



TURVA-ALUSTAN TUOTEKEHITYS

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Muovitekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Topi Knuuttila

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

KNUUTTILA, TOPI:

Turva-alustan tuotekehitys

Muovitekniikan opinnäytetyö, 25 sivua,

Syksy 2014

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli leikkikentillä käytettävän styreenibutadieenikumisen turva-alustan kehittäminen materiaalin osalta siten, että uutta turva-alustaa voisi käyttää pidempään kuin vanhaa, valmistuskustannusten kuitenkin muuttumatta kalliimmiksi. Aluksi määritettiin turva-alustan kriittiset ominaisuudet, joiden pohjalta voitiin etsiä käyttötarkoitukseen sopivia valmistusmateriaaleja. Valmistusmenetelmät määräytyivät sitten valittujen materiaalien mukaan. Materiaaleiksi valikoitui lopuksi kaksi erilaista polyuretaanimattoa, sekä EPDM-kuminen matto.

Valituille mattomateriaaleille suoritettiin värien mittaus CIELAB-menetelmällä ennen ja jälkeen kuukauden UV-säteilylle altistamista. Kyseisellä testillä tarkkailtiin materiaalien värin muutosta auringon valolle altistuessaan. Lisäksi materiaaleille suoritettiin Taber-testaus, jossa materiaaleja hangattiin ja punnittiin ennen ja jälkeen hankauksen, jolloin saatiin selville UV-säteilyn vaikutus materiaalin haurastuvuuteen.

Lopuksi testitulosten perusteella valittiin mahdollisesti paras materiaali turva-alustakäyttöön.

Asiasanat: SBR-kumi, EPDM-kumi, PUR, polyuretaani, UV-testaus, CIELAB, Taber-testaus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Plastics Engineering

KNUUTTILA, TOPI:
development

Development of a safety platform

Bachelor's Thesis in plastics engineering, 25 pages,

Autumn 2014

ABSTRACT

The objective of this Bachelor's thesis was to find a better material for safety platforms, used under in children's playgrounds. The original one was manufactured from SBR rubber, and the new one needed to last longer than the old one did. Also, manufacturing costs should not get higher than the original costs were.

The project started with choosing potential materials for the safety platform. The manufacturing method was selected based on the manufacturing material. The selected materials were EPDM rubber and two different types of polyurethane.

The selected materials were measured with the CIELAB colour test method. The colour was tested from every selected material with 30 days UV radiation exposure, and without it. This UV light test measured the change of color of the material in direct sunlight. They were also tested with the Taber test where materials are rubbed against grindstones and are weighed before and after. This test was done to the materials with and without UV radiation exposure.

In the end, a suitable safety platform material was chosen on the basis of the test results.

Key words: SBR rubber, polyurethane, EPDM rubber, CIELAB, UV radiation, Taber test

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TURVA-ALUSTAN OMINAISUUDET	2
3	NYKYINEN TURVA-ALUSTA	3
3.1	Styreenibutadieenikumin ominaisuudet	3
3.2	Vulkanointi	5
4	TURVA-ALUSTAN KEHITYS	6
4.1	Materiaalien valinta	6
4.2	Polyuretaani (PUR)	7
4.3	PP-E:n ominaisuudet	8
4.4	EPDM-kumi	8
5	VALMISTUSMENETELMÄT	10
5.1.1	Reaktiovalu (RIM)	10
5.1.2	Kalanterointi, suulakepuristus ja muottipuristus	10
6	MATERIAALIEN TESTAUS	12
6.1	UV-testaus	12
6.1.1	UV-säteily	13
6.1.2	Kappaleiden testaus	13
6.2	Taber-hankaustesti	14
7	VÄRIN TESTAUS	18
7.1	CIE-värijärjestelmä	18
7.2	CIELAB (L*a*b*)	18
7.3	Kappaleiden värin testaus	19
8	TUOTTEEN HINTA	21
8.1	Polyuretaanimaton hinta	21
8.2	EPDM-maton hinta	21
9	MATERIAALIEN VERTAILU	22
10	YHTEENVETO	23
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	25

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää styreenibutadieeni (SBR) kierrätyskumirouheesta valmistettua leikkikenttien turvamattoa. Tarkoituksena oli kehittää tuotteelle uusi valmistusmateriaali, joka kestää käyttöä useita vuosia pidempään kuin nykyinen materiaali. Materiaalin vaihdoksen vuoksi alustalle oli kehitettävä myös uusi valmistusmenetelmä. Tuotteelle oli myös laskettava suuntaa antava hinta, koska koneiden ja muottien tarkkoja hintoja on vaikea määrittää etukäteen, materiaalien vaatimien erikoiskoneiden ja muottien vuoksi.

Uudesta materiaalista valmistettavan turva-alustan hinta ei saanut ylittää vaatimusta 30 €/m², joka osoittautui ongelmaksi jo sopivia materiaaleja valittaessa, koska monet halvemmat muovi- ja kumimateriaalit eivät sopineet käyttötarkoitukseen liian keveän painon tai huokoisan rakenteen vuoksi. Lopulta uuden turva-alustan valmistuskustannukset olivat laskujen mukaan vain muutamia kymmeniä euroja suuremmat neliömetrille, kuin alkuperäisen alustan hinta. Tämä tosin tekee vaihtoehtoisista materiaaleista valmistettavasta alustasta vähemmän houkuttelevan vaihtoehdon.

2 TURVA-ALUSTAN OMINAISUUDET

Turva-alustalla on tietynlaisia ominaisuuksia, joiden on säilyttävä, vaikka valmistusmateriaali vaihtuisikin. Ongelmia sopivien materiaalien valinnassa aiheutti ainakin tiheys, jonka olisi oltava vettä suurempi, jotta turva-alustarakenteet pysyisivät paikoillaan leikkikentillä ilman erillistä ankkurointia. Turva-alustan materiaalin on myös oltava joustavaa, jotta se säilyttäisi turvaominaisuutensa, eli estää esimerkiksi leikkikentillä lapsia satuttamasta itseään.

Alustaan haluttiin myös tietynlainen karheus, jotta pinta ei olisi liukas kengän alla edes vesisateen jäljiltä. On myös tärkeää, että maton ominaisuudet säilyisivät lähes samana, vaikka matto olisikin alttiina ulkoilmassa Suomen vaihtelevalla ilmastolle pakkasineen ja aurinkoisine kesäpäivineen, jolloin UV-säteily on erittäin voimakasta.

3 NYKYINEN TURVA-ALUSTA

Nykyinen turva-alusta valmistetaan kierrätetystä SBR-autonrengasrouheesta. Rouhe puristetaan turva-alustan muotoon muotissa ja alustassa käytetään polyuretaania sidosmateriaalina, jotta kumirouhe pysyisi alustan muodossa. Alustoja on saatavilla kahta eri kokoa, eli 500 x 500 mm ja 1000 x 1000 mm, myös väri vaihtoehtoja on useita. Saatavilla olevia alustan paloja liitetään yhteen ja kiinnitetään maahan erilaisten muovi- ja metallitappien tai hakasten avulla. Alla olevasta kuvasta 1 nähdään miltä nykyinen kumirouhematto näyttää.



KUVA 1. SBR-turva-alustan palanen

3.1 Styreenibutadieenikumin ominaisuudet

Styreenibutadieenikumi on yleisimmin käytetty kumimateriaali heti luonnonkumin jälkeen. Styreenibutadieenikumin valmistusmenetelmä on kehitetty Saksassa vuonna 1929. Styreenibutadieenikumin valmistuksessa polymeroidaan styreeni ja butadieeni painosuhteessa 25:75. Kyseisen synteettisen kumin

valmistus alkoi vuonna 1937 Saksassa ja USA:ssa 5 vuotta myöhemmin.
(Tammela 1990, 302.)

Styreenibutadieenikumia polymeroidaan usealla eri tavalla, joista aluksi käytettiin kuuma- sekä kylmäpolimerointia. Myöhemmin SBR-kumia alettiin valmistaa myös liuosmenetelmällä. Täyteaineettoman styreenibutadieenikumin vetolujuus on huono verrattaessa luonnonkumiin. Tämä ominaisuus johtuu kiteisyyden puutteesta. Seostamalla SBR:ään hiilimustaa saadaan vetolujuusarvot lähes samaan suuruusluokkaan kuin luonnonkumilla. (Tammela 1990, 302 - 304.)

Styreenibutadieenikumin hyviä ominaisuuksia on sen huomattavasti parempi kulutuskestävyys, vanhenemiskestävyys, sekä lämmönkestävyys luonnonkumeihin verrattaessa, mikä tekeekin SBR-kumista hyvän materiaalin auton renkaita varten. Kyseisiä ominaisuuksia hyödynnetään valmistettaessa autojen renkaita siten, että kevyemmät renkaat voidaan valmistaa seostamattomasta SBR:stä, mutta raskaampiin renkaisiin on käytettävä seoksia, jotka sisältävät SBR:än lisäksi butadieenikumia, isopreenikumia tai luonnonkumia. (Tammela 1990, 304 - 305.)

Styreenibutadieenikumi tarttuu huonosti muihin materiaaleihin luonnonkumiin verrattuna, joka on vaadittava ominaisuus renkaiden ja vahvistettujen letkujen valmistuksessa. SBR:n tartuntaa parannetaan seostamalla sitä adheesiota parantavilla hartseilla tai lisäämällä luonnonkumia lujitteen ja SBR:n väliin.
(Tammela 1990, 305.)

66 % SBR:n tuotannosta menee renkaiden valmiustukseen, jäljelle jääneestä tuotannosta valmistetaan joustolevyjä, letkuja ja tiivisteitä ja muita kumituotteita.
(Tammela 1990, 305.)

3.2 Vulkanointi

Vulkanoinnissa kautsun molekyylit silloitetaan kumiksi. Jotta kumi saisi mahdollisimman hyvät ominaisuudet, jokaisen kautsumolekyylin olisi silloitettava viereisiin molekyyleihin 4-5 ristisidoksella. Yleisimmät käytössä olevaissa vulkanointimenetelmässä käytetään rikkiä tai peroksidgeja. (Tammela 1990, 280.)

Rikillä vulkanoidessa rikkiä tarvitaan 10 % raakakumin määrästä. Silloittautumisreaktiot tapahtuvat hitaasti 140 °C:n lämpötilassa, näin korkea lämpötila huonontaa kumituotteen laatua. Vulkanoidessa käytetään myös erilaisia kiihdyttäjiä, kuten tiatsoleja ja ksantogenaatteja. Kyseisten kiihdyttimien hyödyntäminen nopeuttaa vulkanointia sekä mahdollistaa vulkanoinnin alhaisemmissa lämpötiloissa. (Tammela 1990, 280.)

Peroksidgeilla vulkanoidaan eteenipropeeni- sekä silikonikumeja. Vulkanointiin sopivia peroksidgeja on vähän, mutta yleisimmin käytetty on dikumyyliperoksidi. EPDM-kumeja valmistetaan yleensä peroksidgevulkanoinnin avulla. (Tammela 1990, 282.)

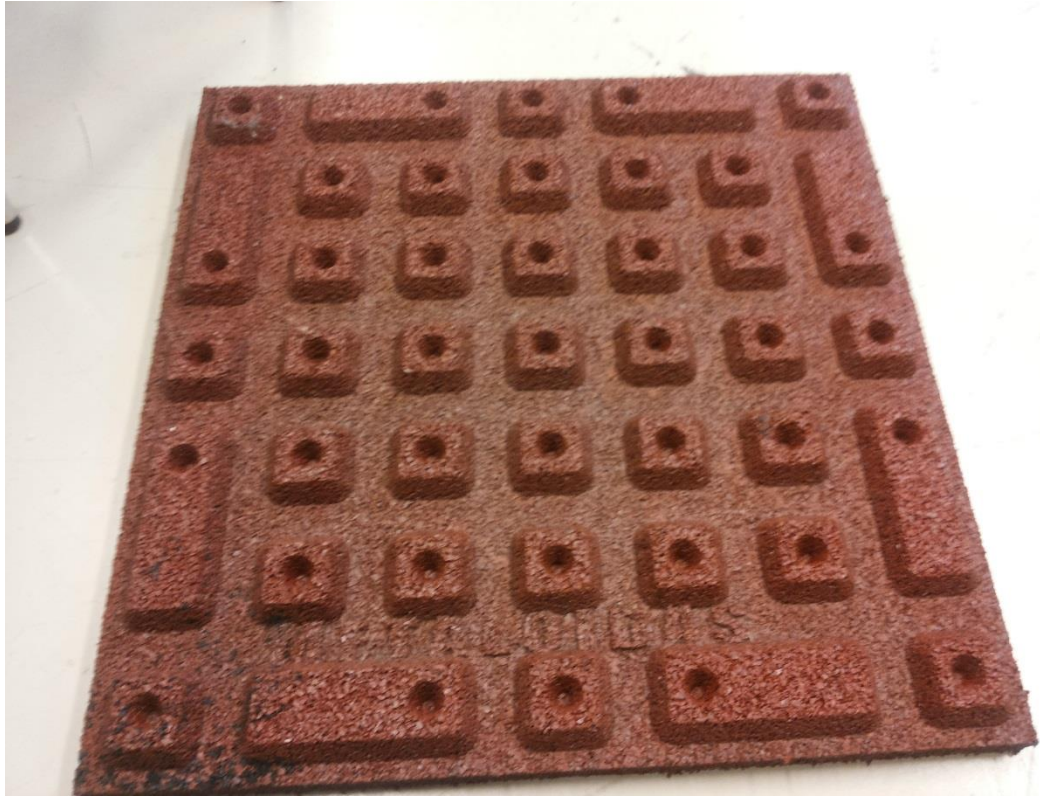
4 TURVA-ALUSTAN KEHITYS

4.1 Materiaalien valinta

Turva-alustaa alettiin kehittämään enemmän materiaalin osalta, koska rakenne oli jo valmiiksi helposti käytettävissä ja kuljetettavissa olevan muotoinen ja se oli helppo valmistaa useammallakin tuotantomenetelmällä. Lisäksi nykyisessä turva-alustan muotoilussa oli hyvin otettu huomioon veden poistuminen maton alta, kuten kuvasta 2 voidaan nähdä. Tämä on hyödyllinen ominaisuus Suomen ilmastossa varsinkin talvisin, jolloin alustan alle mahdollisesti jäänyt vesi jäätyy ja voi liikuttaa turva-alustan paloja irti toisistaan. Lisäksi alustan muut ominaisuudet, kuten pinnankarheus, on tärkeä ominaisuus, turva-alustan pinta ei saisi olla liukas märkänä eikä kuivanakaan.

Ennen testauksien alkamista tutkittiin useammankin muovimateriaalin soveltuvuutta turva-alustamateriaaliksi, mutta suurin osa materiaaleista valikoitui pois niiden liian matalan tiheyden tai vettä imevän huokoisen rakenteen takia. Lopulta testattaviksi materiaaleiksi valikoitui polyuretaani, niin pehmeänä ja kovempaan seoksena, eteenipropeenikumi sekä alkuperäinen turva-alusta, jotta saatiin vertailuarvoja.

Valituille materiaaleille suoritettiin Taber-hankaustesti, ennen ja jälkeen kuukauden altistusta UV-säteilylle UV-kaapissa. Tällä testillä pyrittiin selvittämään materiaalin kestävyys, kun alustan yli kävellään useita kertoja, ja samalla auringon säteily vanhentaa materiaalia tehden siitä hauraamman.



KUVA 2. Alkuperäisen turva-alustan pohjan muotoilu estää vettä jäämästä alustan alle.

4.2 Polyuretaani (PUR)

Polyuretaanin hyviä ominaisuuksia on, että saadaan valmistettua useita eri tiheyksisiä levyrakenteita. Tällöin tuotteesta saisi myös tarpeeksi painavan, jotta valmistettava turva-alusta ei liiku paikoiltaan mahdollisten sadevesien ja routimisen mukana. Testattaviksi polyuretaanipaloiksi valikoitui rakennusten tärinänvaimennuksessa käytettävät Sylodyn- ja Sylomer-materiaalit, jotka on esitetty kuvassa 3. Kyseisistä materiaaleista Sylodyn on korkeamman tiheyden omaava materiaali, kun taas Sylomer on hieman pehmeämpi ja matalampitiheysinen polyuretaanimatto (Christianberner 2010).

Polyuretaanista valmistettavat turva-alustan palat voitaisiin valmistaa reaktiovalu-menetelmällä (RIM).



KUVA 3. Polyuretaanimateriaalin testipalat.

4.3 PP-E:n ominaisuudet

PP-E eli vaahdotettu polypropeeni on auton puskureiden ja ovien täyteaineena käytetty materiaali. Materiaalin hyviä ominaisuuksia ovat hyvä kemikaalien- ja iskunkestävyys sekä pakkasen että UV-valon kesto. (Appro 2014.)

Vaahdotetun polypropeenin huonoja ominaisuuksia on vettä kevyempi ominaispaino, joka aiheuttaisi ongelmia turva-alustaratkaisuisissa kiinnityksen kannalta. Tosin muilta ominaisuuksiltaan vaahdotettu polypropeeni olisi mahdollisesti jopa hyvä materiaali kyseiseen käyttötarkoitukseen.

4.4 EPDM-kumi

EPDM on eteeniä ja propeenit sisältävä kumimateriaali, joka sisältää myös jotakin dieneimonomeeria, joka lisää polymeeriin kaksoissidoksia. EPDM voidaan vulkanoida sekä rikkimenetelmällä että peroksideilla.

EPDM-kumia käytetään yleensä erilaisissa ulkoilmaolosuhteissa olevissa käyttökohteissa, kuten erilaisissa ovien tiivisteissä ja auton kuraläpissä. (Seppälä 2008, 252.)

EPDM-kumi sopisi turva-alustamateriaaliksi sen hyvän ominaisuuksien säilyvyyden takia: EPDM:n ominaisuudet eivät muutu paljoa lämpötilan muuttuessa, lisäksi matto ei muutu liukkaaksi, vaikka se kastuisikin. Kuvassa 4 on esitetty testattava EPDM-kumimaton palanen.



KUVA 4. EPDM-kumimaton palanen

5 VALMISTUSMENETELMÄT

5.1.1 Reaktiovalu (RIM)

Polyuretaanituotteita valmistetaan reaktiovalulla, eli reaction injection mouldingilla, josta yleensä käytetään nimitystä RIM. Kyseinen menetelmä on alkujaan kehitetty polyuretaanikappaleiden valmistusta varten. (Kurri, Malén, Sandell & Virtanen 2002, 163.)

Reaktiovalussa nestemäisessä muodossa olevat muoviraaka-aineet ruiskutetaan muottiin, jossa ne polymeroituvat kiinteäksi muovituotteeksi. Nykyisin reaktiovalulla valmistetaan muovituotteita myös hartsista ja styreenistä. (Tammela 1990, 381.)

Polyuretaani voi raaka-aineena sisältää ponneaineita, täyteaineita ja lasikuituja, sekä se voi muodostaa kovia tai joustavia rakenteita. Polyuretaanisolumuovi tuotetta valmistettaessa polyolit sekoitetaan katalyytin kanssa ja ruiskutetaan nopeasti muottiin ponneaineseoksen avulla. (Tammela 1990, 381.)

Reaktiovalussa yleisesti käytettyjä täyteaineita ovat liitu, alumiinihydroksidi, talkki ja lyhytkuituinen lasikuitu. Yleisimpiä reaktioruiskuvalumenetelmällä valmistettavia tuotteita ovat autojen puskurit ja kojelaudat. (Tammela 1990, 381.)

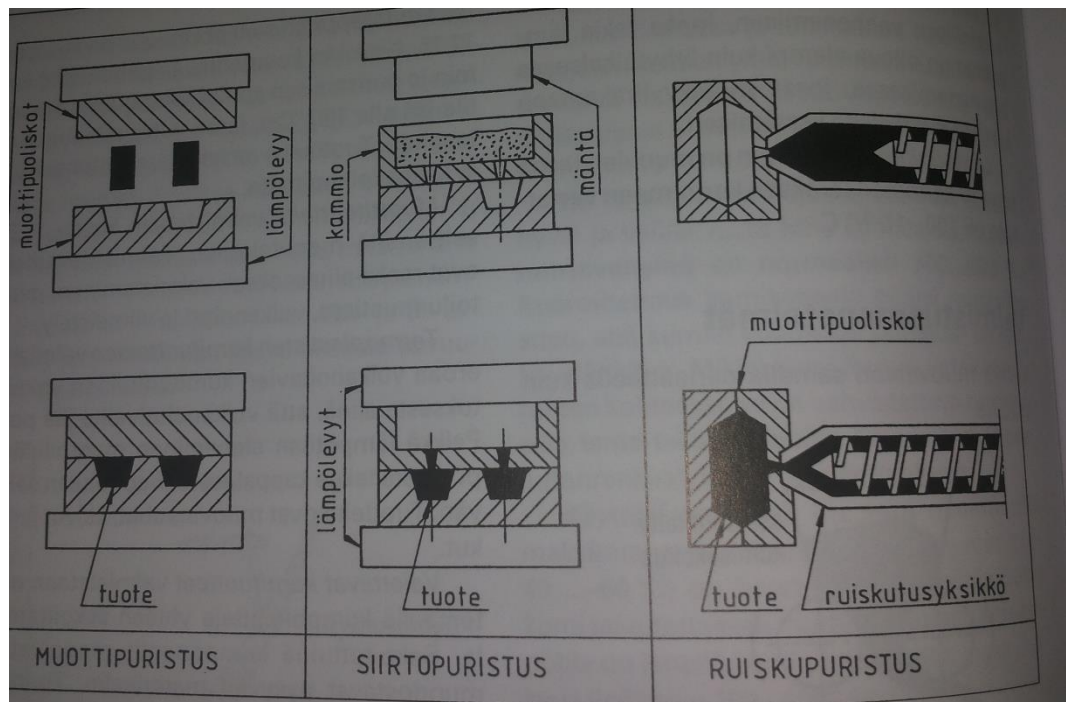
5.1.2 Kalanterointi, suulakepuristus ja muottipuristus

Kumia voidaan muovata samanlaisella periaatteella kuin muovimateriaalejakin. Tällaisia valmistusmenetelmiä ovat esimerkiksi kalanterointi, suulakepuristus ja muotin avulla muovaus. (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski 2010, 207.)

Suulakepuristuksessa ruuvin kitka ja sylinterin lämpövastukset kuumentavat ja pehmentävät kumin, minkä jälkeen ruuvi työntää sen suulakkeen läpi. Kumin suulakepuristuksessa lämpötila jää alle 150 °C:n, joten kumi ei vulkanoidu. Tällä

tavalla valmistettavat tuotteet ovat letkuja, nauhoja ja kaapelipinnoitteita.
(Koivisto ym. 2010, 207.)

Kalanteroinnissa lämmitetty kumiseos muovataan levyksi 3 - 6 telan välissä, jolloin tuotteetkin ovat levymäisiä, kuten levyjä ja kalvoja. Muotin avulla kumituotteita valmistettaessa työvaiheita ovat raaka-aineseoksen valmistus, muotissa muotoilu, kumin vulkanointi sekä valmiin tuotteen viimeistely. Kuvassa 5 on esitetty yleisimmät kumituotteen muottipuristus menetelmät. (Koivisto ym. 2010, 207.)

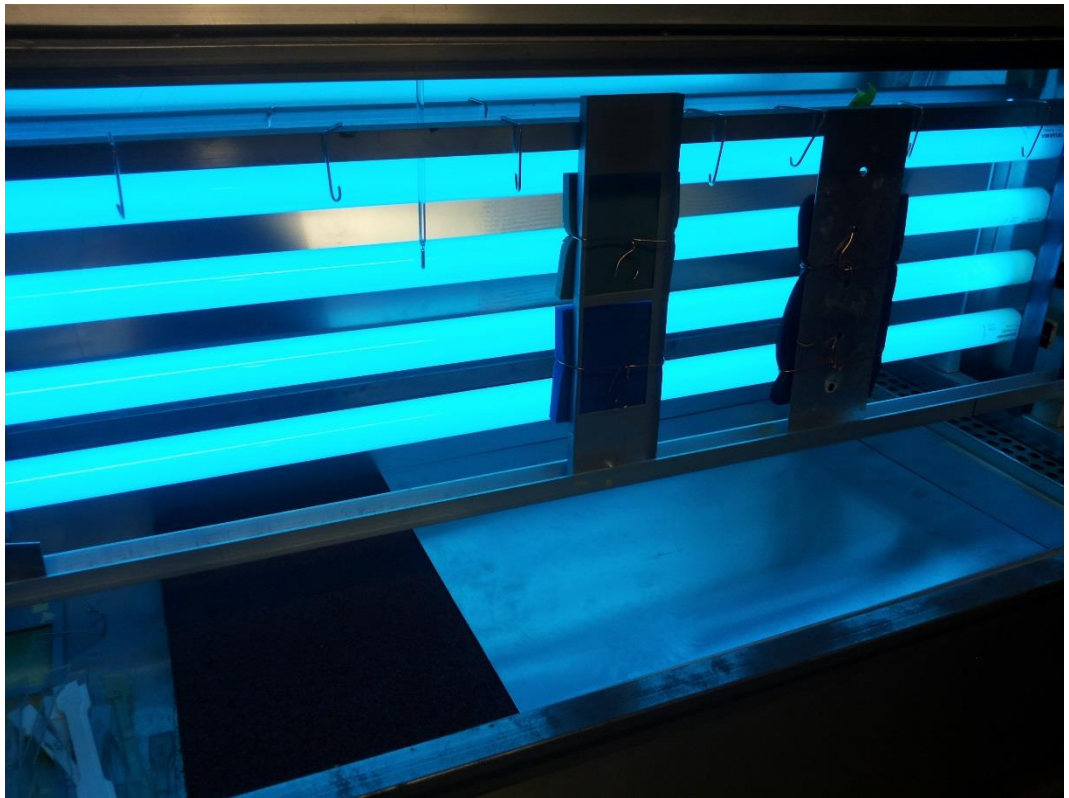


KUVA5. Erilaiset kumituotteen muottipuristusmenetelmät (Koivisto ym. 2010, 208.)

6 MATERIAALIEN TESTAUS

6.1 UV-testaus

Testaukseen asti pääsevistä materiaaleista PUR, EPDM ja SBR, mitattiin kappaleiden väri niin ennen kuin jälkeen UV-käsittelyn. Lisäksi tehtiin Taber-hankaustesti, jolla nähtiin materiaalien rakenteen heikkeneminen UV-valon vaikutuksesta. Hankaustestissä kappaleita pyöritettiin tuhat kierrosta, turvalustamateriaalit punnittiin ennen ja jälkeen hankauksen ja tuloksista tehtiin taulukko, josta nähtiin eniten ja vähiten haurastunut materiaali. Materiaaleja testattiin ilman UV:lle altistusta sekä kuukauden UV-valolle altistumisen jälkeen. UV-altistus suoritettiin UV-kaapissa. Kuvassa 6 testattavat materiaalit on asennettu UV-kaappiin.



KUVA 6. Materiaalien UV-altistus

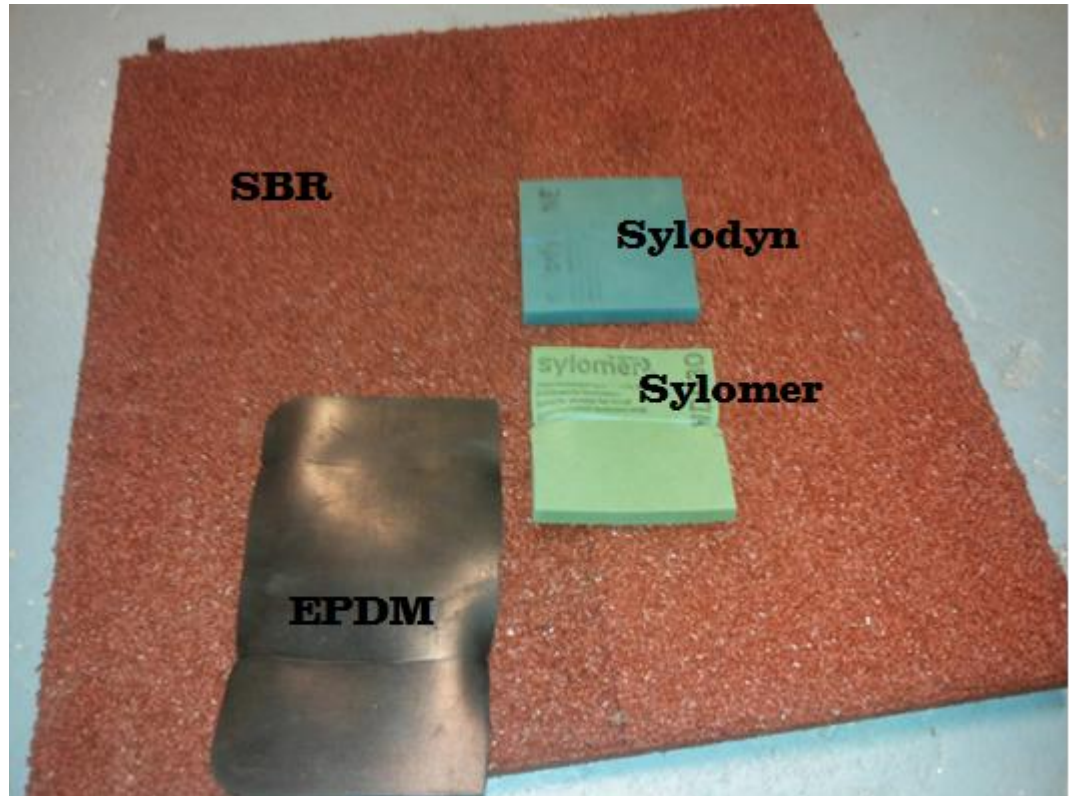
6.1.1 UV-säteily

Auringon säteilyssä on näkyvän valon lisäksi ihmissilmälle näkymättömiä lämpösäteitä sekä UV-säteitä. UV-säteily on näkyvän valon ja röntgensäteilyn välissä olevaa sähkömagneettista säteilyä. UV-säteily jaetaan kolmeen alueeseen: UV-A-, UV-B- ja UV-C-säteilyyn. Auringonsäteilystä UV-C-säteily poistuu ilmakehän otsonikerroksessa, samoin myös UV-B-säteilyä poistuu ilmakehässä, mutta vain osittain. (Ilmatieteenlaitos 2014.)

6.1.2 Kappaleiden testaus

UV-testaus kappaleille suoritettiin valokaapissa, jossa oli neljä kappaletta 40 W:n mustavaloloisteputkia. Materiaalipalat olivat UV-kaapissa noin kuukauden ajan, jonka jälkeen kappaleet poistettiin kaapista.

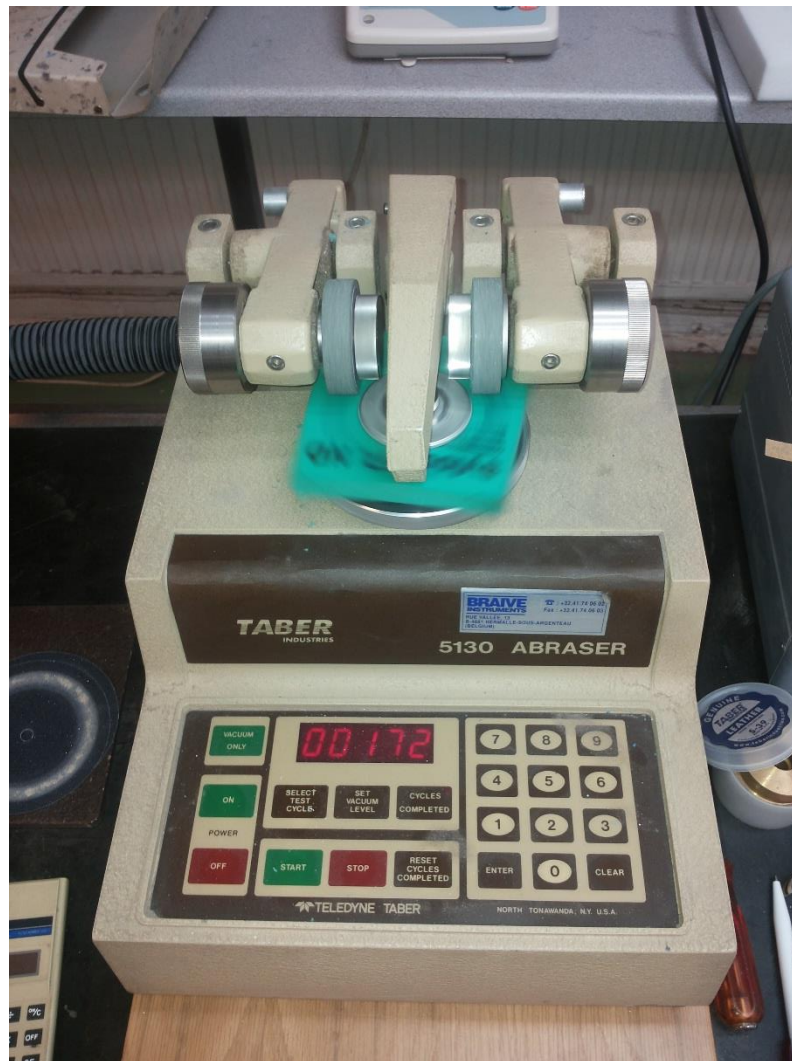
Testattavissa maton paloissa huomattiin heti kaapista poiston jälkeen selvä väriero alkuperäiseen väriin nähden. Kuvassa 7 voidaan nähdä, kuinka UV-valo on vaikuttanut alimmaisena olevaan alkuperäiseen SBR-kumiseen mattoon, joka oli kuukauden UV-altistuksen jälkeen vain tummunut hieman, kun taas PUR-matoista huomattiin että mattojen valmistuksessa ei ollut käytetty luultavasti mitään UV-suoja-ainetta. PUR-maton palat olivat nimittäin muuttaneet väriä hyvinkin paljon, sekä rakennekin oli muuttunut hauraaksi sekä pinta jauhomaiseksi. EPDM-maton paloille ei ollut tapahtunut melkein minkäänlaista värin tai rakenteen muutosta silmämääräisesti tarkasteltaessa.



KUVA 7. Testimateriaalit UV-vanhennuksen jälkeen

6.2 Taber-hankaustesti

Taber-hankaustestissä käytetään 100 mm:n halkaisijalla olevia neliskulmaisia tai pyöreitä koekappaleita. Materiaalin pintaa hangataan kahden hiomakiven avulla, jotka ovat noin 40 mm:n etäisyydellä toisistaan. Hiomakivissä käytetään lisäpainoja, jotka lisäävät painetta kivien osumalle alueelle, jolloin kiville syntyy tehokkaampi hionta. Taber-laitteessa voidaan käyttää 250 g:n, 500 g:n tai 1 kg:n painoja. (Taber industries 2014.)



KUVA 8. PUR:n Taber-testaus käynnissä

Taber-hankaustestillä testattiin sekä alkuperäistä SBR-kumirouhemattoa että EPDM- ja PUR-mattoja UV-käsittelyllä ja ilman käsittelyä. Testeissä kävi ilmi, että PUR-materiaalilla on erittäin huono kulutuksen kestävyys, varsinkin silloin, kun matto on saanut UV-valoa. Parhaiten hankaustestistä selvisi EPDM kuminen matto, sillä ei ollut suurta merkitystä, oliko kyseinen matto saanut UV-säteilyä vaiko ei. Kuvassa 8 voidaan nähdä, miltä Taber-testaus näyttää.

Hankauskokeessa Taber-laitteen pöytä pyörii. Testituloksena saatiin vertailukelpoisia tuloksia, kun pöytää pyöritettiin jokaisella materiaalilla yhtä monta kierrosta. Tässä testissä sopivaksi testauskierrosmääräksi valikoitui 1000 kierrosta.

Testaus suoritettiin punnitsemalla testattavat mattomateriaalit, ennen ja jälkeen Taber-koneen hankausta. Näin saatiin grammoina selville, kuinka paljon materiaalia matonpaloista oli irronnut testin aikana.

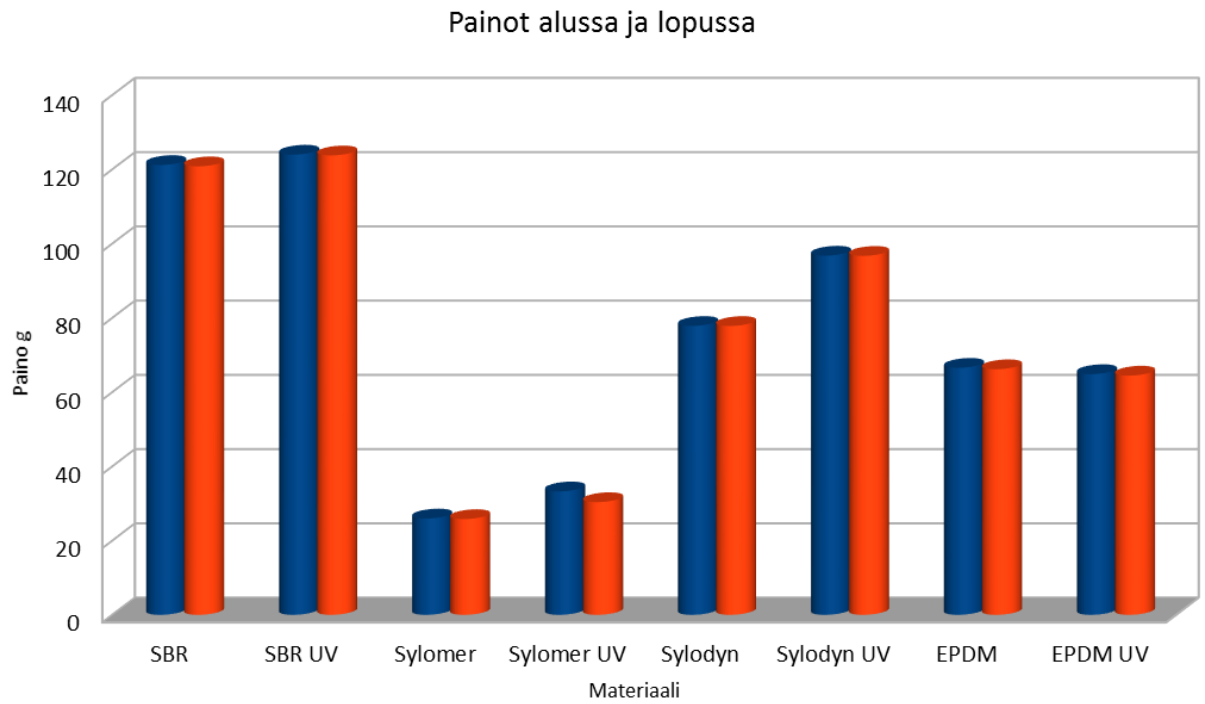
TAULUKKO 1. Taberkokeen tulokset

Materiaali	Paino alussa g	Paino hankauksen jälkeen g	Painoero g	Painoero %
SBR	121,18	120,82	0,36	0,30
SBR UV	123,97	123,76	0,21	0,17
Sylomer	25,96	25,8	0,16	0,62
Sylomer UV	33,25	30,36	2,89	9,52
Sylodyn	77,83	77,82	0,01	0,01
Sylodyn UV	96,75	96,7	0,05	0,05
EPDM	66,54	66,17	0,37	0,56
EPDM UV	64,85	64,45	0,4	0,62

Taulukosta 1 voidaan nähdä, kuinka paljon vaikutusta UV-valolla oli testattavien materiaalien hankauskestävyyteen. Kuviossa 1 on samat lukemat ilmoitettu graafisessa muodossa. Alkuperäinen SBR-kuminen matto kesti yllättävän hyvin kulutusta verrattuna vaihtoehtoisin matonvalmistusraaka-aineisiin, mutta silti Sylodyn- ja EPDM-materiaalit vaikuttavat kestävästi hieman paremmin, kuin alkuperäinen matto. Kuvassa 9 on vierekkäin UV-säteilyä saanut ja ilman säteilyä vaikutusta Taber-testatut EPDM-kumi matot.



KUVA 9. EPDM-kumimaton palaset Taber-testin jälkeen



KUVIO 1. Materiaalien painon muutos Taber-testissä; sininen pylväs materiaalipalan alkuperäinen paino, kun oranssi taas on paino testin jälkeen.

7 VÄRIN TESTAUS

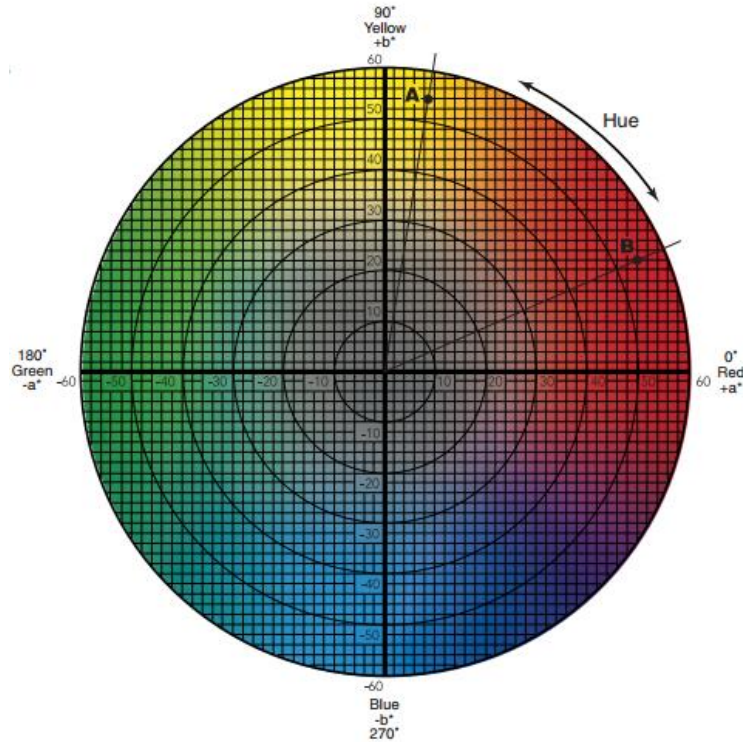
7.1 CIE-värijärjestelmä

Lyhenne CIE tulee sanoista Commission Internationale de L'Eclairage. Kyseinen elin vastaa kansainvälisestä suosituksista fotometriassa ja kolorimetriassa. Vuonna 1931 CIE standardisoi väri tilausjärjestelmät määrittämällä valonlähteen ja tarkkailijan ja menetelmät, joiden avulla voitiin määrittää arvot kuvaamaan väriä. CIE-värimenetelmä käyttää kolmea eri koordinaattia paikantamaan värin väriavaruudesta. Näitä määritysavaruuksia ovat CIE XYZ, CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*C^*h^\circ$. (X-rite 2007.)

Jopa ihmisen silmä tarvitsee kolme asiaa, jotta se erottaa värin. Nämä asiat ovat valon lähde, kappale ja havainnointi. Samat ominaisuudet täytyy löytyä myös laitteesta, joka näkee värit. Värimittauslaitteet havainnoivat värin samanlailla, kuin ihmisen silmä, eli keräämällä ja suodattamalla kappaleesta heijastuvat aallonpituudet. Mittalaite määrittää kyseisistä heijastuksista numeeriset arvot. Nämä arvot on kirjattu pisteiksi läpi koko näkyvän spektrin, mitä kutsutaan spektridataksi. Spektridata kuvaa spektrikurvia. Tämä kurvi on värin sormenjälki. (X-rite 2007.)

7.2 CIELAB ($L^*a^*b^*$)

Kun väri on esitetty CIELAB-menetelmällä, L kuvaa värin kirkkautta, a^* tarkoittaa punaisen/vihreän arvoa, kun b^* on keltaisen/sinisen arvo. a^* -akseli liikkuu vasemmalta oikealle. Värin mittausarvon muuttuessa +a suuntaan, väri muuttuu enemmän punaiseksi, kun taas b^* -akselilla +b suunta muuttaa väriä enemmän keltaiseksi. Keskikohta L^* -akselilla tarkoittaa L arvon olevan nolla, eli väri on musta, tai se ei heijasta valoa. Keskikohta tällä tasolla on neutraali tai harmaa, kuten kuvasta 10 voidaan nähdä. (X-rite 2007.)



KUVA 10. CIELAB värikartta (X-rite 2007)

7.3 Kappaleiden värin testaus

Testattavista tuotteista mitattiin väri CIELAB-tekniikalla ennen ja jälkeen UV-kaapissa oloa. Jokainen maton pala mitattiin kolmesta eri kohdasta, jolloin saatiin selville mahdollinen värivaihtelu ja tuloksien keskiarvo. Mittaustuloksista voi päätellä, että materiaaleilla oli suhteellisen isoja eroja värin muuttumisessa UV-vanhennuksen aikana. Kuten taulukoista 2 ja 3 voidaan huomata, on materiaaleille tapahtunut suuriakin muutoksia. Alkuperäinen SBR-kuminen matto on muuttanut väriään hieman enemmän vihreäksi ja siniseksi, kun kirkkaus on pysynyt melkolailla samana. Molemmat polyuretaanit ovat muuttaneet väriään enemmän punaiseksi ja keltaiseksi, kirkkauden laskiessa hieman. EPDM-kumille ei ainakaan kuukauden UV-vanhennuksen jälkeen ole tapahtunut mainittavaa muutosta värissä.

TAULUKKO 2. Väriarvot ennen UV-altistusta

Ilman UV-valoa				
Materiaali	Koe	a	b	L
SBR	1	+14,62	+11,30	24,60
	2	+14,37	+10,67	26,78
	3	+14,60	+10,80	25,48
PUR pehmeä (Sylomer)	1	-18,21	+0,12	47,64
	2	-17,85	+0,49	48,92
	3	-17,95	+0,12	48,29
PUR kova (Sylodyn)	1	+2,17	-36,70	40,49
	2	+3,69	-38,97	40,94
	3	+3,73	-39,18	40,71
EPDM	1	-0,10	-1,11	26,09
	2	-0,46	-1,36	27,26
	3	-0,41	-1,50	27,69

TAULUKKO 3. Väriarvot UV-vanhennuksen jälkeen

UV käsittely				
Materiaali	Koe	a	b	L
SBR	1	+11,5	+8,40	26,25
	2	+12,91	+9,35	24,88
	3	+13,22	+8,81	26,70
PUR pehmeä (Sylomer)	1	-13,70	+14,40	44,85
	2	-13,26	+13,60	42,70
	3	-13,84	+14,29	45,68
PUR kova (Sylodyn)	1	-10,88	-11,28	41,27
	2	-11,00	-9,27	40,46
	3	-10,99	-9,20	41,37
EPDM	1	-0,10	+0,42	24,30
	2	+0,04	+0,61	26,23
	3	-0,24	+0,73	25,90

8 TUOTTEEN HINTA

Valmistettavan tuotteen hinta koostuu raaka-ainekustannuksista, koneen hankintahinnasta, lisäksi tuotteen paksuudella on myös vaikutusta tuotteen lopulliseen hintaan. Tuotteen hinta riippuu paljon valitusta materiaalista, joka vaikuttaa myös tarvittaviin koneisiin ja muotteihin. Hinta laskettiin testeissä parhaiten pärjänneelle kahdelle materiaalille, eli kovalle polyuretaanille sekä eteenipropeenikumiselle matolle. Kyseisillä materiaaleilla on eroja valmistus- ja käsittelykoneissa sekä raaka-ainehinnoissa. Hintaesimerkit ovat peräisin alibaba.com:sta.

8.1 Polyuretaanimaton hinta

Polyuretaanista valmistetun maton hinnaksi muodostui noin 51 €/m². Kyseinen hinta muodostuu raaka-aineesta, koneesta ja muotista. Myös valmistettavien mattojen määrä vaikuttaa lopulliseen tuotteen hintaan. Kyseisessä hinnan määrittelyssä oli käytetty RIM-koneen hintaa, joka oli noin 100 000 €, ja muotin hintaa, joka vaihteli suuresti tarvittavien koneistuksien ja erikoisien muottipesien muotojen mukaan. Yksinkertaiselle muotille hintaa kertyi noin 60 000 €. Laskuissa on käytetty raaka-aineen noin 2 €/n kilogramma hintaa. Valmistettavien kappaleiden määränä laskelmissa käytettiin näin aluksi kohtuullista 20 000 kappaleen valmistusmäärää. Turva-alustamaton paksuutena käytettiin 19 mm:ä.

8.2 EPDM-maton hinta

EPDM kumimateriaalista valmistetun maton hinnaksi muodostuu noin 45 €/m². Kyseinen hinta muodostuu raaka-aineesta, hankittavista koneista ja muotista. Kyseisessä hinnan laskennassa oli käytetty ruiskuvalukoneen hintana 100 000 €:a ja muotin hintana 60 000 €:a ja raaka-aineen hintana 1 €/a/kg. Valmistettava kappalemäärä ja alustan paksuus pysyvät samana.

9 MATERIAALIEN VERTAILU

Materiaalien testaustuloksista päätellen nykyinen SBR-kuminen matto on hankauskestävyydeltään hyvin lähellä EPDM-kumin kestävyyttä. Lisäksi UV-valolla vaikuttaisi olevan SBR-kumilla vähemmän vaikutusta materiaalin kestävyYTEEN. Kun SBR-kumista mattoa verrataan polyuretaanista valmistettuun mattoon, huomataan, että pehmeämpi Sylomer-matto hajoaa enemmän Taber-testin aikana. Sylodyn-matolla vaikuttaa olevan kaikkein paras hankauksen kestävyys, niin ilman UV-valon vaikutusta, kuin sen jälkeenkin.

Väriin UV-valolla vaikutti olevan kaikissa materiaalivaihtoehtoissa lähes yhtä paljon vaikutusta: kaikki testatut matot vaalenivat valon vaikutuksesta jonkin verran. Vähiten värin muutosta tapahtui kuitenkin EPDM-matolla, jolla ei silmämääräisesti ollut havaittavissa minkäänlaista värin muutosta UV-altistuksen jälkeen. Lisäksi Sylomerissa oli havaittavissa pientä haurastumista ja materiaalin pinnan jauhomaiseksi muuttumista, kun muilla materiaaleilla mainittua muutosta ei ollut tapahtunut.

Testaustulosten perusteella kimmoisuutensa puolesta turva-alustamateriaaliksi hyvin sopinut Sylomer osoittautui Taber-hankaustestissä helposti hajoavaksi materiaaliksi, varsinkin UV-valoaltistuksen jälkeen. Kovempi polyuretaanimateriaali Sylodyn kesti testien mukaan paremmin hankausta, niin UV-käsittelyn jälkeen, kuin ennenkin sitä. EPDM-kumi osoittauti liian pehmeäksi hankaustesteissä jo ennen UV-valolle altistamista, vaikkakin kuukauden UV-kaapissa ololla ei näyttänyt olevan vaikutusta materiaalin kestävyYTEEN.

Mahdollisesti hyväksi turva-alustamateriaaliksi osoittautui testien perusteella Sylodyn-materiaali, vaikkakin kyseisellä materiaalilla ongelmaksi muodostuu materiaalin valmistetun maton liian korkea hinta. Maton voisi tietysti valmistaa myös EPDM-kumista, mutta tällöinkin maton valmistuskustannukset olisivat korkeammat kuin vaatimuksena ollut 30 €/m².

10 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin mahdollisia turva-alustamateriaalivaihtoehtoja ja niille sopivia valmistustapoja. Tehtyjen testien perusteella hyväksi materiaalivaihtoehtoiksi valikoitui joko Sylodyn-polyuretaani tai EPDM-kumi. Tosin kyseisistä materiaaleista valmistetulle alustalle tulee tällä hetkellä hieman liian korkea neliöhinta, kyseiset raaka-aineet voivat toki muuttua tulevaisuudessa halvemmiksi valmistusmateriaaleiksi, jolloin alustan voisi kyseisistä raaka-aineista valmistaa.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli huomattua materiaalien erilaisia käyttäytymisiä UV-säteilyn vaikutukseen se millaisia testejä voidaan suorittaa hankauskestävyyttä ja tuotteen väriä tutkittaessa. Lisäksi raaka-aineiden työstettävyyden ja koneiden teorian tutkiminen oli haastavaa saatavilla olleen tiedon vähyyden takia. Haasteita työn tekemisessä toivat turva-alustan valmistusmenetelmän suunnittelu, joka myös poikkeaa yleisimmistä muovituotteiden valmistusmenetelmistä.

Selvitystyötä voisi vielä parantaa materiaalin ja koneiden hintojen puolesta. Hintarviot ovat suuntaa antavia, tarkat koneiden ja materiaalien kustannukset selviävät tarjouspyyntöjä lähettämällä. Tällöin voitaisiin selvittää, onko valmistettavan maton hinnassa vielä noin suurta eroa.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Otatieto.

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2010. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita.

Seppälä, J. 2008. Polymeeritekniikan perusteet. 6. painos. Helsinki: Otatieto.

Tammela, V. 1990. Polymeeritiede ja muovitekniikka. Osa 3. Helsinki: Otatieto.

Elektroniset lähteet:

Appro. 2014. EPP properties [viitattu 2.9.2014]. Saatavissa:

<http://www.epp.com/expanded-polypropylene-properties/#energyAbsorption>

Christianberner. 2010. Overview of materials [viitattu 27.8.2014]. Saatavissa:

[http://www.christianberner.fi/\\$-1/file/filarkiv/cboy/tarinaneristys/yleiset/getzner-materials-overview-1.pdf](http://www.christianberner.fi/$-1/file/filarkiv/cboy/tarinaneristys/yleiset/getzner-materials-overview-1.pdf)

Ilmatieteenlaitos. 2014. Mitä ovat UV-säteily ja UV-indeksi? [viitattu 17.9.2014].

Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/ultraviolettisateily>

Taber industries. 2014. Taber Abraser [viitattu 2.9.2014]. Saatavissa:

<http://www.taberindustries.com/taber-rotary-abraser>

X-rite. 2007. A Guide to Understanding Color Communication [viitattu

27.5.2014]. Saatavissa: http://www.xrite.com/documents/literature/en/L10-001_Understand_Color_en.pdf

LITTEET