



MINISTERSTWO EDUKACJI  
i NAUKI



**Władysława Maria Francuz**

**Prowadzenie prac mierniczych  
311[04].O1.05**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy  
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Halina Darecka  
mgr inż. Krystyna Stańczyk

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski  
mgr inż. Mirosław Żurek

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Korekta:

mgr inż. Mirosław Żurek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej **311[04].O1.05 Prowadzenie prac mierniczych** zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik budownictwa.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	<b>3</b>
<b>2. Wymagania wstępne</b>	<b>4</b>
<b>3. Cele kształcenia</b>	<b>5</b>
<b>4. Materiał nauczania</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Mapy geodezyjno-kartograficzne</b>	<b>6</b>
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	12
<b>4.2. Zasady wykonywania pomiarów geodezyjnych</b>	<b>12</b>
4.2.1. Materiał nauczania	12
4.2.2. Pytania sprawdzające	18
4.2.3. Ćwiczenia	18
4.2.4. Sprawdzian postępów	18
<b>4.3. Tyczenie prostych w terenie</b>	<b>19</b>
4.3.1. Materiał nauczania	19
4.3.2. Pytania sprawdzające	23
4.3.3. Ćwiczenia	23
4.3.4. Sprawdzian postępów	24
<b>4.4. Pomiary kątów</b>	<b>25</b>
4.4.1. Materiał nauczania	25
4.4.2. Pytania sprawdzające	26
4.4.3. Ćwiczenia	27
4.4.4. Sprawdzian postępów	27
<b>4.5. Pomiary wysokościowe</b>	<b>28</b>
4.5.1. Materiał nauczania	28
4.5.2. Pytania sprawdzające	32
4.5.3. Ćwiczenia	32
4.5.4. Sprawdzian postępów	33
<b>4.6. Opracowywanie wyników pomiarów</b>	<b>33</b>
4.6.1. Materiał nauczania	33
4.6.2. Pytania sprawdzające	38
4.6.3. Ćwiczenia	38
4.6.4. Sprawdzian postępów	39
<b>4.7. Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas prowadzenia pomiarów geodezyjnych</b>	<b>39</b>
4.7.1. Materiał nauczania	39
4.7.2. Pytania sprawdzające	41
4.7.3. Ćwiczenia	41
4.7.4. Sprawdzian postępów	41
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	<b>42</b>
<b>6. Literatura</b>	<b>46</b>

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o zasadach wykonywania pomiarów geodezyjnych w terenie, posługiwania się sprzętem i przyrządami mierniczymi oraz dokumentowania wyników pomiarów.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia, które pozwolą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów, który pozwoli Ci określić zakres poznanej wiedzy. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi Twoją wiedzę i umiejętności z tej jednostki modułowej. Wynik negatywny będzie wskazaniem, że powinieneś powtórzyć wiadomości i poprawić umiejętności z pomocą nauczyciela,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw pytań testowych, który pozwoli Ci sprawdzić, czy opanowałeś materiał w stopniu umożliwiającym zaliczenie całej jednostki modułowej,
- wykaz literatury uzupełniającej.

Materiał nauczania umieszczony w poradniku zawiera najważniejsze, ujęte w dużym skrócie treści dotyczące omawianych zagadnień. Musisz korzystać także z innych źródeł informacji, a przede wszystkim z podręczników wymienionych w spisie literatury na końcu poradnika.

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

- Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:
- posługiwać się podstawowymi pojęciami i terminami z zakresu budownictwa,
  - posługiwać się pojęciami z zakresu ekologii i ochrony środowiska,
  - posługiwać się dokumentacją techniczną,
  - wykonywać szkice i rysunki techniczne,
  - klasyfikować obiekty budowlane w środowisku,
  - biegle wykonywać obliczenia,
  - udzielać pierwszej pomocy w stanach zagrożenia zdrowia i życia,
  - przestrzegać przepisów dotyczących ochrony środowiska i prawa budowlanego,
  - korzystać z różnych źródeł informacji,
  - stosować zasady współpracy w grupie,
  - uczestniczyć w dyskusji i prezentacji,
  - stosować różne metody i środki porozumiewania się na temat zagadnień technicznych.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- posłużyć się mapami sytuacyjno-wysokościowymi,
- określić zakres prac mierniczych,
- zaplanować front robót mierniczych,
- określić zasady wykonywania pomiarów geodezyjnych,
- dobrać sprzęt i przyrządy pomiarowe do prowadzenia pomiarów geodezyjnych,
- wykonać pomiary liniowe w terenie,
- wytyczyć linię prostą,
- wytyczyć linie proste prostopadłe w terenie,
- wytyczyć kąty w terenie,
- wykonać pomiary kątów w terenie,
- wykonać pomiary wysokościowe w terenie,
- udokumentować wyniki pomiarów,
- opracować wyniki pomiarów,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania pomiarów geodezyjnych.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Mapy geodezyjno-kartograficzne

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Prowadzenie prac mierniczych obejmuje trzy podstawowe grupy zagadnień:

- 1) wykonawstwo pomiarów w terenie;
- 2) analityczne rachunkowe opracowanie wyników pomiaru terenowego;
- 3) graficzne opracowanie uzyskanych wyników.

Wykonanie pomiarów w terenie wymaga znajomości zasad, metod, sprzętu i narzędzi pomocniczych.

Analityczne opracowanie wyników pomiaru dotyczy umiejętności sprawdzenia prawidłowości pomiaru, analizy i oceny jego dokładności oraz przeprowadzania rachunkowego wyrównania błędów.

Graficzne opracowanie obejmuje umiejętności sporządzania odpowiednich odwzorowań wykonanych pomiarów w postaci m.in. map i planów kartowanych i wykreślanych według ustalonych umownych zasad i oznaczeń.

Powyższe zagadnienia należą do rodziny nauk o ziemi zwanej geodezją, która nazywana jest nauką o pomiarach ziemi.

W związku z różnymi pomiarami ziemi, geodezja dzieli się na trzy działy:

- 1) geodezję wyższą (pomiar naukowo-badawcze),
- 2) kartografię (tworzenie płaskich odwzorowań bardzo dużych obszarów),
- 3) geodezję niższą (stosowaną) zwaną potocznie miernictwem.

Miernictwo spełnia ważną rolę w różnych gałęziach budownictwa. Prace pomiarowe zajmują jedno z czołowych miejsc w całym kompleksie prac związanych z dowolną inwestycją budowlaną (lądową czy wodną).

Jednym z ważnych celów, dla których wykonywane są pomiary geodezyjne, jest uzyskanie płaskiego odwzorowania powierzchni całego globu ziemskiego lub jego części. Takie odwzorowanie w postaci rysunku na płaszczyźnie (na arkuszu papieru) nazywamy mapą lub planem.

**Mapą** nazywamy zmniejszony, uogólniony i matematycznie określony obraz powierzchni Ziemi na płaszczyźnie, czyli odwzorowanie dużego obszaru (np. województwa, państwa, części świata itp.). Natomiast **plan** jest odwzorowaniem małego obszaru (np. parcela budowlana, lotnisko itp.) bez uwzględnienia kulistości ziemi.

Powierzchnia kuli ziemskiej jest w przybliżeniu elipsoidą obrotową. Konieczne jest więc zastosowanie odpowiedniego **odwzorowania kartograficznego**, czyli reguły matematycznej opisującej konstrukcję rzutu, w którym każdemu punktowi elipsoidy obrotowej odpowiada określony punkt, stanowiący jego obraz na płaszczyźnie. Reguły te wiążą współrzędne geograficzne dowolnego punktu na powierzchni Ziemi ze współrzędnymi obrazu tego punktu na płaszczyźnie mapy. Rozróżnia się odwzorowania:

- płaskie – wykonywane bezpośrednio na płaszczyznę,
- walcowe i stożkowe – na powierzchnię walca albo stożka, służące jako konstrukcja pomocnicza do przejścia z kuli na płaszczyznę,
- umowne – bez prostej interpretacji geometrycznej.

Każde odwzorowanie powierzchni elipsoidy na płaszczyznę mapy powoduje pewne zniekształcenia (długości, kątów lub powierzchni). Nie istnieją odwzorowania, których zastosowanie pozwalałoby na jednoczesne wyeliminowanie wszystkich zniekształceń.

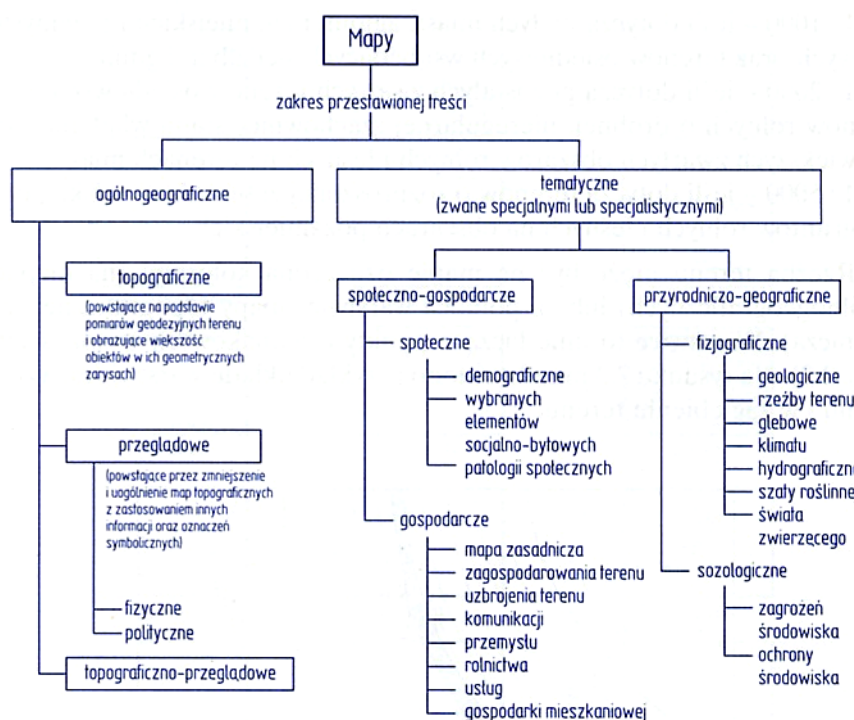
Dobierając rodzaj odwzorowania kartograficznego odpowiednio do mapy, można jednak zachować w niezmienionej postaci część przedstawianych na niej wielkości.

Mały wycinek kuli ziemskiej można uważać za płaszczyznę. Odwzorowane na niej obiekty nie będą zniekształcone. W praktyce, w pomiarach poziomych jako powierzchnię odniesienia przyjmuje się:

- płaszczyznę – na odwzorowaniach obszaru do 750 km<sup>2</sup> (miasto, gmina) oraz długich, wąskich pasów terenu (drogi, linie kolejowe, rzeki itp.),
- kulę – na odwzorowaniach obszaru od 750 do 20 000 km<sup>2</sup> (powiat lub województwo),
- elipsoidę obrotową – na odwzorowaniach obszaru większego niż 20 000 km<sup>2</sup> (województwo lub większa część kraju).

**Mapy ogólnogeograficzne** zawierają zwykle ogólne dane dotyczące wszystkich elementów istniejących na powierzchni przedstawionego obszaru, np. rzeźba terenu, granice państw, linie brzegowe mórz, bieg rzek, lasy, miasta, drogi, koleje, granice itp.

**Mapy tematyczne** (zwane też specjalnymi lub specjalistycznymi) zawierają jedynie ograniczoną treść ogólnogeograficzną (np. kształt kontynentów, granice państw, ważniejsze rzeki) stanowiącą jedynie podkład niezbędny, aby ułatwić zorientowanie się, gdzie występują zobrazowane na nich zagadnienia specjalistyczne. Są to najczęściej odwzorowania małoskalowe.



Rys. 1. Rodzaje map [4, s. 69]

**Skala mapy** wyraża stosunek długości linii na mapie „d” do długości odpowiadającej jej linii w terenie. Iloraz ten wyraża się w postaci ułamka 1 : M:

$$d : D = 1 : M$$

Im mniejsza skala (mniejszy ułamek 1 : M), tym mapa jest mniej dokładna, a informacje przedstawione są na niej bardziej ogólnikowo.

Kryterium podziału map z uwagi na ich skalę jest umowne – zależy m.in. od przeznaczenia mapy oraz wielkości terytorium kraju, gdzie je opracowano. Na przykład w Polsce mapy topograficzne są:

- wielkoskalowe, jeśli mają skalę 1:5 000 lub 1:10 000,

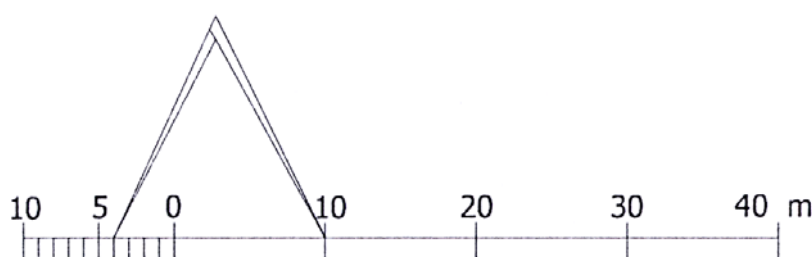


- średnioskalowe, jeśli mają skalę 1:25 000 lub 1:50 000,
- małoskalowe, jeśli mają skalę 1:100 000 lub 1:500 000.

Graficzne przedstawienie skali może mieć postać podziałki liniowej lub transwersalnej.

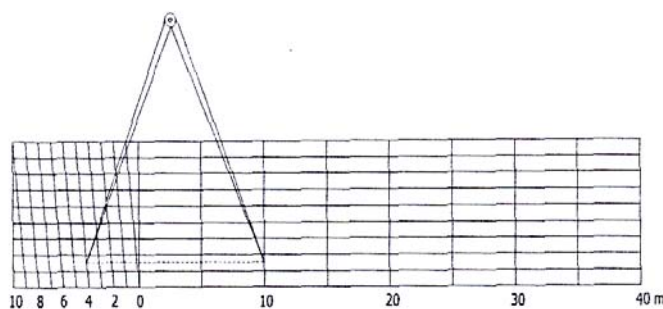
**Podziałka liniowa** jest bardzo często spotykanym oznaczeniem skali starych map i planów. Jest to linia z podziałem na podstawowe odcinki, o długości związanej z wymaganą dokładnością podziałki. Rys. 2 wskazuje sposób odmierzania za pomocą podziałki liniowej odległości na planie, odpowiadającej w rzeczywistości 14 metrom.

Podziałka powstaje w następujący sposób: obieramy odcinek określonej długości, np. 10 m, obliczamy za pomocą przyjętej skali mapy długość tego odcinka na planie, a następnie na narysowanej linii z zaznaczonym punktem 0, jak na osi odkładamy kilkakrotnie obliczoną odległość w prawo i raz w lewo. Dokładność podziałki wynosi 10 m. Jeśli odcinek położony po lewej stronie przyjętej osi podzielimy proporcjonalnie na 10 odcinków, dokładność podziałki wzrośnie i będzie wynosiła 1 m.



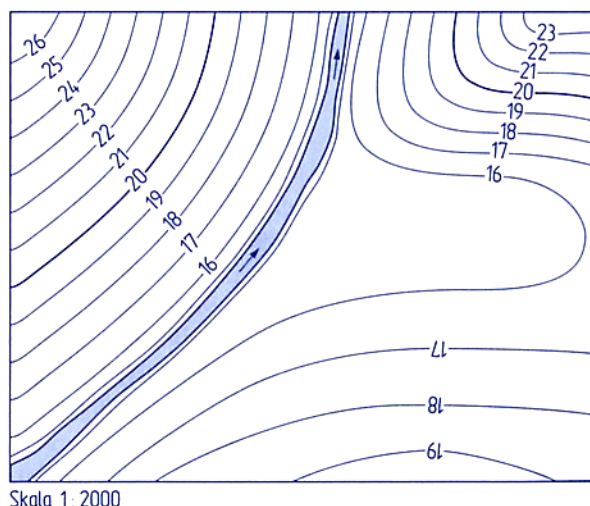
Rys. 2. Podziałka liniowa [1, s. 156]

Najdokładniejszym rodzajem podziałki jest **podziałka transwersalna**, nazywana też podziałką poprzeczną. Początkowo powstaje podobnie do podziałki liniowej, gdyż dokonujemy takich samych obliczeń. Następnie, po wykreśleniu podziałki liniowej, wykreślamy w równych odstępach 10 równoległych do podziałki liniowej linii. W punktach odpowiadających przyjętemu podziałowi podziałki (tu 10 m), kreślimy linie pionowe. Na górnej linii podziału, na lewo od prostopadłej wykreślonej w punkcie 0 podziałki, odmierzamy proporcjonalnie 10 odcinków, analogicznie do dolnej części podziałki. Następnie łączymy punkty górne i dolne liniami ukośnymi, jak w przykładzie, czyli punkt 0 na dole z punktem 1 na górze itp. Wykreślona w ten sposób podziałka (transwersalna) zwiększa dokładność podziałki poprzedniej (liniowej) do 1 cm.

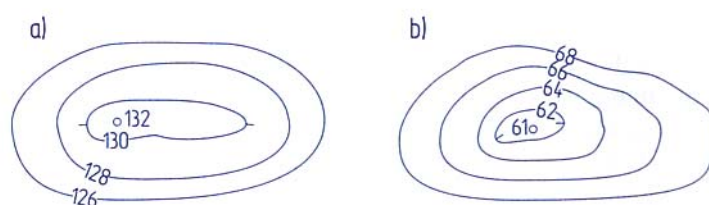


Rys. 3. Podziałka transwersalna [1, s. 157]

Rzeźba terenu może być na mapie oznaczona kolorami (na mapach ogólnogeograficznych) lub za pomocą warstwicy (mapy topograficzne i zasadnicza). **Warstwice** to linie łączące punkty o jednakowych wysokościach. Poniższy rysunek przedstawia przykład układu warstwicy na wzniesieniu i w zagłębieniu terenu.



Rys. 4. Warstwice [4, s. 70]



Rys. 5. Odwzorowanie: a) wzniesienia, b) zagłębienia [1, s. 70]

Na mapach topograficznych niektóre obiekty przedstawia się za pomocą figur podobnych do rzeczywistej formy rzutu danego obiektu albo **znaków umownych**, np.:

- łąki – podwójnymi kreskami pionowymi (dodatkowe kreski podmokłe oznaczają łąkę podmokłą),
- sady – regularnie rozmieszczonymi mniejszymi kółkami,
- lasy – nieregularnie rozmieszczonymi większymi kółkami z oznaczeniem graficznym rodzaju lasu (iglasty, liściasty) i opisem dominującego gatunku, np. sosna lub olcha,
- zakrzaczenia – nieregularnie rozmieszczonymi mniejszymi kółkami, których wielkość nie odpowiada wielkości obiektów w danej skali. Stosuje się także oznaczenia literowe.

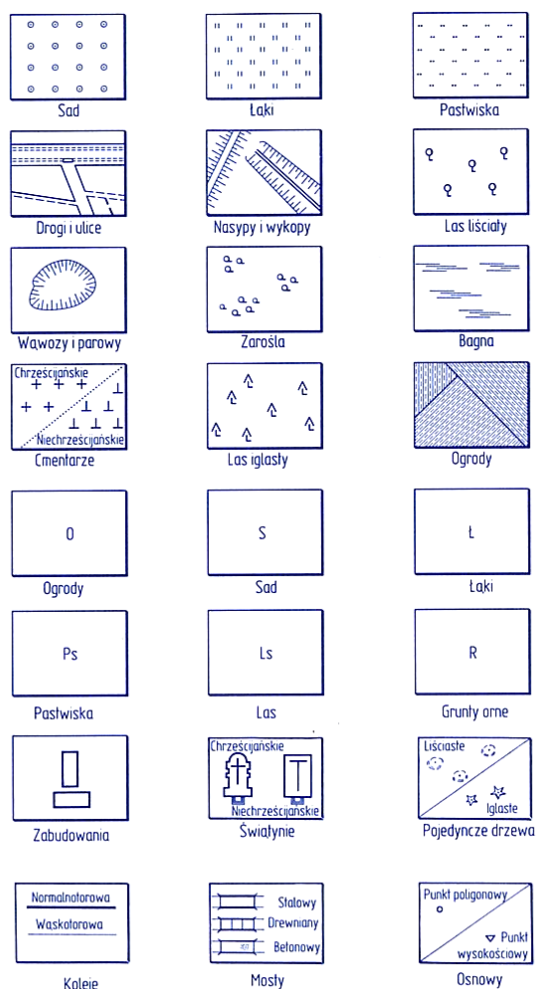
Na mapie są również oznaczone **szczegóły sytuacyjne**, np.:

- zabudowania i granice siedlisk,
- drogi (o nawierzchni gruntowej – linią przerywaną, o nawierzchni ulepszonej – podwójną linią ciągłą).

Treść mapy zależy od jej przeznaczenia i skali. Na mapach o skalach mniejszych stopień generalizacji szczegółów terenowych jest większy, przez co treściowo są one uboższe. Mapy ogólnogeograficzne zawierają wszystkie elementy krajobrazu powierzchni Ziemi o jednakowym stopniu szczegółowości, zależnym jedynie od skali opracowania. Na mapach tematycznych, obok treści map geograficznych, wyeksponowane są wybrane informacje o terenie. Szczegóły na mapach wielkoskalowych przedstawia się w formie rzutu prostokątnego ich krawędzi (obrysu) w odpowiedniej skali. Jeżeli, ze względu na skalę opracowania lub charakter szczegółu, jest to niemożliwe, przedstawia się go za pomocą znaku umownego.

**Tab. 1.** Podział map [6, s. 26]

Mapy geograficzne			
Mapy ogólnogeograficzne			Mapy tematyczne
topograficzne wielkoskalowe do 1:10 000	topograficzne średnioskalowe 1:10 000 do 1:50 000	topograficzne małoskalowe 1:50 000 do 1:500 000	gospodarczo–społeczne
			przyrodnicze
Mapy tematyczne			
gospodarczo–społeczne		przyrodnicze	
gospodarcze	społeczne	fizjograficzne	sozologiczne
mapy zasadnicze podstawowego zagospodarowania terenu uzbrojenia terenu komunikacji przemysłu rolnictwa usług	demograficzne wybranych elementów socjalno-bytowych patologii społecznej	geologiczne rzeźby terenu hydrograficzne klimatu glebowe szaty roślinnej świata zwierzęcego	zagrożenia środowiska ochrony środowiska



**Rys. 6.** Przykłady znaków umownych stosowanych na mapach topograficznych [2, s. 24, 25]

## 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zagadnienia obejmują prace miernicze?
2. Co trzeba znać, by wykonać pomiary w terenie?
3. Na czym polega graficzne opracowanie wyników prac mierniczych?
4. Jaka nauka obejmuje prace miernicze?
5. Co to jest mapa?
6. Od czego zależy treść mapy?
7. Jak dzielą się mapy?
8. Jak może być przedstawiona rzeźba terenu?
9. Jakie obiekty mają przedstawiać znaki umowne na mapach topograficznych?
10. Co wyraża skala mapy?

## 4.1.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wykonaj obliczenia związane z mapą w skali 1:10 000:

- a) oblicz rzeczywistą odległość punktów w terenie, jeśli na mapie ich odległość wynosi 15 cm,
- b) podaj odległość punktów na mapie, gdy w terenie są one oddalone od siebie o 200 m.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady przeliczania wymiarów rzeczywistych w skali,
- 2) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator.

### Ćwiczenie 2

Na fragmencie mapy otrzymanym od nauczyciela rozpoznaj znaki umowne i zapisz, jakie szczegóły przedstawiają.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w literaturze znaki umowne stosowane na mapach,
- 2) przeanalizować mapę,
- 3) zapisać rozpoznane na mapie znaki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- fragment mapy,
- literatura.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

##### Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić zakres prac mierniczych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) posłużyć się mapami sytuacyjno-wysokościowymi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) obliczyć odległość rzeczywistą w terenie na podstawie odległości na mapie i określić odległość na mapie mając podaną odległość zmierzoną w terenie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Pomiary geodezyjne i zasady ich wykonywania

### 4.2.1. Materiał nauczania

Do podstawowych pomiarów w miernictwie (geodezji niższej) należą:

- **pomiary sytuacyjne**, które przedstawiają obraz rozmieszczenia na planie szczegółów terenowych, takich jak budynki, granice działek, drogi, rzeki itp.; dzięki nim powstają plany sytuacyjne obiektów, które pokazują wzajemne rozmieszczenie elementów terenu po ich rzutowaniu na płaszczyznę odniesienia, bez podawania rzeźby terenu;
- **pomiary wysokościowe**, które przedstawiają obraz rzeźby danego terenu; w wyniku ich przeprowadzenia powstają plany wysokościowe obiektów, które przedstawiają wysokości punktów terenowych mierzone od poziomu morza (tzw. wysokości bezwzględne) lub – od obranej dowolnie płaszczyzny rzutów (wysokości względne); wysokości podawane są w postaci rzędnych, czyli liczb wskazujących odległość punktu od płaszczyzny rzutu, lub w postaci warstwic, czyli linii łączących punkty terenu o tej samej wysokości; układ warstwic daje wyraźny obraz rzeźby terenu;
- **pomiary sytuacyjno–wysokościowe**, które łączą wymienione wcześniej rodzaje pomiarów; dzięki nim powstają plany sytuacyjno–wysokościowe obiektów.

Podczas wykonywania prac mierniczych należy przestrzegać dwóch podstawowych zasad obowiązujących przy każdej czynności pomiarowej.

Pierwszą z nich jest **zasada kontrolowania każdego pomiaru**. Najprostszym sposobem kontroli wyniku pomiaru określonego elementu jest co najmniej dwukrotne powtórzenie tego pomiaru. Gdy wyniki dwa lub kilka razy zmierzonej wielkości danego elementu różnią się między sobą, należy określić, jak wielkie są te różnice w stosunku do wielkości danego elementu (oszacowanego z grubsza), a następnie określić, z jaką dokładnością pomiar został wykonany i ocenić, czy może być uznany za prawidłowy, czy nie.

Drugą zasadą jest **zasada przechodzenia od ogółu do szczegółów**. W związku z tym należy w pierwszej kolejności wyznaczyć na nim szereg punktów głównych, tworzących niejako ogólne ramy danego terenu i drogą odpowiednich pomiarów ustalić wzajemne ich położenie względem siebie.

Gdy mamy wykonać pomiar działki budowlanej, to rozpoczynamy go od znalezienia punktów granicznych działki, stanowiących ośnowę pomiarową (tzw. techniczną). Jeżeli prowadzone są pomiary dużych obszarów to zakładana jest w terenie sieć punktów oporowych (głównych), która stanowi tzw. **ośnowę geodezyjną**. Przykładowo rozróżniamy następujące ich rodzaje:

- **osnowy podstawowe** – będące zbiorami punktów wyznaczonych w celu badania kształtu i pomiaru Ziemi oraz nawiązania i wyrównania osnów szczegółowych w państwowych układach: współrzędnych i wysokości;
- **osnowy szczegółowe** – będące zbiorami punktów wyznaczanych w celu nawiązania i wyrównania osnów pomiarowych w państwowych układach: współrzędnych i wysokości oraz nawiązania zdjęć fotogrametrycznych i numerycznych modeli terenu;
- **osnowy pomiarowe** (realizacyjne) – będące zbiorami punktów wyznaczonych w celu oparcia pomiarów sytuacyjnych i rzeźby terenu, wytyczania projektów na gruncie i wykonania pomiarów realizacyjnych przy obsłudze inwestycji oraz badania i określania przemieszczeń obiektów budowlanych i podłoża gruntowego.

Osnowy geodezyjne mogą mieć charakter poziomy lub wysokościowy. Tworzące je punkty są w specjalny sposób stabilizowane w zależności od tego, jaki mają charakter i gdzie się znajdują – naziemne i podziemne. Punkty wysokościowe noszą nazwę reperów.

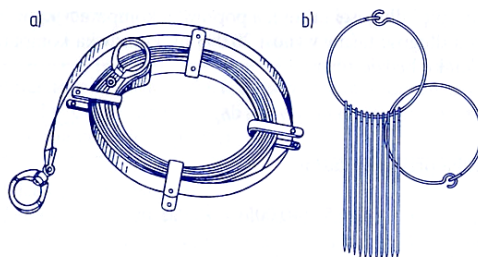
Każdy pomiar w terenie ma dwa etapy wykonawcze:

- 1) pomiar ogólny,
- 2) pomiar szczegółowy.

Osnowa pomiarowa służy do domierzania do niej obiektów szczegółowych w drugim etapie pomiaru.

#### Do pomiarów geodezyjnych stosuje się sprzęt i narzędzia miernicze:

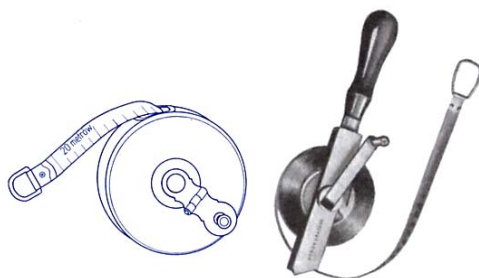
**Taśma miernicza** to stalowa wstęga szerokości 10÷30 mm, grubości 0,4 mm i długości 20, 25, 30 lub 50 m. Najczęściej stosuje się taśmy 20-metrowe. Taśmy mają podział decymetrowy. Każdy decymetr jest oznaczony otworkiem. W co piątym otworku, czyli co 0,5 m, jest umieszczony nit, natomiast co 1 m na taśmie znajdują się blaszki z opisem liczby metrów. Obydwa końce taśmy mają metalowe nakładki z uchwytami ułatwiającymi trzymanie przyrządu.



Rys. 7. Taśma miernicza i szpilki [2, s. 48]

**Szpilki** to stalowe pręty o średnicy ok. 5 mm i długości 30 cm. Wbijają się je w ziemię, oznaczając kolejne położenia końców taśmy.

**Ruletka** to lekki przyrząd taśmowy wykonany z taśmy stalowej o szerokości ok. 1 cm lub z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym. Długość taśmy w ruletce może wynosić 10÷50 m. Najbardziej rozpowszechnione są ruletki 25- i 50-metrowe. Ruletki mają podziałkę centymetrową lub milimetrową.



Rys. 8. Ruletki [2, s. 50]

**Dalmierze.** Najprostsze z nich są **dalmierze kreskowe**, wmontowane w lunety teodolitów, tachimetrów lub niwelatorów. Znacznie dokładniejsze i szybsze w użyciu są **dalmierze elektroniczne**, stanowiące standardowe wyposażenie tachimetrów elektronicznych. Istnieją też dalmierze innych rodzajów: diagramowe, jednoobrazowe, dwuobrazowe oraz nowoczesne urządzenia radiowe i laserowe.

**Busola** służy do oznaczania przede wszystkim tzw. azymutu, czyli kąta zawartego pomiędzy kierunkiem wyznaczającym północ, a danym kierunkiem, wskazanym zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Kierunek o wartości  $0^\circ$  wskazuje północ, a  $180^\circ$  – południe.

Za pomocą busoli można:

- określić położenie względem stron świata,
- wyznaczyć kąt kierunkowy,
- wyznaczyć odległość punktu niedostępnego,
- sporządzić szkic terenowy.



**Rys. 9.** Busola [4, s. 165]

Określanie położenia względem stron świata polega na ustawieniu busoli w pozycji poziomej i zwolnieniu igły magnetycznej, która po „uspokojeniu się” układa się w płaszczyźnie południkowej. Busolę należy ustawić tak, aby kierunek N – S (północ południe) pokrył się z kierunkiem igły magnetycznej.

**Wysokościomierz** jest przyrządem, który działa w dwóch systemach pomiaru wysokości uzależnionych od odległości od mierzonego obiektu. Są to odległości: 15 m i 20 m.





Rys. 10. Wysokościomierz [4, s. 184]

Podczas pomiaru wysokości należy:

- odmierzyć odległość 15 lub 20 m od mierzonego obiektu,
- wycelować za pomocą wysokościomierza na najwyższy punkt,
- dokonać odczytu w systemie odczytowym przeznaczonym dla danej odległości,
- do odczytanej wielkości dodać swoją własną wysokość.

**Węgielnice** to przyrządy do wyznaczania kierunków prostopadłych do danej prostej lub wtyczania się na prostą, tzn. odnajdowania punktu na prostej.

Węgielnice optyczne mogą być:

- zwierciadlane, których obecnie prawie się już nie stosuje – zbudowane z dwóch lusterek nachylonych do siebie pod kątem  $45^{\circ}$ , umieszczonych w trójkątnej oprawce z otworami,
- pryzmatyczne.

Spośród **węgielnic pryzmatycznych** najbardziej rozpowszechniona jest **węgielnica pentagonalna** podwójna, zwana krzyżem pentagonalnym. Jest ona zbudowana z dwóch nałożonych na siebie szklanych pryzmatów pięciobocznych, obróconych pod kątem  $90^{\circ}$ . W każdym z nich jeden z kątów podstawy jest prosty, a pozostałe mają po  $112^{\circ}30'$ . Trzy ścianki są zabudowane i odbijają promienie słoneczne. Oba pryzmaty są umieszczone w oprawie z trzema okienkami i zaczepem, na którym zawieszają się **pion**, ułatwiający ustawienie węgielnicy dokładnie nad danym punktem.



Rys. 11. Węgielnica pentagonalna podwójna z pionem [1, s. 163]





Rys. 12. Węgielnica pentagonalna dwuprzyzmatyczna z pionem [1, s. 163]

**Niwelator** jest przyrządem do prowadzenia pomiarów niwelacyjnych. Niwelator optyczny składa się z następujących części:

- 1) **lunety**, za pomocą której celuje się do łąty; na jej korpusie znajduje się proste urządzenie celownicze w postaci muszki i szczerbinki, umożliwiające wstępne wycelowanie na łątę;
- 2) **śruby ogniskujące**, która służy do ustawienia ostrości obrazu;
- 3) **okularu**, który służy do ustawienia ostrości krzyża kresek, znajdującego się w lunecie i pozwalającego wykonać odczyty na łącie;
- 4) **libelli pudełkowej** z lusterkiem, umożliwiającym skontrolowanie wypoziomowania instrumentu;
- 5) **leniwki koła poziomego**, która służy do wykonywania bardzo precyzyjnych drobnych ruchów lunetą w poziomie, pozwala dokładnie wycelować krzyż kresek na łątę niwelacyjną;
- 6) **koła odczytu** kąta poziomego, wyposażonego w system stopniowy lub gradowy;
- 7) **śrub nastawczych**, które służą do wypoziomowania instrumentu;
- 8) **spodarki**, stanowiącej podstawę instrumentu, wyposażonej w śrubę do mocowania niwelatora ze statywem w postaci charakterystycznego trójnożu.

Ważnymi czynnościami, poprzedzającymi sam pomiar prowadzony na łątach, są: zamontowanie instrumentu na statywie i wypoziomowanie niwelatora.



Rys. 13. Niwelator laserowy [1, s. 209]



Rys. 14. Niwelator elektroniczny [1, s. 209]

**Teodolit** to przyrząd służący do pomiarów kątów poziomych i pionowych w terenie. W lunetę teodolitu zwykle wmontowany jest dalmierz, służący do pomiarów odległości.

Do nowoczesnych technik pomiarowych wykorzystuje się sprzęt elektroniczny, umożliwiający automatyczne pozyskiwanie danych i przetwarzanie ich za pomocą komputera, a także technikę laserową. Coraz częściej w pomiarach prowadzonych przez geodetów stosowane są: **teodolity kodowe** z elektrooptycznymi nasadkami dalmierzowymi, **tachimetry elektroniczne** z możliwością automatycznej rejestracji danych, samopoziomujące niwelatory kodowe oraz sprzęt laserowy.



Rys. 15. Teodolit elektroniczny [1, s. 209]

Teodolity, których konstrukcja umożliwia wykonywanie wszystkich wyżej wymienionych pomiarów – a więc większość produkowanych obecnie urządzeń tego typu – nazywa się często **tachimetrami**.

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie podstawowe pomiary są realizowane w miernictwie?
2. Na czym polega zasada kontrolowania każdego pomiaru?
3. Na czym polega zasada przechodzenia od ogółu do szczegółu?
4. Wymień sprzęt do mierzenia odległości.
5. Co to jest dalmierz i do czego służy?
6. Jakim sprzętem mierzy się kąty poziome i pionowe w terenie?
7. Jakie zastosowanie ma wysokościomierz?
8. Jaki sprzęt stosowany jest w nowoczesnych technikach pomiarowych?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Zaplanuj front robót mierniczych na działce budowlanej – rekreacyjnej, na której wytyczyć należy miejsce pod altankę i dobierz odpowiedni sprzęt.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować plan zagospodarowania działki budowlanej,
- 2) dobrać sprzęt mierniczy,
- 3) zaplanować front robót mierniczych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dokumentacja budynku,
- literatura.

### Ćwiczenie 2

Dokonaj pomiaru długości korytarza szkolnego z uwzględnieniem obowiązujących zasad i odpowiedniego sprzętu mierniczego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt mierniczy,
- 2) przeanalizować zasady wykonywania pomiarów,
- 3) wykonać pomiary,
- 4) zapisać wyniki pomiarów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt mierniczy,
- literatura.

## 4.2.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |   | <b>Tak</b>               | <b>Nie</b>               |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić zasady wykonywania pomiarów mierniczych?                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) określić i podać rodzaje osnów pomiarowych?                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) dobrać sprzęt i przyrządy pomiarowe do prowadzenia prac mierniczych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.3. Tyczenie prostych w terenie

### 4.3.1. Materiał nauczania

Tyczenie prostych w terenie może odbywać się za pomocą tyczek mierniczych, a wytyczone punkty – główne i pośrednie – powinny być stabilizowane za pomocą drewnianych kołków (oznaczonych numerami lub literami), które pomagają znaleźć potrzebne nam punkty po zabraniu tyczek. Tyczki wyznaczają prostą wtedy, gdy są ustawione w jednej płaszczyźnie pionowej, stoją pionowo i „pokrywają się” dla obserwatora patrzącego w płaszczyźnie wytyczonej prostej. Pionowe ustawienie tyczki można skontrolować za pomocą pionu w postaci obciążnika zawieszonoego na sznurku, który zgodnie z zasadą przyciągania ziemskiego będzie przyjmował położenie pionowe.

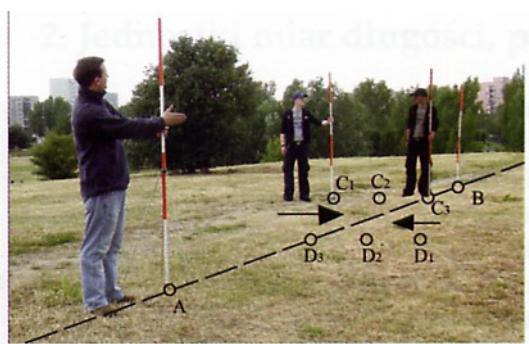
Do pionowania tyczki służy też proste, uniwersalne urządzenie w postaci libelli, zaopatrzonej w system odczytu położenia pionowego (np. libelle pudełkowa), który jest podobny do budowlanej poziomicy.

Tyczenie wykonuje się okiem nieuzbrojonym lub za pomocą **lunety instrumentu optycznego**.

Tyczenie prostej ma na celu wytyczenie kierunku, w którym będzie prowadzony pomiar odległości. Może się ono odbywać różnymi **metodami** w zależności od naszych potrzeb oraz rzeźby terenu, co wiąże się ściśle z dobrą widocznością.

**I Tyczenie w przód** polega na wyznaczaniu położenia i zasygnalizowaniu punktów pośrednich na prostej, pomiędzy punktami A i B. Obserwator ustawia się w odległości 3 ÷ 5 m za jednym z nich i naprowadza pośrednią tyczkę pomocnika na prostą.

W przypadku tyczenia instrumentem ustawia się go (centruje) nad punktem A i celuje lunetą do punktu B. Patrząc przez lunetę, naprowadza się sygnały pośrednie (np. tyczki) na kreskę pionową jej siatki celowniczej. Do tyczenia wykorzystuje się również instrumenty laserowe. W miejsce osi celowej emitowany jest promień laserowy, a tyczenie polega na ustawieniu sygnału pośredniego na drodze promienia.



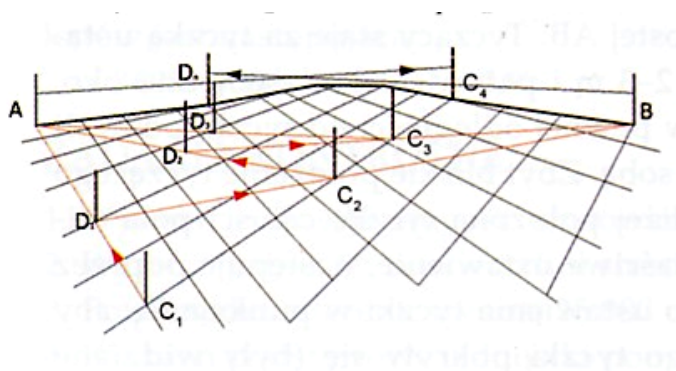
Rys. 16. Tyczenie prostej w terenie metodą „w przód” [1, s. 160]

**II Tyczenie „na siebie”** – polega na tyczeniu prostej na przedłużeniu punktów A i B (rys. 11). Ten sposób tyczenia można wykonać samodzielnie, ustawiając poza tyczkami w punktach A i B, tak jak w poprzednim przypadku, tyczkę w punkcie C, który „na oko” wydaje się leżeć na przedłużeniu prostej AB. Następnie należy odsunąć się o 2 – 3 cm w celu uzyskania lepszej widoczności i spojrzeć w kierunku tyczki ustawionej w punkcie A. Jeśli tyczki nie pokrywają się, należy korygować położenie tyczki C aż do skutku, czyli do momenty, w którym tyczki A, B i C będą widziane przez tyczącego jako jedna.



Rys. 17. Tyczenie prostej w terenie metodą „na siebie” [1, s. 160]

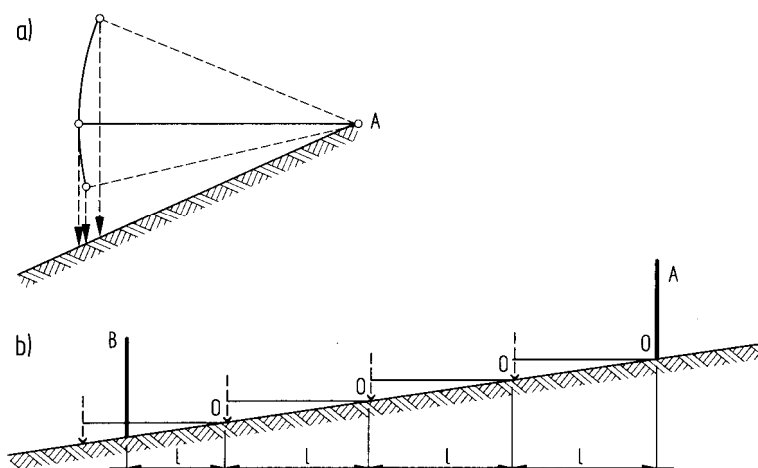
**III Tyczenie za pomocą kolejnych przybliżeń** (nazywane też tyczeniem ze środka lub tyczeniem przez przeszkody) stosuje się, gdy z punktu A nie widać punktu B (np. wzgórze) lub, gdy są to punkty ścienne, zza których nie można prowadzić obserwacji. Pomiedzy punkty A i B wprowadza się dwie tyczki pośrednie C i D. Patrząc zza tyczki pośredniej C, naprowadza się tyczkę D na prostą CB, następnie zza tyczki D naprowadza się tyczkę C na prostą DA. Tak postępuje się na przemian do momentu, kiedy wszystkie tyczki znajdują się na prostej.



Rys. 18. Tyczenie prostej w terenie metodą kolejnych przybliżeń [1, s. 160]

Pomiaru długości wytyczonej prostej wykonuje się przez odkładanie taśmy stalowej.

Jeżeli ukształtowanie terenu nie pozwala na poziome rozciągnięcie całej długości taśmy, stosuje się tzw. metodę schodkową. Rozciąga się w poziomie odpowiednio krótsze odcinki taśmy, a ich końce odrzutowuje na teren za pomocą pionu sznurkowego.



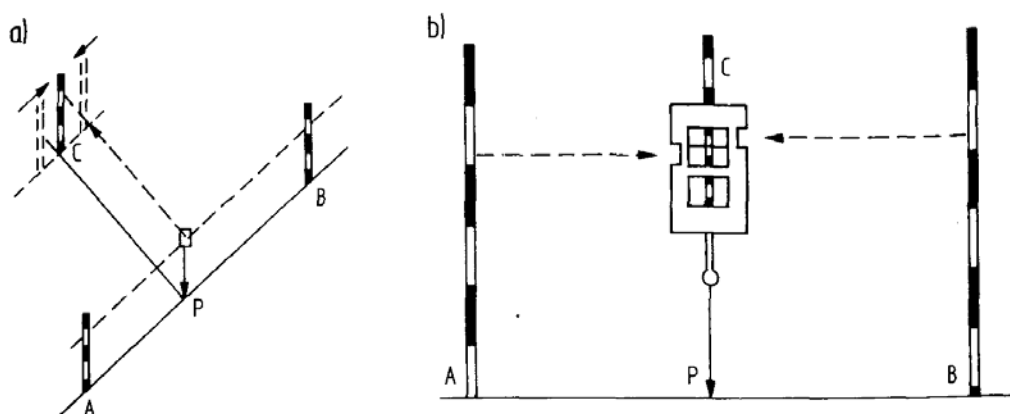
**Rys. 19.** Pomiar długości metodą schodkową: a) poziomowanie taśmy mierniczej za pomocą pionu, b) kolejne przyłożenia taśmy [4, s. 92]

Pomiar długości wykonuje się zawsze dwukrotnie. Dokładność pomiaru długości taśmą wynosi około 1:5000, tj.  $\pm 2$  cm na 100 m.

### Wyznaczanie prostych prostopadłych

Wyznaczając prostą prostopadłą do odcinka AB, przechodzącą przez punkt P na tej prostej należy:

- ustawić się z węgielnicą tak, aby pion znajdował się nad punktem P,
- jedno okienko węgielnicy skierować w stronę tyczki A, drugie – w stronę tyczki B, a następnie zgrać ich obrazy w pionie, obserwując przez trzecie okienko tyczkę C,
- kierować pomiarowym z tyczką C do momentu, w którym stanie się ona przedłużeniem obrazów tyczek A i B w obu pryzmatach.



**Rys. 20.** Tyczenie prostopadłych za pomocą węgielnicy pentagonalnej podwójnej [4, s. 80]

Pokrycie się obrazów tyczek A i B oznacza, że węgielnica znajduje się dokładnie nad linią AB. Gdy obrazy wszystkich trzech tyczek A, B, C pokryją się, wówczas punkty P i C wyznaczą prostą prostopadłą do AB w danym punkcie P.

Ze względu na możliwość błędu linie wytyczone węgielnicą nie powinny być dłuższe niż:



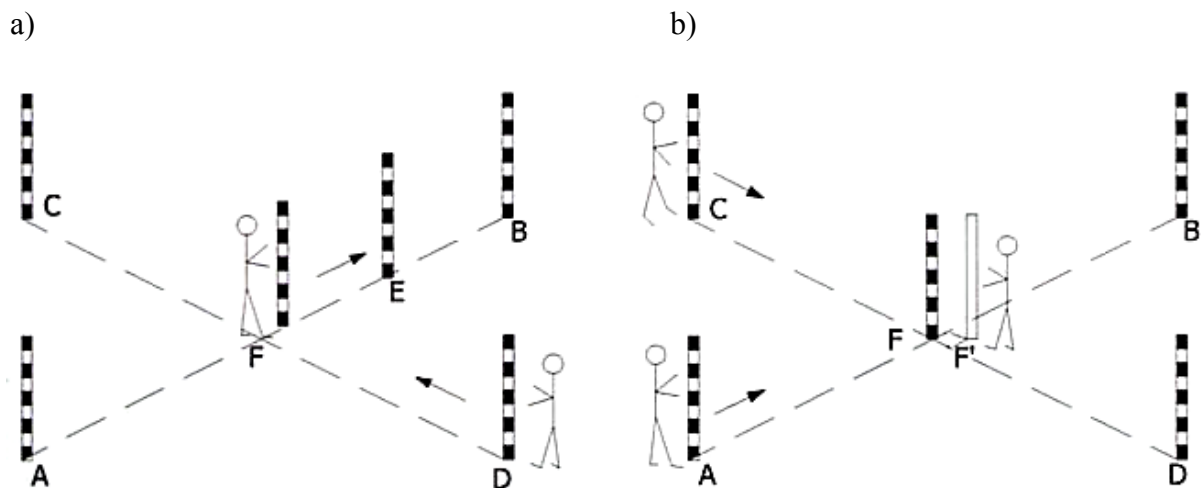
- 30 m – gdy wyznacza się usytuowanie obiektów zaliczanych do I grupy dokładności, np. budynków lub granic działek,
- 50 m – gdy wyznacza się usytuowanie obiektów zaliczanych do II grupy dokładności, np. drzew, parków, dróg wewnętrznych,
- 70 m – gdy wyznacza się usytuowanie obiektów zaliczanych do III grupy dokładności, np. granic użytków lub obszarów wodnych.

**Tyczenie punktu przecięcia dwóch prostych** może odbywać się dwiema metodami: z jednym lub dwoma pomocnikami.

**1. Tyczenie z jednym pomocnikiem** – polega na wytyczeniu punktu przecięcia dwóch prostych AB i CD poprzez uprzednie wytyczenie dodatkowego punktu E na prostej AB metodą „w przód”. Po wytyczeniu dodatkowego punktu E zaznacza się go tyczką analogicznie do punktów A, B, C i D. Następnie tyczący staje, np. z tyczką ustawioną w punkcie D, a pomocnik staje z tyczką F, w punkcie leżącym na przedłużeniu odcinka EB, tycząc jakby prostą metodą na siebie. Tyczący ukierunkowuje pomocnika tak, aby wyznaczony punkt F znalazł się na prostej CD. Punkt przecięcia jest wyznaczony wtedy, gdy jednocześnie pomocnik widzi, że tyczki pokrywają się w punktach F, E i B, a tyczący, że w punktach D, F i C.

**2. Tyczenie z dwoma pomocnikami** – polega na ustawieniu pomocników za tyczkami znajdującymi się w punktach A i C tak, aby obserwowali proste AB i CD przy jednoczesnym ustawieniu się tyczącego w punkcie, w którym przypuszcza, że proste te się przecinają.

Tyczący przy pomocy kierujących nim pomocników (każdy z nich tyczy swoją prostą metodą „w przód”), szuka punktu F, który musi należeć do obydwu prostych – wtedy jest punktem ich przecięcia.



**Rys. 21.** Tyczenie punktu przecięcia dwóch prostych w terenie: a) z jednym pomocnikiem, b) z dwoma pomocnikami [1, s. 161]

Podczas prowadzenia prac pomiarowych związanych z inwentaryzacją terenu lub przenoszeniem projektu z planu na grunt, cenną jest umiejętność **tyczenia kąta prostego**. W zależności od wymaganego stopnia dokładności pomiarów oraz od posiadanego sprzętu można zastosować różne metody tyczenia. Tyczenie kąta prostego w terenie w wyznaczonym punkcie, leżącym na prostej, można wykonać kilkoma sposobami, używając: sznura, taśmy mierniczej czy węgielnicy.

- **Sznur** – metoda polega na odłożeniu za pomocą sznura tej samej odległości w jednym i drugim kierunku wyznaczonej prostej i oznakowaniu ich palikami. Następnie z tak

znalezionych punktów, należy odłożyć te same odległości sznura i doprowadzić do ich zetknięcia (metoda przypomina sposób postępowania podczas wyznaczania prostej prostopadłej do danej prostej w geometrii płaskiej za pomocą cyrkla i linijki). Kierunek wyznaczony przez tak znalezione punkty jest prostopadły do danej prostej w wybranym jej punkcie – tak więc kąt prosty został wytyczony.

- **Taśma miernicza** – metoda polega na posłużeniu się konkretnymi długościami taśmy zastosowanymi jak w poprzedniej metodzie, a więc wyznaczeniu trójkąta równobocznego lub równoramiennego, stosując konkretne odległości. Można to również wykonać przez zbudowanie trójkąta prostokątnego, opierając się na znanych z geometrii zależnościach pomiędzy kwadratami przyprostokątnych i kwadratem przeciwprostokątnej w trójkącie prostokątnym (twierdzenie Pitagorasa).
- **Węgielnica** – metoda dokładniejsza od poprzednich i możliwa do zastosowania, gdy mamy do czynienia z nieco większymi odległościami. Polega na wyznaczeniu kąta prostego za pomocą węgielnicy i tyczek.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Przy pomocy jakiego sprzętu wykonujemy tyczenie prostych?
2. Za pomocą czego dokonuje się pionowania tyczki?
3. Ile jest metod tyczenia prostych w terenie?
4. Na czym polega tyczenie „w przód”?
5. Na czym polega tyczenie „na siebie”?
6. Na czym polega tyczenie za pomocą kolejnych przybliżeń?
7. W jaki sposób dokonuje się pomiaru prostej w terenie?
8. Jak tyczymy proste prostopadłe?
9. Na czym polega tyczenie punktu przecięcia z jednym pomocnikiem?
10. Na czym polega tyczenie punktu przecięcia z dwoma pomocnikami?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

W zespole 3 osobowym wykonaj tyczenie prostych w terenie. Każdy w zespole powinien zaproponować inny sposób tyczenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady tyczenia prostych w terenie,
- 2) ustalić kolejność wykonywania tyczenia każdą z metod,
- 3) wytyczyć proste w terenie trzema metodami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt mierniczy,
- literatura.

#### Ćwiczenie 2

W zespole 3 osobowym wyznacz kąt prosty w terenie za pomocą taśmy mierniczej.



### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować sposoby tyczenia kąta prostego za pomocą taśmy mierniczej,
- 2) wyznaczyć kąt prosty dwoma sposobami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- taśma miernicza,
- literatura.

### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- 1) wykonać pomiary liniowe w terenie?
- 2) wytyczyć linię prostą i linie prostopadłe w terenie?
- 3) wytyczyć kąty w terenie?

**Tak**      **Nie**

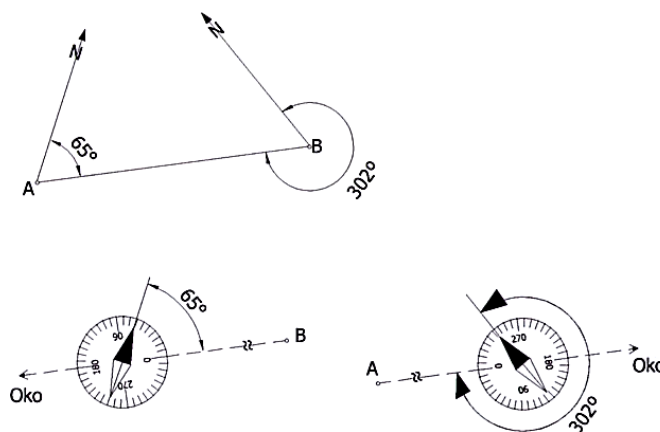
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.4. Pomiary kątów

### 4.4.1. Materiał nauczania

Bardzo ważny w prowadzeniu pomiarów w terenie jest pomiar kątów, który może dotyczyć kątów: poziomych i pionowych. Najprostszym, tradycyjnym sposobem pomiaru kątów w terenie, stosowanym jeszcze bardzo często, jest **pomiar z wykorzystaniem busoli** i wskazań igły magnetycznej.

Wyznaczanie kąta kierunkowego przy użyciu busoli należy rozpocząć od określenia stron świata. Zgodnie z podaną definicją azymutu, jest to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem północy a wskazanym kierunkiem (np. w przypadku biegów terenowych jest to kąt zawarty pomiędzy kierunkiem północy a kierunkiem marszu). Po ustawieniu busoli zgodnie ze stronami świata, należy wycelować przez urządzenie celownicze do wskazanego punktu, wtedy kąt zawarty pomiędzy południkiem N-S a linią celowania będzie szukanym kątem kierunkowym.



Rys. 22. Przykłady określenia kąta kierunkowego za pomocą busoli [1, s. 166]

Pomiaru kąta w terenie można dokonać także za pomocą **niwelatora** (kąt poziomy), **teodolitu** lub **tachimetru**, które są wyposażone w specjalne systemy odczytu kątów poziomych i pionowych. W niwelatorze znajduje się tzw. koło odczytu kąta poziomego. Wykorzystanie tego urządzenia polega na ustawieniu odczytu na zero przy wycelowaniu na kierunek, w stosunku do którego chcemy zmierzyć kąt. Jeśli chcemy zmierzyć w terenie kąt zawarty pomiędzy punktami AOB, musimy ustawić niwelator dokładnie nad punktem O, po jego spoziomowaniu wycelować do łaty niwelacyjnej ustawionej w punkcie A i w takim położeniu wyzerować odczyt koła poziomego. Następnie celujemy dokładnie lunetą do punktu B i odczytujemy na kole poziomym wartość kąta  $\alpha$  (AOB). W odróżnieniu od niwelatora, który działa w poziomie, teodolity i tachimetry mogą działać i dokonywać pomiaru przy pochyleniu lunety, co daje możliwość pomiaru kąta pionowego za pomocą specjalnych systemów odczytowych w dwóch położeniach koła pionowego: lewym i prawym, obecnie w formie elektronicznej, np. w tachimetrach elektronicznych.

Wielkość kąta można wyrazić w mierze łukowej, stopniowej lub gradowej. Miarą łukową kąta jest stosunek długości łuku do długości jego promienia. Kąt pomiędzy promieniami koła, wycinającymi z jego okręgu łuk o długości równej promieniowi, ma wartość 1 radiana.

Jednostką miary stopniowej jest stopień – jedna trzysta sześćdziesiąta kąta pełnego. Podwielokrotnymi stopnia ( $1^\circ$ ) są: minuta ( $1'$ ) i sekunda ( $1''$ ):

$$1^\circ = 60' = 60 \cdot 60'' = 3600''$$

Jednostką miary gradowej jest grad lub gon ( $1^g$ ) – jedna czterechsetna część kąta pełnego. Setne części grada nazywane są centygradami ( $1^c$ ) lub minutami gradowymi. Dziesięciotysięczne części grada nazywane są decymiligradami lub sekundami gradowymi ( $1^{cc}$ ):

$$1^g = 100^c = 100 \cdot 100^{cc} = 10000^{cc}$$

W miernictwie znajdują zastosowanie geometryczne jednostki miar, takie jak: **długość, powierzchnia i kąty**.

**Podstawową jednostką długości stosowaną w miernictwie jest metr i jego pochodne (wielokrotności):**

- zwiększające – kilometr 1 km = 1000 m,
- zmniejszające – decymetr 1 dm = 0,1 m,
- centymetr 1 cm = 0,01 m,
- milimetr 1 mm = 0,001 m,
- mikrometr 1  $\mu$ m = 0,0001 m

**Jednostką pola powierzchni stosowaną powszechnie jest kwadrat o boku równym 1 m, czyli tzw. metr kwadratowy –  $m^2$** . Pochodne tej jednostki spotykane najczęściej to:

- ar 1 a = 100  $m^2$ ,
- hektar 1 ha = 10 000  $m^2$ .

**Jednostki kąta płaskiego występują w dwóch systemach:**

- **stopniowym**, opartym na stopniu kątowym [ $^\circ$ ], który stanowi 1/360 część kąta pełnego 360 $^\circ$ ; stopień kątowy dzieli się na 60 minut kątowych [ $'$ ], które z kolei dzielą się na sekundy kątowe [ $''$ ], których też jest 60;
  - kąt pełny = 360 $^\circ$ ,
  - kąt półpełny = 180 $^\circ$ ,
  - kąt prosty = 90 $^\circ$ ,
  - 1 $^\circ$  = 60' = ( $\pi/180$ ) radianów,
  - 1' = 60'';
- **gradowym**, opartym na jednostce w postaci grada [ $^g$ ], będącego 1/400 częścią kąta pełnego; podział kąta w systemie gradowym jest dziesiętny; oznacza to, że 1 grad dzieli się na 100 centygradów, tzw. minut dziesiętnych [ $^c$ ] itd.:
  - kąt pełny = 400 $^g$ ,
  - kąt półpełny = 200 $^g$ ,
  - kąt prosty = 100 $^g$ .

Zależność między tymi dwoma najpopularniejszymi systemami miar kątów jest następująca: 360 $^\circ$  = 400 $^g$ , a więc 1 $^g$  = 0,9 $^\circ$ .

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak wyznaczany jest kąt kierunkowy przy użyciu busoli?
2. Jakim instrumentem mierzy się kąt poziomy?
3. Jakim instrumentem mierzy się kąt pionowy?
4. Na czym polega przygotowanie niwelatora teodolitu czy tachimetru do pomiaru kątów?
5. W jakich jednostkach można wyrazić wielkość kąta?
6. Co jest miarą łukową kąta?
7. Jaka jest jednostka miary stopniowej kąta?
8. Jaka jest jednostka miary gradowej kąta?

9. Ile gradów ma kąt pełny?

### 4.4.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Określ kąt kierunkowy za pomocą busoli.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady określania kąta kierunkowego,
- 2) określić strony świata,
- 3) posłużyć się busolą,
- 4) określić kąt kierunkowy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- busola
- literatura.

#### Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiar kąta pionowego przy użyciu teodolitu. Podaj wynik w stopniach i przelicz na grady.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady wykonywania pomiaru kąta,
- 2) wykonać pomiar kąta,
- 3) podać wynik w stopniach,
- 4) przeliczyć stopnie na grady.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- teodolit, tyczki miernicze,
- literatura.

### 4.4.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |  | <b>Tak</b>               | <b>Nie</b>               |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić kąt kierunkowy?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wykonać pomiar kąta poziomego?                                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) przeliczyć wielkość kąta z miary stopniowej na gradową i odwrotnie? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

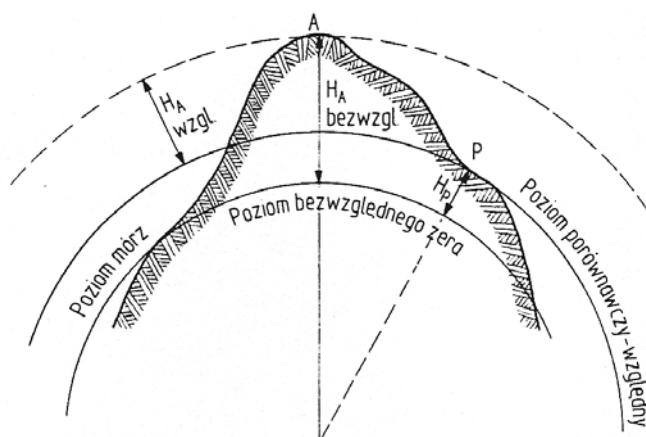
## 4.5. Pomiary wysokościowe

### 4.5.1. Materiał nauczania

**Pomiary wysokościowe** służą do określenia wysokości, czyli rzędnych  $H$ , punktów danego terenu. Pomiar różnic wysokości nazywamy **niwelacją**.

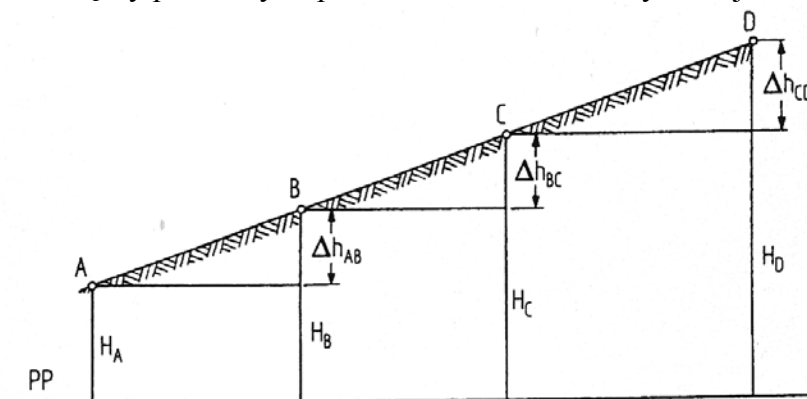
Wysokość punktu jest jego pionową odległością od:

- powierzchni bezwzględnego zera, czyli od powierzchni średniego poziomu morza (wysokość bezwzględna),
- dowolnego punktu w terenie przyjętego umownie jako poziom odniesienia (wysokość względna).



Rys. 24. Rzędne bezwzględne i względne [4, s. 98]

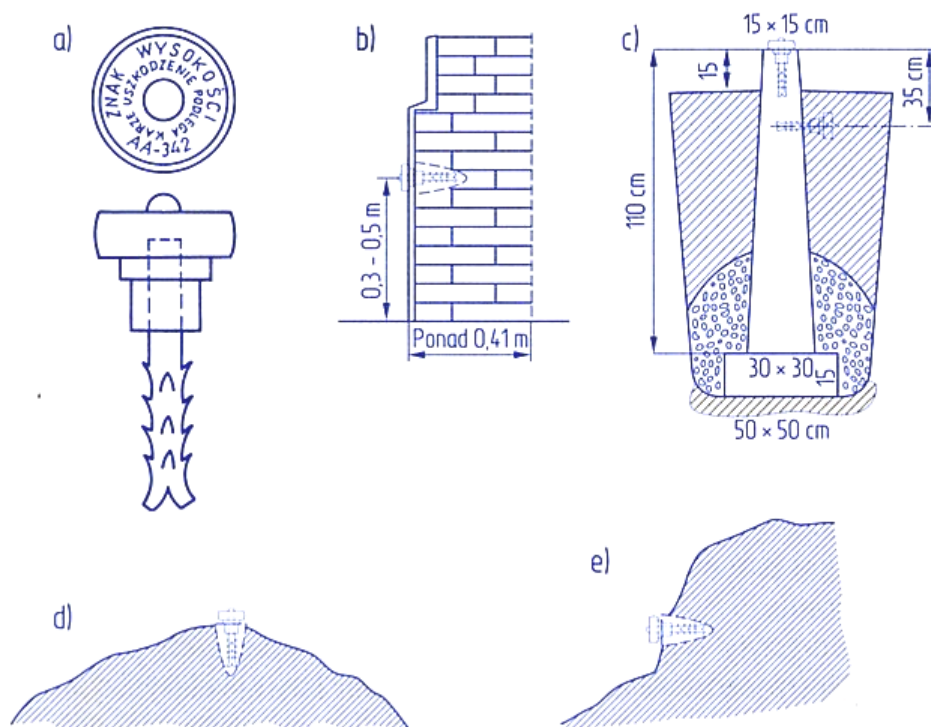
Jeżeli zna się rzędną (wysokość) jednego punktu w terenie, to – wiedząc, jaka jest różnica wysokości między pozostałymi punktami – można obliczyć kolejno ich rzędne.



Rys. 25. Wyznaczanie różnic wysokości punktów [4, s. 99]

Punkty o znanych rzędnych, ustalonych przez państwowe służby geodezyjne, to **repery niwelacyjne**. Sieć reperów niwelacyjnych pokrywa całą Polskę, tworząc geodezyjną osnowę wysokościową. Jako poziom odniesienia sieci reperów przyjęto średni poziom Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczony w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga (Rosja). Rozróżnia się repery:

- **ścienne** – montowane na ścianach obiektów budowlanych,
- **ziemne**,
- **skalne** – wbetonowane w skały.



**Rys. 26.** Reper niwelacyjny i typy jego utrwaleń: a) głowica repera, b) reper ścienny, c) reper ziemny, d) i e) repery skalne [ 4, s. 99]

Sieć reperów w całym kraju – wraz z ich planami sytuacyjnymi – jest skatalogowana.

Pomiary wysokościowe można prowadzić metodą:

- **niwelacji geometrycznej** (za pomocą niwelatora), w której rząd dokładności wyników to milimetry,
- **niwelacji trygonometrycznej** (za pomocą tachimetru), w której dokładność wyników wynosi do kilku centymetrów,
- **niwelacji barometrycznej** – dokładność pomiaru do 2 lub 3 m,
- **niwelacji hydrostatycznej,**
- **niwelacji fotogrametrycznej.**

Dwie pierwsze spośród wyżej wymienionych metod są najważniejsze w pracach geodezyjnych.

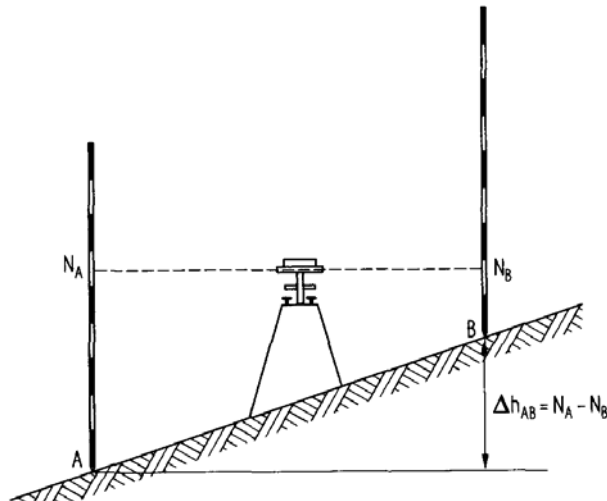
### Niwelacja geometryczna

Do pomiaru wysokościowego metodą niwelacji geometrycznej potrzebny jest niwelator i łąty niwelacyjne. Można zastosować metodę niwelacji ze środka lub niwelacji z końca, zwanej także niwelacją w przód.

Niezależnie od metody pomiaru płaszczyzna celowa niwelatora powinna przebiegać ok. 1,5 m nad terenem.

**Metoda niwelacji ze środka.** Aby zmierzyć różnicę wysokości między punktami A i B, musimy ustawić na nich łąty niwelacyjne i umieścić niwelator mniej więcej na środku odcinka AB. Potem trzeba kolejno:

- wycelować lunetą niwelatora w łątę A i wykonać odczyt  $N_A$ , nazywany **odczytem wstecz**,
- wycelować w łątę B i wykonać odczyt  $N_B$ , czyli **odczyt w przód**.



Rys. 27. Niwelacja ze środka [4, s. 102]

Odczyty  $N_A$  i  $N_B$  to wysokość płaszczyzny celowej nad punktami A i B. Różnica wysokości tych punktów jest równa różnicy odczytów na obu łątach:

$$\Delta h_{AB} = N_A - N_B$$

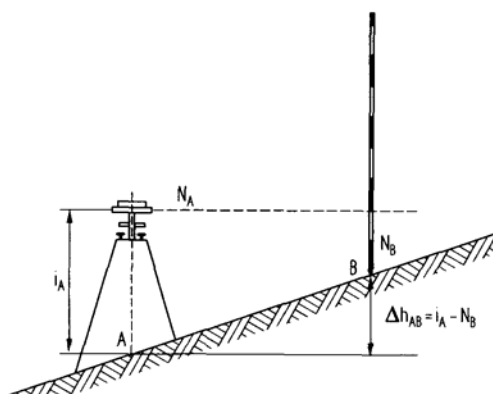
Może to być wartość dodatnia (gdy teren się wznosi) lub ujemna (gdy teren opada).

W metodzie niwelacji ze środka odległość między kolejnymi stanowiskami niwelatora może wynosić do 100 m, tzn. odległość od niwelatora do łąty – maksimum 50 m.

W przeciwnym razie należałoby uwzględniać wpływ zakrzywienia kuli ziemskiej.

**Niwelacja w przód.** W tej metodzie pomiaru niwelator trzeba ustawić nad punktem A, stanowiącym jeden z końców niwelowanego odcinka. Dokładność ustawienia niwelatora sprawdza się pionem. Pomiar należy rozpocząć od zmierzenia  $i_A$ , czyli wysokości poziomej płaszczyzny celowej instrumentu, zwanej wysokością instrumentu. Potem trzeba ustawić łątę niwelacyjną w punkcie B, wycelować w nią lunetą niwelatora i wykonać odczyt  $N_B$ . Różnica wysokości punktów A i B jest równa różnicy wysokości instrumentu  $i_A$  i odczytu  $N_B$ :

$$\Delta h_{AB} = i_A - N_B$$



Rys. 28. Niwelacja w przód [4, s. 103]

Wykonując pomiary niwelacyjne metodą w przód, należy ograniczyć odległość między niwelowanymi punktami do maksimum 50 m, ponieważ tylko wtedy można pominąć wpływ zakrzywienia kuli ziemskiej na dokładność pomiaru. Pomiary wykonywane metodą niwelacji ze środka są szybsze i dokładniejsze w porównaniu z metodą niwelacji w przód.

Tradycyjne pomiary wysokościowe polegające na wykonywaniu pomiarów bezpośrednio w terenie znajdują nadal szerokie zastosowanie w budownictwie.

W najbliższych latach należy spodziewać się szybkich zmian w zakresie pozyskiwania i przetwarzania danych o terenie, m.in. w związku z modernizacją sieci geodezyjnej w kraju. Korzystanie z informacji przygotowanych w nowym systemie wiąże się bowiem z użyciem nowoczesnego sprzętu pomiarowego i dostosowanych do tego celu programów komputerowych. Coraz szersze wykorzystanie nowoczesnych technik geodezyjnych związane jest przede wszystkim z ich dużą dokładnością i wygodą stosowania.

Ze względu na modernizację sieci geodezyjnej w Polsce w nawiązaniu do europejskiej sieci satelitarnej powstaje system informacji przestrzennej o środowisku, oparty na działających w sposób ciągły satelitach i **GPS** (GPS – Global Positioning System). **Globalny System Pozycyjny** jest nowoczesnym narzędziem stosowanym w geodezji do pozyskiwania danych w sposób zautomatyzowany. Uzyskane współrzędne punktów mają charakter cyfrowy. System ten składa się z równomiernie rozmieszczonych satelitów, okrążających Ziemię w systemie ciągłym oraz stacji satelitarnych, śledzących je z Ziemi, a także urządzeń odbiorczych GPS. Pomiar polega na jednoczesnym pomiarze odległości z satelitów, o znanych współrzędnych w trójwymiarowym układzie współrzędnych prostokątnych, z początkiem układu w centrum Ziemi. Metodę tę cechuje duża dokładność pomiarów, niezależnie od pory dnia i nocy.

W 2003 r. powstała w Polsce aktywna sieć geodezyjna ASG-PL, pozwalająca na wyznaczenie pozycji pojedynczych punktów mierzonych za pomocą GPS. Użytkownik w tym systemie korzysta z udostępnieniem banku danych ze stacji satelitarnych systemu. Po zakończeniu pomiarów w terenie użytkownik przekazuje przez internet przybliżone współrzędne przeprowadzonych pomiarów i otrzymuje listę tzw. punktów nawiazania w postaci stacji satelitarnych położonych najbliżej miejsca pomiarów.

Zastosowanie Globalnego systemu Pozycyjnego wiąże się ściśle ze stosowaniem nowoczesnych technik pomiarowych, takich jak fotogrametria i technika termalna oraz nowoczesnego sprzętu elektronicznego (współdziałającego z komputerem i pozwalającego na automatyczną rejestrację danych, ich opracowanie oraz wydruk w postaci mapy numerycznej bądź graficznej). W wyniku przeprowadzonych pomiarów termowizyjnych uzyskuje się odwzorowanie rozkładu temperatur badanego obiektu. Uzyskany obraz nazywany jest termografem. Pomiar jest precyzyjny, szybki i możliwy do zastosowania w utrudnionych warunkach terenowych, gdzie pomiar bezpośredni jest znacznie utrudniony. Urządzenia termowizyjne to przede wszystkim kamery termalne, skanery termalne i czujniki temperatury.

**Teledetekcja** to metoda stosunkowo nowa. Zajmuje się przetwarzaniem i interpretacją informacji, które pozyskano metodami bezkontaktowymi. Jedną z tych metod jest **fotogrametria**. Polega ona na zjawisku emitowania przez obiekty długofalowego promieniowania podczerwonego. Pomiar prowadzi się z samolotu za pomocą radiometrów lub specjalnych skanerów, które przetwarzają odbierane sygnały na obraz widzialny. Szczególną zaletą metody jest możliwość jej stosowania nie tylko w ciągu dnia, ale również w nocy. Teledetekcja wykorzystuje i przetwarza również dane pozyskane dzięki:

- satelitom z urządzeniami pomiarowymi, do których należy skaner wielospektralny, skanujący powierzchnię Ziemi i rejestrujący intensywność energii odbitej od obiektów terenowych,
- systemowi kamer telewizyjnych działających synchronicznie, przeznaczonych do monitorowania powierzchni Ziemi.



## 4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Czego dotyczą pomiary wysokościowe?
2. Jak nazywa się pomiar różnic wysokości?
3. Co to są repery?
4. Jakie mogą być repery?
5. Jakimi metodami można prowadzić pomiary wysokościowe?
6. Na czym polega metoda niwelacji ze środka?
7. Na czym polega metoda niwelacji w przód?
8. Jakie zmiany następują w pomiarach wysokościowych z uwagi na postęp techniczny i modernizację sieci geodezyjnej kraju?
9. Co to jest Globalny System Pozycyjny?
10. Jakie są nowoczesne techniki pomiarowe?
11. Na czym polega metoda badawcza o nazwie termowizja?
12. Co to jest fotogrametria?

## 4.5.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiar różnic wysokości między punktami A i B metodą niwelacji ze środka.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować metody prowadzenia pomiarów wysokościowych w terenie,
- 2) dobrać sprzęt i narzędzia miernicze,
- 3) przygotować stanowisko pomiarowe,
- 4) wykonać pomiar,
- 5) obliczyć różnicę wysokości.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt i narzędzia miernicze,
- literatura,
- notatnik.

### Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiar różnic wysokości między punktami A i B metodą niwelacji w przód.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować metody prowadzenia pomiarów wysokościowych w terenie,
- 2) dobrać sprzęt i narzędzia miernicze,
- 3) przygotować stanowisko pomiarowe,
- 4) wykonać pomiar,
- 5) obliczyć różnicę wysokości.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt i narzędzia miernicze,
- literatura,
- notatnik.

#### 4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) wykonać pomiar różnic wysokości metodą niwelacji ze środka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wykonać pomiar różnic wysokości metodą niwelacji w przód?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić, jakie zmiany następują w pomiarach wysokościowych z uwagi na postęp techniczny i modernizację sieci geodezyjnej kraju?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 4.6. Opracowywanie wyników pomiarów

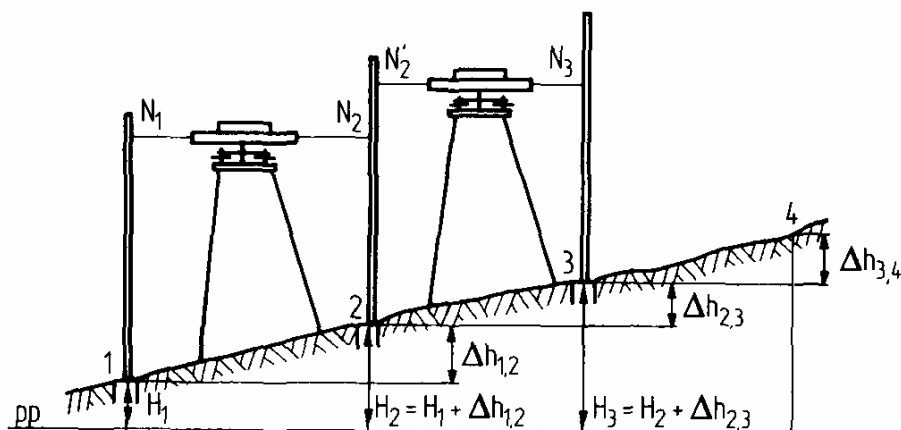
#### 4.6.1. Materiał nauczania

Wszystkie prace pomiarowe prowadzone w terenie powinny być starannie dokumentowane w postaci szkicu polowego i dziennika prac pomiarowych. Szkic polowy tworzy się rysując zarys mierzonego terenu, zaznaczając orientacyjnie przebieg linii osnowy i linii pomiarowych, numerując poszczególne punkty i notując zmierzone wielkości. Powinien on być wykonany w możliwie największej przybliżonej skali (oddawać proporcje danego terenu), starannie i wyraźnie tak, aby nie było konieczności powtarzania pomiarów w związku z brakiem czytelności szkicu. Musi być na tyle jasny i czytelny, aby na jego podstawie można było wykonać mapę danego terenu wraz z jego szczegółami.

Przy sporządzaniu szkicu należy przestrzegać następujących zasad:

- zaznaczamy przede wszystkim kierunek północy,
- linie osnowy oznaczamy grubymi liniami: kreska, kropka, kreska – · –,
- linie pomiarowe oznaczamy linią cienką przerywaną – – –,
- oznaczamy miary bieżące, np. długości linii wcięć czy boków budynków, np.: – 25 –,
- początek linii osnowy zaznaczamy symbolem 0,00 i strzałką wskazującą kierunek prowadzonych pomiarów,
- końcową miarę na linii osnowy podkreślamy dwukrotnie, a przecięcia się linii osnowy jednokrotnie,
- w wypadku oznaczeń domiarów prostokątnych wpisujemy długość linii domiarowej nad nią, a odległość od punktu 0 osnowy naprzeciwko linii domiarowej, prostopadle do jej kierunku,
- punkt osnowy możemy opisać symbolami literowymi lub cyfrowymi, ale najczęściej przyjmuje się symbole literowe dla punktów osnowy, a cyfrowe dla szczegółów terenowych.





Rys. 30. Metoda różnic wysokości [ 2, s. 190]

Tab. 2. Dziennik niwelacyjny ciągu niwelacyjnego zamkniętego. Przykład obliczenia metodą różnic wysokości [2, s. 196]

Stano- wisko instru- mentu	Nazwa punktu	Odleg- łość wzdłuż osi	Odległość od osi		Odczyty			Różnice wysokości		Rzędne osi celowej	Rzędne punktów		Uwagi
			w lewo	w pra- wo	wstecz	pośrednie	w przód	+	-		obliczone	wyrów- nane	
	0	0			1673						38,459	38,459	reper R <sub>1</sub>
	1	100			1726		1846		0,173		38,286 + 1	38,287	
	1+20	120					1438		0,288		38,574 + 1	38,575	
	1+80	180					1496		0,058		38,516 + 2	38,518	
	2	200			1842		1528		0,032		38,484 + 2	38,486	
	3	300			1489		1476	0,366			38,850 + 3	38,853	
	4	400			1932		1746		0,257		38,593 + 4	38,597	
	5	500			1194		1386	0,546			39,139 + 5	39,144	
	6	600			1238		1875		0,681		38,458 + 6	38,464	
	0	710					1244		0,006		38,452 + 7	38,459	reper R <sub>1</sub>
					Σ = 11094		Σ = 11101	Σ = 1,200	Σ = -1,207				

W metodzie rzędnej osi celowej niwelatorem ustawionym na stanowisku pomiarowym niwelujemy jeden punkt o znanej rzędnej  $H_R$  (reper) i obliczamy rzędną osi celowej lunety  $H_O$ :

$$H_O = H_R + N_R$$

gdzie:

$H_R$  – rzędna repera niwelowanego z danego punktu,

$N_R$  – odczyt na łacie w tym punkcie.

Znając rzędną osi celowej na danym stanowisku, można znaleźć rzędną dowolnego punktu niwelowanego z tego stanowiska. Rzędna osi punktu  $P_1$  oblicza się, odejmując od rzędnej  $H_O$  osi celowej odczyt  $N_{P1}$  na łacie ustawionej w punkcie  $P_1$ :

$$H_{P1} = H_O - N_{P1}$$

$$H_{P2} = H_O - N_{P2}$$

**Tab. 3.** Dziennik niwelacyjny ciągu niwelacyjnego otwartego. Przykład obliczenia metodą rzędnej osi celowej [2, s. 195]

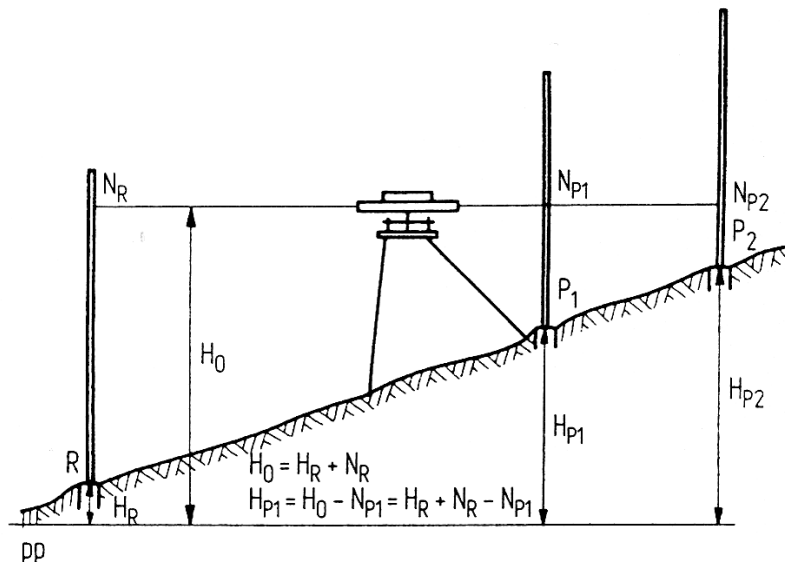
Stano-wisko instru-mentu	Nazwa punktu	Odleg-łość wzdłuż osi	Odległość od osi		Odczyty			Różnice wysokości	Rzędne osi celowej	Rzędne punktów		Uwagi
			w lewo	w pra-wo	wstecz	pośrednie	w przód			obliczone	wyrów-nane	
	0	0			1673					32,998	<b>32,998</b>	reper R <sub>1</sub>
	1	100			1532		1846		34,671	32,825 - 1	32,824	
	1+20	120					1845		34,357	32,512 - 1	32,511	
	2	200			1006		1362		34,001	32,995 - 2	32,993	
	a	200	10				1238			32,763 - 2	32,761	
	b	200	25				1354			32,647 - 2	32,645	
	a'	200		15			1623			32,378 - 2	32,376	
	b'	200		28			1815			32,186 - 2	32,184	
	3	300			0970		1400		33,571	32,601 - 3	32,598	
	4	400					0869			32,702 - 4	<b>32,698</b>	reper R <sub>2</sub>
					$\Sigma = 5181$			$\Sigma = 5477$				

Kontrola pomiaru:

błąd dopuszczalny  $f_{dop} = 10 \text{ mm} \cdot \sqrt{L} = 0,01 \text{ m} \cdot \sqrt{0,4} = 0,006 \text{ m}$ ,

błąd rzeczywisty  $f_{rzecz} = (\sum N_{wstecz} - \sum N_{w przód}) - (H_4 - H_0) = (5,181 - 5,477) - (32,698 - 32,998) = -0,296 - (-0,300) = 0,004 \text{ m} < f_{dop} = 0,006 \text{ m}$ .

Metodę rzędnej osi celowej stosuje się wtedy, gdy z jednego stanowiska niwelowano wiele punktów. W innych sytuacjach niwelację oblicza się metodą różnic wysokości, ponieważ praca trwa wtedy krócej.

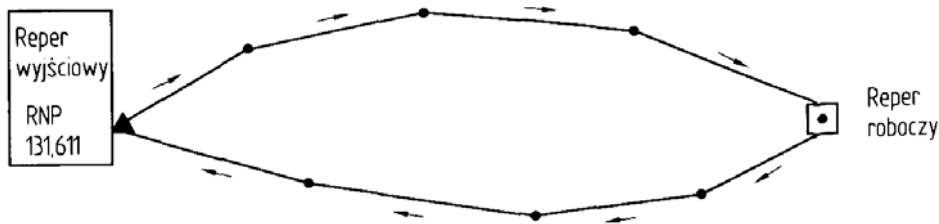


**Rys. 31.** Metoda rzędnej osi celowej [2, s. 191]

**Kontrola ciągu niwelacyjnego wiążącego i wyrównywanie błędów.** Każdy pomiar geodezyjny należy wykonać tak, aby możliwa była kontrola wyników.

Kontrolę ciągu niwelacyjnego wiążącego można przeprowadzić dwoma sposobami. Pierwszy sposób polega na **zamknięciu ciągu niwelacyjnego**, to znaczy na powrocie do repera wyjściowego. Sprowadza się to do sprawdzenia, czy  $\Delta h_{RR}$  – tj. różnica sumy odczytów wstecz  $\Sigma N'$  i sumy odczytów w przód  $\Sigma N$ , dotycząca całego ciągu niwelacyjnego – jest równa zero:

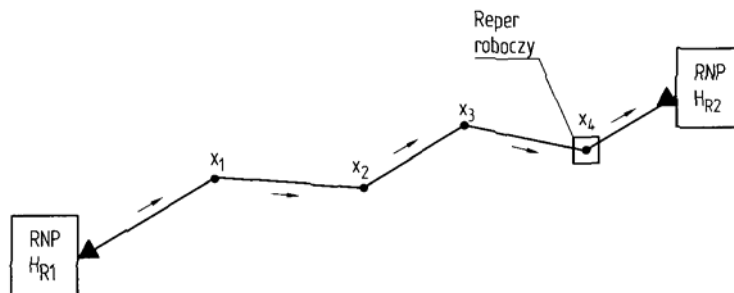
$$\Delta h_{RR} = \Sigma N' - \Sigma N = 0$$



**Rys. 32.** Kontrola polegająca na zamknięciu ciągu niwelacyjnego przez powrót do wyjściowego repera niwelacji państwowej RNP [ 4, s. 108]

Drugi sposób polega na utworzeniu dwustronnie opartego ciągu otwartego, to znaczy na odnalezieniu w pobliżu repera roboczego<sup>1</sup> (na końcu ciągu) repera (R2) niwelacji państwowej. Ciąg niwelacyjny należy przedłużyć aż do tego repera. Sprawdzenie pomiarów polega wówczas na stwierdzeniu, czy:

$$\Sigma N' - \Sigma N = H_{R2} - H_{R1}$$



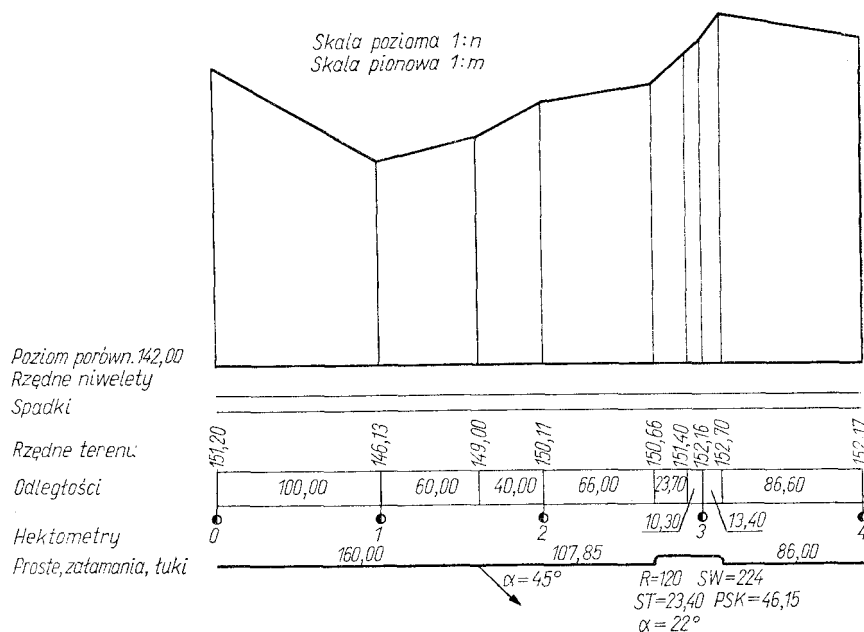
**Rys. 33.** Kontrola ciągu niwelacyjnego otwartego [ 4, s. 108]

W niwelacji podłużnej wykonanej dla celów inżynierskich przyjmuje się błąd dopuszczalny równy  $\pm 1$  cm na 1 km niwelowanego ciągu. Rzędne kolejnych punktów wyrównuje się wtedy o wartości proporcjonalne do odległości punktu od repera (por. przedostatnie kolumny w tab. 2 i 3). Jeżeli błąd jest większy, pomiar należy powtórzyć.

### Profil podłużny

Graficzne przedstawienie wyników pomiaru wysokościowego w niwelacji podłużnej wykonuje się w postaci profilu podłużnego. Stanowi on odwzorowanie linii przecięcia płaszczyzn pionowych, przechodzących przez kolejne odcinki trasy, z powierzchni terenu. Rysuje się je w skali, przy czym skala odległości jest zazwyczaj inna niż skala wysokości. Najczęściej stosowanymi skalami poziomymi (odległości) dla profilu podłużnego są 1:2000 i 1:1000, a skalami pionowymi (wysokości) są 1:200 i 1:100.

Pod rysunkiem profilu umieszcza się szczegółowy opis, zawierający pełną dokumentację liczbową danych, dotyczących ukształtowania terenu (rzędne terenu, odległości między punktami, spadki itp.).



Rys. 34. Profil podłużny [2, s. 197]

## 4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakimi metodami obliczamy rzędne niwelowanego ciągu?
2. Na czym polega metoda różnic wysokości?
3. Na czym polega metoda rzędnej osi celowej?
4. Co notujemy w dzienniku niwelacyjnym ciągu niwelacyjnego zamkniętego?
5. Jakie dane zapisujemy w dzienniku przy niwelacji metod rzędnej osi celowej?
6. Iloma metodami można kontrolować ciągi niwelacyjne?
7. Jak przeprowadza się kontrolę polegającą na zamknięciu ciągu niwelacyjnego?
8. Jak przeprowadza się kontrolę polegającą na utworzeniu dwustronnie opartego ciągu otwartego?
9. Jaki może być dopuszczalny błąd na 1 km niwelowanego ciągu?
10. Jeżeli błąd jest większy od  $\pm 1$  cm na długość 1 km – co należy zrobić z wynikami pomiaru?

## 4.6.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Oblicz rzędne niwelowanego ciągu metodą różnic wysokości dla trzech punktów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować metody prowadzenia pomiarów wysokościowych w terenie,
- 2) dobrać sprzęt i narzędzia miernicze,
- 3) przygotować stanowisko pomiarowe,
- 4) wykonać pomiar w nawiązaniu do repera roboczego,
- 5) obliczyć różnicę wysokości pomiędzy punktami,
- 6) obliczyć rzędne punktów 2 i 3.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- sprzęt i narzędzia miernicze,
- literatura,
- dziennik niwelacyjny,
- notatnik.

## Ćwiczenie 2

Dokonaj kontroli ciągu niwelacyjnego przez powrót do wyjściowego repera sposobem zamkniętego ciągu – na podstawie otrzymanego od nauczyciela wypełnionego dziennika niwelacyjnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować dziennik niwelacyjny,
- 2) wykonać obliczenia,
- 3) sprawdzić i wyrównać błąd pomiarowy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dziennik niwelacyjny,
- literatura,
- kalkulator.

## 4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) udokumentować wyniki pomiarów?
- 2) opracować wyniki pomiarów?
- 3) przeprowadzić kontrolę ciągu niwelacyjnego?

Tak	Nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.7. Bezpieczeństwo i higiena pracy podczas prowadzenia pomiarów geodezyjnych

### 4.7.1. Materiał nauczania

Przy prowadzeniu prac mierniczych obowiązują wszystkie podstawowe zasady bezpiecznej pracy przedstawione w jednostce modułowej 311[04]O1.01 Przestrzeganie przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska w całości poświęconej tym zagadnieniom. Szczególnie istotne są tematy dotyczące bezpieczeństwa przeciwpożarowego, kształtowania bezpiecznych i higienicznych warunków pracy, udzielania pierwszej pomocy w stanach zagrożenia zdrowia i życia oraz środków ochrony indywidualnej i zbiorowej.

Z uwagi na fakt, że pomiary odbywają się w terenie, a w ostatnich latach zmienia się klimat w naszym kraju i występują temperatury bardzo wysokie i też bardzo niskie, problemy



bezpieczeństwa i higieny pracy powinny uwzględniać najwyższe dopuszczalne natężenia czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

Mikroklimat w miejscu pracy podczas prowadzenia pomiarów geodezyjnych w lecie może być gorący i charakteryzowany przez wskaźnik obciążenia termicznego WBGT w °C. Dopuszczalne wartości wskaźnika umożliwiające realizację podstawowych funkcji przez pracownika na danym stanowisku pracy w mikroklimacie gorącym są następujące:

- przy pracy lekkiej dla osoby zaaklimatyzowanej w środowisku gorącym 30 °C, a niezaaklimatyzowanej – 29 °C,
- przy pracy umiarkowanej dla osoby zaaklimatyzowanej w środowisku gorącym 28 °C, a niezaaklimatyzowanej – 26 °C,
- przy pracy ciężkiej dla osoby zaaklimatyzowanej w środowisku gorącym przy nieodczuwalnym ruchu powietrza 25 °C, a przy odczuwalnym ruchu powietrza 26 °C oraz dla osoby niezaaklimatyzowanej przy nieodczuwalnym ruchu powietrza 22 °C, a przy odczuwalnym ruchu powietrza 23 °C.

W przypadku przekroczenia wskaźników WBGT pracownik może być narażony na stres cieplny. Do bezpośrednich skutków narażenia na stres cieplny należą:

- udar cieplny (porażenie cieplne) powodowany przekroczeniem możliwości termoregulacyjnych i porażeniem ośrodka termoregulacji. Najczęściej jest groźny dla życia, ponieważ temperatura wewnętrzna ciała podnosi się do 41 °C lub wyżej,
- wyczerpanie cieplne spowodowane utratą wody i soli przez pocenie się, któremu towarzyszą:
  - ogólne osłabienie,
  - zawroty głowy,
  - nudności,
  - bóle głowy,
  - chwiejność układu krążenia,
  - czasem omdlenie cieplne,
- bolesne skurcze mięśni i inne dolegliwości ze strony mięśni spowodowane zaburzeniem równowagi wodno-elektrolitowej,
- odwodnienie spowodowane niedostatecznym uzupełnieniem wody utraconej przez pocenie.

Podczas wykonywania prac mierniczych w okresie jesienno-zimowym, można mówić o mikroklimacie zimnym. Wtedy oceniany jest wskaźnik stały chłodzący powietrza WCI. Mikroklimat zimny występuje, gdy temperatura powietrza jest poniżej + 10 °C. W sytuacji niekorzystnej dla pracownika może wystąpić hipotermia, którą charakteryzuje:

- obniżenie temperatury ciała prowadzące do utraty świadomości,
- zwolnienie oddychania lub zatrzymanie,
- wreszcie zatrzymanie krążenia.

Podczas wykonywania prac mierniczych na otwartej przestrzeni w różnych warunkach atmosferycznych i przy ewentualnych opadach atmosferycznych należy podjąć działania poprawiające stan bhp.

Przy występowaniu wysokiej temperatury należy zapewnić:

- przerwy na odpoczynek,
- napoje chłodzące stosownie do potrzeb pracowników.

Przy występowaniu niskiej temperatury należy zapewnić:

- odpoczynek w ogrzewanym pomieszczeniu,
- gorące napoje,
- ciepłą odzież zimową (obuwie, rękawice, odzież ochronną).

Przy występowaniu opadów atmosferycznych należy zapewnić:

- odzież ochronną (przeciwdeszczową),
- możliwości wysuszenia ubrań (dostępu do suszarni).

## 4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie przepisy obowiązują podczas wykonywania pomiarów geodezyjnych?
2. Jakie są skutki narażenia pracownika na stres cieplny?
3. Co należy zapewnić pracownikom wykonującym prace miernicze w wysokiej temperaturze?
4. Co należy zapewnić pracownikom wykonującym prace miernicze w niskiej temperaturze?
5. Co należy zapewnić pracownikom wykonującym prace miernicze podczas opadów atmosferycznych?

## 4.7.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie

Opisz zasady obowiązujące podczas wykonywania pomiarów terenowych w różnych warunkach atmosferycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować przepisy bhp związane z prowadzeniem pomiarów terenowych,
- 2) opisać sposoby zabezpieczenia pracowników pod względem bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

## 4.7.4. Sprawdzian postępów

### Czy potrafisz:

- |   | Tak                      | Nie                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania prac mierniczych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
  2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
  3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
  4. Test zawiera 20 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi, tylko jedna jest prawidłowa.
  5. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
  6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
  7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
  8. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
- Powodzenia!

### Zestaw zadań testowych

1. Jaka nauka obejmuje prace miernicze?
  - a) geodezja wyższa,
  - b) geodezja niższa,
  - c) geologia,
  - d) geometria wykreślna.
2. Czym są pomiary inwentaryzacyjne w budownictwie?
  - a) pomiarami niezbędnymi do sporządzania map i planów,
  - b) pomiarami dot. projektowanych obiektów budowlanych,
  - c) pomiarami przy użyciu instrumentów mierniczych,
  - d) pomiarami elementów budynków.
3. Co to jest osnowa pomiarowa?
  - a) wykonany szkic połowy z wymiarami,
  - b) pomierzony teren budowy,
  - c) przedstawiona rzeźba terenu,
  - d) sieć punktów głównych, do których dowiązuje się pomiary szczegółowe.
4. Co to jest mapa?
  - a) szkic terenu,
  - b) obraz krainy geograficznej,
  - c) zmniejszony, uogólniony i matematycznie określony obraz powierzchni ziemi na płaszczyźnie,
  - d) odwzorowanie obiektów terenów.
5. Na mapie w skali 1: 2000 odległość między punktami A i B wynosi 1 cm. Jaka jest odległość rzeczywista w terenie?
  - a) 2 m,
  - b) 20 m,
  - c) 200 m,
  - d) 2000 m.

6. Ile cm na mapie w skali 1: 1000 będzie miał odcinek w terenie długości 50 m?
  - a) 50 cm,
  - b) 10 cm,
  - c) 5 cm,
  - d) 1 cm.
7. Jakim sprzętem geodezyjnym można mierzyć kąty poziome i pionowe?
  - a) teodolitem,
  - b) niwelatorem,
  - c) węgielnicą,
  - d) lunetą.
8. Jakie ma przeznaczenie tachimetr?
  - a) jest przyrządem do mierzenia kątów poziomych, pionowych i pomiaru odległości,
  - b) jest przyrządem do mierzenia tylko kątów poziomych,
  - c) jest przyrządem do mierzenia tylko kątów pionowych,
  - d) jest przyrządem do mierzenia tylko odległości.
9. Co to są węgielnice?
  - a) bryły węglowe spotykane w terenie,
  - b) przyrządy do wyznaczania kierunków prostopadłych,
  - c) przyrządy do pomiaru kątów,
  - d) przyrządy do pomiaru odległości.
10. Jednostkami miary kątowej są:
  - a) tylko stopnie,
  - b) stopnie i grady,
  - c) tylko grady,
  - d) umowne jednostki zależne od rodzaju kąta.
11. Jaka jest zależność między jednostkami kąta płaskiego?
  - a)  $360^\circ$  odpowiada  $400^g$ ,
  - b)  $360^\circ$  odpowiada  $300^g$ ,
  - c)  $360^\circ$  odpowiada  $200^g$ ,
  - d)  $360^\circ$  odpowiada  $500^g$ .
12. Wartość kąta pionowego mieści się w granicach:
  - a) od 0 do  $\pm 180^\circ$ ,
  - b) od 0 do  $\pm 90^\circ$ ,
  - c) od 0 do  $\pm 360^\circ$ ,
  - d) od  $\pm 90^\circ$  do  $\pm 180^\circ$ .
13. Tyczenie prostej polega na:
  - a) wyznaczaniu punktów pośrednich i ustabilizowaniu ich w sposób chwilowy tyczkami mierniczymi,
  - b) wyznaczaniu początku i końca prostej,
  - c) czynnościach pomiarowych między punktami w terenie,
  - d) określeniu przebiegu prostej na mapie.
14. Reper niwelacyjny to:
  - a) część niwelatora,
  - b) punkt o znanych rzędnych, ustalanych przez państwowe służby geodezyjne,
  - c) element niwelacji trygonometrycznej,
  - d) fotogram (zdjęcie) wykonywany przy niwelacji.
15. Co to jest niwelacja?
  - a) sieć reperów w całym kraju,
  - b) obliczenia przy użyciu niwelatora,
  - c) pomiar różnic wysokości,

- d) odległość między stałymi punktami w terenie.
- 16. Jeżeli teren jest tak ukształtowany, że z punktu początkowego nie widać punktu końcowego, to tyczenie prostej należy wykonać:
  - a) metodą kolejnych przybliżeń,
  - b) metodą tyczenia na siebie,
  - c) metodą rysunkową na mapie,
  - d) pomiarem ustalonym przez kierownika pomiarów.
- 17. Jakich czynności nie można zaliczyć do prac mierniczych?
  - a) wykonywania pomiarów w terenie,
  - b) rachunkowego opracowania wyników pomiaru,
  - c) kartowania pomiaru, czyli graficznego opracowania wyników,
  - d) naprawy sprzętu mierniczego.
- 18. Szkicem polowym nazywamy:
  - a) obraz przekroju poprzecznego terenu,
  - b) opracowanie graficzne pomiaru,
  - c) fragment mapy przerysowany ręcznie,
  - d) mały wycinek kuli ziemskiej.
- 19. Poligon otwarty lub zamknięty to:
  - a) osnowa liniowo–kątowna,
  - b) ogrodzenie terenu budowy,
  - c) zabezpieczenie pomiaru przez wojsko,
  - d) opracowanie graficzne zamknięte lub otwarte do dalszych obliczeń.
- 20. Zadaniem fotogrametrii jest:
  - a) fotografowanie obiektów budowlanych,
  - b) opracowanie mapy na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych,
  - c) mierzenie terenu przez wykonanie zdjęć aparatem fotograficznym,
  - d) opracowanie wyników pomiarowych przez program komputerowy.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

## Prowadzenie prac mierniczych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

<i>Nr zadania</i>	<i>Odpowiedź</i>				<i>Punkty</i>
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

## 6. LITERATURA

1. Gadomska E., Gadomski K.: Urządzanie i pielęgnacja terenów zieleni Cz. 1. HORTPRESS 2005 Warszawa,
2. Kietlińska Z., Walczak S.: Miernictwo w budownictwie lądowym i wodnym. WSiP 1997 Warszawa,
3. Kosiński W.: Geodezja. SGW 2002 Warszawa,
4. Popek M., Wapińska B.: Planowanie elementów środowiska. WSiP 2004 Warszawa,
5. Odlanicki-Poczobut M.: Geodezja. PPWK 1981 Warszawa,
6. Zielina L., Jamka M.: Geodezja inżynierska. PK 2004 Kraków,
7. Nowy poradnik majstra budowlanego. Praca zbiorowa. Arkady, 2003 Warszawa,