

Visueel waarnemen: het voorspellen van de zichtbaarheid van uitgebreide diepskyobjecten¹

(door Jan van Gastel)

I. Verschillende soorten indices om de zichtbaarheid te voorspellen

Het voorspellen van de zichtbaarheid van uitgebreide objecten is minder gemakkelijk dan het voorspellen van de zichtbaarheid van sterren. Dat komt omdat het licht niet in een ‘punt’ bij elkaar zit, maar verdeeld is over een per object verschillende oppervlakte. Daarom is, zoals eerder uiteengezet², het begrip ‘oppervlaktehelderheid’ in het leven geroepen. Luginbuhl en Skiff (1989) adviseren om zowel magnitude als oppervlaktehelderheid als indicator voor zichtbaarheid te gebruiken, maar noemen vervolgens als grenzen voor telescopen met objectiefdiameters van 150, 250 en 300 millimeter oppervlaktehelderheden van respectievelijk 13, 14 en 14.5 magnitudes/boogseconde², zonder verder op de te gebruiken combinatie van magnitude en oppervlaktehelderheid in te gaan. Wel geven zij aan dat de oppervlaktehelderheid als indicator van zichtbaarheid mede afhankelijk is van de waarneemomstandigheden (achtergrondhelderheid) en dat objecten die relatief veel licht in het centrum concentreren ook bij hogere waarden dan de hierboven genoemde nog te zien zijn. In dat geval ziet men, zoals eerder uitgelegd, alleen het centrale, heldere deel. Een ander, meer algemeen³ probleem bij het voorspellen van de zichtbaarheid, is het feit dat er nogal verschillen zijn tussen catalogi in de opgave van magnitude en afmetingen van diepskyobjecten. Afhankelijk van de gebruikte catalogus kan men dus tot verschillende conclusies aangaande zichtbaarheid komen. We zullen de verschillende indices die worden gebruikt eens onder de loupe nemen en met elkaar vergelijken.

1. Indices gebaseerd op contrast tussen achtergrond en object

De bekendste computerprogramma's om de zichtbaarheid van uitgebreide diepskyobjecten te voorspellen zijn gebaseerd op de door Clark (1990) ontwikkelde inzichten. Het bekendste voorbeeld is het eerder gebruikte programma ‘ODM’⁴ van Mel Bartels. Voor een bespreking daarvan verwijs ik mijn artikel, genoemd in voetnoot 2. Een ander op Clark gebaseerd, doch aangepast programma is ‘Tele’ van José Ramón Torres Lapasió (2000)⁵. Zijn aanpassingen komen voort uit kritiek op de werkwijze van Clark. Clark bekijkt pas of een object zichtbaar is nadat de OMVA⁶ is vastgesteld en gaat niet na of een object wellicht ook eerder in het rekenproces (bij andere vergrotingen) zichtbaar is. Clark's methode leidt er bij kleine⁷, zelfs relatief heldere objecten (in de praktijk planetaire nevels van slechts enkele boogseconden) toe, dat er vergrotingen worden berekend van meer dan 10.000 keer, met vaak als onterechte conclusie dat het object niet zichtbaar is. Mel Bartels heeft zijn op Clark gebaseerd programma ‘ODM’ in die zin aangepast, dat dit probleem niet optreedt.

¹ Met dank aan Guus Gilein voor het aanleveren van databestanden uit Eye & Telescope en het meedenken inzake de ‘contrastreserve’, Bert Dekker voor het aanleveren van eigen waarnemingen en Arie Otte voor het kritisch doorlezen van eerdere versies van het artikel.

² In het artikel “Visueel waarnemen: de zichtbaarheid van uitgebreide diepskyobjecten”.

³ Niet afhankelijk van de gebruikte methode.

⁴ De optimale vergroting volgens Clark is OMVA/korte as van het object, beide berekend in boogminuten. Voor een object met korte as van 3 boogminuten, waarvoor een OMVA van 120' wordt berekend dus $120/3=40$ x.

⁵ Het programma ‘Tele’ kan naast de OptDM ook de OMVA en ODM berekenen en de grensmagnitude voor een bepaalde telescoop onder bepaalde omstandigheden. Voor de OptDM kan behalve grafische output als in figuur 2 ook output in tabelvorm worden opgevraagd.

⁶ Optimum Magnified Visual Angle, ofwel de hoekgrootte waarbij het object het best zichtbaar is, volgens Clark.

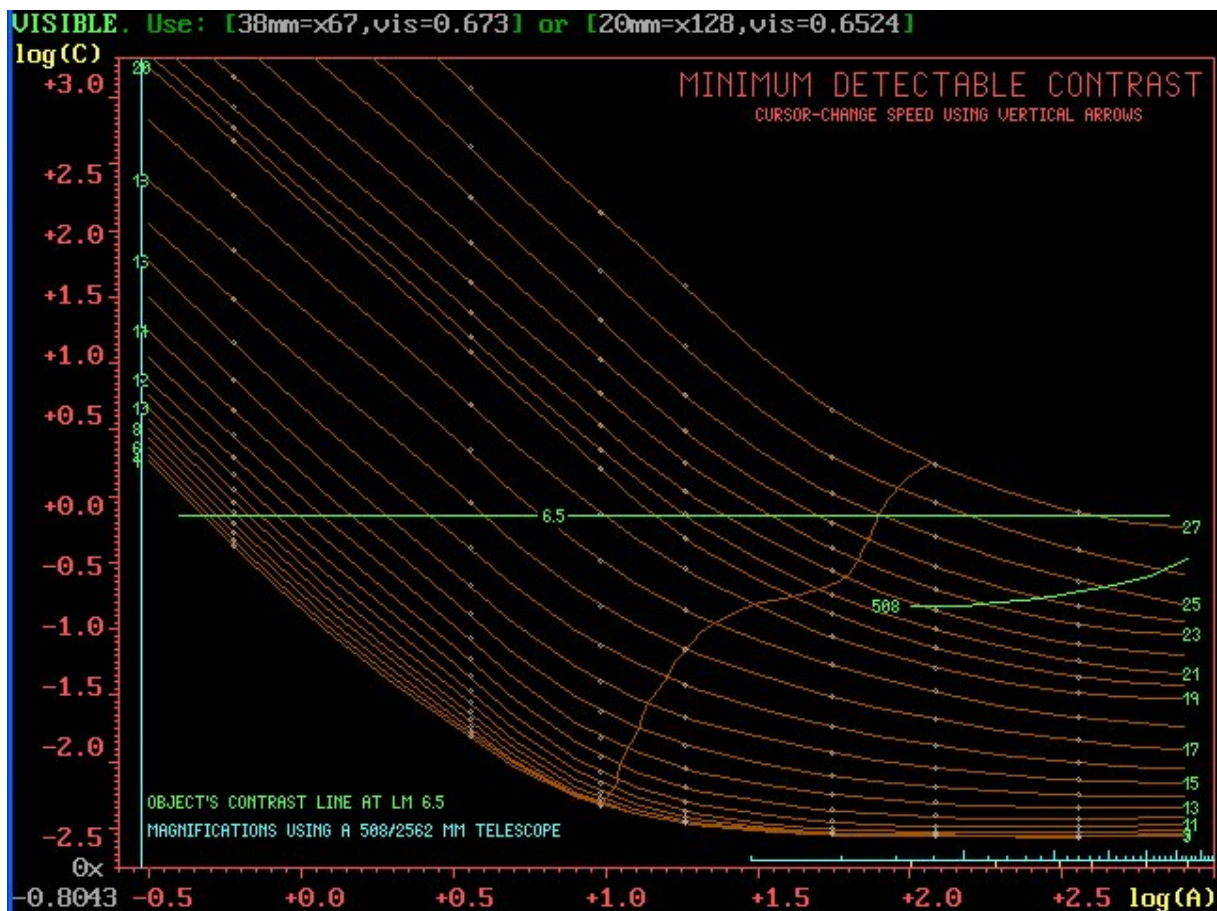
⁷ Als we het hebben over ‘kleine’ of ‘grote’ objecten, bedoelen we steeds de hoekgrootte van de objecten.

Lapasió gaat anders te werk dan Clark. Hij berekent vooraf de 'contrastlijn' van het object. Dat is de lijn die aangeeft bij welk contrast met de achtergrond het object nog zichtbaar is. Het contrast tussen object en achtergrond verandert niet door vergroting, dus kan al aan het begin van de rekenprocedure worden berekend. Voorts berekend Lapasió een 'limit of detection curve' voor de zinvolle range van vergrotingen. Het object is zichtbaar als (of voor zover) deze curve onder de contrastlijn ligt (zie figuur 2). Het resultaat is, dat de optimale vergrotingen niet noodzakelijkerwijs op de OMVA curve liggen zoals in de procedure van Clark. In de praktijk leveren beide programma's voor niet al te kleine objecten dezelfde conclusies op wat het wel of niet zichtbaar zijn van een object betreft, ook al komt het regelmatig voor dat volgens het ene het object net wel, volgens het andere net niet zichtbaar is en ook al worden soms enigszins verschillende optimale vergrotingen berekend. Het programma van Lapasió geeft wel betere resultaten op kleine objecten. Wat bij Clark 'ODM' heet, heet bij Lapasió 'OptDM'. Voor een uitvoerige, van voorbeelden voorziene, bespreking van de verschillen in berekeningswijze, die zowel een goed inzicht geeft in de methode van Clark als in die van Lapasió zelf, verwijs ik graag naar het artikel van Lapasió (literatuur 10).



Figuur 1: voorspelling volgens de OMVA, van Clark

Figuur 1 en figuur 2 geven de resultaten van de berekening van de zichtbaarheid en optimale vergroting van een object van magnitude 12, met afmetingen van (lange en korte as) 2 x 1.5 boogminuten, bij een grensmagnitude van 6.5, volgens respectievelijk de methode Clark en de methode Lapasió. In figuur 1 ligt, per definitie, de optimale vergroting op de OMVA-curve, in figuur 2 niet. Clark geeft als optimale vergroting 68 x, Lapasió 67 x, hetgeen we kunnen zien als 'geen verschil'. Ook de zichtbaarheidsindex is bij beide gelijk: 0.67. In figuur 2 is ook



Figuur 2: Voorspelling volgens Lapasió

duidelijk te zien dat het object zichtbaar is, want het ligt geheel onder de contrastlijn. Wijzigen we de afmetingen van het object in 0.02×0.02 boogminuten, dan is dat object volgens de methode Lapasió *zichtbaar* bij een optimale vergroting van 200x, volgens de methode Clark *onzichtbaar*, terwijl een irreële 'optimale' vergroting van 18001x wordt berekend. Volgens het programma ODM van Mel Bartels is het object eveneens *zichtbaar*, bij een optimale vergroting van 162x.

Er zijn op dit moment drie observatie planningsprogramma's die een zichtbaarheidsindex, gebaseerd op het werk van Clark, hebben opgenomen: Het Duitse *Eye & Telescope* (literatuur 21), het Amerikaanse *Skytools 3* (literatuur 22) en het Belgische *Deepskylog* (literatuur 20). In het Duitse programma en in *Deepskylog*, wordt de zichtbaarheidsindex "Contrastreserve" genoemd. De contrastreserve uit *Eye & Telescope* zullen we vergelijken met hieronder nog te bespreken indices. De hierboven genoemde programma's geven vrij goede voorspellingen, maar bij het voorspellen van de zichtbaarheid van objecten met een ongelijke verdeling van licht over het oppervlak, met name objecten waar veel licht in het centrum is geconcentreerd, geven ze een te pessimistische schatting. Bij gebruik van deze programma's is het goed daar rekening mee te houden bij de beslissing een object wel of niet in een waarnemlijst op te nemen.

2. Indices gebaseerd op het combineren van magnitude en oppervlaktehelderheid

Om te proberen het probleem van de ongelijke lichtverdeling in deepskyobjecten mee te nemen in voorspellingen zijn door verschillende waarnemers pogingen ondernomen om hiermee wel rekening te houden en een gecombineerde zichtbaarheidsindex te ontwikkelen

van magnitude en oppervlaktehelderheid. Een voordeel van deze (op die van Rachford, zie onder, na) indices is, dat ze eenvoudig te berekenen zijn en dat er geen programma voor nodig is om dat te doen.

Voorbeelden van dit type index, zijn die van Bert Dekker uit Nederland en Bill Ferris en Jeff Medkeff uit de Verenigde Staten. Hun indices (VI voor Dekker en Ferris, VF voor Medkeff)⁸ worden als volgt berekend (H=oppervlaktehelderheid, M=magnitude):

- *Bert Dekker*: $VI = H + M - 13$. In zijn 150 mm Newton zijn voor hem objecten zichtbaar als de score op de index lager is dan 13.
- *Bill Ferris*: $VI = H + M - 30$ (literatuur 12).
- *Jeff Medkeff*: $VF = H \times M$ (literatuur 11).

Omdat Dekker en Ferris beide magnitude en oppervlaktehelderheid optellen, geven hun indices ondanks de verschillende getallen die hun berekeningen opleveren, beide dezelfde ordening van objecten als we ze rangschikken van laag (relatief goed zichtbaar) naar hoog (relatief minder goed zichtbaar) op de index. Volgens Dekker en Ferris werken deze indices voor hen goed, hoewel er een grijs gebied is waar de voorspelling soms misgaat. Volgens Ferris is dat vooral bij zeer uitgestrekte objecten. Medkeff zegt dat voor hem zijn VF wel werkt, maar een andere combinatie van magnitude en oppervlaktehelderheid niet. Deze formules zullen er wel toe neigen (a) *heldere* (lage magnitude), *grote* objecten (lage oppervlaktehelderheid) en (b) *zwakke* (hoge magnitude), *kleine* objecten (hoge oppervlaktehelderheid) beide als goed zichtbaar te plaatsen (omdat: $4 \times 2 = 2 \times 4$ en $4 + 2 = 2 + 4$), wat bij grote objectbestanden waarin beide typen objecten voorkomen tot foute voorspellingen aanleiding kan geven.

3. Indices gebaseerd op de helderheid van het binnenste, heldere deel van objecten

Als het binnenste deel van objecten helderder is dan de buitendelen, wellicht, zo hebben waarnemers gedacht, kunnen we dan de helderheid van dat binnenste deel als zichtbaarheidsindex hanteren. Deze methode is gebruikt door Brian Rachford, Tony Flanders en Don Pensack (zie literatuurlijst). Brian Rachford maakt een eigen index de V_T-fit, uit fotometrische gegevens van sterrenstelsels. Hij rapporteert tevens de helderheden van de binnenste halve, één en twee boogminuten diameter. De helderheid van de binnenste boogminuut wordt vervolgens door Flanders als zichtbaarheidsindicator gebruikt. Beide vinden hun resultaten 'veelbelovend'.

Don Pensack wil graag een zichtbaarheidsindicator opstellen voor beginnende waarnemers (ervaren waarnemers hebben die volgens hem niet nodig). Hij heeft geprobeerd met de 3rd Reference Catalogue of Bright Galaxies (RC3), waarin de oppervlaktehelderheid gegeven wordt van de binnenste 50% van de sterrenstelsels na te gaan of de helderheid van dit binnenste deel wellicht en goede indicatie is. Zijn conclusie (literatuur 16) luidt, dat dit niet het geval is. Hij trekt dus een andere conclusie dan Tony Flanders. In de top 100 die door Pensack via deze methode werd gegenereerd in de RC3 kwamen maar vier Messier sterrenstelsel voor. Daarnaast werden veel erg kleine stelsels met een heldere kern als zichtbaar geplaatst, terwijl die dat in veel mindere mate zijn dan bekende objecten die via deze werkwijze juist als niet goed zichtbaar werden geplaatst. Het objectenbestand van Rachford bestaat uit 260 *vrij heldere* sterrenstelsels (slechts zeven zijn zwakker dan magnitude 12) uit de NGC catalogus. De door Pensack gebruikte RC3 catalogus is een bestand van enkele duizenden stelsels, waaronder *veel lichtzwakke*. Dit heeft gevolgen voor

⁸ VI=Visibility Index, VF=Visual Factor.

de ordening als we gebruik maken van de verschillende indices, zoals we hieronder zullen zien. Als gevolg hiervan kan het gebruiken van een bepaalde index bij het ene bestand wel en niet bij het andere bestand niet tot bruikbare resultaten leiden, hetgeen de verschillende conclusies van Pensack en Flanders waarschijnlijk verklaart. Deze methode is in elk geval voor bestanden waar veel kleine, lichtzwakke objecten in voorkomen, onbruikbaar.

II. Vergelijking van zichtbaarheidsindices

1. Correlaties

Op verschillende (zeer) grote en wat kleinere bestanden van sterrenstelsels⁹ hebben we correlaties¹⁰ berekend tussen de verschillende indices. Dit leverde één duidelijk resultaat op: de correlaties tussen VF en VI waren steeds zeer hoog: 0.99 -1.00¹¹. Het lijkt er dus op dat verschillen tussen deze twee indices zo klein zijn, dat ze onderling uitwisselbaar zijn. Omdat de volgorde ondanks de hoge correlatie wel enigszins kan verschillen (zie tabel 3), zal de voorspelling in de zin van ‘welk object is het best zichtbaar’ de ene keer door de ene, de andere keer door de andere juist zijn. Daarnaast waren er verschillen in correlaties tussen *dezelfde* indices, berekend op *verschillende bestanden* van objecten. Bij analyse bleek, dat deze verschillen te verklaren waren *door het verschil in samenstelling van de bestanden*. De gebruikte *kleine* bestanden bestonden voornamelijk uit relatief grote, heldere stelsels, terwijl de *grote* bestanden (veel) meer kleine, lichtzwakke stelsels telden. In tabel 1 hieronder, zijn de correlaties tussen de gebruikte indices samengevat, berekend op een bestand van 27701 sterrenstelsels, zowel voor het totale bestand als afzonderlijk voor de 400 grootste en de 400 kleinste¹² stelsels. Op andere bestanden (alle van sterrenstelsels) zijn echter geheel andere verbanden gevonden, zoals correlaties tussen VI en magnitude van 0.03, op een bestand van stelsels met een lage contrastreserve, tegenover 0.79 (in het zelfde bestand) bij stelsels met hoge contrastreserve. Correlaties tussen VI en oppervlaktehelderheid varieerden van 0.04 tot 0.77, afhankelijk van de samenstelling van het bestand. In heel specifieke bestanden zoals ‘galaxies of Andromeda’ en het bestand van Albert Highe, die naar zeer zwakke stelsels (tussen magnitude 13 en 17) keek binnen vier graden van NGC 1275, vonden we hoge correlaties (rond de 0.75) tussen VI en Oppervlaktehelderheid. De hoogste correlatie tussen VI en magnitude was 0.98.

| | VI*M | VI*Sbr | VI*K-res | K-res*M | K-res*Sbr |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Kleine stelsels | 0.67 | 0.94 | 0.75 | -0.30 | -0.80 |
| grote stelsels | 0.94 | 0.89 | 0.91 | -0.77 | -0.91 |
| gehele lijst | 0.78 | 0.67 | 0.80 | -0.58 | -0.60 |

Tabel 1: correlaties tussen indices, op grote en kleine galaxy bestanden; VI=visibility index, M=magnitude, K-res=contrastreserve, Sbr=surface Brightness. Berekend op een bestand van 27701 galaxies.

Uit tabel 1 en de hierboven nog gemelde correlaties kunnen we concluderen, dat de correlaties tussen de verschillende indices, afhankelijk zijn van de aard van het databestand waar ze op berekend zijn. Naarmate er meer *kleine* stelsels deel van uitmaken met een relatief *hoge*

⁹ Er is gekozen voor sterrenstelsels, omdat zich vooral hierbij het probleem van ongelijke lichtverdeling in de zin van ‘concentratie in het centrum’ voordoet. Voor op te lossen open sterrenhopen en bolhopen geldt de grensmagnitude. Voor niet op te lossen sterrenhopen, geldt hetzelfde als voor sterrenstelsels.

¹⁰ Een correlatie geeft een verband aan tussen twee variabelen, bijvoorbeeld ‘een hoge score op de ene betekent ook een hoge score op de andere’. Een correlatie ligt altijd tussen 0 en 1. Bij ‘0’ is er geen correlatie, bij ‘1’ is de correlatie zeer sterk.

¹¹ Was alleen bij Rachford iets lager: 0.96.

¹² Groot en klein met betrekking tot afmeting van de kleine as in boogminuten.

magnitude, wat gewoonlijk samen gaat omdat dit beide te maken heeft met het feit dat de betreffende stelsel relatief ver weg staan, is de correlatie met magnitude over het algemeen lager en de correlatie met oppervlaktehelderheid hoger in vergelijking met dezelfde correlaties in datasets waarin het relatieve aandeel van kleine, zwakke sterrenstelsels gering is. De correlatie tussen de indices 'contrastreserve (K-res) en 'VI' in tabel 1 varieert van 0.75 tot 0.91. In andere bestanden werden vergelijkbare correlaties aangetroffen. Er is dus een duidelijke relatie tussen beide indices, maar ze zijn niet onderling uitwisselbaar. Uit deze correlaties zijn geen conclusies te trekken aangaande de kwaliteit van deze indices als voorspeller van de zichtbaarheid van diepskyobjecten. Daarvoor hebben we een criterium nodig.

2. Criterium

Om goed te kunnen nagaan welke index nu het beste prediceert zouden we moeten kunnen beschikken over gegevensbestanden waar ook in is opgenomen of een bepaald object met een bepaalde telescoop nu wel of niet is waargenomen. Anders ontbreekt het criterium.

Medkeff

De enige waarnemer (mij bekend) die dit criterium speciaal met het doel een index te creëren in zijn analyse heeft meegenomen is Jeff Medkeff. Hij heeft speciaal voor zijn onderzoek naar een bruikbare zichtbaarheidsindex 500 sterrenstelsels bekeken met een 5 inch telescoop. Zijn conclusie is, dat een index zoals hij die gebruikt, *het product* van magnitude en oppervlaktehelderheid (de VF) beter is dan een VI gebaseerd op *de som* van magnitude en oppervlaktehelderheid. De correlaties van 0.99 – 1.00 geven weliswaar aan dat er toch wel erg veel overeenkomst is, maar het blijft mogelijk dat in een bepaald bestand in het grijze gebied van nog net wel of net niet zichtbaar de ene keer de balans naar de ene, de andere keer naar de andere kant doorslaat, in Medkeff's geval dus naar de kant van VF. Medkeff geeft dit, zonder cijfers te geven, ook zelf aan.

Highe

Albert Highe was niet van plan een index te construeren, maar heeft wel genoteerd hoeveel % van de tijd elk object dat hij waarnam met averted vision (het waren lichtzwakke objecten) in het oog was te houden¹³. Dit gegeven kunnen we als criterium gebruiken, hoewel het anders is dan wel/niet waargenomen, want hij heeft ze allemaal gezien. Het zegt wel iets over 'het relatieve gemak' waarmee de stelsels zijn waargenomen. De correlaties met dit criterium voor respectievelijk magnitude, oppervlaktehelderheid, VI en VF zijn: -0.66, -0.64, -0.74 en -0.74. Geen hoge correlaties, dus de indices leveren hier slechts een matige voorspelling op.

Ferris

Bill Ferris (VI), die niet over dit harde criterium beschikt, ging na in welke mate de rangordening van bekende Messier objecten door zijn VI overeenkomt met zijn (zeer grote) ervaring inzake de zichtbaarheid van die objecten. Zijn conclusie is, dat die goed overeenkomt, maar niet beter dan de magnitude van de betreffende objecten. Wat hem betreft, zo verdedigt hij in een discussie op het Cloudy Nights forum (literatuur 13 en 15) kunnen we dus net zo goed de magnitude als indicator gebruiken. Zijn bestand (meer dan 500 sterrenstelsels) geeft een correlatie te zien tussen magnitude en VI van 0.94, hetgeen deze conclusie ondersteunt. Zoals we echter hebben gezien zijn er ook bestanden met (beduidend) lagere correlaties tussen VI en magnitude, waarvoor deze conclusie dus niet geldig is. In zijn algemeenheid gaat de visie van Ferris dus niet op. Don Pensack komt op grond van zijn eigen,

¹³ Gezien het hoge percentage "100%" een vrij scheve verdeling.

deels met Ferris vergelijkbare experimenten, tot de conclusie dat een bruikbare index eigenlijk niet bestaat. Hij gebruikte met name de (veel grotere en daardoor meer diverse) RC3 catalogus voor zijn onderzoek, hetgeen andere, minder eenduidige resultaten opleverde.

Dekker

Bert Dekker (VI) hanteert als proefondervindelijk, voor zijn telescoop en zijn waarneemomstandigheden vastgesteld criterium, een VI van 13 als grens waaronder een object wel en waarboven een object niet zichtbaar is. Daarbij is er wel een grijs gebied, waardoor soms een object met een lagere VI niet en met een hogere VI nog welk zichtbaar is. In tabel 2 zijn die waarnemingen van Bert Dekker samengevat, die liggen op de grens van het voor zijn 150 mm telescoop haalbare. In de tabel is ook de contrastreserve opgenomen. Voor zover die niet bekend was, is die berekend met het programma 'Tele' na ijking op de contrastreserve's die wel in een van de door Guus Gilein aangeleverde bestanden waren te vinden¹⁴.

| Object | Mv | Sb | Grensmag | VI | k-reserve | Waargen. ? |
|----------|------|------|----------|------|-----------|------------|
| NGC 4490 | 9.8 | 13 | 6 | 9.8 | 0.57 | ja |
| NGC 3413 | 12.1 | 12 | 6.2 | 11.1 | 0.21 | nee |
| NGC 4485 | 11.9 | 13.8 | 6 | 12.7 | 0.20 | ja |
| NGC 672 | 10.9 | 13.8 | 6.2 | 11.7 | 0.18 | ja |
| NGC 380 | 12.5 | 12.8 | 6.2 | 12.3 | 0.17 | ja |
| NGC 383 | 12.4 | 13.6 | 6.2 | 13 | 0.14 | ja |
| NGC 3430 | 11.6 | 13.8 | 6.2 | 12.4 | 0.13 | ja |
| NGC 385 | 13 | 13.1 | 6.2 | 13.1 | 0.08 | nee |
| NGC 379 | 12.9 | 12.9 | 6.2 | 12.8 | -0.02 | ja |
| NGC 3424 | 12.4 | 13 | 6.2 | 12.4 | -0.09 | ja |
| IC 1727 | 11.5 | 14.6 | 6.2 | 13.1 | -0.13 | ja |
| NGC 684 | 12.3 | 13.2 | 6.1 | 12.5 | -0.24 | ja |

Tabel 2: vergelijking op basis van waarnemingen van Bert Dekker

In tabel 2 zien we het volgende:

- alle vier de volgens de contrastreserve onzichtbare objecten waren waargenomen;
- Op twee na, waren ook alle objecten waargenomen die volgens de contrastreserve zichtbaar waren. NGC 385 bevond zich iets boven de grens van 13.0 (13.1), dus dit zou daaruit te verklaren kunnen zijn, maar bij NGC 3413 gaat dit niet op. Zowel volgens de contrastreserve als volgens de VI zou dit object goed zichtbaar moeten zijn.

Volgens de waarnemer zelf, is het mogelijk dat de beide, vrij kleine objecten, met iets hogere vergroting wellicht nog wel zouden zijn waargenomen. Volgens *Tele* echter, ligt de optimale vergroting van NGC 3413 met een 150 mm telescoop bij 78 x. Bert Dekker heeft waargenomen met een vergroting van ongeveer 180 x. De 'zichtbaarheidscurve' voor NGC 385 ligt volgens *Tele* boven de contrastlijn en raakt deze slechts op één punt, bij een

¹⁴ Het betreft hier de negatieve waarden in de kolom 'contrastreserve' in tabel 6. Dat die in het aangeleverde bestand niet voorkwamen komt, omdat voor dat bestand geen zwakkere objecten waren geselecteerd dan die, die volgens de contrastreserve op de grens van zichtbaarheid liggen.

vergroting van 60 x. Een reden waarom een object op de grens van zichtbaarheid niet te zien is, kan ook de lichtverdeling over de oppervlakte van het object zijn. Een gelijkmatige lichtverdeling maakt een object moeilijker zichtbaar dan een object met een helderheidsconcentratie in het centrum. Beide objecten hebben echter een duidelijke helderheidsconcentratie in het centrum, hetgeen hun zichtbaarheid dus juist zou moeten bevorderen. Mijn conclusie is dan ook, dat op het moment van waarneming NGC 385 echt niet te zien was, terwijl het niet waarnemen van NGC 3413 naar mijn mening eerder te verklaren is door een te hoge vergroting dan een te lage, of door een onbekende omstandigheid. De conclusie uit tabel 2 is in elk geval, dat de VI voor Bert Dekker met de door hem bepaalde grenswaarde '13' zwakkere objecten als zichtbaar *voorspelt* dan de contrastreserve, terwijl ze voor hem ook *inderdaad zichtbaar zijn*. Het gaat om ongeveer 30% van de objecten (zie echter ook voetnoot 25).

3. Top 25

| VF | VI | K-reserve | Magnitude | Oppervl helderh |
|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------------|
| M31 | IC4700 | IC4700 | M31 | MCG-1-32-33 |
| IC4700 | M31 | M31 | M33 | UGC6887 |
| M33 | UGC6887 | UGC6887 | IC4700 | IC452 |
| UGC6887 | M33 | M32 | M81 | UGC10869B |
| M81 | M81 | M104 | M101 | IC1259 |
| MCG-1-32-33 | MCG-1-32-33 | M51 | M110 | NGC573 |
| M32 | M104 | M81 | M32 | NGC5846A |
| M104 | M32 | M77 | M51 | IC4763 |
| M51 | M51 | M49 | M94 | NGC2462 |
| M64 | NGC676 | M64 | NGC2403 | MCG-3-26-6 |
| NGC676 | M64 | NGC4449 | M104 | IRAS00037+1955 |
| M49 | M49 | M87 | M49 | MCG-2-33-37 |
| M94 | M77 | M33 | M106 | NGC3047A |
| M101 | M87 | M60 | IC4895 | IC741 |
| M110 | M94 | NGC4697 | NGC6822 | UGC5953 |
| M82 | M82 | NGC4699 | IC342 | UGC5188 |
| M77 | NGC4449 | M94 | M64 | UGC130 |
| M106 | NGC3115 | NGC676 | M63 | IC1866 |
| M87 | M110 | M82 | M82 | NGC2719A |
| M60 | M65 | M85 | M87 | NGC3047 |
| M66 | M60 | NGC3115 | M77 | NGC4121 |
| NGC4449 | NGC4699 | MCG-1-32-33 | M60 | UGC7731 |
| M63 | M66 | M66 | NGC2903 | IC4173 |
| NGC3115 | M106 | M84 | M66 | NGC4933B |
| M65 | NGC4697 | M105 | M86 | IC206 |
| 19 | 17 | 17 | 19 | 0 |

Tabel 3: zichtbaarheids top 25, berekend met de verschillende indices.
Onderste rij: aantal Messier objecten per index.

Voor een inhoudelijke vergelijking van indices het volgende gedachte-experiment: stel we zouden een beginnend visueel waarnemer een lijstje met de 25 gemakkelijkst zichtbare

objecten willen geven om te beginnen met waarnemen. Welke index zouden we dan het best kunnen gebruiken. In tabel 3 is deze ‘top 25’ voor een vijftal indices naast elkaar gezet¹⁵. In de onderste rij van de tabel is het aantal Messier objecten van elke kolom genoteerd. Messier objecten behoren namelijk onder een heldere, niet of weinig lichtvervulde hemel, tot de best zichtbare objecten, ook met kleine objectiefdiameters. Van belang om op te merken met betrekking tot de Contrastreserve is, dat die is berekend voor een hemel met grensmagnitude 6.8 en zonder rekening te houden met extinctie, om de verschillende indices vergelijkbaar te houden. Voor een minder donkere hemel levert de Contrastreserve namelijk andere resultaten op, waardoor een goede vergelijking voor dit doel niet mogelijk is¹⁶.

Wat in tabel 3 opvalt, is het volgende:

1. In de kolommen van de hierboven besproken indices VF en VI (kolom 1 en 2), met respectievelijk 19 en 17 Messierobjecten, komen op enkele uitzonderingen na dezelfde objecten voor. M101 en M63 komen wel in de VF, maar niet in de VI voor. In de VI komen daarentegen NGC 4697 en NGC 4699 voor, die niet in de VF voorkomen. We zagen eerder dat deze twee indices zeer hoog correleerden. Wel verschilt voor veel objecten de rangorde, gewoonlijk een of twee plaatsen, maar soms toch nog een plaats of vier, vijf (M77, M110, NGC 4449). Er is dus enig verschil tussen deze indices.
2. In de top 25 gebaseerd op *Contrastreserve* (kolom 3) treffen we 17 Messierobjecten aan. We missen M110 en M65 van de VI kolom en M101 en M63 van de VF kolom. In de plaats daarvan komen in deze kolom de objecten M84 en NGC 4697.
3. De kolom (M)agnitude (kolom 4) telt evenals de kolom VF 19 Messier stelsels. Nieuw ten opzichte van alle andere kolommen zijn NGC 2403, NGC 2903, NGC 6826, IC 342 en M86. Dit zijn stelsels die qua formaat *groot* zijn in vergelijking tot de stelsels met vergelijkbare magnitude uit de andere kolommen, die niet in de M-kolom voorkomen. Gezien de lagere oppervlakte helderheid die daar het gevolg van is zijn deze mogelijk minder goed zichtbaar, ondanks de relatief gunstige magnitudes. Indien ze echter een heldere kern hebben, kunnen ze wellicht nog wel worden waargenomen.
4. In de top 25 gebaseerd op alleen *oppervlaktehelderheid* (kolom 5) komen geen Messier objecten voor. De enige twee stelsels die ook in een of meer van de andere kolommen voorkomen zijn de twee bovenste: MGC-1-32-33 en UGC 6887. Op een zestal uitzondering na staan er alleen objecten in deze kolom van magnitude 13 of hoger, met afmetingen van, weer op een enkele uitzondering na, ongeveer 0.5 boogminuten grote en kleine as of nog minder. In de praktijk zijn deze objecten niet gemakkelijk maar juist moeilijk te zien.

De enige index die echt een onjuiste voorspelling van een ‘top 25 van best zichtbare objecten’ geeft is kolom 5: *de oppervlaktehelderheid*. In deze kolom komen zo goed als uitsluitend objecten voor die juist moeilijk zichtbaar zijn. Van de andere vier indices heb ik alle stelsels die niet tot de Messier catalogus behoren opgezocht in *Deepskylog.be*, om de zichtbaarheid ervan na te gaan. Dit leverde de volgende resultaten op:

1. IC 4700 bleek een open sterrenhoop en geen sterrenstelsel. Het is wel een goed zichtbare sterrenhoop, ook in kleinere telescopen.
2. MGC -1-32-33. Hierover vond ik geen zichtbaarheidinformatie, ook niet op het internet. Het betreft hier een klein stelsel (0.28' x 0.23'). Magnitudeopgaven liepen van 11.4 (in de gebruikte catalogus) tot 14.8 (NED) en zelfs 15.5 (Skytools). Dat het in de VI en VF is doorgedrongen heeft vooral te maken met de relatief hoge oppervlaktehelderheid. Gezien

¹⁵ Voor de methode Rachford kon het niet berekend worden.

¹⁶ Voor een lijst objecten waar te nemen op een bepaalde avond zouden we voor een optimale voorspelling bij alle indices wel rekening moeten houden met de plaatselijke situatie met betrekking tot lichtvervuiling en met extinctie als we lager waarnemen dan zenit.

de geringe afmetingen van het object is een flinke vergroting nodig (optimaal 180 x volgens het programma *Tele*) om het zichtbaar te maken. De achtergrond, gegeven de uitreepupil van 0.84 mm, wordt daardoor donker, waardoor het contrast tussen object en achtergrond relatief moeilijk zal zijn waar te nemen, zelfs bij de laagste opgegeven magnitude. Plaatsing naar de onderkant van de lijst, zoals de Contrastreserve doet zal daarom realistischer¹⁷ zijn dan de vrij hoge plaatsing door VI en VF.

3. UGC 6887 is een stelsel van magnitude 9.5¹⁸, met afmetingen van 1.12'x0.54'. Groter en helderder dus dan MGC-1-32-33 en daarom ook door de contrastreserve wat hoger geplaatst. Ook hierover was geen zichtbaarheidinformatie te vinden.
4. IC 4895 = NGC 6822 en komt dus twee keer voor.

Behalve de onder 2 en 3 vermelde objecten, zijn ook alle in de eerste vier kolommen van tabel 3 opgenomen *niet Messierobjecten* al met kleine telescopen (150 -200 mm objectiefdiameter) waar te nemen, sommige zelfs al met een verrekijker. Voor het overige zijn de predicties van alle vier de indices in kolom 1 t/m 4 in die zin valide, dat ze ondanks het feit dat niet alle indices dezelfde objecten of evenveel Messierobjecten weergeven, goed zichtbare objecten opleveren. Het hierboven geconstateerde verschil tussen VI en VF (iets andere ordening) leidde in dit experiment, afgezien wellicht van UGC 6887 en MGC-1-32-33 niet tot 'missers' in de zin van het als 'onzichtbaar' aanwijzen van objecten die wel zichtbaar zijn of omgekeerd.

Conclusie: voor het doel waarvoor de indices hier zijn gebruikt, het maken van een korte lijst van goed zichtbare objecten, is de oppervlaktehelderheid ongeschikt en voldoen VI, VF, Contrastreserve en Magnitude in ongeveer gelijke mate.

4. Grens van het bereik van een telescoop

Het meest interessante gebied voor zichtbaarheidsvoorspellingen ligt op de grens van het 'nog net wel' en 'net niet meer' met een bepaalde telescoop zichtbare.

In tabel 4a en 4b is van een bestand van 2315 sterrenstelsels uit de NGC en IC catalogi de voorspelling van contrastreserve voor een 150 mm telescoop en VI (met Bert Dekkers' waarde '13' (die eveneens geldt voor een 150 mm telescoop) als grens voor 'zichtbaar' of 'onzichtbaar'), naast elkaar gezet.

| contrastreserve | VI | |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| | zichtbaar (95%) | niet zichtbaar (5%) |
| ↓↓ | | |
| zichtbaar | 70,7 | 0 |
| misschien zichtbaar | 28,5 | 82 |
| niet zichtbaar | 0,7 | 18 |

Tabel 4a: zichtbaarheid volgens de Contrastreserve, uitgaande de van voorspelling van de VI.

In tabel 4a zien we, dat van de 2315 stelsels de VI er 95% zichtbaar voorspelt en 5% niet zichtbaar. Van die 95% zichtbaar, voorspelt de contrastreserve dat er 70.7% zichtbaar zijn, 28,5% misschien zichtbaar en 0,7% niet zichtbaar. De 5% die volgens de VI niet zichtbaar zullen zijn, zijn dat voor het overgrote deel, 82%, volgens de contrastreserve ook niet.

¹⁷ En als de hoge magnitudeopgaven juist zijn, is opname in de lijsten helemaal niet reëel.

¹⁸ Ik vond echter ook waarden van magnitude 15 (fotografisch) en magnitude 10.5. Het is dus maar de vraag of het in de lijst thuishoort..

| VI | Contrastreserve | | |
|----------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | zichtbaar (67,2%) | misschien zichtbaar(31,2%) | niet zichtbaar (1,6%) |
| ↓ | | | |
| zichtbaar | 100 | 86,9 | 43,8 |
| niet zichtbaar | 0 | 13,1 | 56,3 |

Tabel 4b: zichtbaarheid volgens de VI, uitgaande van de voorspelling van de Contrastreserve

We gaan nu naar tabel 4b. Ons uitgangspunt in deze tabel is de contrastreserve, die voorspelt dat 67,2% zichtbaar, 31,2% misschien zichtbaar en 1,6% niet zichtbaar zal zijn. De 76,2% 'zichtbaar' zijn ook zichtbaar volgens de VI. Van de 31,2% die volgens de contrastreserve 'misschien zichtbaar' zullen zijn, voorspelt de contrastreserve dat 86,9% zichtbaar zal zijn. Van de 1,6% 'onzichtbaar' (dit zijn overigens maar 37 stelsels) volgens de contrastreserve voorspelt de VI dat er toch nog 43,8% wel zichtbaar zal zijn.

Duidelijk is, dat het grootste verschil tussen VI en contrastreserve zit in het feit dat de contrastreserve een categorie 'misschien zichtbaar' kent. Op grond van ervaring kan men als waarnemer leren waar de *persoonlijke grens* ligt en kunnen stelsels uit de categorie 'misschien zichtbaar' verhuizen naar de categorie 'zichtbaar' of 'onzichtbaar'.

Het verschil in percentage objecten dat als 'zichtbaar' voorspelt wordt tussen beide indices is dus $95\% - 67,2\% = 27,8\%$. Mede gezien de bespreking van tabel 3 in de vorige paragraaf, waar dit verschil in dezelfde orde van grootte lag (30%), kunnen we concluderen, dat de VI met voornoemde grenswaarde en op de grens van zichtbaarheid, *voor Bert Dekker op zijn waarneemplaats* beter voorspelt dan de contrastreserve. We kunnen dit echter *niet* naar andere waarnemers generaliseren. Andere waarnemers die deze (VI) index willen gebruiken zullen, zoals hierboven reeds opgemerkt, voor hun telescoop en waarneemplaats proefondervindelijk een eigen grenswaarde moeten bepalen. Het is van belang hier op te merken, dat dit ook voor de contrastreserve geldt. De bouwer van Eye & Telescope geeft niet alleen de hierboven vermelde 'onzekerheidsrange' op, maar wijst er zelf ook expliciet op, dat de voorspelling door de contrastreserve van lichtzwakke objecten niet altijd correct zal zijn. De reden is, zoals eerder vermeld, dat in de berekening van contrastreserve wordt uitgegaan van een gelijkmatige verdeling van het licht over het gehele oppervlak van het object, terwijl dat zeker voor sterrenstelsels haast nooit het geval is. Daardoor is er een *onderschatting* van de zichtbaarheid van objecten met lichtconcentraties¹⁹. Dat betekent, dat de contrastreserve (en dit geldt ook voor gerelateerde indices als ODM en OptDM) een 'grijs gebied' kent waarin het niet vooraf duidelijk zal zijn of een object te zien zal zijn. Binnen dat grijze gebied zullen ook gebruikers van deze index een *persoonlijke correctie* moeten toepassen om de voorspelling te optimaliseren²⁰.

We hebben ook bekeken in hoeverre magnitude een goede index zou zijn om te bepalen of een object dat ligt op de grens van zichtbaarheid met een bepaalde telescoop zichtbaar is of niet. Magnitude alleen bleek minder goed te voorspellen dan de beide hier vermelde indices.

¹⁹ De maker adviseert daarom om, ingeval van objecten met ongelijkmatige lichtverdeling, niet te besluiten om van het zoeken naar objecten die als 'onzichtbaar' worden voorspeld, af te zien.

²⁰ De vergelijking was dus strikt genomen niet helemaal 'eerlijk', omdat de VI al voor een bepaalde persoon geoptimaliseerd was en de contrastreserve niet.

III. Conclusies

1. Een index die zonder meer voor alle waarnemers onder alle omstandigheden en voor alle doeleinden goede voorspellingen geeft bestaat niet. Vooral in het grensgebied van met een bepaalde telescoop zichtbare objecten zal er een *persoonlijk criterium* aan een index gekoppeld moeten worden.
2. Indices gebaseerd op de helderheid van het binnenste, heldere deel van een object zijn, gezien de hierboven vermelde resultaten van de experimenten van Pensack onbruikbaar, of slechts bruikbaar op relatief kleine, specifieke bestanden, zoals Rachford gebruikte. Een nadeel van de methode Rachford is, dat hij zeer omslachtig is en dat de benodigde fotometrische gegevens per object verschillen en voor niet alle objecten voorhanden is. De berekende index wordt daardoor onbetrouwbaar.
3. Het gebruiken van oppervlaktehelderheid alleen leidt niet tot bruikbare voorspellingen, vooral niet als we deze index gebruiken op grote bestanden, omdat dan kleine, doch lichtzwakke stelsels als zichtbaar worden aangemerkt terwijl ze dat in veel gevallen niet zijn.
4. Voor *korte* lijstjes met heldere en vrij goed zichtbare objecten (top 25) voldoen de indices Magnitude, VI, VF en Contrastreserve (kolom 1 t/m 4 in tabel 4), ondanks het feit dat objecten in een verschillende volgorde worden geplaatst en niet alle dezelfde objecten opleveren, in gelijke mate.
5. Gezien de resultaten van Bert Dekker en vooral Jeff Medkeff, zijn VI en VF met een *persoonlijk vastgestelde* grenswaarde goede voorspellers van de zichtbaarheid van objecten, ook op de grens van het voor de betreffende telescoop haalbare..
6. Ook indices als VF en VI hebben ‘missers’ en geven dus geen 100% uitsluitel over wat nu wel of niet te zien is door een bepaalde telescoop op een bepaald moment.
7. De contrastreserve en vergelijkbare indices als ODM en OptDM, geven goede voorspellingen, als we binnen het grijze gebied van ‘misschien zichtbaar’ en voor sommige, zeer ervaren waarnemers wellicht ook in het gebied ‘onzichtbaar’ (negatieve contrastreserve) een *persoonlijke correctie* aanbrengen voor het feit dat er onderschatting plaatsvindt van de zichtbaarheid van objecten met concentraties in de lichtverdeling. Voordeel van de dit type indices ten opzichte van indices als VI, VF en magnitude is, dat gecorrigeerd wordt voor achtergrondhelderheid/grensmagnitude, waardoor deze indices niet aan één bepaalde waarneemplaats zijn gebonden. Bovendien kan deze wijze van berekening van de zichtbaarheid, indien ingebouwd in een planningsprogramma, gemakkelijk rekening houden met extinctie als gevolg van de hoogte van objecten boven de horizon en met vergrotingen gebaseerd op de eigen oculairen.

Als men snel een indicatie wil hebben van wat wel of niet zichtbaar is, vooral waar het gaat om relatief heldere objecten, is het handig om gebruik te maken van de van een zelf ontwikkelde grenswaarde voorziene VI- of de VF index, omdat die eenvoudig te berekenen zijn. Nog handiger is het om gebruik te maken van een planningsprogramma waar een index onderdeel van uitmaakt, zoals het programma Eye & Telescope²¹ en Skytools 3. Het voordeel daarvan is, dat gemakkelijker rekening gehouden kan worden met plaatselijke

²¹ www.deepskylog.be/deepsky

omstandigheden en dat het zichtbaar of onzichtbaar zijn van de objecten in een observatielijst niet nog eens apart hoeven te worden berekend. Ook hier dient echter persoonlijke 'finetuning' plaats te vinden.

Onjuiste voorspellingen, zowel ten onrechte 'zichtbaar' als ten onrechte 'onzichtbaar', zullen zich bij alle indices voordoen en helaas juist in het gebied waarvoor het nu juist prettig zou zijn als er 100% zekerheid was: op de grens van het door de telescoop waarneembare. Juist in dit grensgebied laten zich verschillen in omstandigheden, ervaring, kwaliteit van de ogen van de waarnemer en kwaliteit van de optiek gelden. Verschillen, waar bij de berekening van indices niet of slechts ten dele rekening mee kan worden gehouden.

Literatuur

1. Christian B. Luginbuhl, Brian A. Skiff (1989), *Observing Handbook and Catalogue of Deep-Sky Objects*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Pt. Chester, Melbourne, Sydney.
2. Roger N. Clark (1990), *Visual Astronomy of the Deep Sky*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Pt. Chester, Melbourne, Sydney.
3. Larry Bogan (1998), *Limiting Magnitude Calculator*, op: <http://www.go.ednet.ns.ca/~larry/astro/maglimit.html> , gebaseerd op Schaefer (1989). Berekend de grens magnitude met een door de gebruiker aan te geven telescoop. Deze calculator is op meer plaatsen op het internet te vinden.
4. Ben Sugerman (2000), *Limiting Magnitude Calculator*, op: <http://www.k3pgp.org/star.htm> . Berekent de grensmagnitude met het blote oog.
5. *Astrometrics: Limiting Threshold Magnitude Calculator*, op: <http://astro.geekjoy.com/calcs/maglim.html>
6. Bradley E. Schaefer (1989), *Telescopic limiting magnitudes*, NASA-Godart space flight center, Code 661, Greenbelt, Maryland, 20771.
7. <http://zebu.uoregon.edu/~mbartels/visual/nils/Schaefer.html> :Nils Olof Carlin (1990), *About Bradley E. Schaefer: Telescopic limiting Magnitudes*.
8. <http://www.bbastrodesigns.com/visual.html> Mel Bartels: *Visual Astronomy: an investigation into the visual optimum detection magnification*.
9. *Bioastronautics Data Book*, chapter 17, NASA SP-3006, Paul Webb, M. D., editor: *Vision*, op: <http://vision.arc.nasa.gov/personnel/al/papers/64vision/17.htm>
10. José Ramón Torres Lapasió (2000), *On the prediction of Visibility for Deep-Sky Objects*, *Skycad*, Pleiades, 1, 1, 02, als pdf te downloaden vanaf <http://www.uv.es/jrtorres/tools.html#Visib> .
11. Jeff Medkeff (2002), *VF*, op: <http://jeff.medkeff.com/astro/observing/vf/> .
12. Bill Ferris' index voor de zichtbaarheid van sterrenstelsels, op: <http://members.aol.com/billferris/galvis.htm> .
13. *Cloudy Night forum: the visibility of galaxies*, op: <http://www.cloudynights.com/ubbthreads/showflat.php/Cat/0/Number/895201/page/0/view/collapsed/sb/5/o/all/fpart/1/vc/1>
14. Tony Flanders: *surface brightness*, op: <http://mysite.verizon.net/vze55p46/id18.html>
15. *Cloudy Nights forum: Visibility index for galaxies*, op: <http://www.cloudynights.com/ubbthreads/showthreaded.php/Cat/0/Number/1054970/page/0/view/collapsed/sb/5/o/all/vc/1>
16. Don Pensack: *A visibility index for galaxies in portable telescopes*, te downloaden vanaf: <http://tech.groups.yahoo.com/group/amastro/files/>
17. MacLachlan C., Howland H.C. (2002), *Normal values and standard deviations of pupil diameter and interpupillary distance in subjects aged 1 month to 19 years*, *Ophthalmic and Physiological Optics*, Volume 22, Number 3, May, pp. 175-182(8).
18. Alan MacRobert: *A pupil primer*, op 'Sky tonight' (Sky and telescope), <http://skytonight.com/howto/basics/3304201.html?page=1&c=y> .
19. Antonio Guirao e.a. (1999), *Average optical performance of the human eye as a function of age in a normal population*, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, Januari, 40, 1.
20. *Deepskylog*, logging programma van de Belgische Vereniging Voor Sterrenkunde (VVS), op: <http://www.deepskylog.be/>
21. *Eye & Telescope*: <http://www.astronomie.de/bibliothek/software/eye-telescope/index.htm>
22. *Skytools 3*: <http://www.skyhound.com/st3.html>

