

# Przemysłowe sposoby produkcji mieszanki betonowej

*Europejska Organizacja Betonu Towarowego ERMCO nie dzieli betonu co do jakości, biorąc pod uwagę pochodzenie – czy z wytwórni z zainstalowanym mieszalnikiem stacjonarnym, czy też z wytwórni bez mieszalnika stałego, ale za to ze specjalistycznym układem dozowania składników, mieszanych w gruzce betonowożu. Poniżej omówiliśmy obydwie systemy produkcji i dystrybucji świeżej mieszanki betonowej.*

Praktyka betonu towarowego na świecie rozróżnia generalnie dwa systemy przemysłowej produkcji i dystrybucji świeżej masy betonowej, a mianowicie:

a) system z udziałem mieszalnika stacjonarnego, zainstalowanego w obrębie lokalizacji węzła produkcyjnego (w specjalistycznej literaturze angielskojęzycznej – m.in. „wet batch process” [1], „static mixing” [3,7]);

Zarób sporządzany jest tutaj w ustawionym na stałe, nieruchomym mieszalniku o kształcie zamkniętej miski – o pojemności  $0,5 \div 3,0 \text{ m}^3$ , z obracającym się wewnątrz mieszadłem turbinowym, turbinowo-planetarnym lub wałowym (tzw. wymuszony sposób działania), do którego trafiają wszystkie komponenty, tj. cement, kruszywo, woda zarobowa, ewentualnie – domieszki i dodatki. Po wymieszaniu składników w czasie określonym wymaganiami technologicznymi (zazwyczaj – od 0,8 do 1,5 min) mieszalnik opróżniany jest grawitacyjnie do niżej postawionego betonowożu na podwoziu ciężarówki przez specjalny otwór spustowy. Czasami, gdy węzeł wyposażony jest w urządzenia starszego typu, ładunek odbywa się za pośrednictwem dodatkowego skipu. Aby wypełnić przestrzeń ładunkową ciężarówki odstawczej, w zależności od pojemności stacjonarnego mieszalnika oraz pojemności betonowożu, trzeba przygotować  $2 \div 10$  zarobów, ładując je jeden po drugim.

Zakłada się tutaj, że proces wymieszania komponentów – dzięki któremu ziarna cementu ulegają prawidłowemu nawilżeniu wodą, zaczyn rozprowadzony zostaje równomiernie w całej masie kruszywa, mieszance nadaje się pożądaną konsystencję itd. – przebiega w całości w mieszalniku stacjonarnym, a betonowoży służą wyłącznie do transportowania świeżej masy betonowej z wytwórni na plac budowy. Ruch obrotowy pojemnika bębnowego betonomieszarki samochodowej ma wyłącznie zapobiegać segregacji składników mieszanki podczas transportu. Opisany system przyjętą się w centralnej i północnej części Europy. Również w Polsce jest on obecnie dominującym. Niewątpliwie wpływ na ten stan rzeczy miał zakup licencji „Stetter” na instalacje typoszerogów FM-E, WBP, WBB i WBZ czy też central

H-0,5 [2] do produkcji betonu przez Fabrykę Urządzeń Technicznych ZREMB w Orzeszu-Jaśkowicach, a następnie – ich rozpowszechnienie w skali kraju w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX w. Również wytwórnie betonu towarowego nowszej generacji, importowane z Niemiec, Francji czy Skandynawii – bazują na ogół na mieszalnikach stacjonarnych o działaniu wymuszonym.

b) system bez mieszalnika stacjonarnego (w specjalistycznej literaturze angielskojęzycznej – „dry batch process” [1, 7]), w którym cały ciężar czynności integrowania składników przerzucono na mobilne betonowoży, a ściślej – ich obrotowe zasobniki, zwane popularnie gruszkami [4].

Z uwagi na mniejsze rozpowszechnienie w Polsce, w dalszej części artykułu omówiono szerzej alternatywę produkcji i dystrybucji mieszanki betonowej z wykorzystaniem specjalistycznych dozowników i betonowozów, jako podstawowych urządzeń ciągu technologicznego (pkt b – powyżej).

## 1. Produkcja masy betonowej z wykorzystaniem specjalistycznego ładunku składników i mieszania ich w betonowozach

Według danych statystycznych ERMCO sprzed dwóch lat [7] system wytwarzania mieszanki betonowej bez mieszalnika stacjonarnego jest popularny we Włoszech (ok. 92% produkcji), w Hiszpanii (ok. 70% produkcji), w Izraelu (ok. 98% produkcji), w USA (ok. 80% produkcji), a w mniejszym stopniu także w Turcji (ok. 23% produkcji) i Portugalii (ok. 15% produkcji). Wspólnym czynnikiem dla wymienionych państw jest m.in. ciepły, natomiast latem – wręcz gorący klimat. Duża część terytoriów to wietrzna, wilgotna strefa nadmorska, a w głębi lądu – sucha.

Aktualna norma europejska [5] uwzględnia i dopuszcza równoprawnie system produkcji bez mieszalnika stacjonarnego, definiując pojęcie zarobu jako „... ilość mieszanki betonowej wyprodukowanej w jednym cyklu operacyjnym mieszarki lub ilość rozładowanej w ciągu 1 minuty z mieszarki o pracy ciągłej ...”. Ten drugi człon definicji (tj. po słowie „lub”) dotyczy właśnie przedmiotowej alternatywy. Przy czym w tym miejscu trafniejsze byłoby użycie sformułowania „podajnik surowców” czy „dozownik komponentów”, aniżeli „mieszarka”, chociaż, nie upierając się zbyt przy ścisłej interpretacji znaczenia wymienionych trzech pojęć, gdzieś ogólnie wyobrazić sobie można w takim kontekście i ich tożsamość. Czym bliżej charakteryzuje się system wytwarzania bez mieszalnika stacjonarnego?

### 1.1 Dozowanie składników

Brak mieszalnika stacjonarnego rekompensowany jest m.in. precyzyjnym i selektywnym dozowaniem. Służy temu osobny ciąg automatycznego naważania poszczególnych sortymentów kruszywa (np. w obrębie rzędowego, zamkniętego układu zasieków aktywnych

ze spodnią wagą taśmową), osobny ciąg automatycznego naważania cementu i dodatków mineralnych oraz osobny ciąg porcjowania wody zarobowej, zintegrowany z dozownikiem płynnych domieszek chemicznych. Tolerancja odmiaru składników, ustawiona fabrycznie, jest tutaj często mniejsza, aniżeli wymagania normowe w tym zakresie. Przepływ surowców we wszystkich wymienionych ciągach sterowany jest komputerem, a ich końcówki schodzą się w leju spustowym, pod który podjeżdża betonowóz celem załadunku. Dzięki specjalnemu oprogramowaniu (np. w systemie „Onyma”) komputer przelicza rutynowo wsad surowcowy nie na porcję zarobu, tak jak dzieje się to w ramach procedury klasycznej, lecz bezpośrednio – na pojemność obrotowego bębna mieszalniczego betonowozu.

Nieco inna jest też kolejność i zakres załadunku. Najpierw gruszkę zalewa się wodą zarobową z rozcieńczonymi domieszkami chemicznymi w porcji ok. 90% przewidywanej ilości całkowitej, następnie – opuszcza całość kruszywa ładowaną wspólnie z cementem, a na końcu – resztę wody zarobowej przewidzianej recepturą.

Czas załadunku uzależniony jest od przepustowości dozowników oraz od pojemności betonomieszarki samochodowej. Przykładowo – urządzenie „IME Super 5” lokuje 8 m<sup>3</sup> masy surowców w 9-kubikowej przestrzeni ładunkowej betonowozu w ciągu ok. 6 min. Ponadto, mocniej zaleca się tu korzystanie z selekcionowanych surowców, takich jak np. piaski o zróżnicowanej granulometrii, z dodatku popiołów lotnych, domieszek upłynniających (plastyfikatory i superplastyfikatory) oraz ich dobranych zestawień, które a priori zawsze sprzyjają utrzymaniu jednorodności mieszanki betonowej, ograniczając tendencję do segregacji składników.

## 1.2 Mieszanie składników

Jeśli uznać, że obrotowa mieszarka betonu zainstalowana na podwoziu samochodowym podlega takim samym regułom jak stacjonarna, kielichowa betoniarka wolnospadowa o osi przechylonej, to efektywność jej uzależniona będzie w głównej mierze od obrotów oraz czasu operacji.

Czas mieszania komponentów  $t_2$ , zależny m.in. od pojemności mieszalnika, wchodzi w zakres sumy, zwanej cyklem mieszania  $t$ , obejmującym ponadto – czas napełniania betoniarki  $t_1$  oraz czas jej opróżniania  $t_3$  [2]:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \text{ [sek]}$$

Teoretyczny czas mieszania  $t_2$  w betoniarce o pochylonej osi obrotu i średnicy  $D$  jej wnętrza roboczego, równej  $\varnothing 2,0$  m – określa się w przybliżeniu jako [6]:

$$t_2 = 120 \sqrt{D} = 120 \sqrt{2} \approx 170 \text{ [sek]}$$

Natomiast niezbędną ilość obrotów  $n$  mieszalnika o pojemności 9 m<sup>3</sup>, charakteryzującego się średnicą  $D$  wnętrza roboczego  $\varnothing 2,0$  m – można wyznaczyć z zależności empirycznej [6]:

$$n = \frac{20}{\sqrt{D}} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14,14 \approx 15 \text{ [obr./min]}$$

Właściwe mieszanie surowców rozpoczyna się faktycznie po zapełnieniu bębna mieszalniczego ciężarówką i po przemieszczeniu jej na specjalne stanowisko technologiczne w obrębie zakładu produkcyjnego. W praktyce, aby mieć pewność, że cała masa została prawidłowo wymieszana, w przeciętnych warunkach

klimatycznych mieszanie realizuje się przez okres 10÷15 min, przy 17÷20 obrotach betoniarki na minutę. To wystarcza, aby uzyskać wymaganą jednorodność mieszanki. Tak więc w trasę wypuszcza się ciężarówkę z gotową już zawartością, a znacznie mniejsze obroty mieszarki po drodze przeciwdziałają jedynie segregacji składników i nie komplikują stateczności jazdy betonowozu.

Betonomieszarki samochodowe, których używa się jako urządzeń do mieszania komponentów masy betonowej, powinny wyróżniać się:

- odpowiednią pojemnością bębna mieszalniczego oraz bardziej rozbudowanym układem wewnętrznych piór i spiral
- prędkością obrotową, dochodzącą nawet do 20 obr./min, przy czym minimum wynosi tutaj 15 obr./min
- wyposażeniem układu napędu hydraulicznego mieszalnika w manometr, pozwalający na pośrednią kontrolę konsystencji mieszanki betonowej poprzez porównanie odczytu z wartościami przeliczeniowymi tabeli wzorcowej.

Najnowsze rozwiązania betonowozów o wyspecjalizowanej zabudowie – zaopatrzone są we wzmocnione, trzy- lub czterosiowe podwozia, a odpowiednie obroty betoniarki zapewnia im hydrauliczny układ przeniesienia napędu z silnika macierzystego ciężarówki (fot. 1). Można powiedzieć, że wymaganiom technicznym mobilnego mieszalnika odpowiadają niemal wszystkie współczesne, bardziej zaawansowane technicznie, markowe konstrukcje betonomieszarek na podwoziu ciężarowym.

## 1.3 Jednorodność ładunku

W laboratorium betonu firmy General Beton Polska Sp. z o.o. w Krakowie przeprowadzono kontrolę powtarzalności wybranych parametrów mieszanki betonowej, pobierając próbki w trakcie rutynowych rozładunków betonowozów. Wyniki kontroli przedstawiono w tablicy 1 i 2.

## 1.4 Zalety i wady

Niewątpliwą korzyścią ze stosowania opisywanego, alternatywnego systemu produkcyjnego jest:

- uproszczenie linii produkcyjnej poprzez eliminację istotnego elementu wyposażenia

Fot. 1. Hydrauliczny układ przeniesienia napędu z silnika macierzystego ciężarówki



Oznaczenie betonowozu	Wskaźnik manometru [kPa]	Konsystencja – opad stożka [mm] przy rozładunku porcji:		Różnica w konsystencji [mm]
		1/5 betonowozu	4/5 betonowozu	
1	120	120	130	10
2	80	200	210	10
3	90	150	150	0
4	125	150	145	5
5	110	140	130	10

Tablica 1. Zmiany konsystencji w zależności od miejsca pobrania próbki z mieszalnika betonowozu

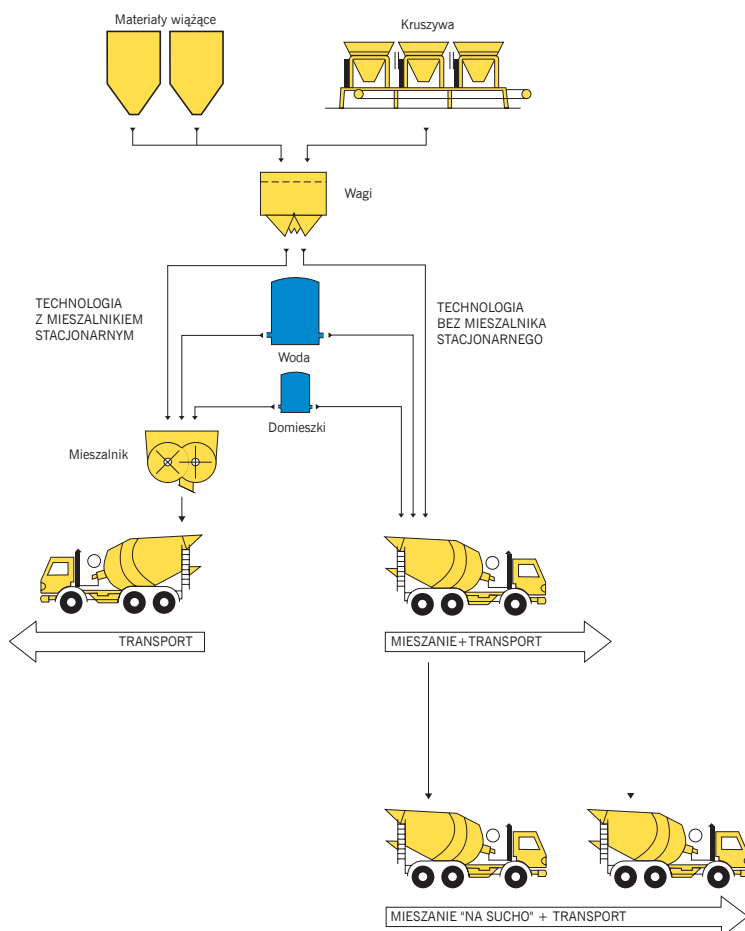
- zmniejszenie nakładu inwestycyjnego o koszt mieszalnika stacjonarnego, a także – brak odpisu amortyzacyjnego z tytułu jego eksploatacji
- zmniejszenie kosztów eksploatacji węża produkcyjnego.

Do wad systemu zaliczyć należałoby:

- konieczność utrzymywania betonowozów w stanie najwyższej sprawności, ich eksploatacja jest bardziej intensywna, przy większym zużyciu paliwa
- ze względu na związek sił bezwładności oraz przestrzeni wolnego spadku z intensywnością mieszania – betonowozy muszą charakteryzować się określoną pojemnością minimalną; mniejsze niż 7 m<sup>3</sup> nie wchodzi w rachubę
- wymóg wyższych kwalifikacji operatorów betonowozów, poszerzonych o umiejętność kontrolowania konsystencji
- szybsze zużycie okładzin i piór we wnętrzu bębna mieszalniczego betonowozu.

Wspomnieć należy o konieczności wyposażenia zaautomatyzowanego węża w sterowanie komputerowe – w oparciu o specjalny program. Konieczność ta eliminuje w konsekwencji możliwość stosowania urządzeń

Rys. 1. Schemat ilustrujący podział wytwórstwa betonu towarowego na jego równoważne odmiany



Oznaczenie betonowozu	Pozostałość [g] z próbki, pobranej przy rozładunku porcji:		Różnica wagi [g]
	1/5 betonowozu	4/5 betonowozu	
1	1672	1756	64
3	1720	1676	44

Tablica 2. Pozostałość z naważki 4 kg mieszanki betonowej, uzyskanej z odsiewu drogą płukania na sicie o oczku 4 mm – w zależności od miejsca pobrania próbki z mieszalnika betonowozu

starszej generacji, ubogich w automatykę (np. elementów ze standardowej serii kompleksów WB czy H-0,5).

## Podsumowanie

W literaturze przedmiotu [m.in. 1, 2, 3] znaleźć można informacje o tzw. suchej odmianie systemu wytwarzania mieszanki betonowej bez mieszalnika stacjonarnego. Polega ona na tym, że wszystkie komponenty, oprócz tych w stanie ciekłym – ładuje się do mieszalnika betonowozu, transportuje „na sucho” do miejsca przeznaczenia, tam – przed rozładunkiem dodaje się całą porcję wody wraz z płynnymi domieszkami i intensywnie miesza, by na końcu gotową mieszankę ułokować w formie – za deskowaniem. Pod kątem tego sposobu dostawy – betonomieszarki samochodowe wyposaża się w specjalne kłapy, które na czas transportu, przy pomocy siłowników hydraulicznych, zamykają ich otwór wlotowy. Dzięki temu, unika się rozpraszania (rozpylania) surowców w trakcie jazdy. To rozwiązanie pozwala dostarczać produkt na odległość kilkuset kilometrów, nawet w gorącym klimacie.

Europejska Organizacja Betonu Towarowego ERMCO nie dzieli betonu co do jakości, biorąc pod uwagę pochodzenie – czy z wytwórni z zainstalowanym mieszalnikiem stacjonarnym, czy też z wytwórni bez mieszalnika stałego, ale za to ze specjalistycznym układem dozowania składników, mieszanych w gruszcze betonowozu. W profesjonalnie stworzonych warunkach przy ściśle dotrzymywanych wymaganiach produkcyjnych omawiane możliwości nie noszą różnicy jakości produktu. Reasumując treść artykułu – ułożyć można schemat (rys. 1), ilustrujący podział wytwórstwa betonu towarowego na jego równoważne odmiany.

**dr inż. Zdzisław B. Kohutek**  
**mgr inż. Justyna Piotrowska-Łój**  
**Stowarzyszenie Producentów**  
**Betonu Towarowego w Polsce**

## Literatura

- 1 Biuletyn ERMCO: *Environmental practices in the ready mixed concrete industry*, Egham 1996
- 2 L. Janicki, *Maszyny i urządzenia budowlane*, WSiP, Warszawa 1987
- 3 P. Maggi, *Concrete distribution and placing on site – selection of various criteria for various transports on site*, XIII Congress ERMCO „Concrete Moves” (Berlin, 13-15.06.2001)
- 4 J. Piotrowska-Łój, *Gruszki – Transport specjalny*. „Budownictwo, Technologie, Architektura”, nr 1/2004
- 5 PN-EN 206-1:2003 – *Beton – cz. 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*
- 6 P. Rebut, *Centrales à béton pour chantiers et usines: leur technologie*, Eyrolles, Paris 1974
- 7 Statystyka Europejskiej Organizacji Betonu Towarowego ERMCO – *Table 4: Product development 2003-2002*