

# РЕЦИКЛИРАЊЕ ПОСТОЈЕЋИХ АСФАЛТНИХ КОЛОВОЗА

Душица Дрндарски

Институт за путеве А.Д., Београд, Србија

**Резиме:** Током изградње и одржавања путева користе се огромне количине агрегата и везива док се, у исто време, материјал из постојеће коловозне конструкције дејонује као отпад. Могућности дејоновања се смањују иако да је потребно наћи начин на који се материјал са дејоније може искористити. Рециклирање је једна од могућности и добија све значајнију улогу у осигурању одрживог развоја савременог друштва. Економске анализе заједно са изненим ставовима учествују у креирању политике чији је циљ осигурање затвореног циклуса изградње рециклажом и поновном употребом материјала из постојећег коловоза. Овај рад даје неке од могућности у смислу што ефикасније и што економичније примене рециклаже са циљем очувања окружења и заштите природних ресурса.

**Кључне речи:** Могућности рециклаже, разлози и начини рециклирања.

## RECYCLING OF EXISTING FLEXIBLE PAVEMENTS

**Abstract:** Road construction and maintenance processes use considerable volumes of aggregates and binders while, at the same time, producing materials that have traditionally been considered as waste. Landfill capacity is becoming scarce and alternative methods of disposal or waste utilization have to be sought. Recycling of materials has an important role to play in achieving sustainable development. Economic consideration, together with the points listed above, contribute to a political climate where the intention is to realize the closed-building-cycle in the process of recycling/reuse of materials from existing pavements. This report suggests some initiatives that could be taken to increase the general efficiency and economic benefits of recycling process with regard to protection resources of natural materials and environment.

**Key words:** Possibilities, reasons and methods of recycling .

### 1. ОПШТЕ

Са порастом глобалне економије повећава се и број возила на путевима што захтева стално прилагођавање капацитета путне мреже. Овакво повећање саобраћаја често има за последицу веће оптерећење од оног за које је пут пројектован што је у директној вези са дебљином коловозне конструкције и примењеним мешавинама. Повећање капацитета постојеће путне мреже могуће је остварити на више начина: изградњом нових путева, проширењем и појачањем постојећих путева.

Радовима на изградњи, рехабилитацији и одржавању могу се добити значајне количине материјала из постојећег коловоза који се могу поново употребити. У Холандији је, на пример, током 1996. године количина поново употребљеног асфалта била приближно 50% у односу на укупну количину произведеног асфалта. Такође, количина материјала из слојева од невезаног каменог материјала који се може рециклирати је веома значајна. Зато је неопходно да Влада као и целокупна путна привреда изнађу могућности за подстицање поновне употребе и рециклаже материјала који могу да се користе уместо новог агрегата.

Рециклажа има веома битну улогу у остваривању одрживог развоја. На конференцији Уједињених нација “О Окружењу и Развоју“, 1992. године, договорено је да је неопходно спровести опсежне програме широм света ради добијања одговарајућег модела одрживог развоја за наредни век. За добијање оваквог модела неопходно је, као прво, сачувати ресурсе што је могуће дуже док се не обезбеде довољне количине које би задовољиле будуће потребе друштва. Такође, потребно је смањити количину отпадног материјала и подстицати што ефикаснију употребу материјала укључујући и рециклирање материјала кад год је то могуће.

Основна предност рециклаже (директна или индиректна) је двојака. Као прво, интересантна је са економског аспекта јер се користе материјали који су одмах употребљиви. Као друго, значајније коришћење рециклираног материјала из коловоза корисно је са аспекта заштите животне средине. Рециклирањем се не смањују само иницијални трошкови стругања асфалта, уклањања постојећег невезаног каменог материјала, већ се смањује и употреба агрегата из позајмишта. У неким земљама, аспекти који се односе на окружење добијају предност у односу на економске, нарочито када се ради о поновној употреби материјала из коловоза.

Из свега следи да је рециклирање материјала пожељно, али сам процес мора да буде технички изводљив. Невезани камени материјали из носећих слојева могу се најчешће рециклирати без посебних проблема. Међутим, у неким земљама ограничени прописи редукују могућност поновне употребе материјала код реконструкције путева. Разлог томе је што се досадашњи прописи базирају на употреби новог агрегата. Такође, не постоји довољно информација о томе како обезбедити задовољавајући квалитет рециклираног материјала примењеног у конструкцији. Упркос свему, рециклирани материјал има значајну улогу у остваривању политике одрживог развоја код изградње и одржавања путева и због тога је потребно унапређивати постојеће прописе и препоруке.

## 2. ШТА, ЗАШТО И КАКО РЕЦИКЛИРАТИ

### 2.1 Шта се може рециклирати

Отпадни материјал из коловоза се може сврстати у две групе:

- онај који се може поново употребити у истој коловозној конструкцији;
- онај који се може користити у друге сврхе;

Фактори који утичу на избор материјала могу бити: потенцијални ризик у односу на окружење, предност њихове поновне употребе, количина отпадног материјала у односу на потенцијално или постојеће тржиште таквог материјала. Рециклирање постојећих асфалтних коловоза односи се на рециклирање/поновну употребу асфалтних слојева и невезаног каменог материјала из носећих слојева и постељице. Асфалтни слојеви могу се применити за добијање нових асфалтних слојева (по врућем поступку) или за везане или невезане носеће слојеве (по хладном поступку). Невезани камени материјал може се употребити за добијање везаних или невезаних носећих слојева. Песак из постељице се такође може рециклирати као везан или невезан слој. За добијање везаног слоја од каменог или песковитог материјала као везиво се користи цемент или битуменска емулзија. У зависности од избора технологије рециклирање се може вршити на лицу места или у бази.

У основи, скоро сви слојеви коловозне конструкције се могу рециклирати ако су у скаду са следећим захтевима:

- техничке могућности,
- законска и техничка регулатива једне земље у погледу одрживог развоја, подстицање рециклирања материјала и контрола загађености околног тла и
- економски аспекти.

## 2.2 Зашто рециклирати

Аспекти који се односе на животну средину сада се вреднују равноправно са осталим чиниоцима. Развијена друштва су се определила да пут “узми - употреби - одбаци“ не треба више следити. Ситуација где добробит и благостање једне генерације може негативно утицати на будуће генерације није више прихватљива. Постоје моралне обавезе за смањењем даљег загађења животне околине, али се то не може постићи за кратко време. Глобално загађење је расло током векова нарочито од индустријске револуције. Сада се улажу велики напори како би се тај дугогодишњи тренд променио. Путно инжењерство у својој активности ангажује велике количине природног материјала. У Европи се годишње произведе око 270 милиона тона асфалта. Много милиона тона невезаног каменог агрегата се угради испод асфалтних слојева. Са тачке гледишта заштите животне средине, много је привлачније решење рециклирати материјал на лицу места током радова на реконструкцији.

Одлука да се не користи материјал из постојећег коловоза има за последицу повећање отпадног материјала и употребу велике количине битумена, шљунка, дробљеног камена и песка. У исто време заузима се значајан простор депоновањем материјала. Капацитети за складиштење отпадног материјала су све мањи и у том смислу је неопходно усвојити и применити програм рециклирања који би смањио потребу за депоновањем материјала.

Економски аспекти заједно са изнетим ставовима погодују позитивној политичкој клими са циљем да се што боље разуме концепт “затвореног круга изградње“ (слика 1) о поновној употреби материјала из постојећег коловоза. Ефикасније коришћење постојећег материјала представља добробит за друштво, али препоруке о рециклирању могу бити врло ограничавајуће у примени рециклираног материјала.



Слика 1 Затворени циклус изградње

Истраживање и развој метода и опреме погодних за рециклирање коловоза су у успону. Нове технологије омогућују да се значајне количине материјала из коловоза поново

употребе. Даљи развој технологије рециклирања требало би да представља изазов за истраживаче у смислу унапређења и изналажења ефикаснијих метода рециклирања. Стратегија која се примењује у многим земљама, а односи се на конзервирање материјала назива се “степенаст концепт” (слика 2). Према овом концепту, акценат је стављен на употребу најтрајнијих материјала, нпр. коловозна конструкција са дугим животним веком. Када је реконструкција неопходна, тада постојећи материјал треба искористити за изградњу истог слоја са истим карактеристикама слоја у оригиналној конструкцији. Ако то није могуће, нпр. када је агрегат запрљан катраном и када би рециклирање по врућем поступку имало утицаја на здравље, материјал треба употребити у слојевима са нижим нивоом квалитета. Опција некоришћења материјала из коловоза је последње прихватљива са аспекта очувања окружења и треба је избегавати кад год је то могуће.



Слика 2 Спешенасиј концевии

Наведени концепт усвојен је у многим земљама ради формирања будућих циљева поновне употребе/рециклирања материјала (табела 1).

Земља	Циљеви
Аустралија	Смањење отпада са депоније за 50% до 2000. године
Белгија	Рециклирање 70% грађевинског отпада и редуција депонија за 30%
Данска	Смањење грађевинског отпада и шута за 60%
Француска	Укидање свих класичних депонија до 2002. године
Јапан	Пораст количине поновно употребљеног материјала са 42% на 80% пре 2000.
Холандија	Поновна употреба 90% грађевинског отпада и шута до 2000. године
Велика Британија	Двострука употреба рециклираног материјала током 15 година

Табела 1 Будући циљеви рециклирања према спешенасијом концевииу (лиии.2)

### 2.3 Држава као иницијатор рециклирања

Значајне активности које охрабрују рециклирање су:

- Један од битних начина како повећати поновну употребу и рециклирање материјала јесте уврштавање таквих материјала у националне и међународне стандарде и спецификације о материјалима.
- Подстицање поновне употребе свих материјала из коловоза у пројектима коловозне конструкције. Влада би требало да организује јавне кампање које би подстицале употребу секундарног агрегата. Успешност оваквих кампања била би већа када би се

буџетским мерама омогућило економско поређење коришћења секундарног агрегата у односу на нови.

- Смањење отпада треба да буде један од основних циљева. Економске мере као што су порези на коришћење новог агрегата или земљишта за депоновање материјала могу бити могуће решење. Овакве мере се успешно спроводе у Данској и Холандији.
- Инсистирање на пројектима где извођач мора да прихвати коришћење материјала за рециклажу, али са одговарајућом поделом ризика са инвеститором.

## 2.4 Основни начини рециклирања коловоза

У зависности од расположиве технологије и опреме рециклирање се може вршити по врућем или по хладном поступку, односно на лицу места или у бази. У табели 2 дате су различите врсте везива који се користе током рециклаже по врућем/хладном поступку.

Везиво		По хладном или врућем поступку		На лицу места или у бази	
Група	Врста	Хладан	Врућ	На лицу места	У бази
Битумени	Угљоводонични	+	+	+	+
	Емулзија	+	-	+	-
Емулзија и портланд цемент		+	-	+	+
Цементи	Цемент	+	-	+	+
	Згура	+	+	+	+
	Креч	+	-	+	-
	Летећи пепео	+	+	+	+

Табела 2 Рециклирање постојећег коловоза на главним и нискобуџетним путевима (Лит.3)

У многим земљама целокупна количина рециклираног асфалта се производи у базама, док је рециклажа по врућем поступку на лицу места још увек у развоју. У случају рециклаже по хладном поступку, материјалу из коловоза (одговарајуће гранулације) се додаје цемент/битуменска емулзија као везиво на лицу места или у бази.

## 3. РЕЦИКЛИРАЊЕ АСФАЛТНИХ СЛОЈЕВА

У многим земљама као што су Данска и Немачка велике количине асфалта из постојећег коловоза се користе за производњу нових асфалтних слојева. Статистика показује да је такав тренд и у другим земљама: Јапан, Канада и Тајланд. У Холандији је нпр. током 1993. од укупне количине оструганог и изрипованог асфалта 35% рециклирано по врућем, а 10% по хладном поступку, док је током 1996. од укупне количине отпадног асфалта рециклирано чак 50% и овај тренд је у сталном порасту.

Као што је већ поменуто, асфалт бетон је материјал који се може у потпуности рециклирати. Разлика између жељеног и стварног процента рециклираног асфалта за добијање високо квалитетног асфалт бетона зависи од:

- цене новог агрегата, односно битумена; ако је цена ниска или ако трошкови рециклирања нису значајно мањи а да се при томе не угрожавају ресурси материјала за будуће генерације и да не постоје проблеми отпада, тада треба тежити коришћењу нових материјала; треба напоменути да се ради о врло хипотетичкој претпоставци која одступа од глобалног, планетарног циља разумног и умереног трошења ресурса и очувања околине;

- ограничености производног процеса; нису све асфалтне базе у могућности да прерађују велике количине старог асфалта због ограничености производног процеса, а оне које то могу су малобројне и њихова употреба је још у експерименталној фази;
- максимално дозвољеног процента старог асфалта за добијање нових мешавина; стандардима се прописује која количина отпадног асфалта може да се употреби (у Холандији нпр. не више од 50%).
- ограниченог коришћења контаминираног агрегата; нпр. асфалт који је запрљан катраном, не би смео да буде изложен високим температурама током процеса рециклирања због емитовања ПАХ<sup>1</sup>. Оваква ограничења ће бити у примени све док се не унапреде нове технологије (нпр. метода где се катраном запрљани материјали греју паром до температуре од 90°C, непосредно пре употребе у асфалтној мешавини).

### 3.1 Рециклирање асфалтних слојева у нове асфалтне слојеве

Старе асфалтне слојеве треба рециклирати тако да се добију асфалт бетони истих карактеристика као оригинални, што је у складу са оптималним циклусом изградње. Изузев скелетног мастикс асфалта (SMA) који није подесан за рециклирање по врућем поступку, остали типови асфалт бетона приказани у табели 3 могу се рециклирати у исте слојеве сличног квалитета или у слојеве нижег нивоа квалитета.

Слој	Поновна употреба за Без додатка новог агрегата	SMA	PA	DA	OA	CSA	GA	CBA
Хабајући	<b>SMA</b>	-	-	+	+	+	+	+
“	<b>PA</b>	-	o	+	+	+	+	+
“	<b>DA</b>	-	-	+	+	+	+	+
Везни	<b>OA</b>	-	-	o	+	+	+	+
Носећи	<b>CSA</b>	-	-	o	o	+	+	+
“	<b>GA</b>	-	-	-	-	o	+	+

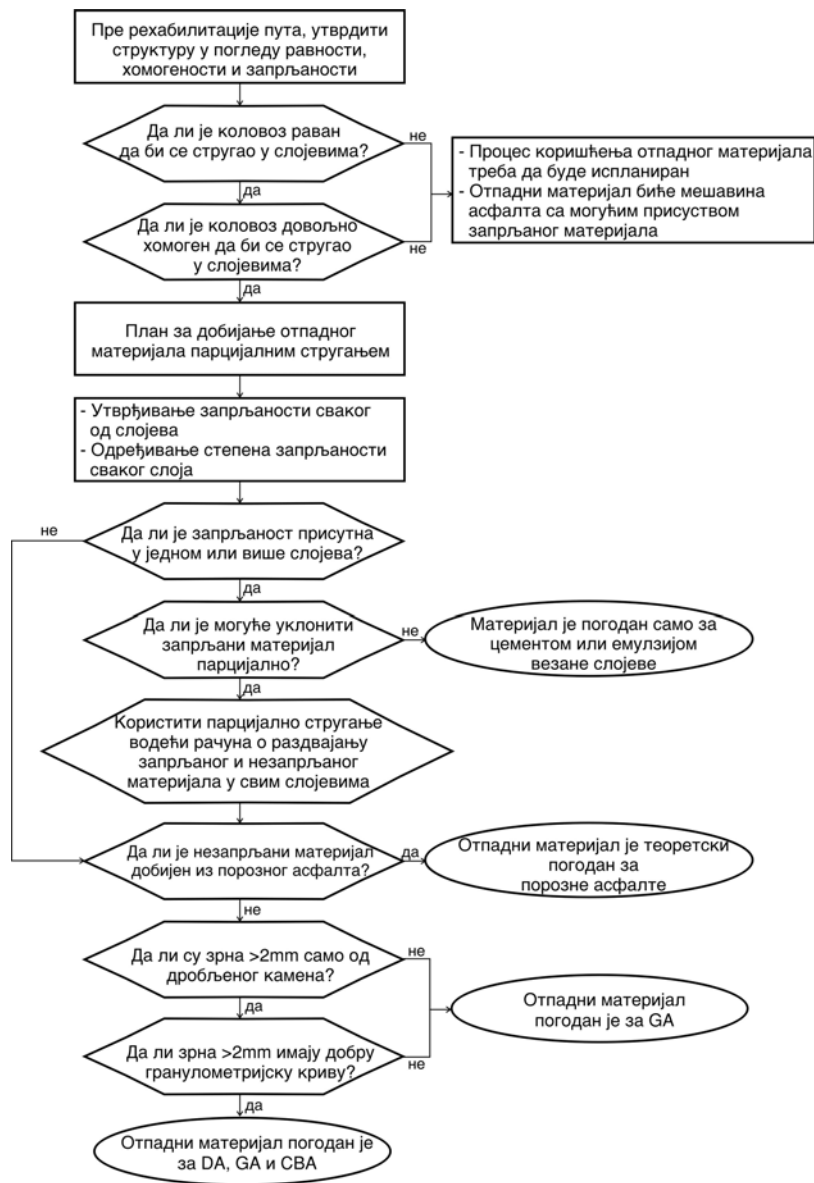
<b>Легенда:</b>	+	асфалт са депоније погодан је за ове мешавине
	-	асфалт са депоније није погодан је за ове мешавине
	o	могућа примена асфалта са депоније
<b>SMA</b>		скелетни мастикс асфалт (хабајући слој)
<b>PA</b>		порозни асфалт (хабајући слој)
<b>DA</b>		затворена асфалтна мешавина (хабајући слој)
<b>OA</b>		отворена асфалтна мешавина (везни слој)
<b>CSA</b>		битуменизирани дробљени агрегат (носећи слој)
<b>GA</b>		битуменизирани шљунак (носећи слој)
<b>CBA</b>		цементна стабилизација (носећи слој)

Табела 3 Могућности рециклирања/поновне употребе агрегата из асфалтних слојева

Може се закључити да стари асфалт треба да буде хомоген и доброг квалитета у погледу гранулометријског састава како би се поново употребио за добијање порозног асфалта, односно затворене и отворене асфалтне мешавине, а у извесној мери и битуменизираног дробљеног агрегата. Ове препоруке за стари асфалт су основа за високи квалитет рециклираних асфалтних мешавина. Да би се то постигло неопходно је постојеће асфалте парцијално стругати и складиштити тако да се не запрљају. За одабир адекватне методе третирања старог асфалта потребно је знати тип мешавине.

<sup>1</sup> ПАХ – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

Састав асфалтног слоја, количина и квалитет битумена, гранулометријска крива и врста агрегата су најважнији показатељи. У алгоритму на слици 3 дате су препоруке и сугестије о подесности старог асфалта за различите слојеве.



Слика 3 Алгоритам начина шреширања и употребе старих асфалта

Ако посматрамо коловоз са тешким саобраћајним оптерећењем, рециклажа асфалта према оптималном циклусу изградње, састоји се из три фазе: депоновања, побољшања и примене старог асфалта. У фази депоновања, асфалтни слојеви су остругани и транспортовани на депоније где се складиште. Хомогенизација и усклађење гранулометријске криве је део фазе побољшања (остругани асфалт често има мањак фракција песка, насупротив рипованом асфалту који је добро гранулисан). Фаза примене односи се на складиштење побољшаног материјала и његову поновну употребу у новом асфалт бетону.

### 3.2 Рециклирање асфалтних слојева у слојеве од везаног или невезаног каменог материјала

Стари асфалт може бити поново употребљен за везане или невезане слојеве од каменог материјала. У даљем тексту дате су могућности такве примене у зависности од квалитета старог асфалта и расположиве технологије и опреме.

#### 3.2.1 Рециклирање асфалтних слојева запрљаних катраном у слојеве од везаног каменог материјала

Контаминираност старог асфалта катраном је велики проблем у погледу доношења одлуке о његовој поновној употреби/рециклирању. Катран садржи велику концентрацију РАН<sup>1</sup> и због тога је употреба оваквих асфалта ограничена. Рециклирање асфалта који садрже катран може довести до емисије РАН<sup>1</sup> током врућег поступка. Истраживања су показала да је концентрација РАН<sup>1</sup> у ваздуху највећа када је асфалт изложен температурама вишим од 160°C. Стабилизација цементом, битуменском емулзијом или њиховом комбинацијом усвојена је за ефикасан технолошки процес (у погледу квалитета и количине ограничених услова окружења) за рециклирање катраном запрљаних асфалта. Досадашња истраживања су дала боље резултате код примене цемента као везивног материјала, али су потребна даља испитивања како би се ови резултати потврдили у дужем временском периоду. Такође, развијају се нове технологије којима се асфалт запрљан катраном загрева паром при температури од 90°C чиме се спречава емисија РАН<sup>1</sup> у ваздуху. Посматрано дугорочно, препорука је да материјал који садржи катран треба применити за најниже слојеве у коловозној конструкцији путева нижег ранга, с тим што места где је употребљен треба обавезно означити. Након рециклирања, стабилизован слој треба заштити непромочивом облогом. Стабилизоване слојеве од катраном запрљаних материјала треба искључиво примењивати као носеће слојеве изнад нивоа подземне воде. Овакве мере требале би да сведу на минимум штету од процеђивање катрана у околни простор. Такође, ни слојеве који садрже катран не треба користити у еколошки и водом осетљивим подручјима.

#### 3.2.2 Рециклирање незапрљаних асфалтних слојева у слојеве од везаног каменог материјала

Технологија рециклирања по хладном поступку старог асфалта је широко примењена у многим земљама. Овај поступак је применљив када је испуњен један од следећих услова:

- технолошке могућности једне земље не гарантују спровођење степенастог концепта;
- када постојеће базе немају могућност великог учинка рециклираног материјала;
- када велика удаљеност при транспорту битно утиче на цену.

Стари асфалт се може стабилизovati као везани носећи слој употребом неког хидрауличког везива или адитива на бази цемента. Овакав материјал има карактеристике које се могу упоредити са особинама стабилизованог слоја добијеног употребом новог агрегата и у вези с тим може бити примењен код било ког нивоа саобраћајног оптерећења. Материјал добијен рециклирањем по хладном поступку осим економске оправданости повољан је и у погледу заштите животне средине, чак и ако се не примени у истим слојевима као у оригиналној коловозној конструкцији.

Материјал добијен рециклирањем по хладном поступку на лицу места има следеће економске предности:

- локална метода – цемент је локално доступан;
- уштеда потрошње енергије;
- уштеда при транспорту материјала – материјал се користи на лицу места, смањује се употреба новог агрегата као и трошкови транспорта. Смањењем обима транспорта смањује се такође и оптерећење на привременим градилишним путевима.

### 3.2.3 Рециклирање асфалтних слојева у слојеве од невезаног каменог материјала

Рециклирање старих асфалта за добијање невезаних слојева примењује се за одговарајуће саобраћајне и климатске услове, односно за лако саобраћајно оптерећење и нискобуџетне путеве као и за ниже слојеве код путева са тешким саобраћајним оптерећењем, али је препорука да се употреба старих асфалта за добијање слојева од невезаног материјала сведе на минимум.

## 4. РЕЦИКЛИРАЊЕ СЛОЈЕВА ОД НЕВЕЗАНОГ КАМЕНОГ МАТЕРИЈАЛА

### 4.1 Рециклирање носећих слојева од невезаног каменог материјала

Рециклирање материјала из носећих слојева од невезаног каменог материјала врши се за добијање невезаних или везаних носећих слојева.

При рециклирању носећег слоја за добијање слоја од невезаног каменог материјала могу се јавити три случаја:

- рециклирање на лицу места када се постојећем материјалу додаје агрегат ради побољшања структурних карактеристика;
- врши се ископ материјала из носећег слоја и транспортује се на нову локацију без додатне прераде ако такав материјал задовољава критеријуме за рециклирање као за нов агрегат;
- врши се ископ материјала из носећег слоја и транспортује на депонију где се врши прерада. Ово је случај када материјал није погодан за рециклирање или када рециклажа на лицу места није могућа.

За добијање потребног квалитета треба утврдити количину ситних честица у постојећем материјалу, контролисати ископ материјала како би се избегла запрљаност материјала и применити адекватну технологију којом се обезбеђује константна дубина рада и равномерно дозирање агрегата у попречном и подужном смислу.

Одлука о рециклирању материјала носећег слоја за добијање слоја од везаног материјала може се јавити из следећих разлога:

- због носивости, додавањем средстава за стабилизацију, чиме се побољшавају структурне карактеристике материјала;
- због предности у односу на окружење. Стабилизован материјал смањује пропуштање загађивача (тешки метали, угљоводонични деривати,...) у околно тло.

Као везивни материјали могу се користити: битуменска емулзија, цемент, креч и мешавина летећег пепела и згуре у зависности од локалних услова. Како би се обезбедио добар квалитет оваквог слоја потребно је користити споровезујућа везива и вршити правилну негу током првих седам дана, како би се спречила појава пукотина.

### 4.2 Рециклирање слоја постелице од невезаног каменог материјала

Потреба за рециклирањем постелице јавља се из два разлога:

- да би се заштитило тло од смрзавања и

– да би се обезбедила добра основа при збијању материјала носећег слоја.

Постељница од невезаног материјала може се рециклирати за добијање постељнице од невезаног или везаног материјала. Рециклирање материјала из постељнице није чест случај у пракси. Нема много података у вези са рециклирањем постељнице као слоја од невезаног материјала. Подаци добијени мерењем дефлектометром са тешким теретом и резултатима Proctог-овог опита користе се при доношењу одлуке да ли је материјал из постељнице погодан да се рециклира или не.

Када је реч о рециклирању материјала из постељнице за добијање постељнице од везаног материјала може се говорити о економској исплативости. Потребно је испитати да ли материјал из постељнице има препоручену гранулометријску криву. Неопходан је такође и правилан избор технологије при уграђивању новодобијеног слоја у смислу квалитетног збијања. У пракси, постељница од везаног слоја није често у употреби код путева са тешким саобраћајним оптерећењем. Насупрот томе, код путева са малим саобраћајем овако добијени материјал је врло значајан. У неким земљама (нпр. у Француској) постоји тенденција коришћења оваквог материјала за слој постељнице како би се смањиле дебљине горњих (скупљих) слојева.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Рециклирање игра важну улогу у остваривању одрживог развоја. Ресурси су ограничени и неопходно је сачувати природни агрегат што је могуће дуже, смањити количину отпада током производње и подстицати рециклирање и поновну употребу материјала. Ови општи принципи, заједно са економским разматрањима треба да допринесу политичком концепту у коме је акценат стављен на разумевање затвореног циклуса изградње у процесу рециклирања/поновне употребе материјала. Најповољнија ситуација је када рециклирање постане економски исплативо. Док се то не догоди потребно је применити мере које би подстицале рециклирање/поновну употребу материјала:

- подстицање свести о рециклирању;
- подела ризика између инвеститора и извођача како би се стимулисало иновирање пројеката везаних за рециклирање;
- истицање рециклаже у техничким спецификацијама и поступцима уговарања;
- премије за поновну употребу материјала;
- већа улагања у постројења за рециклирање како би се повећао учинак прераде отпадног материјала.

Потребно је уложити напор како би се подстакло коришћење материјала у складу са “степенастим концептом“.

## РЕФЕРЕНЦЕ

[1] PIARC, *Recycling of Existing Flexible Pavements*, PIARC Technical Committee on Road Pavements (C7/8), Paris, 2001.

[2] Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), *Recycling Strategies for Road Works*, Road Transport Research, Paris, 1997.

[3] Dorobantu, S., *Recycling of existing pavements and the use of secondary materials for major and low cost roads*, EAPA, Roumania, 1996.

[4] Ерјавец, С., *Меџоголоџија рехабилитације коловоза*, Магистарски рад, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2006.