



# Uboczne produkty spalania w drogownictwie

## Normy a aprobaty techniczne

Stosowanie popiołów z energetyki zawodowej w polskim drogownictwie rozpoczęło się w latach 50. XX w. po zbudowaniu elektrowni spalających miał węglowy. Pierwsze normy branżowe opracowano w latach 60. i 70. ubiegłego stulecia. Ostatnia nowelizacja tych norm miała miejsce w latach 1997-1998.

The use of ashes from power engineering industry in the Polish road branch was initiated in the 1950's, after the power plant burning the coal dust had been built. The first branch norms were prepared in the 1960' and the 1970's. The last amendment to the norms was passed in the years 1997-98.

Popioły lotne na bazie norm polskich obejmują bardzo szerokie zastosowania – od traktowania popiołów jako materiału do budowy nasypów drogowych, poprzez stosowanie jako dodatku ulepszającego, poprawiającego właściwości geotechniczne gruntów i kruszyw, do zastosowań w mieszankach związanych hydraulicznie, tzw. betonach popiołowych.

### Normy produktowe

Norma produktowa PN-S-96035:1997 określa właściwości popiołów lotnych stosowanych w budownictwie drogowym. Polskie nor-

my dotyczą niestety tylko popiołów ze spalania węgla w kotłach pyłowych, tzw. popiołów konwencjonalnych. Nie obejmują one jeszcze popiołów fluidalnych i popiołów zawierających produkty odsiarczenia spalin.

Nowe normy europejskie dotyczące popiołów lotnych wdrażane są na razie na zasadzie uznaniowej PN-EN (U), wprowadzają nową klasyfikację i zwiększają obszar wykorzystania wszystkich rodzajów popiołów obecnie uzyskiwanych w elektrowniach czy elektrociepłowniach. Są dużą szansą dla popiołów fluidalnych i produktów odsiarczenia spalin.

Warstwa ścierna	Warstwy nawierzchni drogowej	
Warstwa wiążąca		
Podbudowa zasadnicza		
Podbudowa pomocnicza		
Podłoże ulepszone	Warstwa odsączająca	Roboty ziemne
	Warstwa mrozochronna	
	Warstwa wzmacniająca	
Podłoże naturalne lub nasyp		
Elementy konstrukcji drogowej		

Tabela 1

Lp.	RODZAJ BADANIA	WYKONANIE WEDŁUG NORMY
		POPIOŁY WAPIENNE
1.	skład ziarnowy (ziarna przechodzące przez sита 90 μm i 315 μm)	PN-EN 196-6
2.	stałość objętościowa	PN-EN 196-3
3.	reaktywny tlenek wapnia	PN-EN 197-1
4.	zawartość wody	-
5.	aktywność hydrauliczna (jeżeli jest wymagana)	pomiar wytrzymałości na ściskanie

Tabela 3

Lp.	RODZAJ BADANIA	WYKONANIE WEDŁUG NORMY
		POPIOŁY KRZEMIONKOWE
1.	skład ziarnowy (ziarna przechodzące przez sита 90 μm i 45 μm)	EN 451-2
2.	strata prażenia	PN-EN 196-2
3.	oznaczenie bezwodnika siarkowego (trójtlenek siarki)	PN-EN 196-2
4.	oznaczenie wolnego tlenku wapnia i stałości objętościowej	EN 451-1
5.	wilgotność	-
6.	aktywność pucolanowa (jeżeli jest wymagana)	pomiar wytrzymałości na ściskanie
7.	stałość objętości (badać, jeżeli zawartość wolnego CaO > 1%)	PN-EN 196-2

Tabela 2

Tabela 1. Warstwy nawierzchni drogowej

Tabela 2. Badania dla popiołów lotnych krzemionkowych wg EN 14227-4

Tabela 3. Badania dla popiołów lotnych wapiennych wg EN 14227-4

Do głównych polskich norm drogowych należą:

1. **PN-S-06103:1997 Drogi samochodowe.**

Podbudowa z betonu popiołowego dotyczy stosowania popiołów z węgla kamiennego lub brunatnego (wg wymagań PN-S-96035:1997) w kompozycjach z kruszywami do wykorzystania w podbudowach.

Norma wyróżnia trzy klasy wytrzymałościowe betonu popiołowego:

- klasa wytrzymałości  $R_{42}^m = 1,5-3,0$  MPa,
- klasa wytrzymałości  $R_{42}^m = 3,0-5,0$  MPa,
- klasa wytrzymałości  $R_{42}^m = 5,0-8,0$  MPa.

Zastosowanie podbudowy o odpowiedniej klasie wytrzymałościowej jest uzależnione od obciążenia ruchem oraz umiejscowienia podbudowy w konstrukcji nawierzchni (podbudowy zasadniczej lub pomocniczej). Zawartość popiołu z węgla kamiennego PK w mieszance może wynosić do 95%.

2. **PN-S-96035:1997 Drogi samochodowe. Popioły lotne.**

Norma podaje systematykę i wymagane właściwości popiołów lotnych przydatnych w drogownictwie. Obejmuje popioły z węgla kamiennego PK i brunatnego PB.

Dodatkowo występują trzy odmiany popiołów:

- PK odmiana a - popiół jako dodatek hydrauliczny do materiałów wiążących,
- PK odmiana b - popiół jako materiał doziarniający do materiałów mineralnych o słabszym uziarnieniu,
- PB odmiana c - popiół jako materiał wiążący.

Norma podaje wymagania i badania, a ponadto stanowi ogólne wytyczne przydatności popiołów w drogownictwie.

3. **PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.**

Norma dopuszcza między innymi popioły lotne oraz mieszanki popiołowo-żuźłowe jako materiały przydatne do budowy nasypów drogowych. Dla mieszanin popiołowo-żuźłowych po-

dano wymagania, jakie powinny odpowiadać PN-S-96035:1997. Wg normy popioły lotne mogą być wykorzystane na dolne warstwy nasypów, pod warunkiem wbudowania ich w suche miejsca. Stosowanie ich w górnych warstwach nasypów dopuszczone jest pod warunkiem ulepszenia spoiwem. Norma podaje również wymagania, jakim powinny odpowiadać poszczególne warstwy nasypów, które są identyczne dla materiałów mineralnych i dla popiołów bądź popioło-żuźli.

4. **PN-S-06102:1997 Drogi samochodowe.** Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie, gdzie popiół może stanowić dodatek polepszający parametry mieszanki. Mieszanka kruszyw niespełniających stawianych wymagań może być ulepszona dodatkiem popiołów.

5. **PN-S-96012:1997 Drogi samochodowe.** Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem, dopuszczająca stosowanie popiołów jako środka odziarniającego lub ulepszającego właściwości stabilizowanego gruntu. Popiół w tym przypadku ma poprawić uziarnienie stabilizowanego gruntu lub kruszywa.

## Dokumenty uzupełniające

Grupę dokumentów uzupełniających normy stanowią **aprobaty techniczne**. Uzyskanie aprobaty technicznej jest wymagane dla wszystkich materiałów budowlanych i prefabrykatów, dla których nie ustanowiono odpowiedniej normy PN.

Przykładem jest **Aprobata Techniczna IBDiM nr AT/2008-03-2381** na grupę mieszanek betonowych popiołowo-żuźłowa UTEX-CEN wydana dla Utex-Centrum.

Dokumentem niezbędnym do wytwarzania i dystrybucji produktu jest **Certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji nr 34/ZKP/09**, wydany przez niezależną, uprawnioną jednostkę, w tym przypadku przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Betonów „CEBET”.



Proces mieszania gruntu rodzimego z użyciem „Spoiwa drogowego do ulepszenia i osuszania gruntów TEFRA 15”. Przebudowa drogi S7 na odcinku Elbląg-Kalsk



Most Północny w Warszawie – budowa nasypów z kruszywa z żużli paleniskowych UTEX-CEN



Budowa mostu Północnego w Warszawie – przekrój warstwy nasypu z wykorzystaniem kruszywa z żużli paleniskowych UTEX-CEN



Mieszanka betonowa popiołowo-żużlowa UTEX-CEN, zastosowana do wykonania podbudowy zasadniczej drogi lokalnej w Piasecznie k. Warszawy

► Dokumentem uzupełniającym dla tych mieszanek jest **Atest Higieniczny nr NR/B/0807/01/2008** Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, stwierdzający, że produkty odpowiadają wymogom higienicznym bez zastrzeżeń.

## Normy europejskie w zakresie UPS w drogownictwie

Normy Europejskie EN w zakresie stosowania UPS do budowy dróg są przygotowane przez Komitet Techniczny CEN/TC 227; należą do nich:

- **EN 14227-1** *Specyfikacje mieszanek niezwiązanych i hydraulicznie związanych. Część 1: Wiazane mieszanki cementowe dla warstw nośnych drogi i warstw podbudowy* – norma specyfikuje wymagania, metody badawcze i kryteria zgodności dla cementowych wiążących mieszanek granulowanych używanych do budowy i utrzymania warstw nośnych i warstw podbudowy dróg, lotnisk i innych obszarów komunikacyjnych;
- **EN 14227-3** *Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Wymagania, Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi* – norma zawiera wymagania dla mieszanek stabilizowanych popiołami, które mogą być składnikiem spoiwa oraz głównym składnikiem mieszanek;
- **EN 14227-4** *Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Część 4: Popiół lotny do mieszanek stabilizowanych hydraulicznie* – norma zawiera charakterystykę popiołów i stawiane im wymagania;
- **EN 14227-5** *Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Część 2: Mieszanki stabilizowane spoiwem drogowym* – norma definiuje mieszanki stabilizowane lepiszczem drogowym używane do budowy dróg, pasów lotniskowych i innych powierzchni przeznaczonych dla ruchu kołowego oraz określa zalecenia dotyczące poszczególnych składników, składu mieszanki oraz badań laboratoryjnych.

Stan normalizacji w Polsce i Europie w zakresie stosowania ubocznych produktów spalania umożliwia szerokie spektrum stosowania popiołów i żużli jako samodzielnego materiału drogowego lub w kompozycjach z materiałami mineralnymi w technologiach stabilizacji cementem.

W zależności od zastosowania w konstrukcji drogowej mogą to być:

- mieszaniny do robót ziemnych,
- mieszanki do ulepszenia i stabilizacji spoiwami hydraulicznymi.

## Właściwości popiołów lotnych wg normy PN-EN 14227-4

Nowa norma PN-EN 14227-4 dotyczy popiołów lotnych do mieszanek związanych hydraulicznie w bardzo szerokim zakresie. Popioły lotne w mieszanekach związanych hydraulicznie mogą stanowić:

- dodatek do kruszyw polepszający uziarnienie mieszanki (ilość popiołów: do 20%),
- dodatek pucolanowy lub nawet samodzielne spoiwo (ilość popiołów: 3-20%),
- główny składnik mieszanek popiołowych – betony popiołowe (ilość popiołów: do 97%).

Także popioły lotne zgodnie z PN-EN 14227-4 stosowane są do ulepszania gruntów (*soil treatment*) w celu zwiększenia ich przydatności do budownictwa wg PN-EN 14227-14. Popioły lotne stanowią czynnik osuszający, zwiększający nośność gruntów oraz czynnik hydrauliczny lub pucolanowy powodujący wiązanie gruntów i uzyskiwanie wytrzymałości na ściskanie i mrozoodporności.

Liczba badań wg nowej normy jest znacznie mniejsza niż w normie PN-S-96035, co upraszcza zakładową kontrolę produkcji. Klasyfikacji popiołów do danej odmiany można dokonać na podstawie składu chemicznego, który jest badany w każdej elektrowni. Norma ta nie przewiduje badań promieniotwórczości. Systematyczne badania prowadzone przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej potwierdziły jednoznacznie, że promieniotwórczość popiołów lotnych spełnia wymagania dla materiałów budowlanych.

PN-EN 14227-4 podaje zakres badań oraz wymagania oddzielnie dla każdej odmiany popiołu. Na przykład dla popiołów wapiennych nie wymaga się badania zawartości  $SO_3$ , strat prażenia, co stwarza możliwości stosowania popiołów fluidalnych i zawierających produkty odsiarczania spalin, w których znajduje się więcej  $SO_3$  niż w przypadku popiołów konwencjonalnych. To badanie stałości objętości pokazuje, jak dany popiół będzie się zachowywał w mieszance związanej hydraulicznie.

W normie znalazły się także dwie nowe cechy: aktywność pucolanowa i aktywność hydrauliczna. Z punktu widzenia klasyfikacji popiołów jest to parametr bardzo ważny, wskazujący na potencjalne właściwości, jakie będzie uzyskiwała mieszanka wykonana na danym popiele lotnym. Aktywność pucolanowa i hydrauliczna ustalana jest na podstawie badań wytrzymałościowych mieszanki popiołu i standardowego kruszywa (oraz wapna jako aktywatora przy oznaczaniu aktywności pucolanowej).

Popioły lotne wg PN-EN 14227-4 są stosowane do mieszanek popiołowych związanych hydraulicznie zgodnie z PN-EN 14227-3. Związane mieszanki popiołowe to mieszanki o wytrzymałości 0,5-36 MPa stosowane w podbudowach drogowych. Norma ta wyróżnia 5 typów mieszanek zależnych przede wszystkim od składu i uziarnienia mieszanki.

Mieszanki popiołowe można podzielić na trzy typy:

- mieszanki FABM1÷3 - to mieszanki składające się przede wszystkim z kruszyw drobnych lub grubych i dodatków popiołów i spoiw,
- FABM4 - mieszanki o deklarowanym składzie i uziarnieniu oraz deklarowanych właściwościach,
- FABM5 - mieszanki, których podstawowym składnikiem są popioły oraz dodatki spoiw.

Na przykład spoiwo drogowe do osuszania i ulepszania gruntów **TEFRA 15** produkowane przez Spółkę Ekotech na podstawie normy EN 14227-3/4 posiada **Certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji nr 92/ZKP/09** wydany przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Betonów „CEBET” oraz **Atest Higieniczny nr/B/1701/01/2008** Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny. Na życzenie klienta każdorazowo wydawana jest **Deklaracja Zgodności z Normą**.

Zalety stosowania materiałów z ubocznych produktów spalania to:

- trwały i różnorodny materiał,
- wysoka wytrzymałość i mrozoodporność,
- materiał o niskim ciężarze objętościowym (po zagęszczeniu wynosi 1,1-1,3 kg/dm<sup>3</sup>), a więc oszczędność kosztów transportu nawet do 40%,
- duża dostępność na terenie kraju,
- konkurencyjna cena,
- zachowanie zasobów naturalnych.

## Norma czy aprobaty techniczne?

Aprobaty techniczne są dokumentami niższej rangi niż normy i wydawane są dla materiałów niespełniających wszystkich wymogów normy. Są szansą dla materiałów pozanormowych, ale skutecznie spełniających cele określone dla materiałów normowych. Praktyka wydawania aprobat technicznych dla materiałów spełniających normy jest naganna. Pobierane są w tej sytuacji nieuzasadnione opłaty, a aprobaty techniczne wydawane na czas określony muszą być odnawiane. W ten sposób w Polsce przyjęła się szkodliwa praktyka traktowania materiałów z aprobatą techniczną lepiej niż materiały normowe, nawet te posiadające znak bezpieczeństwa CE. Odpowiedzialność za ten stan ponoszą krajowe jednostki notyfikowane odpowiedzialne za wdrażanie w kraju norm unijnych oraz edukację w tym zakresie. GDDKiA, projektanci, nadzorcy i wykonawcy powinni być na bieżąco informowani w tym zakresie, aby zapisy projektów i specyfikacji przetargowych odpowiadały standardom UE, szczególnie w zakresie wolnej konkurencji. W projektach i specyfikacjach przetargowych zapisy o konieczności posiadania aprobat technicznych dla materiałów powinny być opatrzone komentarzem - dla materiałów niespełniających norm.

## Podsumowanie

Przyjęcie nowej klasyfikacji popiołów wg PN-EN 14227-4 jest znacznie korzystniejsze i spowoduje możliwość wykorzystania szerszej gamy popiołów lotnych niż to było dotychczas.

Nowa klasyfikacja obejmuje wszystkie rodzaje popiołów pod względem technologii spalania węgla i odsiarczania spalin, nawet te odmiany, które dotychczas nie spełniały wymagań normy PN-S-96035.

Popioły fluidalne niezależnie od rodzaju spalanego węgla zakwalifikowane zostaną według nowej klasyfikacji do popiołów wapiennych.

Nowa klasyfikacja i program badań klasyfikacyjnych według PN-EN 14227-4 są znacznie prostsze i jednoznaczne niż dotychczasowe.

Popioły wapienne i krzemionkowe spełniające normę PN-EN 14227-4 mogą być stosowane w mieszankach związanych hydraulicznie według PN-EN 14227-3. □

## Piśmiennictwo

1. Szczygielski T. z zespołem: *Raport dla BOT*. Szczecin 2008.
2. Pachowski J, Kraszewski C.: *Normy drogowe a popioły z energetyki*. Biuletyn VHP 2007.
3. Hycnar J.J., Szczygielski T.: *Stan i perspektywy zagospodarowania popiołów lotnych i żużli rodzaju wapniowego*. „Karbo”, 2007 nr 1.
4. Źródła własne PU UPS.