



Karelia-ammattikorkeakoulu



Sää- ja UV-rasituskoee uusiomuo- vista valmistetuille testisauvoille

Satu Ruuska

Annika Tuovinen

Raportti, kesäkuu 2023

www.karelia.fi

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Yleistä muovien sääaltistuksesta	1
3	Menetelmät	2
3.1	Sää- ja UV-testauskaappi	2
3.1.1	Testausohjelma.....	2
3.2	Mekaaniset kokeet.....	3
4	Tulokset	6
4.1	Vetokoe.....	6
4.3	Iskukoe	8
4.3.1	Komposiittitestisauvat	8
4.3.2	Uusiomuovitestisauvat	10
5	Pohdinta.....	11
	Lähteet.....	13

Kuvat

Kuva 1	Ray-Ran heilahdusiskukasara
Kuva 2	Uusiomuovitestisauvan testausta Instron 3367 aineenkoeistuslaitteistolla
Kuva 3	Iskukokeen läpikäyneitä testikappaleita.

Kaaviot

Kaavio 1	Komposiittisauvojen kimmokertoimet (altistettu ja altistamaton).
Kaavio 2	Uusiomuovisauvojen kimmokertoimet (altistettu ja altistamaton).
Kaavio 3	Komposiittisauvojen vetolujuudet (altistettu ja altistamaton).
Kaavio 4	Uusiomuovisauvojen vetolujuudet (altistettu ja altistamaton).
Kaavio 5	Komposiittitestisauvojen iskunkestävyys huoneenlämpöisenä
Kaavio 6	Komposiittitestisauvojen iskunkestävyys pakastettuna
Kaavio 7	Uusiomuovitestisauvojen iskunkestävyys huoneenlämpöisenä
Kaavio 8	Uusiomuovitestisauvojen iskunkestävyys pakastettuna

Kaavat

Kaava 1	Altistettujen ja altistamattomien testituloksien keskiarvojen prosenttiarvo
---------	---

Liitteet

- Liite 1 Altistamattomien ja altistettujen komposiittitestisauvojen vetokäyrät
- Liite 2 Altistamattomien ja altistettujen uusiomuovitestisauvojen vetokäyrät
- Liite 3 Koekappaleiden vetolujuudet ja kimmokertoimet
- Liite 4 Iskukokeiden mittauspöytäkirja

1 Johdanto

Materiaalien vanhenemista tapahtuu fysikaalisten, kemiallisten ja mekaanisten tekijöiden, kuten sääolosuhteiden ja mekaanisen kuormituksen seurauksena. Vanheneminen muuttaa materiaalin polymeerirakennetta ja usein heikentää sen ominaisuuksia. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella, kuinka UV-säteily, kosteus ja lämpö vaikuttaa uusiomuovista ja puu-muovi-sekoituksesta valmistettuihin testikappaleisiin.

Tutkimusten avulla voidaan arvioida, kuinka esimerkiksi maatalousmuovin ominaisuudet muuttuvat ulkoilmassa ja päätellä, kuinka nämä muutokset vaikuttavat sen hyödynnettävyyteen. Kappaleita altistettiin UV-säteilylle, lämmölle ja kosteudelle kymmenen vuorokauden ajan, jonka jälkeen kappaleiden mekaanisia ominaisuuksia testattiin veto- ja iskukokeilla.

2 Yleistä muovien säältistuksesta

Säältistuskokeilla tutkitaan erilaisten materiaalien fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia olosuhteiden vaikutusmekanismien seurauksena. Testausmenetelmät ovat riippuvaisia tutkimuskohteesta ja selvitystarpeista. Sääkokeita voidaan tehdä nopeutettuna keinotekoisissa olosuhteissa laboratoriossa tai luonnollisten olosuhteiden vaikutuksessa.

Materiaalin altistaminen korkeille lämpötiloille johtaa palautumattomiin muutoksiin polymeerirakenteessa. Lämmön vaikutuksesta makromuovien liikkuvuus kasvaa, jolloin tapahtuu lämpölaajenemista. Korkeassa lämpötilassa polymeerin sidokset voivat katketa, hajota tai depolymeroitua. Korkean lämpötilan ja hapen yhteisvaikutuksessa tapahtuvalla hapettumisella on myös merkittävä rooli materiaalin vanhenemismekanismeissa. Korkea kosteus lämpötilan yhteydessä nopeuttaa myös vanhenemismekanismeja. (Viitaniemi, 2020; Suojoki, 2006).

Kaikkein haitallisin UV-säteilyn aallonpituus on 280–400 nanometrin välillä (Suojoki 2006, 6). UV-säteily aiheuttaa muovissa fotonihajoamista eli nopeaa hajoamista, joka edesauttaa kemiallisten muutosten tapahtumista (McKeen 2013,18). Kyseessä on siis kemiallinen vanheneminen, joka aiheuttaa vaurioita muoviin. Kemiallisessa vanhenemisessä muovin molekyyliketjut rupeavat katkeilemaan tai haaraantumaan (Suojoki 2006, 2.)

3 Menetelmät

Sää- ja UV-rasituskoet suoritettiin pesemättömästä, kierrätetystä maatalousmuovista (PE-LLD) valmistetuille testisauvoille sekä komposiittisauvoille, jotka on valmistettu 50 % kierrätetystä maatalousmuovista (PE-LLD) ja 50 % puuhakkeesta. Kokeessa altistimme 40 kappaletta testisauvoja lämmölle, kosteudelle ja UV-säteilylle, joista 20 oli uusiomuovia ja 20 puu-muovi-komposiittia. Rasituskoet toteutettiin sääkaapilla, johon voi erikseen lisätä UV-valolampun. Altistus kesti kymmenen (10) päivää, jonka jälkeen niille tehtiin veto- ja iskukokeet altistuksen vaikutusten selvittämiseksi.

3.1 Sää- ja UV-testauskaappi

Kokeessa käytettiin Weiss WK1000/70-sääkaappia. Sääkaappiin asetettava UV-lamppu kestää lämpötilan vaihtelua + 10 °C - + 50 °C ja suhteellinen kosteus voi olla enintään 75 %. Tämän vuoksi kappaleita ei voitu ohjelman aikana altistaa pakkaslämpötiloille. Ilman UV-lamppua lämpötilan vaihtelu voi olla – 40 °C - + 70 °C eikä suhteellisella kosteudella ole rajoituksia (henkilökohtainen tiedonanto Nyysönen, 2023.)

3.1.1 Testausohjelma

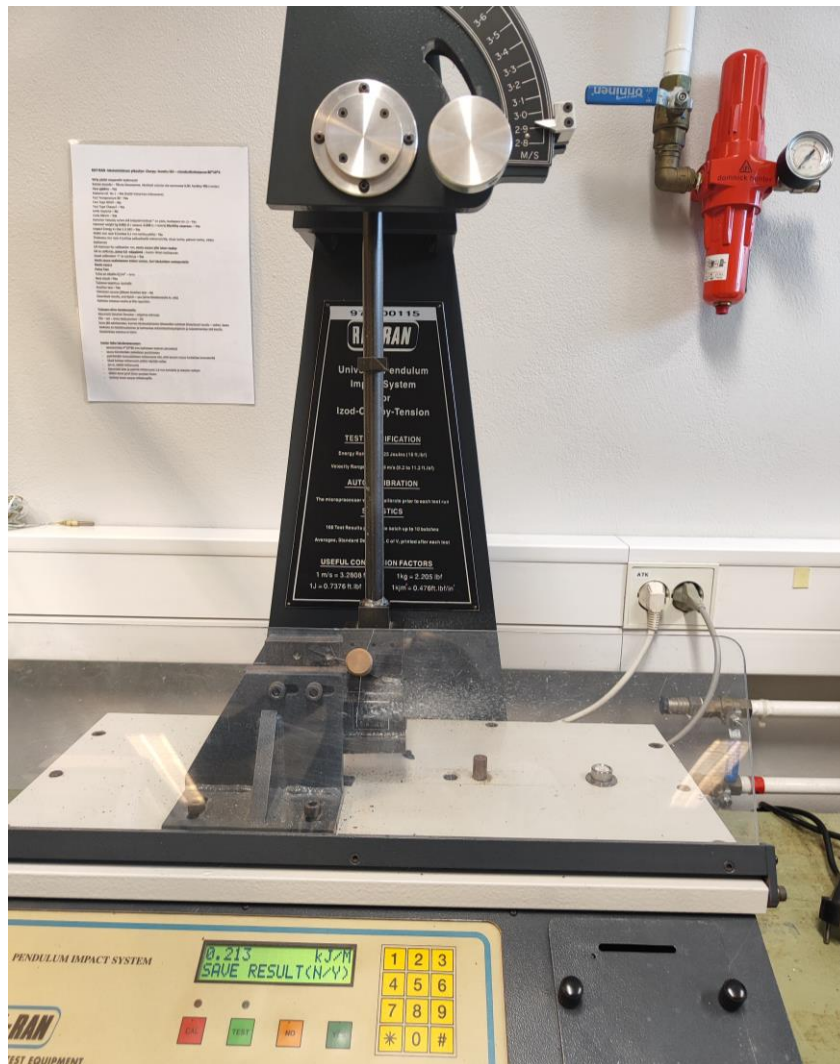
Testausohjelma alkoi pimeäsyklillä, jossa lämpötila laskettiin +10 asteeseen ja samalla lisätään kosteutta niin, että suhteellinen kosteus on 75 %. Pimeäsykli,

jossa UV-valo ei ollut päällä, kesti 4 tuntia. Seuraavassa syklissä lämpötilaa nostettiin + 50 asteeseen ja sääkaappi kuivattiin, jolloin suhteellinen kosteus oli 30 %. Tässä syklissä UV-valo oli päällä. UV-altistussyklin kesto oli 8 tuntia, ja koko ohjelma kesti 12 tuntia. Tämä ohjelma ajettiin yhteensä 20 kertaa, jolloin koko testausohjelman kesto oli 10 vuorokautta (240 h). Ohjelman loppuun lisättiin 15 minuutin tasausjakso. Tasausjakson aikana sääkaappi palauttaa suhteellisen kosteuden 30 %:n ja kaapin lämpötilan huoneenlämmön tasolle.

3.2 Mekaaniset kokeet

Mekaaniset kokeet suoritettiin ensin altistamattomille kappaleille vertailutulosten saamiseksi. Testikappaleille suoritettiin veto- ja iskukokeet, joilla määritettiin kappaleiden vetolujuus, kimmokerroin ja iskunkestävyys. Samat kokeet suoritettiin altistuneille kappaleille sääkokeiden jälkeen. Puolet testisauvoista testattiin huoneenlämpötilassa (+23 °C) ja puolet pakastettuna (-15 °C).

Iskulujuus kuvaa kappaleen murtumiseen vaadittavan energian määrää, eli toisin sanoen kappaleen kykyä kestää suorita iskuja. Tässä tutkimuksessa iskulujuuden määrittämiseen käytettiin Ray-Ran heilahdusiskuvasaran (kuva 1) Charpy-menetelmää. Vetolujuus puolestaan kuvaa kappaleeseen kohdistuvien vastakkaisten voimien kestokykyä. Vetolujuuskäyrä kuvaa kappaleen venymää suhteessa siihen kohdistettuun voimaan. (Salovaara, 2022). Kimmokerroin kuvaa kappaleeseen kohdistuvan jännityksen suhdetta sen venymään. Kerroin kertoo, kuinka paljon kappale pitenee venyttäessä tai lyhenee puristaessa. Näin ollen jäykemmillä materiaaleilla kimmokerroin on suurempi. (Betonitieto.fi) Veto-kokeet suoritettiin Instron 3367 on aineenkoeistuslaitteistolla (kuva 2).



Kuva 1. Ray-Ran heilahdusiskuasara.



Kuva 2. Uusiomuovitestisauvan testausta Instron 3367 on aineenkoeistuslaitteistolla.



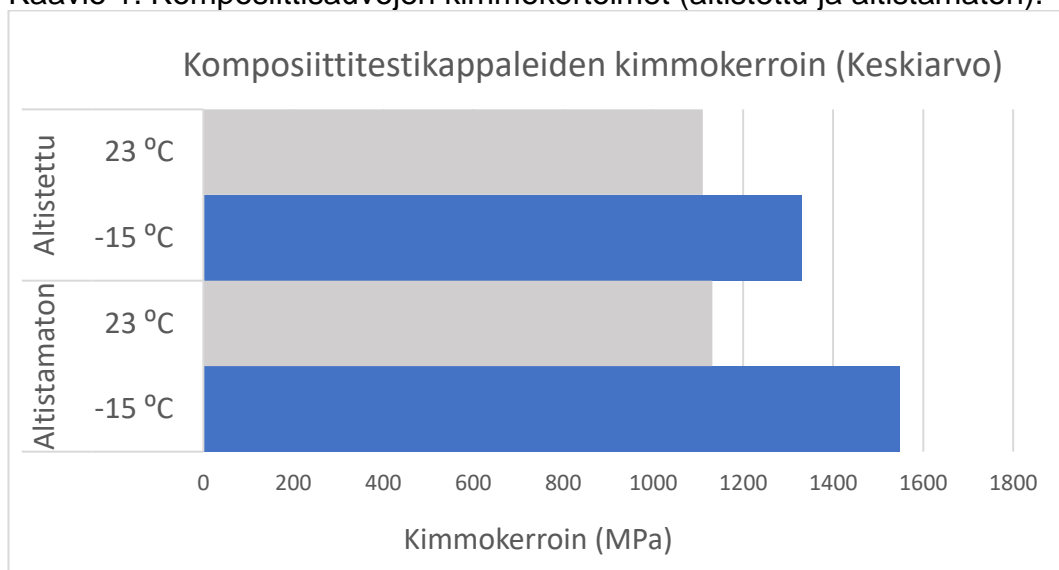
Kuva 3. Iskukokeen läpikäyneitä testikappaleita.

4 Tulokset

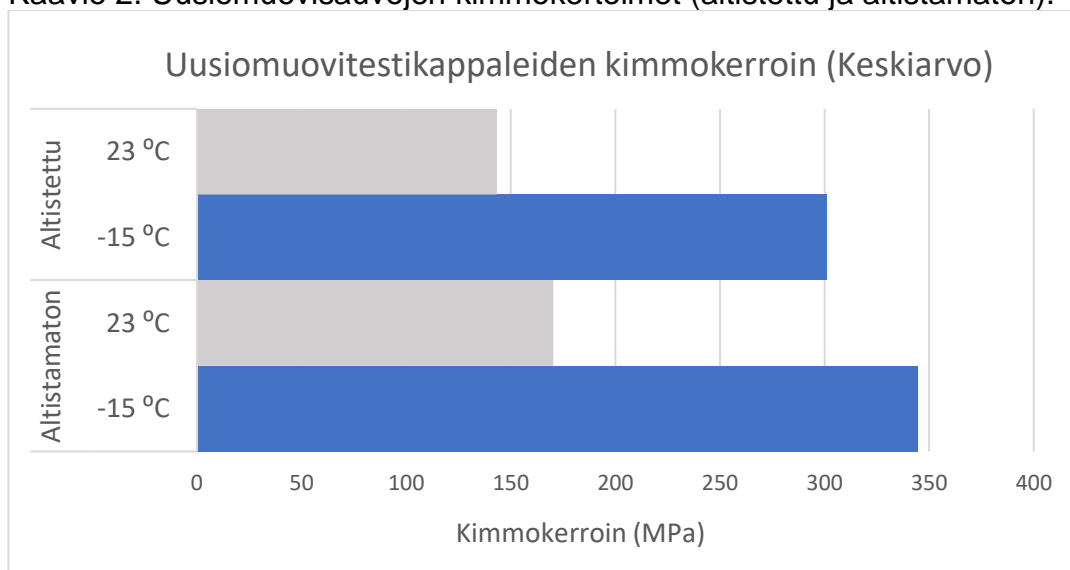
4.1 Vetokoe

Altistettujen ja altistamattomien testikappaleiden vetokokeiden tulosten keskiarvot on esitetty kaavioina. Kappaleiden vetokäyrät on esitetty liitteissä 1 ja 2. Kappalekohtaiset vetolujuudet ja kimmokerroimet on kerätty liitteeseen 3.

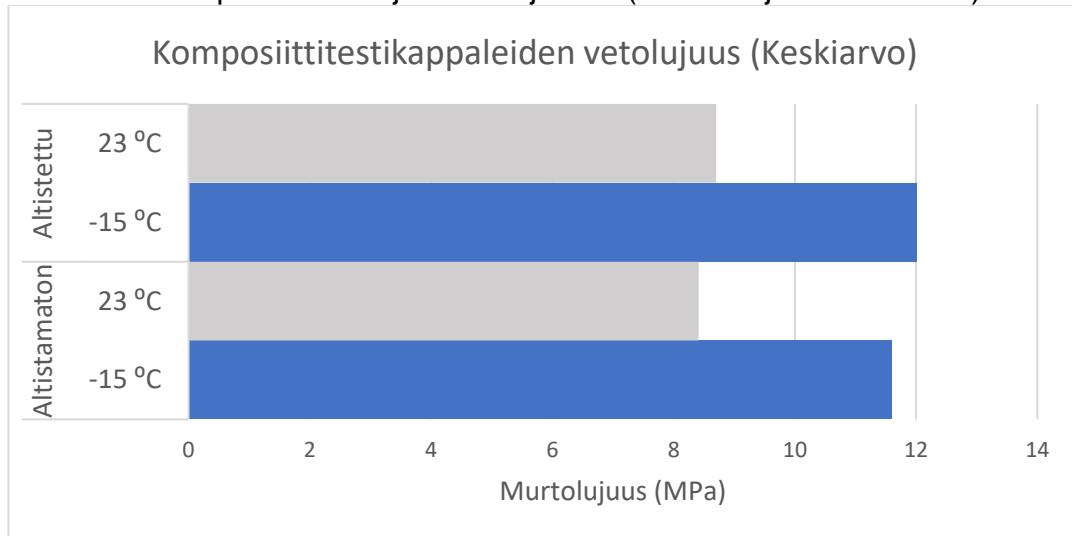
Kaavio 1. Komposiittisauvojen kimmokerroimet (altistettu ja altistamaton).



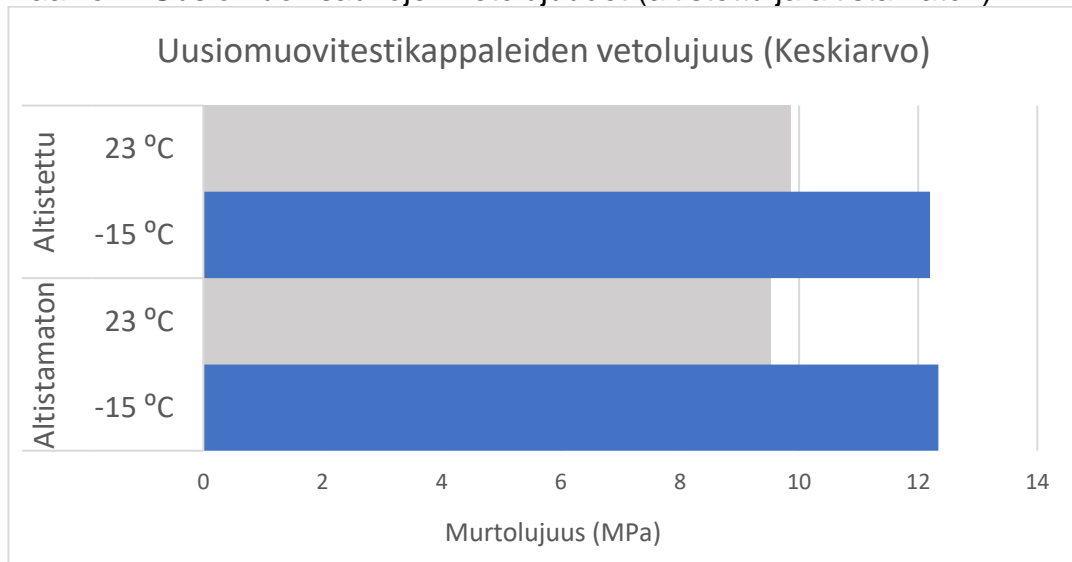
Kaavio 2. Uusiomuovisauvojen kimmokerroimet (altistettu ja altistamaton).



Kaavio 3. Komposiittisauvojen vetolujuudet (altistettu ja altistamaton).



Kaavio 4. Uusiomuovisauvojen vetolujuudet (altistettu ja altistamaton).



Tuloksista voidaan havaita, ettei tutkimuksessa suoritettu sää- ja UV-altistus vaikuttanut merkittävästi materiaalin vetolujuuteen tai kimmoisuuteen. Testikappaleiden ominaisuuksien arvot ja niiden hajonta ei eroa toisistaan merkittävästi, johon voi myös vaikuttaa suhteellisen lyhyt altistusaika. Suojoen (2006) tekemässä vastaavanlaisessa tutkimuksessa havaittiin, että lyhyemmällä altistusaikalla kappaleiden vetolujuudet ovat ensin nousseet, ja vasta pidemmän altistuksen jälkeen tuloksissa on havaittu polymeeriketjujen katkeilua. Ominaisuuksiin on kuitenkin vaikuttanut testattavan kappaleen lämpötila, joka oli myös odotettavissa tutkimusta tehdessä. Ei kuitenkaan ole selvää, palautuvatko

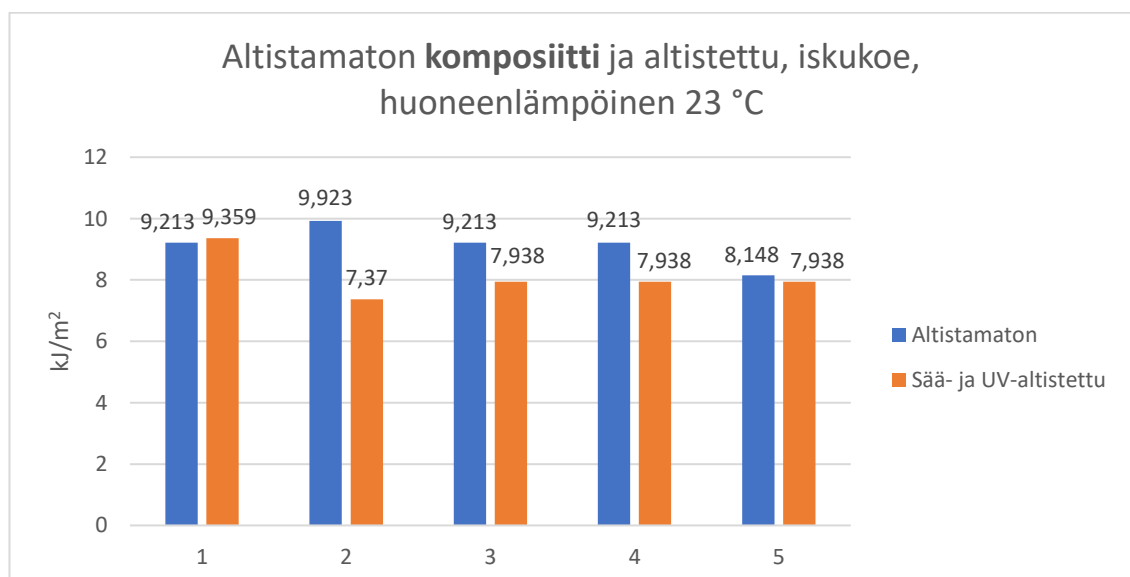
pakkasaltistuksessa olleen kappaleen ominaisuudet sen palautuessa huoneenlämpötilaan, vai ovatko muutokset osittain pysyviä.

Uusiomuovista valmistetut testikappaleet eivät murtuneet laisinkaan, kun taas komposiittimateriaali murtui herkästi. Kappaleiden venymä (liitteet 1 ja 2) ei muuttunut myöskään huomattavasti altistuksen jälkeen.

4.3 Iskukoe

4.3.1 Komposiittitestisauvat

Kaaviossa 5 on kerrottu altistamattoman ja altistettujen komposiittitestikappaleiden tulokset huoneenlämmössä tehtynä. Kaaviosta voidaan tämän testauksen perusteella todeta, ettei altistettujen ja altistamattomien tulosten välillä ole suurta eroa. Altistettujen kappaleiden tulokset ovat 11,3 prosenttia (kaava 1) heikompia kuin altistamattomien kappaleiden tulokset. Altistamattomien huoneenlämpöisten testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 9,142 kJ/m² ja mediaani on 9,213 kJ/m². Altistettujen testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 8,109 kJ/m² ja mediaaniksi 7,938 kJ/m².



Kaavio 5. Komposiittitestisauvojen iskunkestävyys huoneenlämpöisenä.

Kaava 1. Altistettujen ja altistamattomien testituloksien keskiarvojen prosenttiarvo.

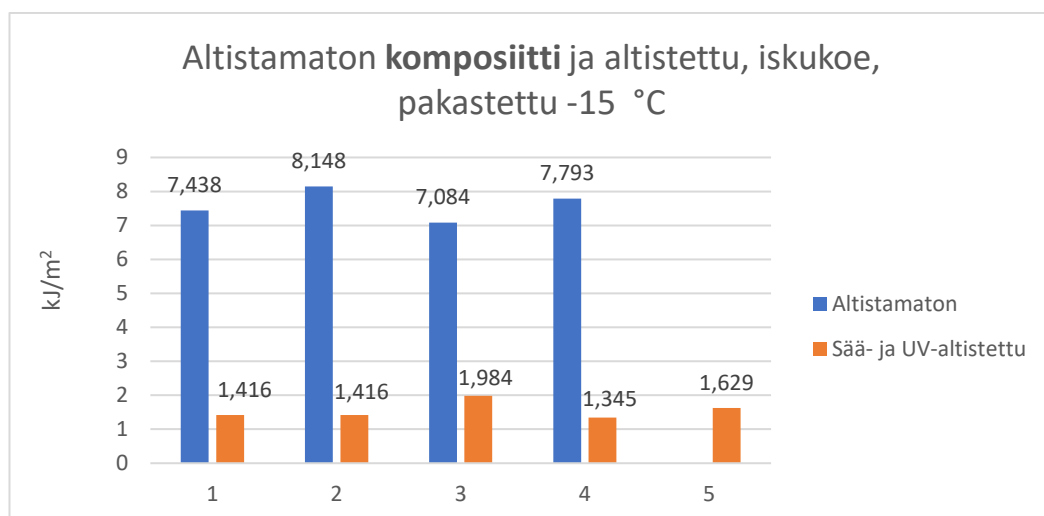
$$d = \frac{100a}{xb} = c$$

$$100 - c = d \%$$

jossa d on altistetun ja altistamattoman testituloksien keskiarvojen prosenttiarvo. A on altistetun testikappaleen lämpötilan (huoneenlämpöinen tai pakastettu) keskiarvo ja b on altistamattoman testikappale lämpötilassa (huoneenlämpöinen tai pakastettu).

Tuloksien mukaan kappaleissa ei ole juurikaan tapahtunut ketjujen katkeilua altistuksen aikana verrattuna Suojoen (2006) saatuihin mittaustuloksiin. Tulokset eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia, koska Suojoki ei altistanut testissä komposiittimateriaalia.

Kaaviossa 6 on kerrottu pakastettujen komposiittitestikappaleiden tulokset. Altistuskokeen jälkeinen pakastaminen heikentää komposiitin iskunkestävyyttä paljon verrattuna ei-altistettuihin mittaustuloksiin. Altistettujen kappaleiden tulokset ovat heikentyneet 79,544 prosenttia. Altistamattomien, pakastettujen testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 7,616 kJ/m² ja mediaaniksi 7,438 kJ/m². Altistettujen testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 1,558 kJ/m² ja mediaaniksi 1,416 kJ/m².

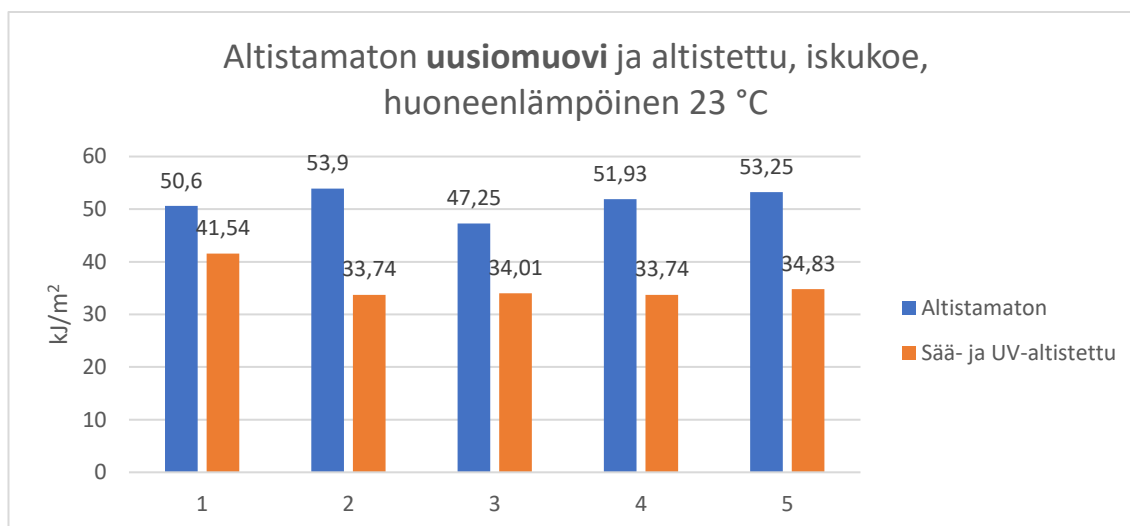


Kaavio 6. Komposiittitestisauvojen iskunkestävyys pakastettuna.

Pakastettujen kappaleiden tulosten perusteella voidaan todeta, että pakastaminen heikentää paljon komposiitin iskunkestävyyttä. Pakastaminen tekee testikappaleista jäykempiä, muttei ole varmaa, onko muutos täysin pysyvä.

4.3.2 Uusiomuovitestisauvat

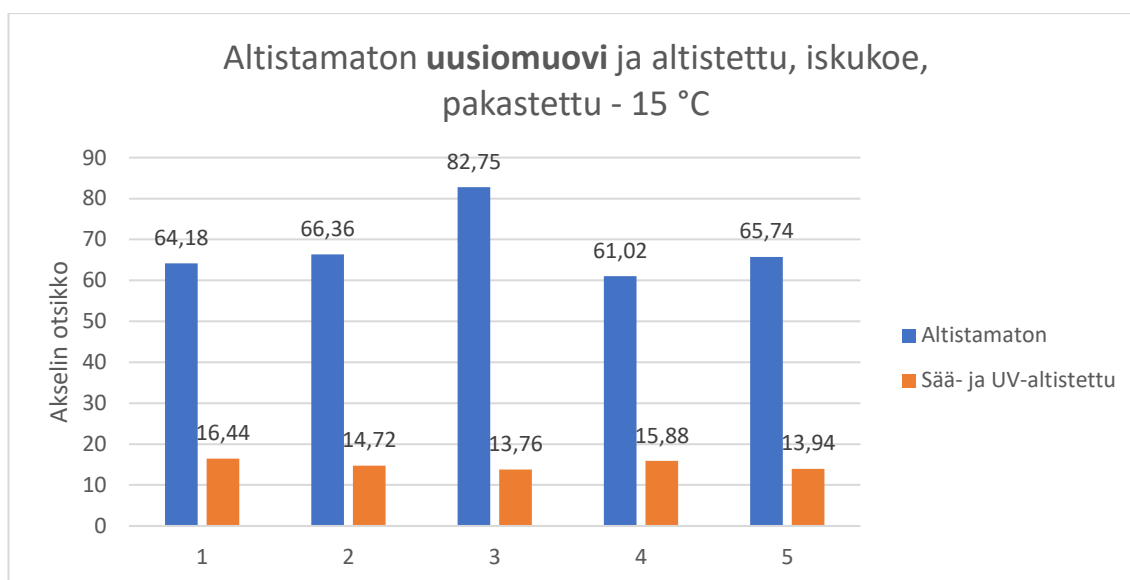
Kaaviossa 7 on kerrottu altistamattoman ja altistettujen uusiomuovitestikappaleiden tulokset huoneenlämmössä tehtynä. Tämän testauksen perusteella voidaan todeta, että altistetut koetulokset 2–5 ovat melko alhaisia verrattuna altistamattomiin tuloksiin. Poikkeuksena on tulos yksi, joka on huomattavasti suurempi verrattuna muihin altistettuihin tuloksiin. Altistettujen kappaleiden iskunkestävyysarvot ovat 30,775 prosenttia heikompia. Altistamattomien huoneenlämpöisten komposiittitestikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 51,386 kJ/m² ja mediaani on 52,59 kJ/m². Altistettujen testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 35,572 kJ/m² ja mediaaniksi 33,875 kJ/m².



Kaavio 7. Uusiomuovitestisauvojen iskunkestävyys huoneenlämpöisenä.

Suojoen (2006) tekemissä iskukokeissa on tapahtunut iskulujuuden heikentymistä. Lämpö ja UV-valo on aiheuttanut ketjujen katkeilua, joka vaikuttaa huomattavasti iskukokeen tuloksiin (410 h altistuksessa). Samanlaista heikentymistä ja ketjujen katkeilua on havaittu uusiomuoville tehdyissä iskukokeissa.

Kaaviossa 8 on kerrottu altistamattomien ja altistettujen uusiomuovitestikappaleiden tulokset pakastettuna. Tuloksista voidaan päätellä, että altistuskokeen jälkeen pakastaminen heikentää uusiomuovin iskunkestävyyttä paljon. Verrattuna ei altistettuihin mittaustuloksiin. Altistettujen kappaleiden tulokset ovat heikentyneet 78,021 prosenttia. Altistamattomien pakastetuilla testikappaleilla suoritettujen tulosten keskiarvoksi saatiin 68,01 kJ/m² ja mediaaniksi 64,96 kJ/m². Altistettujen testikappaleiden tulosten keskiarvoksi saatiin 14,948 kJ/m² ja mediaaniksi 14,72 kJ/m²



Kaavio 8. Uusiomuovitestisauvojen iskunkestävyys pakastettuna.

5 Pohdinta

Tutkimuksessa käytettyihin menetelmiin liittyy epävarmuustekijöitä, jotka on hyvä huomioida tulosten tarkastelussa ja jatkotutkimuksien suunnittelussa. Sääkaapissa käytetty altistusaika (10 vrk), joka valittiin aikataulun rajoitusten vuoksi, on mahdollisesti liian lyhyt merkittävien ominaisuuksien muutoksien havaitsemiseksi. Sääkaapissa oli myös rajoituksia lämpötilan ja kosteuden säätelyssä UV-valon päällä ollessa. Vastaavanlaisissa nopeutetuissa laboratorikokeissa olisi suotavaa käyttää korkeampia lämpötiloja sekä pakkasasteita altistusjaksolla, kun halutaan simuloida luonnollisissa olosuhteissa tapahtuvaa

vanhenemista. Altistetusta materiaalista tulee myös määrittää sulaindeksi, joka ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut vielä mahdollista.

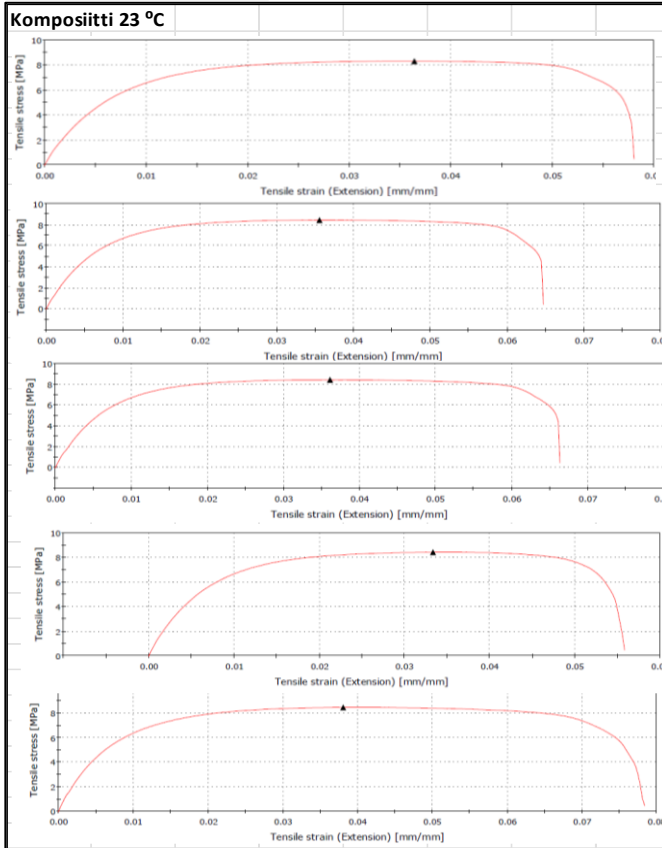
Kirjallisuuden ja tehtyjen tutkimuksien pohjalta voidaan sanoa, että sääolosuhteet yhteisvaikutuksessa muuttavat muovin, kuten myös muiden materiaalien ominaisuuksia. Muovimateriaaleissa ja -tuotteissa on huomattavasti eroavaisuuksia esimerkiksi lämmönkestävyydessä ja polymeerirakenteessa, joten vaikutuksia ei voida täysin ennustaa. Voidaan kuitenkin päätellä, että sääolosuhteille altistumisen vaikutuksesta muovien uudelleenkäyttömahdollisuudet heikenevät.

Lähteet

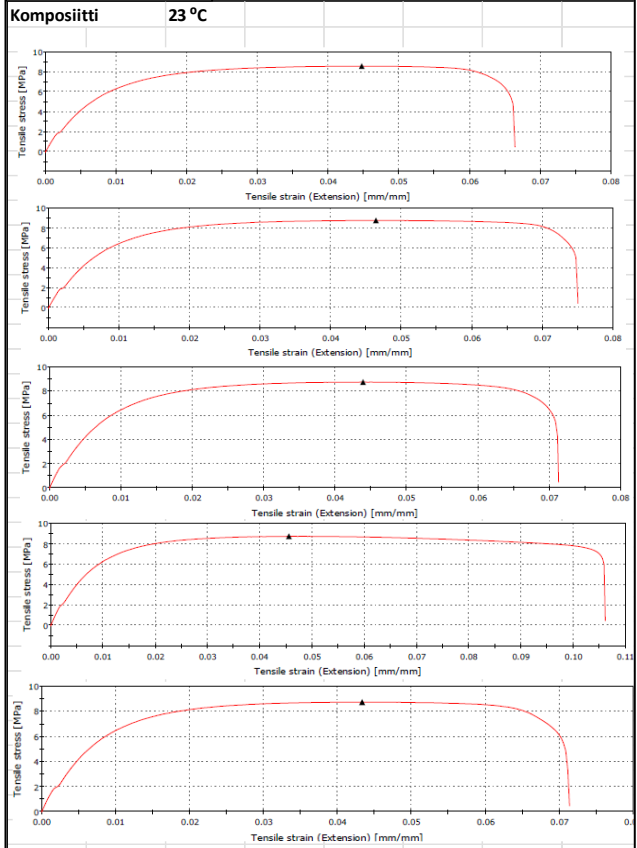
- Betonitieto.fi: Kimmokerroin. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/kimmokerroin.html> Viitattu 27.6.2023
- Korhonen, A. Tulonen, J. Paukkunen, S. 2018. Kierrätetystä maatalousmuovista tehdyn raaka-aineen ominaisuudet. CircWaste-hanke. 14.6.2023
- McKeen, L.W. 2013. The Effect of UV Light and Weathering on Plastics and Elastomers. https://primo.uef.fi/discovery/fulldisplay?docid=alma9910561253705966&context=L&vid=358FIN_UOEF:VU1&search_scope=MyInstitution&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=LibraryCatalog&query=any,contains,Handbook%20of%20Material%20Weathering&offset=0 13.6.2023.
- Nyysönen, J. 2023. Laboratorioinsinööri. Karelia-ammattikorkeakoulu. Henkilökohtainen tiedonanto 30.5.2023.
- Salovaara, T. 2022. Polymeerien iskulujuus ja vetolujuus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Biotuote- ja prosessitekniikka. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/handle/10024/748348>
- SFS-EN ISO 4892-3. 2016. Plastics. Methods of exposure to laboratory light sources. Part 3: Fluorescent UV lamps.
- Suojoki, M. 2006. UV-valon ja lämmön vaikutukset polyolefiineihin. Lahden ammattikorkeakoulu. Muovitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/handle/10024/11680>
- Viitaniemi, A. 2020. Muovien pitkäaikaiskestävyyden testimenetelmät. Tampereen yliopisto. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Kandidaatintyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202004284251>

Altistamattoman (vas.) ja altistetun (oik.) komposiittitestisauvan vetokäyrät

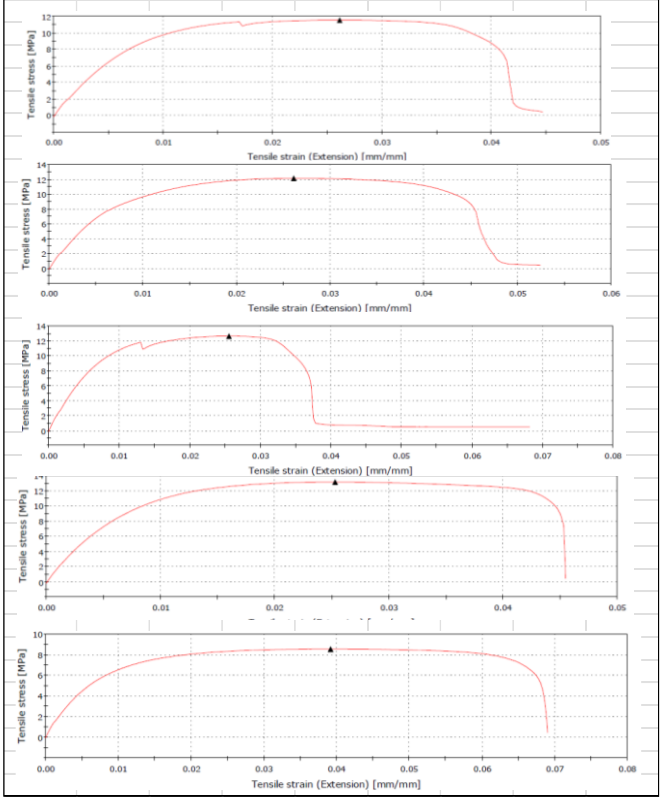
Altistamattomat kappaleet



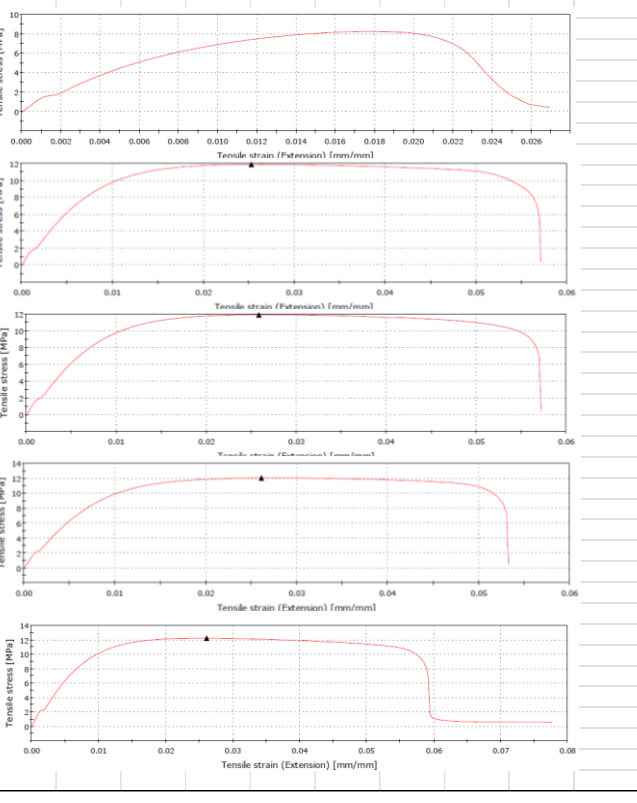
Altistetut kappaleet



Komposiitti -15 °C

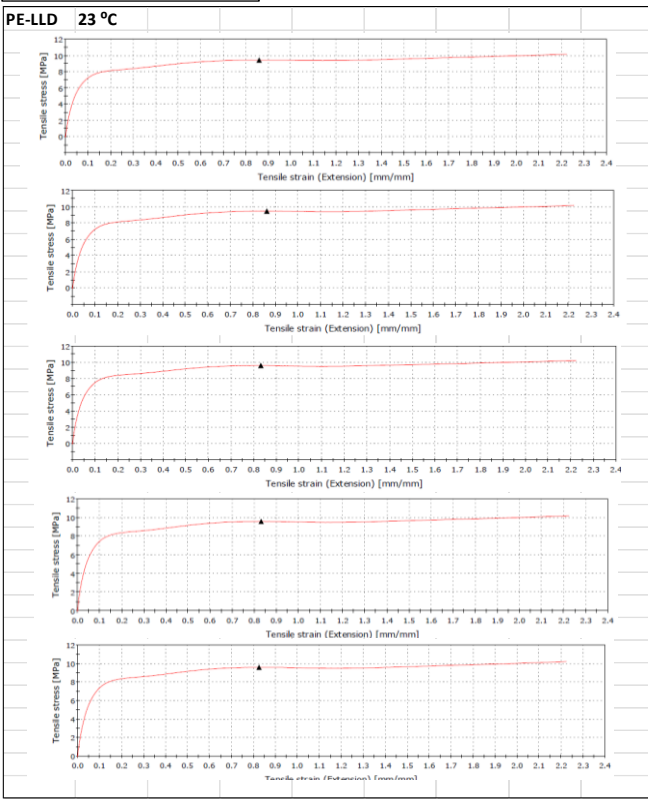


Komposiitti -15 °C

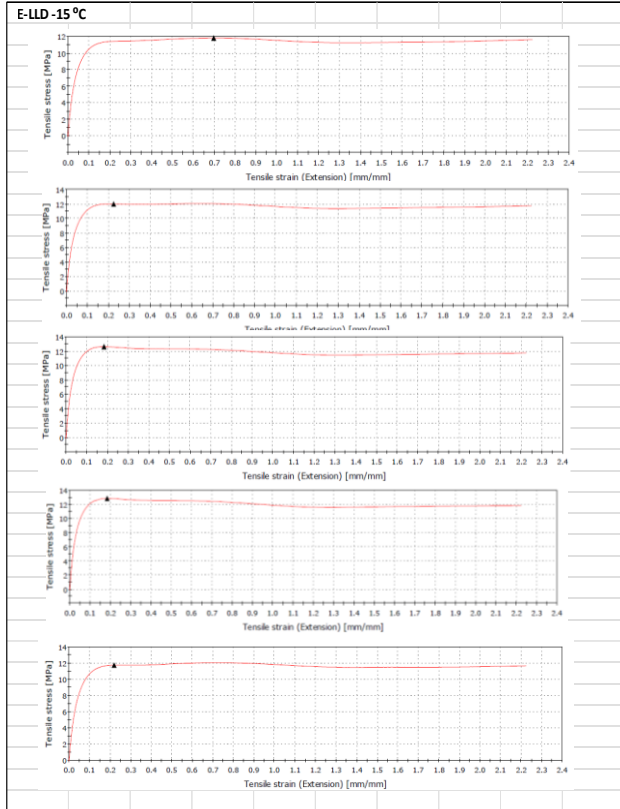
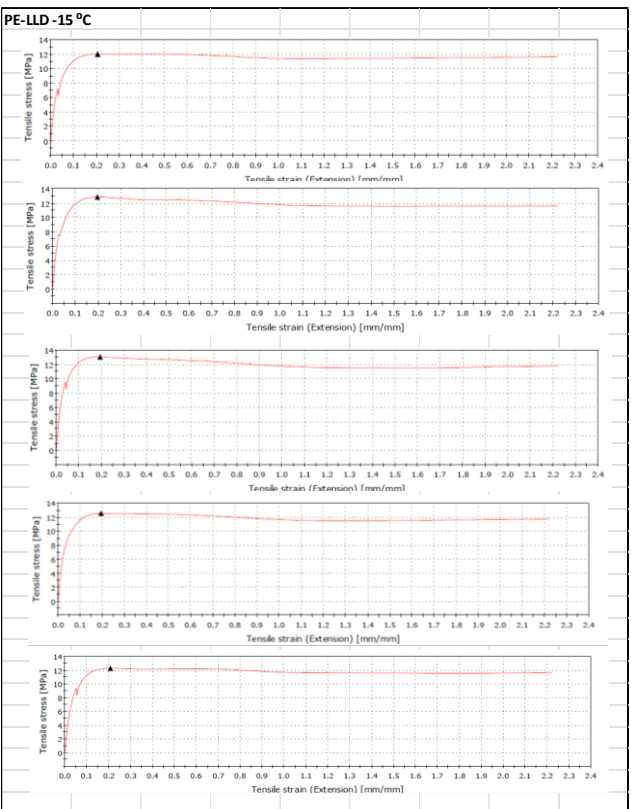
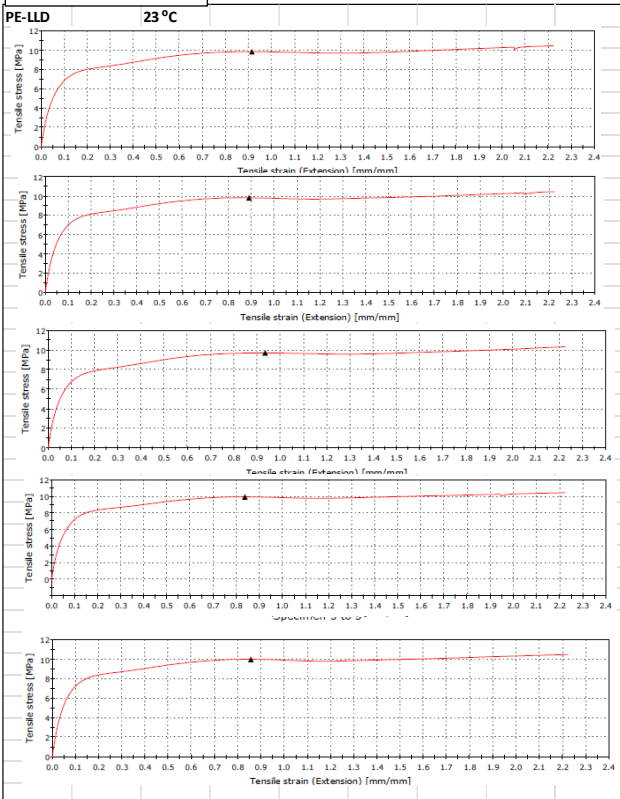


Altistamattoman (oik.) ja altistetun (vas.) uusiomuovikappaleen vetokäyrät

Altistamattomat kappaleet



Altistetut kappaleet



Koekappaleiden vetolujuudet ja kimmokertoimet

Altistamaton			Altistettu		
Komposiitti	Vetolujuus	Kimmokerroin	Komposiitti	Vetolujuus	Kimmokerroin
23 C	8,312 MPa	1191,732 MPa	23 C	8,564 MPa	1149,976 MPa
	8,439 MPa	1108,391 MPa		8,766 MPa	1169,647 MPa
	8,418 MPa	1135,304 MPa		8,734 MPa	1065,381 MPa
	8,434 MPa	1196,74 MPa		8,723 MPa	1085,23 MPa
	8,463 MPa	1025,543 MPa		8,728 MPa	1080,538 MPa
KA	8,4132 MPa	1131,542 MPa	KA	8,703 MPa	1110,154 MPa
	Vetolujuus	Kimmokerroin		Vetolujuus	Kimmokerroin
-15 C	13,126 MPa	1833,5 MPa	-15 C	MPa	1193,939 MPa
	8,552 MPa	1135,136 MPa		11,879 MPa	1341,73 MPa
	11,535 MPa	1434,942 MPa		11,881 MPa	1366,752 MPa
	12,134 MPa	1603,023 MPa		12,05 MPa	1367,883 MPa
	12,643 MPa	1729,243 MPa		12,22 MPa	1385,117 MPa
KA	11,598 MPa	1547,169 MPa	KA	12,0075 MPa	1331,084 MPa
PE-LLD	Vetolujuus	Kimmokerroin	PE-LLD	Vetolujuus	Kimmokerroin
23 C	9,422 MPa	169,452 MPa	23 C	9,709 MPa	139,767 MPa
	9,46 MPa	166,733 MPa		9,829 MPa	143,612 MPa
	9,601 MPa	176,972 MPa		9,853 MPa	137,028 MPa
	9,604 MPa	176,151 MPa		9,953 MPa	150,093 MPa
	9,585 MPa	162,243 MPa		9,994 MPa	146,758 MPa
KA	9,5344 MPa	170,3102 MPa	KA	9,8676 MPa	143,4516 MPa
	Vetolujuus	Kimmokerroin		Vetolujuus	Kimmokerroin
-15 C	12,007 MPa	324,858 MPa	-15 C	11,798 MPa	266,104 MPa
	12,829 MPa	362,691 MPa		11,99 MPa	295,725 MPa
	12,028 MPa	377,206 MPa		12,606 MPa	331,345 MPa
	12,56 MPa	340,31 MPa		12,862 MPa	346,235 MPa
	12,259 MPa	317,344 MPa		11,749 MPa	264,502 MPa
KA	12,3366 MPa	344,4818 MPa	KA	12,201 MPa	300,7822 MPa

Iskukokeiden mittauspöytäkirja.

22.6.2023, Iskukoe														
Lämpötila, °C	23 Altistamaton					Lämpötila, °C					23			
PE-LLD + 50 % kuitu	Ka.					PE-LLD					Ka.			
Iskukoe	9.213	9.923	9.213	9.213	8.148	9.142	Iskukoe	50.6	53.9	47.25	51.93	53.25	51.386	
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Mediaani	9.213						Mediaani	52.59						
22.6.2023, Iskukoe														
Lämpötila, °C	-15 Pakastettu, -15 °C					Lämpötila, °C					-15			
PE-LLD + 50 % kuitu	Ka.					PE-LLD					Ka.			
Iskukoe	7.438	8.148	7.084	7.793		7.616	Iskukoe	64.18	66.36	82.75	61.02	65.74	68.01	
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Mediaani	7.438						Mediaani	64.96						
26.6.2023, Iskukoe/sää- ja UV-rasitettu														
Lämpötila, °C	23 Sää- ja UV-altistettu					Lämpötila, °C					23			
PE-LLD + 50 % kuitu	Ka.					PE-LLD					Ka.			
Iskukoe	9.359	7.37	7.938	7.938	7.938	8.109	Iskukoe	41.54	33.74	34.01	33.74	34.83	35.572	
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Mediaani	7.938						Mediaani	33.875						
27.6.2023, Iskukoe/sää ja UV-rasitettu														
Lämpötila, °C	-15 Pakastettu, -15 °C					Lämpötila, °C					-15			
PE-LLD + 50 % kuitu	Ka.					PE-LLD					Ka.			
Iskukoe	1.416	1.416	1.984	1.345	1.629	1.558	Iskukoe	16.44	14.72	13.76	15.88	13.94	14.948	
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Mediaani	1.416						Mediaani	14.72						