

# Wyznaczniki trwałości betonu w obiektach oczyszczania ścieków

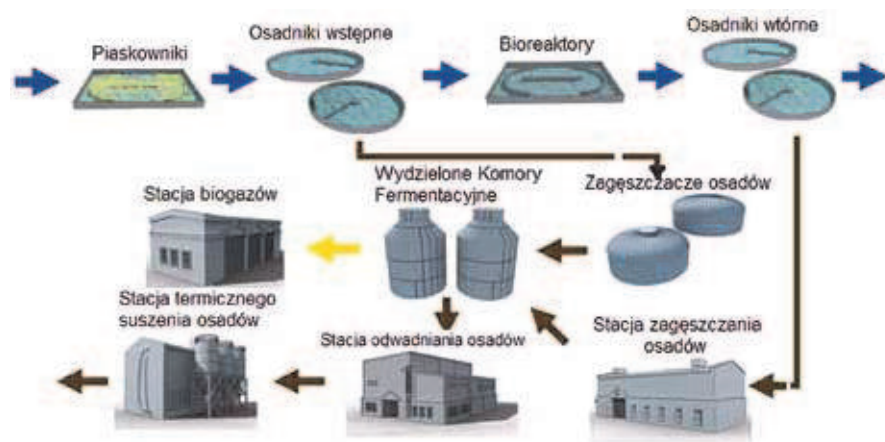
Prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak, Politechnika Poznańska

## 1. Wprowadzenie

Projektowanie i realizacja oczyszczalni ścieków należą do najbardziej skomplikowanych procesów inwestycyjnych. Na równie wysokim poziomie muszą pozostawać procesy mechanicznego, biologicznego oraz chemicznego oczyszczania ścieków, wyposażenie technologiczne oraz procesy budowlane, zapewniające trwałość konstrukcji prawie wyłącznie betonowej przy agresywnych oddziaływaniach wewnętrznych i zewnętrznych. Na procesy te nakładają się ogólne warunki ochrony środowiska wynikające z przepisów krajowych i międzynarodowych. Przepisy te okresowo się zmieniają, stąd zarówno projektanci, jak i wykonawcy nie w pełni się do nich stosują, co obniża spodziewaną funkcję użyteczności obiektu. Autor pełni funkcję konsultanta przy realizowanych inwestycjach i artykuł ma zwrócić uwagę na najczęściej występujące problemy interpretacyjne norm PN, PN-EN oraz warunków technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych związanych z obiektami oczyszczania ścieków.

## 2. Rodzaje obiektów oczyszczania ścieków i schemat powiązań technologicznych

Typowy ciąg przesyłania i oczyszczania ścieków stanowią następujące obiekty: kolektory i studnie na kolektorach, komora wlotowa, kratownia, piaskowniki, kanały dopływowe, osadniki wstępne, bioreaktory, osadniki wtórne oraz obiekty osadów



**Rys. 1.** Schemat technologiczny poznańskiej oczyszczalni ścieków; górny ciąg technologiczny obejmuje szeroko rozumiane oczyszczanie ścieków, dwa dolne przerobkę osadów z fermentacją i produkcją biogazu (opracowanie na podstawie AQUANET Poznań)

recykulowanych: zbiornik mieszania osadów zagęszczonych, zagęszczacze osadów, wydzielone komory fermentacyjne, zbiorniki osadu przefermentowanego. Obiekty te tworzą uporządkowany ciąg technologiczny pokazany na rysunku 1. Według pierwotnej wersji funkcjonowania oczyszczalni (uzgodnienia z lat dziewięćdziesiątych XX wieku i starsze jeszcze z XIX wieku) wszystkie obiekty oczyszczania ścieków pozostawały otwarte, za wyjątkiem wydzielonych komór fermentacyjnych (starsze i nowe betonowe WKF). W obiektach tych spodziewano się bardzo dużych zagrożeń korozyjnych, stąd powierzchnie wewnętrzne zbiorników betonowych uszczelniono najpierw wodną zawiesiną lateksową, a następnie szpachlowano zaprawą chemoodporną i pokrywano 3 warstwami powłok. W pozostałych obiektach o charakterze otwartym lub częściowo otwartym powłoki różnicowano w zależności od wielkości przewidywanych obciążeń korozyjnych. Początek XXI wieku wyznaczył znacznie większe wymagania trwałościowe, co znalazło odbicie w wielu nowych normach PN-EN [13–17], z których główne to PN-EN 197-1:2002, PN-EN 206.1 i PN-EN 12620:2004 (specyfikacja właściwości cementu i betonu), Eurokod 2 i PN-B-03264:2002 (cechy mechaniczne i rozwiązania konstrukcyjne) oraz PN-EN 1504 (ochrona betonu, zarządzanie trwałością). Normy te jednoznacznie formułują determinanty trwałości betonu wszelkich konstrukcji, w tym także w obiektach oczyszczania ścieków, przy czym za punkt odniesienia przyjmują obciążenia korozyjne konstrukcji.

## 3. Obciążenia korozyjne konstrukcji, ujęcie normowe i rzeczywistość występujące w oczyszczalniach

W cytowanej normie PN-EN 206.1 oddziaływanie środowiska sklasyfikowano jako klasy ekspozycji wyróżniając ze względu na agresję w stosunku do betonu 7 klas ekspozycji, a mianowicie:  
 X0 – brak zagrożenia,  
 XC – zagrożenie spowodowane karbonatyzacją,  
 XD – zagrożenie spowodowane chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (środki odładzające, woda przemysłowa),  
 XS – zagrożenie chlorkami z wody morskiej,

**Tabela 1.** Wartości graniczne klas ekspozycji XA dotyczących agresji chemicznej oraz granicznych właściwości betonu [15]

Charakterystyka chemiczna	XA1	XA2	XA3
Woda gruntowa			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/l	≥ 200 i ≤ 600	> 600 i ≤ 3000	> 3000 i ≤ 6000
PH	≤ 6,5 i ≥ 5,5	< 5,5 i ≥ 4,5	< 4,5 i ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> agres., mg/l	≥ 15 i ≤ 40	> 40 i ≤ 100	> 100 i do nasycenia
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg/l	≥ 15 i ≤ 30	> 30 i ≤ 60	> 60 i ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> , mg/l	≥ 300 i 1000	> 1000 i 3000	> 3000 i do nasycenia
Grunt			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/kg	≥ 2000 i ≤ 3000	> 3000 i 12000	> 12000 i ≤ 24000
Właściwości betonu			
Maksymalne w/c	0,55	0,50	0,45
Minimalne w/c	C30/37	C30/37	C35/45
Minimalna zawartość cementu kg/m <sup>3</sup>	300	320	360
Inne wymagania	–	Cement odporny na siarczan MSR lub HSR	

XF – zagrożenie korozją mrozową w obecności środków odładzających lub bez ich stosowania,

XA – zagrożenie korozją chemiczną (grunty naturalne lub woda gruntowa),

XM – zagrożenie agresją wywołaną ścieraniem.

Klasom środowiskowym przyporządkowano zalecane ograniczenia dotyczące składu i wybranych właściwości betonu. W normie podano, w zależności od klas ekspozycji, maksymalny stosunek w/c, minimalną klasę wytrzymałościową betonu, minimalną zawartość cementu w 1 m<sup>3</sup> betonu oraz rodzaj cementu przy silnej agresji chemicznej. Podane tutaj wartości uznać należy za graniczne, bezwzględnie przyjmowane przez projektanta konstrukcji i sprawdzane przez nadzór inwestorski.

Z punktu widzenia budowy obiektów oczyszczania ścieków istotne są obciążenia korozyjne pozwalające kwalifikować konstrukcję do klas ekspozycji XA1, XA2, XA3. Podstawą kwalifikacji do jednej z klas są zawartości, w mg/l, jonów SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, oraz poziom pH wód. O ile obciążenia korozyjne projektowanych obiektów mieszczą się w wyznaczonych przez normę przedziałach, o tyle można stosować materiałowo-strukturalną ochronę betonu [5] i przyjmować parametry betonu jak w tabeli 1. Jeśli obciążenia korozyjne są większe niż w tabeli 1, wymagane są powłoki ochronne w zakresie wyznaczonym przez PN-EN 1504. Podobnie szkodliwe są środowiska gazowe o zakresie oddziaływań jak pokazano w tabeli 4 i na rysunkach 2 i 3.

W normie PN-EN 206.1 po raz pierwszy w Polsce wprowadzono sformułowanie: projektowanie na trwałość wyrażoną w latach eksploatacji. Projektowana trwałość betonu zależy od przewidywanego okresu użytkowania, możliwego użytkowania konstrukcji w przyszłości, szczególnych środków ochrony, planowanego utrzymania podczas użytkowania oraz następstw uszkodzenia w określonym, lokalnym środowisku. Takie podejście jest właściwe, gdy okres użytkowania jest znacząco większy od 50 lat, konstrukcja jest specjalna i wymagane jest, aby prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia było małe, oddziaływania środowiska są szczególnie agresywne lub są dobrze zdefiniowane, powinna być budowana

znaczna liczba podobnych elementów. Metody projektowania betonu z uwzględnieniem jego trwałości to:

- metoda oparta na podstawie długookresowego doświadczenia z materiałami miejscowymi i praktyki oraz szczegółowej wiedzy o lokalnym środowisku,
- metody oparte na udokumentowanych badaniach, które są reprezentatywne dla rzeczywistych warunków,
- metody oparte na modelach analitycznych wyskalowanych na podstawie danych z badań reprezentatywnych dla rzeczywistych warunków występujących w praktyce.

W pierwszym kroku projektowania należy określić agresywne oddziaływanie środowisk. Określenie takie jest możliwe, jeśli prowadzone są badania pilotażowe nad agresywnością ścieków na poszczególnych etapach ich przesyłania i oczyszczania. Przykład wykorzystywania danych z pilotażowych oczyszczalni ścieków opisano w pracach [6, 7].

Jeśli badania takie nie są prowadzone, należy szukać analogii do innych przypadków lub przyjmować z góry wartości ekstremalne. Ścieki miejskie dopływające do oczyszczalni nie są szczególnie agresywne ze względu na ich duże rozwodnienie (zestawienie w tabeli 2), ale już ścieki przetworzone lub zagęszczone stanowią bardzo duże obciążenie korozyjne (tabela 3), mimo że powstały ze stosunkowo nieagresywnych ścieków miejskich. Podobnie silnie agresywne są środowiska gazowe, zwłaszcza siarkowodor, powodujący wyjątkowo duże zniszczenia konstrukcji betonowych w strefach nad ściekami.

Przykładowy wykres pomierzonych stężeń siarkowodoru w zbiorniku mieszania osadów pokazano na rysunku 2, a zniszczone fragmenty betonowej konstrukcji przepompowni na rysunku 3.

## 4. Trwały beton i jego determinanty

### 4.1. Materiałowo-strukturalna ochrona betonu

Znając stopień obciążeń korozyjnych (agresja chemiczna, zamarzanie – rozmrażanie, ścieranie itp.) określa się (tabela 1) klasę ekspozycji XA1, XA2 lub XA3, a następnie właściwości betonu. Jeśli obciążenia korozyjne mieszczą się w przedziałach

**Tabela 2.** Obciążenia korozyjne – ścieki miejskie – stopień agresywności i stopień redukcji po wyjściu z oczyszczalni

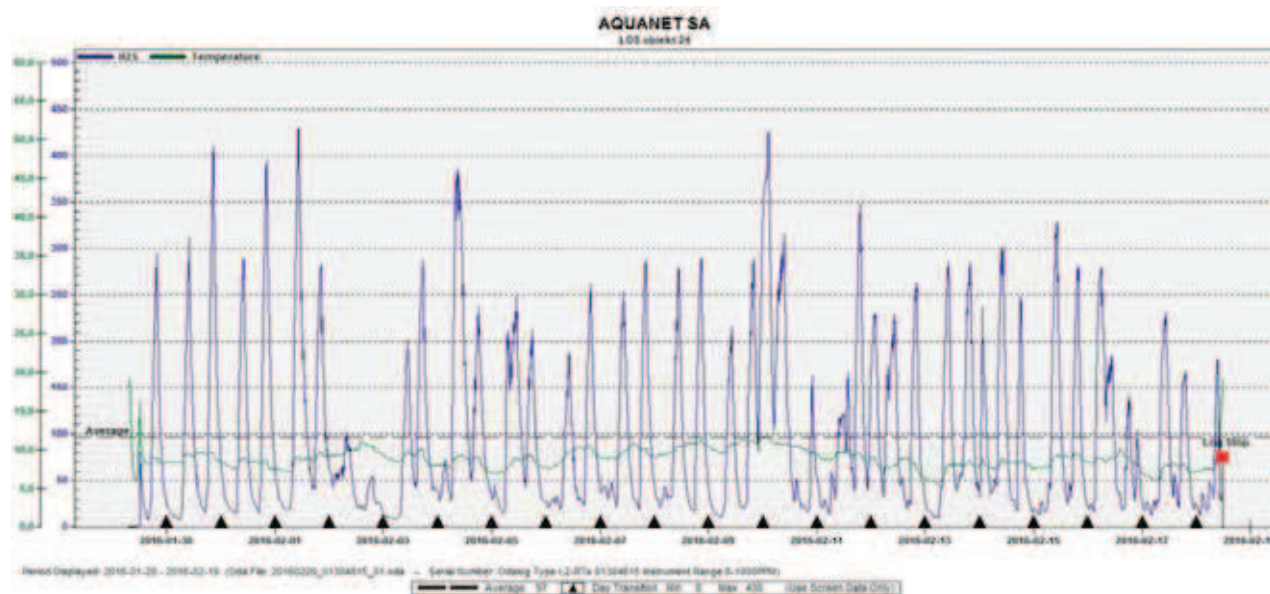
Lp.	Rodzaj oznaczenia	Jedn.	Wartość			Stopień redukcji do
			min.	maks.	średnie	
1.	Odczyn	pH	7,3	8,1	8,1	6,5–9
2.	Azot amonowy NH <sup>4+</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	11,7	36,5	20,4	6
3.	Azot azotyn	mg/dm <sup>3</sup>	0,0	0,73	0,4	-
4.	Azot ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	30,2	70,3	42,2	30
5.	Fosfor ogólny	mg/dm <sup>3</sup>	2,2	8,6	5,0	5
6.	Chlorki	mg/dm <sup>3</sup>	65,0	185,0	100,8	1000
7.	Siarczany	mg/dm <sup>3</sup>	100,0	200,0	152,0	500
8.	Kwasy tłuszczowe	mg/dm <sup>3</sup>	17,0	175,0	60,0	50

**Tabela 3.** Charakterystyka osadów z zamkniętych komór fermentacyjnych [mg/dm<sup>3</sup>]

Lp.	Rodzaj oznaczenia	Ilość
1.	Odczyn pH	5–7,1
2.	Kwasy tłuszczowe	4000–6000
3.	NH <sup>4+</sup>	195–1900
4.	Siarczki	17

**Tabela 4.** Oddziaływanie gazowego siarkowodoru w zależności od jego stężenia [18]

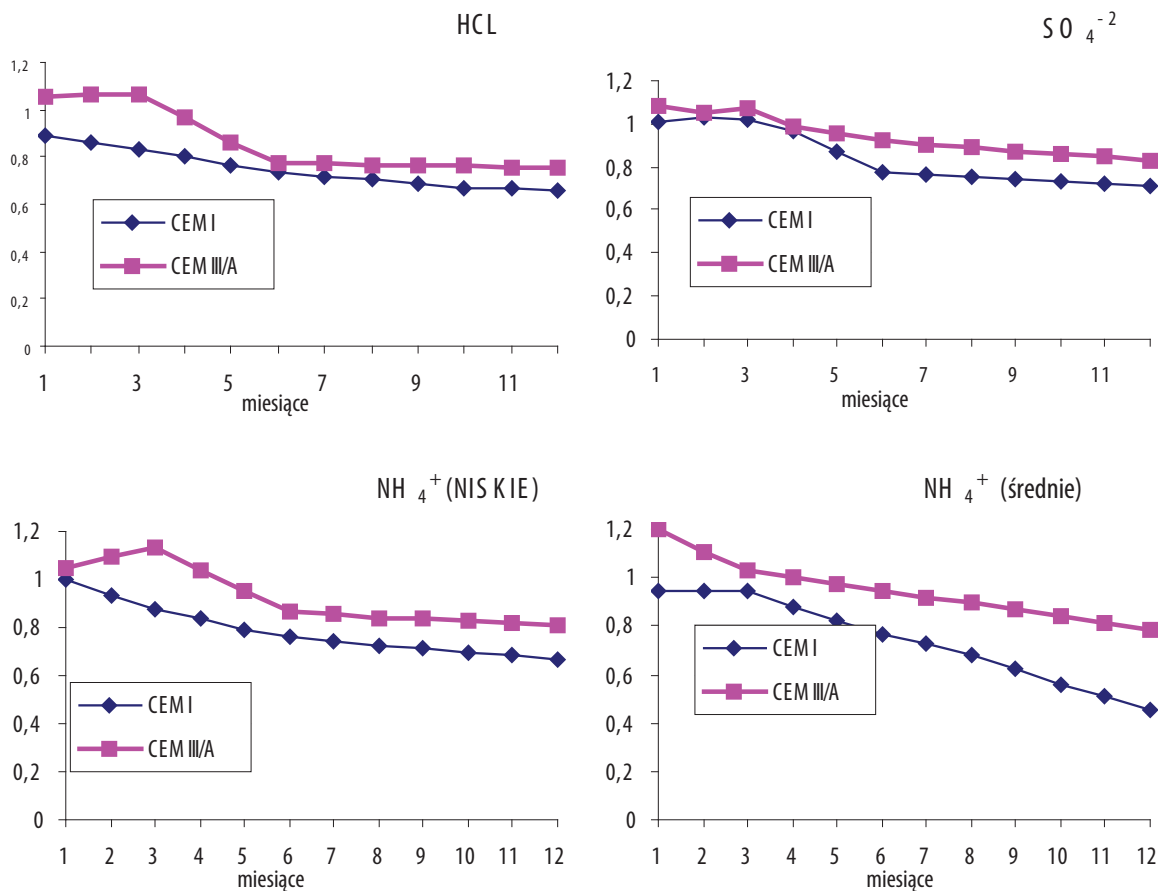
Oz.	Przedział stężeń m <sup>3</sup> powietrza	Charakter oddziaływania
A	do 0,1 mg H <sub>2</sub> S	oddziaływanie słabe (I <sub>a</sub> )
B	> 0,1 do 5 mg H <sub>2</sub> S	oddziaływanie średnie (m <sub>a</sub> )
C	> 5 do 100 mg H <sub>2</sub> S	oddziaływanie silne (h <sub>a</sub> )
D	> 100 mg H <sub>2</sub> S	katastrofalnie silne (k <sub>a</sub> )


**Rys. 2.** Pomiar stężeń siarkowodoru w zbiorniku mieszania osadów; wartość średnia przekracza obciążenia katastrofalnie silne (> 100 ppm), a ekstremalne przekraczają 400 ppm

podanych w tabeli 1, mamy do czynienia z materiałowo-strukturalną ochroną betonu.

W materiałowo-strukturalnej ochronie betonu ważną rolę odgrywa wartość *w/c*, szczelność, mrozoodporność, ale także rodzaj cementu. Należy stosować cementy powszechnego użytku z dodatkami mineralnymi (cement popiołowy CEM II/B-V32,5N, R HSR; cement pucolanowy CEM IV/A, B; cement hutniczy CEM III/A, B; cement wieloskładnikowy CEM V/A, B) lub, w przypadku klas ekspozycji XA2 i XA3 cementy specjalne, siarczanoodporne. Przydatność cementów do określonych konstrukcji opisali autorzy prac [2, 9]. Odporność korozyjna


**Rys. 3.** Właz do przepompowni ścieków i korozja betonu stropu i zbrojenia od spodu



**Rys. 4.** Wartości współczynników odporności korozyjnej OK w zależności od czasu, rodzaju cementu i agresywności środowiska [5]

zmienia się wraz z upływem czasu, o czym świadczą wartości współczynników odporności korozyjnej podane na rysunku 4. Jest to brane pod uwagę zarówno przy modyfikacjach właściwości betonu, jak i określaniu cykli remontowych.

**4.2. Specyfikacja cech betonu niezabezpieczonego powłokami**

Każdy nowy obiekt betonowy związany z przesyłaniem i oczyszczaniem ścieków powinien być przeanalizowany pod kątem specyfikacji cech betonu. Najczęściej równocześnie występuje kilka rodzajów obciążeń, np.:

- korozja spowodowana chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej (np. z środków odladzających nawierzchnie), obiekty mokre, klasa ekspozycji XD2;
- korozja spowodowana agresją chemiczną typu:  $SO_4^{2-} \leq 3000 \text{ mg/l}$ ,  $pH < 4,5$ ;  $NH_4^+ \leq 100 \text{ mg/l}$ , klasa ekspozycji XA3;
- korozja spowodowana ścieraniem (np. powierzchnie przelewów), klasa ekspozycji XM3.

Posługując się tabelą 5 specyfikuje się cechy betonu właściwe dla odpowiedniej klasy ekspozycji. a następnie wybiera beton o najwyższych właściwościach.

Wymagane cechy betonu są następujące:

- beton klasy C 35/45 o  $w/c \leq 0,45$ ;

- cement siarczanoodporny CEM III A 42,5 lub HSR 42,5 w ilości  $360 \text{ kg/m}^3$ ,
- kruszywa grube łamane bazaltowe,
- nasiąkliwość betonu  $\leq 5\%$ ,
- wodoszczelność  $\geq W10$ .

O ile występuje strefowe zagrożenie zarastania betonu błoną biologiczną z możliwością rozwoju tam kolonii bakterii siarkowych, o tyle należy stosować pasmową ochronę betonu.

**4.3. Specyfikacja cech betonu zabezpieczonego powłokami**

Prowadząc rozważania w duchu normy PN-EN 206.1, należałoby zwrócić uwagę, iż dla środowiska o  $pH < 4$  ochrona materiałowo-strukturalna nie jest wystarczająca. Zabezpieczenie betonu o wymaganiach jak dla klasy XA3 stanowią powłoki ochronne nakładane zgodnie z normą PN-EN 1504 – 2.

O ile charakterystyki chemiczne ścieków wykraczają poza wartości podane w tabeli 1, np.  $SO_4^{2-} > 6000 \text{ mg/l}$ ,  $pH < 4$ ,  $NH_4^+ > 100 \text{ mg/l}$ , o tyle należy stosować powłoki nakładane na beton lub alternatywnie zastosować inne spoiwo niż cement (np. żywica epoksydowa i betony żywiczne) lub konstrukcje betonowe pokryć natryskowo polimocznikami czy wyłożyć laminatami żywicznymi wzmocnionymi włóknem szklanym. Szczególnie korzystne jest nałożenie najnowszych powłok wielofunkcyjnych spełniających kryteria jak na rysunku 5.

**Tabela 5.** Zestawienie cech betonu w stosunku do określonej klasy ekspozycji betonu

Klasa ekspozycji \ Cechy	W/C	Minimalna klasa betonu	Ilość cementu kg/m <sup>3</sup> betonu
XD2	0,55	C 30/37	300
<b>XA3</b>	<b>0,45</b>	<b>C 35/45</b>	<b>360<sup>1)</sup></b>
XM3	0,45	C 35/45	320 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> cement siarczanoodporny,

<sup>2)</sup> kruszywo odporne na ścieranie.

Praktyka wykazuje, iż w przypadku obciążeń korozyjnych większych niż podanych dla XA3 należy wykonać także wysokowartościowy beton o cechach jak np. opisany w [10]:

- klasa wytrzymałościowa C40/50,
- wskaźnik  $w/c \leq 0,40$  + plastyfikator,
- cement CEM II/B-S 52,5, 380 kg/m<sup>3</sup>,
- kruszywa frakcjonowane o szczelnym stosie okrucowym 1940 kg/m<sup>3</sup>,
- nasiąkliwość  $\leq 4,5\%$ ,
- wodoszczelność W12

zabezpieczony następnie powłokami odpornymi na zbadane środowiska agresywne.

Na beton stykający się ze ściekami należy nakładać wielowarstwowe i wielofunkcyjne powłoki ochronne typu polimocznikowego jak wprowadzony niedawno MasterSeal 7000 CR czy starsze Inertol Poxitar lub Icosit 277 ewentualnie wykładziny poliestrowe wzmocnione włóknem szklanym. Zagadnienie to przeanalizowano szczegółowo w pracach [5, 7, 10, 11]. Minimalną użytkową grubość powłoki ochronnej i jej rysoodporność (zdolność do mostkowania rys) można wyznaczyć według zasad opisanych w pracach [3, 4].

#### 4.4. Trwałość żelbetu – współzależność stal-beton

Eurokod 2 definiuje warunki, które musi spełniać trwała konstrukcja żelbetowa, ale w przypadku oddziaływania agresywnych obciążeń chemicznych zaleca podejście praktyczne, wynikające z dotychczasowych doświadczeń krajowych [12]. Odnieść się więc można do zaleceń w tym względzie normy PN-B-03264:2002. W rozdziale 4.5 Trwałość konstrukcji zalecono przy projektowaniu konstrukcji z betonu uwzględnienie klas ekspozycji takich jak w normie PN-EN 206-1 i przyjmowanie odpowiednich klas betonu. Zalecono także, aby graniczne szerokości rys uwzględniały klasy ekspozycji jak w tabeli 6. Od klas ekspozycji uzależniono także minimalne grubości otulenia prętów podane w tabeli 7.

Minimalne grubości otulenia powinny być zwiększone co najmniej o 5 mm w elementach o nierównej lub porowatej powierzchni.

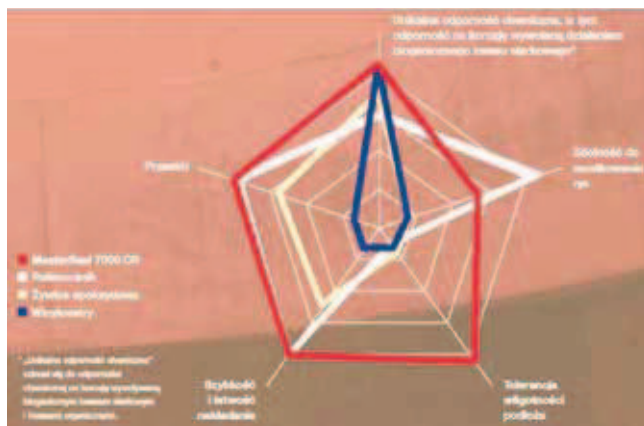
Jeśli beton układany jest wprost na podłożu gruntowym, to grubość otulenia nie powinna być mniejsza od 75 mm. W środowisku agresji chemicznej (XA) należy przyjmować grubość otuliny jak przy karbonatyzacji lub dyfundujących chlorkach z możliwością pogrubienia otuliny o  $\Delta c = 5-10$  mm w elementach betonowanych na budowie. W normie zalecono także, dla ochrony zbrojenia, nakładanie powłok ochronnych na beton, ale nie sprecyzowano warunków ich nakładania.

## 5. Podsumowanie

Podsumowując informacyjne zamierzenia autora, można powiedzieć, że celem publikacji jest zwrócenie uwagi decyzytom i projektantom, a w konsekwencji także i służbom nadzoru inwestorskiego na podstawowe wymagania, jakie należy uwzględnić, by zaprojektować trwałe konstrukcje. W praktyce zdarzają się wprawdzie odstępstwa od wymagań, które mogą być wynikiem działań przypadkowych, takich jak ukryte wady materiałowe, niedociągnięcia wykonawstwa, nieprzewidziane oddziaływania korozyjne ścieków, a nawet pewne wpływy atmosferyczne itp., natomiast nie mogą one wynikać z niewiedzy inżyniera budowlanego. Problem polega jedynie na tym, by w odpowiednim czasie właściwie skojarzyć wiele informacji i wymagań zawartych w różnych źródłach. Próba takiego podejścia jest niniejszy artykuł.

Ujęta w artykule problematyka przedstawia inżynierowi budowlanemu aktualne uwarunkowania projektowania obiektów oczyszczania ścieków z uwzględnieniem zaleceń podstawowych norm PN-EN. Omawiane normy zawierają szereg zapisów, co szczegółowo przedstawiono w artykule, które często są niedostrzegane lub pomijane w różnych fazach procesu inwestycyjnego.

Należy również zdawać sobie sprawę z tego, iż w normach mogą wystąpić także pewne luki odnośnie specyfiki danego obiektu pozostawione do rozwiązania projektantowi. Na przykład norma PN-EN 1504-2 nie specyfikuje wyraźnie wymagań ilościowych co do właściwości powłok, zalecając jedynie dla odporności chemicznej obowiązkowe określenie reakcji na silną agresję chemiczną (EN 13 529) i przyczepność przy odrywaniu (EN 1542). Dla niektórych zamierzonych zastosowań należy określać także skurcz liniowy, wytrzymałość na ściskanie, współczynnik rozszerzalności cieplnej, przyczepność metodą nacinięcia itp. Normy nie zalecają także badań przepuszczalności przez powłokę gazowego H<sub>2</sub>S, co jest wyraźnym brakiem tej normalizacji odnośnie obiektów oczyszczania ścieków. Wprawdzie norma PN-EN 1504-9 zwraca uwagę na możliwość wytwarzania przez bakterie w ściekach kwasów



**Rys. 5.** Porównanie cech 4 najczęściej stosowanych w oczyszczalniach powłok z uwzględnieniem spełnienia 5 kryteriów (wilgotność podłoża, szybkość nakładania, przestój w aplikacji, odporność chemiczna, przesklepienie rys) w ujęciu [11]

**Tabela 6.** Graniczne szerokości rys  $w_{lim}$  w konstrukcjach żelbetowych wg PN-B-03264:2002

Wymagania użytkowe	Klasa ekspozycji	$w_{lim}$ mm dla kombinacji obciążeń długotrwałych
Ochrona przed korozją	X0 XC1 XC2 XC3 XC4 XF1 XF3	0,3
	XD1 XD2 XD3 XS1 XS2 XS3 XF2 XF4 XA1 XA2 XA3	0,2
Zapewnienie szczelności		0,1 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> jeżeli przepisy szczegółowe nie stanowią inaczej.

**Tabela 7.** Minimalne grubości otulenia prętów i zalecenia dotyczące jakości betonu ze względu na korozję wg PN-B-03264:2004

Klasa ekspozycji wg tabeli 6		Przyczyna korozji											
		brak	karbonatyzacja					chlorki			chlorki z wody morskiej		
			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Minimalna grubość otulenia $c_{min}$ (mm)	stal zwykła	10	15	20	25	40	40			40			
	stal sprężająca	15	20	30	35	50	50			50			
Minimalna klasa betonu		C12/15	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C35/45	
Maksymalny stosunek w/c		–	0,65	0,60	0,60	0,50	0,55	0,55	0,45	0,50	0,45	0,45	
Minimalna zawartość cementu kg/m <sup>3</sup>		–	260	280	280	300	300	300	320	300	320	340	

lub siarczanów inicjujących korozję betonu i zbrojenia, ale pozostawia ten problem do rozwiązania producentom powłok, którzy powinni określić właściwe warunki ich stosowania. Kolejna norma PN-EN 1504–10 odnośnie powłok zaleca przyjmować grubość, temperaturę aplikacji, wilgotność podłoża i otoczenia zgodnie ze specyfikacją przygotowaną właśnie przez projektanta zabezpieczeń i producenta wyrobu.

**Praca została wykonana w ramach tematu Instytutu Konstrukcji Budowlanych: DSPB/0801.**

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Czarnecki L., Łukowski P., Wdrażanie normy PN-EN 1504–9 do stosowania w Polsce, Materiały Budowlane, 2/2010, str. 2–5  
 [2] Giergiczyński Z., Pużak T., Sokołowski M., Dobór cementu do określonych klas ekspozycji zawartych w normie PN-EN 2006–1 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości produkcyjna i zgodność, Konferencja Dni betonu, Wisła, 2004, str. 227–239  
 [3] Głodkowska W., Podstawy i metoda doboru właściwości kompozytów do napraw i ochrony betonu, Uczelniane Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2003  
 [4] Głodkowska W., Forecasting crack resistance of short-and long-term loaded coatings. ACME Journal, tom XI, 1/2011, str. 33–44  
 [5] Jasiczak J., Materiałowo-strukturalna ochrona betonu w obiektach oczyszczania ścieków, Materiały Budowlane, 9/2003, str. 5–8  
 [6] Jasiczak J., Kształtowanie właściwości betonu w obiektach przesyłania i oczyszczania ścieków sanitarnych, Konferencja Dni betonu, Wisła, 2004, str. 551–567

[7] Jasiczak J., Jaroszyński T., Wymagany zakres badań laboratoryjnych niezbędnych do właściwego zaprojektowania żelbetowych obiektów oczyszczalni ścieków i celowego doboru powłok ochronnych, Konferencja Dni betonu, Wisła, 2006, str. 637–653  
 [8] Jasiczak J., Jaroszyński T., Projektowanie betonowych obiektów oczyszczania ścieków z uwzględnieniem ich trwałości, Materiały Budowlane, 11/2006, str. 4–9  
 [9] Praca zbiorowa pod kierunkiem L. Czarneckiego, Beton według normy PN-EN 206–1. Komentarz, Polski Cement i PKN, Kraków – Warszawa, 2004, str. 298  
 [10] Wojciechowski B., Grabarczyk P., Żelbetowe rury przeciskowe pokrywane powłoką żywiczną, Konferencja Dni betonu, Wisła, 2004, str. 979–990  
 [11] Słasiadek J., MasterSeal 7000 CR – Innowacja BASF, Seminarium BASF 22–23 marca 2018 pn. Ochrona zbiorników w oczyszczalniach ścieków  
 [12] Praca zbiorowa pod redakcją A. Ajdukiewicza, EUROKOD 2. Podręczny skrót dla projektantów konstrukcji żelbetowych, SPC Kraków, 2009, str. 188  
 [13] PN-EN 197–1:2002 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku ze zmianą PN-EN 197–1:2002/A1 wprowadzoną w styczniu 2005  
 [14] PN-EN 12620:2004 Kruszywa do betonu z poprawką PN-EN 12620:2004/AC wprowadzona w grudniu 2004  
 [15] PN-EN 206–1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność  
 [16] PN-B-03264:2002: Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie z uzupełnieniem PN-B-03264:2002/Ap1 z grudnia 2004  
 [17] PN-EN 1504 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji z betonu. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności  
 [18] PN-80-B-01800 Klasyfikacja i określenie środowisk

**Za publikację w miesięczniku „Przegląd Budowlany”  
uzyskuje się 5 punktów**

zgodnie z komunikatem MNiSW z dnia 23.12.2015 roku, wykaz B, pozycja 1381.