



**TAASKASUTATAVA POLÜETÜLEENI KASUTAMINE
SILLUTISEPLAATIDES**

Recycled polyethylene in paving flags

EPM 60 LT

Üliõpilane: **Lidia Mertins**

.....

Juhendaja: **LEMBI-MERIKE RAADO**

.....

Kaasjuhndaja: **ENELI LIISMA**

.....

Tallinn, 2015.a.

SISUKOKKUVÕTE EESTI KEELES:

1. Uuritav materjal, mis oli valmistatud polüetüleeni jäätmetest ja kasutatud rehvide purust, läbis katsetused Eesti kliimale iseloomulikel temperatuuridel. Materjali katsetati lõhestustõmbe-, painde- ja muljumistugevusele. Materjali katsetamine toimus temperatuurivahemikus -20°C $+60^{\circ}\text{C}$ -ni. Tumeda pinna tõttu on tema Albeedo peegeldusnäitaja küllalt väike. See tähendab, et soojal päikeselisel päeval võib tema pind soojeneda kuni 60°C -ni. Määrati materjali tiheduse, veeimavuse, külmakindluse ja pikkusemuutuse seos temperatuuri muutumisega. Samuti teostati saavutatud tulemuste järgi materjali sihtotstarbelise sobivuse järeldused ning analoogsete kasutusalaadega materjaliga, tsementbetoonist sillutise kividega lühivõrdlus.

2. Mõõdetud katsekeha tihedus on vahemikus 1,31 kuni 0,57 (g/cm^3). Iga plaadi keskel on ümargune tehnoloogiline valamiskoht, mis on oma struktuuris erineb ülejäänud materjalist kui madalaima tugevusega punkt. Visuaalse hinnangu järgi materjali sisemised poorid on väga erineva suuruse ja kujuga. Katsekehade hulgas esines kaks, millistes polüetüleeni graanulid olid jäänud sulamata. Loetletud põhjustel tuleb tõdeda ebaühtlase tihedusega ja struktuuriga. Vastavalt tiheduse ja struktuuri kõikumistele muutuvad ka tema teised omadused, kaasa arvatud ka tugevusomadused oluliselt.

Ühtlase struktuuri ja tihedusega tsementbetoonist sillutisekividega võrreldes on uuritav tootmisjäakidest materjal tunduvalt ebaühtlasema struktuuri ja omadustega materjal.

3. Uuritava materjali veeimavus $W_a = 0,8\%$, mis vastab veeimavuse klassile 1. Materjal praktiliselt ei ima vett kapillaarjõudude toimel. Valdavalt määratud poorsus 0,8% on suures osas põhjustatud materjali pinna ebatasususte sisalduvast vabast veest. See tähendab, et uuritava materjali füüsilised ja mehaanilised omadused ei sõltu niiskuse faktoritest. See on oluline omadus teedeehituses Eestis, kuna meie riigi kliima järgi on iseloomulikud vihmad ja suure niiskusesisaldus õhus. Tsementbetoon reageerib aga niiskusele mehaaniliste omaduste halvenemisega.

4. Visuaalse hinnangu järgi saab väita, et läbi viidud külmakindlustuse katsete ajal katsetatav pind ei muutunud. Järelikult vastab antud materjal tsementbetooni külmakindluse klassidele KK3 ja KK4. Teedeehituses kasutatavad betoonid kuuluvad keskkonnaklassi XF2 või XF4. Kuuluvuse keskkonnaklassi määrab põhiliselt jääteavastaste ainete kasutamise tõenäosus. Siit järeldub, et külmakindluses taaskasutatava polüetüleeni jäätmetest ja kasutatud rehvide purust valmistatud sillutiseplaadid on betoonist sillutisekividega täiesti konkurentsivõimelised.

Kahjuks ei olnud meie laboris võimalust kontrollida uuritava materjali libisemisele, soovitaksin seda teha eraldi.

5. Reeglina igasugune materjal kahaneb temperatuuri alanemisega ja paisub temperatuuri tõusuga. Antud töö tulemustest on näha, et uuritava materjali reaktsioon temperatuuri muutustele on kiire. Põhilised pikenemised- lühenemised toimuvad ühe tunni jooksul, edasisel viibimisel sama temperatuuriga keskkonnas pikkuste muutumine peatub. Kõige olulisem pikkusemuutus toimus kuuekümmne kraadi Celsiuse juures. Kuna materjalist valmistatav toode pikkus on 590 mm ja laius 390 mm ja keskmine pikenemine 60°C juures on 5 mm/m saab eeldada, et soojal päikeselisel päeval võivad mõõtmed muutuda vastavalt 3 ja 2 mm võrra. Sellega tuleb arvestada murukärgi paigaldades.

Betooni temperatuuri-joonpaisumistegur on võrdne keskmiselt (sõltuvalt betooni margist, koostisomadest ja valmistamis tehnoloogiast) $0,00001^{\circ}\text{C}$. Seega kui temperatuur muutub samades, nagu meie katsetes, piirides alates $+20^{\circ}\text{C}$ kuni $+60^{\circ}\text{C}$ ja $+20^{\circ}\text{C}$ kuni -20°C võib betooni paisumine mõlematel juhtudel ulatuda 0,6 mm / m. Lisaks betooni jahutamisel alla 0°C võivad tekkida paisumisdeformatsioonid, mida nimetatakse tekitava jää rõhuks. Pinna lõhestamist riski vähendamiseks eraldatakse betoonsillutisekivid liivaga täidetud vahega.

Uuritava materjali temperatuurist sõltuvat pikkustemuutused on peaaegu samad mis on betooni sillutisekividel. Aga toimuvad oluliselt kiiremini. Nende negatiivset mõju saab vältida õige paigaldamismetoodi abil, jättes plaatide vahel õige laiusega vuugid, mis on täidetud, näiteks, liivaga.

6. Kõik plastmaterjalid pehmenevad soojenedes. Selle põhjuseks on polümeeride makroahelate katkemine. Meie poolt saadetud tulemustest selgub et mida külmemas keskkonnas viibisid katsekehad, seda suurem tugevus nendel oli. Tugevusenäitajad (lõhestustõmbe-, painde- ja muljumistugevus) temperatuurivahemikus -20°C kuni $+60^{\circ}\text{C}$ langesid umbes 50% [27], [28], [29].

Positiivsete temperatuuride juures kindla muljumisele ning paindele töötava koormuse all materjal deformeerub kergemini umbes 50% võrra. Negatiivsete temperatuuride juures on ta hapram ja kõvem, positiivsete - plastsem ja pehmem materjal.

Töö käigus selgus ka, et ei sõltu eriti painetugevus konditsioneerimise päevade arvust. See tähendab, et temperatuuridride maksimaalne mõju toimub kiiresti, juba ühe ööpäeva jooksul. Tegemist on temperatuuri väga tundliku materjaliga. Selle iseärasusega tuleb arvestada materjalist sillutiseplaatide paigaldamisel ja kasutamisel, eriti pikkaajaliste tsükliliste temperatuursete pingete tingimustes.

Vastavalt (EVS-EN 1338:2003, 5.3.3) Tsementbetoonist sillutise kivide ja plaatide Normlõhestustõmbetugevus T ei tohi olla väiksem kui 3,6 MPa, ükski üksiktulemus ei tohi olla väiksem kui 2,9 MPa ja purustav koormus väiksem kui 250 N lõhestuspikkuse ühe millimeetri kohta. Katsetatud materjali puhul on näha et juba 0°C juures ei vasta ta selle standardile. See tähendab, et uuritav taaskasutatava polüetüleen jätmetest ja kasutatud rehvide purust valmistatud materjali kasutusala on piiratud võrreldes betoonist analoogsete materjalide kasutusala.

7. Kasutatud rehvide säilitamisel eralduvad toksilised ained ja kantserogeenid, nende hoidmine mulla sees on keskkonnale ohtlik ja isegi keelatud ning polüetüleen jätmed sisaldavad ka erinevad keemilisi värvaineid, plastifikaatoreid ja muud keskkonnale mittesõbralikke aineid, tuleb enne masstootmise alustamist kontrollida materjali mõju keskkonnale.

SUMMARY OF MASTER THESIS:

The material made of recycled polyethylene and used tyres pellets was experimented under specific for Estonia temperatures. Material was tested for tensile splitting strength, flexural tensile strength and denting strength in temperature ranging from -20 up to +60 degrees Celsius. Because of the dark surface the Albedo reflection coefficient is fairly low. This means that in warm and sunny day the surface could easily flare up 60°C. Additionally, there were determined such significatives as density, water absorption, cold resistance and length changes due to temperature variations. Moreover, according to obtained data is done a conclusion if tested material is really viable for an appropriate use. It was also briefly compared to cement concrete and pavement-stone materials which are used in similar utilization areas.

During the tests it became clear that material has irregular structure and density. Depending on structure and density oscillation other characteristics of material change, in particular - strength characteristics.

If comparing with homogeneous structure of cement concrete pavement-stone density it can be claimed that material made of recycled polyethylene and used tyres pellets has less regular surface and density and as a consequence is less predictable in strength characteristics.

Water absorption $W_a = 0,8\%$, which corresponds to water absorptions class 1. Material almost does not soak up water and mentioned 0.8% is more or less water that got into the surface roughness of tested material. This means that physical and mechanical properties do not depend on humidity factors. Under the same circumstances cement concrete reacts on humidity by reduction of mechanical characteristics.

According to visual evaluation it can be claimed that during the cold resistance test - surface has not changed. Therefore, tested material can be classified as KK3 and KK4.

It is clear that tested material reaction to temperature changes is prompt. Main size changes happen within one hour. Because of the fact that the product made of the tested material has 590 mm length, 390 mm width and average extension in 60 degrees Celsius equals to 5mm/m - it can be assumed that in warm and sunny day plate size can change by 2 and 3mm respectively. Length changes of tested material are similar to cement concrete index but happen much quicker.

Strength characteristics: tensile splitting strength, flexural tensile strength and denting strength decreased approximately 50% in temperature ranging from -20 to +60 degrees Celsius.

During the tests it also became clear that strength characteristics do not depend on the number of conditioning days. This means that the maximum temperature influence happens within first 24 hours.

It is very temperature- sensitive material. That fact should be taken into account in installation of flag- plates and using it in future, especially in severe weather conditions. According to EVS-EN 1338:2003, 5.3.3, cement concrete pavement - stones Normtensile splitting strength should not be less than 3.6 MPa, none of single results can be less than

2.9 MPa and destroying external force must not be less than 250 N for 1mm of splitted length. According to a test results, material does not comply with mentioned standard in a temperature higher than 0 degrees Celsius. This means that utilization area of tested material is limited if comparing to cement concrete utilization area.