karisemista reunan yli varsinkin, jos kuorma on toispuoleisesti hihnalla. Hihnan sivuun siirtymistä on tarkasteltu enemmän luvussa 6.

5.3.2 Puutteelliset tai huonosti toimivat kaavarit

Kaavarin puutteellinen toiminta voi johtua sen huonosta sijainnista, teknisestä kunnosta tai soveltumattomuudesta kyseiseen kohteeseen. Yleensä hihnakuljettimen veto-
rummulla on esikaavari, joka kaavaa hihnalta suoraan pudotussuppiloon. Jälkikaavari on asennettu vetorummun jälkeen ja se voi kaavata pudotussuppiloon tai sen ulkopuolelle kuljettimen alle. Jälkikaavarin sijaan voidaan käyttää hihnaharjaa. Hihnan puhtaalla puolella on pääterummun edessä kaavari, jonka tarkoituksena on poistaa puhtaan puolen roskat ennen rumpua. Tämä kaavari on yleensä auraava kaavari, joka pudottaa karisteen hihnan toiselle tai molemmille sivuille.

Jos kaavarit on sijoitettu siten, että ne pudottavat karisteen pudotussuppilon ulkopuolelle, on kariste poistettava jotenkin. Tätä varten kuljettimen rakenne ja alusta on suunniteltava sellaiseksi, että puhdistaminen on helppoa ja turvallista. Jo kaavarin sijoituspaikalla voidaan vaikuttaa puhdistustyön turvallisuuteen. Kaavari tulisi sijoittaa sellaiseen paikkaan, että kariste ei kerry runkorakenteiden, kuten palkkien, päälle, vaan putoaa helposti puhdistettavalle tasolle tai avoimelle lattialle. Kaavarin alla voidaan käyttää ohjauslevyjä karisteen ohjaamiseksi haluttuun paikkaan. Ongelmana on monesti tilausta kuljettimen alla ja vierellä.

Jos kaavari ei toimi kunnolla, hihnan likaisella puolella kulkevat roskat karisevat hihnan tärinän tai palautusrullien vaikutuksesta pitkän kuljetinta. Karisteen poisto on tällöin hankalampaa ja usein turvattomampaa. Kuljettimen rakenteiden päälle ja palautusrulliin kertynyt kariste voi aiheuttaa hihnan sivuun siirtymistä.

Karisteen muodostumiseen vaikuttavina tekijöinä on joissakin hihnakaavareissa näiden puutteellinen toiminta. Kuvassa 17 on esimerkki esipuhdistimen puutteellisesta toiminnasta. Puhdistimen ja hihnan tai rummun väliin on kiilautunut oksia, jotka pitävät esipuhdistimen irti hihnan pinnasta, jolloin se ei puhdistaa hihnaa. Ongelma on seurausta hivenen liian pitkistä esipuhdistimesta sekä toisaalta myös hihnan liikkumisesta sivusuunnassa. Tämän ongelman parannustoimiehdotus on esipuhdistimen lyhentäminen. Myös puhdistimen sijoittaminen rummun kehän suunnassa hivenen alemmaksi

vähentäisi todennäköisesti kuvatun ongelman esiintymistä ilman, että se vaikuttaisi juurikaan kaavarin toimintaan tai sen kunnossapidettävyyteen.



Kuva 17. Kuljettimen esipuhdistimen ja hihnan tai rummun väliin on kiilautunut oksia hieman liian pitkän puhdistimen vuoksi.

Kun kuljettimet ovat ulkona tai lämmittämättömissä sisätiloissa ja kun kuljetettava materiaali on kostea, hihnan pintaan, myös sen puhtaalle puolelle, muodostuu kovilla pakkasilla ohut jääkalvo. Kaavarien toiminta heikkenee, ja tämä kerryttää omalta osaltaan karistetta kuljettimien alle pudotussuppiloiden ulkopuolelle. Lisäksi kuljetettava materiaali voi valua takaisin nousevissa kuljettimissa.

Hyvän kaavarin toimivuuteen kuuluu hyvän kulutuskestävyyden lisäksi helppo säädettävyys ja huollettavuus. Nykyisin on kehitetty runsaasti erilaisista materiaaleista ja niiden yhdistelmistä rakennettuja kaavareita, joiden säätö (kiristys) voi tapahtua automaattisesti jousen tai kaasun paineen avulla. Tällaisten kaavareiden vaihto käy hyvin nopeasti, jopa ilman työkaluja. Kaavari ei toimi luotettavasti ilman säännöllistä huoltoa ja puhdistusta. Kaavareiden tarkastus sekä tarpeenmukainen puhdistus ja huolto on otettava säännöllisiksi tehtäviksi ja liitettävä kuljettimen muuhun tarkastukseen ja kunnossapitoon.

5.3.3 Karisteen poistaminen

Kuljettimien alle kertyneen karisteen poisto tapahtuu monella tavalla. Kuljettimen alle voidaan rakentaa esimerkiksi kolakuljetin, joka pyyhkii kuljettimen alustaa puhtaaksi ja vie karisteen pudotusaukon kautta haluttuun kohtaan. Kariste voidaan huuhtoa vesisuihkuilla sopivaan keräilyaltaaseen. Täältä se johdetaan erotuslaitteeseen, jossa vesi ja kariste erotetaan toisistaan. Yleisin tapa on kuitenkin karisteen poisto mekaanisin keinoin, esimerkiksi lapiolla, kolalla, harjalla tai jopa pyöräkuormaajalla. Joidenkin kuljettimien yhteyteen on rakennettu keskuspolynimuri, jolla hienojakoinen kariste ja pöly voidaan imeä siististi pois. Riittävän suureksi muodostunut karistekasa, jos sitä ei ole huomattu poistaa riittävän ajoissa, voi osaltaan myötävaikuttaa esimerkiksi hihnan sivuun siirtymiseen.

Jos karisteen poistoon käytetään vettä, ongelmaksi tulee käytettävän vesimäärän rajallisuus. Esimerkiksi kuorikuljettimien huuhteluveteen liukenee ravinteita, jotka kuormittavat jäteveden puhdistusta, joten suuria vesimääriä on vältettävä. Raskas kariste muodostaa helposti kasoja, ja vesi virtaa kasojen ohi kuljettamatta karistetta pois, mutta taloudellisesti ei ole järkevää käyttää jatkuvaa suurta vesimäärää. Ongelmaa voi hallita ajoittain suoritettavilla vesipesuilla. Kovien pakkaskausien aikaan vesipesuihin liittyy kuitenkin oma ongelmansa eli valuma- ja roiskevesien jäätyminen aiheuttama liukkaus. Toimivan vesihuuhtelun takaamiseksi kuljettimen alapuolinen tila olisi hyvä jakaa useaksi kapeaksi kouruksi, joissa virtaisi suuri vesimäärä, mutta vain jaksoittain. Tällä varmistettaisiin tasainen veden virtaus koko kuljettimen leveydeltä ja siten parempi karisteen poisto.

Karisteen poistaminen on turvallisinta silloin, kun se voidaan tehdä kuljettimen ollessa pysähdyksissä. Prosessiteollisuudessa tämä on harvoin mahdollista. Kuljettimen pudistukseen käytettävien työkalujen, kuten lapioiden, kolien, harjojen, imurin imuputkien sekä suulakkeiden muotoilussa ja varren pituudessa on huomioitava mahdolliset kuljettimien liikkuvien osien ja kiinteiden rakenteiden muodostamat nielut ja kiilautumismahdollisuudet. Työvälineiden kädensijojen on oltava sellaisia, että ote on helppo irrottaa, jos työkalu on joutunut esimerkiksi hihnan ja rummun väliseen nieluun.

Kuvassa 18 on esimerkki huonosti suunnitellusta kuljettimen taittopäästä, joka hankaloittaa kuljettimen puhdistusta ja huoltoa. Pääterummun rumpukaavarin pudottamat roskat kertyvät liian lähelle seinärakennetta. Roskien poistoa vaikeuttaa myös se, että kuljettimen peräpää sijaitsee ulkona. Suojaamattomaan peräpäähän kertyy talvella helposti lunta ja jäätä, mikä hankaloittaa entisestään puhtaanapitoa. Lumi ja jää yhdessä jäätyneen karisteen kanssa voivat lisäksi aiheuttaa hihnan sivuun siirtymistä.



Kuva 18. Kuljettimen suojaamaton taittopää. Karisteen poisto on hankalaa ahtaista väleistä ja seinän vierestä.

Kuvan 18 esittämässä tapauksessa roskien poistoa vaikeuttavat omalta osaltaan myös kuvassa näkyvät kuljettimen betoniperustukset.

Tällaisen ratkaisun muuttaminen jälkeenpäin on hankalaa. Rakentamalla kuljettimen pään ympärille suojarakennus tai kotelo vähennetään ainakin lumen aiheuttamia ongelmia. Mahdollisen suojauksen (koteloinnin) on oltava sellainen, että puhdistus- ja kunnossapitotyöt, kuten telan vaihto, eivät hankaloidu.

5.3.4 Karisteen poiskuljetus

Karisteen poiskuljetuksen helpoin ratkaisu on lapioda se takaisin hihnalle. Se ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Kariste saattaa olla laadultaan sellaista, esimerkiksi likaista, että sitä ei saa palauttaa prosessiin. Toisaalta kuljetin saattaa olla rakenteeltaan tai sijainniltaan sellainen, että karisteen palauttaminen sille ei ole mahdollista. Tällöin ainoa mahdollisuus on kuljettaa kariste pois.

Jos karistetta on runsaasti ja kuljettimen alla on tilaa ja rakenteet sallivat, karisteen kuljettamiseen voidaan käyttää esimerkiksi pyöräkuormaajaa. Liikkuva työkone aiheuttaa kuitenkin aina vaaraa lähellä työskenteleville. Karisteen poistossa on lisäksi huomioitava koneen törmäysmahdollisuus kuljettimen rakenteisiin. Turvallisin työs-

kentelytapa on sellainen, että kariste lapioidaan ahtaimmista paikoista ja kannatinrakenteiden juurelta hieman kauemmas, josta se viedään pois konevoimin.

Ahtaissa sisätiloissa ja kerroksissa ei yleensä voida käyttää koneita apuna. Karisteen poisto tehdään tällöin tavallisesti kottikärryillä. Kariste voidaan kärrätä jätelavalle tai pudottaa tarkoitusta varten tehdyn pudotusaukon tai -kuilun kautta alla olevalle lavalle tai kekoon, josta se poistetaan pyöräkuormaajalla. Pudotusaukkoihin liittyy putoamisvaara. Aukko tulisi varustaa aina kaitein ja suljettavalla portilla. Aukon päällä tulisi olla riittävän tiheä ristikko- tai verkkorakenne niin, että henkilön ja kottikärryjen putoaminen estyy. Verkon tai ristikon on oltava kuitenkin niin harva, että materiaali pääsee vapaasti putoamaan sen lävitse eikä kerry sen päälle.

Karisteen poiskuljetusta hankaloittavat ahtaus ja tasoerot kuljettimen ympäristössä. Joskus kuljettimen perä joudutaan sijoittamaan syvennykseen tai aivan maan tai lattian rajaan, jotta yläpuolelle saataisiin riittävästi pudotuskorkeutta. Tällöin karisteen poistaminen ja pois kuljettaminen on erityisen hankalaa erityisesti kuljettimen käydessä. Karisteen poiskuljetukseen tulee varautua jo suunnittelun yhteydessä ja huolehtia riittävästä väljyydestä kuljettimen ympäristössä. Kottikärryille sopiva kulkureitti pitää suunnitella valmiiksi ja varustaa tilat riittävällä määrällä ovia ja karisteen pudotusaukkoja.

5.4 Kuljettimien kunnossapito

Hihnakuljettimien tyypillisimpiä kunnossapitotilanteita ovat hihnan kireyden ja rullastotelineiden säädöt sekä rullien vaihdot. Hihnan vaihdot ja korjaukset sekä veto-, pääte- ja taittorumpujen ja käyttölaitteiden vaihdot ovat harvinaisempia. Säädöt tehdään kuljettimen käydessä. Rullanvaihdot aiheuttavat vain lyhyen pysäytyksen, mutta hihnan, rumpujen tai käyttölaitteiden vaihto voi kestää useita tunteja. Hankalina ja suuritöisinä ne pyritäänkin ajoittamaan suunniteltuihin seisokkeihin.

Kunnossapitotöitä hankaloittavia tai tapaturmavaaraa lisääviä tekijöitä ovat mm. ahtaus ja työskentelytasojen puute sekä joissakin tapauksissa valmiiden nostopisteiden ja taljojen kiinnityspisteiden puuttuminen. Ahtaissa tiloissa joudutaan usein ylittämään tai alittamaan kuljetin vaarallisen läheltä liikkuvaa hihnaa tai pyöriviä rullia. Vaarana on horjahtaminen hihnalle tai vaaralliseen nieluun. Äkillisissä korjaustilanteissa ahtaus ja nostopisteiden puute aiheuttavat viivytystä, kun joudutaan rakentamaan erilaisia nostopukkeja ja lisärakennelmia. Lisäksi ahtaus aiheuttaa hankalia työasentoja ja mm. vaaran kolhia itseänsä. Kuvassa 19 on esimerkki ahtaaseen tilaan sijoitetusta kuljettimen vetopäästä. Joissakin tilanteissa joudutaan esimerkiksi kannatinrullia vaihtamaan työskentelemällä hihnan päällä. Tällöin vaarana on kuljettimen vahinkokäynnistys.

Turvallinen työskentelytapa edellyttää, että hihnakuljettimen käynnistyminen estetään aina lukittavan turvakytkimen avulla, kun joku henkilö on hihnalla.

Työskentelyolot voivat talvisaikaan vaikeutua lattian tai työskentelytasojen jäätyksen takia, mikä lisää entisestään tapaturmavaaraa mm. liukastumis- ja itsensä kolhimisriskejä. Joissakin kohdissa kuljettimen rakenteet ovat sellaisia, että korjaustilanteissa joudutaan käyttämään polttoleikkausta tai kulmahiomakonetta. Tulityöt aiheuttavat aina palovaaran ja siten omaisuus- ja keskeytysvahinkomahdollisuuden. Vahingon estämiseksi joudutaan työntekijöitä sitomaan palovartiointiin.

Muita kunnossapidon kannalta yleisesti ongelmallisiksi koettuja asioita tarkastelluilla kuljettimilla ovat mm.:

- Pääterumpujen ruuvikiristimien ruuvien suojaus puutteellista.
- Sivulaitojen tiivistyskumin kiinnitysmekanismi voi olla vaikeasti säädettävä.
- Sivunohjautumisen tai pyörinnän vartijoiden sijoituspaikat sellaisia, että niille ei ole kulkutietä.
- Kiristyslaitteiden vastapainojen suojahäkit puutteellisia, jolloin vastapainon alle voi päästä.
- Käyttölaitteen hihnapyörien suojukset puutteellisia.



Kuva 19. Kuljettimen vetopää sijoitettuna paikkaan, jossa lähellä oleva katto ja sprinklerputket hankaloittavat käyttökoneiston ja vetorummun vaihtoa.

Kuvassa 20 on esimerkki hankalasti säädettävästä tiivistyskumin kiinnitysmekanismista.



Kuva 20. Vaikeasti säädettävä tiivistyskumin kiinnitysmekanismi.

Edellä kuvattuihin ongelmiin valmiissa kuljetinjärjestelmissä ei voida esittää kovinkaan merkittäviä parannustoimiehdotuksia. Joihinkin kohteisiin on ehkä mahdollista asentaa nostokisko. Kunnossapitotehtävät olisi otettava huomioon uusien kuljetinjärjestelmien suunniteltaessa jo layout -vaiheessa mm. riittävänä väljyytenä sekä nostopisteinä ja -palkkeina kuljettimien taitto- ja vetopäissä.

Kuljettimien alitus tai ylitys on turvattava suunnittelemalla ja rakentamalla niitä varten turvalliset reitit, joissa putoaminen hihnalle on estetty ja vaaralliset nielut on suojattu. Huoltokohteisiin tulisi rakentaa turvalliset kulkutiet ja työskentelytasot, joissa olisi riittävät kaiteet. Työskentelytasojen tulisi olla sellaisella korkeudella huoltokohteeseen nähden, että työt voidaan tehdä hyvässä työasennossa seisten. Myös valaistuksen tulee olla riittävä kunnossapitotöitä varten. Mahdollista lisävalaistusta ja käsityökalujen käyttöä varten tulee olla pistorasioita pitkien jatkojohtojen käytön välttämiseksi.

5.5 Häiriötilanteet

Hihnakuuljettimelle tyypillisiä häiriötilanteita ovat hihnan sivuun siirtyminen, syöttö- ja purkaussuppiloiden tukkeutuminen, materiaalin luistaminen nousevalla hihnalla ja hihnan luistaminen. Kaikkien näiden häiriötilanteiden poistamisessa saatetaan joutua työskentelemään käynnissä olevan kuljettimen välittömässä läheisyydessä. Tällöin ovat mahdollisia edellä kuvatut suojaamattomien nielujen aiheuttamat vaarat. Lisäksi

häiriönpoistossa joudutaan kuljetin usein pysäyttämään joksikin aikaa. Tällöin on vaarana vahinkokäynnistys.

5.5.1 Hihnan sivuun siirtyminen

Hihnan sivuunsiirtymistä pidetään yleisesti hihnakuljettimien merkittävimpänä häiriötyyppinä, joskin sen merkitys voi vaihdella huomattavasti kuljetettavan materiaalin, kuljettimen rakenteen ym. seikkojen mukaan. Hihnan sivuun siirtyminen oli niin häiriötilastojen kuin laitosten käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön asiantuntemuksenkin mukaan yleisin häiriötyyppi tarkastelun kohteena olleilla puunjalostus- ja metalliteollisuuden kuljettimilla. Joissakin kuljettimissa jopa 80 % häiriöajasta aiheutui hihnan sivuun siirtymisestä.

Hihnan sivuunsiirtymisen vaikutukset tuotannolle voivat vaihdella lyhyestä, vain muutamien minuuttien käyttökeskeytyksestä pitkäänkin seisokkiin. Hihnan vaurioituminen reunastaan niin pahoin, että se joudutaan uusimaan, on esimerkki pitkään seisokkiin johtavasta tapahtumasta. Hihnan sivuun siirtyminen vaikuttaa heti myös työskentelyturvallisuuteen, koska karisteen määrä lisääntyy.

Sivuunsiirtyminen voi johtua mm. materiaalin toispuoleisesta kuormauksesta hihnalle, pyörimättömistä kannatinrullista, likaantuneista rullista tai hihnan löystymisestä. Sivuuunsiirtyminen aiheuttaa pahimmillaan runsaasti karistetta, erityisesti silloin, kun hihna siirtyy pois reunatiivisteiden kohdalta. Lisäksi sivuun siirtynyt hihna voi osua kuljettimen kiinteisiin rakenteisiin vaurioituen ainakin reunastaan. Hihnan sivuun siirtymisen syytä on tarkasteltu luvussa 6.

Hihnan sivuunsiirtyminen voidaan havaita esimerkiksi tarkastuskierroksella, valvontamonitorin näytöltä tai hihnan sivuunsiirtymisvahdin hälytyksestä. Välittömänä korjaustoimena tarkastetaan yleensä ensin hihnakuljettimen rullien pyöriminen ja likaisuus, kuorman putoaminen keskelle hihnaa ja hihnaa mahdollisesti painavat roskat, karistekasat yms. Ensimmäisenä toimenä yritetään poistaa näkyvät syyt. Rullien puhdistaminen ja karisteen poisto kuljettimen käydessä aiheuttavat tapaturmavaaran, jota on käsitelty jo luvussa 5.2.2 suojaamattomien nielujen yhteydessä sekä luvussa 5.3 kuljettimen siivouksen yhteydessä. Jos näkyvää syytä ei löydetä, hihna yritetään keskittää säätämällä kuljettimen rullia tai rumpuja. Tämäkin joudutaan tekemään kuljettimen käydessä, jolloin edellä kuvatut vaarat ovat edelleen mahdollisia.

Jos hihna on siirtynyt sivuun hyvin paljon, sen reuna saattaa kääntyä kaksinkerroin. Tällöin hihna joudutaan pysäyttämään ja siirtämään miesvoimin keskelle ja samalla kääntämään reuna takaisin suoraan. Usein hihnaa joudutaan tässä tilanteessa ajamaan nykäysajolla pieni matka eteenpäin ja siirtämään hihnaa vain vähän kerrallaan. Jos

hihnalla ei ole paikallisoheutta, vaarana on aina, että joku työntekijä on hihnan päällä tai muuten hihnassa kiinni, kun kuljetin käynnistetään. Turvallinen työskentelytapa edellyttää, että hihnakuljettimen käynnistyminen estetään aina lukittavan turvakytimen avulla, kun joku on hihnan päällä tai kun työ muuten vaatii kuljettimen pysäyttämisen.

5.5.2 Syöttö- ja purkaussuppiloiden tukkeutuminen

Syöttö- ja purkaussuppilon tukkeutuminen voi johtua esimerkiksi materiaalin tarttumisesta suppilon seiniin tai ylisuurten kappaleiden jumiutumisesta suppiloon. Tukkeutumisen seurauksena suppilo täyttyy hyvin nopeasti, jos siinä ei ole luotettavasti toimivaa tukosvahtia. Osittainen tukkeutuminen voi aiheuttaa kuljetettavan materiaalin ohjautumista sivuun, mikä voi johtaa hihnan sivuun siirtymiseen seuraavalla kuljettimella.

Tukkeutumiskohdan ja suppiloiden rakenteen mukaan kuljetettava materiaali voi pakkautua hyvin tiukasti suppiloon tai sitä voi virrata suppilon ulkopuolelle. Tukoksen poistamiseksi suppilon eri puolilla tulisi olla puhdistusaukkoja ja riittävät työtasot jokaisen aukon kohdalla. Jos tukoksen poistamiseksi joudutaan kiipeilemään suppilon päällä ja käyttämään esimerkiksi irtotikkaita, vaarana voi olla putoaminen. Tukoksen selvittämiseksi joudutaan usein seuraava kuljetin pitämään käynnissä. Tällöin ovat kaikki käynnissä olevaan kuljettimeen liittyvät vaarat mahdollisia. Jatkuva käynnissäpito parempi olisi ohjata kuljetinta paikalliskäytöllä nykyäksittain eteenpäin sitä mukaa, kun suppilosta saadaan pudotettua materiaalia hihnalle. Suppilon ulkopuolelle purkautuneen materiaalin poistoon liittyvät luvussa 5.3 esitetyt kuljettimen puhdistukseen liittyvät vaarat.

5.5.3 Kuljetettavan materiaalin luistaminen hihnalla – ruuhkanpoisto

Kuljetettavan materiaalin luistamista nousevissa kuljettimissa esiintyy talviaikana, kun hihnan pintaan muodostuu ohut jääkerros. Se ei poistu kaavarilla, vaan päinvastoin kaavari saattaa kiillottaa hihnan pinnan, jolloin ongelma vain pahenee. Materiaalin luistamisen seurauksena kuljettimen alapäähän ja syöttösuppilon voi kertyä suuri määrä kuljetettavaa materiaalia.

Ruuhkan poistamiseksi kuljetin on yleensä ensin pysäytettävä, jotta sen päälle kertynyt materiaali voidaan poistaa esimerkiksi lapioiden avulla. Kun hihna saadaan vetämään, avataan pudotussuppilossa mahdollisesti oleva tukos ja tuotanto käynnistetään uudestaan. Kuljettimen vierelle kertynyt materiaali lapioidaan takaisin hihnalle tai kuljetetaan pois. Ruuhkaa poistettaessa joudutaan kiipeilemään kuljettimen ja runkorakenteiden päällä, jolloin on aina putoamis- ja itsensäkolhimisvaara. Kuljettimen käynnistysyrityksiin liittyvä edellä kuvattu vahinkokäynnistyksen vaara.

5.5.4 Hihnan luistaminen

Hihnan luistaminen voi johtua mm. vetorummun tai hihnan pinnan jääytymisestä, hihnan löystymisestä tai liian suuresta kuormasta hihnalla. Luistamisvaara on erityisen suuri, jos hihna joudutaan käynnistämään kuormattuna.

Luistoa pyritään estämään vetorummun kuvioinnilla, hihnan kireyden säädöllä ja hitaalla käyntiin lähdöllä. Ensiapuna luistavan hihnan ja vetorummun väliin voidaan annostella kitkaa lisäävää ainetta, kuten hiekkaa, purua, turvetta tai muuta hienojakoista kuljetettavaa ainetta. Nykyisin on saatavilla myös kitkaa lisääviä kemikaaleja, joita voidaan ruiskuttaa rummun pintaan. Kitkaa lisäävän aineen syöttöön voi liittyä suuri vaara joutua vetorummun ja hihnan väliseen nieluun.

Kitkaa lisäävän aineen syöttöä voidaan turvallistaa käyttämällä jauhemaisen aineen heittämiseen pitkävirtista kauhaa ja suihkutettavan aineen levittämiseen pitkällä suihkuputkella varustettua ruiskukannua. Kauhan ja ruiskukannun kahvan tulee olla sellaisia, että käsiotteen voi irrottaa nopeasti, jos työkalu joutuu nieluun.

Hihnan luistamiseen liittyy myös palovaara, jos luistaminen jatkuu pitkään ja hihnan pinta kuumenee. Hihnan palaessa poikki voi kuormattu hihnan yläpuoli valua alaspäin levittäen paloa ja aiheuttaen vaaraa läheisyydessä oleville henkilöille. Tätä vaaraa voidaan vähentää hihnan pyörinnän vartijalla, joka pysäyttää käyttömoottorin, jos hihna ei liiku.

Hihnan luistaminen alkaa usein kuljettimen käynnistyksen yhteydessä. Tätä ongelmaa voidaan vähentää käynnistämällä kuljetin hitaasti invertterikäyttöisellä käyttömoottorilla. Invertterikäyttöä voidaan hyödyntää myös hihnanvaihtojen ja erilaisten säätöjen yhteydessä, kun kuljetinta halutaan käyttää hitaasti.

5.5.5 Hätäpysäytyslaitteet

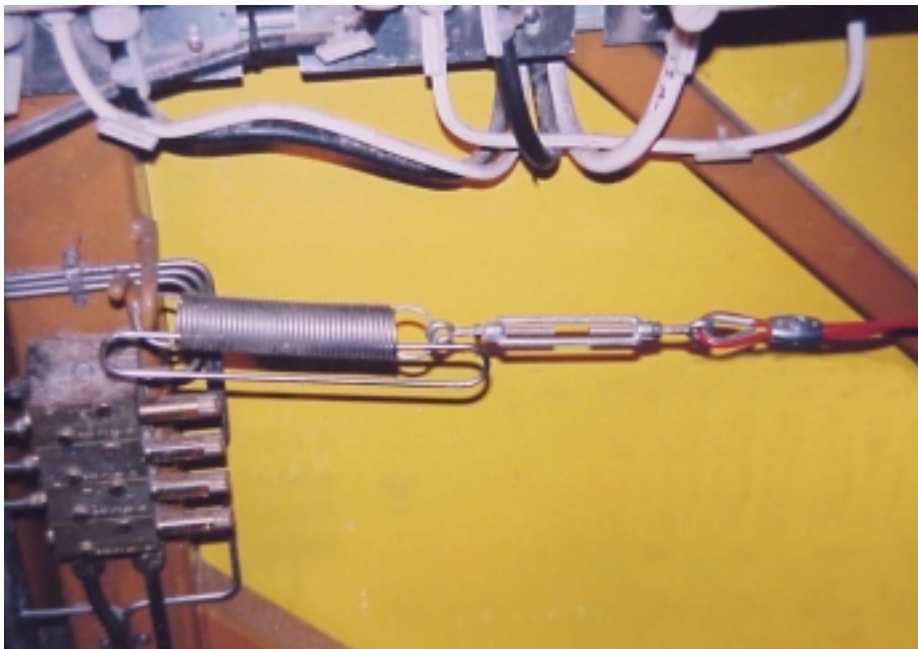
Hätäpysäytin on tärkeä käynnissä olevan kuljettimen huoltoon, kunnossapitoon, tarkastukseen ja puhtaanapitoon liittyvä turvalaite. Sillä kuljetin pysäytetään kaikissa tilanteissa, joissa vaara uhkaa. Kuljettimen normaaliin pysäyttämiseen hätäpysäytintä ei saa käyttää.

Vanhojen kuljettimien tyypillinen ongelma on, että hätäpysäyttimiä ei ole kuljettimen vaara-alueilla. Usein on vain hätäpysäytyspainike kuljettimen käyttölaitteiden läheisyydessä tai jossakin kohdassa kuljetinta. On mahdollista, että käynninaikaisissa vaaratilanteissa henkilövahingot ovat vakavampia, kun pysäytys viivästyy läheisyydestä puuttuvan hätäpysäyttimen johdosta.

Nykyisin hihnakuljettimen hätäpysäyttimen hallintaelimenä käytetään useimmiten köyttä tai vaijeria. Sen toiminta voi olla epäluotettavaa, jos köysi on niin löysällä, että vaaratilanteessa oleva henkilö ei pysty vetämään köydestä riittävästi hätäpysäytystoiminnon aikaansaamiseksi tai jos köysi on katkennut. Epäluotettavuutta lisäävät erilaiset köyden kitkaa ja vaadittavaa voimaa kasvattavat tekijät, kuten köyden hankaaminen rakenteisiin, köyden, sen jousien, ohjaimien tai varsinaisen hätäpysäytyskytkimen päälle kertynyt kariste, lumi tai jää, huonosti toimivat ohjausrullat ja lenkit sekä köyden pituus ja runsaat suunnan muutokset.

Nykymääräysten mukaisesti hätäpysäyttimen tulee kattaa kaikki koneen vaara-alueet. Hätäpysäyttimen köyden tulee kattaa ne alueet, joissa voidaan liikkua koneen käydessä ja joissa on mahdollista joutua vaarallisiin nieluihin. Pitkien kuljettimien hätäpysäytys joudutaan toteuttamaan usean hätäpysäytyspiirin avulla. Hätäpysäytysjärjestelmä tulee rakentaa niin, että myös köyden katkeaminen tai löystyminen aiheuttaa hätäpysäytystoiminnon. Käytännössä tämä toteutetaan köyden päissä ja hätäpysäytyskytkimessä olevien jousien avulla. Köyden katketessa tai löystyessä jousivoima aikaansaa hätäpysäytystoiminnon. Jouset ja hätäpysäytin tulee suojata karisteen, lumen ja jään vaikutuksilta. Kuvassa 21 on esimerkki hätäpysäyttimen köyden puutteellisesta kiristyksestä, jossa kireyttä valvova jousi ei ole jännittyneenä.

Käytettäessä hätäpysäytintä sen tulee lukkiutua auki-asentoon. Kuljetinta ei tällöin pystytä käynnistämään esimerkiksi ohjaamosta. Vastaavasti hätäpysäyttimen vapauttaminen ei saa käynnistää kuljetinta automaattisesti.



Kuva 21. Riittämättömästi kiristetty hätäpysäytysköysi.

6. Hihnakuljettimien käyttöhäiriöt ja käyttövarmuuden parantaminen

6.1 Käyttöhäiriöt tilastojen valossa

Käyttöhäiriötietojen keräystä oli laitoksilla tehty eri tavoin, joten kerättyjä häiriötietoja ei voitu suoraan verrata keskenään. Kaikissa tutkimuksen kohteena olleissa laitoksissa käyttöhäiriötietoa oli kylläkin kerätty ja viety tietojärjestelmiin, mutta esimerkiksi häiriön kestoon perustuva vikatyypien kriittisyyden määrittäminen oli käytännössä mahdotonta tietojen tason vaihtelun takia. Usein keskeisiä häiriöön liittyviä asioita oli jäänyt häiriön raportoinnissa kokonaan kirjaamatta. Lisäksi osoittautui, että ilmenneistä häiriöistä vain osa oli raportoitu, sillä hihnakuljettimien käydessä tapahtuneet välittömiä toimia vaatineet häiriöt olivat jääneet usein kirjaamatta ja tulivat esille satunnaisesti käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön kanssa käydyissä keskusteluissa.

Erään kohdelaitoksen käyttöhäiriötietoja seurattiin kahdeksan kuukauden ajanjaksolla kolmen kohdekuljettimen muodostamasta kuljetinjärjestelmästä ja vertailun vuoksi koko osaston kaikista 20:sta hihnakuljettimesta. Seurannan tulokset on esitetty taulukossa 2. Taulukosta ilmenee, että osaston hihnakuljettimilla hihnan sivuunsiirtyminen oli ylivoimaisesti yleisin häiriötyyppi. Toisaalta lähes kaikki osastolla tapahtuneet hihnan sivuunsiirtymiset olivat tulosten mukaan tapahtuneet kolmen kohdekuljettimen muodostamassa kuljetinjärjestelmässä. Muilla kuin kohdekuljettimilla hihnarakenteet, kaavarit, vetotelat ja rullat olivat olleet sivuunsiirtymistä yleisempiä häiriökohteita. Erään toisen laitoksen kohdekuljettimien häiriöraportit vajaan kolmen vuoden ajalta osoittivat, että tarkastelun kohteena olleilla neljällä hihnakuljettimella 57 % kaikista häiriöistä liittyi hihnan sivuunsiirtymiseen. Kaikkien eri keräystapojen ja eri laitosten kokemusten perusteella hihnan sivuunsiirtyminen todettiin hihnakuljettimien yleisimmäksi häiriötyypiksi.

Taulukko 2. Erään kohdelaitoksen hihnakuuljettimien häiriöt tarkastelujakson aikana.

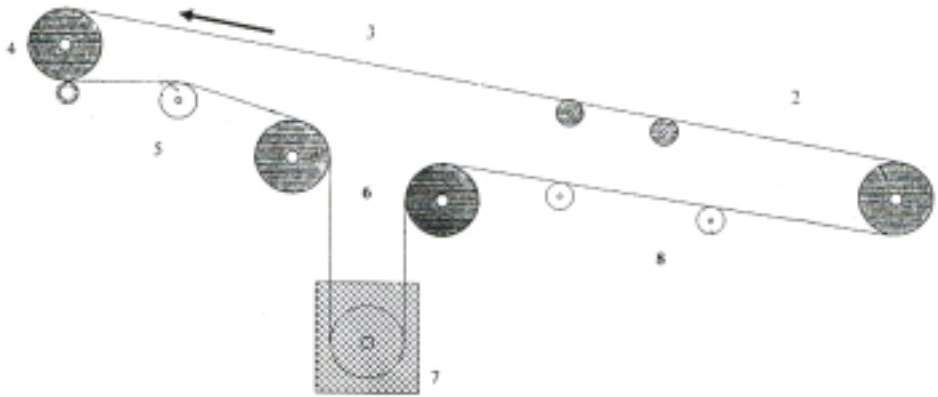
Vaurio- tai häiriökohta	Kohdekuuljettimet	Kaikki hihnakuuljettimet
higna sivussa	12	15
hignavaurio	1	7
kaavarin häiriö tai vaihto	-	4
vetotela tai sen moottori	-	4
taittotela	-	2
rullat, irtoaminen tai vaihto	-	4
lastauskohdan vaurio tai muutos	2	5
higna luistaa	2	3
pyörintävahti	1	1
sivunsiiron vahti	-	1
häätäpysäytin, korjaus tai muutos	-	2
hignaharja	-	1
ruuhka	-	1
Yhteensä	18	50

Hihnan sivuunsiirtyminen ei yleensä sellaisenaan aiheuta pahaa häiriötä tuotantoon. Jos kuuljettimessa on hälyttävä sivuunsiirtymisen vartija tai jos siirtyminen havaitaan valvontakierroksella tai valvontakameran välityksellä, siirtyminen voidaan korjata ennen kuuljettimen pysähtymistä. Sivunsiirtymisen korjaus vaatii kuuljettimen rullaston tai pudotuskohdan ohjauslevyjen säätöjä sekä mahdollisesti siirtymisen aiheuttaneiden karisteiden, lumen tai jään poistoa. Sivunsiirtyminen aiheuttaa siis laitoksissa ylimääräistä puhdistus-, säätö- ja kunnossapitotyötä, josta aiheutuu yrityksille vuosittain suuria kustannuksia.

Pitkiä katkoksia aiheuttava vauriotyyppi on hignavaurio. Hihnan korjaus tai vaihto voi kestää yli 10 tuntia. Yllättävän hignavaurion aiheuttama käyttökeskeytys voi olla huomattavasti pitempikin, jos uutta hignaa ja ammattitaitoisia asentajia ei ole heti saatavilla. Hignavaurio on usein seurausta hignakuuljettimelle joutuneista esineistä tai rakenteiden puhtaanapitoon liittyvistä tekijöistä (esimerkiksi jäätyminen), jotka aiheuttavat pahoja, usein pitkittäisiä hignavaurioita. Hihnan reunan vahingoittuminen taas on usein seurausta hihnan sivuunsiirtymisestä. Koska hignakuuljettimen puhtaanapitoon liittyvät ongelmat ja hihnan sivuunsiirtyminen ovat osallisina myös monien vakavien häiriöiden aiheutumiseen, päätettiin nämä kaksi ongelmaa analysoida tässä projektissa tarkemmin.

6.2 Hihnan sivuunsiirtymisen analysointi ja tulokset

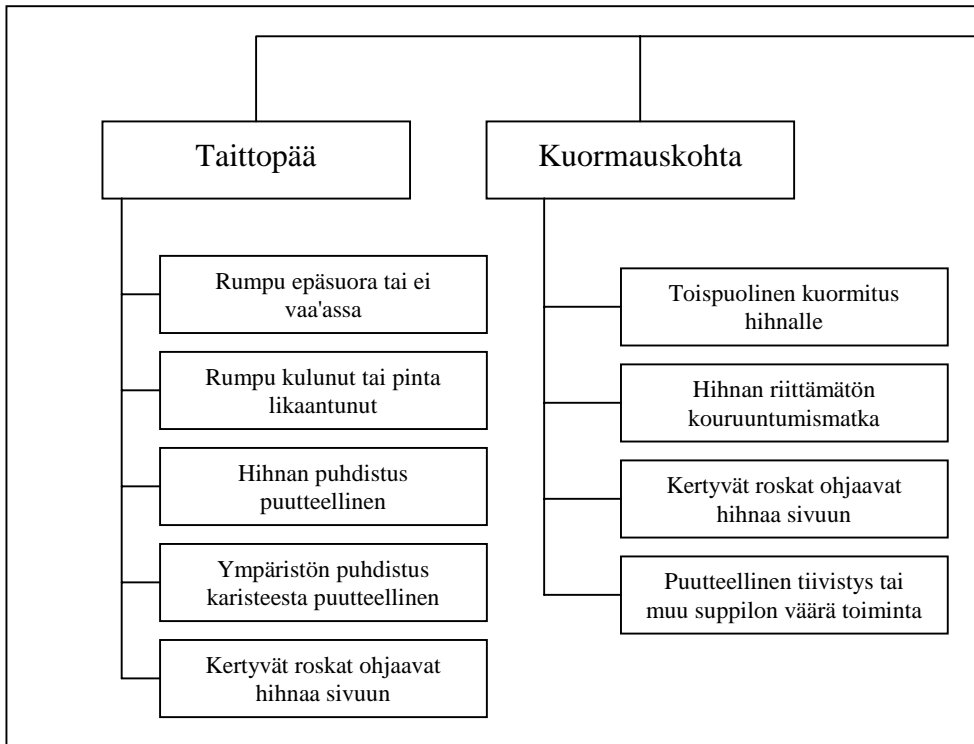
Hihnan sivuunsiirtymisen analysoinnin ongelma on siinä, että ilmiölle ei ole yhtä yksiselitteistä syytä, vaan on olemassa useita syytekijöitä, joiden vakavuus vaihtelee eri olosuhteissa toimivissa kuljettimissa. Projektiin osallistuvien yritysten henkilökunnan asiantuntemusta hyväksikäyttäen etsittiin syyt hihnan sivuunsiirtymiseen. Tarkasteltava hihnakuuljetin rajattiin yhteen suuntaan ajettavaksi, myös ulko-olosuhteissa toimivaksi massatavarakuuljettimeksi. Hihnakuuljettimen osat määriteltiin analysointia varten kuvan 22 mukaisiksi. Jako perustui laitevalmistajien omassa myynti- ja suunnittelu-toiminnassaan käyttämään hihnakuuljettimen rakenteen määrittelyyn.



- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Taittopää | 6. Riippukiristysten ylärummut |
| 2. Kuormauskohta | 7. Riippukiristysrumpu |
| 3. Kuormauskohdan ja vetopään väli | 8. Loppuosa ennen taittoa |
| 4. Vetopää | 9. Hihna |
| 5. Vetopään ja riippukiristysten väli | 10. Kuljettimen ympäristö |

Kuva 22. Hihnakuuljettimen jakaminen osiin hihnan sivuunsiirtymisen analysointia varten.

Analysointimenetelmäksi kehitetyn TosiPuu-menetelmän ensimmäisessä vaiheessa hihnakuuljetin käytiin asiantuntijaryhmässä kuvan 22 mukaisessa osajärjestyksessä läpi. Tällöin määritettiin kussakin osassa vaikuttavat hihnan sivuunsiirtymistä aiheuttavat syyt. Esille tulleet syyt merkittiin puumalliin, jonka rakenne esitetään kuvassa 23. Kuvassa on kerrottu ainoastaan kahdessa hihnakuuljettimen osassa esiintyvät hihnan sivuunsiirtymistä aiheuttavat syyt, mutta käytännössä tarkastelu tehtiin kaikille kymmenelle hihnakuuljettimen osalle.



Kuva 23. Osa TosiPuu-menetelmän puumallista hihnan sivuunsiirtymisen analysoinnissa.

Edellä esitettyä menetelmää käyttäen saatiin hihnan sivuunsiirtymisen syyt määritettyä mahdollisimman kattavasti. Syiden kirjauksessa pyrittiin välttämään päällekkäisyyksiä, mutta pääasiassa syyt kirjattiin siinä muodossa, jossa asiantuntijaryhmä oli ne esittänyt. Syytä kirjattiin seuraavat 25 kpl:

- toispuoleinen kuormitus hihnalle
- pyörimättömät tai likaantuneet rullat
- kuljetin sellainen, ettei sen hihnaa voida kiristää riittävästi (esimerkiksi väärä nousukohtan kaarevuussäde)
- vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin kertyvät roskat ohjaavat hihnaa
- hihnan puhdistus puutteellinen
- epätasainen hihnan kiristys
- kuormauskohdan puutteellinen tiivistys tai muu suppilon väärä toiminta
- hihnan riittämätön kouruuntumismatka päissä
- rumpu epäsuora tai ei vaa'assa
- rumpu kulunut tai pinta likaantunut
- ympäristön puhdistus karisteesta puutteellinen
- väärä rullaston linjaus ja/tai aeraus
- väärä rullastoväli ja/tai riippuma
- väärä alarullan tyyppi

- hihnaa ohjaavia yksiköitä liian vähän tai ne puuttuvat
- purkusuppilon holvautuminen
- vetorummun jälkeisen taittorummun puuttuminen
- tuulikuorma
- lumi, jää ja vesi
- ulkoiset kemikaalit
- epätasainen tuotevirta
- kohteeseen nähden väärin valittu hihna
- hihnan asennus- tai liitosvirhe
- hihnan valmistusvirhe
- vaurioitunut hihna.

Asiantuntijaryhmässä määritettiin lisäksi hihnan sivuunsiirtymiselle käytettävissä olevat parannustoimet. Hihnan sivuunsiirtymisen parannustoimien lista saatiin seuraavallaiseksi:

- suppilon toteutus keskittäväksi kaikissa olosuhteissa
- hihnan kireyden ja kiristysmekanismin tarkastus ja huolto
- rullaston ja rumpujen linjaus ja suuntaus
- taitto- ja vetorumpujen bombeerauksen ja pinnoituksen tarkastus ja korjaus
- hihnan oikea valinta tai hihnan rakenteen muuttaminen
- ohjaavat ja keskittävät rullat sekä rullastotelineet
- ulkona olevan kuljettimen suojaaminen tunnelilla tai muulla suojalla
- rumpujen, kaavarien tai muiden komponenttien jäätyminen estäminen
- kuljettimien suunnittelu mahdollisuuksien mukaan vakionousuisiksi
- nousukulmien muutoksissa riittävän suuri kaarevuussäde ja tiheä rullasto
- alarullien tyyppin valinta ja rullien kunnon tarkastus
- kannatusrullien korvaaminen liukutasoilla kuormauskohdassa
- vetorummun jälkeisen taittorummun lisääminen
- kouruuntumismatkan muuttaminen oikeaksi kuljettimen päissä
- kaavarien parantaminen tai muu hihnan tai rumpujen puhdistuksen tehostaminen
- kunnossapitotoimien, kuten siivouksen ja huollon, helpottaminen.

Koska kuljettimien käyttöhäiriöistä oli yritysten tietojärjestelmiin viety yleensä varsin puutteelliset tiedot, ja koska hihnan sivuunsiirtymisen aiheuttaneista syistä ei ollut useinkaan juuri minkäänlaista merkintää, oli olemassa olevan häiriötiedon perusteella mahdotonta tehdä kvantitatiivista analyysia häiriön suhteen kriittisistä tekijöistä. Tämän vuoksi analysoinnin välineeksi kehitetyssä TosiPuu-menetelmässä käytettiin asiantuntijoiden numeeriseen itsearviointiin perustuvaa ristiintaulukointia. Laitosten käyttö- ja kunnossapitohenkilöstöllä sekä laitetoimittajien edustajilla oli varsin hyvä käsitys siitä, millainen vaikutus milläkin parannustoimella on kuhunkin ongelmaan.

Koska kukin parannustoimi yleensä vaikuttaa useaan sivuunsiirtymisen syyhyn, saatiin ristiintaulukointimenetelmällä käsitys siitä, mikä on eri parannustoimien vaikutus koko järjestelmän toimintaan. Samoin taulukoinnin tuloksena nähtiin, mihin sivuunsiirtymisen syihin kannattaa korjaustoimia tehtäessä panostaa (kriittiset syyt). TosiPuu-menetelmän mukaisesta ristiintaulukoinnista, niin sanotusta totuustaulukosta on esitetty osa kuvassa 24.

Hihnan sivuun siirtymisen totuustaulukko		Painokerroin							
		Taitto- ja vetorumpujen pompeerauksen ja pinnituksen tarkastus ja huolto	Hihnan kireyden ja kiristysmekanismin tarkastus ja huolto	Rullaston ja rumpujen linjaisuus ja suuntaus	Ohjaavat ja keskittävät rullat ja rullastoteineet	Ulkona olevan kuljettimen suojaaminen tunneilla tai muulla	Rumpujen kaavarien ja	Kuljettimen suunnittelu ma	Nousu
S1	Toispuoleinen kuormitus hihnalle	4	2	0	1	0	0	1	
S2	Pyörimättömät tai likaantuneet rullat	3	0	0	1	0	0	1	
S3	Kuljetin suunniteltu sellaiseksi ettei sitä voi kiristää riittävästi	2	0	1	1	1	1	1	
S4	Vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin kertyvät roskat ohjaavat hihnaa	3	1	0	0	1	0	1	
S5	Hihnan tai rumpujen puhdistus puutteellinen	3	0	0	1	0	1	0	
S6	Epätasainen hihnan kiristys	2	0	2	2	1	0	1	

Kuva 24. Osa hihnan sivuunsiirtymisen totuustaulukosta.

Totuustaulukon täyttäminen aloitettiin syiden painokertoimien määrityksellä. Pysty-akselille sijoitetuille hihnan sivuunsiirtymisen syille kukin taulukon täyttänyt henkilö määritteli painokertoimen asteikolla 1–5. Tämä painokerroin kuvasi sitä, miten vakava kyseinen ongelma oli kuljettimen käyttövarmuuden, turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta. Vaaka-akselille sijoitettiin parannustoimet. Syntyneeseen ruudukkoon määritettiin kunkin parannustoimen vaikutus kuhunkin ongelmaan siten, että arvosana 1 tarkoitti tilapäistä tai vähäistä vaikutusta ja arvosana 2 pysyvää parantavaa vaikutusta. Arvosana 0 tarkoitti sitä, että toimella ei ole vaikutusta. Vaaka- ja pystyriveiltä laskettiin kullakin rivillä olevat luvut yhteen kerrottuna rivin alussa olleella painokertoimella. Näin saadut tulokset olivat syiden kriittisyyttä ja parannustoimien tehokkuutta kuvaavat tunnusluvut.

Ristiintaulukoinnin tuloksena on taulukoissa 3 ja 4 esitetty hihnakuljettimen sivuunsiirtymisen kannalta kriittisimmät syyt ja koko hihnakuljettimen toiminnan kannalta tehokkaimmat sivuunsiirtymisen parannustoimet. Tulokset saatiin keskiarvona kaikkien projektiin osallistuneiden yritysten tekemistä arvioinneista. Tuloksissa on esitetty vain kaikkein korkeimmat tunnusluvut saaneet syyt ja parannustoimet. Tunnuslukujen absoluuttiarvoja ei tässä yhteydessä ole esitetty. TosiPuu-menetelmällä tehty arviointi on

aina kohdekohtainen, mutta nämä keskiarvotulokset antavat kuvan hihnakuuljettimien vakavimmista ongelmien syistä yleisellä tasolla, koska mukana on ollut eri teollisuudenalojen ja laitetoimittajien tekemiä arviointeja. Liitteessä C on esitetty yhdelle kohdelaitokselle tehty arviointi kokonaisuudessaan.

Kun arvioitiin, miten eri syyt jakaantuvat suunnittelun, käytön ja huollon kesken, saatiin kaikkien asiantuntijoiden vastauksista keskiarvoina prosenttiosuudet 50, 20 ja 30. Toisin sanoen puolet kaikista hihnan sivuunsiirtymisen syistä on lähtöisin kuuljettimen suunnittelusta, johon tässä yhteydessä katsotaan kuuluvan uuden kuuljettimen suunnittelu ja hankinta, käytössä olevan kuuljettimen uusiminen tai varustelu ja erilaisten parannusten tekeminen olemassa olevaan kuuljetinjärjestelmään.

Taulukko 3. Hihnan sivuunsiirtymisen kriittisimmät syyt.

	Hihnan sivuunsiirtymisen syy
1.	Toispuoleinen kuormitus hihnalle
2.	Hihnaa ohjaavia yksiköitä liian vähän/puuttuu
3.	Pyörimättömät tai likaantuneet rullat
4.	Vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin kertyvät roskat ohjaavat hihnaa
5.	Kuljetin sellainen ettei sen hihnaa voi kiristää riittävästi (esim. väärä säde nousukulman muutoskohdassa)

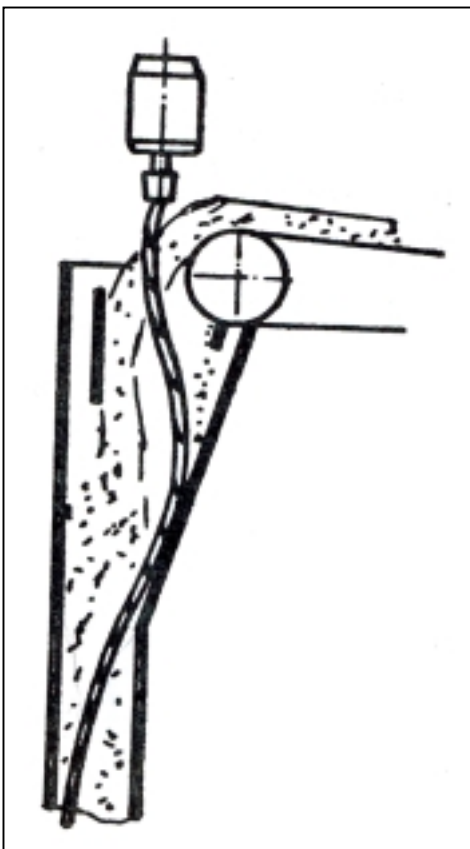
Taulukko 4. Hihnan sivuunsiirtymisen tehokkaimmat parannustoimenpiteet.

	Hihnan sivuunsiirtymisen parannustoimenpide
1.	Ohjaavat ja keskittävät rullat tai rullastotelineet
2.	Kunnossapitotoimien, kuten siivouksen ja huollon, helpottaminen
3.	Hihnan oikea valinta tai hihnan rakenteen muuttaminen
4.	Rullaston ja rumpujen linjaus ja suuntaus
5.	Suppilon toteutus keskittäväksi kaikissa olosuhteissa

Taulukoissa 3 ja 4 esitettyjä tuloksia arvioitaessa on syytä muistaa, että tulokset perustuvat hyvin suppeaan otantaan. Jossakin yksittäisessä hihnakuuljettimia käyttävässä laitoksessa eivät tässä tutkimuksessa kriittisimmiksi todetut syyt saata olla lainkaan keskeisiä, koska niihin liittyvät ongelmat on mahdollisesti jo ratkaistu tai olosuhteet ovat täysin erilaiset. Lisäksi tulokset ovat riippuvaisia syiden ja parannustoimien

määrittelytavasta. Määrittelyssä tulisi erityisesti pyrkiä syiden keskinäiseen riippumattomuuteen. Joka tapauksessa TosiPuu-menetelmä todettiin käyttökelpoiseksi puolueettomaksi arviointityökaluksi, kunhan edellä mainitut riskit tiedostetaan ja otetaan huomioon.

Laitoksissa tehtyjen turvallisuusanalyysien asiantuntijaryhmien arviot tukevat TosiPuu-menetelmällä saatuja tuloksia. Toispuoleisen hinnalle tulevan kuormituksen on erityisesti metalliteollisuuden hinnakuljettimilla arvioitu yleisimmin johtuvan materiaalin kerääntymisestä syöttösuppilon seinämiin, mikä vaikuttaa materiaalisuihkun ohjautumiseen. Erilaisia, osittain jo käytössä olevia parannustoimia ovat esimerkiksi syöttösuppiloihin lisättävät paineilmatykit ja täristimet, erilaiset materiaaliveitohdot suppiloiden vuoraamiseksi, jäätyksen estäminen esimerkiksi seinämiä lämmittämällä tai kemiallisesti, syöttösuppilon seinämiä mekaanisesti puhdistavat ratkaisut (kuva 25) sekä suppilon muotoilu. Lisäksi tuotantotason mukaan tapahtuvat materiaalseoksen määrän tai koostumuksen muutokset ovat tyypillisiä materiaalisuihkuun vaikuttavia tekijöitä, jotka pyritään kompensoimaan esimerkiksi säädettävillä ohjauslevyillä. Ohjauslevyjen säätö voi olla käsikäytön lisäksi myös sähkömoottorikäyttöinen, mikä mahdollistaa säädön automatisoinnin massavirran suuruutta vastaavaksi.



Kuva 25. Kapean suppilon tukkeutumisen estäminen pyörivällä teräsvaijerilla [3].

Metsäteollisuuden kuljettimilla toispuoleinen kuormitus on myös arvioitu yleisimmäksi sivuunsiirtymisen syyksi. Pudotussuppiloon liittyvät ongelmat johtuvat siellä materiaalin tarttumisen lisäksi pitkien "päreiden" aiheuttamasta tukkeutumisvaarasta. Pitkät puukappaleet voivat juuttua esimerkiksi vetopään kaavarin ja suppilon ohjauslevyn väliseen nieluun. Hihnan sivuunsiirtymisen syyt johtuvat paperi- ja selluteollisuuden hihnakuuljettimissa hyvin usein puunkappaleiden, roskien ja tikkujen kertymisestä vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin, mikä aiheuttaa hihnan ohjautumista sivuun sekä vaikeuttaa rullien pyörimistä ja puhdistuslaitteiden kunnollista toimimista. Tällaisesta tilanteesta on esitetty esimerkki luvun 5.3.2 kuvassa 17.

Hihnaa ohjaavat ja keskittävät rullat sekä rullastotelineet on todettu analysoinnin tuloksena tehokkaimmaksi parannustoimenpiteeksi. Tulos on sikäli ymmärrettävä, että varsinkin hihnan paluupuolelle sijoitettu ohjaava rulla auttaa taittorummulle tulevaa hihnaa sijoittumaan rummun keskelle, mikä on kuljettavalla puolella ratkaiseva tekijä. Ristiintaulukoinnissa toimenpiteen tehokkuus korostuu, koska keskittävällä rullalla voi olla tilapäisesti korjaava vaikutus lähes mihin tahansa hihnan sivuunsiirtymisen syyhyn. Kuitenkin on syytä muistaa, että keskittävä tai ohjaava rulla ei poista alkuperäistä hihnan sivuunmenon syytä. Alunperin oikein suunnitellussa kuljettimessa keskittävien rullien tarve on periaatteessa vähäinen, mutta käytännön ratkaisuisissa, joissa kuljetinratkaisut ovat teknisten ja taloudellisten seikkojen kompromisseja, ne ovat osoittautuneet tarpeellisiksi ja toimiviksi ratkaisuisiksi. Kuvassa 26 on esimerkki hihnaa keskittävästä hihnan paluupuolelle asennetusta rullasta.



Kuva 26. Hihnan keskittämistä parantava ohjausrulla.

Analysoinnin tuloksena yhdeksi kriittisimmistä syistä todettiin myös se, että kuljetin on jo alunperin suunniteltu sellaiseksi, ettei hihnaa koskaan voida säätää riittävän kireälle.

Löystyneellä hihnalla on aina suurempi riski siirtyä sivuun. Tällaisiksi ovat osoittautuneet monet kuljettimet, joiden nousukulma kasvaa syöttösuppilon ja purkauspään välillä. Nousukulman kasvukohdassa hihna nousee tiettyyn määrään kiristettäessä irti alustastaan. Tällaiseen, jo alun perin väärin suunniteltuun kuljettimeen on vaikeaa vaikuttaa käyttöön ja huoltoon liittyvillä parannustoimilla. Kuljettimet tulisikin suunnitella mahdollisuuksien mukaan vakionousuisiksi ja mahdollisissa muutoskohdissa tulee käyttää riittävän suurta suunnitteluohjeiden mukaista kaarevuussädettä.

Hihnan oikealla valinnalla voidaan vaikuttaa kuljetuskyvyn ja käyttöiän lisäksi kuljettimen taloudellisuuteen. Hihnan sivuunsiirtymisen kannalta oleellisin hihnan ominaisuus on sen poikittaisjäykkyys, jota nykyisillä hihnamateriaaleilla helposti saavutettava suuri vetolujuus ei yksin riitä takaamaan. Hihnan jäykkyyden tulee myös kasvaa leveyden suhteessa. Tässäkin kysymyksessä hihnakuljettimen hankintaprosessissa tehdään helposti virheitä hankkimalla hihna ostohetkellä edulliselta tuntuvalla toteutustavalla ottamatta huomioon tulevista käyttövarmuusongelmista aiheutuvia lisäkustannuksia.

6.3 Hihnakuljettimen puhtaanapidon ongelmien analysointi ja tulokset

Puhtaanapidon ongelmat voidaan yleisesti jakaa kahteen osaan: toisaalta karisteen ja pölyn pääsyyn kuljettimien ulkopuolelle ja toisaalta karisteen poistoon kuljettimien rakenteista ja alta. Osa tarkasteltavista kuljettimista oli ainakin osittain ulkotiloissa ja osa kokonaan sisätiloissa, joista osa oli lämmittämättömiä. Ulkotiloissa suojaamattomaan kuljettimeen kertyy talvella helposti lunta ja jäätä, jolloin puhtaanapito hankaloituu entisestään. Lumi ja jää yhdessä jäätyneen karisteen kanssa aiheuttavat myös hihnan sivuun siirtymistä. Lämmittämättömissä sisätiloissakin kostea kariste jäätyy aiheuttaen ongelmia.

Hihnakuljettimen puhtaanapidon ongelmien analysointi suoritettiin samalla tavalla kuin edellä kuvattu hihnan sivuunsiirtymisen analysointi. Seuraavassa on lueteltu projektiin osallistuneiden yritysten edustajista kootun asiantuntijaryhmän määrittelemät hihnakuljettimen eri osissa vaikuttavat puhtaanapidon ongelmat:

- puhdistuslaitteiden huono toiminta, sijainti, kunto tai rakenne
- puutteellinen suppilon pölytiiviyys
- ylitäyttö tai toispuoleinen kuorma
- suppilon virheellinen rakenne tai heikko kunto
- lastauskohdan virheellinen rakenne tai heikko kunto
- sivuun siirtynyt hihna
- hihnan lyhyt kouruuntumismatka päissä

- kuljettimen väärä sijainti työskentelytasoon tai rakenteisiin nähden
- puhdistusta vaikeuttavat tuki-, kiinnitys- tai suojarakenteet
- puutteellinen kuljettimen suojaus
- materiaalin luistaminen nousevassa kuljettimessa
- puutteellinen laidantiivistys
- puutteellinen hihnan ohjaus
- väärä rullastoväli tai riippuma tai rullien sijainti
- vaurioitunut tai kulunut hihna
- hihnan liitosvirhe
- kohteeseen nähden väärin valittu hihna
- materiaalin laatu, kuten kosteus, pölyisyys jne.
- sääolot, lämpötila, ilmavirtaukset jne.
- muiden laitteiden toiminta kuljettimen läheisyydessä.

Asiantuntijaryhmä määrittä seuraavat puhtaanapitoa parantavat toimenpiteet:

- kannatusrullien korvaaminen liukutasoilla kuormauskohdassa
- oikea rullastojako ja rullien sijoittaminen tukirakenteisiin nähden oikein
- hihnan puhdistimien uusiminen, lisääminen, sijoittelu ja huolto
- keskittävä tai oikein toimiva tai ehjä suppilo
- tiivisteiden tyyppi, kiinnitysratkaisun, kunnan tms. parantaminen
- toimet hihnan sivuunsiirtymisen ehkäisemiseksi
- kotelointi
- ympäristön yleinen siisteys ja järjestys
- siivouksen huomioonottaminen kuljettimen suunnittelussa
- keskuspölynimurijärjestelmä
- karisteen poisto erillisillä alla olevilla kuljettimilla
- puhdistustyökalujen kehittäminen
- hihnan kääntö niin että likainen puoli on aina ylöspäin tai putkikuljetin
- hihnan pinnan käsittely (puhdistus tai tarttumisen estäminen)
- hihnan oikea valinta
- kuljettimen parempi suojaaminen sääolosuhteilta
- oikea hihnan kireys
- vesihuuhdeltu kuljettimen alla.

TosiPuu-menetelmän mukaisen ristiintaulukoinnin tuloksena taulukoissa 5 ja 6 on esitetty hihnakuljettimen puhtaanapidon ongelmien kriittisimmät syyt ja koko hihnakuljettimen toiminnan kannalta tehokkaimmat parannustoimet. Tulokset on tässäkin tapauksessa saatu keskiarvona kaikkien projektiin osallistuneiden yritysten tekemistä arvioinneista.

Taulukko 5. Hihnankuljettimen puhtaanapidon ongelmien kriittisimmät syyt.

	Hihnankuljettimen puhtaanapidon ongelman syy
1.	Puhdistuslaitteiden väärä toiminta, sijainti, kunto tai rakenne
2.	Puutteellinen laidantiivistys
3.	Materiaalin laatu, kuten kosteus tai pölyisyys
4.	Lastauskohdan virheellinen rakenne tai heikko kunto
5.	Sivuun siirtynyt hihna

Taulukko 6. Hihnankuljettimen puhtaanapidon ongelmien tehokkaimmat parannustoimenpiteet.

	Hihnan puhtaanapidon ongelman parannustoimenpide
1.	Keskittävä/oikein toimiva/ehjä suppilo
2.	Hihnan oikea valinta
3.	Oikea rullastojako ja rullien sijoittaminen tukirakenteisiin nähden oikein
4.	Kannatusrullien korvaaminen liukutasoilla kuormauskohdassa
5.	Tiivisteen tyyppin, kiinnitysratkaisun, kunnon tms. parantaminen

Hihnankuljettimien puhtaanapidon ongelmien syyt jakaantuivat asiantuntijoiden arvioiden keskiarvoina suunnittelun, käytön ja huollon kesken seuraavasti: suunnittelusta lähtöisin on 49 %, käyttötavan aiheuttamia on 17 % ja huollon puutteellisuudesta johtuvia on 34 %. Jakauma on hyvin samankaltainen kuin hihnan sivuunsiirtymisessä, mutta käyttötavalla näyttää olevan vieläkin vähäisempi vaikutus ongelmien syntymiseen. Suunnittelu- ja hankintaprosessin osuus kuljettimen käyttövarmuuteen ja turvallisuuteen on tämänkin tuloksen perusteella keskeinen.

Kriittisimmäksi ongelmaksi hihnankuljettimien puhtaanapidossa todettiin puhdistuslaitteiden väärä toiminta, sijainti, kunto tai rakenne. Tässä tutkimuksessa ei ole vertailtu eri kaavarityyppien toimintaa. Hihnankuljettimien puhdistimien tutkimuksista on raportoinut Nordlund [5]. Hihnan puhdistukseen on yleensäkin kiinnitettävä riittävästi huomiota jo kuljetinta suunniteltaessa. Hihnan puhdistimen tulisi pääasiassa kaavata materiaali purkaussuppiloon, sillä kaikki materiaali, joka kulkeutuu suppilon ulkopuolelle, vaatii ylimääräistä siirtotyötä (kuva 27). Puhdistimien sijoittaminen kuljettimeen jälkikäteen on vaikeaa ja kallista, ja esimerkiksi tilanahtaus saattaa pakottaa käyttämään kyseisiin oloihin huonosti sopivaa puhdistinta. Viime aikoina on

kaavareiden rakenteessa ja käytettävissä materiaaleissa tapahtunut kehitystä, ja laitoksissa kaavareita on uusittu. Uusien kaavareiden tärkeimpiä parannuksia ovat huollon helppous ja nopeus, helposti vaihdettavat kulutuspalat sekä kosketuspaineen säädettävyys.



Kuva 27. Kaavarien puuttellisen toiminnan aiheuttamaa karistetta kuljettimen alla.

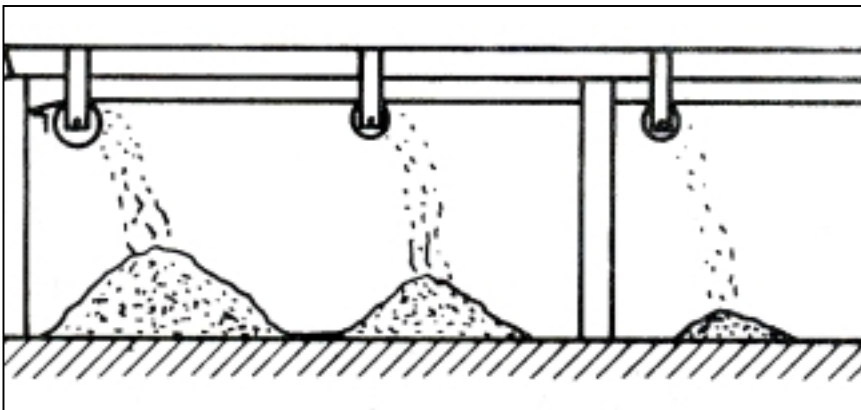
Laidantiivistys lastauspaikalla on selvästi huonompi, jos käytetään vain kannatinrullia eikä liukulevyjä. Käyttäjien kokemusten perusteella monihuulitiiviste on arvioitu parhaaksi tiivistysmateriaaliksi, koska sillä saavutetaan kohtuullinen tiiviys ilman suurta tiivisteiden ja hihnan välistä kitkaa. Perinteisellä kumilevyllä kitka voi nousta niin suureksi ettei hihna jaksa pyöriä. Tarkastelun kohteena olleissa kuljettimissa tiivisteiden kiinnitysratkaisuihin ei myöskään aina oltu tyytyväisiä. Tiiviste on kuluva osa, jonka säädön ja vaihdon tulisi olla helppoa.

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että lastauskohta syöttösuppiloineen on hihnakuljettimen puhtaanapidon kannalta erittäin tärkeä kuljettimen osa. Hihnan sivuun siirtymisen analysoinnin tulosten tarkastelun yhteydessä esitetyt suppiloa koskevat näkökohdat vaikuttavat myös hihnakuljettimen roskaamistaipumukseen ja puhtaanapidon helpouteen. Laidantiivistyksen ohella suppilon rakenne, avoimiksi jätetyt tai vuotavat seinämät, liian pieni purkaus- ja lastauskohdan korkeusero, riittämätön puhdistus suppilossa, materiaalisuihkun ohjautuminen epäkeskeisesti ja koko lastauskohdan vaikeasti puhdistettava rakenne tai sijainti ovat esimerkkejä lastauskohdassa vaikuttavista puhtaanapitoa haittavista tekijöistä. Lähteen [1] mukaan hyvälle syöttösuppilolle voidaan asettaa seuraavat vaatimukset:

- syöttösuppilon laitojen yli ei saa pudota materiaalia
- materiaalivirta on ohjattava kulkusuuntaan päin
- materiaalivirran ohjauslevy on voitava säätää turvallisesti
- tiivistekumit on voitava säätää ja vaihtaa helposti
- syöttösuppilo ei saa haitata kunnossapitotöitä
- kuljettimen runkorakenne ei saa haitata syöttösuppilon alapuolen siivousta.

Kuljetettavan materiaalin laatu on keskeinen tekijä kuljettimen suunnitteluvaatimuksia määrittäessä. Kuljettimen puhtaanapito tulisi suunnitella kuljetettavan materiaalin ja sen pölyämis- tai roskaamistaipumuksen mukaan, sillä itse kuljetettavan materiaalin laatuun on hyvin vaikeaa vaikuttaa. Koska materiaalin laatu on arvioitu yhdeksi kriittisimmistä puhtaanapitoa haittaavista syistä, on todennäköistä, että materiaaliominaisuuksien huomioonottaminen kuljettimen suunnittelu- ja hankintavaiheessa on monissa tapauksissa laiminlyöty.

Oikea rullastojako ja rullien sijoittelu on arvioitu kolmanneksi tärkeimmäksi parannustoimeksi. Palautusrullat irrottavat aina roskaa hihnan pinnasta. Tämä on otettava huomioon palautusrullien paikan suunnittelussa, jotta tukirakenteet eivät tarpeettomasti haittaisi puhdistustyötä (kuva 28). Rullastojaon merkitys roskaamisessa on myös tärkeä, sillä liian suuri riippuma rullien välillä antaa materiaalille mahdollisuuden karista hihnalta ympäristöön.



Kuva 28. Palautusrullien sijoittaminen tukirakenteisiin nähden [3].

Hihnan valinta korostuu sekä hihnan sivuunsiirtymisen että puhtaanapidon ongelmien parannustoimissa. Hihnavaurio ei yleensä ole keskeinen yksittäinen käyttövarmuusongelma, mutta toimiva hihna vaikuttaa kaikkeen kuljettimen toimintaan. Hihnan toimivuuden kannalta on tärkeitä tietää ja mitata hihnan käyttökohteen ja olojen vaatimat erityistekijät, joita on koottu taulukkoon 7. Taulukon tiedot on saatu hihnoja valmistavalta yritykseltä.

Taulukko 7. Hihnan valinnassa huomioitavat toimivuuden kannalta keskeiset tekijät.

Erityistekijä	Huomautuksia
1. Kuljettimen lay-out	<ul style="list-style-type: none"> • Kuljettimen pituus • Kuljettimen nostokorkeus • Kaarrekohtien säteet • Maksiminousukulma ja lastauskohdan nousukulma
2. Kuljetettavan aineen määrä (t/h ja m ³ /h)	
3. Kuljetettavan materiaalin ominaisuudet	<ul style="list-style-type: none"> • Materiaalin maksimiraekoko • Materiaalin ja ympäristön lämpötila • Materiaalin kovuus, kuluttavuus ja kappaleen muoto • Materiaalin kemialliset ominaisuudet • Kosteus
4. Materiaalin lastaus hihnalle	<ul style="list-style-type: none"> • Pudotuskorkeus • Syöttösuunta ja syöttötapa • Hihnan täyttöaste ja vaihtelut
5. Hihnan nopeus	<ul style="list-style-type: none"> • Kuljettimen kapasiteetti riippuu hihnan nopeudesta, jos täyttöaste pidetään vakiona • Jos hihnan nopeutta lasketaan ja täyttöastetta nostetaan, kasvaa hihnan maksimikäyttöjännitys, ja hihnan laskennallinen varmuus pienenee alle sallitun • Hihnan nopeuden muutos ei saa lisätä hihnan täyttöastetta
6. Kuljettimen komponentit	<ul style="list-style-type: none"> • Veto- ja taittorummun halkaisijoiden tulee olla oikeassa suhteessa hihnan metripainoon • Kannatinrullien jaon pitää olla suhteessa siirrettävän materiaalin tilavuuspainoon ja hihnan kireyteen • Paluurullien jaon pitää olla suhteessa hihnan metripainoon • Vetorummun halkaisijan, kosketuskaaren pituuden ja vetorummun pinnoitteen kitkan tulee olla suhteessa teholliseen hihnavoimaan • Vetorummun bombeerauksen tulee olla alle 7 ‰
7. Kuljettimen taitto- ja vetopään muutosmatka	<ul style="list-style-type: none"> • Muutosmatkan oltava riittävän pitkä, jotta hihnan reunan venymä on alle 0,7 %, samoin kaarekohdissa venymä ei saa ylittää 0,7 %.
8. Hihnan materiaali-ominaisuudet	<ul style="list-style-type: none"> • Rungon riittävä vetomurtolujuus, poikittaisjäykkyys, läpilyöninkestävyys ja repimislujuus • Peitteiden riittävä paksuus mekaanisia rasituksia ja erilaisia erityisvaatimuksia (esim. lämpö ja kemikaalit) vastaan • Hihnan rakenteen joustavuus ja peitteiden tartuntalujuus • Hihnan venymä kuljettimen säätövaroja pienempi • Riittävä hihnan ja materiaalin välinen kitka
9. Hihnan oikea asennus, liitos, huolto ja käyttö	
10. Hihnojen varastointi- ja käsittelyohjeet	

Tuloksia arvioitaessa herättää huomiota se, etteivät ympäristötekijät ole kovin voimakkaasti korostuneet. Pohjolan olosuhteissa tuuli, sadevesi, lumi ja jää aiheuttavat monenlaisia ongelmia esimerkiksi hinnan luistamisen ja materiaalin kerääntymisen muodossa. On mahdollista, että analyysejä tehtäessä nämä tekijät eivät ole olleet ajankohtaisia.

7. Hihnakuljettimien turvallisuutta ja käyttövarmuutta parantavat kunnossapidolliset toimintatavat ja niiden tulevaisuudennäkymät

7.1 Hihnakuljettimien laite- ja komponenttivalmistajat

Laite- ja komponenttivalmistajien kunnossapidollinen toimenkuva vaihtelee komponenttien myynnistä kokonaisvaltaiseen prosessien kuntoonsaattamiseen huolto- palveluineen. Osa kunnossapitotöistä tehdään kuljettimia käyttävissä yrityksissä ja osa siten, että komponentit toimitetaan komponenttitoimittajalle toimenpiteitä varten. Yleisesti ennakkohuolto ja tarkastustoimet ovat myyntipalveluja, mutta myös kokonaisjärjestelyitä saa myyntipalveluna.

Hihnakuljettimet ovat laite- ja komponenttivalmistajien näkemyksen mukaan yleensä turvallisia ja toimintavarmoja. Haittapuolena toimittajan kannalta on, että yritys ei yleensä saa riittävää katetta pyrkiessään maksimoimaan asiakkaan toimintojen käyttövarmuuden. Kilpailu alalla on kovaa ja ilmeisesti myös enenevästi kiristyvää, mikä johtaa siihen, että kilpailutilanteessa asiakas usein unohtaa hinnan ja laadun suhteen ja ostaa halvimman vaihtoehdon.

Kunnossapidon tarkastusmenetelminä ovat käyntiäänien tarkkailu desibelimittarilla, lämpötilan mittaukset lämmönmittauspistoolilla laakereista, moottoreista ja vaihteista, hihnakuljettimen muutosmatkojen, hihnan riippuman ja hihnan kovuuden mittaus sekä pyrometriset aineentarkastusmittaukset kumin laaduntarkkailuun ja hihnan ominaisuuksien mittaukseen.

7.2 Hihnakuljettimia käyttävät yritykset

Ennakoiva kunnossapito on tärkein ja käytetyin toimintatapa hihnakuljettimia käyttävissä yrityksissä. Ennakoiva kunnossapito perustuu mittaustoimintaan, jossa henkilöstö kerää tietoa sekä analysoi ja vertaa tietoa aikaisempaan. Ennakkohuollosta vastaavat yleensä laitoshenkilöt, jotka saavat tietojärjestelmästä raportin tarvittavista toimista määrävälein, joka on yleisimmin yksi viikko. Ennakkohuoltoa seurataan yhä useammin tietokoneella. Huoltovälit – viikko, kuukausi, vuosi – on tavallisesti sovittu kokempohjaisen tiedon perusteella. Laitetoimittajien huoltokansiot ovat oleellinen osa kunnossapitoa. Ennakkohuollon ja korjaustoimien toimintaperiaatteena on, että pieniä jatkuvasti toistuvia vikoja ei hyväksytä, vaan niistä pyritään pääsemään eroon uusimalla isompia kokonaisuuksia.

Kunnossapitoon käytetyt rahat budjetoidaan poikkeuksetta edellisenä vuonna. Peruskorjaukset ja suuret osien ja komponenttien vaihdot budjetoidaan yleensä erikseen. Nykyisin käyttävät yritykset tekevät huoltotyöt pääasiassa itse, vaikkakin osa tehtävistä ostetaan tarpeen vaatiessa ulkopuolelta. Hihnahuolto ja hinnanvaihdot on yleensä ulkoistettu. Perusteellisemmat tarkastukset tehdään seisokkien aikana. Erittäin kriittiset toimet, kuten mahdollisen tulipalovaaran aiheuttavien kuljettimien korjaukset, tehdään heti. Kuljettimien huollosta ja korjauksesta sovitaan tavallisesti muiden osastojen kanssa. Toiminnan kehityksen tuloksena huoltoajat ja menettelytavat ovat kehittyneet hyvin toimiviksi. Kuljettimien turvallisuus on jatkuvan parantamisen kohteena.

Yritysten valvontajärjestelmään kuuluvat esimerkiksi

- keskusvoitelun tarkkailu
- sivuraja- ja pyörintävahdit
- tukosvahdit
- massavirtausvaa'at
- siilojen pinnankorkeuden mittaukset
- hätäpysäyttimien köydet
- hälytykset ohjausjärjestelmälle
- metallinilmaisimet
- rajat hälytyksille ja pysäytyksille
- siilojen tukosvahdit
- kuljettimien hihnojen mekaaniset hihnankiristykset punnusvaunulla
- suppilon ylärajavahti
- lastauksen ja purkauksen kameravalvonta
- raudanerottimet (magneetti)
- kuljetetun materiaalin määrän mittaus sädeperiaatteella
- käyntitilan ilmaisimet.

Kunnossapidon käyttämiä mittausvälineitä ja menetelmiä ovat esimerkiksi

- stroboskopia
- värähtelymittaukset
- kannettavat analysaattorit
- stetoskopia
- silmämääräinen tarkastus.

Yleisesti hihnakuiljettimien on todettu olevan varmatoimisia, halpoja käyttää, suhteellisen vähän kunnossapitoa vaativia varsinkin kilpaileviin siirtojärjestelmiin verrattuna sekä yleisesti ottaen turvallisia. Positiivista hihnakuiljettimissa on myös ajan myötä käytöstä saatu kokemus ja sen hyödyntäminen. Lisäksi voidaan hyödyntää ulkopuolisten toimittajien kokemusta ja ammattitaitoa erityisesti uusien sovellusten ja laitteiden käytössä.

Tulevaisuudessa tietojärjestelmien käyttö lisääntyy erityisesti raportoinnissa. Kuljettimien käyttäjät hyödyntävät enenevästi tietokonepohjaisia kunnonvalvontajärjestelmiä ja niiden ominaisuuksia kuten tietojen tallennusmahdollisuutta. Tulevaisuudessa kokonaiskapasiteettia nostetaan, joten kuljettimet tulevat nopeammiksi. Seisokkien yhteydessä tehdään laajempia tarkastuksia ja tutkimuksia kohdille, joita ei voida tutkia laitteen ollessa käynnissä. Kunnossapitotöiden organisoinnissa ovat uutta ulkopuolisten yritysten suorittamat vuosisopimustyöt ja muut tilaustyöt.

Tulevaisuudessa tuotantolaitosten tuotantomäärät kasvavat, mikä aiheuttaa siirtojärjestelmien uusimis- ja vaihtamistarvetta. Kunnossapidon trendeinä ovat siirtyminen käyttö- ja kunnossapitoajattelusta käynnissäpitoajatteluun sekä laitosten huoltotöiden nykyistä laajempi ulkoistaminen. Eri alojen erikoistuneet yhtiöt tekevät vastaisuudessa kuljettimien muutos- ja kehitystyöt. Kunnossapitotöiden ulkoistaminen johtaa laitoksen oman kunnossapitohenkilöstön vähentymiseen. Ulkoistaminen lisää erityisesti tarvetta huoltoseisokkien suunnitteluun sekä sovittamiseen muiden osastojen toiminnan kanssa.

7.3 Hihnakuiljettimien huoltoa ja kunnossapitoa helpottavat uudet ratkaisut

Hihnakuiljettimien huoltoa ja kunnossapitoa parantavat uudet ratkaisut perustuvat usein jo vuosikymmeniä tunnettuihin tekniikoihin, joiden käyttö ei kuitenkaan ole yleistynyt ainakaan kotimaan hihnakuiljettimilla. Nykyisellä korkealla kustannustasolla mielenkiinto kuljettimien käyttövarmuutta parantaviin ratkaisuihin on teollisuudessa kasvamassa. Esimerkiksi hihnan parempi keskellä pysyminen, hihnan kulumisen väheneminen ja vähenevät ripemäärät tuovat yrityksille pitkällä aikavälillä selvää rahallista säästöä. Seuraavassa tuodaan lyhyesti esille eräitä ratkaisuja, joiden hankkeeseen osallistuneiden yritysten näkemyksen mukaan oletetaan yleistyvän tulevaisuudessa.

Suomen ilmasto-olot asettavat erityisvaatimuksia hihnanpuhdistuslaitteille. Kehittyneet kaavariratkaisut tulevat parantamaan merkittävästi hihnakuiljettimien puhtaanapitoa. Esimerkiksi moniteräpuhdistimet ovat useissa tapauksissa olleet perinteisiä ratkaisuja tehokkaampia [5]. Uudet materiaalit sekä automaattiset jousi- ja kaasusäädöt tehostavat puhdistimien toimintaa. Rullastoissa ohjaavat ja keskittävät rullat ja rullastotelineet ovat

tulevaisuudessa vakioratkaisuja. Komponenttien vaihdettavuus ja huollettavuus paranevat, mistä esimerkkinä voidaan mainita rummun pinnoitteen vaihto.

Hihnakuuljettimen osien lukumäärän vähentämällä voidaan usein tehokkaasti vähentää käyttöhäiriöitä varsinkin ulkona toimivissa kuljettimissa, joissa lumi, jää ja kuljetettava materiaali kertyvät helposti monimutkasiin konstruktioratkaisuihin. Konstruktio-muutosten rajoitteena ovat usein tilakysymykset. Liitteessä D esitetyissä takaisinmaksu-aikalaskelmissa on esimerkki kuljettimesta, jossa alahihnan likaista puolta vasten pyörivät riippukiristyslaitteiston rummut poistetaan ja vastapainokiristys siirretään hihnakuuljettimen taittopäähän. Tämän uskotaan vähentävän tehokkaasti hihnan sivuun-siirtymistä, hihnavaurioita ja kuljetettavan materiaalin putoamista hihnalta.

Hihnakuuljettimen alahihnankääntö on yleistävä ratkaisu varsinkin sellaisilla pitkillä kuljettimilla, joissa hihnan alle kertyvä kariste aiheuttaa lisätyötä ja turvallisuus-ongelmia. Alahihnankäännöllä tarkoitetaan ratkaisua, jossa hihna vetorummulta alas kääntyessään käännetään mahdollisimman pian ympäri. Tästä on seurauksena se, että hihnan likainen puoli on normaalista poiketen ylöspäin ja paluurullat kantavat hihnaa puhtaalta puolelta. Alahihnan lopussa, ennen taittorumpua, hihna käännetään jälleen ympäri alkuperäiseen asentoonsa. Hihnankäännöllä on perinteiseen toteutukseen verrattuna esimerkiksi seuraavia etuja:

- parempi alahihnan keskellä pysyminen
- alarullien kulumisen väheneminen
- hihnavaurioiden ja hihnan kulumisen väheneminen
- rippeen ja sitä kautta siivoustyön väheneminen
- vetorummun luistamisen väheneminen
- hihnan käyttöiän kasvaminen
- alahihnan käyttö erikoistapauksissa materiaalin kuljettamiseen.

Liitteessä D esitetyissä takaisinmaksuaikalaskelmissa on esimerkki kuljettimesta, jonka puhtaanapitoa esitetään parannettavaksi alahihnankäännön avulla. Laskennassa käytetyt kustannussäästöarviot perustuvat kokemuksiin, jotka on saatu eräästä ulkomailla toteutetusta muutosprojektista.

Muita esille tulleita, tulevaisuudessa yleistyviksi arvioituja ratkaisuja ovat esimerkiksi putkihihnakuuljettimet, koteloidut ulkokuuljettimet, ylös- ja alasajon sekä säätöajon hallinta hitaalla tai portaattomalla käyttömahdollisuudella sekä optimaaliset hoito-tasoratkaisut. Yhteenvetona voidaan mainita, että tulevaisuudessa tilaajan on entistä paremmin otettava huomioon kunnossapito- ja käytettävyystekijät jo kuljetin-järjestelmien suunnitteluvaiheessa ja oltava valmis sijoittamaan niitä parantaviin ratkaisuihin.

8. Kuljettimen hankinnassa ja modernisoinnissa huomioon otettavia näkökohtia

8.1 Tilaajan kuljettimelle asettamat tekniset vaatimukset

Hihnakuljettimen hankinnassa ja suunnittelussa peruslähtökohtana ovat kuljettimen layoutiin ja kuljetettavaan materiaaliin liittyvät tekijät. Näitä ovat mm.

- kuljettimen pituus
- kuljettimen nostokorkeus
- maksiminousukulma
- kuljetettavan materiaalin määrä (t/h ja m³/h)
- kuljetettavan materiaalin ominaisuudet, kuten raekoko, lämpötila, kuluttavuus ja kosteus.

Edellä mainitut tekijät yhdessä tilakysymysten kanssa ovat kuljetinsuunnittelun lähtökohtia, joiden perusteella on mahdollista hankkia toimivuudeltaan hyvin monenkirjavia laitteistoja. Todelliset kuljettimen käyttöolot tuntee parhaiten käyttävä yritys itse. Ostosta vastaavat henkilöt eivät useinkaan itse käytä kuljetinta, joten vaikeutena on saada yrityksessä oleva tietous palvelemaan ostotapahtumaa. Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön tulisi osallistua jo kuljettimen suunnittelu- ja hankintavaiheeseen, jotta kuljettimelta osattaisiin vaatia oikeita ominaisuuksia riittävän käyttövarmuus- ja turvallisuustason saavuttamiseksi. Tarjouksista neuvoteltaessa on selvitettävä tarkasti tilaajan ja toimittajan velvoitteet. Yksityiskohtainen ja hyvin laadittu hankintasopimus eliminoi erimielisyydet ja sekaannukset toimituksen eri vaiheiden aikana ja tekee samalla lopputuloksesta mahdollisimman toimivan [1–4].

Kuljettimien käyttövarmuusongelmien ratkaisemiseksi on ratkaistava ensin lastauskohdan ongelmat. Tiivistyksen olisi oltava säädettävä ja rakenteellisesti sellainen, että yksi henkilö voisi hoitaa ja huoltaa säätöä. Suppilon eli siilon sisäpuolella tulisi olla aineenohjain tiivisteestä erillisenä rakenteena. Hihnan keskitysjärjestelmän on oltava aktiivinen, hihnassa on oltava riittävästi poikittaisjäykkyyttä ja hihnan jäykkyyden tulee kasvaa leveyden suhteessa. Hihnan peitteiden tulee olla mahdollisimman hyvin kulutusta kestäviä, ja kulutuskestävyys on räätälöitävä kuljetettavan tavarun laadun mukaiseksi. Hihnan puhdistimen tulisi kaavata kariste ensisijassa suoraan pudotus-suppilon.

Tilaajan tulisi jo suunnitteluvaiheessa tarkastaa, että kaikki työtehtävät voidaan suorittaa turvallisesti. Tällöin on ratkaistava ainakin seuraavat kysymykset [1]:

- Mihin ruuhkia tai tukoksia voi syntyä ja miten ne puretaan?
- Miten vaihdetaan ja huolletaan purkauspään osat?
- Miten suoritetaan osien nostot, siirrot ja poiskuljetukset? Onko tarvittavat tilat ja laitteet varattu ?
- Voiko putoava materiaali rikkoa hoitotasoja?
- Miten siivotaan kuljettimen alle kertyvä materiaali?
- Miten karisteen poiskuljetus on järjestetty?
- Onko runkorakenne suunniteltu mahdollisimman vähän roskaa kerääväksi?
- Miten materiaalivirrasta poistetaan ylisuuret kappaleet?

Tilaaaja pyrkii saamaan tarpeeseensa parhaan mahdollisen kuljettimen mahdollisimman edullisesti. Koska tilaaja tuntee useimmiten kuljettimen käyttöolosuhteet paremmin kuin toimittaja, tulisi tilaajan osata vaatia kuljettimelta oikeita ominaisuuksia ja olla myös valmis maksamaan niistä. Kuten luvussa 8.3 pyritään osoittamaan, huolellisella suunnittelulla, oikein valituilla komponenteilla sekä hinnanohjauksesta, puhtaudesta ja turvallisuudesta huolehtivilla lisälaitteilla voidaan korkeammasta hankintahinnasta huolimatta päästä käytössä hyvin edulliseen kuljetinratkaisuun.

8.2 Kuljettimien sijoittelu ja tilasuunnittelu

Käytännön toimintaa ajatellen tilasuunnittelussa voidaan käyttää seuraavaa jaottelua [16]:

1. Yleissuunnittelu

Kuljetinjärjestelmien kunnossapitoa voidaan ennakoivasti helpottaa esimerkiksi seuraavilla toimilla:

- Selvitetään materiaalien päävirrat ja rakennetaan kuljettimet näiden mukaan mahdollisimman suoraan alkupisteestä loppupisteeseen.
- Tehdään mahdollisimman vähän risteyskohtia ja nekin mahdollisimman yksinkertaisia.
- Purkauskohdat ja taittopäät sijoitetaan maanpinnan yläpuolelle siten, että kuljettimen alustat voidaan puhdistaa koneellisesti.
- Jakoasemat tehdään teräsrakenteisina ja tasot ritilärakenteisina.
- Selvitetään, voidaanko materiaalia esikäsitellä (esimerkiksi hakkeen seulominen).

2. Hihnan liittämipaikat

Käytännössä on osoittautunut, että hihnan vaihtomahdollisuutta ei ole aina suunniteltu kuljettimelle lainkaan. Hihnan päälle vetäminen ei varsinkaan pitkissä kuljettimissa ole aivan helppo tehtävä, joten liittämipaikan hyvällä suunnittelulla voidaan saavuttaa huomattavaa ajan säästöä. Hihnan vaihtoa varten tulee ottaa huomioon esimerkiksi seuraavia asioita:

- Kummallakin puolella kuljetinta tulee olla riittävän leveät huoltotasot.
- Kuljetintunneleissa tulee olla ovet liitospaikan läheisyydessä.
- Hihnan vetoreitin tulee olla sellainen, että vanha hihna voidaan vetää pois sen edestä helposti.
- Vulkanoinnin vaatiman energiapistokkeen tulee sijaita lähellä.
- Tarvittavat nostopalkit tulee suunnitella oikeille paikoille.

3. Veto- ja taittopäät

- Veto- ja taittopäiden kohdalle on järjestettävä nostomahdollisuus rumpujen ja käyttökoneistojen vaihtoa varten.
- Kotelointi on voitava tarpeen vaatiessa helposti poistaa.
- Taittopäät on sijoitettava riittävästi tasojen (maanpinta) yläpuolelle alustan helpon puhdistettavuuden varmistamiseksi.

4. Hoito- ja huoltotasot

Hoito- ja huoltotasot tulee olla riittävästi, ja niiden tulee olla sellaisia, että kuljettimen käyttö, valvonta ja huolto voidaan tehdä helposti ja turvallisesti. Hoitotasojen mitoitus- ja rakennevaatimukset on esitetty standardissa SFS 5069. Esimerkkeinä tarpeellisista hoitotasosta voidaan mainita riippurummun huollossa ja vaihtamisessa tarvittavat tasot sekä purkaussuppilon puhdistustasot.

5. Vanhat ja ahtaat tilat

Kuljetinjärjestelmän rakentaminen vanhoihin ja ahtaisiin tiloihin tuo aina mukanaan lukuisia ongelmia, jotka estävät ideaalisen ratkaisun toteuttamisen. Seuraavassa on esitetty joukko yleisimpiä käyttöä ja kunnossapitoa vaikeuttavia tekijöitä [17]:

- Joudutaan kiertämään olemassaolevia rakenteita, jonka seurauksena järjestelmässä on ylimääräisiä risteyskohtia.

- Kuljettimen nousukulmat muodostuvat liian jyrkiksi.
- Sama kuljetin joutuu toimimaan sekä lämpimässä että kylmässä tilassa.
- Joudutaan puhkomaan aukkoja vanhoihin rakenteisiin.
- Hoito- ja kunnossapitotilat jäävät puutteellisiksi tilanahtauden takia.
- Kuljettimia joudutaan sijoittamaan tiloihin, jotka eivät esimerkiksi pölyn takia ole tarkoituksenmukaisia.
- Laitteiden asennus on suoritettava pieninä komponentteina, koska suurten kokonaisuuksien nostamiseen ei ole tilaa.

8.3 Taloudellisuusnäkökohdat

8.3.1 Yleistä

Uusia kuljetinprojekteja haittaa usein yrityksissä ostopäätöksiä tekevien henkilöiden tietämättömyys kuljettimelta vaadituista ominaisuuksista. Ostajaporras ei tunne riittävän hyvin laitteita, joita ollaan ostamassa. Usein on tiedossa ainoastaan kuljetettava aine ja haluttu kuljetuskapasiteetti. Tämä johtaa hinnan minimoimiseen, ja kuljettimen varustetason pudottamista käytetään kilpailukeinona. Kuljettimia hankittaessa on pidettävä mielessä, että pitkällä aikavälillä kaikki kustannukset koituvat tilaajan maksettaviksi. Tilaaja maksaa käyttö- ja ylläpitokustannukset sekä toimimattomat laitetoimitukset ja joutuu lisäksi vastaamaan ilmenevistä turvallisuusongelmista [1–4].

Teollisuuden kuljettimet liittyvät hyvin usein tuotantoprosessiin, jossa yksi kuljetin on pitkän ketjun tärkeä lenkki, ja sen pettäminen saattaa aiheuttaa koko tuotantoprosessin pysähtymisen. Sen lisäksi, että ennakoimattoman seisokin kustannukset ovat aina huomattavia, puutteellisen käyttövarmuuden vaatima lisätyö aiheuttaa vuositasolla yritykselle suuria kustannuksia. Kuljetinta hankittaessa tai modernisoitaessa on ensiarvoisen tärkeää, että hankittavasta tai uusittavasta kuljettimesta on tarkasti harkitut ja lasketut tekniset esitiedot. Pitkän aikavälin kustannukset tulisi ottaa huomioon vertailtaessa eritasoisia kuljetinratkaisuja. Laskelmien mukaan perusteellisesti suunnitellun ja toteutetun hinnakuljettimen takaisinmaksuaika halvimpaan hinnakuljetinvaihtoehtoon nähden on yleensä erittäin kilpailukykyinen. Tätä asiaa on havainnollistettu seuraavassa luvussa esitetyillä teollisuuskohteiden kuljettimien hankintaan ja modernisointiin liittyvillä takaisinmaksuaikalaskelmilla.

8.3.2 Case-tutkimus: kuljettimen hankinnan ja modernisoinnin takaisinmaksuaikalaskelmat

Seuraavassa esitetään yhteenvedonomaaisesti tulokset tehdyistä kuljetinjärjestelmien konstruktio muutosten tai modernisointien takaisinmaksuaikalaskelmista (taulukko 8). Laskelmia tehtiin kolmelle kohteelle. Ensimmäisessä kohteessa (case 1) on kyse häiriöalttiin vastapainokiristyskonstruktion muutoksesta paremmin talviolosuhteisiin sopivaksi, toisessa (case 2) kahteen suuntaan ajettavan hihnakuljettimen modernisoinnista hihnan sivuunsiirtymisen vähentämiseksi ja kolmannessa (case 3) hihnakuljettimen roskaamistaipumuksen vähentämisestä alahihnan käännöllä. Case 2 on toteutettu myös käytännössä, ja laskennan tuloksena saatu takaisinmaksuaika perustuu todelliseen kustannussäästöön. Laskennat kohteissa case 1 ja case 3 perustuvat arvioituihin kustannussäästöihin. Yksityiskohtaiset laskelmat on esitetty liitteessä D.

Case 1: Hihnakuljettimen konstruktio muutos

Tarkastelun kohteena olleessa hihnakuljettimessa on käytetty olosuhteisiin sopimatonta monirumpuratkaisua vastapainokiristyksen toteutuksessa. Hihnan likaisella puolella olevien taittorumpujen pintaan kerääntyy jäätä ja epäpuhtauksia, mistä aiheutuu jatkuvasti hihnan sivuunsiirtymistä, hihnavaurioita ja materiaalin purkautumista hihnalta. Kyseisenlaatuinen häiriö aiheuttaa yleensä kuljettimen pysähtymisen, jolloin kuljetettavaa materiaalia joudutaan ajamaan kuorma-autoilla ja pyöräkuormaajilla kuljettimen ohi. Uudessa konstruktiossa kuljetinta jatketaan peräpäästään ja siirretään hihnankiristysmekanismi kuljettimen päähän. Näin saadaan kuljettimesta pois kaikki likaisen puolen taittorummut. Liitteen D mukaisilla laskelmilla toimenpiteen takaisinmaksuajaksi saatiin 1,7 vuotta.

Case 2: Kahteen suuntaan ajettavan hihnakuljettimen modernisointi (toteutettu käytännössä)

Hihnakuljettimen ongelmana oli hihnan sivuunsiirtyminen. Käyttötilanteen mukaan kuljettimen hihna pyöri joko vetorumpuun tai pääterumpuun päin. Hihnan sivuunsiirtyminen tapahtui poikkeuksetta kuljetussuunnan muuttamisen jälkeen. Tällöin hihna jouduttiin keskittämään nykäysajolla ja rullastoja säätämällä. Seurauksena oli lopulta hihnan vaurioituminen. Parannustoimena hihna uusittiin ja kuljettimeen lisättiin kaksi ohjaavaa rullaa sekä etukaavari. Näillä toimilla hihnan sivuunsiirtymisestä päästiin kokonaan eroon. Liitteen D mukaisilla laskelmilla toimenpiteen takaisinmaksuajaksi saatiin 0,39 vuotta.

Case 3: Hihnakuljettimen ympäristön puhtaanapidon parantaminen

Tarkastelun kohteena olevalla kuljettimella hihnalta putoavan karisteen siivoaminen aiheuttaa vuodessa huomattavat siivouskustannukset. Laskennan lähtökohtana olevassa konstruktiossa hihnakuljettimen ympäristön puhtaanapitoa parannetaan alahihnan käännöllä. Tällöin hihnan likainen puoli tulisi olemaan aina yläpuolella, eikä rippeen

karisemista hihnakuiljettimen alle tapahtuisi. Toimenpiteen arvioidaan pienentävän siivoukukustannuksia noin 15 %:iin aikaisemmasta. Liitteen D mukaisilla takaisinmaksuaikalaskelmilla toimenpiteen takaisinmaksuajaksi saatiin 0,38 vuotta.

Taulukko 8. Esimerkkikohteiden investointien takaisinmaksuajat.

Kohde	Takaisinmaksuaika
Case 1: Hihnakuiljettimen konstruktiouus	1,7 vuotta
Case 2: Kahteen suuntaan ajettavan hihnakuiljettimen modernisointi	0,39 vuotta
Case 3: Hihnakuiljettimen ympäristön puhtaanapidon parantaminen	0,38 vuotta

8.4 Työturvallisuusmääräykset

Uutta kuljetinta hankittaessa ja käyttöönottaessa on varmistettava, että se täyttää laissa ja määräyksissä asetetut vaatimukset. Kuljettimia koskevan työturvallisuuslainsäädännön perustana on työturvallisuuslaki (299/58). Valtioneuvosto on työturvallisuuslain nojalla antanut kuljettimia koskevan päätöksen 823/87, jossa on määräyksiä muun muassa kuljettimen rakenteesta, vahinkokäynnistyksen estämisestä, hätäpysäytyksestä, ohjeista ja kuljettimen käytöstä. Valtioneuvosto ja eri ministeriöt ovat lisäksi antaneet päätöksiä, jotka koskevat esimerkiksi meluntorjuntaa, sähköturvallisuutta, rakennustyön järjestysohjeita ja palonkestävyyttä. Näitä päätöksiä on luonnollisesti noudatettava kuljettimia suunniteltaessa ja käytettäessä.

8.5 Standardit

Yksityiskohtaisia kuljettimia koskevia turvallisuus- ja suunnitteluohjeita on esitetty SFS-standardeissa. Suomalaiset kuljetinstandardit on koottu yhteen SFS-käsikirjoihin 29 ja 101. SFS-käsikirja 101 on tarkoitettu ohjeeksi kuljettimen käyttöön ja käytön valvontaan sekä käyttö- ja huolto-ohjeen laadintaan [18]. SFS-käsikirjassa 29 [19] on esitetty yleisesti standardeja, joita kuljettimen suunnittelija työssään päivittäin tarvitsee, ja luettelo näistä standardeista on esitetty tämän julkaisun liitteessä E. Käsikirjoissa ei ole esitetty kuljettimien teräsrakenteiden laskentaohjeita. Laskentaohjeita teräsrakenteille on esitetty esimerkiksi ISO/TC 101 -standardeissa sekä Rakennusinsinöörien liiton (RIL) ohjeissa ja määräyksissä.

9. Yhteenveto

Teollisuuden hihnakuiljettimilla sattuu runsaasti tapaturmia, joista osa on vakavia. Tämän tutkimuksen yhtenä osana analysoitiin työministeriön ylläpitämään tapaturmaselostusrekisteriin koottuja hihnakuiljetintapaturmia, jotka olivat tapahtuneet vuosien 1985–1997 aikana. Analysoiduista 44:stä massatavarahihnakuiljettimiin liittyvästä tapaturmasta kuusi oli kuolemaan johtaneita. Lähes kahdessa kolmasosassa onnettomuuksista vahingoittumistapana oli kuiljettimen hihnan ja rummun tai rullan väliseen nieluun puristuminen. Onnettomuuden uhriksi joutunut työntekijä oli suurimmassa osassa tapauksia ollut poistamassa kuiljettimella tapahtunutta häiriötä tai suorittamassa puhdistusta ja siivousta. Onnettomuuden ensisijainen syy oli useimmiten joko nielun suojaus puuttuminen tai väärä työtapu. Käyttöhäiriöiden ja turvallisuuden välillä on näiden analyysien valossa selvä yhteys.

Teollisuuslaitoksissa tehdyissä tarkistuslistoihin perustuneissa turvallisuusanalyysissä tehtiin samansuuntaisia havaintoja: hihnakuiljettimien välittömät vaaratekijät, jotka sellaisenaan voivat johtaa tapaturman syntymiseen, liittyvät usein suojaamattomiin tai puutteellisesti suojattuihin nieluihin. Nämä turvallisuusriskit ovat kuitenkin monissa tapauksissa välillisiä seurauksia käyttöhäiriöistä. Kun hihnakuiljettimilla sattuu esimerkiksi tukoksia, suojaus joudutaan irrottamaan häiriön poistoa varten. Toimenpiteen jälkeen suojaus jää helposti asentamatta paikalleen varsinkin, jos häiriötä sattuu jatkuvasti. Siivoustyöhön liittyvien tapaturmariskien kasvaminen taas voi olla seurausta kaavarien puutteellisesta toiminnasta, mikä johtaa karisteen normaalia runsaampaan kertymiseen kuiljettimen ympäristöön. Tällöin tapaturmamahdollisuudet kasvavat, koska siivoustyötä joudutaan tekemään useammin ja kulkuteille kertyvä kariste lisää työntekijöiden kaatumisriskiä.

Tutkimuksessa hihnakuiljettimien yleisimmäksi käyttöhäiriötyypiksi todettiin hihnan sivuunsiirtyminen. Sivunsiirtyminen on hyvä esimerkki käyttöhäiriöstä, joka aiheuttaa laitoksissa ylimääräistä puhdistus-, säätö- ja kunnossapitotyötä, ja josta aiheutuu yrityksille vuosittain suuria kustannuksia. Lisäksi sivuunsiirtyminen voi johtaa hihnan vaurioitumisen takia pitkään käyttökeskeytykseen. Turvallisuuteen sivuunsiirtyminen vaikuttaa sekä karisteen lisääntymisen kautta että säätötyöhön liittyvän tapaturmavaaran takia. Tällöin turvallisella työtavalla ja turvakytkimien toimivuudella on suuri merkitys työturvallisuudelle.

Tutkimuksessa havaittiin, että käyttövarmuusongelmien syyt ovat suurelta osin lähtöisin kuiljettimen suunnittelusta, johon katsottiin kuuluvan kuiljettimen koko hankinta- tai modernisointiprosessin. Käyttötavan ja huollon keinoin on vaikeaa vaikuttaa tekijöihin, jotka on jo alunperin väärin suunniteltu. Huolellinen suunnittelu, laadukkaat ja oikein valitut komponentit sekä hihnanohjauksesta, puhtaudesta ja turvallisuudesta huolehtivat

lisälaitteet varmistavat yleensä kuljettimen pitkäaikaisen toiminnan ja vähäisen huoltotarpeen.

Teollisuuden hihnakuuljetin on usein yksi tuotantolaitteiston osa, jonka pettäminen aiheuttaa jopa koko tuotantoprosessin pysähtymisen. Ennakoimattomien seisokkien ja huolto- ja kunnossapitotyön aiheuttamien kustannusten lisäksi kuljettimen tilaaja joutuu vastaamaan myös ilmenevistä turvallisuusongelmista. Koska ostosta vastaava henkilöstö ei yleensä riittävän hyvin tunne kuljettimia, niiden keskeinen merkitys tuotannossa ei useinkaan näy hankintaprosessissa, vaan kuljetin hankitaan yleisesti halvimmallalla toteutustavalla. Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön tulisikin osallistua jo kuljettimen suunnittelu- ja hankintavaiheeseen, jotta kuljettimelta osattaisiin vaatia oikeita ominaisuuksia.

Tässä tutkimuksessa havainnollistettiin kuljettimen suunnitteluvaiheen tärkeyttä teollisuuskohteiden kuljettimien hankintaan ja modernisointiin liittyvillä takaisinmaksu-aikalaskelmilla. Yhteenvetona niistä voidaan todeta, että laskelmien mukaan perusteellisesti suunnitellun ja toteutetun hihnakuuljettimen takaisinmaksuaika halvimpaan hihnakuuljetinvaihtoehtoon nähden on yleensä erittäin edullinen. Ehdottoman tärkeää olisi kehittää käyttöhäiriö- ja vauriotiedon keruujärjestelmät laitoksissa sille tasolle, että kerättyä tietoa voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää kuljetininvestointien kannattavuuden määrittämisessä aikaisempaa paremmin.

Lähdeluettelo

1. Rouhiainen, V., Vuotilainen, S., Nordlund, K., Suokas, J. & Korhonen, J. Paperi- ja selluteollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 1. Esimerkkejä. Espoo 1983, VTT Tiedotteita 198. 98 s. ISBN 951-38-1684-2.
2. Rouhiainen, V., Nordlund, K. & Suokas, J. Sahateollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 1. Esimerkkejä. Espoo 1983, VTT Tiedotteita 245. 102 s. ISBN 951-38-1853-5.
3. Rouhiainen, V. & Vuotilainen, S. Metallin perusteollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 1. Esimerkkejä. Espoo 1984, VTT Tiedotteita 290. 108 s. ISBN 951-38-1929-9.
4. Tarvainen, H., Vuotilainen, S. & Rouhiainen, V. Elintarviketeollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 1. Esimerkkejä. Espoo 1984, VTT Tiedotteita 366. 59 s. ISBN 951-38-2145-5.
5. Nordlund, K., Kaipainen, H. & Nissinen, K. Hihnakuuljettimien puhdistimet. Espoo 1989, VTT Tiedotteita 927. 100 s. ISBN 951-38-3282-1.
6. Liljeroos A. Kuljetinjärjestelmien hätäpysäytys. Espoo 1995, VTT Tiedotteita 1641. 60 s. ISBN 951-38-4756-X.
7. Frilund, R. & Pihkala, J. Prosessialan kuljetustekniikka. Ammattikasvatusthallitus. Valtion painatuskeskus, Helsinki 1988. 199 s. ISBN 951-860-903-9.
8. Oy Svedala Ab: Tuotekansio.
9. Puusta paperiksi: Kuljettimet. Helsinki, MTT, 1981. 87 s. ISBN 951-9309-15-2.
10. Roxon Oy: Tuotekansio.
11. Häkkinen, K. & Lahtinen, K. Sisäisten kuljetusten turvallisuus. Työterveyslaitos, Helsinki, 1985. 195 s. ISBN 951-801-484-1.
12. Rouhiainen, V., Vuotilainen, S., Nordlund, K., Suokas, J. & Korhonen, J. Paperi- ja selluteollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 2. Tarkistuslista. Espoo 1983, VTT Tiedotteita 199. 12 s. ISBN 951-38-1685-0.

13. Rouhiainen, V., Nordlund, K. & Suokas, J. Sahateollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 2. Tarkistuslista. Espoo 1983, VTT Tiedotteita 246. 20 s. ISBN 951-38-1854-3.
14. Rouhiainen, V. & Vuotilainen, S. Metallin perusteollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 2. Tarkistuslista. Espoo 1984, VTT Tiedotteita 291. 26 s. ISBN 951-38-1930-2.
15. Tarvainen, H., Vuotilainen, S. & Rouhiainen, V. Elintarviketeollisuuden kuljettimien turvallisuus. Osa 2. Tarkistuslista. Espoo 1984, VTT Tiedotteita 367. 22 s. ISBN 951-38-2146-3.
16. INSKO 114-80. Kuljettimien ja kuljetinjärjestelmien suunnittelu, hankinta ja kunnossapito. Helsinki, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, 1980. ISBN 951-793-336-3.
17. INSKO 12-83. Kuljetinjärjestelmien suunnittelu ja hankinta - bulkmateriaalit. Helsinki, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, 1983. ISBN 951-793-873-X.
18. SFS-Käsikirja 101. Kuljettimet. Turvallisuus. Käyttö, huolto ja tarkastukset. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 1. painos. 21 s. ISBN 951-9337-54-7.
19. SFS-Käsikirja 29. Kuljettimet. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1997. 5. painos. 338 s. ISBN 952-5143-09-0.

Tapaturmaselostusrekisterin hihnakuljetintapaturmien tarkastelu

Tiedonhaussa käytetyt hakusanat

hihnakulj*, vetorum*, pääterum*, taittorum*, hihnanpuhd*, hihnaharj*, kaavari*,
rummunpuhd*, kannatusrull*, palautusrull*

Analysoitavaksi valittujen tapaturmaselostusten TAPS-numerot

04186	06914
04195	07191
04343	07203
04442	07370
04547	08240
04690	08249
04697	08332
04861	08892
04871	09028
05161	09164
05171	09280
05345	09305
05395	09417
05568	09607
05810	09991
05842	09998
05975	20302
06043	20528
06090	20943
06153	21020
06216	21408
06548	21769

Analyysoinnin luokitteluperusteet

Vahingoittumistapa

- Puristuminen nieluun
- Puristuminen käyttölaiteissa
- Muu puristuminen
- Muu
- Epäselvä

Ensisijainen syy

- Käyvän kuljettimen puhdistus
- Vahinkokäynnistys
- Väärä työtap
- Puutteellinen nielun suojaus
- Muu puutteellinen suojaus
- Hoitotason puutteellisuus
- Muu

Työntekijän tekemä työ

- Häiriön poisto
- Muut käyttötavat
- Huolto ja korjaus
- Puhdistus ja siivous
- Koekäyttö
- Normaalista poikkeava työ

Inhimillisten tekijöiden vaikutus

- Väärä työtap
- Virhetoiminto
- Huono työasento
- Puutteellinen yhteydenpito
- Puutteellinen laitetuntemus
- Turvatoimien laiminlyönti
- Muu
- Epäselvä

Tapaturmiin vaikuttaneet tekniset puutteet

- Nielusuoja puuttui
- Muu puutteellinen suojaus
- Häätäpysäytin puuttui
- Hoitotason puute
- Turvakytin puuttui
- Huolto ei suunniteltu
- Käynnistyshälytin puuttui
- Muu tekninen puute
- Puutteella ei vaikutusta

Esimerkkejä tapaturmaselostusrekisterin hinnakuljetintapaturmista

Tapaus 1 (TAPS-numero 04186, tapahtumavuosi 1985)

Vahingoittuneen tehtävänä oli huolehtia siitä, että pellettilautaselle rikastetta syöttävät hinnat toimivat kunnolla. Syöttöhihna oli vanha ja huonokuntoinen. Sen vuoksi siihen tahtoi tarttua rikastetta haitallisiksi kokkareiksi. Kokkareet oli yleensä saatu irrotettua paineilmalla puhaltamalla.

Nyt vahingoittunut oli luultavasti yrittänyt kaapia peltilevyn kappaleella hihnaa tai taittotelaa puhtaaksi hihnan ja telan välisen nielun läheltä. Tällöin käsi oli joutunut nieluun ja vahingoittunut jäi puristuksiin kuljettimen runkoa vasten. Käden joutuminen nieluun oli mahdollista liian lyhyen sivusuojan vuoksi. Hätäpysäytysvaijerin puuttuessa hihnaa käyttävä moottori ei ole pysähtynyt, vaan vahingoittunut oli joutunut olemaan puristuksissa siihen asti, kunnes uunimies hänet löysi ja pysäytti kuljettimen moottorin. Tapaturman seurauksena luunmurtumia olkavarressa ja kylkiluissa, rintakehässä painautuma, hapen puutteen aiheuttama aivovaurio.

Tapaturman syynä oli hinnakuljetimen hihnan ja taittotelan välisen nielun puutteellinen suojaus. Olemassa oleva sivusuoja oli liian lyhyt. Nielun ja suojan reunan etäisyys oli vain n. 23 cm, kun etäisyyden tulisi esim. standardin SFS 2697 mukaan olla 95 cm. Hätäpysäytysvaijerin puuttuminen on saattanut vaikuttaa vammojen vakavuuteen.

Vastaavanlainen tapaturma vältettäisiin mitoittamalla ko. suojaus siten, että ulottuvuusetäisyys on riittävä (95 cm).

Tapaus 2 (TAPS-numero 09028, tapahtumavuosi 1992)

Vahingoittuneen työtehtäviin sahalla kuuluvat mm. alasahan siivous ja valvonta. Hänellä on kokemusta ko. tehtävissä noin kaksi vuotta.

Seulalta hakkurille vievän tikkukuljettimen (hihnakuljetin) pääterummun ja hihnan väliin oli kertynyt roskia, jolloin kuljetin pysähtyi. Vahingoittuneen poistettua osan roskista kuljetin käynnistyi, mutta pysähtyi uudelleen. Tällöin vahingoittuneen ryhtyessä uudelleen poistamaan roskia käynnistyi kuljetin odottamatta, jolloin hänen vasen kätensä joutui pääterummun ja hihnan väliseen nieluun. Vahingoittunut sai itse vedettyä kätensä nielusta, mutta tapaturmassa vasemman käden molemmat luut menivät poikki ranteen ja kyynärvarren välistä. Sairasloman pituus on ainakin neljä kuukautta. Vahingoittunut on oikeakätinen.

Roskia kuljettimen pääterummun ja hihnan väliin kertyy erityisesti sahattaessa mäntyä, jolloin puhdistustyötä joudutaan tekemään joskus useita kertoja viikossa. Vahingoittunut kertoi, että kyseisestä häiriöstä on keskusteltu aikaisemmin työnjohdon kanssa.

Vahingoittunut oli kertomansa mukaan saanut opastusta ko. työtehtäviin noin kolmen päivän ajan vanhemmalta työntekijältä.

Tapaturman syyt:

- Kuljettimen hihna oli kourun muotoinen, jolloin roskat pääsivät hihnanpuhdistimesta huolimatta pääterummulle.
- Nielu oli puutteellisesti suojattu.
- Puhdistustyötä tehtiin varmistamatta ensin se, ettei kuljetin käynnisty työn aikana.
- Kuljettimen pysäytyslaite oli tasoa ylempänä, noin 10 metrin päässä tapaturmapaikasta.

Vastaavanlaisten tapaturmien ehkäisy:

- Nielu suojataan asianmukaisesti.
- Muutetaan kuljettimen rakenne sellaiseksi, että roskien kulkeutuminen pääterummulle estyy.
- Asennetaan em. kohtaan hätäpysäytin.
- Painotetaan työnopastuksessa koneiden ja laitteiden pysäyttämisen tarvetta ja valvotaan turvallisten työmenetelmien noudattamista.

Tapaus 3 (TAPS-numero 06043, tapahtumavuosi 1988)

Vahingoittunut oli puhdistamassa noin 1,5 metrin pituisella seipäällä kuorikuljettimen kaukalon lähelle kerääntyneitä kuoria ja roskia. Kuljetin oli käynnissä ja puhdistuksen aikana seipään pää luiskahti liikkuvan hihnan ja sen yläpuolella hihnaa vasten olevan kaukalon reunan väliin. Samalla vahingoittuneen kädessä ollut seiväs pyörähti ja kädessä ollut kumirukkanen takertui seipääseen niin lujasti, että vasemman käden peukalo katkesi 1. nivelen kohdalta. Vahingoittunut oli ollut ko. yrityksen palveluksessa n. 17 vuotta.

Tapaturman syyt:

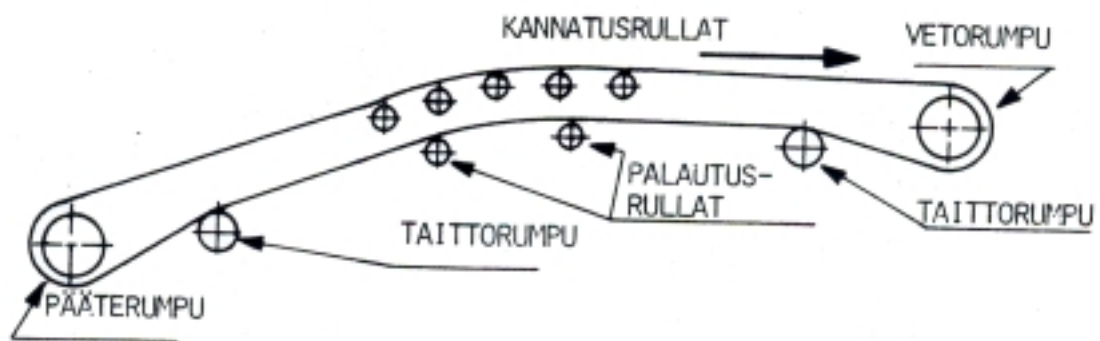
- Kuorikuljettimen puhdistus kuljettimen käynnin aikana ja vahingoittuneen kädessä olleen seipään luiskahtaminen liikkuvan hihnan ja kaukalon reunan väliin, jolloin seipään voimakas pyörähdys ja kumirukkasen takertuminen seipääseen katkaisi vasemman käden peukalon.
- Ko. kuorikuljetinta ei ollut pysäytetty puhdistuksen ajaksi. Työntekijöitä oli kehoitettu pysäyttämään koneet korjaus-, huolto- ja puhdistustöiden tms. ajaksi. Ko. kuorikuljettimessa oli vahinkokäynnistymisen estämiseksi tarkoitettu turvakytin.

Vastaavanlaiset tapaturmat voidaan estää:

- Pysäyttämällä kuljetin puhdistuksen, korjauksen, huollon, häiriönpoiston tms. työn ajaksi ja estämällä vahinkokäynnistyminen.
- Työntekijälle tulee antaa riittävästi työn laadun ja työolosuhteiden edellyttämää opetusta ja ohjausta työssä sattuvan tapaturman vaaran välttämiseksi.

Hihnakuljettimen turvallisuuden tarkistuslista

Jokainen tarkasteltava kuljetin tarkastetaan tämän tarkistuslistan avulla. Tarkistuslista perustuu tämän raportin lähteisiin [12–15]. Ensin jokainen tarkastettava kuljetin käydään läpi kohdan 1 kysymysten avulla ja lopuksi tarkastellaan kaikille kuljettimille yhteisiä ja yleisiä asioita kohdan 2 kysymysten avulla. Listassa ei esitetä oikeita ratkaisuja, vaan kysytään, onko asia kunnossa. Kuva 1 esittää hihnakuljettimen pääosia. Tarkastuksessa edetään pääterummulta vetorummulle.



Kuva 1. Hihnakuljettimen pääosat.

1 Hihnakuljetin

1.1 Kuormauspää

Pääterumpu

- Onko pääterummun nielu suojattu?
- Pidetäänkö suojalaitteet paikoillaan?
- Onko pääterummun vaihtamiseen ja poiskuljetukseen varauduttu (työskentelytasot kummallakin puolella, nostopalkit ja nostopisteet myös rummun sivuunvetoa varten)?
- Ohjaako pääterumpu hihnaa sivuun?

Pääterummun kaavari

- Puhdistaaako kaavari rummun kunnolla?
- Onko roskataso helppo puhdistaa?
- Ovatko käytettävissä asianmukaiset työkalut?
- Onko roskataso riittävän suuri ja ulottuuko se rungon ulkopuolelle?
- Onko karisteen poiskuljetus järjestetty?

Hihnan (pääterummun) kiristin

- Onko kiristimen vastapainojen putoaminen estetty tai putoamiskohta suojattu?
- Onko vastapainojen kiinnitys varmistettu riittävästi (kaksivasteisia köysilukkoja vähintään 3 kpl, jos köyden halkaisija on 6 - 10 mm; 4 kpl 10 - 16 mm:n köydelle ja 5 kpl 17 - 20 mm:n köydelle)?
- Onko vastapainojen nostamiseen kiinnityspisteet? Haittaako jää, karistemateriaali tms. vaijerien tai rissapyörien liikettä?
- Onko kaikki vaarakohdat suojattu koko kiristysrummun liikealueella?
- Onko ruuvikiristimen ruuvi suojattu?
- Aiheutuuko puristumisen vaaraa hihnan katketessa (pääterummun liikkeen rajoittimet)?

Hihnan kaavari

- Pudottaako kaavari materiaalin helposti ja turvallisesti siivottavaan paikkaan?
- Haittaavatko suojukset tai runkorakenne siivousta?
- Onko kaavarin lähellä olevat nielut suojattu?
- Voidaanko kaavari säätää ja huoltaa turvallisesti?
- Onko kaavarin kohdalla kuljettimen alla riittävästi karistetilaa?
- Onko karisteen poiskuljetus järjestetty?

Syöttösuppilo

- Onko kannatusrullien nielut suojattu suppilon reunojen kohdalla?
- Karistaako syöttösuppilo materiaalia kuljettimen ympäristöön?
- Onko suppilon ja hihnan väli tiivistetty kunnolla?
- Putoaako tavara keskelle hihnaa?
- Ovatko ohjauslevyt helposti säädettävissä?
- Tarvitaanko kuorman keskitin?
- Ohjautuuko kappaletavara hihnalle sen suuntaisesti?
- Onko syöttösuppilossa ylitäyttymisen vartija?
- Onko suppilolla riittävät työskentelytasot kaiteineen ja kulkutiet ohjauslevyn säätöä ja tukkeuman purkamista varten?
- Onko etureunan tiivistekumi tarpeeksi korkea lapioitavan karistemateriaalin läpimenoa varten?

1.2 Kuljetushihna, puhdistimet ja sivuohjaimet

- Voiko hihnan katkeaminen tai löystyminen aiheuttaa vaaraa?
- Onko varattu tilaa uuden hihnan kuljetusta ja päälle vetämistä varten?
- Onko varattu riittävä ja suojaista tila hihnan päiden liittämistä varten (työskentelytasot kummallakin puolella, tarpeelliset tuet pöydän kiinnitystä varten, sähköpistoke vulganointilevyjä varten)?

- Luistaako materiaali hihnalla?
- Jäätyykö materiaali hihnalle?
- Karistaako hihna materiaalin toivottuun paikkaan (toimivat hihnan puhdistajat)?
- Kulkeeko hihna sivussa (liitoskohtien suoruus, kannatus- ja palautusrullat, pääte- ja taittorummut, materiaalin putoaminen keskelle hihnaa)?
- Voiko hihna syttyä palamaan (häätäjäähdytys- ja sammutusjärjestelmä lämpötilantureineen, pyörinnän vartija hihnan luistamisen tunnistamiseksi)?
- Ovatko hihnan ohjausrullat riittävän kaukana kannatus- tai palautusrullista tai onko ne suojattu?
- Onko kuljettimella sivuunohjautumisen vartija ja tuleeeko häiriöstä tieto ohjaamoon (varsinkin pitkillä hihnoilla)?
- Onko pyörinnän ja sivuunohjautumisen vartijoille kunnolliset kulkutiet?

1.3 Hihnan välikiristin

- Onko kiristimen painojen putoaminen estetty tai putoamiskohta suojattu maahan saakka?
- Onko kiristysvaijerit suojattu (sijoitettu esim. putkiin) kulkuteiden läheisyydessä katkeamisen varalta?
- Onko vaijereiden kiinnitys luotettava?
- Onko painojen nostamiseen kiinnityspisteet?
- Onko painojen ylhäällä pysyminen varmistettu (esim. johteisiin tappi)?
- Onko taittorumpujen nielut suojattu? Myös koko kiristysrummun liikealueella?
- Miten kiristimen rummut huolletaan?
- Voidaanko kiristysrummun kohdalta variseva materiaali poistaa helposti?
- Onko kiristin mahdollisimman lähellä vetopäätä?

1.4 Kannatus- ja palautusrullat

- Onko kannatusrullien nielut suojattu riittävästi, jos hihna ei pääse nousemaan 50 mm:ä?
- Onko palautusrullien nielut suojattu silloin, kun kysymyksessä on raskas hihna, kuljettimen ali kuljetaan, hihnan alustaa siivotaan koneen käydessä tai hihna ei pääse nousemaan 120 mm:ä vapaasti?
- Voidaanko kannatus- tai palautusrullat vaihtaa turvallisesti (työkalut hihnan nostoa varten, leveillä hihnoilla hoitotasot kummallekin puolelle)?
- Keräävätkö kannatus- tai palautusrullat materiaalia (kumikiekkorullat)?
- Onko palautusrullien alla riittävästi tilaa koneellista tai käsin siivousta varten?
- Karistavatko palautusrullat materiaalin oikeaan paikkaan?

1.5 Purkauspää ja käyttölaitteet

Purkauspää on usein toisen kuljettimen kuormauspää, jolloin kannattaa käydä läpi kohdan 1.1 kysymykset ainakin suppilon osalta.

Käyttölaitteisto

- Onko käyttölaitteiston nielut ja pyörivät osat suojattu?
- Joudutaanko käyttölaitteita huoltamaan kuljettimen käydessä?
- Ovatko huoltotehtävät turvallisesti suoritettavia ja huoltokohteet selvästi merkittyjä?
- Onko käyttömoottorin tai -vaihteen korjauksiin ja vaihtamiseen varauduttu (nostot, siirrot, työskentelytasot) ?
- Onko nousevalla kuljettimella takaisinpaluuliikkeen estävä turvajarru?
- Onko purkauspäässä ylitäytön vartija?
- Tarvitaanko kuljettimelle paikallisohjauskytkimiä?

Vetorumpu

- Onko vetorummun nielu suojattu?
- Onko vetorummun vaihtamiseen varauduttu (tilaa yläpuolella, nostopalkki, nostokouku, työtaso)?
- Jos hihna on luistanut, tarkista seuraavat seikat:
 - Onko vetorumpu kumioitu?
 - Hankaako paluuhihna karistekasaa?
 - Onko pyörimättömiä kannatus- tai palautusrullia ?
 - Ovatko kiilahihnat tai kiilahihnapyörät kuluneet?
 - Toimiiko hihnan kiristin?
 - Onko kuormitus liian suuri?
 - Onko käyntiin lähtö pehmeä?
 - Onko pyörinnänvartija kunnossa?
- Toimivatko hihnan puhdistuslaitteet (hihnaohjaaja, kaavari)?
- Onko taittorumpujen nielut suojattu purkauspäässä?
- Onko myös taittorumpujen vaihtoon varauduttu?

1.6 Sähköiset turvalaitteet

- Onko käyttömoottori varustettu turvakytkimellä?
- Käytetäänkö sitä myös lyhyissä seisokeissa?
- Varmistetaanko jo seisova kuljetin turvakytkimestä lyhyttä huoltoa tai puhdistusta tehtäessä?
- Tarvitaanko joillekin kuljettimen lisälaitteille, esimerkiksi hihnaohjaajalle turvakytkimisiä?
- Onko kuljettimella vaijeritoiminen hätäpysäytin? Toimiiko se?
- Onko vaijeritoimisen hätäpysäyttimen kytkin helposti kuitattavassa paikassa?
- Valvooko järjestelmä hätäpysäytysvaijerin löystymistä tai katkeamista?
- Tuleeko kytkimen käytöstä tieto ohjaamoon?
- Käynnistyykö kuljetin hätäpysäyttimestä?
- Onko kuljetin varustettu käynnistyshälyttimellä?

- Onko kuljettimen käynnistys- ja pysäytyslaitteet merkitty selvästi?
- Onko kuljettimella hihnan nopeudenvartija? Toimiiko se?
- Onko hihnan nopeudenvartija turvallisuuden kannalta väärässä paikassa? (Esim. usein siivottavassa paikassa tai lähellä kannatus- tai palautusrullaa.)
- Voidaanko turvalaitteet huoltaa ja tarkistaa turvallisesti (työskentelytasot, kulkutiet)?

2. Yleiset tarkastelukohdat

2.1 Työskentelytasot ja kulkutiet

- Ovatko työskentelytasot ja kulkutiet asianmukaisessa kunnossa (kaiteet, ritilöiden kiinnitys, siisteys, tasaisuus, valaistus jne.)?
- Onko kuljettimien ylitys ja alitus turvallista?
- Käytetäänkö rakennettuja kulkuteitä, vai "kiivetäänkö" kuljettimien yli matkan lyhentämiseksi?
- Tarkastetaanko kuljettimien turva- ja suojalaitteet sekä työskentelytasot ja kulkutiet riittävän usein? Kenen toimesta?
- Voiko työntekijä pudota kuljetinkaukaloon? Edellyttääkö tämä lisäsuojausta?
- Onko valaistus riittävä?
- Onko myös kuljettimen alusta riittävästi valaistu?
- Aiheuttaako valaisimien puhdistus ja lamppujen vaihto kuljettimelle horjauttamisen vaaran?

2.2 Siivous

- Aiheuttaako kuljettimelta putoava materiaali vaaraa?
- Onko materiaalin kariseminen otettu huomioon (puhdistajat, koneellinen siivous, tarvittavat työkalut, tasaiset ja riittävät roskatasot, karisteen poiskuljetus) ?
- Onko materiaalin pölyämisen estämiseen kiinnitetty huomiota (oikea kosteusprosentti, katetut kuljettimet, tiivistys, alipaine, kastelu, jne.)?

2.3 Kunnossapito

- Onko kunnossapito- ja korjaustyöhön kiinnitetty huomiota (työskentelytasot, kulkutiet, tarvittavat nostopisteet, koneen osien kuljetus, jne.)?
- Onko kunnossapito- ja korjaustyöhön annettu riittävät työohjeet?
- Viedäänkö korjaustyössä käytetyt lankut ym. tarvikkeet niille kuuluville paikoille?
- Onko kuljetintunnelissa sähköpistokkeet lisävalaistusta ja tarvittavia sähkötyökaluja varten (vulkanointilevyt, käsihiomatyökalut, hitsausmuuntajat, jne.)?

2.4 Poikkeustilanteet

- Onko kuljettimien häiriötilanteita analysoitu?
- Mistä häiriöt aiheutuvat?
- Mitä voidaan tehdä?
- Tuleeko häiriön aiheuttajasta tieto ohjaamoon (häätäpysäyttimet, ylitäyttymisen vartijat, pyörinnän vartijat, sivuun ohjautumien vartijat, jne.)?
- Onko työohjeet annettu myös häiriötilanteita varten?
- Voidaanko tukkeumat ym. häiriöt poistaa turvallisesti (työskentelytasot, kulkutiet, tarvittavat työkalut jne.)?
- Esiintyykö kuljettimilla vaarallista jälkikäyntiä energiavirran katkeamisen jälkeen?
- Onko vahinkokäynnistymiset estetty (turvakytkimet, häätäpysäyttimet, käynnistyshälytys, jne.)?
- Onko käynnistyshälytys automaattinen vai voidaanko se ohittaa?
- Varoitetaanko kuljettimien kaukokäynnistymisestä tai ajoittaisesta käynnistymisestä selvästi (kilvet, varoitusvalot, äänimerkit, jne.)?
- Ovatko varoituskilvet paikoillaan?
- Mitä ongelmia ilmasto-olosuhteet saattavat aiheuttaa (esim. materiaalien jäätyminen tai luistaminen, suppiloiden tukkeentuminen)?
- Ovatko kuljettimien suojalaitteet paikoillaan?
- Voidaanko kuljetinta ajaa toisinpäin?
- Onko nielut myös tällöin suojattu?
- Onko kuljettimen mahdolliseen tyhjennykseen varauduttu (esim. takaperinajo)?
- Onko kuljettimella (varsinkin nouseva) luotettava takaisinpaluujarru? Onko se riittävän tehokas?
- Onko mahdolliseen tulipaloon varauduttu (sammutusjärjestelmä, opasteet, hätätiet)?
- Onko kunnossapito- ja käyttöhenkilöstöllä oikea työvaatetus?
- Voidaanko syöttimien kunnossapitotyöt tehdä turvallisesti (tukoksen teko, sulkuluuku)?
- Miten toimitaan, kun siilot holvautuvat?

 AUTOMAATIO	VAAROJEN KARTOITUS Laitos: Kohde: Laatijat:	Analyysin pvm: Sivu 1(1)
---	--	-----------------------------

Vaara aiheuttava tilanne (tapahtumakeju)	Seuraukset	Luokitus	Nykyinen varautuminen ja kommentit	Toimenpide-ehdotukset

Esimerkki kriittisyysanalyysistä TosiPuu- menetelmällä

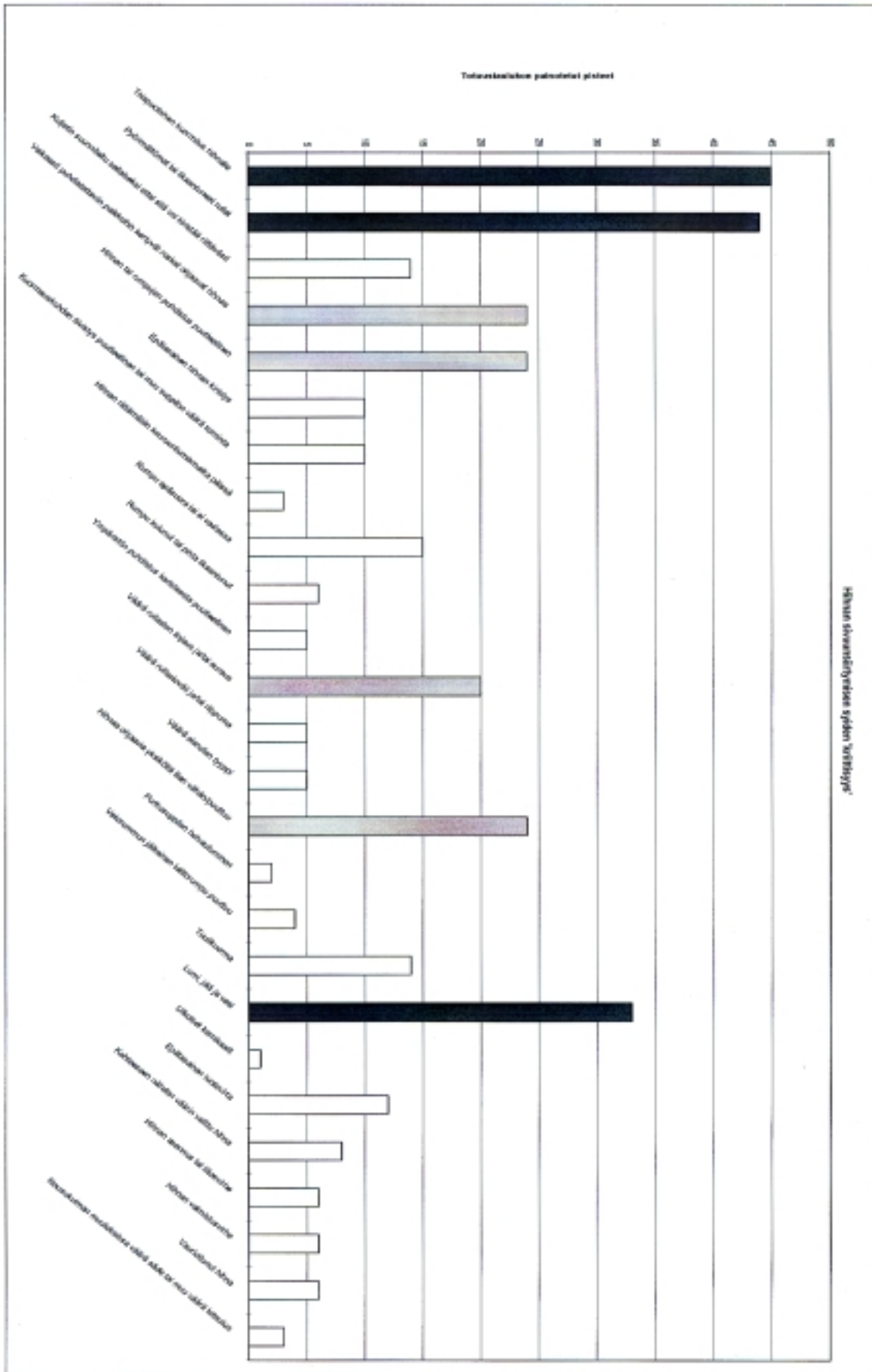
Liite C sisältää yhdelle teollisuuden kuljetinjärjestelmälle tehdyn TosiPuu-analyysin tuloksia:

Sivu C2: Hinnan sivuunsiirtymisen totuustaulukko.

Sivu C3: Hinnan sivuunsiirtymisen syiden kriittisyys.

Sivu C4: Hinnan sivuunsiirtymisen parannustoimenpiteiden vaikutus.

Sivu C5: Hinnan sivuunsiirtymisen syyt ja niiden aiheuttajat prosenttiosuuksina.





Hihnan sivuun siirtymisen syyt ja niiden aiheuttajat prosenttiosuuksina

	Suunnittelu (%)	Käyttö (%)	Huolto (%)	Yht (%)
S1 Toispuoleinen kuormitus hihnalle	80	20		100
S2 Pyörimättömät tai likaantuneet rullat		50	50	100
S3 Kuljetin suunniteltu sellaiseksi ettei sitä voi kiristää riittävästi (esim. nousukulman muutoksissa väärä säde)	100			100
S4 Vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin kertyvät roskat ohjaavat hihnaa	80	20		100
S5 Hihnan tai rumpujen puhdistus puutteellinen	50	20	30	100
S6 Epätasainen hihnan kiristys	50		50	100
S7 Kuormauskohdan tiivistys puutteellinen tai muu suppilon väärä toiminta	70		30	100
S8 Hihnan riittämätön kouruuntumismatka päissä (venyttää hihnan reunaa)	100			100
S9 Rumpu epäsuora tai ei vaa'assa			100	100
S10 Rumpu kulunut tai pinta likaantunut			100	100
S11 Ympäristön puhdistus karisteesta puutteellinen		80	20	100
S12 Väärä rullaston linjaus ja/tai aeraus			100	100
S13 Väärä rullastoväli ja/tai riippuma	100			100
S14 Väärä alarullan tyyppi	80		20	100
S15 Hihnaa ohjaavia yksiköitä liian vähän/puuttuu	80		20	100
S16 Purkusuppilon holvautuminen	60	20	20	100
S17 Vetorummun jälkeinen taittorumpu puuttuu	100			100
S18 Tuulikuorma	100			100
S19 Lumi, jää ja vesi	60	40		100
S20 Ulkoiset kemikaalit		100		100
S21 Epätasainen tuotevirta		100		100
S22 Kohteeseen nähden väärin valittu hihna	100			100
S23 Hihnan asennus tai liitosvirhe			100	100
S24 Hihnan valmistusvirhe				100
S25 Vaurioitunut hihna		60	40	100
Keskiarvo	50,4	21,3	28,3	100

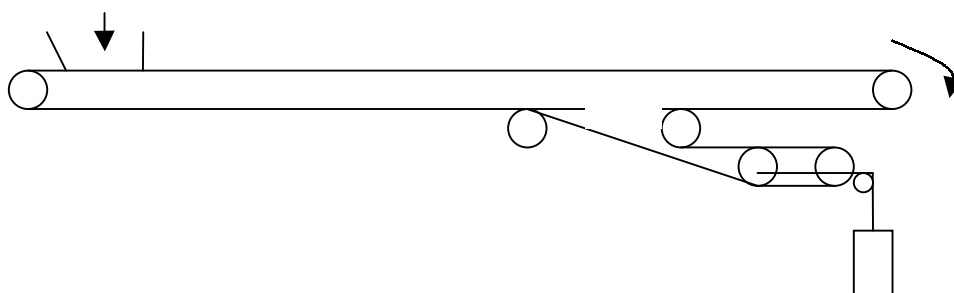
Teollisuuden case-kohteet ja niihin liittyvät takaisinmaksuaikalaskelmat

Case 1: Hihnakuojettimen konstruktiouus

(UPM-Kymmene Oyj, Kajaani, hk 410-21-353)

Esimerkki hihnakuojettimesta, jossa olosuhteisiin sopimattoman monirumpu-ratkaisun on todettu aiheuttavan tuntuvasti häiriöitä erityisesti talviaikaan. Hihnan ja rumpujen jäätyminen vuoksi seisokkeja on runsaasti. Kuljetinta käytetään kuoren, seulomopurun ja biolietepuristeen kuljettamiseen kuorimolta voimalaitokselle.

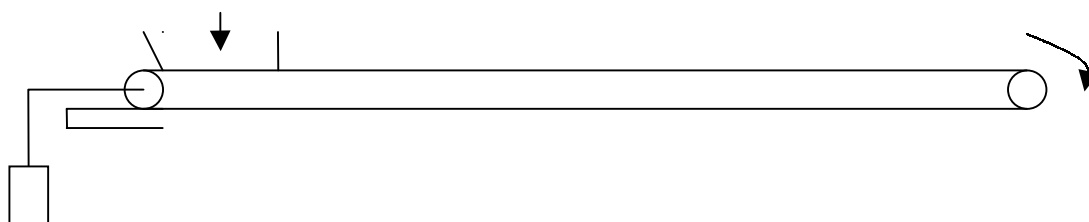
Alkuperäinen konstruktio



Kuljettimen pituus	C-C	= 300 m
Hihnan leveys	B	= 1000 mm
Hihnan nopeus	v	= 2 m/s
Kuljetuskapasiteetti	Q	= 60 im ³ /h

Konstruktioin taittorummut, jotka ovat hihnan likaisella puolella, täyttyvät jäästä, lumesta, pihkasta ja rippeestä, ja tästä aiheutuu jatkuvasti hihnan sivuunsiirtymistä, hihnavaurioita ja materiaalin purkautumista hihnalta.

Ehdotettu muutos



Kuljetinta jatketaan peräpäädään, jolloin saadaan kaikki likaisen puolen rummut pois.

Muutosten taloudellinen tarkastelu

Häiriöitä on todettu olleen vuoden aikana noin 2 h/viikko. Häiriö aiheuttaa kuljettimen pysähtymisen, jolloin kuljetettavat materiaalit joudutaan ajamaan kuljettimen ohi. Kuljettimella kulkeva massamäärä on noin 50 im³/h kuorta, 4 im³/h seulomon purua ja 3,3 im³/h biolietepuristetta.

1. Ajokustannukset

Ohiajon hallintaan käytetään kuorma-autoa ja pyöräkuormaajaa, jotka voivat vuorotellen ajaa kaikkia materiaaleja. Sekä kuorma-auton että pyöräkuormaajan käytön hinta on noin 200 mk/h, eli ajokustannukset tuntia kohti ovat yhteensä 400 mk.

Ajokustannukset ovat näin ollen $2 \text{ h/vk} \times 52 \text{ vk/v} \times 400 \text{ mk/h} = \underline{41\ 600 \text{ mk/v}}$.

2. Syöttökustannukset

Lisäkustannus, joka syntyy, kun kuori ja puru syötetään voimalaitoksen kentältä erikseen myöhemmin voimalaitokselle, on noin 5 mk/im³. Kuoren määrä vuodessa on $50 \text{ im}^3/\text{h} \times 2 \text{ h/vk} \times 52 \text{ vk/v} = 5200 \text{ im}^3/\text{v}$ ja purun määrä $4 \text{ im}^3/\text{h} \times 2 \text{ h/vk} \times 52 \text{ vk/v} = 416 \text{ im}^3/\text{v}$.

Kuoren ja purun syöttämisestä aiheutuvat lisäkustannukset ovat näin ollen $5 \text{ mk/im}^3 \times (5200 \text{ im}^3/\text{v} + 416 \text{ im}^3/\text{v}) = \underline{28080 \text{ mk/v}}$.

3. Puristeen kuljetuskustannukset

Biolietepuristeen kaatopaikalle viemisestä aiheutuu kustannuksia noin 50 mk/im³. Puristeen määrä vuodessa on $3.3 \text{ im}^3/\text{h} \times 2 \text{ h/vk} \times 52 \text{ vk/v} = 343 \text{ im}^3/\text{v}$.

Kustannuksia biolietepuristeen kuljetuksesta aiheutuu näin ollen $50 \text{ mk/im}^3 \times 343 \text{ im}^3/\text{v} = \underline{17\ 160 \text{ mk/v}}$.

4. Kokonaiskustannukset

Yhteensä ajokustannuksista, kuoren ja purun syöttämisestä aiheutuvista kustannuksista ja biolietepuristeen kuljetuskustannuksista saadaan $41\ 600 \text{ mk/v} + 28\ 080 \text{ mk/v} + 17\ 160 \text{ mk/v} = \underline{86\ 840 \text{ mk/v}}$.

5. Investointikustannukset

Muutoksen toteuttamisen kustannukset alustavien laskelmien perusteella ovat:

- uudet teräsrakenteet	58 000 mk
- suunnittelu	10 000 mk
- asennustyöt	<u>78 000 mk</u>
Yhteensä	<u>146 000 mk</u>

6. Takaisinmaksuaika

Muutoksen takaisinmaksuaika on siten karkeasti:

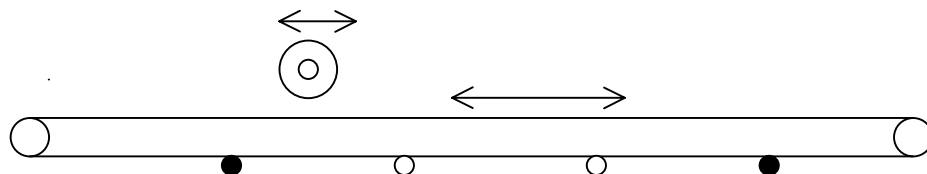
$$146\ 000/86\ 830 = \underline{1,7 \text{ vuotta.}}$$

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa ei ole otettu huomioon valvonnasta, käytöstä ja kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia, jotka syntyvät, kun kuljetin saatetaan häiriön jälkeen uudelleen ajokuntoon. Nämäkin kustannukset ovat merkittäviä ja niiden huomioonottaminen pienentäisi takaisinmaksuaikaa.

Case 2: Kahteen suuntaan ajettavan hihnakuljettimen modernisointi

(Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi, ck-hakekuljetin 2)

Haketta kuljettavan hihnakuljettimen ongelmana oli hihnan sivuunsiirtyminen. Käyttötilanteesta riippuen kuljettimen hihna pyöri joko vetorumpuun tai pääterumpuun päin. Hihnan sivuunsiirtyminen tapahtui poikkeuksetta kuljetussuunnan muuttamisen jälkeen. Tällöin hälytettiin miehet keskittämään hihnaa nykäysajon ja rullastojen säätämisen avulla. Seurauksena oli hihnan reunan vahingoittuminen, kun hihna osui reunarakenteisiin.



C-C	= 17,5 m	- Liikkuva ruuvikuljetin
B	= 1000 mm	syöttää haketta kuljettimelle.
v	= 2,14 m/s	- Kuljettimella ajetaan
Q	= 192 tn/h	kahteen suuntaan.

Kuljettimeen tehtiin parannustoimenpiteinä hihnan uusiminen, kahden ohjaavan rullan lisääminen ja etukaavarin lisääminen. Nämä parannukset maksoivat toineen yhteensä 32 800 mk. Toimenpiteillä hihnan sivuunsiirtymisestä päästiin kyseisellä kuljettimella kokonaan eroon.

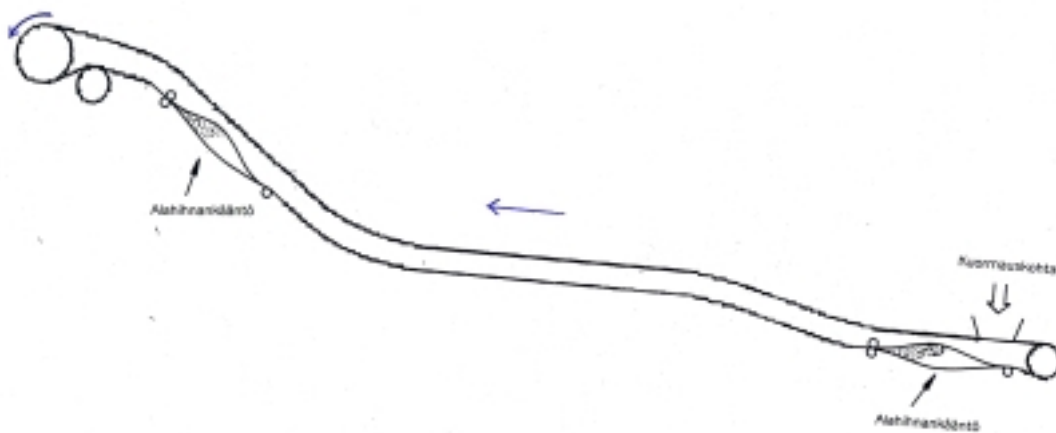
Kuljettimen ajo tapahtui 3,5 vuorokauden jaksoissa, johon sisältyi kaksi suunnanvaihtoa. Täten suunnanvaihtoja kertyi vuodessa 208 kpl. Yhden suunnanvaihdon aiheuttama lisätyö oli noin tunti kahdelta mieheltä, joiden hinta-arvio oli 200 mk/tunti. Lisätyötä aiheutui siis vuodessa 416 tuntia, mistä seuraa, että kokonaistyökustannukset olivat 83 200 mk/v.

Hihnakuljettimen modernisoinnin takaisinmaksuajaksi saatiin $32\,800/83\,200$ vuotta = 0,39 vuotta.

Case 3: Hihnakujuettimen ympäristön puhtaanapidon parantaminen

(Rautaruukki Oyj, Raahc, S15)

Sintrausseosta kuljettavan hihnakujuettimen ongelmana on karisteen putoaminen kuljettimen alle ja hoitotasolle. Vaikka kuljettimelle on asennettu puhdistimia, hienojakoista kosteaa materiaalia pääsee kulkeutumaan vaikeasti puhdistettaviin paikkoihin. Paluurullien kumikiekot kuluvat kuluttavan materiaalin tartuttua hihnaan. Kariste aiheuttaa myös riskin työturvallisuudelle.



C-C	= 170 m
B	= 1200 mm
v	= 1,33 m/s
Q	= 600 tn/h

Hihnakujuettimelta putoavan karisteen siivoamisesta aiheutuvat kustannukset ovat nykyään noin 150 000 mk/vuosi, joka koostuu noin 10 siivoustyötunnista viikossa (200 mk/h) ja Bobcatin käytöstä (900 mk/viikko). Hihnakujuettimen ympäristön puhtaanapitoa esitetään parannettavaksi alahihnan käännöllä, jolloin hihnan likainen puoli on aina yläpuolella, eikä rippeen karisemista hihnakujuettimen alle tapahdu. Muutoksen on arvioitu pudottavan siivouskustannukset noin 20 000 markkaan vuodessa, eli säästöä syntyy 130 000 mk/v. Hihnan kääntö tulee kaikkiaan maksamaan noin 50 000 mk, joka koostuu kääntölaitteesta (35 000 mk), asennuksesta (8000 mk) ja muista lisäkustannuksista (7000 mk).

Hihnakujuettimeen tehtävän muutoksen takaisinmaksuajaksi tulee 50 000 mk/(150 000 – 20 000) mk/v = **0,38 vuotta**.

SFS-käsikirjan 29 mukainen luettelo kuljettimiin liittyvistä standardeista

SFS 2262	Tekstiilivahvikkeiset kuljetushihnat. 1988. 4. painos
SFS 2264	Kuljetushihnat. Kerrosten välinen kiinnittyminen ja testausmenetelmät. 1988. 3. painos
SFS 2266	Kuljetushihnat. Hihnan sallitut paksuusvaihtelut ja mittausmenetelmät. 1970
SFS 2267	Kuljetushihnat. Täyspaksuisen kuljetushihnan vetomurtolujuus ja venymä. 1970
SFS 2271	Kuljetushihnat. Hihnarungon repimisvastus. 1971
SFS 2274	Hihnakuuljettimet. Rullat ja sijoitus rullastotelineeseen. 1986. 3. painos
SFS 2275	Hihnakuuljettimet. Rummut. 1986. 2. painos
SFS 2276	Kuljettimet. Ruuvikuljettimet. 1968
SFS 2380	Kuljetinketjut. 1971
SFS 2394	Ketjut ja ketjupyörät. Saranaketjut. 1979
SFS 2395	Ketjut ja ketjupyörät. Saranaketjupyörien mitoitus. 1979
SFS 2396	Ketjut ja ketjupyörät. Tappiketjut. 1979
SFS 2696	Kuljettimet. Turvallisuus. Yleiset periaatteet. 1986. 2. painos
SFS 2697	Hihnakuuljettimet. Turvallisuus. Esimerkkejä nielujen suojaamisesta. 1979
SFS 2838	Kuljetinketjut. Kiinnityskorvakkeelliset, tyyppi K. 1973

SFS 3733	Kuljetinketjut. Kuljetinketjupyörien mitoitus. 1976 (Korjattu painos 1977)
SFS 4007	Kuljetushihnat. Hihnan kiristyslaitteiden säätö. 1977
SFS 4391	Kuljetushihnat. Varastointi- ja käsittelyohjeet. 1979
SFS 4392	Hihnakuiljettimet. Turvallisuus. Esimerkkejä rullien nielujen suojaamisesta. 1979
SFS 4422	Ketjut ja ketjupyörät. Kolaketjut. 1979
SFS 4423	Ketjut ja ketjupyörät. Kolaketjupyörät. 1979
SFS 4503	Ketjukuljettimet ja -elevaattorit. Turvallisuus. Esimerkkejä nielujen suojaamisesta. 1980
SFS 4617	ISO 3922 Kuljettimet. Sulkusyötin. Mitat. 1981
SFS 4645	Hihnakuiljettimet. Kannatus- ja palautusrullien joustorenkaat. 1981
SFS 4905	Kuljettimet. Turvallisuus. Erityisohjeet. 1983. 2. painos. (Korjattu painos 1984)
SFS 5030	Ketjukuljettimet. Turvallisuus. Esimerkkejä kuljetuselimen suojaamisesta. 1984
SFS 5069	Koneturvallisuus. Työskentelytasot, kulkutiet, portaat ja tikkaat. 1985
SFS 5260	Hihnakuiljettimet. Rummut ja rullastot. Suunnittelu. 1986
SFS-EN 294	Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään yläraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeille 1993. (Korjattu painos 1995)
SFS-EN 349	Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi. 1993
SFS-EN 811	Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään alaraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle. 1997

SFS-EN 1037	Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistymisen estäminen. 1996
SFS-EN 1050	Koneturvallisuus. Riskin arvioinnin periaatteet. 1997
SFS-EN 20284	Kuljetushihnat. Sähkönjohtokyky. Määrittely ja testausmenetelmä. 1993
SFS-EN 20340	Kuljetushihnat. Liekinkestävyys. Määrittely ja testausmenetelmä. 1993
SFS-ISO 113-2	Vierintälaakerivarusteet. Osa II: Pystylaakeripesät. 1986
SFS-ISO 282	Kuljetushihnat. Näytteiden lukumäärä ja niiden ottaminen. 1992
SFS-ISO 703	Kuljetushihnat. Kouruuntumisominaisuudet. Poikittainen taipuisuus ja testausmenetelmä. 1988
SFS-ISO 3684	Kuljetushihnat. Rumpujen vähimmäishalkaisijat. 1992
SFS-ISO 4195-1	Kuljetushihnat. Lämmönkestävyys. Osa 1: Testausmenetelmä. 1988
SFS-ISO 4195-2	Kuljetushihnat. Lämmönkestävyys. Osa 2: Ominaisuudet. 1988
SFS-ISO 5048	Hihnakuljettimet. Käyttötehon ja hihnavoimien laskenta. 1990
SFS-ISO/TR 9172	Kuljettimet. Ruuvikuljetinten turvallisuus. Esimerkkejä takertumis- ja leikkauskohtien suojista. 1989

Tekijä(t) Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo			
Nimeke Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen			
Tiivistelmä <p>Hihnakuuljettimien määrä teollisuudessa on kasvanut jatkuvasti materiaalsiirtojen automatisoitua. Hihnakuuljettimien turvallisuus tiedetään yleisesti ongelmalliseksi, sillä Suomen teollisuuden hihnakuuljettimilla sattuu vuosittain satoja tapaturmia ja jopa kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Uhkaavia vaaratilanteita oletetaan syntyvän tuhansia, ja vaaratilanteet ja tapaturmat liittyvät usein kuuljettimen toimintahäiriöihin tai ruuhkan purkuun. Onnettomuuden uhriksi joutunut työntekijä on ollut useimmiten korjaamassa kuuljettimella tapahtunutta häiriötä tai tekemässä puhdistusta tai siivousta. Käyttöhäiriöiden ja turvallisuuden välillä nähdään selvä yhteys.</p> <p>Tämä julkaisu pohjautuu tutkimushankkeeseen, jonka tavoitteena oli parantaa hihnakuuljettimien turvallisuutta kehittämällä kuuljettimien häiriöhallintaa, kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa. Tutkimusmenetelminä olivat tarkistuslistoihin perustuvat turvallisuusanalyysit sekä käyttövarmuusanalyysit, joita varten VTT Valmistustekniikka kehitti analysointityökalun. Tutkimuksen pohjatieto perustui suurelta osin kuuljettimien käyttäjien ja suunnittelijoiden kanssa käytyihin keskusteluihin ja projektiin osallistuneilta yrityksiltä saatuun materiaaliin.</p> <p>Tässä julkaisussa esitetään eri menetelmillä saatuja tuloksia ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä. Turvallisuusanalyysissa tehtyjen havaintojen pohjalta käsitellään hihnakuuljettimien keskeisimpiä vaaratilanteita sekä esitetään esimerkkejä keinoista, joilla turvallisuus- ja käyttövarmuusongelmia voitaisiin vähentää. Keskeisiä ovat lisäksi hihnakuuljettimen hankinnassa ja suunnittelussa huomioon otettavat näkökohdat sekä niihin liittyvät taloudellisuustarkastelut.</p>			
Avainsanat belt conveyors, safety, materials handling equipment, utilization, reliability, accident prevention, failure, occupational safety, maintenance			
Toimintayksikkö VTT Valmistustekniikka, Käyttökonekone, Kemistintie 3, PL1704, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5677-1 (nid.) 951-38-5683-6 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Projektinumero V8SU00458	
Julkaisu-aika Kesäkuu 2000	Kieli suomi, engl. tiiv.	Sivuja 77 s. + liitt. 24 s.	Hinta C
Projektin nimi Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen		Toimeksiantaja(t) Työsuojeluhallitus, teollisuus	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. +358 9 4561
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2036
VTT-TIED-2036

Author(s) Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo			
Title Improvement of the safety and reliability of the use of belt conveyors			
Abstract <p>As material transfer technologies become automatic, the industrial use of belt conveyors continues to increase. The safe use of belt conveyors is generally considered problematic; there are hundreds of accidents caused by industrial use of belt conveyors every year in Finland alone. The amount of hazardous occurrences is considered to be in the thousands. Accidents resulting in deaths also occur yearly. Most accidents are related to conveyor malfunctions and resolving jam-up situations. In most cases, the injured employee has been sorting out a conveyor blockage or performing clean-up and maintenance work. There is a clear correlation between malfunctions and operational safety.</p> <p>This publication is a part of a research project designed to improve belt conveyor safety by developing conveyor malfunction control, maintenance and condition monitoring. The research methods used were checklist-based safety analyses and reliability analyses. To utilize these methods, VTT Manufacturing Technology developed a specific analysing tool as a part of the project. The background material used in the research was based largely on discussions with belt conveyor users and designers and material provided by companies involved in the project.</p> <p>This publication introduces the results of different research methods and subsequent conclusions. Observations from the safety analyses are used to discuss the central hazard factors in belt conveyors and present examples of ways to eliminate safety and reliability problems. The major factors in acquiring and designing belt conveyors and their economic considerations also play an important role.</p>			
Keywords belt conveyors, safety, materials handling equipment, utilization, reliability, accident prevention, failure, occupational safety, maintenance			
Activity unit VTT Manufacturing Technology, Operational Reliability, Kemistintie 3, P.O.Box 1704, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5677-1 (soft back ed.) 951-38-5683-6 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number V8SU00458	
Date June 2000	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 77 p. + app. 24 p.	Price C
Name of project Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen		Commissioned by Työsuojeluhallitus, industry	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

VTT VALMISTUSTEKNIikka – VTT TILLVERKNINGSTEKNIK – VTT MANUFACTURING TECHNOLOGY

- 1853 Riipi, Timo. Ruoppaus- ja läjitystekniikoiden valinta maalajien ominaisuuksien ja ympäristövaikutuksien perusteella. 1997. 66 s. + liitt. 40 s.
- 1854 Lahdenperä, Kari. Varastosäiliöiden pohjien kunnonvalvonta. 1997. 25 s.
- 1862 Hentinen, Markku, Hildebrand, Martin & Visuri, Maunu. Adhesively bonded joints between FRP sandwich and metal. Different concepts and their strength behaviour. 1997. 44 p.
- 1880 Heikkilä, Jouko. TOMHID – Tuotantolaitoksen turvallisuuden kartoitusmenetelmä. 1997. 45 s. + liitt. 31 s.
- 1882 Sarkimo, Matti. Jatkuvan monitoroinnin menetelmät rakenteiden eheyden varmistamiseen ydinvoimaloissa. 1998. 41 s.
- 1886 Malm, Timo & Järvenpää, Jorma. Pneumatiikalla toteutetun kappaletavara-automaation turvallisuus. 1998. 49 s. + liitt. 23 s.
- 1920 Taipale, Ville. Osajärjestelmän vaikutus prosessijärjestelmän elinjaksotuottoon. LCP-laskentamalli. 1998. 51 s. + app. 1 s.
- 1925 Kaski, Petteri, Virolainen, Kimmo, Leino, Tapio & Mörönen, Lasse. Kaatuessaan vaaraa aiheuttavat rakenteet. 1998. 37 s. + liitt. 15 s.
- 1938 Malm, Timo, Kivipuro, Maarit & Tiusanen, Risto. Laajojen koneautomaatiojärjestelmien turvallisuus. 1998. 72 s.
- 1978 Salonen, Jorma. Kaasuturbiinien siipimateriaalit. 1999. 75 s.
- 1983 Siivinen, Jarmo & Mahiout Amar. Pintakäsittelylaitosten jätevesikuormituksen vähentäminen. Osa 1. Kirjallisuusselvitys. 1999. 102 s. + liitt. 12 s.
- 1987 Hildén, Jouko, Muukkonen, Tatu & Pehkonen, Antero. Hiiliterästen ja ruostumattomien terästen hapettuminen lämpökäsittelyssä ja peittäys. 1999. 59 s.
- 1997 Jokinen, Petri, Lahtinen, Reima & Lehmus, Eila. Teräsrakenteiden suojaus kaariruiskutetulla sinkkipinnoitteella. 1999. 50 s. + liitt. 14 s.
- 2008 Kähönen, Asko, Pärssinen, Valtteri, Ilvonen, Reijo & Siljander, Aslak. Putkipalkkien ja korkealujuuksisten terästen käyttö ajoneuvorakenteissa. 1999. 43 s.
- 2010 Mahiout, Amar & Siivinen, Jarmo. Pintakäsittelylaitosten jätevesikuormituksen vähentäminen. Osa 2. Kokeellinen tutkimus. 1999. 45 s. + liitt. 10 s.
- 2011 Tonteri, Hannele & Vatanen, Saija. Kierrätettävyys ja elinkaariajattelu ajoneuvojen ja työkonoiden suunnittelussa. 2000. 47 s. + liitt. 8 s.
- 2012 Korpiola, Kari & Varis, Tommi. Termisesti ruiskutettujen pinnoitteiden mekaaniset ominaisuudet E, n ja s. 2000. 39 s.
- 2020 Korpiola, Kari & Jokinen, Petri. Keraamipinnoitteiden valmistus HVOF-ruiskutuksella. 2000. 76 s. + liitt. 11 s.
- 2021 Tonteri, Hannele & Vatanen, Saija. Recyclability and life cycle thinking in the design of vehicles and work machines. 2000. 46 p. + app. 8 p.
- 2036 Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. 2000. 77 s. + liitt. 24 s.

VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

VTT AUTOMAATIO – VTT AUTOMATION – VTT AUTOMATION

- 1637 Hanhijärvi, Jussi & Takala, Juha. Tietosuojasta. 1995. 23 s.
- 1646 Lehtinen, Esko. A concept of safety indicator system for nuclear power plants. 1995. 26 p. + app. 106 p.
- 1655 Haapanen, Pentti, Korhonen, Jukka & Pulkkinen, Urho. Ydinvoimalaitosten ohjelmoitavien automaatiojärjestelmien tutkimushanke (OHA) 1995–1998. 1995. 23 s.
- 1656 Karjalainen, Matti. Lämpösuunnittelun metodiikkaa. 1995. 24 s.
- 1667 Haggren, Henrik, Manninen, Terhikki, Peräläinen, Ilkka, Pesonen, Jukka, Pöntinen, Petteri & Rantasuo, Markku. Airborne 3D-profilometer. 1995. 19 p.
- 1687 Kelhä, Väinö, Rauste, Yrjö, Väätäinen, Seppo & Takeda, Atsushi. Remote sensing satellites and the IDNDR. Limitations and prospects. 1995. 13 p. + app. 4 p.
- 1745 Hietikko, Marita, Alanen, Jarmo & Tiusanen, Risto. Työkoneiden ja automaation CAN-väyläsovellusten turvallisuus. 1996. 100 s. + liitt. 1 s.
- 1763 Kivipuro, Maarit, Kuivanen, Risto, Pekonen, Klaus, Sulkanen, Jari, Salminen, Mika, Tuokko, Reijo & Viitanen, Jouko. Robotin mallipohjaisen teleoperoinnin turvallisuus. 1996. 69 s. + liitt. 8 s.
- 1781 Hienonen, Risto, Nevalainen, Olavi, Salminen, Arto & Sorri, Eero. Ympäristötestaus, Space 2000. 1996. 39 s. + liitt. 63 s.
- 1830 Kuivanen, Risto & Hyötyläinen, Raimo (toim.). Kohti uudenlaisia yritysverkostoja. Monenkeskisen verkostoyhteistyön kehittäminen. 1997. 116 s. + liitt. 3 s.
- 1837 Seilonen, Ilkka. Distributed and collaborative production management systems in discrete part manufacturing. A review of research and technology. 1997. 99 p.
- 1894 Mäkisara, Kai. The AISA data user's guide. 1998. 54 p.
- 1910 Sibakov, Viktor & Appelqvist, Mikko. Immunity of medical electronic devices to electromagnetic field of cellular mobile phones. 1998. 29 p. + app. 25 p.
- 1976 Kuitunen, Kimmo, Räsänen, Petri, Mikkola, Markku & Kuivanen, Risto. Kehittyvä yritysverkosto. Toimittajaverkostot kilpailukyvyyn ja osaamisen lähteenä. 1999. 148 s.
- 1984 Törmäkangas, Kirsi. Geenitekniikalla muunnettujen kasvien riskinarviointi. Nykykäytäntö ja eri viranomaisten ohjeita. 1999. 67 s. + liitt. 6 s.
- 1993 Järvenpää, Jorma & Vanhala, Markku. Huoltotyö raskaiden ylösnostettujen ohjaamoiden ja konepeittojen alla. 1999. 57 s. + liitt. 2 s.
- 2006 Graeffe, Jussi, Saari, Heikki, Salminen, Arto. Survey on space applications of Finnish micro/nano technologies. 1999. 42 p.
- 2009 Reiman, Teemu. Organisaatiokulttuuri ja turvallisuus. Kirjallisuuskatsaus. 1999. 46 s. + liitt. 2 s.
- 2015 Wahlström, Björn & Kettunen, Jari. An international benchmark on safety review practices at nuclear power plants. 2000. 54 p. + app. 19 p.
- 2017 Varpula, Timo. Optimising planar inductors. 2000. 30 p.
- 2022 Malm, Timo & Kivipuro, Maarit. Safety validation of complex components – Validation by analysis. 43 p. + app. 4 p.
- 2031 Tommila, Teemu, Jakobsson, Stefan, Ventä, Olli, Wahlström, Björn & Wolski, Antoni. Ydinvoimaloiden uudet tietojärjestelmät. Sovellusalueen analyysistä käyttäjän vaatimuksiin. 2000. 152 s. + liitt. 22 s.
- 2036 Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo. Hihnakuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. 2000. 77 s. + liitt. 24 s.