

**Dokumentacja techniczno – ruchowa
maszyn – branża technologiczna**

SRs -1800 ·28/3·0·(2x630kW)+VR 76·10/10

numer produkcyjny: 631

numer identyfikacyjny: E 016

**POLITECHNIKA WROCLAWSKA
INSTYTUT KONSTRUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN**

**Zakład Inżynierii Niezawodności i Diagnostyki
Raport serii SPRAWOZDANIA Nr /2011**

Dokumentacja techniczno – ruchowa maszyn – branża technologiczna

**SRs – 1800 ·28/3-0·(2x630kW)+VR 76·10/10
numer produkcyjny: 630
numer identyfikacyjny: E 016**

Zamawiający:
KWB Konin S.A. w Kleczewie

Opracowano w Zakładzie Inżynierii Niezawodności i Diagnostyki:

Kierownik:
prof. dr hab. inż. Dionizy Dudek

Autorzy:
dr inż. Henryk Wojtkiewicz
Szczepan Bodek

Wrocław, kwiecień 2011

**INSTRUKCJA TECHNOLOGII PRACY KOPARKI KOŁOWEJ WIELONACZYNIOWEJ
SRs – 1800 ·28/3·0·(2x630kW)+VR 76·10/10**

- na podwoziu gąsienicowym
- z podawarką

Nr fabryczny: 630

Nr identyfikacyjny: E – 016

Rok budowy: 1986

Producent: VEB Schwermaschinenbau
Lauchhammerwerk
VEB Schwermaschinenbaukombinat
TAKRAF
DDR

Opracowanie jest zgodne i kompletne z punktu widzenia celu, któremu ma służyć:

ZATWIERDZIŁ

.....

Spis treści

1. Wstęp.....	4
2. Podstawowe dane technologiczne koparki SRs 1800.....	5
2.1. Model technologiczny koparki SRs 1800.....	7
2.2. Oznaczenia.....	8
2.3. Dane obliczeniowe.....	9
3.1. Kąt pochylenia wysięgnika urabiającego w funkcji wysokości urabiania	10
3.1.1. Kąt pochylenia wysięgnika urabiającego.....	10
3.1.2. Promień urabiania na wysokości koła h_r	10
3.2. Graniczne pochylenie skarpy czołowej w funkcji wysokości położenia osi koła	13
3.3. Kąty graniczne pochylenia skarpy bocznej zabierki w funkcji jej wysokości.....	16
3.4. Maksymalne odległości osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej w funkcji wysokości zabierki i przyjętego nachylenia skarpy bocznej	19
3.5. Minimalne pochylenie skarpy bocznej wewnętrznej w funkcji wysokości zabierki i odległości osi trasy koparki od podstawy skarpy bocznej.....	21
3.6. Szerokość zabierki w funkcji zewnętrznego kąta obrotu wysięgnika urabiającego, pochylenia skarpy, wysokości zabierki przy wewnętrznym kącie obrotu wysięgnika równym 90°	24
3.6.1. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła, przyjętego pochylenia skarpy bocznej przy zewnętrznym dolnym kącie obrotu nadwozia $\Psi_{zd} = 57^\circ$	24
3.6.2. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła, przyjętego pochylenia skarpy bocznej przy zewnętrznym dolnym kącie obrotu nadwozia $\Psi_{zd} = -57^\circ \div 57^\circ$ oraz przy wewnętrznym kącie obrotu wysięgnika urabiającego równym 90°	27
3.7. Maksymalna głębokość zabioru w funkcji wysokości położenia osi koła i przyjętego pochylenia skarpy czołowej.....	31
3.7.1. Głębokość zabioru ograniczona możliwością zetknięcia się podwozia koparki z podstawą skarpy czołowej	31
3.7.2. Głębokość zabioru ograniczona możliwością zetknięcia się konstrukcji wysięgnika z górną krawędzią drugiego od góry stopnia.....	33
3.8. Graniczny kąt obrotu koparki Ψ	35
4. Technologia urabiania koparką SRs – 1800.....	51
4.1. Sposoby pracy.....	51
4.2. Technologiczne warianty pracy koparki SRs – 1800.....	53
5. Prognoza wydajności koparki SRS – 1800	62

1. Wstęp

Przedmiotem opracowania jest podstawowa technologia pracy bezwysuwowej koparki kołowej SRs – 1800 nr fabryczny 630 wykonana na podstawie:

- [1] „Instrukcji obsługi koparki wielonaczyniowej SRs – 1800 ·28/3·0·(2x630kW)+VR” VEB Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk 21 X 1985.
- [2] Hawrylak, H. 1964. „Teoretyczne podstawy obliczeń i doboru mechanizmów urabiania koparek wielonaczyniowych”. Rozprawa habilitacyjna, Zeszyt problemowy DBPGO, Wrocław
- [3] Kołkiewicz, W. 1974. „Zastosowanie maszyn podstawowych w górnictwie odkrywkowym”. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice
- [4] Wiśniewski, S. 1971. „Zasada projektowana kopalń. Część VIII”. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice
- [5] Wojtkiewicz, H. 1996. „Prognozowanie wydajności koparek kołowych w gruntach trudnourabialnych”. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej 79/1996.
- [6] Wojtkiewicz, H. 2006. „Metoda prognozowania warunków urabialności koparek kołowych w oparciu o efekty ich pracy”. Szkoła Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie.

Koparka pracuje w KWB „Konin” S.A. w Kleczewie

Opracowanie zawiera:

- charakterystykę techniczną koparki,
- rozbudowany model technologiczny koparki,
- ujednolicony wykaz oznaczeń literowych dla modelu technologicznego i parametrów geometrycznych zabierki,
- analizę parametrów technologicznych koparki i urabianych zabierek,
- podstawowe sposoby pracy koparki SRs – 1800,
- prognozę wydajności koparki kołowej.

Uzyskane wyniki przedstawione w postaci tabel, wykresów oraz schematów technologicznych.

2. Podstawowe dane technologiczne koparki SRs 1800

Tabela 1. Dane technologiczne koparki SRs 1800

L.p.	Nazwa oznaczenia	Oznaczenie literowe	Jednostka	Wartość
KOŁO CZERPAKOWE				
1.	Wydajność teoretyczna w urobku rozluźowanym	Q	[m ³ /h]	7000
2.	Pojemność jednego czerpaka z nożami	J	[dcm ³]	880
3.	Pojemność przestrzeni pierścieniowej	J	[dcm ³]	460
4.	Pojemność nominalna jednego czerpaka z (50% pojemnością pierścienia)	J	[dcm ³]	1110
5.	Średnica koła czerpakowego (w odniesieniu do koła noży)	D	[m]	11,40
6.	Liczba czerpaków	z	[szt.]	20
7.	Prędkość skrawania na ostrzu noża	v	[m/s]	3,15
8.	Maksymalna ilość wysypów	n _w	[1/min]	105,5
9.	Obroty koła	n	[obr/min]	5,27
10.	Maksymalna prędkość obrotu wysięgnika urabiającego mierzona: a) w osi koła czerpakowego b) na krawędziach czołowych czerpaków	v _{wo} v _{wk}	[m/min]	33,00 38,00
11.	Jednostkowa liniowa siła kopania przy: a) η = 0,8 b) η = 0,9	k _{lisk0,8} k _{lisk0,9}	[kN/m]	71,00 83,00
ZASIĘG URABIANIA				
1.	Najwyższe położenie środka koła czerpakowego nad podłożem	h _{r max}	[m]	25,72
2.	Maksymalna głębokość urabiania poniżej poziomu jazdy	h _d	[m]	3,00
3.	Zasięg wysięgnika urabiającego w pozycji opuszczonej (pozycja plantowania) od środka koła urabiającego do środka maszyny	P _d	[m]	35,62
4.	Odległość między osią koparki a osią koła frezowego	K	[m]	35,50
5.	Odległość osi tylnego przegubu wysięgnika urabiającego od pionowej osi obrotu koparki (w przód)	e	[m]	1,50
6.	Roboczy zakres obrotu wysięgnika urabiającego w stosunku do podwozia	-	[°]	±147
ZASIĘG ŁADOWANIA				
1.	Długość wysięgnika załadowniczego	-	[m]	15,00±1,00
2.	Odległość między osią koparki a osią leja załadowniczego	-	[m]	69,00±7,00

TAŚMY PRZENOŚNIKOWE				
1.	Ilość przenośników: a) do transportu urobku b) czyszczące	-	[szt.]	3 4
2.	Szerokość taśm: a) odbierającej b) pośredniej c) załadowniczej d) czyszczącej	B	[mm]	2000 2000 2000 2200
3.	Prędkość taśm: a) odbierającej b) pośredniej c) załadowniczej	v_t	[m/s]	3,6 3,6 3,6
4.	Długość przenośników (między osiami bębnow): a) odbierającego b) pośredniego c) załadowniczego	L_t	[m]	32,00 61,00 18,50
5.	Gęstość usypowa nadkładu	ρ_n	[t/m ³]	1,80
GĄSIENICOWY MECHANIZM JAZDY KOPARKI				
1.	Szerokość płyty gąsienicy: a) koparki b) podawarki	-	[mm]	4240 4240
2.	Ilość gąsienic łącznie: a) koparki b) podawarki	-	[szt.]	8 6 2
3.	Najmniejszy promień krzywizny (skreću)	R	[m]	60,00
4.	Prędkość jazdy: a) koparki b) podawarki	v_k v_p	[m/min]	od 2 do 6
5.	Dopuszczalne nachylenie terenu w czasie pracy (wypadkowe): a) poprzeczne b) wzdłużne	-	[%]	4
6.	Dopuszczalne nachylenie terenu w czasie transportu (wypadkowe): a) poprzeczne b) podłużne	-	[%]	5
CIEŻAR KOPARKI				
1.	Ciężar całkowity	-	[MG]	2 690
2.	Średni nacisk na grunt (bez urobku) koparki	-	[kPa]	77,00
ZASILANIE				
1.	Zasilanie prądem trójfazowym	U	[kV]	6,0
2.	Całkowita moc zasilania	P_c	[kW]	3 600
3.	Moc napędu koła czerpakowego	P_k	[kW]	2 x 610

2.1. Model technologiczny koparki SRs 1800

Model technologiczny koparki SRs 1800 przedstawiono na (rys.1) Koparka SRs 1800 jest bezwysuwową koparką kołową na podwoziu gąsienicowym, przystosowaną do pracy nadpoziomowej oraz może urabiać poniżej poziomu podwozia koparki w celu wykonania ramp zjazdowych na niższy poziom przy jego udostępnianiu lub przy pracy podpiętami.

Koparka posiada następujące zasadnicze elementy składowe: podwozie z gąsienicowym mechanizmem jazdy, obrotowe nadwozie z wysięgnikiem przeciwwagi, wysięgnik koła czerpakowego, dwuczłonowy wysięgnik przenośnika wyładowczego wsparty na oddzielnym podwoziu gąsienicowym oraz wszystkie silniki napędowe elektryczne.

Koparka posiada nadwozie stalowej konstrukcji kratowej. Nadwozie może wykonać obrót o $\pm 147^\circ$ wokół osi obrotu podwozia, kąt wartości 0° określa położenie wysięgnika urabiającego prostopadle do kierunku jazdy koparki. Posiada również dwuczłonowy wysięgnik wyładowczy, który może wychylać się względem podwozia koparki o kąt $\pm 90^\circ$ do $\pm 103^\circ$ zależnie od wzajemnego położenia wysokościowego koparki i przenośnika załadownego.

Układ transportu wewnętrznego koparki – trzytaśmowy. Koparka SRs 1800 ma graniczny kąt przyłożenia koła czerpakowego do skarpy bocznej $\kappa = 54^\circ$ zarówno ze strony lewej i prawej.

Wysięgnik koła czerpakowego wyposażony jest w bezkomorowe koło czerpakowe o średnicy 11,40 m z 20 czerpakami o pojemności 880 dcm³ każdy. Do ustalenia wydajności po doliczeniu 50% przestrzeni pierścieniowej koła pojemność nominalna jednego czerpaka wynosi 1110 dcm³.

Zewnętrzny układ ładujący jest na własnym podwoziu gąsienicowym, dostosowany do współpracy z transportem taśmowym. Dwuczłonowy wysięgnik przenośnika wyładowczego pozwalający na zróżnicowanie poziomu transportowego w stosunku do roboczego maksymalnie o ± 10 m. Mechanizm jazdy koparki składa się z 6 gąsienic w układzie trójkąta (3 pary gąsienic bliźniaczych) z czego 2 pary są sterowane przez układ dwóch dyszli pozwalając na jazdę koparki po łukach o minimalnym promieniu $R = 60$ m.

2.2. Oznaczenia

Tabela 2. Zestawienie oznaczeń zastosowanych w opracowaniu

L.p.	Nazwa oznaczenia	Oznaczenie literowe	Jednostka
1.	Wielkość zabioru	Z	[m]
2.	Głębokość zabioru ze względu na dopuszczalny podjazd koparki od skarpy czołowej	Z_1	[m]
3.	Głębokość zabioru ze względu na możliwość zetknięcia się konstrukcji wysięgnika z górną krawędzią drugiego od góry stopnia	Z_2	[m]
4.	Pochylenie skarpy czołowej	α_c	[°]
5.	Pochylenie skarpy bocznej	α_b	[°]
6.	Ilość stopni w zabierce	n_s	[szt.]
7.	Wysokość i-tego stopnia	$h_{s(i)}$	[m]
8.	Wysokość położenia osi koła urabiającego na i-tym stopniu	$h_{r(i)}$	[m]
9.	Odległość osi trasy koparki od dolnej krawędzi skarpy wewnętrznej	l_w	[m]
10.	Odległość osi trasy koparki od dolnej krawędzi skarpy zewnętrznej	l_z	[m]
11.	Odległość trasy koparki od przenośnika poziomowego	l_m	[m]
12.	Odległość dolnej krawędzi skarpy zewnętrznej od przenośnika poziomowego	$l_{d(i)}$	[m]
13.	Promień urabiania na i-tym stopniu tj odległość między osią koła naczyniowego a pionową osią obrotu nadwozia koparki	$P_{u(i)}$	[m]
14.	Promień łuku zewnętrznej krawędzi urabianego pasma dla i-tego stopnia	$P_{p(i)}$	[m]
15.	Krańcowy wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego na stopniu górnym	Ψ_{wkg}	[°]
16.	Krańcowy wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego na i-tym stopniu	$\Psi_{wk(i)}$	[°]
17.	Krańcowy zewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego na i-tym stopniu	$\Psi_{zk(i)}$	[°]
18.	Graniczny kąt obrotu wysięgnika przy którym osiągnięta jest B_{max}	$\Psi_{g(i)}$	[°]
19.	Wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika do strefy skarpy bocznej	$\Psi_{w(i)}$	[°]
20.	Zewnętrzny kąt obrotu wysięgnika do strefy skarpy bocznej	$\Psi_{z(i)}$	[°]

2.3. Dane obliczeniowe

Tabela 3. Zestawienie głównych parametrów technologicznych koparki SRs – 1800

	Nazwa oznaczenia	Oznaczenie literowe	Jednostka	Wartość
1.	Typ koparki - kołowa bezwysuwowa	SRs 1800 28/3-0(2x610 kW)+VR		
2.	Średnica koła czerpakowego (w odniesieniu do koła noży)	D	[m]	11,40
3.	Wysokość urabianych stopni x·D	h_i	[m]	0,5÷0,7 D
4.	Górne położenie osi koła czerpakowego	h_r	[m]	25,72
5.	Maksymalna wysokość $h_r+0,2 D$ urabiania	h_{max}	[m]	28,00
6.	Dolne położenie osi koła czerpakowego	h_{rd}	[m]	2,70
7.	Wysokość urabiania podpoziomowego	h_p	[m]	3,00
8.	Długość wysięgnika urabiającego	K	[m]	35,50
9.	Odległość osi tylnego przegubu od osi koparki	e	[m]	1,50
10.	Wysokość przegubu od poziomu	y	[m]	15,50
11.	Podłużny zewnętrzny gabaryt od osi podłużnej	f_p	[m]	13,65
12.	Poprzeczny zewnętrzny gabaryt od osi podłużnej	f_b	[m]	9,22
13.	Odległość od osi koła naczyniowego do dolnego pasa konstrukcji wysięgnika urabiającego	d	[m]	1,30
14.	Maksymalna odległość załadunku	l_z	[m]	76,00
15.	Promień skrętu a) koparki b) załadowarki	R_k, R_z	[m]	60,00
16.	Kąt obrysu wysięgnika koła czerpakowego	κ	[°]	54,00
17.	Kąt obrotu wysięgnika urabiającego w stosunku do podwozia	ψ	[°]	±147,00
18.	Kąt obrotu wysięgnika urabiającego w stosunku do konstrukcji mostowej	Ψ_1	[°]	103,00
19.	Kąt obrotu wysięgnika zrzutowego załadowarki w stosunku do konstrukcji mostowej	Ψ_2	[°]	103,00

3.1. Kąt pochylenia wysięgnika urabiającego w funkcji wysokości urabiania

3.1.1. Kąt pochylenia wysięgnika urabiającego

Wartość kąta wzniosu dla wysięgnika urabiającego obliczono ze wzoru:

$$\sin\beta = \frac{h_r - y}{K} [-] \quad (3.1)$$

zatem

$$\beta = \arcsin\left(\frac{h_r - y}{K}\right) [1^\circ] \quad (3.2)$$

gdzie:

β – kąt pochylenia wysięgnika, °,

h_r - wysokość położenia osi koła czerpakowego, m,

y - wysokość usytuowania osi tylnego przegubu wysięgnika od poziomu roboczego, m,

K - długość wysięgnika mierzona od osi koła do osi tylnego przegubu wysięgnika, m.

Wartości kątów zestawiono w tabeli 2 i przedstawiono na rysunku 4.

3.1.2. Promień urabiania na wysokości koła h_r

Wartość promienia urabiania P_u na wysokości koła h_r obliczono ze wzoru:

$$P_u = e + \sqrt{K^2 - (h_r - y)^2} [m] \quad (3.3)$$

gdzie:

P_u - promień urabiania, m,

h_r - wysokość położenia osi koła czerpakowego, m,

y - wysokość usytuowania osi tylnego przegubu wysięgnika od poziomu roboczego, m,

K - długość wysięgnika mierzona od osi koła do osi tylnego przegubu wysięgnika, m

e - odległość osi tylnego przegubu od pionowej osi koparki, m.

Maksymalną wysokość piętra obliczono ze wzoru:

$$H_{max} = h_{rg} + 0,2 \cdot D [m] \quad (3.4)$$

gdzie:

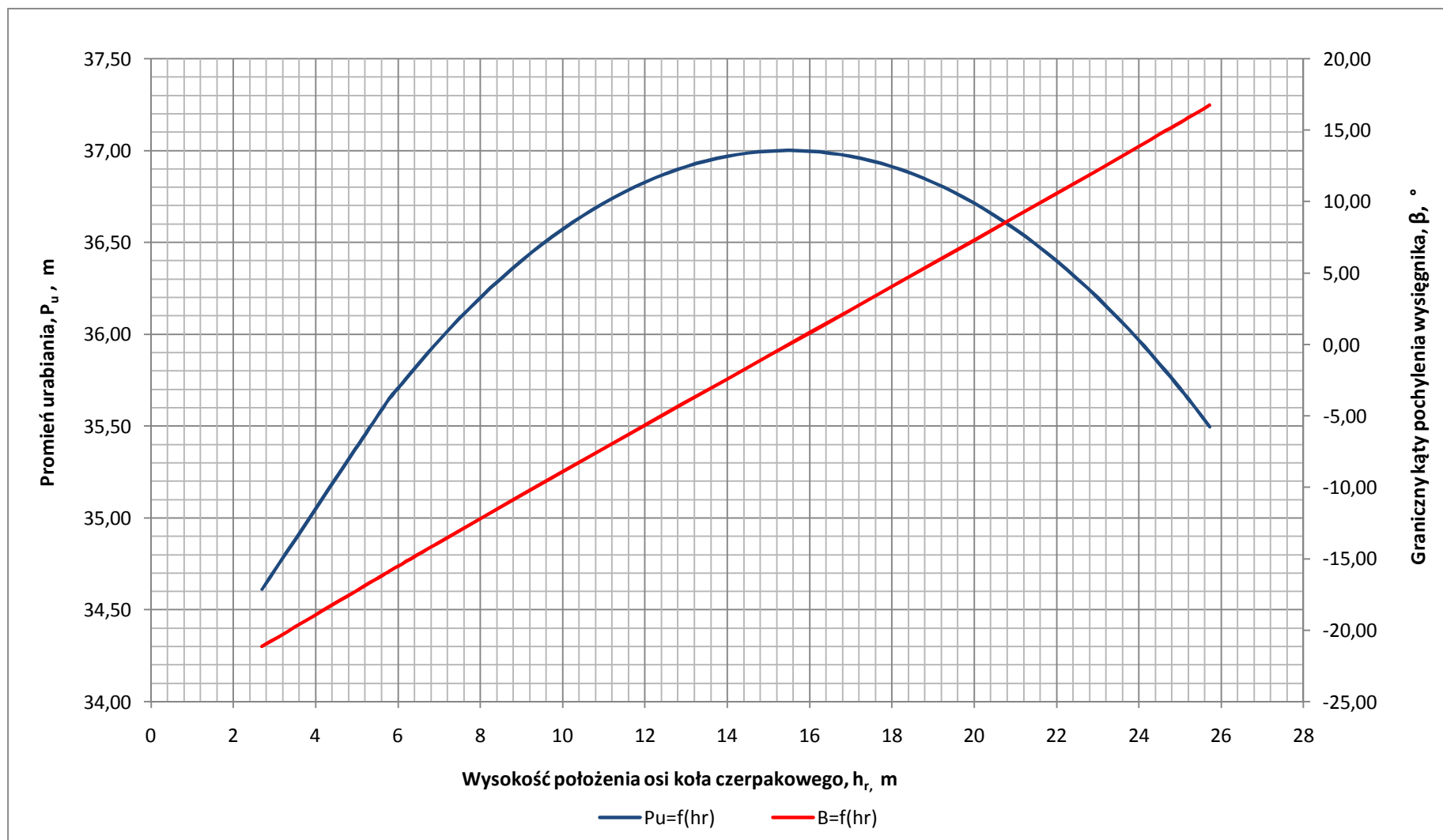
h_{rg} - maksymalny wznios koła naczyniowego, m,

D - średnica koła czerpakowego, m,

Wartość kątów zestawiono w tabeli 2 i przedstawiono na rysunku 2.

Tabela 2. Kąty pochylenia wysięgnika urabiającego oraz promienie urabiające

L.p.	H_{\max}	h_r	β	P_u
	[m]	[m]	[°]	[m]
1.	7,98	5,70	-16,02	35,62
2.	8,28	6,00	-15,52	35,71
3.	9,28	7,00	-13,85	35,97
4.	10,28	8,00	-12,20	36,20
5.	11,28	9,00	-10,55	36,40
6.	12,28	10,00	-8,91	36,57
7.	13,28	11,00	-7,28	36,71
8.	14,28	12,00	-5,66	36,83
9.	15,28	13,00	-4,04	36,91
10.	16,28	14,00	-2,42	36,97
11.	17,28	15,00	-0,81	37,00
12.	18,28	16,00	0,81	37,00
13.	19,28	17,00	2,42	36,97
14.	20,28	18,00	4,04	36,91
15.	21,28	19,00	5,66	36,83
16.	22,28	20,00	7,28	36,71
17.	23,28	21,00	8,91	36,57
18.	24,28	22,00	10,55	36,40
19.	25,28	23,00	12,20	36,20
20.	26,28	24,00	13,85	35,97
21.	27,28	25,00	15,52	35,71
22.	28,00	25,72	16,73	35,50



Rys.2. Zależność promienia urabiania oraz kąta pochylenia wysięgnika od wysokości położenia koła czepakowego

3.2. Graniczne pochylenie skarpy czołowej w funkcji wysokości położenia osi koła

Graniczne pochylenie skarpy czołowej uzależnione jest od gabarytu podwozia i strefy bezpieczeństwa pomiędzy gąsienicami, a podstawą skarpy czołowej. Wartość α_{cgr} są wartościami granicznymi i urabianie skarpy czołowej o takim nachyleniu jest niemożliwe. Rzeczywiste wartości α_c będą się zawierać w przedziale:

$$\alpha_{cgr} < \alpha_{cgr} \leq 90^\circ [1^\circ] \quad (3.5)$$

$$tg \alpha_{cgr} = \frac{h_r - 0,5 \cdot D}{P_h - (F + L)} [-]$$

zatem

$$\alpha_{cgr} = \arctg \left(\frac{h_r - 0,5 \cdot D}{P_h - (F + L)} \right) [1^\circ] \quad (3.6)$$

$$F = f_p + P_d - \sqrt{(P_d)^2 - (f_b)^2} [m] \quad (3.7)$$

gdzie:

α_{cgr} - kąt pochylenia skarpy czołowej, °,

F – odległość pomiędzy podstawą skarpy a osią obrotu koparki, m,

f_p – podłużny gabaryt podwozia, m,

f_b – poprzeczny gabaryt podwozia, m,

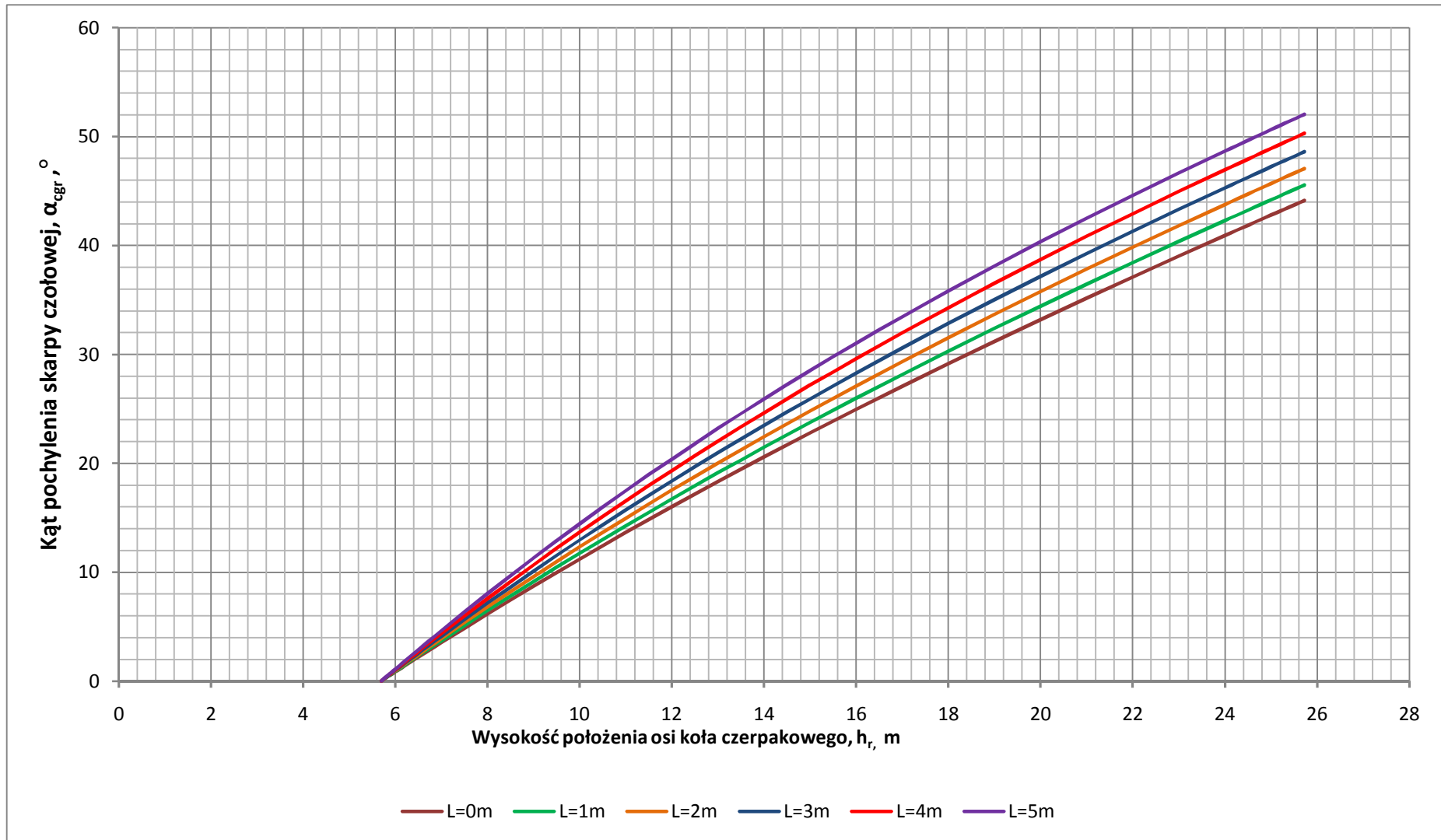
P_d – promień urabiania na poziomie roboczym, m,

L – odległość pomiędzy gąsienicami pojazdów a podstawą skarpy czołowej, m.

Wyniki obliczeń zostały zawarte w tabeli 3 oraz na rysunku 3.

Tabela 3. Graniczne pochylenia skarpy czołowej w funkcji wysokości położenia koła czepakowego oraz minimalnego zbliżenia gąsienicy podwozia do skarpy czołowej

α_{cgr}							
L.p.	h_r	L [m]					
	[m]	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
1.	5,70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.	6,00	0.82	0.87	0.91	0.96	1.02	1.08
3.	7,00	3.53	3.70	3.89	4.11	4.35	4.62
4.	8,00	6.15	6.45	6.78	7.15	7.56	8.01
5.	9,00	8.71	9.13	9.59	10.09	10.66	11.29
6.	10,00	11.20	11.73	12.31	12.94	13.65	14.43
7.	11,00	13.63	14.26	14.95	15.70	16.54	17.46
8.	12,00	16.01	16.73	17.51	18.38	19.33	20.37
9.	13,00	18.32	19.13	20.01	20.97	22.02	23.18
10.	14,00	20.58	21.47	22.43	23.48	24.63	25.89
11.	15,00	22.79	23.75	24.79	25.92	27.15	28.49
12.	16,00	24.96	25.98	27.09	28.30	29.60	31.01
13.	17,00	27.08	28.17	29.34	30.60	31.97	33.45
14.	18,00	29.16	30.30	31.53	32.85	34.28	35.81
15.	19,00	31.20	32.39	33.67	35.04	36.52	38.10
16.	20,00	33.20	34.44	35.77	37.19	38.70	40.32
17.	21,00	35.18	36.46	37.82	39.28	40.83	42.48
18.	22,00	37.12	38.44	39.84	41.33	42.91	44.59
19.	23,00	39.04	40.39	41.82	43.34	44.94	46.64
20.	24,00	40.93	42.31	43.77	45.31	46.94	48.65
21.	25,00	42.80	44.21	45.69	47.25	48.89	50.62
22.	25,72	44.14	45.56	47.05	48.63	50.28	52.01



Rys. 3. Graniczne pochylenie skarpy czołowej w funkcji wysokości położenia osi koła urabiającego oraz minimalnego zbliżenia gaśnic podwozia do skarpy czołowej

3.3. Kąty graniczne pochylenia skarpy bocznej zabierki w funkcji jej wysokości

Graniczne pochylenie skarpy zabierki w funkcji wysokości położenia osi koła naczyniowego i odległości trasy jazdy koparki od podstawy skarpy bocznej oblicza się według następujących zależności:

$$tg\alpha_{bgr} = \frac{h_r - 0,5D}{P_u - l_{bgr}} \quad [-] \quad (3.8)$$

$$\alpha_{bgr} = arctg\left(\frac{h_r - 0,5D}{P_u - l_{bgr}}\right) \quad [1^\circ] \quad (3.9)$$

gdzie

$$l_{gr} < l \leq l_{max} \quad [m]$$

$$l_{bgr} = P_d \cdot \sin(90^\circ - \kappa) \quad [m] \quad (3.10)$$

gdzie:

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m,

D - średnica koła czepakowego, m,

P_u - promień urabiania, m,

l - odległość trasy koparki od dolnej krawędzi skarpy bocznej, m,

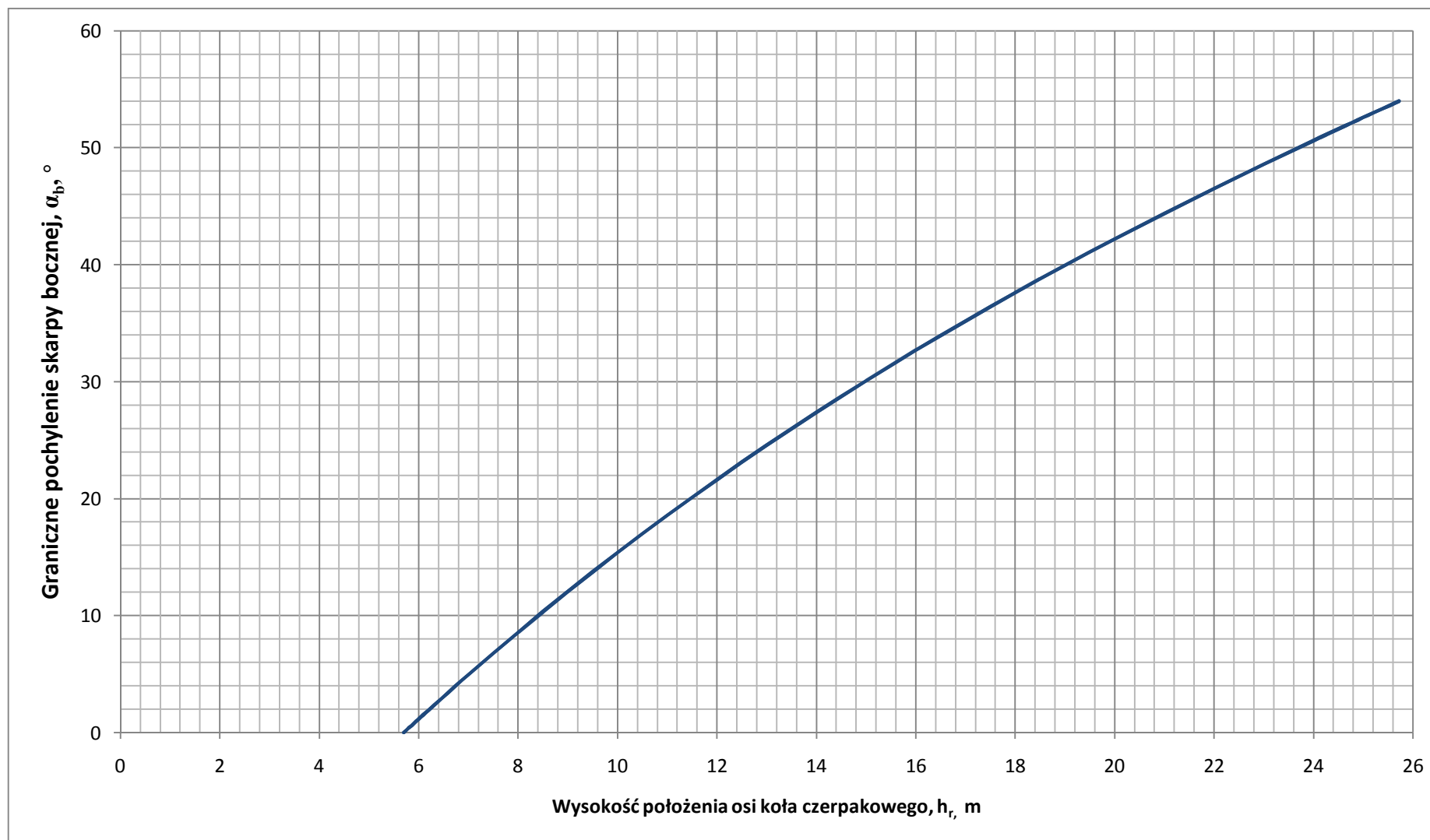
l_{gr} - graniczna odległość trasy koparki od dolnej krawędzi skarpy bocznej, m,

l_{max} - maksymalna odległość trasy koparki od dolnej krawędzi skarpy bocznej, m.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4 i na rys. 4.

Tabela 4. Graniczne pochylenie skarpy bocznej

L.p.	h_r	α_{bgr}
	[m]	[°]
1.	5,70	0,00
2.	6,00	1,16
3.	7,00	4,94
4.	8,00	8,57
5.	9,00	12,05
6.	10,00	15,38
7.	11,00	18,57
8.	12,00	21,63
9.	13,00	24,56
10.	14,00	27,37
11.	15,00	30,08
12.	16,00	32,68
13.	17,00	35,18
14.	18,00	37,60
15.	19,00	39,93
16.	20,00	42,19
17.	21,00	44,38
18.	22,00	46,51
19.	23,00	48,58
20.	24,00	50,60
21.	25,00	52,58
22.	25,72	53,97



Rys. 4. Graniczne pochylenie skarpy bocznej w funkcji jej wysokości

3.4. Maksymalne odległości osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej w funkcji wysokości zabierki i przyjętego nachylenia skarpy bocznej

Maksymalna odległość osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej wyraża się wzorem:

(3.11)

$$l_{max} = P_u - (h_r - 0,5 \cdot D) \cdot ctg\alpha_b \text{ [m]}$$

gdzie:

l_{max} – maksymalna odległość osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m,

D - średnica koła czepakowego, m,

P_u - promień urabiania, m,

$$0,5 \cdot D < h_r \leq h_{r,g} \text{ [m]}$$

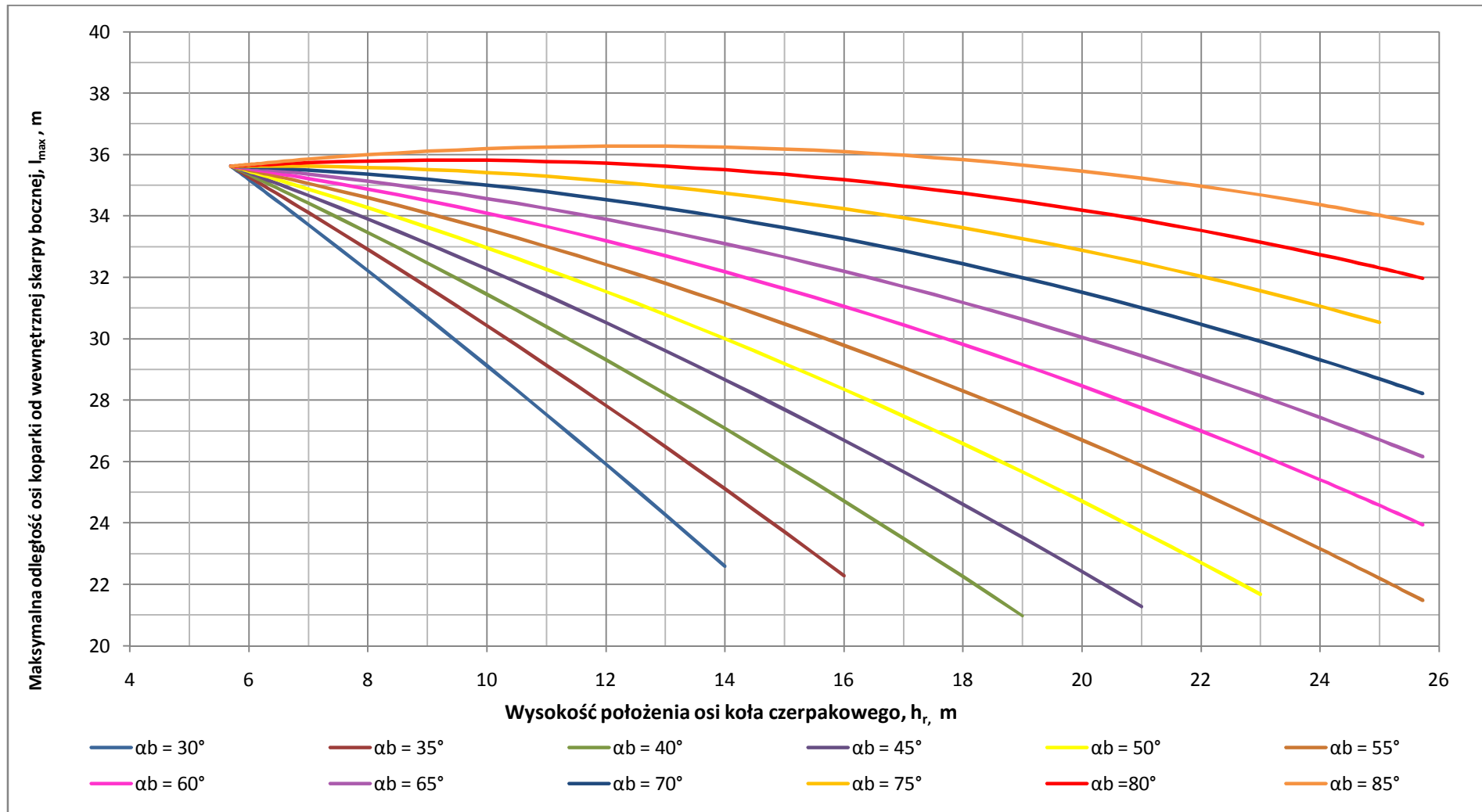
$$\alpha_{bgr} < \alpha_b < 90^\circ \text{ [}^\circ\text{]}$$

Dla przyjętej wysokości piętra h i kąta pochylenia skarpy α_b większego od α_{bgr} istnieje możliwość dowolnego wyboru trasy koparki wewnątrz przedziału l_{gr} oraz l_{max} .

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5 i na rysunku 5.

Tabela 5. Maksymalne odległości osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej [m]

L.p.	h_r	P_u	α_b [°]											
	[m]	[m]	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1.	5,70	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62
2.	6,00	35,71	35,19	35,28	35,35	35,41	35,45	35,50	35,53	35,57	35,60	35,62	35,65	35,68
3.	7,00	35,97	33,72	34,11	34,42	34,67	34,88	35,06	35,22	35,36	35,49	35,62	35,74	35,85
4.	8,00	36,20	32,21	32,91	33,46	33,90	34,27	34,59	34,87	35,13	35,36	35,58	35,79	36,00
5.	9,00	36,40	30,68	31,69	32,47	33,10	33,63	34,09	34,49	34,86	35,20	35,52	35,82	36,11
6.	10,00	36,57	29,12	30,43	31,45	32,27	32,96	33,56	34,09	34,57	35,01	35,42	35,81	36,20
7.	11,00	36,71	27,53	29,14	30,40	31,41	32,27	33,00	33,65	34,24	34,78	35,29	35,78	36,25
8.	12,00	36,83	25,92	27,83	29,32	30,53	31,54	32,42	33,19	33,89	34,53	35,14	35,72	36,28
9.	13,00	36,91	24,27	26,49	28,21	29,61	30,79	31,80	32,70	33,51	34,25	34,96	35,62	36,27
10.	14,00	36,97	22,59	25,11	27,08	28,67	30,00	31,16	32,18	33,10	33,95	34,74	35,50	36,24
11.	15,00	37,00	-	23,71	25,91	27,70	29,19	30,48	31,63	32,66	33,61	34,50	35,36	36,18
12.	16,00	37,00	-	22,29	24,72	26,70	28,35	29,78	31,05	32,19	33,25	34,24	35,18	36,10
13.	17,00	36,97	-	-	23,50	25,67	27,49	29,06	30,44	31,70	32,86	33,94	34,98	35,98
14.	18,00	36,91	-	-	22,25	24,61	26,59	28,30	29,81	31,18	32,44	33,62	34,74	35,84
15.	19,00	36,83	-	-	20,98	23,53	25,67	27,51	29,15	30,63	31,99	33,26	34,48	35,66
16.	20,00	36,71	-	-	-	22,41	24,71	26,70	28,46	30,05	31,51	32,88	34,19	35,46
17.	21,00	36,57	-	-	-	21,27	23,73	25,86	27,74	29,44	31,00	32,47	33,87	35,23
18.	22,00	36,40	-	-	-	-	22,72	24,99	26,99	28,80	30,47	32,03	33,53	34,97
19.	23,00	36,20	-	-	-	-	21,68	24,09	26,21	28,13	29,90	31,56	33,15	34,69
20.	24,00	35,97	-	-	-	-	-	23,15	25,40	27,43	29,31	31,06	32,74	34,37
21.	25,00	35,71	-	-	-	-	-	22,19	24,56	26,71	28,68	30,53	32,30	34,02
22.	25,72	35,50	-	-	-	-	-	21,48	23,94	26,16	28,21	30,13	31,97	33,75



Rys. 5. Maksymalne odległości osi trasy koparki od skarpy bocznej w funkcji wysokości zabierki i przyjętego pochylenia skarpy bocznej

3.5. Minimalne pochylenie skarpy bocznej wewnętrznej w funkcji wysokości zabierki i odległości osi trasy koparki od podstawy skarpy bocznej

Dla określenia wysokości piętra i określonej odległości trasy koparki od skarpy w przedziale:

$$l_{gr} < l < l_{max} [m]$$

$$20,94 < l < 35,50 [m]$$

jednoznacznie określony jest kąt pochylenia skarpy bocznej α_{bmin} .

(3.12)

$$\alpha_{bmin} = \arctg \left(\frac{h_r - 0,5D}{P_u - l} \right) [1^\circ]$$

gdzie:

α_{bmin} – minimalne pochylenie skarpy bocznej, °,

l – odległość osi koparki od wewnętrznej skarpy bocznej, m,

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m,

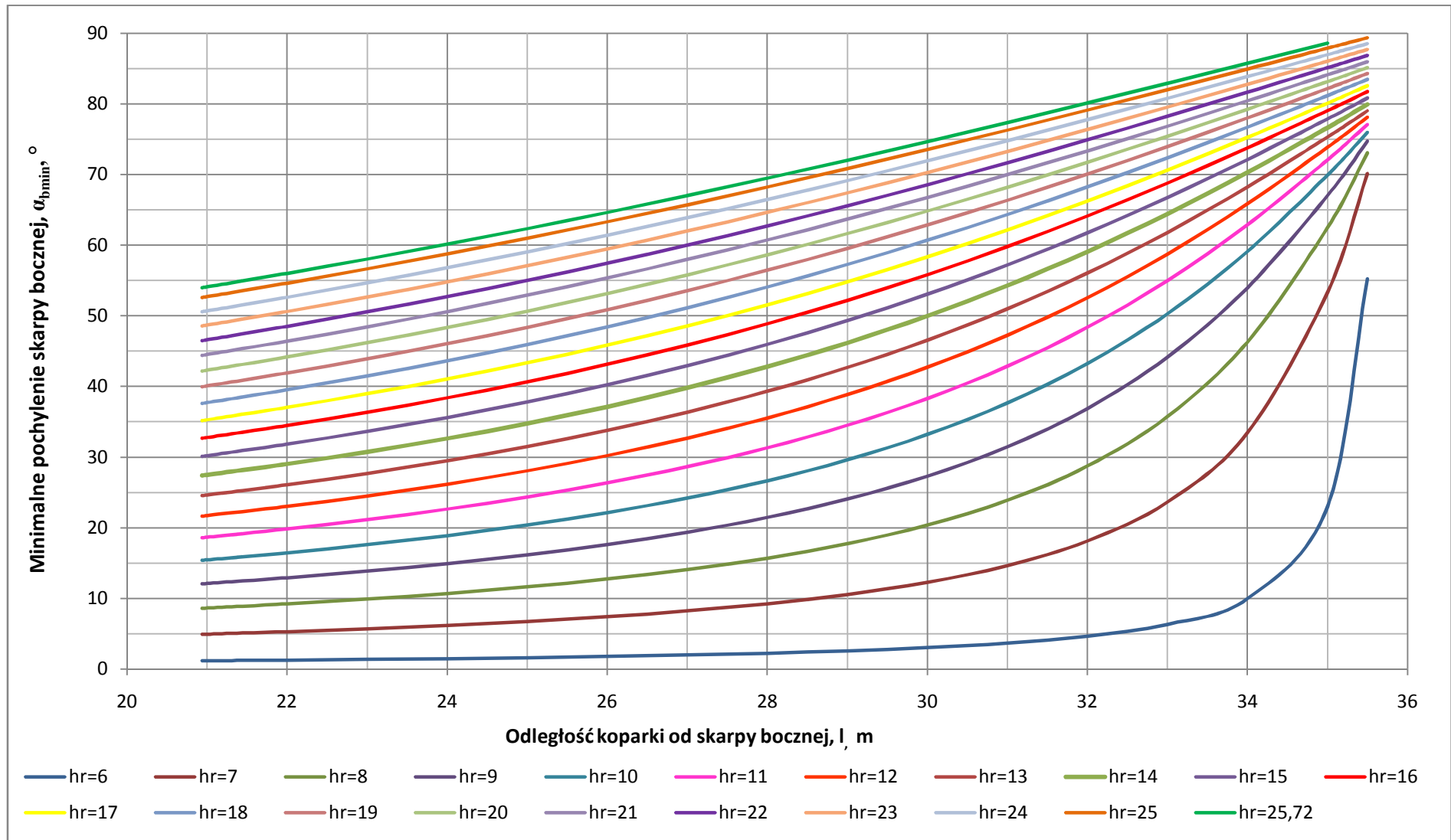
D - średnica koła czepakowego, m,

P_u - promień urabiania, m.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 6 i rysunku 6

Tabela 6. Minimalne pochylenie skarpy bocznej w funkcji wysokości zabierki i odległości koparki od skarpy bocznej

L.p.	h _r [m]	P _u [m]	l [m]																
			20,94	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	35,50
			α _{bmin} [°]																
1.	5,70	35,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	6,00	35,71	1,16	1,17	1,25	1,35	1,47	1,61	1,77	1,97	2,23	2,56	3,01	3,65	4,63	6,33	9,98	23,04	55,24
3.	7,00	35,97	4,94	4,96	5,32	5,72	6,20	6,76	7,43	8,25	9,27	10,57	12,29	14,67	18,14	23,66	33,46	53,35	70,11
4.	8,00	36,20	8,57	8,61	9,20	9,89	10,68	11,61	12,71	14,04	15,67	17,72	20,36	23,87	28,71	35,72	46,29	62,47	73,04
5.	9,00	36,40	12,05	12,09	12,91	13,83	14,90	16,14	17,60	19,34	21,45	24,03	27,28	31,43	36,87	44,15	53,97	67,01	74,70
6.	10,00	36,57	15,38	15,44	16,44	17,58	18,88	20,39	22,13	24,19	26,64	29,59	33,20	37,66	43,25	50,29	59,12	69,93	75,97
7.	11,00	36,71	18,57	18,64	19,81	21,13	22,63	24,35	26,32	28,62	31,31	34,49	38,29	42,85	48,35	54,98	62,89	72,08	77,07
8.	12,00	36,83	21,63	21,71	23,02	24,50	26,16	28,04	30,19	32,66	35,52	38,83	42,70	47,23	52,54	58,72	65,83	73,83	78,08
9.	13,00	36,91	24,56	24,64	26,08	27,69	29,48	31,50	33,78	36,37	39,32	42,70	46,56	51,00	56,07	61,81	68,25	75,32	79,03
10.	14,00	36,97	27,37	27,46	29,01	30,72	32,62	34,74	37,12	39,78	42,78	46,17	49,98	54,28	59,10	64,45	70,32	76,66	79,95
11.	15,00	37,00	30,08	30,17	31,80	33,60	35,59	37,78	40,22	42,93	45,95	49,31	53,05	57,19	61,75	66,75	72,14	77,88	80,84
12.	16,00	37,00	32,68	32,78	34,48	36,35	38,40	40,65	43,13	45,86	48,86	52,18	55,81	59,79	64,12	68,79	73,78	79,03	81,72
13.	17,00	36,97	35,18	35,29	37,05	38,97	41,07	43,35	45,85	48,58	51,56	54,81	58,34	62,16	66,27	70,65	75,28	80,12	82,58
14.	18,00	36,91	37,60	37,70	39,52	41,48	43,61	45,92	48,42	51,14	54,08	57,25	60,67	64,33	68,23	72,36	76,68	81,16	83,44
15.	19,00	36,83	39,93	40,04	41,89	43,89	46,04	48,35	50,85	53,54	56,43	59,52	62,83	66,34	70,05	73,95	78,00	82,18	84,29
16.	20,00	36,71	42,19	42,30	44,18	46,20	48,36	50,68	53,16	55,81	58,64	61,66	64,85	68,22	71,76	75,44	79,26	83,17	85,14
17.	21,00	36,57	44,38	44,50	46,40	48,43	50,59	52,90	55,36	57,97	60,74	63,67	66,76	69,99	73,36	76,86	80,46	84,14	85,98
18.	22,00	36,40	46,51	46,63	48,54	50,58	52,74	55,03	57,46	60,03	62,74	65,58	68,56	71,67	74,89	78,22	81,62	85,09	86,83
19.	23,00	36,20	48,58	48,70	50,62	52,66	54,81	57,08	59,48	62,00	64,64	67,41	70,29	73,27	76,36	79,52	82,76	86,04	87,68
20.	24,00	35,97	50,60	50,72	52,65	54,68	56,82	59,07	61,42	63,89	66,47	69,16	71,94	74,81	77,77	80,79	83,86	86,97	88,53
21.	25,00	35,71	52,58	52,70	54,62	56,64	58,76	60,98	63,30	65,72	68,24	70,84	73,53	76,30	79,13	82,02	84,95	87,91	89,38
22.	25,72	35,50	53,97	54,09	56,01	58,03	60,13	62,33	64,62	67,00	69,47	72,02	74,65	77,34	80,09	82,89	85,72	88,58	-



Rys.6. Minimalne pochylenie skarpy bocznej w funkcji wysokości zabierki i odległości koparki od skarpy bocznej

3.6. Szerokość zabierki w funkcji zewnętrznego kąta obrotu wysięgnika urabiającego, pochylenia skarpy, wysokości zabierki przy wewnętrznym kącie obrotu wysięgnika równym 90°

3.6.1. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła, przyjętego pochylenia skarpy bocznej przy zewnętrznym dolnym kącie obrotu nadwozia $\Psi_{zd} = 57^\circ$

Szerokość zabierki obliczono ze wzoru:

$$B = P_u + B_{zd} - (h_r - 0,5 \cdot D) \cdot ctg \alpha_b \quad [m] \quad (3.13)$$

gdzie:

B – szerokość zabierki, m,

B_{zd} – zewnętrzna dolna szerokość zabierki, m,

P_u - promień urabiania, m,

α_b – pochylenie skarpy bocznej, $^\circ$,

D - średnica koła czepakowego, m

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m.

Dopuszczalny możliwy wynikający z roboczego zakresu obrotu nadwozia kąt wynosi $\Psi_{zdmax} = 57^\circ$.
Przyjęto do obliczeń $\Psi_{zd} = 57^\circ$.

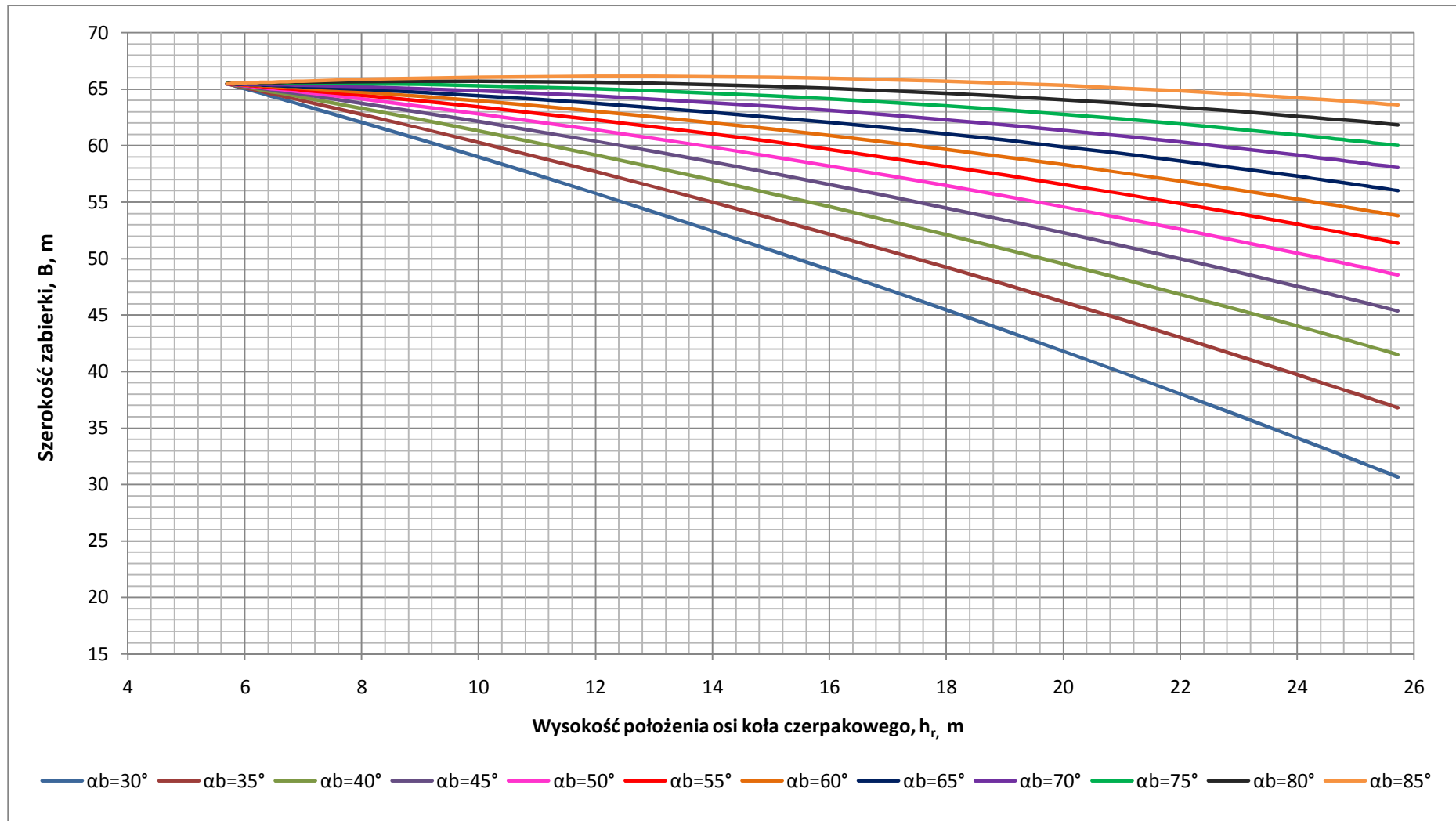
$$B_{zd} = P_d \cdot \sin \Psi_{zd} = 29,87 \text{ m} \quad (3.14)$$

Założono również, że przy urabianiu górnego stopnia nadwozie koparki obraca się o kąt $\Psi_{wg} = 90^\circ$

Wyniki zestawiono w tabeli 7 i na rysunku 7.

Tabela 7. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia osi koła i pochylenia skarpy bocznej

L.p.	h_r	P_u	B_{zd}	B [m]											
				α_b [°]											
				30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1.	5,70	35,62	29,87	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49
2.	6,00	35,71	29,87	65,06	65,15	65,22	65,28	65,33	65,37	65,41	65,44	65,47	65,50	65,53	65,55
3.	7,00	35,97	29,87	63,59	63,98	64,29	64,54	64,75	64,93	65,09	65,24	65,37	65,49	65,61	65,73
4.	8,00	36,20	29,87	62,09	62,79	63,33	63,77	64,14	64,46	64,74	65,00	65,24	65,46	65,67	65,87
5.	9,00	36,40	29,87	60,56	61,56	62,34	62,97	63,50	63,96	64,37	64,73	65,07	65,39	65,69	65,99
6.	10,00	36,57	29,87	59,00	60,30	61,32	62,15	62,84	63,43	63,96	64,44	64,88	65,29	65,69	66,07
7.	11,00	36,71	29,87	57,41	59,02	60,27	61,29	62,14	62,88	63,53	64,12	64,66	65,17	65,65	66,12
8.	12,00	36,83	29,87	55,79	57,70	59,19	60,40	61,41	62,29	63,06	63,76	64,41	65,01	65,59	66,15
9.	13,00	36,91	29,87	54,14	56,36	58,09	59,49	60,66	61,67	62,57	63,38	64,13	64,83	65,50	66,15
10.	14,00	36,97	29,87	52,47	54,99	56,95	58,54	59,88	61,03	62,05	62,97	63,82	64,62	65,38	66,12
11.	15,00	37,00	29,87	50,76	53,59	55,79	57,57	59,07	60,36	61,50	62,53	63,49	64,38	65,23	66,06
12.	16,00	37,00	29,87	49,03	52,16	54,60	56,57	58,23	59,66	60,92	62,07	63,12	64,11	65,05	65,97
13.	17,00	36,97	29,87	47,27	50,70	53,38	55,54	57,36	58,93	60,32	61,57	62,73	63,81	64,85	65,85
14.	18,00	36,91	29,87	45,48	49,22	52,13	54,49	56,46	58,17	59,68	61,05	62,31	63,49	64,62	65,71
15.	19,00	36,83	29,87	43,66	47,71	50,85	53,40	55,54	57,39	59,02	60,50	61,86	63,14	64,36	65,54
16.	20,00	36,71	29,87	41,82	46,17	49,55	52,29	54,59	56,57	58,33	59,92	61,38	62,76	64,07	65,34
17.	21,00	36,57	29,87	39,94	44,59	48,21	51,15	53,61	55,73	57,61	59,31	60,88	62,35	63,75	65,11
18.	22,00	36,40	29,87	38,04	42,99	46,85	49,97	52,60	54,86	56,86	58,67	60,34	61,91	63,40	64,85
19.	23,00	36,20	29,87	36,11	41,37	45,46	48,77	51,56	53,96	56,08	58,01	59,78	61,44	63,02	64,56
20.	24,00	35,97	29,87	34,14	39,71	44,03	47,54	50,49	53,03	55,28	57,31	59,18	60,94	62,61	64,24
21.	25,00	35,71	29,87	32,15	38,02	42,58	46,28	49,38	52,07	54,44	56,58	58,55	60,41	62,18	63,89
22.	25,72	35,50	29,87	30,70	36,78	41,51	45,35	48,57	51,35	53,81	56,04	58,08	60,01	61,84	63,62



Rys. 7. Maksymalna szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia osi koła naczyniowego i pochylenia skarpy bocznej

3.6.2. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła, przyjętego pochylenia skarpy bocznej przy zewnętrznym dolnym kącie obrotu nadwozia $\Psi_{zd} = -57^\circ \div 57^\circ$ oraz przy wewnętrznym kącie obrotu wysięgnika urabiającego równym 90°

Szerokość zabierki obliczono ze wzoru:

$$B = P_u + B_{zd} - (h_r - 0,5 \cdot D) \cdot ctg\alpha_b \quad [m] \quad (3.15)$$

gdzie

$$\alpha_{gr} < \alpha_b < 90^\circ \quad [1^\circ]$$

gdzie:

B – szerokość zabierki, m,

B_{zd} – zewnętrzna dolna szerokość zabierki, m,

P_u - promień urabiania, m,

α_b –pochylenie skarpy bocznej, °,

D - średnica koła czerpakowego, m,

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m.

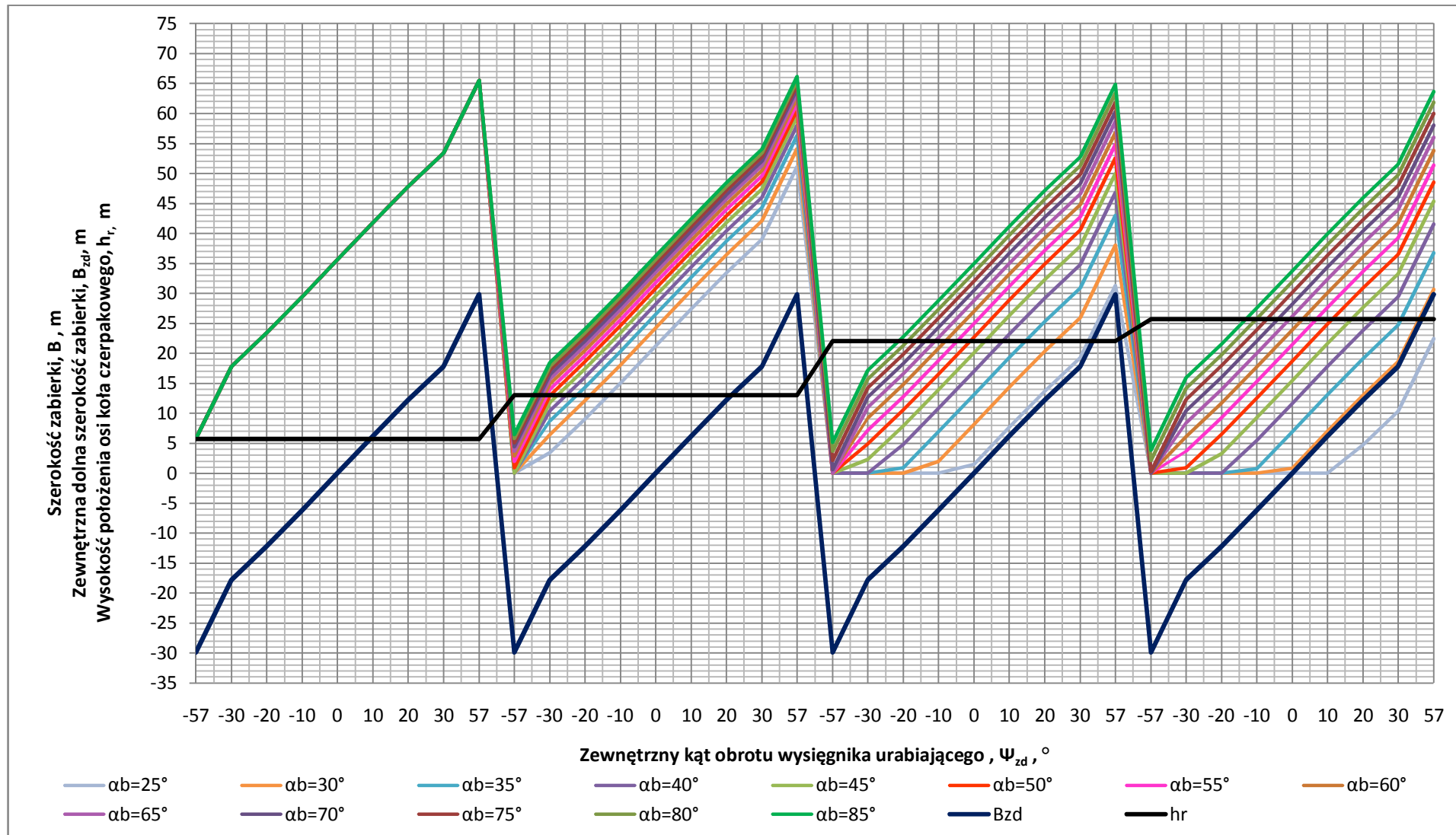
Wyniki zestawiono w tabeli 8 i na rysunku 8.

Tabela 8. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła

L.p.	Ψ_{zd} [°]	B_{zd} [m]	P_u [m]	h_r [m]	B ₂₅	B ₃₀	B ₃₅	B ₄₀	B ₄₅	B ₅₀	B ₅₅	B ₆₀	B ₆₅	B ₇₀	B ₇₅	B ₈₀	B ₈₅		
					α_b [°]														
					25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85		
1.	-57,00	-29,87	35,62	5,70	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75		
2.	-30,00	-17,81			17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81	17,81
3.	-20,00	-12,18			23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44	23,44
4.	-10,00	-6,19			29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44	29,44
5.	0,00	0,00			35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62	35,62
6.	10,00	6,19			41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81	41,81
7.	20,00	12,18			47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80
8.	30,00	17,81			53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43	53,43
9.	57,00	29,87			65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49	65,49
10.	-57,00	-29,87	36,91	13,00	-	-	-	-	-	0,91	1,93	2,82	3,63	4,38	5,08	5,75	6,40		
11.	-30,00	-17,81			3,45	6,46	8,68	10,40	11,80	12,98	13,99	14,89	15,70	16,44	17,15	17,81	18,46	18,46	
12.	-20,00	-12,18			9,07	12,08	14,30	16,03	17,43	18,60	19,62	20,51	21,32	22,07	22,77	23,44	24,09	24,09	
13.	-10,00	-6,19			15,07	18,08	20,30	22,03	23,43	24,60	25,61	26,51	27,32	28,07	28,77	29,44	30,09	30,09	
14.	0,00	0,00			21,26	24,27	26,49	28,21	29,61	30,79	31,80	32,70	33,51	34,25	34,96	35,62	36,27	36,27	
15.	10,00	6,19			27,44	30,45	32,67	34,40	35,80	36,97	37,99	38,88	39,69	40,44	41,14	41,81	42,46	42,46	
16.	20,00	12,18			33,44	36,45	38,67	40,39	41,79	42,97	43,98	44,88	45,69	46,44	47,14	47,81	48,46	48,46	
17.	30,00	17,81			39,07	42,08	44,30	46,02	47,42	48,60	49,61	50,51	51,32	52,07	52,77	53,43	54,08	54,08	
18.	57,00	29,87			51,13	54,14	56,36	58,09	59,49	60,66	61,67	62,57	63,38	64,13	64,83	65,50	66,15	66,15	

Tabela 8. Szerokość zabierki w funkcji wysokości położenia koła (ciąg dalszy)

L.p.	Ψ_{zd} [°]	B_{zd} [m]	P_u [m]	h_r [m]	B ₂₅	B ₃₀	B ₃₅	B ₄₀	B ₄₅	B ₅₀	B ₅₅	B ₆₀	B ₆₅	B ₇₀	B ₇₅	B ₈₀	B ₈₅
					25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
19.	-57,00	-29,87	36,40	22,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	2,16	3,65	5,10
20.	-30,00	-17,81			-	-	-	-	2,29	4,91	7,18	9,18	10,99	12,66	14,22	15,72	17,16
21.	-20,00	-12,18			-	-	0,94	4,79	7,92	10,54	12,80	14,81	16,62	18,28	19,85	21,34	22,79
22.	-10,00	-6,19			-	1,98	6,94	10,79	13,91	16,54	18,80	20,80	22,61	24,28	25,85	27,34	28,79
23.	0,00	0,00			1,44	8,17	13,12	16,97	20,10	22,72	24,99	26,99	28,80	30,47	32,03	33,53	34,97
24.	10,00	6,19			7,63	14,35	19,31	23,16	26,29	28,91	31,17	33,17	34,98	36,65	38,22	39,71	41,16
25.	20,00	12,18			13,63	20,35	25,30	29,16	32,28	34,91	37,17	39,17	40,98	42,65	44,22	45,71	47,16
26.	30,00	17,81			19,25	25,98	30,93	34,78	37,91	40,53	42,80	44,80	46,61	48,28	49,84	51,34	52,78
27.	57,00	29,87			31,32	38,04	42,99	46,85	49,97	52,60	54,86	56,86	58,67	60,34	61,91	63,40	64,85
28.	-57,00	-29,87	35,50	25,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	2,09	3,87
29.	-30,00	-17,81			-	-	-	-	-	0,89	3,67	6,13	8,35	10,40	12,32	14,16	15,94
30.	-20,00	-12,18			-	-	-	-	3,29	6,52	9,30	11,76	13,98	16,03	17,95	19,78	21,56
31.	-10,00	-6,19			-	-	0,72	5,45	9,29	12,51	15,29	17,75	19,98	22,02	23,95	25,78	27,56
32.	0,00	0,00			-	0,82	6,91	11,64	15,48	18,70	21,48	23,94	26,16	28,21	30,13	31,97	33,75
33.	10,00	6,19			-	7,01	13,09	17,82	21,66	24,88	27,66	30,12	32,35	34,40	36,32	38,15	39,93
34.	20,00	12,18			4,75	13,00	19,09	23,82	27,66	30,88	33,66	36,12	38,34	40,39	42,32	44,15	45,93
35.	30,00	17,81			10,37	18,63	24,72	29,45	33,29	36,51	39,29	41,75	43,97	46,02	47,94	49,78	51,56
36.	57,00	29,87			22,44	30,70	36,78	41,51	45,35	48,57	51,35	53,81	56,04	58,08	60,01	61,84	63,62



Rys. 8. Szerokość zabierki w funkcji zewnętrznego kąta obrotu wsięgnika urabiającego, pochylenia skarpy bocznej, wysokości zabierki przy wewnętrznym kącie obrotu wsięgnika równym 90°

3.7. Maksymalna głębokość zabioru w funkcji wysokości położenia osi koła i przyjętego pochylenia skarpy czołowej

Głębokość zabioru ograniczona jest możliwością zetknięcia się podwozia koparki z podstawą skarpy czołowej Z_1 oraz możliwością zetknięcia się konstrukcji wysięgnika z krawędzią podstawy najwyższego stopnia Z_2 . Maksymalna możliwa głębokość zabioru przy założonej wysokości zabierki i pochylenia skarpy bocznej jest więc wartością mniejszą z dwóch wielkości Z_1 i Z_2 :

$$Z_{max} = \min[Z_1; Z_2] [m] \quad (3.16)$$

3.7.1. Głębokość zabioru ograniczona możliwością zetknięcia się podwozia koparki z podstawą skarpy czołowej

Zależność ta wyraża się wzorem:

$$Z_1 = P_u - F - (h_r - 0,5 \cdot D) \cdot ctg\alpha_c [m] \quad (3.17)$$

gdzie:

Z_1 – Maksymalna głębokość zabioru, m,

P_u - promień urabiania, m,

α_c –pochylenie skarpy czołowej, °,

D - średnica koła czerpakowego, m

h_r - wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m,

F – odległość pomiędzy podstawą skarpy a osią obrotu koparki, m.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 9 i rysunku 9.

Tabela 9. Głębokość zabioru Z_1 w funkcji wysokości osi koła i pochylenia skarpy czołowej

L.p.	h_r [m]	P_u [m]	Z_1 [m]											
			α_b [°]											
			30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1.	5,70	35,62	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76
2.	6,00	35,71	20,32	20,41	20,48	20,54	20,59	20,63	20,67	20,70	20,73	20,76	20,79	20,82
3.	7,00	35,97	18,85	19,25	19,55	19,80	20,01	20,19	20,35	20,50	20,63	20,76	20,87	20,99
4.	8,00	36,20	17,35	18,05	18,59	19,03	19,40	19,72	20,01	20,26	20,50	20,72	20,93	21,13
5.	9,00	36,40	15,82	16,82	17,60	18,24	18,77	19,23	19,63	20,00	20,33	20,65	20,95	21,25
6.	10,00	36,57	14,26	15,57	16,58	17,41	18,10	18,70	19,22	19,70	20,14	20,56	20,95	21,33
7.	11,00	36,71	12,67	14,28	15,53	16,55	17,40	18,14	18,79	19,38	19,92	20,43	20,92	21,39
8.	12,00	36,83	11,05	12,97	14,46	15,66	16,68	17,55	18,33	19,03	19,67	20,28	20,85	21,41
9.	13,00	36,91	9,40	11,62	13,35	14,75	15,92	16,94	17,83	18,64	19,39	20,09	20,76	21,41
10.	14,00	36,97	7,73	10,25	12,21	13,80	15,14	16,29	17,31	18,23	19,08	19,88	20,64	21,38
11.	15,00	37,00	6,02	8,85	11,05	12,83	14,33	15,62	16,76	17,80	18,75	19,64	20,49	21,32
12.	16,00	37,00	4,29	7,42	9,86	11,83	13,49	14,92	16,19	17,33	18,38	19,37	20,32	21,23
13.	17,00	36,97	2,53	5,97	8,64	10,80	12,62	14,19	15,58	16,84	17,99	19,08	20,11	21,12
14.	18,00	36,91	0,74	4,48	7,39	9,75	11,73	13,44	14,95	16,31	17,57	18,75	19,88	20,97
15.	19,00	36,83	-	2,97	6,11	8,66	10,80	12,65	14,28	15,76	17,12	18,40	19,62	20,80
16.	20,00	36,71	-	1,43	4,81	7,55	9,85	11,84	13,59	15,18	16,64	18,02	19,33	20,60
17.	21,00	36,57	-	-	3,47	6,41	8,87	10,99	12,87	14,57	16,14	17,61	19,01	20,37
18.	22,00	36,40	-	-	2,11	5,24	7,86	10,12	12,13	13,94	15,60	17,17	18,66	20,11
19.	23,00	36,20	-	-	0,72	4,03	6,82	9,22	11,35	13,27	15,04	16,70	18,28	19,82
20.	24,00	35,97	-	-	-	2,80	5,75	8,29	10,54	12,57	14,44	16,20	17,88	19,50
21.	25,00	35,71	-	-	-	1,54	4,65	7,33	9,70	11,84	13,82	15,67	17,44	19,15
22.	25,72	35,50	-	-	-	0,61	3,83	6,61	9,07	11,30	13,35	15,27	17,10	18,88

3.7.2. Głębokość zabioru ograniczona możliwością zetknięcia się konstrukcji wysięgnika z górną krawędzią drugiego od góry stopnia

Zależność ta wyraża się wzorem:

$$Z_2 = \frac{0,5 \cdot D \cdot \cos(\beta - \varepsilon) - (d + \delta)}{\sin(\beta - \varepsilon)} - h_{II} \cdot \left(\operatorname{ctg} \alpha_c - \sqrt{\frac{D}{h_{II}} - 1} \right) [m] \quad (3.18)$$

gdzie

$$\sin \beta = \frac{h_r - y}{K} [-] \quad (3.19)$$

oraz

$$\sin \varepsilon = \frac{d}{K} [-] \quad (3.20)$$

gdzie:

Z_2 – Maksymalna głębokość zabioru, m,

h_{II} – wysokość drugiego od góry stopnia, przyjęto $h_{II} = 0,7D = 7,98$ m,

d – odległość od osi koła do dolnego pasa konstrukcji wysięgnika $d = 1,60$ m,

δ – odległość strefy bezpieczeństwa pomiędzy konstrukcją wysięgnika urabiającego a krawędzią drugiego od góry przyjęto $\delta = 0,5$ m,

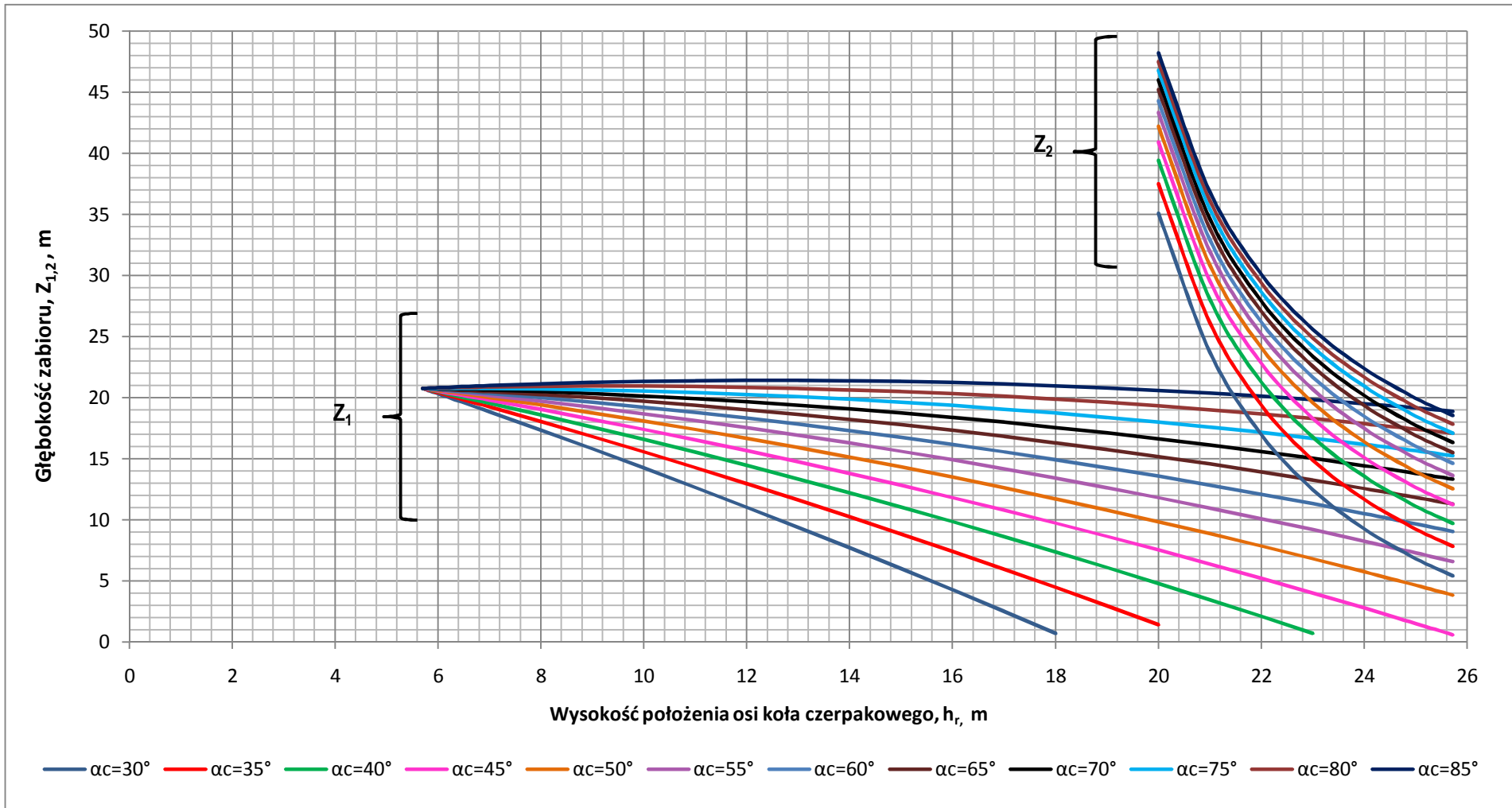
β – kąt pochylenia prostej łączącej oś koła z osią przegubu wysięgnika, °,

ε – kąt między prostą łączącą oś koła urabiającego z osią przegubu, a dolnym pasem konstrukcji wysięgnika $\varepsilon = 2,58^\circ$

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 10 i na rysunku 9.

Tabela 10. Głębokość zabioru Z_2 w funkcji wysokości osi koła i pochylenia skarpy czołowej

L.p.	Z_2													
	h_r [m]	β [°]	α_c [°]											
			30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
16.	20,00	7,28	35,11	37,54	39,42	40,95	42,24	43,35	44,33	45,21	46,03	46,79	47,53	48,23
17.	21,00	8,91	23,74	26,17	28,05	29,58	30,87	31,98	32,96	33,84	34,66	35,43	36,16	36,87
18.	22,00	10,55	16,98	19,40	21,29	22,82	24,10	25,21	26,19	27,08	27,90	28,66	29,39	30,10
19.	23,00	12,20	12,48	14,91	16,79	18,32	19,61	20,71	21,69	22,58	23,40	24,16	24,89	25,60
20.	24,00	13,85	9,26	11,69	13,57	15,10	16,39	17,49	18,48	19,36	20,18	20,94	21,68	22,38
21.	25,00	15,52	6,83	9,26	11,15	12,68	13,96	15,07	16,05	16,93	17,75	18,52	19,25	19,96
22.	25,72	16,73	5,42	7,85	9,73	11,26	12,55	13,66	14,64	15,52	16,34	17,11	17,84	18,55



Rys. 9. Maksymalna głębokość zaboru $Z_{\max} = \min[Z_1; Z_2]$ w funkcji wysokości zabierki i pochylenia skarpy czołowej α_c

3.8. Graniczny kąt obrotu koparki Ψ

Graniczny kąt Ψ_{zi} obrotu od strony nowo tworzonej skarpy zapewnić musi kształtowanie bocznej skarpy zgodnie z żądanym kątem pochylenia i jej odległości od osi koparki.

Wielkości tych kątów przedstawiono w tabelach i na rysunkach.

Kąt Ψ_{zi} zależny jest od wysokości położenia osi koła h_r , pochylenia bocznej skarpy α_b , odległości osi koparki od podstawy nowotworzonej skarpy bocznej l .

Wewnętrzny kąt obrotu Ψ_{wi} obliczono ze wzoru:

$$\Psi_{wi} = \arcsin \frac{l + \Delta l_j}{P_u} \quad [1^\circ] \quad (3.21)$$

gdzie:

Δl_j – przyrost poziomych odległości od osi trasy koparki do położenia osi koła czerpakowego na poszczególnych stopniach

P_u - promień urabiania, m,

l - odległości osi koparki od podstawy nowotworzonej skarpy bocznej, m

$$\Delta l_j = \Delta h_r \cdot \operatorname{ctg} \alpha_b \quad [m] \quad (3.22)$$

gdzie:

Δh_r – przyrost wysokości wzniosu osi koła, m,

α_b – pochylenie skarpy bocznej, °.

$$\Delta h_r = h_{ri} - 0,5 \cdot D \quad [m] \quad (3.23)$$

gdzie:

h_{ri} – położenie osi koła w i-tym położeniu, m,

D - średnica koła czerpakowego, m.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelach 11÷14 i na rysunkach 10÷20

Tabela 12. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki [m] od nowo tworzonej skarpy bocznej o różnych nachyleniach

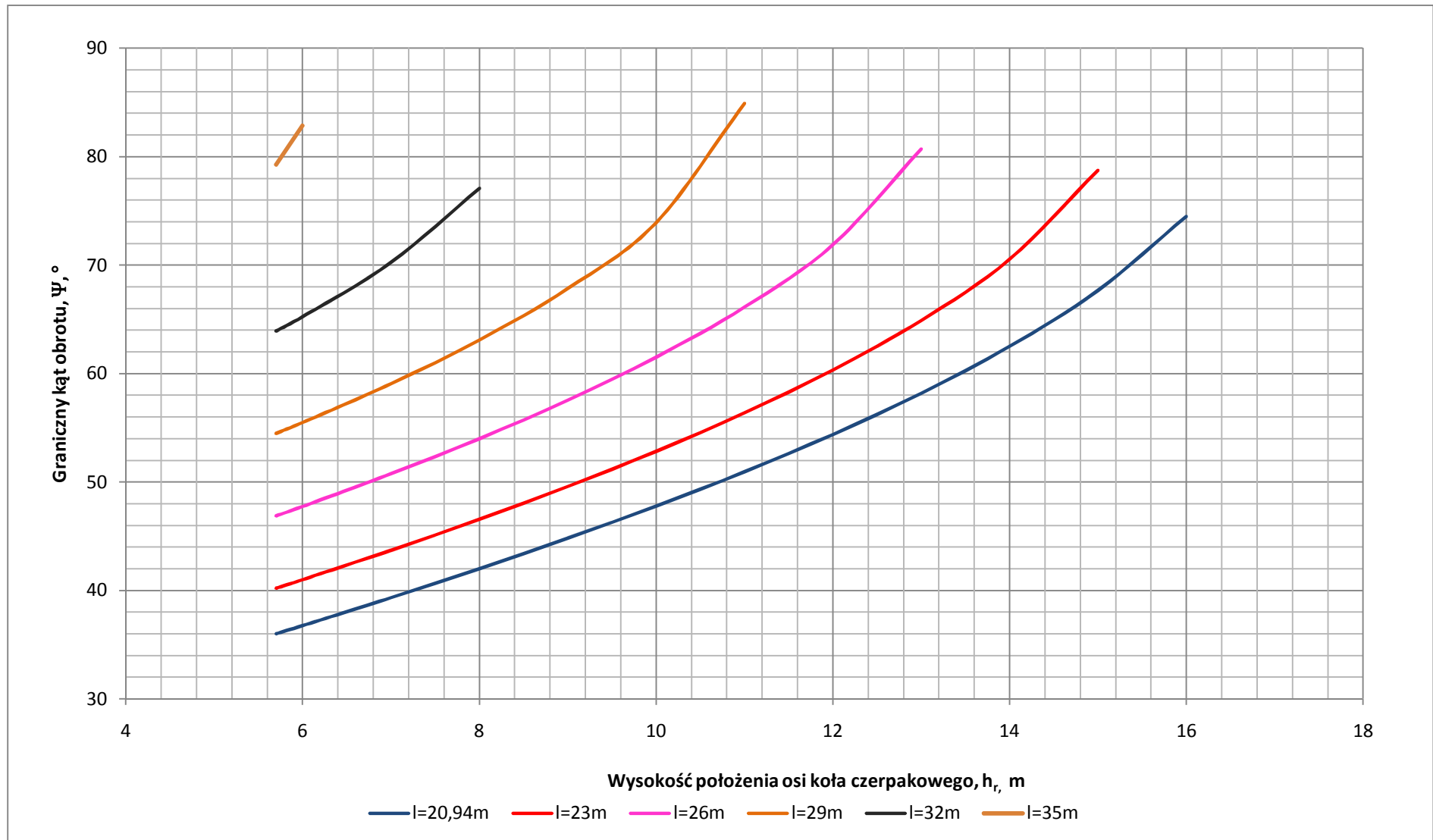
L.p.	h_r [m]	α_b 50						α_b 55						α_b 60					
		l [m]						l [m]						l [m]					
		20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00
Ψ_{wi}	Ψ_{wi}						Ψ_{wi}						Ψ_{wi}						
1.	5,70	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29
2.	6,00	36,40	40,63	47,33	55,01	64,59	80,86	36,32	40,55	47,23	54,89	64,44	80,45	36,25	40,47	47,14	54,79	64,30	80,10
3.	7,00	37,77	42,05	48,87	56,78	66,93	-	37,40	41,67	48,43	56,26	66,21	86,77	37,08	41,33	48,05	55,81	65,58	83,71
4.	8,00	39,18	43,53	50,50	58,70	69,61	-	38,53	42,83	49,71	57,74	68,20	-	37,96	42,23	49,02	56,91	67,03	-
5.	9,00	40,64	45,07	52,22	60,78	72,78	-	39,69	44,06	51,06	59,34	70,49	-	38,87	43,17	50,05	58,11	68,66	-
6.	10,00	42,16	46,68	54,06	63,08	76,82	-	40,91	45,34	52,49	61,08	73,20	-	39,82	44,17	51,15	59,41	70,54	-
7.	11,00	43,74	48,38	56,03	65,65	83,09	-	42,17	46,68	54,02	63,00	76,58	-	40,82	45,22	52,33	60,84	72,74	-
8.	12,00	45,40	50,18	58,16	68,59	-	-	43,50	48,10	55,67	65,13	81,38	-	41,86	46,33	53,59	62,40	75,40	-
9.	13,00	47,15	52,10	60,50	72,10	-	-	44,89	49,60	57,44	67,54	-	-	42,95	47,50	54,94	64,14	78,85	-
10.	14,00	49,00	54,15	63,09	76,62	-	-	46,35	51,20	59,37	70,33	-	-	44,11	48,74	56,40	66,08	84,40	-
11.	15,00	50,97	56,37	66,02	84,15	-	-	47,90	52,91	61,50	73,71	-	-	45,32	50,07	57,98	68,28	-	-
12.	16,00	53,09	58,79	69,45	-	-	-	49,54	54,75	63,86	78,18	-	-	46,61	51,48	59,71	70,84	-	-
13.	17,00	55,37	61,48	73,70	-	-	-	51,30	56,74	66,54	86,85	-	-	47,97	53,00	61,62	73,93	-	-
14.	18,00	57,87	64,52	79,73	-	-	-	53,18	58,92	69,67	-	-	-	49,43	54,64	63,74	77,97	-	-
15.	19,00	60,64	68,06	-	-	-	-	55,23	61,33	73,51	-	-	-	50,99	56,41	66,14	84,86	-	-
16.	20,00	63,78	72,42	-	-	-	-	57,46	64,05	78,79	-	-	-	52,67	58,36	68,92	-	-	-
17.	21,00	67,45	78,51	-	-	-	-	59,93	67,20	-	-	-	-	54,49	60,51	72,27	-	-	-
18.	22,00	71,98	-	-	-	-	-	62,72	70,98	-	-	-	-	56,48	62,92	76,61	-	-	-
19.	23,00	78,36	-	-	-	-	-	65,93	75,94	-	-	-	-	58,68	65,69	83,82	-	-	-
20.	24,00	-	-	-	-	-	-	69,78	84,70	-	-	-	-	61,15	68,94	-	-	-	-
21.	25,00	-	-	-	-	-	-	74,77	-	-	-	-	-	63,96	72,99	-	-	-	-
22.	25,72	-	-	-	-	-	-	79,98	-	-	-	-	-	66,27	76,80	-	-	-	-

Tabela 13. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki [m] od nowo tworzonej skarpy bocznej o różnych nachyleniach

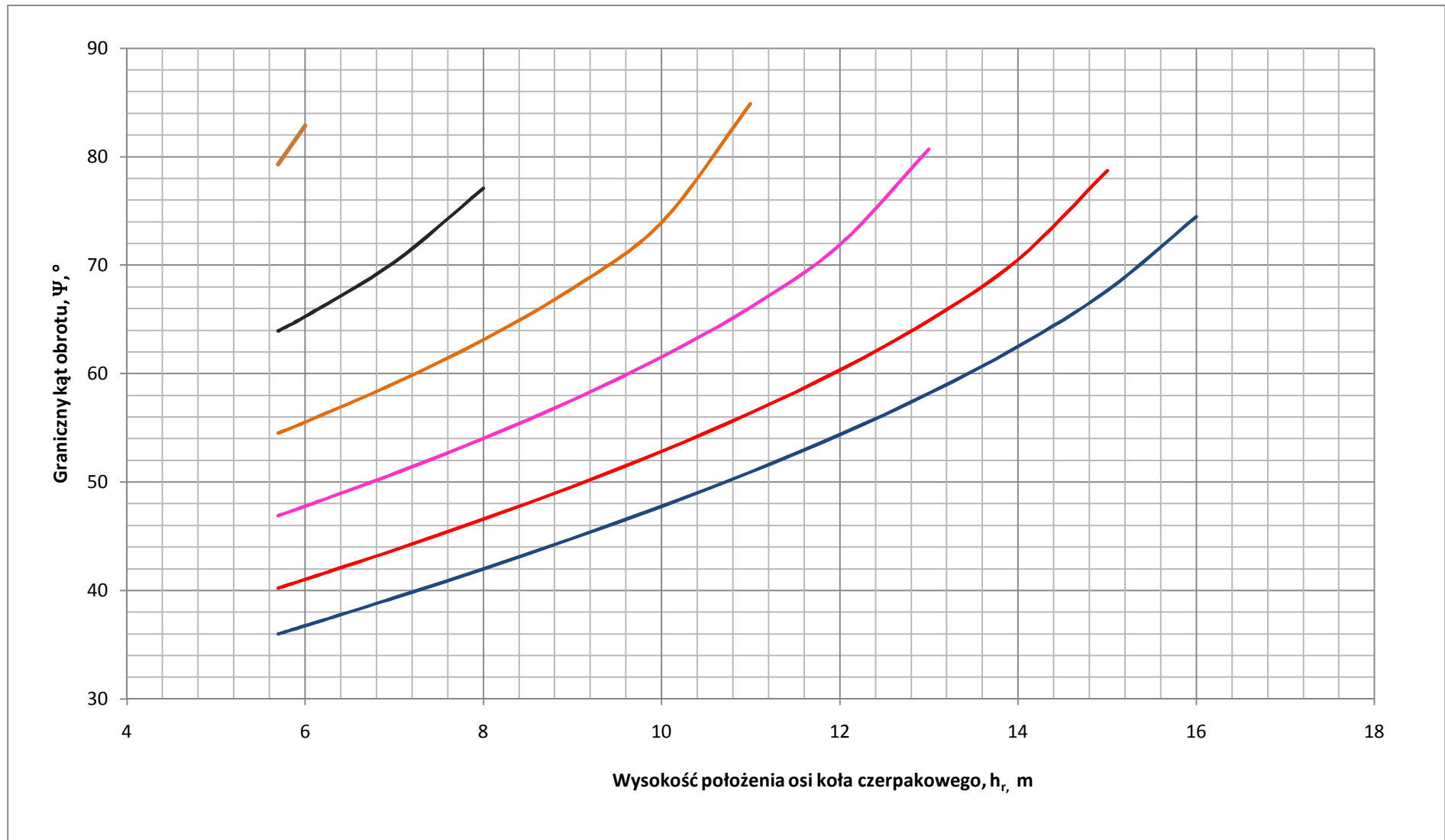
		α_b						α_b						α_b					
		65						70						75					
		l [m]						l [m]						l [m]					
L.p.	h _r	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00
	[m]	Ψ_{wi}						Ψ_{wi}						Ψ_{wi}					
1.	5,70	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29
2.	6,00	36,18	40,40	47,06	54,70	64,18	79,79	36,12	40,33	46,99	54,61	64,06	79,52	36,06	40,27	46,92	54,53	63,96	79,26
3.	7,00	36,80	41,02	47,71	55,40	65,03	81,87	36,53	40,74	47,39	55,03	64,54	80,49	36,28	40,48	47,10	54,68	64,08	79,35
4.	8,00	37,45	41,68	48,41	56,18	66,01	85,21	36,98	41,19	47,85	55,51	65,11	81,90	36,54	40,72	47,33	54,90	64,29	79,71
5.	9,00	38,13	42,39	49,16	57,03	67,13	-	37,46	41,67	48,36	56,07	65,80	84,01	36,83	41,01	47,61	55,18	64,61	80,34
6.	10,00	38,85	43,14	49,98	57,97	68,41	-	37,97	42,20	48,91	56,70	66,61	88,94	37,16	41,33	47,94	55,54	65,03	81,32
7.	11,00	39,61	43,93	50,85	59,01	69,87	-	38,52	42,77	49,53	57,40	67,54	-	37,51	41,69	48,32	55,95	65,55	82,75
8.	12,00	40,41	44,77	51,79	60,14	71,57	-	39,11	43,38	50,20	58,18	68,62	-	37,91	42,10	48,75	56,44	66,17	85,02
9.	13,00	41,26	45,67	52,81	61,39	73,57	-	39,73	44,03	50,93	59,05	69,87	-	38,33	42,54	49,23	57,00	66,91	-
10.	14,00	42,15	46,62	53,90	62,77	76,00	-	40,40	44,74	51,72	60,02	71,32	-	38,79	43,02	49,77	57,63	67,78	-
11.	15,00	43,09	47,64	55,08	64,30	79,16	-	41,10	45,49	52,59	61,09	73,03	-	39,29	43,55	50,37	58,34	68,80	-
12.	16,00	44,09	48,72	56,37	66,02	84,14	-	41,86	46,30	53,52	62,27	75,08	-	39,83	44,13	51,02	59,14	69,98	-
13.	17,00	45,14	49,88	57,76	67,97	-	-	42,66	47,17	54,54	63,60	77,65	-	40,41	44,75	51,74	60,04	71,35	-
14.	18,00	46,27	51,12	59,29	70,23	-	-	43,51	48,11	55,66	65,09	81,19	-	41,03	45,43	52,53	61,04	72,98	-
15.	19,00	47,47	52,46	60,98	72,92	-	-	44,43	49,11	56,87	66,77	-	-	41,71	46,16	53,40	62,16	74,95	-
16.	20,00	48,76	53,91	62,85	76,29	-	-	45,40	50,20	58,21	68,70	-	-	42,43	46,96	54,35	63,41	77,42	-
17.	21,00	50,14	55,49	64,96	81,14	-	-	46,45	51,37	59,68	70,95	-	-	43,20	47,82	55,39	64,83	80,79	-
18.	22,00	51,63	57,21	67,38	-	-	-	47,58	52,64	61,32	73,68	-	-	44,04	48,75	56,54	66,45	87,59	-
19.	23,00	53,25	59,12	70,24	-	-	-	48,79	54,03	63,15	77,18	-	-	44,95	49,77	57,81	68,31	-	-
20.	24,00	55,02	61,25	73,77	-	-	-	50,11	55,55	65,24	82,51	-	-	45,93	50,88	59,23	70,50	-	-
21.	25,00	56,98	63,67	78,59	-	-	-	51,55	57,24	67,66	-	-	-	46,99	52,09	60,81	73,14	-	-
22.	25,72	58,52	65,63	84,53	-	-	-	52,67	58,56	69,67	-	-	-	47,81	53,04	62,08	75,49	-	-

Tabela 14. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki [m] od nowo tworzonej skarpy bocznej o różnych nachyleniach

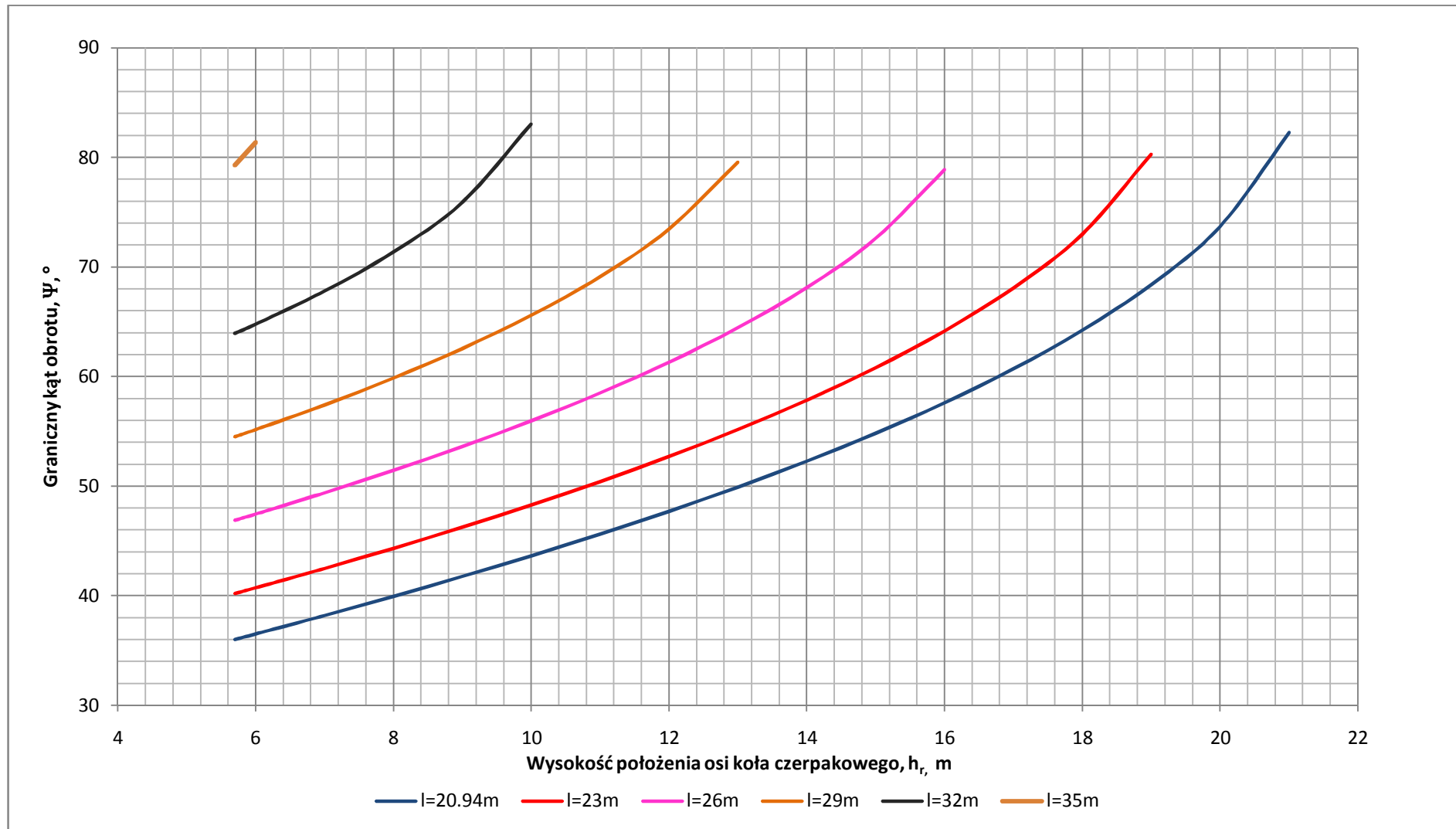
		α_b						α_b					
		80						85					
		l [m]						l [m]					
L.p.	h_r	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00	20,94	23,00	26,00	29,00	32,00	35,00
	[m]	Ψ_{wi}						Ψ_{wi}					
1.	5,70	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29	36,00	40,22	46,88	54,50	63,94	79,29
2.	6,00	36,01	40,21	46,86	54,46	63,86	79,03	35,95	40,16	46,80	54,38	63,76	78,81
3.	7,00	36,05	40,23	46,82	54,36	63,65	78,37	35,82	39,99	46,56	54,04	63,23	77,49
4.	8,00	36,13	40,28	46,84	54,32	63,54	77,98	35,73	39,86	46,37	53,77	62,82	76,52
5.	9,00	36,24	40,38	46,91	54,36	63,52	77,83	35,67	39,78	46,24	53,58	62,51	75,81
6.	10,00	36,39	40,51	47,03	54,46	63,60	77,90	35,65	39,73	46,16	53,44	62,29	75,31
7.	11,00	36,57	40,69	47,19	54,62	63,77	78,18	35,66	39,72	46,12	53,37	62,16	75,01
8.	12,00	36,78	40,90	47,41	54,85	64,04	78,68	35,70	39,76	46,13	53,36	62,12	74,87
9.	13,00	37,02	41,15	47,67	55,14	64,40	79,44	35,77	39,82	46,19	53,41	62,16	74,91
10.	14,00	37,30	41,43	47,98	55,49	64,85	80,52	35,87	39,93	46,30	53,52	62,28	75,11
11.	15,00	37,61	41,76	48,34	55,91	65,40	82,04	36,01	40,07	46,45	53,69	62,49	75,47
12.	16,00	37,95	42,13	48,75	56,40	66,07	84,34	36,18	40,24	46,65	53,92	62,79	76,02
13.	17,00	38,33	42,54	49,22	56,97	66,85	-	36,38	40,46	46,89	54,21	63,17	76,78
14.	18,00	38,75	42,99	49,74	57,61	67,77	-	36,61	40,71	47,18	54,57	63,65	77,78
15.	19,00	39,21	43,49	50,33	58,34	68,84	-	36,88	41,01	47,53	54,99	64,23	79,11
16.	20,00	39,71	44,04	50,97	59,16	70,10	-	37,18	41,34	47,92	55,48	64,92	80,90
17.	21,00	40,26	44,64	51,69	60,08	71,58	-	37,52	41,72	48,38	56,05	65,73	83,53
18.	22,00	40,86	45,30	52,49	61,12	73,35	-	37,91	42,15	48,89	56,71	66,68	-
19.	23,00	41,50	46,03	53,37	62,30	75,53	-	38,33	42,62	49,47	57,45	67,79	-
20.	24,00	42,21	46,82	54,35	63,64	78,35	-	38,80	43,16	50,12	58,30	69,10	-
21.	25,00	42,98	47,69	55,44	65,16	82,54	-	39,32	43,75	50,85	59,26	70,65	-
22.	25,72	43,57	48,36	56,29	66,41	-	-	39,73	44,21	51,43	60,03	71,96	-



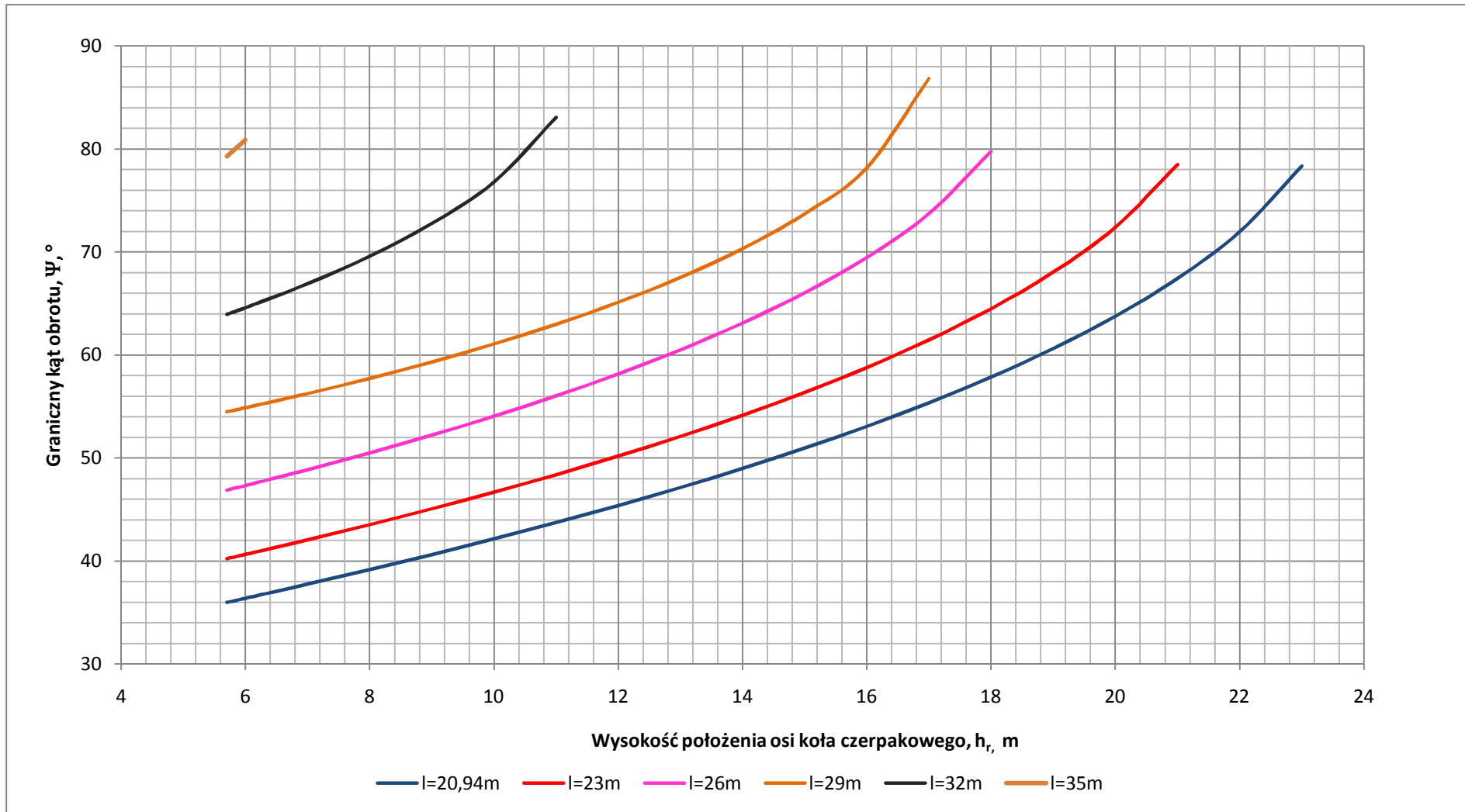
Rys. 10. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=35^\circ$



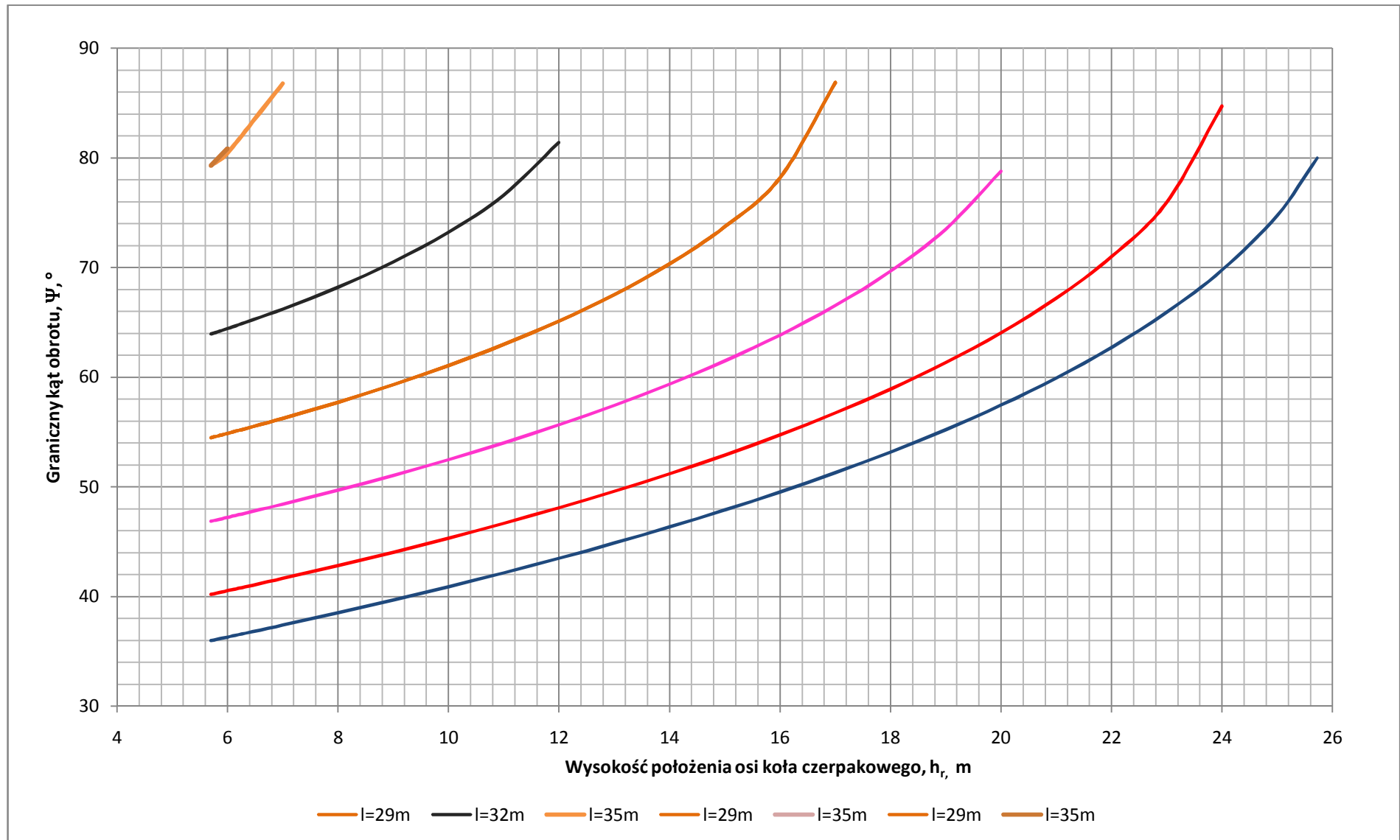
Rys. 11. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=40^\circ$



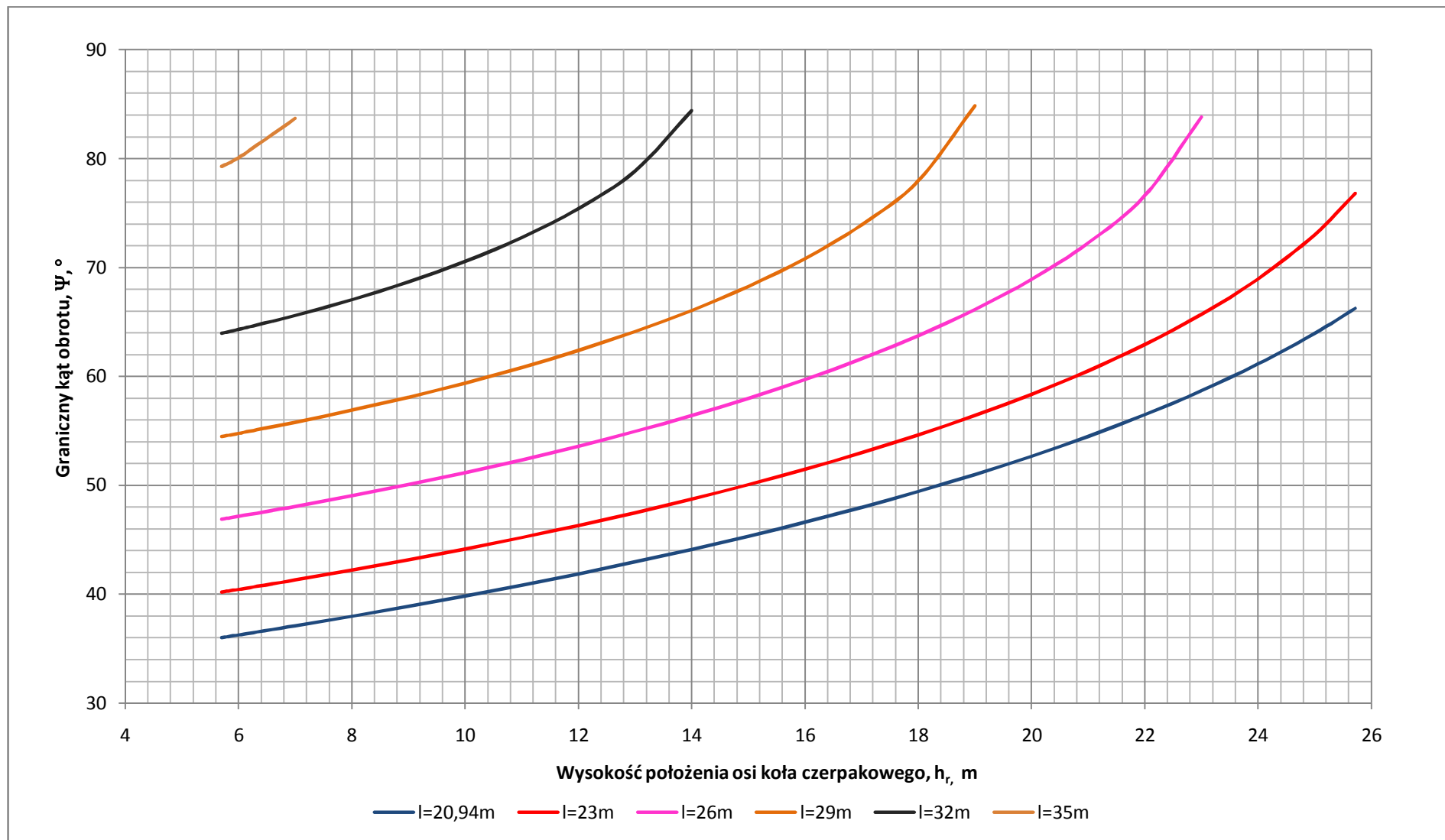
Rys. 12. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=45^\circ$



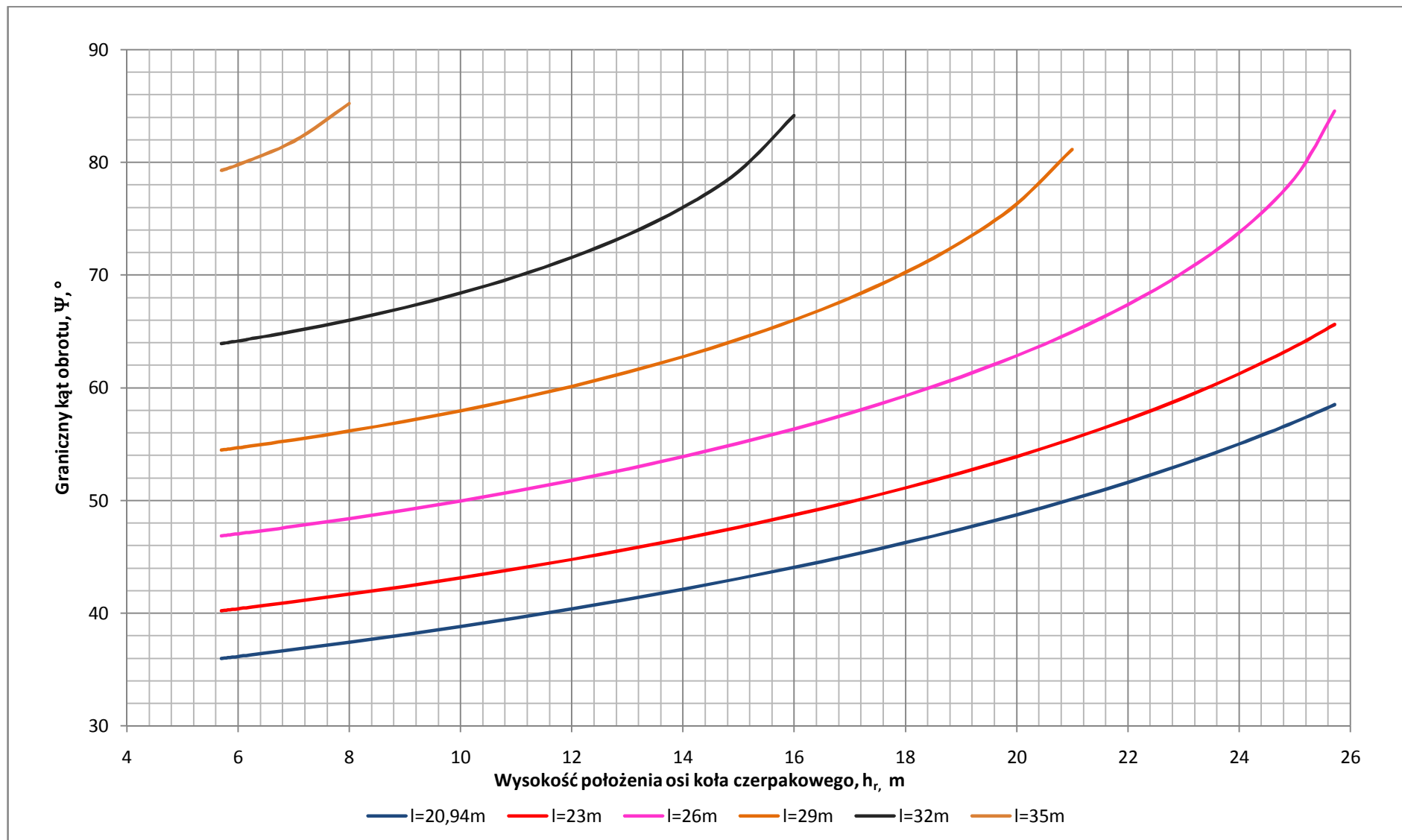
Rys. 13. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=50^\circ$



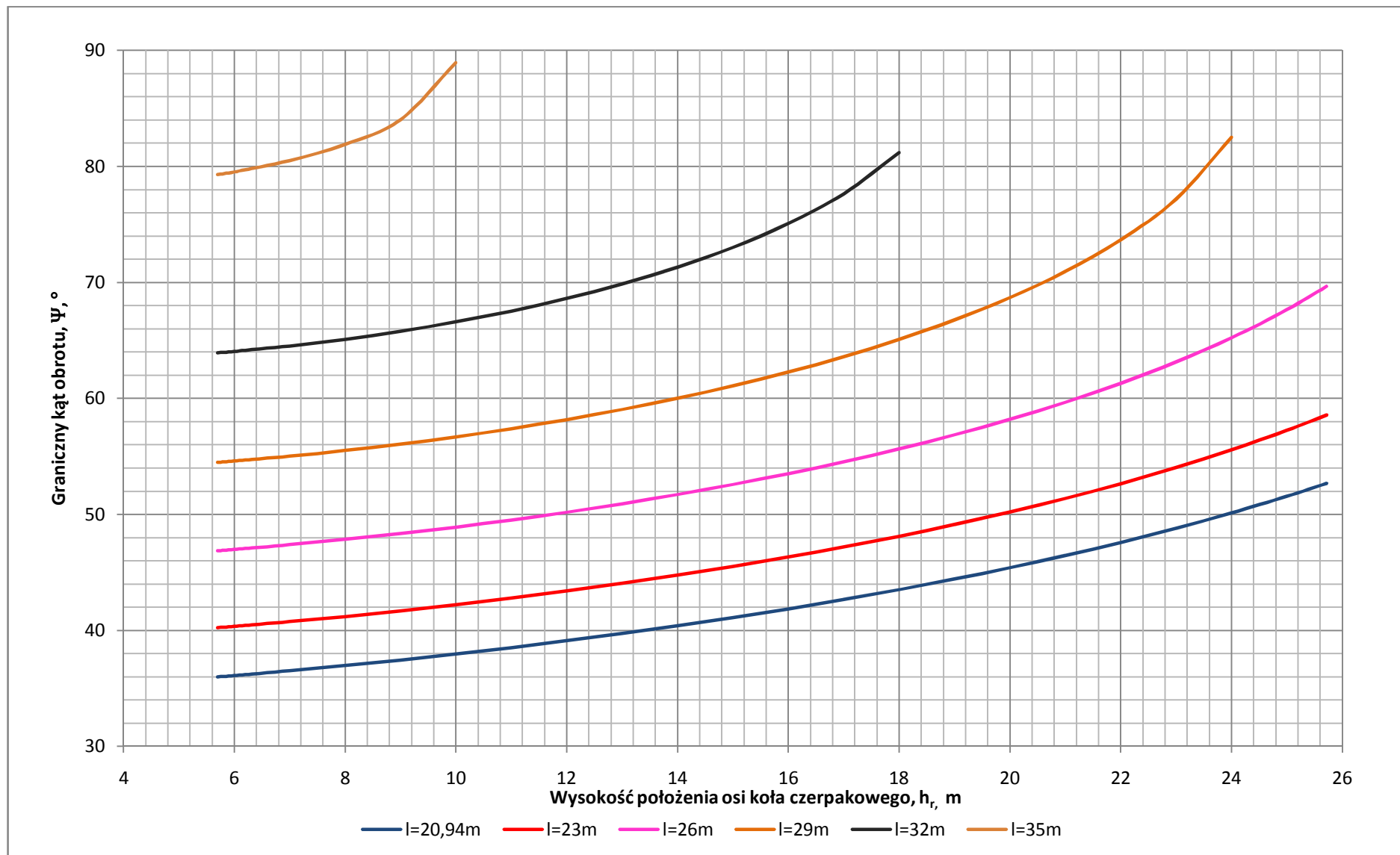
Rys. 14. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=55^\circ$



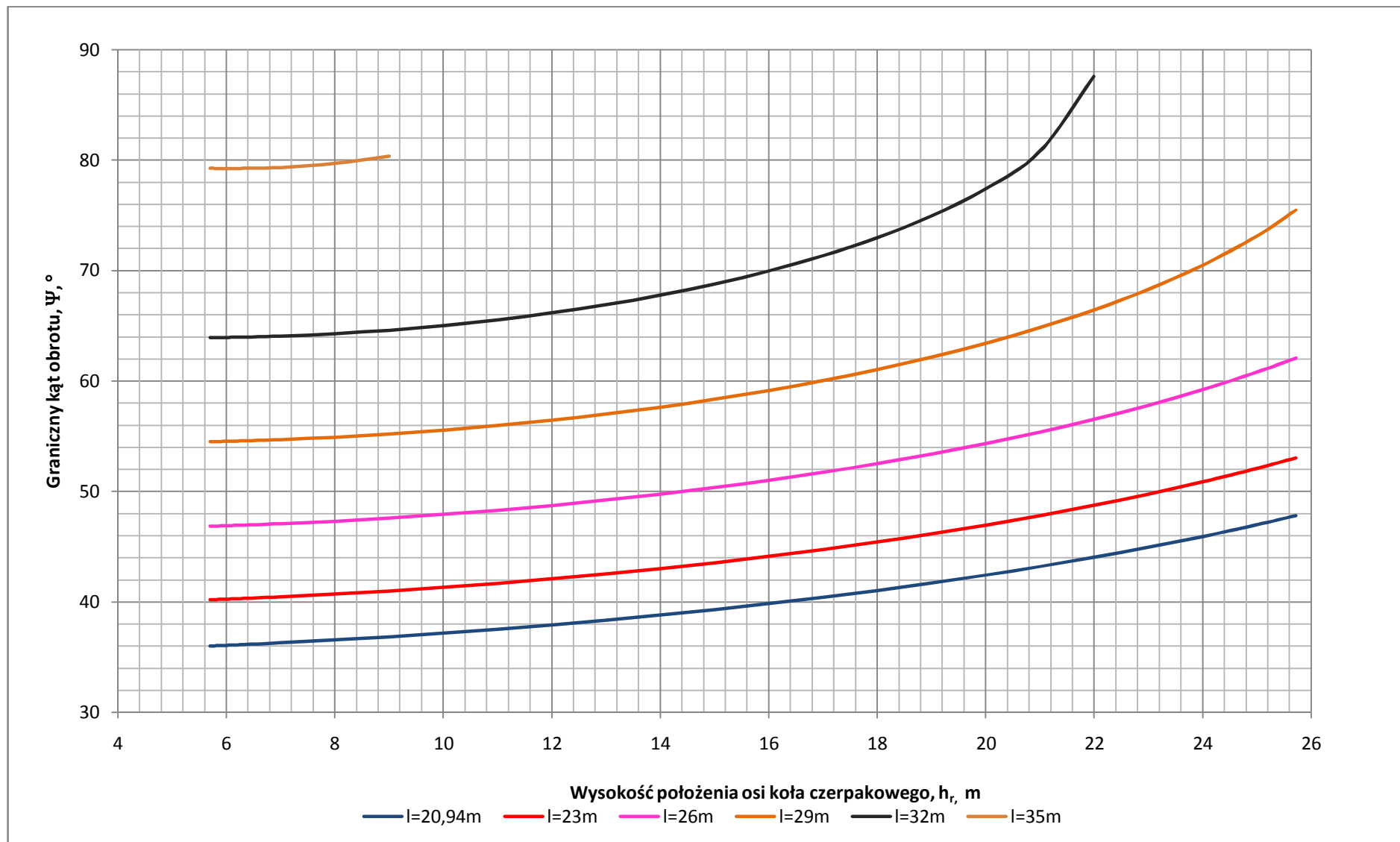
Rys. 15. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=60^\circ$



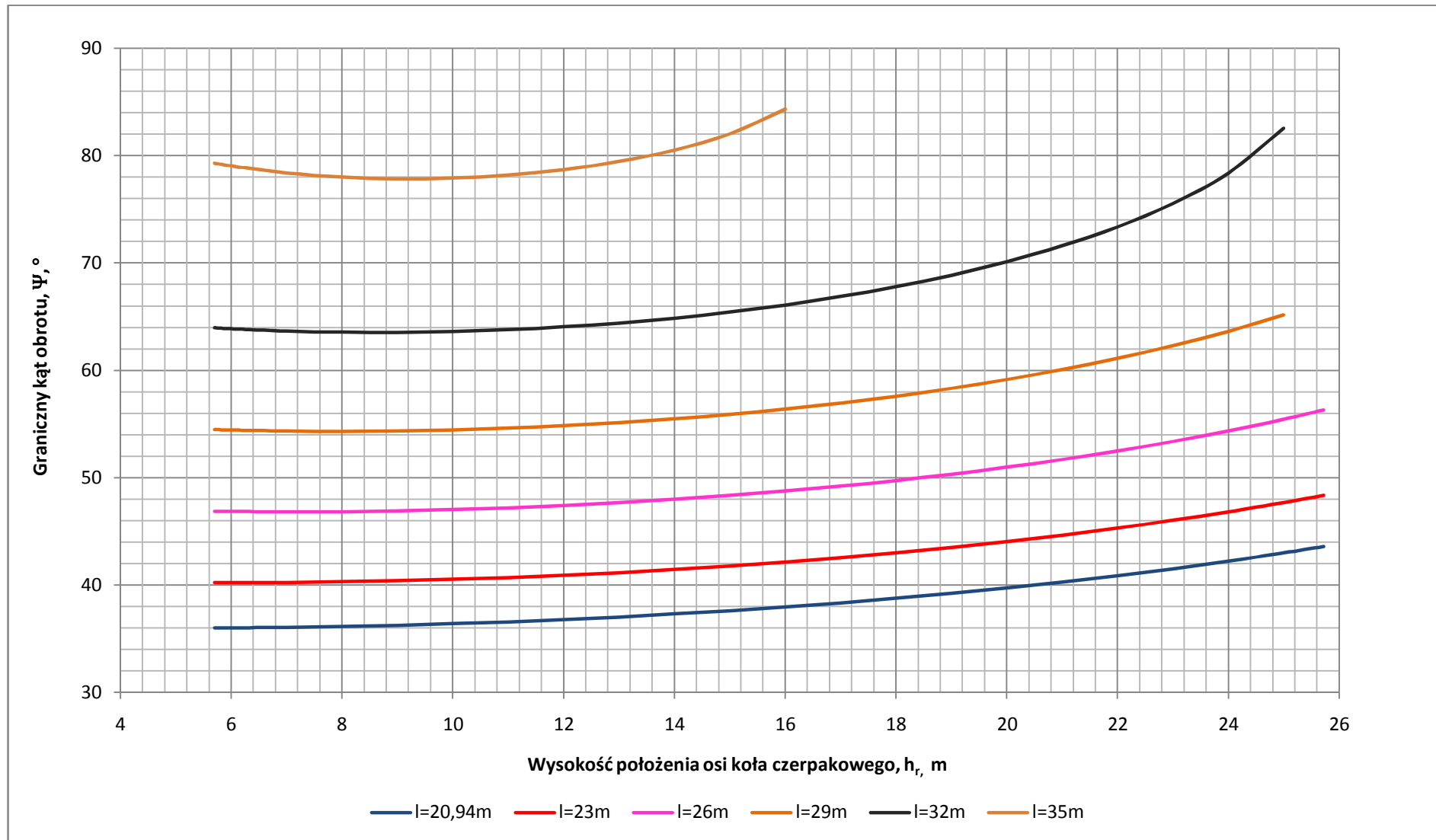
Rys. 16. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=65^\circ$



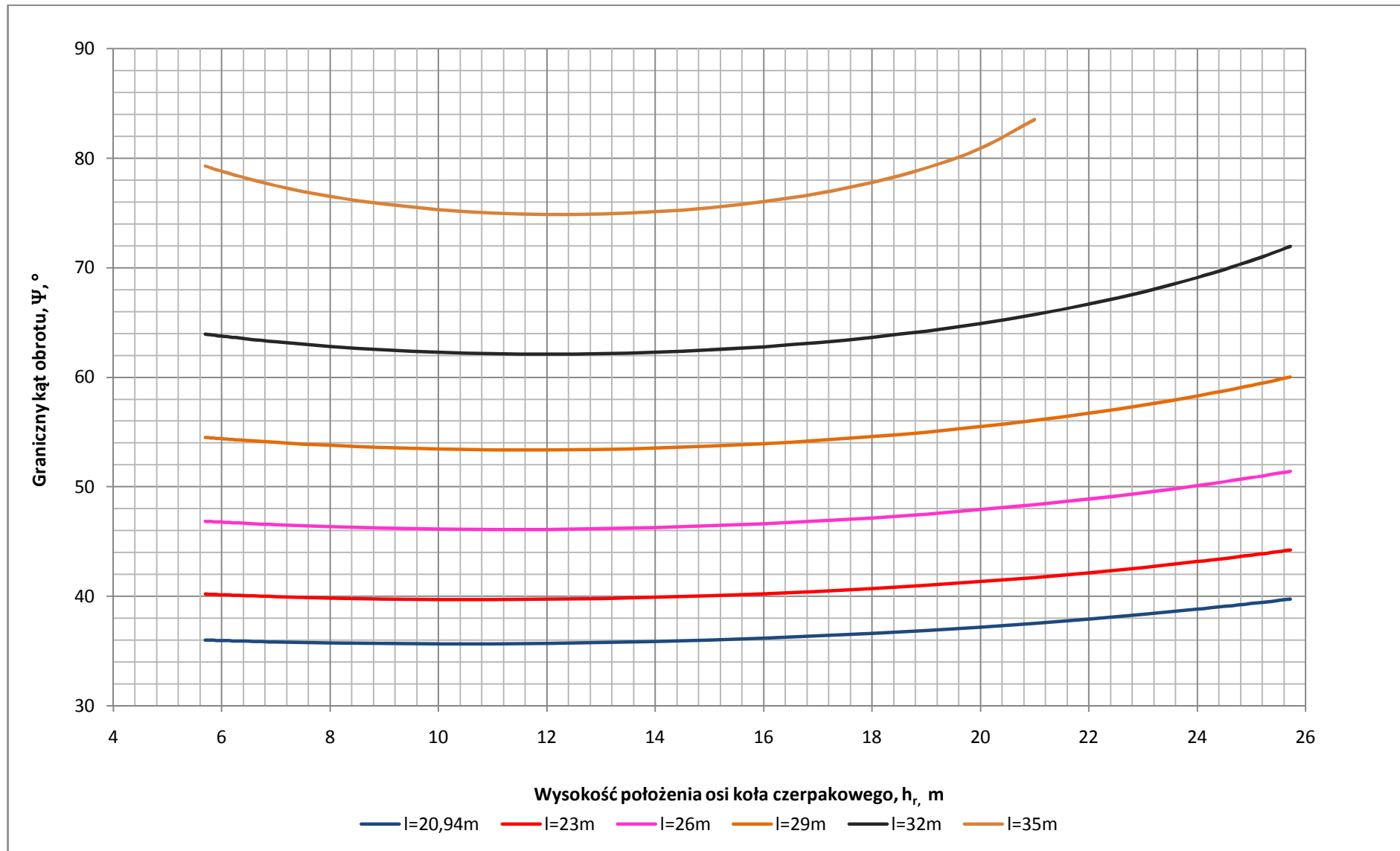
Rys. 17. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=70^\circ$



Rys. 18. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=75^\circ$



Rys. 19. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=80^\circ$



Rys. 20. Graniczny kąt obrotu Ψ w funkcji odległości osi koparki l w [m] od nowotworzonej skarpy bocznej o nachyleniu $\alpha_b=85^\circ$

4. Technologia urabiania koparką SRs – 1800

4.1. Sposoby pracy

Koparka kołowa SRs – 1800 przystosowana jest do urabiania nadsiębiernym systemem zabierkowym przy równoległym lub wachlarzowym postępie frontu roboczego. Koparka posiada wysięgnik przenośnika wyładowczego wsparty na odrębnym podwoziu gąsienicowym. Poziom, po którym porusza się podwozie wsparcze wysięgnika, może być położone znacznie wyżej lub niżej w stosunku do poziomu pracy koparki. Pozwala to na zróżnicowanie poziomu pracy koparki w stosunku do poziomu przenośnika poziomowego o ± 10 m.

Koparka może być zastosowana do urabiania calizny wiórem pionowym lub wiórem poziomym. Pierwszy sposób urabiania jest podstawowym sposobem pracy koparki, stosuje się je przeważnie przy skałach o izomorficznych własnościach odspajania. Najczęściej takimi właściwościami odznaczają się skały nadkładowe. Urabianie wiórem poziomym stosuje się w skałach posiadających zróżnicowane kierunkowo opory kopania, gdy mniejsze występują w płaszczyźnie poziomej. Przykładem może być tu węgiel brunatny, który może posiadać wyraźnie widoczne uławicenie poziome. Kolejnym przykładem mogą być skały skłonne do tworzenia dużych brył w końcowej fazie odcinania wiórami poziomymi lub konieczność skrawania zmarzliny lub przerostu trudno urabialnego.

Urabianie wiórem pionowym (rys. 22a i 23a) realizowane jest przy założeniu trzech ruchów na które składają się :

- ruch roboczy wykonywany w sposób ciągły przez obrót koła czerpakowego w kierunku do koparki,
- ruch posuwu wykonywany w sposób ciągły przez obrót wysięgnika urabiającego w jednym kierunku (w lewo lub w prawo) przy odcinaniu pojedynczego pasma. Zmiana kierunku obrotu konieczna jest przy przejściu do odcinania kolejnego pasma na tym samym urabianym stopniu. Liczba tych ruchów z uwzględnieniem zmian kierunku wynika z liczby stopni w zabierce (zależnych od wysokości zabierki i przyjętej wysokości stopni) oraz liczby odcinanych pasm na danym stopniu ograniczonych wielkością zabioru,
- ruch dosuwu wykonywany jest cyklicznie przez dojazd całej koparki w kierunku urabianej zabierki o grubość odcinanego pasma w osi trasy koparki (co odpowiada maksymalnej grubości pojedynczego wióra odcinanego przez któryś z czerpaków, który w danym momencie urabia

caliznę w osi trasy koparki). Ilość ruchów dosuwu na kolejnym urabianym stopniu równa jest liczbie odcinanych pasm, a ogranicza ją wielkość zabioru.

Urabianie wiórem poziomym (rys. 22b i 23b) realizowane jest przy wykonywaniu trzech ruchów podstawowych:

- ruch roboczy wykonywany przez obrót koła czerpakowego w kierunku do koparki w sposób ciągły,
- ruch posuwu wykonywany jest w sposób ciągły przez obrót wysięgnika urabiającego podobnie jak przy urabianiu wiórem pionowym,
- ruch dosuwu wykonywany jest przez opuszczanie wysięgnika urabiającego.

Liczba tych ruchów uzależniona jest od grubości odcinanych wiórów (pasm) i ilości stopni w zabierze, z tym że wielkość zabioru jest równa wysokości odcinanych wiórów mierzona w osi trasy koparki.

Do istotnych wad sposobu urabiania wiórem poziomym należy zaliczyć:

- ograniczenie wysokości urabianej zabierki z uwagi na konieczność usytuowania koła czerpakowego nad urabianą zabierką,
- powstawanie znacznej wysokości progów na poziomie roboczym koparki (w przypadku koparki SRs – 1800 wysokości progów są rzędu 0,5 do 0,7 m).

Zniwelowanie tych wad wiąże się z koniecznością zastąpienia urabiania wiórem poziomym na urabianie wiórem pionowym na stopniu górnym i na stopniu dolnym. Utworzony w ten sposób zostaje trzeci rodzaj urabiania – urabianie wiórami mieszanymi. W wielu przypadkach wpływa to na rezygnację z urabiania tylko wiórem poziomym. Z tych względów urabianie wiórem pionowym uznawane jest za podstawowy sposób pracy wielonaczyniowych koparek kołowych.

4.2. Technologiczne warianty pracy koparki SRs – 1800

Konstrukcja koparki oraz przenośnik załadowniczy wsparty bezpośrednio jednym końcem na koparce, a drugim końcem na własnym podwoziu gaśienicowym pozwala na zróżnicowanie poziomów pracy koparki i poziomu transportowego (przenośnik poziomy odbierający urobek z przenośnika załadowniczego) o ± 10 m.

Możliwa jest również zmiana odległości między osią trasy koparki, a osią trasy przenośnika poziomego o ± 6 m poprzez dwuelementowy przenośnik załadowniczy (pozycja maksymalnie zsunięta do maksymalnie wysuniętej) oraz przez obrót wysięgnika załadowniczego co pozwala na zbliżenie się osi trasy podwozia gaśienicowego przenośnika załadowniczego do osi trasy koparki.

Możliwości jakie wynikają z konstrukcji koparki pozwalają na szereg rozwiązań szczegółowych technologii jej pracy nadpoziomowej:

- praca zabierką czołową jednym piętrem,
- praca zabierką boczną jednym piętrem,
- praca dwoma podpiętami,
- praca trzema podpiętami.

Praca zabierką czołową jednym piętrem (rys. 24)

Sposób ten jest podstawowym dla wielonaczyniowych koparek kołowych. Wymiary geometryczne zabierki określone są przez parametry konstrukcyjne koparki, parametry urabianego gruntu oraz przyjęte parametry geometryczne wynikające z zachowania równomiernego postępu frontów eksploatacyjnych oraz niezbędnych korekt tych parametrów, które w całym procesie urabiania i eksploatacji są mierzalne i sterowalne. Celem bardzo istotnym jest zachowanie ciągłości pełnej powtarzalności procesu cyklicznej pracy koparki, a to wymaga zachowania geometrii urabianej zabierki. Cechą charakterystyczną tego sposobu pracy jest, że obrys podwozia gaśienicowego koparki mieści się w szerokości zabierki. Przejazd koparką do przodu jest możliwy po urobieniu zabierki.

Urabianie na froncie ustalonym zabierką czołową

Przyjęto następujące założenia:

- a) koparka urabia systemem zabierkowym, nadpoziomowo, wiórem pionowym, dosuw do calizny uzyskiwany jest przez dojazd koparki w kierunku skarpy czołowej po urobieniu kolejnego pasma, a posuw boczny organu urabiającego odbywa się przez obrót nadwozia koparki,
- b) wysokość urabianej skarpy wynosi $H = 26,68$ m.
skarpa podzielona jest na $n=4$ stopnie licząc od góry:

- $h_1=6,67$ m
- $h_2=6,67$ m
- $h_3=6,67$ m
- $h_4=6,68$ m

wysokość położenia osi koła czerpakowego:

- dla stopnia górnego

(4.1)

$$h_{r1} = H - h_g + 0,5 \cdot D \text{ [m]}$$

albo ogólnie

(4.2)

$$h_{ri} = H - \sum_{i=1}^n h_i + 0,5 \cdot D \text{ [m]}$$

gdzie:

h_{ri} – wysokość położenia osi koła czerpakowego, m,

h_i – wysokość poszczególnych stopni, m,

D – średnica koła czerpakowego, m

H – wysokość zabierki, m.

- c) pochylenie skarpy czołowej $\alpha_c=65^\circ$,
- d) z wysokości zabierki i jej pochylenia wynika głębokość zabioru $Z=11,00$ m,
- e) obrót wysięgnika przy urabianiu najniższego stopnia zewnętrznej części zabierki przyjęto $\Psi_{zd}=57^\circ$. Daje to zewnętrzną dolną szerokość zabierki $B_{zd}=29,87$ m. Mniejsza wartość przyjętego kąta zmniejszyłaby szerokość zabierki, większa zaś powodowałaby powstawanie klinów na krawędzi skarpy bocznej i czołowej, zbieranie których stwarza poważane problemy i niekiedy wymaga współpracy spycharki, aby przemieścić grunt z tego rejonu w stronę czoła zabierki,
- f) założono profilowanie skarpy bocznej pod kątem $\alpha_b=65^\circ$ i przyjęto szerokość zabierki $B=56,04$ m jako wartość nominalną,
- g) kąt obrotu wysięgnika na dolnym stopniu w stronę skarpy bocznej przyjęto $\Psi_{wd}=47^\circ$. Jest to wartość większa od wartości kąta granicznego i umożliwia profilowanie skarpy pod założonym kątem $\alpha_b=65^\circ$,

h) kąt obrotu przy urabianiu górnego stopnia wynosi $\Psi_{wi}=90^\circ$.

Wewnętrzne kąty obrotu wysięgnika urabiającego dla poszczególnych stopni dla przypadku gdy krańcowy wewnętrzny kąt obrotu na górnym stopniu wynosi $\Psi_{wg}=90^\circ$. obliczono ze wzoru:

$$\Psi_{wi} = \arcsin \frac{P_g - \Delta l_j}{P_{ui}} [1^\circ] \quad (4.3)$$

gdzie:

Ψ_{wi} – wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego na i-tym stopniu, °,

P_g – długość promienia urabiania na stopniu górnym, m,

Δl_j – przyrost poziomych odległości od osi trasy koparki do położenia osi koła czerpakowego na poszczególnych stopniach,

P_{ui} – długość promienia urabiania na i-tym stopniu, m.

$$\Delta l_j = \Delta h_{ri} \cdot ctg \alpha_b [m] \quad (4.4)$$

gdzie:

Δh_{ri} – przyrost odległości między poszczególnymi położeniami osi koła czerpakowego, m,

α_b – nachylenie skarpy bocznej, °.

Zewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego dla poszczególnych stopni obliczono ze wzoru:

$$\Psi_{zi} = \arcsin \frac{B_{zg} + \Delta l_j}{P_i} [1^\circ] \quad (4.5)$$

gdzie:

Ψ_{zi} – zewnętrzny kąt obrotu wysięgnika urabiającego na i-tym stopniu, °,

B_{zg} – zewnętrzna górna szerokość zabierki, m.

$$B_{zg} = B - P_g [m] \quad (4.6)$$

gdzie:

B – szerokość zabierki, m,

P_g – długość promienia urabiania na stopniu górnym, m,

Tabela 15. Zabierka formowana z lewej strony koła czerpakowego – krańcowy wewnętrzny kąt obrotu wysięgnika równy 90°

Stopnie i	Wysokość stopnia	h_{ri}	P_u	Δh_{rj}	Δl_j	$P_g - \Delta l_j$	Ψ_{wi}	$\sin \Psi_{wi}$	$B_{zg} + \Delta l_j$	Ψ_{zi}	$\sin \Psi_{zi}$
-	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[-]	[m]	[°]	[-]
I	6.67	25.71	35.50	0.00	0.00	35.50	90.00	1.0000	20.99	36.25	0.5913
II	6.67	19.04	36.82	6.67	3.11	32.39	61.59	0.8796	24.10	40.88	0.6545
III	6.67	12.37	36.86	13.34	6.22	29.28	52.59	0.7943	27.21	47.58	0.7382
IV	6.67	5.70	35.62	20.01	9.33	26.17	47.28	0.7347	29.87	57.00	0.8387

Cykl roboczy koparki:

Stopień I (patrzac od góry)

Koparka znajduje się w odległości $l_s=26,17\text{m}$ od podstawy skarpy czołowej do osi obrotu. Koparka pracuje przemieszczając się do przodu o grubość wióra po urobieniu kolejnego pasma. Końcowe położenie koparki przy urabianiu I-go stopnia odległe jest od poprzedniego o wielkość zabioru $Z = 11,00\text{ m}$

Stopień II

Koparka cofa się w położenie II odległe od podstawy skarpy o $30,60\text{ m}$. Koparka urabia stopień drugi analogicznie jak pierwszy wykorzystując na głębokość zabioru $Z= 11,00\text{ m}$. Kąt obrotu nadwozia w stronę skarpy bocznej wynosi $\Psi_{w2}=62^\circ$

Stopień III

Koparka cofa się w położenie III odległe od podstawy skarpy o $33,75\text{ m}$. Koparka urabia stopień trzeci analogicznie jak pierwsze dwa wykorzystując na głębokość zabioru $Z= 11,00\text{ m}$. Kąt obrotu nadwozia w stronę skarpy bocznej wynosi $\Psi_{w2}=53^\circ$

Stopień IV

Koparka cofa się w położenie IV odległe od podstawy skarpy o $35,62\text{ m}$. Koparka urabia stopień czwarty analogicznie jak trzy pierwsze na głębokość zabioru $Z = 11,00\text{ m}$. Zewnętrzny kąt obrotu nadwozia $\Psi_{zd}=57^\circ$, a wewnętrzny kąt $\Psi_{wd}=47^\circ$ przy dolnym promieniu urabiania $P_d=35,62\text{ m}$. Po urobieniu dolnego stopnia koparka przemieszcza się na odległość $9,45\text{ m}$ w kierunku skarpy czołowej rozpoczynając

jednocześnie podnoszenie wysięgnika koła czerpakowego na wysokość niezbędną do urobienia górnego stopnia.

Tabela 16. Dane charakteryzujące proces urabiania koparki SRs – 1800

Stopień	P_u [m]	Δl_j [m]	l_s [m]	l_k [m]		Odległość o jaką musi podjechać koparka do przodu rozpoczynając nowy cykl urabiania [m]
I	35.50	0.00	26.17	4.43	3.15	9.45
II	36.82	3.11	30.60			
III	36.86	6.22	33.75	1.87		
IV	35.62	9.33	35.62			

gdzie:

l_s – odległość osi obrotu koparki od podstawy skarpy czołowej, m,

l_k – odległość pomiędzy początkowymi położeniami osi koparki podczas urabiania poszczególnych stopni, m.

Praca koparki na końcówkach frontu eksploatacyjnego

Koparka po dojściu do końca frontu eksploatacyjnego dla utrzymania ciągłości urabiania musi przemieścić się w kierunku postępu frontu o szerokość zabierki. Operacji tej najczęściej towarzyszy przesunięcie w tym samym kierunku przenośnika poziomowego o tą samą wartość. Przesuwanie przenośnika może być również wykonywane po dwukrotnym przejściu w cyklu urabiania koparki wzdłuż frontu eksploatacyjnego jeżeli pozwala na to zasięg załadunku. W przypadku koparki SRs – 1800 jest to możliwe.

Praca koparki na końcówce frontu przy stacji napędowej przenośnika poziomowego przedstawiona jest na rys. 26

Wyróżnić możemy następujące po sobie fazy:

1→2 – profilowanie skarpy bocznej zbocza transportowego wyrobiska urabianego piętra,

2→5 – wykonanie wcięcia w nową zabierkę w fazach :

2→3 – urabianie z załadunkiem urobku na przenośnik poziomowy w dotychczasowym położeniu,

3→4 – przejazd bez urabiania,

4→5 – nacinanie nowej zabierki załadunkiem urobku na przenośnik po przesunięciu o szerokość zabierki w nowe położenie,

5→6 – uzyskanie pełnego kształtu nowej zabierki, a w punkcie 6 obrót nadwozia wraz z wysięgnikiem urabiającym w kierunku przeciwnym i urabianie aż do końca frontu eksploatacyjnego i wyprofilowanie skarpy bocznej zbocza transportowego, - punkt 7,

7→8 – obrót zespołu urabiającego o 180° przejazd bez urabiania do punktu 6 i kontynuacja urabiania w kierunku stacji zwrotnej przenośnika poziomowego.

Praca na końcówce frontu przy stacji zwrotnej przenośnika poziomowego przedstawiono na rys. 27

Wyróżniamy następujące po sobie fazy:

9→10 – przejście do pracy po łuku o promieniu zależnym od promienia skrętu koparki R_k i długości zespołu załadowniczego L_z ,

10→11 – ustawienie koparki w nowym kierunku urabiania,

11→12 – nacinanie nowej zabierki z załadunkiem urobku na przenośnik przed przesunięciem o szerokości zabierki B , które nastąpi w punkcie 12,

12→13 – praca koparki z jazdą po łuku,

13→14 – przejście do pracy ustabilizowanej i urabianiu zabierki o stałych wymiarach geometrycznych.

Praca zabierką boczną jednym piętrzem

Rozwiązanie technologii pracy koparki charakteryzuje to, że zapewnia ona możliwość przemieszczania się koparki wzdłuż frontu eksploatacyjnego bez konieczności urabiania pełną szerokością zabierki. Urabiana jest wewnętrzna część zabierki o szerokości takiej by koparka mogła przemieszczać się do przodu między skarpią boczną zewnętrzną a przenośnikiem poziomowym z zachowaniem bezpiecznych odległości od tych elementów.

Praktycznie stosowany ten sposób pracy jest przy selektywnej eksploatacji np. w piętrach nadkładowo – węglowych o dużym nachyleniu pokładu węgla, który występuje w pewnych fragmentach wzdłuż frontu eksploatacyjnego. Selektywna eksploatacja może również dotyczyć kopalin towarzyszących oraz nadkładu dla zastosowania selektywnego zwałowania celem np. zwiększenia bezpieczeństwa geotechnicznego.

Praktyczne zastosowanie tego sposobu pracy pozwala na wcześniejsze odpowiednie przygotowanie trasy jazdy koparki, przez zastosowanie drenażu lub warstwy żwirowo – piaszczystej. W przypadku mało nośnych gruntów w wyniku nadmiernego zawodnienia lub podatnych na rozmakanie lub upłynnienie następuje na skutek ruchów manewrowych podwoziem koparki (wielokrotne przejazdy

w tym samym miejscu) utrata nośności w warstwie przypowierzchniowej. Powoduje to bardzo duże utrudnienia w zachowaniu ciągłości pracy koparki (rys. 25).

Praca nadpoziomowa dwoma podpiętami

Sposób ten stosujemy jeżeli mamy możliwość znacznego podniesienia poziomu pracy koparki w stosunku do poziomu przenośnika poziomowego. Warunek ten spełnia koparka SRs – 1800 – różnica wysokości może sięgać do +10,0 m.

Praktyczne zastosowanie tej technologii pracy koparki znajduje w przypadku gdy zachodzi konieczność:

- zwiększenie zasięgu urabiania na znacznej długości frontu eksploatacyjnego, z wyłączeniem rejonu pochylni wjazdowej dla koparki przy urabianiu górnego podpiętra,
- zmniejszenie kąta nachylenia skarp, co można uzyskać przez zamianę wysokości piętra na dwa podpiętra urabiane w oddzielnych cyklach,
- zwiększenie bezpieczeństwa geotechnicznego w rejonie skarpy bocznej, gdyż jej staż pracy jest dużo dłuższy niż skarpy czołowej zabierki. Możemy to zrealizować jeżeli trasy koparki przy urabianiu górnego podpiętra będzie przesunięta w kierunku skarpy bocznej (w kierunku postępu frontu eksploatacyjnego) w stosunku do osi trasy przy urabianiu podpiętra dolnego. W efekcie zamieniamy skarpe boczną na zbocze powstałe z skarp podpiętra górnego i dolnego,
- selektywnego urabiania skał dla celów pozyskiwania kopalin towarzyszących bądź rozdziału skał nadkładowych z uwagi na różne własności istotne z punktu widzenia budowy korpusu zwałów przez różną lokalizację danego rodzaju skał w przestrzennej strukturze zwałów.

Rys. 28 i 29. Urabianie dwoma podpiętami koparką SRs – 1800

Praca nadpoziomowa trzema podpiętami

Technologia pracy koparki w tym rozwiązaniu to rozwinięcie sposobu pracy koparki dwoma podpiętami o trzecie podpiętro, które urabiane jest po drugiej stronie przenośnika poziomowego. Koparka musi wykonywać manewr obejścia przenośnika poziomowego od strony stacji zwrotnej i wykonując pochylnie zjazdową schodzi na poziom pracy obniżony maksymalnie o – 10,0 m w stosunku do poziomu przenośnika poziomowego. W ten sposób zostaje utworzone trzecie podpiętro o ustabilizowanych parametrach geometrii urabianej zabierki.

Zastosowanie tej technologii pracy daje możliwość urabiania jedną koparką na jeden przenośnik poziomowy (bez zmiany wysokości jego położenia) podwójnej wysokości zasięgu pionowego koparki. W rozwiązaniu szczegółowym technologia ta obejmuje siedem faz składających się na zamknięty i powtarzalny cykl pracy koparki.

Rys. 30 i 31 Urabianie trzema podpiętami koparką SRs – 1800

Faza 1. Praca ustabilizowana. Urabianie piętra górnego. Ładowanie urobku na poziom obniżony w stosunku do poziomu pracy koparki o 10,0 m (rys. 32)

Faza 2. Praca nieustabilizowana na końcówce frontu od strony przenośnika odprowadzającego (rys. 33). Przejście koparki z podpiętra górnego na podpiętro środków. Koparka wykonuje następujące manewry:

- a) cofnięcie koparki z stanowiska końcowego (punkt A) w celu wykonania pochylni umożliwiającej zejście na poziom zerowy do punktu B. W czasie cofania koparka odsuwa się od dolnej krawędzi skarpy o szerokość stopy stopnia w celu wyprofilowania skarpy podpiętra środkowego o nachyleniu jak piętro górne,
- b) od punktu B koparka zbliża się do końca frontu wcinając się w poziom roboczy schodząc po wykonanej pochylni do punktu C na poziom zerowy i urabia podpiętro środkowe do końca frontu,
- c) koparka cofa się ze stanowiska końcowego (punkt D), następuje obrót nadwozia i przestawienie układu ładującego. Koparka rozpoczyna urabianie wcześniej wykonanej pochylni aż do osiągnięcia wysokości urabianego podpiętra środkowego (punkt E) (rys. 34),

Faza 3. Praca ustabilizowana. Urabianie podpiętra środkowego, ładowanie urobku na przenośnik znajdujący się tym samym poziomie co koparki (rys. 34),

Faza 4. Praca nieustabilizowana na końcówce frontu od strony stacji zwrotnej przenośnika poziomowego. Przejście koparki z podpiętra środkowego na podpiętro dolne z obejściem przenośnika. Koparka wykonuje następujące manewry (rys. 35):

- a) wykonanie pochylni zjazdowej i zajęcie pozycji wyjściowej do wcinania się w dolne podpiętro (punkt F). Część podpiętra środkowego pozostaje nieurobiona i będzie wykorzystana do stworzenia pochylni wjazdowej na podpiętro górne w końcowej fazie cyklu,
- b) zmiana kierunku jazdy koparki w wyniku skrętu o 180° (szeregiem manewrowym). Koparka wchodzi na oś trasy nowej zabierki z równoczesnym wykonaniem pochylni zjazdowej na poziom podpiętra dolnego (punkt G). Podczas wykonywania tej pochylni część urabianych mas odkładana jest w rejon przyszłej pochylni wjazdowej na podpiętro górne,

Faza 5. Praca ustabilizowana. Urabianie podpiętra dolnego i ładowanie urobku na przenośnik poziomy pracujący 10,0 m wyżej w stosunku do poziomu pracy koparki,

Faza 6. Przejazd powrotny koparki bez urabiania wzdłuż frontu roboczego w rejon stacji zwrotnej przenośnika poziomowego. Przejście koparki z podpiętra dolnego na podpiętro górne, nacięcie zabierki (praca na końcówce frontu + wcięcie czołowe). Następnie koparka wykonuje następujące manewry (rys. 36),:

- a) cofnięcie się koparki, wjazd po pochylni na poziom górnego podpiętra po łuku i nacięcie na niej nowej zabierki (wcięcie boczne),
- b) w początkowej fazie wcinania się ma miejsce sypanie urobku na platformę wjazdową za koparkę, następnie koparka urobek ładuje na przesunięty przenośnik. Po ustawieniu koparki równolegle do długości frontu eksploatacyjnego przechodzi ona do nowego cyklu eksploatacyjnego.

5. Prognoza wydajności koparki SRS – 1800

Proces kopania poza parametrami opisującymi urabialność danego rodzaju skał takimi jak opory jednostkowe, dynamika procesu, współczynnik rozluźnienia oraz ciężar objętościowy charakteryzowany jest uzyskiwaną w danych warunkach wydajnością ruchową.

Uzyskana wydajność odzwierciedla w najbardziej miarodajny sposób parametry konstrukcyjne koparki, stosowaną technologię urabiania oraz własności urabianego ośrodka. Spełnienie tego warunku wymaga jednak określenia na drodze rozwiązań teoretycznych oraz praktycznych (doświadczalnych) pułapu możliwej do uzyskania w danych warunkach wydajności.

Punktem wyjścia prognozy jest analiza wydajności w zależności od stopnia dokładności i ilości uwzględnionych wielkości i czynników wpływających na przebieg procesu kopania w warunkach geologiczno – górnictwowych kopalni.

Wydajność teoretyczna Q_0

(5.1)

$$Q_0 = 60 \cdot q \cdot n_w \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

gdzie:

Q_0 – wydajność teoretyczna, m^3/h ,

q – pojemność czepaka + 50% pojemności pierścienia, m^3 ,

n_w – ilość wysypów, 1/min.

Wydajność techniczna Q_t

(5.2)

$$Q_t = Q_0 \cdot \frac{k_w}{k_r} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

gdzie:

Q_t – wydajność techniczna, m^3/h ,

k_w, k_r – odpowiednio współczynnik wypełnienia i rozluźnienia, -,

Przyjmujemy $k_w = 1,0$ ponieważ uwzględniamy wpływ oporów kopania odpowiednim współczynnikiem.

Wartość średniego ciężaru objętościowego γ_0 [MG/m³] i współczynnik k_r dla wybranych gruntów [4] :

- piasek wilgotny - $\gamma_0 = 2,16$ [MG/m³] i $k_r = 1,13$,
- glina piaszczysta wilgotna - $\gamma_0 = 2,00$ [MG/m³] i $k_r = 1,20 \div 1,25$,
- glina ciężka - $\gamma_0 = 2,20$ [MG/m³] i $k_r = 1,35$.

Wydajność efektywna Q_e

(5.3)

$$Q_e = Q_t \cdot \beta_{sm} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

gdzie:

Q_e – wydajność efektywna, m^3/h ,

β_{sm} – współczynnik ruchów manewrowych i sierpowatość pasm,-,

(5.4)

$$\beta_{sm} = k_s \cdot k_{r,h} \cdot k_m [-]$$

gdzie:

k_s – współczynnik sierpowatości urabianych pasm,-,

$k_{r,h}$ – współczynnik rozruchu i hamowania wysięgnika urabiającego w końcowych strefach urabianych pasm,-,

k_m – współczynnik niezbędnych ruchów manewrowych dla zachowania ciągłości procesu kopania,-.

(5.5)

$$k_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n_1} \left[\frac{\sin \Psi_{ui}^w + \sin \Psi_{ui}^z}{\sin \Psi_{Ri}^w + \sin \Psi_{Ri}^z + \cos \Psi_{Ri}^w \cdot (\Psi_{ui}^w - \Psi_{Ri}^w) + \cos \Psi_{Ri}^z \cdot (\Psi_{ui}^z - \Psi_{Ri}^z)} \right]}{n_i} [-]$$

gdzie:

n_i – liczba stopni w zabierce,-,

Ψ_{ui}^w, Ψ_{ui}^z – odpowiednio kąty urabiania na i-tym stopniu wewnętrznej i zewnętrznej zabierki, °,

Ψ_{Ri^w}, Ψ_{Ri^z} – odpowiednio kąty regulacji (do wartości których możliwa jest regulacja, czyli przyrost szerokości wióra jako kompensata za zmniejszanie się grubości wiórów) na i-tym stopniu w części wewnętrznej i zewnętrznej zabierki, °,

Wartość kąta regulacji dla koparki SRs – 1800 z czerpakami z nożami wyraża się wzorem:

$$\Psi_{Ri_{max}} = \min \left[\arccos \left\{ \frac{q \cdot \frac{1}{k_r}}{v_{0max} \cdot h_i \cdot \frac{1}{n_w}} \right\} \right] [1^\circ] \quad (5.6)$$

gdzie:

$\Psi_{Ri_{max}}$ – wartość kąta regulacji, °,

k_r – współczynnik rozluźnienia, -,

v_{0max} – maksymalna prędkość liniowa obrotnicy na obwodzie koła czerpakowego na i-tym stopniu,

h_i – wysokość stopni, m,

n_w – ilość wyspów, 1/min.

Wzór (5.5) odnosi się do tzw. regulacji ciągłej lub inaczej płynnej według funkcji $\left(\frac{1}{\cos \Psi}\right)$.

Wartość współczynnika $k_{r,h}$ obliczamy teoretycznie na drodze całkowania hodografu prędkości wysięgnika urabiającego, bądź możemy go wyznaczyć doświadczalnie przez pomiar bezpośrednio prowadzony na koparce w czasie jej pracy.

Ogólnie:

$$k_{r,h} = \frac{T_u}{T_u + T_r + T_h} [-] \quad (5.7)$$

gdzie:

T_u – czas czystego urabiania pasma, min,

T_r – czas rozruchu (osiągnięcia założonej prędkości obrotu przez wysięgnik urabiający),

T_h – czas hamowania wysięgnika urabiającego w celu zmiany kierunku obrotu przy przejściu do urabiania następnego pasma.

Wartość tego współczynnika najbardziej zależy od szerokości zabierki, im jest ona węższa, tym wartość współczynnika jest mniejsza.

Dla normalnych wymiarów zabierki wartość współczynnika $k_{r,h}$ mieści się w przedziale $0,95 \div 0,97$

Wartość współczynnika k_m obliczmy ze wzoru:

$$k_m = 1 - \frac{\frac{S_H}{V_{jk}} + \frac{S_V}{V_{pK}}}{\frac{B \cdot Z \cdot H}{Q_z} + \frac{S_H}{V_{jk}} + \frac{S_V}{V_{pK}}} \quad [-] \quad (5.8)$$

gdzie:

S_H – długość dróg poziomych wykonywanych w jednym cyklu urabiania na głębokość zabioru Z , m,

S_V – długość dróg przemieszczania koła czerpakowego w pionie w jednym cyklu urabiania przez mechanizm podnoszenia i opuszczania koła czerpakowego, m,

B – szerokość urabianej zabierki, m,

H – wysokość urabianej zabierki, m,

V_{jk} – średnia prędkość pojazdu gąsienicowego przy wykonywaniu ruchów poziomych w zabierce, m/min,

V_{pK} – średnia prędkość podnoszenia i opuszczania koła czerpakowego przy zmianie urabianych stopni w zabierce, m/min,

Q_z – średnia wydajność koparki w zabierce, m³/min.

Rys. 37. Schemat niezbędnych ruchów poziomych i pionowych przy urabianiu na wielkość zabioru Z

Ruchy poziome S_H – odcinki 0-1, 1-2, 3-4, 4-5, 6-7, 7-8, 9-10, 10-11'

Ruchy pionowe S_V – odcinki 2-3, 5-6, 8-9, 10-11

Wielkość ruchów poziomych wykonywanych mechanizmem jazdy koparki S_H :

$$S_H = Z \cdot (2 \cdot n_i - 1) + \sum_{i=1}^{n_i-1} K(\cos\beta_{i+1} - \cos\beta_i) + K(\cos\beta_n - \cos\beta_i) + 2 \cdot \frac{(h_{ri} - R)}{\operatorname{tg}\alpha_c} \quad [m] \quad (5.9)$$

Wielkość ruchów pionowych wykonywanych mechanizmem podnoszenia wysięgnika urabiającego S_V :

$$S_V = 2 \cdot \frac{\beta_n}{360} \cdot 2\pi \cdot K \quad [m] \quad (5.10)$$

gdzie:

$$\beta_n = \arcsin \frac{h_{ri} - y}{K} + \arcsin \frac{y - R}{K} \quad [1^\circ]$$

Współczynnik β_{sm} zawiera się w przedziale 0,59 do 0,84 dla koparek bezwysuwowych [4].
Najniższe wartości współczynnika występują przy:

- najmniejszych nachyleniach skarp,
- największych wysokościach zabierek,

- najmniejszych szerokościach zabierek,
- przy najmniejszej wysokości urabianych stopni.

Wydajność ruchowa Q_r

(5.11)

$$Q_r = Q_e \cdot \beta_k \cdot \beta_l \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

gdzie:

 Q_e – wydajność ruchowa, m³/h, β_k – współczynnik uwzględniający straty wydajności na końcówkach frontów eksploatacyjnego skutkiem zmiennych parametrów geometrycznych urabianej zabierki, -, β_l – współczynnik strat losowych (kamienie, bryły, itp.), -.Tabela 17. Współczynniki β_k strat na końcówkach frontu dla niektórych typów koparek kołowych

Typ koparki	β_k przy długości frontu, m			
	500	1000	1500	2000
Sch Rs 800	0,92	0,96	0,97	0,98
Sch Rs 1200	0,90	0,95	0,97	0,98
SRs 1200	0,88	0,94	0,96	0,97

Koparka SRs – 1800 najbliższej będzie odpowiadać wartością współczynnika β_k dla koparki SRs - 1200Tabela 18. Współczynniki β_l strat losowych

Rodzaj gruntu	Warunki pracy		
	Bez zakłóceń	Sporadyczne zakłócenia (głazy, kurzawki, korzenie itp.)	Liczne zakłócenia (głazy, kurzawki, korzenie itp.)
Piasek	1	0,97	0,96
Gлина	1	0,95	0,88
łł	1	0,97	-

Wydajność ruchowa z uwzględnieniem oporów kopania $Q_{r,kl}$

(5.12)

$$Q_{r,kl} = Q_r \cdot \beta_{kl} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

gdzie:

(5.13)

$$\beta_{kl} = \frac{Q_{kl}}{Q_t} [-]$$

gdzie:

Q_{kl} – wydajność możliwa do uzyskania przy danej wartości jednostkowych liniowych oporów kopania gruntu i dynamice kopania, m^3/h ,

Q_t – wydajność techniczna, m^3/h .

Dla wyznaczenia wartości Q_{kl} korzystamy z zależności między jednostkową liniową siłą kopania koparki, a możliwą do uzyskania wydajnością.

Związek ten opisany jest zależnością [2]:

(5.14)

$$k_{Lsk} = \frac{122,4 \cdot [N_0 \cdot \eta_m - \gamma_0 \cdot Q_t \cdot \left(\frac{0,9 \cdot D - 0,5 \cdot h}{3,6 \cdot 102} \right)]}{\sqrt{\frac{Q_t \cdot D \cdot n_w}{30 \cdot (1 - \cos \varphi_u)}} \cdot [\varphi_u + (0,955 \cdot \varphi_u - 0,425)] + 0,7 \cdot D \cdot n_w \cdot r \cdot (0,955 \cdot \varphi_u - 0,425)} \left[\frac{kN}{m} \right]$$

gdzie:

k_{Lsk} – jednostkowy opór kopania, kN/m ,

N_0 – moc nominalna napędu koła czepakowego kW ,

η_m – sprawność całkowita napędu, -

γ_0 – ciężar objętościowy kopaliny, MG/m^3 ,

Q_t – wydajność techniczna, m^3/h ,

D – średnica koła czepakowego, m ,

h_r – wysokość wzniosu osi koła ponad poziom roboczy, m ,

n_w – ilość wyspów, $1/min$.

φ_u – kąt urabiania, $^\circ$,

r – promień zaokrąglenia między krawędziami skrawającymi czepaka, m ,

h_s – wysokość urabianego stopnia, m .

(5.15)

dla $h_s \leq 0,5D$

$$\varphi_u = \arccos \left(\frac{D - 2 \cdot h_s}{D} \right) [1^\circ]$$

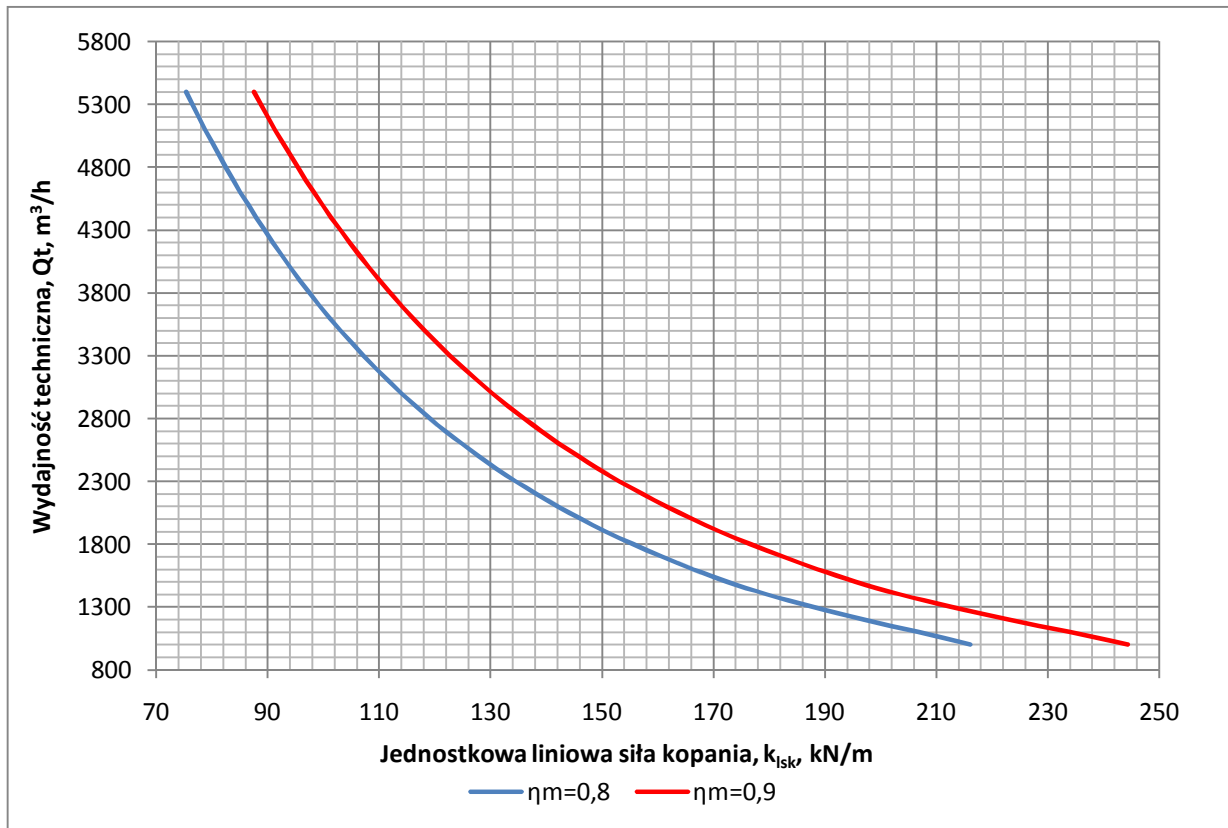
(5.16)

dla $h_s > 0,5D$

$$\varphi_u = \frac{\pi}{2} + \arcsin \left(\frac{2 \cdot h_s - D}{D} \right) [1^\circ]$$

W przypadku stosowania czepaków z narożami według rysunku OT 1167 promień zaokrąglenia $\tau=0$

Związek między wielkościami opisanego wzorem (5.14) najlepiej do praktycznego stosowania przedstawić w postaci graficznej jako wykres funkcji $k_{Lsk}=f(Q_t)$ (rys. 21)



Rys. 21. Zależność między liniową siłą kopania koparki SRs – 1800 a jej wydajnością

Wstępne oszacowanie wydajności koparki SRs – 1800:

a) wydajność teoretyczna

$$Q_0 = 7026,3 \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

$$q = 1,11 m^3,$$

$$n_w = 105,5 1/min.$$

Przyjmujemy wartość 7000 m^3/h

b) wydajność techniczna

$$Q_t = 5384,6 \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

$$k_r = 1,3$$

Przyjmujemy wartość 5 400 m³/h

c) wydajność efektywna

$$Q_e = 3861 \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

$\beta_{sm} = 0,715$ jako średnią z wartości granicznych podanych przez [4]

Przyjmujemy wartość 3 861 m³/h

d) wydajność ruchowa

$$Q_r = 3\,356 \frac{m^3}{h}$$

gdzie:

$\beta_k = 0,95$

$\beta_l = 0,915$

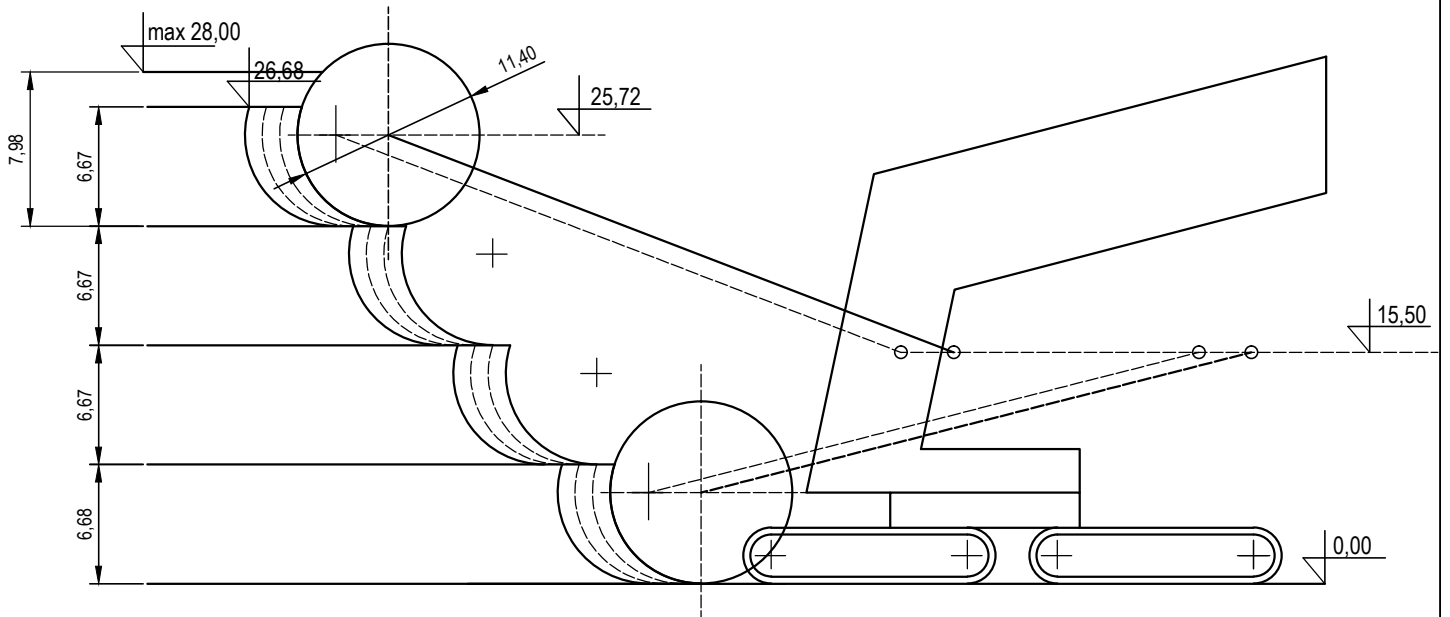
Przyjęto wartość współczynników β_k i β_l zakładając prawdopodobne warunki pracy zgodnie z tabelą 18 i 19.

Przyjmujemy wartość 3 356 m³/h

Uwzględniając rodzaje gruntów występujących w nadkładzie złoża „Pałnów” i jednostkowych sił kopania koparki SRs – 1800 jakimi ona dysponuje (rys. 21.) można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że opory kopania nie wpłyną na poziom uzyskiwanej wydajności. Zatem wydajność ruchowa z uwzględnieniem oporów kopania będzie równa wydajności ruchowej.

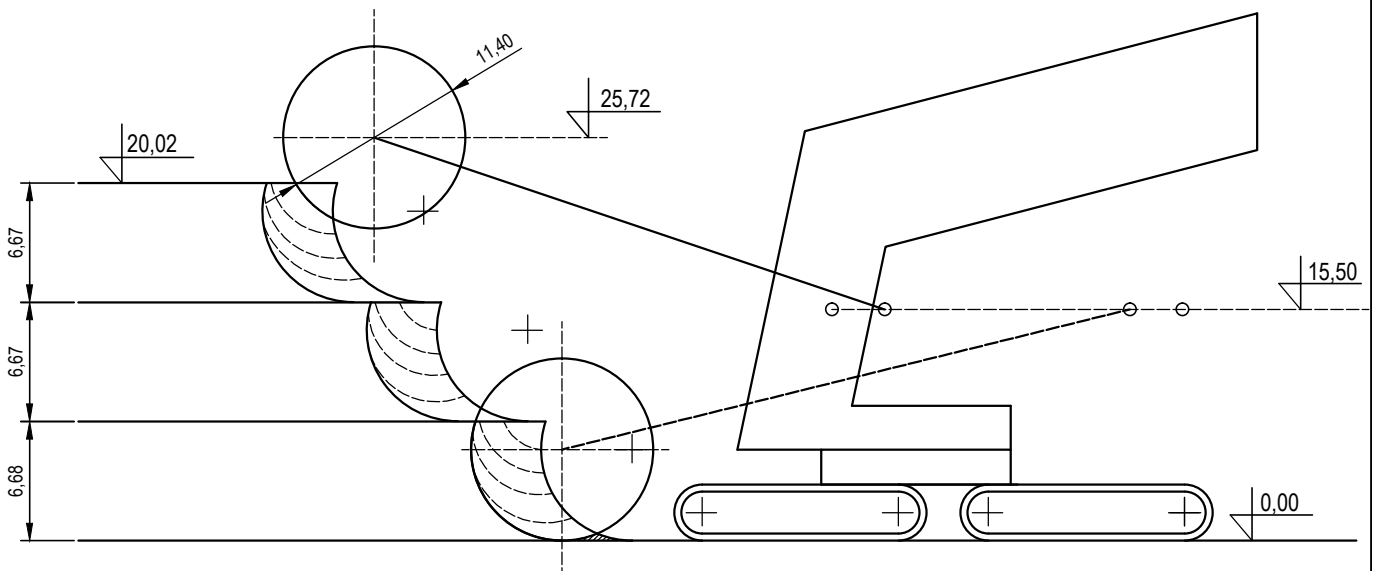
Podane wartości wydajności należy traktować jako wstępną informację która będzie korygowana przez warunki geotechniczne, stosowaną technologię urabiania wynikającą z warunków geologiczno – górnictwa rozwiązania projektu eksploatacji odkrywki oraz co równie jest ważne uzyskanie

przez operatorów koparki wysokiej sprawności w prowadzeniu urabiania. Będzie więc występował okres czasu dochodzenia do górnego pułapu uzyskiwanej wydajności efektywnej.



a)

Uwagi: Wymiary podane w metrach



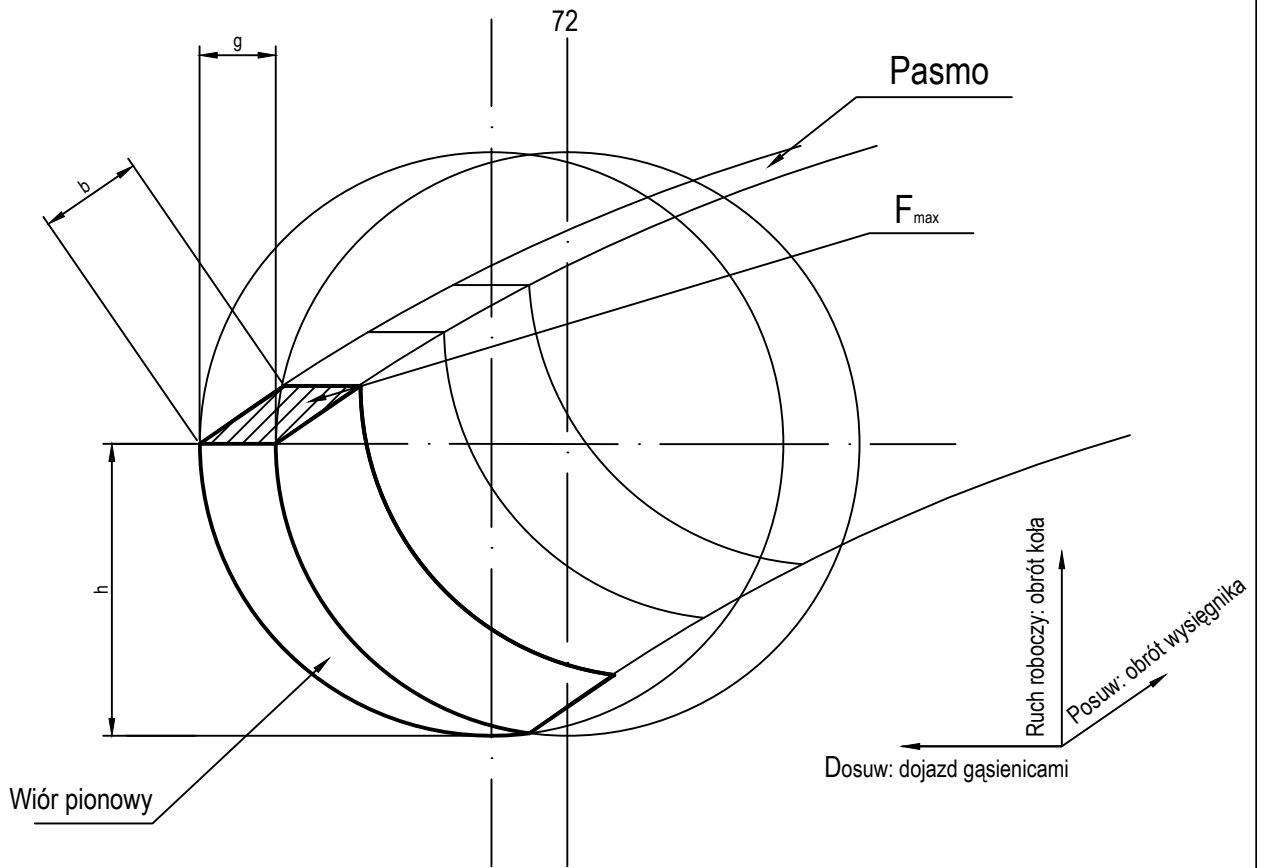
b)

Uwagi: Wymiary podane w metrach

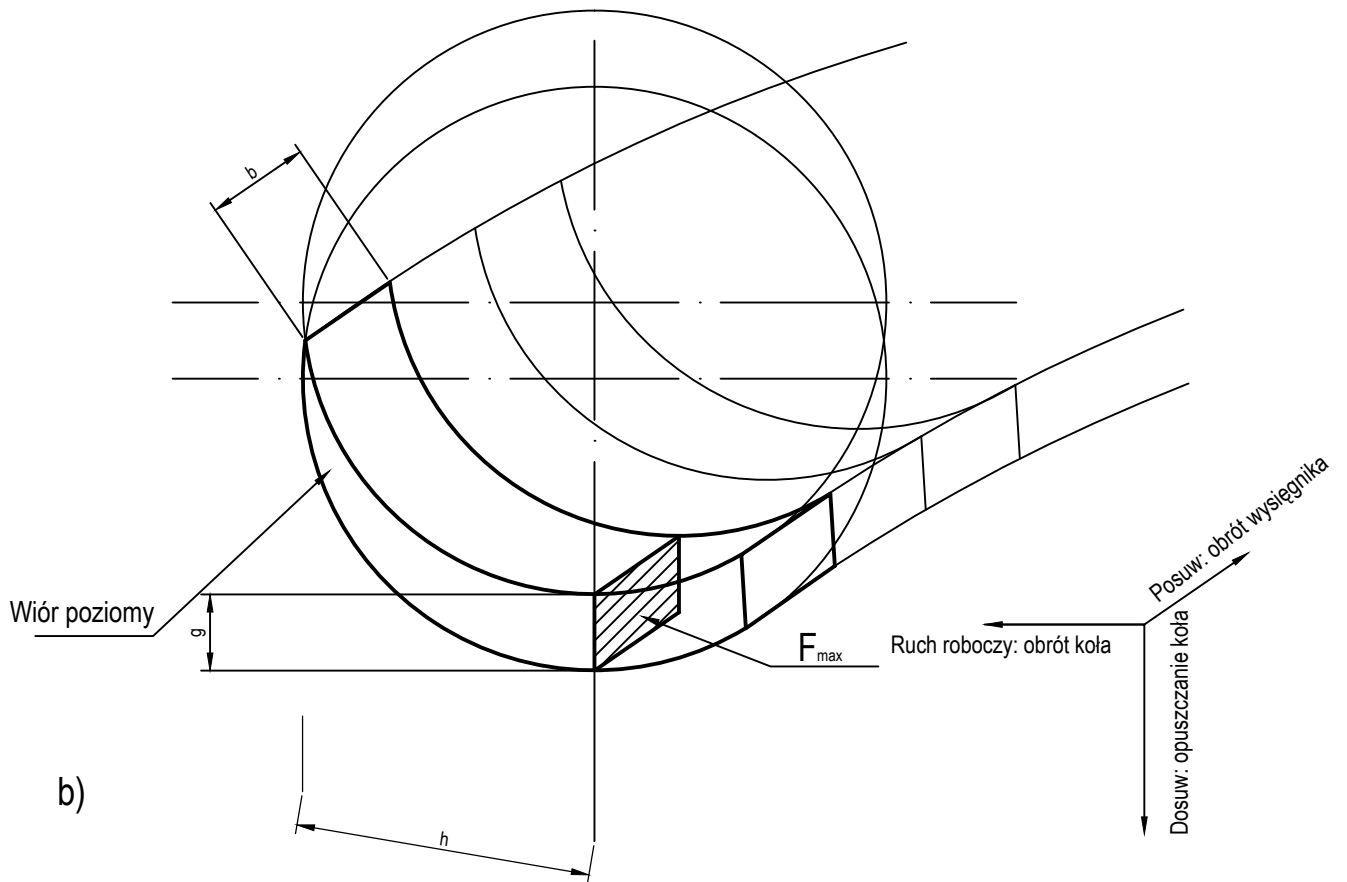
Rys.22. Schemat urabiania koparki SRs - 1800

a) urabianie wiórem pionowym

b) urabianie wiórem poziomym (z profilowaniem stopni)

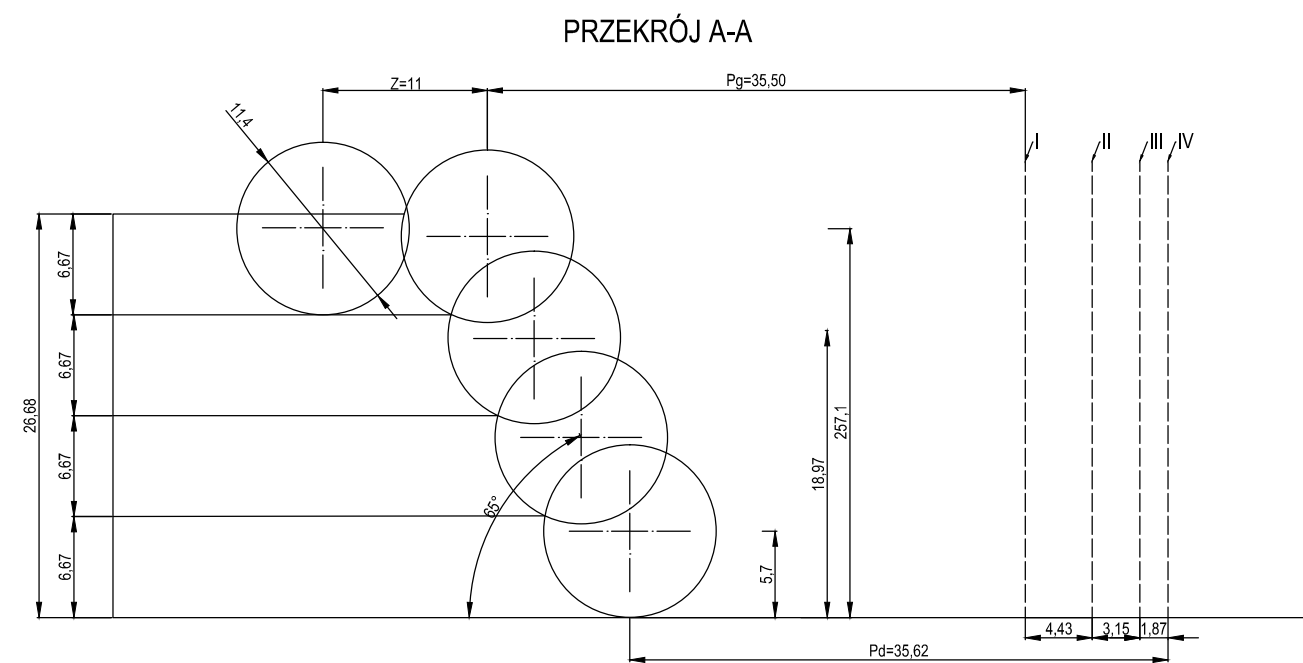
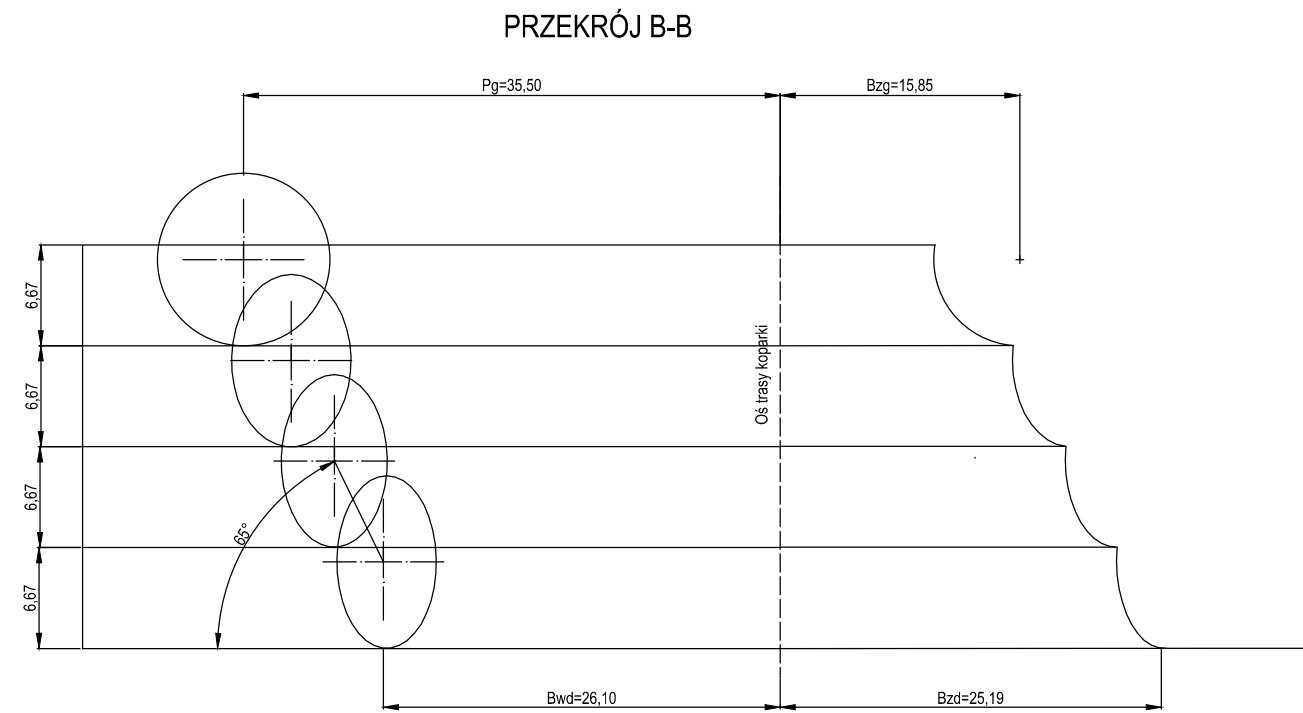
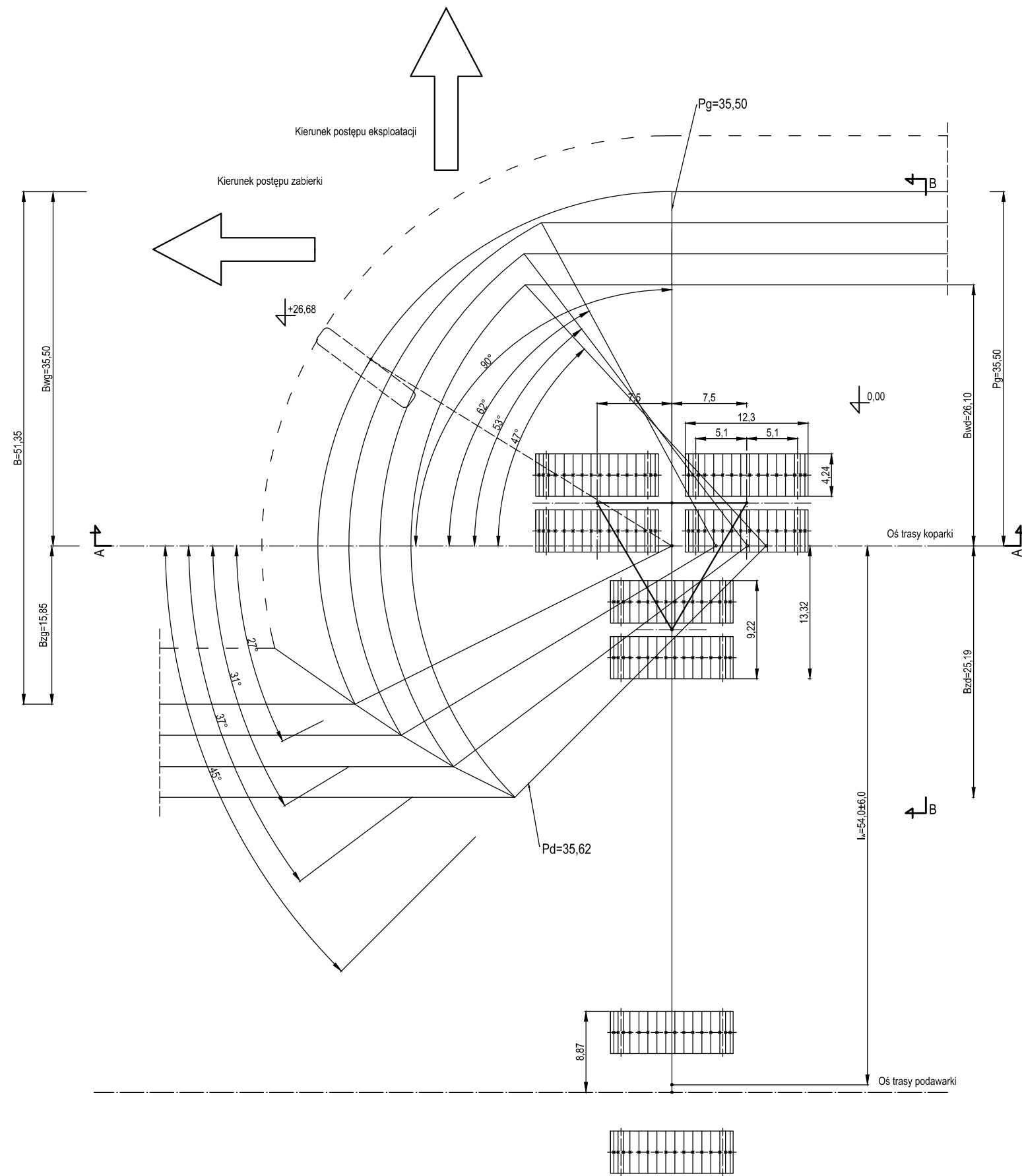


a)

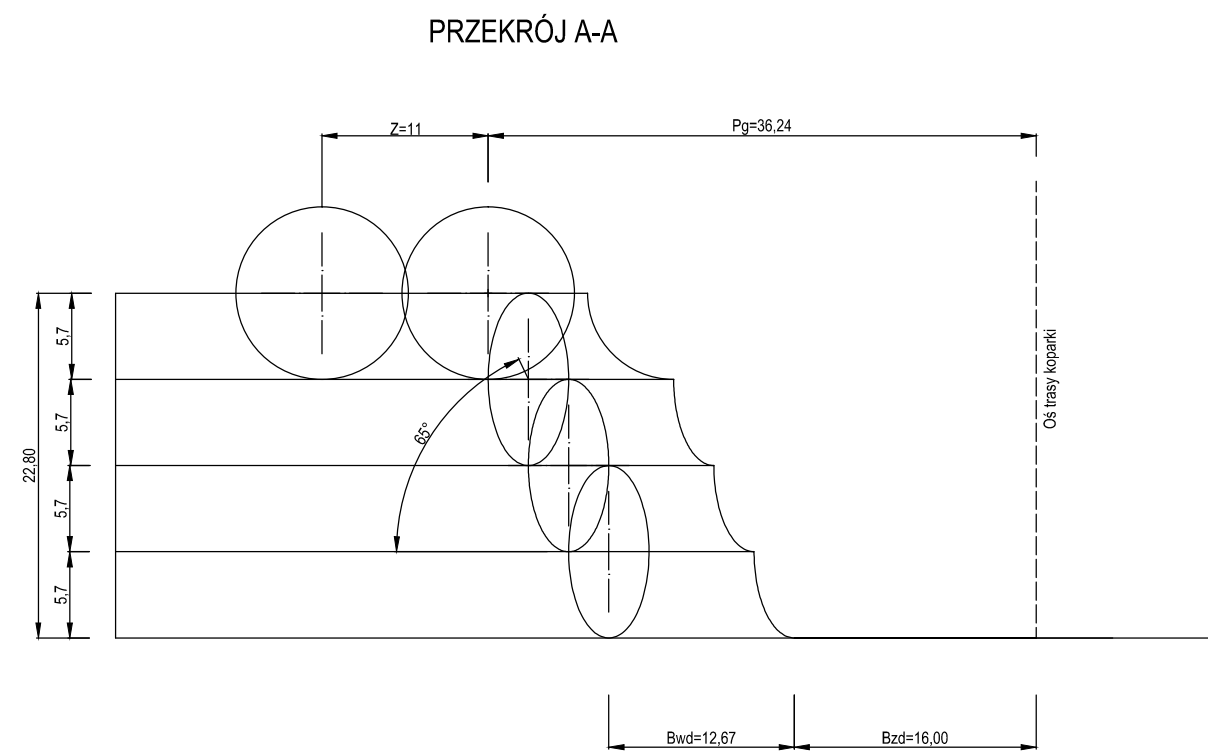
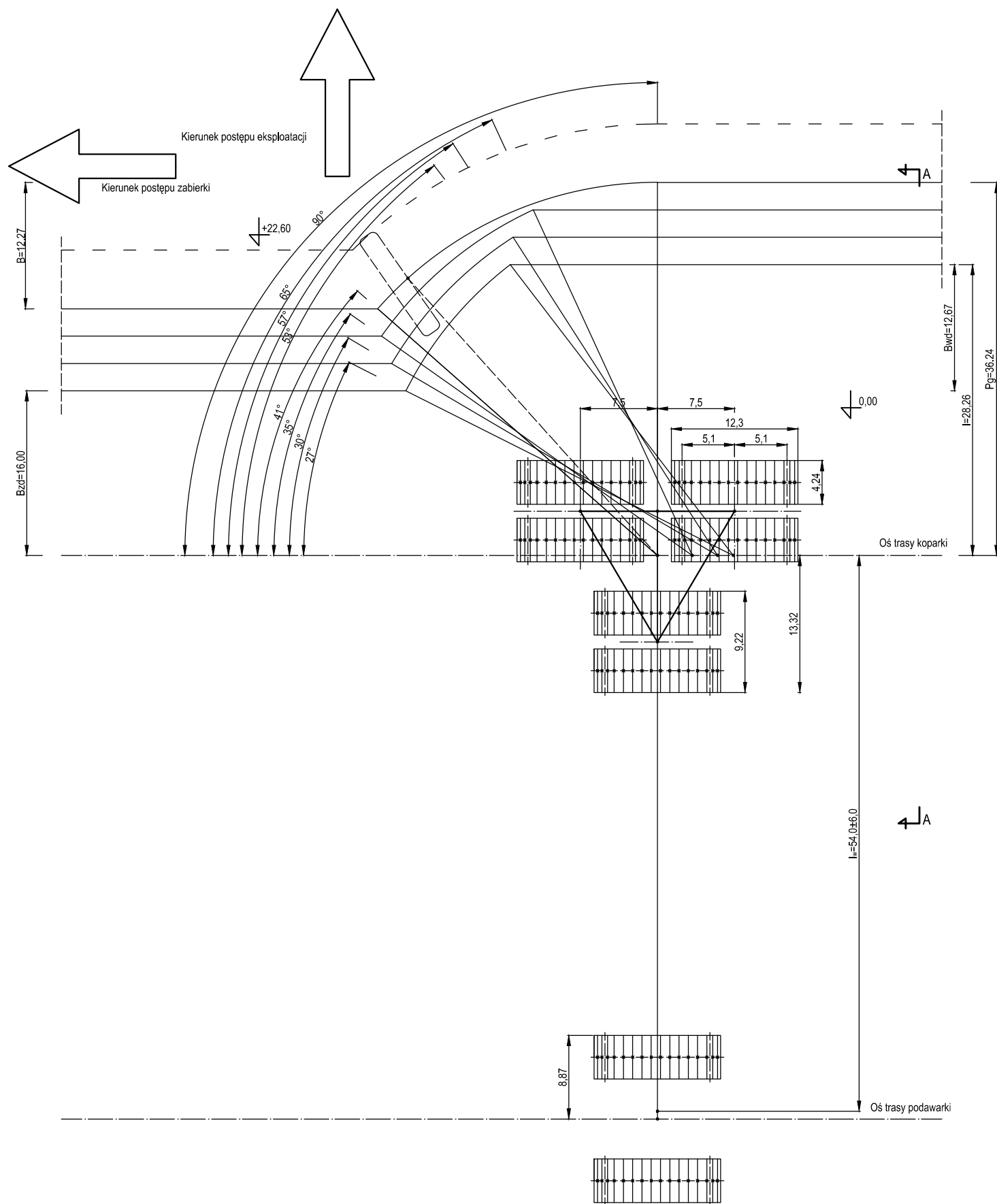


b)

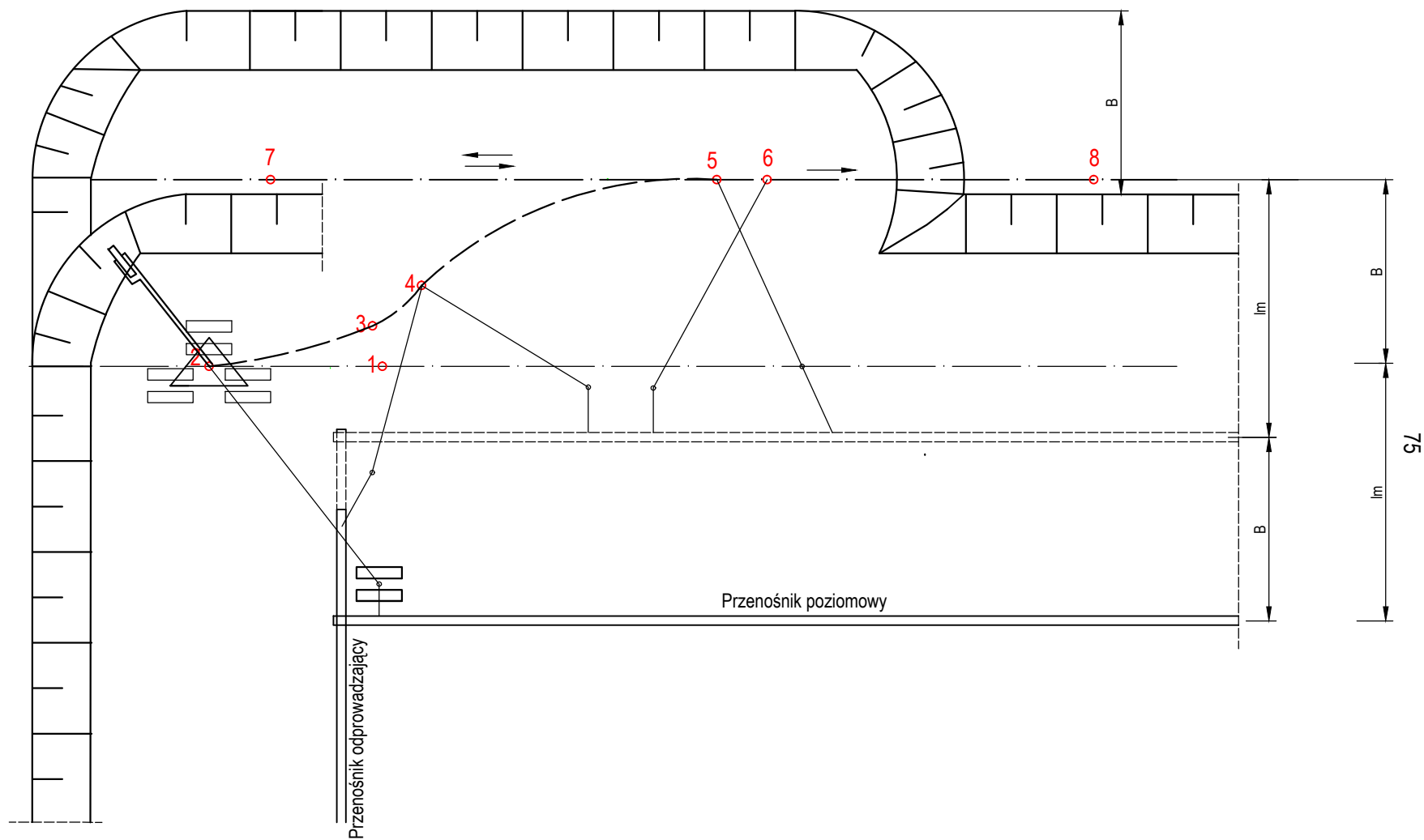
Rys. 23. Układ podstawowych ruchów roboczych koła czerpakowego
 a) urabianie wiórem pionowym
 b) urabianie wiórem poziomym



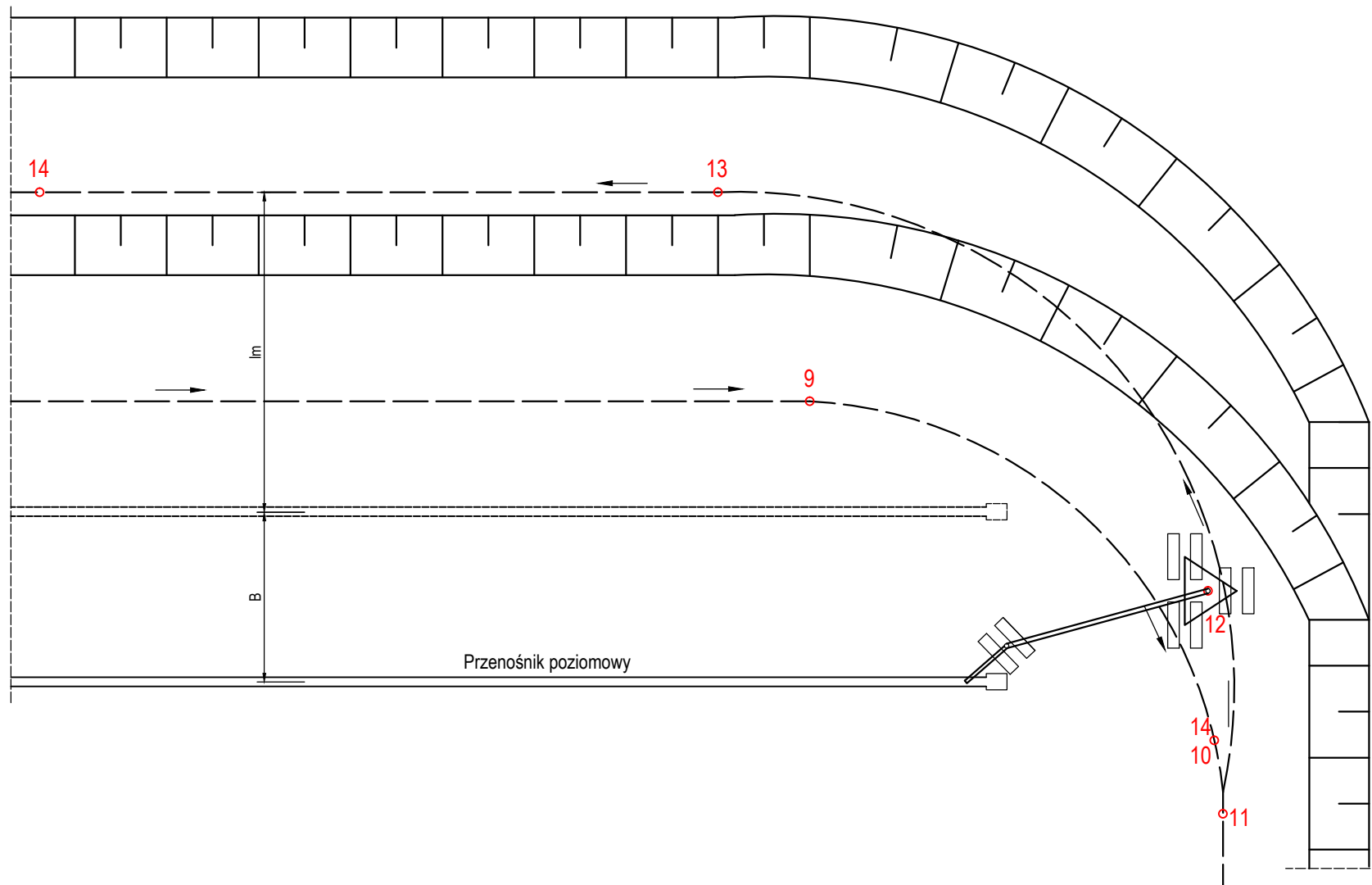
Rys. 24. Schemat pracy koparki kołowej SRs 1800
zabierką czołową
skala 1: 500



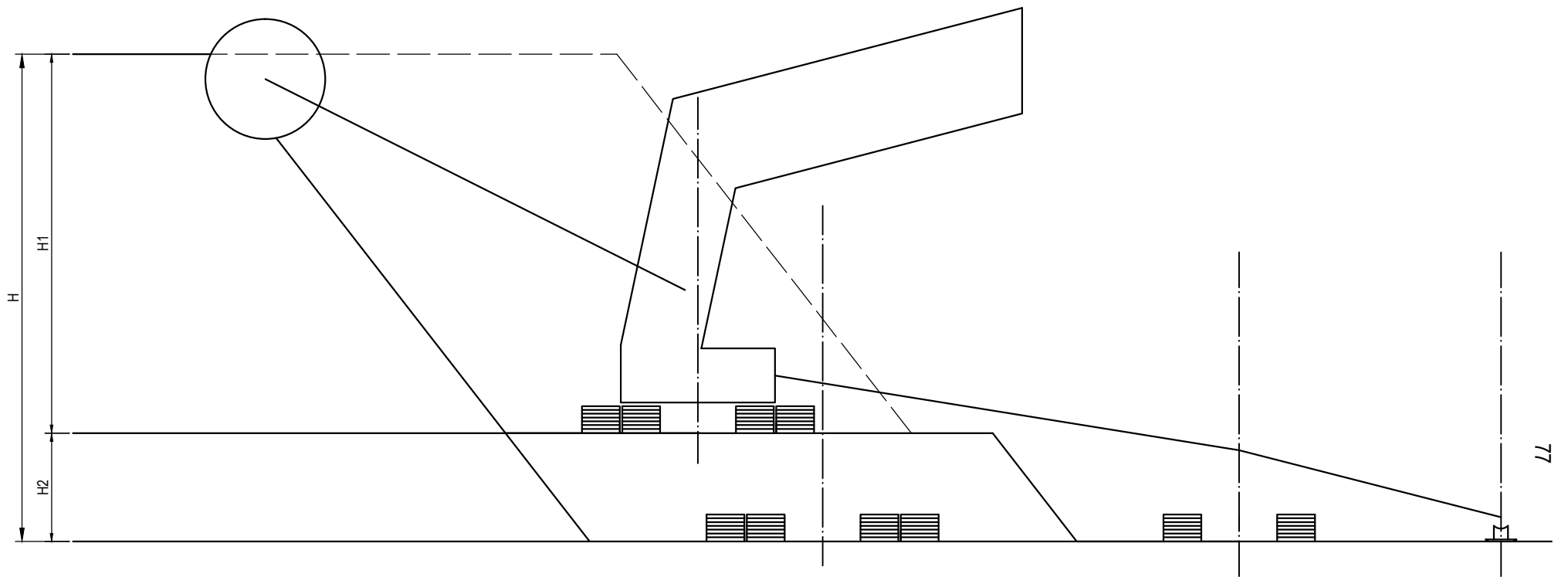
Rys. 25. Schemat pracy koparki kołowej SRs 1800
zabierką boczną
skala 1: 500



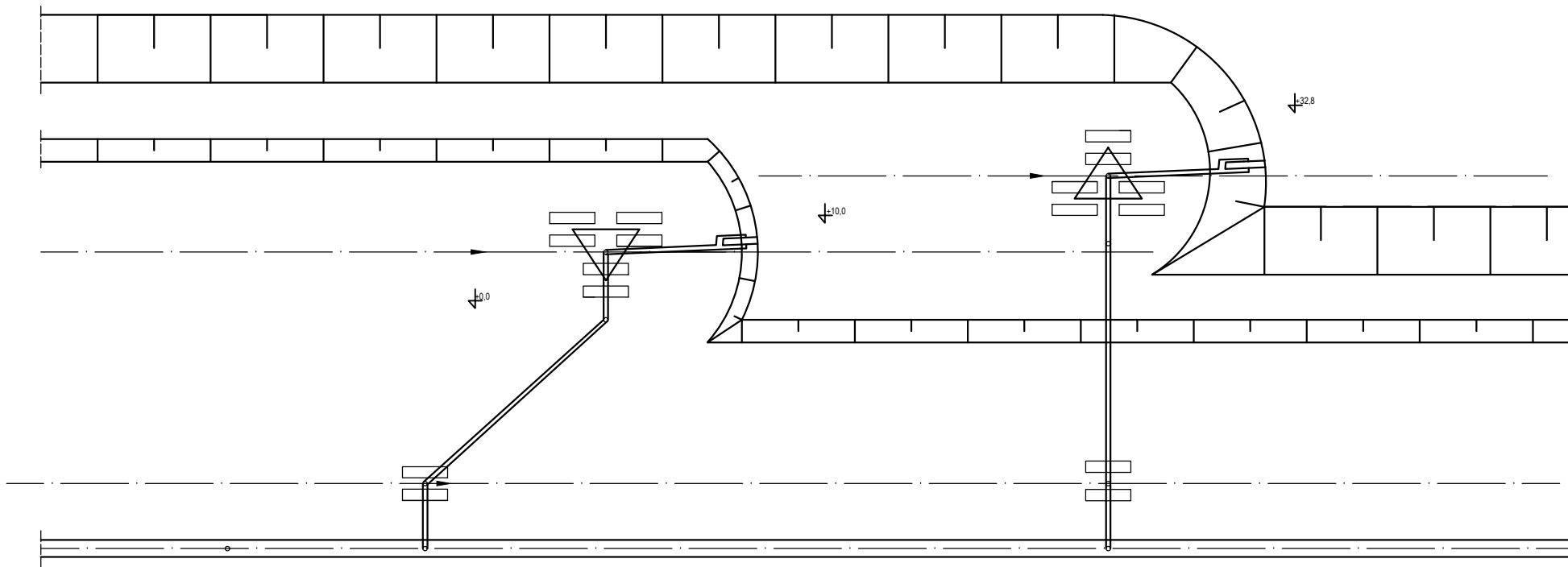
Rys. 26. Schemat pracy koparki kołowej SRs - 1800 na końcówce frontu przy stacji napędowej przenośnika poziomego



Rys. 27. Schemat pracy koparki kołowej SRs - 1800 na końcówce frontu od strony stacji zwrotnej przenośnika poziomego

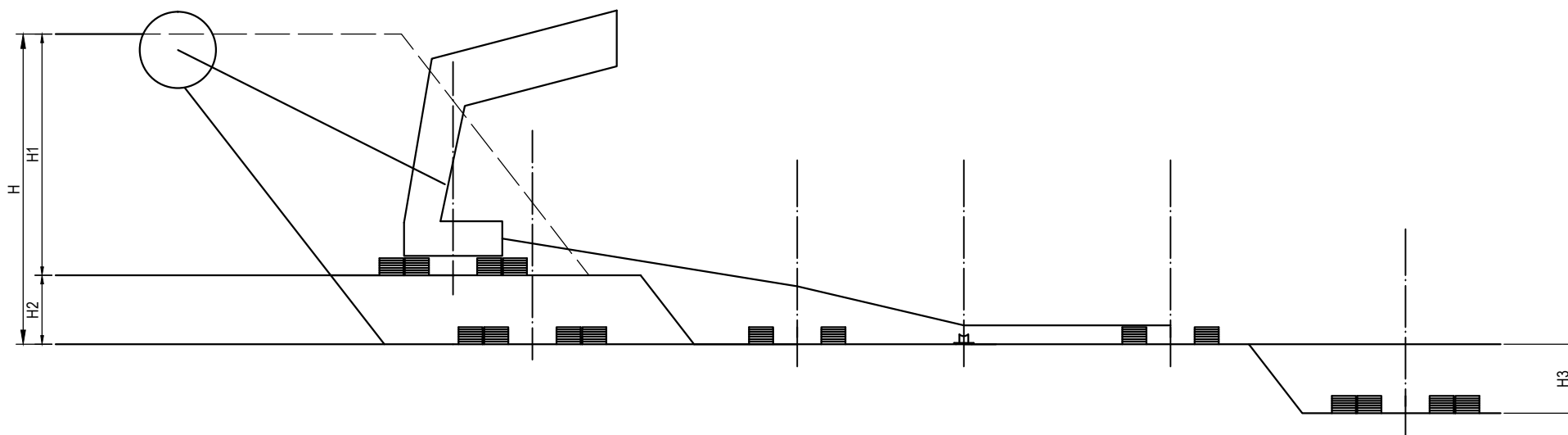


Rys. 28. Schemat urabiania dwoma podpiętami koparką SRs - 1800

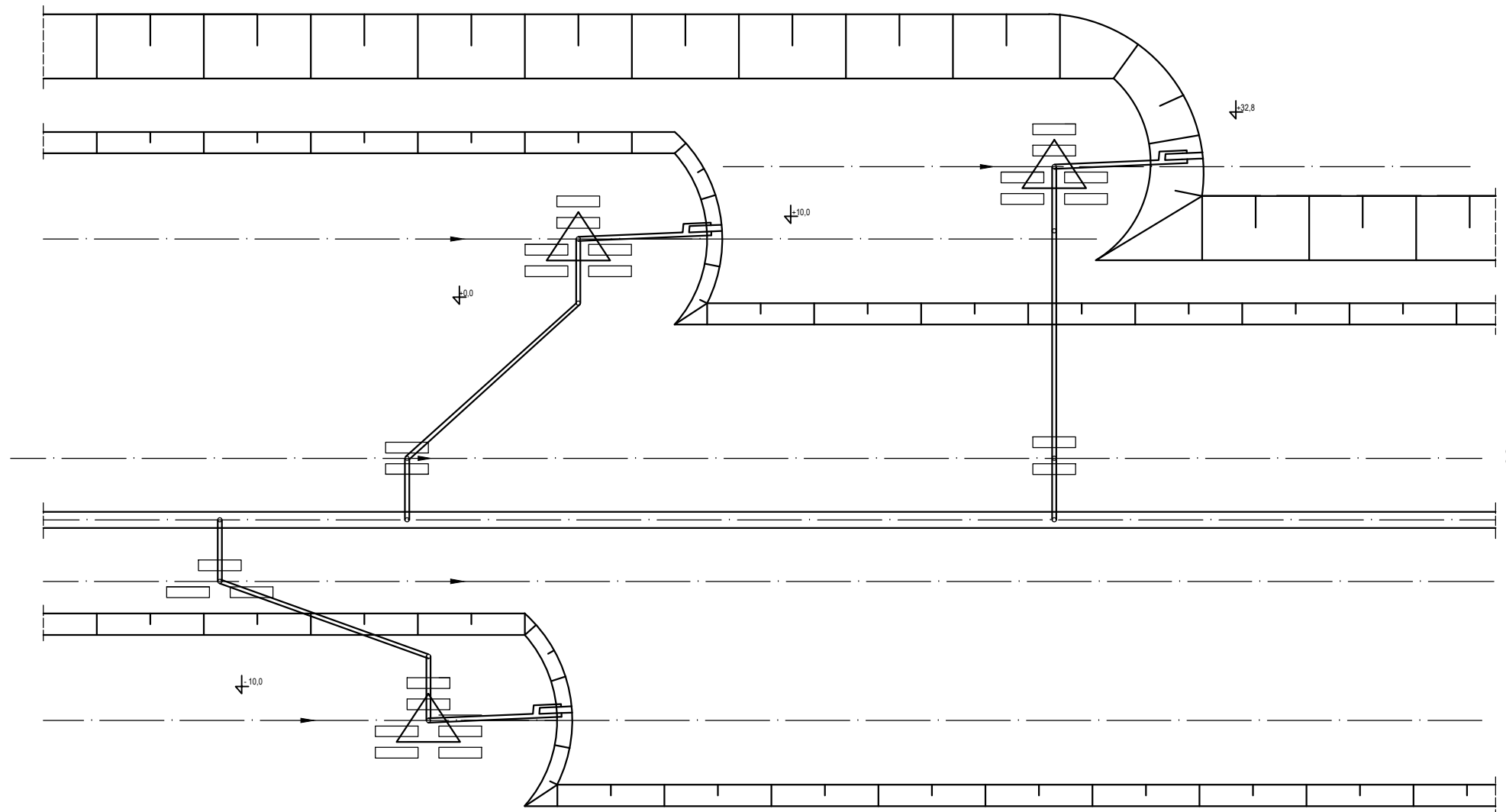


78

Rys. 29. Schemat urabiania dwoma podpiętami koparką SRs - 1800 na jeden poziom transportowy

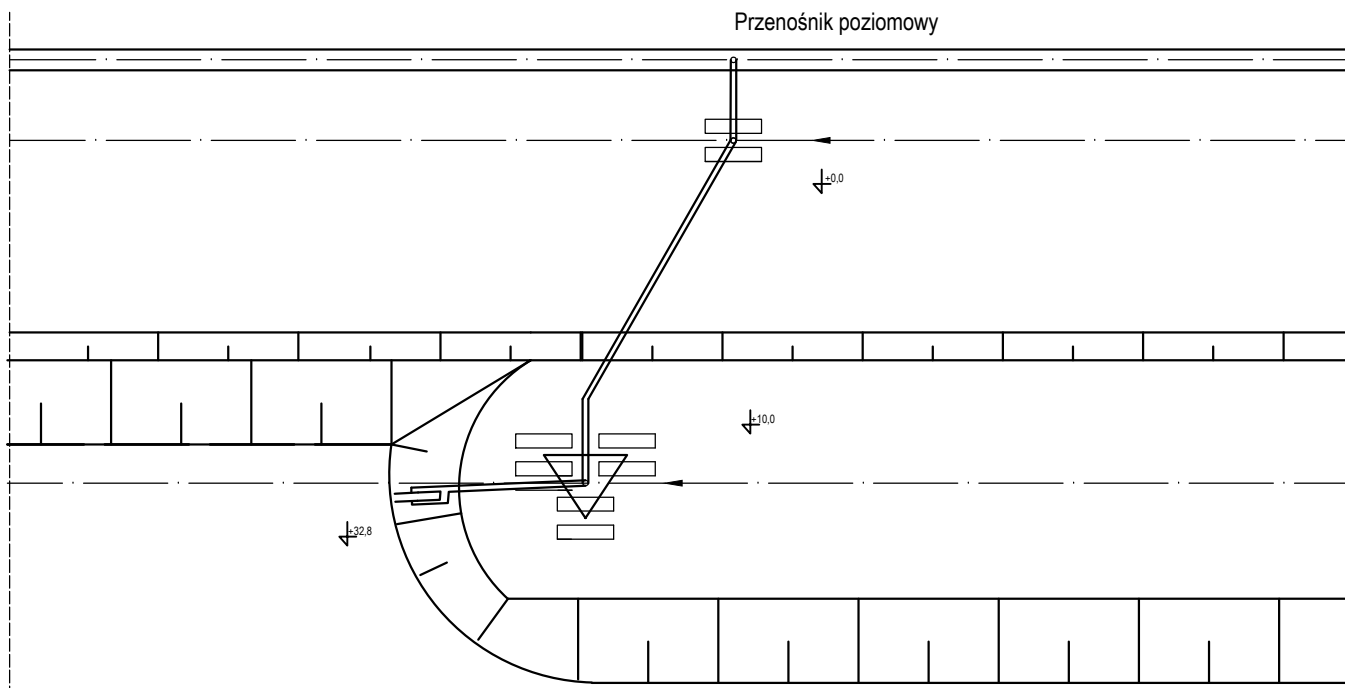


Rys. 30. Schemat urabiania trzema podpiętrami koparką SRs - 1800
Usytuowanie podpięter

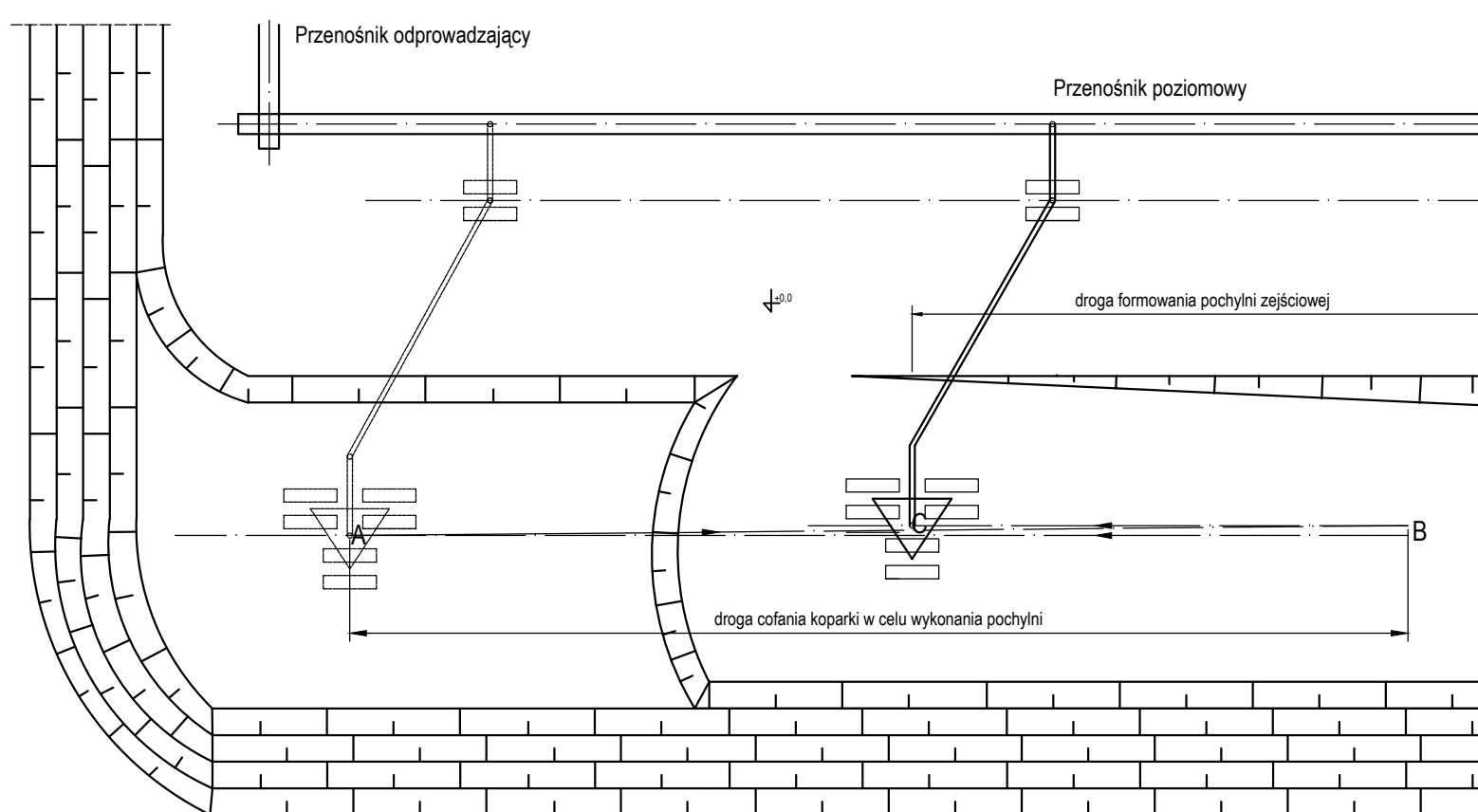


80

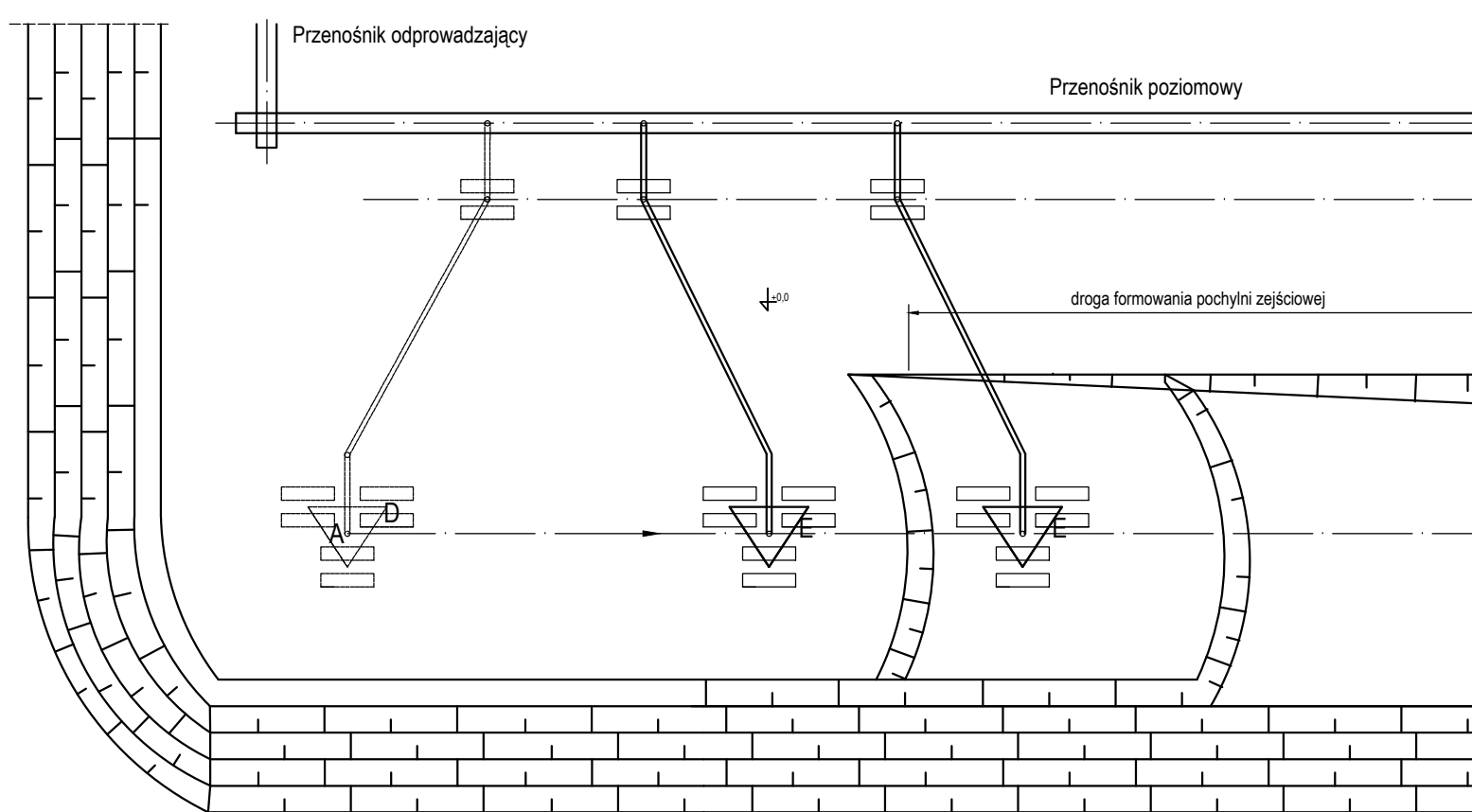
Rys. 31. Schemat urabiania trzema podpętami koparką SRs - 1800
 Położenie koparki względem przenośnika poziomego



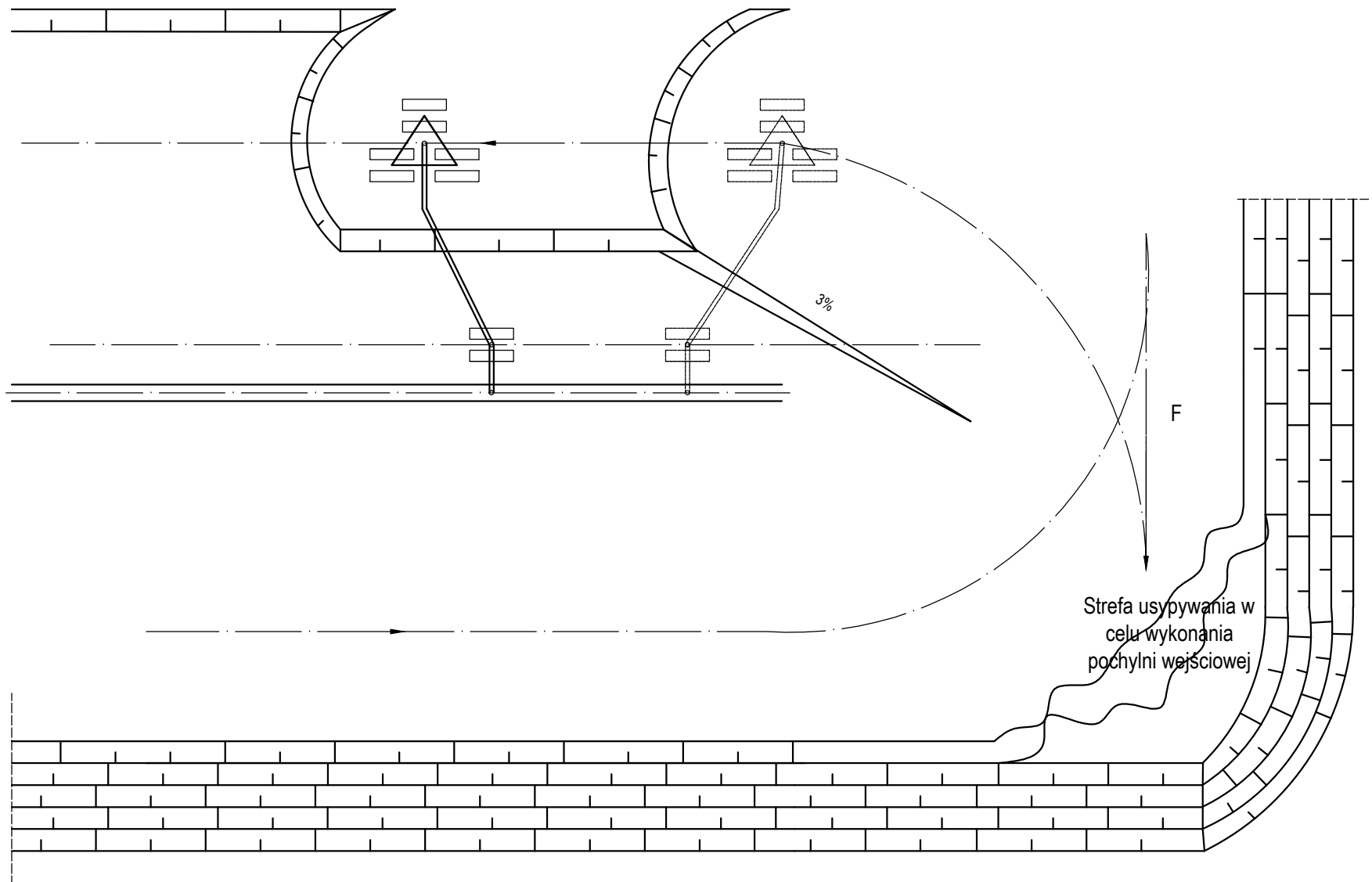
Rys. 32. Schemat urabiania trzema podpiętrami koparką SRs - 1800
 Faza 1. Praca ustabilizowana urabianie podpiętra górnego. Ładowanie urobku
 na poziom obniżony w stosunku do poziomu pracy koparki



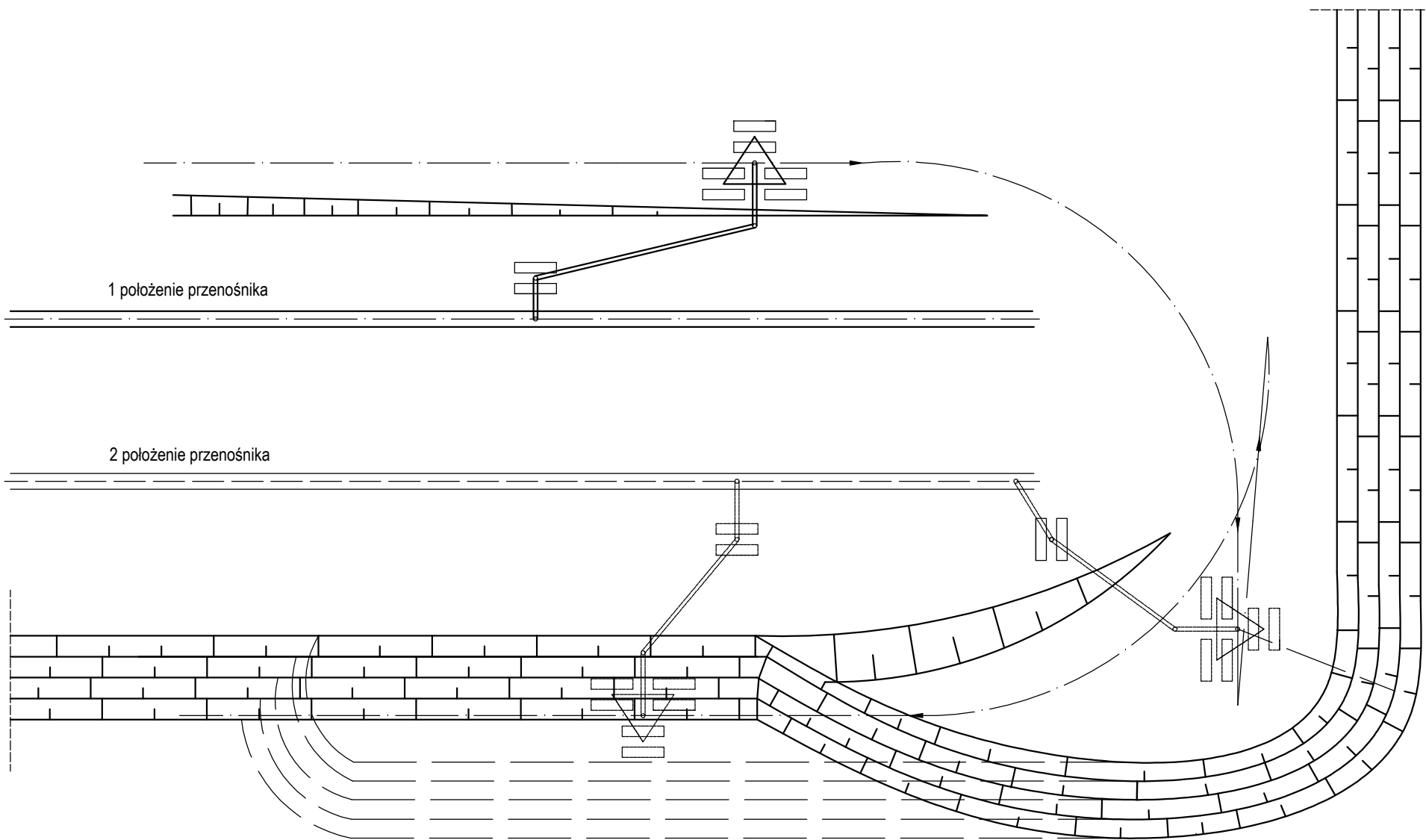
Rys. 33. Schemat urabiania trzema podpiętrami koparką SRs - 1800
 Faza 2. Praca nieustabilizowana na końcówce frontu od strony przeñośnika
 odprowadzającego. Przejście koparki z podpiętra górnego na podpiętro
 środkowe.



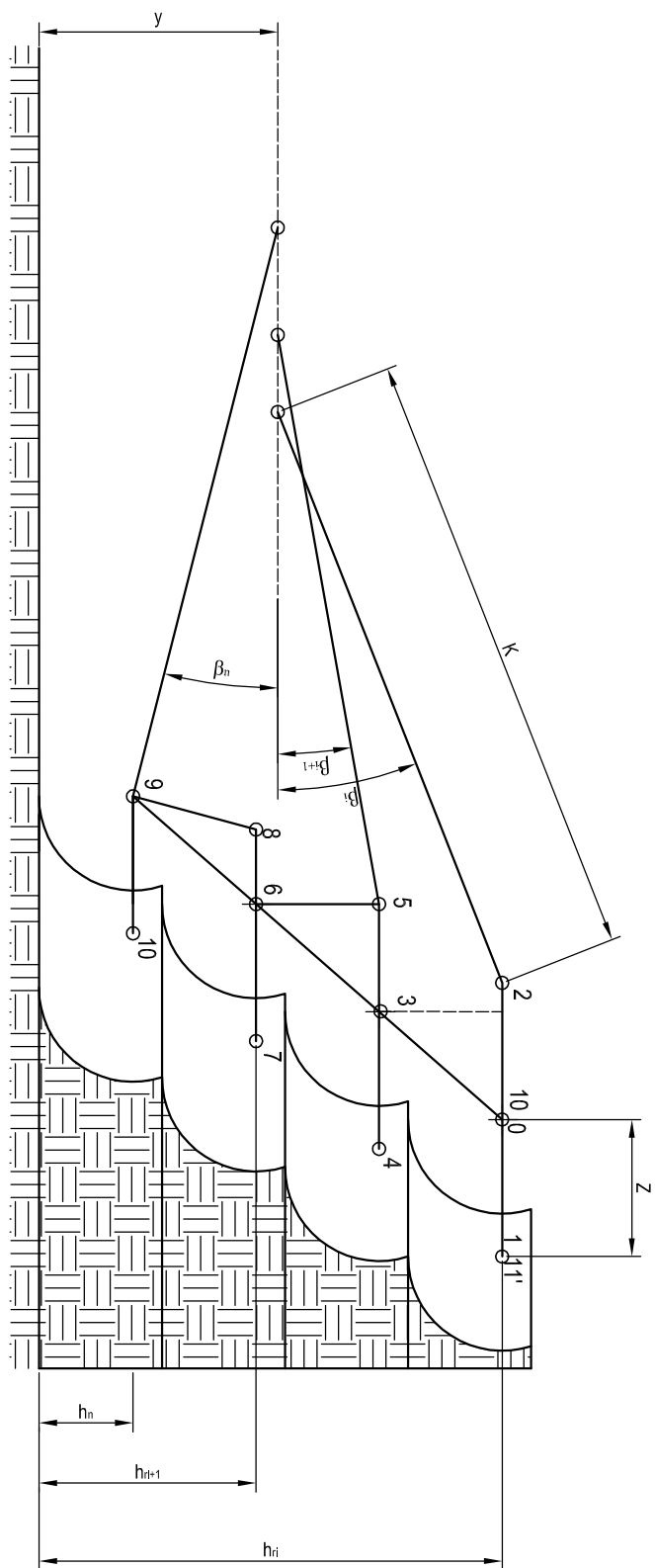
Rys. 34. Schemat urabiania trzema podpiętami koparką SRs - 1800
 Faza 2 i 3. Praca nieustabilizowana na końcówce frontu od strony przenośnika
 odprowadzającego. Przejście koparki z podpiętą górną na podpiętą
 środkową.



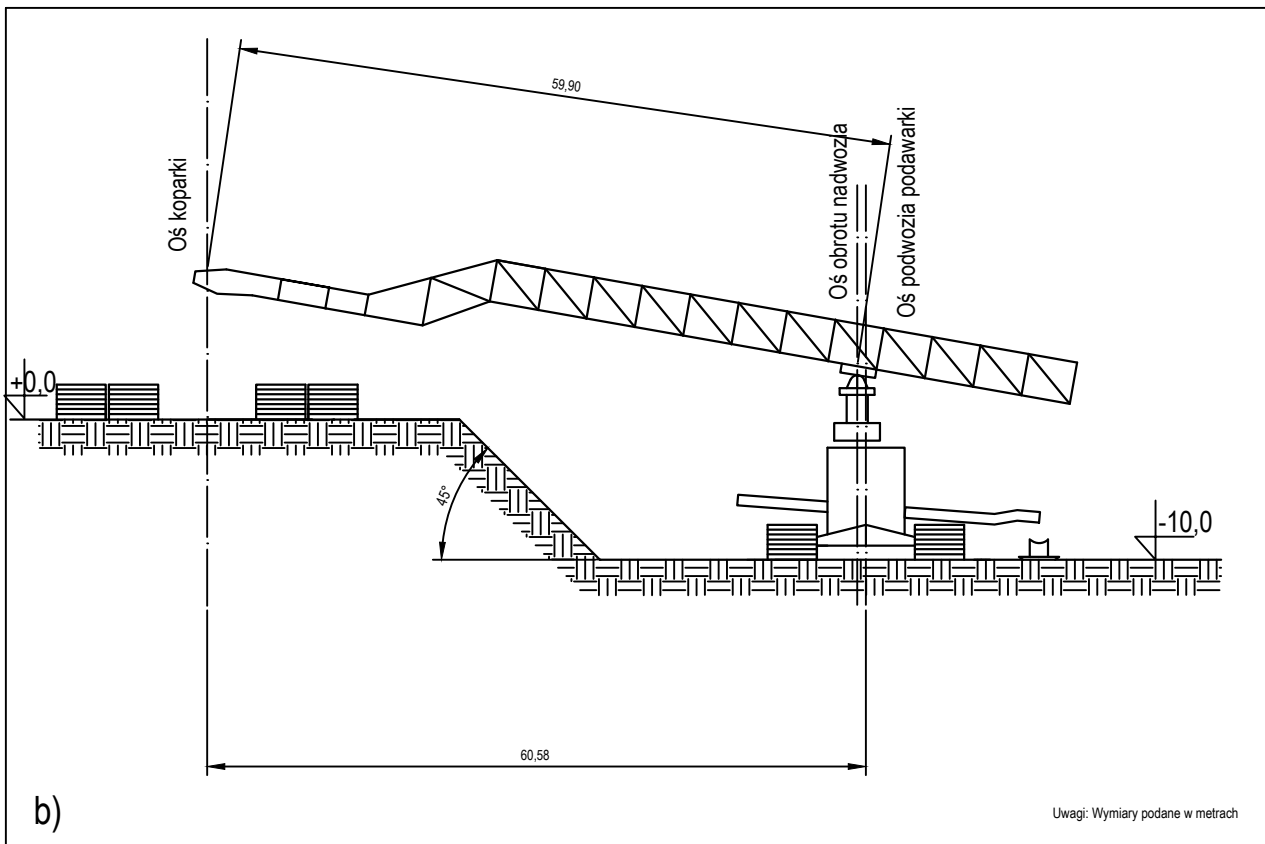
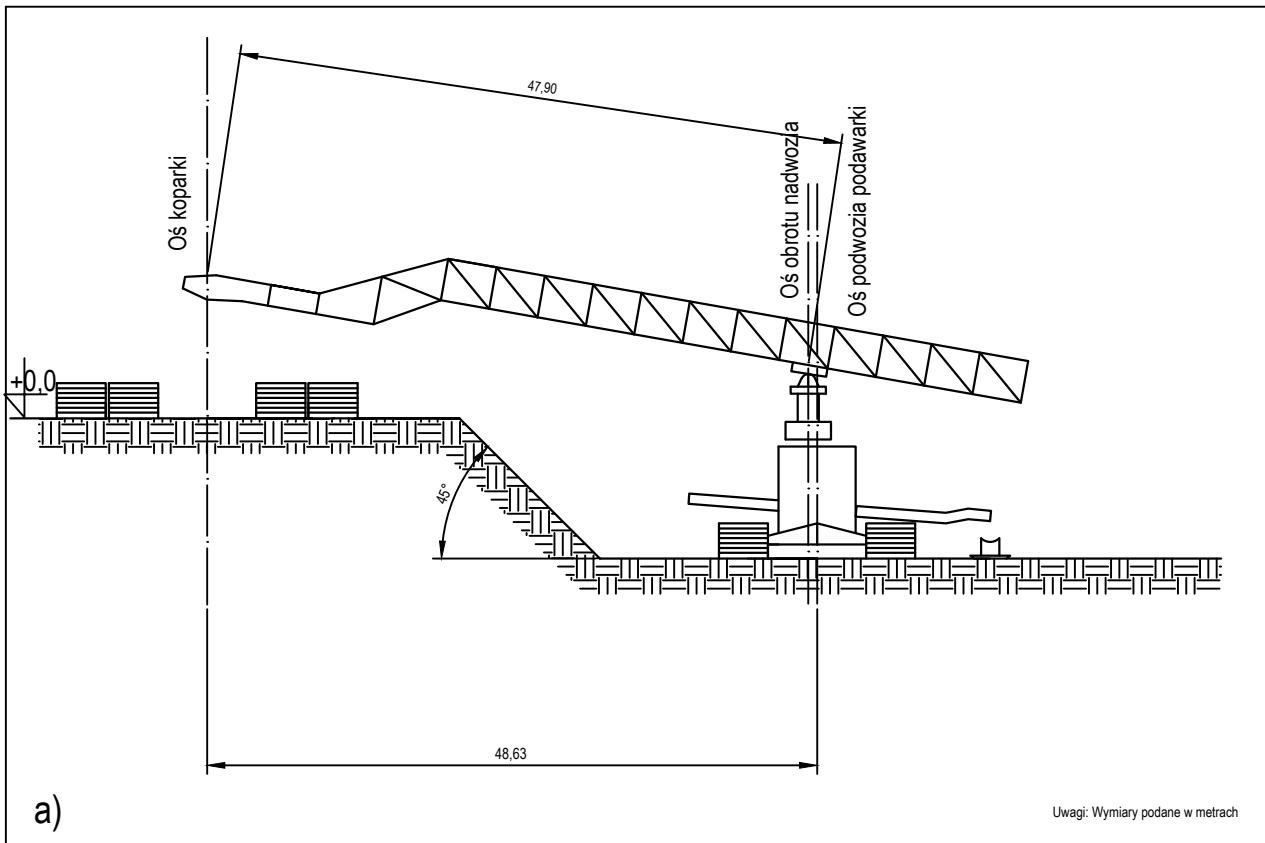
Rys. 35. Schemat urabiania trzema podpiętami koparką SRs - 1800
 Faza 4 i 5. Praca nieustabilizowana na końcówce frontu od strony przenośnika
 poziomego. Przejście koparki z podpiętą środkowego na podpiętą dolne
 z ominięciem przenośnika.



Rys. 36. Schemat urabiania trzema podpiętami koparką SRs - 1800
 Faza 6. Przejazd powrotny koparki bez urabiania wzdłuż frontu roboczego
 w rejon stacji zwrotnej przenośnika poziomego. Przejście koparki z podpiętra
 dolnego na podpiętro górne, nacięcie zabierki .

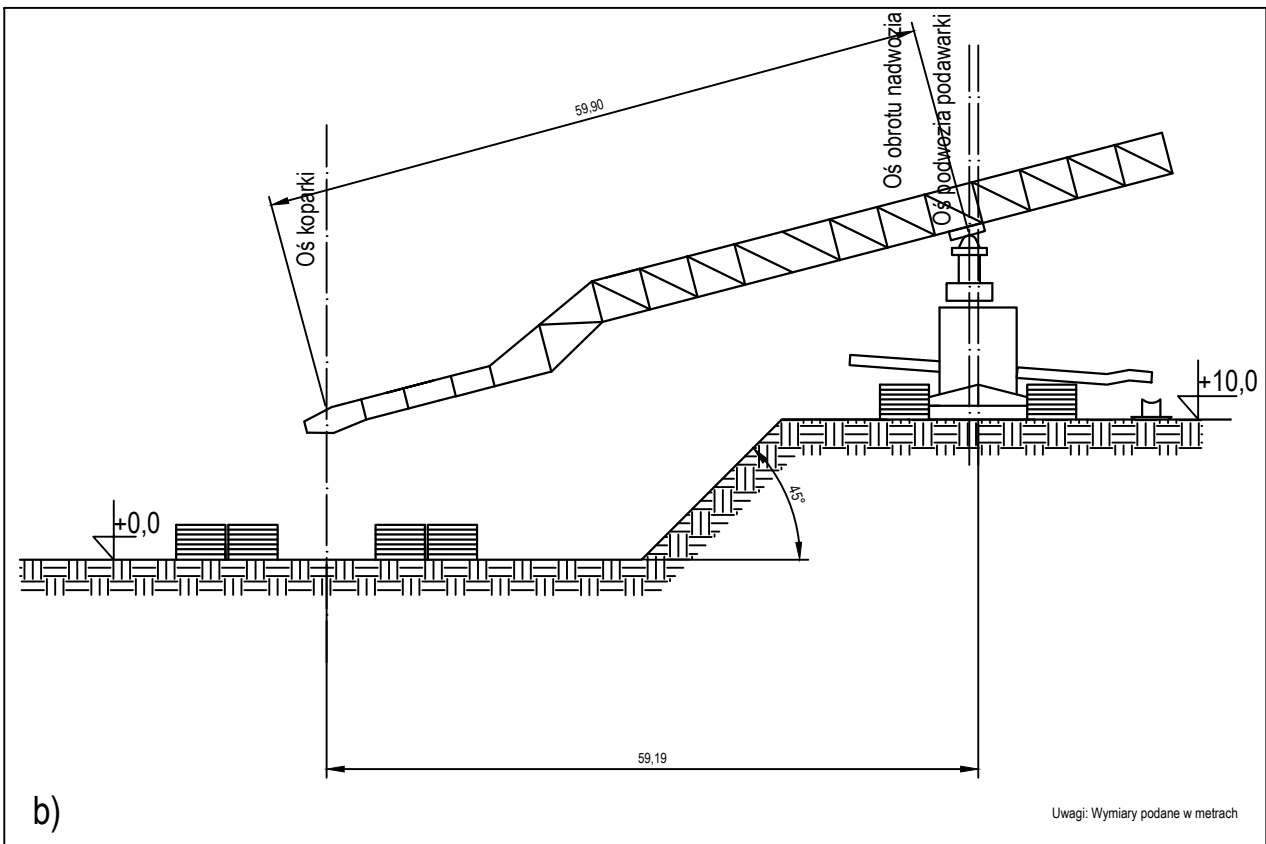
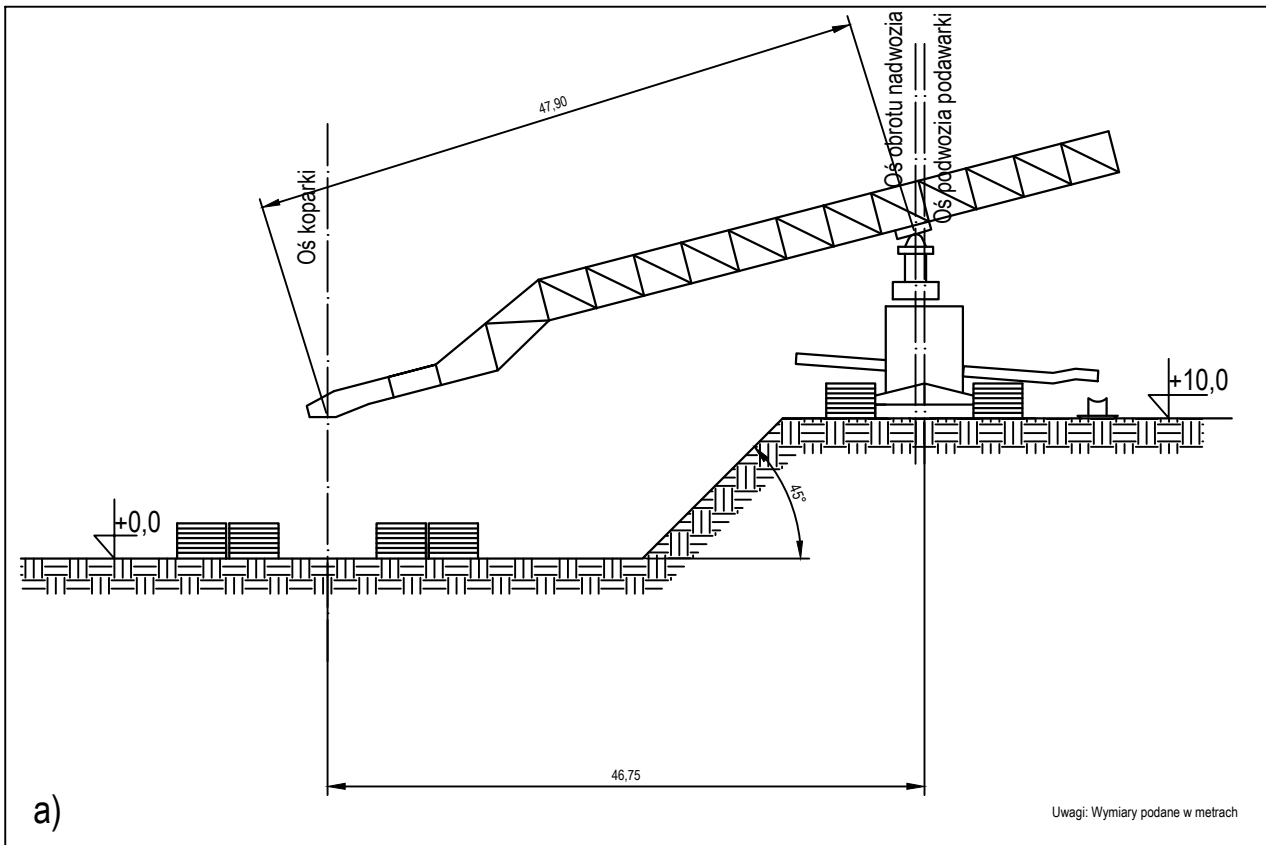


Rys. 37. Schemat niezbędnych ruchów poziomych i pionowych przy urabianiu na wielkość zabioru Z



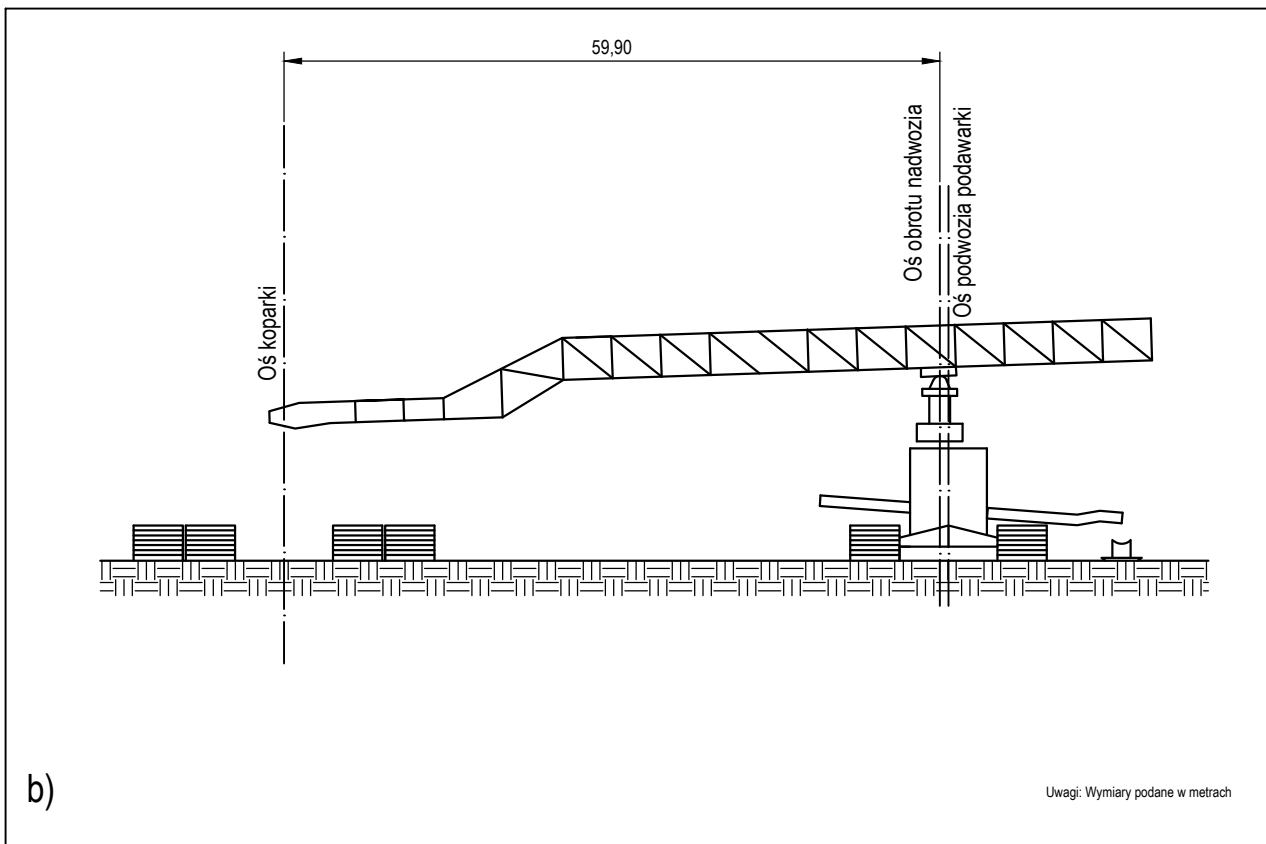
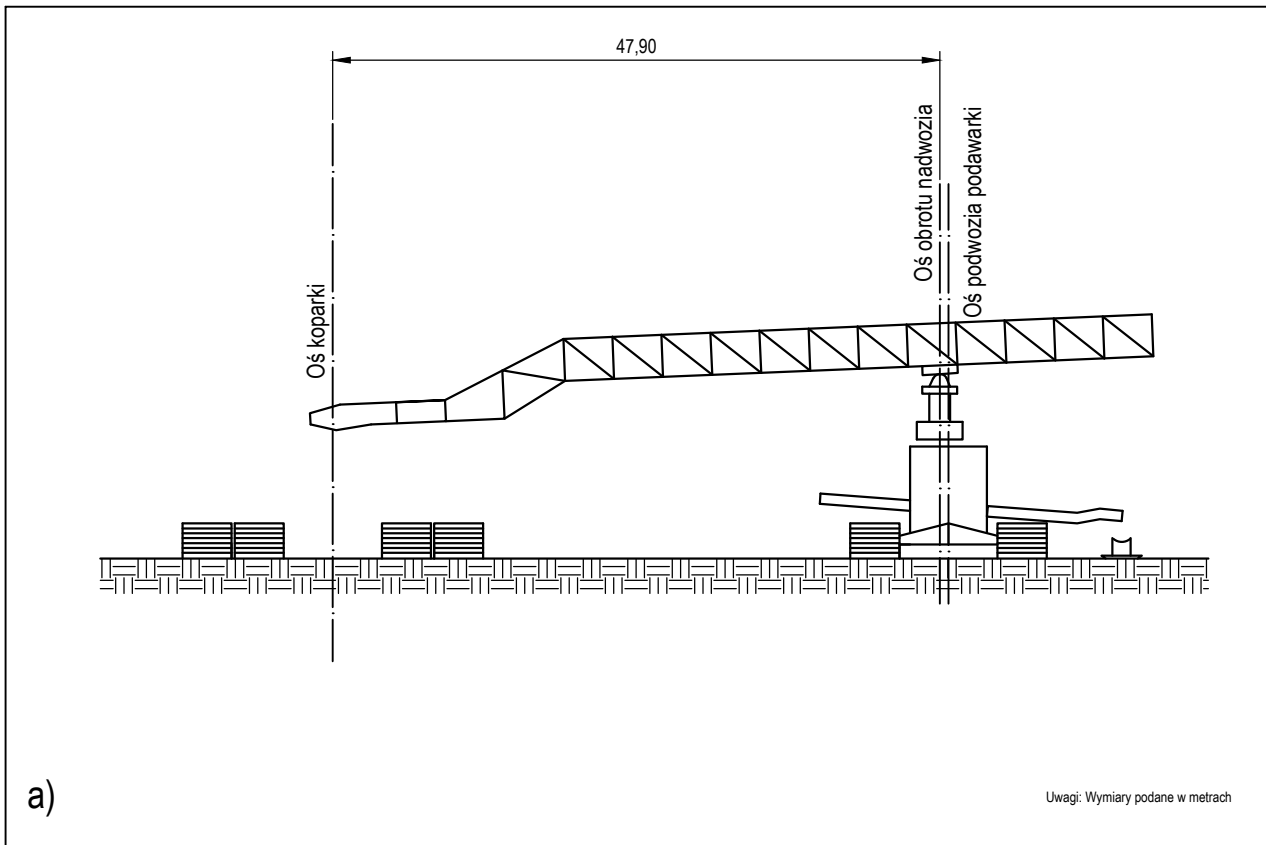
Rys. 38. Schemat wzajemnego położenia koparki SRs-1800 i prznośnika przejezdnego VR

a) przy najbliższym zbliżeniu osi trasy dla różnicy poziomów -10 m
 b) przy najdalszym zbliżeniu osi trasy dla różnicy poziomów -10 m



Rys. 39. Schemat wzajemnego położenia koparki SRs-1800 i prznośnika przejezdnego VR

- a) przy najbliższym zbliżeniu osi trasy dla różnicy poziomów +10 m
 b) przy najdalszym zbliżeniu osi trasy dla różnicy poziomów +10 m



Rys. 40. Schemat wzajemnego położenia koparki SRs-1800 i przeźnionika przejezdnyego VR

- a) przy najbliższym zbliżeniu osi trasy przy pracy na tym samym poziomie
 b) przy najdalszym zbliżeniu osi trasy przy pracy na tym samym poziomie