



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VÄESTÖNSUOJAN RAKENTA- MISTAPOJEN KUSTANNUS- VERTAILU

TEKIJÄ:

Valtteri Häyrinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Valtteri Häyrinen			
Työn nimi Väestönsuojan rakentamistapojen kustannusvertailu			
Päiväys	12.05.2021	Sivumäärä/Liitteet	32
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennusliike Lapti Oy			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla väestönsuojan eri rakentamistapojen kustannuksia. Työssä oli vertailtava kolme eri rakentamistapaa. Nämä olivat elementtirakenteinen rakentamistapa, kasettimuottijärjestelmä, sekä kappaletavarana toteutettu väestönsuoja. Opinnäytetyössä vertailtiin työ- aine- ja yhteiskustannuksia. Opinnäytetyön aihe saatiin Rakennusliike Lapti Oy:ltä. Opinnäytetyön mallikohteena toimi KYS Uusi Sydän 1C2 vaiheeseen toteutettu väestönsuoja.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin ensimmäisenä väestönsuojan vaatimukseen, sekä vertailtaviin rakentamistapoihin. Rakentamistapoja vertailtiin käyttämällä apuna. Rakennustöiden menekit 2020-kirjaa ja Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmää. Laskelmista saatuja tuloksia vertailtiin keskenään kustannustehokkaimman tavan löytämiseksi.</p> <p>Väestönsuojan kustannusvertailussa kustannustehokkaimmaksi rakentamistavaksi osoittautui kappaletavaralla toteutettu väestönsuoja. Opinnäytetyössä todettiin kuitenkin, että rakentamistapaa valittaessa on otettava huomioon kohteen muut paikallavalurakenteet, yleisaikataulu sekä sijainti. Opinnäytetyöstä rajattiin pois aikaan sidonnaiset kustannukset. Kustannusvertailusta voitaisiin tehdä jatkotutkimusta ottaen nämä myös huomioon.</p>			
Avainsanat kustannusvertailu, väestönsuoja, elementtirakenteinen, kasettimuottijärjestelmä, kappaletavara			

Field of Study Technology, Communication and Transport		
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering		
Author(s) Valtteri Häyrinen		
Title of Thesis Cost Comparison of Different Construction Methods of an Emergency Shelter		
Date	26 May 2021	Pages/Appendices
		32
Client Organisation /Partners Rakennusliike Lapti Oy		
<p>Abstract</p> <p>The objective of this final project was to make a cost comparison between the construction methods of an emergency shelter. Three different construction methods were compared, a prefabricated, a sheeting-panel formwork and emergency shelters built from parcelled goods. The costs were compared in the costs of labour, the costs of material and the common cost. The client organisation of the thesis was Rakennusliike Lapti Oy. The emergency shelter built to phase 1C2 of KYS Uusi Sydän was used as the example emergency shelter of this thesis.</p> <p>First, the requirements for an emergency shelter and the construction methods to be compared were studied. The construction methods were compared with the help of the book Rakennustöiden menekit 2020 and Talo 80 nomenclature system. The results from the calculations were compared between each other in order to find the most cost-effective construction method.</p> <p>The cost comparison proved that the emergency shelter built with parcelled goods turned out to be the most cost-effective construction method. However, it was noted that the other cast-in-place structures of the building project, general schedule and location have to be taken into account when choosing the construction method. The time bound costs were excluded from the thesis. A follow-up research could be made from the cost comparison when taking these points into account.</p>		
<p>Keywords cost comparison, emergency shelter, prefabricated, sheeting-panel formwork, parcelled goods</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	Rakennusliike Lapti Oy	6
2	KOHDE ESITTELY JA RAJAUKSET	7
3	VÄESTÖNSUOJAN MÄÄRITELMÄ JA VAATIMUKSET	8
3.1	Määritelmä	8
3.2	Vaatimukset	8
4	TYÖMAATEKNIikka	10
4.1	Elementtirakenteinen väestönsuoja	10
4.2	Kasettimuottijärjestelmä.....	10
4.3	Kappaletavara.....	11
4.4	Työmaalogistiikka	12
5	AIKATAULU.....	14
5.1	Elementtirakentaminen.....	14
5.2	Kasettimuottijärjestelmä.....	15
5.3	Kappaletavara.....	16
5.4	Aikataulu jakauma	17
6	KUSTANNUSVERTAILU.....	18
6.1	Työkustannukset.....	18
6.2	Ainekustannukset.....	19
6.3	Yhteiskustannukset	20
6.4	Kokonaiskustannukset.....	21
7	YHTEENVETO.....	23
8	POHDINTA.....	24
	LÄHTEET	25
	LIITE 1: AIKATAULU ELEMENTTIRAKENTAMINEN	27
	LIITE 2: AIKATAULU KASETTIMUOTTIJÄRJESTELMÄ	28
	LIITE 3: AIKATAULU KAPPALETAVARA	29
	LIITE 4: KUSTANNUSLASKENTA ELEMENTTIRAKENTAMINEN (SALASSAPIDETTÄVÄ)	30

LIITE 5: KUSTANNUSLASKENTA KASETTIMUOTTIJÄRJESTELMÄ (SALASSAPIDETTÄVÄ)	31
LIITE 6: KUSTANNUSLASKENTA KAPPALETAVARA (SALASSAPIDETTÄVÄ)	32

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyö käsittelee väestönsuojan kustannusvertailua eri rakentamistapojen välillä. Työssä kustannuksia vertaillaan kolmen eri rakentamistavan välillä. Nämä toteutustavat ovat elementtinä, ka-settimuottijärjestelmänä, sekä kappaletavarana toteutetut väestönsuojat. Kustannuksia tarkastellaan ja vertaillaan työ-, aine- ja yhteiskustannuksien kautta. Opinnäytetyön aihe valikoitui yhteistyössä Rakennusliike Lapti Oy:n työpäällikkö Pentti Leskisen kanssa. Väestönsuojan rakentaminen on yleensä yksi tahdistavimmista työvaiheista rakennustyömailla ja siitä syystä sen aikataulutus, sekä kustannusten hallinta on merkittävässä roolissa hankkeen onnistumisen kannalta.

Työn mallikohteena on KYS Uusi Sydän 1C2. Hankkeeseen rakennettiin noin 300 m² S1-luokan väestönsuoja. Kohde on sairaalarakennus mikä asetti kohteelle erityisvaatimuksia niin työmaanlogistiikan, kuin myös aikataulun kannalta.

Työn tavoitteena on antaa tilaajalle tulevien kohteiden suunnitteluun ja aikataulutukseen vertailukelpoista tietoa eri rakennustavoilla toteutettujen väestönsuojien kustannuksista, sekä niiden jakautumisesta näillä rakennustavoilla. Työssä selvitetään myös eri toteutustapojen hyötyjä ja taloudellisimmin toteutetun väestönsuojan toteutustavan.

1.2 Rakennusliike Lapti Oy

Rakennusliike Lapti Oy on perustettu vuonna 1990 nimellä Lappli-Tieto Oy (Rakennusliike Lapti.) Yrityksen alkuaikana toiminta keskittyi konsultointipalveluihin ja pientalojen rakentamiseen. Yrityksen perusti Timo Pekkarinen, joka toimii edelleen vuonna 2021 yrityksen toimitusjohtajana. Rakennusliike Laptin toiminta käynnistyi virallisesti vuonna 2008, jolloin yrityksen nimi muutettiin tämän päiväiseen muotoon. Yritys laajentui vuonna 2010 Kuopioon ja pk-seudulle. Tällöin yrityksen tuotanto laajentui voimakkaasti uudiskohteisiin rivi- ja kerrostalorakentamisessa.

Vuonna 2021 yritys toimii koko Suomen laajuisesti ja yrityksen palveluksessa on yli 600 henkilöä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2019 339,6 miljoonaa euroa ja liikevoittoprosentti oli 8,2 %. Rakennusliike Laptin tämän päivän strategian pääpaino on asuntojen uudis-, sekä julkistilojen rakentamisessa maanlaajuisesti.

Rakennusliike Laptin pitkänaikavälin kasvun strategian trendeiksi on asetettu kaupungistuminen, kestävä kehitys sekä väestön ja rakennuskannan ikääntyminen. Strategiaa Lapti toteuttaa suunnitelmalla kohteensa hyvin, toimien vastuullisesti sekä dokumentoiden laajasti kohteen eri vaiheita. Nämä mahdollistavat Rakennusliike Laptin sloganissakin mainitun ”rakennamme huolella hyvän elämän puitteet” –periaatteen.

3 VÄESTÖNSUOJAN MÄÄRITELMÄ JA VAATIMUKSET

Väestönsuojan tarkoituksena on turvata väestöä ensisijaisesti sotilaallisen hyökkäyksen aikana (Pelastuslaki 2018/1353, 71§.) Väestönsuojalla tarkoitetaan rakennukseen tai sen yhteyteen rakennettua erillistä tilaa, jonka tehtävänä on antaa suojaa erityistilanteessa sen vaatiessa. Väestönsuojelu on määritelty Geneven sopimuksessa, joten tämä otetaan huomioon rakentamisessa myös Suomessa. Väestönsuojat luokitellaan Suomessa kolmeen eri suojaluokkaan: S1, S2 ja kalliosuoja. Väestönsuojan rakentamisesta vastaa rakennusten omistajat tai haltijat.

3.1 Määritelmä

Väestönsuojan rakentamisvelvollisuus uudisrakentamiselle määritellään pelastuslaissa (Pelastuslaki 2018/1353, 71§.) Tässä kyseisessä pykälässä määritetään, että uudisrakentamisen yhteydessä on tehtävä väestönsuoja, jos samalla tontilla tai rakennuspaikalla on kerrosalaa vähintään 1200 m² ja siinä asutaan, työskennellään tai oleskellaan muutoin pysyvästi.

Samalla tontilla tai rakennuspaikalla jo olevia rakennuksia, joita varten on jo rakennettu väestönsuoja ei oteta huomioon uudisrakennuksen väestönsuojan rakentamisvelvollisuudessa. Määrättäessä rakentamisvelvollisuutta huomioon ei myöskään oteta rakennuksia, joiden osittaisesta loppukatselmuksesta on kulunut yli viisi vuotta ennen rakennuslupahakemuksen vireille tuloa.

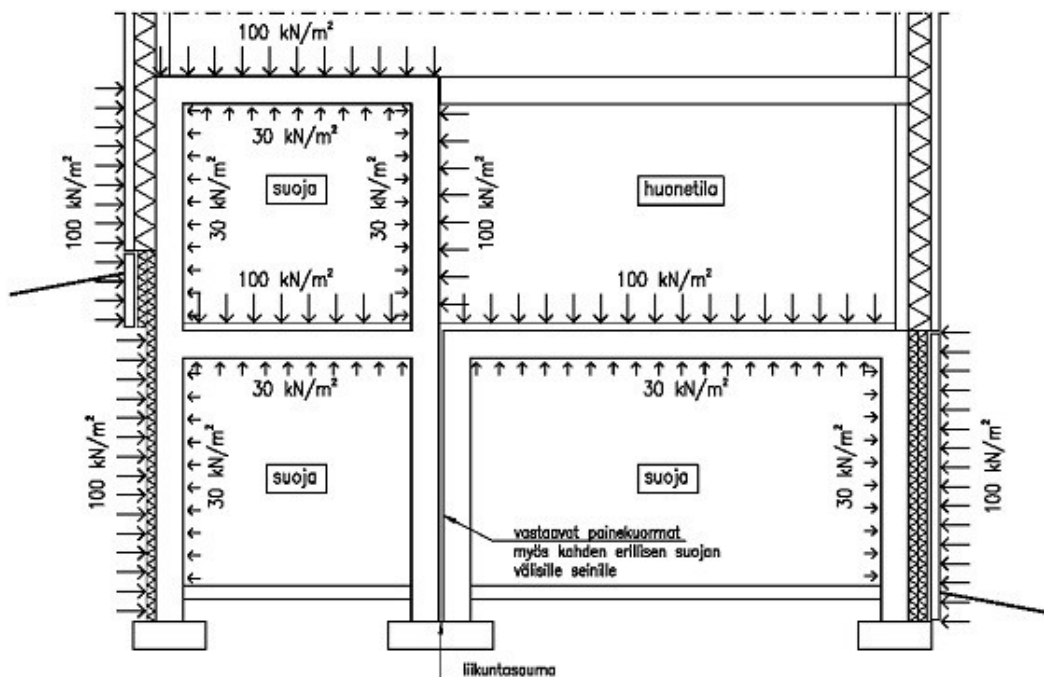
Väestönsuojan pinta-ala lasketaan sen rakennuksen/ rakennusten yhteenlasketusta kerrosalasta. Pinta-alan tulee olla vähintään kaksi prosenttia kerrosalasta. Myymälä-, teollisuus-, tuotanto- ja koontumisrakennusten sekä varastotilojen osalta väestönsuojan tulee olla kuitenkin vähintään yksi prosentti kerrosalasta. Väestönsuojan suojaluokat määräytyvät suojatilan pinta-alan perusteella seuraavasti: S1 enintään 135 m², S2 enintään 900 m² ja kalliosuoja enintään 4500 m². Kohteessa väestönsuoja on luokkaa S1.

3.2 Vaatimukset

Väestönsuojan rakentamisvaatimuksia määrittelee Suomessa pelastuslaki (Pelastuslaki 2018/1353,71–77 §.) Väestönsuojan tulee antaa siinä oleskeleville suojaa asevaikutuksilta ja rakennusosuuksilta sekä ionisoivalta säteilyltä ja myrkyllisiltä aineilta. Käyttötarkoitus huomioon ottaen väestönsuojan tulee olla lämpötila, ilmanlaadun ja hygieenisen varustetason osilta riittävä. Valtioneuvoston asetuksessa annetaan tarkempia säännöksiä suojan koosta, rakenteesta ja sijainnista (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 2011/408). Väestönsuojan teknisistä yksityiskohdista annetaan tarkempia säännöksiä sisäministeriön asetuksessa. Väestönsuojan rakentamista koskevia vaatimuksia, laitteisiin tehtävistä merkinnöistä sekä laitteiden mukana toimitettavista tiedoista ja ohjeista säädetään pelastustoimen laitteista annetuissa laissa (Laki pelastustoimen laitteista 10/2007).

S1 suojaluokka asettaa mallikohteessa tiettyjä rakennusteknisiä vaatimuksia. Väestönsuojan pinta-ala tulee olla alle 135 m² ja sen tulee kestää 100 kPa (1 bar, 100 kN/ m²) kuormitus (Elementti suunnittelu 2021.) Väestönsuojaan kohdistuvia kuormituksia kuvataan kuvassa 2. Lisäksi ympäryseinien paksuus on oltava vähintään 300 mm paksua teräsbetonia. Väestönsuojan lattian, kantavien

väliseinien sekä pilareiden on oltava vähintään 150 mm paksua teräsbetonia. Perustukset tulee mitoittaa siten, että siinä otetaan huomioon $\frac{1}{4}$ osa pystysuoraan vaikuttavista paine- ja sortumakuormista.



Maanalainen tai siihen verrattavalla tavalla suojattu sekä ulkoilmaa vastaan oleva S1-luokan väestönsuojan katto, ympäröivä ja ilmaa vasten oleva lattia tulee tavanomaisen kuormituksen lisäksi mitoittaa kuvassa esitetyille asevaikutuksen paineallion aiheuttamille kuormille.

KUVA 3. Väestönsuojan mitoituskuormat (Elementti suunnittelu 2021)

4 TYÖMAATEKNIikka

Tässä opinnäytetyössä käsiteltäviä rakentamistapoja ovat elementtirakenteinen, kasettimuottijärjestelmällä sekä kappaletavaralla tehdyt väestönsuojat. Työmaalle sopivan rakentamistavan valinnalla on suora merkitys työmaan työ-, aine- ja yhteiskustannuksiin. Lisäksi kohteen sijainti ja muut paikalla valurakenteet kohteessa tulee ottaa huomioon valittaessa toteutustavan väestönsuojan rakentamiselle.

4.1 Elementtirakenteinen väestönsuoja

Lattialaatan valuvaiheessa tulee asentaa elementeille tarkoitetut tartuntaraudat suunnitelmien mukaisesti (Karanttia väestönsuojat, Asennusohje ja turvallisuus- sekä laatusuunnitelma 2020.) Tartuntalenkit on asennettava kohtisuoraan väestönsuojan laatan reunaa n0ähden, jotta seinäelementtejä asentaessa elementti pääsee vapaasti laskeutumaan paikalleen oikeaan korkoonsa. Väestönsuojan lattialaatan tulee saavuttaa C20/25 lujuus ennen elementtirakentamisen aloittamista. Elementtirakenteisen väestönsuojan teko alkaa seinäelementtien asentamisella.

Elementtiasennuksen alkaessa korkotiedot ja seinälinjojen nurkkapistet tulee olla merkittyinä. Asennuksessa käytetään työmaan torninosturia tai vaihtoehtoisesti autonosturia riippuen työmaan työmaateknisistä ratkaisuista. Seinäelementit tuetaan asennuksen aikana seinäelementtien vinotuilla. Asentaessa seinäelementtiä alasauman teräkset limittyvät laatassa olevien teräksien kanssa. Alasauman vaakateräs asennetaan yleensä seinäelementin varauskolon ylälaidasta asennuksen yhteydessä. Kohteen seinäelementtien ollessa asennettuna tehdään juotosvalut elementtien alasaumoille. Kattolaatat asennetaan siten, että ne asettuvat seinäelementin päälle noin 5–10 cm riippuen asennusvaroista. Lisäksi kattolaatat tuetaan holvituilla asennuksen aikana. Holvin tuenta määräytyy erillisen tuentasuunnitelman mukaan. Kattolaattojen asennuksen jälkeen paikallavalu kenttä raudoitetaan elementtisuunnittelijan laatiman raudoituspiirroksen mukaan. Tässä vaiheessa asennetaan myös kohteesta riippuen tarvittavat varaukset ja tartunnat.

Elementtien pystysauma- ja holvin valaminen betonilla suoritetaan viimeisenä työvaiheena elementtiasenteisessa väestönsuojassa. Valamisen jälkeen työmaan on huolehdittava riittävästä betonipinnan jälkihoidosta. Elementtirakenteisessa väestönsuojassa ovat valmiina väestönsuojan ovet, luukut sekä ilmanottoputket suunnitelmien mukaisesti.

4.2 Kasettimuottijärjestelmä

Kasettimuottijärjestelmän asennussuunnitelmat tulevat yleensä suoraan järjestelmän toimittajalta. Asennussuunnitelmat tehdään kohteen rakennesuunnitelmien ja työmaan toivomuksien mukaiseksi. Kasettimuottijärjestelmällä toteutettuna väestönsuojan teko alkaa muottijärjestelmän kasaamisella. Kasauksessa ja asentamisessa tulee huomioida, että työvaiheessa on käytössä riittävä nostokalusto työmaalla. Kasettimuottijärjestelmän kasauksen jälkeen työmuotti nostetaan paikoilleen asennuskohteeseen. Väestönsuojaa tehtäessä työmuotiksi valitaan yleensä sisäkierto, sillä näin valuvaiheessa holvin tartunnat eivät ole työvaiheen edessä. Työmuotin ollessa paikoillaan asennetaan väestönsuojan ovet, luukut ja tarvittavat LVIS-varaukset. Tämän jälkeen raudoitetaan seinät ja lisätään rakennesuunnitelman mukaiset tartunnat holvia varten. Raudoituksien ja varauksien ollessa valmiina

asennetaan muotin toinen puoli ja sidotaan se työmuottiin kiinni. Muottien ollessa sidotut toisiinsa voidaan valaa seinät ja väliseinät. Muotit voidaan purkaa, kun betoni on saavuttanut 5 megapascalin lujuuden.

Viimeisenä työkokonaisuutena kasettimuottijärjestelmällä tehdessä jää mallikohteessa väestönsuojan holvin muottityöt ja valu. Muottityö aloitetaan asennustukien pystytyksellä, joidenka päälle asennetaan niskapalkit holvisuunnitelman mukaisesti. Koolauspalkit asennetaan vaakasuuntaisesti niskapalkkien päälle. Näiden päälle tulee muottilevyt, jolloin holvi on valmis raudoitettavaksi. Raudoituksen jälkeen voidaan suorittaa holvivalu.



KUVA 4. Kasettimuottijärjestelmä asennettuna mallikohteessa (Häyrinen 2020)

Kasettimuottijärjestelmällä tehdessä saadaan samaan valukertaan väestönsuojan sisäseinät, sekä kyseisessä mallikohteessa vaadittavat seinänsisäiset pilarit. Tällä työmaateknisellä toimenpiteellä saadaan työmaalle aikataulullisista etua. Muottijärjestelmät ovat yleisesti vuokralla rakennusliikkeillä, jolloin muottien tehokas käsittely työmaalla säästää kustannuksia. Kyseisestä työvaiheesta vastaavan työnjohtajan tulee ottaa muottikalusto työmaalle oikea aikaisesti ja palauttaa ne muottitöiden ollessa valmiit. Järjestelmämuotilla tehtäessä yksittäisen työryhmän koko on verrattavan pieni. Työvaiheen aikataulutamisessa ja yhteensovittamisessa tulee huomioida nostokaluston tarve.

4.3 Kappaletavara

Kappaletavarana toteuttaessa paikallavalurakenteita kirvesmiesten ammattitaito korostuu työn suunnittelusta lähtien toteutuksen viimeistelyyn. Mallikohteessa kappaletavarana toteuttaessa väestönsuojan muottityö tulee aloittaa ulkoseinien työmuotin pystyttämällä työmaateknisistä syistä. Tällä ratkaisulla saataisiin se etu, että päästäisiin raudoittamaan ulkoseiniä mahdollisimman varhaisessa

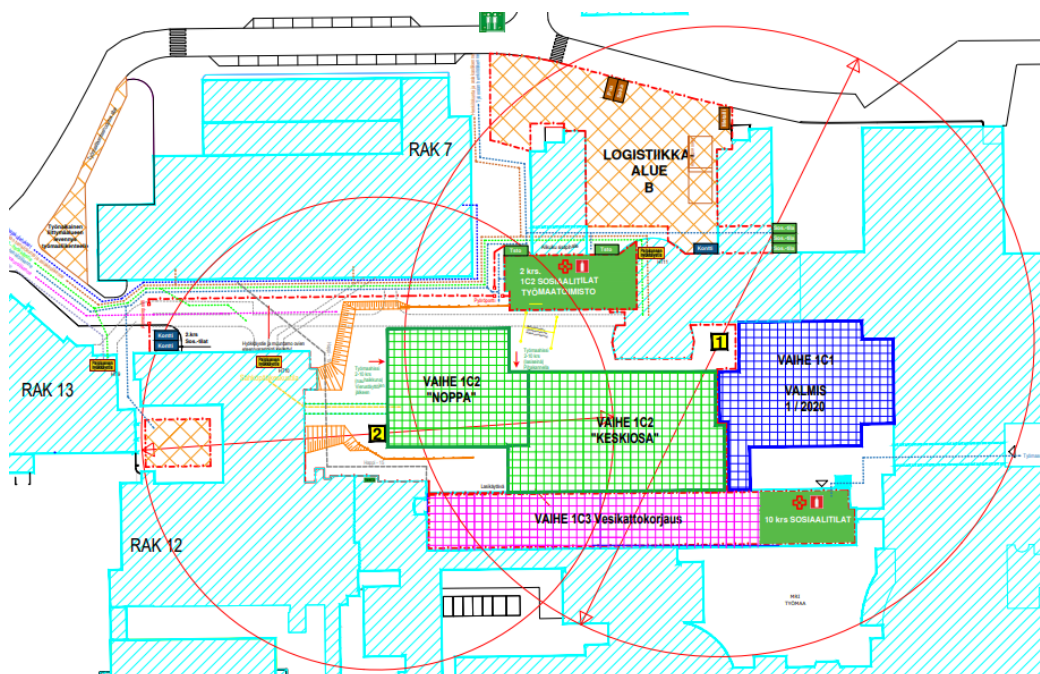
vaiheessa. Väestönsuojaan tulevat varaukset ja läpimenot asennetaan muottiin raudoituksen yhteydessä. Ulkoseinien työmuotin ja läpimenojen ollessa asennetut työryhmä voi siirtyä väliseinien ja pilareiden työmuotin muottitöihin. Raudoituksen ja työmuottien ollessa valmiit pystytään aloittamaan holvin muottityö ja raudoittaminen. Viimeiseksi työvaiheeksi jää muottien toisen puolen pystyttäminen ja muotin valuaikainen tuenta. Tässä työvaiheessa työryhmän ja työvaiheesta vastaavan työmaamestarin ammattitaito korostuu tarvittavan tuennan ja muotin tiiveyden saavuttamisessa.

Kappaletavarana toteuttaessa saavutetaan etua siinä, että väestönsuojan ulkoseinät, väliseinät ja holvi voitaisiin valaa yhdellä valukerralla. Lisäksi työmaan logistiikan kannalta tällä tavalla tehdessä säästetään torninosturin tai muun nosturin käyttötunteja. Haasteena perinteisellä levymuottitekniikalla toteuttaessa tulee muotin tuenta ja työvaiheiden yhteensovitus muottiryhmän ja raudoittajien välillä mallikohteessa.

4.4 Työmaalogistiikka

Mallikohde sijaitsee sairaaloiden keskelle, joten rakentaessa työmaan toimiva logistiikka korostuu jokapäiväisessä työskentelyssä. Työmaan aluesuunnitelmasta voidaan todeta työmaan haastava paikka sairaalarakennuksien keskellä (kuva 5).

Väestönsuojaa rakentaessa työmaalla oli samanaikaisia työvaiheita maanrakennustyöt, vanhan sairaalarakennuksen purku, perustuksien teko ja elementtien asennukset. Työmaalle oli yksi kulkureitti mistä kaikki logistiikan oli kuljettava. Työnsuunnittelun ja yhteistyön tärkeys muiden urakoitsijoiden kanssa korostui hankkeen aikana.



KUVA 5. Ote KYS 1C2 aluesuunnitelmasta (Häyrinen 2021)

Hankalan sijaintinsa takia mallikohteessa työmaalogistiikka aiheuttaa suuren kustannuserän. Hyvällä työn ennakkosuunnittelulla ja aikataululla voidaan kuitenkin saavuttaa kustannussäästöjä kohteessa. Kohteeseen on tehty erillinen logistiikkasuunnitelma, jota työmaan toimijoiden tulee noudattaa. Tavarantoimituksesta ja lähtemisestä vaaditaan ennakoilmoitus ja tiedote työmaan yleisessä käytössä olevaan aikataulukalenteriin. Tällä järjestelmällä pystytään varmistamaan se, että kuormien

tulot ja niiden yhteensovitus saadaan järjestettyä kustannustehokkaasti. Tällöin kuormien toimituksessa voitiin minimoida niistä aiheutuvat lisäkustannukset, kuten kuormien ylimääräiset odotusajat. Väestönsuojan rakennusvaiheessa työmaalla on käytössä kaksi torninosturia. Torninostureiden käyttö väestönsuojan rakentamisessa tulee suunnitella yhteensopivaksi muun työmaan toiminnan kanssa.

5 AIKATAULU

Väestönsuoja aikataulutetaan kohteen yleisaikatauluun yleensä omana viivana, sillä sen rakentaminen on osaltansa tahdistava työvaihe rungon etenemisen suhteen ja merkittävä työvaihe ajallisesti. Yleisaikatauluun aikatauluttamalla väestönsuojan rakentaminen voidaan tahdittaa yhteensopivaksi muiden työmaalla päällekkäin olevien työvaiheiden kanssa. Näin voidaan reagoida eri työvaiheiden etenemiseen ja lisätä esim. resursseja tarvittaviin työvaiheisiin. Aikataulusuunnittelu ja sen seuranta on yksi merkittävimmistä asioista työmaan taloudellisen onnistumisen kannalta.

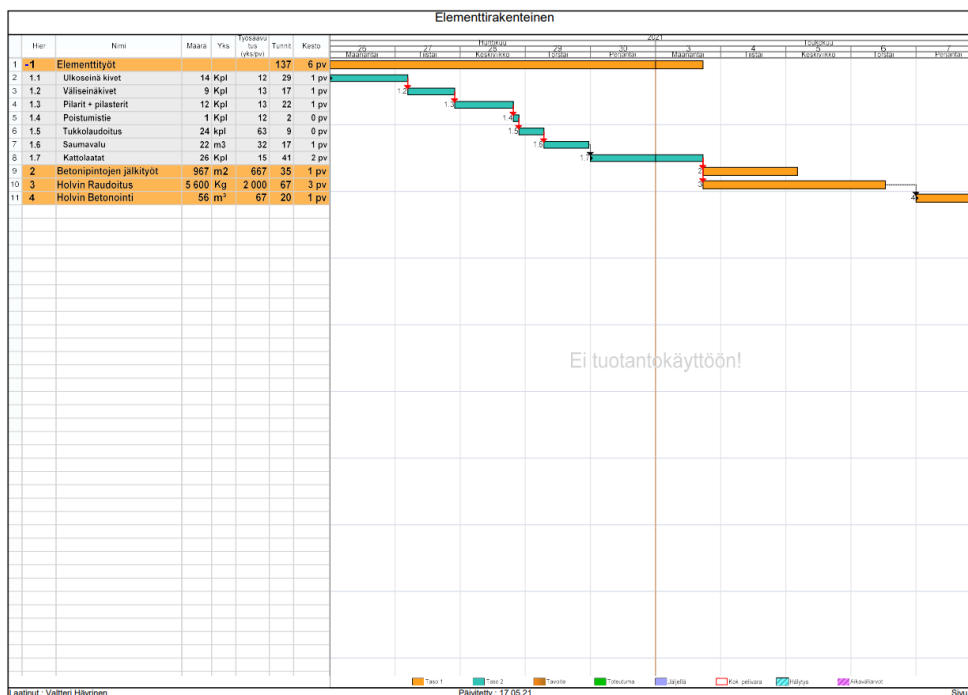
Opinnäytetyössä käydään aikataulu lävitse työvaiheaikataulun tarkkuudella. Opinnäytetyössä aikataulusuunnittelu on tehty pohjautuen Rakennustöiden menekit 2020 kirjaan. Työvaiheaikataulu on suunniteltu sopivaksi kohteen yleisaikatauluun. Kustannusvertailussa yhtenä merkittävänä tekijänä käytettiin eri rakentamistapojen työntekijätunteja sekä kokonaisläpimenoaikoja.

Aikataulun laadinnassa on käytetty samoja resurssimääriä. Resurssit koostuivat kahdesta eri työryhmästä, jotka olivat muottityöryhmä/elementtiasennusryhmä ja rauditusryhmä. Näiden kummankin vahvuus on kaksi rakennusammattilaista ja yksi rakennusmies. Aikataulu on toteutettu T4 eli kokonaisaikojen perusteella. T4- aika saadaan käyttämällä Rakennustöiden menekit 2020 kirjassa mainittua uudis- ja korjaustöiden TL3-lisäaikaakerrointa.

5.1 Elementtirakentaminen

Elementtirakenteisen väestönsuojan läpimenoaika on mallikohteeseen laskettuna 259 työntekijätuntia eli 11,5 työvuoraa. Tämä koostuu elementtistöistä 6 työvuoraa, betonipintojen jälkityöstä 1 työvuoraa, holvin raudoituksesta 3 työvuoraa sekä holvin jälkivalun betonoinnista 1 työvuoraa. LVIS läpivientien ja ovien asennukset on asennettuina elementeissä.

Suurimpana yksittäisenä työkokonaisuutena on elementtien asennustyöt ja niiden saumavalut, jotka kestävät yhteensä 137 työntekijätuntia. Elementtirakenteisessa väestönsuojassa on verrattavan vähän työvaiheita, joten sen mahdollinen häiriöherkkyys on näin suhteellisen pieni.

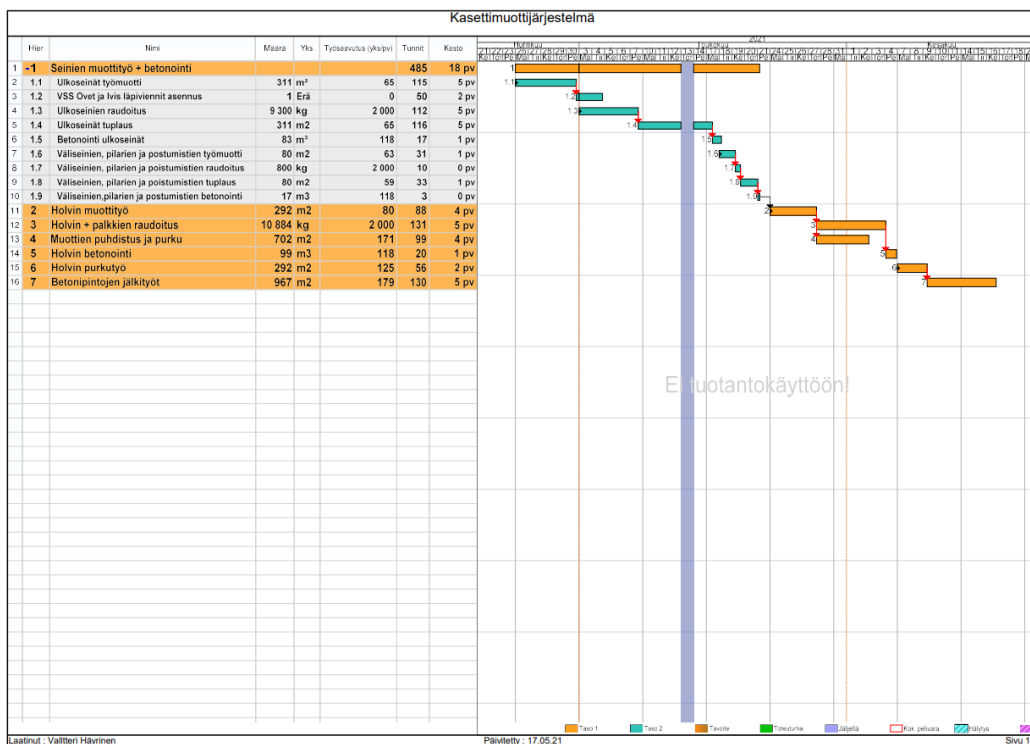


KUVA 6. Aikataulu elementtirakentaminen (Häyrynen 2021)

5.2 Kasettimuottijärjestelmä

Kasettimuottijärjestelmällä toteutetussa aikataulussa laskennallinen läpimenoaika on 39 työvuorua eli 1 009 työntekijätuntia. Seinien muottityö on isoin kokonaisuus työvaiheista tällä menetelmällä, joka kestää 18 työvuorua. Holvin muottityöhön 4 työvuorua, holvin ja palkkien raudoitukseen 5 työvuorua, muottien puhdistukseen ja purkuun 4 työvuorua, holvin betonointiin 1 työvuorua, holvin purkutöihin 2 työvuorua ja betonipintojen jälkitöihin 5 työvuorua.

Tämän rakentamistavan aikaa vievin työvaihe on seinien muottityö, joka kestää 485 työntekijätuntia. Aikataulussa on otettuna huomioon työryhmien limittäminen niin, että työryhmät eivät ole samassa työpisteessä samaan aikaan. Täysin samaan aikaan ajoittuvia työvaiheita ovat ainoastaan holvin rauditus, seinä muottien puhdistus sekä purku. Työkokonaisuuksina nämä työvaiheet ovat noin saman laajuisia. Näin saadaan työ jatkumaan kummallakin työryhmällä ilman suurempaa keskeytystä.

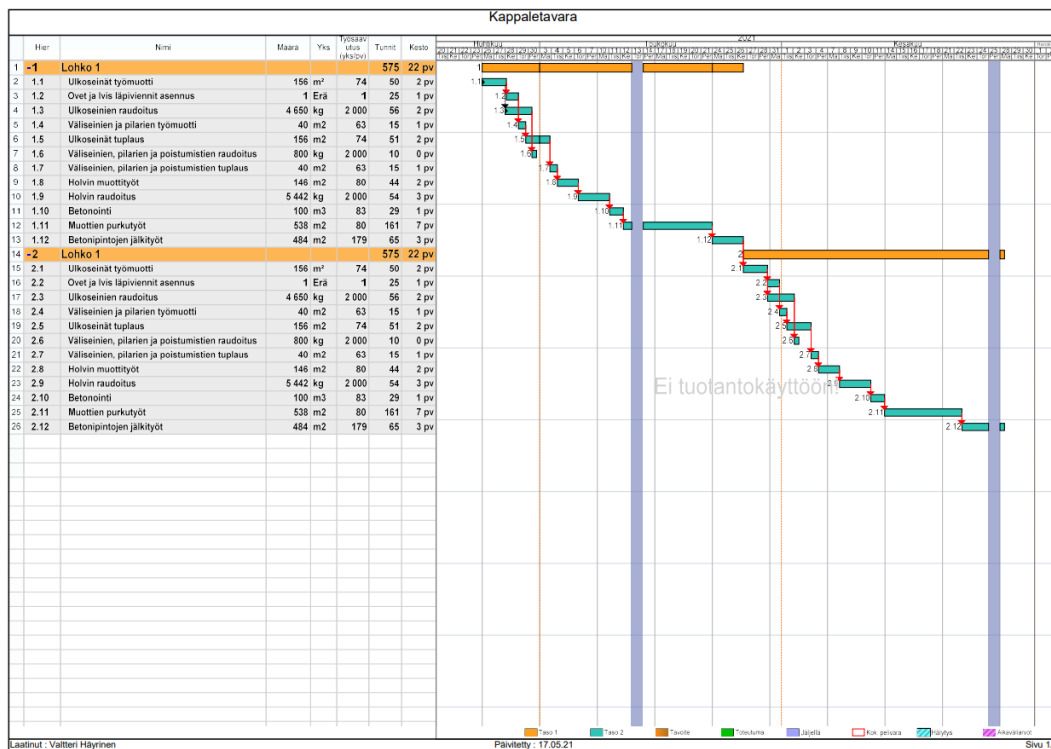


KUVA 7. Aikataulu kasettimuottijärjestelmä (Häyrinen 2021)

5.3 Kappaletavara

Kappaletavarana toteutettuna rakentaminen tapahtuu kahdessa eri lohossa, jotta valettava määrä ei tulisi suhteettoman suureksi. Rakentamisen lohottaminen on yksi mahdollisista ratkaisuista valu määrän pienentämiseen. Rakentamisen lohkoissa on otettu huomioon aikataulussa. Kappaletavarana toteuttaessa aikataulun kokonaisaika on 44 työvuoroa eli 1 150 työntekijätuntia. Yhden lohkon työvaiheet ovat seuraavat; seinien muottityöt 6 työvuoroa, ovien ja LVIS läpivientien asennus 1 työvuoroa, ulkoseinien raudoitus 2 työvuoroa, väliseinien, pilareiden ja poistumisteiden raudoitus noin 0,4 työvuoroa, holvin muottityö 2 työvuoroa, holvin raudoitus 3 työvuoroa, betonointi 1 työvuoroa, muottien purkutyo 7 työvuoroa sekä betonipintojen jälkityöt 3 työvuoroa.

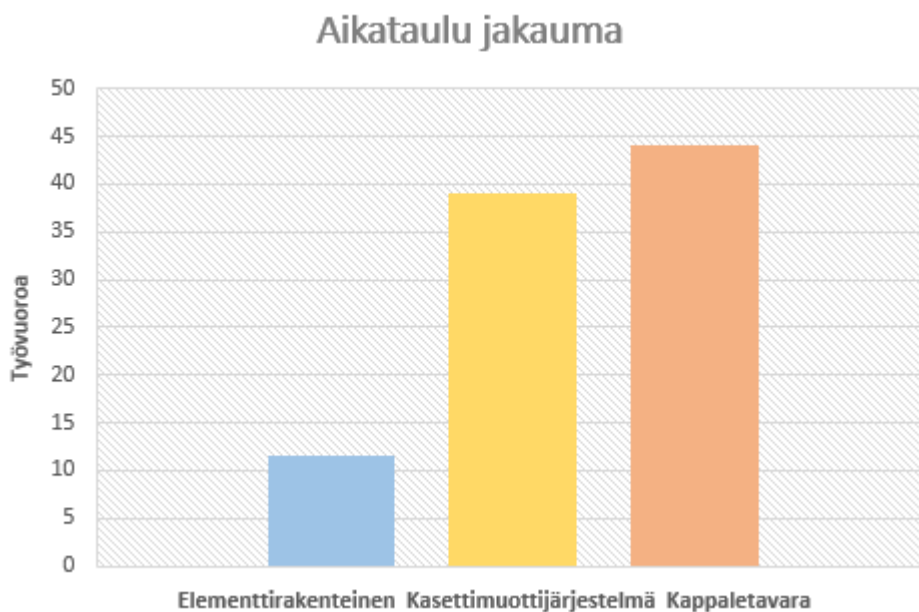
Kappaletavarana toteuttaessa yksittäiset työvaiheet ovat lyhyt kestoisia, mikä voi mahdollisesti aiheuttaa häiriöherkkyttä työvaiheen läpivientiin. Aikataulussa isoin työkokonaisuus on muottien purkutehtävä, joka vie ajallisesti 7 työvuoroa työryhmältä.



KUVA 8. Aikataulu kappaletavara (Häyrinen 2021)

5.4 Aikataulu jakauma

Mallikohteessa aikataulut jakautuivat vertailtavien rakentamistapojen välillä seuraavasti; elementtirakenteinen 11,5 työvuoroa, kasettimuottijärjestelmä 39 työvuoroa ja kappaletavara 44 työvuoroa. Aikataulun jakaumasta (kuva 9) voidaan todeta, että elementtirakenteisen aikataulu on lyhyt kestoisin.



KUVA 9. Vertailtavien rakentamistapojen aikataulu jakauma.

6 KUSTANNUSVERTAILU

Rakentamisessa kustannuksella käsitetään sitä rahamäärää, joka resurssien käytön ja panoshintojen perusteella tarvitaan tiettyyn työvaiheeseen, suoritteeseen tai palvelun tekemiseen. Kustannuksiin sisältyvät työlajit jaetaan kolmeen kustannusluokkaan, jotka ovat KL1, KL2 ja KL3 kustannusluokat. Rakennushankkeessa kustannushallinta on yksi merkittävimmistä tekijöistä hankkeen taloudellisen ja laadullisen onnistumisen kannalta (Rakennushankkeen kustannushallinta, 2018.)

Kustannusvertailulla tarkoitetaan rakentamishankkeessa kulujen vertailua eri rakentamistapojen välillä. Rakennusosat sekä niiden valmistamiseen tarvittavat työsuoritukset luokitellaan yleensä käytettävän rakentamisnimikkeistön mukaisesti. Yleisesti käytössä olevat nimikkeistöt ovat Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000.

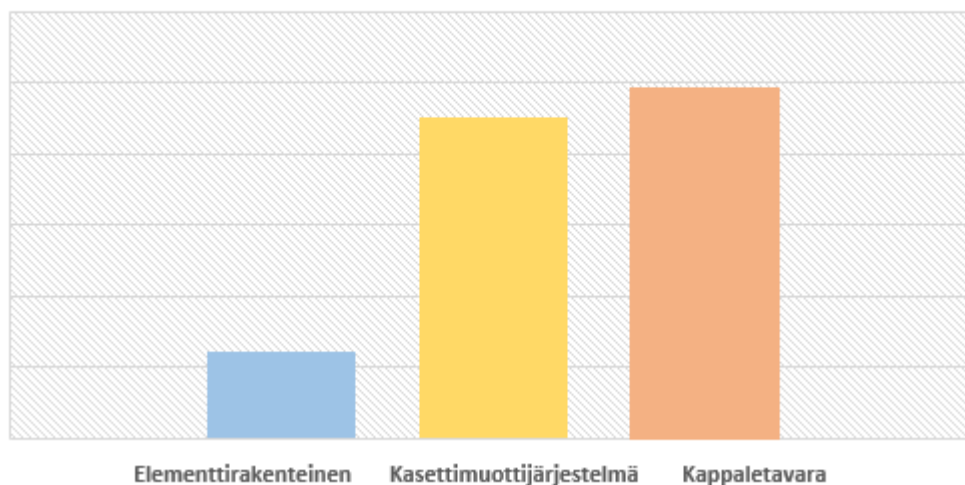
Opinnäytetyössä on käytetty Talo 80 rakentamisnimikkeistöä kustannuslaskennan pohjana, josta on huomioitu arvonlisäveroton kokonaishinta. Työssä vertaillaan työ-, aine- ja yhteiskustannuksia väestönsuojan rakentamisen osalta. Rakennusmäärät kustannusarvioiden pohjalle on saatu opinnäytetyöhön mallikohteen toteutusvaiheen rakennuskuvista, sekä Rakennusliike Laptin määrälaskennasta.

6.1 Työkustannukset

Työkustannuksilla tarkoitetaan työntekijätuntien ja kokonaistyömenekin tuloa. Tehtäväsuunnitelmaa tehtäessä työkustannuksien vertailua voidaan käyttää osana urakkatarjouksen vertailua. Osahinta urakan kohdalla työkustannukset ja niiden vertailu tehdään urakan työlle varatusta summasta.

Opinnäytetyössä työkustannuksien vertailun pohjana käytettiin rakennustöiden menekkikirjasta saamia menekkejä eri työlajeille. Työkustannukset on laskettu Rakennusliike Laptin työntekijäkustannus pohjalta. Rakennusammattilaiselle ja rakennusmiehelle on määritetty omat hintansa näihin tietoihin ohjautuen. Tätä kautta saatiin laskettua kullekin toteutustekniikalle tarvittavat työntekijätunnit ja niiden kustannukset. Mallikohteen väestönsuojan osalta työntekijätunnit jakoutuivat seuraavasti eri rakentamistapojen välillä; elementtirakenteiseen menee 279 työntekijätuntia, kasettimuottijärjestelmällä toteuttaessa 1009 työntekijätuntia ja kappaletavarana toteutettuna 1150 työntekijätuntia. Näiden jakauma voidaan todeta kaaviossa 2.

Työkustannukset

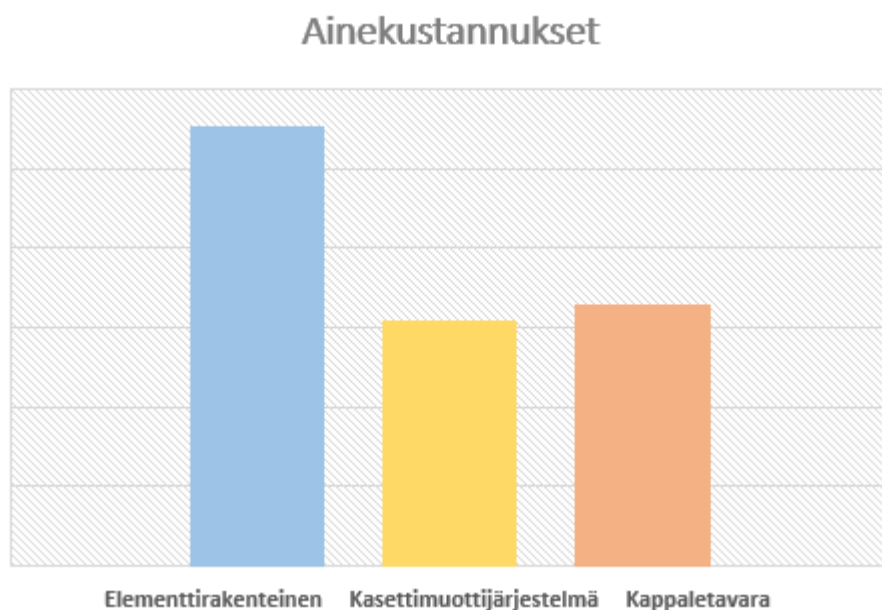


KUVA 10. Työkustannusten jakauma

Työkustannuksien pohjalta eniten kustannuksia kertyy kappaletavarasta toteutettavaan väestönsuojaan. Kasettimuottijärjestelmällä toteutettuna työntekijä tunninit ovat 88 % verrattuna kappaletavaran työkustannuksiin ja elementtirakenteisena työkustannukset ovat 24 % siitä mitä kappaletavara toteutettava on. Vähiten työkustannuksia syntyy elementtirakenteisesta väestönsuojasta.

6.2 Ainekustannukset

Ainekustannus käsittää rakentamishankkeessa määrälaskennasta saatua tietoa eri rakentamisvaiheissa käytettävistä materiaaleista ja niiden menekeistä tiettyyn rakentamisvaiheeseen. Opinnäytetyön ainekustannuksien yksikköhinnat on saatu Rakennusliike Lapti vuosihinnastosta ja erillisellä tarjouspyynnöllä väestönsuojan elementtitoimittajalta. Työssä käytettävä järjestelmämuotin vuokrakustannus on sisällytetty ainekustannukseen, sillä järjestelmämuotilla tehdessä merkittävä osa syntyy juuri tavarantoimittajan vuokrakustannuksista. Näitä laskentatietoja käyttäen saatiin määritettyä luotettavimmat ainekustannukset eri rakentamistyyliä varten.



KUVA 11. Ainekustannusten jakauma.

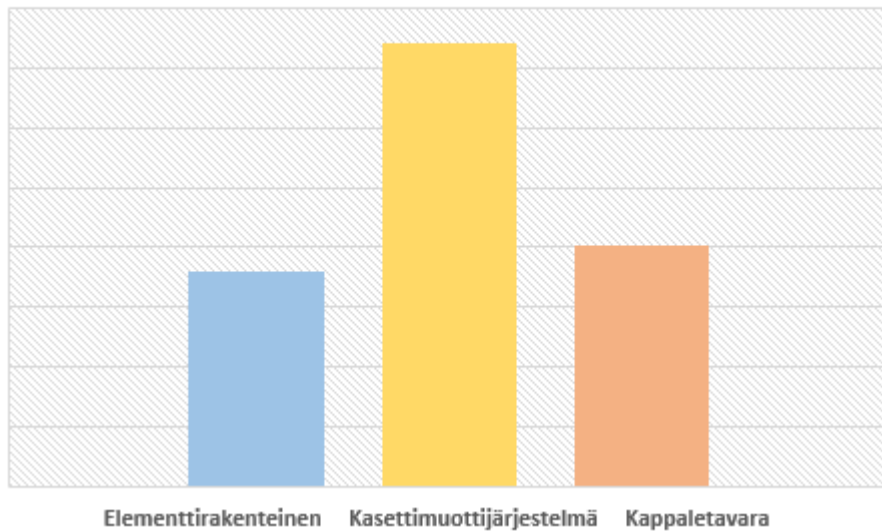
Kuvasta 11 voidaan todeta, että elementtirakenteisen väestönsuojan ainekustannukset olivat huomattavasti suuremmat, kuin kasettimuottijärjestelmällä tai kappaletavaralla rakennetuissa väestönsuojissa. Elementtirakenteiseen verrattuna ainekustannus on kasettimuottijärjestelmällä 56 % ja kappaletavaralla tehdyllä vastaava prosenttiosuus on 59 %.

Elementtirakenteisen väestönsuojan ainekustannuksien osuus on huomattava kuluerä. Ainekustannusten suuri osuus johtuu siitä, että elementtitehtaalla on tehty valmiiksi suurimmat työvaiheet. Kappaletavaran ja kasettimuottijärjestelmän ainekustannusten ero toisistaan on noin 4 %.

6.3 Yhteiskustannukset

Käyttö- ja yhteiskustannukset talo 80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan sisältävät työmaan vuokrakaluston, käyttökustannukset ja työntekijöiden sosiaalikulut. Lisäksi talvilisätyöt ja rakennustyömaan hallinnolliset kulut sisältyvät yhteiskustannuksiin. Käyttö ja yhteiskustannukset ovat aika-, erä-, ja laajuussidonnaisia riippuen työmaan tuotannosuunnittelusta. Työmaan käyttökustannuksissa on otettu huomioon aikataulun pohjalta torninosturin käyttökustannukset. Nosturin tarve kussakin rakentamistavassa eroaa huomattavasti. Nosturin käyttökustannukset on laskettu työhön mallikohteen kustannusarviosta.

Yhteiskustannukset



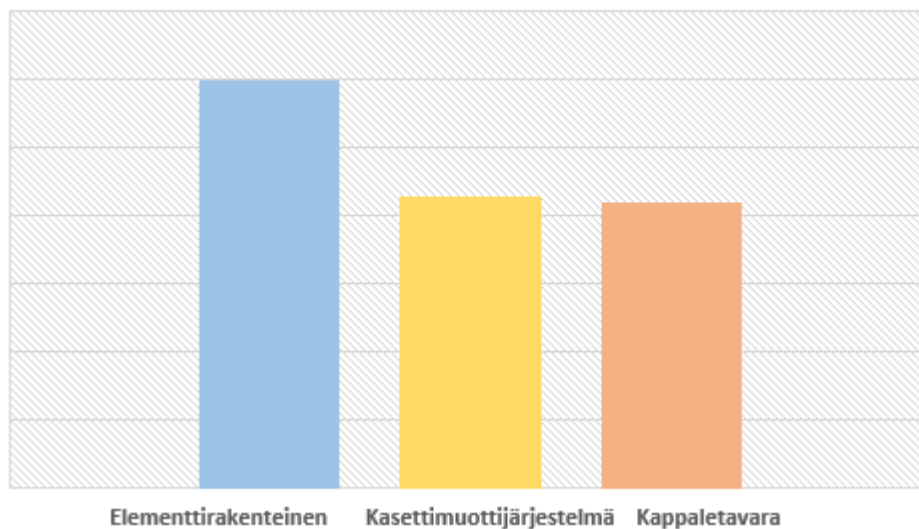
KUVA 12. Yhteiskustannuksien jakauma

Kasettimuottijärjestelmän käyttö- ja yhteiskustannukset ovat vertailussa suurimmat. Kasettimuottijärjestelmän kasauksessa ja muotin pystytyksessä menee muihin vertailtaviin kohteisiin nosturin käyttötunteja eniten. Tästä syystä järjestelmämuotin käyttökustannukset nousevat korkeimmiksi. Kappaletavaramuotissa käyttö- ja yhteiskustannukset ovat 54 % kasettimuottijärjestelmän kuluista. Elementtirakenteisen kustannukset ovat 49 % prosenttia kasettimuottijärjestelmän käyttö- ja yhteiskustannuksista.

6.4 Kokonaiskustannukset

Kokonaiskustannukset sisältävät aine- ja työkustannuksien lisäksi työmaan käyttökustannukset, sekä työntekijöiden sosiaalikulut. Kokonaiskustannusten vertailu on merkittävässä roolissa eri rakentamistyyliä vertailtaessa.

Kokonaiskustannukset



KUVA 13. Kokonaiskustannusten jakauma

Elementtirakenteisen väestönsuojan yhteiskustannukset ovat suurimmat. Kasettimuottijärjestelmän kustannukset ovat elementtirakenteisen kustannuksista 72 % ja kappaletavaran vastaava luku 70 %. Kappaletavarana toteuttaessa yhteiskustannukset ovat alhaisimmat. Elementtirakenteisen väestönsuojan yhteiskustannuksia kasvattavat ainekustannuksien huomattava suuruus. Kasettimuottijärjestelmä ja kappaletavara ovat kustannuksiltaan hyvin lähellä toisiaan. Näiden rakentamistapaa välinen kokonaiskustannus ero on ainoastaan noin 2 %.

7 YHTEENVETO

Väestönsuoja vaaditaan rakennettavaksi uudiskohteessa, jos kerrosalaa on vähintään 1200 m² ja siinä asutaan, työskennellään tai oleskellaan muutoin pysyvästi. Mallikohteessa suojatilan tarve on noin 216,2 m². Kokonaisuudessaan väestönsuojan pinta-ala mallikohteessa on 268 m², joka on toteutettu kahdella eri väestönsuojalla. Kohteessa väestönsuojan suojaluokka on tasoa S1.

Opinnäytetyössä valitut tavat väestönsuojan rakentamiselle ovat elementtirakenteinen, kasettimuottijärjestelmällä ja kappaletavarana toteutetut. Elementtirakenteinen väestönsuoja on rakentamistavaltansa vähiten työvaiheita sisältävä rakentamiskokonaisuus. Kasettimuottijärjestelmällä ja kappaletavarana toteutettuna hankkeen työvaiheet tehdään kokonaisuudessaan työmaalla. Tarvittavat nostokalustot on huomioitava valittavan rakentamistavan mukaisesti.

Aikataulullisesti nopein rakentamistapa on elementtirakenteinen väestönsuoja, joka ajallisesti vie 11.5 työvuoroa. Kasettimuottijärjestelmällä toteuttaessa läpimenoaika on 39 työvuoroa. Kappaletavarana toteuttaessa läpimenoaika on 44 työvuoroa. Kappaletavaralla tehtäessä työvaiheita on useita. Näiden kestot eivät ole kuitenkaan pitkiä, joten tämä voi aiheuttaa häiriöherkkyyttä työmaan toimintaan, jos jokin työvaihe ei etene suunnitelman mukaisesti. Työvaiheiden limittämällä voidaan saavuttaa joidenkin päivien aikataulumuutoksia. Elementtirakenteisella saavutetaan huomattava aikatauluetu työmaalle muihin rakentamistyyliin verrattuna.

Kappaletavarana toteutettu väestönsuoja on kustannustehokkain vaihtoehto rakentamistapojen välillä. Elementtirakenteisen väestönsuojan ainekustannukset ovat huomattavasti muita rakentamistapoja suuremmat. Kappaletavaran työkustannukset ovat suurimmat. Elementtirakenteisen väestönsuojan kustannukset ovat kappaletavalla toteutetusta 24 %. Tässä opinnäytetyössä ei ole otettu huomioon aikaan sidonnaisia kustannuksia muuten, kun torninosturin käyttökustannukset ja vuokra-
kaluston osalta.

8 POHDINTA

Opinnäytetyössä haettiin vastausta kysymykseen, millä menetelmällä on kustannustehokkain rakentaa väestönsuoja? Kustannustehokkaimmaksi rakentamisvaihtoehdoksi osoittautui kappaletavaralla toteutettu väestönsuoja. Tällöin väestönsuojan rakentamisen yhteiskustannukset ovat alhaisimmat verrattuina rakentamistyyleistä. Mielestäni rakentamista valittaessa on kuitenkin otettava huomioon kohteen muut paikallavalurakenteet, yleisaikataulu ja sijainti. Työmaalle on kannattava valita lähtökohtaisesti vain yksi muottijärjestelmä. Näin ollen, vaikka kappaletavara on kustannustehokkain opinnäytetyön pohjalta, niin todennäköisimmin kasettimuottijärjestelmällä saavutetaan kohteessa isompi kustannushyöty. Kasettimuottijärjestelmä on hankkeessa KYS Uusi Sydän 1C2 muuten käytetty paikallavalurakenteita tehdessä. Opinnäytetyöstä voidaan myös todeta elementtirakenteisen väestönsuojan huomattava ajallinen etu.

Työstä rajattiin pois aikaan sidonnaiset kustannukset työn kohteen laajuuden takia. Hankkeen aikaan sidonnaiset kulut olisivat olleet hankala laskea, joten luotettavaa ja vertailukelpoista tietoa olisi ollut haastava saada. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että aikataululliset edut olivat elementtirakenteisessa huomattavat, ja sitä kautta aikaan sidonnaiset kustannukset voisivat vielä tasoihtaa yhteiskustannus eroja eri rakentamistapojen välillä. Väestönsuojan rakentamistapa on valittava aina kohde kohtaisesti.

Tavoitteena oli kerätä lisätietoa Rakennusliike Laptille eri väestönsuojan rakentamistyyleistä ja niiden kustannuksista. Mielestäni tämä tavoite onnistui hyvin, ja yritys voi käyttää opinnäytetyössä saatua tietoa tulevien kohteiden laskennassa.

Kohteen monimuotoisuus ja laajuus aiheutti työssä haasteita, mutta myös tekivät työstä mielenkiintoisen. Opinnäytetyön kustannusvertailua tehdessä pääsin tekemään aikataulua, kustannuslaskentaa, sekä perehtymään eri rakentamistapoihin. Nämä kehittivät ammatillista kasvuani rakennustekniikan insinööriksi.

LÄHTEET

Elementti suunnittelu 2021. Runkorakenteet. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/vaestonsuojaelementit>. Viitattu 12.03.2021.

Karanttia väestönsuojat asennusohje ja turvallisuus- sekä laatusuunnitelma. https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/86643_Karanttia-v_est_nsuoja_S1-ja_S3-suojat_-_Rakennusbetoni-ja_Elementti_Oy_-_Asennusohje_sek_turvallisuus-ja_laatusuunnitelma.pdf 22.04.2021. RI Sami Konsti. Viitattu 16.05.2021.

Kuva 1. Häyrinen Valtteri 2021. 3D rakennemalli 1C2. Kuvakaappaus 12.05.2021. Viitattu 12.04.2021.

Kuva 2. Häyrinen Valtteri 2021. Vinoviiva-aikataulu 1C2 yleisaikataulu. Kuvakaappaus 12.05.2021. Viitattu 16.05.2021.

Kuva 3. Elementti suunnittelu 2021. julkaisuaika tuntematon. Piirroskuva. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/vaestonsuojaelementit>. Viitattu 12.03.2021.

Kuva 4. Häyrinen Valtteri 2020. Kasettimuottijärjestelmä ennen valua. Valokuva. 19.08.2020. Viitattu 16.05.2021.

Kuva 5. Häyrinen Valtteri 2020. Ote KYS 1C2 aluesuunnitelmasta. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 6. Häyrinen Valtteri 2021. Aikataulu elementtirakentaminen. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 7. Häyrinen Valtteri 2021. Aikataulu kasettimuottijärjestelmä. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 8. Häyrinen Valtteri 2021. Aikataulu kappaletavara. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 9. Häyrinen Valtteri 2021. Vertailtavien rakentamistapojen aikataulu jakauma. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 10. Häyrinen Valtteri 2021. Työkustannusten jakauma. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 11. Häyrinen Valtteri 2021. Ainekustannusten jakauma. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 12. Häyrinen Valtteri 2021. Yhteiskustannuksien jakauma. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Kuva 13. Häyrinen Valtteri 2021. Kokonaiskustannusten jakauma. Kuvakaappaus. Viitattu 06.05.2021.

Laki pelastustoimen laitteista 2007/10. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070010?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=laki%20pelastustoimen%20laitteista>. Viitattu 12.03.2021.

Pelastuslaki 2018/1353. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>. Viitattu 12.03.2021.

Rakennusliike Lapti Oy 2021. Historia. <https://lapti.fi/lapti-group/historia/>. Viitattu 18.03.2021.

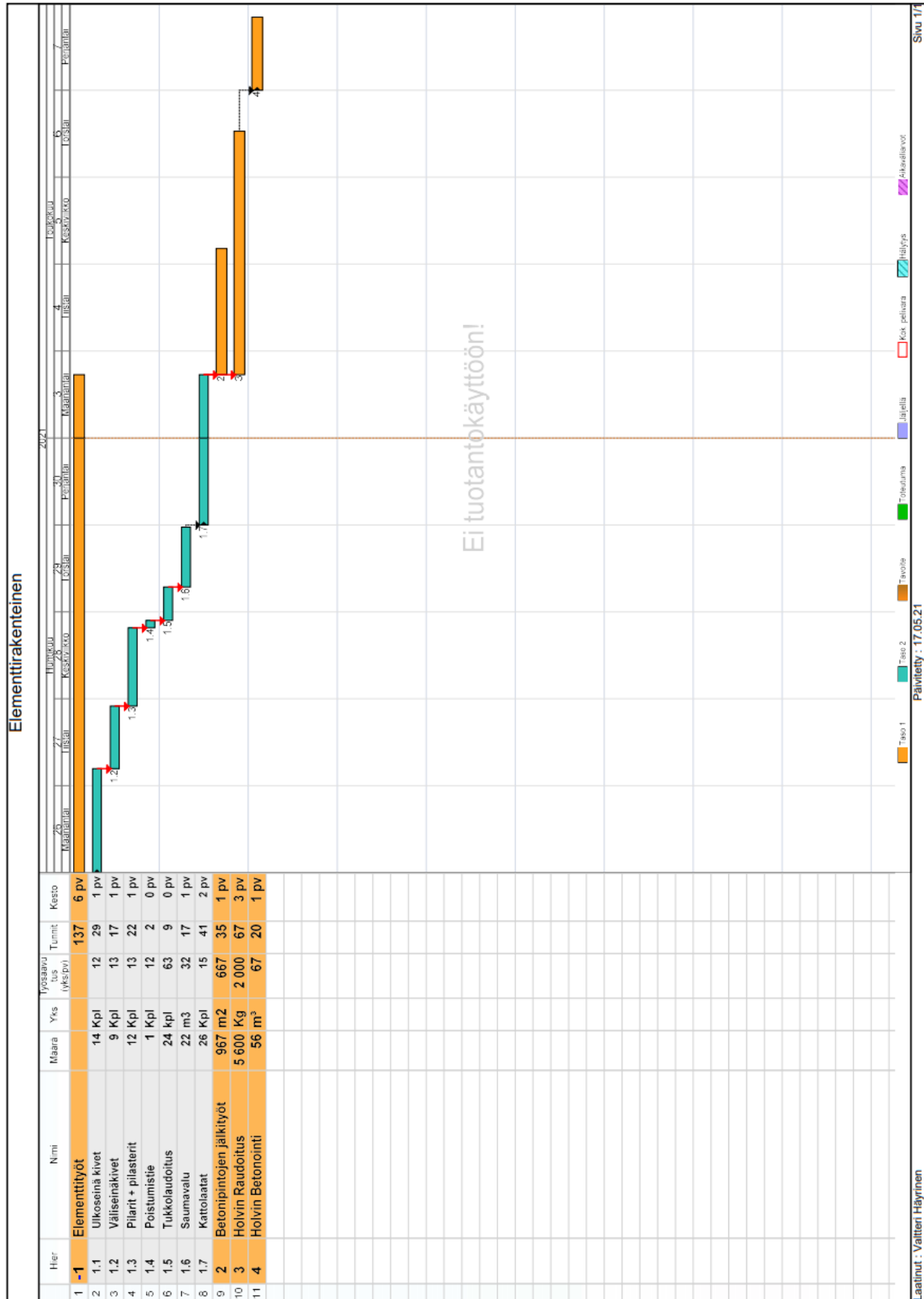
Rakennusliike Lapti Oy 2021. Strategia. <https://lapti.fi/lapti-group/strategia/>. Viitattu 12.03.2021.

Rakennustieto 2020. Rakennustöiden menekit 2020. Ratu KI-6035. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6035?external_system=Juha&page=1. Viitattu 17.05.2021.

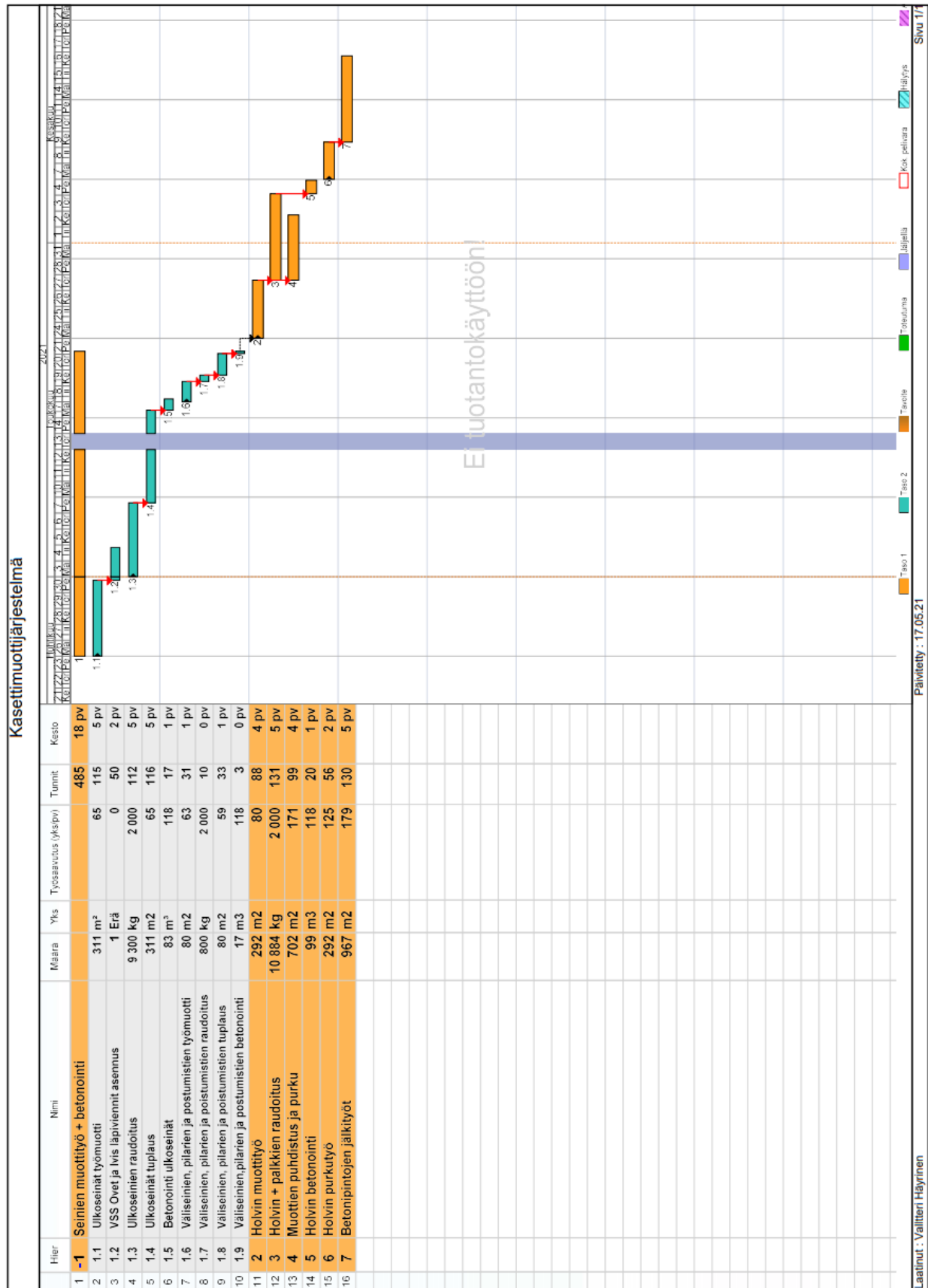
Rakennustieto 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Ratu KI-6033. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25139#page=1>. Viitattu 17.05.2021.

Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 2011/408. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110408?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=valtioneuvoston%20asetus%20v%C3%A4est%C3%B6nsuojista>. Viitattu 12.03.2021.

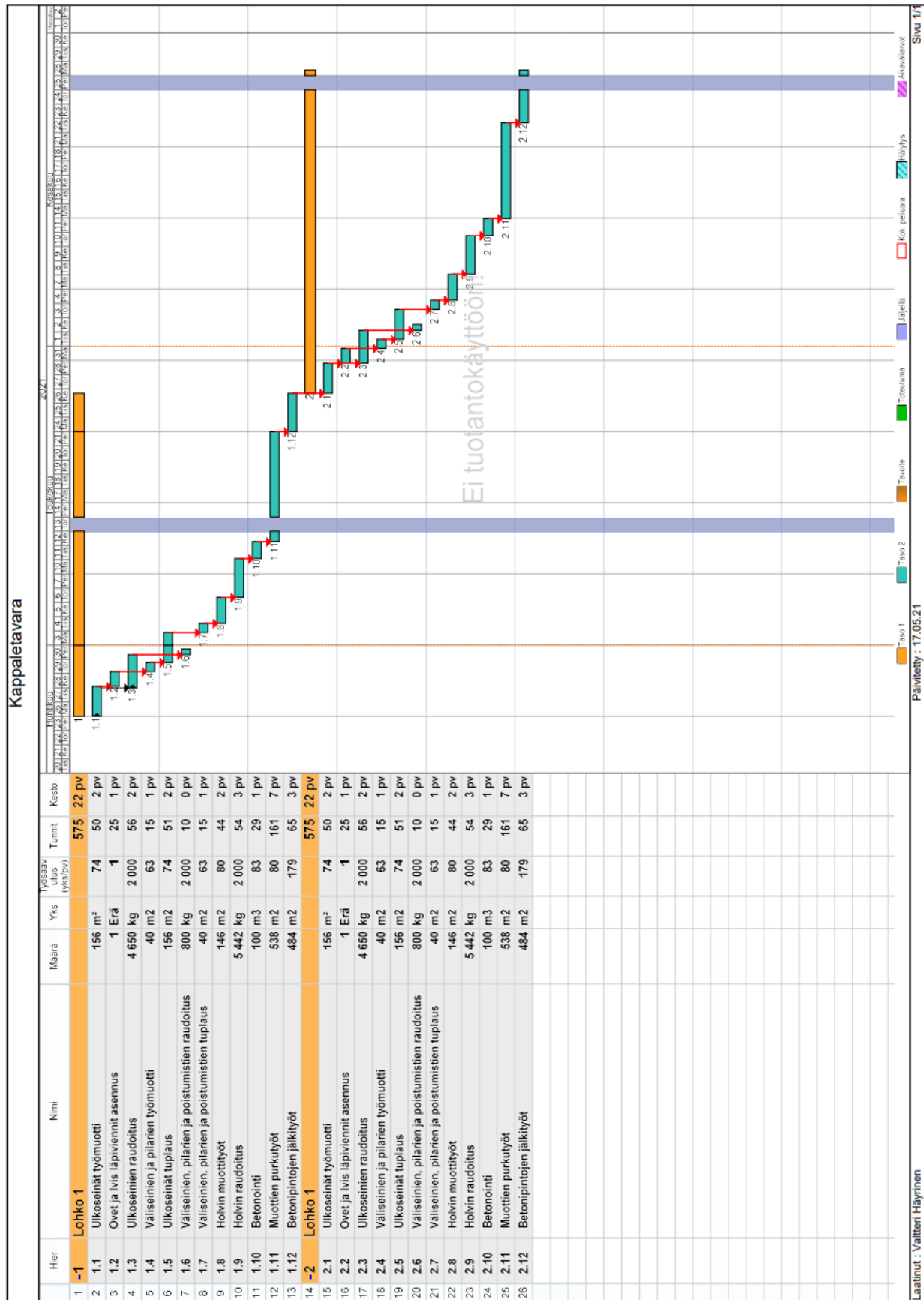
KUVA 6: AIKATAULU ELEMENTTIRAKENTAMINEN



KUVA 7: AIKATAULU KASETTIMUOTTIJÄRJESTelmä



KUVA 8: AIKATAULU KAPPALETAVARA



LIITE 1: KUSTANNUSLASKENTA ELEMENTTIRAKENTAMINEN (SALASSAPIDETTÄVÄ)

LIITE 2: KUSTANNUSLASKENTA KASETTIMUOTTIJÄRJESTELMÄ (SALASSAPIDETTÄVÄ)

LIITE 3: KUSTANNUSLASKENTA KAPPALETAVARA (SALASSAPIDETTÄVÄ)