

---

**Katalog  
Cyfrowych  
Narzędzi  
Mostowych**

---

**CNM-09-20-01**

**Wyznaczanie  
grubości otulenia  
zbrojenia i otulenia  
kabli sprężających**

---

---

# Katalog Cyfrowych Narzędzi Mostowych

---

## **CNM-09-20-01** Wyznaczanie grubości otulenia zbrojenia i otulenia kabli sprężających

---

Przedmiotowe opracowanie nie stanowi przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu art. 7 ustawy – Prawo budowlane i zgodnie z art. 17 ust. 4 ustawy o drogach publicznych, przeznaczone jest do dobrowolnego stosowania.

Spis opracowań z serii wzorce i standardy oraz informacje na temat ich nowelizacji znajdują się w dokumencie głównym zatytułowanym „Powiązanie wymagań technicznych dotyczących drogowych obiektów inżynierskich z narzędziami cyfrowymi”.

---

Opracował Zespół w składzie: Janusz RYMSZA – Koordynator realizacji przedmiotu zamówienia  
Marek SALAMAK – Kierownik Zespołu  
Grzegorz WANDZIK

Jednostka odpowiedzialna: Ministerstwo Infrastruktury  
Departament Dróg Publicznych  
ul. Chałubińskiego 4/6  
00-928 Warszawa

---

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020.



**Rzeczpospolita  
Polska**

**Unia Europejska**  
Fundusz Spójności



---

## Spis treści

<b>1</b>	<b>PRZEDMIOT, ZAKRES I PODSTAWY IMPLEMENTACJI NARZĘDZIA .....</b>	<b>1</b>
1.1	PRZEDMIOT .....	1
1.2	ZAKRES .....	1
1.3	PODSTAWY .....	1
1.4	NAJWAŻNIEJSZE DEFINICJE .....	1
<b>2</b>	<b>OPIS NARZĘDZIA .....</b>	<b>2</b>
2.1	WPROWADZENIE .....	2
2.2	DANE WEJŚCIOWE .....	2
2.3	ALGORYTM PRZETWARZANIA .....	3
2.4	OGRANICZENIA NARZĘDZIA .....	4
2.5	RAPORT .....	4
<b>3</b>	<b>PRZYKŁAD DZIAŁANIA PROGRAMU .....</b>	<b>5</b>
3.1	DANE WEJŚCIOWE .....	5
3.2	ANALIZA GRUBOŚCI OTULINY .....	5
	<b>ZAŁĄCZNIKI .....</b>	<b>7</b>
	ZAŁĄCZNIK NR 1. RAPORT Z WYNIKAMI DZIAŁANIA NARZĘDZIA .....	7

# 1 Przedmiot, zakres i podstawy implementacji narzędzia

## 1.1 Przedmiot

Przedmiotem zaimplementowanego narzędzia cyfrowego, oznaczonego w Katalogu Cyfrowych Narzędzi Mostowych jako **CNM-09**, jest wyznaczanie grubości otulenia zbrojenia i otulenia kabli sprężających.

## 1.2 Zakres

Narzędzie służy do wyznaczania grubości otulenia zbrojenia w elementach żelbetowych i ciągach w konstrukcjach sprężonych (strunobetonowych i kablobetonowych).

Grubość otulenia wyznaczana jest z wykorzystaniem zaleceń określonych w rozdziale 4 normy PN-EN 1992-1-1 [1] z uwzględnieniem uzupełnień z analogicznego rozdziału normy PN-EN 1992-2 [2].

Narzędzie pozwala wyznaczyć nominalną grubość otulenia zalecaną do zastosowania w elemencie uwzględniając wymagania związane z:

- uzyskaniem odpowiedniej przyczepności zbrojenia do betonu,
- uzyskaniem wymaganej trwałości (ochroną przed korozją).

Narzędzie **nie uwzględnia wymagań związanych z ognioodpornością**. Narzędzie nie pozwala na uwzględnianie wpływu agresywnych czynników chemicznych związanych z oddziaływaniem kwasów, zasad i soli.

## 1.3 Podstawy

Podstawą formalną jest umowa nr DDP-POPT-U-96/18 z dnia 18.10.2018 r. zawarta w Warszawie między konsorcjum, którego liderem jest Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie a Skarbem Państwa – Ministrem Infrastruktury.

### 1.3.1 Normy

- [1] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków. PKN Warszawa 2008.
- [2] PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne. PKN Warszawa 2010.

## 1.4 Najważniejsze definicje

**Otulina.** Najmniejszą odległość pomiędzy powierzchnią zbrojenia i powierzchnią betonu.

**Otulina ze względu na przyczepność.** Odległość pomiędzy powierzchnią zbrojenia i powierzchnią betonu zapewniająca bezpieczne przekazanie naprężeń stycznych (sił przyczepności) pomiędzy prętem zbrojeniowym i betonem.

**Otulina ze względu na trwałość.** Odległość pomiędzy powierzchnią zbrojenia i powierzchnią betonu zapewniająca długotrwałą ochronę stali zbrojeniowej przed wpływem warunków środowiska (ochrona przed korozją).

**Otulina nominalna.** Odległość pomiędzy powierzchnią zbrojenia i powierzchnią betonu zapewniająca spełnienie warunków przyczepności i trwałości oraz uwzględniająca możliwość wystąpienia odchyłek.

**Klasa ekspozycji betonu.** Sposób zdefiniowania zagrożenia czynnikami zewnętrznymi wpływającymi na trwałość betonu lub elementu z betonu:

- XC – zagrożenie korozją spowodowaną karbonatyzacją,
- XD - zagrożenie korozją spowodowaną chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej,
- XS – zagrożenie korozją spowodowaną chlorkami pochodzącymi z wody morskiej).

## 2 Opis narzędzia

### 2.1 Wprowadzenie

Narzędzie CNM-09 umożliwia wyznaczanie grubości otuliny zbrojenia w elementach żelbetowych i cięgien w elementach sprężonych (strunobetonowych i kablobetonowych). Wyznaczanie grubości otuliny przeprowadzane jest zgodnie z zaleceniami sformułowanymi w normach należących do systemu Eurokodów: PN-EN 1992-1-1 [1] i PN-EN 1992-2 [2].

Narzędzie CNM-09 ułatwia prawidłowe uwzględnienie wszystkich wymagań, pozwala na szybkie określenie klasy konstrukcji i wymiennie skraca czas wyznaczenia niezbędnej grubości otulenia betonem.

### 2.2 Dane wejściowe

Narzędzie wyposażone jest w interfejs obsługiwany z poziomu dowolnej przeglądarki internetowej. Dane wprowadzane przez użytkownika podzielone są na 4 główne grupy:

- dane ogólne (typ elementu i rodzaj zbrojenia),
- dane niezbędne do określenia otuliny ze względu na przyczepność,
- dane niezbędne do określenia otuliny ze względu na trwałość,
- dane związane ze spodziewanymi odchyłkami otuliny.

#### 2.2.1 Dane ogólne

Grupa danych ogólnych obejmuje dwie podstawowe informacje dotyczące typu elementu (żelbetowy, strunobetonowy lub kablobetonowy) i rodzaju zbrojenia. Lista wyboru z rodzajami zbrojenia jest dostosowywana do typu elementu.

#### 2.2.2 Otulina ze względu na przyczepność

Do ustalenia minimalnej wielkości otuliny ze względu na przyczepność  $c_{min,b}$  wykorzystywane są średnice prętów, cięgien lub wymiary kanału kablowego w przypadku konstrukcji kablobetonowych. Podstawą obliczenia wartości  $c_{min,b}$  są wymagania określone w punkcie 4.4.1.2 (3) normy [1]. Moduł pozwala również na uwzględnienie wymaganego powiększenia otuliny o 5 mm w przypadku stosowania kruszywa o nominalnym wymiarze ziaren powyżej 32 mm.

#### 2.2.3 Otulina ze względu na trwałość

Do ustalenia wielkości otuliny ze względu na trwałość wykorzystywane są zalecenia sformułowane w punkcie 4.4.1.2 normy PN-EN 1992-1-1 [1]. Punkt wyjścia stanowi **minimalna wartość otuliny ze względu na trwałość**  $c_{min,dur}$  wyznaczana na podstawie 3 wielkości:

- rodzaju zbrojenia (zbrojenie zwykłe, zbrojenie sprężające),
- klas ekspozycji XC, XD i XS (wpływu środowiska),
- klasy konstrukcji.

Źródłem wartości liczbowych  $c_{min,dur}$  są tablice 4.4N (zbrojenie zwykłe) i 4.5N (zbrojenie sprężające) normy [1]. Wybierana jest najmniejsza wartość spełniająca wymagania wszystkich spodziewanych klas ekspozycji.

**Rodzaj zbrojenia** przypisany jest do typu elementu, tj. aby wyznaczyć otulinę zbrojenia zwykłego w elemencie sprężonym należy w danych ogólnych wybrać element żelbetowy.

**Klasy ekspozycji.** Użytkownik ma możliwość wyboru intensywności czynników wpływających na trwałość dla trzech grup klas ekspozycji XC, XS i XD. Podczas wyboru klas (w postaci podpowiedzi) podawane są warunki skłaniające do przyjęcia poszczególnych klas ekspozycji. Ze względu na brak powszechnie obowiązujących wytycznych odnoszących się do klas ekspozycji XF (wielokrotne zamrażanie/odmrażanie) i XA (agresywne substancje) nie uwzględniane jest ewentualne powiększenie otuliny związane z występowaniem tego typu warunków.

**Klasa konstrukcji.** Podstawową możliwością jest **automatyczne określenie klasy konstrukcji** na podstawie założeń zdefiniowanych w punkcie 4.4.1.2 (5) – tablica 4.3N. W tym celu uwzględniane są: klasa wytrzymałości betonu, klasa ekspozycji, projektowany okres użytkowania (50 lub 100 lat), rodzaj elementu (element w kształcie płyty) i specjalna kontrola betonu. Użytkownik ma również możliwość wymuszenia klasy konstrukcji (opcja ta jest dopuszczona, choć nie jest zalecana).

Wymagana minimalna klasa wytrzymałości betonu oraz jego skład mogą zostać wyznaczone przy użyciu innego narzędzia – **narzędzie 01: Dobór parametrów betonu w zależności od klas ekspozycji**.

Narzędzie WGOZ pozwala uwzględnić wymagane przez normę [1] dodatki lub dopuszczone przez nią redukcje określone wspólnie jako **dodatkowe czynniki**. Lista czynników obejmuje pozycje zalecane przez PN-EN 1992-1-1 [1]:

- dodatek ze względu na bezpieczeństwo (domyślnie 0 mm),
- redukcję ze względu na stosowanie stal nierdzewnej (domyślnie 0 mm),
- redukcję ze względu na dodatkową ochronę betonu (domyślnie 0 mm),
- dodatek ze względu na nierówną powierzchnię betonu (domyślnie 5 mm),
- dodatek ze względu na klasę ścieralności XM (domyślnie 5 mm dla XM1, 10 mm dla XM2 i 15 mm dla XM3),
- oraz PN-EN 1992-2 [2],
- dodatek na powierzchniach poddanych ścieraniu spowodowanym przez lód lub stały przepływ wody (domyślnie 10 mm).

Wybór odpowiedniej opcji z listy powoduje przypisanie wartości domyślnej w polu edycyjnym. Użytkownik ma prawo (na swoją odpowiedzialność) do niemalże dowolnej zmiany każdej z tych wielkości. Wszystkie wartości wprowadza się jako dodatnie, a przy ustalaniu otuliny nominalnej uwzględniana jest algebraiczna suma wszystkich wymienionych czynników (narzędzie przypisuje redukcjom wartości ujemne).

## 2.2.4 Odchyłki otuliny

Wymaganą przez normę PN-EN 1992-1-1 [1] odchyłkę otuliny  $\Delta C_{dev}$  wybiera się przez wskazanie odpowiedniej pozycji na liście. Wybierana jest zawsze tylko jedna z dostępnych opcji. Przyjęto założenie, że w przypadku, gdy norma sugeruje założenie wartości odchyłki z pewnego zakresu, to moduł WGOZ przyjmuje najmniejszą dopuszczalną wartość. Zakres sugerowany przez normę podany jest w opisie do danej pozycji. Wartość odchyłki wyświetlana jest w nieaktywnym polu edycyjnym poniżej listy. Jeżeli użytkownik chce przyjąć inną niż sugerowana przez moduł wartość, to powinien wybrać ostatnią opcję z listy (*dodatek deklarowany indywidualnie*) i wpisać wartość w uaktywnionym polu edycyjnym. Uwzględniana w obliczeniach wartość odchyłki  $\Delta C_{dev}$  jest zawsze wyświetlana we wskazanym polu edycyjnym.

## 2.3 Algorytm przetwarzania

### 2.3.1 Zasady wyznaczania grubości otuliny

Wyznaczenie otuliny nominalnej  $C_{nom}$ , wartości związanych z przyczepnością  $C_{min,b}$  i trwałością  $C_{dur}$  (sumy wartości minimalnej  $C_{min,dur}$  i sumy dodatków  $\Sigma\Delta C_{dur}$ ) oraz odchyłki  $\Delta C_{dev}$  następuje automatycznie po zmianie dowolnej danej.

Otulina nominalna  $C_{nom}$  obliczana jest ze wzoru:

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

gdzie wartość minimalna  $C_{min}$ :

$$C_{min} = \max(C_{min,b}; C_{min,dur} + \Sigma\Delta C_{dur}; 10 \text{ mm})$$

### 2.3.2 Kontrola danych

Przyjęto założenie o możliwie dużej elastyczności narzędzia i dopuszczono znaczną dowolność deklarowania danych przez użytkownika. Ta duża dowolność dotyczy np. średnic zbrojenia lub wielkości kanałów kablowych. W tym zakresie użytkownik powinien samodzielnie kontrolować zasadność wprowadzanych danych.

Podobne podejście zastosowano w przypadku dodatków otuliny  $\Delta C_{dur}$  i odchyłek  $\Delta C_{dev}$ . Aby ułatwić deklarację poszczególnych wielkości, po wyborze opcji z listy przypisywana jest domyślna wartość dodatku/odchyłki zalecana przez normy. W każdym przypadku użytkownik ma jednak możliwość zmiany tej wartości. Należy jednak pamiętać, że ta elastyczność wymaga od użytkownika odpowiedzialności, gdyż może skutkować wyznaczeniem otuliny niezgodnej z normą. Możliwość deklaracji indywidualnej miała głównie na celu umożliwienie użytkownikowi indywidualnego zwiększenia otuliny w stosunku do wymagań normy.

Moduł WGOZ kontroluje przyjęcie klasy wytrzymałości betonu. W sytuacji, gdy wybrana zostanie klasa betonu niższa niż minimalna dla danej klasy ekspozycji, to otulina nie zostanie wyznaczona (ze względu na brak wytycznych w tym zakresie). W przypadku gdy wybrana zostanie klasa betonu spoza zakresu zalecanego przez PN-EN 1992-2 [2], to otulina zostanie wyznaczona, jednak pojawi się komunikat sygnalizujący tę nieprawidłowość.

## 2.4 Ograniczenia narzędzia

Ograniczenia działania narzędzia obejmują:

- brak kontroli otuliny ze względu na warunki pożarowe,
- brak kontroli klasy betonu ze względu na warunki środowiskowe (klasę ekspozycji) – użytkownik powinien wykorzystać do tego celu narzędzie CNM 01.

Należy pamiętać, że obliczenia są prowadzone dla każdego rodzaju zbrojenia niezależnie. Niezbędne może okazać się przyjęcie większej otuliny, jeżeli bliżej krawędzi przekroju znajduje się inne zbrojenie, dla którego niespełnione byłyby wymagania w tym zakresie. Przykładowo, jeżeli przyjęcie obliczonej otuliny nominalnej dla zbrojenia głównego spowoduje, że grubość otuliny dla strzemion lub zbrojenia dla drugiego kierunku będzie niewystarczająca, to użytkownik powinien samodzielnie zwiększyć wartość wyznaczonej otuliny nominalnej.

## 2.5 Raport

Po wyznaczeniu grubości otuliny przyjęte przez użytkownika założenia i uzyskane na tej podstawie wyniki można zapisać w pliku w formacie pdf. Symbolem (*U*) sygnalizowane są w raporcie wielkości, które użytkownik zmodyfikował w stosunku do zaleceń normy.

Wzór raportu znajduje się w załączniku.

### 3 Przykład działania programu

Poniżej zaprezentowano przykład wyznaczania grubości otuliny zbrojenia głównego w żelbetowej konstrukcji filara mostowego.

#### 3.1 Dane wejściowe

Dane dotyczące projektowanego elementu	
Nazwa zadania:	Droga krajowa DK88 - most na 88 km trasy
Nazwa elementu:	Filar

Dane ogólne	
Typ elementu:	żelbetowy
Rodzaj zbrojenia:	pojedyncze pręty

Dane otuliny z warunku przyczepności zbrojenia	
Średnica prętów:	$\varnothing = 20$ mm
Wielkość kruszywa:	kruszywo o ziarnach do 32 mm

Dane dotyczące ochrona przed korozją	
Klasy ekspozycji elementu:	XC4 – Element narażony na kontakt z wodą inny niż długotrwały, XD3 – Element narażony na działanie rozpylonych cieczy zawierających chlorki (strefa w odległości do 6 m od jezdni), XF4 – Agresywne oddziaływanie zamrażania/rozmarzania – środowisko silnie nasycone wodą ze środkami odladzającymi (nieuwzględniane przy określaniu grubości otuliny).
Klasa wytrzymałości betonu:	C45/55 (minimalna klasa betonu C35/45 wyznaczona przy użyciu narzędzia CNM-01-19-01 Dobór parametrów betonu w zależności od klas ekspozycji).
Dodatkowe czynniki:	Brak dodatkowych czynników
Odchyłki otuliny:	Przyjęto, że stosowany będzie system zapewnienia jakości z pomiarem wielkości otuliny

#### 3.2 Analiza grubości otuliny

Otulina ze względu na przyczepność $c_{min,b}$	
Otulina $c_{min,b}$ ustalona wg PN-EN 1992-1-1, pkt. 4.4.1.2. (3), tab. 4.2 [1]:	$c_{min,b} = \varnothing = 20$ mm

Otulina ze względu na trwałość $c_{min,dur}$	
Klasa konstrukcji wg PN-EN 1992-1-1, pkt. 4.4.1.2. (5), tab. 4.3N [1]:	Klasa konstrukcji S5
Klasa wyjściowa:	S4
Projektowany okres użytkowania 100 lat:	zwiększenie klasy konstrukcji o 2
Beton C45/55 (dla klas ekspozycji XC4, XD3):	obniżenie klasy konstrukcji o 1 (patrz tab. 1)

Tab. 1. Minimalna klasa betonu upoważniająca do obniżenia klasy konstrukcji o 1 (wycinek tablicy 4.4N [1]).

Klasa ekspozycji	X0	XC1	XC2(3)	<b>XC4</b>	XD1	XD2/XS1	<b>XD3, XS2, XS3</b>
Klasa wytrzymałości	...	...	...	<b>≥C40/50</b>	≥C40/50	≥C40/50	<b>≥C45/55</b>

Otulina minimalna ze względu na trwałość stali zbrojeniowej $c_{min,dur}$	
Otulina ustalona dla elementów żelbetowych wg PN-EN 1992-1-1, pkt. 4.4.1.2.(5), tabl. 4.3N [1]:	patrz tab. 2



Tab. 2. Minimalne otulenie  $c_{min,dur}$  (mm) według EN 10080 ze względu na trwałość stali zbrojeniowej.

Wymagania ze względu na środowisko							
Klasa konstrukcji	Klasa ekspozycji						
	X0	XC1	XC2/3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
<b>S5</b>	15	20	30	35	40	45	<b>50</b>
S6	20	25	35	40	45	50	55

Otulina ze względu na trwałość stali zbrojeniowej $c_{min,dur}$	
Przy braku dodatkowych czynników zmniejszających lub zwiększających otulinę ze względu na trwałość suma dodatkowych czynników wynosi $\Sigma\Delta C_{dur} = 0$ mm:	$c_{min,dur} + \Sigma\Delta C_{dur} = 50$ mm

Minimalne otulenie zbrojenia betonem	
Minimalna otulina ze względu na przyczepność i trwałość:	$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}) = \max(20\text{mm}, 50\text{mm}) = 50$ mm

Otulina nominalna	
Odchyłki otuliny:	Dodatek do otuliny 5 mm (dolna granica sugerowanego zakresu 5 – 10 mm). $\Delta C_{dev} = 5$ mm
Otulina nominalna:	<b><math>c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev} = 55</math> mm</b>

## Załączniki

### Załącznik nr 1. Raport z wynikami działania narzędzia



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Fundusz Spójności



ANALIZA JAKOŚCI TECHNICZNEJ PROJEKTÓW DROGOWYCH WSPÓLFINANSOWANYCH Z FUNDUSZY UNII EUROPEJSKIEJ WRAZ Z REKOMENDACJAMI OPTYMALIZACJI I SZCZEGÓŁOWYMI WARUNKAMI TECHNICZNYMI PROJEKTOWANIA, REALIZACJI, EKSPLOATACJI I UTRZYMANIA DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH

#### POWIĄZANIE WYMAGAŃ TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH DROGOWYCH OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH Z NARZĘDZIAMI CYFROWYMI

## Wyznaczanie grubości otulenia zbrojenia i otulenia kabli sprężających

Nr katalogowy: CNM-09

Raport

Data: 07.08.2019

Nazwa zadania: **Droga krajowa DK88 - Most na 88 km trasy**

### Nazwa elementu: **Filar**

Rodzaj elementu i typ zbrojenia: **element żelbetowy, pojedyncze pręty**

Klasa wytrzymałościowa betonu: **C45/55**

Średnica pręta: **20 [mm]**

Otulina nominalna: **55**

- ze względu na przyczepność: **20 mm**
- ze względu na trwałość: **50 mm** (50 mm - wartość minimalna; 0 mm - dodatki/redukcje)
- odchyłka: **5 mm**

Informacje dodatkowe:

Klasa ekspozycji: **XC4 XD3**

Klasa konstrukcji: **S5** (okres użytkowania 100 lat)

Zwiększenie/redukcja otuliny: **0 mm**

Odchyłka: **5 mm** (stosowany system zapewnienia jakości z pomiarem wielkości otuliny)