

# VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE O UPOTREBI RECIKLIRANOG AGREGATA U PROIZVODNJI BETONA

**Nada Curović, dipl. ing.**

*Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd*

**Prof. dr Živojin Prašević**

*Građevinski fakultet, Beograd*

*U radu je prikazan proces odlučivanja o uvoćenju recikliranog agregata u proizvodnju betona. Data je tehnologija proizvodnje ove vrste materijala, kao i ekološki zahtevi reciklaže. Prikazani su problemi na koje se nailazi kada se krene u takav projekat, kao i višekriterijumske metode pomoću kojih se odlučuje o angažovanju.*

*Ključne reči: reciklirani beton, problemi, višekriterijumske metode odlučivanja*

## UVOD

Čovečanstvo je ušlo u još jedan milenijum. Sve vreme postojanja na zemlji čovek je evoluirao i menjajući se menjale su se i njegove potrebe. Neke stvari ljudska civilizacija nosi sa sobom od svog nastajanja. Graditeljstvo je jedna od tih stvari. Počelo je sa uređenjem pećina, a danas se grade svemirske stanice. Možda u ne tako dalekoj budućnosti, čitave urbane tvorevine biće na drugim planetama. Uvek se radilo o istim potrebama. Prilagoditi okolinu sebi. Stvoriti što podesnije životno okruženje. Tehnologija se razvija, nauka ide napred, i svako vreme donosi do tada neviđene poduhvate. Graditelji raspolažu većim mogućnostima, saznanjima, tehnikama i materijalima. Graditeljstvo je uvek bilo vezano sa stepenom razvoja društva i njegovim materijalnim mogućnostima da zadovolji potrebe unapređenja uslova života i privređivanja.

Savremeni svet danas smatra reciklažu svojim sastavnim delom. A reciklaža se nikako ne može smatrati nečim novim. Taj proces je star koliko i čovečanstvo, i nastala je kada je pećinski čovek shvatio da delove svoje slomljene sekire može upotrebiti za izradu vrhova strele...

Ali o ozbiljnim procesima pričamo sa pojavom industrijske revolucije. Danas, industrija mora nositi punu odgovornost za skupljanje, sortiranje, procesiranje i marketing vezan za

otpadni materijal. Isto tako i za nus proizvode industrijske proizvodnje, kao i za sudbinom proizvoda na kraju njegovog životnog veka.

## EKOLOŠKI ZAHTEVI RECIKLAŽE

### **Reciklaža – doprinos kvalitetnijem okruženju**

Upotreba recikliranog materijala pokazuje značajnu uštedu energije u odnosu na primarnu proizvodnju:

*Tabela 1. Ušteda energije u poređenju sa primarnom produkcijom*

Reciklirani čelik	: 74%
Reciklirani aluminijum	: 95%
Reciklirani bakar	: 85%
Reciklirano olovo	: 65%
Reciklirani papir	: 64%
Reciklirana plastika	: 80%

**Sekundarna proizvodnja je manji zagađivač od primarne produkcije.** Na primer: proizvodnja papira od recikliranog papira umesto od drveta znači 35% manje zagađenje vode i 74% manje zagađenje vazduha. Proizvodnja čelika od recikliranog čelika znači 86% manje zagađenje vazduha.

Danas, na početku 21. veka neosporno je da je beton bio glavni građevinski materijal XX veka i da će verovatno to ostati i početkom ovog veka.

Savremeno betonska industrija zahteva neprekidni razvoj novih tehnologija i materijala. Nedostatak prirodnog agregata u urbanim sredinama i sve veća rastojanja između nalazišta i fabrika betona nametnuli su mogućnost

Kontakt: Nada Curović

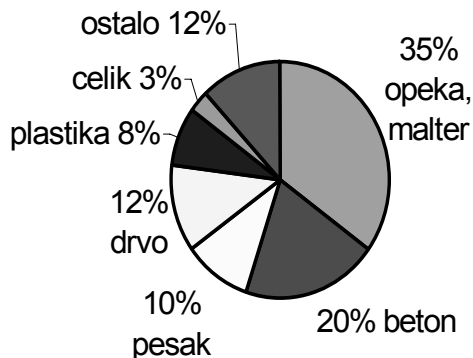
Institut za istraživanja i projektovanja u privredi - iipp

Vatroslava Lisinskog 12a, 11000 Beograd, Srbija i Crna Gora

E-mail: ncurovic@iipp.co.yu

zamene prirodnog agregata recikliranim materijalima.

Novi pogledi na svet, ali i problemi urbanog života donose neminovno proces reciklaže i u betonsku industriju. U urbanim sredinama se javlja veliki problem odlaganja građevinskog otpada. Razlozi rušenja postojećih objekata su promena njihove namene, starenje objekata, rekonstrukcija gradskog tkiva, prirodne nepogode (zemljotresi, požari, poplave), ratovi itd. Građevinski otpad čini veliki deo čvrstog otpada. Osim svoje zapreminske karakteristike nije ga moguće komprimirati te na deponijama zauzima veliki prostor. Ako su deponije bliže gradu manji su troškovi transporta ali se zauzima vredno gradsko građevinsko zemljište i narušava u estetskom i sanitarnom smislu kvalitet grada. Ako su dalje, troškovi transporta enormno rastu. Svakako nekontrolisano upravljanje građevinskim otpadom dovodi do slika deponija koje na žalost u svim većim gradovima kod nas možemo sresti.



Slika 1. Mešavina demoliranog materijala građevinske konstrukcije

Sa slike 1 se vidi da je moguće 55% materijala ponovo koristiti u betonskim konstrukcijama visokog kvaliteta. Ponovna upotreba materijala smanjuje troškove jednovremeno na više nivoa. Troškove transporta otpadnog materijala, troškove uklanjanja i deponovanja, kao i skraćeni transport materijala za nove objekte. Sa ekološkog aspekta posmatranja problema, ipak je najznačajniji efekat smanjenog zagađenja. Sama reciklaža je ustvari jedan od vidova upravljanja otpadom. Kako se uvodi i raste kontrola kvaliteta upravljanja otpadom, vrlo brzo u vremenu se primećuje pad kontaminacije.

## TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE AGREGATA ZA RECIKLIRANI BETON

Proizvodnja betona na bazi recikliranog betonskog agregata je u povoju u Evropi. Mnogo dalje su otišle neke vanevropske zemlje. Japan, Kanada, Australija i SAD imaju najrasprostranjeniju proizvodnju ove vrste betona. Razlog za to verovatno leži i u posmatranju strukture izgrađenog tkiva u Evropi. Iako nam se čini da se mnogo gradi i da smo okruženi novim zgradama i savremenom arhitekturom, iznenađujući je podatak, da su u Evropi od svih objekata 75% zidane konstrukcije. Tačnije, beton još uvek ne čini glavni materijal u ukupnom graditeljstvu. Mada, brzo će se taj odnos promeniti, što se već desilo u gore navedenim zemljama.

Beton u konstrukcijama koje se trebaju demolirati može biti u snažnoj vezi sa nekim drugim materijalima. To mogu biti razne vrste završnih obrada, obložni materijali, drvena građa, metal ili prljavština. Velika je prednost ako se ovaj beton pre reciklaže može osloboditi od svih stranih primesa. Ozbiljniji problem u ovom procesu bi bilo odvajanje armature u armiranom betonu. Pokazalo se kao prilično lako ovo izvršiti. Ili bar kada se odnosi na armirane betonske ploče trotoara i kolovoza.

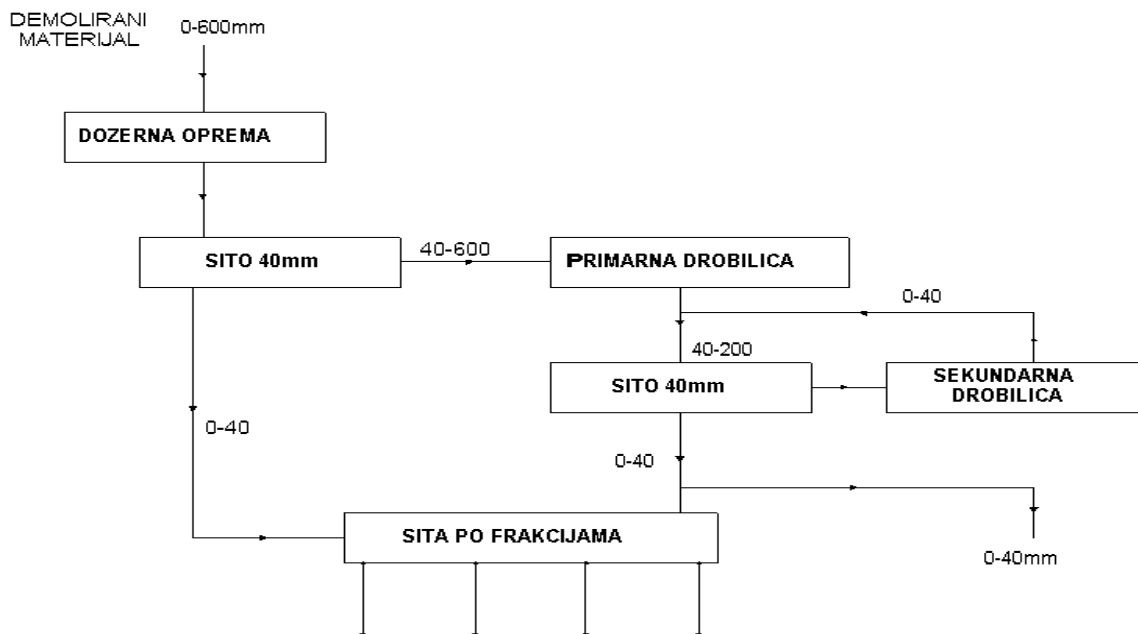


Slika 2. Mehanizacija za reciklažu

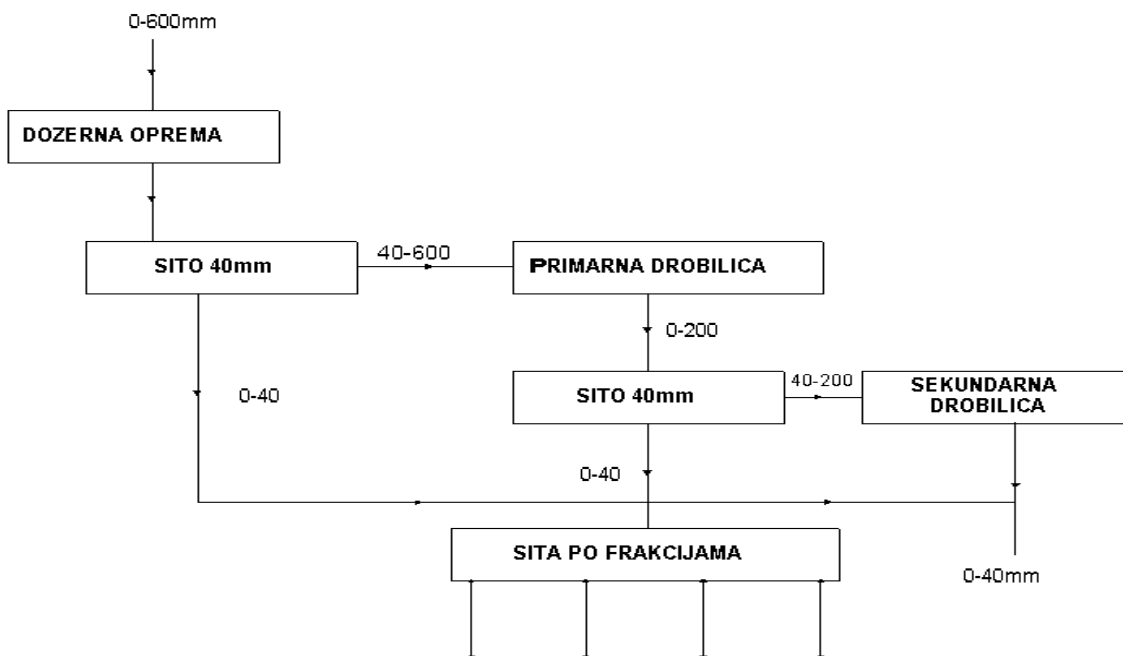
Postrojenja za proizvodnju recikliranog agregata se ne razlikuju mnogo od onih za proizvodnju drobljenog agregata. Uključuju nekoliko tipova drobilica, sita, opreme za transport, i opreme za uklanjanje stranog materijala. Osnova procesa je usitnjavanje materijala do željene veličine granularnog produkta. Stepem i način obrade najviše će zavisi od svrhe za koju se agregat priprema, kao što su: masivna ispuna, drenažna ispuna, materijal za bazu ili površinsku obradu kolovoza, novi beton, itd.

Veliki broj različitih procesa je moguć za usitnjavanje i prosejavanje demoliranog materijala. Neke od mogućnosti su prikazane na dijagramima 3 i 4. Instalacije koje rade po nekoj od ovih šema su poželjne kada nema potrebe

za otklanjanjem nekog suvišnog materijala. Zovu se postrojenja prve generacije. Ovakva dispozicija je najčešća kada se radi opravka i postavljanje pločnika. Dijagram 3 predstavlja zatvoren sistem koji je preporučljiv. Dijagram 4 ilustruje otvoren sistem, čija je prednost samo u većem kapacitetu. Maksimalna veličina delova je slabije definisana kod otvorenog sistema, što može voditi velikim varijacijama veličine krajnjih proizvoda.



Slika 3. Dijagram proizvodnje recikliranog agregata iz betonskih ruševina koje su oslobođene drugih materijala. (Zatvoreni sistem)



Slika 4. Dijagram proizvodnje recikliranog agregata iz betonskih ruševina koje su oslobođene drugih materijala. (Otvoreni sistem)

Naravno, čisti beton se ne može uvek dobiti sa ruševina. Demolirani beton često sadrži primese u obliku metala, drveta, plastike, različitih obložnih materijala i krovnih pokrivača. Procesna šema se mora adaptirati i moraju se uzeti u obzir procesi uklanjanja viška mehanički ili ručno pre drobljenja, kao i primena suvog ili mokrog postupka otklanjanja primesa iz drobljenog materijala. Instalacije koje rade po ovom principu su postrojenja druge generacije.



Slika 5. Reciklirani betonski agregat

Dalja proizvodnja betona na bazi recikliranog agregata je saglasna sa proizvodnjom standardnog betona.

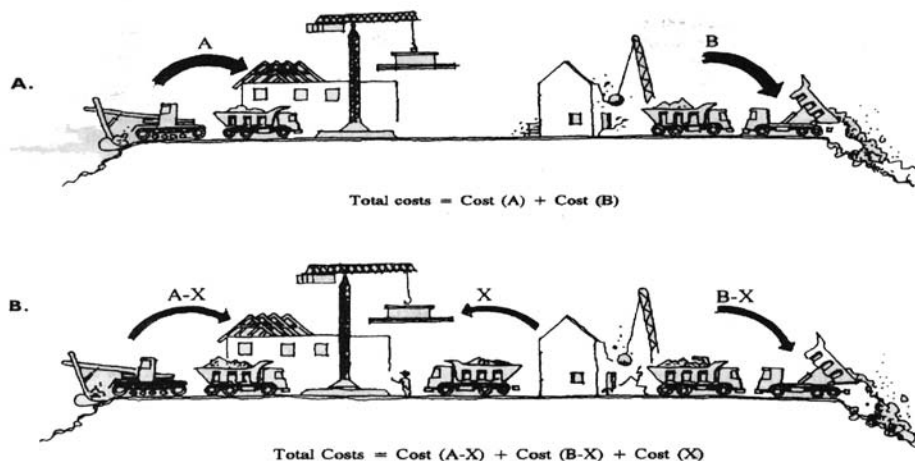
### EKONOMSKI ASPEKT

Da bi se uopšte ulazilo u ovakve investicione poduhvate, upotreba nove vrste betona mora biti ekonomski opravdana.

Ekološka prednost neće, ili će vrlo teško ubediti investitore da u određenim projektima koriste beton na bazi recikliranog agregata.

Navedene su prednosti koje upotreba ovog agregata može doneti firmi koja će ga koristiti u proizvodnji betona:

- Obilan i konstantan izvor demoliranog materijala u urbanim sredinama
- Mogućnost dobijanja besplatnog agregata
- Lokaliteti demoliranog materijala obično bliže fabrikama betona nego prirodni izvori materijala
- Mogućnost paralelizacije radova, tj. firma angažovana na projektu rušenja građevinski otpad koristi kao sirovinu za neki drugi projekat
- Praćenje svetskog trenda korišćenja recikliranih materijala u građevinarstvu, radi spremnost za potencijalne projekte u inostranstvu.



Slika 6. A-tradicionalni model građenja i rušenja objekata; B- građenje i rušenje uz proces reciklaže

Na slici 6. su prikazana oba pristupa rušenju objekata. U slučaju A ukupna cena UC se sastoji od cene prirodnog materijala i transporta- A i cene transporta i odlaganja materijala- B. X je cena recikliranog materijala. Te se dobijaju totalne ce ne za 2 modela:

$$A. \quad UC = A + B$$

$$B. \quad UC = (A-X) + (B-X) + X$$

Ekonomski model pokazuje da će optimizacija cene zavisiti od: cene rušenja, cene transporta, cene reciklaže, cene rada i cene prirodnog materijala

Na svim projektima u svetu rađenim recikliranim agregatom se tražila i izrada ekonomske opravdanosti ovog načina rada.

Istraživanja su pokazala da je proizvodnja betona na bazi recikliranog agregata najisplativija u slučaju paralelne reciklaže ostalog materijala i istovremenog raščišćavanja ruševina.

Projekti ekonomske analize opravdanosti su rađeni najviše u zemljama gde postoji i regulativa o upotrebi ove vrste betona (SAD, Holandija, Skandinavske zemlje i Japan). Njihova iskustva su pokazala da su najveće uštede u oblastima gde je prirodan agregat teško pristupačan (te samim tim i skup), te su i izvedeni projekti rađeni na tim lokalitetima. Takođe se pokazalo kao najefikasnije pokretanje proizvodnje ovog betona u urbanim sredinama, gde je siguran izvor demoliranog betona. Posebno sa konstantnom tendencijom skraćivanja eksploatacionog veka građevina. U urbanim oblastima sa populacijom većom od pola

miliona, godišnja raspoloživa količina demoliranog betona je nekoliko stotina hiljada tona.

Iz ekonomskih razloga se zato preporučuje postavljanje centralnih fabrika betona koje rade sa recikliranim agregatom u blizini velikih gradova, najbolje blizu sanitarnih deponija,

kako bi se postigla i ušteda na transportu.

U tabeli 2 je dato poređenje cena proizvodnje dva betona istih karakteristika, od kojih je jedan spravljen sa prirodnim agregatom, a drugi recikliranim. Ispitivanja rađena u Holandiji na početku rada sa recikliranim betonom.

Tabela 2. Poređenje cena proizvodnje dva betona istih karakteristika

PRIRODNI AGREGAT	CENA	RECIKLIRANI AGREGAT	CENA
Cena iskopa	$N_1$	Ekstra tretman ruševina na lokalitetu	$S_1$
Cena proizvodnje	$N_2$	Cena demoliranih komada (negativna)	$S_2$
Cena spoljnog transporta	$N_3$	Cena transporta demoliranih komada do deponija (negativna)	$S_3$
Cena unutrašnjeg transporta	$N_4$	Cena transporta komada do mesta proizvodnje	$S_4$
		Cena proizvodnje recikliranog agregata	$S_5$
		Cena transporta recikliranog agregata do gradilišta ili cfb	$S_6$
		Dodatni troškovi kontrole, skladištenja i prodaje	$S_7$
UKUPNO	$\sum_{i=1}^4 N_i$	UKUPNO	$\sum_{i=1}^7 S_i$
Uslov da reciklirani agregat bude konkurentan je $\sum S_i < \sum N_i$			

Za očekivati je da će cena recikliranog agregata u budućnosti padati, posebno kada se završi inicijalna faza razvoja tehnologije proizvodnje. A nasuprot tome očekuje se porast cene prirodnog agregata. Što ga je manje cena će biti veća, a paralelno će rasti i cena transporta sa sve udaljenijih lokaliteta. Tako da iako uslov nije u ovom trenutku ispunjen, ne znači da upotreba recikliranog agregata nije ekonomski opravdana

### **ODLUČIVANJE O UVOĐENJU RECIKLIRANOG AGREGATA U PROIZVODNJU BETONA**

Građevinske investicije su skoro uvek velike investicije. Realizacija jednog građevinskog projekta je neminovno veliki i složen sistem. Nije uvek jednostavno deterministički opisati i definisati karakteristike koje se posmatraju unutar takvog sistema. Multidisciplinarnost građevinskih investicija uslovljava obaveznu kooperativnost, te na taj način i složenost relacija i odnosa među uključenim stranama. Zato se veliki broj projekata i rešenja usmerava na heurističke i ekspertske metode. Po nekad ove metode pokazuju nedostatke, u smislu subjektivnosti autoriteta koji su akteri odlučivanja, ali je velika prednost u uključivanju velikog broja aspekata. Kada jednodimenzionalne matematičke metode same nisu

dovoljne, ove metode će uključiti i ekonomsku, socijalnu i tehnološku stranu problema.

Na samom početku odlučivanja o novom agregatu je potrebno utvrditi sve probleme i ograničenja na koje će se naići. Formira se lista prepreka koje se moraju rešiti. Utvrđi se redosled aktivnosti. Na taj način je dobijen model faznog uvođenja u primenu novog materijala.

Grupno odlučivanje sve više u poslovnom odlučivanju zamenjuje individualno. Možda je glavni razlog za to kolektivna odgovornost i neopterećivanje pojedinca da donese prelomne odluke, ali i prednosti koje ovo odlučivanje donosi.

Grupnu čine dva ili više interaktivnih pojedinaca koji su se udružili kako bi postigli određene ciljeve.

Obzirom na tačnost - u proseku grupe donose bolje odluke od pojedinaca. To ne znači da su sve grupne odluke bolje od odluka svih pojedinaca. Naime, one su bolje od onih koje bi doneo prosečni pojedinac u grupi, ali retko su bolje od učinaka najboljeg pojedinca.

Obzirom na brzinu - jasno je da su pojedinci u prednosti. Obzirom na kreativnost - grupe daju bolji učinak u davanju inovativnih alternativa.

Obzirom na veličinu grupe - 5 je minimum, a 15 je maksimum pripadnika. Najefikasnijim se smatraju grupe od 5 do 7 pripadnika, jer su dovoljno velike da nema nerešenih odluka, da pripadnici mogu menjati svoje odluke i da se mogu povući iz nelagodnih položaja, te da i "mali" pripadnici mogu adekvatno učestvovati u odlučivanju.

Prednost je i stupanj prihvatanja koje postiže konačno rešenje (grupne odluke će razviti rešenja koja će biti šire prihvaćena zbog prisutnosti više ljudi).

Veći je utrošak vremena. Grupno odlučivanje troši više vremena za rešavanje istog problema, iako postoje izuzeci. Grupe su opšte gledano manje efikasne od pojedinaca.

#### **Prednosti grupnog odlučivanja:**

- Potpunije informacije i znanje (tu se misli na veću količinu informacija i šira znanja i sposobnosti u grupi u odnosu na pojedinca).
- Povećano prihvatanje rešenja (odluke su bolje prihvaćene, dolazi do većeg stupnja razumevanja, jer pripadnici grupe nisu skloni obezvređenju odluke koju su pomogli da se razvije).
- Povećavaju legitimitet (svaku odluku donesenu od pojedinca možemo shvatiti kao čin autokratije)

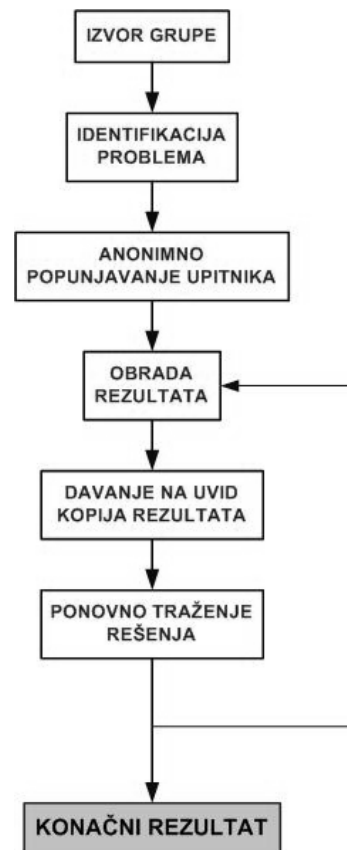
#### **Nedostaci:**

- Troši previše vremena (zbog potrebe okupljanja pojedinaca u grupu i za njihovu dobru interakciju)
- Pritisak za prilagođivanjem (dolazi do uticaja dominantnih osoba i potiskivanja ideja manjine, moguća su nadmetanja autora ideja, gubitka objektivnosti, te podrška nekih loših rešenja. Dolazi do fenomena *group think*, npr. želja pripadnika grupe da budu prihvaćeni i dostojni saradnici u grupi može rezultirati gušenjem svakog suprotnog mišljenja).
- Kolektivna odgovornost (odgovornost se deli unutar pripadnika grupe). Ovde je odgovornost bilo kojih pojedinačnih pripadnika razvodnjena i nije jasno definisana).

Poboljšanje grupnog odlučivanja odvija se kroz tehnike i metode kojima se potpunije realizuje potencijal procesa grupnog odlučivanja.

Problem koji posmatramo je složen i slabo strukturiran, a parametri se ne mogu odrediti na

osnovu statističkih i eksperimentalnih podataka. Mišljenja i stavovi eksperata i iskustveni zaključci će pomoći da se definiše model upravljanja novom proizvodnjom. Za formiranje liste problema o kojima će se raspravljati, i koji će kasnije biti stepenici u formiranju proizvodnje, je primenjena varijanta ekspertske metode Delfi. Ovu metodu su predložili početkom šesdesetih godina Dalkey i Helmer. Metoda je dobila naziv po grčkom gradu Delfi, u kojem je u antičko vreme živelo proročanstvo poznato po svojim predskazivanjima.



Slika 7. Dijagram toka za Delfi metodu

Suština ove metode se sastoji u tome da se u vezi sa rešavanjem nekog problema sastavi grupa od koordinatora i eksperata koji izvanredno dobro poznaju tu problematiku. Koordinator formuliše problem i sastavlja odgovarajuće upitnike i dostavlja ih sa raspoloživim informacijama, relevantnim za rešavanje problema članovima grupe eksperata i od njih traži mišljenja i predloge rešenja problema. Vrlo je važno da se članovi ekspertne grupe međusobno ne konsultuju i da mišljenja ostaju anonimna za sve članove grupe izuzev za koordinatora. Svaki ekspert zatim u narednom ciklusu dobija od koordinatora anonimne odgovore svih članova grupe sa izvršenim

klasifikacijama i osrednjavanjima i zahtevom da, znajući odgovore ostalih, razmotri svoja prethodna rešenja i predloži nova ako promeni mišljenje sa odgovarajućim obrazloženjem. Postupak se ponavlja nekoliko puta, sve dok se ne dobiju dovoljno male razlike u mišljenjima i predlozima na osnovu kojih koordinator formira konačno rešenje.

Naše građevinsko tržište je prezasićeno građevinskim firmama različitog formata. Registrovanih firmi trenutno ima više od 7000. Za istraživanja je izabrana firma srednje veličine koja poseduje sopstvenu fabriku betona, kao reprezentativna za naše tržište. Istraživanje je vršeno unutar građevinske firme GP "DUKIĆ" iz Sremske Mitrovice. Radi se o privatnom preduzeću sa oko 50 stalno zaposlenih, koje više od 15 godina uspešno posluje. Firma poseduje centralnu fabriku betona. Fabrika betona opslužuje gradilišta na kojima je firma angažovana, ali posluje i samostalno na građevinskom tržištu. U ovom projektu su kao eksperti angažovani ljudi koji više od deset godina rade uspešno u svojim sektorima unutar firme. Grupu čine po dva člana iz sledećih sektora:

- I nabavka materijala,
- II proizvodnja betona,
- III izgradnja i
- IV menadžment firme.

Na taj način se težilo da se obuhvate svi uključeni u produkciju betona, a da se utvrdi šta su problemi u tome za jednu firmu srednje veličine kakve su i najbrojnije na našem tržištu.

Nedostaci sa kojima se svesno ulazi u ovu problematiku su:

Delfi metod nije uvek dovoljno pouzdan zbog neizvesnosti u kojoj meri na razliku u mišljenjima ima uticaj težnja pojedinih članova grupe da se prosto prilagode mišljenju i rešenjima većine mimo svojih ubeđenja. Na ovaj način dolazi do izražaja negativan „efekat mase“ na olako odustajanje pojedinca od svojih rešenja, pošto su se uverili da ona nisu od ostalih prihvaćena. Članovi tima su u jednoj firmi i nemoguće je izbeći njihovo međusobno komuniciranje.

Ipak, nedostaci se nadomešćuju prednostima. Diskusije na sastancima ne daju tako dobre rezultate kao Delfi metoda. Tačnost ocene se povećava sa povećanjem broja članova grupe i brojem iteracija, a smanjuje sa produživanjem intervala vremena među odgovorima članova grupe. Prilikom korišćenja Delfi metode

ostvaruje se veća saglasnost između mišljenja grupe kao celine i mišljenja pojedinih njenih članova. Ovo je vrlo bitno, posebno ako se neki od članova grupe nalaze na rukovodećim mestima i odgovorni su za primenu rezultata istraživanja u praksi.

Članovima grupe se najpre upućuje upit na kome treba da ispišu sve probleme koje bi uvođenje novog agregata donelo u njihovom sektoru. Zatim se vršeni usaglašavanje i klasifikacija pristiglih odgovora i posle nekoliko iteracija se dobija spisak stavki o kojima se dalje raspravlja.

Problemi i ograničenja dobijeni istraživanjem:

- informacije o lokalitetima gde se nalaze demolirani objekti ili objekti predviđeni za rušenje;
- administrativni problemi; mogućnost dogovora i pribavljanja saglasnosti i dozvola o uklanjanju i korišćenju ruševina;
- dislociranost različitih izvora sirovine;
- nedostupnost informacija o kvalitetu srušenih objekata, tj. kvalitetu budućeg agregata;
- ograničena pristupačnost lokalitetima u gradu;
- nove tehnologije i dodatna materijalna kao i sredstva za rad za izdvajanje betona iz ruševina;
- zauzimanje velikih površina na parcelama centralnih fabrika betona;
- obučavanje kadra za rad sa novim agregatom;
- nepostojanje standarda, zakonske regulative i pravilnika o ovoj vrsti betona, kod nas;
- nemogućnost konsultovanja drugih firmi u zemlji (u našoj zemlji još nije ništa rađeno ovom vrstom betona);
- obezbeđivanje dodatnih sredstava za laboratorijska ispitivanja.

### **REŠENJE PROBLEMA ISTRAŽIVANJA**

Da bi se krenulo u proizvodnju problemi i ograničenja se moraju nekim redom rešiti. Na taj način će se dobiti model uvođenja novog materijala.

Sada se razmatraju problemi i njihova težina, mogućnost rešavanja, ograničenja, kao i redosled prioriteta u ostvarivanju.

Za ovaj korak projekta izabran je model grupnog odlučivanja. U kooperativnom okruženju donosioci odluka pokušavaju da

donesu zajedničke odluke uz potpunu podelu odgovornosti. Najpre je izvršena kvantifikacija problema. Na taj način su izdvojeni ograničavajući problemi i raspravljano o mogućnosti njihovog rešenja. To je urađeno na sledeći način. Članovi grupe su ocenjivali probleme po rešivosti sa svog stručnog aspekta, po unificiranoj skali:

- 1- lako rešiv problem,
- 2- rešiv problem,
- 3- umereno rešiv problem,

- 4- teško rešiv problem,
- 5- nerešiv problem.

Formirana je kvantitativna matrica O, gde je  $p_i$  konkretni problem;  $a_j$  učesnik u projektu, a  $x_{ji}$  ocena j-tog učesnika o problemu i. m-broj učesnika; n-broj razmatranih problema

$$O = \begin{matrix} & \begin{matrix} p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{matrix} & \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{matrix} \end{matrix}$$

	Č1	Č2	Č3	Č4	Č5	Č6	Č7	Č8	SX
P1	3	3	3	4	3	4	3	4	27
P2	3	3	4	3	4	4	3	4	28
P3	4	3	3	3	4	4	4	4	29
P4	3	2	4	3	4	3	4	4	27
P5	3	3	4	4	3	3	3	3	26
P6	4	3	4	4	4	3	4	3	29
P7	4	3	4	3	2	3	2	2	23
P8	3	3	3	2	2	2	3	2	23
P9	4	4	4	3	3	4	3	4	29
P10	4	3	3	3	4	3	3	3	26
P11	3	2	3	3	2	2	2	3	20

Može se uočiti da u kvantitativnoj matrici nije bilo jedinica i petica. Razlog za to je što su problemi prethodno usaglašavani. Lako rešivi se nisu ni našli na spisku, u toku procesa su odbačeni i nazvani obavezama koje treba obaviti. Dok bi pojavljivanje nerešivih završilo proces odlučivanja donošenjem odluke o ne uvođenju recikliranog agregata. Te je dogovoreno da se proba razrešavanje takvih problema. Takođe se može videti da su pojedini članovi više u startu bili zainteresovani za uvođenje recikliranog agregata i njihove ocene su više opisivale probleme kao lakše rešive. Rangiranje problema po zbiru ocena je izdvojilo teže rešive

probleme. Vidi se da su to: ekonomski dodatni izdaci za instaliranje proizvodnje sa novim agregatom, dislociranost izvorišta demoliranog betona, nepostojanje standarda i propisa za rad sa ovim materijalom, administrativni problemi sa dobijanjem dozvola za uklanjanje i korišćenje ruševina.

Zatim je svaki član grupe po kriterijumima svog sektora rada izvršio rangiranje po prioritetima rešavanja problema, uz priložena objašnjenja svojih stavova. Tako se došlo do skupa rešenja redosleda rešavanja problema. Sve alternative su smeštene u jednu bazu i dobijena matrica individualnog poretka.

#### Individualni poredak alternativa

Rang	Č <sub>1</sub>	Č <sub>2</sub>	Č <sub>3</sub>	Č <sub>4</sub>	Č <sub>5</sub>	Č <sub>6</sub>	Č <sub>7</sub>	Č <sub>8</sub>
1	P2	P9	P2	P4	P4	P6	P9	P4
2	P6	P6	P4	P2	P6	P4	P4	P9
3	P9	P2	P6	P6	P9	P2	P2	P6
4	P10	P10	P9	P9	P2	P9	P6	P2
5	P4	P1	P1	P3	P1	P3	P10	P1
6	P1	P3	P7	P1	P3	P1	P1	P10
7	P3	P4	P3	P8	P7	P8	P3	P7
8	P7	P8	P8	P10	P8	P10	P8	P3
9	P5	P7	P5	P11	P5	P5	P11	P5
10	P8	P5	P11	P5	P11	P7	P7	P8
11	P11	P11	P10	P7	P10	P11	P5	P11



Zatim, da bi se dobio konačni redosled koraka rešavanja problema u uvođenju novog agregata, primenjen je model zbira relacija poretka. Nakon definisanja matrice poredaka alternativa, po svakom učesniku, proračunava se matrica ranga, tj. dominacije. Tu se evidentira koliko svaki problem puta dominira na preostalima. Rezultat ove relacije je matrica R prikazana u tabeli.

Rezultati primene modela zbira relacije poretka

Relacija poretka - matrica R					Vektor V
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	...	p <sub>n</sub>	
P <sub>1</sub>	-	3	...	5	S
P <sub>2</sub>	m-3	-	...	4	
...	...	...	-	...	
p <sub>n</sub>	m-5	m-4	...	-	

$r_{12}=3$  znači da je problem 1 tri puta bio višeg prioriteta od problema 2, itd. Vektor V je ukupan zbir ranga svake i-te alternative.

$$V_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	V
P1	-	0	6	1	8	0	8	8	0	5	8	44
P2	8	-	8	3	8	4	8	8	4	8	8	67
P3	2	0	-	1	8	0	6	8	0	4	8	37
P4	7	5	7	-	8	5	8	8	5	8	8	69
P5	0	0	0	0	-	0	2	2	0	2	6	12
P6	8	4	8	3	8	-	8	8	5	8	8	68
P7	0	0	2	0	6	0	-	4	0	2	6	20
P8	0	0	0	0	6	0	4	-	0	4	8	22
P9	8	4	8	3	8	3	8	8	-	8	8	66
P10	3	0	4	0	6	0	6	4	0	-	6	29
P11	0	0	0	0	2	0	4	0	0	2	-	8

Može se uočiti grupisanje problema, te je izvršena podela na 3 ranga

- I.  $V > 60$
- II.  $60 > V > 20$
- III.  $V < 20$

Na osnovu toga redosled rešavanja je sledeći:

Najpre grupa I – Pribavljaju se informacije ako je to moguće o srušenim objektima i kvalitetu materijala, kako bi se znalo na kakav se agregat može računati, a samim tim i na kakav beton kao finalni proizvod. Upoznaju se nove tehnologije, načini odvajanja i drobljenja betona, ali se planira i odvajanje sredstava za inicijalne akcije u projektu. Ostvaruju se kontakti sa administrativnim jedinicama i razmatraju mogućnosti dobijanja dozvola i saglasnosti za uklanjanje i korišćenje demoliranog agregata. Ostvarivanje kontakta sa višim stručnim distancama, kako bi se videlo koji bi se standardi i propisi primenjivali.

Grupa II – Precizni podaci o lokalitetima srušenih objekata, se pribavljaju, a onda s

obzirom na dislociranost pravi plan optimalnog redosleda korišćenja izvorišta. Kreće se u obuku kadrova za rad sa recikliranim materijalom. Po mogućnosti uključiti i obuku za rad sa drugim vrstama recikliranog materijala, kako bi se pratili svetski trendovi. Stupiti u kontakt sa firmama koje su bile angažovane na projektima gde se koristio reciklirani agregat ili su i proizvodile reciklirani beton.

Grupa III – Kada se uspešno razreše prethodni zadaci, pre nego što se počne sa proizvodnjom trebaju se rešiti i ovi problemi. Rešava se i ispituje pristupačnost konkretnim parcelama u gradu gde se nalazi demolirani beton. Planira se prostor na lokalitetima centralnih fabrika betona za skladištenje novog materijala (ne preporučuje se da stoji sa prirodnim agregatom), kao i prostor za nova postrojenja. Planira se izdvajanje sredstava za laboratorijska ispitivanja novog betona.

## ZAKLJUČAK

Primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja, ekspertске metode Delfi i metoda kolektivnog odlučivanja dolazi se do odluka o upotrebi nove vrste betona. Reciklirani beton je isplativa nova tehnologija sa puno prednosti. Treba je uvesti pošto se savladaju uočena ograničenja. Kao prvo, treba sačekati zakonsku regulativu i odluke države o sudbini hiljade srušenih objekata. Ostvariti kontakte sa lokalnim samoupravama u kojima se ruševine nalaze radi informacija o kvalitetu srušenih objekata. Čak i bez angažmana u zemlji, zbog nepostojeće tehničke regulative, treba započeti sa obukom ljudi za rad sa recikliranim materijalom, jer je to definitivno svetski trend u građevinarstvu.

Beton sve više postaje veliko opterećenje komunalnih sistema gradova. Jedina supstanca koju ljudi koriste godišnje više nego beton je voda. Svake godine proizvede se jedna tona betona po stanovniku planete Zemlje (Goldstein, 1995). Ono što se uvek mora imati na umu je da je beton materijal koji kao i svi materijali ima svoj ograničeni eksploatacioni vek. Po isteku toga roka on se mora ukloniti i odložiti na deponijama. Tada se dolazi do sledećeg problema. Uslovi formiranja sanitarnih deponija su drastično pooštreni u zadnjih petnaest godina, zahvaljujući snažnom razvoju ekološkog pokreta u svetu, a i jakog lobija za zaštitu životne sredine. Ovo se kod nas još nije desilo, ali je logično da će ovaj svetski trend dospeti i na naše prostore. Ograničavanje broja deponija, automatski enormno diže cenu odlaganje betonskog otpada.

Recikliranje ovog materijala, koji je simbol građevinarstva danas, postaje ne samo tehnička inovacija, već potreba savremenog urbanog društva.

Reciklirani beton je nova tehnologija u proizvodnji betona, i kao takva zahteva pažljiv pristup. Samo pravilna naučna istraživanja i stručne proverene smernice treba da upravljaju razvojem ove tehnologije. Razlog je što bez toga možemo dobiti problem veći nego što je betonski otpad sam po sebi. Nekvalitetan reciklirani beton može izazvati oštećenja i skraćivanja eksploatacionog veka objekata. Sledeće bi samo nove tone demoliranog materijala.

U Evropi više od 25% ukupne količine otpada čini građevinski otpad nastao rušenjem i rekonstrukcijama zgrada. U Australiji je to čak 40%. Samo 30% upotrebljenog materijala se

računa da će biti reciklirano, iako su proračuni u nekim zemljama pokazali da čak 90% može ući u proces reciklaže. Mnogi objekti koji se danas ruše su izgrađeni jako davno, kada se o reciklaži nije ni razmišljalo. Kada se danas gradi unapred se mora računati na tako nešto i samim tim prilagoditi konstrukcija nekom budućem lakom rušenju i reciklaži.

Proces proizvodnje recikliranog betona dakle počinje samom gradnjom sa standardnim betonom. Kvalitetan standardni beton, će jednoga dana dati kvalitetan reciklirani beton.

## LITERATURA

- /1/ Praščević, Ž., "Operaciona istraživanja u građevinarstvu", Beograd, 2000.
- /2/ Trbojević, B., "Organizacija građevinskih radova", Beograd, 1988.
- /3/ Suknović, M., i Popović, D., "Primena modela grupnog odlučivanja" SYMOPIS, Beograd, 2000.
- /4/ Ivković, B., "Organizacija i tehnologija građevinskih radova", Beograd, 1990.
- /5/ Perišić, Ž., "Stopedeset godina armiranog betona", Beograd, 2000.
- /6/ Roos, F., and Zilch, K., "Verification of the Dimensioning Values for Concrete with Recycled Concrete Aggregates", Munchen, 1999.
- /7/ Fawzi-Ghillali, E. M., "The basic aspect of technology of the recycled concrete", Beograd, 2000.
- /8/ Curović, N., "Ekološki i ekonomski kriterijumi u proizvodnji betona na bazi recikliranog betonskog agregata", Vrnjačka Banja, 2003
- /9/ Alfirević, N., "Menadžment", Split, 2001.

## MULTICRITERIAL METHODS IN DETERMINING ABOUT USE OF RECYCLED AGGREGATES IN CONCRETE PRODUCE

*The paper presents process of determining about use of recycled aggregates in concrete produce. The technology of producing this material is presented, but ecologic requirements of recycling also. The problems wich can be confront with in this sort of projects, are present too. Also, multicriterial methods wich are used to make decision about engagement.*

*Key words: recycled concrete, problems, multicriterial methods of determinig*