



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Juho Jokinen

Lean-periaatteiden soveltaminen sisälogistiikan kehittämisessä valmistavassa teollisuudessa

Lean-periaatteiden ja -työkalujen vaikutukset sisälogistiikan tehokkuuteen

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen
akateeminen yksikkö
Kandidaatintutkielma
Tuotantotalous
Kauppatieteiden kandidaatti

Vaasa 2026

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Juho Jokinen		
Tutkielman nimi:	Lean-periaatteiden soveltaminen sisälogistiikan kehittämisessä valmistavassa teollisuudessa: Lean-periaatteiden ja -työkalujen vaikutukset sisälogistiikan tehokkuuteen		
Tutkinto:	Kauppätieteiden kandidaatti		
Oppiaine:	Tuotantotalous		
Työn ohjaaja:	Tauno Kekäle		
Valmistumisvuosi:	2026	Sivumäärä:	27

TIIVISTELMÄ:

Valmistava teollisuus on viime vuosikymmeninä muuttunut globalisaation, kustannuspaineiden ja asiakkaiden kasvavien vaatimusten myötä. Tuotannon suorituskykyyn vaikuttavat tuotantoprosessien lisäksi tuotantoa tukevat toiminnot, joista sisälogistiikka on keskeinen: puutteellinen materiaalien saatavuus, ylimääräiset siirrot ja epäselvät toimintatavat heikentävät toimitusvarmuutta, läpimenoaikoja ja kustannustehokkuutta. Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan Lean-ajattelun soveltamista sisälogistiikan kehittämiseen valmistavassa teollisuudessa.

Tutkielman tavoitteena on tunnistaa sisälogistiikkaan parhaiten soveltuvat Lean-periaatteet ja -työkalut, arvioida niiden vaikutuksia sisälogistiikan tehokkuuteen sekä kuvata käyttöönoton haasteita ja onnistumistekijöitä. Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, ja tarkastelu rajautuu valmistavan teollisuuden sisälogistiikkaan ilman empiiristä tapaustutkimusta. Lean-näkökulma painottuu hukkan eliminointiin, virtaustehokkuuteen, imuohjaukseen ja standardointiin, joita tarkastellaan muun muassa 5S:n, visuaalisen ohjauksen, arvovirtakartoituksen (VSM), kanbanin, linjasyötön ja milk run -mallin kautta.

Kirjallisuuden perusteella sisälogistiikan keskeiset kehityskohteet liittyvät kuljetus-, odotus- ja virhehukan vähentämiseen, materiaalivirtojen suoristamiseen sekä täydennys- ja varastointikäytäntöjen selkeyttämiseen. Lean-työkalut auttavat tekemään materiaalivirtojen ja tiedonkulun ongelmat näkyviksi ja kohdistamaan parannukset pullonkauloihin ja arvoa tuottamattomiin vaiheisiin. Tutkimuksissa Lean-periaatteiden soveltaminen on yhdistetty materiaalivirtojen sujuvoitumiseen, virheiden ja häiriöiden vähenemiseen sekä läpimeno- ja prosessiaikojen lyhenemiseen, mikä voi heijastua myös tuotannon kokonaistehokkuuden parantumisena.

Lean-ajattelun käyttöönoton onnistuminen sisälogistiikassa edellyttää johdon tukea, jatkuvan parantamisen kulttuuria, henkilöstön sitoutumista sekä luotettavaa tiedonkulkua. Erityisesti imuohjauksen ratkaisut vaativat standardoituja toimintamalleja, selkeitä vastuita ja systemaattista materiaalinhallintaa. Tutkielma esittää, että vaiheittainen eteneminen, selkeät toteutusmallit ja muutosjohtaminen ovat keskeisiä edellytyksiä pysyville parannuksille. Jatkotutkimustarpeina nostetaan esiin imuohjausratkaisujen toimivuus erilaisissa tuotantotyypeissä sekä sisälogistiikan kehitystoimenpiteiden pitkäaikaisten vaikutusten luotettava mittaaminen ja parannusten pysyvyyden varmistaminen.

AVAINSANAT: Lean-ajattelu, valmistava teollisuus, sisälogistiikka, Lean-työkalut, tuotannon kehittäminen

Sisälllys

1	Johdanto	4
1.1	Tutkimuksen tausta ja aihepiiri	4
1.2	Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset	5
1.3	Tutkielman rakenne	5
2	Lean-ajattelu	7
2.1	Hukan (Muda) tyypit	8
2.2	Keskeiset Lean-menetelmät ja työkalut	10
2.2.1	5S-menetelmä ja visuaalinen ohjaus	10
2.2.2	Arvovirtakartta (Value Stream Mapping, VSM)	10
2.2.3	Imuohjaus: Kanban ja Just In Time	10
2.2.4	Jatkuva parantaminen (Kaizen)	11
3	Sisälogistiikan rooli teollisuusyrityksessä	12
3.1	Sisälogistiikan määrittely ja osa-alueet	12
3.2	Sisälogistiikan tehokkuuden mittaaminen	13
3.3	Sisälogistiikan haasteet valmistavassa teollisuudessa	14
4	Lean-periaatteiden soveltaminen sisälogistiikan kehittämisessä	16
4.1	Hukan eliminointi sisälogistiikassa	16
4.2	Virtaustehokkuuden parantaminen	17
4.3	Imuohjauksen mallit sisälogistiikassa	19
4.4	Standardoinnin merkitys materiaalivirtojen hallinnassa	21
5	Johtopäätökset	23
	Lähteet	25

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta ja aihepiiri

Valmistava teollisuus on ollut muutoksessa viime vuosikymmeninä globalisaation, kustannuspaineiden ja asiakkaiden kasvavien vaatimusten seurauksena. Yrityksiltä odotetaan parempaa toimitusvarmuutta, lyhyempiä läpimenoaikoja sekä tehokasta toimintaa. Näihin tavoitteisiin vastaamiseen vaikuttaa itse tuotantoprosessin lisäksi tuotantoa tukevien toimintojen, kuten sisälogistiikan tehokas toimiminen. Sisälogistiikan häiriöt, kuten puutteellinen materiaalien saatavuus, ylimääräiset siirrot ja epäselkeät toimintatavat voivat heikentää koko tuotannon suorituskykyä.

Sisälogistiikalla tarkoitetaan yrityksen sisäisiä materiaalivirtoja ja niitä tukevia toimintoja, kuten varastointia, materiaalinkäsittelyä ja tiedonkulkua. Sisälogistiikan tehtävänä on varmistaa, että oikeat materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan tuotannon tarpeiden mukaisesti. Sisälogistiikka muodostaa usein merkittävän osan kokonaiskustannuksista teollisuusympäristössä, ja vaikuttaa suoraan tuotannon sujuvuuteen. Vaikka sisälogistiikalla on merkittävä vaikutus tuotannon sujuvuuteen ja kustannuksiin, sitä kehitetään pääasiassa tuotantoprosessien vaatimusten pohjalta (Bernardo ja muut, 2022; Mourato ja muut., 2021). Digitalisaation ja Industry 4.0 -kehityksen myötä sisälogistiikan rooli on entisestään korostunut, sillä reaaliaikainen tiedonkulku, automaatio ja ennakoiva ohjaus edellyttävät hyvin toimivia ja standardoituja prosesseja (Zoubek ja Simon, 2021).

Lean-ajattelu mahdollistaa teollisuusyritykselle systemaattisen lähestymistavan prosessien kehittämiseen keskittyen hukkan poistamiseen, virtaustehokkuuden parantamiseen ja jatkuvaan parantamiseen. Lean-ajattelua on sovellettu laajasti tuotannossa. Tässä tutkielmassa tarkastellaan kuinka Lean-periaatteet soveltuvat ja vaikuttavat sisälogistiikan prosesseihin.

1.2 Tutkielman tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tavoitteena on selvittää, kuinka Lean-ajattelua voidaan hyödyntää sisälogistiikkaa kehittäessä valmistavassa teollisuudessa. Tarkoituksena on tunnistaa ne Lean-periaatteet ja työkalut, jotka soveltuvat parhaiten sisälogistiikan kehittämiseen, ja arvioida sitä, kuinka niiden hyödyntäminen näkyy sisälogistiikan tehokkuudessa. Lisäksi tarkastellaan myös Lean-ajattelun käyttöönottoon liittyviä haasteita ja onnistumistekijöitä sisälogistiikan näkökulmasta.

Tutkielmaa ohjaavat seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mitkä Lean-periaatteet ja työkalut soveltuvat parhaiten sisälogistiikan kehittämiseen?
2. Millaisia vaikutuksia Lean-menetelmien soveltamisella on sisälogistiikan tehokkuuteen?
3. Mitkä ovat haasteet ja onnistumistekijät Lean-ajattelun käyttöönotossa sisälogistiikassa?

Tutkielma on luonteeltaan kirjallisuuskatsaus, ja se perustuu aiempaan tieteelliseen tutkimukseen. Tutkielma rajautuu tarkastelemaan sisälogistiikkaa valmistavan teollisuuden osalta, eikä sisällä empiiristä tapaustutkimusta.

Lean-ajattelun osalta tutkielma keskittyy erityisesti: hukkan eliminointiin, virtaustehokkuuteen, imuohjaukseen ja standardointiin. Näitä periaatteita tarkastellaan hyödyntäen muun muassa 5S-menetelmää, arvovirtakartoitusta (Value Stream Mapping), kanban-järjestelmää sekä linjasyöttöä.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielma koostuu viidestä pääluvusta. Johdannossa esitellään tutkimuksen tausta, tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset. Toisessa luvussa käsitellään Lean-ajattelun teoriaa, mukaan lukien keskeiset periaatteet, hukkan käsite sekä Lean-työkalut.

Kolmannessa luvussa käsitellään sisälogistiikan roolia valmistavassa teollisuudessa, sen osa-alueita, tehokkuuden mittaamista ja keskeisiä haasteita. Neljännessä luvussa tarkastellaan Lean-periaatteiden soveltamista sisälogistiikan kehittämisessä. Viidennessä luvussa esitetään tutkielman johtopäätökset ja keskeiset havainnot.

2 Lean-ajattelu

Lean-ajattelulla tarkoitetaan tuotannon, johtamisen ja organisaatioiden kehittämisen ajattelutapaa, jolla pyritään maksimoimaan tuotettava arvo minimoimalla resurssien käyttäminen, hukka ja prosessien vaihtelu. Lean-ajattelu ei ole pelkästään yksittäinen menetelmä tai työkalu, vaan laaja ajattelutapa sekä toimintamalli, jonka ydin on jatkuva parantaminen, virtaustehokkuus ja järjestelmällinen hukan poistaminen (Goshime ja muut, 2019). Lean-ajattelu pohjautuu vahvasti Toyotan tuotantojärjestelmään (Toyota Production System, TPS), jossa prosessit, työntekijöiden osallistuminen ja johtamisen periaatteet muodostavat yhden yhtenäisen kokonaisuuden (Tortorella ja muut, 2018)

Lean-ajattelu perustuu ideaan ”enemmän vähemmällä”, millä tarkoitetaan, että tuotantoa ja palveluita kehitetään niin, että saadaan tuotettua asiakkaalle toivottu laatu, kustannustaso ja toimitusvarmuus ilman ylikapasiteettia, tarpeettomia varastoja sekä turhia prosesseja. Jatkuva parantaminen (Kaizen) on pohja Lean-ajattelulle ja sitä hyödyntämällä voidaan mahdollistaa organisaation pitkäjänteinen kehittyminen (Goshime ja muut, 2019).

Lean-ajattelun taustalla vaikuttavat Toyotan tuotantojärjestelmässä kehitetyt toimintamallit, jotka syntyivät Japanissa 1940- ja 1950-luvuilla. Tuolloin teollisuuden toimintaympäristössä resurssit olivat rajallisia ja kysyntä vaihtelevaa, mikä edellytti joustavampia ja tehokkaampia tuotantotapoja kuin perinteinen massatuotanto. TPS:n keskeisenä tavoitteena oli tuottaa laadukkaita tuotteita mahdollisimman vähällä resurssien käytöllä samalla, kun prosessien häiriöt ja hukka pyrittiin minimoimaan (Goshime ja muut, 2019; Monden, 2011).

Lean-ajattelu eroaa perinteisestä massatuotannosta erityisesti siinä, että massatuotannolle tyypilliset suuret eräkoot ja korkeat varastotasot pyritään korvaamaan virtaavilla prosesseilla ja todelliseen kysyntään perustuvalla tuotannon ohjauksella. Tämän lähestymistavan tavoitteena on parantaa samanaikaisesti sekä tuotannon tehokkuutta ja laatua (Santos ja muut, 2006).

Lean-ajattelun keskeisimmät periaatteet voidaan jakaa viiteen pääkohtaan (Goshime ja muut, 2019):

1. Arvo (Value): Arvo määritellään asiakkaan kannalta. Asiakas määrittää mistä hän on valmis maksamaan ja mitkä toiminnot todella tuottavat arvoa.
2. Arvovirta (Value Stream): Arvovirran tunnistamisella tarkoitetaan kaikkien tuotteen tai palvelun tuottamiseen liittyvien vaihtoehtojen tunnistamista ja erottelua arvoa tuottaviin ja arvoa tuottamattomiin toimintoihin, jonka seuraksena voidaan keskittyä tuottaviin toimintoihin ja poistaa tuottamattomat toiminnot.
3. Virtaus (Flow): Arvoa tuottavien vaiheiden on edettävä prosessissa sujuvasti ilman keskeytyksiä tai pullonkauloja. Tang ja muut (2024, s.1) määrittelevät pullonkaulan seuraavasti: "The bottleneck is a limiting factor for the manufacturing system to meet the production demand behavior." He huomauttavat myös, että pullonkaulan määritelmä täytyy usein tarkentaa tapauskohtaisesti tuotantoympäristön mukaan (Tang ja muut, 2024, s. 1-2).
4. Imuohjaus (Pull): Tuotanto tapahtuu asiakkaan kysynnän perusteella, eikä ennakoiden. Järjestelmä tuottaa vain sen, mitä seuraava prosessivaihe tarvitsee.
5. Täydellisyys (Perfection): Jatkuva parantaminen (Kaizen) ohjaa prosesseja kohti häiriötöntä ja hukatonta toimintaa.

Nämä muodostavat Lean-ajattelun ytimen. Näiden avulla pyritään poistamaan kaikki, mikä ei tuota arvoa asiakkaalle, ja pyritään kehittämään tuotantoprosesseja mahdollisimman tehokkaiksi.

2.1 Hukan (Muda) tyypit

Hukka on Lean-ajattelun keskeinen käsite, ja sillä tarkoitetaan kaikkea toimintaa, joka kuluttaa resursseja tuottamatta asiakkaalle lisäarvoa. Lean-ajattelun päätavoite on tunnistaa ja poistaa arvoa tuottamattomat toiminnot, jotta prosessien tehokkuutta ja virtavuutta voidaan parantaa (Goshime ja muut., 2019).

Toyotan tuotantojärjestelmässä hukka jaetaan perinteisesti seitsemään hukkatyyppiin, joiden avulla prosesseissa esiintyviä tehottomuuksia voidaan tunnistaa ja kehitystoimenpiteitä kohdistaa (Goshime ja muut., 2019):

1. Ylituotanto: Tuotteiden tai osien tuottaminen ennen tarvetta. Tämä nähdään usein vakavimpana hukkana sillä siitä syntyy muita hukkatyyppejä.
2. Odotus: Aika jolloin työntekijä, kone tai materiaali odottaa seuraavaa työvaihetta tai tietoa prosessin etenemiseksi.
3. Kuljettaminen: Materiaalien tai tuotteiden tarpeeton siirtäminen prosessissa, jolloin ei tuoteta lisäarvoa vaan kasvatetaan kustannuksia.
4. Ylikäsittely: Työvaiheet ja toiminnot, jotka ovat laajempia kuin asiakkaan odottama arvo edellyttää.
5. Varastot: Raaka-aineiden, keskeneräisen tuotannon ja valmiiden tuotteiden liiallinen varastointi, joka sitoo pääomaa kiinni varastoon ja aiheuttaa varastointi kustannuksia.
6. Liike: Työntekijöiden tai laitteiden tarpeettomat liikkeet, jotka lisäävät aikaa ja työntekijöiden kuormitusta lisäämättä arvoa.
7. Virheet ja korjaus: Laatuvirheet, uudelleentyöstö ja hylkäys, joista aiheutuu turhaa työtä ja lisää kustannuksia.

Myöhemmin mukaan on tullut myös kahdeksas hukka, joka liittyy ihmisten osaamisen ja kapasiteetin alikäyttöön. Tällä hukalla tarkoitetaan tilannetta, jossa työntekijöiden osaamista tai kokemusta ei hyödynetä täysimääräisesti. (Goshime ja muut, 2019; Buonamico ja muut, 2017).

Hukkien tunnistaminen ja poistaminen muodostavat perustan Lean-ajattelun soveltamiselle kehityskohteita tarkastellessa, ja ovat keskeisiä myös sisälogistiikan kehittämisessä, jossa hukka ilmenee erityisesti ylimääräisinä siirtoina, odotusaikoina ja virheellisinä materiaalitoimituksina.

2.2 Keskeiset Lean-menetelmät ja työkalut

Lean-ajattelun käytännön soveltaminen perustuu erilaisiin menetelmiin ja työkaluihin, joilla pyritään poistamaan hukkaa, standardisoimaan prosesseja, kehittämään työympäristöä ja tekemään jatkuvaa parantamista. Työkalujen avulla Lean-periaatteet voidaan viedä osaksi organisaation päivittäistä toimintaa ja tehdä prosessien ongelmat näkyviksi (Goshime ja muut, 2019).

2.2.1 5S-menetelmä ja visuaalinen ohjaus

5S on yksi Lean-filosofian perustyökaluista, ja se sisältää viisi vaihetta: lajittelu, järjestys, siisteys, standardisointi ja ylläpito. 5S:n tavoite on luoda siisti, selkeä ja standardisoitu työympäristö, joka tukee työn sujuvuutta, vähentää virheitä ja tekee ongelmat näkyviksi (Goshime ja muut, 2019).

2.2.2 Arvovirtakartta (Value Stream Mapping, VSM)

Arvovirtakartoitus on työkalu, jonka avulla kuvataan tuotteen tai palvelun koko matka raaka-aineesta tai lähtötiedosta aina asiakkaalle asti. Arvovirtakartta visualisoi sekä materiaalivirrat että tiedonkulun, ja sen avulla voidaan tunnistaa prosessin pullonkaulat, odotusajat ja muut arvoa tuottamattomat vaiheet (Goshime ja muut, 2019).

2.2.3 Imuohjaus: Kanban ja Just In Time

Just-in-Time (JIT) on Lean-ajattelun peruspilari, joka pyrkii tuottamaan oikean tuotteen oikeaan aikaan oikealla määrällä. JIT pyrkii minimoimaan varastot ja ylituotannon sekä parantamaan prosessien virtausta. Imuohjauksen keskeinen toteutusmuoto on Kanban-järjestelmä, joka on visuaalinen ohjausmenetelmä materiaalivirtojen hallintaan (Goshime ja muut, 2019).

Kanban perustuu siihen, että tuotanto tai materiaalien täydennys käynnistyy vasta todellisen tarpeen perusteella. Imuohjauksen avulla voidaan vähentää ylituotantoa ja

varastointia, jolla voidaan vähentää kustannuksia ja parantaa tuotannon reagoitukykyä kysynnän muutoksiin.

2.2.4 Jatkuva parantaminen (Kaizen)

Jatkuva parantaminen eli Kaizen on Lean-ajattelun ydin. Sillä tarkoitetaan jatkuvaa, pienistä askeleista koostuvaa kehittämistä, jota toteutetaan koko organisaatiossa. Johtamisella on erityisen tärkeä rooli jatkuvan parantamisen toteuttamisessa, sillä muutos tapahtuu vain, jos johto edistää ongelmanratkaisua, osallistumista ja standardisoidujen prosessien seuraamista ja kehittämistä (Tortorella ja muut, 2018).

Jatkuva parantaminen luo organisaatiolle kyvyn reagoida muutoksiin, oppia toiminnastaan ja kehittää prosesseja systemaattisesti paremmiksi.

3 Sisälogistiikan rooli teollisuusyrityksessä

Sisälogistiikka on keskeinen osa teollisuuden toimintaa, se yhdistää materiaalivirrat, tiedonkulun ja tuotantoprosessit ja mahdollistaa sujuvan tuotannon. Vaikka sisälogistiikka ei tuota lopputuotetta, sen toimivuus vaikuttaa suoraan tuotannon tehokkuuteen, läpimenoaikoihin ja kustannusrakenteeseen (Bernardo ja muut, 2022; Mourato ja muut, 2021).

3.1 Sisälogistiikan määrittely ja osa-alueet

Sisälogistiikka koostuu yrityksen sisällä tapahtuvista materiaalien liikkeistä sekä niitä tukevista toiminnoista, jotka mahdollistavat tuotantoprosessin toiminnan (Bernardo ja muut, 2022). Sisälogistiikka kattaa koko matkan materiaalien vastaanotosta valmiiden tuotteiden siirtämiseen seuraaviin prosesseihin. Sisälogistiikka muodostaa merkittävän kokonaisuuden teollisuuden kokonaisprosessista, ja sen kehittäminen on täten välttämätöntä tuotannon tehokkuuden varmistamiseksi (Mourato ja muut, 2021).

Tärkeimpiä sisälogistiikan osa-alueita ovat varastointi, materiaalinkäsittely ja tiedonkulku. Varastointi sisältää raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja valmiiden tuotteiden säilyttämisen. Varastointiratkaisuilla on merkittävä vaikutus materiaalien saatavuuteen, läpimenoaikaan ja varastointikustannuksiin. Liiallinen varastointi sitoo pääomaa ja voi peittää prosessien tehottomuuksia, kun taas liian vähäinen varastointi voi aiheuttaa tuotantokatkoksia (Mourato ja muut, 2021)

Materiaalinkäsittely kattaa materiaalien siirtämiseen liittyvät toiminnot, kuten sisäiset kuljetukset ja tuotantolinjojen syötön. Bernardo ja muut (2022) tuovat esiin, että sisäisten kuljetusratkaisujen suunnittelulla on keskeinen rooli tuotannon kokonaistehokkuudessa, sillä materiaalinkäsittely muodostaa usein merkittävän osan sisälogistiikan kustannuksista.

Tiedonkulku yhdistää sisälogistiikan fyysiset materiaalivirrat tuotannon ohjaukseen. Ajantasainen ja luotettava tieto materiaalien sijainnista, kulutuksesta ja tarpeesta on edellytys tehokkaalle sisälogistiikalle. Puutteellinen tiedonkulku voi johtaa virheellisiin toimituksiin, ylimääräisiin varastoihin ja tuotannon viivästyksiin, kun taas toimiva tiedonkulku tukee imuohjausta ja materiaalivirtojen hallintaa (Mourato ja muut, 2021).

3.2 Sisälogistiikan tehokkuuden mittaaminen

Sisälogistiikan suorituskykyä voidaan arvioida erilaisten suorituskykymittareiden avulla, jotka kuvaavat materiaalivirtojen sujuvuutta, varastojen hallintaa ja materiaalien saatavuutta. Läpimenoaika kertoo kokonaisajan materiaalin saapumisesta sen käyttöön tuotannossa. Lean-ajattelun hyödyntäminen sisälogistiikassa on Tinnarthin ja Hinthawin (2025) tutkimuksen mukaan pienentänyt prosessiaikoja yli 20 % pienissä teollisuusympäristöissä.

Toinen keskeinen mittari on varaston kiertonopeus, joka kuvaa, kuinka nopeasti varastossa oleva materiaali liikkuu tuotantoon. Lean-logistiikka pyrkii minimoimaan ylimääräiset varastot ja varmistamaan virtautuvan materiaalikäytännön. Kanban ja Plan For Every Part (PFEP) -periaatteilla voidaan määrittää optimaalinen varastotaso ja pienentää varastointikustannuksia (Braglia ja muut, 2024).

Sisälogistiikan ja varastoinnin tehokkuuden arviointi on usein haastavaa, koska suorituskykyyn vaikuttavat tekijät voivat olla osittain epävarmoja tai keskenään ristiriitaisia. Buonamico ja muut. (2017) esittävät fuzzy logic -pohjaisen mittariston varastoinnin suorituskyvyn arviointiin, jonka avulla voidaan yhdistää useita laadullisia ja määrällisiä tekijöitä yhdeksi kokonaisarvioksi. Tutkimuksen mukaan fuzzy logic -lähestymistapa soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa perinteiset yksittäiset KPI-mittarit eivät riitä kuvaamaan varastoinnin kokonaistehokkuutta Lean-ympäristössä.

Suorituskykymittarit ja OEE: Sisälogistiikalla on myös välillinen vaikutus tuotannon suorituskykymittareihin. Sisälogistiikan ongelmat kuten puutteellinen

materiaalisaatavuus sekä viivästykset heikentävät koneiden toimintakykyä ja tehokasta käyttöä. Lean-parannukset sisälogistiikassa voivat nostaa kokonaistehokkuutta vähentämällä seisokkeja ja odotusaikoja (Braglia ja muut, 2024).

Lisäksi ennakoivan analytiikan ja datan hyödyntäminen tarjoaa uusia mahdollisuuksia sisälogistiikan suorituskyvyn seurantaan. Wuennenberg ja muut. (2023) esittävät lähestymistavan, jossa sisälogistiikan keskeiset suorituskykymittarit määritetään dataan perustuen. Tutkimuksen mukaan dataohjautuva KPI-määrittely tukee erityisesti monimutkaisten sisälogistiikkajärjestelmien kehittämistä ja parantaa päätöksenteon laatua.

3.3 Sisälogistiikan haasteet valmistavassa teollisuudessa

Valmistavan teollisuuden sisälogistiikkaan liittyvät haasteet liittyvät usein materiaalivirtojen hallintaan ja tuotannon virtaustehokkuuteen. Yksi keskeisistä haasteista on materiaalivirtojen monimutkaisuus, joka näkyy erityisesti, kun tuotetaan useita eri tuotevariantteja tai kun tuotantomäärät vaihtelevat. Monimutkaiset materiaalivirrat lisäävät riskiä virheille ja voivat tuottaa vaikeuksia materiaalien saatavuuden hallintaan (Mourato ja muut, 2021).

Epästandardoidut prosessit ja työskentelytavat muodostavat toisen merkittävän haasteen. Kun sisälogistiikan toimintamallit vaihtelevat esimerkiksi työntekijöiden tai tuotantotilanteen mukaan, materiaalivirtojen hallinnasta tulee vaikeampaa ja poikkeamien tunnistaminen hidastuu. Standardoinnin puute saattaa johtaa ylimääräisiin siirtoihin, virheisiin tai pidempiin odotusaikoihin (Braglia ja muut, 2024).

Lisäksi sisälogistiikkaan liittyy haasteita tilankäytössä, varastoinnissa sekä uusien teknologioiden ja toimintamallien käyttöönotossa. Muutokset sisälogistiikassa koskevat usein useita toimintoja samanaikaisesti, mikä korostaa muutosjohtamisen ja henkilöstön osaamisen merkitystä. (Mourato ja muut, 2021). Industry 4.0 -valmiuksia tarkasteleva tutkimus osoittaa, että monissa teollisuusyrityksissä sisälogistiikan digitaaliset ratkaisut

ovat edelleen osittain kehittymättömiä. Zoubek ja Simon (2021) havaitsivat, että erityisesti materiaalien paikannettavuuteen, varastointiprosesseihin ja tiedon reaaliaikaiseen hyödyntämiseen liittyvät indikaattorit saivat alhaisia arvosanoja. Tämä rajoittaa materiaalivirtojen läpinäkyvyyttä ja heikentää sisälogistiikan kykyä tukea tuotannon joustavuutta ja ennakoivaa ohjausta.

Automaation ja robotiikan hyödyntäminen sisälogistiikassa tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia, mutta siihen liittyy myös useita haasteita. Brorsson ja muut, (2025) tuovat esiin, että autonomisten robottien käyttöönottoa rajoittavat erityisesti järjestelmien integrointi olemassa oleviin prosesseihin, turvallisuuskysymykset sekä standardien puute. Myös Bernardo ja muut, (2022) korostavat, että vaikka robotiikka voi parantaa sisälogistiikan tehokkuutta, sen onnistunut hyödyntäminen edellyttää huolellista prosessien suunnittelua ja yhteensopivaa tiedonkulkua tuotannon ja logistiikan välillä.

Henkilöstön osaaminen ja muutosjohtaminen ovat myös keskeisiä tekijöitä sisälogistiikan kehittämisessä. Uusien toimintamallien ja teknologioiden käyttöönotto edellyttää selkeää viestintää, koulutusta ja henkilöstön sitoutumista, jotta muutokset jäävät osaksi päivittäistä toimintaa (Mamoojee-Khatib ja muut, 2025).

4 Lean-periaatteiden soveltaminen sisälogistiikan kehittämisessä

Lean-periaatteiden soveltaminen tarjoaa yrityksille tapoja sisälogistiikan kehittämiseen. Sisälogistiikan näkökulmasta Lean painottaa hukan poistamista, materiaalivirtojen sujuvuutta, imuohjausta ja standardisointia (Mourato ja muut, 2021). Aiemman tutkimuksen mukaan Lean-työkalujen hyödyntäminen sisälogistiikassa voi parantaa materiaalivirtojen hallintaa, vähentää virheitä ja lyhentää läpimenoaikoja (Tinnarath ja Hinthaw, 2025; Bernardo ja muut, 2022).

4.1 Hukan eliminointi sisälogistiikassa

Hukan eliminointi on Lean-ajattelun keskeinen lähtökohta ja tärkeimpiä sisälogistiikan kehittämisen kohteita. Hukalla tarkoitetaan kaikkea toimintaa, joka kuluttaa resursseja mutta ei tuota lisäarvoa asiakkaalle. Sisälogistiikassa hukkaa syntyy erityisesti materiaalien ylimääräisestä siirtelystä, odotusajoista, virheellisistä toimituksista sekä turhasta varastoinnista (Goshime ja muut, 2019). Hukat heikentävät materiaalivirtojen sujuvuutta ja lisäävät tuotannon kustannuksia.

Sisälogistiikan kannalta merkittävä hukkatyyppi on kuljetushukka, joka muodostuu materiaalien siirtämisestä pitkiä matkoja tai useita kertoja ilman, että siirrot tuottavat lisäarvoa. Mourato ja muut, (2021) osoittavat bussivalmistajan case-tutkimuksessa, että materiaalien epäoptimaaliset reitit ja hajautettu varastointi aiheuttivat ylimääräisiä siirtoja ja viivästyksiä tuotannossa. Lean-työkalujen avulla materiaalivirtoja pystyttiin suoristamaan, mikä vähensi sisäisiä kuljetuksia ja paransi tuotantolinjan sujuvuutta.

Toinen merkittävä hukkatyyppi sisälogistiikassa on odotushukka, joka liittyy materiaalien puutteelliseen saatavuuteen. Kun materiaalit eivät ole oikeassa paikassa oikeaan aikaan tuotanto pysähtyy tai hidastuu. Total Flow Management -lähestymistapaa hyödyntävässä tutkimuksessa todetaan, että sisälogistiikan epäjatkuvuudet ja

epätasainen materiaalinsyöttö aiheuttivat merkittäviä odotusaikoja, joita pystyttiin vähentämään Lean-periaatteiden mukaisella materiaalivirtojen tasapainotuksella (Filipe ja Pimentel, 2023).

Virheisiin liittyvä hukka on myös mahdollinen kehityskohde sisälogistiikassa. Virheelliset materiaalitoimitukset, väärät määrät tai puutteellinen tunnistaminen johtavat tuotannon häiriöihin. Mourato ja muut. (2021) havaitsivat, että visuaalisen ohjauksen ja standardoitujen toimintatapojen käyttöönotto vähensi toimitusvirheitä ja paransi materiaalien jäljitettävyyttä sisälogistiikassa. Tämä korostaa Lean-ajattelun mukaisten perusmenetelmien kuten 5S:n ja standardoinnin merkitystä hukan poistamisessa.

Hukan tunnistamisessa ja poistamisessa keskeinen työkalu on arvovirtakartoitus (Value Stream Mapping, VSM), jonka avulla pystytään visualisoimaan materiaalien ja tiedon kulku sisälogistiikan prosesseissa. An integrated technique for internal logistics analysis and management -tutkimuksessa VSM:n avulla tunnistettiin sisälogistiikan pullonkauloja ja arvoa tuottamattomia toimintoja, jonka seurauksena kyettiin kohdistamaan kehitystoimenpiteet tehokkaasti (Dotoli ja muut, 2014). Tämä osoittaa systemaattisen analyysin olevan edellytys hukan tehokkaalle eliminoinnille.

Hukan eliminoinnin voidaan todeta edellyttävän materiaalivirtojen kokonaisvaltaista tarkastelua ja Lean-työkalujen johdonmukaista käyttöä. Aiemmat tutkimukset osoittavat, että kuljetus-, odotus-, ja virrehukan vähentäminen parantaa sisälogistiikan sujuvuutta ja tukee koko tuotantojärjestelmän tehokkuutta (Goshime ja muut, 2019; Mourato ja muut, 2021).

4.2 Virtaustehokkuuden parantaminen

Virtaustehokkuus on yksi keskeisimmistä periaatteista Lean-ajattelussa, ja sillä tarkoitetaan materiaalien ja informaation sujuvaa etenemistä prosessissa ilman keskeytyksiä, odotuksia tai pullonkauloja. Sisälogistiikan kannalta virtaustehokkuus korostuu erityisesti materiaalivirtojen suunnittelussa, layout-ratkaisuissa ja

tuotantopisteiden välisessä materiaalinsyötössä. Tehottomat materiaalivirrat voivat aiheuttaa pitkiä läpimenoaikoja, ylimääräisiä siirtoja ja tuotannon häiriöitä. (Santos ja muut, 2006).

Yksi keino virtaustehokkuuden parantamisessa on materiaalivirtojen suoristaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalien kulkureittejä pyritään yksinkertaistamaan ja lyhentämään, siten että turhat siirrot ja edestakainen liikkuminen poistuvat. Total Flow Management -tapaa käsittelevässä tutkimuksessa todetaan, että materiaalivirtojen selkeyttäminen ja virtaavien prosessien suunnittelu vähensivät sisäisiä kuljetusmatkoja ja paransivat tuotannon kokonaisläpimenoaika (Filipe ja Pimentel, 2023). Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi materiaalien siirtoreittien lyhentämistä, välivarastojen vähentämistä tai tuotantopisteiden sijoittelua siten, että materiaalivirta etenee loogisesti prosessivaiheesta seuraavaan.

Layoutin kehittäminen on keskeinen osa virtaustehokkuuden parantamista. Layout-ratkaisut määrittävät pitkälti materiaalien liikkumissuunnat, kuljetusetäisyydet ja työpisteiden välisen vuorovaikutuksen. Santos ja muut (2006) korostavat, että epäoptimaalinen layout johtaa usein tarpeettomiin siirtoihin ja lisää sisälogistiikan hukkaa. Lean-ajattelun mukaisesti layouttia tulisi kehittää siten, että materiaalivirta etenee mahdollisimman suoraviivaisesti tuotantovaiheesta seuraavaan. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi työpisteiden ryhmittelyä tuotantovirran mukaan tai siirtymistä toiminnollisesta layoutista virtausta tukevaan layouttiin.

Virtaustehokkuuden parantamisessa materiaalinsyötön rytmittäminen ja tasapainottaminen on myös keskeisessä osassa. Epätasainen materiaalivirta aiheuttaa helposti odotuksia ja ylikuormitusta tietyissä prosessivaiheissa. Mourato ja muut (2021) havaitsivat, että sisälogistiikan kehittämisessä tuotantolinjan säännöllinen ja ennakoiva materiaalinsyöttö paransivat työn sujuvuutta ja vähensivät tuotantokatkoja. Säännöllinen ja tasapainotettu materiaalinsyöttö luo edellytykset imuohjauksen toimivuudelle.

Myös arvovirtakartointus (VSM) on keskeinen työkalu virtaustehokkuuden parantamisessa. VSM:n avulla voidaan tunnistaa ne kohdat, joissa materiaalivirta keskeytyy tai hidastuu, sekä erottaa arvoa tuottavat ja arvoa tuottamattomat vaiheet. (Dotoli ja muut, 2014). Virtaustehokkuuden kehittäminen edellyttää systemaattista nykytilan ymmärtämistä ennen konkreettisten parannustoimenpiteiden toteuttamista.

Aiemmat tutkimukset osoittavat, että Lean-periaatteiden mukaiset virtausta tukevat ratkaisut vähentävät sisälogistiikan häiriöitä ja parantavat tuotannon läpimenoaikoja (Santos ja muut, 2006; Mourato ja muut, 2021; Filipe ja Pimentel, 2023).

4.3 Imuohjauksen mallit sisälogistiikassa

Imuohjauksen tavoitteena on ohjata tuotantoa ja materiaalivirtoja todellisen tarpeen perusteella. Sisälogistiikassa imuohjaus tarkoittaa materiaalien siirtämistä ja täydentämistä vasta, kun niitä tarvitaan seuraavassa prosessivaiheessa, eikä ennakoivasti suurina erinä. Imuohjauksen avulla voidaan vähentää ylituotantoa, pienentää varastoja ja parantaa materiaalivirtojen hallintaa. (Goshime ja muut, 2019).

Yksi käytetyimmistä imuohjauksen sovelluksista on linjasyöttöjärjestelmä, jossa materiaalit toimitetaan tuotantolinjoille säännöllisesti ja hallituissa erissä. Mourato ja muut (2021) havaitsivat, että linjasyötön kehittäminen Lean-periaatteiden mukaisesti paransi materiaalien saatavuutta ja vähensi tuotantolinjan häiriöitä bussivalmistuksen sisälogistiikassa. Kun materiaalien toimitus perustuu todelliseen kulutukseen ja ennalta määriteltyihin syöttörytmeihin, tuotantopisteiden varastot pysyvät hallinnassa ja materiaalivirrat muuttuvat ennakoivammiksi.

Toinen keskeinen imuohjauksen malli sisälogistiikassa on milk run (mizushashi) -järjestelmä. Milk run -mallissa yksi kuljetusväline kiertää ennalta määriteltyä reittiä ja toimittaa materiaalit useille tuotantopisteille säännöllisin aikaväleihin. Samalla kierroksella voidaan noutaa tyhjät pakkaukset tai palautusmateriaalit. Mourato ja muut

(2021) osoittavat, että milk run -ratkaisun käyttöönotto vähensi sisälogistiikan satunnaisia kuljetuksia ja paransi materiaalivirtojen sujuvuutta, joka tuki tuotannon tasaisempaa toimintaa.

Autonomisten mobiilirobottien hyödyntäminen imuohjauksen tukena on noussut esiin myös tapaustutkimuksissa. Pizoń ja muut (2024) osoittavat automaattisen remanufacturing-ympäristön case-tutkimuksessa, että autonomiset mobiilirobotit voivat tukea sisälogistiikkaa erityisesti materiaalien syötössä ja sisäisissä kuljetuksissa. Tutkimuksen mukaan robotiikan hyödyntäminen paransi materiaalien saatavuutta ja vähensi manuaalisiin kuljetuksiin liittyvää vaihtelua, mutta onnistuminen edellytti selkeitä toimintamalleja ja prosessien standardointia.

Imuohjauksen toimivuus edellyttää usein standardoitua materiaalien hallintaa ja selkeitä täydennysperiaatteita. Braglia ja muut (2024) esittelivät PFEP- ja PFEO-ajatteluun pohjautuvan Lean-työkalun, jonka avulla pystytään määrittämään materiaalien ominaisuudet, kulutustiedot ja täydennysmenetelmät systemaattisesti. Tutkimuksen mukaan tämänkaltaisen lähestyminen tukee imuohjausta erityisesti ympäristöissä, joissa tuotanto on monimuotoista ja materiaalitardeet vaihtelevat.

Imuohjauksen käyttöönottoon liittyy myös haasteita. Imuohjauksen toimivuus edellyttää luotettavaa tiedonkulkua, tarkasti määriteltyjä toimintamalleja sekä henkilöstön sitoutumista uusiin käytäntöihin. Mourato ja muut (2021) korostivat, että ilman selkeitä standardeja ja säännöllistä seurantaan imuohjauksen hyödyt voivat jäädä lyhytaikaisiksi. Tämän takia imuohjaus pitäisi nähdä osana laajempaa kokonaisuutta, eikä yksittäisenä ratkaisuna.

Yhteenvetona voidaan todeta imuohjauksen mallien tarjoavan tehokkaita keinoja sisälogistiikan kehittämiseen. Aiemmat tutkimukset osoittavat imuohjauksen pystyvän parantamaan materiaalien saatavuutta, vähentämään varastointia ja lisäämään

tuotannon ennakoitavuutta, kun järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan Lean-periaatteiden mukaisesti (Mourato ja muut, 2021; Braglia ja muut, 2024).

4.4 Standardoinnin merkitys materiaalivirtojen hallinnassa

Standardointi muodostaa perustan monille muille Lean-työkaluille ja -menetelmille, sekä niiden toimivuudelle. Sisälogistiikan näkökulmasta standardoinnilla tarkoitetaan materiaalivirtoihin liittyvien toimintatapojen, työmenetelmien ja ohjausperiaatteiden yhdenmukaistamista siten, että toiminta on ennakoitavaa ja toistettavaa. Ilman standardointia materiaalivirtojen hallinta perustuu helposti yksittäisten työntekijöiden toimintatapoihin mikä lisää vaihtelua ja vaikeuttaa hukkien tunnistamista (Goshime ja muut, 2019).

Sisälogistiikassa standardointi koskee erityisesti materiaalien käsittelyä, varastointia ja täydennysmenetelmiä. Mourato ja muut (2021) osoittavat, että standardoitujen toimintatapojen käyttöönotto vähensi virheellisiä toimituksia ja paransi materiaalien saatavuutta tuotantolinjoilla. Kun materiaalien sijoituspaikat, toimitusmäärät ja täydennysrytmit on määritelty selkeästi, poikkeamat havaitaan helpommin ja niihin voidaan reagoida nopeammin.

Standardoinnin merkitys korostuu imuohjauksen ja virtaustehokkuuden tukemisessa. Imuohjausjärjestelmät kuten milk run ja linjasyöttö, edellyttävät toimiakseen standardoituja reittejä, aikatauluja ja täydennysperiaatteita. Braglia ja muut (2024) esittelevät PFEP- ja PFEO- lähestymistavat, joiden avulla materiaalivirtoihin liittyvä tieto voidaan standardoida systemaattisesti. Tutkimuksen mukaan materiaalien ominaisuuksien, kulutustietojen ja täydennysmenetelmien vakiointi tukee sisälogistiikan hallintaa erityisesti monimutkaisessa tuotantoympäristössä.

Standardointi ei kuitenkaan tarkoita että sisälogistiikasta tulisi jäykempää, vaan sen tavoitteena on luoda vakaa lähtötila ja mahdollistaa jatkuva parantaminen. Goshime ja muut (2019) korostavat, että standardoidut prosessit mahdollistavat ongelmien

näkyväksi tekemisen ja tarjoavat pohjaa kehitystoimenpiteille. Sisälogistiikassa tämä tarkoittaa, että materiaalivirtojen poikkeamat, myöhästyneet toimitukset tai virheelliset määrät, voidaan tunnistaa ja analysoida tehokkaammin, kun perustoiminta on standardisoitu.

Lisäksi standardointi tukee henkilöstön osaamisen kehittämistä ja työn sujuvuutta. Selkeät ja yhtenäiset toimintatavat helpottavat uusien työntekijöiden perehdytystä ja vähentävät virheitä päivittäisessä toiminnassa. Mourato ja muut. (2021) toteavat, että sisälogistiikan parannukset olivat pysyvämpiä, kun uudet toimintamallit dokumentoitiin osaksi arjen toimintaa.

Standardoinnin voidaan todeta olevan keskeinen tekijä sisälogistiikan materiaalivirtojen hallinnassa. Aiemmat tutkimukset osoittavat, että standardoidut toimintamallit tukevat imuohjausta, parantavat materiaalien saatavuutta ja luovat edellytykset jatkuvalla parantamiselle (Goshime ja muut, 2019; Mourato ja muut, 2021 Braglia ja muut, 2024).

5 Johtopäätökset

Tutkielmassa tarkasteltiin Lean-periaatteiden soveltamista sisälogistiikan kehittämisessä teollisuusyrityksissä kirjallisuuskatsauksen avulla. Työn tavoite oli tunnistaa sisälogistiikkaan parhaiten soveltuvat Lean-periaatteet ja -työkalut sekä arvioida, millaisia vaikutuksia niiden soveltamisella voi olla sisälogistiikan tehokkuuteen. Lisäksi tarkasteltiin Lean-ajattelun käyttöönottoon liittyviä haasteita ja onnistumistekijöitä.

Kirjallisuuden perusteella sisälogistiikan kehittämisessä korostuvat erityisesti hukan eliminointi, virtaustehokkuuden parantaminen, imuohjaus ja standardointi. Näitä periaatteita voidaan soveltaa käytännössä esimerkiksi 5S:n ja visuaalisen ohjauksen, arvovirtakartoituksen (VSM), linjasyötön ja milk run -mallien avulla (Goshime ja muut, 2019; Mourato ja muut, 2021; Dotoli ja muut, 2014). Myös materiaalinhallinnan systematisointi ja täydennysperiaatteiden selkeyttäminen tukevat imuohjauksen toimivuutta erityisesti monimuotoisessa tuotantoympäristössä (Braglia ja muut, 2024). Tutkielmassa tuli esille, että sisälogistiikan kehitys Lean-periaatteilla kohdistuu usein samoihin perusasioihin: materiaalien saatavuuteen, turhien siirtojen välttämiseen sekä toimintatapojen standardointiin.

Lean-menetelmien vaikutukset sisälogistiikan tehokkuuteen näkyvät kirjallisuuden mukaan sekä laadullisina että määrällisinä parannuksina. Tutkimuksissa raportoidaan esimerkiksi materiaalivirtojen sujuvoitumista, virheiden vähenemistä ja tuotannon häiriöiden pienentymistä (Mourato ja muut, 2021; Goshime ja muut, 2019). Lisäksi prosessiaikojen lyhenemistä on havaittu; Tinnarath ja Hinthaw (2025) raportoivat pienenemisen prosessiajoissa Lean-periaatteiden soveltamisen seurauksena. Total Flow Management -lähestymistapaa hyödyntävä tutkimus puolestaan korostaa materiaalivirtojen kokonaisvaltaisen suunnittelun parantavan virtausta ja vähentävän sisälogistiikan aiheuttamia odotuksia (Filipe ja Pimentel, 2023). Tulosten perusteella voidaan ajatella sisälogistiikan kehittämisen Lean-periaatteiden avulla tukevan myös tuotannon kokonaistehokkuutta, sillä materiaalipuutteet ja viivästyksset heijastuvat tuotantoprosessin tehokkuuteen.

Lean-ajattelun käyttöönoton onnistuminen sisälogistiikassa ei ole automaattista, vaan siihen liittyy useita edellytyksiä. Kirjallisuudessa korostetaan johdon roolia ja jatkuvan parantamisen kulttuurin merkitystä, jotta parannukset eivät jää lyhytaikaisiksi (Tortorella ja muut, 2018). Lisäksi standardointi ja luotettava tiedonkulku ovat keskeisiä, sillä imuohjaus, linjasyöttö ja milk run -toimintamallit edellyttävät selkeitä täydennysperiaatteita ja toistettavia käytäntöjä (Mourato ja muut, 2021; Braglia ja muut, 2024).

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus Lean-implementointimalleista osoittaa, että käyttöönottoa tukevat erityisesti vaiheittainen eteneminen, selkeät toteutusmallit ja vastuiden määrittely, kun taas puutteellinen muutosjohtaminen ja epäselvät vastuut voivat muodostaa merkittäviä haasteita (Mamoojee-Khatib ja muut, 2025). Lisäksi on huomioitava, että sisälogistiikan kehittäminen koskettaa useita toimintoja samanaikaisesti, mikä lisää muutosten kompleksisuutta ja korostaa organisaatiokulttuurin merkitystä.

Jatkotutkimuksessa olisi kiinnostavaa tarkastella, miten imuohjausratkaisut ja materiaalinhallinnan mallit toimivat erilaisissa tuotantotyypeissä, kuten ympäristössä, jossa materiaalitardeet vaihtelevat voimakkaasti. Lisäksi olisi mielenkiintoista selvittää, millä mittareilla sisälogistiikan kehitystoimenpiteiden pitkäaikaisia vaikutuksia voidaan seurata luotettavasti ja miten parannusten pysyvyys varmistetaan käytännössä.

Lähteet

Bernardo, R., Sousa, J. M. C., & Gonçalves, P. J. S. (2022). *Survey on robotic systems for internal logistics*. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 338–350. <https://doi.org/10.1016/j.imsy.2022.09.014>

Braglia, M., Di Paco, F., Frosolini, M., & Marrazzini, L. (2024). *A new lean tool to enhance internal logistics in engineer and design-to-order industrial environment: Plan for every order*. *Production & Manufacturing Research*, 12(1), Article 2306836. <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2306836>

Brorsson, E., Ceder, K., Zhang, Z., Roselli, S. F., Erős, E., Dahl, M., Alenljung, B., Lindblom, J., Bui, T., Dean, E., Svensson, L., Bengtsson, K., Götvall, P.-L., & Åkesson, K. (2025). *Infrastructure-based autonomous mobile robots for internal logistics: Challenges and future perspectives* (arXiv:2501.03887). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2501.03887>

Buonamico, N., Muller, L., & Camargo, M. (2017). *A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance*. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 18(2), 96–111. <https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1293466>

Dotoli, M., Fanti, M. P., Iacobellis, G., & Rotunno, G. (2014). *An integrated technique for the internal logistics analysis and management in discrete manufacturing systems*. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27(2), 165–180. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2013.802370>

Filipe, D., & Pimentel, C. (2023). *Production and internal logistics flow improvements through the application of total flow management*. *Logistics*, 7(2), Article 34. <https://doi.org/10.3390/logistics7020034>

Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2018). *Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering*

industries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(4), 691–714.
<https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063>

Mamoojee-Khatib, H., Antony, J., Teeroovengadam, V., Garza-Reyes, J. A., Tortorella, G. L., Foster, M., & Cudney, E. A. (2025). *A systematic review of lean implementation frameworks and roadmaps: Lessons learned and the way forward*. *The TQM Journal*, 37(1), 264–287. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2023-0280>

Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An integrated approach to just-in-time (4th ed.)*. Productivity Press. <https://ebookcentral-proquest-com.proxy.uwasa.fi/lib/tritonia-ebooks/detail.action?docID=1446651>

Mourato, J., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2021). *Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(4), 860–886. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>

Pizoń, J., Wójcik, Ł., Gola, A., Kański, Ł., & Nielsen, I. (2024). *Autonomous mobile robots in automotive remanufacturing: A case study for intra-logistics support*. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 18(1), 213–230. <https://doi.org/10.12913/22998624/177398>

Santos, J., Wysk, R. A., & Torres, J. M. (2006). *Improving production with lean thinking*. John Wiley & Sons.

Tang, J., Dai, Z., Jiang, W., Wu, X., Zhuravkov, M. A., Xue, Z. & Wang, J. (2024). *A comprehensive review of theories, methods, and techniques for bottleneck identification and management in manufacturing systems*. *Applied Sciences*, 14(17), 7712. <https://doi.org/10.3390/app14177712>

Tinnarath, G., & Hinthaw, K. (2025). *Applying lean manufacturing to enhance operational efficiency and internal logistics in community-based rice mills*. *Journal of Distribution Science*, 23(10), 31. <https://doi.org/10.15722/jds.23.10.202510.31>

Tortorella, G. L., Fettermann, D. de C., Frank, A., & Marodin, G. (2018). *Lean manufacturing implementation: Leadership styles, implementation and contextual variables*. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(5), 1205–1226. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2016-0453>

Wuennenberg, M., Muehlbauer, K., Fottner, J., & Meissner, S. (2023). *Towards predictive analytics in internal logistics: An approach for the data-driven determination of key performance indicators*. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 44, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2023.05.005>

Zoubek, M., & Simon, M. (2021). *Evaluation of the level and readiness of internal logistics for Industry 4.0 in industrial companies*. *Applied Sciences*, 11(13), Article 6130. <https://doi.org/10.3390/app11136130>