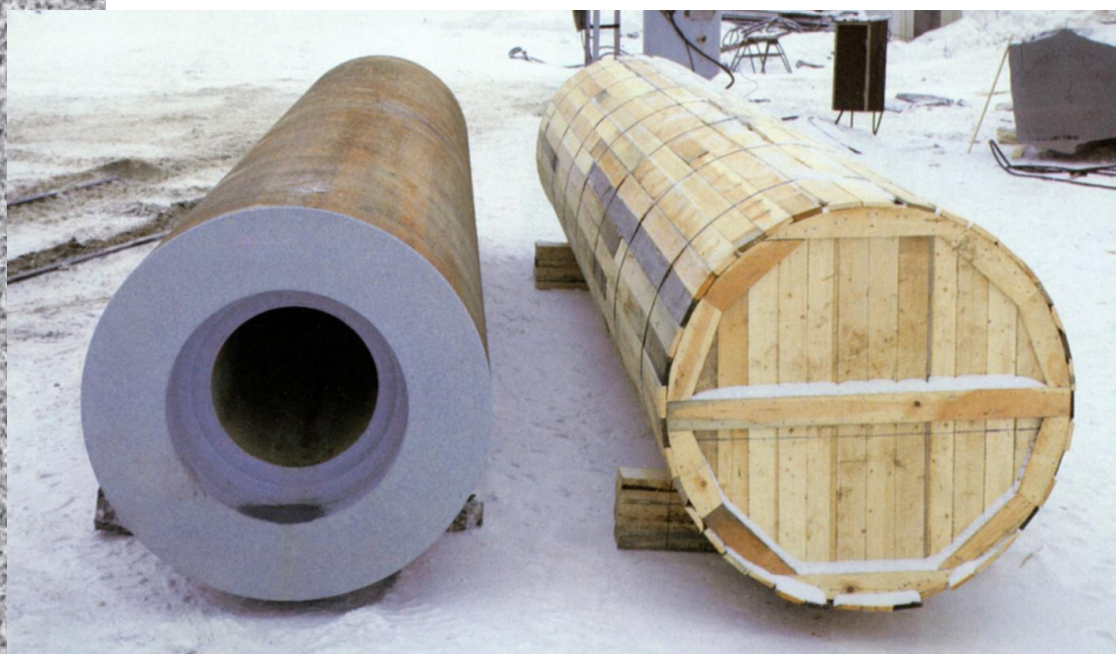


TELAKIVIEN VALMISTUSTA KURUSSA



ARTO PELTOLA, OLAVI SELONEN JA PAAVO HÄRMÄ

HELSINKI 2012

TELAKIVIEN VALMISTUSTA KURUSSA

SUMMARY: Production of granite press rolls in Kuru, Finland

Arto Peltola
Turun yliopisto, maantieteen ja geologian laitos
arto.peltola@utu.fi

Olavi Selonen
Åbo Akademi, luonnontieteiden laitos, geologia ja mineralogia
olavi.selonen@abo.fi

Paavo Härmä
Geologian tutkimuskeskus
Etelä-Suomen yksikkö
paavo.harma@gtk.fi

ISBN 978-951-97026-6-7

Kiviteollisuusliitto ry, Helsinki, 2012

Kansikuva. Pakattu ja pakkaamaton graniittitela valmiina matkaan Kurusta maailmalle.
Kuva: Näsi Granit Oy.
Front page. Granite rolls ready for export. Photo: Näsi Granit Oy.

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	4
2 Graniittitela paperin valmistuksessa	4
2.1 Paperikoneen yleiskuvaus	4
2.2 Graniitti puristintelamateriaalina	6
2.3 Kivitelojen rakennevikojen tarkastus	7
2.4 Telagraniitin laatuvaatimukset	8
2.5 Maailman telagraniittiesiintymät	8
3 Kurun harmaa graniitti	9
4 Telakivien valmistuksen historiaa Kurussa	12
5 Graniittitelojen valmistusprosessi	14
5.1 Louhinta	14
5.2 Sahaus	16
5.3 Päiden teko	20
5.4 Akselin asennus	20
5.5 Graniittivaipan esijännitys	21
5.6 Tasapainotus ja hionta	22
6 Korvaavat materiaalit	22
7 Lopuksi	23
8 Kiitokset	23
9 Lähdekirjallisuus	24
Liitteet	
LIITE 1. Taulukot	
LIITE 2. Graniittitelojen käyttö ja valmistus 1800-luvulla	
LIITE 3. Graniittitelojen valmistus vuonna 2012	
LIITE 4. Kivitelamonumentteja	

1 JOHDANTO

Viime vuosina on Kurun ja muun Pirkanmaan kallioperään kohdistettu aktiivisesti erilaisia tutkimustoimenpiteitä: kalliojännitystutkimusta (Mononen 2005), rakennuskiven etsintää (Härmä ym. 2006), geologista tutkimusta (Nyman 2007) ja rakennuskivi-geologista tutkimusta (Selonen ym. 2012). Aiemmin Kurun aluetta on tutkinut erityisesti Aurola (1967). Uusilla tutkimuksilla on saatu uutta tietoa niin uusista potentiaalisista rakennuskivialueista kuin Kurun graniitin geologiastakin.

Suomalaisella kiviteollisuudella on pitkät perinteet ja vaiheikas historia. Eräs historian erikoisuuksista on aikakausi, kun Kurusta toimitettiin paperikoneiden telakiviä ("valsikiviä") eri puolille maailmaa. Telagraniitin louhinta alkoi Kurussa 1930-luvulla. Aluksi telakivet valmistettiin Salossa, kunnes vuodesta 1960 alkaen ne voitiin tehdä Kurussa. Kurun Niemikylän Lörpyksen louhimo olikin lopulta toinen maailman kahdesta tunnetusta luonnonkiviesiintymästä, joista oli mahdollista irrottaa riittävän isoja ja riittävän ehyitä

aihoita telakivien valmistusta varten. Telakivien teko Kurussa alkoi uudenlaisesta ideasta ja kehittyi aikanaan korkealaatuiseksi teolliseksi prosessiksi, jossa eri työvaiheille oli kehitetty omat erikoistuneet laitteistonsa. 1980-luvulta alkaen kuitenkin muut materiaalit vähitellen syrjäyttivät luonnonkiven paperikoneiden telamateriaalina ja toiminta Kurussa loppui 2000-luvun ensikymmenen lopulla. Tässä kirjoituksessa kerromme sekä telakivien valmistuksesta Kurussa että Kurun harmaasta graniitista, Salon ajan olemme rajanneet pois. Lisäksi pyrimme selvittämään miksi Kurun graniittia käytettiin paperikoneissa ja miksi graniittitelojen käytöstä jouduttiin luopumaan. Kirjoitus perustuu Peltolan (1993, 1996) selvityksiin, joita on päivitetty ja täydennetty mm. yllä mainittujen tutkimusten yhteydessä saaduilla uusilla tiedoilla.

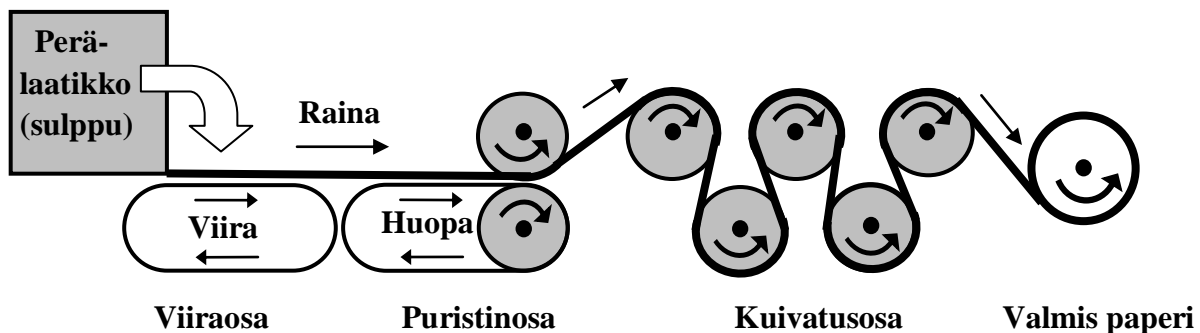
Toivomme, että tämän julkaisun myötä telakivien valmistuksen koko ajanjakso nähtäisiin syvällisemmän teollisuushistoriallisen tutkimuksen arvoisena.

2 GRANIITTITELA PAPERIN VALMISTUKSESSA

2.1 Paperikoneen yleiskuvaus

Paperikoneella valmistetaan hyvin vesipitoisesta (vettä n. 99 %) puukuituseoksesta eli sulpusta paperia kolmella peräkkäisellä kuivausmenetelmällä: suodattamalla (viiraosa), puristamalla (puristinosa) ja haihduttamalla (kuivatusosa) (Kuva 1). Sulppu syötetään

paperikoneen perälaatikolta mahdollisimman tasaisena kerroksena muovilangoista kudotulle tiheälle verkolle eli viiralle. Sulpusta suodatetaan viiran läpi vettä, jolloin sulpusta muodostuu raina. Rainan kuiva-ainepitoisuus viiraosan jälkeen on noin 20 % (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2001).



Kuva 1. Paperikoneen toimintaperiaate. Piirros: Arto Peltola.
Figure 1. Principle of a paper machine. Design: Arto Peltola.

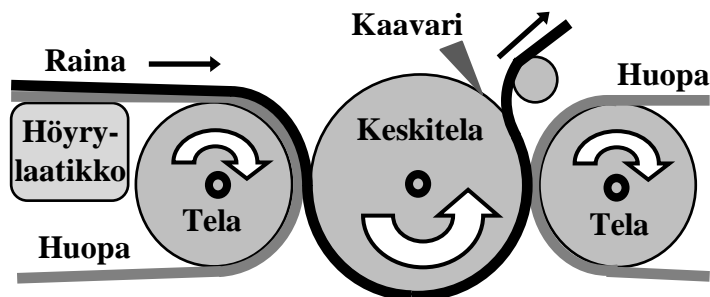
Viiraosalta raina viedään puristinosalle (Kuva 1), jossa raina kulkee vettä imevän huovan kannattelemana kahden yhteen puristetun telan välisestä nielusta eli nipistä, jolloin määstä rainasta puristuu vettä huopaan. Suorassa kosketuksessa rainan kanssa olevaa puristintelaa sanotaan puristimen ylätelaksi (Kuva 1) ja kehittyneemmissä puristimissa, joissa samalla telalla on monta nippiä, sitä sanotaan keskitelaksi (Kuva 2). Raina ei saa enää puristusvaiheen jälkeen koskea kastuneeseen huopaan, jotta se ei imisi takaisin luovuttamaansa vettä. Tästä syystä rainan pitää jäädä hetkeksi kiinni puristimen ylätelaan tai keskitelaan, joka nostaa rainan irti huovasta. Selvyyden vuoksi käytämme jatkossa puristimen ylätelasta termiä keskitela.

Keskitela on paperikoneessa ensimmäinen kohta, jossa raina on suorassa kosketuksessa telan pinnan kanssa, ja keskitelalta irrotessaan raina kulkee ensimmäistä kertaa ilman viiran tai huovan tukea ja ohjausta. Rainan pitää irrota keskitelalta mahdollisimman pienellä vedolla, jottei raina venyisi liikaa tai katkeaisi. Ohuita paperilaatuja valmistettaessa irtoavuuden merkitys edelleen kasvaa, sillä rainan ohentuessa sen vedonkestävyyskin vähenee. Näistä syistä johtuen keskitela on paperikoneen häiriöttömän toiminnan kannalta erittäin tärkeässä asemassa, mm. Rämäsen (2004) mukaan keskitela on ”paperikoneen sielu ja sydän”. Keskitela pidetään puhtaana kaavaroimalla, kaavarin terä poistaa keskitelan pintaan tarttuneen paperimassan (Kuva 2).

Paperikoneen nopeuden nosto pienentää rainan kuiva-ainetasoa puristimen jälkeen, mutta tiettyyn rajaan saakka tämä voidaan

kompensoida lisäämällä puristinnippien viivakuormia. Viivakuorma on voima, jolla telat puristuvat yhteen (esim. 100 kN/m), ja puristimen vedenpoisto kasvaa eksponentiaalisesti suhteessa viivakuormaan (Watanabe ym. 1990). 1980-luvulla paperikoneiden nopeus oli noussut jo yli 1200 m/min ja puristinosan toiminnan tehostamiseksi otettiin käyttöön ns. höyrylaatikko (Kuva 2), joka nostaa rainan lämpötilaa ennen puristintä (Nykänen & Paulapuro 2005). Höyrylaatikon toiminta perustuu siihen, että lämpötilan noustessa veden viskositeetti pienenee ja vesi poistuu puristimella helpommin rainasta. Puristinosalla on yleensä peräkkäin 2-4 puristinnippiä, joiden jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on puristimen rakenteesta ja paperilaadusta riippuen 40-55% (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2001).

Kuivatusosalla (Kuva 1) raina kulkee höyryllä kuumennettavien terässylintereiden eli höyrysylintereiden päällä, jolloin rainasta haihtuu vesihöyryä ja kuivuuessaan raina muuttuu paperiksi. Paperin loppukosteus on 3-10 %. Veden haihduttaminen kuluttaa paljon energiaa, sillä veden ominaishöyrystymislämpö on 2260 kJ/kg. Esimerkiksi sanomalehtipaperitonin valmistus kuluttaa sähköä 570 kWh ja lämpöenergiaa 5,2 GJ ja valtaosa lämpöenergiasta käytetään kuivatusosalla. Paperin tuotantokustannusten kannalta on tärkeää, että rainan kuiva-ainepitoisuus olisi mahdollisimman korkea puristimen jälkeen: yhden prosentin parannus puristimelta tulevan rainan kuiva-ainepitoisuudessa vähentää kuivatusosan energiankulutusta neljä prosenttia (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2001).



Kuva 2. Puristimen toimintaperiaate. Piirros: Arto Peltola.
Figure 2. Principle of a press section. Design: Arto Peltola.

Modernin painopaperikoneen leveys on 9-11 m, pituus 100-200 m ja nopeus 1500-2000 m/min. Sulpun syöttö perälaatikosta viiralle voi isossa paperikoneessa olla yli 150 m³/min (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001), jolloin viiraosa poistaa rainasta vettä yli 140 m³/min, puristinosa yli 3,5 m³/min ja kuivausosa höyrystää vettä yli 2 m³/min.

Paperikoneen häiriötön toiminta on tärkeää, sillä modernin paperikoneen tuotantoseisokin kustannuksiksi lasketaan 8000-10000 euroa tunnissa. Suuren sanomalehti-paperikoneen vuosituotanto voi olla jopa 400000 tonnia (Nykänen & Paulapuro 2005).

2.2 Graniitti puristintelamateriaalina

Vuonna 1897 saksalainen Schoeller patentoi keksintönsä graniittitelan käytöstä paperikoneen puristimella, mutta kalliin lisenssimaksun vuoksi graniittitela yleistyi paperikoneissa vasta myöhemmin (Haidenthaler ym. 1990) (vrt. Liite 2). Graniitti säilytti asemansa paperikoneiden parhaana puristintelamateriaalina aina 1980-luvulle saakka erityisominaisuuksiensa takia.

Puristimen ylätela eli keskitela sijaitsee paperikoneen puristinosalla. Jotta raina irtoaisi märästä huovasta heti puristinnin jälkeen, pitää rainan jäädä hetkeksi telaan kiinni (Kuva 2). Kiillotetun graniitin pintaominaisuudet ovat juuri sellaiset, että raina paitsi tarttuu hyvin graniittitelan pintaan ja nousee pois huovalta, se myös irtoaa helposti ja puhtaasti telan pinnasta katkeamatta, nypymättä tai venymättä liikaa. Tämän aiheuttaa graniitin mikroskaalassa epäyhtenäinen pinta: se koostuu hydrofiilisyydeltään (vesihakuisuudeltaan) ja kidemuodoiltaan toisistaan eroavista mineraaleista ja on lisäksi sopivasti epätasainen. Pinnan epäjatkuvuuskohdat vaikuttavat rainan ja graniittitelan pinnan välisen vesikerroksen paksuuden ja adheesiovoiman vaihteluun, mikä johtaa hyvään rainan irtoamiseen telan pinnasta (Haidenthaler ym. 1990, Lehtonen 1991). Erinomaisten pintaominaisuuksiensa lisäksi graniitti kestää hyvin kemiallista korroosiota ja kaavaroinnin

aiheuttamaa mekaanista kulutusta. Graniitti ei muuta muotoaan puristuksessa eikä vanhene, eivätkä graniitin ominaisuudet (esim. kovuus) riipu lämpötilasta (20-120 °C) (Kiiskinen 1992).

Kaavarin terän hangatessa jatkuvasti graniittitelan pintaa biotiittisuomut irtosivat ja/tai kuluivat muita graniitin mineraaleja pehmeämpänä kuopalle, joten graniittitelaan syntyi käytössä ns. appelsiinipinta. Kiillotettua pintaa huokoisempi ja epätasaisempi appelsiinipinta lisäsi rainan tarttumista ja heikensi irtoamista. Tästä normaalista kulumisesta johtuen graniittitelat piti hioa telahiomakoneella 1-2 kertaa vuodessa paperikoneen huoltoseisokin yhteydessä (Tappi 2008, Tapio Kuronen, suull. 2012). Graniittitelan pinnan sileydellä ja eheydellä oli suuri merkitys paperikoneen häiriöttömälle toiminnalle. Mikäli telan pinnassa havaittiin pienikin särö, tela vaihdettiin ja kunnostettiin. Esim. liian suuren viivakuorman käyttö johti kivitelan reunojen murtumiseen, mutta kivitelan paikalliset pintavauriot olivat korjattavissa. Vaurioituneen kiviaineksen poiston jälkeen vauriokohta täytettiin liiman ja kivirakeiden seoksella tai vauriokohtaan liimattiin telagraniitista valmistettu ”kivipaikka” (Kuva 3). Paikkauksen jälkeen koko tela hiottiin telahiomakoneella (Väisänen 2005).

Varastoitaessa graniittitelaa oli pyöritettävä jatkuvasti, jottei päistään tuetun telan oman massan aiheuttama taipuma olisi jäänyt pysyväksi. Joidenkin kivitelojen tarkasti hiotussa ja kiillotetussa pinnassa oli useiden vuorokausien tai viikkojen käytön jälkeen havaittu lievää, epämääräistä ja paikallista kiviaineksen pullistelua (Väisänen 2005). Kyse oli graniittivaipan pienen mittakaavan muodonmuutoksesta ilman kiviaineksen hajoamista (vrt. Pérez 2009), mutta se aiheutti telaan epätasapainoa ja siten haitallista värinää puristimella (Watanabe ym. 1990). Pullistelun saattoi aiheuttaa kiven epäsymmetrisen lämpölaajenemisen lisäksi graniittivaipassa purkautuva kalliojännitys (vrt. Luku 3) tai kivivaipan 4-5 MPa esijännitys (vrt. Luku 5.5).



Kuva 3. ”Päänkokoinen” paikka korjatussa kivitelassa, Sapokan vesipuisto. Kotka. Kuva: Olavi Selonen.

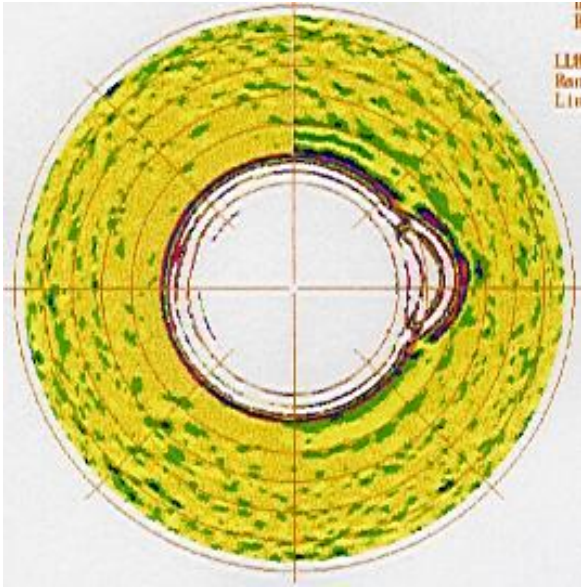
Figure 3. Repaired granite roll, Sapokka Water Garden. Kotka, Finland. Photo: Olavi Selonen.

Normaalisti graniittitelat kestivät käyttöä pitkään, jopa kymmeniä vuosia, mikäli ei sattunut yhtäkkiä ja odottamattomia rikoontumisia. Paperikoneiden nopeuden nostaminen yli 1200 m/min toi esiin graniittitelojen kestävyyyteen liittyviä ongelmia 1980-luvun puolivälin paikkeilla. Pääsyyinä oli se, että nopeuden noston mahdollistavan höyrylaatikon käyttöönotto nosti graniittitelan pintalämpötilaa noin 50 °C:sta 65 °C:een (Nykänen & Paulapuro 2005). Koska graniitti johtaa huonosti lämpöä, muodostui telan pinnan ja sisäosien välille lämpötilaero. Lämpölaajeneminen muodostui erisuuruiseksi telan eri osissa, mikä puolestaan johti ylimääraisten kehäjännitysten syntymiseen. Tietyissä ajotilanteissa höyrylaatikon käyttö aiheutti graniittitelalle lämpöshokin, mikä oli vauhdin ja maksimiviivakuormien rasittamille graniittiteloille liikaa: graniittitelaräjähdyks aiheutti Norjassa Norske Skogin paperitehtaalla suurta tuhoa ja vähän sen jälkeen Ruotsin Hyltesissä 14.4.1987 tapahtuneessa kivitelaräjähdyksessä kuoli paperikoneen työntekijä (Nellbron 1988, Watanabe ym. 1990).

Kivitelaräjähdyksiin reagoitiin nopeasti, esim. Anjalan paperitehtaan PK3:n höyrylaatikolle tuli onnettomuuksien jälkeen käyttökielto ja lisäksi graniittitelan ja kaavarin pesuun piti jatkossa käyttää lämmintä vettä graniittitelan lämpöshokin minimoimiseksi. Höyrylaatikon käyttökiellon vuoksi paperikonetta jouduttiin loppuvuosi ajamaan alhaisemmalla nopeudella. Jouluseisokissa 1987 PK3:n graniittitela (Liite 4 Kuva G) korvattiin kovakumipintaisella Dynarokkeskitelalla, jolloin voitiin palata höyrylaatikon käyttöön ja nostaa paperikoneen nopeus entiselle tasolle. Anjalan PK3:n Dynarokkeskitela oli laatuaan toinen Suomessa (Alpo Heikkilä, suull. 2012), joten synteettiset keskitelat olivat vielä tuolloin paperikoneissa harvinaisia. Anjalan PK3 valmistui vuonna 1983 ja koneen suunniteltu nopeus 1400 m/min on nykytietämyksellä graniittitelalle liikaa (Tapio Kuronen, suull. 2012). Graniittitelan käyttö on turvallista, jos viivakuorma on max. 150 kN/m, käyttölämpötila max. +60 °C (Butterfield 1993) ja nopeus max. 1000 m/min.

2.3 Kivitelojen rakennevikojen tarkastus

Graniittitelaonnettomuudet lisäsivät tarvetta luotettavan tutkimusmenetelmän kehittämiseen kiviteloissa mahdollisesti piilevien rakennevikojen havaitsemiseksi. Tähän kokeiltiin mm. ultraääni-, tunkeumaväri- ja säteilymenetelmiä sekä optista holografiaa, mutta tulosten tulkinta osoittautui ongelmalliseksi. Esimerkiksi infrapuna-lämpökameratekniikalla oli vaikeaa havaita vikoja, jotka olivat halkaisijaansa syvemmällä ja löydettyjen vikojen ja kivitelan hajoamisriskin yhteyden selvittäminen oli käytännössä mahdotonta (Kiiskinen 1992). Kivitelat tarkastettiin silmällä, kokemus auttoi löytämään pienetkin säröt kiven pinnalta. Graniittitelan pinta piti



Kuva 4. GRI (granite roll radar inspection) -menetelmällä pyritään havaitsemaan graniittitelan sisäisiä rakennevikoja. Maatutkalla lähetetään sähkömagneettisia aaltoja telan sisään. Aallot heijastuvat takaisin graniitissa olevista mikroraoista ja muista epäjatkuvuuskohdista. Menetelmän avulla saadaan viipalekuvia telasta ja voidaan arvioida graniittitelan eheyttä. Oheisessa kuvassa telan oikeanpuoleisessa osassa ovat pyöreät heijasteet viittaavat sisäiseen rakkoon. Kuva: Geo-Work Oy.

Figure 4. The GRI (granite roll radar inspection) method can be used to detect internal faults in the granite rolls. Electromagnetic wave pulses are transmitted into the roll. The waves are reflected back from discontinuities in the granite. As a result, cross-section scan images of the roll are obtained and the soundness of the roll can be evaluated. In the picture, the parabolic reflections on the right hand side of the roll indicate an internal fracture. Photo: Geo-Work Oy.

tarkistaa vähintään jokaisen huopa- tai kaa-varivaurion jälkeen.

Nykyään GRI (granite roll radar inspection) -menetelmällä kivitelan kuntotutkimuksen voi tehdä 2-4 tunnissa. Menetelmä perustuu maatutkaan ja sen avulla saadaan viipalekuvia kivitelan sisäosista (Kuva 4). Mahdollinen rakennevikojen kasvaminen havaitaan vertaamalla uusia kuvia vanhoihin kuviin. Menetelmä kehitettiin vuonna 1987 ja

sillä on tutkittu noin 350 kivitela (Risto Polari, suull. 2012).

2.4 Telagraniitin laatuvaatimukset

Koska suurimmat kivitelat olivat pituudeltaan kymmenmetrisiä ja halkaisijaltaan yli puolitoista metrisiä, vain poikkeuksellisen ehjät ja tasalaatuiset graniitit tulivat kyseeseen. Pieninkin särö teki kivistä käyttökelvottoman. Graniitin tuli olla mahdollisimman ehjää ja pieni- ja tasarakeista, ja sen tuli kestää suurta räsytystä. Graniitin ominaisuuksien tuli olla kaikkiin suuntiin samanlaisia. Herkästi rapautuvia tai hauraita mineraaleja, kuten kiisuja ja karbonaattikiteitä ei saanut esiintyä, ei myöskään pehmeitä, helposti kuluvia kiillepesäkkeitä tai suomupinkkoja (Aurola 1967).

Louhittavuudeltaan graniittiesiintymän tuli olla sellainen, että siitä voitiin irrottaa tarvittavan pitkiä ja suhteellisen ohuita kappaleita (Aurola 1967, Ahtiainen 1974). Teollinen tuotanto asetti myös vaatimuksia esiintymän koolle, muutaman telakiven takia ei kannattanut perustaa louhimoa, saati sitten perustaa kalliita telakivien tuotantolaitoksia.

2.5 Maailman telagraniittiesiintymät

Aikoinaan telakivet louhittiin ja jalostettiin Skotlannissa Aberdeenin lähistöllä (Tappi 2008), Aberdeenissa paperikoneiden graniittiteloja valmisti Pittodrie Granite Turning Co vuosina 1912-1970 (Fraser & Lee 2000). Paperikoneiden kehittyessä telojen pituus ja paksuus kasvoivat ja tarpeeksi suuria kiviä ei enää saatu alueen louhimoilta. 1970-luvulla telagraniittia louhittiin Suomessa (Kuru), Ruotsista (Bohusin graniitti, Hunnebostrand) ja USA:sta (Barren graniitti, Barre, Vermont) (Ahtiainen 1974). Kiviteiloille asetettujen vaatimusten kasvaessa maailmassa ei lopulta ollut kuin kaksi graniittiesiintymää, joissa esiintyi riittävän korkealaatuisia ja ehjää kiveä graniittitelojen raaka-aineeksi: toinen sijaitsi Suomessa (Kuru) ja toinen USA:ssa (Barre).

3 KURUN HARMAA GRANIITTI

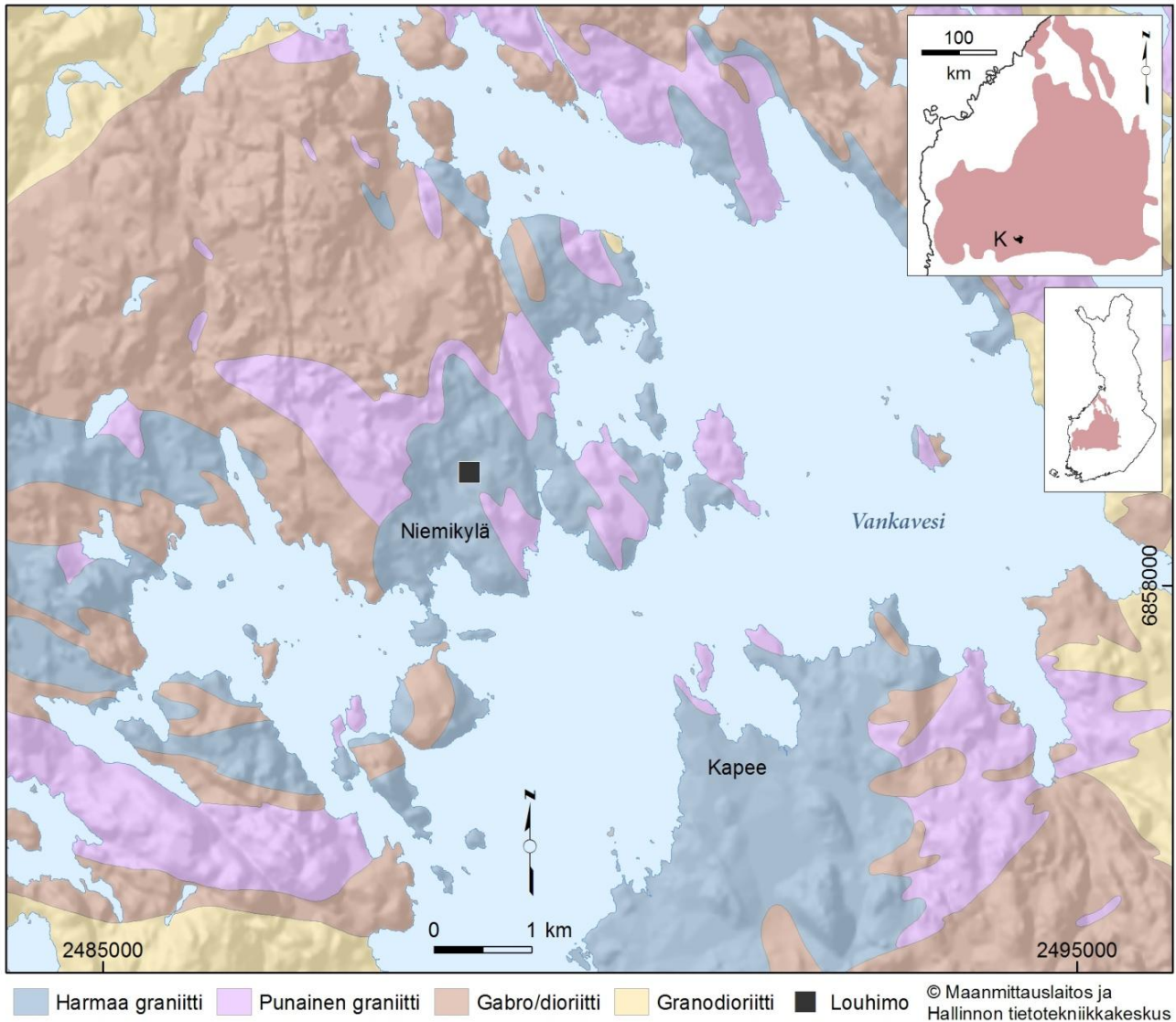
Kurun alueen kallioperä kuuluu laajaan Keski-Suomen syväkivialueeseen, jonka kivilajit vaihtelevat emäksisistä tummista peridotiiteista ja gabroista happamiin harmaisiin ja punaisiin graniitteihin. Harmaata graniittia (Kuva 5) esiintyy noin 20 km²:n laajuisella alueella Näsijärven pohjoisosassa Vankaveden ympäristössä Kurun Niemikylässä ja Kapeessa (Nironen 2003) (Kuva 6).

Kurun harmaa graniitti on suuntautumaton tai heikosti suuntautunutta (Kuva 5). Se on yleensä tasarakeista ja sen keskimääräinen raekoko on 0,3-2,0 mm (Aurola 1967). Kurun harmaat graniitit ovat harmaita, siniharmaita, harmaanruskeita sekä paikoin punertavia tai vihertäviä. Graniitin sinertävä sävy

johtuu sinertävästä kvartsista ja punertavan värin aiheuttaa maasälvän rautaoksidipitoisuus rakojen lähistöllä. Kiven päämineraalit ovat plagioklaasi, kvartsi ja kalimaasälpä (Taulukko 1) (Aurola 1967, Nyman 2007). Muina mineraaleina tavataan vähäisiä määriä mm. biotiittia, muskoviittia ja kloriittia (Taulukko 1). Mineraalien muodostama rakenne on lomittainen (Kuva 7). Kiven maasälpä on valkoinen ja biotiitti näkyy kiven pinnalla mustina täplinä (Kuva 5). Kivi on mikroskooppisesti hyvin ehjää, vain muutamia mikrorakoja esiintyy kvartsikiteissä (Aurola 1967, Nyman 2007). Graniitin iäksi on määritetty 1875 miljoonaa vuotta (Nironen 2003).



Kuva 5. Kurun harmaa graniitti. Kuva: Geologian tutkimuskeskus (GTK).
Figure 5. Kuru grey granite. Photo: Geological Survey of Finland (GTK).

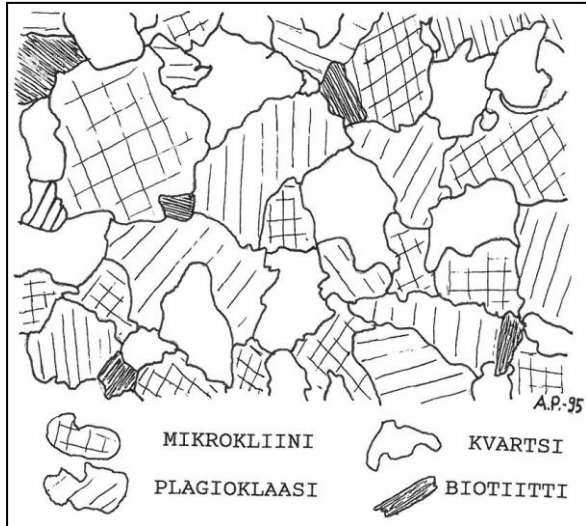


Kuva 6. Kurun alueen geologinen kartta. K-kirjain oikeassa yläkulmassa olevassa pikkukartassa ilmaisee Kurun alueen sijainnin Keski-Suomen syväkivalueella. Lörpyksen telagraniittilouhimo on merkitty mustalla neliöllä. Topografia kartan pohjalla. Aurolaa (1967) ja Selosta ym. (2012) mukailten.

Figure 6. Geological map of the Kuru area. K in the inset indicates the location of the Kuru granite area within the Central Finland Granitoid Complex. The granite roll quarry is indicated with a black square. Elevation model as base. Modified from Aurola (1967) and Selonen et al. (2012).

Kurun alueelta on louhittu graniittia jo 1800-luvun puolivälistä lähtien. Tälläkin hetkellä harmaata graniittia louhitaan useasta eri louhimosta kauppanimellä Kuru Grey. Tyypillistä graniitille on erittäin hyvin kehittynyt vaakarakoilu. Vaakarakojen väli on 0,2-4 m, pystyrakoilu on puolestaan harvaa rakovälin ollessa 1-10 m (Härmä ym. 2006). Louhimoilla havaitaan myös kalliojännitys, joka

deformoi vaakasuuntaisten penkereiden alareunoja ja painaa kiinni louhinnassa porattuja reikiä. Kalliojännityksen pääsuunta on Etelä-Suomelle tyypillinen 110° (Mononen 2005). Geologisesti Kurun harmaa graniitti esiintyy lähes vaakasuuntaisena intrusiona kerrosarjassa, jossa harmaa graniitti on alinna ja seuraavina ylöspäin ovat punaruskea graniitti ja musta kvartsidioriitti (Selonen ym. 2012).



Kuva 7. Kurun harmaan graniitin mikrorakennetta - mineraalirakeet ovat lomittuneet lujasti kiinni toisiinsa. Piirros on tehty mikroskoopin avulla 30 μm paksusta ohuthieestä. Raekoko on noin 1 mm. Piirros: Arto Peltola.

Figure 7. The microstructure of the Kuru grey granite. The mineral grains are interplaited. Grain size is approx. 1 mm. Design: Arto Peltola.

Kurun harmaan graniitin menestys kivitelamateriaalina perustui sen lujuusominaisuuksiin, mineraalikoostumukseen, tasalaatuisuuteen ja raekokoon sekä hyvään louhitavuuteen. Raekoolla ja suuntautumattomuudella on selvä yhteys lujuusominaisuuksiin: mitä pienirakeisempaa ja suuntautumattomampaa kivi on, sitä lujempaa se on (Söderholm 1995). Kiviteloihin käytetty kivi olikin pienirakeisimpia Kurun harmaita graniitteja, ja lisäksi sen mineraalien muodostama rakenne oli lomittainen ja se oli mikroskooppisesti hyvin ehjää, mitkä lisäsivät sen lujuutta. Graniitti oli erityisen tasalaatuista ja suuntautumattomaa ja siten sen lujuusominaisuudet olivat isotrooppiset eli suunnasta riippumattomat ja yhtä hyvät joka suunnassa mitattuna. Graniitissa oli kovien silikaattisten päämineraalien lisäksi yleensä vain niin vähäisiä määriä pehmeitä mineraaleja, ettei niillä ollut vaikutusta kiven kovuuteen eivätkä ne muodostaneet sellaisia kasaumia, joista kivitela olisi voinut hajota. Kivessä ei myöskään ollut kiisuja. Kovuuden ja pienen raekoon ansiosta kivi kiillottui hyvin, mikä oli graniittitelalle tärkeä ominaisuus.

Puristuslujuudeltaan Kurun harmaa graniitti on suomalaisista luonnonkivituotannossa olevista graniittisista kivilajeista yksi parhaista ja taivutusmurtolujuudeltaankin keskitasoa parempi (Selonen 2010, Finstone 2012) (Taulukko 2). Ahtiaisen (1974) tekemien laboratoriotestien perusteella Kurun harmaa

graniitti osoittautui teknisiltä ominaisuuksiltaan parhaaksi kivitelamateriaaliksi koko maailmassa verrattuna muihin telagraniitteihin (Barre/Bohus). Pérezin (2009) laboratoriotestissä puristettiin Kurun harmaasta graniitista tehtyä näytettä (\varnothing 42 mm x 105 mm) kasvavalla paineella ja mitattiin samalla tarkasti näytteen leveyden ja pituuden muutoksia. Kokeen perusteella Kurun graniitin muodonmuutokset aiheutuvat alle 65 MPa paineessa graniitin mikrorakojen sulkeutumisesta ja alueella 65-145 MPa graniitti käyttäytyy elastisesti eli kimmoisasti. Alueella 145-215 MPa graniittiin syntyy uusia mikrorakoja ja alueella 215-267 MPa rakojen muodostuminen kiihtyy ja ne vaurioittavat kiveä pysyvästi. Näyte särkyi 267 MPa puristuksessa (Pérez 2009).

Kurun harmaan graniitin voimakkaan vaakarakoilun syntyyn ovat todennäköisesti vaikuttaneet graniitin pienirakeisuus ja homogeenisuus verrattuna muihin Kurun alueen graniittisiin kiviin sekä kivilajien lähes vaakasuuntainen asema (Selonen ym. 2012). Lisäksi ilmeisesti viime jääkauden aikaisen 3 km:n paksun jääpeitteen sulaminen ja siitä aiheutunut puristuksen väheneminen on vaikuttanut vaakarakoilun kehittymiseen (Selonen ym. 2012). Louhinnassa voitiin käyttää hyväksi tätä hyvin kehittynyttä vaakarakoilua, joka parhaassa tapauksessa oli pilkkonut kallion 1-2 metriä paksuiksi ehjiksi horisontaalisiksi laatoiksi. Kallion vähäisen pystyrakoilun ansiosta louhimolta saatiin melko helposti irrotettua kivitelojen tapaisia pitkiä ja suhteellisen ohuita kappaleita. Kalliota pilkottaessa kivi lohkesi parhaiten heikon suuntauksen eli päälustan suunnassa, joten päälustan suunnassa kiveä voitiin lohkoa poraamalla ja kiilaamalla tai räjäyttämällä (työloh-

kareen pituussuunta). Vaakarakoilua ja päälustaa vastaan kohtisuora suunta (eli poikkilusta) ei lohjennut suoraan, joten siinä suunnassa kappaletta irrotettaessa käytettiin polttoleikkausta. Vaikka graniitti oli kovaa porausta, päälustan mukaisen suoran lohkeavuuden

ansiosta kiveä kalliosta irrotettaessa ja paloittelessa tarvittava poramäärä oli kuitenkin huomattavan alhainen (10-20 m³) (Kastinen 1995) ja kivi oli siksi yleisiltä louhintakustannuksiltaan kohtuullisen edullista tuotantaa.

4 TELAKIVIEN VALMISTUKSEN HISTORIAA KURUSSA

Kurun harmaata graniittia on louhittu (Oy Näsi) paperikoneiden graniittitelojen valmistusta varten 1930-luvulta lähtien (Kylkilähti 1989). Telakiviaihiot kuljetettiin aikaisemmin Saloon, jossa ne sorvattiin Ab Granitin tehtaalla vaaka-asennossa (Kuva 8). Lainausta Tampella tänään -lehdestä vuodelta 1949, jossa on yhteenveto Tampereen konepajan neljän sotakorvausvuoden tuotannosta: ”Pa-

perikoneita varten olemme jatkuvasti toimitaneet vanhaa erikoisvalmistettamme, graniittiteloja, joita kaikkiaan on valmistettu 70 kpl. Graniitti näitä teloja varten on ollut etupäässä Kurun graniittilouhoksilta. Näiden joukossa on ollut hyvinkin suuria, suurimman valssin ollessa läpimitaltaan 760 mm ja pituudeltaan 4900 mm, painon ollessa n. 8 tonnia” (Tampella 1949).



Kuva 8. Telakivien valmistusta Ab Granitin tehtaalla Salossa 1950-luvun lopulla. Kuva: Samlingen Ab Granit, Åbo Akademis bildsamlingar.

Figure 8. Production of granite rolls at the factory of the Ab Granit company at the end of the 1950's. Photo: Collection Ab Granit, The Åbo Akademi Picture Collections.

Vuonna 1960 A.I. Auvinen (Näsin Kiviteollisuus) rakennutti Kurun Niemikylään ensimmäisen ”valssitornin”, joka mahdollisti telakivien valmistuksen paikan päällä (Kylki-lahti 1989, Laitinen 1992). Raaka-aine saatiin läheisestä Lörpyksen (Tynnyrimäen) louhimosta, missä harmaan graniitin kerrokset olivat poikkeuksellisen paksuja, ehyitä, pienirakeisia ja tasalaatuisia. Auvinen kehitti tavan sahata telakiviä pystyasennossa sylinterisahalla teräshiekan avulla. Suora lainaus Tampella tänään (1969): ”Menetelmä muistuttaa vanhaa ydinporausmenetelmää, jossa pyöreällä putken tapaisella kappaleella teräshiekan avulla hierretään kiveen reikä” (Tampella 1969). Ensimmäisen sahauksen onnistuttua vuonna 1960 Auvinen aloitti säännöllisen telakivien teon.

Vuonna 1969 Kurun telakivituotannon ansiosta Suomi oli täysin omavarainen telakivien suhteen ja 65 % tuotannosta meni vientiin. Tärkeimpiä vientimaita vuonna 1969 olivat Kanada, Englanti, Länsi-Saksa ja Italia. Suurin Kurussa 1960-luvulla valmistetuista telakivistä toimitettiin Kanadaan: telakiven pituus oli 9700 mm, halkaisija 1300 mm ja paino n. 30 tonnia. Louhinnassa ja telaihion muotoilussa käytettiin apuna polttoleikkausta, se nopeutti työtä ja vähensi kiviaineksen kulutusta (Tampella 1969). Kysynnän kasvaessa Niemikylään rakennettiin vuosina 1967 ja 1977 vielä kaksi uutta isompaa valssitornia (Laitinen 1992).

Näsin Kiviteollisuus siirtyi vuonna 1979 Mancon Oy:n haltuun. Kolmen tornin jatkuvalla kolmivuorotyöllä tuotanto nousi parhaimmillaan 60-70 telakiveen vuodessa, joista syntyi vuonna 1985 liikevaihtoa noin 7,5 miljoonaa markkaa (Jaakkola 1985, Kylki-lahti 1989). 1980-luvulla Mancon Oy hallitsi 55 % telakivien maailmanmarkkinoista: vientimaina Yhdysvallat, Englanti, Länsi-Saksa, Italia, Espanja, Ruotsi, Kanada ja Japani (Jaakkola 1985). Vientiasiakkaina olivat mm. amerikkalainen Beloit-yhtymä, Walmsleys Englannissa, Voith Länsi-Saksassa,

Fennia Kanadassa ja Mitsubishi Japanissa. Suurin yksittäinen telakivien ostaja oli kuitenkin Valmet Oy:n Rautpohjan paperikonetehtas, joka valmisti graniittiteloja omien koneiden lisäksi myös muille paperikonetehtäville. Kotimaassa asiakkaana oli myös edelleen Oy Tampella Ab. Telakivivalmistuksen tärkein kilpailija maailmalla oli tuolloin Rock of Ages (USA), joka käytti Barren graniittia.

Vuonna 1989 konkurssiin joutuneen Mancon Oy:n seuraaja Näsi Granit Oy valmisti telakiviä ja toimitti luonnonkiviblokkeja jalostettavaksi mm. Japaniin ja Koreaan. Telakivien tuotanto väheni 1990-luvulla, joten se ei yksistään riittänyt kannattavaan toimintaan ja kiviblokkien vienti olikin seuraavina vuosina taloudellisesti yhtiölle tärkeää. 2000-luvun ensikymmenellä tuotettiin enää pieniä telakiviä ja niitäkin vain muutamia yksittäisiä kappaleita vuodessa korvaamaan vanhojen paperikoneiden rikkoontuneita kiviteloja. Näsi Granit Oy siirtyi Interrock Oy:n haltuun 2004-05 vuoden vaihteessa ja telakivien valmistus loppui kokonaan vuonna 2008 (Jarno Virmasuo, suull. 2012).

Kaiken kaikkiaan Kurussa valmistettiin 1500-1600 telakiveä. Graniittitelojen kulta-aika sijoittui vuosien 1970-1990 tienoille, jolloin mm. Valmet Oy (Rautpohja) valmisti graniittiteloja parhaimmillaan kymmeniä vuodessa kaikkialle maailmaan (Taulukko 3). Suurimmat Valmet Oy:n Rautpohjassa valmistamat graniittitelat (kivivaipan pituus 9650 mm, halkaisija 1700 mm, paino n. 70 tonnia) tehtiin Amerikkaan Zahraryn ja Port Hudsonin paperitehtaille vuosina 1985-88 (Osmo Härkönen, suull. 2012). Suurimmat telakivet maksoivat 1990-luvulla noin 300000 markkaa ja suuren graniittitelan hinnaksi akseleineen ja laakereineen tuli noin miljoona markkaa. Kivitelan korvaava synteettinen keskitela oli hieman kalliimpi, mutta koneiden nopeuden nousu ja pinnoitemateriaalien kehitys lopulta päättivät keskitelöiden ”kivikauden” (Tapio Kuronen, suull. 2012).

5 GRANIITTITELOJEN VALMISTUSPROSESSI

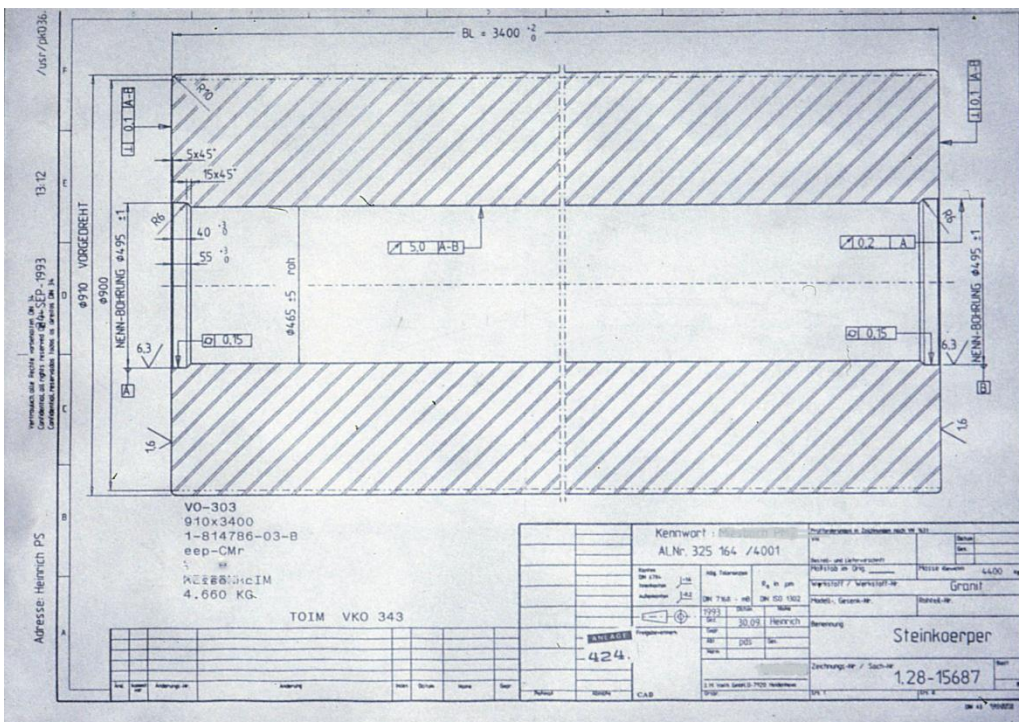
5.1 Louhinta

Telakivien mitoituksessa lähdettiin liikkeelle paperikoneen rainan leveydestä (Kuva 9). Pituuden kasvaessa graniittitelan taipuma keskeltä mitattuna kasvaa, mutta se ei saa ylittää tiettyä raja-arvoa. Esimerkiksi Valmet Oy:n Rautpohjan tehdas käytti taipumalle maksimiarvoa 0,18 mm/m. Tähän päästiin lisäämällä telan halkaisijaa (Ahtiainen 1974).

Telakiven valmistuksen ensimmäinen työvaihe oli aihion louhinta. Graniittitelaihioiden louhinnassa pyrittiin luonnollisesti riittävän suuriin ja säännöllisiin muotoisiin lohkeisiin. Tärkein seikka oli kiven ehyt ja homogeeninen rakenne. Louhittavasta kalliosta tuli löytää tarpeeksi suuri rakoilematon kohta, josta vaadittavan kokoinen aihio oli irrotettavissa. Tässä toimittiin kokemuseräisesti, sillä ei oltu löydetty menetelmiä, joilla olisi pystytty määrittämään kalliosta mahdollisesti olevan hiusrakoilun olemassaolo (vrt. Luku 2.3).

Louhittaessa käytettiin hyväksi harmaan graniitin pengertymiseen tavallisesti liittyvää vaakasuoraa rakoiluverkostoa (Kuva 10) ja sitä suuntaa, jossa kivi parhaiten lohkesi (päälusta). Harmaan graniitin suuntautumattomuudesta johtuen päälusta oli usein vaikea määrittää ilman koelouhintaa. Tela-aihion pituusakseli yhtyi päälustaan. Vaakasuorat kallionhalkeamat rajoittivat louhintaportaan korkeuden ja samalla suurimpien mahdollisten työlohkareiden paksuuden. Kallion pintaosissa rakoväli oli kymmenien senttimetrien luokkaa, mutta louhimon pohjalla se oli noin kaksi metriä. Tämä kerroskorkeus oli luonnollinen raja graniittitelan halkaisijan maksimiarvoksi. Suurimmaksi mahdolliseksi telan paksuudeksi saatiin tällöin 1,8 m.

Kalliosta irrotettiin ensin suuri "ampu" (esim. 1000 kuutiota), josta pilkkomalla tehtiin telakiviaihioita eli "emmeitä".



Kuva 9. Telakiven työpiirustus. Kuva: Arto Peltola. Figure 9. Blue print of a granite roll. Photo: Arto Peltola.



*Kuva 10. Kurun Niemikylän Lörpyksen louhimo.
Kuva: Näsi Granit Oy.
Figure 10. Granite roll quarry in Kuru, Finland.
Photo: Näsi Granit Oy.*

Kun oli ensin määritelty kalliopenkereestä kohta, josta voitaisiin irrottaa riittävän suuri ehyt lohcare, oli saatava lohcare päädyistään avoimeksi. Koska harmaa graniitti ei lohkea suoraan poikkilustan suunnassa, tehtiin tämä työvaihe polttoleikkaamalla (Kuva 11). Päätyjen irrottamisen jälkeen lohcare oli vielä kalliossa kiinni takaseinästä. Se irrotettiin poraamalla ja käyttämällä putkipanoksia. Räjähdyssainetta käytettiin maksimissaan 40-60 g kuutiolle, jotta kiveen ei syntyisi sisäistä särkymistä tai hiusrakoilua.

Useimmiten kerroskorkeus oli sopiva lohcareen irrottamiseksi pohjarakoa myöten. Kivitela-aihiot pilkottiin "ammusta" poraamalla ja kiilaamalla. Aina oli olemassa vaara, että takaseinä lohkeaisi kuperaa lohkopintaa myöten, jolloin syntyvä aihio ei täyttänyt kooltaan alkuperäisiä vaatimuksia. Suurimpiin teloihin tarvittava aihio oli kooltaan noin 1,8 x 1,8 x 10 metriä painaen 100-120 tonnia (Kuva 12). Tämän nostamiseksi lavetille valssitornille siirtoa varten tarvittiin kaksi järeää autonosturia.



Kuva 11. Kiven polttoleikkaus. Polttoleikkauksessa paineilman ja polttoöljyn seos johdettiin polttopilliin, jossa tapahtui voimakas palaminen n. 2500 °C:n lämpötilassa. Kivi kuumentui paikallisesti ja särkyi kvartsin muodonmuutosten johdosta. Liekin synnyttämän railon leveys kivessä oli 100-150 mm. Voimakkaan melun ja pölyämisen takia menetelmä ei enää käytetä. Kuva: Veli Juhani Hänninen.

Figure 11. Jet-flame burning at a temperature of approx. 2500 °C. The method was used for making channels in quartz-rich rocks. The width of the channel was 100-150 mm. Because of high noise levels and dust emissions the method is no longer in use. Photo: Veli Juhani Hänninen.



*Kuva 12. Telakiviaihio valmiina sahattavaksi. Kuva: Olavi Selonen.
Figure 12. A quarried block ready for dressing. Photo: Olavi Selonen.*

5.2 Sahaus*

Telakiviaihio nostettiin pystyyn valssitorniin (Kuva 13) ja asetettiin luotilangan avulla millin tarkkuudella pystyasentoon. Ensin sahattiin telan ulkopinta + noin 10 mm työvaraa sylinterisahalla teräshiekan avulla (Kuvat 14 ja 15). Sahauksessa käytettiin teräshiekan (*steel abrasive*) molempia tyyppiejä: sekä pyöreitä teräshauleja (*steel shot*), jotka toimivat hetken ennen hajoamistaan ”kuulalakeereina”, että hauleista murskaamalla valmistettua teräväsärmäistä teräshiekkää (*steel grit*) (kts. Liitteen 2 Kuva). Työssä käytettiin vesihuhtelua. Pyörivä sylinterisaha oli tavallisesta teräksestä tehty putki, jonka päähän polttoleikattiin lovia (Kuva 16). Työvuoron (8 tuntia) aikana sahaus eteni noin 70 senttimetriä. Kymmenmetrisen telan ulkopinnan sahaus kesti kahdella vuorolla työskenneltäessä toista viikkoa, koko sahausoperaatio vei jo kolmisen viikkoa. Saha-

uksen etenemistä tuli valvoa koko ajan, joten sahaus ei voinut jättää käyntiin ilman valvontaa esim. yön ajaksi. Sahauksessa saavutettiin ± 2 mm tarkkuus.

Kun ulkopinta oli sahattu lähes aihion alapäähän eli pohjaan saakka, vaihdettiin terä pienemmäksi ja sahattiin akselireikä aluksi puoleenväliin. Tämän jälkeen kivi nostettiin pois valssitornista ja pohja katkaistiin poraamalla ja kiilaamalla (Kuvat 17–21).

Kivi käännettiin ja asennettiin uudelleen torniin sisäreiän loppuun sahausta varten. Akselireikä sahattiin kahdesta suunnasta, reiät saivat mennä keskellä ristiin korkeintaan puoli senttiä (Kuva 22). Telakiven pituuteen laskettiin 60 senttiä työvaraa, sillä telakiven pää lohkesi helposti kiveä käännettäessä. Oli sattunut, että suuri telakivi oli rikkoutunut juuri tällaisessa käännessä tuhonen satojen tuntien työn.

*Kurussa tästä työvaiheesta käytettiin yleisesti termiä *sorvaus*, vaikka teknisesti kyse oli lähinnä sahausesta tai ydinporauksesta. Graniittiteloja on valmistettu myös sorvaamalla (Liitteet 2 ja 3).



*Kuva 13. Kivi nostettiin pystyyn valssi-torniin sahattavaksi. Kuva Arto Peltola.
Figure 13. At the mill, the block was set in an upright position for dressing.
Photo: Arto Peltola.*



*Kuva 14. Telan ulkopinta sahattiin pyörivällä sylinterisahalla. Kuva: Roger Aapola.
Figure 14. The outer surface of the roll was sawed with a rotating cylindrical saw. Photo: Roger Aapola.*



*Kuva 15. Valssitornin sylinterisahan pyörityskoneisto.
Kuva: Paavo Härmä.
Figure 15. Rotating mechanism of the cylindrical saw.
Photo: Paavo Härmä.*



*Kuva 16. Sylinterisahana käytettiin teräsputkea, jonka päähän polttoleikattiin lovia. Kuva: Paavo Härmä.
Figure 16. The cylindrical saw was made from a piece of steel tube. Photo: Paavo Härmä.*



*Kuva 17. Telakiven ulkopinta on sahattu tornissa kokonaan ja sisäreikä puoleenväliin saakka. Kivi nostetaan tornista kääntöä varten. Kuva: Arto Peltola.
Figure 17. The outer surface of the roll has been sawed in full while the hole for the axis is sawed half way through. The stone is lifted from the mill for turning around. Photo: Arto Peltola.*



Kuva 18. Pohjan katkaisu: kiiloille porataan reiät. Kuva: Arto Peltola.

Figure 18. Extracting of the dressed roll: holes for wedges are drilled. Photo: Arto Peltola.



Kuva 19. Pohjan katkaisu: kiilat kiristetään taksaisesti lyömällä. Kuva: Arto Peltola.

Figure 19. Extracting of the dressed roll: hammering of the wedges. Photo: Arto Peltola.



Kuva 20. Pohjan katkaisu onnistui hyvin - kivi lohkesi suoraan. Aina näin ei tapahtunut, joten työvara oli laskettu telan pituuteen 60 cm. Kuva: Arto Peltola.

Figure 20. The extracting successfully finished. This was not always the case, hence the allowance was 60 cm. Photo: Arto Peltola.



Kuva 21. Ennen kiven nostamista käännettynä takaisin valssitorniin, oli sen alapäähän tehtävä kolo, mikä keskitti aihion sitä sahattaessa. Kuva: Arto Peltola.

Figure 21. A hole was drilled in the center point of the lower end of the roll before it could be lifted back in vertical position. Photo: Arto Peltola.



Kuva 22. Akselireiän sahauksesta jääneen kivisydämen perusteella sahaus on onnistunut hyvin; sahaus sai mennä keskellä ristiin korkeintaan puoli senttiä. Kuva: Paavo Härmä.

Figure 22. Drilling of the hole for the axis had a tolerance of <math><0.5\text{ cm}</math>. Photo: Paavo Härmä.

5.3 Päiden teko

Valssitornista valmistuttuaan telakivi oli suuri ontto kivisylinteri, jonka päät oli vielä valmistettava tilauksen mukaan.

Ensin telakivi katkaistiin oikean pituiseksi. Alkuaikoina ennen erikoiskoneiden käyttöönottoa päät oli katkaistu ja viimeistely käsin hakkaamalla ja hitsauslaitteita hyväksikäyttäen.

Sittemmin katkaisu tehtiin vaijerisahalla (Kuva 23) millin tarkkuudella erillisessä saharakennuksessa, ja itse päiden teko tapahtui tietokoneohjatusti juuri tähän työhön suunnitellulla hiomakoneella telan ollessa vaakasennossa (Kuva 24). Alkuun karkeammassa työstössä käytettiin timanttihiontaa, pinnat viimeisteltiin hiomalla piikarbidi-laikalla. Tämä työvaihe kesti kokonaisuudessaan noin 150 tuntia eli kahdella vuorolla työskennellessä miltei kaksi viikkoa.

Päiden valmistuttua telakivi pakattiin ja se oli valmis lähetettäväksi eteenpäin kivitelan valmistajalle (Kansikuva). Kaiken kaikkiaan telakiven valmistus Kurussa vei aikaa 3-5 kuukautta.

5.4 Akselin asennus

Paperikonetehtaalla telakiveen asennettiin teräsakseli (Valmet 1985) tai vetotankoja (Voith 1987). Akseli oli kontaktissa kivivaippaan vain päätylevyjen välityksellä. Täyteenä akselin ja kivivaipan välissä värähtelyjä vaimentamassa käytettiin aiemmin betonia (Ahtiainen 1974), mutta rakenteesta johtuneet suuret termiset jännitykset aiheuttivat graniittitelojen rikkoutumisia etenkin höyrylaatikkoa käytettäessä. Niinpä sittemmin täyteenä käytettiin lähes yksinomaan polyuretaania, ja eräät kivitelat valmistettiin ilman mitään täytettä (Nellbron 1988).



Kuva 23. TELA-aihion katkaisu vaijerisahalla sopivan mittaiseksi. Kuva: Roger Aapola.
Figure 23. Cutting of the roll with wire saw. Photo: Roger Aapola.

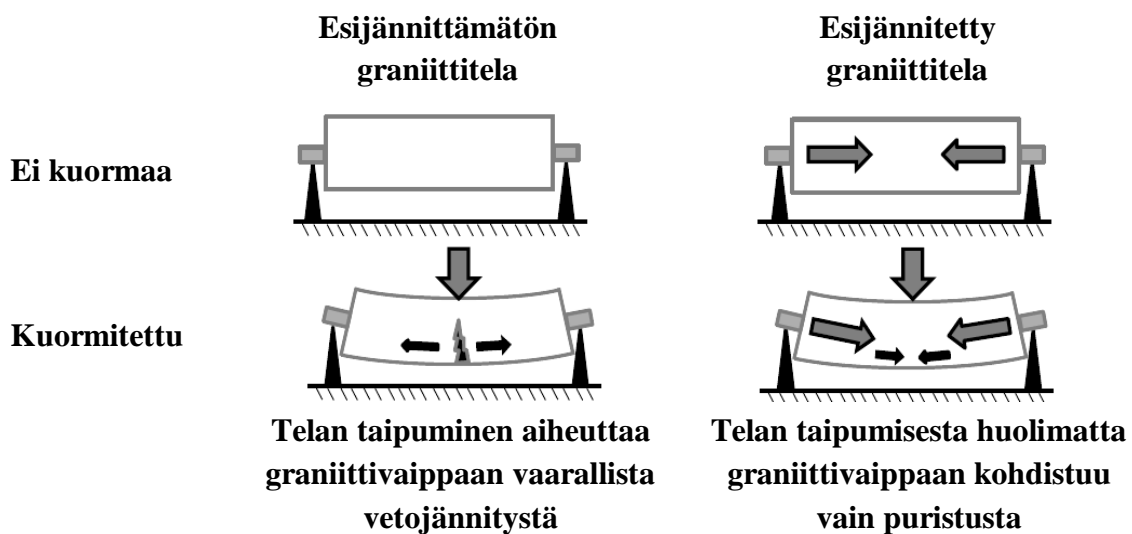


Kuva 24. Graniittitelan päiden työstöön käytettiin tietokoneohjattua hiomakonetta. Kuva: Arto Peltola.
Figure 24. The ends of the roll were shaped with an automatic grinding machine. Photo: Arto Peltola.

5.5 Graniittivaipan esijännitys

Graniitin vetolujuus on pieni verrattuna sen puristuslujuuteen (Taulukko 2). Jotta estettäisiin telan oman massan ja puristusnipin vii-

vakuormituksen vaikutuksesta kiveen kohdistuva vaarallinen vetokuormitus, esijännitettiin kaikki suuret kivitelat akselin suuntaisesti puristavalla voimalla (Nellbron 1988, Väisänen 2005) (Kuva 25).



Kuva 25. Graniittitelan esijännitys. Piirros: Arto Peltola.
Figure 25. Pre-compression of a granite roll. Design: Arto Peltola.

Keskiakselin tai vetotankojen avulla telan päätylevyjen välissä olevaa kivivaippaa puristettiin pituussuunnassa (4-5 MPa). Tämä tapahtui kuumentamalla akseli noin 200 asteen lämpötilaan joko johtamalla akselin läpi sähkövirta tai kuuma öljykierto. Akselin kuumennuksen jälkeen päätylevyt sidottiin akseliin kutistusliitoksilla. Akselin jäähtyessä se kutistui suhteessa graniittivaippaan puristaen sitä päätylevyjen välityksellä (Ahtiainen 1974). Kivitelan käytön turvallisuuden kannalta oli tärkeää, että tämä puristus säilyi telan koko käyttöiän (Nellbron 1988).

Graniittivaipan esijännitys akselia vastaan kohtisuorassa suunnassa ei ollut teknisesti toteutettavissa, joten nopea muutos graniittitelan pintalämpötilassa saattoi aiheuttaa graniittivaipassa vetojännityksiä (Watanabe ym. 1990, Lehtonen 1991).

5.6 Tasapainotus ja hionta

Telan tasapainotus ja hionta olivat viimeisinä työvaiheina.

Tasapainotus oli tehtävä erityisellä huolella, jotta kymmeniä tonneja painava tela pyörisi tasaisesti ja värinättömästi suurillakin käyntinopeuksilla. Jos telan halkaisija on 1,6 metriä ja paperin tuotantonopeus 1200 m/min (noin 70 km/h) pyörii tela noin 240 kierrosta

6 KORVAAVAT MATERIAALIT

Paperin tuotantonopeuden nostaminen yli 1200 m/min ja viimeistään vuoden 1987 kivitelataturmat pakottivat etsimään kiveä paremmin käyttäytyviä ja lujempia materiaaleja puristinteloihin (Nellbron 1988, Lehtonen 1991, Rämänen 2004, Nykänen & Paulapuro 2005). Uusista materiaaleista valmistetuissa keskiteloissa pyritään yhdistämään graniitin hyvät ominaisuudet käytön turvallisuuden myös onnettomuustilanteissa. Graniitin korvaaminen synteettisellä materiaalilla on ainoa turvallinen vaihtoehto nopeissa paperikoneissa. Keskitelat valmistetaan pinnoittamalla teräs- tai valurautarunko mm. keraamilla, epoksilla tai kumilla (Rämänen 2004, Lintula 2007a, 2007b). Polymeeripoh-

minuutissa. Tasapainotuksessa käytettävät vastapainot olivat yleensä lyijyä sijoitettuna päätylevyihin porattuihin reikiin (Väisänen 2005).

Uuden telakiven pinnasta hiottiin telahiomakoneella 6-10 mm sahauksen mahdollisesti vaurioittaman pintakerroksen poistamiseksi. Tällöin kivistä saattoi tulla esiin särö, jota ei aikaisemmin oltu havaittu kiven pinnalta. Tällaiset "kuivat pistot", eli kiven sisällä olevat pintaan ulottumattomat halkeamat, olivat erityisen ongelmallisia kiven vikoja ja vaikeita havaita kiven pinnalta (vrt. Luku 2.3). Mikäli särö ei ollut suuri, hiontaa jatkettiin, kunnes se oli saatu kokonaan poistettua. Syväälle ulottuvat säröt johtivat telakiven hylkäämiseen ja lähettämiseen takaisin kiven toimittajalle Kuruun, joka sai sen varastoonsa odottamaan pienemmän telakiven tilausta (sahaus valssitornissa pienemmäksi ja katkaisu kuten edellä). Telat bombeerattiin eli niiden halkaisija keskeltä oli suurempi kuin päistä (esim. 0,87 mm). Bombeerauksella kompensoitiin telan taipuma ja aikaan saatiin tasainen puristus koko telan pituudelta.

Lopuksi tela vielä hiottiin kiiltoon asti, esimerkiksi Valmet Oy kiillotti graniittitelan pintakarheuteen $Ra \leq 1,6\mu\text{m}$ (Ra on profiilin keskipoikkeama) (Valmet 1985).

jaisissa pinnoitteissa graniitin pintaominaisuuksia pyritään jäljittelemään esim. sekoittamalla muoviin tai kovakumiin hienojakoista kvartsia ja maasälpää, mutta näissä pinnoitteissa on ollut ongelmia kulutuskestävyydessä.

Vuonna 1991 Valmet Oy valmisti ensimmäisen keraamipinnoitetun ValRok-keskitelan (Nykänen & Paulapuro 2005). Graniittiakin kulutuskestävämpi keraamipinnoite tehdään teräsrungolle termisellä ruiskutuksella. Uuden keraamipinnoitteen paksuus on alle 1 mm (Voith Paper 2006, Metso Paper 2006), joten kuluneen tai vaurioituneen keraamitelan kunnostus hiomalla on rajoitettua kuin graniittitelan.

Keraamilla pystytään imitoimaan kiven pintaominaisuuksia erittäin hyvin ja vain poikkeustapauksissa graniittitelan korvaaminen keraamitelalla ei onnistu. Graniittiteloja käytetään yhä joissakin erikoishienopaperikoneissa, esim. savukepaperin valmistuksessa, jossa rainan mahdollisimman hyvä irtoavuus keskitelasta on paperikoneen nopeutta tärkeämpää (Toivo Hänninen, suull. 2012). Graniittitelan paras ominaisuus on rainan tasainen irtoaminen kiven pinnasta paperi-

7 LOPUKSI

Näsi Granit Oy:llä olisi ollut aikanaan resursseja tehdä 60-70 telakiveä vuodessa, mutta kysynnän vähentyessä markkinoille tulleiden uusien telamateriaalien johdosta se tuotti vain noin 30 valssikiveä vuonna 1993. Kolmella vuorolla telanteko olisi työllistänyt jopa 30 miestä, mutta vuonna 1993 töissä oli alle 10 kivimestä kahdessa vuorossa. Kysynnän hiipuessa viimeiset telakivet valmistettiin Kurussa kesällä 2008. Valmet Oy valmisti puolestaan viimeiset graniittitelat vuonna 1996 eikä Valmet Oy:n seuraaja

8 KIITOKSET

Kiitokset tiedoista seuraaville henkilöille (tämä julkaisu): Toivo Hänninen, Osmo Härkönen ja Tapio Kuronen (Metso Paper Rautpohja); Alpo Heikkilä ja Pertti Varjola (Stora Enso, Anjalan paperitehdas); Risto Pollari (Geo-Work Oy, Vääksy); Carlo Kirsch (Rock of Ages, Barre, Vermont, USA); Tapio Iso-Mustajärvi (Savitaipaleen kunta); Eero Vainikka (Sorvikivi Oy, Savitaipale); Jarno Virmasuo (Interrock Oy, Eurajoki).

laadusta riippumatta. Yleisesti voidaan sanoa, että kivitela toimii yhä erittäin hyvin, kunhan paperikone ei ole sille ”liian nopea”: tällöin paperikoneessa ei tarvita höyrylaatikkoa ja puristimen viivakuormat voidaan pitää kohtuullisina.

Rock of Ages -yhtiö valmistaa edelleen USA:n Vermontissa Barren graniittista yksittäisiä telakiviä tai valmiita graniittiteloja tilauksesta tarpeen mukaan (Carlo Kirsch, suull. 2012) (Liite 3).

Metso Paper toimii graniittiteloja enää edes pyynnöstä (Nykänen & Paulapuro 2005). Lähes kaikissa paperikoneissa maailmalla käytetään nykyisin graniittitelojen tilalla synteettisiä keskiteloja. Syynä on tekniikan kehittyminen: uusiin paperikoneisiin tarvitaan parempia ja turvallisempia puristimia, eivätkä luonnonkiven ominaisuudet enää riitä. Maailmalla käytettävien graniittitelojen määrä vähenee sitä mukaa kun vanhoja paperikoneita puretaan ja graniittiteloja korvataan synteettisillä keskiteloilla.

Peltolan (1993, 1996) selvitykset: Matti Hakala (Näsi Granit Oy, Kuru); Kyösti Uuttana (Valmet Paperikoneet Oy, Rautpohja).

Lisäksi kiitämme Heikki Piristä ja Hannu Luodesta (GTK, Kuopio) teknisestä avusta, Kirsti Keskisaarta (GTK, Espoo) kartanmuokkauksesta sekä Prof. Carl Ehlersiä (ÅA, Turku) englanninkielen tarkastuksesta. Lopuksi kiitämme Kiviteollisuusliitto ry:tä tämän kirjoituksen julkaisumahdollisuudesta.

9 LÄHDEKIRJALLISUUS

Ahtiainen, J. 1974. Tutkimus kiviteloihin käytettyjen graniittien ominaisuuksista. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto. Espoo.

Aurola, E. 1967. Kurun alueen rakennuskivet. Geologinen tutkimuslaitos, Geoteknillisiä julkaisuja n:o 71. 64 s. + 5 liitettä.

Butterfield, W. 1993. Evolution of composite covers for release rolls in the press section. *Tappi Journal* No.4, Vol 76, s. 117-124.

Finstone 2012. Suomalaiset luonnonkivet. [Viitattu 18.10.2012]. Saatavissa www.finstone.fi/natural_stones/gallery/

Fraser, W.H. & Lee, C.H. 2000. Aberdeen 1800-2000: A New History. Tuckwell Press. 524 s.

Haidenthaler, K., Gamsjager, W. & Reichel W. 1990. Is der Naturstein Granit als Walzenbezug in der Papierindustrie noch erforderlich? Summary: Are granite rolls still needed in the paper machine? *Das Papier* 10A, V143-V155.

Harris, G. 1888. Granites and our granite industry. C. Lockwood and son. 142 s.

Horowitz, R. 1998. His and Hers: Gender, Consumption, and Technology. The University Press of Virginia. 240 s.

Häggbloom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2001. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus II. Toinen painos. Opetushallitus. 290 s.

Härmä, P., Karttunen, K., Nurmi, H., Nyholm, T., Sipilä, P. & Vuokko, J. 2006. Pirkanmaan rakennuskivivarojen inventointi vuosina 2001-2005. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, KA 33/2006/1. 24 s. + 153 liitettä.

Jaakkola, J. 1985. Kivi on pehmeä asia. *Talouselämä* 29, 38-41.

Kastinen, J. 1995. Porauksen teoria ja käytäntö. Julkaisussa: Söderholm, Bengt ja Mononen, Sakari (toim.) *Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen*. Jatkokoulutusjulkaisu TTK-IGE B19,

Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kalliotekniikanlaitos, Insinööргеologian ja geofysiikan laboratorio, Espoo, 129-142.

Kiiskinen, H. 1992. Paperikoneen kivitelojen rakennevikojen tarkastus IR-lämpökamera-tekniikalla. Työsuojelurahasto, tutkimusyhteenveto 90212. 3 s.

Kylkilahti, P. 1989. Näsijärven seudun kiviteollisuus 1800-luvun jälkipuoliskolta 1980-luvulle. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Suomen historian laitos. Jyväskylä.

Laitinen, E. 1992. Kurun historia 1919-1985. Vanhan Ruoveden historia 111:52. Jyväskylä: Gummerus. 584 s.

Lehtonen, P. 1991. Keskitelapinnoitteet. Julkaisussa: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 61-91, III. 13 s + 2 liitettä.

Lintula, T.S. 2007a. Pinnoitteet ja niiden käyttö paperikoneiden teloissa. Osa 1. Telat ja pinnoite-tyypit. *Kunnossapito* 4, 28-31.

Lintula, T.S. 2007b. Pinnoitteet ja niiden käyttö paperikoneiden teloissa. Osa 2. Tarpeet käytölle - vaatimusprofiili. *Kunnossapito* 5, 52-55.

Metso Paper 2006. Metso Paper's ceramic coatings - Adding a new dimension to runnability. [Viitattu 29.10.2012]. PDF-esite, saatavissa www.metsopaper.com

Mononen, S. 2005. Jännitystilän huomioon ottaminen rakennuskiven louhinnassa. Summary: The influence of rock stress on dimension stone quarrying. *Lisensiaatintyö*. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, Kalliorakentamisen laboratorio. Espoo.

Nellbron, O. 1988. Paperikoneiden kivitelojen turvallisuus. Ruotsin työsuojeluhallituksen muistio 1988-09-14. 9 s.

Nironen, M. 2003. Keski-Suomen granitoidikompleksi. Karttaselitys. Summary: Central Finland Granitoid Complex – Explanation to a map. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 157. 45 s.

Nykanen, P. & Paulapuro, H. 2005. Telan ympäri. Vuosisata suomalaista paperikone- ja paperin-

valmistustekniikkaa. Suomen Paperi-insinöörien yhdistys, Helsinki. 316 s.

Nyman, R. 2007. Geological, geophysical, and structural features of the Kuru batholith. MSc thesis, Åbo Akademi University, Department of geology and mineralogy, Turku, Finland.

Peltola, A. 1993. Kivitelat. Turun yliopisto, geologian laitos. Arto Peltolan yksityisarkisto/Geologian tutkimuskeskuksen kirjasto, Kuopio.

Peltola, A. 1996. Paperikoneiden kiviteloista ja teloiksi soveltuviin kivilajien ja esiintymien geologiasta. Turun yliopisto, geologian laitos. Arto Peltolan yksityisarkisto/Geologian tutkimuskeskuksen kirjasto, Kuopio.

Pèrez, K. 2009. Deformation and Failure of Hard Rock Under Laboratory and Field Conditions. Licentiate thesis. Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Mining and Geotechnical Engineering. Luleå University of Technology.

Rämänen, R. 2004. Keskitela – paperikoneen sielu ja sydän. Kunnossapito 4, 22-27.

Selonen, O. 2010. Suomalaiset luonnonkivimateriaalit. Tekninen tiedote nro 2. Toinen painos. Kiviteollisuusliitto ry. Helsinki. 26 s.

Selonen, O., Ehlers, C., Härmä, P. & Nyman, R. 2012. Natural stone deposits in an assemblage of subhorizontal intrusions - The Kuru granite batholith. Bulletin of the Geological Society of Finland 84, 167-174.

Söderholm, B. 1995. Kivilajit ja rakennuskivet.

Julkaisussa: Söderholm, Bengt ja Mononen, Sakari (toim.) Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen. Jatkokoulutusjulkaisu TTK-IGE B19, Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kallio-tekniikanlaitos, Insinööri- ja geofysiikan laboratorio. Espoo, 45-62.

Tampella 1949. Tampella tänään, no 5-7, 8.

Tampella 1969. Kurun kiveä vientiin. Tampella tänään, no 2, 54-55.

Tappi 2008. Granite roll material and surface requirements. Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI), technical committee. TIP-0404-41. 4 s.

The Mineral Industry 1914. Production of Carborundum in the United States, 9.

The Practical Mechanic's Journal 1862. Granite quarrying and polishing. November, 222.

Valmet 1985. Valmet granite rolls. Graniittitelaesite. 4 s.

Voith 1987. Tensirod granite rolls. Graniittitelaesite. 6 s.

Voith Paper 2006. TerraSpeed – the new generation of ceramic coatings for press rolls. Together 22, 68-71.

Väisänen, P. 2005. Telanpesulaitteen suunnittelu. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, teollisuustuotannon sektori. Tampere.

Watanabe, A., Parisian, J. & Van Doren, S. 1990. Granite roll replacement. 1990 Papermakers Conference, s. 87-91.

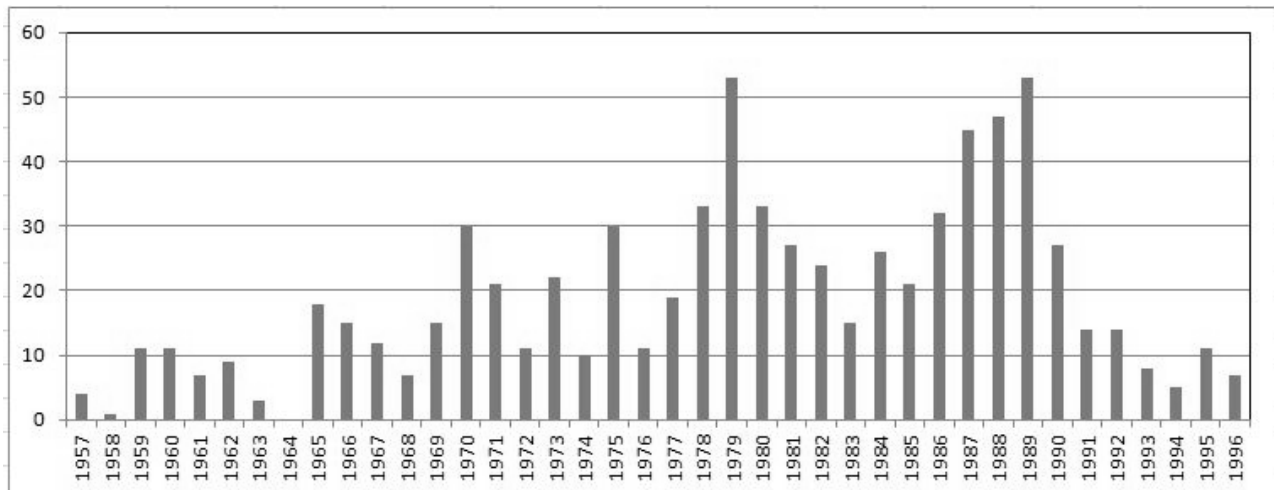
LIITE 1. Taulukot

Plagioklaasi	32,56	Amfiboli	0,15
Kvartsi	31,03	Magnetiitti	0,11
Kalimaasälpä	30,76	Ilmeniitti	0,02
Biotiitti	3,48	Kalsiitti	0,02
Muskoviitti	1,25	Titaniitti	0,01
Kloriitti	0,43	Fluoriitti	0,01
Epidootti	0,16	Kaoliniitti	0,01
		Yht.	100,0

Taulukko 1. Kurun harmaan graniitin mineraalikoostumus EN-12407:n mukaisesti. Lähde: GTK.
Table 1. The mineral composition of the Kuru grey granite. According to EN-12407. Source: GTK.

EN-1936	Tiheys	2630 kg/m ³
EN-13755	Vedenimukyky	0,15 %
EN-1926	Puristuslujuus	225 Mpa
EN-12372	Taivutusmurtolujuus	18,6 Mpa
EN-14157	Kulutuskestävyys	18 mm
EN-12371	Pakkasen kestävyys, taivutusmurtolujuuden muutos	+8,6 %
EN-13364	Tapinreiän murtolujuus	3450 N

Taulukko 2. Kurun harmaan graniitin keskeiset tekniset ominaisuudet. Lähde: GTK.
Table 2. The main technical properties of the Kuru grey granite. Source: GTK.



Taulukko 3. Valmet Oy:n valmistamat graniittitelat 1957-1996. Lähde: Osmo Härkönen, Metso Paper.
Table 3. The number of granite rolls manufactured by the Valmet Oy company during 1957-1996. Source: Osmo Härkönen, Metso Paper.

LIITE 2. Graniittitelojen käyttö ja valmistus 1800-luvulla

Graniittiteloilla oli pitkä historia mm. elintarviketeollisuudessa ennen niiden tuloa paperikoneisiin. Esimerkiksi teollisessa suklaanvalmistuksessa sokerin ja kaakaomassan jauhamiseen ja sekoittamiseen käytettiin Philippe Suchardin vuonna 1826 kehittämää melangeur-jauhinta (Horowitz 1998), jossa on kaksi pyörivää 100-200 kg painavaa graniittitelaä tasaisella graniittialustalla. Graniittiteloille haettiin jo varhain korvaavia vaihtoehtoja, sillä Joseph Baker & Sons alkoi vuonna 1904 käyttää uusissa suklaan valmistukseen tarkoitetuissa jauhimissaan terästeloja perinteisten graniittitelojen sijaan.

Skotlannin Aberdeenissa (*”the granite city”*) kivityömies Alexander MacDonald (1794-1860) alkoi kehittää menetelmiä graniitin kiillotukseen ensimmäisenä muinaisten egyptiläisten jälkeen nähtyään vuonna 1829 egyptiläisten kiillottamaa graniittia British Museumissa. Aluksi kiillotus oli käsityötä, mutta myöhemmin työ koneellistettiin. Alexander MacDonaldin yhtiö oli 1850-luvulle saakka ainoa maailmassa, joka valmisti kaupallisesti kiillotettuja graniittipatsaita ja kiillotti graniittia mm. rakennuksiin ja muistomerkkeihin.

Graniitin sahaus ja karkea hionta oli vielä 1860-luvulla äärimmäisen hidasta, sillä työkalut olivat terästä tai valurautaa ja hioma-aineena käytettiin kvartsihiekkää ja vettä. Höyrykoneen (40 hv) käyttämä edestakaisin liikkuva yksiteräinen kivisaha sahasi isoa graniittilohkarettä tuuman työpäivän aikana (2,5 cm/10 h), ja moniteräisen raamisahan sahausnopeus graniitilla oli kahdeksasosa tuumaa työpäivässä (3 mm/10 h). Graniittipylväiden pyöritys tehtiin yhä käsityönä hakkaamalla, mutta hionta ja kiillotus oli koneellistettu höyrykoneen pyörittämällä sorvilla. Karkeaan hiontaan käytettiin kvartsihiekkää, jonka jälkeen hiontaa jatkettiin smirgelillä (epäpuhdasta korundia) jolla saatiin graniittiin jo hieman kiiltoakin, ja lopullinen kiillotus tehtiin tinaoksidilla (*The Practical Mechanic’s Journal* 1862).

1880-luvulla graniitin sahaus ja karkea hionta nopeutuivat erittäin paljon, kun hionta-aineena aiemmin käytetty kvartsihiekkä vaihdettiin graniitin sahaamista varten kehitettyyn teräshiekkaan (*steel shot*) (Kuva). Kun suuren graniittiblokin sahaaminen kvartsihiekalla oli aiemmin vienyt kuukausia, voitiin teräshiekalla sama työ tehdä muutamassa päivässä. Tämä johti graniittisorvin kehittymiseen niin, että myös kiven pyöritys voitiin koneellistaa. Lohkareen kulmat poistettiin karkeasti käsityönä ennen kiven asettamista sorviin, ja sorvissa pyörivän graniittiaihion molemmiin puoliin oleville valuteräksestä valmistetuille kiekkomaisille, pyöriville terille syötettiin teräshiekkaa. Höyrykoneen pyörittämä graniittisorvi (*”steam-mason”*) korvasi jopa 15 kivityömiestä (*mason*) ja sillä voitiin valmistaa max. 5,4 m pitkiä ja Ø 80cm graniittipylväitä (Harris 1888).

Graniitin hionta ja kiillotus nopeutuivat, kun The Carborundum Company (USA) aloitti smirgelia kovemman ja tehokkaamman synteettisen hioma-aineen, piikarbidin (SiC), tuotannon (Kuva). Piikarbidia myytiin kauppanimellä carborundum, ja sen käyttö kasvoi räjähdysmäisesti: ensimmäisenä tuotantovuotena 1892 piikarbidia valmistettiin tonni, mutta vuoden 1900 tuotanto oli noussut jo yli tuhanteen tonniin (*The Mineral Industry* 1914).

Kun Schoeller vuonna 1897 jätti patenttihakemuksensa graniittintelan käytöstä paperikoneen puuristimella, niin tehokkaat hioma-aineet, työvälineet ja työmenetelmät suurten, kiillotettujen graniittitelojen valmistamiseksi olivat jo olemassa.



Kuva. Nämä hioma-aineet mullistivat graniittiteollisuuden 1800-luvun lopulla: teräshauleja vasemmalla, hauleista murskattua teräshiekkaa keskellä ja piikarbidijauhetta oikealla. Teräshiekan valmistus alkoi 1880-luvulla ja synteettisen piikarbidin (carborundum) teollinen valmistus alkoi 1892. Kuvassa Kurussa käytettyjä hioma-aineita. Mittakaavan lyhin viivaväli 1 mm. Kuva: Arto Peltola.

Figure. These abrasives developed the granite industry in the late 1900'th century: steel shots (left), steel grit (middle), and silicon carbide (carborundum) in 1892. Scale 1 mm. Photo: Arto Peltola.

LIITE 3. Graniittitelojen valmistus vuonna 2012

Rock of Agesin graniittitelan valmistusprosessi poikkeaa huomattavasti Kurussa kehitetyistä työmenetelmistä. Video Rock of Ages-graniittitelan valmistuksesta on toistaiseksi (12.12.2012) katsottavissa YouTubessa (Accu-Tensioned Granite Press Rolls by Rock of Ages). Videossa telakivivaihia sahataan vaijerisahalla 8-kulmaiseksi, jonka jälkeen sorvissa vaaka-asennossa pyörivän telakivivaihion kulmat sahataan kivisahalla ohuiksi levyiksi ja lohkotaan pois. Tämän karkean työstön jälkeen sorvissa vaaka-asennossa pyörivän telakiven pinta hiotaan sileäksi. Telan läpi porataan symmetrisesti jopa yli 30 reikää vetotankoja varten, ja valmis graniittitela on vetotankoja lukuun ottamatta umpikiveä.

LIITE 4. Kivitelamonumentteja

Kuva A. Kurun graniittitelan palasta valmistettu monumentti. Kuusankoski. Kuva: Olavi Selonen.
Figure A. A monument made from a slice of a Kuru granite roll. Kuusankoski, Finland. Photo: Olavi Selonen.

Kuva B. Vanha kivitela portinpylväänä Tampereella. Graniittitela on ollut Haarlan kirjekuoripaperikoneessa, joka oli valmistettu Birminghamissa 1930-luvulla. Paperikoneen tuotantonopeus oli 80 m/min ja se purettiin 1972. Kuva: Arto Peltola.

Figure B. An old roll as a port column in the city of Tampere, Finland. The roll and the paper machine were manufactured in Birmingham in the 1930's and imported to Finland. The paper machine was demolished in 1972. Photo: Arto Peltola.

Kuva C. Juuso Waldenin muistomerkki Kurun kiviteloista. Jämsä. Suunnittelija: Heikki Häiväoja, Johanna Häiväoja. Kuva: Olavi Selonen.

Figure C. Memorial of Juuso Walden (famous Finnish paper mill industrialist) made of Kuru granite rolls. Jämsä, Finland. Sculptor: Heikki Häiväoja, Johanna Häiväoja. Photo: Olavi Selonen.

Kuva D. Vanha Kurun graniittitela kohoaa Jämsän vt 9 kiertoliittymässä lähes kuin antiikin pylväs. Tela oli käytössä 1987-93 Kaipolan paperitehtaan PK6:lla. Pituus 12 m, halkaisija 1,6 m ja paino 54 tonnia. Tela pystytettiin 1998. Kuva: Paavo Härmä.

Figure D. An old Kuru granite roll stands almost like an antique column in a roundabout in Finland. The roll was in use in a Finnish paper factory 1987-93. Length 12 m, diameter 1.6 m, and weight 54 tons. The monument was erected in 1998. Jämsä, Finland. Photo: Paavo Härmä.

Kuva E. Kurun kivitelat porttina Sapokan Vesipuistoon Kotkassa. Kuva: Paavo Härmä.

Figure E. The gate to the Sapokka Water Garden in Kotka, Finland is made of Kuru granite rolls. Photo: Paavo Härmä.

Kuva F. Katariinan Meripuiston portti Kurun kiviteloista. Kotka. Kuva: Olavi Selonen.

Figure F. Kuru granite rolls form a gate to the Katariina Seaside Park. Kotka, Finland. Photo: Olavi Selonen.

Kuva G. Savitaipaleen portin kivitelat ovat Kurun harmaata graniittia. Telat on valmistanut Valmet Oy (Rautpohjan paperikonetehtas) ja ne olivat käytössä Anjalan paperitehtaan PK3:lla 1983-87. Graniittitelan pituus 9,8 m, halkaisija 1,6 m ja paino n. 60 tonnia. Portti pystytettiin 2007. Kuva Tapio Iso-Mustajärvi.

Figure G. The gate of the municipality of Savitaipale, Finland is made of Kuru granite rolls. The rolls are manufactured by the Valmet Oy company and were used in a Finnish paper factory 1983-87. Length 9.8 m, diameter 1.6 m, and weight approx. 60 tons. The gate was erected in 2007. Photo: Tapio Iso-Mustajärvi.





SUMMARY: Production of granite press rolls in Kuru, Finland

The use of granite as material for paper machine press rolls dates back to the late 1900th century when it was discovered that granite is a suitable material for the purpose. Granite has excellent sheet release properties when the paper web passes through the rolls in the press section of a paper machine. Initially, the stones for the rolls were quarried and manufactured in Scotland but due to heightened quality demands for the material they were later produced only in US (Barre) and Finland (Kuru).

The production of granite for press rolls commenced in Kuru in the 1930's but became a more active operation from 1960 when the first mill was raised there. At the height of the production, in the 1980's, 60-70 rolls were manufactured annually, which accounted for 55 % of the world production. Higher quality demands for paper machines, mainly regarding speed, gradually diminished the use of the granite rolls. The last granite rolls were produced in Kuru during the summer of 2008.

The Kuru grey granite shows a distinct grey colour, but has occasional colour differences, from grey and green to pinkish-red and red. The average grain size is 0.3-2 mm. The texture of the grey granite is generally very homogenous, even-grained, massive or weakly foliated. Potassium feldspar, quartz, and plagioclase are the main minerals. The grey granite is microscopically very sound, the only fractures are small micro cracks in quartz grains. The Kuru granite batholith is a layered intrusion composed of roughly subhorizontal intrusive sheets of grey granites followed upwards by a zone of red granite and topped by gabbros mingling with the red granite. The grey granite (Kuru Grey) is quarried from several quarries. The most prominent characteristics of the granite at the quarries is the well-developed sheeting. The spacing of the sheeting joints varies between 0.2 to 4 m. The spacing is more intense close to the outcrop surface and thickens downwards in topography. The vertical fractures are generally scarce with spacing of 1-10 m.

The good properties, the durability and good extractability, of the Kuru grey granite as material for the press rolls were defined by a combination of mineralogical factors: a silicate mineral composition with few soft minerals, absence of sulfides, fine grain size, microscopic soundness, and a general homogeneity, all together contributing to the high durability of the rock. The high homogeneity of the granite and the durability properties were equal in all directions in the stone. The fine grain size and the mineral composition with high quartz content gave the stone good ability to accept polishing. The well-developed sheeting at the quarry made it easy to extract suitable blocks for production of the rolls.

The production of the granite press rolls in Kuru was at that time developed into a highly specialized industrial process with several phases. The first stage in the production process was the quarrying of the stone block. The well-developed sheeting was utilized in extraction. The spacing of horizontal fractures determined the height of the block. The back side of the block was released by drilling and blasting, and the ends of the block by jet-flame burning. The splitting of the loosened block was done by drilling and wedging. The biggest blocks measured 1.8 x 1.8 x 10 m (100-120 tons). The quarried block was then transported to the mill. At the mill, the block was set in a vertical position for dressing. The outer surface of the roll was formed with a rotating cylindrical saw with the aid of steel abrasive and water. After finishing the outer surface, the hole for the axis was sawed half way through the roll. The roll was lifted out from the mill and the lower end of the roll was cut by drilling and wedging. Then the roll was turned around and the drilling of hole for the axis was finished. After this phase, the roll was a hollow cylindrical piece of stone, the ends of which had to be prepared according to the demands of the customer. The roll was first cut by wire saw, then the final preparation of the ends was done by a grinding machine, manufactured for this purpose, and equipped with diamond and silicon carbide tools. After these stages the roll was transported to the paper machine factory, where the steel axis was installed. At the factory, all the large rolls were pre-compressed in order to prevent tensile load along the long axis of the roll. The last phases of the production process included balancing and grinding of the roll. The grinding was done to the depth of 6-10 mm after which the surface was polished.