

Czy XA3 to najgorsze warunki eksploatacji betonowych studni kanalizacyjnych?

W artykule poruszono zagadnienie warunków eksploatacji betonowych studni kanalizacyjnych instalowanych w obrębie infrastruktury drogowej. Wśród tych najniekorzystniej oddziaływających na konstrukcję są obciążenia agresją chemiczną oznaczone indeksem XA.

Betonowe studnie kanalizacyjne o maksymalnym wymiarze przekroju poprzecznego 1250 mm (kołowe, eliptyczne lub prostokątne) wytwarzane są w Polsce w oparciu o normę *PN-EN 1917:2004 Studzienki włączowe i niewłączowe z betonu niezbrojonego, zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe* [1] wraz z późniejszymi poprawkami z roku 2006, 2007 i 2009. Dokument zawiera szereg wymogów jakościowo-trwałościowych niezbędnych do spełnienia przez producenta. Konstrukcje o większych wymiarach wprowadzane są do obrotu na rynek materiałów budowlanych na podstawie *Krajowych Ocen Technicznych* [2]. Wydające je jednostki oceny technicznej w większości przypadków powielają w nich zapisy normy [1], uzupełniając je o dodatkowe wymagania, np. mrozoodporności.

Wytyczne produktowe

Betonowe studnie produkowane, zgodnie z normatywnym [1], mogą być stosowane, w myśl zapisów normy pkt 4.3.9 *Warunki użytkowania*: „w warunkach wilgotnych lub warunkach oddziaływania środowiska chemicznego mało agresywnego”. „Szczególną uwagę należy zwrócić w przypadku, gdy przewidywane są trudniejsze warunki”. I dalej w uwagach normatywu czytamy: „definicje środowiska chemicznego mało agresywnego i środowiska chemicznego bardziej agresywnego można znaleźć w krajowych normach dotyczących betonu”.

Od 1 maja 2004 r., kiedy to Polska stała się członkiem Unii Europejskiej, nastąpił dynamiczny wzrost liczby inwestycji infrastrukturalnych w naszym kraju, w tym rozbudowy i budowy sieci kanalizacji deszczowo-sanitarnych. Zapewnienie minimalnych wymaganych spadków przewodów kanalizacyjnych gwarantuje właściwe, zgodne z przepisami, użytkowanie eksploatowanych

Does the exposure class XA3 account for the worst operating conditions for concrete sewage chambers?

The article discusses the issue of operating conditions for concrete sewage chambers installed within the road infrastructure. Among exposure classes with the most unfavourable impact on structures are aggressive chemicals marked with XA.

Keywords:

concrete sewage chambers, operating conditions, road, unfavourable impact

summary

odcinków sieci sanitarnych. W przypadku realizacji inwestycji w terenach górskich pojawia się problem nadmiernych spadków, mogących prowadzić do ponadnormatywnego ścierania wewnętrznych ścianek przewodów kanalizacyjnych oraz kinet betonowych studni transportowanym medium – szczególnie dla sieci deszczowych. Dobierając odpowiedni materiał rur oraz sposób ewentualnego zabezpieczenia betonowych kinet w studniach, można zapobiec ich nadmiernemu zużyciu. Odmienne sytuacja wygląda na terenach nizinnych – płaskich. Znaczne odległości od początkowych użytkowników sieci do oczyszczalni ścieków wymuszają na projektantach branży instalacyjnej dzielenie instalacji na odcinki, na końcu których umieszczane są przepompownie ścieków, piętrzące transportowane media. Właściwie dobrane parametry pomp (zaprojektowane pod rzeczywiste obciążenie) i tym samym uruchamiające się w tempie gwarantującym naturalne przepłukiwanie oraz przewietrzanie studni pomagają ograniczyć niebezpieczeństwo powstawania ognisk korozji biologicznej. W przypadku projektowania instalacji ciśnieniowych problematycznym fragmentem sieci są studnie rozprężne. W ich bezpośred-

niej bliskości w większości przypadków powstaje środowisko skrajnie agresywne dla betonu. Dostępna literatura techniczna [3-6] dokładnie opisuje proces powstawania korozji siarczanowej.

Wytyczne technologiczne

Norma PN-EN 206 [7] precyzuje zadania dla wszystkich stron procesu budowlanego, tj. specyfikującego, producenta i wykonawcy. W przypadku realizacji inwestycji infrastrukturalnych, takich jak sieci sanitarne, zadania specyfikującego pełni projektant sanitarny.

Zapisy „normy produktowej” [1] uzupełnione o lokalne warunki terenowe, mogące potencjalnie wpływać na powstawanie ognisk korozji biologicznej, odsyłają projektanta do normatywu [7], w którym to zapisano szereg obostrzeń, spełnienie których pozwala osiągnąć projektowaną trwałość.

Jest ona utożsamiana z projektowanym okresem użytkowania, rozumianym przez stan betonu w konstrukcji, odpowiadający wymaganiom eksploatacyjnym, pod warunkiem, że jest ona właściwie użytkowana. Normatyw [7] wprowadził radykalną zmianę w podejściu do sposobu projektowania betonu w porównaniu do swojej poprzedniczki [8]. W pierwszej kolejności projektant zobligowany jest określić tzw. klasy ekspozycji betonu związane z oddziaływaniem środowiska. Wśród tych najniekorzystniej oddziałujących na konstrukcję są obciążenia agresją chemiczną oznaczone indeksem XA i w zależności od wielkości opisane liczbą: 1 – mało agresywne, 2 – średnio agresywne lub 3 – silnie agresywne. Dla poszczególnych parametrów XA... normatyw podaje dopuszczalne wartości SO_4^{2-} [mg/l], pH [-], CO_2 [mg/l], NH_4^+ [mg/l], Mg^{2+} [mg/l]. Jednocześnie uzupełnia: „gdy dwie lub więcej agresywnych charakterystyk wskazuje na tę samą klasę, środowisko należy zakwalifikować do następnej, wyższej klasy (...)”. Dla najniekorzystniejszych warunków pracy konstrukcji betonowej opisanych klasą XA3 normatyw podaje wśród wymogów minimalny współczynnik woda/spoiwo (W/S) równy 0,45, analogicznie jak [1]. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku minimalnej klasy betonu wynoszącej C35/45 – odpowiadająca wytrzymałości betonu na ściskanie wynoszącej 40 MPa. Dodatkowo określono minimalną ilość cementu w 1 m³ mieszanki betonowej – 360 kg oraz, co nowe, wprowadzono konieczność stosowania cementów o wysokiej odporności na siarczany (HSR).

W przypadku przekroczenia wskazanych dopuszczalnych wartości w tzw. warunkach specjalnych normatyw [7] wskazuje na konieczność stosowania środków ochronnych w postaci powłok ochronnych. Podsumowując, norma [6] uznaje spełnienie wymagań trwałościowych przez konstrukcję betonową pod warunkiem „prawidłowo dobranej klasy ekspozycji” przez projektanta.

Sposoby zabezpieczania betonowych studni kanalizacyjnych przed agresją chemiczną.

Beton jest materiałem zasadowym. W nowo wzniesionych konstrukcjach odczyn pH betonu wynosi około 12,6. Pozwala to w procesie pasywacji chronić stal zbrojeniową w elementach żelbetonowych przed korozją. W miarę naturalnej karbonatyzacji spoiwa dwutlenkiem węgla z powietrza odczyn ten zmniejsza się. Jest to proces powolny, postępujący przez lata. Przyjmuje się, że poniżej wartości pH = 10,0-11,8 pasywna warstwa chroniąca stal przed korozją traci swoją stabilność [9, 10]. W przypadku obciążenia „chemicznego” destrukcja betonu postępuje zdecydowanie szybciej i liczona jest w miesiącach.

Surowcem, a tym samym pożywką do tworzenia środowiska agresywnego w sieci kanalizacyjnej, są transportowane media. Odczyn pH ścieków w wielu badaniach eksploatacyjnych osiągał odczyn pH neutralny, tj. około 6,5. W związku z powyższym nie stanowią one jakiegokolwiek zagrożenia dla betonu. Osady pozostawione na półkach i spocznikach oraz górnej części kinety w denicy z czasem ulegają fermentacji i przy udziale bakterii *Thiobacillus* zostają przetworzone do kwasu siarkowego. W ostatnich kilku latach autor miał kontakt z wieloma „próbami” zabezpieczenia betonowych studni przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska silnie agresywnego wewnątrz studni. Pierwszym rozwiązaniem jest wyłożenie kinet glazurowanymi kształtkami kamionkowymi (fot. 1).

Innym zbliżonym rozwiązaniem jest zastosowanie cegieł klinkierowych w konstrukcji kinety oraz półek spocznikowych. W myśl zasady, że o jakości łańcucha każdorazowo decyduje najsłabsze ogniwo, należy pamiętać, że w obu przedstawionych rozwiązaniach kształtki układane są na zaprawę na bazie cementu (fot. 2).

Realizowane są również kombinacje powyższych rozwiązań łączące kinety wyłożone glazurowanymi kształtkami kamionkowymi oraz półki spocznikowe ceglami kamionkowymi (fot. 3).

Próba zwiększenia jakości zabezpieczanych elementów studni poprzez zastosowanie materiałów o wyższej trwałości skłoniła część producentów do zastosowania zamiast ceramiki płytek bazaltowych, łączonych nadal na klej na bazie spoiwa hydraulicznego. W ten sposób wykonano zabezpieczenie dennicy (fot. 4) oraz płyty pokrywowej (fot. 5).

Innym podejściem do zabezpieczania wnętrza betonowych studni jest wyłożenie ich wnętrza wkładkami z tworzywa sztucznego (tzw. PREDL-a). Najczęściej stosowane są jedynie elementy denne zabezpieczające kinetę i półkę spocznika (fot. 6).

Większość przytoczonych powyżej prób zabezpieczenia wewnętrznej powierzchni betonowych studni ograniczała się do części dennicy mającej bezpośredni kontakt



Fot. 1. Dno dennicy wyłożone glazurowanymi kształtami kamionkowymi



Fot. 2. Dno dennicy wyłożone ceglami klinkierowymi



Fot. 3. Dno dennicy wyłożone glazurowanymi kształtami kamionkowymi oraz ceglami klinkierowymi



Fot. 4. Dno dennicy wyłożone płytkami bazaltowymi



Fot. 5. Spód płyty pokrywowej wyłożony płytkami bazaltowymi



Fot. 6. Dno dennicy wyłożone wkładką PREDL-a z tworzywa sztucznego

z transportowanym medium. Jak zauważono, odczyn pH ścieków w wielu badaniach kontrolnych osiągał odczyn pH neutralny, tj. około 6,5. W przypadku skroplin zbierających się na całej wewnętrznej powierzchni studni sytuacja wyglądała diametralnie odmiennie. Wielokrotnie ich odczyn osiąga wartości z zakresu $4,0 < \text{pH} < 1,0$.

Stąd też alternatywnym sposobem zabezpieczenia wnętrza studni jest nałożenie na jej wewnętrznej powierzchni powłok ochronnych z żywic epoksydowych. Rozwiązanie to jest najbardziej optymalne, gdyż umożliwia szczelnie pokrycie wnętrza studni materiałem w 100% odpornym na obciążenie środowiskowe do $\text{pH} = 1,0$ (fot. 7).

W celu zobrazowania wpływu różnych substancji chemicznych stosowanych w życiu codziennym człowieka na trwałość betonu w tab. 1 zestawiono ich średnie stężenia pH.

Ostatnim, najmniej inwazyjnym sposobem neutralizacji szkodliwych związków chemicznych jest aplikowanie do sieci kanalizacyjnej różnego rodzaju substancji, np. osadów lub zawiesin [11].

Przykłady błędnie wyspecyfikowanych i zrealizowanych inwestycji

W celu zobrazowania wpływu dobranych (najczęściej błędnie) klas ekspozycji w zrealizowanych drogowych inwestycjach infrastrukturalnych, autor zestawiał pięć budów na terenie trzech województw: opolskiego, dolnośląskiego oraz wielkopolskiego, w których wystąpiły poważne problemy trwałościowe z betonem. Dwie pierwsze realizacje wykonane w okolicy Wrocławia zostały poddane oględzinom po 2 latach od zakończenia budowy. Obie instalacje działają w systemie odcinków grawitacyjnych

zakończonych każdorazowo przepompowniami. Zamontowane włazy żeliwne w wersji szczelnej uniemożliwiają jakiegokolwiek przewietrzanie sieci z „kwasowych” oparów. Destrukcja wewnętrznej powierzchni studni objęła całą dennicę, kręgi oraz zwężki (fot. 8).

Beton na powierzchni został strukturalnie zniszczony – zneutralizowany. Materiał o wytrzymałości ponad 40 MPa można było usuwać szpachelką, a badanie skroplin z wnętrza konstrukcji wykonane papierkiem lakmusewym wykazało wartość odczynu pH około 1,0 (fot. 9).

Należy dodatkowo zauważyć, że zmiana wartości odczynu pH nie odbywa się liniowo, a logarytmicznie w stosunku do stężenia jonów odpowiedzialnych za kwasowość roztworu (H_3O^+), wg wzoru: $pH = -\log_{10} [H_3O^+]$. Przykładowa wartość $pH = 4$, wyliczana jest ze wzoru $pH = -\log(10^{-4})$, co oznacza różnicę jednego rzędu stężenia molowego jonów H_3O^+ , pomiędzy wartościami pH zmieniającymi się o 1,0 (przy założeniu wartości współczynnika aktywności o wartości 1,0).

Kolejne dwie inwestycje zrealizowane zostały w województwie opolskim. Pierwsza służyła „transportowaniu odcieku” na terenie oczyszczalni ścieków, druga stanowiła część sieci na terenie przepompowni ścieków sanitarnych. W obu przypadkach stwierdzono ponadnormatywne uszkodzenia powierzchni wewnętrznej betonu. Na potrzeby zorganizowanych spotkań z inwestorami w obu lokalizacjach oczyszczono ciśnieniowo reprezentatywne studnie, celem oceny wielkości zniszczeń – głębokość penetracji agresywnych mediów (fot. 10).

Wygląd powierzchni był tożsamy z widokiem powierzchniowego uszkodzenia betonowych elementów nawierzchni (kostki lub płyty) po nadmiernym zastosowaniu środków chemicznych do usuwania wykwitów. Z uwagi na ich główne składniki czynne – reagenty w postaci m.in. kwasu solnego, azotowego, fosforowego,



Fot. 7. Wnętrze studni z nałożoną warstwą żywicy epoksydowej (autor: Przemysław Łobodziec, McBauchemie)

mrówkowego – oddziałują one na powierzchnię betonową jak środowisko silnie agresywne [12].

Ostatnia, piąta realizacja, miała miejsce w Wielkopolsce w gminie, w której z uwagi na zwiększające się na przestrzeni ostatnich lat zagospodarowanie terenów pod zabudowę mieszkaniową, zaprojektowano, a następnie zrealizowano odcinki mieszanej sieci kanalizacyjnej, tj. grawitacyjnej z przepompowniami umiejscowionymi co kilka kilometrów przepompowniami. Problem okazała się wydajność pomp dobranych pod docelowe obciążenie sieci a pracujących obecnie na około 20-25% swoich możliwości. Zbyt rzadkie załączanie się pomp doprowadziło do osadzenia się znacznej ilości przefermentowanych osadów na półce – spoczynku dennicy (fot. 11).

Podsumowanie

Autor niniejszego artykułu wielokrotnie w trakcie spotkań z projektantami, inwestorami lub wykonawcami sieci kanalizacji sanitarnych słyszał argumenty, że zaprojektowane na klasę ekspozycji XA3 betonowe studnie nie mia-



Fot. 8. Strukturalne zniszczenie wnętrza betonowej studni kanalizacyjnej



Fot. 9. Pozostałość po betonie klasy C40/50 wraz z szacowaniem odczynu pH skroplin z wnętrza studni betonowej



Fot. 10. Wygląd ściany betonowej studni po ciśnieniowym oczyszczeniu wnętrza jej konstrukcji



Fot. 11. Wygląd półki – spocznika dennicy

Przykładowe wartości pH

Substancja	pH
1 M kwas solny	0
Kwas akumulatorowy	< 1,0
Kwas żołądkowy	1,5 – 2
Sok cytrynowy	2,4
Coca-cola	2,5
Ocet	2,9
Sok pomarańczowy	3,5
Piwo	4,5
Kawa	5,0
Herbata	5,5
Kwaśny deszcz	< 5,6
Mleko	6,5
Chemicznie czysta woda	7
Ślina człowieka	6,5 – 7,4
Krew	7,35 – 7,45
Woda morska	8,0
Mydło	9,0 – 10,0
Woda amoniakalna	11,5
Wodorotlenek wapnia	12,5
1 M roztwór NaOH	14

Tab. 1. Tabela wartości odczynu pH dla różnych substancji

ły prawa ulec strukturalnemu zniszczeniu od kontaktu ze ściekami. Beton zaprojektowany pod najniekorzystniejszą klasę ekspozycji XA3 teoretycznie powinien być odporny na wszystkie nietechnologiczne ścieki (z instalacji przemysłowych). Dopiero badanie odczynu pH potwierdziło, że standardowa eksploatacja kanalizacji sanitarnej w przypadku błędów projektowanych oraz kumulacji niekorzystnych warunków lokalnych może doprowadzić do sytuacji, w której proste bakterie z rodzaju *Thiobacillus* przekształcają przefermentowane osady do siarkowodoru H_2S i dalej do kwasu siarkowego H_2SO_4 . Materiał wysoce zasadowy, jakim jest młody beton, w kontakcie ze skrajnie kwasowymi związkami ulega neutralizacji, co oznacza początek końca życia konstrukcji studni. □

Pismienictwo

1. PN-EN 1917:2004+AC:2009 Studzienki wjazdowe i niewjazdowe z betonu niezbrojonego, z betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetonowe.
2. Krajowa Ocena Techniczna nr IBDiM-KOT-2018/0148 wydanie 2 z dnia 31.12.2021 r. Studzienki wjazdowe i niewjazdowe, betonowe i żelbetonowe do kanalizacji. Elementy studni szczelnych ZPB Kaczmarek do kanalizacji i odwodnienia.
3. Podraza Z.: Korozja siarczanowa jako realny problem sieci przewodów kanalizacyjnych. „Acta Sci Pol, Technica Agraria”, 13 (1-2)/2014, s. 41-48.
4. Wysocki L.: Trwałość betonowych kolektorów kanalizacyjnych. „Instal”, 4/2007, str. 67-70.
5. Cwalina B., Dzierżewicz Z.: Czynniki sprzyjające biologicznej korozji konstrukcji żelbetonowych (cz. I). „Przegląd budowlany”, 7-8/2007.
6. Jaroszyński Ł., Jaroszyński T.: Korozja betonu w obiektach gospodarki ściekowej – przyczyny i metody zapobiegania. <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/>.
7. PN-EN 206+A2:2021-08: Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
8. PN-B-06250:1988: Beton zwykły
9. Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.: Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych. Wrocław 2002.
10. Śmiercka G.: Trwałość prefabrykatów w gospodarce wodno-ściekowej – betonowe studnie szczelne ZPB Kaczmarek. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, 3/2012, s. 26-27.
11. <https://www.bestchem.com.pl/>.
12. Śmiercka G.: Jak i czym usuwać wykwity wapienne. „ZBI – Zakłady Betonowe International – 3/2019, s. 48-53.