



VIISTOVALOKUVAUSLAITTEIS- TON KÄYTTÖÖNOTTO

Juha Uusitalo

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Paperi-, Tekstiili- ja Kemian-
tekniikka
Paperitekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Toukokuu 2015
Paperi-, Tekstiili- ja Kemian-tekniikka
Paperitekniikka

UUSITALO JUHA:
Viistovalokuvauslaitteiston käyttöönotto

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2015

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kesken jääneen viistovalokuvauslaitteen käyttöönoton viimeistely. Laitteesta puuttui merkittävä määrä apulaitteita ja komponentteja, joita ilman laitetta ei voinut käyttää.

Tampereen Ammattikorkeakoululle suunniteltiin keväällä 2014 fotometriseen stereoon perustuva pintatopografiamittalaite. Laitteen käyttöönottoa jatkettiin syksyllä 2014. Laitteen tarkoituksena on analysoida paperi- ja kartonkinäytteiden pinnanmuotoja yksityiskohtaisesti.

Tämän opinnäytetyön alkaessa kuvauslaitteessa oli lainassa Tampereen Teknillisen Yliopiston virtalähde ja valo-ohjain. Alkuperäisenä tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa TAMKille oma vastaavanlainen valo-ohjain ja hankkia sopivan kokoinen virtalähde. Toimitusvaikeuksien takia valo-ohjaimen kasaaminen myöhästyi ja projekti käytännössä seiso i niitä odotellessa. Tästä johtuen ei kuvauslaite ole täysin valmis ja vaatii hieman viimeistelyä

Kuvauslaitteiston ja valo-ohjaimen suunnittelusta on olemassa Petri Nurmisen ja Panu Vuorenmaan opinnäytetyöt

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Paper Engineering

UUSITALO JUHA:
Deployment of photometric stereo equipment

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 3 pages
May 2015

The target of this thesis was to complete the deployment of a new surface topography device in TAMK paper laboratory and to gain knowledge in operating such devices. The device was originally built in 2014 by Tampere University of Applied Sciences. The purpose of this device is to analyze paper and paperboard samples in the paper laboratory.

This study was carried out as a project. Data on improvement suggestions was gathered by interviewing researchers and teachers working on similar projects at Tampere University of Technology, Häme University of Applied Sciences, and Valmet Automation.

Results from the interviews suggested that no radical alterations to the device were needed to accommodate the LED-controller. The design of the controller itself was slightly altered based on feedback from Valmet.

Due to budgetary constraints and delivery problems the assembly of the LED-controller was delayed, which is why the device is still not fully operational at the time of writing. Separate theses exist for the design of the device frame and LED-controller.

Key words: photometric stereo, photography

SISÄLLYS	
1	JOHDANTO..... 6
2	TEORIA 7
2.1	Shape from Shading (SfS) 7
2.2	Fotometrinen stereo 8
2.3	Innventia OptiTopo..... 10
2.4	Paperin kiilto..... 12
2.4.1	Paperin kiillon hallinta 13
2.4.2	Partikkeleiden vaikutus 14
2.5	Kiillon mittaaminen 15
2.6	Paperin sileys 16
2.6.1	Sileyden vaikutus syväpainossa 16
2.7	Sileyden mittaustapoja 17
3	KUVAUSLAITTEISTO 18
3.1	Yleisesti 18
3.2	Runko..... 19
3.3	Kamera..... 20
3.3.1	Canon EOS 100D..... 20
3.3.2	Makrokuvaaminen..... 20
3.4	Ledit 21
3.5	Valo-ohjain 22
3.6	Kuvausprosessi 22
4	KOEKUVAT..... 23
4.1	Newspress-paperin koekuvat 23
4.2	Mittakaavakalibrointituloste 25
4.3	Pintatopografiakuva 26
5	POHDINTA..... 28
LÄHTEET..... 29	
LIITTEET 30	
	Liite 1. Kuvausprosessin määrittely, syksy 2014 30
	Liite 2. Kuvausprosessin kaavio, työn jakautuminen komponenttien kesken. 31
	Liite 3. Laitteen esittelyposterit 32

LYHENTEET JA TERMIT

HAMK	Hämeen ammattikorkeakoulu
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
VVK-laite	Viistovalokuvauslaite

1 JOHDANTO

Projektin tarkoituksena oli ottaa käyttöön Tampereen Ammattikorkeakoulun, Tampereen Teknillisen Yliopiston ja Valmet Automationin yhteistyössä suunnittelema viistovalokuvauslaite. Laitteen suunnittelusta on olemassa Petri Nurmisen opinnäytetyö TTY:ltä saatiin projektiin käytännön kokemusta heidän omien laitteidensa toimivuuksien kautta ja Valmetilta rahoitusapua ja asiantuntijuutta osien valintoihin.

VVK-laite on valolta suljettu valokuvauskoppi, jossa kuvattava kohde valaistetaan viistosti ja kohteeseen jääneiden katvealueiden avulla kuvista koostetaan MATLAB:ssa lopullinen pintatopografiakuva, josta nähdään pinnan korkeusvaihtelu

VVK-laite käyttää kappaleiden mallintamistekniikkana fotometristä stereota. Fotometri- sessä stereossa kappaleesta otetaan useita, eri kulmista valaistuja kuvia ja näistä kuvista koostetaan pintatopografiamalli

Projektin alussa laitteesta puuttui ledien ohjaamiseen tarkoitettu mikrokontrolleri ja virtalähde sekä kuvausprosessin hallintaan tarkoitettu käyttöliittymä.

Valo-ohjain ja käyttöliittymä päätettiin taloudellisista syistä valmistaa TAMK:ssa opiskelijaprojekteina.

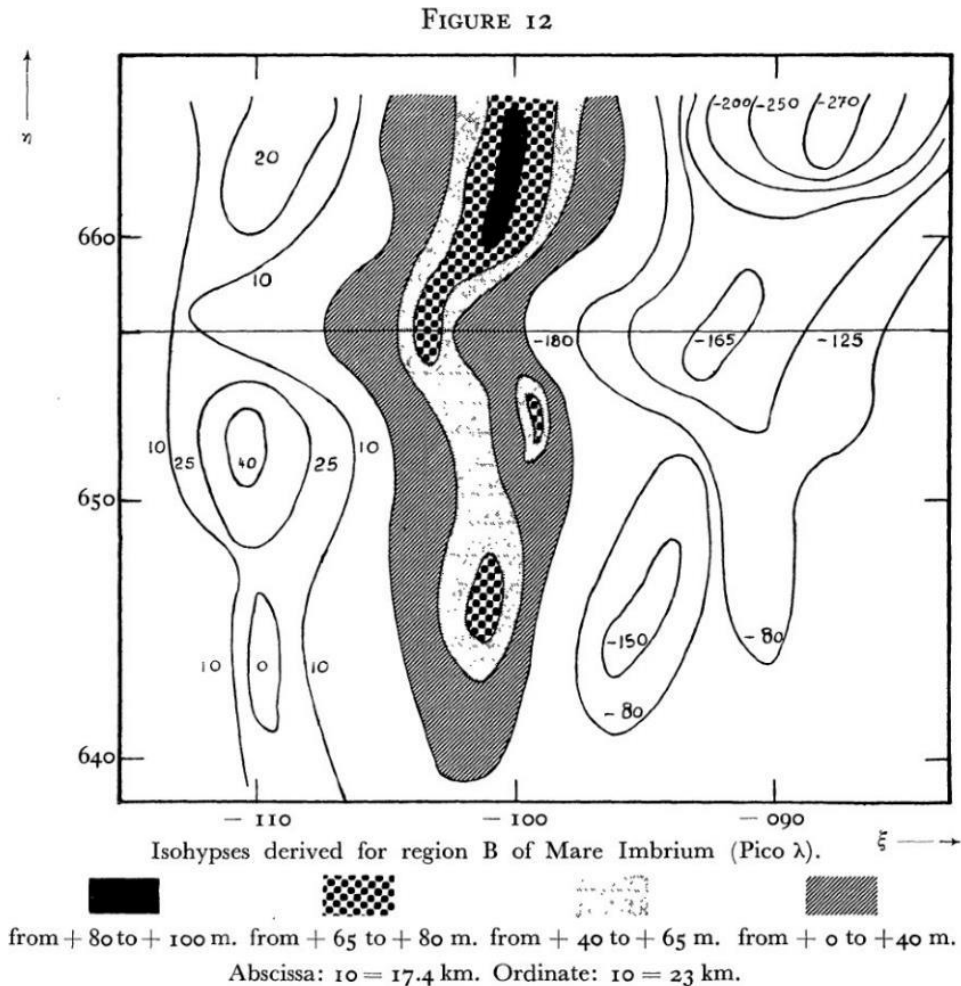
Käyttöliittymä koettiin tarpeelliseksi, koska ei voitu olettaa, että tulevat käyttäjät pystyisivät operoimaan laitetta pelkän komentorivin avulla.

2 TEORIA

2.1 Shape from Shading (SfS)

”Shape from Shading”-tekniikassa kappaleen muoto tunnustetaan varjostusta asteittain muuttamalla. Klassinen esimerkki SfS-tekniikasta on Kuun merien (Mare/Maria) ja kiviplaneettojen, kuten Merkuriuksen, pintojen kartoittaminen. Shape from Shading arvioi pinnan gradientin tai pinnanmuodon suoraan yhdestä kuvasta. Varsinainen kappaleenmuoto jää selvittämättä tuntemattomien muuttujien takia.

1950-luvulla J. van Diggelen laski ”Shape from Shade” -menetelmää käyttäen Kuun merien suhteellisia syvyyksiä



KUVA 1. Kuun korkeuskäyriä, Mare Imbrium (Astronomical Institutes of the Netherlands, 1951)

2.2 Fotometrinen stereo

Fotometrinen stereo on kuvantamismenetelmä, jolla erotellaan kappaleen kolmiulotteinen muoto kaksiulotteisesta kuvasta. Tämä tekniikka on erityisen hyödyllinen pienten pintavirheiden havaitsemisessa. Fotometrisellä stereolla voidaan myös parantaa kaiverusten, kohokuvioinnin tai –merkkien tunnistusta 3D-skannauksessa. (Multipix Imaging, 2015)

Fotometrisessä stereossa kuvataan paikallaan olevaa kappaletta kiinteään pisteeseen kiinnitetyllä kameralla samalla kuin kappaleen valaisusuuntaa vaihdetaan. Jokaisessa otetussa kuvassa kappaletta valaistetaan eri suunnasta (Multipix Imaging, 2015). Vertaamalla vähintään kolmea eri kulmasta valaistua näytekuvaa voidaan näytteen pintagradientti arvioida kuvien harmaa-asteikosta. (Kuparinen, 2008)

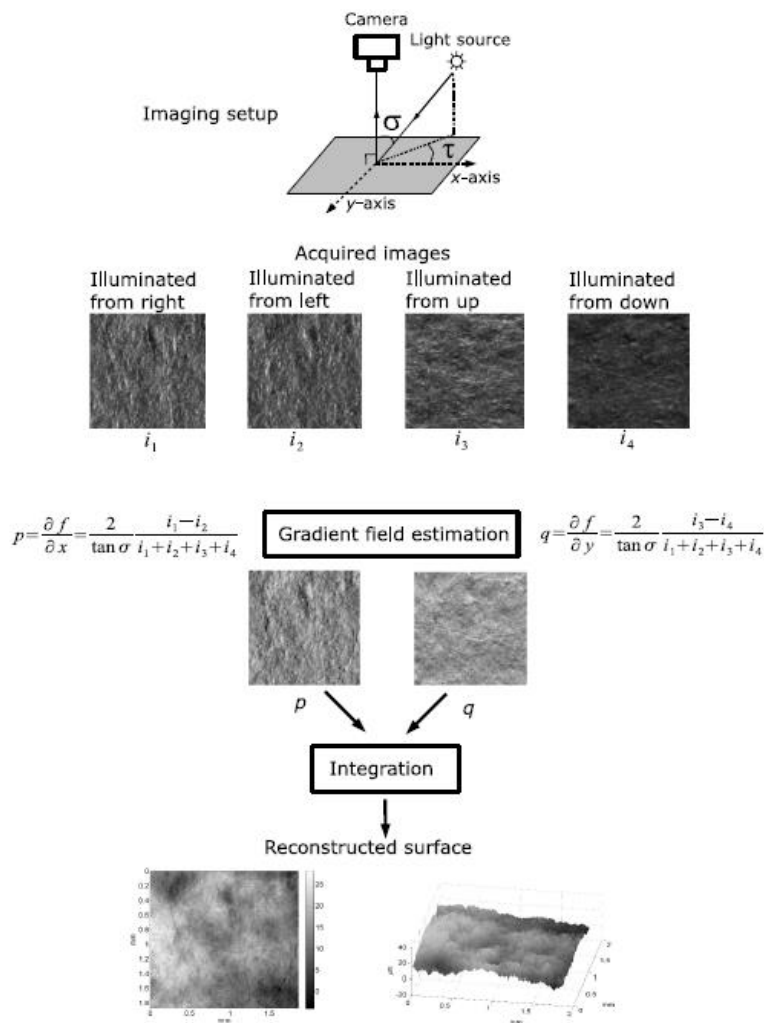
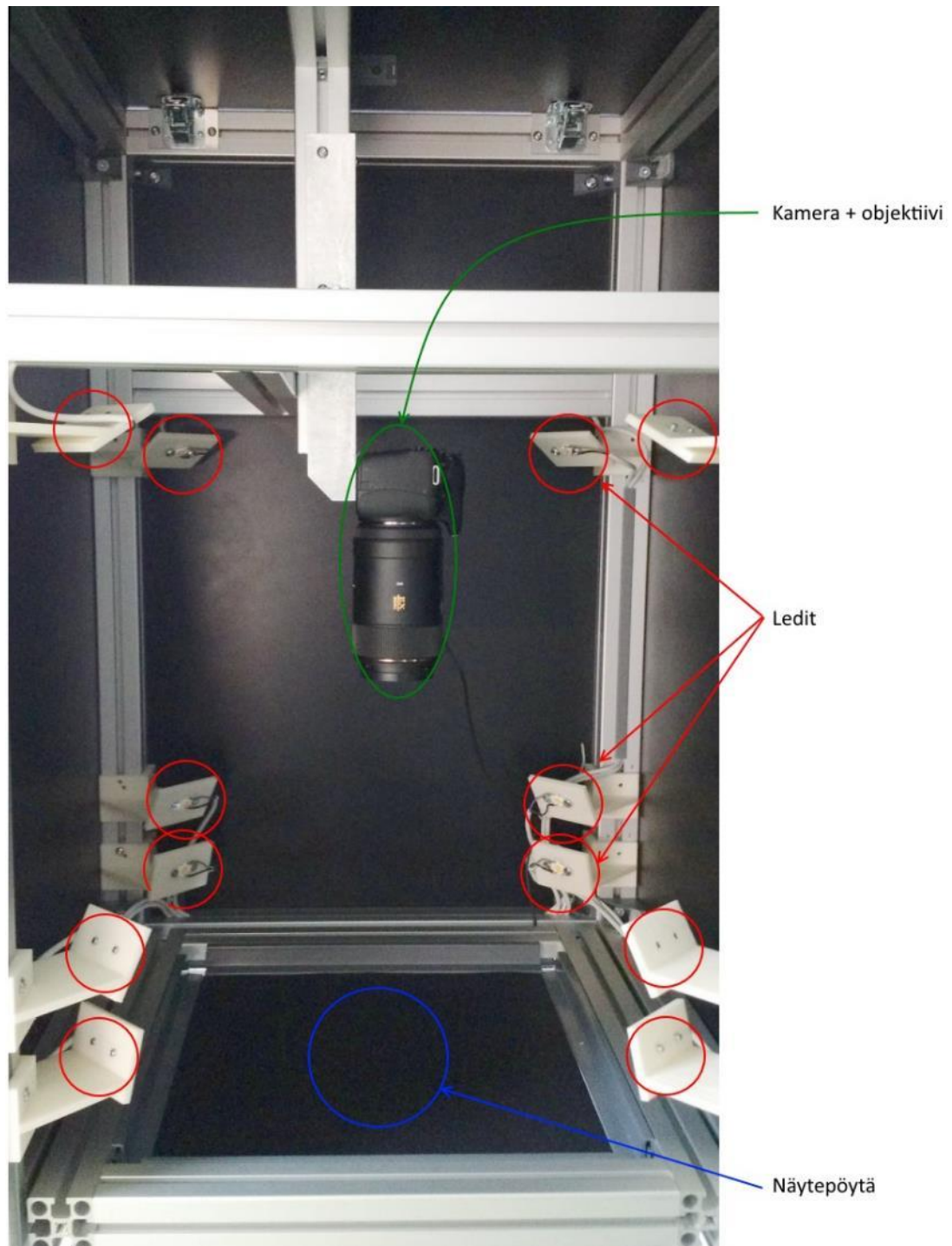


Figure 5.1: Surface reconstruction using photometric stereo.

KUVA 2. Fotometrisen stereon peruseriaate (Kuparinen, 2008)

Vaikka fotometrisellä stereolla voidaan tuottaa korkeuskarttoja 3D-muodossa, ei tekniikka kuitenkaan sovellu täydellistä tarkkuutta vaativaan kappaleiden 3D-skannaamiseen. Tämä johtuu tekniikassa käytettävistä valaisuun (yhdensuuntaiset valonsäteet tasaisella intensiteetillä) ja heijastuvuuteen (pinta heijastaa valoa tasaisesti kaikkiin suuntiin) liittyvistä oletuksista (Multipix Imaging, 2015)

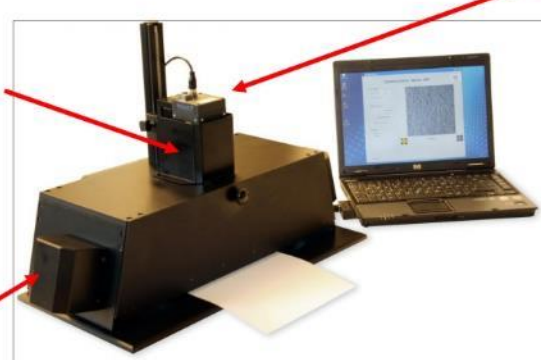


KUVA 3. TAMK:n VVK-laite sisältä, jokainen punainen ympyrä on yksi ledi

2.3 Innventia OptiTopo

Innventian OptiTopo-laite on eräs kaupallinen sovellus paperin topografian mittaamisesta fotometrisellä stereolla. Laitteessa käytetään vain kahta led-valoa, 75 asteen kulmassa. OptiTopon kehityksessä on haluttu selvittää paperin pintatopografian vaihtelun ja painatusvirheiden yhtäläisyyttä.

OptiTopo equipment



Shielded from unwanted light

Illumination :
LED lamps
Fixed angle
75 deg

Measurement time:
Capture one image : ~5 seconds
Calculations, one image : ~2 seconds
If 8 subareas : Total time ~one minute


Camera:
12 bits grayscale
1024x1024 pixel

Image field:
6.5x6.5 mm up
to 30x30 mm

Camera and lamps
controlled from
the software

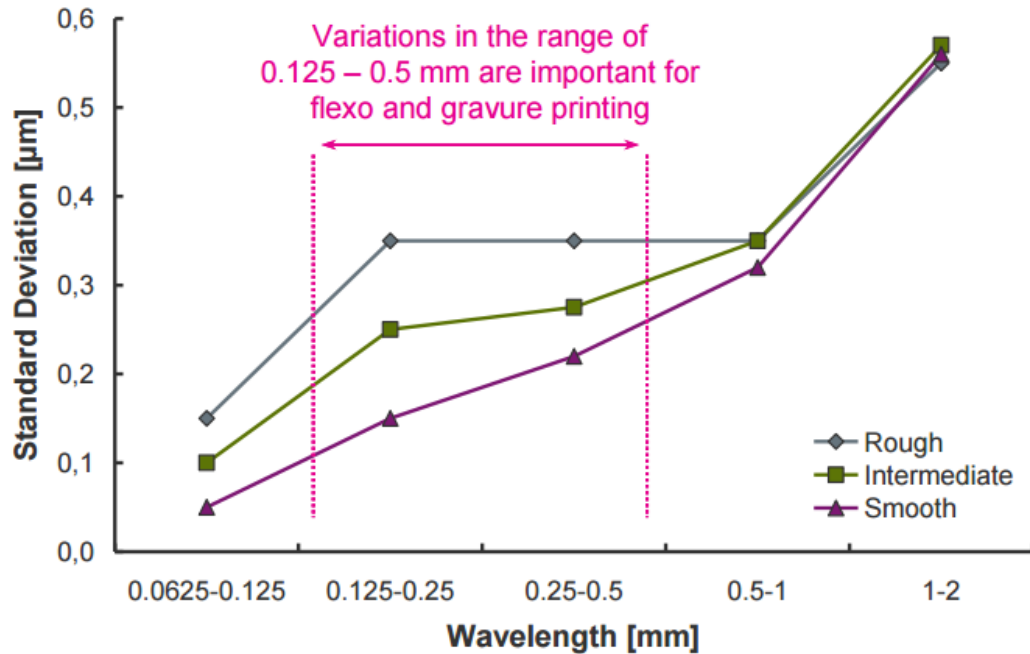
5

OptiTopo - fields of application

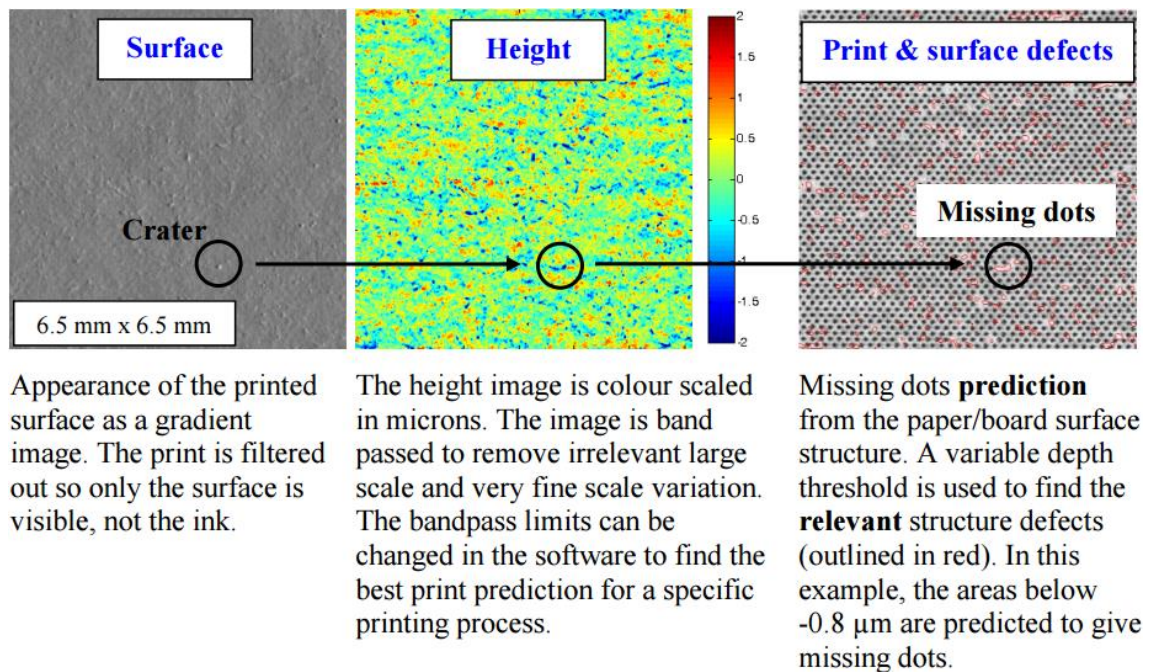


KUVA 4. Innventia OptiTopon esittely (Kuva: Innventia)

Laitteen kerrotaan olevan nopeampi kuin käytössä jo olevat laser- tai optiset mittaustavat ja antavan lisäinformaatiota verrattuna perinteisiin PPS & Bendtsen-mittauksiin. OptiTopon mittaustulokset annetaan omissa OptiTopo Surface Deviation (OSD)-yksikössä



KUVA 5. Innventai OptiTopon mittaustuloksia (Kuva: Innventia)



KUVA 6. Innventia OptiTopon puuttuvien pisteiden ennakointi (Kuva: Innventia)

2.4 Paperin kiilto

Paperin ja kartongin optiset ominaisuudet määräävät niiden ulkonäön. Optiset ominaisuudet ilmaisevat paperin tai kartongin ja niille lankeavan valon vuorovaikutuksen. (KnowPap 2014, kiilto)

Paperin kiilto ei useimmissa tapauksissa ole tavoite sinänsä. Tavoitteena on sen sijaan painojäljen ja erityisesti monivärikuvan kiilto. Luettavassa tekstissä paperin kiilto on pikemminkin haitta. On kuitenkin vaikeaa valmistaa sellaista paperia, joka on täysin matta mutta antaa hyvän painojäljen kiillon normaaleilla painoväreillä. (KnowPap 2014, kiilto)

Paperin kiilto on oikeastaan mikrosileyttä. Kiillon mittaaminen on sileillä papereilla tarkempi mikrosileyden mittaamenetelmä kuin useimmat sileysmittaukset. Kiillon avulla tapahtuvaan mikrosileyden mittaamiseen ei paperin kokoonpuristuvuus vaikuta lainkaan. Sen sijaan useimmissa sileysmittaustavoissa tämä tekijä vaikuttaa mittaustulokseen. (KnowPap 2014, kiilto)

Paperin kiilto on merkki siitä, että pinta on sileä, jolloin sille on mahdollista saada tasainen, korkeakiiltoinen värikerros. Korkeakiiltoinen värikerros voidaan tosin saada mattapaperillekin. Tällöin karheus on valon aallonpituuden suuruusluokkaa ja pinnassa tapahtuu valon diffraktio eli taipuminen. Toisaalta suuri paperin kiilto ei välttämättä johda suureen painoväriin kiiltoon. Jos paperi on liian imukykyinen, painoväri imeytyy paperin sisään ja pinnasta ei tule kiiltävää. (KnowPap 2014, kiilto)

2.4.1 Paperin kiillon hallinta

Suuri sileyks ja pieni tiheys on hyvän kiillottuvuuden perusta. Kun tämä yhdistetään plastisuuteen, saadaan mielenkiintoinen optimointikysymys päällystetyillä papereilla. Jos nimittäin käytetään sellaista sideainetta, joka muodostaa filmin jo päällysteen kuivatuksessa, aiheuttaa filmin kutistuminen pintaan karheutta ja huonon kiillon. Toisaalta filmin muodostuminen estää sideaineen vaeltamista. Styreeniosuuden lisääminen lisää kiiltoa SB-lateksissa juuri tämän takia. Tavoitteena kiillon kannalta pitäisi olla se, että sideaine ei pehmene voimakkaasti kuivatuksessa, mutta pehmenee kiillotuksessa. Jotta tähän päästäisiin pitäisi rainan pinnan lämpötila olla oleellisesti suurempi kiillotuksessa kuin kuivatuksessa. Lämpötila kuivatuksessa riippuu puolestaan loppukosteudesta. Tämän takia päällystetty paperi pitäisi voida jättää mahdollisimman kosteaksi päällystyksessä. (KnowPap 2014, kiilto)

Haitallisen voimakasta kalvonmuodostusta voidaan offset-papereilla hallita käyttämällä kahta sideainetta. Lisäämällä tärkkelyksen osuutta tärkkelys/SB-lateksisideaineessa saadaan kiilto paranemaan niin kauan kunnes suhde on 50/50. Tärkkelysosuuden tästä kasvassa huononee kiilto sen takia, että tärkkelyksen deformaatio kiillotuksessa on huomionpi. (KnowPap 2014, kiilto)

Kiillottuvuuden parantaminen parantamalla sileyttä voi tapahtua käyttämällä kaksoispäällystystä. Tämä on edullisempi tapa kuin saman päällystemäärän annostelu kerralla. Nimenomaan teräpäällystys täyttämällä kuopat kahteen kertaan antaa hyvän pinnan. Ensimmäisessä päällysteessä voidaan käyttää karkeaa, peittokykyistä pastaa. Näin saatu mikrokarahea pinta voidaan päällystää hienommalla, hyvän mikrosileyden antavalla pastalla. Jos kaksoispäällystys ei tule kysymykseen, voidaan samantapaiseen tulokseen päästä pintaliimaamalla pohjapaperi. (KnowPap 2014, kiilto)

2.4.2 Partikkeleiden vaikutus

Kun kiiltoa ajatellaan mikrosileytenä, on selvää, että pienentämällä partikkelikokoa rai-
nan kiillottuvuus kasvaa. Tämä pätee sekä kuituihin että pigmentteihin. Erityisen voi-
makas vaikutus on pigmentin hiukkaskoolla päällystyksessä. On kuitenkin muistettava,
että pienempi hiukkaskoko vaatii enemmän sideainetta samaan pintalujuuteen. Tämä
pudottaa hiukan kiillon nousua. Eri pigmenttien kiillottuvuutta pitäisikin offset-pape-
reilla verrata samalla pintalujuuden tasolla. (KnowPap 2014, kiilto)

Pinnassa olevien partikkeleiden anisometrisyys vaikuttaa myös kiiltoon. Suurentuneen
sideainetarpeen ja huonontuneen syväpainettavuuden takia ei voida mennä partikkeli-
koossa alaspäin. Tällöin voidaan valita edullisempi partikkelimuoto. Nähdään, että hyvä
kiilto ja opasiteetti saadaan suurellakin partikkelikoolla. (KnowPap 2014, kiilto)

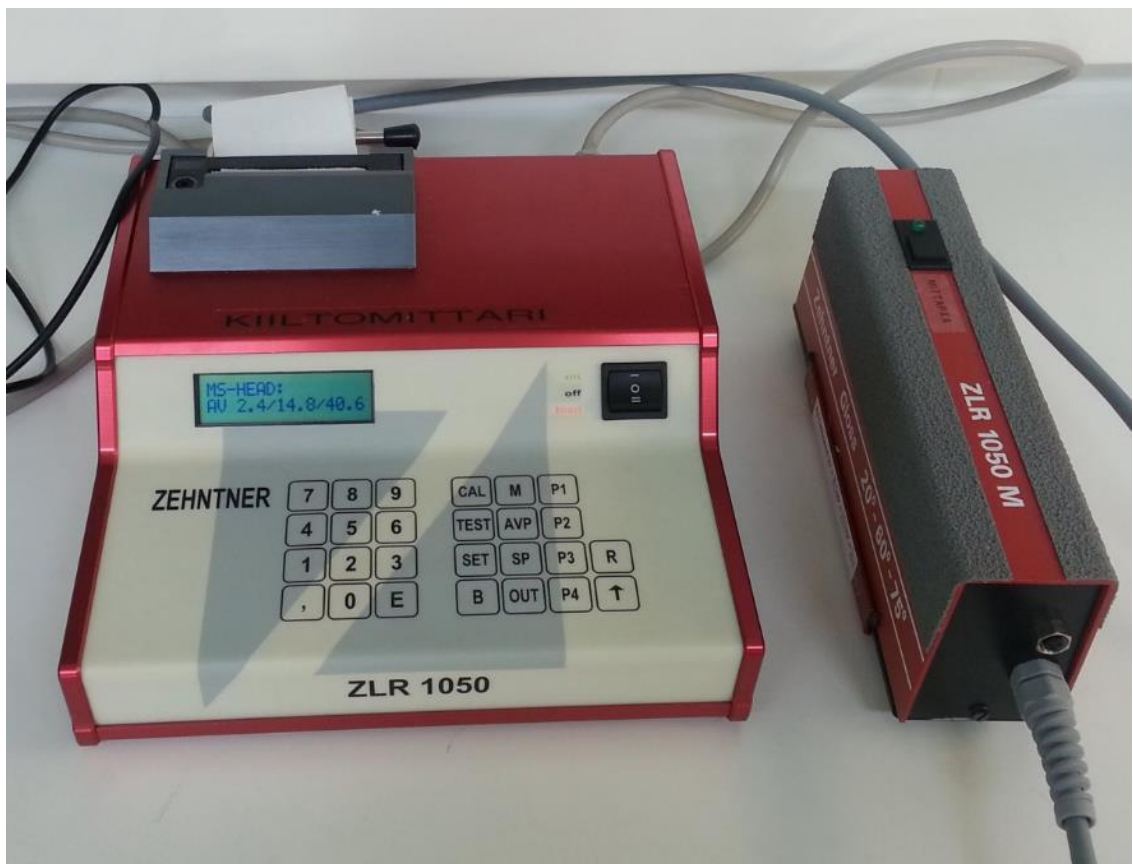
Kiillon hallinnassa saattaa tavoitteena olla myös pinnan kiillottomuus. Kuitenkin pinnan
pitäisi tällöin olla sileä, jotta painetulle pinnalle saataisiin kiiltoa. Helpoimmin tämä ti-
lanne saadaan aikaan käyttämällä riittävän suurta partikkelikokoa ja isometristä partik-
kelia. Tunnetuin tällainen pigmentti on jauhettu kalsiumkarbonaatti. (KnowPap 2014,
kiilto)

Massakomponenttien vaikutus kiiltoon on pigmenttejä vähäisempi. Offset-papereilla on
kuitenkin eduksi, jos massoilla on sitoutumiskykyä. Tällöin ei pintalujuus eikä bliste-
ring ole suuri ongelma. Näin voidaan vähentää sideainetta päällysteessä ja saada tätä
kautta parempi kiilto. (KnowPap 2014, kiilto)

2.5 Kiillon mittaaminen

ISO-Standardit ISO 8254-2 & ISO 8254-3 kiillon mittaamisesta määrittävät valaisukulmiksi 75° ja 20° . Yleisesti vakiintuneena kulmana voidaan pitää myös 60° (PaperStandards & Measurements 2007). Erittäin kiiltävillä papereilla, kuten SC-paperit, ei erittäin matalaa valaisukulmaa voida käyttää sen aiheuttaman häikäisyn vuoksi.

Tampereen Ammattikorkeakoulun viistovalokuvauslaitteeseen on valittu rakenteellisista rajoituksista johtuen valaisun korkeuskulmiksi 30° , 60° ja 75°



KUVA 7. Zehntnerin kiiltomittari

2.6 Paperin sileys

Paperin sileys on tärkeä ominaisuus syväpainatuksessa. Syväpainatuksessa on olennaista paperin ja painovärin hyvä keskinäinen kontakti. Sileys vaikuttaa painojäljen tasaisuuteen eli puuttuviin pisteisiin. (KnowPap 2014, sileys ja karheus)

Karheusvaihtelu voidaan jakaa mittakaavansa perusteella makrokarheuteen, mikrokarheuteen ja optiseen karheuteen. Makro- ja mikrokarheus vaikuttavat painatusjälkeen ja optisella karheudella on voimakas vaikutus paperin kiiltoon. Makrokarheutta mitataan perinteisillä ilmapuotomittareilla. Mikrokarheutta voidaan mitata profilometrisin menetelmin. Optinen karheus on valon aallonpituuden luokkaa, ja sitä voidaan mitata esimerkiksi atomivoimamikroskoopilla. (KnowPap 2014, sileys ja karheus)

2.6.1 Sileyden vaikutus syväpainossa

Syväpainon painosylinterissä on teräsrunko, jonka päälle on sähkökemiallisen reaktion avulla muodostettu ensin pohjakuparointi ja sitten varsinainen kuparipinta painojäljen kaiverrusta (tai aiemmin syövytystä) varten. Kaiverruspäätä ohjataan sivutiedon mukaan ja valmis pinta yleensä kromataan. Kun sylinterillä on painettu tarvittava painosmäärä, pinta revitään tai sorvataan pois ja sylinteriin kuparoidaan uusi pinta uutta kaiverrusta varten. (KnowPap 2014, syväpaino)

Syväpainokoneen värilaitte on hyvin yksinkertainen. Painosylinteri pyörii hyvin juoksevaa väriä sisältävässä kaukalossa ja painoaiheen mukaan kaiverretut kupit täyttyvät värillä. Värin ylimäärä raakeloidaan pois ja väri siirtyy kupeista paperille painosylinterin ja puristussylinterin muodostamassa nipissä. Värin siirtoa voidaan tehostaa sähköenergian avulla: paino- ja vastasylinterin välille synnytetty sähkökenttä vetää varautuneita värihiukkasia kupeista paperin pintaan. Rata menee painonipin jälkeen suoraan kuivaukseen ennen seuraavan värin painamista. Painovärin liuottimena on yleensä aikakauslehtipainatuksessa tolueeni ja pakkauspainatuksessa alkoholi tai asetaatti. Liuotin haihdutetaan kuivaajassa pois. (KnowPap 2014, syväpaino)

Koska syväpainossa painosylinterissä ei ole minkäänlaista joustoa paperin pintaa kohden. toisin kuin esimerkiksi flekso- tai offsetpainatuksessa jossa väri siirretään ensiksi painotelta joustavampaan materiaaliin, esimerkiksi kumiin, ei painolevy voi mukautua paperissa oleviin kuoppiin. Näinollen syväpainossa paperin kuoppien kohdalta jää erityisen herkästi painoväri siirtymättä.

2.7 Sileyden mittaustapoja

Yleisin tapa mitata paperin sileyttä perustuu siihen, miten nopeasti tai miten paljon ilmaa virtaa paperin ja mittakupin pinnan välisestä raosta (Bendtsen, Bekk, Parker Print Surf ja Sheffield menetelmät).

Sileyden mittaamiseksi on myös optisia menetelmiä. Niissä paperi painetaan lasiprisman hiottua pintaa vastaan ja mitataan heijastusluku, joka on verrannollinen siihen osaan paperin pinnasta, joka on kosketuksessa prisman kanssa. (KnowPap 2014, sileys ja karheus)

Profilometrimittauksissa mitataan sensorin ja paperin pinnan välistä etäisyyttä. Laserprofilometrimittauksessa lasersäde fokusoidaan näytteen pintaan. Objektiviin sijainnista voidaan laskea paperin pinnan etäisyys. Profilometrillä saadaan yksityiskohtaista tietoa paperin pinnanmuodosta. (KnowPap 2014, sileys ja karheus)



KUVA 8. Messmer Instrumentsin PPS-sileydmittari

3 KUVAUSLAITTEISTO

3.1 Yleisesti

Kuvauslaite koostuu useista osakokonaisuuksista, joista tärkeimmät keskustelevat keskenään kuvaussekvenssin aikana. Järjestelmät on pidetty erillään ylläpidon ja päivityksen helpottamiseksi.

Laitteisto koostuu seuraavista pääkomponenteista, joita voidaan muuttaa toisistaan riippumatta:

- Runko ja leditelineet
- Kamera ja objektiivi
- Valo-ohjain, ledit ja virtalähde
- Käyttöliittymä ja tietokone

Laitteiston ohjaus tapahtuu tietokoneelta käyttöliittymästä, joka siirtää käskyjä ”Canon SDK” – kehitystyökalun avulla kameralle ja USB-väylän läpi valo-ohjaimen mikrokontrollerille. Canonin kehitystyökalun avulla kamera voidaan käskää tallentamaan kuvat suoraan tietokoneelle, eikä niitä tarvitse erikseen tuoda kamerasta loppuksi.

Valo-ohjain saa kameran salamakengästä signaalin, kun kamera ottaa kuvan ja tätä signaalia käyttäen vaihtaa palavan ledin positiota. Valo-ohjain käyttää kameran salaman räpsähdystä signaalina. Kuvien ottamisen jälkeen kuvat annetaan sellaisenaan MATLAB:lle topografialaskentaa varten.

3.2 Runko

Kuvauslaitteiston runko koostuu neljästä 100cm pituisesta 45x45mm alumiiniprofiilista, jotka on kiinnitetty 50cm pitkin profiilein poikkuisuuntaisesti toisiinsa. Alumiiniprofiilien kiskoihin on kiinnitetty seinälevyjen asennusruuvit.



KUVA 9. Kuvauskaapin runko

3.3 Kamera

Kuvauskaapin sisälle on asennettu kaksi kappaletta 50cm poikkiprofiilia, joihin on kiinnitetty vastaavasti kameran jalkana toimiva 30cm alumiiniprofiili.

Kameraksi on valittu Canon EOS 100D digitaalijärjestelmäkamera ja siihen on liitetty Sigman ”105 mm F2.8 EX DG OS HSM Macro” – objektiivi. Kamera- ja objektiivivivallinat ovat osittain Tampereen teknillisen yliopiston suositusten mukaisia ja osittain taloudellisia valintoja.

3.3.1 Canon EOS 100D

Canon EOS 100D on erittäin pienikokoinen ja kevytrunkoinen digijärjestelmäkamera, jonka ansiosta se soveltui hyvin käytettäväksi VVK-laitteessa. Kamerassa on 18 megapikselin CMOS-kenno ja yleisesti käytössä oleva EF/EF-S objektiivinkiinnitys. Lisäksi on saatavilla objektiivisovittimia, joiden voidaan yhteen sopimaton objektiivi kiinnittää paikoilleen.

3.3.2 Makrokuvaaminen

Puhuttaessa makrokuvaamisesta, tarkoitetaan yleensä kuvattavien kappaleiden kuvaamista niin, että niiden koko piiryy sellaisenaan tai suurennettuna kameran kuvasensorille. Makrokuvaaminen vaatii omat erikoislinssinsä ja kuvaustekniikkansa hyvien kuvaustulosten saamiseksi.

Luontokuvaajat kuvaavat pieniä kohteitaan aina kaksinkertaiseen suurennokseen asti luonnossa ja jopa nelinkertaisella suurennoksella studio-olosuhteissa. Lähikuvaamisessa voidaan vielä käyttää perinteisen valokuvaamisen tekniikoita, mutta siirryttäessä kuvien suurentamiseen, eli yli 1:1 kuvasuhteeseen, kuvaamisesta tulee haastavampaa uusien ongelmien noustessa esiin. Näitä ongelmia voivat olla asetuksista riippuen: kuvausetäisyys, tarkennus, syväterävyysalue, kuvan sumeneminen (diffraktio), lopullinen kuvaresoluutio tai valaistus.

3.4 Ledit

Näytteen valaisuun valittiin TTY:n kokemusten perusteella Bridgeluxin 800lm 4000k malli (Nurminen, 2014). 800 luumenia vastaa valoteholtaan 60W hehkulamppua ja 4000 Kelvinin väriämpötila on erittäin lähellä neutraalia valkoista. Ledit on kiinnitetty ruuvein muovista 3D-tulostettuihin telineisiin, jotka ovat vastaavasti kiinnitetty rungon pystypalkkien uriin.



KUVA 10. Leditelineiden asennus

3.5 Valo-ohjain

Viistovalaisuun käytettyjä ledejä ohjataan Panu Vuorenmaan opinnäytetyönä suunnitteleman valo-ohjaimen avulla. Yksinkertaistettuna valo-ohjain saa tietokoneelta käyttäjän valitsemana tiedon ajettavasta sekvenssistä (kerrokset A-B, B-C tai A-B-C), jonka jälkeen valo-ohjain jää odottamaan kameran salamakengästä signaalia. Salaman välähdyssignaalia käytetään valo-ohjaimessa signaalina ledin vaihtamiselle. Syvempää laitteen kuvausta löytyy Panu Vuorenmaan opinnäytetyöstä ”Viistovalokuvauslaitteen kuvausvalojen ohjainlaite”

3.6 Kuvausprosessi

Kuvausprosessin (Liite 1, 2) alussa käyttäjä valitsee käyttöliittymästä haluamansa valaisukulmat kappaleen sileyden ja kiillon mukaan, esimerkiksi jättäen terävimmän valaisukulman käyttämättä kiiltävillä papereilla tai matalimman kulman papereilla joiden pintarakenne karkeus jättäisi liikaa varjoja kuvaan.

Tämän jälkeen kamera hakee raa’an autotarkennuksen jota käyttäjä voi hienosäätää käsin käyttöliittymästä. Tarkennuksen jälkeen tehdään mittakaavakalibrointi, jos kameran korkeutta tai objektia on muutettu, jonka jälkeen voidaan siirtyä näytteiden kuvaamiseen.

4 KOEKUVAT

4.1 Newspress-paperin koekuvat

Seuraavat kuvat ovat otettu ”Newspress+”- luettelopaperista kameran tarkennuksen ja valo-ohjaimen toiminnan testaamiseksi, mutta soveltuvat hyvin visualisoimaan kahden eri ledisuunnan yhdistämisestä saatavasta lisätarkkuudesta.



KUVA 11. A2-Ledillä valaistu luettelopaperi



KUVA 12. A3-ledillä valaistu luettelopaperi

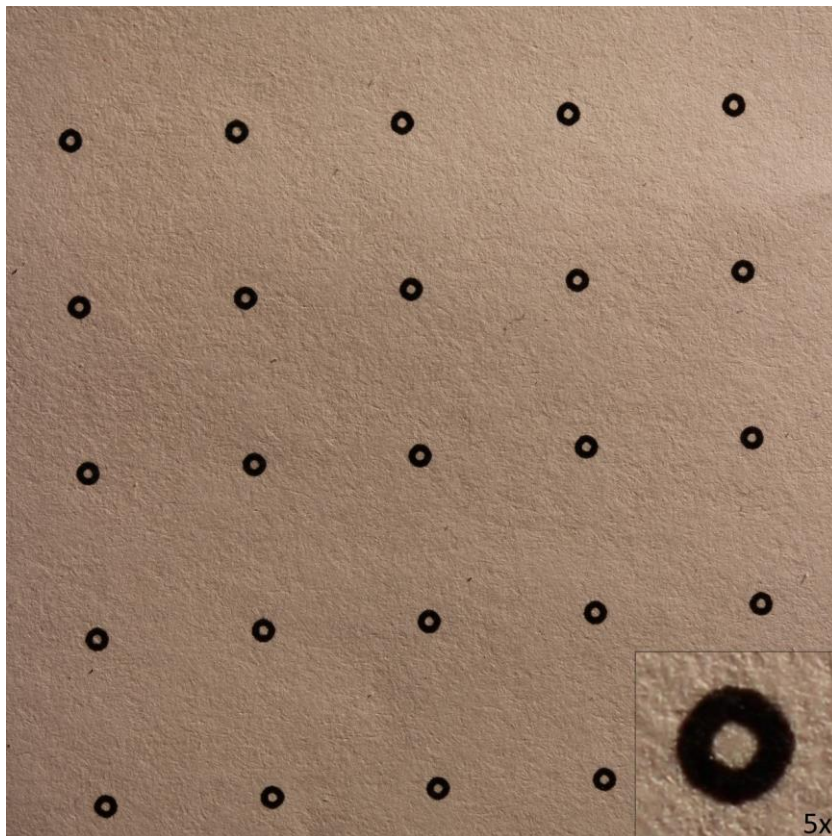


KUVA 13. Kahdesta edellisestä kuvasta yhdistetty välitulos. (kuten Kuvan 2 kohta p)

4.2 Mittakaavakalibrointituloste

Kuvausprosessin aikana tarvitsee MATLAB:lle kertoa kuvattavan kappaleen mittakaava varsinkin jos kameran kuvauskorkeuteen on tehty muutoksia, esimerkiksi objektiivi on jouduttu vaihtamaan. Tämän helpottamiseksi projektin aikana mietittiin erilaisia jyrskyjä tai tulostettuja pintoja, jotka olisi helppo tarvittaessa valmistaa uudestaan. Hämeen ammattikorkeakoululla oli kokeiltu yksinkertaista pistekarttaa, jossa jokainen piste on 10mm päässä toisistaan.

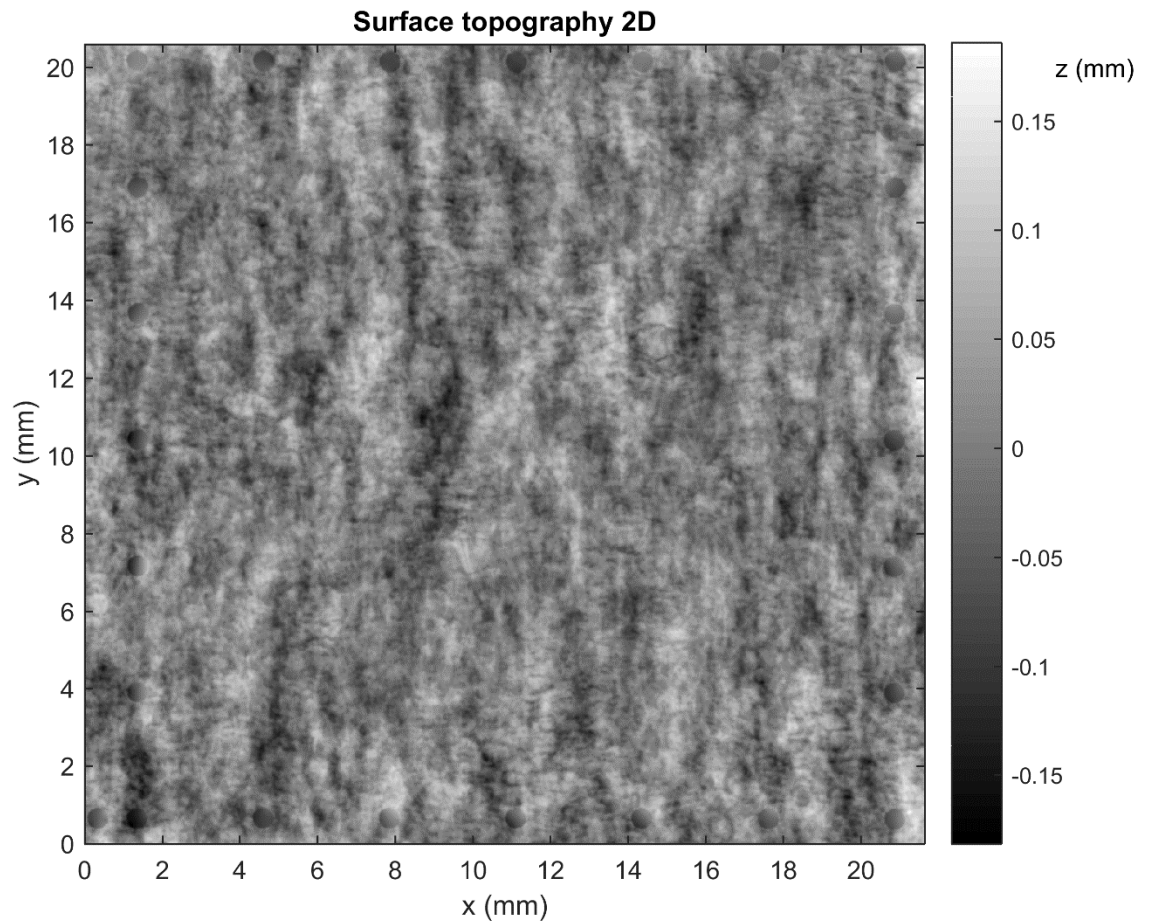
Kuvassa CAD-piirros on tulostettu normaalille kopiopaperille, kuvassa osasuurennos, josta näkee tonerin pysyneen hyvin tulostusalueella eikä ole lähtenyt leviämään.



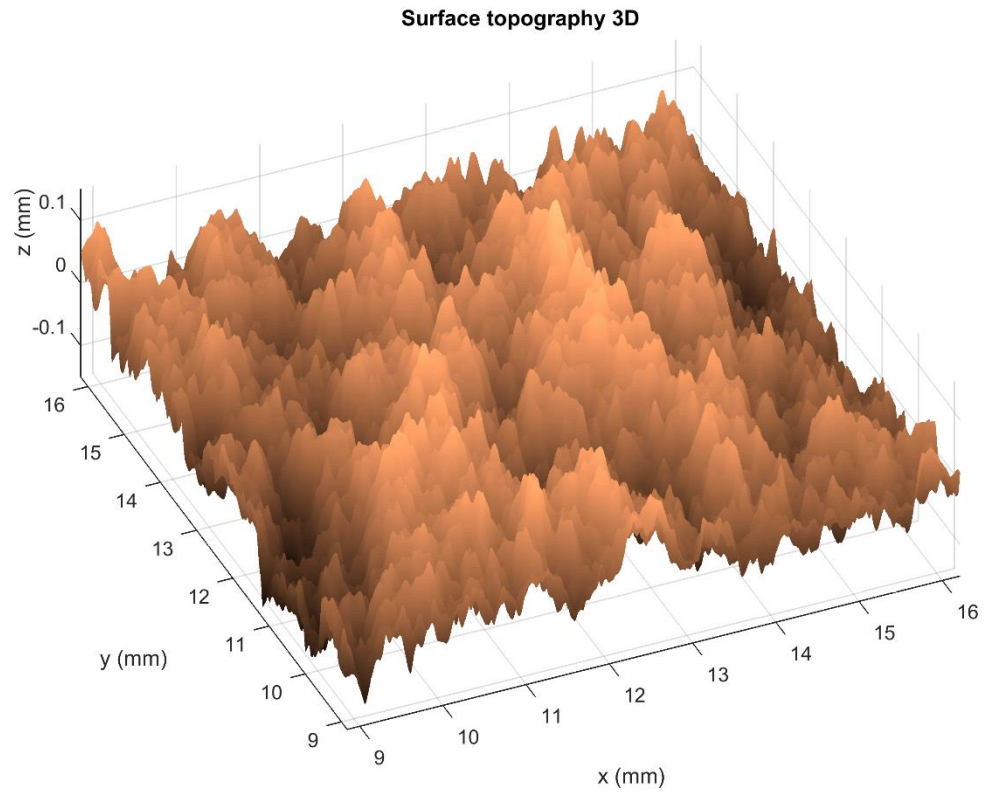
KUVA 14. Tuloste CAD-piirroksesta

4.3 Pintatopografiakuva

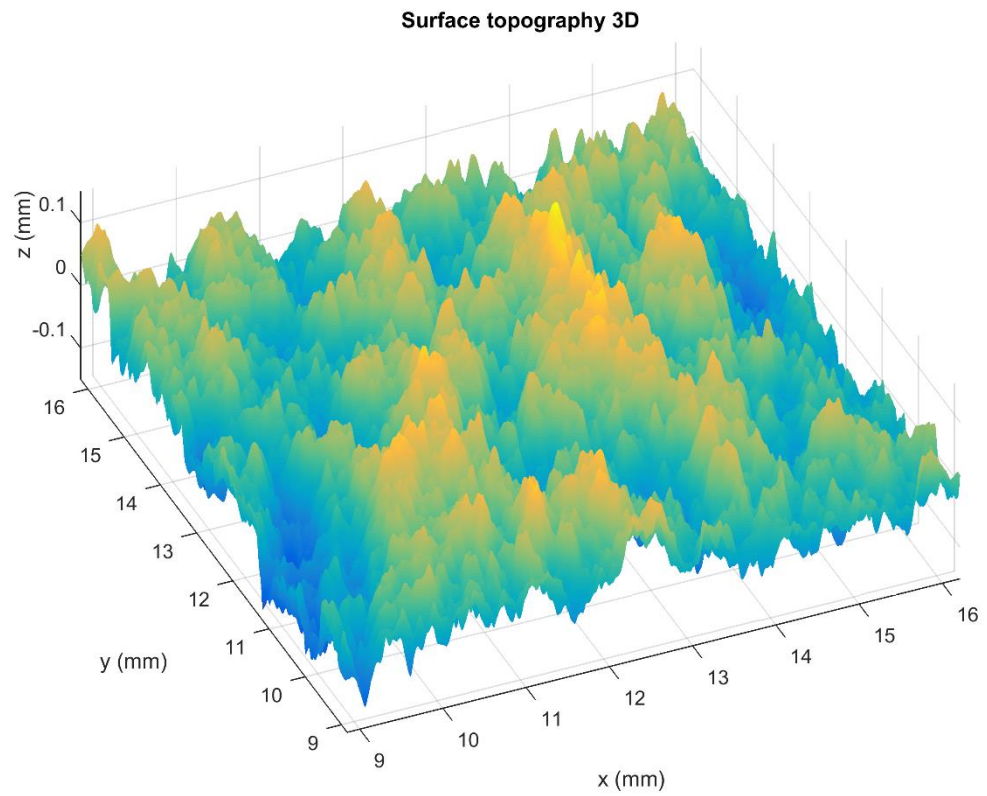
MATLAB tuottaa input-kuvien perusteella kaksiulotteisia mustavalkokuvia (Kuva 15), joista voidaan ottaa erikseen tarkkailtavaksi pieniä paloja 3D-karttoina (Kuvat 16 & 17), joiden toivotaan antavan nopeammin selkeämpi kuva näytteen todellisista pinnanmuodoista verrattuna vanhempaan mustavalkoiseen 2D-kuvaan. Kuvassa 16 käytetty MATLAB:n ”Copper”-värikarttaa ja Kuvassa 17 Jet-värikarttaa.



KUVA 15. Pintatopografiakuva (Mettänen, 2015)



KUVA 16. 3D-värikartta, Copper (Mettänen, 2015)



KUVA 17. 3D-värikartta, Jet (Mettänen, 2015)

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli viistovalokuvauslaitteen käyttöönotto ja sen käyttöohjeiden tekeminen. Komponenttien saamisessa kuitenkin kesti huomattavasti suunniteltua kauemmin ja näinollen käyttöohjeiden laatiminen todennäköisesti jää projektin seuraavaan vaiheeseen. Valo-ohjaimen komponenttien viivästyminen vaikutti koko projektin viivästymiseen, kun käyttöliittymää, eikä kameran ohjausta varsinaisesti päässyt kokeilemaan ilman ohjainlaitetta.

Projektin aikana laatijalle tuli epätavallisen selväksi, kuinka vähän teoriaa fotometrisestä stereosta on saatavilla suomeksi. Käytännössä kaikki julkisesti saatavilla oleva materiaali oli englanniksi ja erittäin syvälle fysiikkaan menevää tekstiä, jonka ymmärtämiseen ja kääntämiseen meni yllättävän paljon aikaa.

Laitteeseen on ehdotettu eri suunnilta erilaisia jatkokehityskohteita, joita ei tähän ns. ”0.1” versioon ole ajankohtaista lisätä. Tampereen teknillisen yliopiston mallissa olevat värilliset ledit tai koneellisesti siirrettävät valaisukulmat ovat yksi esimerkki tästä.

LÄHTEET

AEL / Proledge Oy 2014. KnowPap Versio 16.0. Luettu 20.2.2015.

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/knowpap_system/user_interfaces/knowpap.htm

Innventia. 2012. The OptiTopo device – A Very fast way to characterize paper/board surface and predict print quality. Luettu 31.4.2015

<http://www.innventia.com/Documents/Produktblad/Material%20processes/Papper-syta/OptiTopo%20for%20sale%20-%20product%20sheet.pdf>

International Organization for Standardization 2009. Part 1: 75 degree gloss with a converging beam, TAPPI method. Verkkosivu. Luettu 24.2.2015

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8254:-1:ed-2:v1:en>

International Organization for Standardization 2009. Part 3: 20 degree gloss with a converging beam, TAPPI method. Verkkosivu. Luettu 24.2.2015

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:30511:en>

Kuparinen, T. 2008. Reconstruction and analysis of surface variation using photometric stereo. Lappeenranta University of Technology. Väitöskirja.

Multipix Imaging 2014. HALCON's Imaging Software technique 'Photometric Stereo' explained. Verkkosivu. Luettu 23.2.2015

<http://multipix.com/support-articles/imaging-software-technique-photometric-stereo-explained/>

Nurminen, P-M. 2014. Viistovalokuvauslaitteiston suunnittelu ja 3D-mallinnus. Kone- ja tuotantotekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Sappi Europe SA 2007. Paper Standards & Measurements. Tekninen julkaisu. Luettu 3.3.2015

<http://www.na.sappi.com/education/probookshelf/technical-publications>

Vuorenmaa, P. 2015. Viistokuvauslaitteen kuvausvalojen ohjainlaite. Sulautetut järjestelmät ja elektroniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

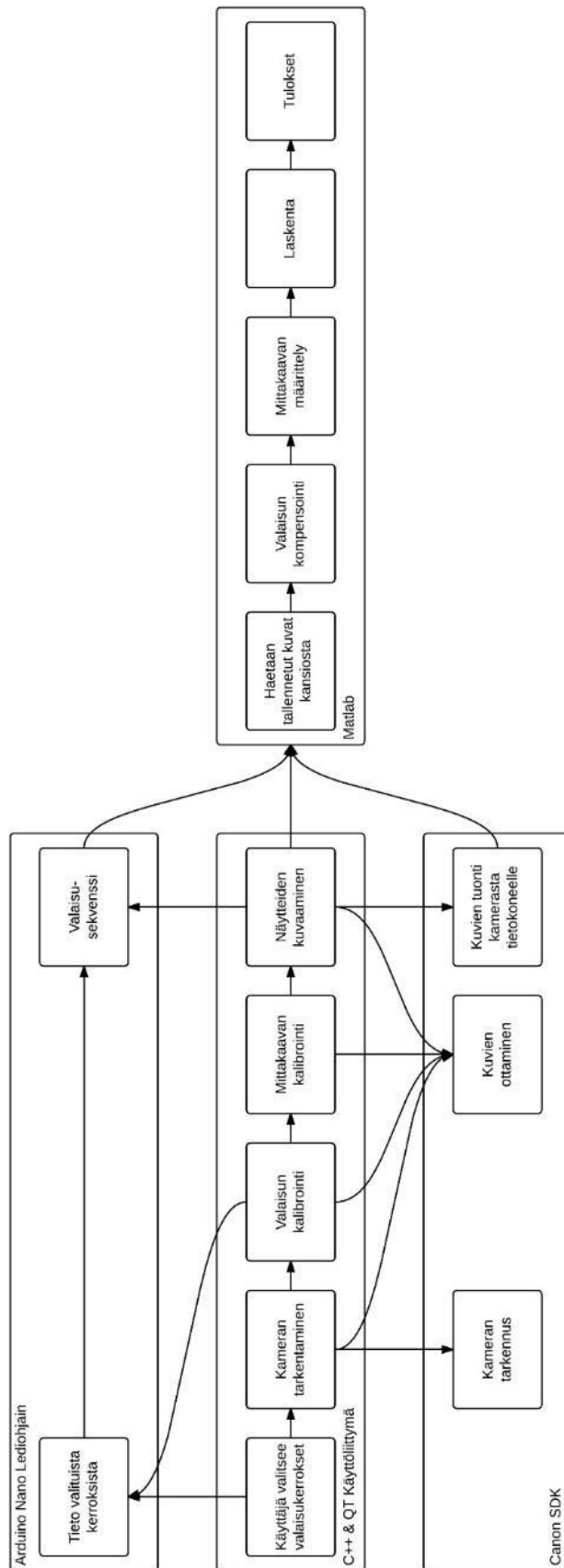
LIITTEET

Liite 1. Kuvausprosessin määrittely, syksy 2014

Viistovalokuvauksen ohjaussoftan toiminnot ja huomioita kuvausproseduurista:

- (1) Valojen/valokerrosten valinta
 - Valitaan halutut valaisukerrokset. (esim. vain kerros A)
 - Tiedot valituista ledeistä kirjoitetaan talteen (ledien koordinaatit X, Y keskipisteestä).
- (2) Kameran fokusoiminen
 - Kohteeksi laitetaan yksi kuvattava näyte.
 - Fokusoinnissa ovi pidetään auki, että kameralla on valoa, jolla tarkentaa.
 - Fokusoitokuva näytetään käyttäjälle tarkkuuden varmentamista varten.
 - LiveView-näkymästä ei pysty näin tarkasti näkemään, onko kuva tarkka; otetaan kuva täydellä resoluutiolla ja tarkastellaan siitä.
 - Kun fokusointi on saatu valmiiksi, kameralla otetaan kuvia vain ilman autofocusta.
- (3) Valaistuskalibrointikuvien ottaminen
 - Kohteeksi joko yksi kuvattava näyte tai muu yksivärinen paperi. Kohteessa ei saa olla painatusta.
 - Otetaan kuva kullakin valitulla ledillä vuoron perään, talletetaan kuvat kovalevylle
 - Käyttäjä nimeää kalibrointikuvahakemiston asianmukaisesti
 - Tässä vaiheessa myös säädetään valotusaika ja aukko siten, että kuviin tulee valoa sopivasti
- (4) Mittakaavakalibrointi eli millimetripaperin tai muun asteikon kuvaaminen
 - Yksi valonlähde riittää.
- (5) Näytteiden kuvaaminen
 - Näyte asetetaan alustalle ja suoristetaan painoilla tarvittaessa, ovi suljetaan
 - Otetaan kuvat vuoron perään jokaisella ledillä jotka käyttäjä oli valinnut
 - Kuvat siirtyvät kamerasta käyttäjän nimeämään kansioon tietokoneelle.
 - kuvien analysointivaiheessa täytyy olla tiedossa, mikä valonlähde vastaa mitään kuvaa (.xml-, .csv -tiedosto tai EXIF-metadata. Toteutustapa ei vielä lukittu)

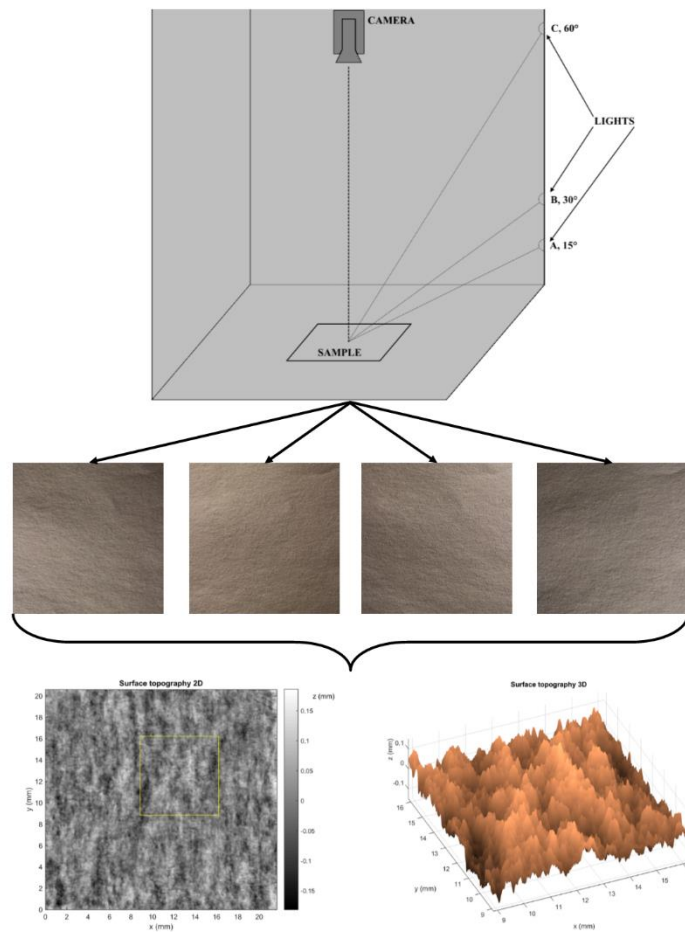
Liite 2. Kuvausprosessin kaavio, työn jakautuminen komponenttien kesken



KUVIO 1. Kuvausprosessin toiminnot niitä suorittavine laitteineen.

Liite 3. Laitteen esittelyposterit

Surface Topography



Photometric stereo is a fast non-contact technique for estimating surface normal of samples by photographing the sample under different lighting directions. The surface normal at each point is converted into gradient information, and the surface topography map can then be calculated from the gradient fields by integration.

The main principle of the technique is the fact that the amount of light reflected by the surface is dependent on the surface orientation in relation to the light source and the camera. The surface orientation can thus be estimated given at least three photo-

