

Założenia projektowe białej wanny oparto wyłącznie na wodoszczelności betonu...



fol. Archiwum autora

# Biała wanna – technologia szczelnej konstrukcji

## 1. Podstawowe założenia technologii

Rozwiązania „białej wanny” (niem. Weisse Wanne, ang. White Box) znane i rozwijane są od kilkudziesięciu lat, a w Polsce sięga się po nie coraz chętniej już od kilkunastu lat. Ideologia białej wanny opiera się na kompletnym systemie konstrukcyjno-materiałowo-technologicznym, który zastępuje rozwiązania ciężkich izolacji przeciwwodnych i przeciwwilgociowych wykorzystujących przeważnie materiały bitumiczne i mineralne. Te kojarzą się raczej z ciemnymi kolorami, stąd dla kontrastu rozwiązania takie nazywane są „czarnymi wannami”, natomiast szczelność konstrukcji zapewniona wyłącznie przez beton ma się kojarzyć z czymś jasnym, nieskażonym, czyli „białą wanną”.

Pomysł białej wanny opiera się na możliwej do osiągnięcia w procesie technologicznym specjalnej właściwości betonu określanej wodoszczelnością. Poziom tego parametru dobiera się i bada na podstawie znanych procedur normowych i dotychczasowych bogatych doświadczeniach praktyki inżynierskiej [1].

Sama wodoszczelność betonu jednak nie wystarczy, bo w procesie technologicznym formowania poszczególnych elementów konstrukcyjnych, bądź ich detali lub połączeń, mogą ujawnić się nieszczelności spowodowane nieciągłością materiału konstrukcyjnego lub stykiem pomiędzy materiałami o różnych właściwościach. Istotnym czynnikiem jest tutaj też inna właściwość betonu, którą w tym aspekcie należy traktować jako poważną wadę, czyli skurcz betonu. Schemat statyczny pracy poszczególnych elementów konstrukcyjnych z reguły pozbawia je pełnej swobody odkształceń – a kurczący się beton natrafiwszy na opór – zarysowuje się bądź pęka.

Takimi newralgicznymi miejscami potencjalnych nieszczelności są: przerwy robocze w betonowaniu, dylatacje konstrukcyjne, przebicia konstrukcji przez przewody lub inne elementy instalacyjne [2,3]. Miejscami z kolei narażonymi na zarysowania lub pęknięcia są elementy o zbyt dużych wymiarach pomiędzy przerwami dylatacyjnymi.

Tak więc niezbędnym uzupełnieniem systemu białej wanny są elementy i akcesoria zapewniające szczelność także tych newralgicznych miejsc konstrukcji. Do ich uszczelnienia najczęściej stosowane są [2]:

- taśmy i sznury pęczniące, np. z tworzyw sztucznych lub bentonitu
- węże iniekcyjne
- taśmy uszczelniające profilowane z tworzyw sztucznych i kauczuku
- blachy uszczelniające
- tuleje z odpowiednimi kołnierzami
- profile uszczelniająco-wymuszające zarysowanie konstrukcji.

Dobry według powyższych uwag zestaw materiałowy – tj. wodoszczelny beton + elementy i akcesoria uszczelniające – musi być dopełniony aspektem technologicznym prowadzenia robót betonowych. Wymagają one szczególnej staranności w zakresie układania i zagęszczania mieszanki betonowej, a później długotrwałej starannej pielęgnacji dojrzewającego betonu [4,5].

Tablica 1. Klasy użytkowania konstrukcji [6, 7]

| Klasa A   | Klasa B   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– budownictwo mieszkaniowe</li> <li>– pomieszczenia magazynowe o wysokich wymaganiach użytkowych</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– garaże podziemne</li> <li>– szyby i kanały instalacyjne</li> <li>– pomieszczenia magazynowe o niskich wymaganiach użytkowych</li> </ul>  | Rozwiązania specjalne                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– brak przenikania wody w postaci ciekłej</li> <li>– brak zawilgoconych plam na powierzchni (przebarwienia, wykroplenia)</li> <li>– brak zarysowań, przez które może przenikać woda</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– dopuszcza się zawilgocone miejsca (przebarwienia, wykroplenia)</li> <li>– dopuszczalne są rysy, przez które tymczasowo przenika woda do czasu ich samouszczelnienia (samoregeneracji)</li> <li>– możliwa kondensacja na powierzchni</li> </ul> | – kontrola według zasad ustalonych w umowie budowlanej |
| <p>dotądowy wymóg: brak kondensacji</p> <p>uwzględnia się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– klimat wewnętrzny</li> <li>– fizyka budowli</li> <li>– środki zaradcze: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ wentylacja</li> <li>◦ ogrzewanie</li> <li>◦ osuszanie</li> <li>◦ izolacja cieplna</li> </ul> </li> </ul> |   |  |

## 2. Założenia do projektowania wodoszczelnej konstrukcji białej wanny

Technologia białej wanny może dotyczyć różnych konstrukcji – np. piwnicy, garażu, zbiornika, basenu itp. Różne zatem będą wymogi stawiane tym konstrukcjom. Projektowanie konstrukcji wodoszczelnej powinno opierać się na dwóch zasadniczych aspektach:

- sposób użytkowania konstrukcji – czyli jaki mogą mieć wpływ na jej użytkowanie ewentualne przecieki
- wielkość oddziaływania wody na konstrukcję – stałe czy okresowe, wilgoć zawarta w gruncie czy woda napierająca na powierzchnie elementów.

Regulacje w powyższym zakresie chyba najlepszą formę przybrały w przepisach niemieckich [6,7], a oparte są na bardzo bogatych kilkudziesięcioletnich doświadczeniach związanych ze stosowaniem białej wanny. Podają one klasyfikację zarówno obiektów ze względu na sposób użytkowania (tablica 1), jak i warunki gruntowo-wodne z uwagi na ich oddziaływanie na konstrukcję (tablica 2). Tablice te w sposób bardzo łatwy pozwalają na zakwalifikowanie zagrożenia konstrukcji wodą zawartą w gruncie oraz ustalenie wymogów uwzględnionych na etapie projektowania, a później wymogów w zakresie kontroli zrealizowanych obiektów.

## 3. Projektowanie konstrukcji białej wanny

Zapewnienie szczelności konstrukcji białej wanny na etapie projektowania można zrealizować, wykorzystując normę dotyczącą projektowania silosów i zbiorników na cieczy PN-EN 1992-3:2008 (Eurokod 2) [8]. Choć jej tytuł sugeruje dość wąski zakres stosowania do elementów silosów i zbiorników, to w rozdziale dotyczącym zakresu stosowania normy wyraźnie określono, że „rozdziały dotyczące projektowania na szczelność mogą być także odpowiednie dla innych typów konstrukcji, od których wymaga się szczelności” – biała wanna jest właśnie taką konstrukcją wymagającą szczelności. W zależności od możliwego do zaakceptowania stopnia zabezpieczenia przeciwko przeciekom ustala ona czterostopniową klasyfikację szczelności konstrukcji (tablica 3).

Przedstawione dla klasy szczelności konstrukcji 1 ograniczenie dotyczące maksymalnej wartości zarysowań  $w_{k1}$  uzależnione jest od „ilorazu parcia hydrostatycznego na ścianę zbiornika  $h_D$  [m] i grubości ściany zbiornika  $h$  [m]”. Podane w normie wartości  $w_{k1}$  – „powinny prowadzić do efektywnego samouszczelnienia rys we względnie krótkim czasie”. Zestawiono je w tablicy 4.

Wytyczne projektowania zawarte w Eurokodach odnośnie zapewnienia szczelności konstrukcji w zasadzie ograniczają się do zapisów przedstawionych powyżej, czyli analizują stan zarysowania konstrukcji. Jeśli nastąpi możliwość wystąpienia rys (rozszczelnienie konstrukcji), to zaleca się zastosowanie specjalnych rozwiązań doszczelniających (np. okładziny, taśmy uszczelniające, sprężenie konstrukcji). Proces efektywnego samouszczelnienia rys może zakończyć się sukcesem, ale muszą być spełnione odpowiednie warunki dla przemian fizykochemicznych cieczy wypełniającej rysy. Oczywiście ograniczenie szerokości rysy w odniesieniu do gradientu ciśnienia musi zapewnić dość słaby przepływ wody przez rysę.

Tablica 2. Klasy oddziaływania wody na konstrukcję [6, 7]

| Klasa 1  | Klasa 2   |
|--|---|
| <b>woda ciśnieniowa</b><br>– woda gruntowa, woda warstwowa, woda podwodna oraz inna woda wywołująca ciśnienie hydrostatyczne (także ograniczone)   | <b>woda infiltracyjna nie gromadząca się</b><br>– woda w gruncie wysoko przepuszczalnym ( $k_f \geq 10^{-4}$ m/s), przesiąkająca bez gromadzenia się<br>– woda w gruncie słabo przepuszczalnym, ale działa odwodnienie w postaci drenażu wykonanego wg DIN 4095 |
| <b>woda nie wywołująca ciśnienia</b><br>– woda w postaci kropłowo-płynnej, która nie wywiera ciśnienia hydrostatycznego lub wywiera tylko niewielkie ciśnienie (wysokość słupa wody $\leq 100$ mm) | <b>wilgoć gruntowa</b><br>– woda gruntowa kapilarna   |
| <b>woda okresowa</b><br>– chwilowo gromadząca się woda infiltracyjna (zasadnicza konstrukcja co najmniej 30 cm powyżej ustalonego poziomu wody)  |   |

Tablica 3. Klasyfikacja szczelności konstrukcji wg PN-EN 1992-3:2008 oraz warunki obliczeniowe przy sprawdzaniu szczelności [9]

| Klasa szczelności | Wymagania w stosunku do przecieków  | Warunek formalny ograniczenia stanu zarysowania lub zabezpieczenia konstrukcji   | Warunek obliczeniowy ograniczenia stanu zarysowania lub zabezpieczenia konstrukcji   |
|-------------------|---|--|--|
| 0                 | dopuszcza się pewien stopień przecieków lub przecieki cieczy nie mają znaczenia   | szerokość rys ograniczona jak w przypadku innych konstrukcji żelbetowych   | przyjmuje się wymagania maksymalnego rozwarcia rys $w_{max}$ według PN-EN 1992-1-1:1988 [10]:<br>– dla klas ekspozycji X0, XC1 – 0,4 mm<br>– dla klas ekspozycji XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XS1, XS2, XS3 – 0,3 mm   |
| 1                 | przecieki ogranicza się do pewnej niewielkiej ilości, powierzchniowe przemakanie lub miejsca zawilgożenia są dopuszczalne | szerokość rys ograniczona do wartości zapewniających ich samouszczelnienie w krótkim czasie (samouszczelnienie – efekt reakcji $CO_2$ z rozpuszczonym w wodzie $CaO$ , w wyniku czego powstaje $CaCO_3$ uszczelniający rysę) | 1. W przypadku rys przelotowych:<br>– zmiana odkształceń wynikająca ze zmian obciążenia i wahań temperatury ograniczona do $\Delta \epsilon \leq 150 \cdot 10^{-6}$<br>– ograniczenie zarysowań do wartości $w_{k1}$ (tablica 4) w zależności od wysokości słupa wody $h_0$ i grubości ściany $h$<br>2. W przypadku rys nieprzelotowych dopuszczalna szerokość rysy zależy od klasy środowiska (jak wyżej dla klasy szczelności 0) |
| 2                 | przecieki powinny być minimalne, przemakanie nie powinno pogarszać wyglądu powierzchni                                    |  | Należy eliminować możliwość powstania rys, chyba że zostaną zastosowane specjalne rozwiązania (np. okładziny lub taśmy uszczelniające) <sup>a/b/</sup>   |
| 3                 | przecieki są niedopuszczalne  |  | Wymaga się zastosowania specjalnych rozwiązań (np. okładzin lub sprężenia) <sup>a/b/</sup>   |

a/ w celu zapobiegnięcia zarysowaniu od odkształceń wywołanych skurczem i zmianami temperatury, w klasie szczelności konstrukcji 2 i 3 należy zapewnić, że cały przekrój betonu pozostaje ściskany, co można osiągnąć poprzez:

- ograniczenie wzrostu temperatury spowodowanego hydratacją cementu
- zlikwidowanie lub ograniczenie oporów
- redukcję skurczu betonu
- zastosowanie sprężenia

b/ w celu zabezpieczenia konstrukcji w klasie szczelności 2 i 3 tak, aby rysy nie przecinały całej wysokości przekroju, należy ograniczyć obliczeniowy zasięg strefy ściskanej do wartości  $x_{min}$ , która ma być nie mniejsza niż 50 mm lub 0,2h (gdzie  $h$  oznacza wysokość przekroju elementu)

Tablica 4. Ograniczenie szerokości rys  $w_{k1}$  w klasie szczelności konstrukcji 1

| Wskaźnik ciśnienia $h_D/h$ [-]         | $\leq 5$ | 10    | 15   | 20    | 25   | 30    | $\geq 35$ |
|--|----------|-------|------|-------|------|-------|-----------|
| Maksymalna szerokość rys $w_{k1}$ [mm] | 0,20     | 0,175 | 0,15 | 0,125 | 0,10 | 0,075 | 0,05      |

Tablica 5. Minimalne zalecane grubości poszczególnych elementów białej wanny [6, 7]

|             | Klasa oddziaływania wody na konstrukcję (tablica 2) | Minimalna grubość [mm]    |                         |              |
|-------------|---|---------------------------|-------------------------|--------------|
|             |   | Beton układany na budowie | Elementy ścian          | Prefabrykaty |
| Ściany      | 1   | 240                       | 240                     | 200          |
|             | 2   | 200                       | 240 (200) <sup>1)</sup> | 100          |
| Płyta denna | 1   | 250                       | -                       | 200          |
|             | 2   | 150                       | -                       | 100          |

1) przy zastosowaniu specjalnej technologii betonu (np. płynna konsystencja, beton samoza- gęszczalny)

Musi być na tyle mały, by wystąpiło wystarczające stężenie roztworu wodorotlenku wapniowego reagującego z CO<sub>2</sub> z powietrza, a później krystalizacja CaCO<sub>3</sub> wypełniająca wnętrza rysy. CO<sub>2</sub> z powietrza musi też mieć możliwość wnikania do rysy. Wody gruntowe nie mogą zawierać związków kwaśnych rozpuszczających wapno, np. kwasów humusowych, kwasu węglowego, innych rozpuszczonych soli (zawartość rozpuszczonych substancji ≤ 40 mg/dm<sup>3</sup>, pH ≥ 5,5).

Założenia normowe w powyższym zakresie samouszczelnienia rys oczekują, że proces ten przebiegnie we względnie krótkim czasie. Istnieje jednak ryzyko, że przy braku wymienionych wyżej sprzyjających warunków będzie bardzo spowolniony lub nigdy nie osiągnie całkowitego efektu uszczelnienia. By takiemu zagrożeniu zapobiec, celowe jest użycie „aktywnych” domieszek do betonu wodoszczelnego, które powodują przyspieszenie procesu krystalizacji CaCO<sub>3</sub> wewnątrz rysy. Dają tym samym szansę na skuteczniejsze „wyleczenie” zarysowanej konstrukcji.

Dopełniając informacje niezbędne do formułowania założeń projektowych dla systemu białej wanny, warto jeszcze zwrócić uwagę na wymogi dotyczące grubości poszczególnych elementów białej wanny. Niemieckie wytyczne [6, 7] podają zalecane minimalne grubości poszczególnych elementów białej wanny – tablica 5. W projektowaniu konstrukcji białej wanny należy zwrócić szczególną uwagę na podział konstrukcji na poszczególne elementy, poszczególne działki robocze, sposób ich łączenia między sobą, sposób uszczelniania przerw roboczych i dylatacyjnych, rozmieszczenie elementów wymuszających zarysowanie itp. Istotne jest, by wydzielone poszczególne elementy konstrukcyjne nie wykazywały zbyt dużych wymiarów, które mogłyby sprzyjać wywoływanemu niekorzystnym naprężeniom powodującym w konsekwencji zarysowanie konstrukcji. W przypadku stosowania profili do rys wymuszonych, ich maksymalny rozstaw uzależniony jest od grubości i wysokości osłabianego elementu:  $R = h/2g$ , gdzie:  $R$  – rozstaw osiowy profili,  $h$  – wysokość osłabianego elementu,  $g$  – grubość elementu. Ustalając wymogi dla betonu, jako zasadniczego materiału w technologii białej wanny, nie można zapomnieć o wyznaczeniu jego podstawowej właściwo-

ści, czyli wodoszczelności. Wprowadzona w 2011 norma europejska PN-EN 12390-8 [11] opisuje metodę badania głębokości penetracji wody pod ciśnieniem. Jest ona odmienna od powszechnej do tej pory w Polsce metody wyznaczania stopnia wodoszczelności W2-W10. Polega ona na oddziaływaniu na próbkę betonową wody pod stałym ciśnieniem 0,5 MPa przez okres 72 godzin. Miarą odporności betonu na penetrację wody jest głębokość jej wniknięcia w strukturę próbki. Należy określić w przypadku białej wanny wymóg dla betonu, by głębokość penetracji wody nie była większa niż 50 mm w klasie 2 oddziaływania wody na konstrukcję, a w przypadku elementów w klasie 1 oddziaływania wody na konstrukcję (wody ciśnieniowej), nie większa niż 30 mm [1].

**dr inż. Grzegorz Bajorek**  
**Politechnika Rzeszowska**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**  
**mgr inż. Marta Kiernia-Hnat**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**  
**mgr inż. Wojciech Świerczyński**  
**konsultant firmy SIKA POLAND**

#### Literatura

- 1 Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Świerczyński W., Po co beton ma być wodoszczelny? „Budownictwo, Technologie, Architektura” 1/2015, s.76-78
- 2 Francke B., Metody oceny zdolności funkcyjnej uszczelnień w newralgicznych miejscach części podziemnych budynków w technologii „białej wanny”, „Materiały Budowlane” 3/2015, s. 7
- 3 Hohmann R., Joint Waterproofing for Watertight Concrete Systems and White Box Concepts, Sika Services AG, 2014
- 4 Bajorek G., Kiernia-Hnat M., Skrzypczak I., Wykonywanie robót betonowych nareszcie unormowane – PN-EN 13670:2011. Zagadnienia dotyczące betonu, „Budownictwo, Technologie, Architektura” 3/2012, s. 62-66
- 5 Bajorek G., Cele i rola pielęgnacji i ochrony młodego betonu, Konferencja „Dni Betonu – Tradycja i Nowoczesność” Wisła 13-15 października 2014, s. 263-276
- 6 DAFStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“
- 7 Freiman T., Regelungen und Empfehlungen für wasserundurchlässige (WU-)Bauwerke aus Beton, Beton-Informationen 3-4/2005, s.55-72
- 8 PN-EN 1992-3:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 3: Silosy i zbiorniki na ciecze
- 9 Halicka A., Jabłoński Ł., Klasa szczelności a zbrojenie zbiornika, „Inżynieria i Budownictwo” 3/2015, s. 146-150
- 10 PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 11 PN-EN 12390-8:2011 Badania betonu. Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem

Powiększenie 1,8x  
 Rozwartość rysy do 0,4 mm. Warunki laboratoryjne.

Źródło: R. Hohmann „Joint Waterproofing for Watertight Concrete System & White Box Concept” Sika AG 2014



3. dzień



5. dzień



9. dzień



13. dzień

foto: Archiwum audra