

HOVEDPROSJEKT:

Rastermåling i avis

**Halftone Measurement in
Newspaper Print**

FORFATTERE: Eskild Aasen
Øyvind Danielsen
Alv Jørgen Bovolden

Dato: Gjøvik, 23. mai 2002

Sammendrag av hovedprosjekt

Tittel:	Rastermåling i avis	Nr. :	
		Dato :	23.05.02
Deltaker(e):	Eskild Aasen (PL) Øyvind Danielsen Alv Jørgen Bovolden		
Veileder(e):	Sven Erik Skarsbø		
Oppdragsgive:	NADA AS		
Kontaktperson:	NADA AS v/ Magne Johnsen		
Stikkord	Måleinstrumenter, rastermåling, avis, repeterbarhet.		
Antall sider: 52	Antall bilag: 274 sider vedlagt på CD	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen	

Denne rapporten er utarbeidet av tre avgangsstudenter på grafisk linje ved Høgskolen i Gjøvik. Gruppen har gjennom prosjektet «rastermåling i avis» gjennomført systematiske målinger i tre ulike norske aviser. Målingene er utført med seks ulike apparater som representerer tre ulike måleteknologier, densitometri, spektrofotometri og digital punktmåling. De innsamlede data har så blitt analysert ved hjelp av statistiske metoder for å finne ut av hvilke instrumenter som egner seg best til måling av rastertoner på avisepapir med hensyn til repeterbarhet, og samtidig kartlegge hvilke rastertoneverdier de ulike apparat-typene gir. Denne problemstillingen er særlig blitt aktualisert ved NADAs satsing på lineær repro, og kompensering for punktøkning i RIP.

Gjennom dataanalysen har gruppen funnet at det er flere forhold som spiller inn på apparatenes repeterbarhet. Antall desimaler i måleverdiangivning (spesielt ved densitetsmålinger), størrelse på måleblender og måleteknologi er viktige faktorer. De densitetsgivende apparatene kommer bedre ut enn de digitale punktmålerne når det gjelder repeterbarhet. De gir også ved beregning av rastertoneverdier ifølge Murray-Davies, andre rastertoneverdier enn punktmålerene. Gruppen har sammen med prosjektets referansegruppe og veileder deffinert grenseverdier for hvilke variasjoner som bør kunne godkjennes. Når det gjelder apparatenes innbyrdes avvikende måleverdier (rastertoneverdier), er det ikke tatt stilling til hvilke apparater som gir de riktigste rastertoneverdiene. Bakgrunnen for dette er blant annet at det i forutsetningene ikke er definert hvorvidt instrumentene bør angi geometrisk eller total punktøkning. Gruppen har derfor bare pekt på forskjellene.

Summary

Title:	Halftone Measurement in Newspaper Print	Nr. :	
		Date :	23.05.02
Participant(s):	Eskild Aasen (PL) Øyvind Danielsen Alv Jørgen Bovolden		
Supervisor:	Sven Erik Skarsbø		
Oppdragsgive:	NADA AS		
Contact:	NADA AS v/ Magne Johnsen		
Cue:	Measure instruments, halfdot measurement, newspaper, consistent readings.		
Pages: 52	Attachment: 274 pages at CD-ROM	Availability (open/confidential): Open	

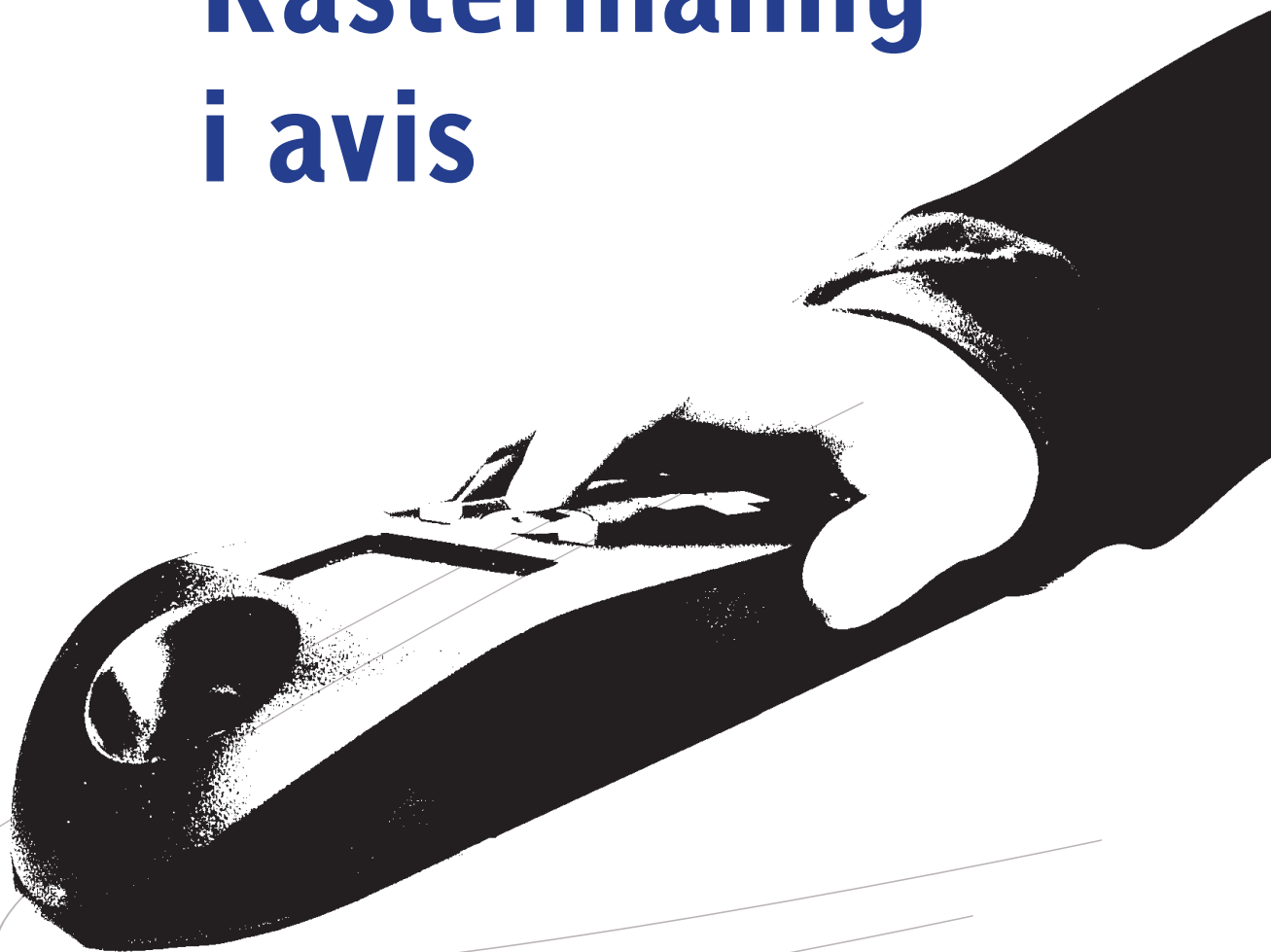
Three graduate students at Gjøvik College have made this report. The group has trough the project «Halftone Measurement in Newspaper Print» carried out systematically measurements in three different Norwegian newspapers. The measurements has been carried out with six different instruments that represents three different technologies: densitometry, spectrophotometry and digital dot reading. The collected data has been analysed trough statistical methods to find which instruments that are best suited for halftone measurement in newspaper print concerning consistent readings, and at the same time evaluate the halftone values that the different instruments give. This question is now of current interest because of NADA's bidding for «linear repro», and dot gain compensation in RIP.

Trough data analysis the group has discovered that there are different circumstances that influence the consistency of the instrument. The main factors are the number of decimals in the result of a reading (specially density measurements), the aperture size and the measurement technology. The measurement results of the instruments that measure density values are more consistence than digital dot readers. The dot readers give different dot values than the densitometers give trough Murray-Davies' formula.

The project group has in cooperation with the projects reference group and supervisor, defined certain limits for the variation that should be allowed. In this project there are not made any conclusions about which instrument that give the right dot values. Because it is not defined whether the instruments should give geometric or optical dot gain. The group has therefore only caught the attention of the differences.

Hovedprosjekt 2002

Rastermåling i avis



Oppdragsgiver
NADA AS

Prosjektgruppe
Eskild Aasen
Øyvind Danielsen
Alv J. Bovolden

Veileder
Sven Erik Skarsbø

Innholdsfortegnelse

Forord	s. 7
1 Innledning	s. 8
1.1 Bakgrunn	s. 8
1.2 Problemstilling	s. 8
1.3 Målsetning	s. 8
1.4 Roller og bemanning	s. 9
1.4.1 Oppdragsgiver	s. 9
1.4.2 Referansegruppe	s. 9
1.5 Terminologiliste	s. 10
2 Teoretisk grunnlag og utledning av prinsipper	s. 12
2.1 Gjennomsnitt	s. 12
2.2 Standardavvik	s. 12
2.4 Kvikvadratfordelingen	s. 13
2.3 Normalfordelingen	s. 12
2.5 Målemetodikk	s. 14
3 Apparater og utstyr	s. 17
3.1 Densitometeret	s. 17
3.2 Spektrofotometer – Gretag Macbeth SpectroEye	s. 20
3.3 X-Rite 508 - Spektrodensitometer	s. 22
3.4 CCDot4	s. 23
3.5 Acme Platereader	s. 25
3.6 Punktstørrelse	s. 26
3.7 Substrat	s. 27
3.8 Programvare og datateknisk utstyr	s. 28
4 Praktisk gjennomføring	s. 29
4.1 Gjennomføring av prosjektet	s. 29
5 Instrumentenes repeterbarhet	s. 30
5.1 Bakgrunn for måling av standardavvik	s. 30
5.2 Differansene mellom apparatene	s. 37
6 Kontrollmålinger	s. 41
6.1 Test 1	s. 41
6.2 Test 2	s. 43
7 Konklusjon	s. 46
8 Litteraturliste	s. 49

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av tre avgangsstudenter på Grafisk linje ved Høgskolen i Gjøvik. Gjennom prosjektet «rastermåling i avis» har gruppen studert måleapparaters repeterbarhet og hvilke rastertoneverdier de ulike instrumentene gir ved måling av rasterelementer trykt i coldset rulloffset på Newsprint. Vår oppdragsgiver NADA AS (Norske Avisers Digitale Annonseleveringssystem) ved Magne Johnsen, ønsket å kartlegge usikkerheten ved rastertonemålinger med ulike meoder, et problemområde som er aktualisert gjennom norske avisers satsing på «lineær repro» og punktøkingskompensering i RIP.

Vi presiserer imidlertid at det er måleteknologier som er evaluert og ikke trykket i avisene som deltok i testen. Ettersom samtlige trykkprøver er lagret i lystette esker på Fargelaboratoriet ved Høgskolen i Gjøvik, kan resultatene etterprøves.

Analysen bygger på et stort tallmateriale. Prosjektgruppen har i hovedsak konsentrert seg om å kartlegge instrumentenes repeterbarhet, dvs. stabilitet. Men tallmaterialet gir også andre analysemuligheter. Alle måledataene er lagret på vedlagte CD, og vil således kunne nyttes til andre analyser. Dette prosjektet har gitt oss anledning til å fordype oss i en avgrenset og aktuell problemstilling, av interesse for avisbransjen. At det, så vidt vi har kunnet finne ut, ikke tidligere har vært gjort komparative undersøkelser på området, var en av grunnene til at vi ønsket å gjennomføre dette prosjektet.

Som gruppens veileder og faglige ressursperson har Sven Erik Skarsbø vært en god inspirator. Ved problemstillinger gruppen har støtt på, har han kommet med innspill slik at problemene har blitt belyst fra flere aktuelle synsvinkler. Referansegruppen besto av Hans Faye-Schjøll (Knowlex AS) og Jon Yngve Hardeberg (HiG). Vi vil spesielt takke Hans for konstruktiv kritikk og viktige innspill. Vi vil også takke alle andre som har bidratt til gjennomføringen av dette prosjektet. Først og fremst avisene som rykket inn testformen: Adresseavisen, Asker & Bærum Budstikke, Bergens Tidende, Stavanger Aftenblad, Bladet Tromsø, Gudbrandsdølen Dagningen og Oppland Arbeiderblad. Tor Slind (HiG) har vært behjelpelig ved valg av statistiske metoder for bearbeiding av det store tallmaterialet. En takk rettes også til Luthgruppen, Hjemmet Mortensen og Skotvedt & Aanesen AS som har lånt oss måleinstrumenter. Til slutt en takk til Centurfax og FAG for velvillig besvarelse av faglige spørsmål.

Siden vedlegget inneholder en betraktelig mengde data, ble prosjektgruppen og veileder enige om å presentere dette på vedlagte CD-ROM.

Gjøvik, 23. mai 2002

Eskild Aasen (PL)

Øyvind Danielsen

Alv Jørgen Bovolden

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Kompensering for punktøking i trykkprosessen forutsetter pålitelige metoder for måling av rastertoneverdier på papir. Tradisjonelt har det vært benyttet densitometer og Murray-Davies formel for målinger av rastertoneverdier på papir. Foruten densitometre finnes det i dag også spektrofotometre og digitale punktmålere i utførelser som gjør dem prsktisk anvendelige i avistrykkerier. Diskusjoner i fagpressen viser at fagmiljøet i Norge er ikke enig om hvilke målemetoder og instrumenter som bør brukes til måling av rastertoner på papir. Det har heller ikke lyktes oss å finne metodiske undersøkelser som belyser temaet. NADA ønsker derfor gjennom dette prosjektet å skaffe empirisk grunnlag for anbefalinger til den norske avisbransjen. Problemstillingen er særlig blitt aktualisert ved NADAs satsing på lineær repro, og kompensering i RIP for punktøkingen i trykkprosessen.

1.2 Problemstilling

Det finnes i dag flere ulike apparattyper og metoder som kan brukes til å måle rastertoneverdier på avisapir. Prosjektet har tatt utgangspunkt i følgende problemstillinger:

- a) Hvilke instrumenter egner seg best til måling av rastertoner på avisapir med hensyn til repeterbarhet, og
- b) hvordan er forholdet mellom rastertoneverdiene de ulike apparattypene gir?

1.3 Målsetning

Ved å rykke inn testformer i flere aviser, gjennomføre målinger på trykkprøvene og analysere måldataene, skal prosjektgruppen primært undersøke ulike instrumenters repeterbarhet. Men en vil òg sammelikne rastertoneverdiene fra de ulike instrumentene.

1.4 Instrumenter som er testet

Prosjektet har benyttet følgende instrumenter	
Viptronic Vipdens 400P	Filterdensitometer av eldre modell
Viptronic Vipdens 1000P	Filterdensitometer av nyere modell
X-Rite 508	Nyere spektraldensitometer
Gretag MacBeth SpectroEye	Spektrofotometer med densitometer-funksjon
Centurfax CCDot4	Digital punktmåler (planimetrisk)
Laurie Mullaney Acme Platereader	Digital punktmåler (planimetrisk)

1.4 Roller og bemanning

1.4.1 Oppdragsgiver

NADA AS (Norske Avisers Digitale Annonseleveringssystem) ble opprettet i 1995 som et datterselskap til MBF – Mediebedriftenes Landsforening (tidligere NAL). Firmaet utvikler standarder til digital annonselevering i Norge. Dette skjer ved å videreutvikle et sett programvaremoduler som er internasjonalt anerkjente og plattformuavhengige og som tillater punkt-til-punkt-overføring (peer to peer). Det fungerer slik at det er én mottaker og én avsender. Avsenderen overfører annonsene til mottakerapplikasjonen i for eksempel avistrykkeriet. NADA skal fungere som et samlende forum for norske aviser og regelmessig komme med informasjon som er relevant for avisene. Gjennom programvaremodulen med samme navn, er NADA med på å kvalitetssikre arbeidsflyten i norske aviser.

Prosjektansvarlig er NADA AS ved daglig leder Magne Johnsen.

1.4.2 Referansegruppe

Det ble opprettet en referansegruppe bestående av Hans Faye-Schjøll (Knowlex as) og Jon Yngve Hardeberg (HiG). Referansegruppen har bidratt med kunnskap og erfaringer fra bransjen og fungerer som et diskusjonsforum for prosjektgruppen.

1.4.3. Prosjektgruppens organisering

Eskild Aasen var gruppens prosjektleder med ansvar for fremdrift. Eskild avtalte og koordinerte møter med veileder, referansegruppen og oppdragsgiver. Han hadde det overordnede ansvar for statistiske metoder, og jobbet ellers med densitometer, Gantt-diagram og målinger.

Øyvind Danielsen var rapportredaktør med ansvar for utforming og for at data, tekst og bilder ble satt i et lagringssystem. Øyvind stod også for utarbeidelse av testformen. Arbeidsoppgaver ellers var beskrivelse av spektrofotometer og spektrodensitometer. Han hadde også ansvar for kontakten med avisene og ledet gjennomføring av målingene.



Eskild Aasen (PL)



Øyvind Danielsen



Alv Jørgen Bovolden

Alv Jørgen Bovolden hadde ansvar for design og oppdatering av prosjektets nettside. Han var fast møterefereent, og var den som utarbeidet maler og programmerte makroer til regnearkene. Alv arbeidet ellers med punkt-målere og målinger.

Ellers samarbeidet alle med generering av dokumenter til rapporten.

1.5 Terminologiliste

I rapporten bruker gruppen en retorikk som inneholder mange ord fra statistikkens terminologi så vel som grafisk teknologisk terminologi. For å unngå misforståelser er det her en liste over noen av disse ordene, og til hjelp for leserne står det en forklaring til hvert ord.

Broadsheet et avisformat som er dobbelt så stort som tabloidformatet.

Broadsheet går også under betegnelsen fullformat. Aftenposten, Adresseavisen, Bergens Tidende og Stavanger Aftenblad er eksempler på aviser i fullformat.

CCD-celler (Charge Coupled Device) Celler som gjør lysintensitet om til elektriske signaler.

Coldset trykkteknologi hvor fargen tørker uten tilførsel av varme. Brukt i avisproduksjon.

CTP (Computer To Plate) Teknikk for å eksponere en trykkplate direkte i setter isteden for å gå veien om grafisk film.

Densitet optisk tetthet, materialets evne til å absorbere lys, angitt som en logaritmisk verdi.

Densitetsgivende apparater apparater som avgir densitetsverdier ved måling av rastertoner. X-Rite 508, Vipdens 400P, Vipdens 1000P og SpectroEye er alle densitetsgivende instrumenter.

Densitometer måleinstrument som måler densitet ved hjelp av reflektert eller transmittert lys, på henholdsvis reflektive (papir, kartong) eller transparente (film, dias) måleunderlag.

Digitale punktmålere måleinstrument som måler geometriske rastertoneverdier.

Geometrisk punktøking en verdi som i prosent angir hvor mye rasterpunktene har økt i fysisk størrelse i løpet av trykkprosessen.

Konfidensintervall statistisk mål brukt ved antagelse (estimering) av ukjente størrelser på grunnlag av innsamlet datamateriale

Lineær repro CMYK-reproduksjon som ikke er kompensert for punktøking

Middelverdi et mål på senteret i tallmaterialet. Ordet gjennomsnitt brukes mest.

Monokromator enhet som splitter lyset i mindre frekvensområder, for eksempel 10 nm.

Murray-Davies' formel matematisk for omregning av densitetsverdier til rastertoneverdier.

Måleserie en serie målinger innenfor et definert område. F. eks. en patch

Narrow Band smalbåndfilter

Offset trykkteknologi hvor trykkplaten setter av trykkbildet/fargen på en gummisylinder som overfører fargen til papir.

Optisk punktøking «skyggen» som omgir et rasterpunkt, og gjør at rasteret blir mørkere enn det den geometriske størrelsen tilsier.

Patch et målefelt med en gitt rasterprosent som er trykt for kontrollmåling

Polarisasjonsfilter filter som reduserer overflateglansen til våt trykkfarge

Pregehologram relieffmønster med rasterstruktur preget inn i en lysreflekterende folie. Benyttes blant annet som monokromator.

Raster brukes til å simulere gråtoner i trykk oftest i form av punkter eller firkanter

RIP (Raster Imaging Processor) enhet som beregner bitmap før utskrift på printer, platesetter eller filmsetter

Rulloffset Offsetteknologi som mates med papir fra rull.

Spektrofotometer et måleinstrument som måler og analyserer bølglengde for bølgelegde det reflekterte lyset som blir reflektert av måleunderlaget. Resultatet angir fargen til måleunderlaget.

Standardavvik Et mål på hvor stor spredning et tallmateriale har rundt middelveien.

Tabloid avisformat, halvparten av broadsheet. Eksempel er VG, Asker & Bærum Budstikke og Dagbladet. Ca. 29 x 42 cm.

Utfallsrom samlingen av alle mulige utfall av et måleresultat.

2 Teoretisk grunnlag og utledning av prinsipper

Som beskrevet i målsetningen for prosjektet, skal prosjektgruppen kartlegge instrumentenes repeterbarhet og finne hvilke rastertoneverdier de gir på avisblad. For å gjøre dette har gruppen benyttet seg av noen statistiske metoder og prinsipper.

Eksempel på utregning av standardavvik

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$
 Gitt ti ulike måleverdier: 5, 6, 4, 7, 7, 5, 6, 4, 7, 7.
 Disse verdiene har et gjennomsnitt på 5,8
 Standardavviket finnes da ved følgende formel der
 N er antall målinger, x er en gitt måleverdi og x
 middelerdi er gjennomsnittet:
 Standardavviket for vår målerekke blir da:

$$S = \sqrt{((5-5,8)^2 + (6-5,8)^2 + \dots + (7-5,8)^2) / (10-1)} = \sqrt{13,6/9} = 1,229$$

Fig 2.2: Utregning av standardavvik

Gjennomsnitt

Gitt ti ulike måleverdier: 5, 6, 4, 7, 7, 5, 6, 4, 7, 7.
 Snittet finnes ved å legge sammen alle verdiene og
 dele på antallet verdier.

$$\text{Sum} = 5+6+4+7+7+5+6+4+7+7=58$$

$$\text{Gjennomsnitt} = 58/10 = 5,8$$

Fig 2.1: Utregning av gjennomsnitt

2.1 Gjennomsnitt

Ved sammenlikning av måleinstrumenter brukes de ulike måleseriens gjennomsnitt. Et sett måleverdier summeres og deles på antallet målinger. Dette er den mest vanlige måten å presentere statistiske resultater på.

2.2 Standardavvik

Standardavviket brukes indirekte til å undersøke apparatens repeterbarhet. Dette spredningsmålet betegner gjennomsnittlig avvik fra aritmetisk gjennomsnitt. Man finner avvik mellom alle observasjoners verdi og gjennomsnittsverdien, og regner ut gjennomsnittet av avvikene.

2.3 Normalfordelingen

Gruppen har satt som forutsetning at måleverdiene som apparatene gir er normalfordelte. Dette kan vanskelig å bevises matematisk gjennom testmålinger, på grunn av måleapparatenes små utfallsrom. Det vil si at apparatene viser måleresultatet i for grov målestokk til at normalfordelingen lar seg bevise matematisk. Grunnen til at gruppen har lagt en slik forutsetning til grunn, lar seg lettere forklare gjennom et eksempel.

«Hvis en måler høyden på mange studenter og tegner resultatet inn i et diagram, vil en som oftest få en kurve som har en klokkefasong med en entoppet symmetrisk fordeling. Mange av de målte høydene samler seg rundt en gjennomsnittshøyde, mens en finner relativt få svært lave og svært høye personer.»

Det samme gjelder hvis en gjennomfører mange rastermålinger innefor en og samme måleflate. Vi samler disse fordelingene under fellesbetegnelsen normalfordelingen eller Gauss-fordelingen.

Grunnen til å bruke normalfordelingen er at den ut fra et standardavvik kan beskrive område en måling ut fra et teoretisk ståsted vil kunne ligge innenfor. Vi kan altså gjennom normalfordelingen beregne hvor mye et apparat statistisk sett vil kunne avvike fra et gjennomsnitt.

I en ideell normalfordeling kjenner vi til standardavviket og gjennomsnittet. Som nevnt vil da fordelingen gi en klokkeformet kurve (fig 2.3.1).

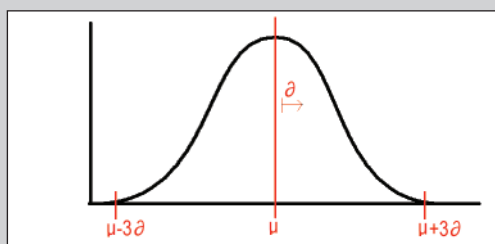


Fig 2.3.1: Figur over normalfordelingen

Normalfordelinger

En normalfordeling er symmetrisk rundt en linje som vi kaller forventningsverdi (μ) og er fordelt med et standardavvik (σ). I en ideell normalfordeling vil grenseverdiene være ± 3 ganger standardavviket.

Siden en på forhånd ikke kjenner apparatens standardavvik og forventningsverdi, må disse beregnes. Disse estimerte verdiene vil tilnærmet tilsvare det ideelle standardavviket og den ideelle forventningsverdi. Unøyaktighet i forhold til hvor mange målinger en velger å ta, må da også beregnes og tas hensyn til i evalueringen av resultatet.

2.4 Kjikkvadratfordelingen

Gjennom kjikkvadratfordeling kan en ut fra antallet målinger og estimert standardavvik regne ut et konfidensintervall, det vil si intervallet for usikkerhet med hensyn til standardavvikets område. Dette betyr i overført betydning at to standardavvik som ligger tilstrekkelig nær hverandre, i prinsippet kan regnes som like.

2.5 Målemetodikk

Målepatchene er 4,5 mm x 4,5 mm. Det er stort nok for alle måleinstrumentene som inngår i forsøkene. Rasterverdiene går fra 5% til 95%. Dessuten er det heldekkfeltet i topp og bunn av testformen. Det ble også lagt inn en heldekkstripe som går langs alle patchene til hver enkelt farge. Dette for at en hele tiden skal kunne måle på et heldekkfelt som ligger i nærheten av rasterfeltet og som presumptivt har den samme fargestillingen som rasterfeltet som skal toneverdi bestemmes. Utformingen tar hensyn til at tabloid- og broadsheetaviser har forskjellig avviklingsretning.

$$\left[\sqrt{\frac{n-1}{X_{0.025}} \cdot s^2}, \sqrt{\frac{n-1}{X_{0.975}} \cdot s^2} \right]$$

$X_{0.025}$ og $X_{0.975}$ finnes fra fraktiltabell.

$$\downarrow$$

$$\left[\sqrt{\frac{16-1}{27.49} \cdot 1^2}, \sqrt{\frac{16-1}{6.26} \cdot 1^2} \right]$$

$$\downarrow$$

$$[0.74, 1.55]$$

Fig 2.4: For å vise hvordan kjikvadratfordelingen gir et konfidensintervall følger her et regneeksempel:
 Estimert standardavvik $S=1.0$
 Antall måleverdier i serien $N=16$
 Konfidensintervall = 95 %
 Denne formelen brukes så for å regne ut konfidensintervallet for alle standardavvik.

Heldekkstripen langs siden av rasterfeltene ble imidlertid ikke brukt i målingene, selv om det trolig hadde gitt mer «korrekte» rastertoneverdier ved densitometriske beregninger. Dette på grunn av at det ville medført et betydelig merbeid, uten at estimeringen av standardavvik for repeterbarhet ville blitt nevneverdig mer nøyaktig. Det var altså heldekkfeltene i topp og bunn som ble brukt ved bergning av rastertoneverdier ifølge Murray-Davis. Dette antas kun å bety noe for tabloidavisen Asker & Bærum Budstikke, og ikke broadsheet-avisene, ettersom stripen med måleflater her ligger i avviklingsretningen.

Det ble sendt med en beskrivelse til trykkeriene, som blant annet inneholdt retningsgivende densitetsverdier, som er i overensstemmelse med anbefalingene i ISO 12647-3, Apendix A.

Patchene skulle trykkes i henhold til følgende densitetsverdier:

	eller	
Cyan	0,85	0,90
Magenta	0,85	0,90
Gul	0,85	0,90
Svart	1,10	1,15

Densitetsverdiene burde ligge innenfor et toleranseområde på $\pm 0,10$. Densitetsverdiene forutsetter relative målinger, polarisasjonsfilter og spektralfilter ISO Status E.

Ved kontrollmålinger av trykkprøvene prosjektgruppen mottok, var det ingen hvor heldekkverdiene til alle fargene lå innenfor det anbefalte densitetsområdet.

Målepatchene ble i utgangspunktet trykt i syv forskjellige aviser. Med hensyn til prosjektets tidsramme ble tre aviser valgt for målinger.

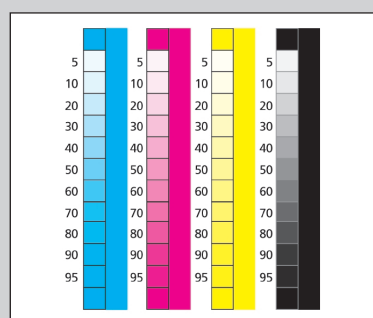


Fig 2.6: Disse målepatchene ble trykt og målt på. Rastertonene går fra 5 % til 95 % inklusiv heldekkfeltet.

To broadsheet-aviser, Adresseavisen og Bergens Tidende, og en tabloid-avis, Asker og Bærum Budstikke. Valget ble foretatt på bakgrunn av densitetsverdier i heldekk, pasning i trykk og minst avsmittning. Fra hver avis ble det plukket ut tre eksemplarer fra forskjellige steder i produksjonen. Således ble i alt ni trykkprøver brukt i målingene.

Testformene ble klipt ut fra avisene og festet på svart kartong for at baksidetrykket skulle ha minst mulig innvirkning på måleresultatet. På hver trykkprøve ble det dessuten markert ett felt som ble brukt til å nullstille apparatene på.

Målingene ble gjennomført med totalt 6 instrumenter	
Viptronic Vipdens 400P	Filterdensitometer av eldre modell
Viptronic Vipdens 1000P	Filterdensitometer av nyere modell
X-Rite 508	Nyere spektraldensitometer
Gretag MacBeth SpectroEye	Spektrofotometer med densitometer-funksjon
Centurfax CCDot4	Digital punktmåler (planimetrisk)
Laurie Mullaney Acme Platereader	Digital punktmåler (planimetrisk)

Med punktmåler menes de instrumentene som bruker CCD-teknologien, CCDot4 og Acme.

Det ble til sammen foretatt ca. 40 000 målinger. Alle densitetsmålingene er relative, det vil si at måleinstrumentet ble nullstilt på papiret før målingen startet.

Totalt antall målinger	
3 aviser x 3 eksemplarer	9 eksemplarer
11 patcher x 16 målinger x 4 farger	704 målinger
6 apparater	6 apparater
Sum (9 x 704 x 6)	38 016
Tilleggsmåling i 1 avis	3 eksemplarer
11 patcher x 16 målinger x 4 farger	704 målinger
1 apparat	1
Antall målinger totalt (38016 + (3 x 704 x 1))	40 128

Først ble heldekkverdiene over og under rasterfeltene målt. For broadsheet-avisene ble den høyeste heldekkverdien valgt for beregning av rastertoneverdi. For tabloidavisen (hvor målestripen gikk på tvers av av-viklingsretningen) ble begge heldekkverdiene (topp og bunn) brukt. Den øverste for beregning av rastertoneverdier i området fra 5 % til 50 %, og den nederste for området fra 60 % til 95 %. Hver måleflate fra 5 % til 100% ble målt 16 ganger med hvert instrument.

3 Apparater og utstyr

3.1 Densitometeret

Et densitometer måler den optiske tettheten til farger i logaritmiske verdier. Dette kalles densitet, og densitetsverdiene skal være nært relatert til det menneskelige øyets visuelle inntrykk.

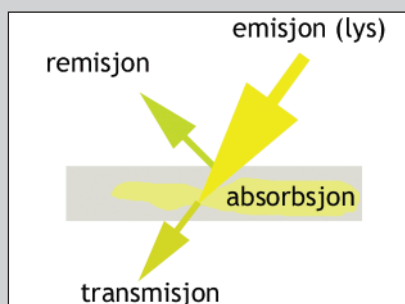


Fig 3.1.1: Når lyset treffer måleunderlaget kan tre ting skje.

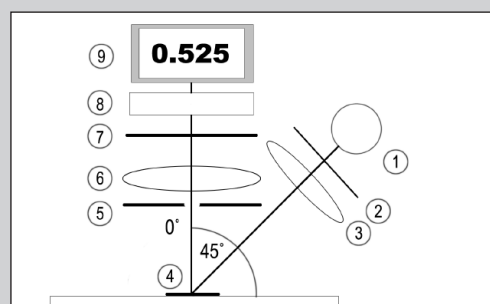


Fig 3.1.2: Densitometerets oppbygging og virkemåte

De tre fargefiltrene i densitometeret er komplementære til de tre kulørte prosessfargene (c, m og y). Densitometeret er således ikke tilpasset måling av andre kulører.

Bakgrunn

Målinger av lys kalles med et fellesord for fotometri. Av en rekke ulike fotometriske målemetoder er densitometri blitt standard målemetode for reproduksjon og trykk. Densitometri betyr egentlig måling av tetthet. Et densitometer måler altså fargetetthet.

Hvordan virker et densitometer?

Når en lyskilde sender ut lys kalles det emisjon. Hvis lyset treffer en overflate kan tre ting skje. (fig 3.1.1)

1. Lyset remitteres/reflekteres (tilbakestråles)
2. Lyset absorberes (blir «sugd opp»)
3. Lyset transmitteres (passerer gjennom overflaten)

Ut fra dette har vi to typer densitometri, refleksjons- og transmisjons-densitometri. Ved refleksjonsdensitometri måler vi det reflekterte lyset. Til målinger på trykksaker benyttes derfor refleksjonsdensitometer.

Densitometerets oppbygning

Densitometeret er i prinsippet bygd opp slik fig 3.1.2 viser.

Lyset fra lyskilden (1) passerer et polarisasjonsfilter (2) og en samleoptikk(3)

før det faller på en måleflate (4) med en vinkel på 45°. En del av det påfallende lyset absorberes av måleflaten, mens resten reflekteres. Fordelingen mellom reflektert og absorbert lys avhenger av overflatens densitet, eller med andre ord av overflatens svertning.

Lys som reflekteres loddrett fra måleoverflaten, passerer en blender (5), samleoptikk (6) og eventuelt et fargefilter (7) før det når et fotoelement (8) som omdanner lyset til elektrisk strøm. Ut fra styrken på den elektriske strømmen identifiseres densiteten/svertningen dvs. densiteten til måleoverflaten. Ut fra forholdet mellom påfallende lys og reflektert lys bereg-

Densitometrene som ble brukt

Viptronic Vipdens 400P

Instrumentdata
Serienr: 0246
Blenderåpning: 4,0 mm
Antall desimaler: 2
Fysisk filter: Polarisasjonsfilter
Standard: Narrow band (DIN 16536, ISO Status E)
Måleinnstilling: manuell modus



Viptronic Vipdens 1000P

Instrumentdata
Serienr: 0232
Programvare: v01.29
Blenderåpning: 3,5 mm
Antall desimaler: 3, siste siffer rundes av til 0 eller 5
Fysisk filter: Polarisasjonsfilter
Standard: Narrow Band (DIN 16536, ISO Status E)
Måleinnstilling: manuell modus



nes densiteten. Måleresultatet angis som en logaritmisk verdi i apparatets display (9).

Densitet (D) er den dekadiske logaritmen av påfallende lys delt på reflektert lys

$$D = \log \frac{\text{Påfallende lys}}{\text{Reflektert lys}}$$

Måling av kulørte farger

Kulørte farger måles gjennom fargefilter som er komplementære til fargene som skal måles. Det vil si at til prosessfarger benyttes: rødt filter til måling av cyan, grønt filter til magenta og blått filter til måling av gul trykkfarge. Avisnormen forutsetter at det brukes smalbandfilter med spesifikasjoner i overensstemmelse med DIN 16 536 (også betegnet som ISO Status E).

Måling på «våt trykkfarge»

Våt og tørr farge har ulik overflateglans. For å hindre at dette skal gå ut over måleresultatet brukes det ved «våte» målinger et polarisasjonsfilter. Polarisasjonsfilteret vil langt på vei eliminere overflateglansen på våte trykkfarger. Sammenlikninger av densitetsmålinger foretatt med og uten

polarisasjonsfilter er ikke direkte sammenlignbare fordi måling med polarisasjonsfilter gir noe høyere densitetsverdier. Avisnormene forutsetter imidlertid at det til kontroll av fargestilling ved trykkpressene benyttes densitometre med polarisasjonsfilter.

Relative målinger

Ved måling på trykte ark er det vanlig å nullstille densitometeret på papiret. Dette gjøres for å eliminere papirets egenfarge som faktor under målingen. Bare fargesjiktet vil da bli målt. Dette kalles relativ måling.

Beregning av rastertoneverdi gjennom Murray-Davies' formel

For at et densitometer skal kunne gi rastertoneverdier må densitetsverdiene regnes om til rastertoneverdier. Til dette brukes Murray-Davies formel. Denne formelen regner ut rastertoneverdi ut fra et forhold mellom heldekkverdi og en gitt densitetsverdi.

Murray-Davies' formel

Dh = densitet i heldekk, Dr = densitet i raster

$$\left\{ \frac{1 - 10^{-D_r}}{1 - 10^{-D_h}} \right\} \cdot 100 \%$$

3.2 Spektrofotometer – Gretag Macbeth SpectroEye

Virkemåte

Et spektrofotometer måler mange frekvensområder per måling. Dette er ulikt en densitometermåling som måler akkurat tre frekvensområder per måling. Antall frekvensområder spektrofotometeret måler bestemmes av båndbredden, dvs. frekvensforandringen for hver måling. Båndbredden kan være fra 5 til 20 nm. Dette betyr at dersom hele det synlige frekvensområdet, 380–780 nm, måles med båndbredde 10 nm, vil spektrofotometeret utføre 41 målinger. Spektralkurver brukes altså til nøyaktig karakterisering av farger (fig 3.2.1)

Prinsippet

En lyskilde sender hvitt lys gjennom en blenderåpning. Lyset passerer en monokromator i form av et dreibart prisme eller et pregehologram. Monokromatoren lager monokromt lys over hele det synlige spekteret. Monokromt lys vil si lys som består av bare en bølgelengde. Lyset passerer så en ny blenderåpning, og treffer deretter måleunderlaget. Noe av lyset transmitteres, noe absorberes og resten reflekteres. Mengden av lys som reflekteres avhenger av hvilken farge og metning måleunderlaget har. Deretter går det transmitterte lyset i en vinkel av 45° tilbake til et fotoelement og videre til en prosessor som foretar beregninger. Dersom spektrofotometeret benytter densitometerfunksjonen vises densitetsverdier på displayet (fig 3.2.2).

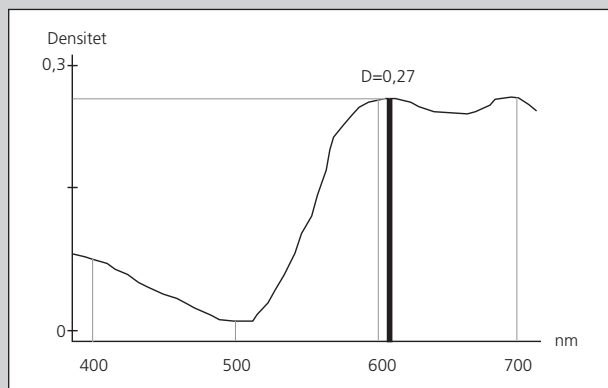


Fig 3.2.1: Spektrofotometeret bruker spektralkurver til karakterisering av farger.

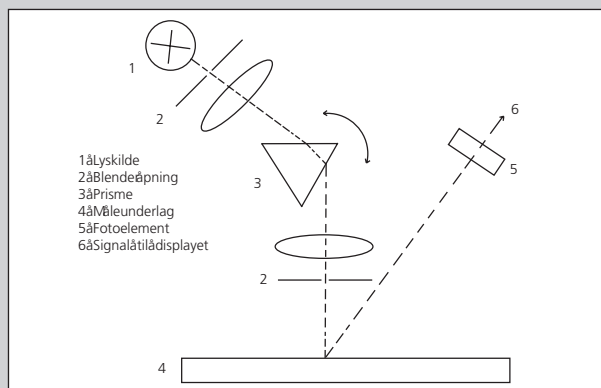


Fig 3.2.2: Figuren viser en skisse over virkemåten til et spektrofotometer. Prinsippet er det samme enten instrumentet består av et prisme, pregehologram eller en monokromator.

Gretag MacBeth – SpectroEye

Instrumentdata
 Serienr: 11223
 Part no: 36.64.00
 Programvare: V 1.31
 Blenderåpning: 4,5 mm
 Målegeometri: 45°/0° ring optikk, DIN 5033
 Antall desimaler: 2

Måleinnstillinger brukt ved innhenting av måledata
 Fysisk filter: No (ingen)
 Hvitreferanse: «Pap» (for relative målinger på papir)
 Illuminant: D50
 Standardbetrakter: 2°
 Standard: DIN Narrow Band



Spektrofotometeret har en innebygd hvitstandard som består av bariumsulfat (BaSO_4). Bariumsulfat ligger så nært absolutt hvitt som mulig. Men i dette prosjektet brukes det relative målinger, det vil si at spektrofotometeret nullstilles på papiret før selve målingen starter. Dette for å eliminere måleunderlagets egenfarge under målingen. Bare fargesjiktet på papiret vil da bli målt. Hvis det benyttes absolutte målinger, blir instrumentet nullstilt i forhold til absolutt hvitt og densitetsverdiene blir tilsvarende høyere.

3.3 X-Rite 508 - Spektrodensitometer

X-Rite 508 er konstruert med tanke på måling av firefargetrykk i avis. Dette er et spektrodensitometer som fungerer likt med spetrofotometeret når dette benytter densitetsfunksjonen. Det har ikke fargefilter, men en monokromator, og instrumentet beregner desitetsverdier ut fra spektral-kurver og en teoretisk definisjon av det aktuelle målefilteret. (fig 3.2.1).



X-Rite 508 – Spektrodensitometer

Instrumentdata
 Serienr: 004488
 Programvare: a 118
 Blenderåpning: 3,4 mm
 Målegeometri: 45°/0° per ANSI & ISO standarder
 Antall desimaler: 3

Måleinnstillinger
 Fysisk filter: Ingen
 Hvitreferanse: Relativ
 Illuminant: D50
 Standardbetrakter: 2°
 Standard: Status E

3.4 CCDot4

Overgang til CTP gir problemer med hensyn til kontroll av rastertoneverdier, ettersom densitometer ikke er egnet til målinger av rastertoneverdier på offsetplater. Dette vanskeliggjør kalibrering av platesetter.

Tidlig på nittitallet ble det i noen laboratorier utviklet en metode som løste disse problemene. Ved hjelp av videoanalyseteknikk beregnet man rasterets karakteristikk. Denne teknologien gikk ut på at man tok et fotografi av rasterpunktene og forstørret det. Derne avgjorde man hva som var

CCDot4

CCD-brikke: 75.000 piksler
 Lyskilde: Rød, grønn og blå
 Antall desimaler: ett, som er enten 0 eller 5
 Blenderåpning: ca. 1x1 mm, bildet blir beskåret til ca. 0,8x0,9 mm
 Batterikapasitet: Opp til 3500 målinger på et oppladet batteri
 Lagringskapasitet: 32 bilder, 32 tonekurver, 32 prosentverdier
 Ytre mål: 9x5x26 cm
 Vekt: 500 g
 Dataport: Serial
 Programvareversjon CCDot4 nr 1: 2,19v
 Serienummer CCDot4 nr 1: 003906
 Programvareversjon CCDot4 nr 2: 2,19v
 Serienummer CCDot4 nr 2: 003917
 Produsent: Centurfax Ltd.

Måleinnstillinger

Apparatet var satt i papirmodus. Ved måling av svart var lyskilden satt på auto, ellers var den satt på den fargen patchen hadde. De øvrige innstillingene har ingen praktisk betydning for våre målinger. Apparatet ble nullstilt på papiret for hvert eksemplar det ble målt på.



kanten på punktene ved menneskelig hjelp, for så å regne ut arealet av punktene på data. Noen år senere tok man i bruk digitale kameraer med CCD-teknologi. På slutten av 90-tallet var det to produsenter som implementerte denne teknologien i håndholdte enheter. Disse produsentene er *Centurfax* med sin CCDot og *Laurie Mullaney Associates* med sin Acme Platereader.

CCD-teknologien ble oppfunnet på slutten av 60-tallet ved Bell Labs. Elementært sagt er en CCD-sensor et elektronisk øye, som samler opp innfallende lys og konverterer det til spenning. Denne spenningen resulterer i et digitalt bilde. En CCD-brikke har en matrise av CCD-celler. Når det faller lys på en CCD-celle blir lysets energi absorbert av et lag av silikon og en reaksjon følger, som resulterer i dannelsen av et elektronpar. Antallet elektroner som dannes i den enkelte CCD-celle er lineær avhengig av lysets intensitet og eksponeringstid.

CCDot4

CCDot er et apparat som kan måle rasterprosent, rastervinkel og rasterfrekvens. Det er utviklet av det britiske selskapet Centurfax. Dette selskapet

viste den første prototypen av instrumentet i Düsseldorf på Imprinta 1997. Året etter kom det på markedet. Centurfax selger forskjellige utgaver av CCDot til forskjellige priser. Men alle modellene er i realiteten det samme apparatet, forskjellen er at leverandøren ut fra pris har gjort ulike antall moduler tilgjengelige. I de enklere modeller er kun de grunnleggende funksjonene gjort tilgjengelige. De enkleste modellene oppgraderes med ved kjøp av en kode som aktiviserer flere funksjoner.

CCDot fotograferer med hjelp av et mikroskop et område av rasterfeltet som skal måles. Gjennom et delvis gjennomskinnelig speil kan en se målefeltet mens apparatet er plassert, slik at man har kontroll på at man måler korrekt område. Dette området forstørres og blir delt opp i et antall piksler som tilsvarer den sensitive matrisen med CCD-celler i apparatet. Hver CCD-celle registrerer en åtte bits verdi. Ut av dette finnes det en differanse mellom de lyseste og de mørkeste verdiene i hele bildet. Mikroprosessen regner ut en terskelverdien. Verdier over denne verdien blir definert som trykkende, de som er under terskelverdien blir klassifisert som ikke trykkende. Mikroprosessen teller så antall piksler som er over og under terskelverdien og kalkulerer rasterprosenten. Rastertoneverdiene den kommer frem til blir vist på displayet, der også et bildet av rasterstrukturen vises. Den siste modellen av apparatet kan lagre inntil 32 bitmap-bilder i internlageret. Bitmap-bildene kan også bli overført til en datamaskin. De kan inspiseres, kontrolleres og lagres.

CCDot4 har tre knapper til menynavigering og til å gjøre målinger. Utover dette har apparatet ingen bevegelige deler. Det vippes altså ikke ned som konkurrenten Acme og de fleste densitometre. CCDot4 skal kunne lese densitetsverdier fra film og papir, og rasterprosentverdier fra papir, plate og film. CCDot4 har således platemodus (refleksmodus), filmmodus (transparentmodus) og papirmodus. I papirmodus gir apparatet to ulike verdier. Den første er den geometriske verdien. Det er en verdi uten hensyn til optisk punktøking. Den andre er det produsenten kaller en «visuell verdi», som har inkludert en kalkulert optisk punktøking. Rasterprosentverdiene vises med en desimal som er rundet av til nærmeste 0,5 %.

Ved geometriske punktmålinger er CCDot4 selvkalibrerende. Den må altså ikke kalibreres eller nullstilles på papiret før bruk. Det er ikke nødvendig å angi verdi for substrat eller heldekk. Apparatet definerer selvstendig en terskelverdi som setter grense mellom trykkende og ikke trykkende. Når en skal måle det leverandøren definerer som «visuell rastertoneverdi», må man derimot nullstille apparatet mot papiret. Det gjøres på følgende måte: apparatet settes i papirmodus og densitetsmodus, plasseres over hvitreferansen, og det trykkes på høyre knapp. Displayet viser «cal:set». Deretter foretar man en testmåling ved å trykke på den midterste knappen. Deretter settes apparatet tilbake i prosentmodus.

3.5 Acme Platereader

Acme Platereader var ferdig utviklet i 1997 og ble satt i produksjon i april 1998. Apparatet har i likhet med CCDot4, et internt digitalt kamera med CCD-teknologi og en mikroprosessor som analyserer rastertoneverdiene. Acme har altså en teknologi som likner CCDot, men de har ulike matematiske modeller for å beregne rastertoneverdier. Acme har 60 000 piksler på to mikrobrikker. Den ene teller de svarte pikslene i målingen. Den andre teller de hvite. Av pikselverdiene kalkuleres en rasterprosent. Acme kan ikke måle rastertetthetsfrekvens og rastervinkel. Det er ingen opsjoner som gir de

Instrumentdata

CCD-brikke: 60 000 piksler
 Lyskilde: Hvit
 Blenderåpning: 3x3 med mer
 Batterikapasitet: 5000 målinger med 9 volts batteri
 Ytre mål: 5x10x15 cm
 Vekt: 250 g
 Dataport: Serial
 Serienummer: AVE198675
 Produsent: Laurie Mullaney Associates Limited.



mulighetene CCDot4 har, når det gjelder densitetsverdier, papirmålinger og filmmålinger. Apparatet er kun laget for å måle raster på offsetplater og angi geometrisk rastertoneverdi. Acme har en RS232 og skal kunne kobles til PC for overføring av måldata for platesetterlinearisering. Men det synes tvilsomt om denne funksjonen er tilgjengelig.

Acme har ingen meny, og heller ingen knapper. For å ta en måling plasseres måleblenderen over området som skal måles. Målehodet trykkes ned over måleblenden. Måleresultatet vises umiddelbart på displayet som prosentenheter uten desimaler. Displayet har rom for tre tegn. I motsetning til CCDot4 er ikke Acme selvkalibrerende. Etter åtte sekunders måling på et ikketrykkende område viser displayet «CAL». Deretter foretas så en måling på heldekk og apparatet er nå kalibrert. Produsenten anbefaler en kalibrering hver dag. I dette prosjektet, hvor apparatet ble brukt til å måle rastertoneverdier på avis-papir, ble det kalibrert for hver farge som skulle måles.

3.6 Punktstørrelse

Størrelsen på et punkt kan måles etter to prinsipper:

- 1) geometrisk punktmåling
- 2) optisk punktmåling

Ved geometrisk punktmåling måles det fysiske arealet på punktene i et rasterfelt. CCDot4 og Acme platereader måler rastertoneverdier etter dette prinsippet.

Ved optisk (effektiv, total) punktmåling måles den effektive punktstørrelsen. Når lyset treffer et rasterfelt, blir en del av lyset «fanget» under rasterpunktene. Dermed oppstår et optisk mørkt felt rundt rasterpunktet, noe som gjør at rasterfeltet virker mørkere enn det den geometriske rastertonemålingen tilsier. Denne «skyggen» utgjør sammen med den geometriske punktstørrelsen den optiske (effektive totale) punktstørrelsen. De densitetsgivende instrumentene måler mørkheten til rasterfeltet som forklart i avsnittene 3.1 - 3.4. og måler således rastertoneverdier etter dette prinsippet.

3.7 Substrat

Spesifikasjoner hos avisene som inngikk i undersøkelsen.
Avisene ble plukket ut fra forskjellige steder i trykkgangen.

Adresseavisen

Papir: Norske Skog - Newsprint

Gramvekt: 45 gram

Rasterfrekvens: 40 lpcm

Trykkdato: 4. mars 2002

De tre testeksemplarene ble tatt etter 10 000, 40 000 og 80 000 eks.

Instrumenter det er målt med: SpectroEye, Vipdens 400P, Vipdens 1000P, X-Rite 508, Acme, CCDot4 nr. 1 og CCDot nr. 2.

Benyttet lineær repro og kompensert RIP med kurve utarbeidet ved hjelp av målinger fra CCDot4.

Asker & Bærum Budstikke

Papir: Stora Enso

Rasterfrekves: 34 lpcm

Gramvekt: 45 gram

Trykkdato: 12. mars 2002

De tre testeksemplarene ble tatt etter: 10 000, 20 000 og 30 000 eks.

Instrumenter det er målt med: SpectroEye, Vipdens 400P, Vipdens 1000P, X-Rite 508, Acme og CCDot4 nr. 1.

Benyttet kompensert repro og lineær RIP kalibrert med CCDot4 visuell verdi.

Bergens Tidende

Papir: Nornews Newsprint

Rasterfrekvens: 34 lpcm

Gramvekt: 45 gram

Trykkdato: 6. mars 2002

De tre testeksemplarene ble tatt etter 10 000, 15 000 og 40 000 eks.

Instrumenter det er målt med: SpectroEye, Vipdens 400P, Vipdens 1000P, X-Rite 508, Acme og CCDot4 nr. 1.

Benyttet lineær Repro og Kompensert RIP. Kurven var utarbeidet ved hjelp av Gretag DC19 densitometer.

3.8 Programvare og datateknisk utstyr

Microsoft Word

Manus og andre dokumenter ble skrevet i dette programmet.

Microsoft Excel

Her ble alle måledataene lagt inn. Det ble programmert en macro for Murray-Davies' formel, slik at det ikke var nødvendig å skrive den inn for hver gang vi hadde bruk for den. Dette var en effektiv og enkel måte å hente inn formelen på.

Adobe Photoshop

Alle fotografiene ble behandlet, retusjert, dypetset og klargjort til bruk.

Adobe Illustrator

I dette vektorprogrammet ble målepatchene og figurene laget. Dette for å lettere kunne skalere «bildene» fritt i etterkant når rapporten skulle brytes om.

Adobe InDesign

Til ombrekking er det brukt Adobe InDesign. Det ble laget en postscriptfil av den ferdige indesign-filen, slik at vi var sikre på at det ikke skulle oppstå noen feil som kan forekomme ved direkte konvertering til pdf i InDesign.

Adobe Acrobat Distiller

Postscriptfilen ble konvertert til en pdf-fil, men til forskjellige bruksområder. En fil til trykk, en til print og en til skjerm.

Adobe Acrobat

Her ble de forskjellige pdf-filene satt sammen til en stor fil.

Techkon DMS 910

Dette er et digitalt mikroskop som ble brukt til å studere papiret og rasterpunktene, og avfotografere disse.

Prosjektgruppen har jobbet både på windows- og macintoshmaskiner.

4 Praktisk gjennomføring

4.1 Gjennomføring av prosjektet

Under gjennomføringen av prosjektet ble det bevisst jobbet etter «kvalitetssirkelen». Med kvalitetssirkel menes her en initiering av nye arbeidsoppgaver og kontinuerlig oppfølging av disse (Jfr. *Prosjektarbeid* av Harald Westhagen). Etter at prosjektrapporten med problemstilling, målformulering og avgrensninger var klarlagt, ble prosjektet i grove trekk delt inn i tre deler.

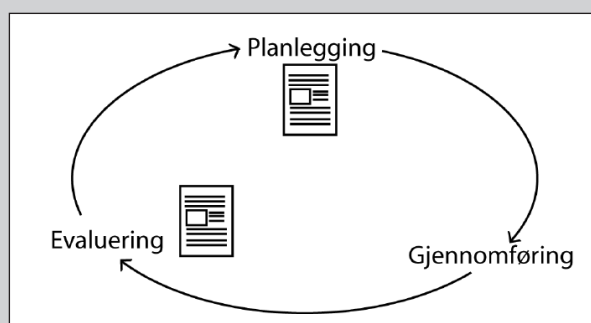


Fig 4.1: Av kvalitetssirkelen kan en se at det startes med en planleggingsfase etterfulgt av gjennomføring for så tilslutt å evaluere det arbeidet som er utført. Er dette ikke tilfredsstillende den første gangen, kjøres sløyfen på nytt.

I innføringsfasen ble det innhentent kunnskap om måleteori, statistikk, generell teori og bruk av instrumenter. Hvert prosjektmedlem fikk tildelt ansvarsområder. Informasjon ble løpende videreformidlet og diskutert i gruppen. I denne fasen inngikk også utarbeidelse av testformen, samt utvelgelse av instrumentene som skulle brukes. Videre ble målingene forberedt ved at det ble laget regneark.

Den andre fasen var selve målingene. Den foregikk over tre uker, hvor alle samarbeidet med å gjennomføre de 40 000 målingene. Perioden startet med å velge aviser ut fra kriterier nevnt i kapittel 2. Alle måledataene ble samlet i Excel-regneark.

Tredje fasen gikk ut på å skaffe oversikt over det store tallmaterialet, analysere standardavvik og gjennomsnittlige rastertoneverdier og å lage grafiske fremstillinger. Deretter kom drøftingen, som fortsatte gjennom hele prosjektperioden. Her fikk gruppemedlemmene hvert sitt område å arbeide med. Til sist ble rapporten brukt om i InDesign. Som det fremgår av kvalitetssirkelen ble det genererte materialet kontinuerlig kvalitetskontrollert blant annet ved å revidere korttidsplaner, møtereferater og Gantt-diagram.

5 Instrumentenes repeterbarhet

5.1 Bakgrunn for måling av standardavvik

Gjennom prosjektets målformulering har prosjektgruppen bestemt at instrumentenes repeterbarhet skal undersøkes. Er repeterbarheten god kan det antas at den verdien et apparat viser når det foretas gjentatte målinger innenfor et målefelt i en og samme avis, er den samme fra måling til måling. Dersom repeterbarheten derimot er mindre god (dvs. at måleresultatene varierer fra måling til måling på det samme rasterfeltet), og under forutsetning av at variasjonene er normalfordelte, kan det ut fra et beregnet standardavvik brukes statistiske metoder til å beregne et forventet område som en måling vil ligge innenfor (se kap.2 Teoretisk grunnlag og utledning av prinsipper, side 12). En vil med andre ord kunne beregne hvor mye det maksimalt kan forventes at en måling kan avvike fra en gjennomsnittsverdi. Standardavviket vil derfor kunne beskrive det enkelte apparats repeterbarhet innen hvert enkelt måleområde. Men ved bruk av statistiske metoder må en ta hensyn til den usikkerhet som begrensningen av antall måleverdier gir. For å unngå usikkerhet må en ta et uendelig antall målinger. Det sier seg selv at dette ikke er mulig. Det er gjort testmålinger og beregninger vedrørende hvor mange målinger som er hensiktsmessig å ta. Ut fra faktorer som tidsressurser og statistisk usikkerhet, er det funnet hensiktsmessig å bruke 16 målinger per måleserie. Et større antall måleverdier per måleserie ville gitt noe større sikkerhet med hensyn til standardavvik innen den enkelte måleserie. Gjennom diskusjon med referansegruppen ble det imidlertid funnet mer hensiktsmessig å hente data fra flere aviser og heller utføre kortere måleserier.

5.1.1 Usikkerhet ved måling av repeterbarhet

For å finne instrumentenes repeterbarhet har vi som nevnt, gått ut fra måleseriens estimerte standardavvik. Dette spredningsmålet betegner gjennomsnittlig avvik av verdier fra aritmetisk gjennomsnitt. Gjennom kjikvadratfordeling (se kap.2) kan en ut fra et antall målinger og et estimert standardavvik, regne ut et konfidensintervall. Det vil si et område, som med hensyn til usikkerhet, sier hvor standardavviket vil ligge. Dette betyr at to standardavvik som ligger tilstrekkelig nær hverandre, i prinsippet kan regnes som like.

Konfidensintervall for ulike estimerte standardavvik :

Estimert standardavvik	Konfidensintervall
0.10	[0.07 , 0.15]
0.20	[0.15 , 0.31]
0.30	[0.22 , 0.46]
0.40	[0.30 , 0.62]
0.50	[0.37 , 0.77]
0.60	[0.44 , 0.93]

0.70	[0.52 , 1.08]
0.80	[0.59 , 1.24]
0.90	[0.66 , 1.39]
1.00	[0.74 , 1.55]
1.10	[0.81 , 1.70]
1.20	[0.89 , 1.86]

En kan for eksempel lese ut av tabellen at med 95 % sikkerhet ligger et estimert standardavvik på 1,20 i området mellom 0,89 og 1,86. Dette standardavviket kan med andre ord ut fra usikkerhet ikke sies å være vesentlig forskjellig fra et standardavvik på for eksempel 0,80.

Utfallsrommet (Ω =omega)

Med utfallsrom menes det mulige antallet verdier et apparat kan gi. Apparatenes ulike utfallsrom har betydning for hvordan de beskriver måleresultatet og for den statistiske avviksberegningen.

Utfallsrom i densitet

Når rastertoneverdiene finnes gjennom omregning fra logaritmiske verdier, er vi avhengige av en logaritmisk heldekkverdi. Rastertoneverdien er så et resultat av forholdet mellom denne verdien og en annen målt logaritmisk verdi (se kap. 3). Dette betyr svært enkelt at den logaritmiske heldekkverdien er med på å påvirke størrelsen på utfallsrommet. Størrelsen på utfallsrommet til et gitt apparat kan regnes ut fra apparatets nøyaktighet og densitet i heldekk.

Eksempel:

Heldekk: $D = 1,00$

Apparatnøyaktighet: 2 desimaler

Apparatet oppgir da verdier fra og med $D = 0,00$ til og med $D = 1,00$ og utfallsrommet blir da $\Omega = 101$.

Dette betyr at det gitte apparat under gitte forutsetninger kan beskrive 101 ulike verdier fra lyseste til mørkeste punkt.

Har apparatet en nøyaktighet på 3 desimaler vil det kunne gi verdier fra og med $D = 0,000$ til og med $D = 1,000$ og utfallsrommet vil bli $\Omega = 1001$.

Utfallsrom for punktmålere

Som nevnt oppgir punktmålerne rastertoneverdier direkte.

Acme oppgir hele tall fra og med 0 % til og med 100 %. Dette gir et utfallsrom $\Omega=101$. CCDot4 oppgir tallene i halve steg fra og med 0 % til og med 100 %. Dette gir et utfallsrom $\Omega = 201$.

Utfallsrommets påvirkning på måleresultatet

Måleverdiene til det enkelte apparat påvirkes av hvor stort utfallsrommet er. La oss ta et hypotetisk eksempel: En tar x antall målinger innenfor et måleområde som varierer i rastertoneverdi fra 4,7 % til 5,3 %. Et apparat som har lavt utfallsrom vil da sannsynligvis runde av måleverdien til 5 %, uavhengig av hvilken verdi mellom de to grenseverdiene det egentlig måler. Har apparatet et noe høyere utfallsrom vil det muligens gi verdier som 4,5 %, 5,0 % eller 5,5 %. Høyere utfallsrom gir høyere nøyaktighet, men som

vi ser kan en bli lurt til å tro at apparatet med lavt utfallsrom gir mindre standardavvik. Tar vi derfor et annet måleområde vil muligens utfallet bli et annet. La oss si at måleområdet varierer innenfor 5,3 % og 5,7 %. Apparatet med lavt utfallsrom vil da oppgi 5 % eller 6 %. Et høyere utfallsrom vil bare gi 5,5 %.

Ut fra eksemplet kan det slutes at det ikke kan gjøres noen konklusjoner rundt hvorvidt et instrument varierer/avviker mer eller mindre enn et annet, basert på målinger tatt i ett måleområde, med mindre utfallsrommet til instrumentene er så stort at måleområdet grenseverdier ikke spiller noen rolle. Måles flere områder derimot, vil virkningen av dette jevne seg ut. Ut fra prosjektgruppens måledata kan en se hvordan dette påvirker avviksberegningen til apparater med lavt utfallsrom. Enkelte måleserier gir ingen standardavvik, og andre desto høyere. Ser en så på apparater med høyt utfallsrom, har disse et jevnere avviksbilde gjennom alle måleseriene.

Hva har dette å si for studiet av apparatenes repeterbarhet/avvik? At apparatenes utfallsrom i så betydelig grad påvirker beregningen av standardavvik gjør, som tidligere nevnt, at det må brukes data fra flere ulike måleområder til å si noe om apparatenes ulike avviksbilder. Det en da må

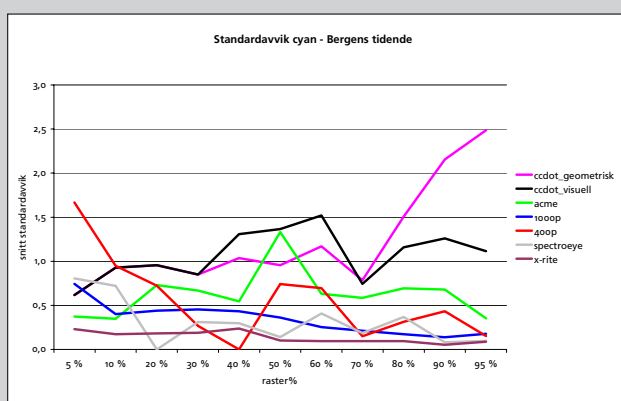


Fig 5.1.1: Beregninger av standardavvik for cyan i Bergens Tidende på bakgrunn av målinger i tre eksemplarer.

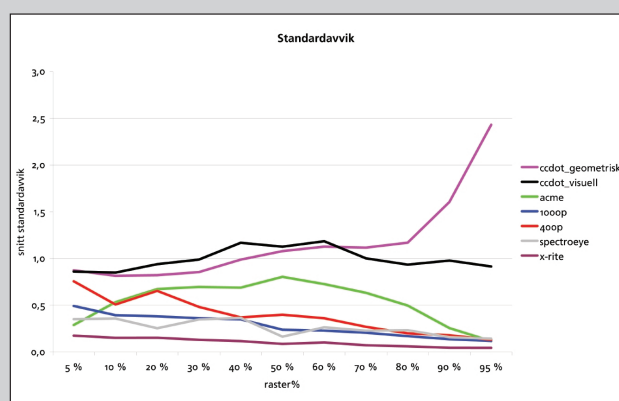


Fig 5.1.2: Samlet standardavvik beregnet på bakgrunn av alle målingene i prosjektet.

Få måleserier som grunnlag for beregning gir en «hakkete» fremstilling av instrumenter med lavt utfallsrom (fig 5.1.1). Dette jevner seg ut når det måles på flere ulike områder (fig 5.1.2) slik at en får et jevnere bilde av apparatenes variasjon/standardavvik. En kan også legge merke til X-Rite 508 som har et relativt stort utfallsrom, og som derfor ikke påvirkes i særlig grad av denne effekten.

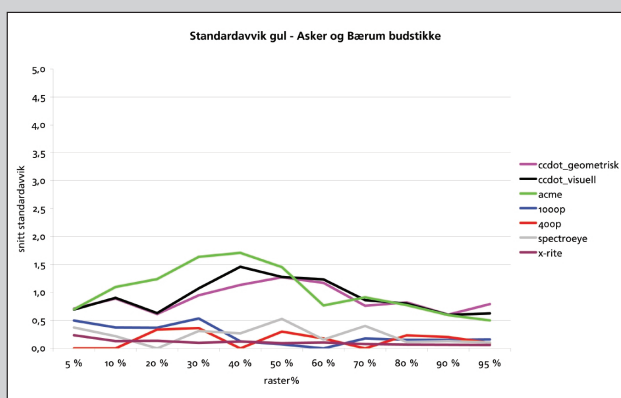


Fig 5.1.3: Ut fra målinger på tre testformer kan en få inntrykk av at et apparat som Vipdens 400P har bedre repeterbarhet enn de fleste andre apparatene. Et større antall målinger (fig 5.1.2) viser imidlertid et noe annet bilde.

være klar over, er at avviksbildet til hvert enkelt apparat glattes ut. Kort forklart betyr det at et apparat som over noen få målinger gir et tydelig bedre avviksbilde enn et annet, ikke nødvendigvis gir et bedre resultat innenfor et større antall måleserier (fig 5.1.3). Samtidig gir et stort antall måleserie bare uttrykk for det gjennomgående mønsteret, og ikke de små nyansene som kan oppstå over en enkelt måleserie (fig 5.1.2).

Standardavvikskurver

Måleresultatene viser i hovedsak tre avvikskurver. En for de apparatene som gir densitetsverdier og to ulike kurver for de to ulike punktmålerne. Denne trenden finner vi i større eller mindre grad igjen i alle de grafiske fremstillingene av standardavviket, men den blir også klarere etter hvert som en legger flere målinger til grunn for fremstillingen.

Alle instrumentene som i utgangspunktet gir logaritmiske verdier, følger i større eller mindre grad en felles kurve. Det er karakteristisk for denne kurven at den viser et noe høyere standardavvik i de lysere områdene. Standardavviket avtar så jevnt opp mot de mørkeste toneverdiene. Beviselig skyldes noe av dette bildet omregning fra logaritmiske verdier til raster-toner gjennom Murray-Davies' formel.

Murray-Davies gir en gradvis avtagende kurve (fig 5.1.5), hvilket betyr at avstanden mellom densitetsverdier omregnet til rastertoneverdier er større i de lave verdiene enn i de høye. I modellen (fig 5.1.5) er heldekkverdien $D = 1,00$. Effekten vil bli enda tydeligere i de tilfeller der heldekkverdien er mindre. For de apparatene som beskriver rastertoneverdier gjennom omregning fra densitet betyr dette at et avvik i lave densitetsverdier vil få større utslag i rastertoneverdi enn i høye densitetsverdier. Den grafiske fremstillingen av måleresultatene viser også dette (fig 5.1.4).

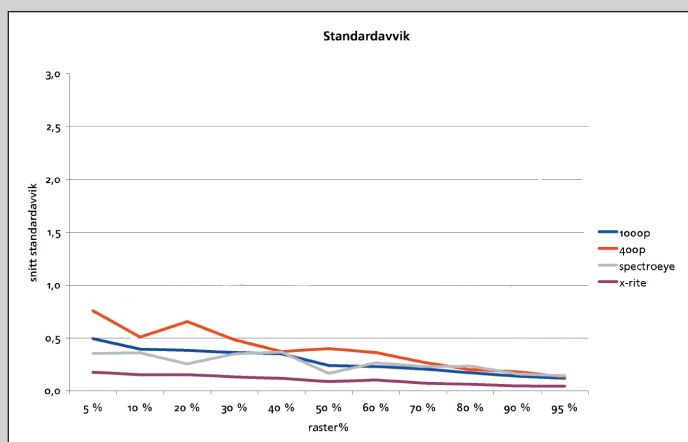


Fig 5.1.4: Alle de densitetsgivende apparatene følger en liknende kurve når de angir standardavvik. Kurven viser at instrumentenes standardavvik avtar gradvis opp mot 95 % rastertoneverdi.

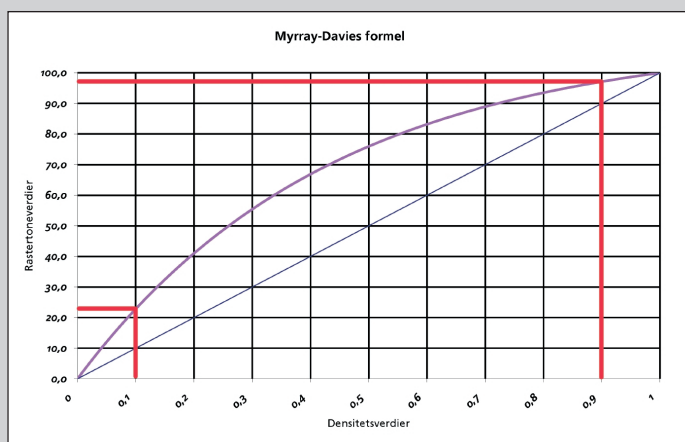


Fig 5.1.5: Murray-Davies formel gir en gradvis avtagende kurve. Densitets verdiene fra 0.00 til 0.10 beskriver altså ca 22 % av rastertoneverdien, i motsetning til densitetsverdiene fra 0.90 til 1.00 som beskriver ca. 4 % (fra 96 % til 100 %).

Fra 50 % til 95 % rasertoneverdi ligger standardavvikene til de ulike densitetsgivende instrumentene med unntak av X-Rite 508 så nær hverandre, at de ut fra hensyn til statistisk usikkerhet, kan betraktes som en felles kurve. X-Rite 508 har et spesielt lavt standardavvik gjennom hele tonespekteret. Ser en på de ulike densitetsgivende apparatene fra mellomtoneområdet og til de lyseste tonene, skiller kurvene seg i større grad fra hverandre. I hovedsak gjelder dette Vipdens 400P som i de lysere toneverdiene gir et høyere standardavvik enn de andre densitetsgivende instrumentene. Grunnene til dette kan en bare spekulere i, men at apparatet er av eldre fabrikat og har et noe snevert utfallsrom kan forklare noe av årsaken. Vipdens 1000P og SpectroEye har tilnærmet likt standardavvik også i det lyse toneområdet.

Apparatet Acme platereaders avvikskurve er helt særegen i forhold til de andre apparatene brukt i prosjektet. Et gjennomgående trekk ved Acme er at apparatet har et økende standardavvik i mellomtone området (fig 5.1.6). Apparatet viser ellers relativt lavt standardavvik i de aller laveste og høyeste toneverdiene. Dette gir den karakteristiske pukkelformede kurven. I svart er dette mindre graverende enn i de kulørte prosessfargene (fig 5.1.7). Apparatet er i utgangspunktet laget for måling av offsetplater og har kun hvit lyskilde. Dette kan være noe av årsaken til at apparatet viser et noe høyere standardavvik i cyan, magenta og gul.

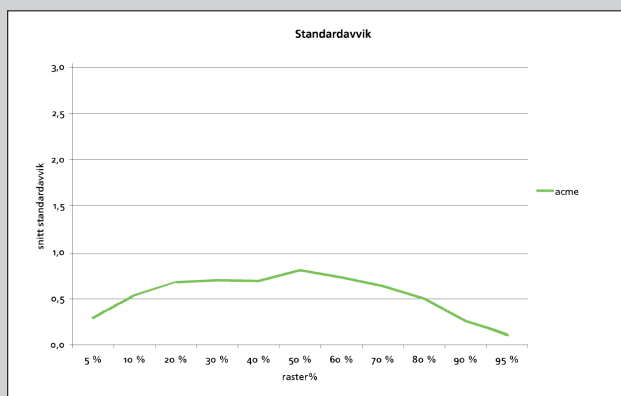


Fig 5.1.6: Acmes avvikskurve viser gjennomgående at apparatet har problemer i mellomtonen.

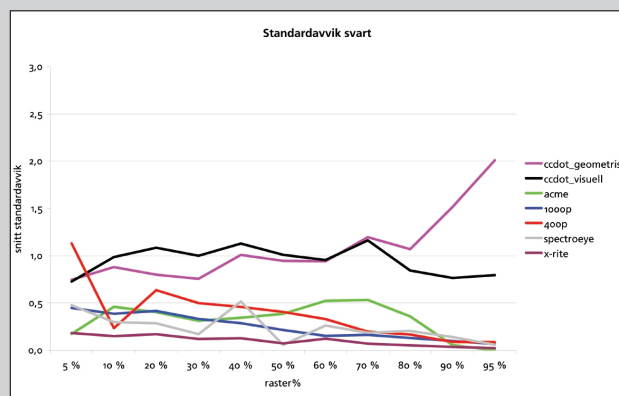
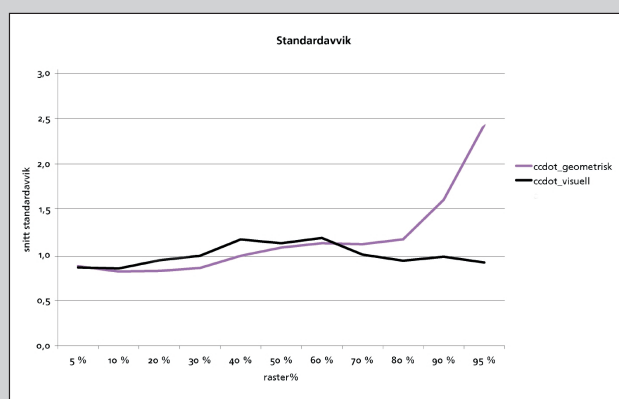


Fig 5.1.7: Acme platereader viser et relativt flatere avviksbilde i svart en i de andre fargene.

Fig 5.1.8: Apparatet CCDot4 fra Centurfax gir to verdier når en måler i papirmodus. De to verdiene viser stort sett samme avviksmønster opp til mellomtonen.



Apparatet Ccdot4 fra Centurfax, står for den tredje kurven som skiller seg klart ut i avviksdiagrammene. Dette apparatet gir i «papirmodus» to måleverdier (fig 5.1.8). En «visuell» og en «geometrisk» (se kap.3 Apparater og utstyr. side 23).

Geometrisk og visuell modus viser stort sett samme rastertoneverdi opp til mellomtonen og har derfor i dette området stort sett samme avviksmønstre. Når verdiene nærmer seg de mørkeste områdene, forandrer bildet seg imidlertid betraktelig. Fra 80 % rastertoneverdi og oppover har den geometriske verdien et større standardavvik enn den visuelle. Dette er imidlertid bare gjennomgående i to av de tre avisene som er brukt som måleunderlag (fig 5.1.9). En årsak til det høye standardavviket kan være at apparatet i enkelte avisers mørkere områder får problemer med den automatiske kalibreringsfunksjon, ved at det blander de grove rasterpunktene med avispapirets grove fiber. Med andre ord kalibreres apparatet automa-

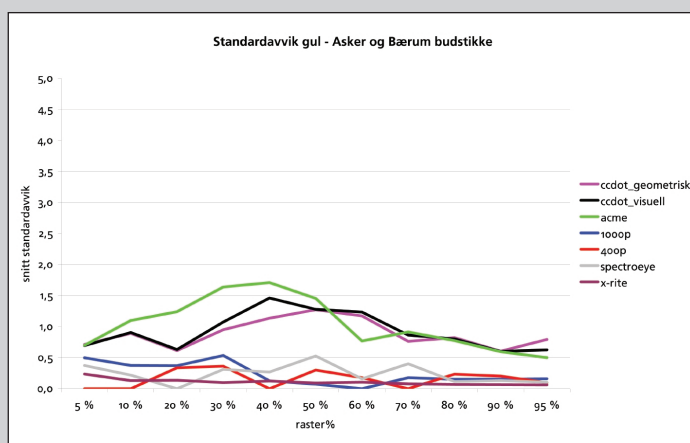


Fig 5.1.9: Ved beregning av måledata fra Asker & Bærum Budstikke har de geometriske verdiene til CCDot4 lavere standardavvik i mørke områder enn i de andre avisene.

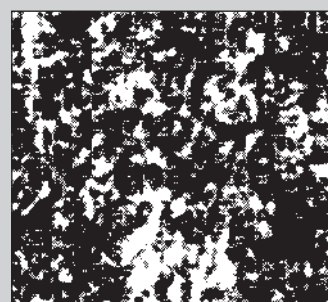


Fig 5.1.10

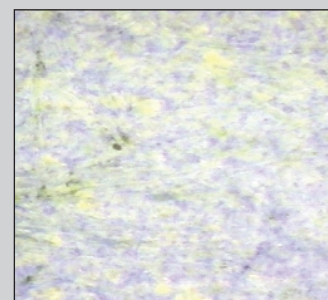


Fig 5.1.11

Fig 5.1.10 viser et heldekkfelt målt med Ccdot4. Fig 5.1.11 viser samme felt gjennom et mikroskop. Det grove papirfiberet forårsaker «falske» kontraster.

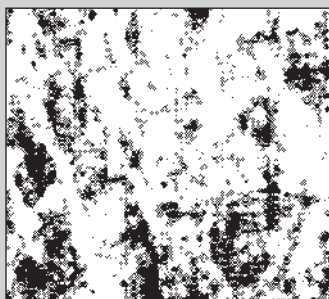


Fig 5.1.12



Fig 5.1.13

Fig 5.1.12 viser hvitreferansefeltet på avispapiret målt med Ccdot4. Fig 5.1.13 viser samme felt gjennom et mikroskop. Ved måling på hvitfeltet ser en hvilke problemer CCDot4 har med å autokalibrere på avispapir særdeles godt. I det øyeblikket det ikke finnes noen klare kontraster kalibrerer apparatet ut fra kontrasten i papirfibrene.

tisk ut fra de «falske» kontrastene som papirfibrene forårsaker (fig 5.1.10 og fig 5.1.11). En liknende effekt kan oppstå hvis en prøver å måle papirhvitt (fig 5.1.12 og fig 5.1.13). Hvorfor dette ikke har utslag i en av de tre avisene er vanskelig å si. Fargestilling, papirtype, rasterfrekvens og trykkvalitet kan her være forhold som spiller inn. I likhet med Acme har apparatet også en liten tendens til å vise større standardavvik i mellomtonen. Dette gjør seg spesielt utslag i gult. CCDot4 ligger i gjennomsnitt ca. 0,5 til 1,0 standardavvik over de densitetsgivende instrumentene. At standardavviket for dette instrumentet er så forskjellig fra resten kan skyldes at det arbeider ut fra en annen teknologi og at det har en vesentlig mindre blenderåpning en de andre apparatene.

Oppsummering av apparatenes repeterbarhet

Det er som en kan se flere forhold som virker inn på apparatenes repeterbarhet ved måling av rastertoner på avisepapir. For det første bruker apparatene forskjellig teknologi. Apparatene angir i tillegg måleverdiene på ulike måter. Punktmålerne gir rastertoneverdier direkte. De andre apparatene gir densitetsverdier. Apparatene gir også verdier med et ulikt antall desimaler, hvilket påvirker hvor mange ulike verdier de kan vise mellom 0 % og 100 %. Apparatene har med andre ord ulikt utfallsrom (les «Utfallsrommet» side.31) . Dette ser en også spiller en rolle. Apparatenes ulike måleblender spiller også inn. Større måleblender gir et større målt område, hvilket begrenser sensitiviteten for avistrykkets egne ujevnheter (rasterpunktens ulike utseende) innenfor et målt område. Jo mindre måleblenderen er, det mer sensitiv blir målingen for hvordan det enkelte rasterpunkt ser ut. En tilstrekkelig liten måleblende ville måle ett enkelt punkt, eller mellom to punkter og derfor gi svært avvikende resultat. Siden det er flere ulikheter mellom apparatene enn teknologiske løsninger, er det vanskelig å dra konklusjoner om hvorvidt den ulike teknologien i seg selv er årsaken til at apparatene har så vesentlig forskjellig standardavvik. Apparatet X-Rite 508 kommer best ut avviksmessig av alle apparatene. Det har relativt stor måleblender og flere desimaler i angivelsen av måleverdi (høyt utfallsrom). Det bruker også spektrofotometriske målemetoder til å beregne densitet. Apparatet SpectroEye har to desimaler i angivelsen av måleverdi, men måler densitet etter samme prinsipp som X-Rite 508. Derfor er det naturlig å tro at disse apparatene skal gi identiske avviksbilder. Utfallsrommet er imidlertid som nevnt mye mindre hos SpectroEye, og dette kan derfor være årsaken til at det ikke er tilfelle. Det samme kan vi også si om de to densitometrene. De er begge av samme fabrikat, men er ulike modeller og har ulikt utfallsrom. Ut fra dette kan en konkludere med at lavere utfallsrom i snitt kan bety et noe høyere standardavvik. Det betyr også som tidligere nevnt at avvikene kan komme mer sporadisk.

Ut fra alle innhentede måledata kan en altså slutte at et apparat som har:

1. stor måleblender (3 - 4,5 mm),
 2. høyt utfallsrom (for densitometer tre desimaler),
 3. pålitelig måleteknologi
- vil gi best repeterbarhet ved rastermåling i avis.

Ut fra standardavvikene som er målt er det altså mulig å beregne et forventet avvik fra en gjennomsnittsverdi (se kap.2). Men for å kunne si om apparatenes standardavvik er for høye, må det defineres terskelverdier for hvor store variasjoner som kan aksepteres. Eller med andre ord hvor store variasjoner i beregnet eller målt rastertoneverdi som kan godtas innenfor en måleserie. Det finnes ingen standarder på dette feltet. Et relevant spørsmål er derfor følgende: Når vil måleapparatets manglende repeterbarhet gi utslag av en størrelse som overstiger perseptuelle terskler, og således påvirke leserens opplevelse av rasterbildene? Prosjektet har ikke gjennomført empiriske undersøkelser som kartlegger disse perseptuelle tersklene. Men prosjektgruppen har sammen med veileder og referansegruppen drøftet hvilke grenser som kan være veiledende for akseptabel variasjon i rastertoneverdier.

5.2 Differansene mellom apparatene

I tillegg til å belyse repeterbarheten til instrumentene, har prosjektet som mål også å drøfte differansen i rastertoneverdier mellom de ulike instrumentene. Det er da interessant å sette de forskjellige instrumentenes resultat oppmot hverandre. Ser nå først på alle 16 resultatene fra en målepatch i et eksemplar i en avis fra alle instrumentene. Tabell med verdiene fra 50 % magenta i Adresseavisens første eksemplar:

#	CCDot geomet.	CCDot visuell	Acme	1000P	400P	Spectro- Eye	X-Rite 508
1	39,0	39,0	51	60,6	55,1	55,5	57,1
2	41,0	41,0	52	59,9	55,1	55,5	56,9
3	41,0	41,0	52	59,9	55,1	55,5	56,9
4	41,0	41,0	51	60,6	55,1	55,5	56,8
5	41,0	41,0	52	60,6	55,1	55,5	56,9
6	42,5	42,5	51	60,6	55,1	55,5	56,8
7	39,0	39,0	51	60,6	55,1	55,5	56,8
8	41,0	41,0	51	60,6	55,1	57,2	56,9
9	41,0	41,0	51	60,6	55,1	57,2	56,8
10	40,5	41,0	51	60,6	55,1	55,5	56,8
11	41,0	41,0	50	59,9	55,1	55,5	56,8
12	40,5	40,5	51	59,9	55,1	57,2	56,8
13	40,0	40,0	51	59,9	55,1	55,5	56,8
14	44,0	44,0	51	60,6	55,1	55,5	56,9
15	40,5	40,5	51	59,9	55,1	55,5	56,8
16	41,0	41,5	51	59,9	55,1	55,5	56,8
Snitt	40,88	40,94	51,13	60,30	55,09	55,78	56,83

Her er det er til dels sterkt varierende resultater. De geometriske verdi-

ene og de visuelle verdiene til CCDot4 er praktisk talt samsvarende, mens resultatene til Acme ligger om lag 10 prosentenheter over. Densitometeret 1000P ligger ytterligere 10 prosentenheter over Acme, og de tre siste ligger 5 prosentenheter under Acme. Er dette en generell trend, og hvorledes forløper dette seg i alle måleresultatene: 5 %, 10 % – 90 %, 95 % i alle farger og aviser? For å se nærmere har en i prosjektet tatt gjennomsnittet av måleseriene fra alle tre eksemplarene per avis, sortert på måleinstrument. Trekker dernest dette gjennomsnittet fra patchverdien. Med patchverdi menes den rastertoneverdien patchen hadde før den gikk gjennom RIP, platesetter og trykkverk. For eksempel 50 %-patchen har patchverdi 50 %, mens måleinstrumentet kanskje viser 61,5 %. Man får da en differanse som viser hvor mye hvert enkelt instrument avviker fra patchverdien, og det kommer tydelig frem hvilke verdier instrumentene viser i forhold til hverandre. For eksempel cyan i Adresseavisen (fig 5.2.1).

En ser av figuren at de to densitetsgivende instrumentene ligger i samme området. Acme har en kurve som skiller seg vesentlig fra de andre, og CCDot4 har de laveste rastertoneverdiene. De geometriske verdiene blir

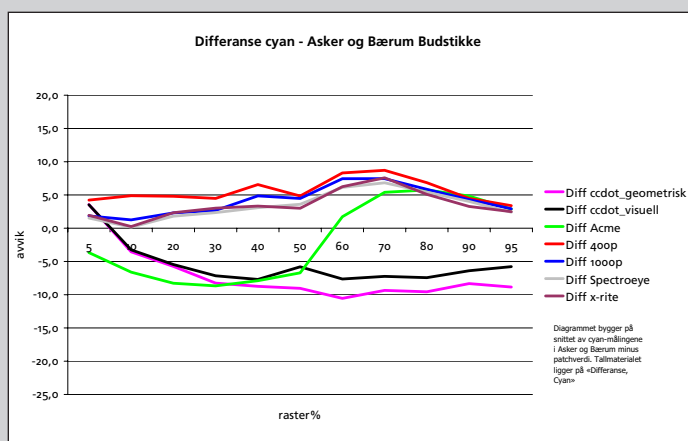


Fig 5.2.1: X-aksen løper fra 5 % til 95 %, Y-aksen viser hvor mye resultatet avviker fra patchverdien.

Figurene nedenfor viser et diagram som viser bredden måleresultatene faller innenfor

Diagrammet består av en øvre linje og en nedre linje. Den øvre linjen er en linje trukket gjennom alle maksimumsverdiene. Maksimumsverdien er den høyeste verdi blant 16 måleresultater i 3 eksemplarer, det vil si 48 verdier for hver rastertone. En kan tydelig se at de densitetsgivende instrumentene overlapper hverandre på det nærmeste totalt. Det vil si at en kan tilfeldigvis få samme resultat med en måling med 1000P og en måling med spektrodensitometeret X-Rite 508. De fire apparatene kan derfor betraktes som én.

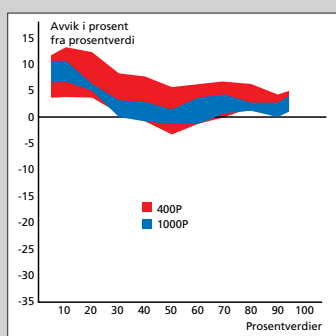


Fig 5.2.2

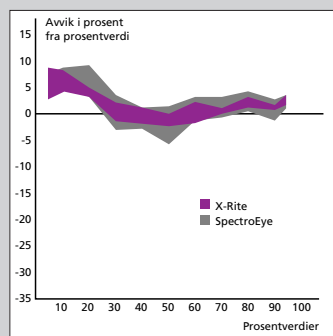


Fig 5.2.3

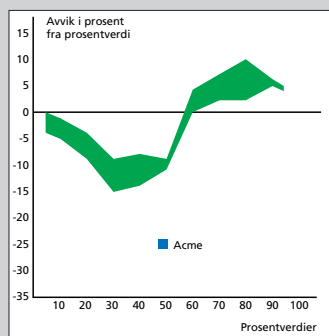


Fig 5.2.4

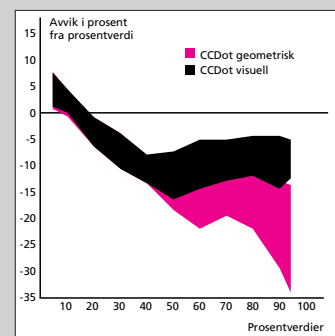


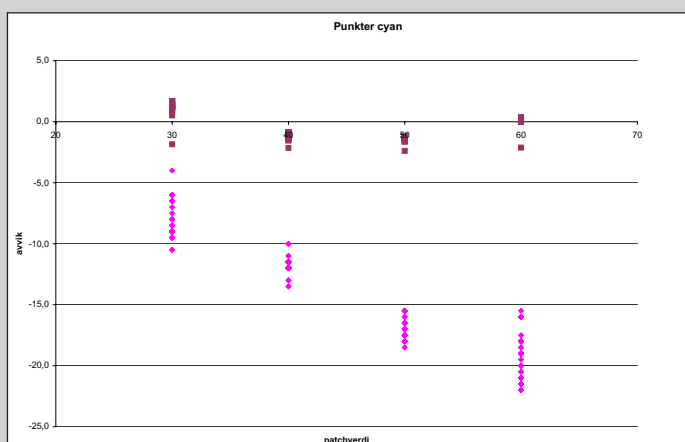
Fig 5.2.5

stadig lavere enn de visuelle. Siden dette diagrammet bygger på gjennomsnittsverdier kan det virke misvisende. Derfor skal vi se på dataene som er grunnlaget for gjennomsnittet. Dataene fra målingene ligger ikke som en strek i tonespekteret, de varierer rundt en gjennomsnittsverdi. Figurene 5.2.2 – 5.2.5 viser hvilken spennvidde dataene ligger innenfor.

Siden her det kun er brukt maksimums- og minimumsverdier, kan vi belyse måleresultatene enda mer nøyaktig ved å se hvordan hvert enkelt måleresultat fortoner seg. Vi kan se nærmere på de geometriske verdiene til CCDot4 fra samme avis, markert som punkter i diagrammet. Hvert punkt er et resultat. Til sammenligning vil vi se resultatet fra X-Rite 508, som generelt har et lavt standardavvik. Diagrammet (fig 5.2.6) viser hvordan rastertoneverdiene ligger i forhold til hverandre. Det viser igjen den bredden som verdiene ligger innenfor, og avstanden mellom måleapparatene. Ved å se på standardavviket og gjennomsnittet fra de aktuelle måleseriene samtidig, kan en få en klar forståelse av hvordan resultatet av målingene foreligger. Standardavviket er klart høyere på CCDot4 enn på X-Rite 508.

	CCDot4		X-Rite 508	
	Snitt	Std.avvik	Snitt	Std.avvik
30 %	21,8 - 30 = -8,20	0,96	30,4 - 30 = 0,40	0,31
40 %	28,2 - 40 = -11,8	0,59	38,6 - 40 = 1,4	0,16
50 %	33,0 - 50 = -17	0,92	45,3 - 50 = 4,7	0,12
60 %	41,0 - 60 = -19	1,08	59,4 - 60 = 0,59	0,10

Vi ser at måleresultatene egentlig har en viss spredning gjennom toneskalaen, og tar derfor igjen for oss noen gjennomsnittsdiagrammer fra en mer objektiv synsvinkel.



Rastertoneverdiene fra CCDot4 er antydnet med magentafargede rutere, og X-Rite 508 er antydnet med fiolette kvadrater. En ser tydelig at verdiene fra CCDot4 ligger spredd over et større område enn verdiene fra X-Rite 508. En ser også at verdiene fra CCDot4 ligger stadig lenger fra nullinjen.

Fig 5.2.6: Data fra tre eksemplarer av Adresseavisen.

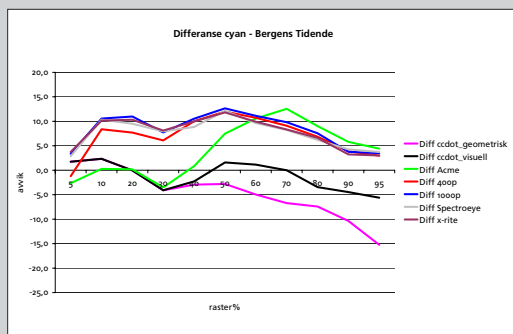


Fig 5.2.7

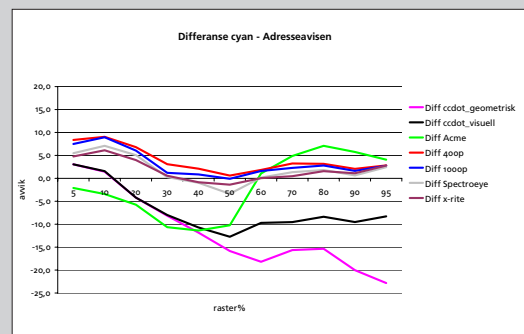
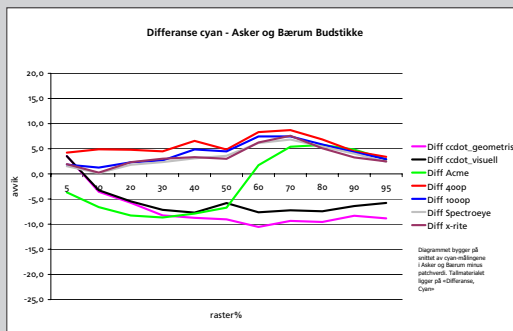


Fig 5.2.8



Figurene viser de tre trendene sorter på de tre avisene

De tre trendene

Det kommer frem av figurene 5.2.7 – 5.2.9 at de visuelle og geometriske verdiene til CCDot4 generelt gir de laveste verdiene. De densitetsgivende instrumentene gir praktisk talt samme rastertoneverdier.

De to densitometrene Vipdens 400P og Vipdens 1000P har en liten differanse til de to spektraldensitometrene. Det skyldes muligens at de måler med polarisasjonsfilter. Måling med polarisasjonsfilter gir som regel høyere densitetsverdier enn måling uten. Acme har en egen trend som skiller seg klart fra de andre instrumentene. Fra 5 % til ca. 50 % gir den stort sett lavere verdier enn den andre punktmåleren CCDot4. Fra ca. 60 % til 95 % viser den langt høyere verdier enn CCDot4.

Dette bildet går igjen når vi slår sammen alle aviseksemplarene fra alle avisene, sortert på farge. (Se vedlegg sidene 175 – 181)

Densitometrene gir densitetsverdier, som omregnet med Murray-Davies' formel blir den optiske rastertoneverdien, som beskrevet i kapittel 3 side 19. CCDot4 i visuell modus skal gi motsvarende resultater, men som en ser er det stor forskjell mellom dem. Det skyldes forskjellig måleteknikk. CCDot4 bruker også en annen type lyskilde. Densitometerne bruker en lysstråle som er smal og som treffer patchen i 45 grader. Dette gjør i følge Centurfax at skyggene mellom punktene blir kraftigere. CCDot4 bruker en mer diffus lyskilde. Dette kan sammenlignes med at sola kaster synlige skygger på en høylys dag. På en overskyet dag er det mørkere, men ingen synlige skygger. Centurfax vil ikke oppgi hvordan den visuelle verdien blir utregnet. (ref: *Dick Stone*, Centurfax)

6 Kontrollmålinger

6.1 Test 1

I og med at CCDot4 fra Centurfax kom uheldig ut av testen med tanke på repeterbarhet, gjennomførte prosjektgruppen kontrollmålinger i etterkant av måleperioden. Dette ble gjort for å kontrollere hvorvidt det apparatet

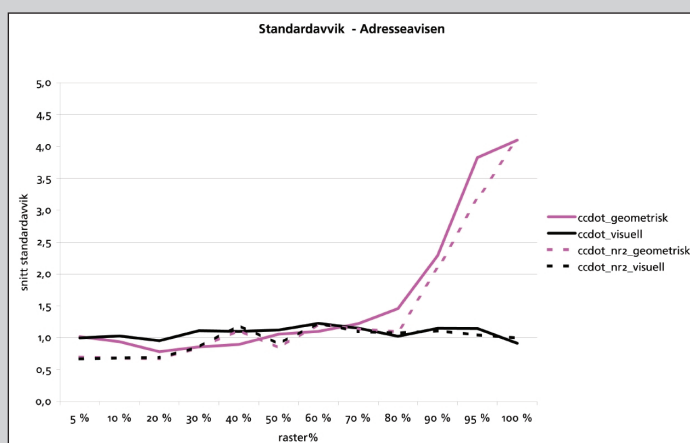


Fig 6.1.1: Den grafiske fremstillingen av et gjennomsnittlig standardavvik fra de to apparatene av samme type, viser at avviksbildet er det samme. Vi kan ut fra dette slutte at de opprinnelige måleseriene er korrekte, og at avvikene ikke skyldes feil på apparatet.

som opprinnelig ble brukt, hadde feil eller at målingene skulle ha blitt forstyrret av andre forhold.

En CCDot4 av samme type ble lånt inn fra NADA (beskrevet som CCDot4 nr. 2). Det ble så gjennomført målinger av Adresseavisens tre eksemplarer, på nøyaktig samme måte som med det første apparatet.

I gjennomsnitt viser de to apparatene tilnærmet samme standardavvik. Det kan derfor ikke settes opp påstand om at den lave repeterbarheten til CCDot4 skyldes en feil på apparatet som opprinnelig ble brukt. Sammenlikning av de to apparatenes standardavvik i de målte områdene viser tydelig at måleresultatene fra den første målingen ikke er tilfeldig. Avviksbildet som tegnes ut fra et gjennomsnitt av standardavvik, viser at de to apparatene er nærmest identiske når det gjelder repeterbarhet.

Kommentar:

De to CCDot4 viser i enkelte kulører systematisk ulike rastertoneverdier. Den visuelle verdien har en systematisk differanse i cyan fra 1,6 % i de lyse områdene opp til 6 % i de mørke områdene. Den geometriske måleverdien viser en lignende trend opp til mellomtonene. Her viser de to apparatenes geometriske verdi i store trekk det samme. I de mørke områdene viser CCDot4 nr. 2 langt lavere måleverdier enn det andre apparatet, og

standardavviket er i tillegg så stort at måleverdiene ikke egner seg til sammenligning. I magenta viser apparatene i motsetning til i cyan tilnærmet like måleverdier. Det er her vanskelig å spore noen systematiske ulikheter mellom de to apparatenes måleverdier. I gul er det en systematisk differanse mellom de to apparatenes måleverdier. Både visuell og geometrisk verdi ligger ca. 1,5 prosentenheter fra hverandre opp til mellomtonen, hvorpå en ser at de to geometriske verdiene nærmer seg hverandre, for så å fjerne seg fra hverandre i de mørkeste toneverdiene. Differansen mellom de to apparatenes visuelle verdi øker på samme måte som i cyan systematisk opptil 4,5 prosentenheter i de mørkeste områdene.

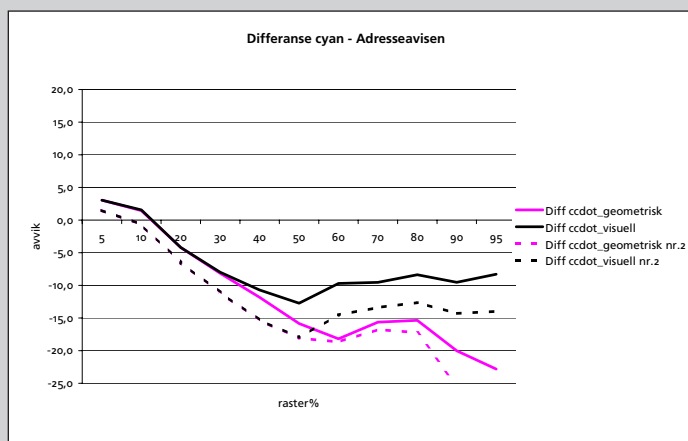


Fig 6.1.2: Apparatene viser i cyan en systematisk ulikhet. I Magenta er det derimot vanskelig å spore noen store ulikheter mellom apparatene. Hvorfor apparatene i de ulike kulørene viser ulike differanser vites ikke.

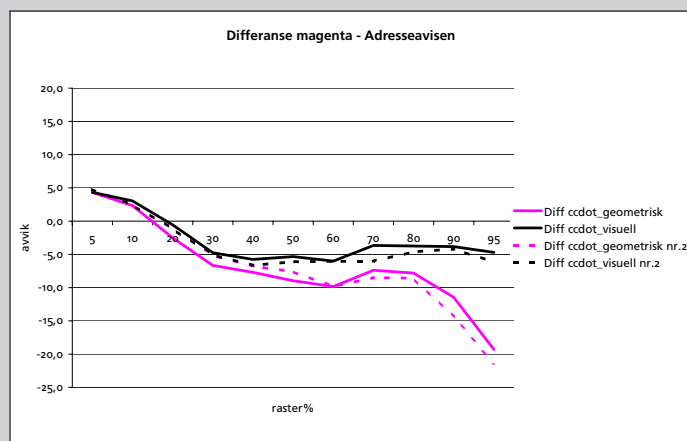


Fig 6.1.3:

I svart er det som i magenta vanskelig å finne en systematisk ulikhet mellom de to apparatenes måleverdier. De to apparatenes geometriske verdi er tilnærmet lik i hele spekteret. Den visuelle verdien viser en differanse på opptil 5 prosentenheter i mellomtonen, men er ellers tilnærmet lik.

Det er vanskelig å svare på hvorfor de to apparatene i enkelte kulørene viser ulike måleverdier. Apparatenes lave repeterbarhet ved måling på avis-papir er et av forholdene som spiller inn, men hvorfor dette har forskjellig utslag i de ulike kulørene vites ikke. Det er også overraskende at differansene er såpass systematiske som i cyan og gul, når de to apparatene samtidig viser et likt avviksbilde.

Figurene viser blenderåpningene til SpectroEye og CCDot4 i forhold til målepatchen.

- CCDot4
- SpectroEye
- Målepatchens størrelse

6.2 Test 2

Det ble fra veileders side fremmet en hypotese om at den relativt mye mindre blenderåpning til CCDot4, er av avgjørende betydning for det store standardavviket som apparatet får innenfor et 4,5 mm x 4,5 mm måleområde. Avviket skal med andre ord ut fra hypotesen ikke oppstå hvis apparatet fikseres til et bestemt område på måleunderlaget. Prosjektgruppen ønsket å følge opp denne hypotesen og utførte derfor en måle-test. Målingene ble gjennomført med CCDot4 som ble utlånt fra NADA og et referanse-apparat. Som referanseapparat ble SpectroEye fra Gretag MacBeth valgt. Apparatene ble etter tur fiksert til et område innenfor 50% patchen i aviseksemplar nummer 1 fra Adresseavisen. Det ble gjennomført 10 målinger per fiksering, hvorpå apparatet så ble flyttet innenfor det samme måleområdet og 10 nye målinger ble tatt. Dette ble gjort fire ganger per farge slik at øvelsen til slutt ga målinger fra fire ulike områder innenfor samme 50 % patch i de fire forskjellige fargene. Prosjektgruppen gjennomførte så en dataanalyse. Apparatenes variasjon innenfor hver fikserte måling, i forhold til variasjonen innenfor alle målingene innenfor den enkelte målepatch ble kartlagt.

CCDot4 gir to verdier som vil bli belyst separat.

CCDot4 Geometrisk	
Farge: Cyan	Minste målte verdi: 28 % Største målte verdi: 32 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(32 - 28) = 4$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	2,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 2:	1,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 3:	2,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 4:	1,5 prosentenheter
Farge: Magenta	Minste målte verdi: 34,5 % Største målte verdi: 37,5 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(37,5 - 34,5) = 3$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	3 prosentenheter
Variasjon i måleområde 2:	1,0 prosentenheter
Variasjon i måleområde 3:	1,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 4:	Ingen variasjon
Farge: Gul	Minste målte verdi: 36,5 % Største målte verdi: 40,5 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(40,5 - 36,5) = 4$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	2,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 2:	0,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 3:	1,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 4:	0,5 prosentenheter

Farge: Svart	Minste målte verdi: 32,5 % Største målte verdi: 34,5 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(34,5 - 32,5) = 2$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	1,0 prosentenheter
Variasjon i måleområde 2:	0,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 3:	0,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 4:	1,0 prosentenheter

CCDot4 Visuell	
Farge: Cyan	Identisk med Geometrisk verdi
Farge: Magenta	Identisk med Geometrisk verdi
Farge: Gul	Identisk med Geometrisk verdi
Farge: Svart	Minste målte verdi: 32,5 % Største målte verdi: 35,5 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(35,5 - 32,5) = 3$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	1,0 prosentenheter
Variasjon i måleområde 2:	1,0 prosentenheter
Variasjon i måleområde 3:	0,5 prosentenheter
Variasjon i måleområde 4:	1,0 prosentenheter

Gretag MacBeth SpectroEye	
Farge: Cyan	Minste målte verdi: 46,9 % Største målte verdi: 46,9 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(46,9 - 46,9) = 0$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 2:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 3:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 4:	Ingen variasjon
Farge: Magenta	Minste målte verdi: 55,9 % Største målte verdi: 55,9 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(55,9 - 55,9) = 0$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 2:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 3:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 4:	Ingen variasjon
Farge: Gul	Minste målte verdi: 55,1 % Største målte verdi: 56,8 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(56,8 - 55,1) = 1,7$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	Ingen variasjon

Variasjon i måleområde 2:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 3:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 4:	1,7 prosentenheter
Farge: Svart	Minste målte verdi: 46,3 % Største målte verdi: 48,2 %
Variasjon innenfor målepatch:	$(48,2 - 46,3) = 1,9$ prosentenheter
Variasjon i måleområde 1:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 2:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 3:	Ingen variasjon
Variasjon i måleområde 4:	1,9 prosentenheter

For fullstendig dataark se vedlegg side 215 og 216

De målte verdiene viser at ved bruk av CCDot4 varierer målingen innenfor den enkelte målte patch mellom 2 og 4 prosentenheter. Variasjonen innenfor hver fiksering/måleserie ligger mellom 0 og 3 prosentenheter. Variasjonen er altså noe mindre, men ikke fraværende selv ved fiksering av apparatet til et fast punkt på underlaget. SpectroEye viser liten tendens til variasjon. De to måleseriene hvor variasjon oppstår, er denne imidlertid relativt stor (1,7 og 1,9 prosentenheter). Dette forårsakes, som tidligere beskrevet, av at apparatet har lite utfallsrom, slik at en liten variasjon i logaritmisk verdi gir stor effekt etter omregning til rastertoneverdi (se kap.5 «Utfallsrommet» side 31).

Ifølge hypotesen skal den lille blenderåpningen til CCDot4 være årsaken til apparatets noe dårligere repeterbarhet ved måling av rastertoner på avispapir. Ved fiksering av apparatet til måleunderlaget skal ikke dette føre til nevneverdig variasjon. Når det på tross av fiksering oppstår variasjon i måleseriene, er det naturlig å slutte at denne variasjonen må være forårsaket av andre forhold, og hypotesen må forkastes. Som en imidlertid kan se, er variasjonen ved fiksering generelt mindre enn den totale variasjonen innenfor en målepatch. Forskjellen mellom disse variasjonene kommer av ujevnheter i rasterflaten innenfor den enkelte patch. Den lille blenderåpningen kan derfor være et av forholdene som påvirker repeterbarheten, men ikke hele årsaken.

7 Konklusjon

Gjennom diskusjon med referansegruppen og veileder er det satt følgende verdier som veiledning for hva som er akseptabel variasjon:

- Variasjon innenfor et område, opptil og med ± 1 prosentenhet er ubetydelig.
- Variasjon innenfor et område, opptil og med ± 2 prosentenheter er akseptabelt.
- Apparater som gir en variasjon større enn ± 2 prosentenheter innenfor en måleserie, bør regnes som for lite repeterbare til rastermåling i avis.

Når det gjelder måleverdiene apparatene gir, er det vanskelig, med de forutsetninger som ligger til grunn i dette prosjektet, å si om et apparat måler riktig eller galt i forhold til et annet. Hvert enkelt trykkeri har forskjellige innstillinger på RIP, platesetter og trykkpresser, og de trykker med ulike fargestilling på papir av ulike fabrikater. Punktmålerne måler geometrisk punktstørrelse. CCDot4 gir i tillegg også en visuell verdi. Denne måleverdien angir ifølge Centurfax en verdi nær øyets persepsjon, men denne beregningsmåten er ikke offentlig tilgjengelig.

De densitetsgivende apparatene gir alle høyere verdier enn CCDot4, noe som er logisk ettersom de måler effektiv rastertoneverdi, mens CCDot4 i geometrisk modus måler den geometriske rastertoneverdien. Et grunnleggende spørsmål er hvilken type rastertoneverdi verdier som skal danne grunnlag for NADAs definisjon «lineær repro» og for utarbeidelse av kompensasjonskurver? Skal en benytte geometriske eller optiske rastertoneverdier, eller en mellomting, eksempelvis Centurfax' «visual dot value». Det ligger utenfor prosjektgruppens mandat å avgjøre dette. Med utgangspunkt i spektraldensitometrenes langt bedre repeterbarhet, vil en imidlertid anbefale at NADA legger til grunn rastertoneverdier målt med spektraldensitometer og beregnet i henhold til Murray-Davies. Det presiseres at det i så fall må benyttes densitometer med måleblende 3,5 mm eller større.

X-Rite 508 Spectrodensitometer

Apparatet X-Rite 508 kommer spesielt godt ut med et maksimalt standard-avvik i gjennomsnitt på ca. 0,2. Ut fra en beregnet normalfordeling (se kap.2) vil apparatet statistisk beregnet i gjennomsnitt høyst avvike $\pm 3 \times 0,2 = \pm 0,6$ prosentenheter. Dette betyr at apparatets avvik er ubetydelig. Apparatet gir i gjennomsnitt tilnærmet like rastertone som Gretag MacBeth SpectroEye.

Gretag MacBeth SpectroEye

Spektrofotometeret SpectroEye og densitometeret Vipdens 1000P har tilnærmet sammenfallende avviksbilde. Ut fra en beregnet normalfordeling vil apparatet i gjennomsnitt høyst avvike $\pm 3 \times 0,5 = \pm 1,5$ prosentenheter. Dette betyr at apparatets standardavvik ligger innenfor det toleranseområdet som veiledende er satt som godkjent. Apparatet gir i gjennomsnitt tilnærmet like rastertoneverdier som X-Rite 508. Begge apparatene som bruker spektro-

fotometrisk måleteknologi er altså ifølge gruppens beregninger egnet til å måle rastertoner på avispapir.

Vipdens 1000P

Som nevnt har 1000P og SpectroEye et tilnærmet sammenfallende avviksbilde. Dette betyr at apparatets standardavvik faller innenfor det som veiledende er satt som godkjent. Dette apparatet gir i mellomtonene (50%-området) i gjennomsnitt 2 prosentenheter høyere rastertoneverdi enn apparatene som bruker spektrofotometrisk teknologi. Dette tilskrives et mindre avvik i linearitet mellom apparatene.



Vipdens 400P

Vipdens 400P har en tendens til å vise varierende rastertoneverdi i de lyseste områdene. Opptil 30 % til 40 % rastertoneverdi er standardavviket så stort at apparatet faller utenfor grensen for hva som veiledende er satt som akseptabel repeterbarhet. Unntaket er i kuløren gul, der apparatet i gjennomsnitt holder seg under en variasjon på ± 2 prosentenheter i hele spekteret. I forhold til de andre densitetsgivende instrumentene gir apparatet varierende resultater. Variasjonen ligger opptil ca. 5 prosentenheter i de laveste toneverdiene. Dette kommer sannsynligvis av at apparatet som nevnt har et noe høyere standardavvik i de lyse områdene enn de andre densitetsgivende apparatene.

Acme Platereader

Acme platereader viser i utgangspunktet overraskende god repeterbarhet ved måling i avis, tatt i betraktning at dette er et apparat som er produsert med tanke på måling av offsetplater. Apparatet har imidlertid tendenser til å variere repeterbarhet i mellomtonen. Dette er spesielt grave-ende i kuløren gul. Fra ca. 10 % til 80% rastertoneverdi gir apparatet et standardavvik på mellom 0,5 og 1,5. Dette tilsvarer maksimalt ut fra en beregnet normalfordeling $\pm 3 \times (0,5 \text{ til } 1,5) = \pm 1,5 \text{ til } \pm 4,5$ prosentenheter.

Dette er i overkant av det gruppen har satt som veiledende som akseptabel repeterbarhet. I svart har apparatet i gjennomsnitt et godkjent avvik i hele toneområdet. Dette apparatet gir rastertoneverdier som skiller seg klart fra de andre. Fra 20 % til 50 % gir det opptil 12 prosentenheter lavere måleverdier enn de densitetsgivende instrumentene. Fra 70 % til 90 % gir det imidlertid opp til 4 prosentenheter høyere verdi. Det viser altså lave måleverdier i de lyse områdene for så til å gå over til å vise høye verdier i de mørke. Ut fra dette bør det stilles kritiske spørsmål til om dette apparatets måleverdier på avispir er troverdige.

Centurfax CCDot4

CCDot4 gir som nevnt to verdier. En geometrisk og en visuell. Begge verdiene gir standardavvik som selv med hensyn til statistiske unøyaktigheter er betraktelig høyere enn de densitetsgivende apparatene. De visuelle måleverdiene gir et standardavvik som i gjennomsnitt ligger rundt 1,0, hvilket ut fra en beregnet normalfordeling vil gi en variasjon på $\pm 3 \times 1,0 = \pm 3,0$ prosentenheter. Selv om apparatet i likhet med Acme viser et noe mindre standardavvik i lyse og mørke toneverdier, faller hele målespekteret i gjennomsnitt utenfor det som prosjektet veiledende angir som godkjent repeterbarhet. Den geometriske måleverdien har tilnærmet lik repeterbarhet som den visuelle opp til ca 70 %. Fra «pachverdi» 70 % og opp til 95 % øker standardavviket for den geometriske rastertoneverdien helt opp til 2,4. En beregnet normalfordeling gir altså en maksimal variasjon på $\pm 3 \times 2,4 = \pm 7,2$ prosentenheter. Repeterbarheten er med andre ord langt dårligere i disse områdene enn det gruppen har fastsatt som toleransområde. Når det gjelder måleresultater ligger den visuelle verdien i området 20 % til 95 % mellom ca. 7 og 12 prosentenheter under de densitetsgivende instrumentene. Den geometriske måleverdien gir stort sett samme resultat som den visuelle opptil 30 %. Fra 30 % avtar den geometriske verdien i forhold til de andre apparatene til den ved 95 % gir opptil 18 prosentenheter under de densitetsgivende instrumentene. I området fra 70 % øker også det geometriske standardavviket betydelig. Dette betyr at de geometriske måleverdiene i de mørkeste toneverdiene varierer i en slik grad at de faktisk ikke egner seg til sammenlikning (fig 7.1).

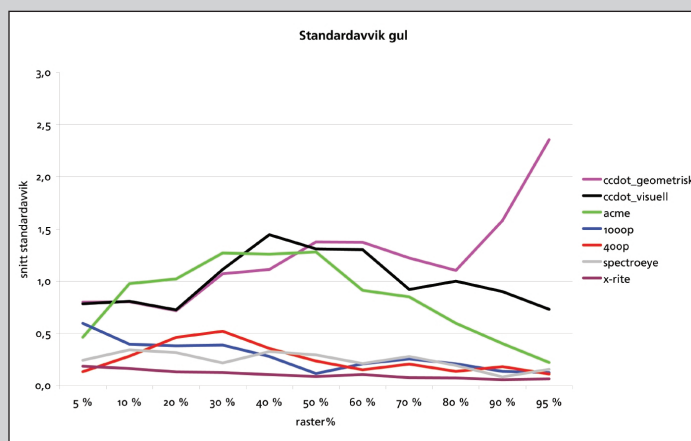


Fig 7.1: Forskjellen i avviksbildet til de ulike apparatene er mest synlig i gul. Alle de densitetsgivende apparatene har her et standardavvik som gjør at de ligger innenfor det prosjektgruppen har definert som godkjent repeterbarhet. Punktmålerne CCDot4 og Acme har begge større standardavvik i mellomtonen, hvilket gir en repeterbarhet som er dårligere enn det som er satt som veiledende grense.

8 Litteraturliste

Bøker

- Gary G. Field (1999).
Color and its reproduction, GATF Press
- R. M. Adams II, R. N. Reinertson (1999).
Digital color reproduction in newspapers, GATF Press
- Russel Borland (1998).
Avansert Microsoft Excel 97 Step by Step, Microsoft Press
- Bernt Bertheussen (1998).
Excel 97 Programmering med Visual Basic, EDB Kunnskap as
- R. M. Adams II, Joshua B. Weisberg (2000).
The GATF Practical Guide to Color Management, GATF Press
- Jon Helge Knudsen (1992).
Statistikk og data, Universitetsforlaget
- Per Chr. Hagen (1998).
Innføring i sannsynlighetsregning og statistikk, 2. utgave, Cappelen Akademisk Forlag
- Fred Wenstøp (2001).
Statistikk og dataanalyse, 6. utgave, Universitetsforlaget.
- Douglas C. Montgomery (1999).
Applied statistics and probability for engineers, Wiley.
- Peter Lundberg, Robert Rydberg, Kaj Johansson (1998).
Grafisk Kokbok, Bokförlaget Arena.
- Bjørn Hopland(1993).
Offsettrykking, Universitetsforlaget.
- Øyvin Rannem (1988).
Bokstav, bilde, budskap, Universitetsforlaget.
- Jacob Nielsen (1999).
Designing Web Usability, New Riders.
- Finn Erik Vinje (1998).
Skriveregler, H. Aschehoug & Co.
- Arne Krokan (1998).
Forstå statistikk, Kalle Forlag AS.
- Richard M. Romano, Frank J. Romano (1998).
The GATF Encyclopedia of graphic communications, GATF Press.

Alf Harbitz (1998).

Statistikk og sannsynlighetsregning, Fagbokforlaget.

Erhardt D. Stiebner, Johannes Debermann (1992).

Bruckmann's Handbuch der Drucktechnik, Bruckmann.

Artikler

Greg Imhoff, Martyn K. Emly (2001).

Is a densitometer useful in QC of newspaper, Grip Digital/Centurfax

Sven Erik Skarsbø (2001).

Å måle på offsetplater, AGI nr 85, AGI

Joachim Jacobson (2001).

Å måle densitet, AGI nr 85, AGI

Paul Lindström (2001).

Måling av fargerom på skjermer og i trykk, AGI nr 85, AGI

X-Rite Inc (1999).

CTP11 Acme Plate Dot Meter, (Produktbeskrivelse), X-Rite

Centurfax (2002-05-02).

Detailed History Piece

Centurfax (2002-05-02).

Simple Visual Dot Explanations

Sven Erik Skarsbø (1994).

Om densitometer og densitometri, Spesifikasjoner og metoder for norske offsetaviser.

Sven Erik Skarsbø (1994).

Fargemålinger og fargerepresentasjon, Spesifikasjoner og metoder for norske offsetaviser.

USInk (2001).

How does a densotometer work?

Sven Erik Skarsbø (1998).

To digitale punktmålere, Agi nr 65, AGI

European Commission (2002).

Good practice guide to surface colour measurements

Andrew Tribute (2002).

Color controll from proof to press, Seybold seminars

URL

<http://www.lmal.demon.co.uk/acme.htm>
<http://qip.com/acme/acme.html>
<http://www.dotprint.com/fgen/prod1297.htm#item6>
<http://www.centurfax.co.uk/>
<http://www.gripdigital.com/products.htm>
http://www.acc.com.pl/ccdot_ang.htm
<http://www.gretagmacbeth.com/>
<http://www.xrite.com/>
<http://research.dnv.com>
<http://www.seyboldreports.com>
<http://www.usink.com>
<http://www.forkningsradet.no>
<http://www.nada.no>
<http://www.bergwalls.se>
<http://www.hdia.org>

Manualer til instrumentene

FAG, *Vipdens 1000P*
FAG, *Vipdens 400P*
Gretag MacBeth, *SpectroEye*
Centurfax, *CCDot4*
X-Rite, *X-Rite 508*