



# Pielęgnacja termiczna betonu – zwłaszcza zimą

## 1. Potrzeba pielęgnacji termicznej

Pielęgnacja termiczna betonu jest procesem o wiele bardziej złożonym i wymagającym niż pielęgnacja wilgotnościowa. Przy wykonywaniu przeciętnych robót betonowych (elementy normalne, nie masywne) i w przeciętnych, tzw. normalnych warunkach temperaturowych otoczenia (temperatura powietrza  $T_p$  od  $+10^{\circ}\text{C}$  do  $+25^{\circ}\text{C}$ ), może być praktycznie niedostrzeżona i pomijalna.

Inaczej jest jednak, kiedy możliwe są spadki temperatur istotnie wyhamowujące hydratację cementu, lub wręcz zagrażające zamarznięciu świeżego betonu – czyli przy realizacji robót betonowych w okresie zimowym. Inaczej jest także, gdy betonowanie odbywa się w warunkach upalnych – samo w sobie jest trudnym technologicznie procesem wbudowywania mieszanki betonowej, a później niesie jeszcze sporo problemów w trakcie dojrzewania. Inaczej jest w końcu z betonowaniem i dojrzewaniem elementów masywnych, dla których problemem staje się energia cieplna wyzwalana w procesach przy hydratacji spoiwa.

Jeśli ta odmiennność musi podlegać analizom, na podstawie których muszą być podjęte bardzo odpowiedzialne decyzje zapewniające prawidłowy przebieg dojrzewania betonu, to wkracza się w znacznie szerszy zakres działań niż tylko związanych z bezpośrednim nadzorem nad wykonanym elementem. Można stwierdzić, że pielęgnacja termiczna nie rozpoczyna się na budowie po ułożeniu betonu w deskowaniu, ale znacznie wcześniej – na węzle betoniarskim, gdzie trzeba przygotować mieszankę betonową o koniecznej temperaturze w trakcie dostawy i zabudowy lub specjalnie zmodyfikowanej odpowiednimi domieszkami. Mało tego, można stwierdzić, że pielęgnacja termiczna rozpoczyna się jeszcze wcześniej – na etapie projektowania technologii wykonania konstrukcji.

W Projekcie Technologii i Organizacji Betonowania (zwanym często krócej Projektem Organizacji Robót – POR) dla konkretnie realizowanego obiektu (elementu) muszą być wskazane wszystkie zagro-

żenia związane z termiką dojrzewającego betonu:

- możliwość wychłodzenia (zamarznięcia)
- możliwość przegrzania lub
- możliwość nieprawidłowego rozkładu temperatur wewnątrz elementu, w tym
- możliwość zbyt dużych gradientów temperatury.

Dla tych zagrożeń muszą być przewidziane odpowiednie środki ochronne i zabezpieczające, w które zawczasu musi zaopatrzyć się budowa. I to jest właśnie ta większa trudność w prowadzeniu pielęgnacji termicznej w porównaniu z wilgotnościową. Przy tej drugiej można znacznie szybciej skutecznie zareagować, by nadrobić niedopatrzienia czy wcześniejsze błędy – czasem wystarczy tylko dostęp do wody w celu zraszania powierzchni betonu. W pielęgnacji termicznej trzeba natomiast zgromadzić odpowiednią ilość odpowiednich materiałów zabezpieczających (w tym materiałów do izolacji termicznej) lub wykonać konstrukcję ochraniającą (np. cieplak), lub wykonać instalację podgrzewającą, lub chłodzącą, lub... itd., itp.

## 2. Zapewnienie właściwych warunków dojrzewania betonu w okresie zimowym

Odnosząc się do specyfiki prowadzenia pielęgnacji betonu w okresie zimowym, należy spełnić założenia dla temperatury wbudowywanego betonu w konstrukcję. Mają one zapewnić w trakcie dostawy taką minimalną temperaturę mieszanki, dla której procesy związane z jej wbudowywaniem, zagęszczaniem oraz wykańczaniem powierzchni nie spowodują nadmiernego wychłodzenia, by mogła być narażona na zamarzanie jeszcze w trakcie formowania elementu. I tak też, po bezpiecznym dla mieszanki betonowej wykonaniu elementu, rozpoczyna się właściwy moment pielęgnacji i ochrony dojrzewającego betonu. Trwa natomiast tak długo, dopóki beton nie osiągnie bezpiecznej dla pierwszego zamarznięcia wytrzymałości.

Zadaniem pielęgnacji już we wczesnym okresie, tuż po wykonaniu elementu, nie jest tylko ochrona przed zamarznięciem, ale przede wszystkim stworzenie takich warunków, by hydratacja spoiwa mogła się

rozpocząć i właściwie przebiegać. Staje się wtedy samostycznym generatorem energii powstającej wewnątrz betonu i powodującej jego samonagrzewanie. Jeżeli hydratacja już się rozpocznie, wystarczy odpowiednio zabezpieczyć dojrzewający element, by przebiegała dalej bez zakłóceń i zbędnych wyhamowań, a zwłaszcza by nie dopuścić do uszkodzenia tworzącej się struktury betonu przez jego zamrożenie. Zasadniczo zatem, zapewnienie prawidłowych warunków wykonania konstrukcji w okresie zimowym można uprościć do dwóch głównych wymagań:

- dobór i przygotowanie właściwej receptury betonu, a w szczególności:
  - dobór właściwego cementu
  - użycie dodatków
  - użycie domieszek
- dobór właściwej metody zapewnienia wymaganych warunków temperaturowych w czasie dojrzewania betonu:
  - metoda zachowania ciepła, w tym dobór i użycie odpowiednich materiałów do izolacji termicznej
  - podgrzewanie betonu dodatkowym źródłem energii
  - wykonanie ciepłaka itp.

Pierwsze wymaganie odnośnie zastosowania właściwej receptury betonu, w dotychczasowych poradnikach i wytycznych dotyczących wykonywania robót betonowych w okresie obniżonych temperatur, nazywane było modyfikacją składu mieszanki betonowej w celu dostosowania jej do betonowania zimowego. W zasadzie proponowane tam rozwiązania dotyczące zamiany składników na „lepsze” (na przykład zamiana cementu CEM III na cement CEM I lub klasy wytrzymałościowej z 32,5 na 52,5) lub zwiększenia ilości użytego w recepturze cementu, lub zamiany dodatku na cement, są rozwiązaniami słusznymi technologicznie. Nie są one jednak do końca poprawne w świetle zapisów aktualnych norm dotyczących

betonu (czy ogólniej – wyrobów budowlanych). Należy w tym miejscu postawić pytanie – kto miałby dokonywać tej modyfikacji mieszanki betonowej i kto miałby wziąć odpowiedzialność za tę modyfikację?

Norma dotycząca betonu PN-EN 206 [1] wyraźnie dzieli obowiązki pomiędzy strony związane z zastosowaniem betonu w danym projekcie – to znaczy pomiędzy projektanta (specyfikującego), producenta betonu i wykonawcę robót (odbiorcę betonu). Wyraźny jest też podział w podejściu do odpowiedzialności za produkt, który wytwarzany jest na węźle betoniarstwie, wyróżniający beton projektowany i beton recepturowy.

Zadaniem projektanta (specyfikującego) jest precyzyjne zdefiniowanie wymagań dla betonu, który ma spełnić swoje zadanie w przygotowywanym do realizacji obiekcie. Jest to przede wszystkim klasa wytrzymałości na ściskanie (C./..) i klasa ekspozycji (X..), oraz ewentualnie zdefiniowane wymogi dla mrozoodporności betonu (np. stopień mrozoodporności F lub FT) lub jego wodoszczelności (głębokość penetracji wody) – obie cechy wg PN-B-06265 [2]. Na podstawie tych wymagań, które przekazane są w gotowym projekcie, wykonawca obiektu zamawia beton u producenta i oczekuje, że ten dostarczy mu produkt o określonych w zamówieniu właściwościach.

Wykonawca robót może w tym miejscu sprecyzować właściwości reologiczne mieszanki betonowej – konsystencję, czas utrzymania konsystencji, początek wiązania – odpowiednio do swoich możliwości technologicznych wbudowywania betonu w konstrukcję. W tym momencie producent betonu dobiera ze swojej palety produkcyjnej odpowiednią do zamówienia recepturę betonu, która odpowiednio wcześniej została wprowadzona do systemu zakładowej kontroli produkcji na podstawie przeprowadzonych badań wstępnych. I tak wytwarzany jest i dostarczany na budowę beton projektowany, za którego właściwości w pełni odpowiada producent. Nie może zatem producent, ani tym bardziej zamawia-



## CENTRUM TECHNOLOGICZNE BUDOWNICTWA PRZY POLITECHNICE RZESZOWSKIEJ Sp. z o.o.



**LABORATORIUM BADAWCZE AKREDYTOWANE PRZEZ PCA, NR AB 535**

**LABORATORIUM NOTYFIKOWANE W ZAKRESIE BADAŃ KANAŁÓW**

**ODWADNIAJĄCYCH NAWIERZCHNIĘ NR NB 2039**



AB 535

- **Badania betonu**
- **Badania gruntów stabilizowanych spoiwami**
- **Badania zapraw**
- **Badania podkładów podłogowych**
- **Badania kontrolne surowców – kruszywa, cement**
- **Badania geotechniczne**
- **Badania domieszek do betonu**
- **Badania typu wyrobów betonowych**
- **Badania kanałów odwadniających nawierzchnię**
- **Pełna obsługa laboratoryjna Producenta betonu towarowego**
- **Pełna obsługa laboratoryjna dla Wykonawcy i dla Nadzoru**
- **Ekspertyzy i opinie budowlane**

Centrum Technologiczne Budownictwa  
przy Politechnice Rzeszowskiej Sp. z o.o.  
ul. Przemysłowa 23, 35-105 Rzeszów

www.ctb-prz.pl  
e-mail: ctb@ctb-prz.pl  
tel.: +48 17 864 04 50, fax: +48 17 864 04 51



jący, ingerować w jakikolwiek sposób w skład betonu, bo będzie to inna receptura, pozbawiona badań wstępnych – a więc nieodpowiadająca normie. Jak zatem producent betonu miałby zadeklarować zgodność tejże dostawy z normą PN-EN 206 [1]? – a jest to jego obowiązkiem!

Oczywiście, zamawiający beton może mieć pełny wpływ na skład betonu i jego modyfikacje, definiując w zamówieniu dokładną recepturę, według której producent ma wyprodukować towar. Mamy wtedy do czynienia z betonem recepturowym, dla którego producent odpowiedzialny jest jedynie za prawidłowe wymieszanie ustalonych składników, a cała odpowiedzialność za jego właściwości spada na odbiorcę betonu. W takiej sytuacji odbiorca może się czuć upoważniony do wprowadzania zmian w recepturze według własnego uznania i wiedzy. Przypadki produkcji betonu recepturowego są jednak marginalne, bo obecnie wykonawcy robót nie posiadają wystarczająco mocnych służb technologicznych w zakresie technologii betonu i wolą zadanie to powierzyć zakładom specjalizującym się w produkcji betonu towarowego, opartej na ich własnej bazie surowcowej.

Trzeba tutaj zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt braku możliwości takiego spontanicznego modyfikowania receptur. W dużych projektach szczególnie, służby odpowiedzialne za akceptację dostaw materiałów konstrukcyjnych najczęściej wymagają również procedury dopuszczenia receptur betonu przewidzianych do dostawy na dany obiekt. Oprócz części dokumentacyjnej, prowadzone są badania sprawdzające w warunkach produkcyjnych i dopiero na ich podstawie dana receptura wprowadzona jest do wykazu wyrobów dopuszczonych do stosowania w tym projekcie. Jakiegokolwiek odstępstwo od zatwierdzonej receptury powoduje dyskwalifikację dostawy, jako niezgodnej z zamówieniem. Formalne zastąpienie natomiast nową recepturą to proces mogący trwać nawet kilka miesięcy – np. w przypadku betonów mostowych, gdzie tylko badanie mrozoodporności to okres co najmniej trzech i pół miesiąca. Niewątpliwie, przy bardzo dużych i odpowiedzialnych projektach, można przygotować alternatywne receptury w dwóch wariantach – w wersji letniej i zimowej.

Z powyższych analiz widać wyraźnie, że dobór i przygotowanie właściwej receptury betonu do betonowania w warunkach zimowych to obecnie wybór właściwej pozycji z gotowej palety handlowej producenta betonu (wariant zimowy w tej ofercie także powinien się znajdować), albo dużo wcześniejsze uruchomienie działań zmierzających do wprowadzenia nowej receptury do produkcji, obejmujących również wykonanie badań wstępnych. Spontaniczne modyfikacje składu oparte na zasadzie „to może pomóc” należy natomiast wykluczyć, zwłaszcza jeśli korygują lub zmieniają ilościowo lub jakościowo spoiwo (zazwyczaj mieszanina cementowo-popiołowa) w betonie. Mogą bowiem równie dobrze zaszkodzić konstrukcji.

Za dopuszczalne jednak można uznać niewielkie modyfikacje składu polegające na kosmetycznych zmianach udziału domieszek do betonu, niewymagające opracowywania i badań wstępnych dla nowej receptury. Trzeba tylko trzymać się zasady, że korygowane domieszki pochodzą od jednego producenta, a ten w swoich kartach technicznych

produktów potwierdza ich wzajemną kompatybilność. Mogą one polegać na:

- zmianie proporcji pomiędzy plastyfikatorem i superplastyfikatorem – plastyfikatory, jako domieszki z reguły powodujące wydłużenie czasu wiązania i opóźniające twardnienie, powinny być minimalizowane lub eliminowane w okresie zimowym
- zwiększenie ilości superplastyfikatora przy zachowaniu stałej konsystencji mieszanki betonowej – uzyskuje się dzięki temu dalsze obniżenie wskaźnika w/c, a więc zwiększenie zarówno wytrzymałości wczesnej, jak i końcowej
- wprowadzenie domieszek przyspieszających (w okresie letnim opóźniających) wiązanie i twardnienie betonu – przed ich zastosowaniem należy wykonać przynajmniej badanie sprawdzające, czy nie powodują negatywnych skutków dla właściwości reologicznych mieszanki betonowej w zakresie jej urabialności i czasu utrzymania urabialności.

Formułując jako jedno zasadnicze założenie dla prowadzenia robót betonowych w okresie zimowym, można stwierdzić, że najważniejsze jest wbudowanie w konstrukcję mieszanki o właściwej temperaturze, a następnie zapewnienie jej właściwych warunków temperaturowych do dojrzewania. Każda receptura zatem może być użyta również w warunkach zimowych, różne jednak będzie ryzyko związane z zapewnieniem tych właściwych warunków – różny stopień zagrożenia dla betonu, różny czas trwania nadzoru nad pielęgnacją i ochroną w trakcie dojrzewania. Gdy natomiast „kombinujemy” ze składem betonu, może niepostrzeżenie umknąć naszej uwadze fakt, że przykładowo stanowił on celowy zestaw materiałowy z uwagi na klasę ekspozycji wykonywanego elementu – np. użycie cementu hutniczego CEM III HSR(SR) w związku z agresywnym środowiskiem gruntowo-wodnym XA2, a wtedy priorytetem pozostaje zastosowanie cementu zapewniającego odporność betonu w zdefiniowanych w projekcie warunkach ekspozycji elementu.

### 3. Dobór właściwej metody pielęgnacji (ochrony) termicznej

Przewidując roboty betonowe w okresie zimowym, należy uzmysłowić realizatorom tego zadania, że beton przed chłodem, a zwłaszcza przed mrozem, sam się nie obroni. Potrzeba zawnoczyć zaplanować właściwą dla konstrukcji i właściwą dla możliwości wykonawcy metodę pielęgnacji i ochrony termicznej dojrzewającego betonu. Wybór odpowiedniego sposobu to z reguły skomplikowana analiza techniczno-ekonomiczna polegająca na wielokryterialnej optymalizacji, poszukującej rozwiązania najlepszego w danych warunkach. Trudno byłoby mówić o rozwiązaniu optymalnym, dobierając na przykład podgrzewanie z wykorzystaniem energii elektrycznej dla budowy bez przyłącza energetycznego (np. fundament siłowni wiatrowej). W celu ułatwienia doboru właściwej metody można sięgnąć do prezentowanej obok publikacji książkowej „Pielęgnacja betonu w okresie dojrzewania” [3], gdzie można znaleźć wiele praktycznych i cennych wskazówek.

**dr inż. Grzegorz Bajorek**  
**Politechnika Rzeszowska**

#### Piśmiennictwo

- 1 PN-EN 206+A1:2016-12 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 2 prPN-B-06265:2017 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
- 3 Bajorek G., Pielęgnacja betonu, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2017