

Santeri Kuvaja

# Ilmanvaihtokoneiden logistiikan suunnittelu ja toteutus liike- ja toimitilarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööryö

30.11.2016

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Santeri Kuvaja Ilmanvaihtokoneiden logistiikan suunnittelu ja toteutus liike- ja toimitilarakentamisessa 40 sivua + 1 liite 30.11.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	lehtori Jyrki Viranko projektipäällikkö Tero Muona
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ilmanvaihtokoneiden logistiikkaan ja asennustöihin liittyvät toimenpiteet liike- ja toimitilarakentamisessa. Tavoitteena oli tehdä yleinen ohjeistus ilmanvaihtokoneisiin liittyvistä työvaiheista työnjohdon käyttöön tulevia työvaiheita varten. Työssä pyrittiin saamaan selkeä kuva, mitä kaikkea liittyy koneiden koko logistiikkaketjuun tehtaalta aina siihen asti, kun koneet ovat asennettuina työmaalla.</p> <p>Insinööriytyössä perehdyttiin ilmanvaihtokoneiden logistiikkaketjuun alan kirjallisuuden ja työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella. Haastattelut tehtiin kokeneille työntekijöille (ilmastointiasentaja, projektipäällikkö, projektinhoitaja ja hankintavastaava), jotta työhön saatiin kaikkien osapuolien näkökulma. Työssä tarkasteltiin toimivan logistiikan merkitystä ilmanvaihtokoneiden onnistuneeseen asennukseen.</p> <p>Tämän työn lopputuloksena saatiin selkeä yleisohje ilmanvaihtokoneiden logistiikkaketjusta aina hankinnasta koneiden asennukseen. Tärkeimpinä asioita työvaiheen onnistumisen kannalta ovat ehdottomasti hankinnan onnistuminen, työvaiheiden suunnittelu ja työmaalla valvominen, että kaikki tarvittavat toimenpiteet nostojen, haalausaukkojen yms. kannalta on tehty. Lisäksi hyvä yhteistyö muiden toimijoiden kanssa on erittäin tärkeää.</p> <p>Tätä insinööriytötä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa vastaavissa työvaiheissa. Työ antaa työnjohtajalle selkeän oppaan, mitä kaikkea tulee huomioida ilmanvaihtokoneiden logistiikkaan liittyvissä työvaiheissa. Työtä hyödyntämällä tulevaisuudessa pystytään välttämään mahdollisia ongelmia koneiden kuljetuksissa, nostoissa, haalauksissa sekä asennustyössä.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihtokone, logistiikka, asennus

Author Title Number of Pages Date	Santeri Kuvaja Planning the logistic chain of air handling units in commercial buildings 40 pages + 1 appendix 30 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC engineering, Production Orientation
Instructors	Jyrki Viranko, Senior lecturer Tero Muona, Project manager
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to explain the whole logistics chain of air handling units from the factory to the construction site. The aim was to create a general information package for the management of ventilation projects.</p> <p>The research was based on interviews and literature. The interviews, made with experienced employees such as an air conditioning installer, a project manager and a purchaser, gave comprehensive insights for the final year project.</p> <p>As a result of this thesis, a general guideline of the logistics chain from acquisition to when air handling units are installed at a construction site was created. The most important steps in the logistics chain were successful acquisition, planning and, on the construction site, overseeing that all preparations for lifts and other necessary stages are done in advance. In addition, good co-operation with other contractors also plays a major role.</p> <p>This thesis can be used by management as a guide for planning logistics and reminding what should be considered at each phase of the chain. With this thesis, the management can avoid problems in shipments, lifts, hauls and installation.</p>	
Keywords	Air handling unit, Logistic, installation

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn rajaus	2
3	Ilmanvaihdon merkitys rakentamisessa	2
3.1	Ilman laatu	3
3.2	Lämpötilaolosuhteet	3
3.3	Ilmavirrat ja ääniolosuhteet	4
4	Ilmanvaihtokoneiden rakenne	5
5	Logistiikan teoriaa	8
5.1	Logistiikan määritelmä	8
5.2	Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka	9
5.2.1	Tulologistiikka	10
5.2.2	Sisälogistiikka	11
5.2.3	Lähtölogistiikka	11
5.3	Toimitusketju	12
5.4	Tilausohjattu logistiikka	14
5.5	Projektien logistiikka	15
6	Ilmanvaihtokoneiden logistiikka	17
6.1	Hankinta	17
6.1.1	Hankintalogistiikka	18
6.1.2	Toimituslausekkeet	20
6.2	Koneiden kuljetukset työmaalle	21
6.2.1	Koneiden järjestyksen määrittäminen	21
6.3	Työmaalla valmisteltavat työvaiheet	22
6.3.1	Haalausaukot	22
6.3.2	Laskupedit	24
6.3.3	Konehuoneen lattiarakenne	24
6.4	Työmaalogistiikka	25
6.4.1	Koneiden nostotyöt	26
6.4.2	Nostoapuvälineet	28
6.4.3	Nostotyön turvallisuus	29

6.4.4	Nostosuunnitelma	30
6.4.5	Koneiden haalaus	31
6.5	Työnjohdon muistilista	32
7	Ilmanvaihtokoneiden asennustyö	33
7.1	Koneiden asennus	33
7.2	Kanavien asennus konehuoneeseen	36
7.3	Asennuksessa käytettävät suojavarusteet	37
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymykset	

## Lyhenteet

allergeeni	Ilmassa olevia eliöperäisiä hiukkasia (siite- ja eläinpölyt, sieni-itiöt)
elastomeeri	IV-konehuoneissa käytettävä polyuretaanipohjainen lattiapinnoite
IV	Ilmanvaihto
JIT	Logistiikassa käytettävä Just In Time - ajattelutapa
kotiinkutsu	Tavaran tilaaminen suoraan tuotantolinjalta tarpeeseen
kurottaja	Teleskooppisella puomilla varustettu traktori
LVIAS	Lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto-, automaatio- ja sähkö
LTO	Lämmöntalteenotto
nokkamies	Kokenut asentaja, joka johtaa asennustöitä työmaalla ja toimii työnjohdon sekä asentajien yhteyshenkilönä
palakone	Ilmanvaihtokone, joka koostuu kasattavasta palakonesarjasta
SRMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma

## 1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli ilmanvaihtokoneiden logistiikka toimitilarakentamisessa. Työn tarkoituksena oli luoda IV-työnjohdolle selkeä ohjeistus ja muistilista siitä, mitä IV-koneiden logistiikan suunnittelu ja asennustyöt vaativat ja mitä tulisi ottaa huomioon kyseisiä työvaiheita suunniteltaessa

Hyvä sisäilma on nykypäivänä erittäin tärkeä osa toimivaa ja viihtyisää rakennusta. Hyvin toimivan ilmanvaihdon perustana ovat moitteetta toimivat ilmanvaihtokoneet. Ilmanvaihtokoneet ovat kustannuksiltaan suurimpia investointeja talotekniikan töiden osalta. Niiden logistiikka ja asennustyöt vaativat aina suunnitelmallisuutta ja täsmällisyyttä toimituksien ja töiden sovittelun osalta. Tämän johdosta on haluttu, että koneiden logistiikkaan ja asennuksiin liittyvistä toimenpiteistä tehtäisiin selkeä ohjeistus, jonka avulla voitaisiin välttää turhia ongelmia toimituksissa ja asennustöissä.

Työ perustuu alan kirjallisuuteen, haastatteluihin ja aikaisemmin työmaalta kerättyyn tietoon. Toimin Vantaalla sijaitsevalla työmaalla työnjohtoharjoittelijana ja vastasin koneiden asennustöistä ja kuljetuksista työmaalle. Haastatteluja tehtiin asentajille, työnjohdolle ja koneiden hankinnasta vastaavalle henkilölle.

Työssä käydään aluksi lyhyesti läpi ilmanvaihdon merkitys rakentamisessa sekä kiinteistöissä käytettävien ilmanvaihtokoneiden rakenne. Logistiikkaan perehdytään tarkasti niin, että ensin kerrotaan yleisesti logistiikan merkityksestä kustannusten sekä tehokkuuden näkökulmasta ja tämän jälkeen kerrotaan logistiikan järjestelystä ilmanvaihtokoneisiin liittyen. Ilmanvaihtokoneiden asennustyöt käydään läpi siihen liittyvine vaiheineen ja kerrotaan, miten koneiden asennus toteutetaan tehokkaasti ja turvallisesti.

Työn aihe on saatu Caverion Suomi Oy:n liike- ja toimitilayksiköltä. Caverion Oyj suunnittelee, toteuttaa ja ylläpitää taloteknisiä ratkaisuja teollisuudessa ja kiinteistöissä. Caverion Oyj on syntynyt vuonna 2013 sen irtautuessa YIT Oyj:stä omaksi yhtiökseen. Työntekijöitä Caverion Oyj:llä on 12 eri maassa noin 17400. [Caverion konserni. Tietoa Caverionista 2016.]

## 2 Työn rajaus

Tämä työ keskittyy ilmanvaihtokoneiden logistiikkaan liittyvien asioiden läpikäymiseen liike- ja toimitilarakentamisessa aina hankinnasta IV-koneiden asennuksiin asti. Työ on toteutettu ilmanvaihtoasentajien ja IV-projektipäälliköiden näkökulmasta.

## 3 Ilmanvaihdon merkitys rakentamisessa

Puhdas sisäilma on edellytys toimivalle ja viihtyisälle rakennukselle. Ilmanvaihto tulee olla suunniteltu, toteutettu ja ylläpidetty määräysten mukaisesti. Viihtyisään sisäilmaan vaikuttaa moni tekijä, kuten rakennuksen sijainti, rakentamistapa, rakennusmateriaalit, lämmitys ja ilmanvaihto. Yhtenä tärkeimpinä tekijöinä on oikein toteutettu ilmanvaihto. Ilmanlaatua heikentää rakennuksessa leijailevat epäpuhtaudet (hiilidioksidi, allergeenit), korkea lämpötila, ilman kosteus ja väärin mitoitetut ilmavirrat. Lisäksi sisäilmaston laatuun vaikuttavat muut tekijät, kuten ääniolosuhteet, valaistus ja melu.

Asuin- ja työtilat ovat ihmiselle elämän kannalta tärkeitä paikkoja, koska niissä ihminen oleskelee suurimman osan ajastaan. Toimivalla ilmanvaihdolla vältetään terveyden ja viihtyisyyden kannalta haitallisten epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan, ylläpidetään oikeaa lämpötilaa ja varmistetaan rakenteiden oikea kosteustekninen toiminta. [Säteri 1998: 7.]

Tänä päivänä kiinteistöihin vaaditaan usein koneellista tulo- ja poistoilmajärjestelmää. Toimistorakennuksia ei rakenneta juurikaan ilman jäähdystystä, vaan uudet liike- ja toimistorakennukset vaativat aina jäähdytyksen. Tämä juontaa juurensa siitä, että oikeanlainen sisäilma vaikuttaa ihmiseen monella tavalla. Työkyky, vireystila ja yleinen viihtyvyys ovat tärkeitä asioita mitä hyvällä sisäilmalla saadaan parannettua. Oikeanlaisella sisäilmalla voidaan saada työntekijöistä enemmän tehoa irti ja asiakkaiden viihtyvyyttä parannettua, jolloin tehokkuus paranee kaikessa tekemisessä. [Korhonen & Lintunen 2003: 23.]

Ilmanvaihdon luokitus voidaan jakaa sisäilmastoluokituksen mukaan kolmeen luokkaan S1, S2 ja S3. S1-luokassa tilojen sisäilman laatu on erittäin hyvä, kun taas S3-luokassa sisäilma täyttää rakentamismääräyksien vähittäisvaatimukset. [Sisäilmastoluokitus 2008: 4.]



### 3.1 Ilman laatu

Sisäilman laatu riippuu tilassa olevista epäpuhtauslähteistä ja niitä pois kuljettavan il-mavirran määrästä [Säteri 1998: 35]. Ilman laatuun vaikuttavat monet tekijät kuten hiili-dioksidi- ja radonpitoisuus, homeet, hajut, kosteus, ja huonepöly. Hiilidioksidia syntyy rakennuksen sisällä ihmisten hengityksen mukana. Hiilidioksidipäästöjen on oltava Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 vaatimusten mukaan alle 1200 ppm huonetilan käyttöaikana. Tällöin päästään Sisäilmastoluokitus 2008:n (kuva 1) mukaan luokkaan S3.

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus [ppm]	<750	<900	<1 200
Radonpitoisuus [Bq/m <sup>3</sup> ]	<100	<100	<200
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
• toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	
• asunnot	90 %	80 %	

Kuva 1. Ilman laadun tavoitearvot hiilidioksidin ja radonpitoisuuden osalta [Sisäilmasto 2008: 6]

### 3.2 Lämpötilaolosuhteet

Oleskeluvyöhykkeen lämpötilan suunnitteluarvona käytetään lämmityskaudella yleensä 21°C:ta ja kesäkaudella huonelämpötilan suunnitteluarvona käytetään yleensä 23°C:ta. Hyväksyttynä poikkeamana lämmityskaudella oleskeluvyöhykkeellä voidaan pitää  $\pm 1^\circ\text{C}$ :n vaihtelua 1,1 m:n korkeudelta huoneen keskeltä mitattuna. Huonelämpötiloista voidaan poiketa perustelluista syistä. tällaisia tiloja ovat esimerkiksi liikuntahalli, kylpyhuone ja porrashuone. [SRMK D2 2012: 6.]

Liian korkea lämpötila lämmityskaudella lisää energiankulutusta ja sisäilmaoireita. Yhden asteen nousu tarkoittaa lämmitysjärjestelmän energiankulutuksessa noin 4–5 % kasvua. Lämpötilan noustessa 20–21 °C:n tasolta 24 °C:n tasolle tarkoittaa se sisäilmaoireiden määrän kasvamista 50 %. Suunnitteluarvoja korkeampi lämpötila aiheuttaa lämmityskaudella ilman kuivuuden tunnetta, ja se näkyy esimerkiksi ihon kutiamisena ja hilseilynä. Liian kylmä huonelämpötila taas aiheuttaa helposti vedon tunnetta, joka aiheuttaa herkästi valituksia sisäilmasta. [Säteri 1998: 4.]

### 3.3 Ilmavirrat ja ääniolosuhteet

Oleskelutiloihin on johdettava turvallisen ja viihtyisän sisäilman takaamiseksi määräyksien mukainen ulkoilmavirta. Ilmavirrat mitoitetaan ensisijaisesti tilakohtaisesti henkilöperusteen mukaan. Kuvassa 2 on esitetty toimistorakennuksen ilmavirtojen määrityksen ohjearvoja. Mikäli henkilöperusteisen ilmavirran määrittäminen ei ole perusteltua tai mahdollista, tehdään mitoitus tilan pinta-alan mukaan.

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilmavirta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Toimistohuone ja vastaavat tilat	8	1,5		<b>33 / 38 *</b>	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Neuvotteluhuone		4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25	
Arkisto, varasto				0,35		
Tupakointitila: – rakennuksen käyttöaikana – rakennuksen käyttöajan ulkopuolella			20	38 / 43	0,30	#4
Kopiointihuone		1	4			#4
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneissa.					
#3	Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					
#4	Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.					

Kuva 2. Ilmavirtojen ja äänitasojen ohjearvoja toimistorakennuksissa SRMK D2:n mukaan

Ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan. Vähintään ohjaus on toteutettava esimerkiksi asuinrakennuksissa liesikuvun tehostuksella niin, että tehostettu ilmavirta on 30 % suurempi kuin käyttöajan ilmavirta. Jos ilmanvaihto on tilakohtaisesti ohjattavissa, voidaan ilmavirtoja säätää myös käyttöajan ilmavirtoja pienemmäksi silloin, kun alueella ei oleskella eikä käyttöajan ilmanvaihdon ole tarvetta esimerkiksi kosteuden hallitsemiseksi. Ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus säästää energiaa. Tällöin ilmanvaihtoa ohjataan automaattisilla läsnäolo- tai epäpuhtausantureilla, joiden mukaan ilmanvaihto säädetään alueelle sopivaksi.

Rakennus on toteutettava ääniteknisesti niin, että siellä on viihtyisät ääniolosuhteet. Kuvan 2 taulukossa olevat äänitasot ovat LVIS-laitteiden ja niihin liittyvien laitteiden äänitehotasojen ohjearvoja. Ohjearvoja sovellettaessa on otettava huomioon ilmanvaihdon ja muiden laitteiden yhteisvaikutus. Kaikkien samassa tilassa olevien LVIS-

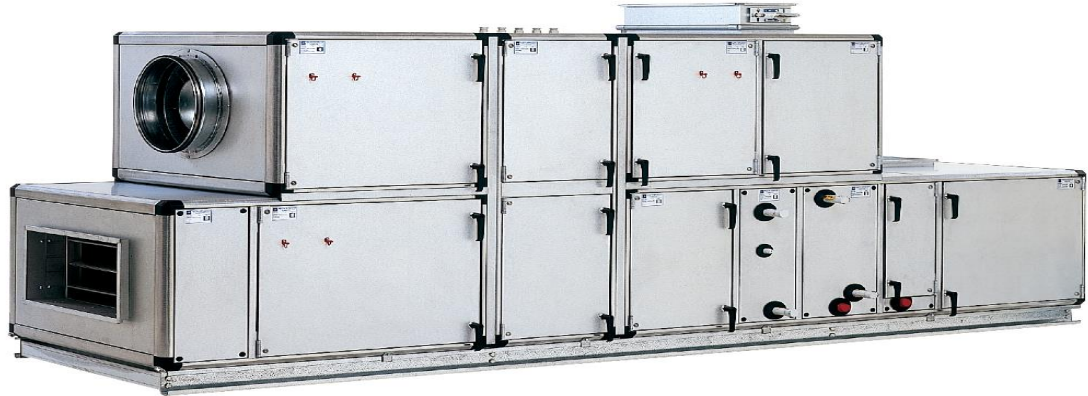
laitteiden yhteenlaskettu äänitaso ei saa ylittää ohjeiden mukaisia rajoja. [SRMK D2 2012: 24.]

#### **4 Ilmanvaihtokoneiden rakenne**

Tässä luvussa esittelen lyhyesti ilmanvaihtokoneen mallirakenteen, jotta lukija saa kuvan, mitä IV-koneita käytetään suurissa kiinteistöissä ja minkä kokoluokan laitteista on kyse.

Paloista, osista tai moduuleista koottuja ilmanvaihtokoneita käytetään yleensä esimerkiksi toimistorakennuksissa, liiketiloissa, kouluissa, uimahalleissa tai kerrostaloissa. Lisäksi ilmanvaihtokoneita voidaan toimittaa kohteen tarpeesta riippuen valmiiksi tehtaalla koottuina kokonaisuuksina tai kokonaan erillisinä kattokonehuoneina. Valmiit ilmanvaihtokonehuonepaketit ovat kokonaisratkaisu, jossa konehuonepaketti toimitetaan suoraan rakennuksen katolle ja valmis konehuone kytketään rakennuksen muuhun LVIAS-tekniikkaan. Kokoonpano riippuu aina kohteesta ja siitä, miten koneet on järkevintä asentaa ja kuljettaa kohteeseen. Yleensä koneet toimitetaan kohteeseen osissa niiden logistisen käsittelyn helpottamiseksi.

Kiinteistöissä käytetään usein lohkoista koostuvia valmISRakenteisia koneita (kuva 3), jotka asennetaan työmaalla kiinni toisiinsa. Toimittaja toimittaa valmiit lohkot työmaalle ja työmaalla asennusmiehistö haalaa koneet konehuoneeseen. Koneisiin on asennettu valmiiksi tarvittavat komponentit, kuten, tulo- ja poistopuhaltimet, suodattimet, sulkupellit, lämmitys- ja jäähdytyspatterit, lämmöntalteenotto ja äänenvaimentimet. Koneiden koko riippuu tarvittavasta kokonaisilmamäärästä ja koneen käyttötarpeesta. Konekokonaisuus voi olla pelkästään tulo- tai poistokone, tai se voi sisältää molemmat päällekkäin sijoiteltuna. Lisäksi koneen rakenne riippuu tarvittavasta jäähdytyksestä tai lämmityksestä.



Kuva 3. Moduulirakenteinen ilmanvaihtokone

Koneissa voidaan käyttää lämmön talteenottomenetelminä erilaisia vaihtoehtoja. Yleisimpiä ovat pyörivä lämmönsiirrin, ristivirta- ja vastavirtalevylämmönsiirtimet sekä vesiglykoli nestelämmöntalteenotto, jossa lämmönsiirtyminen tapahtuu kiertävän nesteen avulla. Poistupuolen patterissa oleva neste lämpenee, ja se siirtyy tuloilman patteriin, jossa se lämmittää tuloilman. Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa ilmavirrat eivät pääse sekoittumaan toisiinsa, minkä vuoksi sitä käytetään esimerkiksi sairaaloissa ja uimahalleissa.

Pyörivä lämmönsiirrin kierrättää poistoilmasta roottoriin sitoutuneen lämmön tuloilmaan. Se soveltuu kohteisiin, joissa sallitaan ilmavirtojen pieni sekoittuminen toisiinsa. Sen vahvuuksiin kuuluu mm. hyvä lämmöntalteenoton hyötysuhde (jopa 80–85 %) ja pieni asennustilan tarve. Pyörivä LTO-kiekko on hankintahinnaltaan selvästi levylämmönsiirrintä korkeampi. Pyörivä lämmönsiirrin on eniten käytetty lämmöntalteenottotapa keskitetyssä ilmanvaihdossa.

Levylämmönsiirrin koostuu useista levyistä, joiden välissä ilma virtaa luovuttaen lämpöenergiaa levyn puolelta toiselle. Joka toisessa välissä virtaa kylmä ulkoilma ja joka toisessa lämmin poistoilma. Levylämmönsiirrintä suositellaan kohteisiin, joissa ilmavirrat eivät saa sekoittua toisiinsa, kuten kerrostalon keskitetyssä ilmanvaihdossa.

Ristivirtasiirtimessä ilma virtaa ristikkäin laitteen läpi kuitenkin niin, että tulo- ja poistoilmavirrat eivät kohtaa. Ristivirtasiirtimen etuihin voidaan lukea sen toimintavarmuus. Sen hyötysuhde (noin 65–70 %) ei ole niin hyvä, kuin pyörivällä lämmöntalteenotolla.

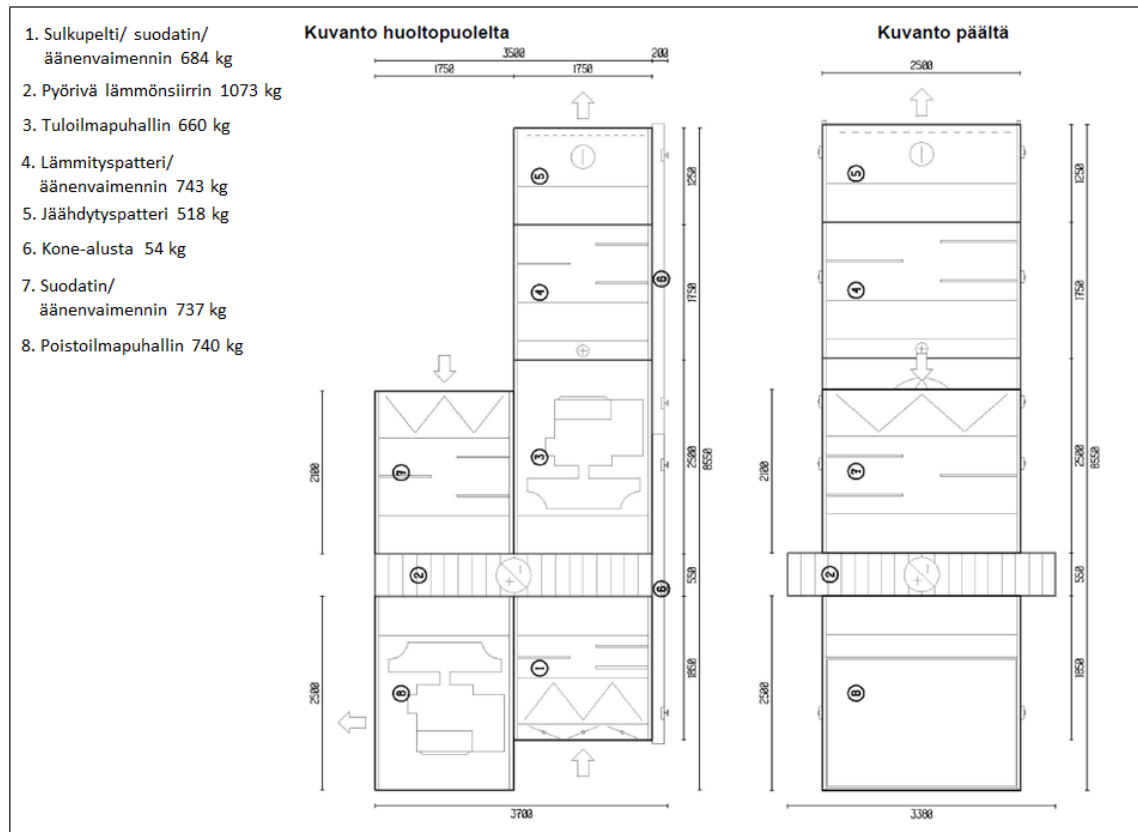
Lisäksi ristivirtasiirrin vaatii huurtumisen eston ja tuloilman esilämmityksen, koska se on huurtumisherkkä kylmällä ilmalla.

Vastavirtasiirtiminen toimintaperiaate on lähes samanlainen kuin ristivirtasiirtimessä, mutta siinä ilmavirrat kulkevat vastakkain. Vastavirtasiirtimessä on parempi lämmöntalteenoton hyötysuhde kuin ristivirtasiirtimessä (jopa 80 %). Hyvän hyötysuhteen vastavirtasiirtimet vaativat erittäin tehokkaan huurtumisenestosuojauksen. Vastavirtasiirtimissä on ristivirtasiirtimiä suurempi huurtumisenmuodostumisen vaara.

Vuonna 2018 voimaan astuvien ekosuunnitteluvaatimuksien johdosta ristivirtasiirtimillä on vaikeuksia täyttää tarpeelliset lämpötilahyötysuhteen vaatimukset. Vastavirtasiirtimet tulevatkin korvaamaan ristivirtalämmönsiirtimet tulevaisuudessa. Vuonna 2018 voimaan astuvassa asetuksessa muun, kuin nestekiertoisen lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteen tulee olla vähintään 73 % [Ekosuunnittelu ja energiamerkintäasetus 2015]. Tämän takia konekoot tulevat kasvamaan ja erilaisten sulatusjärjestelmien tarve kasvaa. Tämä tulee myöskin oletettavasti nostamaan koneiden hintoja.

Ilmanvaihtokoneet sijoitetaan rakennuksessa sijaitsevaan konehuoneeseen. Ilmanvaihtokonehuoneet pyritään yleensä sijoittamaan rakennuksen vesikatolle. Konehuone voidaan sijoittaa sen palvelevien tilojen ylä - tai alapuolelle sekä samaan kerrokseen. Konehuoneita sijoittaessa esimerkiksi kellariin kasvaa kuitenkin kanavoitava matka, koska koneiden jäteilma on johdettava rakennuksen katon yläpuolelle.

Kuvassa 4 on esitetty erään Vantaalla sijaitsevaan kiinteistöön toimitetun ilmanvaihtokoneen rakenne. Koneen osat toimitettiin kuvan mukaisesti lohkoina ja ne asennettiin kahteen tasoon. Ylemmässä kerroksessa virtaa koneen poistoilma ja alemmassa tuloilma. Kone on varustettu pyörivällä lämmöntalteenotto siirtimellä, ja sen kiekko toimitettiin myös osissa kuljetuksen ja haalauksen helpottamiseksi. Kuvasta nähdään koneen mitat, jotka ovat 3380 x 3700 x 8850 mm (leveys x korkeus x pituus). Koneen osien painot vaihtelevat jäähdytyspatterin 518 kilosta pyörivän LTO-kiekon 1073 kilon välillä.



Kuva 4. Kuvassa pyörivällä LTO-kiekkolla varustetun koneen kokoonpano

## 5 Logistiikan teoriaa

### 5.1 Logistiikan määritelmä

Logistiikka sana on aloitettu käyttämään sen sanan nykyisessä merkityksessä Yhdysvaltain armeijan toimesta 1900-luvun alkupuolelta lähtien. Silloin logistiikalla tarkoitettiin armeijan huoltojoukkojen, taisteluvälineosaston ja lääkintöosaston siirtymistä ja rakentamista. Siviilikäytössä termi yleistyi 1950-luvulla, kun logistisesta hallinnosta tuli asiakaspalvelun kulmakivi. Yritysmaailmassa logistiikkaan alettiin keskittyä 1990-luvulta lähtien, kun talousajattelu kehittyi. Nykyään logistiikka on yrityksen tärkein yksittäinen tekijä, jonka toimivuus vaikuttaa nykyaikaisten asiakaslähtöisien yritysten menestykseen. [Hokkanen ym. 2010: 12–13.]

Logistiikka on materiaalivirtojen ohjaamista tuottajalta asiakkaalle. Toimivan logistiikan tarkoituksena on toimittaa haluttu tuote tai palvelu käytettäväksi asiakkaalle oikeaan

aikaan ja paikkaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Logistiikasta voidaan puhua prosessina, jonka tarkoituksena on johtaa ja koordinoida asiakkaan ja tuottajan välinen toimitusketju mahdollisimman toimivaksi [Hokkanen ym. 2010: 13]. Tämän lisäksi sen voidaan sanoa koostuvan hankintatoimen, varastoinnin, kuljetuksien ja jakelun kustannustehokkaasta suunnittelusta, toteutuksesta ja seurannasta, jossa huomion keskipisteenä on aina asiakaslähtöinen ajattelu [Logistiikka ja toimitusketju. 2016].

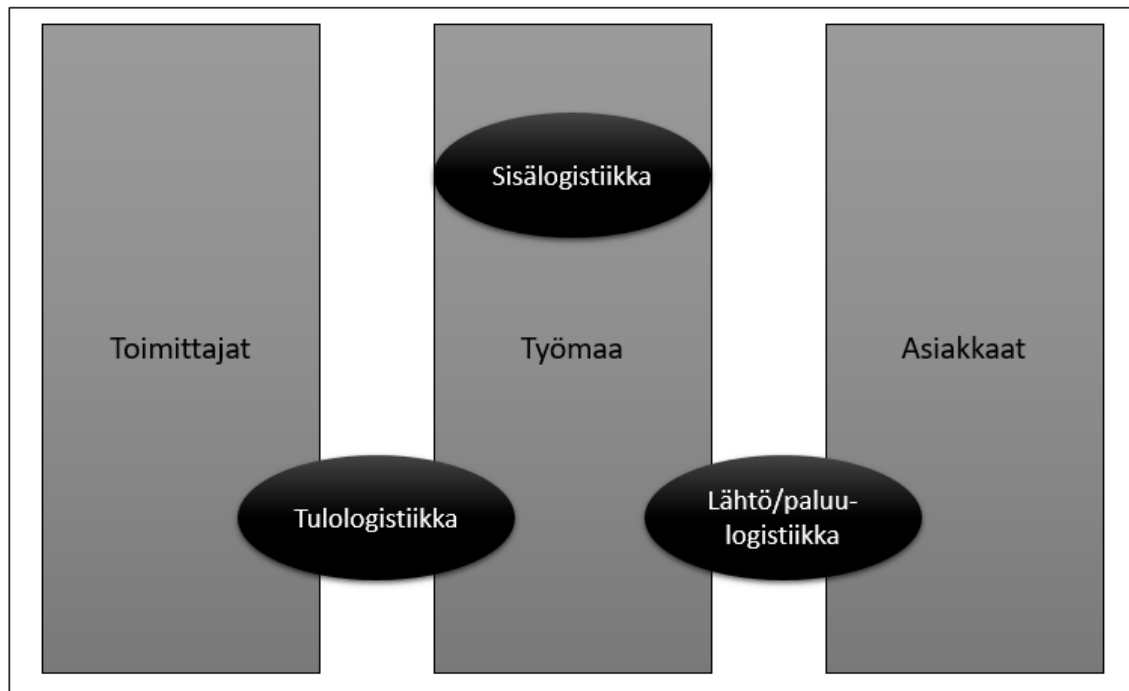
Logistiikka on erittäin laaja-alainen käsite ja osa suurempaa toimitusketjua. Logistiikassa on monta eri tekijää, jotka vaikuttavat sen onnistumiseen ja se voidaan määritellä usealla eri tavalla. Kaij E. Karrus tiivistää kirjassaan logistiikan määritelmän seuraavalla tavalla.

Logistiikka on materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvo- palvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä [Karrus 2003: 13].

Logistiikalla pyritään siis tuottamaan asiakkaille mahdollisimman paljon lisäarvoa ja sitä kautta parantamaan yrityksen kokonaiskannattavuutta. Logistiikka on yrityksille merkitykseltään tärkeimpiä osa-alueita kilpailu-etua hakiessa. Logistiikan tuottama lisäarvo mitataan taloudellisilla mittareilla. Sen kuljetuksiin ja varastointiin menevät kustannukset ovat yleensä helppo määrittää, mutta sen näkymättömät välilliset kustannukset ovat yrityksille usein haasteellisia selvittää. [Hokkanen ym. 2010: 57.]

## 5.2 Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka

Logistisessa prosessissa muodostuva materiaalivirtojen kulku voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: tulo-, sisä- ja lähtölogistiikkaan. Työmaalla tapahtuva logistiikka on pääasiassa tulo- ja sisälogistiikkaa. Lähtölogistiikkaan kuuluu paluulogistiikka, joka ilmenee työmaalla esimerkiksi jätehuollon seurauksena sekä kalusto- ja tavarapalautuksina. Kuvasta 5 nähdään, miten logistisen ketjun eri vaiheet sijoittuvat toimittajan ja loppukäyttäjän välissä.



Kuva 5. Tulo-, sisä-, ja lähtölogistiikka

### 5.2.1 Tulologistiikka

Tulologistiikalla tarkoitetaan kaikkien materiaalien, koneiden ja kaluston toimituksien vastaanottoon liittyviä toimenpiteitä, kuten toimituksien purkamista ja siirtoja varastoon. Lisäksi tulologistiikka sisältää toimittajan ja työmaan välisen informaatiovirran. [Tulo-, sisä-, ja lähtölogistiikka. 2016.]

Työmaan tulologistiikassa on tärkeää tarkastaa saapuvan tavaran kunto ja tilauksen oikeellisuus. Näin jälkepäin tiedetään tarkalleen, mitä tavaraa työmaalla on otettu vastaan. Työmaalla kuljetusta vastaanottavan henkilön on tarkistettava toimituksen sisällön oikeellisuus niin tarkasti, kuin se kulloinkin on mahdollista. Kalustoa ja materiaalia vastaanotettaessa kuljetus on allekirjoitettava vasta, kun toimitus todetaan oikeanlaiseksi ja esimerkiksi sähkökäyttöisen koneen kuljetuksessa on tarpeelliset tarvikkeet kuten laturi mukana.

Lähetyslista on hyvä säilyttää erillisessä kansiossa, josta voidaan tarkistaa jälkepäin saapunut tavara. Lähetyslistaan tulisi myös kirjata mahdolliset puutteet toimituksessa varmuuden vuoksi. Mikäli kuljetuksessa havaitaan puutteita, on siitä heti ilmoitettava



kuljettajalle ja työnjohdolle. Näin puuttuneesta materiaalista tai tuotteesta saadaan tehtyä reklamaatio ja asia selvitettyä osapuolten välillä heti.

Tulologistiikassa täytyy huomioida myös työturvallisuuteen liittyviä seikkoja. Kuljettaja, jolla ei ole tarpeellisia turvavarusteita, ei saa päästää työmaa-alueelle. Kuljettajan suojarusteisiin kuuluu kypärä, turvakengät ja huomioliivi. Työmaalla tavaraa vastaanottavan henkilön tulee osata ohjata kuski purkupaikalle puhelimitse ja työmaalla. Lisäksi kuorman purkua varten on mietittävä etukäteen mahdollisesti tarvittavat purkuvälineet kuten kurottaja.

Tulologistiikalla on suuri merkitys työmaan toiminnan ja logistiikan sujuvuuden kannalta. Tulevat tavaratoimitukset on aina sovittava työmaalla, niin että päällekkäisiä toimituksia ei tule. Tämä on tärkeää varsinkin ahtailla työmailla, jossa tilaa ei ole rekoille odotusta varten. Toimiva tulologistiikka vaikuttaa suuresti työn tuottavuuteen.

### 5.2.2 Sisälogistiikka

Sisälogistiikka käsittää työmaan sisällä tehtävät tavaroiden, koneiden ja materiaalien siirrot ja niiden käsittely. Hyvin järjestetyllä sisälogistiikalla työturvallisuus parantuu paljon, ja materiaalien siirrot helpottuvat, kun työmaa on järjestetty niin, että siellä pystyy siirtämään esimerkiksi saksilavaa esteettömästi. Sisälogistiikan toimivuuden perustana on siisti ja mahdollisimman esteetön työmaa, jossa ajorampit yms. kulkemisen mahdollistavat asiat ovat kunnossa. Sisälogistiikkaan liittyy oleellisesti myös informaatiovirta, kuten asentajien ja työnjohdon välinen tiedon siirtyminen. Tavaransiirtoon kuuluu työmaalla esim. pysty- ja vaakasiirrot.

Sisälogistiikka vaatii suunnittelua etukäteen. Esimerkiksi materiaalit täytyy osata toimittaa kerroksittain suunniteltujen määrien mukaisesti. Näin asennettava tuote saadaan asennushetkellä mahdollisimman vaivattomasti siirrettyä paikalleen.

### 5.2.3 Lähtölogistiikka

Lähtölogistiikalla, josta voidaan siis puhua paluulogistiikkana, tarkoitetaan työmaalta palautettavaa kalusto- ja materiaalivirtaa. Se koostuu yleensä työvälineiden ja koneiden palautuksien lisäksi jätehuollon toiminnasta, jossa työmaalta poistetaan syntyvä

jäte. Jätehuollon toimiminen on erittäin tärkeä osa työmaan siisteyttä ja turvallisuutta. Työmaalle pakkautuva rakennusjäte ja käyttämättömät materiaalit voivat aiheuttaa ongelmia tilan suhteen ja sitä kautta vaikeuttaa työmaan turvallisuuteen ja tuottavaan toimintaan.

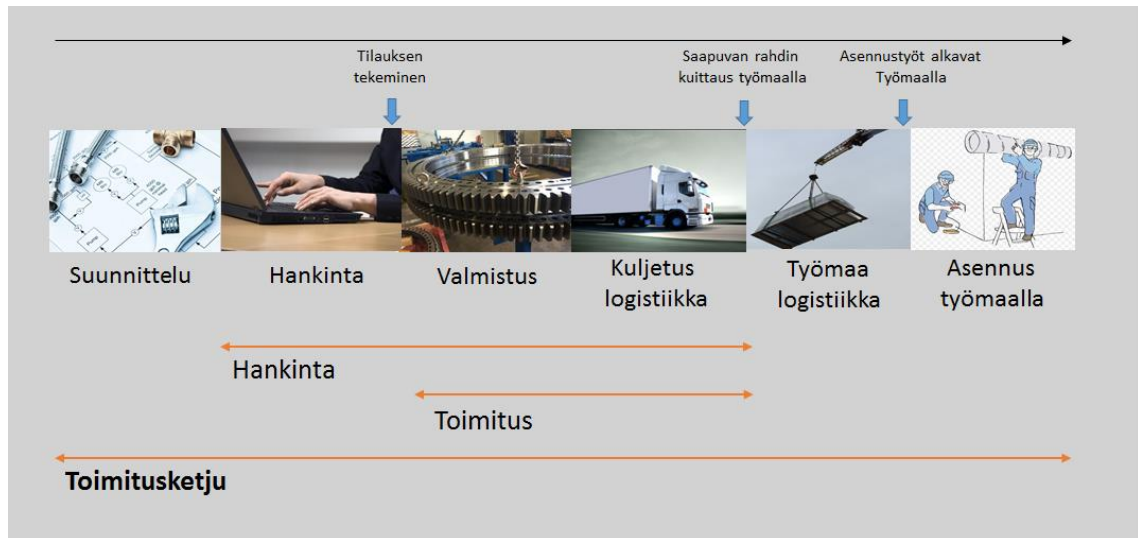
Paluulogistiikan merkitys on suuri myös ympäristövaikutuksen näkökulmasta. Työmaalla tulee paljon esim. puu- ja metallijätettä, jotka tulee kerätä omille jätelavoille. Kierrättämällä ja uusiokäyttämällä vähennetään jätteiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia ja kasvihuonepäästöjä.

Lisäksi paluulogistiikkaan kuuluva vuokrakoneiden ja muiden työkalujen palautus on huomion arvioinen seikka. Koneille ja työkaluille tulisi tilata palautus vuokraajalta heti, kun niitä ei enää tarvita. Välineistä aiheutuu turhia ylimääräisiä vuokrauskuluja kaikkien niiden päivien ajalta, kun ne eivät ole enää käytössä ja seisovat työmaalla käyttämättöminä.

### 5.3 Toimitusketju

Toimitusketjulla (Supply Chain) tarkoitetaan niitä kaikki toimintoja ja prosesseja, jotka tarvitaan tuotteen saamiseksi työmaalle. Toimitusketju koostuu eri organisaatioiden verkostosta, jossa kehitetään ja ohjataan tieto-, raha-, materiaali- ja palveluvirtoja.

Jokaisella toimijalla on verkostossa oma roolinsa. Verkoston muotoutuminen ja rakenne muototuvat aina toimialan ja yrityksen mukaan. [Logistiikka ja toimitusketju. 2016]. Alla olevassa kuvassa (kuva 6) on esitelty rakennusteollisuudessa syntyvä toimitusketju. Rakennustuotannon logistiikassa toimitusketjua tarkastellaan aina valmistusta ja hankintaa edeltävästä suunnittelusta tuotteen asentamiseen työmaalla [Pahkala ym. 2010: 677]. Rakentamisteollisuudessa toimitettavat tuotteet ja materiaalit voidaan jakaa pientarvikkeisiin, vakiotuotteisiin ja projektikohtaisiin hankintoihin.



Kuva 6. Toimitusketjun eri vaiheet rakentamisessa [Talvitie 2013: 13, muokattu]

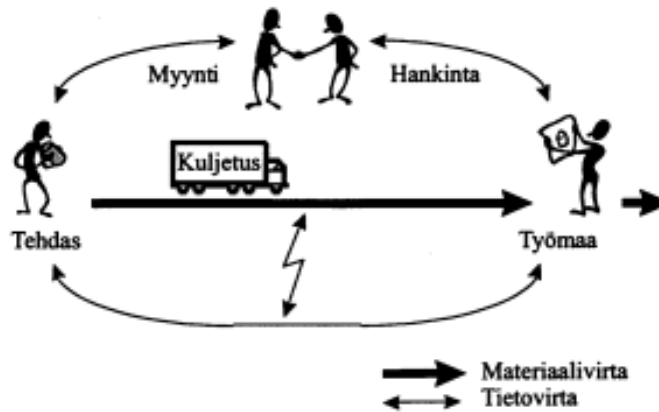
Toimitusketjua voidaan pitää siis eri toimijoita yhdistävä kokonaisuutena, jossa pyritään parantamaan kustannustehokkuutta, tuottamaan lisäarvoa ja lisäämään asiakaslähtöisyyttä.

Toimitusketjun hallinnalla (Supply Chain Management, SCM) tarkoitetaan materiaali-, raha- ja tietovirtojen kokonaisvaltaista suunnittelua, ohjaamista ja johtamista. Hyvällä toimitusketjun hallinnalla pystytään maksimoimaan asiakkaan arvonlisäys. Toimitusketjun hallintaan sisältyy myös toimijoiden välisen ketjun rakenteen kehittäminen ja sen muodostaminen niin, että se olisi mahdollisimman tehokas. Toimitusketjusta tulisi karsia kaikki ylimääräinen pois ja kehittää ketju mahdollisimman yksinkertaiseksi. Arvioiden mukaan yhden välikäden lisäys jakeluketjuun tuo tuotteen hintaan 7 %:n lisäyksen [Inkiläinen 2010: 45].

Kysyntäketjun hallinnasta (Demand Chain Management) voidaan puhua toimitusketjun hallinnan rinnalla tai erikseen silloin kun halutaan korostaa kysynnän merkitystä. Tällä korostetaan sitä, että kysyntä on aina lähtöisin asiakkaalta ja tuotteiden tarjonta toimittajilta. Asiakkaiden kysyntä tulisi siis aina pystyä ennakoimaan ja hallitsemaan, jotta koko toimitusketjun suorituskyky pystyttäisiin pitämään korkealla tasolla.

Kuvasta 7 nähdään, miten materiaali- ja tietovirrat kulkevat toimittajan ja työmaan välillä. Rakennusyrityksessä materiaali ja tietovirtojen hallinnasta vastaavat hankintaosasto ja työmaa. Materiaalitoimituksien onnistumiseen vaikuttaa taas toimittajan myynnin,

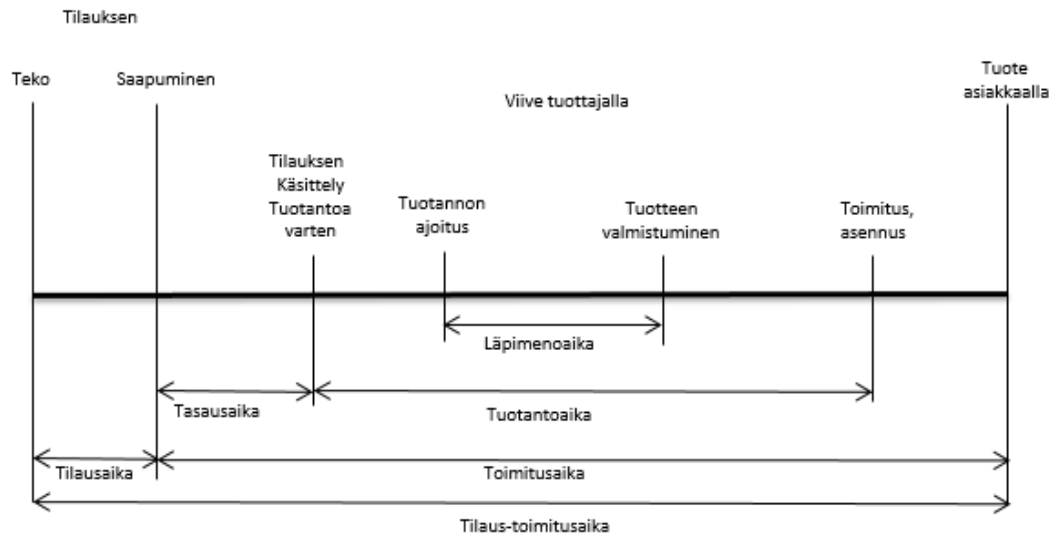
tuotannon ja lähettämön toiminta. Toimitusten hallinta on tärkeä osa toimivaa työmaata ja sen sujuvalla toiminnalla säästetään toimituksissa aikaa ja rahaa. [Pahkala ym. 2010: 678.]



Kuva 7. Materiaali- ja tietovirran kulkeutuminen eri osapuolien välillä [Pahkala ym. 2010: 678]

#### 5.4 Tilausohjattu logistiikka

Kun tuotetaan räätälöityjä toimituksia jollekin projektille tai asiakkaalle, puhutaan tilausohjatusta toiminnasta. Tällaista toimintaa ilmenee paljon rakennusteollisuudessa, koska tuotteiden tekniset vaatimukset, mallit, määrät ja vaatimukset vaihtelevat kohteittain. Tilausohjatulla tuotannolla tarkoitetaan sellaisia tapauksia, jossa tuotetta ei kannata tai voida tuottaa varastoon, vaan ne on valmistettava vasta tilauksen perusteella. Tilausohjatun toiminnan haaste ja samalla kilpailuvaltti on toimituksen kokonaisviiveen lyhentäminen. Kokonaisviiveellä tarkoitetaan ajanjaksoa tilauksen tekemisestä siihen, kun tuote on ns. käyttövalmiina asiakkaan tiloissa. Toimitusajan lyhentäminen ei kuitenkaan saa missään tilanteessa huonontaa tuotteen laatua tai lisätä sen hintaa. Päinvastoin sen tulisi auttaa kustannuksien laskemiseen ja laadun parantamiseen. Tilaus - toimitusjakso voidaan esitellä kuvan 8 mukaisesti aikakomponentein. [Karrus 2003: 53–57.]



Kuva 8. Tilauksen ja toimituksen välinen aikajana [Karrus 2003: 57]

Tilausohjattuun logistiikkaan liittyy olennaisesti JIT (Just In Time) -ajattelumalli, jossa materiaalia toimitetaan juuri oikea määrä ennalta sovittuun aikaan. Sen peruseriaate on, että materiaalien valmistus, siirrot ja kuljetukset suunnitellaan ja toteutetaan vain todellisen tarpeen mukaisesti. Tilausohjatussa toiminnassa tuotteen valmistus ja logistiikan järjestelyt aloitetaan vasta asiakkaan tilauksesta. Tämä on erittäin yleinen tapa toimia, kun kyseessä on asiakassovitettu tai paljon tuotannolta vaativa tai paljon pääomaa sitova tuote. Suomalaisessa teollisuudessa erittäin yleinen tapa toimia tilausohjatun toiminnan periaatteella on konepajateollisuus, jossa investointihyödykkeitä, kuten heidän omaan toimintaansa tarvitsemia koneita ja laitteita tuotetaan asiakaskohtaisesti. [Karrus 2003: 53–54.] Ilmanvaihtokoneiden tuotanto on usein myös asiakaskohtaista, ja ne tuotetaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti työlle tai projektille.

## 5.5 Projektien logistiikka

Projekteissa logistiikka on usein asiakassovitettua, siinä tuotettu määrä on melko vähäinen ja asiakkaana on yksi yritys tai käyttäjä. Projekti on aina kestoaltaan rajattu kokonaisuus, jonka tavoitteena on tuottaa asiakkaan kanssa määritetty tuote tai kokonaisuus. Suurin osa tehtävistä ajoitetaan lopullisesti projektikalenteriin vasta toimitussopimuksen synnyttyä, vaikka projektista on aiemmin voitu tehdä jo kattava esisopimus ja aikataulu.

Yksityiskohdat tarvittavista resursseista, materiaaleista ja komponenteista saadaan selville vasta asiakkaan ja toimittajan sovittua tarkemmin projektin sisällöstä. Tämän johdosta projekteissa on henkilöstön, materiaalien ja työvaiheiden ajoittaminen ja sovit-taminen ratkaisevana tekijänä projektin onnistumisen kannalta. Projektin aikana tarpeet ja suunnitelmat voivat vielä muuttua, minkä vuoksi ei ole järkevää tuottaa, hankkia ja varastoida etukäteen kaikkia tarvittavia materiaaleja. Niiden ajoitukset ja määrät tarken-tuvat yleensä vasta projektin lopullisessa aikataulutuksessa tai projektin edetessä. Ma-teriaalien saapuminen työmaalle tai kohteeseen onkin sovitettava sen hetkiseen tar-peeseen. Tämä korostaa toimituksien luotettavuutta ja varmuutta, koska ongelmat toi-mituksissa voivat pitkittää työvaiheita ja vaikuttaa oleellisesti seuraavien työvaiheiden alkamiseen. Tämä taas voi johtaa koko projektin viivästymisen ja sitä kautta sopimus-sakkoihin ja muihin seuraamuksiin. [Karrus 2003: 69–70]

Projekteissa hankittaville materiaaleille tulee tehdä hankintasuunnitelma, josta ilmenee tarvittavat materiaalien määrät ja toimitusajankohdat työmaalle. Suunnitelma tehdään projektin aikataulutuksen jälkeen. Sen perustarkoituksena on tavaramäärien ajoituksen määrittäminen tarvehetkelle sekä hankinnan ja tilaamisen ajoittaminen vähintään toimi-tusaikaa vastaavan ajan päähän. [Karrus 2003: 70.]

Toimitukset olisi järkevää sopia toimitusikkunalle, jossa tavarantoimittaja voi toimittaa materiaalit ikkunan alkuun, mutta tekee lopullisen toimituksen kuitenkin vasta erillisestä ns. kotiinkutsusta. Tällä vältetään tavarantoimituksen liian aikainen tuleminen työmaalle, jos josta-kin syystä työvaiheen aloitus on myöhässä. Ahtaalle työmaalle on syytä välttää ylimää-räisen tavarantoimitusta viimeiseen asti. Tällöin materiaalin mahdollisesta varastoinnis-ta koituvista kustannuksista on syytä sopia erikseen toimittajan kanssa etukäteen. [Kar-rus 2003: 70.]

Tärkeä osa projektien onnistunutta hankintaa on myös selkeiden urakkarajojen määrit-täminen. On tärkeää tietää hankintavaiheessa, minkä materiaalin hankintavastuu kuu-luu kenellekin. Tämä korostuu esimerkiksi suurien rakennushankkeiden aikana, jossa hankintojen määrä on suuri. [Kempainen ym. 2009: 4.]

Projektitoiminnassa ongelmana on usein hankintatapahtumien suuri määrä. Isoilla yri-tyksillä erilaisia hankintanimikkeitä voi olla monia tuhansia. Osa näistä on suuria ja osa pieniä eriä. Tämä aiheuttaa suuria kustannuksia esimerkiksi laskutuksessa. Lisäksi lähes jokainen hankinta voi olla tiukkaan ajoitetussa projektissa ongelma töiden ete-

nemisen kannalta. Usein työvaiheet voivat olla riippuvaisia edeltävästä työvaiheesta, jolloin seuraava työvaihe ei pääse alkamaan ennen kuin aiempi työvaihe on tehty. Tämän takia hankintatilausten hallinta ja toimitusten täsmällisyys ovat tärkeä osa työmaan sujuvaan etenemiseen. Työmaalla odottelusta syntyy aina kustannuksia, kun työmiehet eivät pääse tekemään työtä ajoissa. Onkin syytä harkita tärkeimpien materiaalien tilaamista hyvissä ajoin ja jopa varastointia. [Karrus 2003: 69–70.]

## **6 Ilmanvaihtokoneiden logistiikka**

Ilmanvaihtokoneet ovat kustannuksiltaan merkittävä yksittäinen tekijä rakennuksen talotekniikan toteutuskustannusten kannalta. Kustannustehokkuuden, aikataulun ja turvallisuuden kannalta on koneiden logistiikka suunniteltava ja toteutettava järjestelmällisten suunnitelmien pohjalta aina tapauskohtaisesti. Sujuva logistiikka vaatii saumatonta yhteistyökykyä ja informaatiota eri osapuolten välillä. Tässä luvussa esittelen koneiden hankinnasta alkavan logistisen suunnittelun jatkumisen aina koneiden nostoihin konehuoneeseen.

### **6.1 Hankinta**

Hankintaosastolla on erittäin merkittävä rooli koko projektin onnistuneessa läpiviennissä, niin talouden kuin aikataulun kannalta. Sen tehtävänä on kilpailuttaa ja arvioida paras koneiden toimittaja hankkeelle. Oikealla toimittajavalinnalla voidaan taata hankintalogistiikan onnistuminen. Tämä näkyy projektin loppupäässä, kun koneet ovat asennettuna aikataulussa työmaalla. Hankintaan osallistuu itse koneiden hankintahenkilöstön apuna rakennettavan kohteen IV-projektipäällikkö, joka vastaa aikataulusta, koneiden järjestelystä, nostotöistä ja informaatiosta eri osapuolien välillä. Yhteistyöllä päästään parempaan lopputulokseen toimituksien oikeellisuuden ja tuotteen laadun suhteen.

Oleellinen osa hankintaa on tuotteen hankinnan lisäksi toiminnan onnistumisen arviointi sekä palautteen antaminen toimittajalle.

Voidaan sanoa, että ostaa osaa jokainen mutta hankinta vaatii ammattilaisen osaamista. Tällä tarkoitetaan sitä, että hankinta on vaikeampaa kuin pelkkä ostaminen. Ostami-

sessä vertailukohtana on yleensä pelkkä hinta, kun taas hankinnassa täytyy hinnan lisäksi ottaa huomioon monet muut tekijät, kuten materiaalien hallinta, tuotteen laatu ja varmuus sekä aikatauluseikat. [Ritvanen 2007: 54.]

### 6.1.1 Hankintalogistiikka

Hankinta on ensimmäinen osa logistista ketjua projektissa. Koneiden hankinta aloitetaan suunnitelmien ja lähtötietojen määrittämisen perusteella lähettämällä koneista tarjouspyynnöt valituille toimittajille. Toimittajan valintaan vaikuttaa koneiden hinnan ja teknisten ominaisuuksien lisäksi monet logistiset tekijät. Koneiden logistiikassa on huomioitava kustannustehokkuus, riskit, toimitusajat, toimitusvarmuus, luotettavuus ja joustavuus. Koneiden hankinta tulisi aloittaa niin aikaisin kuin mahdollista, jotta järjestelyille ja muutoksille jää aikaa. Koneiden toimitusaika on toimittajasta riippuen yleensä noin 8–10 viikkoa.

Hankintaa aloittaessa tulee aina selvittää kohteen mahdolliset erityisvaatimukset tai rajoitteet logistiikan suhteen. Toimitusten suunnittelussa tulee aina miettiä, mikä on toimivin ratkaisu kyseiselle työmaalle. Toimituserien koot ja ajoitukset on osattava nähdä hyvissä ajoin. Lisäksi koneiden mahtuminen kyseiseen konehuoneeseen on varmistettava aina, jos kohteen konehuoneen tiedetään olevan todella tiukaksi mitoitettu.

Koneiden toimittajan valinta voidaan tehdä kohteesta riippuen paikallisesti, alueellisesti tai ulkomailta. Päätös riippuu usein kohteen sijainnista, markkinahintojen vaihtelusta ja markkinoiden rakenteesta. Lisäksi vaihtelevat tullimaksut ja logistiikan kustannuksien nousu ovat olennainen osa päätöstä. [Hokkanen ym. 2010: 78.]

Ulkomailta koneita tilattaessa on logistiset järjestelyt aina suuremmat, kuin kotimaasta tilattaessa. Koneiden hankinta ulkomailta lisää automaattisesti riskien määrää logistisessa ketjussa. Ulkomailta tulevasta toimituksesta suurimpana riskinä on tavaravirran pysähtyminen. Tavaravirta voi pysähtyä monestakin syystä. Riskikohtia voi olla terminaali, satama, tulli, liikenne tai tavarankäsittely. Turvallisuuden tärkeys logistiikassa on kasvanut, koska aikataulutus on kriittinen tekijä toimituksen onnistumisessa. [Vesterinen 2009: 37–38.]

Vahingoittuneeseen tuotteeseen voi olla erittäin vaikea tehdä muutoksia jälkikäteen esim. varaosien puutteen vuoksi ja matkan aikana sattunut kolari voi lisätä toimitusai-



kaa kuukausilla. Ulkomailta tulevien rahtien kustannukset ovatkin hieman hankalampi määrittää etukäteen tarkasti niiden mahdollisten kuljetusriskien takia. Logistisesti järkevintä olisikin tilata koneet aina mahdollisimman läheltä kohdetta. Tämä vähentää suuresti riskejä ja vähentää kuljetuksesta syntyvää hiilijalanjälkeä energiatehokkuuden näkökulmasta. Tällöin myös toimituksista on helpompi sopia tarkalla aikataululla ja mahdolliset muutokset koneisiin ja toimituksiin ovat paremmin toteutettavissa.

Koneiden hankintavaiheessa käydään koneiden logistiikkaan liittyviä asioita läpi ennen, kuin koneet lähtevät tehtaalta työmaalle. On huomioitava, miten koneet lastataan tehtaalla rekkaan ja rekasta työmaalle. Rekkojen on sovelluttava tyhjentämään tavaralasti tarvittaessa sivulta tai päältä. Koneiden nostojärjestys on tiedettävä jo tehtaalla ja niiden lastaus on suorittava järkevästi niin, että ainakin yksi konekokonaisuus on yhdessä kuormassa. Koneiden pakkauskoot on päätettävä jo tehtaalla, ja niiden tulisikin olla pakattuna niin, että ne mahtuvat kohteen haalausaukoista ja kulkureiteistä sisään.

Logistisesti on tehokkaampaa yhdistää osia jo tehtaalla kokonaisuuksiksi, mikäli se on mahdollista kuljetuksen ja nostojen kannalta. Tällöin lastauksessa ja koneiden nostoissa säästetään aikaa, kun koneet saadaan isommissa paketeissa työmaalle. Tämä vaatii aina tarkat tiedot koneiden haalauksesta ja työmaalla käytettävistä nostolaitteista, jotta koneet varmasti saadaan turvallisesti ja tehokkaasti nostettua ja asennettua. Koneiden (tulo- tai poistokone) olisi hyvä koostua 3–4 osasta, jolloin koot eivät kasva liian suuriksi. Lisäksi tulee huomioida koneiden nostolenkit, joista kone kiinnitetään nostettaessa liinoihin. Koneissa tulisi olla nostoihin tarkoitettut nostolenkit ainakin yli 9 m<sup>3</sup>/s kokoluokan koneissa.

Koneen koosta riippuen voidaan suuret lämmöntalteenottokiekot toimittaa osissa. Kiekkojen toimitus voi olla haastavaa ja jopa mahdotonta kuljettaa yhdessä osassa järkevästi. Tällöin koneiden asennusvaiheessa on oltava erittäin varovainen kiekkoja kasattaessa. LTO-kiekkojen asennusta hankaloittaa kiekon korkea ja kapea rakenne.

Koneiden suojaus ja paketointi on erittäin tärkeää kuljetuksien aikana. Kuljetuksessa tapahtuva virhe voidaan ennaltaehkäistä hyvällä osien suojauksella. Tämän takia siihen on kiinnitettävä huomiota koneita tilattaessa ja varmistettava, että ne ovat asiallisesti suojattuna matkan aikana.

## 6.1.2 Toimituslausekkeet

Koneita tilatessa on tärkeä tuntee olemassa olevat toimituslausekkeet. Toimituslausekkeet määrittelevät missä vaiheessa kuljetusta riskit, kustannukset ja vastuu siirtyvät myyjältä ostajalle. Yleisesti käytössä olevia toimituslausekekokoelmia ovat ulkomaankaupassa käytettävä Incoterms ja Suomen sisäisessä kaupassa käytössä oleva Finnterms. Incoterms-lausekkeita voidaan käyttää myös kotimaan kaupassa, mutta ne eivät täysin vastaa Suomessa noudatettavia käytäntöjä. Lausekkeiden lyhenteet ovat kolmi-kirjaimisia, ja ne sisältävät nimen lisäksi kauppatavaran määritelmän. Finnterms lausekkeita on kuusi kappaletta ja Incoterms-lausekkeita yksitoista [Hokkanen ym. 2010: 122–123.]

### Finnterms-lausekkeet

- NOL Noudettavana lähettäjältä
- FCA Vapaasti kuljettajalla
- CPT Kuljetus maksettuna
- CIP Kuljetus ja vakuutus maksettuina
- DDU Toimitettuna
- TOP Toimitettuna perille

### Incoterms-lausekkeet

- EXW Ex Works
  - Noudettuna lähettäjältä
- FCA Free Carrier
  - Vapaasti rahdinkuljettajalla
- CPT Carriage Paid To
  - Kuljetus maksettuna
- CIP Carriage and Insurance Paid To
  - Kuljetus ja vakuutus maksettuina
- DAT Delivery at Terminal

- Toimitettuna terminaalissa
- DAP Delivery at Place
  - Toimitettuna määräpaikalle
- DDP Delivered Duty Paid
  - Toimitettuna tullattuna
- FAS Free Alongside Ship
  - Vapaasti aluksen sivulla
- FOB Free On Board
  - Vapaasti aluksessa
- CFR Cost and Freight
  - Kulut ja rahti maksettuina
- CIF Cost, Insurance and Freight
  - Kulut, vakuutus ja rahti maksettuina [Hokkanen ym. 2010: 124]

## 6.2 Koneiden kuljetukset työmaalle

Toimitusten varmistamiseksi tehdään siis tarkat suunnitelmat toimituksista. Tarkennetut toimitusohjeet välitetään toimittajalle. Ennen koneiden kuljetusta työmaalla on tehtävä monia valmisteluja ja suunniteltava aikataulu yhdessä rakennusurakoitsijan kanssa. Koneet ovat suuria ja vaativat yleensä työmaalla 1–2 päivää nostotöiden suorittamiseen. Tällöin aikataulu on varmistettava toimittajalta erittäin hyvissä ajoin. Näin rakennusurakoitsijalle ja muille urakoitsijoille voidaan ilmoittaa ajoissa mahdollinen pihalueen vaatima osa nosturille ja koneiden kuljetukseen tarvittava reitti työmaalla. Lisäksi on ilmoitettava muista tarvittavista toimenpiteistä.

### 6.2.1 Koneiden järjestyksen määrittäminen

Koneiden järjestyksen suunnittelu tulee tehdä yhdessä asentajien nokkamiehen ja työnjohtajan kanssa. Järjestyksen määrittäminen tulee tehdä sen jälkeen, kun koneista on tehty toimitussopimus ja tiedetään koneiden lopullinen toimituskokoonpano. Järjes-

tys tulee ilmoittaa toimittajalle esimerkiksi toimittajalta saatuun rahtikirjaan, jolloin heidän on helppo nähdä, miten koneet pakataan tehtaalla.

Koneet pakataan niiden asennusjärjestys huomioiden. Koneiden järjestys tulee määrittää siten, että viimeisenä konehuoneeseen nostettava koneen osa asennetaan ensimmäisenä. Konehuoneet ovat usein ahtaita, ja koneet joudutaan pakkaamaan konehuoneen perälle odottamaan asennusta. Tämä lisää järjestyksen tärkeyttä, koska konehuoneen perältä osan hakeminen voi viedä paljon asennusaikaa ja olla jopa mahdotonta siirtämättä edellä olevia osia pois konehuoneesta. Konehuoneen edustalle pakattujen osien asennus tulee voida aloittaa ensimmäisenä. Tämän jälkeen osat asennetaan pala kerrallaan järjestyksessä.

Hankintavaiheessa tulisikin mieltä esimerkiksi sellaisia tapauksia, joissa konehuone on pitkä ja kapea. Tällöin koneet olisi järkevintä asentaa paikalleen suoraan sitä mukaan kuin niitä siirretään konehuoneeseen. Kone-alustat tulisikin mahdollisesti tilata etukäteen työmaalle ja asentaa ennen kuin koneet ovat konehuoneessa. Koneet voitaisiin siten asentaa suoraan esivalmistellulle alustalle. Kone-alustat on parempi tehdä kokopitkinä koneen alle, kuin jokaisen osan alle valmiiksi erikseen tehtaalla laitettu konealusta. Koneen osien alla erikseen oleva alusta on vaikeampi säätää suoraan ja sen säätäminen on hankalaa, mikäli osa säädettävästä alustasta jää piiloon seinän ja koneen väliin.

### 6.3 Työmaalla valmisteltavat työvaiheet

Työmaalla ennen nostoja valmisteltavat työvaiheet vaativat yhteistyötä rakennusurakoitsijan kanssa. Valmisteltavat työvaiheet on ilmoitettava hyvissä ajoin rakennusurakoitsijalle, jotta he osaavat varautua niiden toteuttamiseen tarvittavana ajankohtana. Koneiden haalaamisen kannalta tärkeitä työvaiheita ovat esimerkiksi haalausaukkojen, laskupetien, purkupaikan ja kulkuyhteyden raivaus työmaalla sekä konehuoneiden lattioiden tekeminen ennen koneiden saapumista.

#### 6.3.1 Haalausaukot

Haalausaukot tulee olla avattuna oikeista kohdista viimeistään noin viikko ennen nostoja, jotta laskupedit ja haalausreitit (kuva 9) voidaan tehdä suoraan oikeaan korkoon.

Asentajan tai työnjohtajan täytyy käydä merkitsemässä haalausaukkojen koot konehuoneen seinään. Haalausaukon täytyy olla sillä etäisyydellä rakennuksen reunasta, että nosturin kantama riittää nostamaan koneen osat suoraan laskupedille. Haalausaukkojen koot ilmenevät rakennuspiirustuksista, mutta koneajoista on hyvä tarkistaa koneiden osien koot, jotta kaikki osat mahtuvat varmasti aukosta sisään. Kokoja tarkistaessa on huomioitava koneiden kuljetuslavojen- ja pakkauksien tuoma lisämitta kokoihin sekä pumppukärrijen aiheuttama vaikutus korkoon. Haalausaukot onkin hyvä tehdä suoraan reilusti koneiden osia suuremmaksi. Työnjohtajan täytyy valvoa, että haalausaukko tulee oikeaan paikkaan ja riittävän suureksi.



Kuva 9. Kuvassa haalausaukko, laskupeti ja haalausreitti

### 6.3.2 Laskupedit

Laskupedit tehdään mahdollisuuksien mukaan suoraan haalausaukkojen eteen. Näin koneet on helppo vetää sisään konehuoneeseen. Laskupedin on oltava tarpeeksi iso ja jämää, jotta se kestää painavimpienkin osien painon ja koneet voidaan laskea turvallisesti pedille. Painavimmillaan osat (esim. pyörivä LTO-siirrin) voivat painaa koneen koosta riippuen jopa yli 1 000 kg. Mikäli osia on yhdistelty tehtaalla voi paino nousta vieläkin korkeammaksi. Koneiden sujuvan haalauksen mahdollistamiseksi on kuitenkin ehdoton maksimi painoraja osille 1 500 kg.

Laskupeditä konehuoneeseen tehtävä haalausreitti on tehtävä tarpeeksi loivaksi, jotta koneen osat eivät tule vauhdilla niitä haalaavan henkilön päälle. Toinen syy on se, että haalausreitillä ollessa liian jyrkkä voivat pinontatrukki ja pumppukärret jäädä pohjasta kiinni kulman kohdalta. Haalausreitillä kulma on katsottava mahdollisimman loivaksi aina tapauskohtaisesti kohteen konehuoneen rakenteesta riippuen. Lisäksi haalausreitti on oltava tarpeeksi leveä, ettei haalattava osa pääse kaatumaan reitiltä. Laskupedin tekeminen tulee suunnitella yhdessä työmaan timpureiden kanssa. Näin voidaan kertoa, millainen laskupedit ja haalausreitillä tulee tarkalleen olla koneiden koosta riippuen.

### 6.3.3 Konehuoneen lattiarakenne

Konehuoneen lattian pintakäsittely on oltava tehtynä ennen kuin koneet haalataan konehuoneeseen. Konehuoneen lattian tekemisestä kannattaa käydä keskustelua pääurakoitsijan kanssa hyvissä ajoin, jotta lattia on varmasti valmiina tarvittavaan päivämäärään mennessä. Konehuoneen lattia voidaan toteuttaa esimerkiksi elastomeerillä. Elastomeeri toimii hyvin konehuoneessa, koska se voidaan ruiskuttaa lattialle jo kaksi viikkoa valun jälkeen ja se kestää hyvin työaikaista rasitusta. Elastomeerin vahvuuksia on sen kestävyys kulutusta vastaan esim. betoniin ja teräkseen verrattuna, läpihengittävyys ja murtovenymä. Elastomeerin tekemistä lattiaan voidaan verrata maalaamiseen, ja ainoana erona on sen kerrospaksuus.

Hyvänä vaihtoehtona lattian ehjänä säilymistä varmistamiseksi voidaan elastomeeri tehdä aluksi vain ilmanvaihtokoneiden alta, jolloin lattia ei pääse hajoamaan tai repeilemään koneita haalattaessa. Tämä helpottaa molempien urakoitsijoiden työtä, kun IV-asetajien ei tarvitse varoa lattian rikkoutumista koneita haalattaessa. Lisäksi raken-

nusurakoitsijan ei tarvitse suojata ja jälkikäteen korjata koko konehuoneen rikkoutunutta lattiaa kokonaisuudessaan.

#### 6.4 Työmaalogistiikka

Aikataulu on aina ilmoitettava rakennusurakoitsijalle. Työmaan tavoista riippuen aikataulu koneiden saapumisesta tulee aina suullisen ilmoituksen lisäksi merkitä esim. työmaatoimiston logistiikka-aikatauluun ja työmaa-aikataulun viikkosuunnitelmaan.

Työmaalogistiikan osuus alkaa, kun koneet saapuvat työmaalle. Koneet otetaan sisään aluesuunnitelman ja logistiikkasuunnitelman mukaisesta paikasta. Suunnitelmista ilmenee tarkat paikat liittyen tavaran vastaanottoon, purkamiseen ja siirtelyyn. Rakennusurakoitsijan kanssa tulee sopia nostopaikka ja tarkastaa, että se kantaa nosturin painon.

Koneiden saavuttua työmaalle on tärkeää, että piha on siistissä kunnossa ja kuljetusauto pääsee ajamaan suoraan nostopaikalle. Kuormaa vastaanottavan henkilön on opastettava kuorma purkupaikalle työmaalla. Näin nosturin on mahdollista nostaa koneet suoraan konehuoneisiin. Mikäli koneet joudutaan nostamaan ensin työmaan pihalle, on huomioitava, että siirtelyyn tarkoitettulla traktorilla esim. kurottajalla tai trukilla on tilaa järjestellä koneet pihalle oikeaan nostojärjestykseen. Koneiden siirtelyssä tulee noudattaa valmistajan ohjeita vahinkojen välttämiseksi. Jos koneita siirrellään päällekkäin, on varmistettava, että päällimmäisen koneen paino jakautuu tasaisesti alemman koneen osan kanssa.

Koneiden osat tulee olla merkittynä numeroin tai kirjaimin, jotta tiedetään koneiden oikea nostojärjestys. Tämä korostuu varsinkin silloin, kun koneet joudutaan laskemaan pihalle ennen nostamista. Selkeästi merkityt koneen osat helpottavat nostotyöntekijöiden toimintaa. Mikäli koneita ei ole selkeästi merkitty, on työmaalla nokkamiehen tai muun nostoista vastaavan henkilön merkittävät osat. Pihalla koneita nostolenkkeihin kiinnittävät henkilöt tietävät silloin tarkalleen, mikä on nostojärjestys. Lisäksi koneita siirtelevän kurottajakuskin on tiedettävä, missä järjestyksessä hän koneita nostopaikalla ajaa. Nostojärjestyksestä tehty lomake tai lappu on annettava työmaan pihalla toimivalle työntekijälle, joka ohjaa nostojen järjestystä pihalla.

Mahdollinen koneiden varastointi tulee tehdä kuivaan tilaan suojaan sateelta ja likaantumiselta. Koneita ei tulisi jättää yön yli pihalle, koska osat eivät kestä sateen aiheuttamia kosteusvaurioita. Vaikka ei sataisi, on koneet pidettävä sisätiloissa lyhytaikaistakin varastointia varten. Pieni reikä koneen suojamuovissa voi päästää esimerkiksi puhaltimeen kosteutta, joka voi aiheuttaa vakavia vaurioita kuten ruostumista pitemmän ajan kuluessa. Lisäksi useamman päivän säilömisen johdosta alkaa koneen suojaksi laitettun muovin sisään kondensoitua kosteutta. Tämän takia osia ei tulisi pitää muoveissaan muutamaa päivää kauempaa. Koneet tulee purkaa pakkauksistaan vasta asennusvaiheen alkaessa.

Koneita vastaanottaessa on lähetyslistasta tarkistettava, että kaikki laitteet ja osat on toimitettu. Koneen osien lisäksi tulee tarkistaa, että toimituksessa on mukana esimerkiksi varasuodattimet, varahihnat ja tarvittavat asennustarvikkeet. Jos lähetyksessä havaitaan jokin puute, on siitä tehtävä merkintä rahtikirjaan ja ilmoitettava puutteesta kuljettajalle ja omalle esimiehelle välittömästi.

#### 6.4.1 Koneiden nostotyöt

Työnjohtajan on tilattava ajoneuvonosturi työmaalle hyvissä ajoin. Nosturin tilaajan on huolehdittava, että tilattava nosturi soveltuu nostoihin, ja mikäli nostoissa on jotain erikoista tilan yms. turvallisuuteen liittyviä asioita, on ne ilmoitettava etukäteen nostotyöskentelystä vastaavalle henkilölle.







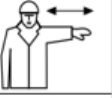





Nostotyö tapahtuu torni- tai ajoneuvonosturilla. Nosturin tulee voida nostaa ilmanvaihtokoneiden paino katon korkeudelle ja tarpeelliselle etäisyydelle. Käytettävän nosturin täytyy olla soveltuva kyseisiin nostoihin, ja se täytyy olla tarkastettu ennen nostoja.

IV-koneiden nostot tapahtuvat yleensä vesikaton kautta konehuoneisiin, eikä nosturinkuljettajalla ole suoraa näköyhteyttä laskettavaan paikkaan. Tämä lisää nostoissa mukana olevien työntekijöiden roolia merkinannoissa ja radiopuhelimella ohjeistettaessa.

Nostotyöskentelyssä on noudatettava erityistä varovaisuutta ja radiopuhelimella nosturikuskiin yhteydessä olevan henkilön on oltava aiemminkin nostoja tehnyt henkilö. Ylhäällä koneita vastaanottavan henkilön on osattava antaa kuskille oikeat ohjeet koneen laskemiseen laskupatjalle. Nostoissa kaiken onkin tapahduttava kontrolloidusti rauhallisella ja selkeällä toiminnalla. Työmaalla koneita kiinnittävän henkilön on tunnettava



nostoissa käytettävät käsimerkit, jolla hän ohjeistaa nosturin kuljettajaa. Kuvasta 10 ilmenevät yleisimmät käskyt nosturin kuljettajan ohjaamiseen.

ALOITA Huomio Käskyn alku	molemmat kädet on levitetty vaakasuoraan kämmen eteen		LIIKU ETEEN	molemmat käsivarret taivutetaan kämmenet ylöspäin ja kädet kyynärpäistä lähtien tekevät hitaita liikkeitä kehoa kohti	
SEIS Keskeytys Liikkeen lopetus	oikea käsivarsi osoittaa ylös kämmen eteen		LIIKU TAAKSE	molemmat käsivarret taivutetaan kämmenet alaspäin ja kädet kyynärpäistä lähtien tekevät hitaita liikkeitä kehosta pois päin	
Toiminnon LOPPU	molemmat kädet vastakkain rinnan korkeudella		OIKEALLE merkinantajasta	oikea käsivarsi ojennetaan vaakasuoraan kämmen alaspäin ja tehdään hitaita pieniä liikkeitä oikealle merkinantajasta	
			VASEMMALLE merkinantajasta	vasen käsivarsi ojennetaan vaakasuoraan kämmenpuoli alaspäin ja tehdään hitaita pieniä liikkeitä vasemmalle merkinantajasta	
NOSTA	oikea käsivarsi osoittaa ylöspäin kämmen eteenpäin ja tekee hitaasti ympyrän		VAAKASUORA ETÄISYYS	kädet osoittavat kyseisen etäisyyden	
LASKE	oikea käsivarsi osoittaa alaspäin kämmen sisään päin ja tekee hitaasti ympyrän		VAARA Hätäpysäytys	molemmat käsivarret osoittavat ylöspäin kämmenet eteenpäin	
PYSTYSUORA ETÄISYYS	kädet osoittavat kyseisen etäisyyden		NOPEASTI	kaikki liikkeet nopeammin	
			HITAASTI	kaikki liikkeet hitaammin	

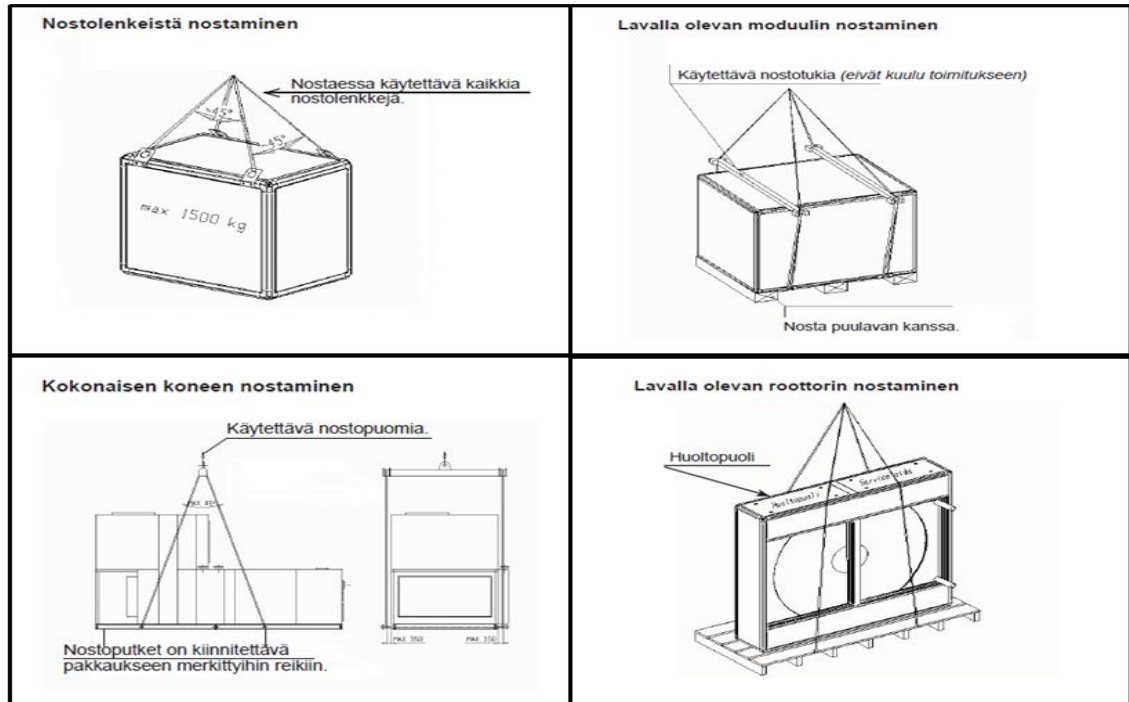
Kuva 10. Käsimerkit nosturin kuljettajan ohjaamiseen [Nostoapuvälineet, turvallisuus 2010: 46–47]

Nostoihin osallistuvien henkilöiden on tunnistettava nostoihin liittyvät vaarat sekä oikea toteuttamistapa. Nostoihin varatun nosturin on pystyttävä nostamaan koneet suoraan haalausaukkojen eteen. Näin koneet saadaan haalattua konehuoneisiin ilman turhia siirtelyitä.

Mikäli konehuoneita on kaksi, tämä täytyy huomioida nostojärjestyksessä. Koneita ei välttämättä saada nostettua samalta paikalta molempiin konehuoneisiin vaan autonosturia voidaan joutua siirtämään. Autonosturia siirtäessä joutuu se aina ajoa varten laskemaan nostopuomin alas. Tämä tarkoittaa yleensä pitkää siirtymäaikaa, jonka takia autonosturin sijoittelu on erittäin tärkeää. Hyvällä autonosturin sijoittelulla ja jatkopuomin käytöllä voidaan välttyä ylimääräisiltä nosturin siirroilta.

## 6.4.2 Nostoapuvälineet

Kuvassa 11 on esitetty erilaisia mahdollisia nostotyylejä koneen osille. Nostoissa koukut tulee kiinnittää niille tarkoitettuihin kiinnityspisteisiin. Mikäli nostettavassa kuormassa ei ole nostopisteitä, on kiinnitys tehtävä nostoliinan avulla. Liinoja käyttäessä tulee varmistua niiden nostokapasiteetista ja kunnosta. Nostot nostoliinoilla tehdään haarukkasuunnassa puulavan alta kiertävällä liinoilla.

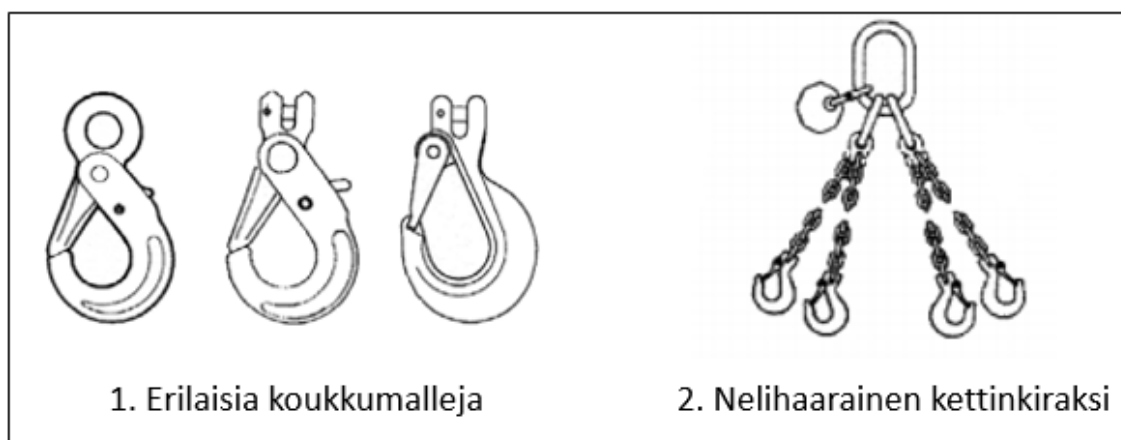


Kuva 11. Erilaisia nostotyylejä [Kuljetus-, varastointi- ja asennusohje 2014: 2]

Koneiden nostoissa käytetään nelihaaraista kettinkiraksia (kuva 12), jotta painopiste on aina mahdollisimman keskellä ja nostettavan taakan tasapaino säilyy. Jos kaikkia raksin haaroja ei käytetä nostoissa, on ylimääräiset raksit kiinnitettävä esimerkiksi päälentkiiin niiden hallitsemattoman heilumisen estämiseksi.

Jos raksissa tai muissa nostoihin liittyvissä välineissä havaitaan kulumaa tai puutteita kunnossa, on nostot keskeytettävä heti. Nostoja voidaan jatkaa vasta, kun vaurioitunut apuväline on vaihdettu tai korjattu. Raksin kunnan silmämääräinen tarkistus on tehtävä aina ennen nostoja [Nostoapuvälineet, Turvallisuus 2010: 33]. Nostoissa käytetään itsestään lukittuvia koukkuja. Raksin koukussa (kuva 12) on oltava turvasalpa, joka estää koukun aukeamisen. Avomallisia koukkuja saa käyttää vain erikoistapauksissa,

jossa voidaan todeta, että nostot eivät aiheuta henkilö- tai esinevaaraa [Nostoapuvälineet, Turvallisuus 2010: 22].



Kuva 12. Nostoissa käytettävät apuvälineet [Nostoapuvälineet 2010: 46–47]

Kettinkiraksissa on merkintälevy, josta ilmenee mm. suurin sallittu kuorma ja CE-merkki. Sellaiset nostoapuvälineet, joista puuttuu suurinta sallittua kuormaa osoittava merkintä, ei tule käyttää. Merkinnät on tarkistettava ennen nostoja. [Nostoapuvälineet 2010: 21.]

#### 6.4.3 Nostotyön turvallisuus

Turvallisuustoimenpiteiden merkitystä ei pidä vähätellä nostojen aikana. Huono turvallisuuden noudattaminen voi aiheuttaa mittavia henkilövahinkoja sekä taloudellisia menetyksiä. Työmaalla nostojen turvallisuus vaikuttaa monen työntekijän turvallisuuteen. Nostotyön aikana turvallisuutta tulee arvioida koko nostojen ajan. Turvallisuuden takaamiseksi on ainakin seuraavat asiat huomioitava nostoja tehdessä.

- Nosturi tulee olla sijoitettuna tukevalle tasaiselle alustalle tukijalat laskettuna maahan.
- Nosturin nostokyky ja taakkojen painot tunnettava. Painorajoja ei saa ylittää missään olosuhteissa.
- Nostettava taakka on tuettu ja kiinnitetty huolellisesti.
- Nostoapuvälineissä on tarpeelliset merkinnät.

- Nostoapuvälineiden kuntoa seurataan nostojen aikana.
- Nostoille ja nosturille on varattu riittävästi tilaa.
- Nostettavan taakan alla ei saa olla henkilöitä missään vaiheessa nostoa.
- Alue rajataan tarpeen vaatiessa esimerkiksi lippusiimalla.
- Nosturille on tehty tarpeelliset tarkastukset.
- Nosturikuljettajalla ja merkinantajalla on oltava välitön näköyhteys tai radiopuhelinyhteys.
- Nostot toteutetaan rauhallisesti ilman nopeita nykiviä liikkeitä.
- Sääolosuhteita tarkkaillaan nostojen aikana. Nostot on lopetettava, mikäli tuulen nopeus ylittää 15 m/s.
- Varo taakan pyörimistä, heilumista ja keinumista.
- Ylikuormituksenilmaisimien on oltava toimintakunnossa.
- Jos noston aikana huomataan jotain sellaista, mikä voi aiheuttaa vaaraa seuraaville nostoille, on nostot keskeytettävä heti ja ilmoitettava siitä esimiehelle.
- Käytä työssä vaadittavia turvavarusteita.

#### 6.4.4 Nostosuunnitelma

Nostosuunnitelma tulee laatia aina tapauskohtaisesti, kun kyseessä on vaikea tai haastava nosto. Lisäksi nostosuunnitelma laaditaan, mikäli nostoissa käytetään useampaa kuin yhtä nosturia. Nostosuunnitelma tehdään yleensä päätoteuttajan johdolla nostoihin osallistuvien urakoitsijoiden ja tarpeen vaatiessa rakennesuunnittelijan kanssa. [Nostotöiden turvallisuus 1998: 4.]

Nostoja tehtäessä ajoneuvonosturilla tulee nosturin toimittajan osallistua nostosuunnitelman tekoon yhdessä tilaajan työnjohtajan kanssa. Nostosuunnitelma tulee käydä läpi ainakin nosturin kuljettajan, nostoon osallistuvien työntekijöiden ja työnjohdon kanssa. Perehtyminen suunnitelmaan tulee tehdä ennen nostojen aloittamista, jotta nostot voitaisiin suorittaa mahdollisimman turvallisesti. [Nostotöiden turvallisuus 1998: 4.] Tällöin

kaikilla on yhteiset pelisäännöt siihen, miten nostojen aikana toimitaan ja miten nostot etenevät. Ainakin seuraavat asiat tulisi käydä läpi nostosuunnitelmassa:

- nostotyön olosuhteet
- nostopaikat ja -suunnat
- nostettavan taakan nostokohdat ja käsiteltävyys
- nostomenetelmät tarvittaessa suunnittelijan kanssa
- tarvittavat maapohjan tai eri rakenteiden vahvistukset
- nostotyövaiheet
- turvallisuustoimenpiteet
- henkilöstön opastuksen ja ohjeiden tarve
- vastuuhenkilöt. [Nostotöiden turvallisuus 1998: 4]

#### 6.4.5 Koneiden haalaus

Koneita haalattaessa konehuoneisiin ne tulee sijoitella aiemmin suunnitellulla tavalla konehuoneeseen. Sijoittelu on aina tapauskohtaista ja riippuu konehuoneen muodosta. Sijoittelussa tärkeää on, että ensimmäisenä asennettava kone on myöskin ensimmäisenä saatavilla. Lisäksi ensimmäinen osa tulee olla ensimmäisenä vedettävänä paikalleen. Koneiden sijoittelussa tulee myös huomioida päällekkäiset tulo- ja poistokoneet, jolloin toisen kerroksen koneet laitetaan heti ensimmäisen kerroksen päälle. Tällöin konehuoneessa on oltava siihen tarkoitettu nostolaite kuten pinoamistrukki. Nostojärjestys on hyvä sopia asentajien nokkamiehen ja työnjohtajan kanssa. Näin molemmat ovat tietoisia siitä, miten koneet aiotaan ottaa sisälle. Koneiden nostojärjestys tulee olla molemmilla osapuolilla lapulla mahdollisten sekaannusten välttämiseksi.

Haalausaukon edessä olevalta laskupatjalta koneiden siirto tehdään pumppukärryillä tai muulla vastaavalla turvallisella laitteella kuten trukilla. Siirtelyssä tulee olla varovainen korkeiden ja kapeiden osien kanssa, jotta ne eivät pääse keikahtamaan haalauksen aikana. Kaatunut koneen osa voi aiheuttaa erittäin pahan henkilö- tai materiaaliva-

hingon. Siirtelyssä osan tulee olla aina tukevasti pumppukärryjen päällä ennen kuin osaa aletaan haalata konehuoneeseen.

## 6.5 Työnjohdon muistilista

Työnjohdon tulisi aikatauluttaa ja järjestää ainakin seuraavat asiat ennen toimitusta:

- Aikataulun sopiminen ja tilausten jaksotus
  - Toimittajan kanssa
  - Rakennusurakoitsijan ja muiden urakoitsijoiden kanssa
    - ilmoitukset koneiden saapumispäivistä työmaalle hyvissä ajoin
- Toimituserien kokojen määrittäminen
- Kohteen erityisvaatimukset ja rajoitteet logistiikan suhteen selvitettävä
  - Tilan puute työmaalla tai konehuoneessa
  - Erikoisnostot esimerkiksi parvelle suunniteltava etukäteen
- Koneiden kuljetus- ja nostojärjestyksen määrittäminen nokkamiehen kanssa (esim. rahtikirjaan)
  - Kuljetusjärjestyksen ilmoitus toimittajalle
- Tarkastus, etteivät konehuoneen lattiakaivot jää koneiden alle
  - Tarkastus suunnitelmista tai konehuonesuunnittelijalta
- Nostosuunnitelman tekeminen (riskien arviointi)
- Haalausaukot, haalausreitit ja laskupetien toteutus
  - Tehtyjen haalausaukkojen koot varmistettava riittäviksi työmaalla
  - Haalausreitit oltava tarpeeksi loiva siirtoja varten
- Konehuoneen lattian pintakäsittely oltava tehty ennen toimitusta
  - Mahdollisesti vain koneiden alta. Tällöin lattia ei pääse rikkoutumaan haalauksen yhteydessä.
- Autonosturin tilaaminen tai torninosturin varaaminen nostopäiviksi
  - Autonosturia käytettäessä varmistettava nostosäde ja kapasiteetti

- Nosto- ja siirtokaluston järjestäminen työmaalle (kurottaja, pinoamistrukki ja pumppukärret)
- Varmistettava, että työmaan pihan kulkureitit ja nostopaikat ovat esteettömässä kunnossa toimitusta varten
- Koneiden saavuttua tarkistettava, että kaikki tarvittavat osat ovat toimitettu
  - Nokkamiehen tulee tarkistaa saapunut kuorma välittömästi koneiden saapumisen jälkeen ja ilmoittaa mahdollisista puutteista toimittajalle / esimiehelle
- Mahdollinen koneiden varastointi tehtävä kuivaan tilaan suojaan sateelta ja likaantumiselta.

## 7 Ilmanvaihtokoneiden asennustyö

### 7.1 Koneiden asennus

Koneiden asennukseen käytettävät menetelmät ja osat vaihtelevat toimittajien mukaan, mutta peruseriaate asennuksissa on sama. Koneet tulee asentaa aina valmistajan ohjeiden mukaisesti niin, että koneet ovat asennettu tiiviysvaatimusten ja määräysten mukaisesti. Koneiden asennus toteutetaan niin, että ne täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaiset tiiveysvaatimukset.

IV-palakoneiden asennus aloitetaan konealustan ja jalkojen kasaamisella. Konealusta tulee tehdä täysin vaakasuoraan säädettävien jalkatappien avulla ja varmistaa sen suoruuks käyttämällä esimerkiksi vesivaakaa. Jalkaparit tulisi asentaa konemallista riippuen noin 1,0–2,0 m:n välein. Jalkatappien alle tulee asettaa kumitallat, joilla estetään koneen värinän siirtyminen rakenteisiin ja lattiapinnan puhki hiertyminen.

Osien kasaaminen alustalle tehdään toimittajan toimittaman konekuvan mukaisesti, jossa ilmenee koneosien järjestys. Konekuvat tulevat koneiden toimituksen mukana työmaalle. Kasaaminen aloitetaan taaimman osan siirtämisellä alustalle. Osat tuodaan konealustalle naamat vastakkain ja ne työnnetään käsivoimin kiinni toisiinsa. Koneiden rakenteesta riippuen voi niiden työntäminen käsivoimin koneen alustan päällä olla haastavaa johtuen koneen kulman terävyydestä. Tällöin koneen alustaan voidaan suihkuttaa siihen sopivaa voiteluainetta, jolloin osa liikkuu pedin päällä eikä terävä reuna pureudu alustaan.

Osien siirtelyyn ja nosteluun tulee käyttää siihen sopivaa välinettä, kuten pumppukär-ryä ja pinoamiskonetta (kuva 13). Koneiden ollessa isoja voidaan nostoihin käyttää kahta pinoamiskonetta, jotta osan tasapaino säilyy noston aikana. Pinoamiskonetta käytettäessä on varmistettava kyseisen laitteen nostokapasiteetti valmistajan tiedoista.



Kuva 13. Kuvassa pinoamiskone, jolla koneiden osia voidaan siirtää ja nostaa

Koneen liittämiset toisiinsa tehdään valmistajan ohjeiden mukaisesti esimerkiksi lukituspalojen tai kiinnitysruuvien (pulttiliitos) avulla koneen sisä- tai ulkopuolelta. Koneiden väliin asennetaan toimituksen mukana tuleva tiivistysnauha ja koneiden väliset liitokset tulee tarkastaa, että ne ovat kunnolla kiinni.

Koneen liittäminen kammioihin voidaan tehdä useammalla tavalla. Tapoja ovat esimerkiksi porata poraruuvi kauluksesta koneen runkoon profiilin sisäpinnassa tai vetoniitillä niittauskauluksesta konerunkoon. Lisäksi paljon käytetty tapa on ajaa koneen ja kammion välinen liitos työntölistalla kiinni. Myös kammion ja koneen välinen liitos tulee tiivistää huolella tiivistysnauhalla sekä tarvittaessa tiivistemassalla vuotokohtien ehkäisemiseksi.



Ilmanvaihtokoneiden asennustöitä varten tulee muiden töiden olla ajoitettu niin, että konehuoneessa ei olisi samaan aikaan menossa muita työvaiheita. Koneiden siirtely ja asentaminen vaatii tilaa ja konehuoneen ahtaus vaikuttaa töiden etenemiseen ja työturvallisuuteen. Tämän takia tulisi työvaiheiden ajoitus tehdä niin, että ilmanvaihtotyöt saadaan tehtyä mahdollisimman pitkälle ennen, kuin muut aloittavat työt konehuoneessa. Työt tulee sopia ja ajoittaa yhdessä putkiasentajien, sähköasentajien, automaatioasentajien ja muiden urakoitsijoiden kanssa hyvissä ajoin.

Kuvassa 14 on pyörivällä LTO-kiekolla varustettu palakone asennettuna. Koneeseen tulee vielä lisäksi tulo, poisto-, raitis- ja jäteilmakammiot, jotka mitoitetaan yleensä vasta koneen asennuksen jälkeen sekä niihin kytkettävä kanavisto. Lisäksi koneeseen kytketään jäähdytys- ja lämmitysputkisto lamellipattereille, kondenssiviemärointi sekä sähkö ja automaatio. Kuvan koneen ilmamäärät ovat tulopuolella  $+4,1 \text{ m}^3/\text{s}$  ja poistopuolella  $-3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  ja sen on tarkoitus hoitaa kauppakeskuksen ravintoloiden salien ilmanvaihtoa. Sen mitat ovat  $2,24\text{m} \times 2,4\text{m} \times 7,34\text{m}$  (leveys x korkeus x pituus).



Kuva 14. Kuvassa Recairin palakone asennettuna konealustan päälle

## 7.2 Kanavien asennus konehuoneeseen

Kanavisto asennetaan konehuoneeseen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ja Talotekniikan yleisten laatuvaatimusten 2002 määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Ilmanvaihtokanavisto tehdään yleensä asennusvalmiista tiivisteellä varustetuista kana-vaosista. Kanavien ja kanavaosien liitokset on tehtävä siten, ettei kanavisto tai liitostarvikkeet vahingoitu. Kanavistoon ei saa jäädä teräviä kulmia eikä asennuksen yhteydessä syntyvää metalli- ja porausjätettä. Kanavien leikkaukseen tulee käyttää siihen soveltuvaa katkaisuvälinettä, joka ei tuota rautapölyä. Sopivana katkaisuvälineenä toimii kanavan leikkaukseen tarkoitettu kanavaleikkuri. Kanavat kiinnitys toisiinsa tehdään vetoniittien avulla. Poraruuveja ei tule käyttää, koska se hankaloittaa kanava sisäpuolista puhdistusta. [Talotekniikka RYL 2002: 148.]

Kanavat kannakoidaan tukevasti kiinnitettävään rakenteeseen. Kannakkeiden tulee olla paloteknisesti vähintään samaa paloluokkaa kuin kanavienkin. Kanavien tulee pysyä kannakoituna paikallaan palotilanteessa vähintään niiltä vaaditun palonkestoajan. [Talotekniikka RYL 2002: 149.]

Kanaviston on täytettävä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 mukaiset kanavien rakenteelle asetetut vaatimukset. Kanavien ja kammioiden on oltava niin jäykkiä, että ne kestävät oman painonsa ja kanavistossa vallitsevan yli- tai alipaineen. Lisäksi kanaviston tulee kestää sen puhdistamisesta aiheutuva rasitus. [Talotekniikka RYL 2002: 148.]

Kanavistoon tulee asentaa LVI-suunnitelmien mukaiset palo-, säätö- ja sulkupellit. Palopellit asennetaan esimerkiksi konehuoneen lattian läpi kulkevaan kanavaan tukevasti kiinni. Asennuksessa tulee huomioida rakentamismääräyskokoelman osan E7 ohjeet. Säätöpellit asennetaan kanavaan niin, että kanaviston säätö on mahdollista pelleistä. Lisäksi säätöpeltien kiinnityksessä tulee kiinnittää huomioita liitoksen tiiveyteen, koska painehäviöt aiheuttavat häiriöitä mittaus- ja säätötoissa.

Kanavisto tulee palo- ja lämmöneristää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 ja Talotekniikka RYL 2002 -vaatimusten mukaisesti. Eristeen tulee olla yhtenäinen, jotta se estää haitallista kondensoitumista, lämmönhukkaa ja on palo- ja ääniteknisesti toimiva.

### 7.3 Asennuksessa käytettävät suojavarusteet

Turvallisuuden takaamiseksi on sekä koneiden asennuksien, että nostotöiden aikana käytettävä henkilökohtaisia suojavälineitä. Suojavälineiden tulee olla hyväksytyjä (CE-merkillä varustettuja) ja kyseiseen työhön tarkoitettuja. Työnantajan velvollisuus on hankkia ja hoitaa työntekijälleen oikeanlainen turvavarustelu. Turvavälineiden kuntoa ja toimintaa on tarkkailtava niiden käytön aikana. Vioittuneet ja käyttökänsä päähän tulleet turvavarusteet tulee vaihtaa uusiin. Työmaalla pakollisia turvavarusteita ovat ainakin seuraavat suojavälineet:

- Turvajalkineet
- Suojalasit
- Kypärä nelipiste leukahihnalla
- Heijastavat suojavaatteet
- Suojahanskat
  
- Tarvittaessa
  - Kuulosuojaimet
  - Polvisuojat
  - Turvavaljaat

## 8 Yhteenveto

Ilmanvaihtokoneiden logistiikkaketjuun liittyy monia eri vaiheita ja huomioon otettavia seikkoja. Koneiden saaminen tehtaalta konehuoneeseen aikataulussa on monen tekijän summa. Siksi onkin tärkeää, että koneiden logistiikkaketju on mahdollisimman selkeä ja läpinäkyvä. Logistiikkaketjussa korostuu toimijoiden välinen yhteistyökyky ja ajan tasalla oleva informaatio. Yhden toimijan viivästyminen siirtää muiden työvaiheiden aloitusta ja viivästyttää näin koko projektia.

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda selkeä yleisohjeistus ilmanvaihtokoneiden logistiikkaan liittyvistä toimenpiteistä aina koneiden hankinnasta siihen pisteeseen, kun koneet ovat asennettuna työmaalla.

Insinööri työ aloitettiin tutkimalla logistiikan teoriaa sekä haastatteleamalla ilmanvaihtokoneiden hankinnasta vastaavaa henkilöä. Haastatteluita tehtiin lisäksi kahdelle projektipäällikölle sekä työmaalla nokkamiehenä toimivalle asentajalle. Haastatteluissa käytiin läpi, mitä kaikkia järjestelyjä ja toimenpiteitä on tehtävä, jotta koneet saataisiin kuljetettua ja asennettua konehuoneeseen ehjinä, oikeassa järjestyksessä, oikein toimitettuna sekä ajallaan.

Tärkeimmiksi asioiksi koneiden logistiikan onnistumiseksi nousikin hankinnan onnistuminen, tarkka työvaiheiden suunnittelu sekä valvominen, että kaikki tarvittava valmistelut työmaalla, kuten haalausaukot ja reitit ovat tehtynä ajoissa.

Koneiden toimituksissa korostuu turvallisuus ja täsmällisyys. Koneet ovat isoja ja kalliita ja ne voivat aiheuttaa huolimattomasti käsiteltynä suuria henkilö- ja omaisuusvahinkoja. Koneet on tultava aina ajallaan työmaalle niiden logistisen vaativuuden vuoksi. Työmaalla ei ole aikaa ja tilaa säilyttää koneita, ja ne tuleekin saada haalattua konehuoneeseen mahdollisimman sujuvasti, jotta voidaan välttyä mahdollisilta koneiden vaurioilta.

Työssä onnistuttiin tekemään selkeä yleisohje tämän kaltaisista työvaiheista. Työssä käydään läpi tärkeimmät asiat, jotka tulee ottaa huomioon koneiden kuljetuksissa ennen työmaalle tuloa. Työssä selvitettiin myös, mitä kaikkea työmaalla on oltavana järjesteltynä, jotta toimitus on mahdollisimman sujuva.

## Lähteet

Caverion konserni. 2016. Tietoa Caverionista. Verkkoaineisto. Caverion.  
<<http://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-konserni>> Luettu 16.9.2016

Ekosuunnittelu ja energiamerkintäasetus. 2015. Verkkoaineisto. Fläkt Woods Oy.  
<<http://www.flaktwoods.fi/tuki/ecodesign-ja-energiatehokkuus/ekosuunnittelu-iv-koneet/>> Luettu 18.10.2016

Hokkanen, Simo. Karhunen, Jouni. Luukkainen, Martti. 2010. Johdatus logisti seen ajatteluun. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Inkiläinen, Aimo. 2009. Logistinen päätöksenteko. Helsinki: Edita

Karrus, Kaij E. 2003. Logistiikka. Helsinki: WSOY oppimateriaalit Oy.

Kemppainen, Jani. Koski Hannu. Palolahti Tuomas. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. 2009. Raportti. Helsinki: VTT

Korhonen, Heikki. Lintunen, Martti. 2003. Hyvä sisäilma. Helsinki: Oy like kustannus Ltd.

Kuljetus-, varastointi- ja asennusohje. 2014. Verkkoaineisto. Kojä Oy  
<[http://www.koja.fi/uploads/materiaalipankki/pdf/KVA\\_FutureFIN.pdf](http://www.koja.fi/uploads/materiaalipankki/pdf/KVA_FutureFIN.pdf)> Luettu 12.10.2016.

Logistiikka ja toimitusketju. 2016. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma.  
<[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Logistiikka\\_ja\\_toimitusketju](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Logistiikka_ja_toimitusketju)> Luettu 29.9.2016.

Nostoapuvälineet, turvallisuus. 2010. työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12. Tampere: Työsuojeluhallinto.

Nostotöiden turvallisuus. Ratu S-1182, suunnitteluohje. 1998. Helsinki. Rakennustieto

Pahkala, Samuli. Wegelius-Lehtonen, Tutu. Tanninen-Ahonen, Tiina. 2010. Logistiikka on sujuvaa materiaalityöimistösten hallintaa. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Ritvanen, Virpi. Koivisto, Eija. Logistiikka PK-yrityksissä. 2007. Helsinki. WSOY oppimateriaalit Oy.

SRMK D2 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Espoo. Rakennustieto Oy.

Säteri, Jorma. 1998. Käytännön ilmanvaihto. Helsinki. Suomen LVI-liitto ry.

Talotekniikka RYL. 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset, osa 1. Hämeenlinna. Rakennustieto Oy.

Talvitie, Ulla. 2013. Työmaalogistiikka. Verkkoaineisto. Skanska  
<[http://www.rakennuskonepaallikot.fi/u\\_files/file/Ty%C3%B6maalogistiikka%20\\_%20Ulla%20Talvitie%20Skanska.pdf](http://www.rakennuskonepaallikot.fi/u_files/file/Ty%C3%B6maalogistiikka%20_%20Ulla%20Talvitie%20Skanska.pdf)> Luettu 7.9.2016

Tulo-, sisä-, ja lähtölogistiikka. 2016. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma.  
<[http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tulo-,\\_sisä,\\_ja\\_lähtölogistiikka](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tulo-,_sisä,_ja_lähtölogistiikka) > Luettu 29.9.2016.

Vesterinen Panu (toim). 2011. Turvaa logistiikka. Helsinki: Kamari Oy.

### **Haastattelut**

Työtä varten haastateltiin neljää eri Caverion Suomi Oy:n työntekijää. Haastateltavina henkilöinä olivat projektipäällikkö, projektinhoitaja, ostaja ja asentaja. Haastattelut suoritettiin syyskuun ja lokakuun 2016 välisenä aikana. Haastattelumenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua haastattelumenetelmää. Haastatteluista tehdyt muistiinpanot ovat kirjoittajan hallussa.

## Haastattelukysymykset

1. Mitä tehtäviä projektipäälliköllä on logistiikkaan liittyen koneiden hankintavaiheessa
2. Mitkä tekijät vaikuttavat IV-koneiden toimittajan valintaan?
3. Miten koneiden kuljetuksissa työmaalle tulee huomioida?
4. Mitä työvaiheita työmaalla tulee olla tehtynä ennen koneiden saapumista?
5. Mitä koneiden järjestyksen määrittämisessä tulee ottaa huomioon?
6. Mitä asioita koneiden nostotöitä varten on järjesteltävä?
7. Mitä koneiden haalauksessa on otettava huomioon?
8. Miten työturvallisuus varmistetaan koneiden haalauksessa ja nostotöissä?
9. Miten työmaalogistiikan onnistuminen varmistetaan?
10. Mitä koneiden asennustöissä on huomioitava?
11. Mitkä ovat kolme tärkeintä asiaa koko työvaiheen onnistumisen kannalta?