

# TECHNOLOGICAL ATTRACTION POLES

FINAL REPORT

## PERFORMANCE ASSESSEMENT OF COATING SYSTEMS FOR EXTERIOR WOODEN JOINERY

PA-04

Project co-ordination

**Hugo Coppens**

CTIB - TCHN

Centre Technique de l'Industrie du Bois  
Technisch Centrum der Houtnijverheid  
Allée Hof ter Vleest dreef, 3 – 1070 Brussels

Financed partner

Universiteit Gent, labo Houttechnologie  
Vakgroep Bos- en Waterbeheer  
**Marc Stevens & Joris Van Acker**  
Coupure Links 653, 9000 Gent

Project executer

**Imke De Windt**

**Hugo Coppens**

**Joris Van Acker**

*The members of the users committee:*

*Coating producers*

*SIKKENS, ARCH TIMBER PROTECTION, BOSS PAINT, GLASURIT,  
SIGMA COATING, T & G BVBA, VENDART.*

*Joinery producers:*

*CAMBA, ENGELS, HARDY, SIBOMAT, SMETS HOUTBEDRIJF,  
WYCKAERT HOUTCONSTRUCTIES, GROOTJANS.*

*Miscellaneous:*

*FEDERALE OVERHEIDSDIENST ECONOMIE – KWALITEIT BOUW -  
DIENST GOEDKEURING EN VOORSCHRIFTEN,  
BELGISCHE VERENIGING VOOR HOUTBESCHERMING (BVHB)*

June 2006

BELGIAN SCIENCE POLICY



Rue de la Science 8  
Wetenschapsstraat 8  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12  
<http://www.belspo.be>

Contact person:

*Dimitri Harmegnies*

Secretariat: +32 (0)2 238 37 61

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference.

## Table of contents

<b>1 Introduction .....</b>	<b>5</b>
1.1 Subject of the project.....	5
1.2 Goals.....	5
1.3 Participation of the users committee in the research programme .....	5
1.4 Objectives, motivation and state of the art of the project.....	6
1.4.1 State of current knowledge.....	6
1.4.2 Relevance of the methods and the proposed approaches .....	6
<b>2 The test material.....</b>	<b>8</b>
2.1 The coating.....	8
2.2 The wood.....	9
2.3 Selected wood species.....	10
2.4 Summary of the test material .....	29
<b>3 Natuurlijke en kunstmatige bewedering.....</b>	<b>32</b>
3.1 Natuurlijke bewedering .....	32
3.1.1 Materiaal en methoden .....	33
3.1.1.1 Berekening van het schema om de proefstalen te Gent te verplaatsen en zo tot gelijke instraling te komen .....	35
3.2 Versnelde kunstmatige bewedering .....	37
3.2.1 Materiaal en methoden .....	37
3.2.1.1 Kunstmatige bewedering d.m.v. ultraviolet straling en besproeiing met water.....	37
3.2.1.2 Kunstmatige bewedering d.m.v. een xenon lichtbron en verneveling van water.....	38
3.3 De beoordelingsparameters .....	39
3.3.1 De visuele verwerkingsscore.....	39
3.3.1.1 Visuele beoordeling van de natuurlijke bewedering.....	39
3.3.1.2 Microscopische beoordeling van de kunstmatige bewedering.....	40
3.3.2 Het kleurverschil .....	45
3.3.3 Het glansverlies .....	51
<b>4 Hoekverbindingen .....</b>	<b>58</b>
4.1 Materiaal en methode .....	58
4.2 Resultaten .....	58
<b>5 De vochtdynamiek.....</b>	<b>60</b>
5.1 Materiaal en methoden.....	60
5.2 Resultaten .....	61
<b>6 Adhesie .....</b>	<b>65</b>
6.1 De ruitjestest.....	65
6.1.1 Resultaten .....	65
6.2 De Torque-test.....	66
6.2.1 Resultaten .....	68

<b>7 Laagdikte.....</b>	<b>73</b>
7.1 Materiaal and methoden .....	73
7.2 Resultaten .....	73
<b>8 Biologische aspecten.....</b>	<b>76</b>
8.1 Blauwschimmel.....	76
8.1.1 Blauwschimmelproef naar de EN152.....	76
8.1.2 Blauwschimmelproef volgens de EN152 reverse method .....	77
8.2 Oppervlakteschimmel.....	77
8.2.1 Oppervlakteschimmelproef naar de BSI3900-G6.....	77
<b>9 Kritische parameters.....</b>	<b>80</b>
9.1 Bepaling van de kritische grenswaarden.....	80
9.2 Kritische proefopzet .....	84
<b>10 Voorstel tot technische specificatie voor afwerkingssystemen van buitenschrijnwerk</b>	<b>86</b>
10.1. Component 1: Weerstand bij bewedering van vlakke elementen.....	86
10.1.1 Weerstand bij natuurlijke bewedering naar analogie met EN927-3.....	87
10.1.2 Weerstand bij kunstmatige bewedering naar analogie met EN927-6 .....	87
10.2 Component 2: Verweringsgevoelige delen.....	88
10.2.1 Observatie verweringsgevoelige delen bij natuurlijke bewedering .....	88
10.2.2 Observatie hoekverbindingen met verhoogde vochtinwerking.....	89
10.2.3 Vochtdynamiek .....	89
10.2.4 Adhesie Torque-test .....	90
10.3 Component 3: Bijkomende informatie over adhesie, laagdikte, kleur en glans .....	90
10.3.1 Ruitjestest .....	90
10.3.2 Laagdikte.....	90
10.3.3 Kleurbehoud .....	91
10.3.3.1 Kleurbehoud bij natuurlijke bewedering.....	91
10.3.3.2 Kleurbehoud bij kunstmatige bewedering.....	91
10.3.4 Glansbehoud.....	91
10.3.4.1 Glansbehoud bij natuurlijke bewedering.....	91
10.3.4.2 Glansbehoud bij kunstmatige bewedering .....	92
10.4 Component 4: Biologische aspecten - Blauw- en oppervlakteschimmel .....	92
10.5 Component 5: Herbehandelbaarheid .....	92
<b>11 Besluitvorming.....</b>	<b>95</b>
11.1 Conclusies .....	95
11.2 Algemeen besluit.....	96
<b>Referentielijst.....</b>	<b>98</b>

# 1 Introduction

## 1.1 Subject of the project

The Belgian technical specification STS 52.04.08 'HOUTEN BUITENSCHRIJNWERK - Bescherming en afwerking / MENUISERIES EXTÉRIEURES EN BOIS – Protection et finition' needs extension, refinement and revision. Earlier enthusiasm of the 'Ministry of Infrastructure' initiated the need to develop better quality guarantee on finishes applied. Better and more focussed technical detailing in the related STS document proved not to be simple. A simple testing procedure for the coatings would be needed but at that moment no standard procedure to do so was agreed upon at European level nor is the proposal suitable for implementation in this respect. Furthermore '*PERFORMANCE ASSESSMENT OF COATING SYSTEMS FOR EXTERIOR WOODEN JOINERY*' could lead to the set up of a Technical agreement (ATG – 'Agrément Technique / Technische Goedkeuring') which can be envisaged for completely finished exterior joinery elements or for the wood coating systems themselves.

Consumers and their representative organizations should be able to select both DIY (do-it-yourself) wood coatings and exterior joinery with industrially applied coatings in a reasonable price/quality concept taking into account recent environmental concerns as defined in the European directives dealing with organic volatiles and biocides.

Paint manufacturers would profit from a common evaluation system for exterior wood coatings to maintain the actual market share of wooden window joinery and to avoid negative impact of low quality coatings introduced on the market.

## 1.2 Goals

The project '*PERFORMANCE ASSESSMENT OF COATING SYSTEMS FOR EXTERIOR WOODEN JOINERY*' aims in providing a practical methodology to identify exterior wood coatings adequate to protect exterior joinery and allow wood to remain a reliable and cost effective material in this sector. A range of coating systems with 'known' performance in practice was weathered using natural and artificial ageing. The aim is to verify the potential to use artificial ageing techniques to categorise coating systems: based on optimised artificial ageing it should be possible to rank coating systems and give them a temporary authorisation which can later become final using data from long term natural weathering. Since coatings were included that perform inadequate it should be possible to identify exterior coatings with 'bad' performance, those with 'adequate' performance and coating systems outperforming the others.

## 1.3 Participation of the users committee in the research programme

The members of the users committee were convened at the start of the research project. The objectives of the project were stated clearly and a proposal was made on how to obtain these objectives. The members of the users committee were very closely involved in the research project. From the beginning, all parties were involved in the project. The interaction between the joinery and the coating was guaranteed by connecting a joinery producer and a coating producer. A whole range of possibilities was available when the appropriate wood species had to be selected. Finally, the joinery producers decided which wood species were to be used in the project. The coating producers provided for the most recent coating systems. Older reference systems were included in the project as well. Within the scope of the project, the

producers were asked to deliver coating systems that are “nearly right” as well. The discussions were carried out with the individual joinery or coating producer, or with both of them together. The meetings with the joinery producers and the coating producers resulted in the selection of the coating systems, and the decision in who was going to apply them and which application method was going to be used. In total, 90 technical meetings were organized.

The joinery producers and the coating producers realised 324 finished windows. A combination of nine wood species and thirty-five coatings resulted in fifty-four coating systems under test.

The members of the users committee were convened in Brussels (2003), Ghent (2004) and Bertrix (2005). In September 2006 a seminar will be organized for the entire wood industry; this will be the last meeting.

## **1.4 Objectives, motivation and state of the art of the project**

### **1.4.1 State of current knowledge**

The European standardization related to this topic co-ordinated by CEN/TC 139/WG2 (Coating systems for wood) produced many relevant documents but still lacks practical implementation. For the development of wood coating systems realistic, reliable and rapid performance tests are needed. Fast tests however have so far not been realistic, and vice versa realistic tests have not been fast. Speed is usually achieved by artificial laboratory methods, whereas reliability requires lengthy natural exposure, and even then the results have limited validity because of their dependency on climatic variations.

Meanwhile artificial ageing or weathering of coatings has become more generally accepted and proved a high degree of reliability. Although this has not yet become a general procedure for testing it should enable fast testing of exterior wood finishing systems especially when focussing on critical values for assessment parameters as defined and based on natural weathering tests.

The Geneva Convention and the later drafts for the directive to reduce solvent emissions have directed and will direct the further development of paints for industrial use with less organic solvents. In addition, the markets for architectural solvent-borne paints may be controlled by taxes on products that contain harmful organic solvents. Therefore new kinds of paints with less or no solvents, like water-borne or high-solid finishes, have been developed. The properties of those paints are not extensively studied as those of conventional solvent-borne paints. In particular, the performance and durability of these paints and their ability to protect the underlying wood have been studied poorly. However, confidence in the durability properties of wooden window joinery painted with the modern finishes is the foundation to compete with plastic and aluminium windows that are based on non-renewable resources.

Both the need to evaluate these new paints on a short term and the availability of a set of assessment standards for exterior wood coatings based on natural weathering form the basis for the present research.

### **1.4.2 Relevance of the methods and the proposed approaches**

The project mainly focuses on the establishment of reliable and reproducible weathering and assessment for exterior joinery coatings. This should allow identification of coating systems that are not adequately performing leading to a tool for regulatory bodies and construction and building authorities in general to avoid the use of low quality exterior wood coatings.

The wood/coating system is a very complex combination where wood quality and species, coating formulation and systems, as well as exterior aspects as building design and climatic impact contribute to the rate of ageing and deterioration of coated wood. In addition to cracking, flaking and blistering, mould and blue stain are important parameters that threaten the integrity of coated wood. In practice weathering of exterior wood coatings is a combination of all these phenomena in continuous interaction. Until now the mechanical deterioration and the different physical aspects of the novel coatings have been the focus point of intensive research, but the precise microbiology has been somewhat ignored in favour of chemical control with biocides.

The basis for standardised testing of wood coating systems at an European level was the introduction of the test procedure EN 927-3 based on natural weathering and the development of an artificial ageing standard procedure, prEN 927-6 .

Natural weathering tests, although they can be considered realistic, will vary as a result of climatic differences at the exposure site and, in specific tests, as a result of the weather during the exposure period.

This means that the results of a natural weathering test depend upon the quality of the coatings but also on where and when the test specimens have been exposed.

A consequence of the introduction of this standard for the evaluation of the performances of a coating system is the difficulty to define the reproducibility of the method or, in other terms, the possibility to transfer the test results from one region to another.

## 2 The test material

### 2.1 The coating

Coatings, here used as a generic name for all types of paints, varnishes, stains, lacquers, etc., can provide wooden materials with the desired esthetical properties like colour and gloss, but are mostly of vital importance in the protection of wood against environmental influences. This applies to both interior uses and exterior applications like wooden joinery. The project focuses on the latter.

More than 95% of exterior wood coatings are applied as liquid coatings generally containing the following components:

- Binders: polymeric material to bind together the other ingredients, to form a film and to protect against external influences
- Pigments and extenders: mainly to provide colour, protection of the wood against photodegradation and to modify the mechanical and adhesion properties of the film.
- Additives: a general name of various components that can provide a) pigment stabilisation, b) control of rheology, c) substrate wetting, d) film formation and e) protection of the dry film (like fungicides or UV-absorbers)
- Carrier solvents: water or organic solvents with the purpose to transfer the other ingredients to the substrate and to allow the formation of a film.

Within the scope of the project the composition and production of these materials will not be further discussed except for the binder.

Binders are mostly classified with respect to the chemical composition of the polymer. The main binders in exterior wood coatings are nowadays based on acrylics, fatty acids containing alkyd-polyesters or polyurethane.

The **acrylic** binders are generally produced by emulsion copolymerisation of various monomers to form colloidal stabilised solid particles in water. The film formation of acrylic dispersions consists of evaporation of water followed by coalescence and finally by interdiffusion of the polymers.

**Alkyd** resins are traditionally used as solutes in organic solvents, but water-borne alkyds also exist. They can be used either as water soluble polymers or as emulsions. Water-borne alkyds are used in combination with acrylic dispersions (hybrids) or as sole type of binder. Film formation of water-borne alkyd resins begins with the evaporation of water followed by phase-invasion into an oil-in-water emulsion and finally by the oxidative cross-linking to form a polymeric network.

High solid coatings for wood are also based on fatty acids containing alkyd-polyesters. (De Meijer, 1999)

**Polyurethane** coatings can be water- or solvent-borne. The film formation of these systems is based on polymerisation reactions between hydroxyl resins and hardeners of the polyisocyanate type. The produced polyurethane coating film is hard and longwearing.

Both **paints** (NL: verven) which form a white, non-transparent (opaque) film and **stains** (NL: lazuren) which produce a transparent or semi-transparent film are used in the test set up. In general 35 different coatings are applied on nine commercial wood species (see paragraph 2.3) resulting in 54 different coating systems.



The coatings are applied as recommended by the manufacturers. The project focuses on two application techniques: industrially spraying and manually brushing.

The industrial application of the coating system was either completely performed by professionals from the joinery or the coating company, or partly performed in the company and finished by painters.

More details about the wood finishes are listed in paragraph 2.4.

## **2.2 The wood**

Wood differs mainly from other common building materials due to its natural biological origin. Either chemical or anatomical features can cause problems in finishing wood.

White or light-coloured paint may occasionally develop yellow or brown discolouration. The colour comes from substances in the extractives and is exacerbated by moisture. Changing colour can occur on wood that was damp when painted or gets wet after the paint has cured. In some woods specific extractives, sometimes called “oils”, can cause finishing problems. These oils are soluble in some finishes and thus may discolour the finish. The presence of oils may also retard the drying process and often causes blistering of coatings (Williams et al., 1996).

Large pores can cause problems because the pores are too large to be filled properly with a coating. Consequently, the coating film develops pinholes that often cause early failure of the wood finish. The best hardwoods for painting are fine, uniform-textured (small-pored) wood species with medium to low density.

Taking into account the features a selection of nine wood species was made in accordance to the collaborating industry.

Depending on the joinery, the wood types differ a lot. A type of wood commonly used is moabi. The main wood species specifically used by joinery producers are sipo, sapelli, afzelia, meranti, and moabi. Other wood species regularly used are laminated meranti, merbau, movingui and padauk. Other alternative wood species are afrormosia, oak, niangon, bosse, iroko, tatajuba, cedrorana, maritime pine, itauba, jatoba, oregon and wengé.

The **wood species** were categorised into three groups, depending on the degree of difficulty for the finish, the specific requirements of the joinery producer and the sensitivity to blue staining of the wood (see table 1).

**Table 1: Grouping of the selected wood species.**

<b>Selected wood species</b>	
<b>group 1</b>	weathering fast, large pores, difficult to finish <b>afzelia - merbau – padauk</b>
<b>group 2</b>	common hardwood species included upon request of joinery producer and softwood <b>sipo - sapelli - meranti – maritime pine</b>
<b>group 3</b>	small pored, sensitivity to blue stain, pale wood type <b>moabi – movingui</b>

The first group are wood types with regard to increased weathering rate, large pored and difficult to finish like afzelia, merbau and padauk.

For good results with regard to biological factors it is useful to include pale wood types in the research. In group 2 maritime pine is present and group 3 includes movingui.

Other wood types in group 2 were also considered to meet the current priorities of joinery producers such as sipo, sapelli, meranti.

### **2.3 Selected wood species**

In this part all wood species used are discussed in detail on their relevant properties for exterior joinery. The information is based on following literature:

- Clifford, N.C.E. (1957). Timber identification for the builder and architect. Leonard Hill Limited, London. 141p.
- Nairn, P. (1957). A second collection of wood specimens. Tothill Press Ltd, London. 205p.
- Phongphaew, P. (2003). The commercial woods of Africa. Stobard Davies Limited, Ammanford. 206p.
- Wiselius, S.I. (2001). Houtvademeccum. Ten Hagen & Stam, Den Haag. 430p.
- Woods of the World. Tree talk (CD-ROM)
- Xylos- Les bois du monde. C.T.B.A. Formabois (CD-ROM)
- Belgian Wood Forum ([www.hout.be](http://www.hout.be))

## **Afzelia doussié**

---

*Afzelia bipindensis* Harms.

**Leguminosae**

### **Common names**

Afzelia, Aligna, Apa, Azza, Beyo, Bolengo, Doussie, Kpendei, Lingue, M'banga, Meli, Mkola, Mussacosa, N'kokongo, Papao, Pauconta, Uvala, Yellow afzelia

### **Species distribution**

Africa

Cameroon

### **Sapwood colour**

Sapwood is pale straw or pale yellow to whitish and is sharply demarcated from the heartwood.



### **Heartwood colour**

The heartwood is reddish-brown in colour and is sharply demarcated from the sapwood.

### **Grain**

Grain is straight to moderately interlocked, or irregular.

### **Texture**

Texture is moderately coarse.

### **Luster**

The wood is of medium luster.

### **Density (15 % mc)**

800 kg/m<sup>3</sup>

### **Natural durability**

The wood is reported to be naturally resistant to attack by decay fungi and other wood destroying organisms.

### **Resistance to impregnation**

The heartwood is extremely resistant to impregnation. The sapwood is reported to be moderately treatable.

### **Effect on textiles**

The wood contains afzelin, a yellow dye-stuff that is capable of discolouring textiles under moist conditions. *Afzelia bipindensis* is also somewhat resinous.

### **Cutting resistance**

Rather difficult to saw because cutting edges are dulled rapidly.

**Planing**

The wood is very difficult to plane and requires a reduced cutting angle of 15 degrees to prevent torn grain.

**Gluing**

The wood is reported to be difficult to glue.

**Sanding**

The material is reported to work to a smooth finish.

**Polishing**

Satisfactory or good finishing results can be obtained after surface treatment.

**Staining**

Yellow or white deposits in pores can make staining especially difficult.

**Varnishing**

The wood varnishes satisfactorily or well after pre-treatment.

**Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The uniformly distributed, numerous pores are commonly arranged in short (2-3 vessels) radial groups. No tyloses are to be seen but other (yellowish to brownish) deposits are present in the heartwood vessels.



## Merbau

---

*Intsia palembanica* Miq.  
Leguminosae

### Common names

Aizella, Ipil, Kwila, Lumpha, Lumpo, Merbau, Tat talun

### Species distribution

Oceania and S.E. Asia  
Indonesia, Malaysia, Thailand

### Sapwood colour

The sapwood is whitish in colour, and is well demarcated from the heartwood. Width is reported to be 1.5 to 2 inches (4 to 5 cm).



### Heartwood colour

The heartwood is yellowish to orange brown when first cut, but it matures into brown or dark red-brown upon exposure. Vessels are often filled with yellowish or whitish deposits, conspicuous on the surface. Colour variation between boards is reported to be moderate to high.

### Grain

Grain is straight to interlocked, or wavy. Radial surfaces exhibit an attractive, ribbon figure.

### Texture

The texture is typically fairly coarse.

### Luster

Luster is reported to be variable.

### Density (15 % mc)

800 kg/m<sup>3</sup>

### Natural durability

The heartwood is reported to be durable and is highly resistant to termite attack. The sapwood is reported to be susceptible to insect attack.

### Resistance to impregnation

The heartwood is reported to be highly resistant to preservative treatment, but the sapwood is permeable.

### Gum content

The wood contains a dark brown gummy substance that leaches out steadily with water, and stains textiles.

### **Cutting resistance**

The wood is reported to be difficult to saw. Saw teeth are gummed up easily and are also dulled rapidly. Carbide-tipped cutters are recommended.

### **Planing**

The wood is reported to be rather difficult to plane, especially if the grain is interlocked. When planing quartered material with interlocked grain, it is recommended that the cutting angle be reduced to 20 degrees to minimize tear and pick up.

### **Gluing**

The wood is reported to glue well (except with casein glues) but requires considerable filling. Oily surfaces may cause difficulties.

### **Sanding**

Sanding properties are reported to be generally satisfactory, but there may be interference from oily patches.

### **Polishing**

The wood has good polishing characteristics. Surface preparation may be required because of oily patches.

### **Staining**

The wood stains well, but material in contact with ferrous metal and moisture may be stained black.

### **Varnishing**

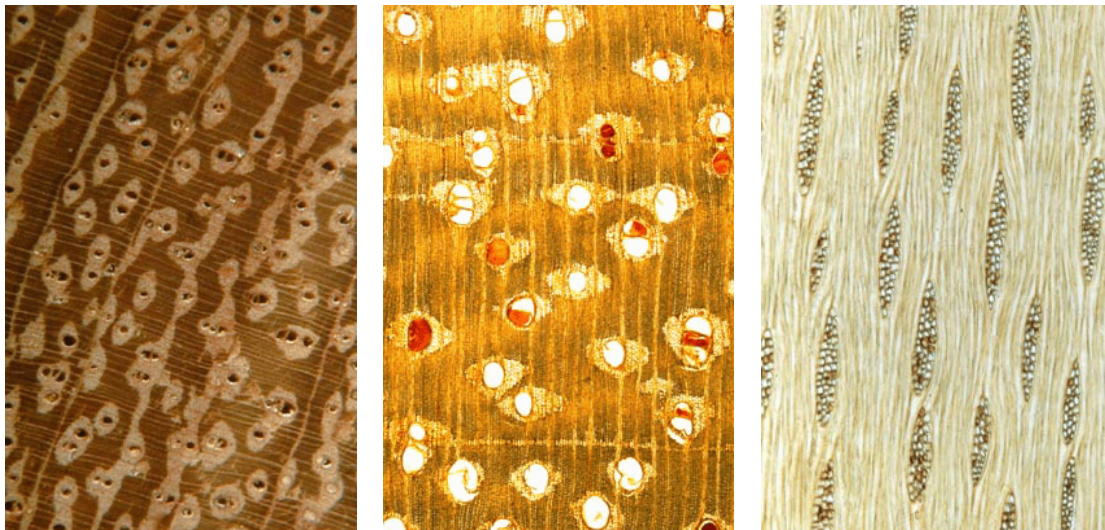
The wood is reported to take varnish well.

### **Painting**

The wood takes paint well.

### **Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The pores are arranged in short (2–3 vessels) radial rows. No tyloses are to be seen, but other deposits are present in the heartwood vessels (white or yellow and dark reddish brown).





## **Padouk d'Afrique**

---

*Pterocarpus soyauxii* Taubert.

**Leguminosae**

### **Common names**

African padauk, Mbe, Mbil, Mututi, Ngula, Bosulu

### **Species distribution**

Africa

Angola, Cameroon, Central African Republic, Congo, Equatorial Guinea, Gabon, Nigeria, DR Congo

### **Sapwood colour**

The sapwood is white when freshly cut, but turns to brownish yellow or gray upon exposure.

### **Heartwood colour**

The heartwood is vivid reddish-orange initially, but it changes to bright red, red or coral pink, with dark streaks, or reddish- or purplish-brown or black over time. The colour is reported to darken upon drying, but it eventually fades with age. Colour variation between boards is reported to be slight.

### **Grain**

The grain is generally straight to somewhat interlocked.

### **Texture**

Texture is described as fine to medium.

### **Luster**

The surface of the wood is reported to have a natural sheen.

### **Density (15 % mc)**

750 kg/m<sup>3</sup>

### **Natural durability**

The heartwood is reported to be very durable and may last for more than 25 years in contact with the ground without any preservative treatment. It is very resistant to attack by termites.

### **Weathering properties**

The timber is reported to possess excellent weathering properties

### **Staining**

The wood is reported to take finishes well, but there is a tendency to bleed. Water-based finishes have been reported to hold colour better.

### **Mineral deposits**

Crystal deposits are usually present.



### **Resistance to impregnation**

The heartwood is fairly resistant to impregnation. The sapwood is moderately resistant to preservative treatment

### **Cutting resistance**

The timber is reported to saw well, but it requires a slow feed rate. Carbide-tipped tools are recommended.

### **Planing**

Quartersawn stock with interlocked grain tends to tear in planing, but the timber is reported to plane easily, especially backsawn material. Planed surfaces are usually very smooth.

### **Gluing**

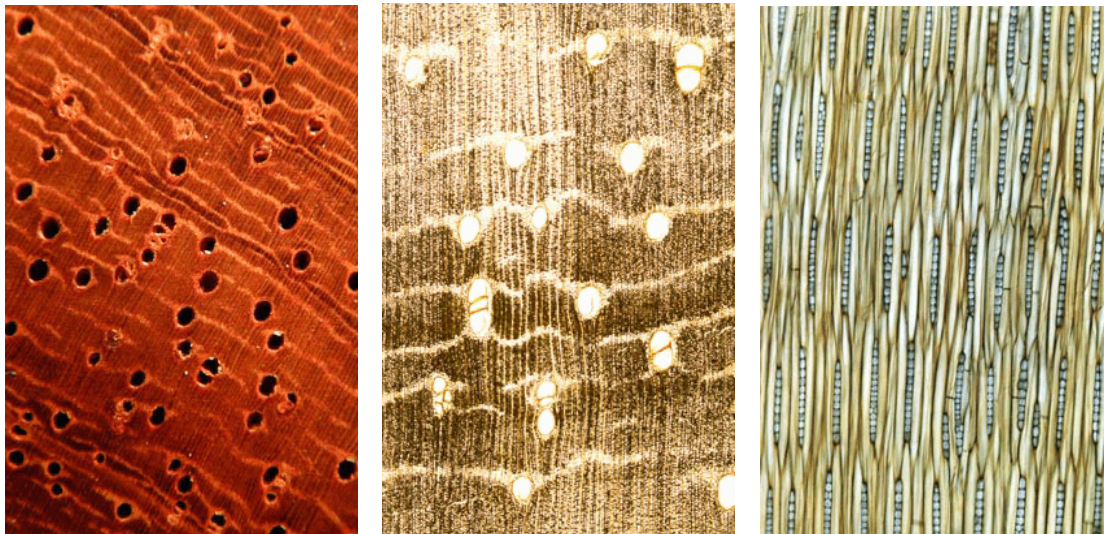
The material is reported to glue very well.

### **Sanding**

Sanding qualities are reported to be generally good.

### **Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure, medium-sized pores. The pores are arranged in no specific pattern, solitary or in short (2–3 vessels) radial rows. In some vessels dark deposits are present.





## Sipo

---

***Entandrophragma utile*** (Dawe & Sprague) Sprague  
**Meliaceae**

### Common names

Abebay, Asseng assie, Assi, Efuodwe, Kalungi, Liboyo, Mufumbi, Okeong, Sipo, Utile

### Species distribution

Africa

Cameroon, Angola, Congo, Ivory Coast, Ghana, DR Congo, Liberia, Sierra Leone, Equatorial Guinea, Gabon, Nigeria, Uganda



### Sapwood colour

The sapwood is light brown in color, and is well demarcated from the heartwood. It is reported to be up to 2 inches (0.50 cm) wide.

### Heartwood colour

The heartwood matures from pink-brown to deep red-brown or purple-brown in color.

### Grain

The grain is usually broadly interlocked, producing a ribbon figure or a wide, often irregular stripe on quartersawn surfaces.

### Texture

Texture is reported to be medium.

### Luster

Wood surfaces are reported to be lustrous.

### Density (15 % mc)

650 kg/m<sup>3</sup>

### Natural Durability

The wood is slightly resistant, or moderately durable, to durable. The heartwood is moderately resistant to termites and marine borers.

### Comments

- Crabwood (*Carapa guianensis*) is reported to be similar in properties to Utile
- Light bosse (*Guarea cedrata*) and Dark bosse (*Guarea thompsonii*) are reported to be used as a substitute for *Entandrophragma utile* for exterior joinery (windows)

### Resistance to impregnation

The heartwood is reported to be rather resistant to preservative impregnation.

### Cutting resistance

The wood has a low resistance to sawing.

**Planing**

A reduced cutting angle of 15 degrees has been recommended in planing material with interlocked grain

**Gluing**

Gluing characteristics are reported to be satisfactory.

**Polishing**

Polishing characteristics are rated as very good.

**Sanding**

Sanding characteristics are reported to be very good.

**Staining**

The material is reported to take stains well.

**Varnishing**

Pre-treatment is required to produce well varnished surfaces.

**Painting**

The material is reported to take paint easily after pre-treatment.

**Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The pores are medium sized and distinct to the naked eye. They are evenly distributed and moderately numerous, solitary or in radial groups (2-6). Deposits are present.



## Sapelli

---

***Entandrophragma cylindricum*** (Sprague) Sprague  
**Meliaceae**

### Common names

Aboudikro, Assi, Assie sapelli, Lifari, M'boyo, Muyovu, Penkwa, Sapele, Sapele mahogany, Sapeli, Sapelli, Undianuno

### Species distribution

Africa

Angola, Cameroon, Central African Republic, Congo, Gabon, Ghana, Ivory Coast, Nigeria, Sierra Leone, Togo, Uganda, DR Congo

### Sapwood colour

The sapwood is gray-pink or pale yellow in color, clearly differentiated from the heartwood.

### Heartwood colour

The heartwood is pink when freshly cut, but it matures to a red-brown or purple-brown color.

### Grain

The grain is moderately interlocked or wavy. Quarter cut Sapele is reported to yield a ribbon, regular stripe or bee's wing. Other cuts feature various desirable patterns, including fiddlebacks, roe or a mottled design, especially in wood containing wavy grain.

### Texture

Texture is typically moderately fine.

### Luster

Luster is described as high and golden.

### Density (15 % mc)

650 kg/m<sup>3</sup>

### Natural durability

The wood is reported to be susceptible to pinhole borer, and marine borer attack. The sapwood is reported to be readily attacked by powder post beetle, but it is moderately resistant to African termites.

### Comments

- Kosipo (*Entandrophragma candollei*) has been suggested as a potential substitute for sapelli.
- Gum canals are reported to be a natural feature in sapelli.

### Staining

The wood is reported to stain well, but requires some care.



### **Varnishing**

Varnishing properties are rated as good.

### **Painting**

Painting properties are rated as good.

### **Resistance to Impregnation**

The heartwood is nearly untreatable, while the sapwood is moderately resistant to preservatives.

### **Cutting Resistance**

The wood has a low resistance to sawing.

### **Planing**

The material is reported to be generally easy to plane, but interlocked material has a tendency to tear.

### **Gluing**

The wood glues fairly well.

### **Sanding**

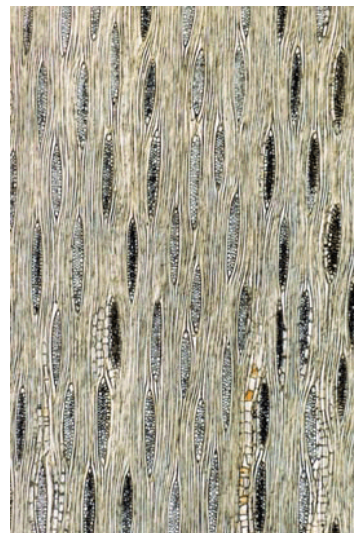
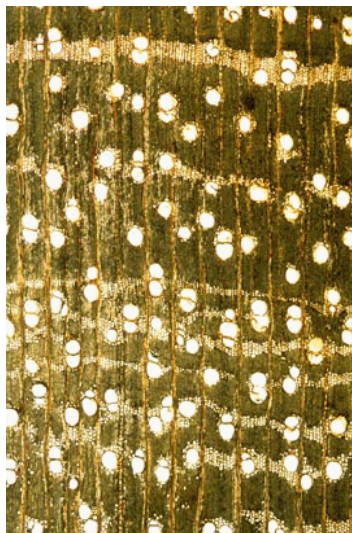
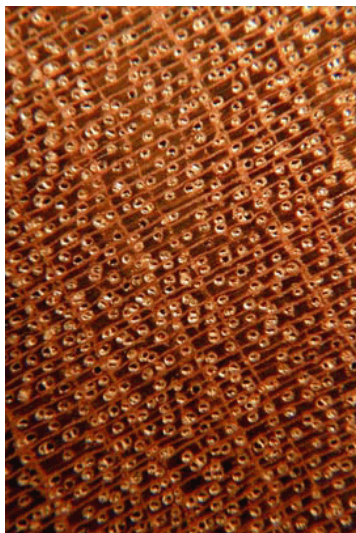
Sanding characteristics are rated as very good.

### **Polishing**

Polishing characteristics are reported to be excellent.

### **Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The uniformly distributed, moderately numerous pores are visible to the naked eye, solitary and in small radial groups. No tyloses are to be seen, but dark-coloured vessel deposits are common.





## **Meranti (dark red meranti (DRM)/ light red meranti (LRM))**

---

***Shorea spp*** Roxb. ex C.F. Gaertn..

**Dipterocarpaceae**

### **Common names**

Dark red lauan, Dark red meranti, Dark red seraya, Mayapis, Nemesu, Oba suluk, Red lauan, Tangile, Tiaong, Bataan

### **Species distribution**

Oceania and S.E. Asia

Brunei, Indonesia, Malaysia, Philippines, Thailand

### **Sapwood colour**

The sapwood is pinkish in color, and is not clearly demarcated from the heartwood.

### **Heartwood colour**

The heartwood is dark brown to deep red, and sometimes deep purple. It often has conspicuous white dammar or red streaks.

### **Grain**

Grain is typically interlocked.

### **Texture**

The texture is described as rather coarse.

### **Luster**

The wood can be described as dull or non-lustrous.

### **Density (15 % mc)**

550 kg/m<sup>3</sup>

### **Gluing**

The wood has good gluing properties.

### **Sanding**

Denser dark red meranti timber is reported to have better sanding qualities than lighter stock.

### **Planing**

Dark red meranti (DRM) is reported to be harder and stronger than light red meranti (LRM), but it is reported to be generally easy to plane and work in most operations. It responds well to ordinary tools but cutting edges should be kept clean and very sharp. A reduced cutting angle of 20 degrees is recommended to prevent tearing when planing material containing interlocked grain.

### **Cutting resistance**

The timber is reported to be generally easy to saw but the presence of interlocked grain may cause sawn surfaces to be fibrous.



### **Polishing**

The timber is reported to take a good polish.

### **Staining**

Staining properties are reported to be satisfactory.

### **Resistance to impregnation**

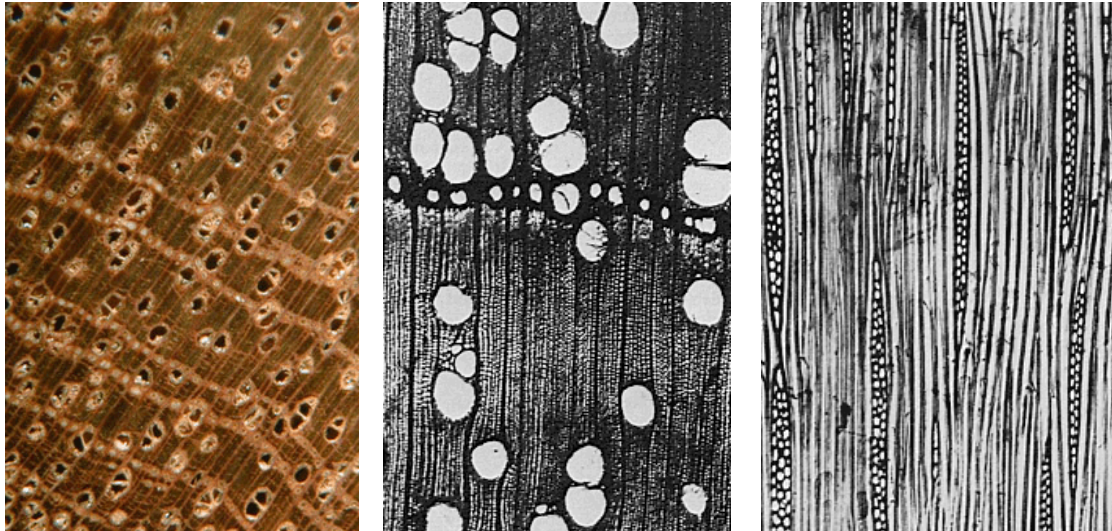
Heartwood resistance to preservative treatment varies from resistant to very resistant. The sapwood is fairly permeable to permeable.

### **Natural durability**

The heartwood is reported to be moderately durable to durable. The sapwood is vulnerable to attack by powder-post beetle. Both sapwood and heartwood are not resistant to attack by marine borers.

### **Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The uniformly distributed, numerous pores are commonly arranged in short (2-3 vessels) radial rows. Tyloses are present



## Maritime pine

---

*Pinus pinaster* Ait.

Pinaceae

### Common names

zeeden, pin maritime, maritime pine, Seekiefer, Strandkiefer

### Species distribution

S.E. Europe and N. Africa

Algeria, Morocco

### Sapwood colour

The sapwood is white or yellow in color, and it is clearly demarcated from the heartwood.

### Heartwood colour

The heartwood varies from light red to reddish-brown.

### Grain

The grain is generally straight

### Texture

The texture is described as fine to medium.

### Density (15 % mc)

620 kg/m<sup>3</sup>

The density varies according to the resin content of the wood.

### Natural durability

The heartwood is reported to have very little natural resistance to decay, and is vulnerable to insect attack.

### Surface treatment

The wood is reported to take finishes well. Degreasing the surface in advance is recommended because of the resins.

### Resistance to impregnation

The heartwood is extremely resistant to impregnation. The sapwood is permeable.

### Resin content

The wood contains resins, which can be extracted from the tree by tapping the trunk.

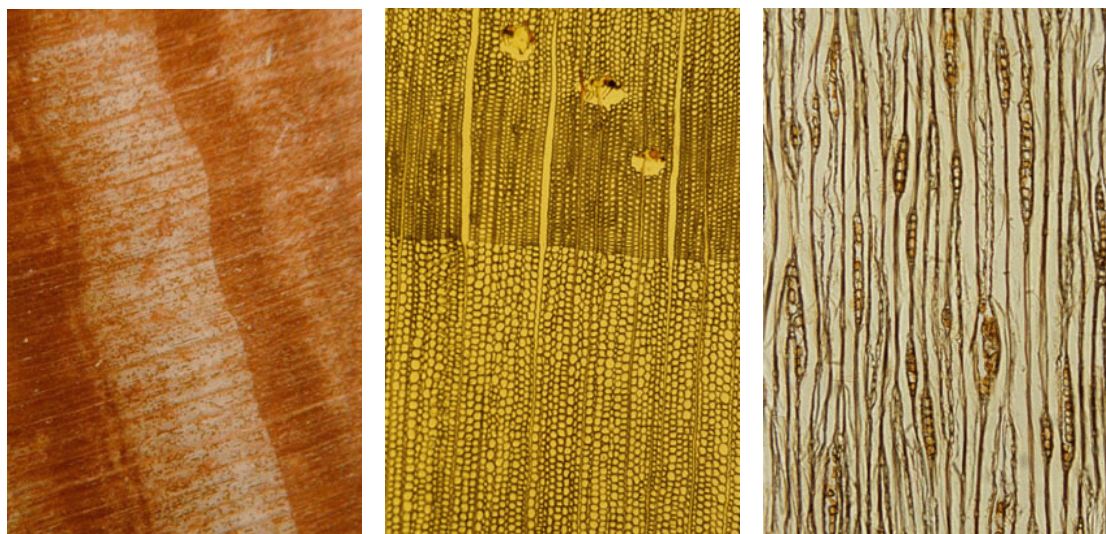
### Gluing

The material is reported to glue well, but high resin contents cause a decrease in gluability.



### **Anatomical features**

The (rather few) resin canals are fine to moderate.





## Moabi

---

***Baillonella toxisperma*** Pierre  
**Sapotaceae**

### Common names

Njabi, Adza, African pearwood, Dimpampi, Moabi

### Species distribution

Africa

Cameroon, Congo, Gabon, Nigeria

### Sapwood colour

The sapwood is pinkish white, gray brown, or dark gray to pinkish gray, and is clearly delineated from the heartwood.

### Heartwood colour

The heartwood varies from light reddish-brown to rich red, sometimes with a grayish tinge.

### Grain

Grain is reported to be straight to slightly interlocked. The wood is reported to be attractively figured.

### Texture

The wood has a fine and even texture.

### Luster

Wood surfaces are reported to be highly lustrous.

### Density (15 % mc)

850 kg/m<sup>3</sup>

### Natural durability

The wood is reported to be very durable and is resistant to attack by fungi and wood boring insects. In marine applications, it is reported to be seldom attacked by marine borers, i.e., shipworms (*Teredo*) and gribble (*Limnoria*).

### Weathering Properties

The timber is reported to have exceptional resistance to the harmful effects of the weather, and is well suited for exterior applications such as sidings and shingles.

### Polishing

The wood has good finishing and polishing characteristics.

### Varnishing

The material is reported to take varnish well.

### Painting

Painting properties are reported to be good.



### **Comments**

Strength qualities in compression parallel to grain are exceptionally high. The wood is very heavy and very dense. It has been compared to the North American Hickories (*Carya*) in hardness and other strength properties, and is reported to be one-and-a-half times as dense as Black walnut (*Juglans nigra*).

### **Resistance to impregnation**

The heartwood is reported to be extremely resistant to preservative treatment. The sapwood is moderately resistant.

### **Silica content**

The material is reported to be siliceous.

### **Cutting resistance**

The timber saws well but tool edges are reported to dull rapidly.

### **Planing**

The material is reported to work easily in most machining operations but silica in the wood tends to dull cutting edges quickly. A reduced cutting angle of 20 degrees is recommended for planing.

### **Gluing**

The wood is reported to glue well.

### **Anatomical features**

Diffuse-porous vessel structure. The pores are arranged in a diagonal and/or radial pattern, in numerous commonly short radial rows (2–3 vessels) to radial rows of 4 or more vessels. Tyloses are present in the vessels.



## Movingui

---

***Distemonanthus benthamianus*** Baillon.  
**Leguminosae**

### Common names

Ayan, Ayan movingui, Ayanran,  
Barre, Bonsamdua, Eyen, Movingui

### Species distribution

Africa

Cameroon, Equatorial Guinea, Gabon,  
Ghana, Ivory Coast, Nigeria, Sierra Leone

### Sapwood colour

The sapwood is white, gray or straw coloured. It has also been described as lemon-yellow or yellowish brown.

### Heartwood colour

The colour of the freshly-cut heartwood darkens from golden-yellow to orange-brown upon exposure, sometimes with dark streaks.

### Grain

The grain is straight to slightly interlocked, and produces a ribbon figure.

### Texture

Texture is reported to be medium to fine.

### Density (15 % mc)

700 kg/m<sup>3</sup>

### Natural durability

Timber is resistant to moderately resistant to termites. Resistance to marine borer attack is reported to vary with silica content.

### Staining

Staining qualities are reported to be good.

### Painting

The material is reported to have satisfactory painting properties.

### Comments

Strength properties are reported to be comparable to those of oak. A yellow-coloured dye in the wood may stain fabrics under moist conditions.

### Resistance to impregnation

The heartwood is reported to be generally resistant to impregnation



### **Cutting resistance**

The wood is reported to be relatively easy to saw but gum or resin buildup on saws may cause overheating.

### **Silica content**

The wood is siliceous and may contain up to 1.3% (of oven-dry weight) of silica. A silica content of 0.05% is usually considered to be high enough to affect some wood properties.

### **Planing**

A reduced angle of 20 degrees is recommended to prevent pick-up in planing quartersawn material.

### **Gluing**

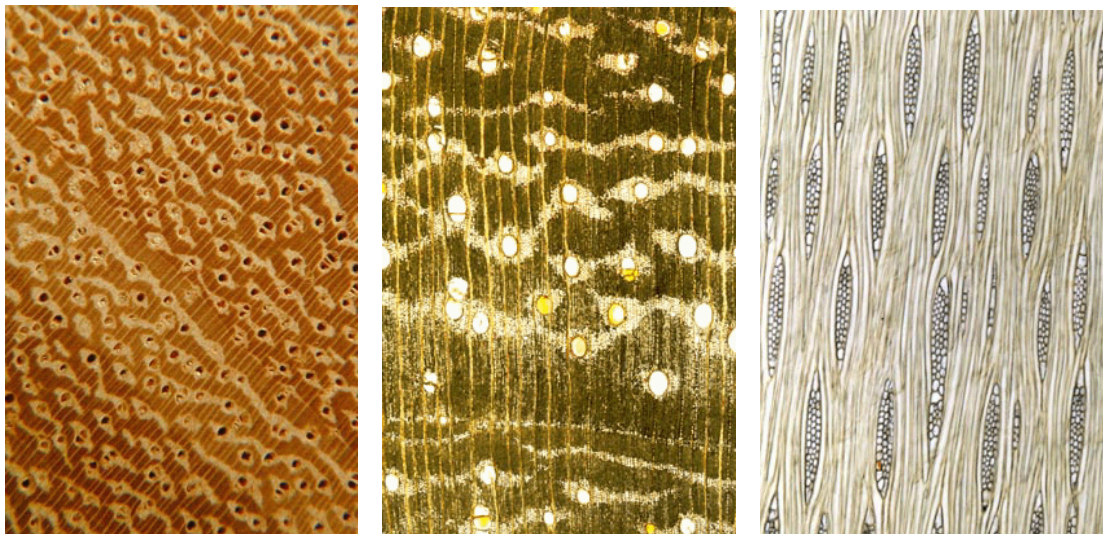
The wood is reported to have good gluing properties.

### **Polishing**

The timber is reported to take a good polish.

### **Anatomical features**

Diffuse-pored vessel structure. The pores are medium sized, uniformly distributed and visible to the naked eye. They are moderately numerous, solitary in arrangement, or in small radial groups. White, yellow or orange-coloured vessel deposits are sometimes to be seen.





## 2.4 Summary of the test material

Paints and stains are used in the set up. Paints are all opaque white systems while the stains are brown coloured semi-transparent. In respect to the changing exterior wood coatings market, mainly low VOC (= Volatile Organic Compounds) water-borne coatings are used.

The better known solvent-borne systems are included in the project as reference material. As the determination of critical values for wood finishes is aimed, wood coating systems with insufficient performance are enclosed in the test set up.

In general 35 different coatings are applied as recommended by the manufacturers on nine commercial wood species. The **wood species** were categorised into three groups, depending on the degree of difficulty for the finish, the specific requirements of the joinery producer and the sensitivity to blue staining of the wood. This results in 54 different coating systems.

The following table 2 gives an overview of all coating systems used and their respective wood species they were applied on.

*Table 2: Overview of the 54 used wood coating systems.*

code	different layers: - resin types - carriers	substrate	layer thickness <sup>1</sup>	paint/ stain	application top layer
00	alkyd solvent-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	- 150µm 150µm	paint	spray
01	alkyd water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	15µm 1x40µm (dry) 1x40µm (dry)	paint	spray
02	alkyd water-borne acrylic water-borne	afzelia	15µm 2x40µm (dry)	paint	brush
03	acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	2x40µm (dry)	paint	spray
04	acrylic water-borne	afzelia	125µm (dry)	paint	brush
05	alkyd solvent-borne	afzelia	150µm (dry)	paint	brush
06	alkyd solvent-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	- 150µm 70µm	paint	brush
07	alkyd water-borne acrylic water-borne	afzelia	150µm 150µm	paint	spray
08	acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	- 2x150µm	stain	spray
09	acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	100µm (dry)	stain	brush
10	acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	- 300µm	stain	spray
11	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	afzelia	- 150µm 70µm	stain	brush
12	acrylic water-borne acrylic water-borne alkyd solvent-borne	afzelia	- 150µm 70µm	stain	brush
13	alkyd water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	merbau	150µm (dry)	paint	spray
14	alkyd water-borne acrylic water-borne	merbau	150µm (dry)	stain	spray

15	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	padauk	- 150µm 150µm	paint	spray
16	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	padauk	- 150µm 70µm	paint	brush
17	polyurethane-alkyd water-borne polyurethane-acrylic water-borne	padauk	2x30µm 30µm	paint	brush
18	alkyd-acrylic water-borne	padauk	2x15-20µm	stain	brush
19	acrylic water-borne acrylic water-borne	padauk	- 2x150µm	stain	spray
20	acrylic water-borne acrylic water-borne	padauk	- 2x80µm	stain	spray
21	polyurethane-alkyd water-borne polyurethane-acrylic water-borne	meranti	2x30µm 30µm	paint	brush
22	polyurethane-alkyd water-borne polyurethane-acrylic water-borne	meranti	2x30µm 30µm	paint	brush
23	alkyd water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	meranti	15µm 1x40µm (dry) 1x40µm (dry)	paint	spray
24	alkyd water-borne acrylic water-borne	meranti	15µm 2x40µm (dry)	paint	spray
25	acrylic water-borne	meranti	3x30µm	paint	spray
26	acrylic water-borne acrylic water-borne	meranti	150µm (dry)	paint	spray
27	alkyd-acrylic water-borne acrylic water-borne	meranti	1x30µm 2x150µm	stain	spray
28	polyurethane-alkyd water-borne polyurethane-acrylic water-borne	maritime pine	2x30µm 30µm	paint	brush
29	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	maritime pine	- 40µm 40µm (dry)	paint	spray
30	alkyd water-borne acrylic water-borne	maritime pine	150µm 150µm	stain	spray
31	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	sapelli	- 2x150µm	paint	spray
32	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	sapelli	- 150µm 70µm	paint	brush
33	acrylic water-borne acrylic water-borne	sapelli	- 2x150µm	stain	spray
34	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	sipo	- 40µm 40µm (dry)	paint	brush
35	acrylic water-borne	sipo	2x150µm	paint	spray
36	alkyd water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	15µm 1x40µm (dry) 1x40µm (dry)	paint	spray
37	alkyd water-borne acrylic water-borne	moabi	15µm 1x40µm (dry)	paint	spray
38	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 40µm 20µm (dry)	paint	brush
39	acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 2x150µm	paint	spray
40	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 150µm 250µm	paint	spray

41	acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 2x150 $\mu$ m	stain	spray
42	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 40 $\mu$ m 40 $\mu$ m (dry)	stain	brush
43	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	moabi	- 150 $\mu$ m 250 $\mu$ m	stain	spray
44	acrylic water-borne	movingui	150 $\mu$ m (dry)	paint	brush
45	alkyd solvent-borne alkyd solvent-borne	movingui	150 $\mu$ m (dry)	paint	brush
46	acrylic water-borne acrylic water-borne acrylic water-borne	movingui	150 $\mu$ m 150 $\mu$ m	paint	spray
47	alkyd water-borne acrylic water-borne	movingui	150 $\mu$ m (dry)	stain	spray
48	alkyd-acrylic water-borne	movingui	2x15-20 $\mu$ m	stain	brush
49	acrylic water-borne	movingui	80 $\mu$ m (dry)	stain	spray
50	acrylic water-borne acrylic water-borne	movingui	100 $\mu$ m (dry)	stain	brush
51	alkyd solvent-borne	movingui	125 $\mu$ m (dry)	stain	brush
52	acrylic water-borne acrylic water-borne	movingui	- 2x150 $\mu$ m	stain	spray
53	acrylic water-borne acrylic water-borne	movingui	- 2x150 $\mu$ m	stain	spray

<sup>1</sup>Wet layer thickness, unless mentioned otherwise

Of each coating system 6 window frames of 1m<sup>2</sup> outer size were made. Three of these frames were exposed to natural weathering. Samples for laboratory testing are taken out from the remaining window frames as presented in Figure 1.

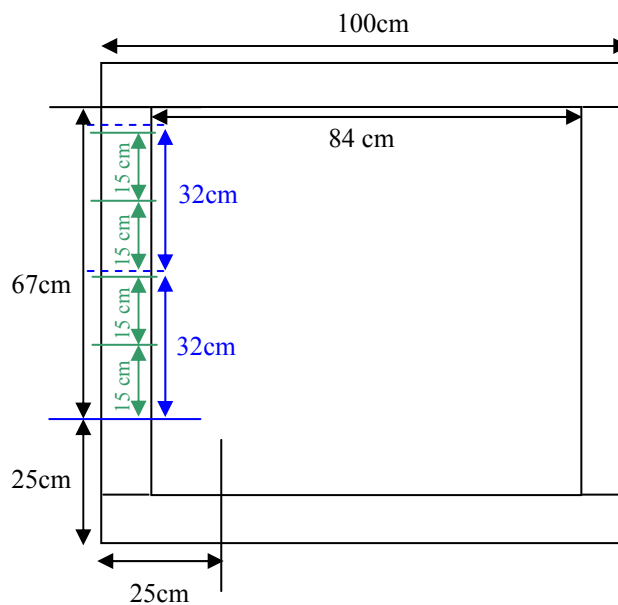
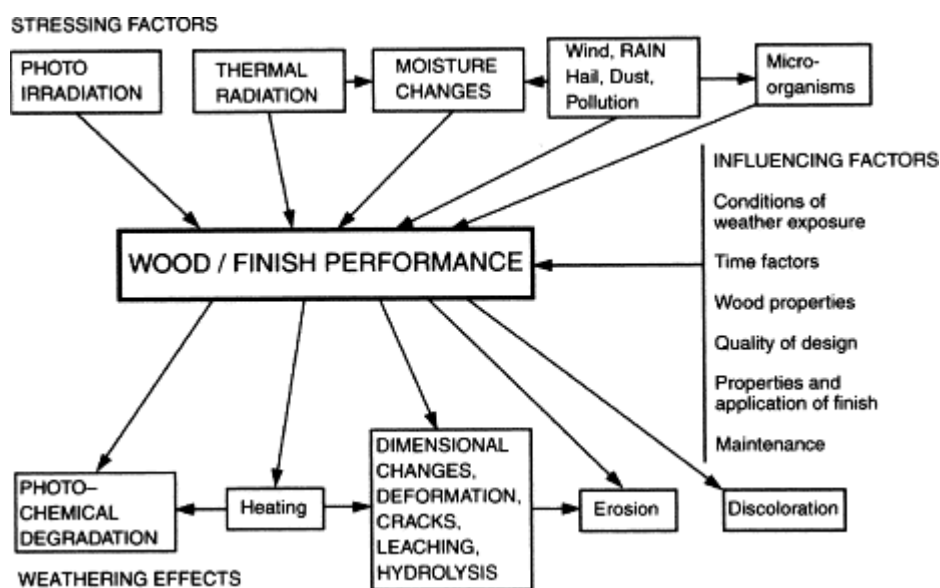


Figure 1: Scheme representing the way laboratory specimens are sawn from the window frames.

### 3 Natuurlijke en kunstmatige bewedering

#### 3.1 Natuurlijke bewedering

Bij buitenexpositie beïnvloeden verschillende stressfactoren de weerstand van een houtafwerkingsysteem. Ze hebben verschillende verwerkingseffecten tot gevolg. Daarenboven wordt de intensiteit van de degradatie sterk bepaald door de duur en de omstandigheden van de bewedering, de eigenschappen van het hout, de kwaliteit en de structuur van het schrijnwerk, de fysische en chemische eigenschappen van de verf zelf, de applicatiemethode, de laagdikte van de verffilm, de kleur van de coating en het onderhoud (De Meijer, 2001). De interactie van deze elementen wordt weergegeven in Figuur 2.



**Figuur 2: Schematisch overzicht van de processen die plaatsvinden bij verwerking van buiten-schrijnwerk (Sell en Feist, 1986)**

UV-radiatie en water zijn de belangrijkste elementen bij de fysico-chemische verwerking in de meeste klimaten.

UV-licht oxideert en degradeert door haar beperkte penetratiediepte (max. 75µm) vnl. het houtoppervlak (Rowell *et al.*, 1981). Omwille van zijn sterke UV-absorptie zal lignine het snelst afbreken wat de karakteristieke kleurveranderingen van het houtsubstraat teweeg brengt (Hon & Feist, 1986). Bovendien zal bij ligninedegradatie het houtoppervlak rijker worden aan cellulose en bijgevolg minder gevoelig worden aan UV-afbraak.

Water zorgt voor de afspoeling van het verweerde materiaal waardoor onaangetast materiaal aan het oppervlak komt. Daarnaast veroorzaakt water zwel en krimp waardoor barstjes ontstaan waarin UV-degradatie van het blootgestelde materiaal kan optreden (Nys *et al.*, 1990).

Natuurlijke bewedering wordt ook gekenmerkt door biologische aantasting van het oppervlak. Voor buitenschrijnwerk betreft het vooral de verkleurende blauw- en oppervlakteschimmels. Gezien het houtrot pas na lange duur optreedt, wordt niet dieper ingegaan op de schaden veroorzaakt door Basidiomycetes en insecten.



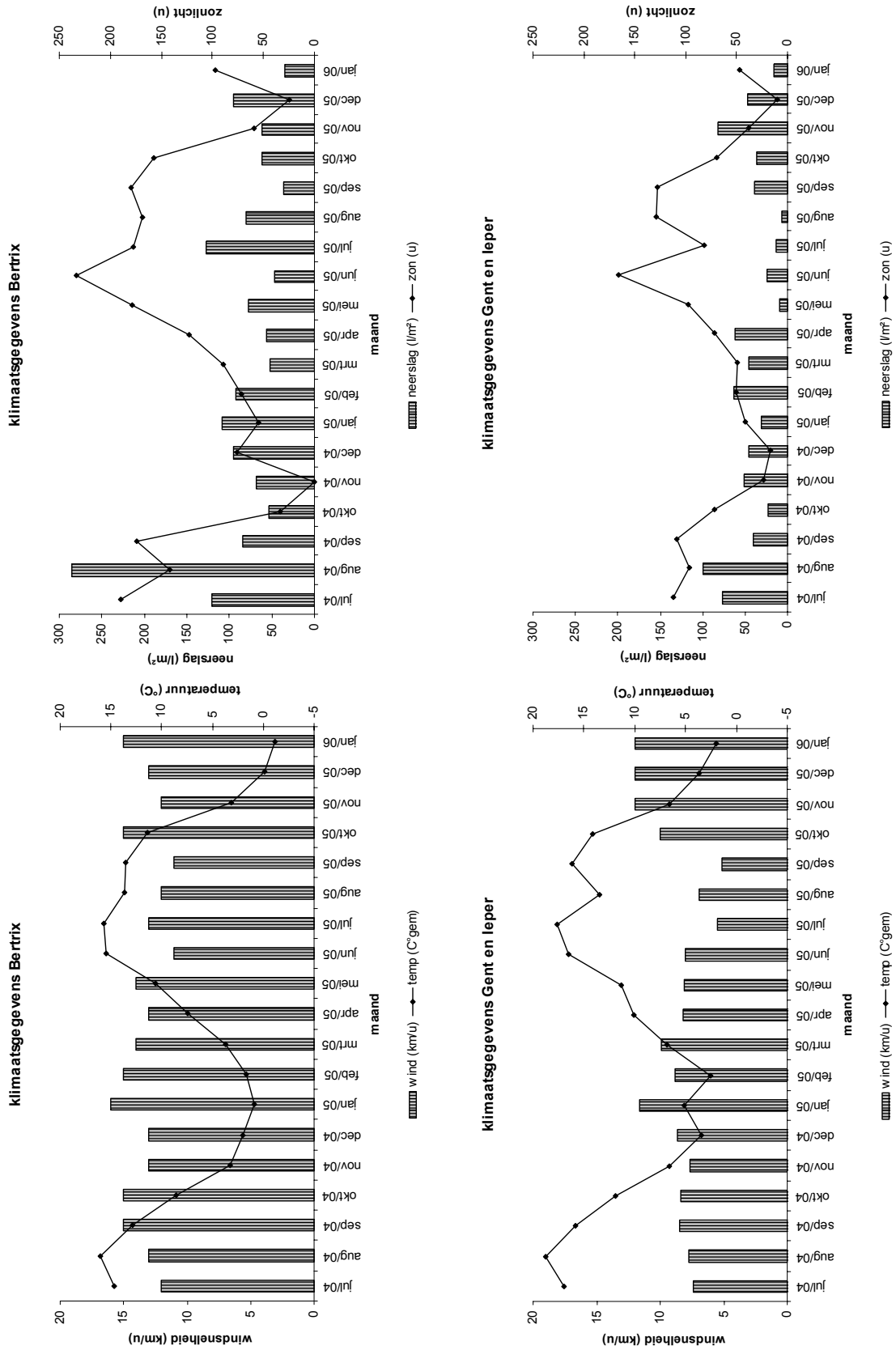
### 3.1.1 Materiaal en methoden

Naar analogie met de EN 927-3 werden op drie proefterreinen 54 afgewerkte raamkozijnen (zie paragraaf 2.4) opgesteld onder een hoek van 90° in zuidwestelijke richting. De drie sites werden gekozen in verschillende geografische gebieden om een totaalbeeld van de effecten van het Belgische gematigd zeeklimaat op de afwerkingssystemen te schetsen (Figuur 3).

- de proefopstelling te **Bertrix** weerspiegelt de invloed van het microklimaat op de *Ardeense hoogvlakte*. De klimatologische gegevens worden weergegeven in Figuur 4.
- de buitenexpositie te **Ieper** toont de invloed van de omstandigheden op het *platteland* in *Vlaanderen* aan.
- de proefsite van de Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen te **Gent** geeft een beeld van de effecten van het *stadsklimaat* in *Vlaanderen*

De klimatologische gegevens van de sites in Vlaanderen worden voorgesteld in Figuur 4.





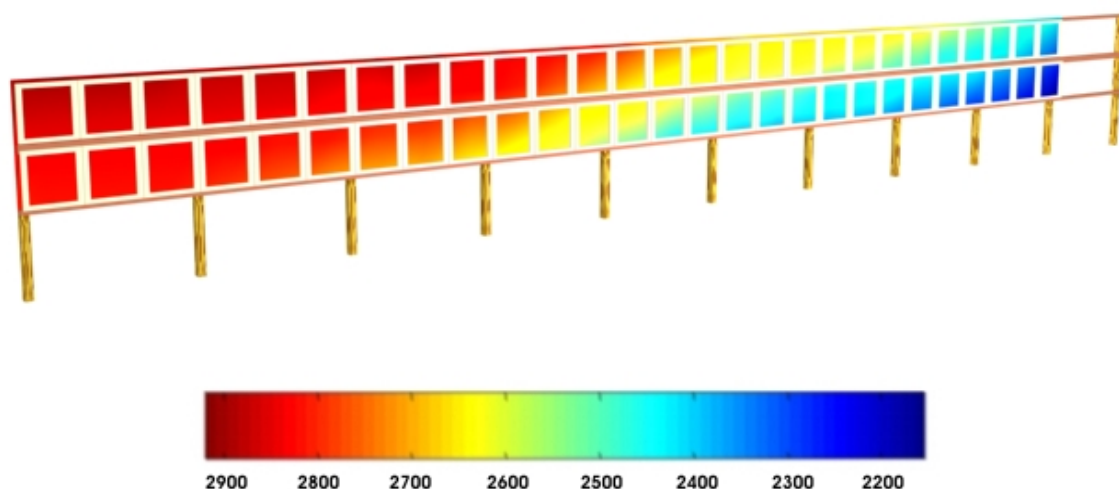
Figuur 4: Klimatologische gegevens (neerslag, zonuren, windsnelheid en temperatuur) voor De Ardennen en voor Vlaanderen .

De buitenexposities werden zo geplaatst dat elk raamkozijn een gelijkmatige en optimale instraling ontvangt. In Gent werd daarom beslist halfjaarlijks de kaders te verplaatsen.

### 3.1.1.1 Berekening van het schema om de proefstalen te Gent te verplaatsen en zo tot gelijke instraling te komen

De opstelling van de ramen op de proefsite te Gent ondervindt hinder van de omliggende gebouwen. Die hinder is beperkt tot een schaduweffect maar heeft wel tot gevolg dat niet alle opgehangen ramen éézelfde aantal zonuren ontvangen, wat tot een verschil van 700 uur per jaar kan leiden (Figuur 5).

Om het tekort of teveel aan zonuren voor sommige raamprofielen te compenseren, moesten ze verplaatst worden. Het is dan natuurlijk wel nodig te weten hoeveel uren zon elk raam ontvangt en welke ramen waar gehangen moeten worden.



*Figuur 5: Aantal zonuren/jaar bij onbewolkte toestand zonder verplaatsing van de ramen*

In bovenstaande figuur is weergegeven hoeveel uur elk raamprofiel ontvangt bij onbewolkte toestand. Voor de berekening hiervan zijn een aantal gegevens noodzakelijk, opgesomd in Tabel 3 (gegevens van de gebouwen werden afgelezen van het plan van het architectenbureau, op de hoogtes na die zelf werden opgemeten met de Suunto hoogtemeter).

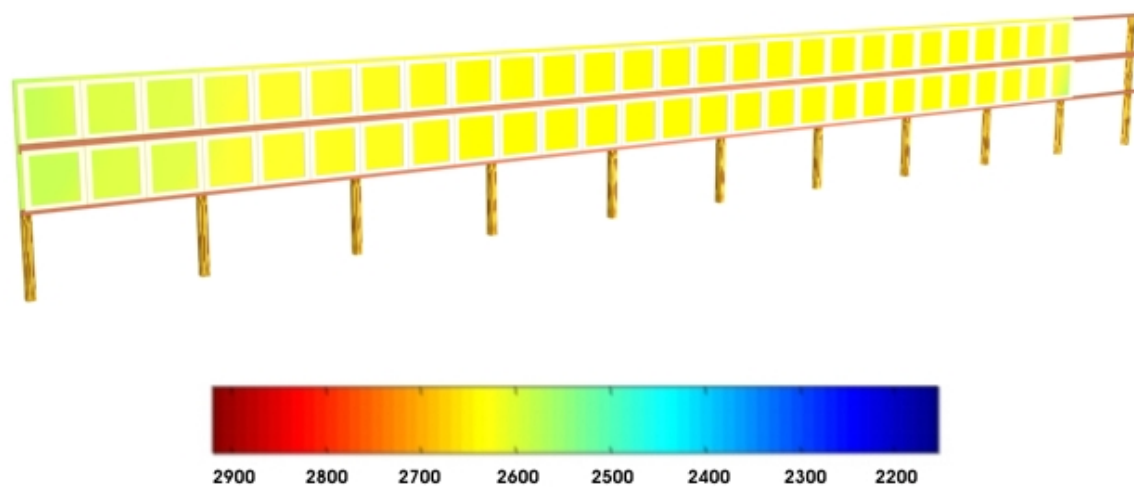
*Tabel 3: Gemeten en berekende gegevens*

		Gemeten	Berekend
<b>Dimensies</b>	gebouwen	+	
	opstelling	+	
<b>Zonnestand</b>			+

Alle gegevens van proefopstelling en de gebouwen, zijnde hoogte, breedte, lengte, onderlinge afstand en oriëntatie werden vervolgens in MATLAB® ingeladen. Met deze gegevens kon een 3-D model van de site gecreëerd worden, zij het sterk veréenvoudigd wat de vorm van de gebouwen betreft (allen rechthoeken). De stand van de zon werd berekend op basis van de algoritmes van Reda en Andreas (2003) en geïmplementeerd in MATLAB® door Vincent Roy, uitgaande van de lokale tijd en de positie van de proefopstelling. Eénmaal de positie van de zon aan de horizon op een bepaald tijdstip gekend was, kon nagegaan worden of de instraling van de zon het raamprofiel bereikt of niet (of de lichtstraal al dan niet gehinderd

wordt). Deze berekeningen werden voor een volledig jaar uitgevoerd en dit met een frequentie van 5 minuten. Door te sommeren over het gehele jaar werd het aantal zonuren verkregen zoals gegeven in Figuur 5. Er moet opgemerkt worden dat het gaat om berekeningen op basis van instraling bij onbewolkte toestand ('clear sky'). Op basis van gemiddelde bewolgingsgegevens zou, via een random cloud generator en een Monte Carlo techniek, de invloed van bewolking nagegaan kunnen worden. Wegens het ontbreken van voldoende en nauwkeurige gegevens werd dit niet uitgevoerd. Er wordt aangenomen dat het 'clear sky' model volstaat om quasi gelijke instraling te verkrijgen.

Als de ramen verplaatst worden, dan verandert de situatie drastisch, zoals weergegeven in Figuur 6.



*Figuur 6: Aantal zonuren/jaar bij onbewolkte toestand met verplaatsing van de ramen*

Het is duidelijk dat deze techniek niet voor alle ramen in exact hetzelfde aantal zonuren kan resulteren, maar het grote verschil met Figuur 5 is overduidelijk. Hierna volgt nog het schema met de originele en de verplaatste raamnummers.

### Origineel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

### Verplaatst

54	53	52	51	27	50	49	26	48	46	25	42	23	21	38	17	18	19	15	37	36	13	35	12	32	31	29
44	47	45	43	24	41	40	22	39	20	16	14	34	33	30	28	11	10	7	3	4	6	5	2	9	1	8

In voorgaande berekeningen werd steeds gerekend met het aantal uren zon, terwijl de eigenlijke factor die voor degradatie zorgt, de energie-inhoud van de straling is (en meer bepaald UV). Via het model van Bird en Hulstrom werd de energie gedurende het hele jaar berekend en het schema om tot optimale verdeling van de energetische waarden te komen, opgesteld. Er werd nauwelijks een verschil gevonden met de verplaatsing op basis van de zonuren en dus werd dit laatste als uitgangspunt gekozen.

## 3.2 Versnelde kunstmatige bewedering

De versnelde kunstmatige bewedering laat op korte termijn een evaluatie van de fysico-chemische verwerking toe. Gebaseerd op een geoptimaliseerd bewederingsysteem is het mogelijk de duurzaamheid van het systeem te bepalen aan de hand van veranderingen in beschermende eigenschappen. De gebruikte techniek berust op de Europese norm prEN927-6. De bevindingen worden naderhand getoetst met deze in de buitenexpositie.

### 3.2.1 Materiaal en methoden

#### 3.2.1.1 Kunstmatige bewedering d.m.v. ultraviolet straling en besproeiing met water

De test verloopt in een Atlas<sup>®</sup> UVCON (Figuur 7, a), gebruik makend van ultraviolet straling en besproeiing met water. De testmethode is gebaseerd op de standaardtest prEN927-6 en geoptimaliseerd voor hogere impact van zwel en krimp.

De lichtbron bestaat uit 2 sets van 4 fluorescente UV-A lampen met een emissiepiek bij 340nm. Bij voortdurend gebruik van deze lichtbron wordt de intensiteit van de instraling steeds kleiner. De fluorescente UV-lampen hebben echter als voordeel dat de instralingsafname in verhouding blijft tot het gebruik van de lampen. Daarom worden na 450 uren bewedering in elke set één lamp vervangen en de overige geroteerd zoals aangetoond op Figuur 7, b. Op deze manier wordt een constante instraling verzekerd.



Figuur 7: Atlas<sup>®</sup> UVCON a) binnenzicht b) rotatieschema van de lampen

De proefstalen worden willekeurig in het toestel geplaatst met het behandelde oppervlak naar de lampen gericht. De gebruikte stalen zijn 320mm lang, 40mm breed en 10mm dik. De onderzijde wordt in een hoek van 45° gezaagd voor een vlottere plaatsing in het bewederingsstoestel. De randen van de stalen worden twee maal afgedicht met het twee-componenten, polyurethaan Sigmadur<sup>®</sup> HB Finish. De achterzijde blijft onbehandeld om een vlotte doorgang van de waterdamp te bevorderen zodoende de omstandigheden in een dikkere balk te simuleren..

De versnelde bewedering wordt uitgevoerd gedurende 16 of 10 weken naargelang de mate van erosie en bestaat uit een herhaling van één cyclus die is opgebouwd uit twee subcycli:

#### Subcyclus A of de natte subcyclus (1 week)

- \* 23u licht – 1u donker in combinatie met
- \* 4u spray – 2u droog - 10u spray – 2u droog – 5u spray – 1u droog
- dit alles herhaald gedurende 6 dagen
- \* 24u koelkast (+4°C)

#### Subcyclus B of de droge subcyclus (1 week)

- \* voortdurende belichting in combinatie met
- \* 102min droog – 18min spray
- dit alles herhaald gedurende 6 dagen
- \* 24u diepvries (-8°C)

Na iedere droge cyclus worden de proefstalen geëvalueerd.

### 3.2.1.2 Kunstmatige bewedering d.m.v. een xenon lichtbron en verneveling van water

Proeven werden uitgevoerd in de Atlas<sup>®</sup> Ci 35 Weather-Ometer (Figuur 8,a), gebruik makend van Xenon licht en waterverstuiving. De gebruikte bewederingsmethode is eveneens gebaseerd op de standaardtest prEN927-6. Deze methode was de referentie om de eenvoudiger UVS-bewedering, zoals in de prEN 927-6, te analyseren in het Europees onderzoeksproject ARWOOD.

De stralingsbron is een Xenon lamp van 6000W waarrond de proefstalen draaien met een snelheid van 1,2 rpm. Het licht wordt speciaal gefilterd om het natuurlijk daglicht zo nauwkeurig mogelijk te simuleren. De gebruikte filtercombinatie bestaat uit een kwarts-binnenfilter en een borosilicaat-buitenfilter.

De proefstalen worden m.b.v. speciale houders at random in het toestel geplaatst zodat het behandelde oppervlak naar de lamp gericht staat (Figuur 8,b). De afmetingen van het staal bedragen 147x70x10 mm<sup>3</sup>. De randen van de stalen worden twee maal afgedicht met het twee-componenten, polyurethaan Sigmadur<sup>®</sup> HB Finish. De achterzijde blijft onbehandeld om een vlotte doorgang van waterdamp te bevorderen (conform een dikkere balk). De besproeiing met water wordt enkel van binnenuit uitgevoerd.



**Figuur 8: Atlas<sup>®</sup> Ci weather-Ometer a) besturingspaneel b) binnenzicht**

De complete verweringscyclus bestaat eveneens uit twee subcycli die elk één week in beslag nemen cfr. de kunstmatige bewedering met UV-straling in paragraaf 3.2.1.1. Deze continue simulatie van invloedsfactoren als licht, warmte en vochtigheid wordt gedurende 16 of 10 weken uitgevoerd. Tweewekelijks, na de droge cyclus, vindt een kleine onderbreking plaats voor de evaluatie van de afwerkingssystemen.

De evaluatie van de afwerkingssystemen (zie paragrafen 3.3.1, 3.3.2 en 3.3.3) omvat:

- Visuele en microscopische observatie van het behandelde oppervlak ter beoordeling van de erosieverschijnselen in de coatingfilm
- Bepaling van kleur- en glanswijzigingen om te evalueren in hoeverre een coatingfilm verandert onder invloed van verwerking. Kleurverandering en glansverlies kunnen gevolgen hebben op het niveau van bescherming en zodoende een indicatorfunctie vervullen bij degradatie van de coating.

### 3.3 De beoordelingsparameters

#### 3.3.1 De visuele verwerkingsscore

##### 3.3.1.1 Visuele beoordeling van de natuurlijke bewedering

Als standaardmethode voor de beoordeling van de fysische en biologische degradatiegraad van afwerkingssystemen na blootstelling aan de klimaatsomstandigheden op de drie proefterreinen wordt geopteerd voor het toekennen van een visuele verwerkingsscore (Tabel 4). Daarnaast werd specifiek voor de erosiegevoelige onderdelen zoals hoekverbindingen, zelfgeboorde afwatering en randen een bijkomende schaal voorzien (Tabel 5).

**Tabel 4: Visuele verwerkingsschaal gehanteerd bij natuurlijke bewedering (naar Nys et al. , 1991)**

score	verwerkingsgraad	Kenmerken	herbehandeling
0	geen verwerking	geen zichtbare veranderingen t.o.v. de onbewederde toestand	n.v.t.
2	kleine esthetische veranderingen	- egaal verbleken of verdonkeren - glansverlies	n.v.t.
4	lichte verwerking	- fijne lijnvormige erosie in de vaatlijnen - lichte verblauwing (puntvormig of gegroepeerd over <10% van de oppervlakte)	<i>gemakkelijk te herbehandelen</i>
6	middelmatige verwerking	- beperkte vlekvormige erosie van de laag - ondiepe, fijne scheurvorming in film en/of hout - matige verblauwing (vlek –of streepvormig over 10-30% van de oppervlakte)	<i>herbehandelbaar</i>
8	opvallende verwerking	- belangrijke oppervlakkige laagschade - heterogene afschilfering van de film (<50% van de oppervlakte) - scheurvorming in film en/of hout - grootschalige verblauwing (30-60% van de oppervlakte)	<i>moeilyk te herbehandelen</i>
10	sterke verwerking	- grootvlakkige en diepgaande laagschade - heterogene afschilfering van de film (>50% van de oppervlakte) - uitgesproken scheurvorming in het hout - totale verblauwing (>60% van het oppervlak)	<i>niet te herbehandelen</i>

**Tabel 5: Visuele verwerkingsschaal voor erosiegevoelige onderdelen**

score	verwerkingsgraad	kenmerken
0	geen verwerking	geen zichtbare veranderingen t.o.v. de onbewederde toestand
1	lichte verwerking	- lijnvormige erosie - hoekverbindingen komen open
2	middelmatige verwerking	- vlekvormige erosie - waterinsijpeling - ondiepe, fijne scheurvorming in film
3	sterke verwerking	- blaasvorming en afbladderen - scheurvorming in film en/of hout

#### Resultaten

Na anderhalf jaar buitenbewedering behalen opake systemen een maximale globale verwerkingsscore van 2 tot 3 (Figuur 9,10,11). De afwerkingssystemen vertonen hoofdzakelijk louter esthetische veranderingen, hoogstens lichte erosie in de vaatlijnen. Uitzonderingen op deze regel zijn systemen 21, 28 en 29 die vlekvormige erosie vertonen. Bij systemen 35 en 36 zijn ondiepe scheuren in de verffilm waar te nemen.

Transparante afwerkingssystemen daarentegen vertonen hogere scores, dus zijn meer verweerd (Figuur 10,11). 18 maanden buitenexpositie veroorzaakt bij de meerderheid van



deze systemen uitgesproken erosie in de vaatlijnen (score 3-4). Vlekvormige erosie is duidelijk te zien bij systeem 48. Systeem 18 is het gevoeligst voor buitenbewedering. Met een score van 9 is nauwelijks nog een verffilm waar te nemen.

De evaluatie (zie Tabel 5) van de afwerkingssystemen ter hoogte van de meer erosiegevoelige delen is analoog aan de globale verwerkingsscore wanneer afzelia, merbau, padoek en meranti als substraat worden gebruikt. Bij de andere houtafwerkingssystemen is deze trend minder uitgesproken.

Wanneer de evaluatie per houtsoort gebeurt, kan een onderscheid gemaakt worden tussen de sterker verwerende transparante systemen en de minder erosiegevoelige opake systemen.

### 3.3.1.2 Microscopische beoordeling van de kunstmatige bewedering

De stalen onderworpen aan kunstmatige bewedering worden microscopisch geëvalueerd m.b.v. een *Wild* binoculair stereomicroscop op vergroting 10x30x. De beoordeling wordt gemaakt a.h.v. onderstaande Tabel 6.

**Tabel 6: Visuele verwerkingsschaal gehanteerd bij kunstmatige bewedering (naar Nys et al. , 1991)**

score	verwerkingsgraad	Kenmerken
0	geen verwerking	- gaaf, onveranderd oppervlak
2	kleine veranderingen	- lichte barstjes in de vaatlijnen, kleur- en glansverschillen
4	lichte verwerking	- erosie van de vaatlijnen over een beperkte lengte; beperkte barstvorming in de film buiten de vaatlijnen
6	middelmatige verwerking	- erosie van de ± volledige lengte van de vaatlijnen; algemene barstvorming in de film buiten de vaatlijnen
8	opvallende verwerking	- vlekvormige erosie van de film met beginnende afschilfering; fijne barstvorming in het houtweefsel
10	sterke verwerking	- nagenoeg volledige erosie of uitgesproken afschilfering van de film

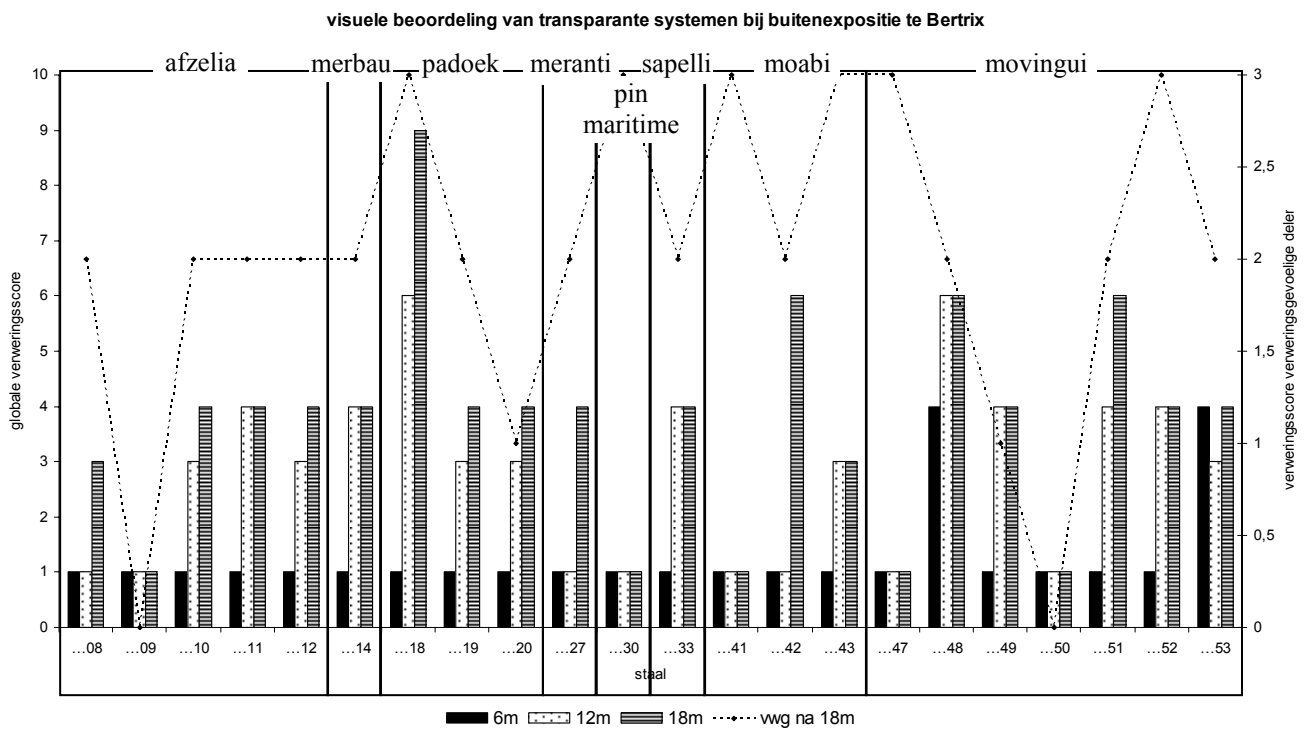
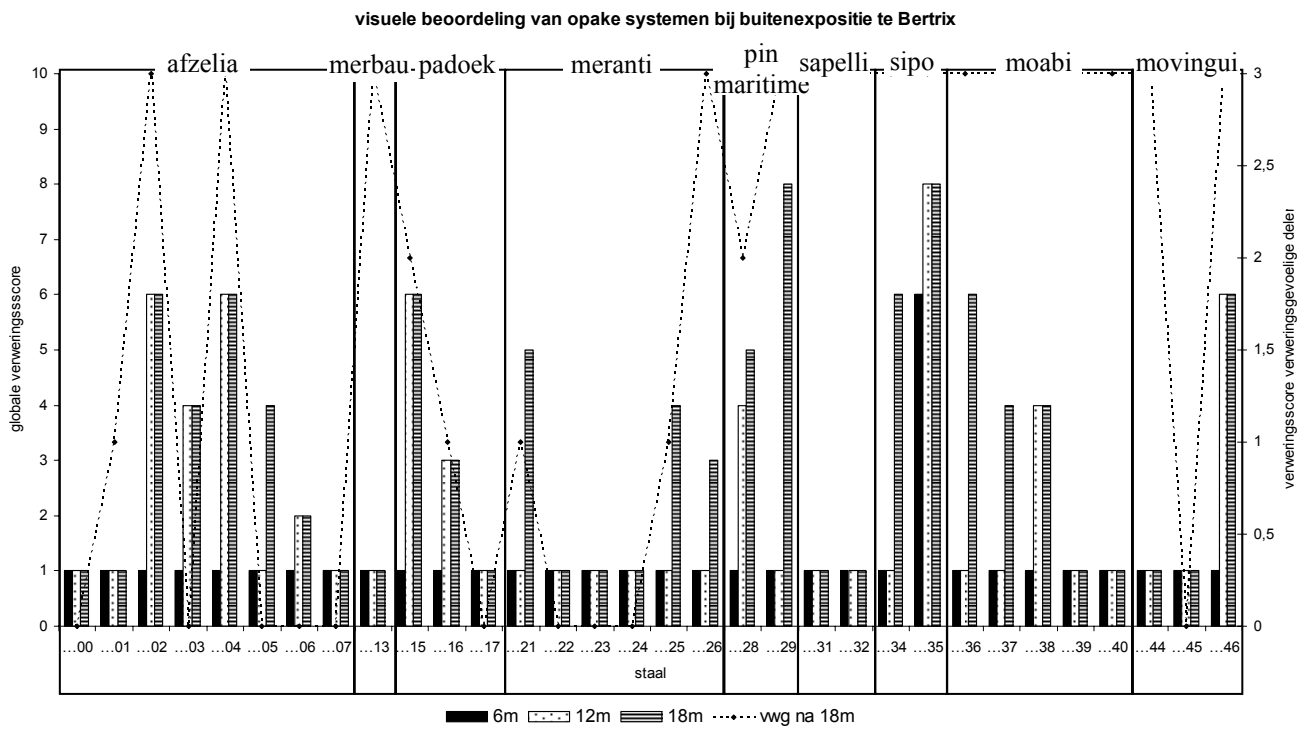
## Resultaten

Bij beide artificiële bewederingsstypes gaan opake systemen na 10 weken slechts esthetische veranderingen vertonen. Transparante systemen gaan na 10 weken eroderen in de vaatlijnen, variërend van erosie over een beperkte tot volledige vaatlengte (Figuur 12).

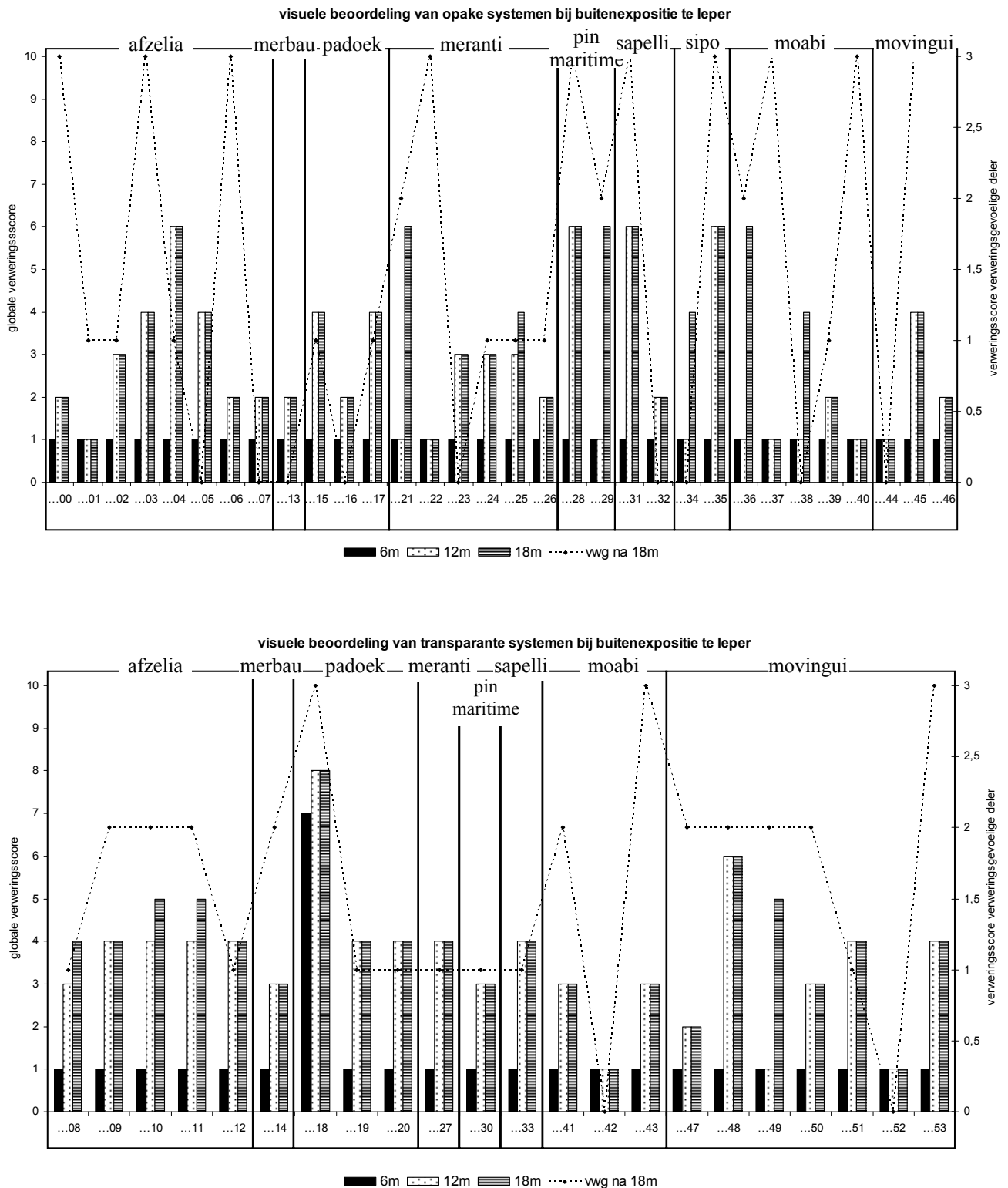
Na 16 weken bewedering is de erosie sterker voor alle systemen. Bij opake, watergedragen systemen is een beperkte tot volledige lijnvormige erosie in de vaatlijnen een algemeen verschijnsel. Systeem 45, een opak solventgedragen systeem, is minder gevoelig en vertoont na 16 weken versnelde bewedering enkel esthetische veranderingen. Anderzijds is bij systemen 15 en 16, beiden watergedragen systemen op padoek, al vlekvormige erosie waarneembaar.

De verwerkingsscore van transparante systemen onderworpen aan 16 weken kunstmatige bewedering varieert van 6 tot 8 (Figuur 12). Dit wijst op een overgang van erosie over de volledige lengte van de vaatlijnen tot vlekvormige erosie. De verflaag van de hybridesystemen 18, 48 en 27 daarentegen zijn nagenoeg volledig weggeërodeerd.

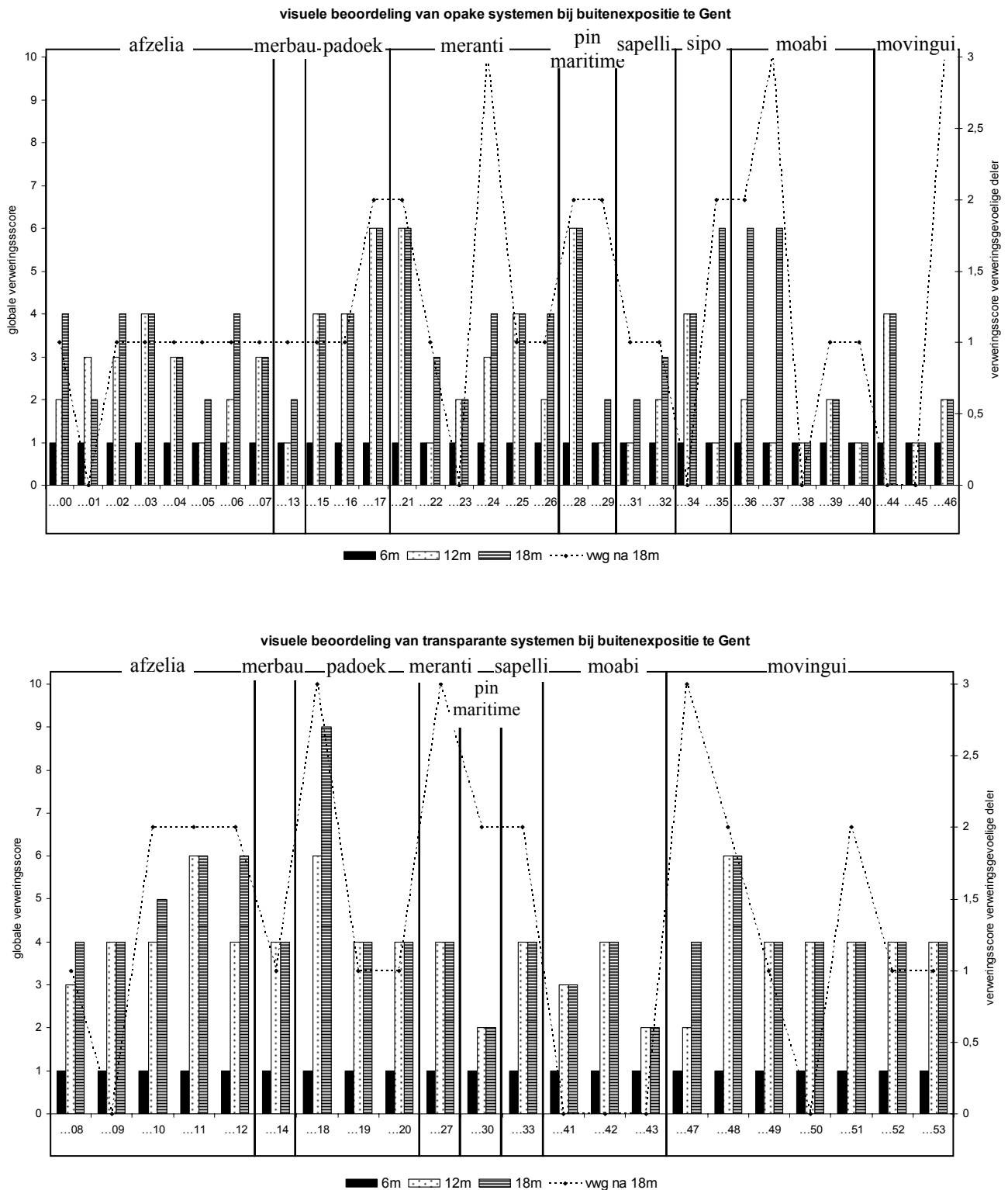




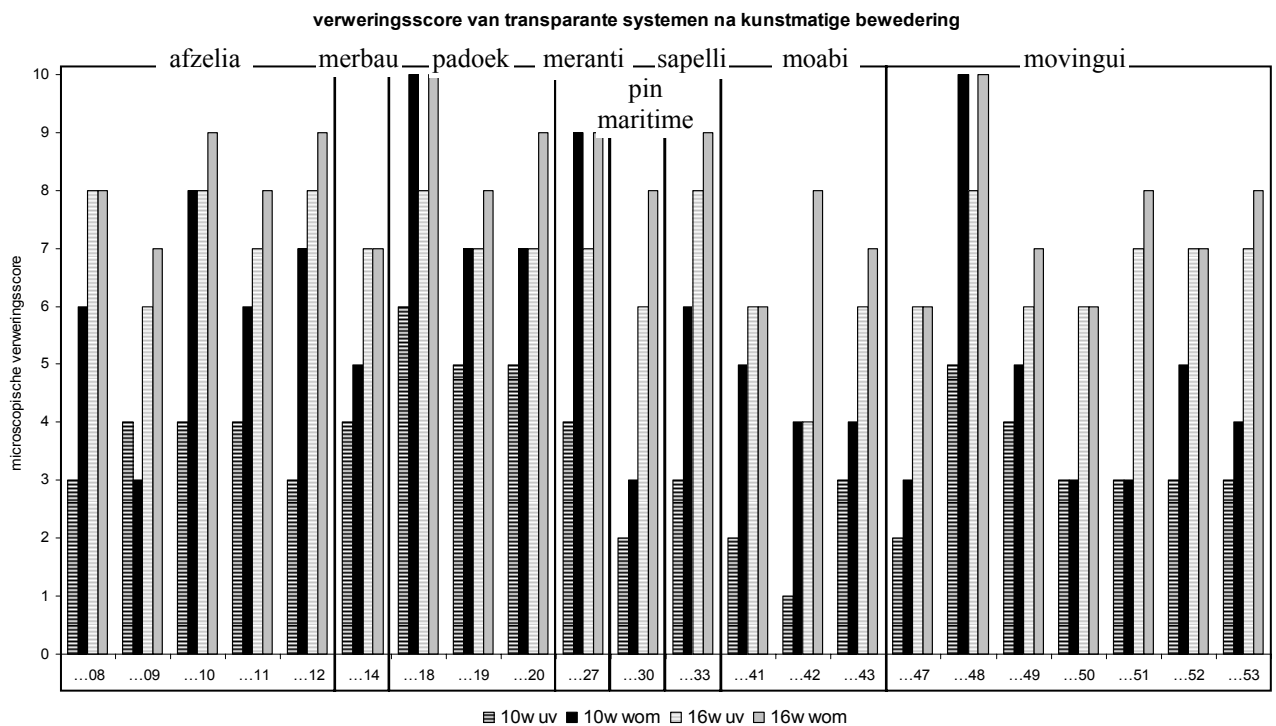
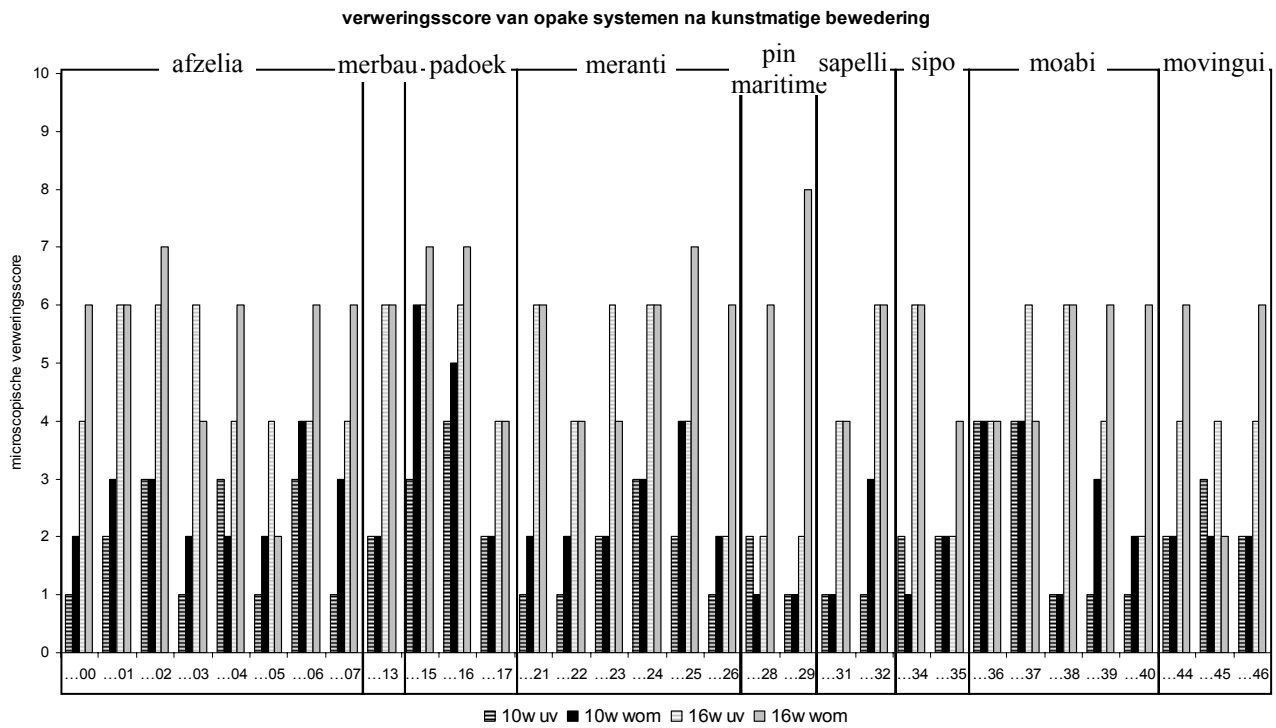
**Figuur 9: Visuele verweringscore van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6, 12 en 18 maanden buitenexpositie te Bertrix in relatie tot de score van de verweringsgevoelige componenten na 18 maanden (vwg, stippellijn).**



**Figuur 10: Visuele verweringscore van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6, 12 en 18 maanden buitenexpositie te Ieper in relatie tot de score van de verweringsgevoelige componenten na 18 maanden (vwg, stippellijn).**



**Figuur 11: Visuele verweringscore van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6, 12 en 18 maanden buitenexpositie te Gent in relatie tot de score van de verweringsgevoelige componenten na 18 maanden (vwg, stippellijn).**



**Figuur 12: Microscopische verweringscore van de kunstmatig bewederde opake (boven) en transparante (onder) systemen na 10 en 16 weken UVCON en WOM.**

### 3.3.2 Het kleurverschil

Kleurmetingen worden uitgevoerd met een *Minolta CM-2600d spectrofotometer* gekoppeld aan de software *SpectraMagic*.

Bij de metingen werd steeds aan volgende voorwaarden voldaan:

- Observatie hoek = 10°
- Standaard instraling = D65: gemiddeld daglicht inclusief ultraviolet met een gerelateerde kleurtemperatuur van 6504K
- Geometrie d/8
- Calibratie t.o.v. een keramische standaard
- Reflectantie modus
- Het rechtstreeks weerspiegelde licht wordt samen met het strooilicht in de meting opgenomen. Dit type kleurmeting is onafhankelijk van de toestand van het behandelde oppervlak.

Voorafgaand aan elke reeks kleurbepalingen wordt het toestel gecalibreerd met een standaard witte kleur. Per staal worden 5 metingen genomen op regelmatige afstand van elkaar. Bij elke meting wordt de L\*-, a\*- en b\*-waarde<sup>1</sup> vastgelegd. Deze parameters zijn gedefinieerd in het CIE L\*a\*b\* kleurensysteem. Op deze wijze kan objectief de kleur gemeten worden waaruit het kleurverschil berekend wordt met de formule (Kishino & Nakano, 2004):

$$\Delta E^* ab = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Algemeen is een kleurverschil  $\Delta E^* ab = 2$  visueel te onderscheiden. Een kleurverschil  $\Delta E^* ab = 1$  is nog onderscheidbaar voor een getrainde waarnemer (Wilkins, 1990).

In een detailstudie van de kleur wordt gekeken naar de wijzigingen in grijswaarden ( $\Delta L$ ) en in chromaticiteit of de verschuiving van de kleuren volgens de rood-groen as en de blauw-geel as ( $\Delta a$  t.o.v.  $\Delta b$ ).

#### Resultaten

Beide bewederingswijzen, natuurlijk of kunstmatig, vertonen eveneens een analoog verloop in kleurverschillen (Figuur 13). De  $\Delta E^* ab$ -curve van transparante systemen vormen meestal een plateau met eindwaarden die hoger liggen dan bij opake systemen.

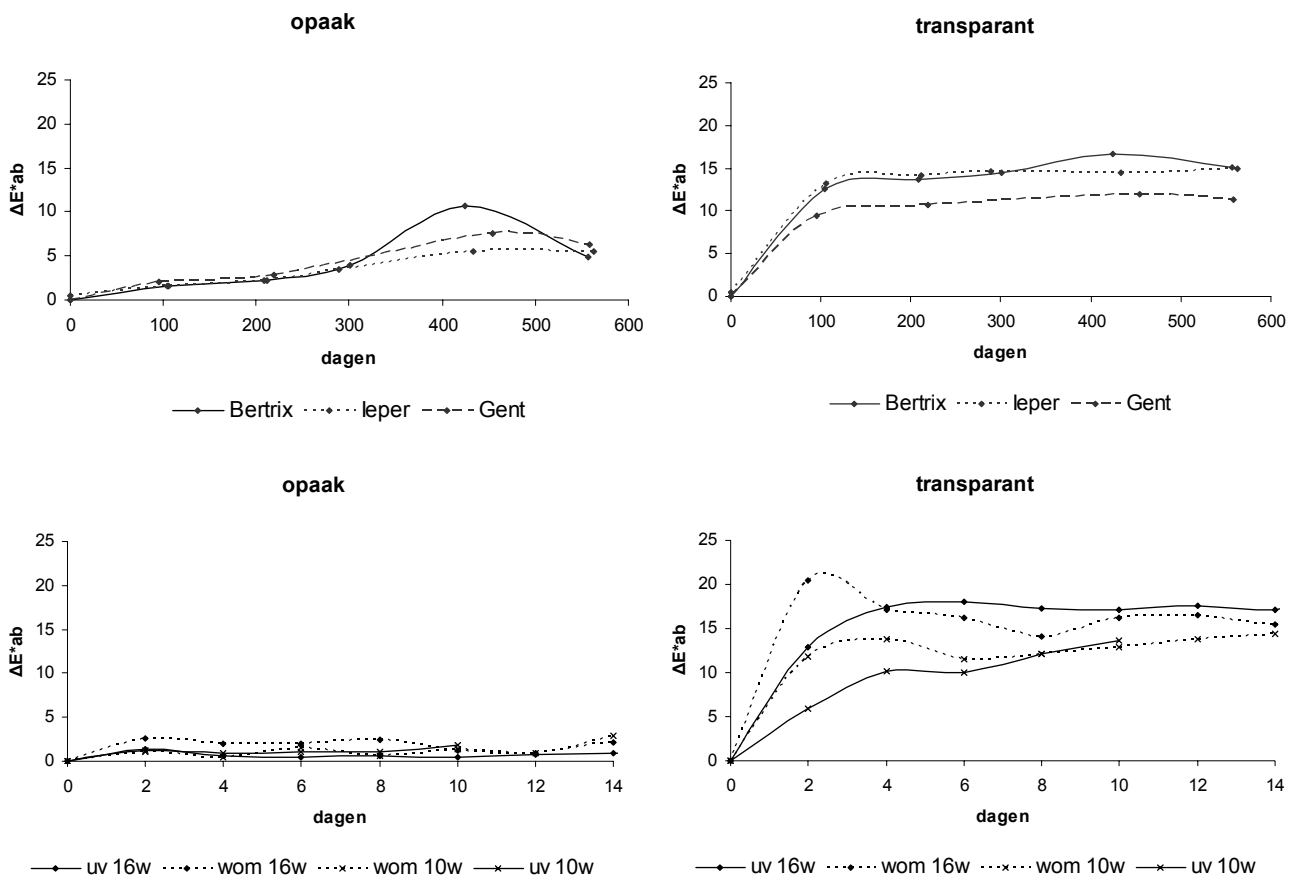
Voor opake systemen neemt het kleurverschil geleidelijk toe. De stalen blootgesteld op de proefterrein vertonen na één jaar een afname in kleurverschil. Vermoedelijk zal het verschil opnieuw toenemen naar analogie met de kunstmatige bewedering. Bij UV-licht kent het kleurverschil een trage oscillatie en toename, gekenmerkt door langgerekte en lage golven die traag stijgen; bij Xe-licht kent het kleurverschil een snelle oscillatie en toename, gekenmerkt door korte en hoge golven die snel stijgen.

Algemeen geldt dat in de beginfase van de bewedering (na 3 maanden buitenexpositie of 2 weken kunstmatig bewedering) de  $\Delta E^* ab$  meestal groter is dan of gelijk is aan twee en bijgevolg al een zichtbaar kleurverschil waar te nemen valt. Daarna treedt vaak een licht verval op in de curve.

<sup>1</sup> L\* varieert van 0 (ideaal zwart) tot 100 (ideaal wit)

a\* stelt de rood-groene component voor, gaande van -100 (groen) tot 100 (rood)

b\* stelt de geel-blauwe component voor, gaande van -100 (blauw) tot 100 (geel)



**Figuur 13: Illustratie van de analogie tussen natuurlijke (boven) en kunstmatige (onder) bewedering a.h.v.  $\Delta E^*_{ab}$ -curven van opake (links) en transparante (rechts) systemen.**

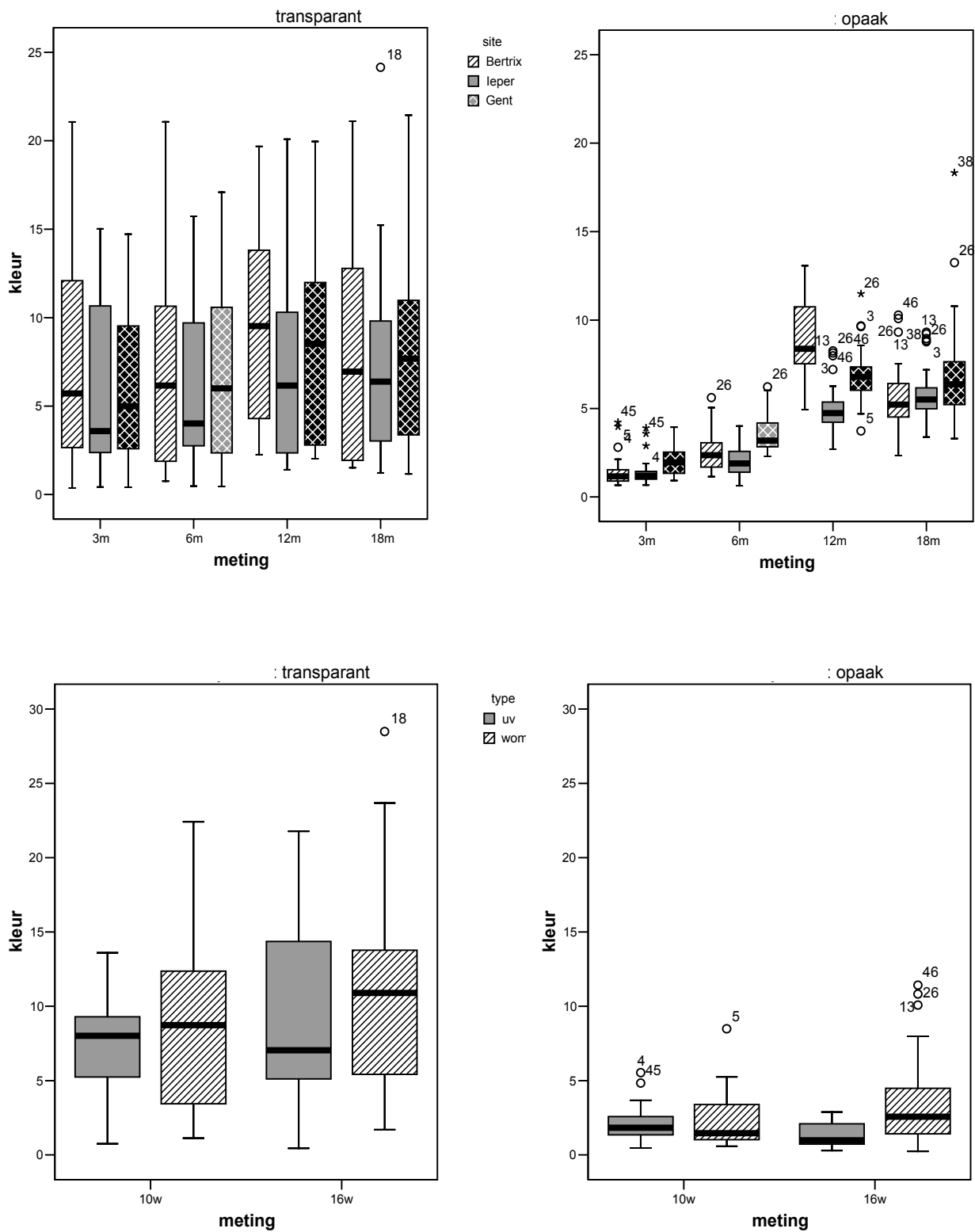
Transparante systemen vertonen een grote variatie in kleurverschillen (Figuur 14). Na anderhalf jaar buitenbewedering spreidt het kleurverschil bij 50% van de waarden zich over een range van 2, 8 en 11,2. Opake systemen zijn stabiel in kleurveranderingen. Zij variëren tussen waarden 4,9 en 6,7 na 18 maanden buitenexpositie.

Inzake de kleurverschillen zijn over de tijd heen geen duidelijke verschillen waar te nemen tussen de verschillende proefopstellingen.

Artificiële bewedering a.h.v. UVCON of WOM gedurende 10 of 16 weken geven geen significante verschillen daar de boxplots elkaar grotendeels overlappen (Figuur 14). De kleurverschillen tussen lazuren en verven zijn daarentegen wel sterk verschillend. Bij 75% van de transparante afwerkingssystemen worden kleurverschillen tot een  $\Delta E^*_{ab}$ -waarde van 14 gemeten. Opake systemen verkleuren minder sterk. Drie vierden van de systemen scoren niet hoger dan waarde 3.

Zowel bij natuurlijke als bij kunstmatige bewedering gaan systemen 13, 18, 26 en 46 in een latere fase afwijken van het gemiddelde. In het begin van de bewedering vertonen systemen 5 en 45 de grootste kleurverschillen.





**Figuur 14:** Weergave van de gemiddelde en extreme variatie in kleurverschillen gedurende anderhalf jaar natuurlijke buitenexpositie en 10 of 16 weken kunstmatige bewedering bij transparante (links) en opake (rechts) systemen.

De kleurverschillen zijn eerder te wijten aan de variatie in chromaticiteit dan aan variatie in grijswaarden (Figuur 15, Figuur 16 en Figuur 17). De belangrijkste component is de verandering over de blauw-geel-as,  $\Delta b$ .

De kleine verblauwing in de beginfase van het bewederingsproces bij opake systemen wordt omgezet in een vergeling naarmate de tijd vordert. In buitenexpositie is op de drie proefterreinen deze trend goed waar te nemen. In een latere fase zal de spreiding langsheen de rood-groenas groter worden maar het belang ervan beperkt blijven (Figuur 16).

De uitschieters bij de globale kleuranalyse zijn ook in de chromaticiteitsgrafieken te onderscheiden (Figuur 15 en Figuur 16).

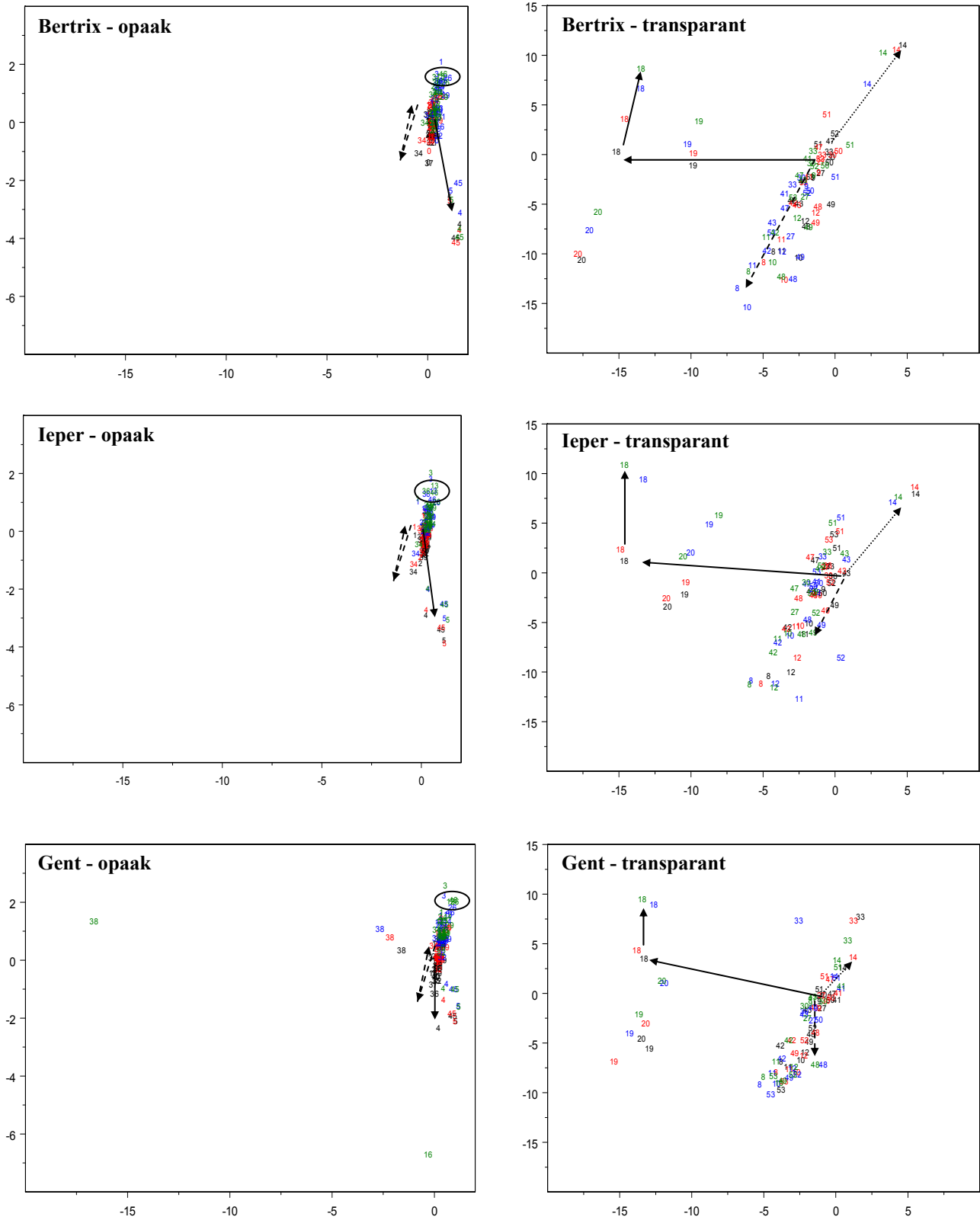
De systemen 5 en 45 (volle pijl), beiden solventgedragen, die in de beginfase sterk verschillen in kleur zijn grauwer ( $\Delta b < 0$  = verblauwen) dan de gemiddelde systemen (onderbroken pijl).

Na 18 maanden buitenexpositie of 16 weken artificiële bewedering zijn systemen 13, 26 en 46 aan de bovengrens van de puntenwolken terug te vinden (ovaal) wat wijst op het vergelen van de systemen. Deze systemen gaan bovendien na 16 weken WOM roder worden (positieve  $\Delta a$ ) dan de overige opake systemen. De afwerkingssystemen 26 en 46 zijn zuivere acrylaten toegepast op resp. meranti en movingui. Systeem 13 daarentegen bestaat uit een watergedragen alkydemulsie als grondlaag afgewerkt met een zuiver acrylaat aangebracht op merbau.

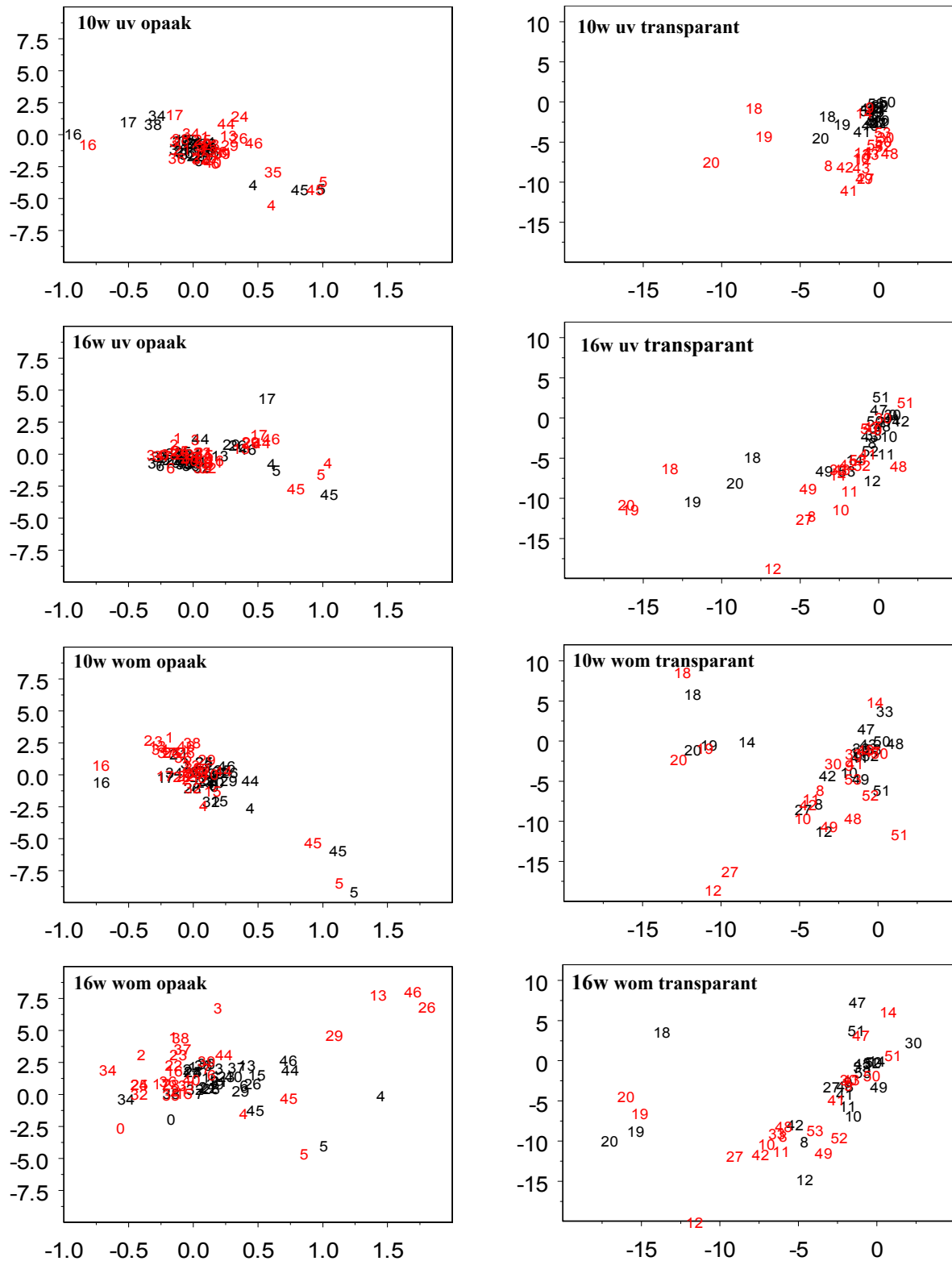
Bij lazuren is naast een variatie langsheen de geel-blauwas (Figuur 15 en Figuur 16) in mindere mate een vergroening waarneembaar (negatieve  $\Delta a$ ). Transparante coatings gaan bijgevolg eerder vergrauwen (onderbroken pijl). Een coating aangebracht op een bloedende houtsoort zoals padoek (18, 19, 20 – volle pijlen) en merbau (14 - stippelpijl) zal echter geler worden.

Globaal gezien gaan opake afwerkingssystemen in grijswaarde dalen naarmate de bewedering in tijd vordert (Figuur 17). Bij de artificiële behandeling wordt deze afname soms voorafgegaan door een sterke stijging. De systemen gaan bijgevolg gedurende de eerste weken lichtjes verbleken en nadien verdonkeren. Beide types bewedering leiden tot een gemiddeld grijswaardeverschil van 5 na anderhalf jaar buitenexpositie of 16 weken WOM. De mate waarin de stalen verdonkeren is nagenoeg dezelfde.

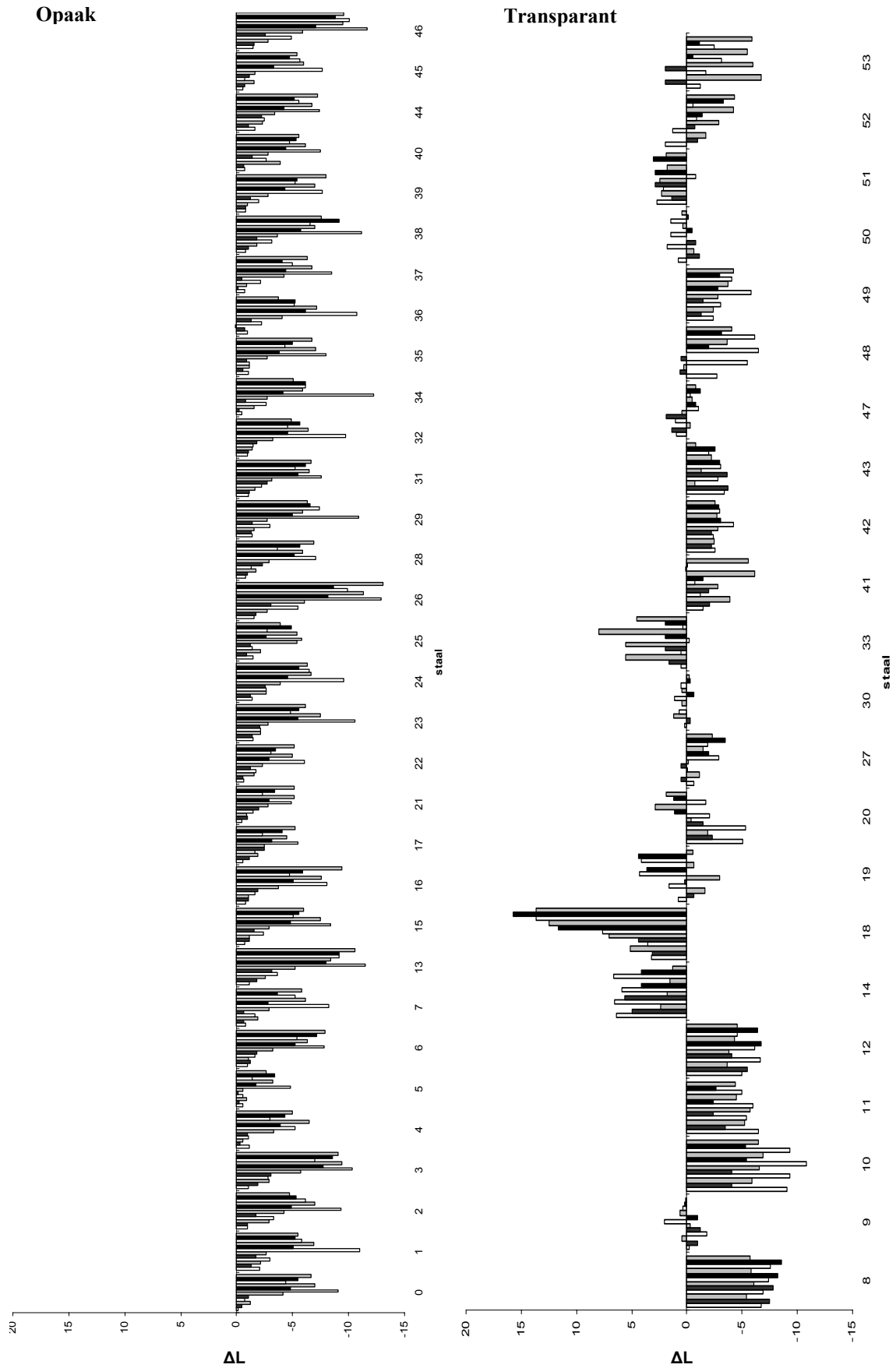
De grijswaarden van transparante systemen zijn sterk substraatsafhankelijk zoals af te leiden valt uit 16 weken WOM en anderhalfjaar buitenbewedering. Systemen aangebracht op afzelia, moabi en movingui gaan verdonkeren; systemen aangebracht op merbau, padoek en sapelli verbleken. De overige gecoate houtsoorten verschillen nauwelijks in grijswaarde van hun origineel.



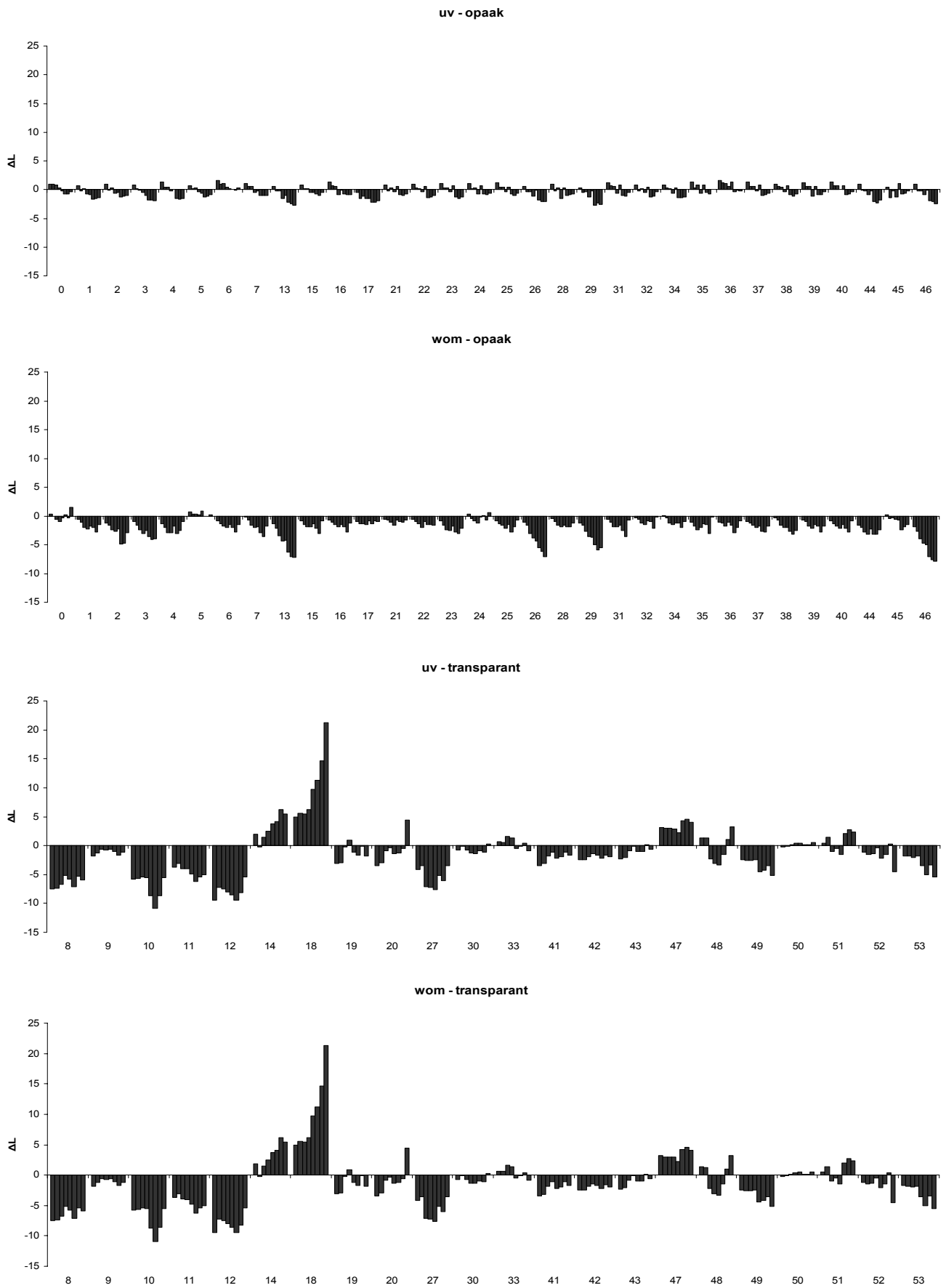
**Figuur 15:** Verschuiving van de chromaticiteit van de afwerkingssystemen o.i.v. natuurlijke bewedering. De verticale as vertegenwoordigt  $\Delta^*b$ , de horizontale as  $\Delta^*a$ .



**Figuur 16:** Verschuiving van de chromaticiteit van de afwerkingssystemen o.i.v. 10 weken (reeks 2) en 16 weken (reeks1) kunstmatige bewedering. De verticale as vertegenwoordigt  $\Delta^*b$ , de horizontale as  $\Delta^*a$ .



**Figuur 17:** Verloop van het verschil in grijswaarden tijdens de natuurlijke bewedering te Bertrix (witte balken), te Ieper (zwarte balken) en Gent (grijze balken).



Figuur 18: Verloop van het verschil in grijswaarden tijdens de kunstmatige bewedering



### 3.3.3 Het glansverlies

Eén van de eerste verschijnselen bij degradatie (erosie) van een coatingfilm is het graduele verlies aan glans.

Voor de glansmeting wordt een *Multiangle Glossmeter* gebruikt. De invalshoek bedraagt 60°. Vooraleer de metingen aan te vatten werden de stalen drooggewreven met een doek zodoende de invloed van condensatiedruppels of regen tot een minimum te herleiden. Per staal worden in totaal 5 metingen genomen op regelmatige afstand van elkaar. De glanswaarden worden uitgedrukt in procent ten opzichte van de reflectiewaarde van gepolijst zwart spiegelglas, die overeenkomstig de normen wordt gelijkgesteld aan 100. Om de stalen onderling te kunnen vergelijken wordt het glansverlies uitgedrukt in percentage van de oorspronkelijke glans. Het relatieve verschil in glans wordt als volgt berekend:

$$\text{glansverlies} = \Delta g(\%) = [(g_t - g_0)/g_0] * 100$$

$g_0$  is de originele glans bij het begin van de proefopzet.  $g_t$  is de glans na  $t$  weken versnelde kunstmatige bewedering of na  $t$  maanden natuurlijke bewedering.

#### Resultaten

Ongeacht de expositieplaats gaat de meerderheid van de afwerkingssystemen in glans afnemen naarmate de buitenexpositie vordert (Figuur 19, Figuur 20 en Figuur 21). Het glansverlies van een gemiddeld systeem schommelt rond het nulpunt:  $-10\% \leq \Delta g \leq 10\%$ . Rekening houdend met de meetfout en de weersomstandigheden waarbij de metingen plaatsvonden, mag aangenomen worden dat na anderhalf jaar buitenbewedering hier geen significante veranderingen optreden in glans.

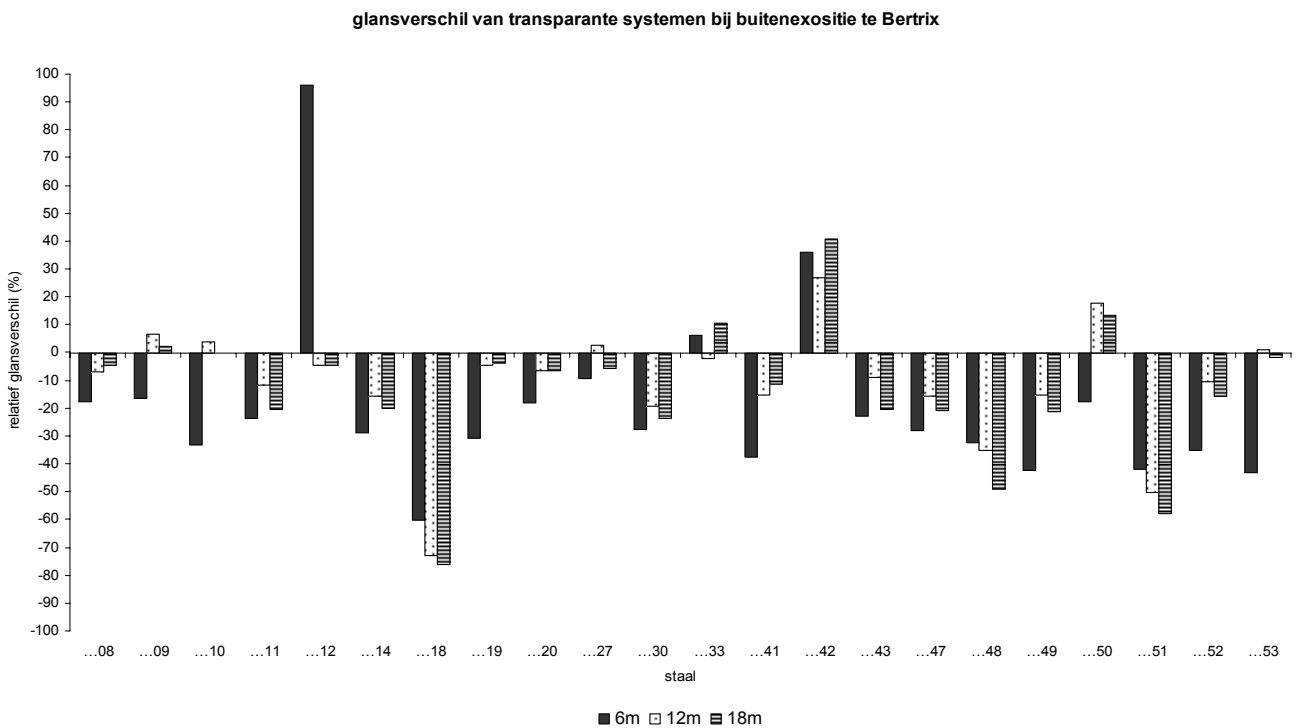
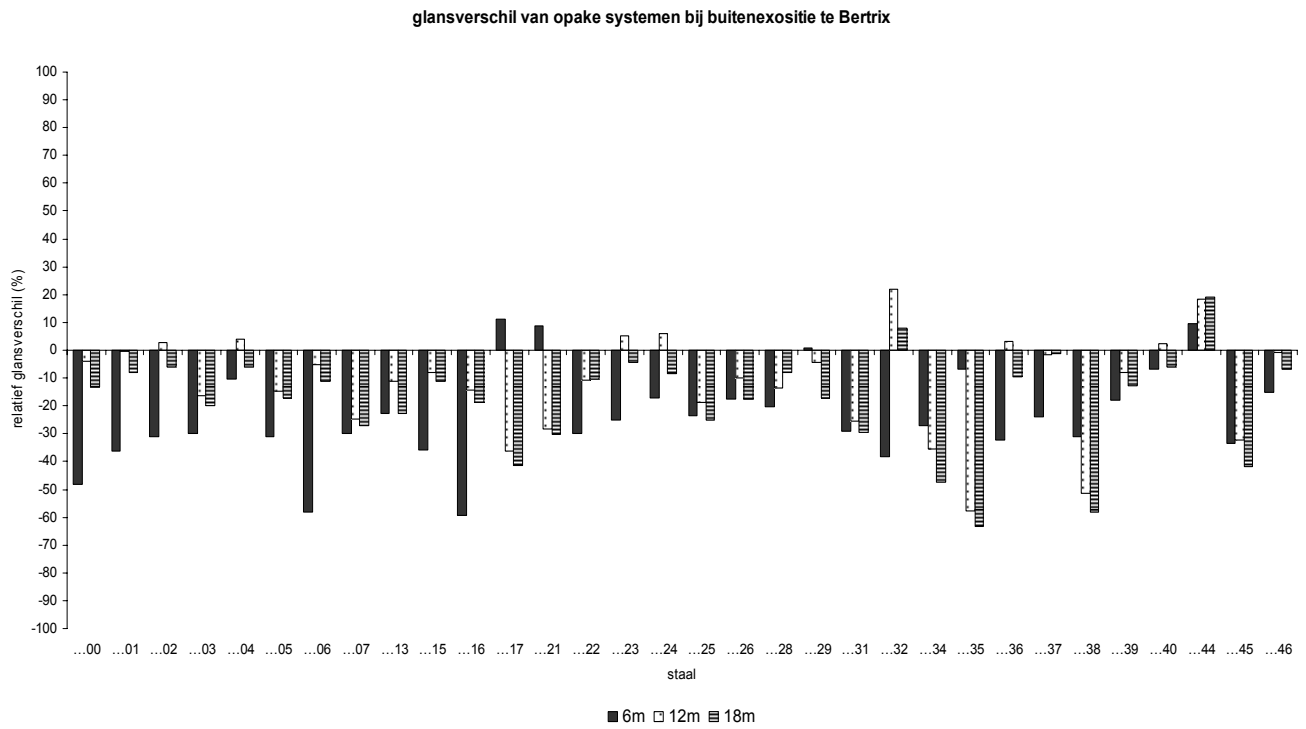
Opmerkelijke glansafnamen zijn terug te vinden in systemen 18 en 51, respectievelijk een hybridesysteem en een solventgedragen systeem. Beide transparante systemen kunnen tot 60% van hun oorspronkelijke glans verliezen.

Een glansstoename is waarneembaar bij systemen 42 (50%) en 44 (25%). Het betreft zuivere acrylaatsystemen in borstelapplicatie. 42 is transparant, 44 is opaak.

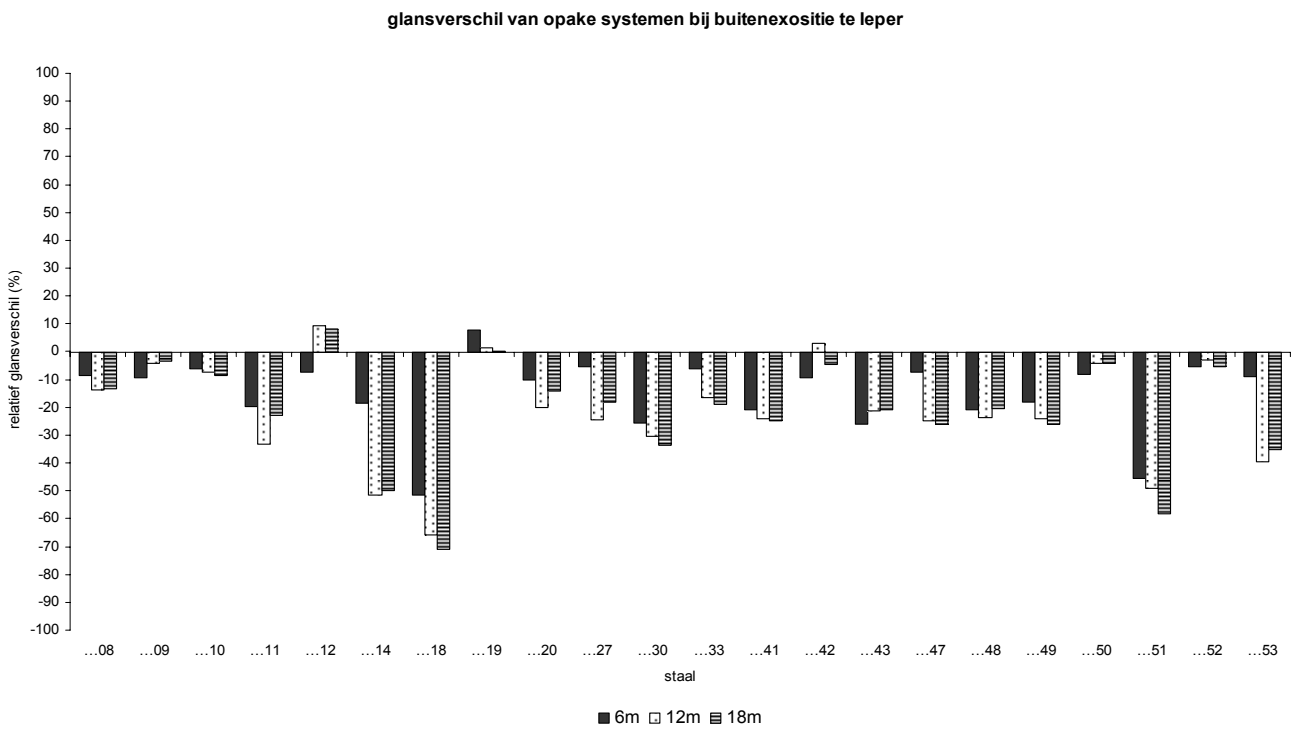
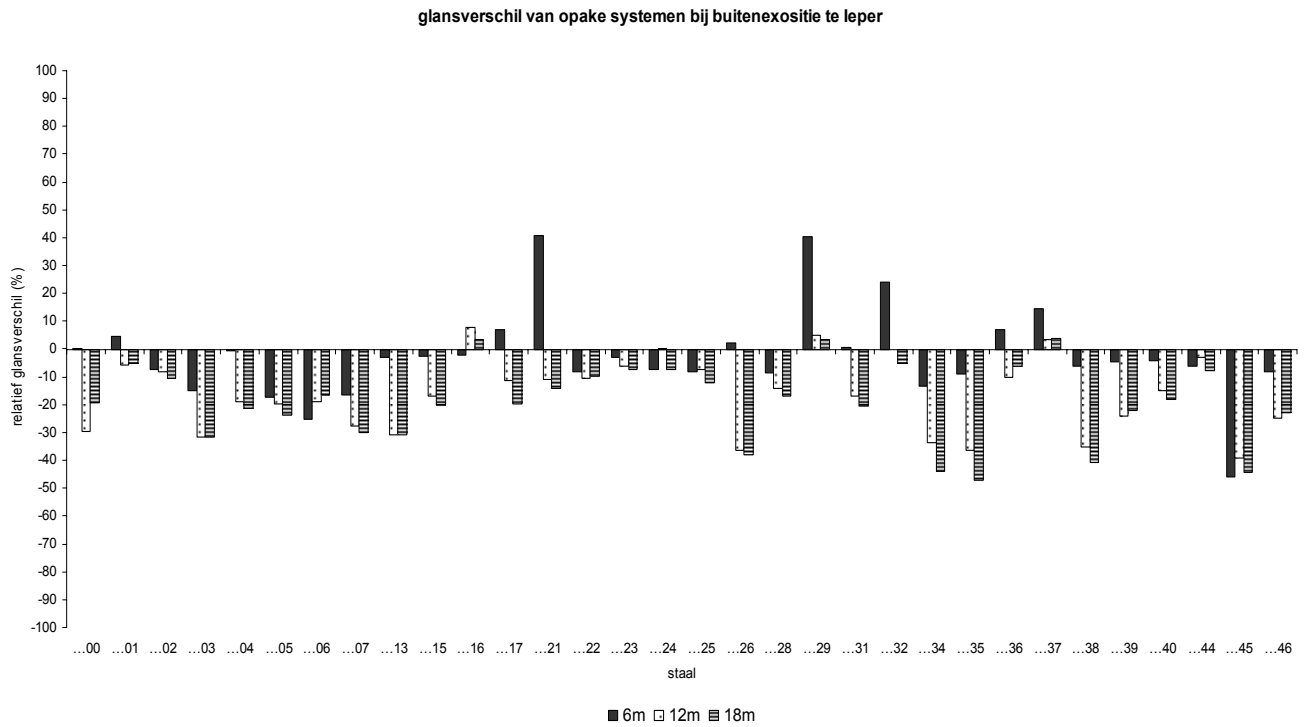
De algemene trend bij de kunstmatige bewedering is vergelijkbaar met deze bij buitenexpositie (Figuur 22). Het glansverlies neemt toe bij toenemende bewedering. Hierbij zijn de effecten van de WOM sterker dan deze van de UVCON.

Gemiddeld fluctueert het glansverschil na 10 weken bewedering rond 10-25%, na 16 weken rond 30-40%. Het verschil wordt geleidelijk opgebouwd of neemt rond de 4<sup>de</sup> of 6<sup>de</sup> week sterk toe.

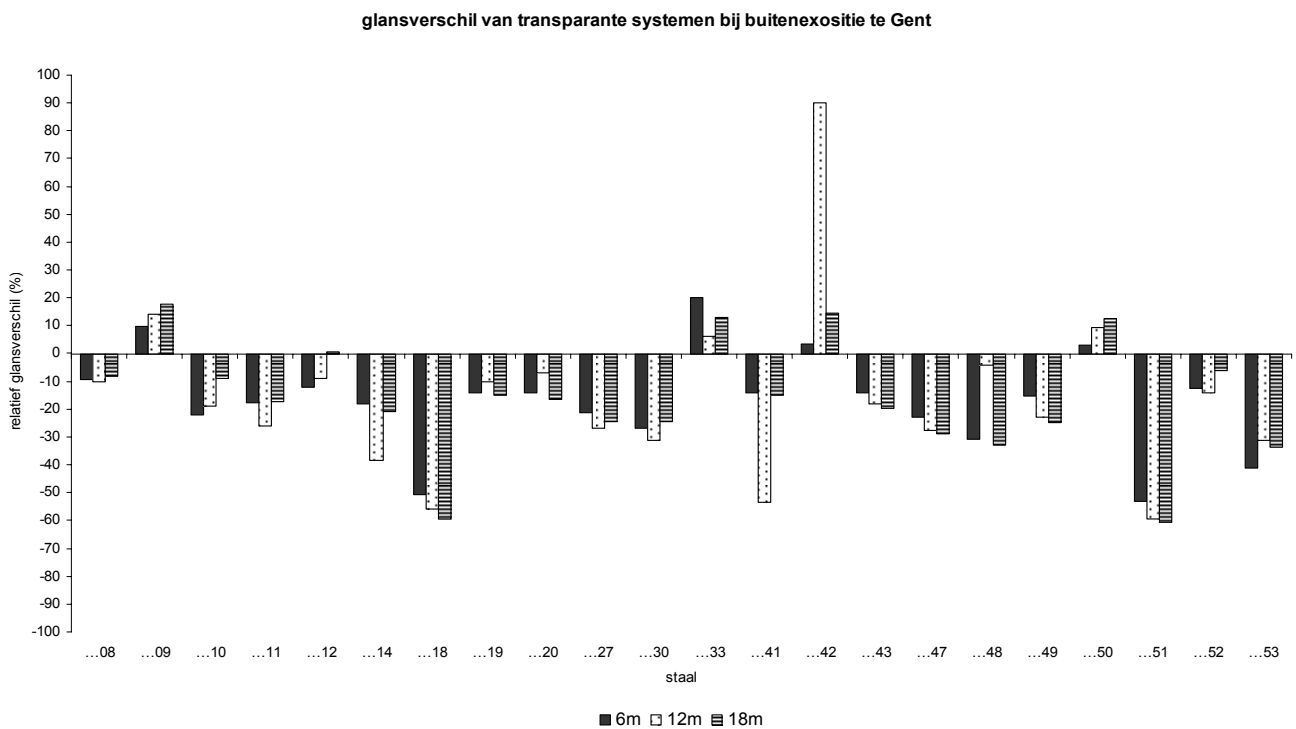
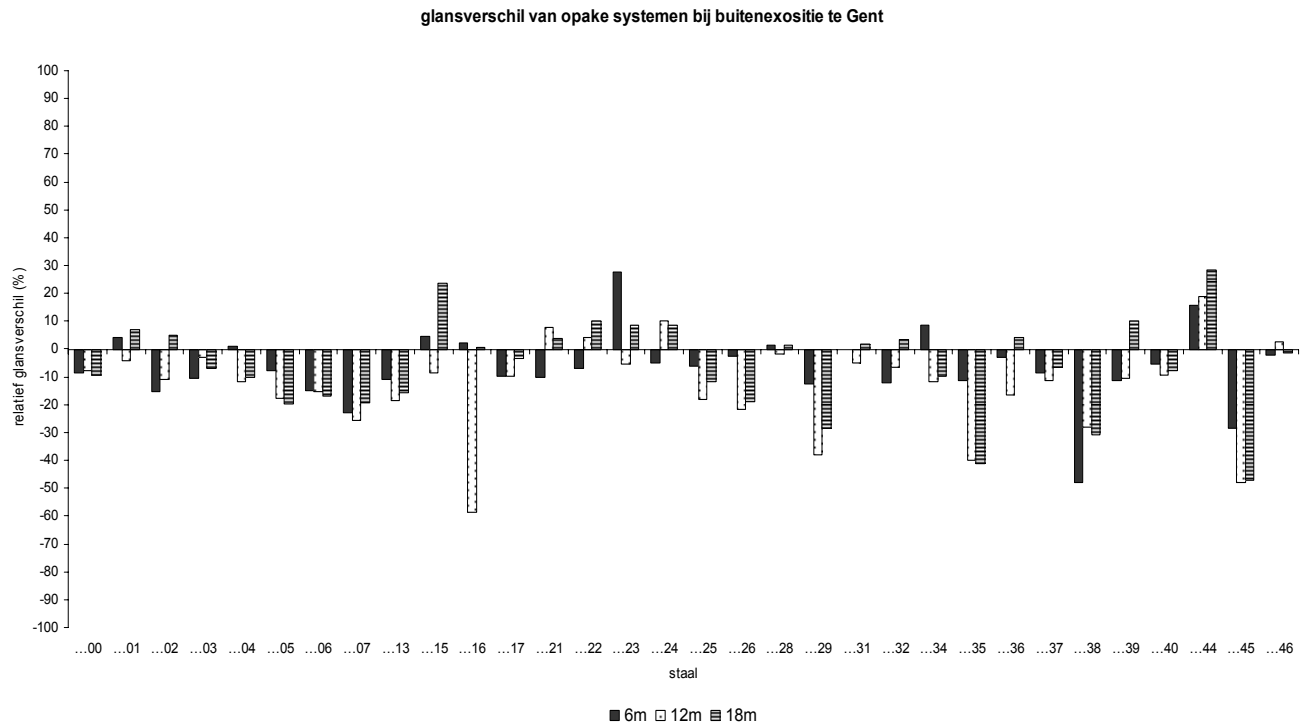
Glansverliezen van 70% tot 80% treden op bij systemen 26, 34 en 38, opake zuivere acrylaten, en systeem 51, een transparant solventgedragen systeem. Anderzijds vertoont systeem 42 opnieuw een opmerkelijke glansstoename.



***Figuur 19: Verloop van het relatieve glansverschil van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6 maanden (6m), 12 maanden (12m) en 18 maanden (18m) buitenexpositie te Bertrix***

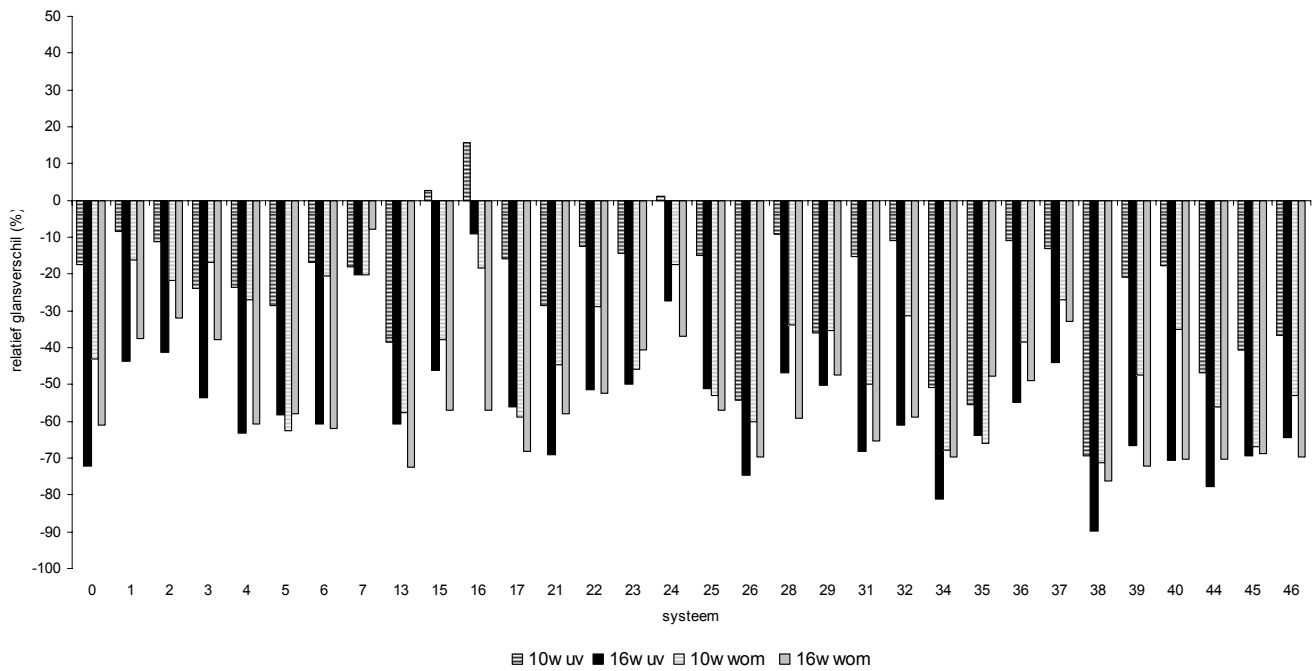


***Figuur 20: Verloop van het relatieve glansverschil van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6 maanden (6m), 12 maanden (12m) en 18 maanden (18m) buitenexpositie te leper***

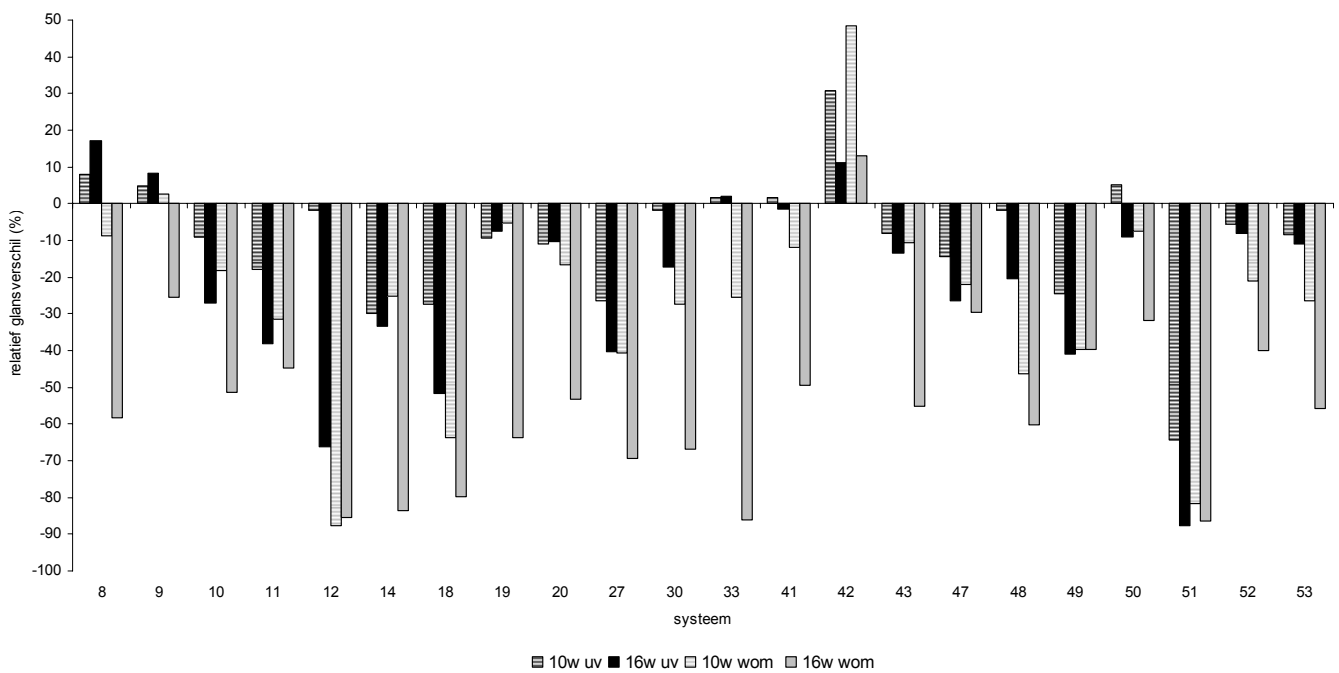


***Figuur 21: Verloop van het relatieve glansverschil van opake (boven) en transparante (onder) systemen na 6 maanden (6m), 12 maanden (12m) en 18 maanden (18m) buitenexpositie te Gent***

glansverschil bij opake systemen na 10 en na 16 weken kunstmatige bewedering



glansverschil bij transparante systemen na 10 en na 16 weken kunstmatige bewedering



**Figuur 22: Het relatieve glansverschil bij opake (boven) en transparante (onder) systemen na 10 weken en 16 weken artificële bewedering**

## 4 Hoekverbindingen

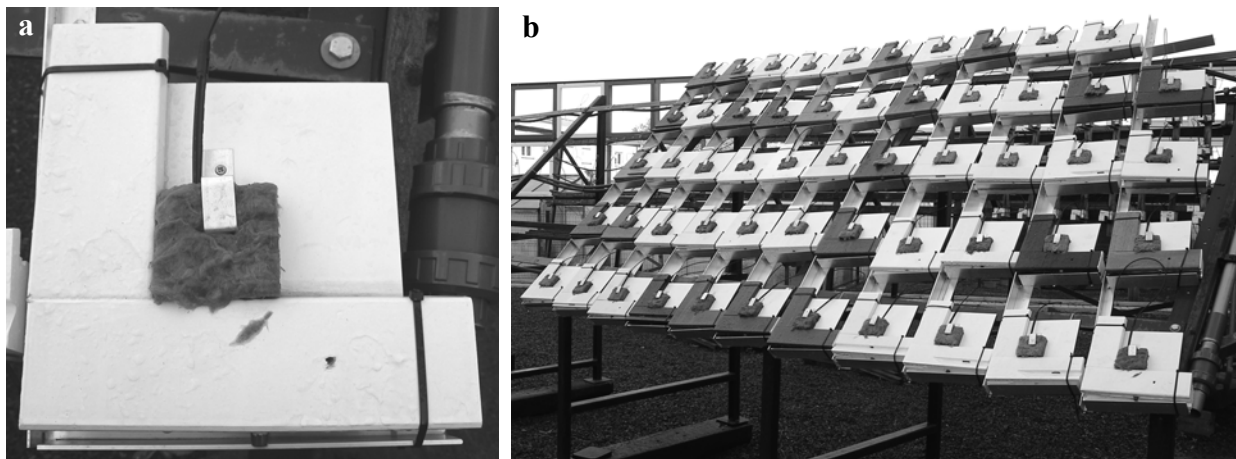
Uit de natuurlijke bewedering is gebleken dat vooral ter hoogte van de hoekverbindingen vroegtijdige verwerking van de afwerkingssystemen wordt vastgesteld. Om de gevoeligheid van deze verbindingen na te gaan werd een proefopzet gecreëerd met verhoogde vochtinwerking.

### 4.1 Materiaal en methode

Uit ieder raamkozijn wordt de linker hoekverbinding van 25cm op 25cm genomen. De kopsen vlakken worden afgedicht met drie lagen Sigmatur<sup>®</sup> HB Finish. In de hoek wordt een stuk inert plaatmateriaal aangebracht waarop rotswol wordt bevestigd m.b.v. een klem. In de rotswol wordt een bevoeiingsdruppelaar gestoken (Figuur 23, a). Deze is aangesloten op een irrigatiesysteem en bevochtigt de rotswol op regelmatige tijdstippen.

De hoeken worden onder 45° in zuidwestelijke richting blootgesteld aan zon en regen. Onderling vormen ze een hoek van 10° om het regenwater beter op te vangen (Figuur 23, b). De bevochtigde rotswol en de inclinatie zorgen voor waterstagnatie waardoor extra belasting van de hoekverbinding tot stand komt.

Maandelijks worden de stalen visueel geëvalueerd en gewogen zonder rotswol.



Figuur 23: Proefopzet waarbij de duurzaamheid van hoekverbindingen worden getest.

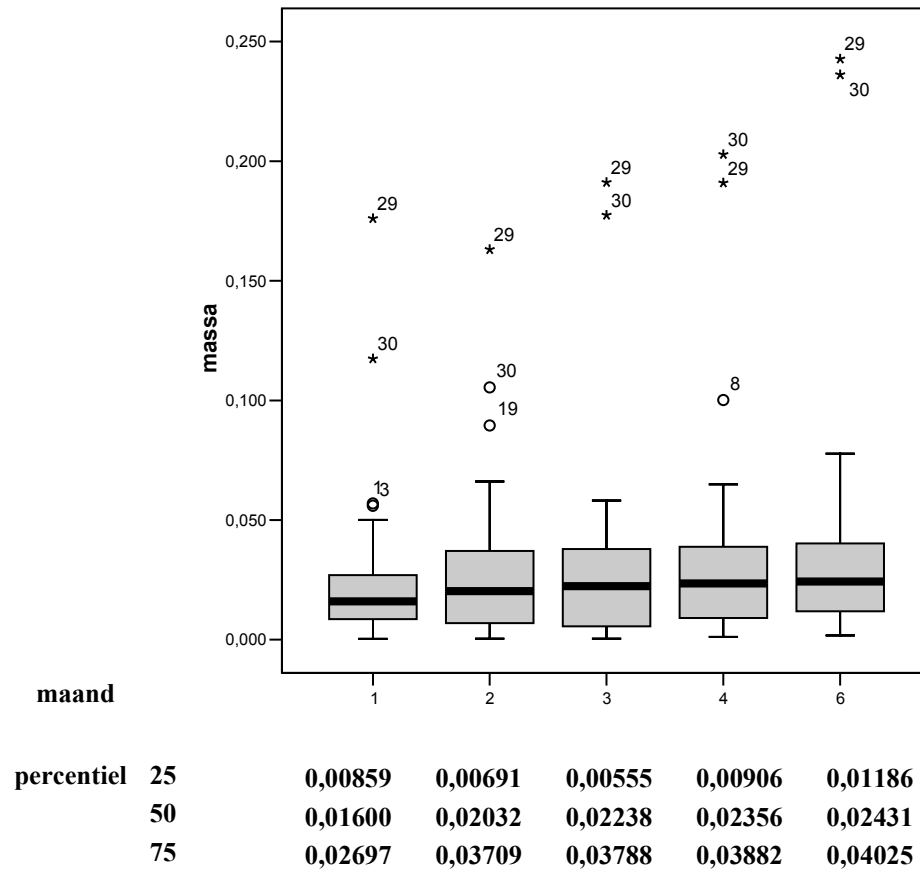
### 4.2 Resultaten

Negentien hoekverbindingen vertonen pas na een half jaar de eerste tekenen van schade. De schade beperkt zich tot wateropname in de verffilm, zichtbaar als een waas, en fijne barstvorming t.h.v. de kitvoeg. In extreme gevallen, zoals bij systemen 1 en 44, verschijnen in beperkte mate blaasjes op het vochtig gehouden deel van de hoek.

De vochtopname neemt geleidelijk toe in de tijd met een piek na één maand buitenbewedering (Figuur 24). Extreme toenames die wijzen op het falen van een systeem zijn nog niet waarneembaar.

Opvallende opnames treden op bij de systemen (29 en 30) met een zuiver acrylaat toplaag aangebracht op maritime pine. Na drie maanden buitenexpositie onder belastende omstandigheden vervoegt systeem 28 met de acrylaat-polyurethaan toplaag aangebracht op maritime pine de afwerkingen met hoge vochttopnames. Het substraat is bijgevolg een niet te verwaarlozen factor in de vochtrelaties.

Ook het opake zuiver acrylaatsysteem 40, bestaande uit drie lagen, kent na drie maanden relatief hoge vochttopnames.



**Figuur 24:** Boxplot van de gewichtstoenames (kg) van de hoekverbindingen over een tijdsduur van 6 maanden buitenexpositie met aanduiding van de mediaan, de boven- en ondergrens (resp. 50, 75 en 25 percentielen).

Drie kwart van de systemen nemen tot 40,2g water op na een half jaar buitenbewedering waarbij de gevoelige hoekverbinding wordt belast. Hogere waarden zijn substraatafhankelijk maar leiden niet noodzakelijk tot schade.



## 5 De vochtdynamiek

In dit deel wordt de water- en waterdampdoorlaatbaarheid van houtafwerkingssystemen a.h.v. waterabsorptie en waterdampdesorptie van gecoate houtstalen bestudeerd. De proef wordt gebruikt voor de beoordeling van de beschermende eigenschappen van een houtbehandeling tegen vocht en dus onrechtstreeks tegen biologische aantasting.

### 5.1 Materiaal en methoden

Uit de 54 ramen worden 6 stalen van 40x30x10 mm gezaagd zodat elk staal een industriële oppervlaktebehandeling draagt en aan één oppervlak onbehandeld blijft. De niet geschilderde zijden worden drie maal afgedicht met het tweecomponentensysteem, Sigmadur<sup>®</sup> HB Finish op basis van polyurethaan. Van elk verfsysteem worden drie stalen gedurende 16 weken kunstmatig bewederd in de Atlas<sup>®</sup> UVCON, volgens de testmethode beschreven in paragraaf 3.1.1.1.

De stalen worden geconditioneerd bij  $23\pm 2^\circ\text{C}$  en  $65\pm 5\%$  RV tot geen gewichtsschommelingen meer optreden.

De proefstalen worden in een absorptiefase gedurende 72u met de oppervlaktebehandeling op gedemineraliseerd water gelegd. Het drijven wordt na 5s, 10min, 1u, 4u, 24u, 48u en 72u kort onderbroken om de stalen te wegen. De absorptiefase wordt onmiddellijk opgevolgd door een 72u durende desorptiefase in een klimaatskamer bij  $20\pm 2^\circ\text{C}/65\%$  RV. Hiertoe worden de stalen met hun lange, smalle zijde rechtop geplaatst zodat 5 zijden van elk staal door een luchtstroom omgeven wordt. De stalen worden 2 maal per dag gewogen. Na de laboratoriumproef wordt de ovendroge massa van de stalen bepaald. (A.O. Rapp *et al.*, 2000)

Het vochtgehalte wordt gravimetrisch berekend als volgt:

$$VG = [(m - m_0) / m_0] * 100$$

waarbij  $m_0$  de ovendroge massa is.

De hoeveelheid geabsorbeerd en gedesorbeerd vocht in respectievelijk de eerste en de tweede cyclus van de proef worden berekend aan de hand van volgende formules:

$$a_t = [(m_{at} - m_1) / m_0] * 100$$

$$b_t = [(m_{at} - m_{dt}) / m_0] * 100$$

$m_1$  is de massa van het staal na 2 weken conditioneren bij  $23\pm 2^\circ\text{C}$  en  $65\pm 5\%$  RV,  $m_{at}$  is de massa na  $t$  uren absorptie en  $m_{dt}$  is de massa na  $t$  uren desorptie.

Het vochtgehalte dat overblijft na de desorptiefase in functie van het opgenomen vochtgehalte, het residueel vochtgehalte, wordt berekend met de formule:

$$b_{72} / a_{72} * 100$$

waarbij  $a_{72}$  het vochtgehalte na 72u absorptie en  $b_{72}$  het vochtgehalte na 72u desorptie is.

**Data-analyse** (Elowson *et al.*, 2003)

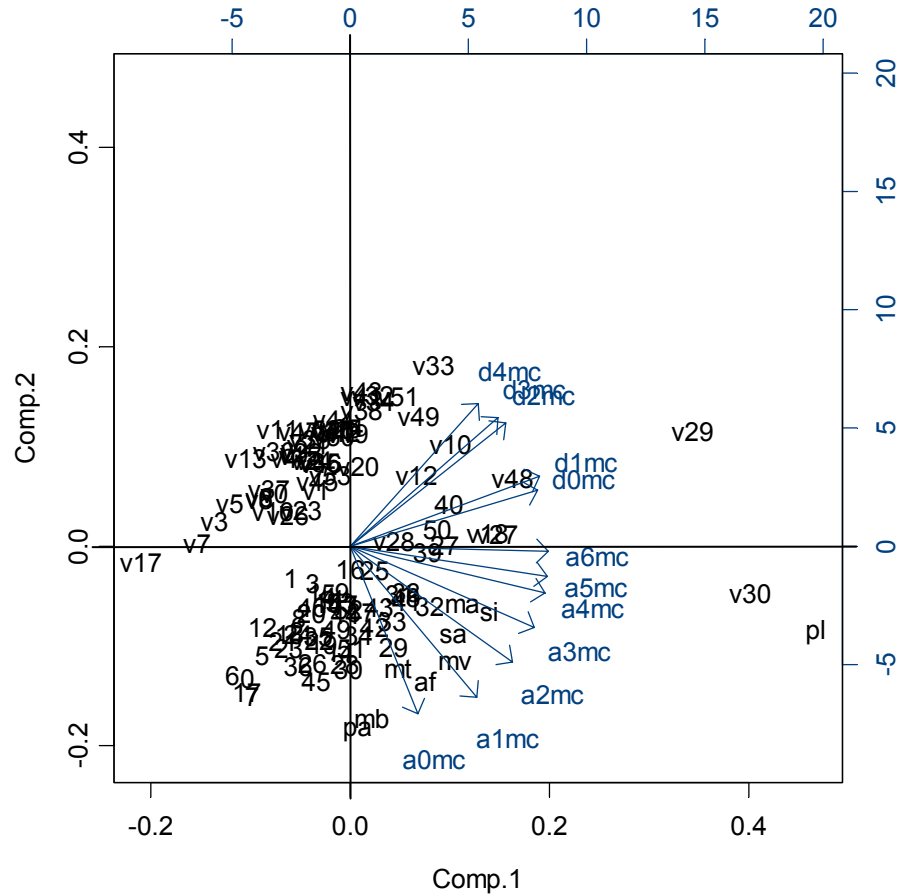
De data-matrix bestaat uit 116 stalen en 12 variabelen (vochtgehaltes). Wanneer het vochtgehalte wordt uitgezet t.o.v. de tijd is het vanzelfsprekend dat er een hoge correlatie bestaat. Anderzijds ligt het ook voor de hand dat er geen unieke variabele bestaat die de

variatie in vochtgehaltes kan beschrijven. De algemene methode van datareductie door met gemiddelde waarden te werken, leidt tot een verlies van essentiële informatie. Daarom wordt in deze opzet gebruik gemaakt van Principale Componenten Analyse (PCA) en clusteranalyse. Volgens deze methode worden gelijkaardige stalen samengenomen waarbij het onderlinge verschil duidelijk wordt. Vooraleer de analyse uit te voeren worden de data 10-log getransformeerd en gecentreerd rond het groepsgemiddelde. De classificatieboom werd opgesteld volgens Wards methode. De data-analyse werd uitgevoerd met S-Plus 7.0.

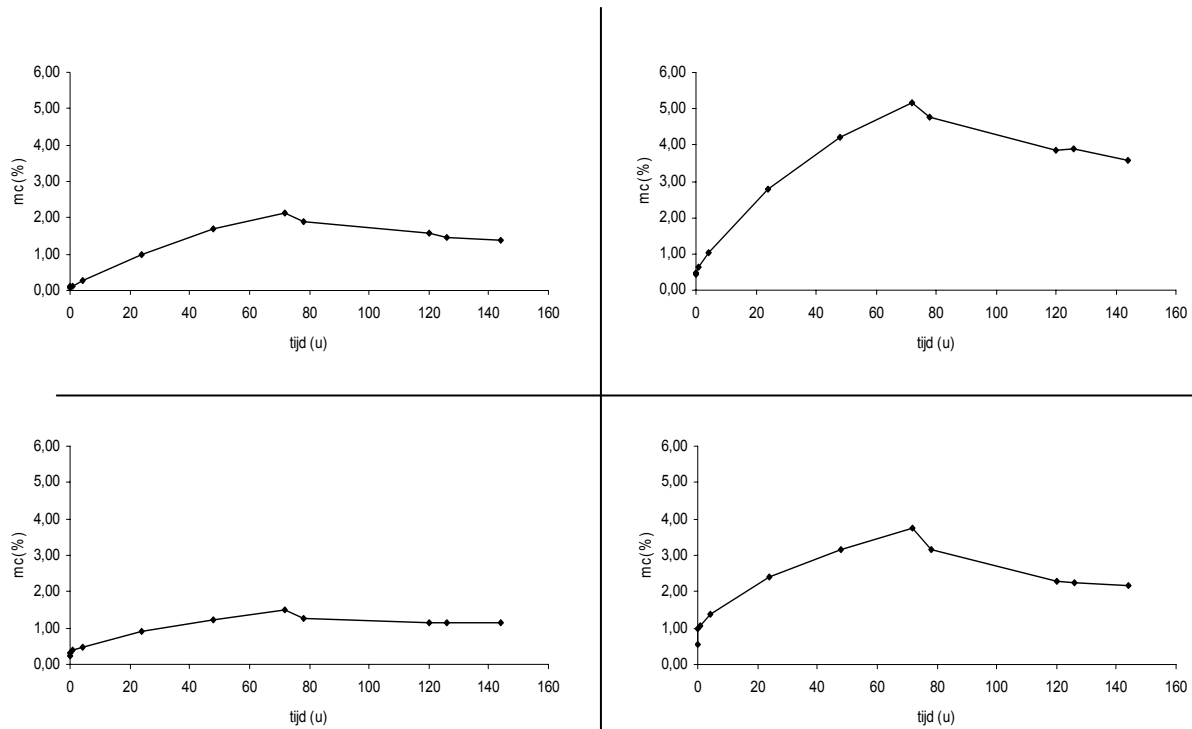
## **5.2 Resultaten**

De PCA-analyse (Figuur 25) deelt de proefstalen in volgens een horizontale as die de variatie in opgenomen water weergeeft en de verticale as die een indeling maakt naar snelheid waarmee de stalen tot een evenwicht komen (Figuur 26). De assen verklaren respectievelijk 74,4% en 14,9% van de variatie. De PCA-analyse laat toe 5 clusters te onderscheiden die duidelijker tot uiting komen in de classificatie (Figuur 27).

In de eerste groep bevinden zich de solventgedragen en licht verweerde stalen. Ze worden gekenmerkt door een gemiddelde vochtopname (2-3%) en een gemiddelde vochtafgifte (20-40%), maar bereiken traag een evenwicht. De vochtafgifte bij solventgedragen systemen (aangeduid met een ovaal) ligt extreem laag, minder 20% van het opgenomen vocht. Groep 2 omvat de stalen die een extreem lage waterdoorlaatbaarheid kennen, lager dan 1,5% vochtgehalte na de absorptiefase, en een gemiddelde waterdampdoorlaatbaarheid. Het betreft bewederde stalen die geen erosie vertonen. In de derde groep worden de niet-bewederde watergedragen systemen uitgezonderd de zuivere acrylaten met een gemiddelde wateropname en een gemiddelde waterdampafgifte geklasseerd. Kenmerkend voor deze systemen is dat het evenwicht zich sneller zal instellen dan bij groep 1. De vierde groep verzamelt de zuivere acrylaten die zich onderscheiden op basis van een hoge vochtopname (3-6%) en hoge vochtafgifte (>40%). Tot groep 5 behoren de sterk verweerde systemen en onbehandelde houtsoorten. Hun vochtopname en residueel vochtgehalte bedragen respectievelijk >6% en > 40%.



**Figuur 26: PCA-analyse van de vochtgehaltes tijdens de absorptie- en desorptiefase (axmc: vochttopname (%) op absorptiemoment x; dxmc vochtafgifte (%) op desorptiemoment x)**



**Figuur 25: Aanduiding van het verloop van de vochttopname en -afgifte binnen elk kwadrant dat afgebakend werd in figuur 24.**

### *Invloed van het type afwerkingssysteem*

Gemiddeld vertonen de meeste niet-bewederde systemen een beperkte toename in vochtgehalte met een toename van 1,5 à 3% na 72u immersie. Het vochtgehalte van solventgedragen systemen bevindt zich onder de ondergrens terwijl het vochtgehalte van acrylaten na absorptie meer dan 3% bedraagt.

Na de desorptiefase blijft gemiddeld 60-80% van het opgenomen water in het staal. Bij solventgedragen systemen ligt het residueel vochtgehalte hoger, bij acrylaten lager.

Algemeen kan gesteld worden dat impermeabele systemen, nl. de solventgedragen systemen, polyurethanen, alkydemulsies, acrylaatdispersies en combinaties, minder dan 3% water opnemen en daarvan minder dan 40% terug afgeven. Anderzijds gaan permeabele systemen, nl. watergedragen zuivere acrylaten, meer dan 3% water opnemen waarvan 40% onder de vorm van waterdamp terug wordt afgestaan. Hierbij neigen transparante systemen tot een hogere vochtopname dan opake systemen.

Dat een coating bescherming biedt tegen vocht wordt aangeduid met het vochtgedrag van onbehandeld hout. Het vochtgehalte na 72u absorptie ligt hoger dan 7% (bij maritime pine stijgt het vochtgehalte zelfs tot 52%) waarvan meer dan 60% terug wordt afgegeven.

De wijze van applicatie lijkt geen invloed te hebben op het vochtgedrag.

### *Invloed van het substraat*

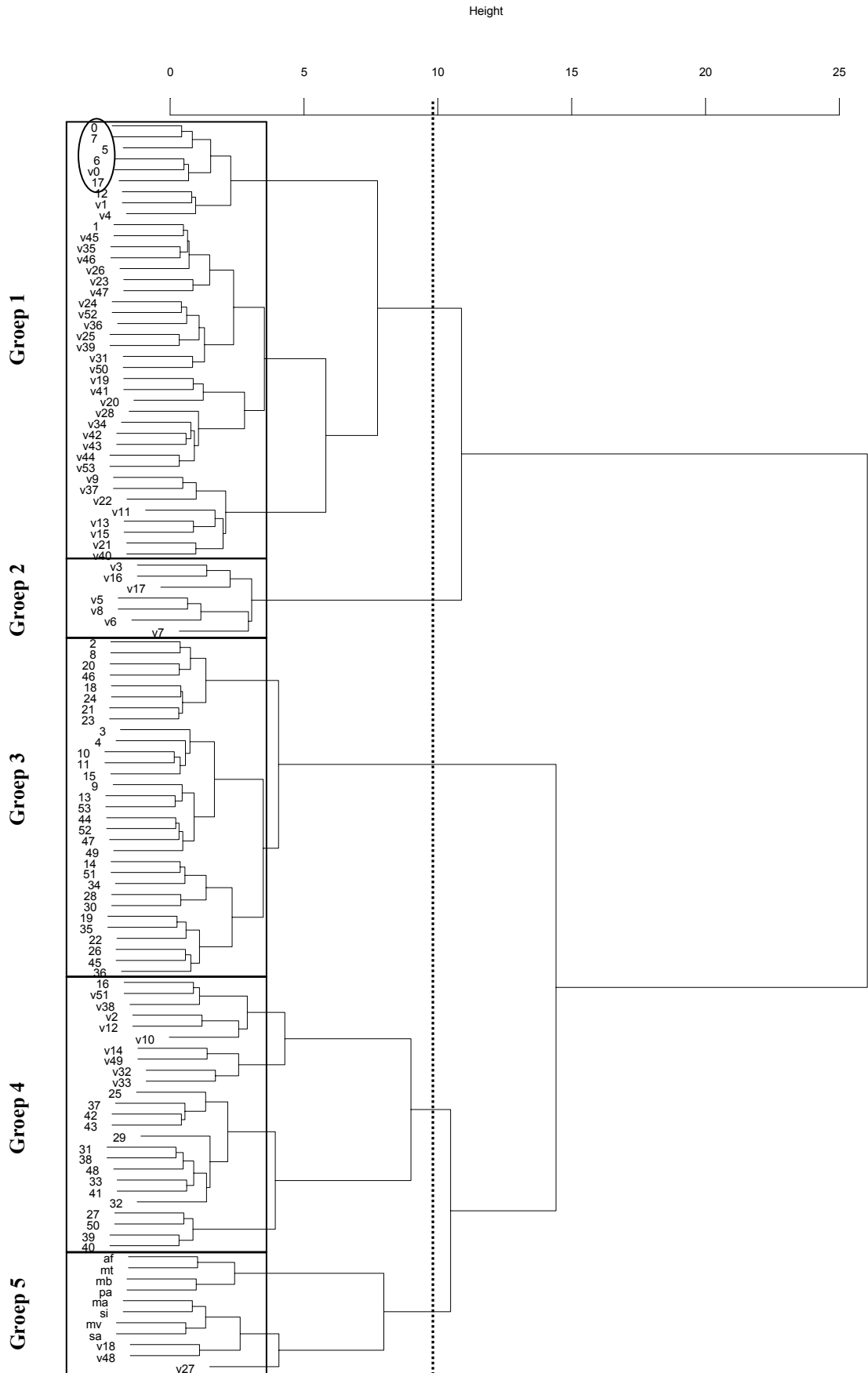
De invloed van het substraat op de waterdoorlaatbaarheid is duidelijk. De stalen bestaande uit systemen aangebracht op maritime pine vertonen immers een hoger vochtgehalte, 3-4%, na 72u absorptie. Het vormt een verklaring voor de sterke werking van deze stalen (barsten en buigen van het proefstaal).

De overige houtsoorten hebben een lager absorptievermogen en worden opgesplitst in 2 groepen. De onbehandelde en behandelde stalen van movingui (mv), moabi (ma), sipo (si) en sapelli (sa) bevinden zich eerder aan de rechterhelft van het assenstelsel. Zij vertonen een hoger vochtgehalte na 72u absorptie dan gelijkaardige stalen van afzelia (af), padoek (pa), merbau (mb) en meranti (mt). In de classificatieboom weerspiegelt zich dat door de hogere plaatsing van deze laatste.

### *Invloed van de kunstmatige bewedering*

De invloed van bewedering op de waterdoorlaatbaarheid van een systeem is sterk afhankelijk van de graad van verwerking. Staal v30 en staal v29 vertonen barsten in het hout waardoor de wateropname sterk toeneemt. Waar de verflaag sterke verwerking vertoont, zien we dat deze stalen het gedrag van de onbehandelde houtsoorten, een hoge wateropname aannemen vb. v48,v18,v27. In het assenstelsel zijn deze stalen aan de rechterkant terug te vinden. Blijft de verffilm intact dan zal de wateropname nauwelijks toenemen maar de waterdampafgifte lichtjes toenemen vb. staal v13 blijft 2-3% water opnemen maar zal tot 5% meer waterdamp afgeven dan zijn niet-verweerde gelijke.

Algemeen worden afwerkingssystemen na beschadiging meer waterdoorlaatbaar en drogen geërodeerde stalen sneller dan onaangetaste stalen.



**Figuur 27: Classificatie van onbehandeld hout (lettercode), verweerde systemen (cijfercode voorafgegaan door v) en originelen (cijfercode)**






## 6 Adhesie

### 6.1 De ruitjestest

Het onderzoek van de hechting van de afwerkingslaag op het houtoppervlak kan bepaald worden volgens de ISO2409. Met een speciaal hiervoor ontworpen mesje, het PIG-universal toestel, wordt op het oppervlak een raster getrokken. Het raster bestaat uit 16 vierkantjes waarvan de oppervlakte varieert naargelang de laagdikte van de verffilm. De vlakjes bij stalen met een laagdikte < 60µm zijn 1mm<sup>2</sup> groot, bij stalen met een laagdikte >60µm 2mm<sup>2</sup>. Op raster werd sterk hechtende kleefband aangebracht.

Het percentage van de verflaag dat bij het losrukken van de aangebrachte kleefband wordt weggehaald, vormt een maat voor de adhesie, weergegeven in Tabel 7.

**Tabel 7: beoordelingsschaal voor de ruitjestest naar ISO2409**

score	kenmerken	visueel
0	- de randen van de sneden zijn glad - er komt geen verf los van het substraat	
1	- kleine stukjes van de verffilm brokkelen af ter hoogte van de kruisingen van de sneden - het totale percentage van afgebrokeelde verffilm bedraagt maximaal 5%	
2	- de verffilm brokkelt af langsheen de sneden en/of ter hoogte van de kruisingen van de sneden - het totale percentage van afgebrokeelde verffilm bedraagt maximaal 15%	
3	- langsheen de sneden schilfert de verffilm in brede stroken af en/of volledige of gedeeltelijke vierkantjes worden losgerukt - het totale percentage van afgebrokeelde verffilm bedraagt maximaal 35%	
4	- langsheen de sneden schilfert de verffilm in brede stroken af en/of volledige of gedeeltelijke vierkantjes worden losgerukt - het totale percentage van afgebrokeelde verffilm bedraagt meer dan 65%	

#### 6.1.1 Resultaten

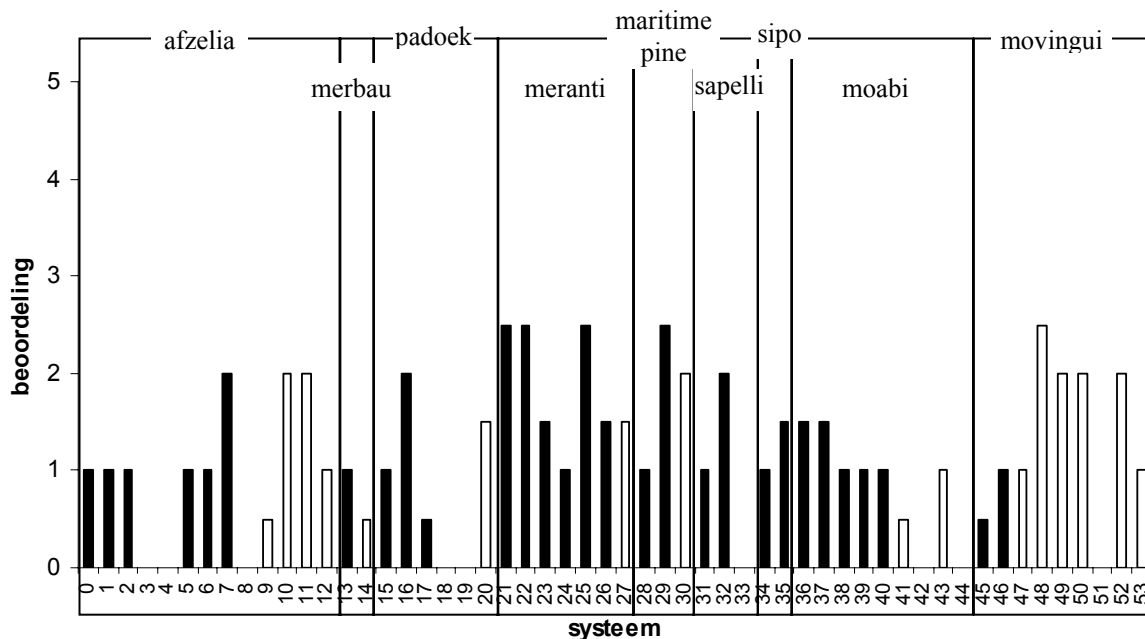
Cohesieproblemen doen zich voor bij systemen 28 en 29 (Figuur 28).

Wanneer louter de adhesie beschouwd wordt, gaan transparante lazuren aangebracht op maritime pine (30) en afzelia (10 en 12) minder goed hechten op hun substraat. Bij systeem 10 werd de verffilm eenlagig aangebracht tot de gewenste laagdikte, systeem 12 draagt een solventgedragen eindlaag op een watergedragen grondlaag. 48 en 30 zijn watergedragen met een alkydemulsie als grondlaag afgewerkt met een acrylaatdispersie. 49, 50 en 52 zijn zuivere acrylaten.

Goede hechting, score 0, werd waargenomen bij enkele dekkende (3, 4 en 44) en enkele transparante (8, 19, 33 en 42) acrylaten. Het transparante hybridesysteem 18 en het transparante solventgedragen systeem 51 scoren eveneens goed.

De opake systemen aangebracht op meranti (21,22,25) en de transparante op movingui (48,49,50 en 52) schijnen meer adhesieproblemen te vertonen. Uit deze proef valt het echter moeilijk op te maken of de hoge scores niet te wijten zijn aan houtbreuk.

De invloed van de houtsoort op de adhesie valt moeilijk te achterhalen. De Torque-test werd eveneens uitgevoerd om zo een duidelijker beeld te krijgen.



**Figuur 28: beoordeling van de ruitjestest. Witte balken stellen de transparante systemen voor, zwarte balken de opake.**

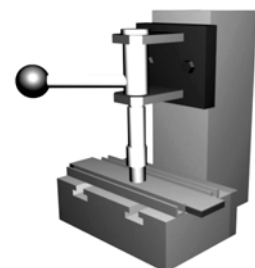
## 6.2 De Torque-test

Een waarde voor de hechtsterkte van de coating op het substraat kan bepaald worden met behulp van een torque toestel (zie Figuur 29) en volgende formule:

$$T = \frac{c \cdot 16 \cdot I}{\pi \cdot d^3}$$

waarbij T de shear stress (MN/m<sup>2</sup>), c de kalibratiewaarde van het gebruikte toestel (22,075), I het maximum moment (N/m) en d de diameter van de stud (0,017m) weergeven

Hiertoe worden op de stalen (300x40x10mm<sup>3</sup>) metalen studs gelijmd met een tweecomponenten epoxylijm, per bestudeerd object zes. Na een droging van 24 uur worden de metalen studs van het oppervlak getrokken door het torque-toestel (Figuur 29). Om de studs vlotter los te kunnen maken, wordt rond de studs de verffilm gebroken. De kracht nodig om de studs van het oppervlak los te maken wordt geregistreerd. Bij een breuk tussen coating en hout kunnen eenduidige besluiten genomen worden. Daartoe wordt gekeken naar de onderzijde van de stud en het oppervlak van het proefstaal. Andere falingen, waaronder ijmbreuk, cohesiebreuk, faling van het hout of breuk tussen twee

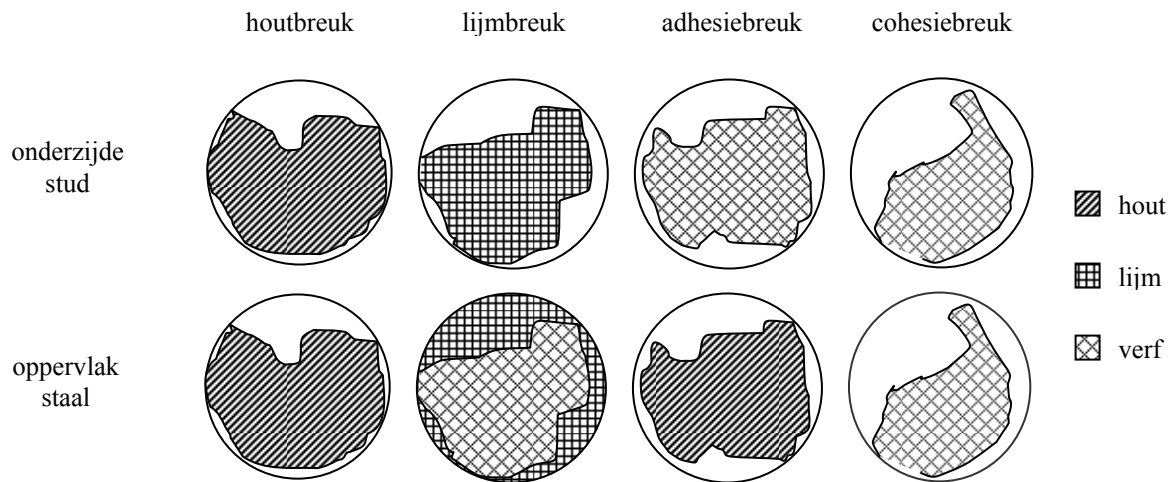


**Figuur 29: Torque-toestel**



coatinglagen (Figuur 30), bemoeilijken de interpretatie. Per staal werden zes herhalingen genomen (Van den Bulcke et al., 2006).

De adhesie op nat hout wordt op een analoge manier bepaald met dat verschil dat het houtsubstraat onder de verflaag wordt verzadigd door in de breuklijn 0,5 ml water aan te brengen en het water gedurende 2 uren te laten inwerken.

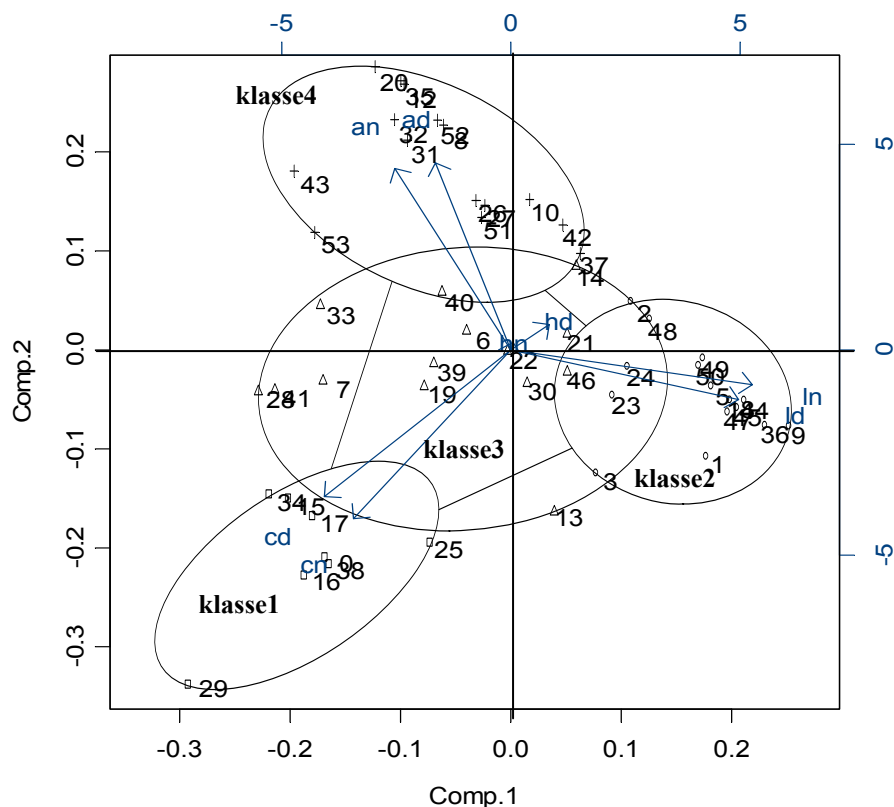


**Figuur 30: Mogelijke falingen bij de torque-test: houtbreuk, lijmbreuk, adhesiebreuk en cohesiebreuk.**

### Data-analyse

Door de variatie aan breukmogelijkheden worden de stalen eerst a.h.v. een partitie-gebaseerde clusteranalyse opgedeeld in vier klassen naargelang het breuktype. Nadien wordt per houtsoort nagegaan welke kracht er nodig is om een bepaalde breuk te veroorzaken. Op deze wijze kan voor de meeste systemen de minimale kracht gegeven worden waaraan een verfsysteem moet voldoen om geen adhesieproblemen te vertonen.

## 6.2.1 Resultaten



**Figuur 31: Principale componentenanalyse met indeling in clusters bekomen door partitie-gebaseerde clusteranalyse (pam)**

De variatie over de eerste as wordt verklaard door het percentage lijmbreuk. De positieve indices op de x-as verwijzen naar een groter aandeel in lijmbreuk (ln: lijmbreuk nat, ld, lijmbreuk droog). Negatieve waarden wijzen op meer co- en adhesieproblemen. De tweede as weerspiegelt het adhesie- en cohesiegedrag. Stalen gelegen in de bovenhelft vertonen meer adhesieproblemen (an: adhesiebreuk nat, ad: adhesiebreuk droog). Cohesieproblemen worden waargenomen bij stalen in de onderste helft van de grafiek in Figuur 31 (cn: cohesiebreuk nat, cd: cohesiebreuk droog). Symbolen hn en hd verwijzen naar resp. houtbreuk nat en houtbreuk droog maar zijn van minder belang dan de overige breuktypes.

Bijgevolg kunnen de klassen als volgt gedefinieerd worden: klasse 1 vertegenwoordigt stalen met cohesieproblemen, klasse 4 deze met een groter percentage adhesiebreuk. Beide klassen herbergen de systemen die onvoldoende hechten wat de verf betreft. Klasse 3 omvat de afwerkingssystemen die geen uitgesproken breuktype vertonen. In klasse 2 bevinden zich de proefstalen waar enkel lijmbreuk werd waargenomen zowel in de droge als in de natte proef. Systemen uit de laatste klasse kunnen als goed beschouwd worden, deze uit klasse 3 als voldoende.

Systemen 4 en 11 werden uit de analyse weggelaten wegens slechte hechting van de lijm op het staal.

Een meer gedetailleerde bespreking wordt gemaakt op basis van onderstaande Tabel 8.

**Tabel 8: Overzicht van de gemiddelde shear stress per staal bij de droge (ssd) en de natte (ssn) proefopzet.**

	klasse1		klasse 2		klasse3		klasse4	
	nr	ssd (MN/m <sup>2</sup> )	nr	ssd (MN/m <sup>2</sup> )	nr	ssd (MN/m <sup>2</sup> )	nr	ssd (MN/m <sup>2</sup> )
Afzelia	0	10,767	1	13,108	6	6,793	8	9,863
		9,298	2	10,355	7	7,517	10	9,916
			3	8,703		5,633		5,629
			5	9,062		5,561		
Merbau			13	13,974		13,707		
			14	9,596		8,131		
Padoek	15	9,390	18	8,753	19	5,118	20	9,363
	16	8,360		9,821		5,885		6,491
	17	5,870		7,937		8,627		4,069
Meranti	25	7,163	23	6,457	21	6,632	26	5,961
		9,066	24	12,948	22	8,711	27	9,005
Maritime Pine	29	3,497		6,976		9,062		6,697
		0,267	28	6,026		2,510		
			30	8,333		5,900		
Sapelli			33	5,973		6,610	31	12,765
							32	6,541
							35	5,073
Sipo	34	10,237		7,979				4,050
Moabi	38	6,724	36	4,264	39	11,350	37	8,299
		8,208		10,546		12,445	42	8,345
						10,397	43	9,779
						8,379	51	8,932
Movingui			44	14,112	46	1,472	52	5,404
			45	10,546		4,645	53	8,410
			47	9,684		3,188		
			48	13,028		6,590		
			49	10,565		8,230		
			50	13,978		7,189		
				8,795		8,795		

### *Invloed van de applicatie*

De adhesie is onafhankelijk van de laagdikte. Systemen 8 en 10, 39 en 40, 19 en 20 en 41 en 43 zijn hier voorbeelden van. Per paar zijn de stalen gecoat met eenzelfde verf, maar in verschillende laagdiktes. Binnen elk koppel treden nauwelijks verschillen op. Indien toch een verschil optreedt, bijvoorbeeld een andere klassering, wordt dat te niet gedaan, bijvoorbeeld door een zwakkere shear stress. Dit wijst ook aan dat de torquemethode een goede reproduceerbaarheid vertoont.

Systemen 0 en 6, 8 en 12 en 31 en 32 bewijzen dat de applicatietechniek wel een bijdrage levert aan adhesieproblemen. Indien de eindlaag geborsteld wordt, ligt de adhesiekracht lager in droge omstandigheden dan bij zijn gespoten gelijke. Onder invloed van water kennen afwerkingssystemen in spuitapplicatie een groter verval in adhesiekracht (tot meer dan de helft!). De adhesiesterkte van een geborsteld systeem blijft daarentegen op eenzelfde niveau.

### *Invloed van substraat op de oppervlaktebehandeling*

#### Afzelia

Watergedragen systemen opgebouwd uit een alkydemulsie en een acrylaatdispersie vertonen een goede hechting op afzelia. De minimale kracht in droge toestand,  $F_d$ , is groter dan  $8 \text{ MN/m}^2$  en in natte toestand, is  $F_n$  groter dan  $5,5 \text{ MN/m}^2$ . Bij deze krachten doet zich niet of nauwelijks onthechting van het substraat voor.

Zuivere acrylaten of systemen met een watergedragen acrylaatdispersie als grondlaag komen bij een  $F_{d,n} \approx 8 \text{ MN/m}^2$  van het afzeliahout.

#### Merbau

Met een  $F_{d,n} > 13 \text{ MN/m}^2$  hechten watergedragen opake verffilms bestaande uit een combinatie van alkydemulsie en een acrylaatdispersie zeer goed op merbau. De analoge transparante coating vereist een  $F_d > 9,5 \text{ MN/m}^2$  en een  $F_n \approx 8 \text{ MN/m}^2$  om los te komen van het substraat.

#### Padoek

Bij de in dit onderzoek op padoek aangebrachte opake systemen treden veeleer cohesieproblemen op dan adhesieproblemen.  $F_{d,n} \approx 7,5 \text{ MN/m}^2$  veroorzaakt tot 75% cohesiebreuk.

Transparante zuivere acrylaten op een ondergrond van padoek vertonen al 30% adhesiebreuk bij  $F_{d,n} \approx 5,5 \text{ MN/m}^2$ . 85% adhesiebreuk is waarneembaar bij krachten  $F_d \approx 10 \text{ MN/m}^2$  en  $F_n \approx 6,5 \text{ MN/m}^2$ .

#### Meranti

Systemen 23 en 24, watergedragen alkydemulsies met een acrylaatdispersie als eindlaag, zijn uitstekend in toepassing op meranti. Een  $F_d > 12,5 \text{ MN/m}^2$  en een  $F_n > 6,5 \text{ MN/m}^2$  is de minimumvereiste om de verflaag van het substraat los te rukken. De toegepaste watergedragen polyurethaanhybrides met een acrylaatpolyurethaan toplaag zijn minder resistent. Een kracht  $6 \text{ MN/m}^2 < F_{d,n} < 9 \text{ MN/m}^2$  brengt al een gering percentage (20%) adhesiebreuk te weeg. Ondanks de lagere minimale krachten mogen deze systemen toch als goed hechtend beschouwd worden.

De slechtst presterende coating is het zuiver acrylaat dat met een  $F_n \approx 4 \text{ MN/m}^2$  van het hout loskomt. In droge toestand is minstens  $6 \text{ MN/m}^2$  nodig om 20% adhesiebreuk te veroorzaken.

### Maritime pine

In droge toestand zijn breuken tussen de verflagen in kenmerkend voor de opake systemen 28 en 29. Systeem 29 gaat bij bevochtiging sneller problemen vertonen wat de cohesie betreft ( $F_n \ll F_d$ ).

De invloed van water op onthechting is bij systemen 28 en 30 met een alkydemulsie als grondlaag en acrylaatdispersie als eindlaag, waarneembaar. Het effect is groter bij het opake 28 ( $F_n \approx 2,5 \text{ MN/m}^2$ ) dan bij het transparante 30 ( $F_n > 6 \text{ MN/m}^2$ ).

De hechting van de transparante verffilm in de droge proefopzet bedraagt minimum  $8,3 \text{ MN/m}^2$ .

### Sapelli

In natte omstandigheden gaan zuivere acrylaten loskomen van sapelli bij  $F_n \approx 6 \text{ MN/m}^2$ . De droge adhesie wordt gekenmerkt door een  $F_d > 6 \text{ MN/m}^2$ . Het gespoten systeem 31 vertoont daarentegen slechts gedeeltelijke onthechting van het substraat bij een  $F_d \approx 12,7 \text{ MN/m}^2$ .

### Sipo

De zuivere acrylaten aangebracht op sipo vertonen enerzijds cohesieproblemen, vb. 34, en anderzijds adhesieproblemen, vb. 35. De adhesiekrachten bij dit laatste systeem schommelen tussen 4 en  $5 \text{ MN/m}^2$ .

### Moabi

De zuivere acrylaatlazuren op moabi hechten met een kracht  $F_{d,n} \geq 7 \text{ MN/m}^2$ . De zuiver acrylaatverven hechten sterk met een kracht  $F_{d,n} \geq 11 \text{ MN/m}^2$ . De opake verven met een alkydemulsie als basis hebben in de natte toestand een sterkere hechting dan in de droge toestand, vergelijkbaar met deze van de zuivere acrylaten. Een hoge lijmbreuk in de droge proefopzet en dus een onduidelijke meting kan hiervoor een mogelijke verklaring geven.

### Movingui

Movingui is een relatief stabiel substraat voor de meeste systemen die erop aangebracht werden. Hoge adhesiekrachten in zowel de natte als droge adhesieproef zijn waar te nemen zonder dat de verffilm het substraat loslaat. Zuivere acrylaten kunnen aan adhesiekracht inboeten bij bevochtiging, vb. 46.

De systemen in klasse 4 zijn 52 en 53 die onderling enkel verschillen door hun pigmentatie. Vooral het systeem 52 met lichtere pigmenten heeft een slechte hechting met een  $F_{d,n}$  schommelend rond  $5 \text{ MN/m}^2$ . Oppervlaktebehandeling 53 hecht minstens met een kracht van  $8,4 \text{ MN/m}^2$  op droog movingui. De hechting op een natte ondergrond vermindert met een vierde.

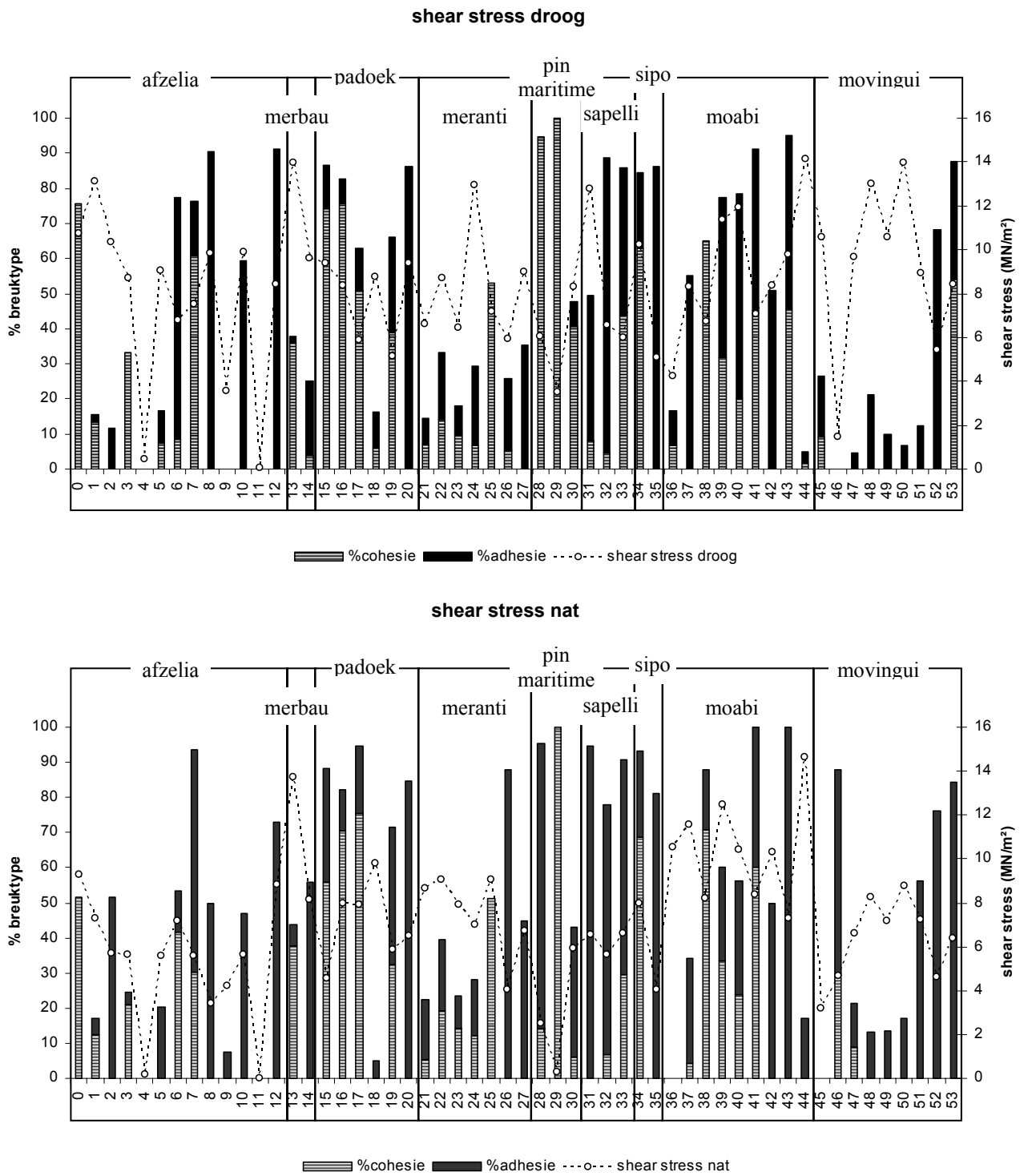
Zuiver solventgedragen systemen, 5, 45 en 51, hechten met een  $F_d \geq 9 \text{ MN/m}^2$  goed op hun substraat. Nat verzwakt de adhesiebinding met bijna de helft voor 20% breuk. Een shear stress van  $7 \text{ MN/m}^2$  kan reeds 50% van de adhesiebreuk verantwoorden.

### *Invloed van water*

Bij de droge adhesieproef zijn transparante systemen gevoeliger voor adhesiebreuk, opake systemen zijn gevoeliger voor cohesiebreuk.

In natte toestand stijgt het breukpercentage voor cohesie en adhesie waarbij vooral het aandeel in adhesiebreuk groter wordt (Figuur 32). Hierbij geldt dat door bevochtiging van het substraat de minimale shear stress zal afnemen t.o.v. de minimale shear stress bij de droge proefopzet.

Water maakt afwerkingssystemen dus gevoeliger voor het loskomen van de verffilm van het substraat.



Figuur 32: Aandeel van het breuktype in relatie tot de minimale adhesiesterkte (shear stress)

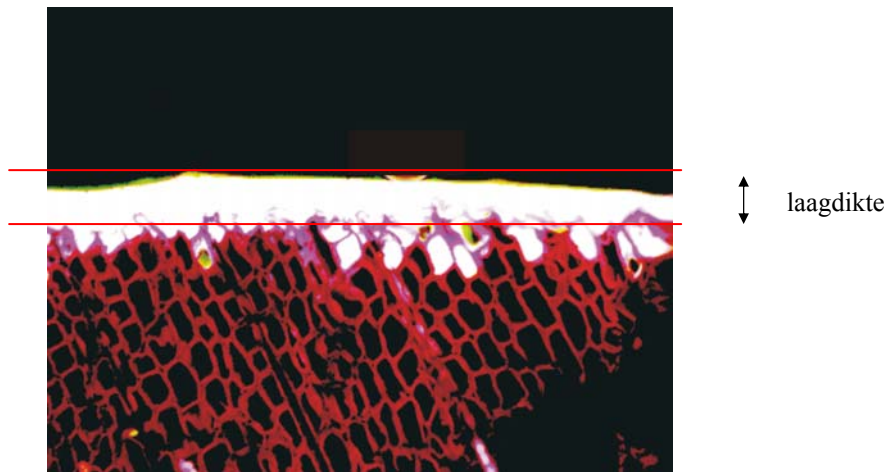
## 7 Laagdikte

### 7.1 Materiaal and methoden

Van elk origineel afwerkingssysteem en van elk systeem na 16 weken kunstmatige bewedering in UVCON en WOM (zie paragraaf 3.1.1.1 en 3.1.1.2) wordt één representatief proefstaal met een dimensie van 10x10x10mm<sup>3</sup> genomen waarbij één zijde de coating draagt. De overige zijden blijven onbehandeld. De systemen bestaande uit een lazuur worden geïmpregneerd met safranine om de beeldcaptatie te bevorderen.

Hiertoe worden de blokjes gedurende 20 minuten vacuüm gezogen in een gesloten dessicator. Na 20 minuten wordt de pomp stilgelegd, de safranine-oplossing aan de blokjes toegevoegd en de dessicator terug op atmosferische druk gebracht. Door het drukverschil wordt de safranine in de staaltjes gezogen. Na 1 uur imbedden in de kleurstof worden de blokjes afgedept en aan de lucht gedroogd. 24 uren later wordt de hele procedure herhaald met water als impregnatievloeistof om de overtollige kleurstof uit te spoelen.

Bij alle blokjes wordt het transversale (kopse) vlak glad gesneden met behulp van een sledemicrotoom. (Van den Bulcke et al., 2003; Ryckaert et al., 2001)



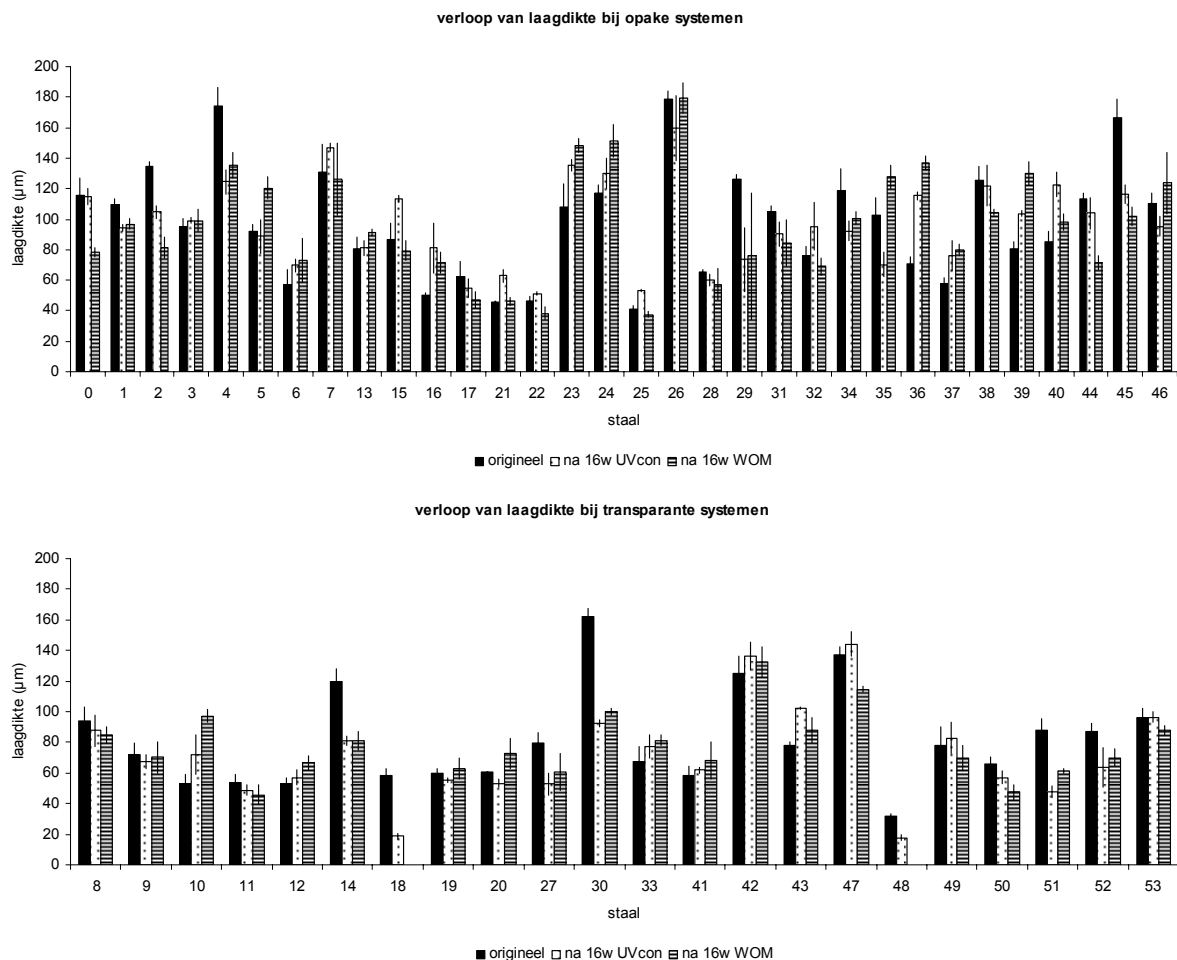
*Figuur 33: Transversaal beeld van een afwerkingssysteem genomen met een CSLM met aanduiding van laagdikte en verfindringing*

Beeldcaptatie komt tot stand met een confocale scanning laser microscoop (CSLM). Van de gecapteerde beelden is de vergroting gekend en dus ook de grootte van elke pixel. De verwerking van de beelden gebeurt met een beeldverwerkingsprogramma en maakt de laagdiktemeting mogelijk (Figuur 33). Per verfsysteem werden vijf beelden gemaakt waarvan telkens de gemiddelde laagdikte werd berekend.

### 7.2 Resultaten

Bij opake systemen ligt de gemiddelde laagdikte hoger dan bij lazuren respectievelijk 100µm en 80µm. Na 16 weken kunstmatige bewedering in UVCON of WOM treedt een lichte afname in laagdikte op. Deze is iets meer uitgesproken bij bewedering op basis van Xenonlicht.

De analogie tussen de laagdiktes van onbewederde en bewederde stalen wijst op de betrouwbaarheid van de laagdiktemeting.



**Figuur 34: De laagdikte van de systemen vóór en na 16 weken kunstmatige bewedering**

### *Invloed van het type afwerkingssysteem*

In de groep van transparante systemen lijken systeem 18 en 48 een drastisch verlies aan laagdikte te ondergaan (Figuur 34). Na 16 weken WOM is voor beide systemen de verffilm niet meer meetbaar. Deze systemen bestaan uit een twee lagen watergedragen alkydemulsie-acrylaatdispersie. Systemen 14 en 30 verliezen onder invloed van bewedering een derde van hun laagdikte. Beide systemen dragen een watergedragen alkydemulsie als basis en een watergedragen acrylaatdispersie als toplaag. Voor lazuren lijkt de combinatie van een alkydemulsie met een acrylaatdispersie gevoeliger aan degradatie van de verffilm.

De opake afwerkingssystemen volgen deze hypothese niet (Figuur 34). De grootste verliezen in laagdikte, 25%-35%, worden waargenomen bij systemen 04, 29 en 45. De eerste twee zijn zuivere acrylaatsystemen, het laatste een solventgedragen alkydsysteem. Opvallend hierbij is de grote laagdikte,  $\pm 170\mu\text{m}$ , bij systemen 04 en 45. Systeem 26, een zuiver acrylaatsysteem met ca. dezelfde laagdikte, ondervindt hier echter geen hinder van. Men zou hieruit kunnen besluiten dat de ideale laagdikte van opake systemen afhankelijk is van het substraat. Deze theorie volgend zou de laagdikte van systeem 29 te groot zijn.

Verschillen naargelang de applicatiemethode zijn zowel voor opake als voor transparante afwerkingssystemen niet waarneembaar.

Er kan eveneens geen onderscheid gemaakt worden tussen systemen waarbij de gewenste laagdikte wordt bekomen door het aanbrengen van slechts een laag of door meerdere lagen.



### *Invloed van het substraat*

Maritime pine en movingui zijn gevoeliger voor degradatie van de verffilm. Zoals hierboven al vermeld is deze gevoeligheid waarschijnlijk te wijten aan een onaangepaste laagdikte. Bij sapelli lijkt een laagdikte van 70µm te volstaan vb. systemen 33 en 32. Een extra laag bevordert de afbraak vb. systeem 31. Deze hypothese veronderstelt een analoge samenstelling van de verflaag zoals bij transparante systemen werd aangehaald.

## 8 Biologische aspecten

### 8.1 Blauwschimmel

#### 8.1.1 Blauwschimmelproef naar de EN152

De EN152 blauwschimmeltest evalueert de biocidewerking van een afwerkingssysteem tegen blauwschimmel.

Uit elk raamkozijn werd een staal van 320mm lengte, 40mm breedte en 10mm dikte genomen. Eén van de vlakken draagt hierbij de industrieel aangebrachte coating. De andere zijden blijven onbehandeld. De proefstalen worden gedurende 4 weken bewederd in de UVCON zoals beschreven staat in paragraaf 3.1.1.1.

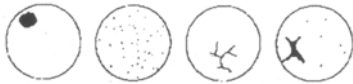

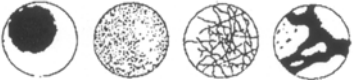
Na de kunstmatige bewedering worden de stalen ingekort tot 50mm lengte. Ter controle worden een aantal stalen grenspint met dezelfde dimensies in de test opgenomen. De proefstalen en de controles worden gesteriliseerd a.h.v.  $\gamma$ -straling.


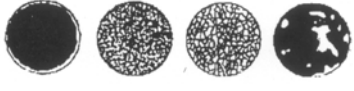
Vervolgens worden de stalen 1 à 2 sec in een sporensuspensie van *Aureobasidium pullulans* en *Sydowia polyspora* gedompeld. De geïnoculeerde stalen worden in een bokaal gelegd met de coating parallel met een laag vochtige vermiculiet. Daarna worden de stalen nog eens overgoten met 15ml sporensuspensie. De geïnoculeerde cultuurflessen worden vervolgens in een donkere incubatiekamer geplaatst gedurende 6 weken.

Op het einde van de incubatieperiode worden de stalen uit de bokalen genomen en van overtollige fungale groei ontdaan. Bij de evaluatie van de proefstalen worden zowel het oppervlak als de blauwvrije zone op doorsnede beoordeeld (Tabel 9).

Voor de evaluatie van de doorsnede wordt het proefstaal gehalveerd en op 10mm van de randen doorgezaagd in transversale richting.

Tabel 9: beoordelingscriteria bij de schimmelproef

Het oppervlak			De doorsnede	
score	bedekking	kenmerken	score	kenmerken
			0	geen blauwschimmel
1	0-10%		1	enkele blauwschimmelvekken
2	11-30%		2	kleine verblauwde oppervlakken
3	31-50%		3	het staal is deels verblauwd maar er zijn nog blauwvrije zones onder de coating aanwezig

4	51-75%		4	het overgrote deel van het sustraat is verblauwd
5	76-100%		5	volledige verblauwing

### 8.1.2 Blauwschimmelproef volgens de EN152 reverse method

De 'reverse method' test de capaciteit van de blauwschimmel om de coatingfilm te penetreren. De proef verloopt analoog aan de hierboven beschreven blauwschimmelproef. Het dat verschil bestaat erin dat de onbehandelde zijden van de proefstalen afgedicht worden met een fungicidebevattende sealant (Sigmatur DB, een twee-componenten vernis op basis van polyesterisocyanaat waaraan 2% dichlofluanide werd toegevoegd) en de geïnoculeerde stalen met de coating naar vermiculiet de gericht liggen. (Van Acker et al.,1998)

#### Aanmaak van sporensuspensie

*Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud en *Sydowia polyspora* (Bref &Travel) E.Müller worden in cultuur gebracht op 3% malt extract agar. Incubatie vindt plaats bij 22°C gedurende 14-28 dagen. De vitale culturen worden elk afzonderlijk overgeënt op een vloeibaar medium van malt extract, gedestilleerd water, zuren en basen. Incubatie gebeurt bij 22°C gedurende 3-5 dagen. Na de incubatieperiode worden de culturen gemixt en gezeefd.

## 8.2 Oppervlakteschimmel

### 8.2.1 Oppervlakteschimmelproef naar de BSI3900-G6

Uit de stijlen van de industrieel behandelde raamkozijnen wordt per afwerkingssysteem één staal genomen van 75mm lengte, 70mm breedte en 10mm dikte. Op 9±1mm van de bovenzijde en 37,5mm van de opstaande zijden wordt een gaatje van 2-3mm diameter geboord voor een vlotte ophanging van de stalen. Alle onbehandelde oppervlakken worden afgedicht met twee lagen Sigmatur<sup>®</sup> HB Finish (twee-componenten polyurethaan).

Vervolgens worden de stalen 2 weken bewederd in de weatherometer (WOM) volgens de cyclus beschreven in paragraaf 3.1.1.2.

Ter controle wordt per 10 proefstalen één onbehandeld en onbewederd referentiestaal grenspint in de test opgenomen. Indien deze controlestalen onaangetast blijven of slechts een beperkte aantasting vertonen, blijkt de test onvoldoende.

De proef- en referentiestalen worden gesteriliseerd a.h.v.  $\gamma$ -straling. Inoculatie gebeurt met een sporensuspensie samengesteld uit:

Soort	Stamnummer
<i>Aspergillus versicolor</i>	IMI 45554
<i>Aureobasidium pullulans</i>	IMI 45533
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	IMI 178517
<i>Penicillium purpurogenum</i>	IMI 178519
<i>Phoma violacea</i>	IMI 499488ii
<i>Rhodotorula rubra</i>	NCYC 1659
	NCYC 1660
<i>Sporobolomyces roseus</i>	NCYC 717
<i>Stachybotrys chartarum</i>	IMI 82021
<i>Ulocladium atrum</i>	IMI 79906

De fungi worden in cultuur gebracht op 3% malt extract agar. Incubatie vindt plaats bij 22°C gedurende 14-28 dagen. De vitale culturen worden in oplossing gebracht door het toevoegen van steriel gedestilleerd water waaraan 0,01% v/v wetting agent wordt toegevoegd. De sporensuspensie wordt gezeefd. Gelijke delen van de filtraten worden onderling gemengd.

De afwerkingssystemen worden 1-2 seconden in het sporenmengsel gedoopt waarna 1ml artificieel voedingsmedium (zie paragraaf 8.1.2) op de stalen wordt aangebracht m.b.v. een Drigalskispattel. Na een droogtijd van 3±1u worden de stalen in een testkamer opgehangen op minstens 25mm afstand van elkaar. De geïnoculeerde oppervlakken mogen niet tegenover elkaar hangen. De incubatietank wordt gevuld met 50mm gedestilleerd water dat op een temperatuur van 27±3°C (4±1°C graden hoger dan de omgevingstemperatuur 23±2°C) wordt gebracht. De omstandigheden moeten zó zijn dat er condens ontstaat op de geverfde oppervlakken. De inoculatieperiode duurt 14 weken.

Bij de evaluatie van de proefstalen wordt een raster van 9 vakjes die elk 1cm<sup>2</sup> afbakenen op het staal gelegd. Elk vakje krijgt een oppervlaktebeoordeling waarbij de beoordelingschaal van Dahl (1981) wordt gehanteerd (Tabel 9).

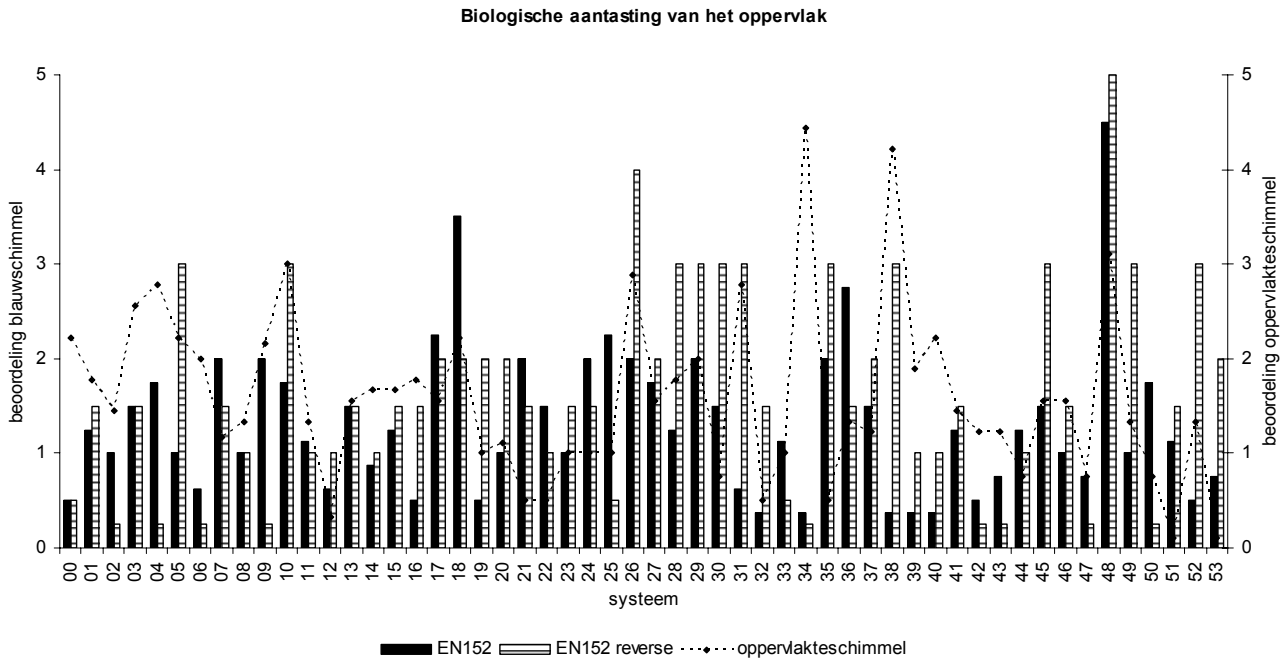
## Resultaten

Bij de verblauwingsproeven werd noch blauwschimmel tussen hout en verf, noch verblauwing van het houtsubstraat waargenomen.

Door de uitstekende weerstand van de verfsystemen en de houtsubstraten tegen penetratie van blauwschimmel wordt bijgevolg enkel de oppervlaktebeoordeling van de proefopzetten toegelicht.

Solventgedragen systemen (5, 45 en 51) of systemen met een solventgedragen toplaag (12) zijn opvallend gevoeliger voor aantasting door blauwschimmel dan voor aantasting door oppervlakteschimmel (Figuur 35).

De systemen aangebracht op afzelia en merbau en de opake verven aangebracht op padoek worden sneller aangetast door oppervlakteschimmels. Hierbij wordt opgemerkt dat de een opvallend verschil in aantastingsgraad wordt waargenomen bij systemen 00 en 06 bestaande uit een solventgedragen grondlaag en een watergedragen toplaag.



**Figuur 35: Beoordeling van het oppervlak bij aantasting door blauw- en oppervlakteschimmel.**

De grote meerderheid van de systemen is voor maximaal 30% bedekt met blauwschimmel.

Opvallende aantastingen worden waargenomen bij de hybridesystemen 18 en 48. Bij verwerking, wat de testopzet voorafgaat, gaat de verffilm sterk eroderen. De hoge aantastingsgraad is hier dus in grote mate afhankelijk van de laagdikte. Afwerkingssystemen met maritime pine als substraat zijn eveneens gevoelig aan blauwschimmel. De opake systemen (28, 29) gaan bovendien sneller aangetast worden door oppervlakteschimmels dan het transparante systeem (30). Deze systemen worden gekenmerkt door een grote vochtdynamiek en lage adhesiesterkte in vochtige omstandigheden.

## 9 Kritische parameters

### 9.1 Bepaling van de kritische grenswaarden

Op basis van een totaalbeoordeling van de raamkozijnen behaald na 1,5 jaar buitenexpositie op de verschillende proefterreinen wordt een onderscheid gemaakt tussen de "goede en minder goede" ramen. De parameters van de ramen met de betere beoordeling worden verder geanalyseerd a.h.v. beschrijvende statistieken. Zodoende worden enkele hypothetische grenswaarden voor de verschillende kritische parameters bepaald waaraan buitenschrijnwerk moet voldoen om als goed te worden beoordeeld. De bekomen waarden zullen later voorgelegd worden aan de verfindustrie om sluitende grenswaarden vast te leggen.

Een goed systeem kan beschreven worden als een afwerking die na anderhalf jaar buitenexpositie een maximale visuele verweringscore van 4 behaalt. M.a.w. 18 maanden buitenbewedering veroorzaakt ongeacht de dekking (transparant of opaak) in het meest extreme geval een lichte verwerking gekenmerkt door fijne lijnvormige erosie in de vaatlijnen. Eventueel is schimmel aanwezig op minder dan 10% van het oppervlak. Ook de erosiegevoelige delen van de raamkozijnen gaan slechts in lichte mate verwerken (max. score 1,5).

Voor zo'n verweringscore geldt dat een middelmatig afwerkingssysteem maximaal 3% vocht mag opnemen in 72 uren en daarvan minimaal 20% weer moet afgeven in de daaropvolgende 72 uren. Bovendien moet de adhesiekracht in droge toestand minimaal  $6,5^{\text{MN}}/\text{m}^2$  bedragen voor een dekkend systeem en  $5^{\text{MN}}/\text{m}^2$  voor een (semi-)transparant systeem. De kracht waarmee de verf op het substraat hecht vermindert in natte omstandigheden, maar zou minimaal  $6^{\text{MN}}/\text{m}^2$  en  $4^{\text{MN}}/\text{m}^2$  moeten zijn voor resp. dekkende verf en lazuren. Een laagdikte tussen  $60\mu\text{m}$  en  $120\mu\text{m}$  volstaat.

Op esthetisch vlak worden twee criteria onderscheiden. Enerzijds is er de gevoeligheid voor een schimmelaantasting waarbij een bedekkingsgraad kleiner dan 30% van het totale oppervlak wordt getolereerd. Anderzijds zullen kleur- en glansverschillen zich moeten beperken tot resp.  $\Delta E^*_{ab}$  3 en 65% bij opake systemen na 16 weken kunstmatige bewedering en tot resp.  $\Delta E^*_{ab}$  11 en 10% bij transparante systemen na 10 weken kunstmatige bewedering. Kleur en glans zijn echter randparameters en bijgevolg niet doorslaggevend in de algemene evaluatie van een afwerkingssysteem (Tabel 10).

**Tabel 10: Grenzen voor de onderzochte parameters gekoppeld aan verweringscore van maximaal 4 na een buitenbewerding van 18 maanden**

dekkende verven (d)			parameter	transparante lazuren (t)		
eerste kwartiel	gemiddelde	derde kwartiel		eerste kwartiel	gemiddelde	derde kwartiel
1,8	2,5	2,9	waterdoorlaatbaarheid vochtgehalte (%) na 72u absorptie	2,5	3,0	3,1
68,8	75,3	79,9	waterdampdoorlaatbaarheid residueel vochtgehalte (%) na 72u desorptie	66,3	72,6	74,4
6,8	8,7	10,7	droge adhesie ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	5,1	7,0	9,4
6,3	7,5	8,8	natte adhesie ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	4,2	6,0	7,2
59,9	96,9	117,9	laagdikte ( $\mu\text{m}$ )	59,7	75,2	87,9
0,6	1,3	1,9	score voor verblauwing	0,6	1,0	1,1
1,0	1,8	2,1	score voor oppervlakteschimmels	1,0	1,1	1,3
0,9	1,6	2,2	kleurverschil na 10w (t)/ 16w (d) UVCON	3,1	6,8	10,8
50,2	54,5	65,0	glansverlies (%) na 10w (t)/ 16w (d) UVCON	4,8	5,3	9,5

Binnen de systemen die hoger en bijgevolg minder goed scoren wordt een onderscheid gemaakt naargelang het type schade: 1) blazen, barsten en afbladderen; 2) waterinsijpeling; 3) sterke verwerking en 4) biologische aantasting.

#### 1) Blazen, barsten<sup>b</sup> en afbladderen<sup>a</sup>

Blazen en barsten vinden vnl. hun oorzaak in de vochtdynamiek van het systeem. Enerzijds is een waterdoorlaatbaarheid groter dan 3,5% bepalend. Anderzijds kent ook een geringe waterdampdoorlaatbaarheid, nl. <25% afgifte van het opgenomen vocht, een negatief effect. Systemen die afbladderen schuiven de adhesiesterkte in natte omstandigheden als doorslaggevende factor naar voor.  $5,7 \text{ MN}/\text{m}^2$  is een minimumvereiste bij dekkende systemen. Ook de laagdikte brengt belangrijke informatie aan. Een te hoge laagdikte geeft problemen die gerelateerd zijn aan de rheologie van de coating.

Enkele voorbeelden:

#### hoge laagdiktes

opaak- n°02<sup>a</sup>: laagdikte  $134 \mu\text{m}$ ; ssw:  $5,7 \text{ MN}/\text{m}^2$

opaak- n°26<sup>b</sup>: laagdikte  $179 \mu\text{m}$ ; ssw:  $4,1 \text{ MN}/\text{m}^2$

shear stress in natte omstandigheden ligt onder beschreven minimum, wanneer naar grenswaarde neigend vaak **hoge waterdoorlaatbaarheid (\*)**

opaak-n°28<sup>a</sup>: ssw:  $2,5 \text{ MN}/\text{m}^2$

opaak-n°29<sup>b</sup>: ssw:  $0,3 \text{ MN}/\text{m}^2$  → 3,8% opname\*

opaak-n°31<sup>b</sup>: ssw:  $6,6 \text{ MN}/\text{m}^2$  → 3,8% opname\*

opaak-n°32<sup>b</sup>: ssw:  $5,6 \text{ MN}/\text{m}^2$  → 4,2% opname\*

opaak-n°35<sup>a</sup>: ssw:  $4,1 \text{ MN}/\text{m}^2$

opaak-n°40<sup>b</sup>: ssw:  $10,4 \text{ MN}/\text{m}^2$  → 4,6% opname\*

opaak-n°46<sup>a</sup>: ssw:  $4,7 \text{ MN}/\text{m}^2$

#### geringe waterdampdoorlaatbaarheid

opaak-n°37<sup>b</sup>: ssw:  $11,6 \text{ MN}/\text{m}^2$  → 2,8% opname maar <25% afgifte

### 2) Waterinsijpeling

Een eenduidige oorzaak voor waterinsijpeling (water onder de verf in het hout, vooral nabij kopse vlakken) is moeilijk te achterhalen. De **waterdoorlaatbaarheid** lijkt een bruikbare parameter om extremen op te sporen maar laat geen verfijning toe.

Enkele voorbeelden:

transparant-n°27: 5,6% opname  
transparant-n°41: 3,7% opname  
transparant-n°43: 3,3% opname

Een aantal systemen zijn onderhevig aan verkleuring door waterinfiltratie maar vertonen een goede vochtdynamiek. Niet de coating maar de constructie of de houtsoort kunnen als verklaring aangewend worden.

Opvallend is dat de niet-dekkende systemen vooral onderhevig zijn aan waterinsijpeling terwijl dekkende systemen vnl. gaan blazen en bladderen.

### 3) Sterke verwerking

Het snel optreden van erosieverschijnselen vindt zijn oorzaak in de **laagdikte**.

Enkele voorbeelden:

transparant-n°18: laagdikte: 58,2  
transparant-n°48: laagdikte: 32,0

Beide systemen zijn hybridesystemen aangebracht in een geringe laagdikte. 60µm is de minimum vereiste laagdikte voor transparante systemen. De verffilm erodeert snel, na 16 weken WOM-behandeling is geen verffilm meer waarneembaar. Kunstmatige bewedering is een aangewezen methode om snelle erosie te achterhalen.

### 4) Biologische aantasting

Er bestaat geen eenduidige verklaring voor de gevoeligheid voor een biologische aantasting.

Enkele voorbeelden:

opaak-n°03: mould: 2,6 / EN152: 1,5/ EN152rev:1,5  
opaak-n°26: mould: 2,9 / EN152: 2,0/ EN152rev: 4,0  
opaak-n°34: mould: 4,4 / EN152: 0,4/ EN152rev: 0,3  
opaak-n°38: mould: 4,2 / EN152: 0,4/ EN152rev: 3,0

Uit de verschillende proefopzetten maakt de oppervlakteschimmeltest de meest verfijnde evaluatie mogelijk. Deze test laat enkel toe de vatbaarheid voor een schimmelaantasting van een afwerkingssysteem na te gaan maar geeft onvoldoende informatie over de duurzaamheid van de coating. Bij slecht scorende systemen voor oppervlakteschimmels vult de 'reverse method' het duurzaamheidshiaat aan.

Op basis van bovenstaande criteria worden de systemen ingedeeld in vier groepen. Naarmate de eisen volledig, voldoende, onvoldoende en niet vervuld worden kan een systeem als resp. goed, net goed, net niet goed en niet goed beschouwd worden.

De systemen en hun globale beoordeling zijn weergegeven in Tabel 11.



Tabel 11: Globale beoordeling van de systemen op basis van de in 9.1 vastgestelde criteria

nr.	beoordeling	reden
00	goed	
01	goed	
02	niet goed	adhesiekracht ligt laag in natte omstandigheden met snel afbladderen tot gevolg
03	net goed	
04	net goed	
05	net goed	
06	goed	
07	goed	
08	net goed	
09	goed	
10	net niet goed	te vroeg onderhoud vereist
11	net niet goed	te vroeg onderhoud vereist wegens te lage laagdikte
12	net niet goed	te vroeg onderhoud vereist wegens te lage laagdikte
13	net niet goed	gevoelig aan vochtige omstandigheden cfr. Bertrix
14	net goed	
15	net niet goed	erosiegevoelig
16	net niet goed	erosiegevoelig
17	goed	
18	niet goed	te vroeg onderhoud vereist wegens te lage laagdikte
19	net goed	
20	net goed	
21	net niet goed	lage laagdikte maakt het systeem erosiegevoelig
22	goed	
23	goed	
24	net goed	
25	net goed	
26	net niet goed	adhesiekracht ligt laag in natte omstandigheden en veroorzaakt blazen en barsten
27	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft waterinsijpeling met verkleuring
28	net niet goed	adhesiekracht ligt laag in natte omstandigheden; grote gevoeligheid voor verblauwing
29	niet goed	hechting tussen de lagen onderling is zwak
30	net goed	
31	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen
32	niet goed	vochtdynamiek niet in balans en lage adhesiekracht geeft blazen
33	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft waterinsijpeling met verkleuring
34	net niet goed	gevoelig aan bewedering en aan aantasting door oppervlakteschimmels
35	niet goed	adhesiekracht ligt laag met snel afbladderen tot gevolg
36	niet goed	buitenexpositie geeft slechte resultaten; wijze van applicatie aan de basis?
37	niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen en barsten; wijze van applicatie aan de basis?
38	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen
39	net goed	
40	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen
41	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft waterinsijpeling met verkleuring
42	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen
43	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft blazen vnl. t.h.v. naden
44	net goed	
45	goed	
46	niet goed	adhesiekracht ligt laag met snel afbladderen tot gevolg
47	net niet goed	vochtdynamiek niet in balans geeft waterinsijpeling met verkleuring
48	niet goed	te vroeg onderhoud vereist wegens te lage laagdikte
49	net niet goed	te vroeg onderhoud vereist
50	net goed	
51	net niet goed	te vroeg onderhoud vereist wegens te lage laagdikte
52	goed	
53	goed	

## **9.2 Kritische proefopzet**

Aanpassingen aan de bestaande Europese normeringen werden gemaakt om bovengenoemde kritische grenswaarden te bekomen.

Een eerste evaluatie kan gemaakt worden op basis van versnelde kunstmatige bewedering. Kunstmatige bewedering richt zich echter voornamelijk op het achterhalen van erosieverschijnselen. Door de geringe afmeting van de proefstalen in deze testopzet worden sommige praktijkgebonden fenomenen over het hoofd gezien.

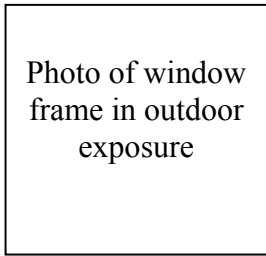
De artificiële bewedering is dus niet volledig representatief voor de natuurlijke bewedering. Afbladderen, blazen en biologische aantasting komen niet aan bod. In dit opzicht zijn additionele testen voor waterbalans, adhesie en oppervlakte- en blauwschimmels aangewezen om een totaalbeeld van het systeem te krijgen.

Evaluatie van een afwerkingssysteem kan gebeuren aan de hand van onderstaand formulier.

**Wood coating system n°...**

description	substrate	type	application top layer
resin + carrier	wood species	paint	brush
...primer		stain	spray
...middle layer			others
...top layer			

**Evaluation after 1,5 year outdoor exposure and after 16 weeks artificial weathering**

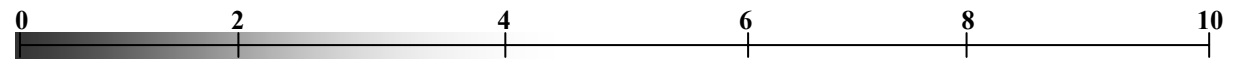


*Short description of the erosion phenomena*  
 - after one and a half year natural weathering  
 - after 10 (stains) or 16 (paints) weeks artificial weathering

**Weathering related criteria**

*Visual assessment*

Outdoor exposure (global evaluation after 18 months)



Artificial weathering (10 (stains) or 16 (paints) weeks)



**Layer thickness**

original (µm)	after 16 weeks UVCON (µm)	after 16 weeks WOM (µm)
60-120	60-120	60-120

**Moisture related criteria**

*Visual assessment*

Outdoor exposure (erosion sensitive parts e.g. sharp edges, joints, etc. after 18 months)



**Moisture characteristics**

moisture content after 72h absorption (%)	residual moisture content after 72h desorption (%)
≤ 2,5%	-
2,5% < mc < 3,5%	≤ 75% (≥ 25% moisture evaporated)
≥ 3,5%	≤ 70% (≥ 30% moisture evaporated)

**Adhesion**

	score (cross cut test)	fracture class	'dry' shear stress (MN/m <sup>2</sup> )	'wet' shear stress (MN/m <sup>2</sup> )
paint	2	3-4	6,5	6
stain	2	3-4	5	4

**Susceptibility to moulds and blue stain**

score EN152	score EN152 reversed	score mould
2	2	2

## **10 Voorstel tot technische specificatie voor afwerkingssystemen van buitenschrijnwerk**

Aanzet tot het onderzoekproject was het ontbreken van een evaluatiemethodologie voor afwerkingssysteem. De "STS 52 – HOUTEN BUITENSCHRIJNWERK 04.8-BESCHERMING EN AFWERKING - Deel III – UITVOERING" werd in 1998 herschreven en tot op heden bewaard als werkdocument omdat de geëigende testmethoden en evaluatiecriteria ontbraken.

Er zijn verplichte eisen waaraan een afwerkingssysteem absoluut moet voldoen. Daarnaast dient in een systeemfiche bijkomende informatie gegeven te worden over minder kritische eigenschappen.

De evaluatie van een afwerkingssysteem wordt ingedeeld in vijf componenten.

De eerste component betreft de weerstand van een houtafwerkingssysteem (hout + coating) tegen de verwerking en dit op een vlak element. Vergelijkbaar met de Europese normen kan hiervoor zowel natuurlijke als kunstmatige bewedering worden gebruikt.

Als tweede component worden verweringsgevoelige delen zoals scherpere randen, hoekverbindingen en afwateringskanalen gerelateerd aan een set parameters voor de vochtbalans, adhesie en minimumwaarden voor verweringsweerstand.

Het derde onderdeel is een meer uitgebreid informatieve dataset voor elk systeem hout – afwerking m.b.t. laagdikte, glans- en kleurbehoud.

Een vierde deel beproeft de gevoeligheid van het afwerkingssysteem voor biologische degradatie.

Tenslotte voorziet een vijfde component in een herbehandelbaarheid van de toplaag.

Het is het globale pakket binnen een component dat beoordeeld wordt. Zo kan de gemiddelde waarde voor een bepaalde parameter de kritische waarde overschrijden afhankelijk van de spreiding op de individuele waarden.

In Tabel 12 wordt een overzicht gegeven van verplichte en informatieve eisen.

### **10.1. Component 1**

#### **Weerstand bij bewedering van vlakke elementen**

##### **Referentiehoutsoort**

Als houtsoorten kan gekozen worden voor een opdeling in twee groepen volgens hun oppervlakte eigenschappen:

- (1) houtsoorten uit de groep 1: afzelia, merbau, padoek of analoog
- (2) houtsoorten uit de groepen 2 en 3: bij deze kan de inschatting voor geschiktheid voor de houtsoorten uit groep 1 niet worden gegarandeerd

##### **Referentiestaal**

Een houten raamprofiel van 1 x 1 m zonder beglazing en met waterafvoerkanaaltjes dient als referentiestaal. Deze raamprofielen worden professioneel afgewerkt en dienen in voldoende herhaling te worden voorzien voor natuurlijke bewedering (geheel) of kunstmatige bewedering in aanvullende proeven (uitgezaagde componenten).

##### **Referentiekleur**

Wit wordt als referentiekleur gehanteerd voor een dekkende afwerking.

Licht eiken is het referentiekleur voor een transparant systeem.  
Andere kleuren kunnen gelijktijdig beproefd worden.

### **10.1.1 Weerstand bij natuurlijke bewedering naar analogie met EN927-3**

#### **Ligging proefterrein**

De ligging van het proefterrein moet representatief zijn voor het Belgisch gematigd zeeklimaat. De huidige proefterreinen respectievelijk in Ieper, Gent en Bertrix komen hiervoor in aanmerking als representatief voor:  
stadsklimaat, polderklimaat, Ardeense hoogvlakte

#### **Duurtijd**

Het buitenschrijnwerk wordt gedurende 5 jaar geëvalueerd. Het coatingsysteem ondergaat een eerste kritische beoordeling na anderhalf jaar. Hierbij moet deze periode van 18 maanden buitenexpositie minstens twee gehele of gedeeltelijke zomerperiodes omvatten.

#### **Observatie raam bij natuurlijke bewedering**

Bij de evaluatiecriteria wordt de tabel van de visuele verweringschaal bij natuurlijke bewedering gehanteerd met score van 0 tot 10.

Er wordt geobserveerd of volgende verschijnselen zich voordoen:

- verkleuring
- glansverlies
- lijnvormige erosie in de vaatlijnen
- verblauwing
- vlekvormige erosie
- blaasvorming
- afbladdering, afschilferen
- scheurvorming in afwerkingslaag
- scheurvorming in hout

De EN927-3 maakt eveneens melding van blaasvorming (blistering), barsten (cracking), afbladdering (flaking) en hechting (adhesion).

#### **Evaluatie raam**

#### **verplichte eis**

Na anderhalf jaar mag de score voor de coating de maximale toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 1,5 jaar maximaal 4

transparant systeem na 1,5 jaar maximaal 4

score 4: gemakkelijk te herbehandelen, lichte verwerking gekenmerkt door fijne lijnvormige erosie in de vaatlijnen en lichte verblauwing

### **10.1.2 Weerstand bij kunstmatige bewedering naar analogie met prEN927-6**

Bij de kunstmatige bewedering kan gekozen worden uit twee testmethoden: een ultraviolet bestraling en besproeiing met water (Atlas UVCON of analoog toestel QUV van Q-Panel) of een Xenon belichting en verneveling van water (Atlas WOM). De bewederingscyclus is analoog aan deze voorzien in prEN927-6 maar voorziet in twee lange drogere en nattere periodes (dosis 1 week). Het proefmateriaal bestaat uit plankjes gezaagd uit de verticale stijlen van een testraam.

### **Observatie plankjes bij kunstmatige bewedering**

De evaluatie van het afwerkingssysteem omvat een visuele en microscopische observatie van het behandelde oppervlak ter beoordeling van de erosieverschijnselen in de coatingfilm. Kleur- en glanswijziging worden bepaald om te evalueren in hoeverre een coatingfilm wijzigt o.i.v. verwerking. Kleurverandering en glansverlies kunnen gevolgen hebben op het niveau van bescherming en zodoende een indicatorfunctie vervullen bij degradatie van de coating.

Bij de evaluatiecriteria wordt de tabel van de visuele verwerkingsschaal bij kunstmatige bewedering gehanteerd met score van 0 tot 10.

Er wordt geobserveerd of volgende verschijnselen zich voordoen:

- verkleuring
- glansverlies
- erosie in de vaatlijnen
- vlekvormige erosie
- scheurvorming in afwerkingslaag
- scheurvorming in hout

### **Evaluatie plankjes**

### **verplichte eis**

Na X weken mag de score voor de coating de toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 16 weken score 4 of de kenmerken van de score 6 niet overschrijden

transparant systeem na 10 weken score 4 of de kenmerken van de score 6 niet overschrijden

score 4: lichte verwerking, gekenmerkt door erosie van de vaatlijnen over een beperkte lengte, beperkte barstvorming in de film buiten de vaatlijnen
score 6: middelmatige verwerking, erosie van +/- volledige lengte van de vaatlijnen, algemene barstvorming in de film buiten de vaatlijnen

## **10.2 Component 2**

### **Verweringsgevoelige delen**

#### **10.2.1 Observatie verweringsgevoelige delen bij natuurlijke bewedering**

Erosiegevoelige onderdelen zoals hoekverbindingen, randen, waterafvoerkanaltjes en kopshout worden apart geëvalueerd en ingedeeld in een specifieke visuele verwerkingsschaal met score van 0 tot 3.

Er wordt geobserveerd of volgende verschijnselen zich voordoen:

- lijnvormige erosie in de vaatlijnen
- open komen hoekverbindingen
- vlekvormige erosie
- waterinsijpeling
- blaasvorming
- afbladdering
- scheurvorming in afwerkingslaag
- scheurvorming in hout

### **Evaluatie verweringsgevoelige delen bij natuurlijke bewedering**

### **verplichte eis**

Na anderhalf jaar mag de score voor de coating de maximale toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 1,5 jaar maximale score 1,5; mag de kenmerken van de score 2 niet vertonen

transparant systeem na 1,5 jaar maximale score 1,5; mag de kenmerken van de score 2 niet vertonen

score 1: gemakkelijk te herbehandelen, lichte verwerking gekenmerkt door lijnvormige erosie en hoekverbindingen komen open  
score 2: middelmatige verwerking gekenmerkt door vlekvormige erosie, waterinsijpeling, ondiepe fijne scheurvorming in de film

### 10.2.2 Observatie hoekverbindingen met verhoogde vochtinwerking

De gevoeligheid van de hoekverbindingen wordt nagegaan door een proefopzet met verhoogde vochtinwerking. Het proefmateriaal is een hoekverbinding gezaagd uit een testraam en voorzien van een inerte invulplaat en een bevochtigd stuk rotswol in de hoek.

Observatie hoekverbinding met verhoogde vochtinwerking:

De hoekverbindingen worden geëvalueerd en ingedeeld in een specifieke visuele verwerkingsschaal met score van 0 tot 3.

Er wordt geobserveerd of volgende verschijnselen zich voordoen:

- wateropname in de verffilm
- fijne blaasvorming t.o.v. de kitvoeg
- blaasjes
- lijnvormige erosie in de vaatlijnen
- open komen hoekverbindingen
- vlekvormige erosie
- waterinsijpeling
- blaasvorming
- afbladdering
- scheurvorming in afwerkingslaag
- scheurvorming in hout

#### Evaluatie hoekverbindingen

#### verplichte eis

Na anderhalf jaar mag de score voor de coating de maximale toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 1,5 jaar maximale score 1,5; mag de kenmerken van de score 2 niet vertonen

transparant systeem na 1,5 jaar maximale score 1,5; mag de kenmerken van de score 2 niet vertonen

score 1: gemakkelijk te herbehandelen, lichte verwerking gekenmerkt door lijnvormige erosie en hoekverbindingen komen open  
score 2: middelmatige verwerking gekenmerkt door vlekvormige erosie, waterinsijpeling, ondiepe fijne scheurvorming in de film

### 10.2.3 Vochtdynamiek

De water- en waterdampdoorlaatbaarheid van houtafwerkingssystemen worden a.h.v. waterabsorptie en waterdampdesorptie van gecoate houtstalen bestudeerd. De proef wordt gebruikt voor de beoordeling van de beschermende eigenschappen van een houtbehandeling tegen vocht.

#### Evaluatie vochtdynamiek

#### verplichte eis

vochtgehalte systeem:

een afwerkingssysteem met waterabsorptie van minder dan 2,5% na 72 uur voldoet zonder bijkomende eisen naar vocht-desorptie

een afwerkingssysteem met vochtabsorptie van meer dan 2,5% en minder dan 3,5% na 72 uur voldoet indien de vocht-desorptie meer dan 25% bedraagt

een afwerkingssysteem met vochtabsorptie van meer dan 3,5% meer dan 30% bedraagt

absorptie: opname van vocht na absorptiefase van 72 uur  
desorptie: afgifte van vocht na desorptiefase van 72 uur

#### 10.2.4 Adhesie Torque-test

Een waarde voor de hechtsterkte van de coating op het substraat wordt bepaald met een torque toestel. De torque-test wordt uitgevoerd op de droge originele verffilm en op een verffilm waarbij het houtsubstraat onder de verflaag met water verzadigd wordt.

##### Evaluatie adhesie volgens torque-test

**verplichte eis**

adhesie op droge verffilm, minimale kracht droog:

dekkend systeem  $F_d > 6,5 \text{ MN/m}^2$

transparant systeem  $F_d > 5 \text{ MN/m}^2$

adhesie op natte verffilm, minimale kracht nat:

dekkend systeem  $F_d > 6 \text{ MN/m}^2$

transparant systeem  $F_n > 4 \text{ MN/m}^2$

hechtsterkte T: een metalen stud wordt van het oppervlak getrokken door het torque toestel, de hechtsterkte wordt uitgedrukt als de shear stress T (MN/m<sup>2</sup>)

### 10.3 Component 3

#### ***Bijkomende informatie over adhesie, laagdikte, kleur en glans***

##### 10.3.1 Ruitjestest

De adhesie wordt beoordeeld naar ISO2409 volgens de beoordelingsschaal voor de ruitjestest met scores van 1 tot 4.

##### Evaluatie adhesie volgens ISO2409:

**informatieve eis**

dekkend systeem maximale score 2

transparant systeem maximale score 2

score 2: de verffilm brokkelt af langsheen de sneden en/of ter hoogte van de kruisingen van de snede, het totale percentage van afgebrokkelde verffilm bedraagt maximaal 15%  
score 3: langsheen de sneden schilfert de verffilm in brede stroken af en/of volledige of gedeeltelijke vierkantjes worden losgerukt, het totale percentage van afgebrokkelde verffilm bedraagt maximaal 35%

##### 10.3.2 Laagdikte

De laagdikte wordt gemeten van het origineel systeem en na 16 weken voor een dekkend systeem of na 10 weken voor transparant systeem bij kunstmatige bewedering in UVCON of WOM.

##### Evaluatie laagdikte

**informatieve eis**

Originele laagdikte

dekkend en transparant systeem minimaal 60µm en maximaal 120µm



Laagdikte na 16 weken kunstmatige bewedering  
dekkend transparant systeem minimaal 60µm

laagdikte: gemiddelde van vijf laagdiktemetingen, gemeten met een confocale scanning laser microscoop

### 10.3.3 Kleurbehoud

#### 10.3.3.1 Kleurbehoud bij natuurlijke bewedering

De kleurverschillen worden gemeten volgens het CIE L\*a\*b\* kleurensysteem.

#### Evaluatie kleurverschil

**informatieve eis**

Na anderhalf jaar mag de score voor de coating de maximale toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem (wit) na 1,5 jaar maximaal

$$\Delta E^*_{ab} = 5$$

$$\Delta^*b = +2 \text{ /- } 2$$

$$\Delta^*a = +2 \text{ /- } 2$$

$$\Delta^*L = +0 \text{ /- } 10$$

transparant systeem (licht eiken) na 1,5 jaar maximaal

$$\Delta E^*_{ab} = 8$$

$$\Delta^*b = +3 \text{ /- } 8$$

$$\Delta^*a = +2 \text{ /- } 5$$

$$\Delta^*L = +10 \text{ /- } 10$$

$\Delta a$ : wijzigingen in de rood-groene component, gaande van -100 (groen) tot +100 (rood)  
 $\Delta b$ : wijzigingen in de blauw-gele component, gaande van -100 (blauw) tot +100 (geel)  
 $\Delta L$ : wijzigingen in grijswaarden, gaande van 0 (zwart) tot +100 (wit)

#### 10.3.3.2 Kleurbehoud bij kunstmatige bewedering

De kleurverschillen worden gemeten volgens het CIE L\*a\*b\* kleurensysteem.

#### Evaluatie kleurverschil

**informatieve eis**

Na X weken mag de score voor de coating de maximale toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 16 weken maximaal

$$\Delta E^*_{ab} = 3$$

$$\Delta^*b = +2 \text{ /- } 2$$

$$\Delta^*a = +1 \text{ /- } 1$$

$$\Delta^*L = +2 \text{ /- } 2$$

transparant systeem na 10 weken maximaal

$$\Delta E^*_{ab} = 8$$

$$\Delta^*b = +0 \text{ /- } 8$$

$$\Delta^*a = +1 \text{ /- } 3$$

$$\Delta^*L = +1 \text{ /- } 5$$

### 10.3.4 Glansbehoud

#### 10.3.4.1 Glansbehoud bij natuurlijke bewedering

Het glansverlies wordt uitgedrukt in percentage van de oorspronkelijke glans.

#### Evaluatie glansverschil

**informatieve eis**

Na anderhalf jaar mag het glansverschil niet groter zijn dan:

dekkend systeem na 1,5 jaar  $\Delta$ glans maximaal 25%.

transparant systeem na 1,5 jaar  $\Delta$ glans maximaal 25%.

Glans: de glanswaarden worden uitgedrukt in procent ten opzichte van de reflectiewaarde van gepolijst zwart spiegelglas, die overeenkomstig de normen wordt gelijkgesteld aan 100

$\Delta$ glans: glansverlies of glanstoeename uitgedrukt in percentage van de oorspronkelijke glans

#### **10.3.4.2 Glansbehoud bij kunstmatige bewedering**

Het glansverlies wordt uitgedrukt in percentage van de oorspronkelijke glans.

##### **Evaluatie glansverschil**

**informatieve eis**

dekkend systeem na 16 weken  $\Delta$ glans maximaal 70%.

transparant systeem na 10 weken  $\Delta$ glans maximaal 10%.

glans: de glanswaarden worden uitgedrukt in procent ten opzichte van de reflectiewaarde van gepolijst zwart spiegelglas, die overeenkomstig de normen wordt gelijkgesteld aan 100

$\Delta$ glans: glansverlies of glanstoeename uitgedrukt in percentage van de oorspronkelijke glans

### **10.4 Component 4**

#### **Biologische aspecten - Blauw- en oppervlakteschimmel**

De afwerkinglaag wordt beproefd volgens de blauwschimmelproef naar EN152, EN152 reverse method en volgens de oppervlakteschimmelproef naar BSI 3900G6.

##### **Observatie naar blauw- en oppervlakteschimmel**

De evaluatie naar blauwschimmel en oppervlakteschimmel wordt beoordeeld volgens de beoordelingsschaal van Dahl met scores van 1 tot 5.

##### **Evaluatie blauw- en oppervlakteschimmel**

**verplicht**

maximale score 2 voor twee van de drie testen

score 2: aan het oppervlak tot maximaal 30% bedekking met schimmel, op de doorsnede komen kleine verblauwde oppervlakken voor

score 3: het staal is deels verblauwd maar er zijn nog blauwvrije zones onder de coating aanwezig

### **10.5 Component 5**

#### **Herbehandelbaarheid**

Proefstalen na 10 weken of 16 weken kunstmatige bewedering voor respectievelijk transparante lazuren en dekkende verven worden herbehandeld met een nieuwe toplaag (borstelapplicatie). Deze proefstalen worden opnieuw onderworpen aan een kunstmatige bewedering.

##### **Evaluatie plankjes:**

**verplichte eis**

Na X weken mag de score voor de coating de toegelaten waarde niet overschrijden:

dekkend systeem na 16 weken score 4 of de kenmerken van de score 6 niet overschrijden  
transparant systeem na 10 weken score 4 of de kenmerken van de score 6 niet overschrijden

score 4: lichte verwerking, gekenmerkt door erosie van de vaatlijnen over een beperkte lengte, beperkte barstvorming in de film buiten de vaatlijnen
score 6: middelmatige verwerking, erosie van +/- volledige lengte van de vaatlijnen, algemene barstvorming in de film buiten de vaatlijnen

Tabel 12: Overzichtstabel met verplichte en informatieve eisen

	belangrijkheid		buitenexpositie	laboratoriumproeven
<b>10.1 component 1</b>  weerstand bij verwerking van vlakke elementen	verplicht		<b>natuurlijke bewedering (10.1.1)</b>	<b>kunstmatige bewedering UVCON of WOM (10.1.2)</b>
		observatie	18m – 36m – 60m	T 10w / D 16w
		eis	score ≤ 4 na 18m	score < 6
<b>10.2 component 2</b>  verweringsgevoelige delen  (hoekverbinding, scherpe randen, afwateringskanaal)	verplicht		<b>verweringsgevoelige delen (10.2.1)</b>	<b>vochtdynamiek (10.2.3)</b>
		observatie	18m	
		eis	score ≤ 1,5	absorptie ≤ 2,5% of 2,5% < absorptie < 3,5% én desorptie ≥ 25% of absorptie ≥ 3,5% én desorptie ≥ 30%
	verplicht		<b>hoekverbinding met verhoogde vochtinwerking (10.2.2)</b>	<b>adhesie torque-test (10.2.4)</b>
		observatie	18m	
		eis	score ≤ 1,5	$T F_d \text{ droog} > 5 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$ $D F_d \text{ droog} > 6,5 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$ $T F_n \text{ nat} > 4 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$ $D F_n \text{ nat} > 6 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$
<b>10.3 component 3</b>  bijkomende informatie over laagdikte, glans- en kleurbehoud	informatief			<b>adhesie ruitjestest (10.3.1)</b>
		eis		score ≤ 2
	informatief		<b>laagdikte (10.3.2)</b>	<b>laagdikte (10.3.2)</b>
		eis	$60\mu\text{m} < T < 120\mu\text{m}$ $60\mu\text{m} < D < 120\mu\text{m}$	$60\mu\text{m} < T < 120\mu\text{m}$ $60\mu\text{m} < D < 120\mu\text{m}$
	informatief		<b>kleurverschil (10.3.3.1)</b>	<b>kleurverschil (10.3.3.2)</b>
		observatie	18m	T 10w / D 16w
		eis	$T \Delta E^*ab \ 8$ $T \Delta^*b \ +3 / -8$ $T \Delta^*a \ +2 / -5$ $T \Delta^*L \ +10 / -10$ $D \Delta E^*ab \ 5$ $D \Delta^*b \ +2 / -2$ $D \Delta^*a \ +2 / -2$ $D \Delta^*L \ +0 / -10$	$T \Delta E^*ab \ 8$ $T \Delta^*b \ +0 / -8$ $T \Delta^*a \ +1 / -3$ $T \Delta^*L \ +1 / -5$ $D \Delta E^*ab \ 3$ $D \Delta^*b \ +2 / -2$ $D \Delta^*a \ +1 / -1$ $D \Delta^*L \ +2 / -2$
			<b>glansverschil (10.3.4.1)</b>	<b>glansverschil (10.3.4.2)</b>
informatief	observatie	18m	T 10w / D 16w	
	eis	$\Delta \text{glans} (\%) \leq 25$	T: $\Delta \text{glans} (\%) \leq 10\%$ D: $\Delta \text{glans} (\%) \leq 70\%$	
<b>10.4 component 4</b>  biologische aspecten	informatief			<b>blauwschimmel (10.4)</b>
		eis		score ≤ 2
	informatief			<b>oppervlakteschimmel (10.4)</b>
		eis		score ≤ 2

## 11 Besluitvorming

### 11.1 Conclusies

Het hoofdobjectief van het onderzoek 'ASSESSWOODCOAT' was een evaluatiemethodologie op te stellen voor afwerkingssystemen (dekkende verven en transparante lazuren). Het onderzoek had echter niet tot doel om hele goede afwerkingssystemen te onderscheiden. De nadruk lag op wat net wel nog kan om aanvaard te worden als degelijk afwerkingssysteem.

De onderzoeksresultaten hebben ondermeer aangetoond dat het niet éénduidig te bepalen is aan welke minimale - maximale evaluatiewaarden een afwerkingssysteem moet voldoen om als betrouwbaar, net goed genoeg, te worden beoordeeld.

Bepaalde eigenschappen werden in het onderzoek bewust niet als minimumcriteria vastgelegd omdat het over eigenschappen gaat die door de verfproducent als minimumvoorwaarden worden bekeken. Het betreft eigenschappen zoals "blocking" en "stackability".

Er werd van het standpunt uitgegaan dat de schrijnwerker betrokken is bij de keuze en applicatie van het coatingsysteem. Dit afwerkingssysteem wordt aangebracht op de ramen in samenspraak met de verfproducent. Er werden geen eisen gesteld naar applicatietechniek zodat zowel spuiten als borstelen in de professionele context werden beschouwd.

De leidraad in het geheel van het onderzoek waren de Europese (pre)normen over coatings voor buitenschrijnwerk. Toch werd op enkele punten afgeweken van de basisprincipes. Zo werd resoluut afstand gedaan van het ICP voor referentieverf en voor naaldhout (grenspint) als referentiehout. Er werd geopteerd om afwerkingssystemen uit te testen op de reëel gebruikte commerciële houtsoorten. De houtsoorten werden hiertoe gegroepeerd in drie houtgroepen waarbij de ervaring met tropisch loofhout doorslaggevend was.

Een heel bewuste keuze werd gemaakt naar kleur van de coating om later ook als referentiekleur te dienen. Zo werd voor dekkende afwerking wit weerhouden en voor transparante afwerking licht eiken.

Voor de buitenexpositie werd overgegaan op profielen verwerkt in een raamkader van één meter op één meter en dit als realistischer geheel dan het gebruik van de klassiek geverfde plankjes (EN927 deel 1). Om praktische redenen werd geen beglazing voorzien waarbij het onderste profiel voor een extra belasting van het afwerkingssysteem zorgt. Niettegenstaande het gebruik van verzorgde hoekverbindingen en afwateringsskanalen zorgen de impact van stagnerend water en de iets scherpere randen voor extra verweringsbelasting.

België kent geen uitgesproken klimaatsverschillen maar het is interessant om bij buitenexpositie van de ramen toch verschillende locaties te hebben om aldus te voorzien in herhalingen en beide regio's te beschouwen.

De blootstelling onder vorm van open raamprofiel onderwerpt de coating aan extreme maar vaak realistische voorwaarden. De vraag blijft open in hoeverre een coating de gevolgen van een minder goede verbinding in het schrijnwerk moet kunnen opvangen. De extra bekomen informatie over verweringsgevoelige delen van het schrijnwerk is bijzonder nuttig bij de interpretatie van het kwalitatieve aspect van het schrijnwerk in zijn geheel.

Achttien maanden buitenexpositie was binnen het kader van het onderzoeksproject de maximaal mogelijke observatieduur. Om tot correcte en volledige eindresultaten te komen wordt echter best gedurende minimum vijf jaar opgevolgd hoe de verwerking verloopt.

Bij de kunstmatige bewedering werden twee gangbare systemen uitgetest. Een bewedering met ultraviolet straling en besproeiing met water in de Atlas UVCON (alternatief QUV van

QPanel) en bewedering met een Xenon lichtbron en verneveling van water in de Atlas Ci 35 Weather-Ometer. In principe zouden beide methodes moeten kunnen worden toegepast. De gekozen bewederingscyclus voor beide toestellen omvat naast de opzet zoals beschreven in EN927 deel 6 ook afwisseling tussen droge en natte periodes op weekbasis.

Opake en transparante systemen verschillen in beoordeling niet fundamenteel. Voor transparante systemen volstaat tien weken kunstmatige bewedering om een beeld te creëren over de verweringsgevoeligheid van de coating. Daarentegen geven zestien weken artificiële bewedering voor opake systemen een betrouwbaarder resultaat om zwakke afwerkingssystemen te detecteren.

Wat de waterhuishouding betreft is er op Europees vlak geen eensgezindheid. Water- en waterdampdoorlatendheid is steeds een moeilijk thema geweest voor interpretatie. De testmethode hier gebruikt zowel waterabsorptie als vochtdesorptie om de vochtdynamiek te bestuderen. De weergave van een combinatie van testresultaten bij absorptie, desorptie, 'droge en natte adhesie' leidt tot een beter inzicht van het gedrag van de coating t.o.v. vocht.

Het geheel van de resultaten van een verfsysteem in combinatie met de houtsoort werd voor elke bestudeerd systeem in een modelfiche opgenomen met een foto van achttien maanden buitenexpositie zodat de coatingproducent duidelijk kan zien hoe het systeem scoort t.o.v. de voorgestelde evaluatiecriteria.

Elke evaluatie omhelst vier componenten. De eerste component betreft de weerstand van een houtafwerkingssysteem (hout + coating) tegen de verwerking en dit op een vlak element. (Vergelijkbaar met de Europese normen kan hiervoor zowel natuurlijke als kunstmatige bewedering worden gebruikt.) Als tweede component werd op basis van specifieke falings van enkele systemen wat betreft verweringsgevoelige componenten (scherpere randen, hoekverbindingen, afwateringskanalen) een set gerelateerde parameters voorgesteld voor de vochtbalans, adhesie en minimumwaarden voor verweringsweerstand ter hoogte van deze componenten. Als derde onderdeel worden in de modelfiche en meer uitgebreid in de informatieve dataset voor elk systeem hout – afwerking de resultaten weergegeven m.b.t. laagdikte, glans- en kleurbehoud. Tenslotte voorziet een vierde deel in gevoeligheid van het afwerkingssysteem voor biologische degradatie.

Voor de uitwerking van het werkpakket onderhoud (herbehandeling na een bepaalde verwerking) konden tot op heden onvoldoende substantiële resultaten worden bekomen om nu al criteria vast te leggen.

## **11.2 Algemeen besluit**

Het onderzoeksproject heeft heel wat inzicht gebracht in het gedrag van afwerkingssystemen voor houten buitenschrijnwerk.

Het objectief was te komen tot een voorstel van kritische evaluatiewaarden voor afwerkingssystemen bestemd voor houten buitenschrijnwerk.

De rechtstreekse betrokkenheid van zowel de coatingsproducenten als van de schrijnwerkers heeft er toe geleid een concreet realistisch onderzoek op punt te stellen waarbij met het oog op de toekomst vooral watergedragen en enkele solventgedragen systemen werden aangebracht op de meest courante houtsoorten verwerkt in buitenschrijnwerk in België.

Door nu een voorstel uit te werken van evaluatiewaarden voor kritische en niet kritische parameters werd de basis gelegd om de “STS 52- Houten buitenschrijnwerk, 04.8-Bescherming en afwerking” te finaliseren.

Om de evaluatiecriteria nog nauwkeuriger vast te leggen dienen de observaties bij buitenexpositie langer dan achttien maanden opgevolgd te worden. Een blootstelling van bij voorkeur over een periode van vijf jaar is wenselijk.

Het thema onderhoud en garantie dat pas kon worden aangevat, kadert in een verdere opvolging van de systemen.

Om bepaalde fenomenen beter te begrijpen dienen bijkomende parameters te worden bestudeerd aan de hand van laboratoriumtesten op geverfde plankjes.

De proefopzet gestart met hoekverbindingen om de gevoeligheid voor vocht na te gaan kon binnen het tijdsbestek van het onderzoek niet worden afgewerkt maar zal extra informatie bezorgen m.b.t. het vroegtijdig falen van sommige afwerkingssystemen ter hoogte van verweringsgevoelige componenten van buitenschrijnwerk.

Toekomstig onderzoek zou ook aandacht moeten besteden aan andere alternatieve inheemse houtsoorten zoals eiken en lariks en de vergelijking van naaldhout t.o.v. loofhout moet uitgebreid worden aangepakt.

Naar innovatieve houten substraten zijn niet alleen kenmerkende verschillen tussen houtsoorten van belang maar ook gemodificeerd hout (thermisch en chemisch) en ‘engineered wood products’ zoals gelamelleerde, gevingerlaste profielen, composieten (type WPC en andere) en plaatmaterialen (multiplex invulpanelen).

De betreffende normen en daarbijhorende technische goedkeuring kunnen nu reeds uitgewerkt worden op basis van de voorgestelde evaluatiemethodologie. De impact zal echter nog groter worden als extra ervaring wordt opgebouwd met referentiesystemen op raamprofielen gebaseerd op houtproducten van de toekomst.

## Referentielijst

- BIRD, R.E., HULSTROM, R.L. 1981. A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces. Solar Energy Institute (SERI). Technical Report SERI/1093.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. 1989. 3900 - Part G6: Assessment of resistance to fungal growth. 9p.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, CEN/TC38. 2005. Test methods for wood preservatives. Laboratory method for determining the protective effectiveness of a preservative treatment against blue stain in service. EN152. 33p.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, CEN/TC38. 1992. Wood preservatives – Field test for determining the relative protective effectiveness of a wood preservative for use under a coating and exposed out of ground contact: L-joint method. prEN330. 20p.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, CEN/TC139. 2000. Coating materials and coating systems for exterior wood. Part 3: Natural weathering test. EN927-3. 21p.
- COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION, CEN/TC139. 2004. Coating materials and coating systems for exterior wood. Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV and water. prEN927-6. 15p.
- DAHL, A.L. 1981. Coral reef monitoring handbook. South Pacific Commission, Noumea. 21p.
- DE MEIJER, M. 1999. Interactions between wood and coatings with low organic solvent content. Wageningen. 177p.
- DE MEIJER, M. 2001. Review on the durability of exterior wood coatings with reduced VOC-content. Progress in Organic Coatings 43: p.217-225.
- ELWSON, T.; BERGSTRÖM, M. & HÄMÄLÄINEN, M. 2003. Moisture dynamics in Norway Spruce and Scots Pine during outdoor exposure in relation to different surface treatments and handling conditions. *Holzforschung* 57: p.21-227.
- HON, D.N.-S. & FEIST, W.C. 1986. Weathering characteristics of hardwood surfaces. *Wood Science and Technology* 20: p.169-183.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO2409. 1972. Peintures et vernis – Essai de quadrillage. 6p.
- KISHINO, M. & NAKANO, T. 2004. Artificial weathering of tropical woods. Part2: Color change. *Holzforschung* 58: p.558-565.
- NYS, M., VAN ACKER, J. & STEVENS, M. 1990. Collectief onderzoek over efficiëntie van beschermings- afwerkings- en onderhoudssystemen voor buitenschrijnwerk. Gent, Faculteit van de landbouwwetenschappen. 342p.
- RAPP, O.A., PEEK, R.-D. & SAILER, M. 2000. Modelling the moisture induced risk of decay for treated and untreated wood above ground. *Holzforschung* 54: p.111-118.
- REDA, I. & ANDREAS, A. 2003. Solar position algorithm for solar radiation application. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Technical report NREL/TP-560-34302.



- RIJCKAERT, V., STEVENS, M., VAN ACKER, J., DE MEIJER, M. & MILITZ, H. 2001. Quantitative measurement of the penetration of water-borne coatings in wood Scots pine sapwood. *Holz- als Roh- und Werkstoff* 59: p.278-287.
- ROWELL, R.M., FEIST, W.C. & ELLIS, W.D. 1981. Weathering of chemically modified Southern Pine. *Wood Science* 13 (4): p.202-208.
- SELL, J. & FEIST, W.C. 1986. US and European finishes for weather-exposed wood – A comparison. *Forest Products Journal* 36 (4): p.37-41.
- VAN ACKER, J., STEVENS, M., BRAUWERS, C., RIJCKAERT, V. & MOL, E. 1998. Blue stain resistance of exterior wood coatings as a function of their typology. *International Research Group on Wood Protection* 98-20145. 11p.
- VAN DEN BULCKE, J., RIJCKAERT, V., VAN ACKER, J. & STEVENS, M. 2003. Quantitative measurement of the penetration of water-borne coatings in wood with confocal lasermicroscopy and image analysis. *Holz- als Roh- und Werkstoff* 61: p.304-310.
- VAN DEN BULCKE, J., RIJCKAERT, V., VAN ACKER, J. & STEVENS, M., 2006. Adhesion and weathering performance of water-borne coatings applied to different temperate and tropical wood species. *Journal of Coatings Technology*, in press.
- WILKINS, A.P. & STAMP, C.M. 1990. Relationships between wood colour, silvicultural treatment and rate of growth in *Eucalyptus grandis* Hill (Maiden). *Wood science and technology* 24: p. 297-304.
- WILLIAMS, R., KNAEBE, M.T. & FEIST, W.C. 1996. Finishes for exterior wood – selection, application, and maintenance. *Forest Products Society*. Madison, Wisconsin. 127p.