

## GEOTEKNINEN SUUNNITELMASELOSTUS JA LASKELMAT

**Sipoon Sport & Eko park alueen esirakentaminen****1 Yleistä**

Tämä geotekninen suunnitelmaselostus ja laskelmat liittyvät Sipoon Jontaksen alueelle rakennettavan Sport & Eko parkin esirakentamiseen. Alueella on tarkoitus korottaa maanpintaa vaurioituvien rakenteiden osalta meritulvarajan +3,1 (N2000) yläpuolelle läjityksellä. Alueelle on tarkoitus läjittää 91 000 m<sup>3</sup>trtr ylijäämämassoja tai soveltuvia teollisuuden sivukiviainesta esirakentamisen ensimmäisessä vaiheessa. Täyttöjä on tarkoitus rakentaa neljässä vaiheessa: 1. vaihe, perustäyttö 1,7 m, painumisaika 12 kk, 2. vaihe, korotus täytön reuna-alueita lukuun ottamatta lopulliseen tasoon, painumisaika 12 kk, 3. vaihe, reuna-alueen täyttö, painumisaika 12 kk, 4. paikallisten painumien tasaus korottamalla max. 0,3 m täytön ollessa laaja-alainen, maanpinnan lopullinen muotoilu. Täyttöalueella voidaan käyttää ylipengertä esikuormituksen nopeuttamaan painumia tai korottamaan täyttöjen korkeustasoa vastaavasti: 0,5 m korkuinen esikuormituspenker/täyttö voidaan rakentaa 20 m etäisyydelle täyttöalueen reunan luiskista, 1 m korkuinen esikuormituspenker/täyttö 25 m etäisyydelle ja 2 m korkuinen ylipenger/täyttö 32 m etäisyydelle. Ylipenger voidaan rakentaa, kun rakennusvaiheen 1 täyttöjen päättymisestä on kulunut 4 vuotta. Laskelmilla on arvioitu alueelle läjitettävistä maamassoista aiheutuvaa maakerrosten painumaa. Lisäksi laskelmilla on varmistettu, ettei läjittäminen vaaranna alueen stabiliteettia.

Stabiliteetin kannalta kriittisimmät poikkileikkaukset on valittu käyttäen kriteereitä:

- Paksuimmat pehmeät maakerrokset
- Heikon lujuuden omaava pohjamaa
- Epäedullinen geometria stabiliteetin suhteen (ojan läheisyys).

Laskentojen avuksi alueelle on luotu mittalinjoja, jotka on paalutettu. Laskentatulokset on esitetty tässä raportissa kootusti sekä liitteissä poikkileikkauksittain.

Laskentapoikkileikkausten sijainti on esitetty liitteenä olevassa karttakuvassa:

Liite 1.1	Stabiliteettilaskelmat, pl 380
Liite 1.2	Stabiliteettilaskelmat, pl 255
Liite 1.3	Stabiliteettilaskelmat, pl 520
Liite 1.4	Stabiliteettilaskelmat, ylipenkereet
Liite 2.1	Painumalaskelma
Liite 3.1	Kartta
Liite 3.2	Pohjatutkimusleikkaukset

Geosuunnittelu/J.Selänpää & R.Sillanpää

Ohjeet:

Eurokoodin soveltamisohje – Geotekninen suunnittelu – NCCI7 (13/2017)

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-13\\_ncci7\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-13_ncci7_web.pdf)

Penkereiden stabiliteetin laskentaohje (14/2018)

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2018-14\\_penkereiden\\_stabiliteetin\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-14_penkereiden_stabiliteetin_web.pdf)

Kansallinen liite (LVM) SFS-EN 1990:2002/A1 (Liite A2) Rakenteiden suunnitteluperusteet

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/eurokoodit/finnish\\_na\\_en1990\\_a2\\_2015.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/eurokoodit/finnish_na_en1990_a2_2015.pdf)

## 2 Pohjasuhteet, maaperäkuvaus

Maaperäkuvaus perustuu alueelle aikaisemmin tehtyihin sekä syksyllä 2021 tehtyihin täydentäviin pohjatutkimuksiin. Pohjavesi on arvioitu sijaitsevan n. 1 m syvyydellä maanpinnasta. Alueelta on tehty ödometrikokeita kahdesta eri pisteestä.

Maanpinta viettää kohti Hangelbybäckeniä ja se vaihtelee tasojen +2,0...+3,8 välillä. Pinnassa on ohut kuivakuorikerros 0,4–1 m, jonka alla on liejuista savea 1–6 m paksuudelta, jossa mitatut vesipitoisuudet ovat 170–193 % ja siipilujuudet 11,3–20,5 kPa. Liejuisen saven alapuolella on 1–9 m paksuinen savikerros, jossa mitatut vesipitoisuudet ovat 43–84 % ja siipilujuudet 15,3–20,5 kPa. Savikerroksen alla on 1,5–11 m löyhä siltti/hiekka kerros, minkä alla on tiivis moreeni. Rakennettavan alueen lounaispuolella on kalliomäki, jossa maanpinta nousee. Kerrospaksuudet ohenevat kalkkirannantielle päin.

## 3 Laskelmat

Stabiliteettilaskennat on tehty Geocalc 5.0 ohjelmalla käyttäen 2D laskentaa.

Laskentamenetelmänä on käytetty Bishopin yksinkertaistettua menetelmää. Liukupintana on ympyräliukupinta.

Osavarmuuslaskennan mukainen varmuus (ODF) on tarkasteltu murtorajatilatarkastelulla DA3 menetelmää käyttäen. Varmuuden eli ylimitoituskertoimen **ODF** tulee olla **1 tai enemmän**.

Murtorajatilan (DA3) osavarmuusluku tieliikennekuormalle 1,15. Käyttörajatilatarkastelussa on käytetty kuormien ominaisarvoja.

Murtorajatilan osavarmuusluvut maan lujuusparametreille taulukon A.4(FI) (NCCI7) mukaisesti (DA3, sarja M2):

## Geosuunnittelu/J.Selänpää & R.Sillanpää

Taulukko A.4(FI) – Maaparametrien osavarmuusluvut ( $\gamma_M$ ) (STR/GEO) (DA2<sup>(\*)</sup> M1, DA3 M2)

Maaparametri	Merkintä	Sarja	
		M1	M2
Leikkauskestävyyskulma <sup>a</sup>	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Tehokas koheesio	$\gamma_c$	1,0	1,25
Suljettu leikkauslujuus	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Yksiakiaalinen puristuskoe	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Tilavuuspaino	$\gamma_s$	1,0	1,0

<sup>a</sup> Tällä varmuusluvulla jaetaan tan  $\phi$ .

Laskennassa käytetyt lujuusparametrit perustuvat suljetun leikkauslujuuden osalta siipikairauskoetuloksiin. Siipikairauskoetulokset redusoidaan juoksurajan mukaan (Penkereen stabiliteetin laskentaohje). Patopenkereen sekä reunatäytön osalta on käytetty 34 asteen ominaiskitkakulmaa sekä 1 kPa ominaiskoheesiota. Nämä lujuusparametrit saavutetaan huolellisesti tiivistyksellä sekarakeisella kitkamaalla. Reunatäyttö toimii tukevana penkereenä heikompi laatukselle maa-ainekselle sen taustalla. Täytön mitoituslujuutena on käytetty varovaista keskiarvoista 5 kPa leikkauslujuutta.

Penkereen alapuolisen saven lujittumista arvioidaan tehokkaan pystyjännityksen avulla maalajin mukaan (Penkereiden stabiliteetin laskentaohje):

$$s_u = 0,25 \cdot \sigma'_v, \text{ jossa } \sigma'_v = \sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v$$

Patopenkereen alapuolinen lujittuminen jää mitättömäksi korotusvaiheiden aikana. Varsinaisen täytön alapuolella lujittuminen on huomioitu laaja-alaisena kuormana jättäen huomiotta reuna-alueella tapahtuva jännitysten jakautuminen.

Läjityksen aiheuttama jännityslisäys on laskettu kaavalla  $\Delta\sigma'_v = \gamma \cdot h \cdot U$ , jossa U on konsolidaatioaste tiettyä ajankohtana.

Laskennassa käytetyt mitoituslujuusparametrit on esitetty Geocalc laskentojen materiaalitaulukossa (kts. Liitteet).

### Liikennekuormat

Reunapenkereen päällä on käytetty ominaisliikennekuormana 3 m levyistä 10 kPa työkonekuormaa. Työkonekuorma on paikallisesti suurempi kuin 10 kPa, mutta 2D laskentana on edustavampaa käyttää pienempää lujuutta. Paikallisempi kuormitus voi vaatia laskennassa päätyvastuksen huomioimista.

### Stabiliteettilaskentojen eri tilanteet

Stabiliteettilaskentoja on tehty eri rakentamisvaiheissa ja eri täyttöalueille.

Vedenpinnantasona on käytetty epäedullisinta tapausta laskennoissa kussakin vaiheessa.

### Destia Oy

Neilikkatie 17, PL 206  
01301 Vantaa  
P. +358 (0)20 444 11  
www.destia.fi

Y-tunnus/Business ID 2163026-3

**Täyttöalueet 1-2**

Penkereen korotusvaiheissa 1–3 vedenpinta on maksimitasolla patopenkereen ja läjitettävän penkereen välillä. Lopputilanteena on tarkistettu stabiliteetti viivytysaltaan kohdalla, kun viivytysallas on täysin tyhjiään vedestä.

- Rakentamisvaihe 1: Ensimmäinen täyttövaihe, patopenkereen ja läjitettävän penkereen korkeus on 1,7 m. Laskennassa on käytetty kairauksiin perustuvia lujuuden arvoja.
- Rakentamisvaihe 2: Toinen täyttövaihe, läjitettävän penkereen korkeus on 2,7 m. Laskennassa on käytetty kairauksiin perustuvia lujuuden arvoja, paitsi penkereen alapuolisella savella on käytetty tehokkaiisiin jännityksiin perustuvaa laskennallisesti saatua lujittunutta arvoa.
- Rakentamisvaihe 3: Kolmas täyttövaihe, täytettävän alueen reunan korotus lopulliseen 2,7 m pengerkorkeuteen. Laskennassa on käytetty läjitettävän penkereen alla liejuiselle savelle sekä savelle tehokkaiisiin jännityksiin perustuvaa laskennallisesti saatua lujittunutta arvoa.
- Rakentamisvaihe 4: Paikallisten painumien korjaus ja lopullinen maanpinnan muotoilu. Ylipenkereen rakentaminen, mikäli tarpeen. 0,5 m korkuinen ylipenger esikuormitukseksi voidaan rakentaa 20 m etäisyydelle täyttöalueen luiskista, 1,0 m korkuinen esikuormitus 25 m etäisyydelle täyttöalueen luiskista ja 2 m korkuinen esikuormituspenger 32 m etäisyydelle täyttöalueen luiskista. Ylipenger voidaan rakentaa, kun rakentamisvaiheesta 1 on kulunut 4 vuotta.
- Lopputilanne 4: Viivytysaltaiden kohdalla on tehty tarkempi stabiliteettitarkastelu, sillä viivytysaltaat ovat paikallisia, eikä 2D laskentamalli kuvasta niitä. Penkereen päällä on käytetty suurempaa 20 kPa paikallista ominaistyökonekuormaa. Laskennoissa on huomioitu päätyvastus seuraavilla parametreillä: maan lepopainekerroin  $K_0=0,4$ , varmuuskerroin päätyvastukselle  $Fos=1,5$  ja liukuvan kappaleen pituus=10 m. Laskennassa on käytetty läjitettävän penkereen alla liejuiselle savelle sekä savelle tehokkaiisiin jännityksiin perustuvaa laskennallisesti saatua lujittunutta arvoa.
- Lopputilanne 5: Paikallisten painumien korjaus ja lopullinen maanpinnan muotoilu. Laskennassa on käytetty läjitettävän penkereen alla liejuiselle savelle sekä savelle tehokkaiisiin jännityksiin perustuvaa laskennallisesti saatua lujittunutta arvoa.

**Täyttöalueet 3-4**

Pohjavedenpinta on oletettu 1,0 m syvyyteen maanpinnasta. Täyttöalueen ja Hangelbybäckenin väliin tehdään 0,8 m korkea vastapenger. Vastapenkereen alapinnan leveys on 12,5 m ja reunaluiskan kaltevuus 1:1,5. Vastapenkereen ja Hangelbybäckenin väliin jätetään 2,5 m leveä tyhjä alue.

- Rakentamisvaihe 1: Ensimmäinen täyttövaihe, läjitettävän penkereen korkeus on 1,7 m. Laskennassa on käytetty kairauksiin perustuvia lujuuden arvoja.

- Rakentamisvaihe 2: Toinen täyttövaihe, läjitettävän penkereen korkeus on 2,7 m. Laskennassa on käytetty kairauksiin perustuvia lujuuden arvoja, paitsi penkereen alapuolisella savella on käytetty tehokkaiisiin jännityksiin perustuvaa laskennallisesti saatua lujittunutta arvoa.

Painumien nopeuttamista voidaan edistää esikuormituspenkereillä alueilla, missä jälkipainumien vähentämiselle on tarvetta. Stabiliateetilaskennalla on määritetty sallittu minimietäisyys täyttöalueen reunoista, kun täyttökerroksen paksuudet ovat 1 m ja 2 m. Lujuusparametreina on käytetty rakentamisvaiheen 3 lujuuksia. Tällöin 1 m esikuormituspenker voidaan rakentaa täyttökerroksen päälle minimissään 25 m etäisyydelle ja vastaavasti 2 m esikuormituspenker minimissään 32 m etäisyydelle täyttökerroksen luiskasta. Oleellisten hyötyjen saavuttamiseksi tulisi esikuormituksen kestää vähintään 2 vuotta, jolloin 1 m laaja-alaisella esikuormituksella jälkipainumien väheneminen on karkeasti 0,25 m ja 2 m esikuormituksella 0,5 m. Arvio perustuu poikkileikkaukseen, mistä painumalaskenta on tehty.

#### 4 Stabiliateetilaskentojen tulokset

Liitteenä olevassa kartassa on esitetty laskentapoikkileikkauksen sijainti.

Taulukoissa on esitetty yhteenveto laskentatuloksista eri rakentamisvaiheissa:

Taulukko 1 Täyttöalueen 2 stabiliateetilaskentojen tulokset, liite 1.1

Vaihe/tilanne	ODF, ylimateituskerroin MRT
1	1,0
2	1,7
3	1,04
4	1,19
5	1,01

Taulukko 2 Täyttöalueen 3 stabiliateetilaskentojen tulokset, liite 1.2

Vaihe/tilanne	ODF, ylimateituskerroin MRT
1	1,44
2	1,0

Taulukko 3 Täyttöalueen 4 stabiliateetilaskentojen tulokset, liite 1.3

Vaihe/tilanne	ODF, ylimateituskerroin MRT
1	1,51
2	1,02
Vastapenkereen stabiliateetti	1,83

Taulukko 4 Stabiiliteettilaskentatulokset 1 m ja 2 m esikuormituspenkereillä, liite 1.4

Esikuormituspenkereen korkeus [m]	ODF, ylimitoituserroin MRT
0,5	1,01
1	1,03
2	1,04

### Painumalaskelmat

Painumalaskelmat on tehty GeoCalc 5.0 ohjelmalla käyttäen tangenttimoduuli-menetelmää. Tangenttimoduuli-menetelmän parametrit perustuvat ödometrikoetuloksiin. Pääosin häiriintymättömien näytteiden laatu on ollut hyvää.

Ödometrikokeet on tehty kairauspisteistä 15 ja 13. Ödometrikokeiden tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa:

maalaji	syvyys [m]	vesipitoisuus w [%]	vallitseva tehokas jännitys $\sigma_{v0}$ [kPa]	konsolidaatiojännitys $\sigma_c$ [kPa]	$\Delta\sigma$ (POP) [kPa]						
						$m_1$	$\beta_1$	$m_2$	pal.	$\beta_2$	Cv min [m <sup>2</sup> /a]
ljSa	2,0	190	22	28,03	6,03	5,9	-0,37	4,0	55,4	1	0,26
ljSa	4,0	180	32	30,3	-1,7*	5,8	-0,29	6,7	53,3	1	0,26
Sa	9,0	80	53	65,3	12,3	5,9	-0,56	24,6	81,5	0,67	2,76
Sa	13,0	54	65	78,3	13,3	7,6	-0,38	16,6	109,8	0,86	12,99

\*Oletus pohjavedenpinnasta vaikuttaa vallitsevan tehokkaan jännityksen laskentaan.

Taulukko 5 ödometrikokeen tulokset pisteestä 15

maalaji	syvyys [m]	vesipitoisuus w [%]	vallitseva tehokas jännitys $\sigma_{v0}$ [kPa]	konsolidaatiojännitys $\sigma_c$ [kPa]	$\Delta\sigma$ (POP) [kPa]						
						$m_1$	$\beta_1$	$m_2$	pal.	$\beta_2$	Cv min [m <sup>2</sup> /a]
ljSa	2,0	183	22	26,1	4,1	6,0	-0,24	4,2	56,1	1	0,18
Sa	7,0	115	47	47,7	0,7	5,3	-1,50	14,7	81,9	1,0	0,71
Sa	9,0	75	53	60,3	7,3	6,5	-0,53	20,8	80,5	0,85	2,63
saSi	17,0	29	77	117,7	40,7	13,7	-0,08	19,6	144,4	0,60	11,49

Taulukko 5 ödometrikokeen tulokset pisteestä 13

Painumalaskelmien yhteenvedo on esitetty alla olevassa taulukossa täyttöalueen 2 laskentapoikkileikkauksesta. Samaa poikkileikkausta on käytetty stabiiliteettilaskennassa.

Aika	Painuma (mm)	Jälkipainuma	Liitteet
------	--------------	--------------	----------

Geosuunnittelu/J.Selänpää &amp; R.Sillanpää

2	450	1600	Liite 2.1
5	850	1200	Liite 2.1
10	1250	800	Liite 2.1
50	1925	125	Liite 2.1
100	2025	25	Liite 2.1

Taulukko 6 Painumalaskelmien tulokset

### Yhteenveto

Jontaksen alueen korotus tulvarajan +3,1 m (N2000) yläpuolelle vaurioituvien rakenteiden osalta voidaan toteuttaa korotusten vaiheistuksella. Nykyinen maanpinnan taso läjitettävällä alueella on noin tasolla +2,0...+3,8 m. Hängelbybäckenin läheisyydessä maanpinta vaihtelee +1,5...+2,8 m välillä ollen alueen eteläosassa korkeammalla. Täytöt aiheuttavat suuria painumia johtuen saven suuresta painumapotentiaalista. Painumat tulevat olemaan noin 75 % täytön korkeudesta ja painumat tulevat tapahtumaan vuosikymmenten aikana. Laajalla alueella todennäköisesti tapahtuu epätasaisia painumia muodostaen painanteita, mitkä voivat vaatia paikallisia täyttöjä kuivatuksen parantamiseksi sekä meritulvarajan saavuttamiseksi.

Laskentoja voidaan päivittää myöhemmin mittaamalla lujuuksia penkereen alta, jolloin stabiileittilaskentatulokset vastaavat ajantasaisia tuloksia lujittuneilla lujuuksilla.

Tampereella 24.9.2021

Laatinut

Rasmus Sillanpää

Nuorempi suunnittelija, Ins. AMK

Tarkastanut

Juha Selänpää

Vanhempi konsultti, DI