

Recyklácia v stavebníctve z pohľadu energetických úspor

Ingrid Šenitková¹ a Nadežda Številová¹

Recycling in the civil engineering from the viewpoint of energetic savings

Among the important issues of a cleaner technology and integrated resource management in the building industry is the demolition and recycling of construction materials. Technical research energetic and economic opportunities and global strategies on different levels are discussed with a special attention given to relevant applications and realistic goals.

Key words: recycling, building and construction waste, economy.

Úvod

Racionálne využívanie neobnoviteľných prírodných zdrojov je základným predpokladom úspešného ekonomického vývoja. Problematiku využívania a zneškodňovania stavebného odpadu je potrebné riešiť promptne a komplexne. Pre stavebníctvo je charakteristická rôznorodosť odpadu, spravidla ide o nehomogénnu materiu rôzneho pôvodu a zloženia. Je to zväčša tvarovo, chemicky a technologicky nesúrodý materiál, bez konštantných vlastností, sústredený v určitej lokalite, a to na základe živelnej manipulácie a neorganizovaného skladovania, prípadne skládkovania.

Z hľadiska komplexnosti prístupu k danej problematike je nutné vyšpecifikovať príčiny vzniku stavebného odpadu. Jednou z príčin je asanácia starých objektov pozemných stavieb, ďalej sú to rekonštrukcie dopravných, energetických a inžinierskych sietí. Taktiež nemožno nespomenúť zneškodňovanie nepodarkov, obalových hmôt, montážnych dielcov a provizórnych zariadení stavenísk. Samostatnú kapitolu tvoria úniky a odpady pri výrobe, tzv. technologické odpady.

Recyklácia

Podľa všeobecne prijatej definície predstavuje recyklácia rozsiahle opätovné navrátenie tuhých, kvapalných a plyných odpadových látok do obehu a opätovné využívanie odpadovej energie. Recykláciou v najširšom zmysle slova možno nazvať opätovné použitie akéhokoľvek materiálu. Recyklácia teda predstavuje postupy, pri ktorých sa vracajú vzniknuté odpady znovu do výroby, kde slúžia ako surovina pri výrobe nových výrobkov alebo ako zdroj energie.

Pri hospodárení s odpadmi sa rozlišuje nasledovná kvalitatívna hierarchia:

- najvyšší stupeň riešenia problému odpadov je snaha zabrániť ich tvorbe uplatňovaním princípov maloodpadových a bezodpadových technológií,
- recyklácia odpadov v pôvodnom výrobnom cykle,
- využitie odpadov v následných technológiách ako druhotné suroviny, zdroje energie a pod.,
- neškodný zásah do prírodného prostredia organizovaným deponovaním.

Otázkam znovuvyužitia odpadov sa venuje čoraz väčšia pozornosť na celom svete, predovšetkým v súvislosti so stavom životného prostredia, rastom výroby a ubúdaním svetových zásob nenahraditeľných surovín pri klasických zdrojoch energie. Zavádzanie recyklácie do priemyselnej výroby nerieši všetky problémy znečisťovania prostredia a zabezpečovania surovín a energie, pretože recykláciu ovplyvňuje veľa faktorov a taktiež existujú určité medze jej zavádzania.

Metódy recyklácie sú použiteľné len vtedy, keď nemajú negatívny vplyv na životné prostredie. Možno ich aplikovať na odpady, vyskytujúce sa vo veľkom množstve a v rovnakej kvalite, aby z hľadiska cien a kvalitatívnych relácií boli konkurenciou pre primárne suroviny.

Recyklácia ďalej závisí od mnohých iných faktorov, a to hlavne:

- ekonomických a ekologických,

¹ Doc.Ing. Ingrid Šenitková, CSc., RNDr. Nadežda Številová, CSc., hosťujúci profesor, Stavebná fakulta - TU, Katedra ekonómie a ekológie v stavebníctve, 042 02 Košice, Vysokoškolská 4 (Recenzovaná a revidovaná verzia doručená 30.10.1998)

- technických a technologických,
- organizačných.

Z hľadiska ekonomiky by mali byť dané recyklačné techniky rentabilné a ekonomicky príťažlivé.

Pri úvahách o ekonomických výhodách recyklácie nemožno zanedbať ekologické hľadisko, dokonca pri rozhodovaní o využívaní odpadov z výroby by toto hľadisko malo byť prvoradé.

Medzi technické a technologické problémy patrí dostupnosť vhodných zariadení na úpravu odpadov, z organizačných problémov je to zabezpečenie stáleho odbytu recyklovaného produktu.

Recyklácia na jednej strane síce rozširuje surovinovú základňu, šetrí dopravnú a spracovateľskú kapacitu a energiu, na druhej strane však vyžaduje prostriedky na výskum, vývoj, investície, energiu a pracovné sily. Preto recyklácia je mnohokrát hodnotená ako prostriedok na získanie času, pokiaľ budú vyvinuté dokonalejšie technológie priemyselnej výroby, ktoré splnia všetky požiadavky na ekologicky vyhovujúcu výrobu.

V doterajších snahách prevládalo úsilie o rešpektovanie ekologických a ekonomických aspektov recyklačných procesov. Stále dominantnejší charakter majú požiadavky na tzv. efektívnu recykláciu. Uprednostňované by mali byť tzv. integrované stratégie recyklácie s kontrolou environmentálnych účinkov.

Za zváženie stojí pokus o definovanie tzv. eko-účinnosti ako pojmu, ktorý by zvýrazňoval interakčné pôsobenie ekonomických a ekologických väzieb. Výhľad do budúcnosti z hľadiska hodnotenia recyklačných procesov by mal byť charakterizovaný zodpovednosťou za environmentálnu záťaž pri súčasnom rešpektovaní jej ceny (Šenitková, 1995).

Pri tomto nesporne neľahkom vývojovom procese je žiadúce mať na zreteli komplexný ekonomicko-ekologicky zdravý integrovaný systém prístupu, či už k hodnoteniu či k riešeniu toho ktorého environmentálneho problému.

Recyklácia v stavebníctve

Stavebníctvo je odvetvie náročné na veľké množstvo vstupných surovín, na druhej strane však táto ľudská činnosť je významným producentom odpadov tak pri výrobe ako i pri zemných a stavebných prácach. Spracovaniu odpadov zo stavebníctva a ich následnému využitiu vo forme druhotných surovín sa v posledných rokoch venuje veľká pozornosť.

Všeobecne sa odpady vzniknuté v stavebníctve označujú ako stavebný odpad, ale vo Vyhláske Ministerstva ŽP SR č. 19/1996 Z.z., ktorou sa ustanovuje kategorizácia odpadov a katalóg odpadov, ho pod týmto názvom nenájdeme. Musíme ho hľadať v podskupine 314 – *Ostatný tuhý minerálny odpad*, ktorá obsahuje napr. tieto druhy odpadov:

- 31409 – stavebná suť a ostatný stavebný odpad;
- 31410 – odpad z demolácií vozoviek;
- 31427 – úlomky betónu neznečistené škodlivinami;
- 31448 – odpad z výroby stavebných hmôt;
- 31449 – odpad z rekonštrukcií, opráv a modernizácií objektov.

V delení podľa Európskeho katalógu odpadov je samostatne definovaná skupina **17 – Stavebný a demolačný odpad**, obsahujúca tieto podskupiny:

- 1701 – betón, tehly, krytina, keramika a materiály na báze sadry;
- 1702 – drevo, sklo, plasty;
- 1703 – asfalt, decht;
- 1704 – kovy vrátane zliatin;
- 1705 – zemina a výkopová hlušina;
- 1706 – izolačné materiály;
- 1707 – zmesný stavebný a demolačný odpad.

Recyklácia stavebných odpadov

Recyklácia stavebných odpadov sa začala rozvíjať u nás začiatkom tohoto desaťročia. V súčasnosti funguje viacero liniek na spracovanie odpadov zo stavebníctva. Typické technologické zariadenie je štandardné a skladá sa zo zásobníkov odpadu, drvičov – čelustového a odrazového, magnetického separátora a triedičov.

Čelustový drvič je určený na spracovanie odpadov, tvorených z väčšej časti betónom, či tehliami o veľkosti zrna až 100 mm, s výkonom až 100 t.h⁻¹. Odrazový drvič s výkonom až 50 t.h⁻¹

spracováva odpad na báze živíc. Triediče produkujú recyklovanú výkopovú zeminu o zrnitosti 0-8 mm a recykláty stavebných hmôt v rôznych frakciách. Ponuka surovín obsahuje:

- tehlobetónový recyklát určený na drvenie,
- tehlobetónový recyklát triedený,
- tehlobetónový recyklát drvený a triedený,
- betónový recyklát drvený,
- betónový recyklát drvený a triedený,
- živičný recyklát drvený,
- živičný recyklát drvený a triedený,
- recyklovaná výkopová zemina.

Výskum optimalizácie pracovného procesu a technologických podmienok recyklácie potvrdil, že zo stavebného odpadu sa musia vylúčiť odpady nevhodné (s prímiesou plastov, textilu, skla, papiera a dreva) na spracovanie či následné využitie, alebo odpady negatívne ovplyvňujúce vlastnosti získaných materiálov, napr. pevnosť v tlaku, navlhavosť, vylúhovateľnosť. Pre získanie kvalitného výstupného materiálu sú prípustné zmesi zemina-suť, zemina-živica, zemina-betón. Pri spracovaní odpadov, v ktorých sú súčasne zastúpené sute, betóny a živice, dochádza k zhoršeniu kvality recyklátu.

Pred vstupom odpadov do technológie musí dodávateľ predložiť hygienický atest o nezávadnosti materiálu. Na výstupe sa uskutočňujú technologické skúšky recyklovaných materiálov. Atesty zaručujú deklarované parametre recyklovaných surovín.

Recyklované stavebné odpady sa využívajú ako obsypové či zásypové materiály. Stále častejšie sa stretávame s prípadmi, keď sa tehlobetónová zmes používa pri výrobe maltových zmesí, vibrolisovaných tvárnic alebo stenových prvkov. Výhodou týchto výrobkov je malá objemová hmotnosť, vyšší tepelný odpor. Naopak vyššia vztlakovosť a nasiakavosť týchto surovín znamená, že pokiaľ budú použité v mokrom procese – nasýtené vodou, nesmú byť vystavené vplyvom mrazu.

Betónový recyklát je vhodný ako náhrada za kamenivo pri výrobe betónov nižších tried, kde sa nekladú vysoké nároky na jeho kvalitu. Tento materiál je použiteľný aj pre výrobu monolitických ztužujúcich stropných vencov a prekladov.

Najjednoduchšie využitie recyklovaného betónu je pri stavbách železničných zvrškov a pre úpravy a spevňovanie vozoviek, kde je výhodné po nanosení penetračného tmelu položiť podkladový koberec zo živičného recyklátu. Tu je trend možného spracovania za studena, kedy po pridaní prímies (cement, piesok, voda) je možné zmes rozprestierať. Táto aplikácia je vhodná v letných mesiacoch, keď vplyvom solárnej energie dôjde k lepšiemu priľnutiu jednotlivých zložiek zmesi.

V princípe všetok stavebný a demolačný odpad môže byť recyklovaný a opätovne využitý. V tabuľke 1 sú uvedené príklady možností pre opätovné využitie betónového a tehlového stavebného odpadu. Na to, aby bol recyklovaný materiál použiteľný ako náhrada prirodzeného materiálu, je nevyhnutné, aby spĺňal požadované technické ukazovatele a aby bol ekonomicky porovnateľný. Očakáva sa, že očistenie a opätovné použitie nepoškodených tehál bude hrať v budúcnosti dôležitú úlohu v recyklačnom priemysle. V posledných rokoch sa zaznamenáva sľubný vývoj čistiacich technológií pre opätovné využitie tehál.

Tab. 1. Príklady možností využitia tehlového a betónového odpadového materiálu.

Príklad	Odpadový materiál	Uplatnenie
Betónové cesty, mosty, letiská a potrubie	Rozdrvený betón	Komponent do nového betónu
Budovy (základy, podlahy, horizontálne deliace konštrukcie, steny)	Rozdrvený betón a tehlové murivo	
Zákop káblov	Rozdrvený betón a tehlové murivo	Obsypový materiál
Základný ihriskový materiál pre chodníky a dvory	Rozdrvený betón	Komponent do nového asfaltu
Chodníky (cyklistické, pešie), lesné a poľné cesty, dočasné cesty na stavenisku	Rozdrvený betón a tehlové murivo	Náhrada kameniva
Vozovky, parkoviská, odstavné plochy	Rozdrvený betón, tehly a asfalt	Podkladové vrstvy

Je zrejmé, že využitie recyklovaných stavebných odpadov sa bude stále rozširovať. So zdokonaľujúcou sa spracovateľskou technikou a lepšími znalosťami o fyzikálno-mechanických vlastnostiach týchto materiálov bude možné tieto suroviny využiť pre mnohé ďalšie účely.

Recyklácia odpadových betónov pri jeho výrobe

Betón patrí k najdôležitejším a najčastejšie používaným stavebným materiálom. Naopak prebytočný a zvyškový betón je obtiažnym odpadom, ktorý pokiaľ sa nespracuje, stvrdne a jeho likvidácia sa stáva príťažou. V betonárňach pri výrobe a preprave betónu dochádza k znečisteniu vody a krajiny cementovým kalom a zvyškami stvrdnutého betónu. Najviac ich vzniká pri dennom čistení prepravných autodomiešovačov, čerpadiel betónu, umývání betonární a ako odpad pri výrobe prefabrikátov. Zvyšky betónov činia 3-4 % ročného výkonu betonární. Stuhnuté zvyšky betónu a vyschnutý cementový kal sa ukladá na skládky ako stavebná suť.

Zariadenie na recykláciu zvyškových betónov pracuje na princípe "vymývacej práčky". Prepieranie a uvoľnenie cementového tmelu zaisťujú špeciálne čeridlá, ktoré betónovú zmes prepierajú a uvoľňujú. Vyplavený cement a najjemnejší piesok spolu s vodou vytekajú do kalových nádrží. Tuhý podiel, preprané kamenivo, opúšťa vymývačku v najvyššej časti stroja a vypadáva na prevádzkovú skládku. Odtiaľ sa odoberá nakladačom eventuálne dopravným pásom a dodáva do novej výroby betónu. Kalová voda z vymývacieho zariadenia sa zachytáva v tzv. kalových nádržiach so zabudovanými miešadlami. Miesiče zabraňujú usadzovaniu a zhlukovaniu najjemnejších tuhých súčastí s podielom cementu. Z týchto zásobníkov sa voda dopravuje pomocou špeciálnych čerpadiel cez potrubie a plniaci výložník na umytie vnútornej časti autodomiešavačov a súčasne sa dávkuje do miešačky v betonární ako časť zámesovej vody. Tak je vytvorený uzavretý systém, celý objem špinavej vody sa spotrebuje vo výrobe a nie je potrebné žiadne napojenie na kanalizáciu. Jedná sa teda o bezodpadovú technológiu, v ktorej sa celý materiál i kalová voda spotrebujú v novej výrobe. Predmetná technológia recyklácie takto zaisť:

- spracovanie výplachov z autodomiešavačov, betonární a zvyškov z výroby,
- recykláciu zvyškov do novej výroby betónu,
- značný ekonomický prínos úsporou vody i kameniva,
- celkom automatickú prevádzku bez obsluhy,
- ekologickú prevádzku – uzatvorený systém,
- možnosť inštalácie vo všetkých betonárňach.

Ciele recyklácie

S uvážením všetkých frakcií stavebného odpadu je možné konštatovať, že opätovné využitie je reálne u takmer 90 % stavebného odpadového materiálu. Napriek tomu sa v súčasnosti využíva len jeho veľmi malá časť. Javí sa nevyhnutné koncentrovať príslušné opatrenia na predchádzanie a redukciu samotnej produkcie stavebného odpadu a na kontrolu jeho škodlivosti. Zvlášť prospešný je vývoj čistejších technológií v stavebníctve všeobecne a najmä vývoj recyklačných technológií pre opätovné využitie stavebného odpadu. Pre dosiahnutie týchto cieľov recyklácie v stavebníctve je potrebné odstrániť všetky bariéry na jednotlivých úrovniach uplatňovaním legislatívnych, technických a ekonomických zásad. Je nutné iniciovať implementáciu všetkých ekonomických nástrojov a požiadaviek legislatívy. Z obrázku 1 je zrejماً väzba globálnych otázok recyklácie od jej cieľov v stavebníctve.

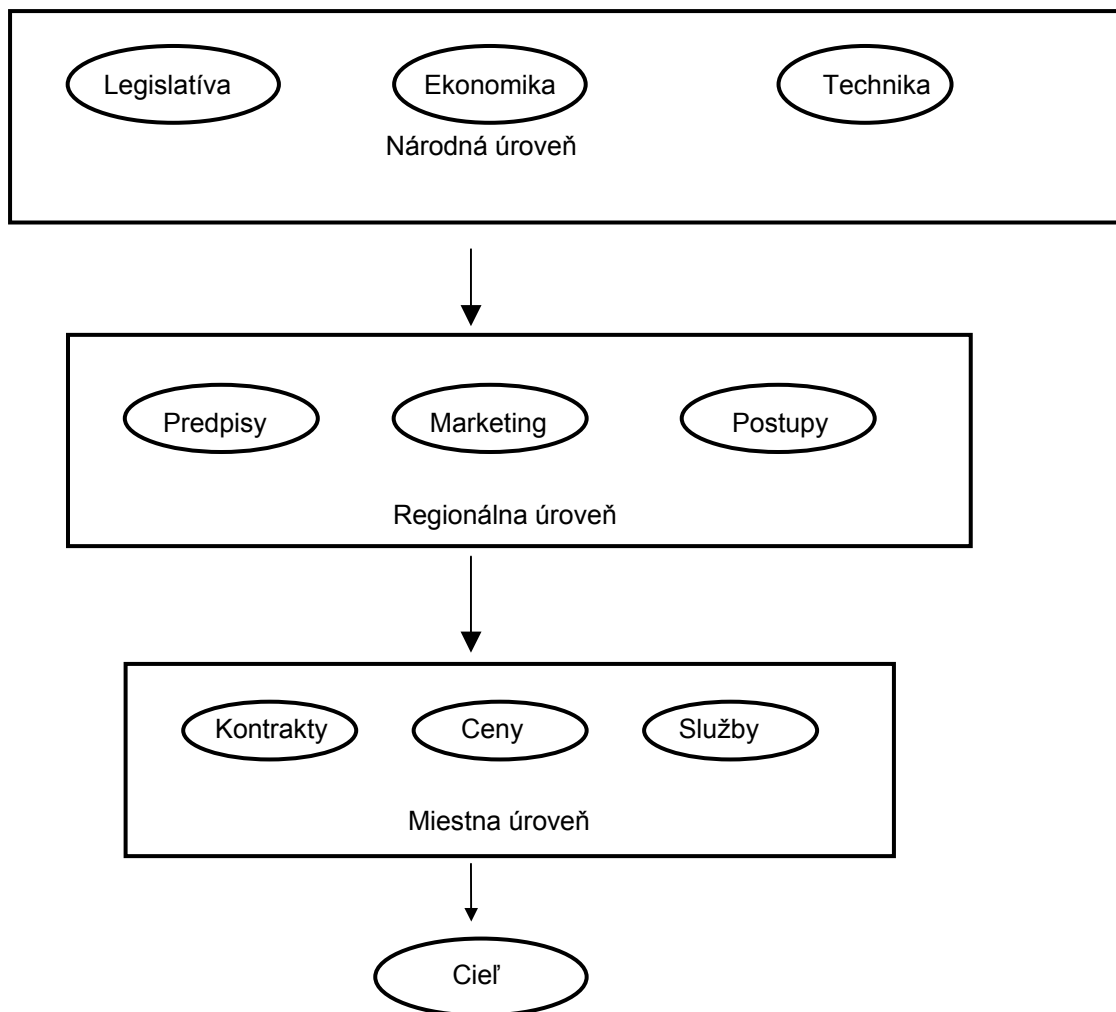
V trhovej ekonomike výber medzi recyklovaným a prirodzeným materiálom závisí na cene a kvalite. Kvalita betónu s recyklovanými komponentmi je rovnaká ako kvalita betónu s prírodným kamenivom nižších tried. Betón s recyklovanými komponentmi bude preferovaný, ak cena týchto komponentov bude porovnateľne nižšia ako prírodné zložky pri zachovaní požadovaných technických ukazovateľov.

Obmedzovanie vzniku odpadov a ich lepšie využívanie prostredníctvom recyklačných technológií má za následok významné skutočnosti. Jednou je ekologický prínos - zhodnotením odpadov sa podstatne obmedzuje záťaž prostredia odpadmi a znižuje sa čerpanie prírodných zdrojov. Druhou pozitívnou skutočnosťou je ekonomický prínos - znižujú sa výrobné náklady na zabezpečenie prvotných surovínových zdrojov, šetria sa spracovateľské náklady a obmedzuje sa aj potreba energie.

Neopomenuteľný z pohľadu ekonomiky je aj aspekt energetických úspor, keďže najlacnejšia energia je energia ušetrená. Recyklácia vo svojej všeobecnej polohe šetrí energiu z hľadiska ušetrenia samotnej prvovýroby produktu, no zároveň istú energiu spotrebováva pri aplikácii tej-ktorej recyklačnej technológie. Do konfrontácie sa tu dostávajú tzv. eko-aspekty, ekonomický aspekt recyklácie a jej ekologický aspekt. Pri riešení toho ktorého prípadu využitia recyklovaného stavebného materiálu je treba zvažovať optimálnu alternatívu, ktorá berie do úvahy ekologický ako aj ekonomický prínos recyklácie.

Principiálne riešenie ekologickej problematiky si vyžaduje uplatňovanie cieľovo - programového prístupu na všetkých úrovniach riadenia, národnej, regionálnej ako aj miestnej,

a vo všetkých fázach. Len v takom prípade je možné potlačiť odvetvové alebo miestne záujmy a zabezpečiť komplexné riešenie problematiky recyklácie v stavebníctve.



Obr.1. Globálne otázky a cieľ recyklácie v stavebníctve.

Literatúra

- Šenitková, I.: Ecological and Economical Aspects of Recycling in Slovakia. In: *Proc. Of the International Congress: R 95, session National and Regional Integrated Waste Management Concepts, Geneva, Switzerland, 1995*, s. 138-144.
- Šenitková, I. a Olejárová, I.: Súčasný stav a budúce trendy stavebnej recyklačnej činnosti na Slovensku. In: *Zb. z medzinárodného seminára: Technika ochrany prostredia TOP'96, Bratislava, 1996*, s. 73-79.
- Šenitková, I.: Ekologické a ekonomické aspekty recyklácie. In: *Zb. z vedeckej konferencie Stavebnej fakulty TU: Technológia v stavebníctve, Štrbské Pleso, Vysoké Tatry, 1995*, s. 192-196.
- Šenitková, I. a Selecká, I.: Ekologické prístupy k modernizácii technológií recyklačných aktivít. In: *Zb. konferencie: Technika ochrany prostredia TOP'97, Bratislava, 1997*, s. 163-169.
- RILEM Technical Committee TC-121. *Recommendation for concrete with recycled aggregates, 1994*.
- Hansen and Torben, C.: Recycling of Demolished Concrete and Masonry. *RILEM Report No. 6, London: E. and F.N.Spon, 1992*.
- Lauritzen and Erik K.: Demolition and reuse of concrete and masonry, guidelines for demolition and reuse of concrete and masonry. *Proceedings of Third International Symposium held by RILEM in Odense, Denmark, London: E. and F.N. Spon., 1993*.
- Vyhľadávka Ministerstva ŽP SR č. 19/1996 Z.z., ktorou sa ustanovuje kategorizácia odpadov a vydáva katalóg odpadov.