



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Transport and behaviour of water in oil paintings

Duivenvoorden, J.R.

**Publication date**  
2025

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

Duivenvoorden, J. R. (2025). *Transport and behaviour of water in oil paintings*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

#### **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.

---

# Summary

## *Transport and behaviour of water in oil paintings*

Oil paintings on canvas typically consist of a canvas support, preparatory layers, possible underdrawings or sketches, paint layers and oftentimes a varnish layer. Oil paintings are stratified systems, in which the stability of each layer impacts the stability of the system as a whole. Over the course of a painting's lifetime, the materials in its stratigraphy undergo chemical change, influenced by the environment in which it is kept and the conservation and restoration treatments it receives. Chemical deterioration has the potential to irreversibly alter the properties of the materials of a painting, but its effects may only become apparent after a long time. Preventive conservation is an approach that is aimed at preventing unwanted change as much as possible by slowing down the responsible mechanisms. This type of conservation is often achieved by optimising the environment around the painting. The energy consumption associated with indoor climate control installations is currently motivating a re-evaluation of museum indoor climate guidelines. To inform (sustainable) preventive conservation decisions, knowledge is necessary about the mechanisms responsible for detrimental chemical change in paintings, the rate at which change occurs and how change is influenced by the environment.

Currently, there is only minimal quantitative data on the influence of the environment on chemical processes in oil paintings. To address this lack, this thesis investigates the relationship between humidity in the environment and the concentration and distribution of water inside oil paint. Oil paint is a mixture of pigments in a drying oil that, when it has cured, forms a heterogeneous polymer network. Water inside this oil paint network can contribute to its deterioration in different ways. Water can 1) react, for instance in a hydrolysis reaction that breaks down bonds in the polymer network; 2) catalyse reactions, such as the crystallisation reaction of metal soaps, a problematic phenomenon resulting from pigment-binder interactions in the oil paint; and 3) dissolve and transport reactive species through the network. Insights about the concentration and distribution of water in oil paint are necessary to understand the conditions that stimulate water-influenced chemical reactivity.

This thesis starts by characterising a process of chemical change and exploring the role that water played in a case study of two 17<sup>th</sup>-century paintings in **Chapter 2**. These paintings have been painted in the same year by the same artist with similar pigmentation but are currently in a rather different condition. A multi-scale analytical approach was used to investigate if severe exposure of one of the two paintings to water in the 19<sup>th</sup> century could be the cause of this difference in condition. While both paintings were found to contain a ground layer that gave rise to lead soap protrusions, the liquid water exposure has likely accelerated the growth of protrusions in one of the paintings. The case study helped to formulate hypotheses about the complex chemical processes leading to protrusion formation. This chapter aims to contextualise this thesis, emphasising the heterogeneity and complexity of the materials present in historical paintings.

Transport of water in multi-layered oil paintings is studied in **Chapters 3** and **4**. In these chapters, a computational approach is employed to avoid the significant challenges that are associated with experimental approaches to measure water transport in multi-layered systems. A transient one-dimensional numerical model was developed based on ideal water diffusion in multi-layers, which allows the quantification of water concentration in each layer under dynamic relative humidity (RH) conditions. The model requires three input parameters per layer: a water sorption isotherm, a water diffusion coefficient and a layer thickness. Validation against dynamic vapour sorption experiments and other experimental water sorption data from literature confirmed that assuming ideal diffusion in ideal laminates is appropriate to describe bulk water transport in the layers of a painting on canvas. While the uncertainty associated with the parameter estimation procedure in this modelling approach limits the achievable level of precision in the prediction of system behaviour, it is still suitable for the investigation of the trends in behaviour of the layers of a painting. The model is a useful tool in disentangling the factors that determine a painting's response to the environment. We have shown that the moisture response inside a paint layer, or any layer in a painting stratigraphy, depends on the sorption and diffusion properties and thickness of the layers, the stacking order of the layers, and importantly, the frequency and magnitude of relative humidity fluctuations.

The water transport model was applied to two case studies, generating insights into the behaviour of multi-layered paintings to dynamic relative humidity conditions. The application of the water transport model to a case study of 18<sup>th</sup>-century painted wall hangings in the Hofkeshuis in **Chapter 3** showed that a gradient in RH caused by a temperature gradient between the front and the reverse of an oil painting on canvas can lead to a gradient in moisture content in the paint layers. In **Chapter 4**, the effect of a wax-resin lining on water transport in Rembrandt's *The Night Watch* (1642) in the environmental conditions of the BIZOT Green Protocol was studied. Our findings showed that during the most extreme RH fluctuations allowed by the BIZOT protocol, the water concentration in the paint layer only reached 75% of the maximum concentration under static RH conditions (at 60% RH), due to the shielding effect of the layers surrounding the paint layer. This value was decreased to 30-40% by the presence of a wax-resin lining. In addition, while the water sorption capacity of the wax-resin adhesive mixture was shown to increase after  $\pm 50$  years of natural ageing in a museum environment, modelling results indicated that the effect of this increase on the paint layer response is relatively minor.

In **Chapter 5** the behaviour of water in oil paint on the molecular scale is studied. Cryo-Fourier-transform infrared spectroscopy and differential scanning calorimetry were used to generate insights about the distribution of water in zinc white oil paint. By measuring water freezing and melting transitions, water-saturated zinc white oil paint was shown to contain liquid-like clustered water and nonclustered water. A comparison with titanium white paint and nonpigmented model systems indicated that the water clusters are located near the pigment-polymer interface. The cluster diameter was estimated to be in the range of 2-16 nm based on the ice melting and freezing temperatures, as well as on the position of the O-D vibrational band. Liquid-like water clusters were also found to occur in paints containing other types of pigments. A large majority of the water molecules that are present in oil paint under water-saturated conditions, and all water at conditions below the saturation point, is present in the bulk of the oil binder, either molecularly dispersed or in clusters small enough to be non-freezable. These findings indicate that local aqueous conditions can occur inside oil paintings and prompt us to consider aqueous chemistry when studying chemical deterioration.

**Chapter 6** tackled the challenge of monitoring chemical and physical changes in paintings using non-invasive techniques. Detecting and quantifying change over time allows us to determine whether deterioration is active, to investigate its root cause and to establish the effectivity of (preventive) conservation interventions. Reactive model systems that grew metal soap protrusion-like structures on a short timescale were employed for this study. Eight portable non-invasive techniques, available via the Mobile Laboratory facility of IPERION HS, were tested for their suitability to detect change associated with the growth of lead soap protrusions in paintings. Low-tech techniques such as raking light imaging or commercial colorimetry did not provide sufficient resolution for detecting small-scale changes associated with lead soap protrusions. X-radiography with consistent acquisition parameters in combination with a form of automated recognition of protrusions was found to provide a relatively accessible method for monitoring changes in spatial distribution of protrusions. 3D mapping techniques such as optical coherence tomography and microprofilometry were found to be suitable for detecting change in lead soap protrusions, provided that they reach sufficient spatial resolution in the plane of a paint layer ( $\leq 20 \mu\text{m}$ ) and depth ( $\leq 2\text{-}3 \mu\text{m}$ ). More specificity for lead soaps was provided by techniques that couple high resolution 2D or 3D imaging to spectral information, such as microprofilometry coupled to VIS-NIR spectroscopy. Overall, 3D techniques with suitable resolution allowed for highly detailed change monitoring, not only in spatial distribution but also in shape and size of individual metal soap protrusions. However, to compare 3D maps in high detail, a robust spatial reference point was found to be essential.

Finally, the findings of this thesis are synthesised in **Chapter 7**. Three parallel lines for future research are suggested that would contribute to sustainable conservation practice. Firstly, the water transport model that is developed here could be extended with dose-response functions to model chemical reactivity as a function of environmental factors. Secondly, long-term condition monitoring of historical paintings, particularly unstable paintings in uncontrolled environments, is the key to further insights into material change. Finally, a broader discussion on change and our perception of change is inextricably linked to sustainable conservation, which strives to allocating the available resources in a way that is most impactful.



# Nederlandse samenvatting

## *Transport en gedrag van water in olieverfschilderijen*

Olieverfschilderijen op doek bestaan over het algemeen uit een drager gemaakt van een geweven doek, één of meerdere gronderingslagen, mogelijk een schets, ondertekening of onderschildering, de verflagen en tot slot vaak een vernis. Olieverfschilderijen zijn dus systemen die uit meerdere lagen zijn opgebouwd, waarin de stabiliteit van elke laag bijdraagt aan de stabiliteit van het systeem als geheel. De materialen die samen een schilderij vormen, ondergaan chemische veranderingen in de loop der tijd. Deze veranderingen kunnen worden beïnvloed door de omgeving waarin het schilderij is bewaard en restauratiebehandelingen die het schilderij heeft ondergaan. Chemische degradatie kan de eigenschappen van de materialen van een schilderij onomkeerbaar veranderen, maar deze effecten zijn soms pas zichtbaar of meetbaar na een lange tijd. Preventieve conservering heeft daarom als doel om toekomstige ongewenste veranderingen zo veel mogelijk te voorkomen, door de verantwoordelijke processen af te remmen. Vaak wordt dit bereikt door de omgeving van een schilderij te optimaliseren. Het energieverbruik van klimaatbeheersing geeft momenteel aanleiding tot een herevaluatie van de richtlijnen voor het museumklimaat. Om beslissingen omtrent (duurzame) preventieve conservering te ondersteunen is kennis nodig over de mechanismen die leiden tot schadelijke veranderingen in schilderijen, de snelheid waarmee deze veranderingen plaatsvinden en hoe verandering wordt beïnvloed door de omgeving van een schilderij.

Op dit moment is er een groot tekort aan kwantitatieve data over de invloed van de omgeving op chemische reacties die in een schilderij plaatsvinden. Daarom wordt er in dit proefschrift onderzoek gedaan naar de relatie tussen luchtvochtigheid in de omgeving van een schilderij en de concentratie en distributie van water in de verf. Olieverf is een mengsel van pigmenten in een drogende olie dat, als de verf droog is, een complex en heterogeen polymeernetwerk vormt. Als er water in dit netwerk aanwezig is, kan dit op drie manieren bijdragen aan chemische degradatie. Water kan 1) reageren, bijvoorbeeld in een hydrolysereactie waarbij er bindingen in het netwerk worden verbroken; 2) reacties katalyseren, zoals de kristallisatiereactie van metaalzepen, een problematisch fenomeen dat voortkomt uit pigment-bindmiddel interacties in de olieverf; en 3) reactieve componenten oplossen en transporteren door het polymeernetwerk. Inzichten in de concentratie en distributie van water in olieverf zijn essentieel om te begrijpen onder welke condities water-gerelateerde chemische reactiviteit plaatsvindt.

Dit proefschrift begint in **Hoofdstuk 2** met een casus van twee schilderijen uit de 17<sup>e</sup> eeuw, waarin wordt onderzocht wat de rol van water kan zijn in een chemisch degradatieproces. Deze twee schilderijen zijn geschilderd in hetzelfde jaar door dezelfde kunstenaar met eenzelfde soort laagopbouw, maar desondanks zijn er drastische verschillen te zien in hun conditie. Door middel van chemische analyse op verschillende lengteschalen is er nagegaan of blootstelling van één van de schilderijen aan vloeibaar water tijdens een lekkage in de 19<sup>e</sup> eeuw de reden voor het verschil in conditie kan zijn. Uit analyse bleek dat beide schilderijen een grondering bevatten waarin aggregaties van loodzepen zijn gegroeid, maar dat water in het aan lekkage blootgestelde schilderij hoogstwaarschijnlijk de loodzeepaggregatie heeft versneld. Dankzij deze casus kunnen er hypothesen geformuleerd worden over de complexe chemische processen

achter de aggregatie van metaalzepen. Bovendien biedt dit hoofdstuk context voor de rest van het proefschrift, door de complexiteit en heterogeniteit van de materialen in historische schilderijen te benadrukken.

Transport van water in de lagen van een olieverfschilderij wordt onderzocht in **Hoofdstukken 3 en 4**. In deze hoofdstukken is een computationele aanpak gebruikt om de tekortkomingen van experimentele methodes voor het meten van water in gelaagde systemen te omzeilen. Een numeriek model werd ontwikkeld dat gebaseerd is op Fickse diffusie in één dimensie, waarmee de waterconcentratie in elk van de lagen van een schilderij onder dynamische luchtvochtigheidscondities gekwantificeerd kan worden. Het model heeft drie parameters als input per laag: de watersorptie-isotherm, de diffusiecoëfficiënt van water en de laagdikte. Validatie van het model aan de hand van watersorptie-experimenten en resultaten van andere experimentele sorptiestudies uit de literatuur bevestigen dat Fickse diffusie en ideale laminaten geschikte aannames zijn om watertransport in de lagen van een schilderij op doek te beschrijven. De onzekerheden rondom de schatting van parameters voor het model beperken het nauwkeurighheidsniveau waarmee het gedrag van gelaagde systemen kan worden voorspeld, maar desondanks is het model geschikt om de trends in watertransport te onderzoeken. Het model kan gezien worden als een hulpmiddel om de verschillende factoren te ontwaren die samen de respons van een schilderij op zijn omgeving bepalen. In deze hoofdstukken hebben we gedemonstreerd dat de respons in de verflaag, of welke laag dan ook, afhangt van de watersorptie- en diffusie-eigenschappen en dikte van de lagen, de volgorde waarin de lagen voorkomen en de frequentie en amplitude van de fluctuaties in relatieve luchtvochtigheid (RV) in de omgeving.

Het watertransportmodel is toegepast op twee casussen om inzichten te genereren in het gedrag van schilderijen onder invloed van dynamische relatieve luchtvochtigheidscondities. De toepassing van het model in **Hoofdstuk 3** op een casus van 18<sup>e</sup>-eeuwse wandbespanningen in het Hofkeshuis heeft laten zien dat een gradiënt in RV tussen de voor- en achterkant van het doek een gradiënt in waterconcentratie kan veroorzaken in de verflagen. In **Hoofdstuk 4** is het effect van een was-harsbedoeking op het watertransport in *De Nachtwacht* van Rembrandt onderzocht in een museumklimaat dat het BIZOT Green Protocol volgt. Onze resultaten laten zien dat de lagen rondom de verflaag de vochtrespons in de verflaag kunnen dempen. Als een schilderij blootgesteld is aan een RV fluctuatie met de hoogste frequentie toegestaan binnen het BIZOT-regime, bereikt de waterconcentratie in de verf maar 75% van de maximale waarde onder statische RV condities (RV = 60%). Met toevoeging van een was-harsbedoeking bereikt de waterconcentratie in de verf maar 30-40% van het maximum. Daarnaast hebben we aangetoond dat de watersorptiecapaciteit van het was-harsmengsel kan toenemen door natuurlijke veroudering in museumcondities, maar dat het effect van deze toename relatief klein is op het gedrag van het systeem als geheel.

In **Hoofdstuk 5** is het gedrag van water in olieverf bestudeerd op een moleculaire schaal. Cryo-infraroodspectroscopie en calorimetrie zijn gebruikt om nieuwe inzichten te genereren in de distributie van water in zinkwitverf. De vries- en smeltovergangen van water zijn gemeten in zinkwitverf die verzadigd was met water, waardoor aangetoond kon worden dat deze verf twee types water bevat: clusters van water met een vloeibaar karakter en water dat moleculair verdeeld is. De diameter van de clusters kon worden geschat op 2-16 nm op basis van de vries- en smelttemperaturen en de positie van de O-D absorptieband in het infraroodspectrum. Het merendeel van het water in waterverzadigde olieverf is gelokaliseerd in het bindmiddel waar

het verdeeld is als losse moleculen of in groepen die zo klein zijn dat ze niet kunnen bevriezen. Slechts een fractie van het water hoopt op in clusters, die zich nabij het grensvlak tussen pigment en bindmiddel bevinden. Het fenomeen van geclusterd water is ook aangetroffen in waterverzadigde olieverf met andere typen pigmenten. Deze resultaten geven aan dat lokale, waterrijke condities kunnen ontstaan in olieverf, wat consequenties heeft voor de manier waarop we over chemische reactiviteit in olieverf denken.

**Hoofdstuk 6** richt zich op het monitoren van chemische en fysische veranderingen in olieverfschilderijen met behulp van non-invasieve analysetechnieken. Door veranderingen als functie van tijd te detecteren en kwantificeren kan onderzocht worden of degradatieprocessen actief zijn, wat de onderliggende mechanismen zijn en of (preventieve) interventies effectief zijn geweest. In deze studie zijn reactieve modelsystemen gebruikt waarin aggregaties van metaalzeppen groeien op een korte tijdschaal. Acht verplaatsbare, non-invasieve technieken die beschikbaar zijn via het Mobiele Laboratorium van IPERION HS zijn getest om te bepalen hoe geschikt ze zijn voor het detecteren van veranderingen die veroorzaakt worden door de groei van metaalzeppaggregaties. Relatief toegankelijke technieken zoals strijklichtfotografie en kleurmetingen hadden onvoldoende resolutie om subtiele veranderingen waar te nemen die geassocieerd zijn met metaalzeppen. Röntgenfotografie met consistente acquisitieparameters en een vorm van automatische herkenning bleek een geschikte en toegankelijke methode te zijn voor het monitoren van veranderingen in de ruimtelijke verdeling van de aggregaties op het oppervlak van een schilderij. Driedimensionale beeldtechnieken zoals optische coherentietomografie en microprofilometrie bleken geschikt te zijn voor het detecteren van veranderingen geassocieerd met metaalzeppaggregaties, mits ze voldoende ruimtelijke resolutie hadden in het vlak van het schilderij ( $\leq 20 \mu\text{m}$ ) en in de diepte ( $\leq 2\text{-}3 \mu\text{m}$ ). Meer specificiteit voor metaalzeppen kon behaald worden met technieken die driedimensionale ruimtelijke informatie koppelden met spectrale informatie, zoals microprofilometrie gekoppeld aan VIS-NIR spectroscopie. Over het algemeen waren driedimensionale beeldtechnieken niet alleen geschikt voor het monitoren van veranderingen in ruimtelijke distributie van de metaalzeppaggregaten, maar juist ook in vorm en grootte van individuele aggregaties. Om monitoren op een dermate hoog detailniveau mogelijk te maken, is een robuust referentiepunt voor het vergelijken van de driedimensionale data essentieel.

Tot slot worden de nieuwe inzichten die gegenereerd zijn in dit proefschrift gesynthetiseerd in **Hoofdstuk 7**. Drie parallelle onderzoekslijnen voor toekomstig onderzoek worden voorgesteld die kunnen bijdragen aan een duurzame conserveringspraktijk. Ten eerste kan het watertransportmodel dat hier ontwikkeld is uitgebreid worden met dosis-respons relaties om chemische reactiviteit als functie van omgevingsfactoren te modelleren. Daarnaast is het monitoren van historische schilderijen, en dan specifiek instabiele schilderijen in ongecontroleerde omgevingen, een belangrijke route om nieuwe inzichten in materiaalverval te genereren. Tenslotte is een bredere discussie over acceptabel materiaalverval en onze perceptie daarvan onlosmakelijk verbonden met het verduurzamen van conservering, waarin gestreefd moet worden naar het inzetten van de beschikbare middelen op een moment en manier waarop deze de grootste impact hebben.





# List of publications

*Publications part of this thesis*

## **Two paintings by Jan de Bray (1663): a case study of water-induced chemical deterioration?**

Jorien R. Duivenvoorden<sup>1-4</sup>, Liesbeth Abraham<sup>1,3,5</sup>, Frederik Vanmeert<sup>3,5</sup>, Joen J. Hermans<sup>1,3,5,6</sup> and Katrien Keune<sup>1,3,5,6</sup>

*In preparation*

## **Evaluating the environmental response of Rembrandt's *The Night Watch* (1642) using water sorption experiments and diffusion modelling**

Jorien R. Duivenvoorden<sup>1-4</sup>, Esther van Duijn<sup>3,5</sup>, Lisette Vos<sup>5</sup>, Annelies van Loon<sup>5</sup>, Alba Álvarez Martín<sup>2,3,5</sup>, Theo-Fany Lange<sup>2</sup>, Piet D. Iedema<sup>5</sup>, Joen J. Hermans<sup>1,5,6</sup> and Katrien Keune<sup>1,5,6</sup>

*In preparation*

## **How to approach long-term monitoring of chemical dynamics in oil paintings?**

Jorien R. Duivenvoorden<sup>1-4</sup>, Piotr Targowski<sup>2,3,5</sup>, Marcin Sylwestrzak<sup>2,3,5</sup>, Magdalena Iwanicka<sup>2,3,5</sup>, Jana Striova<sup>2,3,5</sup>, Diego Quintero Balbás<sup>2,3,5</sup>, Antonina Chaban<sup>2,3,5</sup>, Raffaella Fontana<sup>2,3,5</sup>, Francesca Rosi<sup>2,3,5</sup>, Francesca Sabatini<sup>2,3,5</sup>, Laura Cartechini<sup>2,3,5</sup>, Brenda Doherty<sup>2,3,5</sup>, Letizia Monico<sup>2,3,5</sup>, Haida Liang<sup>2,3,5</sup>, Patrick Atkinson<sup>2,3,5</sup>, Chi Shing Cheung<sup>2,3,5</sup>, Mixon Faluwiki<sup>2,3,5</sup>, Joshua A. Hill<sup>2,3,5</sup>, Donata Magrini<sup>2,3,5</sup>, Georgios Karagiannis<sup>2,3,5</sup>, Stamatios Amanatiadis<sup>2,3,5</sup>, Joen J. Hermans<sup>5</sup> and Katrien Keune<sup>1,3,5,6</sup>

*Under review*

## **Nanoconfined Water Clusters in Zinc White Oil Paint**

Jorien R. Duivenvoorden<sup>1-4</sup>, Federico Caporaletti<sup>2,3,5</sup>, Sander Woutersen<sup>5</sup>, Katrien Keune<sup>1,5,6</sup> and Joen J. Hermans<sup>1,5,6</sup>

*The Journal of Physical Chemistry C* 127(38), **2023**, 19269-19277. DOI: [10.1021/acs.jpcc.3c04720](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.3c04720)

## **The distribution and transport of water in oil paintings: A numerical moisture diffusion model**

Jorien R. Duivenvoorden<sup>1-4</sup>, Rick P. Kramer<sup>2,5</sup>, Margriet H. van Eikema Hommes<sup>2</sup>, Piet D. Iedema<sup>1,2,5</sup>, Joen J. Hoermans<sup>1,5,6</sup> and Katrien Keune<sup>1,5,6</sup>

*International Journal of Heat and Mass Transfer* 202, **2023**, 123682. DOI: [10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123682](https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123682)

<sup>1</sup> Conceptual ideas

<sup>2</sup> Experimental work

<sup>3</sup> Data interpretation

<sup>4</sup> Preparation of manuscript

<sup>5</sup> Review and editing of manuscript

<sup>6</sup> Supervision

*Other publications*

**X-ray Fluorescence Nano-Tomography Visualizes Rembrandt's Smalt Mixtures from The Night Watch in Three Dimensions**

Frédérique T. H. Broers, Annelies van Loon, Jan Garrevoet, Francesca Gabrieli, Jorien R. Duivenvoorden, Victor Gonzalez, Paul van Laar, Petria Noble, Koen Janssens, Florian Meirer and Katrien Keune

*In preparation*

**Hidden library: visualizing fragments of medieval manuscripts in early-modern bookbindings with mobile macro-XRF scanner**

Jorien R. Duivenvoorden, Anna Käyhkö, Erik Kwakkel and Joris Dik

*Heritage Science* 5, **2017**, 1-10. DOI: [10.1186/s40494-017-0117-6](https://doi.org/10.1186/s40494-017-0117-6)

**Random graph approach to multifunctional molecular networks**

Ivan Kryven, Jorien R. Duivenvoorden, Joen J. Hermans and Piet D. Iedema

*Macromolecular Theory and Simulations*, 25(5), **2016**, 449-465. DOI: [10.1002/mats.201600052](https://doi.org/10.1002/mats.201600052)



## About the author

Jorien Duivenvoorden obtained a BSc degree in Chemistry (*cum laude*) with a minor in Conservation and Restoration of Cultural Heritage from the University of Amsterdam in 2015. Her bachelor thesis was called “Modelling oil paint network formation for characterisation of the molecular topology”.

Jorien continued her studies at The Courtauld Institute of Art in London with the late Professor Sharon Cather and Professor David Park. She graduated (with distinction) with an MA degree in Conservation of Wall Painting in 2019. Her master thesis was called ‘Environmental data analysis for implementation and evaluation of passive interventions in wall painting conservation’. As a student, Jorien participated in wall painting conservation projects in the UK, India and Bhutan.

Jorien worked as an independent wall painting conservator on conservation and assessment of wall paintings from the 15<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> century in the Netherlands, before commencing her PhD research at the Rijksmuseum and University of Amsterdam in 2020 under the supervision of Professor dr. Katrien Keune and Dr. Joen Hermans.

As of September 2024, Jorien joined the department of Conservation and Restoration of Cultural Heritage at the University of Amsterdam as an assistant professor in Conservation of Historic Interiors.





