

Opinnäytetyö AMK

Tuotantotalous

2017

Mikko Rusanen

# ELEMENTTITEHTAAN LAAJENNUSOSAN LAYOUTIN SUUNNITTELU

– BM Turku Oy:n elementtivarasto



Mikko Rusanen

# BETONIELEMENTTITEHTAAN LAAJENNUSOSAN LAYOUTIN SUUNNITTELU

– BM Turku Oy:n elementtivarasto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa layout-suunnitelma BM Turku Oy:n elementtitehtaan laajennukselle. Toimeksiannon tavoitteena on luoda laajennusosaan tulevalle elementtivarastolle käyttöönotettava layout-suunnitelma varastoinnin ja kuljetuksien edistämiseksi. Laajennusosan myötä betonielementit tullaan varastoimaan uudessa varastorakennuksessa ulkovaraston sijaan.

Aluksi suunnitelmaan huomioitiin rajaukset varastorakennuksen piirustuksien pohjalta, jotka varmistuivat rakennusvalvonnan hyväksyessä tehtaan laajennusosan rakentamisen Syyskuussa 2017. Tämän jälkeen, varaston layout-suunnitelmaan hyödynnettiin varastoinnin ja logistiikan kirjallisuuden teoriaa sekä betoniteollisuuden verkkosivuilta kerättyä tietoa layout-suunnitelman rakentamiseksi. Tavoitteiden toteutumiseen työssä painotutaan lastauksien sujuvuuteen ja liikkumisen esteettömyyteen, joihin on hyödynnetty kirjoittajan työkokemusta varaston toiminnassa.

Lopputuloksena laajennusosan layout-suunnitelmaan määritettiin kulkutasot, varastointisektorit ja lastauspaikat huomioiden työlle asetettuja tavoitteita. Suunnitelma rakennettiin yksinkertaiseksi kokonaisuudeksi, joka edesauttaa lean-periaatteiden toteutumista betonielementtien varastoinnissa. Yksinkertaisilla ratkaisuilla tähdätään layoutin nopeaan sisäistämiseen ja käyttöönottoon.

## ASIASANAT:

Varaston layout, betonielementti, sijoittelu, varastointi, lean

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management Engineering

2017 | 43 + 7

Mikko Rusanen

# LAYOUT PLAN FOR CONCRETE ELEMENT FACTORY'S HALL EXPANSION

– Element warehouse of BM Turku

The purpose of this thesis was to implement a layout plan for a hall expansion of the BM Turku element factory. The main goal of this assignment is to create an implementational layout plan to element warehouse for the hall expansion, thus promoting the storage and transport of the company. With the hall expansion, the concrete elements will be stored in a new warehouse instead of the outer storage, where they have been stored until now.

The work was initiated by the approval of building supervision for the construction of the hall expansion of BM Turku, and from there on the construction drawings for the expansion were verified in September 2017. Initially, the limitations of the actual warehouse building drawings were taken into consideration when making the layout plan. After that, theoretical literature of both warehousing and logistics, as well as the information collected from the concrete industry website, were utilized to build a layout plan for concrete element warehouse. To achieve the objectives, emphasis is placed on the writer's knowledge, gained from previous work experience in the industry, as well as on the smoothness of warehousing and loading, and easiness of access and movement in the warehouse and loading area.

As a result, the route levels, the storage sectors and the loading locations were defined to the warehouse layout plan, taking into account the goals which were set for this thesis. The layout plan was built into a simple entity that facilitates the implementation of the lean principles in warehousing concrete elements. These simple solutions aim for the quick internalization and deployment of the layout.

## KEYWORDS:

Warehouse layout, concrete element, layout, storage, lean

# SISÄLTÖ

<b>LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Tavoitteet	7
1.2 Rajaukset	8
<b>2 BETONIMESTARIT OY</b>	<b>9</b>
2.1 BM Ryhmä	9
2.2 BM Turku Oy	10
<b>3 LAAJENNUKSEN TOIMINNALLISET VAIKUTUKSET</b>	<b>11</b>
3.1 Tuotannonohjauksen muodot	11
3.2 Tehtaan tuotantomuoto	11
3.3 Tuotannonohjauksen vaikutus varastointiin	12
3.4 Imuohjaus	12
3.4.1 JIT	13
3.4.2 Lean-ajattelu ja Agile	13
<b>4 KUORMIEN SUUNNITTELU</b>	<b>15</b>
4.1 Elementtien asennussuunnitelma	15
4.2 Elementtien kuljetukset	16
4.3 Ajoneuvoyhdistelmät ja kuljetuskalusto	17
<b>5 VARASTO-LAYOUTIN SUUNNITTELU</b>	<b>18</b>
5.1 Suunnittelun tavoitteet	18
5.2 Tilansuunnittelu	19
5.3 Sijoittelu	19
5.4 Keräily	20
<b>6 LAAJENNUSOSAN TOTEUTUS</b>	<b>21</b>
6.1 Lähtökohdat	21
6.2 Laajennusosa	22
<b>7 BM TURKU OY:N VARASTON LAYOUT</b>	<b>23</b>
7.1 Layout-suunnitelma	23

7.2 Lastauspaikat	24
7.3 Kulktasot ja -reitit	25
7.4 Varastointisektorit	27
7.5 Elementtien sijoittelu	29
7.6 Varaston kapasiteetti	31
7.7 Lopullinen layout-suunnitelma	32
<b>8 LOGISTIIKKA VARASTOSSA</b>	<b>35</b>
8.1 Nostimet	35
8.2 Elementtien keräily	36
8.3 Kuormien lastaus	37
8.4 Työturvallisuus varastossa	38
<b>8 LAYOUTIN TOIMIVUUS</b>	<b>40</b>
<b>9 PÄÄTELMÄT</b>	<b>41</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>42</b>

## LIITTEET

Liite 1. BM Turku Oy:n elementtien tunnuslaput ja kuormakirja

Liite 2. BM Turku Oy:n lavetti

Liite 3. Elementtien varastointipiirustukset

## KUVAT

Kuva 1. BM – Ryhmä 2017.	9
Kuva 2. Allasvaunu.	17
Kuva 3. Elementtitehtaan asemapiirros 2017.	21
Kuva 4. Laajennusosan alapohjan tasopiirros 2017.	22
Kuva 5. Laajennusosan lastausalueet ja kulkusuunnat.	24
Kuva 6. Laajennusosan elementtien kampatelineen ja kulktason hahmotelma.	25
Kuva 7. Reitit kulktasoille.	27
Kuva 8. Varastointitelineen kampa.	28
Kuva 9. Varastointi sektoreiden suunnitelma.	29
Kuva 10. CE-ajoneuvoyhdistelmien kulmaperuutus.	30
Kuva 11. Varaston layout.	33
Kuva 12. Sisähallin leikkauspiirros, siltanosturin aukko.	35

## LYHENTEET

EliPLAN	Betonimestareiden käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä.
Lavetti	Elementtikuljetuksissa käytettävä allasvaunun irtopohja, mistä käytetään nimitystä lavetti.
ETA – maa	Euroopan talousalue (Euroopan unionin jäsenmaat ja EFTA-maat.)
Peti	Elementtiteollisuudessa on käytetty elementtien valmistus- alustasta ”peti” nimitystä.
Nostoraksi	Nostimeen kiinnitettävä 2-4 haarainen teräsketju, joita käytetään elementtien nostamiseen.
Elementtifakki	Betonielementtien varastointilineri, jota yleisimmin käytetään työmaalla betonielementtien varastointiin.

# 1 JOHDANTO

Betonielementtituotanto Suomessa on kasvanut vuoden 2016 rakennusteollisuuden investointien seurakusena varsinkin asuntotuotannossa, joka on saanut elementtitehtaat nostamaan tuotantoa. Hyvä työllisyystilanne on vaikuttanut tehtaiden laajennushankeihin ja toimintakyvyn kehittämiseen sekä näkyvyyden lisäämiseen markkinoilla. Betonielementtiteollisuudessa tasainen laatu ja toimitusaika ovat tilaajalle merkittävimmät kriteerit, mutta viime vuosina tärkeiksi tekijöiksi tilaajalle ovat tulleet projektihallinta ja kustannustehokkuus. Tämän takia elementtiteollisuus on siirtämässä yhä enemmän leanperiaatteiden mukaisesti kustannustehokkaampaan toimintaan karsien pois ylimääräisiä työvaiheita.

BM Turku Oy aloitti syyskuussa 2017 tehdaslaajennustyöt betonielementtivarastolle. Laajennuksen tarkoituksena on siirtyä pois ulkovaraston vuokratilasta ja keskittää varasto tehtaaseen sisälle. Tehtaaseen ongelmana on ollut varastointikustannukset, joita aiheuttaa elementtien ulosajot ja vuokratuista elementtifaakista ulkovarastossa. Varaston laajennuksella haetaan taloudellista vaikutusta kustannuksiin minimoimalla sekä parantamalla lastausten, materiaalivirtojen ja varastoinnin organisoimista. Laajennuksella pyritään myös työturvallisempaan ja työntekijäystävälliseen ratkaisuun. BM Turku Oy, jossa kirjoittaja on työskennellyt työharjoittelun jälkeen toimihenkilönä vuodesta 2016 lähtien, toimii opinnäytetyön toimeksiantajana. Aihe syntyi, kun yrityksen tehtaaseen laajennushanke varmistui syyskuussa 2017.

## 1.1 Tavoitteet

Laajennus koskee betonielementtivarastoa, jonka layoutiin ei ollut vielä suunnitelmaa. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda betonielementtivarastolle käyttöönotettava layout-suunnitelma, jolla pyritään parantamaan kuormien lastausten järjestelyä ja varastointia. Työssä määritetään varastointipaikat betonielementeille ja kulkureitit varastossa sekä otetaan kantaa laajennuksen vaikutuksista tehtaaseen tuotannolle. Tavoitteena on laajennusosan varastotilojen hyödyntäminen ja elementtikuormien lastauksen sujuvuus. Tehtaaseen laajennusosan valmistumiselle ei ole annettu tarkkaa aikaa, joten käyttöönotto tapahtuu vasta laajennustöiden jälkeen.

## 1.2 Rajaukset

Opinnäytetyössä painotutaan vain laajennusosaan tulevan varastorakennuksen layoutin suunnitteluun. Tehtaan sisävaraston layout ei tule muuttumaan, vaikka suunnittelussa huomioidaan nykyisen ja uuden varaston toimintaa, jonka mukaan toteutetaan sijoittelu laajennusosaan. Kaikki esitetyt mitat pohjautuvat laajennusosan rakennuspiirustuksiin, joiden rakenteellisesta suunnittelusta on vastannut suunnittelutoimisto. Laajennuksen kustannuksellisia vaikutuksia ei esitetä, koska laajennusosan rakennushanke toteutettiin ylimääräisten kulujen vähentämiseksi.

Varaston rakennusvaiheita ei huomioida opinnäytetyössä. Oletuksena on valmis varastorakennus, johon layout-suunnitelma perustuu. Tulevaisuudessa tehdään materiaalivarastoa tullaan laajentamaan, mikä esitetään myös rakennuspiirustuksissa, mutta tämä ei tule sisällymään työhön. Laajennusosan seurauksena yrityksen tuotannonohjaus tulee muuttumaan. Tuotannonohjauksen muutoksesta vastasi BM Turku Oy:n tehtaanjohtaja Timo Riihimäki. Opinnäytetyössä otetaan kantaa vain varaston toiminnallisiin puoliin.

Rakennuspiirustuksien suunnittelusta ja rakenteesta on vastannut suunnittelutoimisto Sweco. Suunnittelutoimiston rakennuspiirustukset toimivat pohjana varaston layout-suunnitelmaan. Virallisiin rakennuspiirustuksiin on hahmoteltu suunnitelman vaiheita AutoCad- ja piirustusohjelmia hyödyntäen. Tehdyt hahmotelmat ovat erikseen merkittyinä piirustuksiin. Tekstin lähteinä on käytetty varastointi- ja logistiikkakirjallisuutta sekä betonteollisuuden liittyviä nettisivustoja. Suunnitelmaan on sisällytetty yrityksen purku- ja lastaustyöntekijöiltä saatuja parannusehdotuksia, elementtikuljettajien tietoja lastauksista sekä työkokemuksen tuomaa kokemusta elementtien varastoinnista työharjoittelun varrelta.



## 2 BETONIMESTARIT OY

### 2.1 BM Ryhmä

Betonimestarit Oy/BM Ryhmä on suomalainen perheyrittys, joka on fokusoitunut vaativiin elementtitoimituksiin. Tehokkaat tuotantomenetelmät ja toimitusvarmuus toimivat yrityksen kilpailukyvyn kivijalkoina. Yrityksen historia ulottuu vuoteen 1988 asti, jonka jälkeen yritys on tehnyt merkittävää kasvua sukupolvenvaihdoksen seurauksena. (Betonimestarit Oy 2017.)



Kuva 1. BM – Ryhmä 2017 (Betonimestarit 2017).

Betonimestarit ovat vuosien varrella laajentaneet toimintaansa ympäri Suomea, ja nykyään toimintaa on myös Ruotsissa, Virossa ja Latviassa. Vahvalla projektihallintatoiminnalla Betonimestarit Oy on kasvattanut imagoaan luotettavana yhteistyökumppanina. (Betonimestarit Oy 2017.)

## 2.2 BM Turku Oy

BM Turku Oy on Turun Saramäessä sijaitseva betonielementtitehdas, jonka toimiala koostuu rakennustuotantoon valmistettavista betonielementtituotteista. BM Turku Oy syntyi osakekaupan seurauksena heinäkuun alkupuolella 2016, kun savolainen betoni-yritys Betonimestarit Oy osti Mures Oy:n. BM Turku Oy toimii Turun alueella omana yksikkönään, mutta kuuluu Betonimestarit Oy:n alaisuuteen. (Turun Sanomat 2016.)

Turun elementtitehdas on vuonna 2013 valmistunut tehdashalli, joka koostuu modernista tuotantohallista, varastosta ja omasta betoniasemasta. Tehtaan tiloihin ja tuotantolinjaan ei ole tehty muutoksia Mures Oy:n ajoilta. Tehtaan tuotanto on painottunut seinäelementtien valmistukseen, jotka täyttävät vaadittavat CE- ja FI- merkinnät (ks. liite1). Yrityksen tuotanto koostuu pääosin väliseinä-, sokkeli- ja julkisivuelementeistä. Tilaajan toiveiden mukaan yritys kykenee värillisten betonien tuotannon pesupintaisille elementeille. Yrityksen tuotanto on kokonaan projektisidonnainen, jolloin tilaaja määrittää tuotteet ja käytettävät materiaalit. (Mures Oy 2016.)

Betonimestarit ovat mahdollistaneet kasvavan tuotantomäärän Turun yksikölle, jonka suurimpana tekijänä on elementtien vienti Ruotsiin. Sijaintinsa puolesta BM Turku Oy on strategisesti hyvien kulkuyhteyksien lähellä niin ulkomaan kuin Suomenkin elementtitoimituksille. Tämän vuoksi tehdasinvestoinnilla tähdätään toimitusvarmuuden lisäämiseen elementtitoimituksiin. Lisäksi laajenuksella haetaan yksikölle kustannustehokkuutta sekä pyritään luomaan turvallisempi ja parempi ilmapiiri työntekijöille. (Turun Sanomat 2016.)

### 3 LAAJENNUKSEN TOIMINNALLISET VAIKUTUKSET

Tässä luvussa esitetään yleisimpiä tuotantomuotoja ja niiden ominaispiirteitä, varsinkin elementtiteollisuudelle. Luvussa kuvataan myös BM Turku Oy:n tuotantomuoto ja siihen sidonnaiset piirteet. Tämän jälkeen kerrotaan laajennuksen toiminnalliset vaikutukset, jotka tulevat vaikuttamaan yrityksen tuotannonohjaukseen ja varastoon.

#### 3.1 Tuotannonohjauksen muodot

Perinteisesti tuotannonohjauksen muodon valintaan vaikuttavat tuotannon läpimenoaika sekä asiakkaan vaatima toimitusaika. Kuitenkin tuotannonohjaus voi vaihdella yrityksen sisäisesti kohteiden ja toimitusten mukaisesti. (Ritvanen, Inkiläinen, von Bell & Santala 2011, 48–49.)

Yleisimmät tuotannonohjaus muodot:

- varasto-ohjautuva tuotanto.
- tilausohjautuva tuotanto.
- asiakasohjautuva kokoonpano.
- asiakasohjautuva tuotesuunnittelu.

Näistä yleisin elementtituotannolle on varasto-ohjautuva tuotannonohjaus asiakkaan tarpeiden mukaan. Kuitenkin kyseinen malli aiheuttaa varastokustannuksia suurien varastojen ylläpitoon. Varasto on silti välttämätön rakennusteollisuudessa, sillä tuotteiden toimitusajat voivat olla pitkiä. (Ritvanen ym. 2011, 47–60.)

Kuitenkin varaston merkitys, varsinkin asiakastilauksille, on kasvanut yrityksiensä sisällä. Lähtökohtaisesti tilausten kustannustehokas käsittely kuuluu varaston päätehtäviin. Varasto palvelee niin asiakasta olemalla toimitusketjun linkkinä kuin yritystäkin vapauttaen varastoon sitoutunutta pääomaa. (Hokkanen & Virtanen 2012, 71–72.)

#### 3.2 Tehtaan tuotantomuoto

BM Turku Oy:n tehtaan tuotanto on projektituotantoa, sillä tuotanto on yksittäistä. Tällöin eräkoot määritetään tilauskoon mukaisesti. Lähtökohtaisesti projektituotanto on yleinen

rakennusteollisuudessa ilmenevä tuotantomuoto. Ominaista tälle tuotantomuodolle on yksittäiskappaleiden tuottaminen, jossa asiakaslähtöisyys ja toimitusten ajoitus vaikuttavat tuotannonohjaukseen. Tuotannossa olevien työmaakohteiden elementit ovat uniikkeja, joita työmaat tilaavat asennusjärjestyksensä mukaisesti. Suunnittelijatoimistot ja arkkitehdit määrittävät elementtien muodolliset vaatimukset kohteittain. Valmistuksessa on saamanaikaisesti 5-7 työmaakohteen elementtejä, joilla pidetään tuotanto jatkuvana ja työvoimakapasiteetti työmäärään sopivana. Betonimestareiden kaikissa yksikössä on käytössä EliPLAN-järjestelmä, jolla ylläpidetään tuotannon, varaston ja kuljetusten toimintaa.

### 3.3 Tuotannonohjauksen vaikutus varastointiin

Tehtaan laajennuksella tähdätään tehokkaampaan varaston läpimenoon hyödyntämällä tilausohjautuvaa tuotannonohjausta, jolloin tuotannosuunnittelu ja toimitusketju toimisivat lean-periaatteiden mukaisesti. Lean-periaatteet tulevat näkymään tuotannonohjauksellisissa JIT:n ja imuohjauksen muodossa. Tilausohjautuvalla tuotannonohjauksella varastoidut tuotteet suunnitellaan valmiiksi kuormiksi työmaan asennusjärjestyksen mukaisesti. Tällöin ehkäistään suurten varastojen syntymistä, kun toimitukset tehostavat varaston läpimenoa.

### 3.4 Imuohjaus

Elementtiteollisuudessa tuotannonohjaukseen vaikuttavat tuotannon läpimenoajat ja tuotteiden vaihtuvuus. Näiden johdosta suurten varastojen ylläpito sisältyy tuotannonohjaukseen. Jotta varastomääriä saataisiin rajattua, on tuotannonohjauksessa huomioitava asiakastarpeet imuohjauksen mukaisesti, joiden ominaispiirteitä kuvataan kappaleissa 3.4.1 ja 3.4.2. Imuohjausperiaatteiden mukaisen toiminnan avulla varastoon sitoutunutta pääomaa pyritään vapauttamaan asiakastarpeiden mukaisesti. (Hokkanen & Virtanen 2012, 80.)

Lean-periaatteisiin perustuva imuohjaus on menetelmä kyseisen teollisuuden tuotannonohjaukseen. Menetelmää tahdittavat asiakastarpeet, joilla kontrolloidaan varastojen ja tuotannon määriä. Tuotteita valmistetaan ja toimitetaan eteenpäin vasta, kun tarve tulee asiakkaalta. Imuohjausta ei kuitenkaan tarvitse hyödyntää läpi koko tuotannon. Asiakaan

tarpeiden ennakointi onnistuu, kun ymmärretään asiakkaan tulevaisuuden tarpeet tai asiakkaalta itseltään on kerätty tietoa. Tätä tulee hyödyntää varsinkin tuotteissa, joilla on pitkä läpimenoaika. (Logistiikan maailma 2017.)

### 3.4.1 JIT

Asiakasohjautuva tuotantofilosofia, JIT (Just-In-Time), on tunnetuin imuohjauksen periaate, joka Suomessa on käännetty muotoon JOT (Juuri-Oikeaan-Tarpeeseen) (Hokkanen & Virtanen 2012, 81).

JIT-Periaatteen avulla pyritään kysynnän ja tarjonnan tasapainoon, jotta varastoja ei syntyisi. Perusideana ovat tuotannon tehostaminen poistamalla turhat toimenpiteet ja virheet tuotannon eri alueilta. Erityisen tärkeää teollisuuden tuotantotehtaille on ehkäistä ylimääräisten kulujen syntyminen, läpimenoaikojen nopeuttaminen ja odotusaikojen poistaminen, jotka lukeutuvat JIT:n tärkeimpiin toiminnan tavoitteisiin. JIT-tuotanto mahdollistaa nopean reagoimisen asiakastarpeisiin. (Ritvanen ym. 2011, 60.) JIT-tuotannon keskinäiset tavoitteet ovat

- toiminnan virheettömyys.
- joustavuus.
- prosessien jatkuvuus.
- varastojen pieneneminen.
- toimitusaikojen lyhentäminen.

### 3.4.2 Lean-ajattelu ja Agile

Lean-ajattelun lähtökohtana on asiakkaan huomioiminen. Kun asiakkaan tarpeet otetaan huomioon jo tuotannon alkuvaiheessa, saadaan tuotannon toimenpiteitä keskitettyä enemmän asiakasta tyydyttäviin ratkaisuihin. Lean-ajattelu tähtää sulavaan toimintaan läpi koko tuotannon, tehden työhön liittyvät aktiviteetit tarkoituksen mukaisesti sekä löytäen parannuksia läpimenoon. Toisin sanoen, Lean karsii toiminnasta turhan pois. (Slack, Brandon-Jones & Johnston 2013, 464–470.)

Lean käsitettä on tuotu rakennusteollisuuteen yhä enemmän. Sen avulla korostetaan yhteistyön merkitystä, nopeutetaan prosesseja sekä karsitaan ylimääräisiä kustannuksia. Lean-ajatteluun lukeutuu monia käsitteitä kuten Just-In-Time, 5S ja imuohjaus joilla ehkäistään ”Leanin 7 +1 hukkan” syntymistä. Nämä seitsemän hukkaa ovat:

1. *Ylituotanto*, jossa tuotteita valmistetaan varastoon ilman tilausta kuluttaen resursseja ja sitoen pääomaa varastoon.
2. *Odotusaika*, joita pullonkaulat aiheuttavat syöden aikaa tuotannon läpimenoa.
3. *Turhat liikkeet*, joita aiheutuu huonosti organisoiduilla valmistuksen toimipisteillä sekä tuotteiden ylimääräisellä liikuttamisella varastossa.
4. *Yliprosessointi*, joka voi johtua huono laatuista komponenteista, työkaluista tai toimenpiteistä jotka vaikuttavat tuotteen laatuun.
5. *Turha varastointi*, esimerkiksi valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi tuo lisäkustannuksia, pitkittää läpimenoaika ja vaikeuttaa ongelmien havaitsemista.
6. *Turhat liikkeet työpisteillä*, johon vaikuttavat osien, tarvikkeiden ja työkalujen sijoittelu.
7. *Virheet laadussa*, aiheuttavat reklamaatioita sekä aiheuttavat ylimääräistä työtä eli aiheuttavat hukkaa.

Kahdeksantena hukkana tarkoitetaan työntekijöiden vaikutusta hukkaan. Kaikilla työntekijöillä ilmenee parannusehdotuksia, jotka usein jäävät huomioimatta. Lisäksi heidän kykyjen ja oppimismahdollisuuksien huomioiminen vaikuttaa hukkan ehkäisyyn. Työntekijöillä on merkittävä rooli tässä Lean-filosofiassa, koska henkilöstön huomioiminen tekee organisaatiosta yhtenäisemmän. Lean-ajattelussa henkilökunnan kuulemiseen ja heidän ammattitaitoon ja kykyihin luottaminen on tärkeää jatkuvan kehityksen kannalta. (Slack ym. 2013, 470–485).

Laajennuksen seurauksena lean-periaatteet tulevat vaikuttamaan BM Turku Oy:n tehtaassa ylituotannon ehkäisyyn, odotusajan vähentämiseen sekä turhan varastoinnin karsimiseen. Tulevan laajennusosan layout-suunnitelmalla ehkäistään myös turhien liikkeiden syntymistä kuormien lastauksissa ja varastoitavien betonielementtien siirtelyssä.

Rakennusteollisuudessa tunnetusti tilanteet voivat muuttua. Yleisesti työmaan edistyminen vaatii reagoimista tilanteiden mukaisesti. Ketterä reagoiminen asiakkaan tarpeisiin vaatii joustavuutta varastointiin tai muuttuneiden toimitusvaatimuksien mahdollistamiseen. Kyseinen reagoiminen tunnetaan agile-käsitteenä (Logistiikan maailma 2017).

## 4 KUORMIEN SUUNNITTELU

Varastointitila rajautuu laajennusosan varastorakennuksen tiloihin ulkovaraston poistussa (ks. kuva 3). Tämän johdosta kuljetusten hallinta on varaston toimivuuden kannalta tärkeää. Elementtivaraston laajennuksella kustannustehokasta toimintaa pyritään ylläpitämään varaston tehokkaalla läpimenolla ja työmaan asennussuunnitelman mukaisella tuotannolla. Elementit tullaan sijoittamaan tuotantoon työmaan asennussuunnitelman asennusjärjestyksen mukaisesti. Näin ollen tuotannonohjaukseen sijoitetuilla elementeillä on tiedossa toimitusaikataulu, jolloin ne toimitetaan varastosta työmaalle.

### 4.1 Elementtien asennussuunnitelma

Työmaalla on oltava kirjallinen asennussuunnitelma elementeille. Asennussuunnitelmassa on oltava tiedot käytettävistä elementeistä

- elementtien asennusjärjestys.
- toimitusaikataulu.
- elementtien nostaminen ja asennus.
- elementtien tuennat.
- elementtien kiinnitys.

Elementtien asennusaikataulu lohko- ja kerrostarkkuudella tulee olla 3-4 viikkoa etukäteen tiedossa ennen toiminnan aloittamista. Elementtitoimitukset toimitetaan sopimuksen mukaisen toimitusaikataulun mukaisesti. Aikataulunsuunnittelussa tulee tilaajan ja toimittajan toimia aktiivisesti keskenään. Elementtitoimittajan on valvottava, että suunnitelmat ja muut vaadittavat tiedot saapuvat toimittajalta ajoissa. Ennen elementtien valmistusta tulisi toimitusaikataulun ja toimitusjärjestyksen olla toimittajalla (Elementtisuunnittelu 2017).

## 4.2 Elementtien kuljetukset

Kun tuotannosta valmistuu elementtejä JIT:n mukaisesti vain oikeaan tarpeeseen, on niille tiedossa toimitusaika, jonka mukaan ne voidaan kirjata valmiiksi EliPLAN-järjestelmän kuormakirjaan (Liite 1). Ennen kuormakirjojen tekemistä on varmistettava elementtien laadullisten vaatimusten täytyminen sekä jälkiviimeistelyn suoritus, jotta ne vastaavat asiakkaan tarpeita ja vaadittavaa betoninlujuuutta. Kuormien suunnitteluun vaikuttaa valmistuvien elementtien koko ja massa, joiden mukaan pystytään valitsemaan niille sopivin kuljetuskalusto. BM Turku Oy:llä on ulkoistettu kuljetuspalvelu, joilta yritys tilaa tarvittavan säädöksiin mukaisen kuljetuskaluston elementeille. Ulkoistetulla kuljetuspalvelulla siirretään vastuu toimituksista kuljetuspalveluille. Kuljetuskaluston tilauksen perusteella pystytään etukäteen tekemään tarvittavat valmistelevat toiminnot ajoneuvotyypin mukaan, jotta lastaus olisi sujuvaa.

Varaston laajennus muuttaa elementtikuormien lastauksen ulkovarastosta uuteen katokselliseen varastoon sekä sisähalliin. Muutoksen johdosta elementtien kuljetuskalusto tulee painottumaan kuvan 2 mukaisen allasvaunun käyttöön. Kuormien suunnittelu helpottuu, kun laveteille voidaan tehdä kuorma valmiiksi odottamaan allasvaunua. Lavettien avulla mahdollistetaan lähtevien kuormien valmistelun varastorakennuksessa, jolloin kuorman lastukseen käytetty aika tulee riippumaan lastaukseen vaadittavasta siirtelystä. Kuitenkaan kaikkien elementtien kuormausta ei voida keskittää vain yhdentyypisen kaluston varaan painorajoitusten ja pullonkaulojen syntyneiden vuoksi. Yksi osatekijöistä tälle on lavetin rajallinen kuljetuskapasiteetti.

Elementtien kuljetuksiin liittyy paljon lakeja ja säädöksiä, varsinkin maantiekuljetuksiin. Niistä yleisimpiä koskien elementtikuljetusfirmojen ajoneuvoja ja kuormien käsittelyä ovat yleisen tieliikenne-, tiekuljetussopimus- ja työturvallisuuslain lisäksi (Elementti suunnittelu 2017).

- asetus koskien kulkuneuvojen käytöstä tiellä.
- autojen ja perävaunujen rakenteita ja varusteista koskeva asetus.
- liikenneministeriön laatima päätös erikoiskuljetuksista ja -kuljetusajoneuvoista.
- liikenneministeriön laatima päätös ajoneuvojen kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä sekä kuormakoreista.



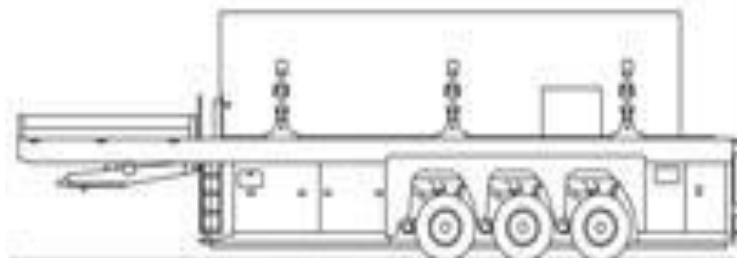
### 4.3 Ajoneuvoyhdistelmät ja kuljetuskalusto

”Ajoneuvon valinta on täysin riippuvainen kuljetettavan kaluston massasta ja sen koosta. Betonielementtien massiivisen painonsa vuoksi ne luokitellaan erikoiskuljetuksiin.” (Erikoiskuljetusien määräykset 1715/1992.)

Seinäelementtien kuljetukseen yleisesti käytetään moduuliyhdistelmiä, jotka jaetaan täysperävaunu- ja puoliperävaunuyhdistelmiin. Täysperävaunuihin lukeutuu yli 22 m yhdistelmät ja puoliperävaunuihin 16,5 m yhdistelmät. Betonielementtikuljetuksiin on myös käytetty puoliperävaunuyhdistelmää jatkettulla puoliperävaunulla, joka tunnetaan paremmin ”B-junana”, jonka enimmäispituus on 25,25 m. ETA-maissa suurin sallittu leveys yhdistelmille on 2,6 m. Moduuliyhdistelmien kuorma-korien enimmäispituus saa olla ainoastaan 21,42 m sekä ajoneuvoyhdistelmän 25,25 m. (Karhunen, Pouri & Santala 2008, 39–47.)

ETA-maissa ajoneuvon kuormien massarajoitukset ovat puoliperävaunuilla 36–48 tn ja täysperävaunuilla raja ulottuu 72tn:iin sekä ajoneuvoyhdistelmien suurin sallittu korkeus on 4,4 m koskien kuorma-autoa, että perälavaa lasteineen (Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 407/2013).

Elementtikuljetuksille on käytössä erikoiskalustoa, jolla saadaan tarvittava tuenta kuormalle. Kuljetettavan kuorman oikea lastaus ja sidonta ovat kuljettajan vastuulla. Yleisesti korkeiden väliseinä- ja kuorielementtien kuljetus tapahtuu kuljetuspukeilla, josta käytetään termiä ”A-pukki”. Seinäelementti kuljetuksissa käytetään myös kuvan 2 mukaisia 9,5 m pituisia allasperävaunuja, joissa on irrotettava 1,56m leveä lastausallas(Liite 2). Allasvaunun irtopohja mahdollistaa alustan jättämisen työmaalle purkua tai lastausta varten. Irtoalustasta käytetään nimitystä ”Lavetti”. (Kuljetusohje 2008.)



Kuva 2. Allasvaunu (Faymonville 2017).

## 5 VARASTO-LAYOUTIN SUUNNITTELU

Layout termillä tarkoitetaan virallisesti sijoittelua tietynlaiselle pohjalle. Sen avulla pyritään savuttamaan tarkoin määritetty tavoite, esimerkiksi sujuva ja optimoitu liikkuminen varastossa. Virallisesti tuotannosuunnittelussa tämä tarkoittaa tehtaan osien paikantamista ja sijoittelua, joihin kuuluvat koneistot, tuotantopisteet, kulkureitit ja varastotilat. Varastolayoutilla suunnitellaan varastoon kohdistuvaa järjestystä ja säilytysratkaisuja. Näitä tehostamalla saadaan varaston toimintaa tehostettua toimivaksi kompleksiksi. Täydellisen ratkaisun etsiminen joka osa-alueelle on mahdotonta ja siksi etsitään optimaalisen ratkaisun hakua kaikille osa-alueille. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–480.)

Varastolayoutin suunnittelu on kokonaisuudessaan aikaa vievä prosessi. Suunnitteluun vaikuttaa valmiit varastotilat, koska toimintoja on sijoiteltu sen mukaisesti, joka on huomioitava enne lopullisen layoutin valintaa. Kuitenkaan se ei poista mahdollisuutta muutokseen. Uusien varastotilojen suunnittelu on vapaampaa, koska toiminnot saadaan optimoitua parhaimman ratkaisun mukaisesti. Toiminnan tehokkuuden ja kustannustehokkuuden kannalta toimintojen pitää synkronoida keskenään uusien ja vanhojen tilojen kanssa, esimerkiksi turhien siirtojen ehkäisemiseksi. (Karhunen ym. 2008, 302–306.)

Valtaosa varasto-layouteista tukee hyllyvarastoja, jotka mahdollistavat tuotteiden päällekkäin varastoinnin. Betonielementtien muodon ja raskaan painon vuoksi betonielementtivaraston-layoutissa ei voida hyödyntää samankaltaisia ratkaisuja. Layoutin idea on kuitenkin sama molemmissa, koska oikeilla valinnoilla pyritään suoraviivaisempiin liikkeisiin, pienentäen työmäärää ja tuoden laadullisia sekä kustannustehokkaampia vaikutuksia yrityksen toiminnalle.

### 5.1 Suunnittelun tavoitteet

Keskeisenä tavoitteena koko layout-suunnittelulle on lean ajattelun mukainen turhien vaiheiden ja liikkeiden poistaminen sekä prosessien tehostaminen. Edellytyksenä toiminnan kehittämiseksi on selkeät materiaalivirrat ja varastointikapasiteetin hyödyntäminen. Toimivan layoutin tulee myös olla muokattavissa mahdollisuuksien mukaan. Layoutin suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset muutos- ja laajennustarpeet ylläpitäen

joustavuutta toiminnan eri pisteillä. Varastossa layoutin toimivuuden kannalta tärkeää on sujuva sijoittelu.

Hyvän layoutin ominaisuudet (Haverila ym. 2009, 482.)

- tilojen tehokas hyödyntäminen.
- materiaalien ja tuotteiden lyhyet siirtoetäisyydet.
- sisäisten palvelujen sijoittelu lähelle toimipisteitä.
- selkeät materiaalivirrat.
- layoutin muokattavuus ja joustavuus.
- sisäinen kommunikaation sujuvuus.
- turvallinen ja työntekijäystävällinen työympäristö.

## 5.2 Tilansuunnittelu

Tilansuunnittelu on osana logistista toimivuutta, joka määräytyy varastoitavien tuotteiden koon pohjalta. Sen avulla pyritään saamaan tilan maksimaalinen hyöty käyttöön. Tilansuunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset muutokset ja uudistukset. Uusien ja vanhojen tilojen hyödyntäminen tulee tehdä mahdollisimman käytännöllisellä tavalla. (Karhunen ym. 2008, 267.)

Optimaalisin ratkaisu on kuljetusmatkojen ja sisäisten siirtojen minimointi sekä selkeiden kulkureittien luominen. Siirtojen vähentäminen vaatii varastoitavien elementtien sijoittelua varastoon kohdistuvien sisäisten palvelujen lähelle. Näitä palveluita ovat pesu-, korjaus-, ja lastauspisteet (ks. kuva 4.) Sijoittelun ollessa harmoniassa palveluiden ja liikkeiden esteettömyyden kanssa, saavutetaan layoutille ominainen turvallinen ja työntekijäystävällinen työympäristö.

## 5.3 Sijoittelu

Oikeanmukaisella sijoittelulla tähdätään selkeään varastointiin. Varastoitujen tuotteiden selkeä järjestys helpottaa tuotteiden keräilyä toimituksiin ja auttaa siirtojen minimoimiseen sekä suoraviivaisiin liikkeisiin. Edellytyksenä tälle on myös oikeiden tuotteiden yksinkertainen paikantaminen varastossa. Varastoitavat tuotteet voivat olla todella raskaita, joten betonielementtien on sijoittelu erityisen tärkeää suoraviivaisten liikkeiden ja

vähäisen liikuttamisen kannalta. Myös varastoitavien tuotteiden tilaus kohtainen luokittelu edes auttaa sijoittelua toteutusta. (Hokkanen & Virtanen 2012, 95–98.)

BM Turku Oy:n elementtituotannon painottuessa seinätuotantoon, voidaan tuotteiden varastointia helpottaa luokittelemalla ne, esimerkiksi seinä- ja julkisivuelementteihin. Tämä helpottaa sijoittelua varastossa, koska työmaakohteiden elementit on helppo sijoittaa toistuvan koon ja paksuuksien mukaan. Seinäelementtien maksimikorkeus rajautuu yleensä 3,6m sekä maksimipituus vaihtelee 8-9m välillä. Maksimikorkeuteen vaikuttaa kuljetuskaluston suurin sallittu korkeus 4,4m. Elementin korkeuteen lasketaan mukaan ulostyöntyvät elementin nostolenkit ja liitostapit. Kuitenkin rakenteellisten vaatimusten johdosta elementin korkeus voi ylittää sallitun kuljetuskorkeuden, jolloin elementin tappien taivutus on sallittua kuljetusta varten. (Elementti suunnittelu 2017.)

Seinäelementtien paksuuksiin vaikuttavat käyttökohteen lisäksi myös tukipintojen vaatimukset ja kuormitus sekä palo- ja äänieristävyys. Raudoittamattoman väliseinän minimipaksuus on 120mm sekä kantavan ja jäykistetyin seinän pienin suositeltu paksuus on 180mm. Muut yleiset paksuudet väliseinille on 100mm, 160mm, 200mm, 240mm. Sandwich-elementeillä maksimimitat ovat samaa luokkaa kun tavallisilla seinäelementeillä. Paksuus kuitenkin vaihtelee elementin kuorien kuormitustekijöiden ja eristeen paksuuden johdosta. Sandwich-elementeissä sisäkuoren paksuus vaihtelee kuormituksen johdosta 120mm ja 150mm välillä. (Elementtisuunnittelu 2017.)

#### 5.4 Keräily

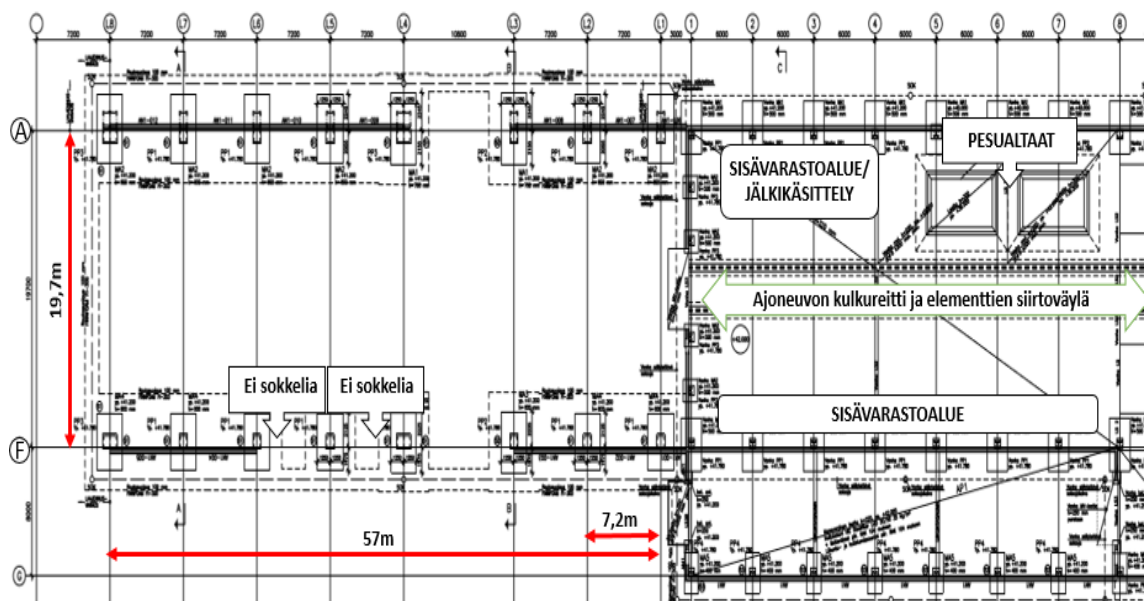
Varaston keräysmenetelmän mukaan lastaaja menee kerättävän tavaran luokse. Elementtien massiivisen koon vuoksi niitä voidaan siirtää vain yksi kerrallaan lastattavaksi. Koska asiakkaana toimii työmaa, keräilykerralla voidaan kerätä vain yhden asiakkaan eli työmaakohteen elementtejä lastattavaksi. Tehokas keräily edellyttää varaston hyvää paikannusjärjestelmää ja suoraviivaisten keräysreittien järjestämistä. (Karhunen ym. 2008, 385–386).



## 6.2 Laajennusosa

Hallin laajennusosan valmistuminen tulee muuttamaan toimintaa kuljetuskaluston liikku-  
misen suhteen. Laajennusosan seurauksena kuljetuskaluston ajoreitti tulee kulkemaan  
uuden varistorakennuksen läpi. Varastointi tullaan jatkossa keskittämään laajen-  
nusosaan varastoon, jolloin takapihan ulkovarasto poistuu käytöstä. Varistorakennuk-  
sesta tulee lämmittämätön pulpettikatoksellinen varasto, joka suojaa varastoituja ele-  
menttejä suurimmalta sään rasitukselta. Varistorakennus on 10,2m korkea ja tulee py-  
symään tuotantohallin leveys suunnan mukaisena, mutta jatkumaan 57m tehtaan suun-  
nassa.

Kuva 4 on suunnittelutoimiston laatima laajennuksen alapohjan tasopiirros, johon on  
hahmoteltuna sisävaraston layout ja toimintapisteiden sijoittelu. Kuvan pilarilinjojen mu-  
kaisesti varistorakennus yhdistyy nykyisen hallirakennuksen sokkeliin, josta 3m päästä  
alkaa peruspilari jako 7,2m välein A- ja F-linjassa. Kuvaan 4 on merkitty kolmannen ja  
neljännen pilarin väliin aukko, johon sijoittuu 10m kulkuaukko varaston läpi. Lisäksi F-  
linjan pilareiden 4-6 välille ei tule sokkelielementtejä. Näiden pilareiden väliset aukot saa-  
daan hyödynnettynä lastauspaikkoina. Kaikki esitetyt mitat ja rakenteellinen muoto ovat  
suunnittelutoimiston laatimat, joiden pohjalta tullaan toteuttaman varaston layout suun-  
nitelmaan lastauspaikat ja varastointipaikkojen sijoittelu.



Kuva 4. Laajennusosan alapohjan tasopiirros 2017.

## 7 BM TURKU OY:N VARASTON LAYOUT

### 7.1 Layout-suunnitelma

Laajennusosaan tullaan varastoimaan valmiita betonielementtejä, joille on jo suoritettu jälkikäsitteily ja mahdolliset korjaustarpeet. Tehtaan tuotannonohjauksen muuttuessa tilausohjautuvaksi, valmistuvat elementit tullaan varastoimaan lähetysten mukaisesti, jotta varastoon ei sitoudu pääomaa ja läpimeno parantuisi. Elementit tulevat siis kiertämään sisävaraston kautta uuteen tilaan. Tällöin vapautetaan tilaa sisävarastolle ja tehostetaan varastonkieroa (Kuva 4). Nykyinen ja uusi varasto tulee toimimaan synkronoidusti keskenään varastoitavien elementtien sijoittelun suhteen, jotta lean-filosofian mukainen suoraviivaisuus vallitsisi molempien varastojen välillä ehkäisten hukan syntymistä.

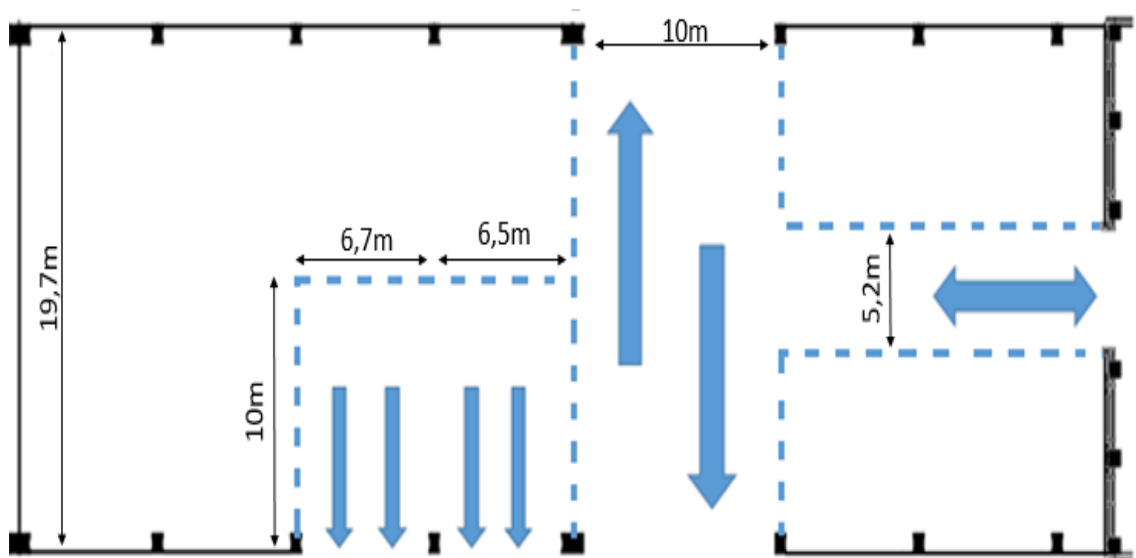
Laajennusosa itsessään tulee säästämään yrityksen kuluissa, sillä ulkovarastointiin käytettyjen elementtifakkien vuokraus lopetetaan. Sen mukana käytöstä poistuu elementtien siirtämiseen ulkovarastointoon tarvittu kuljetuspalvelu sekä autonosturi, jotka ovat myös tuottaneet ylimääräistä työtä varastoimiseen. Ulkovarastointiin käytetyt tilat pidetään kaluston kulkureittinä sekä sivuportin varastointialue säilyy valmiiden kuormien säilytyspaikkana ennen toimitusta työmaalle. Tällä varastointialueella varmistetaan varastoylikuormituksen ehkäisy varastorakennuksessa, koska valmiit kuormat saadaan siirrettyä lähetysvalmiina varastosta pois.

Toimivan layoutin toteuttamiseksi on otettava huomioon muuttuvat tekijät niin elementtien sijoittelussa, kuin kuormien lastauksissa. Lisäksi liikkuminen varastossa, niin elementtien luo kuin elementtien siirtäessä, tulee olla esteetöntä. Laajennusosan layout-suunnitelma etenee seuraavien osa-alueiden mukaisesti huomioiden rajoittavat tekijät, jotta lean-filosofia toteutuisi varaston toiminnassa:

- lastauspaikat.
- kulkusiltojen määräitys.
- layoutin tilan hyödyntäminen varastointisektoreille.
- elementtien sijoittelu.
- varastonkapasiteetti.
- lopullinen layout-suunnitelma.

## 7.2 Lastauspaikat

Varastorakennuksen lastauspaikat sijoitetaan mahdollisimman lähelle kulkureittiä, jotta kuljetuskaluston ei tarvitsisi liikkua lastauksen aikana. Lastausten painottuessa laajennusosaan on lastausalue suunniteltu riittävän tilavaksi lastauksen tarvittavien siirtojen kannalta sekä kahden ajoneuvon samanaikaiseen liikenteen. Kuvassa 5 on hahmoteltu lastausalueet sekä liikesuunnat. Lastauspaikat toimivat samalla myös saapuville teräsmateriaaleille purkupaikkoina. Kuitenkin saapuvat materiaalitöimitukset ovat suhteessa vähämpiä lähteisiin kuormiin.



Kuva 5. Laajennusosan lastausalueet ja kulkusuunnat.

Varastorakennuksen 10m kulkuaukko mahdollistaa kahden rekan pääsyn samanaikaisesti varaston sisään, joten lastauksiin ja purku voidaan toteuttaa teoriassa yhtä aikaa. Lastauspaikkana tulee siis toimia kulkuaukkojen välinen 10m x 19,7m alue, mikä soveltuu parhaiten puoliperävaunujen kuormien lastaukseen varaston pituuden puolesta. Kulkuaukon viereiset aukot tullaan hyödyntämään terminaalimaisena lastauslaiturina. Aukolliset välit hyödynnetään kuvan 2 mallisten perävaunujen irtolaveteille, jotka lastataan kuljetusvalmiiksi. Ideana on tuoda tyhjä lavetti laiturille samalla kun täytettyä lavettia tullaan hakemaan.

Kulkuaukon viereinen ensimmäinen aukko on leveydeltään 6,5m ja toinen 6,7m. Aukkojen erottavien pilareiden leveys synnyttää pienen mittaeron aukkojen välille. Leveys on kuitenkin riittävä kahden lavetin vierekkäiseen säilytykseen aukkoa kohti. Allasvaunun

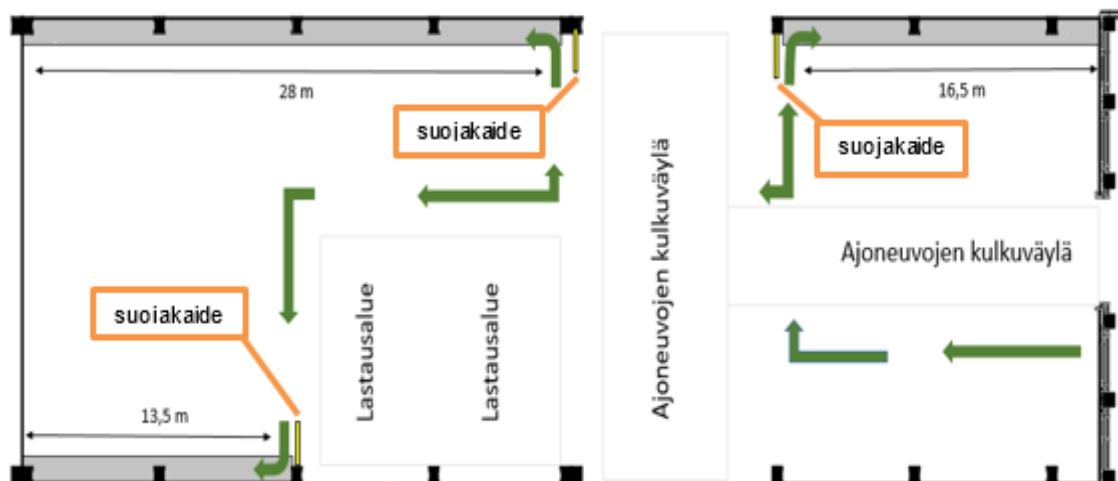




Katoksellisen varastorakennuksen kulkutaso on kuumasinkittyä terästä, joka kestää sääolosuhteiden rasituksen. Kuvaan 6 on suunnittelutoimiston leikkauspiirroksen hahmoteltu kulkutason muoto sekä elementtikammat mittoineen. Kulkutaso tulee kulkemaan molemmin puolin varastoa, vaikka kuvassa hahmoittelu on tehty vain toiseen puoleen. Tason ollessa 2m korkeudessa on kulkutason oltava leveydeltään metrin ja kaiteellinen, jotta taataan sujuva ja turvallinen liikkuminen varastointipaikoille. Tason 1,1m leveys on riittävä kulkemiseen, vaikka pilareiden 71cm pituudet aiheuttavat ahtaimmat välit kulkutasoille. Näin ollen pilareiden kohdissa kulkuväylä kaventuu 40cm, joka ei kuitenkaan muodostu liikkumisen esteiksi.

Laajennusosaan tullaan tekemään kolme kulkutasoa, joihin pääsy tapahtuu kiinnitettyjen tikkaiden kautta, jotka tulevat olemaan leveydeltään 58cm. Tason ollessa 2m korkeudessa ja vaihtuvien sääolosuhteiden alaisuudessa olisi suositeltavaa, että tikaspuolat olisivat liukuesteprofiilista sekä tukikaiteelliset. Tilan hyödyntämisen maksimoimiseksi kulkutasolle pääsy ei saisi viedä turhan paljon tilaa varastosta. Silti tikkaille pääsyyn ja nousuun on varattava tilaa ainakin metrin verran, jotta pääsy kulku tasolle ei veisi aikaa ahtauden vuoksi. F-linjalla kulkutasot ovat pituudeltaan 28m ja 16,5m sekä A-linjalla 13,5m pituinen, joihin on huomioitu tikkaiden metrin pituinen kulkuvara kuvassa 7.

Koska lastauspaikat on määritelty, tulee kulkutasoille ohjaavat reitit mahdollisimman suojassa ajoneuvojen kulkuväylältä. Riskitilanteiden ehkäisemiseksi on tikkaiden paikat suojata huomiovärillisillä kaiteilla. Pilareiden kohdille rajoittuva kulkutaso on lähellä ajoneuvojen kulkuväylää, joka kasvattaa riskejä sokeiden kulmien vuoksi. Täten henkilöstön liikkuminen kulkutasoille tulisi tapahtua kuvan 7 vihreiden nuolien rajoissa, jolloin kulkuväylän ylityksiä tapahtuisi mahdollisimman vähän sekä riittävältä varoetäisyydeltä. Turvallisuutta ei voi koskaan turhaan ylikorostaa, vaikka tuotannon hiljaisempina hetkinä varastossa tapahtuvat toiminnot ja kuljetuskaluston liikenne olisi vähäisempää kuin kiireellisinä aikoina. Turvallisuuden huomioimisella vaikutetaan myös työilmapiiriin parantamiseen, sillä turvallisemmat olosuhteet rentouttavat työntekoa.



Kuva 7. Reitit kulkutasoille.

#### 7.4 Varastointisektorit

Varastointipaikat tulevat sijoittumaan edellä mainittujen kulkutasojen pituussuunnassa kampatelineiden avulla. Kulkutasojen vaadittava leveys kaventaa varastointitilaa 19,7m leveysmitasta 1,1m varaston molemmilta sivuilta, jolloin tilaa elementtien varastointiin jää 17,5m. Kuvan 6 hahmotelmassa on esitettyä kampatelineen kolme tasoa. Tällöin yli 2m elementteihin tulee vaikuttamaan varaston tilan rajallisuus, sillä alle 2m elementit pystytään varastoimaan kulkutason alapuolelle. Tällöin pienemmille nauha- ja sokkielelementeille on enemmän varastointitilaa.

Elementtien varastointi vaatii tasaisen ja kestävä alustan. Näin varastointipaikoilla saadaan estettyä elementtien kaatuminen, liukuminen ja siirtyminen kampatelineessä. Elementit tuetaan kuvan 8 telineen kumipäällysteisten kampojen varaan, jotka pitävät elementit tasapainossa ja suojaavat elementin pintaa varastoinnin ajan (Elementtisuunnittelu 2017). Elementit tulee olla irti maasta liitteen 3 varastointiselosteen mukaisesti, jotta laatu ei vaurioituisi.

Esteettömyys on huomioitava telineisiin varastoitaessa. Kun elementtejä siirrettäessä varastoitavaksi on niiden mahdollista kääntymään oman mittansa verran varastossa, jotta sijoittelu telineisiin onnistuisi. Varastointipaikkoihin on vain 17,5m tilaa käytettävissä kulkutasoista johtuen, joten tilat tulisi hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Kuitenkin on huomioitava elementtien kokojen vaihtuvuus työmaakohtaisesti.

Kappaleessa 5.2 esitettiin elementtityypeille yleisimpiä ja suositeltuja mittoja, joiden avulla pystytään hahmottamaan vaadittavat tilat varastointiin. Vaikka teoriassa tämä ratkaisisi varastopaikkojen määrityksen, kuitenkin varastorakennuksen tila ei sovellu 9m elementtien varastointiin. Koska tuotannosta valmistuu elementtejä 5-7 työmaakohteisiin elementtejä samanaikaisesti, tulisi varastointipaikat jakaa sektoreihin helpottaen varastointia ja lastausta työmaakohtaisesti, jotta samankaltaiset elementit saadaan keskitettyä samalle alueelle (ks. kuva 9). Sektorit voidaan jakaa pilareiden väleihin eri työmaakohteille ja numeroida, jolloin työmaa kohteen elementit on helpommin sijoiteltavissa.

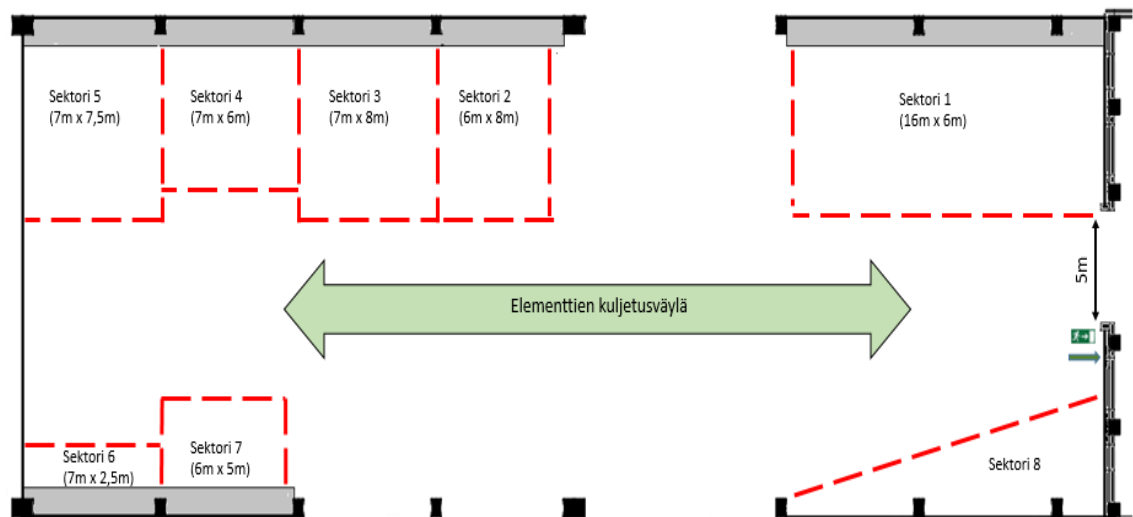


Kuva 8. Varastointilinieneen kampa (Vepe).

EliPLAN-järjestelmän avulla pystytään vain merkitsemään elementti varastoon ilman tarkempaa paikannusta. Kun elementit valmistuvat ne nimetään liitteen 1 mallisella tunnuslapuilla, joissa on tarvittavat elementin tiedot ja työmaan projektinumero. Varaston paikantamisen selkeyttämiseksi sektoreiden numerointi voidaan keskittää työmaan projektinumerolle. Kuvan 9 sektorien numerointi toimii tässä esimerkkinä. Numeroinnilla selkeytetään oikean elementtitunnuksen paikantamista sektoreissa kun niitä ollaan keräämässä lastattavaksi.

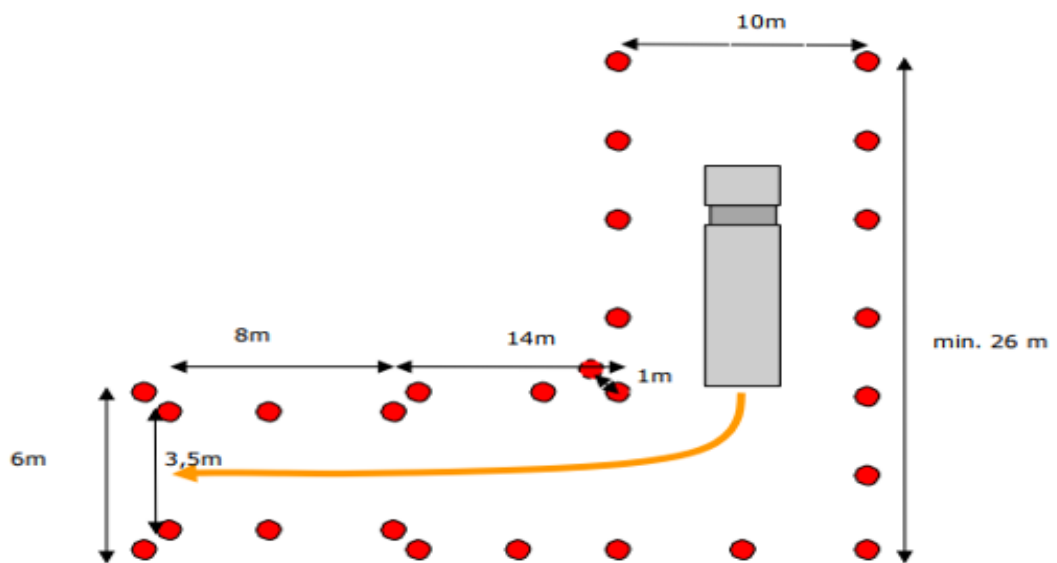
## 7.5 Elementtien sijoittelu

Elementtien sijoittelu tullaan tekemään toimituksia huomioiden, jotta elementit pystytään lastaamaan kuormiin mahdollisimman vähäisin siirroin. Oletetusti lastaukset tulevat toimimaan päivittäin, koska eri työmaakohteiden rakennusvaiheet liikkuvat eri aikatauluissa, jotka tahdittavat elementtitoimituksia. Valmiit tunnukselliset elementit tullaan siirtämään sisävarastosta uuteen varistorakennukseen jälkikäsitelyn jälkeen mahdollisimman lähelle sille suunniteltua lastauspaikkaa. Koska varastossa on huomioitava tilan riittävyys mahdollisimman monen elementin varastointiin sekä niiden siirtelyyn. Kuvaan 9 suunniteltu optimaalisin ratkaisu elementtien säilytykseen esteettömästi, joka mahdollistaa mahdollisimman suurikokoisten elementtien siirtämiseen sektoripaikkoihin ja yksinkertaisen keräilyn niistä pois tilaa hyödyntäen.



Kuva 9. Varastointi sektoreiden suunnitelma.

Lean-ajattelun toteutumiseksi varastointialueet on syytä merkitä lattiaan, jolloin sijoittelu varastointi sektoreihin on paremmin hahmotettavissa. Kuitenkin, rajatut alueet karsivat muutosmahdollisuuksia varastosta. Elementtien varastoinnissa ei voida soveltaa varastointisektoreiden rajausta koko alueelta, niin kuin esimerkiksi lavakuormien varastoinnissa. Syynä on seinäelementeille suositeltu maksimipituus 8-9m, johon varastorakennuksen pituus ei sovellu rakennuksen molemmin puolin tapahtuvaan varastointiin. Laajennusosan varaston sijoittelun toimivuuden vuoksi yli 8m pitkät elementit on varastoitava sisävarastossa, jossa elementit voidaan varastoida kuljetusta varten a-pukkeihin (Liite 3).



Kuva 10. CE-ajoneuvoyhdistelmien kulmaperuutus (Trafi 2016).

Jotta elementit saadaan sijoiteltua oikeille lastauspaikoille, niille on oltava tiedossa kuljetustapa. BM Turku Oy:llä on hankittuna 40 lavettia (Liite 2), minkä johdosta kuljetukset tullaan keskittämään niille. Lastauspaikan sijaitessa sektorien 2 ja 3 läheisyydessä voidaan keskittää laveteilla kuljetettavien elementtien sijoittelu näille paikoille, joissa tila on riittävä 8 metristen elementtien varastointiin. Lavetteihin saadaan myös suoraan sisävarastosta siirrettyjä elementtejä, jolloin sisävarastosta tapahtuvia lastauksia saadaan vähennettyä. Kuitenkin lavetit eivät sovellu kaikkien elementtien kuljetuksiin, jonka vuoksi muiden moduuliyhdistelmien lastaukset tule ottaa huomioon muille sektoreille. Tärkeimpänä, sisävarastosta tapahtuvat lastaukset.

Hallin sisävarastoon on oltava peruutustilaa kuljetuskalustolle. Tämän vuoksi sektoriin 8 voidaan varastoida vain pienikokoisia elementtejä päällekkäin liitteen 3 varastointiselosteen mukaisesti, koska sektorilla ei ole elementtitelinettä. Ensimmäiseen sektoriin pystytään varastoimaan maksimissaan 6m pituisia elementtejä, jotta sisävaraston kulkuväylä säilyttäisi vähintään 5m leveyden. Ainoastaan 16,5 metrisillä puoliperävaunulla pystytään toteuttamaan kuvan 10 kulmaperuutus halliin sisään. (Trafi 2016.)

Sektoreille 4, 5, 6 ja 7 sijoitettavien elementtien on kompensoitava mitoillaan siirtämiseen vaadittavat tilat. Joten muutosmahdollisuudet ovat rajalliset sijoittelun kannalta. Kuitenkin vastakkaisen puolen sektorin elementtien pituus on oltava pienempi mahdollistaen elementtien liikuttamisen. Sektoreiden elementtien kuljetustapana toimisi täysperävaunu, jotta kerralla saadaan vapautettua varastotilaa sektoreilta. Sektori 1 voidaan joko keskittää työmaan kohteelle tilanteesta riippuen tai pitää vapaana varastointitilana keräilylle lastausprosessin tehostamiseksi.

## 7.6 Varaston kapasiteetti

Tuotantohallissa on 10 petiä, joihin päivittäiseen tuotantoon on suunniteltu kahden elementin valmistus petiä kohden. Huomioiden elementtien vaihtelevat valmistusajat ja työntekijöiden sairaspöissaolot päivässä valmistuu arviolta 15 elementtiä. Tuotannossa valmistuvien elementtien määrät voivat ihanteellisimmassa tilanteessa olla lähemmäs 20 elementin päivätuotantoa, jos valmistusajat elementtien kesken ovat suhteessa samat työmaakohteiden välillä. Jotta laajennusosan varaston kapasiteetti saadaan parhaiten selvitettyä, optimaalisin keino on laskea varastoitavat elementit kappalemääränä niiden vaatiman tilan eli paksuuden mukaan. Kaikkien elementtien paksuudet on ilmoitettuina elementtipiirustuksissa, jotka tulevat tuotantoon. Täten on helppo selvittää työmaakohteittain vaadittava varastotila. Työmaakohteittain määräytyvien elementtien piirustukset saadaan tietoon vasta kun ne näkyvät tuotannonohjausjärjestelmässä. Ennakointiin voidaan käyttää elementtien suunnittelussa suositeltavia paksuuksia käyttötarpeen mukaan, jolloin varaston kapasiteetti saadaan laskettua.

Vaihtuvuuden vuoksi käytettävistä paksuuksista tulee laskea keskiarvo, jotta kapasiteetti osuisi mahdollisimman lähelle. Tuotannon painottuessa seinäelementteihin on niiden pohjalta tehtävä arvio. Seinäelementtien suositeltavat paksuudet käyttökohteen mukaan ovat 100mm, 120mm, 160mm, 180mm, 200mm ja 240mm. Kuorielementeillä paksuudet

liikkuvat 350mm, 370mm ja 450mm välillä, eristeen koosta riippuen. Näiden elementtityyppien paksuuksien keskiarvoksi saadaan 0,25m, jonka avulla voidaan laskea arvio varaston kapasiteetiksi. (Elementtisuunnittelu 2017.)

Kapasiteetin arvio saadaan selvitetty jakamalla varastointitila keskiarvon kesken. Varastointitilaksi lukeutuvat elementtitelineelliset sektorit. Kuvassa 8 esitettyjen kulutasojen pituuksien tuloksena varastointitilaa laajennusosassa on 58m. Laskuun täytyy huomioida varastoinnissa käytettävä kuvan 9 elementtikamman tuenta elementtien välillä jolloin kamman paksuus on lisättävä keskiarvoon. Kampa on mitaltaan noin 5cm paksuinen, jolloin keskiarvo todellisuudessa on 0,30m. Tämän tuloksena varaston kapasiteetti olisi 193 kappaletta.

Kapasiteetti mahdollistaa varastoinnin 12 työpäivän tuotannolle päivittäisen tuotantomäärän arvion ollessa 15 elementtiä. Laskettu kapasiteetti on kuitenkin vain suuntaa antava, koska tarkkaa tulosta on vaikea määrittää. Tähän vaikuttaa BM Turku Oy:n tuotannossa valmistuvat kohteiden elementit.

## 7.7 Lopullinen layout-suunnitelma

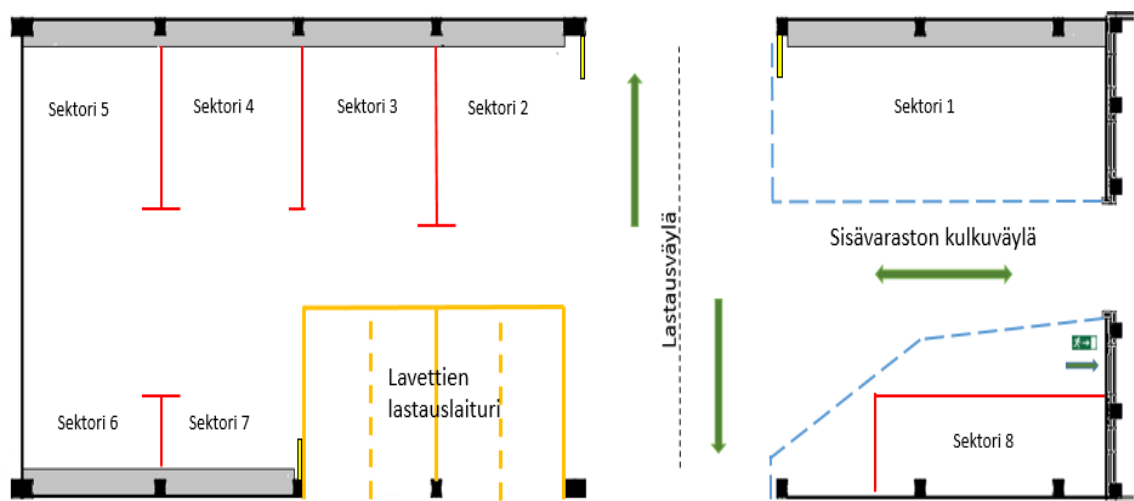
Varaston ensisijainen prioriteetti on lastauksien toimivuus. Layout on rakennettu niiden rajoitusten ympärille, joita varaston rakenteelliset ominaisuudet aiheuttavat. Toteuttaakseen tehokkaan varaston läpiviennin on kuormien lastausprosessin toimittava mutkitta, jonka seurauksena saadaan vapautettu sitoutunutta pääomaa ja varastotilaa laajennusosasta. Vaikka laajennusosan varastointitilat ovat pienemmät kuin poistuvan ulkovaraston, tilausohjautuvan toiminnan mukaisesti turhaa varastointi tulee vähentymään leanin mukaisesti kun läpimeno tehostuu. Lopulliseen layout-suunnitelmaan on kuvattu optimaalisin ratkaisu varastoinnin ja toimivuuden kannalta. Paikkojen sijoittelun ratkaisulla tullaan vähentämään aikaa sekä työn määrä varastoinnissa ja lastauksissa (Kuva 11).

Oletuksena on, ettei varastoa koskaan täytetä maksimaalisen kapasiteetin mukaisesti. Kun varastossa on tilaa muutosmahdollisuuksille. Samalla ylläpidetään varaston joustavuus yllättävien tilanteiden varalta, joita esimerkiksi voivat olla lastauksen aikaistuminen tai viivästyminen. Sektoreille sijoittelu tehdään tarkoituksen mukaisessa järjestyksessä, isoimmat ensin ja pienemmät perälle. Tässä tapauksessa kookkaimmat elementit tullaan varastoimaan sisävarastoon. Muut sektorit on merkitty lattiatasoon punaisena katkovii-



vana. Sektoreiden 2-5 merkiviivat asetetaan 8m ja 7m etäisyydelle. Vastapuolen sektoreiden 6 ja 7 raja on merkittävä 3m etäisyydelle, jotta etäisyydet pysyvät esteettömän liikkumisen rajoissa. Työmaakohtainen sijoittelu voidaan toteuttaa elementtien koon mukaan sopivalle sektorille vapaasti. Kuitenkin, sektorit 1 ja 8 on säilytettävä vapaasti sijoitettavina alueina. Sektori 1 toimisi osittain keräilyn apuna lastauksien tapahtuessa täysperävaunukuormiin, jolloin sivulta täyttö voidaan toteuttaa hyödyntäen kahta nostinta prosessin nopeuttamiseksi. Sektorin varastotilan vuoksi siihen voidaan myös keskittää yhden kohteen elementtejä, mutta tilaa on jätettävä vapaaksi ajoneuvon lastausväylän puolelta. Tämän vuoksi rajataan sisäaukon kulkuvälin suuntaus merkein sinisellä, jotta ajoreitti sisälle on ajoneuvon kuljettajalle hahmotettavissa. Sama koskee sektorin 8 rajasta, jonka puolelta on mahdollista toteuttaa kulmaperuutus. Peruutustilaa voi mahdollistaa myös täysperävaunulle, jolloin sektorin 8 varastointi tila tulee ottaa pois käytöstä.

Lavettien lastauslaiturin alue merkitään lattiatasoon, jotta kuljettaja pystyy paikantamaan rajatut alueet. Lastauslaiturilla on tilaa vain neljälle lavetille. Kaikki BM Turku Oy:n hankkimat lavetit on numeroitava helpottaen kuormien valmisteluja ja selkeyttäen valmiiden kuormien noutamista sivuportin varastointialueelta. Laiturilla tulee täyttää vain joka toinen lavetti kerrallaan valmiiksi, jotta toinen lavetti ei vaikeuttaisi allasvaunun peruutusta. Lavettien täyttö on suoritettava laajennusosan peräseinän puolelta, jolloin lastausväylällä on tilaa elementtien siirtämiseen. Laveteilla saadaan lisättyä varastonkiertoa varastorakennuksesta. Ideana on että lavettikuormat tehtäisiin valmiiksi ja saataisiin vapautettua tilaa sisävarastosta sekä sektoreilta 2 ja 3. Kiireellisimmät allasvaunukuormat kuitenkin toteutetaan lastauslaiturilta.



Kuva 11. Varaston layout.

Layouttiin ei tulla merkitsemään kulkureittejä, jolloin merkinnät pysyvät selkeinä varastointiin. Varastointitilan sektoreiden merkkiivoihin on huomioitu turvalliseen liikkumiseen varaa elementtejä siirrettäessä. Elementin massiivisen rakenteen vuoksi niitä on siirrettävä vain yksi kerrallaan. Elementtejä nostaessa niiden päälle on päästävä, jotta nostoraksien pakkolukittuvat koukut saadaan nostolenkkeihin kiinnitettyä. Tämä voidaan suorittaa kulkutasolta. Kuitenkin työturvallisuuden kannalta olisi suotavampaa käyttää tikapuita nostoraksien kiinnittämiseen nostolenkkeihin. Muuttuvien sääolosuhteiden vuoksi elementtien päällä kävelyä on vältettävä varastossa putoamisriskin vuoksi. Elementtien ollessa työmaakohteittain sijoiteltuina sektoreihin saadaan karsittua turhaa työmäärää elementtien keräilystä sektoreiden välillä, koska siirtyminen elementin luo tapahtuu sektorin sisällä.

Lastausväylä jaetaan kahteen 5m väylään kulkuliikenteen ohjaamiseksi sekä mahdollistaen kahden auton samanaikaisen liikkumisen varastorakennuksen läpi ja ajoneuvon ympärillä kulkemisen. Lastaus tulee kuitenkin suorittaa ajoneuvo kerrallaan, välttäen elementtien samanaikaista siirtämistä turvallisuussyistä. Allasvaunu kykenee lastauslaiturilta valmiin kuorman, johon ei vaadita ylimääräistä siirtelyä. Kuljetuskaluston vaihtuvuuden johdosta kulkuväylälle ei merkitä tarkkaa paikkaa lastaukselle pitääkseen ajolinjat selkeänä. Näin ollen, ajoneuvot tulee sijoittaa kokonsa mukaisesti väylälle. Kuormatilojen yhteispituus voi olla enintään 21,43m, minkä vuoksi pitkien ajoneuvojen keula tulee ajaa varaston ulkopuolelle, jotta vaunua ei tarvitsisi siirtää lastauksen aikana. Jos lastaus koituu ahtaaksi vaunun pituuden puolesta, tulee ajoneuvon vaunu katkaista, jotta lastaukseen saadaan tarvittava tila kuljetustilan peräpäästä täyttöön.

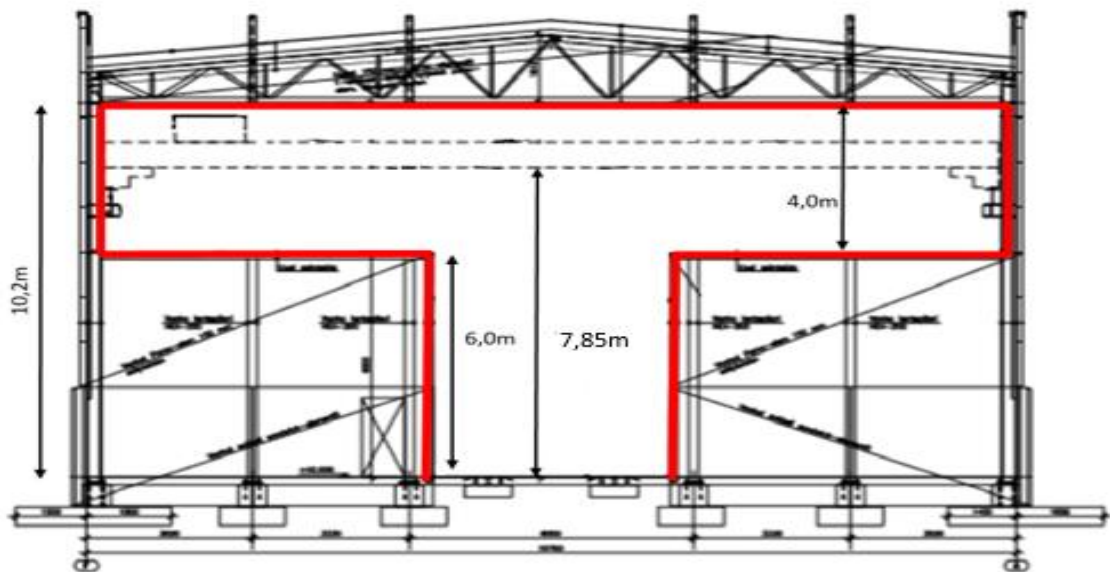
Sijoittelun ja kommunikaation merkitys korostuu layout suunnitelmassa. Oikeilla siirroilla saadaan mahdollistettua muutokset varastointiin ja lastauksiin. Esimerkkinä sektorin 8 poistaminen mahdollistaa täysperävaunun peruutuksen varaston seinän vierustasta sisähalliin. Tämä kuitenkin vaatii onnistuakseen yhteistyön varaston henkilöstön ja kuljettajan välillä. Leanin kannalta sopeutuminen muuttuviin tilanteisiin on pidettävä mahdollisena, jonka vuoksi layout suunnitelman ratkaisut on pidetty yksinkertaisina sekä yhteistoimintaa edistävinä. Suunnitelman sijoittelun mukana karsiutuu ulkovarastointiin vaadittu ylimääräinen kuljetus sekä siirtyminen lastauksissa. Näiden vaikutus on suoraan verrannollinen ajan säästämiseen ja sitä myötä rahan säästöön. Lopullinen layout-suunnitelma on rakennettu mahdollisimman työntekijäystävällisesti, jotta jokainen työntekijä pystyisi sisäistämään sen.

## 8 LOGISTIIKKA VARASTOSSA

Betoniteollisuudessa tarvitaan suuren nostokapasiteetin omaavia teollisuusnostureita. Nostimet ovat välttämättömiä logistiikan kannalta sekä elementtien siirroissa ja nostoissa. BM Turku Oy:n tuotantohallissa on käytössä betonielementeille kaksi ERIKKILA SPARTAN<sup>+</sup> 2-palkkista siltanostinta, joissa molemmissa on 15 tn nostokapasiteetti. Näissä malleissa nostovaunu on sijoitettu palkkien päälle. Nostimien palkeissa on kohdevalot, joiden avulla varmistetaan turvalliset nostot myös hämärällä. Nostimet liikkuvat samalla kiskolla hallin pituussuuntaisesti omille taajuuksille ohjelmoiduilla radio – ohjaimilla. Toisen avulla on suoritettu elementtien nostot petien päätä sekä siirrot varastoihin ja kuljetuksiin, kun taas toista on käytetty betonin siirtämisen tuotantopisteille.

### 8.1 Nostimet

Laajennusosaan on suunniteltu samantyylinen siltanostin elementtien liikuttamiseen. Siltanostin tulee nostokapasiteetiltaan olemaan 20 tn, jolla mahdollistetaan raskaimpienkin elementtien siirrot yksinään. Näin ollen tehtaan sisäiset nostimet voidaan vapauttaa enemmän tuotannon käyttöön. Siltanostin tulee kulkemaan samaa kiskolinjaa muiden hallin nostimien kanssa, jotta elementtien siirtäminen varastojen välillä olisi mahdollista.



Kuva 12. Sisähallin leikkauspiirros, siltanosturin aukko.

Sisähallin päätyseinään puretaan aukko mahdollistaen nostimen liikkumisen varastojen välillä. Vanhaa seinää puretaan hallin leveyden verran kulkuaukon yläpuolelta. 4m koruinen aukko rajautuu kulkuaukon perusteiden ja katon teräskehikkoon. Nosturin liikerradan vuoksi kulkuaukon nosto-ovi korvataan sivuille aukeavilla ovilla ja nosturin aukko nostettavalla ovella. Näin saadaan nosturi siirrettyä lastauksien jälkeen sisälle pois ulko-olosuhteista. Varaston pulpettikaton räystäälle tulee olla laajennusvaraa, sillä pakkaneen, lumi- ja räntäsade voivat muodostua nosturikiskoilla esteeksi. Erityisen tärkeää on siis saada kisko suojattua sääolosuhteilta, jotta nosturin liikkuminen toimisi säällä kuin säällä.

Elementtien siirrot laajennusosaan toteutetaan kulkuaukon kautta. Kun nostinta liikutetaan, vaijeri on pidettävä aukon kulkuaukon kohdalla. Käytäntönä on, että nostinta liikutetaan kontrolloidusti ja valvonnan alla. Turvallisuussyistä nosturin liikuttajan tulee liikkua nostimen mukaisesti koukun takana tai siitä kiinni pitäen. Näin ehkäistään vaaratilanteet koukun heilumiselta. Vaikka nostimissa käytetään erikoispunottua vaijeria, pienikin vaurio laskee sen nostokapasiteettia. Nosturin siirrot hallien välillä on tapahtuvat aukon kohdalta, jotta vaijeri ei altistu seinään törmäämisen riskille.

## 8.2 Elementtien keräily

Tuotannosta valmistuvat elementit nimetään niiden piirustuksen mukaan tunnuslapuin. Tunnuslapuissa on tarvittavat tiedot elementistä, kuten työmaakohde, elementin tunnus, paino ja valmistuksen päivämäärä. Tämän jälkeen ne voidaan ohjata EliPLAN-järjestelmän kuormakirjaan. Ainoastaan valmiit elementit voidaan lisätä kuormakirjaan EliPLAN:ssa, joka vuoksi kuormakirja on optimaalinen vaihtoehto keräyslistaksi valmiille elementeille. Valmiit kuormat kuitataan järjestelmään toimitetuiksi kun kuljettaja on merkinnyt lastaukseen aloitus- ja päättymisajan sekä allekirjoituksen kuormakirjaan (ks. liite 1).

Kuormakirjaan on merkittynä kuorman purku-aika työmaalle, joka toimii toimitusaikana lastauksille. Purkuajan mukaan voidaan etukäteen valmistella keräily sektoreilta. Lastausvaiheessa keräily tapahtuu nosturin avulla suoraan varastointisektoreilta kuljetustilaan, jossa ne saadaan tuettua. Valmistelun onnistumiseksi kuormakirjaan on merkittävä varastointisektorin numero, jolle työmaan projektinumeroon kuuluvat elementit on sijoitettu. Näin helpotetaan keräilyreittien suunnittelua ja elementtien paikannusta lastauksen

aikana, jolloin liikkeet elementtien luokse pysyvät suoraviivaisina. Sijainnin puolesta ai-noastaan sektoreilta 1,2 ja 3 voidaan suorittaa valmistavat keräilyt lastauksia varten. Elementtien koon ja vaadittavan tuennan vuoksi keräily voidaan toteuttaa numeroiduille laveteille tai sektorille 1 lastausprosessin nopeuttamiseksi.

Laveteilla mahdollistetaan valmiiden kuormien siirtäminen varastorakennuksesta sivuportin varastointialueelle. Pihalle siirrettävien lavettikuormien kuormakirjaan tulee merkitä lavetin numero, jotta valmiit kuormat ovat helposti tunnistettavissa. Pihalta keräily on tapahduttava valvotusti, etteivät työmaiden kuormat sekoittuisi keskenään. Lastaajan tulee ohjata kuljettaja numeroidun lavetin luokse, johon työmaan elementit on lastattu.

### 8.3 Kuormien lastaus

Elementtien lastaukset tehdään kuvan 11 lastausväylän alueelta, lavettien lastauslaiturista sekä sisävarastosta. Laajennusosan rakenteellisen muodon vuoksi täysperävaunun kulku sisävarastoon vaikeutuu. Siksi suurten yhdistelmien lastaus on tapahduttava laajennusosasta. Lastaukset vaunuihin tullaan suorittamaan siltanostimen avulla. Elementtien nostot tehdään nostolenkkeihin tai -ankkureihin kiinnitettävien nostoraksien avulla, joissa on pakkolukittuvat koukut. Nostoissa on toimittava elementtisuunnittelijan asettamien ohjeiden ja nostotavan mukaisesti. Kuormiin lastaus toteutetaan joko kuljetustilaan nostaen tai sisään siirtämällä, kuljettajan ohjeiden mukaisesti. Kuljetuskaluston malli on tässä vaikuttavana tekijänä, koska kuormalle tilataan oikea kuljetuskalusto kuorman painon perusteella. BM Turku Oy:llä on ulkoistetut kuljetuspalvelut, joista tilataan kuormien lähetykseen tarvittava ajoneuvo. Kuljetuspalvelun tilauksessa ilmoitetaan kuorman massa ja mitat, jotta kuormalle saadaan valittua oikea ajoneuvo.

Varastorakennuksen korkeus on riittävä ajoneuvon päältä lastaukseen, kun seinäelementtien suositeltu maksimikorkeus rajautuu 3,6 metriin ja ajoneuvon korkeus kuormi- neen 4,4 metriin (Kuva 12). Kuitenkaan kaikkien elementtien nostoa ei voida suorittaa, koska elementtien nostolenkit ja tapit voivat ylittää suositellun pituuden. Vaihtoehtoisesti elementit tulee siirtää kuormatilaan ajoneuvon peräpäähän kautta. Tällöin ajoneuvon keula tulee sijoittaa varaston ulkopuolelle, jotta elementtien siirtoon peräpäähän kautta kuormatilaan oli riittävästi tilaa. Koska varastorakennuksen lastausväylä on vain 19,7m pitkä, pitkien yhdistelmäajoneuvojen, kuten B-junan, vaunut on katkaistava etuportin piha-alueella, jossa ajoneuvolla on parhaiten tilaa käytettävissä.

Jokaisen lastauksen tekemiseen on varattu aikaa tunti, jotta säilytetään työmaan aika-  
tauluissa pysyminen. Lastausten sujuvuuden kannalta on kuljetuspalvelulta tiedusteltava  
tuleva ajoneuvo, jotta tiedetään valmistelevat toimenpiteet siirtojen ja keräilyn suhteen.  
Lastauksiin on sidottava kaksi työntekijää kuljettajan lisäksi, jotta koko lastausprosessiin  
vaadittavat siirrot tapahtuisivat mahdollisimman tehokkaasti. Kuljettaja on vastuussa  
kuormasta, jolloin kuljettajan ohjeiden mukaisesti on toimittava lastauksen aikana. Kul-  
jettaja vastaa ainoastaan kuorman sidonnasta ja kiinnityksestä (Kuljetusohje 2008). Näin  
ollen lastauksessa avustavat työntekijät auttavat vain elementtien siirron kuljetustilaan.  
Poikkeuksena allasvaunun lavetti voidaan valmistella kuljetusvalmiiksi, jonka jälkeen kul-  
jettaja tarkastaa kuorman kiinnityksen ennen kuljetusta varastointialueelle tai työmaalle.

#### 8.4 Työturvallisuus varastossa

BM Turku Oy:llä, jokainen työntekijä on perehdytetty työhön ja turvallisuuskäytäntöihin.  
Työntekijöiden henkilökohtaiseen suojaruustukseen lukeutuu kypärä, turvakengät,  
kuulo- ja silmäsuojat, työkäsineet ja työhaalarit, jotka ovat vaadittava turvalliseen työn-  
tekkoon. Kyseisen varustuksen on oltava puutteettomassa kunnossa tuotantohalliin men-  
nessä. Työntekijät on myös veloitettu työnantajan tavoin huomioimaan riskitilanteita ja  
ylläpitämään työturvallisuutta työympäristössä työturvallisuuslain mukaisesti. (Työturval-  
lisuuslaki 738/2002.)

Varastossa suurimmat turvallisuusriskit kohdistuvat elementtien siirtoihin ja varastossa  
liikkumisen. Elementtien varastointi on toteutettava vain ja ainoastaan siihen tarkoituk-  
seen tehdyillä välineillä ja lastausprosessissa on aina valittava työturvallisin vaihtoehto  
elementtien nostoihin ja siirtelyyn. Täten laajennusosan varaston toimintakyvyn kannalta  
on päivittäiseen siivoukseen kiinnitettävä huomiota, jotta työympäristö pysyy työturvalli-  
sena ja esteettömänä vuorokaudesta huolimatta. Tapahtuvien liikkeiden johdosta on va-  
raston työympäristön tarkkailu ja vaarojen tunnistus tehtävä ennen työn aloittamista, var-  
sinkin pakkaskeleillä. Yksinkertaisella maalaisjärjellä saadaan jo vaikutettua vaarojen  
syntymiseen ja niiden ehkäisyyn. Tehokkaan toiminnan ylläpitäminen ei saa vaikuttaa  
varaston työturvallisuuteen.

Varastossa on oltava riittävä valaistus selkeän näkyvyyden ja turvallisten nostojen ta-  
kaamisen. Ennen elementtien nostamista on tarkastettava nosturin vaijerin ja tarvittavien  
nostoraksien kunto, jotta nostot tapahtuvat turvallisesti. Tämän vuoksi elementtien siir-

roissa tulee olla vähintään kaksi työntekijää varmistamassa turvallisen toiminnan ja huomioimassa riskitilanteita. Vain kokenut nostimen käyttäjä voi suorittaa nostot, jolloin elementtien siirto saadaan suoritettua välttämättä heilumisliikkeitä. Nostolenkkeihin kiinnitettävien nostoraksien kiinnittäminen ja irrottaminen on tapahduttava koukullisten tikkaiden avulla, jotta tikkaat olisivat turvallisesti tuettuina ja putoamisriskiä ei syntyisi. Kuitenkin tietynlaisissa tapauksissa elementtien päälle pääseminen on välttämätöntä, jolloin liikkuminen elementtien päällä tulee tehdä turvavaljaita käyttäen ja toisen työntekijän valvonnan alaisuudessa riskien havainnoimisen lisäämiseksi. Kuitenkin turvakaiteeseen kiinnitettävissä valjaissa on huomioitava putoamiskulma, jolloin turvaremmien etäisyys ei voi ylittää 2m. Vaikka elementtien päällä kävely katoksellisessa varastorakennuksessa olisi turvallisempaa kuin ulkovarastossa, on lähtökohtaisesti tikkaiden käyttö suotavampaa varastoinnin ja keräilyn työturvallisuuden kannalta.

Jatkuvan parantamisen kannalta mahdollisiin työturvallisuusriskeihin on puututtava heti. Työn turvallisuuden kannalta on tärkeä huomioida aina muiden työntekijöiden liikkeet. Työilmapiirin parantamiseksi työntekijöiden turvallisuutta edistävät ehdotukset on kuuluttava ja hyödynnettävä käytäntöön ennakkoiden riskitilanteiden syntymistä.

## 8 LAYOUTIN TOIMIVUUS

Layout suunnitelma on tehty mahdollistaen varaston läpimenon edistämisen ja työmaa-kohteittain sijoittelun, jotka edes auttavat lastausprosessin sujuvuutta. Toimivuuden takaamiseksi on toimittajan ja asiakkaan parannettava yhteistyötään. Työmaan viivästymisestä aiheutuvat suuret korvaukset pakottavat aikataulussa pysymiseen, joka yleensä heijastuu elementtitoimittajien varastojen kuormitukseen ja kiireellisten toimituksien syntymiseen.

Säilyttääkseen JIT:n mukainen tilauksien ja toimituksien tasapainon tulee tilaussopimuksen aikataulun olla sitova sekä kommunikaation parannuttava toimittajan ja asiakkaan välillä. Varaston läpiviennin tehostaminen on siis tapahduttava tuotannonohjauksen puolelta. Läpiviennin seurauksena elementtien laatuvirheisiin pystytään vaikuttamaan paremmin, kun elementtejä saadaan toimitettua nopeammin asiakkaalle eli työmaalle. Leanin toteutuminen varaston toiminnassa säästää aikaa suoraviivaisuudella ja karsimalla turhia työvaiheita, kuitenkin toteutuminen vaatii kommunikaation ja toiminnan suunnittelun sujuvuutta. Kun aikaa säästyy työvaiheista, se tulee sijoittaa tulevien toimintojen suunnitteluun. Siksi varaston layout suunnitelma on pidetty mahdollisimman yksikertaisena, jotta sen sisäistäminen olisi helppoa varaston työntekijöille. Näin pienillä ratkaisulla saadaan aikaan toimiva kompleksia. Varaston työntekijöiden vastuu tulee kasvamaan, koska suunnitelman toteutuminen tulee vaikuttamaan varaston toimintaan. Näin ollen varaston henkilöstölle on päivitettävä tarkat tiedot tulevista lastauksista, jolloin muutoksiin pystytään reagoimaan kaikissa tilanteissa.

Kun elementeille on tiedossa toimitusaika, ne pystytään sijoittamaan työmaakohtaisesti valitulle sektorille lastausprosessin ja työvaiheiden tehostamiseksi. Työmaakohtainen sijoittelu varastointisektoreille pitää välimatkat keräilyn ja lastauspaikkojen välillä mahdollisimman lyhyinä ja suoraviivaisina, jolloin ylimääräisiä työaikaa ei synnytetä ylimääräisillä liikkeillä. Varastotilaa saadaan vapautettua lavettien avulla sivuportin varastointialueelle, varaston rajallisen kapasiteetin vuoksi, jotta varaston toiminnat ei vaikeutuisi varaston kuormituksen johdosta. Layoutissa on myös huomioitu elementtien liikuttamiseen ja kääntämiseen vaadittavat tilat lastauspaikoissa, jotta liikkeiden esteettömyys säilyy kuormatilaan siirroissa. Näin lastauksiin varatussa aikataulussa tullaan pysymään.



## 9 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda käyttöönotettava layout – suunnitelma BM Turku Oy:n elementtitehtaan laajennusosaan. Laajennusosalla tähdätään kustannustehokkaampaan toimintaan, jonka seurauksena tehdään elementtien varastointi ja elementti-kuormien lastaus tullaan keskittämään tulevaan varastorakennukseen. Laajennusosaan oli laadittu rakennuspiirustukset, joiden pohjalta layout toteutettiin. Työn lopputuloksena määritettiin layout-suunnitelmaan varastointisektorit ja lastauspaikat lastausprosessin ja varastoinnin toimintaa tehostamiseksi lean-periaatteita ja muuttuvaa tuotannonohjausta huomioiden.

Lopullisessa layout-suunnitelmassa toteutuivat asetetut tavoitteet varastoinnin ja lastausten osalta. Layout-suunnitelman mukaiset varastointisektorit voidaan toteuttaa sellaisenaan tai niitä voidaan hyödyntää pohjana varastoinnille. Elementti-kuormien painotuksessa laveteille tulee määritetyt lastauspaikat ottaa käyttöön suunnitelman mukaisesti. Kokonaisuutena työ oli onnistunut, johon toimeksiantajan oli tyytyväinen. Toimipisteiden sijoittelu toteutui omasta mielestäni optimaalisimmalla tavalla varaston rakennuspiirustuksien rajoitteiden mukaisesti.

Laajennusosa on mielestäni toimiva ratkaisu elementtivarastolle. Kuitenkin toiminnan parantamiseksi, ehdottaisin tien rakentamista laajennusosan pätyyn, jolla mahdollistetaan täysperävaunujen suoraperuus varastorakennukseen. Tämän seurauksena layout-suunnitelman varastosektorille 8 voidaan rakentaa varastointiteline elementeille, joka kasvattaisi varastointikapasiteettia. Lisäksi kommunikaatiota kuljetuspalveluiden kanssa on parannettava, koska lavettikuormiin vaadittavia allasvaunuja on vain rajallinen määrä. Kun tiedostetaan allasvaunujen saatavuus elementti-kuormiin, kuormien suunnittelu helpottuu.

Opinnäytetyön aloitus oli haasteellinen rakennuspiirustuksien muutoksen ja kirjallisuuden puutteellisuuden johdosta. Kuitenkin, työ eteni kokonaisuudessa hyvin ja oli hienoa päästä luomaan elementtivarastolle layout-suunnitelma soveltaen alalta saatua työkokemusta. Suunnittelun aikana sain paljon uutta tietoa varastoinnista ja logistiikasta sekä niiden vaikutuksesta layoutin rakentamiseen. Tämän vuoksi opinnäytetyön tekeminen oli opettava kokemus. On mahtavaa päästä tuomaan omia näkemyksiä esille ja olla osana BM Turku Oy:n toiminnan kehityksessä.

## LÄHTEET

Betonimestarit Oy 2017. Viitattu 5.9.2017. <http://www.betonimestarit.fi/fi/page/1>.

Elementtien varastointipiirustukset. Viitattu. 22.11.2017. Saatavilla: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet?term=RX006>.

Elementtisuunnittelu 2017. Runkorakenteet. Viitattu 13.9.2017. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet>.

Erikoiskuljetusien määräykset 1715/1992. Viitattu 13.9.2017. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19921715#Lidp450155072>.

Faymonville 2017. Viitattu: 13.9.2017. Saatavilla: <http://www.faymonville.com/vehicles.aspx?id=102&lang=en>.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen kirjapaino Oy.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Tallinna: Raamatutrükikoda.

Karhunen, J., Pouri, R., Santala, J. 2008. Kuljetukset ja varastointi-järjestelmät, kalusto ja toimintoperiaattit. Saarijärven Offset Oy.

Kuljetusohje 2008. Viitattu. 13.9.2017. Saatavilla: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-toimitus/elementtien-kuljetus>.

Logistiikan maailma 2017 Tuotanto. Viitattu 11.9.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantomuodot/>.

Mures Oy 2016. Viitattu 6.9.2017. Saatavilla: <http://www.mures.fi/index.html>.

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A., Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet-Logistiikan maailma. Helsinki: Reijo Rautauoman säätiö.

Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnston, R. 2013. Operation management-7th edition. Pearson 2013.

Trafi 2016. Viitattu 1.11.2017 Saatavilla: [https://www.trafi.fi/filebank/a/1470643980/e319003253812c9750417418de4b6317/22172-21945-3\\_\\_Ohje\\_-\\_kuljettajantutkinnon\\_ajokoe\\_2016.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1470643980/e319003253812c9750417418de4b6317/22172-21945-3__Ohje_-_kuljettajantutkinnon_ajokoe_2016.pdf).

Turun Sanomat 2016. Savolainen betoniyritys laajentaa Turkuun. Viitattu 6.9.2017. Saatavilla: <http://www.ts.fi/uutiset/talous/2710444/Savolainen+betoniyritys+laajentaa+Turkuun>.

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu. 9.11.2017. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

Valtioneuvoston asetus ajoneuvon käytöstä 407/2013. Viitattu: 11.12.2017. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407#Pidp451858352>.

Vepe 2017. Saatavilla: <http://www.vepe.fi/fi/palvelut/tuote/rakentaminen/tavaransiirto-ja-varastointi/460165/elementtitelineet>.

## Elementtien tunnuslaput

CE FI

0416

www.betonimestarit.fi BM TURKU OY. . 20380 TURKU

V20-VJ-1103

17

0416-CPR-7078-3

EN 14992:2012 Seinäelementit

PROJEKTINUMERO JA NIMI TUOTENUMERO

104564 VJ28

ARO AK , KONALA

ELEMENTTIHD 104564-4

LEMENTIN TUNNUS

VJ-1103

MITAT H x B x L	TARK PITUUS	PAIKO (t)
1620 1860 280		4.7

ALUPAIVA	PIIR. REVISIO	VALUALUSTA
18.08.2017	B	S2TU

FI FI

www.betonimestarit.fi BM TURKU OY. . 20380 TURKU

L26-L-3102

PROJEKTINUMERO JA NIMI TUOTENUMERO

104564 L

ARO AK , KONALA

ELEMENTTIHD 104564-EE

LEMENTIN TUNNUS

L-3102

MITAT H x B x L	TARK PITUUS	PAIKO (t)
3135 3720 260		7.15

ALUPAIVA	PIIR. REVISIO	VALUALUSTA
01.09.2017		S7TU

## BM Turku Oy:n Kuormakirja

**BM**

Kuormakirja 3263



**Toimitusosoite:** GRUVÖN MILL  
 STORJOHANNNS VÄG 4  
 66433 GRUMS  
 DENISS IVANENKO + 372 5919 26 65  
 + 372 5919 26 65

**Nimi:** NG LOHKO M101-103

**Tilausnumero:** 104523

**Toimituspäivä:** 18.07.2017

**Kuorma nro:**

**Lastauspäivä:** 18.7

**Matka:**

**Tilaaaja:** BILLERUDKORSNÄS GRUVÖN  
 TORJOHANNNS VÄG 4  
 66428 GRUMS

**Kuljetusliike:** KULJETUSLIIKE ALAKORPELA  
 POHJANLUOMANTIE 62  
 61300 Kurikka

**Ajoneuvo:**

Tuote	Tunnus	ID	Nippu	Paksuus	Leveys	Pituus	Korkeus	Palno	Varasto	Huomautus
RB2	R_B2-M3124	17		350	7480	350	3180	13.325	Turku	→
RB2	R_B2-M3129	29		350	8150	350	3180	11.375	Turku	
RB2	R_B2-M3209	104		350	8460	350	3180	14.400	Turku	
<b>Yhteensä:</b>		<b>3</b>						<b>39.100</b>		

**Huomautus:**

**Asennustarvike/NimiYksikkö/Määrä:**

	Alkoi	Loppui	Veloitus aika	Allekirjoitus
Lastaus	13.20	14.40		Makki
Purku				
Tavarat lastattu ehjänä (Kuljettaja Allekirjoittaa) / Auton numero				Niska Heikki (12)
Tavarat purettu ehjänä				
Veloituksen peruste:				

Työmaa

Betonimestarit Oy

Kuljetusliike

TEHDAS  
 BETONIMESTARIT  
 ASUTUSTIE 19  
 20380 TURKU  
 SUOMI

PUHELIN  
 044-737 9907

FAX

EMAIL  
 jussi.niemela@betonimestarit.fi

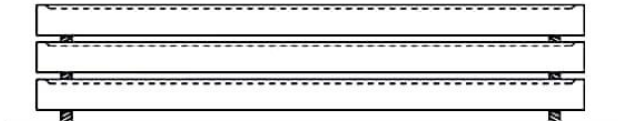
Y-TUNNUS  
 2353633-4

## Lavetti (Allasvaunun irtopohja)



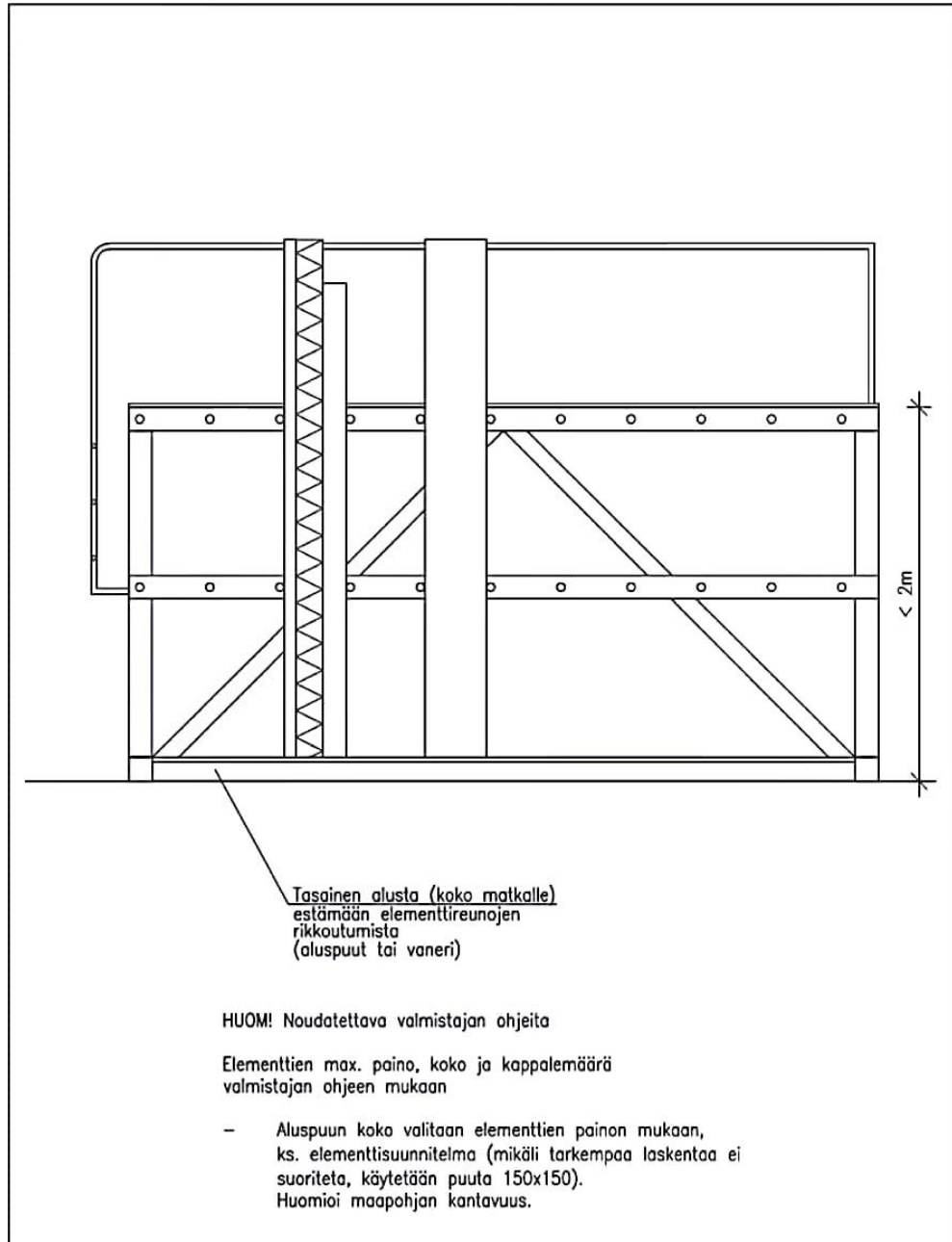
## Elementtien varastointipiirustukset (Elementtisuunnittelu.)

	Työn nro		1-01
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde <b>Betonelementtien varastointi</b> <b>Laattamaiset- ja seinämäiset elementit</b> <b>Pilarit- ja palkit</b>	Sisältö <b>Laattaelementit</b>		

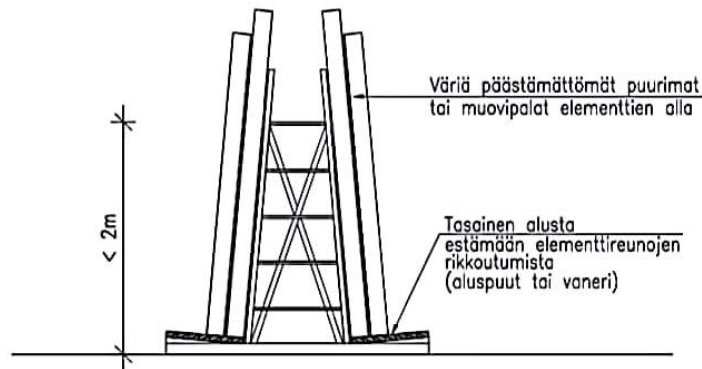


- Aluspuun koko valitaan elementtien painon mukaan, ks. elementtisuunnitelma (mikäli tarkempaa laskentaa ei suoriteta, käytetään puuta 150x150)
- Aluspuiden paikat elementtisuunnitelman mukaan. Pöällekkäisten laattojen aluspuut sijoitetaan samalle kohdalle elementtirivistössä mikäli elementtisuunnitelma tämän sallii.
- Eripituisia laattoja ei saa pinota pöällekkäin.
- Huomioitava maan kantavuus.
- Laatan alapinta ei saa koskettaa maata.
- Alus- ja välipuiden päissä betonia vasten käytetään tarvittaessa väriä päästämättömiä muovilappuja.

	Työn nro	1-02
	Päiväys	
Rakennuskohde/Käyttökohde <b>Betonelementtien varastointi Laattamaiset- ja seinämäiset elementit Pilarit- ja palkit</b>	Sisältö <b>Seinäelementit, kampakki (Vepe)</b>	



	Työn nro	1-03
	Päiväys	
Rakennuskohde/Käyttökohde <b>Betonelementtien varastointi Laattamaiset- ja seinämäiset elementit Pilarit- ja palkit</b>	Sisältö <b>Väliseinä- ja kuorielementit, A-pukki (Vepe)</b>	



HUOM! Noudatettava valmistajan ohjeita

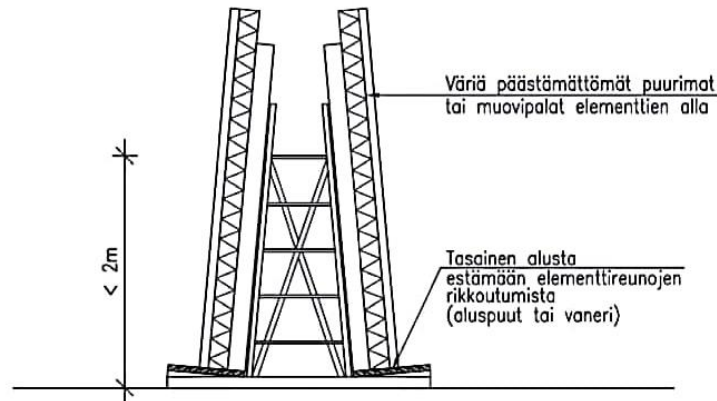
Elementtien max. paino, koko ja kappalemäärä valmistajan ohjeen mukaan (ks. pukin kuormakilpi)

HUOM!

- Aluspuun koko valitaan elementtien painon mukaan, ks. elementtisuunnitelma (mikäli tarkempaa laskentaa ei suoriteta, käytetään puuta 150x150)
- A-pukin kaltevuuden tulee olla vähintään 1:8.
- Kun A-pukin varaan asennetaan useita elementtejä, tulee varmistaa että kaikki elementit ovat riittävän kaltevassa asennossa ja alaosastaan hyvin tuettuja (esim. kiiloin, jotka on kiinnitetty A-pukkiin).
- Erityistä huomiota tulee kiinnittää elementeissä olevien ulkopuolisten terästen aiheuttamiin varastointiongelmiin (elementti ei saa jäädä toisen elementin terästen varaan).
- Elementin sisäkuoren alle voidaan asettaa tukipuu suojaamaan ulkokuorta vahingoittumasta nostojen yhteydessä (ulkokuori irti alustasta). Näin toimittaessa tulee elementin vakavuus kaatumisen estämiseksi varmistaa (esim. elementit kiinnitetty pukkiin).
- A-pukit tulee asettaa ensisijaisesti betonilaatan päälle, jotta voidaan varmistaa niiden riittävä seisontavakavuus. Sorapatjan päälle asetetun A-pukin seisontavakavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota (A-pukin jalat on oltava tukevasti soran päällä ja niiden on oltava pinta-alaltaan riittävän suuret, jotta A-pukki ei kallistu).
- A-pukkien ja niihin varastoitujen elementtien väliin on jätettävä riittävä tila työskentelyä ja kulkemista varten (kulkutien esteetön vähimmäisleveys on 0,5m).



	Työn nro		1-04
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde <b>Betonelementtien varastointi Laattamaiset- ja seinämäiset elementit Pilarit- ja palkit</b>	Sisältö <b>Eristetyt elementit, A-pukki (Vepe)</b>		



HUOM! Noudatettava valmistajan ohjeita

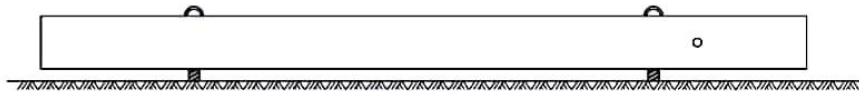
Elementtien max. paino, koko ja kappalemäärä valmistajan ohjeen mukaan (ks. pukin kuormakilpi)

HUOM!

- Aluspuun koko valitaan elementtien painon mukaan, ks. elementtisuunnitelma (mikäli tarkempaa laskentaa ei suoriteta, käytetään puuta 150x150)
- A-pukin kaltevuuden tulee olla vähintään 1:8.
- Kun A-pukin varaan asennetaan useita elementtejä, tulee varmistaa että kaikki elementit ovat riittävän kaltevassa asennossa ja alaosastaan hyvin tuettuja (esim. kiiloin, jotka on kiinnitetty A-pukkiin).
- Erityistä huomiota tulee kiinnittää elementeissä olevien ulkopuolisten terästen aiheuttamiin varastointiongelmiin (elementti ei saa jäädä toisen elementin terästen varaan).
- Elementin sisäkuoren alle voidaan asettaa tukipuu suojaamaan ulkokuorta vahingoittumasta nostojen yhteydessä (ulkokuori irti alustasta). Näin toimittaessa tulee elementin vakavuus kaatumisen estämiseksi varmistaa (esim. elementit kiinnitetty pukkiin).
- A-pukit tulee asettaa ensisijaisesti betonilaatan päälle, jotta voidaan varmistaa niiden riittävä seisontavakavuus. Sorapatjan päälle asetetun A-pukin seisontavakavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota (A-pukin jalat on oltava tukevasi soran päällä ja niiden on oltava pinta-alaltaan riittävän suuret, jotta A-pukki ei kallistu).
- A-pukkien ja niihin varastoitujen elementtien väliin on jätävä riittävä tila työskentelyä ja kulkemista varten (kulkutien esteetön vähimmäisleveys on 0,5m).

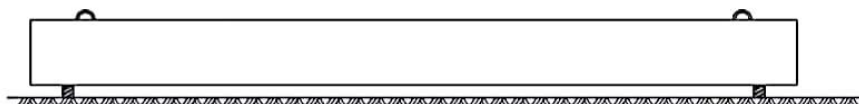
	Työn nro		1-05
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde <b>Betonelementtien varastointi Laattamaiset- ja seinämäiset elementit Pilarit- ja palkit</b>	Sisältö <b>Pilari- ja palkkielementit</b>		

### Pilari-elementit



- Aluspuun koko valitaan elementtien painon mukaan, ks. elementtisuunnitelma (mikäli tarkempaa laskentaa ei suoriteta, käytetään puuta 150x150)
- Aluspuiden paikat elementtisuunnitelman mukaan.
- Huomioitava maan kantavuus.
- Elementin alapinta ei saa koskettaa maata.

### Palkkielementit



- Aluspuun koko valitaan elementtien painon mukaan, ks. elementtisuunnitelma (mikäli tarkempaa laskentaa ei suoriteta, käytetään puuta 150x150)
- Aluspuiden paikat elementtisuunnitelman mukaan.
- Huomioitava maan kantavuus.
- Elementin alapinta ei saa koskettaa maata.