

Marko Kolehmainen

Rakennustyömaan logistiikka pääkaupunkiseudulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusalan työjohto

Rakennusmestari (AMK)

Opinnäytetyö

21.4.2021

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Marko Kolehmainen Rakennustyömaan logistiikka pääkaupunkiseudulla 29 sivua 21.4.2021
Tutkinto	Rakennusalan työjohto
Koulutusohjelma	rakennusmestari
Suuntautumisvaihtoehto	infra
Ohjaaja(t)	Lehtori Jouni Ruotsalainen
<p>Rakentaminen pääkaupunkiseudulla ja varsinkin aluerakentaminen rajoittaa rakennustyömaiden käytettävissä olevaa maa-aluetta mikä aiheuttaa painetta työmaan logistiikalle. Hyvät logistiset suunnitelmat luovat perustan toimivalle logistiikalle, mutta suunnitelmia on päivitettävä jatkuvasti ja dialogin erityisesti pääurakoitsijan sekä toimittajien, että alirakoitsijoiden välillä on oltava saumatonta. Rakennustyömaan toimiva logistiikka vaatii työmaan henkilöstöltä jatkuvaa paneutumista ja suunnittelua koska he tuntevat työmaan tilanteen parhaiten. Ennakoivalla työmaalogistiikalla saavutetaan kustannustehokkuutta ja annetaan mahdollisuudet pysyä kireissä aikatauluissa.</p> <p>Rakennustyömaan logistiikan toimivuus edellyttää suunnitelmallisuutta mutta myös nopeaa reagointia yllättäviin tilanteisiin. Opinnäytetyössä käytiin läpi pääkaupunkiseudun erityispiirteitä sekä rakennustyömaan logistiikan teorioita ja esiteltiin työmaalla esiin tulleita ongelmakohtia. Työn on tarkoitus toimia ohjeena uusille työnjohtajille, jotka tulevat toimimaan ahtailla rakennustyömailla.</p> <p>Toimiva rakennustyömaa edellyttää toimivaa logistiikan johtamista. Työmaalogistiikkaa on kehitettävä jatkuvasti koska työmaa muuttuu jatkuvasti, näin toimittaessa aikaansaadaan tehokkaampia toimintamalleja, joiden avulla säästetään kustannuksissa sekä tehostetaan ajankäyttöä.</p>	
Avainsanat	rakennustyömaa, logistiikka, pääkaupunkiseutu

Author(s) Title	Marko Kolehmainen Construction Site Logistics in Capital Region
Number of Pages Date	29 pages 21 April 2021
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Management
Specialisation option	Civil Engineering
Instructor(s)	Jouni Ruotsalainen, Principal Lecturer
<p>Construction in the capital area and specially area development limits the quantity of land that the construction site can utilize. This creates pressure for the construction site logistics. Balanced logistic plans create the foundation for well working site logistics, but the plans need to be updated continuously and the dialog between the main contractor and suppliers as well as the sub-contractors must be seamless.</p> <p>Construction site logistics demands continuous focus and planning from the site staff because they know the site situation the best. Anticipatory site logistics will able cost-efficiency and gives the site possibility to maintain tight construction schedule.</p> <p>To be able to have working site logistics demands systematic planning as well as reacting to unforeseen situations. This thesis studies the main characteristics of construction in the capital area. It also investigates the theory of construction site logistics and bring forth problems discovered at the sites.</p> <p>The main objective of this thesis is to act as a guideline for new site Managers who will be working on the confined sites in the capital area.</p> <p>A working construction site requires effective logistics management. Site logistics must be improved continuously because the site is evolving constantly. This will lead to procedures which will enable cost savings and effective time management.</p>	
Keywords	Construction, Logistics, Capital area.

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät	1
1.3	Skanska Talonrakennus Oy	1
2	Rakentamisen logistiikan teoria	2
2.1	Logistiikka käsitteenä	2
2.2	Tavoite ja merkitys	2
3	Rakennustyömaan logistiikka	3
3.1	Rakennustyömaan logistiset työkalut	3
3.2	Materiaalien siirrot työmaalla	5
4	Logistiikkakeskukset	7
4.1	Yhtä projektia palveleva tilapäinen logistiikkakeskus	7
4.2	Useaa projektia palveleva tilapäinen logistiikkakeskus	8
4.3	Pysyvä logistiikkakeskus	8
4.4	Olemassa olevien logistiikkakeskusten käyttäminen	9
5	Pääkaupunkiseututyömaan logistiikan suurimmat ongelmat.	11
5.1	Ongelmakohdat	13
5.2	Pääkaupunkiseudun erityispiirteet	14
6	Esimerkkikohde: Atrain-kortteli	16
6.1	Työmaan tilaa vaativa rakennusajan kalusto	17
6.2	Varastointi työmaalla	18
7	Esimerkkikohde: Stockholm Royal Seaport	23
7.1	Rakentamisen logistiikkakeskus BLC	23
7.2	Massalogistiikkakeskus MLC	24
8	Tulokset	25
9	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön aiheena on rakennustyömaan logistiikka pääkaupunkiseudulla ja tilaajana Skanska Talonrakennus Oy Etelä-Suomi. Työn käytännönaineisto kerätään Atrain-korttelin työmaalta Helsingin Verkkosaaresta, joka on aluerakentamisen kohde ja logistisesti hyvin vaikea. Kohde sisältää 6 asuinkerrostaloa, yhteensä 194 asuntoa, autohallin, sekä kuusi liiketilaa.

Yksi suurimmista ongelmista toimivan logistiikan kannalta pääkaupunkiseudulla on rakennettavien tonttien ahtaus ja varastointialueiden vähyys ja hintataso. Erityisesti aluerakentamisen alueilla jokaista tonttia rakennetaan samaan aikaan, jolloin varsinaisia varastoalueita ei ole. Kapeat kadut ja lisääntyvä liikenne aiheuttavat myös tilanpuutetta tietyissä määrin. Paremmalla logistiikan hallinnalla saavutettaisiin vähemmän kuljetuksia ja tätä kautta myös parempi elämänlaatu alueen asukkaille vähentyneiden päästöjen ja melun kannalta.

1.2 Työn rajaus ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää ratkaisuja ongelmiin, joita kohdataan rakennettaessa pääkaupunkiseudulla. Tähtäimenä on tuoda esiin ongelmakohtia, joita välttämällä voidaan vähentää varastoinnin tilan tarvetta ja lisätä toimitusten tehokkuutta. Työ perustuu suurelta osin tehtyihin havaintoihin toimiessa työmaan työnjohtajana. Lisäksi perehdyin logistiikan oppikirjoihin sekä esimerkkeihin muista Euroopan isoista kaupungeista. Työ keskittyy ainoastaan materiaali- ja henkilöstölogistiikkaan, rahaliikennettä ei käsitellä.

1.3 Skanska Talonrakennus Oy

Skanska Talonrakennus Oy on osa Skanska konsernia. Skanska on yksi Suomen suurimmista asuntojen, toimisto- ja tuotantotilojen sekä infrastruktuurin rakentajista ja projektikehittäjistä. Skanska on Fortune 500 -yritys ja maailman kymmenen suurimman rakennusliikkeen joukossa. Vuonna 2019 Skanska Oy liikevaihto oli 1,07 miljardia euroa ja

työllisti 2196 henkilöä. Yritys on listattu Tukholman pörssiin, ja sen pääkonttori sijaitsee Tukholmassa.

2 Rakentamisen logistiikan teoria

2.1 Logistiikka käsitteenä

Rakentamisen logistiikka tarkoittaa materiaalivirtojen suunnittelua ja hallintaa materiaalien jatkokäsittelypisteestä käyttökohteeseen, esimerkiksi tehtaalta oikeaan pisteeseen rakennustyömaalla. [1.]

Tehokkaalla logistiikan hallinnalla voidaan parantaa tehokkuutta ja tuottavuutta ja saadaan aikaan positiivinen vaikutus kustannuksiin ja rakennusaikaan. Hyvällä logistiikan hallinnalla varmistetaan, että työntekijöillä on mahdollisuus täyttää vaaditut tehtävät ilman materiaalitoimituksista johtuvia viivästyksiä.

Ennakkoon suunniteltu rakennusvaiheiden aikataulu, johon on sisällytetty täydellinen inventaario materiaaleista ja työkaluista on tärkeä osa logistiikan hallintaa rakentamisessa. Rakentamisprosessin monimuotoisuuden ja eri materiaalivirtojen hallintaan voidaan käyttää erilaisia simulaatio-ohjelmistoja mallintamiseen, analysointiin, visualisointiin ja optimointiin. [1.]

2.2 Tavoite ja merkitys

Logistiikka on materiaalien ja koneiden liikkumista sinne missä työntekijät niitä tarvitsevat. Materiaalien ja koneiden täytyy saapua oikeaan aikaan ja vahingoittumattomana. Yksinkertaisena esimerkkinä rakennustyömaan logistiikasta voidaan pitää betonielementin kuljettamista tehtaalta työmaalle. Kun elementti on työmaalla, tarvitaan nosturia elementin purkuun ja paikalleen asettamiseen. Elementti on materiaali, nosturi kalusto ja elementtiasentajat henkilöstö. Näiden kolmen asian järjestäminen oikeaan aikaan oikeaan paikkaan on työmaan logistiikkaa. Logistiikalla on suuri vaikutus myös tuottavuuteen. Jos nosturi ei ole käytettävissä silloin kuin pitäisi, elementin asentajilla ei ole tekemistä. Heille maksetaan palkkaa, vaikka nosturin puute estää asennuksen. Tällainen

virhe logistiikassa voi aiheuttaa kustannuksia myös pidemmällä aikavälillä, jos se viivästyttää työjärjestyksessä seuraavia asennuksia kuten esimerkiksi sähkö-, IV- ja putki-asennusta.

3 Rakennustyömaan logistiikka

Rakennustyömaan logistiikka seuraa muutamaa toimivaa suuntaviivaa, jotka voidaan kategorisoida rakennustyyppin ja sijainnin perusteella. Rakentaminen kaupunkialueella eroaa muusta rakentamisesta siinä mielessä, että tontit ovat pienempiä ja rakentaminen ylöspäin suuntautuvaa. Näin ollen, työmaalogistiikan tarpeet ovat erilaiset verrattuna rakentamiseen muualla.

Työmaalogistiikka on kriittisessä osassa työnteon helpottamisessa samalla varmistaen työntekijöiden, vierailijoiden, jalankulkijoiden ja liikenteen turvallisuuden. Ahtaat kaupunkialueet vaativat kaikkien turvallisuusohjeiden noudattamista ja valvontaa. [7.]

Rakennustyöt tulisi aina aloittaa työmaa-aidan rakentamisella, jolla erotetaan selvästi työmaa-alue. Tällä parannetaan niin työntekijöiden kuin liikenteen ja jalankulkijoiden turvallisuutta. [10.]

3.1 Rakennustyömaan logistiset työkalut

Logistiikkakalenteri

Logistiikan suunnittelun apuvälineenä voidaan käyttää logistiikka kalenteria, esimerkiksi työmaatoimistossa sijaitsevaa tussitaulua. Jokainen työnjohtaja merkkää kalenteriin tulevat oleelliset tapahtumat esimerkiksi neljän seuraavan viikon ajalta, joista kaikkien tulee olla tietoisia. Näin työnjohtajat voivat suunnitella tulevat tapahtumat siten että niistä ei koidu viivästyksiä tai turhia siirtoja muille työsuoritteille.

Työmaan sisällä voi myös käyttää erilaisia sovelluksia helpottamaan viestintää erityisesti työnjohtajan ja työntekijöiden välillä, esimerkiksi runkotyönjohtaja voi helposti viestittää

koko runkoryhmälle yhdellä viestillä tulevista kuljetuksista käyttäen esimerkiksi whatsapp-sovellusta.

Aluesuunnitelma

Aluesuunnitelma laaditaan kirjallisena vähintään maarakennus-, runkotyö- ja sisätyövaiheista. Ajantasainen aluesuunnitelma pidetään esillä työmaatoimistossa. Aluesuunnitelma käydään läpi osana työntekijän perehdytystä.

Aluesuunnitelma on logistiikan kannalta työmaan tärkein suunnitelma, jonka avulla käydään viikoittain tai jopa päivittäin läpi työmaan toiminnan kannalta oleelliset tilat ja paikat. Aluesuunnitelma on pidettävä ajan tasalla ja työmaan jatkuvan muuttumisen vuoksi se on päivitettävä ainakin projektin perustus-, runko- ja sisävalmistusvaiheessa.

Aluesuunnitelmaa voi myös käyttää hyväksi työmaan sisäisissä logistiikkakokouksissa.

Aluesuunnitelmaan on hyvä merkitä esimerkiksi;

- nosturit
- nostoalueet
- telineet ja henkilönostimet
- työmaareitit
- materiaalien vastaanotto ja kuljetusreitit
- jätelavat
- työmaaparakit
- ensiapupisteet
- kokoontumispaikat.

Lisäksi työnjohtajat merkkäavat työmaan sisäiseen aluesuunnitelmaan omat tilaa vaativat toimitukset ja tapahtumat esimerkiksi seuraavan kahden viikon ajalle. Näin nähdään konkreettisesti työmaan mahdolliset pullonkaulat [8.].

Logistiikkakokoukset

Logistiikkakokouksia pidetään viikoittain työmaan sisäisesti, lisäksi Helsingin aluerakentamiskohteilla alueen urakoitsijat osallistuvat kuukauden välein logistiikkakokoukseen, jossa läpikäydään kaikkien logistiset tarpeet kuten katualueiden vuokraus tai katualueilla kaivaminen. Alueella valvoo myös kaupungin rakentamislogistiikkaoperaattori.

Operaattori pitää huolen, että katujen ja tonttien rakentaminen sekä rakennustyömaihin liittyvä pysäköinti, liikenne ja varastointi toimivat sääntöjen mukaisesti. Mahdollisuuksien mukaan rakentamisen tukitoimintoja kuten varastointia ohjataan keskitetyille logistiikka-alueille. Turvallisuuteen kiinnitetään erityistä huomiota. Katualueita, rakentamattomia alueita ja työmaa-alueiden ympäristön siisteyttä valvotaan säännöllisesti työmaakierroksilla. [9.]

Logistiikkavastaava

Jokaisella työmaalla olisi hyvä olla logistiikkavastaava, jonka vastuulla on hallita työmaan logistisia toimintoja siten että sovituissa aikatauluissa pysytään. Logistiikkavastavaan tärkeimmät tehtävät ovat työntekijöiden, materiaalien ja työkoneiden koordinointi työmaalla siten että kaikki voivat liikkua turvallisesti. Logistiikkavastavien tulisi hoitaa tehtävää yhteistyössä työmaainsinöörien ja työnjohtajien kanssa.

3.2 Materiaalien siirrot työmaalla

Pystysiirrot

Materiaalien nostot tapahtuvat pääasiallisesti torni- tai autonostureilla. Nosturityypin valintaan vaikuttaa uudiskohteissa eniten runkovaiheen kesto, pieniin kohteisiin torninosturia ei kannata pystyttää vaan niihin riittää halvempi autonosturi. Torninosturin kokoa ja kapasiteettia suunniteltaessa ei välttämättä kannata nosturia mitoittaa raskaimpien nostojen perusteella, jos niitä on vain muutamia. Näihin voidaan tornin avuksi tilata autonosturi.

Pienempiin ja satunnaisesti tapahtuviin nostoihin voidaan käyttää myös kurottajia, hiobnostimia ja työnaikaisia rakennushissejä.

Vaakasiirrot

Työmaalla tapahtuvia vaakasiirtoja voidaan toteuttaa samoilla hiob-nostimilla ja kurottajilla, joilla tehdään pystysiirtojakin. Pienimmissä siirroissa voidaan hyödyntää myös pumppu-, nokka- ja tiilikärryjä. Lihassoimalla tapahtuvia siirtoja tulee välttää aina kun mahdollista koska niissä on aina loukkaantumisriski.

Varastointi

Materiaalien varastointi syö työmaa-alueelta paljon tilaa, joten se tulee suunnitella hyvin etukäteen. Varastointipaikat tulisi järjestää siten että materiaalit on helppo purkaa ja siirtää edelleen lopulliseen asennuspaikkaan. Materiaalien kunto tulee myös tarkastaa heti kun ne saapuvat työmaalle, jotta voidaan reagoida asiaan välittömästi eikä vasta silloin kun materiaaleja ollaan asentamassa. Oikeanlaisella varastoinnilla myös työmaatiet ja kulkureitit pystytään pitämään siisteinä mikä lisää työturvallisuutta. Materiaalit on myös suojattava jotta ne saadaan vahingoittumattomana asennukseen.

Jätteenkäsittely ja palautukset

Jätteenlajittelu ahtaalla työmaalla on monesti ongelmallista koska tilaa on vain yhdelle tai kahdelle eri jätelavalle, vaikka olisi hyvä olla vähintään neljä eri lavaa. Runkovaiheessa; energia-, rakennus-, puu- ja rautajätelavat, ja sisätyövaiheessa; energia-, rakennus-, kipsi- ja puujätelavat. Tilanpuutteen vuoksi voidaan joutua yhdistämään esimerkiksi energia- ja rakennusjätteet mistä aiheutuu korkeammat jätteenkäsittelykustannukset. uuden lakimuutoksen ansiosta kierrättäminen tulee vain lisääntymään myös rakennustyömailla. ” EU:n jätesäädöspaketin mukaan yhdyskuntajätteestä tulee kierrättää 50 prosenttia vuonna 2020, 55 prosenttia vuonna 2025, 60 prosenttia vuonna 2030 ja 65 prosenttia vuonna 2035. Myös pakkausjätteen kierrätystavoitteet nousevat: kaikesta pakkausjätteestä tulee kierrättää 65 prosenttia vuoteen 2025 ja 70 prosenttia vuoteen 2035 mennessä”. [3.]

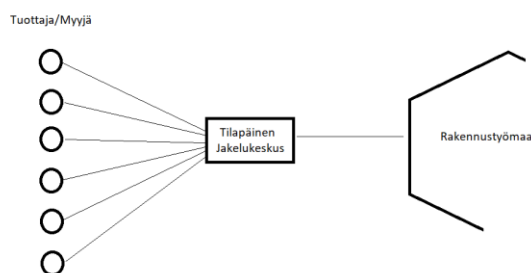
Materiaaleja joudutaan palauttamaan aika ajoin. Joko työmaalle on tullut väriä materiaaleja tai ne ovat vahingoittuneet. Paras keino turhan varastoinnin välttämiseksi olisi tarkastaa materiaalit heti kun ne saapuvat ja laittaa samalla kuljetuksella palautukseen.

4 Logistiikkakeskukset

Logistiikkakeskuksilla voidaan tarkoittaa monta eri asiaa. Kaupanalalla ja liikennöinnissä käytetään pysyviä logistiikkakeskuksia, isoja ja pieniä, automatisoituja tai perinteisiä työvoimalla toimivia. Rakentamisessa voidaan käyttää myös tilapäisiä logistiikkakeskuksia, joita perustetaan joko yksittäisen ison työmaan viereen tai alueelle, jossa on monta työmaata samanaikaisesti. Perusajatus kaikissa on kuitenkin sama, kerätään materiaaleja yhteen pisteeseen, yhdistetään kuormiin ja jaetaan eteenpäin minimoiden eri toimituskerrat. Logistiikkakeskus on siis alue, jossa materiaaleja otetaan vastaan, varastoidaan ja siirretään jakeluun. Rakentamisessa käytettävät logistiikkakeskukset voidaan jaotella neljään kategoriaan. [11.]

4.1 Yhtä projektia palveleva tilapäinen logistiikkakeskus

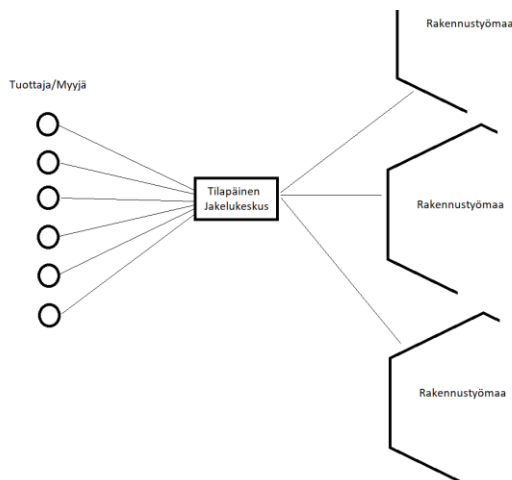
Logistiikkakeskus, joka perustetaan palvelemaan vain yhtä rakennusprojektia (kuva 1.) Logistiikkakeskus tulee sijoittaa lähelle työmaata ja mahdollisimman lähelle valtaväyliä, jotta sisään tulevat kuljetukset pääsevät nopeasti perille. Työmaan työnjohto tilaa materiaalit keskukseseen ja keskuksesta työmaalle. Logistiikkakeskus toimii pelkästään terminaalina, johon materiaali saapuu, pakataan uudelleen ja toimitetaan työmaalle projektin vaatimana aikana. Kaikki toimitukset logistiikkakeskuksesta työmaalle merkataan selvästi, jotta käsitteleminen työmaalla helpottuu. Materiaaleja varastoidaan keskuksessa korkeintaan parin viikon ajan, mistä ne toimitetaan pienemmissä erissä työmaalla. Kuljetuksiin käytetään ulkopuolisia kuljetusliikkeitä.



Kuva 1. Tilapäinen logistiikkakeskus, joka palvelee vain yhtä työmaata.

4.2 Useaa projektia palveleva tilapäinen logistiikkakeskus

Kuten edellisessä mallissa, perustetaan tilapäinen logistiikkakeskus mutta se palvelee useaa projektia (kuva 2). Tässä mallissa jakelukeskuksen kulut jaetaan sitä käyttävien projektien kesken. Tällainen ratkaisu tarvitsee isomman toimintaorganisaation, jotta voidaan palvella useampaa projektia samanaikaisesti. Jakelukeskuksella on oma johtoorganisaatio, joka mahdollistaa keskuksen suorittaa monipuolisempia palveluja. Jakelukeskuksessa voidaan pitää varastossa yleisimpiä rakennusmateriaaleja kuten kipsilevyjä, eristeitä ja kiinnikkeitä. Työnjohdon tarvitsee tilata vain niitä materiaaleja muualta mitä jakelukeskuksessa ei varastoida. Tällä tavalla mahdollistetaan projektien hankkia materiaaleja keskitetysti suurempia määriä kerralla, joka säästää kustannuksia. Tämä toimintamalli vaatii hyvää kommunikointia eri projektien ja jakelukeskuksen välillä, jotta jakelukeskuksessa voidaan pitää oikeanlaista materiaalivalikoimaa ja -määrää. Kun projekti päättyy, on mahdolliset ylijäämät materiaalit helppo siirtää seuraavalle projektille jakelukeskuksen kautta.

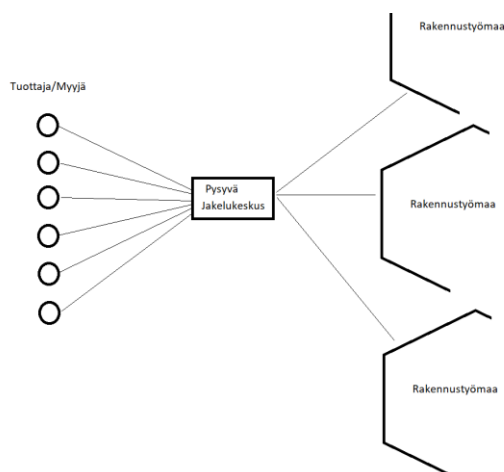


Kuva 2. Tilapäinen logistiikkakeskus, joka palvelee useaa työmaata.

4.3 Pysyvä logistiikkakeskus

Pysyvä logistiikkakeskus voi palvella useaa rakennusprojektia ja toimittaa kaikki projektin tarvitsemat materiaalit tai vain tietyt materiaalit kuten ovet, ikkunat tai muut helposti vahingoittuvat materiaalit (kuva 3).

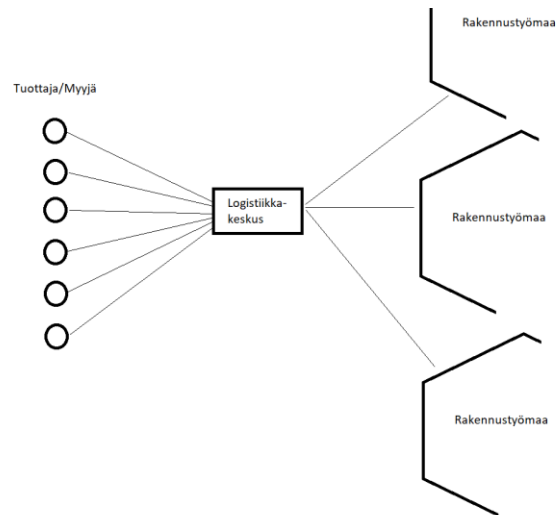
Logistiikkakeskuksen olisi hyvä sijaita lähellä muita rakentamiseen liittyviä palveluita kuten esimerkiksi kalustonvuokraus yrityksiä. Tämä mahdollistaa hallinnollisten toimintojen yhteistoimintaa. Kun kalustonvuokraus yrityksellä on jo olemassa organisaatio ja kalustoa koneiden ja materiaalien siirtoihin he voisivat tehdä yhteistyötä jakelukeskuksen kanssa kuljetusten järjestämiseksi ja optimoimiseksi. Tässä toimintamallissa henkilöstö on pysyvää ja voi erikoistua eri palveluihin ja näin tarjota korkeampaa palvelun tasoa. Materiaalien hankinta hoidetaan samalla tavalla kuin useaa projektia palvelevassa jakelukeskuksessa, jolloin voidaan pitää vielä laajempaa materiaali-inventaariota.



Kuva 3. Pysyvä logistiikkakeskus joka, palvelee useaa työmaata

4.4 Olemassa olevien logistiikkakeskusten käyttäminen

Tässä tapauksessa projektit käyttävät jo olemassa olevia logistiikkakeskuksia kuten DHL, DB Schenker jne. (kuva 4). Materiaalin varastoidaan näiden terminaaleihin ja tuodaan työmaalle käyttäen heidän kuljetuksiansa. Malli on joustavampi siinä mielessä, että projekti maksaa vain käytetystä varastointi alueesta ja kuljetuksista mutta tavaroiden uudelleen pakkausta sopiviksi eriksi ei tehdä. Näillä logistiikka yrityksillä on jo olemassa tarvittava infrastruktuuri materiaalien käsittelyyn ja kuljetuksiin. Materiaalin tilaamisen logistiikkakeskukseen ja edelleen sieltä työmaalle hoitavat työmaan työnjohto.

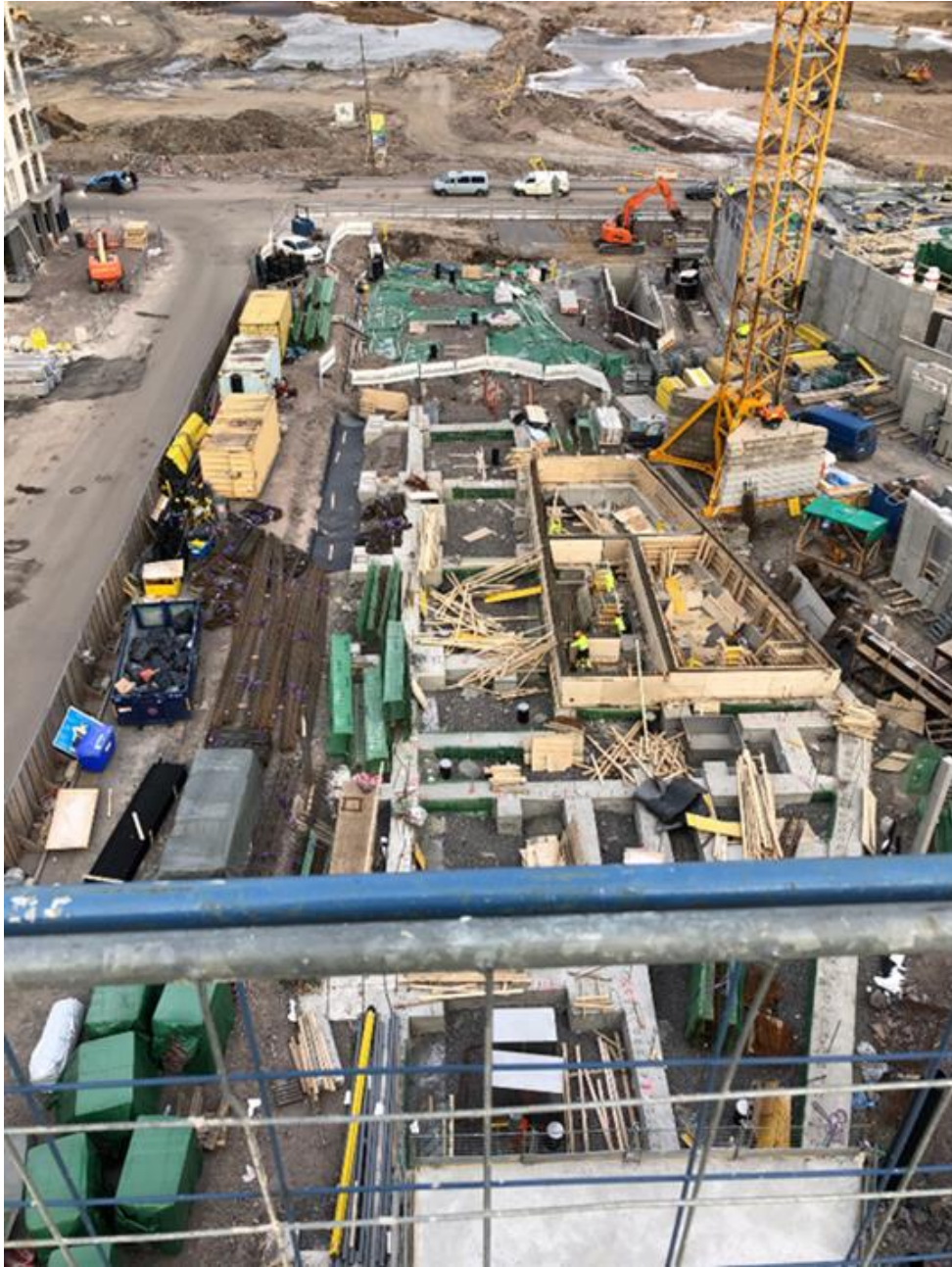


Kuva 4. Logistiikkakeskusten käyttäminen

5 Pääkaupunkiseututyömaan logistiikan suurimmat ongelmat.

Pääkaupunkiseutu on suomen tiheimmin asuttua aluetta. Pk-seutuun luetaan kuuluvaksi Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen. Asukkaita pk-seudulla on 1,192,116 [4].

Pk-seutu kasvaa voimakkaasti. Helsingin, Espoon ja vantaan alueelle rakennettiin vuonna 2019 16056 [1] uutta asuntoa, ja toimiva julkisliikenne lisää alueen houkuttavuutta. Alueen kasvu vaikuttaa myös liikenteen kasvuun, jonka vaikutukset nähdään koko tieverkostossa myös kantakaupungin kujilla, julkisessa liikenteessä sekä kevyen liikenteen väylillä. Liikenteellä on negatiivisia vaikutuksia kaupungissa asumiseen ja työskentelyyn myös melun, päästöjen ja tietöiden vuoksi. Yhteisöjen tavarankulutus on luonnollisesti korkeimmillaan isoimmissa kaupungeissa. Korkea kulutustaso tarkoittaa lisääntyntä liikennettä erityisesti isojen kaupunkien keskustoissa. Karkeasti 20% prosenttia tavaraliikenteestä kaupungeissa liittyy rakentamiseen [4]. Suurin osa rakentamiseen liittyvistä kuljetuksista koskevat betonia, asfalttia, murskettä ja jätettä. [4.]



Kuva 5. Ahdas työmaa

5.1 Ongelmakohtat

Jokainen rakennusprojekti vaatii monenlaisia materiaaleja ja resursseja, jotka pitää toimittaa oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan. Rakennustyömaan logistiikka käsittää; materiaalien toimitukset työmaalle ja pois, työkoneiden ja henkilöstön siirtymiset ja kaikkien näiden resurssien suunnittelun ja valvonnan.

Rakentamisessa on muutama tärkeä ominaisuus, jotka vaikuttavat rakentamisen logistiikkaan:

1. Jokainen rakennustyömaa vaatii uudet logistiset säädöt koska jokainen työmaa on ainutlaatuinen ja väliaikainen.
2. Rakennustyömaat ovat materiaalipainotteisia, jotka toimitetaan epäsäännöllisesti rakennusvaiheen mukaan, ensin betonit ja viimeiseksi kalusteet.
3. Rakennusvaiheet suoritetaan pääosin vaiheissa, kun yksi vaihe myöhästyy seuraavat vaiheet myöhästyvät myös. Tästä syystä kaikki materiaalit tulisi toimittaa juuri oikeaan aikaan ja juuri tilattuina määrinä.
4. Rakentamiselle ominainen seikka on myös rakennusalan sirpaleisuus, on monta eri rakennusyhtiötä, hankkijaa ja toimittajaa työskentelemässä eri rakennushankkeissa. Tämä johtaa moniin eri toimintamalleihin ja moniin eri tiedonsiirtotyyleihin. Jotka taas johtavat suureen määrään kuljetuksia työmaalle ja työmaalta pois, eikä kuljetusten kapasiteettia voida maksimoida. Tämä vuorostaan vaikuttaa ruuhkiin, päästöihin, meluun, liikenneturvallisuuteen sekä rakennusten ja infrastruktuurin vahinkoihin.
5. Epäselvät vastuujaot työmaan sisällä sekä työmaan ja kuljetusliikkeiden välillä aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia kuten esimerkiksi ruuhkia työmaa-alueilla koska ajoneuvoja ei tyhjenetä tai lastata heti saapumisen jälkeen. Tämä voitaisiin välttää siten että kuljettajat odottaisivat rauhallisemmalla alueella, kunnes saavat ohjeet purkuun tai lastaukseen.
6. Tuottamaton tuotantoketju. Sisään tulevia kuljetuksia ei ole koordinoitu suunnittelelmattomuuden vuoksi, joka lisää kuljetuksia työmaalle ja sieltä pois. Lisäksi urakoitsijat kärsivät materiaalien puutteesta tiettyinä hetkenä, joka hidastaa projektia ja aiheuttaa pikakuljetus pyyntöjä, joka lisää kustannuksia ja ruuhkaisuutta lähellä työmaata.
7. Riittämätön rakennustyömaan logistiikka. Kontrollin puute työmaalla ja huono suunnittelun taso johtaa materiaalihukkaan ja lisäkuluihin sekä voi lisätä

työtaturmien riskiä. Tämä aiheuttaa jälleen lisää kuljetuksia, kun korvataan vahingoittuneet materiaalit usein vajailla kuormilla. Riittämätön koordinaatio rakennustyömaan ja ympäröivän yhteiskunnan välillä. Rakennustyömaan välittömässä läheisyydessä oleva yhteiskunta vaikuttaa työmaahan esimerkiksi käyttämällä samoja katuja ja parkkipaikkoja. Työmaa käyttää myös samoja infrastruktuuri-verkkoja kuten lämpö-, vesi ja sähköverkoja kuin muut alueen asukkaat ja yritykset. Myös pelastuslaitoksilla on vaatimuksensa työmaiden suhteen koska tarvitsevat esteettömän kulun niin työmaalle kuin ympäröiville alueillekin.

Jos kaikkea yllä mainittua ei ole suunniteltu riittävän tarkasti tai valvota tarpeeksi tulee ristiriitoja, jotka vaikuttavat tuottavuuteen ja alueen muihin käyttäjiin ruuhkina, tilanpuutteena, viivästyksinä ja onnettomuuksina. Esimerkiksi rakennustyöntekijöiden työmatkojen suunnittelelmattomuus aiheuttaa kilpailua parkkipaikoista ja lisää turhaa liikennettä, jotka voitaisiin välttää koordinoimalla julkista liikennettä.

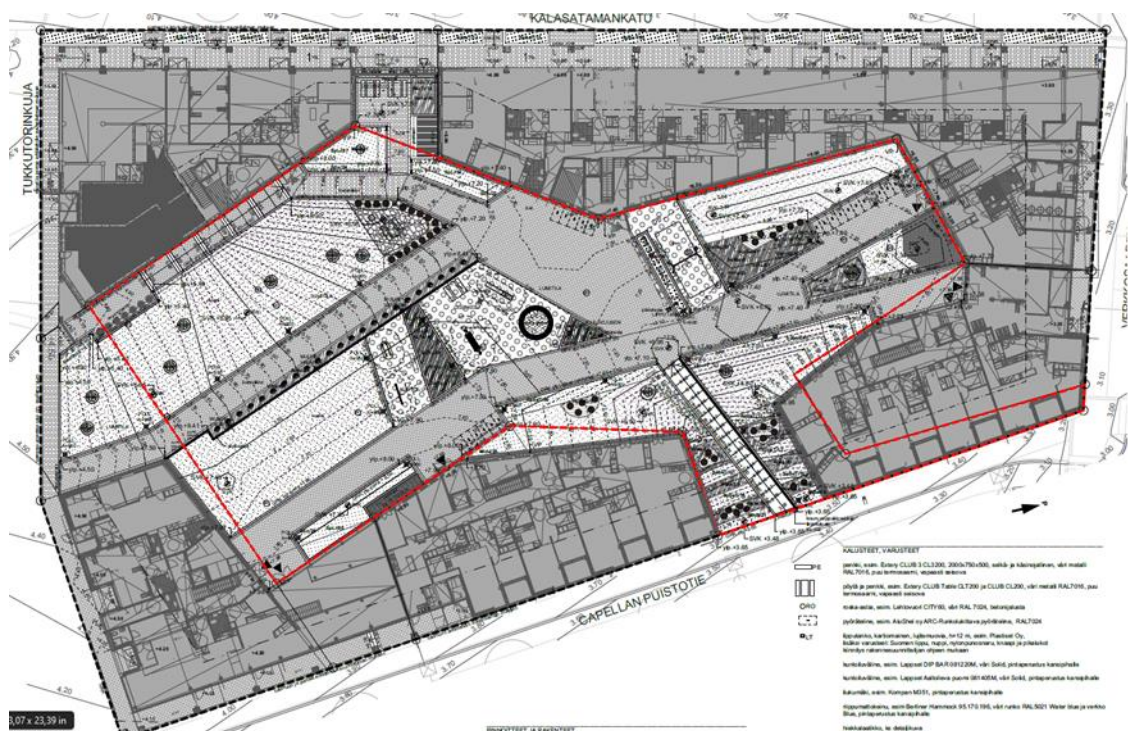
5.2 Pääkaupunkiseudun erityispiirteet

Kuten monet muutkin isot kaupungit, pk-seudun kaupungit eivät ole täysin suunniteltu ja varustettu nykyajan isoille liikennemäärille eikä isoille kuljetus ajoneuvoille. Kadut ovat liian ahtaita ja ruuhkaisia, joka voi johtaa onnettomuuksiin. Auerakentamisen alueilla on usein työmaat kadun molemmilla puolilla, joka voi pahimmillaan johtaa siihen, että katua on kavennettu molemmilta puolilta niin paljon, ettei siitä pääse kulkemaan edes henkilöautoilla. Lisääntynyt liikenne on ongelma, kun jalankulkijat, pyöräilijät ja julkinen liikenne kilpailee samoista liikenneväylistä kuin raskas liikenne. Kaikki tien käyttäjät liikkuvat yleensä samaan aikaan päivästä; aamulla ja iltapäivällä. Tämä luonnollisesti johtaa suurempiin ruuhkiin ja pitkittyneisiin toimitusaikoihin. Ajalla on suuri merkitys kaupungeissa tapahtuviin toimituksiin liittyen. Jakeluautoilla on yleensä tiukka aikataulu ja ruuhkat sekä pitkittyneet purut voivat tarkoittaa, että jakelukuskit eivät ehdi toimittamaan kaikkia samalle päivälle suunniteltuja toimituksia, mikä puolestaan voi viivästyttää rakennustyömaata, jos tarvittavat tavarat eivät saavu ajoissa. Tilan ahtauden vuoksi työmaille ei voi ottaa suuria määriä tavaraa kerralla koska varastointi paikkoja ei ole. Pk-seudun toimittajilla on myös monta työmaata, johon toimittavat tavaraa, jolloin aina ei ole mahdollista saada toimituksia silloin kun se työmaalle sopisi parhaiten. Toimitusajat venyvät tai toimitukset puretaan väärään paikkaa myös sen vuoksi että alueille on rakennettu uusia katuja tai olemassa olevien katujen nimiä on vaihdettu, mutta tietoja ei ole päivitetty

navigointijärjestelmiin, joita tavarantoimittajat yleensä käyttävät. Pk-seudun aluerakentamisen alueilla on rajoitetusti, tai ei ollenkaan, varastoalueita ja niiden vuokrat ovat korkeat, joten työmaat käyttävät varastointiin omaa rakennettava olevaa tonttia. Myös parkkipaikkojen vähyys on ongelma näillä alueilla. Yritykset joutuvat maksamaan parkkipaikoista mikä lisää rakentamisen kustannuksia.

6 Esimerkkikohde: Atrain-kortteli

Atrain-korttelin kokonaispinta-ala on 7080 m², josta kuuden rakennettavan asuinkerrostalon yhteenlaskettu pinta-ala oli 3488 m². Osittain samaan aikaan kerrostalojen kanssa rakennettiin talojen keskellä sijaitsevaa autohallia, jonka pinta-ala oli 1608 m². Tontti rajautuu pohjoisessa Verkkosaarenkatuun, etelässä tukkutorinkujaan, lännessä Capellanpuistotiehen ja idässä kalasatamankatuun. Kaikkia kuutta kerrostaloa rakennettiin vaiheittain samaan aikaan, kun ensimmäisessä talossa oli menossa kalustusvaihe, kahden viimeisen runkoa nostettiin.



Kuva 6. Atrain-kortteli

Atrain-korttelin toimitukset koostuvat pääasiassa; elementti-, rauditus-, täsmä-, betoni- ja rautakauppa toimituksista. Myös jätteen kuljetus pois työmaalta on jokapäiväistä. Isoimmat kuljetukset kuten elementti- ja täsmätoimitukset tulevat ennalta sovittuihin aikoihin, mutta rautakauppa- ja jätekuljetuksiin on vaikea sopia tiettyjä kellon aikoja, ellei tilaa pari päivää etukäteen.

6.1 Työmaan tilaa vaativa rakennusajan kalusto

Perustusvaiheessa työmaalla oli yhtä aikaa porapaaluttajien paalutuskone Liebherr 936 ja apukone CAT 325F. Lyöntipaaluttajan Junttan PMx22, Maanrakentajan kaivinkoneet Doosan DX 225 LC, Hitatci zaxis 135. Lisäksi päivittäiset puoliperävaunulliset betoni- ja porapaalujen kuljetuskalusto sekä betonipumput ja betoniautot. Ahtaalla työmaalla, jossa on samaan aikaan monta liikkuvaa työkonetta, on turvallisten siirtymäreittien suunnittelu vaikeaa. Paalutus suunniteltiin tehtäväksi lohkoittain, mutta suunnitelmien muuttuessa paalutusta jouduttiin lisäämään tai muuttamaan paalutyyppejä, tästä johtuen jo paalutetut alueet jouduttiin peittämään kam-0-32 murskeella, jotta paalutuskalustolla pääsee asennettujen paalujen yli näiden rikkoontumatta. Paalutusten jälkeen perustukset jouduttiin kaivamaan esiin uudestaan. Tästä aiheutui lisäkustannuksia sekä aikataulujen viivästymisiä yhteensä n. 4 viikkoa.



Kuva 7. Maarakennusvaiheen kalustoa työmaalla.

Rungonostovaiheessa materiaaleja siirretään pääosin kahdella torninosturilla, joista toinen on 45 metrin korkeudella ja toinen 35 metrin korkeudella. Käytössä oli myös kolme

rakennushissiä. Kaikki siirrot, joita ei voida toteuttaa nostureilla tehdään erikseen tilattavilla hiob-nostimilla, kurottajilla tai autonostureilla. Eriksen tilattavia koneita käytettiin lähes päivittäin.

6.2 Varastointi työmaalla

Rakennustyömaalle tulee monenlaisia ja kokoisia toimituksia, eniten tilaa vaativat ovat täsmä-, raudoitus-, elementti-, hormi- ja betonitoimitukset. Varastointia työmaalla tulisi olla lyhytaikaista siten että materiaalit tilataan työmaalle mahdollisimman lähellä sitä ajankohtaa, kun ne asennetaan paikalleen.

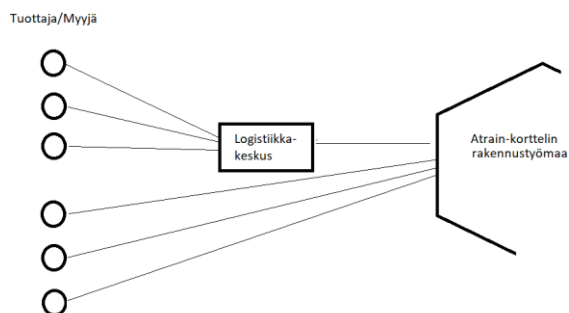
Täsmätoimitukset

Toimituksia, jotka viedään suoraan kuljetuksesta loppusijoituspaikkaan vähentäen varastoinnintarvetta, kutsutaan täsmiksi. Tyypillisimmät täsmätoimitukset ovat;

- ikkunat
- väliseinärangat tai -puut
- kipsilevyt
- patterit.

Myös betonielementtejä voidaan tuoda täsmätoimituksina mutta yleensä ne varastoidaan elementtipukkiin ennen asennusta. Tällä tavoin kuljetuskalusto vapautuu nopeammin noutamaan seuraavaa kuormaa.

Täsmätoimitukset kootaan logistiikkakeskuksiin, jossa ne pakataan ja lajitellaan kuljetuksiin ja kotiutetaan työmaalle juuri silloin kun tavarat saadaan loppusijoitettua välittömästi.

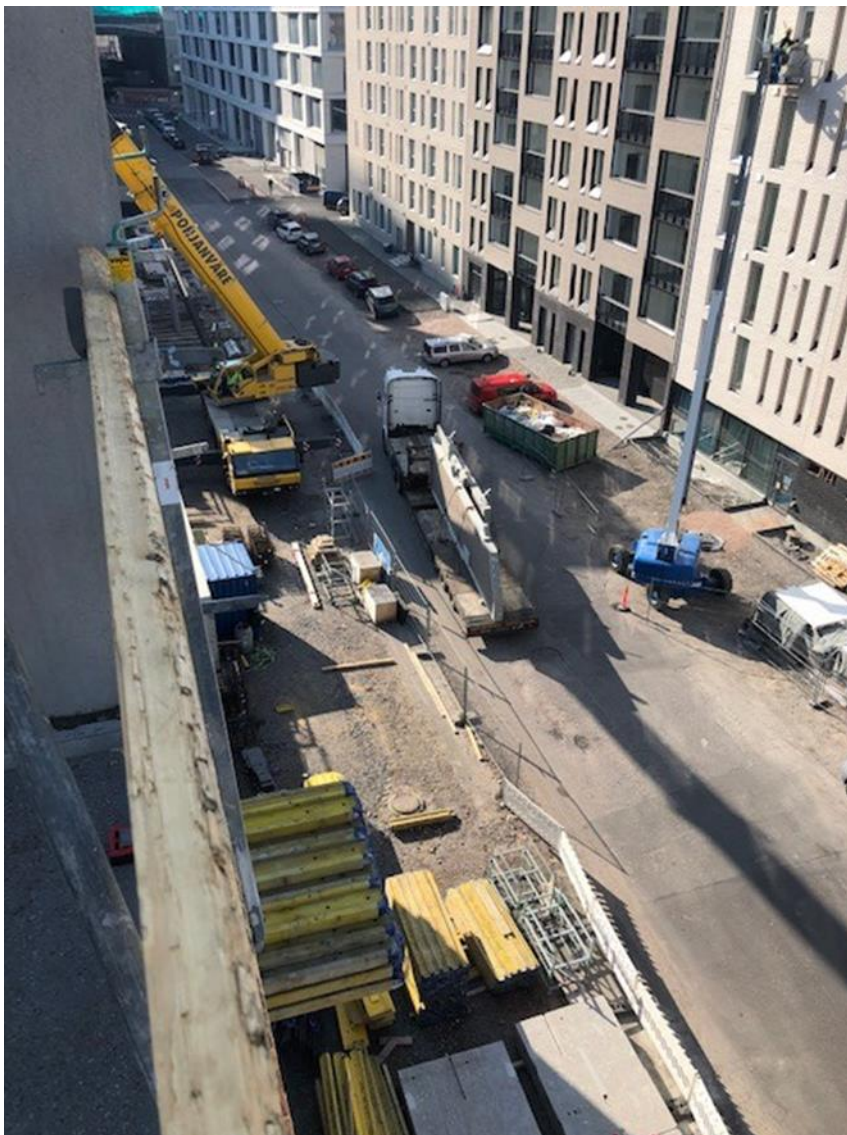


Kuva 8. Atrain-kortteliin osa toimituksista tulee täsmätoimituksina.

Elementtitoimitukset

Elementtitoimitukset tulevat suoraan tehtaalta, kolmannen osapuolen toimittamana. Elementit varastoidaan elementtipukkeihin, joita Atrain-korttelissa yhdellä rungolla on käytössä kaksi. Suurin osa elementtitoimituksista tuodaan kello kuusi aamulla, jotta purkuaika ei olisi pois rungon pystyttämistä. Ennen kello seitsemää tapahtuvat toimitukset voivat olla ongelmallisia melun kannalta, jos vieressä on asuintaloja.

Koska elementtejä toimittava yritys toimittaa niitä myös monelle muulle työmaalle ei ole mahdollista saada toimituksia työmaalle optimaaliseen aikaan. Tällöin pahimmassa tapauksessa rungon nostaminen viivästyy tai toimitus joudutaan perumaan koska elementtipukeissa ei ole tilaa.



Kuva 9. Elementtitoimitus.

Raudoitustoimitukset

Ideaalitilanteessa raudat tilataan maksimi kuormissa eli yleensä 24 tuhatta kiloa kerralla. Atrain-korttelin raudoitukset tilataan kerros kerrallaan, eli noin 10 tuhatta kiloa, tilanpuutteen vuoksi. Yhdessä kuormassa tulee noin 20 kpl 10:n metristä rullaa, pari nippua irtoteräksiä, pari lavaa reunahäkkeitä ja 10 nippua tukipukkeja. Lähes koko ajan tontilla on varastoituna kahden kerroksen raudoitteet koska kahta runkoa nostetaan yhtä aikaa. Paras ajankohta raudoitustoimituksille on valupäivä koska silloin edellisen kerroksen raudat on jo asennettu ja nosturi ei ole varattuna rungon nostamiseen. Raudoitukset täytyy tilata kahta viikkoa ennen toivottua toimitusajankohtaa, jolloin jos rungon nostoon

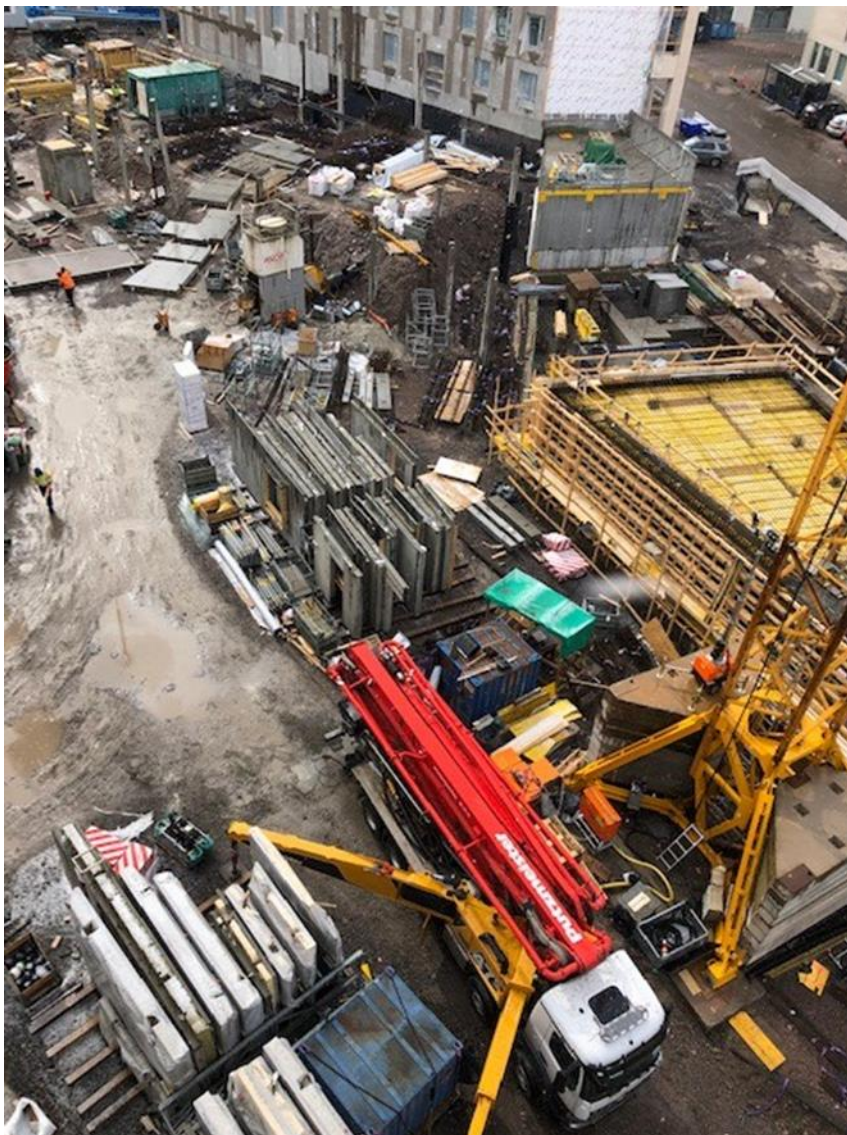
tulee viivettä raudituskuorma ei osu valupäivälle. Tällöin edelliset raudat ovat vielä varastoituna ja uusille täytyy etsiä toinen varastopaikka.

Hormielementtitoimitukset

Hormielementtitoimitukset tilataan vähintään kolmea päivää ennen toimitusta, jolloin ne saa ajoitettua siten että hormit saadaan asennettua mahdollisimman nopeasti toimituksen jälkeen, jolloin varastointipaikka vapautui muuhun käyttöön. Hormit olisi hyvä kotiuttaa yhden kerroksen hormielementit kerrallaan, eli noin 20 elementtiä, mutta jos kuorma jää vajaaksi joudutaan työmaalle ottamaan jo seuraavan kerroksen hormoneja kustannuksien minimoimiseksi.

Valut

Korttelin kaikki kerrostalojen kerrokset ovat paikallavalettuja pois lukien ensimmäiset kerrokset. Alkuvaiheessa kaikki valut pyritään suorittamaan tontin sisäpihalta. Töiden edetessä sisäpiha kävi liian ahtaaksi ja valut suoritettiin osittain katualueelta, joka täytyy vuokrata. Betonitoimitukset tuotiin suurimmaksi osaksi 4-akselisilla betoniautoilla, joihin mahtuu 6-9 m³ betonia kerrallaan. Yhteen kerrosvaluun tuotiin keskimäärin 15 kuormaa betonia. Suurin työmaalla käytetty autobetonipumppu oli Putzmeister M54-5 jonka tilantarve tukijalat auki on 14m x 12m.



Kuva 10. Betonipumpun asemointia ahtaassa paikassa

7 Esimerkkikohde: Stockholm Royal Seaport

Tukholman yksi aluerakentamisen kohde, joka muistuttaa paljon Kalasataman kohdetta.

Kalasataman 170 hehtaarin ranta-alueelle rakennetaan 2030-luvun loppuun mennessä asunnot 25 000 asukkaalle ja 10 000 työpaikkaa [12]. Vastaavanlaiselle 236 hehtaarin alueelle Tukholmassa rakennetaan 12 000 uutta asuntoa ja 35 000 työpaikkaa vuoteen 2030 mennessä [13].



Kuva 11. Stockholm Royal Seaport -aluerakentamisen kohde

Stockholm Royal Seaport on lähes kokonaan Tukholman kaupungin omistamalla maalla ja aluerakentamiskohdetta on alusta asti suunniteltu ympäristöystävälliseksi ja sen halutaan toimivan mallina kestävän kehityksen suunnittelussa. Tämä tarkoittaa, että Tukholman kaupunki ja muut asianosaiset alueen kehittämisessä ovat mukana ovat mukana suunnittelemassa kestäviä ja resurssi tehokkaita rakennustapoja. Yhtenä tällaisen suunnittelun tuloksena Tukholman kaupunki perusti alueelle logistiikkakeskuksen (BLC), jota kaikkien alueella rakentavien täytyy käyttää.

7.1 Rakentamisen logistiikkakeskus BLC

Bygglokistikcenter (BLC) koordinoi kuljetuksia ja materiaaleja, joita käytetään rakentamisessa ja on vastuussa jätteiden ja ylijäämämateriaalien kierrättämisestä. Se myös tarjoaa asiakkailleen sisä- ja ulkovarastointia. BLC:n avulla kasvihuonekaasu päästöjä voidaan tiputtaa, vähentää rakentamisessa tuotettua jätettä, parantaa työskentely-ympäristöä ja parantaa tuottavuutta.

BLC perustettiin EU-rahoitetun FREVUE projektin avulla. FREVUE projektin tavoitteena on tehostaa datan keräämistä liittyen rakennusmateriaalilogistiikkaan. BLC on ollut

toiminnassa toukokuusta 2013 asti ja sijaitsee rakennettavan alueen välittömässä läheisyydessä. Logistiikkakeskuksen rakennuttajana toimi Tukholman kaupunki ja yksityinen yritys pyörittää sitä. Kaikki kuljetukset täytyy varata etukäteen ja kaikkia sisäänkäyntejä valvotaan automaattisilla porteilla, joissa on rekisterikilven tunnistus. Kaikki alle 5m³ toimitukset on pakko tilata keskuksen kautta. Pienet kuljetukset pakataan keskuksessa yhteiskuljetuksiin, jotka jaetaan vakioreittejä pitkin joka päivä. Vuoteen 2017 mennessä yhdistetyt kuljetukset olivat vähentäneet kuljetuksia koko alueella 60 prosenttia [16]. Isommat kuljetukset voi tilata suoraan työmaalle mutta siitä joutuu maksamaan 85 ruotsin kruunun maksun [14]. BLC tarjoaa myös muita palveluja kuten esimerkiksi vartiointi, alueen ympärivuotinen puhtaanapito ja tavaran purku. Tavaran purkuja voi myös työajan ulkopuolelle, esimerkiksi keittiön kalusteet voidaan tuoda kerroksiin ilta-aikana, jolloin muut työt eivät häiriidy [15].

Tukholman kaupungin tavoitteena on vähentää rakentamisessa tuotettavaa jätettä puoleen nykyisestä eli 20 kiloon rakennettavaa pintaneliometriä kohden. BLC käyttöönoton jälkeen jätemäärät ovat tippuneet 37 kilosta 32 kiloon per rakennettava pintaneliometri [17]. Tämä vaatii uudistuksia koko tuotantoketjulta. Myös jätteenkierrätyksessä halutaan päästä 100 prosenttiin. BLC tarjoaakin kaikille rakentajille kierrätysastiat työmaalle, jotka tyhjennetään työmaan vieressä oleviin astioihin ja logistiikkakeskus hoitaa ne eteenpäin.

7.2 Massalogistiikkakeskus MLC

Stockholm Royal Seaport:iin perustettiin myös massa logistiikkakeskus maamassoille, johon kaikki kaivu maat voidaan ajaa ja välpätä. Käyttökelpoinen maa-aines voidaan osittain ajaa takaisin tonteille. Myös pilaantuneet maat voidaan tuoda läjitysalueelle, josta ne lähetetään edelleen jatkokäsiteltäväksi. Keskuksessa on myös rakentamisessa käytettävää maa-ainesta, josta sitä voi tilata työmaalle. Logistiikka keskus sijaitsee satama-alueella, joten suuri osa kuljetuksista voidaan hoitaa rahtialuksilla. Läjitysalueen sijainti lähellä rakennustyömaita säästää huomattavasti kuljetuskustannuksia, kun matkat lyhenevät. Myös työnjohdolta säästyy aikaa, kun ei tarvitse etsiä sijoituspaikkoja kaivumassoille.

8 Tulokset

Varsinkin pääkaupunkiseudulla infrastruktuurin kehittyminen tiiviimmäksi on tuonut uusia haasteita myös rakennusalalle. Ahtaat aluerakentamisen kohteet tuottavat suuria logistisia ongelmia, kun samalla alueella rakennetaan useampaa rakennusta yhtäaikaaisesti. Aikaisemmin ja osittain vielä tänäkin päivänä rakennustyömaiden logistiikka on jätetty yksin työmaiden harteille, vaikka hyvällä ennakkosuunnittelulla jo kaavoituksesta lähtien luotaisiin turvallisempia ja aikataulullisesti tehokkaampia työmaita. Valtaosa rakentamisesta tapahtuu kaupunkien omistamalla maalla ja kaupunki toimii myös rakennuttaja. Kaupungilla olisikin tästä syystä mahdollisuus ottaa suurempaa roolia logistiikan suunnittelussa kuten esimerkiksi Tukholmassa on tehty. Tukholman tapauksessa kaupungin perustamat logistiikkakeskukset ovat vähentäneet kuljetusmääriä 60 prosenttia niin rakennusmateriaalien kuin maanajonkin osalta. Myös varkaudet olivat vähentyneet radikaalisti koska logistiikkakeskus aittaa automaattisesti työmaat ja koko rakennettavan alueen.

Nykytilanteessa lähes ainut keino parantaa rakentamisen logistiikka on neuvotella vieresten työmaiden urakoitsijoiden kanssa tilan käytöstä ja yhteisistä kuljetuksista. Esimerkiksi jos aidan takana oleva työmaa on jo edennyt pidemmälle eikä tarvitse koko tonttiaan voi heidän kanssaan neuvotella lisätilasta. Perinteisesti tällaista yhteistoimintaa ei kuitenkaan tehdä koska kaikki ajattelevat joutuvansa maksamaan enemmän kuin muut osapuolet.

Työmaalla huomattavat suunnitelmapuutteet tai -muutokset voivat aiheuttaa merkittäviä kustannuksia ja viivästyksiä. Suunnittelun ohjaukseen tulisi panostaa koko projektin ajan. Risteilypalavereja tulisi järjestää tarpeeksi usein, että suunnitelmien puutteet huomattaisiin ennen kyseisen vaiheen rakentamisen aloittamista.

Suuremmilla työmailla tulisi olla työmaan logistiikasta vastaava henkilö, jonka pääasiallinen työ on hoitaa työmaan logistiikkaa. Mahdollisen uuden henkilön palkkaaminen toisi lisää kustannuksia työmaalle mutta mahdollistaisi turvallisemman ympäristön kaikille osapuolille ja toisi säästöjä materiaalien ja työntekijöiden hallinnassa sekä säästäisi työnjohtajien aikaa.

9 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää kaupunkialueiden rakentamiseen liittyviä työmaiden logistisia ongelmakohtia ja ratkaisuja niihin. Työn on tarkoitus toimia erityisesti uusien työnjohtajien apuna ja suunniteltaessa uusia työvaiheita. Suurin osa havainnoita nousi esiin toimiessani työnjohtajana. Ratkaisuja ongelmiin hain kirjallisuudesta, mutta suurin osa rakennustyömaan logistiikan kirjallisuudesta keskittyy suunnitteluvaiheeseen. Tutustuin myös erilaisiin toimintatapoihin Euroopan muissa isoissa kaupungeissa. Ratkaisut ongelmiin löytyivät usein pohtimalla niitä muiden työnjohtajien kanssa. Tosin rakentamisen logistiikkaan on vaikea kehittää universaaleja ratkaisuja koska työmaat ovat aina erilaisia.

Rakennustyömaan lähtölogistiikkaan olisi mielenkiintoista paneutua enemmän etenkin jätehuoltoon ja erityisesti kierrätykseen. Jätteenkäsittelyn lainsäädännön tiukentuessa, työmaillakin joudutaan kierrättämiseen panostamaan enemmän. Lähtölogistiikkaan panostamalla saataisiin myös kustannussäästöjä, kun turhat siirrot ja jätekustannukset vähenevät.

Markkinoilla jo oleviin logistiikan simulaatio- ja suunnitteluohjelmistoihin olisi mielenkiintoista perehtyä jatkossa koska niitä käytetään myös muussa rakentamisessa enenevässä määrin.

Lähteet

1. Logistiikka maailmalla. 2020. Verkkolähde. Luettu [28.7.2020] saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>
2. Mitä logistiikka on. 2020. Verkkolähde. [Luettu 17.8.2020] saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikkaa>
3. Artikkel, Rakennuslehti, 28.4. 2020. Jätelain uudistus tuo kovat haasteet rakentajille. saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2020/04/jatelain-uudistus-tuo-kovat-haasteet-rakentajille/>
4. Tilastokeskuksen PxWeb-tietokannat. [luettu 20.7.2020] saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vamuu/statfin_vamuu_pxt_11lk.px/table/tableViewLayout1/?rxid=230c1749-3ae6-4704-b987-d00bb175478a
5. Helsingin kaupungin internetsivu: <https://www.uuttahelsinki.fi/fi/kalasadama/rakentaminen#rakentamislogistiikka-minimoi-haitat>
6. Antti Peltokorpi, Rita Lavikka, Müge Tetik, Building 2030 Rakentamisen logistiikkaratkaisut -osahankkeen loppuraportti 9/2018-8/2019: https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-10/loppuraportti_rakentamisen_logistiikkaratkaisut_23.10.2019.pdf
7. Sartjärvi, T. 1992. Logistiikka kilpailutekijänä. Keuruu: Otava Oy
8. Työturvallisuuskeskus. verkkojulkaisu. [luettu: 12.9.2020] luettavissa: https://ttk.fi/files/6729/Rakennustyomaan_aluesuunnittelu_201901.pdf
9. Skanska Talonrakennus Oy:n työmaapäällikkö Ari Petäjaniemen haastattelu 16.10.2020

10. Urban Construction Site Logistics and How to Schedule Them.
verkkojulkaisu. [luettu 9.3.2021] luettavissa: <http://repone.net/site-logistics/>
11. Logistiikan maailma | Reijo Rautauoman säätiö | 2021
verkkojulkaisu. [luettu 10.4.2021] luettavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/logistiikkakeskus>
12. Helsingin kaupungin verkkosivut. [luettu 10.4.2021] luettavissa: <https://www.uut-tahelsinki.fi/fi/kalasadama>
13. Sustainable urban-development-programme. Verkkojulkaisu. Tukholman kaupungin verkkosivut. [luettu 10.4.2021] luettavissa: <http://www.stockholmroyalseaport.com/>
14. Frevue. verkkosivut. [luettu 11.4.2021] luettavissa: <https://frevue.eu/?s=stockholm+royal+seaport>
15. Bygglogistikcenter, BLC, Norra Djurgårdsstaden. verkkojulkaisu: 1462280196_46.pdf. [luettu 12.4.2021] luettavissa: https://ndslogistik.se/files/documents/1462280196_46.pdf
16. Sustainability report. 2017. Verkkojulkaisu. Tukholman kaupungin verkkosivut. [luettu 10.4.2021] luettavissa: <http://www.stockholmroyalseaport.com/>
17. FREVUE D4.2 Local Dissemination strategies and activity report. Verkkojulkaisu. Tukholman kaupungin verkkosivut. [luettu 13.4.2021] luettavissa: https://ndslogistik.se/files/documents/1578398914_121.pdf

