

Możliwości i warunki zagospodarowania odpadów z górnictwa i energetyki w drogownictwie, zwłaszcza do budowy autostrad i dróg ekspresowych

Wiesław Kozioł*, Ryszard Uberman*

W procesach wydobywania i przetwórstwa surowców mineralnych powstają znaczne ilości odpadów. Pomimo dążeń do stosowania technologii bezodpadowych lub małoopadowych, wszystkie kraje uprzemysłowione, w większym lub mniejszym zakresie stoją przed problemem utylizacji wytworzonych odpadów. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w Polsce, gdzie wieloletnie zaniedbania, ekstensywny rozwój i inne przyczyny spowodowały wytwarzanie i gromadzenie dużej ilości odpadów.

Jednym z kierunków zagospodarowania odpadów zarówno z górnictwa jak i z energetyki jest drogownictwo. Mając na uwadze realizowany obecnie w Polsce program budowy sieci płatnych autostrad oraz dróg ekspresowych, ten kierunek utylizacji odpadów może mieć duże znaczenie.

Racjonalna technologia budowy dróg powinna uwzględniać maksymalne zastosowanie materiałów miejscowych i możliwie jak najszersze wykorzystanie odpadów.

Przydatność, uszlachetnienie i zastosowanie surowców lokalnych i opadowych należy rozważać pod kątem możliwości użycia ich jako: podstawowego tworzywa poszczególnych warstw konstrukcji drogi, surowca poprawiającego własności kruszyw naturalnych lub łamanych (doziarnienie), surowca zastępczego dla sprowadzanych z dużej odległości kruszyw drogowych, surowca pozwalającego na zmniejszenie ilości potrzebnych spoiw drogowych.

Wśród pozytywnych przykładów wykorzystania odpadów w drogownictwie można wymienić budowę autostrady Katowice–Kraków, południową obwodnicę Krakowa, a także drogi ekspresowe i obwodnicowe na Górnym Śląsku. Na odcinku autostrady A-4 Katowice–Kraków odpady mineralne wykorzystano m.in. do (Kania & Gędek, 1986, Kozioł i in., 1995):

- dolnej warstwy podłoża — wykorzystano ok. 200 tys. m³ żużli pomiedziowych i pocynkowych frakcji 0–100 mm,
- górnej warstwy podłoża wraz z warstwą mrozochronną — odpady porfirowe frakcji 0–20 mm oraz odpady dolomitowe (0–16 mm). Ilość wykorzystanych odpadów — 32 tys. t/km autostrady,
- dolnych i górnych warstw podbudowy stabilizowanych cementem — odpady porfirowe i dolomitowe,
- podbudowy z masy mineralno-asfaltowej — uszlachetnione odpady dolomitowe.

Zastosowanie surowców opadowych umożliwiło osiągnięcie znaczących korzyści ekonomicznych wynikających z:

- niskiej ceny odpadów,
- skrócenia odległości przewozu,
- ograniczenia wydobywania i przeróbki miejscowych surowców wapiennych,
- zmniejszenia zużycia cementu.

W drogownictwie, utylizacja odpadów jest więc korzystna nie tylko z ekologicznego punktu widzenia (znaczna część odpadów zlokalizowana jest w obszarach chronionych) ale może również przynieść wymierne korzyści ekonomiczne.

Ogólna charakterystyka odpadów mineralnych z górnictwa i energetyki

Odpady surowców mineralnych uzależnione są głównie od rodzajów skał i złóż, z których powstały, technologii eksploatacji, przeróbki i przetwórstwa kopalni oraz sposobu składowania.

Szczegółowa klasyfikacja, charakterystyka i bilans odpadów mineralnych jest przedmiotem rozważań artykułów specjalistycznych. W realizowanym zamawianym projekcie badawczym PBZ-25-03 pt. *Analiza i wybór efektywnych metod utylizacji mineralnych surowców opadowych z górnictwa i energetyki* przyjmuje się następującą zasadę klasyfikacji odpadów z górnictwa i energetyki:

A. Odpady górnicze i przerobcze surowców:

- 1) energetycznych,
- 2) metalicznych,
- 3) skalnych,
- 4) chemicznych.

B. Odpady z przetwórstwa:

- 5) odpady z energetyki.

Bilans ważniejszych ilościowo odpadów według stanu na 31.12.1990 r. podano w tab. 1.

W bilansie tym wyszczególniono przychód i wykorzystanie odpadów w roku (1990) oraz ilość odpadów zgromadzonych na składowiskach i w osadnikach. Jakkolwiek są to dane sprzed kilku lat, to jednak są one w zdecydowanej większości nadal aktualne, zwłaszcza dla potrzeb ogólnej charakterystyki odpadów. Na ich aktualność wskazują zarówno niektóre porównania danych dla lat późniejszych, jak również porównania wielkości wydobywania surowców mineralnych w 1990 i 1994 r. Wydobywanie kopalni w 1994 r. było niższe w stosunku do 1990 r. o ok. 5%, na co głównie złożyło się zmniejszenie wydobywania węgla kamiennego o około 10% i siarki o 50% (w tym zakończenie eksploatacji rudy siarki w odkrywkowej kopalni Machów).

Z tab. 1 wynika, że bilans ogólny odpadów mineralnych z górnictwa i energetyki na koniec 1990 r. przedstawiał się następująco:

- przychód w roku — 134,0 mln t,
- wykorzystano — 47,0 mln t,
- zgromadzone na składowiskach i w osadnikach — 1532,2 mln t.

W zestawieniach tych nie ujęto wielkości zwałowanych skał nadkładowych w kopalniach węgla brunatnego, a także odpadów (popiołów i żużli) z zakładów energetyki przemysłowej i niektórych odpadów z branży chemicznej (np. wapno pokarbidowe).

Według danych rocznika statystycznego *Ochrona Środowiska* (GUS — 1994 r.) stan odpadów z górnictwa i energetyki na 31.12.1993 r. przedstawiał się następująco (mln t):

- przychód w roku — 75,1,
- zgromadzone na składowiskach i w osadnikach — 1057,5,
- wykorzystano w roku — 45,6
- wskaźnik wykorzystania, % — 60,1.

Z porównania danych wynika, że zestawienia GUS-u wykazują zaniżoną ilość odpadów w stosunku do informacji przemysłowych.

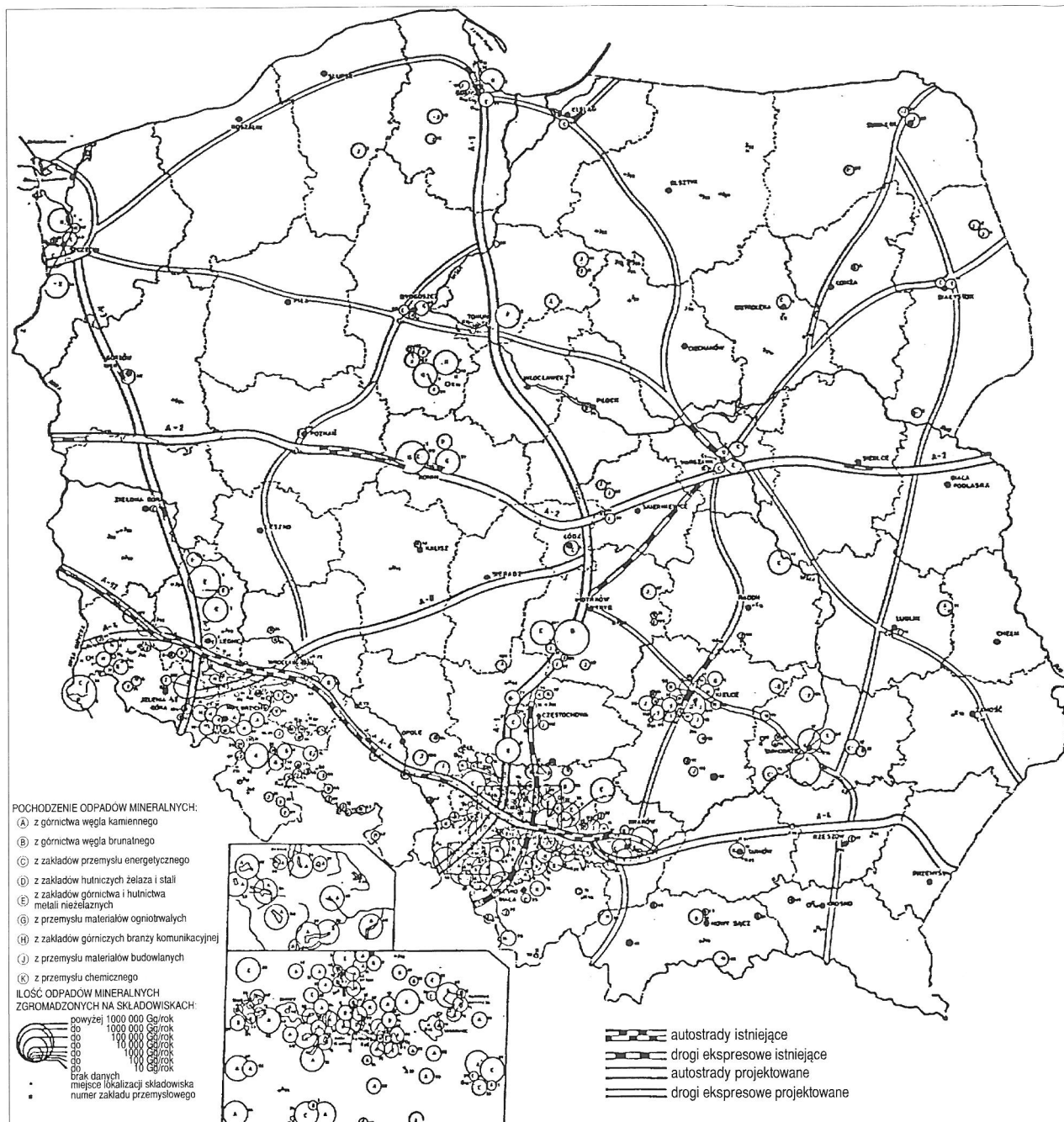
Posługując się wskaźnikiem wzrostu ilości odpadów (Rocznik statystyczny, 1994), można szacować, że na koniec 1994 r. ilość odpadów zgromadzonych na składowiskach i w osadnikach wynosiła około 1760–1800 mln t.

Z bilansu zbiorczego odpadów (Kozioł i in., 1995) wynika, że ilościowo największą grupę stanowią odpady z:

- 1) węgla kamiennego: przychód — 57 mln t/r na składowiskach — 575,7 mln t,
- 2) rud miedzi: przychód — 24,7 mln t/r na składowiskach — 332,8 mln t,
- 3) energetyczne: przychód — 23,1 mln t/r na składowiskach — 240,0 mln t,

Ilościowo dużą grupę stanowią również odpady surowców

*Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Ryc. 1. Projektowana sieć autostrad i dróg ekspresowych wraz z lokalizacją składowisk odpadów mineralnych

skalnych: przychód — 18,8 mln t/r na składowiskach — 223,1 mln t, dotyczą one jednak bardzo wielu eksploatowanych surowców i rozmieszczone są prawie na całym terytorium kraju.

Lokalizację poszczególnych składowisk odpadów przedstawiono na ryc. 1.

Zestawione wielkości odpadów z górnictwa i energetyki zarówno z bieżącej produkcji jak i zgromadzone na składowiskach stanowią potencjalną bazę surowcową możliwą do wykorzystania w budownictwie inżynierskim, w tym szczególnie w realizowanym obecnie w Polsce programie budowy autostrad i dróg ekspresowych.

Zakres i warunki stosowania odpadów górniczych i przerobczych do budowy autostrad oraz dróg ekspresowych

W drogownictwie odpady z górnictwa i energetyki mogą być stosowane w zastępstwie kruszywa drogowego w zasadzie do wszystkich elementów konstrukcyjnych dróg, czyli do formowania

podłoża (nasypy, wymiana podłoża, tworzenie warstwy mrozoochronnej), podbudowy drogi, a także w niektórych przypadkach na nawierzchnie drogowe. Te szerokie możliwości zastosowania odpadów (zwłaszcza odpadów z niektórych surowców np. skał zwietrzonych) odnoszą się jednak głównie do dróg samochodowych o niższych standardach jakościowych (np. drogi lokalne dla ruchu lekkiego i średniego). Wymogi normatywne autostrad, a także dróg ekspresowych, przystosowanych do bardzo ciężkiego ruchu samochodowego (naciski 100 kN/oś i więcej), stwarzają potrzeby użycia do ich budowy kruszyw drogowych i innych materiałów o bardzo dobrych parametrach jakościowych. Z tych też przyczyn poniżej zostaną szerzej przeanalizowane możliwości wykorzystania poszczególnych rodzajów odpadów.

Odpady surowców energetycznych

Górnictwo węgla kamiennego. W ostatnich latach (1990–1994) górnictwo węgla kamiennego wytwarza 51–57 mln t/r powęglowych odpadów górniczych i przerobczych. W stosunku do

Tab. 1. Bilans ilościowo ważniejszych odpadów mineralnych z górnictwa i energetyki według stanu na 31.12.1990 (Szcześniak, 1992 ; Koziol i in., 1995)

Rodzaj odpadów		Przychód w roku tys. t	Wykorzystanie		Ilość odpadów na składowiskach i w osadnikach tys. t
Grupa surowców	Rodzaj kopaliny		tys. t/rok	% przychodu	
1. Energetyczne	węgiel kamienny	57017	24165	42,4	575733
2. Metaliczne	rudy miedzi	24708,7	5864	23,7	332845
3. Skalne	rudy Zn-Pb	4360	1200	27,5	75050
	granit	546	432	79,1	7555
	bazalt	810,8	391	48,2	9537
	porfir	290	281	96,9	1270
	melafir	380	293	77,1	3460
	piaskowiec	842	336	39,9	23214
	kwarcyt i łupek kwarcytowy	358	40	11,2	10550
	wapień	4664	1089	23,3	91451
	dolomit	1448	1475	101,9	32219
	piaski bud. i krusz. nat.	6189	1597	25,8	30011
	razem skalne	18783,7	6599,9	35,1	223118
4. Chemiczne	siarka	10500	315	3,0	446000
5. Odpady z energetyki zawodowej (popioły lotne i żuźle)	węgiel kamienny	14958	4166	27,8	192206
	węgiel brunatny	8196	105	1,3	47773
ogółem*		133986	47040	35,1	1532247

*Bez górnictwa węgla brunatnego i energetyki przemysłowej oraz przetwórstwa w branży chemicznej

wydobycia węgla stanowiło to 38,7–42,4%. Na różnego rodzaju składowiskach: centralnych, przykopalnianych itp. zgromadzonych jest ok. 700 mln t odpadów powęglowych. Przeprowadzona w latach 1990–1994 analiza struktury zagospodarowania odpadów powęglowych nie wykazuje zasadniczych zmian. Obserwuje się natomiast korzystną tendencję wzrostową ilości zagospodarowanych odpadów, gdyż w 1990 r. utylizowanych zostało 24,2 mln t (42,4% przychodu) a w 1994 r. — 28,6 mln t (50,8% przychodu) odpadów powęglowych.

Do głównych kierunków zagospodarowania odpadów należą: podszadanie wyrobisk górniczych, niwelacje terenów, roboty inżynierskie w tym drogownictwo, przeróbka i odzysk węgla, produkcja materiałów budowlanych, itp.

Podstawowymi typami skał odpadów powęglowych są:

- skały ilaste zwane ilowcami lub iłolupkami,
- mułowce,
- piaskowce.

Odpady górnicze stanowiące 16–17% odpadów powęglowych, pochodzące bezpośrednio z robót górniczych i przygotowawczych, mają bardzo zróżnicowaną jakość zależną od rodzaju oraz warunków geologicznych eksploatowanych złóż. Uziarnienie tych odpadów jest niejednorodne i dochodzi do 500 mm. Ponad 92% ziarn ma wymiary ponad 20 mm, w tym 44–48% ziarn mieści się w przedziale 100–200 mm. Odpady te należy zaliczyć do gruboziarnistych.

Odpady przerobcze w zależności od stosowanych urządzeń i technologii wzbogacania dzielą się na:

- gruboziarniste — o uziarnieniu 20–200 mm, charakteryzujące się jednorodnością składu mineralnego i właściwościami fizykochemicznymi. Stanowią one ok. 17,5% odpadów.
- drobnoziarniste — o uziarnieniu poniżej 20 mm, charakteryzujące się znaczną zawartością części palnych i siarki,
- poflotacyjne — poniżej 1 mm z dużym zawilgoceniem.

Do robót inżynierskich i drogowych wykorzystuje się rocznie 3,4 (1990 r) do 5,6 mln t (1994 r.) odpadów. W stosunku do ilości wytwarzanych odpadów jest to ok. 10% (w 1990 r. mniej).

Dla drogownictwa jakościowo najlepszymi odpadami są odpady znajdujące się na tzw. hałdach przepalonych zawierające łup-

koporyt, to jest kruszywo posiadające właściwości zbliżone do wypalanej cegły.

Dotychczasowe możliwości i warunki stosowania odpadów powęglowych w drogownictwie są następujące (*Możliwości wykorzystania...*, 1986):

1. Nieprzepszone odpady węglowe mogą być stosowane na dolne warstwy nasypów, tj. poniżej strefy zamarzania, przy spełnieniu następujących warunków:

— w terenie niezalewowym stopa nasypów z odpadów powęglowych powinna spoczywać bezpośrednio na odpowiednio nośnym podłożu naturalnym,

— w terenach zalewowych łupki mogą być stosowane powyżej największego poziomu wód kapilarnych związanych z najwyższym spodziewanym poziomem wód zalewowych. Dolna część nasypu do w/w poziomu powinna być wykonana z gruntów bądź innych materiałów odpadowych odpornych na działanie wody.

Odpady silnie zawęglone oraz zawierające znaczne ilości substancji ilastych — łatwo rozmywalnych i uplastyczniających się

po zawilgoceniu, a także odpady o gęstości objętościowej poniżej 1,5 t/m³ nie powinny być stosowane w drogownictwie.

2. Przepalone odpady węglowe mogą być stosowane do budowy następujących elementów korpusów dróg:

— na dolne warstwy nasypów, tj. poniżej strefy zamarzania, bez ograniczeń w każdym warunkach gruntowodnych,

— na górne warstwy nasypów, tj. w strefie przemarzania, gdy spełniają warunki podane w tab. 2 lub przy zachowaniu zasady stabilizacji cementem, popiołem lub bitumem najwyższej warstwy nasypu na grubość 10–15 cm,

— na ulepszone podłoże (warstwę mrozoochronną) w wykopach, gdy spełniają warunki określone w tab. 2,

— na utwardzanie poboczy dróg z wyjątkiem autostrad.

Odpady powęglowe do budowy górnych warstw nasypów, łącznie z warstwą mrozoochronną, muszą spełniać warunki wykluczające powstawanie wysadzin i przełomów na drogach. Warunki te są rodzajem kryteriów oceny jakości tych odpadów i przedstawiono je w tab. 3.

Górnictwo węgla brunatnego. W kopalniach węgla brunatnego urabia i przemieszcza się na zwałowiska zewnętrzne i wewnętrzne bardzo duże ilości różnych skał płonnych w tym również niekiedy surowców towarzyszących zalegających w nadkładzie złóż. W 1994 r. w czterech kopalniach węgla brunatnego zdjęto 253,6 mln m³ nadkładu. Z formalno-prawnego punktu widzenia skały te nie są zaliczane do odpadów górniczych. Są to na ogół różnego rodzaju skały ilaste lub sypkie. Wykorzystanie ich, zwłaszcza skał sypkich, jest możliwe ewentualnie do budowy nasypów drogowych, zlokalizowanych w bliskiej odległości od kopalni węgla brunatnego, a także do formowania ulepszonych podłoża i dolnych warstw podbudowy. Szersze możliwości wykorzystania mają natomiast surowce towarzyszące. Nie-

Tab. 2. Wymagania stawiane odpadom stosowanym do budowy dróg
(Możliwości wykorzystania odpadów przemysłowych...)

Rodzaj cechy	Wymagania		Badania wg norm
	dolne warstwy nasypów poniżej strefy zamarzania	górne warstwy nasypów w warstwach mrozochronnych w wykopach w strefie zamarzania	
Dopuszczalna wielkość największych ziarn	1/2 grubości zagęszczonej warstwy	1/3 grubości zagęszczonej warstwy (max. 150 mm)	PN-74/B-04484
Dopuszczalna ilość ziarn mniejszych od 0,75 mm po 5-krotnym ubijaniu w aparacie Proctora (test standardowy),%	-	15	PN-74/B-02480
Wskaźnik piaskowy WP po 5-krotnym ubijaniu w aparacie Proctora (min.),%	-	35	BN-64/b-8931-01
Maksymalna granica płynności, %	40	-	PN-60/B-04489
Maksymalna kapilarność bierna, %	-	0,5	PN-60/B-04493
Odporność na działanie mrozu, strata ciężaru po 15 cyklach (nie więcej niż), %	20 wg BN-72/8932-01	20	PN-66/B-06714
Wskaźnik nośności CBR (min.), %	5	10	BN-70/8931-05
Pęcznienie liniowe (max.), %	2	2	BN-70/8931-06

które z nich są selektywnie eksploatowane i oddzielnie gromadzone na specjalnie wydzielonych składowiskach.

Do surowców mogących znaleźć zastosowanie w drogownictwie zaliczyć należy:

- piaski czwarto- i trzeciorzędowe,
- skały wapienne i inne skały zwięzłe (np. piaskowce, kwarcyty, itp.),
- głązy narzutowe,
- kruszywo krzemienne,

Występowanie niektórych z tych surowców jest udokumentowane w postaci kopalni towarzyszących, część surowców ma postać niejednorodną i jest trudna do udokumentowania.

Odpady górnicze i przeróbcze surowców metalicznych

Górnictwo rud miedzi. Bilans odpadów w górnictwie rud miedzi w 1990 r. przedstawiał się następująco:

- a) przychód odpadów (bez żużli szybowych): górnicze (skała płonna) — 108,7 tys. t/r
— przeróbcze (poflotacyjne) — 24 600 tys. t/r,
razem: 24 708,7 tys. t/r
- b) zgromadzone na zwałowiskach:
— górnicze (skała płonna) — 68 430 tys. t/r,
— przeróbcze (poflotacyjne) — 264 415 tys. t/r,
razem: 332 845 tys. t/r.

Według Rocznika Statystycznego *Ochrona Środowiska 1994 r.* stan odpadów tej grupy na koniec 1993 r. kształtował się następująco:

- przychód: 23 927,1 tys. t (w tym górnicze ok. 23 tys. t),
 - wykorzystano: 5477,9 tys. t (22,9% przychodu),
 - zgromadzone na zwałowiskach: 359 370,1 tys. t.
- Z powyższych zestawień wynika, że podstawowa masa

Tab. 3. Kryteria oceny jakości gruntów i odpadów (Możliwości wykorzystania odpadów przemysłowych...)

Wyszczególnienie cech gruntów	Grupy gruntów		
	niewysadzinowe	wątpliwe	wysadzinowe
Zawartość cząstek (%)			
0,05 mm	<20	20÷30	>30
0,02 mm	<3	3÷10	>10
Kapilarność bierna H_{kb} (m)	<1,0	1,0÷1,3	>1,3
Wskaźnik piaskowy WP dla gruntów niespoistych (%)	35	25÷34	<25
Wskaźnik nośności W_{sk} dla gruntów spoistych	10	5÷9	3÷4

odpadów stanowią odpady poflotacyjne. Jest to konsekwencja małej zawartości miedzi (ok. 2%) w wydobywanej rudzie, stąd też odpady poflotacyjne stanowią ok. 93% przerabianej rudy. Odpady te charakteryzują się dość wysoką zawartością tlenu wapnia (ok. 15—30%), zawierają także inne pierwiastki, w tym również pierwiastki rzadkie oraz miedź.

Różnicowanie jakościowe rudy i technologia wzbogacania powodują, że odpady z poszczególnych kopalni miedzi różnią się zarówno granulacją jak i składem mineralogicznym i chemicznym.

O charakterze odpadów decydują składniki skalne występujące w nich w największych ilościach, są to: piaskowce, dolomity i wapienie. W kopalni Polkowice odpady są złożone głównie z węglanów, w ZWR Lubin zaś, a także Rudna — z piaskowca.

Odpady te są składowane w 6 osadnikach, z których obecnie jeden jest czynny (Żelazny Most). W czasie osadzania pulpy następuje samorzutna hydrauliczna klasyfikacja odpadów. Frakcje najgrubsze osadzają się w strefach zewnętrznych osadnika masy najdrobniejsze zaś — w strefach wewnętrznych.

Odpady górnicze, do których zalicza się skały płonne z robót górniczych, ilościowo stanowią nieznaczna część w bilansie odpadów mineralnych w górnictwie rud miedzi.

W przeszłości były one składowane na zwałowiskach w pobliżu szybów, z których były wydobywane. Większość tych zwałowisk jest zrekultywowana. Obecnie skały płonne są wywożone na powierzchnię tylko w ZG Rudna i ZG Sieroszowice i są to niewielkie ilości ok. 20–30 tys. t/r.

Prace nad gospodarczym wykorzystaniem odpadów są prowadzone w dwóch zasadniczych kierunkach:

- wtórny odzysk miedzi i metali towarzyszących,
- utylizacja odpadów.

Badaniami nad utylizacją odpadów poflotacyjnych od wielu lat zajmują się zakłady Cuprum. Badania te są prowadzone w kilku kierunkach. Jednym z nich jest zastosowanie tych odpadów w drogownictwie i budownictwie.

W drogownictwie odpady poflotacyjne odpowiednio przygotowane w postaci mączki mineralnej mogą być użyte jako wypełniacz mas bitumicznych. Dotychczas wykonano próbny odcinek drogi na trasie Bolesławiec—Zgorzelec, a jego eksploatacja pozwoliła na pozytywną ocenę. Wadą tego typu utylizacji jest konieczność suszenia odpadów o wysokiej zawartości wilgoci, jednak jakość uzyskiwanego produktu jest lepsza niż tradycyjnej mączki wapiennej. Dla szerszego wykorzystania do tego celu odpadów poflotacyjnych jest niezbędna budowa zakładu produkcji mączki mineralnej.

Ponadto odpady poflotacyjne, a zwłaszcza grubsze frakcje są stosowane także w przemyśle miedziowym do budowy obwałowań i zapór osadnikowych.

Górnictwo rud cynku i ołowiu. Bilans odpadów w górnictwie rud cynku i ołowiu przedstawiał się w 1990 r. następująco:

- a) przychód odpadów:
— górnicze (dolomit) — 1110 tys. t/r,
— przeróbcze (poflotacyjne) — 3250 tys. t/r,
razem: 4360 tys. t/r
- b) wykorzystanie:
— górnicze (dolomit) — 1050 tys. t/r

- przeróbcze (poflotacyjne) — 150 tys. t/r,
- razem:** 1200 tys. t/r,
- c) zgromadzone na zwałowiskach:
 - górnicze (dolomit) — 50 tys. t/r,
 - przeróbcze (poflotacyjne) — 75 000 tys. t/r,
 - razem:** 75 050 tys. t/r.

Według *Rocznika Statystycznego GUS* z 1994 r. w całym górnictwie metali nieżelaznych (z wyłączeniem górnictwa rud miedzi) było zgromadzone (na koniec 1993 r.) 19232,3 tys. t odpadów, a ich roczny przychód wynosi 1309,5 tys. t, co wydaje się wielkością zaniżoną. W rzeczywistości na koniec 1993 r. (Kozioł i in., 1995) zgromadzono ok. 78 mln t odpadów poflotacyjnych. Łącznie produkty odpadowe stanowią ponad 90% całkowitej ilości przerabianej rudy. Na odpady te składają się:

- dolomit kawałkowy stanowiący 25–33% ilości przerabianej rudy, wydzielany wstępnie w procesie grawitacyjnego wzbogacania metodą rozdziału w ciężkich cieczach zawieszinowych,

- odpady poflotacyjne — stanowią 57–65% wychodu.

W wyniku modernizacji procesu wstępnego wzbogacania przeprowadzonej w Zakładzie Olkusz-Pomorzany w 1994 r. i zastosowania dla frakcji drobnych rozdziału w hydrocyklonie zawieszinowym, wychód gruboziarnistego dolomitu wydzielanego wstępnie wynosi obecnie ok. 40–42%. Tym samym wychód odpadów poflotacyjnych obniżył się do 45–50%.

W stawach osadowych poszczególnych kopalni zgromadzono następujące ilości odpadów poflotacyjnych:

- ZGH Bolesław — 40,0 mln t,
- ZGH Orzeł Biały — 19,6 mln t,
- ZGH Trzebieńka — 16,0 mln t.

Tab. 4. Orientacyjne zastosowanie różnych skał w budownictwie drogowym (Galos, 1995 ; Kozioł i in., 1995)

Rodzaj skały	Zastosowanie na kruszywo	
	do nawierzchni	do podbudowy
Bazalty	++	++
Melafiry	++	++
Diabazy	–	++
Porfiry	+	++
Granity	+	+
Sjenity	+	–
Gabro	–	++
Amfibolity	–	++
Gnejsy	–	++
Marmury	–	–
Serpentynity	+	++
Chalcedonity	–	+
Dolomity	+	++
Piaskowce	–	++
Szarogłazy	–	++
Wapień	–	++
Kwarcyty	+	++

++ główny kierunek zastosowań

+ mniejszy ilościowo kierunek zastosowań

– nie stosuje się

Odpady te są materiałem rozdrobnionym o uziarnieniu poniżej 0,3 mm.

Możliwości wykorzystania poszczególnych rodzajów odpadów są następujące:

a) **Odpady górnicze.** Gruboziarniste odpady dolomitowe wydzielane w procesie wstępnego wzbogacania w klasach 80–25; 25–5; 60–15 mm są w całości wykorzystywane jako kruszywo drogowe lub budowlane.

Dla spełnienia odpowiednich norm jakościowych kruszywo to wymaga dodatkowego pokruszenia i przesiania. Możliwe byłoby wówczas zaliczenie tego kruszywa do II lub III klasy za wyjątkiem podwyższonej zawartości siarki, która jest wyższa niż przewiduje norma (1,0%).

b) **Odpady poflotacyjne.** Odpady te dotychczas nie są utylizowane na większą skalę. Podejmowane są, m.in., próby produkcji z nich maczki dolomitowej do mas bitumicznych (podobnie jak z odpadów poflotacyjnych rud miedzi). Są również wykorzystywane, jako materiał do niwelacji terenów pod różnego rodzaju budowle inżynierskie, w tym również na nasypy.

Odpady górnicze i przeróbcze surowców skalnych

Surowce skalne są eksploatowane, prawie wyłącznie metodą odkrywkową, na obszarze całego kraju. Zdecydowana większość z nich występuje jednak i jest eksploatowana w południowych rejonach Polski, a zwłaszcza na Dolnym Śląsku, w rejonie krakowsko-karpackim i świętokrzyskim. W 1994 r. wydobycie wszystkich surowców skalnych osiągnęło ok. 158 mln t i w stosunku do wydobycia w 1990 r. uległo niewielkiemu zmniejszeniu (o ok. 3,7%). Z tab. 1 wynika, że przychód roczny odpadów surowców skalnych wynosi ok. 18,8 mln t, co stanowi ok. 11,5% wydobycia. Dla niektórych surowców, a zwłaszcza skał zwięzłych wskaźnik wytwarzanych odpadów jest jednak dużo większy, np. dla piaskowców — 70%, granitów — 40%, porfirów — 21,7%, dolomitów — 29,0%, wapieni — 22,7%, bazaltów — 14,9%, melafirów — 22,6%. Duża część tych odpadów jest wykorzystywana, i to w ponad 35% (ok. 6,5 mln t). Na różnego rodzaju zwałowiskach zgromadzonych jest ponad 223 mln t odpadów surowców skalnych. Odpady surowców skalnych, podobnie jak odpady wszystkich surowców eksploatowanych w kopalniach odkrywkowych i podziemnych, dzieli się na:

- górnicze (roboty przygotowawcze, eksploatacyjne),
- przeróbcze (w tym również obróbkowe).

Do **odpadów górniczych** zalicza się odpady kopaliny (często zwietrzałe) oraz skał płonnych z przerostów i nadkładu. Są one na ogół niejednorodne, a ich granulacja wynosi od 0 do 1000 mm, w większości 0 do 200 mm.

Odpady przeróbcze stanowią kruszywo niesortowane, najczęściej frakcji 0–5 i 0–10 mm, rzadziej 0–25; 0–31,5; 0–40 i 0–125 mm.

Ilościowo największą grupę (tab. 1) stanowią odpady z eksploatacji skał osadowych (wapień, dolomity, piaski i kruszywa naturalne, piaskowce, kwarcyty, skały ilaste) i magmowych (bazalty, granity, melafiry, porfiry). Największe możliwości wykorzystania odpadów w drogownictwie dotyczą odpadów surowców skalnych eksploatowanych na potrzeby branży komunikacyjnej (kruszywa drogowe), budowlanej (kruszywa łamane i naturalne), wiążących materiałów budowlanych (kruszywa wapienne i dolomitowe).

Orientacyjne zastosowanie różnych skał na kruszywo do nawierzchni oraz podbudowy dróg przedstawiono w tab. 4. Zestawienie to wskazuje również na możliwość wykorzy-

stania w drogownictwie odpadów poszczególnych skał, a zwłaszcza odpadów przerobczych surowców skalnych.

Także przy eksploatacji innych surowców, a zwłaszcza piasków podsadzkowych, surowców ogniotwałych, surowców szklarsko-ceramicznych występują pewne ilości odpadów lub kopalin towarzyszących, mogących mieć zastosowanie w drogownictwie, zwłaszcza do budowy nasypów lub dolnych warstw podbudów. W wyniku dotychczasowych prac badawczych, a także doświadczeń praktycznych ustalono, że odpady przerobcze, a częściowo także górnicze surowców skalnych mogą być stosowane w drogownictwie w następującym zakresie (Szczęśniak, 1992):

A. Nasypy drogowe i ulepszone podłoża wraz z warstwą mrozoochronną — przydatność odpadów uzależniona jest od spełnienia wymagań normy (BN-72/8932-01), bądź też odpowiednich wytycznych IBDiM oraz norm dotyczących gruntów stabilizowanych. Odpady surowców skalnych na ogół spełniają wyżej wymienione wymagania.

B. Podbudowy stabilizowane spoiwami (cementem, wapnem, aktywnymi popiołami, bitumitami) — zastosowanie odpadów zależy od spełnienia odpowiednich wymagań normowanych dla gruntów stabilizowanych. Odpady przerobcze przed zastosowaniem do podbudów wymagają na ogół poprawy składu ziarnowego (odsianie frakcji powyżej 40 mm, przekruszenie, doziarnienie brakujących frakcji) przy zapewnieniu odpowiednich cech wytrzymałościowych.

C. Podbudowy stabilizowane mechanicznie — warunkiem zastosowania jest spełnienie norm dla podbudów z kruszywa stabilizowanego mechanicznie. Skład ziarnowy odpadów przeważnie nie jest właściwy, w związku z tym należy odpowiednio je uszlachetnić poprzez przesiewanie, płukanie, przekruszenie i doziarnienie brakujących frakcji.

D. Podbudowy z chudego betonu — wymagania i warunki stosowania określa norma. Odpady z kopalń surowców skalnych w znacznym stopniu spełniają wymagania norm.

E. Wypełniacze podstawowe i zastępcze mas mineralno-bitumicznych — wykorzystywane tu mogą być odpady i frakcje drobnoziarniste, szczególnie skał węglanowych (wypełniacze podstawowe) i magnezowych (wypełniacze zastępcze) w stanie naturalnym lub po odsiewce przy spełnieniu odpowiednich norm.

F. Odzysk kruszyw do betonów — zawartość frakcji 5–60 mm w odpadach przerobczych skał zwięzłych, zwłaszcza drogowych wynosi 15–80%, przeciętnie 50%. Ziarna kruszywa są na ogół zapyłone lub oblepione gliną i iłem. Odzyskanie kruszywa z odpadów możliwe jest najczęściej po wzbogaceniu poprzez płukanie wraz z odsianiem drobnych frakcji, a niekiedy dodatkowym pokruszeniu.

Składowiska odpadów surowców skalnych i źródła ich powstania są zlokalizowane w czterech strefach kraju, a mianowicie:

— strefa południowo-zachodnia i częściowo południowa obejmująca Dolny Śląsk oraz rejon świętokrzyski i krakowsko-częstochowski, w której znajdują się dobrej jakości odpady z eksploatacji skał zwięzłych; tego typu odpady znajdują się również w województwie bydgoskim (złóża wapieni Piechcin i Barcin),

— strefa północno-zachodnia i północno-wschodnia będąca miejscem eksploatacji głównie osadów polodowcowych (piasków, żwirów, głazów narzutowych); odpadami w tej strefie są przede wszystkim drobne i bardzo drobne frakcje piasków — strefa południowo-wschodnia i częściowo południowa — z eksploatacją głównie złóż piaskowców karpaccich, charakteryzujących się ilastymi przewarstwieniami; odpady z eksploatacji tych złóż, są w znacznej części

nieprzydatne w drogownictwie (łupki i iły), część odpadów, a zwłaszcza odpady przerobcze złożone z podziarna piaskowca (ok. 20%), łupków i iłów najczęściej są wymieszane i ich przesortowanie wymaga stosowania płukania.

— strefa środkowo-centralna — obejmuje ona m.in. województwa: poznańskie, kaliskie, warszawskie, łódzkie, radomskie, lubelskie, bialsko-podlaskie, chełmskie i jest najuboższa w skalne surowce drogowe, a także i w odpady surowców drogowych.

Odpady z górnictwa surowców chemicznych

W branży chemicznej do mineralnych odpadów górniczych i przerobczych zalicza się przede wszystkim odpady związane ze stosowaniem odkrywkowej eksploatacji rud siarki w rejonie Piaseczna i Machowa wraz z metodą flotacyjno-rafinacyjną jej przeróbki.

W latach 1958–1992 zdjęto i przemieszczono ponad 280 mln m³ nadkładu (piaski, mady, iły krakowieckie) oraz wytworzono ok. 63 mln t odpadów poflotacyjnych. W obydwóch kopalniach odkrywkowych eksploatacja górnicza jest już zakończona.

Do czasu utworzenia zwałowiska wewnętrznego w odkrywce Machów nadkład przesyłano na zwałowisko zewnętrzne. Na powierzchni ok. 880 ha zgromadzono ok. 184 mln m³ nadkładu. Odpady przerobcze składowano na czterech składowiskach położonych w bliskim sąsiedztwie zakładów siarkowych.

W budownictwie drogowym odpady górnicze i przerobcze siarki nie znalazły dotychczas zastosowania. Odpady poflotacyjne mogą ewentualnie być wykorzystane do budowy nasypów drogowych, szczególnie do formowania dolnych i górnych warstw nasypów, pod warunkiem jednak, że będą one chronione w nasypie od nadmiernego zawilgocenia. Opłacalność stosowania odpadów poflotacyjnych do budowy nasypów została określona jako korzystna przy transporcie mas na odległość do 10 km (Szczęśniak, 1992).

W branży chemicznej jest wytwarzanych jeszcze wiele innych odpadów mineralnych (np. fosfogipsy, wapno pokarbidowe, szlamy, kek siarkowy, kamień wapienny, itp.), powstają one jednak w procesie przetwórczym, wychodzącym poza zakres niniejszej pracy.

Odpady z energetyki węgla kamiennego i brunatnego

Odpady z energetyki dotyczą przede wszystkim produktów spalania, a więc: popiołów lotnych, żużli oraz, produktów odsiarczania nie mających zastosowania w drogownictwie),

Według (Kozioł i in., 1995) przychód odpadów elektrownianych (bez odsiarczania) w 1990 r. wyniósł 23,1 mln t (tab. 1), w tym :

— z węgla brunatnego:

popioły lotne 7529 tys. t
żużle 667 tys. t

— z węgla kamiennego:

popioły lotne 12316 tys. t
żużle 2642 tys. t.

Z tego wykorzystuje się (poza składowaniem) 4271 tys. t (18,4%).

Na składowiskach zgromadzonych jest prawie 240 mln t popiołów i żużli. Ponadto w energetyce przemysłowej powstaje ponad 4 mln t odpadów rocznie, z czego utylizuje się ok. 55%.

Zakres i sposób wykorzystania odpadów w drogownictwie zależy głównie od ich właściwości fizykochemicznych, które determinowane są następującymi czynnikami:

— rodzaj i pochodzenie węgla (węgiel kamienny lub węgiel brunatny, miejsce jego wydobycia),

— zastosowanego przez elektrownie systemu wychwytywania, usuwania i magazynowania odpadów.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione czynniki, a także możliwości wykorzystania odpadów do stabilizacji gruntów, budowy nasypów drogowych itp. wyróżnia się trzy najbardziej użyteczne grupy odpadów (Wileński, 1995):

a) popioły lotne z węgla brunatnego (z elektrowni konińskich i bełchatowskiej) uzyskane w stanie suchym,

b) popioły lotne z węgla kamiennego uzyskane w stanie suchym,

c) mieszaniny popiołowo-żużlowe z węgla kamiennego.

Możliwości i warunki wykorzystania w drogownictwie wymienionych wyżej odpadów dotyczą następujących kierunków:

— budowy nasypów drogowych — głównie odpady grupy b i c,

— stabilizacji warstw podłoża i podbudowy dróg, a zwłaszcza:

— ulepszenia i stabilizacji gruntów mało lub średniościopistych aktywnymi popiołami lotnymi (grupa a),

— wzmocnienia gruntów sypkich oraz kruszyw dodatkami doziarniającymi (popioły grupy a, b, c),

— wykorzystania właściwości pucolanowych popiołów lotnych przy stabilizacji gruntów sypkich lub kruszyw (odpady grupy a, b, c).

Niezależnie od przedstawionych już zastosowań, podejmuje się również próby wykorzystania w drogownictwie kruszywa popiołowego, szczególnie do formowania warstw podbudowy.

Ocena zapotrzebowania na kruszywo drogowe w dostosowaniu do potrzeb krajowego programu budowy autostrad i dróg ekspresowych

Program budowy autostrad i dróg ekspresowych

Przyjęty Uchwałą Rady Ministrów nr 63/93 z dn. 27 lipca 1993 r. wraz z uzupełnieniem nr 84/94 z dn. 4 listopada 1994 r. *Program Budowy Autostrad* przewiduje realizację czterech głównych autostrad (rys. 1):

A-1 — Gdańsk–Toruń–Łódź–Katowice — granica państw — długości 597 km,

A-2 — Świecko–Poznań–Warszawa–Terespol — długości 626 km,

A-3 — Szczecin–Zielona Góra–Legnica–Bolków–Lubawka — długości 365 km

A-4/A-12 — Zgorzelec–Wrocław–Opole–Gliwice–Katowice–Kraków–Rzeszów–Medyka, z odgaźnieniem (A-12) Olszyna–Legnica — długości 738 km

Ponadto przewiduje się odbudowanie drogi publicznej Elbląg — granica państwa z Rosją w kierunku Kaliningradu jako drogi ekspresowej płatnej.

Łącznie *Program Budowy Autostrad* w Polsce obejmuje budowę ok. 2300 km autostrad w ciągu ok. 15 lat i wymagać będzie oddawania do użytku przeciętnie 160 km autostrad każdego roku.

Równocześnie Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 28 września 1993 r. został zaakceptowany kierunkowy układ autostrad i dróg ekspresowych o łącznej długości 6500 km obejmujący (ryc. 1):

— 2600 km autostrad,

— 3900 km dróg ekspresowych.

W styczniu 1996 r. układ ten został uzupełniony o dalsze 270 km nowych tras ekspresowych.

Z projektowanej sieci autostrad i dróg ekspresowych w eksploatacji jest 257 km autostrad i 342 km dróg ekspresowych.

Pomimo powstałych już opóźnień w realizacji Programu Budowy Autostrad można przyjąć, że do 2010 r. będą zbudowane w Polsce cztery płatne autostrady (oznaczone symbolami: A-1, A-2, A-4/A-12, A-3), o łącznej długości 2326 km.

Realizowany będzie również program budowy lub modernizacji dróg ekspresowych.

Szacunkowa ocena zapotrzebowania na kruszywo drogowe

Dokładnymi danymi do określenia zapotrzebowania na materiały potrzebne do budowy autostrad i dróg ekspresowych są parametry techniczno-projektowe dróg wraz z wymaganiami normatywnymi. Dane te ustalane są w projektach technicznych poszczególnych odcinków dróg.

Na obecnym etapie można jedynie określić szacunkowe zapotrzebowanie na kruszywo drogowe i inne materiały konieczne do budowy autostrad.

Dotychczas w różnych opracowaniach zapotrzebowanie to podawane jest w dość zróżnicowanych wielkościach. Związane to jest m.in. z nieuwzględnianiem w szacunkowych obliczeniach całej konstrukcji drogi, a zwłaszcza dolnej warstwy podbudowy oraz podłoża, a także nieuwzględnieniem potrzeb materiałowych na budowę infrastruktury technicznej autostrad (obiekty inżynierskie, miejsca obsługi podróżnych — MOP-y, itp.).

W opracowaniu GDDP (*Wybrane elementy...*, 1994) są prognozowane następujące wielkości globalnego zużycia materiałów dla całego programu budowy autostrad (2600 km):

— kruszywo — 37,0 mln m³,

— wypełniacz — 1,9 mln m³,

— cement — 3,6 mln m³,

— asfalt — 1,4 mln m³.

W pracy (Słotwiński, Sybilski, 1994) przewiduje się następujące zapotrzebowanie na kruszywo (dla 2600 km):

— dla sześciopasmowej szerokości autostrady:

— kruszywo mineralne — 109,6 mln t,

— w tym na nawierzchnię — 19,1 mln t:

— wypełniacz mas bitumicznych — 3,2 mln t:

— dla czteropasmowej szerokości autostrady:

— kruszywo mineralne — 81,8 mln t w tym na nawierzchnię:

— 14,1 mln t wypełniacz mas bitumicznych:

— 2,4 mln t.

W zestawieniu tym nie ujęto kruszyw potrzebnych do konstrukcji obiektów towarzyszących autostradom (mosty, skarpy, urządzenia odwadniające, MOP-y, itp.), na które zapotrzebowanie oszacowano na ok. 40 mln t.

Zatem łączne szacunkowe zapotrzebowanie na kruszywo mineralne w cytowanym opracowaniu przyjmuje się na

Tab. 5. Zapotrzebowanie na kruszywa drogowe dla poszczególnych autostrad

Oznaczenie autostrady	Długość (km)	Zapotrzebowanie na kruszywo drogowe (mln t)	
		zużycie bezpośrednie	z obiektami towarzyszącymi
A-1	597	20,53÷23,10	30,80÷33,36
A-2	626	21,53÷24,22	32,30÷34,99
A-3	365	12,56÷14,12	18,83÷20,40
A-4/A-12	738	25,38÷28,56	38,07÷41,25
Razem	2326	80,00÷90,00	120,00÷130,00

poziomie 150 mln t (dla sześciopasmowej szerokości jezdni), co w przeliczeniu na 1 km autostrady wynosi 57,7 tys. ton przy założeniu budowy 2600 km autostrad. Uwzględniając fakt, że kilka odcinków analizowanych autostrad jest już wybudowanych (257 km) lub też częściowo przygotowanych do budowy można przyjąć, że zapotrzebowanie na kruszywo drogowe do budowy autostrad do 2010 r. (ok. 2300 km) wynosić będzie 80–90 mln t, a wraz z całą infrastrukturą 120–130 mln t.

Zapotrzebowanie na kruszywo drogowe dla poszczególnych autostrad powinno kształtować się według tab. 5.

Dotychczas brak jest szacunkowych prognoz zapotrzebowania na kruszywo mineralne do realizacji programu budowy dróg ekspresowych, jako że realizacja tego programu właściwie nie jest jeszcze rozpoczęta. Można jednak założyć, że maksymalne zapotrzebowanie będzie się kształtować w wielkościach zbliżonych do szacowanego zużycia kruszywa dla autostrad czteropasmowych, tj. ok. 31,5 tys. t/km. Dla całego programu projektowanych dróg ekspresowych potrzeby wyniosłyby więc:

$31,5 \text{ tys. t/km} \times (4170 \text{ km} - 342 \text{ km}) = 120,6 \text{ mln t.}$

Łącznie szacunkowe zapotrzebowanie na kruszywo mineralne dla realizacji Programu Budowy Płatnych Autostrad oraz Programu Projektowanych Dróg Ekspresowych ocenić można na ok. 240 do 250 mln t, z tego na pierwszy etap budowy płatnych autostrad (do ok. 2010 r.) — 120–130 mln t. Z tej wielkości zapotrzebowanie na kruszywo gatunku I klasy I i II (do nawierzchni) wynosić powinno 20–30%. Kruszywa te w przeważającej większości są produkowane ze skał magmowych na Dolnym Śląsku (ok. 55% produkcji). Poza tym rejonem złożeń surowców drogowych występują i eksploatowane są również w rejonie krakowsko-karpackim (35% produkcji) i w świętokrzyskim (ok. 10%).

Pozostała część kruszywa, a więc 84 do 91 mln t dla pierwszego etapu budowy, powinno być pokryte z lokalnych materiałów, w tym zwłaszcza z odpadów mineralnych z górnictwa i energetyki.

Przedstawione obliczenia nie w pełni uwzględniają potrzeby wynikające z bilansu mas ziemnych przygotowania podłoża autostrad (nasypy, wymiana podłoża, itp.). Bilanse takie są wykonywane bowiem na etapie projektowania technicznego dróg i obecnie trudno jest ocenić wielkość zapotrzebowania, które pokryte może być również z niektórych surowców odpadowych (w przypadku bliskich odległości przewozu). Zapotrzebowanie to będzie zmienne na różnych odcinkach dróg. Można jednak założyć, że ogólny bilans mas ziemnych będzie ujemny tzn. zapotrzebowanie na masy ziemne na podłoża autostrad będzie większe niż ilość mas z wykopów. Oznacza to również możliwość wykorzystania pewnej ilości surowców odpadowych, trudną obecnie do oszacowania.

Odległości przewozu kruszyw drogowych i odpadów mineralnych

Z analizy przebiegu projektowanych tras autostrad oraz dróg ekspresowych (ryc. 1) wynika, że w najdogodniejszej sytuacji, pod względem możliwości zaopatrzenia w kruszywo drogowe, jest autostrada A-4, która prawie na całej swej długości przebiega przez tereny, w pobliżu których występują i również są eksploatowane złoża surowców drogowych. Na tych terenach są zlokalizowane także liczne składowiska odpadów górniczych (węгля kamiennego, rud miedzi, cynku i ołowiu, surowców skalnych, itp.) i energetyki. Dla tej trasy odległości przewozu kruszyw drogowych,

a także i odpadów będą najmniejsze. W stosunkowo niedużych odległościach od producentów kruszyw i składowisk odpadów będą się znajdować również południowe odcinki autostrad A-1 i A-3. Znacznie natomiast oddalone od miejsc zaopatrzenia są: autostrada A-2, a zwłaszcza jej odcinki na wschód od Konina, północne odcinki autostrad A-1 i A-3, a także odcinki autostrady A-4 na wschód od Rzeszowa. Dla tych odcinków autostrad odległości przewozu kruszyw na nawierzchnie drogowe wynosić mogą powyżej 400 km, a pozostałych kruszyw — ok. 200 km.

O możliwościach wykorzystania odpadów do budowy autostrad będą decydować tylko ich cechy jakościowe ale również lokalizacja składowisk determinująca odległości i koszty przewozu. Dlatego też opłacalne wykorzystanie odpadów będzie uzależnione od alternatywnych możliwości pozyskania surowców i ich kosztów.

Podsumowanie

Realizacja w Polsce programu budowy sieci autostrad i dróg ekspresowych stwarza duże możliwości zagospodarowania odpadów z górnictwa i energetyki. Zarówno odpady z bieżącej produkcji, których powstaje ok. 134 mln t rocznie, jak również odpady zgromadzone na składowiskach (ponad 1500 mln t) należy traktować jako potencjalną bazę surowcową możliwą do zagospodarowania w czasie budowy, w pobliżu zlokalizowanych odcinków autostrad oraz dróg ekspresowych.

W drogownictwie odpady z górnictwa i energetyki mogą być wykorzystane jako kruszywo w zasadzie do wszystkich elementów konstrukcyjnych dróg, a w pierwszej kolejności do formowania podłoża dróg, tj. do budowy nasypów, wymiany podłoża, tworzenia warstwy mrozoochronnej, niwelacji powierzchni, budowy drogowych obiektów towarzyszących.

Niektóre z rodzajów odpadów, a zwłaszcza odpady z górnictwa skalnego, przepalone odpady powęglowe, odpady górnicze rud miedzi i cynku, odpady energetyczne (popioły i żużle), jak również i inne mogą być wykorzystywane jako kruszywo drogowe do formowania dolnych i górnych warstw podbudowy dróg, do budowy niektórych obiektów towarzyszących, a także jako wypełniacze podstawowe lub zastępcze mas mineralno-bitumicznych (odpady skał węglanowych, magmowych, poflotacyjne). Przemawiają za tym m.in. dotychczasowe przykłady wykorzystania niektórych odpadów, a zwłaszcza odpadów surowców skalnych do budowy odcinka autostrady A-4 Katowice–Kraków lub też południowej obwodnicy Krakowa oraz dróg ekspresowych na Górnym Śląsku.

Z realizowanego krajowego programu budowy autostrad oraz dróg ekspresowych wynika, że do 2010 r. powinno być w Polsce wybudowane ok. 2300 km autostrad (A-1, A-2, A-3, A-4/A-12). Na budowę tych autostrad szacunkowo potrzebne jest 120–130 mln t kruszywa, w tym 20–30% kruszywa drogowego gatunku I klas I i II, które może być produkowane głównie ze złóż skał magmowych i niektórych osadowych. Dalsze 70–80% potrzeb, tj. 84–91 mln t kruszywa (bez uwzględnienia budowy dróg ekspresowych) może być pozyskane z lokalnych surowców, w tym zwłaszcza z odpadów pochodzących z górnictwa i energetyki.

Racjonalna technologia budowy autostrad, a także dróg ekspresowych powinna uwzględniać możliwie najszersze wykorzystanie odpadów mineralnych. Działania takie są istotne nie tylko dla zmniejszenia kosztów budowy autostrad i dróg ekspresowych, ale są uzasadnione również koniecznością poprawy stanu środowiska, do czego przyczynić

się może likwidacja niektórych składowisk odpadów oraz ochrona złóż. Dotychczas jednak brak jest skutecznych mechanizmów prawnych, a także finansowych zachęcających inwestorów do szerszego wykorzystywania odpadów w drogownictwie.

L i t e r a t u r a

CHABER M. 1995 — Mat. Konf. Problemy zagospodarowania odpadów mineralnych. Kom. Górnictwa PAN. Wisła; 202–210.

GALOS K. 1995 — V Konf. Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi. PAN CPPGSMiE. Rytro, 33:1–25.

KANIA W. & GĘDŁEK B. 1986 — Mat. Konf. 30 Techniczne Dni Drogowe, Katowice. 301–318.

KOZIOŁ W., UBERMAN R., STRYSZEWSKI M., & KUCZYŃSKA J. 1995 — Projekt Zamawiany PBZ-25-03 pt. Analiza i wybór efektywnych metod utylizacji mineralnych surowców odpadowych z górnictwa i energetyki. AGH-IMBiGS, Kraków–Warszawa (niepublikowane).

KUCZYŃSKA J. & MAZURKIEWICZ M. 1995 — Kierunki zagospodarowania odpadów powstających przy wydobyciu i przeróbce węgla kamiennych. Mat. Konf. Problemy zagospodarowania odpadów mineralnych. Kom. Górnictwa PAN. Wisła: 20–36.

MIERZWA T. 1995 — Kruszywo mineralne w budownictwie autostrad. Wspólne sprawy. SITG Katowice: 8–9.

Możliwości wykorzystania odpadów przemysłowych województwa katowickiego w budowie Drogowej Trasy Średnicowej GOP oraz Kolei Ruchu Regionalnego. 1986. IGM Oddział Śląski. Katowice, (niepublikowane).

Program budowy płatnych autostrad w Polsce. 1995. Agencja Budowy i Eksploatacji Autostrad. Warszawa: 1–8.

Program budowy autostrad w Polsce. 1993. MTiGM. GDDP. Warszawa: 1–13.

RAFALSKI L. 1987 — Wykorzystanie odpadów przemysłowych do produkcji kruszyw drogowych. XXXI Techniczne Dni Drogowe. Skalne Mat. Drogowe. Wrocław: 394–405.

Rocznik statystyczny, 1994 — Ochrona Środowiska. GUS. Warszawa. SŁOTWIŃSKI D. & SYBILSKI D. 1994 — Drogownictwo, 11: 251–258.

SZCZĘŚNIAK H. 1992 — Mapa mineralnych surowców odpadowych na tle obszarów chronionych wraz z opracowaniem tekstowym. Wyd. PIG Warszawa.

WILEŃSKI P. 1995 — Możliwości i warunki wykorzystania energetycznych odpadów paleniskowych w budownictwie komunikacyjnym. Mat. Konf. Zagospodarowanie pyłów i popiołów z energetyki i ciepłownictwa. Sopot.

Wstępne rozeznanie możliwości zagospodarowania istniejących i perspektywicznych złóż kruszyw dla potrzeb budowy autostrad z uwzględnieniem racjonalizacji gospodarki terenami w kopalniach kruszyw naturalnych. 1994. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. (niepublikowane).

Wybrane elementy efektów makroekonomicznych związanych z realizacją budowy autostrad. 1994. MTiGM. GDDP. Warszawa: 1–7.

Zasady klasyfikacji odpadów mineralnych. 1995. Projekt PBZ-25-03. Instytut Gospodarki Odpadami. Katowice: 1–12.0