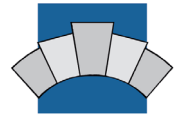




FINSTONE.FI



FINLANDS
STENINDUSTRI-
FÖRBUND RF



TILLVERKNING AV VALSSTENAR I KURU, FINLAND

ARTO PELTOLA, OLAVI SELONEN OCH PAAVO HÄRMÄ

TILLVERKNING AV VALSSTENAR I KURU, FINLAND

SUMMARY: Production of granite press rolls in Kuru, Finland

Arto Peltola
Åbo universitet
Institutionen för geografi och geologi
arto.peltola@utu.fi

Olavi Selonen
Åbo Akademi
Institutionen för naturvetenskaper
Geologi och mineralogi
olavi.selonen@abo.fi

Paavo Härmä
Geologiska forskningscentralen
Södra Finlands enhet
paavo.harma@gtk.fi

ISBN 978-951-97026-7-4

Ombrytning: Sonck-Koota (www.sonck-koota.fi)
Utgivare: Finlands Stenindustriförbund rf, PB 132, 00131 Helsingfors, 2014

Omslag: En packad och en opackad granitvals redo för export från Kuru. Foto: Näsi Granit Oy.
Front page: Granite rolls ready for export. Photo: Näsi Granit Oy.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	2
2	Granit som material för pappersmaskinsvalsar	2
2.1	Översikt av pappersmaskinen	2
2.2	Granit som material för pressvalsar	4
2.3	Strukturkontroll av stenvalsar	5
2.4	Kvalitetskrav på valsgranit	6
2.5	Valsgranitförekomster i världen	6
3	Kuru grå granit	7
4	Valsstenarnas tillverkningshistoria i Kuru	9
5	Tillverkningsprocessen för granitvalsar	11
5.1	Brytning	11
5.2	Sågning	12
5.3	Beredning av granitvalsarnas ändor	12
5.4	Installation av valsaxeln	18
5.5	Förspänning av granitvalsen	18
5.6	Balansering och slipning	19
6	Ersättande material	20
7	Till slut	20
8	Tack	21
9	Litteraturförteckning	22

Bilagor

BILAGA 1. Tabeller

BILAGA 2. Användning och tillverkning av granitvalsar under 1800-talet

BILAGA 3. Tillverkning av granitvalsar 2014

BILAGA 4. Stenvalsmonument

1 INLEDNING

Berggrunden i Kuru och i övriga Birkaland (central Finland) har under senare år undersökts ur många synvinklar: genom bergspänningsundersökningar (Mononen 2005), via prospektering av byggnadssten (Härmä et al. 2006), genom geologiska studier (Nyman 2007) och genom byggnadsstensgeologisk forskning (Selonen et al. 2012). Tidigare har speciellt Aurola (1967) gjort undersökningar i området. De nya undersökningarna har resulterat i ny kunskap såväl beträffande potentiella byggnadsstensprospekt som om Kuru-granitens geologi.

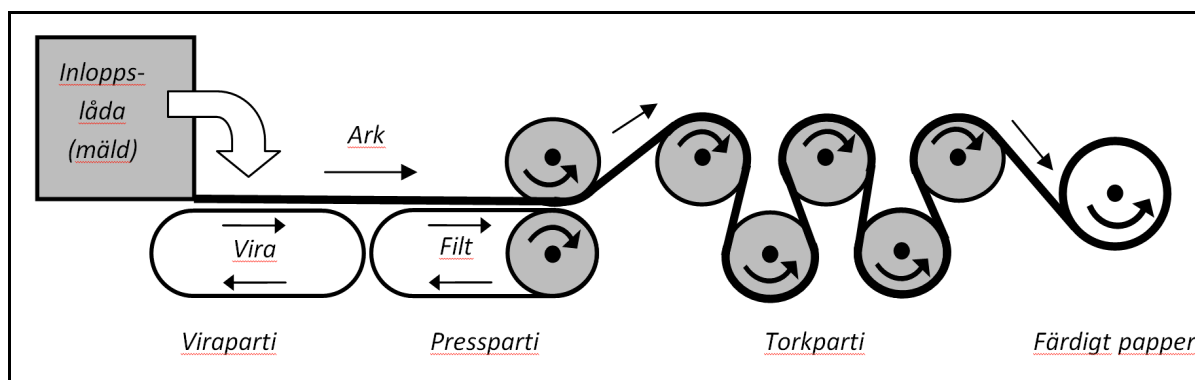
Den finländska stenindustrin har en lång tradition och en rik historia. Ett intressant skede är tiden då man från Kuru exporterade valsstenar till pappersmaskiner runtom i världen. Brytningen av valsgraniten påbörjades i Kuru under 1930-talet. Till en början tillverkades valsarna i Salo (sydvästra Finland), men från 1960 flyttades tillverkningen till Kuru. Stenbrottet i Kuru (Lörpys, Niemikylä) blev till slut det andra kända stenbrottet i världen, var det var möjligt att lösgöra tillräckligt stora och hela stenblock för tillverkningen av valsstenarna. Tillverkningen i Kuru utgick från en ny idé och utvecklades till en industriell process av hög kvalitet, där de olika stegen i arbetet fick sina egna specialiserade maskiner. Från 1980-talet ersattes naturstenen i pappersval-

sarna successivt av andra material och aktiviteterna i Kuru avstannade i slutet av det första årtiondet i 2000-talet. I denna artikel behandlar vi både tillverkningen av valsstenar i Kuru och materialet till dem: Kuru-graniten. Vi försöker utreda varför Kuru-graniten överhuvudtaget lämpar sig för tillverkningen av pappersmaskinvalsar, och varför användningen av granit senare måste överges. Tillverkningen i Salo behandlas inte i detta arbete. Uppsatsen bygger på Peltolas (1993, 1996) studier som nu har uppdaterats och kompletterats med ny information från de ovan nämnda undersökningarna.

2 GRANIT SOM MATERIAL FÖR PAPPERSMASKINSVALSAR

2.1 Översikt av pappersmaskinen

Med en pappersmaskin produceras papper från en mycket vattenhaltig (vatten ca 99 %) träfiberblandning (mäld) via tre successiva torkmetoder: filtrering (viraparti), pressning (pressparti) och avdunstning (torkparti) (Fig. 1). Mälden sprutas från pappersmaskinens inloppslåda som ett så jämnt skikt som möjligt på en av plasttrådar vävd duk (vira). Mälden avvattnas genom gravitation och sugning, vilket medför att ett ark formas från mälden (arkformning). Arkets torrhalt efter virapartiet är ca 20 % (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001).



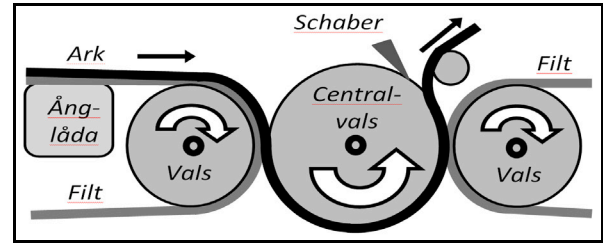
Figur 1. Principen för en pappersmaskin. Teckning: Arto Peltola.

Figure 1. Principle sketch of a paper machine. Design: Arto Peltola.

Arket leds från virapartiet till presspartiet (Fig. 1), i vilket arket färdas på en bädd av filt mellan två sammanpressade valsar (nyp), varvid vatten pressas från det våta arket in i den absorberande filten. Den vals som är i direkt kontakt med arket kallas för övre vals (Fig. 1) och i mer avancerade pressar med flera nyp i en och samma vals, för centralvals (Fig. 2). Arket får inte mera efter kompressionssteget röra vid den våta filten då skulle vatten sugas tillbaka till arket. Av detta skäl måste arket stanna kvar ett tag på den övre valsens (eller centralvalsens) vilken lyfter arket från filten. För tydlighetens skull använder vi framöver termen centralvals för pressens övre vals.

På centralvalsens är arket för första gången i direkt kontakt med valsens yta. Då arket frigörs från centralvalsens, förs det för första gången vidare fribärande, dvs. utan hjälp av viran eller filten. Arket måste lossa från centralvalsens med minsta möjliga dragning (kraft) för att inte sträckas ut eller brista. Vid tillverkning av fina papperstyper framhävs betydelsen av lossningsförmågan ytterligare ty för ju tunnare arket är desto mindre är dess draghållfasthet. På grund av dessa orsaker spelar centralvalsens en mycket viktig roll för den problemfria driften av en pappersmaskin. Enligt Rämänen (2004) är centralvalsens "hjärtat och själen i pappersmaskinen". Centralvalsens hålls ren genom att använda en "schaber", som skrapar bort pappersmassa som ännu häftar vid centralvalsens (Fig. 2).

Ökning av pappersmaskinens hastighet minskar arkets torrsubstansnivå men detta kan till en viss grad kompenseras genom att öka de linjära belastningarna i pressnypen. En linjebelastning är den kraft med vilken valsarna pressas ihop (t.ex. 100 kN/m), och graden av avvattning ökar exponentiellt i förhållande till linjebelastningen (Watanabe et al. 1990). På 1980-talet hade pappersmaskinernas hastighet redan stigit till över 1200 m/min, och för att ytterligare effektivisera presspartiets drift, introducerades en så kallad ånglåda (Fig. 2)



Figur 2. Principskiss av ett pressparti. Teckning: Arto Peltola.

Figure 2. Principle sketch of a press section. Design: Arto Peltola.

vars uppgift var att öka arkets temperatur före pressen (Nykänen & Paulapuro 2005). Ånglådans funktion är baserad på det faktum att med ökande temperatur vattnets viskositet minskar, och arket avvattnas lättare. Vanligen består presspartiet av 2-4 pressnyp i vilka arkets torrhalt ökar skede för skede. Beroende på pressens struktur och papperstyp, är torrhalten efter det sista nypet 40-55 % (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001).

I torkpartiet (Fig. 1) pressas arket mot uppvärmda stål- eller torkcylindrar varvid vattenånga avdunstar från pappersbanan; arket torkar så småningom och omvandlas till papper. Papprets torrhalt är då 90-97 %. Avdunstningen förbrukar mycket energi eftersom vattnets avdunstningstemperatur är 2260 kJ/kg. Att t.ex. producera ett ton tidningspapper, förbrukar 570 kWh elektricitet och 5,2 GJ värmeenergi, och den största delen av värmeenergin används just vid torkpartiet. När det gäller papprets produktionskostnader är det viktigt att arkets torrhalt, efter presspartiet kunde vara så hög som möjligt: en ökning med en procent i torrhalten hos arket vid presspartiets slut minskar torkpartiets energiförbrukning med fyra procent (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2001).

Bredden på en modern tryckpappersmaskin är 9-11 m, längden 100-200 m och hastigheten 1500-2000 m/min. Mäldens inmatning från inloppslådan till virapartiet i en stor maskin kan vara mer än 150 m³/min (Hägglom-Ahnger

& Komulainen 2001), i detta fall avvattnats arket vid virapartiet med en vattenvolym mer än 140 m³/min, vid presspartiet mer än 3,5 m³/min, och slutligen i torkpartiet förångas vatten mer än 2 m³/min.

Pappersmaskinens smidiga drift är ytterst viktig, kostnaden för ett produktionsstopp i en modern pappersmaskin räknas vara 8000-10 000 € per timme. Den årliga produktionen i en stor tidningspappersmaskin kan gå upp till 400 000 ton (Nykänen & Paulapuro 2005).

2.2 Granit som material för pressvalsar

År 1897 patenterade tysken Schoeller sin uppfinning om användning av granitvalsar i pappersmaskinens press, men p.g.a. den dyra licensavgiften blev granitvalsen vanligare först senare (Haidenthaler et al. 1990) (jfr. Bilaga 2). Graniten behöll sin position som det bästa pressvalsmaterialet ända till 1980-talet tack vare sina speciella egenskaper.

Pressens övre vals (centralvals) är belägen i presspartiet hos pappersmaskinen. För att arket skall lossa från den våta filten omedelbart efter pressnypet, måste det stanna kvar på valsen ett litet ögonblick (Fig. 2). Den polerade granitens ytegenskaper är just sådana, att arket både häftar vid valsens yta och lossar lätt och rent från ytan utan att brytas eller töjas. Detta beror på att granitens yta i mikroskala är oenhetlig: den består av mineral som har olika kristallin uppbyggnad och olika hydrofila egenskaper; därtill är ytan också lämpligt skrovlig. Diskontinuiteterna i ytan inverkar på variationerna i vattenskiktets tjocklek och på adhesionen mellan arket och granitvalsens yta, vilket leder till att arket lätt lossar från valsens yta (Haidenthaler et al. 1990, Lehtonen 1991). Förutom sina utmärkta ytegenskaper, är graniten mycket resistent mot kemisk korrosion och mot den mekaniska nötningen orsakad av schabern. Granit deformeras inte genom kompression och föråldras inte, och dess egenska-

per (t.ex. hårdhet) är oberoende av den rådande temperaturen (20-120°C) (Kiiskinen 1992).

När schaberbladet ständigt skrubbade på granitvalsens yta, kunde biotitflak lossna och en så kallad ”apelsinyta” bildas. Apelsinytan var mer porös och ojämnare än den polerade ytan, vilket ökade arkets vidhäftning och reducerade lossningsförmågan. På grund av detta normala slitage, måste granitvalsarna slipas 1-2 gånger om året med en valsslipsmaskin i samband med pappersmaskinens underhåll (Tappi 2008, Tapio Kuronen, muntligt 2012). Granitvalsens ytjämnhet och allmänna kondition var av stor betydelse för en väl fungerande pappersmaskin, och om ens en liten spricka observerades på valsytan, byttes valsen ut och uppgraderas. Om man exempelvis av någon anledning körde med en högre hastighet (högre linjebelastning), kunde detta leda till att kanterna på stenvalsen brast, men lokala ytdefekter kunde repareras. Det skadade stenmaterialet togs bort och det skadade området fylldes med en blandning av lim och sten, eller så limmades en ”stenlapp” tillverkad av valsgraniten in i det skadade avsnittet (Fig. 3). Efter reparationen slipades hela valsen med en valsslipsmaskin (Väisänen 2005).

Under förvaringen stöddes granitvalsen från ändorna. Den måste ständigt roteras, för att valsens egen vikt inte skulle orsaka en permanent avböjning av valsen. Efter flera dygns eller veckors körning kunde man i den noggrant polerade ytan hos en del stenvalsar iakttaga en svag, obestämd och lokal utbuktning (Väisänen 2005). Det var fråga om en småskalig deformation utan egentliga brott i stenen (jfr. Pérez 2009). Den orsakade dock obalans och oönskad vibration i pressen (Watanabe et al. 1990). Utbuktningen kunde ha orsakats av en asymmetrisk termisk expansion i materialet eller av en utlöst bergspänning i valsens granitmaterial (jfr. Kapitel 3). Även en 4-5 MPa förspänning av valsen kunde ha gett upphov till denna lokala utbuktning (jfr. Kapitel 5.5).



Figur 3. En stor ”stenlapp” i en reparerad stenvals. Sapokka Vattenpark. Kotka, sydöstra Finland. Foto: Olavi Selonen.

Figure 3. A repaired granite roll, Sapokka Water Garden. Kotka, southeastern Finland. Photo: Olavi Selonen.

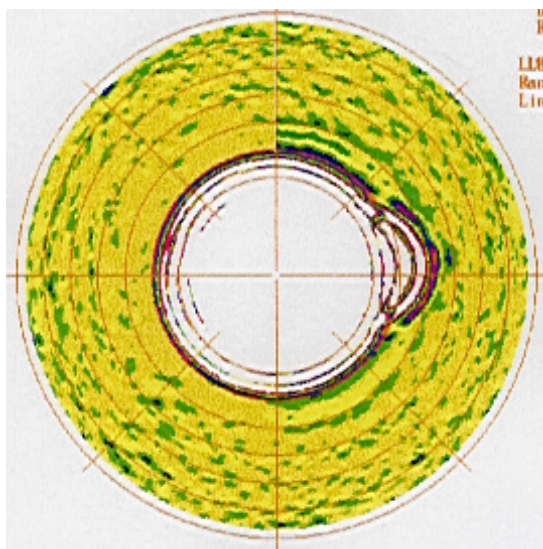
Normalt kunde granitvalsarna användas under en lång tid, t.o.m. tiotals år, om inte plötsliga och oväntade haverier inträffade. När pappersmaskinernas hastighet i mitten av 1980-talet ökade till mer än 1200 m/min, framkallade detta hållfasthetsproblem i granitvalsarna. Det främsta skälet var att användningen av ånglådan, vilket möjliggjorde ökningen i hastigheten, samtidigt höjde granitvalsens yttemperatur från 50 °C till 65 °C (Nykänen & Paulapuro 2005). Eftersom granitens värmeledningsförmåga är dålig, uppstod det en temperaturskillnad mellan valsytan och dess inre delar. Den termiska expansionen blev olik i olika delar av valsens, vilket i sin tur ledde till uppkomsten av ytterligare radiella spänningar. I vissa körsituationer gav användningen av ånglådan upphov till en värmechock i den av hastigheten och linjebelastningarna ansträngda

granitvalsens, vilket ledde till oönskade följder: en granitvalsexplosion orsakade stor förstörelse i Norske Skogs pappersbruk i Norge, och något senare (14.4.1987) inträffade en explosion i Hylte i Sverige, där en pappersarbetare dog (Nellbron 1988, Watanabe et al. 1990).

Man reagerade mycket snabbt på stenvalsolyckorna. Till exempel sattes ånglådan i Anjala pappersbruks PM 3 -maskin genast i användningsförbud. Därtill var man tvungen att tvätta granitvalsens och schabern med varmt vatten för att minimera risken för en termisk chock. På grund av användningsförbudet på ånglådan, kördes maskinen med en lägre hastighet resten av året. Under julunderhållet 1987 ersattes PM 3:s granitvals (Fig. G i Bilaga 4) med en hårdgummibelagd Dynarok-centralvals, vilket innebar att ånglådan återigen kunde tas i bruk och hastigheten höjas till den tidigare nivån. Dynarok-centralvalsens var den andra i sitt slag i Finland (Alpo Heikkilä, muntligt 2012), vilket visar att de syntetiska centralvalsarna fortfarande då var sällsynta vid papperstillverkningen. Anjala PM 3 stod färdig år 1983 och maskinen hade en konstruktionshastighet på 1400 m/min, vilket enligt dagens kunskap är för hög för en granitvals (Tapio Kuronen, muntligt 2012). Granitvalsens är säkert att använda om linjebelastningen är max. 150 kN/m, brukstemperaturen max. +60 °C (Butterfield 1993) och hastigheten max. 1000 m/min.

2.3 Strukturkontroll av stenvalsar

Olyckor med granitvalsar ökade behovet av att utveckla en tillförlitlig metod för att upptäcka eventuella strukturella defekter i stenvalsarna. Härvid provades ultraljud-, penetrant- och strålningsmetoder samt optisk holografi, men tolkningen av resultaten visade sig vara problematiska. Till exempel, med den infraröda värmekameran var det svårt att upptäcka de fel vars storlek var mindre än deras avstånd från ytan, och sambandet mellan de observerade felen och stenvalsens nedbrytningsrisk var



Figur 4. GRI (granite roll radar inspection) -metoden syftar till att detektera strukturella defekter inne i granitvalsens. Med en georadar skickas elektromagnetiska pulser in i valsens. Vågorna reflekteras tillbaka från mikrosprickor och andra diskontinuiteter i graniten. Metoden kan producera skiktbilder av valsens för bedömning av valsens helhet. I bilden ses cirkulära reflektioner i den högra delen av valsens, vilka antyder att det finns en inre spricka i stenen. Foto: 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.

praktiskt taget omöjligt att utreda (Kiiskinen 1992). Stenvalsarna undersöktes okulärt, erfarenheten hjälpte till att hitta även de små sprickorna på stenens yta. Granitvalsens yta måste kontrolleras minst efter varje filt- eller schaberbladskada.

I dag kan stenvalsens utvärdering göras på 2-4 timmar med GRI (granite roll radar inspection) -metoden. Metoden baserar sig på georadar och med den kan man få skiktbilder från stenvalsens inre delar (Fig. 4). En möjlig ökning i antalet av strukturella fel upptäcks ge-

nom att jämföra de nya bilderna med de gamla skiktbilderna. Metoden utvecklades år 1987 och ungefär 350 stenvalsar har undersökts med den (Risto Pollari, muntligt 2012).

2.4 Kvalitetskrav på valsgranit

Eftersom de största stenvalsarna kunde ha en längd på tio meter och en diameter på mer än en och en halv meter, kunde endast ovanligt intakta och homogena graniter komma i fråga. Även den minsta spricka gjorde stenen oanvändbar. Graniten skulle vara så hel och så fin- och jämnkornig som möjligt, och den skulle tåla hög belastning. Granitens egenskaper skulle därtill vara lika i alla riktningar. Lätt vittrade eller svaga mineral, såsom kiser och karbonater fick inte förekomma, inte heller lätt eroderade glimmerklustrar eller -flak (Aurola 1967).

Brytbarheten i granitförekomsten måste möjliggöra lösgöring av långa och relativt tunna block (Aurola 1967, Ahtiainen 1974). Den industriella produktionen satte även krav på förekomstens volym – för produktion av några enstaka stenvalsar var det inte lönsamt att grunda ett stembrott, eller att upprätta dyra tillverkningsanläggningar.

2.5 Valsgranitförekomster i världen

I tiderna bröts och vidareförädlades stenvalsarna i Skottland nära Aberdeen (Tappi 2008) bl.a. av Pittodrie Granite Turning Co under åren 1912-1970 (Fraser & Lee 2000). Men pappersmaskinerna utvecklades och valsarna blev längre och tjockare, vilket ledde till att tillräckligt stora block inte längre kunde brytas i områdets stembrott. Under 1970-talet bröts valsgraniten i Finland (Kuru), i Sverige (Bohusgranit i Hunnebostrand) och i USA (Barregraniten i Barre, Vermont) (Ahtiainen 1974). När kvalitetskraven på stenvalsarna ökade, var det slutligen endast på två ställen i världen där man hade en förekomst varifrån man kunde få tillräckligt högklassig och hel sten

för tillverkningen av granitvalsarna: i Kuru i Finland och i Barre i USA.

3 KURU GRÅ GRANIT

Berggrunden i Kuru-området tillhör det stora centralfinska granitoidkomplexet vars bergarter varierar från basiska mörka peridotiter och gabbror till sura grå och röda graniter. Grå granit (Fig. 5) förekommer i ett område på cirka 20 km² i den norra delen av sjön Näsijärvi i Vankavesi runt byarna Niemikylä och Kapee i Kuru (Nironen 2003) (Fig. 6).

Den grå graniten i Kuru är oriktad eller svagt riktad (Fig. 5). Den är vanligtvis jämnkornig och dess genomsnittliga kornstorlek är 0,3-2,0 mm (Aurola 1967). Kuru grå graniter är grå, blågrå, gråbruna eller ställvis rödaktiga eller grönaktiga till färgen. Den blåaktiga tonen beror på dess innehåll av blåaktig kvarts. I närheten av endel sprickor kan stenen bli rödaktig p.g.a. fältspatens järnoxidhalt. Huvudmineralen är plagioklas, kvarts och kalifältspat (Tabell 1 i Bilaga 1) (Aurola 1967, Nyman 2007). I ringa mängder påträffas bl.a. biotit, muskovit och klorit (Tabell 1 i Bilaga 1). Mineralen bildar en sammanflätad struktur (Fig. 7). Fältspat är vit och biotit kan ses som svarta fläckar på stenens yta (Fig. 6). Mikroskopiskt är stenen mycket hel, endast några enstaka mikrosprickor i kvartskornen påträffas (Aurola 1967, Nyman 2007). Granitens ålder är 1875 miljoner år (Nironen 2003).

I Kuru-området har man brutit granit sedan mitten av 1800-talet. I dag bryts grå granit i flera brott under varumärket "Kuru Grey". Typiskt för graniten är den mycket välutvecklade bankningen (horisontell uppsprickning). Avståndet mellan de horisontella sprickorna är 0,2-4 m; den vertikala uppsprickningen är gles, sprickavståndet är 1-10 m (Härmä et al. 2006). I stenbrotten observeras typiskt också en bergspänning som deformerar de undre delarna av de horisontella lagren (pallarna) i brottet och pressar ihop de under brytningen

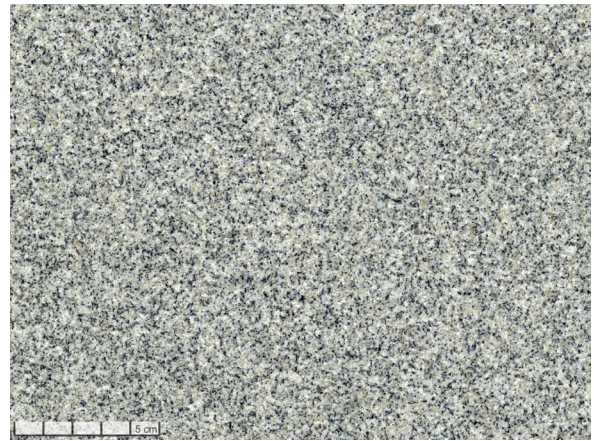


Figure 5. Kuru grå granit. Foto: Geologiska Forskningscentralen (GTK).

Figure 5. Kuru grey granite. Photo: Geological Survey of Finland (GTK).

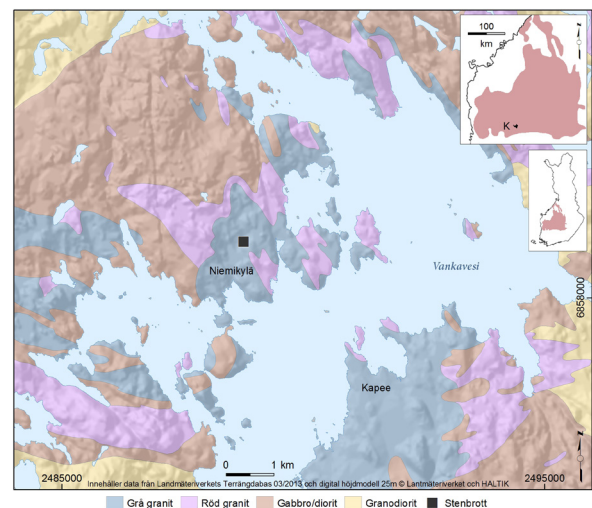
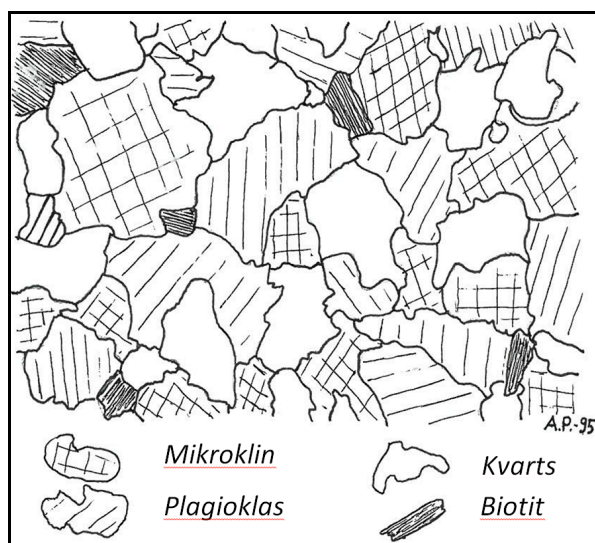


Figure 6. Geologisk karta över Kuru-området. Bokstaven K i det övre högra hörnet på den lilla kartan visar platsen för Kuru-området inom det centralfinska granitoidkomplexet. Lörpys-valsstensbrott markeras med en svart fyrkant. Ett topografiskt kartbotten. Enligt Aurola (1967) och Selonen et al. (2012).

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).



Figur 7. Mikrostruktur hos den grå graniten i Kuru - mineralkornen är sammanflätade. Teckningen är gjord efter en mikroskopbild av ett 30 µm tjockt mikroskopslip. Kornstorleken ca 1 mm. Teckning: Arto Peltola.

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

borrade hålen. Huvudriktningen på bergspänningen följer den för södra Finland typiska riktningen 110° (Mononen 2005). Geologiskt förekommer Kuru grå granit som en nästan horisontell intrusion i en lagerserie där den grå graniten ligger underst (i den blottade lagerföljden) uppåt följd av en rödbrun granit och en svart kvartsdiorit (Selonen et al. 2012).

Den grå Kuru-granitens framgång som material för valsframställning baserades på dess hållfasthetsegenskaper, mineralsammansättning, homogenitet och kornstorlek samt på dess goda brytbarhet. Kornstorleken och homogeniteten har ett tydligt samband: ju finkornigare och mer oorienterad stenen är desto mer hållbar är den (Söderholm 1995). Den granit som användes i tillverkningen av stenvalsarna var en av de finkornigaste bland de grå Kuru-graniterna. I mikroskala var den mycket hel och mineralstrukturen sammanflätad, vardera egenskaper som ökade granitens hållbarhet. Graniten var synnerligen homogen och oriktad

och sålunda var dess hållbarhetsegenskaper isotropa, dvs. oberoende av riktning och lika i alla riktningar. Graniten innehöll vid sidan av de hårda silikathuvudmineralen endast så ringa mängder mjuka mineral, att de inte hade någon som helst betydelse för stenens hårdhet. Dessa bildade inte sådana klustrar som kunde ha fått stenvalsen att spricka. Inte heller kis förekom i stenen. På grund av sin hårdhet och den fina kornstorleken hade stenen en bra polerbarhet, vilket var en viktig egenskap hos granitvalsens.

Kuru grå granit har en tryckhållfasthet som hör till de bästa i de graniter som produceras i Finland; även böjhållfastheten är bättre än genomsnittet (Selonen 2010, Finstone 2014) (Tabell 2 i Bilaga 1). Laboratorietester utförda av Ahtiainen (1974) visade att Kuru grå granitens tekniska egenskaper var bäst i världen jämfört med de andra valsgraniterna (Barre/Bohus). I laborietest rapporterade av Pérez (2009) trycktes ett prov av Kuru grå granit (Ø 42 mm x 105 mm) under ökande tryck varvid provets ändringar i längd och bredd noggrant mättes. Testen visar att granitens formförändringar under tryck mindre än 65 MPa utgörs av hoppresning av mikrosprickor, medan under intervallet 65-145 MPa graniten deformeras elastiskt. Under intervallet 145-215 MPa uppstår nya mikrosprickor och under intervallet 215-267 MPa ökar sprickbildningen vilken sedan skadar stenen permanent. Provet sprack vid 267 MPa (Pérez 2009).

Genom att Kuru grå granit är finkornigare och mera homogen än de andra bergarterna i området och att bergarterna ligger nästan horisontellt, har sannolikt inverkat på uppkomsten av den välutvecklade bankningen (Selonen et al. 2012). Dessutom har troligen trycklätnaden efter avsmältningen av den senaste istidens 3 km tjocka istäcke bidragit till utvecklingen av bankningen (Selonen et al. 2012). Vid brytningen kunde man utnyttja denna bankning som i bästa fall hade styckat berget i 1-2 meter tjocka och hela horisontala pallar. Tack vare



Figur 8. Tillverkning av valsstenar i Salo hos företaget Ab Granit i slutet av 1950-talet. Foto: 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.

den glesa vertikala uppsprickningen kunde man relativt lätt frigöra långa och relativt tunna bitar lämpliga för framställningen av stenvalsar. Graniten klövs bäst längs dess (svaga) mineralorientering (ståklov), vilket innebar att stenen kunde brytas med borring och kilning eller sprängning längs ståkloven (arbetsblockets längdriktning). I riktningen vinkelrät mot bankningen och ståkloven (tvärklov) spjälktes graniten inte rakt, varför jet bränning användes i den riktningen. Även om graniten var hård att borra behövdes anmärkningsvärt få bormeter ($10\text{-}20\text{ m/m}^3$) på grund av den goda klyvbarheten längs ståkloven (Kastinen 1995) vid brytningen och klyvningen. Sålunda var granitens brytningskostnader relativt låga.

4 VALSSTENARNAS TILLVERKNINGSHISTORIA I KURU

Kuru grå granit har brutits för tillverkningen av stenvalsar för pappersmaskiner sedan 1930-talet (Kylkilahti 1989). Tidigare transporterades halvfabrikaten till företagens Ab Granit fabrik i Salo där de i horisontellt läge svarvades till slutliga produkter (Fig. 8). "Tampella tänään"-tidningen från 1949 sammanfattar maskinverkstadens produktion under de fyra första krigsskadeståndsåren (övers.): "För pappersmaskiner har vi konsekvent levererat vår gamla specialitet, granitvalsar, allt som allt 70 stycken. Graniten för dessa valsar har främst kommit från stembrotten i Kuru. Bland dessa har funnits några mycket stora exemplar - den

största valsens diameter har varit 760 mm, längden 4900 mm och vikten ca 8 ton” (Tampella 1949).

År 1960 byggdes det första ”valstornet” i Kuru på initiativ av A.I. Auvinen (Näsin Kiviteollisuus), vilket gjorde att man kunde tillverka stenvalsarna på platsen (Kylkilahti 1989, Laitinen 1992). Råmaterialet erhöles från den närliggande Lörpys- (Tynnyrimäki) stenbrottet, där de horisontella pallarna av grå granit var exceptionellt tjocka samt hela, finkorniga och av jämn kvalitet. Auvinen utvecklade en metod där valsstenarna kunde sågas i vertikalt läge med en cylindersåg och stålsand. Citat från ”Tampella tänään” (1969) (övers.): ”Metoden påminner om en gammal kärnborrningsmetod, där med hjälp av ett runt rörliknande föremål slipas ett hål i stenen med hjälp av stålsand” (Tampella 1969). I och med att den första sågningen år 1960 lyckades, inledde Auvinen en regelbunden produktion av valsstenar.

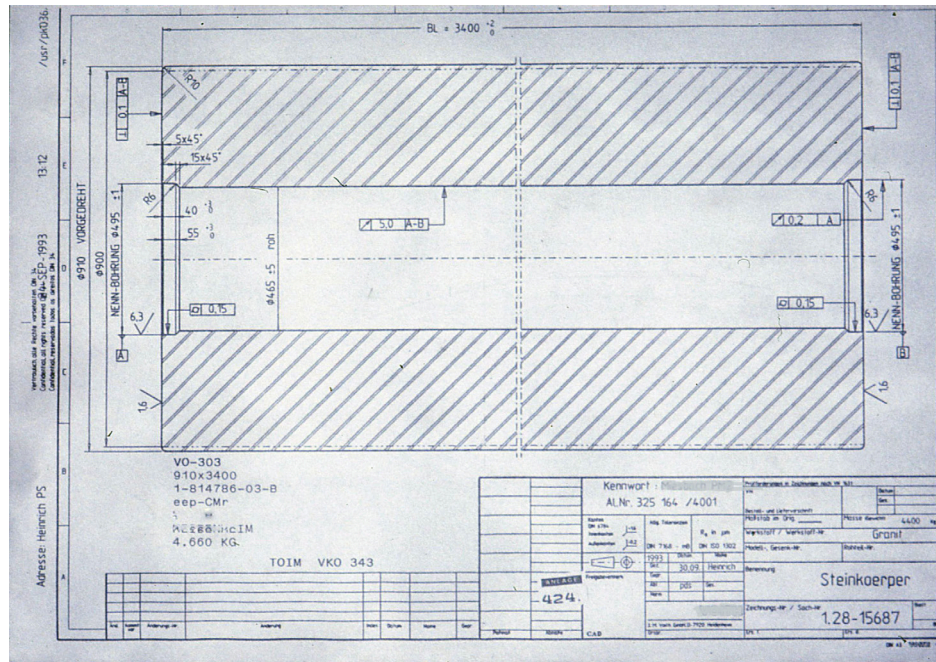
År 1969 var Finland, tack vare produktionen i Kuru, helt självförsörjande med avseende på valsstenar, och 65 % av tillverkningen gick på export. De viktigaste exportdestinationerna 1969 var Kanada, Storbritannien, Västtyskland och Italien. Den största av valsstenarna som producerades i Kuru under 1960-talet levererades till Kanada: valsstenens längd var 9700 mm, diameter 1300 mm och vikt ca 30 ton. Vid brytningen och utformningen av valsstensämnet användes jet bränning, vilket medförde att arbetet blev snabbare och mindre stenmaterial förbrukades (Tampella 1969). Vid ökad efterfråga, byggdes två större valstorn i Niemikylä åren 1967 och 1977 (Laitinen 1992).

Näsin Kiviteollisuus överfördes till Mancon Oy år 1979. Med kontinuerligt treskiftesarbete i tre produktionstorn gick produktionen upp till 60-70 valsstenar om året, vilka omsatte ca 7,5 miljoner finska mark under 1985 (Jaakkola 1985, Kylkilahti 1989). Under

1980-talet hade Mancon Oy 55 % av valsstensmarknaden i världen: exporten gick till USA, England, Västtyskland, Italien, Spanien, Sverige, Kanada och Japan (Jaakkola, 1985). Exportkunderna inkluderade amerikanska Beloit Corporation, Walmsleys i England, Voith i Västtyskland, Fennia i Kanada och Mitsubishi i Japan. Den största enskilda uppköparen var dock Valmet Oy:s Rautpohja-pappersfabrik som tillverkade granitvalsar även till andra pappersmaskinstillverkare. I Finland levererades valsstenar fortfarande också till Oy Tampella Ab. Den viktigaste konkurrenten utomlands för Mancon Oy var på den tiden företaget Rock of Ages (USA), som använde Barre-granit i sin valsstensproduktion.

Mancon Oy hamnade i konkurs i 1989. Efterträdaren Näsi Granit Oy både tillverkade valsstenar och exporterade naturstensblock till Japan och Korea för vidareförädling. Under 1990-talet minskade valsstensproduktionen, och utgjorde inte mera en tillräcklig bas för en lönsam företagsamhet, sålunda blev blockstensproduktionen ekonomiskt en mycket viktig del av företagets verksamhet under de följande åren. Under 2000-talets första årtionde producerades årligen endast små enstaka valsstenar. Dessa användes för att ersätta brutna stenvalsar i gamla pappersmaskiner. Näsi Granit Oy överfördes till Interrock Oy vid årsskiftet 2004-05 och tillverkningen av valsstenar upphörde helt år 2008 (Jarno Virmasuo, muntligt 2012).

Allt som allt tillverkades 1500-1600 valsstenar i Kuru. Den gyllene tiden för tillverkningen var åren 1970-1990 då Valmet Oy (Rautpohja) producerade som bäst tiotals granitvalsar om året för hela världen (Tabell 3 i Bilaga 1). De största granitvalsarna producerade av Valmet Oy Rautpohja (längden 9650 mm, diametern 1700, vikten ca 70 ton) tillverkades för pappersbruk i Zahrory och Port Hudson i USA (1985-88) (Osma Härkönen, muntligt 2012). De största valsstenarna kostade ca 300 000 finska mark under 1990-talet, och priset på



Figur 9. Arbetsritning över en stenvals. Foto: Arto Peltola.

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

de stora granitvalsarna med axlar och lager inkluderade, steg till en miljon mark. Den syntetiska centralvalsens som ersatte stenvalsen var något dyrare, men ökningen av pappersmaskinens hastighet och beläggingsmaterialens utveckling satt slutligen stopp för centralvalsarnas ”stenålder” (Tapio Kuronen, muntligt 2012).

5 TILLVERKNINGSPROCESSEN FÖR GRANITVALSAR

5.1 Brytning

Utgångspunkten för valsstenarnas dimensionering var pappersarkets bredd (Fig. 9). Med ökande längd, ökar böjningen av granitvalsens, men avböjningen får inte överskrida ett gränsvärde. Till exempel använde Valmet Oy:s Rautpohja-fabrik värdet 0,18 mm/m för den maximala avböjningen. Detta kunde nås genom att öka valsens diameter (Ahtiainen 1974).

Valsstenstillverkningens första arbetsstadium var brytningen av ämnet. Vid brytningen strä-

vade man naturligtvis till att få ut så stora och reguljära stenblock som möjligt. Den viktigaste faktorn var att stenen hade en intakt och homogen struktur. I brottet sökte man ett tillräckligt stort och sprickfritt parti varifrån den önskade storleken på ämnet kunde fås. Detta gjordes empiriskt, ty på den tiden fanns det inga metoder för identifiering av hårfina sprickor i berget (jfr. Kapitel 2.3).

Vid brytningen utnyttjades den välutvecklade bankningen (Fig. 10) och den riktning längs vilken graniten klövs bäst (huvudklov). På grund av att graniten var oftast oorienterad, var det ofta svårt att definiera riktningen på huvudklovet utan provbrytning. Riktningen på valsstensämnets längdaxel var lika med riktningen på huvudklovet (dvs. ståklöven). De horisontella sprickornas avstånd avgränsade höjden på brytningspallen och samtidigt den största möjliga tjockleken på arbetsblocken. Avståndet mellan sprickorna i bergets översta del var endast några tiotals centimeter medan djupare i brottet var det ca två meter. Denna pallhöjd var den naturliga gränsen för det maximala värdet på granitvalsens diameter.

Den största möjliga diametern på valsen blev då 1,8 m.

I brytningens första skede lösgjordes ett stort ”skytte” (t.ex. 1000 m³), vilket sedan delades nertill halvfabrikat eller ”ämnen” till valsstenar. Då man hade definierat ett parti i pallen varifrån ett tillräckligt stort och helt block kunde fås, måste ändorna av blocket först öppnas. Ty då den grå graniten inte klövs rakt i tvärklovens riktning utförde man detta arbetsskede med jet bränning (Fig. 11). Efter att ändorna hade öppnats, satt blockets bakre vägg dock fortfarande fast i berget. Blocket frigjordes genom borrar och sprängning med rörladdningar. Explosiva ämnen användes maximalt 40 till 60 g/m³, så att det inte av sprängningen skulle uppstå mikrosprickor inne i stenen. Oftast hade man en lämplig pallhöjd så att blocket kunde lösgöras längs bottenlag. Halvfabrikaten styckades från ”skytten” genom borrar och kilning. Det fanns alltid en risk att den bakre väggen klövs längs en konvex brottsyta vilket innebar att ämnet inte blev tillräckligt stort. Ämnet för de största valsarna mätte ca 1,8 x 1,8 x 10 meter och vägde 100-200 ton (Fig. 12). Två tunga mobilkranar behövdes för att få detta ämne på en lavettbil för transport till valstornet.

5.2 Sågning*

Valsstensämnet lyftes upp i valstornet (Fig. 13) och sattes i en vertikal position på millimetern med hjälp av lodlina. Först sågades valsens yttre yta (+ 10 mm marginal) med en cylindersåg och stålsand (Fig. 14 och 15). Vid sågningen användes båda typerna av stålsand (*steel abrasive*): både runda stålhagel (*steel shot*) som fungerade som kullager innan de gick sönder och vasskantad stålsand (*steel grid*) tillverkad av krossat hagel (se Fig. i Bilaga 2). Vattensköljning användes i arbetet.

* I Kuru kallades detta skede av arbetet allmänt för svarvning, trots att det tekniskt sett var främst fråga om sågning eller kärnbörning. Granitvalsar har även tillverkats med hjälp av svarvning (Bilagorna 2 och 3).

Den roterande cylindersågen var tillverkad av ett vanligt stålrör i vars ända man gjort skåror (Fig. 16). Under ett arbetsskift (8 timmar) framskred sågningen ungefär 70 cm. Sågningen av den yttre ytan av en 10 meter lång vals tog över två veckor med arbete i två skift. Hela sågningsoperationen varade ungefär tre veckor. Sågningen skulle övervakas hela tiden, det gick inte att lämna sågen i gång över natten utan övervakning. Vid sågningen uppnåddes en noggrannhet på ± 2 mm.

När den yttre ytan hade sågats nästan till den nedre ändan av ämnet, byttes till ett sågblad med mindre diameter och hålet för axeln sågades halvvägs genom ämnet. Efter detta lyftes stenen ut ur valstornet och botten kapades med borrar och kilning (Fig. 17-21).

Stenen vändes om och installerades in i tornet på nytt för att slutföra sågningen av det inre hålet. Hålet för axeln sågades således från två riktningar, hålen i mitten fick avvika högst en halv centimeter (Fig. 22). Marginalen i valsstenens längd var 60 cm ty ändan sprack lätt då man vände på stenen. Det hade inträffat att en stor valssten gått sönder just i en sådan omvändningssituation och förstört hundratals timmars arbete.

5.3 Beredning av granitvalsarnas ändor

Efter bearbetningen i tornet, var valsstenen en ihålig stencylinder vars ändor måste formas enligt ordern. Först skars valsstenen till sin rätta längd. I tiderna före man utvecklat ett specialiserat maskineri för ändamålet, hade ändorna skurits och färdigstälts med manuell huggning och med hjälp av svetsapparater. Senare sågades ändorna i en skild sågbyggnad med en vajersåg (Fig. 23) med en noggrannhet på en millimeter. Själva beredningen av ändorna skedde med en datorstyrd, för ändamålet byggd slipmaskin, valsen var då i en horisontell position (Fig. 24). I den grövre bearbetningen användes diamantslipning medan finslipningen skedde med kiselkarbidblad.



Figur 10. Stenbrottet i Lörpys, Niemikylä, Kuru. Foto: Näsi Granit Oy.
Figure 10. Granite roll quarry in Kuru, Finland. Photo: Näsi Granit Oy.



Figur 11. Jet bränning i sten, lågans temperatur ca 2500 °C. Metoden användes för att göra sömmar i kvartsrika bergarter, t.ex. vid öppnandet av pallens ändor. Sömmens bredd var 100-150 mm. På grund av den höga bullernivån och dammmissionerna används metoden inte längre. Foto: 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.



Figur 12. Valsstensämnet redo för sågning. Foto: Olavi Selonen.

Figure 12. A quarried block ready for dressing. Photo: Olavi Selonen.



Figur 13. Stenen lyftes upp till valstornet för sågning i vertikalt läge. Foto: Arto Peltola.

Figure 13. At the mill, the block was set in an upright position for dressing. Photo: Arto Peltola.



Figur 14. Den yttre ytan av valsen sågades med en roterande cylindersåg. Foto: Roger Aapola.

Figure 14. The outer surface of the roll was sawed with a rotating cylindrical saw. Photo: Roger Aapola.



Figur 15. Roteringsmekanismen för cylindersågen. Foto: Paavo Härmä.

Figure 15. Rotating mechanism of the cylindrical saw. Photo: Paavo Härmä.



Figur 16. Cylindersågen var gjord av ett stålrör med skåror i borrstycket. Foto: Paavo Härmä.

Figure 16. The cylindrical saw was made from a piece of steel tube. Photo: Paavo Härmä.



Figur 17. Den yttre diametern på valsstenen har sågats färdigt och det inre hålet halvvägs. Stenen lyfts från tornet för att vändas om. Foto: 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.



Figur 18. Styckning av valsens botten: hål borras för kilar. Foto: Arto Peltola.

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



Figur 19. Styckning av valsens botten: kilar slås ned. Foto: Arto Peltola.

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



Figur 20. Styckningen av valsens botten lyckades väl. Så var inte alltid fallet, därför inräknades en säkerhetsmarginal på 60 cm på valsens längd. Foto: Arto Peltola.

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



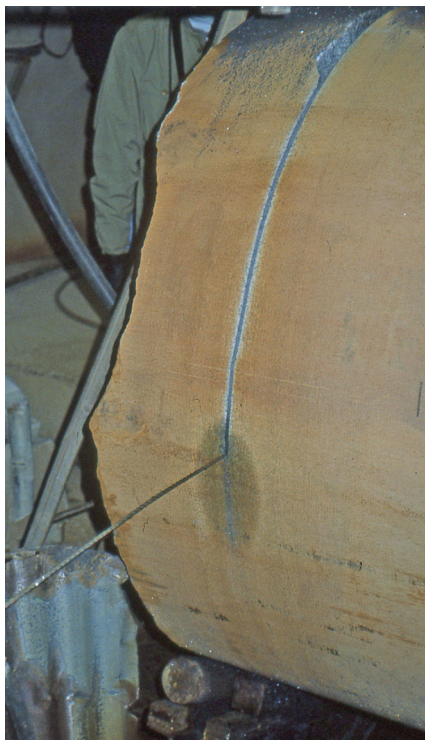
Figur 21. Innan den omvända stenen lyftes tillbaka till valstornet, borrades ett hål i den nedre delen av valsens, vilket centrerade valsens vid sågningen. Foto: Arto Peltola.

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.



Figur 22. Att döma av en kvarstående stenmantel, har axelsågningen lyckats väl. Sågningen fick missa borrhålet från andra sidan med högst en halv centimeter i mitten av valsens. Foto: Paavo Härmä.

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



Figur 23. Styckning av valsämnet till lämplig längd med hjälp av vadersåg. Foto: Roger Aapola.

Figure 23. Cutting of the roll with wire saw. Photo: Roger Aapola.



Figur 24. Granitvalsens ändor bearbetades med en datorstyrd slipmaskin. Foto: Arto Peltola.

Figure 24. The ends of the roll were shaped with an automatic grinding machine. Photo: Arto Peltola.

Detta arbetsskede varade i sin helhet ca 150 timmar dvs. nästan två veckors arbete i två skift.

Sedan valsstenens ändor färdigstälts, packades den och var därmed redo för transport till stenvalstillverkaren (Omslagsbild). Allt som allt tog det 3-5 månader att tillverka en valssten i Kuru.

5.4 Installation av valsaxeln

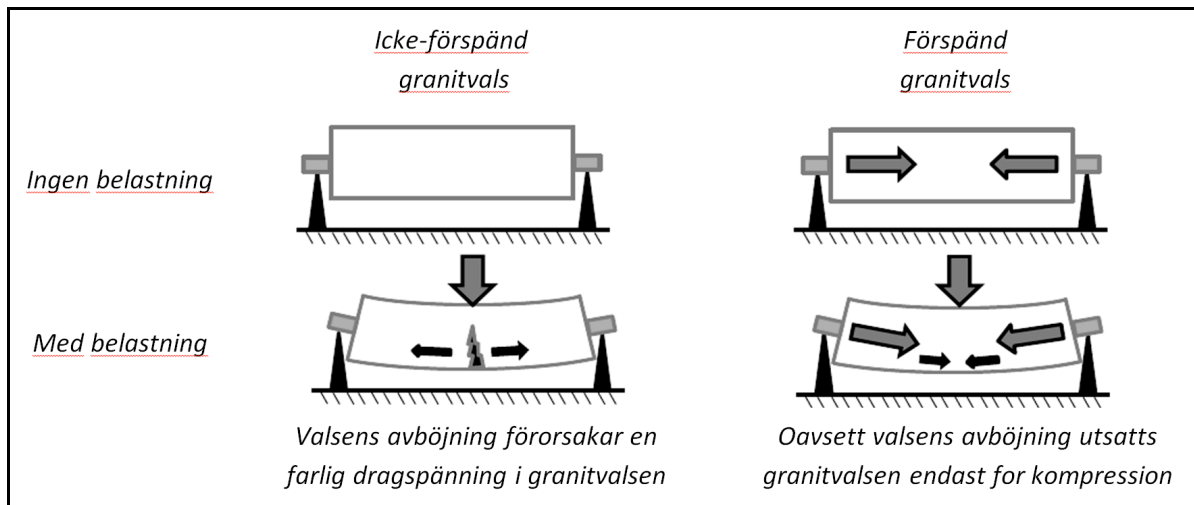
En stålaxel (Valmet 1985) eller dragstänger (Voith 1987) installerades i valsstenen i pappersmaskinsfabriken. Axeln inne i stenmanteln var i kontakt med manteln enbart genom ändplattorna. Fyllnad användes mellan axeln och manteln för att absorbera vibrationerna. Tidigare använde man betong (Ahtiainen 1974), men detta gav upphov till så stora ter-

miska spänningar att granitvalsen kunde gå sönder, speciellt då man använde ånglådan. I fortsättningen användes nästan uteslutande polyuretan, och vissa stenvalsar byggdes utan fyllning runt axeln (Nellbron 1988).

5.5 Förspänning av granitvalsen

Granitens draghållfasthet är liten jämfört med dess tryckhållfasthet (Tabell 2 i Bilaga 1). För att hindra den farliga dragbelastningen på stenmaterialet förorsakad av valsens egen massa och pressnypets linjelasteffekt, förspändes alla stora stenvalsar med en pressande kraft längs axelns riktning (Nellbron 1988, Väisänen 2005) (Fig. 25).

Med hjälp av stålaxeln eller dragstängerna trycktes stenmanteln ihop i den längsgående riktningen (4-5 MPa) mellan ändplattorna.



Figur 25. Förspänning av en granitvals. Teckning: Arto Peltola.

Figure 25. Pre-compression of a granite roll. Design: Arto Peltola.

Detta gjordes t.ex. genom att hetta upp axeln till 200 graders temperatur eller genom att leda varm olja längs axeln. Härefter fästes ändplattorna vid axeln genom krymppassning. Den svalnande axeln krympte i förhållande till stenmanteln, vilken då pressades ihop av de vid axeln fästade ändplattorna (Ahtiainen 1974). För säker användning av stenvalsen, var det mycket viktigt att denna förspänning varade under valsens hela livslängd (Nellbron 1988).

Det var inte tekniskt möjligt att förspänna granitvalsens vinkelrätt emot dess axel, och sålunda kunde en snabb förändring i granitvalsens ytemperatur ge upphov till dragspänningar (Watanabe et al, 1990, Lehtonen 1991).

5.6 Balansering och slipning

Valsens balansering och slipning var de sista arbetsskedena. Balanseringen måste utföras med en särskild omsorg för att tillåta den tiotals ton tunga valsens att rotera jämt och vibrationsfritt även vid höga hastigheter. Om valsens diameter är 1,6 meter och papprets produktionshastighet 1200 m/min (ca 70 km/h), så roterar valsens ca 240 varv per minut. De motvikter som användes vid balanseringen

var tillverkade av bly och placerades vanligen i hål i gavelplattorna (Väisänen 2005).

6-10 mm slipades bort från granitvalsens yta med en valsslipmaskin för att få bort ytskiktet som eventuellt skadats under sågnigen. Detta kunde blotta små mikrosprickor som inte tidigare var synliga på stenens yta. Dessa så kallade ”torra stick”, dvs. mikrosprickor inne i stenen, var synnerligen svåra problem och svårt att iakttaga på stenens yta (jfr. Kapitel 2.3). Ifall sticket inte var stort, fortsattes slipningen tills sticket var borta. Djupa sprickor i stenen ledde till att stenvalsen inte godkändes, utan skickades tillbaka till tillverkaren i Kuru för att vänta på en beställning på en mindre vals (sågning i valstornet till en vals med mindre diameter och därefter styckning som tidigare beskrivits). Valsarna bomberades dvs. deras diameter gjordes större i mitten än i ändorna (t.ex. 0,87 mm). Med bomberingen kompensterades valsens avböjning och med den åstadkom man en jämn kompression över valsens hela längd. Till sist polerades valsens, Valmet Oy t.ex. polerade granitvalsens till ytråhet på $Ra \leq 1,6\mu\text{m}$ (Ra är profilens standardavvikelse) (Valmet 1985).

6 ERSÄTTANDE MATERIAL

Ökning av pappersproduktionens hastighet till över 1200 m/min och olyckorna med stenvalsar under 1987 gjorde att man var tvungen att söka efter nya, hårdare och mera hållbara pressvals-material med säkrare egenskaper än stenen (Nellbron 1988, Lehtonen 1991, Rämänen 2004, Nykänen & Paulapuro 2005).

I centralvalsarna tillverkade av de nya materialen strävade man till att kombinera granitens goda egenskaper med bättre driftsäkerhet även vid olyckshändelser. Det ända säkra alternativet för att de moderna höghastighetsmaskinerna skulle fungera problemfritt är att använda syntetiska material i stället för granit. Centralvalsarna framställs genom att belägga en stål- eller gjutram med bl.a. keramer, epoxi eller gummi (Rämänen 2004, Lintula 2007a, 2007b).

I polymerbaserade ytmaterial reproducerade man granitens ytegenskaper genom att blanda finkornig kvarts eller fältspat i gummit eller hårdgummit, men slitsstyrkan hos dessa ytbeläggningar var sämre än granitens. År 1991 producerade Valmet Oy sin första kerambelagda ValRok-centralvals (Nykänen & Paulapuro 2005). En kerambeläggning som tål ännu mera slitage än granit, framställs på stålram genom termisk sprutning. Den nya kerambeläggningens tjocklek är mindre än 1 mm (Partanen & Trast 2002, Voith Paper 2006), vilket gör att möjligheten till renovering genom slipning är mera begränsad än för en granitvals.

Granitens ytegenskaper kan imiteras mycket väl med keram, och endast i undantagsfall går det inte att ersätta en granitvals med en keramvals. Granitvalsar används fortfarande i några finpappersmaskiner, t.ex. vid tillverkning av cigarettpapper, där arkets släppförmåga är viktigare än pappersmaskinens hastighet (Toivo Hänninen, muntligt 2012). Granitvalsens bästa egenskap är att arket släpper jämnt från stenens yta oberoende av papperskvaliteten.

Generellt kan man säga att stenen fortfarande fungerar mycket väl, så länge som pappersmaskinen inte är ”för snabb” för den: då behövs ingen ånglåda och de linjära lasterna från pressen kan hållas inom rimliga gränser. Rock of Ages -företaget i Vermont, USA fortsätter att vid behov producera enstaka valsstenar eller färdiga granitvalsar av Barre-granit (Carlo Kirsch, muntligt 2012) (Bilaga 3).

7 TILL SLUT

Näsi Granit Oy skulle ha haft resurser på att tillverka 60-70 valsstenar om året, men i och med den minskade efterfrågan och de nya valsmaterialen, producerade företaget endast omkring 30 valsstenar år 1993. Med jobb i tre skift skulle tillverkningen ha sysselsatt upp till 30 män, men under 1993 arbetade mindre än tio män i två skift. Då efterfrågan avtog, blev de sista valsstenarna tillverkade i Kuru sommaren 2008. Valmet Oy tillverkade de sista granitvalsarna 1996 och Valmet Oy:s efterträdare Metso Paper producerar inte granitvalsar ens på begäran (Nykänen & Paulapuro 2005).

Granitvalsar minskar i antal i världen samtidigt som de gamla pappersmaskinerna demonteras och granitvalsarna ersätts med syntetiska centralvalsar. Nästan i alla världens pappersmaskiner används nu syntetiska centralvalsar i stället för granitvalsar. Anledningen är teknikens utveckling: i de nya pappersmaskinerna behövs det bättre och säkrare pressar, och naturstenens egenskaper räcker inte mera till. Detta är en följd av granitens fina textur som ger alla de goda egenskaperna med god tryckhållfasthet, homogenitet och jämnkornighet. Samtidigt betyder den (granoblastiska) texturen, att draghållfastheten inte är särskilt bra i graniten (mineralkornen är inte tillräckigt hopsvetsade). Med snabbare rotation kommer centrifugalkraften att dra sönder materialet. Detta innebar slutet på ett intressant tekniskt krävande skede i den finska stenindustrins historia.

8 TACK

Tack till följande personer som bidragit med information (denna skrift): Toivo Hänninen, Osmo Härkönen och Tapio Kuronen (Metso Paper Rautpohja), Alpo Heikkilä och Pertti Varjola (Stora Enso Anjala-pappersbruk), Risto Pollari (Geo-Work Oy, Vääksy), Carlo Kirsch (Rock of Ages, Barre, Vermont, USA), Tapio Iso-Mustajärvi (Savitaipale-kommun), Eero Vainikka (Sorvikivi Oy, Savitaipale), Jarno Virmasuo (Interrock Oy, Eurajoki). Peltolas (1993, 1996) utredningar: Matti Hakala (Näsi Granit Oy, Kuru), Kyösti Uttana (Valmet Paperikoneet Oy, Rautpohja).

Dessutom tackar vi Heikki Pirinen och Hannu Luodes (GTK, Kuopio) för tekniskt stöd, Kirsti Keskisaari (GTK, Esbo) för bearbetning av kartor och Prof. Carl Ehlers (Åbo Akademi) för granskningen av den svenska och engelska texten. Slutligen tackar vi Finlands Stenindustriförbund för möjligheten att publicera denna skrift.

9 LITTERATURFÖRTECKNING

- Ahtiainen, J. 1974.** Tutkimus kiviteloihin käytettävien graniittien ominaisuuksista. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto. Espoo.
- Aurola, E. 1967.** Kurun alueen rakennuskivet. Summary: Building stones of Kuru, Finland. Geologinen tutkimuslaitos, Geoteknillisiä julkaisuja n:o 71. 64 s. + 5 app.
- Butterfield, W. 1993.** Evolution of composite covers for release rolls in the press section. Tappi Journal No.4, Vol 76, s. 117-124.
- Finstone 2014.** Finnish natural stones. [Hänvisad 26.3.2014]. Tillgänglig på 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.
- Hägglom-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. Summary: Natural stone exploration project in the Tampere region 2001-2005. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, KA 33/2006/1.24s.+153 app.
- Jaakkola, J. 1985.** Kivi on pehmeä asia. Talouselämä 29, 38-41.
- Kastinen, J. 1995.** Porauksen teoria ja käytäntö. I publikationen: Söderholm, Bengt ja Mononen, Sakari (toim.) Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen. Jatkokoulutusjulkaisu TKK-IGE B19, Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kalliotekniikanlaitos, Insinöörigeologian ja geofysiikan laboratorio, Espoo, 129-142.
- Kiiskinen, H. 1992.** Paperikoneen kivitelojen rakennevikojen tarkastus IR-lämpökamertekniikalla. Työsuojelurahasto, tutkimusyhenteenveto 90212. 3 s.
- Kylkilahti, P. 1989.** Näsijärven seudun kiviteloisuus 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. I publikationen: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, julkaisu 61-91, III. 13 s + 2 liitettä.
- Lintula, T.S. 2007a.** Pinnoitteet ja niiden käyttö paperikoneiden teloissa. Osa 1. Telat ja pinnoitetyypit. Kunnossapito 4, 28-31.
- Lintula, T.S. 2007b.** Pinnoitteet ja niiden käyttö paperikoneiden teloissa. Osa 2. Tarpeet käytölle - vaatimusprofiili. Kunnossapito 5, 52-55.
- 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.** Säkerheten hos stenvalsar i pappersmaskiner. Promemoria från Sveriges arbetarskyddsförvaltning. 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.
- Nykänen, P. & Paulapuro, H. 2005.** Telan ympäri. Vuosisata suomalaista paperikone- ja paperinvalmistustekniikkaa. 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.
- Partanen, J. & Trast, S. 2002.** Novel ceramic covers – the jewels of papermaking. *Fiber & Paper* Vol. 4, Issue 2, 40-43.
- Peltola, A. 1993.** Kivitelat. Turun yliopisto, geologian laitos. Arto Peltolan yksityisarkisto/Geologian tutkimuskeskuksen kirjasto, Kuopio.
- Peltola, A. 1996.** Paperikoneiden kivitelosta ja teloiksi soveltuvien kivilajien ja esiintymien geologiasta. Turun yliopisto, geologian laitos. Arto Peltolan yksityisarkisto/Geologian tutkimuskeskuksen kirjasto, Kuopio.
- Pérez, 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. I publikationen: Söderholm, Bengt ja Mononen, Sakari (toim.) *Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen*. Jatkokoulutusjulkaisu TTK-IGE B19, Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kallioteknikanlaitos, Insinöörigeologian 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. *Granitvalsbroschyr*. 4 s.
- Voith 1987.** Tensirod granite rolls. *Granitvalsbroschyr*. 6 s.
- Voith Paper 2006.** TerraSpeed – the new generation of ceramic coatings for press rolls. *Twogether* 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. *Papermakers Conference*, 87-91.

BILAGA 1. Tabeller

Tabell 1. Mineralsammansättningen hos Kuru grå granit. Definierad enligt EN-12407. Källa: GTK.

Table 1. The mineral composition of the Kuru grey granite. According to EN-12407. Source: GTK.

Plagioklas	32,56	Amfibol	0,15
Kvarts	31,03	Magnetit	0,11
Kalifältspat	30,76	Ilmenit	0,02
Biotit	3,48	Kalsit	0,02
Muskovit	1,25	Titanit	0,01
Klorit	0,43	Fluorit	0,01
Epidot	0,16	Kaolinit	0,01
		Tot.	100,0

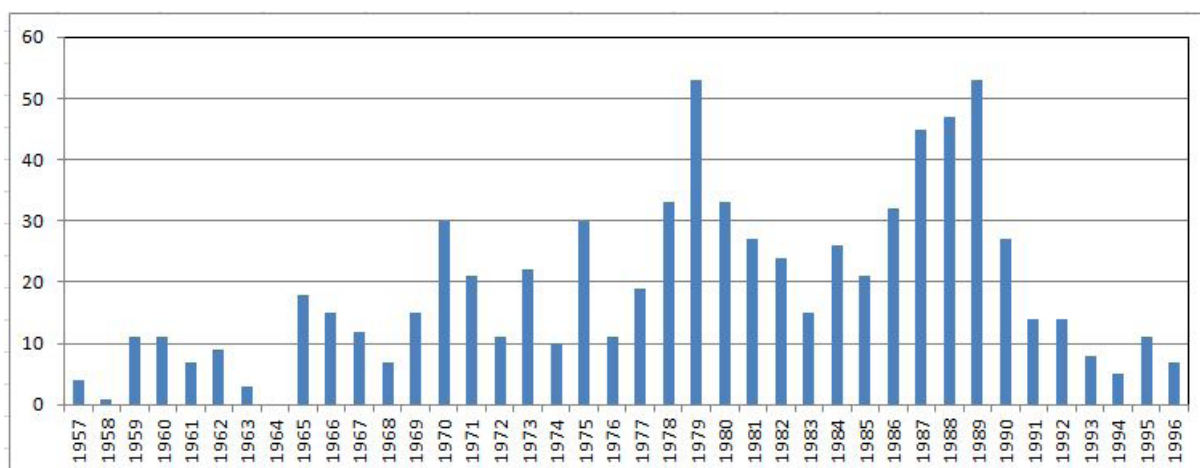
Tabell 2. De viktigaste tekniska egenskaperna hos Kuru grå granit. Källa: GTK.

Table 2. The main technical properties of the Kuru grey granite. Source: GTK.

EN-1936	Densitet	2630 kg/m ³
EN-13755	Vattenabsorption	0,15 %
EN-1926	Tryckhållfasthet	225 Mpa
EN-12372	Böjdraghållfasthet	18,6 Mpa
EN-14157	Nötningsmotstånd	18 mm
EN-12371	Frostbeständighet, ändring av böjdraghållfastheten	+8,6 %
EN-13364	Utspjälkningshållfasthet	3450 N

Tabell 3. Antalet granitvalsar tillverkat av företaget Valmet Oy under 1957-1996. Källa: 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.



BILAGA 2. Användning och tillverkning av granitvalsar under 1800-talet

Granitvalsarna hade en lång historia t.ex. inom livsmedelsindustrin innan de kom till pappersmaskinerna. Till exempel i den industriella produktionen av choklad, användes en av Philippe Suchard 1826 utvecklad ”melangeur-raffinör” för att mala och blanda socker och kakaomassa. Raffinören hade två roterande granitvalsar (100-200 kg) på en plan granitsockel (Horowitz 1998). Alternativ till granitvalsar söktes redan i ett tidigt skede, eftersom Joseph Baker & Sons år 1904 började använda stålvalsar i stället för de traditionella granitvalsarna vid choklادتillverkningen.

En skottsk stenarbetare Alexander MacDonald (1794-1860) såg år 1829 i British Museum granit som var polerad av de gamla egyptierna. Detta inspirerade honom så att han blev den första efter egyptierna att utveckla metoder att polera granit. Han var verksam i Aberdeen Skottland (”*The Granite City*”). Inledningsvis var poleringen handarbete, men senare gjordes arbetet maskinellt. Alexander MacDonalds företag var det enda i världen fram till 1850-talet som producerade polerade granitstatyer samt polerade granit kommersiellt bl.a. till byggnader och monument.

Sågning och grovslipning av graniten var fortfarande på 1860-talet extremt långsamt eftersom verktygen var av stål eller gjutjärn och då man därtill använde kiselsand och vatten som slipmedel. Med en återgående en-blads stensåg driven av en ångmaskin (40 hk) framskred sågningen en tum i ett stort granitblock under en arbetsdag (2,5 cm/10 h). Såghastigheten på en flerbladsramsåg i granit var en åttendedels tum under en arbetsdag (3 mm/10 h). Granitkolonnernas avrundningar höggs fortfarande för hand, men slipningen och poleringen var mekaniserade med en ångmaskinsdriven svarv. Grovslipningen utfördes med hjälp av kvartssand. Den därpå följande slipningen gjordes med smärgel (oren korund) med vilken man även erhöll lite glans i graniten. Den slutliga poleringen gjordes med tennoxid (The Practical Mechanic’s Journal 1862).

Under 1880-talet blev granitens sågning och grovslipning avsevärt snabbare då kvartssanden ersattes med speciellt för granitsågning utvecklad stålsand (*steel shot*) (Bild). När sågningen av ett stort granitblock tidigare hade varat i månader, kunde samma arbete nu utföras på några dagar med hjälp av stålsanden. Detta ledde till utveckling av granitsvarven så att även stenens avrundning kunde mekaniseras. Innan stenen sattes i svarven, höggs blockets kanter bort för hand. Stålsand matades in på roterande skivliknande blad av gjutstål som var belägna på båda sidorna av det i svarven roterande granitämnet. Granitsvarven (”*steam-mason*”) kunde ersätta upp till 15 stenarbetare (*mason*), och med den kunde man tillverka max. 5,4 meter långa granitkolonner med ett tvärsnitt på 80 cm (Harris 1888).

Granitens slipning och polering blev ytterligare snabbare, då The Carborundum Company (USA) började med tillverkningen av ett syntetiskt slipmedel, kiselkarbid (SiC) (Bild), som var ännu hårdare och effektivare än smärgel. SiC såldes under varumärket karborundum, och dess användning växte explosionsartat: under det första produktionsåret 1892 producerades ett ton kiselkarbid, men redan året 1900 var produktionen mer än tusen ton (The Mineral Industry 1914).

När Schoeller år 1897 lämnade in sin patentansökan om användning av granitvalsar i pappersmaskinens pressektion, fanns effektiva slipmedel, verktyg och arbetsmetoder för beredningen av stora, polerade granitvalsar redan till förfogande.

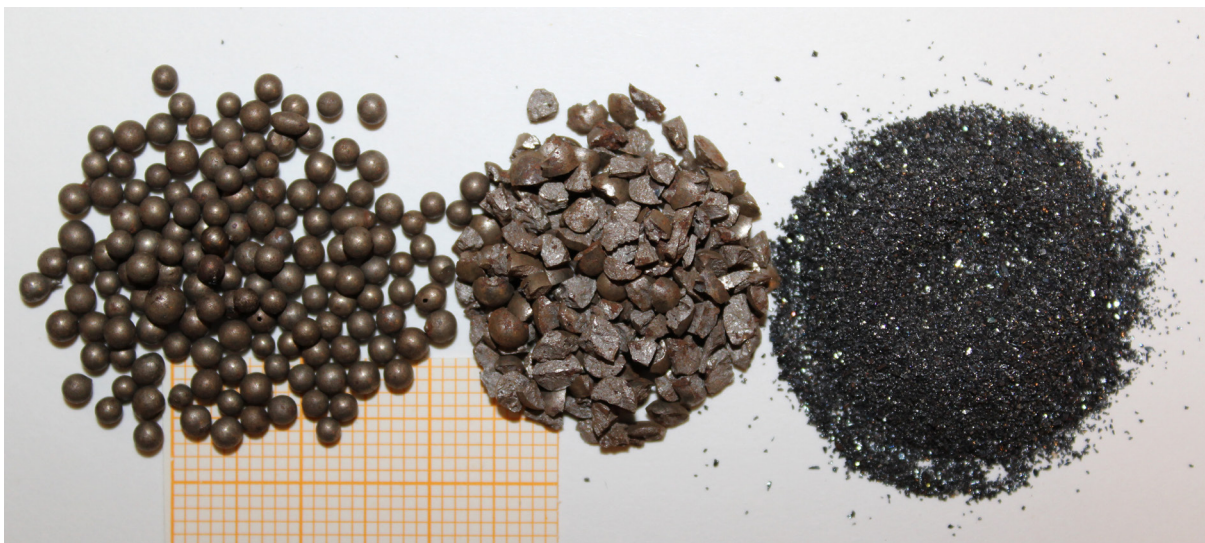


Bild. Dessa slipmaterial revolutionerade granitindustrin i slutet av 1800-talet: stålhagel till vänster, stålsand tillverkad av krossat hagel i mitten och kiselkarbidpulver till höger. Produktionen av stålsand påbörjades på 1880-talet och den syntetiska kiselkarbidens (karborundum) industriella tillverkning år 1892. I bilden ser man slipmedel som användes i Kuru. Skalans kortaste linjeavstånd 1 mm. Foto: Arto Peltola.

Figure. These abrasives developed the granite industry in the late 1900'th century. The production of steel abrasives started in the 1880's and the production of silicon carbide (carborundum) in 1892. Scale 1 mm. Photo: Arto Peltola.

BILAGA 3. Tillverkning av granitvalsar 2014

Tillverkningsprocessen för en granitvals hos företaget Rock of Ages avviker markant från de arbetsmetoder som utvecklades i Kuru. En video över tillverkningen av Rock of Ages-granitvals finns för närvarande (1.4.2014) till påseende på You Tube (Accu-Tensioned Granite Press Rolls by Rock of Ages). I videon sågas valsstensämnet med en vadersåg till en prisma med åtta kanter, varefter hörnen sågas i tunna plattor och bryts bort från valsstenämnet som horisontellt roterar i svarven. Efter denna grova bearbetning poleras ytan. För dragstängerna (upp till 30 stycken) borrar symmetriska hål genom valsen; den färdiga granitvalsen består enbart av massiv sten bortsett dragstängerna.

BILAGA 4. Stenvalsmonument

Figur A. Monument tillverkat av en skiva från en Kuru-granitvals. Kuusankoski, sydöstra Finland. Foto: Olavi Selonen.

Figure A. A monument made from a slice of a Kuru granite roll. Kuusankoski, southeastern Finland. Photo: Olavi Selonen.

Figur B. En gammal stenvals som grindstolpe i Tammerfors i södra Finland. Granitvalsens hade fungerat i Haarla-kuvertpappersmaskin tillverkad i Birmingham på 1930-talet. Produktionshastigheten hos pappersmaskinen var 80 m/min och den demonterades år 1972. Foto: Arto Peltola.

Figure B. An old roll as a port column in the city of Tampere in southern 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.

Figur C. Minnesmärket för Juuso Walden (en central figur i den finska pappersindustrin) i Kuru-granitvalsar. Jämsä, central Finland. Designer: Heikki Häiväoja, Johanna Häiväoja. Foto: Olavi Selonen.

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

Figur D. En gammal granitvals från Kuru står i en rondell nästan som en Antikens kolonn. Valsen var i bruk vid PM 6 i Kaipola-pappersbruk under 1987-93. Längden 12 m, diametern 1,6 m och vikten 54 ton. Monumentet restes år 1998. Jämsä, central Finland. Foto: 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, central Finland. Photo: Paavo Härmä.

Figur E. Kuru-stenvalsar som inkörsport till Sapokka Vattenpark i Kotka i sydöstra Finland. Foto: Paavo Härmä.

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

Figur F. Kuru-stenvalsar utgör porten till Katarina Havspark i Kotka i sydöstra Finland. Foto: Olavi Selonen.

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

Figur G. Stenvalsarna i porten till Savitaipale-kommun i sydöstra Finland är av Kuru grå granit. Valsarna har tillverkats av Valmet Oy (Rautpohja-pappersmaskinsfabrik) och de var i bruk i PM 3 i Anjala pappersbruk under 1983-87. Granitvalsens längd 9,8 m, diametern 1,6 m och vikten ca 60 ton. Porten restes år 2007. Foto: Tapio Iso-Mustajärvi.

Figure G. The gate of the municipality of Savitaipale in southeastern 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.



A



B



C



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, put back into the mill, 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.