

Przykład określenia minimalnego promienia wklęsłego łuku pionowego

Na podstawie zaleceń WT i WPD-3 (punkt 5.10 str. 27) w trakcie projektowania niwelety drogi, powinno się dobrać odpowiedni promień łuku pionowego większy lub równy minimalnemu promieniowi łuku pionowego, w przypadku, jeśli suma lub różnica pochyleń w załomach niwelety jest większa niż:

- 1 % przy prędkości projektowej wyższej lub równej 50 km/h;
- 1,5 % przy prędkości projektowej niższej niż 50 km/h.

Wg Rozporządzenia MTiGM (D.U. nr 43 z 1999 r.)

§ 21. 1. Odcinek krzywoliniowy może zawierać łuk kołowy, kombinacje łuków kołowych i krzywych przejściowych, a także inne rodzaje krzywych.
2. Łuk kołowy powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby bezpieczeństwo było zachowane przy ruchu po mokrej nawierzchni z prędkością miarodajną - w wypadku drogi klasy G i dróg wyższych klas lub z prędkością projektową - na drodze klasy Z, L lub D.

Projektując np. drogę klasy G (prędkość projektowa $v_p = 60$ km/h), na której powinna być zapewniona prędkość miarodajna $v_m = 70$ km/h, z WT § 24.7. należy dobrać odpowiedni promień wklęsłego łuku pionowego $\geq R_{\min}^{\text{normowe}}$.

Prędkość projektowa, [km/h]	120	100	80	70	60	50	40	30
Promień krzywej wklęsłej, [m]	4500	3000	2000	1800	1500	1000	600	300

Na długości wklęsłego łuku pionowego powinna być zapewniona zgodnie z WT § 168 odległość widoczności na zatrzymanie, w danym przypadku odpowiadająca prędkości miarodajnej $v_m = 70$ km/h.

Wg Rozporządzenia MTiGM (D.U. nr 43 z 1999 r.)

§ 168. 1. Na każdym pasie ruchu drogi klasy G i dróg wyższych klas powinna być zapewniona co najmniej odległość widoczności pozwalająca kierowcy pojazdu poruszającego się z prędkością miarodajną, a w przypadku pozostałych klas dróg z prędkością o 10 km/h większą niż prędkość projektowa, na zatrzymanie pojazdu przed przeszkodą na jezdni.

2. Wymaganie, o którym mowa w ust. 1, uznaje się za spełnione, jeżeli:

a) cel obserwacji znajdujący się nad osią pasa ruchu jest widoczny z punktu obserwacyjnego, zlokalizowanego na wysokości 1,0 m nad osią tego samego pasa ruchu z odległości nie mniejszej niż określona w tabeli:

Prędkość [km/h]	Najmniejsza odległość widoczności na zatrzymanie [m] na pochyleniu										
	≤-10%	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	≥10%
70	110		100		90			60			

Łuk pionowy należy zaprojektować na załomie niwelety dwóch odwrotnych pochyleń, tj. spadku równego -0,3 %, przed planowanym łukiem pionowym i wzniesienia równego 7,3 %, za planowanym łukiem pionowym. Wobec czego najmniejszą odległość widoczności w kierunku 1-2 należy wyznaczyć wstępnie przy spadku -0,3 % ($L_z^{(1-2)} = 90$ m), a w kierunku 2-1 przy spadku -7,3 % ($L_z^{(2-1)} = 106,5 \approx 107$ m).

Po uwzględnieniu tych wstępnych założeń można wprowadzić dane w odpowiednie komórki w pliku [luk_pionowy_wklesly_wzor.xls](#) (rys. 1). Po wprowadzeniu danych program wykona automatyczne obliczenia długości łuku pionowego L

$$L = R_{\min}^{\text{normowe}} (i_1 + i_2) = 1500 (|-0,003| + 0,073) = 114 \text{ [m]}$$

gdzie: $R_{min}^{normowe}$ – minimalny promień łuku pionowego, określony na podstawie WT § 24.7. [m],
 i_1, i_2 – pochylenia podłużne podane w ułamku dziesiętnym, suma w przypadku pochyłeń odwrotnych, a różnica w przypadku pochyłeń zgodnych, [-].

Wpisać dane:

zastosowany promień łuku pionowego $R = 1500$ [m]
 wysokość położenia reflektorów nad jezdnią $h = 0,75$ [m]
 tangens kąta stożka rozproszenia światła reflektorów $\tan \psi = 0,01745$

Wpisać dane:

prędkość projektowa $v = 70$ [km/h]
 $v_p = 60$ [km/h]
 pochylenie podłużne drogi przed łukiem $i_1 = -0,3$ %
 pochylenie podłużne drogi za łukiem $i_2 = 7,3$ %

Tu wstawić wartości interpolowane z tab. 1:

odległość widoczności kierunku 1-2 $L_z = 90$ [m]
 odległość widoczności kierunku 2-1 $L_z = 106,5$ [m]
 odległość widoczności uwzględniona do obliczeń $L_z = 107$ [m]

Czy przyjęto dobrą wartość promienia łuku pionowego?

Pomocnicze obliczenia

$L_z < L$ $R_{min} = 2187$ [m]
 $L_z > L$ $R_{min} =$ [m]

obliczenia pomocnicze

pochylenie podłużne drogi przed łukiem kierunek 1-2 $i_1 = 0,003$
 pochylenie podłużne drogi za łukiem kierunek 1-2 $i_2 = 0,073$

obliczenia pomocnicze

$\Delta i = 0,076$

Prędkość [km/h]	Najmniejsza odległość widoczności na zatrzymanie [m] na pochyleniu										
	≤-10%	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	≥10%
130	-	-	390	350	330	310	300	290	280	-	-
120	-	-	340	310	290	270	260	250	240	-	-
110	-	-	290	260	240	230	220	210	200	-	-
100	-	-	230	200	180	170	160	150	140	-	-
90	190	170	150	140	130	120	110	100	90	-	-
80	160	140	120	110	100	90	80	70	60	-	-
70	110	100	90	80	70	60	50	40	30	-	-
60	80	70	60	50	40	30	20	10	0	-	-
50	55	50	45	40	35	30	25	20	15	-	-
40	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-	-
30	25	20	15	10	5	0	0	0	0	-	-

Rys. 1. Wprowadzenie danych wejściowych do programu i otrzymany wynik

Po określeniu długości łuku pionowego L program automatycznie określi wzór, (potrzebny do zastosowania w danym przypadku w celu wykonania dalszych obliczeń minimalnego promienia łuku), porównując długość łuku pionowego L z wymaganą odległością widoczności na zatrzymanie L_z konieczną do zapewnienia na długości łuku pionowego:

$$R_{min} = \frac{L_z^2}{2(h + L_z \tan \psi)} = \frac{107^2}{2(0,75 + 107 \cdot 0,01745)} = 2187 \text{ [m]}$$

gdzie: h – wysokość położenia reflektorów nad jezdnią, 0,75 m,
 ψ – kąt stożka rozproszenia światła reflektorów równy 1° .

Otrzymana z obliczeń wartość minimalnego promienia pionowego łuku wklęsłego przy konkretnych danych wejściowych wskazuje, że przy projektowaniu niwelety drogi klasy G w danym przypadku należy przyjąć wartość promienia łuku, np. co najmniej równą lub większą niż 2200 m, tj. większą niż wartość $R_{min}^{normowe} = 1500$ m.

Sugerowane jest jednak przyjęcie większych promieni łuku niż 2200 m.