

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakennusmestari

2021

Pasi Mattila

KALLIOPULTTAUKSET JA NIIDEN ASENTAMINEN

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikankoulutus, Rakennusmestari

2021 | 38 sivua, 1 liitesivu

Pasi Mattila

KALLIOPULTTAUKSET JA NIIDEN ASENTAMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida Turun UV-laitoksen työmaan kalliopulttauksiin liittyvät asennus- ja valmistelutyöt. Kohteen suunnittelijana toimi Afry.

Kalliopultit ovat terästankoja, yleensä harjateräksestä valmistettuja tankoja, joiden tarkoituksena on lujittaa kalliomassaa. Kalliolujitus tulee tarpeeseen silloin, kun tarvitaan työnaikainen tai koko käyttökohteen käyttöiän aikaisen ympäröimää kalliota pitää vahvistaa. Yleisimpiä käyttökohteita ovat maanalaiset työkohteet ja lujitustarpeeseen vaikuttaa tilan käyttötarkoitus.

Kalliopulttauksilla oli suuri merkitys kallion lujittamisessa ja betonirakenteiden ankkuroinnissa. Ankkurointi varmisti sen, että betonirakenteet eivät pääse liikauttamaan tai kaatumaan ja ovat näin työn aikana ja työn jälkeen paikallaan ja turvallisia.

Lähteinä on käytetty RIL154-1 ja RIL-266 ja InfraRyliä.

Työstä saatiin yhteenvetomainen kuvaus pulttauksista ja niihin liittyvistä työvaiheista dokumentoineen. Työ vastasi asetettuja tavoitteita ja se saavutti ne tavoitteet, mitkä oltiin asetettu.

Tilaaajan alla toimiva päävalvoja oli tyytyväinen lopputulokseen.

ASIASANAT:

Kalliopulttaus, Infrarakentaminen, pulttausdokumentointi

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil and Community Engineering, Bachelor of Construction Management

2021 | 38 pages, 1 page in appendices

Pasi Mattila

ROCK BOLTING AND THEIR INSTALLATION

[Click here to enter text.](#)

The project of the thesis was to document the installation and preparation work related to rock bolting on the worksite of the Turku UV plant. The project was designed by Afry.

Rock bolts are steel bars, usually made of rebar, designed to strengthen rock mass. Rock establishment is needed when the rock around the working person or the entire service life of the application needs to be maintained. The most common use are underground work sites, and the need of establishment is determined by the use of the space.

Rock bolting has a major role in strengthening the rock and anchoring the concrete structures to the rock. The anchoring is ensures that the concrete structures cannot move or fall but stay in their places and is maintain safety during the work and after the work.

The used sources are RIL154-1, RIL-266 and InfraRyl.

The description of the bolting, all the work included and documentation provide a good summary of the project. The work met the set goals. The supervisor that worked for the client was satisfied with the results of the project

KEYWORDS:

Rock bolting, Infrastructure construction, bolting documentation

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 KALLIOPULTEIN VAHVISTAMINEN	8
2.1 Kalliopultit	8
2.2 Työnaikaset kalliotartunnat	8
2.3 Pulttityypit	9
2.3.1 Harjateräspultti	9
2.3.2 Lasikuitupultti	9
2.3.3 Jännepunospultti	10
2.3.4 Yhdistelmäpultti	10
2.3.5 Kiila-ankkuritupultti	10
2.3.6 Porapultti	11
2.3.7 Kitkapultti	11
2.3.8 Myötäävä pultti	11
2.4 Korroosiosuojaus	12
2.4.1 Kuumasinkitys	12
2.4.2 Epoksi	12
3 TEORIAA KALLIOPULTTAUSTEN ASENNUKSESTA	13
3.1 Poraus	13
3.2 Juotos	13
3.2.1 Sementtilaasti	13
3.2.2 Hartsi	14
3.3 Kalusto	14
3.4 Asennus	14
4 LAADUNVALVONTA JA DOKUMENTOINTI	16
4.1 Laatu	16
4.1.1 Märkävetokoe	16
4.1.2 Vetokoe	17
4.1.3 Pöytäkirja	17
5 TURUN UV-LAITOKSEN PULTTAUSTYÖT	18
5.1 Turun jätevedenpuhdistamo ja UV-laitos	18
5.2 Suunnittelu	18

5.3 Turvallisuus	19
5.4 Työvaiheet	20
5.4.1 Kaivuutyöt ja putsaus	20
5.4.2 Paikannus	23
5.4.3 Poraus	26
5.4.4 Juotosbetonointi	29
5.4.5 Asennustyö	30
5.5 Laadunvalvonta	35
5.6 Dokumentointi	36
6 LOPUKSI	37
LÄHTEET	38

LIITTEET

Liite 1. Pulttauspöytäkirja

KUVAT

Kuva 1. Kalliopultti.	9
Kuva 2. Detaljipiirustus.	19
Kuva 3. Kaivanto kaivuutöiden jälkeen.	21
Kuva 4. Kaivanto.	22
Kuva 5. Kaivannon puhdistamista painepesurilla.	22
Kuva 6. Täysin puhdistettu kalliopinta.	23
Kuva 7. Prisma.	24
Kuva 8. Takymetri Trimble 7s.	25
Kuva 9. TCS 5.	25
Kuva 10. Kalliopora.	26
Kuva 11. Porakruunu.	27
Kuva 12. Paineilmakompura.	27
Kuva 13. Kuukulkija	28
Kuva 14. Poraustyö	28
Kuva 15. Juotosbetonisekoitin	29
Kuva 16. Pikasementti	30
Kuva 17. Juotetut kalliopultit	31
Kuva 18. Valmiit kalliopultit kallion seinästä	31
Kuva 19. Kalliopulttaukset pohjalaattaan	32
Kuva 20. Kalliopulttaus valmiin raudoituksen sisällä	33
Kuva 21. Patoseinän kalliopulttaukset	34
Kuva 22. Tulevan patoseinän kalliopulttaukset	34
Kuva 23. Märkävetokoe	35

SANASTO

kalliopultti, kallioankkuri Kalliota mekaanisesti vahvistava tanko, yleensä terästä.

takymetri Maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jolla mitataan säteittäisesti eli polaarisesti pisteiden sijainteja kojeeseen nähden.

SFS-EN SFS on tunnuksessa merkinä siitä, että standardi on vahvistettu Suomessa. EN-merkintä viittaa siihen, että standardi on vahvistettu eurooppalaiseksi standardiksi.

VNa Valtionneuvoston asetus.

ISO ISO tarkoittaa, että kyseessä on myös maailmanlaajuisesti vahvistettu standardi.

korroosio Ympäristön vaikutuksesta tapahtuvaa materiaalin muuttamista käyttökelvottomaan muotoon.

C25/35 Betonin lujuusluokka

B500B, A500HW Kuumavalssatut harjaterästangot

By50 Betoninormit

injektointi Rakenteen vahvistamistapa, jonka toimintaperiaatteena on maan huokosiin puristettava nestemäinen sideaine

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa kalliotartuntojen yleistä teoriaa, käyttötarkoituksia ja kertoa esimerkkityömaasta Turun jätevedenpuhdistamon UV-laitoksen tapauksesta, jossa kalliotartunnat olivat iso osa rakentamista. Opinnäytetyössä kuvaillaan suunnitelmia ja toimenpiteitä kalliopultauksen asennuksessa. Kallion pultaustöitä tehdään ennen louhintatöitä, niiden aikana ja niiden jälkeen. Tämä opinnäytetyö keskittyy louhintatyön jälkeisiin ja pysyviin kalliopultauksiin.

Kalliopultauksilla on tärkeä merkitys osana kalliolujitusta ja kalliorakentamista, esimerkiksi betoniseinän rakentamisessa tunneliin ja turvalliseen työskentelyyn. Kalliotartuntojen asennus aiheuttaa myös erilaisia haasteita, muun muassa pölyä ja meteliä, joihin pureudutaan tarkemmin opinnäytetyön Turun UV-laitos kappaleessa.

Ennen kuin kalliotartuntojen asennus voidaan aloittaa ja hyväksyä työn lopputulos, käydään läpi monta eri työvaihetta. Tämä vaatii suunnitelmien ja detaljipiirustusten katselua työryhmään kuuluvien mittausinsinöörin ja kallioporaajien kanssa. Itse kalliotartunnat eivät ole niin sanottua ”hyllytavaraa”, vaan suunnitelmat ja itse kallio vaativat työkohteeseen oikean kokoiset, malliset ja mahdollisesti esimerkiksi kuumasinkillä ja epoksilla käsitellyt kalliotartunnat. Esimerkkikohteessa työkohteet vaativat paljon erinäisiä järjestelyjä, kokeita ja työvaiheita, jotta kalliotartuntojen asennus olisi mahdollista. Työ aiheuttaa myös paljon pölyä ja meteliä, jolloin siitä aiheutuu haittaa työmaalle ja muille työntekijöille ja tämä on myös työturvallisuusriski. Kalliotartuntojen käyttöikä on noin 100 vuotta, eli oikein asennettuna ne ovat erittäin pitkäikäisiä.

Laitoksen käyttömestarin, päävalvojan, pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan kanssa, pidettiin projektin aloituspalaveri, jossa sovittiin, mitä toimenpiteitä vaaditaan, miten ne on tarkoitus suorittaa ja missä vaiheessa projektia suoritetaan. Tiedon eteenpäin kertominen oli erittäin tärkeää, jotta käynnissä olevat työt eivät vaikeuttaisi käytössä olevan jätevedenpuhdistamon toimintaa millään tavalla.

Tavoitteena on laatia toimeksiantajalle kattava tietopaketti kalliopultauksista ja kalliotartuntojen asentamisesta ja niiden hyödyistä. Toimeksiantajana toimii Skanska Infra Oy, jonka päätoimiala on infra- ja erikoisrakentaminen. Skanska Infra Oy urakoi Suomessa ja ympäri Eurooppaa.

2 KALLIOPULTEIN VAHVISTAMINEN

2.1 Kalliopultit

Kalliopultituksen tarkoituksena ja tärkeimpänä tehtävänä on vahvistaa kalliota itsessään ja tulevaa rakennetta sitomalla kallio ja tuleva rakenne toisiinsa. Kalliopulttien asennuksessa varmistetaan, että tila on turvallinen rakentamisvaiheessa ja aina koko työ- ja käyttökohteen käyttöiän ajan.

Toimintaperiaatteeltaan kalliopulttaukset jaetaan kahteen eri kategoriaan: aktiivisiin ja passiivisiin kalliopulttauksiin. Aktiivisiin kalliopulttauksiin kuuluvat kitkapultit ja jännitetyt kalliopultit ja niiden tukitoimet alkavat heti, kun ne ovat asennettu paikalleen kallioon.

Passiivisten kalliopulttausten tukivaikutus alkaa vasta, kun kallion muodonmuutokset alkavat kuormittamaan kalliopulttia. Passiiviset kalliopultit on juotettu juotosbetonilla koko kalliopultin pituudelta. Kalliopulttauksia tehdään ennen louhintatöitä, niiden aikana ja niiden jälkeen. (RIL 266-2014)

2.2 Työnaikaiset kalliotartunnat

Työnaikaiset kalliopultitukset tulevat käyttöön silloin, kun kallion pysyvyyden varmistaminen tai louhinnan välitön jatkaminen vaatii nopeasti suoritettavaa ja välittömästi kantavaa lujitusta. Tyypillisiä työnaikaisia kalliotartuntoja tehdään maankaivun yhteydessä tukiseinien tukemiseksi.

Väliaikainen kalliopultitus ei yleensä ole lopullinen lujitus, ellei se täytä lopullisen kalliopultituksen asetettuja vaatimuksia. Ainoastaan suunnittelija voi hyväksyä väliaikaisen kalliopultituksen pysyväksi lujitukseksi. (RIL 266-2014)



Kuva 1. Kalliopultti.

2.3 Pulttityypit

2.3.1 Harjateräspultti

Harjateräspultti on Suomessa yleisimmin käytetty loppulliseen kalliolujitukseen käytetty kalliopultti. Pulttitankona käytetään yleensä B500B, A500HW tai muuta standardin SFS 1268 /4/ vaatimukset täyttävää terästä. Kalliopultin materiaali tulee olla hitsattavaa, kuumavalssattua betoniterästä, ja sen pitää olla SFS-sertifioitu. Yleisimmät kalliopultteina käytössä olevat harjaterästangon halkaisijat ovat mitoiltaan 20, 25 ja 32 millimetriä pitkiä. (RIL 266-2014)

2.3.2 Lasikuitupultti

Lasikuitupultti valmistetaan lasikuidusta ja on rakenteeltaan joko ontto tai umpinainen. Lasikuitupultit soveltuvat parhaiten kohteissa, missä lujitettu alue kalliossa joudutaan myöhemmässä vaiheessa louhimaan. Louheen seassa irtoavista ja olevista lasikuitupulteista ei ole minkäänlaista haittaa louheen jatkokäsittelyvaiheessa, eikä louhintapopauksessa, toisin kuin teräksestä valmistetuista kalliopulteista. Lasikuitupultituksessa on otettava huomioon lasikuitujen erilaiset materiaaliominaisuudet verrattuna teräkseen. (RIL 266-2014)

2.3.3 Jännepunospultti

Jännepunos on korkealaatuisesta teräslangasta valmistettu punos, joka muodostuu seitsemästä teräslangasta, joista kuusi teräslankaa on kierretty keskilangan ympärille. Kallion lujituksessa yleisimmin käytetty jännepunos on halkaisijaltaan 15,2 millimetrin standardipunos. Suomessa valmistettavien jännepunosten nimellismitat ja lujuusvaatimukset ovat standardin SFS 1265 /8/ mukaiset.

Jännepunospultit soveltuvat erityisesti sellaisiin kohteisiin, joissa kallion lujitukselta edellytetään joustavuutta sallia kallion siirtymiä katkeamatta tiettyyn pisteeseen saakka. (RIL 266)

2.3.4 Yhdistelmäpultti

Yhdistelmäpultit ovat mekaanisesti ankkuroituja kalliopultteja, joita voidaan juottaa asennuksen ja jännittämisen jälkeen injektoimalla kalliopultin ja kallion välinen tila. Yhdistelmäpultti voi myös olla varustettu kalliopultin tankoa ympäröivällä suojaputkella. Suojaputken tarkoituksena on parantaa kalliopultin korroosiosuojaa. Kalliopultti kiinnitetään kallioon mekaanisella ankkurilla ja haluttaessa ja tarvittaessa myös esijännitetään. Kalliopultin varsi voidaan myös juottaa kiinni, joko välittömästi esijännityksen jälkeen tai myöhemmässä vaiheessa.

Yhdistelmäpultteja käytetään sellaisissa kohteissa, joissa tarvitaan, sekä välitöntä, että lopullista kalliolujitusta.

(RIL 266-2014)

2.3.5 Kiila-ankkuritupultti

Kiila-ankkuritupultti on mekaanisesti ankkuroitu kalliopultti. Kiila-ankkuritupultti voidaan juottaa asentamisen yhteydessä kallioon. Kalliopultin varsi on harjaterästanko, jonka toinen pää on halkaistu, ja halkioon on sijoitettu kiila. Halkio on suositeltavaa tehdä sahaamalla. Kun kalliopulttia asennetaan porausreiän päätä vasten, niin kiila työntyy raon sisään, mikä aiheuttaa kalliopultin pään laajentumisen ja kiilautumisen porausreiän seinämiä vasten. Kalliopultin toinen pää kiristetään aluslevyllä ja mutterilla kalliopintaa vasten. (RIL 266-2014)

2.3.6 Porapultti

Porapultti koostuu huuhtelureiällisistä, jatkuvalla ulkokierteellä varustelluista jatkettavista terästangoista, ulkopuolisista kierreholkkiatkoksista ja porakruunusta. Tarvittaessa porapultissa voidaan lisäksi käyttää keskittimiä, jännitysmutteria sekä aluslevyä. Porapultin pituutta voidaan säätää kohteelle sopivaan kokoon.

Porapultit soveltuvat erityisesti sellaisiin kohteisiin, joissa kalliolaatu on niin huonoa, että porausreikä saattaa sortua umpeen, jos poratankoa vedetään ulos porausreiästä. Tällöin porapultti jätetään reikään porakruunun kanssa ja juotetaan injektoimalla porapultin läpi. (RIL 266-2014)

2.3.7 Kitkapultti

Mekaaninen kitkapultti on teräslevystä valmistettu teräsputki, jossa on pultin pituinen halkio. Kitkapultin toinen pää on tehty kartionmuotoiseksi, ja toiseen päähän hitsattu pidätinrengas aluslevyn kiinnittämistä varten.

Kitkapultin toiminta perustuu siihen, että pultti pakotetaan nimellisläpimittaansa pienempään porattuun pultinreikään, jolloin pultti pyrkii laajenemaan pultinreiän seinämiä vasten aiheuttaen pultin liikkumista vastustavaa kitkaa ja aikaansaaden tartuntavoiman, joka on suuruusluokkaa 30 kN/pulttimetri.

Kitkapultti soveltuu parhaiten väliaikaseen kalliolujitukseen, jossa lujitusvaikutuksen tulee vaikuttaa välittömästi, jotta louhintaa voidaan jatkaa mahdollisimman nopeasti. (RIL 266-2014)

2.3.8 Myötävä pultti

Myötävä pultit mukautuvat kallion siirtymien mukaan. Erona kitkapultteihin niillä on huomattavasti suurempi myötö- ja murtolujuus. (RIL 266-2014 Kalliopultitusohje, Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry)

Myötävät pultit soveltuvat sellaisiin kohteisiin, joissa on suuria kallion muodonmuutoksia ja pultituksesta edellytetään normaalia suurempaa joustavuutta mukautua kallion siirtymiin. (RIL 266-2014 Kalliopultitusohje)

2.4 Korroosiosuojaus

2.4.1 Kuumasinkitys

Pultit voidaan korroosiosuojata kuumasinkittämällä. Kuumasinkitys suositellaan tehtäväksi standardin SFS EN ISO 1461 /14/ mukaisesti. Sinkkikerroksen paksuuden ei tulisi ylittää 250 µm:ä, sinkkikerroksen halkeiluvaaran takia. Kuumasinkityt teräspultit tulee passivoida ennen käyttöönottoa tai antaa niiden passivoitua itsestään ulkosäilytyksessä standardin SFS 1266 /6/ mukaisesti.

Mikäli sinkitettyä kalliopulttia käsitellään siten, että sinkitys vaurioituu asennuksessa, otetaan suunnitelmissa kantaa mahdollisista korjaustoimenpiteistä. (RIL 266-2014)

2.4.2 Epoksi

Pulttien korroosiosuojaus voidaan tehdä erilaisilla epoksikäsitteilyillä. Pultit voidaan käsitellä joko märkämaalilla tai jauhemaalalla epoksilla. Märkämaalauksessa pintakäsittely tulee tehdä standardin SFS 12944 /15/ ja jauhemaalauksessa EN 13438 /16/ mukaisesti. Käytettäessä jauhemaalasta on pinnoitteen pysyvyys kalliopultin pinnalla parempi, kuin märkämaalatulla.

Suunnittelija määrittelee tapauskohtaisesti, kumpaa menetelmää kohteessa tulee käyttää, kuten myös standardin SFS-EN ISO 12944 mukaisesti ilmastoluokan, vesi- ja maaperäluokan, kokonaisnimelliskalvopaksuuden, kestävyuden ja sideaineen, sekä märkämaalatun pultin tapauksessa maalauspaikan (konepajassa/kohteessa). (RIL 266-2014)

3 TEORIAA KALLIOPULTTAUSTEN ASENNUKSESTA

3.1 Poraus

Pultinreiän halkaisija on oltava vähintään 1,5 kertaa pultin halkaisija, ja vähintään 10 mm suurempi kuin pultin halkaisija. Reiän pituuden on oltava vähintään 50 millimetriä pidempi kuin reiässä olevan kalliopultin pituus. Porauksessa on otettava huomioon melutaso ja aiheutuva kivipöly. (RIL154-2)

3.2 Juotos

Kun poraustyöt on saatu valmiiksi, asennustyö aloitetaan täyttämällä reikä juotosmassalla alkaen reiän pohjalta. Täyttöletku vedetään reiästä tasaisesti ja yhtäjaksoisesti täyttymisen myötä siten, ettei reikään jää ilmapälejä. Reikä täytetään juotoslaastilla reiän suuta myöten. Jos laastiin on jäänyt ilmataskuja, tulee pultti vetää ulos reiästä, huuhdella reikä ja juottaa se uudelleen. Juotoslaastin tulee täyttää täydellisesti porausreikä ja juotoslaastin tulee ympäröidä kalliopulttia koko matkalta.

Kalliopulttien on oltava täysin koskemattomia siihen saakka, että juotoslaasti on sitoutunut ja kovettunut. Juotos voidaan tehdä sementtilaastilla tai hartsilla (RIL 266-2014)

3.2.1 Sementtilaasti

Sementtilaastin alin lujuus- ja rakenneluokka on C28/35-2. Suunnittelija määrittää rasitusluokat ottaen huomioon ympäristöolosuhteet ja käyttötarkoituksen By50 /7/ mukaisesti. Laastin osa-aineita ja niiden ominaisuuksia koskevat standardin SFS-EN 206-1 /12/ ja sen kansallisen liitteen SFS 7022 /13/ mukaiset vaatimukset. Laastin vedenerotuminen saa olla korkeintaan 3 tilavuusprosenttia. Laastin tilavuus saa pienentyä enintään 2 % ja kasvaa enintään 10 %.

Laastin liiallinen kutistuminen sitoutumisen ja kovettumisen aikana estetään joko käyttämällä runkoaineena hiekkaa tai kutistumista estävää lisäainetta. Vesimäärä valitaan mahdollisimman pieneksi.

Sementtilaasti ei saa itsestään valua ulos reiästä, vaan sen tulee pysyä hyvin myös ylöspäin suuntautuvaan reikään pumpattuna. Laasti sekoitetaan koneellisesti. (RIL 266-2014)

3.2.2 Hartsit

Hartsit voi olla joko patrinoitua tai pumpattavaa. Hartsipatruunat koostuvat kahdesta eri komponentistä; polyesterihartsista ja kovetinaineesta. Hartsin kovettuminen tapahtuu jopa muutamassa minuutissa ja juottaminen voidaan tehdä alhaisemmassa lämpötilassa. (RIL 266-2014)

3.3 Kalusto

Yksinkertaisin ja yleisimmin käytössä oleva mekanisointite on pultinreikien poraus erillisellä pultitusporausvaunulla tai peränajojumbolla ja pulttien asentaminen työlavalla varustetulta alustalta.

Porauslaitteet on varustettu Zoom -puomilla, jolla yhdestä koneen asemasta hallitaan suurempi alue ja koneen käyttäjä on kauempana porausalueesta. Porauksia tehdään myös käsityökaluvoimin ja siihen liittyvin apuvälineiden kanssa. (RIL154-2)

3.4 Asennus

Kalliopultit varustetaan keskittimillä. Keskittimessä on oltava tukipinta kalliota vasten vähintään kolmessa eri suunnassa. Keskitin ei saa myöskään vaurioittaa kalliopultin pinnoitusta.

Lujitettavan kalliomassan, sekä pulttiterästen lämpötilan on oltava vähintään +5 astetta, kunnes juotoslaasti on saavuttanut 5 MPa:n lujuuden. Kalliomassan lämpötilaa tarkkailaan mittaamalla kallion pintalämpötilaa ja lämpötilaa kallioon poratuista rei'istä.

Ennen asennustyötä porattu reikä huuhdellaan vedellä ennen pultin asentamista. Alaspäin suunnatusta reiästä vesi poistetaan paineilmailla. Kalliopultti työnnetään juotomassalla täytettyyn reikään tasaisesti ja yhtäjaksoisesti käsin tai syöttölaitetta apuna

käyttäen. Pultin edestakainen liike, sen lyöminen ja syöttölaitteen isku ovat kiellettyjä. Asennusvaiheessa kalliopulttia ei saa taivuttaa.

Vettä vuotavaan pultinreikään ei saa asentaa juotettua harjateräspulttia, vaan reikä on ensin injektoitava kuivaksi. Juotos injektoidaan suunnittelijan ohjeiden mukaan. (RIL 266-2014)

4 LAADUNVALVONTA JA DOKUMENTOINTI

4.1 Laatu

Huolellisella juotostöillä ja oikeilla materiaalivalinnoilla varmistetaan, että kalliopultin kapasiteetti täyttää suunnitelmien mukaiset vaatimukset, ja valmis pulttaus toimii kuten on suunniteltu.

Oikein asennettua pulttia ympäröi myös suojabetonikerros, joka parantaa kalliopultin suojausta mahdollista korroosiota vastaan.

Laadunvalvonta koostuu ennakkokokeista, työn suorituksen valvonnasta, sekä jälkikokeista. Juotetun pultin asennuksen onnistumisen tarkistamiseksi ei ole toistaiseksi kehitetty yksikäsitteisen lopputuloksen antavaa koestustapaa. Siksi työtapatarkkailuun perustavassa laadunvalvonnassa on kiinnitettävä erityisen paljon huomiota asennustyön oikeaan suoritustapaan ja materiaaleihin. Pulteista on esitettävä materiaalitodistukset. (RIL 266-2014)

4.1.1 Märkävetokoe

Ulosvetokoe suoritetaan, kun juotoslaasti on sitoutumisvaiheessa. Ulosvedetystä pultista arvioidaan, onko juotoslaasti ympäröinyt pultin, joka kohdasta.

Kokeen suoritus aika on kriittinen kokeen onnistumiselle. Oikea ajankohta on se, jolloin laasti ei enää tahri syvemmillä mahdollisesti paljaana olevaa pultin vartta, mutta vetäminen on vielä mahdollista. Jos koe tehdään liian aikaisessa vaiheessa, saattaa laasti tahrata syvemmillä mahdollisesti paljaana olevaa pultin vartta ja tuloksen tulkinta vaikeutuu.

Koepultti ja reikä puhdistetaan vanhasta laastista ja juotetaan uudelleen tai asennetaan uusi pultti vanhan reiän viereen. Kokeen käyttökelpoisuutta rajoittaa oikean suoritamisajankohdan määrittämisen vaikeus. (RIL 266-2014)

4.1.2 Vetokoe

Vetokoe soveltuu parhaiten kärkiankkuroiduille pulteille. Vetokoe voidaan myös tehdä juotetuille pulteille, mutta kokeen perusteella ei voida päätellä ympäröikö juotoslaasti pulttia koko matkalta.

Juotetuille kalliopulteille koeveto tehdään, kun juotoslaasti on täysin kovettunut. Vetokokeessa mitataan samanaikaisesti pultin vetämiseen käytetty voima ja pultin pään liike. Vetokoe tehdään yleensä voimalla, joka on 50-70 % pultin myötölujuudesta. (RIL 266-2014)

4.1.3 Pöytäkirja

Toteutuneet pultitukset merkitään tarkemittauspiirustuksiin tai erilliseen graafiseen tai digitaaliseen piirustukseen, jonka mallin tilaaja hyväksyy. Pulttien poraamisesta pidetään porauspöytäkirjaa ja asentamisesta pultituspöytäkirjaa.

Pöytäkirjoista tulee ilmetä seuraavat asiat (RIL 266-2014:

- työmaan tunnustiedot
- työn alkaminen ja päättyminen
- pultin sijainti
- porausreiän läpimitta
- porari
- pulttityyppi, halkaisija ja merkki
- pultin pituus
- pulttien määrä
- juotoslaastin resepti
- juotoslaastin määrä
- pultin asentaja
- työnjohtaja
- huomiot, esim. havainnot vesivuodoista tai halkeilevasta kalliosta.

5 TURUN UV-LAITOKSEN PULTTAUSTYÖT

5.1 Turun jätevedenpuhdistamo ja UV-laitos

Turun seudun puhdistamo Oy on 14 kunnan omistama palveluntuottaja, joka tarjoaa omistajilleen jätevedenpuhdistuspalvelua. Yhtiö vastaa ja huolehtii Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon operoinnista ja sen puhdistustuloksesta. Jätevedenpuhdistamon käytössä pyritään mahdollisimman hyvään, vähintään ympäristöluvan määräykset täyttävään puhdistustulokseen. Laitoksessa käsitellään lähes 300 000 Turun seudun asukkaan jätevedet. Lisäksi laitos käsittelee alueen teollisuuden jätevedet.

Turun uusi UV-laitos on osa Turun jätevedenpuhdistamo ja UV-laitoksen tehtävänä on puhdistaa UV-valolla mikrobeja jätevedestä ennen veden siirtymistä mereen, jolloin vedestä tulee uimakelpoista. UV-käsittelylaitos koostuu kahdesta kallioon louhittavasta hallista, pohjois- ja etelähallista, sekä kahdesta halleja yhdistävistä tunneleista, itä- ja länsitunnelista.

Laitos louhittiin käytössä oleva puhdistamon yhteyteen. Tuleva jätevesi johdetaan UV-laitokseen putkissa. Putket päätyvät allastilaan. Allastilassa vesi johdetaan UV-käsittelyaltilaan ja UV-käsittelyaltaista turbiiniin tai venttiilitilan putkien kautta purkutunneliin. Turun jätevedenpuhdistamo on valmistunut vuonna 2008 ja uutta UV-laitosta on aloitettu rakentamaan vuonna 2018. Louhintatyöt ja poistoputken tunkkaustyöt saatiin päätökseen elokuussa 2020, minkä jälkeen Skanska Infra Oy on toiminut pääurakoitsijana UV-laitoksen rakentamisessa ja Afry Oy pääsuunnittelijana.

UV-laitoksen rakenteet mitoitettiin vesitiiviiksi, jäteveden ja meriveden vaatimille raskuuksille, sekä 100 vuoden käyttöiälle.

5.2 Suunnittelu

Kallioon ankkuroitavat rakenteet ankkuroitiin suunnitelmien mukaisesti harjateräspulttauksella. Kuumasinkittyjä ja märkämaalilla epoksoituja kalliopultteja sai taivuttaa työmaalla, jos taivutettu osa tartuntaa jäi kokonaan betonivalun sisään vähintään suunnitelmassa ilmoitetun suojabetonikerroksen (50 mm) vahvuuden verran.

Kalliotartuntojen asentamisessa haastavin työvaihe oli poraus. Porauksen aikana oli käytettävä kypärää, suojalaseja, kuulosuojaimia ja hengityssuojaimia. Poraus aiheutti suurta melua, pikkukivien voimakasta irtoamista ja aiheutti myös kivipölyä. Jotta kivipölyä ei päässyt syntymään, porauskalustoon oli kiinnitetty vesiletku, joka kasteli jatkuvasti porattavaa aluetta. Putoamisvaljaita käytettiin, kun työskenneltiin korkeimmilla tasoilla.

5.4 Työvaiheet

5.4.1 Kaivuutyöt ja putsaus

Ennen kuin työkohteeseen pääsi paikantamaan kalliotartuntojen paikkoja, oli alue puhdistettava kokonaan kaikesta maa-aineksesta. Jos kalliotartuntoja asennettiin rakenteen pohjaan, oli kaivettava maa-ainesta niin paljon pois, kunnes kallio tuli vastaan.

Kun suurimmat määrät maa-ainesta oli kaivettu pois, pestiin koko alue painepesurilla ja paineilmapuhaltimella, jotta kohteeseen ei jäisi yhtään ylimääräistä maa-ainesta. Kaivuutyöt suoritettiin Volvo 145 -kaivinkoneella. Kaivuutöissä ei tullut esteitä, sillä maa-aines oli louhintatöistä jäänyt maa-aines. Maa-aineksen seassa ei myöskään ollut

kaapeleita, tai putkia, jolloin kaivaminen onnistui tehokkaasti kaivamalla suuria maainesmääriä kerralla.

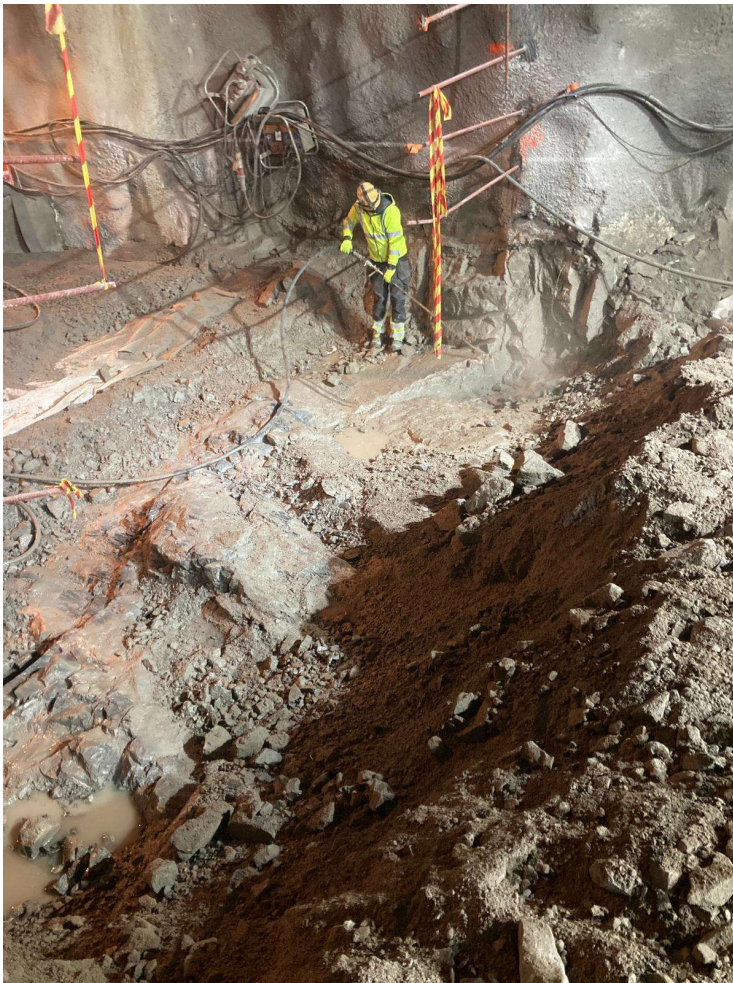
Kuvissa 3-6 havainnollistettu kaivantoa ja putsaustyötä.



Kuva 3. Kaivanto kaivuutöiden jälkeen.



Kuva 4. Kaivanto.



Kuva 5. Kaivannon puhdistamista painepesurilla.



Kuva 6. Täysin puhdistettu kalliopinta.

5.4.2 Paikannus

Tunneleissa ja halleissa rakenteiden sijainti oli mitoitettu pohjapiirustuksissa tunnelin mittalinjasta ja sen geometriaan sidotuista pääpisteistä. Pohjapiirustuksissa annetut etäisyydet, sekä paalulinjojen paalutuslukemat olivat aina vaakamittoja. Lähtöpisteet mitattiin tilaajan antamista peruspisteistä. Lähtöpisteistä mitattiin rakentamisen mitauksissa käytettävät kalliotilojen runkopisteet. Runkopistevälien tuli olla mahdollisimman pitkiä, mutta maksimissaan 150 m. Runkopisteet numeroitiin paalulukeman tai moduuliviivojen perusteella johdonmukaisesti.

Mittaustöiden suorittaja ja mittausohjelma tarkkuustarkasteluineen oli hyväksyttävä tilaajan edustajalla ja suunnittelijalla ennen mittaukseen ryhtymistä. Takymetrinä toimi Trimble s7, tallentimena TSC 5 ja järjestelmänä Android. Kallion seiniin asennettiin prismoja. Prisma kuvassa 7. Takymetri kuvassa 8. Tallennin kuvassa 9.

Mittauksessa huomattavaa ongelmaa tuotti prismojen ”näköyhteydet”, sillä tunneleiden ahtaat tilat aiheuttivat sen, että työmaakontit ja työkoneet monesti peittivät näköyhteyden prismojen ja mittalaitteiden välillä. Pahimmassa tapauksessa kalusto siirrettiin mittauksen ajaksi pois urakka-alueelta.



Kuva 7. Prisma.



Kuva 8. Takymetri Trimble 7s.



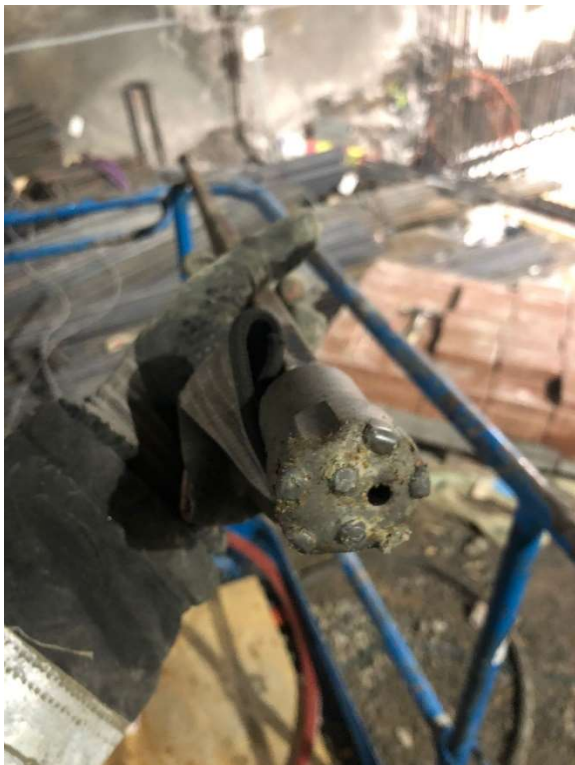
Kuva 9. TCS 5.

5.4.3 Poraus

Pultinreiän halkaisijan oli oltava vähintään 1,5 kertaa pultin halkaisijan ja vähintään 10 mm suurempi kuin pultin halkaisija. Reiän pituus oli oltava vähintään 50 mm pidempi, kuin reiässä olevan kalliopultin pituus. Kuvissa 10-11 pora ja porakruunu.



Kuva 10. Kalliopora.



Kuva 11. Porakruunu.

Poraukset suoritettiin käsin käytettävän poran kanssa, joka toimi paineilmalla. Paineilmaa tuotettiin Atlas Copcon paineilmakompuralla (kuva 12). Kompura tuottaa 8 baria paineilmaa. Jos poraus suoritettiin korkeammalla, apuna käytettiin kuukulkijoita (kuva 13).



Kuva 12. Paineilmakompura.



Kuva 13. Kuukulkija

Porauksen aiheuttama meteli muutti työmaa-aikataulua ja budjettia merkittävästi, koska poraus kuului liian vahvasti yläpuolella toimivaan päiväkotiin. Poraukset siirrettiin iltavuoroon (klo 16-24). Poraus suoritettiin tuntitöinä, mutta siirtyminen iltavuoroon nosti tuntihintaa 30 %.



Kuva 14. Poraustyö

5.4.4 Juotosbetonointi

Juotoslaasti sekoitettiin pikasementistä CEM I 52,5 R SFS-EN 197-1 ja hiekasta, jonka raekoko oli 0-2 mm. Sekoitussuhde oli paino-osin 1:1. Laastin koostumuksen oli oltava sellainen, että laasti pysyy hyvin myös suuntautuvaan pystysuoraan reikään pumpattuna, ja että laasti täytti täydellisesti reiän ja reikään työnnetyn pultin välisen vapaan tilan.

Laastissa käytettiin betonin koossapysymistä parantavaa lisäainetta ja notkistavaa lisäainetta, vesimäärä valittiin mahdollisimman alhaiseksi. Laasti sekoitettiin koneellisesti. Kiviaineksen ja veden oli täytettävä betoninormeissa asetetut vaatimukset. Kuvassa 15 juotosbetonisekoitin. Kuvassa 16 pikasementti.



Kuva 15. Juotosbetonisekoitin



Kuva 16. Pikaseementti

Kalliopulattausten juotostyö aloitettiin huuhtelemalla reikä puhtaalla painevedellä. Reikä täytettiin laastilla alkaen reiän pohjasta pumpun avulla. Täyttöetku vedettiin reiästä tasaisesti ja yhtäjaksoisesti siten, että reiän täytyminen oli jatkuvaa. Täytös jätettiin pultin syrjäyttämän laastimäärän verran vajaaksi, jolloin reikä täyttyi kokonaan ankkuria sisään työntäessä.

5.4.5 Asennustyö

Kalliopultti työnnettiin reikään tasaisesti ja yhtäjaksoisesti. Kalliopultin oli oltava suora, eikä sitä saanut osittain sisään työnnettynä taivuttaa. Kaikkien yläkätisten ankkureiden ja laastin pysyminen reiässä varmistettiin teräksestä valmistetuilla keskittimillä.

Kalliopulattausten betonirakenteeseen tulleet ankkurointipituudet oli annettu rakennepiirustuksissa. Kalliopultteja ei saanut juotostyön yhteydessä tukea asentamalla kiiloja ankkurin ja reiän väliin. Kiilatut ankkurit hylättiin. Tuentateräket oli tehtävä erikseen, jos kalliotartuntojen asentaminen edellytti asennustukien käyttämistä. Vaatimus ei koskenut ankkureihin tarkoitettuja keskittämiä.

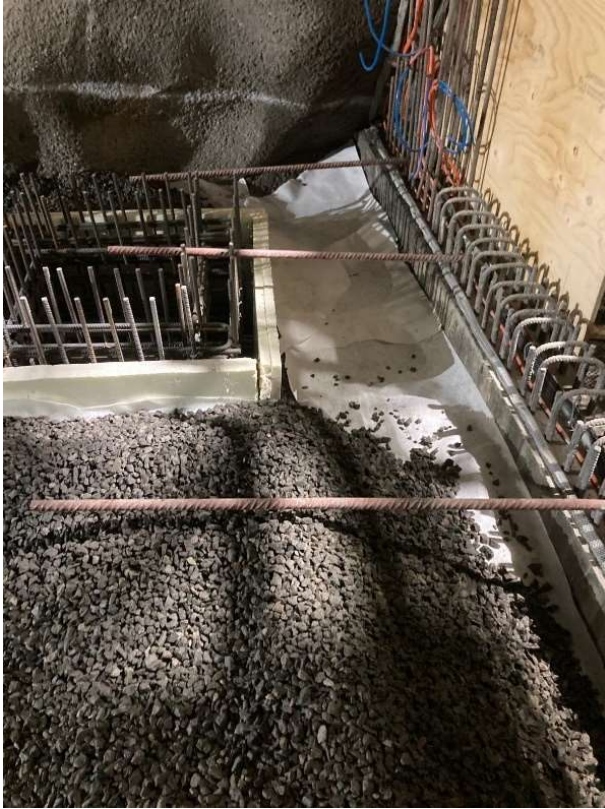
Kalliotartuntoja ei saanut asentaa vettä vuotaviin reikiin. Vuotava reikä oli injektoitava vesitiiviksi ennen ankkurin asentamista. Kuvissa 17-22 on esitelty valmiit kalliopultauksset.



Kuva 17. Juotetut kalliopultit



Kuva 18. Valmiit kalliopultit kallon seinästä



Kuva 19. Kalliopultauksset pohjalaataan



Kuva 20. Kalliopulppaus valmiin raudoituksen sisällä



Kuva 21. Patoseinän kalliopulttaukset



Kuva 22. Tulevan patoseinän kalliopulttaukset

5.5 Laadunvalvonta

Ankkurointityö voitiin hyväksyä vain siinä tapauksessa, että juotoslaasti täytti kauttaaltaan ankkurin ja reiän välisen vapaan tilan. Tämä todettiin vetämällä ankkuri ulos reiästä ja tutkimalla, ympäröikö laasti ankkuria täydellisesti. Huomauttamista ei ollut, joten tällä tavalla tutkittiin enintään 3 % kokonaisankkurimäärästä.



Kuva 23. Märkävetokoe

Jos virheitä olisi havaittu, olisi lisätty juotoslaastin määrä kaksinkertaiseksi. Ulosvetokoe tehtiin pulттаustyön yhteydessä laastin sitomisen alkaessa käsityökaluja käyttäen. Ulosvedettyjen ankkureiden reiät huuhdeltiin välittömästi ja ankkurit juotettiin uudelleen.

5.6 Dokumentointi

Tehdyistä kalliopulttauksista mittahenkilö teki tarkemittauksen, joka lähetettiin tilaajalle hyväksyttäväksi. Pulttien poraamisesta pidettiin porauspöytäkirjaa ja asentamisesta pultituspöytäkirjaa.

Pulttauspöytäkirja on esitetty liitteessä 1.

6 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tiedot kalliopulttauksesta ja asentamistyöstä Turun UV-laitoksen työmaalla. Neljän kuukauden aikana kalliorakentamisen osaaminen karttui erityisesti kalliopulttauksessa, mutta samalla näkemys on laventanut muustakin kalliorakentamisesta. Tärkeimpänä havaintona asentamisen ja suunnitelmien noudattamisen lisäksi olennaista on töiden organisoiminen ja valvonta.

Isoin ero, miten kalliopulttauksen kirjallisuudessa esitetty tieto erosi Turun UV-laitosprojektin todellisuudesta oli se, että kalliopultteihin pystyi rakentamaan eri betonirakenteita, kun taas kirjallisuudessa tästä ei juurikaan kerrottu. Kalliopulttaukseen liittyvä teoria liittyy yleensä pelkästään kalliolujitukseen, mutta Turun UV-laitoksella sitä osattiin hyödyntää myös betonirakenteiden ankkuroinnissa.

Työmaalla oli paljon pultattavaa. Pulttaamiseen liittyi jonkin verran haasteita. Haasteita olivat muun muassa porauksen aiheuttama pöly ja melu, aikataulutusta ja siitä johtuvan budjetin uudelleen laskeminen ilta- ja yöllisten takia.

Havaintona suunnitelmien ja toteutuksen eroihin oli se, että ne kulkivat aikalailla käsi kädessä. Pieniä, lähes huomaamattomia eroavaisuuksia oli. Lähdekirjana käytetty Tunneli- ja kalliorakentaminen on vuodelta 1987, eikä teoria ole juurikaan muuttunut niistä ajoista muutoin kuin teknologian käytössä paikannuksessa tai uudemman kaluston ja turvallisuuden osalta.

LÄHTEET

RIL 266-2014. Kalliopultitusohje. Maanalaisten tilojen rakentamisyhdistys (MTR). Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL154-2. Tunneli- ja kalliorakennus 2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry

InfraRyl

Turun seudun puhdistamo Oy 2016. Tulopumppaus. Viitattu 11.12.2021 <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/tulopumppaus>

Skanska pultituspöytäkirja

SKANSKA		Pultituspöytäkirja	Nro:
Projektin nimi	Tyyppi		
Juotos pvm. _____	<input type="checkbox"/> Kalliotartunnat <input type="checkbox"/> Kalliovastaisen seinän tartunnat/ Muottien sidontaan <input type="checkbox"/> Yhteiskannaketartunnat <input type="checkbox"/> Muu: _____		
Lämpötila _____ °C	Symbolit		
Sementti _____	x = Harjateräs		
v / s _____	c = Kierretango		
Piirustus nro. _____	o = Vuotava pultinreikä		
	t = Tukossa		
	p = Reikä puuttu		
Sijainti _____	_____ - _____		
	Tunneli / halli / kulu / profiili / nimi alkupaalu loppupaalu		
Poraus havainnot			
<input type="checkbox"/> Havaittu heikkousvyöhykkeitä tai muita kalliolaadun kannalta heikentäviä tekijöitä (vesivuotoja tai muuta vastaavaa).			
<input type="checkbox"/> Ei havaittu heikkousvyöhykkeitä tai muita kalliolaadun kannalta heikentäviä tekijöitä			
Huomiot _____			
<input type="checkbox"/> Tarkistettu, että reikä on täynnä juotomassaa			
<input type="checkbox"/> Massan tartunta koe tehty		<input type="checkbox"/> Tarkistettu, että pultti on suora ja puhdas	
<input type="checkbox"/> Juotos syvyys tarkistettu		<input type="checkbox"/> Vetokoe tehty	
Pultin käsittely			
<input type="checkbox"/> musta <input type="checkbox"/> sinkitty <input type="checkbox"/> taivutettu pultti			
Koonti pöytäkirjan pultituksista			
Tyyppi	Juotos pituus	Pultin pituus	kpl
Porari _____			
Juotoksen tekijät _____			
Pvm _____		Työnjohtaja _____	
Pvm _____		Valvoja _____	

