

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2024

Topias Virtanen

SLIDE RAIL JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ JÄTEVEDENPUMPPAAMOIDEN KAIVANTOJEN TUENNASSA



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri

2024 | 29 sivua

Virtanen Topias

Slide rail järjestelmän käyttö jätevedenpumppamoiden kaivantojen tuennassa

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia jäteveden pumppamoiden rakentamisen tuentamenetelmiä, erityisesti keskittyen slide rail järjestelmän käyttöön ja sen vaikutuksiin rakentamisen prosessiin, suunnitteluun ja kustannuksiin. Opinnäytetyössä käsiteltiin jäteveden pumppamoiden roolia vesihuollossa ja niiden rakentamisen haasteita, kuten syvien kaivantojen turvallista hallintaa.

Tutkimuksessa tarkasteltiin erilaisia tuentamenetelmiä ja niiden ominaisuuksia jäteveden pumppamoiden rakentamisessa. Erityisesti slide rail järjestelmän käyttöä käsiteltiin yksityiskohtaisesti, analysoiden sen turvallisuutta, nopeutta, kustannustehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä verrattuna muihin menetelmiin.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että slide rail järjestelmä tarjoaa monia etuja jäteveden pumppamoiden rakentamisessa. Se parantaa työskentelyturvallisuutta, nopeuttaa rakennusprosessia ja voi vähentää kokonaiskustannuksia. Lisäksi se on joustava ja sopeutuu erilaisiin maaperäolosuhteisiin, mikä tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon monenlaisiin rakennushankkeisiin.

Opinnäytetyön tulokset tarjoavat arvokasta tietoa jäteveden pumppamoiden rakentamisen tuentamenetelmistä ja auttavat suunnittelijoita ja rakennuttajia tekemään perusteltuja päätöksiä projektien suunnittelussa ja toteutuksessa. Lisäksi ne voivat edistää alan kehitystä kohti entistä turvallisempia, tehokkaampia ja kestävämpiä rakennusmenetelmiä.

Asiasanat:

Kaivannon tuenta, Jätevedenpumppaamo, Slide rail järjestelmä, Työturvallisuus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor of Civil Engineering

2024 | 29 pages

Virtanen Topias

Utilization of the Slide rail System in the Shoring of Wastewater Pumping Station Excavations

The aim of this thesis was to examine the shoring methods used in the construction of wastewater pumping stations, with a specific focus on the utilization of the slide-rail system and its implications on the construction process, design, and costs. The thesis addressed the role of wastewater pumping stations in water management and the challenges associated with their construction, particularly regarding the safe management of deep excavations.

Various shoring methods and their characteristics in the construction of wastewater pumping stations were investigated in the study. The use of the slide-rail system was examined in detail, analyzing its safety, speed, cost-effectiveness, and environmental friendliness compared to other methods.

The results of the study indicated that the slide-rail system offers numerous advantages in the construction of wastewater pumping stations. It improves work safety, accelerates the construction process, and may reduce overall costs. Additionally, it is flexible and adaptable to different soil conditions, making it an attractive option for various construction projects.

The findings of the thesis provide valuable insights into shoring methods used in the construction of wastewater pumping stations, assisting designers and developers in making informed decisions in project planning and implementation. Furthermore, they can contribute to the advancement of the field towards safer, more efficient, and sustainable construction methods.

Keywords:

Excavation shoring, Wastewater pumping station, Slide rail system, Workplace safety

Sisältö

1 Johdanto	8
2 Tuennan tarve kaivannoissa	9
2.1 Maaperä ja vesi	9
2.1.1 Hydraulinen murtuminen eli suotovirtauksesta johtuva sortuminen	10
2.1.2 Pohjannousu eli nosteesta johtuva	11
2.2 Ympäristö	12
2.3 Tuentatavat	13
2.3.1 Kevyt tuenta eli pönkitys	14
2.3.2 Ponttiseinät	14
2.3.3 Elementit	15
2.3.4 Muut tuentatavat	16
2.3.5 Turvallisuus	17
2.3.6 Tehokkuus	17
2.3.7 Ympäristö ja olemassa olevat rakenteet	17
3 SLIDE RAIL JÄRJESTELMÄ	18
3.1 Toimintaperiaate	18
3.2 Käyttöönotto	19
3.3 Vertailu	21
3.3.1 Ponttaus	22
3.3.2 Slide railjärjestelmä	22
3.3.3 Kustannusvertailu	22
4 CASE-ESIMERKKI	24
5 Pohdintaa	28
Lähteet	29

Kuvat

Kuva 1. Hydraulinen murtuminen

Kuva 2. Pohjan nousu

Kuva 3. Kevyt tuenta, Sjöholm 1992

Kuva 4. Elementit, Sjöholm 1992

Kuva 5. Kaivannon stabilointi, Sjöholm 1992

Kuva 6. Yhdistetty tuenta, Sjöholm 1992

Kuva 7. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 8. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 9. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 10. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 11. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 12. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva 13. Pumppaamontuenta, Tukiainen Group Oy

Kuva. 14. Maan leikkuu, Topias Virtanen

Kuva 15. Elementtien asennus, Topias Virtanen

Kuva 16. Valmis tuenta, Topias Virtanen

Kuva 17. Pumppaamon nosto, Topias Virtanen

Kuva 18. Kaivannon täyttö, Topias Virtanen

Taulukot

Taulukko 1. Tuennan kustannukset

1 Johdanto

Jäteveden pumppaamot ovat keskeinen osa vesihuoltoa, joiden avulla jätevesi saadaan pumpattua alemmilla alueilla viemäriverkostoon ja -verkostoa pitkin käsittelylaitoksiin. Pumppaamorakenteen alapinta ulottuu yleensä useiden metrien syvyydelle olemassa olevasta maanpinnasta ja niiden rakentaminen sekä päivittäminen edellyttää usein syvien kaivantojen tekemistä, jotka ovat alttiita sortumiselle ja voivat aiheuttaa turvallisuusriskejä työntekijöille, kiinteistöille sekä ympäristölle.

Turvallisen työskentelyn takaaminen sekä ympäröivien kiinteistöjen suojaaminen kaivuutöiden ajaksi edellyttää soveltuvia tuentamenetelmiä. Kaivannon tuenta ehkäisee maan sortumista kaivuu- ja asennustöiden aikana. Oikean tuentamenetelmän valinta on tärkeä vaihe suunnittelussa, joka vaikuttaa työn toteutukseen ja kustannuksiin merkittävästi.

Kaivantoja on perinteisesti tuettu esimerkiksi ponttiseinin ja matalia putkijohtokaivantoja myös erilaisilla elementtirakenteilla. Ponttiseinätuenta on usein hyväksi todettu, mutta kallis ja hidas toteuttaa. Erilaiset elementtirakenteet ovat huomattavasti nopeampia ja edullisempia toteuttaa, mutta niissä piilee mm. pohjannousun ja hydraulisen murtumisen vaara. Tuentaelementtejä on tyypillisesti käytetty matalissa putkijohtokaivannoissa.

Slide rail järjestelmä on vähemmän tunnettu elementtituentamenetelmä, jossa rakenne on kehikkomainen ja se soveltuu ylhäältäpäin neliömäisen kaivannon tukemiseen. Tämän työn tavoitteena on esitellä jäteveden pumppaamoiden tuennassa käytettäviä tuentaelementtejä ja erityisesti slide rail järjestelmän käytön vaikutuksia jäteveden pumppaamoiden rakentamiseen, suunnitteluun ja kustannuksiin.

2 Tuennan tarve kaivannoissa

Varsinais-Suomalaisessa maaperässä on erityispiirteitä, jotka vaikuttavat sen käyttäytymiseen maanrakennustöissä. Alueen maaperä koostuu usein moreenista, savi- ja hiesumaista, joidenka kerrospaksuudet ja ominaisuudet voivat vaihdella paljonkin pienellä alueella. Erityisesti savimaat ovat huonosti koossapysyviä ja alhaisia lujuudeltaan, mikä asettaa haasteita maanrakentamiselle, erityisesti kun kyseessä ovat kaivu- ja tukityöt. Suomalaisessa maarakennusstandardissa RIL 201-1-2010 (Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset - Maarakennustyöt) sekä RIL 121-2012 (Kaivantojen turvallisuus) kuvataan ohjeita ja vaatimuksia, jotka tulee ottaa huomioon suunniteltaessa ja toteutettaessa kaivantoja ja muita maanrakennustöitä Suomessa.

RIL 263-2014 Kaivanto-ohje on Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL) julkaisema opas, joka tarjoaa ohjeistuksia rakennuskaivantojen ja putkikaivantojen suunnitteluun ja rakentamiseen. Tämä ohjeistus on tarkoitettu tukemaan turvallisuutta kaivantotöissä, ja se kattaa suunnittelun ja rakentamisen hyvät käytännöt, menetelmät sekä tekniset ratkaisut.

2.1 Maaperä ja vesi

Maan stabiilisuus ja käyttäytyminen kaivutöiden aikana vaativat erityistä huomiota. Saimaan kanavan rakentamisen aikaisia maaperän ja maarakenteiden ominaisuuksia on tutkittu Kaakkois-Suomessa ja todettu, että savimaan anisotropia oli oleellinen tekijä liukumien yhteydessä. Vaikkakin tämä tutkimus tehtiin Kaakkois-Suomessa, sen tulokset ovat sovellettavissa Varsinais-Suomalaisen maaperän ominaisuuksien ja käyttäytymisen ymmärtämiseen maanrakennustöissä (Gardemeister, 1967).

Savimaat pidättävät hyvin vettä, eli niiden vedenläpäisevyys on alhainen. Karkearakeiset maat, kuten hiekka ja sora, läpäisevät hyvin vettä ja niiden vedenläpäisevyys on suuri. Vedenläpäisevyys on olennainen asia silloin, kun

tehdään kaivantoja ja kaivanto halutaan tehdä kuivissa olosuhteissa ja välttää veden virtauksesta johtuvat vaaratekijät. Vedenläpäisevyys tutkitaan joko koepumppauksilla maastossa tai laboratoriokokeilla. Usein maastossa tehtävät mittaukset antavat varmemman tuloksen pohjarakennustöiden suunnitteluun, mutta ovat myös kalliimpia kuin laboratoriossa suoritettavat kokeet. (Jääskeläinen, geotekniikan perusteet, 2014)

Kun kaivetaan vallitsevan pohjavedenpinnan alapuolelle, kaksi keskeistä ilmiötä tässä yhteydessä ovat pohjannousu ja hydraulinen murtuminen. On tärkeää, että maanrakennustyöt on suunniteltu niin, että noudatetaan RIL:n ohjeistuksia ja standardeja maaperän vesiolosuhteiden hallinnassa ja kaivantojen tuennassa, jotta voidaan välttää pohjannousun ja hydraulisen murtumisen aiheuttamat riskit. (RIL 263-2014)

2.1.1 Hydraulinen murtuminen eli suotovirtauksesta johtuva sortuminen

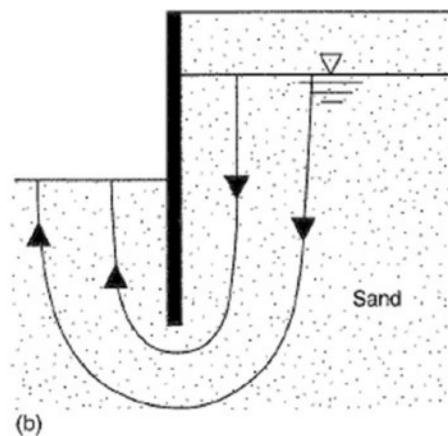
Kuvassa 1 viitataan hydrauliseen murtumiseen, jossa neste (yleensä vesi) aiheuttaa murtumia tai halkeamia maaperässä tai kallioperässä. Toisin sanoen se syntyy huokosvesipaineen päästessä nousemaan liian suureksi. Maanrakennuksessa tämä voi tapahtua, kun nesteen paine kaivannossa tai sen ympärillä olevassa maaperässä kasvaa riittävästi ylittääkseen maaperän lujuuden, mikä johtaa halkeamien muodostumiseen. Nämä halkeamat voivat mahdollistaa veden virtauksen kaivannon ulkopuolelta sisäpuolelle tai päinvastoin, mikä voi aiheuttaa vakavia ongelmia kaivannon tuennan ja vakauden kannalta. (RIL 236-2014)

Hydraulinen murtuminen tapahtuu tyypillisesti hiekka- tai silttimaassa, koska niiden kerroksen raepaine on pienempi kuin karkearakeisten maalajien. Karkea siltti ja hieno hiekka irtonaisina, ja pienirakeisina aineina ovat erityisen herkkiä löyhtymään ja kulkeutumaan veden mukana. Hydraulisen murtuman ja löyhtymisen kannalta rakentamista haittaa maat, joissa siltti ja hieno hiekka vuorottelee kerroksittain. Päättely mihin suuntaan vesi pyrkii patoutumaan ja

murtumaan töiden edetessä hankaloituu. (Jääskeläinen, geotekniikan perusteet, 2011)

RIL-kaivanto-ohjeistossa korostetaan, että kaivannon suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon mahdolliset vesiolosuhteet ja niiden vaikutus maaperän vakavuuteen. Hydraulisen murtumisen riskiä voidaan vähentää esimerkiksi asianmukaisella pohjavedenpinnan laskulla, kaivannon seinämien alapään ulottamisella riittävän syvälle ja jatkuvalla valvonnalla kaivannon rakentamisen aikana. (RIL 236-2014)

Pohjaveden alle kaivaessa maapohja löyhtyy helposti pilalle. Jos pohjavedenpinta ei ole tiedossa, tiiviissä maassa voidaan huoletta kaivaa sen alle, koska vettä ei tule kaivantoon. Hydraulinen murtuminen voi yllättää, ja siksi pohjaveden alle ulottuviin kaivuutöihin vaaditaan alan ohjeissa aina asiallinen suunnitelma. (Jääskeläinen, geotekniikan perusteet, 2011)



Kuva 1 hydraulinen murtuminen

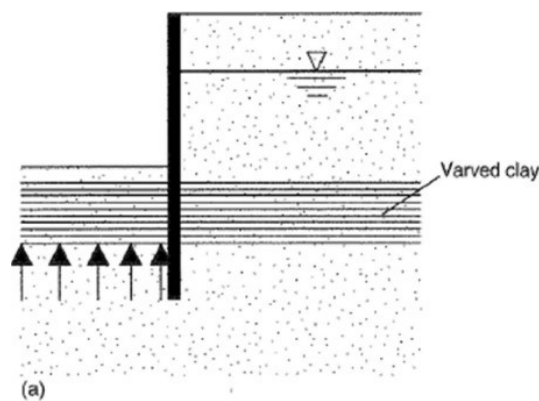
2.1.2 Pohjannousu eli nosteesta johtuva

Kuvassa 2 tapahtuu pohjannousu, kun kaivannon pohjalla oleva vedenpaine ylittää maaperän yläpuolella olevan maan massasta aiheutuvan paineen. Tämä voi tapahtua erityisesti alueilla, joissa pohjaveden pinta on korkealla tai kaivanto ulottuu veden kantavan kerroksen alapuolelle. Kun vedenpaine kaivannon pohjalla on suurempi kuin maaperän ja kaivannossa olevan materiaalin

yhdistetty paine, se voi aiheuttaa maaperän tai kaivannon pohjan kohoamista. Tämä voi johtaa kaivannon seinämien epävakauteen ja jopa sortumiseen, mikäli tuenta ei ole riittävää. (RIL 236-2014)

Tyypillisesti pohjannousu tapahtuu savimaissa, kun kaivetaan pohjavedenpinnan alapuolelle ja kaivannon pohja on lähellä vettä johtavaa kerrosta, voi kaivannon pohja nousta ylös ja tämän vuoksi esimerkiksi nostaa putkikaivantoon asennettuja putkia tai muita rakenteita ylöspäin.

RIL:n kaivanto-ohjeisto suosittelee käyttämään asianmukaisia menetelmiä pohjaveden hallintaan kaivantojen ympärillä sekä kaivannon pohjalla, kuten pumppausta, pohjavesiputkia tai muita vedenpoistomenetelmiä, pohjannousun hallitsemiseksi.



Kuva 2 pohjan nousu

2.2 Ympäristö

Maan päällä olevat kuormat ja ympäristö vaikuttavat merkittävästi kaivannon tuennan tarpeeseen, sillä ne voivat lisätä maaperän painetta ja siten vaikuttaa kaivannon tuennan tarpeeseen ja turvallisuuteen.

Maan päällä olevat kuormat, kuten läheiset rakennukset, ajoneuvot, varastoidut materiaalit ja muut rakenteet, voivat lisätä maaperän sivuttaispainetta kaivannon seinämiin. Tämä lisääntynyt paine voi aiheuttaa seinämien taipumista tai sortumista, jos kaivantoa ei ole tuettu asianmukaisesti. RIL:n

kaivanto-ohjeisto suosittelee huomioimaan nämä lisäkuormat kaivannon tuennan suunnittelussa ja varmistamaan, että tuentarakenne on mitoitettu kestämiään odotettavissa olevat kuormat turvallisesti.

Ympäristöolosuhteet, kuten maaperän tyyppi, pohjaveden taso, sääolosuhteet ja läheiset vesistöt, vaikuttavat kaivannon tuennan tarpeeseen. Esimerkiksi korkea pohjaveden taso voi lisätä kaivannon pohjan ja seinämien painetta ja vaatia toimenpiteitä vedenpoistoon ja vedenpitävyyteen. RIL kaivanto-ohjeessa korostaa tarvetta arvioida ympäristöolosuhteiden vaikutusta kaivannon vakavuuteen ja toteuttaa tarvittavat suunnittelu- ja rakennustoimenpiteet riskien hallitsemiseksi. (RIL 236-2014)

2.3 Tuentatavat

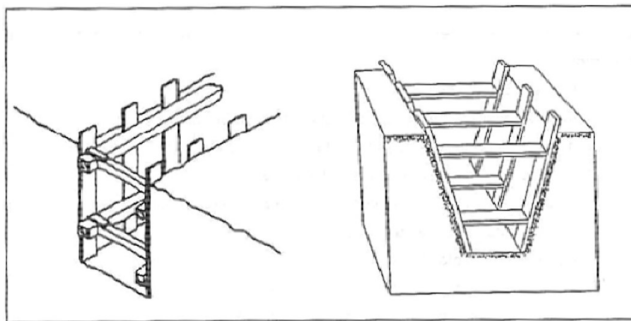
RIL:n kaivanto-ohjeistus tarjoaa kattavan yleiskatsauksen erilaisiin kaivannon tuentatapoihin, joita käytetään maanrakennustöissä varmistamaan kaivantojen vakavuus ja turvallisuus. Tuennan on kestettävä siihen kohdistuvat kuormitukset riittävällä varmuudella ja pohjannousu tai hydraulinen murtuma on estettävä. Tuentatapaa suunnitellessa käyttörajatilatarkastelu on aina tehtävä, jos läheisyydessä esiintyy vaurioherkkiä rakennuksia tai rakenteita. Kaivantojen tukeminen on tarpeellista syistä, jotka liittyvät turvallisuuteen, tehokkuuteen ja ympäristövaikutusten hallintaan. Tuetun kaivannon suunnittelussa on pyrittävä tarvittuun varmuustasoon huomioon ottaen mm.

- työntekijöiden turvallisuus,
- tuennan riittämättömyyden aiheuttaman vaurion laajuus,
- mitoitusparametrien määrittelyn laajuus ja luotettavuus,
- mitoitusmenetelmän tarkkuus ja luotettavuus,
- sivullisten turvallisuus ja läheisyydessä olevien rakennusten vaurioherkkyys,
- työn toteuttamisen vaikeustaso,

- kaivannon aukioloaika,
- valvonnan pätevyys,
- putkien ja laitteistojen asentamisen vaatimukset.

2.3.1 Kevyt tuenta eli pönkitys

Matalissa kaivannoissa kevyt tuenta on riittävä varmistamaan tarpeellisen työturvallisuuden, vaikka teoreettisesti kaivannon seinät pysyisivätkin pystyssä ilman tuentaa. Kevyt tuenta toteutetaan harvalla vaaka- tai pystysuoralla lankutuksella tai levyjä käyttäen kivien ja maa-aineksen putoamisen estämiseksi. Harvaa lankutusta ei tulisi käyttää löyhässä maassa, vaan maan on oltava kuivaa ja koossa pysyvää. Pönkityksessä lankkujen vapaa väli on suurempi kuin lankkujen leveys. (RIL 194-1992)



Kuva 3 kevyt tuenta

2.3.2 Ponttiseinät

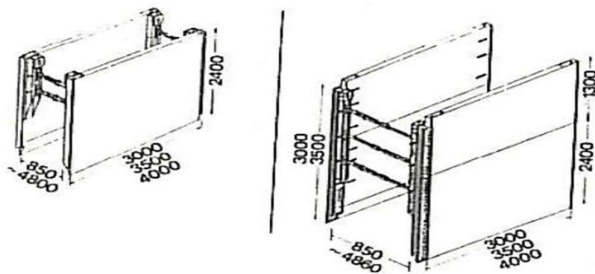
Tavallisin kaivannon tuentatapa on teräsponttiseinien käyttö. Teräspontteja käytetään syvien kaivantojen tukemiseen sekä väliaikaisesti että pysyvästi. Teräspontteja on useita eri laatuja ja jaottelu perustuu taivutusvastuksen ja lankkuprofiilin muotoon. Putkikaivantoihin soveltuu kevyet lankut, jotka ovat muodoltaan suoria tai vähän profiloituja ja vastaavasti syvissä kaivannoissa saattavat raskaammat teräspontit olla tarpeellisia.

Teräspontit lyödään maahan ennen kaivuutöiden aloitusta. Pontit lyödään maahan paalutuskoneella tai kaivinkoneeseen tai vastaavaan asennettavalla nopeaiskuisella täryvasaralla. Pehmeissä maissa pontit voidaan asentaa myös painamalla niitä kaivinkoneen kauhalla. Teräsponttiseinän vesitiiviys on yleensä hyvä, jonka vuoksi ponttiseiniä käytetään usein pohjavedenpinnan alaisissa tukiseinissä.

Puulankkuja voidaan käyttää matalien enintään noin 3–4 metriä syvissä kaivannoissa tukemiseen. Puuponttiseinän etuna on sen vesitiiviys. Lankut lyödään maahan yksitellen veistämällä lankun toinen syrjä, jotta viereisten lankkujen pontit painuisivat tiiviisti yhteen. Puupontti ei sovellu pysyviin rakenteisiin. (RIL 194-1992)

2.3.3 Elementit

Putkikaivantojen tukirakenteena käytetään usein tukielementtejä. Elementit varmistavat työturvallisuuden, mutta ne eivät aina estä maan liikettä kaivannon ympäristössä ja pohjassa. Syvemmässä kaivannossa elementin päälle asennetaan useampi elementti päällekkäin. Syvien kaivantojen tukeminen elementeillä ei ole suositeltavaa, koska seinäelementit eivät estä pohjan nousua. Seinäelementit ovat usein teräksisiä ja koostuvat seinälevyistä ja säädettävistä tukitasoista. Kuvassa 4 on havainnollistettu tuentaelementtejä, jossa vasemmalla puolella on yksittäinen seinätukielementti ja oikealla kuvassa seinätukielementti korokepaloilla. Elementtejä saatetaan käyttää myös teräsponttiseinien vaakatukina. (RIL 194-1992)

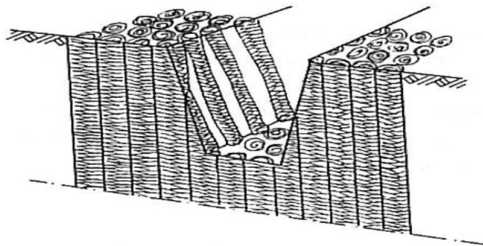


kuva 4 elementit

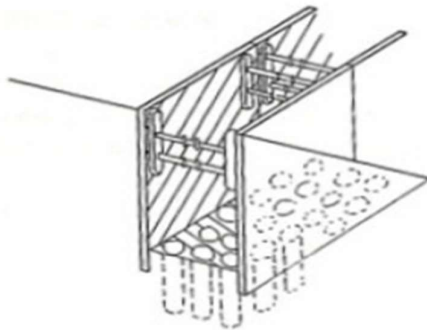
On myös olemassa tukiseinä elementtejä, jotka koostuvat kiskoista ja niiden väliin pujotettavista tukilevyistä. Näiden etuna on niiden keveys ja vesitiiveys verrattuna perinteiseen seinätukielementtiin. Tuentaelementtejä ei tulisi käyttää herkillä savimailla.

2.3.4 Muut tuentatavat

Muita tuentatapoja ovat esimerkiksi kuvan 5 syvästabilointi, jota käytetään maan vahvistamiseen kaivantojen kaivun ja tuennan yhteydessä, jolloin kaivu voidaan suorittaa huomattavasti jyrkemmin luiskin kuin normaaliolosuhteissa. Stabiloimalla voidaan tukea myös koko kaivantoprofiili, jolloin kaivumaat ovat helpommin käsiteltävissä. Kuvassa 6 nähdään, että stabilointia voidaan myös yhdistää muihin tuentatapoihin esimerkiksi stabiloimalla kaivannon pohja ja tukemalla seinät seinätukielementeillä. (RIL 194-1992)



kuva 5 pilaristabilointi



Kuva 6 yhdistetty tuenta

2.3.5 Turvallisuus

Turvallisuus on tärkein syy kaivantojen tuentaan. Kaivantojen sortumiset voivat aiheuttaa vakavia tapaturmia, jotka vaarantavat työntekijöiden hengen ja terveyden. Tuennan turvallisuus taataan riittäväillä pohjatutkimuksilla, huolellisella suunnittelulla ja suunnitelmien mukaisella toteutuksella. RIL:n kaivanto-ohjeet korostavat tuen tarvetta kaivannoissa, jotta voidaan estää maaperän sortumiset ja suojata työntekijöitä onnettomuuksilta ja kuolemantapauksilta. (RIL 236-2014)

2.3.6 Tehokkuus

Kaivantojen asianmukainen tukeminen parantaa työn tehokkuutta mahdollistamalla virtaviivaisen työskentelyn. Tuen avulla voidaan varmistaa, että kaivanto pysyy vakaana ja käyttökelpoisena koko asennustyön ajan, mikä nopeuttaa työvaiheita.

2.3.7 Ympäristö ja olemassa olevat rakenteet

Kaivantojen tuenta auttaa hallitsemaan rakennustyömaan ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi ponttiseinien ja muiden tuentamenetelmien käyttö voi vähentää maaperän eroosiota ja sedimenttien valumista vesistöihin, mikä suojaa ympäristöä ja vähentää rakennushankkeen negatiivisia ympäristövaikutuksia. Läheisten rakenteiden, kuten rakennusten, teiden ja putkistojen, suojeleminen on toinen tärkeä syy kaivantojen tukemiselle. Asianmukaiset ja tarkkaan harkitut tuentamenetelmät estävät maaperän liikkumisen ja voivat ennaltaehkäistä vaurioita vaikutusalueella oleville rakenteille.

3 SLIDE RAIL JÄRJESTELMÄ

Slide rail järjestelmä on tuentaelementti, joka koostuu kiskoista ja niiden väliin pujotettavista tukilevyistä. Slide rail järjestelmällä on useita etuja. Sen asennus ja purku on nopeaa, mikä vähentää tarvittavan työvoiman määrää ja lyhentää työhön menevää aikaa. Järjestelmä minimoi maaperän vajoamista ja mahdollistaa jopa 8,5 metriin ulottuvat syvyydet lisäkiskoja ja kaksoistukirakenteita käyttämällä. Slide rail järjestelmä on leveydeltään 3,5–7,5 metriä. Lisäksi slide rail järjestelmä tarjoaa joustavuutta, mahdollistaen täysin suljettujen kuoppien toteuttamisen kulmakiskojen avulla. Järjestelmä aiheuttaa huomattavan vähän tärinää sekä asennuksen että purkamisen aikana, mikä on etu herkissä ympäristöissä. (SAFETYDIRECT).

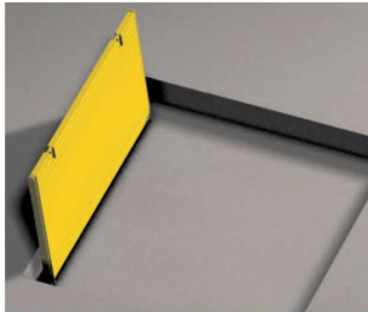
Slide Rail järjestelmät ovat kustannustehokkaita ratkaisuja, kun tarvitaan tukea pumppaamonkaivannoille tai muille syville kaivannoille rakennustyömaalla. Järjestelmä on erityisen hyödyllinen työskenneltäessä syvissä kaivannoissa, ja se tarjoaa monipuolisia asetteluja vastatakseen vesihuollon moninaiisiin tarpeisiin. (Tukiainen Group)

3.1 Toimintaperiaate

Slide rail järjestelmä on innovatiivinen tuentaratkaisu, jota käytetään maanrakennustöissä erityisesti haastavissa syvissä kaivannoissa. Se on vaihtoehto perinteisille kaivannon tuentamenetelmille, kuten ponttaukselle. Slide rail järjestelmä koostuu teräspaneeleista ja pystypylväistä, jotka muodostavat monipuolisen ja joustavan tuen kaivannoille ja kuopille. Järjestelmän asennus tapahtuu "kaiva ja työnnä" -menetelmällä, jossa paneelit ja pylväät työnnetään maahan kaivuutyön edetessä, mikä estää maaperän häiriintymisen.

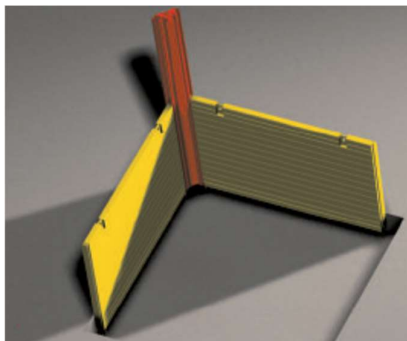
3.2 Käyttöönotto

Tässä kappaleessa kuvissa 7–13 nähdään havainnollistettuna slide rail järjestelmän käyttöönoton eri vaiheet. Aloitetaan kaivamalla alkukaivanto, joka on sivumitaltaan 30 cm pidempi, kuin käytettävän tukilevyn pituus. Sopiva syvyys n. 1,5 m - 2,0 m. Tukilevy asetetaan kaivantoon, jolloin levyn tulee olla pystyssä ja ylälinjan vaakatasossa.



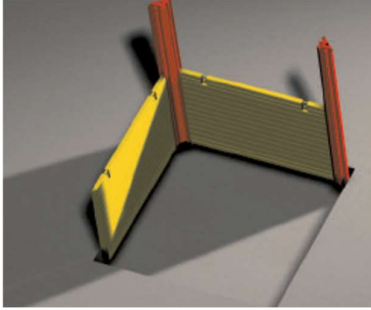
Kuva 7

Levyt asetetaan kiilakärki kaivuun puolelle, levyn suoran pinnan tullessa maata vasten. Kulmakiskot asetetaan levyn molempiin päihin siten, että kulmakappale on 90 asteen kulmassa levyyn nähden.



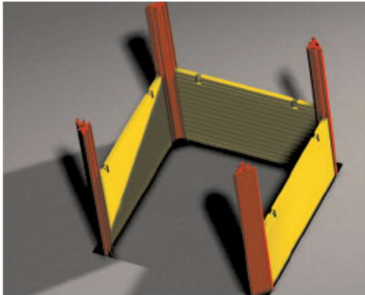
kuva 8

Asetetaan seuraava tukilevy kulmakiskoon. Tukilevy 90 asteen kulmassa edelliseen levyyn nähden.



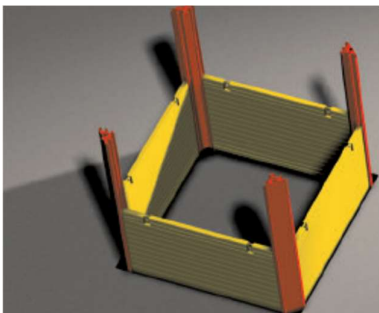
Kuva 9

Lisätään jälleen kulmakisko ja seuraava levy, jälleen 90 asteen kulmassa edelliseen nähden. Mitataan vastakkaisten levyjen molempien päiden etäisyys toisiinsa nähden samaksi. Asetetaan viimeiset kulmakiskot.



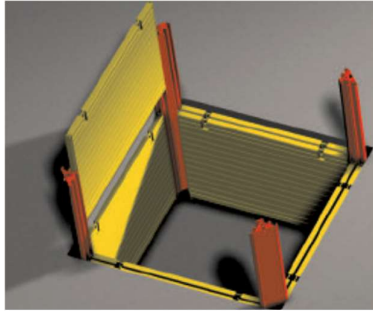
Kuva 10

Laatikko suljetaan asentamalla viimeinen tukilevy kulmakappaleiden uriin. Laatikon sulkemisen jälkeen jatketaan kaivuuta haluttuun syvyyteen. Tukilevyjä ja kulmakiskoja painetaan alaspäin kaivuun edistymisen mukaan.



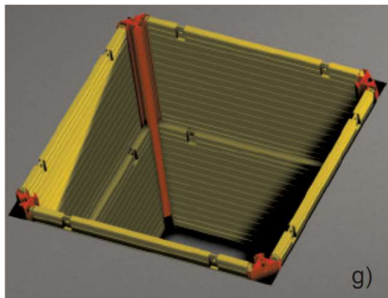
Kuva 11

3,7–4,0 m korkeiden pumppaamotuentojen ylälevyt asetetaan suoraan pohjalevyjen päälle. 4,8 m syvyyteen vaadittavaa kaksoiskulmakiskojärjestelmää käytettäessä, ylälevyt puolestaan asetetaan sisempiin uriin. Tarvittaessa levyt kiinnitetään toisiinsa kiinnityspulteilla.



Kuva 12

Kun pumppaamo on asennettu ja esitäyttö n. 1,0 m on tehty, nostetaan tukilevyjä haluttuun tasoon, jonka jälkeen maatyttöä ja tukilevyjen nostoa jatketaan vuorotellen. Viimeisenä vedetään kulmakiskot pois ja täytetään niiden asennuskuopat.



Kuva 13

3.3 Vertailu

Jätevedenpumppaamon tuenta voidaan tehdä kahdella eri tavalla. Kaivanto tuetaan ponttaamalla tai kaivuutukielementillä. Näitä vaihtoehtoja vertaillessa on muistettava kunkin menetelmän vahvuudet ja heikkoudet sekä soveltuvuus erilaisiin maaperäolosuhteisiin ja projekteihin.

3.3.1 Ponttaus

Ponttauksen hyödyt ovat vakaa tuenta syvissä ja löysissä maaperäolosuhteissa sekä monipuolisuus erilaisiin maaperiin ja syvyyksiin. Pontti myös lyödään yleensä kitkamaahan asti, joka ehkäisee kaivannon pohjannousun. Ponttaus soveltuu sellaisiin kaivantoihin, joissa on päästävä pohjaveden pinnan alapuolelle. Ponttauksen huonot puolet ovat sen kustannukset ja rajoitukset käytössä rakennetussa ympäristössä. Ponttaus aiheuttaa maaperän häiriintymistä asennus ja purkuvaiheessa, jonka vuoksi ponttaus ei esimerkiksi sovellu käytettäväksi projekteihin, joiden vieressä on hauraita rakenteita.

3.3.2 Slide rail järjestelmä

Elementeillä tuettuna hyödyt koostuvat kustannus- ja aikataulutehokkuudesta sekä monipuolisista käyttömahdollisuuksista erilaisiin geoteknisiin vaatimuksiin. Kaivuutukielementeillä tuettuna kaivannon kaivu ja tuenta aiheuttaa huomattavasti vähemmän maan häiriintymistä asennus ja purkuvaiheessa. Haittoina elementeillä kaivaessa on vaativamman ja tarkemman suunnittelun tarve pohjannousun ennaltaehkäisemiseksi. Elementtiratkaisulla kaivannon tuennassa on otettava huomioon pohjan nousun riski, jonka vuoksi slide rail järjestelmää ei ole suositeltavaa käyttää löysillä savimailla tai kallioisessa maassa. Kyseinen tuentaratkaisu ei sovellu kallioiseen tai todella kiviseen maahan.

3.3.3 Kustannusvertailu

Lopullinen tuentatavan valinta riippuu projektin erityisvaatimuksista, työmaan olosuhteista ja käytettävistä resursseista. Kustannustehokkain ratkaisu valitaan, kun huomioidaan nämä tekijät.

Karkeasti voidaan sanoa Fore scope kustannuslaskelmaohjelman perusteella suuntaa antavasti ponttauksen maksavan noin 150 €/m² ja pumppaamontuenta

elementtien vuokrauksen maksavan noin 350 €/vrk. Lasketaan tuennan hinta 3500x3500x4800mm kaivannolle arvioiduilla hinnoilla olettaen, että pumppaamontuenta elementeillä rakentaessa saataisiin tuenta tehtyä kolmessa vuorokaudessa ja kaksi vuorokautta menee valmisteluihin ja elementtien pesuun. Pontit joudutaan lyömään arviolta noin yhdeksään metriin saavuttaaksemme kitkamaan.

Tuote:		Yksikköhinta:	Määrä:	Hinta:
Ponttaus	á	150 €/m ²	176,8 m ²	26 520 €
Slide rail	á	350 €/vrk	5 vrk	1 750 €

Taulukko 1, tuennan kustannukset

Laskennan on tarkoitus olla suuntaa antava, josta huomataan slide rail järjestelmän olevan nopeampi ja edullisempi asentaa ja purkaa verrattuna ponttaukseen ja tämä johtaa alhaisempiin työvoima- ja käyttökustannuksiin. Slide rail järjestelmää käytettäessä jätevedenpumppaamon säiliön kaivantoa täytetään samalla, kun elementtejä puretaan.

4 CASE-ESIMERKKI

Maisemarakennus Viitanen Oy rakensi Loimaan Satakunnantielle jätevedenpumppaamon säiliön käyttäen slide rail järjestelmää.

Tuentaelementeillä rakentaessa kuusi metriä syvän kaivannon tuentaan ja jätevedenpumppaamon säiliön asennukseen kului kolme työvuoroa, kunnes tuentaelementit oli saatu kokonaan purettua.

Satakunnantie, Loimaa:

Työt aloitettiin leikkaamalla maata noin metrin metrin syvyyteen.



Kuva 14 maan leikkuu

Alkuleikkuun jälkeen aloitettiin kulmakiskojen painaminen ja sisempien elementtien asentaminen kiskoille kasausohjeen mukaisessa järjestyksessä. Kulmakiskojen ja sisempien elementtien asentamisen jälkeen kaivantoa alettiin syventämään.



Kuva 1 Elementtien asennus

Seinätukielementit lisättiin ulommille kiskoille ja painettiin sisempien tukielementtien kanssa samaan tasoon. Tämän jälkeen painettiin kaivinkoneen kauhalla sisempiä tukielementtejä syvemmälle ja jatkettiin kaivannon kaivuuta. Haluttuun syvyyteen päästessä alettiin perustamaan jätevedenpumppaamoa. Pumppaamo perustettiin 3,3 m x 3,3 m x 0,3 m betonilaatan ja 300 mm paksuisen KaM #0/32 tiivistetyn murskearinan varaan.



Kuva 16 Valmis tuenta

Perustamisen jälkeen jätevedenpumppaamonsäiliö nostettiin betonilaatan päälle mobiilnosturilla. Säiliö ankkuroitiin kiinni betonilaattaan.



Kuva 17 Pumppaamon nosto

Pumppaamonsäiliön nostotyön ja asennuksen jälkeen kaivantoa täytettiin, tiivistettiin ja samalla nostettiin seinätukielementtejä ylöspäin kaivinkoneella, kunnes elementit saatiin kokonaan purettua.



Kuva 18 Kaivannon täyttö

5 Pohdintaa

Molemmat järjestelmät ovat hyödyllisiä omissa konteksteissaan, mutta niiden soveltuvuus riippuu projektin erityisvaatimuksista.

Slide rail järjestelmä on ihanteellinen projekteihin, joissa vaaditaan nopeaa asennusta ja purkua, sekä korkeaa turvallisuustasoa erityisesti kaupunkialueilla tai muissa tiheästi asutuissa ympäristöissä. Järjestelmän joustavuus ja vähemmän työvoiman tarve tekevät siitä sopivan projekteihin, joissa kaivannon muoto ja koko saattavat muuttua. Kustannusten osalta, vaikka alkuinvestointi voi olla suurempi, nopeampi asennus ja vähemmän työvoimaa voivat johtaa alempiin kokonaiskustannuksiin.

Ponttaus on paras valinta projekteihin, joissa kaivannon tuennan on oltava erityisen vahva ja kestävä, kuten syvät kaivannot ja haastavat maaperät. Tämä menetelmä sopii myös projekteihin, joissa kaivannon koko ja muoto ovat ennalta tarkasti tiedossa ja muuttumattomia. Ponttaus voi olla edullisempi materiaalikustannuksiltaan, mutta pidempi asennusaika ja suurempi työvoimatarve voivat nostaa kokonaiskustannuksia.

Turvallisuuden näkökulmasta molemmat menetelmät tarjoavat riittävän tuennan, mutta slide rail järjestelmä voi tarjota nopeamman ja turvallisemman ratkaisun muuttuvissa olosuhteissa. Tulevaisuudessa slide rail järjestelmän suosio todennäköisesti kasvaa kaupunkialueilla ja muissa projekteissa, joissa nopeus, joustavuus ja tehokkuus ovat avainasemassa. Ponttaus puolestaan säilyttää asemansa vaativimmissa ja erityisosaamista vaativissa kohteissa.

Lähteet

Wall, A., & Heiskanen, J. (2003). Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland. *Forest Ecology and Management*, 186, sivut. 21-32. Saatavilla: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00239-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00239-1)

Gardemeister, R., 1967. On the soil and its constructional properties at the Saimaa canal construction in Finland. *Engineering Geology*, 2, sivut. 107-115. Saatavilla: [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(67\)90027-0](https://doi.org/10.1016/0013-7952(67)90027-0)

RIL 236-2014 Kaivanto-ohjeistus

RIL 194-1992 Putkikaivanto-ohje

Geotekniikan perusteet, Raimo Jääskeläinen, 2014, sivut. 81-85

NATIONAL TRENCH SAFETY, n.d., slide rail. verkkosivu. Viitattu 14.4.2024. <https://www.ntsafety.com/products/engineered-systems/slide-rail/>

Tukiainen Group Oy. n.d. Pumppaamotuenta. Verkkosivu. Esite. Viitattu 14.4.2024. <https://www.tukiainengroup.fi/pumppaamotuenta/>

EURO VERBAU GmbH. n.d. Slide Rail Systems. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2024. <https://www.euroverbau.de/en/delivery-program/slide-rail-systems/>