



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SAVILAHTI RV 6 PAALU- LAATTA

TEKIJÄ:

Jani Pitkänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jani Pitkänen	
Työn nimi Savilahti RV 6 paalulaatta	
Päi vä 23.3.2023 ys	Sivumäärä/Liitteet 24
Toimeksiantaja Mestar Kuopio OY	
Tiivistelmä Tämä opinnäytetyö tehtiin Mestar Kuopio Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi Savilahti RV 6:n paalulaatan rakentamiseen liittyvät työvaiheet ja menetelmät. Työssä pyrittiin huomioimaan ympäristötekijöiden vaikutusta työmenetelmiin ja työskentelytapoihin sekä arvioimaan työn aikana tehtyjen ratkaisujen vaikutusta lopputulokseen. Paalulaatan rakentamiseen vaikuttivat monet tekijät kuten pohjavedenkorkeus, voimalinjan läheisyys ja pilaantuneet maa-ainekset. Näiden tekijöiden huomioiminen, vaikutusten arvioiminen ja toimivien ratkaisumallien luominen tähän työkohteeseen oli tämän opinnäytetyön raportoinnin pohja. Työmaan perustamisesta lähtien työvaiheet käydään läpi ja lopuksi pohditaan, minkälaisia vaikutuksia työn suorittamiseen työkohteen ympäristötekijöillä oli. Erityisesti pohjaveden poistamisen vaikutuksia arvioidaan ja huomioidaan sen vaikutuksia työturvallisuuteen, työn etenemiseen ja työkohteen kustannussäästöihin. Pohjaveden poistamisella saavutettiin huomattavia kustannussäästöjä ja työn tekeminen oli turvallista.	
Avainsanat Paalulaatta, massanvaihto, pilaantuneet maa-ainekset	

Field of Study Technology, Communication and Transport		
Degree Programme Degree Programme in Construction Management		
Author Jani Pitkänen		
Title of Thesis Savilahti RV 6 pile slab		
Date	23.3.2023	Pages/Appendices
		24
Client Organisation /Partners Mestar Kuopio OY		
Abstract This thesis was done for Mestar Kuopio Oy. The purpose of this thesis was to go through the operations and methods of constructing a pile slab for the sixth construction phase of Savilahti in Kuopio. The work tried to consider the impact of environmental factors when assessing the ways and methods of working and the effect of decisions made during the job on the result. Many factors affected the construction of the pile slab such as the level of the groundwater, proximity to a power line and contaminated soil. The basis of reporting in this thesis was to take aforementioned factors into consideration, evaluate the effects of these factors and to create working solution models for the worksite. Since the establishment of the construction site, different stages of work were processed and ultimately the environmental factors' effect on the job performance was discussed. Especially the removal of the groundwater was assessed and its effects on work safety, progress of the work and cost savings during construction were considered.		
Keywords Pile slab, mass exchange, contaminated soil		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TYÖKOHTTEEN ESITTELY	7
2.1	Savilahti rakennusvaihe 6 työn taustat	7
2.2	Tilaajan esittely - Mestar Kuopio Oy	8
3	MASSANVAIHTO.....	9
3.1	Yleistä.....	9
3.2	Massanvaihto kaivamalla	10
4	PAALULAATTA.....	11
4.1	Yleistä.....	11
5	TYÖVAIHEET JA MENETELMÄT	13
5.1	Työmaan perustaminen.....	13
5.2	Kuivatus	13
5.3	Kaivu ja tuenta	15
5.4	Paalutus	16
5.5	Muotin ja raudotteiden teko.....	18
5.6	Paalulaatan valu ja suojaukset.....	19
5.7	Putkitukset ja täytöt.....	22
6	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET	24

KUVALUETTELO

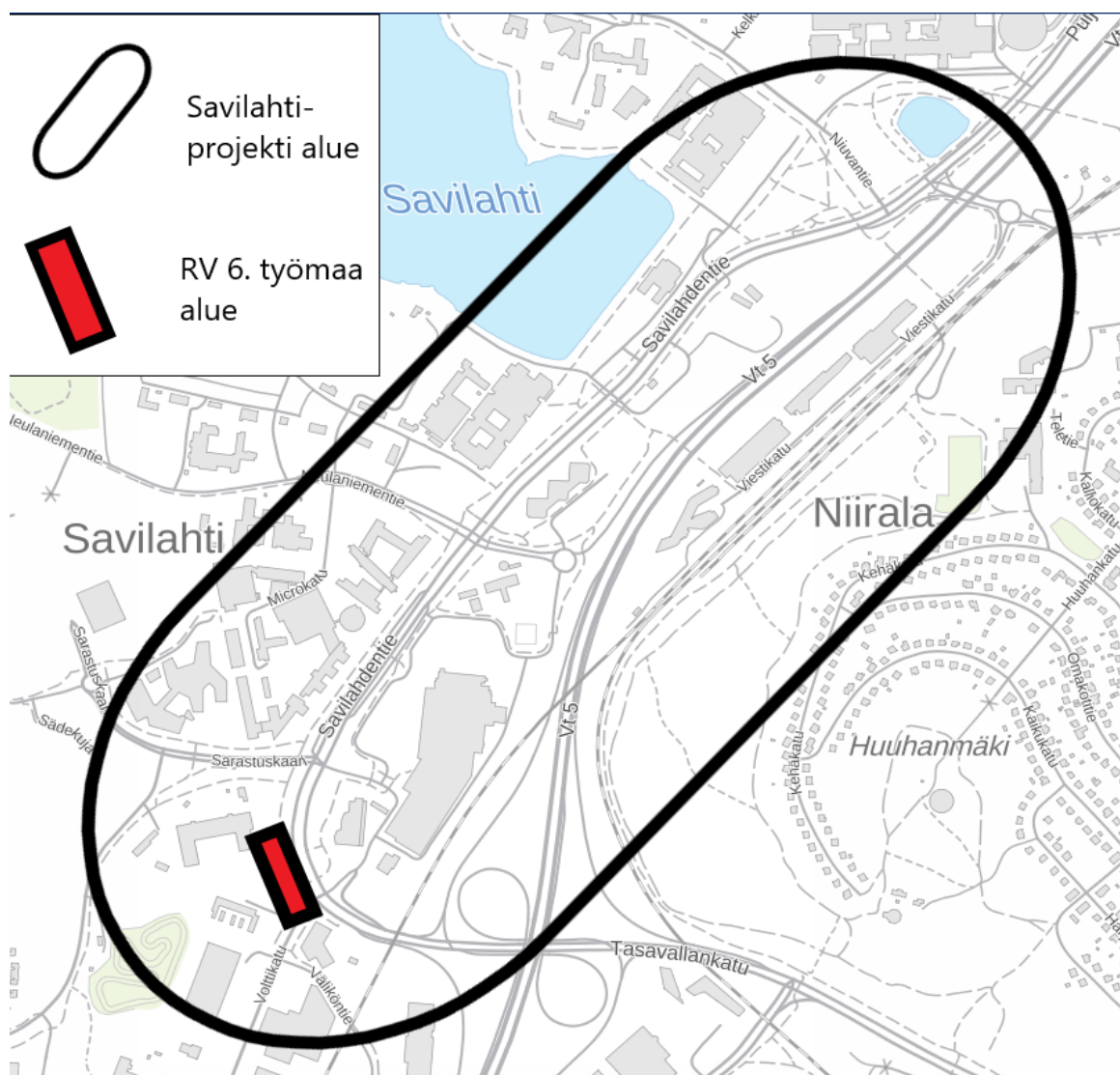
Kuva 1.	Savilahti-projekti aluekartta (muokattu lähteestä Taavi.Kuopio.fi)	6
Kuva 2.	Mestar Kuopio Oy organisaatiorakenne (Mestar intra)	8
Kuva 3.	Massanvaihto kaivamalla (Liikennevirasto, Massanvaihdon suunnittelu 2011, 11)	10
Kuva 4.	Massanvaihto pengertämällä (Liikennevirasto, Massanvaihdon suunnittelu 2011, 11)	10
Kuva 5.	Massavaihto kuivaan kaivantoon kerroksittain tiivistämällä. (InfraRYL,18360)	11
Kuva 6.	Tasapaksu laatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014,13)	12
Kuva 7.	Sienilaatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014,14)	13
Kuva 8.	Palkkilaatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014,14)	13
Kuva 9.	Paaluhatturakenne (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014,16)	14

Kuva 10. Savilahti RV 6 pohjanvahvistuskartta.....	13
Kuva 11. Kuivatuskaivo. (Pitkänen 2021)	15
Kuva 12. Ponttiseinämien rakentaminen (Pitkänen 2021)	16
Kuva 13. Paalutuskone (Kankareen Paalutus Oy 2021)	17
Kuva 14. Paalulaatan muotin teko (Pitkänen 2021)	18
Kuva 15. Raudoitetarkastus (Pitkänen 2021)	19
Kuva 16. Pumppuauton sijoittelu työmaalle (Pitkänen 2021)	20
Kuva 17. Paalulaatta L2 valu (Pitkänen 2021)	21
Kuva 18. Siirtymälaatta (Pitkänen 2021)	21

1 JOHDANTO

Kuopion kaupungin Savilahteen vuosina 2019–2029 toteutettava Savilahti-projekti on Kuopion kaupungin suunnitelma nykyaikaistaa alueen liikennöintiä ja rakentaa alueelle uutta tonttikantaa yrityksille, koulutuslaitoksille ja asumiselle erinomaisten liikenneyhteyksien ja luonnon läheisyyteen. Rakennusvaihe 6 (RV 6) on Savilahdentien ja Volttikadun risteysalueelle suunnitellun Savilahdentien alikulkutunnelin rakentamisen tieltä siirrettävien vesi- viemäri- kaapelijohtojen uudelleenrakennuskohde (kuva 1).

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi verkostojen uudelleen sijoittamisen tuomia haasteita, jo valmiiksi tiivistä rakennettuun ympäristöön, voimalinjojen läheisyyteen, pilaantuneiden ja heikosti kantavien maa-aineksien vaikutusta suunnitteluun ja itse toteuttamiselle. Tämä opinnäytetyö keskittyy verkostojen rakentamisen pohjanvahvistuksen vaihtoehtoihin ja työkohteeseen valikoituneen paalu- laatan toteuttamisen työvaiheiden kuvaamiseen.



Kuva 1. Savilahti-projekti aluekartta (muokattu lähteestä Taavi.Kuopio.fi)

2 TYÖKOHTTEEN ESITTELY

2.1 Savilahti rakennusvaihe 6 työn taustat

RV 6 on Savilahdentien ja Volttikadun risteysalueelle suunnitellun Savilahdentien alikulkutunnelin rakentamisen tieltä siirrettävien vesi- viemäri- kaapelijohtojen uudelleenrakennuskohde. Työn tilaajina ovat Kuopion Kaupunki ja Kuopion Vesi ja toteuttajana Mestar Kuopio Oy.

Työkohteen maaperä on maaperätutkimusten tulosten perusteella hyvin vaikeasti perustettavaa, humuspitoista ja huonosti kantavaa maata. Alueella 1950–1970 luvuilla sijainneen kaatopaikan valumavedet ovat pilanneet osittain suunnitellun kaivualueen maaperää. Alueelle tehdyn maaperätutkimuksen mukaan kaivualueelta jouduttaisiin kuljettamaan pilaantuneita maa-aineksia (pima), riippuen toteuttamistavasta arviolta 1000–3000 m³ltr. Fingridin puupaaluperusteinen 110 kV voimalinjan pylväk sijaitsee myös aivan suunnitellun verkostosiirron vieressä.

Aloituskokouksessa käytiin läpi eri vaihtoehtoja toteutukselle. Vaihtoehtoina olivat massanvaihto ja paalulaatta. Massanvaihto näytti kairaustulosten perusteella olevan mahdollinen vaihtoehto, mutta alueella todettujen pima-ainesten takia tämä tulisi todennäköisesti hyvin kalliiksi suurten maamassojen poisajon ja vastaanottomaksujen vuoksi. Todettiin, että paalulaatalla saavutetaan varmuus pohjanvahvistukselle ja varmistettaisiin että massanvaihdossa pois ajettavien pima-maiden osuus pysyisi kohtuullisena ja hallittavissa.

2.2 Tilaajan esittely - Mestar Kuopio Oy

Mestar Kuopio Oy on Kuopiossa toimiva Kuopion kaupungin omistama infrarakentamiseen ja kunnossapitotöihin erikoistunut konserniyhtiö. Mestar Kuopio Oy perustettiin 2021, ja vuosina 2011–2020 Mestar oli Mestar Kuopio liikelaitos (kuva 2).

Mestar Kuopio Oy on In-house-osakeyhtiö. Osakeyhtiöllä on oma y-tunnus ja se vastaa omasta taloudestaan itsenäisesti. In-house-osakeyhtiö on Mestarin tapauksessa kokonaan Kuopion kaupungin ja sen tytäryhtiöiden omistama, jolta tehtyt hankinnat voidaan toteuttaa ilman hankintalain mukaista kilpailutusta. Mestarilta voivat siis omistajat tilata palveluita suoraan. Keskeisinä asiakkaina ovat ydinkaupungin hyvinvoinnin edistämisen palvelualue ja kaupunkiympäristön palvelualue, sekä Kuopion Vesi Oy, Kuopion tilapalvelut ja muut kaupunkikonserniin kuuluvat yksiköt.

Mestar Kuopio Oy:n liikevaihto vuonna 2022 oli 33 miljoonaa euroa, tilikauden voitto 0,6 miljoonaa euroa ja yhtiössä työskentelee 170 vakituista ja vuosittain noin 100 kausityöntekijää (Mestar intra).



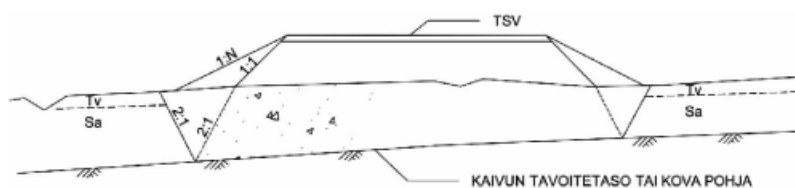
Kuva 2. Mestar Kuopio Oy organisaatiorakenne (Mestar intra)

3 MASSANVAIHTO

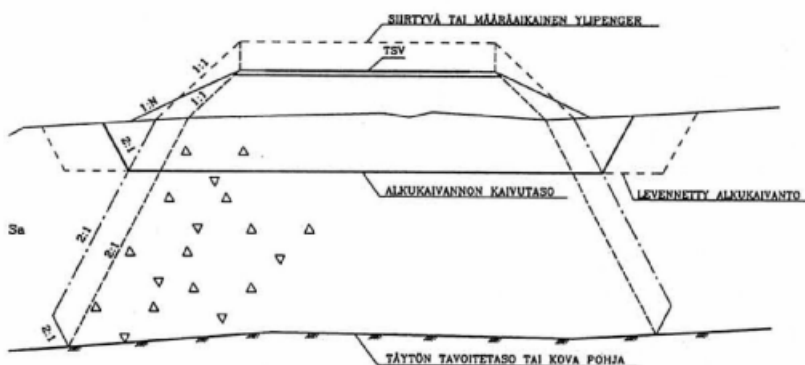
3.1 Yleistä

Massanvaihto on ollut pitkään tunnettu ja paljon käytetty pohjanvahvistusmenetelmä, missä huonosti kantava tai kokoonpuristuva pohjamaa korvataan kantavalla täyttömateriaalilla. Tiepenkereen yleisempinä pohjanvahvistustapoina massanvaihto on ollut jo pitkään ja massanvaihtoja on tehty usein suoraan muihin perustamistapoihin rajautuvana, ilman erityisiä siirtymärakenteita. Valittaessa pohjanvahvistustapaa massanvaihto saattaa olla muita pohjanvahvistustapoja taloudellisempi työmaan edullisen massatilanteen ansiosta (Massanvaihdon suunnittelu 2011, 10).

Massanvaihto tehdään joko kaivamalla tavoitetasoon tai kovaan pohjaan (kuva 3) tai vaihtoehtoisesti pengertämällä eli pohjaan täyttönä (kuva 4). Massanvaihtomenetelmän valintaan vaikuttavat mm. hankkeen massatalous, massanvaihdosta aiheutuvat ympäristövaikutukset ja työturvallisuus. Massanvaihtojen geotekniseen suunnitteluun puolestaan vaikuttavat mm. pehmeikön paksuus, penkereen leveys ja korkeus, pohjamaan ominaisuudet ja maaston topografia. Riittävän tarkat ja laajat pohjatutkimukset auttavat välttämään turhia yllätyksiä työsuorituksen aikana. Ympäristössä sijaitsevat rakenteet rajoittavat massanvaihdon käyttöä sekä käytettävän massanvaihtomenetelmän valintaa (Massanvaihdon suunnittelu 2011, 12).



Kuva 3. Massanvaihto kaivamalla (Liikennevirasto, Massanvaihdon suunnittelu 2011, 11)

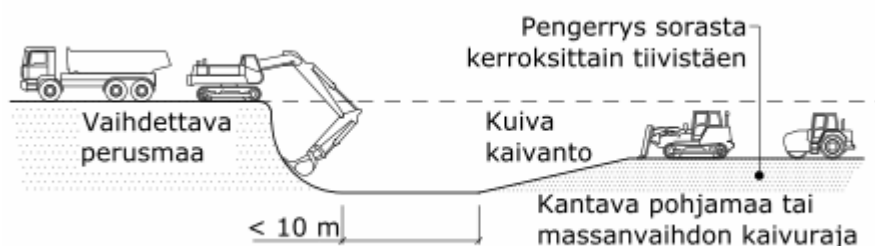


Kuva 4. Massanvaihto pengertämällä (Liikennevirasto, Massanvaihdon suunnittelu 2011, 11)

3.2 Massanvaihto kaivamalla

Massanvaihto kaivamalla on yleensä täydellinen massanvaihto, jossa huonosti kantavat maa-ainekset vaihdetaan kantavampiin maa-aineksiin tai usein louheeseen. Kaivu suoritetaan kantavaan maa-kerrokseen asti (kuva 5). Menetelmä soveltuu hyvin matalille savipehmeiköille sekä matalille soille. Sivukaltevassa maastossa saavutetaan teknisesti luotettavin tulos tällä menetelmällä. Massanvaihto kaltevalle pohjalle tulee suunnitella erityisellä huolella, sillä toteutuksessa on suuremmat riskit. Kantavan pohjan kaltevuus voi vaihdella ja tarkemmat pohjatutkimukset ovat näin ollen tarpeen. Massamenekkiä tulee myös seurata tarkasti. Massanvaihtoa kaivamalla voidaan käyttää myös herkästi vaurioituvien rakenteiden läheisyydessä sekä paalutettujen alueiden päissä, joissa paalupituudet jäisivät lyhyiksi (Massanvaihdon suunnittelu 2011, 11).

Kaivutaso suunnitellaan yleensä kovan pohjan maalajirajan tai saven lujuusominaisuuksien perusteella. Kerrosrajojen epäsäännöllisen vaihtelun vuoksi lopullinen kaivutaso määräytyy työnaikaisten havaintojen perusteella. Suurimmat kaivussyvyydet ovat tavallisesti kuivassa kaivannossa 4–5 metriä ja veden alla 3–4 metriä. Erikoiskalustolla voi olla mahdollista päästä jopa 10 metriin saakka, mutta tällöin tulee kohdekohtaisesti tarkastella ja arvioida mahdolliset riskit ja työn turvallisuus (Massanvaihdon suunnittelu 2011, 17).



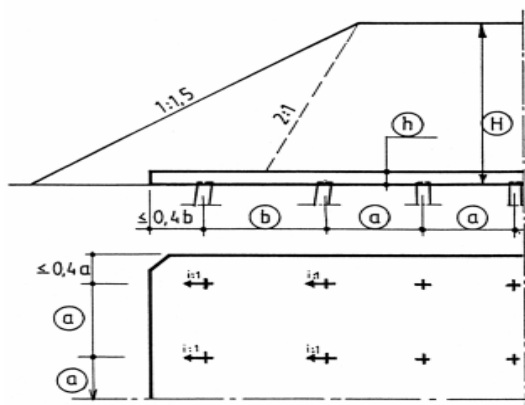
Kuva 5. Massavaihto kuivaan kaivantoon kerroksittain tiivistämällä. (InfraRYL, 18360)

4 PAALULAATTA

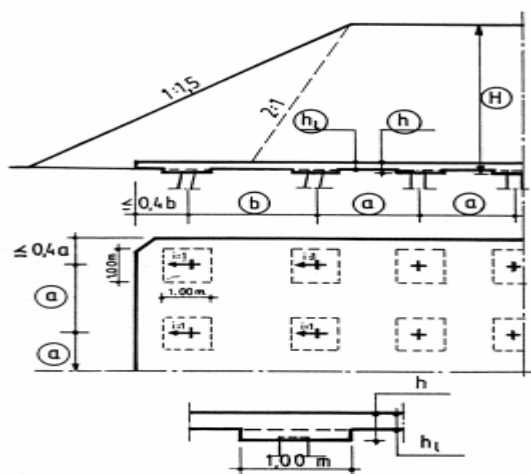
4.1 Yleistä

Paalulaattarakenne on teräsbetoninen yhtenäinen laatta, joka perustetaan paalujen varaan. Paalulaatan päällä on pysyvä kuormana maapenger ja se luetaan painumattomaksi rakenteeksi. Yleisimpiä paalulaattatyppejä ovat tasapaksu laatta (kuva 6), sienilaatta (kuva 7) ja palkkilaatta (kuva 8). Paalulaatta- tai paaluhatturakennetta (kuva 9) käytetään yleisesti pehmeillä häiriintyneillä savi-koilla ja muilla pehmeiköillä ja usein paalulaatta- tai paaluhatturakenne valikoituu syvissä pehmeiköissä (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014, 12).

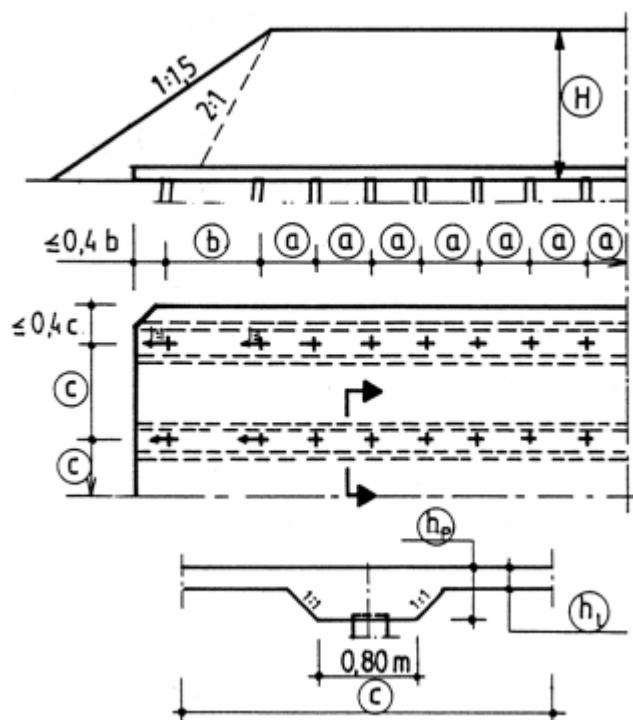
Pohjanvahvistamistapaa suunnitellessa valintaan vaikuttavat työturvallisuus, olosuhteet, ympäristötekijät ja kustannukset. Jokainen työkohte on yksilöllinen ja lopulliseen valintaan vaikuttavien tekijöiden lista on pitkä. Tässä työkohteessa suurimmat vaikuttajat olivat kuormituksen varmistaminen, Fingridin voimalinjan pylvään läheisyys ja poisajettavien pilaantuneiden maa-ainesten määrän varmistaminen. Kyseisten tekijöiden vaikutuksen varmistamiseksi valittiin kohteeseen paalulaatta.



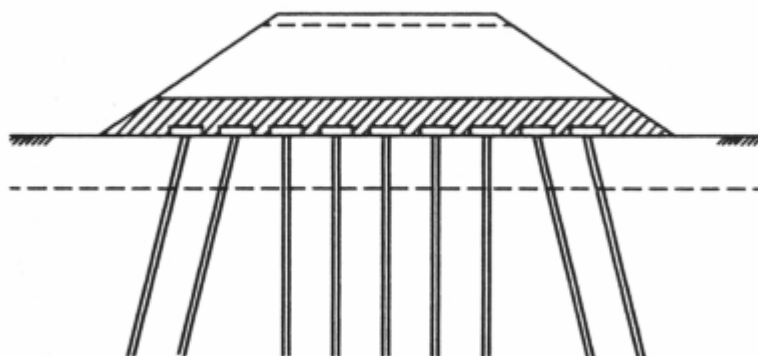
Kuva 6. Tasapaksu laatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014, 13)



Kuva 7. Sienilaatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014, 14)

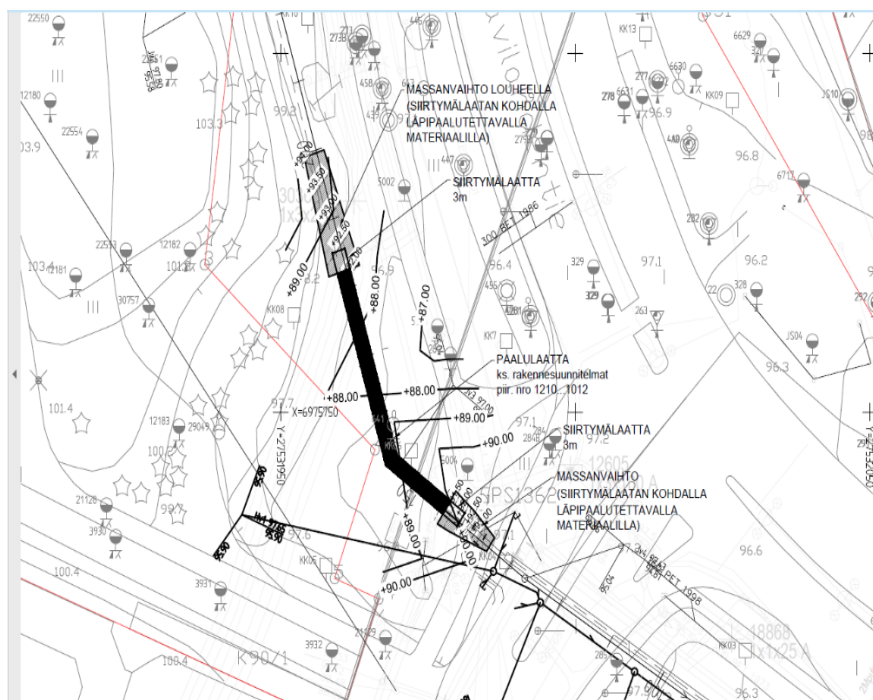


Kuva 8. Palkkilaatta (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014, 14)



Kuva 9. Paaluhatturakenne (Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu 2014, 16)

5 TYÖVAIHEET JA MENETELMÄT



Kuva 10. Savilahti RV 6 pohjanvahvistuskartta

5.1 Työmaan perustaminen

Työkohteen aloitus on usein paljon työtä ja aikaa vievä vaihe. On käytävä tilaajan kanssa aloituskokous ja laadittava työmaan asiakirjat ja suunnitelmat. Suunnitelmia ovat mm. työmaan aluesuunnitelma, liikenteenohjaussuunnitelma, turvallisuusasiakirjat ja on laadittava myös työmaan aikataulu.

Työaikaista liikennettä varten tulee työalueen reunoille pystyttää työmaakyltit, joista ilmenee hankkeen vastuuhenkilöt ja hankkeen kesto. Liikennejärjestelyillä kerrotaan kanssaliikkuville työmaan aiheuttamat muutokset liikenteelle ja aitauksilla rajataan työalue muusta liikenteestä. Työmaa tarvitsee tukikohdan, johon sijoitetaan työmaan sosiaalityilat, henkilökunnan ajoneuvot, työkoneet ja rakennusmateriaalit. Tukikohta tarvitsee yleensä suurehkon tilan ja sähköliittymän, joka on tilattava etukäteen.

5.2 Kuivatus

Työkohte sijaitsee Neulamäen rinteiden juurella ja valumavesiä on tutkittu rinteellä 1950–70-luvuilla sijainneen kaatopaikan vuoksi. Tutkimuksissa on havaittu jätteeksi luokiteltavia maa-aineksia ja ohjeavot ylittäviä raskasmetalliyhdisteiden pitoisuuksia. Tässä kohteessa oli tehty edellisenä kesänä pohjavesien kartoitus, pohjavesi oli lähes maanpinnan tasolla ja ei ollut laskenut juuri ollenkaan rakennetun koekuivatuskaivon ja pumppauksen vaikutuksesta. Maaperä työkohteessa oli pinnaltaan (2–3 m) hyvin turvepitoinen ja hitaasti vettä läpäisevää. Alempana kerroksena oli savikerros, joka muuttuu arviolta noin 4–7 m syvyydessä moreeniksi. Alueella todettujen pilaantuneiden maa-ainek-

sien kaivu ja poiskuljetus veden kyllästämänä olisi hankalaa ja tonnimäärät olisivat vetisinä huomattavasti suuremmat ja näin ollen myös kalliimmat. Pohjaveden pintaa piti saada laskettua jotenkin 4 m, jotta työ olisi helpompaa, turvallisempaa ja halvempaa.

Päätimme tehdä työkohteen yläpuolelle rinteeseen kuivatuskaivon, koska siellä oli rakennettu aiemmin teitä ja rakennuksia. Oletimme, että nuo rakenteet keräävät ja ohjaavat valumavedet työkohteeseemme. Teimme teräsponteista tuetun kehikon (noin 3 m kanttiinsa) jonka sisältä saisimme kaivettua löyhän maan pois, sen sortumaa välttäten. Kaivoimme teräsponttikehikon sisään noin 5 m syvän kaivannon, johon sijoitimme 560 PP sn8 sadevesiputken pystyyn pumppausta varten. Putken ja teräsponteista tehdyn kehikon välitilan täytimme pienlouheella (kuva 11).

Työmaan valvojan kanssa sovimme, että ennen veden pumppausta hulevesiviemäriin vedestä otettaisiin vesinäyte, joka tutkittaisiin mahdollisten kaatopaikalta kulkeutuneiden raskasmetalliyhdisteiden takia. Vesinäytteessä ei ollut raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia, joten kuivattaminen pääsi käyntiin. Sovimme myös, että pima-valvoja ottaa kontrollinäytteet jatkossa kerran viikossa. Työmaapumppu pumppasi vettä koko työmaan keston ajan kuivatuskaivostamme. Ensimmäisien vuorokausien aikana pumpattu vesimäärä oli arviolta 100 m³/päivä. Alkukuivatus kesti noin kolme viikkoa, jonka aikana työalueen pohjavedenpinta oli laskenut hitaasti tavoitetasolle ja pääsimme aloittamaan varsinaisen kaivutyön.



Kuva 11. Kuivatuskaivo (Pitkänen 2021)

5.3 Kaivu ja tuenta

Suunniteltu paalulaatta sijaitsee vain neljän metrin päässä Fingridin 110 kV voimalinjan pylväsjalasta. Pylväsalka oli tyypiltään harustamaton yksijalkainen vapaasta seisova pylväs, joka oli perustettu puupaalujen päälle.

Odotellessamme pohjaveden laskeutumista teimme Fingridin pylvään tukemista varten paalulaatan molemmille puolille työnaikaisen teräsponttiseinän sähköpylvään keskilinjasta seitsemän metriä molempiin suuntiin. Teräsponttiseinien väliin rakennettiin 300 mm:n i-teräspalkista tukikehikko. Ponttiseinän toiselle puolelle rakennettiin murskeesta huoltotie, joka kestäisi paalutuskoneen painon paalutustyön ajan ja antaisi ponttiseinämälle tukea huonosti kantavan perusmaan sijaan (kuva 12).

Kaivoimme noin 1,5 metrin alkukaivannon koko paalulaatan kohdalta, koska ponttauskoneen ulotuma oli vain neljä metriä. Alkukaivun yhteydessä pilaantuneiden maa-aineksien valvoja varmisti näytteenotolla pima-maiden pois ajettavien alueiden rajapintoja ja määrittä niiden haittaluokan. Pima-maiden kartoitus oli tehty hyvin ja alue oli kartoituksen mukainen. Alkukaivusta ajettiin 14 kuormaa ja 227 t pima-valvojan luokittelemaa maata (c1 0-c40 2500–9999 mg/kg) Fortumin Sorsasalon vaarallisen jätteen kaatopaikalle.



Kuva 12. Teräsponttiseinämien rakentaminen (Pitkänen 2021)

5.4 Paalutus

Paalutustyöhön suuresti vaikuttava asia oli Fingridin voimalinjan sijainti paalulaatta L1:n yläpuolella ja vapaa työskentelykorkeus voimalinjan alla oli vain 11 m. Rajattu työskentelykorkeus vaikutti paalutuskaluston valintaan. Paalutuskoneeksi valikoitui tela-alustainen kaivinkoneen rungolla oleva paalutuskone, joka oli suunniteltu työskentelyyn voimalinjojen alla (kuva 13). Paalutusurakoitsija saapui työmaalle kalustoineen ja paalukuormineen, jonka jälkeen suoritimme urakoitsijan työntekijöille perehdyttämisen ja koneille vastaanottotarkastukset. Kalusto oli kunnossa ja miehet perillä meidän firmamme toimintatavoista ja turvallisuusmääräyksistämme.

Paalutuksen paalutustyyppi on PTL2, jossa paalut lyödään tukipaaluiksi kovaan pohjaan saakka. Paaluina käytetään teräspaaluja RRs140x8 S550J2H, joiden geotekninen kestävyysmitoitussarvo $R_{d,max} = 534$ kN. Paalulle tuleva maksimikuorma on $P_d = 506$ kN ja paalut varustetaan kalliokärjillä. Paalunpää uppoaa laattaan 50 mm ja paalunpää varustetaan paaluhatulla 250 * 250 * 25 (RV 6 työselitys).

Paaluttaminen aloitettiin ja jo ensimmäisellä paalulla totesimme, että arvioitu paalupituus ei toteudu ja paalun pituudeksi lyötynä kovaan pohjaan tuli 10 m, arvioidun 4–6 m tunkeutumistason sijaan. Seuraavat paalut löimme paalulaatan toiseen päähän ja keskivaiheille, ja paalujen pituudet olivat molemmissa kohden yli 10 m. Lisäpaaluja oli tilattava heti, toimitus onnistuisi kahden vuorokauden sisään ja ei aiheuttaisi suurta viivästystä paalutukselle.

Paalutus sujui erittäin hyvin, kunnes suunnitellun paalun sijainnissa oli kaksi kappaletta 20 kV keski-jännite sähkökaapelia, jotka oli kaivutyötä valmistellessa kytketty virrattomaksi. Paalutusurakoitsijalla oli kuitenkin ylimääräinen kalliokärki paalulle mukana ja pystyimme lyömään paalut kaapeleiden molemmille puolille, jotta paaluvälit ei kasvaisi liian pitkiksi ja aiheuttaisi suuria muutoksia paalulaatan raudoituksiin. Kaapelin sijainti aiheutti poikkeaman paalutussuunnitelmaan ja paalutuksen suunnittelija tarkasteli suunnitelmia ja lisäsi näiden paalujen kohdalle laatan poikkisuuntaan yläpintaan 6150 mm matkalle lisäraudoituksen 41 kpl T12 k150 L2150.

PDA-mittauksia ei tilaajan valvojan mielestä tarvinnut tehdä, koska kaikki paalut saavuttivat laskellallisen 506 kN maksimikuorman paalutuskoneen oman mittauksen mukaan. Paalujen loppulyöntien määrä oli jokaisella paalulla kovaan pohjaan lyötyjen lukujen mukainen. Paalutuksen jälkeen kaivoimme kanaalin valmiiksi paalulaatan tekoa varten. Paalulaattojen molempiin päihin siirtymälaattojen alusrakenteiksi tehtiin pienlouheesta pienimuotoiset massanvaihdot. Kaivamisen yhteydessä pima-maita ajettiin Sorsasaloon vielä 488 tonnia Fortumin Sorsasalon vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Kaivannon perusmaan päälle asensimme N3 luokan suodatinkankaan, jonka päälle tuli 300 mm kalliomursketta (KaM) 0–56 mm kerros. Kerros tiivistettiin 500 kg tärylevyllä ja oikaistiin kalliomurskeella (KaM) 0–32 mm suoraksi. Seuraavaksi polttoleikkasimme paalut oikeaan mittaan ja asensimme urakoitsijan meille jättämät paaluhatut paikoilleen.



Kuva 13. Paalutuskone. Kankareen Paalutus Oy

5.5 Muotin ja raudoitteiden teko

Paalulaattojen muotit tehtiin lautatavarasta 100 x 22 ja sidokset 100 x 50 puutavarasta. Valumuotin siivut, eli muotista noin 5 m osat valmistettiin etukäteen halliolosuhteissa ja säästettiin asennusaikaa talvisissa ulko-olosuhteissa. Paalulaatta koostui kahdesta osasta paalulaatta L1 ja paalulaatta L2. Rakensimme ensin paalulaatta L1 muotin, jotta saisimme raudoitusurakoitsijan töihin (kuva 14). Samalla periaatteella toteutimme paalulaatta L2:n muotin teon.



Kuva 14. Paalulaatan muotin teko (Pitkänen 2021)

Paalulaattojen muottien pohjille levitimme N2 suodatinkankaan, jotta työselityksen mukainen laatan vahvuus saavutettaisiin ilman paalulaatan paksuuden lisäämistä. Valettaessa suodatinkankaan päälle riittää raudoitteiden suojaetäisyydeksi (c_{nom}) 60 mm ja ilman suodatinkangasta suojaetäisyys olisi 100 mm. Ilman suodatinkangasta laatasta pitäisi tehdä 40 mm paksumpi (RV 6 Työselitys).

Raudoiteurakoitsijamme toi mukanaan noin 5000 kg raudoitteita, joista kaikki muotoillut raudoitteet (haat) oli tehty urakoitsijan toimipisteellä. Perehdyimme urakoitsijan työntekijät työmaahan ja turvallisuusmääräyksiimme. Paalulaattojen raudoitteiden asentamiset tapahtuivat ripeästi ja ammattitaitoisesti ja pääsimme tilaavan valvojan kanssa suorittamaan raudoitustarkastuksen (kuva 15). Pie-
nillä raudoitustäsmennyksillä valvoja hyväksyi raudoitteet ja pääsimme tilaamaan paalulaatan valua.



Kuva 15. Raudoitetarkastus (Pitkänen 2021)

5.6 Paalulaatan valu ja suojaukset

Paalulaatan muotti ja raudoitteet suojattiin tarkastuksen jälkeen pressuilla, jotta lumi ei täyttäisi muottia ja vaikeuttaisi valuun valmistautumista. Paalulaatan keskilinjalle asennettiin noin kolmen metrin välein vedenpoistoreikiä varten putket (d100).

Valupäivään valmistautuminen on aloitettava jo useita päiviä etukäteen heti kun arvioitu valupäivä on tiedossa. Betonitehtaan kanssa on suunniteltava aikataulu, kalusto, massan laatu ja määrä. Edellisenä päivänä sovitut asiat varmistetaan ja sovitaan aikataulu valulle.

Pumppuauton kuljettaja perehdytettiin työmaalle valua edeltävänä päivänä. Samalla kuljettaja kävi tutustumassa työmaahan ja tarkisti Fingridin voimalinjan sijainnin valettavan paalulaatta L1 yläpuolella. Suojaetäisyyksien varmistamiseksi todettiin, että pumppuauton sijainnin on oltava noin 20 m paalulaatan sivussa, jotta pystytään toimimaan voimalinjan suojaetäisyyttä (3 m alapuolelle ja 5 m sivulla) vaarantamatta (kuva 16). Valamista varten työmaalle hankittiin vuokraamosta 2 kpl suurtaa-

juustärysauvoja ja 4 kpl 9 kW lämpöpuhaltimia. Puhaltimet laitoimme lämmittämään muotia ja raudotteita jo valua edeltävänä iltana, varmistaaksemme muotin sulana pysymisen ja raudotteiden ja muotin lämpötilan saamisen plussan puolelle.

Paalulaatta L1 valu suoritettiin sovitulla aikataululla. Kolmen miehen valuporukkamme vastaanotti betonimassan ja he täryttivät ja oikaisivat massan suunnitellusti. Betonina oli suunniteltu C35/45-XC2, Xd1, lämmitettynä, raekoko 16 mm ja tilattu määrä oli 24 m³. Massamenekki oli 23,6 m³ eli suunnitelman mukainen. Kolmisen tuntia valun jälkeen pääsimme hiertämään valun pinnan ja rakentamaan suojapressulle korotuksen valun päälle. Pressujen päälle laitettiin routamatot antamaan lisäsuojaa kylmyyttä vastaan ja molempiin päihin asennettiin lämpöpuhaltimet varmistamaan betonin lämpötilan pysyminen plussan puolella.



Kuva 16. Pumppuauton sijoittelu työmaalle (Pitkänen 2021)

Paalulaatta L2:n valumuotti ja raudotteet tehtiin paalulaatta L1 valun kuivuessa. Viikon ajan valu pidettiin lämpimänä ja varmistettiin, ettei valu pääse jäätymään. Paalulaattojen väliin asennettiin 10 mm pakkasmattokaista, jolla saatiin paalulaatat erilleen toisistaan. Paalulaatta L2 (kuva 17) valettiin samalla tavalla kuin paalulaatta L1. Valun jälkeen suoritettiin samat suojaukset kuin paalulaatta L1 kohdalla. Kahden päivän kuivumisen jälkeen paalulaattojen päihin valettiin siirtymälaatat (kuva 18). Paalulaatan ja siirtymälaatan väliin asennettiin ennen siirtymälaatan valua kaksi kerrosta 10 mm pakkasmattokaistaletta, jotka mahdollistavat siirtymälaatan mahdollisen liikkumisen vapaasti. Siirty-

mälaatat ja paalulaatat pidettiin lämmittimillä ja suojuuksilla lämpimänä viikon ajan. Viikko viimeisten valujen jälkeen valut olivat saavuttaneet tarvittavan lujuuden ja pääsimme purkamaan muotit ja aloittamaan paalulaatan päälle tehtävän suojatäytön 50 mm (KaM) 0–16 mm ja vesi- ja viemärijoh-
tojen arinat 200 mm (KaM) 0–56 mm.



Kuva 17. Paalulaatta L2 valu (Pitkänen 2021)



Kuva 18. Siirtymälaatta (Pitkänen 2021)

5.7 Putkitukset ja täytöt

Viemärijohdolle (PVC 250) rakennettiin (KaM) 0–16 mm murskeesta tarvittava kaato ja putket ja kaivot asennettiin paikoilleen. Vesijohtona käytettiin 315 mm PEH-PN10 luokan putkea, joka oli diffuusiosuojattua. Diffuusiosuojatut ja pinnoitetut PE/PEH-paineputket on tarkoitettu alueelle, jossa maaperä on saastunut tai on olemassa saastumisriski. Diffuusiosuojatun putken alumiinikerros estää kemikaalien pääsyn huokoisten PE/PEH putkien läpi juomaveteen. Putket hitsattiin ja liitokset suojattiin diffuusiosuojauksin (yhtenäinen alumiiniteippi ja kutistemuovipinnoite) ja asennettiin viemäriputken vierelle. Putkille tehtiin (KaM) 0–16 mm sivutäytöt, jotka tiivistettiin 80 kg tärylevyllä. Putkien päälle tehtiin 200 mm (KaM) 0–16 mm suojatäyttö ja 300 mm eristekerros eristehiekasta ja tiivistys 500 kg tärylevyllä. Välitäyttöä tehtiin moreenista 500 mm kerros vahvuudella ja kerrokset tiivistettiin 500 kg tärylevyllä. Pintakerrokseen tehtiin 300 mm (KaM) 0–56 mm kerros väliaikaisen kevyenliikenteen väylän rakenteeksi.

Fingridin voimalinjan pylväsjalan tueksi tehdyt teräsponttiseinät purettiin ja lopulliset kerrosrakenteet saatiin valmiiksi.

6 POHDINTA

Savilahti RV 6 paalulaatan rakentaminen oli haastava ja mielenkiintoinen projekti, hankkeen toteuttamistavan ratkaisi maaperätutkimuksista saatu tieto maaperän eri kerroksista ja niiden arvioiduista kantavuuksista. Nämä kairaustulosten tulkinnot ovat usein hankalia ja voivat jättää varsinaiselle toteutukselle haasteita. Tällä työmaalla paalun pituudet tuplaantuivat ja aiheuttivat pieniä muutoksia työnkulkuun.

Työmaa-alueella sijainnut Fingridin voimalinja ja pylväsalka oli otettava jokaisessa työvaiheessa huomioon. Erityisesti valittaessa kalustoa tekemään työtä voimalinjan läheisyydessä oli tarkkaan mietittävä soveltuvan kaluston ominaisuuksia. Työntekijöiden perehdytyksissä oli Fingridin oma ohjeistus otettava huomioon ja saatettava tekijöille tiedoksi.

Rakennettu kuivatuskaivo ja pohjavedenpinnan saaminen halutulle tasolle mahdollisti työn turvallisen tekemisen. Pohjavedenpinnan alenemisen vaikutuksesta ylimpien maa-ainekerroksien vesipitoisuus pieneni huomattavasti ja maa-aines oli kuivempaa. Märän turvepitoisen maan kuormat olivat huomattavasti vaikeampia kuormata, koska maa-aines ei tahtonut pysyä lavoilla suuren vesipitoisuuden vuoksi. Kaivannon tukemattoman osan luiskat saatiin maa-aineksen ollessa kuivaa pysymään kaivetussa muodossa ja kanaalia kaivaessa ei syntynyt ryöstöjä, eli luiskien sortumista ja ylimääräisen maa-aineksen pois kaivua ja kuljettamista. Kuivemmista kerroksista saatiin vietyä pilaantuneita maa-ainekuormia Sorsasaloon yhteensä 588,96 t ja alimmasta märästä kerroksesta pois kuljetettiin yhteensä 122,22 t. Pilaantuneiden maa-ainesten kuljetuskustannukset ja vastaanottomaksut Fortumin Sorsasalon vaarallisen jätteen kaatopaikalle olivat huomattavasti pienemmät maa-ainesten ollessa kuivia.

Paalulaatan tekeminen talvisissa olosuhteissa oli huomattavasti työläämpää kuin kesäisissä olosuhteissa. Jokaisen työvuoron jälkeen täytyi tehdä suojauksia ja betonivalujen jälkeen paalulaatta piti suojata pakkaselta sähkölämmittimillä useamman viikon ajan. Vastapainoksi talvi vähensi sadevesien määriä ja jäätyneinä kaivannon luiskat eivät liestyneet ollenkaan. Työmaateiden pinnat pysyivät kovina, joskin vaativat liukkaudentorjuntaa.

LÄHTEET

Muokattu lähteestä taavi.kuopio.fi. Verkkojulkaisu. <https://taavi.kuopio.fi/> Viitattu 16.2.2023

Mestar Kuopio Oy organisaatorakenne. Verkkojulkaisu. <https://jsm2018.sharepoint.com/sites/meo-lemme/SitePages/Organisaatiomme.aspx> Viitattu 18.2.2023

Liikennevirasto 2011. Massanvaihdon suunnittelu. Julkaistu 13.5.2011. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf Viitattu 18.2.2023

InfraRYL 2022. 18360 Massanvaihtoon kuuluvat täytöt. Julkaistu 22.12.2022

https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2022_2/18300.html#TL18360id2638837 Viitattu 18.2.2023

Liikennevirasto. 2014. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnittelu. Julkaistu 31.1.2014.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2014-05_paalulaattojen_paaluhatturakenteiden_web.pdf Viitattu 19.2.2023

Kankareen Paalutus Oy, Facebook. Julkaistu 13.1.2021. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2423413874469228&set=a.2236688349808449> Viitattu 9.3.2023

Pitkänen, Jani 2021. Valokuva. Kuopio: Pitkänen Jani kokoelmat