



KTH Tillämpad Fysik

Tentamen i

SK1140, Fotografi för medieteknik

2021-06-04, kl. 9-13 i Canvas

Första uppgiften är värd 0,5 poäng, medan resterande 6 uppgifter alla är värda 1,0 poäng. Uppgifterna är inte ordnade i svårighetsgrad.

För godkänt krävs 55 % av max. poängtalet (d.v.s. 3,6 av totalt 6,5) tillsammans med en godkänd muntlig examination.

Det kan hända att data ges som du inte behöver använda för problemets lösande.

Det kan också hända att någon nödvändig data saknas och att du måste anta rimligt värde.

Hjälpmedel: Samtliga skriftliga hjälpmedel är tillåtna, förutom sådana som innebär kontakt med andra människor eller sökningar på internet. Du får alltså inte diskutera tentan och dess innehåll med någon person under hela tentamenstiden. Formelblad "Fotometri och Fotografi" är bifogad med tentamen. Rekommenderar miniräknare och linjal.

Kursansvarig lärare: Linda Lundström (073-683 70 41)

Observera: Skriv namn på ALLA papper som lämnas in.
Skriv ALDRIG mer än EN lösning per papper.
Kontrollera att alla sidor i pdf-filen är TYDLIGT LÄSBARA innan du laddar upp dom.

**Såvida inte annat sägs, motivera alla svar
och förklara alla införda beteckningar,
gärna genom att rita figurer!**

Uppgift 1 (0,5 p)

Kaninhoppning är en sport som har blivit mer och mer populär i Sverige, men det är inte alltid lätt att fånga hoppet med kamera. Fotot här bredvid visar dock ett exempel på när man har lyckats. Om du skulle ta en bild på en hoppande kanin, vilken av följande tre inställningar på exponeringsautomatiken skulle du välja då? Motivera!

- Aperture priority
- Shutter priority
- Fully automatic



Foto från mollesbilder.wordpress.com

Uppgift 2 (1,0 p)

Fortsättning på kaninhoppsbilden. Bäst kontroll har man ju ändå i manuellt läge och det var säkert det som egentligen användes i uppgiften ovan. Men vilken av följande inställningar av brännvidd, bländartal och exponeringstid är det mest troligt att fotografen använde för just den här bilden? Motivera och förklara hur du ser det i fotot!

- A: $f = 20 \text{ mm}$, $F = 5,6$ och $t = 1/80 \text{ s}$
- B: $f = 20 \text{ mm}$, $F = 22$ och $t = 1/5 \text{ s}$
- C: $f = 80 \text{ mm}$, $F = 5,6$ och $t = 1/80 \text{ s}$
- D: $f = 80 \text{ mm}$, $F = 22$ och $t = 1/5 \text{ s}$

Uppgift 3 (1,0 p)

Extra ljuskällor kan behövas även vid utomhusfotografering, särskilt för porträttfoto. Ett ofta smidigt och miljövänligt alternativ är att använda reflexskärm som "tar bort skarpa kontraster och ger ett mjukt ljus" genom att reflektera solljus även mot motivets skuggsida. Detta används nu vid en porträttfotografering när solen står 60° över horisonten (90° hade betytt att solen stod i zenit) och ger 80 000 lux i direkt belysning på horisontell mark. En stor reflexskärm hålls vertikalt nära personens skuggsida. Reflexskärmen är utformad så att belysningen på ansiktets skuggsida blir 85% av belysningen som solen ger på skärmen.

- a) Rita upp geometrin med solen, personen som ska fotograferas och reflexskärmen! 0,3 p
- b) Hur stor blir belysningen på ansiktets skuggsida från reflexskärmen? 0,7 p

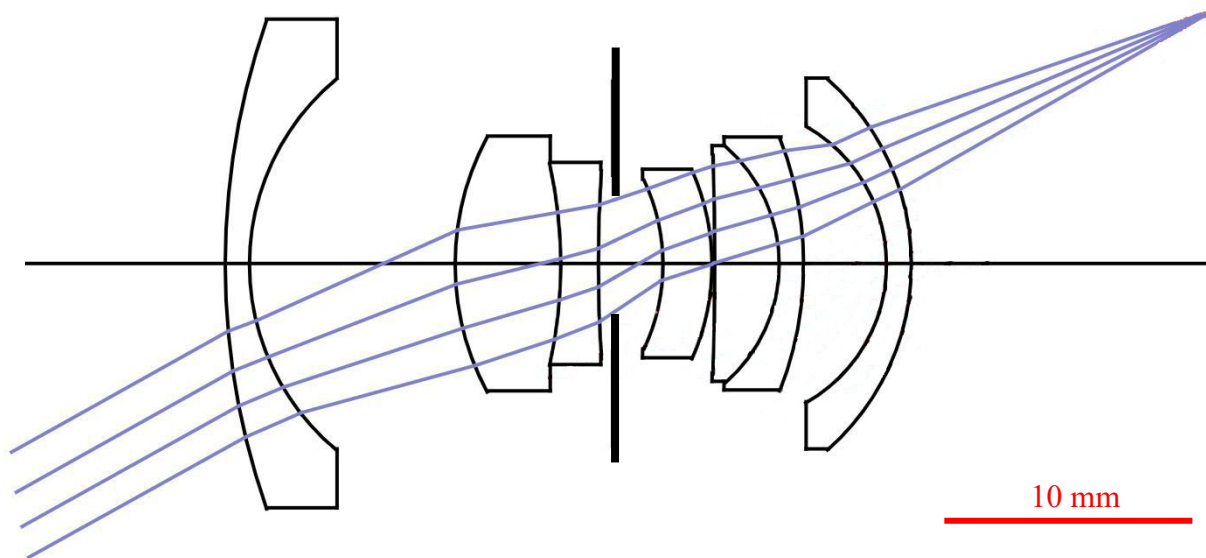


Foto på 5 olika reflexskärmar från scandinavianphoto.se

Uppgift 4 (1,0 p)

Bilden nedan visar hur strålarna från en punkt längst ut i ena hörnet av bildfältet bryts genom alla linser och passerar bländaröppningen i ett kameraobjektiv.

- Var ska sensorn placeras och hur lång är dess diagonal? 0,2 p
- Hur stor är objektivets bildvinkel? 0,2 p
- Vilken typ av kameraobjektiv är det? 0,2 p
- Vad är objektivets brännvidd? 0,4 p



Uppgift 5 (1,0 p)

QR-koder (står för Quick Response) är tvådimensionella rutkoder som kan avläsas optiskt med hjälp av t.ex. en mobiltelefonkamera. Ett exempel på en QR-kod syns här nedan i förstoring (verklig storlek på hela rutan är 2 cm x 2 cm). Antag att vi vill använda en mobilkamera med brännvidden 6 mm och en Sony Exmor RS CMOS sensor på 4 mm x 5 mm och 12 Mpixel för att läsa denna kod (för enkelhets skull antar vi en svart-vit sensor).



<http://www.skapaqrkod.se>

- Vilket är det längsta avstånd som QR-koden skulle kunna avläsas ifrån med en mobilkamera? Du kan bortse från optiska aberrationer och diffraction. 0,8 p
- Förklara hur bilden av QR-koden skulle kunna se ut om avståndet mellan kamera och kod är längre än så! 0,2 p

Uppgift 6 (1,0 p)

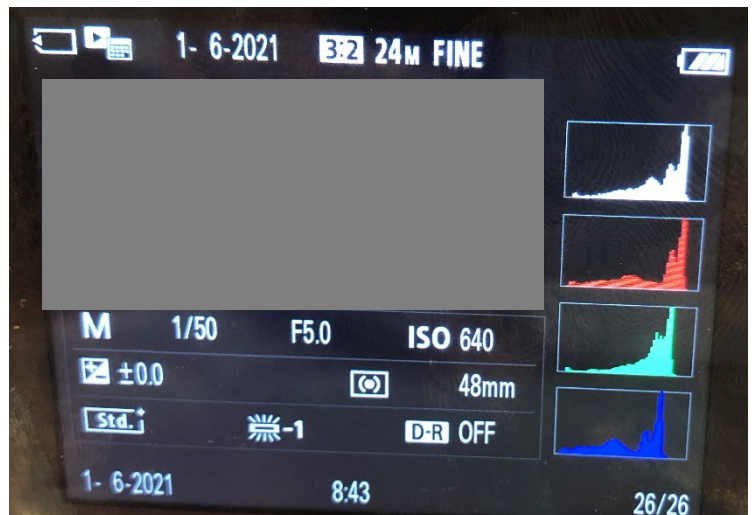
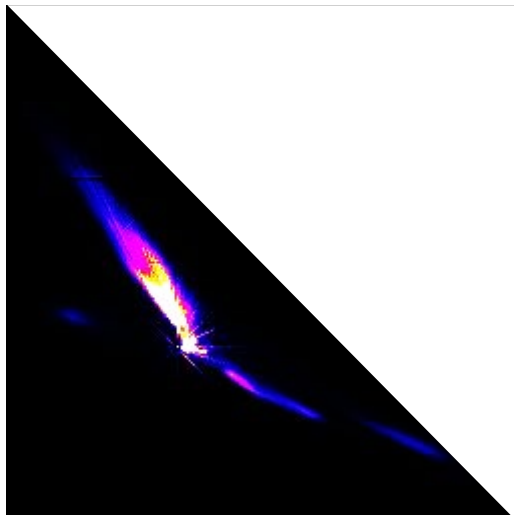
Ett kameraobjektivs MTF-kurva ger mycket information om fotografiets bildkvalitet. Här ska vi titta på en kamera med brännvidden 50 mm och bländartal 32.

- Rita upp en rimlig MTF-kurva för kameraobjektivet i mitten av bildfältet och förklara ditt val av axlar och värden noga! 0,5 p
- Uppskatta kontrasten i bilden på sensorn om kameran används för att fotografera ett linjemönster på avståndet 4 m! Motivet har en kontrast på 80% och en linjeparsbredd på 3 mm. 0,5 p

Uppgift 7 (1,0 p)

Nedan visas färgtriangel och histogram för ett fotografi.

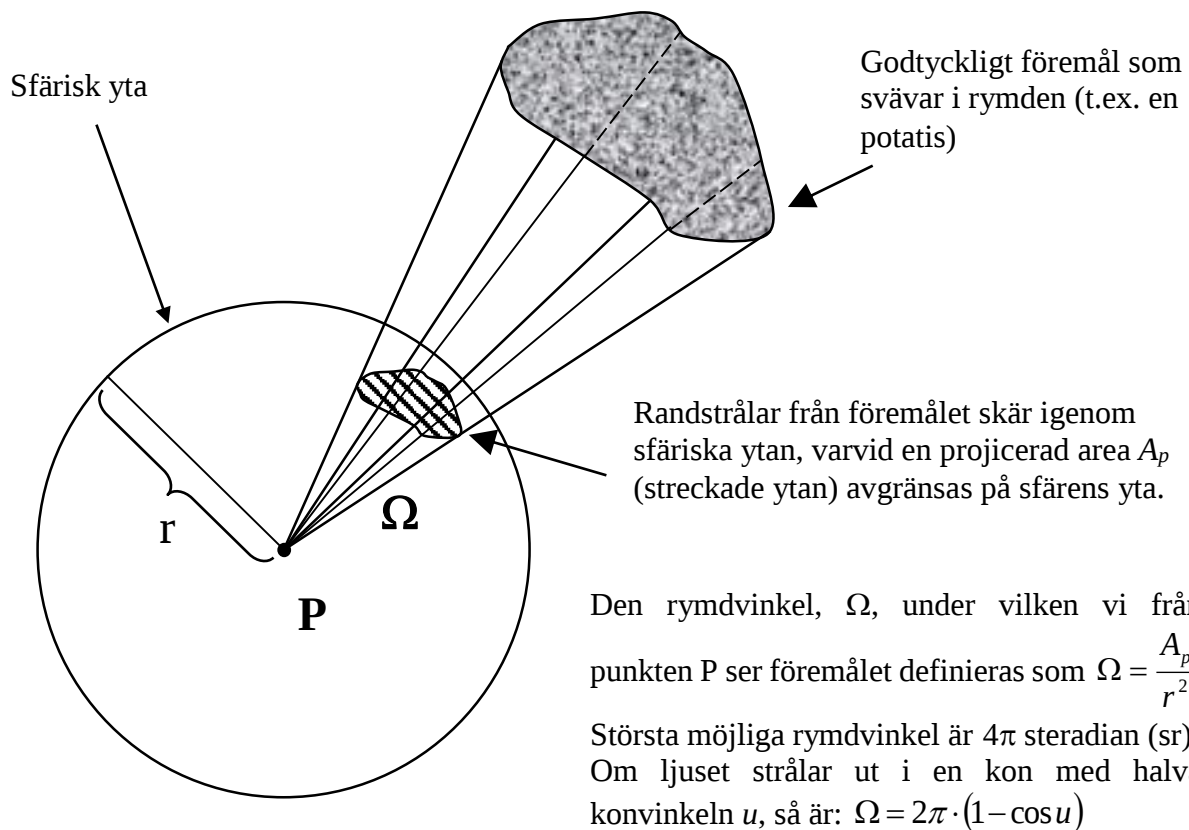
- Vad kan du säga om fotografiets exponering utifrån denna information? 0,4 p
- Vad kan du säga om fotografiets färgsammansättning utifrån denna information? 0,6 p



Lycka till!

Linda Lundström

Formelblad: Fotometri och Fotografi



Fotometri

Strålningseffekten omvandlas med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva till **ljusflöde**, Φ , som har sorten **lumen** (lm).

Utstrålning:

$$\text{Ljusstyrka, } I = \frac{\Phi}{\Omega} \left[\frac{\text{lm}}{\text{sr}} = \text{candela} \right]$$

$$\text{Luminans, } L = \frac{\Phi}{A_{\text{källa}} \cdot \Omega \cdot \cos \vartheta} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right]$$

För svartkroppsstrålare beror L bara på temperaturen. För en perfekt matt reflekterande yta beror L linjärt på reflektionsförmågan och infallande belysning.

Instrålning:

$$\text{Belysning, } E = \frac{\Phi}{A_{\text{in}}} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \text{lux} \right]$$

Radiometri

Utstrålning:

$$\text{Radians, } R = \frac{P}{A_{\text{källa}} \cdot \Omega \cdot \cos \vartheta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right]$$

För svartkroppsstrålare är

$R = 1.80 \times 10^{-8} \times T^4$, där T = temperaturen i Kelvin.

$$\text{Kameran med bländartal: } F = \frac{f}{D}$$

$$\text{Diffraktion: } D \cdot \sin \varphi = 1,22 \cdot \lambda$$

$$\text{Ljusbrytning: } n \cdot \sin i = n' \cdot \sin i'$$

$$\text{Avbildning: } \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}, \quad M = \frac{B}{A} = \frac{b}{a}$$

$$\text{Korrekt perspektiv: } s = M_{\text{kopia}} \cdot f$$

$$\text{Belysning: } E \approx \frac{L\pi}{4F^2}$$

Lösningar: SK1140, Fotografi för medieteknik 2021-06-04

Uppgift 1 (0,5 poäng)

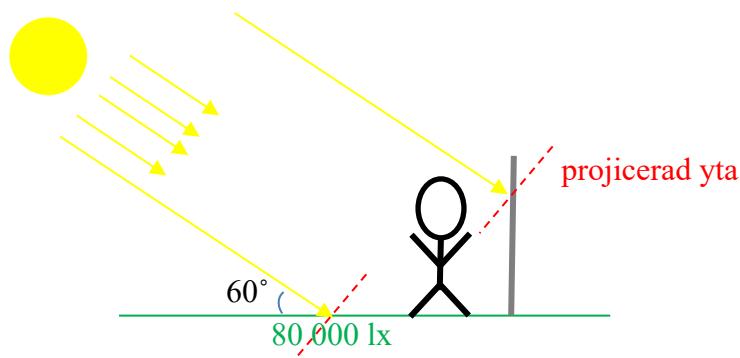
Hoppande kaniner rör sig snabbt! Så här behövs en kort exponeringstid för att inte få rörelseoskärpa. "Fully automatic" skulle knappast välja tillräckligt kort exponeringstid per automatik, men med "Shutter priority" kan vi bestämma exponeringstid och så får kameran ställa in ett lämpligt bländartal för att få bra exponering. Inställningen av bländartal kommer att påverka skärpedjup och bildkvalitet men det är inte lika kritiskt i denna situation.

Uppgift 2 (1,0 poäng)

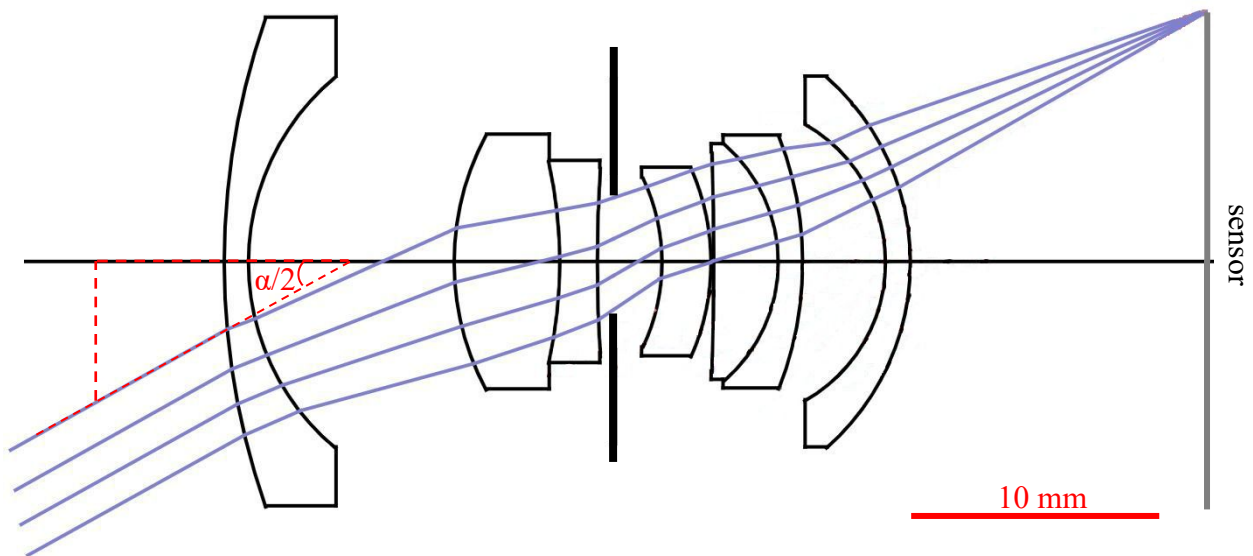
Fotot måste som sagt ha tagits med kort exponeringstid ($t=1/80$ s), annars hade vi sett rörelseoskärpa. Bildkvaliteten i fotot är bra så förmodligen har bländartal $F=5,6$ används (som är en bra avvägning mellan suddighet p.g.a. aberrationer och suddighet p.g.a. diffraktion), bländartal 22 hade gett större suddighet p.g.a. diffraktion. Notera att båda kombinationerna av F och t ger samma exponering av sensorn, så ur exponerings synpunkt är det ingen skillnad. Val av brännvidd kommer påverka hur stor del av motivet som kommer med (omöjligt att avgöra från bilden) och hur perspektivet blir. I detta foto ser perspektivet platt ut när man tittar på det på en datorskärm från normalt arbetsavstånd (hindren ser nästan ut att stå på varandra, det ser knappt ut som kaninen får plats emellan). Alltså har det säkert tagits med den längre brännvidden ($f=80$ mm). Rätt svar är alltså C: $f=80$ mm, $F=5,6$ och $t=1/80$ s

Uppgift 3 (a=0,3 poäng, b=0,7 poäng)

a) Enkel figur:



- b) "Belysningen på ansiktets skuggsida blir 85% av belysningen som solen ger på skärmen", detta gäller eftersom det är en stor skärm som personen står nära, då kommer samma antal lumen/m² som lämnar skärmen också träffa ansiktet. Behöver alltså belysningen som solen ger på skärmen, men skärmen är vinklad annorlunda än marken med belysningen 80 000 lx. Behöver tänka på projicerad yta, dvs den yta som är vinkelrät mot solens strålar: $A_{proj}=A_{mark}*\cos(30^\circ)$, se föreläsning 3. Eftersom $E=\text{flöde}/\text{area}$ så blir $E_{proj}=80\,000 / \cos(30^\circ)$ lx. Men reflexskärmen har inte heller samma orientering som den projicerade ytan: $A_{proj}=A_{skärm}*\cos(60^\circ)$. I så fall blir belysningen på skärmen $E_{skärm}=E_{proj}*\cos(60^\circ)\approx 46\,200$ lx och belysningen på ansiktets skuggsida blir $0.85 * 46\,200 \text{ lx} \approx 39\,270$ lx.

Uppgift 4 (a=0,2 poäng, b=0,2 poäng, c=0,2 poäng, d=0,4 poäng)


- Se figur. Sensorns diagonal $D = 20$ mm.
- Bildvinkeln α fås genom att mäta lutningen på de inkommande strålarna (jämför föreläsning 2). I den streckade röda triangeln ovan är $\tan(\alpha/2) \approx 5,5/10$, vilket ger $\alpha/2 \approx 29^\circ$ och $\alpha \approx 58^\circ$.
- Eftersom bildvinkeln finns även inuti kameran är $\tan(\alpha/2) = (D/2) / f \approx 5,5/10$, vilket ger $f = 0,9 \cdot D$. Alltså är detta på gränsen mellan ett normalobjektiv och ett vidvinkelobjektiv.
- Brännvidden f kan tas fram från ekvationen i c): $f = 0,9 \cdot 20 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$.

Figur modifierad från

https://www.pbr-book.org/3ed-2018/Camera_Models/Realistic_Cameras

Uppgift 5 (a=0,8 poäng, b=0,2 poäng)

- Kan bortse från optiska aberrationer och diffraktion = systemet är samplingsbegränsat. För att undvika vikning (aliasing) måste samplingskriteriet vara uppfyllt: $v_s > 2 \cdot v_{\max}$. Börjar med v_s : Tas fram från pixelavståndet p från $x \cdot p = 5$ mm, $y \cdot p = 4$ mm och $x \cdot y = 12$ Mpixel, där x och y är antalet pixlar i vardera ledd. Detta ger att $p = 1,29 \mu\text{m}$ och $v_s = 1/p \approx 775 \text{ mm}^{-1}$. Detta innebär att $v_{\max} < v_s/2$ och att detaljerna (linjeparen) i bilden på sensorn ska vara större än $h' = 2 \cdot p = 2,58 \mu\text{m}$.
Avbildning genom objektivet med $f = 6$ mm för att hitta gränsen för a : Vill använda $M = h'/h \approx f/a$. Behöver minsta linjeparsbredd h i motivet som fås genom mätning till $h \approx 1,3$ mm. Alltså ska a vara kortare än $6 \text{ mm} \cdot 1,3 \text{ mm} / 2,58 \mu\text{m} = 3,0 \text{ m}$.
- För a större än 3,0 m finns risk för Moiré-effekter, där de enstaka rutorna i QR-koden smälter samman och kan bilda andra större mönster i lägre kontrast.

Uppgift 6 (a=0,5 poäng, b=0,5 poäng)

Ett kameraobjektivs med bländartal 32 är diffraktionsbegränsat.

- a) Se figur 17.8 för diffraktionsbegränsat system i kurskompendiet. Om vi använder våglängden 550 nm blir gränsfrekvensen $1/(550 \text{ nm} * 32) = 56,8 \text{ mm}^{-1}$ angivet i sensorplanet. Se kap 17 för teorin, poängen sätts som 0,1 vardera för:
- Diffraktionsbegränsat
 - Rätt gränsfrekvens
 - Rätt form på kurvan med $\text{MTF}=1$ för 0 mm^{-1}
 - Ortsfrekvens med korrekt enhet och i vilket plan det är angivet
 - Förklaring av MTF värdena
- b) Behöver ta fram vilken ortsfrekvens detta motsvarar på sensorn. $M = h' / h \approx f / a = 50 \text{ mm} / 4 \text{ m}$ ger med $h = 3 \text{ mm}$ att $h' = 0,0375 \text{ mm}$ vilket ger ortsfrekvensen 27 mm^{-1} . Detta är ungefär halvvägs ut till gränsfrekvensen och MTF-värdet är där ca 0,4. Kontrasten i bilden blir då på ett ungefär $0,4 * 0,8 = 32 \%$.

Uppgift 7 (a=0,4 poäng, b=0,6 poäng)

- a) Histogrammen visar exponeringen i de tre färgkanalerna var för sig. Alla ser ut att vara korrekt exponerade så den inställda vitbalansen verkar ha matchat färgtemperaturen på belysningen av motivet.
- b) Färgtriangeln visar att det finns många gröna nyanser i olika nivåer av mättnad, förmodligen finns det ganska stora gröna områden i motivet. Inget helt mättad grön. Det finns något som har en ganska väldefinierad omättad cyan, men inte så många olika nyanser. Mest mättade färgen verkar vara i röd och så finns det områden med omättad röd (dvs rosa). Vi kan även se en samling kring vitpunkten, men från färgtriangeln kan vi inte avgöra om det hänger ihop med ljusa eller mörka områden, men utifrån att histogrammen visar att de flesta pixlar har höga värden kan man gissa att det handlar om vitt.

För den nyfikne – så här såg fotot ut:

