



Janne Iho

Student number 263061 / janne.iho@student.tut.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK 23610 Yhdyskunnan geotekniikka

2018

Harjoitustyö: Pohjatutkimussuunnitelma
Pajalanpiha, Järvenpää

Palautettu: Minna Leppänen

4.2.2017





SISÄLLYSLUETTELO

1	TOIMEKSIANTO JA SELVITYSKOHDE	4
1.1	Alueen maaperä ja pohjavesi	5
1.2	Aiemmat pohjatutkimukset	6
1.3	Aikataulu	6
2	TUTKIMUSSUUNNITELMA	7
2.1	Valmistelevat työt ja maastokatselmus	7
2.2	Kairaukset	7
2.3	Näytteenottomenetelmiä	8
2.4	Laboratoriotutkimukset	10
2.5	Pohjavesiputket	10



1 TOIMEKSIANTO JA SELVITYSKOHDE

Toimeksiannosta olemme laatineet uuden katu- ja putkilinjan rakennussuunnittelua varten pohjatutkimussuunnitelman. Toimeksiantajana on toiminut Minna Leppänen Tampereen teknilliseltä yliopistolta.

Selvitystyön on laatinut vanhempi opiskelija ja rakennusinsinööri Janne Iho yrityksestä Tmi Janne Iho (puh. 040 871 4452).

Kohteeseen rakennettava katulinja sijaitsee Järvenpäässä Pajalantien ja tien 1456 yhdistävällä kevyenliikenteen reitillä, joka on aiemmin ollut vanha valtatie. Alueelle rakennetaan uusi asuinalue ja katu toimii kokoojakatuna ja kunnallisteknisen putkilinjan sijoituspaikkana. Kadun eteläpäässä noin paalulla 120 sijaitsee puro, jonka kohdalle suunnitellaan silta tai rumpu. Pohjatutkimussuunnitelmassa on varauduttu siltarakenteen vaatimien pohjatutkimustietojen määrittämiseen.

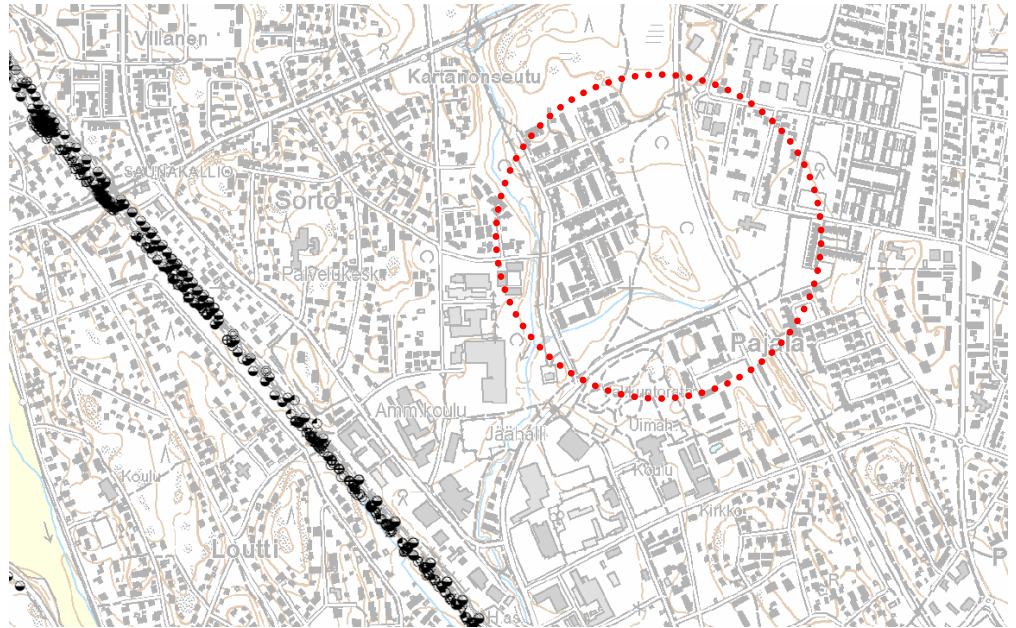


Kuva 1: Katulinjaus ja nykytila

1.1 Alueen maaperä ja pohjavesi

Katulinja sijaitsee pääsääntöisesti metsä- ja peltoalueella.

Helsinki-Tampere -päärata kulkee katulinjan länsipuolella vajaan kilometrin päässä. Radalle on tehty runsaasti pohjatutkimuksia, joiden perusteella alueella sijaitsee noin 5-8 metrin paksuinen savi- savinen silttikerros, tämän alla noin 1 metrin paksuinen hiekkakerros ja tiivis pohjamoreeni.



Kuva 2: Pohjatutkimukset, <http://gtkdata.gtk.fi/Pohjatutkimukset/index.html>



Kuva 3: Maanpeitepaksuus, <https://hakku.gtk.fi>

Alueella maanpeitepaksuus vaihtelee 0...10 välillä. Paalulla 220 sijaitsee korkeahko mäki, jonka kohdalla kallion arvellaan olevan maanpinnassa. Putkilinjan takia kallionpintaa pyritään kartoittamaan tarkemmin tämän alueen kohdalla.



Alue ei sijaitse pohjavesialueella. Lähimmät pohjavesialueet ovat Nummenkylä (0118651) pohjoisessa 1000 metrin päässä, Myllylä (0118652) idässä 2000 metrin päässä ja Järvenpää (0118601) etelässä 1500 metrin päässä.

Pohjaveden syvyys maanpinnasta on noin 2 metriä.

1.2 Aiemmat pohjatutkimukset

Järvenpään kaupungin laatiman tarkan Pajalanpihan asemakaavaselostuksen perusteella linjan loppupää sijoittuu moreenialueelle, jonka paksuus on noin 5...15 metriä. Etelään kuljettaessa noin paalulla 400 moreenin päällä on noin 1,0 m paksu savikerros joka syvenee nopeasti 4...10 metrin paksuiseksi.

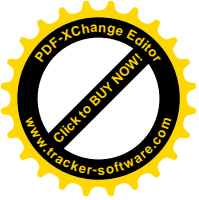
Asuinrakennukset linjan pohjoispäässä paaluvälillä 450-600 on arvioitu perustettavaksi maanvaraisilla anturaperustuksilla. Paaluvälillä 400-450 perustustapa on kitkapaalu tai anturaperustus massanvaihdon ja paaluvälillä 300-400 tuki- ja kitkapaaluille.

Asemakaavaselostus perustuu Rambollin alueelle tekemiin pohjatutkimuksiin kesällä 2010. Tutkimukset ovat käsittäneet 59 painokairausta, yhden siipikairauksen sekä kahden pohjavesiputken asentamisen. Siipikairauksen yhteydessä on otettu häiriintymättömiä näytteitä, joista on tehty laboratoriossa ödometrikokeet. Kairaukset ovat ulottuneet linjalla syvimmillään 24 metriin.

Kunnan rakennusviranomaisten mukaan tämä kaikki pohjatutkimustieto on kadonnut kunnan ja pohjatutkimuskonsultin arkistoista. Mikäli tämä tieto olisi käytettävissä, voisi tässä tutkimussuunnitelmassa esitettyjä lisätutkimuksia vähentää ja rakentaa alue toteutettujen tutkimusten pohjalta.

1.3 Aikataulu

Pohjatutkimukset suoritetaan mahdollisimman pian helmikuun 2017 aikana. Alustava rakennussuunnittelu on aloitettu ja tutkimustuloksille on suuri tarve suunnitelman eteenpäin saattamiseksi.



2 TUTKIMUSSUUNNITELMA

Tutkimussuunnitelma on laadittu oletuksesta, että alueelta ei ole käytössä pohjatutkimustietoja.

Pohjatutkimusten tarkoituksena on selvittää pohjamaasta seuraavia tietoja

- Maakerrosrajat
- Maalajit ja rakeisuus
- Kuivakuorikerroksen paksuus
- Maakerrosten kairausvastus ja leikkauslujuus
- Hienorakeisten maalajien kokoonpuristuvuusominaisuudet
- Vesipitoisuus
- Pohjavedenpinnan taso
- Kallionpinnan taso tukipaaluken ja pinnan kohoumien kohdalla

Edellä olevat tiedot määritetään kairaustuloksista ja maanäytteistä laboratorionkokeilla.

Alueella ei oleteta esiintyvän pilaantuneita maita. Humuspitoisuutta ei tutkita, koska linja sijoittuu vanhan valtatie kohdalle.

2.1 Valmistelevat työt ja maastokatselmus

Valmistelevina tehtävinä tulee selvittää alueen sähkö- ja telekaapelit, vesijohdot, viemärit, maan alaiset säiliöt ja muut mahdolliset maanalaiset rakenteet.

Kartoitustyö aloitetaan kiinteistön asiakirjoihin tutustumisella, joiden perusteella kerätään tietoa, mitä rakenteita maan alla voi olla ja minne ne oletettavasti sijoittuvat. Tiedossa olevat ja oletettavat alueella maan alaiset rakenteet ja johdot kartoitetaan kaapelitutkalla. Muita käytettävissä olevia menetelmiä ovat mm. maatutkaus. Maatutkan avulla voidaan löytää metallia sisältävät siirtoputkistot, betoniset viemärit ja rakenteet sekä säiliöt. Tutkimuksia ei saa aloittaa ennen kuin olemassaolevat rakenteet ja kaapelit ovat selvillä.

Löydetyt kohteet sekä maatutkauksen käyttämät linjat ja reitit kartoitetaan GNSS- tai takymetrimittauksena suunnitelman koordinaattijärjestelmään ETRS-TM35FIN. Korkeusjärjestelmänä käytetään N2000-järjestelmää.

Maastokatselmuksessa kirjataan ylös maanmuodot ja avokalliot.

2.2 Kairaukset

Kairaukset ja maanäytteet sijoittuvat olemassa olevan vanhan valtatie linjalle. Kairaustuloksissa tulee näkymään vanhan tien rakennekerrokset. Näytteitä ei



oteta näistä kerroksista, vaan näytteenotto aloitetaan kairausten perusteella määritetystä pohjamaan yläpinnasta 0,5 m syvyydeltä.

Puristinheijari- ja painokairaukset

Puristinheijari- ja painokairaukset suoritetaan nykyisen tierakenteen läpi kovaan pohjaan asti. Kairauksista määritetään maakerrosrajat karkeasti ja kerrosten kairausvastus, josta arvioidaan leikkauslujuutta stabiliteetilaskentaa varten. Kairaustulosten ensisijainen tarkoitus on määrittää maakerrosrajat, joiden lujuus ja kokoonpuristuvuusominaisuudet tarkennetaan näytteenotolla. Kairaustuloksilla voidaan arvioida myös mahdollista louhinnan määrää putkijohtolinjalla.

Siipikairaukset

Siipikairaukset suoritetaan noin paaluille 110 ja 130 sillan tukien kohdalle. Silta perustetaan todennäköisesti tukipaaluilla kantavaan maakerrokseen tai kallioon. Siipikairauksilla määritetään savi- ja silttikerrosten leikkauslujuus 1 m metrin välein.

Porakonekairaukset

Porakonekairauksille varmistetaan sillankohdalla kallionpinta tukipaalujen suunnittelua varten.

2.3 Näytteenottomenetelmiä

Kairavaunu voidaan varustaa näytteenottimella. Häiriintyneiden näytteiden ottimena on käytetty mm. kierrekärkeä, mutta sen ongelmana on karkearakeisten maalajien pysyminen kierrekärjessä. Hieno- ja karkearakeisten maakerrosten häiriintyneeseen näytteenottoon voi käyttää myös putkiotinta. Putkiotinta käytettäessä näytteet ovat melko hyvin saman suuruisia eikä niissä tapahdu rakeisuuden muuttumista samalla tavalla kuin kierrekärjessä. Näytteiden ottamisen välissä kierrekaira tai putkiotin puhdistetaan huolellisesti.

Häiriintymättömien näytteiden ottoon käytetään mäntäkairaa.

Näyte irroitetaan ottimesta ja laitetaan kokonaisuudessaan ilmatiiviseen näytepussiin, josta poistetaan ilma mahdollisimman tarkkaan. Näytteeseen kirjataan mittauspisteen numero ja näytesyvyys.



SUORITETTAVAT KAIRAUKSET						
NRO	X	Y	PAALU	TYYPPI	MÄÄRÄSYVYYS	HUOM
1	PAINO	Kova pohja	
2	PAINO	Kova pohja	
3	PAINO	Kova pohja	
4	PAINO	Kova pohja	
5	PAINO	Kova pohja	
6	PAINO	Kova pohja	
7	PAINO	Kova pohja	
8	PAINO	Kova pohja	
9	PAINO	Kova pohja	
10	PAINO	Kova pohja	
11	PAINO	Kova pohja	
12	PAINO	Kova pohja	
13	PAINO	Kova pohja	
14	PAINO	Kova pohja	
15	PAINO	Kova pohja	
16	PUR.HEI	Kova pohja	
17	PUR.HEI	Kova pohja	
18	PUR.HEI	Kova pohja	
19	PUR.HEI	Kova pohja	
20	PUR.HEI	Kova pohja	
21	PUR.HEI	Kova pohja	
22	PUR.HEI	Kova pohja	
23	PUR.HEI	Kova pohja	
24	PUR.HEI	Kova pohja	
25	PUR.HEI	Kova pohja	
26	PUR.HEI	Kova pohja	
27	PUR.HEI	Kova pohja	
28	SIIPi	Si/Sa AP	
29	SIIPi	Si/Sa AP	
30	PORA	Kallio	
31	PORA	Kallio	
32	PV-PUTKI	5 METRIÄ	
33	PV-PUTKI	5 METRIÄ	
34	PAINO	Kova pohja	
35	PAINO	Kova pohja	
36	PAINO	Kova pohja	
37	PAINO	Kova pohja	
38	PAINO	Kova pohja	
39	PAINO	Kova pohja	

NÄYTTEENOTTO		
NRO	TYYPPI	HUOM
10	KIERREK.	HÄIRITTY, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
17	MÄNTÄK.	HÄIRIINTYMÄTÖN, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
20	MÄNTÄK.	HÄIRIINTYMÄTÖN, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
21	KIERREK.	HÄIRITTY, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
26	MÄNTÄK.	HÄIRIINTYMÄTÖN, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
27	KIERREK.	HÄIRITTY, NÄYTTEET 0,5 M PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN



2.4 Laboratoriotutkimukset

Häiriintyneistä maanäytteistä selvitetään vesipitoisuus, rakeisuus ja maalaji.

Häiriintymättömistä näytteistä määritetään edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi ödometrikokeella maakerroksen painumaominaisuudet ja kolmiakksiaalikokeella lujuusominaisuudet. Kokeet tehdään vain hienorakoisille näytteille.

2.5 Pohjavesiputket

Tielinjan molemmille puolille asennetaan yksi pohjavesiputki 5 metrin määräsyyvyteen maanpinnasta. Putkesta seurataan pohjaveden pintaa pohjatutkimusten suorittamisesta eteenpäin rakentamisen ajan rakennussuunnitelman mukaisesti.

LIITTEET:

Liite 1 Pohjatutkimuskartta



Janne Iho

Student number 263061 / janne.iho@student.tut.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK 23610 Yhdyskunnan geotekniikka

2018

Harjoitustyö: Pohjatutkimusraportti

Pajalanpiha, Järvenpää

Palautettu: Minna Leppänen

11.2.2017



Sisällysluettelo

TUTKIMUKSET	3
POHJASUHTEET	3
Lohko 1: PL 0 – 100 (poikkileikkaukset KK, JJ, II).....	3
Lohko 2: PL 100 – 125 SILTA (poikkileikkaus II).....	4
Lohko 3: PL 125 – 250 (poikkileikkaukset II, HH, GG)	4
Lohko 4: PL 250 – 300 KUMPARE/AVOKALLIO (poikkileikkaukset GG, FF)	4
Lohko 5: PL 300 – 450 (poikkileikkaukset FF, EE, DD, CC).....	4
Lohko 6: PL 450 – 600 (poikkileikkaukset CC, BB, AA)	5
POHJAMAAN KANTAVUUS.....	5
PERUSTAMINEN	6
Katulinja	6
Putkilinja	6
Silta.....	6



TUTKIMUKSET

Järvenpään Pajalanpihan alueella on tehty katu- ja putkilinjoilla pohjatutkimuksia 5.2-7.2.2018 aikana. Pohjatutkimukset on suorittanut geosuunnittelijan alikonsulttina toiminut Pohja-Fagerholm oy. Pohjatutkimukset on suoritettu 4.2.2018 päivätyn pohjatutkimussuunnitelman ja sen liitteiden mukaisesti. Kairavaununa on käytetty GM 50 GT -vaunua. Rakennettavan sillan kohdalle suunnitellut pohjatutkimukset ovat vielä toteuttamatta.

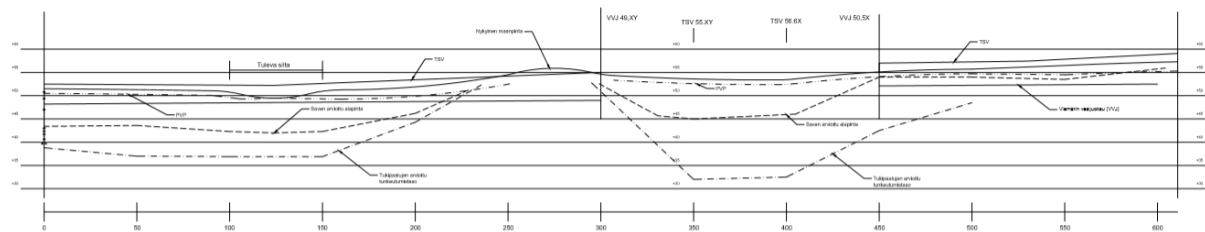
Pohjatutkimukset ovat käsittäneet (puuttuvat kairaukset ja tutkimukset yliviivattuna)

- painokairauksia 21 kpl
- puristinheijarikairauksia 12 kpl
- ~~siipikairauksia 2 kpl~~
- ~~porakonekairauksia 2 kpl~~
- pohjavesiputkia 2 kpl
- ~~häiriintyneitä näytteitä 3 pisteestä~~
- ~~häiriintymättömiä näytteitä 3 pisteestä~~
- mittauspisteiden toteutunut sijainti ja maanpinnan korko takymetrimittauksella

Kairaustulokset on piirretty katulinjan pituus- ja poikkileikkauksiin. Piirustukset ovat pohjatutkimusraportin liitetiedostoina.

POHJASUHTEET

Pohjasuhdekuvaus perustuu kairausdiagrammien tulkintaan. Katulinjan pituus on noin 600 metriä, minkä takia pohjasuhdekuvaus on jaettu lohkoihin. Maakerrosten korot on ilmoitettu lähtöpaalulta eteenpäin loppupaalulle.



Lohko 1: PL 0 – 100 (poikkileikkaukset KK, JJ, II)

Nykyisen tiepenkereen korko on kevyesti alaspäin viettäen tasossa +52,0...+51,5. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri. Maanpinta on katulinjan molemmin puolin melko tasaisesti korossa +51,0.

Penkereen alla on noin 1,5 metrin paksuinen kuivakuorisavikerros. Pohjavedenpinnan taso sijaitsee noin korossa +48,0...+49,0. Kuivakuoren alla sijaitsee noin 5...6 metriä paksu savikerros. Pohjamooreenin paksuus on noin 5 metriä.

Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon korossa +39,0 korkoon +37,0. Kallionpinnan arvioidaan olevan tässä korossa.



Lohko 2: PL 100 – 125 SILTA (poikkileikkaus II)

Maakerrosrajat kuivakuorisavi-savi- pohjamoreeni vaihtuvat tasaisesti lohkon 1 ja 3 välillä.

Sillan kohdalta siipikairausten tulokset ovat toteuttamatta. Kallionpinnan tason arvioidaan olevan noin korossa +40...42,0. Kallionpinta viettää ylöspäin itään päin kuljettaessa, missä myös nykyinen maanpinta nousee mäeksi. Länsipuolella maanpinta on tasossa +51,0.

Sillan alittavan puron nykyinen uomanpohja sijaitsee noin tasossa +49,0.

Lohko 3: PL 125 – 250 (poikkileikkaukset II, HH, GG)

Nykyisen tiepenkereen korko viettää ylös tasossa +51,5...+54,0. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri. Itäpuolella katulinja lähestyy mäkeä, jossa on havaittavissa avokalliota korkeimmillaan tasossa +58,0. Länsipuolella maanpinta on tasossa +51,0...+52,0.

Penkereen alla on noin 1,5...0 metrin paksuinen kuivakuorisavikerros. Pohjavedenpinnan taso sijaitsee noin korossa +49,0...+51,0. Kuivakuoren alla sijaitsee noin 4...1 metriä paksu savikerros. Pohjamoreenin paksuus on noin 5...1 metriä.

Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon korossa +40,0 korkoon +48,0. Kallionpinnan arvioidaan olevan tässä korossa. Kallionpinta on lohkon lopussa todennäköisesti aivan tien rakennekerrosten alapinnassa.

Lohko 4: PL 250 – 300 KUMPARE/AVOKALLIO (poikkileikkaukset GG, FF)

Nykyisen tiepenkereen korko viettää ylös tasossa +54,5...+56,5.

Kallionpinta nousee paaluvälillä korkoihin +48,0...+50,0...+47,0. Savikerroksia ei tällä loholla esiinny. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri, jonka alla sijaitsee pohjamoreeni kallion pintaan asti.

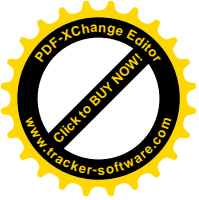
Kallionpinta viettää ylöspäin katulinjan itäpuolella tasolle +58,0, jonka jälkeen mäki laskeutuu tasolle +54,5. Länsipuolella maanpinta on tasossa +54,0.

Lohko 5: PL 300 – 450 (poikkileikkaukset FF, EE, DD, CC)

Nykyisen tiepenkereen korko notkoon tasossa +56,5...+55,5...+56,0. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri. Itäpuolella maanpinta vaihtelee tasaisesti koroissa +55,0...+53,0...+55,0 ja länsipuolella +55,0...+53,0...+54,0.

Penkereen alla on noin 0...1,5...1,5 metrin paksuinen kuivakuorisavikerros. Pohjavedenpinnan taso sijaitsee noin korossa +54,0...+52,5...+54,0. Kuivakuoren alla sijaitsee noin 0...5...4...0 metriä paksu savikerros. Pohjamoreenin paksuus on noin 2...13...13...10 metriä.

Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon koroissa +47,0...+32,0...+33,0...+33,0. Kallionpinnan arvioidaan olevan tässä korossa.



Lohko 6: PL 450 – 600 (poikkileikkaukset CC, BB, AA)

Nykyisen tiepenkereen korko viettää ylös tasossa +56,0...+57,0...+57,5. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri. Itäpuolella maanpinta vaihtelee tasaisesti koroissa +55,0...+55,5...+51,0 ja länsipuolella +54,0...+50,5...+51,0.

Penkereen alla on noin 1,5...1,0...0,0 metrin paksuinen kuivakuorisavikerros. Pohjavedenpinnan taso sijaitsee noin korossa +54,0...+54,5...+56,0. Kuivakuoren alla sijaitsee pohjamoreeni, jonka paksuus on noin 10...6...10 metriä.

Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon koroissa +33,0...+40,0...+50. Kallionpinnan arvioidaan olevan tässä korossa. Lohkon loppupäässä ei kallionpintaa voida kuitenkaan näin tarkasti arvioida, koska kairaukset päättyvät tiiviiseen maakerrokseen.

POHJAMAAN KANTAVUUS

Pohjamaan alusrakenneluokka ja kantavuus arvioidaan Liikenneviraston ohjeen Tierakenteen suunnittelu mukaisesti.

Luokka	A	B	C	D	uE	uF	uG	uH	uI
Moduuli MPa	280	200	100	70	50	35	10	20	20
t-arvo, %	0	0	0	0	3	6	6	12	16
Maalaji tai kelpoisuus luokka ja märkyys	Louhe	Murske	kuS1 mS1	kuS2 kuH1 mH1	mS2 kuS3 kuH2 mH2	mS3 kuH3-4 kuS4 jäySa staSi staSiMr staSa	pehSa Lj	mS4 mH3-4 kuSi kuSiMr kerrall. kuSa/Si	mSi, mSiMr, kerrall. mSa/Si

Taulukon merkinnät: **ku** = kuiva, **m** = märkä ja normaali, **sta** = stabiloitu
jäy = jäykkä ($s_u \geq 40$ kPa), **peh** = pehmeä ($s_u < 40$ kPa), **kerrall.** = kerrallinen

Lohko 1:	KK	Kuivakuorisavi, savi	Luokka uH	E=20 MPa
	JJ	Kuivakuorisavi, savi	Luokka uH	E=20 MPa
Lohko 2:	SILTA	Kuivakuorisavi, savi	Tukipaalut	
Lohko 3:	II	Savi (uoma)	Luokka uE	E=20 MPa
	HH	Kuivakuorisavi, savi	Luokka uH	E=20 MPa
Lohko 4:	GG	Kuivakuorisavi, moreeni	Luokka uH	E=20 MPa
Lohko 5:	FF	Kuivakuorisavi, moreeni	Luokka uH	E=20 MPa
	EE	Kuivakuorisavi, savi	Luokka uH	E=20 MPa
	DD	Kuivakuorisavi, savi	Luokka uH	E=20 MPa



Lohko 6:	CC	Kuivakuorisavi, sora	Luokka E	E=25 MPa
	BB	Kuivakuorisavi, moreeni	Luokka E	E=30 MPa
	AA	Moreeni	Luokka E	E=35 MPa

PERUSTAMINEN

Alle on kirjattu perustamistapaehdotukset lohkon alusta loppupaalulle kuljettaessa.

Katulinja

Lohko 1: Syvästabilointi

Lohko 3: Syvästabilointi + lopussa massanvaihto

Lohko 4: Maanvarainen

Lohko 5: Massanvaihto, syvästabilointi, massanvaihto

Lohko 6: Massanvaihto, maanvarainen

Putkilinja

Lohko 1: Syvästabilointi + kevennysrakenne

Lohko 2: Ripustus siltaan

Lohko 3: Syvästabilointi + kevennysrakenne, massanvaihto

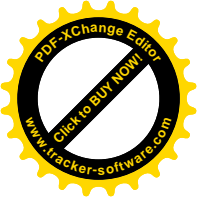
Lohko 4: Kanaalilouhinta

Lohko 5: massanvaihto, syvästabilointi + kevennysrakenne

Lohko 6: Massanvaihto, maanvarainen

Silta

Silta perustetaan tukipaaluille ja sillan päätypenkereet paalulaatalle, jonka päät varustetaan betonisilla siirtymälaatoilla.



Janne Iho

Student number 263061 / janne.iho@student.tut.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK 23610 Yhdyskunnan geotekniikka

2018

LASKENTARAPORTTI

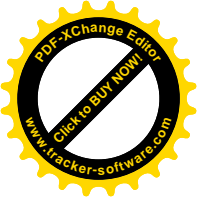
Kadun ja putkijohtojen perustamistavan
suunnittelu ja mitoitus

Putkijohtokaivannon mitoitus

Pajalanpiha, Järvenpää

Palautettu: Minna Leppänen

12.5.2018



Sisällysluettelo

1. TOIMEKSIANTO JA SUUNNITTELUKOHDE

- 1.1. Yleistä
- 1.2. Kadun poikkileikkaus
- 1.3. Olemassa olevat rakenteet
- 1.4. Noudatettavat ohjeet ja standardit
- 1.5. Pohjaolosuhteet ja perustamistapa
- 1.6. Suunnitelmapiiirustukset
- 1.7. Mitoituslaskelmat
- 1.8. Materiaaliparametrit

2. Katurakenteen kantavuus- ja routamitoitus

- 2.1. Keventämätön rakenne
- 2.2. Kevennetty rakenne

3. Keventämättömän katurakenteen painuma

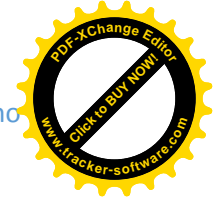
4. Kevennetyn katurakenteen painuma

- 4.1. Käsinslaskenta
- 4.2. Geocalc-laskenta, PL400

5. Kevennetyn katurakenteen stabiliteetti

6. Tuettu putkijohtokaivanto

- 6.1. Toimeksianto
- 6.2. Rakennuspaikka ja sallitut muodonmuutokset pohjamaassa
- 6.3. Pohjamaa ja maaparametrit
- 6.4. Laskentamenetelmä
- 6.5. Ponttiseinä
- 6.6. Tukitasot
- 6.7. Liikennekuorma
- 6.8. Lyhytaikainen kuormitus
 - 6.10a: Pysyvät kuormat
 - 6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat
- 6.9. Pitkäaikainen kuormitus
 - 6.10a: Pysyvät kuormat
 - 6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat
- 6.10. Tukiseinän rasitukset ja käyttöaste
- 6.11. Ankkuripalkin mitoitus
- 6.12. Pönkäpalkin mitoitus



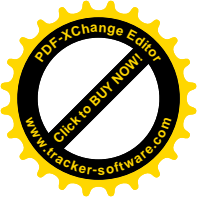
6.13. Seinän vaakasiirtymä

6.14. Tarkastus pohjan nousemalle

7. Putkijohdon perustaminen ja painuma

LIITTEET

1. *Materiaalien parametrit*
2. *PL300 Tie- ja katurakenteen kantavuus- ja routamitoitus*
3. *PL400 Tie- ja katurakenteen kantavuusmitoitus*
4. *Keventämättömän rakenteen painumat*
 - 4.1. *Painumat katulinjalla*
 - 4.2. *PL300, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 4.3. *PL350, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 4.4. *PL400, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 4.5. *PL450, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 4.6. *PL400 – Kadun reuna, Pohjamaan painumalaskenta*
5. *Painumat katulinjalla*
 - 5.1. *PL300, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 5.2. *PL350, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 5.3. *PL400, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 5.4. *PL450, Pohjamaan painumalaskenta*
 - 5.5. *PL400 – Kadun reuna, Pohjamaan painumalaskenta*
6. *Tukiseinän pönkäpalkin mitoitus*
7. *Kaivannon pohjan mitoitus*
8. *Putkijohtolinjan painumat*
 - 8.1. *Painumat putkijohtolinjalla*
 - 8.2. *PL350, Putkijohdon painumalaskenta*



1. TOIMEKSIANTO JA SUUNNITTELUKOHDE

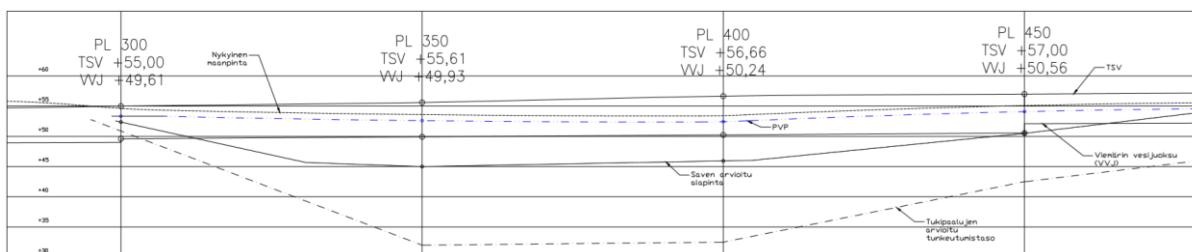
1.1. Yleistä

Toimeksianto sisältää Järvenpään Pajalanpihan alueelle rakennettavan Valovirrankadun perustussuunnittelun ja rakenteen mitoituksen. Suunnittelualueeseen kuuluu katurakenne ja putkijohtolinjat kadun paaluvälillä 300 – 450. Tällä alueella katu suunnitteluosuus alkaa avokalliolta ja kulkee pehmeikköalueen läpi.

Kadun tasausviiva ja viettoviemärin korkeustaso on määrätty aiemmassa suunnitteluvaiheessa. Linjaukseen ja pystygeometriaan ei voida vaikuttaa enää. Rakennettava katu noudattelee ajoneuvoliikenteen käytöstä poistettua vanhaa valtatieta.

Geotekninen mitoitus perustuu kohteessa toteutettuihin pohjatutkimuksiin 5.2-7.2.2018 aikana sekä näiden pohjalta laadittuun pohjatutkimusraporttiin, kairaustuloksiin, laserkeilattuun maanpintaan ja kairauspoikkileikkauksiin.

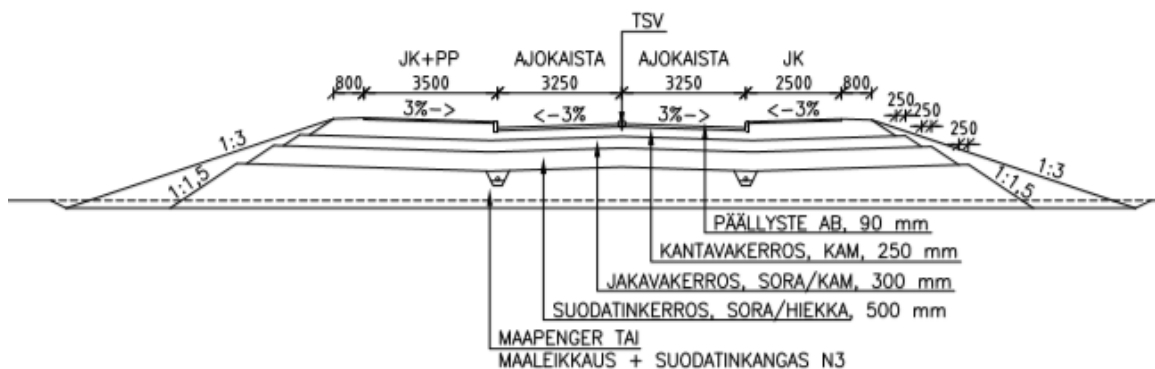
PITUUSLEIKKAUS, PAALUVÄLI 300-450, 1:500



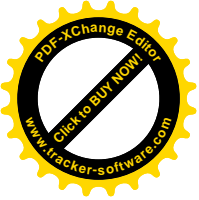
1.2. Kadun poikkileikkaus

Valovirrankatu on asuinalueen päättävä kokoojakatu. Kadulla ei ole bussiliikennettä, koska kadun päästä puuttuu joukkoliikenteen kääntöpaikka. Keskimääräiseksi vuorokausiliikenteeksi on arvioitu noin 1000 ajoneuvoa. Ajonopeus rajoitetaan arvoon 30 km/h.

Ajoradan leveys on 6,5 metriä, jonka molemmin puolin rakennetaan kevyenliikenteen väylät. Kadunvarsipysäköintiä voidaan sallia tien toiselle reunalle, kun liikennemerkein varmistetaan riittävästi vastaantulevan liikenteen kohtaamispaikkoja.



Kuva 1 Katurakenteen poikkileikkaus ja mitat



1.3. Olemassa olevat rakenteet

Vanhan valtatie penkertä ja rakennekerroksia ei pureta vaan ne hyödynnetään painuma- ja stabiliteettilaskennassa. Vanhan ja uuden rakenteen linjaus ovat yhteneviä, jolloin kadun kuormitettuihin osiin eli ajorata sijoittuu jo painuneen penkereen varaan.

Vanhan penkereen purkaminen keventäisi pohjamaan kuormitusta, mitä ei toivota. Uusi penger vaatii taas kevennysrakenteiden käyttöä varsinkin kadun reunoilla, jotka sijoittuvat vanhan penkereen ulkopuolelle. Vanhan penkereen purkaminen yhdistettynä kevennysrakenteen käyttöön johtaa tilanteeseen, jossa kadun keskilinja ei painu lainkaan, mutta reunoilla painuminen alkaa.

Suunnittelussa on ollut tavoitteena, että uusi katurakenne kuormittaa tasaisesti sekä kadun reunoja, että keskilinjaa, jolloin koko rakenne painuu myös tasaisesti eikä epätasaiset painumat aiheuta liian suuria kaltevuusmuutoksia kadun poikkisuunnassa.

1.4. Noudatettavat ohjeet ja standardit

Suunnittelussa on noudatettu seuraavia ohjeita:

- NCCI7, Liikenneviraston ohjeita 13/2017
- Tierakenteen suunnittelu, 2004, Liikennevirasto
- EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu
- KATU 2002 – Kadunrakentamisen tekniset ohjeet, 2003, Suomen kuntatekniikan yhdistys ry.
- Kevennysrakenteiden suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 5/2011
- RIL 263-2014 Kaivanto-ohje
- Sheet Piling Handbook, Thyssen Krupp

1.5. Pohjaolosuhteet ja perustamistapa

Pohjatutkimusraportissa paaluvälille 300-450 on kirjattu perustamistavasta seuraavat tiedot:

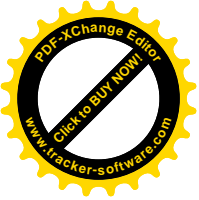
Nykyisen tiepenkereen korko notkoon tasossa +56,5...+55,5...+56,0. Tien rakennekerrosten paksuus on noin 1 metri. Itäpuolella maanpinta vaihtelee tasaisesti koroissa +55,0...+53,0...+55,0 ja länsipuolella +55,0...+53,0...+54,0.

Penkereen alla on noin 0...1,5...1,5 metrin paksuinen kuivakuorisavikerros. Pohjavedenpinnan taso sijaitsee noin korossa +54,0...+52,5...+54,0. Kuivakuoren alla sijaitsee noin 0...5...4...0 metriä paksu savikerros. Pohjamaan paksuus on noin 2...13...13...10 metriä.

Kairaukset ovat päättyneet kiveen tai kallioon koroissa +47,0...+32,0...+33,0...+33,0. Kallionpinnan arvioidaan olevan tässä korossa.

Alusrakenneluokka on Liikenneviraston Tierakenteen suunnittelu -ohjeen mukaisesti uH ja pohjamaan E-moduli 20 MPa.

Perustamistavoiksi ehdotetaan maanvaraista perustamista ja pohjanvahvistusta massanvaihdon, syvästabiloinnin tai kevennysrakenteen avulla.



1.6. Suunnitelmapiirustukset

Kohteesta on laadittu seuraavat suunnitelmapiirustukset:

- Kaivantosuunnitelma
 - o Tasokuva, pituusleikkaus ja poikkileikkaus
- Kadun poikkileikkaukset
 - o Tyypipoikkileikkaukset
 - o PL300
 - o PL350
 - o PL400
 - o PL450
- Pohjanvahvisturakenteiden pituusleikkaus

1.7. Mitoituslaskelmat

Rakenteelliset ja geotekniset mitoituslaskelmat on esitetty seuraavissa kohdissa. Geotekniset laskelmat on laadittu Eurokoodi 7 -ohjeen mukaisesti lukuunottamatta hydraulisen murtuman tarkastelua kitkamaassa.

1.8. Materiaaliparametrit

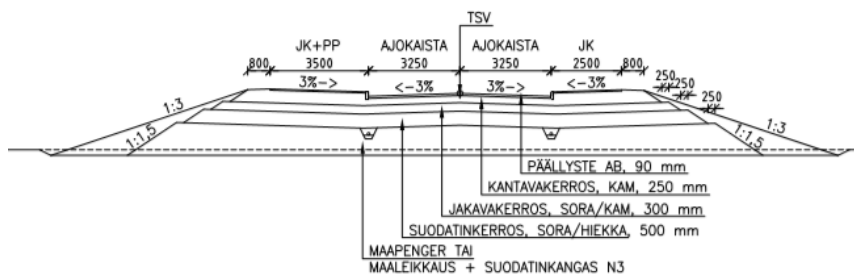
Laskennassa käytettyjen materiaalien parametrit on esitetty liitteessä 1.

2. Katurakenteen kantavuus- ja routamitoitus

Katurakenne on mitoitettu 20 vuoden vuorokausiliikenteelle 1000 ajon./vrk. Sallittu routanousema kerran 10 vuodessa on 100 mm. Alusrakenteeksi on kaikissa poikkileikkauksissa oletettu kuivakuorisavi. Vanhaa tiepengertä ei pureta pois, mutta sitä ei huomioida kantavuuden ja routanouseman laskennassa.

2.1. Keventämätön rakenne

Katurakenteen kantavuus ja routanousema on mitoitettu perustapauksessa paalulla PL300. Rakennekerrosten kokonaispaksuus on 950 mm + päällyste 90 mm. **Mitoituslaskenta oleellisine lähtötietoineen on esitetty Liitteessä 2.**

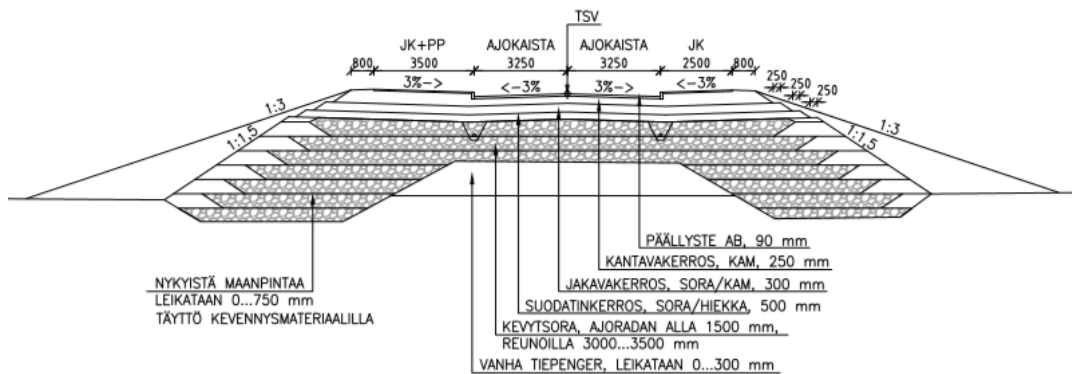


Kuva 2 Katurakenteen peruspoikkileikkaus (PL300)

2.2. Kevennetty rakenne

Pehmeikköalueella määräävin poikkileikkaus sijaitsee paalulla PL400, jossa pohjamaan painuma vaatii katurakenteen ja -penkereen keventämistä. Kevennys toteutetaan kevytsoralla. Kantavuus ja routanousema eivät ole mitoitettavia, kun rakenteen kokonaispaksuus on vähintään kohdan 2.1 mukainen. Suodatinkerroksen materiaalia voi huoletta korvata vastaavan E-moduulin omaavalla kevytsoralla. Kevytsoran päällä on oltava vähintään 700 mm kadun rakennekerroksia.

Kantavuuden mitoitukslaskenta on esitetty Liitteessä 3.



Kuva 3 Kevennetyn katurakenteen poikkileikkaus PL400



3. Keventämättömän katurakenteen painuma

Painuma on laskettu ensin kohdassa 2.1 esitetyllä peruspoikkileikkauksella paaluvälille PL300 – 450. Painumalaskennassa on käytetty tangenttimoduulimenetelmää oletukselle, että kuormat jakautuvat pohjamaahan 2:1 kaltevuudella. Tierakenteen alapuolisen savikon on oletettu kuivattuvan ylä- ja alareunastaan.

Laskennassa on huomioitu kadun keskilinjalla vanha painunut tiepenger. Maaleikkaus vähentää pohjamaan kuormitusta ja pengertäminen kasvattaa.

KATU 2002 -ohjeen mukaan painumien raja-arvot ovat seuraavat:

Kohde	Aika				Kaltevuuden muutos (%)	
	s / 5 v	F / 5 v	s / 20 v	F / 20 v	Sivu	Pituus
1. Pää- ja paikallisväylät						
-asfaltti	100	75	200	120	0.4	1.1
-raitiotie	50	50	100	75	0.3	1.0
2. Hidas- ja pihakadut						
-asfaltti	100	100	200	150	0.5	1.3
-sora	125	120	250	175	0.8	1.6
-kiveys	50	75	100	120	0.5	1.3
3. Torit						
-asfaltti	75	100	150	150	0.4	1.1
-kiveys	50	75	100	100	0.3	1.0

s = painuma, mm

F = routanousu, mm

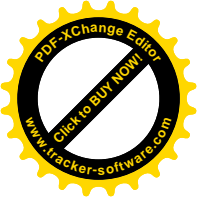
Laskennassa todettiin, että painuma oli suurimmillaan paalulla 400 (226 mm). Painuma-ajaksi arvioitiin noin 13 vuotta. Nopea painuma tarkoittaa sitä, että suurin osa painumista tapahtuu ensimmäisinä vuosina, minkä takia 5 vuodessa syntyvä painuma on rajoitettava arvoon 100 mm. Käytännössä käsinlaskennassa päädyttiin rajoittamaan kokonaispainuma arvoon 100 mm.

Lisäksi kadun reunan todettiin painuvan yli kaksinkertaisesti verrattuna kadun keskilinjaan. Tämä aiheutti todella suuren kaltevuusmuutoksen kadun poikkisuunnassa.

Sekä painuman että poikittaiskaltevuusmuutoksen raja-arvot ylittyivät reilusti. Katurakennetta päädyttiin keventämään kevytsoralla.

Keventämättömän katurakenteen painumat on laskettu liitteessä 4:

- Katulinjan painumat, yhteenveto
- PL300, PL350, PL400, PL450 kadun keskilinja
- PL400 kadun reuna



4. Kevennetyn katurakenteen painuma

4.1. Käsineläskenta

Tierakennetta kevennetään Liikenneviraston Kevennysrakenteiden suunnittelu -ohjeen mukaisesti. Päähuomio keskittyy poikkileikkaukseen PL400, jossa painumaerot olivat suurimmillaan. Tavoitteena oli rajoittaa kokonaispainuma arvoon 100 mm ja etsiä kevennysrakenne, jolla kadun reuna- ja keskilinja painuvat yhtä paljon.

Kadun reunoilla päädyttiin käyttämään paksua kevytsorarakennetta. Tämän lisäksi kuivakuorisavea oli leikattava ja korvattava kevytsoralla. Kadun keskilinjalla vanha tiepenger ja kuivakuorisavi jakoivat todella tehokkaasti kuormia suurelle alueelle, jolloin keskilinjalla riitti ohuempi kevennysrakenne.

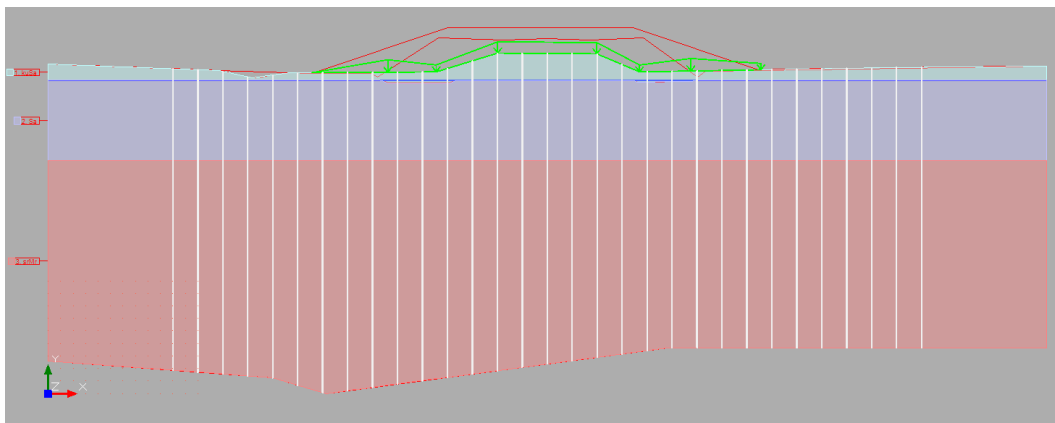
Kevennetyn rakenteen painumat laskettiin uudelleen käsin kohdan 3. mukaisesti. Tuloksissa katurakenne painui tasaisesti ja suurin kokonaispainuman arvo 79 mm esiintyi kadun keskilinjalla paalulla 400.

Keventämättömän katurakenteen painumat on laskettu liitteessä 5:

- Katulinjan painumat ja kaltevuusmuutokset, yhteenveto
- PL300, PL350, PL400, PL450 kadun keskilinja, PL400 painuma 79 mm.
- PL400 kadun reuna (luiskan yläreuna), painuma 63 mm.

4.2. Geocalc-laskenta, PL400

Katurakenteen poikkileikkauksen painuma tarkastettiin lisäksi Geocalc-ohjelmalla. Ohjelmaan mallinnettiin olemassa oleva maanpinta ja kevennetyn penkereen aiheuttama kuormalisäys. Tulokset noudattelivat todella tarkasti käsinlaskennalla saatuja painuma-arvoja. Painuma-aika oli ohjelmistolaskennassa sen sijaan noin 20 vuotta, minkä jälkeen painuma on hyvin vähäistä.



Load Id: 2 Load Type: (21) Arbitrary strip load

X [m]	EFFECT LEVEL [m]	INTENSITY [kN/m ²]	EFFECT POINT	SUB LOADS
21,130	25,630	0,000	No	20
27,220	25,670	20,000	Yes	20
31,100	25,700	11,000	No	20
36,030	27,200	18,000	No	20
43,970	27,140	18,000	No	20
47,400	25,700	11,000	No	20
51,510	25,770	20,000	No	20
57,130	25,870	10,000	No	20

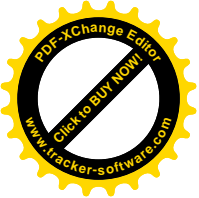
Kuva 4 Kadun poikkileikkaus ja laskentapisteeet, uusi pengerrus on mallinnettu kuorman (vihreä murtoviiva).

Kokonaispainumat olivat seuraavat:

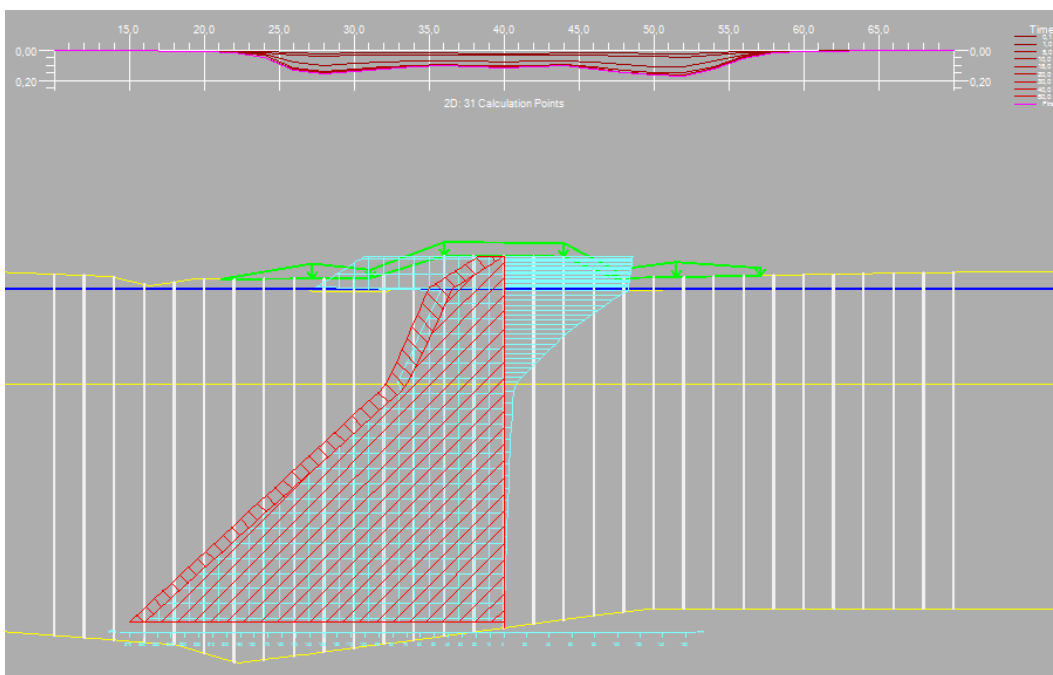
- PL400 kadun keskilinja, painuma 113 mm.
- PL400 kadun reuna (luiskan yläreuna), painuma 121 mm
- PL400, 12 metriä kadun keskilinjasta molemmin puolin, luiskan keskikohta 154 mm ja 168 mm
- Kadun poikittaiset kaltevuusmuutokset ovat hyvin pieniä. Luiskissa painuma on suurimmillaan.

5 vuoden kuluessa tapahtuvat painumat ovat:

- PL400 kadun keskilinja, painuma 75 mm.
- PL400 kadun reuna (luiskan yläreuna), painuma 76 mm
- PL400, 12 metriä kadun keskilinjasta molemmin puolin, luiskan keskikohta 101 mm ja 108 mm



Geocalc-laskennassa todettiin suurimpien painumien syntyvän katupenkereen luiskissa, joiden alla ei ole vanhaa tiepengertä jakamassa kuormalisäystä pohjamaalle.

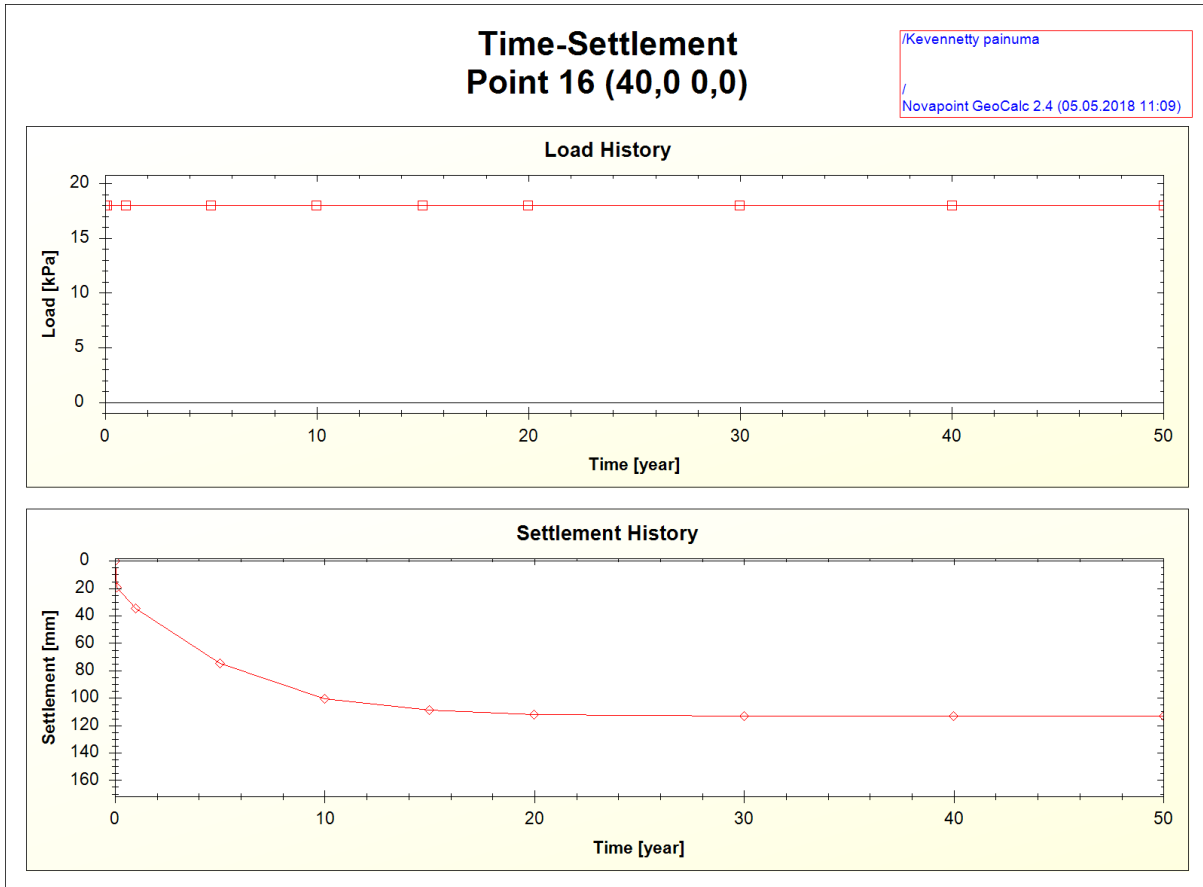
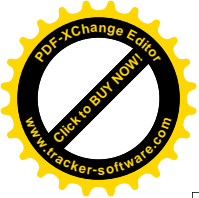


Kuva 5 Painumajakauma maakerroksissa kadun keskilinjalla

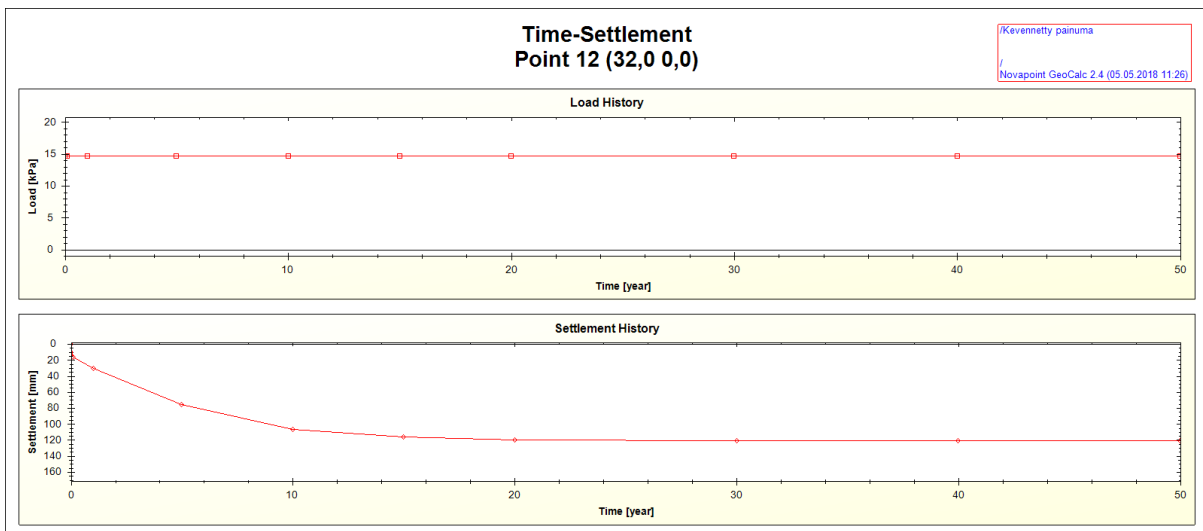
Id	Color	Soil layer	Material model	Consolidation pressure	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	σ_c	OCR	POP
1	...	kuSa	Ohde-Janbu	Pre Overburden pressure (POP)	17,000	17,000			100,00
2	...	Sa	Ohde-Janbu	Pre Overburden pressure (POP)	15,100	15,100			8,00
3	...	srMr	Ohde-Janbu	Normally consolidated	22,000	22,000			

m1	β_1	m2	β_2	m1 bound to σ_c	σ_c oedo	Cc	e0	Cr	w [%]	M0	ML	M'	$\alpha_L - \sigma_c$	Cv NC	Cv OC	k	k0	a	Permeable horizontally
20,00	0,50	100,00	1,00	no	0,00									100,00000	100,00000				yes
9,40	0,00	43,00	1,00	no	0,00									1,60000	1,60000				no
200,00	0,50			no	0,00									0,00000					yes

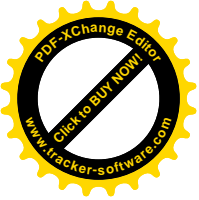
Kuva 6 Pohjamaan painumalaskennassa käytetyt parametrit.



Kuva 7 Kadun keskilinan painuma, kokonaispainuma 113 mm



Kuva 8 Kadun reunan painuma, kokonaispainuma 121 mm



5. Kevennetyn katurakenteen stabiliteetti

Kevennetyn uuden penkereen stabiliteetti on laskettu Geocalcilla poikkileikkauksissa PL400 ja PL350. Vanhan tiepenkereen rakennekerroksia on hyödynnetty liukupintojen leikkauslujuuden laskemisessa. Koko tiepenkereen päällä vaikuttaa 10 kPa liikenteen pintakuorma. Kevennetyn materiaaliparametrit perustuvat Liikenneviraston ohjeeseen Kevennysrakenteiden suunnittelu.

Laskenta on laskettu ensin kokonaisvarmuusmenetelmällä käyttäen parametrien ominaisarvoja. Tällöin tavoitellaan vähintään varmuutta 1,8 (kestävyys/rasituksella).

Tämän jälkeen laskenta on tehty uudelleen Eurokoodi 7:n mukaisesti DA3-mitotustavalla. DA3:ssa varmuus kohdistetaan laskentaparametrien kautta maan leikkauslujuuteen sekä kuorman osavarmuuskertoimella liikennekuorman. Varmuudeksi tavoitellaan vähintään 1,0 arvoa.

Stabiliteettilaskennan menetelmänä on käytetty Bishop's Simplified -menetelmää, joka etsii määrävimmät ympyräliukupinnat.

Id	Color	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	Δc [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ru_q	ru'
1	..	Penger	20,00	20,00	0,00	30,40			Independent on depth			
2	..	Kevenne	4,00	8,00	0,00	29,60			Independent on depth			
3	..	Vanharak	20,00	20,00	0,00	30,40			Independent on depth			
4	..	kuSa	17,00	17,00	35,70	0,00	0,00	0,00	Dependent on layer depth			
5	..	Sa	15,10	15,00	9,70	0,00	0,40	0,00	Dependent on depth (GL)			
6	..	srMr	22,00	22,00	0,00	32,00			Independent on depth			

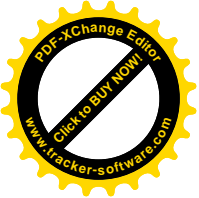
Kuva 9 Kokonaisvarmuusmenetelmän parametrit, liikennekuorman osavarmuus 1,00; kuorma $q_k=10$ kPa

Maaparametri	Merkintä	Sarja	
		M1	M2
Leikkauskestävyysskulma ^a	γ_w	1,0	1,25
Tehokas koheesio	γ_c	1,0	1,25
Suljettu leikkauslujuus	γ_{cu}	1,0	1,4
Yksiakiaalinen puristuskoe	γ_{qu}	1,0	1,4
Tilavuuspaino	γ	1,0	1,0

Kuva 10 DA3-menetelmän osavarmuuskertoimet

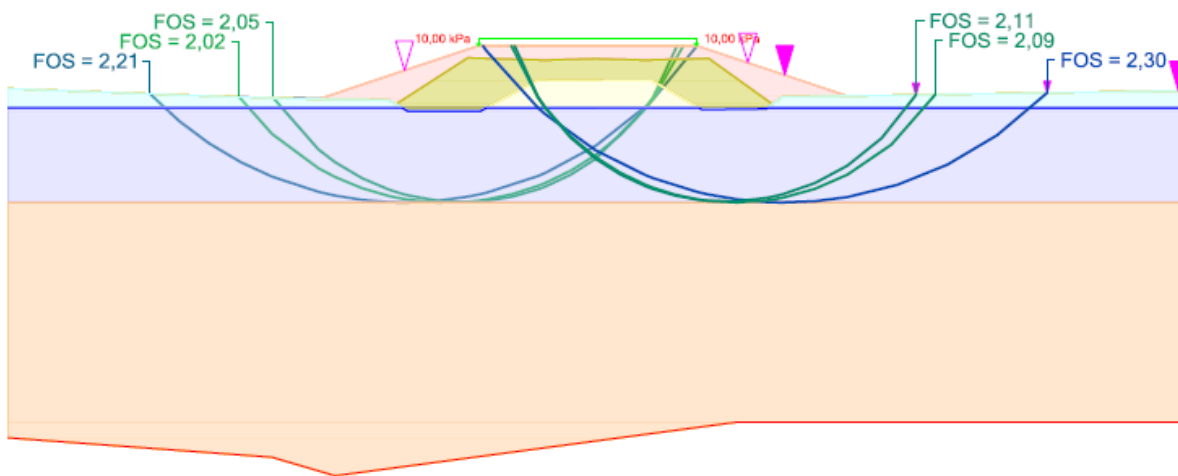
Id	Color	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	Δc [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ru_q	ru'
1	..	Penger	20,00	20,00	0,00	38,00			Independent on depth			
2	..	Kevenne	4,00	8,00	0,00	37,00			Independent on depth			
3	..	Vanharak	20,00	20,00	0,00	38,00			Independent on depth			
4	..	kuSa	17,00	17,00	50,00	0,00	0,00	0,00	Dependent on layer depth			
5	..	Sa	15,10	15,00	13,60	0,00	0,60	0,00	Dependent on depth (GL)			
6	..	srMr	22,00	22,00	0,00	40,00			Independent on depth			

Kuva 11 DA3-menetelmän parametrit, liikennekuorman osavarmuus 1,15; kuorma $q_k=10$ kPa



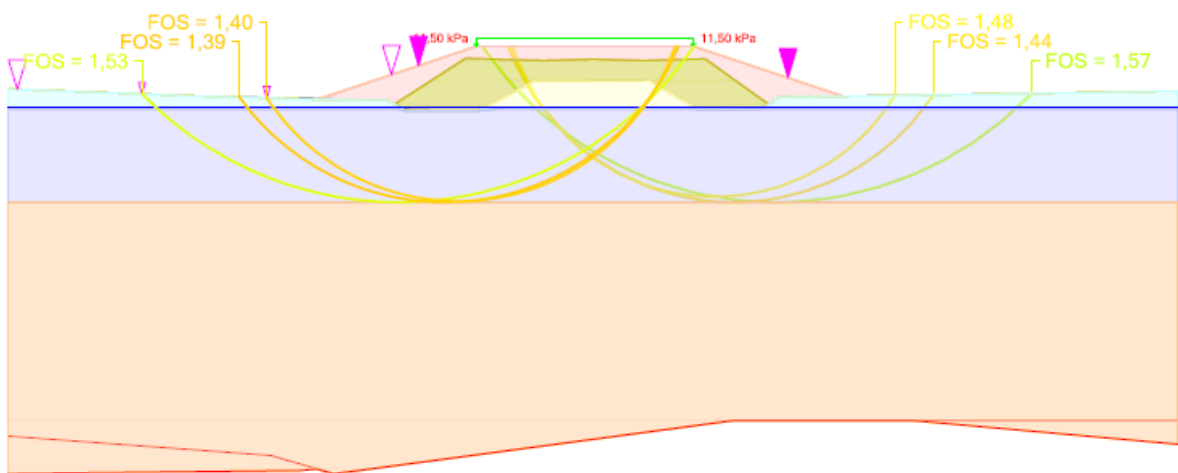
PL400: Kokonaisvarmuusmenetelmä, FOS > 1,8

2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 2,09



PL400: DA3, ODF > 1,0

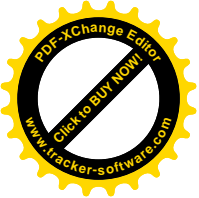
2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,39



TULOS: Pienin liukipinnan varmuus ODF = 1,39

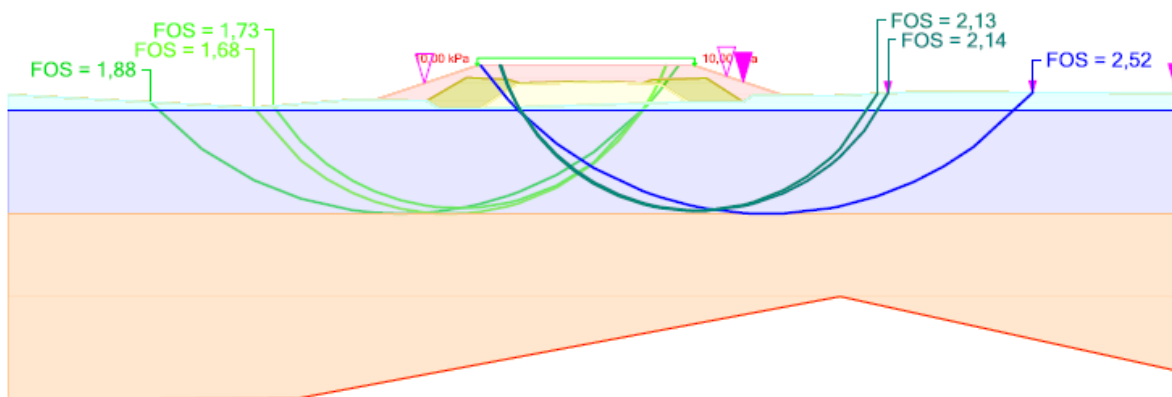
Rakenteen stabiliteetti on riittävä.

Stabiliteetti kasvaa, kun pysyvän penkereen aiheuttama huokosveden ylipaine on tasaantunut.



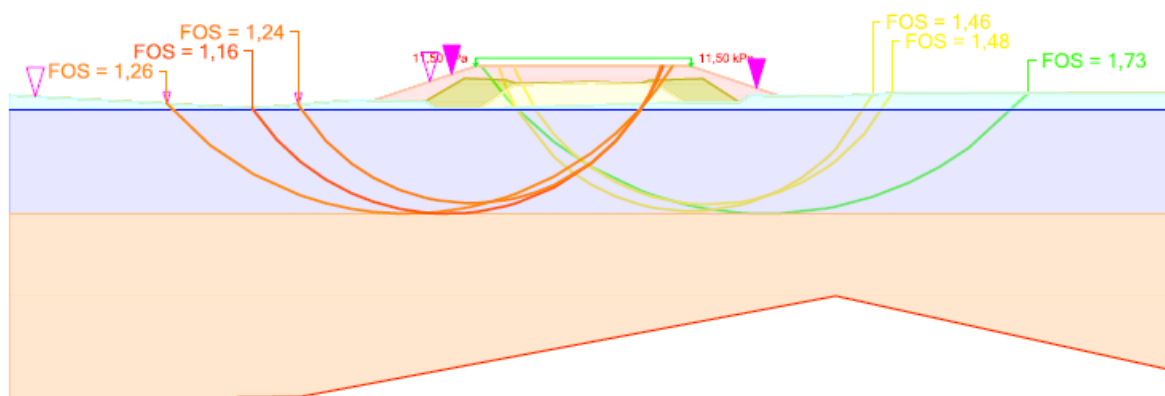
PL350: Kokonaisvarmuusmenetelmä, FOS > 1,8

2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 2,13



PL350: DA3, ODF > 1,0

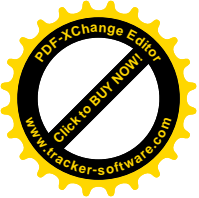
2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,16



TULOS: Pienin liukipinnan varmuus ODF = 1,26

Rakenteen stabiliteetti on riittävä.

Stabiliteetti kasvaa, kun pysyvän penkereen aiheuttama huokosveden ylipaine on tasaantunut.



6. Tuettu putkijohtokaivanto

6.1. Toimeksianto

Määritetään putkijohtokaivannon tukiseinärakenne ja sen varmuus murtoa ja sortumaa vastaan. Tukiseinätyyppi on kahdelta tasolta tuettu teräsponttiseinä, jota rasittaa seinän takana olevien maakerrosten maanpaine, vedenpaine sekä liikennekuorman aiheuttama maanpaine.

Tukiseinä sijaitsee savikolla. Pontin alapää lyödään pohjamoreeniin. Savessa tapahtuvan hitaan vaakasuuntaisen kokoonpuristuman takia tukirakennetta on tarkasteltava seuraavilla kuormitusajan olettamuksilla:

- Väliaikaisena tukiseinä
- Pysyvänä tukiseinä, mikäli rakennushanke viivästyy







6.2. Rakennuspaikka ja sallitut muodonmuutokset pohjamaassa

Rakennuskohteen ympärillä ei sijaitse olemassa olevia rakennuksia tai perustuksia. Tukiseinärakenteelle **sallitaan enintään 100 mm vaakasuuntainen siirtymä** koko rakennushankkeen aikana. Tähän siirtymään lasketaan mukaan sekä ankkuripalkin taipuma, että seinän oma taipuma. Takana olevan maanpinnan painumalle ei ole annettu raja-arvoa.

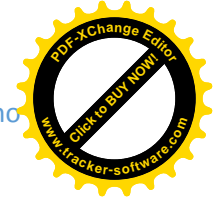
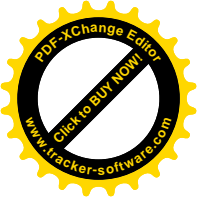
6.3. Pohjamaa ja maaparametrit

Pohjamaa muodostuu 0,5 metriä paksusta kuivakuorisavesta, jonka alla on 4 metriä paksu savikko. Tämän alla on noin 5,5 metriä paksu hiekka tai sorakerros ja pohjalla on 5 metriä paksu tiivis soramoreenikerros. Tukiseinän takana pohjaveden pinta oletetaan maanpinnan tasoon. puolella pohjaveden pinta sijaitsee kaivannon pohjan tasolla.

Kohteella on tehty pohjatutkimuksia, joiden perusteella maakerrosrajat ja maaparametrit ovat tiedossa. Savikerrokselle on tehty siipikairaus, jolla on määritetty saven suljettu leikkauslujuus, joka kasvaa lineaarisesti syvyyden suhteen. Tämä tarkoittaa, että myös savikerroksen jäykkyys kasvaa syvyyden suhteen, mutta tätä jäykkyyden lisääntymistä ei laskennassa ole huomioitu.

Id	Color	Layer Name	h [m]	γ [kN/...]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]
1.	 ...	Täyttö	2	19	30	0	0
2.	 ...	Savi1	1	16	22	10	1
3.	 ...	Savi2	2	16	22	10	1
4.	 ...	Savi3	2	16	22	10	1
5.	 ...	Savi4	2	16	22	10	1
6.	 ...	Moreeni	3	21	38	10	0

Maaparametreille ei käytetä osavarmuuskertoimia, koska lasketaan käyttörajatilan muodonmuutoksia. Geoteknisen kestävyuden mitoitusmenetelmä on DA2.



Täyttö ja moreenikerrosten jäykkyyttä kuvaavat moduliluvut (m) ja jännitysekspONENTIT (n) on arvioitu kokemusperäisten taulukkoarvojen perusteella. Savikerroksen puolivälin tasossa vaikuttava moduliluku (m) arvioidaan kokemusperäisesti suljetun leikkauslujuuden arvoilla.

Lyhytaikainen kaivanto

$$M_{savi} = 150 * S_u$$

$$n_{savi} = \beta = 1$$

$$m_{savi} = M_{savi} / 100 = 1,5 * S_u$$

Pitkäaikainen kaivanto

$$M_{savi} = 50 * S_u$$

$$n_{savi} = \beta = 1$$

$$m_{savi} = M_{savi} / 100 = 0,5 * S_u$$

JännitysekspONENTTI (k) vaikuttaa maanjäykkyyden suuruuteen kaivannon puolella. Sen arvona käytetään 0,50 kaikissa kaivannon maakerroksissa, mikä huomioi kaivannon pohjan häiriintymisen työn aikana. Tämä arvo johtaa varman puolella olevaan tukiseinän mitoitukseen, sillä luonnontilainen kaivettu savileikkaus on yleensä häiriintymätön ($k=1,0$). Pohjamoreeni, johon tukiseinän alapää ankkuroituu, on koskematton, jolloin $k=1$.

Laskentaparametrit on esitetty tukiseinän tulosteissa.

6.4. Laskentamenetelmä

Maanpaine lasketaan Coulumbin teorialla. Tukiseinän siirtymä ja rasitukset määritetään maakerrosten modulilukuihin perustuvalla MCM-menetelmällä.

6.5. Ponttiseinä

Tukiseinä rakennetaan yleisesti käytössä olevista Larssen 604n-teräsponteista, joiden teräslujuus on S240. Kaivannon syvyys olevasta maanpinnasta on 5,5 metriä ja ponttiseinän upotussyvyys 11,5 metriä. Teräsponttiseinän rakenteelliset mitoituskestävyydet ja rasitukset on laskettu jäljempänä.

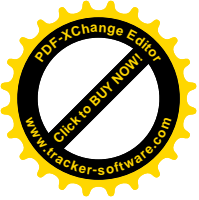
Vähintään joka toinen ponttisauma pistehitsataan leikkaukestäväksi. Hitsaamattoman ponttiseinän taivutuskestävyys on noin puolet näissä laskelmissa mitoitettun seinän taivutuskestävyydestä.

Seinäkitkan kertoimeksi on oletettu 0,2 seinän molemmin puolin.

6.6. Tukitasot

Tukiseinä pöngätään sisäpuolelta kaivannon vastakkaiseen tukiseinään. Tukitasoja on kaksi (-1.5 m ja -4.0 m). Laskennassa on huomioitu 0,4 metrin ylikaisu ennen tukitason asentamista.

Laskelmissa pönkäjaoksi on annettu 4,0 metriä, mutta rakennesuunnittelijan on mitoitettava puristussauva erikseen tämän raportin lopussa esitetylle tukitasolla vaikuttavalle metrikuormalle. Rakennesuunnittelijan tehtävä on määrittää lopullinen tukijako ja tukipalkki. Tyypillisesti seinään hitsattava vaakatasoinen tukipalkki on esimerkiksi HEB300 S355.



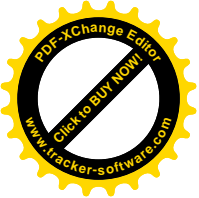
Rakennelaskelmissa on huomioitava myös tukipalkin taipuman vaikutus seinän siirtymiin, minkä takia tukipalkki mitoitetaan yleensä käytännössä taipumattomaksi. Rakennesuunnittelijan tehtävä on varmistaa mitoituksessaan, onko tukipalkki jatkuva vai yksiaukkoinen rakenne ja tämän vaikutus palkin taipumaan ja pönkäsauvojen tukivoimiin. Tukiseinäpontin suurin vaakasiirtymä on esitetty raportin lopussa.

Tässä laskennassa pönkäsauvaksi on oletettu rakenneteräksinen putkiprofiili 323/8, jonka poikkileikkauksarvoja on käytetty seinän siirtymän laskennassa. Todellisuudessa pönkäsauvan kokoonpuristuma on verrattain pieni, sillä profiili mitoittaa yleensä puristusnurjahduskestävyys, ei poikkileikkauksen puristumurtokestävyys. Rakennesuunnittelija varmistaa pönkätukipalkin nurjahduskestävyyden huomioiden palkkiin ripustettu lisäkuorma tai koneen töytäisy 5 kN.

6.7. Liikennekuorma

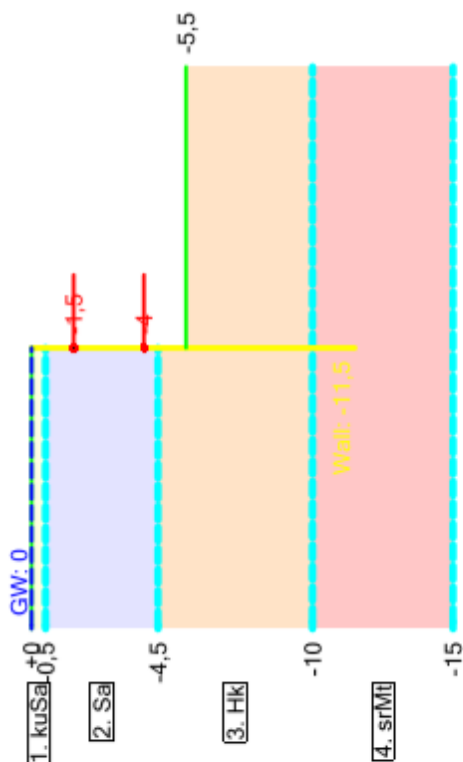
Kaivannon päällä vaikuttaa liikennekuorma 10,0 kN/m².

Maanpinnan kaltevuus kaivannon päällä on vaakatasossa.



6.8. Lyhytaikainen kuormitus

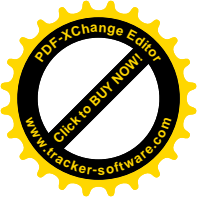
6.10a: Pysyvät kuormat



Wall Type	Sheetpile
Name	Larssen 604 n
Manufacturer	ThyssenKrupp
Cross Section Area [m ²]	0,01567
Calculation Width [m]	1
Inertia Modulus [m ⁴]	0,000304
Section Modulus [m ³]	0,0016
Elastic Modulus [kPa]	210000000
Flexural Stiffness [kNm ²]	63840
Axial Stiffness [kNm ² /m ²]	3290700
Length of Wall [m]	11,5

Name	A [mm ²]	L [m]	α [°]	h [m]	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig [m]	Horizontal distribution [m]
T1	7800	2,6	180	1,5	0	210000000	0,4	4
T2	7800	2,6	180	4	0	210000000	0,4	4

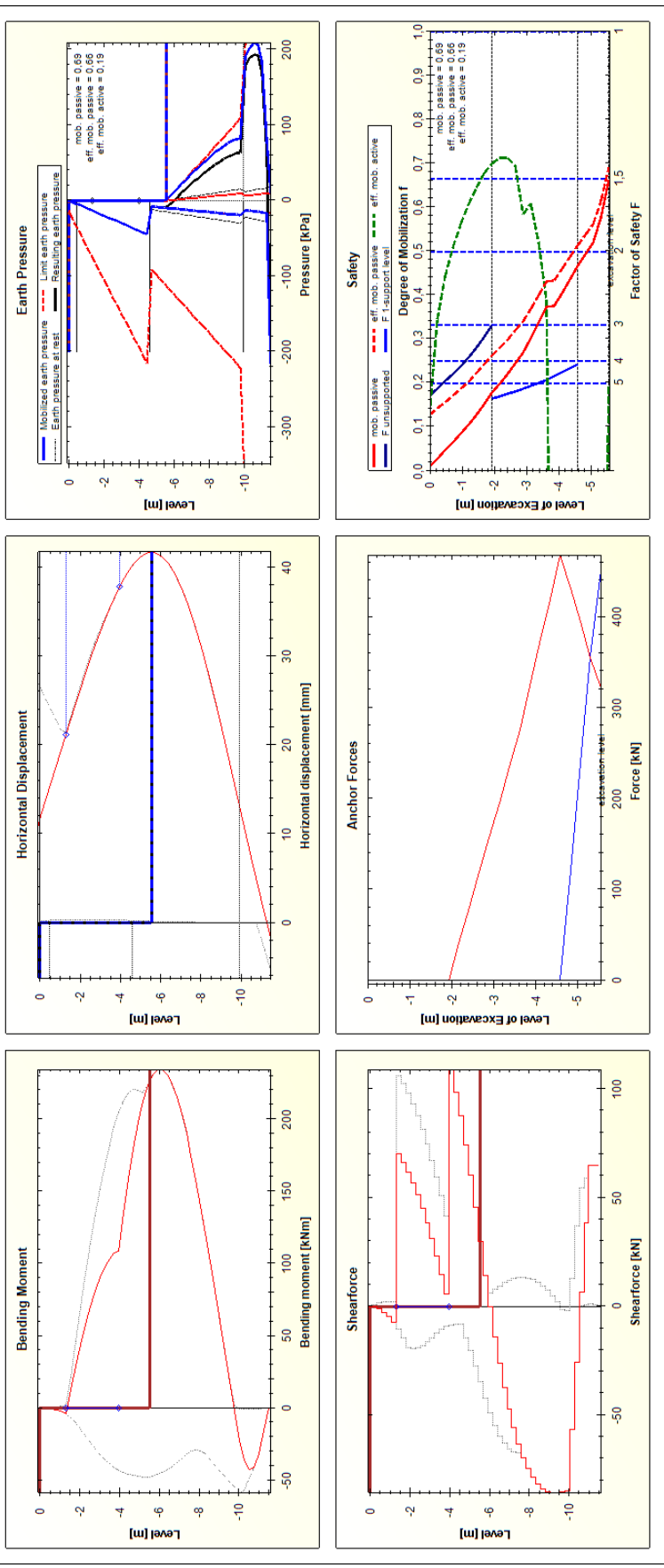
Id	Layer Name	z [m]	h [m]	γ [kN/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]	Ko Model	Ko	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model	δya	δyp	ξ50a	ξ50p	m	n	k
1.	kuSa	0	0,5	17	25	4	0	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					75	10,5	10,5
2.	Sa	-0,5	4	15,1	25	4	0,6	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					20,4	10,5	10,5
3.	Hk	-4,5	5,5	17,1	30	0	0	Jaky	0,5	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM					150	0,5	0,5
4.	srMt	-10	5	22	40	0	0	Jaky	0,36	Coulomb	0,21	6,35	Drained	MCM					1200	0,5	1

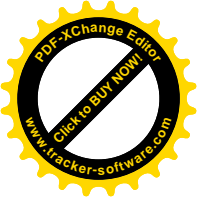


Laskentatulosteet

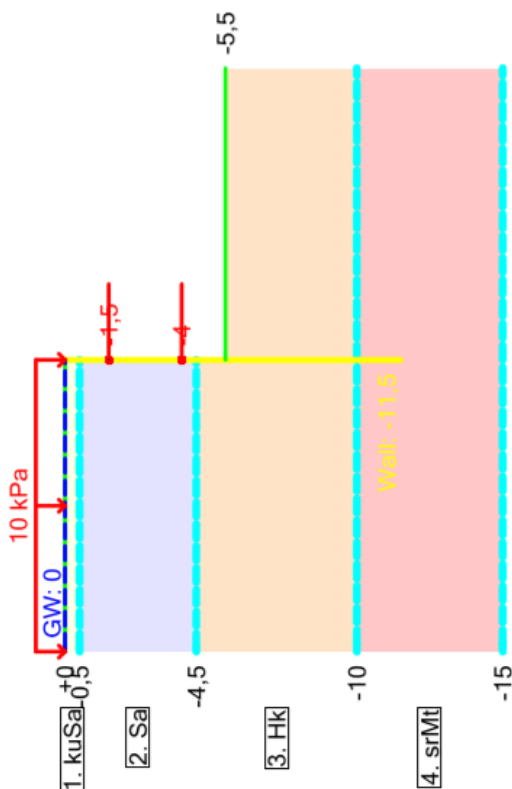
Calculation Graphs Excavation Level -5,57 m

Tukkeina PL450
NovapointGeoCalc.3.1.030.03.2019.19.30





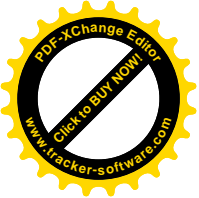
6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat



Wall Type	Sheetpile
Name	Larsen 604 n
Manufacturer	ThyssenKrupp
Cross Section Area [m ²]	0,01567
Calculation Width [m]	1
Inertia Modulus [m ⁴]	0,000304
Section Modulus [m ³]	0,0016
Elastic Modulus [kPa]	210000000
Flexural Stiffness [kNm ²]	63840
Axial Stiffness [kNm ² /m ²]	3290700
Length of Wall [m]	11,5

Name	A [mm ²]	L [m]	α [°]	h [m]	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig [m]	Horizontal distribution [m]
T1	7800	2,6	180	1,5	0	210000000	0,4	4
T2	7800	2,6	180	4	0	210000000	0,4	4

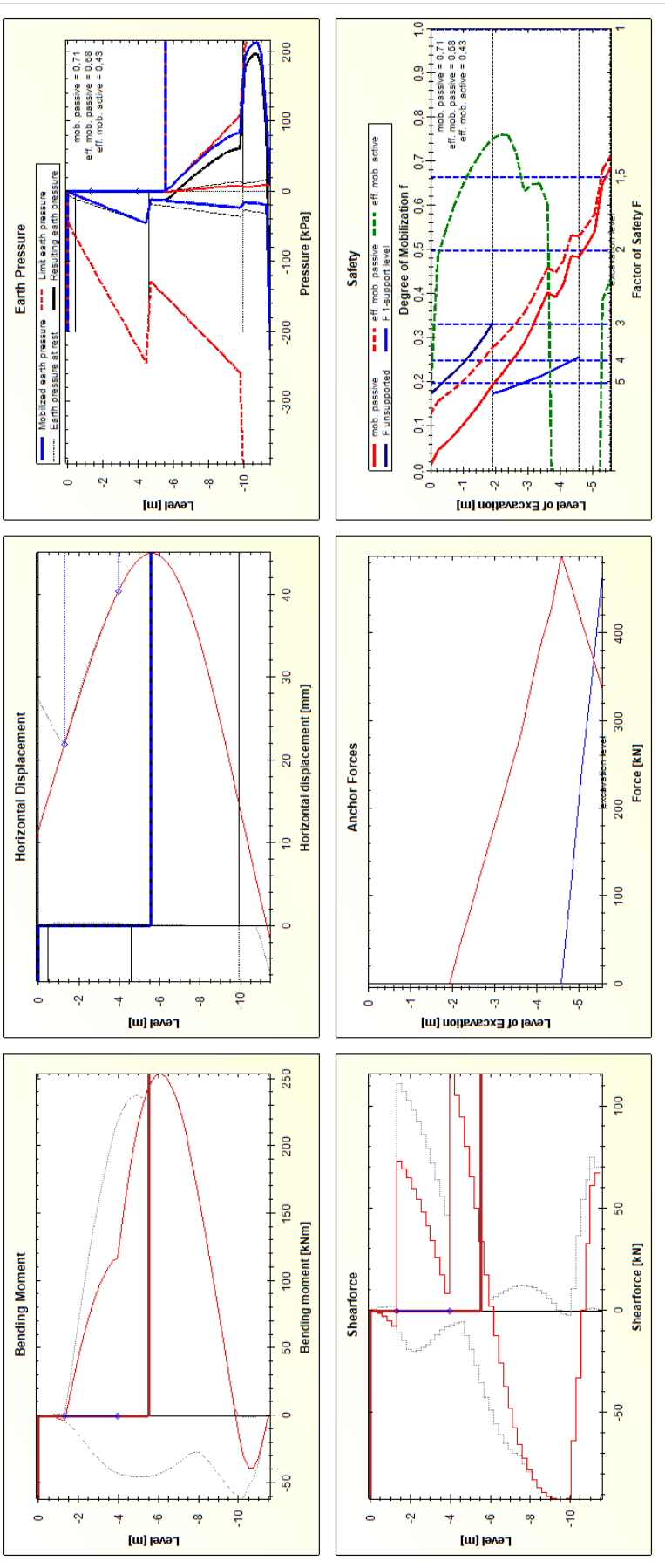
Id	Layer Name	z [m]	h [m]	γ [kN/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]	Ko Model	Ko	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model	δya	δyp	ξ50a	ξ50p	m	n	k
1.	kuSa	0	0,5	17	25	4	0	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					75	10,5	10,5
2.	Sa	-0,5	4	15,1	25	4	0,6	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					20,4	10,5	10,5
3.	Hk	-4,5	5,5	17,1	30	0	0	Jaky	0,5	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM					150	0,5	0,5
4.	srMt	-10	5	22	40	0	0	Jaky	0,36	Coulomb	0,21	6,35	Drained	MCM					1200	0,5	1

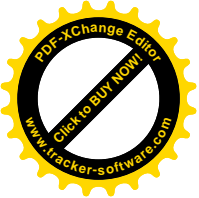


Laskentatulosteet

Calculation Graphs Excavation Level -5,57 m

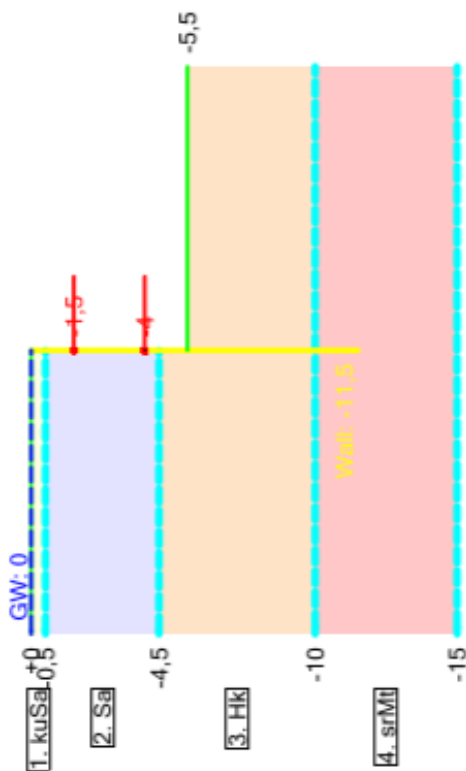
/tikuseina FL450
Novapoint GeoCalc3.1 (30.03.2018 19:29)





6.9. Pitkäaikainen kuormitus

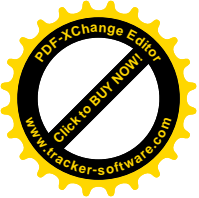
6.10a: Pysyvät kuormat



Wall Type	Sheetpile
Name	Larsen 604 n
Manufacturer	ThyssenKrupp
Cross Section Area [m ²]	0,01567
Calculation Width [m]	1
Inertia Modulus [m ⁴]	0,000304
Section Modulus [m ³]	0,0016
Elastic Modulus [kPa]	210000000
Flexural Stiffness [kNm ²]	63840
Axial Stiffness [kNm ² /m ²]	3290700
Length of Wall [m]	11,5

Name	A [mm ²]	L [m]	α [°]	h [m]	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig [m]	Horizontal distribution [m]
T1	7800	2,6	180	1,5	0	210000000	0,4	4
T2	7800	2,6	180	4	0	210000000	0,4	4

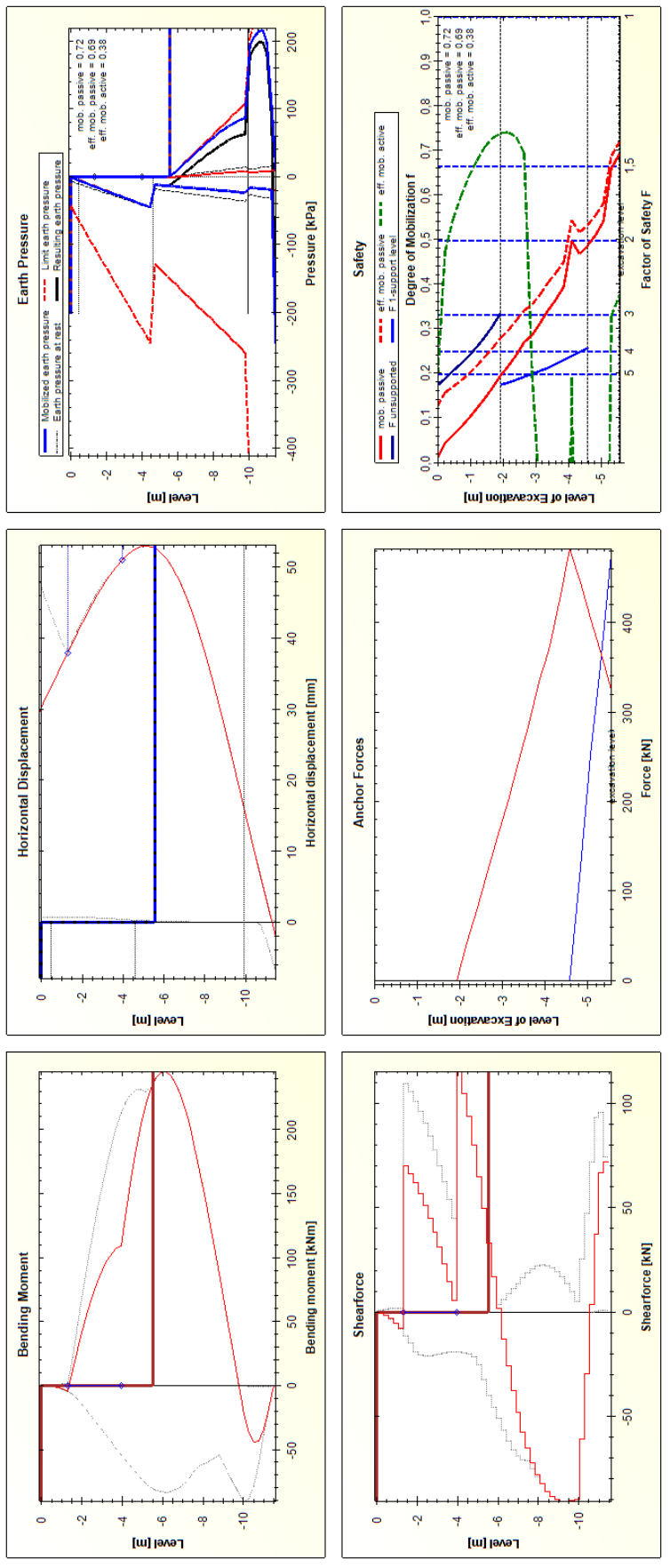
Id	Layer Name	z [m]	h [m]	γ [kN/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]	Ko Model	Ko	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model	δ _{ya}	δ _{yp}	ξ _{50a}	ξ _{50p}	m	n	k
1.	kuSa	0	0,5	17	25	4	0	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					25	10,5	10,5
2.	Sa	-0,5	4	15,1	25	4	0,6	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					7	10,5	10,5
3.	Hk	-4,5	5,5	17,1	30	0	0	Jaky	0,5	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM					150	0,5	0,5
4.	srMt	-10	5	22	40	0	0	Jaky	0,36	Coulomb	0,21	6,35	Drained	MCM					1200	0,5	1

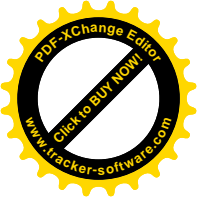


Laskentatulosteet

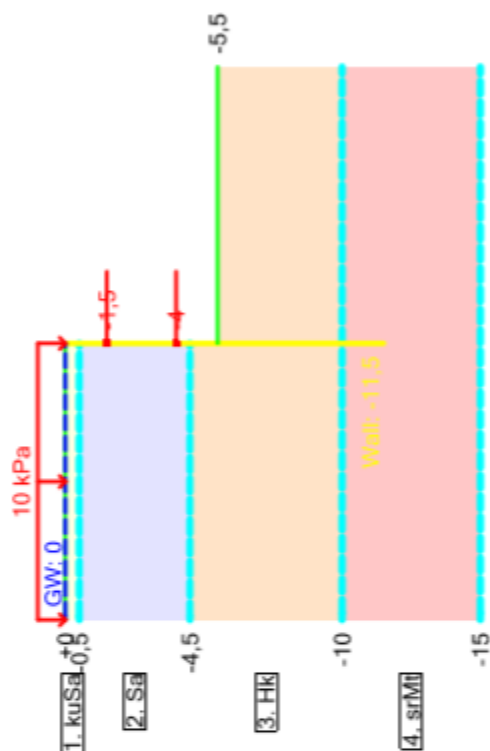
Calculation Graphs Excavation Level -5,57 m

/Tukiseina PL450
NovapointGepCalc3.1 (30.03.2018 19:34)





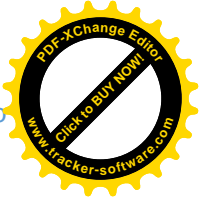
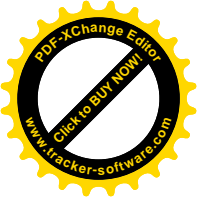
6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat



Wall Type	Sheetpile
Name	Larsen 604 n
Manufacturer	ThyssenKrupp
Cross Section Area [m ²]	0,01567
Calculation Width [m]	1
Inertia Modulus [m ⁴]	0,000304
Section Modulus [m ³]	0,0016
Elastic Modulus [kPa]	210000000
Flexural Stiffness [kNm ²]	63840
Axial Stiffness [kNm ² /m ²]	3290700
Length of Wall [m]	11,5

Name	A [mm ²]	L [m]	α [°]	h [m]	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig [m]	Horizontal distribution [m]
T1	7800	2,6	180	1,5	0	210000000	0,4	4
T2	7800	2,6	180	4	0	210000000	0,4	4

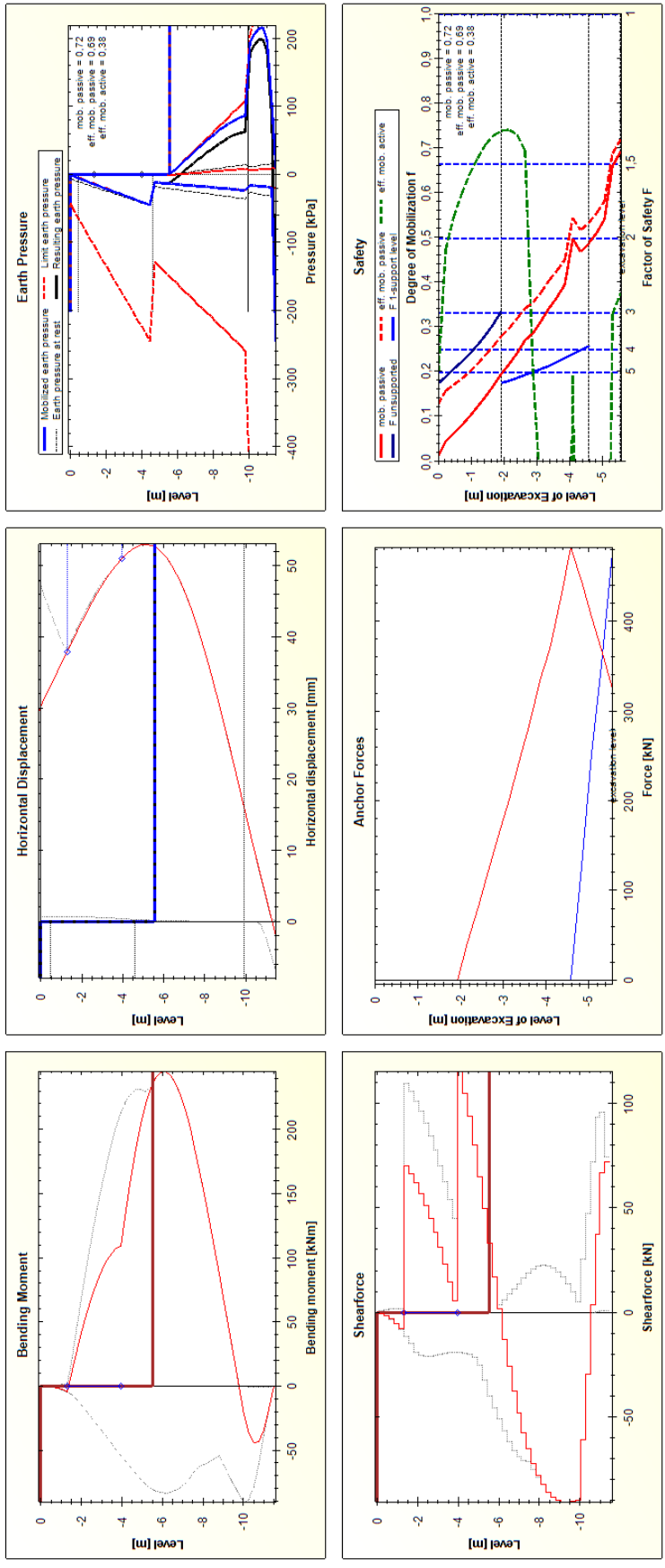
Id	Layer Name	z [m]	h [m]	γ [kN/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]	Ko Model	Ko	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model	δ _{yp}	ξ _{50a}	ξ _{50p}	m	n	k
1.	kuSa	0	0,5	17	25	4	0	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM				25	10,5	10,5
2.	Sa	-0,5	4	15,1	25	4	0,6	Jaky	0,58	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM				7	10,5	10,5
3.	Hk	-4,5	5,5	17,1	30	0	0	Jaky	0,5	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM				150	0,5	0,5
4.	srMt	-10	5	22	40	0	0	Jaky	0,36	Coulomb	0,21	6,35	Drained	MCM				1200	0,5	1

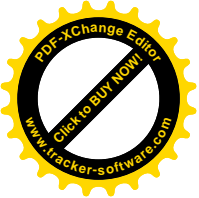


Laskentatulosteet

Calculation Graphs Excavation Level -5,57 m

TUKISEINÄ PL450
NovapointGeoCalc 3.1 (20.03.2018 19:34)





6.10. Tukiseinän rasiukset ja käyttöaste

Kuormien ja taipumien laskenta tehty teräsponsilla Larssen 604n

 $M_{k,max}$ = Ponttiseinän suurin taivutusmomentti, KRT $V_{k,max}$ = Ponttiseinän suurin leikkausrasitus, KRT T_{kmax} = Suurin ankkurivoima, KRT γ_{GA} = 1,35 Osavarmuus G 6.10a γ_{GB} = 1,25 Osavarmuus G 6.10b γ_{QB} = 1,5 Osavarmuus Q 6.10b γ_M = 1,15 Kuorman mallikerroin KK = 4 m ankkurijako

Lyhytaikainen mitoitus

KT	M_{max} [kNm]	V_{max} [kN]	$T_{1,max}$ [kN]	$T_{2,max}$ [kN]	Taipuma [mm]	
G_k	234	109	467	452	42	
G_k+Q_k	254	116	488	467	45	
Q_k	20	7	21	15		
	M_d [kNm]	V_d [kN]	$T_{1,d}$ [kN]	$T_{2,d}$ [kN]		
6.10a	G_d	316	147	630	610	
6.10b	G_d+Q_d	323	147	615	588	

Pitkäaikainen mitoitus, savikko on virunut

KT	M_k [kNm]	V_k [kN]	$T_{1,k}$ [kN]	$T_{2,k}$ [kN]	Taipuma [mm]	
G_k	214	112	443	503	47	
G_k+Q_k	245	115	482	477	53	
Q_k	31	3	39	-26		
	M_d [kNm]	V_d [kN]	$T_{1,d}$ [kN]	$T_{2,d}$ [kN]		
6.10a	G_d	289	151	598	679	
6.10b	G_d+Q_d	314	145	612	590	

Määrävimmit kuormitukset

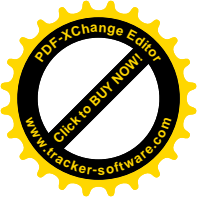
6.10a/6.10b	$M_{d,max}$ [kNm]	$V_{d,max}$ [kN]	$T_{1,d,max}$ [kN]	$T_{2,d,max}$ [kN]	Taipuma [mm]
Määräivä	323	151	630	679	53
Määr * γ_M	371	174	725	781	

Ankkuripalkin mitoitus kuormille

	Ankkuritaso T1	Ankkuritaso T2
G_k =	111 kN/m	113 kN/m
Q_k =	10 kN/m	4 kN/m
6.10a P_d =	172 kN/m	175 kN/m
6.10b P_d =	176 kN/m	169 kN/m

Ponttiseinän Larsen 304n S240 mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

M_d =	323 kNm	Pontin taivutusrasitus
M_{Rd} =	516 kNm	Pontin taivutuskestävyys, teräsosavarmuus 1,1
KA =	63 %	OK Käyttöaste
V_d =	174 kN	Pontin leikkausrasitus
V_{Rd} =	2157 kN	Pontin leikkauskestävyys, teräsosavarmuus 1,1
KA =	8 %	OK Käyttöaste

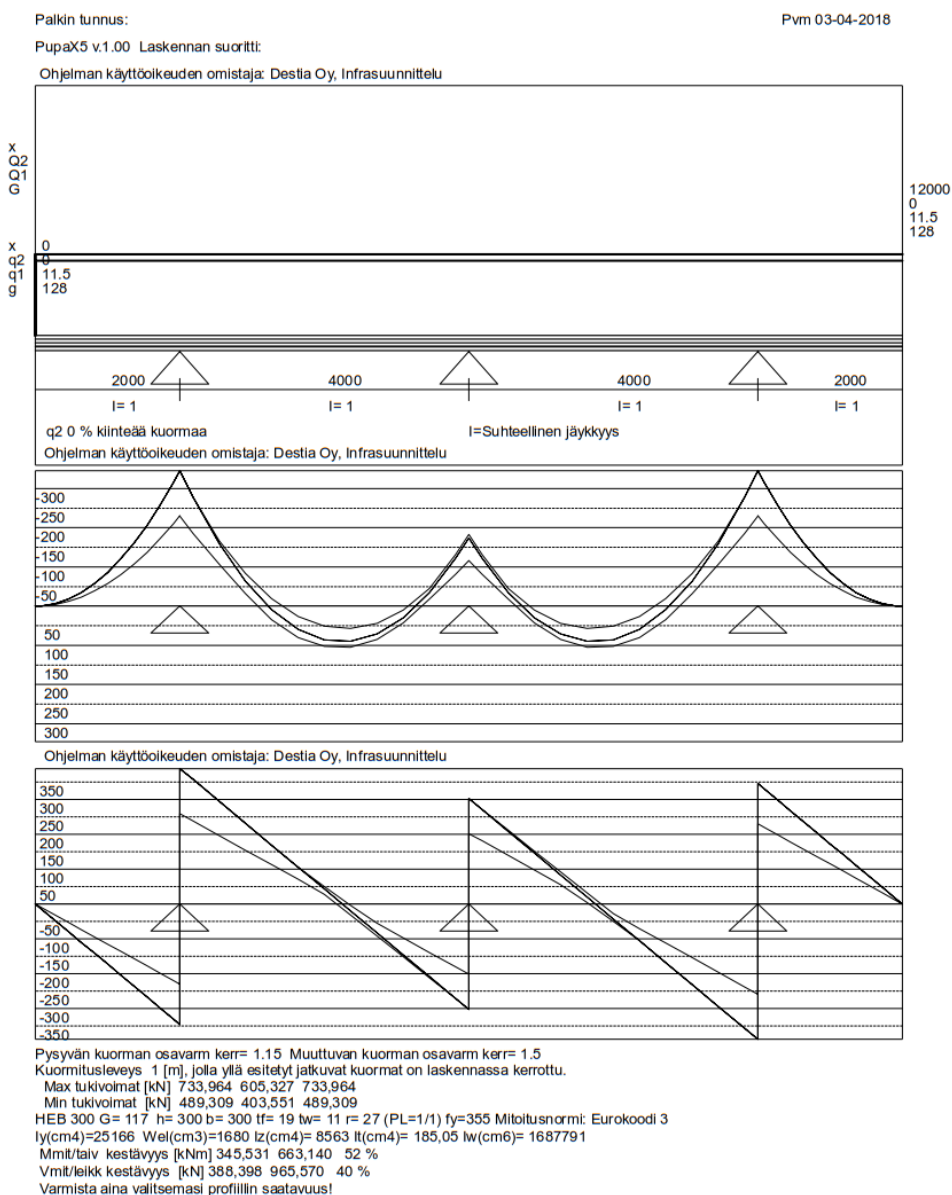


6.11. Ankkuripalkin mitoitus

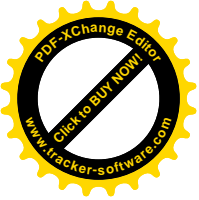
Ankkuripalkin taivutus- ja leikkauskestävyys sekä taipuma on mitoitettu Pupax-ohjelmalla. Sopiva ankkuripalkki on esimerkiksi HEB300 L=12 m, joka hitsataan ponttiseinään. Pönkäpalkit asennetaan pisteisiin 2,0 m, 6,0 m ja 10,0 m eli K4000 jaolla.

HEB300-palkin käyttöaste on 52 %. Taipuma on enintään 10 mm. Ohjelmaan on syötetty kuormien ominaisarvot kerrottuna mallikertoimella 1,15.

Huom. palkin tukiehdot ja jatkuvuus vaikuttavat oleellisesti pönkäpalkin (ankkurin) kuormiin. Geocalcin ilmoittamat ankkurivoimat eivät kuvasta todellisuutta, sillä rakennesuunnittelija määrittää ankkuripalkin rakenteen ja sitä kautta ankkurivoimat. Lisäksi ankkuritasojen taipumat vaikuttavat kuormien jakaumiin, ks. seuraava sivu.



Taipumat W_{inst}/W_{fin} (mm) / prosenttia annetuista raja-arvoista (Sall taip L/300)/L/150/
 9,8 (73%) 1,4 (11%) 1,4 (11%) 9,8 (73%)
 Kuormayhdistelmän "tavallinen" max taipumat
 9,3 (69%) 1,2 (9%) 1,2 (9%) 9,3 (69%)



6.12. Pönkäpalkin mitoitus

Pönkäpalkin 323/8 S355 mitoituksessa on huomioitu palkkiin ripustettu lisäkuorma, epäkeskeinen liitos vaakapalkkiin, putken käyryys ja lämpölaajeneminen. Palkin käyttöasteeksi on laskettu 88 %.

Pönkäpalkin 323/8 nurjahduskestävyysoitoitus on esitetty liitteessä 6.

6.13. Seinän vaakasiirtymä

Suurin vaakasiirtymä lyhytaikaisessa kaivannossa on 45 mm ja pitkäaikaisessa 53 mm. Siirtymiä voidaan pitää maltillisina.

Tukiseinänä voisi käyttää myös teräsponttia Larssen 603, joka taipuu enimmillään noin 60...70 mm.

Tämän lisäksi ylempi ankkuripalkki taipuu 10 mm. Tukiseinän todellinen siirtymä on maksimissaan 55 mm, kun oletetaan että ankkuripalkit taipuvat saman verran ja pohjamaa myötä. Mikäli pohjamaa ja alempi ankkuri eivät myöä, kiertyy tukiseinän yläpää alemman ankkuritason ympäri ja siirtymä yläreunassa voi olla jopa 20...30 mm seinän taipuman lisäksi.

Ankkuripalkkien taipuma ja palkin jatkuvuus vaikuttavat myös oleellisesti ankkurikuormien jakaumiin. Myös pohjamaan kuormitus ja mobilisoitua passiivipaine muuttuvat, kun ankkuripalkit taipuvat. Geocalcin laskenta pitää siis paikkansa vain, kun ankkuripalkit on mitoitettu lähes taipumattomiksi.

Laskennan epämääräisyyden vuoksi ankkureihin, ankkuripalkkeihin ja pohjamaan stabiliteettiin pitäisi jättää ylimääräistä käyttöastetta, koska laskentatulokset ovat erittäin herkkiä muodonmuutoksille.

6.14. Tarkastus pohjan nousemalle

Pohjan vakavuus on tarkastettu maan liukupinnan muodostumisen suhteen sekä pohjan hydraulisen murtuman nosteen (pohja savimaassa) ja huokosvedenpaineen suhteen (pohja kitkamaassa). Kitkamaan pohjan nousu on laskettu kokonaisvarmuusmenetelmällä, muut laskennat on tehty mitoitusmenetelmällä DA2*.

Koko esteen matkalla kaivannon pohja sijoittuu kuitenkin kitkamaahan.

Geocalc on laskenut liukupinnan muodostumista estävän mobilisoituvan passiivipaineen käyttöasteeksi 72 %. (pitkäaikainen mitoitus liikennekuormalla).

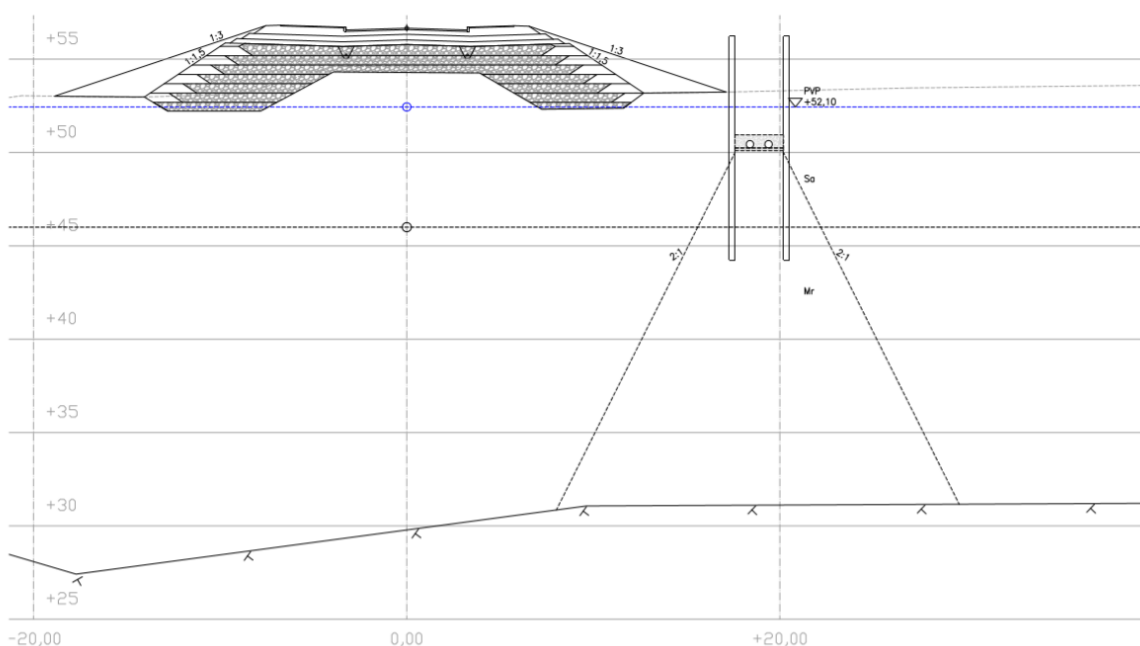
Pohjan vakavuuden laskelmat on esitetty liitteessä 7.

7. Putkijohdon perustaminen ja painuma

Putkijohdon painuma ja kaltevuusmuutokset on esitetty käsin laskemalla liitteissä 8.1, 8.2 ja 8.3.

Painumalaskennassa on huomioitu putkilinjan ympärystyistöistä aiheutuva pohjamaan jännityslisäys, jossa on huomioitu poiskaivetun pohjamaan keventävä vaikutus. Lisäksi putkijohtolinjaa kuormittaa viereisen katupenkereen kuormituslisäys, jonka aiheuttama pohjamaan kokonaispainuma johtolinjan kohdalla on laskettu Geocalc-ohjelmalla. Todellisuudessa putkilinjan osalta kiinnostaa kuitenkin vain putken perustamistason alapuolisissa maakerroksissa tapahtuvat painumat.

Putkilinjan alus- ja ympärystyttöjen kokonaisleveys on 2,6 m ja korkeus (0,15+0,40+0,30) metriä.

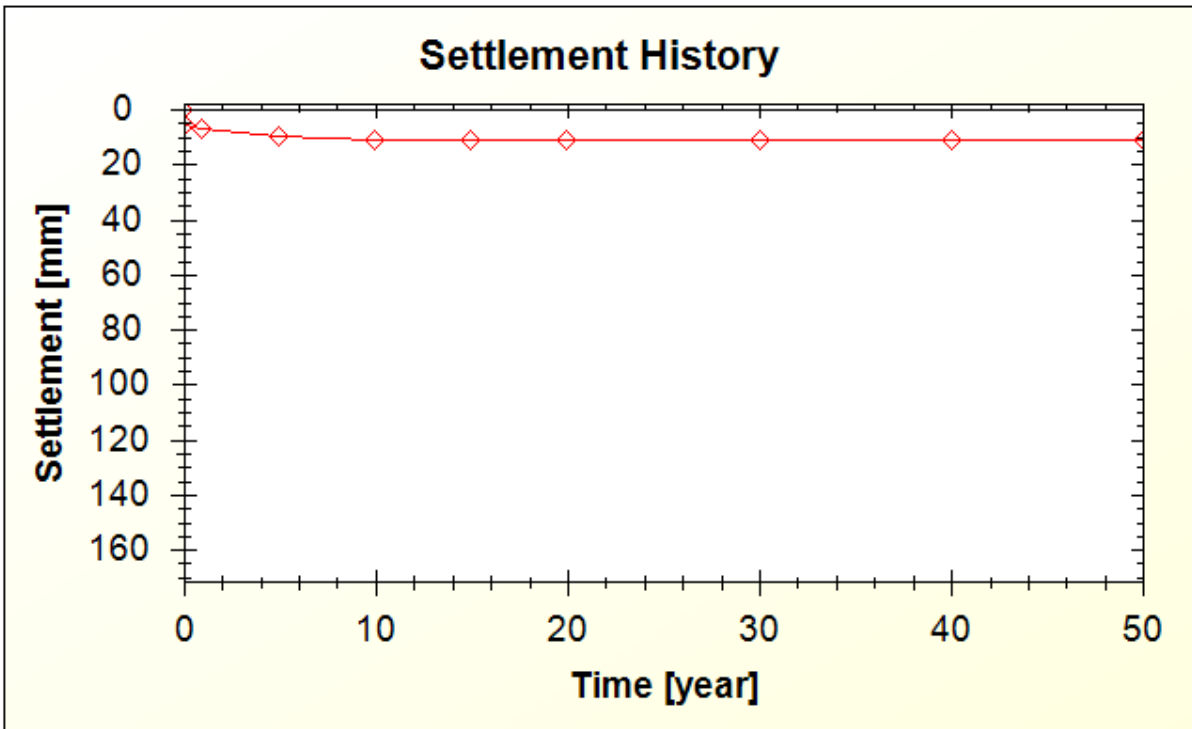
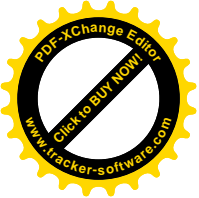


Kuva 12 Putkilinjan sijainti suhteessa katupenkereeseen. Savikko on ohut ja putkilinja sijaitsee kohtalaisen etäällä penkereestä. Penkereen aiheuttama kuormituslisäys putkien perustamistason alapuolella on hyvin pieni.

Geocalcilla laskettu katurakenteen aiheuttama kokonaispainuma pengerluiskan juurella on 11 mm. Putkilinjan perustuksen alapuolella arvioidaan tapahtuvan 70 % tästä painumasta eli painuma putkilinjan alapuolella on hyvin mitätön.

Putkilinja kulkee penkereen luiskan juurella 14...18 metrin päässä kadun keskilinjasta. Savikko on karkeasti arvioiden saman paksuinen kadun paaluvälillä PL330-PL410, jonka ulkopuolella pehmeikön paksuus ohenee, jolloin myös putkilinjan painumat pienenevät. Katupenkereen painumien oletetaan käsinlaskennan perusteella olevan melko tasaiset tällä matkalla, vaikka pengerkorkeus ja -leveys sekä keventeiden määrä muuttuvatkin.

Putkilinjan kuormituslisäyksen aiheuttamat painumat käsinlaskennan perusteella ovat muutamia millijä. Painuva savikko putkilinjan alapuolella on myös hyvin pieni. Jännityslisäykset putkilinjan alla ovat pieniä ja saven tehokas pystyjännitys ei ylitä esikonsolidaatiojännitystä.



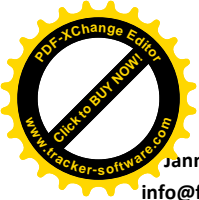
Kuva 13 Geocalcilla laskettu pohjamaan kokonaispainuma (11 mm) putkilinjan kohdalla paalulla PL400.

Putkilinjan painumat ja kaltevuusmuutokset todetaan niin pieniksi, että pohjanvahvistusta tai kevennerakenteita ei käytetä.



LIITTEET

1. Materiaalien parametrit
2. PL300 Tie- ja katurakenteen kantavuus- ja routamitoitus
3. PL400 Tie- ja katurakenteen kantavuusmitoitus
4. Keventämättömän rakenteen painumat
 - 4.1. Painumat katulinjalla
 - 4.2. PL300, Pohjamaan painumalaskenta
 - 4.3. PL350, Pohjamaan painumalaskenta
 - 4.4. PL400, Pohjamaan painumalaskenta
 - 4.5. PL450, Pohjamaan painumalaskenta
 - 4.6. PL400 – Kadun reuna, Pohjamaan painumalaskenta
5. Painumat katulinjalla
 - 5.1. PL300, Pohjamaan painumalaskenta
 - 5.2. PL350, Pohjamaan painumalaskenta
 - 5.3. PL400, Pohjamaan painumalaskenta
 - 5.4. PL450, Pohjamaan painumalaskenta
 - 5.5. PL400 – Kadun reuna, Pohjamaan painumalaskenta
6. Tukiseinän pönkäpalkin mitoitus
7. Kaivannon pohjan mitoitus
8. Putkijohtolinjan painumat
 - 8.1. Painumat putkijohtolinjalla
 - 8.2. PL350, Putkijohdon painumalaskenta
 - 8.3. PL400, Putkijohdon painumalaskenta



Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

POHJAMAAN JA RAKENNUSMATERIAALIEN PARAMETRIT

Opiskelijanumero: 263061

OMINAISARVOT

	Maalaji	Yksikkö	kuSa	Sa	Si	Hk	siMr	srMr
	γ	kN/m ³	17	15,1	16,1	17,1	19	22
	POP	kPa	100	8	0	0	0	0
NK-alue	m		20	9,4	30	150	200	200
	β		0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5
YK-alue	m ₂		100	43	-	-	-	-
	β_2		1	1	-	-	-	-
	c _v	m ₂ /a	100	1,6	20	-	-	-
	w	%	40	99	66	8	-	-
	w _i /F	%	50	59	-	-	-	-
	s _u	kPa	50	13,6	21	-	-	-
	Δs_u	kPa/m	-	0,6	-	-	-	-
	c'	kPa	-	4	3	0	0	0
	ϕ'	°	-	25	28	30	35	40
Kerros- materiaali	Yksikkö	Tien rakennekerrokset			Kevyt- sora	Vanha penger		
		KAN	JAK	SUOD				
	γ	kN/m ³	(21)	20	(19)	4	20	
	c'	kPa	0	0	0	0	0	
	ϕ'	°	(40)	38	(36)	37	38	

MITOITUSARVOT STABILITEETILASKENNASSA, DA3

	Maalaji	Yksikkö	kuSa	Sa	Si	Hk	siMr	srMr
	γ	kN/m ³	17,0	15,1	16,1	17,1	19,0	22,0
	s _u	kPa	35,7	9,7	15,0			
	Δs_u	kPa/m		0,4				
	c'	kPa		3,2	2,4			
	ϕ'	°		20,0	22,4	24,0	28,0	32,0
Kerros- materiaali	Yksikkö	Tien rakennekerrokset			Kevyt- sora	Vanha penger		
		KAN	JAK	SUOD				
	γ	kN/m ³	(21)	20	(19)	4	20	
	c'	kPa						
	ϕ'	°	0	30,4	0	29,6	30,4	



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Kadun poikkileikkaus	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Yleistä

Mitoitetaan kokoojakadun rakenteen kantavuus ja routanousu Liikenneviraston ohjeen Tierakenteen suunnittelu mukaisesti. Katu sijaitsee Järvenpäässä ja routamitoituksen pakkasmääränä käytetään 5 vuoden mitoitussarvoa. Kadun reunoilla sijaitsevia kevyenliikenteenväyliä ei mitoiteta erikseen, vaan ne rakennetaan ajoradan rakenteilla.

A) Kuormituskertaluvun määrittäminen

$KVL_{SUUNTA} = 1000$ ajon./vrk Yhden ajosuunnan liikennemäärä vuorokaudessa
 $L = 2$ Leveyskerroin

Kaistan ja viereisen pientareen yhteisleveys ^{1), 2)}	Tien sisäliskaltevuus ³⁾	Leveyskerroin L
2,5 ... 3,49 m	1 : 2 ... 1 : 2,5	2,8
2,5 ... 3,49 m	1 : 3 ... 1 : 4	2,0
3,5 ... 5 m	1 : 3 ... 1 : 4	1,4
yli 5 m		1

- 1) Rampeilla otetaan huomioon leveämpi piennar.
- 2) Jos kaistan kummallakin puolella on ajokaista, sovelletaan taulukon alinta riviä.
- 3) Kaiteellinen poikkileikkaus, jossa on kaidelevennys ja luiskakaltevuus 1 : 1,5 vastaa luiskakaltevuutta 1:3 ($L \leq 1,4$).

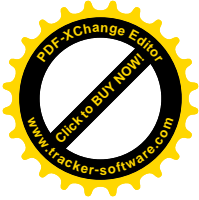
Reunakivellinen katu, jonka molemmin puolin sijaitsee kevyenliikenteen väylät tulkitaan vastaamaan kaiteellista tietä. Katu on tyyppiltään pientaloalueen kokoojakatu, joka voisi tierakenteensuunnitteluohjeessa vastata yhdystietä.

$KKL_{KAISTA} = 0,09 \cdot L \cdot KVL_{SUUNTA} \cdot 7300$ yhdystiet (4)

$KKL_{KAISTA} = 1314000$ akselia 20 vuodessa kertyvä raskaanliikenteen akselien määrä, kuormituskertaluku

Taulukko 6. Kuormitusluokan 2,0 (ent. 3) tavoitekantavuudet ja päällysteen vähimmäispaksuudet. Kuormitusluokkaa 2,0 käytetään, kun leveydellä korjattu kaistan $KKL_{20vuotta}$ on 0,8...2,0 milj. akselia, mikä vastaa liikennemäärää 1300...3000 ajon/d molemmat suunnat yhteensä, kapealla jyrkkäluiskaisella tai raaka-aineiden kuormittamalla tiellä 800...2000 ajon/d.

KKL-luokka (Vaiheittainrakentamisaika)	2,0 AB	2,0 AB	2,0 AB
Tavoitekantavuus (0...6v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	265 MPa 90 mm		
Tavoitekantavuus (0 v.) ¹⁾ ja päällysteen kokonaispaksuus	200 MPa 50 mm	420 MPa 80 mm	265 MPa 90 mm
Tavoite kantavan päältä	160 MPa	310 MPa	160 MPa
Kantavan laatu	M, MHST, BST	SST	M, MHST, BST



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	Kadun poikkileikkaus	Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Kadun rakennekerrokset

Lasketaan kadun rakennekerrosten paksuus kantavuusvaatimuksen perusteella.

Kantavuusvaatimus kantavan kerroksen päältä on 160 Mpa (E_2).

Katurakenne oletetaan perustettavaksi kuivakuoren varaan, mutta tarvittaessa katu voidaan myös perustaa myös alapuolisen saven varaan, kun rakennekerrosten paksuutta säädetään pitäen kuitenkin kokonaispaksuus samana.

Rakennekerrosten kantavuus Odemarkin menetelmällä

LK=	uH, kuSa	<i>Pohjamaan alusrakenneluokka</i>
$E_{pohjamaa}$	20 Mpa	<i>Pohjamaan kantavuus</i>
$E_{suodatin}$	50 Mpa	<i>Suodatinkerroksen materiaalin moduuliluku (suodatinhiekkä)</i>
E_{jakava}	200 Mpa	<i>Jakavan kerroksen materiaalin moduuliluku (sora)</i>
$E_{kantava}$	280 Mpa	<i>Kantavan kerroksen materiaalin moduuliluku (murske)</i>
E_2	160 Mpa	<i>Vaadittu kantavuus kantavan kerroksen päällä</i>
$H_{suodatin}$	500 mm	<i>Suodatinkerroksen paksuus</i>
H_{jakava}	300 mm	<i>Jakavan kerroksen paksuus</i>
$H_{kantava}$	250 mm	<i>Kantavan kerroksen paksuus</i>
a	150 mm	<i>Vakiotermi</i>
H_{kok}	1050 mm	<i>Rakennekerrosten kokonaispaksuus</i>

$$E_p = \frac{E_A}{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2}} \right] \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

Odemarkin kantavuuskaava

$E_{suod. päältä}$	=	39,1 MPa	Ehdot:	
$E_{jak. päältä}$	=	95,9 Mpa	$E_{kant.päältä} > E_2$	ok
$E_{kant. päältä}$	=	166,7 Mpa		
Käyttöaste:		96,0 %		
Rakennekerrosten paino:		20,75 kN/m ²		

Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin! Laskenta vain harrastekäyttöön!
Pvm:	Kadun poikkileikkaus	

C) Rakenteen routamitoitus

$$RN_{lask} = (S - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 \text{ jne.}) \cdot t / 100$$

$F_{mit} = 22500$ Kh Mitoituspakkasmäärä, F50

$$S = 12 \cdot \sqrt{F_{mit}}$$

$S = 1800$ mm Mitoitusroudan syvyys

$R_{suod} = 500$ mm Suodatinkerroksen paksuus

$R_{jak} = 300$ mm Jakavan kerroksen paksuus

$R_{kant} = 250$ mm Kantavan kerroksen paksuus

$a_{suod} = 1,0$ Eristävyyden suhdeluku

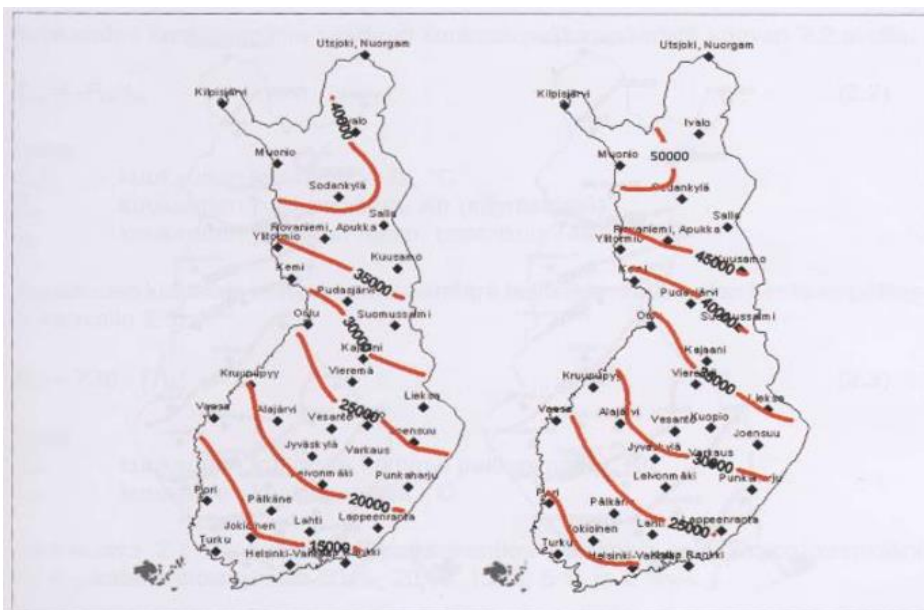
$a_{jak} = 0,9$ Eristävyyden suhdeluku

$a_{kant} = 0,9$ Eristävyyden suhdeluku

$t = 12,0$ % Pohjamaan routaturpoama, U1 kuivakuorisavi

$RN_{lask} = 96,6$ mm Pohjamaan routanousu

$RN_{sall} = 100$ mm Hidaskadun sallittu routanousu 5 vuoden maksimipakkasmäärällä



Kuva 2.2a–b. Tilastollisesti keskimäärin kerran 2 ja 5 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä

Ehdot:

$$RN_{lask} < RN_{sall}$$

Käyttöaste: 96,6 % ok

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Kadun poikkileikkaus

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Taulukko 10. Tien pohjamaan ja/tai alusrakenteen kelpoisuusluokat ja mitoitusominaisuudet (t ja E) kelpoisuusluokittain "kuivissa" ja "märissä" olosuhteissa.

Kelpoisuusluokka	Läpäisy-% pesuseulonassa		Routaturpoama t (%)		E -moduuli (MPa)		Informatiivisia tietoja		
	0,063 mm seula	2 mm seula	Kuiva	Märkä	Kuiva	Märkä	Geo-maalajiluokka	Routivuus	Mahdollinen käyttökohde
S1	alle 7	alle 70	0	0	100	100	Sr, srHk (SrMr, srHkMr)	routimaton	jakava kerros
S2 ¹⁾	7 - 15	alle 70	0	3	70	50	SrMr, srHkMr	lievästi routiva	pengerrakenteen stabilointi
S3	16 - 30	alle 70	3	6	50	35	SrMr, srHkMr	routiva	pengerrakenteen kuivana
S4	31 - 50	alle 70	6	12	35	20	siSrMr, sisrHkMr	routiva	pengerrakenteen kuivana
H1	alle 7	yli 70	0	0	70	70	Hk, (HkMr)	routimaton	suodatinkerros
H2 ²⁾	7 - 15	yli 70	3	3	50	50	Hk, HkMr	lievästi routiva	suodatinkerros
H3	16 - 30	yli 70	6	12	35	20	Hk, HkMr	routiva	pengerrakenteen kuivana
H4	31 - 50	yli 70	6	12	35	20	siHk, siHkMr	routiva	pengerrakenteen kuivana
U1	yli 50		12	16	20	20	Si, SiMr, kerrall. Sa/Si ³⁾	erittäin routiva	maaston muotoilu, läjitys
U2	yli 50			6 ⁴⁾		35	jäykkä Sa ⁵⁾	routiva	
U3	yli 50			6 ⁴⁾		10	pehmeä Sa ⁵⁾	routiva	
U4				6		10	Lj	routiva	

- 1) Kuuluu luokkaan S1, jos läpäisyprosentti 0,02 mm kohdalla on alle 3.
- 2) Kelpoisuusluokan H2 hiekka, joka täyttää suodatinkerroksen laatuvaatimukset ja näytteet tutkitaan ohjeen TYLT Kerros- ja pengerrakenteet mukaisesti: E = 70 MPa, t = 0 % (vaikka muuten E olisi pienempi ja t olisi suurempi).
- 3) Kerrallinen savi/siltti (Sa/Si) on maata, jossa savien joukossa on ainakin paikoin silttikerroksia tai sitäkin karkeampia (vettä johtavia) kerroksia.
- 4) Savien paikallinen routaturpoama voidaan määrittää myös takaisinlaskennalla lähistön olemassa olevan tien routanousuhavainnoista.
- 5) Savi (Sa) on jäykkä, kun siipikairalla määritetty leikkauslujuus on vähintään 40 kPa ja pehmeä, kun leikkauslujuus on alle 40 kPa.

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

Kadun poikkileikkaus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Yleistä - Paalu 400

Katurakennetta on kevennettävä painumien takia. Käytetään kevennysmateriaalina kevytsoraa, jonka kuivatilavuuspaino on 4 kN/m^3 . Kevytsoran kantavuusominaisuudet ovat samat kuin suodatinhiekkakin, eli suodatinkerrosta voi korvata kevytsoralla ilman vaikutusta laskennalliseen kantavuuteen. Laskentaan kevennetyn rakenteen kuorma. Kevytsoran lämmöneristävyys taas on nelinkertainen suodatinhiekkään verrattuna eli routamitoitusta ei tarkasteta.

Rakennekerrosten kantavuus Odemarkin menetelmällä

LK=	uH, kuSa	Pohjamaan alusrakenneluokka
E_{pohjamaa}	20 Mpa	Pohjamaan kantavuus
E_{kevenne}	50 Mpa	Kevennyskerroksen materiaalin moduuliluku (kevytsora)
E_{suodatin}	50 Mpa	Suodatinkerroksen materiaalin moduuliluku (suodatinhiekkä)
E_{jakava}	200 Mpa	Jakavan kerroksen materiaalin moduuliluku (sora)
E_{kantava}	280 Mpa	Kantavan kerroksen materiaalin moduuliluku (murske)
E_2	160 Mpa	Vaadittu kantavuus kantavan kerroksen päällä
H_{kevenne}	1500 mm	Kevennämateriaalin paksuus
H_{suodatin}	200 mm	Suodatinkerroksen paksuus
H_{jakava}	300 mm	Jakavan kerroksen paksuus
H_{kantava}	250 mm	Kantavan kerroksen paksuus
a	150 mm	Vakiotermi
H_{kok}	750 mm	Rakennekerrosten kokonaispaksuus

$$E_p = \frac{E_A}{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2}} \right] \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$

Odemarkin kantavuuskaava

$E_{\text{kevent. päältä}}$	45,7 MPa	Ehdot:
$E_{\text{suod. päältä}}$	68,5 MPa	$E_{\text{kant.päältä}} > E_2$
$E_{\text{jak. päältä}}$	127,2 MPa	ok
$E_{\text{kant. päältä}}$	193,2 MPa	

Käyttöaste: 82,8 %

Rakennekerrosten paino: 21,05 kN/m^2

γ_{kevenne}	4 kN/m^3
γ_{suod}	19 kN/m^3
γ_{jak}	20 kN/m^3
γ_{kant}	21 kN/m^3

Lasketaan lisäksi kadun rakennekerrosten alapuolisen maapenkereen kuorma. Kaivetaan vanha tiepenger pois.

H_{penger}	-300 mm	Maapenkereen korkeus
γ_{penger}	20 kN/m^3	Maapenkereen korkeus

Maapenkereen paino: -6,00 kN/m^2

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

Painumat paaluvälillä 300-450

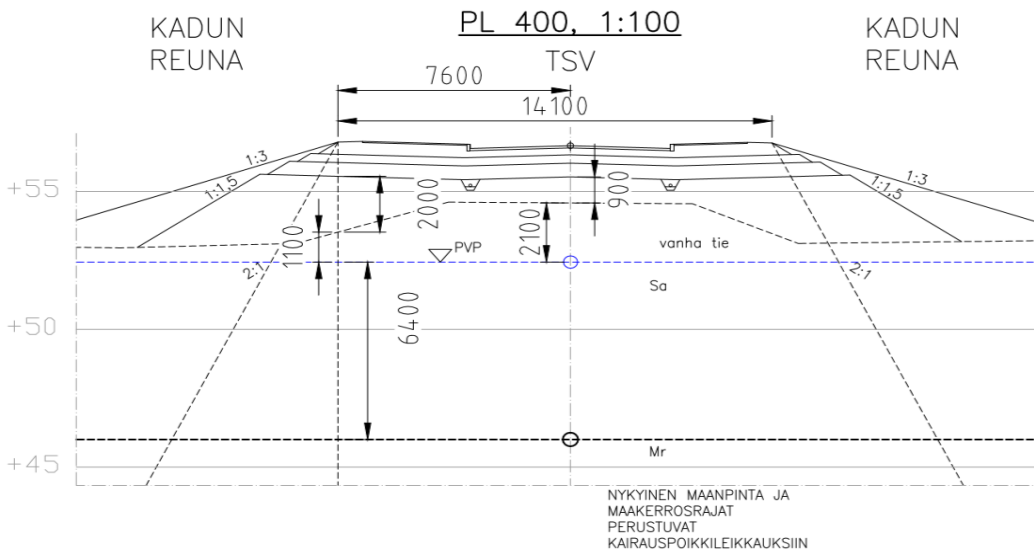
Paaluvälille on laskettu kadun painuma 50 metrin välein. Tarkastetaan painumaeroista johtuva kaltevuusmuutos. Painumissa on huomioitu vanha painunut tierakenne, jota ei pureta. Vain uudet rakenteet aiheuttavat painumia.

Paalu [PL]	300	350	400	450
Painuma [mm]	0	79	226	126
Painumaero [mm]		-79	-147	100
Kaltevuusmuutos [%]		-0,16 %	-0,29 %	0,20 %

Asfaltoidun hidaskadun **sallittu kaltevuusmuutos** pituussuunnassa on 1,3 %. Kaltevuusmuutos ei ylitä raja-arvoa.

Sallittu painuma on 5 vuoden aikana 100 mm ja 20 vuoden aikana 200 mm. Painuma-ajaksi on laskettu seuraavalla sivulla 13 vuotta, joten molemmat raja-arvot ylittyvät paalulla 400.

Arvioidaan lisäksi kadun painumaeroja poikittaissuunnassa paalulla 400. Tutkittava kohta sijaitsee etäisyydellä 7,6 metriä kadun TSV:stä.



Tätä vastaava kadun reunan painuma on 487 mm, kadun keskellä painuma oli 226 mm. Painumaero on 261 mm ja kaltevuusmuutos 7,6 metrin matkalla on 3,4 %. Sallittu kaltevuusmuutos kadun poikkisuunnassa on 0,5 %. Painumia on rajoitettava poikittaiskaltevuusmuutoksen takia.

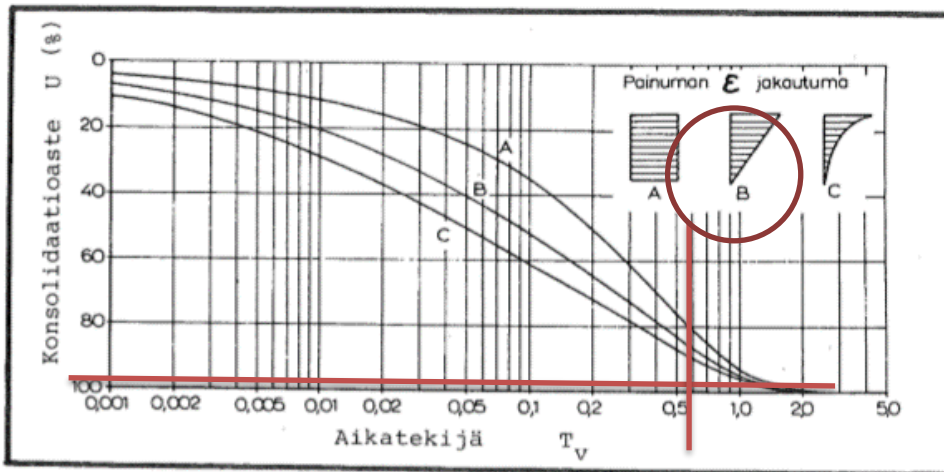
Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

Painuma-aika

Tutkitaan paalulla 400 tapahtuvien pohjamaan painumien painuma-aikaa. Lasketaan, millä ajanhetkellä t saavutetaan 100 % konsolidaatioaste. Savikko kuivattuu kahteen suuntaan.

$$T_v = c_v \frac{t}{H^2} \quad t = T_v * H^2 / C_v$$

- $s_{100\%} = 226$ mm *Konsolidaatioastetta 100 % vastaava painuma*
- $c_v = 1,60$ m²/a *Konsolidaatiokerroin*
- $H = 3,20$ m *Kuivatusmatka*



Kuva 15. Konsolidaatiopainuman aikatekijän T_v ja konsolidaatioasteen U välinen riippuvuus /5/

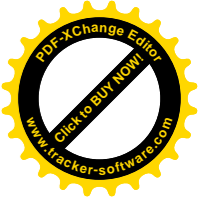
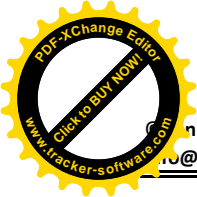
%	s	T_v	T	
0	0	0	0,0 kk	<i>Kuorma lisätään</i>
10	22,6	0,002	0,2 kk	
20	45,2	0,009	0,7 kk	
30	67,8	0,021	1,6 kk	
40	90,4	0,05	3,8 kk	
50	113	0,1	7,7 kk	
60	135,6	0,16	1,0 v	
70	158,2	0,27	1,7 v	
80	180,8	0,43	2,8 v	
90	203,4	0,7	4,5 v	<i>Noin 5 vuotta kulunut</i>
100	226	2	12,8 v	<i>Painuma on tapahtunut</i>

5 vuoden kuluessa sallitaan vain 100 mm painuma. Lasketaan, kuinka suurta kokonaispainumaa tämä rajoitus vastaa.

- $s_{100\%} = 100$ mm *Konsolidaatioastetta 100 % vastaava painuma*

%	s	T_v	T	
0	0	0	0,0 kk	<i>Kuorma lisätään</i>
10	10	0,002	0,2 kk	
20	20	0,009	0,7 kk	
30	30	0,021	1,6 kk	
40	40	0,05	3,8 kk	
50	50	0,1	7,7 kk	
60	60	0,16	1,0 v	
70	70	0,27	1,7 v	
80	80	0,43	2,8 v	
90	90	0,7	4,5 v	<i>Noin 5 vuotta kulunut</i>
100	100	2	12,8 v	<i>Painuma on tapahtunut</i>

Kokonaispainuma pitäisi rajoittaa arvoon 100 mm, jotta 5 vuodessa tapahtuva painuma on sallituissa rajoissa.



Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 300

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

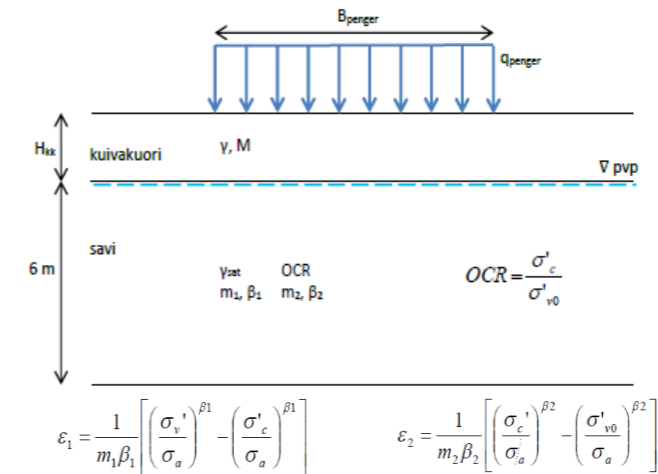
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinänturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	-30,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(-1,5 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-menetelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]
Vanha penger & Kuivakuorisavi	0,50	17,61	4,40	0,00	4,40	-8,84	-4,44	101,00	1,00	105,40
Savi	0,20	15,10	10,32	1,00	9,32	-8,63	0,68	8,00	1,00	17,32
Savi	0,20	15,10	13,34	3,00	10,34	-8,52	1,82	8,00	1,00	18,34
Savi	0,20	15,10	16,36	5,00	11,36	-8,40	2,95	8,00	1,00	19,36
Savi	0,30	15,10	20,13	7,50	12,63	-8,27	4,36	8,00	1,00	20,63
Savi	0,30	15,10	24,66	5,50	19,16	-8,38	10,78	8,00	1,00	27,16
Savi	0,30	15,10	29,19	6,50	22,69	-8,32	14,37	8,00	1,00	30,69
Moreeni	4,70	22,00	83,16	38,50	44,66	-6,88	37,78	0,00	1,00	44,66
$\Sigma h =$	6,70	1,50								

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma\epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi	100,00	1,00	4,40	-4,44	-0,00088	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	-0,001	0
Savi	43,00	1,00	9,32	0,68	-0,00201	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi	43,00	1,00	10,34	1,82	-0,00198	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi	43,00	1,00	11,36	2,95	-0,00195	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi	43,00	1,00	12,63	4,36	-0,00192	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Savi	43,00	1,00	19,16	10,78	-0,00195	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Savi	43,00	1,00	22,69	14,37	-0,00194	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Pohjamoreeni	200,00	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,000	0

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i = 0$

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 350

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

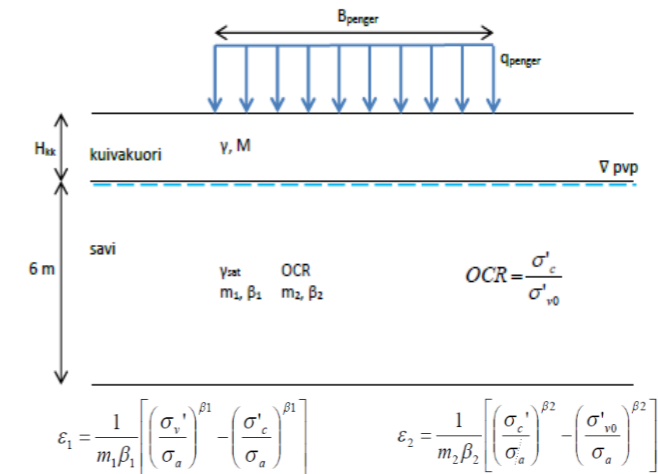
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinänturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	-4,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(-0,2 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ_v' [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	
Vanha penger & Kuivakuorisavi	1,90	0,95	17,61	16,73	0,00	15,93	32,66	101,00	1,00	117,73	Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Savi	0,50	2,15	15,10	37,23	2,50	14,75	49,48	8,00	1,00	42,73	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,65	15,10	44,78	7,50	14,31	51,59	8,00	1,00	45,28	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	3,40	15,10	56,11	15,00	13,70	54,81	8,00	1,00	49,11	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	4,40	15,10	71,21	25,00	12,96	59,17	8,00	1,00	54,21	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,00	4,00	15,10	93,86	21,00	13,24	86,10	8,00	1,00	80,86	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,20	5,60	15,10	125,57	37,00	12,17	100,74	8,00	1,00	96,57	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	8,80	13,50	22,00	238,98	116,00	8,68	131,66	0,00	1,00	122,98	
$\Sigma h =$	17,90	7,20									

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma \epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi	100,00	1,00	16,73	32,66	0,00159	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,002	3
Savi	43,00	1,00	34,73	42,73	0,00186	9,40	0,00	42,73	49,48	0,01560	0,017	9
Savi	43,00	1,00	37,28	45,28	0,00186	9,40	0,00	45,28	51,59	0,01388	0,016	8
Savi	43,00	1,00	41,11	49,11	0,00186	9,40	0,00	49,11	54,81	0,01168	0,014	14
Savi	43,00	1,00	46,21	54,21	0,00186	9,40	0,00	54,21	59,17	0,00931	0,011	11
Savi	43,00	1,00	72,86	80,86	0,00186	9,40	0,00	80,86	86,10	0,00668	0,009	17
Savi	43,00	1,00	88,57	96,57	0,00186	9,40	0,00	96,57	100,74	0,00449	0,006	14
Pohjamoreeni	200,00	0,50	122,98	131,66	0,00038	0,000						3

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

79

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

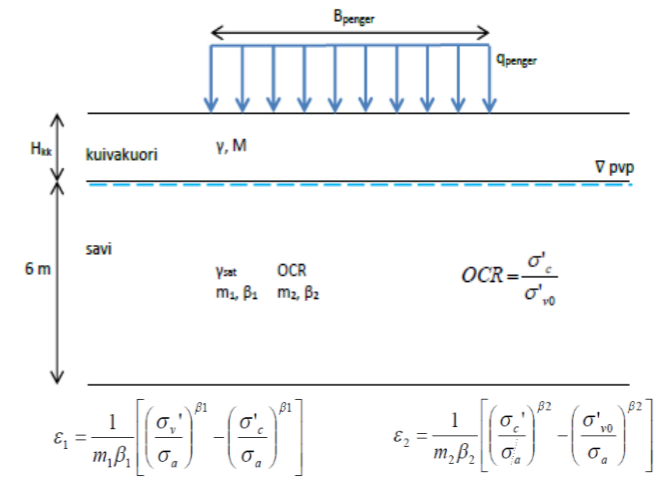
Paalu 400

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana. Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	18,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(+0,9 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	
Vanha penger & Kuivakuorisavi	2,10	17,61	18,49	0,00	18,49	36,30	54,79	101,00	1,00	119,49	Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
PVP	0,50	15,10	40,76	2,50	38,26	33,43	71,68	8,00	1,00	46,26	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	15,10	48,31	7,50	40,81	32,44	73,25	8,00	1,00	48,81	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	15,10	59,63	15,00	44,63	31,07	75,70	8,00	1,00	52,63	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	15,10	74,73	25,00	49,73	29,41	79,14	8,00	1,00	57,73	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,50	15,10	93,61	16,50	77,11	30,81	107,91	8,00	1,00	85,11	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,00	15,10	120,03	29,00	91,03	28,79	119,82	8,00	1,00	99,03	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	16,00	22,00	311,13	145,00	166,13	17,91	184,04	0,00	1,00	166,13	
$\Sigma h =$	24,60	6,50									

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma		
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen	
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma \epsilon$	S_i [mm]	
Kuivakuorisavi	1,05	100,00	1,00	18,49	54,79	0,00363	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,004	8
PVP	2,35	43,00	1,00	38,26	46,26	0,00186	9,40	0,00	46,26	71,68	0,04660	0,048	24
Savi	2,85	43,00	1,00	40,81	48,81	0,00186	9,40	0,00	48,81	73,25	0,04319	0,045	23
Savi	3,60	43,00	1,00	44,63	52,63	0,00186	9,40	0,00	52,63	75,70	0,03867	0,041	41
Savi	4,60	43,00	1,00	49,73	57,73	0,00186	9,40	0,00	57,73	79,14	0,03355	0,035	35
Savi	3,75	43,00	1,00	77,11	85,11	0,00186	9,40	0,00	85,11	107,91	0,02526	0,027	41
Savi	5,00	43,00	1,00	91,03	99,03	0,00186	9,40	0,00	99,03	119,82	0,02027	0,022	44
Pohjamoreeni	16,60	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	166,13	184,04	0,00068	0,001	11

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 450

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

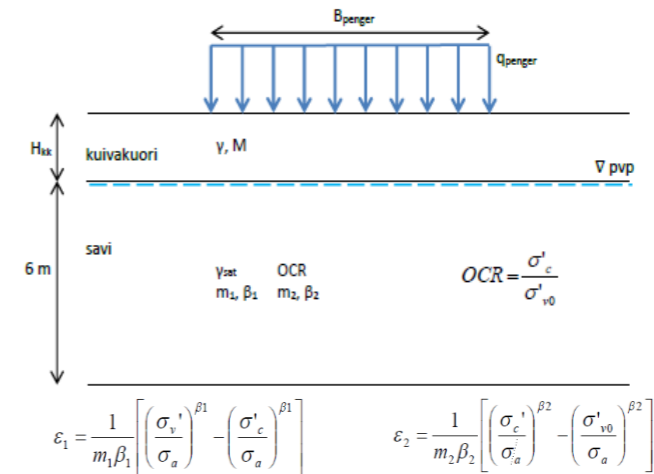
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-leveällä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	8,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(+0,4 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	Jännitys pisy ylikonsolidoituneella alueella.	
								POP	OCR			
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.	
Vanha penger & Kuivakuorisavi	1,50	0,75	17,61	13,21	0,00	13,21	27,54	40,74	101,00	1,00	114,21	Jännitys pisy ylikonsolidoituneella alueella.
Savi	0,20	1,60	15,10	27,93	1,00	26,93	26,04	52,97	8,00	1,00	34,93	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	1,95	15,10	33,21	4,50	28,71	25,48	54,19	8,00	1,00	36,71	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,45	15,10	40,76	9,50	31,26	24,71	55,97	8,00	1,00	39,26	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,95	15,10	48,31	14,50	33,81	23,98	57,79	8,00	1,00	41,81	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	2,20	15,10	59,64	7,00	52,64	25,09	77,72	8,00	1,00	60,64	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	3,00	15,10	74,74	15,00	59,74	23,91	83,65	8,00	1,00	67,74	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	18,00	14,20	22,00	280,29	127,00	153,29	14,45	167,73	0,00	1,00	153,29	
$\Sigma h =$	23,20	3,70										

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma		
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppu-jännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen	
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma \epsilon$	S_i [mm]	
Kuivakuorisavi	0,75	100,00	1,00	13,21	40,74	0,00275	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,003	4
Savi	1,60	43,00	1,00	26,93	34,93	0,00186	9,40	0,00	34,93	52,97	0,04431	0,046	9
Savi	1,95	43,00	1,00	28,71	36,71	0,00186	9,40	0,00	36,71	54,19	0,04142	0,043	22
Savi	2,45	43,00	1,00	31,26	39,26	0,00186	9,40	0,00	39,26	55,97	0,03772	0,040	20
Savi	2,95	43,00	1,00	33,81	41,81	0,00186	9,40	0,00	41,81	57,79	0,03444	0,036	18
Savi	2,20	43,00	1,00	52,64	60,64	0,00186	9,40	0,00	60,64	77,72	0,02641	0,028	28
Savi	3,00	43,00	1,00	59,74	67,74	0,00186	9,40	0,00	67,74	83,65	0,02245	0,024	24
Pohjamoreeni	14,20	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	153,29	167,73	0,00057	0,001	10

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

Kohde: Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

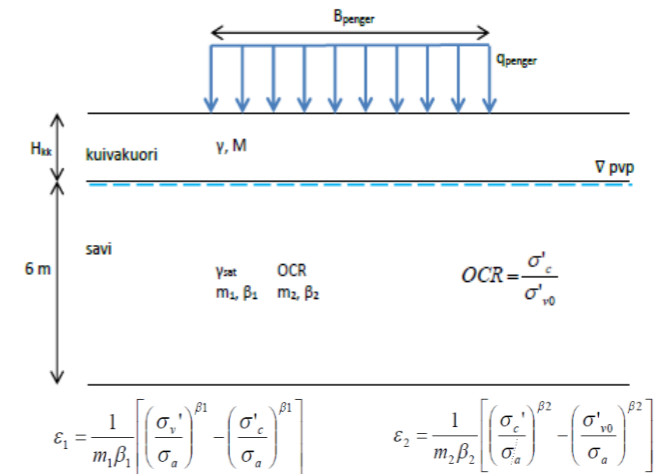
Paalu 400 - Kadun reuna

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana. Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	40,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(+2 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	
Vanha penger & Kuivakuorisavi	1,00	0,50	17,61	8,81	0,00	58,91	67,72	101,00	1,00	109,81	Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Savi	0,50	1,25	15,10	21,39	2,50	56,03	74,92	8,00	1,00	26,89	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	1,75	15,10	28,94	7,50	54,26	75,70	8,00	1,00	29,44	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	2,50	15,10	40,26	15,00	51,81	77,07	8,00	1,00	33,26	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	3,50	15,10	55,36	25,00	48,87	79,23	8,00	1,00	38,36	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,50	3,75	15,10	74,24	27,50	48,18	94,92	8,00	1,00	54,74	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,00	5,00	15,10	100,66	40,00	45,03	105,69	8,00	1,00	68,66	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	16,00	15,50	22,00	291,76	145,00	29,06	175,82	0,00	1,00	146,76	
$\Sigma h =$	23,50	6,50									

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma		
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen	
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma \epsilon$	S_i [mm]	
Kuivakuorisavi	0,50	100,00	1,00	8,81	67,72	0,00589	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,006	6
Savi	1,25	43,00	1,00	18,89	26,89	0,00186	9,40	0,00	26,89	74,92	0,10902	0,111	55
Savi	1,75	43,00	1,00	21,44	29,44	0,00186	9,40	0,00	29,44	75,70	0,10049	0,102	51
Savi	2,50	43,00	1,00	25,26	33,26	0,00186	9,40	0,00	33,26	77,07	0,08940	0,091	91
Savi	3,50	43,00	1,00	30,36	38,36	0,00186	9,40	0,00	38,36	79,23	0,07716	0,079	79
Savi	3,75	43,00	1,00	46,74	54,74	0,00186	9,40	0,00	54,74	94,92	0,05857	0,060	91
Savi	5,00	43,00	1,00	60,66	68,66	0,00186	9,40	0,00	68,66	105,69	0,04589	0,048	95
Pohjamoreeni	15,50	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	146,76	175,82	0,00115	0,001	18

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

487

Kohde:

Pajalankulma, Valovirrankatu

Painumat paaluvälillä 300-450

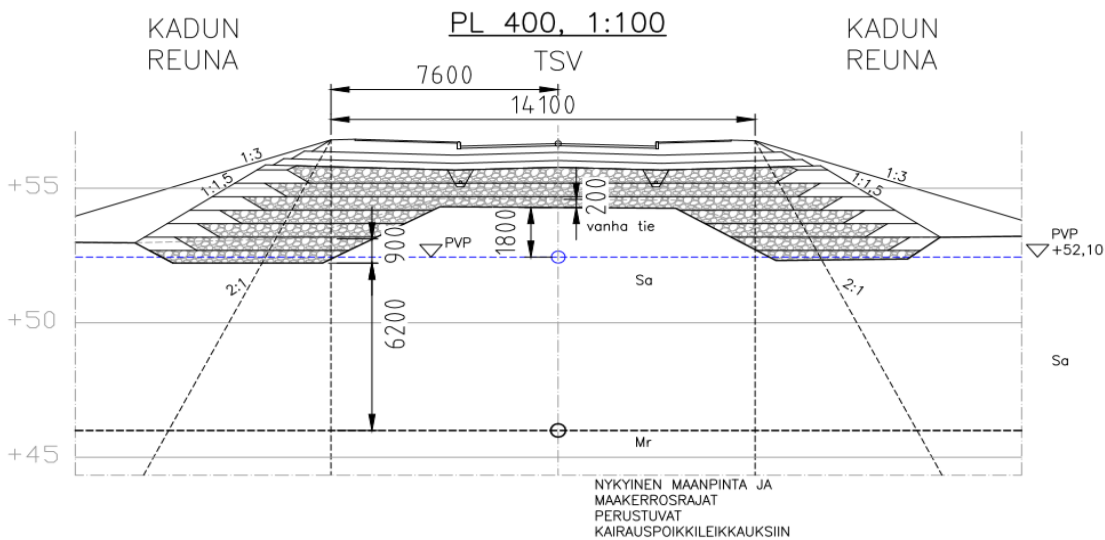
Katurakennetta on kevennetty kevytsoralla. Suurin kokonaispainuma on 100 mm, jotta 5 vuoden painuman raja-arvo alittuu.

Paaluvälille on laskettu kadun painuma 50 metrin välein. Tarkastetaan painumaeroista johtuva kaltevuusmuutos. Painumissa on huomioitu vanha painunut tierakenne, jota ei pureta. Vain uudet rakenteet aiheuttavat painumia.

Paalu [PL]	300	350	400	450
Painuma [mm]	0	79	79	53
Painumaero [mm]		-79	0	26
Kaltevuusmuutos [%]		-0,16 %	0,00 %	0,05 %

Asfaltoidun hidaskadun **sallittu kaltevuusmuutos** pituussuunnassa on 1,3 %. Kaltevuusmuutos ei ylitä raja-arvoa. **Sallittu painuma** on 5 vuoden aikana 100 mm ja 20 vuoden aikana 200 mm. Painuma-ajaksi on laskettu seuraavalla sivulla 13 vuotta. Kaltevuusmuutoksen raka-arvot eivät ylity.

Arvioidaan lisäksi kadun painumaeroja poikittaissuunnassa paalulla 400. Tutkittava kohta sijaitsee etäisyydellä 7,6 metriä kadun TSV:stä.



Tätä vastaava kadun reunan painuma on 63 mm, kadun keskellä painuma oli 79 mm. Painumaero on 16 mm ja kaltevuusmuutos 7,6 metrin matkalla on 0,21 %. Sallittu kaltevuusmuutos kadun poikittsuunnassa on 0,5 %.

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 300

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

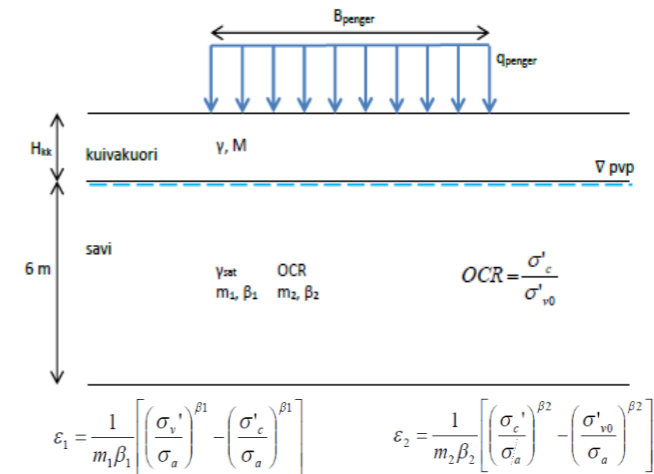
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinänturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	-30,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(-1,5 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys		
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-menetelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]		
Kuivakuorisavi	PVP	0,50	0,25	17,61	4,40	0,00	4,40	-8,84	-4,44	101,00	1,00	105,40
Savi		0,20	0,60	15,10	10,32	1,00	9,32	-8,63	0,68	8,00	1,00	17,32
Savi		0,20	0,80	15,10	13,34	3,00	10,34	-8,52	1,82	8,00	1,00	18,34
Savi		0,20	1,00	15,10	16,36	5,00	11,36	-8,40	2,95	8,00	1,00	19,36
Savi		0,30	1,25	15,10	20,13	7,50	12,63	-8,27	4,36	8,00	1,00	20,63
Savi		0,30	1,05	15,10	24,66	5,50	19,16	-8,38	10,78	8,00	1,00	27,16
Savi		0,30	1,15	15,10	29,19	6,50	22,69	-8,32	14,37	8,00	1,00	30,69
Moreeni		4,70	4,35	22,00	83,16	38,50	44,66	-6,88	37,78	0,00	1,00	44,66
$\Sigma h =$		6,70	1,50									

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma			
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen		
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma \epsilon$	S_i [mm]		
Kuivakuorisavi	PVP	0,25	100,00	1,00	4,40	-4,44	-0,00088	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	-0,001	0
Savi		0,60	43,00	1,00	9,32	0,68	-0,00201	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi		0,80	43,00	1,00	10,34	1,82	-0,00198	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi		1,00	43,00	1,00	11,36	2,95	-0,00195	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	0
Savi		1,25	43,00	1,00	12,63	4,36	-0,00192	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Savi		1,05	43,00	1,00	19,16	10,78	-0,00195	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Savi		1,15	43,00	1,00	22,69	14,37	-0,00194	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	-0,002	-1
Pohjamoreeni		4,35	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,000	0

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i = 0$

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

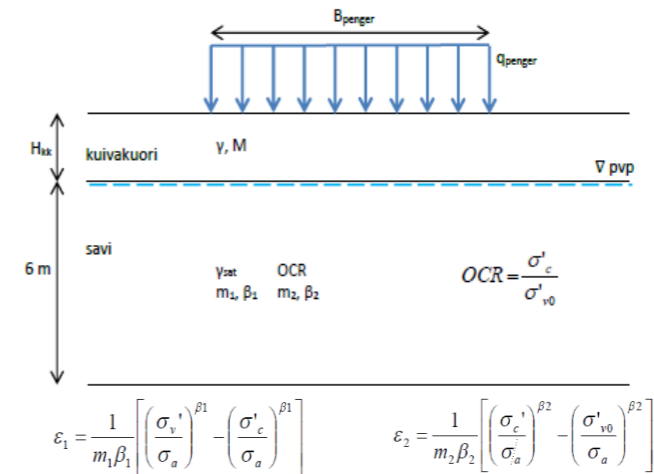
Paalu 350

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinänturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana. Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	-4,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

(-0,2 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	
Vanha penger & Kuivakuorisavi PVP	1,90	0,95	17,61	16,73	0,00	15,93	32,66	101,00	1,00	117,73	Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Savi	0,50	2,15	15,10	37,23	2,50	14,75	49,48	8,00	1,00	42,73	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,65	15,10	44,78	7,50	14,31	51,59	8,00	1,00	45,28	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	3,40	15,10	56,11	15,00	13,70	54,81	8,00	1,00	49,11	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	4,40	15,10	71,21	25,00	12,96	59,17	8,00	1,00	54,21	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,00	4,00	15,10	93,86	21,00	13,24	86,10	8,00	1,00	80,86	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	2,20	5,60	15,10	125,57	37,00	12,17	100,74	8,00	1,00	96,57	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	8,80	13,50	22,00	238,98	116,00	8,68	131,66	0,00	1,00	122,98	
$\Sigma h =$	17,90	7,20									

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma\epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi PVP	100,00	1,00	16,73	32,66	0,00159	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,002	3
Savi	43,00	1,00	34,73	42,73	0,00186	9,40	0,00	42,73	49,48	0,01560	0,017	9
Savi	43,00	1,00	37,28	45,28	0,00186	9,40	0,00	45,28	51,59	0,01388	0,016	8
Savi	43,00	1,00	41,11	49,11	0,00186	9,40	0,00	49,11	54,81	0,01168	0,014	14
Savi	43,00	1,00	46,21	54,21	0,00186	9,40	0,00	54,21	59,17	0,00931	0,011	11
Savi	43,00	1,00	72,86	80,86	0,00186	9,40	0,00	80,86	86,10	0,00668	0,009	17
Savi	43,00	1,00	88,57	96,57	0,00186	9,40	0,00	96,57	100,74	0,00449	0,006	14
Pohjamoreeni	200,00	0,50	122,98	131,66	0,00038	0,000						3

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

79

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 400

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

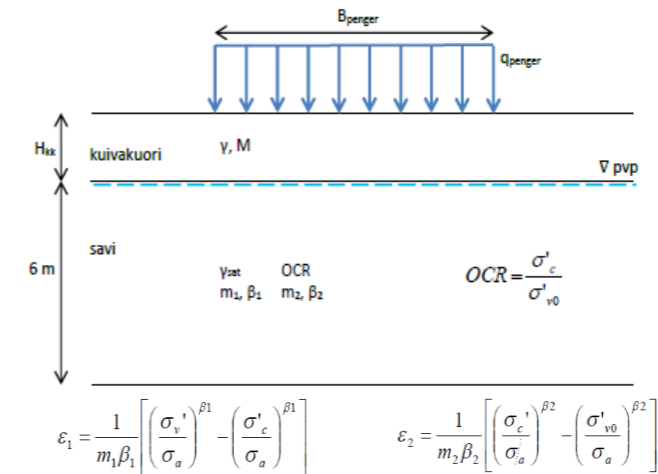
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	21,00 kPa
	q_{penger}	-4,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

kevenne 1,5 m
(-0,2 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys
								POP	OCR	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta\sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]
Vanha penger & Kuivakuorisavi	1,80	0,90	17,61	15,85	0,00	15,85	31,83	101,00	1,00	116,85
Savi	0,50	2,05	15,10	35,47	2,50	14,84	47,82	8,00	1,00	40,97
Savi	0,50	2,55	15,10	43,02	7,50	14,40	49,92	8,00	1,00	43,52
Savi	1,00	3,30	15,10	54,35	15,00	13,78	53,12	8,00	1,00	47,35
Savi	1,00	4,30	15,10	69,45	25,00	13,03	57,48	8,00	1,00	52,45
Savi	1,50	3,75	15,10	88,32	19,50	13,43	82,25	8,00	1,00	76,82
Savi	2,00	5,00	15,10	114,75	32,00	12,55	95,30	8,00	1,00	90,75
Moreeni	16,00	16,30	22,00	305,85	145,00	7,88	168,73	0,00	1,00	160,85
$\Sigma h =$	24,30	6,50								

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma		
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen	
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma\epsilon$	S_i [mm]	
Kuivakuorisavi	0,90	100,00	1,00	15,85	31,83	0,00160	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,002	3
Savi	2,05	43,00	1,00	32,97	40,97	0,00186	9,40	0,00	40,97	47,82	0,01643	0,018	9
Savi	2,55	43,00	1,00	35,52	43,52	0,00186	9,40	0,00	43,52	49,92	0,01459	0,016	8
Savi	3,30	43,00	1,00	39,35	47,35	0,00186	9,40	0,00	47,35	53,12	0,01224	0,014	14
Savi	4,30	43,00	1,00	44,45	52,45	0,00186	9,40	0,00	52,45	57,48	0,00974	0,012	12
Savi	3,75	43,00	1,00	68,82	76,82	0,00186	9,40	0,00	76,82	82,25	0,00726	0,009	14
Savi	5,00	43,00	1,00	82,75	90,75	0,00186	9,40	0,00	90,75	95,30	0,00520	0,007	14
Pohjamoreeni	16,30	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	160,85	168,73	0,00031	0,000	5

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

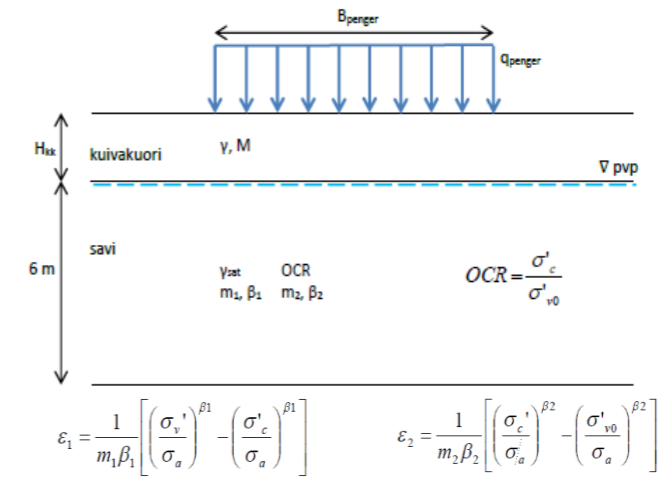
Paalu 450

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana. Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	17,00 kPa
	q_{penger}	-2,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

kevenne 0,6 m
(-0,1 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -



Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys	
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]	
Vanhapenger & Kuivakuorisavi	1,40	0,70	17,61	12,33	0,00	12,33	26,62	101,00	1,00	113,33	Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Savi	0,20	1,50	15,10	26,16	1,00	25,16	38,72	8,00	1,00	33,16	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	1,85	15,10	31,45	4,50	26,95	40,21	8,00	1,00	34,95	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,35	15,10	39,00	9,50	29,50	42,36	8,00	1,00	37,50	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	0,50	2,85	15,10	46,55	14,50	32,05	44,53	8,00	1,00	40,05	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	2,20	15,10	57,87	8,00	49,87	62,85	8,00	1,00	57,87	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Savi	1,00	3,00	15,10	72,97	16,00	56,97	69,34	8,00	1,00	64,97	Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Moreeni	18,00	14,10	22,00	278,52	127,00	151,52	159,02	0,00	1,00	151,52	
$\Sigma h =$	23,10	3,70									

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma		
	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Moduuliluku	Jännitys-	Alkujännitys	Loppujännitys	Suhteellinen	Suhteellinen	maa-kerroksen	
z [m]	m_2	β_2	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_2	m_1	β_1	σ_{ALKU} [kPa]	σ_{LOPPU} [kPa]	ϵ_1	$\Sigma \epsilon$	S_i [mm]	
Kuivakuorisavi	0,70	100,00	1,00	12,33	26,62	0,00143	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,001	2
Savi	1,50	43,00	1,00	25,16	33,16	0,00186	9,40	0,00	33,16	38,72	0,01648	0,018	4
Savi	1,85	43,00	1,00	26,95	34,95	0,00186	9,40	0,00	34,95	40,21	0,01492	0,017	8
Savi	2,35	43,00	1,00	29,50	37,50	0,00186	9,40	0,00	37,50	42,36	0,01296	0,015	7
Savi	2,85	43,00	1,00	32,05	40,05	0,00186	9,40	0,00	40,05	44,53	0,01128	0,013	7
Savi	2,20	43,00	1,00	49,87	57,87	0,00186	9,40	0,00	57,87	62,85	0,00877	0,011	11
Savi	3,00	43,00	1,00	56,97	64,97	0,00186	9,40	0,00	64,97	69,34	0,00692	0,009	9
Pohjamoreeni	14,10	Kitkamaa on aina normaalkonsolidoitunutta					200,00	0,50	151,52	159,02	0,00030	0,000	5

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankadun painumalaskenta**
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Paalu 400 - Kadun reuna

Tämä laskenta arvioi pohjamaan kuormittamisesta aiheutuvia painumia. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle.

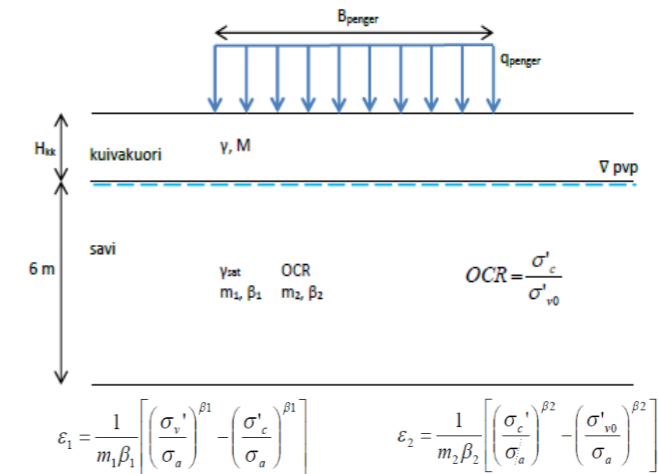
Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa pohjamaata kuormitetaan B-levellä jatkuvalla kuormalla, kuten tiepenkereellä tai seinäanturalla. Maaleikkaus syötetään negatiivisena pengerkuormana.

Laskentapohja huomioi ylittääkö kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyykö jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti.

Parametri		
Kuorma	$q_{rakenne}$	29,00 kPa
	q_{penger}	-18,00 kPa
	B_{penger}	14,10 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat}	17,61 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	101,00 -
	m_1	19,90 -
	β_1	0,50 -
	m_2	100,00 -
	β_2	1,00 -

Kevenne 3,5 m
(-0,9 m)

Parametri		
2. Maakerros Savi	γ_{sat}	15,10 kN/m ³
	OCR	1,00 -
	POP	8,00 -
	m_1	9,40 -
	β_1	0,00 -
	m_2	43,00 -
	β_2	1,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ	22,00 kN/m ³
	m_1	200,00 -
	β_1	0,50 -

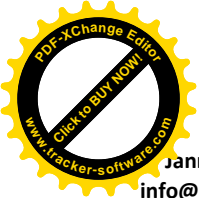


Maa-kerroksen paksaus	Syvyys	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys
h_i [m]	z [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_v [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]
Kuivakuorisavi PVP	0,00	17,61	0,00	0,00	0,00	11,00	11,00	101,00	1,00	101,00
Savi	0,40	15,10	3,02	2,00	1,02	10,85	11,87	8,00	1,00	9,02
Savi	0,50	15,10	9,82	6,50	3,32	10,52	13,83	8,00	1,00	11,32
Savi	1,00	15,10	21,14	14,00	7,14	10,01	17,15	8,00	1,00	15,14
Savi	1,00	15,10	36,24	24,00	12,24	9,40	21,64	8,00	1,00	20,24
Savi	1,50	15,10	55,12	36,50	18,62	8,74	27,35	8,00	1,00	26,62
Savi	2,00	15,10	81,54	50,00	31,54	8,12	39,66	8,00	1,00	39,54
Moreeni	16,00	22,00	272,64	144,00	128,64	5,44	134,08	0,00	1,00	128,64
$\Sigma h =$	22,40	6,40								

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.
Jännitys ylittää esikonsolidaatiojännityksen.

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalkonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma \epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi PVP	100,00	1,00	0,00	11,00	0,00110	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	1,02	9,02	0,00186	9,40	0,00	9,02	11,87	0,02918	0,031	12
Savi	43,00	1,00	3,32	11,32	0,00186	9,40	0,00	11,32	13,83	0,02135	0,023	12
Savi	43,00	1,00	7,14	15,14	0,00186	9,40	0,00	15,14	17,15	0,01324	0,015	15
Savi	43,00	1,00	12,24	20,24	0,00186	9,40	0,00	20,24	21,64	0,00712	0,009	9
Savi	43,00	1,00	18,62	26,62	0,00186	9,40	0,00	26,62	27,35	0,00291	0,005	7
Savi	43,00	1,00	31,54	39,54	0,00186	9,40	0,00	39,54	39,66	0,00032	0,002	4
Pohjamoreeni	200,00	0,50	128,64	134,08	0,00024	200,00	0,50	128,64	134,08	0,00024	0,000	4

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i =$



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin! Laskenta vain harrastekäyttöön!
Pvm:	HT6 - Pohjarakenteet	

G) Pönkämpalkin mitoitus

Mitoitetaan pönkämpalkki vaakapalkin tukivoimasta ja lämpötilakuormasta syntyvälle normaalivoimalle sekä kuorman epäkeskeisyydestä, palkin alkukäyrästä ja palkkiin ripustetusta kuormasta aiheutuvalla taivutusmomentilla. Pönkämpalkki on nurjahdustuettu tasaisin välein. Käytetään palkkina pyöreää putkipalkkia, jonka nurjahdus-kapasiteetti on sama joka suuntaan.

Rasitukset

$N_d = 781,0 \text{ kN}$ Palkin tukivoima, pönkämpalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa

$N_{d,T} = \Delta T \cdot \alpha \cdot E \cdot A$

$\Delta T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ Lämpötilamuutos työn aikana

$\alpha = 0,000012 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ Palkin tukivoima, pönkämpalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ Palkin tukivoima, pönkämpalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa

$A = 14910 \text{ mm}^2$ Palkin tukivoima, pönkämpalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa

$N_{d,T} = 1127,2 \text{ kN}$ Lämpötilan muutoksesta johtuva lämpötilakuorma pönkämpalkissa

$\Delta L = \Delta T \cdot \alpha \cdot L_0$

$L_0 = 2600 \text{ mm}$

$\Delta L = 0,936 \text{ mm}$ Pönkämpalkin lämpölaajeneminen

Tästä voidaan todeta, että lämpötilakuorma on todella valtava suhteessa pituuden muutokseen palkissa.

Ei ole järkevää mitoittaa palkkia koko lämpötilakuormalle, koska tukiseinä ja maa seinän takana varmasti myötävät hieman palkin työntäessä sitä kasaan valtavalla kuormalla.

Käytetään lämpötilakuormana 20 % lasketusta arvosta.

$N_{d,T} = 225,4 \text{ kN}$ Lämpötilan muutoksesta johtuva lämpötilakuorma pönkämpalkissa

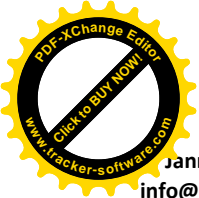
$\Sigma N_d = 1006,4 \text{ kN}$	Normaalivoima, jolle pönkämpalkki mitoitetaan
----------------------------------	---

Katsotaan Ruukin Rakenneputket-käsikirjasta alustavia putkikokoja, jotka voisivat kestää tämän normaalivoiman.

Putki on tuettu molemmista päistään nivelellisesti ja sen nurjahduspituus on 2,6 m.

Valitaan alustavasti putkikooksi rakenneputki S355 D323,9/8.

273	4	951,9	951,9	951,9	951,9	924,3	893,1	861,4	828,7	794,9	759,7	723,3
273	5	1494	1494	1494	1489	1437	1384	1330	1274	1215	1155	1092
273	6	1787	1787	1787	1779	1717	1653	1588	1521	1451	1378	1302
273	6,3	1874	1874	1874	1866	1800	1733	1665	1595	1521	1444	1365
273	8	2364	2364	2364	2353	2269	2185	2098	2008	1914	1817	1716
273	10	2933	2933	2933	2917	2812	2706	2598	2485	2368	2246	2120
273	12,5	3632	3632	3632	3608	3477	3345	3209	3068	2921	2768	2610
323,9	4	1099	1099	1099	1099	1091	1062	1032	1002	970,8	939,0	906,1
323,9	5	1422	1422	1422	1422	1409	1370	1331	1290	1249	1207	1163
323,9	6	2127	2127	2127	2127	2092	2029	1965	1900	1834	1765	1693
323,9	6,3	2232	2232	2232	2232	2194	2128	2061	1993	1923	1851	1775
323,9	8	2818	2818	2818	2818	2769	2685	2601	2514	2425	2333	2237
323,9	10	3501	3501	3501	3501	3437	3332	3226	3118	3007	2891	2772
323,9	12,5	4341	4341	4341	4341	4258	4127	3995	3859	3720	3575	3425
d mm	t mm	N _{b,Rd} (kN)										
		L _{cr} (m)										
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:	HT6 - Pohjarakenteet	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Arvioidaan normaalivoiman epäkeskeisyys ja siitä aiheutuva taivutusmomentti.
Lisäksi pönkämpalkiin saatetaan työmaalla ripustaa putkia tai muita kuormia, jotka aiheuttavat palkille taivutusmomentin.

$L_0 =$	2600 mm	Palkin kokonaispituus
$L_{cr} =$	2600 mm	Palkin solmuväli, nurjahduspituus, molemmat päät nivelöity
$e =$	100 mm	Normaalivoiman epäkeskeisyys
$M_{epäk,d} =$	100,6 kNm	Epäkeskeisyyden aiheuttama taivutusmomentti pönkämpalkissa
$Q_k =$	5,0 kN	Lisäkuorma, joka on ripustettu pönkämpalkin keskelle
$Q_d =$	7,5 kN	Kuorman mitoitusarvo, osavarmuus 1,5
$M_{Q,d} = Q_d * L_{cr} / 4$		
$M_{Q,d} =$	3,3 kNm	Lisäkuormasta aiheutuva taivutusmomentti
$G_k =$	0,6 kN/m	Palkin omanpainon ominaisarvo
$G_d =$	0,7 kN/m	Palkin omanpainon mitoituskuorma, osavarmuus 1,15
$M_{G,d} = G_d * L_{cr}^2 / 8$		
$M_{G,d} =$	0,6 kNm	Lisäkuormasta aiheutuva taivutusmomentti
$\Sigma M_d =$	104,5 kNm	Kokonaismomentti, jolle putkipalkki mitoitetaan

Mitoitetaan pönkämpalkki puristusnurjahdukselle.

Rakenteellinen mitoitus

a) Puristussauvan mitat

	D323,9/8	Sauvan profiili
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$N_{Ed} =$	1006,4 kN	Suurin puristusrasitus
$M_{Ed} =$	104,5 kNm	Suurin taivutusmomentti
$V_{Ed} =$	4,7 kN	Suurin leikkausvoima

Poikkileikkausluokka 3

b) Taivutusmitoitus

$W_{el} =$	611900 mm ³	Kimmainen taivutusvastus
$f_y =$	355 N/mm ²	
$M_{c,Rd} =$	217,2 kNm	Momenttikapasiteetti
$ka =$	48 %	OK $M_{Ed} < M_{c,Rd}$

c) Leikkausmitoitus

$A_v =$	7939 mm ²	Uuman pinta-ala
$V_{pl,Rd} =$	1954 kN	
$ka =$	0 %	OK $V_{Ed} < V_{pl,Rd}$

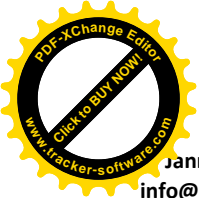
d) Leikkauslommahduksen tarkastaminen

Leikkauslommahduksen käyttöastetta ei tarvitse laskea.

e) Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutuksen tarkastaminen

$V_{Ed} =$	4,7 kN	Suurin leikkausvoima
$0,5 * V_{pl,Rd} =$	977 kN	
$ka =$	0 %	OK $V_{Ed} < 0,5 * V_{pl,Rd}$

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutusta ei tarvitse laskea.



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin! Laskenta vain harrastekäyttöön!
Pvm:	HT6 - Pohjarakenteet	

f) Leikkauksen ja väännön yhteisvaikutus, ei esiinny vääntöä

g) Sauvan kiepahtaminen, ei esiinny putkiprofileilla

h) Sauvan taipuma, ei tutkita yksittäisen solmuvälin taipumaa.

i) Vetomitoitus, sauvassa ei esiinny vetoa

j) Puristusmitoitus

$N_{Ed} =$	1006,4 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$N_{t,Rd} =$	2818 kN	Yläpaarteen puristuskapasiteetti ilman nurjahdusta.
$ka =$	36 %	OK $N_{Ed} < N_{t,Rd}$

k) Puristusnurjahdus

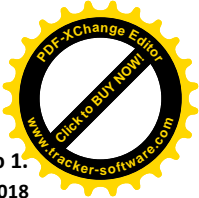
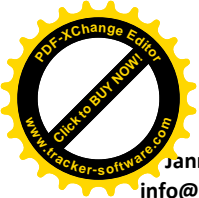
$N_{Ed} =$	1006 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$E =$	210000 kN/mm ²	Teräsmateriaalin kimmokerroin
$I =$	99100000 mm ⁴	Profiilin neliömomentti
$L_{cr} =$	2600 mm	Nurjahduspituus
$N_{cr} =$	30384 kN	Kriittinen nurjahduskuorma
$\lambda =$	0,3	Muunnettu hoikkuus
$\alpha =$	0,49	Epätarkkuustekijä, määräytyy profiilin valmistusmenetelmästä
$\phi =$	0,572	
$\chi =$	0,947	Puristuskestävyyden pienennyskerroin
$N_{b,Rd} =$	2668 kN	Puristuskapasiteetti, kun nurjahdus huomioitu.
$ka =$	38 %	OK $N_{Ed} < N_{b,Rd}$

l) Taivutus ja aksiaalivoima

$M_{c,Rd} =$	217,2 kNm	Momenttikapasiteetti
$M_{Ed} =$	104,5 kNm	Suurin taivutusmomentti
$N_{Ed} =$	1006 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$N_{pl,Rd} =$	2818 kN	Yläpaarteen puristuskapasiteetti ilman nurjahdusta.
$x =$	0,87	Momenttikapasiteetin pienennyskerroin
$M_{N,Rd} =$	189,5 kNm	Taivutukselle ja aksiaalivoimalle pienennetty momenttikapasiteetti
$ka =$	55 %	OK $M_{Ed} < M_{N,Rd}$

l) Taivutus, leikkaus ja aksiaalivoima

$V_{Ed} =$	4,7 kN	Suurin leikkausvoima
$0,5 * V_{pl,Rd} =$	977 kN	Taivutuksen, leikkauksen ja aksiaalivoiman yhteisvaikutusta ei tarvitse laskea.
$ka =$	0 %	OK $N_{Ed} < 0,5 * N_{t,Rd}$



Laskennan suoritti:	Janne Iho	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin! Laskenta vain harrastekäyttöön!
Pvm:	HT6 - Pohjarakenteet	

Lopullinen mitoitusehto

Selvitettävä ensiksi momentin muotokerroin k_{yy} .

$M1 =$	104,5 kNm	Tukimomentti 1. solmussa
$M2 =$	104,5 kNm	Tukimomentti 2. solmussa
$\psi =$	1,00	Kerroin
$M_s =$	104,5 kNm	Kenttämömentti
$\alpha_s =$	1,00	Kerroin
$C_{my} =$	1,00	OK $C_{my} > 0,4$
$\lambda =$	0,3	Muunnettu hoikkuus
$N_{Ed} =$	1006 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$\chi_{\bar{y}} =$	0,947	Puristuskestävyyden pienennyskerroin
$N_{Rk} =$	2818 kN	$= A * F_y$
$Y_{M1} =$	1,00	
$k_{yy1} =$	1,04	
$k_{yy2} =$	1,30	
$k_{yy} =$	1,04	Taivutusmomentin muodon huomioiva kerroin

(4) Yhdistetyn taivutuksen ja aksiaalisen puristuksen rasittamille sauvoille tarkistetaan seuraavat ehdot:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} \leq 1 \quad (6.61)$$

$N_{Ed} =$	1006 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$\chi_{\bar{y}} =$	0,947	
$N_{Rk} =$	2818 kN	$= A * f_y$
$Y_{M1} =$	1,00	
1)	37,72 %	
$k_{yy} =$	1,04	
$M_{y,Ed} =$	104,50 kNm	Sauvan suurin momentti
$\Delta M_{y,Ed} =$	0,00 kNm	Aksiaalivoiman epäkeskeisyydestä johtuva taivutusmomentti
$\chi_{LT} =$	1,000	Kiepahduksesta johtuva momenttikapasiteetin pienennyskerroin
$M_{y,Rk} =$	217,22 kNm	$= W * f_y$
$Y_{M1} =$	1,00	
2)	50,00 %	
3)	0,00 %	Yläpaarteessa ei esiinny poikkisuuntaista taivutusta.
ka =	88 %	OK $ka < 100 \%$

Valitaan pönkápalkiksi D323,9/8, lujuus S355

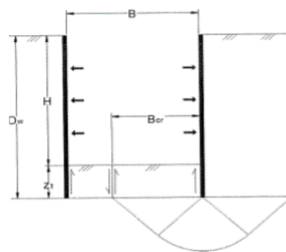
Pönkápalkki on mitoitettu maksimiepäkeskeisyydelle.
Tarkemmalla asennustyöllä voidaan käyttöastetta ja pönkápalkkia pienentää.
Pönkápalkki hitsataan vaakapalkkiin koko profiilinsa ympäri

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

1) Kaivannon pohjan vakavuus, liukupinnan kestävyys murtoa vastaan, PL450

Tarkastellaan teräsponteilla tuettua kaivantoa paalulla 450, jossa kaivanto on syvimmillään. Tutkitaan kaivannon pohjalla vaikuttavan liukupinnan stabiliteetia kuormitustapauksissa 6.10a ja 6.10b. Lujuuden on oltava suurempi kuin murtavan kuorman. Mitoitus eurokoodin mukaisesti.

$$ODF = \frac{(N_c s_{ub} + 2s_{ut} z_T / B_{cr})}{\gamma_R (\gamma_{G,dst} q_{maa} + \gamma_{Q,dst} q - \gamma_{G,stb} p)}$$



- L** = 150 m *Kaivannon pituus*
- B** = 2,6 m *Kaivannon leveys*
- B_{cr}** = 2,6 m *Kaivannon kriittinen leveys, liukupinnan säde*
- H** = 6,3 m *Kaivannon syvyys, muista huomioida 0,5 m ylikavu*
- D** = 11,8 m *Pontin pituus maanpinnalta lopetusyvyteen*
- B/L** = 0,0 m *Suhdeluku N_c:n selvittämistä varten*
- D/B** = 4,5 *Suhdeluku N_c:n selvittämistä varten*
- N_c** = 7,5 *Kantavuuskerroin taulukosta*
- γ_{kusa}** = 17,61 kN/m³ *Kuivakuorisaven tilavuuspaino*
- γ_{sa}** = 15,60 kN/m³ *Savikerroksen tilavuuspaino (kyllästynyt)*
- z_{kusa}** = 1,0 m *Kuivakuorisaven paksuus*
- z_{sa}** = 5,3 m *Savikerroksen paksuus kaivannon pohjan yläpuolella*
- z_t** = 5,50 m *Pontin alaosan upotussyvyys*



Liukupinnalla vaikuttava maan leikkauslujuus ja seinäkitka

Pontin alapää sijaitsee soramoreenikerroksessa. Käytetään pontin alapuolisen maakerroksen suljettuna leikkauslujuutena kaivannon sisäpuolisen "maatulpan" tehokkaan pystyjännityksen ja koheesion tuottamaa leikkauslujuutta. Liukupinnan leikkauslujuus lasketaan "liian ylhäällä" pontin alapään tasolla, jolloin saatu arvo on varman puolella.

- t_f = s_{ub}** = c' + σ'_n * tan φ'
 - c'** = 0,0 kN/m² *Maan keskimääräinen tehokas koheesio pontin lopetusyvytydessä (tai pelkkä s_u)*
 - φ'** = 38,0 ° *Maan keskimääräinen tehokas kitkakulma pontin lopetusyvytydessä*
 - γ_{tulppa}** = 19,00 kN/m³ *"Maatulpan" tilavuuspaino kaivannon pohjan ja pontin alapään välillä*
- σ'_n** = (γ_{tulppa} - 10 kN/m³) * z_t
 - σ'_n** = 49,5 kN/m² *Tehokas pystykuorma pontin lopetusyvytydessä, "maatulpan" paino - huokosvedenpaine*
- t_f = s_{ub}** = 38,7 kPa *Keskimääräinen leikkauslujuus pontin alapään alapuolisella murtopinnalla*
- s_{ut}** = 19,3 kPa *Keskimääräinen adheesio -ja kitkavoima maatulpan ja upotetun seinän välillä, 0,5 * t_f*
- q_{maa}** = 100,60 kN/m² *Maakerrosten kokonaispystyjännitys kaivannon pohjalla tukiseinän takana*
- q_{liik}** = 20,00 kN/m² *Muuttuva liikennekuorma tukiseinän takana maan pinnalla*
- p** = 0,00 kN/m² *Pysyvä lisäkuorma kaivannon pohjalla, esim. betonilaatta*

6.10a: osavarmuusluvut

	6.10a	6.10b	
γ _R	1,50	1,50	Liukupinnan leikkauskestävyyden osavarmuusluku
γ _{G,dst}	0,90	0,90	Pysyvän epäedullisen kuorman osavarmuusluku
γ _{G,stb}	1,35	1,15	Pysyvän stabiloivan kuorman osavarmuusluku
γ _{Q,dst}	0,00	1,50	Muuttuvan epäedullisen kuorman osavarmuusluku

Pohjan vakavuus

6.10a:	ODF=	1,83	Ok, vakavuus on riittävä
6.10b:	ODF=	1,70	Ok, vakavuus on riittävä

Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

2) Hydraulinen murtuma nosteen vaikutuksesta, kaivannon pohja koheesiomaassa

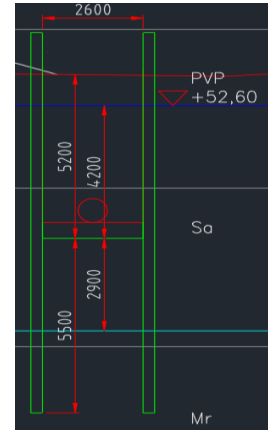
Tarkastellaan kaivantoa paalulla 350.

Tutkitaan kaivannon pohjan varmuus murtumaa vastaan, joka aiheutuu tukiseinän sisäpuolisen tiiviin "maatulpan" nousemisesta vettäjohtavan maakerroksen päällä. Maatulpan omapainon ja maan leikkauslujuuden on kumottava tiivistä maakerrosta kuormittava alapuolinen vedenpaine.

Mitoitus eurokoodin mukaisesti. Lujuuden on oltava suurempi kuin murtavan kuorman.

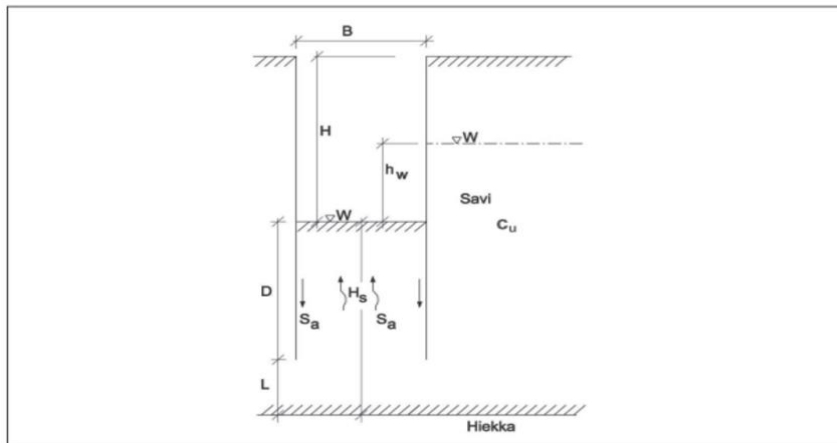
$$\frac{\gamma_{G;stb} \cdot \gamma \cdot H_s + \frac{2 \left(\frac{c_u}{\gamma_{cu}} L + \frac{s_a}{\gamma_{cu}} D \right)}{B}}{\gamma_{G;dst} \cdot \gamma_w \cdot (h_w + H_s)} \geq 1$$

$\gamma =$	15,10	kN/m^3	Maatulpan tilavuuspaino
$\gamma_w =$	10,00	kN/m^3	Veden tilavuuspaino
$\gamma_{D;stb} =$	0,90		Pysyvän edullisen kuorman osavarmuusluku
$\gamma_{D;dst} =$	1,10		Pysyvän epäedullisen kuorman osavarmuusluku
$\gamma_{cu} =$	1,40		Leikkauslujuuden osavarmuusluku
$L =$	0,00	m	Tukiseinän alapään etäisyys vettä johtavasta kerroksesta
$c_u =$	16,72	kPa	Keskimääräinen maatulpan suljettu leikkauslujuus
$s_a =$	8,36	kPa	Adheesiovoima maatulpan ja upotetun seinän välillä, $0,5 \cdot t_f$
$D =$	5,50	m	Pontin lyöntisyvyys kaivannon pohjan alapuolelle
$B =$	2,60	m	Kaivannon leveys
$H =$	5,20	m	Kaivannon syvyys
$h_w =$	4,20	m	Kaivannon pohjan etäisyys pohjaveden pintaan
$H_s =$	2,90	m	Etäisyys kaivannon pohjalta vettä läpäisevään kerrokseen
$F =$	0,8		



Varmuus nostetta vastaan ei ole riittävä.

Kaivannon toteuttamisen kannalta on harkittava pohjavedenpinnan alentamista noin 1 metrin.



Kuva 6.8. Nosteen aiheuttama murtuma hienorakeisessa maassa, kun hienorakeisen maan alla on vettäjohtava maakerros.

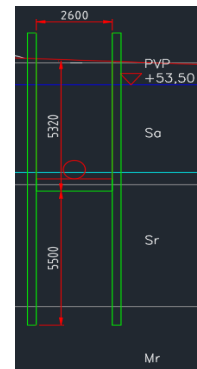
Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

3) Hydraulinen murtuma virtauksen ja huokosvedenpaineen vaikutuksesta, pohja kitkamaassa

Tarkastellaan kaivantoa paalulla 450, jossa kaivannon pohja sijaitsee karkearakeisessa maakerroksessa.

Tutkitaan kaivannon pohjan varmuus murtumaa vastaan, joka aiheutuu kaivannon pohjalle virtaavan veden virtauspaineesta ja huokosvedenpaineesta. Mitoitus tehdään kokonaisvarmuusmenetelmällä nomogrammia käyttäen.

$h_w =$	4,30 m	Kaivannon pohjan etäisyys pohjaveden pintaan
$D =$	5,50 m	Pontin lyöntisyvyys kaivannon pohjan alapuolelle
$B =$	2,60 m	Kaivannon leveys
$B/h_w =$	0,60	
$D/h_w =$	1,28	
$F =$	1,50	

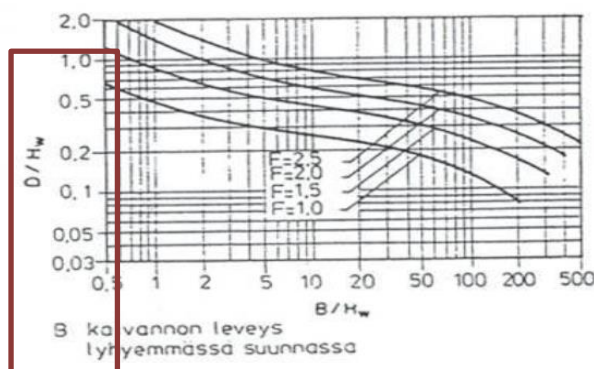
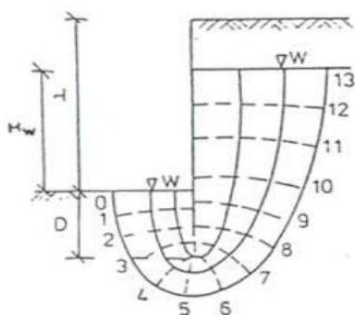


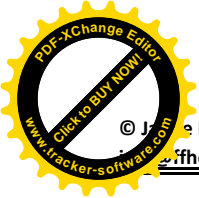
Minimivarmuuden tulisi olla vähintään 2,0 hydraulista murtumaa vastaan.

Varmuus nostetta vastaan ei ole riittävä.

Kaivannon toteuttamisen kannalta on harkittava pohjavedenpinnan alentamista noin 1,5 metriä.

Pohjamaan hydraulinen murtuma kitkamaassa





Kohde: **Pajalankulma, Valovirrankatu**

Putkilinjan painumat paaluvälillä 300-450

Paaluvälille on laskettu putkijohdon painuma 50 metrin välein. Tarkastetaan painumaeroista johtuva kaltevuusmuutos. Painumissa on huomioitu viereinen tiepenger ja putkilinja. Vain uudet kuormia lisäävät rakenteet aiheuttavat painumia.

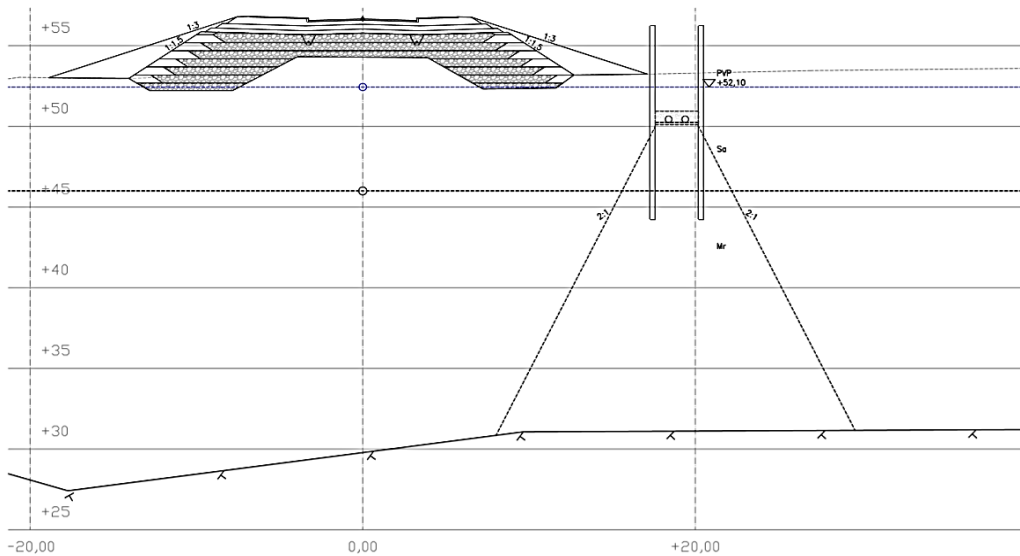
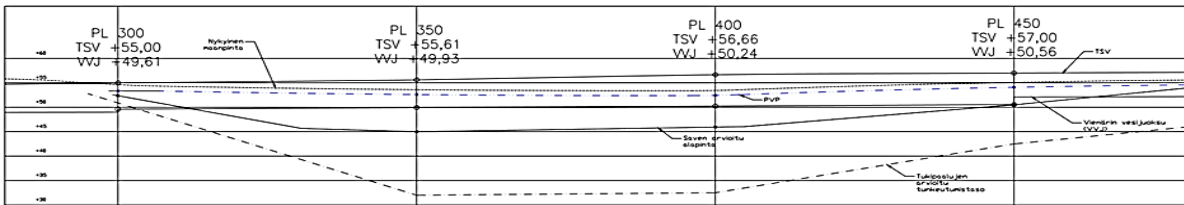
Paalu [PL]	300	350	400	450
Painuma, putken kuorma [mm]	0	3	2	1
Painuma, penkereen kuorma [mm]	0	7	7	30
Kokonaispainuma [mm]	0	10	9	31
Painumaero [mm]		-3	1	1
Kaltevuusmuutos [%]		-0,01 %	0,00 %	0,00 %

Putkijohdon omasta painosta aiheutuva painuma on laskettu seuraavissa laskentaliitteissä 8.2 ja 8.3. Tästä aiheutuva painuma on merkityksetön, koska jännityslisäys ei ylitä pohjamaan esikonsolidaatiojännitystä.

Katupenkereen aiheuttama painuma putkijohtolinjalla on laskettu Geocalc-ohjelmalla paalulla 400. Tiepenkereen painumaa ei ole laskettu muilla paaluilla, vaan painuma on arvioitu paaluille pohjasuhteiden avulla.

Putkijohdon kaltevuusmuutokset ovat pieniä. Putkijohtolinjan ei todeta vaativan pohjanvahvistusta ei kevennerakenteita.

PITUUSLEIKKAUS, PAALUVÄLI 300-450, 1:500



Kohde: Pajalankulma, putkijohdon painumalaskenta
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

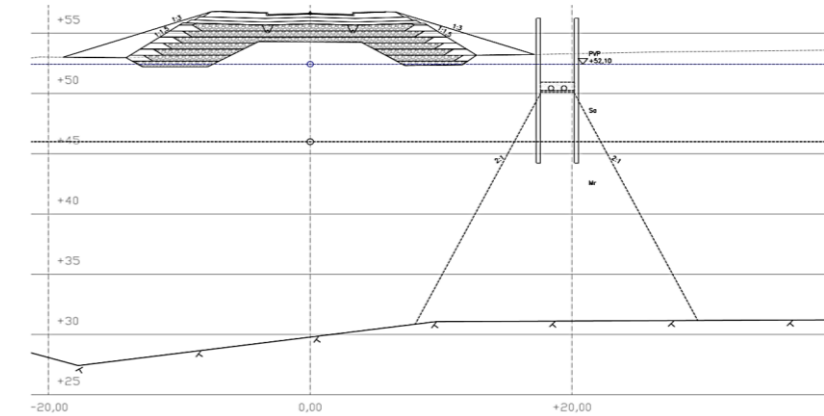
Paalu 350

Tämä laskenta arvioi putkilinjan kuormasta aiheutuvia painumia pohjamaassa. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa maakerrosta kuormitetaan B-levellä mursketäytöllä. Mursketäytön kuormasta vähennetään poisleikatun maamassan paino. Laskentapohja huomioi ylittävää kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyvä jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti. Pohjaan annetaan myös ulkoisesta kuormasta, esimerkiksi putkilinjan viereen rakennettavasta maapenkereestä aiheutuva painuma.

Parametri	
Kuorma	$q_{\text{putkitäyttö}}$ 17,00 kPa
	q_{leikkaus} -12,84 kPa
	$B_{\text{täyttö}}$ 2,60 m
	$H_{\text{täyttö}}$ 0,85 m
	$H_{\text{täyttö,yp}}$ 3,00 m
	$H_{\text{täyttö,ap}}$ 3,85 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat} 17,61 kN/m ³
	OCR 1,00 -
	POP 101,00 -
	m_1 19,90 -
	β_1 0,50 -
	m_2 100,00 -
β_2 1,00 -	

Parametri	
2. Maakerros Savi	γ_{sat} 15,10 kN/m ³
	OCR 1,00 -
	POP 8,00 -
	m_1 9,40 -
β_1 0,00 -	
m_2 43,00 -	
β_2 1,00 -	
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ 22,00 kN/m ³
	m_1 200,00 -
	β_1 0,50 -

Tielinjan aiheuttama painuma = 7 mm



$$\epsilon_1 = \frac{1}{m_1 \beta_1} \left[\left(\frac{\sigma_v'}{\sigma_a} \right)^{\beta_1} - \left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_a} \right)^{\beta_1} \right]$$

$$\epsilon_2 = \frac{1}{m_2 \beta_2} \left[\left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_a} \right)^{\beta_2} - \left(\frac{\sigma_{v0}'}{\sigma_a} \right)^{\beta_2} \right]$$

Maa-kerroksen paksuus	Syvyys	Syvyys putken alus-täytön tasolta	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatiotila		Esi-konsolidaatio-jännitys
h_i [m]	z [m]	z_{putki} [m]	γ [kN/m ³]	$z * \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) * 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ $\sigma_{v'}$ [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]
Vanha pengeri & Kuivakuorisavi PVP	1,00	0,50	17,61	8,81	0,00	8,81		8,81	101,00	1,00	109,81
Savi, putkitäytön ap	2,85	2,43	15,10	39,13	14,25	24,88		24,88	8,00	1,00	32,88
Savi	0,30	4,00	15,10	62,91	30,00	32,91	3,94	36,85	8,00	1,00	40,91
Savi	0,50	4,40	15,10	68,95	34,00	34,95	3,44	38,39	8,00	1,00	42,95
Savi	1,00	5,15	15,10	80,28	41,50	38,78	2,78	41,55	8,00	1,00	46,78
Savi	1,00	5,15	15,10	95,38	41,50	53,88	2,21	56,09	8,00	1,00	61,88
Savi	1,50	7,40	15,10	114,25	64,00	50,25	1,76	52,01	8,00	1,00	58,25
Moreeni	6,00	11,15	22,00	191,58	101,50	90,08	1,09	91,17	0,00	1,00	90,08
$\Sigma h =$	14,15	7,15									

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.

Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppu-jännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma \epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi PVP	100,00	1,00	8,81	8,81	0,00000	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,000	0
Savi	43,00	1,00	24,88	24,88	0,00000	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,000	0
Savi	43,00	1,00	32,91	36,85	0,00092	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	34,95	38,39	0,00080	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	38,78	41,55	0,00065	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	1
Savi	43,00	1,00	53,88	56,09	0,00051	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	1
Savi	43,00	1,00	50,25	52,01	0,00041	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,000	1
Pohjamoreeni	Kitkamaa on aina normaalikonsolidoitunutta					200,00	0,50	90,08	91,17	0,00006	0,000	0

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i = 3$
+ Tielinjan penkereen ja rakenteiden aiheuttama painuma: $\Sigma S_i = 10$

Kohde: Pajalankulma, putkijohdon painumalaskenta
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

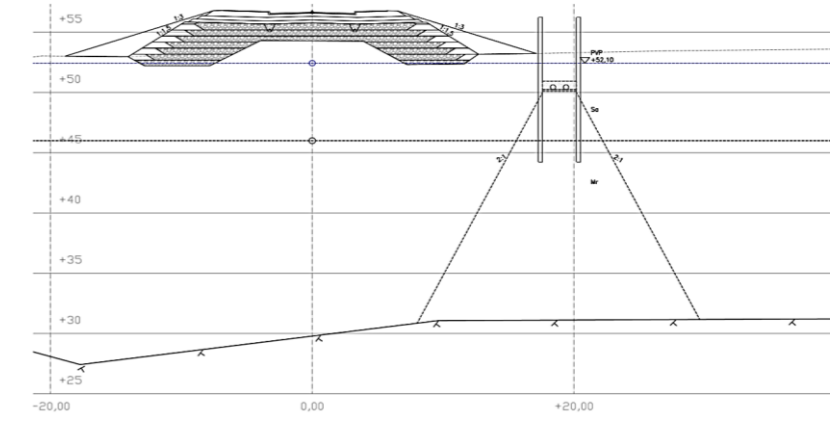
Paalu 400

Tämä laskenta arvioi putkilinjan kuormasta aiheutuvia painumia pohjamaassa. Kuorman lisäys eri maakerroksissa on määritetty 2:1-menetelmällä, joka johtaa hieman todellista suurempaan kuormitukseen pohjamaassa. Todellisuudessa kuorma jakautuu maapohjaan tehokkaammin syvemmälle mentäessä. Myös kuivakuorikerros jakaa hyvin kuormaa suuremmalle alalle. Laskenta pohja soveltuu käyttöön tapauksissa, joissa maakerrosta kuormitetaan B-levellä mursketäytöllä. Mursketäytön kuormasta vähennetään poisleikatun maamassan paino. Laskentapohja huomioi ylittävää kuorman aiheuttama jännityslisäys tutkittavan maakerroksen esikonsolidaatiojännityksen vai pysyvä jännitys ylikonsolidoituneella alueella. Normaalkonsolidoituneella alueella painumat kasvavat radikaalisti. Pohjaan annetaan myös ulkoisesta kuormasta, esimerkiksi putkilinjan viereen rakennettavasta maapenkereestä aiheutuva painuma.

Parametri	
Kuorma	$q_{\text{putkitäyttö}}$ 17,00 kPa
	q_{leikkaus} -12,84 kPa
	$B_{\text{täyttö}}$ 2,60 m
	$H_{\text{täyttö}}$ 0,85 m
	$H_{\text{täyttö,yp}}$ 4,20 m
	$H_{\text{täyttö,ap}}$ 5,05 m
1. Maakerros Kuivakuorisavi	γ_{sat} 17,61 kN/m ³
	OCR 1,00 -
	POP 101,00 -
	m_1 19,90 -
	β_1 0,50 -
	m_2 100,00 -
β_2 1,00 -	

Parametri	
2. Maakerros Savi	γ_{sat} 15,10 kN/m ³
	OCR 1,00 -
	POP 8,00 -
	m_1 9,40 -
	β_1 0,00 -
3. Maakerros Pohjamoreeni	γ 22,00 kN/m ³
	m_1 200,00 -
	β_1 0,50 -

Tielinjan aiheuttama painuma = 7 mm



$$\epsilon_1 = \frac{1}{m_1 \beta_1} \left[\left(\frac{\sigma_v'}{\sigma_a} \right)^{\beta_1} - \left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_a} \right)^{\beta_1} \right] \quad \epsilon_2 = \frac{1}{m_2 \beta_2} \left[\left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_a} \right)^{\beta_2} - \left(\frac{\sigma_{v0}'}{\sigma_a} \right)^{\beta_2} \right]$$

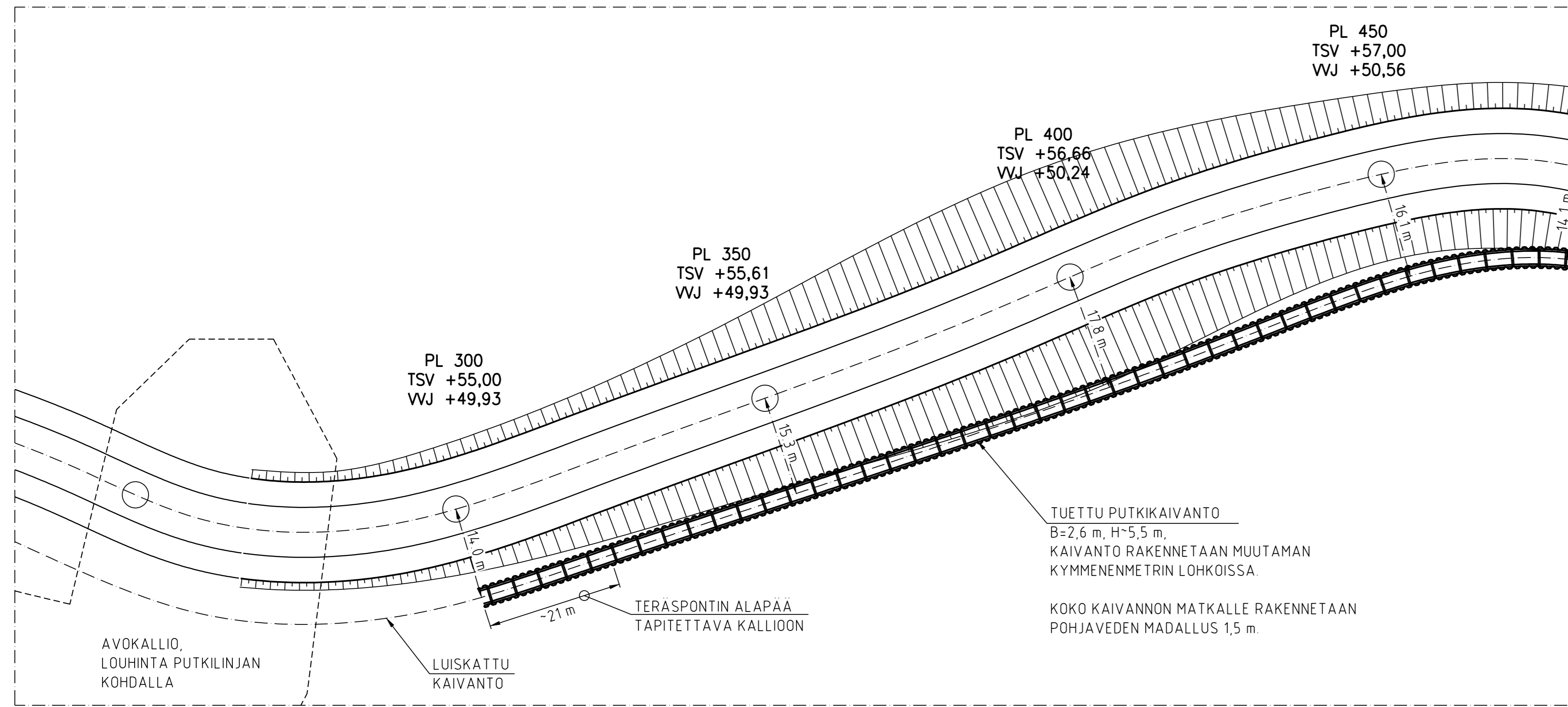
Maa-kerroksen paksuus	Syvyys	Syvyys putken alus-täytön tasolta	Tilavuuspaino	Alkutilan kokonais-jännitys	Huokosveden-paine	Alkutilan tehokas jännitys	Jännityslisäys	Lopullinen pystyjännitys	Konsolidaatio-tila		Esi-konsolidaatio-jännitys
h_i [m]	z [m]	z_{putki} [m]	γ [kN/m ³]	$z \cdot \gamma$ σ_{v0} [kPa]	$(z-h_{kk}) \cdot 10$ u [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ σ'_{v0} [kPa]	2:1-mentelmä $\Delta \sigma'_z$ [kPa]	$\sigma_{v0} - u$ $\sigma_{v'}$ [kPa]	POP	OCR	σ_c [kPa]
Vanha penger & Kuivakuorisavi PVP	1,00	0,50	17,61	8,81	0,00	8,81		8,81	101,00	1,00	109,81
Savi, putkitäytön ap	4,05	3,03	15,10	48,19	20,25	27,94		27,94	8,00	1,00	35,94
Savi	0,30	5,20	15,10	81,03	42,00	39,03	3,94	42,97	8,00	1,00	47,03
Savi	0,30	5,50	15,10	85,56	45,00	40,56	3,55	44,11	8,00	1,00	48,56
Savi	0,50	5,90	15,10	91,60	49,00	42,60	3,14	45,74	8,00	1,00	50,60
Savi	0,50	5,40	15,10	99,15	44,00	55,15	2,74	57,89	8,00	1,00	63,15
Savi	0,50	6,90	15,10	106,70	59,00	47,70	2,43	50,13	8,00	1,00	55,70
Moreeni	15,00	14,65	22,00	275,48	136,50	138,98	0,89	139,86	0,00	1,00	138,98
$\Sigma h =$	22,15	6,15									

Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.
Jännitys pysyy ylikonsolidoituneella alueella.

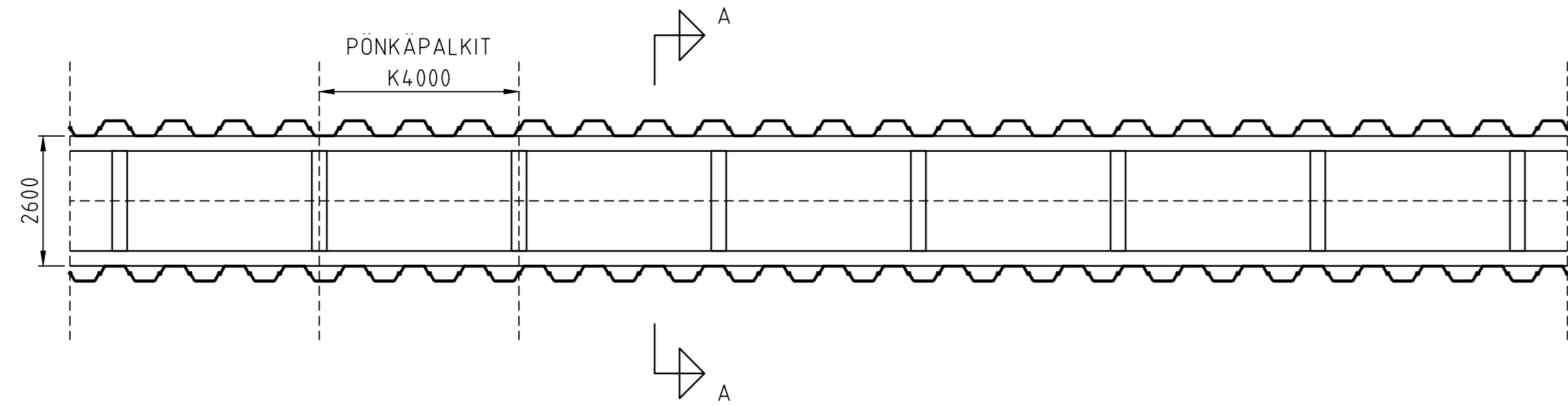
Syvyys	Ylikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Normaalikonsolidoituneen alueen suhteellinen painuma					Kokonaispainuma	
	Moduuliluku	Jännitys- β_2	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppu-jännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_2	Moduuliluku	Jännitys- β_1	Alkujännitys σ_{ALKU} [kPa]	Loppujännitys σ_{LOPPU} [kPa]	Suhteellinen ϵ_1	Suhteellinen $\Sigma \epsilon$	maa-kerroksen S_i [mm]
Kuivakuorisavi PVP	100,00	1,00	8,81	8,81	0,00000	19,90	0,50	0,00	0,00	0,00000	0,000	0
Savi	43,00	1,00	27,94	27,94	0,00000	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,000	0
Savi	43,00	1,00	39,03	42,97	0,00092	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	40,56	44,11	0,00083	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	42,60	45,74	0,00073	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	55,15	57,89	0,00064	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Savi	43,00	1,00	47,70	50,13	0,00057	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,001	0
Pohjamoreeni	Kitkamaa on aina normaalikonsolidoitunutta					200,00	0,50	138,98	139,86	0,00004	0,000	1

Pohjamaan kokonaispainuma pitkän ajan kuluttua: $\Sigma S_i = 2$
+ Tielinjan penkereen ja rakenteiden aiheuttama painuma: $\Sigma S_i = 9$

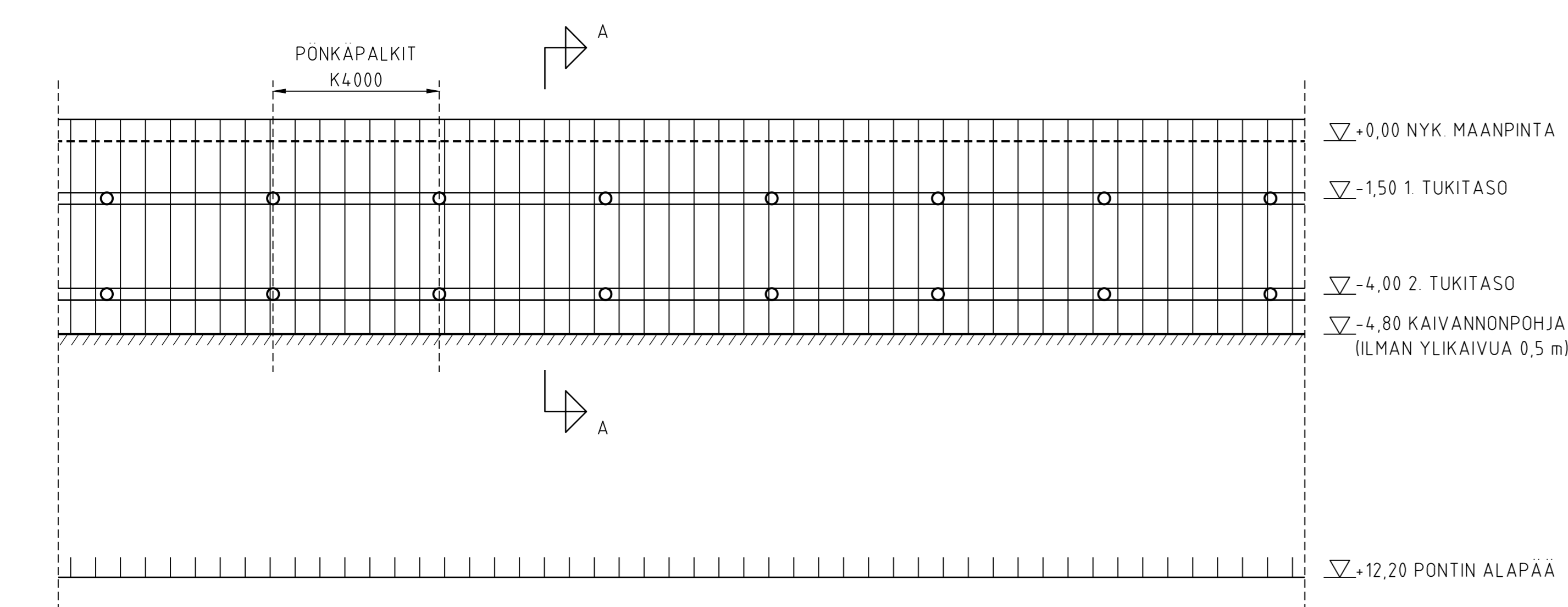
PUTKIKAIVANNON TASOKUVA PL300-PL450, 1:500



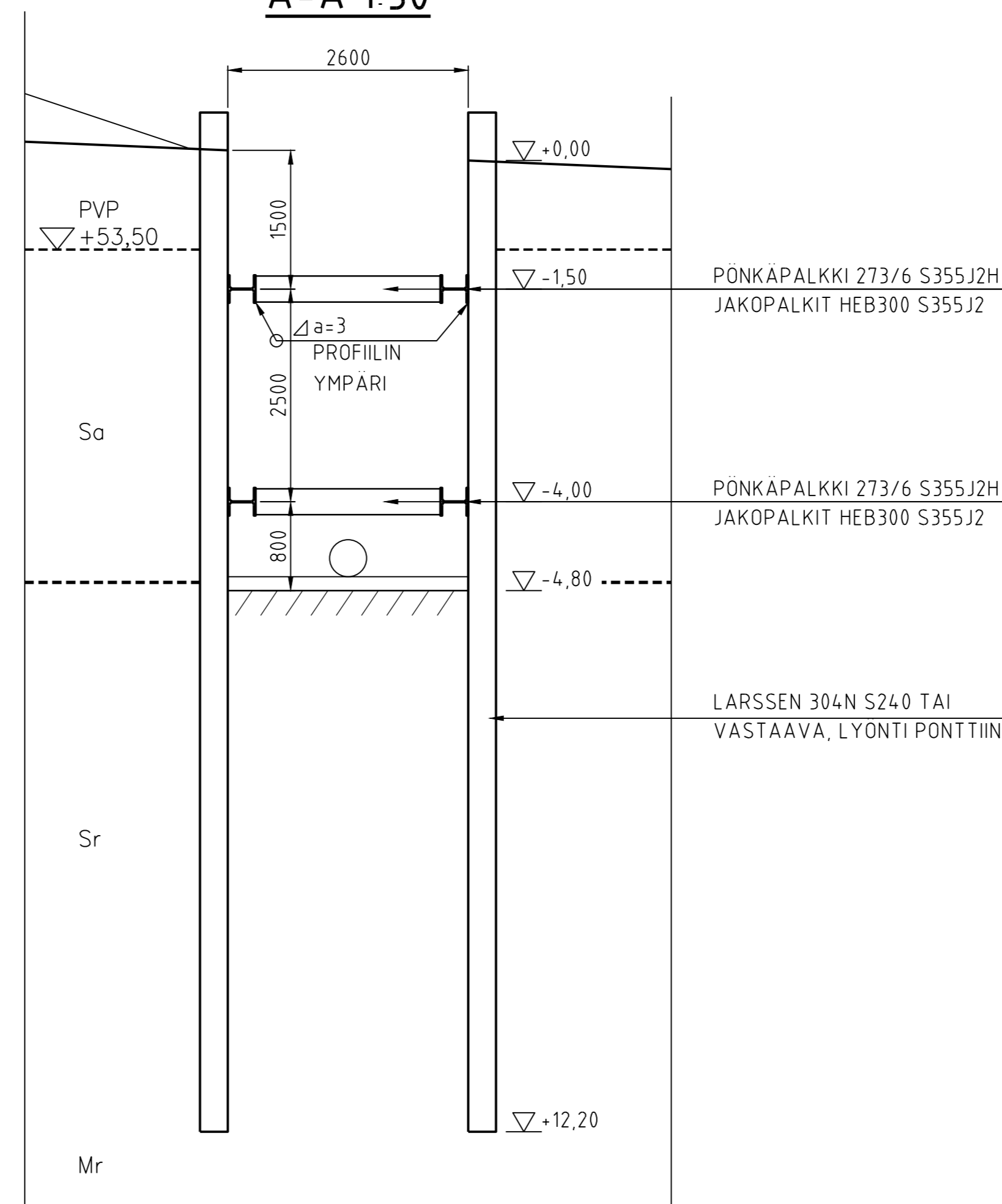
TUETUN KAIVANNON TASOKUVA 1:100



TUETUN KAIVANNON PITUUSLEIKKAUS 1:100



A-A 1:50



Id	Layer Name	z [m]	h [m]	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]	Ko Model	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model	δya	δyp	ξ50a	ξ50p	m	n
1.	kuSa	0	0,5	17	25	4	0	Jaky	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					75	10
2.	Sa	-0,5	4	15,1	25	4	0,6	Jaky	Coulomb	0,39	2,83	Undrained	MCM					20,4	10,5
3.	Hk	-4,5	5,5	17,1	30	0	0	Jaky	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM					150	0,5
4.	srMt	-10	5	22	40	0	0	Jaky	Coulomb	0,21	6,35	Drained	MCM					1200	0,5

Name	A [mm²]	L [m]	α [°]	h [m]	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig [m]	Horizontal distribution [m]
T1	7800	2,6	180	1,5	0	210000000	0,4	4
T2	7800	2,6	180	4	0	210000000	0,4	4

Wall Type	Sheetpile
Name	Larssen 604 n
Manufacturer	ThyssenKrupp
Cross Section Area [m²]	0,01567
Calculation Width [m]	1
Inertia Modulus [m⁴]	0,000304
Section Modulus [m³]	0,0016
Elastic Modulus [kPa]	210000000
Flexural Stiffness [kNm²]	63840
Axial Stiffness [kNm²/m²]	3290700
Length of Wall [m]	11,5

PONTTISEINÄ: LARSSEN 304N S240
 JAKOPALKIT: HEB300 S355J2
 PÖNKÄPALKIT: RAKENNEPUTKI 273/6 S355J2H

HITSAUSLUOKKA: C

SALLITTU YLIKAIVU: 0,5 m

TYÖVAIHEET:

- POHJAVEDEN ALENTAMINEN KAIVANNON YMPÄRILLÄ TASOLLE -3,0 m NYKYISESTÄ MAANPINNASTA.
- PONTTIEN LYÖNTI OHJURIPALKIN AVULLA
- KAIVU KORKOON TUKITASO 1. - 0,4 m.
- TUKITASO 1. JAKOPALKIN HITSAUS PONTTISEINÄÄN a=4 L=100 k1000
- PONTIT LIMITETÄÄN JATKOSKOHDASSA 800 mm JA HITSAATAAN LAIPOISTA TOISIINSA, a=4 L=800.
- TUKITASO 1. PÖNKÄPALKKIEN HITSAUS.
- KAIVU KORKOON TUKITASO 2. - 0,4 m.
- TUKITASO 2. JAKOPALKIN HITSAUS.
- TUKITASO 2. PÖNKÄPALKKIEN HITSAUS.
- KAIVU PUTKEN PERUSTUSARINAN ALAPINNAN TASOON POHJAMAAN HAIRINTYMISTÄ ON VALTETTAVA JA POHJA ON TIIVISTETTÄVÄ LUONNOLLISEEN TILAANSA.

PONTIT HITSAATAAN KIINNI a=4 L=50 K1000 KAIVUN EDETTÄESSÄ.

TYÖSSÄ VAROTTAVA:

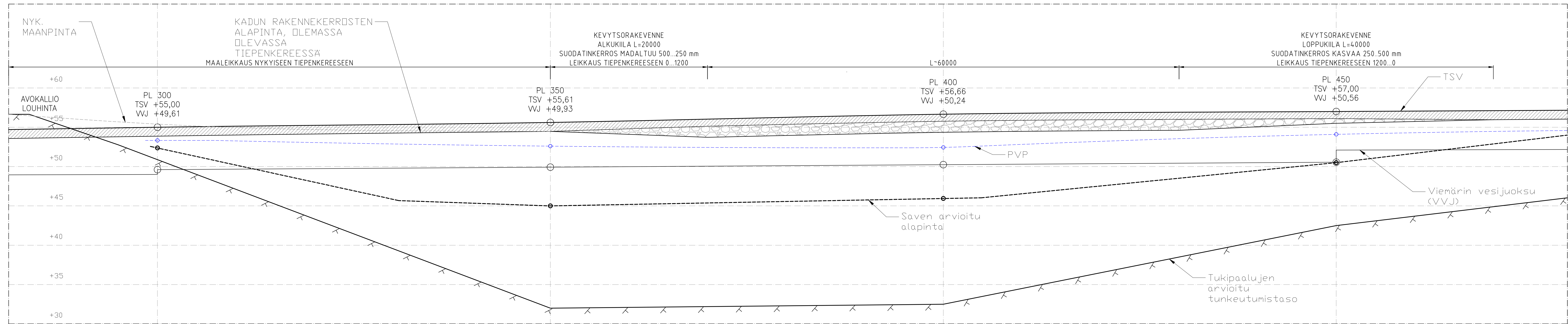
- YLIKAIVUUA
- TUKIRAKENTEIDEN KOLHIMISTA TAI LISÄKUORMITTAMISTA
- PÖNKÄPALKKIIN SAA RIPUSTAA ENINTÄÄN 500 kg KUORMAN.

- PUTKEN MURSKEARINAN h=150 mm RAKENTAMINEN, KAM-32
- PUTKEN ASENTAMINEN SUUNNITELMIEN MUKAISEN KORKOON PUTKEN VALMISTAJAN OHJEITA NOUDATTAEN.
- YMPÄRYS- JA LOPPUTÄYTÖJEN RAKENTAMINEN KAM-32 KERROKSITAIN TIIVISTÄEN. LOPPUTÄYTÖN PAKSUUS 300 mm.
- TUKITASO 2. JA PONTIN HITSIEN PURKAMINEN.
- KAIVANNON TÄYTTÄMINEN KAIVUMAILLA TUKITASOON 1. ASTI.
- TUKITASO 1. JA PONTIN HITSIEN PURKAMINEN.
- KAIVANNON TÄYTTÄMINEN KAIVUMAILLA YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN ASTI.

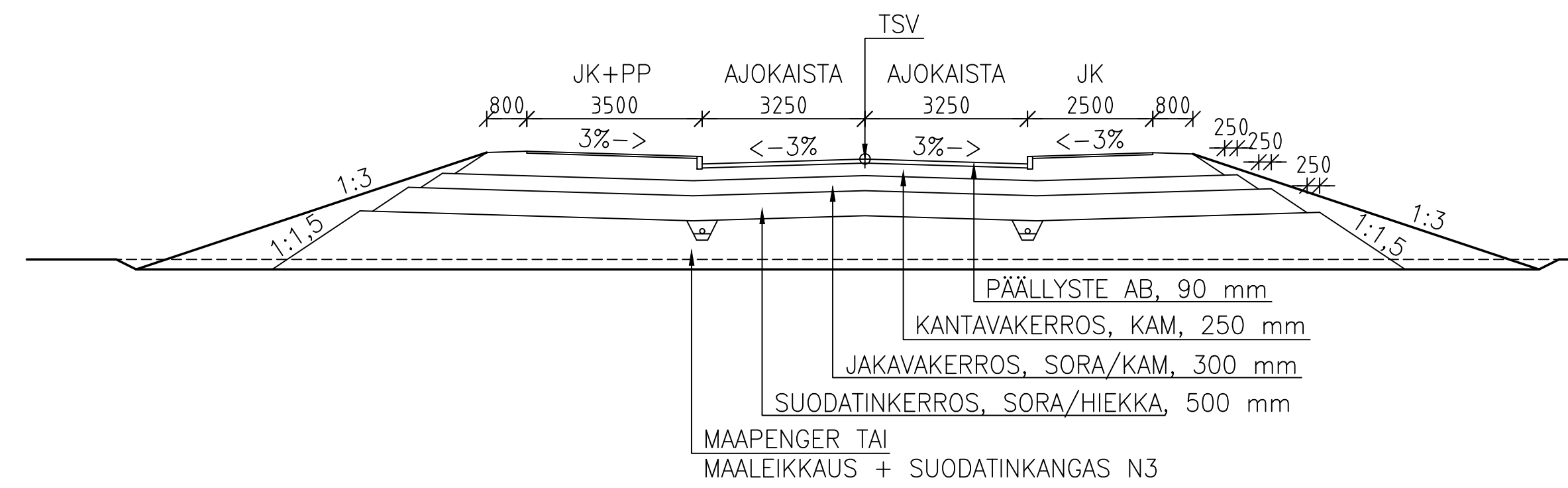
TÄYTÖT RAKENNETAAN INFRA-RYL 18300 VAATIMUSTEN MUKAISESTI.

Muutos	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hjy.
Kunta JÄRVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintä	
Rakennustoimenpide		RAK	Piirustustyyppi	RAK
Rakennuskohteen nimi ja osoite		PAJALANPIHA	Piirustuksen sisältö	KAIVANTOSUUNNITELMA
			Mittakaava	1:50 1:100 1:500
			Työno	XXXXXX
			Piir.nro	XXXXXX.1
			Työpöytä	Hjy.
				xx
				Pvm
				5.5.2018

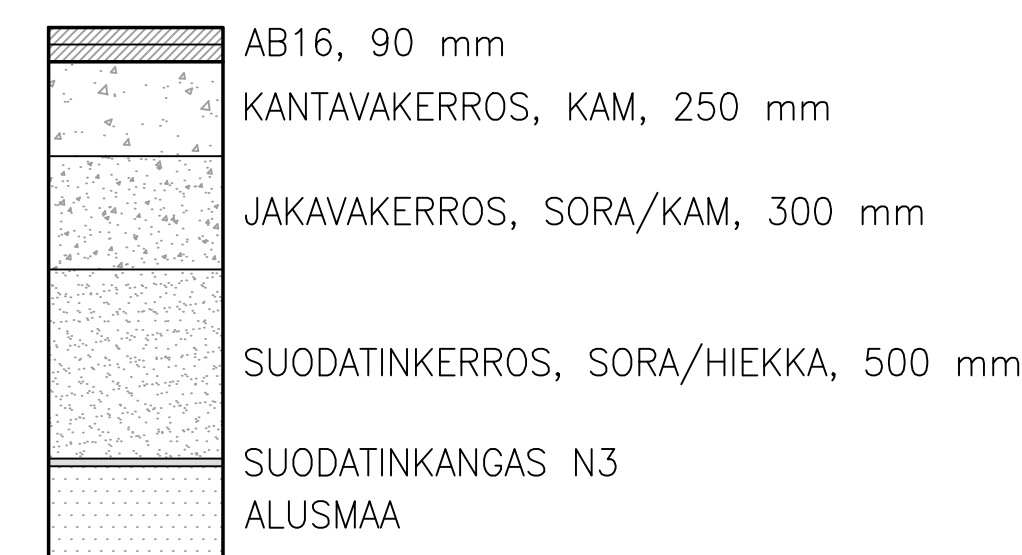
KEVENNYKSEN PITUUSLEIKKAUS, PAALUVÄLI 300-450, 1:200



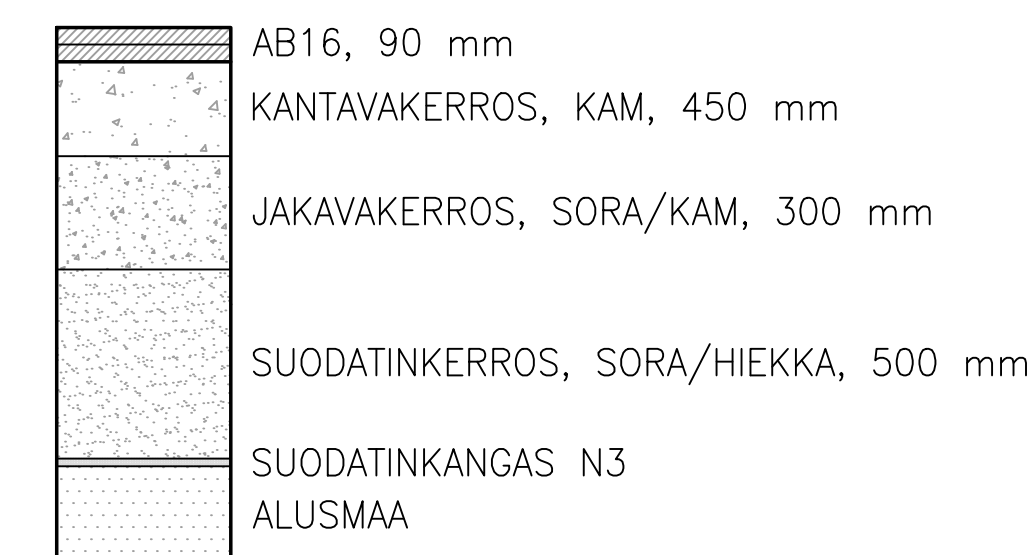
TIERAKENTEEN PERUSPOIKKILEIKKAUS, 1:100



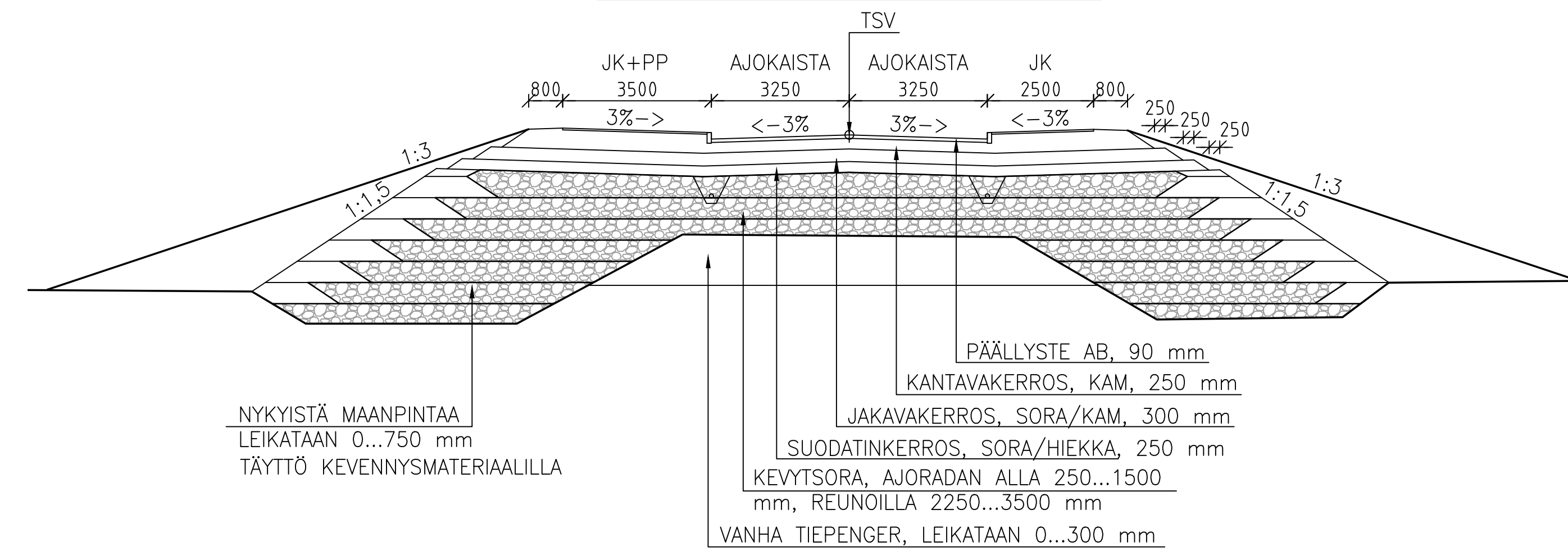
KADUN RAKENNEKERROKSET, AJORATA



KADUN RAKENNEKERROKSET, KVL-KAISTA



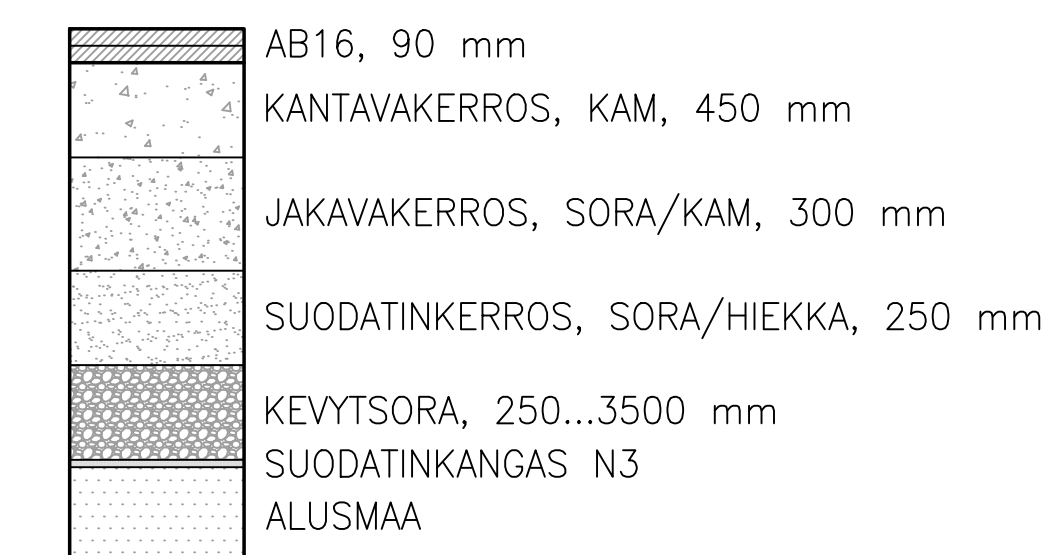
KEVENNETYN TIERAKENTEEN PERUSPOIKKILEIKKAUS, 1:100



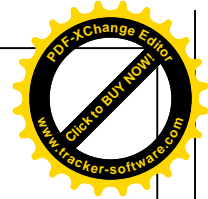
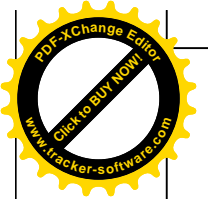
KADUN RAKENNEKERROKSET, AJORATA, KEVENNE



KADUN RAKENNEKERROKSET, KVL-KAISTA, KEVENNE

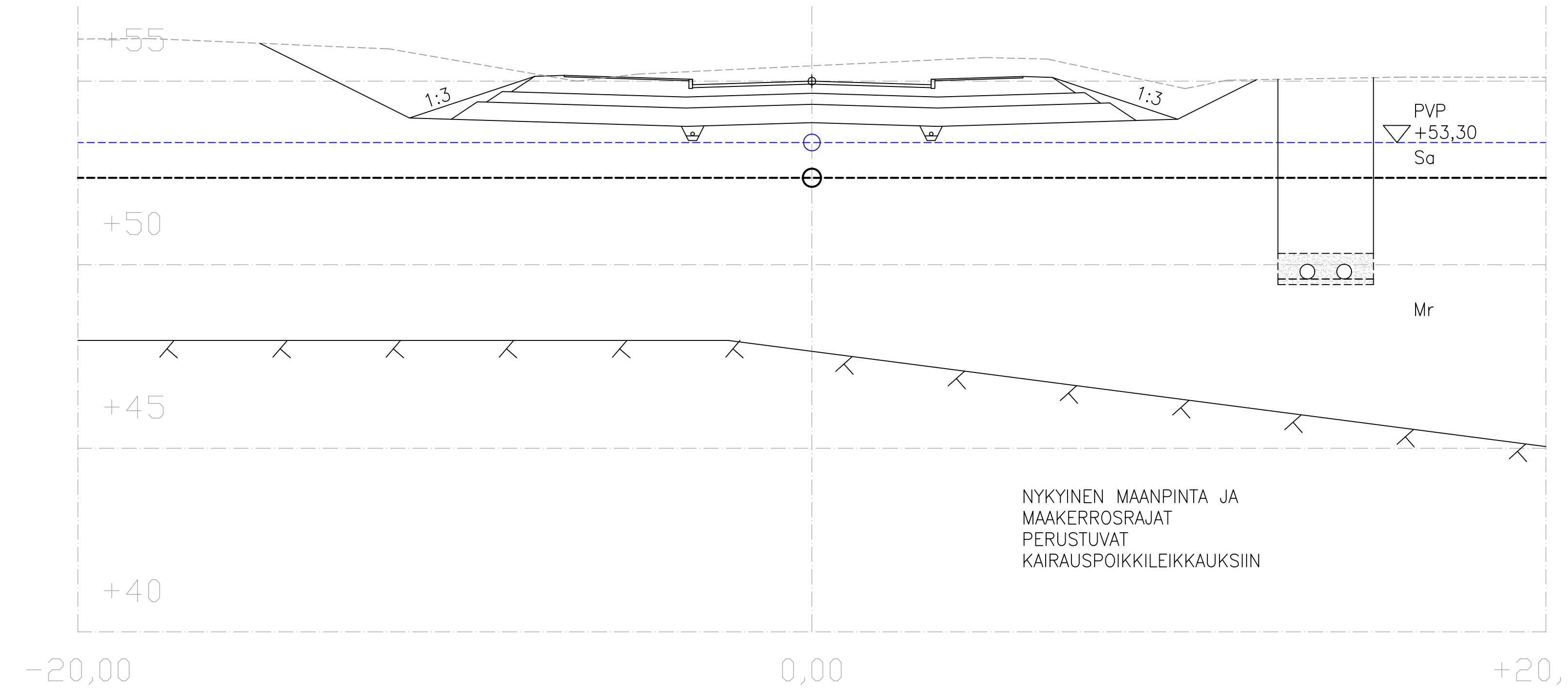


Muutos				Pvm	Tehnyt	Pvm	Hjy.
Kunta JÄRVENPÄÄ	Kyö	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintä				
Rakennusluvanpide			Pirustustyö RAK				
Rakennuskohteen nimi ja osoite PAJALANPIHA			Pirustuksen sisältö KADUN PERUSPOIKKILEIKKAUKSET JA PITUUSLEIKKAUS	Mittakaava 1:100 1:200			
			Työno XXXXXX	Teksti			
			Piir.no XXXXXX.2	Muoto			
Suun. Janne Iho		Työpkrt.	Hjy. xx	Pvm 5.5.2018			

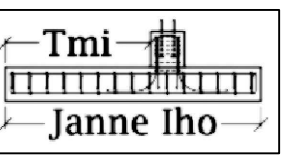


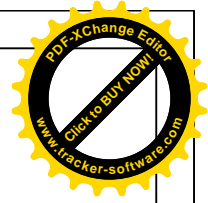
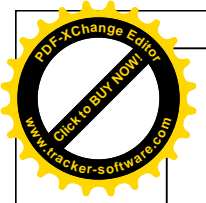
F-F, 1:100

PL 300
TSV +55,00
WJ +49,61



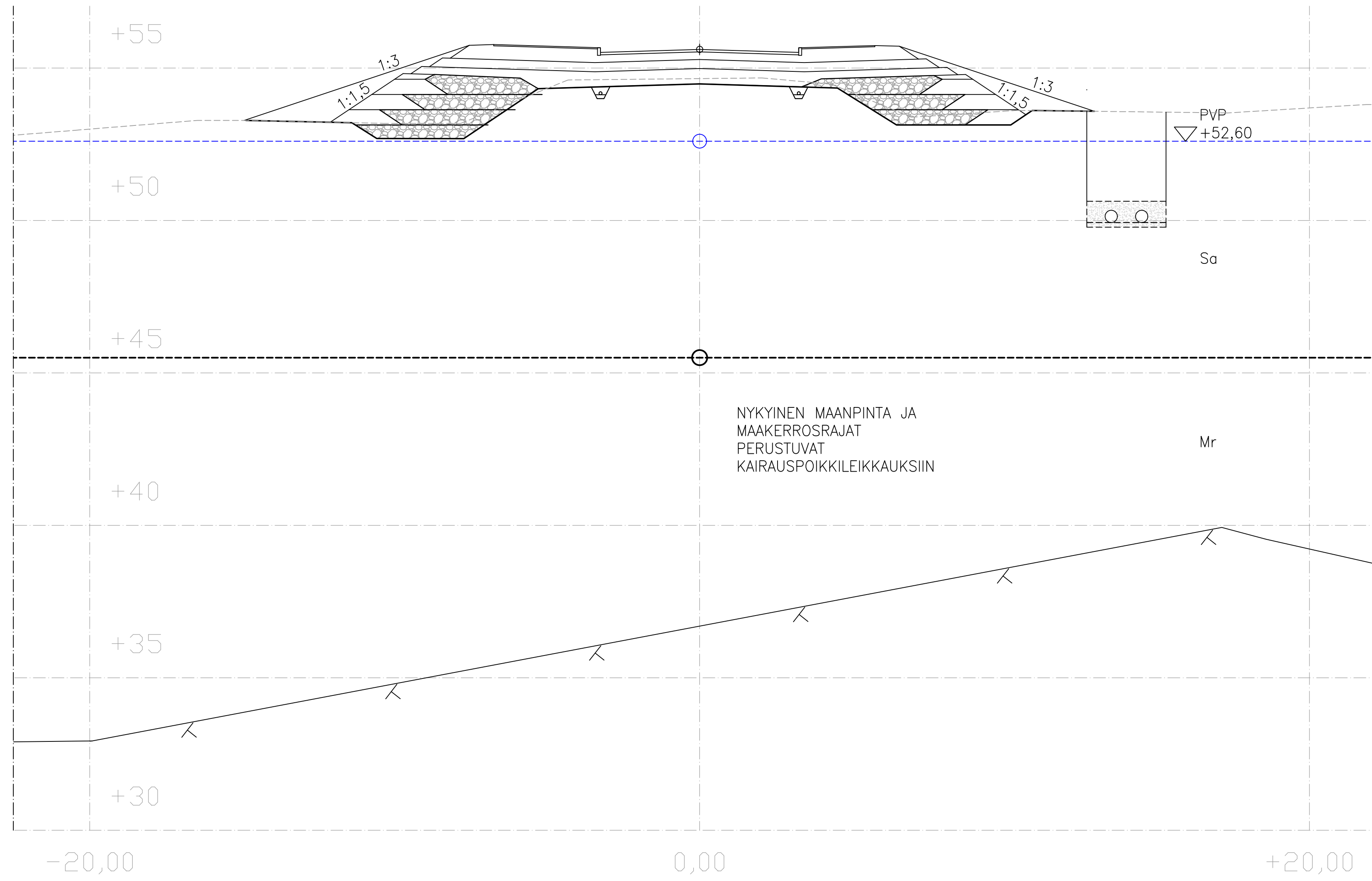
NYKYINEN MAANPINTA JA
MAAKERROSRAJAT
PERUSTUVAT
KAIRAUSPOIKKILEIKKAUKSIIN

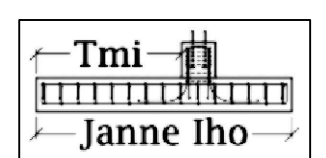
Muutos		Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyy.
Kunta JÄRVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä		
Rakennustoimenpide	RAK		Piirustuslaji	RAK	
Rakennuskohteen nimi ja osoite PAJALANPIHA	PL 300 POIKKILEIKKAUS		Mittakaava	1:100	
	Työno	XXXXXX	Tiedosto		
	Piir.nro	XXXXXX.3	Muutos		
Suunn. Janne Iho	Töyd.pilrt.	Hyy.	xx	Pvm	5.5.2018

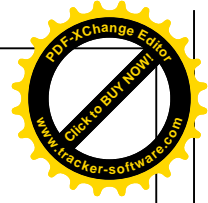
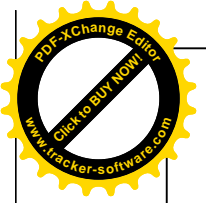


E-E, 1:100

PL 350
TSV +55,61
WJ +49,93

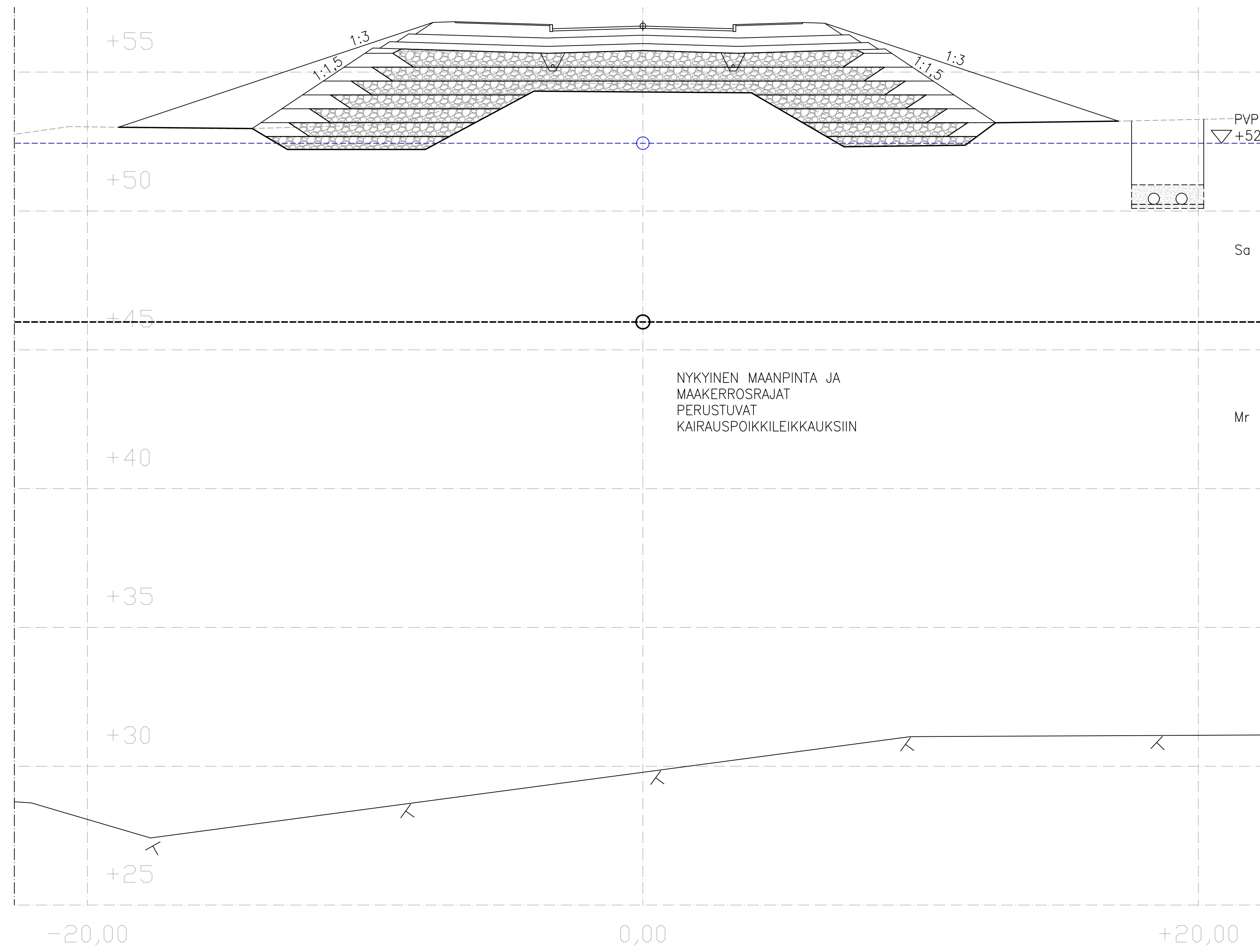


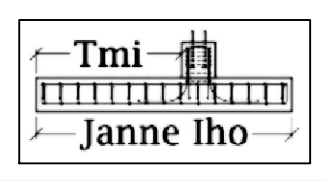
Muutos	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
Kunta JARVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä	
Rakennustoimenpide	Piirustuslaji RAK			
Rakennuskohteen nimi ja osoite PAJALANPIHA	Piirustuksen sisältö PL 350 POIKKILEIKKAUS	Mittakaava 1:100		
	Työno	XXXXXX	Tiedosto	
	Piir.nro	XXXXXX.4	Muutos	
Suunn.	Töytäpiirt.	Hyv.	Pvm	
Janne Iho		xx	5.5.2018	

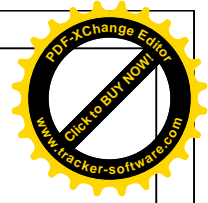
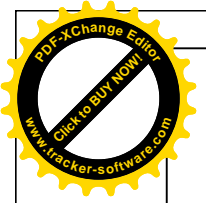


D-D, 1:100

PL 400
TSV +56,66
WJ +50,24

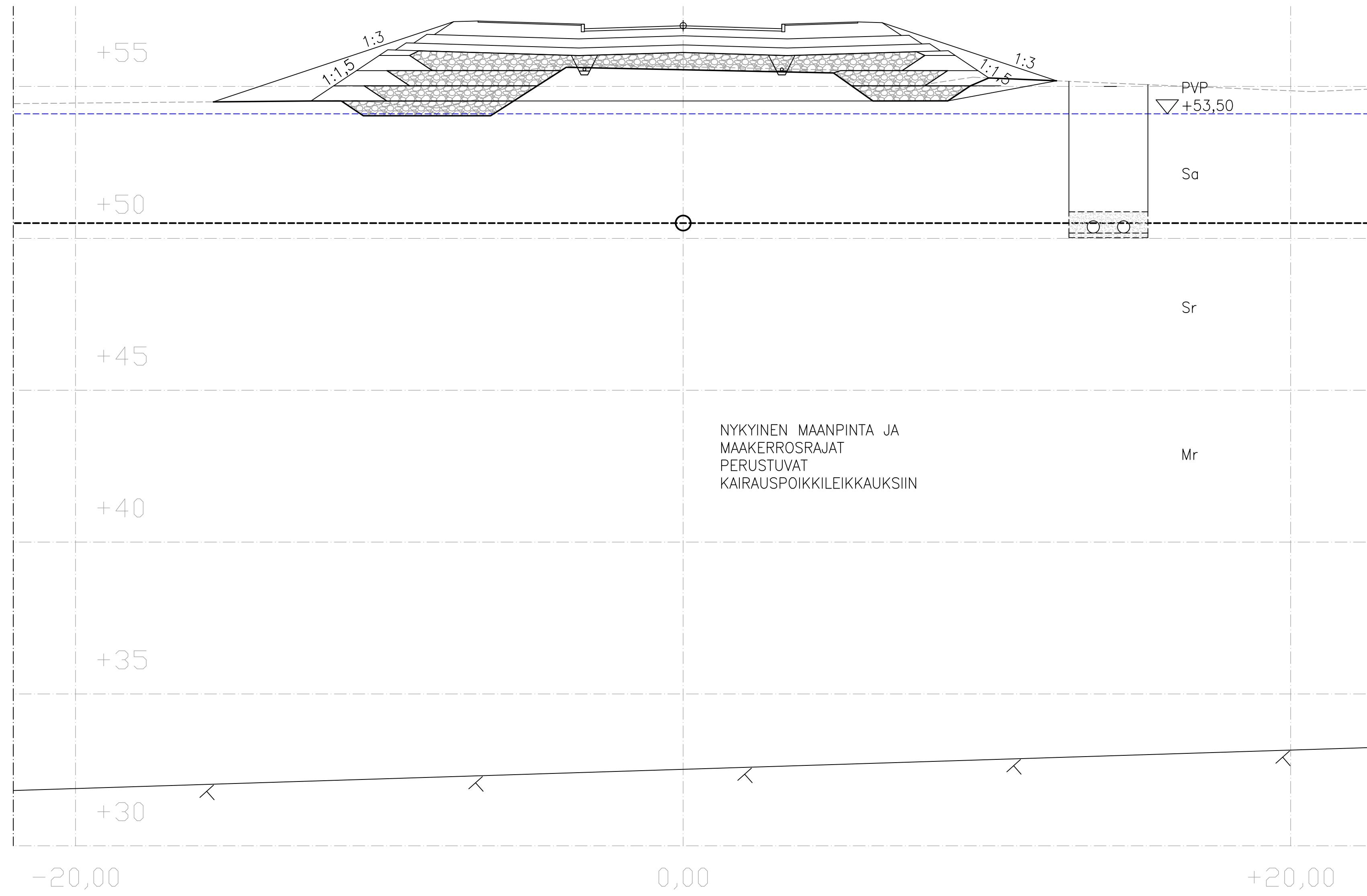


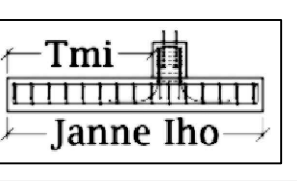
Muutos	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
Kunta JARVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä	
Rakennustoimenpide	Piirustuslaji RAK			
Rakennuskohteen nimi ja osoite PAJALANPIHA	Piirustuksen sisältö PL 400 POIKKILEIKKAUS	Mittakaava 1:100		
	Työno	XXXXXX	Tiedosto	
	Piir.nro	XXXXXX.5	Muutos	
Suunn.	Täyd.piirt.	Hyv.	Pvm	
Janne Iho		xx	5.5.2018	

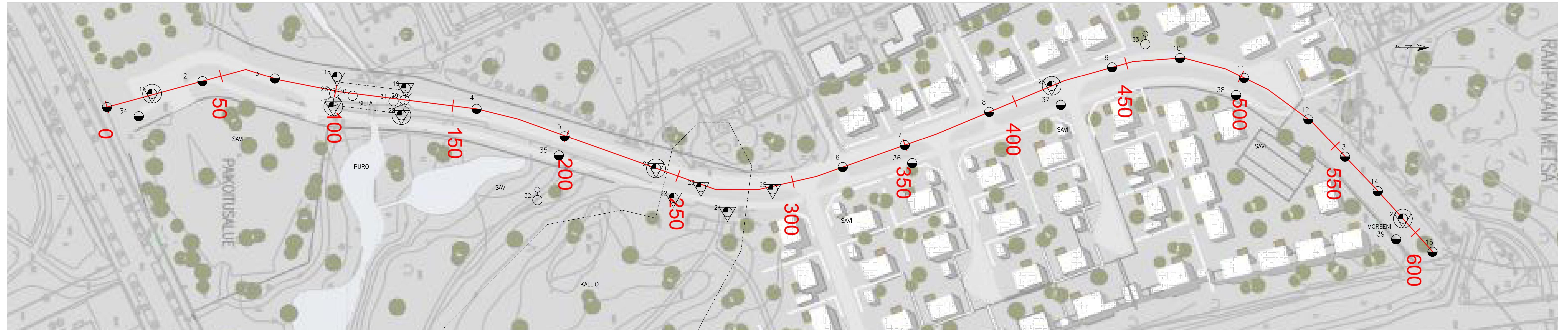


C-C, 1:100

PL 450
TSV +57,00
WJ +50,56



Muutos	Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyv.
Kunta JARVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rn:o	Viranomaisen merkintöjä	
Rakennustoimenpide	Piirustuslaji RAK			
Rakennuskohteen nimi ja osoite PAJALANPIHA	Piirustuksen sisältö PL 450 POIKKILEIKKAUS	Mittakaava 1:100		
	Työno	XXXXXX	Tiedosto	
	Piir.nro	XXXXXX.6	Muutos	
Suunn.	Täyd.piirt.	Hyv.	Pvm	
Janne Iho		xx	5.5.2018	



nro ○	PORAKAIRAUS
nro ●	PAINOKAIRAUS
nro ▼	PURISTINHEIJARIKKAUS
nro ▼○	PURISTINHEIJARIKKAUS+NÄYTE
nro ○	SIIPIKAIRAUS
nro ○○	POHJAVESIPUTKI

SUORITETTAVAT KAIRAUKSET						
NRO	X	Y	PAALU	TYYPPI	MÄÄRÄSYVYYS	HUOM
1	PAINO	Kova pohja	
2	PAINO	Kova pohja	
3	PAINO	Kova pohja	
4	PAINO	Kova pohja	
5	PAINO	Kova pohja	
6	PAINO	Kova pohja	
7	PAINO	Kova pohja	
8	PAINO	Kova pohja	
9	PAINO	Kova pohja	
10	PAINO	Kova pohja	
11	PAINO	Kova pohja	
12	PAINO	Kova pohja	
13	PAINO	Kova pohja	
14	PAINO	Kova pohja	
15	PAINO	Kova pohja	
16	PUR.HEI	Kova pohja	
17	PUR.HEI	Kova pohja	
18	PUR.HEI	Kova pohja	
19	PUR.HEI	Kova pohja	
20	PUR.HEI	Kova pohja	

SUORITETTAVAT KAIRAUKSET						
NRO	X	Y	PAALU	TYYPPI	MÄÄRÄSYVYYS	HUOM
21	PUR.HEI	Kova pohja	
22	PUR.HEI	Kova pohja	
23	PUR.HEI	Kova pohja	
24	PUR.HEI	Kova pohja	
25	PUR.HEI	Kova pohja	
26	PUR.HEI	Kova pohja	
27	PUR.HEI	Kova pohja	
28	SIIPi	Si/Sa AP	1 m VÄLEIN
29	SIIPi	Si/Sa AP	1 m VÄLEIN
30	PORA	Kallio	
31	PORA	Kallio	
32	PV-PUTKI	5 METRIÄ	
33	PV-PUTKI	5 METRIÄ	
34	PAINO	Kova pohja	
35	PAINO	Kova pohja	
36	PAINO	Kova pohja	
37	PAINO	Kova pohja	
38	PAINO	Kova pohja	
39	PAINO	Kova pohja	

NÄYTTEENOTTO		
NRO	TYYPPI	HUOM
10	KIERREK.	HÄIRITYY, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
17	MÄNTÄK.	HÄIRINTYMATON, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
20	MÄNTÄK.	HÄIRINTYMATON, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
21	KIERREK.	HÄIRITYY, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
26	MÄNTÄK.	HÄIRINTYMATON, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN
27	KIERREK.	HÄIRITYY, NÄYTEET 0,5 M POHJAMAAN PINNASTA JA SEN JÄLKEEN 1,0 M VÄLEIN

TUTKIMUSPISTEET OSUVAT VANHAN TIEPENKEREEN LINJALLE. NÄYTEITÄ JA SIIPIKAIRAUKSEN TULOKSIA EI OTETA VANHOISTA TIEN RAKENNEKERROKSISTA VAAN LUONNONTILAISESTA POHJAMAASTA.

POHJATUTKIMUSOHJELMA	
YRITYS	TMI JANNE IHO
POHJATUTKIMUSOHJELMA	1
KOHTEEN TYÖNUMERO	XX
KOHTEEN NIMI	PAJALANPIHA, JÄRVENPÄÄ
TUTKIMUKSEN TARKOITUS	MAAPERÄN MAAKEROSRAJOJEN JA OMINAISUUKSIEN SELVITYS RAKENNESUUNNITELMAA VARTEN
KOORDINAATISTO	ETRS-GK25
KORKEUSJÄRJESTELMÄ	N2000
PÄIVÄMÄÄRÄ	28.1.2018
TEKIJÄ	JANNE IHO 263061

Muutos				Pvm	Tehnyt	Pvm	Hyt.
Kuoli	JÄRVENPÄÄ	Kylä	Tontti/ Rako	Viranomaisen merkintä			
Rakennustoimenpide	Pirustuslaji						
Rakennuskohteen nimi ja osoite	PAJALANPIHA		Pirustuksen sisältö	POHJATUTKIMUSKARTTA		Mittakaava	1:500
TMI JANNE IHO			Työno	XXXXXX	Tiedote		
			Piir.nro	XXXXXX.1	Muutos		
Suun.	Janne Iho	Työsk.pkt.	Hyt.	xx	Pvm	28.1.2018	