

RILin julkaisuilla on oma kotisivu, joka löytyy osoitteesta www.ril.fi Kirjakauppa ko. kirjan kohdalta. Sinne on koottu tiedot julkaisun painoksista sekä mahdolliset lisäinformaatiot.

JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

MYYNTI:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Töölönkatu 4, 00100 Helsinki

Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619, email ril@ril.fi, www.ril.fi

ISBN 978-951-758-572-9 (nid.)

ISBN 978-951-758-573-6 (pdf)

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Tammerprint Oy, 2014

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Alkusanat

Kaikki kaivannot tulee suunnitella ja rakentaa kunnolla. Tämä on välttämätöntä jo pelkästään työturvallisuuden vuoksi. Kaivannon suunnittelu ja rakentaminen ovat aina geoteknistä osaamista ja insinööritaitoa vaativia tehtäviä. Vaativakin kaivanto-projekti voidaan oikein toimintatavoin toteuttaa hallitusti, tehokkaasti ja turvallisesti.

Kaivanto-ohjeen tavoitteena on olla sekä rakennuskaivantojen että putkikaivantojen ajan tasalla oleva suunnittelu- ja rakennusohje. Ohje on Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen ja Suomen Rakennusinsinöörien Liiton yhteistyön tulosta. Julkaisu korvaa laajasti käytössä olleet RIL:n julkaisut RIL 181-1989 Rakennuskaivanto-ohje ja RIL 194-1992 Putkikaivanto-ohje.

Ohjeen kirjoitustyössä on otettu huomioon alalla tapahtuneet merkittävät muutokset, kuten eurokoodien nouseminen ensisijaiseksi suunnittelujärjestelmäksi, pohjarakentamisen tekninen kehitys ja uusi lainsäädäntö.

Ohjeen toimituskuntana on ollut SGY:n kaivantotoimikunta täydennettynä RILin edustajalla. Puheenjohtajana ja ohjeen päätoimittajana on toiminut Pentti Virkkunen. Kirjoitustyöhön ovat osallistuneet kaivantotoimikunnan jäsenet Asko Aalto, Tommi Hakanen, Matti Hakulinen, Tim Länsivaara, Antero Olaste, Mia Paatsema, Kimmo Perkiö, Teemu Rahikainen, Tapio Ranta-Aho, Seppo Rämö, Petri Tyynelä, Aku Varsamäki ja Juha Vunneli. RILin edustaja toimituskunnassa on ollut Gunnar Åström.

Työtä on ohjannut ohjausryhmä, joka on koostunut ohjeen rahoittajista. Ohjausryhmään ovat kuuluneet Kai Gulin (WSP), Marko Laurila (Pöyry Finland), Matti Honkanieniemi (FCG), Kimmo Fischer (Sito Oy), Matti Huokuna (Geotek Oy), Jouni Karjalainen (Destia), Pekka Merinen (Liikennevirasto), Anne Piiparinen (YIT), Jouni Puuppo (Skanska), Eero Timonen (Ramboll), Jouko Viitala (Lemminkäinen) ja Gunnar Åström (RIL, pj ja sihteeri).

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ja Suomen Geoteknillinen yhdistys kiittävät ohjeen päätoimittajaa ja kirjoittajia, ohjausryhmää ja hankkeen rahoittajia sekä lausunnonantajia, jotka ovat kannanotoillaan vaikuttaneet myönteisesti ohjeen sisältöön.

Tammikuussa 2014

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Risto Vahanen
puheenjohtaja

Helena Soimakallio
toimitusjohtaja

SUOMEN GEOTEKNILLINEN YHDISTYS

Jouko Viitala
puheenjohtaja

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO	11
1.1 Yleistä	11
1.2 Täydentävät ohjeet	11
1.3 Merkinnät	11
2. KAIVANTOJEN LUOKITUS JA SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄ	13
2.1 Yleistä	13
2.2 Kaivantojen vaativuusluokitus	13
2.3 Suunnittelijan ja työnjohtajan pätevyysvaatimukset	15
2.4 Suunnittelujärjestelmä	18
2.5 Kaivannon suunnittelu- ja rakentamisprosessi	19
3. POHJATUTKIMUKSET JA YMPÄRISTÖSELVITYKSET	21
3.1 Pohjatutkimustietojen tarve	21
3.2 Pohjatutkimusten vaiheistus	22
3.3 Pohjatutkimusohjelma	22
3.4 Pohjatutkimukset kaivannon vaativuusluokittain	22
3.4.1 Yleistä	22
3.4.2 Rakennuskaivannot	23
3.4.3 Putkikaivannot	27
3.5 Ympäristöselvitys	28
4. KAIVANNON TOIMINNALLINEN SUUNNITTELU	31
4.1 Kaivannon ympäristövaikutusten hallinta	31
4.1.1 Maapohjan muodonmuutos	31
4.1.2 Rakenteisiin ja laitteisiin kohdistuva tärinä	37
4.1.3 Pohjaveden ja orsiveden tason aleneminen	37
4.1.4 Kaivannon ja ympäristön tarkkailu	38
4.2 Kaivannon tilantarve	40
4.2.1 Kaivannon yleiskaivutaso	40
4.2.2 Tukiseinän sijainti	41
4.2.3 Tilantarve kaivannon ulkopuolella	42
4.3 Rakennustyön huomioon ottaminen suunnittelussa	42
4.3.1 Kaivantosuunnittelun painotus	42
4.3.2 Ympäristövaikutusten hallinta	43
4.3.3 Rakennuspaikalla oleva kunnallistekniikka, maakaapelit ja ilmajohdot	43
4.3.4 Työmaan logistiikka	43
4.4 Kaivantotyyppin (luiskattu/tuettu) valinta	44
4.5 Tukiseinät	45
4.5.1 Tukiseinätyypin valinta	45
4.5.2 Tukiseinien sallitut sijaintipoikkeamat	46
4.5.3 Teräsponttiseinä	46
4.5.4 Settiseinä	50
4.5.5 Porapaaluseinä	51
4.5.6 Suihkuinjektoitu seinä	54
4.5.7 Porapaalu-suihkuinjektoitu seinä	56
4.5.8 Kaivinpaaluseinä	57

4.5.9	Kaivantoseinä	58
4.5.10	Pysyvät tukiseinät	58
4.5.11	Tukiseinän routasuojaus ja palosuojaus	59
4.6	Tukiseinän vaakatuenta	59
4.6.1	Yleistä	59
4.6.2	Ulkopuolinen tuenta	61
4.6.3	Sisäpuolinen tuenta	62
4.6.4	Tukiseinän alapään tuenta	64
4.7	Vesitiiviin kaivannon suunnittelu	66
4.7.1	Yleistä	66
4.7.2	Pohjatutkimukset	66
4.7.3	Veden virtausyhteyden katkaiseminen kaivantoon	66
4.7.4	Tukiseinärakenteen vesitiiviys	68
4.7.5	Teräsponttiseinän alapään liitos kallioon	68
4.7.6	Kallion verhoinjektointi	69
4.8	Kaivannon kuivanapidon suunnittelu	69
4.8.1	Sadevesien kuivatus	69
4.8.2	Pohjaveden alennustarve	70
4.8.3	Pohjaveden alennusmenetelmät	70
4.9	Putkikaivannon erityispiirteet	74
4.9.1	Putkikaivannon tilantarve kaivannon ulkopuolella	74
4.9.2	Rakennustyöstä putkikaivantoon kohdistuvat kuormat	75
4.9.3	Luiskattu putkikaivanto	75
4.9.4	Tuettu putkikaivanto	76
4.9.5	Putkikaivannon painuminen tukiseinän purkamisen yhteydessä	77
5.	KUORMAT	79
5.1	Yleistä	79
5.2	Maanpaine	79
5.2.1	Yleistä	79
5.2.2	Maanpaine siirtymätöntä rakennetta vastaan	80
5.2.3	Maanpaine siirtyvää rakenetta vastaan	81
5.3	Vedenpaine	88
5.4	Pintakuormien aiheuttama maanpaine	91
5.4.1	Viivakuorman tai keskitetyn kuormituksen aiheuttama maanpaine	91
5.5	Tiivistyksen aiheuttama maanpaine	92
5.6	Rakennustöiden, liikenteen ja louhinnan aiheuttama maanpaine	94
5.7	Kaivannon ulkopuolella tehtävien rakennustöiden aiheuttamat pakkosiirtymät	97
6.	TUETUN KAIVANNON MITOITUS	99
6.1	Yleistä	99
6.2	Eurokoodien mukainen mitoitus	99
6.2.1	Mitoitustavat	99
6.2.2	Seuraamusluokat, luotettavuusluokat ja kuormakerroin	100
6.2.3	Osavarmuusluvut	100
6.3	Tukiseinän mitotus	102
6.3.1	Vetoankkuri	102

6.3.2	Kallioankkuri	104
6.3.3	Maa-ankkuri	105
6.3.4	Passiiviankkuri	108
6.3.5	Seinä rakenne	108
6.3.6	Vaakapalkki	109
6.3.7	Puristussauva	111
6.3.8	Juuripultti	111
6.3.9	Tukiseinän pystystabiliteetti	114
6.3.10	Tukiseinän upotussyvyys ja kaivannon pohjan vakavuus	116
6.3.11	Tukiseinän jatkuva sortuma	119
6.3.12	Eri tukiseinätyyppien erityispiirteet	119
6.4	Kaivannon pohjan hydraulinen murtuminen	119
6.5	Kaivannon kokonaisstabiliteetti	123
6.6	Laskentaohjelmien käyttö	126
6.7	Mitoitus käsin laskentana	130
6.8	Kokonaisvarmuuslukumenetelmä	132
7.	LUISKATUN KAIVANNON MITOITUS	133
7.1	Yleistä	133
7.2	Laskentamenetelmät	133
7.3	Luiskatun kaivannon vakavuus	135
7.3.1	Yleistä	135
7.3.2	Eurokoodien mukainen mitoitus	135
7.3.3	Kokonaisvarmuuslukumenetelmä	137
7.3.4	Kaivannon luiskan vakavuuden parantaminen	138
7.3.5	Luiskan suojaus	138
7.4	Nosteen aiheuttama kaivannon pohjan murtuminen	139
7.4.1	Yleistä	139
7.4.2	Eurokoodien mukainen mitoitus	139
7.4.3	Kokonaisvarmuuslukumenetelmä	141
7.5	Putkikaivannon eristyispiirteet	141
7.5.1	Yleistä	141
7.5.2	Suunnittelussa huomioon otettavat eristyispiirteet	141
7.5.3	Putkikaivannon luiskakaltevuudet	142
7.5.4	Esimerkki putkijohtokaivannon luiskan vakavuuslaskelmasta	143
8.	KAIVANTOSUUNNITELMAN SISÄLTÖ JA ESIITYSTAPA	145
8.1	Yleistä	145
8.2	Pohjatutkimusraportti	145
8.3	Geotekniset mitoitussarvot	147
8.4	Mitoituslaskelmat	147
8.5	Pohjarakennuspiirustukset	150
8.6	Pohjaveden hallintasuunnitelma	154
8.7	Tarkkailusuunnitelma	155
9.	KAIVANNON RAKENTAMINEN	157
9.1	Rakentamisen valmistelu	157
9.1.1	Kaivantotyön riskitarkastelu ja työsuunnittelu	157
9.1.2	Kaivantotyön turvallisuuskartoitus ja turvallisuussuunnitelma	157
9.1.3	Työmaan laatusuunnitelma	157

9.1.4	Työluvat ja turvallisuusmenettelyt	158
9.1.5	Suunnitelmakatselmus	158
9.1.6	Kaivannon ja ympäristön tarkkailu	159
9.1.7	Työntekijöiden perehdyttäminen	159
9.2	Tukiseinien rakentaminen	160
9.2.1	Yleistä	160
9.2.2	Teräsponttiseinä	160
9.2.3	Settiseinä	162
9.2.4	Porapaaluseinä	163
9.2.5	Suihkuinjektoitu seinä	168
9.2.6	Kaivinpaaluseinä	171
9.2.7	Kaivantoseinä	174
9.3	Vaakatuennan rakentaminen	174
9.3.1	Vetoankkurit	174
9.3.2	Ankkurien kiinnitysrakenteet, vaakapalkit ja puristussauvat	178
9.3.3	Tukiseinän alapään tuenta	179
9.4	Kaivutyöt	179
9.5	Vesitiiviin kaivannon rakentaminen	181
9.6	Kaivannon kuivanapito	181
9.7	Putkikaivannon erityispiirteet	181
9.8	Kaivantotyön laadunvarmistus	183
9.8.1	Laadunvarmistussuunnitelma	183
9.8.2	Laadunvarmistustulosten dokumentointi ja raportointi	186
9.8.3	Kaivannon toiminnan silmämääräinen tarkkailu	186
10.	TYÖTURVALLISUUS KAIVANTOTÖISSÄ	189
10.1	Yleistä	189
10.2	Rakennuttajan toiminta	189
10.3	Suunnittelijan toiminta	190
10.4	Urakoitsijan toiminta	190
10.4.1	Kaivantotyön valmistelu	190
10.4.2	Kaivantotyömaan turvallisuuskäytännöt	191
10.4.3	Kaivannon rakentaminen	193
	LIITTEET	197
	A. Maanpaineekertoimien K_a ja K_p arvojen määrittäminen käyrästöjen avulla	197
	Kirjallisuutta	203
	Merkinnät	205

Ilmoittajahakemisto

Ilmoitukset lukujen 6 ja 7 välissä ja julkaisun lopussa.

A-Insinöörit Oy
ArcelorMittal Commercial RPS
Destia Oy
Elpac Oy
FinMeas Oy
Finnfoam Oy
Finnsementti Oy
Geobotnia Oy
Geo-Master Oy
Geotek Oy
Innogeo Oy
Insinööritoimisto Arcus Oy
Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy
Inspecta Oy
ITS-Vahvistus Oy
Kantolan Paalutus Oy
KT-Tuenta Oy
Oy Kontino Ab
Lemminkäinen Infra Oy
Maanrakennusliike EM Pekkinen Oy
Onninen Oy
Pöyry Finland Oy
Ramboll Finland Oy
Rautaruukki Oyj
Rudus Betonituote Oy
Sipti Oy
Sito Rakennuttajat Oy
SM Maanpää Oy
Solcon Oy
Suomen Teräspaalaus Oy
Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy
Taratest Oy
Uudenmaan Pohjatutkimus Oy
Uusioaines Oy
WSP Finland Oy
YIT Rakennus Oy

