

Vastaanottaja
Sari Palo

Laatinut
Maxim Govtva, Daniil Iakovlev

Päivämäärä
20 lokakuuta 2017

LINNAKALLIO KALLIORAKENTAMISEN ALUSTAVA ARVIO



LINNAKALLIO

KALLIORAKENTAMISEN ALUSTAVA ARVIO

SISÄLTÖ

1.	YLEISTÄ	1
2.	LOUHOKSEN KALLIOSEINÄMIEN KUNTO	1
3.	TURVALLISUUSRISKIT	3
3.1	Kallioseinämien yleisturvallisuus	3
3.2	Ranta-alueen kallioseinämän turvallisuus	3
3.3	Rantakävelyreitit kallioseinämien turvallisuus	3
4.	ALUEELLISET RATKAISUVAIHTOEHDOT	3
4.1	Kallioseinämän ja –lujituksen pitkäaikaisuus	4
4.2	Esimerkkilaskenta kokonaiskustannuksista	4
	KIRJALLISUUS	6

LIITTEET

No table of contents entries found.

1. YLEISTÄ

Tämä raportti sisältää alustavan arvion kalliorakentamisen edellytyksistä ja mahdollisista ratkaisuista Linnakallion suunnitellulla alueella. Kyseessä on Kempeleen kunnan aluerakentamisprojekti, jonka tavoitteena on muuttaa suljettu avolouhos kunnan virkistytymis- ja matkailualueeksi. Louhoksen koko on noin 14 hehtaaria.

Suunniteltu alue koostuu järvestä ja sen ympäröimistä toiminnoista, kuten rannasta sekä rantakävelyreitistä. Koko järven ympärille on suunniteltu jätettävän pystysuoraa kallioseinämää entisen louhoksen reunoja myötäillen. Kallioseinämän on tarkoitus olla osa esteettisesti miellyttävää näkymää rannan sekä kävelyreitin suunnilta.

Louhos on tarkoitus täyttää vedellä järveksi niin, että noin 3-5 metriä kallioseinämää jää näkyviin. Ranta rakennetaan itäpuolelle siirtämällä maamassoja niin, että rannan itäpuolella on pystysuora kallioseinämä ja länsipuolella vettä. Kävelyreitti järven ympäri on suunniteltu kallion päälle turvalliselle etäisyydelle reunasta etelä- ja itäpuolella järveä. Pohjois- ja länsipuolella järveä reitti on suunniteltu kulkemaan järven reunalla ja tasossa.

Raportissa ei erikseen käsitellä mahdollisen kiipeilyseinän eikä vedenalaisen sukellussyvennyksen turvallisuutta.

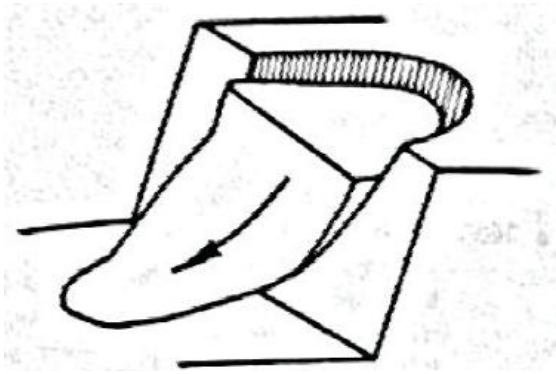
2. LOUHOKSEN KALLIOSEINÄMIEN KUNTO

Louhos on louhittu räjäyttämällä, noin 15-20 metrin syvyyteen kallion pinnasta. Etelä- ja itäpuolella seinämät on räjäytetty yhteen mittaan, kun taas pohjois- ja länsipuolella seinämät on räjäytetty niin, että 5 metrin ylä- ja noin 10 metrin alapuolisen seinämän välissä on noin 8 metriä leveä vaakapenkki.

Seinämien kalliolaatu on huonoa. Suurin osa alueen kalliosta sisältää tiheää rakoilua useaan suuntaan (kuva 1). Tiheärakoinen kallioseinämä käyttäytyy louhetäytön kaltaisesti ja voi sortua pyörähdyssortumana (kuva 2). Lisäksi seinämästä irtoaa herkästi 10–50 cm läpimitan yksittäisiä lohkaraita jäätymissulamiskierron, voimakkaan sateen tai rapautumisen vuoksi.



Kuva 1. Ehdotetun rantareitin alueen kallio.



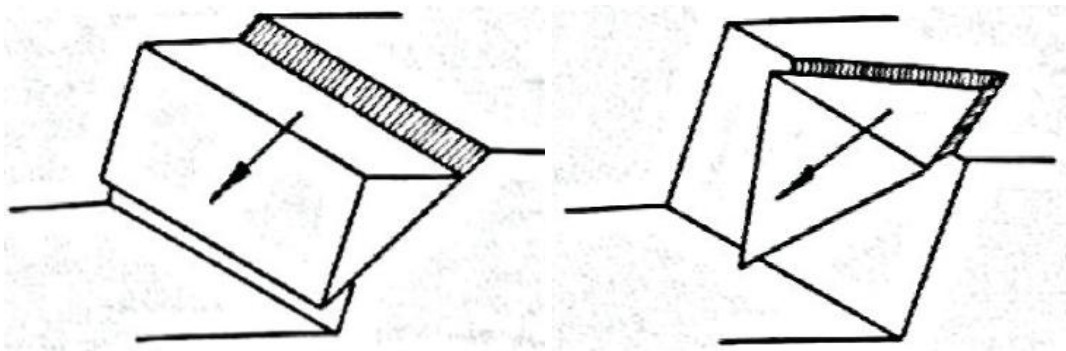
Kuva 2. Pyörähdyssortuma maamassassa tai tiheärakoisessa kalliassa (Hoek & Bray, 1981, s. 57).

Paikoitellen rakoilu on harvempaa. Kaakkoisalue, jolle rantaa on suunniteltu, sisältää eniten harvarakoisempaa kallio-osuutta (kuva 3). Kuitenkin tässäkin tapauksessa rakojen suunnat ovat sellaisia, että ne muodostavat suuria sortumaherkkiä kalliolohkoja.

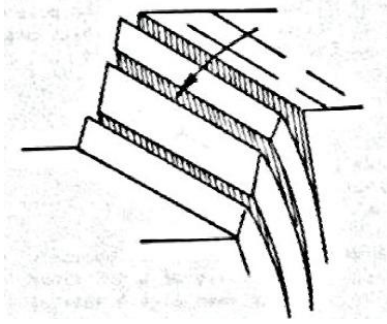


Kuva 3. Kaakkoisalueen kalliota. Lopuksi kalliosta jää esille noin kolmasosa.

Havaituilla rako-suunnilla mahdollisia sortumia ovat taso- ja kiilasortumat (kuva 4) sekä seinämän pystysuoruuden vuoksi myös kaatumasortumat (kuva 5).



Kuva 4. Taso- ja kiilasortuma rakopintoja pitkin (Hoek & Bray, 1981, s. 57).



Kuva 5. Kaatumasortuma jyrkällä seinämällä (Hoek & Bray, 1981, s. 57).

Kallioseinämien kunto ei vastaa Kempeleen Montun uimarannan hyvälaatuista kalliota, jonka rakoilu on huomattavasti harvempaa (kuva 6).



Kuva 6. Kempeleen Montun alueen kallio.

3. TURVALLISUUSRISKIT

Kallioseinämään liittyvät riskit projektilla sisältävät henkilöiden putoamisen kallioseinämän päältä, erityyppiset kallion sortumat (kuvat 2, 4 ja 5), irtokivien putoamisen sekä jään putoamisen.

3.1 Kallioseinämien yleisturvallisuus

Suunniteltua tekojärveä ympäröi lähes kokonaan 3..6 metrin korkuinen kallioseinä. Alueilla, joille on yleisön pääsy, turvallisuutta uhkaavat seuraavat tekijät:

- Lujittamattomasta kallioseinämästä voi irrota ja sortua suuria kalliolohkoja.
- Seinämältä voi pudota irtokiviä henkilön tai omaisuuden päälle.
- Henkilö voi pudota kallioseinämän päältä.

3.2 Ranta-alueen kallioseinämän turvallisuus

Rannan reunalle on suunniteltu 4..6 metrin korkuinen kallioseinä. Kallioseinä tulee lujittaa tavalla, joka estää niin sortumat kuin irtokivet ja/tai estää yleisön pääsyn sortumien ja irtokivien putoamisalueelle.

3.3 Rantakävelyreitin kallioseinämien turvallisuus

Tekojärven ympärille on kaavailtu jopa yli 500 metrin kävelyreittiä, jonka leveys on vähintään 2 metriä. Kävelyreitin alapuolisen noin 10 metriä kallioseinämän pysyvyys tulee taata, jotta se ei sorru kävelyreitin alta. Kävelyreitin yläpuolinen 3..6 metrin korkuinen kallioseinä tulee myös lujittaa tavalla, joka estää niin sortumat kuin irtokivet ja/tai estää yleisön pääsyn sortumien ja irtokivien putoamisalueelle.

4. ALUEELLISET RATKAISUVAIHTOEHDOT

Huomioiden kallioseinämien kunto (osa 2), pitkäikäinen käyttötarkoitus ja mainitut riskit (osa 3), Ramboll ehdottaa alla olevia kalliosuunnittelun ratkaisuja.

- Seinämän päällä olevat yleisöalueet tulee turvata putoamisvaaralta sopivalla aitauksella.
- Seinämät, joiden alapuolelle on yleisön pääsy maalla tai vedessä, tulee turvata seuraavasti:
 - Huolellinen rusnaus eli irtomateriaalin poisto koneellisesti. Rusnauksella vaikutetaan myös seinämän kaltevuuteen pystyseinää turvallisemmaksi, esimerkiksi kaltevuuteen 7:1.
 - Suurimpien sortumavaarallisten lohkojen kiinnittäminen hajapulteilla.
 - Turva-alueen järjestäminen, jotta yleisö ei pääse mahdollisen putoavan materiaalin alueille. Turva-alue tulee varustaa putoavan materiaalin keräävällä ojalla sekä pääsyestolla, esimerkiksi aitauksella. Ojan leveyden tulee olla vähintään 3 metriä (Liikennevirasto, 2010; Hoek, Analysis of rockfall hazards, 2007).
 - Alueilla, joille ei voida taata riittävää turva-aluetta, tulee käyttää kallioverkotusta ja/tai ruiskubetonointia. Verkotuksen kustannukset ovat samaa luokkaa kuin pultituksen. Ruis-kubetonointi on tyypillisesti tästä noin puolet. Näiden vaihtoehtojen suhteen tulee huomioida seinämän esteettinen arvo.
 - Vaihtoehtoisesti seinämä voidaan louhia riittävän loivaksi, jotta turva-aluetta voidaan supistaa.
- Seinämät, joiden päällä kävellään, tulee pultittaa systemaattisesti sortumien estämiseksi. Tämä pätee erityisesti rantareitin alapuoliseen seinämään, jonka lujitus tulee järjestää ennen louhoksen täyttöä.
 - Vaihtoehtona pultitukselle on seinämän tuenta maamassalla.

Tarkemmat ratkaisuehdotukset ovat esitettynä taulukossa 1. Taulukon kustannuksissa ei ole huomioitu kaluston siirtokustannuksia eikä odotuskustannuksia. Kaluston siirtokustannukset ovat tyypillisesti 1 000 – 4 000 € / kone.

4.1 Kallioseinämän ja –lujituksen pitkäaikaisuus

Kallioseinämää on syytä tukea myös sisältä injektoinnilla. Injektointi estää veden kulkemista raoissa ja näin ollen hidastaa rapautumista sekä lujituksen heikkenemistä ajan kanssa. Tämä sekä vähentää sortumien ja kivien putoamisen todennäköisyyttä että pidentää lujituksen käyttöikää.

Yleisen injektoinnin kustannukset vaihtelevat suuresti kalliolaadun mukaan ja ovat luokassa 20 000 - 80 000 € / 100 metriä kallioseinämää. Kustannusarviossa ei huomioida kaluston siirtokustannuksia eikä odotuskustannuksia. Tarkemmalla suunnittelulla voidaan valikoida injektoinnille tarpeelliset alueet, mikä laskee injektointikustannuksia

4.2 Esimerkkilaskenta kokonaiskustannuksista

Esimerkkivaihtoehtona on laskettu taulukon 1 mukaiset toimenpiteet seuraavasti:

- Rusnaus koko louhoksen ympäristölle: 60 000 €
- Aitaus koko louhoksen ympäristölle: 105 000 €
- Hajapultitus koko louhoksen ympäristössä: 52 500 €
- Esimerkissä 300 metriä rantareittiä veden äärellä:
 - Aitaus ja turva-alue: 51 000 €
 - Alapuolisen vedenalaisen seinämän pultitus: 180 000 €
 - Hajapultitus yläpuoliselle seinämälle: 45 000 €
- Ranta-alue
 - Pultitus: 60 000 €
 - Turva-alue: 20 000 €

Yhteensä kustannukset olisivat tällöin 573 500 €.

Kustannuksissa ei ole huomioitu mahdollista injektointia, odotusaikoja eikä kaluston siirtokustannuksia.

Taulukko 1. Ehdotus kalliosuunnittelun ratkaisusta alueella. Injektointia ei ole huomioitu tässä taulukossa. Kustannuksissa ei huomioida kaluston siirtoja eikä odotusaikoja.

	Kallioseinämän riskit	Alustavat ratkaisut	Kustannukset (p.l. kalustonsiirto ja odotus)
1. Kallioseinämienyleisturvallisuus (louhoksen ympärys noin 1500 m)	1.1. Kallion lujuus sortumien ja lohkojen putoamisen osalta. 1.2. Henkilöiden putoaminen seinämien päältä. 1.3. Irtokivet voivat osua yleisölle avoimelle alueelle maalla tai vedessä.	1.1. Kalliopulttien asennus niillä alueilla, joilla on sortumavaara. 1.2. Seinämien yläreunan aitaus. 1.3. Kaikkien yleisölle avoimien alueiden kallioseinämien rusnaus.	Pultitus 30 000 € / 100 metriä seinämää Aitaus 7000 € / 100 metriä seinämää Rusnaus 4 000 € / 100 metriä seinämää
2. Ranta-alueen kallioseinämän turvallisuus (noin 200 metriä kalliota)	2.1. Kallion lujuus sortumien ja lohkojen putoamisen osalta. 2.2. Irtokivet voivat osua yleisölle avoimelle alueelle.	2.1. Kalliopulttien systemaattinen asennus. 2.2. Huolellinen kallioseinämän rusnaus. Turva-alueen käyttö seinämän alapuolella sekä ojan ja pääsyeston järjestäminen.	Pultitus 30 000 € / 100 metriä seinämää Rusnaus 4 000 € / 100 metriä seinämää Turva-alue (oja & aitaus) 10 000 € / 100 metriä seinämää
3. Rantakävelyreitin kallioseinämien turvallisuus	3.1. Kävelyreitin alapuolisen seinämän sortuma. 3.2. Irtokivet voivat osua yleisölle avoimelle alueelle. 3.3. Henkilöiden putoaminen seinämien päältä.	3.1. Kalliopulttien systemaattinen asennus kävelyreitin alapuoliseen kallioon ennen louhoksen täyttöä. 3.2. Scaling rock wall above the bench to form a rock slope with rate approximately 7:1. Suurimmat sortumavaaralliset lohkot tulee kiinnittää hajapulteilla. Huolellinen kallioseinämän rusnaus. Turva-alueen käyttö seinämän alapuolella sekä ojan ja pääsyeston järjestäminen. 3.3. Seinämien yläreunan aitaus.	Pultitus 60 000 € / 100 metriä seinämää Hajapultitus pulttimäärän mukaan Rusnaus 4 000 € / 100 metriä seinämää Turva-alue (oja & aitaus) 10 000 € / 100 metriä seinämää Aitaus 7000 € / 100 metriä seinämää

KIRJALLISUUS

Hoek, E. (2007). Analysis of rockfall hazards. Teoksessa E. Hoek, *Practical Rock Engineering*.

North Vancouver: Evert Hoek Consulting Engineer Inc.

Hoek, E.; & Bray, J. W. (1981). *Rock Slope Engineering* (kolmas p.). London: The Institution of Mining and Metallurgy.

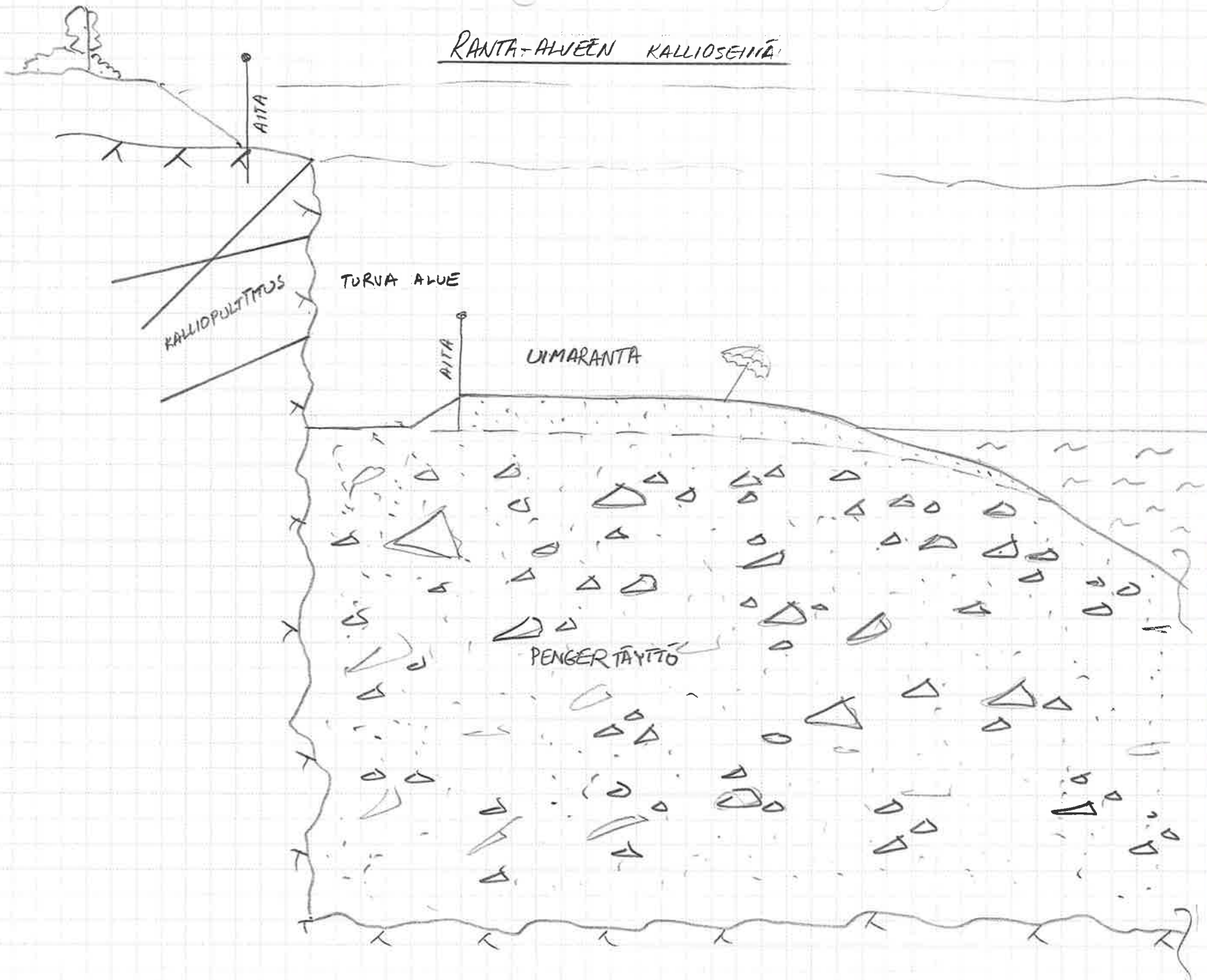
Liikennevirasto. (2010). *Tiepenkereiden ja -leikkausten suunnittelu*. Helsinki: Liikennevirasto.

LIITTEET

Projekt
LINNA-KALLIO, KALLIOKÄNTÄMISEN ALUSTAVA ARKII

Pvm

RANTA-ALUEEN KALLIOSEINÄ



RANTAKÄVELYREITIN KALLIOSEINÄ

