



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

De houdbaarheid van kleurenkopieën

Stigter, S.

Publication date

2001

Document Version

Final published version

Published in

KM : vakinformatie voor beeldende kunstenaars en restauratoren

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Stigter, S. (2001). De houdbaarheid van kleurenkopieën. *KM : vakinformatie voor beeldende kunstenaars en restauratoren*, 39, 31-33.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

De houdbaarheid van kleurenkopieën

Kleurenkopieën kunnen als volwaardig kunstwerk bestaan, maar ze kunnen ook functioneren als tentoonstellingskopie of bijvoorbeeld verwerkt zijn in maquettes. Het gevaar bestaat echter dat er nonchalant met kleurenkopieën wordt omgesprongen, omdat het doodnormale en zeer goedkope afdrukken zijn. Teneinde een indicatie te kunnen geven hoe lang kleurenkopieën toonbaar blijven, zijn ze onderworpen aan kunstmatige lichtveroudering. De levensduur van de onderzochte kleurenkopieën blijkt redelijk lang, mits ze onder de juiste omstandigheden worden bewaard.
Sanneke Stigter

Copy art

Kunst die met behulp van de kopieermachine is ontstaan, wordt met de term 'copy art' aangeduid.¹ Joseph Beuys gebruikte in 1964 als een van de eerste kunstenaars fotokopieën in zijn *Greta Garbo-cyclus*. Daarbij verwerkte hij kopieën van foto's van de filmster in schilderijen. Sommige kunstenaars maken gebruik van het kopieerapparaat zonder 'origineel'. Dan wordt een voorwerp of een compositie eenmalig op de glasplaat van het kopieerapparaat gelegd (of bewogen) teneinde in de vorm van een fotokopie te bestaan. De kopie is dan het origineel. Zo heeft David Hockney midden jaren '80 zijn *home made prints* gemaakt. Deze kleurenkopieën zijn opgebouwd uit meerdere drukgangen, vergelijkbaar met een kleurenlitho. Soms is tot twaalf keer toe dezelfde kleurenkopie door het apparaat gestuurd, om er telkens iets nieuws op te kopiëren. Iedere drukgang was dus uniek, omdat ter plekke een compositie uit losse componenten op de glasplaat is samengesteld, die voor een volgende drukgang weer moest wijken.

Tentoonstellingskopie

De mogelijkheid om met kleurenkopieën een tentoonstellingskopie te maken, lijkt een uitkomst voor kwetsbare kunstwerken, zoals bijvoorbeeld het Slingelandt-toneel, een 18^{de}-eeuws miniatuurtheater uit de collectie van het Theater Instituut Nederland te Amsterdam, dat op dit moment wordt gerestaureerd bij Stichting Restauratie Atelier Limburg (SRAL). Het theater is uniek en helaas te kwetsbaar om ooit nog in gebruik te nemen. Het opstellen van de geschilderde decorstukken in de houten constructie en het regelmatig changeren, zal zeker tot beschadiging leiden. Wanneer hiervoor echter kopieën worden gebruikt, zou het toneel veilig kunnen functioneren. Het maken van kleurenkopieën van de enkele decorstukken zou een snelle en goedkope manier zijn om facsimiles te maken. Maar hoe gevaarlijk is het kopiëren voor het object zelf? Dit blijkt mee te vallen. Tijdens het kopiëren komt slechts een geringe hoeveelheid UV-straling vrij omdat de belichtingstijd zo kort is.² Voor het verkrijgen van één of maximaal twee keer dezelfde kleurenkopie wordt het object vier keer belicht. Voor meer dan twee kopieën van het origineel zal de cyclus van vier keer belichten worden herhaald, waardoor het origineel dus aan meer straling wordt blootgesteld. Het is aan te raden wanneer een kwetsbaar object wordt gekopieerd, gelijk twee

exemplaren te laten afdrukken. Het object zal tijdens het kopiëren worden verwarmd, dus daar moet het tegen kunnen. Er kan ozon vrijkomen bij het kopiëren en dit gas kan afbraakreacties induceren bij objecten van organisch materiaal. De meeste ozon wordt echter in het apparaat weggevangen door een filter. Kortom: het valt niet te ontkennen dat de omstandigheden voor het kopiëren van een kunstwerk ongunstig zijn, maar de kwalijke invloed van de verschillende schadelijke factoren blijkt gering en bovendien eenmalig. Waarschijnlijk is de kans op mechanische schade tijdens het kopiëren het grootst.

Materiaaleigenschappen

Voor dit onderzoek is de Océ 3107 C Digital Colour laser kleurenkopieermachine gebruikt. Bij navraag blijkt dat dit eigenlijk een Canon 700 is. Er moeten vier flessen droge toners in worden geplaatst: cyaan, magenta, geel en zwart. Dit is de basis voor de kleurlaag van een kleurenkopie.³ Naast gekleurde deeltjes zit ook het bindmiddel in de toners, in de vorm van korreltjes polyester kunstthars. Dit is een thermoplastische kunststof, wat betekent dat het bindmiddel kan vloeien onder druk en warmte. Hierdoor kan de kleur in de machine op het papier worden gefixeerd. Verder zijn ook PVC en weekmakers in de toners verwerkt. De kleurechtheid van kleurenkopieën is afhankelijk van de gebruikte kleurstoffen en pigmenten in combinatie met het gebruikte papier. Het is onduidelijk of en in welke mate er echte pigmenten in de toners zitten. Helaas wordt de precieze samenstelling van de toners niet door de industrie vrijgegeven. Wel is bekend dat de zwarte toner koolstof bevat. Dit is een stabiel pigment en kan een beschermend effect hebben op de ondergrond. Onder de microscoop is zichtbaar hoe het zwart uitsluitend is opgebouwd uit zwarte korrels in een transparant bindmiddel (afb.1). In magenta en cyaan zijn enkele kleine korrels te onderscheiden en is het bindmiddel gekleurd. Geel lijkt een homogene samenstelling te hebben terwijl er geen pigmentkorrels te onderscheiden zijn. Dit zou erop kunnen duiden dat voor geel een kleurstof is gebruikt of een in polyester oplosbaar pigment. Het feit dat het bindmiddel ook bij cyaan en magenta is gekleurd, zou kunnen betekenen dat de kleur wordt veroorzaakt door zowel pigmenten als kleurstoffen. De kleurlaag is semi-transparant, zodat de basis-kleuren door elkaar heen kunnen schemeren. De

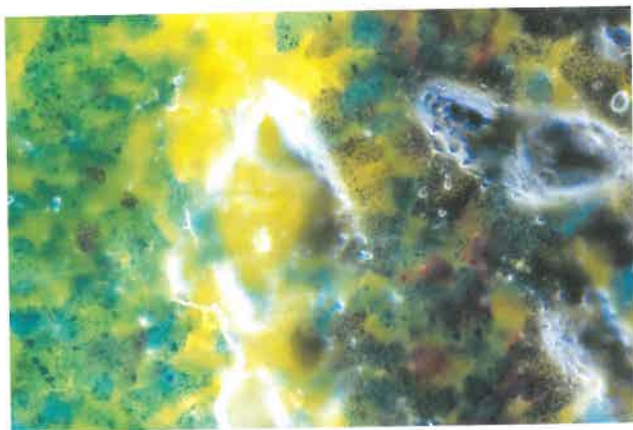
kopieermachine drukt de inkt in onregelmatige dotjes half over elkaar af, volgens een patroon van smalle horizontale strepen. Zo wordt bijvoorbeeld groen opgebouwd door zowel gele over blauwe spetters, als afwisselend blauwe en gele banen van spetters. Hierdoor wordt de groene kleur behalve gemengd ook optisch weergegeven (afb.2). Hetzelfde principe is zichtbaar bij de lichte kleuren. De inktspetters liggen in smalle banen op het papier, waartussen een berekende hoeveelheid papier is uitgespaard gebleven. Zo doet het wit van het papier mee bij het weergeven van de kleur, zodat het oog een lichte tint waarneemt (afb.3).

Voor dit onderzoek wordt 100 grams kleurenkopieerpapier van Océ gebruikt.⁴ In het papier zijn ook Chinese klei en optische witmakers verwerkt.⁵ Witmakers zijn niet stabiel, maar dit heeft geen nadelig effect op de veroudering van het papier zelf. De optische witmakers zullen alleen hun werking verliezen, waardoor het papier snel geler zal lijken.

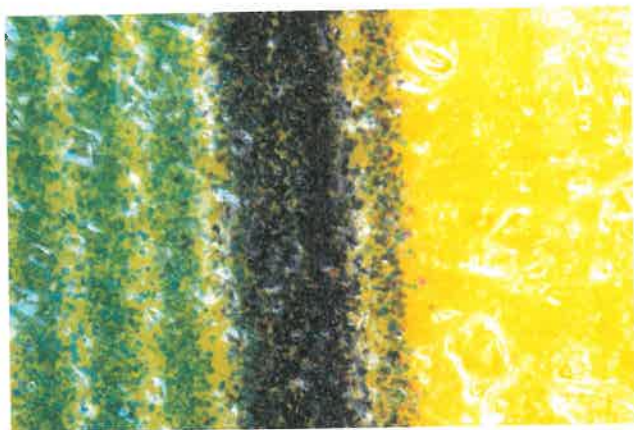
Lichtverouderingsonderzoek

Het lichtverouderingsonderzoek vindt gedurende 70 dagen plaats bij verschillende lichtbronnen, dus verschillende elektromagnetische spectra. Ter referentie wordt een monster in het donker bewaard in de kamer bij de lichtverouderingsopstelling, dus in vergelijkbaar klimaat. Naast simulatie van daglicht door middel van daglicht tl-lampen (met en zonder UV-filter) is ook een extreme situatie bij black light opgezet, waarbij de monsters aan uitsluitend langgolvlige ultraviolette straling worden blootgesteld. Door de hogere energie van deze straling zullen afbraakreacties eerder worden geïnduceerd. De resultaten van de veroudering met black light kunnen echter niet worden gerelateerd aan de werkelijkheid. Er kan alleen mee worden aangetoond in welke mate de toners gevoelig zijn voor specifieke straling in het UV-A golflengtegebied. Ter vergelijking van de kunstmatige lichtveroudering wordt ook een monster natuurlijk verouderd voor het raam.⁶ De verouderingsverschijnselen worden aan de hand van kleurmetingen vastgesteld. De veroudering van het kopieerpapier zelf wordt hier niet getest, behalve wat verkleuring betreft.

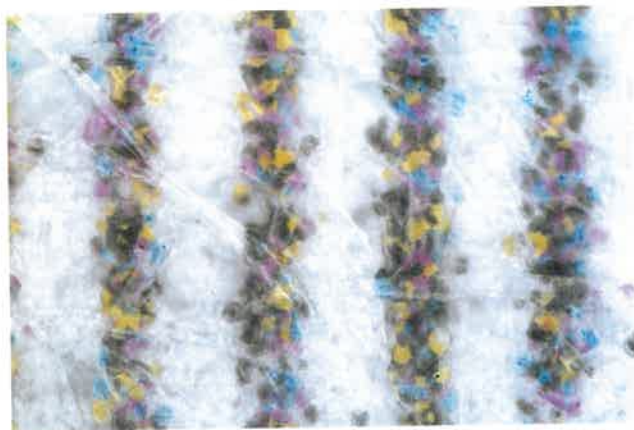
Om zowel de pure tonerkleuren als de mengkleuren te kunnen onderzoeken, is voor de verouderingstest een nieuwe Kodak kleurkaart gekopieerd. Hierop staan zowel de primaire kleuren voor het mengen van verf en inkt: cyaan, magenta, geel en zwart, als mengkleuren. Van elke kleur wordt op de kleurkaart ook een lichte tint weergegeven met 25% van de volledige intensiteit, waardoor ook lichte kleuren op een kleurenkopie kunnen worden geanalyseerd. Van alle kleurvlakken op de kopie wordt een deel afgedekt met een zwarte strook karton, die op verschillende punten met smalle stukjes



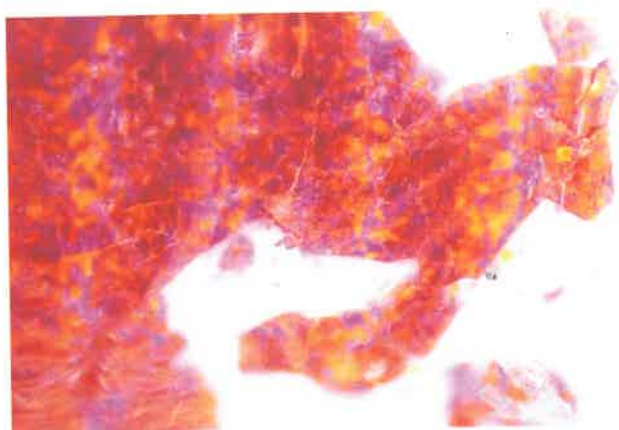
1



2



3



4

plakband is vastgeplakt, zodat er geen licht bij dit deel van het monster kan komen. Een strook melinex voorkomt contact van het zwarte karton met het monster.

De monsters liggen op een zwarte ondergrond, die is afgedekt met melinex voor een chemisch inerte en niet-reflecterende ondergrond. Hierboven zijn op ruim 8 cm afstand, om de 5 cm, tl-buizen aan een open rek gemonteerd. Aan de boven- en zijkanten is het rek afgeschermd door een reflecterend scherm met gaatjes, zodat de lucht kan circuleren. Om het klimaat constant te houden, is een luchtbevochtiger in de ruimte geplaatst en zijn er kleine ventilatoren in het lichtrek gehangen. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid worden zo constant mogelijk gehouden om te kunnen uitsluiten dat andere factoren een rol gaan spelen bij de kunstmatige veroudering. De lichtsterkte wordt met metingen gevolgd, zodat bekend is aan hoeveel luxuur de monsters uiteindelijk zijn blootgesteld.⁷

Vergeleken met het afgedekte deel van de monsters is zichtbaar of de kleuren verandering ondergaan. In welke mate dat gebeurt, kan precies worden gemeten. Hiervoor is de Minolta spectrophotometer CM-508 d gebruikt.⁸ De verkregen gegevens worden volgens het CIElab systeem geregistreerd.⁹ Een verandering in kleur kan met de computer worden berekend en in cijfers worden uitgedrukt als ΔE . Wanneer ΔE minder is dan 0,5 is het kleurverschil verwaarloosbaar, ΔE tussen 0,5-1,0 is net met het blote oog zichtbaar en vanaf ΔE 2 wordt het verschil goed duidelijk.

Tabel 1: kleurverschillen (ΔE) na kunstmatige veroudering

Toner	ΔE zonder UV	ΔE met UV	ΔE raam	ΔE black light
cyaan	1,22	3,20	1,86	5,49
geel	1,00	1,65	0,75	29,76
magenta	1,97	5,25	3,41	5,27
zwart	0,77	0,72	0,43	1,95

Kleurverandering ΔE van de 4 toners na 70 dagen kunstmatige lichtveroudering bij verschillende elektromagnetische spectra.

Om de kunstmatige lichtveroudering te relateren aan museale condities (uitgaande van 8 uur belichting per dag, 7 dagen per week) kunnen berekeningen worden gemaakt aan de hand van de totale hoeveelheid luxuur waaraan de monsters zijn blootgesteld.

Tabel 2: verhouding na 70 dagen kunstmatige veroudering

Luxuur		max. 50 lux	max. 200 lux
zonder UV:	18 516 960	126,80 jaar	126,80 jaar
met UV:	17 959 200	123,00 jaar	123,00 jaar

Aantal luxuur gerelateerd aan museale eisen: max. 50 lux voor papier, max. 200 lux voor schilderijen, 8 uur per dag, 7 dagen per week.

Uit bovenstaande gegevens blijkt dat kleurenkopieën ruim 126 jaar redelijk kleurecht kunnen blijven, mits ze vrij van UV-straling worden bewaard en niet langer dan 8 uur per dag bij de veiligste verlichtingssterkte van maximaal 50 lux worden getoond. Tegelijkertijd blijkt uit tabel 2 dat deze voorspelling sterk afhankelijk is van de werkelijke blootstelling aan de hoeveelheid lux. Uit tabel 1 blijkt tevens de negatieve invloed van UV-straling.

Zowel onder invloed van natuurlijk licht als 'daglicht' tl-lampen verkleurt magenta het sterkst, gevolgd door cyaan en geel, terwijl zwart nauwelijks verkleurt.

De in tabel 1 vergeleken basiskleuren vormen op de kopie een gesloten inktlaag op het papier. Dit blijkt belangrijk voor de stabiliteit van de kleur, want de lichte kleuren op de fotokopieën vertonen een relatief grote kleurverandering.

Invloed van papier

Tijdens het verouderen van het kopieerpapier gaat het effect van de optische witmakers vrij snel achteruit, waardoor het papier geler wordt. Vergeling van het papier wordt ook veroorzaakt door de afbraak van de celluloseketens in het papier, dat plaats vindt wanneer papier aan licht en met name UV-straling wordt blootgesteld. Hierdoor veranderen de lichte kleuren van de kleurenkopieën na verloop van tijd vanwege het feit dat het printstelsel het papier bij de lichte tinten optisch laat meedoen in de kleurweergave. Zo lijkt bijvoorbeeld lichtcyaan na veroudering groener geworden, doordat de vergeling van het papier opspeelt in de kleurweergave, terwijl cyaan zelf stabiel blijft. Over het algemeen worden de lichte kleuren door de vergeling van het papier wat warmer van tint.

De tonerdeeltjes zullen in de lichte kleurvlakken naar verhouding ook sneller verkleuren dan bij de volledig verzadigde kleurvlakken, waar de kleurlaag het papier volledig bedekt. Bij de lichte kleuren wordt het licht door de streepjes wit van het papier tussen de rijen inktspetters gereflecteerd, waardoor de straling daar intensiever is. De gekleurde streepjes waaruit de lichte vlakken zijn opgebouwd, staan daarom aan relatief meer licht bloot dan de volledig verzadigde vlakken.

1 Microscopopname van een kleurenkopie. De opbouw van de kleurlaag en de afzonderlijke toners is duidelijk zichtbaar. Het opvallende licht van de microscoop wordt op sommige plaatsen door de glanzende kleurlaag, die niet spiegelglad is, weerkaatst. Alle foto's: auteur/SRAL.

2 Microscopopname van een kleurenkopie. Het printpatroon van spetters in strepen is zichtbaar; links in het groen, rechts puur geel.

3 Microscopopname van een kleurenkopie. Grijs is weergegeven door het printpatroon van spetters van alle beschikbare kleuren in strepen, in combinatie met de kleur van het papier.

4 Microscopopname van een kleurenkopie. Zichtbaar is, hoe als gevolg van knippen of snijden de kleurlaag barst en loskomt van het papier.

Invloed van UV-straling

Door blootstelling aan UV-straling verkleuren behalve het papier ook de toners zelf. De gele toner blijkt extreem gevoelig voor de UV-straling van black light. Dat is niet geheel onlogisch, want blauw licht bevat de meeste energie en geel bestaat bij de gratie van absorptie van blauw en (ultra) violet licht.¹⁰ De zwarte toner is goed bestand tegen UV-straling en vertoont zelfs bij black light geen noemenswaardige kleurverandering.

Uit bovenstaande gegevens kan de conclusie worden getrokken dat donkere kleurenkopieën met veel zwart (stabiel) en verzadigde kleuren (geen invloed van het papier in de kleur) langer kleurecht blijven dan lichte kleurenkopieën.

Bewaren van kleurenkopieën

Omdat kleurkopieën gevoelig zijn voor licht, en voor UV-straling in het bijzonder, kunnen ze het best in het donker worden bewaard. Bij expositie zijn de ideale condities maximaal 50 lux verlichtingssterkte en vrij van alle UV-straling. Inlijsten met UV-werend glas, perspex of lexaan is aan te bevelen.¹¹ Vanzelfsprekend zijn een constant klimaat en zuivere lucht voor het behoud van kleurenkopieën ook vereisten. Kleurenkopieën zijn zeer gevoelig voor mechanische schade en kunnen niet worden opgevouwen. De kleurlaag is relatief dik en barst gemakkelijk in vouwen. Langs de randen waar is geknipt of gesneden brokkelt de kleurlaag af (afb.4).

Kleurkopieën mogen niet te warm worden bewaard, want dan kan de toner gaan vloeien en zullen de kleuren zich vermengen. Wanneer ze echter te koud worden bewaard, zal de thermoplastische kleurlaag stijf worden en nog gevoeliger zijn voor mechanische schade. Kopieën mogen niet gestapeld of onder grote druk bewaard worden, want de kleurlaag zal dan neigen tot vloeien, waardoor die kan verkleven.

Het is onverstandig om kleurenkopieën in plastic hoesjes te bewaren die vinyl bevatten. Wanneer de kopieën in contact komen met PVC zal de toner zacht worden en aan het plastic plakken. Ook kunnen weekmakers in de plastic hoesjes de toner aantasten en het oppervlak vlekkelig maken.

Kleurenkopieën mogen niet worden opgeplakt met lijm waarin oplosmiddelen zitten, want die kunnen de toner oplossen.

Conclusie

De mate van verkleuring van kleurenkopieën is hoofdzakelijk afhankelijk van twee factoren. Enerzijds bepaalt het soort en de intensiteit van de elektromagnetische straling in het licht de mate van verkleuring, anderzijds bepaalt het gebruikte papier de stabiliteit van de kleurbalans omdat de kleur van het papier deel uitmaakt van de kleurweergave van de lichte kleuren door het printstelsel. De lichte kleuren zullen dus minder snel vergelen wanneer stabiel papier zonder optische witmakers wordt gebruikt. Zonder nader onderzoek naar het papier is het moeilijk vast te stellen in hoeverre de degradatie van het papier invloed heeft op de veroudering van de

kleurlaag zelf. Daarvoor zouden kleurenkopieën op verschillend papier moeten worden getest.¹²

Dit is artikel is een bewerking van het onderzoek *Kunstmatige lichtveroudering van kleurenkopieën* door Sanneke Stigter bij Stichting Restauratie Atelier Limburg, Maastricht, 2001. Dit rapport, met alle verantwoordingen en literatuur, is daar in te zien.

1 Zie voor meer informatie de websites van Museum für Fotokopie in Mulheim an der Ruhr, Duitsland: <http://www.urbons.de>; International Museum of Electrography in Cuenca, Spanje: <http://www.uclm.es/mide> en de Copy Art Bibliography compiled by Reed Altemus: <http://mitpress.mit.edu/e-journals/Leonardo>.

2 Er kunnen gemiddeld 26 zwart-wit kopieën worden gemaakt voor dezelfde UV-dosis als wanneer een object 1 uur wordt tentoongesteld bij de veiligste lichtsterkte voor kwetsbare objecten in musea (50 lux bij gloeilampen).

3 Dezelfde toners worden gebruikt in de Océ CS 90, CS 95, 3107C, 3108C en onder andere de Canon 700. Toners voor andere kopieermachines zijn grotendeels van vergelijkbare samenstelling.

4 Supreme Colour Copier Paper CC520/gesatineerd wit.

5 Witmakers kunnen bestaan uit (blauw-violette) pigmenten, kleurstoffen of fluorescerende producten.

6 Noorderlicht bevat relatief veel UV-A-straling.

7 Dit systeem voor kunstmatige lichtveroudering is ontwikkeld door René Hoppenbrouwers bij SRAL in Maastricht. Er komt weinig warmte bij vrij, zodat temperatuur en relatieve luchtvochtigheid het onderzoek zo min mogelijk beïnvloeden.

8 Een spectrophotometer kan de spectrale gegevens van een kleurvlak opnemen door het hierop weerkaatsende licht van een xenonflitslamp via meerdere sensoren op te nemen. Een microcomputer in het apparaat berekent een gemiddelde van 3 metingen van een meetoppervlak van circa \varnothing 1 cm. Het apparaat wordt ingesteld op D65 (gemiddeld daglicht inclusief UV-straling) en 10° (de hoek waaronder wordt gemeten).

9 Dit is een numeriek kleursysteem dat in 1931 is vastgelegd door de Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) en in 1976 is bijgewerkt. Het is een standaard waarmee ook in de industrie wordt gewerkt. Zie ook het artikel van Pieter Keune, 'Kleursystemen', in: *KM* 37, pp.5-6.

10 Zie ook: Keune, Pieter, 'Pigment en kleur', in: *KM* 37, pp.14-15.

11 Lexaan houdt meer UV-straling tegen dan perspex.

12 Het papier moet wel speciaal zijn ontwikkeld voor de kopieermachine, want anders blijven er restjes papier in het apparaat achter, wat de kwaliteit van de kopieën nadelig zal beïnvloeden.

Sanneke Stigter is kunsthistoricus en volgt momenteel het 4e jaar van de Opleiding tot Restaurator van Schilderijen en Beschilderde Objecten, afstudeerrichting Moderne Kunst bij SRAL te Maastricht.

