

Elisa Saarela

**Lämpöpuun pintakäsittely ja  
käsittelyn puun rasituskestävyys ulko-olosuhteissa**



## SISÄLTÖ

### 1. LÄHTÖTILANNE

### 2. ESIVALMISTELU

#### 2.1 Puumateriaali

#### 2.2 Esivalmistelut

#### 2.3 Pintakäsittelyaineet

#### 2.3 Pintakäsittely

### 3. TESTAUS

#### 3.1 Säätetaus

##### 3.1.1 Maalipinnan halkeilu ja hilseily

##### 3.1.2. Värisävyn muutokset säätetauksen aikana

#### 3.2 Kulutuskestävyyden määrittäminen taber- menetelmällä

### 4. PÄÄTELMÄT

## 1. LÄHTÖTILANNE

Lämpökäsiteltyjen tuotteiden käyttö puutuoteteollisuudessa on kasvanut viimeisten viiden vuoden aikana. Lämpökäsiteltyyn puun käytön kasvuun ovat vaikuttaneet mm. markkinoinnilla saavutettu asiakkaiden tietoisuuden lisääntyminen, lämpöpuun laadun tasaantuminen sekä lämpöpuun erityisominaisuuksien (lämmön johtavuus) hyödyntäminen puuteollisuuden tuotteissa.

Lämpökäsiteltyyn puun käytön lisääntyminen on herättänyt keskusteltua lämpökäsiteltyyn puun pintakäsittelystä sekä pintakäsiteltyyn pinnan mekaanisesta rasituskestävyydestä. Tässä tutkimuksessa on lähestytty lämpökäsiteltyyn tuotteen pintakäsittelyongelmaa teollisen pintakäsittelyn näkökulmasta. Ongelman rajauksessa tuotteeksi valittiin tyypillinen puutarhakaluste tuote, joka altistuu osittaiselle säärasitukselle suomalaisessa sääympäristössä. Pintakäsittelymenetelmä valittiin valitun puutuotteen mukaan. Puutarhakalusteiden osat ovat rakenteeltaan soveltuvia pintakäsiteltäväksi huuhtelukoneella. Pintakäsittelyaineiden valinta tehtiin yhdessä aineitoimittajien kanssa.

## 2. ESIVALMISTELUT

### 2.1 PUUMATERIAALI

Tutkimuksessa käytetty testimateriaali oli lämpökäsitelty Lunawood Oy: n lämpökuivausprosessissa. Materiaaleina olivat havupuut mänty, kuusi, ja tämän lisäksi hienouritettu ja syväuritettu mänty. Kappaleet työstettiin kokoon 32\*3 cm. Lämpökäsittelystä männystä ja kuusesta valmistettiin hiottuja ja höylättyjä testikappaleita. Testissä olleet hieno ja syväuritetut kappaleet pintakäsiteltiin sellaisenaan.

Höyläys suoritettiin lappuparateräisellä taso-/oikohöylä yhdistelmäkoneella. Koneen työstöleveys on 410 mm, kutterin halkaisija 87 mm ja leikkuuterien määrä kolme. Hionta suoritettiin leveänauhahiontakoneella. Rummussa hiontapaperin Ekamant ARSFO antistatex hiontakarkeus oli P120, hiontanauhan nopeus 6 m /min ja nauhan 8 m/min. Tallan samantyyppisen hiomapaperin hiomakarkeus oli P180, hiontanauhan nopeus 19 m/min, maton nopeus 6 m/min ja tallanpaine 1 bar.

## 2.2 PINTAKÄSITTELYAINEET

Testattavat pintakäsittelyaineet valittiin yhdessä neljän pintakäsittelyainevalmistajan kanssa. Testattavat aineet on listattu taulukkoon 1. Niin kirkkaissa kuin sävytetyissä testituotteissa olivat sideaineina akryyli, akrylaatti sekä alkydi.

TAULUKKO 1. Pintakäsittelyaineiden numerointi

<b>Sävyttömät pintakäsittelyaineet</b>	
Aine 1.1.	Vesiohenteinen akryylipohjainen kuullote
Aine 2.1.	Vesiohenteinen väritön alkydiöljy
Aine 3.1	Vesiohenteinen väritön alkydiöjy
Aine 4.1.	Vesiohenteinen alkydi kuullote
<b>Sävylliset pintakäsittelyaineet</b>	
Aine 1.2.	Vesiohenteinen sävytetty akryylipohjainen kuullote
Aine 2.2.	Vesiohenteinen akrylaattipohjainen lasyyri
Aine 3.2.	Vesiohenteinen alkydi-akryyliperustainen kuultoväri
Aine 4.2.	Vesiohenteinen alkydi kuullote

**Alkydi** Sideaineena on pääasiassa hapettumalla kuivuva alkydiharts. Ristisilottuminen jatkuu ohenteen haihduttua.

**Akrylaatti** Vesiohenteinen sideaine eli dispersio. Akrylaattituotteet ovat fysikaalisesti kuivuvia; vesi haihtuu ja hiukkaset tarrautuvat yhteen muodostaen yhtenäisen kalvon.

**Akryyli** Synteettinen polymeeri. Akryylipohjaisen polymeerien vesiseoksia eli dispersioita.

### 2.3. TUOTTEIDEN PINTAKÄSITTELY

Tuotteet pintakäsiteltiin kastomenetelmällä kastoastiassa. Pintakäsittelyaineista mitattiin lämpötila ja viskositeetti. Viskositeetti mitattiin DIN4 kupilla. Kappaleet upotettiin astiaan yhdeksi sekunniksi. Uittamisen jälkeen kappaleet nostettiin astiasta pysty asentoon viideksi sekunniksi, jonka jälkeen kappaleita käännettiin 180 astetta ja pintakäsittelyaineiden annettiin valua toiset viisi sekuntia. Tämän jälkeen kappaleet nostettiin kuivumaan piikkialustalle vaakatasoon kuivausuuniin, jonka lämpötila oli 25,2 C° ja suhteellinen kosteus 25,3 %:a. Pintakäsittelytilan lämpötila oli 21 C° ja suhteellinen kosteus 35 %.

Kappaleiden annettiin kuivua puolituntia, jonka jälkeen pinta arvioitiin. Uusi arviointi tehtiin vuorokauden kuluttua pintakäsittelystä.

TAULUKO 2. Pintakäsittelyaineiden kuivuminen

Sävyttömät pintakäsittelyaineet	
Aine 1.1.	Hyvä imeytyminen. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinta tasainen ja kuiva. Aineen lämpötila 18 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.
Aine 2.1.	Hyvä imeytyminen Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinta tasainen ja kuiva. Aineen lämpötila 17 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.
Aine 3.1	Hyvä imeytyminen. Puolen tunnin kuivumisen jälkeen oli pinta hieman nihkeä. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinnassa kiiltäviä kohtia, kuiva. Aineen lämpötila 19 C° ja viskositeetti 12 sekuntia.
Aine 4.1.	Aine kuivuu hitaasti muodostaen pintaan kalvon. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinta Aineen lämpötila 18,7 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.

<b>Sävylliset pintakäsittelyaineet</b>	
Aine 1.2.	Hyvä imeytyminen. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinta oli tasainen, mutta aavistuksen nihkeä. Aineen lämpötila 18 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.
Aine 2.2.	Hyvä imeytyminen. Aineen lämpötila 18 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.
Aine 3.2.	Hyvä imeytyminen. Puolen tunnin kuivumisen jälkeen oli pinta hieman nihkeä. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinnassa lieviä sävyeroja, kuiva. Aineen lämpötila 19 C° ja viskositeetti 13 sekuntia.
Aine 4.2.	Aine imeytyi kohtalaisesti jättäen laikukkaan pinnan Puolen tunnin kuivumisen jälkeen pinta oli nahkea. Vuorokauden kuivumisen jälkeen pinta edelleen nahkea Aineen lämpötila 19 C° ja viskositeetti 11 sekuntia.

### 3. TESTAUS

#### 3.1 Säätestaus

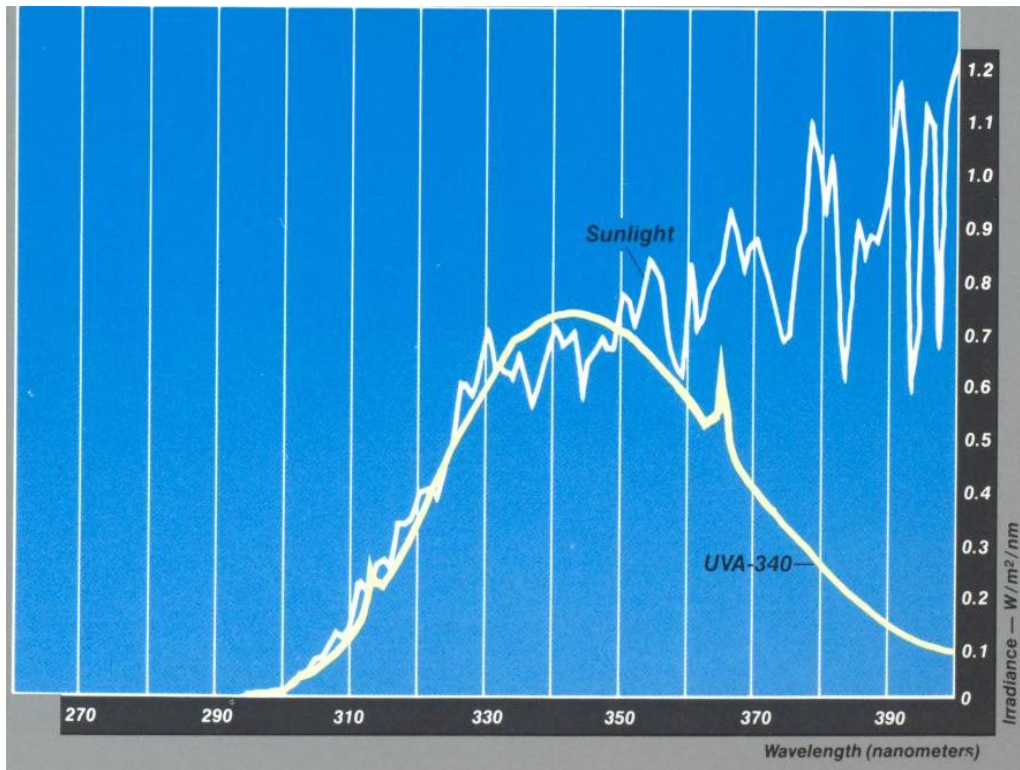
Vanhennus suoritettiin standardin EN 927-6 mukaisesti. Käytetty testilaitteisto oli QUV 75-spray ja lapputyypin UVA 340 (KUVIO 1.).

Testikappaleet kuvattiin ja arvioitiin ennen vanhennuksen aloittamista. Kappaleet kuvattiin ja arvioitiin jokaisen 168 tunnin mittaisen testijakson jälkeen. Testijakso toistettiin kirkkailla tuotteilla 4 kertaa ja sävytestikappaleilla 8 kertaa.

Alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 3.) on esitettyä 168 tunnin mittaisen testijakson sisältö.

TAULUKKO 3. EN927-6 mukainen yksi testikierto

Jakso	Toiminto	Säteily (W/m <sup>2</sup> )	Lämpötila (C°)	Aika ( h:min)
1	Kondensaatio		45	24
2	Alakierto; toistaa jaksot 3-4 48 kertaa			
3	Ultravioletti säteily	0,89	60	2:30
4	Ruiskutus			0:30
5	Viimeinen jakso: siirtyy kohtaan jaksoon 1			



KUVIO 1. Lamputyyppin UVA -340 aallonpituusalue

Arvostelussa arvioitiin pintakäsittellyn hilseilyä ja halkeilua luokittelemalla niiden määrä, koko ja syvyys.

Alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 4.) on esitettyä arvioinnin luokitteluperusteet.

**TAULUKKO 4. LUOKITTELUPERUSTEET**
**HILSEILY**
**Määrä**

Arvo	Hilseillyt alue %
0	0
1	0,1
2	0,3
3	1
4	3
5	15

**Koko**

Arvo	
0	ei näy x10 suurennoksella
1	max 1 mm
2	max 3 mm
3	max 10 mm
4	max 30 mm
5	yli 30 mm

**Syvyys**

a	pinnote irtoaa alemmasta pinnoitteesta
b	koko käsittely irtoaa alustasta

**HALKEILU**
**Määrä**

Arvo	Selite
0	ei yhtään, eli ei havaittavissa halkeilua
1	hyvin vähän eli pieni, lähes merkityksetön määrä halkeamia
2	muutama eli pieni, mutta merkityksellinen määrä halkeamia
3	kohtalainen määrä halkeamia
4	huomattava määrä halkeamia
5	tiheä kuvio halkeamia

**Koko**

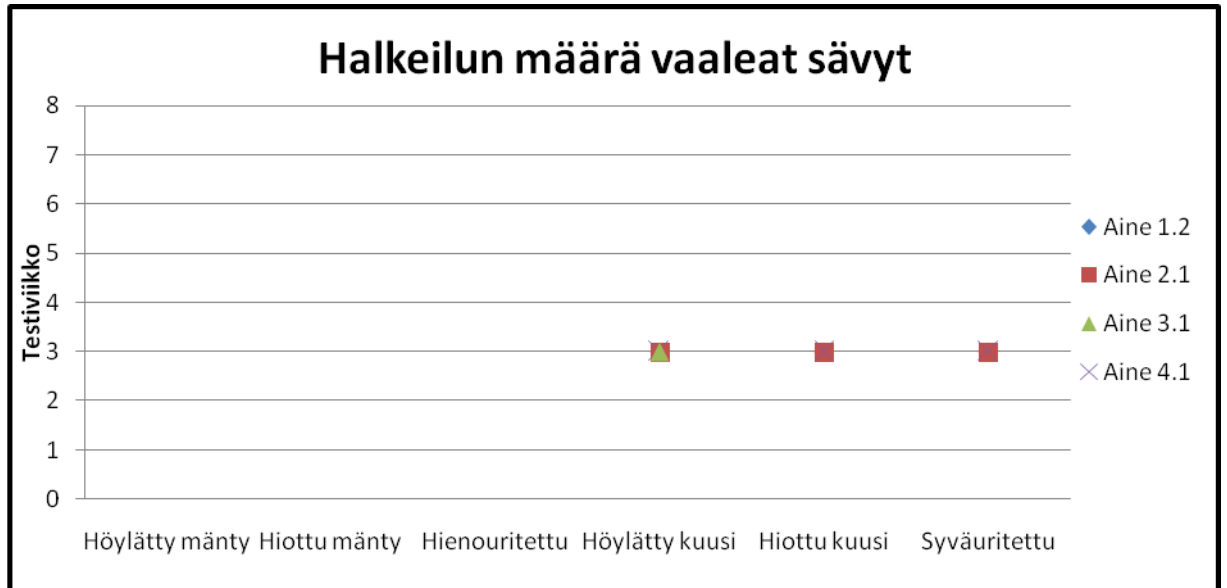
Arvo	Selite
0	ei näkyvissä x10 suurennoksella
1	näkyvä vain x10 suurennoksella
2	juuri näkyvissä paljaalla silmällä
3	selkeästi näkyvissä paljaalla silmällä
4	isoja halkeamia, yleisesti yli 1 mm leveitä
5	hyvin suuria halkeamia, yleisesti eli 1 mm leveitä

**Syvyys**

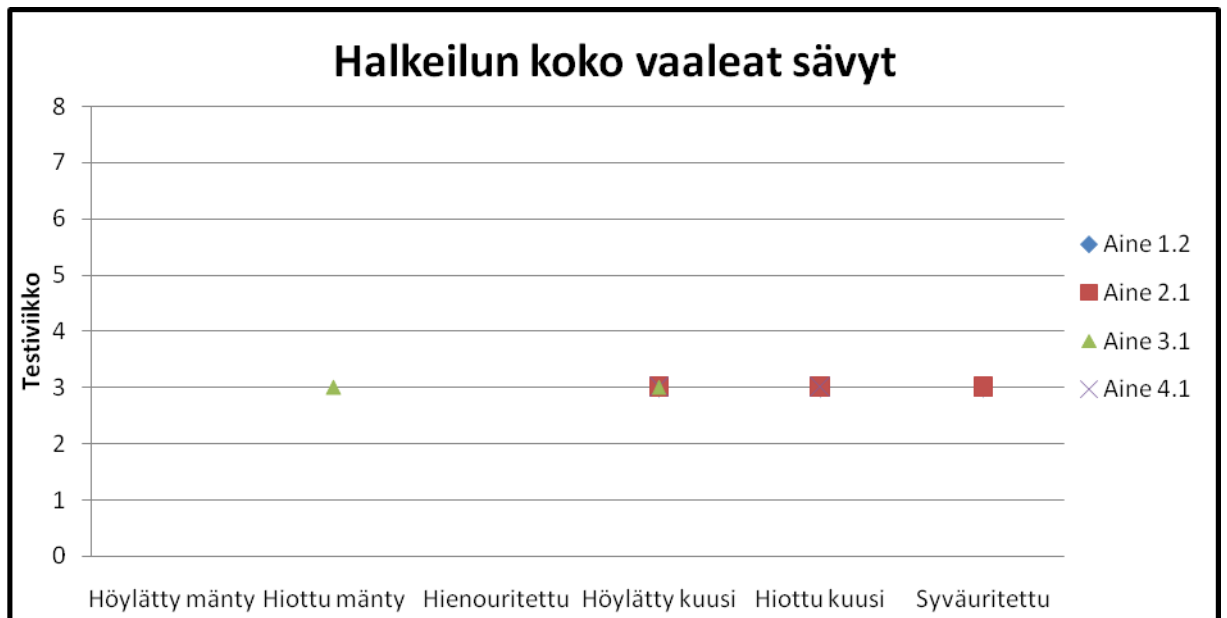
a	pintahalkeilua mikä ei täysin läpäise pintakerrosta
b	halkeamat läpäisevät pintakerroksen, alemmat käsittelykerrokset
c	halkeamat läpäisevät koko pintakäsittelyn

Kappaleiden halkeilun ja hilseilyn määrän kriittiseksi arvoksi valittiin arvo 2. Tällöin kappaleesta hilseillyt alue on yli 0,3 % mutta alle 1 %. Hilseilyn alueen leveys on alle 3 mm. Kappaleissa havaittua halkeilua esiintyy vähäinen, mutta kuitenkin merkityksellinen määrä. Halkeamat ovat juuri näkyvissä paljaalla silmällä.

Vaaleat kappaleet alkoivat muuttua väriä voimakkaasti jo ensimmäisten testiviikkojen aikana. Kappaleissa tapahtui viikosta 3 halkeilua, mutta vaaleiden kappaleiden säätötestauksen keskeyttämiseen vaikutti voimakkaimmin kappaleiden sävyn muuttuminen harmaaksi. Hilseilyä ei vaaleilla kappaleilla ehditty toteamaan.



KUVIO 1. Halkeilun määrä vaaleat sävyt



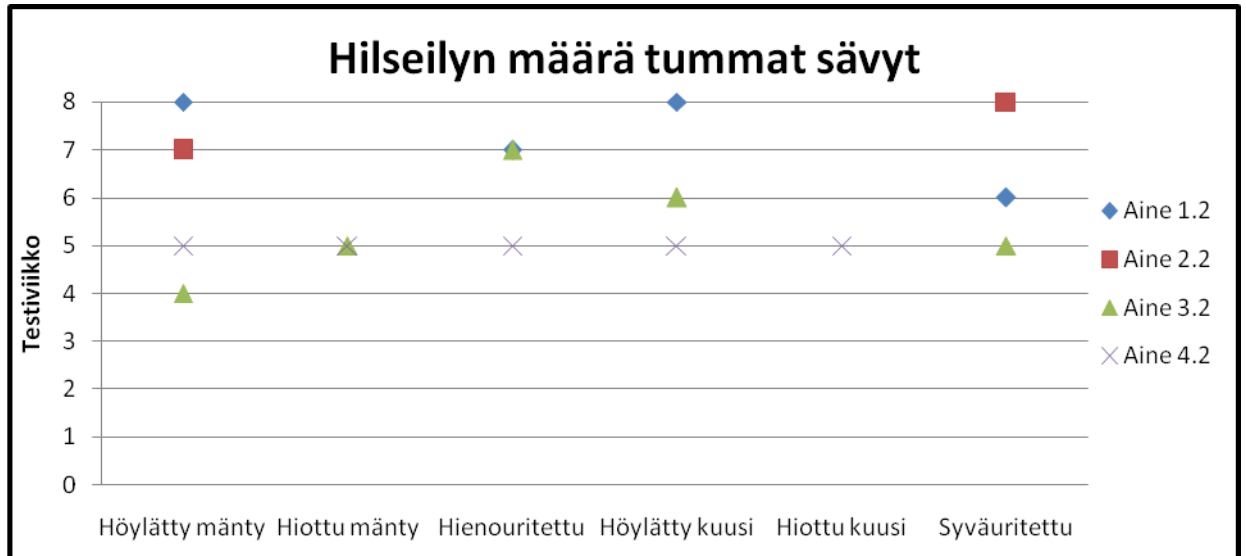
KUVIO 2. Halkeilun koko vaaleat sävyt

Alla olevassa kuvassa on nähtävissä kuinka voimakkaasti lämpökäsitellyn puun sävy muuttui vaaleilla pintakäsittelyaineilla. Näin tapahtui kaikilla pintakäsittelyaineilla.



KUVIO 3. värisävyn muuttuminen säätestauksessa, vaaleat sävyt

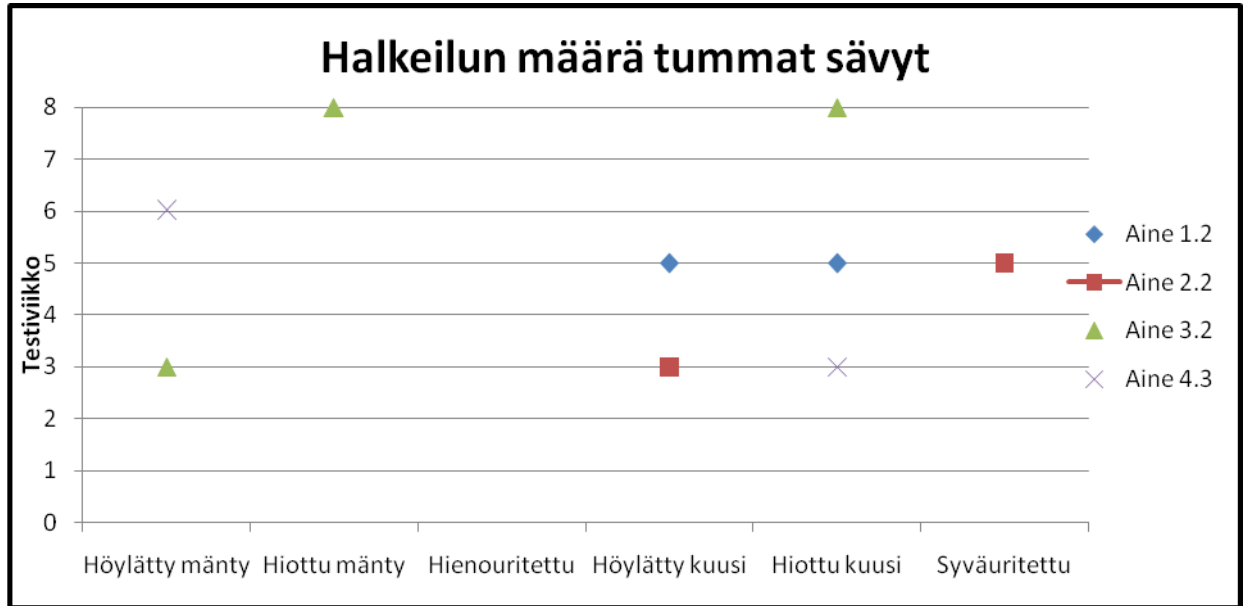
Vertailtaessa tummien sävyjen hilseilyä ja halkeilua on nähtävissä ainekohtaisia eroja pinnan käyttäytymisessä testauksen aikana. Voimakkaimmin hilseilyä ja halkeilua tapahtui aineista alkydi kuulotteella (aine 4.2). Vähiten hilseilyä esiintyi akrylaatti pohjaisella lasyyrilla.



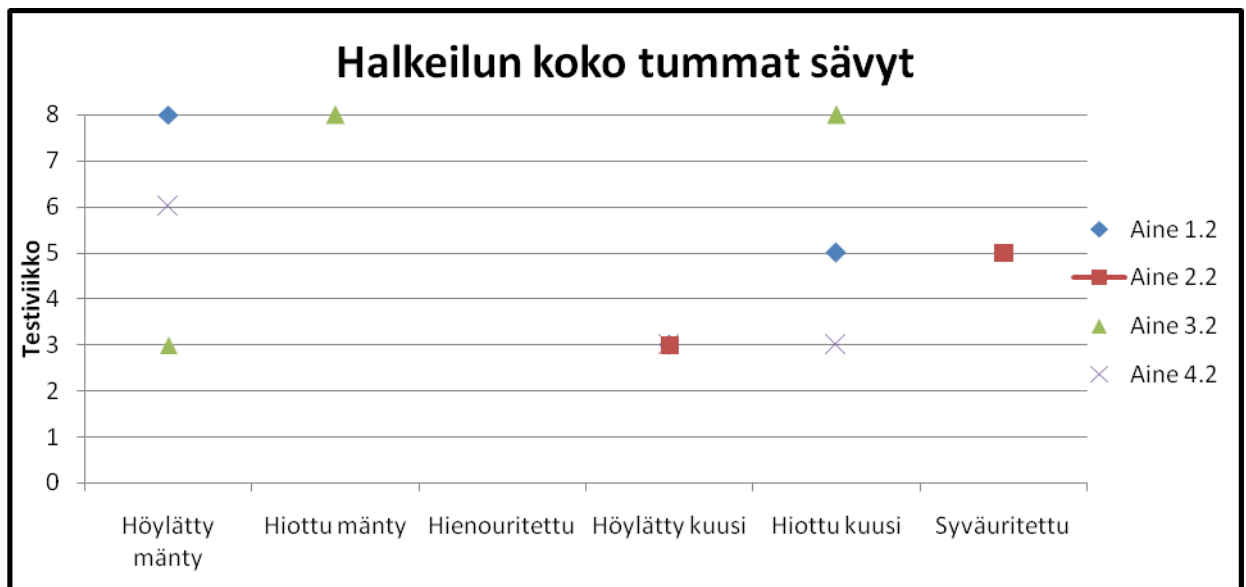
KUVIO 4. Hilseilyn määrä tummat sävyt



KUVIO 5. Hilseilyn koko tummat sävyt



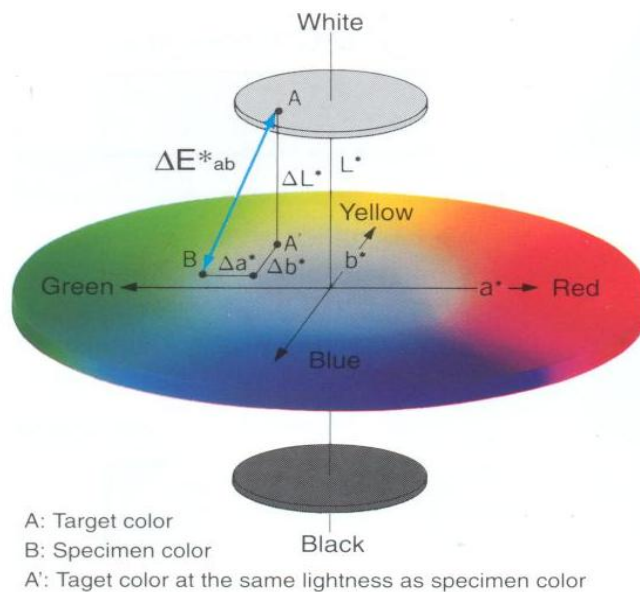
KUVIO 6. Halkeilun määrä tummat sävyt



KUVIO 7. Halkeilun koko tummat sävyt

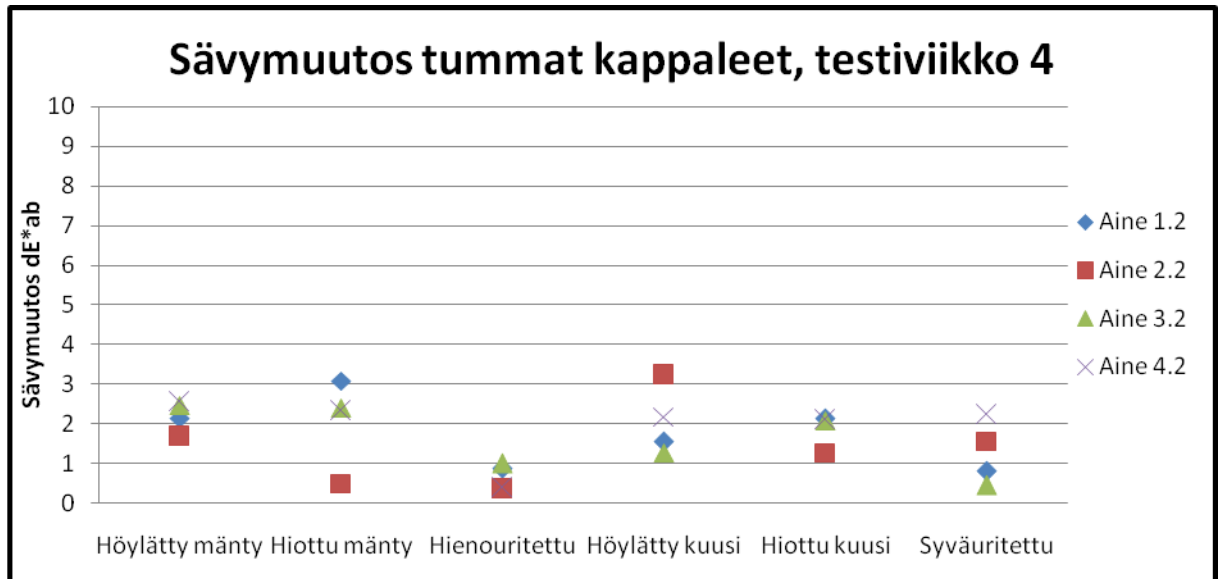
### 3.1.2. Värisävyn muutokset olosuhdetestauksen aikana.

Värisävymuutokset mitattiin väriavaruudessa  $L^*a^*b^*$  ja mittaustulokset on ilmoitettu asteikolla  $dE^*_{ab}$ . Arvo ilmoittaa värimuutoksen koon, mutta ei sitä, mihin suuntaan värimuutos on tapahtunut.



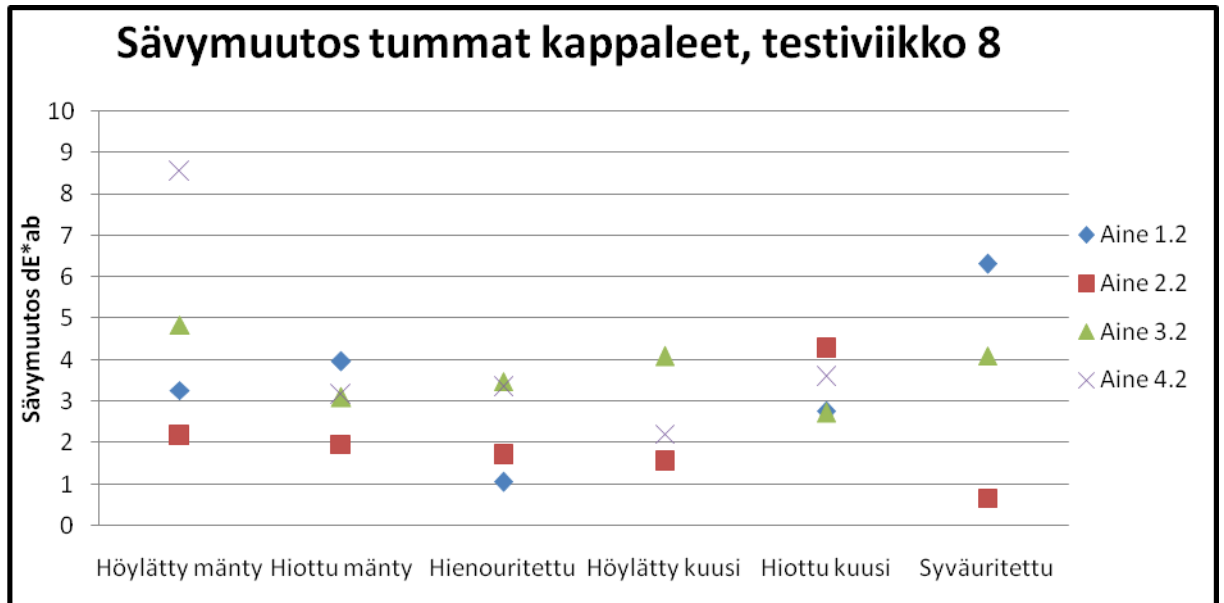
KUVIO 8. Väriavaruus  $L^*a^*b^*$

Värimittauksessa oli selkeästi nähtävissä työstön vaikutus sävynmuutokseen. Tummissa kappaleilla sävymuutokset olivat suurimpia neljännellä testiviikolla höylätyillä pinoilla. Pienimmät värimuutokset olivat hienouritetuilla kappaleilla. Männyn ja kuusen välillä ei ole suuria eroja, työstötapa vaikuttaa sävynmuutokseen materiaalia enemmän.



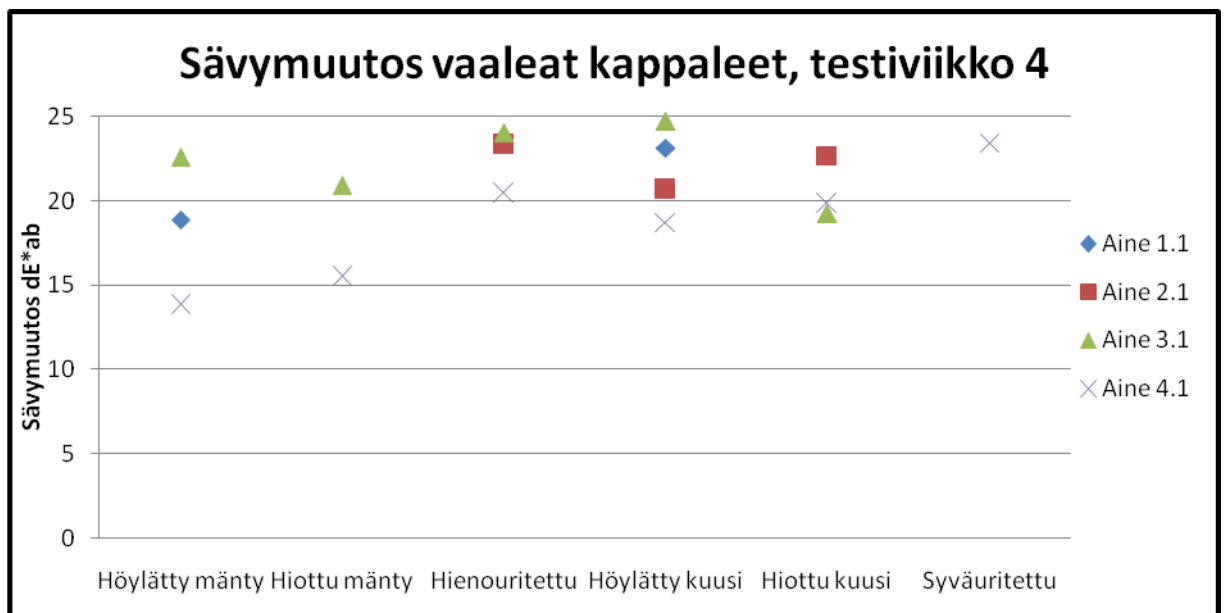
KUVIO 9. Sävymuutos tummat kappaleet, testiviikko 4

Kahdeksan testiviikon jälkeen tummilla sävyillä hienouritetuissa kappaleissa sävymuutos oli edelleen pienintä. Syväuritetuissa oli tapahtunut suurta hajontaa. Männyn ja kuusen välillä ei ole suuria eroja, työstötapa vaikuttaa sävymuutokseen materiaalia enemmän. Pintakäsittelyaineista parhaiten sävynsä säilytti vesiohenteinen alkydi-akryyli kuultoväri.



KUVIO 10. Sävy muutos tummat kappaleet, testiviikko 8

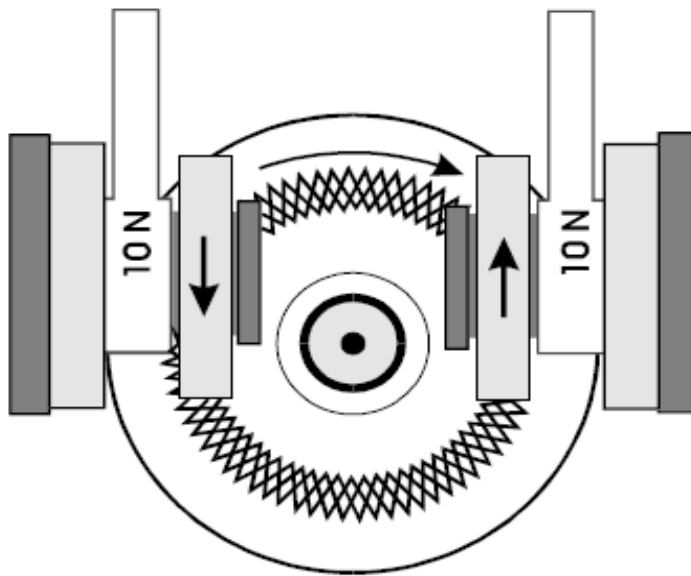
Vaaleilla kappaleilla sävy muutokset olivat voimakkaita jo neljän ensimmäisen testiviikon jälkeen. Muutokset olivat voimakkaita kaikilla materiaaleilla, työstötavoilla ja aineilla. Aineista pienimmät muutokset tapahtuivat vesiohenteisella alkydi kuulotteella.



KUVIO 11. Sävy muutokset vaaleat kappaleet, testiviikko 4

### 3.2 KULUTUSKESTÄVYYDEN MÄÄRITYS TABER- MENETELMÄLLÄ

Taber kulutuskestävyys määrittäminen suoritettiin standardin SFS-ENV 13696 (Puu ja parkettilattiat, kimmoisuuden ja kulutuskestävyyden määrittäminen) mukaan. Testauksessa käytettiin standardin mukaista Taber- kulutuslaitteistoa. Kappaleiden punnitukseen käytettiin vaakaa, joka osoittaa kappaleiden painon tarkkuuden sadasosan tarkkuudella.

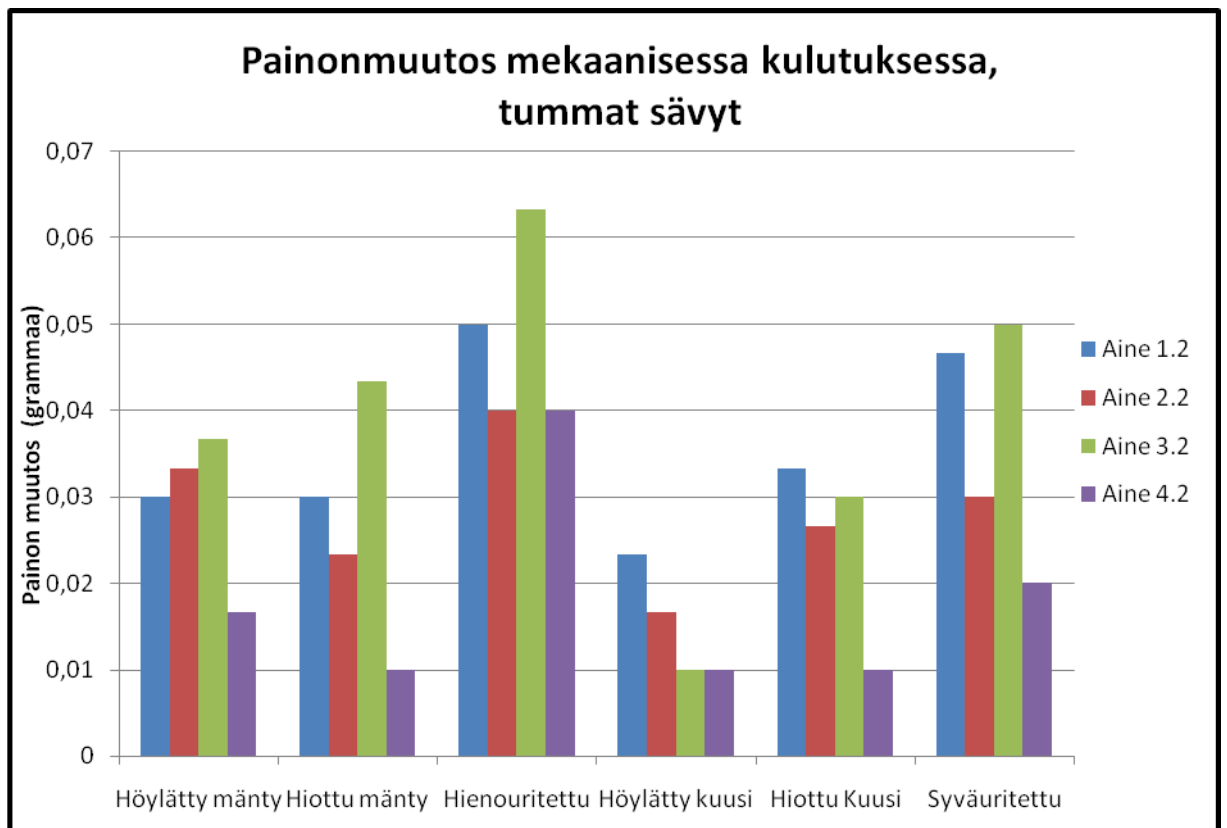


KUVO 12. Taber-testimenetelmä

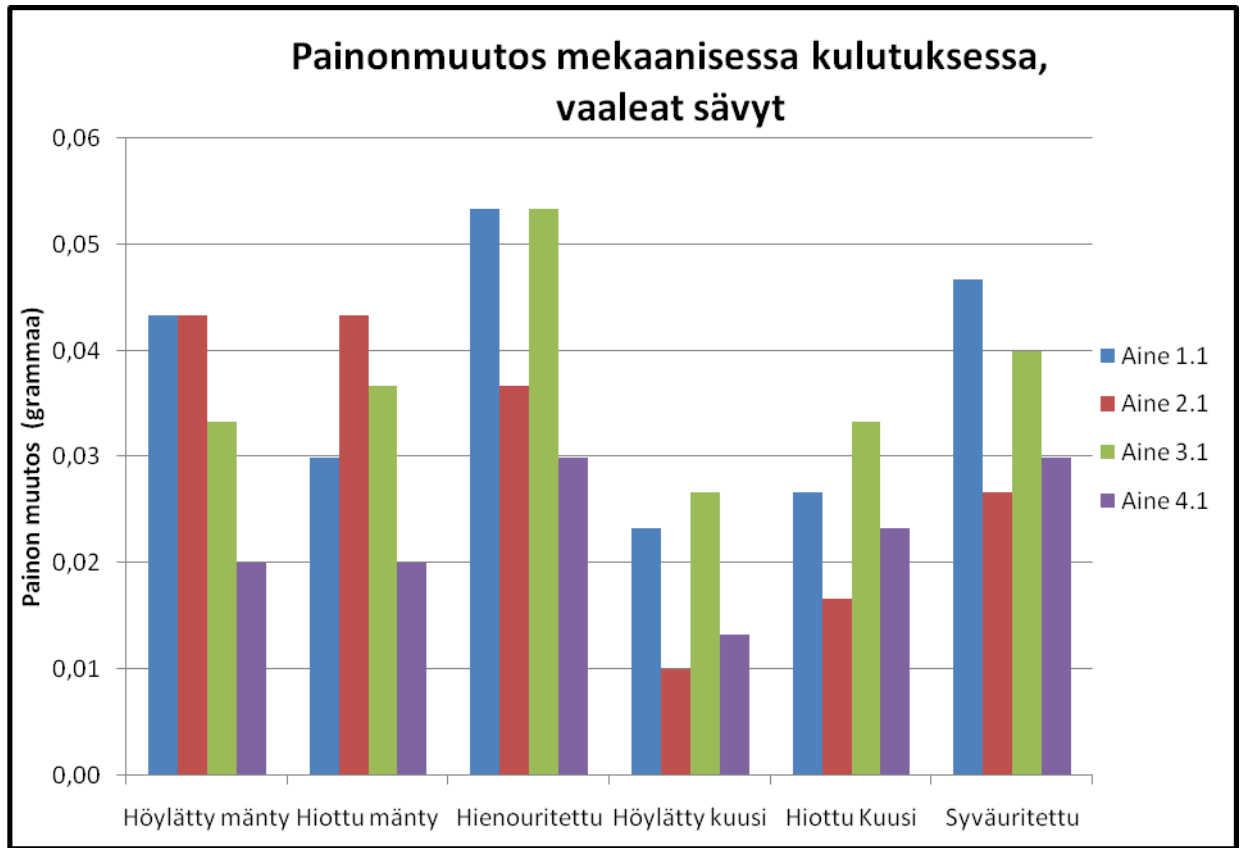
Testissä käytettiin standardin mukaista hiekkapaperimenetelmää. Menetelmässä kiinnitetään hiomapaperit CS-42 kulutuskiekkoihin C-10 joiden kulutusvoimakkuus on erittäin lievä. Hionta tarrojen leveys on 12,7 mm. Hiontamateriaali on carborundum jyvää (piikarbidin kiteitä) jotka on seulottu 100 µm verkolla. Hiontakiekkojen kulutusvoimakkuus mitattiin ennen niiden käytön aloittamista testi levyllä S-34. Hiontakiekon vaihdettiin uusiin jokaisen 200 kulutuskierroksen jälkeen. Vaihdon yhteydessä hiontakiekkojen kulutusvoimakkuus mitattiin korrelaationkertoimen määrittämiseksi. Kokonaispaino kummallakin kulutuskiekkolla oli 1 kg.

Pinnan kuluminen todennettiin punnituksen avulla. Jokainen kappale punnittiin ennen kulutusta ja kymmenen kulutuskierron jälkeen. Tulokset ovat esitettynä alla olevissa kuvaajissa. Jokainen mittaustulos on kolmen näytekappaleen keskiarvo. Tulokset on esitetty painon muutoksena (grammaa) kymmenen ensimmäisen kierroksen aikana.

Pienin painon muutos testatuista materiaaleista oli höylätyllä kuusella niin vaaleilla kuin tummilla sävyillä. Tummilla sävyillä parhain kulutuskestävyys oli vesiohenteisella alkydi kuullotteella.



KUVIO 13. Painonmuutos mekaanisessa kulutuksessa, tummat sävyt



KUVIO 14. Painonmuutos mekaanisessa kulutuksessa, vaaleat sävyt

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpökäsitellyn kappaleen pinnalla pintakäsittelyaineet imeytyivät ja käyttäytyivät pääsääntöisesti hyvin kastopinnoituksessa. Parhaiten pintakäsittelyaineista kuivui aine 2.2 (vesiohenteinen akrylaattipohjainen lasyyri), joka imeytyi ja kuivui hyvin. Laikukas pinta muodostui aineelle 4.2 (vesiohenteinen alkydi kuullote) joka imeytyi kohtalaisesti

Testauksessa olleilla vaaleilla teollisilla käsittelyaineilla ei saavuteta ulkotuotteelle asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa. Kaikki tuotteet harmaantuivat hyvin lyhyen säätetaustuksen aikana.

Pigmentoidut sävyt säilyttivät sävyn testauksessa vaikeasta sävyvalinnasta huolimatta kohtuullisesti. Testissä käytettiin punaruskean tummaa sävyä. Parhaiten sävynsä säilytti pigmentoiduista tuotteista aine 2.2 (vesiohenteinen alkydi-akryyli pohjainen kuultoväri). Syväuritetuissa kappaleissa näkyi voimakkaimmin erot eri pintakäsittelyaineiden välillä.

Hienouritetut kappaleet säilyttivät sävyn parhaiten, mutta niiden kukutuskestävyys oli heikoin. Tämä puoltaa materiaalin käyttöä esimerkiksi seinävuorauksissa höylätyn tuotteen sijasta.

Kulutuskkestävyydeltään paras aine oli 4.2 (vesiohenteinen alkydi kuullote). Kriittisin työstötapa kulutuskestävyyden kannalta on hienouritus, joka kulutuskestävyydessä pintakäsittelyaineet 2.2 ja 4.2 olivat tasavertaisia.

Tehtyjen testien perusteella voi todeta vesiohenteisen akrylaattipohjaisen lasyyrin soveltuneen parhaiten kyseisten tuotteiden pintakäsittelyyn. Se käyttäytyi pintakäsittelyssä nopeasti imeytyvänä, se säilytti sävynsä parhaiten testin aikana sekä pärjäsi kulutuskestävyydessä kohtuullisesti.

LÄHTEET:

KUVIO 1. THE Q-PANEL COMPANY. Sunlight, Ultraviolet and Accelerated Weathering

KUVIO 2. Minolta Co.,Ltd: Precise color communication. Julkaisuvuosi 1998.

KUVIO 12: ERICHSEN GmGH & Co. KG: Abrasion Test Instrument Original Taber®  
ABRASER 352