



Jukka Välikorpi

Hakaniemen ratikkakatko

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

6.9.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Jukka Välikorpi
Otsikko: Hakaniemen ratikkakatko
Sivumäärä: 55 sivua + 0 liitettä
Aika: 6.9.2024

Tutkinto: Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Talonrakennustekniikka
Ohjaajat: Työmaapäällikkö Riku Kataja
Lehtori Tapani Järvenpää

Hakaniemen raitiotiekatkon suunnittelu ja toteutus on osa laajempaa Kruunusillat-hanketta, jossa uudet raitiotiekiskot yhdistetään olemassa olevaan rataverkkoon. Tämä opinnäytetyö keskittyy erityisesti nostureiden ja betonipumppujen käytön suunnitteluun ja optimointiin projektin aikana. Työ käsittelee katualueella tapahtuvien nostotöiden ja betonointikaluston valinnan haasteita, korostaen turvallisuuden ja tehokkuuden merkitystä. Lisäksi työssä tarkasteltiin kiskotöiden aikataulujen hallintaa, sääolosuhteiden vaikutusta työvaiheisiin sekä liikenteen ja työmaan järjestelyjä. Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli tarjota konkreettisia suosituksia, joiden avulla voidaan parantaa projektinhallintaa ja minimoida mahdolliset viivästykset tulevilla vastaavissa projekteissa. Työ painottaa erityisesti huolellisen suunnittelun, turvallisuustoimenpiteiden ja yhteistyön merkitystä monimutkaisissa kaupunkirakentamisen hankkeissa.

Avainsanat: Kruunusillat, nosturit, betonipumput, raitiotie

Abstract

Author: Jukka Välikorpi
Title: Tram Traffic interruption in Hakaniemi Helsinki
Number of Pages: 55 pages + 0 appendices
Date: 6 September 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Degree program in Construction site Management
Professional Major: House Building Site Management
Supervisors: Riku Kataja, Site manager
Tapani Järvenpää, Senior lecturer

The planning and execution of the Hakaniemi tramway interruption is part of the broader Kruunusillat project, in which new tram tracks are connected to the existing rail network. This graduate study focuses particularly on the planning and optimization of crane and concrete pump use during the project. The study addresses the challenges of lifting operations in street areas and the selection of concrete equipment, emphasizing the importance of safety and efficiency. Additionally, it examines the management of track work schedules, the impact of weather conditions on work phases, and the organization of traffic and construction sites. The primary goal of the study is to provide concrete recommendations that can improve project management and minimize potential in future similar projects in the future. The thesis particularly emphasizes the importance of careful planning, safety measures, and collaboration in complex urban construction projects.

Keywords: Kruunusillat, tramway, crane, concrete pump

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Aiheen valinta ja rajaus	2
1.2	Tutkimuskysymykset ja tavoitteet	2
1.3	Rakenne ja eteneminen	3
2	Tutkimuskohde ja -menetelmät	5
2.1	Tutkimuskohteena Hakaniemen raitiotiekatko	5
2.2	Tutkimusmenetelmät ja -aineistot	6
2.3	Tutkimusprosessin kuvaus	7
3	Teoreettinen viitekehys	9
3.1	Projektinhallinnan periaatteet	9
3.2	Työmaan logistiikka ja resurssien hallinta	11
3.3	Aikataulutus rakennusprojekteissa	12
3.4	Turvallisuuden ja riskienhallinnan periaatteet	14
4	Raitiotien rakenteet ja työvaiheet lyhyesti	16
4.1	Raitiotieradan rakenteet	16
4.2	Pohjatyöt	16
4.3	Runkomelut	18
4.4	Ratapölkkyt	19
4.5	Kiskotus	21
4.6	Kammiokumit	22
4.7	Radanvalu	23
4.8	Hitsaus	25
5	Hakaniemen raitiotiekatkon analyysi	27
5.1	Nosturien valinta ja sijoittelu	27
5.2	Betonipumppujen valinta ja sijoittelu	33
5.3	Liikenteen ja työmaan järjestelyt	37
5.4	Potentiaaliset ongelmat ja niiden seuraukset	38
5.5	Konkreettiset toimet ongelmien ehkäisemiseksi ja ratkaisemiseksi	39
6	Zeitmaps-aikatauluohjelman hyödyntäminen Hakaniemen ratikkakatkoissa	41

6.1	Zeitmaps-aikataulun käyttö projektinhallinnassa	41
6.2	Aikataulun visualisointi ja resurssien hallinta	41
6.3	Tietojen reaaliaikainen päivitys ja seurantamahdollisuudet	42
6.4	Zeitmapsin haasteet ja rajoitukset	42
6.5	Yhteenveto Zeitmapsin hyödyistä ja haitoista	42
7	Haastattelut	44
7.1	Työmaamestareiden haastattelut	44
7.1.1	Haastattelukysymykset ja vastaukset	44
7.1.2	Haastattelujen yhteenveto	47
8	Tulokset	50
8.1	Nosturien käytön analyysi	50
8.2	Betonipumppujen käytön analyysi	51
9	Johtopäätökset ja suositukset	53
9.1	Keskeiset havainnot	53
9.2	Aikataulutuksen ja projektinhallinnan kehittäminen	54
9.3	Tutkimuksen luotettavuus ja rajoitukset	54
	Lähdeluettelo:	56

1 Johdanto

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja keskeiset tutkimuskysymykset, jotka liittyvät Hakaniemen ratikkakatkon toteutukseen. Luku antaa yleiskuvan tutkimuksen tarkoituksesta, keskittyen erityisesti nosturien ja betonipumppujen käyttöön projektin kriittisissä vaiheissa. Lisäksi tässä luvussa määritellään tutkimuksen rajaukset ja rakenne, joiden avulla työ etenee kohti konkreettisia ratkaisuja ja käytännön ohjeita, joita voidaan soveltaa vastaavissa rakennusprojekteissa.

Tämä opinnäytetyö syntyi keskusteluista Kruunusillat-allianssin edustajien kanssa. Projektin tavoitteena on analysoida ja suunnitella Hakaniemen raitiotiekatkon nostureiden ja betonipumppujen paikat, jossa Kruunusillat-allianssin uudet raitiotiekiskot yhdistyvät vanhoihin olemassa oleviin kiskoihin. Katko on suunniteltu keväälle 2025 ja sen onnistuminen vaatii tarkkaa suunnittelua erityisesti nosturien ja betonipumppujen käytössä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää parhaat ratkaisut näiden työkalujen käyttöön, jotta projekti voidaan toteuttaa tehokkaasti ja turvallisesti.

Raitiotiekatko on kriittinen osa Helsingin julkisen liikenteen infrastruktuuria ja sen onnistunut toteutus vaikuttaa suoraan kaupungin liikennejärjestelmän sujuvuuteen ja luotettavuuteen. Taustalla on tarve yhdistää uudet Kruunusillat-hankkeen raitiotiekiskot olemassa olevaan rataverkkoon, mikä vaatii teknisesti ja logistisesti haastavan projektin hallintaa. Tämä projekti on erityisen tärkeä, koska se parantaa julkisen liikenteen yhteyksiä ja tukee kestävästä kaupunkiliikennettä vähentämällä yksityisautoilun tarvetta.

1.1 Aiheen valinta ja rajaus

Aiheen valinta perustui Hakaniemen raitiotiekatkon merkittävyyteen Helsingin julkisen liikenteen kannalta ja projektin tarjoamiin teknisiin haasteisiin. Aiheen valinnassa painotettiin myös projektinhallinnan ja rakennustekniikan opiskeluun liittyviä oppimismahdollisuuksia. Tämä työ keskittyy erityisesti nosturien ja betonipumppujen käyttöön kiskovaihteiden asentamisessa ja betonivaluissa, sillä nämä vaiheet ovat kriittisiä projektin onnistumiselle.

Työn rajauksena on jättää pois projektin taloudellinen analyysi ja liikenteen yleiset vaikutukset, keskittyen sen sijaan teknisiin ja logistisiin haasteisiin, joita nosturien ja betonipumppujen tehokas käyttö asettaa. Rajauksella varmistetaan, että työ pysyy hallittavissa ja keskittyy juuri niihin osa-alueisiin, joissa suurimmat riskit ja haasteet ovat. Näin voidaan tarjota syvällisempää analyysiä ja konkreettisempia ratkaisuja projektin kriittisimpiin vaiheisiin.

1.2 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet

Tutkimuksen keskeiset kysymykset ovat:

Mitkä nosturit ovat sopivimpia vaihde-elementtien nostamiseen ottaen huomioon nostosäteen ja kappaleen massan?

Miten betonipumppujen käyttö voidaan optimoida siten, että ne mahtuvat työmaa-alueelle ja pystyvät valamaan pitkät matkat?

Zeitmaps-aikatauluohjelman hyödyt?

Tavoitteena on löytää konkreettiset ratkaisut näihin kysymyksiin, jotka parantavat projektin sujuvuutta ja turvallisuutta. Näiden kysymysten kautta pyritään myös luomaan yleisiä toimintamalleja ja parhaita käytäntöjä, joita voidaan soveltaa vastaavissa tulevilla projekteilla. Tutkimus pyrkii tarjoamaan tietoa ja käytännön ohjeita projektinhallinnan ja rakennustekniikan ammattilaisille, jotta vastaavia projekteja voidaan toteuttaa menestyksekkäästi.

1.3 Rakenne ja eteneminen

Tämä opinnäytetyö etenee seuraavalla tavalla ja sen rakenne on suunniteltu vastaamaan tutkimuksen tavoitteita ja tutkimuskysymyksiä:

Osio 1: Johdanto esittelee opinnäytetyön taustan, aiheen valinnan, tutkimuskysymykset ja tavoitteet sekä työn rakenteen ja etenemisen.

Osio 2: Tutkimuskohde ja -menetelmät kuvaa tutkimuksen kohteena olevan Hakaniemen raitiotiekatkon, käytetyt tutkimusmenetelmät ja aineistot sekä tutkimusprosessin kulun.

Osio 3: Teoreettinen viitekehys tarjoaa katsauksen projektinhallinnan periaatteisiin, työmaan logistiikkaan ja resurssien hallintaan, aikataulutukseen rakennusprojekteilla sekä turvallisuuden ja riskienhallinnan periaatteisiin. Tämä luku toimii pohjana tutkimuksen myöhemmille osille.

Osio 4: Raitiotien rakenteet ja työvaiheet käsittelee raitiotien eri rakenteita ja työvaiheita, kuten pohjatöitä, runkomeluja, ratapölkkyjä, kiskotusta, kammio kumeja, radanvalua ja hitsausta.

Osio 5: Hakaniemen raitiotiekatkon analyysi keskittyy projektin nykytilaan, nosturien ja betonipumppujen valintaan ja sijoitteluun, liikenteen ja työmaan järjestykseen sekä potentiaaliin ongelmiin ja niiden ennaltaehkäisyyn.

Osio 6: Zeitmaps-aikatauluohjelman hyödyt, haitat ja miten sitä voisi hyödyntää Ratikkakatkon kaltaisissa projekteissa.

Osio 7: Haastattelut esittelee työmaamestareiden ja työmaapäälliköiden haastattelut, haastattelukysymykset ja niiden vastaukset sekä näiden yhteenvetojen pohjalta tehdyt johtopäätökset.

Osio 8: Tutkimustulokset sisältää analyysit nosturien ja betonipumppujen käytöstä, mukaan lukien näiden työkalujen tehokkuus ja vaikutukset projektin sujuvuuteen.

Osio 9: Johtopäätökset ja suositukset kokoaa yhteen tutkimuksen keskeiset havainnot ja tarkastelee aikataulutuksen ja projektinhallinnan kehittämismahdollisuuksia sekä tutkimuksen luotettavuutta ja rajoituksia.

2 Tutkimuskohde ja -menetelmät

Tässä luvussa käsitellään Hakaniemen ratikkakatkoa tutkimuskohteena sekä niitä menetelmiä ja aineistoja, joita käytettiin tutkimuksessa. Luku esittelee projektin taustat, keskeiset haasteet sekä tutkimusmenetelmät, kuten haastattelut ja aikataulusuunnittelun analysointi, joilla pyrittiin löytämään tehokkaita ratkaisuja nosturien ja betonipumppujen käyttöön. Lisäksi kuvataan tutkimusprosessin kulku, joka sisälsi eri vaiheita, kuten taustatiedon keräämisen, skenaarioiden suunnittelun ja aikataulusuunnittelun. Näin lukija saa käsityksen siitä, miten tutkimus on toteutettu ja millä perusteilla johtopäätökset on tehty.

2.1 Tutkimuskohteena Hakaniemen raitiotiekatko

Hakaniemen raitiotiekatko on merkittävä projekti, jossa Kruunusillat-allianssin uudet raitiotiekiskot yhdistyvät vanhoihin kiskoihin. Projekti toteutetaan keväällä 2025 ja vaatii tarkkaa suunnittelua nostureiden ja betonipumppujen käytössä. Tavoitteena on varmistaa, että nosturit ja betonipumput sijoitetaan ja käytetään mahdollisimman tehokkaasti, jotta aikataulu ja turvallisuusvaatimukset täyttyvät.

Hakaniemen alue on vilkas liikenteen solmukohta ja raitiotiekatko aiheuttaa väliaikaisia muutoksia liikennejärjestelyihin. Tämä tekee projektin suunnittelusta erityisen haastavaa, sillä liikenne on järjestettävä uudelleen siten, että häiriöt pysyvät minimissä. Projektin onnistuminen vaatii tarkkaa suunnittelua, jossa otetaan huomioon liikenteen uudelleenjärjestelyt ja niiden vaikutukset ympäröivään alueeseen. Liikennejärjestelyjen suunnittelu vaatii myös tiivistä yhteistyötä eri sidosryhmien, kuten Helsingin kaupungin, HKL:n ja urakoitsijoiden välillä.

Hakaniemen raitiotiekatkon onnistunut toteutus parantaa alueen liikennejärjestelyjä ja edistää Helsingin kaupungin kestävästä liikkumisesta tavoitteita. Projektin merkitys korostuu myös kaupungin pyrkimyksessä vähentää liikenteen päästöjä ja tukea joukkoliikenteen kehittämistä. Lisäksi projektin aikana tehtävät parannukset lisäävät raitiotieliikenteen kapasiteettia ja luotettavuutta, mikä hyödyttää sekä matkustajia että kaupungin liikennejärjestelmää laajemmin.

Raitiotiekatkon toteutus sisältää useita kriittisiä työvaiheita, joihin kuuluvat vanhojen kiskojen purku, maatyöt, uusien kiskojen asennus ja niiden yhdistäminen olemassa olevaan rataverkkoon. Nämä työvaiheet vaativat tarkkaa koordinointia ja aikataulutusta, jotta liikenteen katkot voidaan minimoida ja työmaa voidaan toteuttaa turvallisesti ja tehokkaasti. Nostureiden ja betonipumppujen käyttö on keskeisessä roolissa näissä työvaiheissa, ja niiden toiminnan sujuvuus vaikuttaa merkittävästi projektin onnistumiseen.

Hakaniemen alueella on huomioitava myös ympäristön ja lähialueen asukkaiden tarpeet. Raitiotiekatko vaikuttaa väliaikaisesti alueen liikenteeseen, melutasoon ja mahdollisesti jopa ilmanlaatuun. Näiden vaikutusten minimoimiseksi on tärkeää suunnitella työmaa siten, että häiriöt ovat mahdollisimman vähäisiä ja että tiedotus paikallisille asukkaille ja yrityksille on tehokasta. Tiedottaminen sisältää työmaan aikataulut, väliaikaiset liikennejärjestelyt ja muut mahdolliset häiriöt.

Hakaniemen raitiotiekatkon suunnittelussa ja toteutuksessa korostuu myös innovatiivisten ratkaisujen ja uusien teknologioiden hyödyntäminen. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi edistyksellisiä nosturijärjestelmiä, betonipumppuja tai digitaalista työmaahallintaa. Tavoitteena on löytää mahdollisimman tehokkaita ja kestäviä ratkaisuja, jotka tukevat projektin tavoitteita ja edistävät turvallista ja sujuvaa työmaan toimintaa.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja -aineistot

Tutkimusmenetelminä käytetään haastatteluita alan ammattilaisten kanssa, aikataulusuunnittelun analysointia ja työmaalla tehtyjä havaintoja. Haastattelut tarjoavat käytännönläheistä tietoa nosturien ja betonipumppujen käytön haasteista ja parhaista käytännöistä. Haastattelut suoritettiin eri vaiheissa projektia, ja niihin osallistui työmaamestareita, työmaapäälliköitä, joilla on kokemusta vastaavista projekteista.

Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina, mikä tarkoittaa, että niissä oli sekä ennalta määriteltyjä kysymyksiä että tilaa avoimille vastauksille. Tämä menetelmä mahdollisti sekä määrällisen että laadullisen tiedon keräämisen. Haastatteluissa keskityttiin erityisesti nosturien ja betonipumppujen käytön suunnitteluun, sijoitteluun ja ratikkakatkoa kohtaaviin mahdollisiin ongelmiin. Lisäksi kerättiin tietoa aikaisemmista vastaavista projekteista ja niiden onnistumistekijöistä.

Aineistona hyödynnetään projektin suunnitelmia, nostureiden ja betonipumppujen teknisiä tietoja sekä aikataulusuunnittelua, joista voidaan oppia ja soveltaa hyviä käytäntöjä Hakaniemen raitiotiekatkokoon.

Haastattelujen analysointi mahdollisti syvällisen ymmärryksen saamisen nosturien ja betonipumppujen käytön haasteista sekä käytännön ratkaisuksista näihin haasteisiin.

2.3 Tutkimusprosessin kuvaus

Tutkimusprosessi alkoi taustatietojen keräämisellä ja haastatteluilla alan asiantuntijoiden kanssa. Alkuvaiheessa keskityttiin ymmärtämään projektin laajuutta ja keskeisiä haasteita. Haastatteluiden avulla kerättiin tietoa nosturien ja betonipumppujen käytöstä, niiden sijoittelusta ja teknisistä vaatimuksista.

Seuraavaksi analysoitiin nosturien ja betonipumppujen sijoitus- ja käyttömahdollisuuksia. Aineiston perusteella laadittiin erilaisia skenaarioita ja suunnitelmia. Skenaarioiden avulla pyrittiin löytämään optimaaliset ratkaisut nosturien ja betonipumppujen sijoitteluun, jotta työmaa voisi toimia mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti. Tämä vaihe sisälsi myös eri vaihtoehtojen vaikutusten arvioinnin aikatauluun ja resurssien käyttöön.

Tutkimuksen loppuvaiheessa laadittiin yksityiskohtainen aikataulusuunnitelma, joka huomioi työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet ja resurssien saatavuuden. Aikataulusuunnitelmassa korostettiin kriittisten työvaiheiden tunnistamista ja hallintaa, jotta projektin viivästymisriskiä voitaisiin vähentää. Lopuksi tulokset

analysoitiin ja johtopäätökset tehtiin, ja näiden pohjalta annettiin suositukset tulevia projekteja varten. Tutkimusprosessin aikana tehtiin myös jatkuvaa seuranta ja arviointia, jotta mahdolliset ongelmat voitiin tunnistaa ja ratkaista ajoissa.

Aikataulusuunnittelun yhteydessä käytettiin perinteisiä projektinhallinnan työkaluja, jotka auttoivat hahmottamaan projektin eri työvaiheet ja niiden ajoituksen. Nämä työkalut mahdollistivat myös resurssien käytön optimoinnin ja tehtävien koordinoinnin siten, että projektin aikataulu pysyi hallinnassa.

Tutkimusprosessin aikana kerättiin jatkuvasti palautetta työmaalta, ja tätä palautetta käytettiin aikataulujen ja resurssien käytön optimoinnissa. Jatkuva seuranta ja reaaliaikainen palautteen kerääminen mahdollistivat nopean reagoinnin muuttuviin tilanteisiin, mikä paransi projektin hallittavuutta ja vähensi viivästysten riskiä. Lopullisessa raportissa esitettiin yksityiskohtaiset suositukset nosturien ja betonipumppujen käytöstä.

3 Teoreettinen viitekehys

Tässä luvussa käsitellään Hakaniemen ratikkakatkon toteutukseen liittyvää teoreettista viitekehystä. Luvussa käydään läpi keskeisiä projektinhallinnan periaatteita, kuten aikataulutusta, työmaan logistiikkaa ja resurssien hallintaa sekä turvallisuuden ja riskienhallinnan periaatteita. Näitä teemoja tarkastellaan erityisesti rakennusprojektien näkökulmasta ja ne tarjoavat teoreettisen perustan tutkimukselle. Luvussa esitellään myös, kuinka nämä periaatteet vaikuttavat projektin onnistumiseen ja mitä käytännön työkaluja ja menetelmiä voidaan hyödyntää projektinhallinnan eri osa-alueilla.

3.1 Projektinhallinnan periaatteet

Projektinhallinta on olennainen osa rakennusprojekteja ja se käsittää suunnittelun, aikataulutuksen, resurssien hallinnan ja riskienhallinnan. Hyvä projektinhallinta varmistaa, että projekti pysyy aikataulussa ja budjetissa. Projektinhallinnan periaatteet perustuvat projektin elinkaaren hallintaan, joka kattaa kaikki vaiheet suunnittelusta toteutukseen ja lopulta projektin päättämiseen. Projektinhallinta edellyttää myös jatkuvaa seuranta ja arviointia, jotta voidaan varmistaa tavoitteiden saavuttaminen ja mahdollisten ongelmien havaitseminen ja korjaaminen ajoissa.

Projektinhallinta alkaa perusteellisella suunnitteluvaiheella, jossa määritellään projektin tavoitteet, aikataulu ja budjetti. Selkeät tavoitteet auttavat varmistamaan, että kaikki projektin osapuolet ymmärtävät, mitä projektilla pyritään saavuttamaan ja millä keinoin.

Projektinhallinnan teoriassa painotetaan myös sidosryhmien hallintaa. Sidosryhmiin kuuluvat kaikki projektin vaikutuspiirissä olevat henkilöt ja organisaatiot, kuten asiakkaat, työntekijät, alihankkijat ja viranomaiset. Sidosryhmien odotusten ja tarpeiden ymmärtäminen on ratkaisevaa projektin onnistumiselle. Viestinnän ja yhteistyön avulla voidaan varmistaa, että kaikki osapuolet ovat tietoisia projektin tavoitteista, aikataulusta ja mahdollisista muutoksista. Sidosryhmien

hallintaan kuuluu myös heidän vaikutusmahdollisuuksiensa tunnistaminen ja hyödyntäminen projektin edistämiseksi.

Projektinhallinnan työkalut auttavat projektipäällikköä seuraamaan projektin edistymistä ja tekemään tarvittavat muutokset aikatauluihin ja resursseihin. Gantt-kaaviot visualisoivat projektin eri työvaiheet ja niiden keston, mikä helpottaa aikataulutuksen hallintaa ja tehtävien koordinoitua. Kriittisen polun menetelmällä voidaan tunnistaa projektin tärkeimmät työvaiheet, joiden viivästyminen vaikuttaa koko projektin aikatauluun. Näiden työvaiheiden hallinta on erityisen tärkeää aikataulun pitämiseksi. Kriittisen polun menetelmä auttaa myös resursien optimoinnissa ja työvaiheiden priorisoinnissa.

Riskienhallinta on toinen keskeinen osa projektinhallintaa. Se käsittää potentiaalisten vaarojen tunnistamisen, arvioinnin ja ehkäisyn. Riskienhallinnan prosessi alkaa riskien tunnistamisella, jonka jälkeen arvioidaan niiden todennäköisyys ja vaikutus projektiin. Riskienhallintasuunnitelmassa määritellään toimenpiteet riskien vähentämiseksi tai niiden vaikutusten minimoimiseksi. Hyvä turvallisuussuunnittelu vähentää onnettomuuksia ja parantaa projektin sujuvuutta. Riskienhallinnan avulla voidaan myös varautua odottamattomiin tilanteisiin ja luoda varasuunnitelmia. Riskienhallinta kattaa projektin taloudelliset riskit, aikatauluriskit ja tekniset riskit. Taloudelliset riskit liittyvät projektin budjetin ylityksiin ja resurssien puutteeseen. Aikatauluriskit käsittävät viivästyksset ja niiden vaikutukset projektin valmistumisaikaan. Tekniset riskit voivat liittyä suunnitteluvirheisiin, laiteongelmiin ja työmenetelmien epäonnistumiseen. Riskienhallintaprosessi sisältää riskien tunnistamisen, arvioinnin, suunnittelun ja valvonnan.

Projektinhallinnan periaatteisiin kuuluu myös laadunvarmistus. Laadunvarmistusprosessin avulla varmistetaan, että projektin tuotokset täyttävät asetetut vaatimukset ja standardit. Laadunvarmistus kattaa kaikki projektin vaiheet suunnittelusta toteutukseen ja luovutukseen. Laadunvarmistuksen tavoitteena on ennaltaehkäistä virheitä ja varmistaa, että projekti toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Laadunvarmistukseen kuuluu myös säännöllinen laadun tarkkailu ja auditointi.

Hyvä projektinhallinta edellyttää myös tehokasta viestintää ja yhteistyötä projektiimiin ja sidosryhmien välillä. Viestinnän avulla varmistetaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia projektin tavoitteista, aikataulusta ja mahdollisista muutoksista. Tehokas viestintä auttaa myös ratkaisemaan mahdollisia ristiriitoja ja parantaa projektin sujuvuutta. Yhteistyö eri sidosryhmien kanssa on ratkaisevan tärkeää projektin onnistumiselle. Yhteistyön avulla voidaan hyödyntää eri osapuolten asiantuntemusta ja resursseja projektin hyväksi. (1.)

3.2 Työmaan logistiikka ja resurssien hallinta

Työmaan logistiikka on keskeinen tekijä projektin onnistumisessa. Tämä sisältää materiaalien ja laitteiden kuljetuksen, varastoinnin ja jakelun. Resurssien hallinta on ratkaisevaa tehokkuuden ja kustannusten hallinnan kannalta. Hyvä logistiikkasuunnitelma vähentää seisokkeja ja optimoi työmaan resurssien käyttöä, mikä parantaa projektin sujuvuutta. Logistiikan suunnittelussa on huomioitava myös työmaan layout ja sen vaikutus materiaalivirtoihin ja työvaiheiden sujuvuuteen.

Logistiikkasuunnittelu alkaa materiaalitarppeiden arvioinnista ja hankinnasta. Tämä käsittää materiaalien toimitusaikataulujen laatimisen ja varastointipaikkojen suunnittelun työmaalla. Lisäksi on tärkeää suunnitella materiaalien jakelu työmaalla siten, että ne ovat helposti saatavilla ilman, että ne estävät työntekoa tai aiheuttavat turvallisuusriskejä. Esimerkiksi varastointialueiden ja kuljetusreittien huolellinen suunnittelu voi merkittävästi parantaa työmaan tehokkuutta ja turvallisuutta. Logistiikkasuunnittelussa on myös otettava huomioon työmaan maantieteellinen sijainti ja sen vaikutukset materiaalien kuljetuksiin ja hankintaan.

Työmaan logistiikkaan kuuluu myös varastointipaikkojen ja kuljetusreittien suunnittelu. Varastointipaikat on sijoitettava siten, että materiaalit ovat helposti saatavilla ja turvallisesti varastoituna. Kuljetusreittien suunnittelussa on huomioitava työmaan liikennejärjestelyt ja turvallisuus. Materiaalien kuljetusten on oltava

tehokkaita ja turvallisia, jotta työmaa voi toimia sujuvasti ja ilman viivästyksiä. Resurssien hallinta sisältää myös työvoiman ja laitteiden tehokkaan käytön. Tämä tarkoittaa, että työvoiman tarpeet on arvioitava tarkasti ja työvoima on suunniteltava siten, että se vastaa projektin aikataulua ja työvaiheiden vaatimuksia. Työvoiman tehokas hallinta vaatii usein henkilöstön osaamisen ja koulutuksen jatkuvaa kehittämistä, jotta he pystyvät vastaamaan projektin muuttuviin tarpeisiin. Työvoiman hallintaan kuuluu myös työaikojen ja työvuorojen suunnittelu, jotta työmaa voi toimia tehokkaasti ja turvallisesti.

Laitteiden hallinnassa on tärkeää varmistaa, että ne ovat toimintakuntoisia ja käytettävissä tarvittaessa, ja että niiden käyttö optimoidaan projektin tarpeiden mukaan. Tämä edellyttää säännöllistä huoltoa ja tarkastuksia sekä ennakoivaa suunnittelua, jotta laitteiden käyttökatkokset voidaan minimoida. Laitteiden hallintaan kuuluu myös niiden sijoittelu työmaalla siten, että ne ovat helposti saatavilla ja turvallisesti käytettävissä. Laitteiden tehokas käyttö parantaa työmaan tuottavuutta ja vähentää kustannuksia.

Hyvä logistiikkasuunnitelma ja resurssien hallinta edellyttävät myös tehokasta viestintää ja yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa. Viestinnän avulla varmistetaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia työmaan tilanteesta ja mahdollisista muutoksista. Yhteistyö eri sidosryhmien kanssa auttaa myös ratkaisemaan mahdollisia ongelmia ja parantaa työmaan sujuvuutta. Työmaan logistiikan ja resurssien hallinnan parantaminen vaatii jatkuvaa seuranta- ja arviointia, jotta voidaan varmistaa tavoitteiden saavuttaminen ja mahdollisten ongelmien havaitseminen ja korjaaminen ajoissa. (2.)

3.3 Aikataulutuksen rakennusprojekteissa

Aikataulutus on yksi rakennusprojektin kriittisimmistä osista. Hyvin suunniteltu aikataulu ottaa huomioon kaikki työvaiheet, resurssien saatavuuden ja mahdolliset viivästykset. Aikataulutuksen avulla voidaan ennakoita työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet ja varmistaa, että resurssit ovat käytettävissä oikeaan

aikaan. Zeitmaps-ohjelma tarjoaa työkaluja aikataulutuksen optimointiin ja seurantaan. Ohjelman avulla voidaan laatia tarkkoja ja realistisia aikatauluja, jotka huomioivat projektin erityispiirteet ja vaatimukset.

Aikataulutuksessa käytetään yleensä Gantt-kaavioita, jotka esittävät projektin eri työvaiheet ja niiden keston visuaalisesti. Gantt-kaavioiden avulla voidaan helposti hahmottaa projektin kokonaisuus ja yksittäisten työvaiheiden ajoitus. Kriittisen polun menetelmällä voidaan tunnistaa projektin tärkeimmät työvaiheet, joiden viivästyminen vaikuttaa koko projektin aikatauluun. Näiden työvaiheiden hallinta on erityisen tärkeää aikataulun pitämiseksi. Kriittisen polun menetelmä auttaa myös resurssien optimoinnissa ja työvaiheiden priorisoinnissa.

Aikataulutuksen haasteena on ennakoida mahdolliset viivästykset ja riskit, jotka voivat vaikuttaa projektin etenemiseen. Tämä edellyttää jatkuvaa seuranta ja aikataulun päivittämistä tarpeen mukaan. Hyvä aikataulutus mahdollistaa myös resurssien tehokkaan käytön, sillä se auttaa varmistamaan, että kaikki tarvittavat resurssit ovat käytettävissä oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa. Aikataulun seuranta ja päivitys reaaliajassa, kuten Zeitmaps-ohjelman avulla, parantaa projektin läpinäkyvyyttä ja hallittavuutta.

Aikataulutuksen yhteydessä on tärkeää ottaa huomioon myös projektin ulkoiset tekijät, kuten sääolosuhteet ja viranomais määräykset, jotka voivat vaikuttaa aikataulun toteutumiseen. Sääolosuhteet voivat aiheuttaa viivästyksiä erityisesti ulkotöissä ja niiden vaikutukset on huomioitava aikataulusuunnittelussa. Viranomais määräykset ja lupaprosessit voivat myös vaikuttaa projektin aikatauluun, joten niiden huomioiminen on tärkeää jo suunnitteluvaiheessa.

Aikataulutuksen parantaminen edellyttää myös tehokasta viestintää ja yhteistyötä projektitiimin ja sidosryhmien välillä. Viestinnän avulla varmistetaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia aikataulusta ja mahdollisista muutoksista. Yhteistyö eri sidosryhmien kanssa auttaa myös ratkaisemaan mahdollisia ongelmia ja parantaa aikataulutuksen sujuvuutta. Aikataulutuksen parantaminen vaatii jatkuvaa seuranta ja arviointia, jotta voidaan varmistaa tavoitteiden saavuttaminen ja mahdollisten ongelmien havaitseminen ja korjaaminen ajoissa. (3.)

3.4 Turvallisuuden ja riskienhallinnan periaatteet

Turvallisuus on ensisijaisen tärkeää rakennustyömailla. Riskienhallinta käsittää potentiaalisten vaarojen tunnistamisen, arvioinnin ja ehkäisyn. Hyvä turvallisuussuunnittelu vähentää onnettomuuksia ja parantaa projektin sujuvuutta. Riskienhallinnan avulla voidaan myös varautua odottamattomiin tilanteisiin ja luoda varasuunnitelmia. Turvallisuus ja riskienhallinta ovat keskeisiä tekijöitä projektin onnistumisessa ja työntekijöiden hyvinvoinnin turvaamisessa.

Turvallisuussuunnitelma sisältää riskien arvioinnin ja toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi. Tämä voi sisältää muun muassa työmaahan liittyvät turvallisuusohjeet, henkilökohtaiset suojarahusteet ja koulutuksen. Turvallisuusohjeiden tarkoituksena on varmistaa, että kaikki työmaan työntekijät tietävät, miten toimia turvallisesti ja miten välttää onnettomuudet. Koulutus on olennainen osa turvallisuussuunnitelmaa, sillä se auttaa työntekijöitä tunnistamaan ja ehkäisemään riskit.

Riskienhallinta kattaa myös projektin taloudelliset riskit, aikatauluriskit ja tekniset riskit. Taloudelliset riskit liittyvät projektin budjetin ylityksiin ja resurssien puutteeseen. Aikatauluriskit käsittävät viivästykset ja niiden vaikutukset projektin valmistumisaikaan. Tekniset riskit voivat liittyä suunnitteluvirheisiin, laiteongelmiin ja työmenetelmien epäonnistumiseen. Riskienhallintaprosessi sisältää riskien tunnistamisen, arvioinnin, suunnittelun ja valvonnan.

Hyvä turvallisuussuunnittelu edellyttää myös tehokasta viestintää ja yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa. Viestinnän avulla varmistetaan, että kaikki osapuolet ovat tietoisia turvallisuusohjeista ja mahdollisista riskeistä. Yhteistyö eri sidosryhmien kanssa auttaa myös ratkaisemaan mahdollisia ongelmia ja parantaa työmaan turvallisuutta. Turvallisuussuunnittelun parantaminen vaatii jatkuvaa seuranta- ja arviointia, jotta voidaan varmistaa tavoitteiden saavuttaminen ja mahdollisten ongelmien havaitseminen ja korjaaminen ajoissa.

Turvallisuussuunnittelun yhteydessä on tärkeää ottaa huomioon myös työmaan ympäristö ja sen vaikutukset turvallisuuteen. Työmaan sijainti ja sen läheisyydessä olevat rakenteet ja infrastruktuuri voivat vaikuttaa turvallisuuteen, joten ne on huomioitava turvallisuussuunnitelmassa. Työmaan ympäristön huomiointi auttaa ennaltaehkäisemään onnettomuuksia ja parantaa työmaan turvallisuutta.

Riskienhallinnan parantaminen edellyttää myös tehokasta seuranta ja arviointia. Riskienhallintaprosessia on seurattava jatkuvasti ja arvioitava sen tehokkuutta. Mahdollisten riskien havaitseminen ajoissa auttaa varmistamaan, että ne voidaan ehkäistä tai niiden vaikutukset minimoida. Riskienhallintaprosessin jatkuva parantaminen on tärkeää, jotta voidaan varmistaa projektin turvallisuus ja sujuvuus. (4.)

4 Raitiotien rakenteet ja työvaiheet lyhyesti

Tässä luvussa käsitellään raitiotieradan rakenteita ja työvaiheita, jotka ovat olennaisia radan toimivuuden ja pitkäikäisyyden kannalta. Luvussa esitellään vaiheittain raitiotien rakentamisen keskeiset elementit, alkaen pohjatöistä ja runkomeluista, jatkuen ratapölkkyjen ja kiskojen asentamiseen, kammio kumien käyttöön ja radan valamiseen, ja päättyen kiskojen hitsaukseen. Jokainen työvaihe on kerrottu lyhyesti ja mukana on kuvia havainnollistamaan prosessin eri vaiheita ja niiden merkitystä raitiotieradan kokonaisuuden kannalta. Tavoitteena on antaa kuva raitiotieradan rakentamisen monimutkaisuudesta ja tärkeydestä jokaisen vaiheen onnistumiselle.

4.1 Raitiotieradan rakenteet

Raitiotieradan rakentaminen koostuu useista työvaiheista, joista jokainen on tärkeä radan toimivuuden ja pitkäikäisyyden kannalta. Työvaiheet sisältävät muun muassa pohjatyöt, runkomelut, ratapölkkyt, kiskotuksen, kammio kumit, radanvalun ja hitsauksen. Jokainen näistä vaiheista vaatii tarkkaa suunnittelua ja huolellista toteutusta, jotta radan rakenteet ovat kestäviä ja toimivat suunnitellusti.

4.2 Pohjatyöt

Pohjatyöt ovat raitiotieradan rakentamisen perusta ja ne alkavat maaperän tutkimuksilla ja analysoinnilla. Näiden tutkimusten avulla saadaan tietoa maaperän kantavuudesta ja muista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat radan pohjan stabilointiin. Maaperän stabilointi voi sisältää esimerkiksi paalutusta, maanvahvistusta tai muita tekniikoita, joilla varmistetaan radan alustan kestävyys. Kaivutyöt ovat myös olennainen osa pohjatöitä, sillä niiden avulla valmistellaan maaperä ratapölkkyjen ja muiden rakenteiden asentamista varten. Pohja töihin kuuluu lisäksi salaojituksen ja viemäroinnin suunnittelu ja toteutus. Salaojituksen

tarkoituksena on varmistaa, että radan pohja pysyy kuivana ja vakaana myös sateisissa olosuhteissa. Tämä estää maaperän eroosion ja vähentää routimisen riskiä, mikä on erityisen tärkeää pohjoisissa ilmasto-olosuhteissa. Viemäröinnin avulla ohjataan ylimääräinen vesi pois radan läheisyydestä, mikä parantaa rakenteen pitkäikäisyyttä ja vähentää huoltotarvetta. Alla olevassa kuvassa 1 näkyy valmiit ratapohjat.



Kuva 1, Valmiit ratapohjat. Kuva: Jukka Välikorpi

4.3 Runkomelut

Runkomelut ovat osa raitiotieradan alusrakennetta ja niiden pääasiallinen tehtävä on vähentää junan aiheuttamaa tärinää ja melua. Runkomelut sijoitetaan radan pohjalle ennen ratapölkkyjen asentamista. Ne toimivat eristävänä kerroksena, joka vaimentaa junan liikkeistä aiheutuvia värähtelyjä ja estää niiden leviämisen ympäröivään maaperään ja rakenteisiin. Runkomelujen suunnittelu perustuu akustisiin mittauksiin ja mallinnuksiin. Näiden avulla määritetään tehokkaimmat ratkaisut tärinän ja melun vähentämiseksi. Runkomelut voivat olla valmistettu erilaisista materiaaleista, kumista, muovista tai erityisestä mineraalivillasta, jotka on valittu niiden akustisten ominaisuuksien perusteella. Tehokkaasti suunnitellut runkomelut parantavat matkustusmukavuutta ja suojaavat ympäristöä liikenteen haitallisilta vaikutuksilta. Runkomelueristettä on käytössä Kruunusilloilla 3 eri paksuutta 15 mm, 25 mm ja 37 mm. Alla olevassa kuvassa 2 näkyy 25 mm runkomelueriste levitettynä ratapohjalle.



Kuva 2, Runkomelueriste. Kuva: Jukka Välikorpi

Runkomelueristeen päälle levitetään suojamuovi, joka suojaa sitä ja estää betonin pääsyn runkomelun saumoihin. Suojamuoviin merkitään radan asennuksessa käytettävät mittaviivat. Alla olevassa kuvassa 3 näkyy runkomelueristeen päälle asennettu suojamuovi.



Kuva 3, Runkomelueristeen päälle laitettava suojamuovi. Kuva: Jukka Välikorpi

4.4 Ratapölkkyt

Ratapölkkyt ovat poikittain asennettuja tukirakenteita, joihin kiskot kiinnitetään. Ne voivat olla valmistettu puusta, betonista tai muusta kestävästä materiaaleista. Ratapölkkyjen tehtävänä on pitää kiskot oikeassa asemassa ja jakaa junan

paino tasaisesti radan pohjalle. Ne myös vakauttavat rataa ja estävät kiskojen liikkumisen, mikä on tärkeää radan turvallisuuden ja toiminnan kannalta.

Ratapölkkyjen valinnassa otetaan huomioon niiden kestävyys, elinkaari ja ympäristövaikutukset. Puupölkkyt ovat perinteinen ratkaisu, mutta betonipölkkyt ovat yleistyneet niiden pitkäikäisyyden ja vähäisemmän huoltotarpeen vuoksi. Betoni on myös ympäristöystävällisempi vaihtoehto, koska se voidaan valmistaa kierrätetyistä materiaaleista. Pölkkyjen asennuksessa käytetään tarkkoja mittaus- ja asennuslaitteita, jotka varmistavat pölkkyjen oikean sijainnin ja kulman.

Alla olevassa kuvassa 4 näkyy ratapölkkyt runkomelujen päällä.



Kuva 4, Puolipölkkyt asennettu runkomelueristeen päälle. Kuva: Jukka Välikorpi

4.5 Kiskotus

Kiskotus on prosessi, jossa kiskot asennetaan ja kiinnitetään ratapölkkyihin. Tämä vaihe sisältää kiskojen asettamisen oikeille paikoilleen, tarkkuusmittaukset ja kiinnityksen pulttien ja kiinnikkeiden avulla. Kiskotuksen on oltava erittäin tarkkaa, jotta raitiotierata olisi turvallinen ja kestävä. Väärin asennetut kiskot voivat johtaa radan epätasaisuuteen, mikä voi aiheuttaa ongelmia junan liikennöinnissä ja lisätä huoltotarvetta. Kun kiskot ovat saatu kiinnitettyä aloitetaan radan asemointi. Radan asemointi lopulliseen asemaansa (raidegeometriaan) tehdään puoli pölkkyissä olevien nostopulttien avulla. Rata nostetaan oikeaan korkoon.

Sivuttaissuuntainen asemointi toteutetaan säädettävien vanttien avulla. Vantit kiinnitetään radan vieressä oleviin betonisiin painokiviin ja näiden avulla rata saadaan pysymään paikallaan betonivaluun asti. Alla olevassa kuvassa 5 näkyy kiskojen ylös nosto.



Kuva 5, Kiskoja nostetaan ylös. Kuva: Jukka Välikorpi

4.6 Kammiokumit

Kammiokumit ovat erikoiskumeja, joita käytetään kiskojen eristämiseen ja vaimentamiseen. Ne sijoitetaan kiskojen alle ja ympärille, mikä vähentää tärinää ja melua sekä parantaa radan kestävyyttä. Pää tarkoitus Kruunusilloilla kammiokumilla on estää hajavirtoja mitkä muodostuu kun paluuvirrat menevät kiskoja pitkin. Kammiokumit ovat erityisen tärkeitä kaupunkialueilla, joissa liikenteen vaikutukset ympäristöön ovat merkittäviä. Ne auttavat suojaamaan rakennuksia ja muita rakenteita raitiovaunun aiheuttamilta värähtelyiltä. Kammiokumeja on erityyppisiä ja niiden valinta riippuu kiskojen ja alusrakenteen vaatimuksista. Eri materiaalit ja rakenteet tarjoavat erilaisia vaimennusominaisuuksia ja kammiokumeja voidaan räätälöidä vastaamaan erityisiä tarpeita. Kammiokumien (Kuva 7) asennus vaatii tarkkaa suunnittelua ja toteutusta, jotta ne toimivat tehokkaasti ja kestävät radan käytön aiheuttamat rasitukset. Kruunusilloilla on käytössä ohuempaa edilonkumia, jota käytetään betoni ja asfalttipinnoilla. Sekä paksumpaa kammiokumia, jota käytetään nurmikivipinnoilla. Alla olevassa kuvassa 6 näkyy edilonkumit paikalleen asennettuna.



Kuva 6, Edilonkumi. Kuva: Jukka Välikorpi



Kuva 7, Kammiokumi. Kuva: Jukka Välikorpi

4.7 Radanvalu

Radanvalu on prosessi, jossa kiskot valetaan paikalleen betonilla. Kruunusil-
loilla on ollut käytössä teräskuitubetonia ja muovikuitubetonia. Muovikuitu beto-
nia käytetään niihin valuosiin mihin tulee radan sähkölaitteita. Muovikuitubetonia
käytetään, jotta sähkölaitteisiin ei tulisi häiriöitä. Betonivalu varmistaa, että kis-
kot ovat tukevasti kiinni ja kestävät liikenteen rasituksen. Radanvalu on olennai-
nen osa radan rakenteen viimeistelyä ja sen tarkoituksena on parantaa radan
kestävyyttä ja vakausta. Valuprosessi sisältää betonin sekoittamisen, valun ja

jälkihoidon, joka varmistaa betonin kovettumisen oikeissa olosuhteissa. Betoni tehdään betoniasemalla ja se sisältää tarkkojen seossuhteiden noudattamisen, jotta saavutetaan halutut lujuus- ja kestävyys ehdot. Valu suoritetaan valmiiksi asennettujen muottien avulla ja se edellyttää huolellista työskentelyä, jotta betoni leviää tasaisesti ja ilman ilmakuplia. Valun jälkihoito on yhtä tärkeää kuin itse valu ja siihen kuuluu betonin suojaaminen ja kosteuden säätely, jotta se kovettuu oikealla tavalla. Alla olevassa kuvassa 8 valetaan yhtenäistä rataalaatta.



Kuva 8, Radan betonivalu. Kuva: Jukka Välikorpi

4.8 Hitsaus

Hitsaus on työvaihe, jossa kiskojen liitoskohdat hitsataan yhteen. Tämä tekee kiskoista yhtenäisen rakenteen, mikä vähentää tärinää ja parantaa junan ajomukavuutta. Hitsaaminen on tarkkaa työtä, joka vaatii erityisosaamista ja -välineitä. Kiskojen hitsauksessa käytetään erilaisia menetelmiä, kuten termiittihitsausta tai puikkohitsausta, riippuen kiskojen tyypistä ja käyttöolosuhteista.

Termiittihitsaus on yleinen menetelmä, jossa käytetään alumiinioksidin ja rautaoksidin seosta kiskojen yhteen liittämiseen. Tämä menetelmä on tehokas ja tarjoaa erittäin kestävästä hitsaussaumasta. Alla olevassa kuvassa 9 on urakiskon termiittihitsaus käynnissä. Puikkohitsaus puolestaan hyödyntää sähkövirtaa kiskojen kuumentamiseen ja liittämiseen, ja se soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa tarvitaan nopeita ja tarkkoja liitoksia. Kiskojen hitsauksen jälkeen hitsaussaumot tarkastetaan ja viimeistellään tarvittaessa. Tämä sisältää hitsaussaumojen hioamisen ja tarkastusmittaukset, joilla varmistetaan saumojen tasaisuus ja kestävyys. Oikein tehty hitsaus parantaa radan kestävyttä ja vähentää huoltotarvetta, mikä on tärkeää radan pitkän aikavälin toimivuuden kannalta.



Kuva 9, Termiittihitsaus. Kuva: Jukka Välikorpi

Alla olevassa kuvassa 10 puikko hitsataan kiskoja yhtenäiseksi ennen kiskojen asemointia Merihaansillalla.



Kuva 10, Puikkohitsaus. Kuva: Jukka Välikorpi

5 Hakaniemen raitiotiekatkon analyysi

Tässä luvussa tarkastellaan Hakaniemen raitiotiekatkon toteutuksen keskeisiä työvaiheita ja niihin liittyviä haasteita. Aluksi käsitellään nosturien ja betonipumppujen valintaa sekä niiden sijoittelua työmaalla, jotta nostotyöt ja betonoinnit voidaan suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti. Luvussa käydään myös läpi liikenteen ja työmaan järjestelyjä, jotka ovat ratkaisevan tärkeitä projektin sujuvuuden kannalta, sekä potentiaalisia ongelmia, kuten sääolosuhteiden ja maaperän kantavuuden vaikutuksia. Lopuksi esitellään konkreettiset toimenpiteet, joiden avulla näihin haasteisiin pyritään varautumaan ja ne pyritään ratkaisemaan, jotta projektin viivästykset ja lisäkustannukset voidaan minimoida.

5.1 Nosturien valinta ja sijoittelu

Nosturien valinta ja sijoittelu ovat keskeisiä työvaiheita Hakaniemen raitiotiekatkon yhteydessä. Tämä vaihe vaatii tarkkaa suunnittelua ja huolellista arviointia, jotta nosturit pystyvät suorittamaan nostotyöt tehokkaasti ja turvallisesti.

Nosturien valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten nostokapasiteetti, nostosäde. Vaihde-elementtien nostaminen edellyttää, että nosturit pystyvät käsittelemään suuria kappaleita, joiden massa ja koko vaihtelevat. Nostokapasiteetin on oltava riittävä, jotta kappaleet voidaan nostaa ja sijoittaa tarkasti paikoilleen. Tämä vaatii usein tarkkaa laskentaa ja simulointia, jotta nosturit valitaan oikein ja sijoitetaan optimaalisesti.

Nostokapasiteetti on yksi tärkeimmistä tekijöistä nosturin valinnassa. Vaihde-elementtien nostaminen vaatii suuria nostokapasiteetteja, erityisesti kun kyseessä ovat pitkät ja raskaat elementit. Valitsemalla riittävän nostokapasiteetin omaavat nosturit voidaan varmistaa, että kaikki nostot voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti.

Nostosäde määrittelee, kuinka kauas nosturi voi ulottua ilman, että nostokapasiteetti heikkenee merkittävästi. Tämä on erityisen tärkeää, kun työskentelyalueella on rajoitetusti tilaa ja nostureiden on kyettävä toimimaan turvallisesti

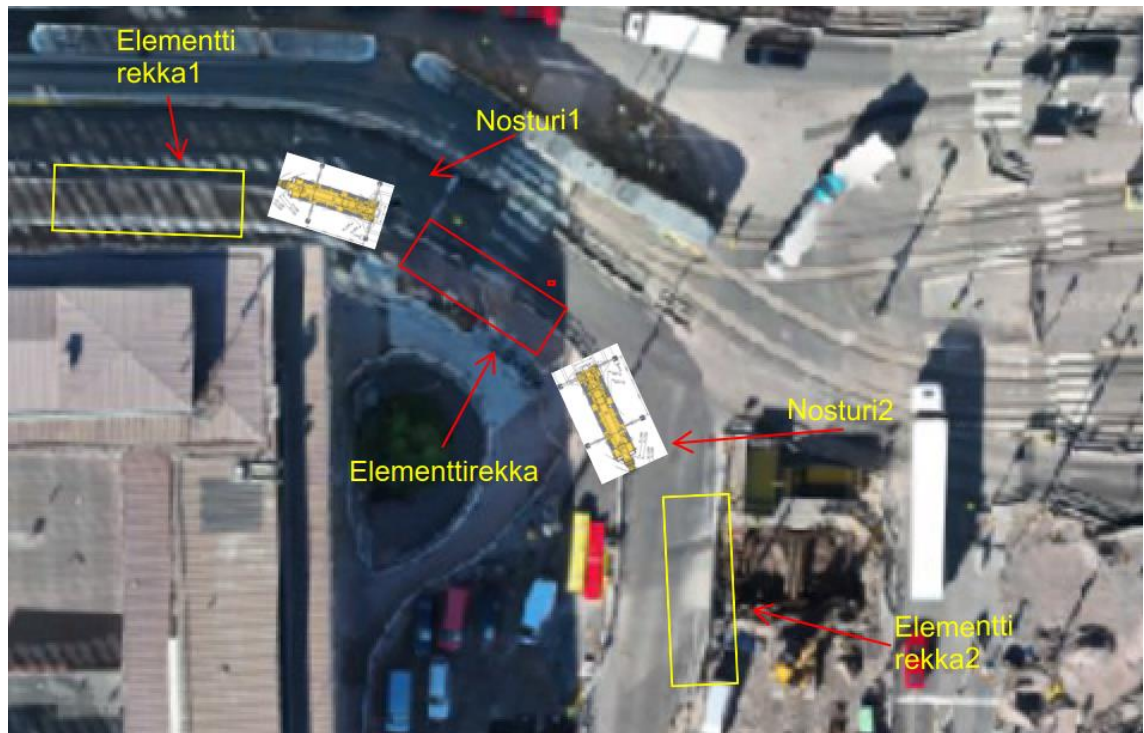
muiden työmaan laitteiden ja rakenteiden lähellä. Nostosäteen optimointi auttaa varmistamaan, että nostot voidaan suorittaa ilman, että nosturin on siirryttävä usein paikasta toiseen.

Nosturien liikkuvuus on myös keskeinen tekijä työmaan ahtaissa olosuhteissa. Nosturien on pystyttävä liikkumaan helposti ja turvallisesti työmaalla, jotta ne voivat suorittaa tarvittavat nostot ilman suuria viiveitä. Tämä vaatii usein nostureiden, joilla on hyvät liikkumisominaisuudet ja jotka voivat toimia tehokkaasti kapeilla ja ahtailla alueilla.

Nosturien sijoittelussa on huomioitava myös työmaan maaperä ja infrastruktuuri. Nosturien on oltava vakaalla ja kantavalla alustalla, jotta nostotyöt voidaan suorittaa turvallisesti. Lisäksi on varmistettava, että nosturien sijoittelu ei estä muiden työvaiheiden suorittamista tai aiheuta liikenneongelmia. Työmaalla käytetään usein erilaisia nostureita, kuten mobiilinostureita ja torninostureita, jotka valitaan niiden soveltuvuuden perusteella.

Nosturien valinnan ja sijoittelun suunnittelussa hyödynnettiin Vector lo ja Infra-kitt ohjelmia sekä nosturien nostosäde taulukoita. Nosturien käyttö edellyttää myös erityistä osaamista ja koulutusta, jotta kaikki työntekijät osaavat käyttää laitteita oikein ja turvallisesti. Koulutuksessa painotettiin erityisesti turvallisuus-käytäntöjä, teknisiä taitoja ja kykyä reagoida muuttuviin työmaatilanteisiin. (5.)

Alla olevassa kuvassa 11 näkyy ensimmäisen vaiheen (keltainen) vaihde-elementti nosturien paikat ja vastapainorekkojen, joista nostetaan nostureihin vastapainot sekä varsinainen elementtirekka.



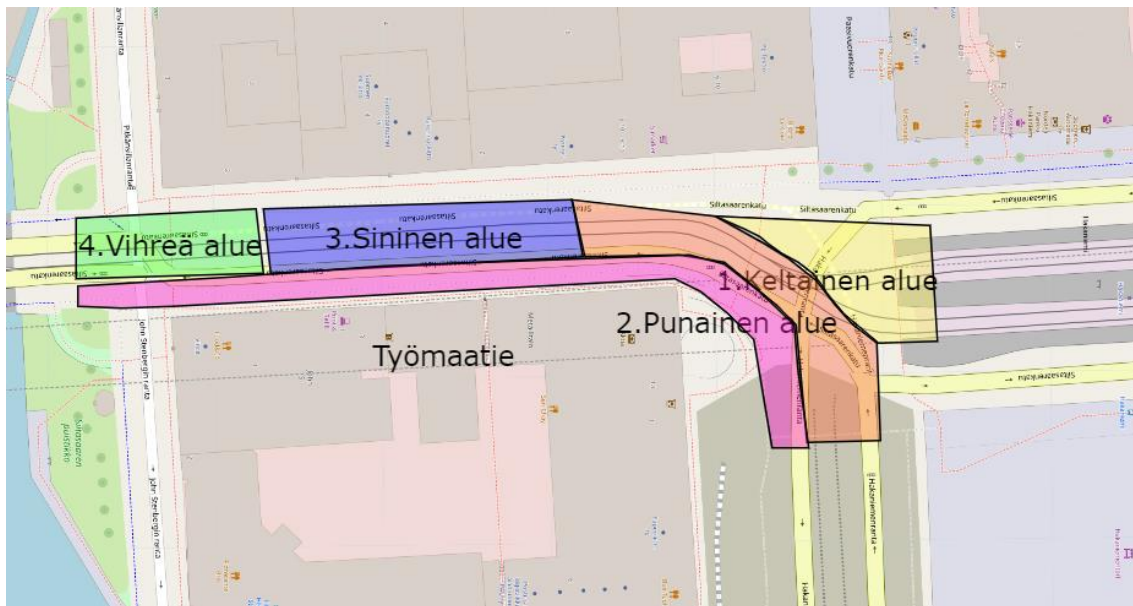
Kuva 11, Nosturien paikat alue 2. Kuva: Infrakitt kuvakaappaus.

Seuraavassa kuvassa 12 näkyy toisen vaiheen (punainen) ja neljännen vaiheen (vihreä) Nosturit, vastapainorekat ja elementtirekat.



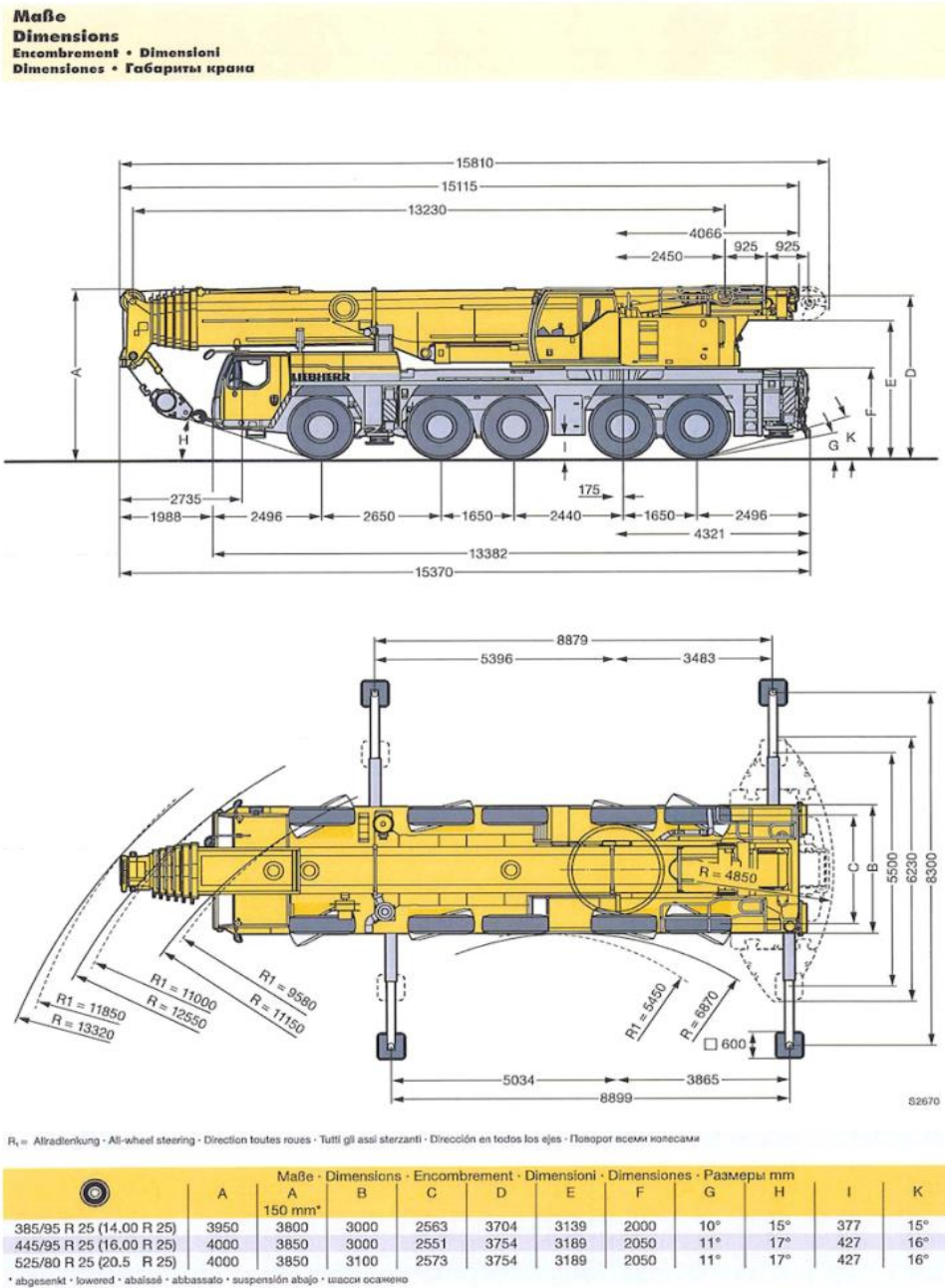
Kuva 12, Nosturien paikat alue 2 ja 4. Kuva: Infrakitt kuvakaappaus.

Alla olevassa kuvassa 13 näkyy työmaa-alueet Zeitmaps-aikatauluohjelmasta otetusta kuvakaappauksesta.



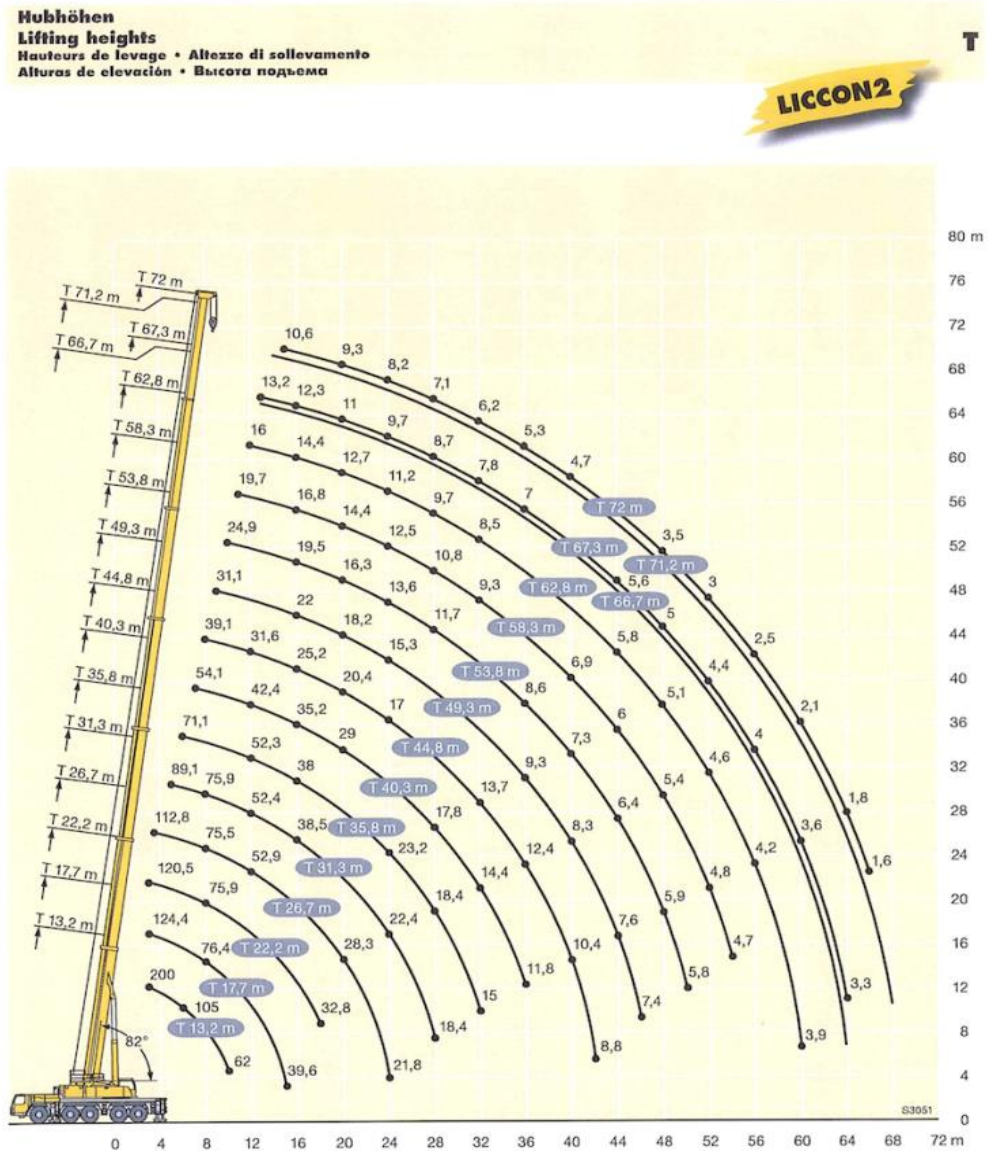
Kuva 13, Työmaa-alueet väritettyinä. Kuva: Kuvakaappaus Zeitmaps-aikatauluohjelmasta.

Alla olevassa vaihde-elementtien nostoissa käytettävä nosturi Liebherr LTM1200. Kuvassa 14 esitetynä nosturin mitat ja tuenta.



Kuva 14, Nosturin mitat ja tuenta. Kuva: <https://sjoman.com/nosturivuokraus/vuokraa-autoalustainen-ajoneuvonosturi/liebherr-ltm-1200-200t/>

Seuraavassa kuvassa 15 esitettynä nosturin nostokyytaulukko.



Kuva 15, Nosturin nostokyytaulukko. Kuva: <https://sjoman.com/nosturivuokraus/vuokraa-autoalustainen-ajoneuvonosturi/liebherr-ltm-1200-200t/>

5.2 Betonipumppujen valinta ja sijoittelu

Betonipumppujen valinta ja sijoittelu ovat keskeisiä työvaiheita betonivaluissa Hakaniemen raitiotiekatkon aikana ja ne vaativat tarkkaa suunnittelua ja huolellista arviointia. Betonipumppujen käyttö mahdollistaa betonin siirtämisen pitkien matkojen päähän ja vaikeapääsyisiin kohteisiin, mikä on erityisen tärkeää työmailla, joilla tila on rajoitettua.

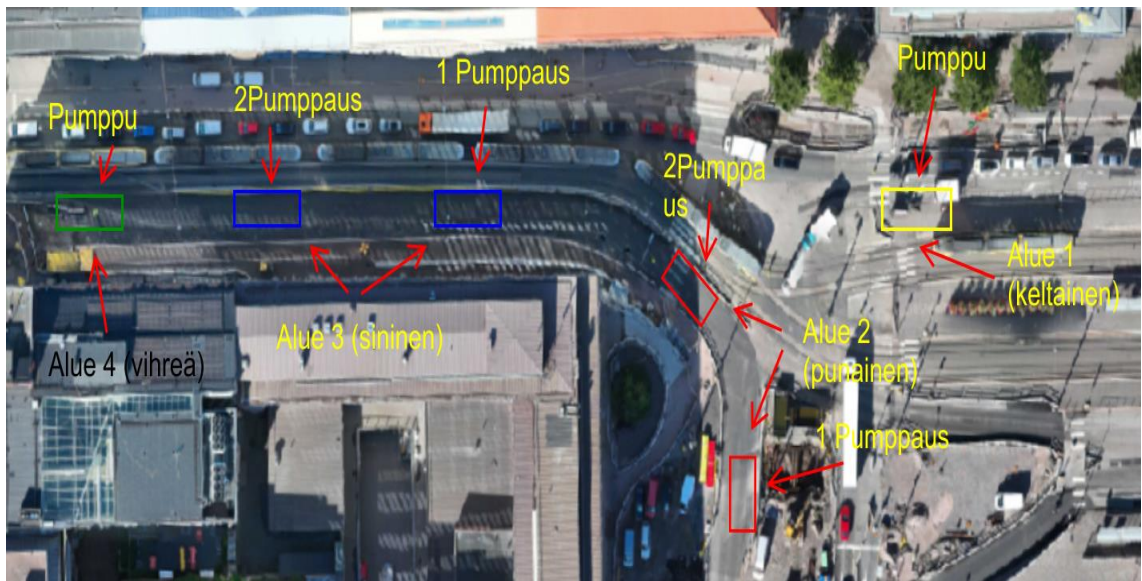
Betonipumppujen valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten pumppauskapasiteetti, pumppausmatka ja betonin koostumus. Pumppauskapasiteetin on oltava riittävä, jotta betoni voidaan siirtää tehokkaasti ja tasaisesti valukohteeseen. Pumppausmatka määrittelee, kuinka kauas betonia voidaan siirtää ilman, että se menettää laatuaan tai työskentelyn nopeus heikkenee.

Betonipumppujen käyttöön liittyvät tekniset vaatimukset edellyttävät, että pumput pystyvät käsittelemään erikokoiset ja -painoisia betonierät, jotka vastaavat työmaan tarpeita. Pumppauskapasiteetin määrittelyssä otetaan huomioon betonin määrä ja laatu, jotka on siirrettävä tiettyyn kohteeseen tiettyssä ajassa. Tämä auttaa varmistamaan, että betonin pumppaus sujuu tehokkaasti ilman keskeytyksiä.

Betonipumppujen sijoittelussa on huomioitava työmaan maaperä ja infrastruktuuri. Pumppujen on oltava vakaalla ja kantavalla alustalla, jotta pumppaustyöt voidaan suorittaa turvallisesti. Lisäksi on varmistettava, että pumppujen sijoittelu ei estä muiden työvaiheiden suorittamista tai aiheuta liikenneongelmia. Betonipumppujen sijoittelun suunnittelussa käytettiin Vector lo ja Infrakitt ohjelmia, joiden avulla pystyi arvioimaan eri vaihtoehtojen soveltuvuutta ja tehokkuutta.

Näiden työkalujen avulla voitiin testata eri sijoitteluvaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia työn sujuvuuteen. Näin voidaan ennakoida mahdolliset ongelmat ja suunnitella niiden ratkaisut etukäteen, mikä vähentää työn keskeytyksiä ja parantaa projektin aikataulun pitävyyttä.

Betonipumppujen käyttöä varten laaditaan tarkat työohjeet ja turvallisuussuunnitelmat, jotka varmistavat, että pumppaustyöt suoritetaan turvallisesti ja tehokkaasti. Betonipumppujen käyttö edellyttää myös erityistä osaamista ja koulutusta, jotta kaikki työntekijät osaavat käyttää laitteita oikein ja turvallisesti. Koulutuksessa painotetaan erityisesti turvallisuuskäytäntöjä, teknisiä taitoja ja kykyä reagoida muuttuviin työmaatilanteisiin. (6.) Alla olevassa kuvassa 16 betonipumppujen paikat alueittain.



Kuva 16, Betonipumppujen paikat kartalla. Kuva: Infrakitt kuvakaappaus.

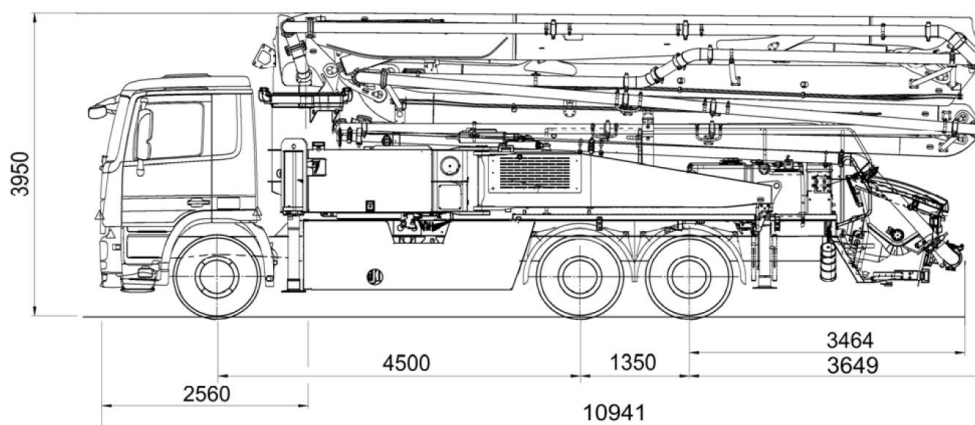
Seuraavassa kuvassa 17 valuissa käytettävän Putzmeister BSF 36-4.16 H betonipumpun koko ja tekniset tiedot.



Truck-mounted concrete pump BSF 36-4.16 H

.16 H LS

Output up to 160 m³/h
Delivery pressure up to 85 bar*



Note: Standard version. Dimensions and weights depend on truck, pump model and equipment.
Dimensions in mm, MB-Actros 2632 Euro 5 as example.
For illustration only.

Technical data

Boom M 36-4 Gen. 9			
Sections			4
Reach height	m		35.6
Horizontal reach	gross	m	31.4
	net	m	28.9
Reach depth max.	m		23.9
Unfolding height	m		8.5
End hose length	m		4
Folding system			Z
Delivery line			DN 125

Pump		BSF	.16 H	.16H LS
Rod side	Output	m ³ /h	160	-
	Delivery pressure	bar	85	-
	Strokes	1/min.	31	-
Piston side	Output	m ³ /h	-	160
	Delivery pressure	bar	-	85
	Strokes	1/min.	-	26
	Delivery cylinder	Ø mm	230	250
	Stroke	mm	2100	2100

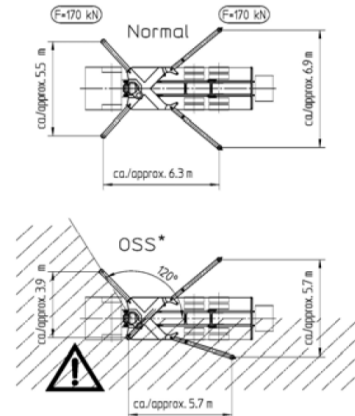
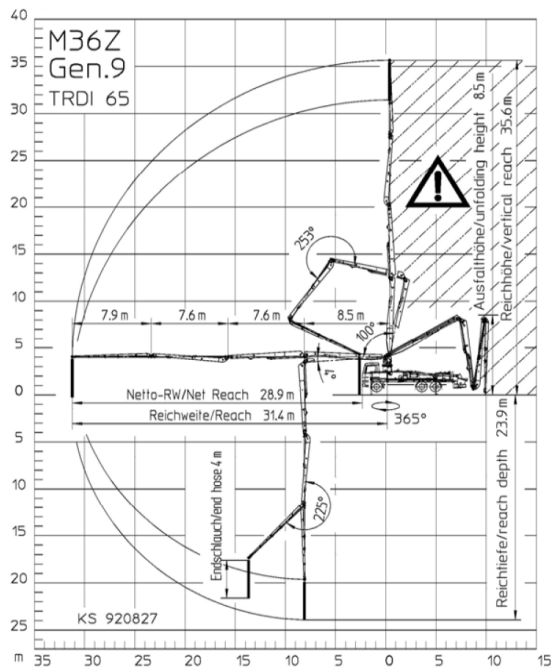
*) Delivery line boom max. 85 bar.
All data maximum theoretical.

CT 4394-5 EN

Kuva 17, Betonipumpun koko ja tekniset tiedot. Kuva: <https://betomik.fi/kalusteet/pumppu-36-m-putzmeister-bsf-36-4-16-h/>

Seuraavassa kuvassa 18 on betonipumpun tuenta ja -ulottuvuus kaavio.

Reach information diagram, Support



OSS not included in series range.
Dimensions can differ depending on configuration.



Range in which you must not work
with the end hose.

Serial delivery scope

Agitator and water pump radio remote/on site controlled
Agitator safety switch off, RFID with startup protection
Box for delivery slip, plastic
Box for sponge balls
Cardan shaft maintenance free
Central lubrication hopper, electrically
Chassis horn via remote control on hopper
Concrete hopper RS 909 with agitator
Connections for hydraulic emergency supply
C-pipe connection for filling water tank
Delivery cylinder chrome-plated
Delivery line (1-layer) PM40, arm assembly
Delivery piston 'compact' (16 H), 'single' (16 H LS)
Diagnose interface
End hose 4.0 m DN 125 5,5"

Ergonomic Graphic Display (EGD) with machine fault management
Ergonic Pump System (EPS) incl. Ergonic Output Control (EOC)
Flushing water pump 160 l/min 25 bar
Hand rail left and right side (not EEA)
Hinged elbow with cleaning port
Hydraulic hose for replacement in hose pack
Operating manuals 2 x (1 x paper, 1 x CD-ROM) spare part list
Platform non-skid
Pump on/off dependent on speed
Radio remote control proportional with display
Remote control without display with 40 m cable
Rubber collar on concrete hopper
Spectacle wear plate DURO 22
Splash guard fixed
Spray hose 10 m incl. bracket

Steps, first step foldable
S-transfer tube switchover fast/slow
Support plates at swinging support leg in bracket
Swivel support plates
Tool set incl. standard equipment
Towing eye
Wash-out port lid with slide pin
Water supply at hopper (1/2")
Water tank 800 l
Working light for illumination of hopper, detachable

See quotation for exact serial delivery scope.
Comprehensive range of options available on request.

Putzmeister Concrete Pumps GmbH | P.O. Box 2152 | 72629 Aichtal | Tel. +49 7127 599-0 | Fax +49 7127 599-520 | pmw@pmw.de
Right to make amendments reserved | © by Putzmeister | All rights reserved | Printed in Germany | 1707

CT 4394-5 EN

Kuva 18, Betonipumpun tuenta ja -ulottuvuuskaavio. Kuva: <https://betonimik.fi/kalusteet/pumppu-36-m-putzmeister-bsf-36-4-16-h/>

5.3 Liikenteen ja työmaan järjestelyt

Liikenteen ja työmaan järjestelyt ovat kriittisiä Hakaniemen raitiotiekatkon onnistumiselle. Projektiin laaditaan kattava liikennesuunnitelma, joka käsittää bussien, henkilöautojen ja kevyen liikenteen hallinnan. Suunnitelman avulla pyritään minimoimaan liikenteen häiriöt ja varmistamaan työmaan sujuva toiminta. Liikennesuunnitelman laatimisessa otetaan huomioon työmaan vaikutukset ympäröivään liikenteeseen ja pyritään löytämään ratkaisuja, jotka mahdollistavat liikenteen sujuvuuden projektin aikana. Tämä sisältää tilapäiset liikennejärjestelyt, kuten kaistojen sulkemiset, kiertotiet ja liikenteen ohjauksen. Erityistä huomiota on kiinnitetty ruuhka-aikoihin ja siihen, miten työmaa vaikuttaa niihin.

Liikennesuunnitelma sisältää myös tiedotuskampanjan, jonka avulla informoidaan alueen asukkaita, yrityksiä ja muita sidosryhmiä tulevista liikennejärjestelyistä. Tiedotuskampanjaan kuuluu muun muassa tiedotteet, opasteet, joilla annetaan ajantasaista tietoa liikennejärjestelyistä ja niiden muutoksista. Tiedottamisen avulla pyritään vähentämään häiriöitä ja varmistamaan, että kaikki ovat tietoisia suunnitelluista muutoksista ja osaavat varautua niihin.

Työmaan järjestelyt käsittävät työmaan layoutin ja logistiikan suunnittelun. Työmaan layout suunnitellaan siten, että työvaiheet voidaan suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti. Tämä sisältää työmaan aitaamisen, kulkuväylien ja varastointialueiden suunnittelun sekä nosturien ja betonipumppujen sijoittelun. Työmaan logistiikka käsittää materiaalien ja laitteiden kuljetukset, varastoinnin ja jakelun työmaalla. Logistiikan suunnittelussa on otettava huomioon työmaan ahtaat tilat ja liikenteen vaikutukset. Tämä edellyttää tarkkaa suunnittelua ja koordinointia, jotta kaikki materiaalit ja laitteet ovat oikeaan aikaan oikeassa paikassa.

Hyvä logistiikkasuunnitelma vähentää seisokkeja ja parantaa työmaan tehokkuutta. Liikenteen ja työmaan järjestelyjen suunnittelussa on tärkeää huomioida myös turvallisuus. Liikennejärjestelyjen on oltava selkeitä ja hyvin merkittyjä, jotta ne eivät aiheuta vaaratilanteita liikenteelle tai työmaan työntekijöille. Työmaan alueella on noudatettava tiukkoja turvallisuusohjeita ja kaikilla työntekijöillä on oltava tarvittavat suojarusteet. Turvallisuus on ensisijaisen tärkeää

työmaan järjestelyissä, ja sen varmistamiseksi on laadittu yksityiskohtaiset turvallisuussuunnitelmat. (7.)

5.4 Potentiaaliset ongelmat ja niiden seuraukset

Hakaniemen raitiotiekatkon toteutuksessa voi tulla useita potentiaalisia ongelmia, jotka voivat vaikuttaa projektin etenemiseen ja aikatauluun. Näihin ongelmiin kuuluvat muun muassa ratapohjat eivät ole ajallaan valmiita, sääolosuhteet, liikenteen häiriöt ja tekniset haasteet nostureiden ja betonipumppujen käytössä.

Maaperän kantavuusongelmat voivat aiheuttaa viivästyksiä ja lisäkustannuksia, jos maaperän stabilointiin tarvitaan odotettua enemmän toimenpiteitä. Tämä voi vaikuttaa nostureiden ja muiden raskaiden laitteiden käyttöön työmaalla. Maaperän kantavuuden tarkat mittaukset ja stabilointisuunnitelmat ovat keskeisiä ongelmien ennaltaehkäisyssä.

Sääolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi rakennustöiden etenemiseen. Eri-tyisesti alkukevään olosuhteet, kuten pakkaset ja lumisateet, voivat hidastaa töitä ja vaikeuttaa betonivalujen ja nostotöiden suorittamista. Sääolosuhteiden vaikutusten minimointi vaatii joustavaa aikataulutusta ja varasuunnitelmia, joilla voidaan reagoida muuttuviin olosuhteisiin varsinkin keväällä tehtävissä rata-töissä.

Liikenteen häiriöt ovat toinen merkittävä riski, sillä Hakaniemen alueella on vilkas liikenne. Työmaa voi aiheuttaa ruuhkia ja liikenteen uudelleenjärjestelyjä, jotka vaikuttavat sekä julkiseen liikenteeseen että yksityisautoiluun. Hyvin suunnitellut liikennejärjestelyt ja tehokas tiedottaminen voivat vähentää näitä häiriöitä ja parantaa liikenteen sujuvuutta.

Tekniset haasteet nostureiden ja betonipumppujen käytössä voivat aiheuttaa viivästyksiä ja lisäkustannuksia. Nostureiden ja betonipumppujen käyttö edellyttää tarkkaa suunnittelua ja koordinointia, jotta ne toimivat tehokkaasti ja turvallisesti. Mahdolliset laitteiden rikkoutumiset tai käyttökatkokset on huomioitava ja niiden varalle on laadittava varasuunnitelmat.

Näiden potentiaalisten ongelmien ennaltaehkäisy ja hallinta ovat keskeisiä projektin onnistumiselle. Ongelmiin varautuminen ja niiden vaikutusten minimointi vaativat jatkuvaa seuranta ja arviointia. Tämä edellyttää tiivistä yhteistyötä kaikkien osapuolten välillä ja tehokasta viestintää, jotta mahdollisiin ongelmiin voidaan reagoida nopeasti ja tehokkaasti. (8.)

5.5 Konkreettiset toimet ongelmien ehkäisemiseksi ja ratkaisemiseksi

Potentiaalisten ongelmien ehkäisemiseksi ja ratkaisemiseksi on laadittu yksityiskohtaiset suunnitelmat ja toimenpiteet. Nämä toimet keskittyvät erityisesti maaperän kantavuusongelmien, sääolosuhteiden, liikenteen häiriöiden ja teknisten haasteiden hallintaan.

Maaperän kantavuusongelmien ennaltaehkäisyyn kuuluvat perusteelliset maaperätutkimukset ja stabilointitoimenpiteet. Maaperän kantavuuden parantamiseksi voidaan käyttää erilaisia tekniikoita, kuten paalutusta, maanvahvistusta. Nämä toimenpiteet varmistavat, että maaperä kestää nostureiden ja muiden raskaiden laitteiden käytön.

Sääolosuhteiden vaikutusten minimoimiseksi on laadittu joustava aikataulusuunnitelma, joka mahdollistaa töiden siirtämisen sääolosuhteiden mukaan. Sääolosuhteiden jatkuva seuranta ja ennustaminen auttavat varautumaan mahdollisiin muutoksiin ja reagoimaan niihin ajoissa.

Liikenteen häiriöiden vähentämiseksi on laadittu kattava liikennesuunnitelma, joka sisältää tilapäiset liikennejärjestelyt, tiedotuskampanjan ja liikenteen ohjauksen. Liikennejärjestelyt on suunniteltu siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän häiriöitä ja mahdollistavat työmaan sujuvan toiminnan. Tiedotuskampanjan avulla varmistetaan, että alueen asukkaat ja muut sidosryhmät ovat tietoisia liikennejärjestelyistä ja osaavat varautua niihin.

Teknisten haasteiden hallintaan on laadittu tarkat käyttö- ja huolto-ohjeet nostureiden ja betonipumppujen käytölle. Lisäksi on varmistettu, että laitteiden käyttöön on saatavilla riittävä määrä koulutettua henkilöstöä. Mahdollisten

laiterikkojen varalle on laadittu varasuunnitelmat, jotka sisältävät varaosien ja varalaitteiden hankinnan ja ylläpidon.

Näiden konkreettisten toimenpiteiden avulla pyritään varmistamaan Hakaniemien raitiotiekatkon sujuva ja turvallinen toteutus. Ongelmiin varautuminen ja niiden hallinta ovat keskeisiä projektin onnistumiselle, ja näiden toimenpiteiden avulla voidaan minimoida mahdolliset viivästykset ja lisäkustannukset. (9.)

6 Zeitmaps-aikatauluohjelman hyödyntäminen Hakaniemen ratikkakatkoissa

Tässä luvussa käsitellään Zeitmaps-aikatauluohjelman hyödyntämistä Hakaniemen ratikkakatkon projektinhallinnassa. Luvussa tarkastellaan, miten Zeitmaps voi parantaa projektin aikataulutusta ja resurssien hallintaa, erityisesti työvaiheiden yhteensovittamisessa ja projektin sujuvuuden varmistamisessa. Lisäksi käsitellään ohjelmiston tarjoamaa reaaliaikaista seurantamahdollisuutta sekä sen haasteita, kuten ohjelman monimutkaisuutta ja tietojen tarkkuuden vaatimuksia. Luku tarjoaa myös kokonaisarvion Zeitmapsin hyödyistä ja haitoista projektinhallinnan näkökulmasta.

6.1 Zeitmaps-aikataulun käyttö projektinhallinnassa

Zeitmaps on uusi aikataulusohjelma, joka tarjoaa monipuolisia työkaluja rakennusprojektien hallintaan. Hakaniemen ratikkakatkon kaltaisessa projektissa Zeitmapsin käyttö voisi tuoda merkittäviä etuja erityisesti aikataulutuksen tarkkuudessa ja työvaiheiden yhteensovittamisessa. Zeitmaps mahdollistaa projektin eri osien visualisoinnin, mikä auttaa pitämään hankkeen aikataulussa ja tunnistamaan kriittiset työvaiheet, joiden viivästyminen vaikuttaisi koko projektin valmistumiseen.

6.2 Aikataulun visualisointi ja resurssien hallinta

Hakaniemen ratikkakatkoissa on useita eri työvaiheita, jotka ovat vahvasti toisistaan riippuvaisia. Zeitmapsin avulla voi visualisoida nämä työvaiheet ja varmistaa, että resurssit, kuten työvoima ja laitteet, ovat saatavilla oikeaan aikaan. Ohjelmiston avulla on mahdollista luoda skenaarioita ja arvioida, miten muutokset aikataulussa vaikuttavat kokonaisuuteen. Lisäksi Zeitmapsin avulla voidaan suunnitella resurssien tehokas käyttö, vähentää seisokkiaikoja ja parantaa työmaan yleistä tuottavuutta.

6.3 Tietojen reaaliaikainen päivitys ja seurantamahdollisuudet

Zeitmaps tarjoaa myös mahdollisuuden reaaliaikaiseen tietojen päivitykseen ja seurantaan, mikä on erittäin tärkeää projektin sujuvuuden kannalta. Tämä ominaisuus mahdollistaa sen, että projektipäälliköt ja muut sidosryhmät voivat jatkuvasti seurata projektin etenemistä ja tehdä tarvittavia muutoksia nopeasti, mikäli aikataulusta poiketaan. Reaaliaikainen seuranta parantaa projektinhallinnan läpinäkyvyyttä ja auttaa pitämään kaikki osapuolet ajan tasalla projektin edistymisestä.

6.4 Zeitmapsin haasteet ja rajoitukset

Vaikka Zeitmaps tarjoaa monia etuja, sillä on myös joitakin haasteita ja rajoituksia, jotka on syytä ottaa huomioon. Ensinnäkin ohjelmiston monimutkaisuus voi olla haaste, erityisesti niille käyttäjille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta vastaavista työkaluista. Zeitmapsin tehokas käyttö vaatii perehtymistä ja mahdollisesti koulutusta, jotta kaikki ohjelmiston ominaisuudet saadaan hyödynnettyä täysimääräisesti.

Toinen merkittävä haaste on Zeitmapsin vaatima tietojen tarkkuus ja ajantasaisuus. Jotta ohjelmisto voi toimia optimaalisesti, syötettävien tietojen on oltava tarkkoja ja jatkuvasti päivitettyjä. Tämä voi olla työlästä, erityisesti suurissa projekteissa, joissa tietomäärät ovat suuria ja muutoksia tapahtuu usein. Virheet tai viiveet tietojen päivityksessä voivat johtaa virheellisiin aikataulutulkintoihin ja siten heikentää projektin hallintaa.

6.5 Yhteenveto Zeitmapsin hyödyistä ja haitoista

Kokonaisuudessaan Zeitmaps voi olla erittäin hyödyllinen työkalu Hakaniemen ratikkakatkon kaltaisessa projektissa, jossa aikataulut ja resurssien hallinta ovat avainasemassa projektin onnistumisen kannalta. Sen avulla voidaan parantaa aikataulujen tarkkuutta, resurssien käyttöä ja reaaliaikaista seurantaa, mikä vähentää viivästysten riskiä ja parantaa projektin hallintaa. Toisaalta

Zeitmapsin käyttö vaatii huolellista perehtymistä ja ajantasaisen tiedon ylläpitoa, ja sen tehokas käyttö saattaa vaatia lisäresursseja ja koulutusta. Huomioimalla nämä seikat Zeitmapsista voidaan kuitenkin saada merkittävä hyöty projektinhallintaan.

7 Haastattelut

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyöhön tehtyjä työmaamestareiden haastatteluja, joissa keskitytään erityisesti projektin keskeisiin haasteisiin, kuten nostureiden ja betonipumppujen käyttöön, logistiikkaan, aikataulutukseen sekä turvallisuuteen. Luvussa selvitetään työmaamestareiden näkemyksiä näistä teemoista, ja lopuksi kootaan yhteenveto haastattelujen perusteella tunnistetuista keskeisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat projektin onnistumiseen.

7.1 Työmaamestareiden haastattelut

Osiossa 7.1.1 esitetään työmaamestareille esitetyt kysymykset sekä heidän antamansa vastaukset liittyen nostureiden ja betonipumppujen käyttöön, logistiikkaan, aikataulutukseen ja turvallisuuteen Hakaniemen ratikkakatkon projektissa. Kysymykset ja vastaukset tarjoavat konkreettisia näkemyksiä ja käytännön kokemuksia siitä, millaisia haasteita ratikkakatkoa vastaavissa projekteissa on kohdattu ja miten näitä haasteita on pyritty ratkaisemaan.

7.1.1 Haastattelukysymykset ja vastaukset

Haastattelut työmaamestareiden kanssa keskittyivät erityisesti nostureiden ja betonipumppujen käyttöön, logistiikkaan, aikataulutukseen sekä turvallisuuteen liittyviin kysymyksiin. Haastattelin kahta työmaamestaria NRC Group Finland Oy:ltä. Molemmilta kysyin samat kysymykset sähköpostin kautta.

1.Mitkä ovat merkittävimpiä haasteita katualueella tapahtuvissa nostotöissä?

Vastaus 1:

Tilantarve on haaste. Nostotyöt vaativat tilaa nosturin tukitassuille ja yleensä tilat ovat rajalliset. Työsuunnittelussa tilantarve on tärkeä ottaa huomioon, kun nostotöitä suunnitellaan.

Työalueen rajausta niin, että sinne ei pääse ulkopuolisia. Nostureiden ja tavarantoimittajien pääsy nostoalueelle turvallisesti ja mahdollisimman helposti. Nosturit ovat yleensä isoja ja niiden pääsy nostoalueelle vaatii yleensä erikoisliikennejärjestelyjä ja liikenteenohjausta.

Vastaus 2:

Nostotöissä katualueella suurimpia haasteita ovat yleensä tilan ahtaus ja jatkuva liikenne. Kaupunkiympäristössä tila on rajallista, ja nostureiden sijoittaminen turvallisesti voi olla vaikeaa. Samalla meidän täytyy ottaa huomioon ympäröivä liikenne, joka ei voi pysähtyä töiden vuoksi. Tämä vaatii tarkkaa suunnittelua ja yhteistyötä eri toimijoiden, kuten liikenteenohjauksen kanssa, jotta työt voidaan suorittaa turvallisesti ja sujuvasti.

2. Mitkä asiat vaikuttavat käytettävään betonointi kalustoon?

Vastaus 1:

Miten kauas valetaan. Jos valettava paikka on lähellä betonipumpua/puomia riittää siihen pieni ja edullisempi pumppu. Jos valettava alue on kauempana, tulee siihen valita pitkäpuominen pumppu. Jos valettava alue on iso ja sitä ei saada valettua yhdellä "petauksella" kannattaa miettiä, minkä kokoinen pumppu on paras, jos pumppua joudutaan siirtämään kesken valun. Tilantarve betonautoille tulee ottaa huomioon. Jos tilat ovat rajalliset kannattaa betoniasemalle mainita, että betoni toimitetaan pienillä autoilla eikä esimerkiksi puoliperävaunuilla, jotka eivät mahdu purkamaan pumpulle ahtaan tilan takia.

Vastaus 2:

Betonointikaluston valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten valettavan kohteen etäisyys, betonin määrä ja laatu sekä työskentelyolosuhteet. Esimerkiksi, jos betonia täytyy pumpata pitkän matkan päähän tai korkealle tarvitaan tehokas pumppu, joka pystyy siihen ilman betonin laadun heikkenemistä. Lisäksi työmaan tilanpuute vaikuttavat siihen, millaista

kalustoa voidaan käyttää. Jokainen kohde on erilainen ja kalusto täytyy valita sen mukaan, mikä toimii parhaiten kyseisissä olosuhteissa.

3. Millaisia turvallisuustoimenpiteitä on otettu käyttöön nostureiden betonipumppujen käytössä?

Vastaus 1:

Käyttöönottotarkastukset autoille ja pumpuille. Pystytyspöytäkirjat sekä nostoalueet rajataan esimerkiksi lippusiimalla.

Vastaus 2:

Turvallisuus on aina etusijalla. Ennen työn aloittamista kaikki laitteet tarkastetaan huolellisesti ja työalue eristetään niin, että ulkopuoliset eivät pääse vahingossa lähelle. Lisäksi pidämme huolta siitä, että kaikilla työntekijöillä on tarvittava koulutus ja että he tietävät tarkalleen, miten laitteita käytetään turvallisesti. Teemme myös riskianalyyseja ja laadimme varasuunnitelmat siltä varalta, että jokin menee pieleen.

4. Mitkä ovat yleisimmät syyt kiskotöiden myöhästymiseen ratikkakatkon tyyppisissä projekteissa?

Vastaus 1:

Ratapohjat eivät ole valmiita ajallaan. Meillä ei ole tarvittavaa materiaalia varastossa ajallaan (kiskonliikuntalaitteet tms.) Työvaihe odottaa suunnittelun hyväksyntää/päätöksiä.

Vastaus 2:

Kiskotöiden myöhästymiset johtuvat usein pohjatöiden myöhästymisestä tai suunnitteluvirheistä, mutta myös sääolosuhteet voivat aiheuttaa viivästyksiä. Lisäksi materiaalien toimitus voi viivästyä, mikä vaikuttaa koko projektin aikatauluun. Toinen merkittävä tekijä on töiden yhteensovittaminen muiden urakoitsijoiden kanssa. Jos yksikin osa-alue viivästy, se voi aiheuttaa ketjureaktion, joka viivästyttää koko projektia

5. Miten sääolosuhteet voivat vaikuttaa projektin aikatauluun ja sujuvuuteen?

Vastaus 1:

Kova tuuli estää nostotyöt ja tuleekin ottaa huomioon tuuli, kun suunnitellaan esimerkiksi vaihde-elementtien nostoa. Talven tulo estää radan rakentamisen ja viivästyttää pahimmillaan valmistumista. Keväällä maa on vielä roudassa ja uusia ratapohjia ei päästä tekemään ennen roudan sulamista. Vesisade haittaa kiskon hajavirtaeristyskumien liimausta ja se tulee tehdä kuivalla säällä.

Vastaus 2:

Sääolosuhteet ovat aina merkittävä tekijä ulkotöissä. Esimerkiksi sade voi viivästyttää betonivaluja tai nostotöitä ja kova tuuli tekee nostot vaarallisiksi. Keväällä töitä tehdessä takatalvi voi hidastaa työtä ja tehdä työskentelystä haastavaa. Näitä tekijöitä on vaikea ennakoida täydellisesti, mutta aikatauluissa pyritään ottamaan huomioon mahdolliset säästä johtuvat viivästykset.

7.1.2 Haastattelujen yhteenveto

Hakaniemen ratikkakatkon toteutuksessa katualueella tapahtuvien nostotöiden ja betonointitöiden haasteet korostuvat erityisesti tilan ahtaudessa, liikennejärjestelyissä, kaluston valinnassa, turvallisuustoimenpiteissä ja sääolosuhteiden vaikutuksissa. Kaupunkiympäristössä tila on rajallista, mikä tekee nostureiden sijoittamisesta ja käytöstä haastavaa. Nostotöiden onnistuminen edellyttää tarkkaa suunnittelua, jossa huomioidaan nostureiden tilantarve, ympäröivä liikenne ja tarvittavat erikoisliikennejärjestelyt. Liikenteenohjaus ja työalueen selkeä rajaus ovat keskeisiä toimenpiteitä, jotka mahdollistavat nostotöiden turvallisen ja tehokkaan suorittamisen.

Betonointikaluston valinnassa tärkeimmät tekijät ovat valettavan kohteen etäisyys, betonin määrä ja laatu sekä työskentelyolosuhteet. Esimerkiksi pitkän matkan tai korkeuden vaatimat valuoperaatiot edellyttävät tehokasta, pitkäpuolista betonipumppua. Työmaan tilanpuute vaikuttaa suoraan kaluston valintaan ja ahtaissa olosuhteissa on erityisen tärkeää varmistaa, että betoniautoilla on riittävästi tilaa toimia. Betoniasemien on myös otettava huomioon työmaan olosuhteet ja toimitettava betoni pienillä autoilla, jos tilat ovat rajalliset.

Turvallisuus on aina ensisijainen huolenaihe nostureiden ja betonipumppujen käytössä. Kaikki laitteet tarkastetaan perusteellisesti ennen työn aloittamista ja työalueet eristetään lippusiimalla tai muilla esteillä, jotta ulkopuoliset eivät pääse vahingossa alueelle. Työntekijöille järjestetään tarvittava koulutus ja riskianalysit sekä varasuunnitelmat ovat kiinteä osa turvallisuussuunnittelua. Näiden toimenpiteiden avulla varmistetaan, että työt voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti, vaikka työmaaolosuhteet olisivat haastavat.

Kiskotöiden myöhästymiset ratikkakatkon kaltaisissa projekteissa johtuvat usein pohjatöiden viivästyisestä, materiaalien toimitusongelmista tai suunnitteluvirheistä. Pohjatöiden valmistuminen ajallaan on ratkaisevan tärkeää, sillä niiden viivästyminen voi aiheuttaa ketjureaktion, joka vaikuttaa koko projektin aikatauluun. Myös töiden yhteensovittaminen muiden urakoitsijoiden kanssa voi olla haasteellista ja yhden osa-alueen viivästyminen voi johtaa koko projektin aikataulun venymiseen.

Sääolosuhteet ovat ulkotöissä merkittävä tekijä, joka voi vaikuttaa huomattavasti projektin aikatauluun ja sujuvuuteen. Kova tuuli voi estää nostotöitä, ja sade voi viivästyttää betonivaluja tai kiskojen eristystyötä, joka edellyttää kuivaa säätä. Keväällä roudan sulaminen saattaa viivästyttää radanrakennusta, ja talven saapuminen voi estää radan valmistumisen suunnitellussa aikataulussa. Sääolosuhteiden vaikutukset ovat usein ennakoimattomia, mutta aikataulusuunnittelussa pyritään ottamaan ne mahdollisuuksien mukaan huomioon, jotta projektin viivästykset voidaan minimoida.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Hakaniemen ratikkakatkon kaltaisessa projektissa onnistuminen edellyttää huolellista suunnittelua ja valmistelua, jossa huomioidaan tilan ahtaus, liikennejärjestelyt, kaluston valinta, turvallisuustoimenpiteet ja sääolosuhteiden vaikutukset. Nämä tekijät vaikuttavat suoraan projektin sujuvuuteen ja aikataulussa pysymiseen, joten niiden hallinta on ratkaisevaa projektin onnistumisen kannalta.

8 Tulokset

Tässä luvussa esitetään Hakaniemen raitiotiekatkon projektin nosturien ja betonipumppujen käytön analyysin tulokset. Analyysissä keskitytään erityisesti siihen, miten tarkka suunnittelu ja oikea sijoittelu vaikuttavat työvaiheiden sujuvuuteen ja tehokkuuteen. Nosturien ja betonipumppujen tekniset ominaisuudet, kuten nostokapasiteetti, pumppauskapasiteetti ja liikkuvuus, ovat avainasemassa työmaan ahtaissa olosuhteissa. Luvussa korostetaan myös osaavan henkilöstön ja jatkuvan koulutuksen merkitystä turvallisuuden ja työn onnistumisen varmistamisessa.

8.1 Nosturien käytön analyysi

Nosturien käytön analyysi osoitti, että tarkka suunnittelu ja sijoittelu ovat keskeisiä työn sujuvuudelle Hakaniemen raitiotiekatkon yhteydessä. Nosturien käyttöä koskeva analyysi tehtiin arvioimalla eri nosturimallien teknisiä ominaisuuksia ja niiden soveltuvuutta työvaiheisiin, kuten kiskojen nostamiseen ja asentamiseen. Tärkeimmät tekijät nosturien valinnassa olivat niiden nostokapasiteetti, nostosäde ja liikkuvuus ahtaissa työskentelyolosuhteissa. Lisäksi huomioitiin maaperän kantavuus, mikä vaikutti nosturien sijoitteluun.

Nosturien sijoittelu ja käyttö suunniteltiin siten, että kaikki nostotyöt voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti. Analyysi osoitti, että nosturien käyttö optimoi työn sujuvuutta ja vähentää seisokkeja. Nosturien sijoittelu huomioi työmaan ahtaat tilat, mikä mahdollisti tehokkaan työskentelyn ja minimoi työmaaliikenteen häiriöt. Tämä oli erityisen tärkeää, koska Hakaniemen alue on vilkas liikenteen solmukohta.

Nosturien teknisten ominaisuuksien tarkastelu sisälsi nostokapasiteetin ja -säteiden analyysin. Tämä mahdollistaa oikean nosturimallin valinnan eri työvaiheisiin. Nosturien analyysi auttoi suunnittelemaan nostojen sujuvuutta ja vähentämään mahdollisia viivästyksiä. Esimerkiksi raskaat vaihde-elementit voidaan siirtää tarkasti ja turvallisesti ilman, että muu työmaa-alue kärsii häiriöistä.

Nosturien käytön analyysi osoitti myös, että nosturien käyttö edellyttää erityistä osaamista ja koulutusta. Nosturinkuljettajien ammattitaito ja kokemus ovat keskeisiä tekijöitä nostotöiden onnistumisessa. Nosturinkuljettajien jatkuva koulutus ja perehdytys työmaan erityispiirteisiin parantaa nostotöiden turvallisuutta ja tehokkuutta. Lopuksi nosturien käytön analyysi sisälsi myös turvallisuusriskien arvioinnin ja niiden hallinnan suunnittelun. Riskienhallinta kattoi sekä tekniset että operatiiviset riskit, jotka liittyvät nostureiden käyttöön. (10.)

8.2 Betonipumppujen käytön analyysi

Betonipumppujen käytön analyysi osoittaa, että tarkka suunnittelu ja sijoittelu ovat keskeisiä betonivalujen onnistumiselle Hakaniemen raitiotiekatkon aikana. Analyysi perustuu käytännön havaintoihin sekä teknisiin spesifikaatioihin, jotka liittyivät betonipumppujen käyttöön työmaalla. Tärkeimmät tekijät betonipumppujen valinnassa ovat niiden pumppauskapasiteetti ja -matka sekä kyky toimia tehokkaasti ahtaissa työolosuhteissa.

Betonipumppujen käyttö suunnitellaan siten, että kaikki betonivalut voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti. Betonipumppujen sijoittelu huomioi työmaan ahtaat tilat ja maaperän kantavuuden. Betonipumppujen käytön optimointi parantaa työn sujuvuutta ja vähentää viivästyksiä. Sijoittelun suunnittelussa huomioidaan myös työmaan logistiset haasteet, kuten materiaalien kuljetus ja varastointi.

Betonipumppujen teknisten ominaisuuksien analyysi sisälsi pumppauskapasiteetin ja -matkan tarkastelun. Tämä mahdollistaa oikean betonipumppumallin valinnan eri työvaiheisiin. Lisäksi analysoitiin betonipumppujen kykyä toimia tehokkaasti eri työvaiheissa ja niiden käyttöä optimoitiin, jotta betonivalut voidaan suorittaa ilman seisokkeja ja viivästyksiä.

Betonipumppujen käytön analyysi osoitti myös, että betonipumppujen käyttö edellyttää erityistä osaamista ja koulutusta. Betonipumppujen käyttäjien ammattitaito ja kokemus ovat keskeisiä tekijöitä betonivalujen onnistumisessa. Betonipumppujen käyttäjien jatkuva koulutus ja perehdytys työmaan erityispiirteisiin parantaa betonivalujen turvallisuutta ja tehokkuutta. Koulutuksessa painotettiin

erityisesti turvallisuuskäytäntöjä, teknisiä taitoja ja kykyä reagoida muuttuviin työmaatilanteisiin. (11.)

9 Johtopäätökset ja suositukset

Tässä luvussa tutkitaan Hakaniemen ratikkakatkon kannalta keskeisten työvälineiden, kuten nosturien ja betonipumppujen, käyttöä ja niiden vaikutusta projektin sujuvuuteen ja tehokkuuteen. Analyysissä tarkastellaan, miten näiden työvälineiden tarkka suunnittelu, oikea sijoittelu ja tekniset ominaisuudet vaikuttavat kriittisten työvaiheiden onnistumiseen. Lisäksi pohditaan, miten ammattitaitoinen henkilöstö ja heidän jatkuva koulutuksensa edistävät turvallisuuden ja tehokkuuden ylläpitämistä koko projektin ajan.

9.1 Keskeiset havainnot

Tutkimuksen keskeiset havainnot osoittavat, että tarkka suunnittelu ja reaaliaikainen seuranta parantavat merkittävästi rakennusprojektien hallintaa. Erityisesti huomattiin, että nosturien ja betonipumppujen käytön optimointi tehostaa työn sujuvuutta ja vähentää kustannuksia. Analyysi paljasti, että oikean nosturimallin ja betonipumpun valinta, niiden sijoittelu sekä käyttö ovat ratkaisevia tekijöitä työn onnistumiselle.

Nosturien käytön analyysi korosti, että nosturien teknisten ominaisuuksien, kuten nostokapasiteetin, nostosäteen ja liikkuvuuden, tarkka arviointi on välttämätöntä. Lisäksi nosturinkuljettajien ammattitaito ja jatkuva koulutus paransivat merkittävästi työmaaturvallisuutta ja työn tehokkuutta. Vastaavasti betonipumppujen käytön analyysi osoitti, että pumppauskapasiteetin ja pumppausmatkan optimointi sekä käyttäjien koulutus olivat olennaisia betonivalujen onnistumiselle.

Liikenteen ja työmaan järjestelyjen huolellinen suunnittelu auttaa minimoimaan häiriöt ja parantaa työn turvallisuutta. Aikataulun ja resurssien käytön reaaliaikainen seuranta mahdollistaa nopean reagoinnin muuttuviin tilanteisiin, mikä parantaa projektinhallinnan läpinäkyvyyttä ja tehokkuutta. Aikataulujen pitävyyden ja resurssien hallinnan optimointi ovat keskeisiä tekijöitä projektin onnistumisessa. (12.)

9.2 Aikataulutuksen ja projektinhallinnan kehittäminen

Aikataulutuksen ja projektinhallinnan kehittäminen vaatii jatkuvaa oppimista ja uusien työkalujen käyttöönottoa. Projektinhallintaohjelmien käyttö tarjoaa erinomaisia mahdollisuuksia parantaa projektinhallintaa ja tehokkuutta. On tärkeää investoida työntekijöiden koulutukseen ja varmistaa, että kaikki osaavat käyttää aikatauluohjelmia tehokkaasti.

Aikataulutuksen kehittämisessä on huomioitava projektin erityispiirteet ja vaatimukset. Jokainen projekti on ainutlaatuinen, ja sen aikataulutus on räätälöitävä vastaamaan projektin tarpeita ja tavoitteita. Jatkuva seuranta ja arviointi ovat keskeisiä tekijöitä aikataulutuksen parantamisessa. Projektinhallinnan kehittämisessä on myös tärkeää hyödyntää uusinta teknologiaa ja innovaatioita, jotka voivat parantaa työn tehokkuutta ja turvallisuutta.

Esimerkiksi reaaliaikainen tiedonkeruu ja analytiikka voivat auttaa tunnistamaan mahdolliset ongelmat ajoissa ja tekemään tarvittavat korjaukset nopeasti. Lisäksi mobiiliteknologian hyödyntäminen voi parantaa viestintää ja tiedonkulkua työmaalla, mikä lisää työn tehokkuutta ja vähentää viivästyksiä.

9.3 Tutkimuksen luotettavuus ja rajoitukset

Tutkimuksen luotettavuus perustuu käytettyjen menetelmien ja aineistojen laatuun. Tutkimuksen rajoituksina voidaan mainita aineiston rajallisuus ja haastatteluiden subjektiivisuus, jotka voivat vaikuttaa tulosten yleistettävyyteen. Laajempi aineisto ja useampien asiantuntijoiden haastattelu voisivat parantaa tutkimuksen luotettavuutta tulevaisuudessa.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan parantaa myös käyttämällä monipuolisia tutkimusmenetelmiä ja vertaamalla tuloksia aiempiin tutkimuksiin. Tämä auttaa varmistamaan, että tutkimuksen tulokset ovat luotettavia ja yleistettävissä. Lisäksi tutkimusmenetelmien kehittäminen ja monipuolistaminen voivat parantaa tutkimuksen kattavuutta ja tarkkuutta.

Monimenetelmällinen lähestymistapa, jossa yhdistetään kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia menetelmiä, voi tarjota kattavamman kuvan tutkimuskohteesta. Myös

pitkittäistutkimukset, joissa seurataan projektin edistymistä ja tuloksia pidemmän ajan kuluessa, voivat parantaa tutkimuksen luotettavuutta ja tarjota arvokasta tietoa projektinhallinnan parantamiseksi. (13.)

Lähdeluettelo:

1. Heikkilä, R. (2008). Rakentamisen projektinhallinta. Rakennustieto.
2. Hämäläinen, J. (2005). Rakennustyömaan logistiikka. Rakennustieto.
3. Tiilikainen, P. (2006). Rakennusprojektien aikataulun hallinta. Rakennustieto.
4. Vesala, H. (2007). Turvallisuus ja riskienhallinta rakennushankkeissa. Rakennustieto.
5. Rakennustieto (2018). Nosturien tekniset tiedot ja käyttöohjeet. Rakennustieto Oy.
6. Betoniyhdistys ry (2017). Betonipumppujen käyttö ja turvallisuus. Betoniyhdistys.
7. Liikennevirasto (2019). Työmaiden liikennejärjestelyt. Liikenneviraston julkaisut.
8. Rakennuslehti (2020). Rakennusprojektien riskienhallinta. Rakennuslehti.
9. Rakennustieto (2019). Rakennusprojektien riskienhallinta ja turvallisuus. Rakennustieto Oy.
10. Rakennustieto (2018). Nosturien tekniset tiedot ja käyttöohjeet. Rakennustieto Oy.
11. Betoniyhdistys ry (2017). Betonipumppujen käyttö ja turvallisuus. Betoniyhdistys.
12. Ahonen, M. (2020). Rakennusprojektien hallinta ja suunnittelu. Rakennustieto.
13. Ristimäki, J. (2018). Aikataulutuksen perusteet rakennushankkeissa. Rakennustieto.