

## **BO (BZ): LITERATURA**

- Martinek. W., Nowak P., Woyciechowski P. (2010):  
Technologia robót budowlanych. Of. Wyd. Politechniki Warszawskiej.
- Martinek W., Książek M., Jackiewicz-Rek W. ( 2007):  
Technologia robót budowlanych. Ćwiczenia projektowe. Of. Wyd.  
Politechniki Warszawskiej.
- Panas J. (red.). (2003):  
Nowy poradnik majstra budowlanego. Arkady, Warszawa.
- Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Część A. Roboty  
ziemne i konstrukcyjne. Zesz. 1. Roboty ziemne. ITB, Warszawa 2007.

## **BO (BZ): PROGRAM WYKŁADÓW**

- **WSTĘP** – zasady zaliczenia przedmiotu, program wykładów, literatura przedmiotu
- **PODSTAWOWE POJĘCIA Z ZAKRESU BUDOWNICTWA ZIEMNEGO**
- **RODZAJE BUDOWLI I ROBÓT ZIEMNYCH**
- **MATERIAŁY**
- **NARZĘDZIA I MASZYNY**
- **TECHNOLOGIA ROBÓT ZIEMNYCH**  
**PLANOWANIE, WYKONANIE, KONTROLA I ODBIÓR, STABILIZACJA NASYPÓW, ZABEZPIECZANIE ŚCIAN WYKOPÓW**

## **BO (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA**

**OBIEKT BUDOWLANY** – budynek, budowla stanowiąca całość użytkową, wraz z instalacjami i urządzeniami, obiekt małej architektury.

**BUDYNEK** – obiekt trwale związany z gruntem, wydzielony z przestrzeni ścianami, posiadający dach i fundament.

**OBIEKT MAŁEJ ARCHITEKTURY** – niewielki obiekt budowlany (obiekt kultu religijnego, architektury ogrodowej...).

**BUDOWLA** – to, co nie jest budynkiem lub ob. małej architektury. Np.: obiekty hydrotechniczne, drogi, obiekty liniowe...

## **BO (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA**

**ROBOTY BUDOWLANE** – budowa, przebudowa, remont, rozbiórka.

**BUDOWA** – wykonanie nowego obiektu, nadbudowa, rozbudowa (w przypadku drogi wyjście poza pas drogowy), odbudowa.

**PRZEBUDOWA** – roboty budowlane wykonywane w istniejącym obiekcie budowlanym (w granicach jego bryły).

**REMONT** – wykonywanie w istniejącym obiekcie budowlanym robót, polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego.

**MODERNIZACJA** – unowocześnienie istniejącego obiektu budowlanego, trwale zwiększające jego wartość użytkową.



## **BO (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA**

**WYKOP** – przestrzeń o określonym kształcie i wymiarach, którą uzyskuje się po usunięciu gruntu.

**NASYP** – budowla o określonym kształcie i wymiarach, wykonana z gruntu.

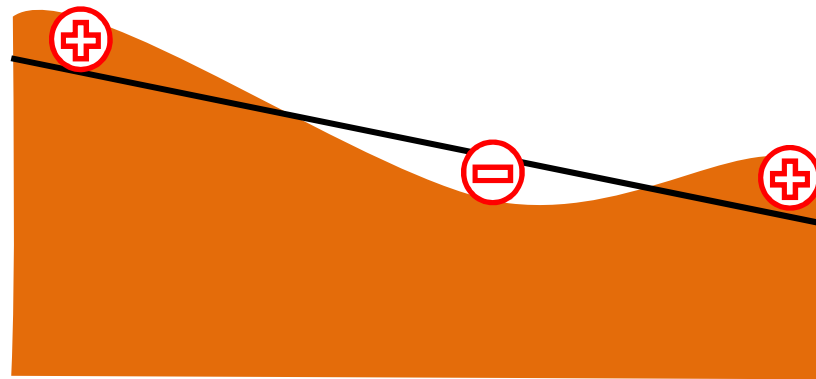
**UKOP** – objętość gruntu pozyskiwanego jako materiał budowlany; teren, z którego grunt pozyskano.

**ODKŁAD** – objętość gruntu przechowywana na placu budowy w celu wykorzystania w późniejszym okresie; teren, na którym grunt przechowujemy.

**ZWAŁKA** – zbędna na terenie budowy objętość wydobytego gruntu; miejsce, na które wywozi się zbędny grunt.

## BO (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA

**NIWELETA** – linia łącząca punkty wysokościowe, wyznaczające projektowany profil budowli.

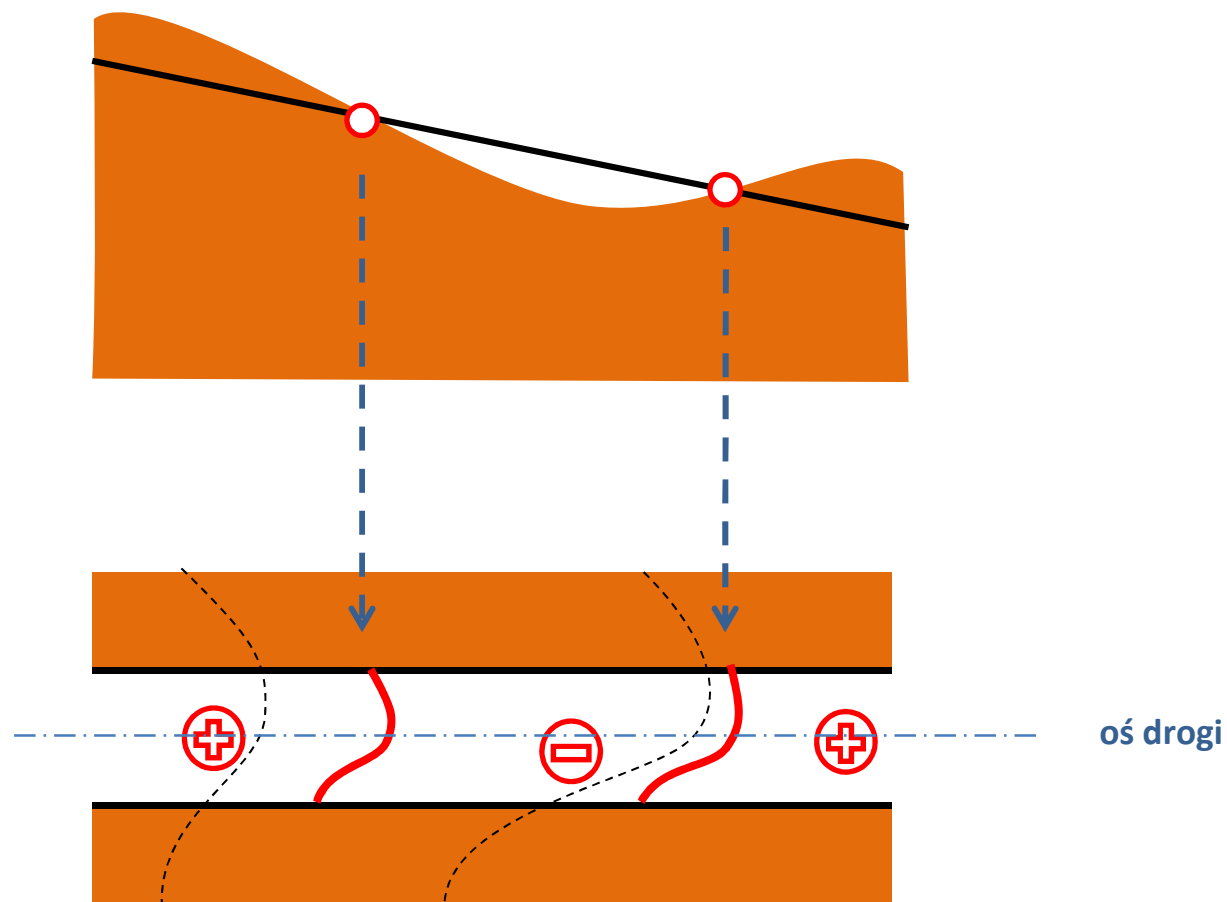


**BILANS MAS ZIEMNYCH** – zestawienie objętości usuniętego gruntu z wykopów (+) oraz urobku potrzebnego do zasypania wykopów (wykonania nasypów) (-) lub przeznaczonych na odkład lub wywiezienia.

.

## BO (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA

**LINIA ROBÓT ZEROWYCH** – linia wynikająca z przecięcia się niwelety z powierzchnią terenu.



## BO (BZ): RODZAJE BUDOWLI ZIEMNYCH

### BUDOWLE ZIEMNE - TRWAŁOŚĆ

CZASOWE

STAŁE

PLANTACYJNE



## BO (BZ): RODZAJE BUDOWLI ZIEMNYCH



# BO (BZ): RODZAJE ROBÓT ZIEMNYCH

ROBOTY ZIEMNE – ZASIĘG

POWIERZCHNIOWE

LINIOWE

MIEJSCOWE



## **BO (BZ): RODZAJE ROBÓT ZIEMNYCH**

### **ROBOTY ZIEMNE**

- **ODSPOJENIE GRUNTU I WYKONANIE WYKOPU**
- **TRANSPORT MAS ZIEMNYCH**
- **WBUDOWANIE MATERIAŁU GRUNTOWEGO W BUDOWLĘ**
- **WZMOCNIENIE GRUNTU**
- **NIWELOWANIE TERENU**
- **WYKONANIE PODUSZEK PIASKOWYCH/ŻWIROWYCH**
- **POZYSKIWANIE GRUNTU ZE ZŁOŻA**
- **ZASYPYWANIE WYKOPÓW**

## **MATERIAŁY BUDOWLANE WYKORZYSTYWANE W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM**

- **GRUNTY SPOISTE (DROBNOZIARNISTE)**
- **GRUNTY NIESPOISTE (GRUBOZIARNISTE)**
- **KAMIEŃ ŁAMANY (GRYS, KLINIEC, TŁUCZEŃ)**
- **ODPADY PRZEMYSŁOWE**
- **WAPNO, CEMENT**
- **GEOSYNTETYKI**
- **PREFABRYKATY BETONOWE**
- **GRUNTY PRÓCHNICZNE**



## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

WSKAŹNIK RÓŻNOZIARNIŚCI  $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

WSKAŹNIK JEDNORODNOŚCI  $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

WSKAŹNIK KRZYWIZNY  $C_c, C = \frac{d_{30}^2}{d_{60} \cdot d_{10}}$

**ZAGĘSZCZALNOŚĆ GRUNTU** – zdolność do zagęszczenia gruntu (zwiększenia gęstości objętościowej szkieletu gruntowego) w wyniku oddziaływania zewnętrznego.

# BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

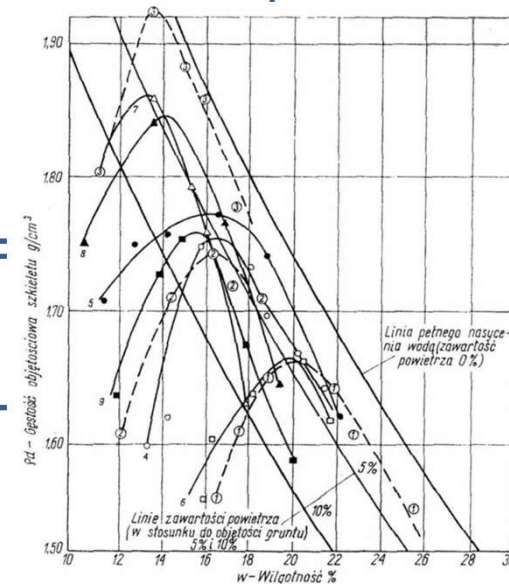
## PARAMETRY

GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA SZKIELETU  
GRUNTOWEGO  $\rho_d = \frac{M_d}{V}$

MAKSYMALNA GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA SZKIELETU  
GRUNTOWEGO  $\rho_{ds}, \rho_{d max}$

WILGOTNOŚĆ OPTYMALNA  $w_{opt}$

WSKAŹNIK ZAGĘSZCZENIA  $I_S = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$



## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

MODUŁ ODKSZTAŁCENIA (SPRĘŻYSTOŚCI)  $E_1, E_2$

WSKAŹNIK ODKSZTAŁCENIA  $I_0 = \frac{E_2}{E_1}$

WSKAŹNIK PIASKOWY  $WP = \frac{V_{p+z}}{V}$

WSKAŹNIK PLASTYCZNOŚCI  $I_P = w_L - w_P$

## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

#### URABIALNOŚĆ GRUNTU - PN-B-06050:1999

#### Geotechnika - Roboty ziemne - Wymagania ogólne

Kategoria	Charakterystyka i rodzaj gruntu	Średnia gęstość objętościowa [t/m <sup>3</sup> ]	Narzędzia wystarczające do odspajania gruntu	Średnie spulchnienie początkowe [%]
I	piasek suchy, gleba uprawna zaorana, torf bez korzeni	1,0–1,6	narzędzia ręczne (np. łopaty)	5–30
II	piasek wilgotny, gliniasty, żwir luźny, nasypy z piasku, torf z korzeniami do 30 mm grubości	1,1–1,8	jw. (dodatkowo motyki lub oskardy)	15–25
III	piaski gliniaste, pyły i lessy, rumosz skalny, gliny bez głazów, nasypy zleżale, mady i namuły rzeczne, torf z korzeniami ponad 30 mm grubości	1,4–2,0	maszyny budowlane do robót ziemnych	25–35
IV	lessy suche zwarte, gliny ciężkie i zwałowe z głazami (głazy do 50 kg – nie więcej niż do 10% objętości gruntu), iłolupki miękkie, nasypy zleżale z gruzem lub tłuczniem	1,9–2,1	maszyny budowlane do robót ziemnych (także ciężkie)	25–35

## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

SPULCHNIENIE POCZĄTKOWE  $S_{sp} = \frac{V_s - V_r}{V_r}$   
lub  
WSPÓŁCZYNNIK SPULCHNIENIA  $\frac{V_s}{V_r}$

PARAMETRY WYTRZYMAŁOŚCIOWE  $\phi, c, \dots$

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE  $R_m, R_c$

## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

#### WYSADZINOWOŚĆ

##### **Grupa A - grunty niewysadzinowe**

$H_{kb} < 1.0$  m, bezpieczne w każdych warunkach klimatycznych i wodnogruntowych; zawartość cząstek o średnicy mniejszej niż 0.05 mm wynosi poniżej 20%, zawartość cząstek o średnicy poniżej 0.002 mm wynosi mniej niż 3%. Czyste żwiry, pospółki i piaski (grube).

##### **Grupa B - grunty wątpliwe**

$H_{kb} < 1.3$  m, grunty zawierające 20÷30% cząstek mniejszych od 0.05 mm oraz 3÷10% cząstek mniejszych od 0.002 mm. Piaski (bardzo drobne), piaski pylaste i próchniczne.

##### **Grupa C - grunty wysadzinowe**

$H_{kb} > 1.3$  m, grunty zawierające powyżej 30% cząstek mniejszych niż 0.05 mm i więcej niż 10% cząstek mniejszych od 0.002 mm. Wszystkie grunty spoiste i namuły organiczne.

## BO (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

### PARAMETRY

### GRUPY NOŚNOŚCI

Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża dla warunków wodnych			
	Dobre	Przeciętne	Złe	Opis
Grunty niewysadzinowe	G 1	G 1	G 1	Żwiry, pospółki, piaski grubo-, średnio-, drobnoziarniste, rumosze skalne, żużle nierozpadowe
Grunty wątpliwe	G 1	G 2	G 2	Piaski pylaste
Grunty wątpliwe	G 1	G 2	G 3	Żwiry gliniaste, pospółki gliniaste, zwietrzliny gliniaste, rumosze gliniaste
Grunty mało wysadzinowe	G 2	G 3	G 4	Gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste, ility, ility piaszczyste i pylaste
Grunty bardzo wysadzinowe	G 3	G 4	G 4	Piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny piaszczyste i pylaste, ility warwowe

## BO (BZ): RODZAJE NARZĘDZI

### NARZĘDZIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ŁOPATA



- SZPADEL



- OSKARD



- KILOF



- ŁOM





## BO (BZ): RODZAJE NARZĘDZI

### NARZĘDZIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- MŁOT PNAUMATYCZNY



- UBIJAK



- TACZKA



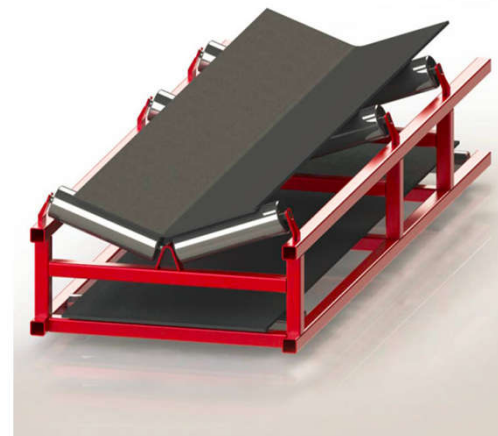
- ZAGĘSZCZARKA



## BO (BZ): RODZAJE URZĄDZEŃ

### URZĄDZENIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- PRZENOŚNIK TAŚMOWY



## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- SPYCHARKA



## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- **SPYCHARKA**

- niwelacja terenu przy przemieszczaniu gruntu do 50-100m
- plantowanie dowiezonego gruntu oraz kształtowanie i wykonywanie nasypów
- zasypywanie wykopów
- utrzymanie wykopów
- współpraca ze zgarniarkami
- spulchnianie gruntów

Wielkość robót na placu budowy [m <sup>3</sup> ]	Intensywność robót [m <sup>3</sup> /zm]	Wielkość spycharki [kW]
<600	-	40-48
600-1 500	<250	40-48
	250-430	55
	>430	73
1 500-60 000	<400	48-55
	400-800	73
	>800	103-125
>60 000	<400	48-55
	400-800	73
	800-1 200	103-125
	>1 200	184-220

## MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- **SPYCHARKA**
  - niwelacja terenu przy przemieszczaniu gruntu do 50-100m
  - plantowanie dowiezonego gruntu oraz kształtowanie i wykonywanie nasypów
  - zasypywanie wykopów
  - utrzymanie wykopów
  - współpraca ze zgarniarkami
  - spulchnianie gruntów

	Graniczna wartość [°]
Wzniesienia	25
Spadki podłużne	30
Spadki poprzeczne	18
Nie wykorzystywać na terenach podmokłych i gliniastych po ulewnych deszczach	



## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ZGARNIARKA



## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ZGARNIARKA

- roboty niwelacyjne
- roboty drogowe
- suche wykopy szerokoprzenne do głębokości 3m
- formowanie nasypów
- na odległość > 300 m

	Zasięg [m]
Przyczepne	1 000 – 2 000
Samobieżne	5 000

	Graniczna wartość [°]
Wzniesienia	10
Spadki podłużne	10
Spadki poprzeczne	5
Warunki suche i przygotowane trasy dojazdowe	

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- RÓWNIARKA





## MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- **RÓWNIARKA**
  - niwelacja i wyrównanie terenu
  - kształtowanie skarp i nasypów
  - profilowanie dróg gruntowych
  - wykonanie rowów odwadniających
  - konserwacja dróg

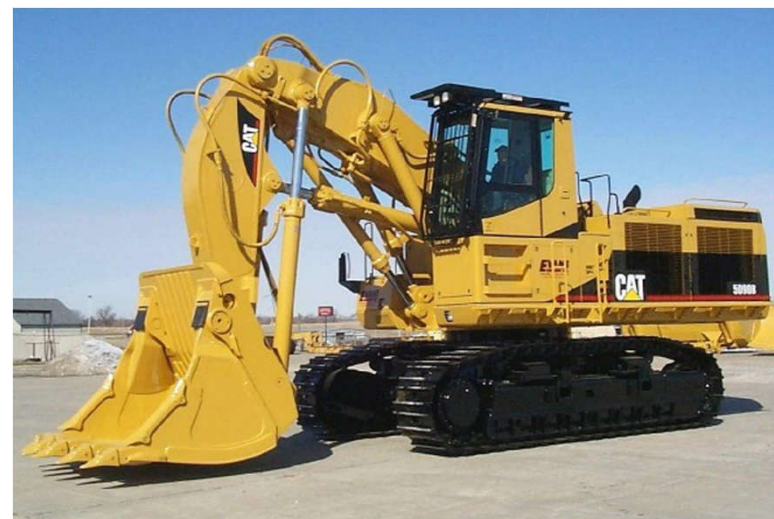
## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA



podsiębierna



przesiębierna

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

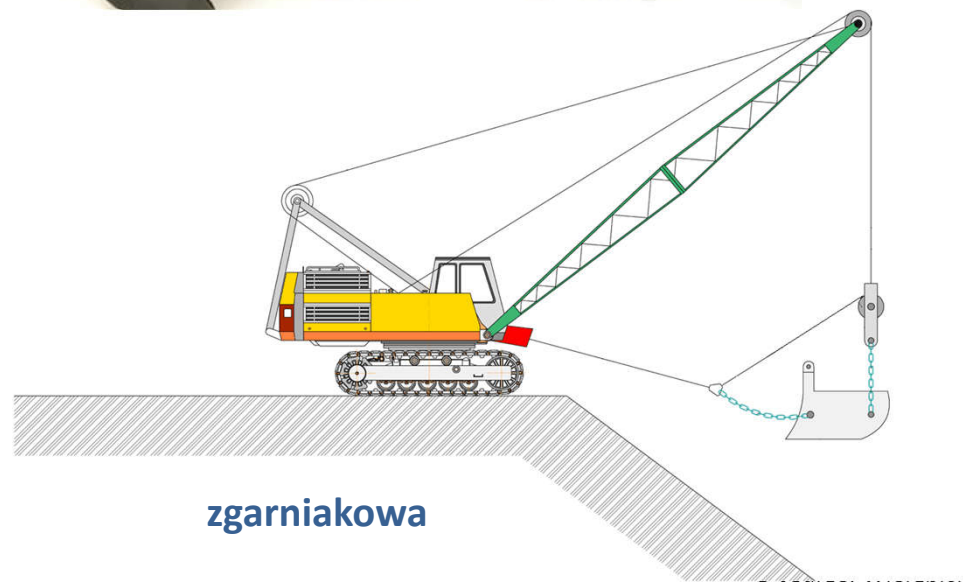
- KOPARKA



chwyதாகowa



taśmowa



zgarniakowa

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA
  - pojemność łyżki roboczej [m<sup>3</sup>]
  - promień pracy [m]
  - głębokość / wysokość kopania / wyładunku
  - grubość skrawania (10-15 cm, kat. IV; 40-50 cm, kat. I)

$$W_e = 60 \cdot Q \cdot n \cdot S_n \cdot S_s \cdot S_w \left[ \frac{m^2}{h} \right]$$

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA**

Wielkość robót na placu budowy [m <sup>3</sup> ]	Intensywność robót [m <sup>3</sup> /zm]	Pojemność i rodzaj koparki [m <sup>3</sup> ]
<500	<75	koparkospycharki 0,10-0,16
	>75	koparkospycharki 0,10-0,16 koparkospycharki 0,25 koparki samochodowe 0,25
500-7 500	<150	koparkospycharki 0,25 koparki samochodowe 0,25
	15-300	koparki kołowe 0,4-0,6
	300-500	koparki gąsienicowe 0,4-0,6
	500-750	koparki gąsienicowe 0,6-1,0
	>750	koparki gąsienicowe 1,0-1,2
7 500-12 500	<350	koparki gąsienicowe 0,4-0,6
	350-750	koparki gąsienicowe 0,6-1,0
	>750	koparki gąsienicowe 1,0-1,2
12 500-25 000	<500	koparki gąsienicowe 0,6-1,0
	500-1 000	koparki gąsienicowe 1,0-1,2
	>1 000	koparki gąsienicowe 1,2-2,0
>25 000	<1 000	koparki gąsienicowe 0,6-1,2
	1 000-2 000	koparki gąsienicowe 1,2-2,0
	>2 000	koparki gąsienicowe 2,0-2,5

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ŁADOWARKA



- MASZYNY WIELOFUNKCYJNE



## MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- **ŁADOWARKA**
  - urabianie gruntów kat. I – III
  - transport urobku na odległość do 200m
  - wykonywanie wykopów do głębokości 2m
  - spychanie i zwałowanie urobku gruntowego
  - załadunek gruntu na środki transportu

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- SAMOCHÓD SAMOWYŁADOWCZY





## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- WALEC (WAŁ)



gładki stalowy



gładki gumowy

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- WALEC (WAŁ)



okołkowany samobieżny



okołkowany ciągniony

## BO (BZ): RODZAJE MASZYN

### MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- **WALEC (WAŁ)**
  - ubijanie
  - wydajność 20 000 m<sup>2</sup>/h

Rodzaj	Masa [t]	Maksymalna grubość zagęszczanej warstwy [cm]
lekkie	< 15	20 – 30
średnie	15 – 50	30 – 50
ciężkie	> 50	< 80

## **PODSTAWOWE ZASADY PROWADZENIA ROBÓT ZIEMNYCH**

- Roboty należy prowadzić zgodnie z projektem, określającym położenie instalacji i urządzeń podziemnych.
- Teren powinien być trwale ogrodzony lub dozorowany oraz opatrzone w napisy ostrzegawcze.
- Przed rozpoczęciem robót KB określa bezpieczną odległość od instalacji, w jakiej można je wykonywać i odpowiednio miejsca te oznakowuje.
- Wykopy o ścianach pionowych nieumocnionych, bez zabezpieczeń, mogą być wykonywane tylko do głębokości 1 (2) m w gruntach zwartych i gdy teren w sąsiedztwie nie jest obciążony.

## **PODSTAWOWE ZASADY PROWADZENIA ROBÓT ZIEMNYCH**

- W pasie terenu przyległym do górnej krawędzi wykopu o ścianach nieumocnionych, na szerokości równej 3-krotnej głębokości, należy wykonać spadki odprowadzające wodę opadową od wykopu.
- W przypadku wykonywania robót ziemnych sprzętem zmechanizowanym koparkę należy ustawić w odległości  $>0,6\text{m}$  od granicy klina odłamu. W strefie tej zabrania się przebywania nawet w przypadku postoju sprzętu.
- W przypadku wykopów o ścianach nieumocnionych zabrania się składowania urobku w obrębie klina odłamu, a w przypadku ścian umocnionych, w odległości  $0,6\text{m}$ .
- Mechaniczne głębenie wykopów zatrzymuje się  $0,2\text{m}$  powyżej żądanej rzędnej. Warstwę tę zdejmuje się ręcznie, bezpośrednio przed wykonaniem fundamentów.

## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

### OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

- **PROJEKTOWANIE:**
  - Określenie założeń technicznych budowli.
  - Badania geologiczne, analizy geotechniczne, pomiary geodezyjne.
  - Określenie technologii wykonania.

## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

### OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

- Wykonanie przedmiaru.

Lp.	Podst	Opis i wyliczenia	j.m.	Poszcz	Razem
<b>1 Roboty przygotowawcze i ziemne</b>					
1	KNR 4-04	Rozebranie posadzek jednolitych cementowych,lastrykowych	m <sup>2</sup>		
d.1	0504-01	5*6	m <sup>2</sup>	30.000	
				<b>RAZEM</b>	<b>30.000</b>
<b>2</b>					
2	KNR 2-01	Mechaniczne karczowanie drzew z cięciem drewna piłą mechaniczną (sr. 16-25 cm)	szt.		
d.1	0101-02	5	szt.	5.000	
				<b>RAZEM</b>	<b>5.000</b>
<b>3</b>					
3	KNR 2-01	Usunięcie warstwy ziemi urodzajnej (humusu) o grubości do 15 cm za pomocą spycharek	m <sup>2</sup>		
d.1	0126-01	1000	m <sup>2</sup>	1000.000	
				<b>RAZEM</b>	<b>1000.000</b>
<b>4</b>					
4	KNR 2-01	Usunięcie warstwy ziemi urodzajnej (humusu) za pomocą spycharek - dodatk za każde dalsze 5 cm grubości	m <sup>2</sup>		
d.1	0126-02	1000	m <sup>2</sup>	1000.000	
				<b>RAZEM</b>	<b>1000.000</b>
<b>5</b>					
5	KNR 2-01	Pomiary przy wykopach fundamentowych w terenie równinnym i nizinnym	m <sup>3</sup>		
d.1	0122-01				
		część mieszkalna - obrys	m <sup>3</sup>	21.984	
		$(4.5+1+3.3+.48+4.32+1.7+4.3+1.5+1.8+4.5+1.8+1.5+3.75+.55+1.7+.45+4.35+3.3+1)*0.6*0.8$	m <sup>3</sup>	6.383	
		część mieszkalna - wnętrze garaż	m <sup>3</sup>	9.072	
		$(5.7+5.7+1.8+4.5+1.8-2*0.3)*0.6*0.8$	m <sup>3</sup>		
				<b>RAZEM</b>	<b>37.439</b>
<b>6</b>					
6	KNR 2-01	Roboty ziemne wykon.koparkami podsiębiernymi o poj.łyżki 0.40 m3 w gr.kat.III z transp.urobku samochod.samowładowczymi na odległość do 1 km	m <sup>3</sup>		
d.1	0206-02				
		część mieszkalna - obrys	m <sup>3</sup>	21.984	
		$(4.5+1+3.3+.48+4.32+1.7+4.3+1.5+1.8+4.5+1.8+1.5+3.75+.55+1.7+.45+4.35+3.3+1)*0.6*0.8$	m <sup>3</sup>	6.383	
		część mieszkalna - wnętrze garaż	m <sup>3</sup>	9.072	
		$(5.7+5.7+1.8+4.5+1.8-2*0.3)*0.6*0.8$	m <sup>3</sup>		
				<b>RAZEM</b>	<b>37.439</b>



## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

# OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

- Opracowanie kosztorysu.

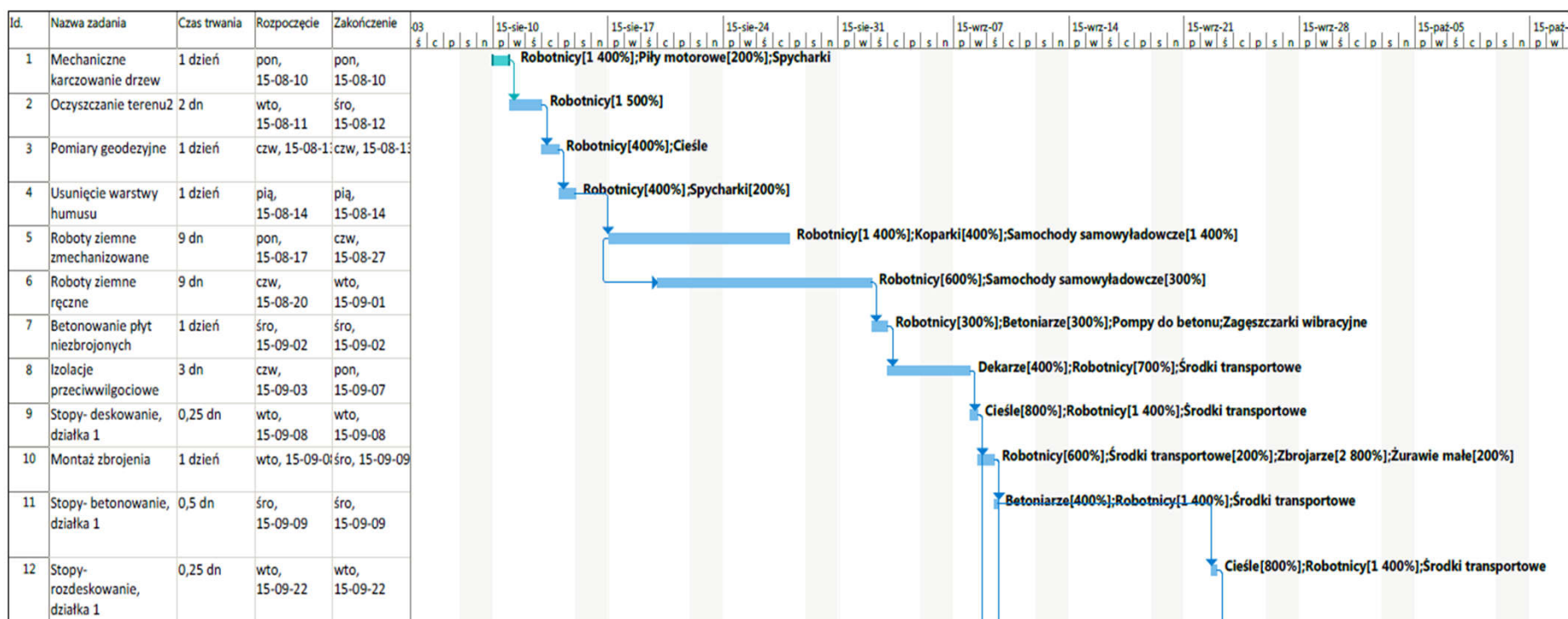
L p.	Podstawa	Opis	jm	Nakłady	Koszt jedn.	R	M	S
Razem koszty bezpośrednie: 253.91						27.98	0.12	225.83
Ceny jednostkowe					6.782	0.747	0.003	6.032
6 d.1	KNR 2-01 0206-02	Roboty ziemne wykon.koparkami podsiębiernymi o poj.łyżki 0.40 m3 w gr.kat.III z transp.urobku samochod.samowładowczymi na odległość do 1 km obmiar = (4.5+1+3.3+.48+4.32+1.7+4.3+1.5+1.8+4.5+1.8+1.5+3.75+.55+1.7+.45+4.35+3.3+1)*0.6*0.8 21.984 część mieszkalna - wewnętrzne garaż (3.125+1.05+0.65+1.7-0.3+1.7-0.3+4.5)*0.6*0.8+0.36*.9*.8+5*.76*.8 6.383 (5.7+5.7+1.8+4.5+1.8-2*0.3)*0.6*0.8 9.072 RAZEM 37.439m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>					
1*		-- R -- robocizna 0.203r-g/m <sup>3</sup> * 14.00zł/r-g	r-g	7.6001	2.842	106.40		
2*		-- S -- samochód samowładowczy 5 t 0.2016m-g/m <sup>3</sup> * 85.00zł/m-g	m-g	7.5477	17.136			641.55
Razem koszty bezpośrednie: 747.96						106.40		641.55
Ceny jednostkowe					19.978	2.842	0.000	17.136



## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

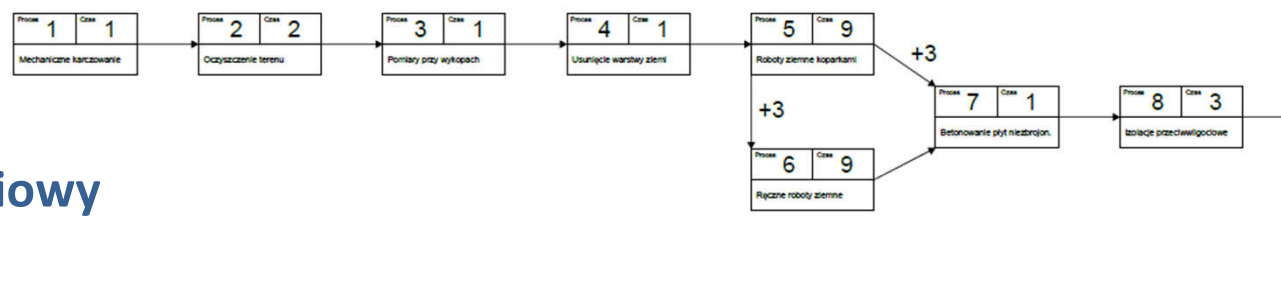
# OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

- Opracowanie harmonogramu.

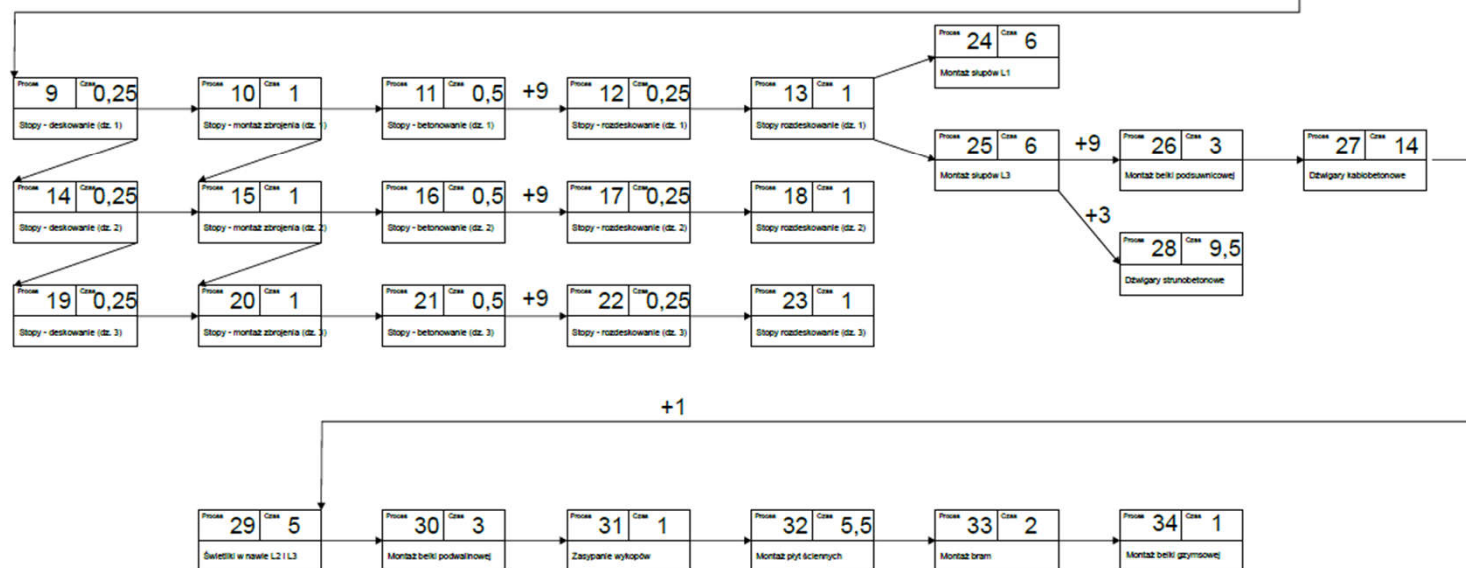


## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

# OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH



- Model sieciowy



## **OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH**

- **ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE:**
  - rozbiórka,
  - usunięcie linii energetycznych i instalacji będących w kolizji,
  - wycinka i karczowanie zbędnej roślinności,
  - zabezpieczenie przed zniszczeniem istniejących elementów zagospodarowania przestrzeni,
  - zdjęcie warstwy humusu,
  - wytyczenie posadowienia budowli,
  - obniżenie zwierciadła wody gruntowej.

## BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

### OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

- **ROBOTY PODSTAWOWE:**
  - wykonanie wykopów,
  - umacnianie skarp wykopów,
  - odwadnianie wykopów,
  - wykonanie nasypów.
- **ROBOTY WYKOŃCZENIOWE:**
  - umacnianie skarp,
  - pielęgnacja terenu.

## **BO (BZ): T.R.Z. – dokumentacja techniczna**

### **PODSTAWOWE ELEMENTY DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ ROBÓT ZIEMNYCH**

- **Dokumentacja geotechniczna lub geologiczno-inżynierska.**
- **Dokumentacja geodezyjna.**
- **Projekt budowlany – pozwolenie na budowę.**
- **Projekt wykonawczy – projekt robót ziemnych.**
- **Dziennik budowy.**
- **Protokoły odbioru robót częściowych i końcowe.**
- **Operaty geodezyjne powykonawcze. Książka obmiarów.**

## BO (BZ): T.R.Z. – wykonanie

### ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE

Wycinka i karczowanie zbędnej roślinności:

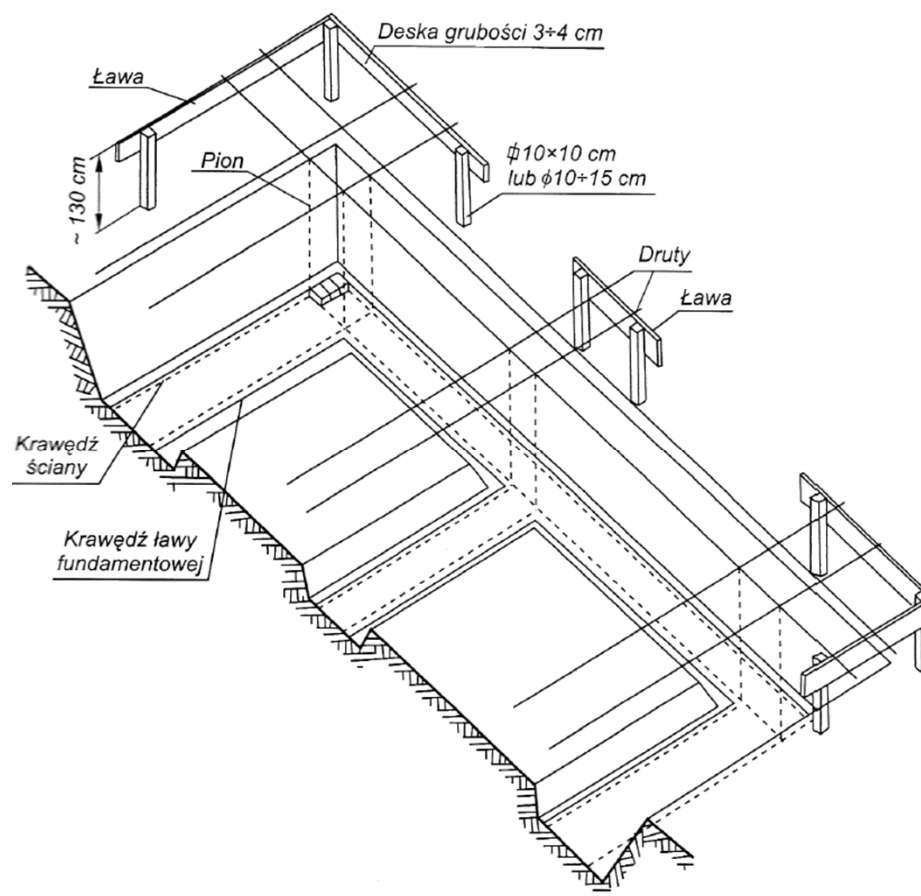
- cięcie drzew na wysokości 0,3 m,
- karpina usuwana gdy: nasyp < 2 m lub koparki o  $V_{\text{tyżki}} > 0,5\text{m}^3$ .

Zdjęcie warstwy humusu:

- przyzmy do wysokości 2 m,
- okres składowania < 1 rok,
- zaczynamy od niższych partii terenu,
- maszyny powinny poruszać się po gruncie mineralnym.

## ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE

### Wytyczenie posadowienia budowli:



(Martinek i inni 2010)

**BO (BZ): T.R.Z. – wykonanie**

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Podstawowe zasady:

- ręczne odspajanie: w sąsiedztwie instalacji podziemnej, strefie dna wykopu, szczególnych przypadkach...,
- 2 metody ze względu na przyrost przestrzeni: warstwowa, głębokiego wcięcia,

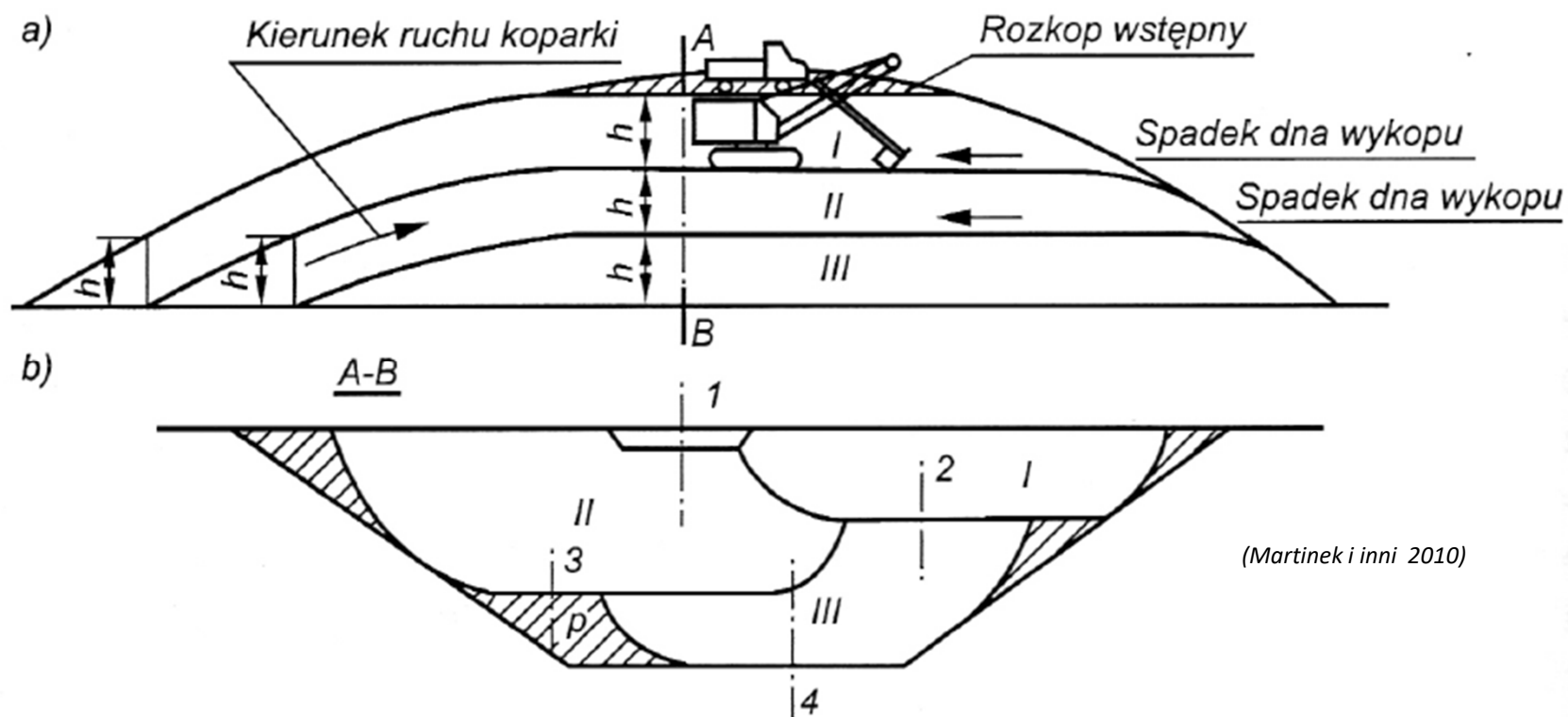




## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Metoda warstwowa:

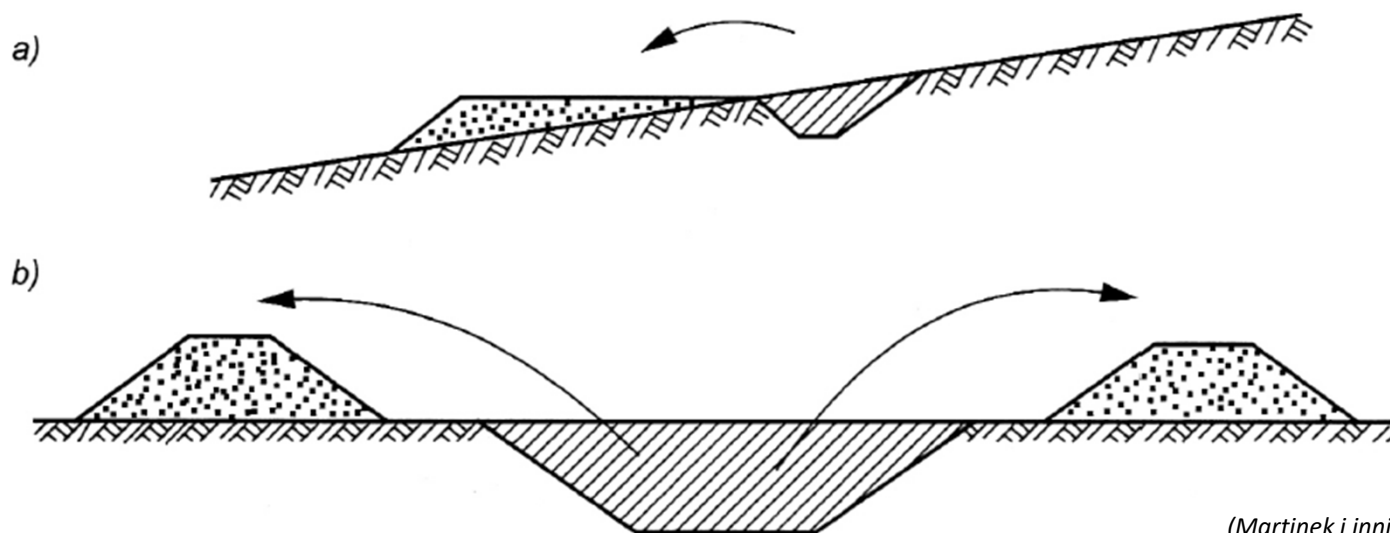
- sposób podłużny



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Metoda warstwowa:

- sposób poprzeczny



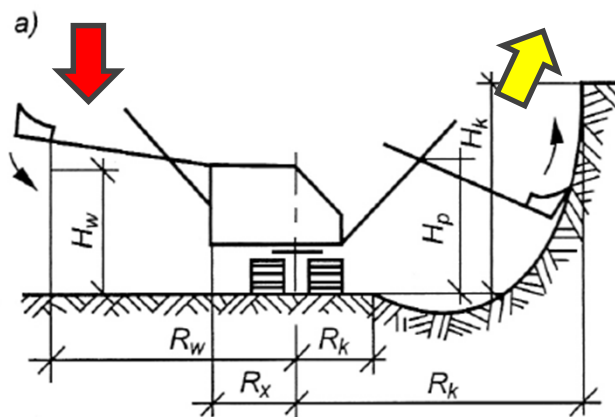
(Martinek i inni 2010)





## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy koparek

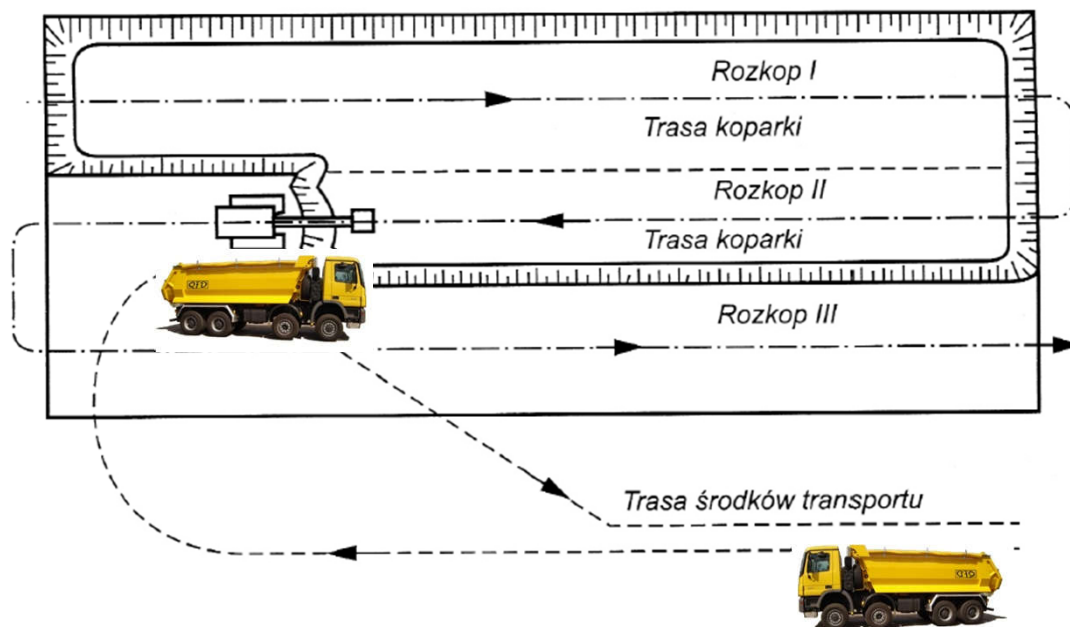
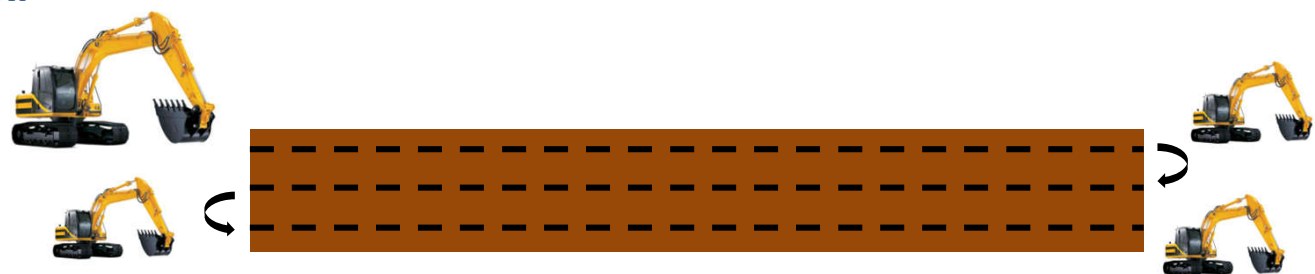


(Martinek i inni 2010)

# ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

## Schematy pracy koparki

- podsiębiernej

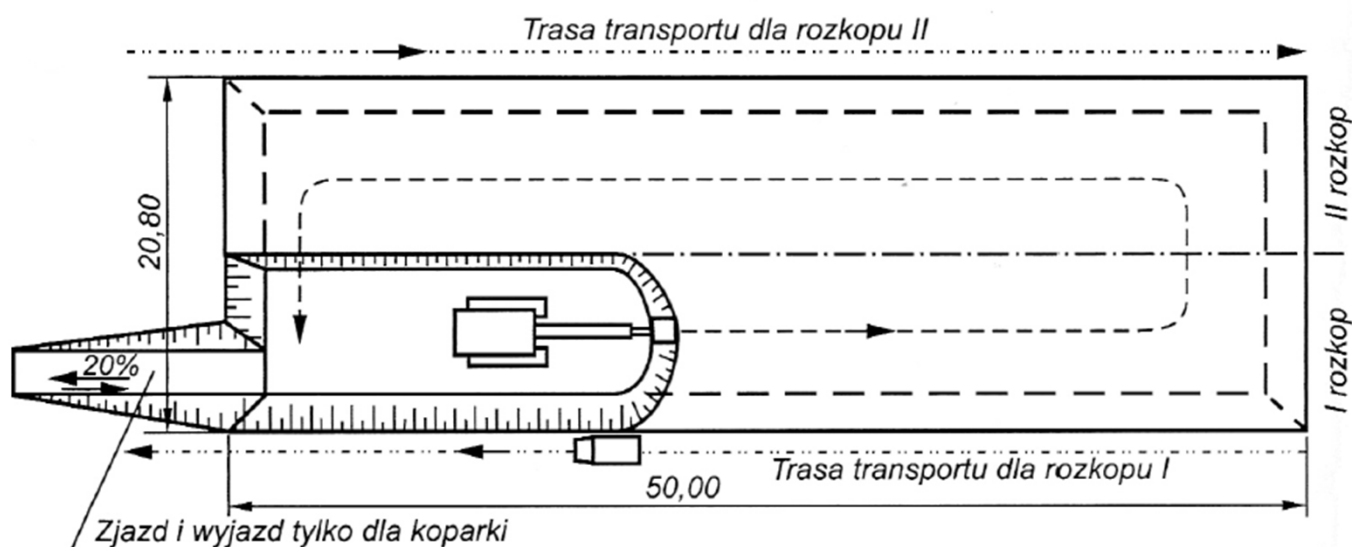


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy koparki

- przedsięwziętej



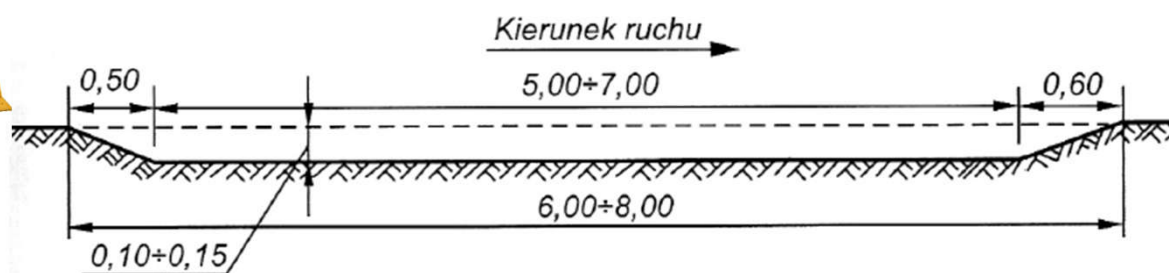
(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy spycharki



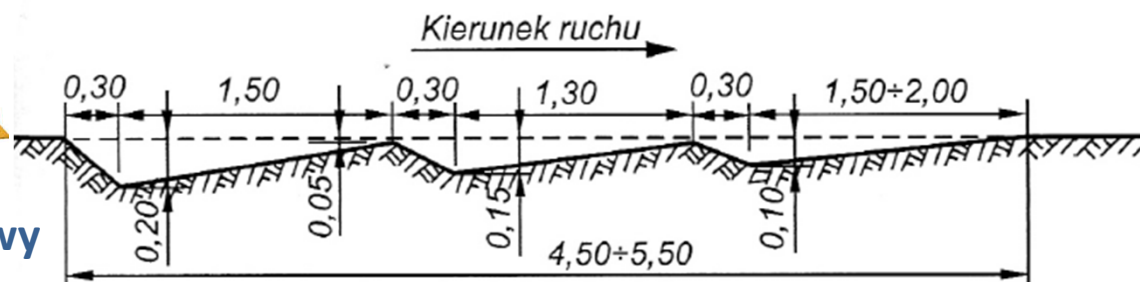
- płaski



(Martinek i inni 2010)



- grzebieniowy

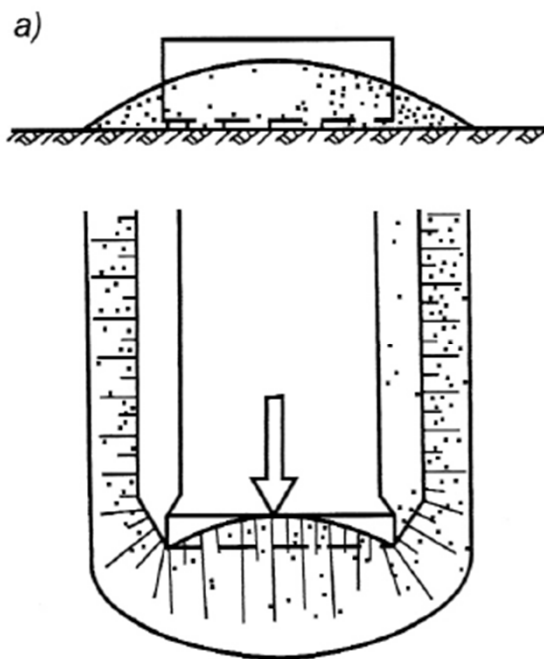




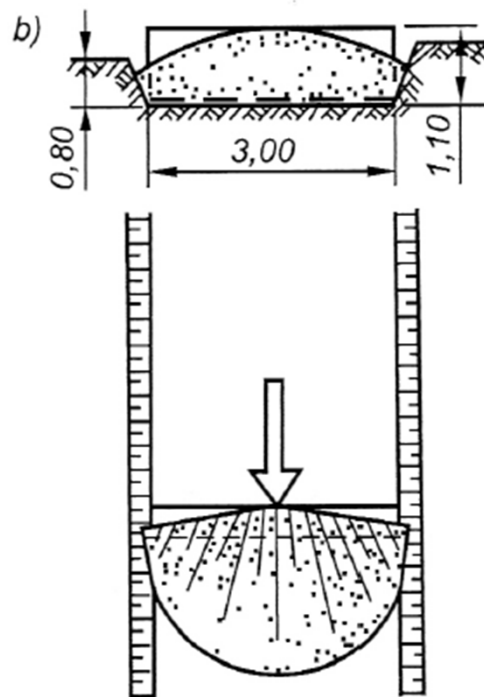
# ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

## Schematy pracy spycharki

- terenowy



- w łożysku

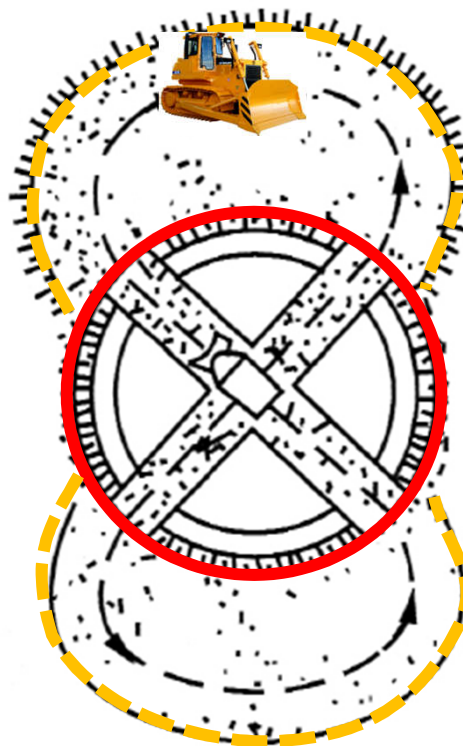


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy spycharki

- wykonywanie wykopów kołowych

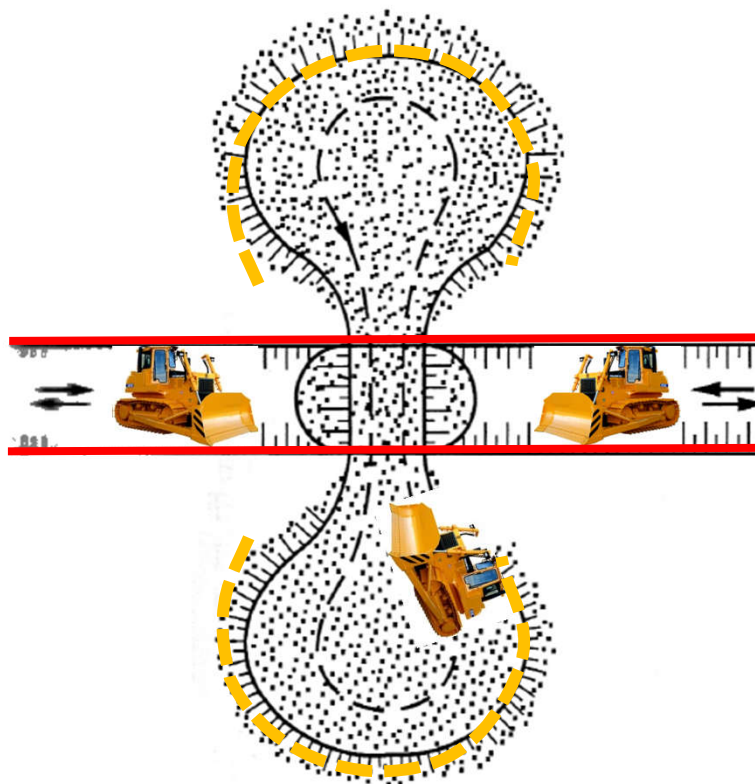


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy spycharki

- wykonywanie wykopów liniowych

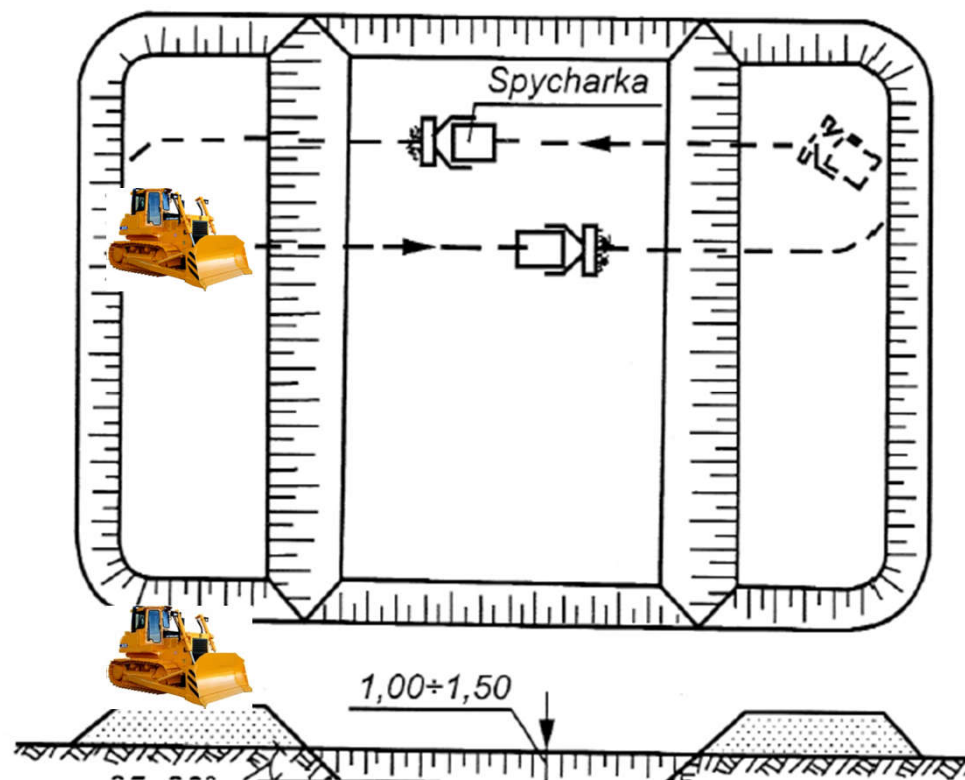


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy spycharki

- wykonywanie wykopów szerokoprzestrzennych

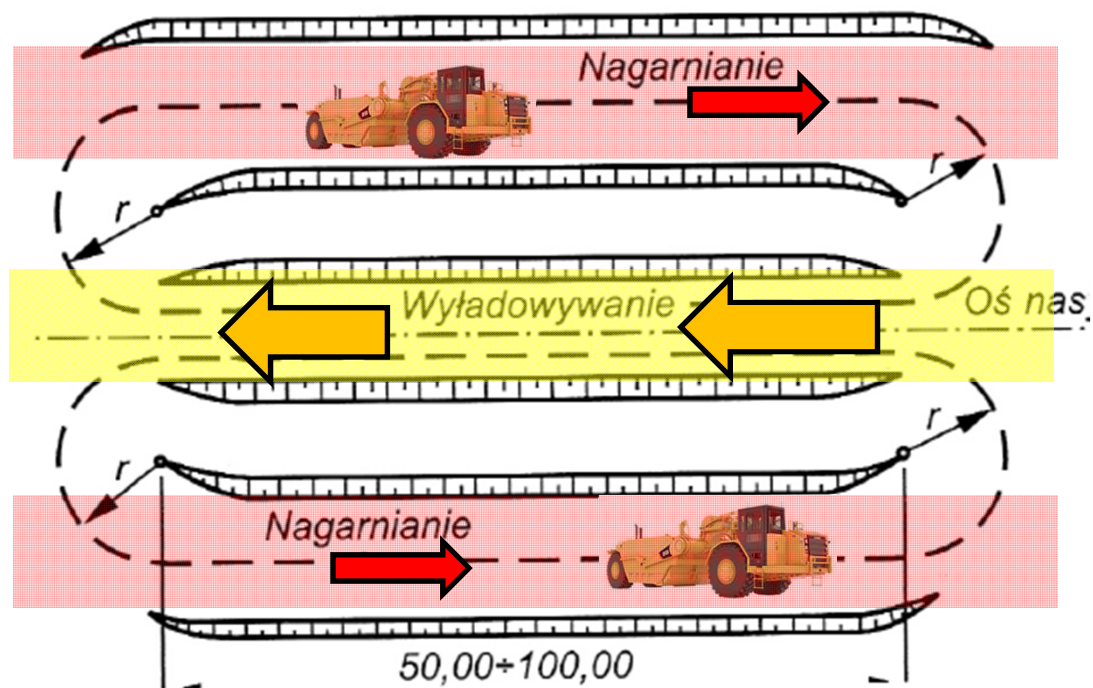


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy zgarniarki

- eliptyczny

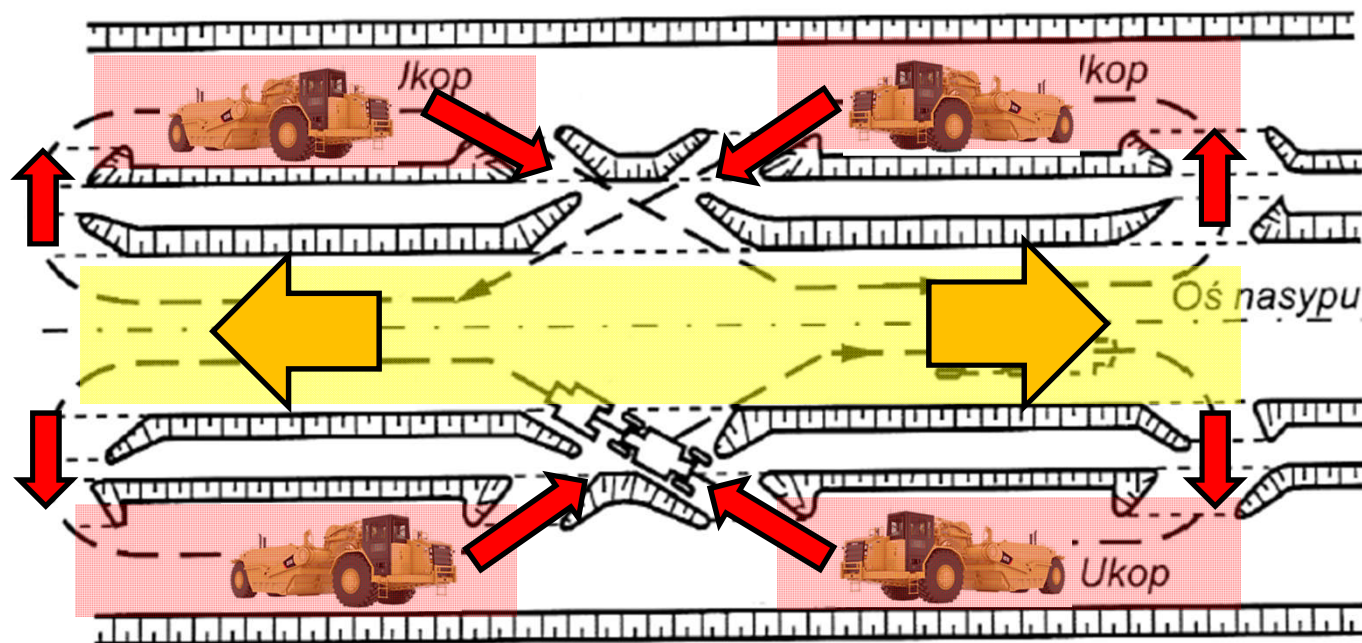


(Martinek i inni 2010)

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

### Schematy pracy zgarniarki

- ósemkowy

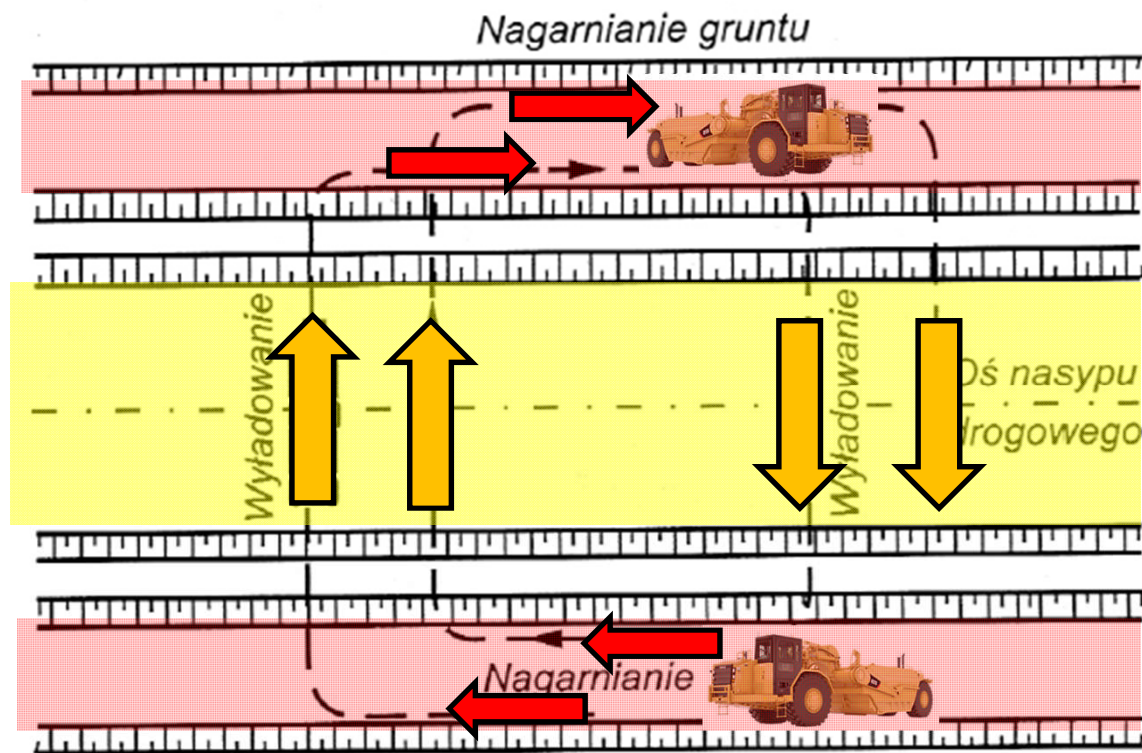


(Martinek i inni 2010)

# ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

## Schematy pracy zgarniarki

- zygzakowy



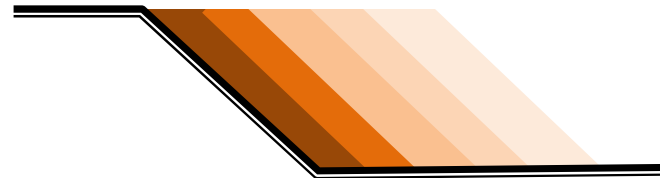
(Martinek i inni 2010)



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Podstawowe zasady:

- podłoże nasypu powinno być odpowiednio przygotowane,
- gdy nachylenie podłoża  $> 1:5$  to należy wykonać w podłożu stopnie o wysokości  $0,5 \div 1,0$  m i powierzchni nachylonej w kierunku zbocza 4%,
- wykonywać można metodą warstw poziomych i ukośnych.





## **ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW**

### **Podstawowe zasady:**

- **grunt dowożony ma być rozkładany warstwami o miąższości 0,15 ÷ 0,30 m, nigdy powyżej 0,50 m (przy technologii zagęszczania powierzchniowego),**
- **grunt przed wałowaniem powinien być starannie wyrównany za pomocą spycharki lub równiarki,**
- **kierunek dowożenia i rozściełania gruntu należy zmieniać przy każdej następnej warstwie, zachowując jednak kierunek robót bez zmian,**
- **wilgotność zagęszczanego gruntu powinna być zbliżona do optymalnej.**

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Metody zagęszczania gruntów



#### NATURALNE

- obciążenie nadkładem
- infiltracja wód opadowych
- zmiany zwg



#### SZTUCZNE

- ubijanie
- wałowanie
- wibrowanie
- mikrowybuchy

## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- ubijanie



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- wałowanie



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- wibrowanie



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- mikrobybuchy



## ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

### Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



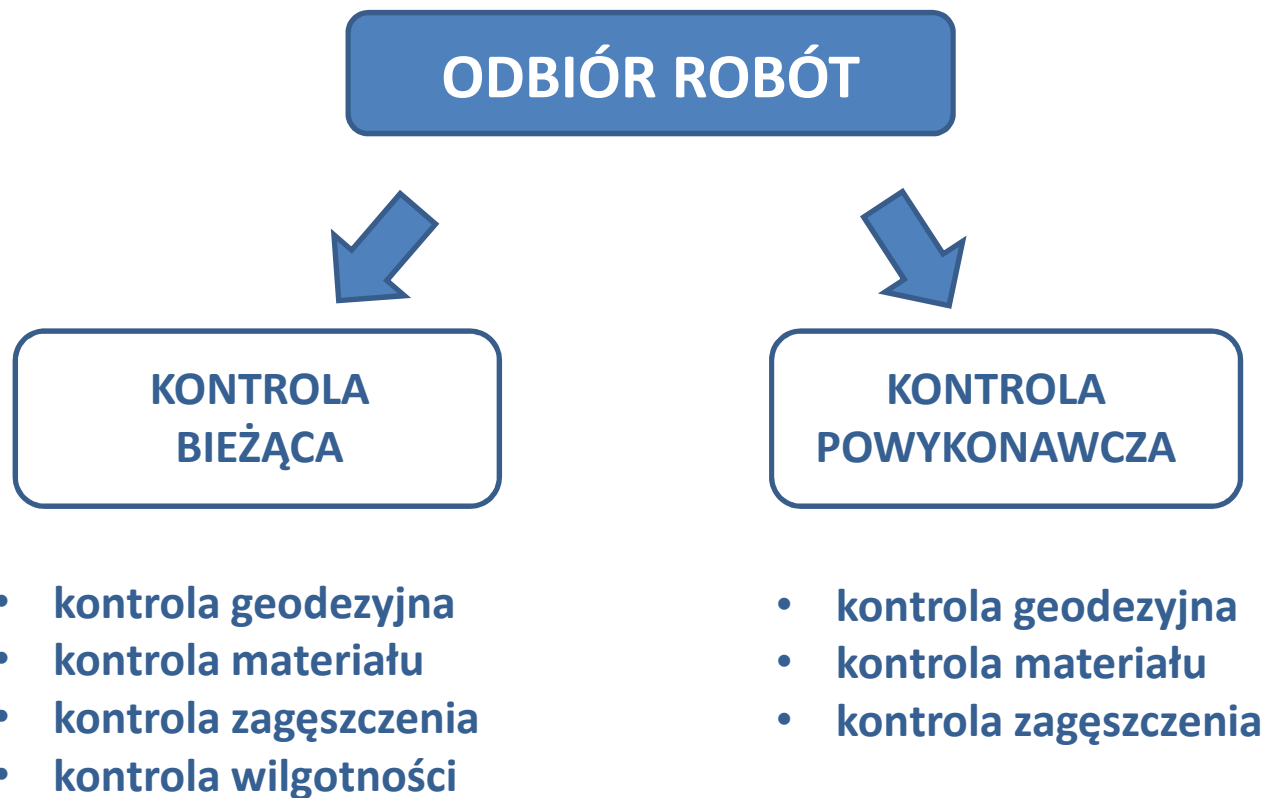
WGŁĘBNE

- zagęszczanie dynamiczne



(www.menard)

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór





## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### CO PODLEGA KONTROLI ?

Sprawdzeniu podlegają:

- **prawidłowość nachylenia skarp,**
- **kształt wykopów i nasypów,**
- **miąższość warstw nasypów,**
- **rzędne dna wykopu i powierzchni nasypu,**
- **cechy naturalne materiału wbudowanego w nasyp (skład granulometryczny, wodoprzepuszczalność, zagęszczalność...),**
- **zagęszczenie wykonanego nasypu.**

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### JAKI JEST MARGINES BŁĘDU ?

Dopuszczalne odchyłki geometryczne:

- 0,2 % dla spadków terenu,
- 0,05 % dla spadków terenu przy odwodnieniach,
- 5 cm dla rzędnej powierzchni terenu,
- 5÷15 cm dla wymiarów wykopów/nasypów w planie.

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

#### Budowle hydrotechniczne

Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji >2mm %	Wymagane zagęszczenie			
		Korpusy zapór ziemnych		Korpusy wałów nowych	
		Wysokość h<15m	Wysokość h>15m	I, II klasa	III, IV klasa
Grunty spoiste	0-10	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,98$	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,92$
	10-50	$I_s \geq 0,92$	$I_s \geq 0,95$	$I_s \geq 0,92$	
Grunty niespoiste	piaski drobne	$I_D \geq 0,75$		$I_D \geq 0,70$	$I_D \geq 0,55$
	piaski średnie	$I_D \geq 0,70$			
	piaski grube i grunty gruboziamiste	$I_D \geq 0,65$		$I_D \geq 0,65$	

## KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

### Budowle lądowe:

- pod fundamentem wartość  $I_s > 0,97$ ,
- 1 badanie na 1000 m<sup>3</sup>, lecz: min. 3 badania na każdej warstwie i co najmniej 1 badanie na 500 m<sup>2</sup> warstwy,
- w przypadku zasypu - 3 badania na 500 m<sup>3</sup>, lecz nie rzadziej niż 1 badanie co 30 m długości ściany konstrukcji oraz co 50 m długości wykopu instalacyjnego.

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

#### Budownictwo drogowe:

Wymagania w nasypach (wg PN-S-02205)

głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i b. ciężkim				autostrady i drogi ekspresowe			
	Sp		Nsp		Sp		Nsp		Sp		Nsp	
	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>
pow. robót ziemnych	-	100	-	100	-	120	-	120	-	120	-	120
0,2m	1,0	60	1,0	60	1,0	60	1,0	100	1,03	100	1,03	100
1,2m	0,97	30	0,97	45	1,0	30	1,0	60	1,0	45	1,0	60
2,0m	0,95	-	0,95	30	0,97	30	0,97	-	0,97	30	0,97	40
dno nasypu	0,95	40	0,95	30	0,97	30	0,97	40	-	30	-	40
grunt naturalny	0,92	-	0,92	-	0,95	-	0,95	-	0,97	-	0,97	-

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

#### Budownictwo drogowe:

Wymagania w podłożu wykopów (wg PN-S-02205)

głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i b. ciężkim				autostrady i drogi ekspresowe			
	Sp		Nsp		Sp		Nsp		Sp		Nsp	
	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>	I <sub>s</sub>	E <sub>2</sub>
pow. robót ziemnych	-	100	-	100	-	120	-	120	-	120	-	120
0,2m	1,0	60	1,0	80	1,0	60	1,0	80	1,03	100	1,03	100
0,3m	0,97	30	0,97	60	1,0	45	1,0	60	1,0	45	1,0	60

## BO (BZ): T.R.Z. – kontrola i odbiór

### KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

#### Budownictwo drogowe:

Wymagania wskaźnika zagęszczenia i nośności podbudowy (wg PN-S-06102)

Podbudowa z kruszywa o wskaźniku $w_{noś}$ nie mniejszym niż %	Wymagane cechy podbudowy				
	Wskaźnik zagęszczenia $I_s$ nie mniejszy niż	Maksymalne ugięcie sprężyste pod kołem mm		Minimalny moduł odkształcenia mierzony płytą o średnicy 30cm MPa	
		40kN	50kN	$E_1$	$E_2$
60	1,0	1,40	1,60	60	120
80	1,0	1,25	1,40	80	140
120	1,03	1,10	1,20	100	180

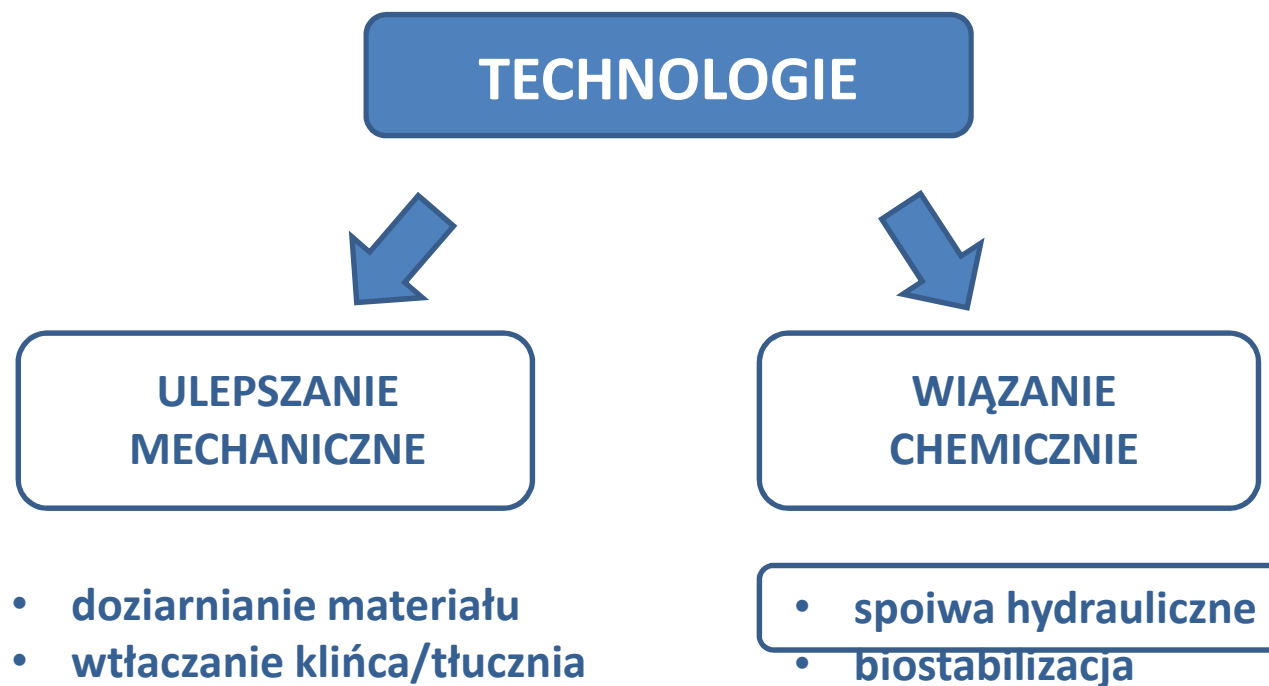
## KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

### Budownictwo drogowe:

- badanie wskaźnika zagęszczenia co najmniej 10 razy na obiekcie,
- badanie modułu odkształcenia co najmniej raz na 5000 m<sup>2</sup>,
- badanie modułu odkształcenia w co najmniej 2 przekrojach na każde 1000 mb budowli.



## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża



## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Zastosowanie:

- podbudowa zasadnicza (KR 1),
- podbudowa pomocnicza (KR 1-6),
- ulepszanie podłoża (gdy grunty G2÷G4).

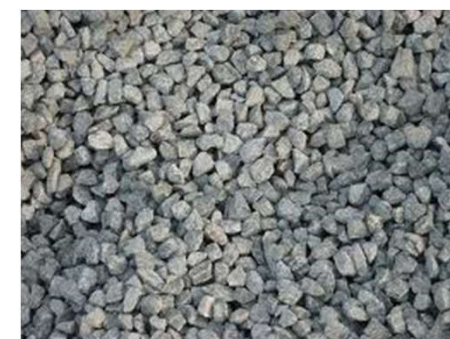
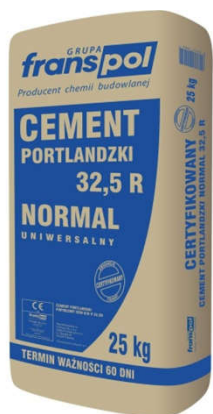


## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Materiały:

- cement (średnio spoiste),
- wapno (bardzo spoiste, zawilgocone),
- aktywny popiół lotny (mało i średnio spoiste),
- wielkopieczowy żużel granulowany.



## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Stabilizacja cementem

##### Zalety:

- nośność, odporność na wysadziny i przełomy,
- niemal wszystkie grunty (z wyjątkiem b. spoistych i kamienistych),
- niskie koszty,
- wykorzystanie typowych maszyn budowlanych.

##### Wady:

- duże ilości cementu (150 – 200 t / km drogi),
- konieczność przerwy technologicznej (7 dni),
- konieczność zabezpieczenia przed zbyt szybkim wysychaniem,
- możliwość spękań.

## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Stabilizacja cementem

Kryteria przydatności gruntu:

- $WP = 20 \div 50$ ,
- $> 30\%$  zawartości ziaren o  $\phi > 2\text{mm}$ ),
- $< 15\%$  zawartości ziaren o  $\phi < 0,075\text{mm}$ ),
- $I_p < 15\%$ ,
- wyłącznie grunty mineralne.

Uwagi ogólne:

- konieczność osiągnięcia odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie,
- niebezpieczeństwo uzyskania zbyt sztywnej podbudowy,
- maksymalna zawartość cementu  $6 \div 10\%$ ,
- nie zagęszczamy walcami ogumionymi.

## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Stabilizacja wapnem

##### Zalety:

- osuszanie wilgotnych gruntów (wapno palone),
- podniesienie wartości  $w_{opt}$ ,  $w_l$ ,  $w_p$ ,
- zwiększenie nośności,
- wykorzystanie typowych maszyn budowlanych.

##### Wady:

- duże ilości wapna (150 – 200 t / km drogi),
- konieczność przerwy technologicznej (48 godzin, 7 dni),
- pielęgnacja,
- możliwość spękań.

## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Stabilizacja wapnem

Kryteria przydatności gruntu:

- $WP = < 30\%$ ,
- $< 10$  zawartości części organicznych,
- $< 15\%$  zawartości ziaren o  $\phi > 40\text{mm}$ ),
- $I_p > 7\%$ .

Uwagi ogólne:

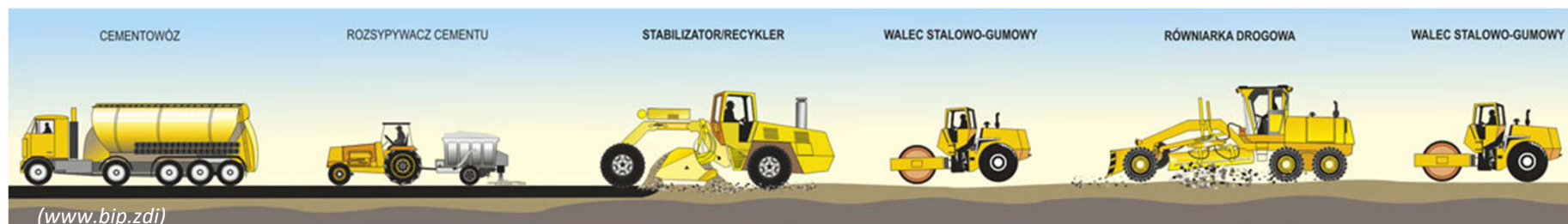
- konieczność osiągnięcia odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie,
- wapno palone zagęszczamy po 6÷48 godzinach, wapno hydratyzowane bezpośrednio po wykonaniu mieszanki,
- zagęszczamy walcami ogumionymi lub gładkimi.

## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Technologia wykonania:

- metoda stacjonarna
- metoda in situ



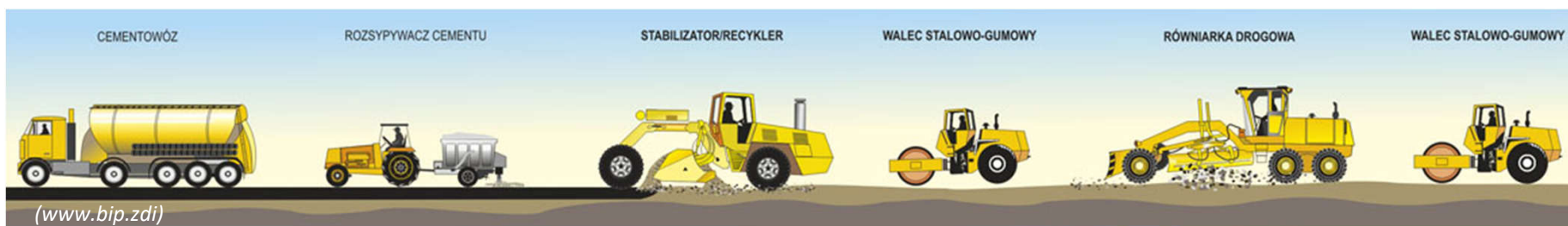


## BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

### MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

#### Technologia wykonania:

- metoda in situ



Faza 1: rozłożenie cementu na przygotowanym podłożu + mieszanie gruntomieszarką.

Faza 2: dozowanie wody i powtórne mieszanie + zagęszczenie.

Faza 3: zwilżenie wodą i spulchnienie korony, nadanie kształtu, ostateczne zagęszczanie.

#### Zalecane miąższości warstw:

- 15 cm (sprzęt rolniczy),
- 18 cm (mieszanie in situ), 40÷60 cm (ciężki sprzęt in situ),
- 22 cm (mieszarki stacjonarne).

## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### WYKOPY

BEZ OBUDOWY  
(O ŚCIANACH  
NIEUMOCNIONYCH)



Z OBUDOWĄ  
(O ŚCIANACH  
ZABEZPIECZONYCH)



## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW – ogólne zasady

- kat. gruntu I i II, do głębokości 1 m – bez obudowy,



- kat. gruntu I i II, głębokość ponad 1 m – obudowa pełna,



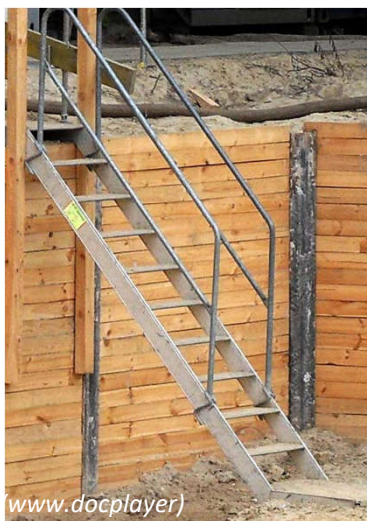
## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW – ogólne zasady

- kat. gruntu III i IV, do głębokości 1,5 m – bez obudowy,



- kat. gruntu III i IV, głębokość 1,5 - 3 m – obudowa ażurowa,





## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW – ogólne zasady

- kat. gruntu III i IV, głębokość ponad 3 m – obudowa pełna,



## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW BEZ OBUDOWY

Kategoria gruntu	Naziom nieobciążony				obciążony	
	Szerokość [m]					
	< 3		> 3			
	głębokość wykopu					
	< 3 m	> 3 m	< 5 m	> 5 m	< 3 m	> 3 m
I	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5
II	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25
III	1:0,67	1:0,75	1:0,5	1:0,67	1:0,67	1:0,75
IV	1:0,5	1:0,67	1:0,35	1:0,5	1:0,5	1:0,67
V-XVI	1:0,1	1:0,2	1:0,1	1:0,2	1:0,2	1:0,35

## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW Z OBUDOWĄ

- obudowy systemowe



## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW Z OBUDOWĄ

- obudowa (ścianka) berlińska - rozparta





## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW Z OBUDOWĄ

- ścianka szczelna (grodzice stalowe) - kotwiona



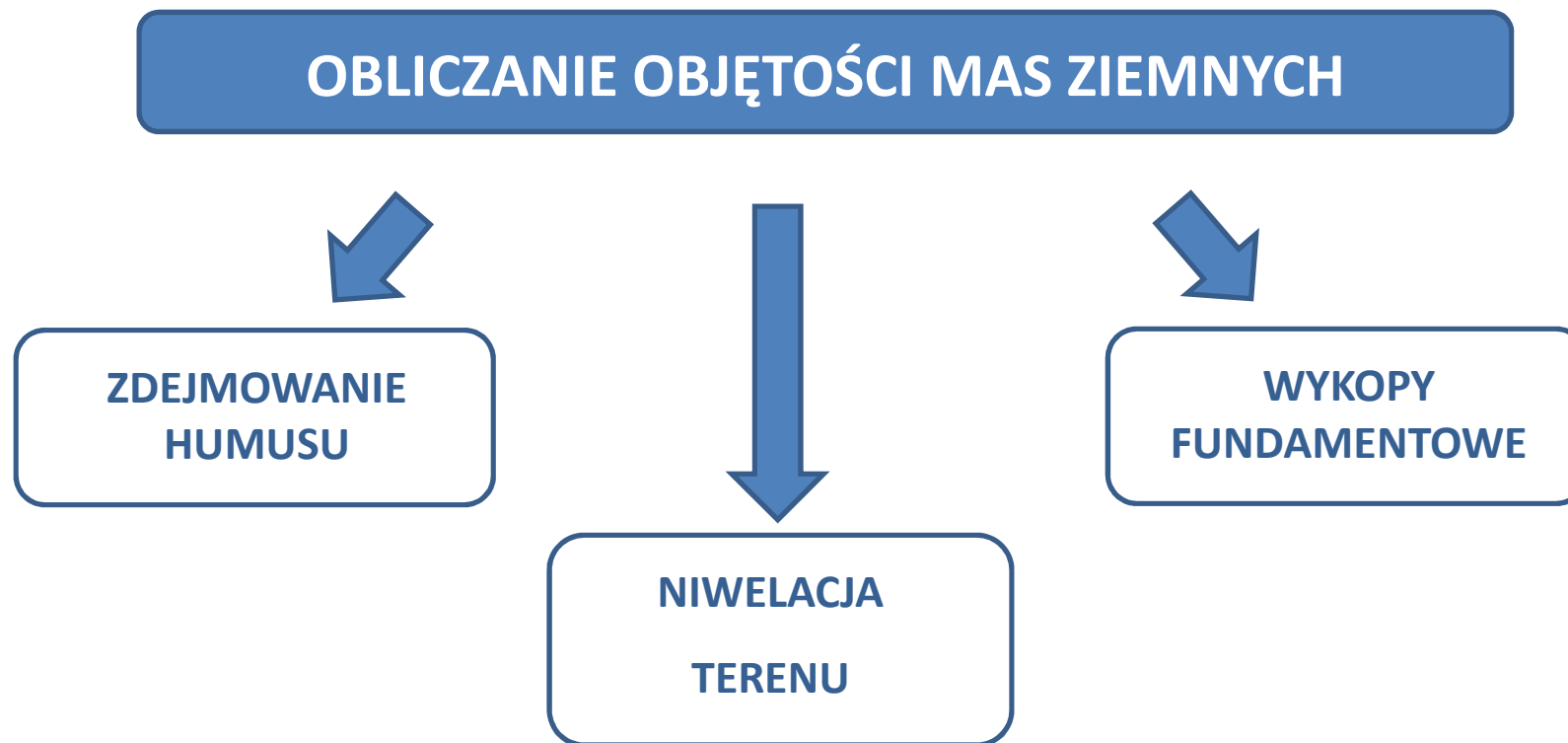
## BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

### ŚCIANY WYKOPÓW Z OBUDOWĄ

- ściana szczelinowa - rozparta



## BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH



## BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

ZDEJMOWANIE  
HUMUSU

$$V_h = P \cdot g$$

$P$  – pole powierzchni zalegania humusu,  
 $g$  – miąższość warstwy humusu.

## BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

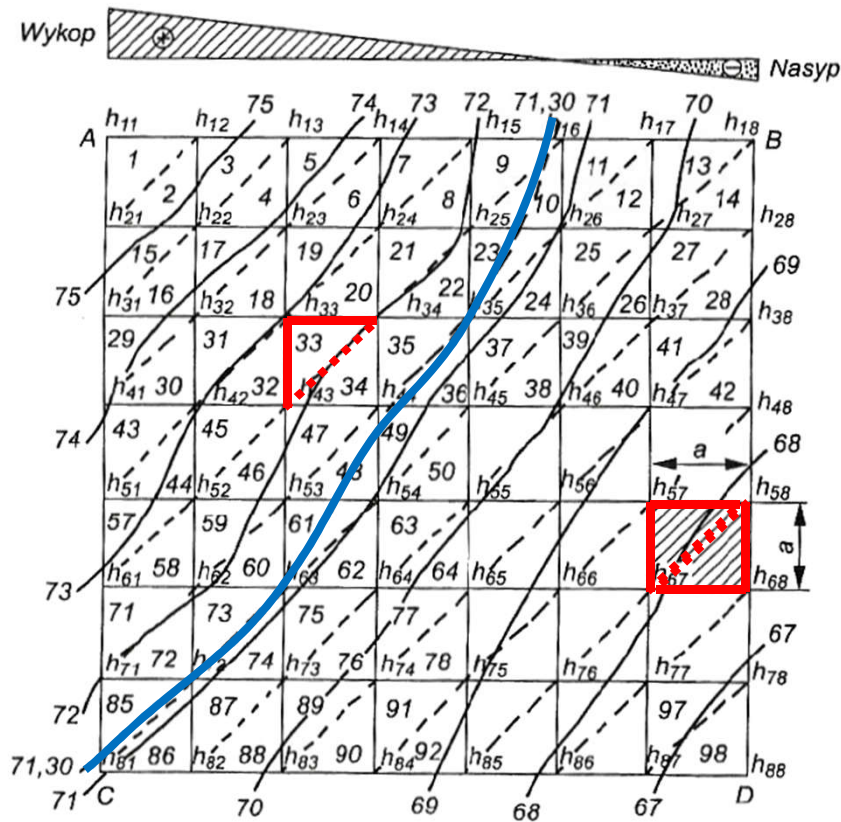
### NIWELACJA TERENU

- metoda pryzm o podstawie trójkątnej
- metoda pryzm o podstawie kwadratowej

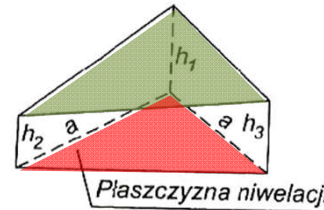
# BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

## NIWELACJA TERENU

- metoda pryzm o podstawie trójkątnej

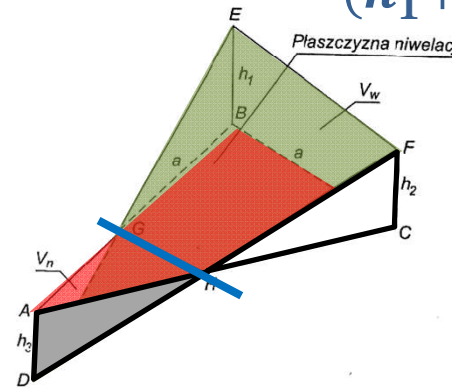


(Martinek i inni 2010)



$$V = (h_1 + h_2 + h_3) \frac{a^2}{6}$$

$$V_n = \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \frac{a^2}{6}$$



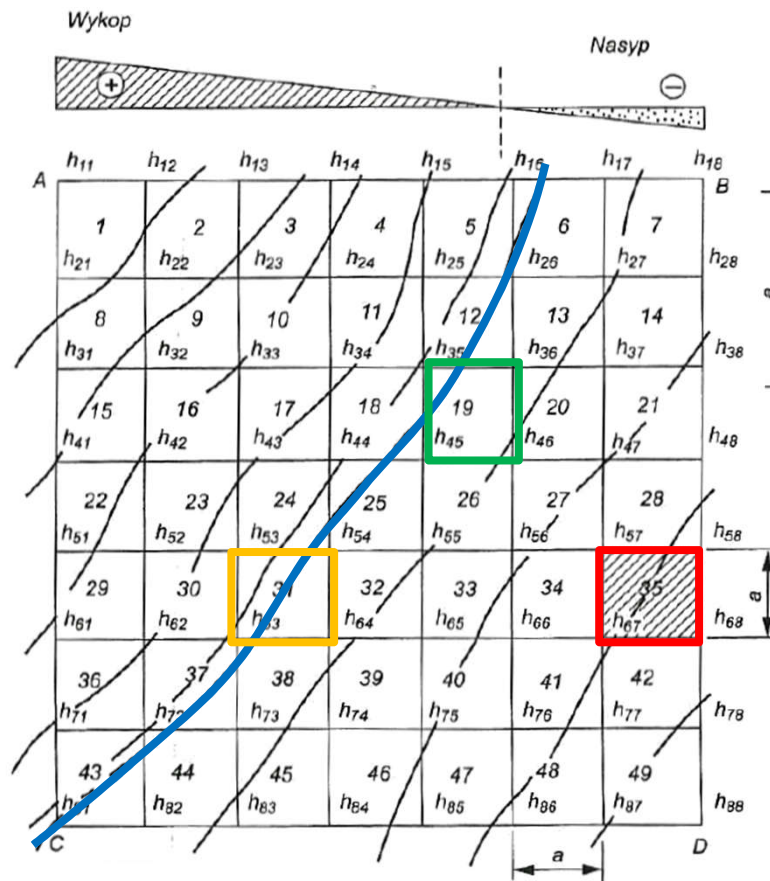
$$V_w = V - V_n$$



# BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

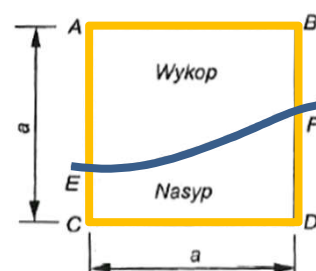
## NIWELACJA TERENU

- metoda pryzm o podstawie kwadratowej



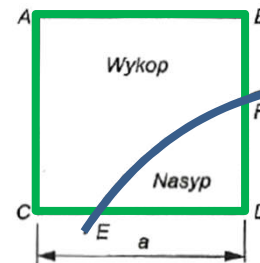
(Martinek i inni 2010)

$$V = (h_A + h_B + h_C + h_D) \frac{a^2}{4}$$



$$V_n = \frac{CE + DF}{2} \cdot \frac{a(h_C + h_D)}{4}$$

$$V_w = \frac{AE + BF}{2} \cdot \frac{a(h_A + h_B)}{4}$$



$$V_n = \frac{1}{6} (ED \cdot FD) h_D$$

$$V_w = \left( a^2 - \frac{1}{2} ED \cdot FD \right) \frac{(h_A + h_B + h_C)}{5}$$

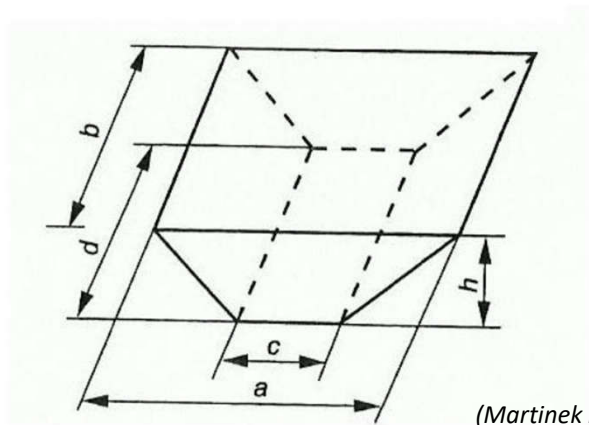
## BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

### WYKOPY FUNDAMENTOWE

#### W przypadku ścian pionowych:

- szerokość wykopu powiększamy o stałą wartość:
  - 0,8 m w przypadku izolacji przeciwwilgociowej,
  - 0,6 m w przypadku braku izolacji,
- szerokość wykopu powiększamy o grubość obudowy.

#### W przypadku skarpowania:



(Martinek i inni 2010)

$$V_w = [(2a + c)b + (2c + a)d] \frac{h}{6}$$



**BO (BZ): DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !**

