

15881

KESKO OYJ

ILVESVUORI

NURMIJÄRVI

KALLIOLÄMPÖVARASTON LUONNOS

14.1.2021



Insinööritoimisto

POHJATEKNIikka OY

Nuijamiestentie 5 B, 00400 Helsinki,
Puh. (09) 477 7510, Fax (09) 4777 5111
Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry:n jäsen

SISÄLLYSLUETTELO:

1. YLEISTÄ
2. TUTKIMUKSET
3. GEOLOGINEN KARTOITUS
4. KALLIOTILAT
 - 4.1 Geometria
 - 4.2 Suunniteltu lujitus
 - 4.3 Kalliotekniset laskennat
5. TYÖN TOTEUTUSPERIAATTEET
 - 5.1 Injektointi
 - 5.2 Louhinnan työjärjestys
6. YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET
 - Rakentamisen vaikutukset pohjaveteen
 - Vaikutukset pohjaveteen ilman injektointeja
 - 6.1 Lähistön rakenteet
 - 6.2 Pohjavesiolosuhteet
 - 6.3 Kalliotilan laskennalliset ympäristövaikutukset
 - Muut ympäristövaikutukset
 - 6.4 Ympäristövaikutusten estäminen
7. JATKOSELVITYKSET

PIIRUSTUKSET JA LIITTEET:

15881.108 Tunnelien sijoituskartta	1:1000
15881.109 Lämpövaraston periaate, leikkaus A -A	1:500
15881.110 Lämpövaraston periaate, leikkaus B - B	1:500
15881.111 Lämpövaraston periaate, leikkaus 1 - 1	1:500
15881.115 Lämpövarasto vaikutus pohjaveteen	

1. YLEISTÄ

Kesko Oyj:n toimeksiannosta on Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy tehnyt maaperätutkimuksia ja pohjarakennesuunnittelua Nurmijärvellä olevalle tontille suunniteltua teollisuusrakennusta varten. Teollisuusrakennuksen suunnitteluun liittyen on tehty alustava suunnitelma teollisuusrakennuksen alapuolelle suunnitellusta kallioon rakennettavasta vesitäytteisestä lämmönkausivarastosta.

2. TUTKIMUKSET

Kalliopinnan korkeusasema on määritetty porakonekairauksilla ja maatutkamittauksilla. Kallioperän ominaisuuksien määrittämiseksi alueella tehtiin geologinen kartoitus. Lisäksi paikalta tullaan tekemään kalliotekninen tutkimus, jolla selvitetään rakennettavuusominaisuudet tarkemmin.

Kalliotutkimukset tulevat sisältämään seismisiä tutkimuksia, joilla saadaan tieto kallion lohkojaosta ja ruhjeiden sijainnista. Seismisten tutkimusten jälkeen alueella tehdään ainakin viisi sydännäytekairausta, joiden pituus on noin 150 metriä ja kaltevuus 60...45 astetta. Kairareikien sijainti, pituus ja suuntaus tullaan tarkistamaan seimisten tutkimustulosten perusteella. Sydännäytekairauksilla selvitetään tarkemmin kivilaji ja kalliorakojen suunnat, tiheys ja rakotyypit sekä rakotäytteet. Lisäksi kairauksilla hankitaan lisätietoa mahdollisista ruhjeista. Kairarei'istä tehdään vesipainekokeet (=vesimenekikokeet), joilla selvitetään kalliomassan vedenjohtavuus. Vedenjohtavuuden avulla pystytään arvioimaan tarkemmin lämpövaraston ympäristövaikutuksia pohjaveteen rakentamisen aikana (katso kappale 6.). Avoimet kairareiät myös kuvataan, jonka avulla saadaan edelleen lisätietoa rakoilusta. Kalliossa vallitseva jännitystila (suunta ja suuruus) selvitetään jännitystilamittauksilla. Jännitystilamittaukset tehdään hydraulisen murtamisen menetelmällä ainakin kahdessa pisteessä. Vallitseva jännitystila huomioidaan suunnittelussa ja sillä saattaa olla vaikutusta esimerkiksi louhittavien tunneleiden suuntaan ja lujitukseen. Lopuksi kaikki avoimet kairareiät täytetään sementtimassalla.

Kalliotutkimusten tulosten perusteella etsitään paras mahdollinen sijainti rakennettavalle kalliotilalle. Tavoitteena on löytää ehjä, vähärakoinen ja tiivis kalliomassa, jotta rakenta-

misen ympäristövaikutukset ja niiden hallinnan kustannukset ovat mahdollisimman pienet.

3. KALLIOPALJASTUMIEN RAKENNUSGEOLOGINEN KARTOITUS

Kaavaa varten kohteen rakennusgeologiset piirteet selvitettiin alustavalla kartoituksella tutustumalla alueen kalliopaljastumiin sekä karttatyöskentelynä. Lisäksi kalliota paljastettiin muutamassa ohutpeitteisessä paikassa kaivinkoneella. Selostuksen perusteena olevat havainnot koskevat kallion pintaa.

Selvityksen perusteella kallion kivilaatu on vähän rapautunut, Rp1, keskirakeinen, (raekoko 1 – 4 mm), seoksinen, kohtalaisesti suuntautunut, S2, ja sen päämineraaleina ovat maasälpä, kvartsi ja biotiitti. Mineraalien määrasuhteiden perusteella kivi on kova, hauras, h. Kivilaji on migmatiittinen kiillegneissi, joka sisältää 3 – 10 cm:n levyisiä kvartsijou-nia vaihtelevissa suunnissa.

Kallion rapautumiselle alttiille pinnoille on muodostunut ruostetta, joka todennäköisemmin on peräisin biotiitin hajoamisesta ja muuttumisesta ”katinkullaksi”.

Kallio ei koskaan ole yhtenäistä ehjää massaa, vaan se on historian aikana halkeillut eri kokoisiksi kappaleiksi, jotka ovat tiiviisti kiinni toisissaan. Kallio luokitellaan harvarakoiseksi, kun rakoja on alle 1 kpl/metri, vähärakoinen kun rakoja on 1-3 kpl/metri. Run-sarakoinen kun rakoja on 3-10 kpl/metri ja tiheärakoinen kun metriä kohden on yli 10 rakoja. Rakojen tiheys ja niiden karkeus ovat oleellinen tekijä luolatilan pysyvyyden kannalta.

Raot ovat yleensä avoimia, mutta merkittävä osuus tiiviitäkin rakoja oli havaittavissa. Rakoilutyyppejä on sekarakoilu. Rakopinnat ovat pienpiirteissään heikosti aaltoilevia, pituudeltaan seurattavissa korkeintaan metrien luokkaa, ja täten edustavat tyypillistä pintarakoilua, jonka synnyssä ovat osallisina olleet kallion vuotuiset lämpötilavaihtelut ja pintaveden jäätymis-sulamissykli.

Kiven suuntautuneisuus, liuskeisuus, on kohtalaisen voimakas, ja varsin säännöllisesti suuntautunut loivakaateisena (25 – 35°) länsiluoteen – luoteen suunnalle. Paljastumien reunoista tehtyjen havaintojen perusteella kohtalainen liuskeisuus ei kuitenkaan muodos-

ta yhtä päärakosuunnista, vaan rakoilusuunnat ovat jopa huomattavan vaihtelevia. Ainoastaan kallioalueen luoteisosassa toistuu jyrkästi ($70 - 80^\circ$) lounaaseen kaatuva ja liuskeisuutta leikkaava rakoilu, jossa rakopituudet ovat useita kymmeniä metrejä.

Rikkonaisuusvyöhykkeiden olemassaoloa ei voitu pinnallisen kartoituksen yhteydessä todeta, mutta kokemusperäisesti voidaan olettaa niitä esiintyvän kallioalueen painanteissa ja reunoilla. Paljastumilla havaittu rakotiheys oli luokkaa 0,2- 0,5 m eli 1-5 rakoa metrillä. Havaittu harvin rakotiheys oli rako/ 1,5 m.

Kallio on seosrakenteinen, keskimäärin vähärakoinen, Se 2.

Liitekartalle on koottu yhteenveto paljastumakartoitusten perusteella tehdyistä kallion liuskeisuussuunnista ja havaitut keskeiset päärakosuunnat.

Alueen kallio on tyypillistä Etelä Suomen kalliota ja kohtalaisen tiivistä ja hyvälaatuista. Alustavasti tarkasteltuna paras sijainti on rakennusten välin alapuolella paikassa, jossa kallion pinta on korkeimmalla ja kallio oletettavasti ehjintä.

Alustavasti edullisimmalta kalliotilan suuntaukselta geologisen kartoituksen perusteella vaikuttaa koillinen luode, lopullinen suunta määritetään tarkempien tutkimusten perusteella.

4. KALLIOTILAT

4.1 Geometria

Kaavaa varten tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja erilaisilla poikkileikkauksilla ja tunnelien määrällä, joista tarkemmin tutkittavaksi tilaksi valittiin korkea, $18 \times 30 \text{ m}^2$ tunneli, jonka poikkileikkausala on noin 540 m^3 . Korkeita tunneleita tehdään neljä rinnakkain yhteen tasoon. Tämä ratkaisu havaittiin kaikista edullisimmaksi sekä lämpöteknisesti, että toteutettavuuden kannalta. Suunniteltujen tunnelien pituus on 160 metriä. Alustavasti nähtiin, että lyhyet tunnelit on helpompi sijoittaa alueelle siten, että väistetään mahdolliset huomoman kalliolaadun alueet. Tarvittaessa voidaan rakentaa esimerkiksi kolme pidempää tunnelia, mikäli tontin kalliolaatu sitä edellyttää.

Kalliotilan kokonaistilavuudeksi on määritetty $350\,000 \text{ m}^3$ säiliöistä ja $50\,000 \text{ m}^3$ huolto-tunneleista, yhteensä $400\,000 \text{ m}^3$. Alustavasti tarkasteltuna paras sijainti on rakennusten

välin alapuolella paikassa, jossa kallion pinta on korkeimmalla ja kallio oletettavasti ehjintä.

Laitokseen vievän ajotunnelin suuaukko tulee rakennuksen länsipuolelle ja kiertää kalliotilat etelän kautta. Alustavissa suunnitelmissa ajotunnelin mitat on valittu siten, että sitä voidaan liikennöidä kaksisuuntaisesti. Tällöin tunnelin leveys on noin 10 metriä ja korkeus 6–7 metriä. Ajotunneli ja neljä säiliötunnelia on esitetty liitteissä 15881.108–15881.111.

4.2 Kalliotilojen lujitus

Kalliotilojen lujituksella vahvistetaan kalliota siten, että se pystyy kantamaan siihen kohdistuvat rasitukset. Kalliotilat lujitetaan mekaanisin lujitusrakentein, jotka muodostuvat yleisimmin kalliopulteista ja ruiskubetonista. Lisäksi voidaan käyttää esimerkiksi kallioverkotusta.

Työnaikainen lujitus toteutetaan, jos kalliolaatu edellyttää sitä. Työnaikainen lujitus toteutetaan yleisimmin ruiskubetonilla ja pultituksella, jotka määritellään havaitun kalliolaadun perusteella. Myös esimerkiksi verkotusta voidaan käyttää työnaikaisena lujituksena.

Lopullinen lujitus toteutetaan kalliopulteilla (esim. harjateräspultit), ruiskubetonilla ja verkotuksella. Lopullisen lujituksen suunnittelu perustuu kalliomekaanisiin laskelmiin ja todettuun kalliolaatuun. Lujituksen asennus sovitetaan työkiertoon.

4.3 Kalliomekaaniset laskelmat

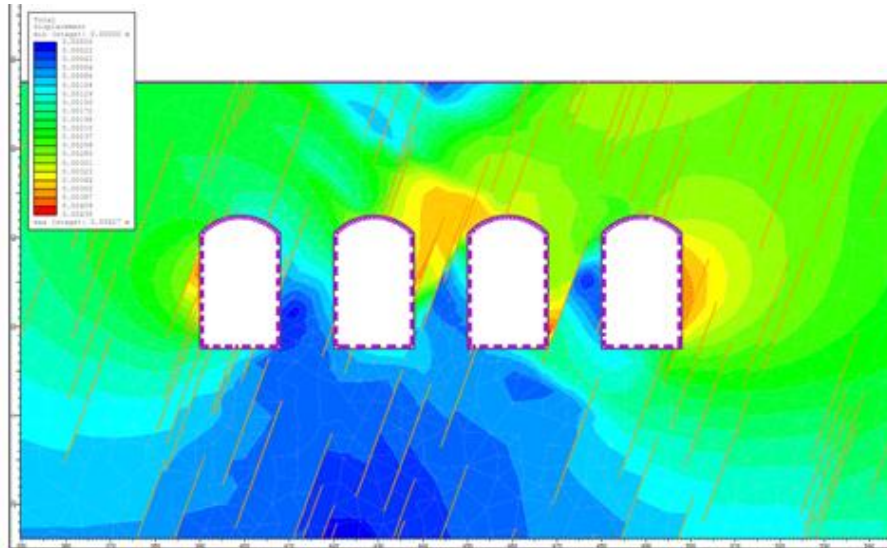
Kalliotilan vakavuuden ja louhinnan aiheuttamien siirtymien sekä lujituksen vaikutuksen arvioimiseksi tehtiin kalliomekaaniset laskelmat Rocscience nimisellä elementtimenetelmään perustuvalla laskentaohjelmalla.

Laskelmat tehtiin käyttäen kallion teknisten ominaisuuksien mitoitusarvoina keskimääräisiä olosuhteita Uudenmaan alueella.

Rakenteesta tehtiin kaksi mallinnusta, mallinnus tehtiin lujittamattomalle ja lujitetulle kalliolle. Lujitetun kallion tapauksessa luolatilan ympäristön kallion muodonmuutosominaisuuksissa on huomioitu systeemipultitus ja niiden vaikutus kallion ominaisuuksiin.

Kuvassa 1 on esitetty simulointitulokset lujittamattomalle kalliotilalle. Tässä tapauksessa siirtymät syntyvät pääosin kuvasta vasemmalta lukien ensimmäisen tunnelin vasemmallalla

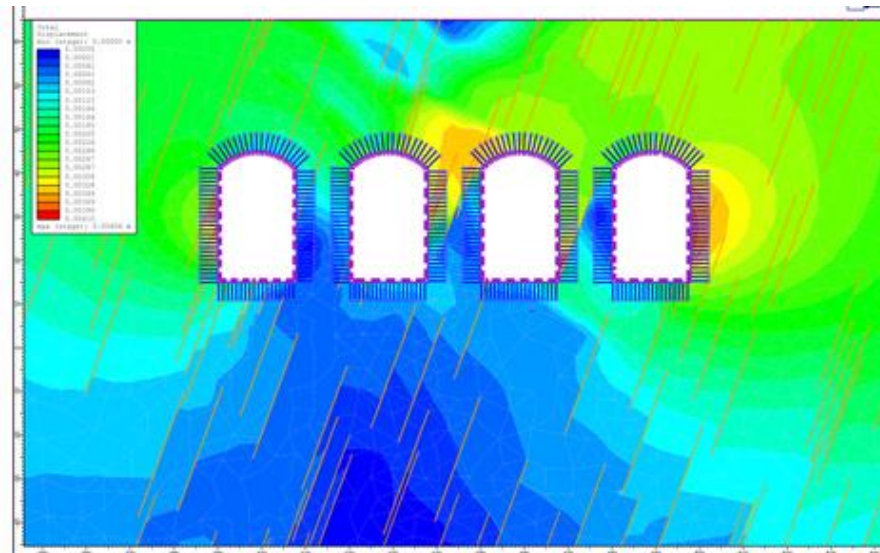
seinällä ja neljännen tunnelin oikealla seinällä, sekä tunneleiden keskellä yläpuolella. Lujittamattoman kalliotilan ympärillä siirtymät ovat enintään 4,7 mm.



Kuva 1 Laskenta lujittamattomalle kalliotilalle

Kuvassa 2 on esitetty laskenta, jossa laskentamalliin on lisätty myös lujituspultitus. Lujituspultituksena on $\varnothing 32$ harjateräspultit, joiden pituus on 6 metriä ja pultituksen tiheys on # 2 metriä. Pultitus on suunniteltu kokemukseräisesti vastaamaan kalliotiloissa yleisesti käytettyä pultitusta. Pultitetun kalliotilan siirtymät esiintyvät samoissa paikoissa kuin aikaisemmin, mutta tässä tapauksessa siirtymät ovat hieman pienemmät.

Tässä tapauksessa siirtymät syntyvät pääosin kuvasta vasemmalta lukien ensimmäisen tunnelin vasemmalla seinällä ja neljännessä tunnelissa oikealla seinällä sekä tunneleiden keskellä yläpuolella. Siirtymät ovat enintään 4,00 mm.



Kuva 2. Pultein lujitetun seinän laskenta

Lasketut siirtymät ovat ilman lujitusta 4,7 mm ja lujitus huomioiden 4 mm. Laadittuja laskelmia tarkennetaan myöhemmin tarkempien lähtötietojen perusteella tehtävillä numeerisilla 3D-laskennoilla. Tarkemmat lähtötiedot saadaan alueella suoritettavista kalliotutkimuksista.

5. TYÖN TOTEUTUS

5.1 Injektointi

Suomalaisen kovan kiven alueilla kiven vedenjohtavuus on tyypillisesti 0, mutta kalliomassan vedenjohtavuus on suurempi, koska vesi pääsee virtaamaan kallioraioissa. Kalliotunneleissa ja kalliotiloissa kalliomassan vedenjohtavuutta pienennetään tiivistämällä kalliorakoja. Kalliorakoja tiivistetään injektioimalla. Injektioinnissa kalliomassaan porataan reikiä, joihin pumppaamalla paineella sementtipohjaista injektointiainetta. Reikien kautta injektointiaine tunkeutuu kallion rakoihin ja kovettuu. Kovettuessaan injektointiaine tiivistää kallioraot ja tunnelia ympäröivästä kalliomassasta tulee vesitiivis. Ennen louhintaa suoritettavaa injektointia kutsutaan esi-injektioinniksi ja louhinnan jälkeen tehtävää injektointia jälki-injektioinniksi. Sementtipohjaisten injektointiaineiden lisäksi voidaan käyttää kemiallisia injektointiaineita.

Suunniteltu kalliotila on tarkoitus tiivistää esi-injektioinnilla. Esi-injektointi tehdään vaiheittain louhinnan edistyessä. Esi-injektointia voidaan tehdä myös maanpinnalta, jos se näh-

dään järkeväksi. Mikäli louhinnan jälkeen tunnelissa havaitaan vuotavia kalliorakoja, niin nämä jälki-injektoidaan tarvittaessa. Jälki-injektointi suunnitellaan aina tapauskohtaisesti.

5.2 Louhinnan työjärjestys

Ensimmäiseksi louhitaan ajotunneli. Ajotunneli esi-injektoidaan tarvittaessa ja lujitetaan louhinnan edistyessä. Louhinnan aikana asennetaan tarvittava työturvallisuuslujitus. Ajotunnelin kautta päästään louhimaan säiliöitä.

Säiliöt voidaan louhia esimerkiksi kolmessa kerroksessa. Kunkin osan korkeus olisi noin 10 m. Ensin louhitaan säiliön yläosaan noin 10 m korkea tunneli. Tätä tunnelia kutsutaan kattoperäksi tai yläperäksi. Kattoperän tiivistyksen, louhinnan ja lujituksen valmistuttua louhitaan alemmat kerrokset esimerkiksi pengerlouhintana noin 10 metrin kerroksina.

Kalliotilan esi-injektoinnin tekeminen määräytyy valitun louhintatavan mukaisesti. Tunnelit ja säiliöt injektoidaan ennen louhintaa vaiheittain louhinnan edistyessä. Esi-injektoinnin tuloksia seurataan kallioon porattavien kontrollireikien kautta. Kontrollirei'istä tehdään samantyyppiset vesimenekkikokeet kuin kairarei'istä (katso kappale 2.). Kontrollireikien vesimenekkikokeiden avulla pystytään etukäteen selvittämään ja valvomaan esi-injektoinnin tuloksia. Mikäli esi-injektoinnin tulokset eivät ole riittävät, voidaan tarvittaessa tehdä useampia esi-injektointikierroksia ennen kuin louhintaa jatketaan. Tällä menetelmällä pyritään varmistumaan siitä, että kalliomassa on riittävän tiivistä etukäteen, eikä suurempia vuotoja tule.

Tunnelin vuotoja seurataan työn aikana. Mikäli jokin rako tai osa tunneliverkostosta alkaa vuotamaan myöhemmin, niin nämä vuodot jälki-injektoidaan tarvittaessa.

Säiliöiden louhinnan yhteydessä asennetaan tarvittavat työnaikaiset kallion lujitukset. Lopullisen lujituksen asennusajankohta sovitaan louhintavaiheistukseen ja työnkiertoon. Esimerkiksi kattoperä lujitetaan ennen kuin alempia kerroksia louhitaan.

Työnaikaisen tuuletuksen kannalta tarvittavien kuilujen tekeminen louhinnan alkuvaiheessa on suositeltavaa. Myös kuilut kallion lujitukset tehdään työn edetessä. Lopulliset lujitukset asennetaan, kun louhinta on edennyt riittävän pitkälle. Lujituksen asennusajan

Työnaikaisen tuuletuksen kannalta tarvittavien kuilujen tekeminen louhinnan alkuvaiheessa on suositeltavaa. Myös kuilut esi-injektoidaan tarvittaessa. Kuilujen injektointi voidaan tehdä esimerkiksi maanpinnalta ennen louhintaa.

6. YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

6.1. RAKENTAMISEN VAIKUTUKSET POHJAVETEEN JA VAIKUTUSTEN HALLINTA

Kalliotilan louhinnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset pohjaveteen koskevat työnaikaisesta tilannetta, jolloin on mahdollista, että pohjavettä vuotaa kalliotilaan. Valmis kalliotila on täynnä vettä, jolloin vuotoa tunneliin ei tapahdu tai se on erittäin pientä, joten lopputilanteessa pohjaveden aleneminen ei ole merkittävää. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat estettävissä kallion tiivistämisellä. Kalliotilan rakentaminen kestää 2-3 vuotta.

Työnaikaiset ympäristövaikutukset pohjaveteen ovat hallittavissa kallion tiivistämisellä. Kallio lämpövaraston ympärillä tulee injektoida niin, että vettä johtavat raot ja ruhjeet saadaan tukittua. Injektointi tehdään tunnelilouhinnan yhteydessä. Lisäksi tunnelin vuotoja seurataan työnaikana. Tarvittaessa havaitut vuodot jälki-injektoidaan.

Pohjaveden pinnankorkeutta tarkkaillaan ennen rakentamista, sen aikana ja sen jälkeen alueelle asennettavien pohjavesiputkien avulla. Ennen rakentamista pyritään selvittämään esimerkiksi kausivaihteluista aiheutuva pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu. Suunnitteluvaiheessa arvioidaan rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pohjaveden pinnankorkeuteen. Lisäksi suunnitteluvaiheessa arvioidaan mahdollisten vaikutusten suuruutta. Mikäli rakentamisaikana havaitaan vaihtelua pohjaveden pinnankorkeudessa, seurannan ja suunnitteluvaiheen arvioiden perusteella voidaan päätellä, onko kyse normaalista kausivaihtelusta. Tarvittaessa pohjaveden pinnankorkeutta voidaan hallita imeyttämällä pohjavettä. Imeytyksessä voidaan käyttää korvausvetenä esimerkiksi puhdasta pintavettä tai kalliotilasta pumpattavaa puhdistettua vettä.

Rakentamisaikaiset ympäristövaikutukset pohjaveteen ovat siis hallittavissa kallion tiivistämisellä ja korvausveden imeyttämisellä. Vastaavia menetelmiä käytetään Helsingin keskustan alueella, jossa on paljon kalliotiloja vaurioherkkien rakenteiden alla. Menetelmät on todettu toimiviksi.

6.2 VAIKUTUKSET POHJAVETEEN ILMAN INJEKTOINTEJA JA IMEYTYSTÄ

Mikäli ajatellaan tilannetta, että kalliotila louhitaan ilman minkäänlaisia hallintakeinoja kuten injektointeja tai pohjaveden imeytystä, niin on mahdollista, että pohjavedenpinta laskee kalliotilan ympärillä rakentamisen aikana. Pohjavedenpinnan alenemisesta voi olla haittaa lähistön rakenteille.

Kalliotilan louhinnan aiheuttaman värinän vaikutusalue on käytännössä tontin sisäpuolella, eikä ole haitallista.

6.2.1 Lähistön rakenteet

Lähimpiä ulkopuolisia rakenteita ovat itäpuolella Hämeenlinnan moottoritie ja länsipuolella vanha valtatie. Molemmat on perustettu maanvaraisesti. Näistä herkempi pohjaveden alenemiselle on moottoritie ja sen alittava silta, jotka on rakennettu kevennysrakenteina ja sillan taustat on tehty EPS penkereinä.

Vanhan valtatie länsipuolella on asuntoalue. Asuntoalueella voi olla maalämpökaivoja ja talousvesikaivoja. Moottoritien itäpuolella on haja-asutusalue, ja rakennuksilla on talousvesikaivoja ja mahdollisesti maalämpökaivoja. Alueiden tarkemmat tiedot selvitetään ympäristöselvityksessä keväällä 2022.

Alueen eteläpuolella on Kuusimäen teollisuusalue, joka on kantavan maan alueella, eikä ole herkkä pohjaveden alenemiselle.

6.2.2 Vallitsevat pohjavesiolosuhteet

Pohjaveden pinta alueella on havaittu noin tasolla +50...+55. Pohjaveden pinnan tasonousee etelään, ollen Siippoontien ja M130 tien risteyksen alueella noin tasolla +65.

Kallion laadusta ei vielä ole merkittävästi tietoa, mutta kirjallisuuden perusteella kohtalaisen tasalaatuisen kalliomassan vedenjohtavuus voidaan olettaa $k = 10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ m/s}$.

6.2.3 Kalliotilan rakentamisen laskennalliset ympäristövaikutukset pohjaveteen

Pohjaveden alenemisen vaikutussädettä voidaan arvioida Sichardt'n kaavalla $r = 3000 \times \sqrt{k}$, jossa r on vaikutussäde ja k on vedenläpäisevyyskerroin. Alustavissa suunnitelmissa tunnelin pohja on noin 50 metriä pohjavesipinnan alapuolella. Tällöin ilman injektointeja vesipinta alenisi teorissa 150 metrin säteellä kausivarastosta. Yllä olevassa laskelmassa on huomioitava se, että kun kalliotila injektoidaan, niin käytetty vedenjohtavuudenarvo k pienenee laitoksen ympärillä ja samalla vaikutukset pienenevät merkittävästi.

6.2.4 Teoreettiset vaikutukset ympäröiviin rakenteisiin ja vaikutusten hallinta

Tarkastellaan teoreettiset vaikutukset Hämeenlinnan moottoritiehen, tontin länsipuolella olevaan vanhaan valtatiehen ja rakennettavan alueen ympärillä oleviin asuin sekä teollisuusalueisiin, jos ei tehdä injektointeja ja pohjavedenpinta alenisi.

Lähimpiä ulkopuolisia rakenteita ovat tontin itäpuolella Hämeenlinnan moottoritie ja länsipuolella vanha valtatie MT130. Molemmat on perustettu maanvaraisesti. Näistä herkempi pohjaveden alenemiselle on moottoritie ja sen allttava silta, jotka on rakennettu kevenysrakenteina ja sillan taustat on tehty EPS penkereinä. Kalliotila pyritään sijoittamaan siten, että sen etäisyys moottoritien pehmeikölle perustettuun osaan on yli 150 m, jolloin pohjavedenpinnan aleneminen ei ulotu moottoritien alueelle. Mikäli pohjavedenpinnan alenemisen vaikutus ulottuisi moottoritiealueen reunalle, niin arvioitu pohjaveden alenema tien alueella olisi 1...3 metriä ja suurin teoreettinen painuma rakennusaikana olisi 50...100 mm. Moottoritien osalta painumariskiä pienentää se, että maaperä moottoritien alla on lihavaa savea, jonka painumat tapahtuvat hitaasti. Pohjaveden pinnankorkeutta seurataan työn aikana ja tarvittaessa vettä imeytetään kohdassa 6.1 kuvatulla tavalla. Pohjaveden imeyttämällä on mahdollista estää moottoritien ja valtatie painumat. Teille aiheutuvat mahdolliset painumat ovat korjattavissa myös uudella päällystämällä.

Rakennettavan alueen läheisyydessä vanhan valtatie länsipuolella on asuntoalue. . Alueen pohjaveden pinnankorkeutta seurataan rakentamisaikana. Alustavan tarkastelun perusteella pohjaveden alentumisen vaikutusalue ei ulotu tänne asti. Tarvittaessa myös tämän alueen painumia voidaan hallita imeyttämällä pohjavettä.

Lisäksi moottoritien itäpuolella on haja-asutusalueita, ja rakennuksilla on talousvesikaivoja. Talousvesikaivoja voi olla myös tontin länsipuolen asuinalueella. Mikäli talousvesikaivoja tyhjenee rakentamisaikana, voidaan kaivoon tuoda korvausvettä. Kaivoon asennetaan sisäpussi ja vettä tuodaan tankkiautolla.

Tontin ympäristössä olevien talousvesikaivojen sijainnit selvitetään ennen rakentamista laadittavassa ympäristöselvityksessä. Näiden osalta tarkastetaan veden pinta ja laatu ennen rakentamisen aloittamista.

Alueella on myös maalämpökaivoja. Ne sijaitsevat lasketun pohjaveden vaikutusalueen ulkopuolella. Kun pohjavesi olosuhteisiin ei vaikuteta, ei rakentamisella ole vaikutusta kaivojen lämmöntuotantoon. Maalämpökaivojen häiriötön toiminta varmistetaan pohjaveden pinnan tarkkailulla ja mahdollisilla imeytystoimenpiteillä vastaavasti kuin pohjaveden suojelua toteutetaan.

Tontin eteläpuolella on Kuusimäen teollisuusalue, joka on kantavan maan alueella, eikä ole herkkä pohjaveden alenemiselle.

6.3 MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Kalliotilan louhinnan räjäytyksistä aiheutuu tärinöitä. Ihmiset kokevat usein pienenkin tärinän häiritseväksi, vaikka se ei ole rakenteille tai laitteille haitallista. Yleensä tärinä koetaan häiritseväksi, kun sen suuruus on heilahdusnopeuden huippuarvona ilmaistuna enemmän kuin 0,4...0,8 mm/s. Häiritsevyyden kokeminen on subjektiivista ja kokemiin vaikuttavat henkilön vireys- ja terveydentila, vuorokaudenaika ja muut ympäristöhäiriöt, sekä suhtautuminen häiriötä aiheuttavaan hankkeeseen. Kuitenkin esimerkiksi huonekalujen heilumista on todettu vasta heilahdusnopeuden (v) ollessa n. 6 mm/s (Vuolio & Halonen 2010). Rakennustoimenpiteistä ja tärinähaitoista tiedottaminen on tärkeää ja sitä tulee hankkeen myöhemmässä vaiheessa edellyttää louhintatyön tekijältä. Hankkeessa tehdään ympäristöselvitys ja ympäristössä tehdään katselmukset ympäristöselvityksessä määritetyssä laajuudessa. Tärinöitä valvotaan mm. tärinämittareilla. Louhinnat suunnitellaan siten, ettei niistä ole haittaa ympäristön rakenteille tai rakennuksille.

Tärinöiden lisäksi ajotunnelin louhinnasta aiheutuu alkuvaiheessa meluhaittoja. Melua aiheuttaa poraus, räjäytys, lastaus ja kuljetus. Meluhaitat pienenevät oleellisesti, kun louhinta etenee syvemmälle tunneliin. Myöhemmin suurin melunaiheuttaja on louheen kuljetus maanpinnalla. Tontille on mahdollista rakentaa meluaitoja melusuojaiksi. Lisäksi meluavia töitä tehdään vain sallittuina kellonaikoina.

7. JATKOSELVITYKSET

Yhteenvedona voidaan todeta, että kalliotilan louhinnan aiheuttamat ympäristövaikutukset pohjaveteen rajoittuvat rakentamisaikaan ja nämä ovat hallittavissa jatkuvalla tarkkailulla, kalliomassan tiivistämisellä, tiivistystulosten kontrolloinnilla ja viime kädessä korvausveden imeyttämällä. Valmis kalliotila on täynnä vettä, jolloin vuotoa tunneliin ei tapahdu tai se on erittäin pientä. Muiden ympäristövaikutuksien kuten louhintatärinän ja melun aiheuttamia haittoja hallitaan mm. tiedottamisella, tärinämittareilla ja pitäytymällä sovituisissa työajoissa.

Kohteeseen tulee tehdä lisätutkimuksia ja lisätutkimuksien tuloksiin perustuvat kallio-mekaaniset 3D-simuloinnit, joissa huomioidaan rakennusjärjestys, louhinnan vaiheistus ja käytön aikana kalliomassan lämpötilavaikutukset. Simulointien perusteella suunnitellaan riittävät tiivistys- ja lujitustoimenpiteet, jotta kalliotila on pitkäaikaisturvallinen, eikä aiheuta haittaa ympäristölle.

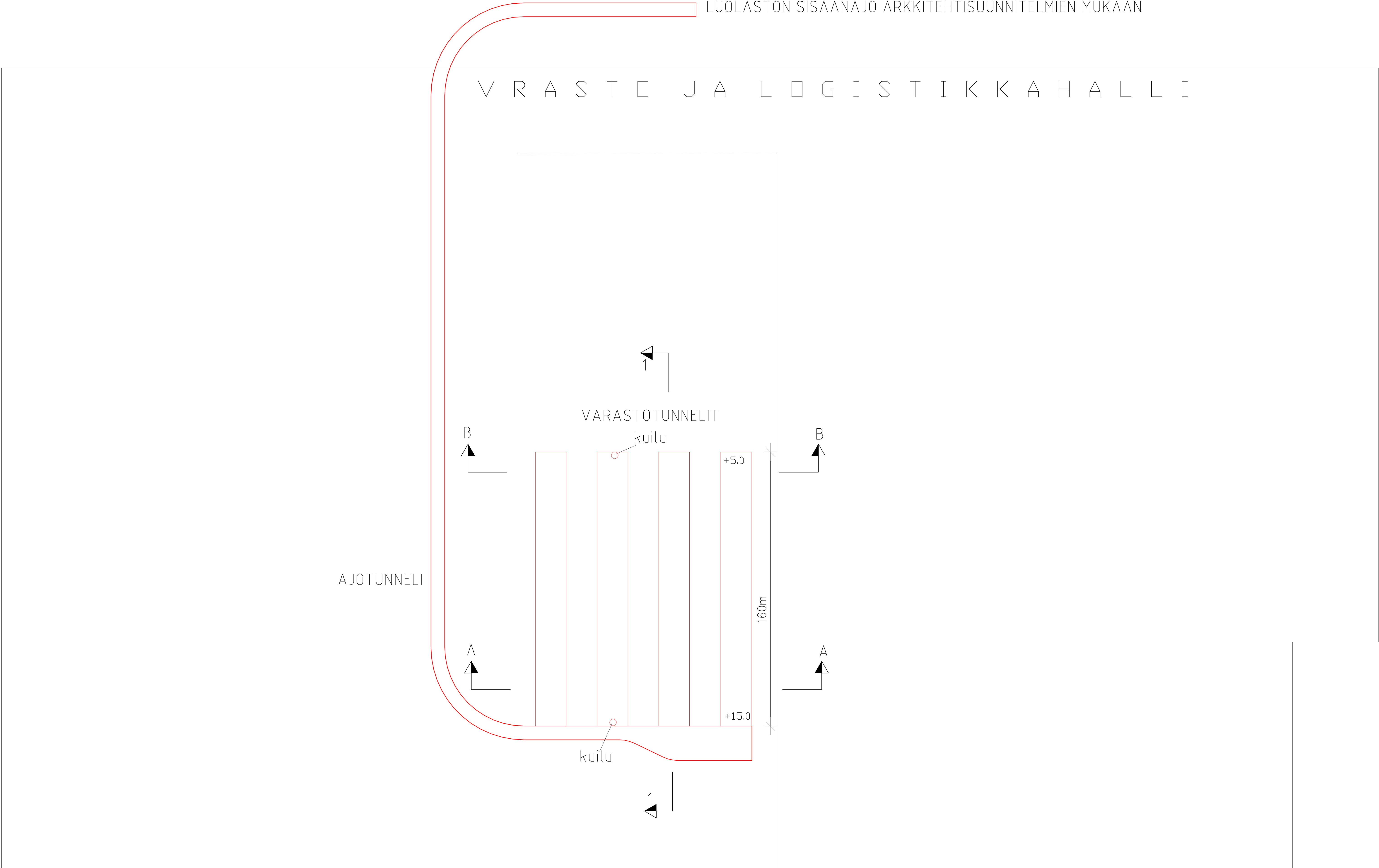
INSINÖÖRITOIMISTO POHJATEKNIikka OY

Seppo Rämö

Juha Pulkka

Lähteet

Vuolio R., Halonen, T. 2010. Räjätystyöt. Suomen Rakennusmedia Oy. s. 448.



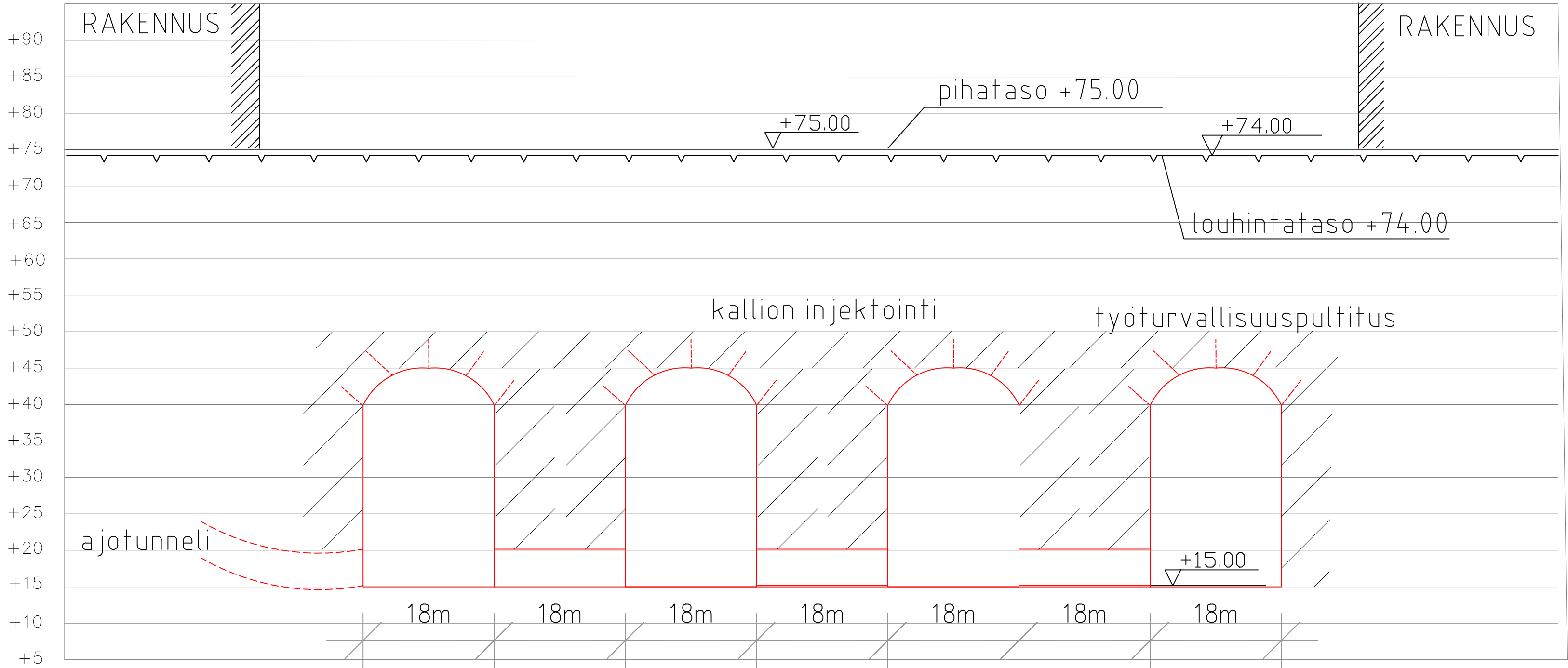
LUOLASTON SISÄÄNAJO ARKKITEHTISUUNNITELMIEN MUKAAN

K.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten	
42		4:96.5:150.2:6.2:5		
Rakennuslomake			Piirustaja	POHJARAKENNUSPIIRUSTUS
UUDISRAKENNUS			Piirustuksen sisältö	Mittakaava 1:1000
Rakennuskohteen nimi ja osoite				
ILVESVUORI POHJOINEN 2			Lämpövaraston periaate. Kartta	
			Suunnitteluala	Työn numero ja piirustuksen numero
NURMIJÄRVI			GEO	15881.108

				
Insinööritoimisto POHJATEKNIikka OY				
Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-47775111				
Email: pohjatekniikka@pohjatekniikka.fi http://www.pohjatekniikka.fi				

Pvm.	Tutk.	Piirt.	Suunn.	Hyv.
16.11.2021		NS	DI RämöS.	

Leikkaus A-A

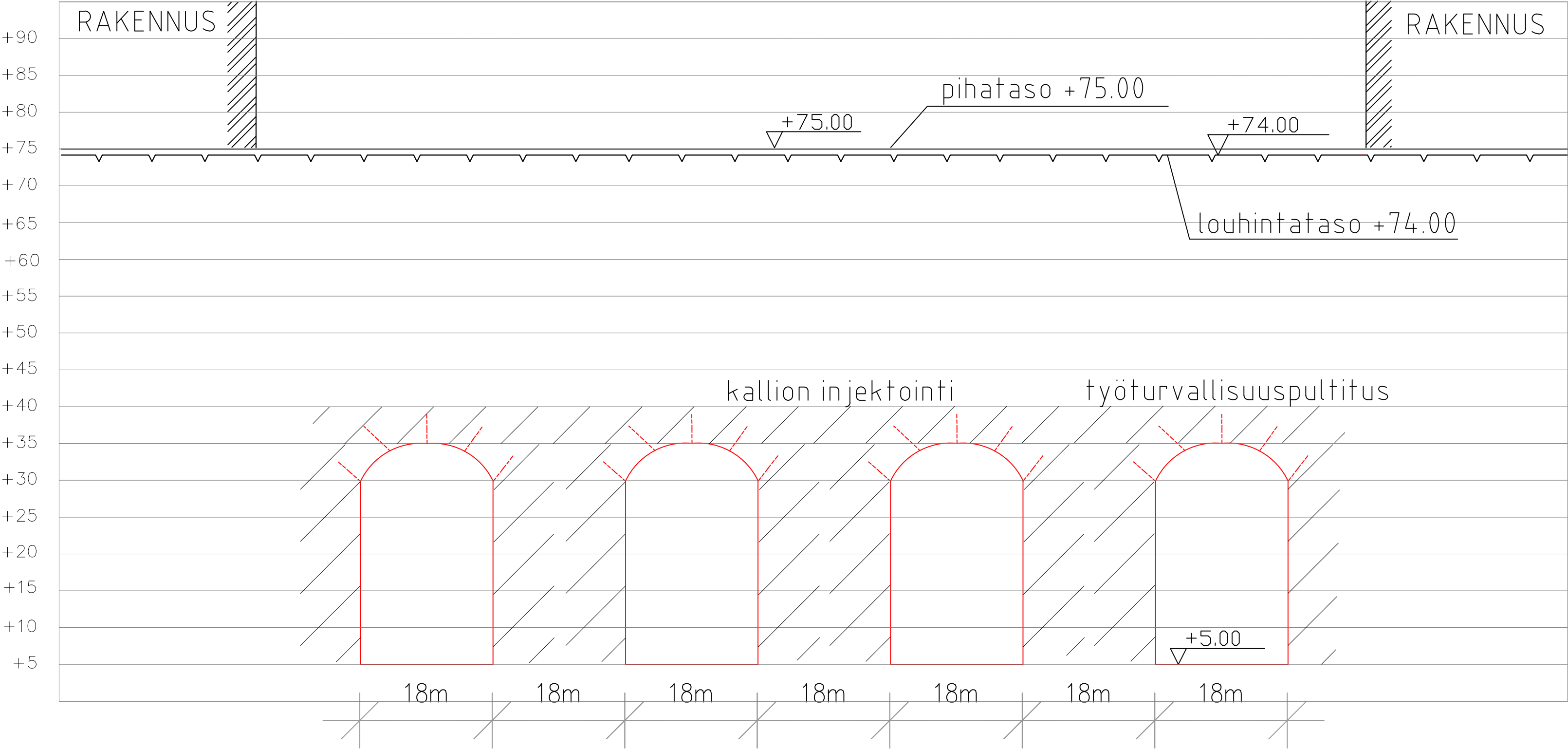


K.osa/Kylä 42	Kortteli/Tila 4:96,5:150,2:6,2:5	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten		
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS	Piirustustyyli POHJARAKENNUSPIIRUSTUS		Mittakaavat 1:500	
Rakennuskohteen nimi ja osoite ILVESVUORI POHJOINEN 2		Piirustuksen sisältö Lämpövaraston periaate. Leikkaus A-A		
Suunnitteluala NURMIJÄRVI		Työn numero ja piirustuksen numero GEO 15881.109		

				
Insinööritoimisto POHJATEKNIikka OY				
Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-47775111				
Email: pohjatekniikka@pohjatekniikka.fi http://www.pohjatekniikka.fi				

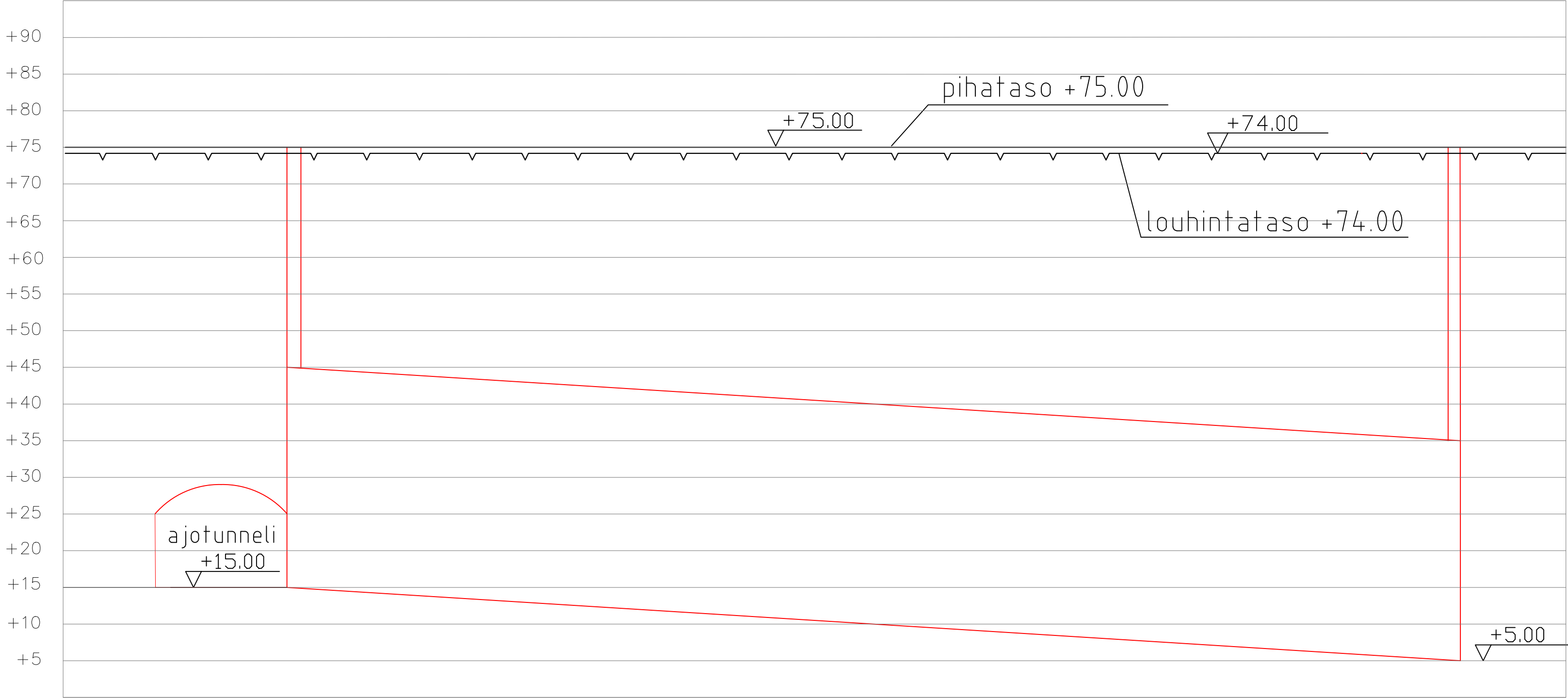
Pvm. 12.11.2021	Tutk. NS	Piirt. SRä	Suunn. SRä	Hyv. SRä
---------------------------	--------------------	----------------------	----------------------	--------------------

Leikkaus B–B

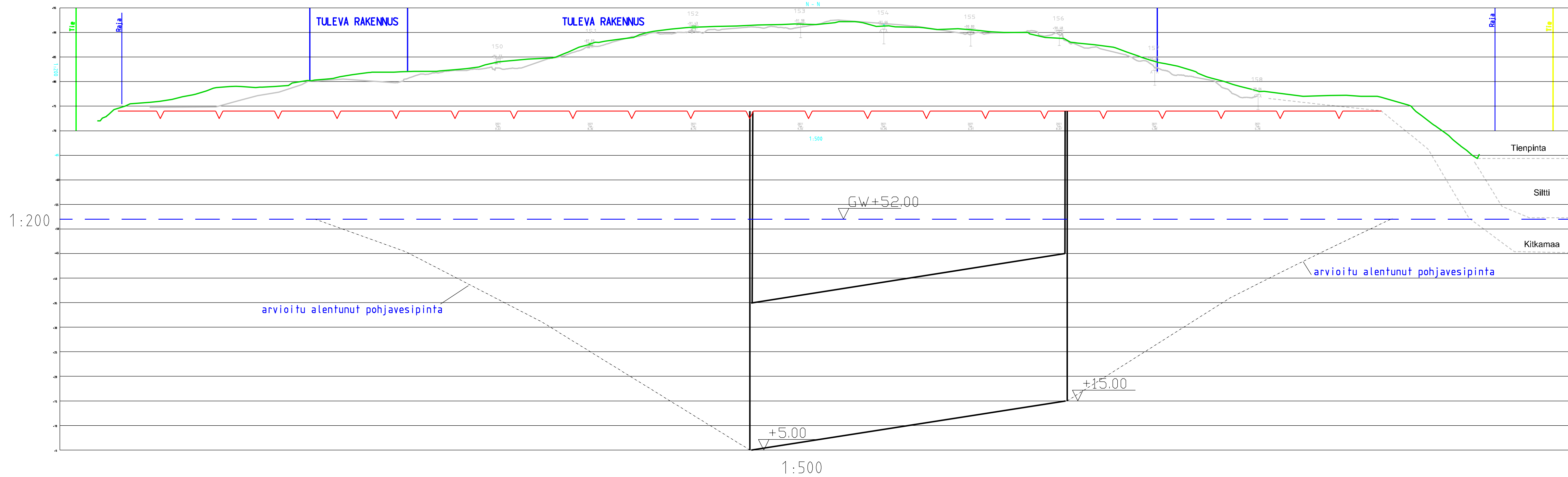
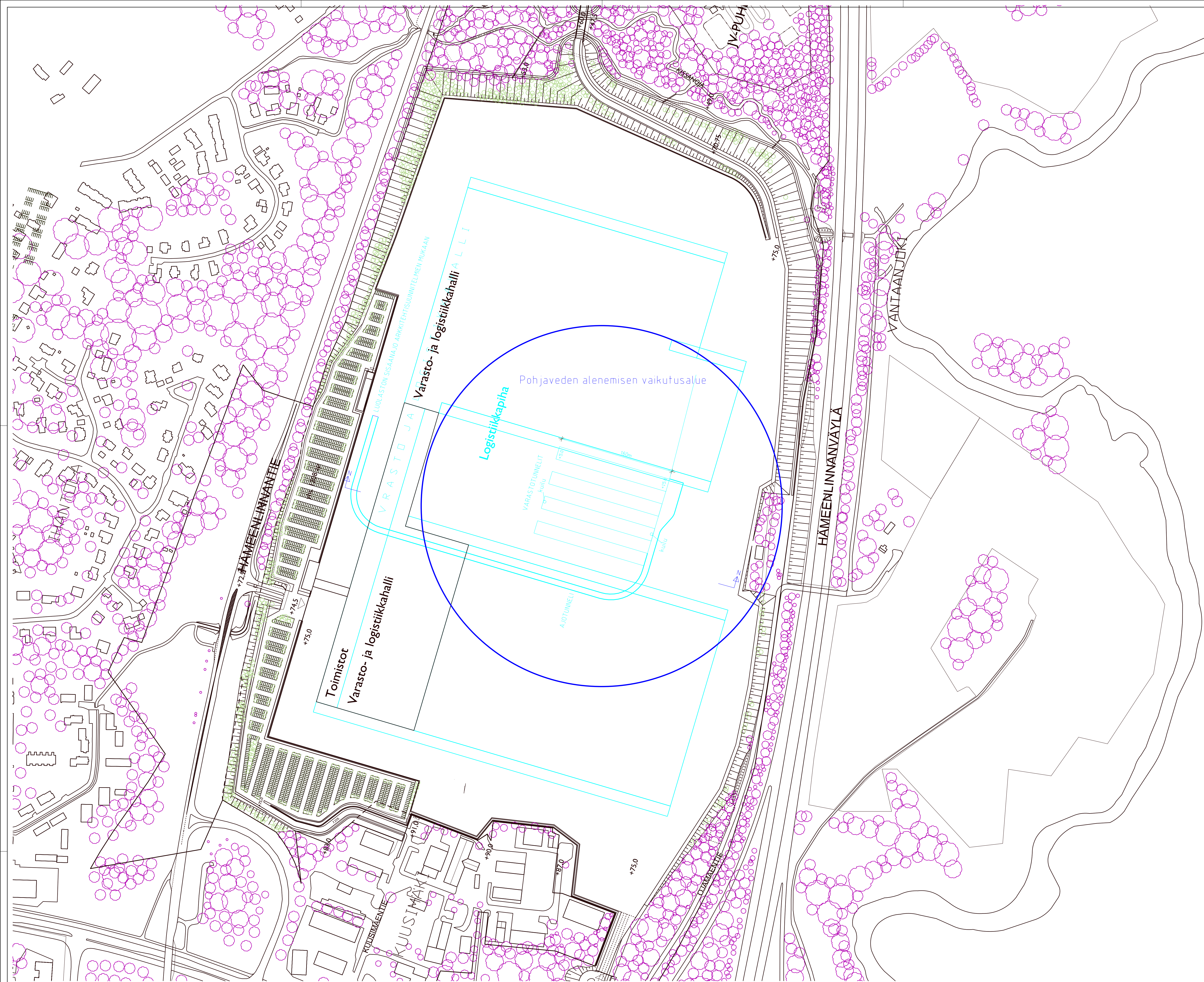


K.osa/Kylä 42	Kortteli/Tila 4:96,5:150,2:6,2:5	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten		
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS		Piirustustaji POHJARAKENNUSPIIRUSTUS		Mittakaavat 1:500
Rakennuskohteen nimi ja osoite ILVESVUORI POHJOINEN 2		Piirustuksen sisältö Lämpövaraston periaate. Leikkaus B-B		
NURMIJÄRVI		Suunnitteluala GEO		
		Työn numero ja piirustuksen numero 15881 110		
 Insinööritoimisto POHJATEKNIikka OY Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-47775111 Email: pohjatekniikka@pohjatekniikka.fi http://www.pohjatekniikka.fi				
Pvm. 12.11.2021	Tutk. NS	Piirt. SRä	Suunn. SRä	Hyv. SRä

Leikkaus 1–1



K.osa/Kylä 42	Kortteli/Tila 4:96,5:150,2:6,2:5	Viranomaisen arkistointimerkintöjä varten		
Rakennustoimenpide UUDISRAKENNUS	Piirustustyyli POHJARAKENNUSPIIRUSTUS		Mittakaavat 1:500	
Rakennuskohteen nimi ja osoite ILVESVUORI POHJOINEN 2		Piirustuksen sisältö Lämpövaraston periaate. Leikkaus 1-1		
Suunnittelualue NURMIJÄRVI		Työn numero ja piirustuksen numero GEO 15881 111		
 Insinööritoimisto POHJATEKNIikka OY Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-47775111 Email: pohjatekniikka@pohjatekniikka.fi http://www.pohjatekniikka.fi				
Pvm. 12.11.2021	Tutk.	Piirt. NS	Suunn. SRä	Hyv. SRä



K. Osa/Kylä	Korttelit/tilat	Suunnitelma	Viranomaisen arvioinninmerkintöjä varten
Rakennusohje	4:96, 5:150, 2:6, 2:5	Pohjavesi	POHJATUTKIMUSPIIRUSTUS
UUSI		Rakennuksen sisältö	Lämpövaraston pohjavesivaikutukset
KESKO OYJ		Kartta ja leikkaus N-N	1:2000 / 1:500
ILVESVUORI POHJOINEN 2		Suunnitteluala	Työn numero ja piirustuksen numero
NURMIJÄRVI		GEO	15881.115
Insinööritoimisto POHJATEKNIikka OY			
Nuijamiestentie 5 B, 00400 HELSINKI, Puh 09-4777510 Fax 09-47775111			
Email: pohjateknikka@pohjateknikka.fi http://www.pohjateknikka.fi			
Päivä	Työ	Päivä	Suunnitelma
13.1.2022	JP	NS	JP
			SR