

mgr inż. Teresa Kantel\*  
mgr inż. Maria Ratajczak\*

# Wpływ trójetyloaminy (TEA) na wybrane właściwości fizykomechaniczne matrycy cementowej

*Effects of triethylamine (TEA) on physical and mechanical properties of cement-matrix*

**Streszczenie.** W artykule omówiono badania mające na celu określenie właściwości trójetyloaminy (TEA) w kontekście wykorzystania jej jako komponentu domieszki do zapraw i betonów. W ramach badań sprawdzono oddziaływanie TEA na podstawowe właściwości matrycy cementowej. Wykazano, że TEA powoduje przyspieszenie początku czasu wiązania oraz szybszy przyrost wytrzymałości wczesnej. Jednocześnie nie wykazuje właściwości upłynniających czy uplastyczniających. Dodatek TEA powoduje również spadek wytrzymałości 28-dniowej.

**Słowa kluczowe:** trójetyloamina (TEA), domieszka, matryca cementowa, właściwości fizykomechaniczne.

**Abstract.** This paper consider the properties of triethylamine (TEA) in the context of using it as a component of admixture for mortar and concrete. The aim of the study was to examine the influence of the TEA on the basic properties of the cement-matrix. The results show that the use of TEA accelerates the setting time and increases early strength development. The TEA does not affect plasticizing or flowing of the cement. Admixture of the TEA decreases the 28 days compressive strength.

**Keywords:** triethylamine (TEA), admixture, cement-matrix, physical and mechanical properties.

**D**omieszka **przyspieszająca wiązanie** skraca czas do rozpoczęcia przechodzenia mieszanki betonowej ze stanu plastycznego w sztywny, zaś domieszka **przyspieszająca twardnienie** zwiększa szybkość narastania wytrzymałości betonu, wpływając lub nie na czas wiązania [1]. Wiązanie cementu jest ściśle powiązane z przyrostem wytrzymałości, dlatego wiele domieszek wykazuje właściwości przyspieszające zarówno twardnienie, jak i wiązanie. Są one wykorzystywane m.in. w przypadku betonowania w niskiej temperaturze, podczas produkcji prefabrykatów lub w betonach zwykłych i natryskowych (torkretach) [2, 3]. Tego typu domieszki pozwalają na szybkie uzyskanie pożądanej wytrzymałości betonu i szybkie rozformowanie elementów monolitycznych (skrócenie czasu pielęgnacji świeżego betonu). Należy odróżniać domieszki przyspieszające wiązanie i twardnienie od domieszek zimowych (przeciwzmrozowych). Podstawową zasadą działania domieszek przeciwzmrozowych jest obniżenie temperatury zamarzania wody przy jednoczesnym przyspieszeniu

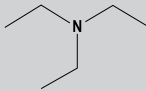
procesu hydratacji cementu i tym samym wydzielania ciepła jego hydratacji oraz obniżania ilości wody w mieszance betonowej [3 + 5]. Wśród najczęściej stosowanych domieszek przeciwzmrozowych należy wymienić: azotany, azotyny i rodanki. Najskuteczniejszy z nich jest rodanek sodowy, który równocześnie nie stanowi zagrożenia dla stali zbrojeniowej [2]. Norma [1] nie definiuje oddzielnego rodzaju domieszek przeciwzmrozowych, dlatego często przez pojęcie *domieszka zimowa* rozumie się domieszki przyspieszające wiązanie czy twardnienie, co jest poważnym błędem i jak zauważa [3], podczas betonowania w niskiej temperaturze zawsze konieczne jest stosowanie zabiegów ochronnych. Na rynku dostępnych jest wiele substancji, które przyspieszają wiązanie oraz twardnienie cementu. Możemy je podzielić na dwie podstawowe grupy: nieorganiczne (węglany, azotany, rodanki, siarczany, tiosiarczany) oraz organiczne (kwasy karboksylowe, aminy). Dotychczas najpopularniejsze i jedno z najskuteczniejszych były domieszki chlorkowe – zwłaszcza chlorek sodu stosowany już pod koniec XIX w. [2, 3]. Jednak jego negatywny wpływ na korozję stali zbrojeniowej w konstrukcjach żelbetonowych

sprawił, że obecnie odchodzi się od stosowania domieszek chlorkowych [4, 5].

## Trójetyloamina (TEA) w kompozytach cementowych

Trójetyloamina to trzeciorzędowa amina z grupy amin alifatycznych, występująca w postaci bezbarwnej cieczy o ostrym rybim zapachu. W tabeli 1 zestawiono jej wybrane właściwości fizykochemiczne [6]. TEA jest stosowana jako składnik domieszek do betonów, zwłaszcza natryskowych, gdyż przyspiesza czas wiązania oraz powoduje szybki przyrost wczesnej wytrzymałości. Badania przeprowadzone przez [7] pokazują, że w przypadku cementów z popiołami lotnymi doda-

**Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne trójetyloaminy [6]**

Wzór sumaryczny	C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> N
Wzór strukturalny	
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	0,726
Masa molowa [g/mol]	101,19
Temperatura wrzenia [°C]	89,3
Temperatura topnienia [°C]	-114,7
pH	10,78

\* Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

tek TEA powoduje wzrost gęstości pianobetonu oraz poprawia jego wytrzymałość na ściskanie. Zmniejsza również napięcie powierzchniowe oraz nieznacznie obniża konsystencję mieszanki pianobetonu. Badania prowadzone przez [8] wykazały, że domieszka TEA w przypadku betonów natryskowych zwiększa tiksotropię, a co za tym idzie zmniejsza parcie mieszanki na deskowanie. Literatura polska [4, 9] wymienia TEA wśród powszechnie stosowanych domieszek do betonu przyspieszających twardnienie i wiązanie, brak jest natomiast opublikowanych badań, które przedstawiałyby wpływ TEA na podstawowe właściwości fizykochemiczne cementu.

### Badania i ich wyniki

W artykule przedstawiono wyniki badań zaczynów i zapraw cementowych z dodatkiem TEA. Domieszkę dozowano w ilości 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 oraz 0,5% masy cementu. Do wykonania zaczynów oraz zapraw zastosowano CEM I 42,5, wodę destylowaną oraz piasek normowy CEN. Oznaczono czas wiązania zgodnie z normą [10]. Następnie określono wytrzymałość na ściskanie po 24 h w temperaturze +20 °C, po 48 h w temperaturze +5 °C oraz po 28 dniach w temperaturze +20 °C. W przypadku zapraw cementowych oznaczono również zawartość powietrza zgodnie z normą [11] oraz konsystencję świeżej zaprawy za pomocą stolika rozplywu zgodnie z [12].

W tabeli 2 przedstawiono wyniki oznaczenia początku czasu wiązania zaczynów cementowych. Pokazują one, że już niewielki dodatek TEA przyspiesza początek czasu wiązania, natomiast dodatek 0,5% w stosunku do masy cementu skraca czas wiązania ze 120 do 18 min. W tabeli 3 zaprezentowano wyniki oznaczenia konsystencji oraz napowietrzenia zapraw ce-

**Tabela 2. Początek czasu wiązania zaczynów cementowych z dodatkiem TEA**

Zawartość domieszki [%]	Początek czasu wiązania [min]
0	120
0,1	70
0,2	42
0,3	27
0,4	20
0,5	18

mentowych z dodatkiem TEA. Można stwierdzić, że TEA nie wykazuje właściwości uplastyczniających oraz napowietrzających.

Na rysunku przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na ściskanie po 24 h w temperaturze +20 °C, po 48 h w temperaturze +5 °C oraz po 28 dniach w temperaturze +20 °C. Dodatek TEA powoduje szybszy przyrost wczesnej wytrzymałości zarówno w temperaturze +20 °C, jak i +5 °C, co jest pożądaną cechą domieszek przyspieszających. Obserwuje się natomiast niekorzystny wpływ TEA na wytrzymałość 28-dniową betonu.

**Tabela 3. Oznaczenie konsystencji oraz napowietrzenia zapraw cementowych z dodatkiem TEA**

Zawartość domieszki [%]	Stolik rozplywu – średnia średnica rozplywu [cm]	Napowietrzenie [%]
0	13,6	4,5
0,1	13,3	6,3
0,2	13,0	5,8
0,3	12,5	5,4
0,4	13,0	5,8
0,5	13,0	6,6

### Wnioski

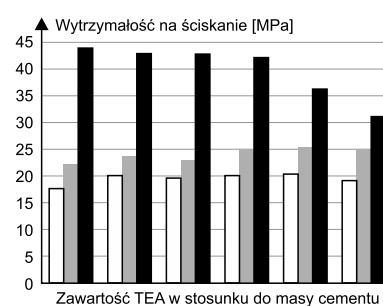
Wprowadzenie TEA do zaczynów i zapraw cementowych ma duży wpływ na właściwości fizykochemiczne matrycy cementowej.

■ TEA przyspiesza początek wiązania zaczynów cementowych. Domieszka w ilości 0,1% przyspiesza wiązania o 40% w stosunku do zaczynu kontrolnego (bez domieszki), a 0,5% – aż o 85%.

■ Przeprowadzone badania wytrzymałości na ściskanie beleczek cementowych wykazały, że w stosunku do próbek kontrolnych wczesna wytrzymałość, niezależnie od ilości dodawanego związku, zwiększa się średnio o 10%.

■ Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach maleje wraz ze wzrostem ilości domieszki. W przypadku zastosowania jej w ilości ok. 0,5% masy cementu wytrzymałość zmniejszyła się o ok. 30% w stosunku do próbek kontrolnych.

■ TEA nie wykazuje właściwości napowietrzających i uplastyczniających. Trójetyloamina ze względu na korzystny wpływ na czas wiązania oraz wczesną wytrzymałość kompozytów cementowych może stanowić komponent innowacyjnych domieszek do



	0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%
24 h/+20 °C	17,70	20,10	29,50	20,00	20,30	19,10
48 h/+5 °C	22,00	23,70	22,70	24,70	25,20	24,80
28 dni/+20 °C	43,90	42,90	42,70	42,30	36,20	31,00

**Wytrzymałość na ściskanie w zależności od zawartości TEA, temperatury dojrzewania próbek oraz czasu badania**

zapraw i betonów przyspieszających twardnienie oraz wiązanie. Należy jednak pamiętać, że czasem dodatek TEA powoduje obniżenie wytrzymałości, dlatego konieczne jest stosowanie innych komponentów, które rekompensowałyby negatywny wpływ TEA na późną wytrzymałość.

### Literatura

[1] PN-EN 934-2:2010 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Część 2: Domieszki do betonu. Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie.  
 [2] Myrdal R.: Accelerating admixtures for concrete, SINTEF Building and Infrastructure, Trondheim 2007.  
 [3] Neville A. M.: Właściwości betonu, Wyd. Polski Cement, Kraków 2000.  
 [4] Łukowski P.: Nowe osiągnięcia w dziedzinie domieszek do betonu, Budownictwo Technologia Architektura, 1/2011, s. 68 – 71.  
 [5] Nmai C. K.: Cold Weather Concreting Admixtures, Cement and Concrete Composites, 20 (1998), s. 121 – 128.  
 [6] <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (dostęp czerwiec 2014).  
 [7] Chen X., Yan Y., Liu Y., Hu Z.: Utilization of circulating fluidized bed fly ash for the preparation of foam concrete, Construction and Building Materials, 54 (2014), s. 137 – 146.  
 [8] Khayat K. H., Assaad J. J.: Use of Thixotropy-Enhancing Agent to Reduce Formwork Pressure Exerted by Self-Consolidating Concrete, ACI Materials Journal, 1/2008, s. 88 – 96.  
 [9] Hebda L.: Domieszki do betonu, Chemical Review, 04/2004.  
 [10] PN-EN 196-3+A1:2011 Metody badania cementu. Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości  
 [11] PN-EN 1015-7:2000 Metody badań zapraw do murów. Określenie zawartości powietrza w świeżej zaprawie.  
 [12] PN-EN 1015-3:2000/A2:2007 Metody badań zapraw do murów. Określenie konsystencji świeżej zaprawy (za pomocą stolika rozplywu).