



KTH Tillämpad Fysik

Tentamen i

SK1140, Fotografi för medieteknik

SK2380, Teknisk fotografi

2017-08-15, 8-13, FB52

Uppgifterna är lika mycket värda poängmässigt och är inte ordnade i svårighetsgrad.
För godkänt krävs 50 % av max. poängtalet.

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: Formelblad "Radiometriska och fotometriska storheter." (bifogad med tentamen)
Miniräknare, Linjal

Observera: Skriv namn på ALLA papper som lämnas in.
Skriv bara på en sida av papperet. (Tentorna kommer att scannas)
Skriv ALDRIG mer än EN lösning per papper.

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

Uppgift 1

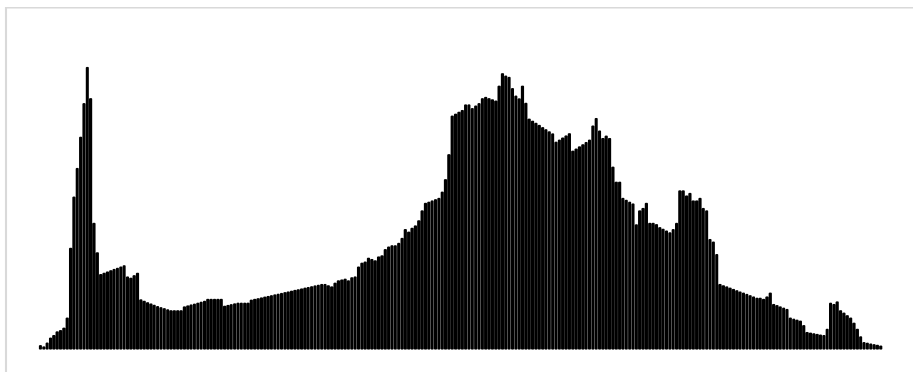
Färginformationen i ett digitalt foto brukar ges i form av tre värden per pixel. Här följer några frågor om färgen cyan i digitala bilder:

- Förklara hur en digital sensor kan registrera (fotografera) färgen cyan trots att det ljuskänsliga materialet i pixlarna inte gör någon skillnad på våglängder inom det synliga spektrumet.
- Vilka färgkoordinater (r , g , och b) har en pixel som visar mättad cyan?
- Rita en färgtriangel och sätt ut var mättad och omättad cyan finns i denna triangel.
- Vad beskriver en skärms gamut? Kan skärmens gamut påverka hur mättad cyan visas?

Uppgift 2

Grafen härneden visar histogrammet för en bild tagen med en fullformatssensor (24 mm x 36 mm) tillsammans med ett normal objektiv (50 mm, F/1.2 – F/22). Vid fotograferingstillfället var bländartalet 11 och exponeringstiden 1/120 sekunder.

- Vad visar histogrammet? Ange vad som ges på respektive axel!
- Hur är bilden exponerad (korrekt, över eller under)? Hur ser du detta?
- Med vilken faktor ändras exponeringen om exponeringstiden ändras till 1/60 sekunder (alla andra inställningar är oförändrade)? Rita hur histogrammet blir då! Beskriv hur bilden förändras!



Uppgift 3

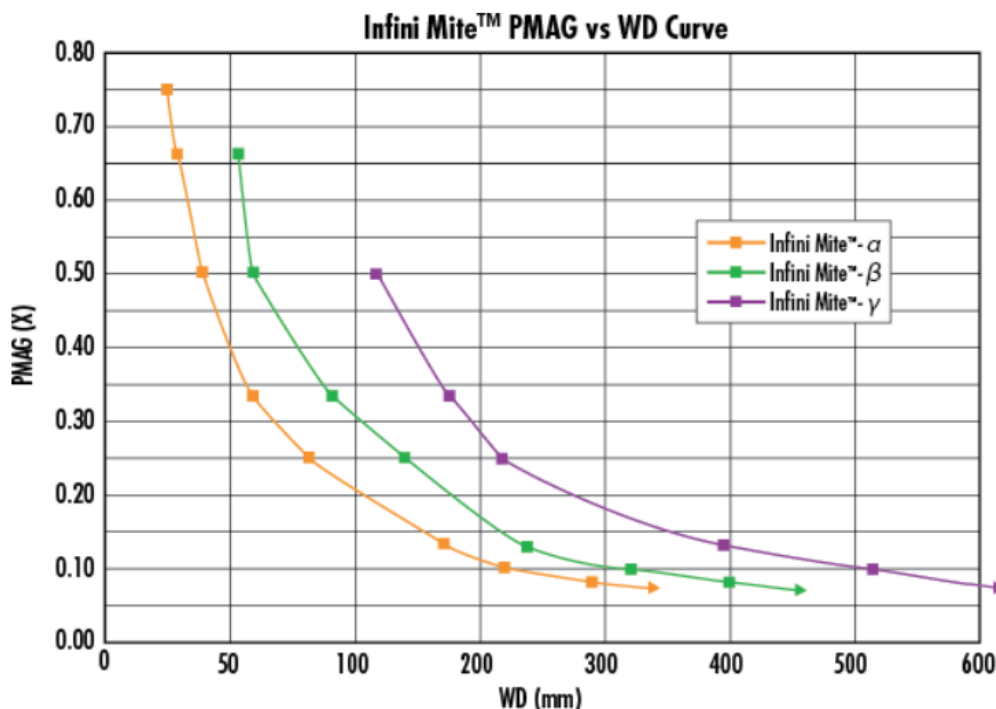
Solen ger stora mängder ljus, belysningen på jordytan en solig dag kan vara 100 000 lx, när solen står i zenit. Även nattetid får vi del av solens ljus genom att solljuset reflekteras från månens yta. Fullmånen i zenit ger en belysning av cirka 0.1 lux på jorden. Använd dessa belysningsnivåer för att beräkna ett ungefärligt värde på månens reflektans (d.v.s. hur stor andel av det infallande ljusflödet som reflekteras)!

Ledning: Jorden har en radie av ca 6 400 km och är ca $1,5 \times 10^8$ km bort från solen. Månen har en radie av ca 1 700 km och är ca $3,8 \times 10^5$ km bort från jorden. För att underlätta beräkningarna kan du anta att belysningen från solen är densamma på månen som på jorden och att månen sprider solljuset jämt i en halvsfär (egentligen har månen mer riktad spridning än en Lambertreflektor, men storleksordningen på månens reflektans blir ändå rätt).

Uppgift 4

Inom fotografi används flera olika typer av kameraobjektiv. Denna fråga handlar om så kallade makroobjektiv.

- När har man nytta av att använda ett makroobjektiv?
- Beskriv två skillnader i hur ett makroobjektiv är uppbyggt (designat) jämfört med ett normalobjektiv.
- Nedanstående figur är tagen ur de tekniska specifikationerna för tre olika makroobjektiv (α , β , γ) som används för industriella tillämpningar tillsammans med en 1/3" sensor (diagonalmått ca 6 mm). Graferna visar förhållandet mellan förstöringsgrad (PMAG) och arbetsavstånd ($WD \approx$ motivavstånd) för respektive objektiv. Vilket motivavstånd krävs och hur stor blir bildvinkeln om en motivdiagonal på 8 mm ska avbildas till sensorn med α -objektivet?



Uppgift 5

Du har fått i uppdrag att ta bilden till ett skivomslag (12 x 12 cm). Motivet ska vara en fallande blomma släppt från artistens hand och fotograferad med lagom mycket rörelseoskärpa. Bilden ska tas utomhus i dagsljus och bildkvaliten ska vara så hög som möjligt (den fallande blomman undantagen). Du åker till utsatt plats i god tid för att testa olika inställningar med din APS-kamera: sensorstorlek 15,8 mm x 23,6 mm, 16 megapixlar och objektivet är märkt 2/32 (ljusstyrka/brännvidd). Med stativ och självutlösare får du en snygg effekt vid exponeringstiden 1/5 sekunder, ISO 100 och bländartal 5,6. Men artisten dröjer och när hen äntligen dyker upp kan du till din förfäran konstatera att luxmätaren visar på en motivbelysning av endast 1 000 lx mot tidigare 16 000 lx. Artisten tillåter ingen "artificiell" belysning och har dessutom bråttom iväg till en spelning. Vad ska du göra för att få en så lyckad bild som möjligt? På vilket/vilka sätt kommer bilden att bli annorlunda än din testbild?



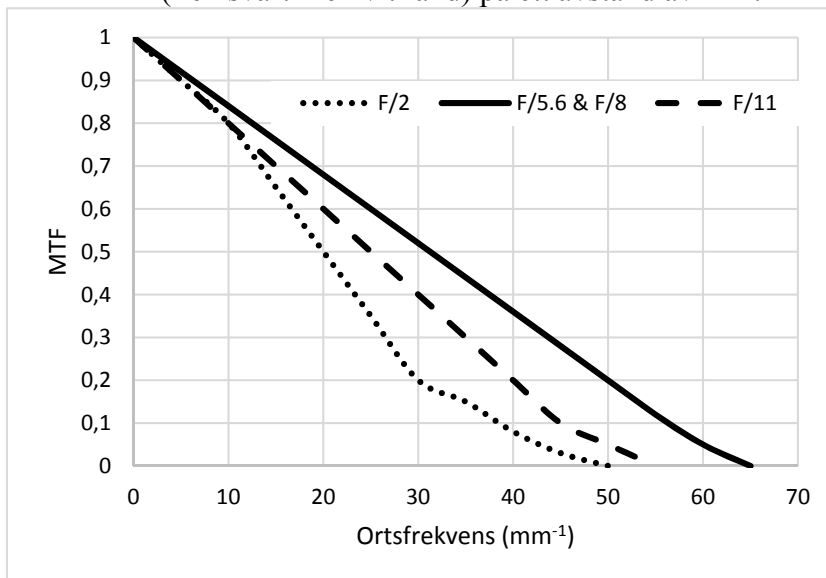
Uppgift 6

Efter ditt fotograferingsuppdrag i uppgift 5 sitter du nu framför datorn för att beskära och skriva ut bilden av den fallande blomman. Artistens krav är att bilden ska upplevas som perspektivistiskt korrekt om skivomslaget betraktas på ett avstånd av 30 cm. Du glömde tyvärr bort att mäta motivavståndet vid fotograferingen, men du har kvar blomman. Blomman är 25 cm lång i verkligheten och i den digitala bilden utgör dess längd ungefär 1550 pixlar. Hur stor ska blomman på utskriften i så fall vara?

Uppgift 7

Figuren nedan visar MTF-kurvor för ett kameraobjektiv ($f=50$ mm) vid 4 olika bländartal. Alla kurvorna är uppmätta i bildcentrum och ortsfrekvensen är angiven i sensorplanet.

- Varför ändras MTF-kurvan med bländartalet? Rita och förklara de optiska faktorerna som påverkar både vid höga och låga bländartal!
- Hur hög blir modulationen (kontrasten) i bilden med detta objektiv inställt på bländartal 11 om man fotograferar svart-vita ränder med 80% kontrast och linjeparsbredden 2,5 mm (=en svart + en vit rand) på ett avstånd av 4 m?



Uppgift 8

Kameraobjektivet i uppgift 7 ovan kan användas både tillsammans med en fullformatssensor (24 mm x 36 mm) och en APS sensor (15,8 mm x 23,6 mm).

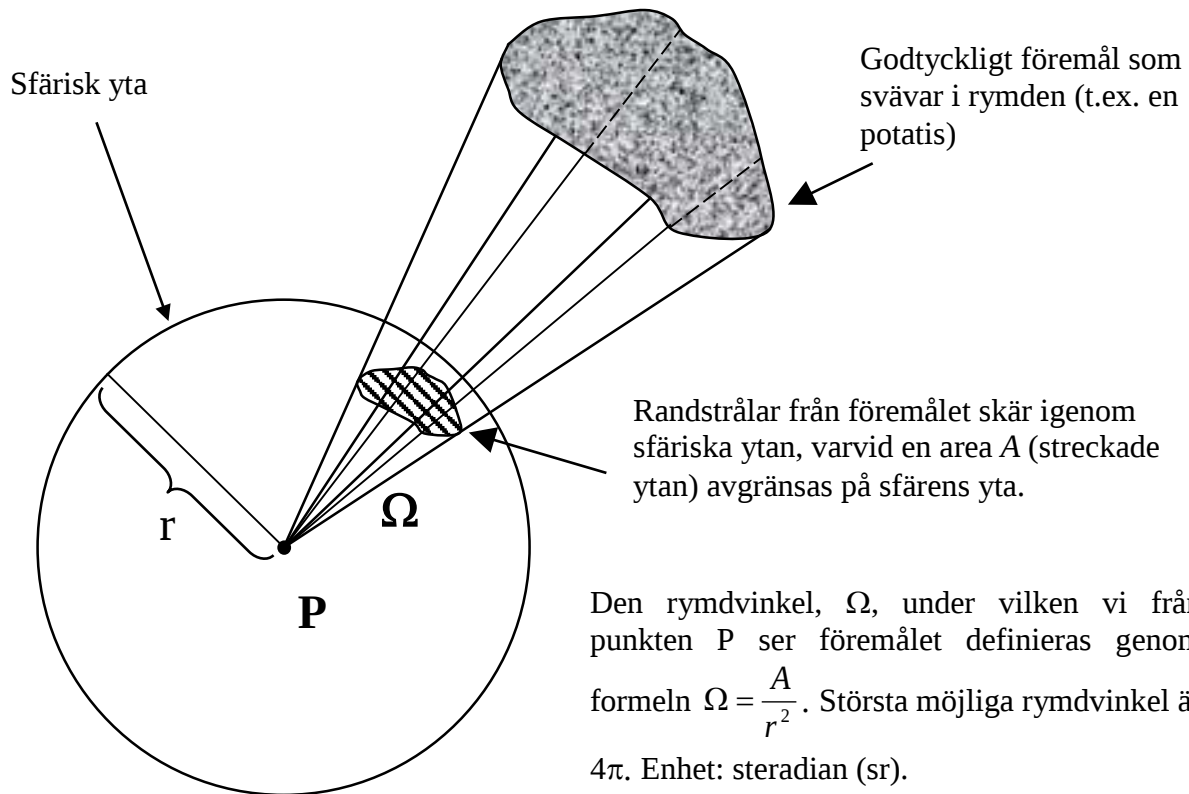
- Vilket av sensorformaten måste ha flest pixlar för att undvika Moiré-effekter vid alla bländartal? Motivera ditt svar.
- Vilket sensorformat är att föredra och varför? Redogör för om man kan förvänta sig samma bildkvalitet när kameraobjektivet används med fullformatssensorn som med APS sensorn. Utgå ifrån att samma bländartal och exponeringstid används, att lika mycket av motivet syns på båda bilderna och att pixelantalet är stort nog.

Lycka till!

Linda Lundström

Formelblad: Radiometriska och fotometriska storheter

Begreppet rymdvinkel



Radiometri

Utstrålning:

$$\text{Radians, } R = \frac{d^2 P}{dA d\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För svartkroppsstrålare är

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

Instrålning:

$$\text{Irradians, } I = \frac{dP}{dA} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Fotometri

Handlar om hur starkt ögat uppfattar strålningen. Därför omvandlas strålningseffekten med hjälp av ögats spektrala känslighetskurva. Istället för strålningseffekt, får vi då **ljusflöde, Φ** , som har sorten **lumen (lm)**.

Utstrålning:

$$\text{Luminans, } L = \frac{d^2 \Phi}{dA d\Omega \cos \vartheta} \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \text{sr}} \right].$$

För en svartkroppsstrålare beror L bara på temperaturen. För en perfekt matt reflekterande yta beror L på reflektionsförmågan och hur kraftigt den belyses.

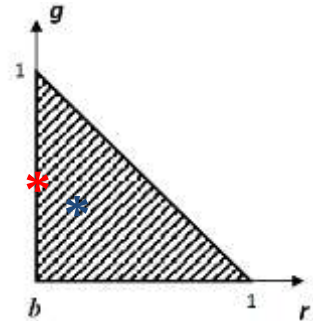
Instrålning:

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

Lösningar till tentan i SK1140, 170815:

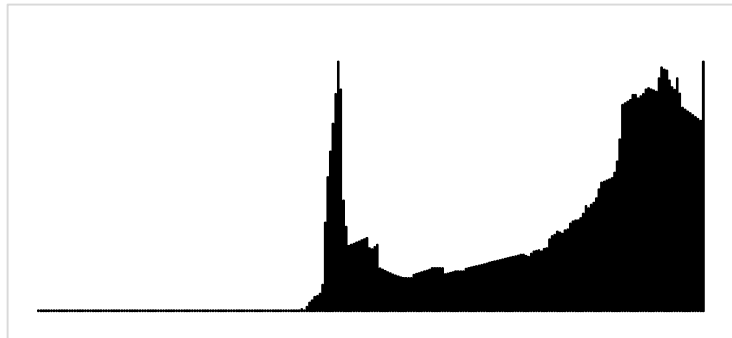
Uppgift 1

- a) Vid tillverkningen av sensorn görs de olika pixlarna färgkänsliga genom att färgfilter (röd, grön eller blå) placeras framför vardera pixel. Oftast används en Bayer mosaik (se kapitel 14.4 i fotokompndiet). Varje pixel kan alltså bara registrera en färg (röd, grön eller blå) och färginterpolation görs för att uppskatta pixelns andra färgkomponenter (cyan är hälften g och hälften b).
- b) Mättad cyan har $r=0$ och $g=b=0,5$ (OBS! $r+g+b=1$).
- c) I färgtriangeln här bredvid är mättad cyan markerad med en röd stjärna och omättad cyan med blå stjärna, t.ex. $r=0,2$ och $g=b=0,4$ ($g=b$, men r är nu inte längre 0).
- d) Gamut visar vilka delar av CIE-färgrymden som skärmen kan visa och anger därmed hur skärmen översätter pixlarnas rgb komponenter till faktiskt upplevda färger. Samma rgb-värdena (för t.ex. cyan) i en digital bild kan alltså återges med något olika färgtoner beroende på skärmens gamut.



Uppgift 2

- a) Histogrammet visar hur exponeringen av pixlarna är fördelade i bilden. Y-axeln: antal pixlar eller andel av totalt antal pixlar som funktion av pixelns värde, som anges på X-axeln: pixelvärde går från 0 (ingen exponering=svart pixel) till (2^n-1) (full exponering = vit pixel), där n beror på gråskalans upplösning, för 8-bitar är x-axeln från 0 till 255.
- b) Bilden är korrekt exponerad eftersom hela bildens gråskala ryms inom kamerans dynamik. Underexponering hade inneburit många pixlar på låga pixelvärden och överexponering många bottnade pixlar (högsta pixelvärdet).
- c) När exponeringstiden fördubblas, ändras även exponeringen med en faktor 2 ($H=E*t$). Detta innebär att samtliga pixelvärden blir högre och histogrammets fördelning förskjuts mot vitt, så som visas i figuren nedan. Bilden är alltså överexponerad och blir utfränt i de ljusare partierna medan de mörka ser gråaktiga ut. (Exakt förskjutning av histogrammet är svårt att förutsäga, även om det oftast är ett linjärt samband mellan exponering och utsignal i digitala sensorer, eftersom gamma-korrektion av pixelvärdena görs, se avsnitt 14.6 i kompendiet).



Uppgift 3

Söker månens reflektans $= \Phi_{UTm\ddot{a}ne} / \Phi_{INm\ddot{a}ne}$. $\Phi_{INm\ddot{a}ne} = E_{INm\ddot{a}ne} * A_{m\ddot{a}ne}$ där $E_{INm\ddot{a}ne} = 100\,000 \text{ lx}$ ger $\Phi_{INm\ddot{a}ne} = 9,08 * 10^{17} \text{ lm}$. $\Phi_{UTm\ddot{a}ne}$ kan beräknas från den belysning som månen ger på jorden $E_{INjord} = 0,1 \text{ lx} = d\Phi_{UTm\ddot{a}ne} / A_{jord}$, där $d\Phi_{UTm\ddot{a}ne} \approx 1,29 * 10^{13} \text{ lm}$ är den andel av $\Phi_{UTm\ddot{a}ne}$ som träffar jorden. Om månens flöde fördelas jämt över en halvsfär så blir $\Phi_{UTm\ddot{a}ne} / d\Phi_{UTm\ddot{a}ne} = 2\pi / \Omega_{jord}$. Ω_{jord} är rymdvinkeln som jorden upptar sedd ifrån månen d.v.s. $\Omega_{jord} = A_{jord} / r^2$ med $r = 3,8 * 10^5 \text{ km}$. Då blir $\Phi_{UTm\ddot{a}ne} = 2\pi * d\Phi_{UTm\ddot{a}ne} * r^2 / A_{jord} = 9,08 * 10^{16} \text{ lm}$. Alltså fås månens reflektans i detta exempel till ca 10 %, vilket är ganska nära uppmätta värden (den intresserade rekommenderas att läsa mer om "Albedo Moon").

Uppgift 4

- Vid närbildsfotografering.
- Avsnitt 6.4 i kompendiet (mekaniska avståndsställning + optimeringen av avbildningsfel).
- Vill att $A=8$ mm i motivet ska avbildas till $B=6$ mm på sensorn, dvs $M=B/A=0,75$ ggr. I grafen ser man att PMAG är 0,75 vid ca 25 mm motivavstånd (α -kurvan). För detta avstånd blir bildvinkeln ca $\arctan(8\text{mm}/25\text{mm}) \approx 18^\circ$.

Uppgift 5

Motivbelysningen har minskat med en faktor 16. Ingen extra belysning är tillåten och eftersom det ska vara en viss rörelseoskärpa i bilden kan du inte förlänga exponeringstiden. Återstår att minska bländartalet och / eller höja ISO. Alt1) Lägsta möjliga bländartal är 2, vilket ger en ökning av E_{sensor} med ca 8 ggr ($3 \text{ steg}, 5,6^2/2^2$), vilket inte är tillräckligt för att ge en korrekt exponering av sensorn. De ytterligare 2 ggr måste fås genom att "öka sensorns känslighet" dvs höja ISO, eftersom ISO skalan är linjär så ska det räcka med att höja ISO till 200 vid F/2. Nackdelen med att gå till lägsta bländartal är att bildkvaliteten blir sämre eftersom suddigheten från aberrationer ökar när bländaröppningen görs större, dessutom kommer skärpedjupet att bli kortare och det finns därmed en risk att delar av motivet blir suddiga. Alt2) Ett alternativ är därför att istället öka ISO till 1600. Men ett så högt ISO innebär att bruset i bilden blir högre, vilket främst syns i de mörka partierna. Alt3) De flesta moderna digitalkameror ger bra bilder för ISO upp till 400, vilket innebär att det skulle räcka med att ändra bländaren 2 steg till F/2,8 och därigenom få en bildkvalitet mer liknande den för testbilden. Alt 3 är alltså bäst.

Uppgift 6

Vet att $A = 25$ cm och $B_{\text{sensor}} = 1550$ pixlar, söker B_{utskrift} för att blomman ska upplevas som perspektivistiskt korrekt om skivomslaget betraktas på ett avstånd av $s=30$ cm. Eftersom bilden ska beskäras kan inte formeln $s=M_{\text{kopia}}*f$ användas. Men korrekt perspektiv innebär att betraktningssvinkel av utskriften ska vara densamma som vinkeln inne i kameran (använd att $b \approx f=32$ mm) d.v.s. $B_{\text{utskrift}} / s = B_{\text{sensor}} / f$. Pixelstorleken för denna sensor är $\sqrt{(15,8*23,6/16\text{M})} = 0,00483$ mm, vilket ger $B_{\text{sensor}} \approx 7,5$ mm och blomman ska skrivas ut med en storlek av ca $B_{\text{utskrift}} = 70$ mm, alltså lite mer än halva skivomslagets bredd.

Uppgift 7

- Bildkvaliteten påverkas både av diffraktion (främst vid höga bländartal) och av aberrationer (vid låga), se avsnitt 16.2 och 17.4 i kompendiet. Figuren kan t.ex. vara fig. 15.11 och 15.1.
- Linjepar med $A=2,5$ mm på stort avstånd avbildas med $M=B/A=b/a \approx f/a$, med $f=50$ mm och $a=4$ m fås $B=0,03125$ mm, vilket motsvarar en ortsfrekvens i sensorplanet av 32 linjepar/mm. Vid 32 mm^{-1} har F/11 ett MTF-värde av 0,4, d.v.s. 40% av motivets ursprungliga kontrast överförs till bilden, alltså 32 % ($0,4*80\%$).

Uppgift 8

- För att undvika Moiré-effekter måste sensorns samplingsfrekvens $v_s > 2v_{\text{max}}$, där $v_{\text{max}} \approx 65 \text{ mm}^{-1}$. Detta innebär att avståndet mellan två pixlar ska vara $< 1/130$ mm. För fullformat blir det ca 3120×4680 pixlar och för APS blir det ca 2054×3068 . Alltså måste fullformatsensorn ha flest pixlar. (Detta är dock ingen bra jämförelse av sensorerna, se 8b.)
- Om man vill fotografera en lika stor del av ett motiv så blir bilden på fullformatssensorn 1,5 ggr större än på APS sensorn. Avbildningsskalan (M) för APS sensorn måste alltså vara mindre och det gör att ortsfrekvenserna i bilden blir högre och därigenom avbildas med lägre kontrast än motsvarande detaljer för fullformat (avsnitt 17.8 i kompendiet). Fullformat är därför att föredra och eftersom upplösningen mätt i motivet är så hög kan man gott minska antalet pixlar för att istället få större pixlar med bättre well-capacity och dynamic range (avsnitt 14.5).