



Czynniki wpływające na możliwość efektywnego wdrożenia idei *city mining* w stosunku do polskich składowisk odpadów komunalnych

Wciąż rosnące zapotrzebowanie gospodarki na surowce oraz ich ograniczona ilość w środowisku powodują pojawianie się pytań o moment kulminacyjny, w którym dóbr naturalnych po prostu zabraknie. Koncepcją, która ma zapobiec wystąpieniu tego przypadku jest *city mining*.

Ta nowatorska idea nawołuje do pozyskiwania surowców z różnego rodzaju odpadów. Celem artykułu jest zbadanie czynników wpływających na możliwość efektywnego wdrożenia koncepcji *city mining* w odniesieniu do polskich składowisk odpadów komunalnych, co umożliwiłoby zmniejszenie presji wywieranej na środowisko i przywrócenie do pętli łańcucha dostaw surowców zawartych w odpadach.

Factors influencing the ability to efficiently implement the idea of city mining with respect to Polish landfills

The ever increasing demand of the economy for raw materials and their limited amount in the environment bring questions about the time when natural resources will simply run out. The concept, which is to prevent the occurrence of this case, is *city mining*. This innovative idea calls for acquiring raw materials from different types of waste. The purpose of this article is to examine factors affecting the ability to effectively implement the concept of *city mining* with respect to Polish landfills, which would enable the reduction of pressure on the environment and restoration of raw materials contained in the waste to the loop of the supply chain.

Transformacja gospodarki liniowej na cyrkulacyjną

Współcześnie stosowane modele produkcyjno-konsumpcyjne oparte są na schemacie linearnym zakładającym pobranie ze środowiska zasobów, wyprodukowanie z nich dóbr, po czym zużycie i wyrzucenie produktu. Takie podejście powoduje, że z obiegu wyciekają cenne surowce. Trzeba zwrócić uwagę, że złoża tych materiałów są ograniczone, a popyt na większość z nich wciąż wzrasta. W celu zapewnienia możliwości rozwoju w perspektywie kolejnych lat konieczna jest zmiana obecnie stosowanych praktyk. Naturalne zasoby są bowiem coraz trudniej dostępne, a energochłon-



mgr inż. Piotr Grodkiewicz

Specjalista ds. Ochrony Środowiska
M&M Consulting

ność ich wydobycia rośnie. Stając w obliczu tych problemów oraz mając na uwadze zasady zrównoważonego rozwoju (do których odwołują się dziś niemal wszystkie strategie zarówno instytucji publicznych, jak i prywatnych przedsiębiorstw), należy poważnie zastanowić się nad poszukiwaniem alternatywnych źródeł surowców. W niektórych przypadkach rozwiązaniem może okazać się substytucja materiałów na pochodzące z odnawialnych źródeł. Jednak część surowców posiada unikalne własności, przez co są obecnie niemożliwe do zastąpienia. W takim przypadku prawdopodobnie jedyną alternatywą jest efektywne wdrożenie koncepcji *city mining* i pozyskiwanie materiałów z odpadów.

Czym jest *city mining*?

Koncepcja *city mining* postuluje o traktowanie produktów i powstających z nich odpadów, jako potencjalnego źródła surowców. Warto nadmienić, że idea dopiero się kształtuje i w związku z tym można spotkać się z jej różnym nazewnictwem. W publikacjach pojawiają się podobnie brzmiące pojęcia: *city mining*, *landfill mining*, *urban mining*, *green mining*, *eco mining* i miejskie górnictwo. Można zauważyć, że terminy *city mining* i *landfill mining* są częściej stosowane w stosunku do potencjalnych złóż pochodzących ze składowisk odpadów, natomiast określenia *urban mining*, *green mining*, *eco mining* zazwyczaj są używane w odniesieniu do „domowych zasobów” surowców. Kompleksowo koncepcja odnosi się do całego życia wszelkiego rodzaju wyrobów (od małych opakowań po obiekty budowlane i infrastrukturalne). Podstawę teorii *city mining* tworzą cztery filary [13]:

- **Przemysłane projektowanie produktów**, które pozwoli na efektywny recykling w momencie, gdy wyrób zakończy życie. Poszczególne substancje zastosowane w danym wyrobie powinny być łatwe do oddzielenia;
- **Gospodarowanie zasobami informacyjnymi** polegające na przechowywaniu najważniejszych informacji o produkcie, co pozwoli w przyszłości na sprawne i profesjonalne przetworzenie substancji;
- **Poszukiwanie złóż**, które umożliwią działalność konkurencyjną w stosunku do tradycyjnych metod pozyskiwania surowców;
- **Odpowiedni sprzęt i technologia** pozwalające na segregację i odzysk materiałów.

Budowanie systemu górnictwa miejskiego w oparciu o wyżej wymienione elementy daleko wykracza poza ramy tradycyjnego podejścia do recyklingu. Jest to kompleksowa strategia pozyskiwania, przetwarzania i niekończącego się wykorzystania surowców. Do pełnego wdrożenia koncepcji potrzebne jest zastosowanie się do zasad wszystkich filarów. Należy jednak zauważyć, że pierwszy z nich ma charakter przyszłościowy – można go stosować jedynie do produktów, które dopiero mają trafić na rynek. W przypadku rozważań nad możliwością zaimplementowania idei górnictwa miejskiego w stosunku do wyrobów, które już są w obiegu należy przede wszystkim skupić się na II, III i IV filarze.

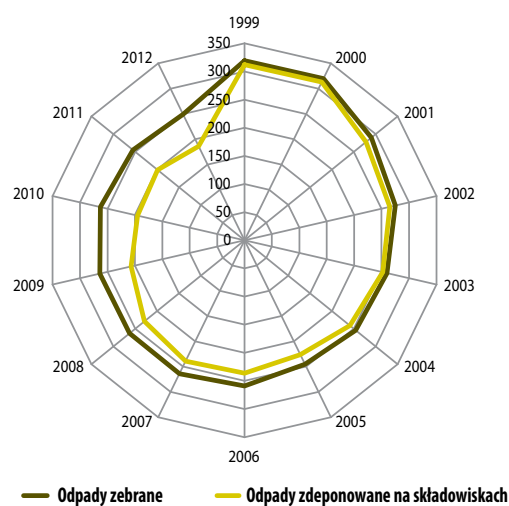
Możliwości przekształcenia polskich składowisk odpadów komunalnych na „kopalnie surowców”

W celu zbadania możliwości wdrożenia idei *city mining* w stosunku do konkretnych złóż należy określić potencjał zasobów danego miejsca poprzez odpowiedź na trzy zasadnicze pytania:

- Jaka jest wielkość złóż?
- Kiedy będą one dostępne?
- Czy są dostępne w formie umożliwiającej odzysk?

Wielkość złóż surowców na polskich składowiskach odpadów komunalnych

Według danych Eurostat statystyczny mieszkaniec Polski wytworzył w 2012 roku około 314 kg odpadów komunalnych [12]. Od lat w naszym kraju ten wskaźnik należy do najniższych w UE. Nie oznacza to jednak, że polskie składowiska są najmniej zasobne w odpady. Wręcz przeciwnie – z powodu deponowania niemal wszystkich nieprzydatnych produktów wysypiska w naszym kraju należą do największych w Europie. Odpady trafiały na nie szerokim strumieniem przez długi czas i dopiero w ostatnich latach można zaobserwować sukcesywny spadek w tym zakresie, co przedstawia rys. 1:



Rys. 1 Ilość zebranych i zdeponowanych odpadów komunalnych w Polsce w poszczególnych latach w kilogramach/osoba/rok
ŹRÓDŁO: opracowanie własne na podstawie Eurostat

Przedstawione dane stawiają Polskę w ogonie państw europejskich jeśli chodzi o proekologiczną gospodarkę komunalną, ale jednocześnie są podstawą do realnego rozważenia wykorzystania składowisk odpadów jako kopalni surowców.

Kiedy składowiska odpadów będą dostępne dla górnictwa miejskiego?

W celu odpowiedzi na wyżej postawione pytanie konieczne jest odniesienie do obowiązujących przepisów krajowych oraz planów i dokumentów Unii Europejskiej. Regulacje dotyczące wydobywania odpadów ze składowiska w prawie polskim zostały zamieszczone w ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21) [10]. Najważniejszy w tym kontekście jest artykuł 145, którego

punkt 1 mówi: *Zakazane jest wydobywanie odpadów ze składowiska odpadów, na którym są składowane zmieszane odpady komunalne lub zmieszane odpady komunalne z innymi rodzajami odpadów.* Po przeczytaniu tego zapisu można by więc pogrzebać ideę czerpania surowców ze składowisk komunalnych jako niemożliwą do zrealizowania ze względu na obowiązujące przepisy. Ustawa [10] przewiduje jednak wyjątki [1] od tej zasady przytoczone w punkcie 2 artykułu 145: *Dopuszcza się wydobywanie odpadów, o których mowa wyżej, w przypadku rozbiórki składowiska odpadów, w tym zrekultywowanego składowiska odpadów, jeżeli: w inny sposób nie można usunąć negatywnego oddziaływania składowiska odpadów na środowisko, jest to konieczne w związku z realizacją planowanego przedsięwzięcia w rozumieniu ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [11]* (ten akt prawny definiuje przedsięwzięcie jako *zamierzenie budowlane lub inną ingerencję w środowisko polegającą na przekształceniu lub zmianie sposobu wykorzystania terenu, w tym również wydobywanie kopaliny*). Zapisy te, nie wykluczają więc ostatecznie pozyskiwania surowców poprzez wydobycie odpadów ze składowisk komunalnych. Ponadto mając na uwadze plany Unii Europejskiej dotyczące oszczędności i efektywnego wykorzystania surowców można spodziewać się kolejnej nowelizacji przedmiotowych przepisów. Komisja Europejska od dawna podkreśla konieczność zintegrowania polityki surowcowej z gospodarką odpadami czego dowody można znaleźć między innymi w:

- Strategii Europa 2020 – w której deklaruje wsparcie dla przyjaznej środowisku gospodarki, efektywnie korzystającej z zasobów [7],
- Komunikacie o zapewnieniu dostępności surowców – w którym podkreśla m.in. spadek konkurencyjności tradycyjnego górnictwa i bogactwo surowców zawartych w odpadach [8],
- Komunikacie ku gospodarce o obiegu zamkniętym – w którym zaznacza konieczność przejścia na obiegową gospodarkę surowcami i deklaruje stworzenie systemu norm prawnych sprzyjającego pozyskiwaniu surowców odpadowych i zasobooszczędności w krajach Unii Europejskiej [6].

Analiza przedstawionych dokumentów pozwala na stwierdzenie, że przepisy prawne nie powinny stanąć na przeszkodzie idei *city mining* w odniesieniu do składowisk odpadów. Wciąż brak jest jednak efektywnych rozwiązań technicznych, które umożliwiłyby eksplorację tych złóż. Odpowiednio zaprojektowane procesy wydobycia odpadów mogą pozwolić na przeobrażenie składowisk w kopalnie surowców. Jednak przed przystąpieniem do tworzenia efektywnego systemu górnictwa miejskiego należy rozważyć, czy forma w jakiej występuje pokład pozwala na eksplorację danego miejsca.

Czy odpady na składowiskach są dostępne w formie umożliwiającej odzysk?

W literaturze przedmiotu [2] można spotkać się z opinią, iż wydobywanie odpadów ze składowiska, na którym zdeponowano zmieszane odpady komunalne byłoby nie-

właściwe merytorycznie z powodu zbyt dużej procentowej zawartości frakcji biodegradowalnej. Jednak na podstawie dostępnych opracowań statystycznych [9] oraz wyników badań [4] i [5] (rys. 2) można stwierdzić, że skład morfologiczny odpadów komunalnych wykazuje się dużym zróżnicowaniem przede wszystkim w zależności od charakterystyki obszaru, jaki dane składowisko obsługuje. Ponadto przeprowadzone dotychczas analizy często obejmowały jedynie pojedyncze i niereprezentatywne próbki z danego obiektu, więc ich wiarygodność jest mocno dyskusyjna. Nie należy więc, z góry wykluczać możliwości czerpania surowców ze wszystkich składowisk odpadów komunalnych, a przeprowadzić szczegółowe badania pod kątem składu odpadów na instalacjach hipotetycznie najbardziej zasobnych w cenne materiały.

Rys. 2 Średni skład morfologiczny odpadów znajdujących się na składowiskach komunalnych w Polsce w latach 2007–2012 (dane zebrane z 391 składowisk)

Składniki	Gminy wiejskie		Gminy miejsko-wiejskie		Miasta	
	Zakres wartości	Wartość średnia w %	Zakres wartości	Wartość średnia w %	Zakres wartości	Wartość średnia w %
Frakcja <10mm	0,0 - 53,1	20,7	4,1 - 37,0	20,0	6,9 - 37,0	14,7
Organika	7,2 - 31,5	21,1	2,9 - 40,4	21,2	12,2 - 33,9	25,8
Drewno	0,0 - 9,3	1,1	0,0 - 1,8	0,5	0,0 - 1,2	0,5
Papier i tektura	5,9 - 18,5	9,6	6,9 - 13,7	10,6	6,9 - 20,7	14,2
Tworzywa sztuczne	7,2 - 26,9	16,0	5,5 - 43,6	19,9	5,5 - 27,2	18,2
Szkoło	5,2 - 26,2	12,0	4,2 - 14,9	9,5	7,3 - 13,9	10,0
Tekstylia	0,0 - 5,7	3,2	0,0 - 5,2	3,1	1,9 - 5,4	3,6
Metale	0,0 - 7,9	3,7	1,7 - 5,6	3,4	1,7 - 5,6	3,0
Odpady niebezpieczne	0,0 - 1,3	0,3	0,0 - 0,3	0,1	0,0 - 1,4	0,3
Wielomateriałowe	0,0 - 5,9	1,5	0,0 - 3,4	0,9	0,3 - 5,4	2,4
Inertne	1,6 - 29,8	8,8	1,4 - 16,8	8,4	1,5 - 13,3	5,1
Inne kategorie	0,0 - 9,3	2,0	0,0 - 9,5	2,4	0,3 - 5,4	2,2
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ŹRÓDŁO: A. Jędrzak, *Skład morfologiczny odpadów komunalnych w latach 2007-2012 w Polsce*, [5]

Inną bardzo ważną kwestią jest sama budowa odpadu i struktura, w jakiej występuje w nim dany surowiec. Odzyskowi w największym stopniu sprzyja forma „czysta” materiału, jak choćby w przypadku drewnianych podłóg. Bardziej skomplikowany jest recykling stopów wielokładnikowych np. stali nierdzewnej. Materiał jeszcze trudniej odzyskać ze złożonych zespołów (np. chip komputerowy). Praktycznie niemożliwy jest odzysk materiałów z tzw. form rozproszonych (np. w przypadku farb) [3]. Posługując się przykładem metali, okazuje się, że najbardziej podatne na recykling są: miedź, ołów, złoto, srebro, platyna, pallad i rod. Odzyskiwanie pozostałych metali

1																	2				
H																	He				
3	4															5	6	7	8	9	10
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
11	12															13	14	15	16	17	18
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118				
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo				
*Lantanowce			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
**Aktynowce			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103				
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

Rys. 3 Układ okresowy pierwiastków z uwzględnieniem ich potencjału do recyklingu

ŹRÓDŁO: T.E. Graedel, *The Prospects for Urban Mining*, [w:] *The Bridge linking engineering and society*, National Academy of Engineering, Waszyngton 2011, s. 47

z produktów dostępnych obecnie na rynku jest już mocno utrudnione, a w niektórych przypadkach praktycznie niemożliwe. Stopień trudności w odzysku danego pierwiastka z zasobów górnictwa miejskiego przedstawia rysunek 3. Jest to bardzo ważna wiadomość, z której wynika, że obecnie stosowane technologie produkcji są często zbyt skomplikowane w stosunku do procesów odzysku. Należy więc przypuszczać, że pewne materiały, które trafiły na składowisko, mogą – nawet w przypadku rozpoczęcia jego eksploracji w celu pozyskiwania surowców – zostać bezpowrotnie utracone. Jednocześnie jest to wyraźny sygnał dla wszystkich, którzy decydują o pojawianiu się produktów na rynku, do działania w celu zapobiegania dalszemu stosowaniu surowców w formach utrudniających recykling. W przyszłości dzięki odpowiedzialnemu społecznie biznesowi oraz świadomym wyborom konsumenckim preferującym wyroby produkowane w sposób przemyślany (do czego odnosi się filar I koncepcji) możliwe będzie uniknięcie tego typu problemów.

Podsumowanie

Idea *city mining* daje nadzieję na domknięcie pętli łańcucha dostaw i przejście do gospodarki recykulacyjnej w przyszłości. Nie ulega wątpliwości, że w obliczu wyczerpywania się coraz trudniej dostępnych złóż surowców naturalnych pozyskiwanie ich z antropogenicznych źródeł może okazać się jedyną możliwą opcją. Miejskie górnictwo ma szansę na rozwój m.in. na niektórych polskich składowiskach odpadów komunalnych. Opłacalność eksploatacji wysypisk w celu wydobywania surowców będzie zależała przede wszystkim od składu zdeponowanych od-

padów. Idei nie powinny zagrozić obowiązujące obecnie niejednoznaczne przepisy. Można bowiem spodziewać się ich nowelizacji, ponieważ strategie proponowane przez Unię Europejską promują czerpanie surowców z odpadów. Główną determinantą do przejścia koncepcji *city mining* z fazy pomysłu do realnie działającego podsystemu gospodarki będzie znalezienie odpowiednio bogatych złóż i opracowanie efektywnych ekonomicznie sposobów wydobycia surowców. ■

ŹRÓDŁA:

- [1] Bukowski Z., Manczarski P. (red.), *Zarządzanie gospodarką odpadami. Nowe regulacje prawne*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski, Poznań 2013.
- [2] Grabowski Z. (red.), *Zarządzanie gospodarką odpadami. Nowe regulacje prawne*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski, Poznań 2012.
- [3] Graedel T.E., *The Prospects for Urban Mining*, [w:] *The Bridge linking engineering and society*, National Academy of Engineering, Waszyngton 2011.
- [4] Jędrzak A., *Odzysk papieru, metali, tworzyw sztucznych i szkła w instalacjach MBP*, Uniwersytet Zielonogórski, <http://www.odpady-help.pl/app/webroot/upload/pdf/MBP.pdf>, (data dostępu 2.09.2014).
- [5] Jędrzak A., *Skład morfologiczny odpadów komunalnych w latach 2007-2012 w Polsce, według województw*, Uniwersytet Zielonogórski, materiały ze spotkania Grupy roboczej do spraw monitorowania realizacji krajowego planu gospodarki odpadami oraz Grupy roboczej do spraw gospodarki odpadami krajowej sieci organów środowiskowych i instytucji zarządzających funduszami unijnymi „Partnerstwo: Środowisko dla Rozwoju” poświęconego badaniom składu morfologicznego odpadów komunalnych, Warszawa 18 kwietnia 2013 (<http://archiwumwww.gdos.gov.pl/files/ENEA/Gurupy-robocze/Gospodarka-opadami/18-04-2013/Sklad-morfologiczny-opadów-Jędrzak.pdf>), (data dostępu 2.09.2014).
- [6] Komunikat Komisji Europejskiej *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program zero odpadów dla Europy*, Bruksela 2014.
- [7] Komunikat Komisji Europejskiej *Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu Społecznemu EUROPA 2020*, Bruksela 2010.
- [8] Komunikat Komisji Europejskiej *Zapewnienie dostępności surowców dla przyszłego dobrobytu Europy*, Bruksela 2012.
- [9] Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014, Warszawa 2010.
- [10] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach.
- [11] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.
- [12] www.epp.eurostat.ec.europa.eu, (dostęp na 2.09.2014).
- [13] www.urban-mining.com, (dostęp na 2.09.2014).