

Paalutusalustan mitoitus ja tarkastus

Paaluseminaari 17.9.2026
Kaisla Kivistö

Paalutusalustan tarkoitus

- Paalutustyöalusta on tavallisesti tiivistetystä murskeesta tehty maanvarainen pohjarakenne
- Sen ensisijainen tarkoitus on toimia rakenteena, joka vastaanottaa paalutuskalustosta aiheutuvia kuormia estäen pohjamaata pettämästä kaluston alta
- Lisäksi alustan tarkoituksena on tarjota kuiva ja siisti työympäristö
- Paalutustyöalustaan kuuluvat alustan itsensä lisäksi myös ajoluiskat ja kulkuväylät, joita pitkin paalutus- sekä kuljetuskalusto pääsevät liikkumaan alustalle ja työkohteeseen



Työturvallisuus

- Puutteellisesti suunniteltu tai toteutettu paalutusalusta muodostaa merkittävän työturvallisuusriskin
- Paalutuskoneen kaatuminen on yksi suurimmista paalutustyön työturvallisuuden vaaratekijöistä
 - pahimmissa tapauksessa koneen kaatumisen seurauksena voi olla materiaalivahinkojen lisäksi myös henkilövahinkoja
- Paalutuskoneen kaatumisen taustalla on tavallisesti puutteellisesti suunniteltu, toteutettu, tarkastettu tai ylläpidetty työalusta
- Laadukas työalusta myös vähentää riskiä esim. kompastumiseen tai liukastumiseen työmaalla

Stabilointikoneen kaatuminen Miamissa 14.9.2026

- Noin 26 m korkea stabilointikone kaatui työmaa-alueen ulkopuolelle
- Kone osui työmaakonttiin ja kolmeen ajoneuvoon, yksi ajoneuvoista syttyi palamaan
- Neljä ihmistä vietiin sairaalaan lievin vammoin, mutta henkilövahingot olisivat voineet olla huomattavasti vakavammat
- Kaatumisen syy on edelleen tutkinnassa, mutta oletettavasti puutteellinen työalusta on ollut ainakin yksi syistä kaatumisen takana
- Raskaan ja korkean työkoneen kaatumisen seuraukset voivat ulottua laajalle alueelle



Paalutuskoneesta aiheutuvan kuorman määrittäminen

- Paalutuskoneesta aiheutuva kuorma on keskeinen lähtötieto paalutusalustan mitoittamiseen
- Paalutuskoneen työpainon ei voida olettaa jakautuvan tasaisesti koko telojen pinta-alalle, koska koneen painopiste ja telapaineet muuttuvat työskentelyasennon mukaan
- Nykyisen Paalutusohjeen esimerkkilaskelmissa paalutuskoneen työpainon oletetaan jakautuvan 25 %:lle telaston pinta-alasta (pienpaalutuksessa 50 %:lle)
- Eurokoodeja sovellettaessa kuormana tulee käyttää standardin SFS-EN 16228-1 mukaisesti määritettyä kriittisimmän kuormitustilanteen telapainetta
 - Tällä hetkellä standardi vaatii koneenvalmistajaa ilmoittamaan käyttöohjekirjassa ainoastaan maksimitelapaineen, mutta ei painejakauman vaikutuspituutta, joka on myös varsin keskeinen lähtötieto



Paalutusalustan mitoittaminen

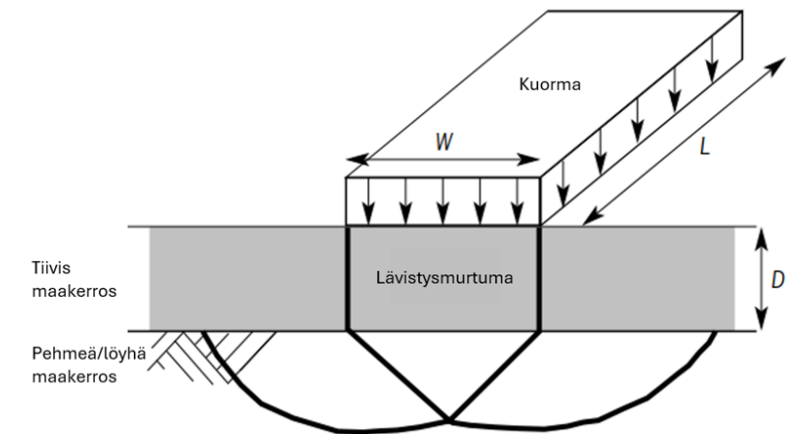
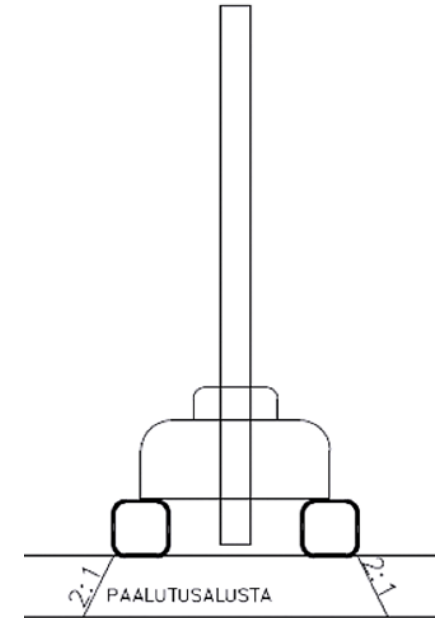
- Perinteisesti työalustojen suunnittelu on perustunut niin sanotusti empiirisiin menetelmiin
 - alustan paksuus on valittu siltä pohjalta, mikä on aiempien kokemusten perusteella todettu toimivaksi
- Viime vuosikymmenien aikana työalustojen merkitykseen on havahduttu ja mitoittamiseen on kehitetty analyyttisempiä menetelmiä
- Suomessa paalutusalustat tulisi mitoittaa Paalutusohjeen RIL254-2016 mukaisesti
 - Nykyisessä Paalutusohjeessa on esitetty 2D-stabiliteettitarkasteluna tehtyjä esimerkkilaskelmia
 - Nykyinen Paalutusohje on kuitenkin melko suppea työalustojen suunnittelun ja mitoittamisen osalta

Paalutusalustan mitoittaminen

- Muualla maailmassa mitoittamiseen käytetään yleisesti ottaen samankaltaisia kantavuuskaavoja, joita tavallisesti käytetään anturaperustusten mitoittamisessa
- Kantavuuden laskemista lähestytään yleisesti kahdesta näkökulmasta:
 1. Oletetaan työalustan toimivan kuormaa jakavana rakenteena ja lasketaan pohjamaan kantavuus perinteisillä kantavuuskaavoilla (esim. TWf 2019)

tai / ja

2. Oletetaan murtumisen tapahtuvan niin, että kuorma lävistyy työalustan läpi. Tällöin kokonaiskantavuudessa huomioidaan pohjamaan kantavuuden lisäksi alustassa syntyvä lävistysleikkausvastus (esim. BR 470, SFS-EN 1997-3:2025 kaava B.6)
- Työalustojen mitoittamiseen on olemassa useita eri menetelmiä, mutta siitä ei ole yksimielisyyttä, mitä menetelmää mitoittamiseen tulisi käyttää



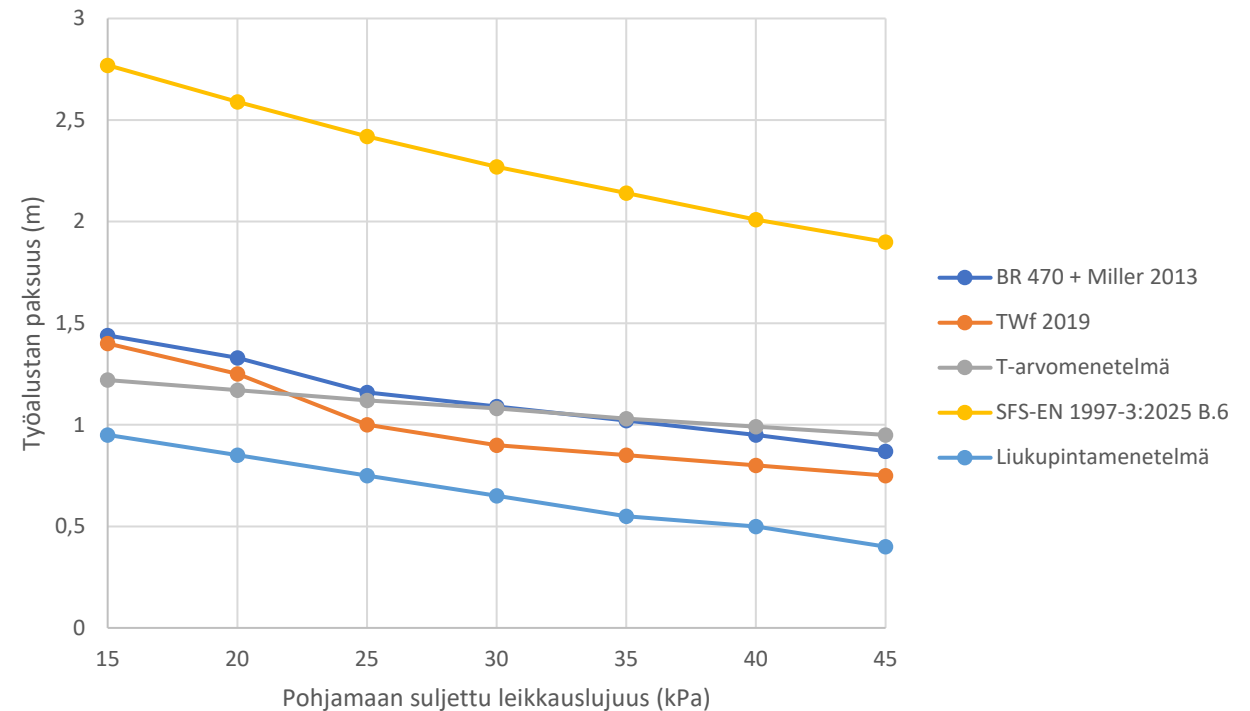
Mitoitusmenetelmien vertailu

- Laskelmissa on vertailtu BR 470-, TWf 2019- ja T-arvomenetelmiä, toisen sukupolven eurokoodin SFS-EN 1997-3:2025 kantavuuskaavaa B.6 sekä liukupintamenetelmää
- Laskelmat on tehty Junttan PMx22 –paalutuskoneelle 15–45 kPa koheesiomailla
- Kuormana käytettiin standardin SFS-EN 16228-1 mukaista maksimitelapainetta
 - Paineen vaikutuspituudeksi oletettiin puolet telan tehokkaasta pituudesta

Mitoitusmenetelmien vertailu

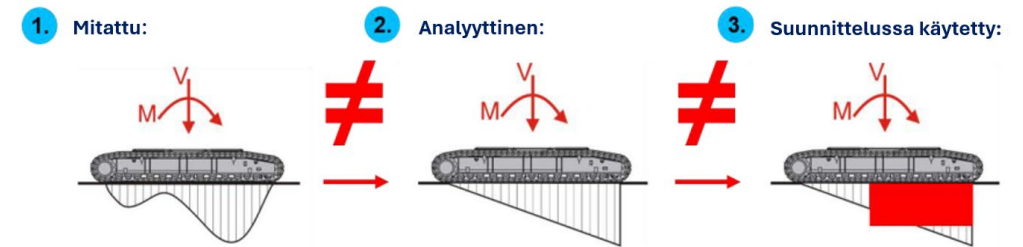
- Tarkastelluilla menetelmillä ja käytetyllä kuormalla saadaan varsin suuria alustan paksuuksia
 - Nykyisessä Paalutusohjeessa työalustojen ohjeelliset paksuudet vaihtelevat noin 0,2-1 m välillä
- BR 470, TWf 2019 ja T-arvomenetelmällä saadaan suhteellisen samankaltaisia tuloksia
- Toisen sukupolven eurokoodin kaava B.6 erottuu erittäin suurilla paksuuksilla
 - Menetelmä on tarkoitettu ensisijaisesti anturaperustusten mitoittamiseen
 - Käytetyt osavarmuusluvut ovat merkittävästi muita menetelmiä suuremmat
- Liukupintamenetelmällä saadaan parhaiten nykykäytäntöjä vastaavia tuloksia

Tulokset Junttan PMx22 koneelle koheesiomaalla



Mitoitusmenetelmien rajoitukset

- Maailmalla yleisesti käytetyt käsinlaskentamenetelmät eivät vaikuta soveltuvan pehmeimmille savikoille
- Vaikka laskennallisesti alustalta vaadittaisiin reilusti yli metrin paksuus, ei alustan paksuutta voi käytännössä kasvattaa loputtomasti
 - Alustan itsensä paino lisää pohjamaahan kohdistuvaa kuormitusta
 - Paalu on saatava asennettua alustan läpi – paalun asentaminen paksun tiiviin murskekerroksen läpi voi olla haastavaa
 - Lisäksi on huomioitava alustan ympäristö- ja kustannusvaikutukset
- Käsinlaskentamenetelmät pyrkivät kuvaamaan monimutkaista kuormitustilannetta suhteellisen yksinkertaisilla laskentakaavoilla
- Useasta maakerroksesta koostuvan pohjamaan sekä geolujitteiden huomioiminen on käsinlaskentamenetelmissä vaikeaa/mahdotonta
- Menetelmissä paalutuskoneen kuorma joudutaan kuvaamaan tasaisella suorakulmion muotoisella painejakaumalla, joka ei vastaa todellista painejakaumaa



Paalutusalustan laadunvalvonta

- Suomessa ei tällä hetkellä ole yleisiä paalutusalustojen laadunvalvontaa koskevia vaatimuksia tai suosituksia
 - työalustoja toisinaan toteutetaan myös suunnitelmista poiketen
 - alustan riittämätön kantavuus havaitaan tavallisesti vasta töiden alettua
- Puutteellisen alustan vahvistaminen jälkikäteen voi aiheuttaa työturvallisuusriskin lisäksi viivästyksiä ja ylimääräisiä kustannuksia
- Laadunvalvonnan tavoitteena on varmistaa, että alusta on toteutettu suunnitelmien mukaisesti ja sen laatu on riittävä suunnitellulle paalutustyölle

Laadunvalvonnan menetelmät

- Laadunvalvonnassa keskeistä on varmistaa alustan riittävä kantavuus ja tiiviys
 - Vaihtoehtoina levykuormituskokeet tai pudotuspainolaitteella tehdyt mittaukset
- Sekä levykuormituskokeiden että pudotuspainolaitteella tehtyjen mittausten heikkoutena on niiden varsin rajallinen vaikutussyvyys
 - mittaukset kuvaavat pääasiassa työalustan ylimpien kerrosten ominaisuuksia
 - olisi suositeltavaa varmistaa esimerkiksi koekuopilla, että alustan todellinen paksuus vastaa suunnitelmissa vaadittua paksuutta
- Lisäksi mittaukset ovat pistemäisiä, joten yksittäinen mittaus ei välttämättä paljasta alustan paikallisia heikkoja kohtia
- Yksi käytetty laadunvalvonnan menetelmä on myös ajaa koko työalusta läpi raskaalla ajoneuvolla ja tarkastella, kuinka alusta käyttäytyy kuorman alla

Työalustatodistus

- Useissa maissa työalustan suunnittelun ja toteutuksen dokumentointiin käytetään työalustatodistusta
- Todistukseen kirjataan esimerkiksi käytettävä paalutuskalusto ja alustan suunnittelussa käytetyt lähtöoletukset
- Lisäksi siinä esitetään suunniteltu työalustarakenne ja vaaditut laadunvarmistustoimenpiteet
- Todistuksen tarkoituksena on vahvistaa, että alusta on toteutettu ja tarkastettu suunnitelmien mukaisesti ja soveltuu tarkoitettuun paalutustyöhön
- Työalustatodistus voisi lisäksi parantaa tiedonkulkua eri osapuolten, kuten suunnittelijan, pääurakoitsijan, maanrakennusurakoitsijan ja paalutusurakoitsijan välillä

Yhteenveto

- Paalutusalustojen suunnittelu on kehittynyt merkittävästi 2000-luvulla, mutta niiden mitoittamiseen ei ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä menetelmää tai erillistä standardia
- Paalutuskoneesta aiheutuvan kuorman määrittäminen on yksi mitoituksen keskeisistä epävarmuuksista
- Maailmalla käytetyt käsinlaskentamenetelmät eivät välttämättä sovellu sellaisinaan Suomen pehmeimpiin pohjaolosuhteisiin, mikäli kuormana käytetään standardin SFS-EN 16228-1 mukaista maksimitelapainetta
- Mitoituksen lisäksi tarvitaan menettelyt, joilla työalustan suunnitelmien mukainen toteutus ja riittävä laatu voidaan todentaa
- Sen lisäksi, että työalustan laatu on varmistettu ennen paalutustyön aloittamista, tulee työalustan kuntoa tarkkailla ja ylläpitää myös työn aikana

Kiitos!