

## ПРИМЕНА ОТПАДНЕ ПЛАСТИКЕ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Оливера Пауновић<sup>1</sup>

Уна Марчета<sup>2</sup>

Милан Павловић<sup>3</sup>

УДК: 666.982 : 678.5

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2016.046

**Резиме:** Пластичне материје имају веома широку примену у савременом друштву, што за последицу има настајање велике количине отпада. Овакав отпад представља велики проблем по животну средину због својих карактеристика као што су слаба биоразградивост и могућност отпуштања штетних материја приликом одлагања или инсинерације. До сада су развијене многе методе као што су рециклажа и поновна употреба отпадних материјала. Један од начина поновне употребе ових материјала је њихово мешање са бетоном у циљу добијања композита различитих карактеристика који се могу применити у грађевини. Овакви материјали имају широку примену, као што је израда подних плоча без арматуре. Употребом пластичних влакана уместо челичне арматуре или челичних иглица остварује се економска уштеда од 42% односно 13%, респективно. Цена рециклираних полипропиленских влакана је нижа за 9% у односу на цену нерестицираних влакана, док је цена полиолефинских рециклираних влакана нижа за 67% у односу на нерестицирана влакна. Поред свих наведених предности, за конкретну примену потребно је наћи адекватан метод за мешање пластичних влакана и бетона, најбољи облик влакана и њихове особине.

**Кључне речи:** отпад, пластична влакна, армирање бетона

### 1. УВОД

Пластика представља једно од најзначајнијих открића 20. века. Има веома широку употребу, што резултира настајањем велике количине отпада. С обзиром на то да је пластика у највећем броју случајева тешко биоразградива, као и да често садржи токсичне материје, јасно је да овакав отпад представља велики проблем са аспекта заштите животне средине. Негативни ефекти на животну средину су бројни, како у урбаним тако и у руралним подручјима. У градовима пластика у цевима може изазвати делимична или потпуна зачепљења, што у датим условима може изазвати

<sup>1</sup> Оливера Пауновић, Хемичар – мастер, Технички факултет "Михајло Пупин", Буре Ђаковића бб, 23000 Зрењанин, Србија

<sup>2</sup> Уна Марчета, Мастер инжењер заштите животне средине, Технички факултет "Михајло Пупин", Буре Ђаковића бб, 23000 Зрењанин, Србија

<sup>3</sup> Милан Павловић, редовни професор, Технички факултет "Михајло Пупин", Буре Ђаковића бб, 23000 Зрењанин, Србија

развијање зараза и повећано размножавање комараца. Уколико доспеју у земљиште, пластичне материје могу смањити његову плодност због отежаног транспорта воде и хранљивих материја, као и због ослобађања токсичних и штетних сустанци који улазе у састав ових материјала. Велика количина пластичног отпада која доспева у природу представља велики проблем. Према подацима УН програма за заштиту животне средине (*UN Environment Programme*) из 2006., свака квадратна миља океана садржи у просеку 46 000 комада пластике. Процењује се да више од милион птица и 100 000 морских сисара годишње умре од последица гутања или ушетљавања у пластичне материје које су као отпад доспеле у природу. Одлагање оваквог отпада на депоније, такође, није решење због његове веома ниске биодеградабилности, као и због потенцијалне опасности отпуштања опасних материја попут олова и кадмијума који могу загадити воде и земљиште [1], [2].

Постоје одређена решења за смањење количине отпада, а то су инсинерација, рециклажа и поновна употреба. Инсинерација је могућа и веома корисна због велике калоријске вредности ових материјала, али се приликом спаљивања ослобађају штетне материје као што су диоксини. Рециклажа се последњих година увелико примењује, мада не у довољној мери. У Великој Британији потрошња пластике у 2001. години је износила 4.7 милиона тона, а количина генерисаног пластичног отпада 3 милиона тона, док је рецимо у Америци потрошња у 2003. години износила 26.7 милиона тона, а количина отпада 11 милиона тона [3].

Једно од решења представљала би поновна употреба, односно добијање нових материјала као што су цементни композити, што представља предност са економског и аспекта животне средине. У овакве сврхе могу се користити разни полимери као што су полиетилен тетрафталат (PET), који се најчешће користи за производњу пластичних боца, поливинил хлорид (PVC), који се користи за производњу цеви, полиетилен високе густине (HDPE), термопластичне материје, уситњен или рециклиран пластични отпад, експандовани полистирен (EPS), стакло ојачавано пластичним материјалима (GRP) и полиуретанска пена. Сви ови материјали након употребе постају отпад, а њихова поновна употреба се може огледати у добијању цементних композита различитих особина, који би нашли примену у грађевини, што би имало позитивне ефекте са економског аспекта као и на животну средину [1]. У овом раду биће представљене особине и примена ових материјала, као и уштеде које се могу јавити на економском.

## 2. ПРИМЕНА И ОСОБИНЕ

Како би се смањило оптерећење животне средине одлагањем пластичних материјала након примене важно је наћи алтернативне методе за њихово безбедно поновно коришћење. У производњи бетонских конструкција се дакле могу користити различите форме пластичног отпада чиме се спречава директан контакт ове врсте отпада са животном средином јер је животни век бетона знатно дужи [3]. Типови пластичног отпада који се углавном користе као везивни материјал у бетонским конструкцијама су PET боце, пластична амбалажа од полиетилена и полистирена, PVC цеви, полиуретанска пена [1].

Један од начина поновне употребе пластичних маса приликом израде бетонских плоча је израда подних плоча без арматуре. У том смислу примена синтетичких влакна, која имају значајну улогу у грађевинарству већ око 25 година, је све учесталија и разноврснија. Постоје микро влакна која служе као заштита од пуцања и макро влакна познатија као структурална влакна и која се користе као ојачање у носећим елементима. Макро влакна се производе у циљу да постигну квалитетније решење, а при томе да замене употребу челичне арматуре, мреже и челичних иглица и надоместе све недостатке који су настајали њиховом применом [4].

Основне карактеристике бетона као што су снага, еластичност, отпорност приликом затезања, и друге особине су веома важне и варирају у односу на количину и врсту додатих влакана. Снага бетона који садржи пластична влакна опада са повећавањем садржаја пластичних материја, али расте уколико се третира одређеним алкалним растворима. Отпорност приликом затезања расте приликом додавања пластичних материја због бољег повезивања у материјалу, а повећава се и отпорност приликом пуцања јер материјал постаје растегљивији. С обзиром на то да су за различиту примену потребне различите карактеристике бетона, потребно је наћи адекватан метод за мешање пластичних влакана и бетона, најбољи облик влакана и њихове особине, како би се добио најбољи композит за дату примену. Бетон армиран пластичним влакнима најчешће се користити за структуре од којих се не очекује да издржавају велики терет, као што су клупе у парковима и ивичњаци, што се може додатно проширити уколико се примени одговарајући метод [1], [2], [5].

Производ *Ruredil Fiber X 54* који се користи при изради бетонских подова као замена за челичну арматуру је пример грађевинског материјала чија примена доноси бројне предности у смислу квалитета бетонских плоча и економске исплативости. С обзиром на то да се ова влакна производе од рециклабилних материјала, на примеру *Ruredil Fiber X 54* могуће је, осим еколошке предности, представити и потенцијалну додатну економску исплативост у случају примене рециклираних влакана у производњи бетонских плоча овог типа.

*Ruredil Fiber X 54* влакна, доступна у продаји, се најчешће користе при изради бетонских подова као замена за челичну арматуру. Ова влакна могу се користити приликом израде масивних подних плоча, префабрикованих елемената (зидни панели, резервоари за питку воду, кабловски канали, кровни елементи итд.), потпорних и тунелских зидова, а могућа је и примена за индустријске и стамбене подове, паркиралишта, складишта, радионице, сервисе, аеродромске писте, подове у лукама.

Предности *RXF54* влакна су неупоредиве приликом коришћења као замене за челична влакна (1kg *Ruredil Fiber* влакана замењује 12-15kg челичних иглица које се лако намагнетишу и неравномерно распоређују по бетону, што доводи до испливавања и извлачења из бетона и уједно не спречавају пуцање бетона, за разлику од *RXF54* ). Влакна су хемијски неактивна, нема појаве корозије и нема магнетисања, њихов удео око 1.5 kg/m<sup>2</sup> смањује се потребна дебљина бетонске плоче (препоручљива дебљина плоче 12 cm, савршено се сједињавају са бетоном, без обзира на додатну количину влакана, не умањују пумпност бетона, значајно повећава издржљивост пода. Нема потребе за додатном механизацијом или новим

фазама приликом производње и уградње бетона. Као финална обрада бетона се могу користити сви материјали [4], [6].

Приликом употребе ових влакана постиже се одређена економска уштеда у односу на употребу класичне челичне арматуре и челичних иглица (Табела 1). Структурална синтетичка влакна RXF54 додају се у току мешања бетона. Ова влакна настају мешавином 80% структурне компоненте направљене од полиолефинских кополимера макро влакана и 20% компоненте против пуцања направљене од полипропиленских макро влакана и након пар минута стварају тродимензионалну мрежу влакана која у потпуности замењују класичну арматуру повећавајући издржљивост и механичке особине бетона (отпорност на затезање и савијање, хабање и пуцање бетона). На тај начин смањују се трошкови градње.

Табела 1: Уштеда приликом употребе Ruredil Fiber X 54 влакана [6]

|                                | ојачање                                  |  |                                  |
|--------------------------------|--|--|----------------------------------|
|                                | челична арматура<br>10 kg/m <sup>2</sup> | челичне иглице<br>25 kg/m <sup>3</sup> | руредил<br>1,5 kg/m <sup>3</sup> |
| количина (кг)                  | 10000                                    | 3750                                   | 180                              |
| цена ојачања (€)               | 8500                                     | 3000                                   | 2700                             |
| дебљина бетонске<br>плоче (цм) | 15                                       | 15                                     | 12                               |
| цена бетона (€)                | 10500                                    | 10500                                  | 8400                             |
| укупна цена (€)                | 19000                                    | 13500                                  | 11100                            |
| укупна уштеда (%)              |  | 29                                     | 42                               |

За израду 1 м<sup>3</sup> потребно је 1,5 kg ових влакана, а 1 kg влакана замењује 12 до 15 kg челичних иглица. За израду 1 м<sup>2</sup> подних плоча из наведеног примера потребно је 10 kg челика, што доноси економску уштеду од 42% у односу на челичну арматуру, односно 13% у односу на челичне иглице. Наравно, са променом жељених особина подних плоча, мењају се и потребне карактеристике бетона, па самим тим и количина арматуре која је потребна.

### 3. ПРЕДНОСТИ ПРИМЕНЕ РЕЦИКЛИРАНИХ ВЛАКАНА

Када се узму у обзир еколошки и економски аспекти, поновна употреба рециклираних пластичних материјала у производњи бетонских конструкција може се издвојити као једно од најбољих решења проблема одлагања огромних количина пластичног отпада.

Осим смањења количине пластичног отпада који се мора финално одложити, рециклажа има још неколико битних предности као што су:

- очување природних ресурса (за добијање пластичних производа троши се 8% светске производње нафте од чега 4 % за добијање сировине и 4 % при производњи),
- смањење потрошње енергије,
- смањење количине депонованог чврстог отпада и
- смањење емисије угљен-диоксида, азот монооксида и сумпор-диоксида [3].

- Цена готовог производа *Ruredil Fiber X 54* који се не производи од рециклираних материјала износи 15 €/kg [6]. Полимери који доминирају у овим влакнима су полипропилен и полиолефини (Табела 2). Цене рециклата полипропилена и полиетилена (HDPE, LDPE и LLDPE) износе од 1,37 до 1,52 €/kg, односно 1,48 до 1,65 €/kg респективно [7].

У табели 2. представљене су просечне цене рециклираних и нерациклираних влакана за ојачање бетона, на основу које се може закључити потезијална исплативост примене рециклираних влакана.

Табела 2: Упоредна анализа просечних цена влакана за ојачање бетона [8]

|              | цена влакана од<br>нерациклираних полимера<br>(€/kg) | цена влакана од<br>рециклираних полимера<br>(€/kg) |
|--------------|--|--|
| полипропилен | 1,69   | 1,54   |
| полиолефин   | 3,45   | 1,15   |

Цене рециклираних полипропиленских влакана која се користе за ојачавање бетона и малтера крећу се од 0,77 до 2,31 €/kg, док се цене високо квалитетних рециклираних влакана која се користе за изградњу путева, крећу од 2,19 до 2,66 €/kg. Цене нерациклираних полипропиленских влакана крећу се од 1,54 до 1,85 €/kg, док се цене нерациклираних полиолефинских влакана крећу од 3,08 до 3,85 €/kg [8]. Као што се може закључити, можда једини недостатак ових влакана је то што производ који постоји на тржишту није од рециклираног материјала, па поред тога што постоји економска уштеда, не постоји еколошки значај његове употребе. Ипак, материјали од којих се влакна добијају јесу рециклабилни, што значи да би се, поред смањења количине отпада који је потребно третирати и одлагати и доприноса одрживом коришћењу сировина, постигла још већа економка уштеда.

## 4. ЗАКЉУЧАК

Чињеница је да се количина отпадне пластике повећава сваке године, што представља велики проблем, неопходно је пронаћи што више начина за њено поновно коришћење. Мешањем пластичних влакана добијених од отпадних материјала са бетоном у циљу армирања могу се добити цементни композити различитих карактеристика, приликом чега се остварује одређена економска уштеда, а и чува животна средина. Употребом ових влакана уместо челичне арматуре или челичних иглица остварује се уштеда од 42% односно 13%, респективно. Коришћење одређених рециклабилних полимерних маса приликом израде подних плоча представља одличан подстицај за рециклажу пластичних маса, а такође је и економски исплатив. Цена рециклираних полипропиленских влакана је нижа за 9% у односу на цену нерациклираних влакана, док је цена полиолефинских рециклираних влакана нижа за 67% у односу на нерациклирана влакна. Поред свих наведених предности, за конкретну примену потребно је наћи адекватан метод за мешање пластичних влакана и бетона, најбољи облик влакана и њихове особине.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Saikia, H., de Brito, J.: Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction and Building Materials*, **2012.**, vol. 34, стр. 385-401.
- [2] Sharma, R., Bansal, P.P., Use of different forms of waste plastic in concrete - a review. *Journal of Cleaner Production*, **2016.**, vol. 112, стр. 473-482
- [3] Rafat, S., Jamal, K., Inderpreet, K.: Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste Management*, 2008., vol. 28, стр. 1835–1852
- [4] <http://www.podovi.org/podne-ploce-bez-armature/>, преузето: 11.3.2016.
- [5] Borg, R. P., Baldacchino, O., Ferrara, L., Early age performance and mechanical characteristics of recycled PET fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, **2016.**, vol. 108, стр. 29-47.
- [6] [www.abc.rs](http://www.abc.rs), преузето: 22.2.2016.
- [7] <http://piweb.plasteurope.com/> , преузето: 22.2.2016.
- [8] Павловић, М., Пауновић, О., Тасовац, У., Јефтић, Д., Using recycable materials in construction – reinforcement of concrete slabs with polymer fibers. *IV International Conference „ECOLOGY OF URBAN AREAS“ 2014*, 9-10. Okrobar 2014, Зрењанин, Србија

## APPLICATION OF WASTE PLASTICS IN CONSTRUCTION

**Summary:** *Plastic material have a very wide application in modern society, which results in the generation of large amounts of waste. This kind of waste is a big problem for the environment because of it's characteristics such as low biodegradability and the ability to release harmful substances during disposal or incineration. So far have been developed many methods such as recycling and reuse of waste materials. One of them is mixing them with concrete in order to obtain composites with different characteristics, that can be used as construction material. These materials find their large application, such as the production of floor boards without reinforcement. Using plastic fiber instead of steel reinforcement and steel needles brings savings of 42% and 13%, respectively. The price of recycled polypropylene fiber is lower by 9% compared to the price of unrecycled fiber, while the price of recycled polyolefin fibers is 67% lower compared to unrecycled fiber. Besides all the mentioned advantages, for the specific purpose it is necessary to find an adequate method for mixing plastic fibers and concrete, the best shape of fibers and their characteristics.*

**Keywords:** *waste, plastic fiber, reinforcement of concrete*