

B (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.

B (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

B (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...

B (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.

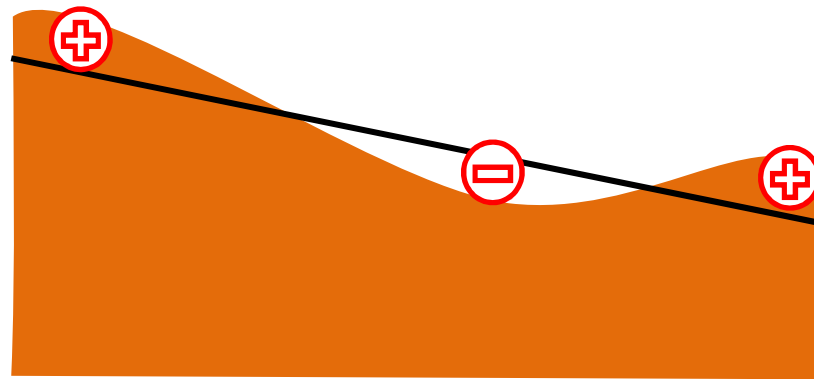
UKOP – objętość gruntu pozyskiwanego jako materiał budowlany; teren, z którego grunt pozyskano.

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.

B (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA

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

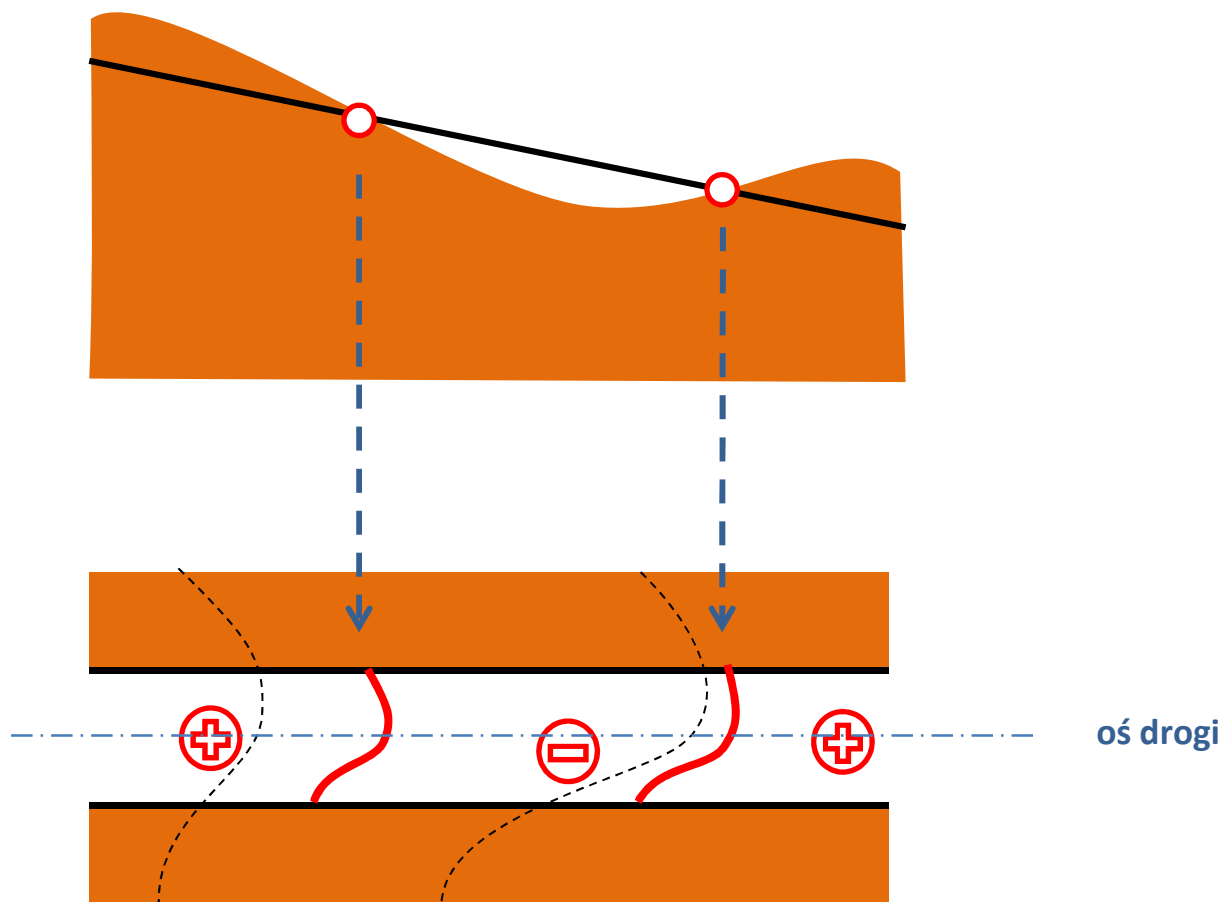


BILANS MAS ZIEMNYCH – zestawienie objętości usuniętego gruntu z wykopów (+) oraz urobku potrzebnego do zasypania wykopów (wykonania nasypów) (-) lub przeznaczonych na odkład lub wywiezienia.

.

B (BZ): PODSTAWOWE POJĘCIA

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



B (BZ): RODZAJE BUDOWLI ZIEMNYCH

BUDOWLE ZIEMNE - TRWAŁOŚĆ

CZASOWE



STAŁE



PLANTACYJNE



B (BZ): RODZAJE BUDOWLI ZIEMNYCH



B (BZ): RODZAJE ROBÓT ZIEMNYCH

ROBOTY ZIEMNE – ZASIĘG

POWIERZCHNIOWE

LINIOWE

MIEJSCOWE



B (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**

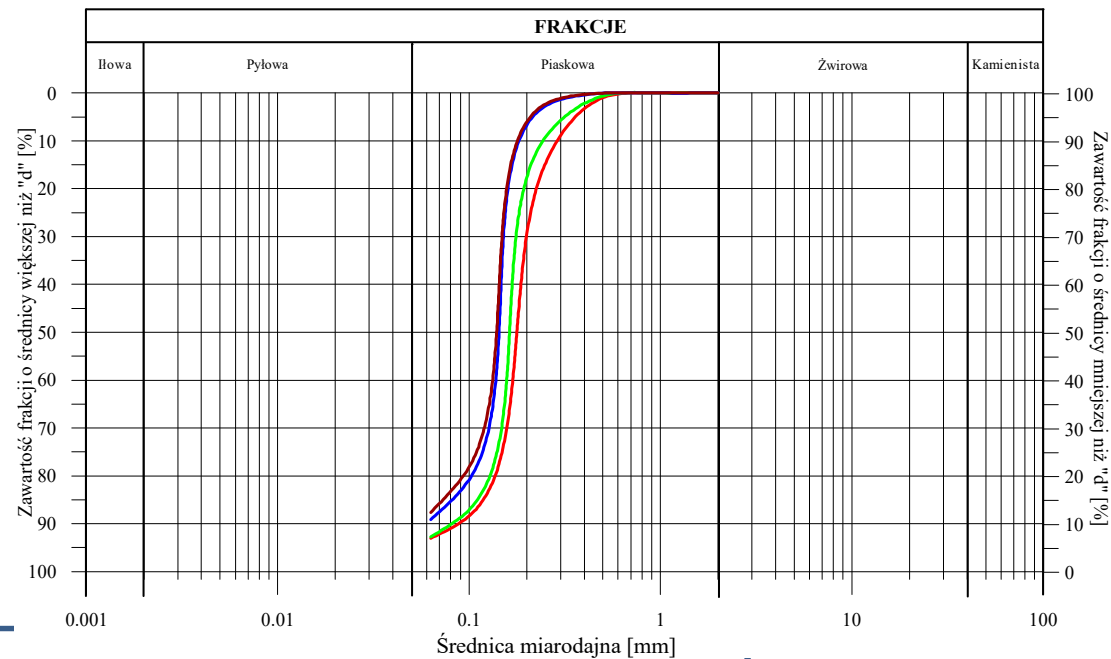
B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

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**

B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

PARAMETRY



WSKAŹNIK RÓŻNOZIARNISTOŚCI

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

WSKAŹNIK JEDNORODNOŚCI

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

WSKAŹNIK KRZYWIZNY

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

B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

PARAMETRY

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

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

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

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

B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

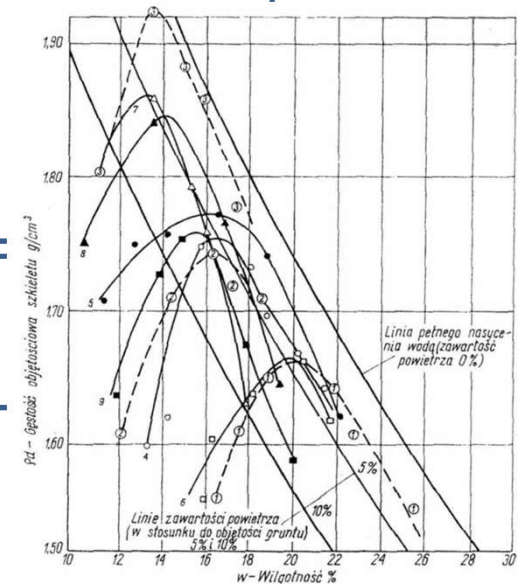
PARAMETRY

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 $I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$



B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

PARAMETRY

MODUŁ ODKSZTAŁCENIA (SPRĘŻYSTOŚCI) E_1, E_2

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

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

WSKAŹNIK PLASTYCZNOŚCI $I_P = w_L - w_P$

B (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 ³]	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

B (BZ): MATERIAŁY W BUDOWNICTWIE ZIEMNYM

PARAMETRY

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

PARAMETRY WYTRZYMAŁOŚCIOWE $\phi', c_w \dots$

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE R_m, R_c

B (BZ): RODZAJE NARZĘDZI

NARZĘDZIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ŁOPATA



- SZPADEL



- OSKARD



- KILOF



- ŁOM



B (BZ): RODZAJE NARZĘDZI

NARZĘDZIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- MŁOT PNAUMATYCZNY



- UBIJAK



- TACZKA



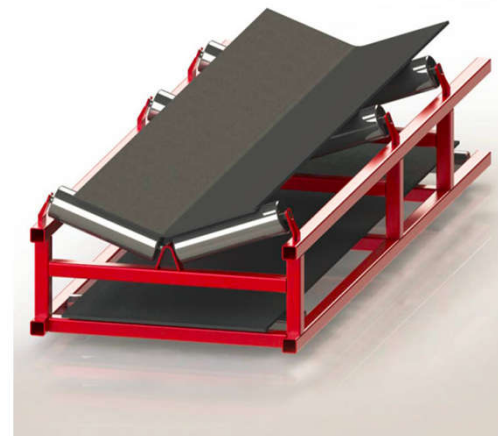
- ZAGĘSZCZARKA



B (BZ): RODZAJE URZĄDZEŃ

URZĄDZENIA DO ROBÓT ZIEMNYCH

- PRZENOŚNIK TAŚMOWY



B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- SPYCHARKA



B (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 ³]	Intensywność robót [m ³ /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

B (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

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

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ZGARNIARKA



B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ZGARNIARKA

- roboty niwelacyjne
- roboty drogowe
- suche wykopy szerokoprzestrzenne 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	

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- RÓWNIARKA



B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

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

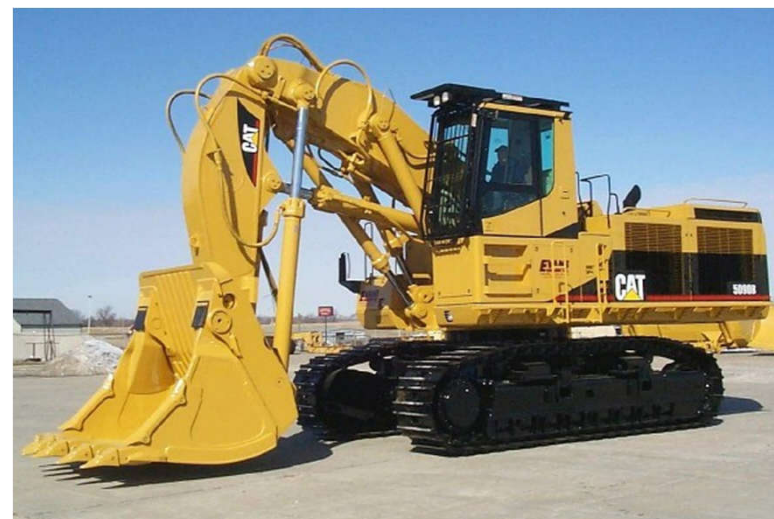
B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA



podsiębna



przedsiębiorca

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

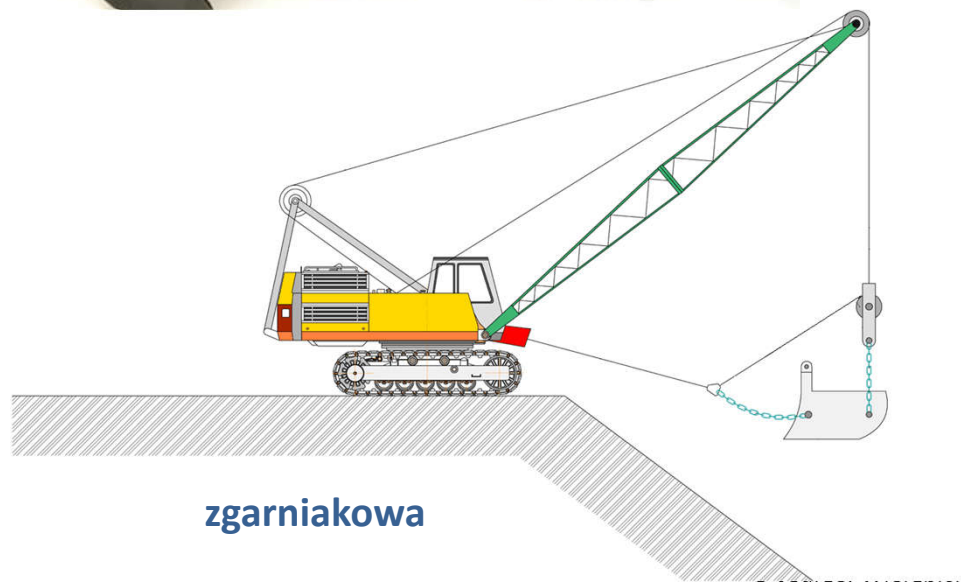
- KOPARKA



chwytakowa



taśmowa



zgarniakowa

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA
 - pojemność łyżki roboczej [m³]
 - promień pracy [m]
 - głębokość / wysokość kopania / wyładunku
 - grubość skrawania (10-15 cm, kat. IV; 40-50 cm, kat. I)

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

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- KOPARKA**

Wielkość robót na placu budowy [m³]	Intensywność robót [m³/zm]	Pojemność i rodzaj koparki [m³]
<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

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- ŁADOWARKA



- MASZYNY WIELOFUNKCYJNE



B (BZ): RODZAJE MASZYN

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

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- SAMOCHÓD SAMOWYŁADOWCZY



B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- WALEC (WAŁ)



gładki gumowy

gładki stalowy

BO (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- WALEC (WAŁ)



okołkowany samobieżny



okołkowany ciągniony

B (BZ): RODZAJE MASZYN

MASZYNY DO ROBÓT ZIEMNYCH

- WALEC (WAŁ)
 - ubijanie
 - wydajność 20 000 m²/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 opatrzony 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 głębienie wykopów zatrzymuje się $0,2\text{m}$ powyżej żądanej rzędnej. Warstwę tę zdejmuje się ręcznie, bezpośrednio przed wykonaniem fundamentów.

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
1 Roboty przygotowawcze i ziemne					
1	KNR 4-04	Rozebranie posadzek jednolitych cementowych,lastrykowych	m ²		
d.1	0504-01	5*6	m ²	30.000	
				RAZEM	30.000
2	KNR 2-01	Mechaniczne karczowanie drzew z cięciem drewna piłą mechaniczną (śr. 16-25 cm)	szt.		
d.1	0101-02	5	szt.	5.000	
				RAZEM	5.000
3	KNR 2-01	Usunięcie warstwy ziemi urodzajnej (humusu) o grubości do 15 cm za pomocą spycharek	m ²		
d.1	0126-01	1000	m ²	1000.000	
				RAZEM	1000.000
4	KNR 2-01	Usunięcie warstwy ziemi urodzajnej (humusu) za pomocą spycharek - dodatk za każde dalsze 5 cm grubości	m ²		
d.1	0126-02	1000	m ²	1000.000	
				RAZEM	1000.000
5	KNR 2-01	Pomiary przy wykopach fundamentowych w terenie równinnym i nizinnym	m ³		
d.1	0122-01				
		część mieszkalna - obrys	m ³	21.984	
		część mieszkalna - wnętrze	m ³	6.383	
		garaż	m ³	9.072	
				RAZEM	37.439
6	KNR 2-01	Roboty ziemne wykon.koparkami podsiębiernymi o poj.łyżki 0.40 m3 w gr.kat.III z transp.urobku samochod.samowytadowczymi na odległość do 1 km	m ³		
d.1	0206-02				
		część mieszkalna - obrys	m ³	21.984	
		część mieszkalna - wnętrze	m ³	6.383	
		garaż	m ³	9.072	
				RAZEM	37.439

BO (BZ): T.R.Z. – kolejność prac

OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

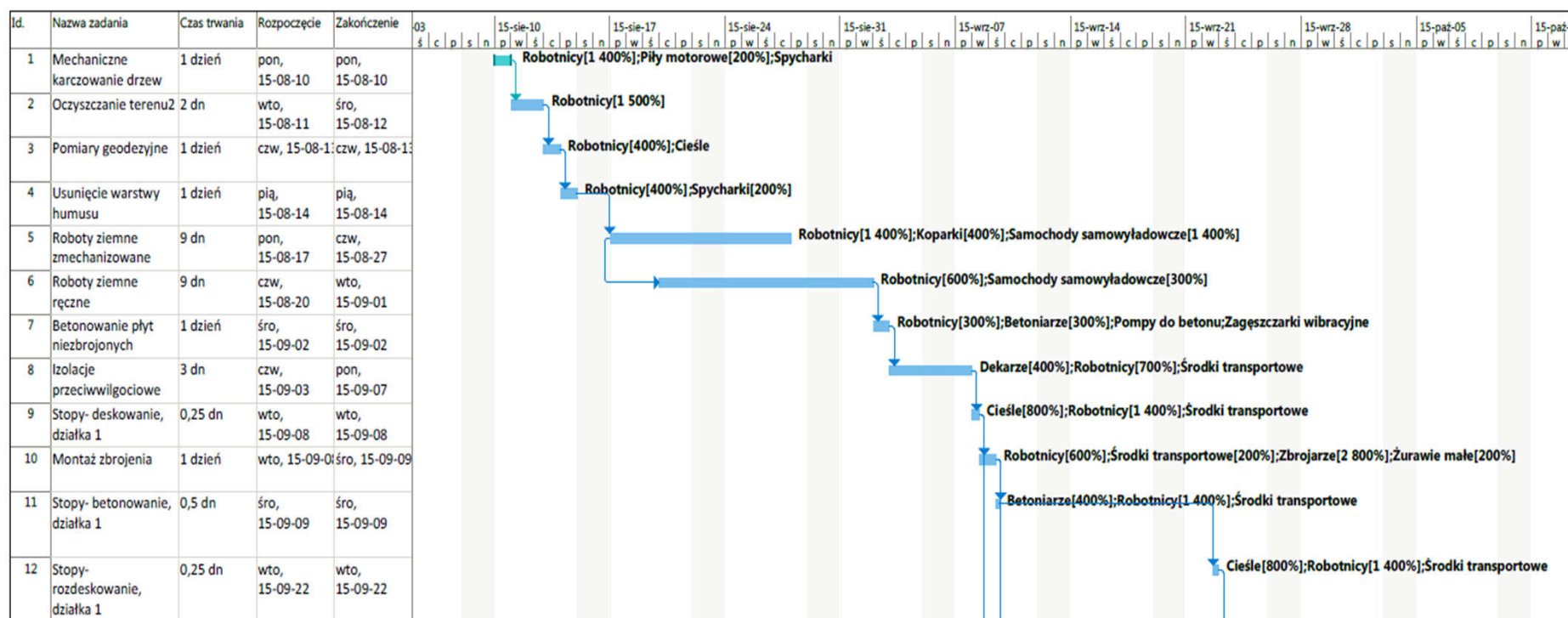
- Opracowanie kosztorysu.

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 m ³ w gr.kat.III z transp.urobku samochod.samowyladowczymi 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 - obrys (3.125+1.05+0.65+1.7-0.3+1.7-0.3+4.5)*0.6*0.8+.36*.9*.8+.5*.76*.8 6.383 część mieszkalna - wnętrze garaż (5.7+5.7+1.8+4.5+1.8-2*0.3)*0.6*0.8 9.072 RAZEM 37.439m ³	m ³					
1*		-- R -- robocizna 0.203r-g/m ³ * 14.00zł/r-g	r-g	7.6001	2.842	106.40		
2*		-- S -- samochód samowyladowczy 5 t 0.2016m-g/m ³ * 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

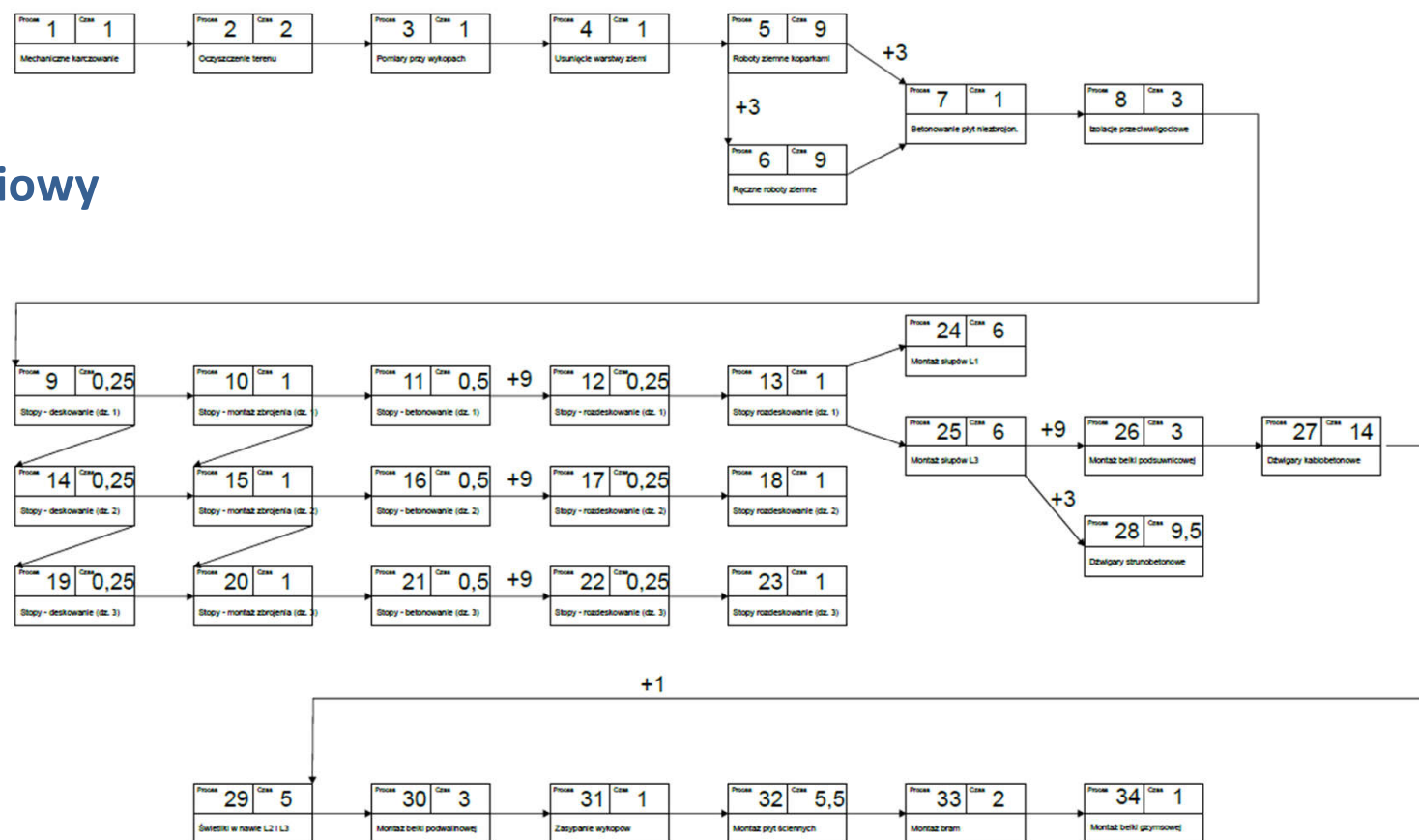
- Opracowanie harmonogramu.



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.

OGÓLNA KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU ROBÓT ZIEMNYCH

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

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.

ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE

Wycinka i karczowanie zbędnej roślinności:

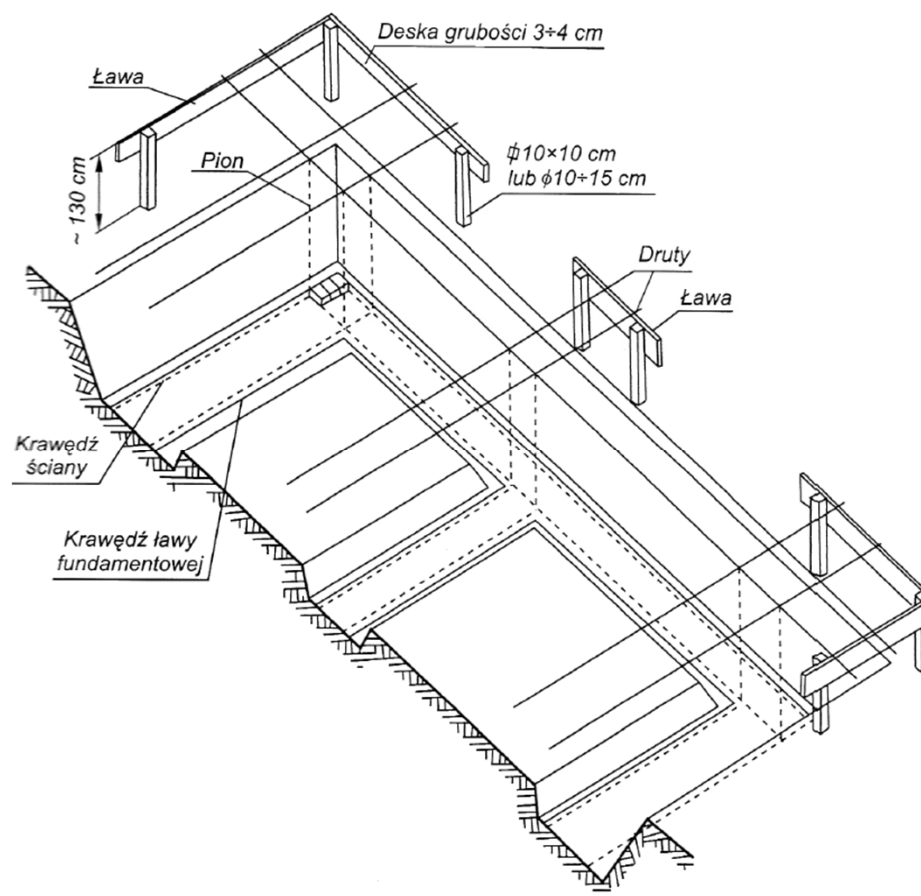
- cięcie drzew na wysokości 0,3 m,
- karpina usuwana gdy: nasyp < 2 m lub koparki o $V_{\text{łyżki}} > 0,5\text{m}^3$.

Zdjęcie warstwy humusu:

- pryzmy 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)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Podstawowe zasady:

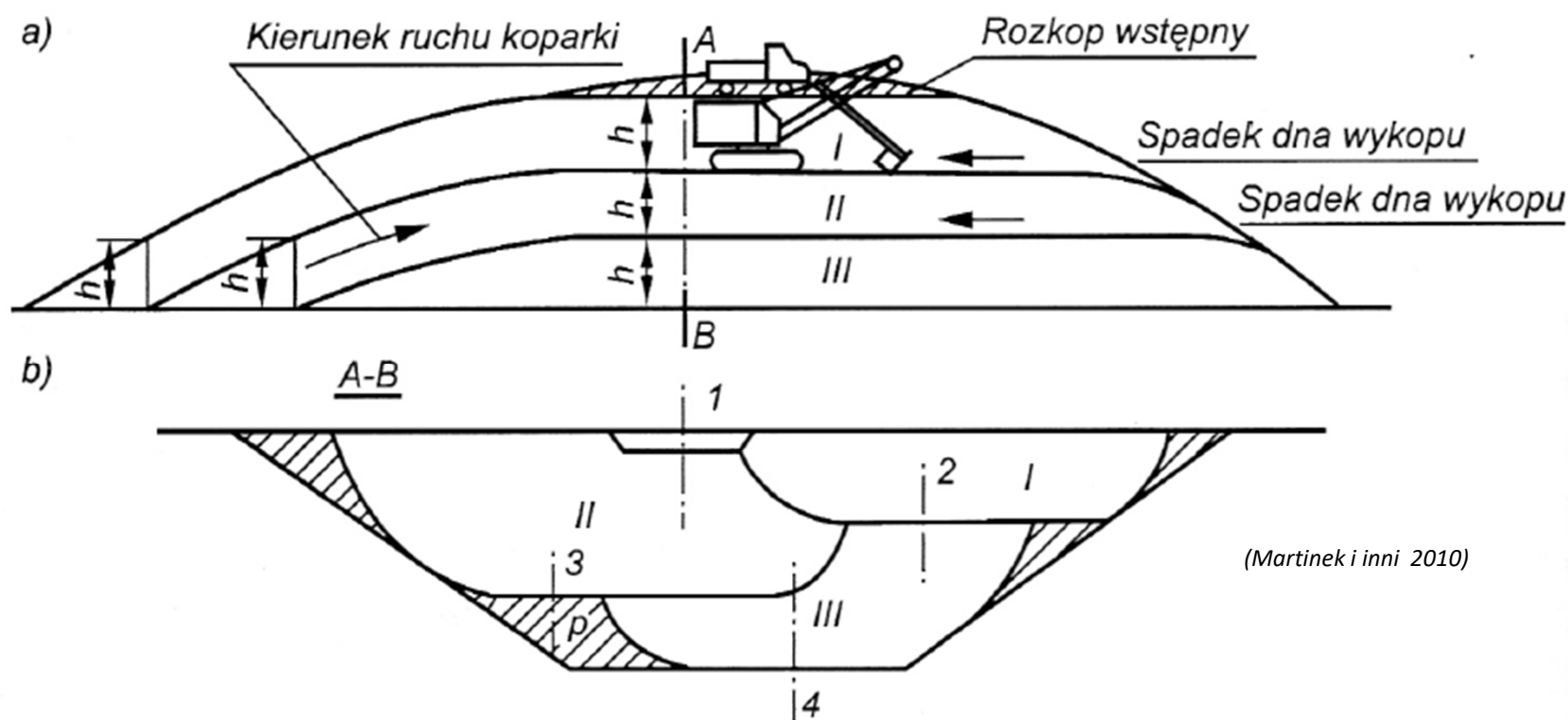
- ręczne odspajanie: w sąsiedztwie instalacji podziemnej, strefie dna wykopu, szczególnych przypadkach...,
- 2 metody ze względu na przyrost przestrzeni: warstwowa, głębokiego wcięcia,



ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Metoda warstwowa:

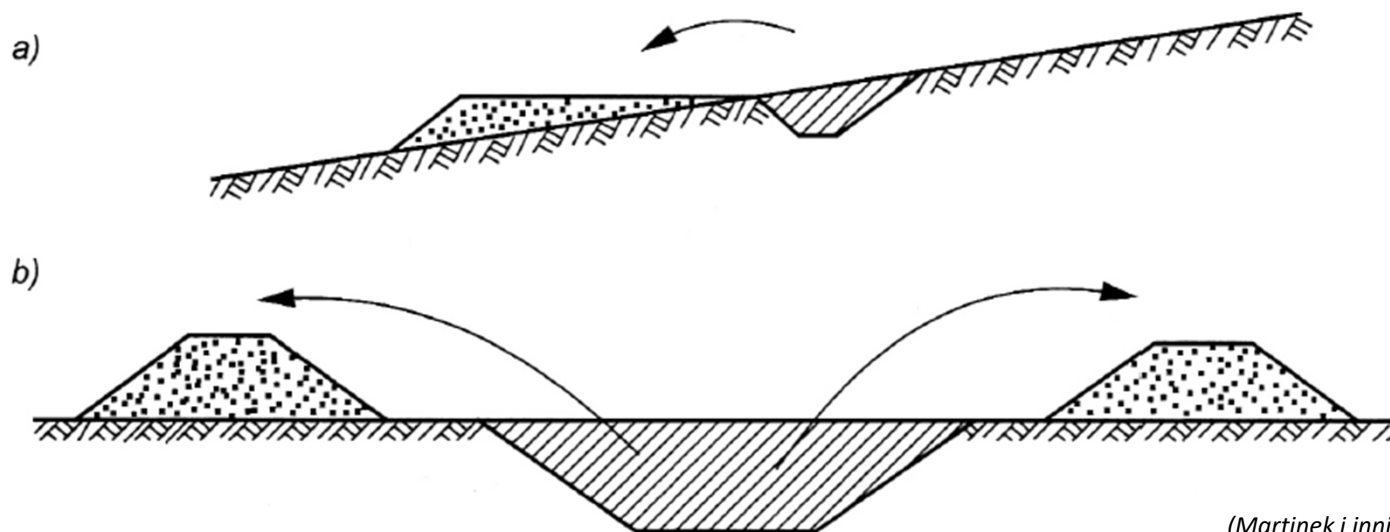
- sposób podłużny



ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Metoda warstwowa:

- sposób poprzeczny

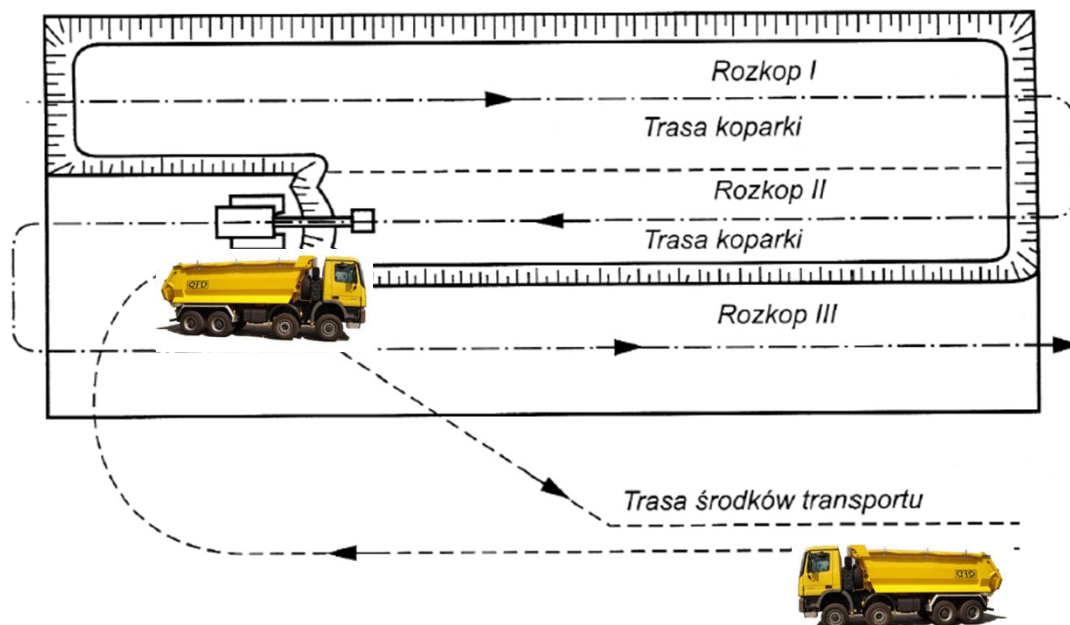
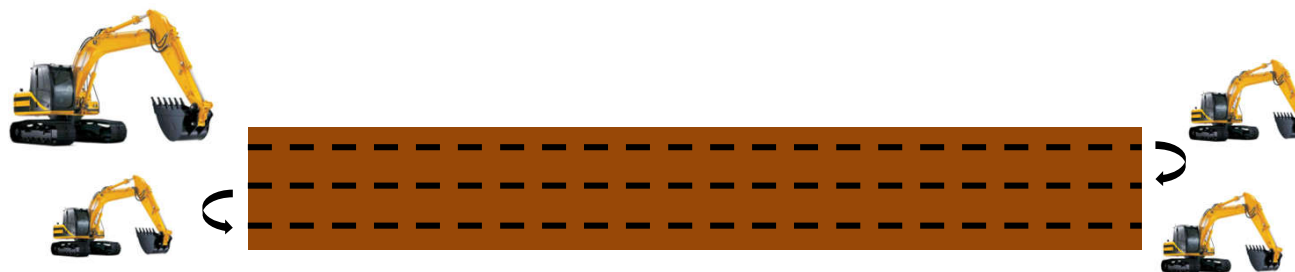


(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Schematy pracy koparki

- podsiębiernej

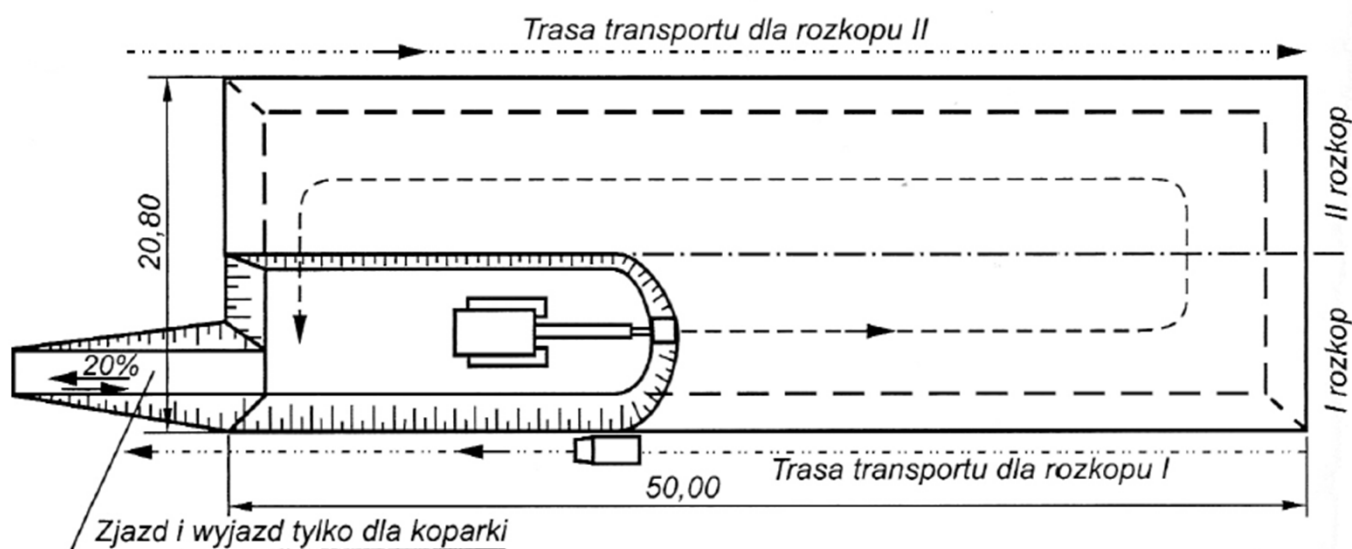


(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Schematy pracy koparki

- przedsięwziętej



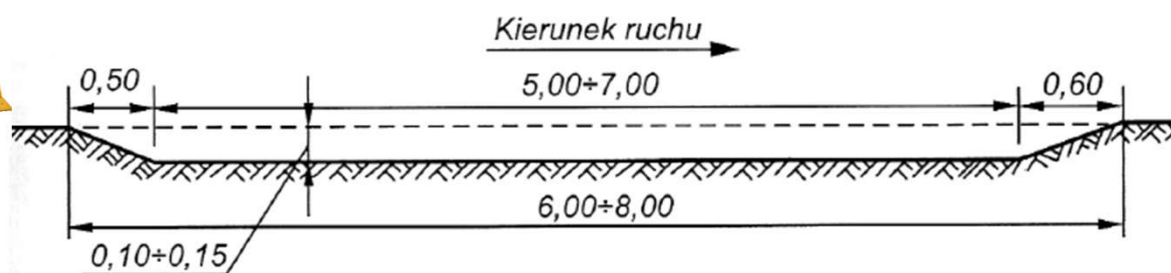
(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

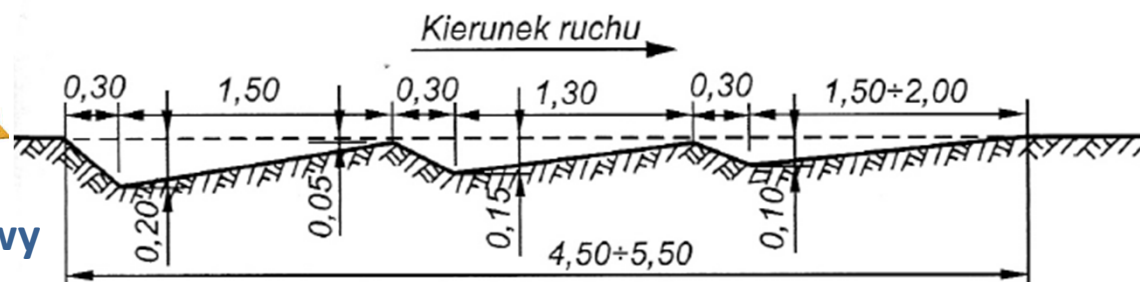
Schematy pracy spycharki



- płaski



- grzebieniowy

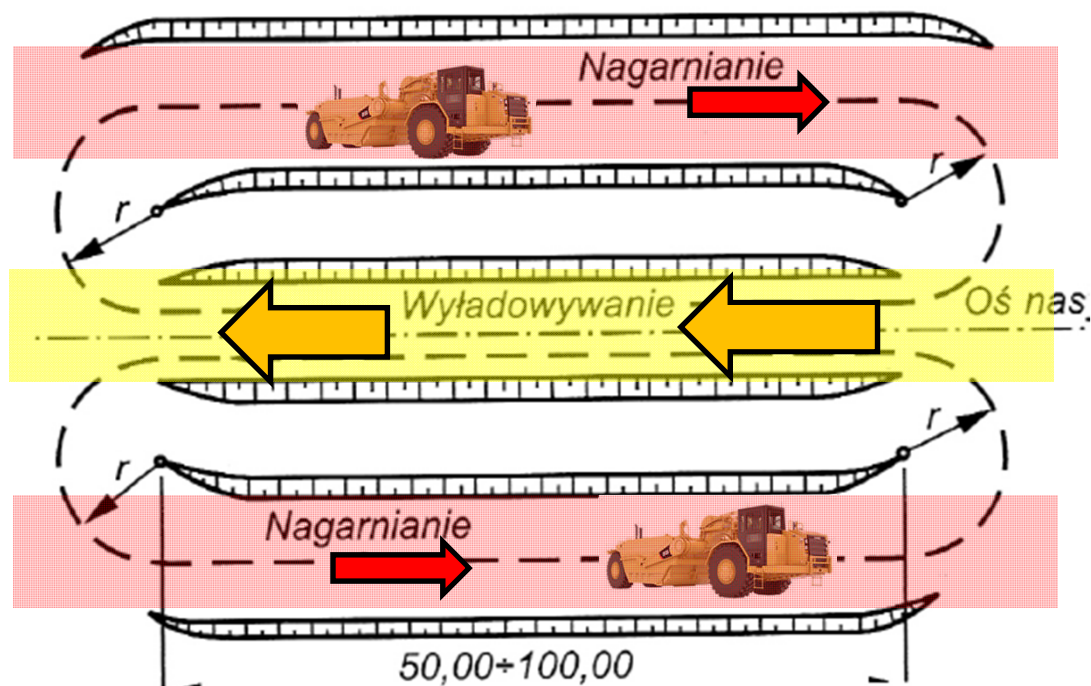


(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Schematy pracy zgarniarki

- eliptyczny

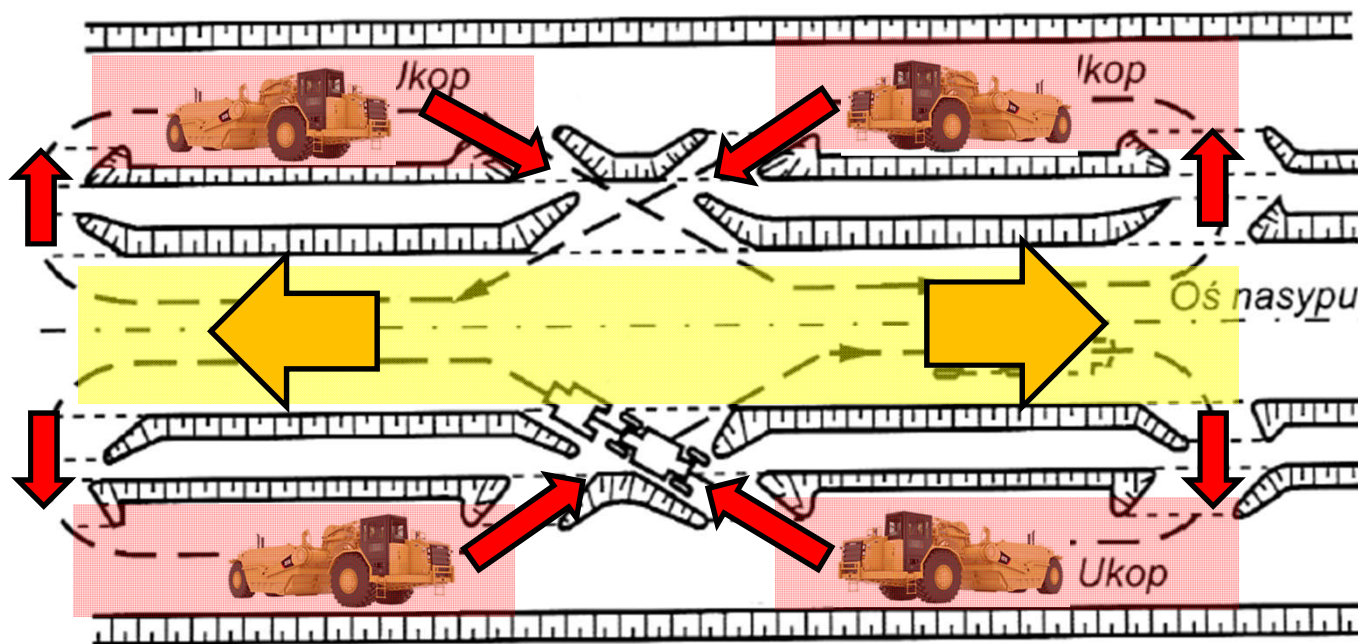


(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Schematy pracy zgarniarki

- ósemkowy

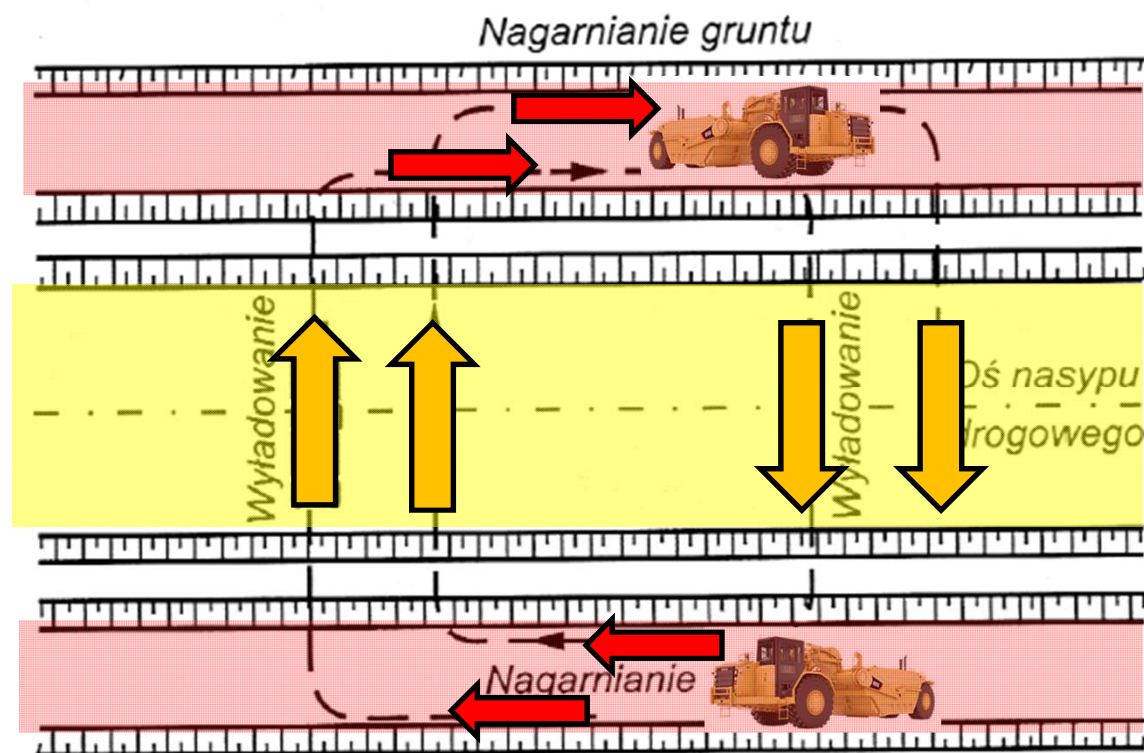


(Martinek i inni 2010)

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE WYKOPÓW

Schematy pracy zgarniarki

- zygzakowy

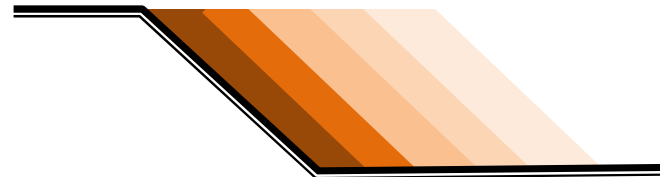


(Martinek i inni 2010)

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

BO (BZ): T.R.Z. – wykonanie

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- ubijanie



BO (BZ): T.R.Z. – wykonanie

ROBOTY PODSTAWOWE – WYKONANIE NASYPÓW

Metody zagęszczania gruntów



POWIERZCHNIOWE



WGŁĘBNE

- wałowanie



BO (BZ): T.R.Z. – wykonanie

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

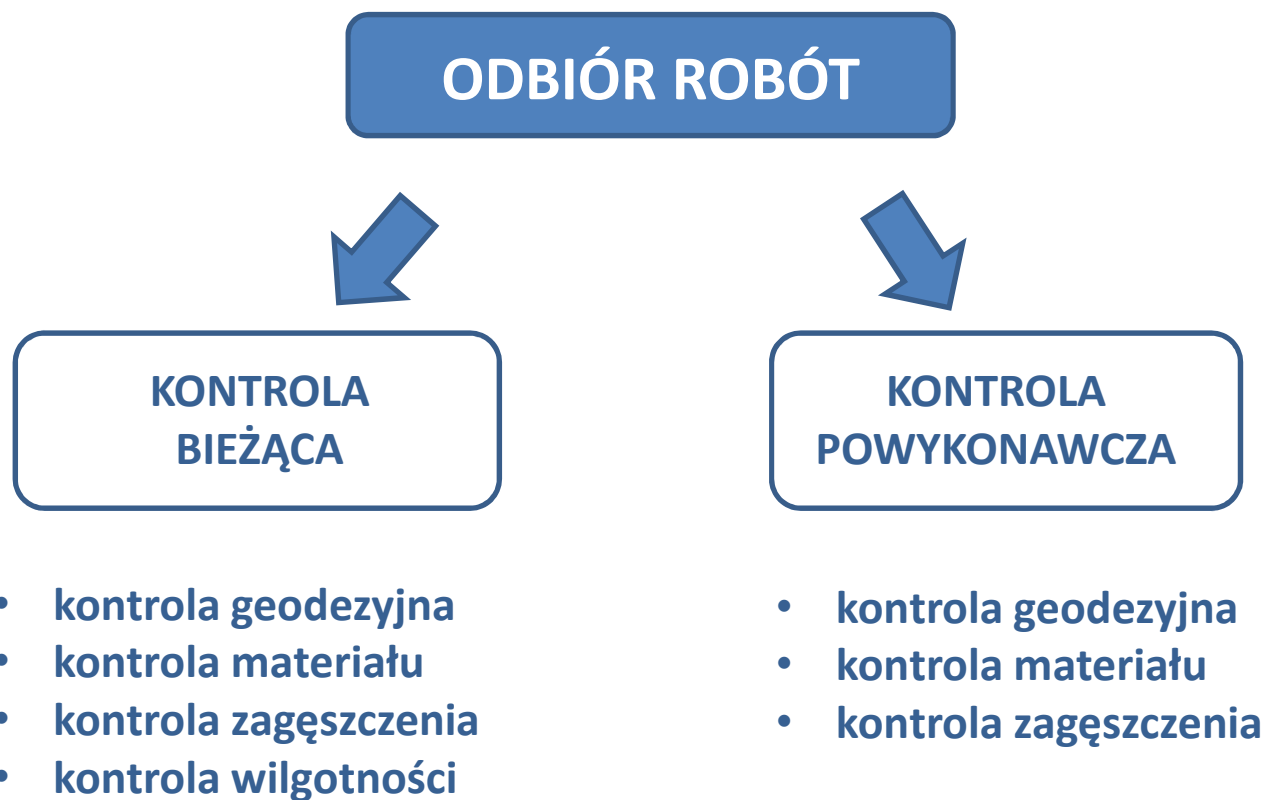
- zagęszczanie dynamiczne



(www.menard)

© Jędrzej Wierzbicki

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.**

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.

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 gruboziarniste	$I_D \geq 0,65$		$I_D \geq 0,65$	

KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

Budowle lądowe:

- pod fundamentem wartość $I_s > 0,97$,
- 1 badanie na 1000 m³, lecz: min. 3 badania na każdej warstwie i co najmniej 1 badanie na 500 m² warstwy,
- w przypadku zasypu - 3 badania na 500 m³, lecz nie rzadziej niż 1 badanie co 30 m długości ściany konstrukcji oraz co 50 m długości wykopu instalacyjnego.

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 _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂
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	-

KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

Budownictwo drogowe:

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

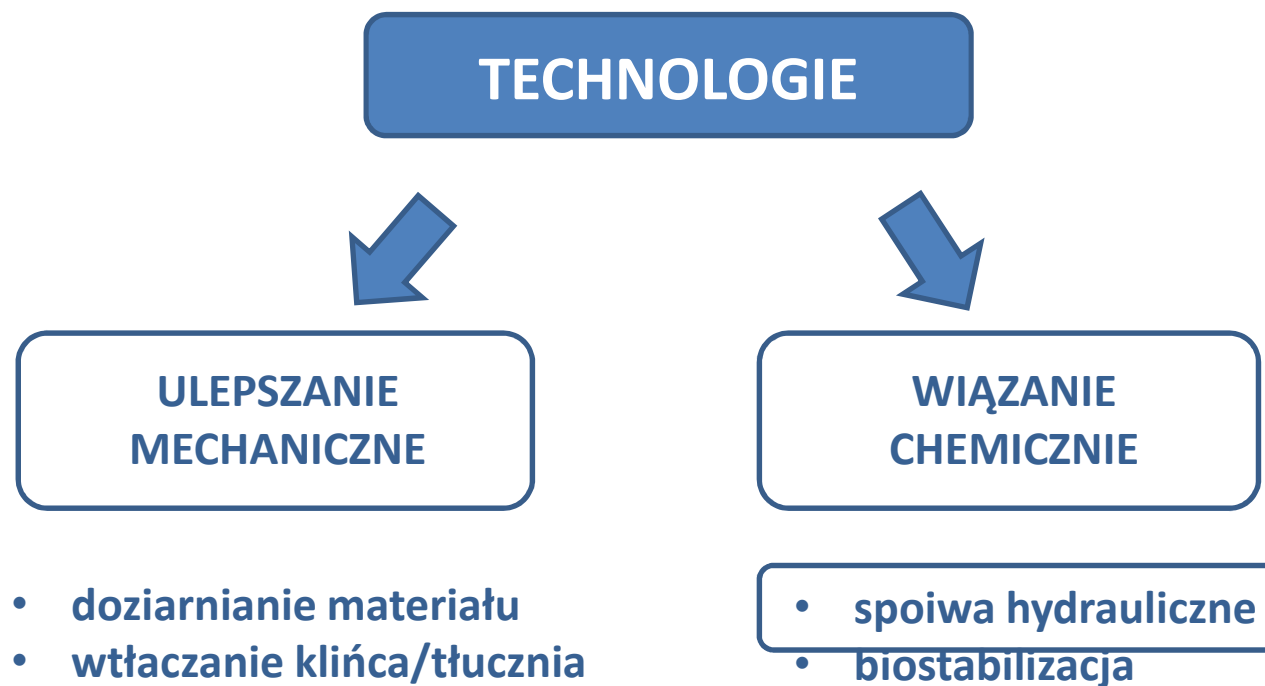
głębokość	drogi o ruchu lekkim i średnim				drogi o ruchu ciężkim i b. ciężkim				autostrady i drogi ekspresowe			
	Sp		Nsp		Sp		Nsp		Sp		Nsp	
	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂	I _s	E ₂
pow. robót ziemnych	-	100	-	100	-	120	-	120	-	120	-	120
0,2m	1,0	60	1,0	80	1,0	60	1,0	80	1,03	100	1,03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

KRYTERIA ZAGĘSZCZENIA

Budownictwo drogowe:

- badanie wskaźnika zagęszczenia co najmniej 10 razy na obiekcie,
- badanie modułu odkształcenia co najmniej raz na 5000 m²,
- 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).

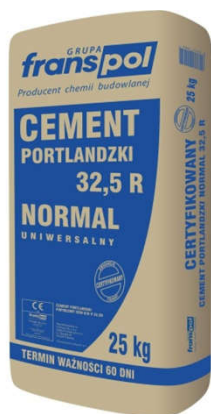


BO (BZ): T.R.Z. – stabilizacja podłoża

MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM HYDRAULICZNYM

Materiały:

- cement (średnio spoiste),
- wapno (bardzo spoiste, zawilgocone),
- aktywny popiół lotny (mało i średnio spoiste),
- wielkopiecowy 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,



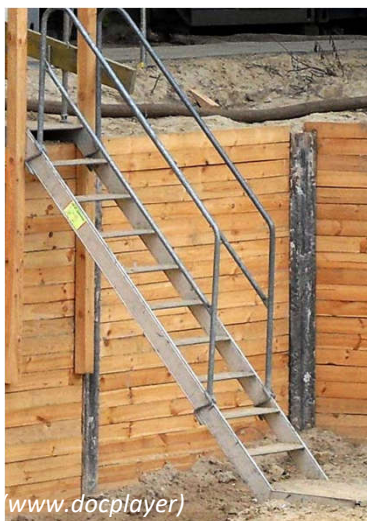
BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

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



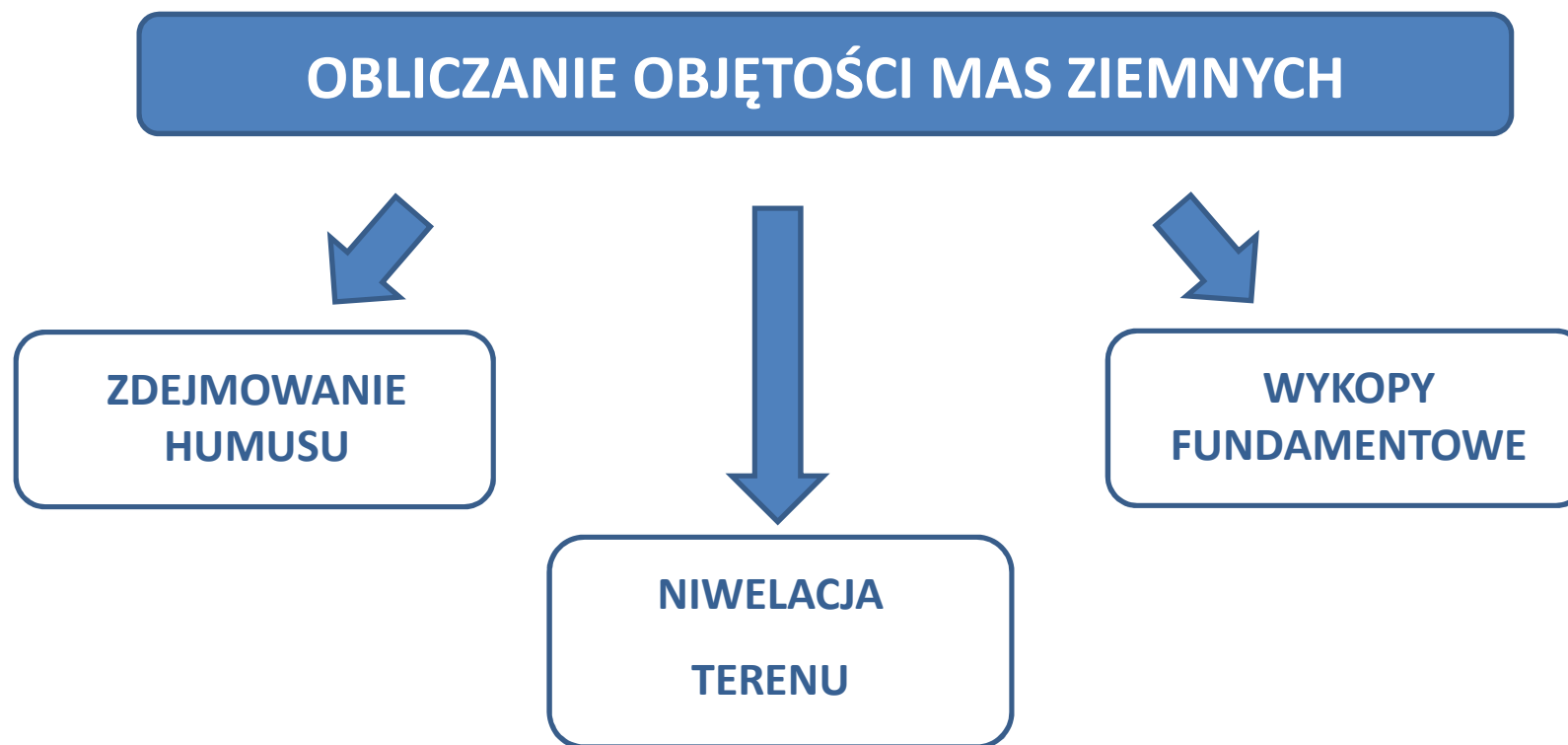
BO (BZ): T.R.Z. – zabezpieczanie ścian wykopów

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

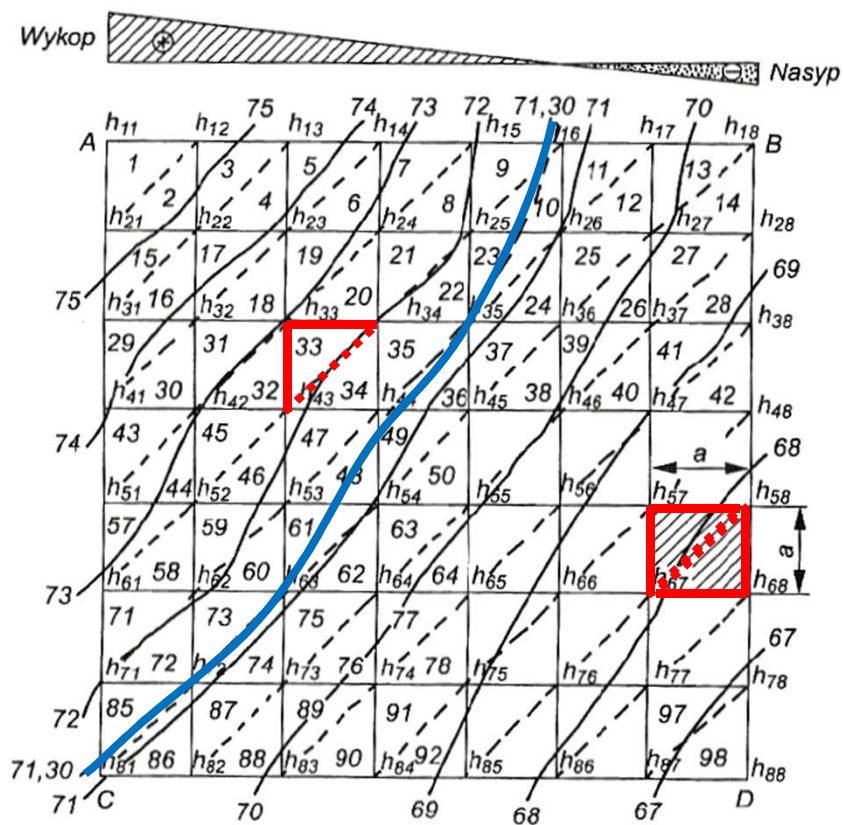
NIWELACJA TERENU

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

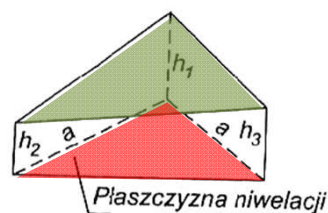
BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

NIWELACJA TERENU

- metoda pryzm o podstawie trójkątnej

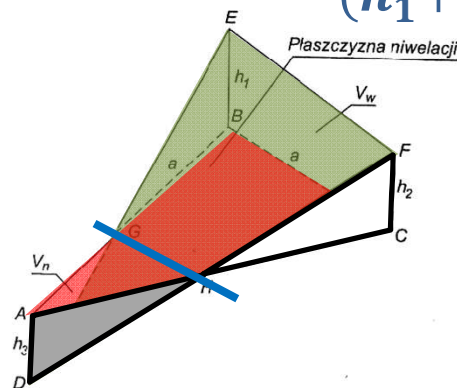


(Martinek i inni 2010)



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

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

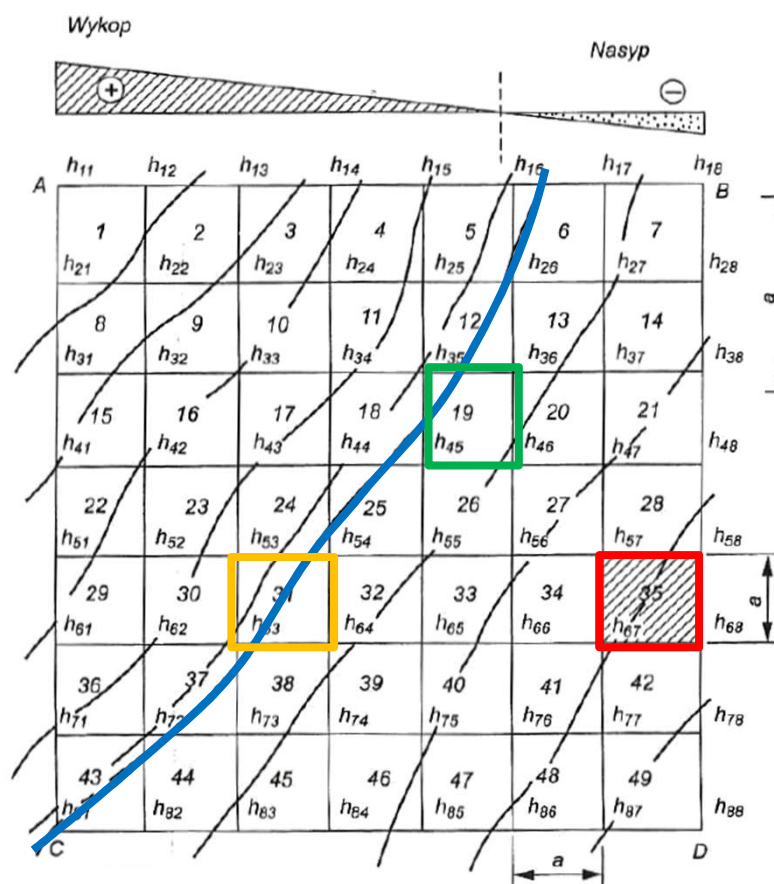


$$V_w = V - V_n$$

BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

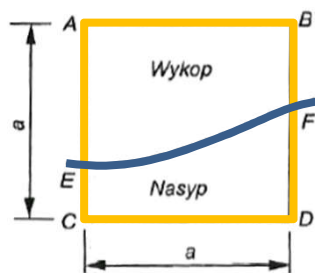
NIWELACJA TERENU

- metoda pryzm o podstawie kwadratowej



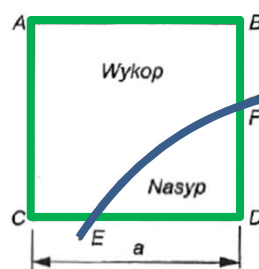
(Martinek i inni 2010)

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



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

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



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

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

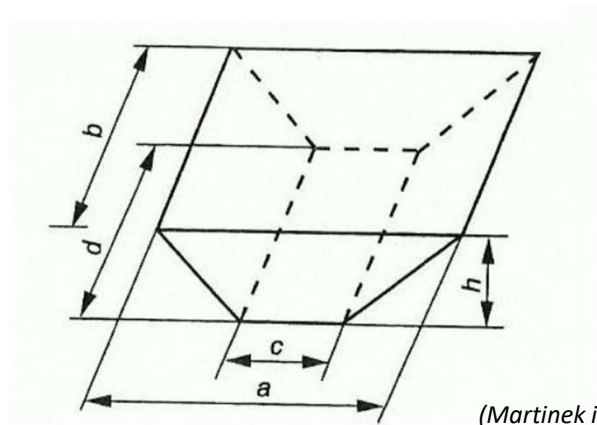
BO (BZ): BILANS MAS ZIEMNYCH

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 !

