

ROZDZIAŁ II
OBLICZENIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

OBLICZENIE KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
Przebudowa drogi powiatowej nr 0231T klasy "Z" – zbiorczej
Secemin – Miny
km 0+016,00 ÷ 4+795,00
wraz z towarzyszącymi elementami infrastruktury drogowej,
budową i przebudową chodnika ze zjazdami
oraz elementami urządzeń odwodnienia
odc. Secemin – Żeliszawiczki

Inwestor:
Zarząd Dróg Powiatowych
ul. Jędrzejowska 81
29-100 Włoszczowa

1. Dane do projektowania

- kategoria ruchu: **KR3**
- obciążenie ruchem: 100kN/oś
- przebieg trasy drogi: w nasypie <1,0m
- poziom swobodnego zwierciadła wody gruntowej : wszystkie otwory **przeciętne** (woda gruntowa 1÷2m od niwelety drogi i nieutwardzone pobocza)
- konstrukcja istniejącej nawierzchni: bitumiczna na podbudowie z tłucznią i piasku
- podłoże gruntowe:
 - otwory sec-1, sec-3, sec-8, sec-9: **wątpliwe** (piasek średni, glina piaszczysta)
 - otwory sec-2, sec-5: **wątpliwe/mало wysadzinowe** (piasek średni, torf)
 - otwory sec-4, sec-6, sec-7, sec-10, sec-11: **niewysadzinowe** (piasek średni, piasek drobny)
- grupa nośności podłoża gruntowego:
 - otwory sec-1, sec-3, sec-8, sec-9: **G2**
 - otwory sec-2, sec-5: **G2**
 - otwory sec-4, sec-6, sec-7, sec-10, sec-11: **G1**
- głębokość przemarzania gruntu wg PN-81/B-03020: $h_z=1,0m$
- przewidywany termin zakończenia wzmocnienia – **2016 rok**

2. Obliczenie konstrukcji wzmocnienia istniejącej nawierzchni metodą PJ-IBD

2.1. Ustalenie wielkości współczynnika „a”

Na podstawie pomiarów ruchu przeprowadzonych przez PPD „KaDro” w październiku 2013, wielkość SDR dla ruchu pojazdów samochodowych na przedmiotowym odcinku drogi wynosiła:

Droga	SDR	samoch. ciężar. ≤80kN	samoch. ciężar. >80kN	autobusy >80kN
0231T	742	78	28	18

Uwzględniając:

- 20-letni okres eksploatacji dla wzmocnionej nawierzchni dróg
- przewidywany termin zakończenia wzmocnienia w 2016 roku
- charakter zabudowy przyległego terenu: mieszkalne jednorodzinna, łąki, pastwiska, rola
- strukturę ruchu w 2013 roku

- przewidywany wzrost natężenia liczby pojazdów

w poniższej tabeli obliczono strukturę ruchu prognozowanego dla połowy okresu eksploatacji tj. dla roku 2012:

Lp.	Rodzaje pojazdów	Ruch miarodajny w 2013 roku	Wskaźn. wzrostu ruchu w 2013 roku	Liczba pojazdów w 2033 roku	
				w obu kierunkach	w jednym kierunku
1	sam.cież. o nacisku na oś tylną ≤80kN	78	2,5	195	98
2	sam.cież. o nacisku na oś tylną >80kN	28	3,5	98	49
3	autobusy o nacisku na oś tylną >80kN	18	2	36	18
4	Razem pojazdy o nacisku na oś tylną >80kN	46	-	134	67

Przeliczenia liczby pojazdów rzeczywistych na porównawcze [p.p.100kN] dokonano na podstawie wzoru:

$$\log N_{por}^{100} = 0,77 \times p_i D_i / 195 + p_i D_i / 195 \times \log N_i - 0,77$$

gdzie: N_{por} – liczba pojazdów porównawczych [p.p.100kN] odpowiadająca określonej liczbie N_i samochodów o danym iloczynie $p_i D_i$
 $p_i D_i$ – iloczyn ciśnienia jednostkowego przekazywanego na powierzchnię jezdni i średnicy zastępczego śladu koła wyodrębnionej grupy pojazdów
 N_i – liczba pojazdów o jednakowym $p_i D_i$

A) w grupie pojazdów o nacisku ≤80kN/oś

$$\log N_{por1}^{100} = 0,77 \times 160 / 195 + 160 / 195 \times \log 98 - 0,77 = 1,495621395$$

$$\text{stąd: } N_{por1}^{100} = 32 \text{ [p.p.100kN]}$$

B) w grupie pojazdów o nacisku >80kN/oś

$$\log N_{por2}^{100} = 0,77 \times 200 / 195 + 200 / 195 \times \log 67 - 0,77 = 1,892640823$$

$$\text{stąd: } N_{por2}^{100} = 78 \text{ [p.p.100kN]}$$

Wielkość współczynnika „k” dla klasyfikacji intensywności obciążenia drogi ruchem ustala się wg wzoru:

$$k = 0,5 + 0,65 \log \sum N_{por}$$

stąd uwzględniając powyższe obliczenia wynosi on:

$$k = 0,5 + 0,65 \log(32+78) = 1,83 \rightarrow \underline{a = k = 1,83}$$

2.2. Obliczenie wzorcowej grubości konstrukcji istniejącej nawierzchni (h_{wzorc})

$$h_{wzorc} = 3a + 15acd_1 + 10acd_2e + 5d_2$$

$$a = 1,83$$

$$c = 1,12 \text{ dla } P = 50 \text{ [kN/koło]}$$

$$e = 1,0 - \text{dla centralnej części Polski}$$

$$d_1 = 1,0 - \text{dla wszystkich otworów}$$

$$d_2^1 = 0,0 - \text{dla otworów sec-4, sec-6, sec-7, sec-10, sec-11}$$

$$d_2^2 = 1,6 - \text{dla otworów sec-1, sec-2, sec-3, sec-5, sec-8, sec-9}$$

$$h_{wzorc}^1 = 3 \times 1,83 + 15 \times 1,83 \times 1,12 \times 1,0 + 10 \times 1,83 \times 1,12 \times 0,0 \times 1,0 + 5 \times 0,0 = 5,5 + 30,7 + 0,0 + 0,0 = \underline{36,2\text{cm}}$$

$$h_{wzorc}^2 = 3 \times 1,83 + 15 \times 1,83 \times 1,12 \times 1,0 + 10 \times 1,83 \times 1,12 \times 1,6 \times 1,0 + 5 \times 1,6 = 5,5 + 30,7 + 32,8 + 8,0 = \underline{77,0\text{cm}}$$

2.3. Obliczenie zastępczej grubości istniejącej konstrukcji nawierzchni

$$h_{zast}^{ist} = \sum h_2/b_2 + \sum h_3/b_3$$

a) otwór sec-1

Układ warstw nawierzchni:

17cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

33cm – tłuczeń

20cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 17\text{cm}, \quad 1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 29\text{cm}, \quad 1/b_2'' = 0,9$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 4\text{cm}, \quad 1/b_3' = 1,35$
 $h_3'' = 20\text{cm}, \quad 1/b_3'' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$10acd_2e + 5d_2 \leq \sum h_3/b_3$$

$$32,8 + 8,0 \leq 4 \times 1,35 + 20 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{zast}^{ist1} = 17 \times 1,0 + 29 \times 0,9 + 41,4 = \underline{84,5\text{cm}}$

b) otwór sec-2

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

20cm – tłuczeń

25cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 5\text{cm}, \quad 1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 20\text{cm}, \quad 1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 2\text{cm}, \quad 1/b_2''' = 0,55$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 23\text{cm}, \quad 1/b_3' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$32,8 + 8,0 \leq 23 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{zast}^{ist2} = 5 \times 1,0 + 20 \times 0,9 + 2 \times 0,55 + 41,4 = \underline{65,5\text{cm}}$

c) otwór sec-3

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

15cm – tłuczeń

30cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 15\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 15\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 7\text{cm}$, $1/b_2''' = 0,55$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 23\text{cm}$, $1/b_3' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$32,8 + 8,0 \leq 23 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{\text{zast}}^{\text{ist}3} = 15 \times 1,0 + 15 \times 0,9 + 7 \times 0,55 + 41,4 = \underline{73,7\text{cm}}$

d) otwór sec-4

Układ warstw nawierzchni:

10cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

25cm – tłuczeń

165cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 10\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 25\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 165\text{cm}$, $1/b_2''' = 0,55$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$10ac_{d_2e} + 5d_2 = 0,0$$

zatem: $h_{\text{zast}}^{\text{ist}4} = 10 \times 1,0 + 25 \times 0,9 + 165 \times 0,55 + 0,0 = \underline{123,2\text{cm}}$

e) otwór sec-5

Układ warstw nawierzchni:

10cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

25cm – tłuczeń

75cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 10\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 25\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 52\text{cm}$, $1/b_2''' = 0,55$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 23\text{cm}$, $1/b_3' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$32,8 + 8,0 \leq 23 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{\text{zast}}^{\text{ist}5} = 10 \times 1,0 + 25 \times 0,9 + 52 \times 0,55 + 41,4 = \underline{102,5\text{cm}}$

f) otwór sec-6

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

40cm – tłuczeń

145cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 15\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 40\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 145\text{cm}$, $1/b_2''' = 0,55$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$10acd_2e + 5d_2 = 0,0$$

zatem: $h_{zast}^{ist6} = 15 \times 1,0 + 40 \times 0,9 + 145 \times 0,55 + 0,0 = \underline{130,7\text{cm}}$

g) otwór sec-7

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

40cm – tłuczeń

145cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 15\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 40\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 145\text{cm}$, $1/b_2''' = 0,55$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$10acd_2e + 5d_2 = 0,0$$

zatem: $h_{zast}^{ist7} = 15 \times 1,0 + 40 \times 0,9 + 145 \times 0,55 + 0,0 = \underline{130,7\text{cm}}$

h) otwór sec-8

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

35cm – tłuczeń

20cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 15\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 31\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 4\text{cm}$, $1/b_3' = 1,35$
 $h_3'' = 20\text{cm}$, $1/b_3'' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejąca:

$$32,8 + 8,0 \leq 4 \times 1,35 + 20 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{zast}^{ist8} = 15 \times 1,0 + 31 \times 0,9 + 41,4 = \underline{84,3\text{cm}}$

i) otwór sec-9

Układ warstw nawierzchni:

15cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

35cm – tłuczeń

20cm – piasek

traktuje się następująco:

- górna warstwa podbudowy: $h_2' = 15\text{cm}$, $1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 31\text{cm}$, $1/b_2'' = 0,9$
- dolna warstwa podbudowy: $h_3' = 4\text{cm}$, $1/b_3' = 1,35$
 $h_3'' = 20\text{cm}$, $1/b_3'' = 1,8$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejącą:

$$32,8 + 8,0 \leq 4 \times 1,35 + 20 \times 1,8$$

$$40,8 \leq 41,4 - \text{warunek jest spełniony}$$

zatem: $h_{zast}^{ist9} = 15 \times 1,0 + 31 \times 0,9 + 41,4 = \underline{84,3\text{cm}}$

j) otwór sec-10

Układ warstw nawierzchni:

10cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

30cm – tłuczeń

140cm – piasek

traktuje się następująco:

– górna warstwa podbudowy: $h_2' = 10\text{cm}, \quad 1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 30\text{cm}, \quad 1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 140\text{cm}, \quad 1/b_2''' = 0,55$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejącą:

$$10acd_2e + 5d_2 = 0,0$$

zatem: $h_{zast}^{ist10} = 10 \times 1,0 + 30 \times 0,9 + 140 \times 0,55 + 0,0 = \underline{114,0\text{cm}}$

k) otwór sec-11

Układ warstw nawierzchni:

10cm – masa miner.-asfalt. bardzo spękana

40cm – tłuczeń

130cm – piasek

traktuje się następująco:

– górna warstwa podbudowy: $h_2' = 10\text{cm}, \quad 1/b_2' = 1,0$
 $h_2'' = 40\text{cm}, \quad 1/b_2'' = 0,9$
 $h_2''' = 130\text{cm}, \quad 1/b_2''' = 0,55$

Porównanie dolnej warstwy podbudowy wzorcowej konstrukcji jezdni z istniejącą:

$$10acd_2e + 5d_2 = 0,0$$

zatem: $h_{zast}^{ist11} = 10 \times 1,0 + 40 \times 0,9 + 130 \times 0,55 + 0,0 = \underline{117,5\text{cm}}$

2.4. Obliczenie grubości zastępczej konstrukcji wzmocnienia „H_Z’”

$$H_Z' = h_{wzorc} - h_{zast}^{ist} \quad \text{i} \quad h_{wzm} \geq H_Z'$$

a) otwór sec-1

$$H_Z' = 77,0 - 84,5 \rightarrow \text{nie wymaga wzmocnienia}$$

b) otwór sec-2

$$H_Z' = 77,0 - 65,5 = \underline{11,5\text{cm}}$$

zatem konstrukcja wzmocnienia wg obliczeń jest następująca:

5cm – warstwa ścieralna z AC 11 S

1cm – warstwa wiążąca z AC 16 W

sprawdzenie: $h_{wzm} = (5+1) \times 2,0 = 12,0 > H_Z' = 11,5\text{cm}$

c) otwór sec-3

$$H_Z' = 77,0 - 73,7 = \underline{3,3\text{cm}}$$

zatem konstrukcja wzmocnienia wg obliczeń jest następująca:

2cm – warstwa ścieralna z AC 11 S

sprawdzenie: $h_{wzm} = 2 \times 2,0 = 4,0 > H_z' = 3,3\text{cm}$

d) otwór sec-4

$H_z' = 36,2 - 123,2 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

e) otwór sec-5

$H_z' = 77,0 - 102,5 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

f) otwór sec-6

$H_z' = 36,2 - 130,7 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

g) otwór sec-7

$H_z' = 36,2 - 130,7 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

h) otwór sec-8

$H_z' = 77,0 - 84,3 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

i) otwór sec-9

$H_z' = 77,0 - 84,3 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

j) otwór sec-10

$H_z' = 36,2 - 114,0 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

k) otwór sec-11

$H_z' = 36,2 - 117,5 \rightarrow$ nie wymaga wzmocnienia

3. Obliczenie konstrukcji nawierzchni na poszerzeniach jezdni

Na podstawie obliczeń konstrukcji wzmocnienia nawierzchni istniejącej poszczególnych oraz warunków gruntowo-wodnych, wybrano typ konstrukcji pozwalający na optymalne jej ujednoczenie z uwzględnieniem konstrukcji poszerzenia dla kat. ruchu KR3.

Dla wszystkich otworów (grupa nośności G1, G2)

5cm – warstwa ścieralna z AC 11 S

6cm – warstwa wiążąca z AC 16 W

7cm – podbudowa zasadnicza z AC 22 P

20cm – podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie

15cm – warstwa odsączająca z mieszanki żwirowo-piaskowej

Dla podłoża guntowego grupy nośności G1, G2 i kategorii ruchu KR3, rzeczywista grubość wszystkich warstw nawierzchni powinna wynosić:

$$H_m = 0,50h_z = 0,50 \times 1,0 = \underline{50\text{cm}}$$

Przyjęta wyżej grubość konstrukcji nawierzchni wynosi:

$5+6+7+20+15 = \underline{53\text{cm}}$ – zatem warunek mrozoodporności jest spełniony

Celem ujednoczenia konstrukcji nawierzchni nowej z konstrukcją wzmocnienia oraz wymaganiem grubości warstwy wzmacniającej odcinającej, przyjęto dla całości (wszystkich ulic):

5cm – warstwa ścieralna z AC 11 S KR3 wg PN-EN-13108-1 i WT-2 2010

6cm – warstwa wiążąca z AC 16 W KR3 wg PN-EN-13108-1 i WT-2 2010

7cm – podbudowa zasadnicza z AC 22 P KR3 wg PN-EN-13108-1 i WT-2 2010

20cm – podbudowa pomocnicza z kruszywa łamanego 0/31,5 stabilizowanego mechanicznie wg PN-EN-13285 i WT-4 2010

15cm – warstwa odsączająca z mieszanki żwirowo-piaskowej wg PN-EN-13043

4. Określenie konstrukcji wzmocnienia nawierzchni istniejącej

Uwzględniając powyższe oraz:

- obliczone w pktcie 2.4. wartości H_z' i zasadniczo brak konieczności wzmocnienia
 - lokalizację otworów geotechnicznych
 - potrzebę ujednoczenia technologii układania poszczególnych warstw
 - obliczoną w pktcie 3 konstrukcję nawierzchni na poszerzeniach
 - konieczność profilowania istniejącej nawierzchni (po uprzednim sfrezowaniu)
- uzgodniono z inwestorem następującą konstrukcję wzmocnienia:

5cm – warstwa ściernalna z AC 11 S KR3 wg PN-EN-13108-1 i WT-2 2010

śred. 9cm – warstwa wyrównawcza z AC 16 W KR3 wg PN-EN-13108-1 i WT-2 2010

śred. 2,5cm – frezowanie na zimno

Przed wykonaniem warstwy ściernalnej i wyrównawczej, na całej szerokości jezdni (łącznie z poszerzeniami), należy ułożyć siatkę z włókna szklanego powlekaną polimeroasfaltem o parametrach jak w zał. nr 12.

mgr inż. Zbigniew Kaczkowski 39-300 Mielec, ul. Wyszyńskiego 6B/7 nr upr. D-295/94 Uprawnienia w specjalności konstrukcyjno-inżynierskiej do sporządzania projektów budowli dróg i nawierzchni lotniskowych oraz typowych przepustów i mostów		mgr inż. Jacek Cija 39-300 Mielec, ul. Śniadeckiego 20 nr upr. D-1/90 Uprawnienia w specjalności konstrukcyjno-inżynierskiej do sporządzania projektów budowli dróg i nawierzchni lotniskowych oraz typowych przepustów i mostów	
--	--	---	--