IN2070 – Digital bildebehandling

Farger og fargerom

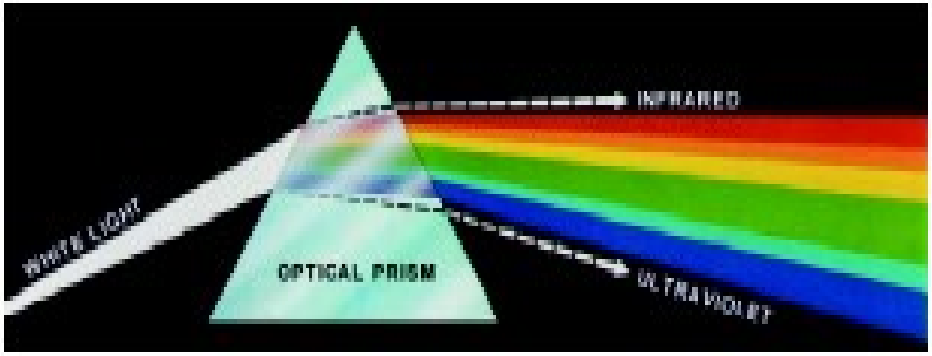
(Modifiserte slides fra Fritz Albregtsen, INF2310 2020)

- Temaer i dag :
  1. Farge, fargesyn og deteksjon av farge
  2. Fargerom - fargemodeller
  3. Overganger mellom fargerom
  4. Fremvisning av fargebilder
  5. Fargetabeller
  6. Utskrift av fargebilder
  7. Pseudo-farger og falske farger
  8. Litt om bildebehandling på fargebilder
- Pensum: GW, Kapittel 6

Motivasjon

- Vi kan skille mellom tusenvis av fargenyanser
- Farger kan gjøre det lettere å skille mellom objekter
  - Både visuelt
  - Og ved digital bildeanalyse
- Vi må
  - Vite hvilket fargerom vi skal bruke til forskjellige oppgaver
  - Kunne transformere fra ett fargerom til et annet
  - Kunne lagre fargebilder rasjonelt og kompakt
  - Kjenne teknikker for utskrift av fargebilder

Et prisme kan vise oss fargene i lyset

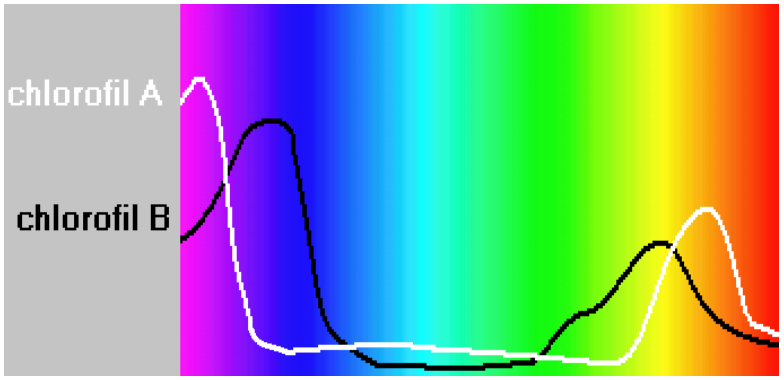


Rød	~ 625 - 740 nm
Oransje	~ 590 - 625 nm
Gul	~ 565 - 590 nm
Grønn	~ 500 - 565 nm
Cyan	~ 485 - 500 nm
Blå	~ 440 - 485 nm
Fiolett	~ 380 - 440 nm

Fargen på et objekt

- Objektets farge bestemmes av
  - Det lyset som faller på objektet
  - Den andelen av dette lyset som *reflekteres*.
- Dermed er fargen avhengig av
  - Spektral-fordelingen til lyset som faller på objektet
  - Spektralfordelingen til refleksjonen
- Refleksjonsegenskapene til objektet bestemmes av
  - Kjemiske pigmenter
  - Fysiske overflate-strukturer
  - Dette bestemmer hvilke bølgelengder som reflekteres, absorberes eller transmitteres

Grønne blader, blått hav, blå himmel



- Klorofyll reflekterer grønt, men absorberer blått og rødt lys
  - Sommer: Klorofyll dominerer, og vegetasjonen er grønn
  - Høst: Mengden klorofyll minsker, xantophyll og beta-caroten dominerer.

- Absorpsjon av synlig lys i vann:
  - Vann ser derfor blått ut.
  - Alger gjør vannet blå-grønt.

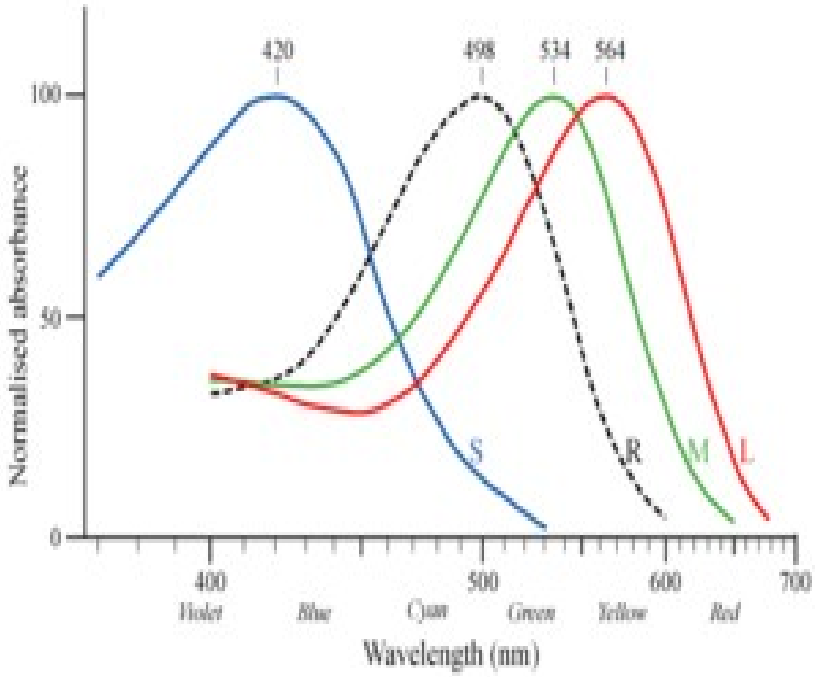
Fargesyn

- Retina er følsom for lys mellom 350 og 760 nm.
- Ved sterk infrarød stråling kan vi oppfatte stråling helt opp til 1000 - 1050 nm som lys, selv om dette er varmestråling.
- Simultane forskjeller ned til 1 nm i blå-grønt og gult kan sees, mens forskjellen må være minst 10 nm i dyp rødt og fiolett.
- Dette betyr at vi kan skille mellom ca 100 rene farger.

Tre-farge syn

- Tre typer fargefølsomme tapper i retina:
  - S - rundt 420 nm, (2%). Dette er de mest sensitive tappene.
  - L - rundt 564 nm, (65%).
  - M - rundt 534 nm, (33%).

- Tappene analyserer lyset, og finner den dominerende bølgelengden.
- Stavene (R) gir gråtone-syn



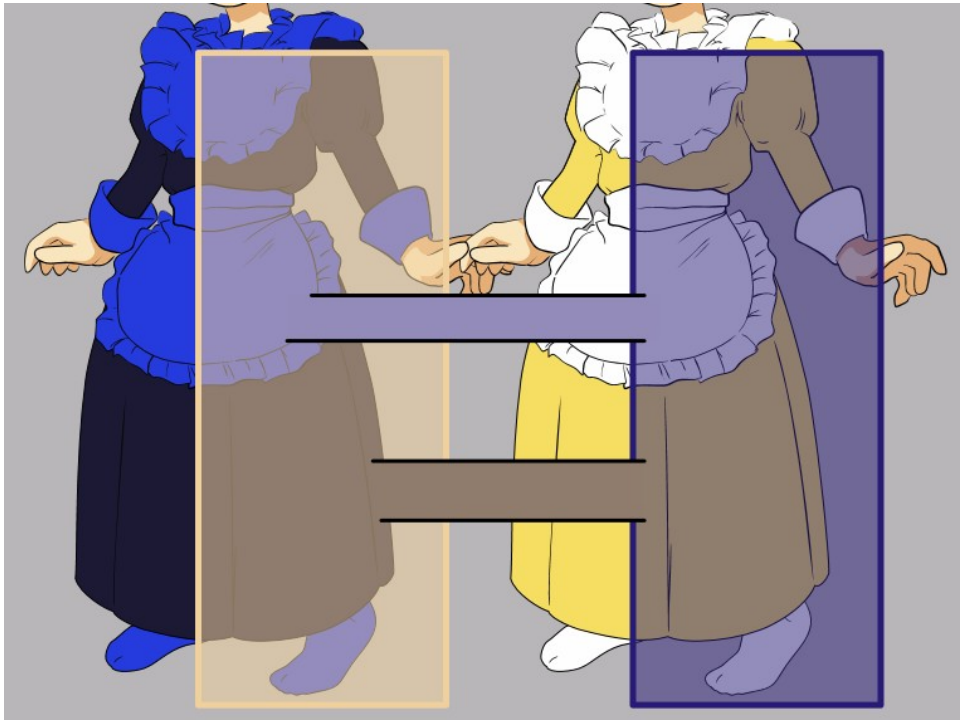
Tristimulus-verdier

- Fargen reduseres til tre verdier – tristimulus-verdier

- Mengden av alle slike mulige verdier utgjør vårt perseptuelle fargerom
- Det er noen kombinasjoner av stimuli som ikke er mulige
  - Vi kan ikke stimulere M-tappene uten å få noe respons fra S og L tappene samtidig

- En liten andel har nedsatt fargesyn eller er ”fargeblinde”
  - Grønnblindhet mer utbredt enn rødblindhet
  - Oppfatter farger ved hjelp av to komponenter

«The dress»: Blå/sort eller gul/hvit?



Bilder hentet fra https://en.wikipedia.org/wiki/The_dress

RGB primærfarger

- Commision Internationale de l'Eclairage, (CIE)
  (The International Commision of Illumination)

  har definert primærfargene:
  - Blå: 435.8 nm
  - Grønn: 546.1 nm
  - Rød: 700 nm

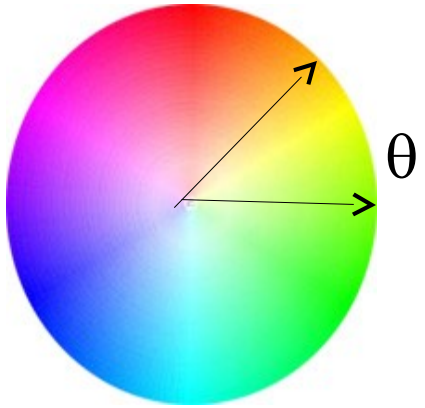
Beskrivelse av farger

- En farge kan beskrives på forskjellige måter (fargerom)
  - RGB
  - HSI (Hue, Saturation, Intensity)
  - CMY (Cyan, Magenta, Yellow)
  - pluss mange flere som vi snart skal se …

- HSI er viktig for hvordan vi beskriver og skiller farger.
  - I – Intensitet: hvor lys eller mørk er den
  - S – saturation/metning: hvor ”sterk” er fargen
  - H – dominerende farge (bølgelengde)
  - H og S beskriver sammen fargen og kalles kromatisitet

Om kromatisitet

- Kromatisitet og intensitet (lyshet) beskriver en farge.
- Kromasitet beskriver både dominerende bølgelengde og fargens metning.
- To forskjellige gråtoner har samme kromatisitet, men forskjelling intensitet.
- Tenk deg en sirkel der bølgelengden varierer med vinkelen θ.
  - Full metning ytterst ved radius r=1.
  - Minker r langs samme θ, så endres kun metningen.



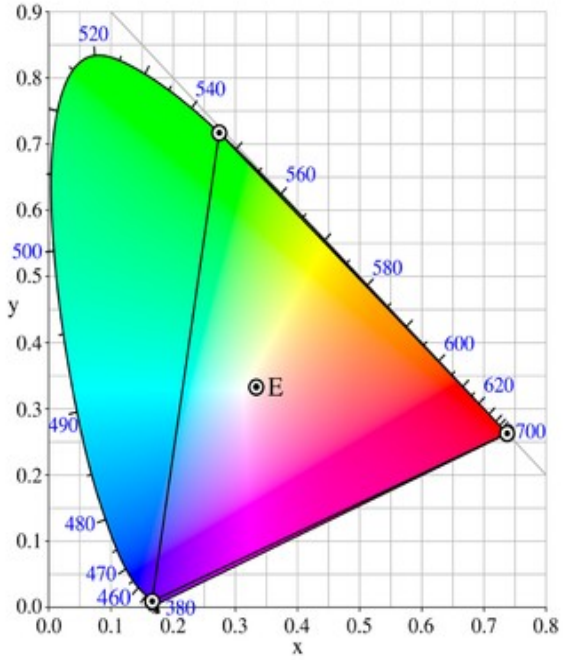
Standardiserte trikromatiske koeffisienter (x,y,z-representasjon)

- X,Y,Z gir mengden av R, G og B
  - En farge spesifises med trikromatiske koeffisienter:
  - Ser at x+y+z=1

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

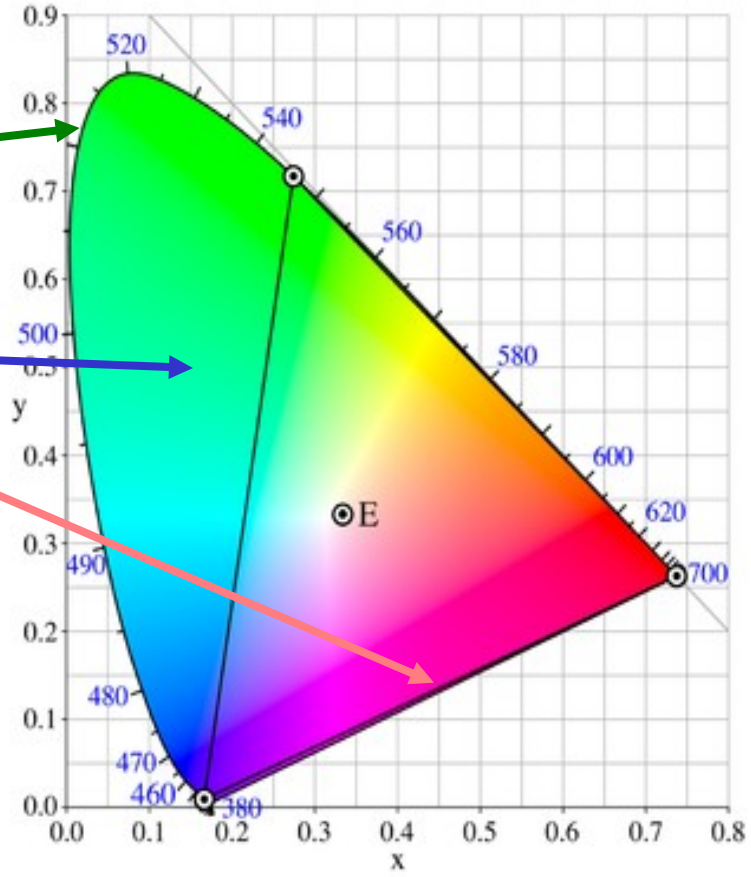
$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



- Den ene parameteren er ekvivalent med intensitet.
- De to andre gir fargen.
- Alle farger som har samme intensitet kan da gjengis i et 2-D kromatisitetsdiagram
- Merk: vi har isolert vekk intensitet for å få et 2D diagram

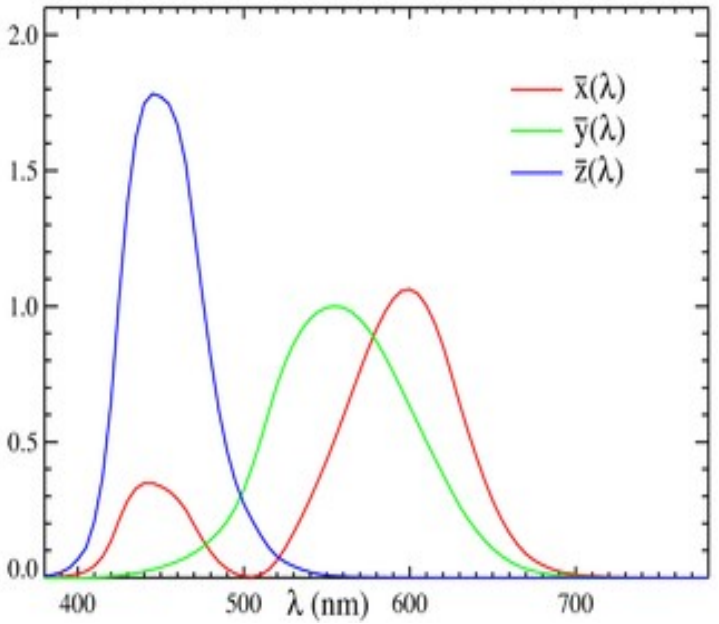
CIE kromatisitetsdiagram

- Mettede farger langs ”hestesko”
  - Mindre mettede inn mot midten.
  - Pastellfarger nede til høyre.
- Alle blandinger av N farger ligger innenfor N-kant med de N fargene som hjørner.
  - Alle mulige RGB-farger ligger innenfor markert trekant.



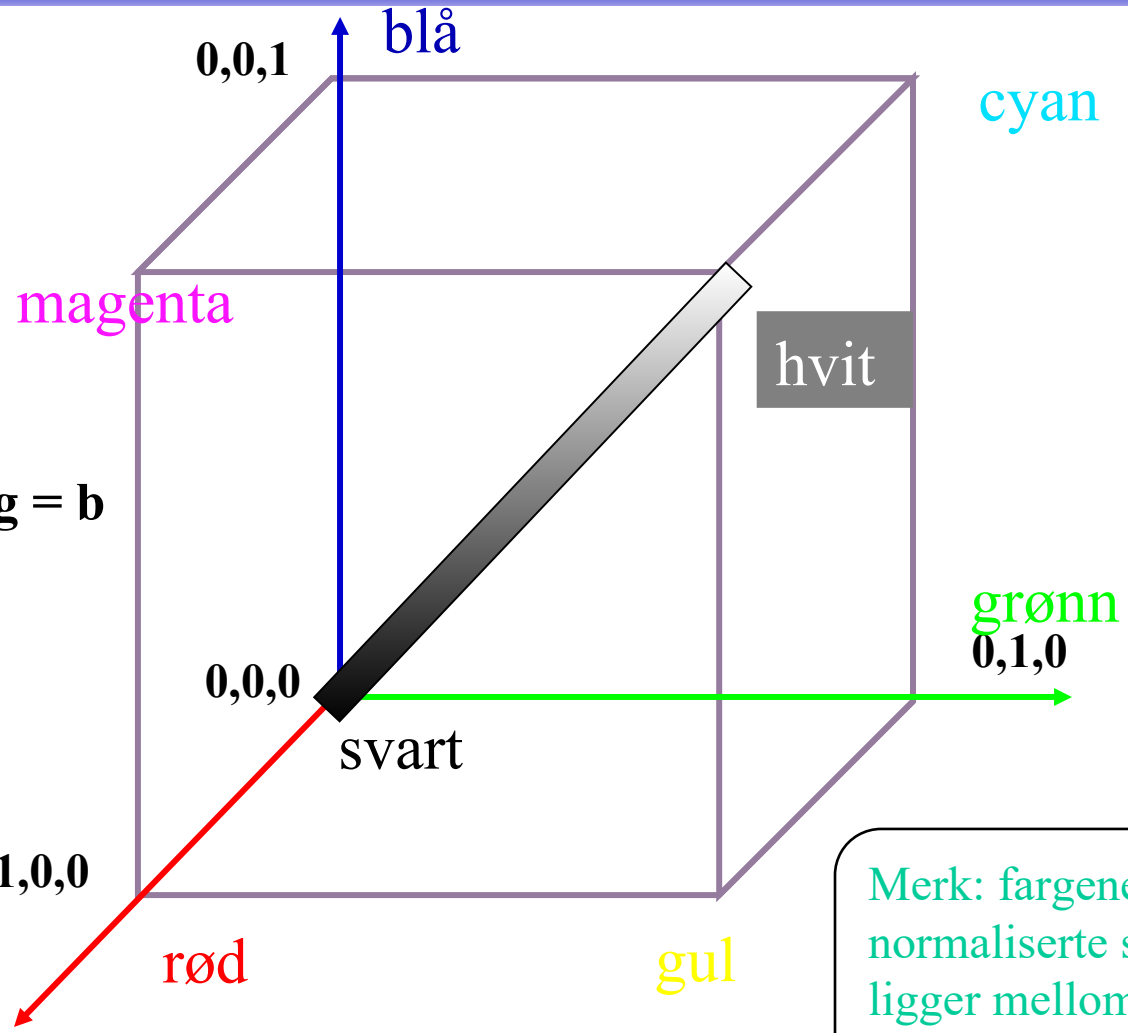
Kameraets RGB detektorer

- Lysfølsomhet for RGB-detektorer:
- La spektralfordelingen til lyset inn i kamera være C(λ).
- Tre tall bestemmer fargens posisjon i RGB-rommet:



$$c_i = \int C(\lambda)\, a_i(\lambda)\, d\lambda, \quad i = r, g, b$$

RGB-kuben



Gråtonebilder: **r = g = b**

Merk: fargene her er normaliserte slik at de ligger mellom 0 og 1

Eksempel RGB-bilde

Bånd 1: R

Bånd 2: G

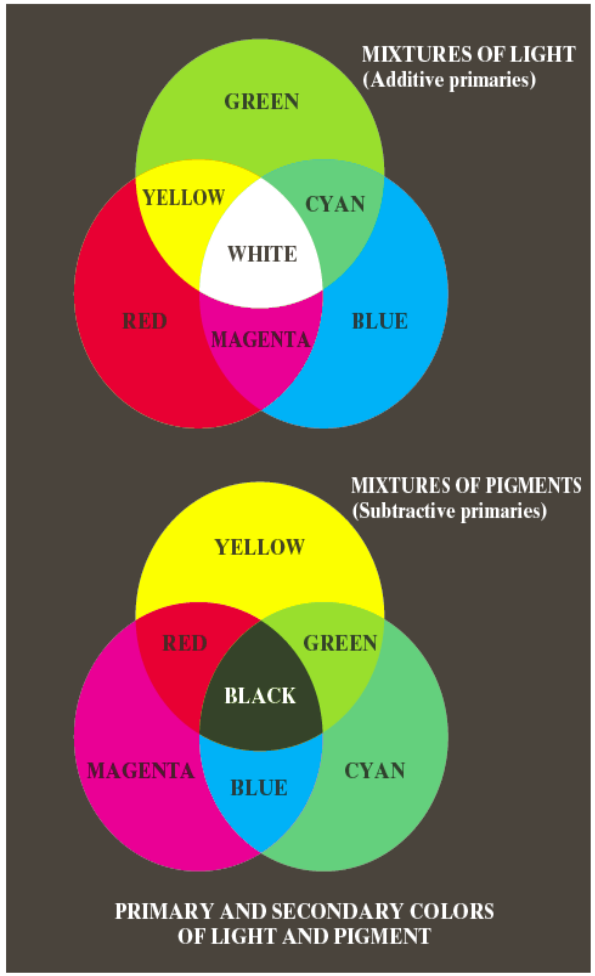
Bånd 3: B

RGB-bildet vist på skjerm

Additive vs. subtraktive fargesystemer

- Lys:
  - Mikses additivt.
  - Primærfarger R,G, B.
  - Sekundærfarger: cyan, magenta, gul.
  - Øyet, kameraer, og monitorer/TV er additive.

- Maling/farge med pigment:
  - Kalles subtraktivt.
  - Primærfarger: yellow, cyan, magenta.
  - Primærfarger defineres her ved at de subtraherer en av lysets primærfarger og kun reflekterer de to andre.

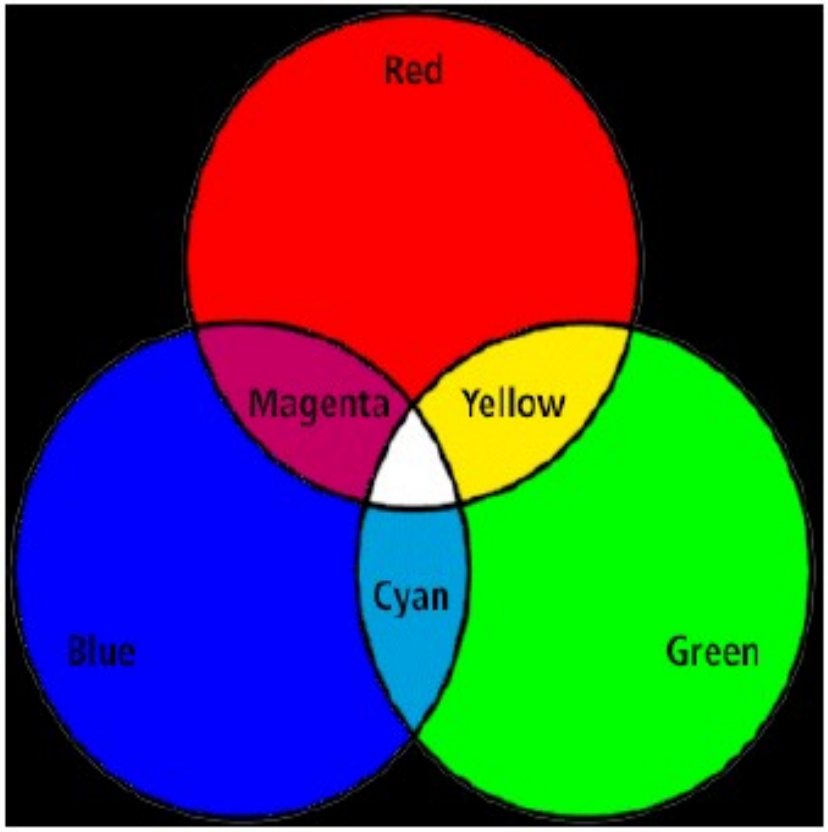


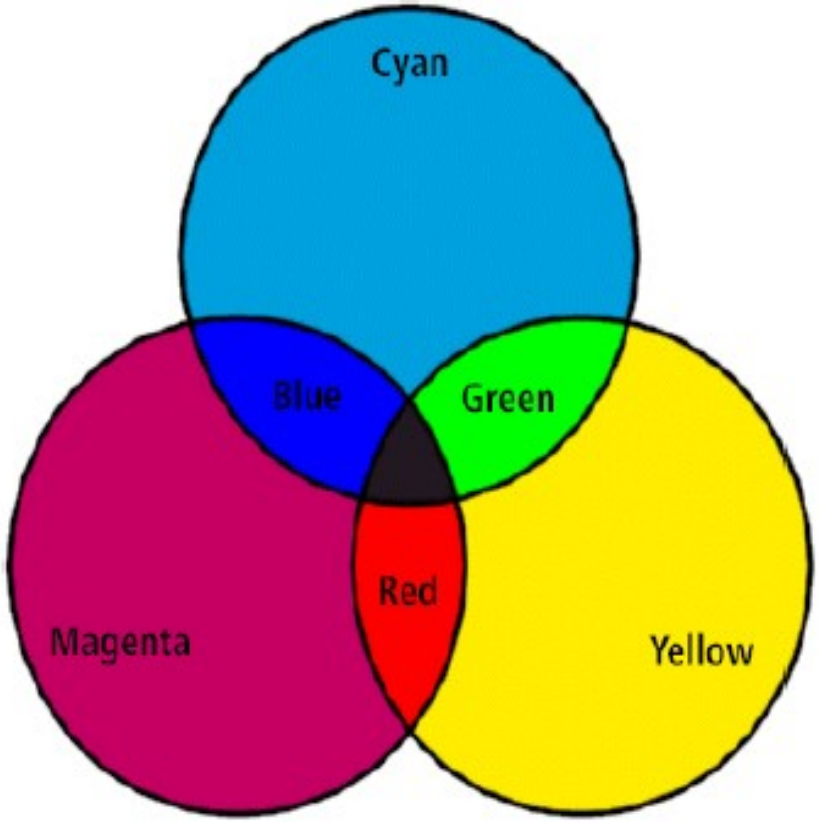
CMYK-fargemodellen

- CMYK- modellen er subtraktiv (start med hvitt, trekk fra farger).
- Alternativ til R,G,B; basisfarger er cyan, magenta, yellow (CMY-modeller).
  - C = 1 - R eller 255 - R hvis 8-bits ikke-normaliserte bilder
  - M = 1 - G 255 - G
  - Y = 1 - B 255 – B
- RGB er vanlig på display, men CMYK er vanlig på fargeprintere (K er ekstra komponent for svart).
  - Egen komponent for svart fordi full verdi av C, M og Y i praksis gir mørk brunt og ikke svart.
  - På ulike printere ser også de rene fargene ulike ut når de skrives ut, så fargebilder forvrenges ofte ved utskrift.

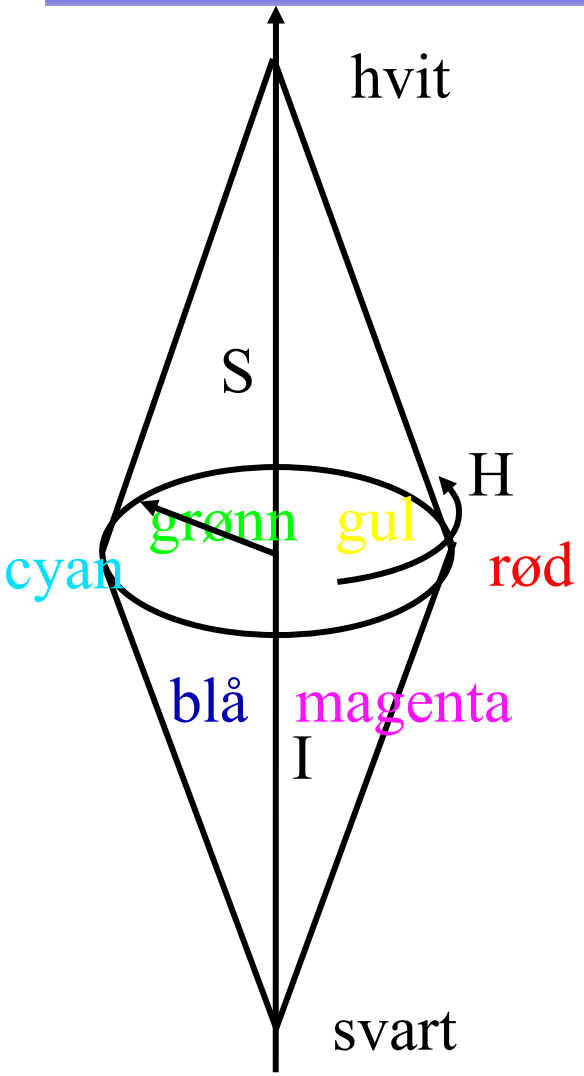
RGB og CMY

- RGB og CMY er i prinsippet sekundærfarger for hverandre.





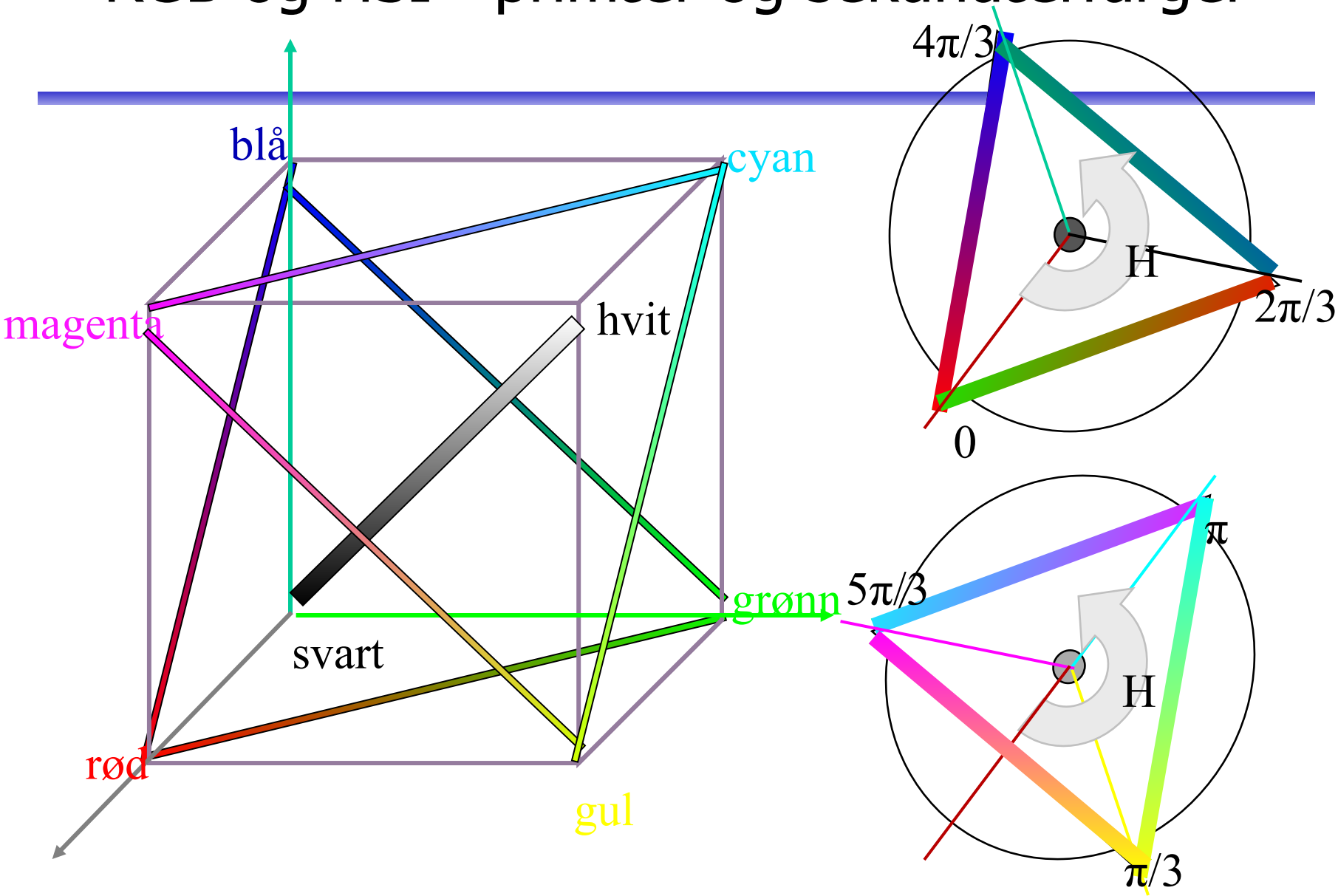
Hue, Saturation, Intensity (HSI)



- Hue: ren farge - gir bølgelengden i det elektromagnetiske spektrum.

- H er vinkel og ligger mellom 0 og 2π:
  Rød: H=0, grønn: H= 2π/3, blå= 4π/3,
  gul: H=π/3, cyan= π, magenta= 5π/3
- Hvis vi skalerer H-verdiene til 8-bits verdier vil
  Rød: H=0, grønn: H= 85, blå= 170,
  gul: H=42, cyan= 127, magenta= 213.

RGB og HSI - primær og sekundærfarger



Mer om HSI

- Saturation: metning – hvor mye grått inneholder fargen
  - Hvis S=0, blir fargen grå uavhengig av hvilken verdi H har. (det vil si at vi ligger et sted på diagonalen i RGB-kuben)
- S ligger normalisert mellom 0 og 1, eller mellom 0 og 255 hvis 8-biters unsigned verdier pr. piksel.
- H og S tilsammen beskriver fargen og kalles *kromatisitet*
- I: *intensitet,* ligger mellom 0 og 1 eller 0 og 255.
- HSI-modellen egnet til å beskrive farge
- RGB-modellen egnet til å generere farger
- Konvertering fra HSI til RGB: formler finnes

RGB og HSI

- La R,G,B-komponentene være normaliserte slik at de ligger mellom 0 og 1:

$$H = \begin{cases} \theta & B \le G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases} \qquad \theta = \cos^{-1}\left\{ \frac{\frac{1}{2}\left[(R-G)+(R-B)\right]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \right\} \qquad S = 1 - \frac{3\min(R,G,B)}{R+G+B} \qquad I = \frac{R+G+B}{3}$$

Merk at H er udefinert når R=G=B, S er udefinert når I=0.

- Overgangen fra HSI til RGB kan enklest deles i tre tilfeller:
- Rød-grønn sektor:

$$0 < H \le 120$$
$$R = I\left[1 + \frac{S\cos H}{\cos(60 - H)}\right]$$
$$G = 3I - (R+B)$$
$$B = I(1-S)$$

Grønn-blå sektor:

$$120 < H \le 240$$
$$H = H - 120$$
$$R = I[1-S]$$
$$G = I\left[1 + \frac{S\cos H}{\cos(60-H)}\right]$$
$$B = 3I - (R+G)$$

Blå-rød sektor:

$$240 < H \le 360$$
$$H = H - 240$$
$$R = 3I - (G+B)$$
$$G = I[1-S]$$
$$B = I\left[1 + \frac{S\cos H}{\cos(60-H)}\right]$$

HSI, HSV og HSL

- HSV og HSL er alternative sylinderkoordinat-representasjoner til HSI.
- H er i praksis den samme i alle tre representasjonene.
- Intensity, Value og Lightness er forskjellige:

$$I = \frac{R+G+B}{3},\ V = M,\ L = \frac{M+m}{2};\ M = \max(R,G,B),\ m = \min(R,G,B)$$

- Metningen (S) har ulike definisjoner i HSI, HSV og HSL, men vi har alltid S=0 når M-m=0.

- Ellers har vi de tre definisjonene for S:

$$S = 1 - \frac{m}{I},\ S = \frac{M-m}{1-|2L-1|}\ \ og\ \ S = \frac{M-m}{V}$$

- Merk også at HSI *kan* skrives som IHS, etc!

Eksempler på RGB, CMYK, HSI

	RGB	CMYK	HSI
Rød	(255,0,0)	(0,255,255)	(0, 255, 85)
Gul	(255,255,0)	(0,0,255)	(42,255,170)
Grønn	(0,255,0)	(255,0,255)	(85,255,85)
Blå	(0,0,255)	(255,255,0)	(170,255,85)
Hvit	(255,255,255)	(0,0,0)	(0,0,255)
Grå	(192,192,192)	(63,63,63)	(0,0,192)
	(127,127,127)	(128,128,128)	(0,0,127)
Svart	(0,0,0)	(255,255,255)	(0,0,0)

Merk: hvis S=0, spiller det ingen rolle hva H er

Men bildet mitt ser ikke likt ut på to skjermer?

- RGB-farger på en skjerm avhenger av skjermens egenskaper, dvs. det samme bilde vist på to skjermer kan se ulikt ut.
- Samme bilde skrevet ut på to fargeprintere kan se HELT forskjellig ut, fargen avhenger av bl.a. skriveren, fargepatronene, papiret, etc.

- En skjerm kan vise flere farger en en CMYK-printer kan skrive ut (CMYK-skriver kan skrive noen farger en RGB-skjerm ikke kan vise).
- Vi sier at RGB og CMYK er utstyrs-avhengige fargerom.

- Det finnes internasjonale standarder for fargerom som er utstyrs-uavhengige. Et slikt system er CIEs XYZ-fargerom.

- Antall stabile, "gjenkjennbare farger" på en skjerm er ganske lite !

YIQ

- NTSC er standard for TV og video i USA. Bruker fargesystemet YIQ.
  - Y beskriver luminans, I og Q er krominanskomponentene.
  - samme signalet brukes både på farge- og gråtoneskjermer.
- Overgangen fra RGB til NTSC's YIQ :
  - Luminans-komponenten $Y = 0.299*R + 0.587*G + 0.114*B$
  - Hue-komponenten $I = 0.596*R - 0.274*G - 0.322*B$
  - Metnings-komponenten $Q = 0.211*R - 0.523*G + 0.312*B$

  - RGB svart (0,0,0) gir NTSC Y=0
  - RGB hvit (1,1,1) gir NTSC Y=1.
  - RGB grå (g,g,g) gir NTSC I=Q=0

RGB og YIQ

- Transformasjonene kan uttrykkes ved matrisemultiplikasjon:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.522 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.623 \\ 1 & -0.272 & -0.648 \\ 1 & -1.105 & 0.705 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

YCbCr-modellen

- Dette er fargemodellen for digital TV og video!
  - Y er luminans (luma)
  - Cb er blå minus luma (B-Y)
  - Cr er rød minus luma (R-Y).

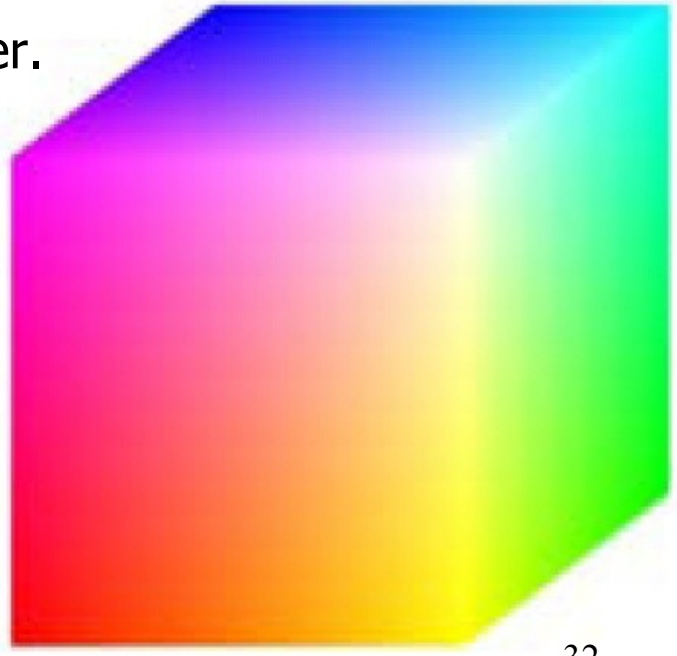
- YCbCr er digital, RGB kan være både analog og digital.
  - MPEG-kompresjon (i DVD'er, digital-TV og video CD'er) er kodet i YCbCr
  - digitale videokameraer (MiniDV, DV, Digital Betacam, osv.) gir et YCbCr signal over en digital link som FireWire eller SDI.
  - Den analoge "tvillingen" til YCbCr er YPbPr.

YUV-modellen

- Brukes i analog TV (NTSC, PAL og SECAM).
  - Y representerer intensitet (”luma”)
  - U og V er fargedifferansene B-Y og R-Y.
  - Et video-kamera konverterer RGB data som er registrert i fokalplanet til enten
    - ”composite analog” (YUV)
    - analog YPbPr
    - digital YCbCr.
  - For framvisning på skjerm må alle disse tre fargerepresentasjonene konverteres tilbake til RGB.

Fargesyn

- Vi kan skille mellom ca. 100 rene farger (hue).
- Når fargene også varierer i intensitet, kan vi skille mellom ca. 6000 farger (hue+intensity).
- For hver av disse, kan vi skille mellom ca. 60 ulike metningsgrader (saturation).
- Vi kan altså skille totalt ca. 360 000 farger.



- Dette kan representeres med 19 biter. ($2^{19} = 524\ 288$).
- Lagrer R, G, B komponentene som byte-bilder.
  - totalt 24 biter per piksel.

Fargebilder og fargetabeller

- RGB kan lagres med like mange biter for r, g, b, f.eks (8 + 8 + 8)
- Selv 3 + 3 + 3 = 9 biter gir oss 8 · 8 · 8 = 512 kombinasjoner,
  men bare 8 forskjellige nivåer av rødt, grønt og blått,
  og dermed også bare 8 forskjellige gråtoner.
- En scene med mange nyanser av én farge vil da se ille ut !
  Hvorfor? Jo fordi denne fargen bare får 8 forskjellige nyanser !
- Det er ikke sikkert at alle de 512 fargene finnes i bildet.
- Alternativt kan man bruke 8 biter og fargetabeller.
- Hver rad i tabellen beskriver en r, g, b-farge med 24 biter.
- Tabellen inneholder de 256 fargene som best beskriver bildet.
- I bilde-filen ligger pikselverdiene som tall mellom 0 og 255.
- Når vi skal vise bildet, slår vi bare opp i samme rad som pikselverdien, og finner de tilsvarende r, g, b-verdiene.

Fargetabell / oppslagstabell (LUT)

- Gråtone/fargeavbildningen utføres som tabell-oppslag
- LUT - Look Up Table
- Innholdet i bildefilen endres ikke, LUT-operasjonen utføres på datastrømmen mellom hukommelsen (databufferet) og skjermen

$$v_{out} = LUT(v_{in})$$

- Hvis vi ønsker endring i bildet:
  - Oppdatér bare G verdier i LUT (ikke $n \cdot m$ verdier i bildet)

- Q: Kan vi lage et negativt fra et positiv på denne måten ?

Fargetabell

Pikselverdi	RGB-verdi
0	0,0,0
1	255,0,0
2	255,255,0
3	0,255,0
.	255,100,0
.	.
.	.
.	.
254	0,100,255
255	255,255,255

Disse verdiene ligger lagret på bildefilen

Disse verdiene vises på skjermen

- Kan vise 24 biters RGB-verdier på 8 biters skjerm
- Eller vise pseudofarger fra et gråtonebilde
- Pikselverdiene fra 0 til 255 tilordnes et RGB-triplet
- Ved framvisning leses pikselverdien
- Pikselverdien viser til et linjenummer i tabellen som inneholder RGB-fargene.

”Median-cut” algoritmen

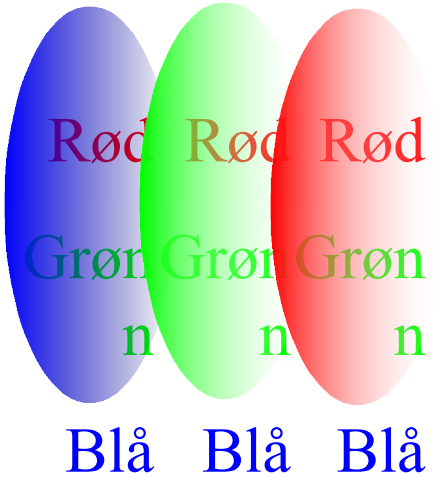
- En tilpasning til de farger som finnes i bildet:

1. Finn den boksen i RGB-rommet som omslutter alle fargene i bildet.
2. Sortér fargene i boksen langs den lengste RGB dimensjonen til boksen.
   - Dette gjøres enklest ved hjelp av et histogram.
3. Del boksen i to ved medianen til den sorterte listen.
   - Dermed blir boksen delt i to nye bokser
   - omtrent like mange piksler tilhørende hver nye boks.
4. Gjenta steg 2 og 3 for alle boksene som nettopp ble dannet.
   - ❑ Stopp når du har 256 bokser.
5. For hver boks, la midtpunktets RGB-verdier representere boksen og lag en 256-linjers LUT som inneholder disse midtpunktene.
6. Erstatt hver 3 · 8 biters pikselverdi med en 8 biters indeks som svarer til det boks-midtpunktet som ligger nærmest 3 · 8 biters pikselverdien i RGB-rommet.

Alfa-kanal

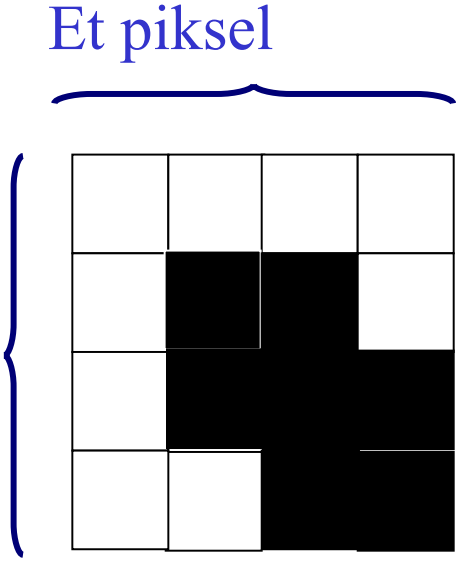
- α i (RGBα) eller (αRGB) spesifiserer om fargene (RGB) i bildet er helt eller delvis transparente.
- Verdier av α fra 0 (helt transparent) til 255 (helt ugjennomsiktig).
- Hensikten med en "alfa-kanal" er at man kan la en bakgrunn synes gjennom et bilde.
- Bakgrunnen kan bestå av forskjellige grafiske elementer, eller av et annet bilde.
- Teknikken kalles "alpha blending", og kan både brukes til
  - å vise tekst og grafikk sammen med et bilde
  - "blending" av to bilder, to bildesekvenser, eller stillestående bakgrunn med en video-sekvens.
  - Finnes i Adobe Photoshop, Paint Shop Pro, GIMP ....
- Hvis vi legger et bilde oppå en bakgrunn, blir resultatet

  (bildefargen · α + (bakgrunnsfargen · (255 - α)) / 255.
  - Resultat lik bakgrunn for α = 0
  - Resultat midt mellom for og bakgrunn for α = 127
  - Resultat lik forgrunn for α = 255.



Utskrift av gråtonebilder

- Problem: printere er binære, skriver svart eller ingenting
- Løsning: printeren jobber på et finere grid (bruker halvtoner)
- Virker fordi: øyet gjør en glatting av intensitetsverdier, slik at et gjennomsnitt vises
- Utfordring: hvordan lage mønstere av binære piksler som utgjør en gråtone
  - "Patterning" bruker n^2+1 verdier fra n x n rutenett
  - Ordnet "Dithering" terskler med en matrise
  - "feil-diffusjon" fordeler feilene ved terskling



"Dithering"

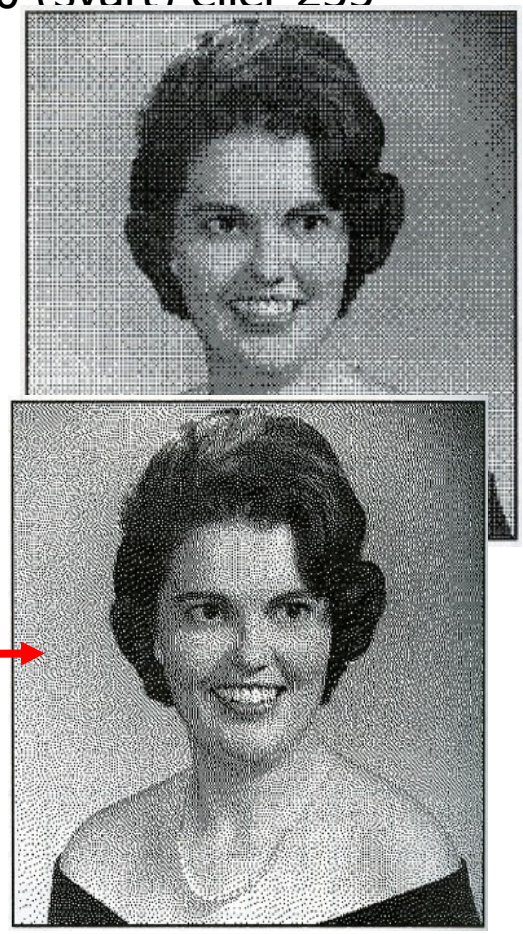
- Terskler gråtonebildet mot en "dither-matrise"
- Dither-matrisen D_n
  - inneholder $2^n \cdot 2^n$ elementer
  - deler gråtoneskalaen fra 0 til 255 inn i $(2^n)^2$ ekvidistante trinn.
- Forstørr opp bildet med en faktor 2^n.
- Matrisen legges som en maske over bildet
- Elementene i matrisen fungerer som terskler.
- Hvis pikselverdien > terskelen => hvit, ellers svart.
- Gir et tilsynelatende gråtonebilde som
  - Består av svarte og hvite punkter
  - Har samme størrelse som original-bildet
  - Har systematiske mønstre for hver gråtone.

$$D_2 = \begin{bmatrix} 0 & 128 & 32 & 160 \\ 192 & 64 & 224 & 96 \\ 48 & 176 & 16 & 144 \\ 240 & 112 & 208 & 80 \end{bmatrix}$$

Feil-diffusjon

- Retter opp systematiske feil som innføres ved dither-terskling.
- En terskel = 128 vil avbilde en gråtoneverdi som 0 (svart) eller 255 (hvit)
  - OK hvis pikselverdi nær 0 eller 255
  - hvis pikselverdi nær terskelverdien blir feilen stor.
- Diffusjon sprer feilen over flere nabopiksler

$$\begin{bmatrix} .. & .. & .. \\ .. & P & 7/16 \\ 3/16 & 5/16 & 1/16 \end{bmatrix}$$



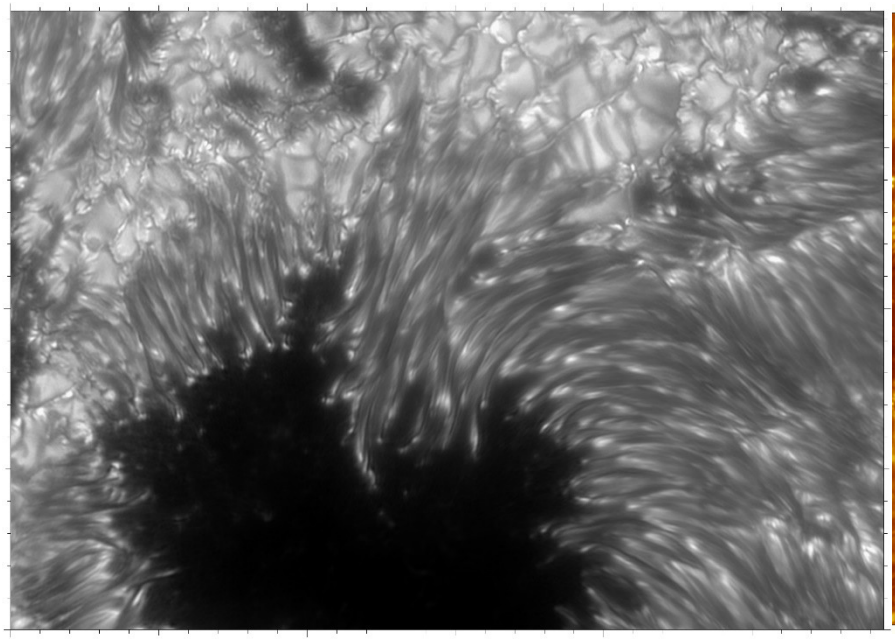
- Dette forbedrer det visuelle resultatet
  - Begrensninger:
    - Kan ikke kan spre feilen utenfor bildets grenser
    - Gråtoner kan ikke ende under 0 eller over 255.

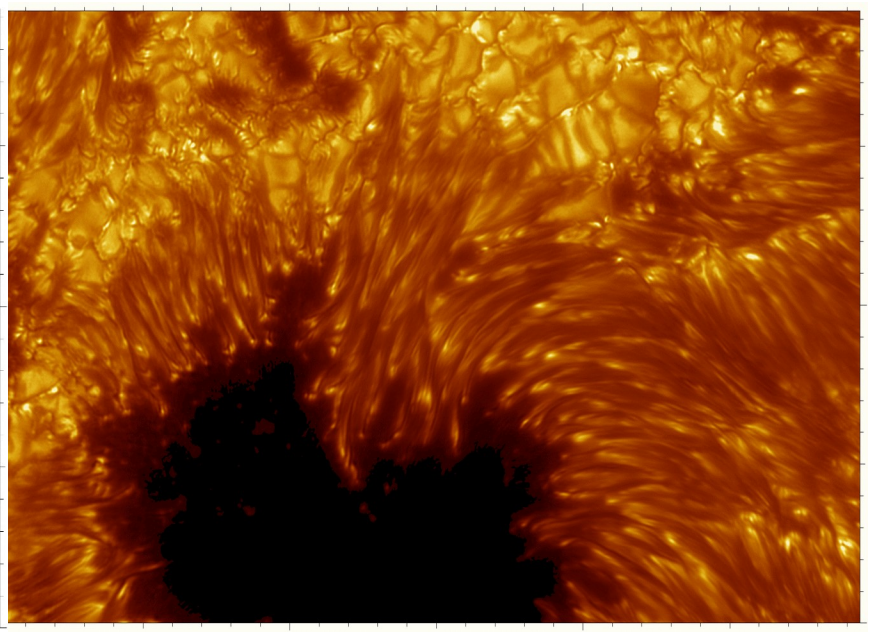
Utskrift av fargebilder

- CMYK-modell brukes
- Halvtonemønstre i bestemte vinkler (ulik for hver farge) må brukes til å lage fargemønstere
- Prinsipp: øyet kombinerer de fire fargene slik at ingen brå fargeoverganger ses
  - Hver farge skrives ut i et spesielt symmetrisk mønster

Pseudo-farger

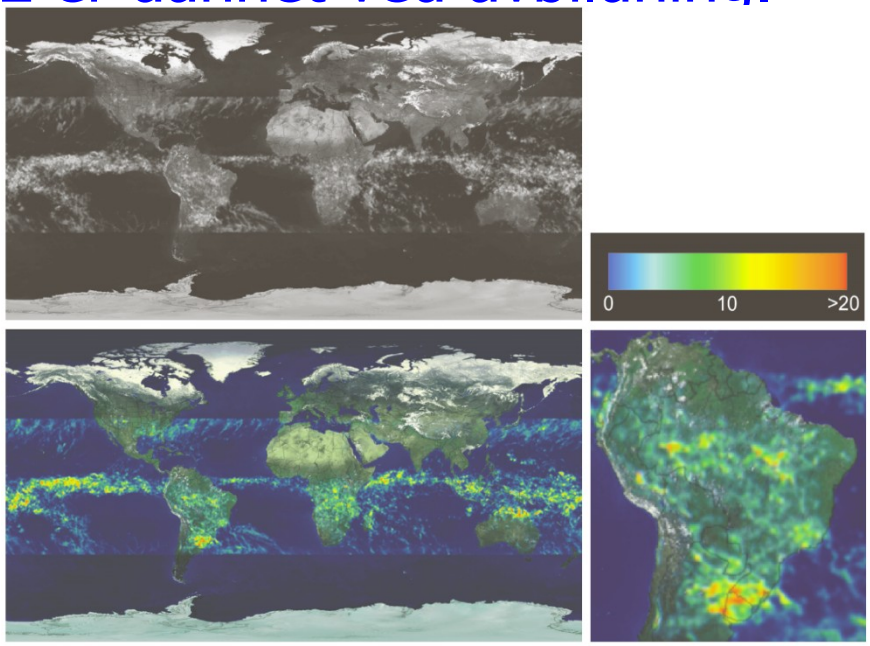
- *Pseudo-fargebilder* kan være gråtonebilder der man har tilordnet hver gråtone en RGB-farge ved hjelp av en oppslagstabell (LUT).
- Brukes i medisinsk avbildning for å framheve små gråtoneforskjeller.
- Brukes også i grafisk framstilling av data.
- Hvis farge-LUT'en gjengis i gråtoner, bør intensiteten bli riktig !





Farge-grafikk - I

- Vi kan produsere raster-data basert på observasjoner, simuleringer, beregninger, etc.
- Et eksempel kan være nedbør-data i en kartprojeksjon.
- Bruk av en LUT gir da en grafisk framstilling
  som IKKE er dannet ved avbildning.



Farge-grafikk - II

- Vi kan produsere vektor- eller rasterbilder vha fraktaler.
- Dette er heller ikke et resultat av avbildning.

Falske farger

- NOAA AVHRR

kanal 1:

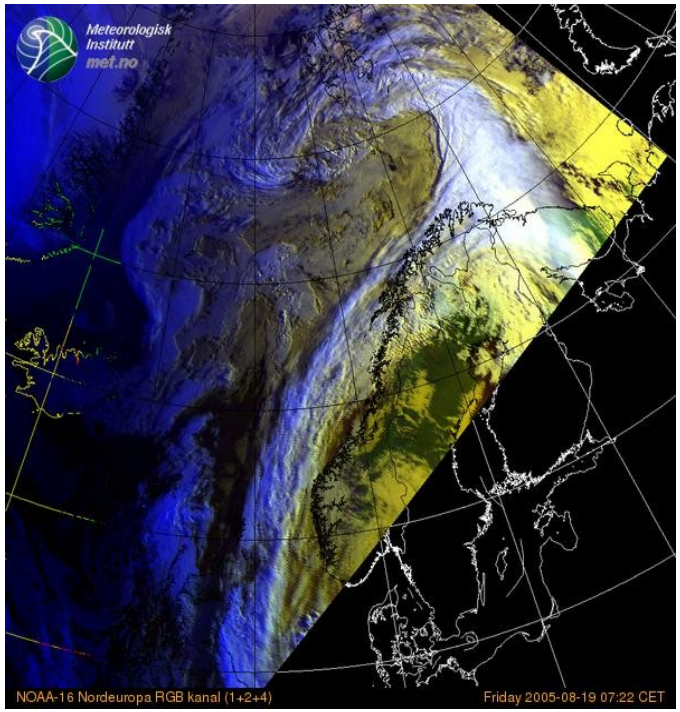
580-680 nm

kanal 2:

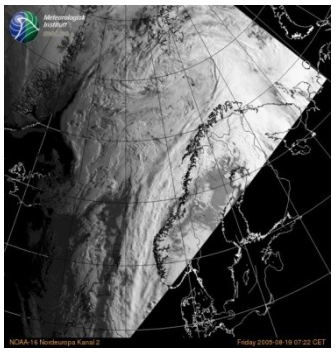
725-1000 nm

kanal 4:

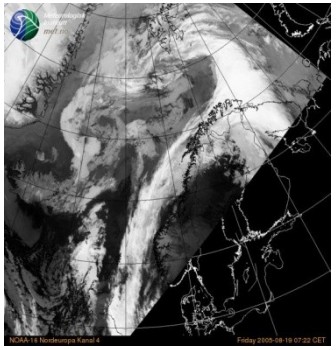
1030 – 1130 nm



Kanal 1+2+4 som RGB



Kanal 2



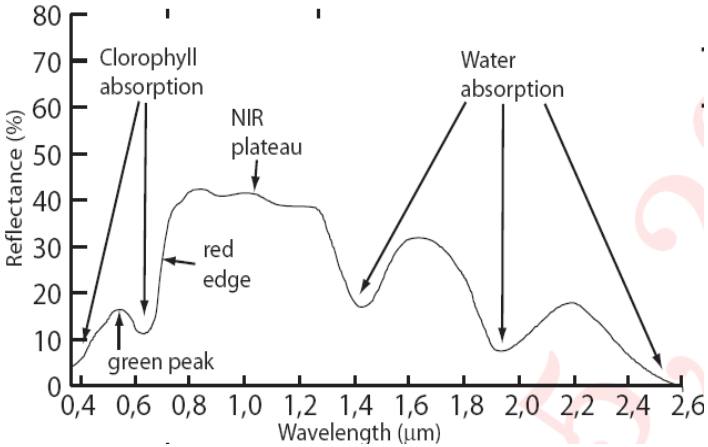
Kanal 4

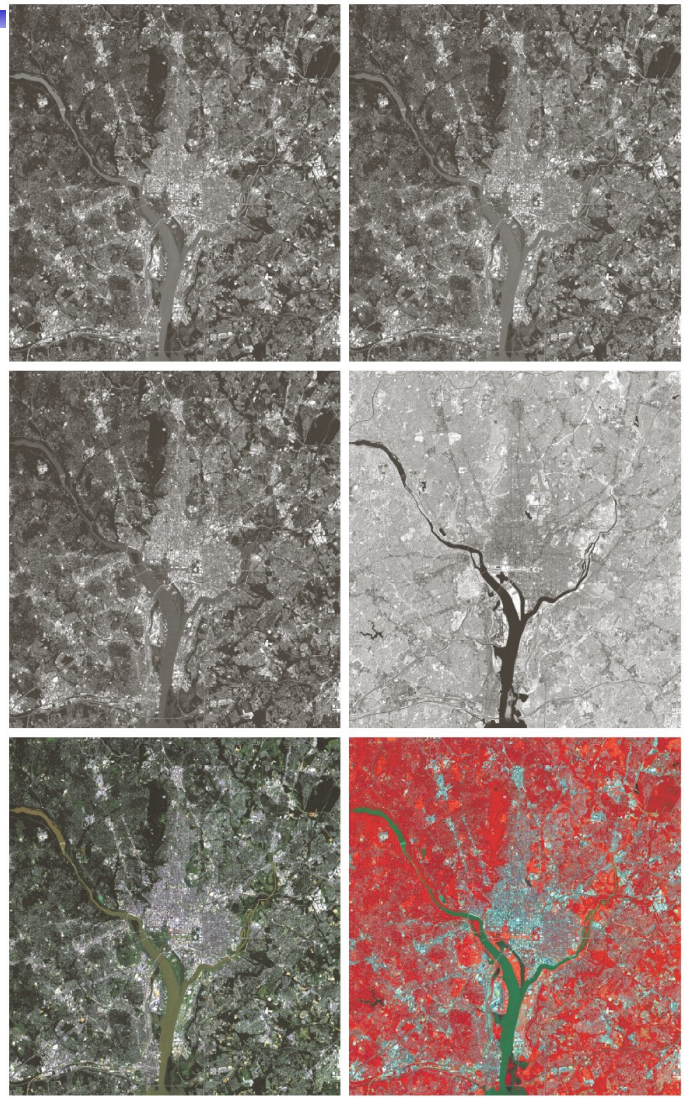
- vist som RGB-bilde (Meteorologisk Institutt)
  - kanalene er ikke RGB (700, 546.1, 435.8). Altså *falske farger*.

Falske farger - II

- Gitt fire multispektrale kanaler.
- Kombinasjon av
  (0.45-0.52),(0.52-0.60),(0.63-0.69)
  gir et naturtro RGB-bilde.
- RGB=(0.45-0.52),(0.52-0.60),(0.76-0.90):

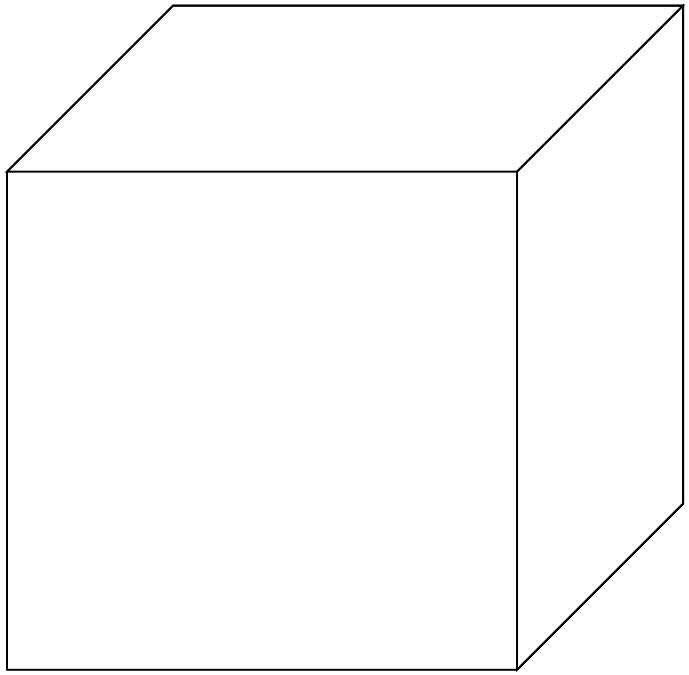
  Biomasse synes som rødt
- Dette skyldes ”red edge” i reflektansen for klorofyll





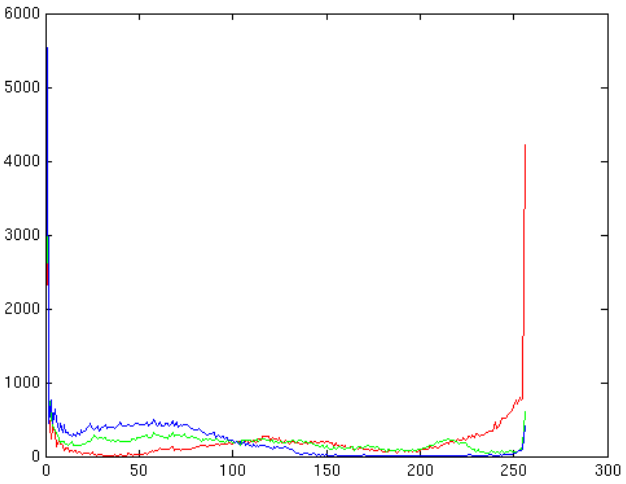
Histogrammer av fargebilder - I

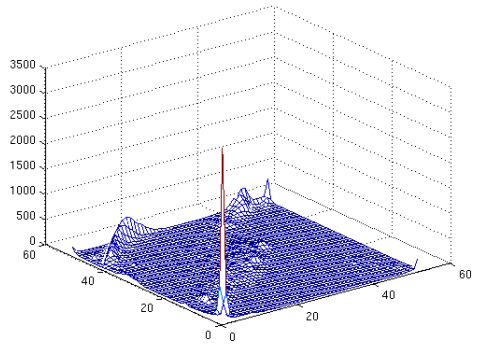
- Et bilde med tre bånd har egentlig en 3-dimensjonal kube som histogram
- Med 3 ganger 8 bit RGB får denne 256*256*256=16 777 216 ”bins”

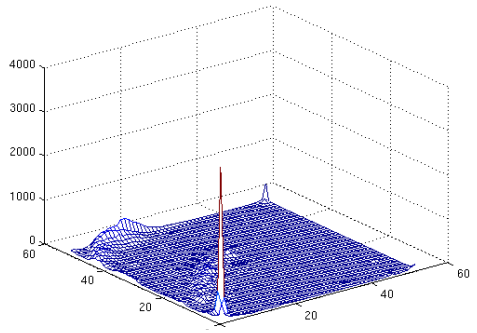


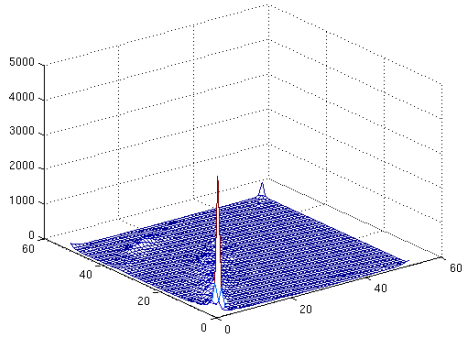
- Et bilde på 1024*1024 piksler fyller maksimalt 1/16 av disse bins, dvs. 3D-kuben er for det meste tom.
- Man jobber vanligvis ikke på 3D-histogrammet, men på projeksjoner ned til 1D eller 2D
  - Projeksjon ned på R-, G- eller B-aksen
    - Et 1D-histogram for hver av fargene
  - Projeksjon på RG-, RB-, eller GB-planet
    - Et 2D-histogram for hvert farge-par.

Histogrammer fra fargebilder - II





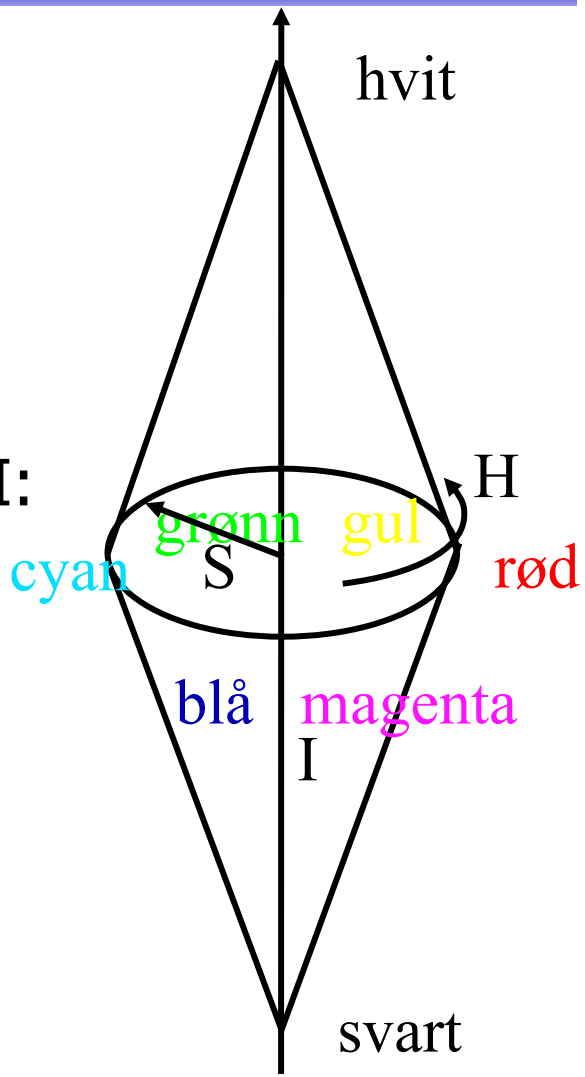




Histogramutjevning av RGB-bilder

- Histogramutjevning på hver komponent (R,G,B) uavhengig av hverandre
  - Ofte dårlig resultat

- Et bedre alternativ er å benytte HSI:
- Transformér bildet fra RGB til HSI
- Gjør histogramutjevning på I-komponenten
- Transformer HSI_{ny} tilbake til RGB



Eks: Histogramutjevning RGB vs HSI

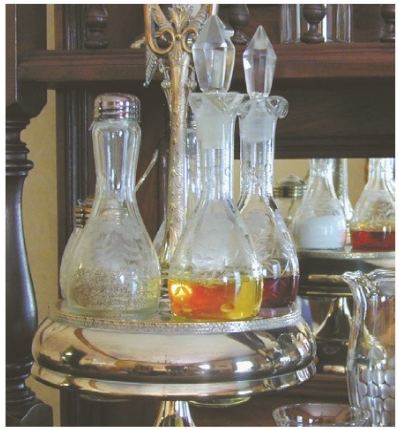
Originalbilde

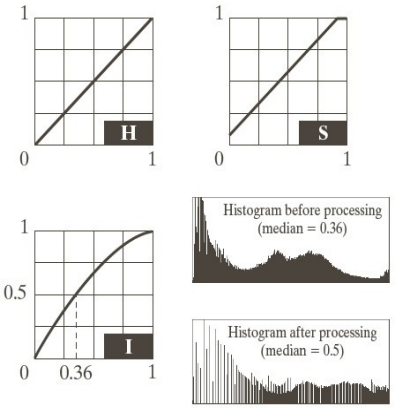
Histogramutjevning på RGB

Histogramutjevning i intensitet i HSI

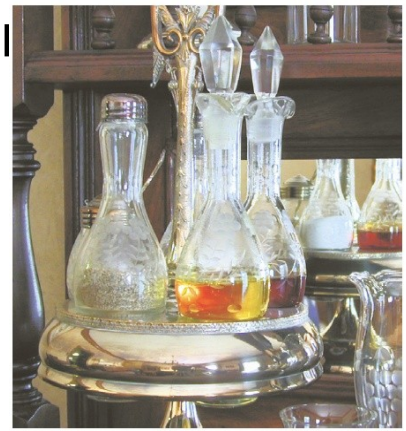
Histogramutjevning i HSI

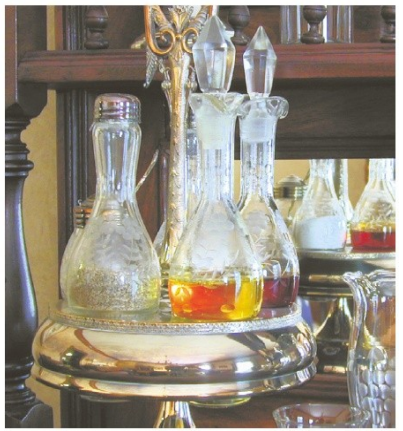
- Transformer fra RGB til HSI.
- Bruk kumulativt I-histogram til histogramutjevning.
- Transformer tilbake til RGB.





- H og S er uforandret, men siden I er endret, kan farge-persepsjonen påvirkes.

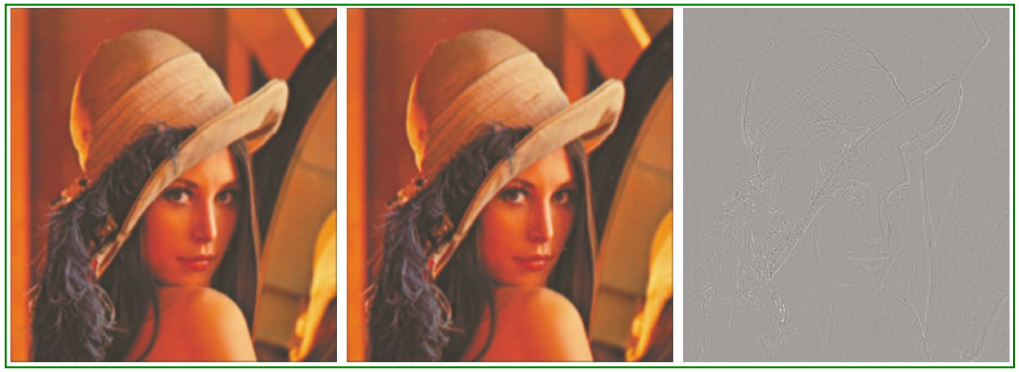




- Juster eventuelt metningen S før transformen fra HSI til RGB.

Lavpass-filtrering av fargebilder

- Et fargebilde kan representeres som R,G,B-komponenter (venstre) eller som HSI (nedenfor)



- RGB-filtrering gir blurring, endring av farge-kantene.
- Filtrering av I gir et mykere bilde uten endring i fargene.

Laplace-filtrering av fargebilder

- Vi kan gjøre et gråtonebilde skarpere ved å addere skalert Laplace-bilde.

$$g(x,y) = f(x,y) + c\left[\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\right]$$

- Vi kan addere Laplace til hver RGB-komponent.
  - Fargen i hvert piksel påvirkes av fargen til alle pikslene innenfor filteret
- Eller vi kan transformere til HSI, addere Laplace til I, konvertere tilbake.
  - Fargen er bevart, men intensiteten endres nær kanter og linjer i bildet.

Terskling av fargebilder - I

- Anta at vi har observert samme scene på flere bølgelengder.
- Vi kan da utføre terskling basert på
  - to-dimensjonale
  - tre-dimensjonale
  - eller multi-dimensjonale histogrammer
- Enkel metode:

  1: Bestem terskler uavhengig for hver kanal.

  2: Kombiner alle segmenterte kanaler til ett bilde.
- Dette svarer til at vi har delt opp f.eks. RGB-rommet i bokser.

Terskling av fargebilder - II

- En mer kompleks metode:
- Velg et punkt i det multidimensjonale rommet som referanse, f.eks. (R_0,G_0,B_0)
- Terskle basert på avstand fra dette referansepunktet.

$$d(x,y)=\sqrt{\left[f_R(x,y)-R_0\right]^2+\left[f_G(x,y)-G_0\right]^2+\left[f_B(x,y)-B_0\right]^2}$$

- Slik at

$$g(x,y)=\begin{cases}1 \text{ hvis } & d(x,y)\le d_{\max}\\ 0 \text{ hvis } & d(x,y)>d_{\max}\end{cases}$$

- Dette definerer en kule med radius d_{max} omkring punktet (R_0,G_0,B_0) .
- Kan lett generaliseres til ellipsoide med forskjellige avstands-terskler i R,G,B

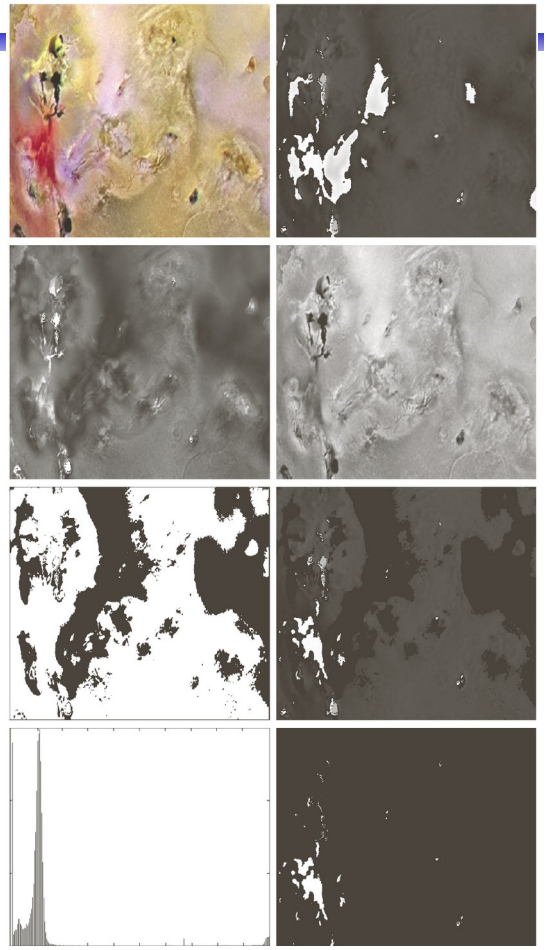
$$d(x,y)=\sqrt{\frac{\left[f_R(x,y)-R_0\right]^2}{d_R^2}+\frac{\left[f_G(x,y)-G_0\right]^2}{d_G^2}+\frac{\left[f_B(x,y)-B_0\right]^2}{d_B^2}}$$

- Merk at da er

$$g(x,y)=\begin{cases}1 \text{ hvis } & d(x,y)\le 1\\ 0 \text{ hvis } & d(x,y)>1\end{cases}$$

Terskling i HSI

- Transformer fra RGB til HSI.
- Anta at vi vil segmentere ut de delene av bildet som
  - Har en gitt farge (H)
  - Er over en gitt metnings-terskel (S)
- Lag en maske ved å terskle S-bildet (velg percentil – her:10%)
- Multipliser H-bildet med masken.
- Velg et intervall i H som svarer til ønsket farge.
- Husk at H er sirkulær!



a b
c d
e f
g h

FIGURE 6.42 Image segmentation in HSI space. (a) Original. (b) Hue. (c) Saturation. (d) Intensity. (e) Binary saturation mask (black = 0). (f) Product of (b) and (e). (g) Histogram of (f). (h) Segmentation of red components in (a).

Kant-deteksjon i fargebilder

- Gråtone gradient-estimatorene er ikke definert for vektorer.
- Vi kan finne gradient-magnitude per RGB-komponent, summere og skalere.
- Vi kan finne gradient-magnitude og retning vha prikk-produktene av x- og y-komponentene av gradienten i RGB-rommet:

$$F(x,y)=\sqrt{\frac{1}{2}\left[\left(g_{xx}+g_{yy}\right)+\left(g_{xx}-g_{yy}\right)\cos 2\theta(x,y)+2g_{xy}\sin 2\theta(x,y)\right]}$$

$$\theta(x,y)=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left[\frac{2g_{xy}}{g_{xx}-g_{yy}}\right]$$

$$g_{xx}=\left|\frac{\partial R}{\partial x}\right|^2+\left|\frac{\partial G}{\partial x}\right|^2+\left|\frac{\partial B}{\partial x}\right|^2$$

$$g_{yy}=\left|\frac{\partial R}{\partial y}\right|^2+\left|\frac{\partial G}{\partial y}\right|^2+\left|\frac{\partial B}{\partial y}\right|^2$$

$$g_{xy}=\frac{\partial R}{\partial x}\frac{\partial R}{\partial y}+\frac{\partial G}{\partial x}\frac{\partial G}{\partial y}+\frac{\partial B}{\partial x}\frac{\partial B}{\partial y}$$

- Differansen er litt komplisert å analysere!

Støy i fargebilder

- Legger additiv Gaussisk støy til hver RGB-komponent ($\mu=0$, $\sigma^2=800$).
- Støyen er mindre synlig i fargebildet.
- Konverterer det støyfylte bildet til HSI.

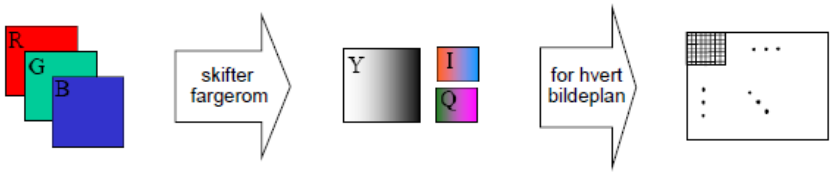
- H og S er veldig støyfylt
  - Hvorfor?
- I er mindre støyfylt kanalene
  - Hvorfor?

e

Kompresjon av fargebilder

Ikke-tapsfri JPEG-kompresjon av fargebilde

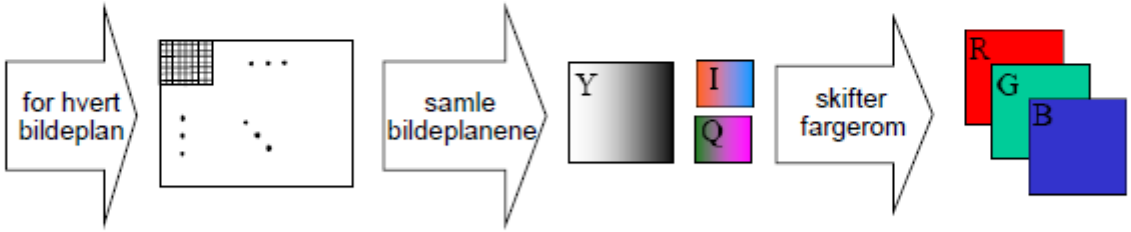
- Skifter fargerom for å separere lysintensitet fra kromasi.
  - Stemmer bedre med hvordan vi oppfatter et fargebilde.
    - Lysintensiteten er viktigere enn kromasi for oss.
  - Kan også gi lavere kompleksitet i hver kanal.
- Nedsampler (normalt) kromasitet-kanalene.
  - Typisk med en faktor 2 i begge retninger.
- Hver bildekanal deles opp i blokker på 8x8 piksler, og hver blokk kodes separat som før.
  - Kan bruke forskjellige vektmatriser for intensitet- og kromasitet-kanalen



- JPEG 2000 oppnår høyere kompresjon og bedre kvalitet.
- Eksempel: Kompresjonsrate = 230.

Ikke-tapsfri JPEG-dekompresjon av fargebilde

- Alle dekomprimerte 8x8-blokker i hver bildekanal samles til en matrise for den bildekanalen.
- Bildekanalene samles til et fargebilde.
- Vi skifter fargerom fra den brukte fargemodellen til:
  - til RGB for fremvisning, eller
  - til CMYK for utskrift.



- Selv om kromasitet-kanalene har redusert oppløsning, har vi full oppløsning i RGB-fargerommet.
  - Kan få 8×8-blokkartefakter i intensitet.
  - Ved en faktor 2 nedsampling i hver retning av kromasitet-kanalene kan vi få 16×16 piksels blokkartefakter i kromasi («fargene»).