



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha-Matti Näykki

ASUINKERROSTALON  
TUOTANTOMENETELMÄN VALINTA  
SEKÄ PÄÄNOSTOKALUSTON JA  
TYÖRYHMIEN MITOITUS

Tekniikan yksikkö

2015

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha-Matti Näykki
Opinnäytetyön nimi	Asuinkerrostalon tuotantomenetelmän valinta sekä päänostokaluston ja työryhmien mitoitus
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	77 + 11 liitettä
Ohjaaja	Martti Laaja

---

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhdessä YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Pohjanmaa ja Tampere kanssa.

Tämän työn tarkoitus on suunnitella kahdelle asuinkerrostalokohteelle yhteinen yleisaikataulu ja rungon rakentamisvaiheaikataulu niin, että kohteet pystytään toteuttamaan samanaikaisesti yhdellä nostokoneella. Kohteiden rakentaminen aloitetaan Seinäjoelle Jouppiin kevään 2015 aikana. Kohteet ovat As. Oy Seinäjoen Kravatti ja As. Oy Seinäjoen Isolukkari. Asuinrakennuskohteet ovat osa Komia Kortteli -nimistä kokonaisuutta. Komiaan Kortteliin on kehitteillä yli 400 asuinhuoneistoa ja liikekeskus.

Työn teoriaosassa on pyritty keskittymään tärkeimpien tuotantoteknisten menetelmien kuvaamiseen asuinkerrostalokohteissa. Suuren huomion on saanut runkovaiheen toteutustapa, koska sillä on suuri vaikutus aikataulun lopputulokseen. Teoriaosassa käsitellään myös aikataulusuunnittelun perusteita ja menetelmiä. Esimerkkikohteesta As Oy Seinäjoen Kravattista ja As Oy Seinäjoen Isolukkarista on laadittu aikataulusuunnitelma. Suunnitelma on toteutettu Ratu Aikataulukirjan mukaisilla ohjeilla, joita on avattu tarkemmin tämän työn teoriaosuudessa. Lopuksi kohteeseen on laadittu Planet+ 6.4 ohjelmaa käyttäen aikataulusuunnitelmat, jonka tarkoituksena on luoda häiriötön ja tehokas tuotannonohjauksen väline.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Juha-Matti Näykki
Title	Method of Production for a High-rise Building and Dimensioning of Main Lifting Equipment and Work Groups
Year	2015
Language	Finnish
Pages	77 + 11 Appendices
Name of Supervisor	Martti Laaja

---

The thesis was implemented together with YIT Construction Ltd.

The purpose of the thesis was to design a common general schedule and schedule for the frame construction for two-story apartment building construction sites so that the building targets can be implemented at the same time with one the main lifting machine. The construction will begin in Seinäjoki Jouppi in spring 2015. The targets are As. Oy Seinäjoki Kravatti and As. Oy Seinäjoki Isolukkari. The residential building sites are part of the Komia Kortteli residential area. More than 400 residential apartments and a shopping center will be built in Komia Kortteli.

The theory section focuses on the description of most important production technical methods in apartment building applications. Great attention was paid to the frame phase and its method of implementation, because it has a great impact on the outcome of the schedule. The theory section deals with the basics of scheduling and scheduling methods. The schedule plan was drawn for the example targets As Oy Seinäjoki Kravatti and As Oy Seinäjoki Isolukkari. The plan was made according to the Ratu Schedule guide. Finally, schedule plans were drawn the Planet + 6.4 program, with the purpose of creating a trouble-free and efficient production management tool.

---

Keywords     Method of production, scheduling, utilization of main lifting machine

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
1.1	Tausta.....	10
1.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	11
1.3	Tutkimuksen menetelmä.....	12
1.4	Työn rajaukset.....	13
2	ASUINKERROSTALON RUNKOVAIHEEN TUOTANTOTEKNIikka .	14
2.1	Runkojärjestelmän valinta .....	14
2.2	Paikallavalurakentaminen .....	14
2.2.1	Muottisuunnittelun tavoite ja vaiheet.....	15
2.2.2	Muottityypin valinta ja muottien määrän selvitys.....	15
2.2.3	Kustannusten selvitys.....	19
2.2.4	Muottien käytön suunnittelu .....	21
2.2.5	Holvimuotit .....	22
2.3	Elementtirakentaminen .....	26
2.3.1	Elementtirakentamisen tavoite.....	27
2.3.2	Elementtivaihtoehdot .....	28
2.3.3	Kuljetus .....	33
2.3.4	Asennus .....	34
2.4	Tuotantotekniikoiden vaikutukset aikatauluun .....	35
3	AIKATAULUSUUNNITTELU .....	40
3.1	Jana-aikataulu .....	40
3.2	Paikka-aikakaavio .....	40
3.3	Tuotantoaikakaavio.....	41
3.4	Aikataulusuunnittelu rakennushankkeessa .....	42
3.4.1	Rakennusaika käsitteet .....	42
3.4.2	Kireyden tarkistaminen .....	43
3.4.3	Osakohteisiin jako.....	44
3.4.4	Tehtäväkokonaisuuksien muodostaminen .....	46
3.4.5	Menekien ja keston määrittäminen.....	47

	5
3.4.6 Tahdistus ja rytmitys .....	50
3.4.7 Aikataulun tarkistus ja valvonta.....	52
3.5 Aikataulumuodot.....	55
3.5.1 Yleisaikataulu.....	55
3.5.2 Rakentamisvaiheaikataulu.....	56
3.6 Aluesuunnitelman vaiheet.....	57
3.7 Nostokaluston aikataulutuksen mitoitus .....	58
3.7.1 Nosto- ja siirtokaluston suunnittelu .....	58
3.7.2 Nosto- ja siirtokaluston käyttöasteen määrittäminen .....	60
4 KOHTEEN SUUNNITTELURATKAISUT .....	64
4.1 Kohteiden kuvaus.....	64
4.2 Rakenteet.....	64
4.3 Tärkeät suunnitteluratkaisut.....	68
4.3.1 Rungon tuotantotekniikan valinta ja sen vaikutus aikatauluun...	68
4.3.2 Päänostokoneen käyttö ja käyttöaste.....	70
4.3.3 Työryhmät.....	72
4.4 Valmis aikataulu .....	74
5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	75
LÄHTEET.....	77
LIITTEET	

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b>	Muottisuunnitelman prosessikuvaus.	s. 15
<b>Kuvio 2.</b>	Elementtirakentamisen vaiheet.	s. 27
<b>Kuvio 3.</b>	Jana-aikataulu.	s. 40
<b>Kuvio 4.</b>	Paikka-aikakaavio.	s. 41
<b>Kuvio 5.</b>	Tuotantoaikakaavio.	s. 42
<b>Kuvio 6.</b>	Lohkojaon vaikutus työn keston.	s. 45
<b>Kuvio 7.</b>	Osakohdejako.	s. 45
<b>Kuvio 8.</b>	Työmenekin ja työsaavutuksen laskentatavat.	s. 48
<b>Kuvio 9.</b>	Tahdistus.	s. 51
<b>Kuvio 10.</b>	Rytmitys.	s. 52
<b>Kuvio 11.</b>	Valvontatyökalut.	s. 54
<b>Kuvio 12.</b>	Nostoaikatarpeen määrittämisen kaavoja.	s. 61
<b>Kuvio 13.</b>	Nostoaikatarpeen määrittämisen kaavoja.	s. 61
<b>Kuvio 14.</b>	Nostoaikatarpeen muuttajat.	s. 62
<b>Kuva 1.</b>	Kasettimuotti.	s. 16
<b>Kuva 2.</b>	Kasettimuotti varauksineen.	s. 17
<b>Kuva 3.</b>	Suurmuotti.	s. 18
<b>Kuva 4.</b>	Holvimuottirakenne.	s. 23
<b>Kuva 5.</b>	Holvirakenne ennen betonointia.	s. 25
<b>Kuva 6.</b>	Valmis betonipinta.	s. 26

<b>Kuva 7.</b>	Deltapalkki.	s. 29
<b>Kuva 8.</b>	Parveke-elementti.	s. 30
<b>Kuva 9.</b>	Hormielementti.	s. 31
<b>Kuva 10.</b>	Ontelolaatta.	s. 32
<b>Kuva 11.</b>	Julkisivupiirustus, As. Oy Seinäjoen Kravatti	s. 66
<b>Kuva 12.</b>	Julkisivupiirustus, As. Oy Seinäjoen Isolukkari	s. 67
<b>Luettelo 1.</b>	Tehtäväluettelo.	s. 47

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Päänostokoneen käyttöaste

**LIITE 2.** Aluesuunnitelma

**LIITE 3.** Elementtirungon, kerroksen keston määrittäminen

**LIITE 4.** Elementtirakentaminen, runkoaikataulu T3

**LIITE 5.** Elementtirakentaminen, runkoaikataulu T3 alatehtävien

**LIITE 6.** Paikallavalurungon, kerroksen keston määrittäminen

**LIITE 7.** Paikallavalurakentaminen, runkoaikataulu T3

**LIITE 8.** Paikallavalurakentaminen, runkoaikataulu T3 alatehtävien

**LIITE 9.** Muottikiertosuunnitelma

**LIITE 10.** Yleisaikataulu

**LIITE 11.** Yleisaikataulu alatehtävien

## KÄSITTEITÄ

**Resurssi**-käsitteellä tarkoitetaan materiaalia, kalustoa tai työvoimaa. Resurssi on panos tai tuotantotekijä. Resurssi voi olla muottityössä käytettävä siirtokone, jolla siirretään muotit työpisteelle.

**Suoriteyksikkö** tarkoittaa rakennussuoritteen yksikköä, kuten esimerkiksi jm, kg, kpl, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>. Siirtokoneella nostettavat muotit ovat suoriteyksiköltään kappaleita.

**Suurtehtävä** kuvaa suurempaa tehtäväkokonaisuutta. Suurtehtävään voi sisältyä muotin pystytys, betonointi ja muotin purkaminen. Nämä tehtävät ovat lähellä toisiaan ja näin ollen niistä voidaan muodostaa erillinen suurtehtävä.

**Muotti** on väliaikainen rakenne. Muotti koostuu kahdesta muottipuoliskosta. Muotti pystytetään sille mitatulle paikalle, jonka jälkeen se raudoitetaan ja betonoidaan. Tämän jälkeen muotti voidaan purkaa ja siirtää seuraavan paikkaan.

**Tahdistava työ** tarkoittaa työtä tai työnosaa, joka määrittää tietyn rakennusosan tai tehtävän loppuunsaattamiseen vaadittavan ajan. Anturoiden lautamuottityössä paikan mittaus ja muotin pystytys ovat tahdistavia töitä.

**Työsaavutus** tarkoittaa esimerkiksi muottityössä saavutettua suoritteen määrää tietyssä ajassa, juoksumetrimäärää työvuorossa (jm/tv) tai m<sup>2</sup>/tv.

**Työmenekki** voidaan kuvata miten kauan nostokoneella kestää suoriteyksikön 0,05 thh/muotti-m<sup>2</sup> aikaansaaminen eli tässä tapauksessa siirtäminen. Työmenekki voi olla myös työryhmän tai yksittäisen työntekijän aikasaannos, esim. tth/m<sup>2</sup>.

**Suoritemäärä** voi olla ulkoseinän levytyksen määrä neliöinä (m<sup>2</sup>). Se voi myös olla betonoinnin määrä kuutioina (m<sup>3</sup>).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Työn taustalla on tarve kehittää YIT Rakennus Oy:n rakennustuotantoa yksikkökohtaisesti. YIT Rakennus Oy, talonrakennus Tampere ja Pohjanmaan yksiköllä on halua tarve ja kehittyä tulevaisuutta ajatellen. Kehittymisen myötä on mahdollista tulevaisuudessa pyrkiä tehokkaampaan aikataulusuunnittelun ja tuotantotekniikan käyttöön rakennettavissa kohteissa.

Opinnäytetyö on tutkimus, joka suoritetaan YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Tampere ja Pohjanmaa yksikölle. Asuinkerrostalot As. Oy Seinäjoen Kravatin ja As. Oy Seinäjoen Isolukkarin toteutustapa on omaperusteinen rakentamistapa. Omaperusteinen rakentamistapa on suhdanneherkempää, mutta mahdollistaa suuremman liikevoiton tavoittelemisen. Kahden asuinkerrostalon rakentaminen samanaikaisesti on melko epätavallista, joten aiheen tutkiminen on tilaajan kannalta tärkeää. Onnistuessaan tämänkaltainen hanke alentaa kustannuksia ja tuo tehokkuutta.

Rakennushankkeen läpivieminen vaatii erilaisten suunnittelijoiden suunnitelmien lisäksi tarkan aikataulusuunnitelman. Yleisaikataulun laadinta perustuu eri työläjien keston määrittämiseen määrien, menekkien ja työryhmien kautta. Olennainen osa asuinkerrostalohankkeissa on selvittää tuotantotekniikan tapa, joka pystytään ratkaisemaan määrä-, - menekki-, - ja työryhmätietojen kautta vertailemalla eri työläjien kokonaiskestoja. YIT Rakennus Oy:n paljon suosima paikallavalurakentamisen sijaan tulee tarkoin miettiä vaihtoehtoista rungon elementtirakentamista, jolloin aluesuunnitelman tärkeys tulisi huomioida työssä. Myös päänostokoneen käyttöasteen määrittäminen on olennaista onnistuneen hankkeen kannalta. Tuotantotekniikka, eri työläjien kestot ja nostokoneen kuormitusasteen määrittäminen ovat olennaisessa osassa suunniteltaessa asuinkerrostalohankkeita.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoite on valita kustannustehokas, laadukas ja toteuttamiskelpoinen tuotantotekniikka ja aikataulu Komia Korttelin kahteen samanaikaisesti rakennettavaan asuinkerrostalokohteeseen.

Tavallisesti rakennettaessa yhtä kerrostaloa voidaan vapaammin miettiä toteutetaanko asuinkerrostalo paikallavalutekniikkaa käyttäen tai toteutetaanko rakennuskenties elementtirakenteisena. Asuinkerrostalossa on myös mahdollista käyttää paikallavalu- ja osaelementtitekniikkaa. Näitä toteutustapoja miettiessä päädytään lähes aina sellaiseen rakenneratkaisuun, jossa huomioidaan rakennustyömaalla työskentelevän henkilökunnan ammattitaito ja työnjohdon arvio kustannustehokkaasta ja laadukkaasta rakentamisesta.

Kohteessa As. Oy Seinäjoen Kravatti ja As. Oy Seinäjoen Isolukkari täytyy rakentamista pohtia hieman erilaisesta näkökulmasta. Kohteissa on yhtä suuressa roolissa verrattaessa yhden asuinkerrostalon rakentamiseen ammattitaito, laatu ja kustannustehokkuus. Erityiseen huomioon nousee kahdessa samanaikaisesti rakennettavassa rakennuksessa nosto- ja siirtokaluston käyttöasteen riittävyys. Rakennettaessa yhtä asuinkerrostaloa nosto- ja siirtokaluston käyttöaste eivät ole niin suuressa roolissa kuin rakennettaessa kahta asuinkerrostaloa.

Työn tavoitteena on ratkaista ja tuoda esille muun muassa esimerkkien avulla erilaisista tavoista ratkaista rungon tuotantotekniikkaa koskevia toteutustapoja. Työssä käydään läpi mahdollisimman laajasti aikataulusuunnittelun eri vaiheita ja varmistuskeinoja rakennushankkeissa, mitoitetaan käytettävät työryhmät eri työläjihin ja mitoitetaan päänostokaluston käyttöaste.

Tekemäni työtä työ tulee olemaan tutkimus As. Oy Seinäjoen Isolukkarin ja As. Oy Seinäjoen Kravatin toteutuksesta. Sitä voidaan käyttää myös oppaana tuleviin hankkeisiin. Työn aikataulu luovutetaan YIT Rakennuksen Oy:n käyttöön.

### 1.3 Tutkimuksen menetelmä

Tutkimuksessa käytetään apuna Ratu-tiedostoja, kohteen suunnitelmia, laskelmia (määrätietoja) ja haastatteluja. Erilaisista Ratu-tiedostoista saaduista menekeistä, YIT Rakennus Oy:ltä saaduista määrätiedoista ja työryhmien koon määrittämisen jälkeen voidaan ratkaista ja vertailla erilaisten työlajien kestoja ja päänostokaluston käyttöasteen riittävyyttä. Nämä tiedot auttavat ratkaisemaan kustannustehokkaan rakennustavan. Tutkimuksessa pyritään käyttämään kolmivaiheisuutta, joka koostuu empiirisestä tutkimuksesta, tekemästäni teoreettisesta tutkimuksesta ja niiden yhdistämisestä.

Työssä on pyritty ratkaisemaan elementtirakentamiseen liittyvää logistista suunnittelua. Logistinen suunnittelu ja päänostokaluston yhteensovittaminen on ensiarvoisen tärkeää elementtirakentamisessa, koska ne tahdistavat runkovaiheen muiden töiden etenemistä.

Aluesuunnitelman tärkeys on otettu huomioon mietittäessä nostokaluston sijoituspaikkaa. Huolimaton sijoittelu voi johtaa siihen, että esimerkiksi nostopuomin pituus ei riitä kattavasti jokaiseen nostokohteeseen. Aluesuunnitelman tärkeys korostuu etenkin silloin, kun tontti on ahdas ja materiaaleja on alueella huomattavan paljon.

Työryhmien koot ratkaistaan käyttäen Ratu-tiedostoista saatavia alustavia työryhmäkokoja ja vertaamalla niitä YIT Rakennus Oy:n aiemmin käyttämiin kokemusperäisiin tietoihin vanhoista jo rakennetuista asuinkerrostalokohteista.

Työstä laaditaan YIT Rakennus Oy:lle yleisaikataulu ja rungon osalta rakentamisvaiheikataulu. Yleisaikataulu on yleisimmin käytetty aikataulumuoto rakennustyömailla. Sen avulla pystytään muun muassa tarkastamaan hankkeen ajallinen kireystaso. Alustava yleisaikataulu toteutetaan käyttäen Planet+ 6.4 -aikatauluohjelmaa.

#### 1.4 Työn rajaukset

Työssä keskitytään betonirunkoisiin asuinkerrostaloihin ja pyritään ratkaisemaan päänostokaluston käyttöasteen riittävyys asuinkerrostalojen runkovaiheen tuotantotekniikan tavan määrittämisen yhteydessä. Työ laaditaan vaihtoehtosuunnittelua käyttäen. Vaihtoehtoista valitaan nopein ja käytännöllisin lopputulos. Rakentamisvaiheen seuranta ei kuulu työhön.

Runkovaiheen toteutustapa on ratkaiseva kohteen keston kannalta, koska runkovaiheen kesto on muita työvaiheita huomattavasti pidempi toteutustavasta riippumatta. Rakennettaessa kahta asuinkerrostaloa runkovaiheen tärkeys entisestään korostuu.

Työssä määritetään työlajien kestot valmiiseen yleisaikatauluun, mutta ne jäävät vähemmälle huomiolle teoriaosuudessa, koska niiden toteuttamista koskeva riski on huomattavasti runkovaihetta pienempi. Esimerkiksi lämmöneristystyöt eivät ole päänostokalustosta juuri mitenkään riippuvaisia, koska eristys toteutetaan yleisesti erillisiltä nostolavoiltaan.

Kustannustehokkuus määräytyy työryhmien ja nosto- ja siirtokaluston oikein suunnitellusta häiriöttömästä aikataulusuunnittelusta.

Työn teoriassa ei käsitellä erikseen muotti- ja elementtiasennustekniikkaan liittyviä asioita kuten pystytystä, purkua, puhdistusta, karvalautojen asennusta, päätytopparien tekoa, raudoitusta ja erilaisia varauksia. Tämä sen vuoksi, että paikallavalu- ja elementtirakentamisen aikataulusuunnittelun kannalta on olennaisessa osassa rungon tuotantotekniikan toteutustapa, eikä niinkään yksittäiset asennustekniset tavat.

Työn tutkimusosiossa ei ole tarkoitus käyttää kaikkia teoriaosuudessa kuvattuja menetelmiä ja varmistuskeinoja.

## **2 ASUINKERROSTALON RUNKOVAIHEEN TUOTANTOTEKNIikka**

### **2.1 Runkojärjestelmän valinta**

Rakennushankkeen runkotyyppin päättäminen on hankkeen suunnitteluvaiheen ensimmäisiä päätettäviä asioita. Runkotyyppin päättäminen on myös keskeisimpiä asioita rakennushankkeessa. Tuotantotekniikan ratkaisuihin vaikuttavat monet hankkeen reunaehdot. /1/

Kohteen sijainti vaikuttaa osaltaan rungon tyyppin valintaan. On tarkkaan huomioitava miten kaukana rakennettava asuinkerrostalo sijaitsee lähimmältä tehtaalta, joka pystyy toimittamaan muottikalustoa tai valmiita elementtejä. Sääolosuhteet tulee myös huomioida ajatellen vaikka tuulisuutta, koska monesti nosto- ja siirtokoneella kannateltavat taakat ovat tuuliherkkiä. /1/

Runkotyyppin valinta vaikuttaa myös siihen millainen nosto – ja siirtokalusto hankkeeseen valitaan. Monet muotit ja elementit ovat painoltaan suuria ja nostoetäisyydet pitkiä, joten nosto- ja siirtokaluston valinta on osa asuinkerrostalon suunnittelua. /1/

Osa valintaprosessia koostuu työntekijöiden ammattitaidon arvioimisesta, koska monet työmaat käyttävät sellaista runkojärjestelmää, johon heillä on osaamista. /1/

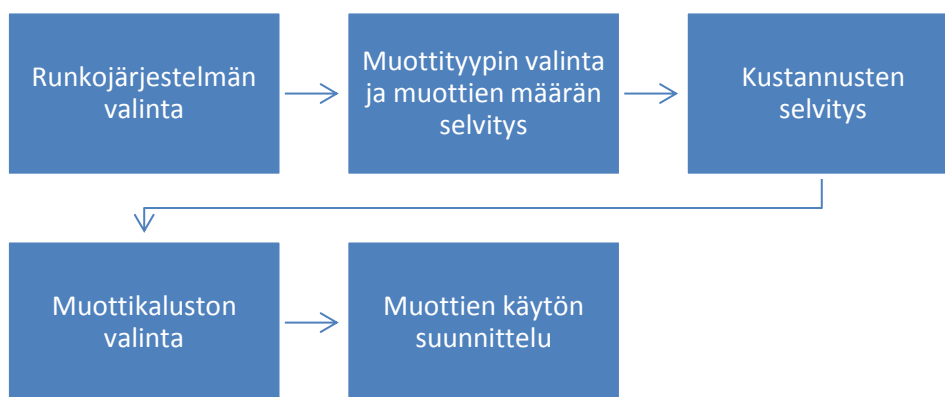
Tärkeä runkotyyppin valintaan vaikuttava tekijä on projektin aikataulu. /1/

### **2.2 Paikallavalurakentaminen**

Kokonaan paikallavalurakentaminen on toteutustapana yksi vaihtoehto tämän päivän talonrakennustyömailla. Se eroaa osaelementtitekniikasta ja elementtirakentamisesta siinä määrin, että paikallavalurakentamisessa keskitytään enemmän oman työn tekemiseen omilla rakennusammattimiehillä ja rakennusmiehillä, kun taas elementtirakentamisessa pyritään osin ulkoistamaan osa työstä alihankkijoille tai aliurakoitsijoille.

### 2.2.1 Muottisuunnittelun tavoite ja vaiheet

Paikallavalurakentamisessa muottisuunnitelmalla on tärkeä osa tuotannosuunnittelussa. Muottisuunnitelman prosessikuvaus on esitetty kuviossa 1.



**Kuvio 1.** Muottisuunnittelun prosessikuvaus. /1/

### 2.2.2 Muottityypin valinta ja muottien määrän selvitys

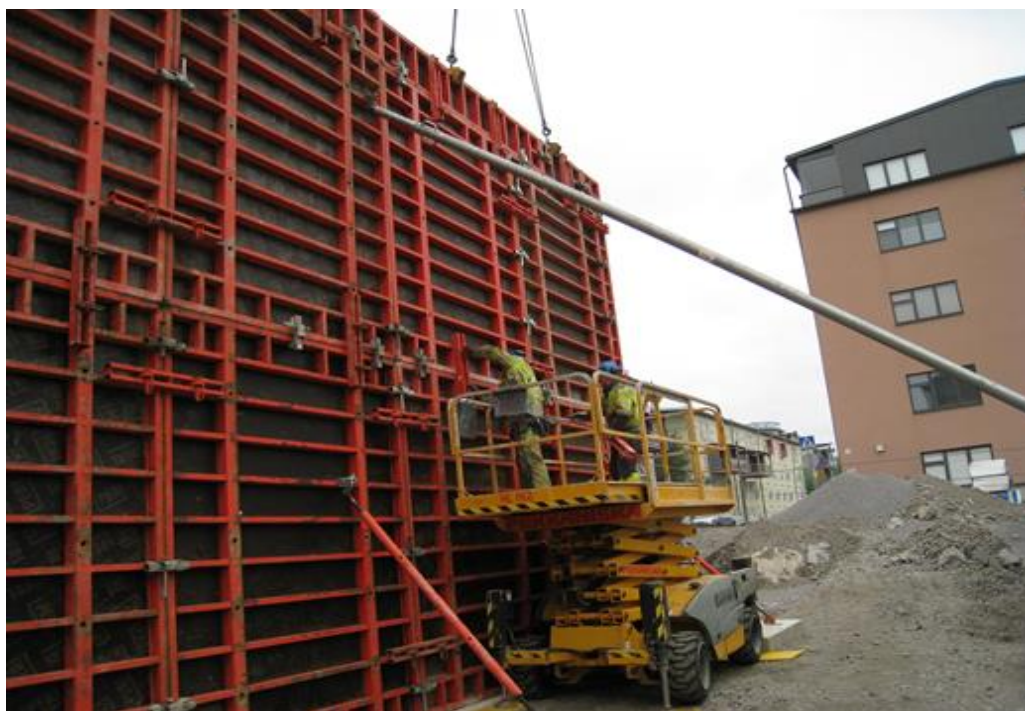
Muotti toimii runkoa rakentaessa sen hetkisenä rakenteena, josta myöhemmin syntyy seinä. Seinä toimii rajaavana osana rakennuksessa. Seinä on usein myös kantava rakenne. Muottityypiä valittaessa karsitaan ensimmäisenä pois muottivaihtoehdot, jotka eivät teknisiltään ominaisuuksiltaan sovi valitun rungon läpiviemiseen. Muottien valinnassa otetaan huomioon kohteen ominaisuudet, esimerkiksi toistuvuus muottikierrossa. /1/

Useimmat paikallavalukohteiden rungot ja ulko- ja väliseinät toteutetaan suurmuotteja ja kasettimuotteja käyttäen. /1/

Muottikalusto valitaan useimmiten tarjouspyyntöjen perusteella. Edullisin tarjous yleisesti hyväksytään ja muotit varataan vuokrattavaksi työmaalle sovitulle aikavälille. On myös poikkeuksia, joskus päädytään kalliimpaan muottikaluston vuokraukseen, jos siitä on ennalta hyviä kokemuksia, eikä näin ollen haluta ottaa tuotantoteknistä riskiä. /1/

## Kasettimuotit

Kasettimuotteja käytetään useimmiten suurissa ja monimuotoisissa seinissä. Kasettimuotteilla voidaan toteuttaa suuria rakenteita, johon suurmuotit eivät käy. Useimmiten kasettimuotteja käytetään alimmissa kerroksissa, kuten parkkihalleissa, kellaritiloissa, väestönsuojissa, hissikuiluissa tai tiloissa joiden seinäkorkeus ylittää 3 metriä. Kasettimuotti on kumminkin sen verran kevyt, että sitä joudutaan tukemaan ja jäykistämään takapuolelta, kuten kuvassa 1. on tehty. Muotin runko on yleensä alumiinia ja valupinta puolestaan vaneria, johon muottiöljyä ruiskutetaan ennen betonointia. Muotit koostuvat 3 metrin kerrannaisista. Kasettimuotteja voidaan yhdistellä niin, että päästään jopa 7 – 10 metrin seinäkorkeuksiin. Muottityö on itsessään melko hidasta, koska monesti kasettien kokoaminen paloista vie suuren määrän työntekijätunteja. Tämä tulisi ehdottomasti huomioida työmaan ennakkosuunnittelussa, koska siitä aiheutuu monesti kuluja, joita ei ole tarpeeksi hyvin osattu huomioida. Kasettimuottien siirtäminen tapahtuu pääsääntöisesti nostokoneen avulla, mutta tarvittaessa pienempien paloja voi siirtää myös miestyövoimaa käyttäen. /2/



**Kuva 1.** Kasettimuotti.

Kuva on parkkihallin seinämuotista. Muottina on käytetty Peri Suomi Ltd Oy:n kasettimuotteja. YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.



**Kuva 2.** Kasettimuotti varauksineen.

Ennen tuplausta ja betonointia on muistettava tarkastaa raudoitukset ja varaukset. Kuvassa 2. on esitetty erilaisia varauksia. YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **Suurmuotit**

Suurmuotteja käytetään paikoissa, joissa seinäkorkeus ei ylitä 3 metriä. Suurmuotti koostuu aina kahdesta muottiparista. Kuvassa 3. on muottiparin toinen osa. Muoteissa on myös mahdollisuus lämmitykseen. Suurmuoteilla voi valaa huomattavan määrän juoksumetrejä päivässä, jos rakennuksessa on paljon seiniä ilman risteyksiä. Muotin lämmitystä tavataan käyttää talviaikaan, koska halutaan turvata

betonin lujuudenkehitys. Lujuudenkehitys on betonille ja muottityölle tärkeää, koska muotin saa purkaa vasta silloin kun betoni on saavuttanut 60 prosenttia nimellislujudestaan. /2/

Rakennettava muotti koostuu aina kahdesta suurmuotista. Suurmuottien tuplaus tapahtuu vasta sitten, kun raudoitukset, LVIS- varukset, ikkuna- ja ovivarukset, päätytopparit ja karvalaudat ovat asennettu niille kuuluville paikoilleen. Tuplauksella tarkoitetaan sitä, kun kaksi muottia asetetaan vastatusten. On myös tilanteita, joissa muottiin ei asenneta kuin raudoitukset ja päätytopparit ilman varauksia. /2/



**Kuva 3.** Suurmuotti.

Kuva on asuinkerrostalon kerrokselta, jossa suurmuotti toimii rakennettavan seinän puoliskona. YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

Suurmuottien tavanomaiset pituudet ovat:

- 3.6 metriä
- 4.8 metriä
- 6.0 metriä
- 7.2 metriä

### **Muottien määrän määrittäminen**

Työmaalla tarvittavien muottien määrä riippuu muottikierron pituudesta tai siitä miten paljon on tarve muotittaa päivässä. Valettava muottimäärä vaihtelee päivästä toiseen. Yksinkertaisessa tilaratkaisussa voi muottimetrejä kertyä huomattavasti paljon enemmän kuin rakennuksessa, jossa tilat ovat ahtaita ja seinät usein risteäviä. Päivittäisen muottitarpeen pystyy ratkaisemaan laskemalla piirustuksista muotitettavat seinäneliöt yhteen. Sen jälkeen voidaan laskea keskimääräinen päivittäinen muottityön määrä  $m^2/tv$ . Tarkka muottitarve määritetään kuitenkin aina erillisellä muottikiertosuunnitelmalla, joka on paikallavalu rakentamisen yksi tärkeimpiä suunnitelmia. /1/

Muottityön kiertoaika tarkoittaa sitä, kun esimerkiksi ensimmäisen kerroksen huoneiston A1 ja toisen kerroksen huoneiston A2 jokin tietty seinä valetaan toistamiseen. Kahden saman työvaiheen välistä aikaa nimitetään kiertoajaksi. /1/

### **Muut yleisesti käytettävät muotit**

#### **Pilarimuotit**

Asuinkerrostalorakentamisessa käytetään myös pilarimuotteja. Pilarimuotit voivat olla suorakaiteen muotoisia tai pyöreitä. Pilarimuotteja käytetään paljon esimerkiksi parvekkeiden kannatuksissa. /1/

### **2.2.3 Kustannusten selvitys**

#### **Kalustokustannukset**

Muottien kustannukset määräytyvät pääsääntöisesti muotteihin kohdistuvista vuokrista. Kustannuksia pystytään vertailemaan lähettämällä tarjouspyyntöjä yrityksille, jotka vuokraavat muotteja. Tarjouksiin tulee normaalisti sisällyttää ainakin dokumentit:

- Piirustukset (arkkitehtipiirustukset ja rakennesuunnittelijan mittapiirustukset)
- Runkovaiheen alustava toteutusaikataulu
- Rakentamisjärjestys
- Muottikiertosuunnitelma
- Tiedossa olevat aloitus - ja lopetuspäivämäärät
- Lämmitystarpeen määrittäminen
- Valettavan seinäpinnan laatuvaatimukset
- Mittatarkkuusvaatimukset
- Nostokaluston suorituskapasiteetti /1/

Tarjouspyyntöjen saapuessa voidaan suorittaa muottikaluston kustannustarkastelu. Tarjouksesta tulisi selvittää onko kustannukset varmasti laskettu oikeille muottimäärille. Tarjouksesta tulee myös ilmetä työmaan erityispiirteet ajatellen muottikiertoa. Rikkoontuneet osat, lisäkaluston saatavuus ja hinta, ja muottikierron suunnittelu yhdessä muottitoimittajan kanssa on myös syytä selvittää ennen kuin yhteistyöstä sovitaan tarkemmin. /1/

### **Muottityökustannukset**

Muottikaluston vuokran lisäksi syntyy muottityöstä työkustannuksia, jotka pitää huomioida asuinkerrostalon runkovaiheen kustannuslaskennassa. Muottiryhmä yleisesti kasaa muotit, asentaa paikalleen, purkaa ja hoitaa kunnossapidon. /1/

### **Muut kustannukset**

Muottikalustoa käytettäessä on aina syytä varautua myös seuraavanlaisiin ylimääriin teknisiin ja aikasidonnaisiin kustannuksiin:

Tekniset

- Muottien vähäinen toistuvuus johtaa siihen, että muotista maksetaan turhan paljon vuokraa verrattuna sen käyttöön.
- Lämmityskustannukset
- Jälkitöistä aiheutuvat kustannukset (sidepultit) /1/

#### Aikasidonnaiset

- Muottisuunnittelija ei aina onnistu laskelmissaan
- Häiriöiden aiheuttamat kustannukset /1/

### 2.2.4 Muottien käytön suunnittelu

#### **Käyttö**

Muottien saapuessa työmaalle pidetään ensimmäisenä vastaanottotarkastus. Tarkastuksessa todetaan muottien kunto ja tarvittaessa reklamoidaan muottien toimittajalle muottikaluston kunnosta. /1/

Muottikalustolle on aina aluesuunnitelmaan merkittävä alue, jossa muotteja pidetään ja huolletaan. Muotit yleensä käyvät alueella päivittäin, jossa niitä öljytään ja huolletaan. Muottien säilytysalueen tulee sijaita nostokoneen läheisyydessä tai paikassa, johon nostokone yltää. Varsinkin ahtailla työmailla on erittäin tärkeää miettiä alueen sijoitus, koska tilanpuute on hyvin yleistä. /1/

Muottien asennuksessa ja säilytyksessä on aina huomioitava tukien ja tuuliketjujen asennuksesta, ennen kuin nostokoneen ketjusta päästetään irti. /2/

#### **Muottikiertosuunnitelma**

Muottikiertosuunnitelma perustuu lähes aina käytettävään aikatauluun. Hyvin suunniteltu muottikierrolla pystytään pääsääntöisesti määrittämään rungon nousunopeus. Muottikierto on yleensä yhden päivän pituinen jakso. Normaalisti pystytään valamaan 4 – 6 suurmuottiparia päivässä. Työsaavutukseen vaikuttaa hyvin paljon asuinrakennuksen tilaratkaisut. Suuret huoneistot ja pitkät seinälinjat

edesauttavat seinien valuja, kun taas pienet huoneistot rikkovat risteyksillään suuret päivittäiset valumäärät Suunnitelmaa tehdessä on muistettava laskea teoreettinen kiertoaika työmenekkien perusteella ja verrattava sitä muottikiertosuunnitelmaan. /2/

Suurmuottityö tulee aloittaa aina pisimmistä seinistä, koska risteyskohtia muoteilla ei pysty ylittämään. Muoteilla voi ylittää kohdan, johon holvia ei ole vielä valuttu, mutta tällöin muottiin on tehtävä valutoppari, jotta betoni ei valu holville. /2/

Laskennassa pitää huomioida myös raudoituksen, erilaisten varausten ja LVIS-töiden vaikutus muottikiertoon. Myös betonoinnin kesto ja häiriöt on huomioitava tehdessä ja suunniteltaessa muottikiertoa. /1/

### **2.2.5 Holvimuotit**

Paikalla valaen toteutettu holvirakenne on erittäin laadukas tapa rakentaa välipohjia. Holvirakenteen ehdottomia etuja on valmis, kaadoilla tehty betonipinta. Hyvin tehty paikallavaluholviin ei tarvitse jälkeempään käyttää mitään tasoitteita. Holviin on myös järkevää asentaa ennen betonointia kaikki LVIS- tekniikkaa koskevat järjestelmät hormeineen. /10/

Kuvassa 4. on esitetty paikallavaluholvissa käytettävän pääsääntöisesti alhaalta ylöspäin rakennettaessa tukijalkoja, niskoja, koolausta ja viimeisimpänä muottipintaa. Tukijalat on monesti joko alumiinia tai terästä. Niskat on samasta rakenteesta, alumiinista tai teräksestä. Koolaukset sen sijaan ovat palkkeja, jotka ovat tehty sahatavarasta. Muottipinta on yleensä alumiinia tai lujitemuovia. /10/



**Kuva 4.** Holvimuottirakenne.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

Holvirakenteita on olemassa useita, mutta ne koostuvat pääasiassa samanlaisista osista. Pöytämuotilla tarkoitetaan sellaista rakennetta, joka on vakiomittainen, suurehko muottirakennelma. Tämän vuoksi muottia on siirrettävä nosto- ja siirtokoneella. Pöytämuotista on olemassa myös taitettava versio. /10/

Holvin kasettimuotit ovat mitaltaan aina tietynpituista. Kasetteja voidaan liikutella käsin, koska ne eivät ole kohtuuttoman painavia. Kasettimuotti kootaan aina altpäin, mutta itse kasetit laitetaan paikoilleen päältäpäin. Runko jäykistetään sivuttaistuilla. Kasettimuotti on yleisesti käytetty muunneltavuutensa vuoksi. Kasettimuottien yhteydessä käytetään alumiini- tai teräsrunkoa, asennustukija, pudotuspäitä, johon palkki liitetään, poikittaispalkkeja ja palkin päälle asennettavaa tietynmittaista kasettia. Kasetteja voidaan lyhentää tarvittaessa, esim. moottorisahalla. /10/

Pilarimuotit ovat useimmiten joko teräksestä tai lujitemuovista tehtyjä rakenteita. Palkkimuotit voidaan myös tehdä laudasta, mutta harvemmin tehdään, koska valujälki ei ole niin hyvä kuin esimerkiksi teräspinnalla tehdessä. Monesti palkit jäävät piiloon rakenteen sisään, jolloin sahatavarastakin tehty muotti on varsin hyvä vaihtoehto. /10/

Ajatellen valmista holvipintaa joudutaan paikallavaluratkaisulla tekemään enemmän töitä verrattuna elementtiratkaisuun. Paikallavalu holvin työn sisällössä on ensimmäisenä työvaiheena kaluston nosto kohteeseen. Seuraavana asennetaan tukijalat, pudotuspäät, vaakatuot ja kasetit eli levyt. Asennuksen päästessä alkuun mitataan paikat holviin seinälinjoille, oville ja varuksille. Tämän jälkeen muottipinta öljytään muottiöljyllä, joka estää betonin tarttumisen levyyn. Tarttumisen estäminen helpottaa muotin purkua. Myös aukot on hyvä tukkia tässä vaiheessa, näin ollen betoni ei valu alempiin kerroksiin valun yhteydessä. Seuraavana vuorossa on holvin raudoitus ja talotekniikan asentaminen, minkä jälkeen voidaan suorittaa betonointi. Betonin paksuus tavallisessa asuinkerrostalo kohteessa on noin 280 – 300mm. Betonoinnin jälkeen osa tuista puretaan, jäljelle jätetään jälkituet, jotka puretaan vasta kun rakennesuunnittelija on antanut siihen luvan. Jälkituet jätetään sen vuoksi, että odotetaan betonin saavuttavan tietyn lujuuden ennen purkamista. Muottilevyt (kasetit) puretaan kaikki muutama päivä valun jälkeen. /10/



**Kuva 5.** Holvirakenne ennen betonointia.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.



**Kuva 6.** Valmis betonipinta.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **2.3 Elementtirakentaminen**

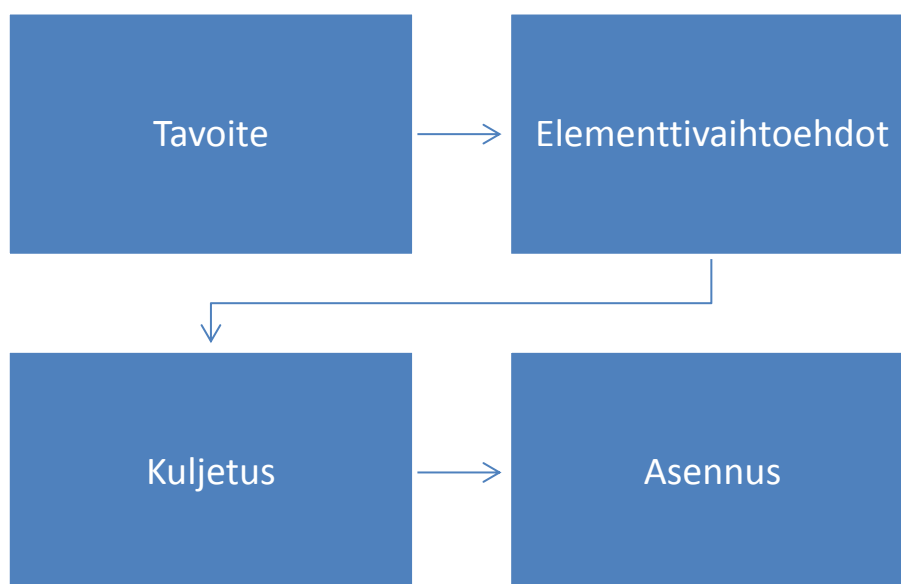
Rakennuksen runko voidaan toteuttaa täysin elementtirakenteisena, jolloin rakennuksen kaikki osat ovat elementtejä. Toinen mahdollisuus on, että osa rakennuksesta toteutetaan elementeistä ja osa tehdään paikalla valaen. Voidaan siis käyttää täyslementtitekniikkaa tai osaelementtitekniikkaa. /8/

Asuinkerrostalon runko, väli- ja ulkoseinät, parvekkeet, hormit ja parvekkeet voidaan toteuttaa elementtiratkaisuna. Elementtiratkaisuun päädyttäessä tulee huomioida kiinnittä logistiikkaan ja varastointiin. /8/

Elementtirakentamisen kannattavuus on parempaa sellaisena aikana, jolloin suhdanteet ovat heikot, koska elementtiteollisuudella on vapaata kapasiteettiä. Näin ollen kilpailtavuus paranee tilaajan kannalta huomattavasti. /9/

Asuinkerrostalo, jossa käytetään elementtejä, vaatii osaamista niin työnjohdolta kuin rakennusammattihenkilöiltä. Elementtirakentamisessa tarvitaan kummaltakin osapuolelta toisenlaista osaamista kuin paikallavalurakentamisessa. Elementtirakentamisessa huomio kiinnittyykin enemmän asennuksen suunnitteluun ja itse asennustapaan. /9/

Kuviossa 2. elementtirakentamisen suunnittelun vaiheet:



**Kuvio 2.** Elementtirakentamisen vaiheet. /9/

### 2.3.1 Elementtirakentamisen tavoite

Elementtirakentamisen ajatus on siinä, että pyritään ulkoistamaan rakentamisen työntekijätunteja elementtitehtaisiin. Elementtitehtaista ikään kuin ostetaan työntekijätunnit ulos sillä erolla, että sieltä saadaan varmempi lopputulos sovittuun hintaan. Tällä pyritään takaamaan se, että saadaan aikaan takuuvarmaa laatua sellaisissa olosuhteissa, jotka ovat tasalaatuisemmat kuin rakennustyömaalla. /8/

### **2.3.2 Elementtivaihtoehdot**

#### **Runkorakenne**

##### **Perustukset ja väestönsuojaelementit**

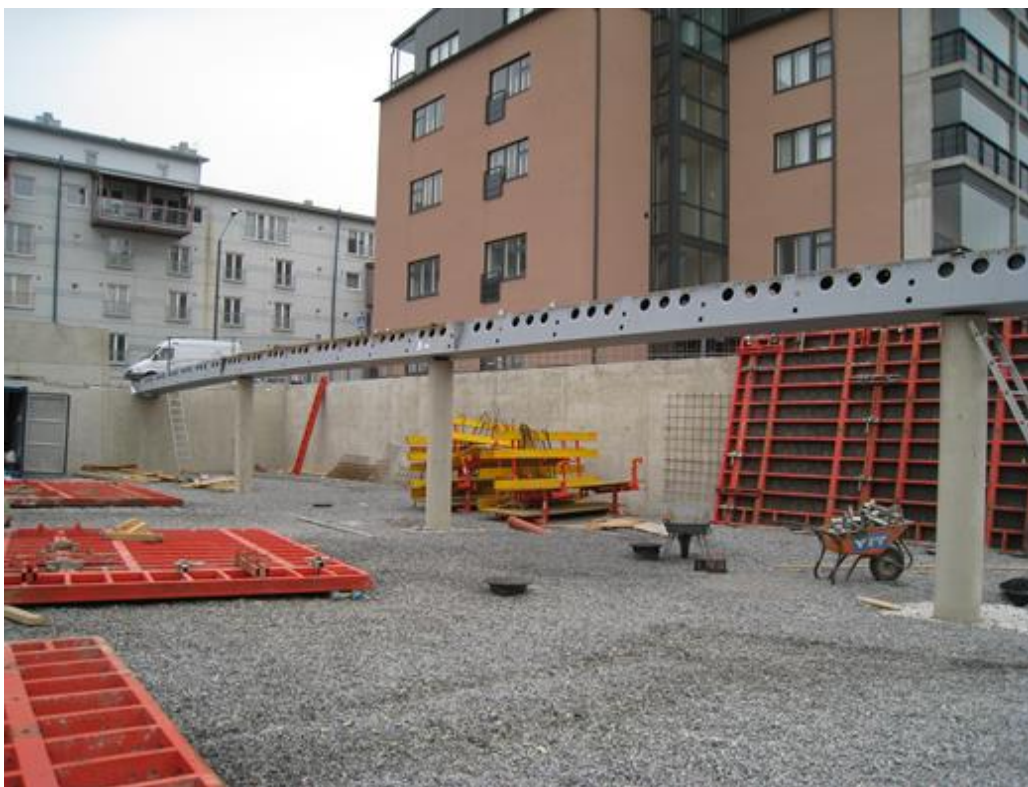
Perustusten ja väestönsuojan tekeminen tapahtuu monesti työmaalla. Se johtuu enimmäkseen siitä, että elementit ovat monesti jonkin tietyn millimetrimäärän kerrannaisia. Eli esimerkiksi ontelolaatan leveys on useimmiten 1200mm tai 1800mm. Se ei ole mitään siltä väliltä. Pituus ja korkeus voi vaihdella. Tämä tarkoittaa sitä, että tehtailla tuotettavat tuotteet ovat määrämittäisiä ja niitä ei kannata tilata sieltä erikoismitoilla kustannussyistä. Tämä pätee myös perustus- ja väestösuojavaiheessa, ne kannattaa aina tehdä paikalla valaen niiden ollessa joka kohteessa mitoiltaan toisistaan poikkeavia. Perustuksiin tehtaalta tilattuja tuotteita ovat useimmiten betonipaalut, joilla saadaan lisää kantavuutta maan ollessa epäsuotuisa rakentamisen kannalta. Myös sokkeli- ja väestönsuojaelementtejä on saatavissa, mutta kuten on todettu, useimmiten ne tehdään paikalla valaen. /8/

##### **Pilarit ja palkit**

Pilareita käytetään monesti parvekelaattojen yhteydessä. Niitä käytetään kuormien siirtämiseen. Monesti holvin kuormat voidaan siirtää pilareiden avulla perustuksille, jos holvia ei kannattele kantava ulkoseinä. Pilarit voidaan tilata suoraan tehtaalta tai tehdä paikalla valaen. Pilareita on mahdollista tilata pyöreinä tai suorakaiteen muotoisina. Rungossa voidaan käyttää myös ulokkeellisia pilareita. Näiden pilareiden tarkoitus on muodostaa keskeinen moduuliverkko, johon myöhemmin voidaan sijoittaa erilaisia teräsbetoni- tai jännitettyjä palkkeja. Palkit kannattelevat yläpuolisia kuormia. Kuvan 7. delta palkin tarkoitus on siirtää yläpuoliset kuormat perustuksille. Niitä tavallisesti käytetään erilaisia halli- ja teollisuusrakennuksissa. /8/

##### **Seinät**

Asuinkerrostalon kantavat teräsbetoniväliseinät voidaan toteuttaa elementtiraken-  
teisina. Seinien paksuudet määrää se, onko seinä kantava vai ei. Kellarin seinän  
ollessa kantava joutuu se vastaanottamaan kuormia kahdesta suuntaa. Kellarin  
seinää rasittaa yläpuolisen kuorman lisäksi maanpaine. Tämän vuoksi kellarin sei-  
nän tulee olla vahvempi kuin muiden seinien. Ylempien kerrosten teräsbetonisei-  
nän paksuuden määrittää rakenteen toimintatapa. Väliseinän toimiessa kantavana  
rakenteena tulisi seinän paksuus olla yli 180 mm. /8/



**Kuva 7.** Deltapalkki.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **Ulkoseinäelementit**

Ulkoseinäessä käytetään pääsääntöisesti sandwich-julkisivuelementtejä. Sand-  
wichelementissä on lämmöneristys asennettuna paikoilleen. Sandwich elementin  
käyttö on silloin suotavaa, kun kantava runko on, väliseinät-laatat ratkaisu. Tällöin

laatta tukeutuu sandwichiin, jonka sisäkuori on kantava. Elementin ulkokuori ei ole kantava rakenne. Ulkokuoressa on valmis pinta. Julkisivuelementtejä verrattaessa muottityöhön, voidaan nostaa esille työturvallisuus. Elementtien asentaminen on turvallisempaa ja tällöin myös vältetään suuret telinetyöt, joita joudutaan tekemään paikallavalu rungon yhteydessä. /8/

### Parveke-elementit

Parveke-elementit tilataan lähes aina tehtaalta, oli sitten kyseessä paikallavalu- tai elementtirunkoratkaisu. Parveke-elementteihin tehdään tehtaalla aina valmiit kaadot vedenpoistoja varten, joten niiden tekeminen työmaalla on liian hankalaa ja hidasta. Kuvassa 8. on ulokeparveke, joka hitsaamalla kiinnitetään holvin verkko-raudoitukseen. /2/



**Kuva 8.** Parveke-elementti.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **Hormielementit**

Hormielementit tilataan lähes aina tehtaalta. Hormia pitkin johdetaan usein talotekniikkaa. Hormia voi toimia myös savuhormina. Hormiin voidaan yhdistää myös LVIS-järjestelmiin. Hormin pituus on yleensä yhden kerroksen korkeus. Hormi asennetaan yleensä ennen holvivalua tai samaan aikaan elementtiasennuksen yhteydessä. Kuvassa 9. on kuvattu hormi, johon on liitetty viemärointi. /8/



**Kuva 9.** Hormielementti.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **Laatat - Holvirakenne**

Asuinkerrostaloissa voidaan holvirakenne tehdä käyttäen ontelolaattoja. Ontelolaattaisen holvirakenteen selkeä ero verrattuna paikallavalurakentamiseen on rakennustavan nopeus. Ontelolaattatekniikka säästää monia työvaiheita holvia ra-

kennettaessa. Erillinen muottityö ja raudoitus jäävät kokonaan pois, koska esimerkiksi raudoitus tehdään elementtitehtaalla.

Ontelolaatat nostetaan yleisesti päänostokoneella holville, jossa ne tuetaan niitä kannatteleville palkeille. Ontelolaattojen asennuksen jälkeen suoritetaan saumavalu, jonka jälkeen holvirakenne toimii ja kantaa yhtenäisenä rakenteena. Kuvassa 10. suoritetaan ontelolaatan asennusta.

Asuinkerrostaloissa lähes poikkeuksetta käytetään ontelolaattoja vaakarakenteissa. Se on yleisin laattatyyppejä. Laatoissa on pituussuunnassa onteloita. Ontelot ovat sitä varten, että laatasta tulisi kevyempi. Laatta on esijännitetty ja siinä on punokset valmiina. Punoksia ei saa koskaan työmaalla katkaista. Laatat on monesti valmistettu lujuudeltaan korkeammasta betonista kuin paikalla valaen tehty holvirakenne. Laatan leveys on lähes poikkeuksetta 1200mm. Laatan korkeus vaihtelee jännevälin mukaan. Mitä pidempi jänneväli, sitä korkeampi laattatyyppejä. Kylpyhuoneissa käytetään hieman erilaisia laattoja. Kylpyhuonelaattoihin voi tehdä kaatoja varten syvennyksiä. Toinen vaihtoehto on käyttää kylpyhuoneessa tavallista laattaa ja tehdä kaadot oikaisulaastia käyttämällä. /8/



**Kuva 10.** Ontelolaatta.

YIT Rakennus Oy, As Oy Leipurinkulma, Vaasa. Kuva Juha-Matti Näykki.

### **Porraselementit**

Porraselementit voidaan tilata tehdastilauksena täydellisenä elementtirakenteena tai sitten voidaan tilata vain portaat ja tehdä lepotasot paikalla valaen. Portaat voivat olla jäykistävä- ja kantava rakenne. Portaat voivat myös toimia ainoastaan kulkutienä rakennuksessa. Portaiden valmistus työmaalla on mahdottomuus, joten portaat tilataan aina elementtitehtaasta. Elementtiportaiden ehdoton etu on mittatarkkuus ja valmistus tasalaatuisissa sisätiloissa. /8/

#### **2.3.3 Kuljetus**

Elementtirakenteisella rakennustyömaalla on tarkkaan suunniteltava kuljetukset, koska ne ovat tärkeä osa tuotantotekniikkaa. Elementtien tilaaminen alkaa siitä, että perehdytään suunnitelmiin. Suunnitelmista laaditaan tarkka asennussuunnitelma, josta saadaan päivämäärät, jolloin elementit on oltava työmaalla asennettavissa. /9/

Elementtien kuljetus alkaa lastauksella elementtitehtaalta. Lastauksessa on varotettava, ettei elementtejä vaurioiteta. Lastauksen hoitaa pääsääntöisesti tehdas, samoin myös kuljetuksen työmaalle. /9/

Ennen kuljetusta on huolehdittava, että aluesuunnitelma on tehty ja siihen on merkitty kuljetuksille mielellään läpikulkutie, purkupaikat, elementeille tarvittava väliavarastointipaikka, nostokoneen paikka ja poistumistie kuljetukselle. Kuljetusväylien kantavuus tulee aina pyrkiä huomioimaan, koska esimerkiksi keväällä huonokuntoiset tiet voivat aiheuttaa ongelmia. On myös pyrittävä suojaamaan nostopaikka ulkopuolisilta vierailijoilta. Kuljetuksissa tulee aina huomioida se, että elementtejä voi saapua useammasta tehtaasta, joten aikataulut tulee mitoittaa niin, että kuljettavat ajoneuvot ovat työmaalla joko eri aikaan, tai sitten on varauduttava lisänostotarpeen hankkimiseen ja myös työntekijäryhmien uudelleenmitoittamiseen. /9/

Kuljetuksen saapuessa työmaalle on elementit heti tarkastettava ja tehtävä tarvittaessa reklamaatiot, jos niihin on aihetta. Elementit pyritään aina nostamaan suoraan ajoneuvosta paikalleen, ilman väliavarastointeja. Nostoissa on pyrittävä erityiseen tarkkuuteen, että elementit eivät vaurioidu. Elementtien nostoissa on käytettävä niihin tarkoitettuja välineitä. /9/

#### **2.3.4 Asennus**

Elementtien asennukseen liittyy aina asennussuunnitelma. Se on elementtirakenteiden työmaan tärkeimpiä suunnitelmia. Sitä voidaan verrata paikallavalurakentamisessa käytettävään muottikiertosuunnitelmaan. Asennussuunnitelma luo rungon elementtitoimituksille ja sen mukaan työt tilauksineen etenee. Asennussuunnitelma on tehtäväsuunnitelman kaltainen esitys, mistä selviää logistinen aikataulu, runkoaikataulu, laatuvaatimukset eri elementeille, työryhmät ja työturvallisuutta koskevat asiat. /9/

Asennussuunnitelmassa olisi hyvä esittää työmaan kohdetiedot. Kohdetiedoista selviää millaisia elementtejä työmaalle on tulossa ja mihin aikaan. Suunnitelmassa on hyvä myös esittää päänostokoneen sijainti ja se, turvaudutaanko lisänostotar-

peen hankkimiseen. Myös välivarastoinnin paikka on hyvä selvittää. Usein pyritään siihen, että välivarastointeja ei käytetä, mutta todellisuudessa niitä joudutaan käyttämään. Välivarastointeja ajatellessa pitää suunnitella se, mihin järjestykseen elementit laitetaan. Ne täytyisi olla saatavissa siinä järjestyksessä, missä ne asennetaan. /9/

Asennuksista laaditaan tarkka suunnitelma, miten monta elementtiä pyritään asentamaan yhdessä päivässä. On hyvä laatia niin sanottu elementtikiertosuunnitelma. Elementtikiertoa voi talviaikaan hidastaa betonin normaalia hitaampi kovettuminen. /9/

Asennussuunnitelmasta pitää myös selvittää työryhmien koot asennuksen aikana. Työryhmiä huomioitaessa pitää muistaa huomioida vastaanotto, mittaus, asennus, hitsaus, saumaus ja nosto- ja siirtokoneiden työryhmät. /9/

Asennusaikaiset tuennat, tukien purkuajankohdat, hitsauspintojen puhtaus ja kuivuus, ulkoseinissä lämmöneristeiden jatkuvuus, pulttiliitokset, saumaukset yhteydessä asennettavat raudoitteet ja itse saumavalut on huomioitava kantaa ottaen asennussuunnitelman yhteydessä. /9/

Rakennustyömaalla on yleisesti yksi tai kaksi mittamiestä. Mittamiehet mittaavat ja osoittavat paikat asennettaville elementeille. Mittausta suorittaessa on oltava erityisen huolellinen, koska mittavirheet kertautuvat seuraavien elementtien yhteydessä. Virheiden kertautumisen vuoksi elementtejä joudutaan työstämään työmaalla, mikä ei ole itse tarkoitus. Tästä johtuen lisäkustannusten syntyminen on mahdollista. /9/

#### **2.4 Tuotantotekniikoiden vaikutukset aikatauluun**

Runkorakenteen aikataulua ajateltaessa on löydettävissä selkeitä eroja paikallavalurakentamisen ja elementtirakentamisen välillä. Suurimmat erot näkyvät aikataulussa, siten että elementtirakentaminen on nopeampi tapa pystyttää runkorakenne. /2/

Elementtirakenteen nopeuden selittää se, että työvaiheita ja työntekijätunteja on siirretty työmaalta elementtitehtaaseen. Työvaiheita limitetään, esimerkiksi maanrakennusvaiheessa elementtitehtaassa tuotetaan runkorakenteita. Tällöin rungon pystytyksen alkaessa on jo käytetty suuri määrä työntekijätunteja elementtitehtaassa, jotka pystytysvaiheessa vaikuttavat nopeuttavasti tuotannon etenemiseen. /2/

Paikallavalurakentamisen idea on siinä, että yritetään vähentää kustannuksia, joita elementtitehtaista syntyy tekemällä mahdollisimman paljon työtä omilla rakennusammattihenkilöillä. Paikallavalurakentaminen on täten hitaampaa, mutta josain kohteissa edullisempaa. Edullisuuden voi selittää sillä, että esimerkiksi nousuhdanteessa elementtien hinta kuljetuksineen voi olla hyvin korkea. /2/

Rungon tuotantotekniikaksi valitaan yleisesti kustannuksiltaan edullisin toteutus-tapa. Toisinaan toteutustyyppin valintaan vaikuttaa työmaan henkilökunnan ammat-titaito. Tietyn rakentamistekniikan omaavan työkunnan vie hetken omaksua uusi työtapa. Toisaalta tuotantotekniikkaan valintaan voi vaikuttaa toteutettavien run-kojen määrä. Tehdessä kahta asuinkerrostaloa rungon pystytys voi olla edullista tehdä elementtirakenteisena. Lyhyt rakennusaika pienentää työvoiman tarvetta ja siitä syntyy kustannussäästöjä. Myös nosto- ja siirtokoneiden käyttöaika lyhenee huomattavasti, jos verrataan kahden rungon rakentamista paikalla valaen. /2/

**Suurmuotti- ja seinäelementtityötä on vertailtu** seuraavassa laskentaesimerkis-sä:

Menekit on haettu lähteestä Aikataulukirja 2015. Aikataulutuksen keston määri-tysohjeet löytyvät opinnäytetyön kohdasta 4.4.5 Menekkien ja keston määrittäminen.

**Raudituksen kilomäärä suurmuottityölle** on laskettu seuraavalla tavalla:

$$8\text{mm verkko } 2,35\text{m} \times 5\text{m} = 11,75 \text{ m}^2$$

$$500 \text{ m}^2 / 11,75 \text{ m}^2 = 43 \text{ kpl} \times 63,16 \text{ kg (yhden verkon paino)} = 2690 \text{ kg}$$

$$2690 \text{ kg} \times 0,15 \text{ (hukkaprosentti)} = 403,5 \text{ kg} \rightarrow 2690 \text{ kg} + 403,5 \text{ kg} = 3093,5 \text{ kg} = 3100\text{kg}$$

**Betonin määrä suurmuottityölle** on laskettu seuraavalla tavalla:

$$500 \text{ m}^2 / 2,7 \text{ m (tavallinen muottikorkeus)} = 186 \text{ jm}$$

$$186 \text{ jm} \times 0,18 \text{ (betoniseinän paksuus)} \times 2,7 \text{ m} = 91 \text{ m}^3$$

<b>Laskentaesimerkki</b>					
<b>Seinäelementtityö</b>					
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth
Aloittavat työt					
Mittaus	63	kpl	0,12	tth/kpl	63 x 0,12 = 7,56
Välivarastointi	63	kpl	0,2	tth/kpl	12,6
Elementtien asennus					
Väliseinäelementti	31	kpl	1,45	tth/kpl	44,95
Ulkoseinäelementti	33	kpl	1,3	tth/kpl	42,9
Tukkolaudoitus, saumavalu ja laudoituksen purku	63	kpl	0,5	tth/kpl	31,5
Yhteensä					139,51
Ratu kortti antaa työrymän kooksi 2 RAM+ 1...2 RM, joten työn keston pituus on :					
139,51 tth / (4 x 8 tth/tv) = 4,36 työvuoroa					

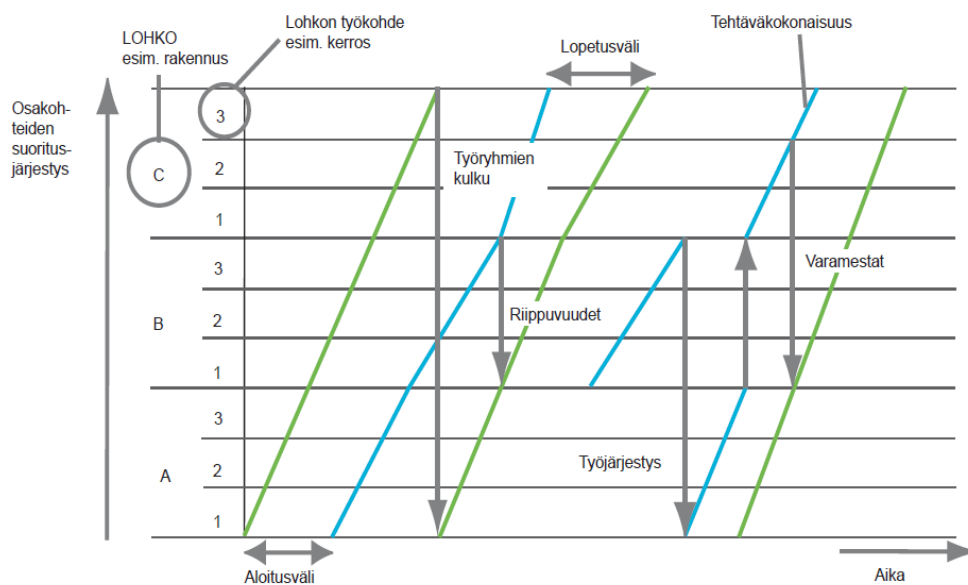
<b>Laskentaesimerkki</b>					
<b>Suurmuottityö</b>					
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth
Aloittavat työt					
Siirrot	500	m <sup>2</sup>	0,06	tth/m <sup>2</sup>	500 x 0,06 = 30
Mittaus	500	m <sup>2</sup>	0,02	tth/m <sup>2</sup>	10
Muotin pystytys					
Pystytys ja irroitus	500	m <sup>2</sup>	0,06	tth/m <sup>2</sup>	30
Lopettavat työt					
Puhdistus ja öjyminen	500	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	5
Yhteensä					75
Ratu kortti antaa työryhmän kooksi 2 RAM+ 1 RM, joten työn keston pituus on : 75 tth / (3 x 8 tth/tv) = 3,2 työvuoroa					
<b>Raudoitus</b>					
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth
Aloittavat työt					
Siirrot nosturilla	500	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	500 x 0,01 = 5
Raudoitus					
Raudoitus verkkolla, k150, 8mm (sis.hukka 15%)	3,1	1000kg	12	tth/1000kg	37,2
Suoritemääräkerroin 1,1					40,92
Yhteensä					45,92
Ratu kortti antaa työryhmän kooksi 2 RAM + 1 RM, joten työn keston pituus on : 45,92 tth / (3 x 8 tth/tv) = 1,91 työvuoroa					
<b>Betonointi</b>					
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth
Aloittavat työt					
Betonointi pumilla	91	m <sup>3</sup>	0,26	tth/m <sup>2</sup>	91 x 0,26 = 23,66
Yhteensä					23,66
Ratu kortti antaa työryhmän kooksi 2 RAM+ 1 RM, joten työn keston pituus on : 23,66 tth / (3 x 8 tth/tv) = 0,98 työvuoroa					
Suurmuottityön, raudoituksen ja betoinnin kestot yhteensä: 3,2 tv + 1,91 tv + 0,98 tv = 6,09 tv					

Edellisessä laskentaesimerkissä on laskennallisesti kuvattu 500 m<sup>2</sup>:n kaksi erilaista toteutustapaa. Elementtitekniikka osoittautui nopeammaksi tavaksi toteuttaa kyseinen määrä.



Kaaviossa esitetään yleisesti vaaka-akselilla kerrokset tai osakohteet. Kuviossa 4. on esitetty paikka-aikakaavio ja siinä esitettävät asiat.

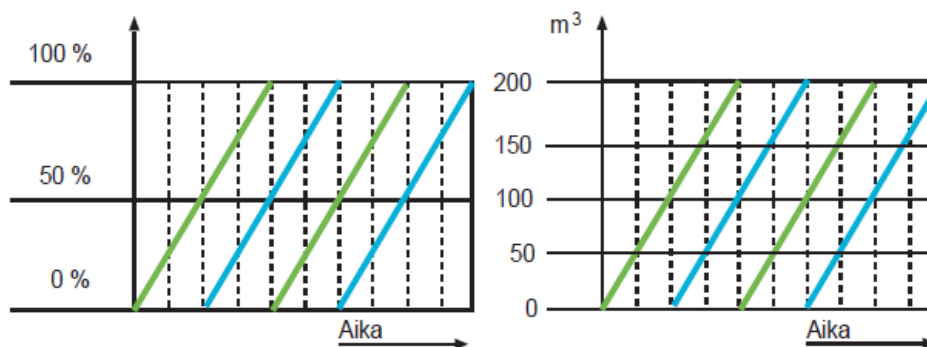
Tehtävää esittävän viivan vinoudesta voidaan päätellä tehtävä keston pituus. Mitä vinommassa viiva on, sitä kauemmin tehtävä kestää. Paikka-aikakaaviosta on myös helppo todeta tehtävien tuotantonopeus ja aloitusajankohdat. Paikka-aikakaaviota käytetäänkin paljon työn etenemisen valvontaan. /3/



**Kuvio 4.** Paikka-aikakaavio. /4/

### 3.3 Tuotantoaikakaavio

Tuotantoaikakaaviota käytetään tehtävien seurannassa. Vaaka-akselilla on esitetty valmiusaste. Pystyakselilla esitetään kunkin tehtävän valmiusaste tai suoritemäärä. Tuotantoaikakaaviossa kuvataan normaalisti suunniteltu etenemisnopeus ja toteutunut etenemisnopeus. Kaaviosta voidaan nähdä, miten paljon työtä on tekemättä ja onko työ jäljessä suunniteltuun etenemisnopeuteen. Kuviossa 5. on esitetty kaksi tuotantoaikakaaviota. Toisessa tuotantoaikakaaviossa on pystyakselilla esitetty valmiusaste prosentteina ja toisessa kuutiona ( $m^3$ ). /4/



**Kuvio 5.** Tuotantoaikakaavio. /4/

### 3.4 Aikataulusuunnittelu rakennushankkeessa

#### 3.4.1 Rakennusaika käsitteet

Rakentamisen aikatauluttamisessa ja tehtävien keston laskennassa käytetään kahta työmenekki käsitettä. Toinen käsitteistä on tehollinen aika T3 ja toinen kokonaisaika T4. /5/

T3-aika ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriötä. Tehollista aikaa käytetään tavallisesti viikkoaikataulujen ja rakentamisvaihe aikataulujen teossa. /5/

T4-aika on  $TL3 \times T3$ . TL3 on lisäaikakerroin, joka vaihtelee välillä 1,10...1,3. T4-aika sisältää häiriövarauksen. Menekkiä käytetään yleensä yleisaikataulujen ja kustannusten laadinnassa. /5/

Perustusvaiheeseen, runkovaiheeseen ja sisävalmistusvaiheeseen lasketaan lisäksi oma suurhäiriövaraus, joka lisätään kunkin vaiheen keston perään. Suurhäiriöiden määrät ovat:

- Perustusvaihe 3 %
- Runkovaihe 5 %
- Sisävalmistusvaihe 2 % /3/

### 3.4.2 Kireyden tarkistaminen

Urakka-aika on määritelty urakkasopimuksessa. Urakka-ajassa on monesti muutujia, kuten ennalta arvaamattomia häiriöitä. Tämän vuoksi hankkeeseen ryhtyvän tulisi tarkastaa rakentamisaikataulun kireys ennen sopimusten tekoa. /3/

Rakennusyrietykset käyttävät omasta tuotannostaan erillistä tuotanto-ohjelmaa. Tuotanto-ohjelma yritetään sovittaa yhteensopivaksi rahoitusmarkkinoiden kanssa. Tuotanto-ohjelmaa käytetään työsuunnittelun lähtötietona. Ohjelmasta saadaan hankkeelle aloitus- ja lopetusajankohdat sekä niiden kestot. Myös resurssit ja niiden saatavuus saadaan tuotanto-ohjelmasta. /3/

Rakentamisaikataulun kireyttä pystytään tarkastelemaan vertailemalla aikataulujen kestoja. Normaalikesto tarkoittaa rakennusaikaa, josta on vähennetty lomat ja häiriöt. Tätä normaalikestoa verrattaessa tuotanto-ohjelmasta saatuun hankkeen aikatauluun voidaan päätellä aikataulun kireystaso. /3/

Normaalikesto lasketaan seuraavilla kaavoilla.

Kaava, jos hankkeessa on yli 10 000 työntekijätuntia:

$$T_N = 4,6 \times \ln(\text{hankkeen kokonaistyöpanos tth}) - 36,6$$

$$T_N = 4,6 \times \ln(50\,000) - 36,6 = \mathbf{13,2\text{ kk}}$$

Kaava, jos hankkeessa on alle 10 000 työntekijätuntia:

$$T_N = 2 + \frac{3,8 + \text{hankkeen kokonaistyöpanos tth}}{10\,000}$$

$$T_N = 2 + \frac{3,8 + 8000}{10000} = \mathbf{2,8\text{ kk}}$$

Tällöin rakennusvaiheiden kestoiksi arvioidaan joko 14 kuukautta tai 3 kuukautta. Hankkeiden kestoja ei pyöristetä koskaan alaspäin. Normaalikeston ollessa esimerkiksi tuotanto-ohjelman aikataulua yli 20 %:a kireämpi, katsotaan aikataulun olevan kireä. /3/

### 3.4.3 Osakohteisiin jako

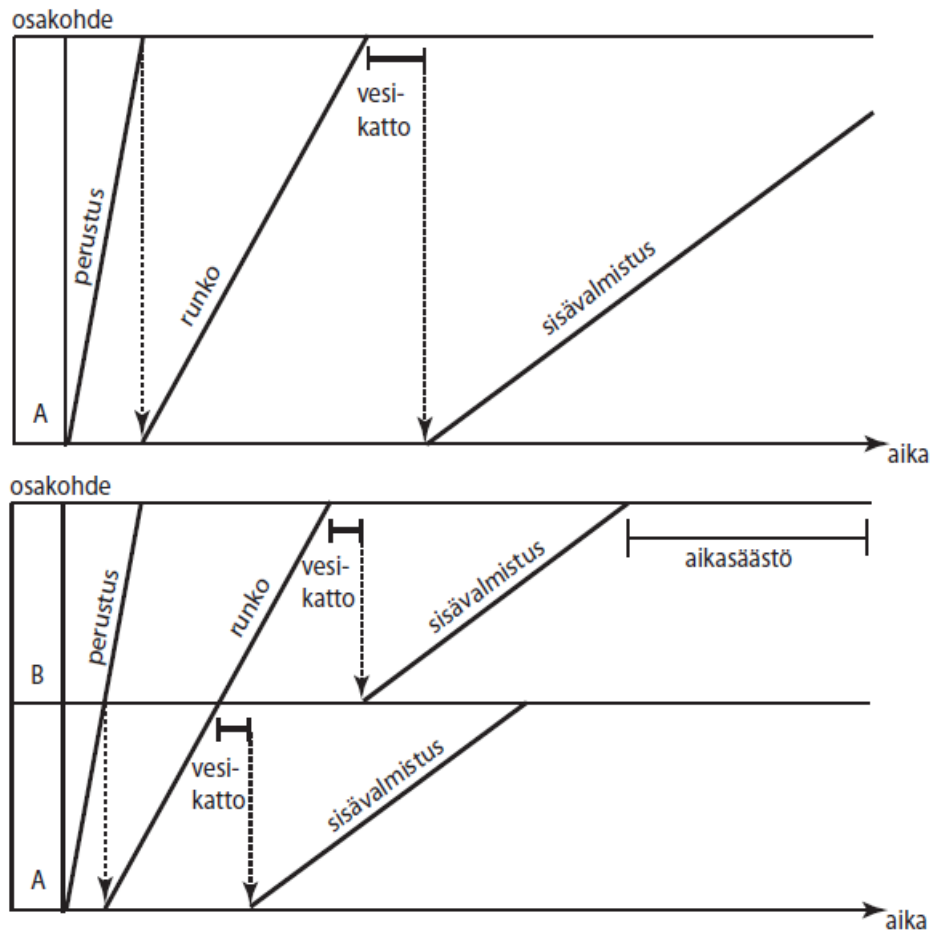
Lohkot voi olla asuinkerrostalo tai jokin fyysinen osa, kuten kuviossa 7. on kuvattu. Lohkon hyväksi kooksi on määritetty 3000 – 5000 bruttoneliötä. Lohkossa tehtävät työt tehdään aina kerralla valmiiksi pyrkien yhteen kokonaisuuteen. /5/

Lohkoille pitää päättää aina jokin raja. Rajana voi toimia piirustuksista selviävät liikuntasaumamat (LS), työsaumat (TS) tai moduulilinjat. Lohko toimii esimerkiksi asuinkerrostalossa pystysuuntaisesti kellarikerroksesta ylimpään kattorakenteseen. Näin ollen esimerkkinä kattorakenne suunnitellaan omana työkohteenaan. /5/

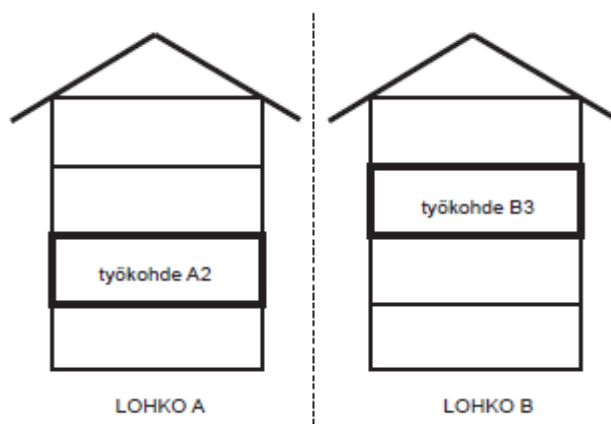
Lohkojaon etuna on suunniteltavuus. Runkovaiheessa töiden valmistuttua työkohteessa A2 voidaan sisävalmistustyöt aloittaa samassa kohteessa huomattavasti aikaisemmin verrattuna siihen, jos runko tehtäisiin loppuun saakka koko kohteessa ja sitten vasta siirryttäisiin sisävalmistustöihin. /5/

Lohkojaon vaikutus käy ilmi kuvioista 6. Lohkojaossa pyritään Hossin säännön käyttämiseen:

”Työt aloitetaan siitä lohkoista missä perustus- ja runkovaiheen kesto on lyhin ja viimeiseksi valitaan taas puolestaan lohko, jossa sisävalmistusvaiheen kesto on jäljelle jääneistä lohkoista lyhin.” /5/



**Kuvio 6.** Lohkojaon vaikutus työn keston. /4/



**Kuvio 7.** Osakohdejako. /4/

### 3.4.4 Tehtäväkokonaisuuksien muodostaminen

Rakennushankkeen aikataulun läpivieminen vaatii hyvin suunnitellun aikataulun. Aikataulutuksen kokoamiseksi tulee määrittää luettelo tehtäväkokonaisuuksista. Tehtäväluetteloon sijoitettavat työt poimitaan tuotantoluettelosta. Tehtäväluetteloon kootaan työlajit yhden nimikkeen ja tehtävänumeron alle. /3/

Aikataululla pyritään varmistamaan rakennushankkeen oikea-aikainen valmistuminen. Rakennushankkeen oikea-aikainen valmistuminen vaatii eripituisten tehtäväkokonaisuuksien yhteensovittamista, jotta hanke voi pysyä tavoitearvioon laaditussa kustannustavoitteessa koskien työkustannuksia. /3/

Tehtäväluettelossa esitetään kaikki rakennushankkeen tehtäväkokonaisuudet. Luettelossa 1. on esimerkkikuvaus tehtäväluettelosta. /3/

Rakennushankkeet sisältävät paljon samankaltaisia tehtäväkokonaisuuksia. Asuinkerrostalosta voidaan esimerkkinä poimia anturat, runko ja vesikaton tehtäväkokonaisuus. Runko jaetaan myöhemmin vielä erillisiin alatehtäviin. Rungon holvin purku ja pystytys, raudoitustyö ja betonointi. Rungon holvin muottityöryhmä tarvitsee monesti 3 rakennusammattimiestä, koska holvin tekeminen on hitaampaa, kuin raudoituksen tekeminen. Raudoitustyössä ei monesti tarvitse kuin 2 rakennusammattimiestä. Kokonaisuudet muodostetaan niin, että työryhmien töiden kesto on aina yhtä pitkä. Ellei näin olisi, joutuisi jokin työryhmä aina odottelamaan, ennen kuin pääsisi omaa suoritustaan tekemään. Tämä taas johtaa siihen, että tietylle työryhmälle tuleva odotusaika johtaa tehottomuuteen ja aiheuttaa ylimääräisiä työkustannuksia. /3/

Ratu-kortit antavat ohjeita, millaisia työryhmiä työlajeissa voi käyttää. Myös yrityksen omat tiedostot voivat auttaa kokoamaan erilaisia työryhmiä. /3/

Työryhmien virheellinen mitoittaminen johtuu usein siitä, että työnjohto ei ole tarpeeksi huolellisesti laskenut kohteen määriä. Määrien laskemisen perusteella muodostetaan tehtävien keston arviointi. On myös mahdollista, että kohde on eri-

tyistä tarkkuutta vaativa ja näin ollen jokin työryhmä ei suoriudu tehtävästä oletetussa ajassa. Tällöin on resurssien määrää muutettava hitaammassa työryhmässä, jotta he etenisivät tehtävässään nopeammin. /3/

Kaikkien tehtäväkokonaisuuksien ei tarvitse olla kestoiltaan samanpituisia vaan ainoastaan niiden, jotka tahdistavat toisiaan. /3/

Tehtäväluettelo Tehtävä	Määrä yht.				Tunnit yht.	Työryhmä	Kesto perustyömaalla			
		A	B	C			Kesto [h] yht.	A	B	C
Tehtävä 1	830 m <sup>2</sup>	240	290	300	700	2+1	233	67	80	86
Tehtävä 2	400 kpl	110	160	130	740	2+2	185	51	74	60
Tehtävä 3	6330 m <sup>2</sup>	2 000	1 870	2 460	2 530	3+2	207	160	149	198
Tehtävä 4	980 m <sup>2</sup>	320	290	370	570	1+1	285	93	84	108

### Luettelo 1. Tehtäväluettelo /4/

Monilla tehtävillä on myös riippuvuuksia. Aiemmin esitetty rungon holvin muottityön ja raudoitustyö ovat toisistaan riippuvaisia. Tämä tarkoittaa sitä, että raudoituksen voi aloittaa, kun holvin muotteja on alettu asentamaan. Näillä tehtävillä on alku-alkuriippuvuus. Riippuvuustyyppejä on neljä:

- Loppu-alkuriippuvuus
- Alku-alkuriippuvuus
- Loppu-loppuriippuvuus
- Alku-loppuriippuvuus /3/

### 3.4.5 Menekien ja keston määrittäminen

Tehtäväluettelosta selviää työläji, työläjin yksikkö, määrä ja menekki. Näiden avulla pystytään ratkaisemaan kunkin työläjin kesto. Menekit selviävät joko Raturkorteista tai yritysten omista tiedostoista. Menekki on tth / yksikkö, yleisesti joko tth / m<sup>2</sup> tai tth / jm. Tavoitearvio lasketaan aina kokonaisaika T4 käyttäen. Menekki puolestaan on esitetty Ratu-tiedostoissa T3 aikana. Tämän vuoksi menekki muutetaan T4-muotoon kertomalla T3-lisäaikaikertoimella, joka vaihtelee välillä 1,1 ... 1,3 riippuen minkälaisesta työläjistä on kysymys. On myös mahdollista katsoa työläjien valmiiksi laskettu Talo 90 -mukainen T4-menekki, jotka on esitetty Aikataulukirjassa. /3/

Työmenekkien avulla pystytään tarkastelemaan työsaavutusta eli tuotantonopeutta. Erilaiset laskentatavat on kuvattu kuviossa 8. /3/

Työmenekki = [tth/yks]	$\frac{\text{Työntekijätuntia}}{\text{Suoritemäärä}}$
Työryhmän työmenekki = [tth/yks]	$\sum (\text{Työntekijöiden työmenekki})$
Työsaavutus = [yks/h]	$\frac{1}{\text{Työmenekki [tth/yks]}}$
Työryhmän työsaavutus = [yks/h]	$\frac{\text{Työryhmä x 8 tth/tv}}{\text{Työmenekki [tth/yks]}}$
Kokonais- työmenekki = [tth]	$\text{Määrä [yks]} \times \text{Työmenekki [tth/yks]}$
Työn kesto = [h]	$\frac{\text{Kokonais-työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä}}$
Työn kesto = [tv]	$\frac{\text{Kokonais-työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä x 8 [h/tv]}}$

**Kuvio 8.** Työmenekin ja työsaavutuksen laskentatavat. /5/

Levytyön laskentaesimerkki					
Levyrakentaminen, levytys. Ratu 0420					
Hallirakennuksessa on levytettävää ulkoseinää 380m <sup>2</sup> .					
Käytettävä materiaali on tuulensuojakipsilevy.					
Ikkunoita ja aukkoja seinässä on 12 kpl.					
Työ suoritetaan kesäaikaan.					
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth
Aloittavat työt					
Tavaran vastaanotto	380	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	380 x 0,01 = 3,8
Siirrot, traktori alle 50m	20	siirtoa	0,25	tth/siirto	5
Ulkopuolinen levytys					
Kipsilevytys	380	m <sup>2</sup>	0,07	tth/m <sup>2</sup>	26,6
Lopettavat työt					
Siivous ja suojaus	380	m <sup>2</sup>	0,01	tth/m <sup>2</sup>	3,8
Yhteensä					37,4
Levytettävää seinää on 380m <sup>2</sup> . On vielä laskettava aukkojen vaikutus. Aukkoja ollessa 22 kappaletta niin suoritemääräkerroin on 1,15 (paljon).					
37,4 tth x 1,15 = 43,01 tth					
Levytettävälle seinämäärälle on oma suoritemääräkerroin. Levytettävää seinää on 200 m <sup>2</sup> , joten kerroin on 1,05.					
43,01 tth x 1,05 = 45,16 tth					
Levytys suoritetaan kesäaikana, joten talvityön suoritemääräkerrointa on tarpeetonta käyttää.					
Ratu kortti antaa työryhmän kooksi 2 RAM, joten työn keston pituus on :					
45,16 tth / (2 x 8 tth/tv) = 2,83 työvuoroa					
Aikatauluun tulee merkitä tehtävälle kestoksi 3 työvuoroa.					

Edellinen laskelma on esimerkki siitä, miten levytyön kesto pystytään määrittämään määrien, työmenekkien ja työryhmien mukaan.

### 3.4.6 Tahdistus ja rytmitys

#### Tahditus

Tehtävien tahdituksella pyritään siihen, että ratkaistaan miten tehtävien kestot saadaan yhtä pitkiksi. Yleisimmät keinot eripituisten tehtävien saattamiseksi kestoltaan saman pituisiksi on:

- Tehtävän työnsisällön muuttaminen
- Työryhmän kokoa pyritään muuttamaan
- Työryhmien lukumäärän muuttaminen /3/

Tahdituksella pyritään aina säästämään rakennusaikaa. Yleisin tapa nopeuttaa rakentamista on muuttaa työryhmän kokoa. Mahdollista on myös lisätä työryhmä tiettyyn työvaiheeseen. Työryhmän koon muuttaminen vaikuttaa suoraan työmenekkiin, joka taas puolestaan lyhentää työn kestoa. /3/

Tavallisesti tehtävien aloitusvälin tulisi olla 10 – 15 työvuorua. /3/

Tahdistettavien tehtävien keston voi laskea seuraavalla kaavalla:

$$T_t = T - (n-1) \times t_a, \text{ missä}$$

$$T_t = \text{Tahdistava kesto}$$

$$T = \text{Tehollinen rakennusaika}$$

$$t_a = \text{Tehtäville valittu alitusväli}$$

$$n = \text{Tahdistettavien tehtävien lukumäärä}$$

Seuraavassa on esitetty tahdistavan keston laskentaesimerkki. Oletetaan tehollisen T3-rakennusajan olevan 300 vuorokautta. Tehtäville on valittu aloitusväliksi 15 ja 10 työvuorua ja tahdistettavien tehtävien lukumäärä on 14 kappaletta. /3/

$$T_t = 300 - (14-1) \times 15 = 105 \text{ työvuorua.}$$

$$T_t = 300 - (14-1) \times 10 = 170 \text{ työvuorua /3/}$$

Valittu aloitusväli tarkistetaan kaavalla:

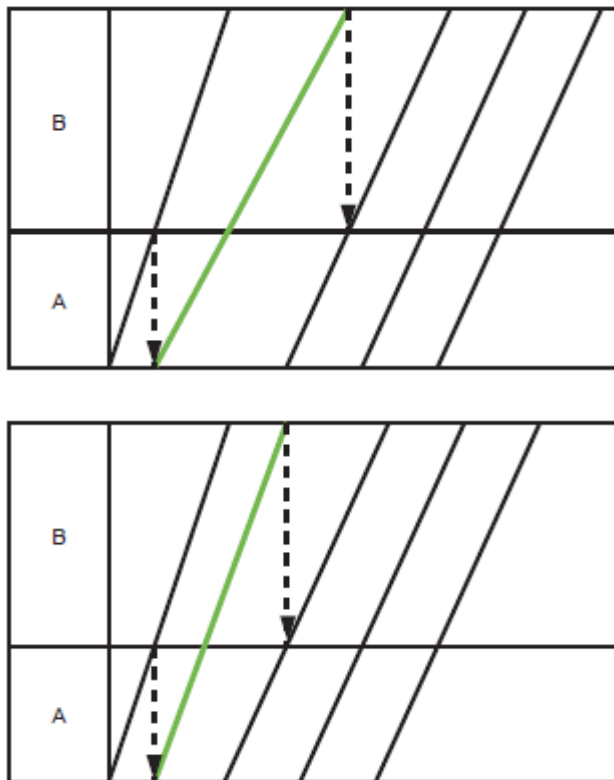
$$T_a = 2T_t / m, \text{ missä}$$

$T_a$  = Aloitusväli

$T_t$  = Tahdistava kesto

$m$  = työkohteiden määrä (lohko x kerros)

Kuviossa 9. on kuvattu, kuinka tahdistus lyhentää tehtävän kesto.



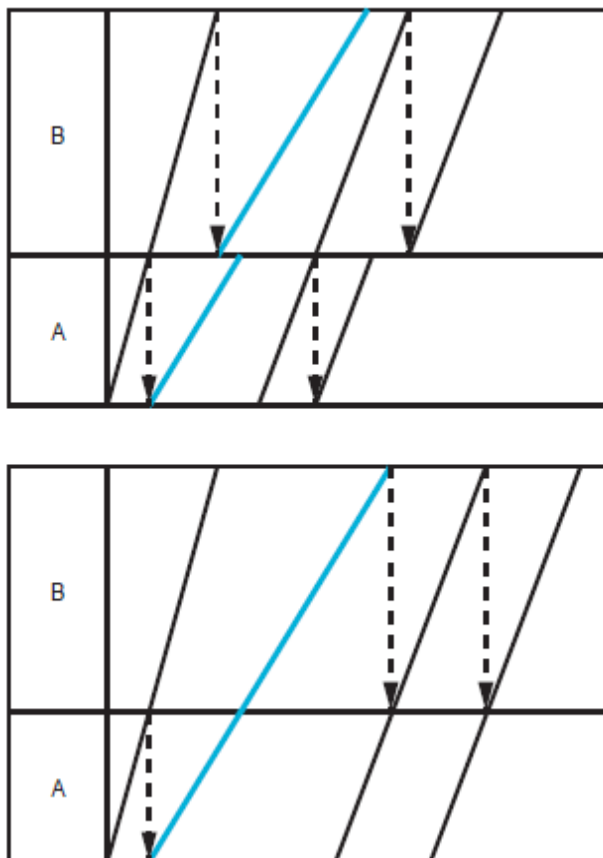
**Kuvio 9.** Tahditus. /4/

**Rytmitys**

Rytmitystä käytetään pääsääntöisesti silloin, kun tehtävien kestot poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tavoitteena on saada eri työt etenemään keskeytyksettä. Asuinkerrostalossa ei normaalisti esiinny ongelmia, mutta niitä voi ilmetä esimerkiksi sisävalmistusvaiheessa. Niihin voidaan puuttua:

- Aloitusajankohtaa siirtämällä
- Muuttamalla työryhmien kokoja
- Varautumalla varamestoihin

Rytmityksen vaikutus tehtävien kestoon on kuvattu kuviossa 10.



**Kuvio 10.** Rytmitys. /4/

### 3.4.7 Aikataulun tarkistus ja valvonta

#### Tarkistus

Aikataulu tulee tarkistaa toteuttamiskelpoisuuden vuoksi. Yleisaikataulu laaditaan useimmiten jana-aikataulu muotoon. Jana-aikataulun pystyy aina muuttamaan vinoviiva aikatauluksi. Yleisimmästä vinoviiva-aikataulusta paikka-aikakaaviosta näkee hyvin miten tehtävät etenevät. Paikka-aika kaavio kuvaa erinomaisesti sen, jos tehtävissä päällekkäisyyksiä. Tämän vuoksi juuri paikka-aika kaavio onkin vakiinnuttanut paikkansa hankkeiden tarkistamisen ensisijaisena vaihtoehtona. /4/

Paikka-aika kaaviosta tulisi tarkistaa:

- Lohkojaon suositustapa (3000 – 5000 brm<sup>2</sup>)
- Työkohteet mietitty Hossin säännön mukaan
- Tehtävät ovat järkevästi mietitty
- Varamestoihin on pyritty varautumaan
- Talotekniset työt kulkevat yhdessä muiden töiden rinnalla
- Suurtehtävät on mietitty järkevästi
- Päällekkäisyydet on karsittu pois /4/

### **Valvonta**

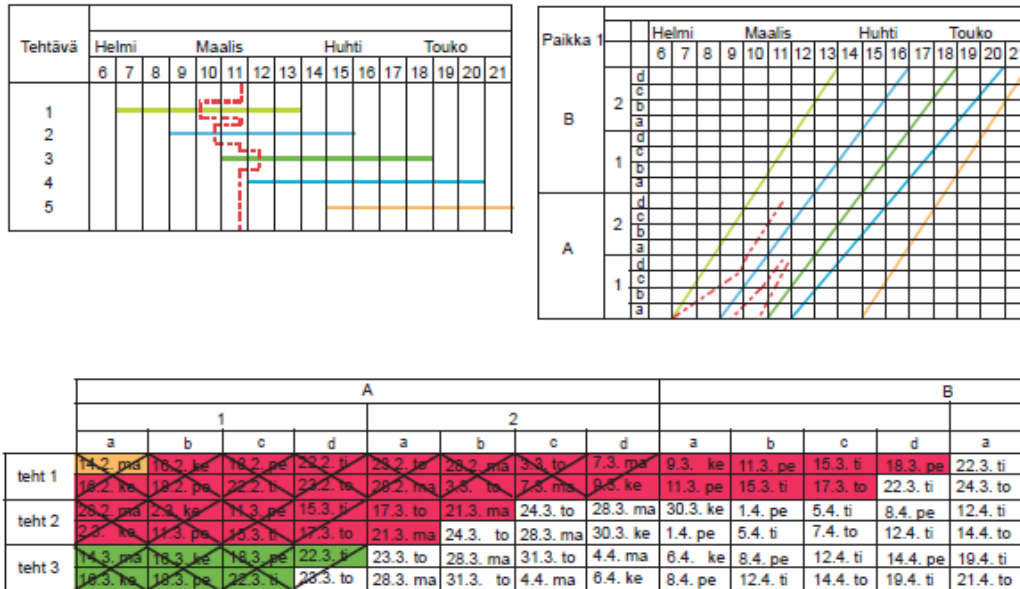
Aikataulusuunnittelu on tuotannonohjausta. Tuotannonohjaus tilannetietoisuutta ja sitä, että ollaan ajan tasalla hankkeen kulusta. Hankkeen alussa työmaa saa käytettäväkseen suunnitelmia, joiden mukaan on rakennettava. Työnjohdon tulee suunnitella aikataulu niin, että tuotannossa ei ilmene häiriöitä. Monesti se voi olla haasteellista, mutta on pyrittävä siihen, että varaudutaan ongelmiin ajoissa. Näin ollen pystytään väistämään häiriötilanteet. Häiriöiden sattuessa on pyrittävä selvittämään seuraukset mahdollisimman nopeasti. /4/

Aikataulusuunnittelun valvontaan on kehitetty erilaisia tapoja. Yleisaikatauluun on hyvä valvonnan vuoksi merkitä katkoviivalla, missä kukin tehtävä etenee. Tämä sama katkoviiva siirretään paikka-aikakaavioon. /4/

Yleisaikataulu muutetaan paikka-aika kaavioksi ja huolehditaan työtehtävien päällekkäisyyksien poistamisesta. Paikka-aika kaavioon on hyvä merkitä tehtävien eteneminen suhteessa aiottuun etenemiseen. /4/

Vinjetti on toinen hyvä tapa seurata tuotantoa. Vinjetti on toiminnaltaan hyvin yksinkertainen. Vinjettiin merkitään rasti ruutuun, kun tehtävän osa on suoritettu. Puolikas rasti on merkki siitä, että tehtävän osan valmiusaste on karkeasti 50 %:a.

/4/



**Kuvio 11.** Valvontatyökalut. /4/

Kuviossa 11. on kuvattu valvontavälineet: yleisaikataulu, paikka-aikakaavio ja vinjetti. /4/

Tehtävien etenemisnopeuden ollessa liian hidas on suoritettava korjaavia toimenpiteitä, jotta päästäisiin suunniteltuun tuotantonopeuteen:

- Työryhmien koon muuttaminen
- Muutetaan tehtävän sisältöä
- Muutetaan tai lisätään välineistöä, esim. nostokoneita
- Muokataan työmenetelmää
- Mahdollisesti tarkkaillaan tulevia toimituksia aiempaa tarkemmin /4/

### 3.5 Aikataulumuodot

#### 3.5.1 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu luodaan T4-muodossa kokonaisaikaa käyttäen, jolloin mukana on yli tunnin mittaiset häiriöt. Tällöin pystytään luomaan itselle aikataulu, joka voi hieman joustaa. Yleisaikataulun tarkoituksena on ilmaista hankkeen kulku isossa mittakaavassa. Aikataulun voi laatia monella tapaa. Osa käyttää sen laatimiseen muutamia tunteja, osa toteuttaa sen huomattavasti tarkemmin. Olisi kuitenkin hyvä perehtyä hankkeeseen heti alussa tarkasti ja laatia yleisaikataulu sen mukaan, koska yleisaikataululla mitoitetaan resurssitarpeet hankkeen ajalle. Resurssitarpeella tarkoitetaan kalustoa, hankintoja ja työvoimaa. /5/

Yleisaikataulu toimii hankkeen aikana tiedonkulun välineenä. Aikataulua päivitetään hankkeen aikana. Tarkasti suunniteltu hanke ja sen aikataulu vähentävät erilaisia muutostarpeita, kuten toimitusten siirtoaikojen muokkauksia. Yleisaikataulua käytetään paljon urakoitsijalavereissa, kun mietitään tulevia toteutusajankohtia eri toimijoiden ja suunnittelijoiden kanssa. /5/

Yleisaikataulun tärkeimpiä lähtötietoja ovat:

- Kustannus- ja määrälaskelmat
- Piirustukset ja työselostukset
- Sopimukset (erityishuomiota vaativat ne, joissa on sovittu aloitus- ja lopetuspäivämäärät)
- Rakennuspaikka ja tulevat olosuhteet (kesä – talvi)
- Resurssit
- Rajoitteet resursseissa
- Lomat /5/

Laadinnassa lähtökohtaisesti pyritään ensimmäisenä määrittämään rakennustekniset työt. Tämän jälkeen määritetään talotekniset työt yhteensopivaksi muiden töiden kanssa. Yleisaikataulu esitetään pääsääntöisesti aina jana-aikataulu muodossa. Aikatauluun otetaan mukaan noin 20 – 30 tärkeäksi katsottua tehtävää. Yleisaikataulun laatii yleensä vastaava työnjohtaja. Laadinnassa on toki myös mukana työ-

päällikkö ja muut työmaan toimihenkilöt. Yleisaikataulussa vaatimuksena pidetään 3 – 4 vuorokautta, kun määritellään aikataulun tarkkuutta. Yleisaikataulu on lähtökohtana, kun määritellään tarkempia aikataulumuotoja, kuten rakentamisvaihe aikatauluja tai viikkokohtaisia aikatauluja. /5/

### 3.5.2 Rakentamisvaihe aikataulu

Rakentamisvaihe aikataulu on tarkempi kuin yleisaikataulu. Yleisaikataulussa kuvataan koko hankkeen kesto, mutta rakentamisvaihe aikataulussa ainoastaan pienempi osa kokonaiskestosta, yleensä noin kahdesta kuuteen kuukauteen. Tyypillisiä rakentamisvaihe aikataulun kohteita voisi tällöin olla esimerkiksi maanrakennus- tai runkovaiheen työt. Rakentamisvaihe aikataulu on väline, jolla työmaata ohjataan. /5/

Rakentamisvaihe aikataulu toteutetaan käyttäen tehollisen työajan menekkejä T3, toisin kuin yleisaikataulussa. Rakentamisvaihe aikataulussa tulee erityistä huomiota kiinnittää sivu- ja aliurakoihin. Ne tulee huomioida, koska ne monesti tahdistettava rakennusteknisiin työvaiheisiin. Toisinaan ne aiheuttavat myös riippuvuuksia rakennusteknisten töiden kanssa. /5/

Tärkeimmät rakentamisvaihe aikataulun lähtötiedot:

- Määrälaskelmat, joita on tarkennettu.
- Piirustukset ja työselostukset, joita on mahdollisesti tarkennettu.
- Sopimukset (erityishuomiota vaativat ne, joissa on sovittu aloitus- ja lopetuspäivämäärät)
- Näkyvissä olevat ja tulevat olosuhteet. (kylmyys-kuumuus)
- Käytettävissä oleva työvoima.
- T3-menekkitiedostot
- Käytettävissä oleva nosto- ja siirtokalusto. /5/

Rakentamisvaihe aikataulun yleinen tapa esittää on joko jana-aikataulu tai paikka-aikakaavio. Laadinnasta vastaa työmaan työnjohto. Rakentamisvaihe aikataulussa vaatimuksena pidetään yhtä vuorokautta, kun määritellään aikataulun tarkkuutta. /5/

### 3.6 Aluesuunnitelman vaiheet

Aikataulusuunnittelun yhtenä tärkeänä osa-alueena voidaan pitää aluesuunnittelua. Aluesuunnittelu luo osaltaan puitteet aikataulusuunnittelulle. Oikein suunniteltu työmaa-alue luo edellytykset jatkuvalla tuotannolle. Aluesuunnitelman tekemisestä vastaa päätoteuttaja. Aluesuunnitelma tehdään normaalisti maanrakennus-, perustus-, runko-, ja sisätyövaiheista. Toteutustapa on kirjallinen tai monesti piirtämällä laadittu tuotos. /6/

Aluesuunnitelman työstäminen alkaa urakkatarjousvaiheessa. Tällöin päätetään miten hanke toteutetaan. Elementtiratkaisu tai paikallavalurakentaminen vaikuttaa aluesuunnitelman laadintaan oleellisesti, kuin myös oman työn määrä verrattuna aliurakointiin. Elementtiratkaisuun päädyttäessä on huomioitava elementtien säilytyspaikka, kun taas aliurakoihin voi sisältyä omat työvälit, kuten nostokoneet ja näin ollen niille on näytettävä suunnitelmasta sijoituspaikka. Urakkatarjousvaiheessa on myös hyvä selvittää tarvitaanko lisätilaa, jota voi esimerkiksi vuokrata kaupungilta tarvittaessa. Urakkatarjousvaiheessa selvitetään myös rakennusalueelle johtavat liittymät ja niiden sijainti, nosto- ja siirtokaluston määrä, koko ja paikka, työmaatilojen sijoituspaikka ja määrä, varastoalueet ja niiden koko, erilaisten liittymien (tele, sähkö, vesi, viemäri) tuonti kohteeseen, tarkastetaan aluetta koskevat viranomais määräykset ja työturvallisuutta koskevat seikat kuten työmaan suojaus esimerkiksi aitaamalla. /6/

Rakentamisen yleissuunnitteluvaiheessa aluesuunnitelma mietitään koko hankkeen ajalle. Tällöin laaditaan yleissuunnitelma, jota ainoastaan tarkennetaan hankkeen edetessä. Yleissuunnitelmassa esitetään urakkatarjousvaihetta tarkemmin liikennöinti ja logistiikka, muottien tai elementtien säilytyspaikka, sähköpääkeskuksen sijoituspaikka, materiaalien varastointipiste, puu-, metalli-, ja sekajätteen sijoituspaikat, erilaiset suojattavat kohteet (puut), nosto- ja siirtokaluston sijoituspaikka, mahdollisesti tarvittavan nosturiradan paikka, erilaiset tuennat sormien estämiseksi, katokset kevyelle liikenteelle, valaistus ja ensiapupisteet ja työmaan henkilöstön kulkuneuvojen sijoituspaikat. /6/

Maanrakennus- ja perustusvaiheessa otetaan kantaa siihen, mihin paikkaan aluesuunnitelmassa päivätään erilaiset rakentamisessa käytettävät tuotteet. Näitä ovat esimerkiksi betonipaalut ja perustamisessa käytettävät puu- ja muottitavara. Alueeseen voidaan myös merkitä alue, jossa maanrakennustöitä suoritetaan ja mihin esimerkiksi jätemaa nostetaan ja kuljetaan pois. /6/

Runkotyövaiheessa aluesuunnitelmaa täydennetään merkitsemällä raudoituksen, eristeiden, ovien- ja ikkunoiden, ja LVIS-töille merkitys varastointipaikat. Myös erilaisten nostimien, kuten mastolavojen paikat tulisi päivittää suunnitelmaan. Tässä vaiheessa myös on hyvä merkitä kaasupulloille sijoituspaikka ja tulitöille oma suorituspaikka ja myös kyseistä paikkaa koskeva poistumistie. Tulityöpaikka tulee olla erillään varastoalueista, jotta vältetään palovahingoilta. /6/

Sisätyövaiheessa aluesuunnitelma toteutetaan yleisaluesuunnitelman pohjalta niin kuin tehtiin maanrakennus-, ja perustusvaiheessa kuin runkovaiheessakin. Sisätyövaiheessa päivitettäviä asioita on paikka mihin esimerkiksi kalustetoimitukset, laatat, sisäverhouspaneelit ja tapetit ja maalit sijoitetaan. /6/

### **3.7 Nostokaluston aikataulutuksen mitoitus**

#### **3.7.1 Nosto- ja siirtokaluston suunnittelu**

Nosto- ja siirtokaluston suunnittelulla pyritään takaamaan rakennushankkeelle mahdollisimman tehokas ja kustannuksiltaan edullinen kalustovaihtoehto. Oikein suunnitellulla kalustolla voidaan suoriutua hankkeesta niin, että ylimääräistä odottelua ei synny ja tuotanto etenee suunnitellusti ilman häiriöitä. /7/

#### **Osana suunnittelua**

Nosto- ja siirtokaluston suunnittelu ja mitoitus liittyy varhaisessa vaiheessa muuhun suunnitteluun. Yleissuunnitteluvaiheessa on mietittävä kaluston päälinjauksia.

Päälinjausten ohjaajana toimii lähes poikkeuksetta rakennushankkeen tuotantomenetelmän valinta (elementtirakentaminen – paikallavalurakentaminen). /7/

Rakentamisvaihetasolla tarkennetaan valittuja menetelmiä. Tällöin voidaan päättää kaluston tyyppi tai miettiä tarkemmin, millaisia esimerkiksi ajoneuvonostureita missäkin työvaiheessa käytetään. /7/

Viikkotason suunnittelu on enemmänkin nosto- ja siirtokaluston tilaamiseen tarkoitettua suunnittelua. Tällä tarkoitetaan sellaista toimintaa, jolla ainoastaan varmistetaan tietyn laitteen saatavuus tietyllä päivämäärällä. /7/

### **Suunnittelun vaiheet**

Nosto- ja siirtokaluston suunnittelu lähtee siitä, että selvitetään millainen rakennettava asuinkerrostalo on. Erilaisista piirustuksista tulisi selvittää yksityiskohtaisesti asiat, jotka tulevat vaikuttamaan nostokaluston valintaa. Elementtirakenteisessa kohteessa on tarkastettava, miten paljon keskimääräisesti elementit painavat. On mahdollista, että paino voi nousta tällöin mitoittavaksi tekijäksi ajatellen päänostokaluston, monesti torninosturin valintaa. On siis tiedettävä kalustoa koskevat vaatimukset, jotka selviävät hankkeen tyypistä. /7/

Käyttöasteen määrittäminen on olennainen osa kalustosuunnittelua. Käyttöasteen laskentaan vaikuttavat eniten betonoitava määrä ja kohteeseen nostettavat muotit tai elementit. Niiden avulla pystytään arvioimaan kuinka monta nostokonetta työmaalle on tarve hankkia. /7/

Käyttöasteen ollessa selvillä voidaan määrittää, millainen tai millaiset koneet työmaalle on hankittava. Nostokoneen hankintaa vaikuttavat hankkeen erityispiirteet, kuten keskimääräiset nostoetäisyydet, nostojen keskimääräiset kuormat, suurimmat nostettavat kuormat, rakennettavan kohteen etäisyys nostokoneesta, tarvittavan puomin pituus, nostokorkeus, nostokoneen nostomomentti (paino x etäisyys) ja rakennushankkeen kesto ja tapa miten hanke toteutetaan. /7/

Päänostokonetta ei ole tarvetta ylimitoittaa, jos hankkeessa on vain esimerkiksi muutamia erityisen painavia elementtejä. On Järkevämpää selvittää, mitkä ovat

keskimääräisten elementtien painot ja mitoittaa nostot ja etäisyydet niille. Painavimpiin elementteihin pystyy vuokrata hetkeksi muuta nostoapua. Päänostokalusto on kumminkin aina ajateltava niin, että se pysyy hoitamaan valtaosan nostoista. Jouduttaessa jatkuvasti turvautumaan lisänostokaluston vuokraamiseen on epäonnistuttu päänostokaluston kuormitusasteen laskennassa tai arvioitu väärin itse päänostokaluston tekniset ominaisuudet. Nosto- ja siirtokaluston kustannuksia selvittäessä on muistettava huomioida kaikkien työvaiheiden nostokalustosta ja siihen liittyvästä työvoimasta aiheutuvat kustannukset yhteen. /7/

Muun nosto- ja siirtokaluston yleisimmät vaihtoehdot ovat erilaiset saksilavat, pienkuormaajat, tikasnostimet, ajoneuvonosturit ja nivelpuominostimet, joita saa niitä vuokraavista liikkeistä. /7/

Aluesuunnitelmaa on muistettava päivittää sen mukaan, mikä nostovaihe on kulloinkin menossa. Lämmöneristyksen ollessa käynnissä on aluesuunnitelmaan merkittävä valitun nostokaluston sijoituspaikka. Myös muissa työvaiheissa suunnitelmasta on löydettävä kaluston sijoituspaikat, reitit ja kulkusuunnat. /7/

### **3.7.2 Nosto- ja siirtokaluston käyttöasteen määrittäminen**

Päänostokaluston kuormitusasteen määrittäminen on olennaisessa osassa ajatellen erilaisia rakennushankkeita. Kuormitusasteen määrittäminen kertoo sen, kuinka paljon päänostokalusto on teoreettisesti käytössä. 100 prosentin käyttöaste tarkoittaa sitä, että päänostokalusto on jatkuvasti käytössä tauotta. Kuvioita 12. ja 13. käytetään laskettaessa päänostokoneen käyttöastetta. Tuloksista saatua käyttöastetta verrataan kuvioon 14. Kuvioista 14. voi päätellä, kuinka monta nostokonetta tarvitaan kyseisessä rakennushankkeessa.

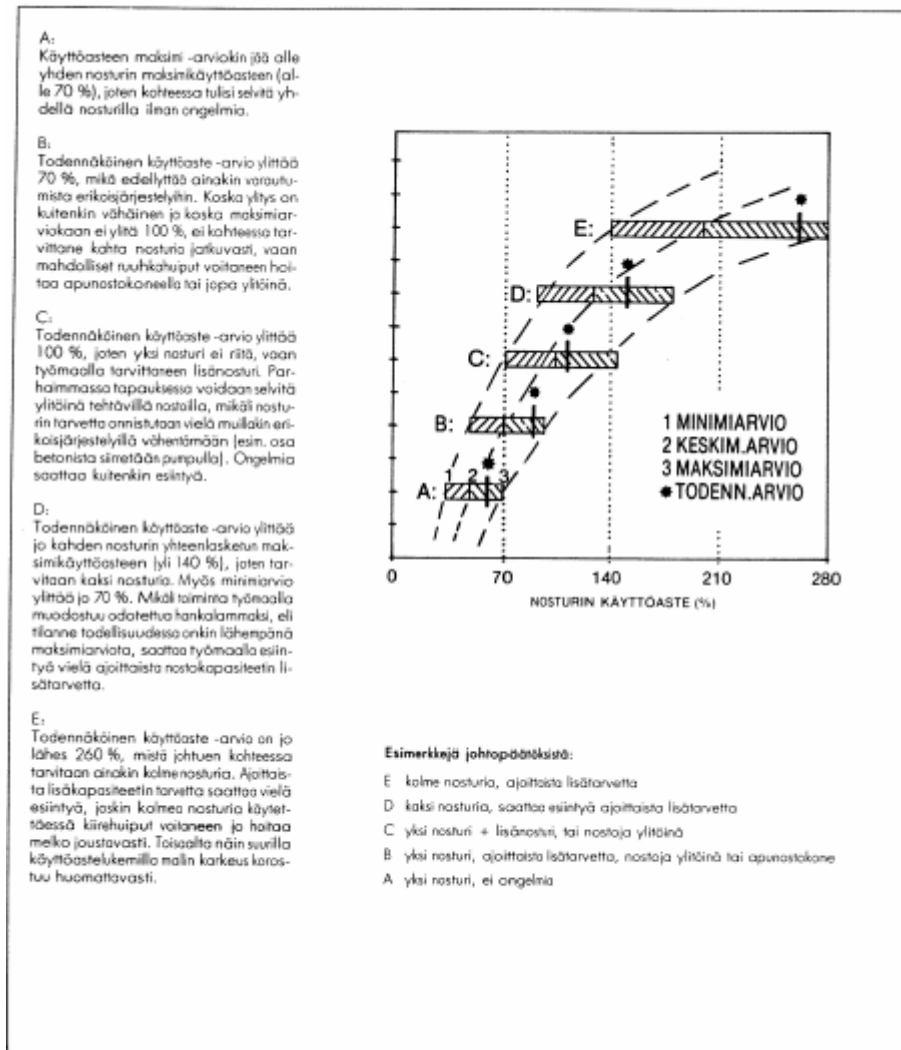
Nosturin käyttöaste lasketaan seuraavien kaavojen kautta:

ARVIOINTIMALLI	
Teoreettinen nosturiaika	$J = I \times (A \times B + D \times E) / 60$
Todellinen nosturiaika	$L = J \times K$
Nosturin käyttöaste	$N = 100 \times (L/M)$
J	= teoreettinen nosturiaika (h)
A	= kohteen runkovaiheen betonivalujen kokonaismäärä (t)
B	= betonin siirtoaika-tunnusluku (min/t)
D	= kohteen betonielementtimäärä (kpl)
E	= elementin siirtoaika-tunnusluku (min/kpl)
I	= lisänostokerroin
K	= lisäaikakerroin
L	= arvioitu todellinen runkovaiheen nosturiaika (h)
M	= runkovaiheen kesto (h)
N	= nosturin käyttöaste (%)

**Kuvio 12.** Nostoaikatarpeen määrittämisen kaavoja. /7/

TUNNUSLUVUT JA KERTOIMET TORNINOSTURILLE:	
B: betonin siirtoaika-tunnusluku	2,5                      3,0                      3,5(min/t)
	— paikallavalukohde                      — elementtikohde
	— suuret valut                      — runsaasti saumavaluja
	— lyhyet siirtomatkat                      — pitkät siirtomatkat
E: elementin siirtoaika-tunnusluku	6,0                      7,0                      8,0(min/kpl)
	— helpot siirrot                      — vaikeita siirtoja
	— runsaasti esim.                      — runsaasti esim.
	— ontelolaattoja                      — seinäelementtejä
	— erikoiselementtejä
I: lisänostokerroin	2,0                      2,25                      2,5
	— paikallavalukohde                      — elementtikohde
	— runsaasti betoninostaja                      — runsaasti elementtinostaja
K: lisäaikakerroin	1,2                      1,3                      1,4
	— huomattavaa epävarmuutta lähtötiedoissa
<b>Ajoneuvonosturia käytettäessä lisätään torninosturin siirtoaikatunnusluvilla laskettuun nosturiaikaan 15...20 %</b>	

**Kuvio 13.** Nostoaikatarpeen muuttujat. /7/



**Kuvio 14.** Käyttöasteen vaikutus. /7/

Esimerkkilaskelma nosturin käyttöasteen määrittämisestä							
Esimerkkinä voisi ajatella 6 kerroksista asuinkerrostaloa. Alinmainen kerros toimii kellaritilana ja 5 muutta kerrosta sisältää asuinhuoneistoja.							
Asuinkerrostalossa on kerros-pinta-ala karkeasti noin 400m <sup>2</sup> .							
Kohteen tuotantotapa on paikallavalu rakentaminen.							
Vastaava työnjohtaja on laatinut kohteeseen muottikierron, jonka pituus on 8 tv. Kellarikerroksen tekemiseen on varattu aikaa 20 työvuorokautta.							
Rungon kesto aikataulussa olisi 60 työvuorokautta (480 h).							
Kohteessa on pitkät siirtomatkat ja runsaasti nostoja.							
Kokemusperäisellä tiedolla voin todeta yhden kerroksen betonimäärän olevan lähellä 200 m <sup>3</sup> . Se sisältää sekä seinä- ja holvivalut. Toki arvo heittelee täysin kohteen laajuudesta (m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> ) riippuen. Voimme kuitenkin ajatella kerrosten sisältävän 800m <sup>3</sup> ja kellarikerrokseen perustuksineen 400m <sup>3</sup> betonia. Yhteensä betonoitava määrä olisi noin 1200m <sup>3</sup> (2880t).							
$J = I \times (A \times B + D \times E) / 60$							
$J = 2,25 \times (2880 \times 3,0 + 0 \times 0) / 60$							
$J = 324 \text{ h}$							
$L = J \times K$							
$L = 324 \times 1,3$							
$L = 421 \text{ h}$							
$N = 100 \times (L / M)$							
$N = 100 \times (421 / 480)$							
$N = 88 \%$							
Nosturin käyttöaste on siis 88 %:a, joten yhdellä päänostokoneella pitäisi selvittää kohteessa hyvin. Käyttö-asteen noustessa yli 70 %:n on kumminkin syytä varautua lisänostotarpeen järjestämiseen tietyissä tehtävissä.							

Edellinen laskentaesimerkki osoittaa, miten nosto- ja siirtokaluston käyttöasteen voi laskennallisesti arvioida. Nosturin käyttöasteen arvosta voimme päätellä, miten kohteen aikataulu muotoutuu päänostokoneen ja sille asetettujen tavoitteiden myötä. Käyttöasteen arvon perusteella voi hyvin päätellä riittääkö yksi päänostokone rakennushankkeen läpiviemiseen vai pitääkö varautua lisänostotarpeen hankkimiseen. /7/

## 4 KOHTEEN SUUNNITTELURATKAISUT

### 4.1 Kohteiden kuvaus

As. Oy Seinäjoen Kravatti ja As. Oy Seinäjoen Isolukkari sijaitsevat Seinäjoella Joupin kaupunginosassa. Alueella on tarkoitus YIT Rakennus Oy:n, talonrakennus Tampere ja Pohjanmaan toimesta tarkoitus rakentaa yhteensä 12 asuinkerrostaloa ja liikekeskus. Alue on nimetty Komia Kortteliksi.

As. Oy Kravatti ja As. Oy Isolukkari rakennetaan vierekkäisille tonteille. Nämä edellä mainitut asuinkerrostalot ovat ensimmäiset kohteet, jotka nousevat Komia Kortteliin.

Kummassakin asuinkerrostalossa on 6 kerrosta. Huoneistojen koot vaihtelevat hieman. As. Oy Seinäjoen Kravatissa pienin huoneisto on kooltaan 26.5 m<sup>2</sup> ja suurin 104.5 m<sup>2</sup>. Asuinhuoneistoja Kravatissa on 36 kappaletta. As. Oy Seinäjoen Isolukkarissa vastaavasti pienin huoneisto on kooltaan 26.5 m<sup>2</sup> ja suurin 70.5 m<sup>2</sup>. Asuinhuoneistoja Isolukkarissa on 37 kappaletta. Kravatissa on alimmassa kerroksessa myös liikehuoneisto. Kaikissa asunnoissa on lisäksi lasitetut parvekkeet.

Tonteille rakennetaan myös autopaikat, jotka kulkevat nimellä Kiinteistö Oy Seinäjoen Komiaparkki. Autopaikat ovat erillään asuinkerrostalosta.

Haasteita kyseisiin kohteisiin tuo yhden päänostokoneen käyttö ja sen ajankäytön suunnittelu. Rungon tuotantotekniikan valinta ja sen aikataulullinen limitys kahden kohteen välillä on myös yksi ratkaistavista ongelmista. Tuotantotekniikan valinnan jälkeen oman haasteen tuo logistinen puoli, joka nousee tärkeään osaan erityisesti päädyttäessä elementtirakentamisen ratkaisuun.

### 4.2 Rakenteet

Kohteissa käytetään seuraavia rakenneratkaisuja:

Perustukset ovat teräsbetonia ja ne toteutetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Sokkeli on väriltään betoninharmaa.

Alapohjana toimii kantavana rakenteena. Alapohja toteutetaan teräsbetonisilla ontelolaatoilla. Holvit toteutetaan teräsbetonilla paikalla valaen. Kantavat ulko- ja väliseinät tulevat elementtirakenteisina.

Julkisivuissa käytetään kummassakin asuinkerrostalossa tummaa ja vaaleaa poltettua tiiltä. Myös graffitiharmaata ja vihreää julkisivulevyä käytetään. Parvekkeiden pystyseinäkkeissä käytetään betonielementtejä tiililaattapinnalla. Parvekkeet tulevat konsoleista ja niissä käytetään lasituksia.

Vesikattoon ja katoksiin asennetaan huopa eli bitumikermi.

Asuntojen väliset seinät toteutetaan väliseinäelementeillä. Asuntojen sisällä olevat seinät ovat teräsrankaisia kipsilevyseiniä. Kylpyhuoneissa käytetään laattapinoitteita lattioissa ja seinissä. Huoneistoihin asennetaan parketit. Huoneistojen seinät maalataan ja katot ruiskumaalataan. Ikkunat ovat sisäänpäin aukeavia ikkunoita. Huoneistojen ovet, jotka johtavat parvekkeille ovat lämpöeristettyjä.

Porrastasoissa tullaan käytetään askeläänieristettyä muovimattoa.

Autotallit toteutetaan puurungolla ja niissä käytetään puupaneelia. Verhous on väriltään tumma. Autotallin katto tehdään bitumikermillä.

### **As. Oy Seinäjoen Kravatti**

Osoite: Pirkkalankatu, 60100 Seinäjoki  
Sijainti: Seinäjoki, kaupunginosa 13, kortteli 139, tontti 2  
Rakennustoimenpide: Uudisrakennus  
Laajuustiedot: Kerrosala 2431 kem<sup>2</sup>

Kerrosalasta 110 kem<sup>2</sup> on sallittuja ylityksiä

Tilavuus 8004 m<sup>3</sup>

Tontin 999 m<sup>2</sup>

Autopaikat: LPA- alueilla (tontit 139/3 ja 138/1) 37 autopaikkaa  
Rakennuttaja: As. Oy Seinäjoen Kravatti, YIT Rakennus Oy  
Arkkitehtisuunnittelu: bst – Arkkitehdit  
Rakennesuunnittelu: Avoin  
LVI suunnittelu: Avoin  
Sähkösuunnittelu: Granlund Pohjanmaa Oy



**Kuva 11.** Julkisivupiirustus, As. Oy Seinäjoen Kravatti. /2/

Kuvassa 11. on kuvattu As. Oy Seinäjoen Kravatti erilaisista ilmansuunnista.

## As. Oy Seinäjoen Isolukkari

- Osoite: Pirkkalankatu, 60100 Seinäjoki
- Sijainti: Seinäjoki, kaupunginosa 13, kortteli 139, tontti 1
- Rakennustoimenpide: Uudisrakennus
- Laajuustiedot: Kerrosala 2629 kem<sup>2</sup>  
 Kerrosalasta 104 kem<sup>2</sup> on sallittuja ylityksiä  
 Bruttoala 2725 m<sup>2</sup>  
 Tilavuus 8655 m<sup>3</sup>  
 Tontti 912 m<sup>2</sup>
- Autopaikat: LPA- alueilla (tontit 139/3 ja 138/1) 38 autopaikkaa
- Rakennuttaja: As. Oy Seinäjoen Isolukkari, YIT Rakennus Oy
- Arkkitehtisuunnittelu: bst – Arkkitehdit
- Rakennesuunnittelu: Avoin
- LVI suunnittelu: Avoin
- Sähkösuunnittelu: Granlund Pohjanmaa Oy



**Kuva 12.** Julkisivupiirustus, As. Oy Seinäjoen Isolukkari. /2/

Kuvassa 12. on kuvattu As. Oy Seinäjoen Isolukkari erilaisista ilmansuunnista.

### **4.3 Tärkeät suunnitteluratkaisut**

#### **4.3.1 Rungon tuotantotekniikan valinta ja sen vaikutus aikatauluun**

##### **Lähtötiedot**

Tutkin rungon tuotantotekniikan valintaa Ratu-tiedostojen kautta. Hain kumpaankin tuotantotekniikkaan työvaiheet ja työntekijämäärät. Käytin apuna YIT Rakennus Oy:ssa hankkimaani omaa kokemusta edellisiltä vuosilta ja vertasin sitä Ratu-tiedostoihin. Määrätiedot sain YIT Rakennus Oy:ssä toimivalta laskentapäälliköltä. Tietojen käsitteleminen oli minulle hankalaa, koska yleisaikataulun teosta ei ollut kokemusta. Muodostin omasta mielestäni toteutettavat työlajit, työryhmät ja niille kestot. Töiden kestot laskin käyttäen Excel-taulukkolaskentaohjelmaa ja Planet+ 6.4 -ohjelmaa. Tämän jälkeen siirsin työvaiheiden kestot työryhmineen Planet+ 6.4 -ohjelmaan, mistä pystyin hahmottamaan itselleni töiden realistisen etenemisen. Muodostin rakentamisvaiheaikataulut rungon osalta, jotka siirsin lisäaikakertoimia käyttäen yleisaikatauluun. Rakentamisvaiheaikatauluista näki selkeästi eron paikallavalu ja elementtitekniikan välillä ajatellen eri työvaiheiden kestoja.

Muottikierron laskeminen oli ainoa, joka teki poikkeuksen laskennoissa. Muottikiertoa hahmotin arkkitehdin pohjaratkaisuihin, joissa pyrin hakemaan keinoa, miten yhden kerroksen kierron pystyy toteuttamaan mahdollisimman nopeasti. Muottikiertoon on monia eri versioita, joista ei voi nimetä yhtä oikeaa. Oikeaan kiertoon antaa suunnan se, mikä on nopein ja käytännöllisin tapa toteuttaa yhden kerroksen betonivalut.

##### **Valitsemani tuotantotekniikka**

Runkorakenteen tuotantotekniikka on ehdottomastiärkevin toteuttaa elementtirakenteisena. Elementtirakentamisen hyödyt näkyvät suoraan aikataulussa. Element-

tirakenteisten seinien pystytyksen kesto on laskennallisesti lyhempi kuin, mitä muoteilla tehdyn seinän kesto paikallavalurakentamisessa. Elementeistä tehdyt seinät pystyy asentamaan 1 – 2 työvuorota nopeammin kerrosta kohti.

Paikalla valetussa rungossa täytyy seiniä olla valettuna noin 2 – 3 työvuoron verran, jotta holvityöryhmä pääsee aloittamaan oman työnsä kerroksessa. Tätä ongelmaa ei ole elementtirakentamisessa, jossa holviryhmä voi lähteä samana päivän ulko- ja väliseinätyöryhmän perään. Se lyhentää asutomaattisesti yhden kerroksen kestoja.

Elementtirakentamisessa on järkevintä, että ulko- ja väliseinätyöryhmä ja holvityöryhmä vain pystyttävät seiniä ja holveja asuinkerrostalosta toiseen. Holvityöryhmä ei ehdi purkamaan ulko- ja väliseinätyöryhmän tahdilla, joten pukuun on järjestettävä ylimääräinen työryhmä.

Holvirakenne päätettiin jo alkuvaiheessa toteuttaa paikalla valaen. Paikallavalu holvin ehdoton etu on se, että tarvittava talo- ja LVIS tekniikka saadaan asennettua ennen valua holviin. Myös paikalla valetussa holvissa on valmiina viimeistelty pinta, eikä sitä tarvitse enää pinnoittaa. Ontelolaattaisen holvin ongelma on esimerkiksi jälkeenpäin asennettavat erilaiset lämmönjärjestelyt, jotka joudutaan usein työstämään valmiin laatan läpi rikkomalla sen rakennetta. Paikalla valettu holvi myös koetaan paremmaksi vaihtoehdoksi äänen eristävyyden kannalta.

Limitys kahteen kohteen välillä on kolmen työvuoron mittainen. Kolme työvuorota tulee siitä, kun seinillä työskentelevä työryhmä siirtyy seuraavaan kohteeseen (asuinkerrostalo).

Runkorakenteiden arvioitu ero kahden tuotantotekniikan välillä on 20 työvuorota.

Liitteissä 4 – 7 on vertailu rungon tuotantotekniikan vaikutusta rakentamisvaihe-aikatauluissa. Liitteissä 3 ja 9 on esitelty laskentatavat, joita on käytetty rungon keston määrittämisessä.

### 4.3.2 Päänostokoneen käyttö ja käyttöaste

#### Lähtötiedot

Päänostokoneen lähtötiedot on hankittu suurimmaksi osaksi Ratu-tiedostosta ja YIT Rakennus Oy:ltä saaduista määrälaskentatiedoista. Määrälaskennasta selviää päänostokoneen laskentaan tarvittavat betonivalujen (tonnia) määrät ja käytettävien elementtien määrät. Ne ovat olennainen osa käyttöasteen määrittämistä. Lisäksi täytyi selvittää erilaiset kertoimet ja niiden suuruus tässä rakennushankkeessa.

#### Käyttö- ja käyttöaste

Lähtökohtaisesti ajattelin omaa kokemusperäistä tietoa käyttäen niin, että näiden kahden asuinkerrostalon työryhmien työt ja talojen eteneminen täytyy limittää. Limityksen perusteena on se, että esimerkiksi paikallavalurakentamisessa normaalisti edellisenä iltapäivänä muotit valetaan ja aamulla puretaan. Tämä tarkoittaa sitä, että päänostokone ei voi olla purkamassa, eikä valamassa kahdessa kohteessa yhtäaikaaisesti. Tämä johtaa siihen, että on järkevää rakentaa yhtä rakennusta kerros kerrallaan asuinkerrostaloja vuorotellen.

Valaminen täytyy mielestäni tapahtua joko pumi- tai pumppuvaluja käyttäen, koska tällöin päänostokoneen käyttöaste laskee huomattavasti. Tämä tarkoittaa sitä, että betonin tuottaja toimittaa myös nostokaluston kohteeseen, jolla betoni saateen muottiin. Se on olennaista, koska valettaessa päänostokalustoa apuna käyttäen tulisi nosturin käyttöaste olemaan liian korkea. Tässä asiassa oma kokemusperäinen tieto kertoo sen, että betonointi on hyvä suorittaa muulla kuin päänostokoneella. Laskin, että pienet valut voi suorittaa päänostokonetta apuna käyttäen, esimerkiksi osa anturoista.

Päänostokoneella puretaan suurin osa kuormista. Tein aluesuunnitelman maanrakennusvaiheeseen, jolla hanke aloitetaan. Elementtirakenteisella työmaalla on olennaista logistiikka ja purkupaikan selvittäminen. Kuormien purku tapahtuu väliaikaisesti Kravatin nurkalta, koska Seinäjoen kaupunki ei ole ehtinyt tehdä vielä Pirkkalankatua valmiiksi Suupohjantiehen saakka. Pirkkalankatu tulee kulkemaan läpikulkutienä hankkeen ajan. Tällöin kuormien purku on helppo tehdä tien vie-

restä, eikä isojen ajoneuvojen tarvitse toteuttaa hankalia parkkeerauksia. Tien valmistumiseen saakka kuormat puretaan Kravatin nurkalta ja ne varastoidaan autotallien kohtaan. Autotallia voidaan käyttää varastointipaikkana, koska ne toteutetaan ilman paalutusta. Kravatin nurkkaa pitää laajentaa sen vuoksi, että autot pääsevät siellä hyvin kääntymään.

On erityisesti huomioitava mitoitettaessa päänostokoneen käyttöastetta se, että laskenta ei huomioi muuta kuin nostettavat elementit ja päänostokoneen avulla valettavat betonimäärät (t). Keskustellessani vastaavan työnjohtajan Tommi Poskiparran kanssa päädyimme tulokseen, että käyttöaste tulee olemaan laskemaani suurempi, koska työmaalle saapuvat kuormat (ikkunat, ovet, kipsilevyt ym.) tullaan nostamaan päänostokonetta apuna käyttäen. Toisin sanoen, laskenta antaa alimitoitettun kuvan päänostokoneen käyttöasteesta. Uskoimme siihen, että käyttöaste tulee riittämään rungon rakennusajan ollessa riittävän pitkä. Samalla totesimme sen, että on mahdottomuus täysin tarkasti laskea todellista käyttöastetta.

/11/

Päänostokoneen käyttöasteen arviointi antaa siis alimitoitettun kuvan, mikä ei tarkoita sitä ettei nostokoneen käyttöä pitäisi suunnitella. On järkevää ottaa elementit työmaalle elementtitelineeseen jo aamulla ennen töiden aloitusta esimerkiksi klo:06.00. Tällöin nostotarvetta voidaan pienentää työpäivän pidentymisen myötä. Myös tarvittavat kipsilevyt, ikkunat ja ovet, raudotteet, puutavara, eristeet ja muut paljon aikaa vievät materiaalit kannattaa purkaa lisänostokalustoa apuna käyttäen, koska tällöin annetaan päänostokoneelle enemmän aikaa auttaa rungon ylösviemisen suhteen.

Päänostokoneen ja nosturiradan paikka on tulevien autotallien ja asuinkerrostalojen välissä. Nosturirata on järkevä vaihtoehto, koska nostopuomi ei muutoin ulottuisi kaikkiin tarvittaviin paikkoihin. Tarvittaessa voidaan käyttää tiettyjen kuormien purkamiseen tai elementtien asentamiseen myös lisänostoresursseja.

Päänostokoneen käyttöasteen arviointi ei ole ollut käytössä aiemmin toimihenkilöillä, jotka hankkeessa toimivat.

Päänostokoneen käyttöasteeksi tuli laskennasta 37 prosenttia. Laskutoimitus on liitteessä 1. Päänostokoneen sijoituspaikka ja aluesuunnitelma maanrakennusvaiheeseen löytyy liitteestä 2.

### **4.3.3 Työryhmät**

#### **Lähtötiedot**

Mietin työryhmien muodostamista oman kokemuksen perusteella, käytin apuna Ratu-tiedostoja ja Planet+ 6.4 -aikataulusuunnitteluohjelmaa. Apunani oli myös taulukkolaskentaohjelma Excel. Päädyttyäni järkevään työryhmään laskin sille Excelissä keston ja siirsin sen Planetiin, jossa pohdin töiden oikea-aikaista etenemistä ja päällekkäisyyksien välttämistä eri työlajien suhteen.

#### **Elementtirakentaminen**

Elementtirakenteisella työmaalla työresurssin tarve on pääsääntöisesti vähempi, koska seinämuottiryhmiä ei tarvita ollenkaan seinien tullessa valmiina elementteinä. Raudoituksen määrä on pienempi verrattuna paikallavalu rakentamiseen. Holvit toteutetaan paikalla valaen, joten raudoittajien määrä täytyy olla joka tapauksessa 2 rakennushenkilöä.

Runkovaiheeseen siirryttäessä työntekijämäärä muuttuu verrattuna paikallavalu rakentamiseen. Elementtirakentamisen runkovaiheessa tullaan toimeen mittamiehellä, 13 rakennusammattihenkilöllä ja 2 rakennushenkilöllä ja yhdellä siivoojalla.

Elementtien asennuksesta vastaa kolme henkilöä. Holvimuoteista vastaa myös kolme henkilöä. Holvien purusta vastaa kolme henkilöä. Elementtien juottamisesta vastaa henkilöt, jotka raudoittavat. Raudoittajina on kaksi rakennushenkilöä. Lisäksi mukana on yksi mittamies ja siivoaja.

Seinien pystytystyöryhmä aloittaa pystytyksen tiettynä päivänä ja holviryhmä aloittaa samana päivänä seinätyöryhmän jälkeen. Pääsääntö on, että kummatkin ryhmät vain kasaavat seiniä ja holveja vaihdellen asuinkerrostaloja. Holvin purkamiseen mitoitetaan 3 rakennusammattimiestä, jotka ottavat vastuun purkamisesta.

Rungon noustessa vesikattoa kohti on syytä aloittaa puuseinien teko kummassakin asuinkerrostalossa, koska se nopeuttaa lämmön saamista päälle, joka taas nopeuttaa kuivumista.

Rungon tullessa vesikattovaiheeseen voidaan sisävalmistusvaiheeseen pyytää lisää työresursseja, jotta päästää muodostamaan suurtehtäviä.

Suurtehtäviä voi olla:

1. Alakatot, väliseinät, väliovet, kerrostaso-ovet
2. Puuseinät, lämmöneristys, ikkunat - ja ovet, saunat
3. Lattiat, listoitus

Rungon ollessa pystyssä kannattaa kuusi kahden hengen työryhmää jakaa eri asuinkerrostaloihin niin, että kumpikin talo valmistuu lähes samaan aikaan. Tarvittaessa voi ottaa lisätyövoimaa, jos jotkin vaiheet eivät meinaa valmistua ajoissa.

Aliurakoitsijat tekevät ainakin seuraavat työvaiheet osaksi tai kokonaan:

1. Maanrakennus (paalutus), LVIS, julkisivumuuraus, laatoitus, tasoitus – ja maalaus, kalustetyöt, loppusiivous, holvien valut, peltityöt, hitsaustyöt.

Vastaava työnjohtaja Tommi Poskipartaa haastatellessa tulimme siihen lopputulokseen, että urakka työntekijöiden työn osalta kannattaa toteuttaa niin, että kaikki ryhmät ovat samassa urakassa ja näin ollen he myös auttavat toisiaan eri työvaiheissa. Tommi Poskiparta oli sitä mieltä, ettei missään nimessä kannata sitoa yksittäisiä ryhmiä tiettyyn työvaiheeseen ja tehdä siitä heille urakka. Tällöin on mahdollista, että katsotaan omaa työvaihetta niin tarkkaan, ettei huomata laajempaa kokonaisuutta. /11/

Työryhmät ja niiden koot ovat runkovaihevertailuissa liitteissä 3 – 6 ja yleisaikataulussa liitteissä 10 – 11.

#### **4.4 Valmis aikataulu**

Valmiit aikataulut ovat pitkän pohtimisen tulos. Aikataulut on tehty Ratu-tiedostoja käyttäen, laskentatietoja soveltaen, kokemusperäistä tietoa pohtimalla ja kirjallisuutta apuna käyttäen. Päänostokoneen käyttöasteen määrittäminen oli myös olennainen osa aikataulua miettiessä. Aikataulut on tarkastettu ja hyväksytetty ohjaavalla opettajalla ja työn tilaajalla YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Tampere ja Pohjanmaalla. Valmiit aikataulut antavat kuvan siitä, millaisia eroja kahden erilaisen tuotantotekniikan välillä voi olla ja, miten ne vaikuttavat lopputulokseen.

Valmiissa aikataulussa on näkemyksiä vuosia hankkeita vetäneen työnjohtajan kokemuksesta, minun tuoreesta tutkimuksesta ja niiden yhteensovittamisesta.

Valmis runkoaikataulu (rakentamisvaihe aikataulu) on liitteessä 3 – 6, jonka pohjalta on luotu yleisaikataulu. Yleisaikataulu on liitteessä 10. Yleisaikataulu on alatehtävineen esitetty liitteessä 11.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työni tarkoituksena oli perehtyä erilaisiin tuotantoteknisiin menetelmiin toteutettaessa asuinkerrostaloja. Se tapahtui kolmivaiheisuuden kautta. Kolmivaiheisuuden osa-alueet ovat empiirinen tutkimus, omalta osaltani teoriaan pohjautuva tutkimus ja niiden yhteensovittaminen opinnäytetyöksi.

Työssä keskityttiin erityisesti ratkaisemaan rungon tuotantotekniikan toteutustapa. Työn tuloksena totean, että tutkimani kohde on nopein toteuttaa osaelementtitekniikkaa käyttäen. Tällöin kantavat ulko- ja väliseinät toteutetaan elementtirakenneisena ja holvit paikalla valaen. Tämä tuotantotekniikka on 20 työvuoroa nopeampi, kuin täysin paikalla valaen toteutettu runkorakenneratkaisu.

Päänostokoneen käyttöasteeksi sain tutkimukseni tuloksena 37 prosenttia. Päänostokoneella on laskettu nostettavaksi As. Oy Seinäjoen Isolukkarissa ja As. Oy Seinäjoen Kravatissa yhteensä 109 ontelolaattaa ja 354 ulko- ja väliseinäelementtiä, yhteensä 463 betonielementtiä. Parvekkeiden elementtien nostot toteutetaan autonosturia apuna käyttäen. Päänostokonetta ei käytetä betonoinnin yhteydessä. Betonointi tapahtuu pumi- ja pumppuvaluina. Päänostokoneen nostoresurssi tulee riittämään, joten tutkimassani kohteessa selvittää yhdellä päänostokoneella.

Päänostokoneen tutkimustulos antaa alimitoitettun arvon, koska päänostokoneen arviointimalli ei huomioi rakennustyömaalle tilattuja tarvikkeita, kuten ovi- ja ikkunatoimituksia, kipsilevytoimituksia, puutavaratoimituksia tai muita hankkeeseen olennaisesti kuuluvia toimituksia. Hankkeeseen olennaisesti kuuluvat toimitukset nostavat päänostokoneen käyttöastetta, jos päänostokonetta käytetään apuna niiden nostoissa ja siirroissa. Päänostokoneen käyttöastetta voi laskea käyttämällä lisänostoresursseja.

Työryhmien mitoittaminen oli opinnäytetyön yksi osa. Erityisesti rungossa käytettävien työryhmien määrittäminen on tärkeää, koska aikataulu voi venyä, ellei tehtävien päällekkäisyyksiin puututa suunnitteluvaiheessa. Osaelementtitekniikka osoittautui tavaksi, jolla tutkimani kohde tulee toteuttaa. Tässä tekniikassa täytyy käyttää erilaisia työryhmiä, mitä käytettäisiin paikallavalurakentamisessa. Osaelementti-

tekniikassa runkovaiheessa tulee käyttää seinäelementtien pystytyksessä 3 rakennusammattimiestä, holvin pystytyksessä 3 rakennusammattimiestä, raudoituksessa 2 rakennusmiestä, holvin valussa (paikallavalu) 3 aliurakoitsijaa ja holvin purussa 3 rakennusammattimiestä. Runkovaiheessa täytyy muistaa, että holvin pystytyksen ja purun tekevät eri työryhmät. Muut hankkeessa käytettävät työryhmät olen merkinnyt liitteisiin 10 – 11.

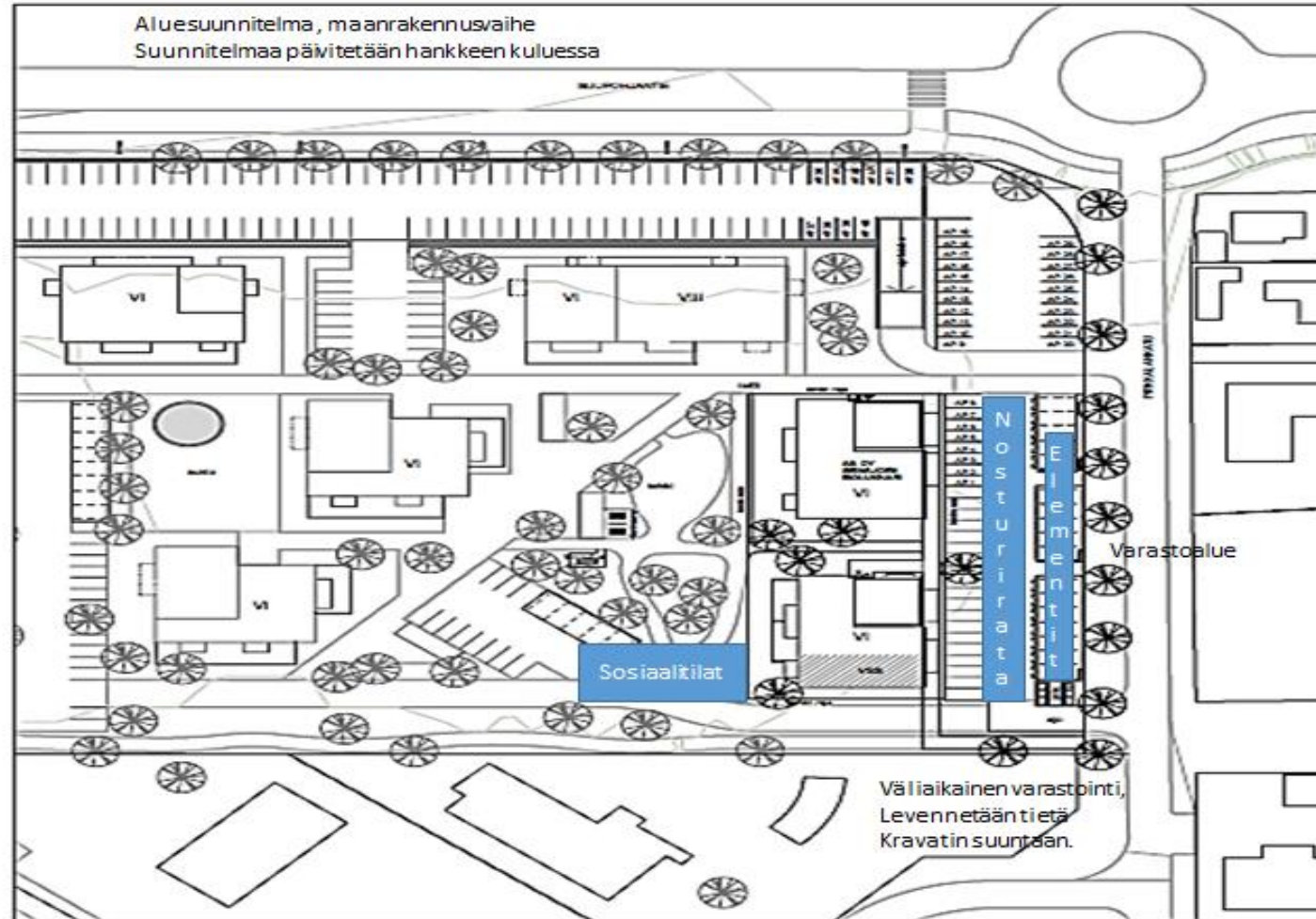
Limitys tutkimani kahden asuinkerrostalon välillä on osaelementtitekniikkaa käyttäen 3 työvuoroa. Kyseinen aika määräytyy sen mukaan, kun seinäelementtejä pystyttävä työryhmä siirtyy As. Oy Seinäjoen Isolukkarista As. Oy Seinäjoen Kravattiin. Seinäelementtien pystytyksen kesto on 3 työvuoroa. Holvityöryhmä siirtyy työvuoron myöhemmin seinätyöryhmän jälkeen As. Oy Seinäjoen Isolukkarista As. Oy Seinäjoen Kravattiin. Holvin pystytyksen kesto on 3 työvuoroa. Raudoitus alkaa 2 työvuoroa holvityön (pystytys) aloituksen jälkeen. Raudoituksen kesto yhteenlaskettuna LVIS-töiden kanssa on 5 työvuoroa. Raudoituksen jälkeen on työvuoron mittainen holvivalu (betonointi). Holvimuottien purku voidaan aloittaa aikaisintaan siinä vaiheessa, kun 4 – 5 työvuoroa on kulunut holvin betonoinnista. Yhteenlaskettu yhden kerroksen kesto As. Oy Seinäjoen Isolukkarissa ja As. Oy Seinäjoen Kravatissa on 12 työvuoroa. 12 työvuoroa on laskettu As. Oy Seinäjoen Isolukkarin seinäelementtien pystytyksestä As. Oy Seinäjoen Kravatin holvin betonointiin. Tähän keston ei ole laskettu holvimuottien purkuja, koska ne eivät tahdista rungon etenemistä.

## LÄHTEET

- /1/ Kone-Ratu 06-3023. Muottikaluston käyttö ja valinta. Suunnitteluohje 1992. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /2/ YIT Rakennus Oy. Talonrakennus Tampere ja Pohjanmaa.
- /3/ Kankainen, J. & Sandvik, T. (1999). Rakennushankkeen ohjaus. 3. Painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /4/ Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2011). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2. Painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /5/ Mäki, T. & Koskenvesa, A. Aikataulukirja 2008. 11. Painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /6/ Ratu C2-0299. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Suunnitteluohje 2007. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /7/ Kone-Ratu 04-3009. Nosto- ja siirtokalusto. Suunnitteluohje 1990. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /8/ Runkorakenteet. 2011. Betoniteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakeneet>. Hakupäivä: 05.01.2015
- /9/ Koski, H. & Koskenvesa, A. & Mäki, T. & Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- /10/ Kone-Ratu 06-3021. Holvimuotit, palkkimuotit ja pilarimuotit. Suunnitteluohje 1992. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- /11/ Poskiparta, T. 2015. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy, Talonrakennus Tampere ja Pohjanmaa. Haastattelu 05.02.2015.

<b>Nosturin käyttöasteen</b> määrittäminen kohteessa						
As Oy Isolukkari ja As Oy Kravatti.						
Kohteet toteutetaan limittäin <b>elementtirakenteisena.</b>						
Määrät, YIT Rakennus Oy. Laskenta Kone-Ratu 04-3009, nosto- ja siirtokaluston suunnitteluohjeen mukaisesti.						
Ontelolaatat 109 kappaletta ja ulko- ja väliseinäelementit 354 kappaletta.						
$J = I \times (A \times B + D \times E) / 60$						
$J = 2,5 \times (0 \times 0 + 463 \times 7,0) / 60$						
$J = 104 \text{ h}$						
$L = J \times K$						
$L = 135 \times 1,3$						
$L = 176 \text{ h}$						
$N = 100 \times (L / M)$						
$N = 100 \times (176 / 488)$						
$N = 37 \%$						
Nostoresurssi tulee riittämään yhdellä päänostokoneella.						
Parvekeiden elementit on laskettu nostettavaksi autonosturilla.						

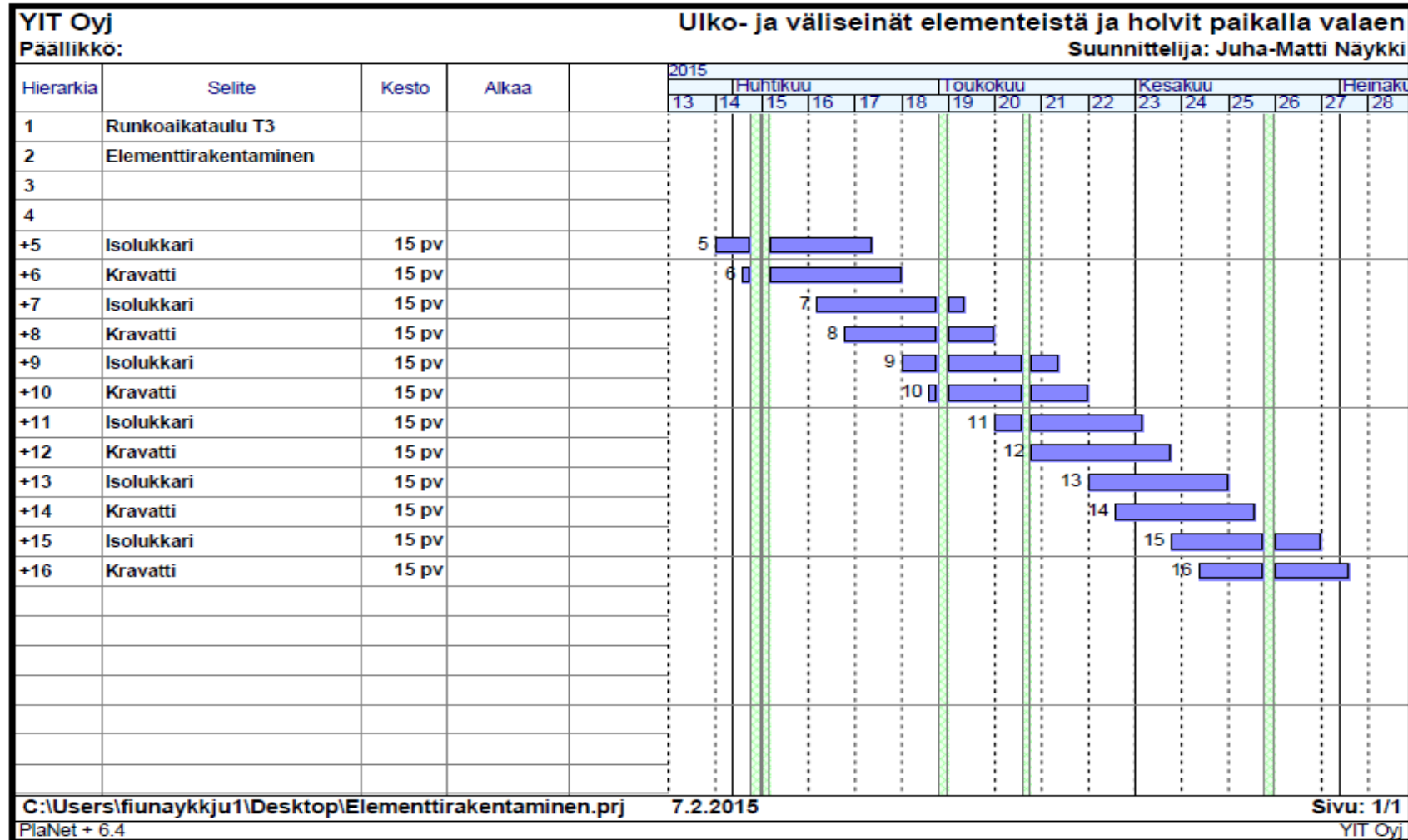
<b>Nosturin käyttöasteen</b> määrittäminen kohteessa					
As Oy Isolukkari ja As Oy Kravatti.					
Kohteet toteutetaan limittäin <b>paikalla valaen</b> .					
Määrät, YIT Rakennus Oy. Laskenta Kone-Ratu 04-3009, nosto- ja siirtokaluston suunnitteluohjeen mukaisesti.					
Seiniä ei valeta päänostokoneella apuna käyttäen:					
Kohteen betonoinnit hoidetaan pääasiassa pumi- tai pumppuvaluina.					
Kohteissa päänostokoneella valettava betonimäärä pieni, 720t.					
Holvit pumi- tai pumppuvaluina.					
$J = I \times (A \times B + D \times E) / 60$					
$J = 3,0 \times (720 \times 2,5 + 109 \times 7) / 60$					
$J = 128 \text{ h}$					
$L = J \times K$					
$L = 128 \times 1,3$					
$L = 167 \text{ h}$					
$N = 100 \times (L / M)$					
$N = 100 \times (167 / 616)$					
$N = 28 \%$					
Nosturin käyttöaste riittää, jos suurin osa valuista suoritetaan käyttäen pumi- ja pumppuvaluja.					

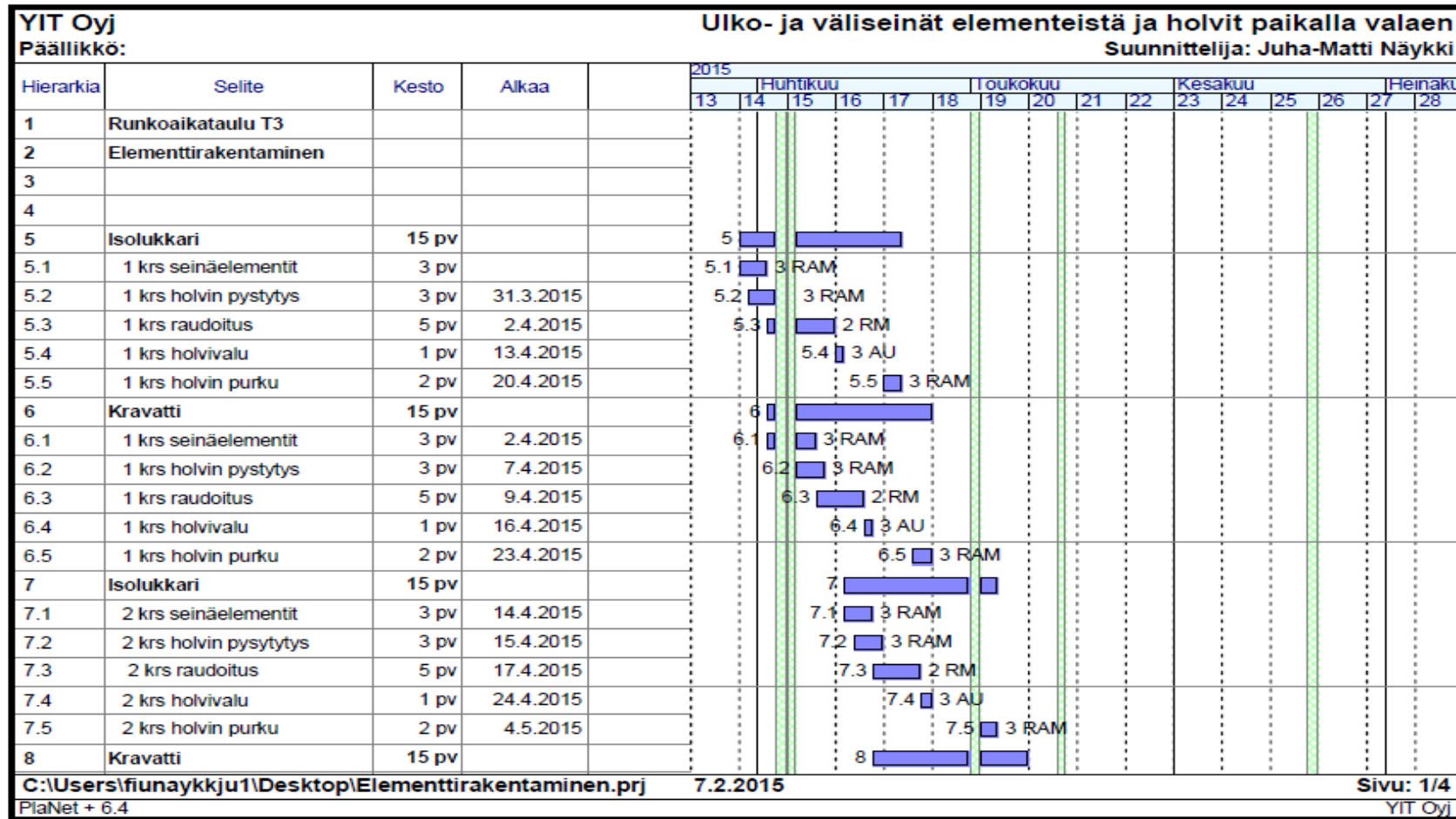


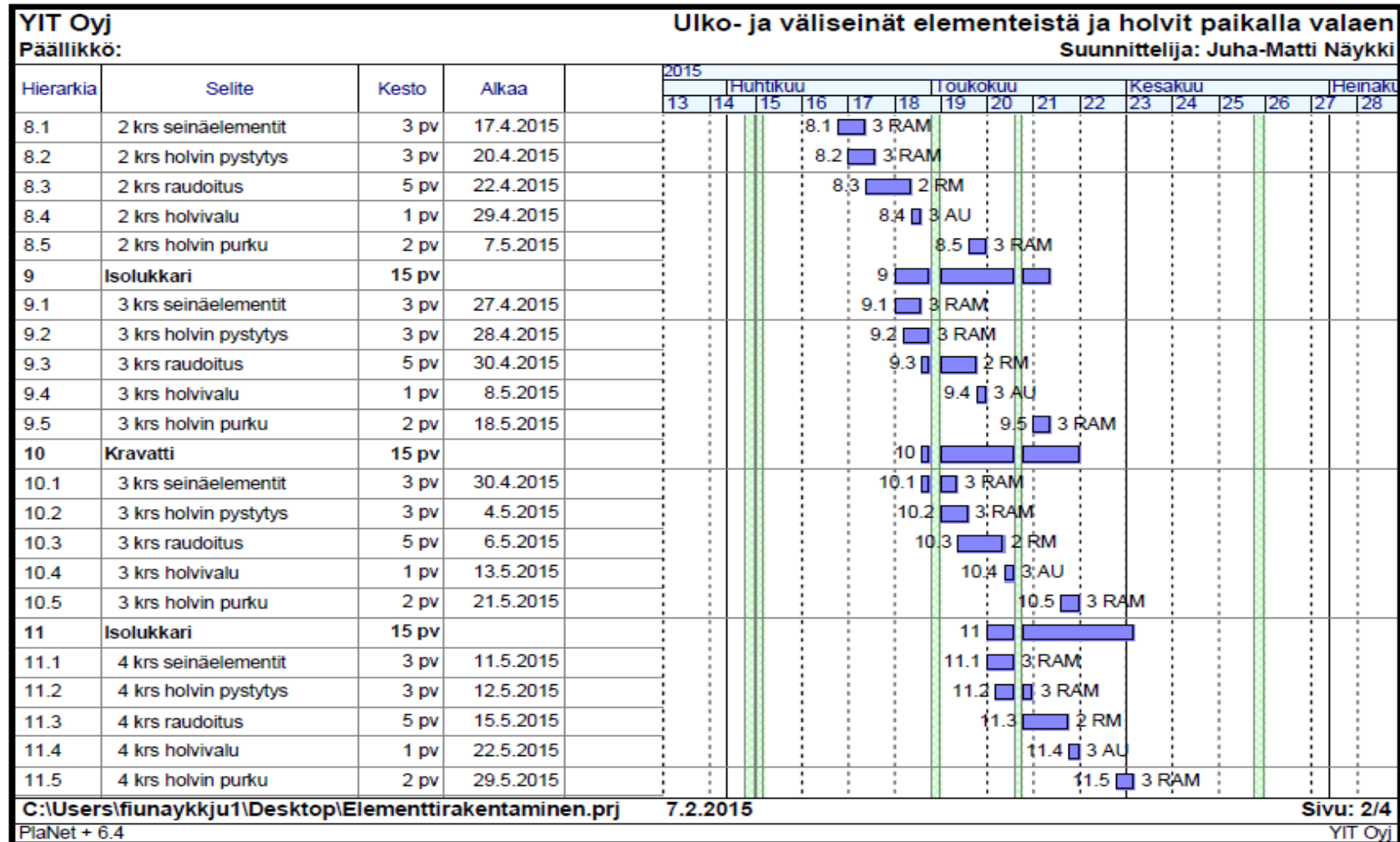
Elementtirakentamisen rungon kiertoaikataulu			
Laskennoissa on käytetty seuraavia asiakirjoja:			
Kone-Ratu 06-3021, Holvimuotit, palkkimuotit ja pilarimuotit.			
Ratu 0392, Väli- ja ulkoseinäelementtityö.			
Laskennat on tehty käyttäen T4 menekkejä.			
YIT Rakennus Oy:n omista laskentatiedoista sain seuraavat arvot:			
As Oy Isolukkari ja As Oy Kravatti ovat kummatkin kuusi kerroksisia Asuinkerrostaloja.			
		<b>Ulkoseinäelementit</b>	<b>Väliseinäelementit</b>
<b>Isolukkari</b>		52 kpl	132 kpl
<b>Kravatti</b>		50	120
		<b>Ulkoseinäelementit/kr</b>	<b>Väliseinäelementit/kr</b>
<b>Isolukkari</b>		9 kpl	22 kpl
<b>Kravatti</b>		9 kpl	20 kpl
<b>Työmenekit</b>			
<b>Karkeutettu työmenekki</b>			
		T3	T4
	Ulkoseinäelementit	1,9 tth/kpl	2,3 tth/kpl
	Väliseinäelementit	2,1 tth/kpl	2,6 tth/kpl
<b>Karkeutettu työsaavutus</b>			
		T3	T4
	Ulkoseinäelementit	12 kpl/tv	10 kpl/tv
	Väliseinäelementit	11 kpl/tv	9 kpl/tv

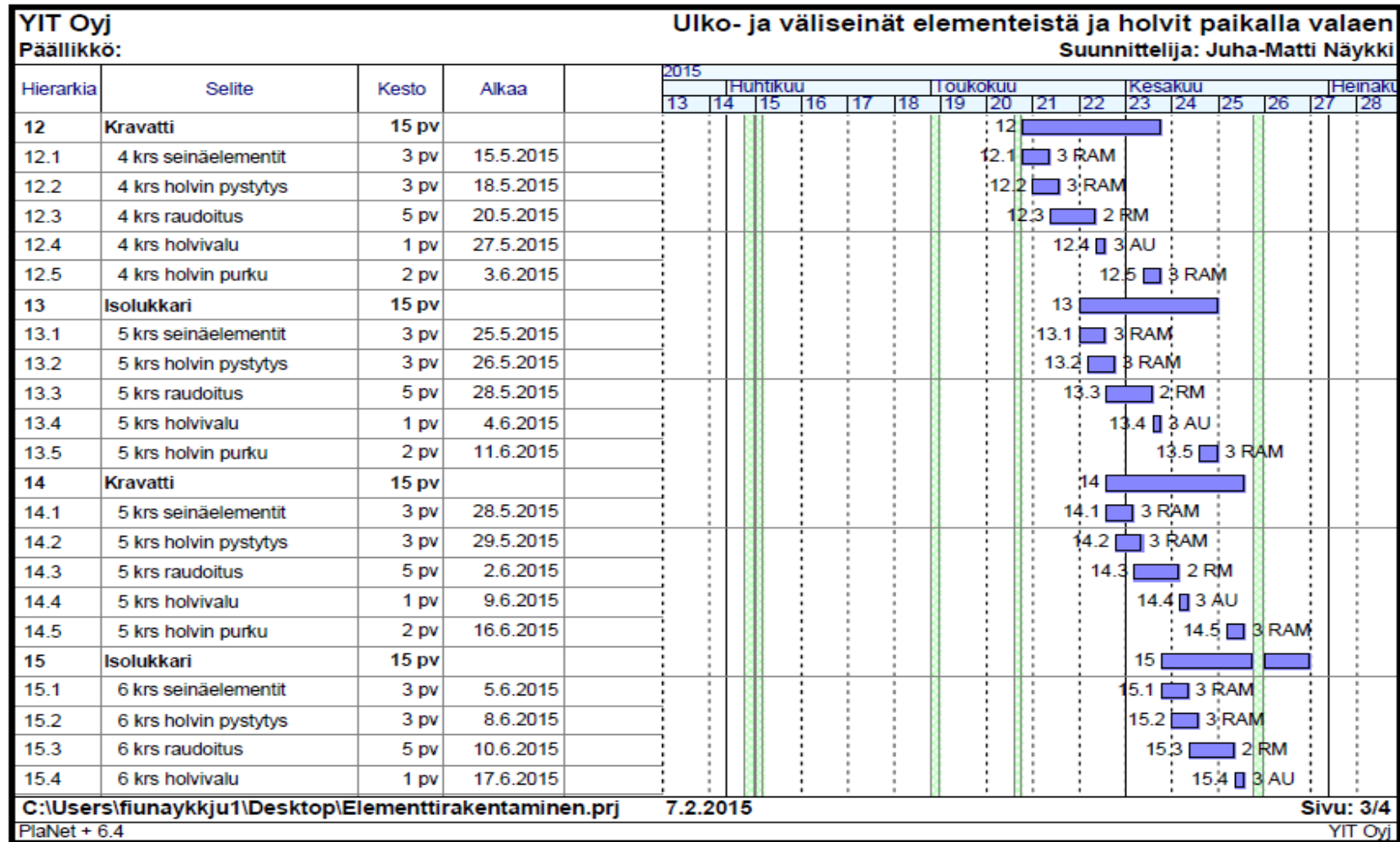
<b>Isolukkari T3</b>				
Ulkoseinät	9kpl/tv : 12 kpl= 0,75 tv			
Väliseinät	11kpl/tv : 22 kpl =2,0 tv			
Holvi	350m <sup>2</sup> x 0,32tth/m <sup>2</sup> : (3 RAM x 8 tth) = 4,7 tv = 5 tv			
Holvin pystytys ja irrotus	350m <sup>2</sup> x 0,17tth/m <sup>2</sup> : (3 RAM x 8 tth) = 2,48 tv = 3tv			
Muu holvityö	5,0 tv - 3,0 tv =2,0 tv			
LVIS	2,0 tv			
LVIS työt on lisätty aikatauluvertailuissa raudoituksen keston.				

<b>Kravatti T3</b>				
Ulkoseinät	9kpl : 9kpl/tv = 1 tv			
Väliseinät	20kpl : 10kpl/tv = 2 tv			
Holvi	322 m <sup>2</sup> x 0,32tth/m <sup>2</sup> : (3RAM x 8 tth) = 4,29 tv = 5tv			
Holvin pystytys ja irrotus	322m <sup>2</sup> x 0,17tth/m <sup>2</sup> : (3RAM x 8 tth) = 2,28 tv = 3 tv			
Muu holvityö	5,0 tv - 3,0 = 2,0 tv			
LVIS	2,0 tv			
LVIS työt on lisätty aikatauluvertailuissa raudoituksen keston.				
Näitä kestoja käyttäen saadaan runkovaihevertailun kautta yleisaikataululle betonirungon kesto T4= T3 x TL3 = 61 tv x 1,2 = 73 tv				





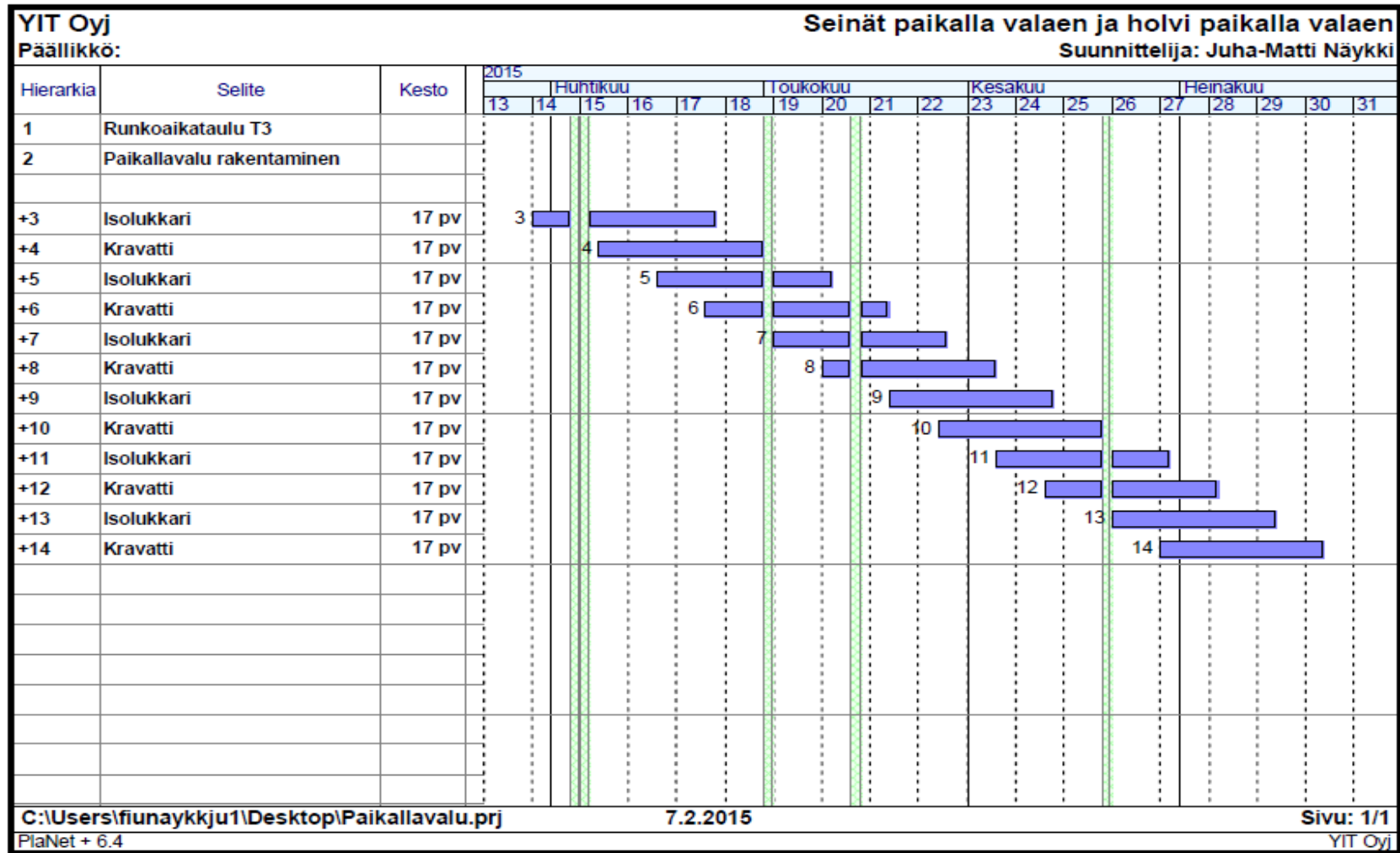


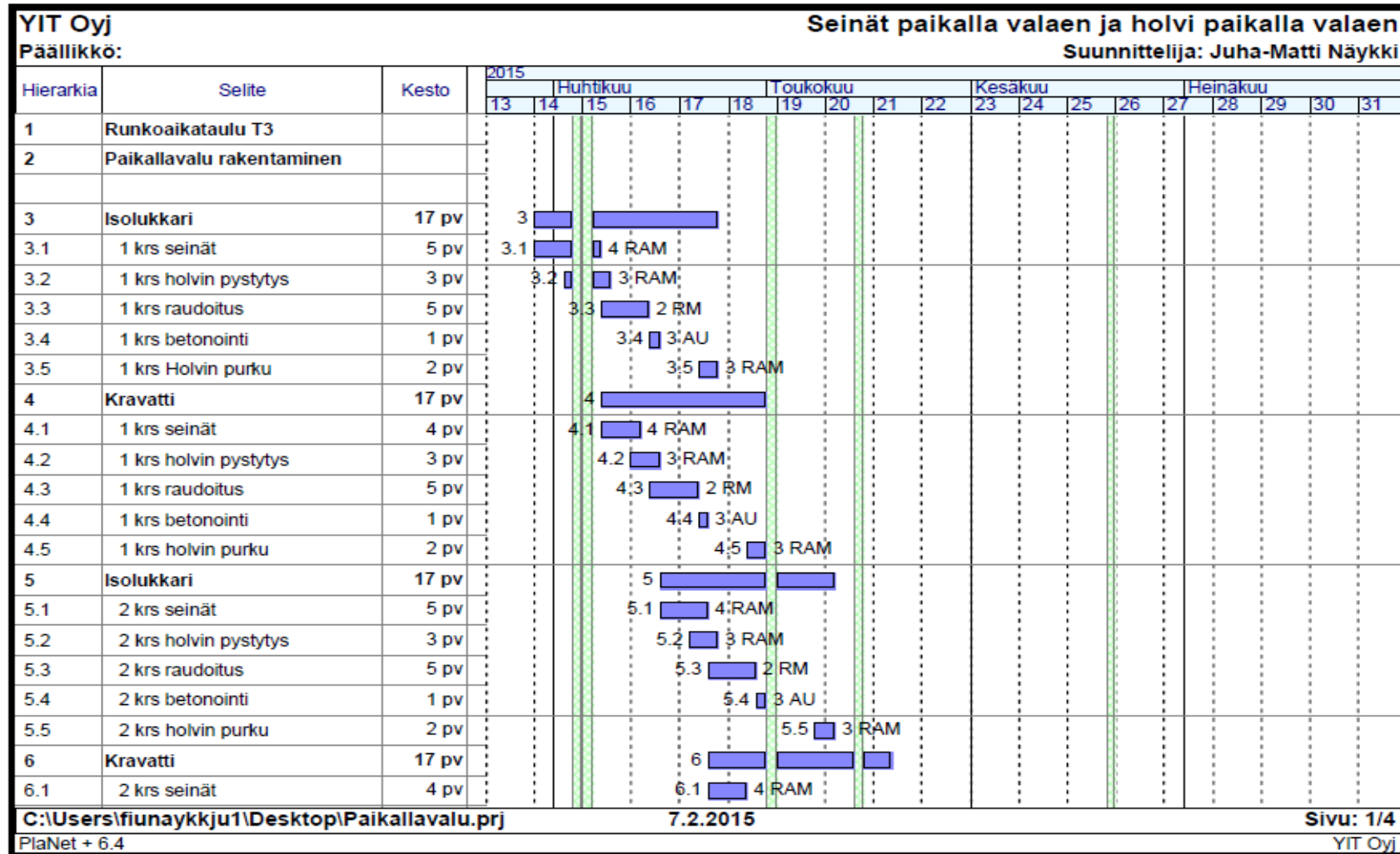


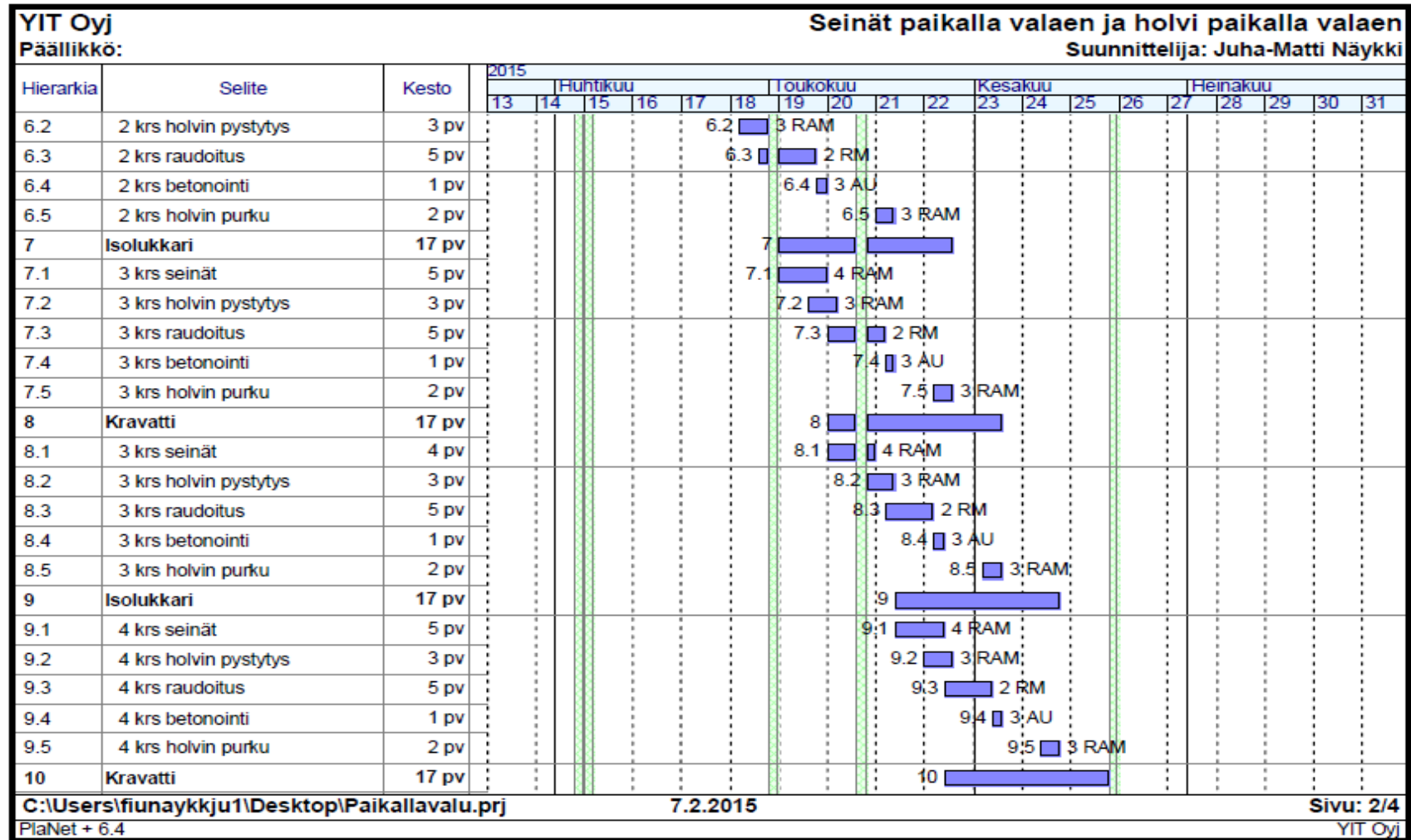


Paikalla valen tehdyn rungon kerroksen muottikierron nopeus kohteessa <b>As Oy Seinäjoen Kravatti</b>							
Työryhmät ja määrät, YIT Rakennus Oy. Menekit Aikataulukirja 2015.							
Seinämuottien kiertosuunnitelma on tehty kerroksista 2-5, koska niissä kierto on hitaampi kuin kerroksissa 1 ja 6.							
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth	Työryhmä	Kesto/tv
<b>Seinät</b> (katso muottikiertosuunnitelma)					32		4
<b>Holvi</b>	322	m2	0,32	tth/22	103,04	3	4,3
<b>Holvin raudoitus</b>	15	kg	4,5	1000kg/tth	67,5	2	3
Raudoituksen menekissä huomioitu holvin ylä- ja alapinnan verkkot, reunahäkit ja yksittäiset vahvikkeet ja teräkset.							
<b>LVIS</b>							2
LVIS töiden kestot on lisätty aikatauluvertailuissa raudoituksen keston.							
<b>Betonointi</b>	97	m3	0,24	tth/m	23,28	3	0,97
Saatuja kestoja (tv) on käytetty runkovaihevertailussa.							

Paikalla valen tehdyn rungon kerroksen muottikierron nopeus kohteessa <b>As Oy Seinäjoen Isolukkari</b>							
Seinämuottien kiertosuunnitelma on tehty kerroksista 2-5, koska niissä kierto on hitaampi kuin kerroksissa 1 ja 6.							
Työlaji	Määrä	Yksikkö	Työmenekki T3	Yksikkö	Yhteensä tth	Työryhmä	Kesto/tv
<b>Seinät</b> (katso muottikiertosuunnitelma)					32		4
<b>Holvi</b>	350	m2	0,32	tth/22	112	3	4,7
<b>Holvin raudoitus</b>	2,94	kg	16,3	1000kg/tth	48,0	2	3
Raudoituksen menekissä huomioitu holvin ylä- ja alapinnan verkkot, reunahäkit ja yksittäiset vahvikkeet ja teräkset.							
<b>LVIS</b>							2
LVIS töiden kestot on lisätty aikatauluvertailuissa raudoituksen keston.							
<b>Betonointi</b>	105	m3	0,24	tth/m	25,2	3	1,05
Saatuja kestoja (tv) on käytetty runkovaihevertailussa.							

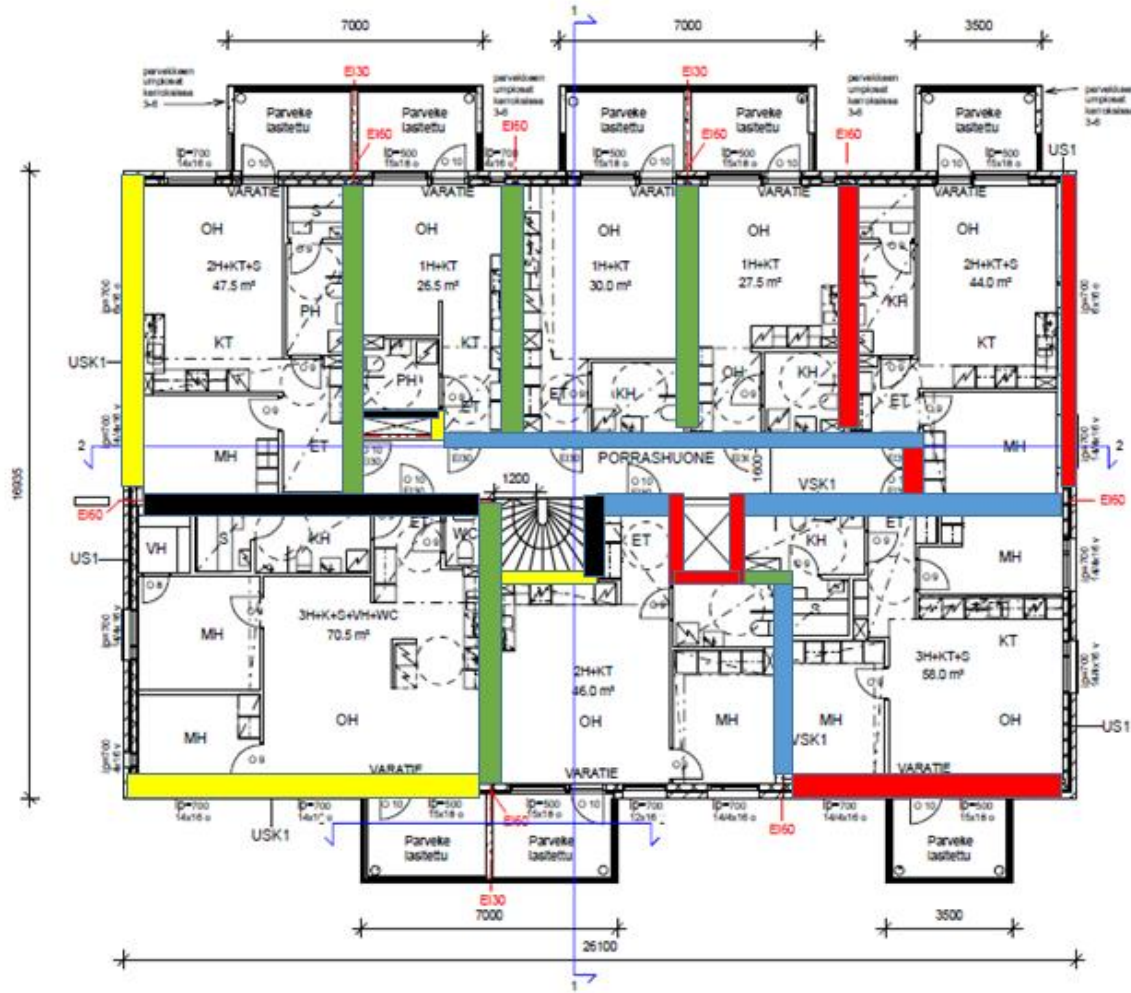






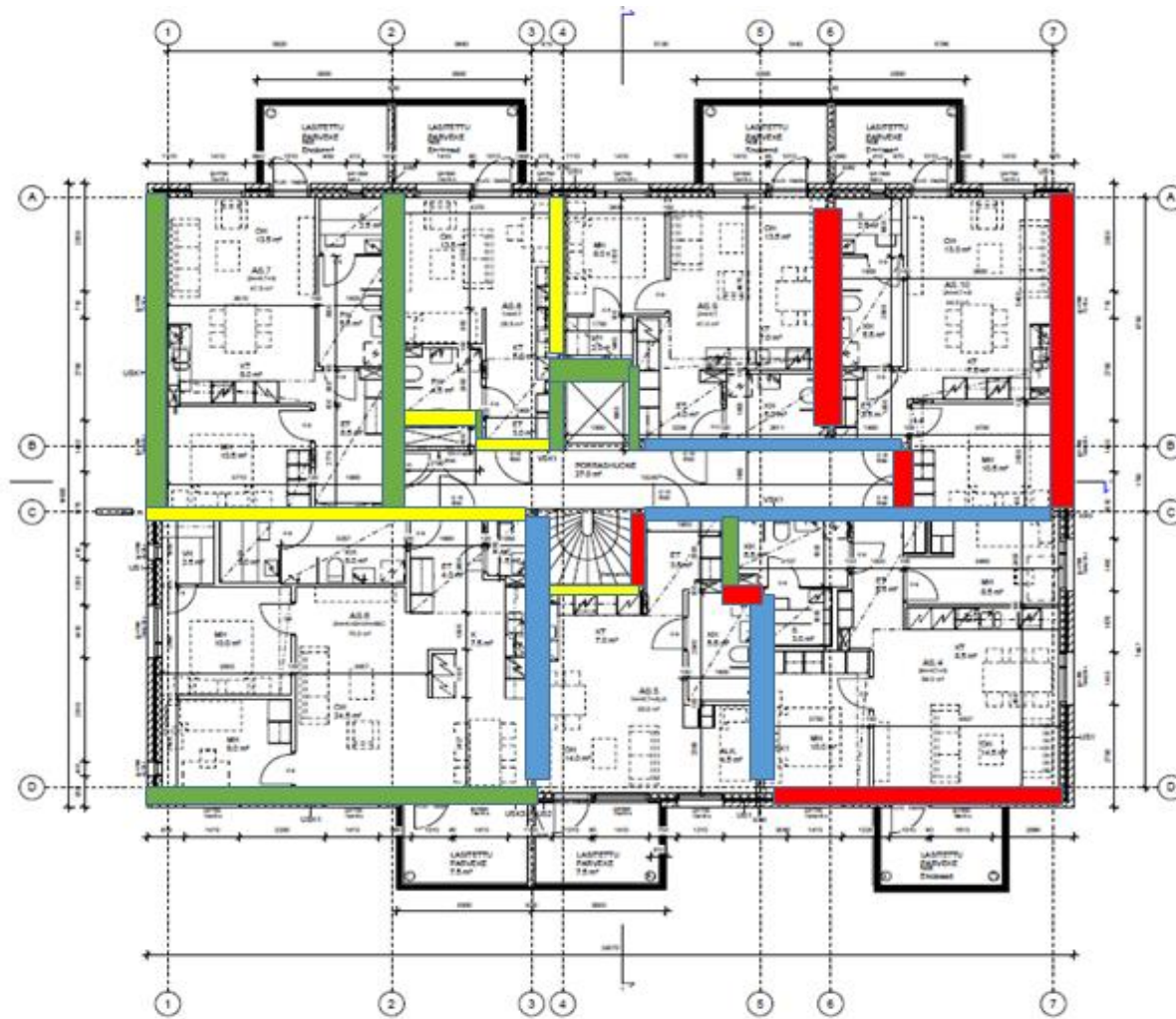






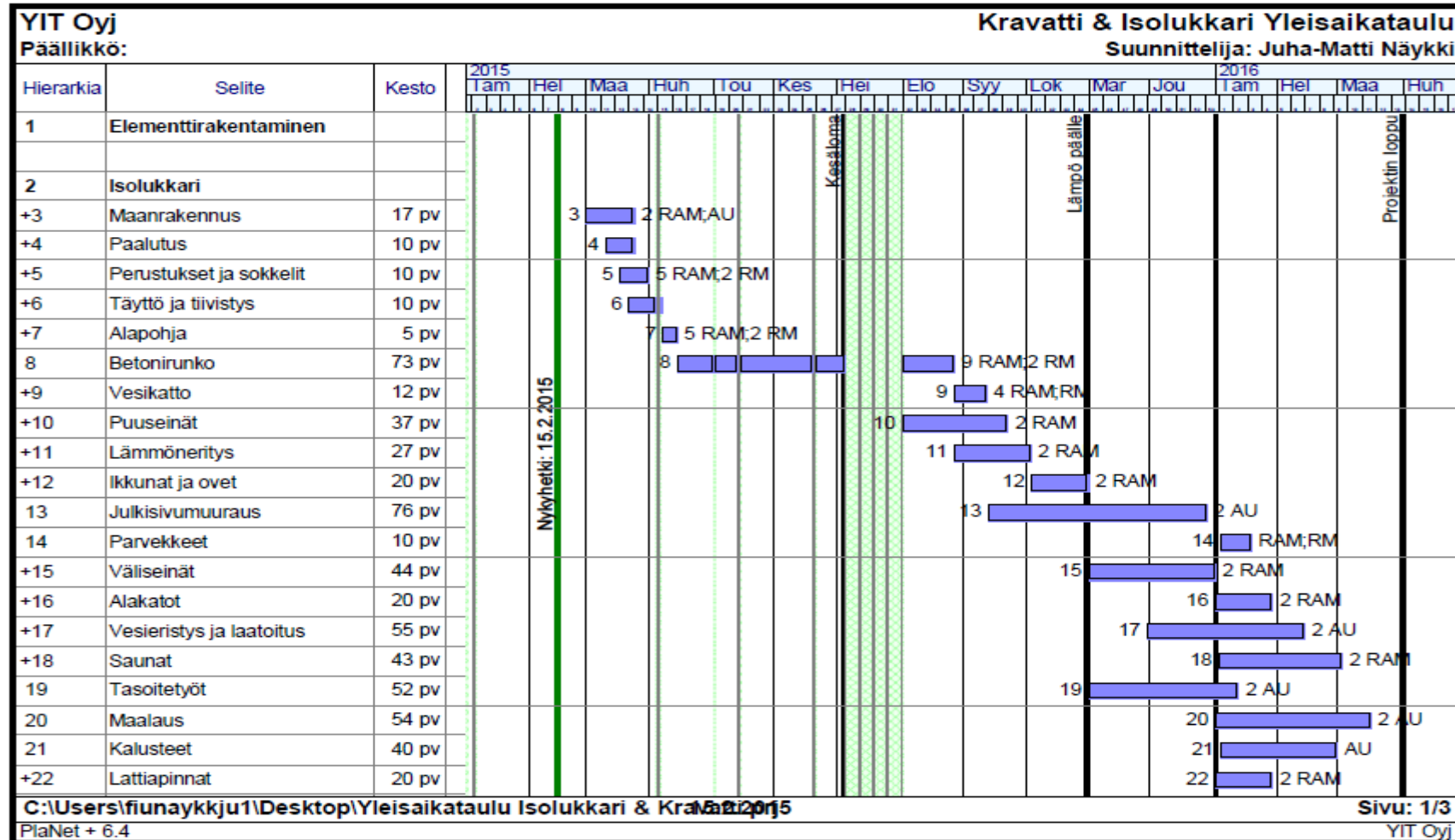
Muottikiertosuunnitelma  
Isolukkari

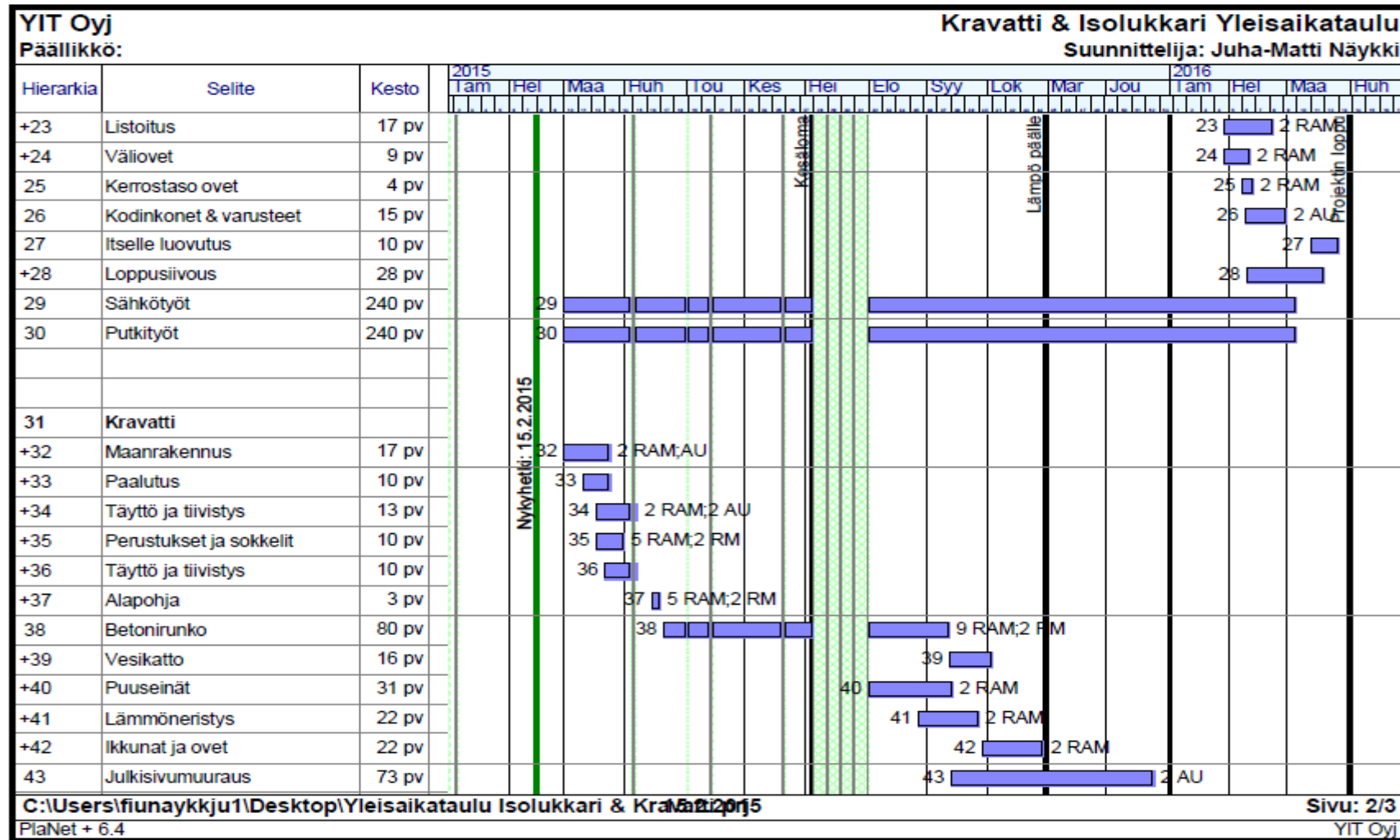
- 1. Päivä
- 2. Päivä
- 3. Päivä
- 4. Päivä
- 5. Päivä

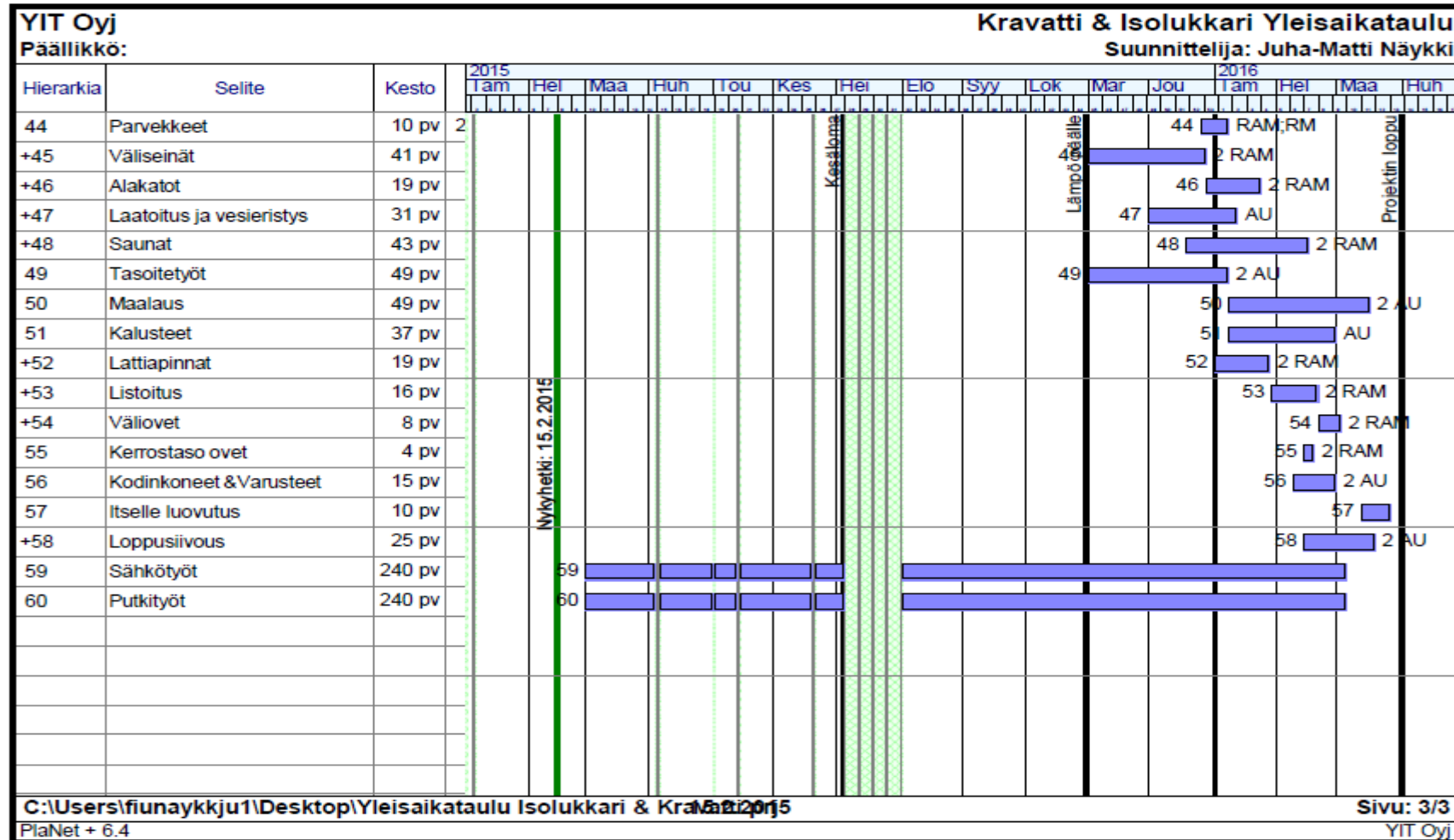


Muottikiertosuunnitelma  
Kravatti

- 1. Päivä
- 2. Päivä
- 3. Päivä
- 4. Päivä







YIT Oyj			Kravatti & Isolukkari Yleisaikataulu															
Päällikkö:			Suunnittelija: Juha-Matti Näykki															
Hierarkia	Selite	Kesto	2015												2016			
			Tam	Hel	Maa	Huh	Tou	Kes	Hei	Elo	Syy	Lok	Mar	Jou	Tam	Hel	Maa	Huh
1	Elementtirakentaminen																	
2	Isolukkari																	
3	Maanrakennus	17 pv			3													
3.1	Pintamaan poisto	12 pv			3.1													
3.2	Viemärit	5 pv			3.2													
3.3	Salaojat	5 pv			3.3													
4	Paalutus	10 pv			4													
4.1	Mittaus	1 pv			4.1													
4.2	Paalutus	10 pv			4.2													
4.3	Katkaisu	1 pv			4.3													
5	Perustukset ja sokkelit	10 pv			5													
5.1	Seinäanturat, h500mm	7 pv			5.1													
5.2	Plinttianturat	1 pv			5.2													
5.3	Raudoitus	4 pv			5.3													
5.4	Peruspalkit, h1200mm	9 pv			5.4													
5.5	Betonointi	2 pv			5.5													
6	Täyttö ja tiivistys	10 pv			6													
6.1	Perustusten alustäyttö	10 pv			6.1													
6.2	Alapohjan alustäyttö	5 pv			6.2													
6.3	Kanaalien täyttö	8 pv			6.3													
7	Alapohja	5 pv			7													
7.1	Ontelolaatat	4 pv			7.1													



