

Et regneark til beregning af luminans, blænding og lysstyrke

Kai Sørensen, 9. februar 2016

Førord

Regnearket benytter måletabeller med kalibrerede luminansværdier, som dannes ud fra optagelser med et digitalt luminanskamera af typen "LMK mobile advanced" ved brug af softwaren LabSoft. Både kamera og software er leveret af et tysk firma TechnoTeam.

Det første regneark af denne type "Beregning af blænding", som blev udviklet i foråret 2015 for NMF og er beskrevet i notatet "Regneark til beregning af synsnedsættende blænding", Kai Sørensen, 28. maj 2015.

Næsten samtidigt blev der udviklet et regneark "Luminans af vejtavler", som er beskrevet i notatet "Måling af luminans af vejtavler ved brug af et LMK mobile advanced kamera", Kai Sørensen, 28. maj 2015.

Det sidstnævnte regneark blev benyttet til en serie af målinger af retroreflekterende vejtavlens luminans på rute 6 mellem Roskilde og Køge med henblik på en demonstration af vejtavlens luminans, der fandt sted i forbindelse med NMF mødet i Køge den 28./29. oktober 2015. Rapporten for demonstrationen er "Vurdering af retroreflekterende vejtavler under en demonstration på rute 6 mellem Køge og Roskilde", Pia Brix og Kai Sørensen, 12. november 2015.

Mod slutningen af 2015 blev der udviklet et regneark "Luminans af variable tavler", som er beskrevet i notatet "Regneark til bestemmelse af luminans af vejtavler og variable tavler", Kai Sørensen, 1. december 2015. Regnearket inkluderer alle funktionerne i regnearket til bestemmelse af luminans af vejtavler, og kunne derfor erstatte det.

Dette regneark blev benyttet til en serie målinger af luminans af variable reklamer, der er omhandlet af rapporten "Målinger af variable reklametavler i december 2015, Foreløbig rapport", Kai Sørensen, 11. december 2015.

Under dette forløb blev der i trin indført nogle forbedringer af regnearkenes præsentation af billeder, betjening og virkemåde. Der kan nævnes indførelse af et "udsnitbillede" i tillæg til et "oversigtbillede", udvidelser af "udsnitbilledets" anvendelse, yderligere uddata, placering af betjeningsdelen tæt på billederne og rationalisering af beregninger.

Regnearket til beregning af blænding fremstår derfor som primitivt i sammenligning med de øvrige regneark, og burde opdateres. Imidlertid opstod den tanke at inkludere beregningen af blænding i regnearket til beregning af luminans af variable tavler, så ét regneark med én beskrivelse kan erstatte alle tre regneark og deres beskrivelser.

Det er på dette grundlag at regnearket "Beregning af luminans, blænding og lysstyrke" og denne beskrivelse af regnearket er blevet til. Arbejdet har omfattet tilføjelse af beregning af blænding og af lysstyrker fra lygter. Derudover har det været nødvendigt at ændre og forbedre betjeningsdelen og at komprimere beregningerne for at reducere regnearkets størrelse fra godt 100 megabyte til cirka 75 megabyte.

Til gengæld fremstår regnearket nu som et næsten universelt værktøj i forbindelse med målinger af lystekniske forhold på veje. Desuden erstatter denne beskrivelse de ovennævnte tre beskrivelser, og den inkluderer en vejledning i optagelse af billeder og fremstilling af måletabeller i bilag A. Det eneste tilbageværende selvstændige notat, udover de ovennævnte målerapporter, er "Test af LMK mobile advanced kamera", Kai Sørensen, 2. juni 2015.

Regnearket kan for så vidt også bruges til måling af luminans af kørebanen af belyste trafikveje, men brugen ville lettes ved tilføjelse af en facilitet til indramning af et udsnit af kørebanen i "udsnitbilledet".

Indledning

Regnearket viser to billeder, som kaldes henholdsvis "Oversigtsbillede" og "Udsnit". Disse to billeder rummer en væsentlig del af regnearkets information til brugeren og omtales derfor i afsnit 1.

Regnearkets betjening omtales derefter i afsnit 2. Der gives først en almen omtale af betjeningen i afsnit 2.1, hvorefter luminans af en retroreflekterende vejtafle, luminans af en variabel reklametafle, blænding fra gadesignaler og lysstyrke af et gadesignal gennemgås i de følgende underafsnit ved eksempler.

I denne rækkefølge involverer eksemplerne gradvist flere af regnearkets ind- og uddata regnet fra oven af og nedad gennem betjeningsdelen, så eksemplerne kan tjene til indlæring i regnearkets brug.

Derefter omtales regnearkets virkemåde i afsnit 3. Dette afsnit tjener for så vidt til dokumentation af regnearket, og er ikke relevant for den, som blot vil bruge regnearket.

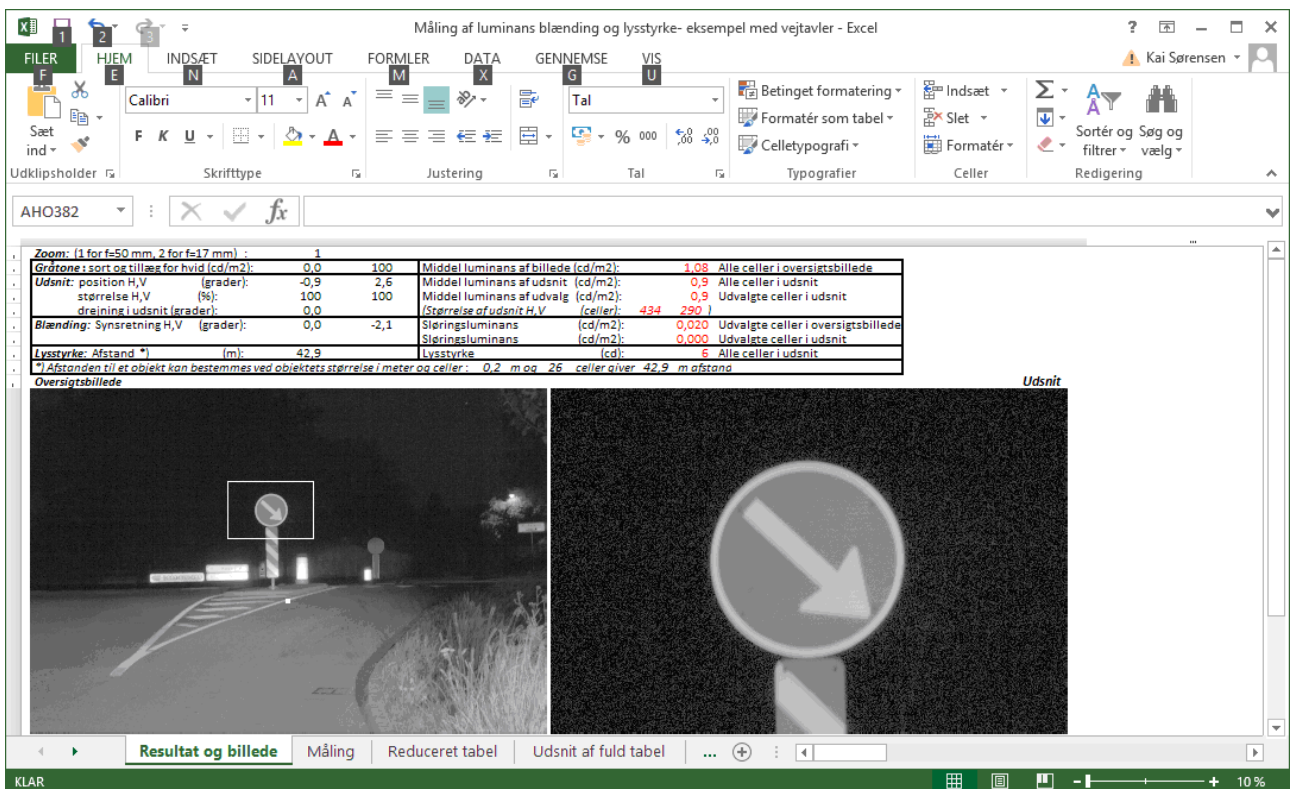
Som en indledning til omtalen af regnearkets virkemåde beskrives retningerne i forhold til kameraet for den fulde tabel i afsnit 3.1. Retningerne fastlægges ved vinklerne (H,V) og det påpeges at hver celle tildeles samme areal i et kvadratisk mønster på et plan, der står vinkelret på kameraets referenceretning.

Dannelsen af en reduceret tabel og det tilhørende oversigtsbillede omtales i afsnit 3.2; hvorefter dannelsen af en udsnitstabel og det tilhørende udsnitbillede beskrives i afsnit 3.3.

De beregnede værdier til uddata og beregningsmetoder fremgår af afsnit 3.4. Der gives en liste i afsnit 3.4.1, hvor der henvises til afsnit 3.5.2 angående beregning af sløringsluminans og til afsnit 3.4.3 angående beregning af lysstyrke af en lyskilde.

1. Regnearkets billeder

Regnearkets betjeningsdel findes i arket "Resultat og billede", der er vist i figur 1.



Figur 1: Billede af arket "Betjening og billede."

Arket har to billeder, som i det følgende kaldes henholdsvis "Oversigtsbillede" og "Udsnit".

Bag hvert af billederne ligger der en tabel, der er uddraget af en fuld tabel med kalibrerede luminansværdier. Den fulde tabel findes i arket "Måling", hvortil den er indlæst som omtalt i bilag A.

Tabellen bag oversigtsbilledet har værdier, der er uddraget som gennemsnit af værdierne i felter med 6×6 celler i den fulde tabel. Oversigtsbilledet har derfor reduceret opløsning med en faktor 6, men viser til gengæld hele billedet.

Tabellen bag udsnittet omfatter værdierne i et udsnit på en sjettedel af rækkerne og en sjettedel af søjlerne i den fulde tabel. Udsnittet har derfor fuld opløsning, men viser kun en sjettedel af den fulde billedes højde og bredde. Beliggenheden af dette udsnit bestemmes af inddata, som det omtales senere.

De to tabeller dannes i arkene henholdsvis "Reduceret tabel" og "Udsnit af fuld tabel", der tillige indeholder nogle beregninger. Der er ingen grund til at åbne disse ark, da de ikke indeholder nogen betjening. Desuden findes der et ark "Blænding" med beregning af synsedsættende blænding, som der heller ikke er nogen grund til at åbne. Metoderne til udtagelse af de to tabeller og beregningsmetoder er beskrevet i afsnit 3.

Billederne er i virkeligheden tabeller med en betinget formatering, hvor hver enkelt celle har en baggrund med en gråtone, der afhænger af værdien i cellen. For at en tabel kan virke som et billede, er cellerne gjort meget små og zoom er sat til en lav værdi på 10 %. Desuden er tallene i cellerne gjort gennemsigtige.

Disse billedtabeller indeholder ikke værdierne fra de omtalte tabeller bag billederne, men derimod værdier, der er fremkommet ved brug af logaritmen til disse værdier. Dette er for at billeder kan fremtræde naturligt og for at give mulighed for at ændre fordelingen af gråtoner.

Tabellerne bag billederne rummer hver 125,426 værdier. Det fremgår at billederne i sig selv er tabeller i samme format. Desuden sker beregninger i yderligere tabeller af dette format. Det samlede antal af tabeller er 14 svarende til i alt 1.755.964 værdier, som alle repræsenteres af mere eller mindre komplicerede formler.

Hertil kan lægges at den fulde tabel har 1738 rækker og 2604 søjler svarende til 4.525.752 værdier.

Det betyder at regnearket fylder cirka 75 megabyte, og er lidt tungt, men dog forholdsvis bekvemt at arbejde med.

Heri ligger der en forklaring på at regnearket ikke er baseret på visning af det fulde billede i fuld opløsning og på beregninger i den fulde tabel. Der skulle være mindst cirka 10 tabeller i den fulde tabels format, og det kan en PC ikke håndtere. Desuden ville et billede, som afspejler den fulde tabel med fuld opløsning blive uoversigtlig stort.

I tillæg bemærkes at udsnittet er et udmærket værktøj til analyser, som det fremgår af omtalen i det følgende.

2. Regnearkets betjening

2.1 Alment om betjeningen

En bruger af regnearket behøver ikke at interessere sig for faciliteterne i Excel regneark, men kun for den betjening, som dette regneark stiller til rådighed i form af ind- og uddata samt billederne. Denne betjening er vist i figur 2.

Zoom: (1 for f=50 mm, 2 for f=17 mm) :		1	
Gråtone: sort og hvid (cd/m ²):	0,0	100	Middel luminans af billede (cd/m ²): 1,08 Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit: position H,V (grader):	-0,9	2,6	Middel luminans af udsnit (cd/m ²): 0,9 Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%):	100	100	Middel luminans af udvalg (cd/m ²): 0,9 Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	0,0		(Størrelse af udsnit H,V (celler): 434 290)
Blænding: Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²): 0,020 Udvalgte celler i oversigtsbillede
Lysstyrke: Afstand *) (m):	42,9		Sløringsluminans (cd/m ²): 0,000 Udvalgte celler i udsnit
*) Afstanden til et objekt kan bestemmes ved objektets størrelse i meter og celler: 0,2 m og 26 celler giver 42,9 m afstand			Lysstyrke (cd): 6 Alle celler i udsnit



Figur 2: Regnearkets betjening.

Betjeningen omtales trinvist i disse afsnit ved hjælp af eksempler:

- 2.2: Luminans af en retroreflekterende vejtavle,
- 2.3: Luminans af en variabel reklametavle,
- 2.4: Blænding fra gadesignaler,
- 2.5: Lysstyrke af et gadesignal.

Metoderne har mere generel anvendelse end eksemplerne antyder.

Således kan den enkle metode til bestemmelse af luminans af en retroreflekterende vejtavle, der angives i afsnit 2.2, i princippet anvendes til bestemmelse af luminans af enhver flade på for eksempel belyste eller lysende vej- og reklametavler.

Det samme gælder for den lidt mere besværlige metode til bestemmelse af luminans af en variabel reklametavle, der angives i afsnit 2.3.

Desuden kan den metode til bestemmelse af blænding fra gadesignaler, der angives i afsnit 2.4, i princippet benyttes til bestemmelse af blænding fra enhver lyskilde, eller samling af lyskilder, og til bestemmelse af blænding fra omgivelserne, som ved indkørsler til tunneler.

Endelig kan den metode til bestemmelse af lysstyrke af et gadesignal, der angives i afsnit 2.5, benyttes i forbindelse med enhver lyskilde.

Indledningsvist gøres der opmærksom på den øverste linje i figur 2: ”Zoom: (1 for f=50 m, 2 for 17 mm): 1, hvor man i princippet skal angive om kameraet er anvendt med fuld zoom ind eller ud (skriv henholdsvis 1 eller 2). Som det fremgår af bilag A bør kameraet overvejende anvendes med fuld zoom, så man normalt kun behøver at kontrollere at valget er rigtigt.

Desuden gøres der opmærksom på at ind- og uddata findes i en tabel, hvor alle inddata angives i venstre del og alle uddata findes i højre del.

2.2 Luminans af en retroreflekterende vejtavle

Figur 3 viser en natsituation foran en rundkørsel, med nogle retroreflekterende vejtavler i belysningen fra en bil's nærllys. Figuren er for så vidt en gentagelse af figur 2, bortset fra at de ind- og uddata, der ikke er relevante for bestemmelse af vejtavlernes luminans, er maskerede.



Figur 3: Ind- og uddata for en retroreflekterende vejtavle.

Inddataene øverst til venstre for "Gråtone: sort og tillæg for hvid (cd/m²):" er angivet til 0,01 og 100. Det betyder at gråtonerne i begge billeder er fordelt med sort til værdier på 0,01 cd/m² og derunder og med hvid til værdier på 100,01 cd/m² og derover og ellers gradueret mellem disse værdier. Det ses at billederne herved fremtræder rimeligt naturligt.

Inddataene herunder for "Udsnit: position H, V (grader):" er angivet til -0,9 og 2,6. Det betyder at det område, der er markeret med hvid streg i oversigtsbilledet er flyttet 0,9° til venstre og 2,6° opad i forhold til oversigtsbilledets centrum. Udsnittet viser et forstørret billede med fuld opløsning af det markerede område og omfatter især tavlen for påbudt passage.

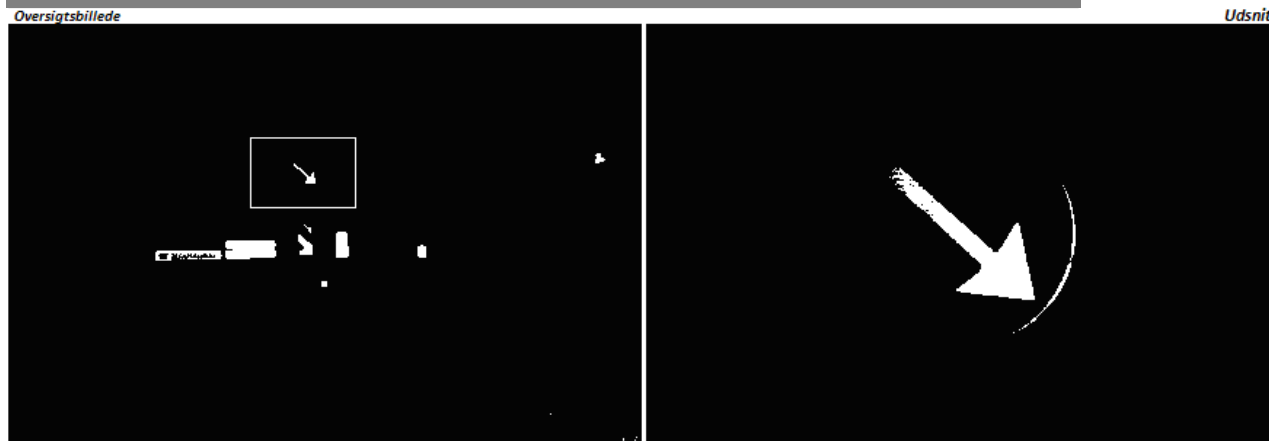
De to uddata viser middelluminanserne af henholdsvis oversigtsbilledet og udsnittet. Disse luminanser er interessante i nogle tilfælde, men ikke i denne forbindelse.

Figur 4 viser billederne, efter at inddataene for "Gråtone: sort og tillæg for hvid (cd/m²):" er ændret til 11,2 og 0,01. Det betyder at gråtonerne i billederne er fordelt med sort til værdier på 11,2 cd/m² og derunder og med hvid til værdier, der er blot 0,01 cd/m² højere. Der er derfor tale om en hård skellen mellem værdier under og over 11,2 cd/m².

Det ses at pilen i tavlen for påbudt passage er blevet noget tynd i skaftet og lidt tyndere i pilen. Ved at prøve med forskellige værdier for sort, ses at pilen er omtrent fuldt tegnet ved 10 cd/m² og næsten helt væk ved knap 13 cd/m². Værdien på 11,2 cd/m² er derfor en rimelig angivelse af pilens luminans under ét.

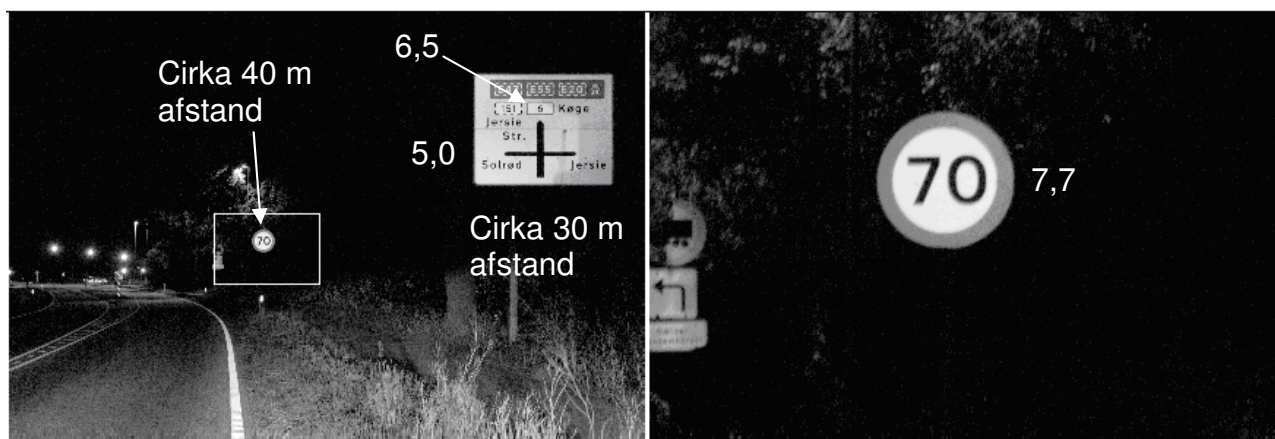
På samme måde kan man bestemme luminansen af de øvrige vejtavler i billedet. Især ved større vejtavler med varierende luminans henover tavlefladen, som for eksempel diagramorienteringstavler, er det rimeligt at angive flere værdier af luminansen fordelt hen over tavlefladen.

Gråtone: sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	11,2	0,01	Middel luminans af billede (cd/m ²):	1,08	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit: position H,V (grader):	-0,9	2,6	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	0,9	Alle celler i udsnit



Figur 4: En retroreflekterende vejtavle vist med hård kontrast.

Figur 5 viser et eksempel på bestemmelse af luminans af flere vejtavler i samme billede.



Figur 5: Eksempel på bestemmelse af flere vejtavlers luminans.

2.3 Luminans af en variabel reklametavle

Figur 6 viser en variabel reklametavle i en dagsituation og nogle yderligere ind- og uddata for udsnittet.

Udsnittet er flyttet, så dets centrum falder sammen med reklametavlens.

De yderligere inddata angår udsnittets størrelse ved ”størrelse H, V (%):”, som er angivet til 97 og 86, samt ”drejning i udsnit (grader):”, som er angivet til -1.

Udsnittets størrelse er dermed reduceret til 97 % af den fulde størrelse i sideretningen og til 86 % i højderetningen. Reduktionen ændrer ikke på beliggenheden af udsnittets centrum, der er placeret midt i reklametavlen.

Gråtone : sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	10,0	10000	Middel luminans af billede (cd/m ²):	1697	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit : position H,V (grader):	0,60	0,18	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	3549	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%):	97	86	Middel luminans af udvalg (cd/m ²):	3549	Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	-1,0		Størrelse af udsnit H,V (celler):	421	249
Blænding : Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²):	9,308	Udvalgte celler i oversigtsbillede
			Sløringsluminans (cd/m ²):	2,328	Udvalgte celler i udsnit



Figur 6: En variabel reklametavle.

Reduktionen tjener til at give udsnittet samme størrelse som reklametavlen. Den vises på to måder, hvoraf den ene er at markeringen i oversigtsbilledet reduceres tilsvarende. Den anden er at luminansen af de ydre dele af udsnittet, der ikke er omfattet af det reducerede udsnit, vises med reduceret luminans. De angivne uddata gælder naturligvis for det reducerede udsnit.

NOTE: Det er ikke nemt at se i figur 6 at luminansen af de ydre dele af udsnittet er reduceret, fordi afgrænsningen falder sammen med reklamens areal. Men det er nemt at se, mens udsnittet flyttes på plads.

Desuden er det billede, der vises i udsnittet, drejet -1° , hvor en positiv værdi angiver drejning med uret og en negativ mod uret. Drejningen tjener til at bringe sammenfald mellem udsnittet og reklametavlen. Drejningen indikeres i oversigtsbilledet ved at markeringen af udsnittet drejes den modsatte vej.

Drejningen kan ske med en vilkårlig vinkel og kan bruges i mange sammenhænge til at bringe sammenfald mellem et udsnit og et objekt.

Den tidligere omtalte uddata for middelluminansen i udsnittet er nu relevant, fordi værdien på 3549 cd/m^2 er reklametavlens middelluminans.

Der er en yderligere uddata, som også angår en middelluminans af celler i udsnittet, men kun omfatter udvalgte celler. Kriteriet for udvalgte celler er at deres værdi skal være mindst den angivne værdi for sort, som er 10 cd/m^2 . Da denne værdi også er 3549 cd/m^2 kan det konkluderes at reklametavlen overalt har en luminans på mindst 10 cd/m^2 .

Ved at ændre den angivne værdi for sort kan man bestemme andre værdier af luminanser på reklametavlen. For eksempel viser figur 7 billedet, når værdien for sort er hævet til 6000 cd/m^2 , hvilket gør at kun hvide partier står tilbage. Middelluminansen af disse er 6261 cd/m^2 , hvilket formentligt er reklametavlens maksimale luminans ved den pågældende styring til dagniveau.

Gråtone: sort og tillæg for hvid (cd/m²):		6000,0	1	Middel luminans af billede (cd/m²):	1697	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit: position H,V (grader):		0,60	0,18	Middel luminans af udsnit (cd/m²):	3549	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%):		97	86	Middel luminans af udvalg (cd/m²):	6261	Udvalgte celler i udsnit
dreining i udsnit (grader):		-1,0		(Størrelse af udsnit H,V (celler):	421	249



Figur 7: Hvide partier af en variabel reklametavle.

Der gøres opmærksom på at lokale luminanser kun kan bestemmes éntydigt, når afstanden er tilstrækkelig stor til at de enkelte pixels i reklametavlens billede ikke kan skelnes i kameraets billede. Ved kortere afstande kan de enkelte pixels skelnes, så de optræder i celler med høje luminanser mellem celler med lave luminanser.

Teoretisk set har kameraet en opløsning på cirka $0,01^\circ$ ved fuld zoom, men i praksis er den nok ikke bedre en opløsningen hos en person med normalt syn på 1 bueminut lig med $0,16^\circ$. Det, der opleves med kameraets billeder svarer derfor til det, som man observerer.

En variabel reklametavle, som den viste, skifter mellem forskellige reklamebilleder. Det kan derfor have værdi at bestemme luminanserne af flere af disse.

Der findes yderligere uddata, som angiver det reducerede felts størrelse målt i antal celler i udsnittet. Disse uddata har betydning ved bestemmelse af lysstyrker, som omtales senere.

2.4 Blænding fra gadesignaler

Figur 8 og 9 viser optagelser af et gadesignalanlæg med tre signaler, som er henholdsvis overbelyst og ikke overbelyst af signalerne. I begge tilfælde er udsnittet reduceret og placeret, så det dækker ét af signalerne.

Figur 8 har den fordel at vejen og omgivelserne træder rimeligt godt frem, så man kan orientere sig i billederne. Til gengæld er middelluminansen i udsnittet på $8,310 \text{ cd/m}^2$ givet for lav på grund af overbelysningen.

I figur 9 er vejen og omgivelserne næsten ikke til at erkende, men middelluminansen i udsnittet på $16,341 \text{ cd/m}^2$ er korrekt.

Gråtone : sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	0,1	500	Middel luminans af billede (cd/m ²):	5	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit : position H,V (grader):	2,13	-0,25	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	8243	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%)	6	9	Middel luminans af udvalg (cd/m ²):	8243	Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	0,0		Størrelse af udsnit H,V (celler):	26	26
Blænding : Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²):	0,053	Udvalgte celler i oversigtsbillede
			Sløringsluminans (cd/m ²):	0,033	Udvalgte celler i udsnit



Figur 8: Optagelse af et gadesignalanlæg med overbelysning.

Gråtone : sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	0,1	500	Middel luminans af billede (cd/m ²):	12	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit : position H,V (grader):	2,2	-0,2	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	16341	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%)	6	9	Middel luminans af udvalg (cd/m ²):	16341	Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	-1,0		Størrelse af udsnit H,V (celler):	26	26
Blænding : Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²):	0,112	Udvalgte celler i oversigtsbillede
			Sløringsluminans (cd/m ²):	0,062	Udvalgte celler i udsnit



Figur 9: Optagelse af et gadesignalanlæg uden overbelysning.

Figureerne viser yderligere inddata i form af en synsretning ved ”**Blænding** synsretning H, V (grader):” angivet ved 0° og -2,1°. Denne synsretning indikeres ved en hvid klat, som findes ved indgangen til et forgængerbelt.

Behovet for disse inddata skyldes at synsretningssættende blænding repræsenteres ved sløringsluminansen, som afhænger af synsretningen og specielt er større jo tættere synsretningen ligger ved en lyskilde. Sløringsluminans forklares ved en lysspredning i øjet, der fremkalder et slør over synsfeltet, som fører til en reduktion af kontraster i synsfeltet og dermed af synlighed. Enheden er cd/m².

De yderligere uddata angår netop sløringsluminansen, som angives både for udvalgte celler i oversigtsbilledet og for udvalgte celler i udsnittet. Kriteriet for udvalgte celler er at deres værdi skal være mindst den angivne værdi for sort, som er 0,1 cd/m². Da denne værdi er lav, gælder de to værdier for henholdsvis scenariet som helhed og den del af scenariet, der ligger inden for udsnittet.

De i figur 8 angivne værdier af sløringsluminansen er givet for lave på grund af overbelysningen.

Til gengæld er værdien for sløringsluminansen for udvalgte celler i oversigtsbilledet for høj på grund af det brus af lys der tilsyneladende ligger hen over billedet og som skyldes støj i det svagt belyste billede.

Bruset kan i dette tilfælde beskrives ved en luminans på cirka 5 cd/m^2 , som dækker det meste af billedet, og som øger sløringsluminansen med knap 6 % af luminansen eller knap $0,03 \text{ cd/m}^2$.

Situationen er derfor at optagelsen med overbelysning fører til en værdi af sløringsluminansen, der er for lav, mens optagelsen uden overbelysning fører til en værdi, der er for høj. I bund og grund er årsagen at en optagelse ikke har et tilstrækkeligt dynamik til at kunne dække både baggrundens lave luminans og signalernes høje luminans.

Dette gælder imidlertid ikke for den sløringsluminans, der bestemmes for det gadesignal, der er omfattet af udsnittet, da baggrunden er for lille til at kunne bidrage væsentligt. Denne sløringsluminans på $0,062 \text{ cd/m}^2$ er derfor korrekt.

Man kan derfor bestemme signalernes samlede blænding ved at bestemme deres bidrag ét efter ét og lægge bidragene sammen (sløringsluminans er adderbar). Resultatet bliver $0,077 \text{ cd/m}^2$.

Der findes imidlertid en nemmere fremgangsmåde, at øge luminansen for sort til for eksempel 10 cd/m^2 , så bruset undertrykkes. Figur 10 viser at sløringsluminansen i så fald bliver på $0,083 \text{ cd/m}^2$. Dette er en korrekt værdi, hvis blændingen fra de øvrige lyskilder i vejbelysningen med videre skal medregnes. Hvis ikke, skal værdien for sort øges til for eksempel 1.000 cd/m^2 , så bidrag fra andre lyskilder også undertrykkes.

Tilbage står problemet med at opnå billeder, der giver orientering uden af være overbelyst. Én mulighed er den, som er benyttet her, at have to sæt billeder, ét som er overbelyst og ét som ikke er det. Ellers er det muligt at indføre et ekstra trin, hvor der dannes ét billede med meget høj dynamik ud fra to sæt optagelser.

Gråtone : sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	10,0	500	Middel luminans af billede (cd/m ²):	12	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit: position H,V (grader):	2,2	-0,2	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	16341	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%):	6	9	Middel luminans af udvalg (cd/m ²):	16341	Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	-1,0		/Størrelse af udsnit H,V (celler):	26	26
Blænding: Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²):	0,083	Udvalgte celler i oversigtsbillede
			Sløringsluminans (cd/m ²):	0,062	Udvalgte celler i udsnit



Figur 10: Undertrykkelse af brus i baggrunden.

2.5 Lysstyrke af et gadesignal

Figur 11 viser et yderligere inddata ved ”Lysstyrke: Afstand *) (m):”, hvor afstanden til det gadesignal, der findes i udsnittet, er angivet til 38,6 m. Uddata er en lysstyrke fra alle celler i udsnittet på 571 cd. Denne lysstyrke tilskrives gadesignalet, som er den eneste lysgiver i udsnittet.

Gråtone : sort og tillæg for hvid (cd/m ²):	0,1	500	Middel luminans af billede (cd/m ²):	12	Alle celler i oversigtsbillede
Udsnit: position H,V (grader):	2,2	-0,2	Middel luminans af udsnit (cd/m ²):	16341	Alle celler i udsnit
størrelse H,V (%):	6	9	Middel luminans af udvalg (cd/m ²):	16341	Udvalgte celler i udsnit
drejning i udsnit (grader):	-1,0		(Størrelse af udsnit H,V (celler):	26	26)
Blænding: Synsretning H,V (grader):	0,0	-2,1	Sløringsluminans (cd/m ²):	0,112	Udvalgte celler i oversigtsbillede
			Sløringsluminans (cd/m ²):	0,062	Udvalgte celler i udsnit
Lysstyrke: Afstand *) (m):	38,6		Lysstyrke (cd):	571	Alle celler i udsnit
*) Afstanden til et objekt kan bestemmes ved objektets størrelse i meter og celler: 0,2 m og 26 celler giver 38,6 m afstand					



Figur 11: Lysstyrke af et gadesignal.

Noten *) henviser til en lille regnemaskine, som findes i bunden af tabellen, og hvor man kan indsætte sammenhørende værdier for et objekts størrelse målt både i meter og i antal celler. Herefter fremkommer afstanden til objektet. Objektet skal befinde sig i umiddelbar nærhed af det pågældende signal.

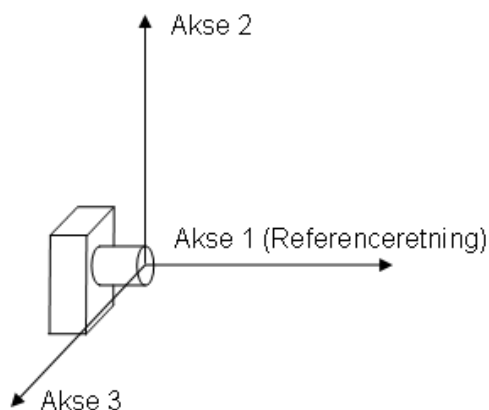
I dette tilfælde er gadesignalets egen frontlinse benyttet som objekt. Det har en diameter på 0,18 m (i figur 10 er 0,18 afrundet til 0,2) og omkranses af et udsnit på 26 celler. I praksis er det bedre at bruge et større objekt for at reducere måleusikkerheden, for eksempel en hvidmalet meterstok placeret under gadesignalet.

3. Regnearkets virkemåde

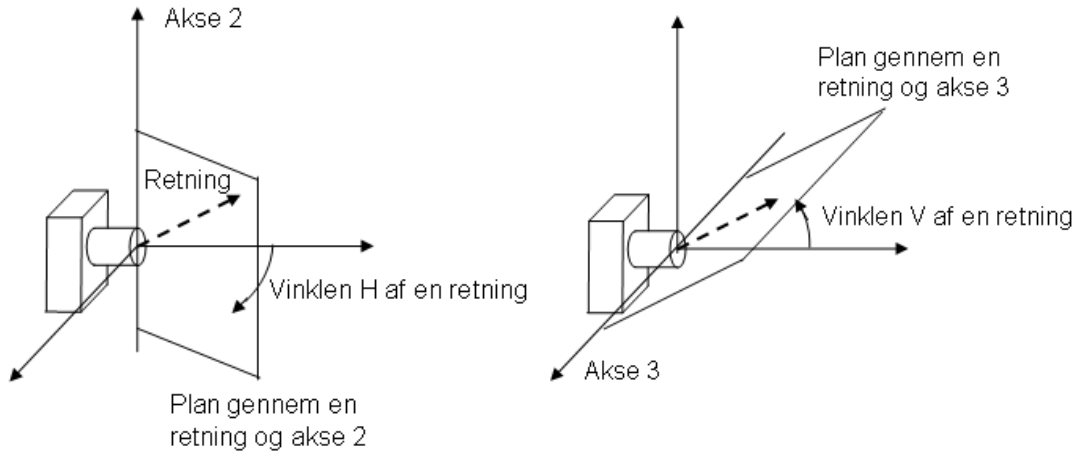
3.1 Retninger i forhold til kameraet for den fulde tabel

Kameraet tilskrives de tre på hinanden vinkelrette akser, der er vist i figur 12.

Figur 12: Kameraet tilskrives tre akser.



På grundlag af disse akser indføres de to vinkler H og V til beskrivelse af en retning i forhold til kameraet, som er vist i figur 13.



Figur 13: Vinklerne H og V af en retning i forhold til kameraet.

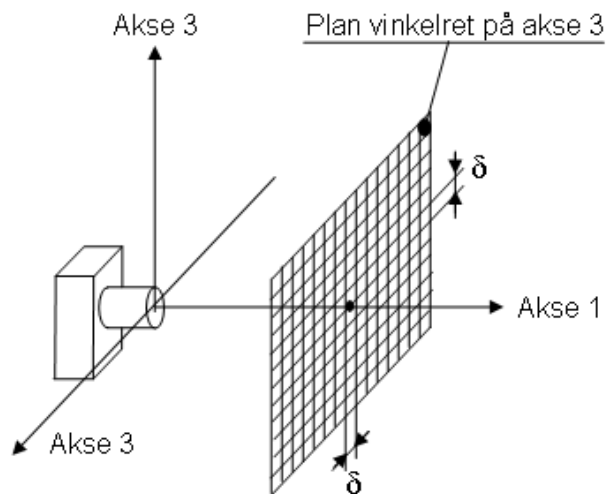
Enhver celle i en fuld tabel svarer til en retning i forhold til kameraet, der kan angives ved vinklerne H og V.

Midpositionen i tabellen svarer til referenceretningen med vinklerne $(H,V) = (0^\circ,0^\circ)$. Tabellen har 2604 søjler og 1739 rækker med i alt 4.528.356 celler med værdier, hvorfor midpositionen i tabellen har søjlenummeret $i_0 = 2604/2 = 1302$ og rækkenummeret $j_0 = 1739/2 = 869,5$.

Alle celler i en søjle har samme værdi af vinklen H, der således karakteriserer søjlen. Desuden kan en søjle angives ved dens nummer i, som fastlægger vinklen H ved $\tan(H) = \delta \times (i - i_0)$. Dette udtryk viser at der ikke er konstante vinkelafstande mellem søjlerne, men derimod konstante afstande målt i $\tan(H)$.

Tilsvarende har alle celler i en række samme værdi af vinklen V, som karakteriserer rækken. Vinklen V for en række fastlægges ved rækkens nummer j ved $\tan(V) = -\delta \times (j - j_0)$.

Med konstante spring i $\tan(H)$ og $\tan(V)$ på δ afgrænses der kvadrater med samme størrelse på et plan, der står vinkelret på akse 1 (referenceretningen). Hver celle tildeles derfor samme areal i et kvadratisk mønster på et sådant plan. Dette er vist i figur 14.



Figur 14: Hver celle tildeles samme areal i et kvadratisk mønster på et plan, der står vinkelret på akse 1 (referenceretningen).

Note 1: Det overstående svarer til at elementerne i kameraets chip ligger i et kvadratisk mønster og at kameraets optik gengiver dette mønster uden forvrængning.

Note 2: TechnoTeam angiver at den vinkelmæssige afstand mellem rækker og søjler er $0,02789^\circ$ og $0,01028^\circ$ for de to yderstillinger. Denne angivelse kan kun være korrekt for den midterste del af billedet, og i almindelighed bør afstandene måles ved tangens til vinklerne.

Værdien af δ er den samme for søjler og rækker, men afhænger af kameraets zoom indstilling. Værdierne er $0,0004869$ og $0,0001794$ for de to yderstillinger af zoom til henholdsvis 17 mm og 50 mm brændvidde. Herved bliver billedernes – og tabellernes – dækningsområder for vinklerne H og V som vist i tabel 1.

Tabel 1: Dækningsområder for vinklerne H og V.

Zoom	Vinkel H	Vinkel V
Minimum zoom 17 mm brændvidde	$\pm 32,4^\circ$	$\pm 22,9^\circ$
Fuld zoom med 50 mm brændvidde	$\pm 13,2^\circ$	$\pm 8,9^\circ$

Der findes kun kalibrerede værdier af δ for de to yderstillinger af zoom, hvorfor der ikke bør benyttes mellemliggende indstillinger. Indstillingen til fuld zoom med 50 mm brændvidde er givet den med det største anvendelsesområde, men den store vinkeldækning ved indstilling til minimum zoom med 17 mm brændvidde kan være at foretrække i nogle situationer.

3.2 En reduceret tabel

Der dannes en reduceret tabel ud fra den fulde tabel som beskrevet herunder.

Værdien i cellen øverst til venstre i den reducerede tabel dannes som middelværdien af værdierne i det felt af 6×6 celler, der ligger øverst til venstre i den fulde tabel. Dernæst dannes værdien i cellen til højre i den reducerede tabel som middelværdien af værdierne i det felt på 6×6 celler i den fulde tabel, der ligger 6 celler til højre for det første felt.

Processen fortsættes indtil cellerne i den reducerede tabels første række er dannet. Antallet af værdier i rækken bliver derved $2604/6 = 434$.

Værdierne i den næste række i den reducerede tabel dannes på samme måde, idet felterne i den fulde tabel rykkes 6 celler nedad for hver række. Antallet af rækker bliver derved $1739/6 = 289,83$, der oprundes til 290 ved at den nederste række dannes som gennemsnit af kun 5 rækker i den fulde tabel.

Den reducerede tabel har dermed 434 søjler og 290 rækker af celler, hvor hver celle rummer middelværdien af 6×6 celler i den fulde tabel.

I praksis dannes den reducerede tabel i ét trin ved at adressere i den fulde tabel ved brug af funktionen "FORSKYDNING".

Den reducerede tabel har naturligvis en opløsning i vinkler, der er 6 gange dårligere end i den fulde tabel, men til gengæld er støjen i billedet stærkt undertrykt ved midlingen over 36 værdier.

Den reducerede tabel danner grundlag for et oversigtsbillede, som er en tabel med betinget formatering med værdier, der fremkommer ved brug af logaritmer af værdierne i den reducerede tabel. Formateringen afhænger af de værdier, der angives for sort med tillæg for hvid.

Nogle af værdierne i den sidstnævnte billedtabel sættes dog kunstigt, så de giver hvide punkter i billedet. Dette tjener til markering af det udsnit, der om tales i afsnit 3.3, og til markering af den synsretning, der bruges under beregning af blænding.

3.3 Et udsnit af den fulde tabel

Der dannes en tabel, som har celler med værdier, der svarer til et udsnit af den fulde tabel.

I udgangspunktet omfatter udsnittet en sjettedel af søjlerne og en sjettedel af rækkerne i den fulde tabel, og har derved samme format som den reducerede tabel.

Imidlertid reduceres udsnittet ved angivelse af procenter H, V i de to retninger, som er mindre end 100 %. Dette influerer ikke på den tabel, der dannes, men kun på billedet af udsnittet og på den del af udsnittet, der benyttes til beregninger.

I udgangspunktet placeres udsnittet, så dets midtpunkt er sammenfaldende med den fulde tabels midtpunkt, men forskydes i forhold til positionen H, V af udsnittet angivet i grader. Forskydningen i sideretningen findes som antal søjler ved $\Delta i = \tan(H)/\delta$, hvor δ er afstanden mellem søjler. Tilsvarende findes forskydningen i lodret ved $\Delta j = \tan(V)/\delta$.

En celle i udsnittet, der ligger (i, j) fra udsnittets centrum, får dermed værdien fra den celle i den fulde tabel, der har numrene $(i+i_0+\Delta i, j+j_0+\Delta j)$, hvor i_0 og j_0 angiver midtpunktet af den fulde tabel.

Imidlertid kan udsnittet drejes ved angivelse af en drejning u i grader, der afviger fra 0. Det medfører cellen i udsnittet får værdien fra den celle i den fulde tabel, der ligger $(\cos(u) \times i + \sin(u) \times j; \cos(u) \times j - \sin(u) \times i)$ fra udsnittets centrum.

Tabellen for udsnittet dannes i ét trin ved brug af funktionen "FORSKYDNING".

Tabellen danner grundlag for et billede af udsnittet, som er en tabel med betinget formatering med værdier, der fremkommer ved brug af logaritmer af værdierne i udsnittet.

Gråtonerne fordeles på samme måde som i det reducerede billede. Dog vises en reduktion af udsnittet ved at de dele, der ligger uden for det reducerede udsnit, optræder med en mørkere tone i billedet. Desuden reduceres den markering, der vises i oversigtsbilledet.

En drejning af udsnittet vises ved en drejning af den del af billedet, der ses i udsnittets billede. Drejningen er med uret, når drejningen er positiv. Desuden drejes markeringen af udsnittet i oversigtsbilledet.

Visse beregninger angår kun de celler, der omfattes af det reducerede og drejede udsnit. Hertil indgår der interne tabeller, som har det fulde udsnits format, men hvor kun celler svarende til det reducerede og drejede udsnit er udfyldte.

Der er også en beregning af blanding, hvori der indgår en intern tabel med den reducerede tabels format, men hvor kun celler med en beliggenhed inden for det reducerede og drejede udsnit er udfyldte. De celler, der som nævnt i afsnit 3.2 sættes til at give hvide punkter i oversigtsbilledet, vælges ud fra denne interne tabel. Kriteriet er at cellen i den interne tabel med samme position, skal være blank og samtidigt have mindst én udfyldt nabo.

3.4 Beregnede værdier

3.4.1 Oversigt

Betjeningsdelen viser disse beregnede værdier:

- middelluminansen af billedet (cd/m^2) af alle celler i oversigtsbilledet beregnes som middelværdien af værdierne af samtlige celler i den reducerede tabel,
- middelluminansen af udsnittet (cd/m^2) af alle celler i udsnittet beregnes som middelværdien af værdierne i de celler i udsnitstabellen, der ligger inden for det reducerede og drejede udsnit,

- c. middelluminansen af udvalg (cd/m^2) af udvalgte celler i udsnittet beregnes som under b., idet kun værdierne af de celler i udsnitstabellen, som er mindst den angivne luminans for sort, medtages under beregningen af middelværdien,
- d. størrelse af udsnit H,V (celler) findes som afrundede værdier af de angivne procentdele af henholdsvis 434 og 290,
- e. sløringsluminans (cd/m^2) af udvalgte celler i oversigtsbilledet findes som beskrevet i afsnit 3.4.2,
- f. sløringsluminans (cd/m^2) af udvalgte celler i udsnittet findes som under e., idet kun værdier i de celler i oversigtsbilledet, der ligger inden for det reducerede og drejede udsnit, medtages under summeringen af sløringsluminansen,
- g. lysstyrken (cd) af alle celler i udsnit findes som beskrevet i afsnit 3.4.3.

3.4.2 Beregning af sløringsluminans

EN 13201-3:2003 Road lighting – part 3: Calculation of performance angiver følgende formel til beregning af sløringsluminansen:

$$L_v = 10 \times \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\theta_i^2} \quad (\text{formel 1})$$

hvor L_v er sløringsluminansen i enheden candela pr. kvadratmeter (cd/m^2)

$\sum_{i=1}^n$ betyder summation over $i = 1, 2, 3 \dots n$ lyskilder

E_i er den belysningsstyrke, som fremkaldes af lyskilde nr. i ved observatørens øjne på et plan der står vinkelret på synsretningen i enheden lux (lx)

og θ_i er vinklen mellem synsretningen og retningen til lyskilde nr. i med enheden grader ($^\circ$)

Yderligere angiver EN 13201-3 at formlen er gyldig for $1,5^\circ \leq \theta_i \leq 60^\circ$, at konstanten 10 gælder for en observatør på 23 år og at konstantens værdi for en observatør af en anden alder A kan findes ved:

$$9,86 \times \left[1 + \left(\frac{A}{66,4} \right)^4 \right]$$

Denne formel er ikke indført i regnearket.

Den grundlæggende formel 1 anvendes som om hver celle i den reducerede tabel svarer til en lyskilde.

Hvis θ_i er mindre end $1,5^\circ$, beregnes bidraget til sløringsluminansen som om θ_i er netop $1,5^\circ$.

Synsretningen beskrives ved en vektor $(1, \tan(H_C), \tan(V_C))$, hvor H_C og V_C er de (H,V) vinkelkoordinater, der angives for synsretningen. Synsretningen markeres i oversigtsbilledet ved en hvid plet, idet celler i billedtabellen med retninger, der afviger højst to celleafstande fra synsretningen, tildeles en værdi svarende til hvid.

Retningen mod en celle angives ved en vektor $(1, \tan(H), \tan(V))$, hvor H og V er vinkelkoordinaterne for den pågældende celle.

Cosinus til vinklen θ for en given celle findes som prikproduktet mellem de to ovennævnte vektorer divideret med længderne af de to vektorer:

$$\cos(\theta) = (1 + H_C \times H + V_C \times V) / (l_C \times l) \quad (\text{formel 2})$$

hvor l_C er længden af den vektor, der fastlægger observationsretningen,

og l er længden af den vektor, der peger mod den aktuelle celle.

Belysningsstyrken kan beregnes ved:

$$E = C \times L \times \cos(\theta) \times l^{-3}$$

hvor C er en konstant,

og L er cellens værdi.

Værdien af C er $(6 \times \delta)^2$, hvor δ er defineret i afsnit 3.1. Multiplikationen med 6 skyldes at den reducerede tabel har 6 gange så store celler som den fulde tabel.

Ved indsættelse af udtrykket for $\cos(\theta)$ fås:

(formel 3)

$$E = C \times L \times (1 + H_C \times H + V_C \times V) \times l^{-4} \times l_C^{-1}$$

Beregningen sker i to trin:

- først beregnes θ på grundlag af formel 2 for alle celler i en tabel med format som den reducerede tabel. Herunder udskiftes en værdi, der er mindre end $1,5^\circ$, med netop værdien $1,5^\circ$.
- dernæst beregnes E på grundlag af formel 3 for alle celler i en tabel med samme format og divideres straks med θ^2 . Desuden sættes værdien til 0, hvis L er mindre end den værdi, der er angivet for sort.

Til slut beregnes den samlede værdi af sløringsluminansen som summen af værdierne i den sidstnævnte tabel gange faktoren 10, se formel 1.

Resultatet er sløringsluminansen (cd/m^2) af udvalgte celler i oversigtsbilledet.

Værdierne i den sidstnævnte tabel kopieres over i en yderligere tabel, hvor værdien dog sættes til blank for de celler, der ligger uden for området for det reducerede og drejede udsnit. Ved summation af denne tabels værdier findes sløringsluminans (cd/m^2) af udvalgte celler i udsnittet.

Det er denne tabel, der benyttes til at bestemme markeringen af udsnittet i oversigtsbilledet som omtalt i afsnit 3.3.

Metoden til at afgøre om en celle ligger i udsnittet er at underkaste cellen den samme flytning og drejning som for celler udsnittet og derefter at sammenligne med den simple kasseformede afgrænsning, der findes i udsnittet.

3.4.3 Beregning af lysstyrke af en lyskilde

Lysstyrken beregnes på grundlag af udsnitstabellen. Derfor må udsnittet placeres, så det omfatter lyskilden, og helst reduceres, så det afgrænser tæt omkring lyskilden.

Lysstyrken I af en lyskilde i en given retning er defineret ved:

$$I = D^2 \times E$$

(formel 4)

hvor E er belysningsstyrken målt vinkelret på retningen i et punkt i retningen,
og D er afstanden til punktet.

Retningen til en celle, der indgår i lyskildens billede, er givet ved vinkelkoordinaterne (H, V) til den pågældende celle.

Belysningsstyrken E fra en sådan celle findes ved:

$$E = L \times \omega$$

hvor L er den luminans, som cellens værdi udgør,
og ω er den rumvinkel, som cellen udgør.

Værdien af ω findes ved:

$$\omega = C \times \cos^3(u)$$

hvor u er vinklen mellem retningen (H, V) og kameraets referenceretning,
og C er en konstant.

Da lysstyrken beregnes på grundlag af udsnitstabellen, har C har værdien δ^2 , hvor δ er defineret i afsnit 3.1.

E kan derfor bestemmes ved;

$$E = L \times \delta^2 \times \cos^3(u) \quad (\text{formel 5})$$

Afstanden D må imidlertid bestemmes på anden måde.

Udgangspunktet er figur 14, som viser at et plan, der står vinkelret på kameraets referenceretning, afbildes i det fulde billede med en opdeling i et kvadratisk mønster. Modulet i opdelingen er $\delta \times D_0$, hvor D_0 er afstanden fra kameraet til planet.

D_0 tænkes valgt, så lyskilden ligger i planet. Desuden placeres et objekt med en kendt dimension d i umiddelbar nærhed af lyskilden og således at udstrækningen af objektet ligger i planet. I det fulde billede fylder objektet et antal celler N, der er givet ved $N = d/(\delta \times D_0)$.

Samtidig kan N bestemmes i udsnitbilledet, ved at dette placeres og reduceres, så det netop omfatter objektet. Hvis dettes billede er drejet i udsnittet, er det nødvendigt at dreje billedet i udsnittet, så objektets billede ligger vandret eller lodret. N kan da aflæses af uddata for udsnittets størrelse målt i antal celler.

Derefter bestemmes D_0 ved $D_0 = d/(\delta \times N)$

Objektet antages at ligge i en retning med samme vinkel u i forhold til referenceretningen, hvorfor afstanden D findes ved $D = D_0/\cos(u) = d/(\delta \times N \times \cos(u))$. Når dette udtryk, og udtrykket for belysningsstyrken E fra formel 5 indsættes i udtrykket for I i formel 4 fås at lysstyrken fra den pågældende celle bliver:

$$I = L \times \delta^2 \times \cos(u) \times D_0^2 \quad (\text{formel 6})$$

Det bemærkes at en drejning af objektet væk fra det omtalte plan normalt ikke fører til væsentlige fejl. For eksempel vil en drejning af et centralt placeret objekt med 10° medføre en fejl på $-1,5\%$. Hvis objektet ligger 5° fra referenceretningen og drejes 10° , bliver fejlen op til $3,0\%$ afhængigt af drejningsretningen.

Det er klart at værdien af $\cos(u)$, som indgår i formel 5, i princippet varierer fra celle til celle inden for lyskildens udstrækning. Imidlertid må en lyskilde kun fylde et lille vinkelområde for at man kan tale om en lysstyrke, og derfor er variationen i $\cos(u)$ lille. Af denne grund er det tilladeligt at erstatte de individuelle værdier af $\cos(u)$ med værdien for den centrale retning mod lyskilden, som sættes til at være midtretningen i udsnittet. Dennes vinkel betegnes u_0 .

Derfor kan den samlede lysstyrke omsummeres ved

$$I_{\text{total}} = F \times \Sigma L \quad (\text{formel 7})$$

hvor F er $(\delta \times D_0)^2 \times \cos(u_0)$.

Summationen af L sker i en tabel, der allerede er opstillet til andet formål.

Betjeningsdelen af regnearket er udstyret med en lille regnemaskine til beregning af D_0 på baggrund af B og N. Brugeren må selv indsætte værdien.

Bilag A: Optagelse af billeder med et digitalt luminanskamera og fremstilling af en måletabel

A.1 Indledning

Dette bilag angår optagelse af billeder med et digitalt luminanskamera og bearbejdning af billederne. Kameraet er af typen "LMK mobile advanced" og er leveret af det tyske firma TechnoTeam i en pakke, som også omfatter et sæt neutrale filtre, kalibreringsdata, et program "LabSoft" til behandling af billeder og en manual.

Indstilling af kameraet og optagelse af billeder gennemgås i afsnit A.2, mens behandlingen af billeder med "LabSoft" programmet omtales i afsnit A.3.

Behandlingen resulterer i en stor tabel med kalibrerede værdier af luminans for hver enkelt af kameraets pixels. Tabellen udspænder et område i et (H,V) koordinatsystem, hvor H er en horisontal vinkel og V er en vertikal vinkel. Denne tabel omtales i afsnit A.4, hvor det forklares at kameraet normalt anvendes med maksimal zoom, fordi vinkeldækningen er tilstrækkelig og opløsningen er god..

Denne tabel anvendes som inddata til det pågældende Excel regneark.

I praksis er det en fordel at foretage indstillingen af kameraet hjemmefra, fordi det er lidt komplekst og bedre kan udføres i ro og mag. Man kan for eksempel genbruge en indstilling til en lignende situation. Der er dog én indstilling, der skal gentages hver gang man tænder for kameraet, se afsnit A.2, og det er nødvendigt at stille eller at kontrollere zoom indstillingen.

Som det fremgår af afsnit A.2 optager kameraet tripletter af billeder med tilsammen 2-3 sekunders eksponeringstid og en 2 sekunder forsinket udløsning. Kameraet skal derfor bruges i stativ, og det skal påregnes at en optagelse varer cirka 5 sekunder.

Regnearkets anvendelser viser at optagelse af billeder skal ske fra positioner på eller ved en vej. Det er derfor bedst at optagelser sker på trafiksvage tidspunkter og at kameraet placeres i et køretøj så risikoen for påkørsel reduceres.

Optagelser af retroreflekterende vejtafver i belysning fra køretøjets lygter er særligt krævende, fordi køretøjets placering og retning har betydning, så det helst skal placeres på kørebanen og rettes i køreretningen. Samtidig er det bedst at undgå at der findes andre køretøjer bagud, da deres lygter i så fald vil bidrage til tavlernes luminans. Det er også bedst at undgå at der er køretøjer forfra, da deres lygter trækker kraftige lysstriber hen over billedet.

A.2 Indstilling af kameraet og optagelse af billeder

Kameraet skal være indstillet til:

- a. Manuel "mode",
- b. Autofokus,
- c. Deaktivering af billede stabilisator,
- d. "Raw image mode",
- e. Kontinuert optagelse (automatisk optagelse af tre billeder),
- f. et ISO tal på 100,
- g. "Metering mode",
- h. En forsinkelse på 2 sekunder,
- i. Maksimum "Auto Exposure Bracketing, AEB".

Til punkt b. bemærkes at motivet kan være så mørkt eller jævnt, at autofokus ikke fungerer. I så fald vil kameraet ikke vil starte optagelsen og der må der skiftes til manuel indstilling af fokus.

Til punkt e. bemærkes at de tre billeder optages med eksponeringstider, der er henholdsvis som indstillet efterfulgt af en fire gange så lang eksponeringstid og en fire gange så kort. Herved har de tre billeder tilsammen et dynamik område, der 16 gange så stort som hvert enkelt billede. De tre billeder samordnes til ét billede i en efter følgende behandling, som omtales i afsnit 3.

Til punkt h. bemærkes at tidsforsinkelsen tjener til at kameraet kan falde til ro efter tryk på udløserknappen, så optagelserne ikke bliver rystede.

Til punkt i. bemærkes at de øvrige indstillinger bevares fra gang til gang, men at denne indstilling noget generende skal gentages hver gang der tændes for kameraet.

Kameraet skal normalt indstilles til maksimum zoom svarende til en brændvidde på 50 mm og en vinkelafstand mellem pixels i billederne på cirka $0,01^\circ$. Denne indstilling skal foretages hver gang kameraet tages ud af sit etui, og bør kontrolleres en gang imellem, da man nemt kommer til at ændre indstillingen under håndtering af kameraet.

Det er også muligt at stille linsen til minimum zoom svarende til en brændvidde på 17 mm og en vinkelafstand mellem pixels i billederne på knap $0,03^\circ$.

Yderligere skal eksponeringstid og blændetal indstilles. Der er følgende hensyn:

- a. Når pulsbredde modulerede lyskilder (typisk LED) indgår i målingerne, bør den korteste af de tre eksponeringstider være væsentligt højere end 0,01 sekund,
- b. blændetallet skal være mindst F4, da kameraet ikke er kalibreret til lavere værdier,
- c. luminanserne af de emner, som målingerne angår, skal helst ligge højt i området, så dette udnyttes bedst muligt,
- d. i det mindste ét af de tre billeder (det med lavest eksponering) må ikke være overbelyst af de emner, som målingerne angår,
- e. i det mindste ét af de tre billeder (det med højest eksponering) skal dække over de laveste luminanser i de relevante dele af motivet.

Punkt a. begrundes med at pulsbredde modulerede lyskilder kan have frekvenser ned til 100 HZ. Den formelt indstillede eksponeringstid ikke bør være lavere end 0,25 sekunder, så den laveste eksponeringstid bliver cirka 0,06 sekunder.

Til punkt b. bemærkes at det er en fordel at blændetallet ikke er for lavt, da dybdeskarpheden ellers bliver dårlig. Det anbefales at blændetallet er mindst F5.6.

Punkt d. uddybes med at billederne godt må have overbelysning fra emner, der ikke omfattes af målingerne, for eksempel fra vejbelysningsarmaturer og billygter hos modkørende.

Det samlede dynamik område for de tre billeder spænder over en faktor på godt 10.000.

Ved en indstilling af eksponeringstiden til 0,25 sekund og af blændetallet til F8, som ofte er brugbar i forbindelse med retroreflekterende vejtavler om natten, spænder dynamik området fra cirka $0,1 \text{ cd/m}^2$ til godt 1.000 cd/m^2 . Da eksponeringen ændres proportionalt med eksponeringstiden og omvendt proportionalt med kvadratet på blændetallet fås den oversigt over dynamik områder, der er vist i tabel A.1.

Tabel A.1: Oversigt over dynamik områder i cd/m².

Eksponering	Blænde				
	F5,6	F8	F11	F16	F22
1 sekund	0,0125 til 200	0,025 til 400	0,05 til 800	0,1 til 1.600	0,2 til 3.200
0,5 sekund	0,025 til 400	0,05 til 800	0,1 til 1.600	0,2 til 3.200	0,4 til 6.400
0,25 sekund	0,05 til 800	0,1 til 1.600	0,2 til 3.200	0,4 til 6.400	0,8 til 12.800

Med denne information er det som ofte muligt at vælge en brugbar indstilling af eksponering og blænde på forhånd - for eksempel ved at genbruge en indstilling, der tidligere har vist sig at være brugbar. Hvis man vil være på den sikre side, kan man tage billeder med mere end én indstilling og senere tage stilling til hvilken der er bedst.

Tabel A.1 viser at dynamik områderne spænder op til 12.800 cd/m², hvilket er tilstrækkeligt til nogle formål, men ikke til lyskilder såsom LED's i variable tavler eller signallygter af forskellige typer. Når sådanne er genstand for måling kan der benyttes ét af de tre gråfiltre, som er tilkøbt. Det mest egnede af disse har en kalibreret transmittans på cirka 5 % og øger derfor den øvre grænse for dynamik området med en faktor cirka 20.

Ved brug af dette filter kan dynamik området derfor hæves til at spænde op til for eksempel 200.000 cd/m², hvilket vil være tilstrækkeligt til at dække de fleste lyskilder. Hvis dette ikke strækker til, kan der benyttes et andet filter med lavere transmittans.

Men der gøres opmærksom på at en hævnning af dynamik områdets øvre grænse samtidigt fører til en hævnning af den nedre grænse, som kan blive op til for eksempel 15 cd/m². Det medfører at værdier for retninger med lav luminans ikke gengives korrekt, idet de præges af støj med positivt fortegn med værdier op til dynamik områdets nedre grænse.

Dette løft af værdier for retninger med lav luminans er acceptabelt i nogle tilfælde, men ikke når de lave luminansværdier også spiller en rolle. Dette gælder ved bestemmelse synsnedsettende blænding i motiver med stor variation af luminanserne, eller hvor der ønskes en korrekt visuel repræsentation i billedet.

Virkemidlet er i så fald at tage en triplet af billeder både med og uden gråfilter. Hver af de to tripletter bruges til at danne et billede med høj dynamik, hvorefter de to billeder samordnes til ét billede med meget høj dynamik. Der findes en omtale af hvorledes dette kan udføres i afsnit A.3.

A.3 Behandling af billeder

Der hører en PC til kameraet. Fordi de pågældende regneark er tunge er der valgt en kraftig PC, som er skruet op til maksimal ydelse og forsynet med 64 bit Excel program.

Ved start af PC'en fremkommer der et mønstret skærbillede. Klik på skærmen, hvorved log-on boksen fremkommer. Log på med password "kailyngby2800".

Hvis der er brug for det, kan der logges på en Microsoft konto på internettet med brugernavn "kai.sorensen@newmail.dk" og password "Bethlyngby2800".

NOTE 1: Det er muligt at ændre passwordet og at oprette flere Microsoft konti.

Indledningsvist indlæses de aktuelle billeder fra kameraet til en passende folder på PC'en og LabSoft programmet startes. Under starten fremkommer der en dialog boks "Select camera and lens". Klik på "1432325 lens" og derefter på OK.

NOTE 2: Herved peges på de kalibreringsdata, som programmet skal bruge til at konvertere kamerabilleder til billeder i absolut luminans. Disse data ligger på filer, som er tilgængelige for programmet. Valg af linsen medfører at data repræsenterer kameraet med den pågældende linse. Det er ikke tilstrækkeligt at vælge kameraet, fordi det opfattes som om kameraet er uden linse, og det findes der ikke kalibreringsdata til.

Der fremkommer endnu en dialog boks "Restore settings". Klik på "No".

NOTE 3: Hvis der klikkes på "Yes" indlæser programmet det billede, som sidst blev gemt under lukningen af programmet.

Åbn rullemenuen "Capture" og check at punktet "Canon files" findes. Hvis ikke dette er tilfældet, åbn rullemenuen "Camera" og klik på punktet "Change". Herved fremkommer den ovennævnte dialog boks "Select camera and lens" igen. Klik på "1432325 lens" og derefter på OK.

NOTE 4: Punktet "Canon files" findes kun når der er valgt brugbare kalibreringsdata.

Åbn rullemenuen "Capture" og klik på punktet "Canon files".

Der fremkommer en dialog boks "Conversion of Canon image files", som i et vindue viser de kamera billeder, der er til rådighed i en given folder. Det er som regel nødvendigt at browse for at finde den relevante folder.

Ved klik vælges der mellem "Single images" og "Image series" øverst i boksen. Vælg "Image series", hvorefter boksen viser de serier, der er til rådighed.

NOTE 5: Det antages at kameraet er brugt til at tage tre billeder med forskellig eksponeringstid i hurtig rækkefølge ved hver optagelse. De tre billeder i et sådant sæt ligger på hver sin fil i folderen, men genkendes af programmet som en serie, der skal kombineres til et enkelt billede med høj dynamik. Genkendelsen er baseret på at billederne er optaget umiddelbart efter hinanden og at de har samme indstilling af blænde og fokus.

NOTE 6: Billeder i en serie kan også være taget enkeltvis af brugeren og serien kan have flere end tre billeder med hver sin eksponeringstid. Et eller flere af billederne kan også være optaget med et neutralt dæmpningsfilter monteret på linsen. Sådanne billeder kan kombineres til ét billede med en meget høj dynamik. De kan anvises til konvertering ved valg af "Single images" og fremhævelse af samtlige relevante billeder i dialog boksen.

Nederst i dialog boksen kan der vælges der mellem "Program" og "Directory". Vælg "Program".

NOTE 7: Det ovennævnte er en angivelse af hvor det konverterede billede skal bruges eller lagres. Man er formentligt interesseret i at se billedet før det lagres og vælger derfor "Program".

Desuden skal man sikre sig at "Luminance image" er aktiveret ved et kryds i en lille firkant.

NOTE 8: Det aktuelle kamera giver kun mulighed for at konvertere billeder til et billede, der viser luminans. Andre kameraer giver også mulighed for konvertering til farve.

Dernæst klikkes på "Execute" nederst i dialog boksen. Når programmet har udført konverteringen, vises det konverterede billede i programmets hovedvindue under værktøjslinjen. Billedet viser luminans og er kalibreret.

NOTE 9: Under konverteringen kan der poppe advarsler op om overbelysning af ét eller flere billeder. Disse skal accepteres og bagefter bør man sikre sig at advarslene ikke angår emner, der er genstand for måling. Det kan for eksempel ske ved at identificere overbelysningen i programmets billede.

Åbn "Image" rullemenuen og klik på "Export image to text file". Der fremkommer en dialog boks, hvor der vælges "Export as array" hvorefter "Execute" aktiveres ved et klik. Dialog boksen giver mulighed for at vælge en passende folder, angive et passende filnavn og gemme tekstfilen. Herefter kan dialog boksen lukkes.

Tekstfilen rummer nu billedets luminansværdier i en tabel. Der kan fremstilles flere tekstfiler i en kørsel, hvorefter LabSoft programmet eventuelt kan lukkes.

Det enkleste er imidlertid at benytte den samme tekstfil igen og igen, og at lade den ligge på skrivebordet, hvor de relevante Excel regneark også findes. Der findes en sådan tekstfil "Nyt billede".

Fremgangsmåden er i så fald:

- a. dan en tekstfil med "LabSoft" programmet som beskrevet i det ovenstående,
- b. start det ønskede regneark, hvis det ikke allerede er startet, og hold det åbent,
- c. åbn tekstfilen, åbn rullemenuen "Rediger", klik på "Marker alt" og derefter på "Kopier",
- d. luk tekstfilen,
- e. klik på fanen "Måling" i det åbne regneark, klik på den celle, der skal være den øverste, venstre celle for tabellen (felt A2), åbn rullemenuen "rediger" og klik på "Indsæt",
- f. klik på fanen "Resultat og billede",
- g. gennemfør den ønskede behandling for det pågældende billede og gem eventuelt regnearket i en dertil oprettet folder med et navn, der modsvarer billedet,
- h. gå til punkt a. indtil alle billeder er behandlet.

Til punkt c bemærkes at tabellen kan indsættes efter kopieringen, også selv om tekstfilen lukkes.

Til punkt e. bemærkes at det område, hvori tabellen skal indsættes, vil være markeret fra sidste indsættelse og at det derfor er nemt lokaliserer den øverste venstre celle. Desuden bemærkes at indsættelsen tager lidt tid på grund af tabellens størrelse.

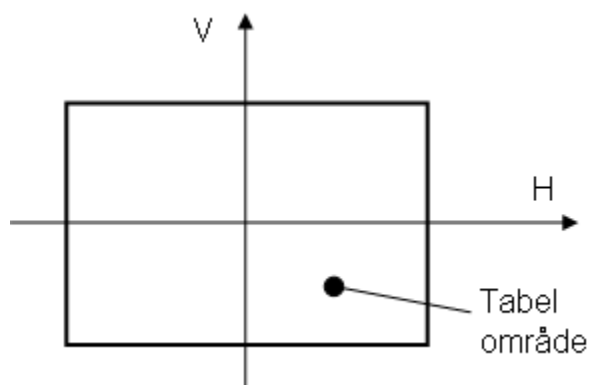
Til punkt g. bemærkes at den ønskede behandling fremgår af beskrivelsen af det pågældende regneark.

Det fremgår af det ovenstående at "LabSoft" programmet kan kombinere et antal billeder til en tabel med meget høj dynamik. Specielt til brug for regnearket til bestemmelse af synsnedsættende blanding er der opstillet et ekstra regneark, som løser denne opgave..

A.4 Den resulterende tabel

Den resulterende tabel udspænder et område i et (H,V) koordinatsystem, hvor H er en horisontal vinkel og V er en vertikal vinkel.

Figur A.1: Den resulterende tabel udspænder et område i et (H,V) koordinatsystem.



Tabellens søjler svarer til en konstant afstand målt i $\tan(H)$. Tabellens rækker svarer til samme konstante afstand målt i $\tan(V)$.

Afstanden mellem søjler og rækker afhænger af kameraets indstilling i zoom. Ved maksimal zoom er afstanden er 0,00018. Da tabellen har 2604 søjler og 1738 rækker dækker den et område på $\pm 0,234$ i $\tan(H)$ og $\pm 0,156$ i $\tan(V)$. Målt i vinkel svarer det til $\pm 13,2^\circ$ i H og $\pm 8,9^\circ$ i V. Afstanden målt i vinkel er cirka $0,01^\circ$ i tabellens centrale områder og lidt mindre i yderområderne.

Dette forklarer hvorfor kameraet normalt anvendes med maksimal zoom; dels er dækningsområdet normalt tilstrækkeligt og dels er opløsningen god – lidt bedre end det øjets normale syn på 1 bueminut (svarer til $0,0167^\circ$).