

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Yhdyskuntatekniikka

Niko Koppanen

Valtateiden painumakorjaus: Valtatie 7 Ruissalo- Lankamalmi

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Niko Koppanen

Valtateiden painumakorjaus: Valtatie 7 Ruissalo-Lankamalmi, 31 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Jouni Hyvärinen, Saimaan ammattikorkeakoulu, laatupäällikkö

Antti Värri, GRK Infra Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia eri painumankorjausmenetelmiä. Esimerkkitapauksena ja korjauskeinojen vertailukohtana käytettiin vuonna 2018 tehtyä Haminan paalulaattatyömaata. Opinnäytetyön alussa rajattiin painumakorjaus koskemaan vain vanhan merenpohjan aluetta, sillä pelkästään painumakorjaus on aihealueena laaja. Työn tilasi GRK Infra Oy, joka on infrarakentamiseen erikoistunut rakennusyhtiö.

Opinnäytetyön tietolähteinä käytettiin Haminan-urakan sähköisiä dokumentointijärjestelmiä ja muuta aihealueeseen liittyviä Väyläviraston julkaisuja sekä Raimo Jääskeläisen Pohjarakennuksen perusteet -kirjaa. Sähköisistä järjestelmistä saatuja dokumentteja käytettiin työn alussa läpikäytävään Haminan-urakkaan. Pohjarakennuksen perusteet kirjaa ja Väyläviraston julkaisuja hyödynnettiin työn jälkimmäisessä osassa, jossa tutkittiin muita mahdollisia korjauskeinoja, joita olisi voitu käyttää Haminan-urakassa.

Opinnäytetyön tuloksena päädyttiin siihen, että paalulaatta oli Haminassaärkevin painumankorjauskeino, vaikka muitakin keinoja olisi ollut käytettävissä. Aihealueena painumankorjaus on laaja, sillä jokaisessa korjauskohteessa on omat ominaispiirteensä, eivätkä kaikki korjauskeinot sovellu käytettäväksi jokaisessa paikassa. Tulevaisuudessa painumakorjaus työmaiden määrä tulee kasvamaan, sillä Suomessa on paljon puupaaluille perustettuja teitä, joiden paalut alkavat olla huonossa kunnossa pohjavesien korkeuden vaihtelun takia.

Asiasanat: painumankorjaus, infrarakentaminen, korjauskeino, paalulaatta, puupaalu

Abstract

Niko Koppanen

Correcting road indentation: Finnish national road 7 Ruissalo-Lankamalmi, 31

Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Construction and Civil Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Jouni Hyvärinen, Lecturer, Saimaa University of Applied

Sciences; Mr Antti Värri, Quality Manager, GRK Infra Oy

The purpose of the study was to investigate different methods of correcting road indentation. The Hamina piling site that was completed in 2018 was used as an example and as a benchmark for remedies. The thesis is limited to cover only the areas that formerly have been seabed, since the topic of indentation repair as a whole would have been too extensive. The work was commissioned by GRK Infra Oy, a construction company specializing in infrastructure construction.

The information sources for the thesis were the electronic documentation systems of the Hamina project, publications related to the topic published by the Finnish Transport Infrastructure Agency, as well as the book "Pohjarakennuksen perusteet" by Raimo Jääskeläinen. Documents obtained from electronic systems have been used for the Hamina project which is being described out at the beginning of the work. Pohjarakennuksen perusteet and the publications by the Finnish Transport Infrastructure Agency are used in the latter part of the work, which explores other possible remedies that could have been used in the Hamina project.

In short, it was concluded that using pile slabs was the best method of repairing the depression in Hamina, although other means would have been available. Indentation repair is a broad subject, as each repair has its own characteristics and not all remedies are suitable for use in all locations. In the future, the number of indentation repair sites is bound to increase, as there are many roads build on wooden piles that are beginning to be in poor condition due to variations in groundwater levels.

Keywords: road indentation, infrastructure construction, repairing method, pile slab, wooden pile

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Haminan painumakorjausurakka	7
2.1	Painumakorjausurakan lähtökohdat	7
2.2	Työolosuhteiden huomiointi	8
2.3	Veden ohipumppaus	8
2.4	Liikenneturvallisuus työmaalla	10
2.5	Haminassa käytetyt korjaustoimenpiteet	10
2.5.1	Massanvaihto ja murskaus	10
2.5.2	Paalutus	11
2.5.3	Paalun valu	13
2.5.4	Laatan rauditus	15
2.5.5	Muottityöt ja laatanvalu	16
2.5.6	Siirtymä- ja elementtilaatat	17
2.5.7	Jakavan- ja kantavankerroksen teko	18
3	Vaihtoehtoiset painumakorjaustoimenpiteet	20
3.1	Painumakorjaus stabiloimalla	20
3.1.1	Painumakorjaus massastabiloimalla	20
3.1.2	Painumakorjaus pilaristabiloimalla	21
3.2	Painumakorjaus massanvaihdoilla	23
3.2.1	Massanvaihto pengertämällä	24
3.2.2	Massanvaihto kaivamalla	25
3.3	Painumakorjaus keventämällä	27
4	Yhteenveto ja pohdinta	29
	Lähteet	30

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan valtateiden painumakorjausta. Esimerkkitapauksena käytetään lokakuussa 2015 valmistunutta E18 valtatieta ja sen painumakorjaustyömaata Ruissalon ja Lankamalmin eritasoliittymien välillä. Korjausurakka valmistui heinäkuussa 2018. E18 on osa Suomen yhtä tärkeimmistä kansainvälisistä tieyhteyksistä ja se on osa EU:n tärkeäksi priorisoimaa Pohjolan kolmion liikennejärjestelmää. Tiellä liikkuu paljon raskasta liikennettä ja sen takia tienrakenteet joutuvat kovalle rasitukselle. (Työselostus 2017.)

Työn alussa käydään läpi yksityiskohtaisesti Haminan työmaata ja siinä käytettyjä korjausratkaisuja. Työn jälkimmäisessä osassa pohditaan, mitä muita mahdollisia korjauskeinoja olisi ollut käytettävissä ja kuinka hyvin ne olisivat esimerkkitapaukseen sopineet.

Työn tavoitteena on löytää toimivin tapa korjata valtateiden painumia vanhan merenpohjan alueella. Painumakorjaus on aiheena hyvinkin ajankohtainen, sillä Suomen tieverkon korjausvelka on Väyläviraston mukaan 2,5 miljardia euroa (Väylävirasto korjausvelkaohjelma 2019). Työn tietolähteenä käytetään urakan projektipankkia, Raimo Jääskeläisen kirjoittamaa Pohjarakennuksen perusteet kirjaa ja muita julkisia asiakirjoja sekä artikkeleita. Työn on tilannut GRK Infra Oy.

GRK Infra Oy

GRK Infra Oy on infra-alan konserni, joka toimii Suomessa, Ruotsissa ja Virossa. GRK Infra Oy on perustettu vuonna 1983 ja sen kotipaikka on Vantaa. Yhtiön toimitusjohtaja on Teemu Lantto. Konsernissa työskentelee noin 600 ihmistä ja sen liikevaihto vuonna 2018 oli 250 miljoonaa euroa. Konserni tekee yhteistyötä monissa projekteissa muiden saman alan yritysten kanssa ja sen asiakkaina ovat valtionhallinto, kunnat ja kaupungit sekä yksityinen sektori. Grk:n ydinosaamiseen kuuluu suurien hankkeiden projektinjohto, laaja-alainen raiderakentaminen sekä vaativien infrahankkeiden toteutus. Yritys tarjoaa kaikkia infraan liittyviä palveluita suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta.

Yrityksellä on kokemusta monista vaativista hankkeista esimerkiksi Vekaransalmen sillan rakennus ja Kehä I parantaminen välillä Espoon raja Vt3. (GRK Infra Oy 2019.)

2 Haminan painumakorjausurakka

2.1 Painumakorjausurakan lähtökohdat

Painumakorjausurakkaa aloitettiin tekemään vuonna 2015 valmistuneelle Haminan Ruissalon ja Lankamalmin eritasoliittymien väliselle tieosuudelle. Kaista Vaalimaalta Helsinkiin päin oli alkanut painumaan liikenteelle käyttöönoton jälkeen. Valtatien pohjamaata oli rakennusvaiheessa vahvistettu pilaristabiloinnilla ja muilla E18 Hamina-Vaalimaa-urakan alueilla se olikin onnistunut. Pilaristabiloinnin lisäksi joissain kohdissa painumia oli yritetty ennaltaehkäistä kevennyksillä. Kevennysmateriaalina oli käytetty vaahtolasia (kuva 1), mutta sekään toimenpide ei ollut riittävä ongelman poistamiseksi. Tämän takia painumat päätettiin korjata paalulaatalla. Paalulaattojen molempiin päihin tehtiin hankkeessa siirtymälaatat ja tien alittaneen rummun päälle tehtävät erilliset elementtilaatat. (Työselostus 2017.)

Pohjaolosuhteet korjauskohdassa olivat haastavat, koska alue on vanhaa merenpohjaa. Maanpinnan ollessa käytännössä merenpinnan tasolla pohjavesikin on korkealla ja sen liikkeiden arviointi on käytännössä mahdotonta. Alueen pohjavesiliikkeet voivat olla paikoitellen hyvinkin rajuja. Alueella on tehty useita maaperätutkimuksia jo aiemmin. Koko urakka-alueella on vuosien aikana tehty paino-, heijari-, puristinheijari-, täry-, porakone- ja siipikairauksia sekä kaivettu koekuoppia ja otettu maaperänäytteitä. Paalujen tunkeutumistaso selvitettiin vuonna 2017 puristinheijarikairauksilla. Kairaustuloksista saatiin selville, että alueen savikerroksen paksuus vaihtelee 1 ja 15 metrin välillä ja että sen alapuolella on pääosin silttiä ja moreenia. Moreenikerroksen paksuus vaihteli urakka-alueella 1 ja 5 metrin välillä. Alueen pohjavesiä oli seurattu pohjavesiputkista ja kaivokartoituksien yhteydessä. (Työselostus 2017.)



Kuva 1. Vaahtolasia (Foamit 2019)

2.2 Työolosuhteiden huomiointi

Työnajoituksella voi vaikuttaa merkittävästi olosuhteisiin etenkin pehmeiköllä työskenneltäessä. Kun työ ajoitetaan lopputalveen, säästytään monelta vaivalta. Esimerkiksi Haminassa työt aloitettiin helmikuussa, koska maa oli tuolloin vielä jäässä. Savinen ja silttinen maaperä ei tämän takia aiheuttanut niin paljon ongelmia kuin se olisi aiheuttanut esimerkiksi keväällä sulamisvesien aikaan. Haminassa työolosuhteet vaihtelivat työmaan aikana paljon. Helmikuusta maaliskuuhun maa oli vielä jäässä, mutta maaliskuun lopussa ja huhtikuun alussa lumien sulaessa sulamisvedet aiheuttivat omat ongelmansa. Haminassa säät olivat kuitenkin itse työntekemisen kannalta suotuisat. Etenkin toukokuusta kesäkuuhun oli hyvin kuivaa ja lämmintä sekä sateet hyvin vähäisiä. Työmaan kuivatus- ja vedenhallintasuunnittelu on ensiarvoisen tärkeää työolosuhteiden kannalta työskenneltäessä pehmeiköllä tai vanhan merenpohjanalueella. Haminan paalulaattatyömaalla vesienhallinta toteutettiin pääasiassa ohipumppauksilla (Työmaa Päiväkirjat 2018.)

Valtatiellä työskenneltäessä liikennejärjestelyiden hyvä suunnittelu korostuu, sillä kun ajonopeudet ja liikennemäärät ovat suuria, työn turvalliseen tekemiseen vaaditaan enemmän suunnittelua kuin hiljaisemmilla teillä. Hyvällä suunnittelulla pyritään ennaltaehkäisemään onnettomuudet, sillä onnettomuuden sattuessa seuraukset voivat olla vakavia. Valtatiellä työskenneltäessä pitää myös aina tiedottaa liikennekeskukseen, jos vallitseviin liikennejärjestelyihin aiotaan tehdä muutoksia. Haminan alueen valtateistä vastasi Tampereella sijaitseva liikennekeskus. Mitään muutoksia ei saa tehdä ennen kuin keskuksessa on tieto liikennejärjestelyiden muutoksista ja niiden kestosta. Keskuksessa on ympärivuorokautinen puhelinpäivystys, johon voi soittaa koska tahansa. (TMFG Tieliikenne 2019.)

2.3 Veden ohipumppaus

Ohipumppaus Haminassa suoritettiin pääasiassa valo- ja voimavirtapumpuilla, joita saa kalustonvuokrausliikkeistä. Virta pumppauskalustolle saatiin erillisestä dieselkäyttöisestä aggregaatista ja työmaan omasta väliaikaisesta

sähkökeskuksesta. Pumpuille kaivettiin syvempi pumppausmonttu, josta vesi ohjattiin letkuilla käytössä olevaan salaojajärjestelmään tai poisviettäviin avo-ojiin. Oman haasteensa kuitenkin loi tien alittanut rumpu, joka toi toisella puolen tietä olleesta avo-ojasta vesiä käytännössä takaisin työmaa-alueelle. Tämän takia tien toiselle puolelle rakennettiin väliaikainen pato, jotta vedet eivät pumppauksen jälkeen tulisi enää takaisin työmaalle. Väliaikaisen padon rakennusmateriaalina käytettiin 0/90 mursketta ja moreenia. Kuvassa 2 on pumppauskalusto ja väliaikainen pato. Ensin vesi pumpattiin työmaalta rumpuputken päähän, josta vesi meni tien ali padolle, josta vesi pumpattiin eteenpäin padon toiselle puolelle. Aggregaatin ympärivuorokautinen käynnissä pito oli ehdoton edellytys sille, että työtä pystyttiin itse työmaalla tekemään, sillä sen sammuaessa ei olisi työmaakaan pysynyt kuivana ja työn tekeminen olisi ollut mahdotonta. (Työmaapäiväkirjat 2018.)



Kuva 2. Voimavirtapumput ja väliaikainenpato.

2.4 Liikenneturvallisuus työmaalla

Haminan paalulaattatyömaan aikana Helsingin suunnasta Vaalimaata kohti oli koko ajan yksi ajokaista käytössä liikenteelle. Vaalimaan suunnasta tuleva liikenne taas ohjattiin Puuropytyntien kautta työmaan ohi. Liikenteelle käytössä ollut ajokaista aiheutti työskentelylle omat haasteensa ja rajoitteensa. Haminan paalulaattatyömaan aikana ajonopeus käytössä olleella kaistalla oli laskettu 50 kilometriin tunnissa ja valujen aikana 30 kilometriin tunnissa. Kaikki eivät kuitenkaan nopeusrajoituksia noudattaneet. Tämä on omiaan aiheuttamaan alueella työskenteleville henkilöille työturvallisuusriskin. Suljettu ajokaista erotettiin käytössä olleesta metallisella massguard-turvakaiteella ja sulkuaidoilla. Käytössä oli myös opastinnuolitalu, joka oli varustettu vilkuilla 100 metriä ennen suljettuja ajokaistoja. Nuolitalujen jälkeen suljettu ajokaista merkittiin sulkupylväillä aina suojakaiteisiin asti. Rengasnippuja käytettiin aina tarvittaessa etenkin valupäivinä. (Työmaapäiväkirjat 2018.)

2.5 Haminassa käytetyt korjaustoimenpiteet

2.5.1 Massanvaihto ja murskaus

Haminassa ennen paalutustyön aloittamista asfaltti rikottiin palasiksi 40 tn telalustaisella kaivinkoneella ja ajettiin asfaltin vastaanottopaikalle. Vanhat kevennyksessä käytetyt vaahtolasit sekä kerroksissa käytetyt materiaalit kaivettiin ylös. Kaikki käyttökelpoinen materiaali säilöttiin työalueelle ja erikseen vuokratulle maa-alueelle jatkokäyttöä varten. Vanhat tien kerroksissa käytetyt louheet säilöttiin ja lopulta murskattiin 0/90 ja 0/125 murskeeksi. Murskeen laadunvalvonnan rakeisuuden osalta suoritti murskausurakoitsija. Murskeesta otettiin näytteitä Infra RYL:n mukaisesti. Murskauksesta saatu materiaali käytettiin tien rakennekerrokseen. Kevennyksissä käytetty vaahtolasi hyödynnettiin pääasiassa rummun kohdalla ja siitä tehtiin erillisille elementtilaatoille pohjat rummun päälle. Alueella olleet savet ja muut kerroksissa käytetyt kerrosmateriaalit kaivettiin ylös suunnitelmien mukaiseen +0 tasoon. Kaikki humuskerrokset kuitenkin poistettiin tätä tasoa syvemmmältä ja täytettiin murskeella. (Murskaus 2018.)

2.5.2 Paalutus

Haminassa käytettiin RR220/10 teräspalkkipaaluja. Paalut varustettiin kalliokärjillä ja niitä jatkettiin tarvittaessa syvimmissä kohdissa holkkijatkoksilla. Paalujen lyöntisyvyys vaihteli 6:sta 22:een metriin. Työmaalle toimitetut paalut olivat pääasiassa 6 m tai 12 m pituisia. Paalutukselle oli annettu tiukat toleranssit, sillä yksittäisen paalun sijainti sai poiketa katkaisutasossa maksimissaan +/- 100 mm, kaltevuus enintään +/- 0,02 mm ja yläpään katkaisu taso +/- 10 mm. Sijaintipoikkeamia tuli helposti: Vaikka paalu olisi lyöty oikeaan kulmaan, paalutuskoneen liikkua pehmeä maaperä elää helposti ja paalut saattoivat liikkua. Sen vuoksi paalujen maahan iskemisen jälkeen, paalutettu alue pyrittiin rauhoittamaan raskaalta koneliikenteeltä siihen saakka, kunnes paalut oli saatu valettua. Haminassa paalutustyölle omat haasteensa loi myös vt7:n yli kulkenut 110 kV sähkölinja sekä tien alittanut rumpu- sekä maakaasuputki. Maakaasuputken takia paalutustyötä ei saanut suorittaa 5 m läheisyydessä putkesta ilman että kaasuyhtiön edustaja oli valvomassa vieressä paalutustyötä. Paalutustyö oli kokonaisuudessaan haastava, sillä kaikki lyödyt paalut piti lyödä tiettyyn kulmaan eikä suuria poikkeamia sallittu. Siksi paalutustyön luokkana oli PTL3 ja seuraamusluokkana CC. (Työselostus 2017.)

Paalutusalustan tekeminen on ensiarvoisen tärkeää pehmeiköllä työskenneltäessä, jotta paalutuskone ei uppoa saveen. Talvella paalutuskin oli koneen liikkumisen kannalta helpompaa, sillä routainen maa kantaa paremmin kuin keväällä sulanut savinen maa. Haminassa paalutusalustaa tehtiin sitä mukaa kun maata oli saatu leikattua tarvittavaan tasoon. Ennen alustan tekoa asennettiin leikkauspintaan N3-luokan suodatinkangas. Suodatinkankaan päälle rakennettiin aiemmin poistetuista rakenteista routimatonta 0/65 mursketta sekä aluksi vaahtolasia. Pian kuitenkin huomattiin, että vedenpinnan noustessa vaahtolasi kävi kellumaan ja sen käyttö ei kannattanut. Työalustasta tehtiin 500 mm paksuinen ja ylimääräinen 200 mm poistettiin paalutuksen jälkeen, jotta päästäisiin suunnitelmissa määrättyyn 300 mm laatan alapuolelle. Työalustaa ei kuitenkaan sijoitettu kokonaan laatan alapuolelle, sillä ylimääräinen kaivu olisi voinut pienentää stabiliteettia viereisen suljetun ajokaistan suuntaan. (Työmaapäiväkirjat 2018.)

Ennen varsinaista koko laatan paalujen lyöntiä alueella tehtiin aina koepaalutus. Koepaaluina maahan lyötiin 5—6% koko alueen paaluista. Koepaaluiksi pyrittiin valitsemaan mahdollisimman eri pohjaolosuhteissa olevia ja eripituisia paaluja. Koepaalut olivat myös 2,5 metriä suunnittelijan arvioimaa pituutta pitempiä. Koepaalutuksen jälkeen paaluille tehtiin PDA-mittaukset. PDA-mittaus on dynaaminen koekuormitus, jolla voidaan selvittää paalun kantavuus. Mittauksen avulla saadaan myös selville loppulyönnit kohdekohtaisesti. Kun mittaustulokset oli saatu ja toimitettu tilaajalle, varsinainen laatan paalutus saatiin aloittaa. (Työselostus 2017.)

Paalutustyössä noudatettiin Infraryl 13200, Paalutusohje 2016 julkaisuja sekä paalunvalmistajan ohjeita. Varsinainen paalutustyö eteni kiilamaisesti ja paalut lyötiin aina tavoitetasoon asti. Paalutustyössä on tärkeää, että paaluja ei väännellä teoreettiseen asemaansa lyöntien aikana, vaan lyönnit ovat aina paalun pituusakselinsuuntaisia. Tärkeää on myös rajoittaa paaluun syntyvät jännitykset sallittuihin rajoihin, jotta säästytään paalun hajoamisen riskiltä. Kallion korkeuseroista johtuen Haminassa paaluja jatkettiin holkkijatkoksia hitsaamalla. Näiden käytössä on kuitenkin etenkin pehmeissä maakerroksissa riskinä se, että holkki aukeaa. Paalutusjatkoksia ja paalutusta tehdessä tämä oli otettava huomioon. Paalujen loppulyöntikohta saatiin selville aiemmin tehdyistä koepaalutuksista määritetyllä paalun loppulyöntiohjeella. Loppulyönnit voitiin aloittaa, kun tavoitetaso eli kallion pinta oli saavutettu maakerroksessa. Kun loppulyönnit oli tehty, paaluille tehtiin heti perään jälkilyönnit, joissa paaluvasara pudotetaan 50 % pudotuskorkeudella loppulyönneistä käytetystä. Tällä pyritään ehkäisemään paalujen mahdollista nousua. (Paaluperustukset 2018; Työselostus 2017.)

Paalutustyön jälkeen piti varmistaa, että mahdolliset pintavedet eivät pääse paaluun, sillä se olisi haitannut valua. Paalut suojattiin pintavedeltä kaivamalla pienellä 2 tn kaivinkoneella paalun ympärille 25 cm syvä kuoppa, johon mahdolliset pintavedet jäisivät, jos niitä tulisi. Paalujen lyönnin jälkeen myös niiden lähialue piti rauhoittaa raskaalta koneliikenteeltä, sillä se olisi saattanut pehmeässä savikossa aiheuttaa sijaintipoikkeamia helposti. Paalut tarkemmitattiin heti sen jälkeen, kun ne oli saatu lyötyä suunniteltuun syvyyteen. Paaluille tehtiin

myös valokoe taskulampulla, jonka avulla pystyttiin varmistamaan paalujen suoruus. Jos paalujen toleranssit ylittyivät liikaa, lyötiin tarvittaessa lisäpaaluja. 5 vuorokauden jälkeen, kun paalujen yläpää oli mitattu ja sen jälkeen paaluryhmä hyväksytetty, paalut saatiin katkaista. Jos paalu oli noussut 5 vuorokauden jälkeen yli 10 mm paalulle suoritettiin uudestaan jälkilyönti. 5 vuorokauden jälkeisten mittausten yhteydessä tarkastettiin sijainti 10 prosentille alueelle lyödyistä paaluista. Paalutuksista tehtiin paalutuspöytäkirjat (kuva 3), joista näkyi tulokset ja mahdolliset poikkeamat toleransseissa. (Työselostus 2017; Työmaapäiväkirjat 2018.)

GRK

RR-paalutuspöytäkirja

Urakan nimi E18 Haminan ohikulkutie (V17), Ruissalon paalulaatta KU				Tilaaja Liikennevirasto				Urakoitsija Graniittirakennus Kalio Oy				Kohde/sijainti Paalulaatta 1				Paalutuskone Hitachi 290 Movax DH35				Paino 3100 kg											
Paalutustyyppi ja materiaali RR 220/10 S460MH PTL3 PO-2016																															
n.ro	pvm	Karkki	koko	lytetyt paaluelementit	Paaluelementtien yhteispituus [m]	Loppulyönti			Korkeustasot (+)					Kallevuus [aste]					Lamppukoke	t-hj8	Huomautukset keskeytykset, esteet, yms										
						pvm	iskunpituus [m]	jousito [mm]	painuma / 10 sarja [mm]	Katkaisu- taso (±10mm)	Suun.	Tot.	Poikkeama [mm]	Lyöntitaso	kanto	Karkki	Suun.	Tot.				Poikkeama [mm]	lupainen paalun pituus [m]	pvm	vaio näkyt [m]	OK/EI					
1	10.5	KK	220	6	3	9				3,287	3,306	0,019	3,42	4,67	-4,33	3,80	1,70	-2,10	7,64	17,5	7,6	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
2	10.5	KK	220	9		9			0	3,361	3,367	0,006	3,65	4,59	-4,41	0,00	0,90	0,90	7,78	17,5	7,8	ok	Vaakasunta 104,54 gon								
3	10.5	KK	220	9		9			0	3,468	3,469	0,001	3,66	4,2	-4,80	0,00	1,70	1,70	8,28	17,5	8,3	ok	Vaakasunta 10,51 gon								
4	10.5	KK	220	6	4	10			0	3,542	3,535	-0,007	3,66	4,76	-5,24	3,80	1,80	-2,00	8,78	17,5	8,4	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
5	10.5	KK	220	6	3	9			0	3,464	3,459	-0,005	3,43	4,34	-4,69	3,80	4,70	0,90	8,17	17,5	8,0	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
6	10.5	KK	220	6	4	10			0	3,582	3,585	0,003	3,65	5,18	-4,82	3,80	1,50	-2,30	8,41	17,5	8,4	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
7	10.5	KK	220	6	4	10			0	3,701	3,701	0,000	3,66	4,86	-5,15	3,80	2,60	-1,20	8,86	17,5	8,7	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
8	17.4	KK	220	12		12	18,4		0	3,459	3,459	0,000	3,54	6,85	-5,18	3,80	4,20	0,40	8,66	17,5	8,6	ok	Koepaalu, vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
9	10.5	KK	220	12		12			0	3,577	3,575	-0,002	3,62	6,61	-5,39	3,80	1,50	-2,30	8,97	17,5	9,0	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
10	17.4	KK	220	12		12	18,4		0	3,696	3,699	0,003	3,70	7,4	-4,62	3,80	3,40	-0,40	8,33	17,5	8,0	ok	Koepaalu, vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
11	10.5	KK	220	12		12			0	3,455	3,450	-0,005	3,58	6,55	-5,47	3,80	3,10	-0,70	8,93	17,5	8,9	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								
12	10.5	KK	220	12		12			0	3,573	3,564	-0,009	3,62	7,86	-4,16	3,80	3,20	-0,60	7,73	17,5	7,7	ok	Vaakasunta ok, tarkastettu lyöntityön yhteydessä								

Kuva 3. Paalutuspöytäkirja Haminan paalulaatasta 1.

2.5.3 Paalun valu

Paaluja saatiin käydä valamaan (kuva 4), kun paalut oli saatu katkaistua haluttuun tasoon, jossa otettiin huomioon myös paaluhatun korkeus. Ennen valua piti varmistaa myös, että paalut ovat puhtaita, ehjiä ja tyhjiä vedestä. Paalut valettiin C25/30-2 IT-betonilla. Betonista oli otettu ennakkokokeet betonin toimittajan puolesta. Betonin kanssa toimiessa silmäsuojainten käyttö on tärkeää, sillä silmään joutuessaan betoni voi aiheuttaa vakavia vaurioita. Valupäivinä betonipumppu auto ajettiin suljetulle ajokaistalle, josta betoni pumpattiin paaluihin. Koska laattojen paalumäärät vaihtelivat, pumppuautoa jouduttiin siirtämään monia kertoja valujen välissä. (Työmaapäiväkirjat 2018.)

Valussa betonipumppuauton valuputki lasketaan paalun pohjalle asti, jonka jälkeen aloitetaan hitaasti nostamaan valuputkea ylöspäin. Valussa valuputki pidettiin koko ajan massan sisällä. Ohjeena pidetään, että valuputki on aina 1,5 m massan sisällä. Kaikki paalut valettiin katkaisutason yläpuolelle asti, jotta mahdollinen pilaantunut aines nousee paalusta pois eikä jää sinne. Massan pumppaamista jatkettiin niin kauan, kunnes putkesta tullut massa oli virheetöntä. (Paalujen betonointi 2018; Työselostus 2018.)

Valuvaiheessa on ensiarvoisen tärkeää, että betonin toimitukseen ei tule suuria katkoksia. Tässä tarvitaankin betonityönjohtajalta tarkkaa suunnittelua, jotta betonin tulo on jatkuvaa. Seuraavan kuorman tilauksen ajoitus hyvin tärkeää, jotta päästään jatkuvaan valuun. Kun paalut oli valettu, aloitettiin välittömästi paaluhattujen kiinnivalu paaluihin ennen kuin paalussa ollut betoni ehti sitoutumaan. Jos riskinä olisi lämpötilan laskeminen alle +5 tai se olisi jo valun aikana sen verran, paalujen yläpää suojattaisiin routamatolla tai villalla siksi aikaa, kunnes 6 MN jäätymisluku oli saavutettu. Jokaisesta paaluerästä otettiin 6 kpl koekuutiota, joiden lujuuskehitystä tutkittiin Kotkan AMK:n betonilaboratoriossa. (Työmaapäiväkirjat 2018.)



Kuva 4. Paalunvalu käynnissä.

2.5.4 Laatan raudoitus

Raudoitusalueelta tehtiin tasolaserin avulla oikeaan tasoon 0/65 murskeella ennen raudoituksen aloitusta. Raudoitusalueen tasaisuus tarkastettiin vielä sen teon jälkeen takymetrillä. Kun vaadittuun tasoon oli päästy, levitettiin raudoituksen alle N3-luokan suodatinkangas. Raudoituksen työautoina käytettiin 12 mm harjaterästä ja lisäteräksenä 16 mm harjaterästä. Laattojenpäädyt tehtiin erillisillä haoilla. Sidontaan käytettiin sinkittyä sidelankaa. Laatanraudoitusteräs oli B500B. Kuvassa 5 valmis laatanraudoitus ja muotti. Ennen betonoinnin aloitusta laatan raudoituksista tehtiin raudoitustarkastus, jonka tulokset merkattiin pöytäkirjaan. (Paalulaattarakenteet 2018.)



Kuva 5. Valmis laatanraudoitus ja muotti.

2.5.5 Muottityöt ja laatanvalu

Laatan muottityötä tehtiin sitä mukaa kuin raudoitukset valmistuivat. Muottityöt aloitettiin viikko raudoituksen aloittamisen jälkeen, jotta raudoittajat olisivat ehtineet tarpeeksi edelle muotin tekoa. Jokaisen laatan päätysaumoihin laitettiin katkot rakennusmuovista. Muotit rakennettiin vanerista ja 2 tuumaa kertaa 4 tuumaa lankuista. (Työmaapäiväkirjat 2018.)

Paalulaatan valu voitiin aloittaa, kun kaikki tarvittavat tarkastukset oli suoritettu (kuva 6). Tärkeintä oli tarkastaa, että muotti oli kiinni riittävän hyvin, jotta betoni ei pääsisi pullahtamaan mistään raoista ulos. Reunamuotteja tuettiin tekemällä sivuille tuet lankusta. Alustan tuli olla ennen valua sula, tasainen ja betonia läpäisemätön. Routasuojaus laatan reunoille toteutettiin luiskia loiventamalla routimattomalla maa-aineksella. Paalulaattojen betonin lujuusluokkana oli C35/45 ja toteutusluokkana 2. Laatoille suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta. (Työselostus 2017.)



Kuva 6. Laatanvalua.

Laattojen kokoerojen vuoksi laattojen valuajat vaihtelivat suuresti. Pisimmät valut kestivät aamusta iltaan, koska valun jälkihoitotoimenpiteet kuten laatan peittely suojakankaalla veivät aikaa. Valun aikana betoni tärytettiin vibroilla ja pinta tasoitettiin tärypalkilla. Kun betonoitu pinta kesti kävellä se, hierrettiin vielä koneella. Kun valussa oli saavutettu yläpinnantasot ja sen pinta oli hierretty, laatan pinta peiteltiin suojakankaalla. Tällä ehkäistiin suuret lämpötilan vaihtelut laatanpinnassa, sillä se saattaisi aiheuttaa laatan pinnassa halkeilua sitoutumisprosessin jälkeen. Tässä työvaiheessa betonin tasainen saatavuus on ensiarvoisen tärkeää, jotta suuria katkoja ei tulisi. Valujen aikana Haminassa jouduttiin tekemään poikkeavia liikennejärjestelyjä ennen jokaista valua. Betoniautot joutuivat peruuttamaan vastaan tulevaa liikennettä kohti, joten niiden saapuessa valupaikalle Helsingin suunnasta tuleva liikenne jouduttiin pysäyttämään liikenneturvallisuuden takia peruutuksen ajaksi. Myös laatassa käytetystä betonista otettiin koekuutioita 12 kappaletta ja niiden lujuuskehitystä tutkittiin Kotkan AMK:n betonilaboratoriossa. (Työselostus 2017; Työmaapäiväkirjat 2018.)

2.5.6 Siirtymä- ja elementtilaatat

Varsinaisia laattoja oli 13 kappaletta. Näiden lisäksi laattojen molempiin päihin valettiin erilliset siirtymälaatat ja rumpuputken päälle elementtilaatat. Laatan päihin piti valaa erilliset siirtymälaatat, koska niillä haluttiin pienentää rampista tulevan liikenteen laatalle aiheutuvaa liikennekuormaa. Lisäliikennekuorma syntyy laattojen päihin, koska ne ovat juuri rampin jälkeen ja ramppia ennen: Tästä syystä tiellä liikkuvat ajoneuvot joutuvat jarruttamaan enemmän kuin normaalilla suoralla tiellä. Siirtymälaatat olivat 5 m pituisia ja niiden päälle tehtiin vaahtolasista siirtymäkiilat. (Työselostus 2017.)

Elementtilaatat olivat 2 metrin pituisia ja 1,5 metrin levyisiä. Ne tehtiin rummun päälle, koska rumpu oli pystyttävä tarvittaessa vaihtamaan. Rummun päälle levitettiin suodatinkangas, jonka päälle tehtiin vaahtolasista peti itse elementtilaatoille. (Työmaapäiväkirjat 2018.)

2.5.7 Jakavan- ja kantavankerroksen teko

Ennen kuin kerroksia sai tehdä, oli laatan lujuuden oltava 80 % suunnitellusta lujuudesta. Ensimmäinen laatalle levitetty kerros oli aina vähintään 300 mm paksuinen ja maksimissaan 1000 mm. Laatan päälle levitettiin aluksi suojakerros, jonka maksimi raekoko oli 50...150 mm. Laatalla sai suorittaa koneellista täryjyräystä täryjyrällä vasta, kun vähintään 800 mm kerrospaksuus oli saavutettu. Sitä ohuempia kerrokset tiivistettiin staattisella jyräyksellä. Laatan päällä ei saanut liikkua raskailla koneilla ja niiden päälle ei saanut varastoida mitään. Kerrosten teko eteni tasaisesti kerros kerrokselta (kuva 7) eikä laatan päiden kerrosten välinen korkeussuhde ero saanut olla 1:10 suurempi. (Jakavakerros 2018; Sitomaton kantavakerros 2018.)

Jakava kerros laatan päälle tehtiin 0/90 murskeesta sen laatuvaatimukset olivat InfraRYL:n 21200 mukaiset. Kerrosten materiaalin levityksen hoiti aluksi pyöräalustainen kaivinkone. Kun kerrosta oli saatu levitettyä vaadittu minimimäärä, sen tiivistys aloitettiin täryjyrällä. Kerrosta kasteltiin jatkuvasti traktorin perässä vedettävällä vesisäiliöllä, jotta päästiin vaadittuun tiiveysvaatimukseen. Kerroksen kantavuus ja tiiveys mitattiin levykuormituskokeella ja pudotuspainolaitteella. Mittauksia suoritettiin 100 metrin välein kultakin ajoradalta. (Työmaapäiväkirjat 2018; Jakavakerros 2018.)

Sitomaton kantavakerros tehtiin 0/56 murskeesta. Kantavan kerroksen laatuvaatimukset olivat InfraRYL:n 21200 mukaiset. Vastaanottokoneena murskeelle toimi takymetriohjattu tiehöylä, joka levitti murskeen sitä mukaan, kun sitä tuli työkohteeseen. Samaan aikaan kun kantavaa kerrosta tehtiin, sitä tiivistettiin täryjyrällä ja kasteltiin erillisellä traktorin perässä vedettävällä vesisäiliöllä. Sitomaton kantavakerros tehtiin yhtenä kerroksena suunnitelmien mukaisesti ja sen kerrostiiveys todennettiin levykuormituskokeilla ja pudotuspainolaitteilla. (Työmaapäiväkirjat 2018; Sitomaton kantavakerros 2018.)



Kuva 7. Kerrosten tekoa laatan päälle.

3 Vaihtoehtoiset painumakorjaustoimenpiteet

3.1 Painumakorjaus stabiloimalla

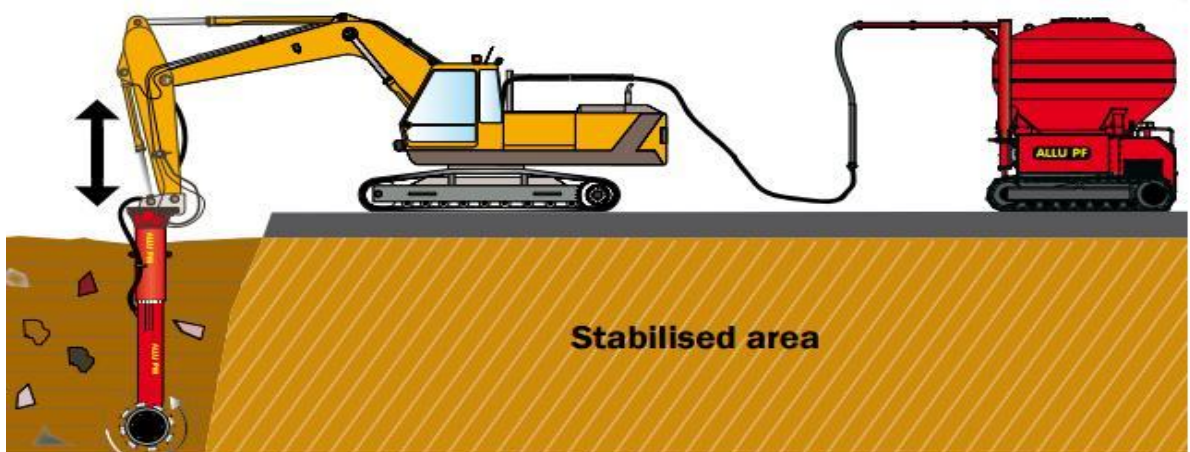
Stabilointi on yksi yleisimmistä pohjanvahvistusmenetelmistä maanrakennusalalla. Siinä pehmeä maa-aines kuten esimerkiksi savi, siltti, lieju tai turve lujitetaan sideaineella kantavaksi pohjaksi. Sideaineena käytetään kalkki- ja sementtipohjaisia sideaineita. Kerroksen lujittuminen perustuu esimerkiksi savimineraalin pinnassa tapahtuvaan ioninvaihtoon, maapartikkelien sitomiseen kemiallisten reaktiotuotteiden kanssa tai tyhjätilan täyttämiseen. Stabiloinnilla pyritään vähentämään painumia ja parantamaan maaperän stabiiliteettia. Menetelmää ei kuitenkaan voi käyttää kaikkialla, sillä stabiloinnin käyttöä rajoittaa kohteen sijainti. Stabilointilaitteiston painon takia sitä ei voida tuoda kohteeseen, jos painorajat esimerkiksi sillalla tai tiellä ylittyvät tai jos maan alla menee paljon kaapeli- tai kaasuputkia. (Väylävirasto Syvästabiloinnin suunnittelu 2018.)

Syvästabilointi voidaan jakaa kahteen erityyliin. Pilaristabiloinnissa maan alle luodaan sideaineella halutun kokoisia pilareita, jotka kovettuessaan muodostavat vahvan kantavan rakennepohjan. Pilaristabiloinnin lisäksi voidaan tehdä massastabilointia, jossa maaperään sekoitetaan sideainetta aina tavoitesyvyyteen asti tavoitteena saada aikaan mahdollisimman homogeeninen lujittunut maaperä. Stabilointi pehmeiköllä vaatii erittäin hyvän työalustan, sillä stabilointi laitteet ovat hyvin painavia ja pehmeiköllä työskenneltäessä huonon työalustan johdosta kone voi upota saveen tai pehmeikköön. Menetelmä on paalutukseen verrattuna halvempaa ja sillä voidaan pienentää perustuskustannuksia merkittävästi. (Väylävirasto Syvästabiloinnin suunnittelu 2018; KFS, Stabilointi, 2019.)

3.1.1 Painumakorjaus massastabiloimalla

Massastabiloinnissa stabiloitavaan kohteeseen sekoitetaan kaivinkoneeseen kytketyllä sekoitinlaitteella sideainetta. Sideaine on yleensä sementtiä, kalkkia ja lentotuhkaa. (Jääskeläinen 2003, 150.) Sekoituslaite on kiinnitettyinä

kaivinkoneen puomiin, josta se pumppaa sideainetta maahan (kuva 8). Sekoitusta tehdään pysty- ja vaakasuunnassa ruuduittain. Ruutujen koko riippuu käytettävän laitteiston ulottuvuudesta, maa-aineksen jäykkyydestä ja kerroksen paksuudesta. Yleisin käytetty ruutukoko on 3...5 metriä kertaa 3...5 metriä. Näin luodaan eräänlainen laattamainen tasaisesti lujittunut vyöhyke, jonka päälle eri rakenteita voidaan perustaa. Menetelmää käytetään silloin kun maalaji omaa huonon stabiloitavuuden pilaristabiloinnin kannalta. Massastabiloinnin stabilointisyvyys on hyvissä olosuhteissa maksimissaan 8 metriä. Yleensä kuitenkin massastabilointia tehdään vain 5 metriin. Minimipaksuus massastabiloinnille on noin 1...2 metriä. Työtä tehdessä on tärkeää seurata, että sekoitettu sideaine levittäytyy maaperään tasaisesti ja että ruutujen rajoilla on tarpeeksi limitystä. Täysin tasalaatuisesti työtä ei pystytä kuitenkaan nykyisellä käytettävissä olevalla kalustolla tekemään, vaan sideaineen määrä vaihtelee jonkin verran sekoitetussa maa-aineksessa. Normaalisti pintamaahan jää enemmän sideainetta kuin pohjalle. Massastabilointia voidaan tehdä yhdessä pilaroinnin kanssa ja sillä tavalla päästään tasaisempaan lopputulokseen. (Väylävirasto Syvästabiloinnin suunnittelu 2018.)

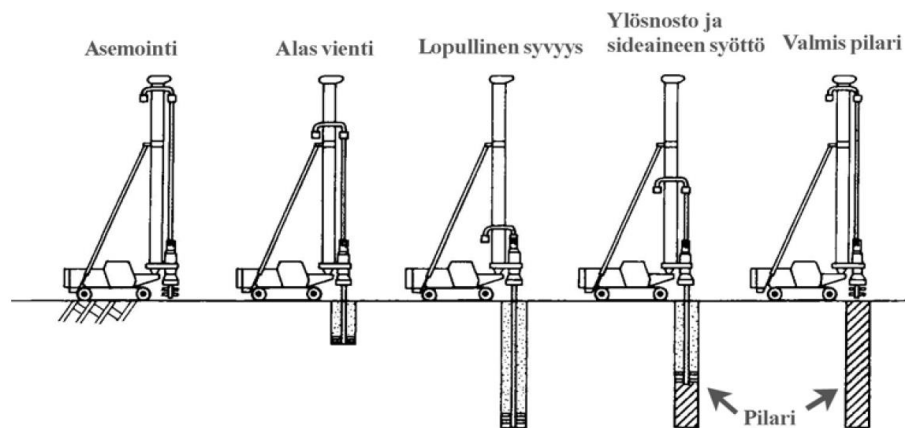


Kuva 8. Massastabilointikone (Massastabiloinnin kehittäminen 2017)

3.1.2 Painumakorjaus pilaristabiloimalla

Pilaristabilointi on yksi yleisimmistä stabilointimenetelmistä Suomessa. Menetelmässä stabilointikoneella porataan stabiloitavan alueen maahan halutun kokoisia reikiä tavoitesyvyyteen asti, minkä jälkeen maahan lisätään sideainetta

poraa nostettaessa ylöspäin ja samalla sekoittaen (kuva 9). Sideaine reagoi maankosteuden kanssa ja muodostaa maahan sitä lujittavia pilareita. Suomessa yleisimmin pilaristabilointi tehdään kuivamenetelmällä, jossa sideaine lisätään maahan paineilmalla. Pilareita voidaan tehdä erikokoisina mutta yleisimmin Suomessa niiden halkaisijat ovat 500, 600, 700 ja 800 millimetriä. Pilarin koko määräytyy sekoitinkärjen koon mukaan. Sekoituksen tasaisuuteen voi vaikuttaa sekoitinkärjen pyörimis- ja ylösnostonopeudella. Suomessa käytössä olevalla stabilointikalustolla pilarin maksimi pituus on noin 25 metriä, mutta yleensä yli 20 metrisiä pilareita ei tehdä, koska niiden alapään sijainnista ei saada enää tarkkaa varmuutta. Suuria pilareita eli noin 1100 metrisiä pilareita tehdään harvemmin, sillä pilarin halkaisijan kasvaessa maakerroksista läpipääsy vaikeutuu. Suurten pilarien tekoa vältellään myös senkin takia, koska niihin ei saada sotkettua sideainetta tarpeeksi tasalaatuisesti. Myöskään pitkää pilarin pituutta ja pientä halkaisijaa ei suositella, koska tukkeutumisriski kasvaa suurilla letkupituuksilla. Pilareiden vaakakuormien kesto on yksittäin heikko eivätkä ne kestä yhtään vetoa. Vaakakuorma kestävyyttä voidaan parantaa sopivalla pilareiden limityksillä. Hyvin limitetyssä pilarikentässä pilarit tukevat toinen toistaan. (Väylävirasto Syvästabiloinnin suunnittelu 2018.)



Kuva 9. Pilaristabiloinnin periaatekuva (Syvästabiloinnin seurantatutkimukset 2003)

Soveltuvuus Haminan-urakkaan

Haminassa pelkästään massastabilointia ei olisi voitu käyttää maaperän lujittamiseen, koska siellä suurimmat pehmeiköt olivat yli 20 metrisiä ja näin ollen

massastabiloinnin syvyys ei olisi riittänyt ongelman poistamiseksi. Vanhaa merenpohjaa oli myös tien rakentamisvaiheessa lujitettu pilaristabiloinnilla. Pehmeässä maaperässä osa pilareista ei kuitenkaan ollut kerennyt lujittua kunnolla ja ne olivat kaatuneet koneiden liikkuesssa pehmeiköllä. Pilaristabilointi oli kuitenkin onnistunut E18-hankkeen muilla alueilla, mutta juuri tässä Ruissalon ja Lankamalmin liittymien välissä savikerroksen paksuus oli liian suuri. Pilaristabilointia ei olisi voitu suorittaa koko työstettävällä alueella, sillä työmaan itäpäässä oli maakaasuputki, joka alitti tien, ja työmaan länsipäässä työmaan ylitti 230 kV ilmalinja. Näiden seikkojen takia niihin kohtiin olisi jouduttu käyttämään muita työmenetelmiä. Yksi suurin syy, minkä takia menetelmää ei päädytty käyttämään Haminan paalulaatta urakassa, oli se, että pilaristabilointia oli kerran jo kokeiltu kyseisessä kohdassa eikä ongelma silti ollut poistunut, joten tarvittiin muita lisäkeinoja.

3.2 Painumakorjaus massanvaihdoilla

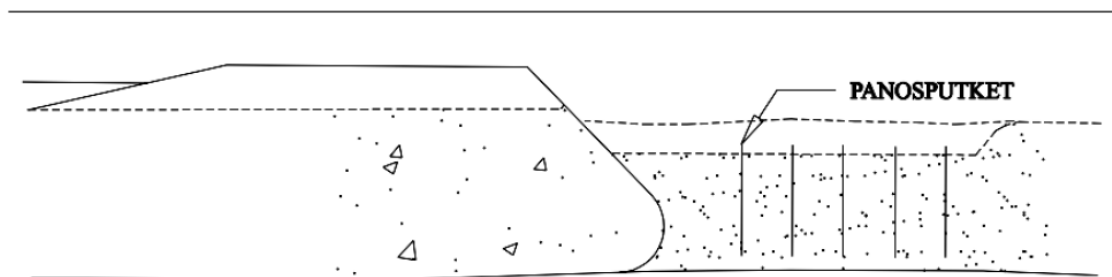
Massanvaihto on hyvin yleinen pohjanvahvistukseen käytetty menetelmä. Sitä voidaan tehdä joko kaivamalla tai sitten pengertämällä. Menetelmässä heikosti kantava tai kokoonpuristuva pohjamaa korvataan kantavalla täyttömateriaalilla. Se on yksi eniten käytetty menetelmä tiepenkereiden pohjienvahvistuksessa. Massanvaihdon käyttäminen pohjienvahvistukseen on taloudellisesti järkevää muihin keinoihin verrattuna silloin kun on edullinen massatilanne, sen ympäristövaikutukset ovat vähäisiä ja työturvallisuus ei vaarannu. Massanvaihdon käyttöä rajoittaa kuitenkin työkohte, sillä esimerkiksi vanhaa tietä levennettäessä tulee liikenneturvallisuus ja vanhan tienstabiliteetin ylläpito ottaa erittäin tarkasti huomioon. Tästä johtuen menetelmä voidaan sulkea pois, vaikka se olisikin kaikista edullisin vaihtoehto. Sen valintaan menetelmäksi vaikuttavat myös pehmeikön paksuus, penkereen leveys ja korkeus, pohjamaan ominaisuudet ja maaston topografia. Siihen suoritetaanko massanvaihto kaivamalla vai pengertämällä vaikuttavat ympäristössä sijaitsevat rakenteet ja pehmeikön syvyys. (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011).

Massanvaihtoon ei tarvita käytännössä kuin kaivinkoneita, kuljetus-, tiivistys- ja levityskalustoa. Massanvaihto voidaan suorittaa joko penkereen tai pehmeän

maa-aineksen päältä. Jos massanvaihto suoritetaan pehmeikön päältä pitää olla varma luiskien kestävydestä. Tämä rajaakin suuresti työtapaa, sillä kaivannon syvetessä luiskien epävarmuus kasvaa. Onnistunut massanvaihto vaatii tarkkaa suunnittelua, sillä kaivu- ja täyttömassojen samanaikainen siirtäminen edellyttää hyvin toimivaa logistiikkaa. Vaihdetulle massalle tehdään jälkitiivistystä, kun se liittyy muihin rakenteisiin kuten siltoihin. Massanvaihtoa käytetään yleensä yhteydessä muihin pohjanvahvistus menetelmiin eikä yksistään. (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011.)

3.2.1 Massanvaihto pengertämällä

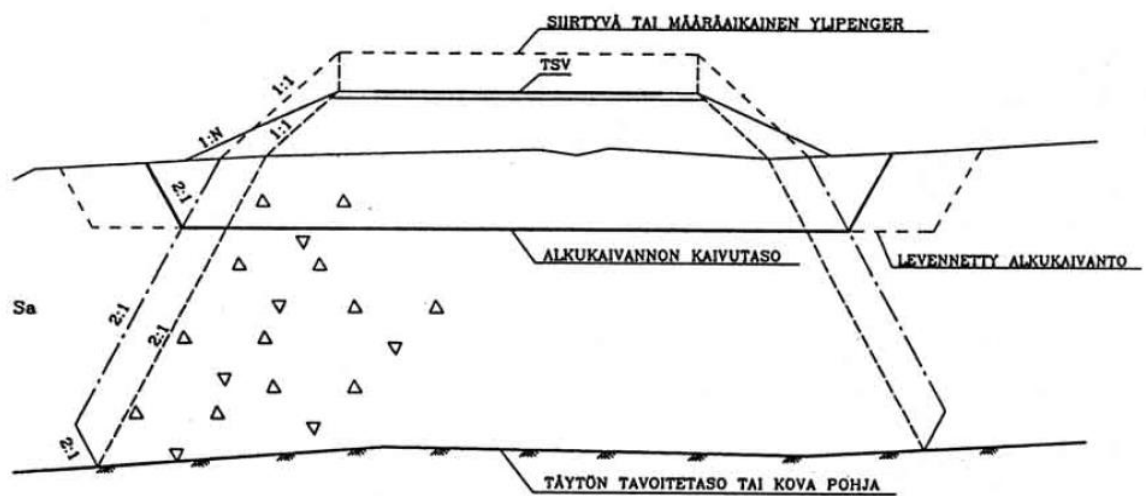
Massanvaihto pengertämällä on käytännössä kaivannon pohjaan asti täyttöä. Pengerrystä käytetään, kun pehmeikön syvyys on suuri ja maa-aineksen kaivamalla vaihto ei onnistu. Työtapaa voidaan käyttää, kun syvyydet pysyvät 5—10 metrissä, mutta sitäkin syvempiä pengerryksiä voidaan toteuttaa onnistuneesti pehmeissä savissa esipehmennystä käyttäen. Esipehmennyksessä pohjamaan lujuutta häiritään alkuperäisestä esimerkiksi räjäytyksillä. Penkereen edestä räjäytettäessä panokset sijoitetaan kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10. Esimerkkikuva esipehmennyksen panostuksesta (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011)

Pengerrystä haittaavat tekijät kuten kuivakuorisavi poistetaan alkukaivannosta. Pengerryksessä korkea päätypengertäyttö syrjäyttää ja puristaa pehmeät maakerrokset penkereen sivuille ja eteen (kuva 11). Sivulle ja eteen nousseet massat kaivetaan pengerryksessä pois. Kaivannossa olevat pehmeät maamassat toimivatkin eräänlaisena vastapainona täytölle. Onnistuneeseen lopputulokseen pengerryksessä päästään, kun maapohjaa kuormitetaan

vähintään murtotilakuormituksella. Massanvaihto pengertämällä vaatii tarkkaa suunnittelua etenkin sellaisten rakenteiden läheisyydessä, jotka voisivat toimenpiteestä vahingoittua. Pohjaan täytetyssä pengerryksessä penkereen painumat tai siirtymät voivat olla ongelmallisia tuleville rakenteille. Pengertämällä tehtyä massanvaihtoa ei yleensä ole tarpeen tiivistää vaan täyttömassa tiivistyy omalla painollaan ja työntekemisen yhteydessä. Pengerryksen täyttömateriaalina voidaan käyttää joko karkeita kitkamaita tai louhetta. Painumaylipenkereen täyttömateriaalina kannattaa käyttää mursketta varsinkin tasausvaiheessa. (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011.)



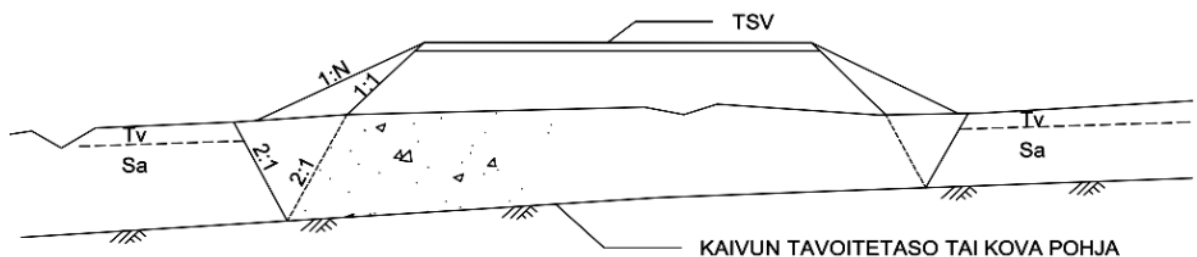
Kuva 11. Massanvaihto pengertämällä periaatekuva (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011).

3.2.2 Massanvaihto kaivamalla

Massanvaihdossa kaivamalla pehmeä maa-aines kaivetaan joko määräsyyvyteen tai kovaan pohjaan asti (kuva 12). Kun pehmeät maakerrokset on kaivettu pois, käydään kaivettua kaivantoa täyttämään useasti päätypenkereenä vallitsevaan maanpinnan tasoon. Kaivamalla tehty massanvaihto sopii hyvin pieniin kohteisiin, kun pehmeikkö on tarpeeksi matala eli noin 3...5 metriä tai kovapinta lähellä. Jos ympärillä on paljon tilaa, se voidaan tehdä myös lähemmäs 10 metriin. Tuota syvemmälle meneminen ei ole työteknisesti järkevää eikä turvallista tai taloudellista. Noin syvällä

massanvaihdolla voi olla myös suuria vaikutuksia ympäristöön. (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011.)

Massanvaihto kaivamalla voidaan toteuttaa myös kaltevalle pohjalle, mutta sen tekemisessä on silloin suuremmat riskit ja se vaatii erityisen tarkkaa suunnittelua. Massanvaihto kaivamalla on sitä helpompi suunnitella, mitä tarkemmat pohjatutkimukset on alueella tehty ennakkoon. Hyvillä pohjatutkimuksilla myös massamenekkiä on helpompi ennakoida ja sen seuranta on helpompaa. Kaivamalla tehty massanvaihto on hyvin toimiva keino, kun läheisyydessä sijaitsee herkästi vaurioituvia rakenteita. Kun vanha pehmeä maa-aines on saatu poistettua ja täyttö aloitettua, massaa voidaan aloittaa tiivistämään kokonaiskerrospaksuudelta tai kerroksellisesti täryjyrällä tai pudotustiivistyksellä. Pudotustiivistystä käytetään, jos kerroksittainen tiivistys ei ole järkevää. Pohjaan täytettäessä koneellisella tiivistyksellä ei päästä kuitenkaan varmaan lopputulokseen vaan täyttökerros voi tiivistyksen jälkeenkin painua. Massanvaihdon täyttömateriaalina voidaan käyttää joko louhetta, soraa, hiekka tai hiekkamoreenia. (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011.)



Kuva 12. Massanvaihto kaivamalla periaatekuva (Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011).

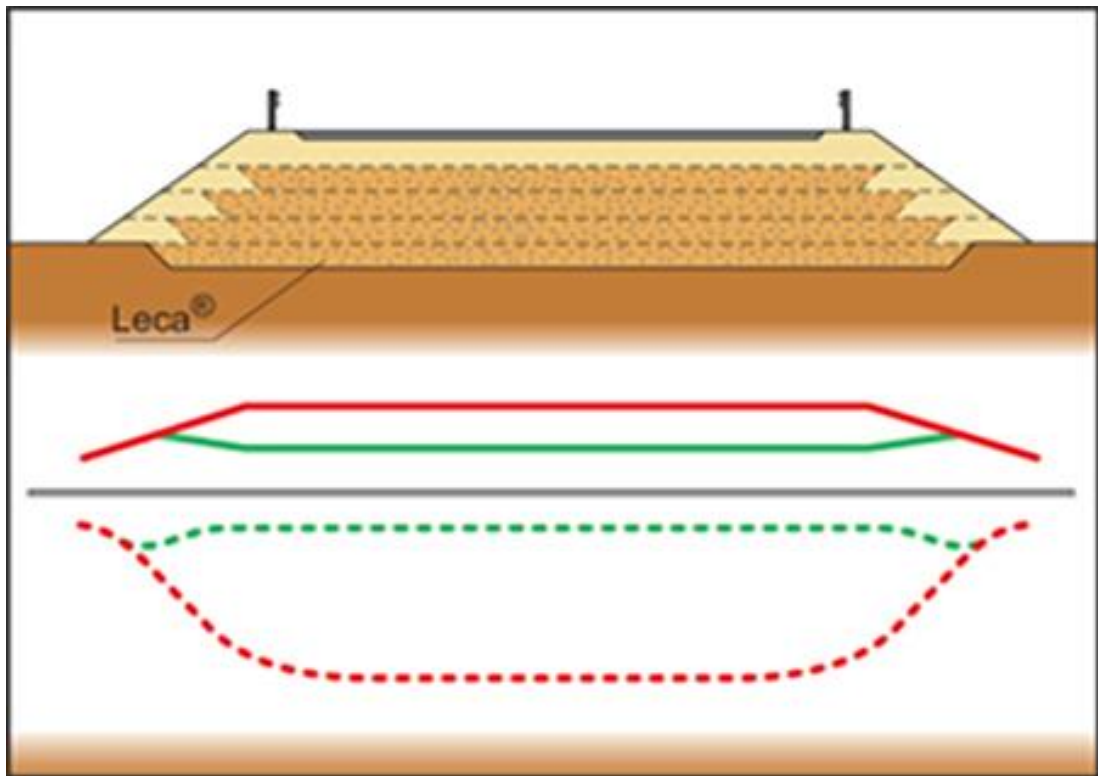
Soveltuvuus Haminan-urakkaan

Haminassa ei päädytty koko urakka-alueen massanvaihtoon, koska savikerroksen paksuus vaihteli alueella 23 metristä 6 metriin. Yli 20 metriä syvän kaivannon tekeminen ei olisi ollut enää työteknisesti mahdollista, sillä työmaan välittömässä läheisyydessä ollut toinen ajokaista Vaalimaan suuntaan oli koko ajan käytössä ja sen stabiliteetti olisi voinut vaarantua niin syvästä kaivannosta.

Noin syvän kaivannon tekeminen ei olisi myöskään ollut enää työturvallista. Työhön olisi tarvittu myös suuri määrä täyttömassaa ja tämän takia se ei olisi ollut taloudellisesti kannattavaa. Urakassa käytettiin kuitenkin massanvaihtoa pienimuotoisesti laattojen päissä. Tämä olikin yksi syistä minkä takia menetelmää ei valittu käytettäväksi kuin pienimuotoisesti tässä urakassa.

3.3 Painumakorjaus keventämällä

Kevennystä käytetään, kun rakennettavan kohteen alla on paksusavikerros tai muu pehmeikkö, joilla voi penkereiden takia esiintyä pitkäaikaisia painumia tai stabiliteettiongelmia. Se on menetelmänä ajoittain halpa keino päästä eroon painumisongelmasta, mutta se ei sovi käytettäväksi joka paikassa. Kevennyksessä kaivanto maanpinnan alapuolella muotoillaan vastaamaan yläpuolista pengertä niin, että poistetun saven kevennysmateriaalin painon erotus vastaa kullakin kohdalla maanpinnan päälle tulevan penkereen painoa. Näin saven saama paine pysyy samana kuin ennen kevennystä. Kevennyksiin voidaan käyttää kevytsoraa (kuva 13), eps-harkkoja tai vaahtolasia kuten Haminassa. Tärkeää on asentaa saven ja kevennysmateriaalin väliin suodatinkangas, jotta kevennysmateriaali pysyisi mahdollisimman homogeenisenä. Kuormista tai pohjaolosuhteista syntyviä epätasaisia painumia pyritään tasaamaan siirtymärakenteen avulla. Kevennys on vaihtoehtona pilaristabilointiin ja paalutukseen nähden kustannustehokkaampi, sillä se on nopeampi toteuttaa eikä vaadi erityiskalustoa, kuten stabilointi- ja paalutuskonetta. Kevennysten teko voidaan jakaa myös pienempiin osiin, kun taas paalutus- ja stabilointityössä pitää kerralla toteuttaa suurempia kokonaisuuksia. Yleensä kuitenkin isommissa kohteissa päädytään pilaristabiloinnin ja kevennyksien yhteiskäyttöön, jolloin päästään kustannustehokkaimpaan lopputulokseen, sillä kun stabilointipilarien yläpuolisissa kerroksissa käytetään kevennyksiä, voidaan pilarien välistä etäisyyttä kasvattaa toisistaan kuitenkin niiden stabiliteettia vaarantamatta. Kevennysrakennetta yhdistettynä paalulaattaan on esimerkiksi käytetty Valtatie 1:n painumienkorjauksessa. (Leca-sora 2019 b. Referenssit, Leca-sora 2019 a. Geotekniikka; Jääskeläinen, R. 2003, 149-150.)



Kuva 13. Esimerkki Lecasora kevennyksestä: punaisella katkoviivalla merkattu raskaalla materiaalilla painuma ja vihreällä kevytsoran painuma (Leca-sora 2019 a. Geotekniikka 2019).

Soveltuvuus Haminan-urakkaan

Valtatie 7:n painumien korjaaminen pelkästään kevennyksillä ei olisi ollut kannattavaa, sillä kevennysmateriaalia olisi tarvittu niin suuret määrät, ettei se olisi ollut taloudellisesti kannattavaa. Kevennyksiä tehtäessä olisi myös törmätty samaan ongelmaan kuin massanvaihtoa tehtäessä eli kaivannon teko riittävään syvyyteen olisi voinut vaarantaa viereisen ajokaistan stabiliteettia. Kevennykset ovat hyvä korjauskeino pienemmissä projekteissa, mutta suuremmissa projekteissa parhaaseen lopputulokseen päästään vain yhdistelmäratkaisulla. Haminan projektissakin hyödynnettiin alkuperäisessä urakassa käytettyä vaahtolasia paalulaattojen päissä tekemällä niihin kevennykset, ettei siirtymälaatat joutuisi niin kovalle rasitukselle.

4 Yhteenveto ja pohdinta

Valtateiden painumakorjaus pehmeiköllä on työnä hyvin haastava. Tämän takia oikean korjausmenetelmän valinta on esiarvoisen tärkeää, sillä se mikä toimii toisessa paikassa ei välttämättä sovellu käytettäväksi toisessa paikassa. Haminan projektissa paalulaatta oli ainut toimiva vaihtoehto, sillä kaikkea muuta siinä oli jo melkein kokeiltu. Pilaristabiloinnin pilarit eivät olleet kestäneet pehmeässä maaperässä pystyssä vaan ne olivat konetta liikuttaessa kaatuneet. Paalulaatan teko kyseiselle kohdalle oli myös taloudellisesti toimivin ja helpoiten nopeasti toteutettava korjaustoimenpide. Painumankorjaus paalulaatalla oli myös teknisesti jälkikäteen onnistunut toimenpide, sillä painumisongelmaa ei korjauksen jälkeen ole enää ilmennyt. Paalulaatan teossa suurimmat haasteet pehmeiköllä ovat samat kuin pilaristabilointia tehdessä eli paalujen oikeassa kulmassa pysyminen: Kun paalut on saatu betonoitua ja laatta valettua päälle, siinä ei ole enää mitään riskejä jäljellä ja se on pitkäaikainen ja pysyvä ratkaisu painumisongelmaan.

Painumienkorjaukset valtateilla tulevat tulevaisuudessa kasvamaan sillä Suomessa on paljon pehmeiköille ja puupaaluille rakennettuja teitä, jotka vaativat pikaista korjausta. Tärkeää onkin, että valitut korjaustoimenpiteet ovat aina kohteen ominaisuuksiin parhaiten sopivia. Valitsemalla parhaiten sopivimman korjauskeinon säästyy resursseja ja painumisongelmasta päästään pitkäaikaisesti eroon.

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena löytää toimivin keino painumakorjaukseen vanhan merenpohjan alueella. Opinnäytetyötä tehdessä opin, että ei ole vain yhtä toimivaa korjauskeinoja, joka toimisi joka paikassa, vaan parhaimpaan lopputulokseen saatetaan päästä erikeinoja yhdistelemällä. Omasta mielestäni lähes poikkeuksetta toimivin ratkaisu on kuitenkin paalulaatta, kun toimitaan vanhan merenpohjanalueella, jossa painuvat savikerrokset ovat paksuja.

Lähteet

Foamit 2019. <https://foamit.fi/tuotteet/> Luettu 10.10.2019

GRK Infra Oy 2019. Konserni. <https://www.grk.fi/konserni/>. Luettu 23.10.2019

Jakavakerros 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Jakavakerros 2018. Luettu 6.3.2019

Jääskeläinen, R. 2003. Pohjarakennuksen Perusteet. Tampere: Tammertekniikka. Luettu 12.6.2019

KFS 2019. Palvelut. Stabilointi. https://www.kfs.fi/kfs_palvelut/syvastabilointi/. Luettu 8.8.2019

Leca-sora 2019 a. Geotekniikka. <https://leca.fi/ratkaisut/geotekniikka/painumien-vahentaminen/>. Luettu 1.8.2019

Leca-sora 2019 b. Referenssit. <https://leca.fi/referenssit/lecar-kevennysrakenne-vt-1n-parantamisessa/>. Luettu 1.8.2019

Massastabiloinnin kehittäminen 2017. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133903/Tiainen_Hanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Luettu 6.6.2019

Murskaus 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Murskaus 2018. Luettu 6.2.2019

Paalujen betonointi 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Putkipaalujen betonointi 2018. Luettu 5.3.2019

Paalulaattarakenteet 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Paalulaattarakenteet 2018. Luettu 5.3.2019

Paaluperustukset 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Paaluperustukset 2018. Luettu 5.3.2019

Sitomaton kantavakerros 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta, Työvaihekohtainensuunnitelma Sitomaton kantavakerros 2018. Luettu 6.3.2019

Syvästabiloinnin seurantatutkimus 2003. <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Julkaisut/julkaisu87.pdf>. Luettu 2.6.2019

TMFG Tieliikenne 2019. <https://tmfg.fi/fi/itm/tieliikenteen-ohjaus-ja-hallinta-tieliikennekeskukset>. Luettu 15.1.2019

Työmaapäiväkirjat 2018. E18 Haminan ohikulkutie (Vt7) Ruissalon paalulaatta Työmaapäiväkirjat 1.2.2018-1.7.2018. Luettu 25.2.2019

Työselostus 2017. Valtatie 7 (E18) parantaminen moottoritieksi Haminan kohdalla Paalulaatta Vt7 plv3320-3810 Hankekohtainen Työselostus. Luettu 17.1.2019

Väylävirasto 2019. Korjausvelkaohjelma
<https://vayla.fi/liikennejarjestelma/korjausvelkaohjelma#.XahipeR7mhc>. Luettu 14.1.2019

Väylävirasto Massanvaihdon suunnittelu 2011. Julkaisut.
Massanvaihdon suunnittelu. https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf. s.10-16. Luettu 30.6.2019

Väylävirasto Syvästabiloinnin suunnittelu 2018. Julkaisut.
Syvästabiloinnin suunnittelu. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-17_syvastabiloinnin_suunnittelu_web.pdf. s.17-40. Luettu 8.8.2019.