



Lesnická
a dřevařská
fakulta

Geodézie
Přednáška

Výšková měření - základy
Výšková bodová pole
Metody výškového měření

Mendelova
univerzita
v Brně



- ❑ výškovým měřením určujeme vzájemnou polohu bodů na zemském povrchu ve vertikálním (svislém) směru
- ❑ výsledků výškového měření používáme:
 - k určování výšek bodů
 - ke znázorňování konfigurace terénu
 - příčnými profily
 - podélnými profily
 - výškopisnými plány (vrstevnicový, kótovaný)

Základní typy výšek

fyzikální – vztah k tíhovému poli

- dynamické (škálovaná geopotenciální čísla) – nemají geometrický význam, 100% fyzikální = voda teče vždy z kopce
- ortometrické (pravé nadmořské) – složitá definice a řešitelnost, fyzikální i geometrický význam
- normální (kvazi-nadmořské) – není nutné měřit tíži, nemají přesný fyzikální význam, základem jejich určení je geometrická nivelace, v ČR používáme tzv. Moloděnského výšky

geometrické – bez vztahu k tíhovému poli

- geodetické – nulový fyzikální význam = voda může téci i do kopce, měřitelné s nástupem GNSS (elipsoidická výška)

□ v praktické geodézii obecně používáme dvě výšky:

- **absolutní** (nadmořské) – vztaženy přímo ke tvaru zemského povrchu (geoidu), vzdálenost bodu od nulové hladinové (referenční) plochy měřená po svislici
- **relativní** – vzdálenost bodu od jiné hladinové plochy než plochy nulové měřená podél svislice

□ výškový rozdíl dvou hladinových ploch rovnoběžných s geoidem, procházejících danými body se nazývá převýšení (jedná se o rozdíl absolutních či relativních výšek bodů)

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$

$H_{A,B}$ absolutní výšky

ΔH_{AB} převýšení

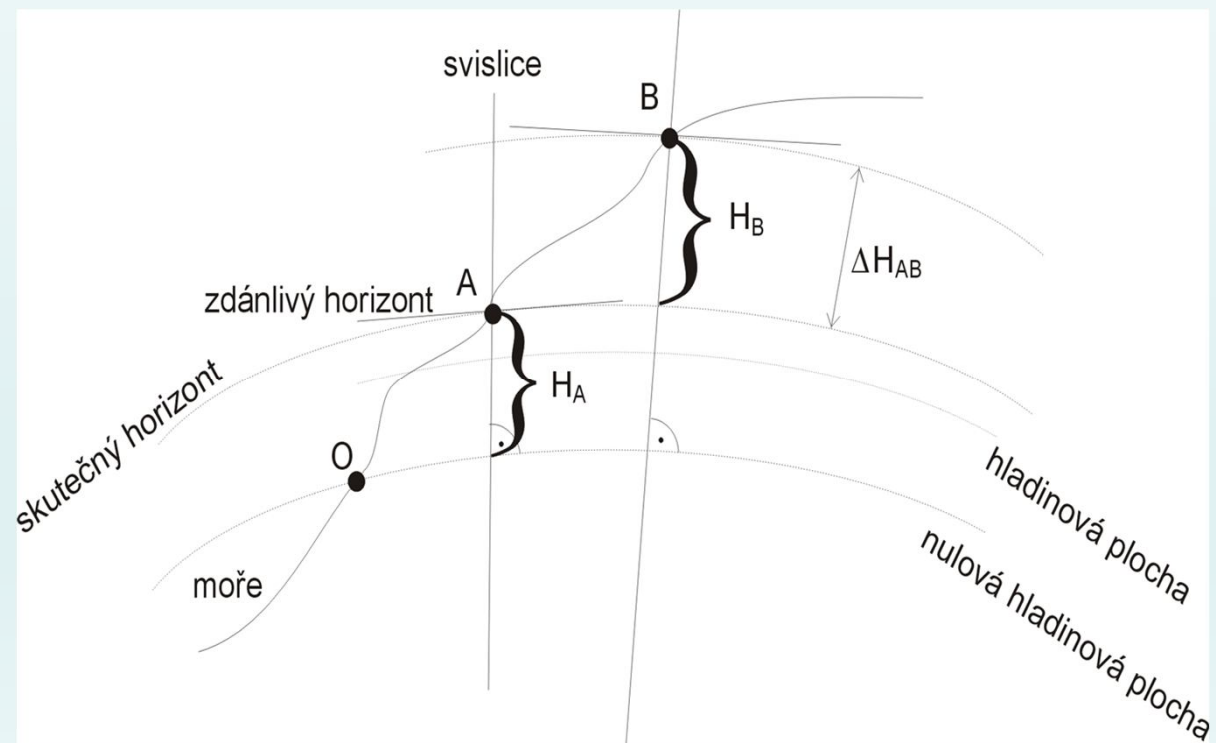
horizont – plocha rovnoběžná s geoidem (hladinové plochy stojatých vod)

- skutečný (pravý) – prochází bodem na zemském povrchu nebo horizontem přístroje (každá plocha rovnoběžná s geoidem)
- zdánlivý - rovina kolmá na směr zemské tíže v daném bodě (tečná rovina k pravému horizontu), vlivem refrakce se ohýbá k zemi a proto tento mírně deformovaný horizont nazýváme „přístrojový“

H_A ... absolutní výška

H_B ... relativní výška

ΔH_{AB} ... převýšení



- ❑ počátky budování výškových základů (výškových bodových polí) na území ČR spadá do druhé poloviny 19. století
- ❑ výškové měření bývalého Rakousko-Uherska bylo vztaženo k hladině Jaderského moře
- ❑ měření bylo později převzato prvním československým státem

Výškové systémy

- Jaderský (ČSJNS/J)
 - nulový bod umístěn na molu bývalé finanční stráže v Terstu
 - základním bodem v tomto období byl pro naše území Lišov u Českých Budějovic (jeden ze sedmi základních bodů celého Rakousko-Uherska)
 - další nejbližší základní bod byl Strečno (pro oblast Horních Uher)
- Normal-Null (N.N.)
 - systém používaný v době druhé světové války
 - výšky vztaženy k základnímu bodu v Amsterdamu (Severní moře)

➤ Baltský

- přechod na tento systém po válce, původně označovaný B68, později B46 – odečítalo se od výšek v jaderském systému 68 cm, resp. 46 cm
 - v roce 1957 došlo k mezinárodnímu vyrovnání nivelačních sítí - vznikl „Výškový systém baltský-po vyrovnání“ (Bpv)
 - normální (Moloděnského) výšky jsou vztaženy k základnímu bodu v Kronštadu, poblíž Petrohradu (Baltské moře)
 - od roku 2000 je tento systém závazný pro všechna výšková měření, ale lze se setkat i s předešlými systémy (starší projektová dokumentace)
-
- výškové základy tvoří základ pro výšková měření
 - v ČR je tvoří česká státní nivelační síť - ČSNS (bývalá Československá jednotná nivelační síť - ČSJNS) a síť tíhových bodů
 - body těchto sítí jsou trvale stabilizovány a zaměřeny geometrickou nivelací a gravimetrickým měřením v síti tíhových bodů
 - soubory bodů vytvářejí výšková bodová pole
 - v databázi ZÚ je v současnosti asi 120 000 niv. bodů (ČSNS a ČPNS) a 500 tíhových bodů

Porovnání výšek v jednotlivých systémech

Tabulka 10.1. Přehled výškových systémů použitých na území ČR

Výškový systém	Časové období	Výškové bodové pole (sítě)	Střední hladina moře	Druh použitých výšek	Způsob vyrovnání sítě	Výška výchozího bodu pro ČR - Lišov [m]
Jaderský - Lišov	1875 - 1942	Doplňená nivelační síť Rakouska-Uherska z let 1872 - 1896	Jaderského s nulovým bodem v Terstu	Normální ortometrické	Území Čech a Moravy	565,1483
Normal-Null (NN)	1948 - 1945	Nivelace I. řádu zaměřená v letech 1939 - 1941	Severního s nulovým bodem v Amsterdamu	Normální ortometrické	V rámci V. bloku německé sítě	564,8997
Jaderský - CSJNS (ČSJNS/J)	1948 - 1999	CSJNS	Jaderského s nulovým bodem v Terstu	Normální ortometrické	Roku 1948 byla vyrovnána českomoravská část sítě, roku 1952 celá ČSSR	565,1483
Baltský - B68	1952 - 1957 (dočasné)	CSJNS	Baltského s nulovým bodem v Kronštadu	Normální ortometrické	Výšky byly vypočteny odečtením hodnoty 0,68 m od výšek jaderských	564,4683
Baltský - B46	1955 - 1957 (dočasné)	CSJNS	Baltského s nulovým bodem v Kronštadu	Normální ortometrické	Výšky byly vypočteny odečtením hodnoty 0,46 m od výšek jaderských	564,6883
Baltský - po vyrovnání Bpv	1957 - současnost	CSJNS	Baltského s nulovým bodem v Kronštadu	Normální (Moloděnského)	Mezinárodní v rámci socialistických států roku 1957	564,7597

Výškové bodové pole

1.základní výškové bodové pole

- základní nivelační body
- body České státní nivelační sítě I. až III. řádu (ČSNS)

2.podrobné výškové bodové pole

- nivelační sítě IV. Řádu
- plošné nivelační sítě
- stabilizované body technických nivelací

Tíhové bodové pole

1.základní tíhové bodové pole

- absolutní tíhové body
- body České gravimetrické sítě nultého, I. a II. řádu
- body hlavní gravimetrické základny

2.podrobné tíhové bodové pole

- body gravimetrického mapování
- body účelových sítí

Základní nivelační body (ZNB)

- ❑ na území ČR 12 bodů, jsou vhodně a pravidelně rozmístěny po celém území (asi po 100 km), kde se nepředpokládají geologické posuny
- ❑ nejznámějším je bod Lišov u Č. Budějovic (výchozí bod pro ČR, 1889)
- ❑ slouží k ověřování výškových bodů nivelační sítě I. řádu
- ❑ mimo ZNB se budují i pomocné základní nivelační body – k ověřování výšek ostatních nivelačních bodů (oblasti, kde se mění výška většího množství bodů - poddolování)
- ❑ výšky ZNB byly určeny a jsou pravidelně ověřovány pomocí velmi přesné nivelace (VPN)



Body České státní nivelační sítě

❑ Základní nivelační síť I. řádu (ZNS I. Ř.)

- tvořena body ZNS a vloženými body ZNS – vznikají nivelační pořady
- pořady se seskupují do nivelačních polygonů (délka 300-400 km)
- polygony tvoří uzavřené obrazce, které uzavírají část území zvanou nivelační oblast
- body budovány podél komunikací a vodních toků asi po 4 - 6 km
- body ČSNS I. řádu jsou měřeny pomocí velmi přesné nivelace

❑ Nivelační síť II. řádu (NS II. Ř.)

- body sítě vznikly na trasách včleněných polygonů sítě I. řádu
- tyto pořady tvoří spolu s částmi pořadů I. řádu uzavřené polygony o průměrné délce 100 km a ohraničují oblasti II. Řádu
- body II. řádu se zaměřovaly rovněž velmi přesnou nivelací

❑ Nivelační síť III. řádu (NS III. Ř.)

- body těchto sítí vznikly zhuštěním sítí I. a II. Řádu
- body III. řádu se zaměřovaly přesnou nivelací

- ❑ **Nivelační síť IV. řádu (NS IV. Ř.)**
 - body těchto sítí vznikly zhuštěním sítí III. řádu
 - body byly určeny přesnou nivelací
- ❑ **Podrobné (plošné) nivelační síť (PNS)**
 - oblastní nivelační síť (území několika obcí)
 - místní nivelační síť (území jedné obce)
 - síť průmyslových závodů nebo oblastí geologických průzkumů
 - výšky určeny přesnou nivelací
 - označují se zkratkou PNS, pořadovým číslem a názvem obce
- ❑ **Stabilizované body technických nivelací**
 - neexistuje plošná údržba

Označování nivelačních oblastí a pořadů

- ❑ nivelační síť se buduje tak, aby vzdálenost bodů v nivelačních pořadech v nezastavěném území byla menší než 1,0 km a v zastavěném území byla v průměru 0,3 km
- ❑ nivelační oblasti I. řádu se značí od západu k východu a po vrstvách od severu k jihu velkými písmeny
- ❑ jednotlivé nivelační pořady I. řádu se pak označují
 - dvojicí velkých písmen styčných oblastí
 - názvy výchozího a koncového bodu pořadu I. řádu
- ❑ nivelační oblasti II. řádu se značí dvěma písmeny
 - velkým písmenem oblasti I. řádu
 - malým písmenem (od západu k východu, po vrstvách od severu k jihu)
- ❑ nivelační pořady II. řádu se značí
 - velkým písmenem oblasti I. řádu
 - dvěma malými písmeny styčných oblastí II. řádu
 - názvy výchozího a koncového bodu pořadu II. řádu

- ❑ nivelační pořady III. řádu se označují
 - velkým písmenem oblasti I. řádu
 - malým písmenem oblasti II. řádu
 - pořadovým číslem a názvy výchozího a koncového bodu pořadu III. řádu
- ❑ nivelační pořady IV. řádu se označují
 - velkým písmenem oblasti I. řádu
 - malým písmenem oblasti II. řádu
 - nulou s pořadovým číslem
 - názvy výchozího a koncového bodu pořadu IV. řádu

Stabilizace nivelačních bodů

- ❑ technické požadavky na stabilizaci bodů výškového bodového pole jsou dány předpisem
- ❑ ke stabilizaci používáme značek přirozených, ze zvláštních hmot a ze šedé litiny
 - značky přirozené – pro základní a hlavní výškové body
 - značky ze zvláštních hmot – speciální kov (slitina mědi a niklu) nebo sklo, ke stabilizaci sítí I. a II. řádu
 - značky litinové – ke stabilizaci bodů nivelačních sítí III. a IV. řádu, PNS

Způsoby stabilizace

- skalní značka - vyhlazená ploška s polokulovým vrchlíkem na skále (nad bodem pomník s dutinou do které se spouští nivelační lať)
- hřebová značka - osazuje se shora nebo ze strany do vodorovné a svislé plochy skal, balvanů, vybraných staveb nebo do horní plochy nivelačního kamene
- čepová značka - osazuje se do stěn vybraných staveb, ze strany do líce nivelačního kamene nebo do svislých ploch skal

Stabilizace nivelačních bodů



Dokumentace nivelačních bodů

- ☐ pro každý výškový bod jsou vyhotoveny nivelační údaje, které obsahují:
 - označení pořadu
 - označení bodu
 - nadmořskou výšku (Bpv)
 - situační nákres a popis
 - kde se nachází
 - mapa SMO-5
 - přibližné souřadnice (S-JTSK, zem.)
 - druh značky a stabilizace
 - kdo a kdy stabilizoval

NIVELAČNÍ ÚDAJE

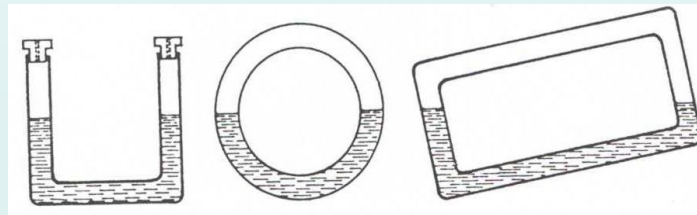
Nivelační pořad: Kg4 Ostrov-Rodkov						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddlu	od počátku			
Kg4-15.1	Kg4-15.2	0.167	6.193	553.788 m	2000	
Místopisný popis: Bohdalec, stodola u domu čp.21		Místopis: Kg4-15.2				
Stav a stáří objektu: značka 0,5 m nad zemí cihlová stavba z roku 1930		Poznámky:				
Úz. jednotka:		371400901				
Okres:		Žďár nad Sázavou				
Obec:		BOHDALEC				
Kat. území:		BOHDALEC				
Vlastník/parc. č.:		/				
ZM-50	24-13		SMD-5	VELKÉ MEZÍŘÍČI 3-2		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
Č Va	3	Zůřad	Y	634059 m		
	Druh stab.	Bartůnek		X	1125535 m	
	N	1999			dig.	
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
16° 3' 52,4"		49° 28' 28,7"	980908 mgal	981019 mgal	12 mgal	
Datum: 12.1.2021						

1. Nepřímé měření výšek

- geometrické měření výšek
- barometrické měření výšek
- trigonometrické měření výšek

2. Přímé měření výšek

- pomocí měřidla určité velikosti – metr, pásmo, lať, drát, provázek
- hydrostatická nivelace
 - trubicový výškoměr – vytyčení směru pouhým okem



- hadicová vodováha – spojené nádoby (chyba 3-5 mm)
- hadicový výškoměr – přesnější zařízení (chyba v desetínách mm)
- geometrická nivelace

Geometrické měření výšek

- ❑ založeno na řešení podobnosti trojúhelníků, poměry délek stran u podobných trojúhelníků se rovnají
- ❑ v lesnické praxi jsou na uvedeném principu konstruovány přístroje na měření výšek stromů – výškoměry (Faustmanův, Weiseho, Christenův)

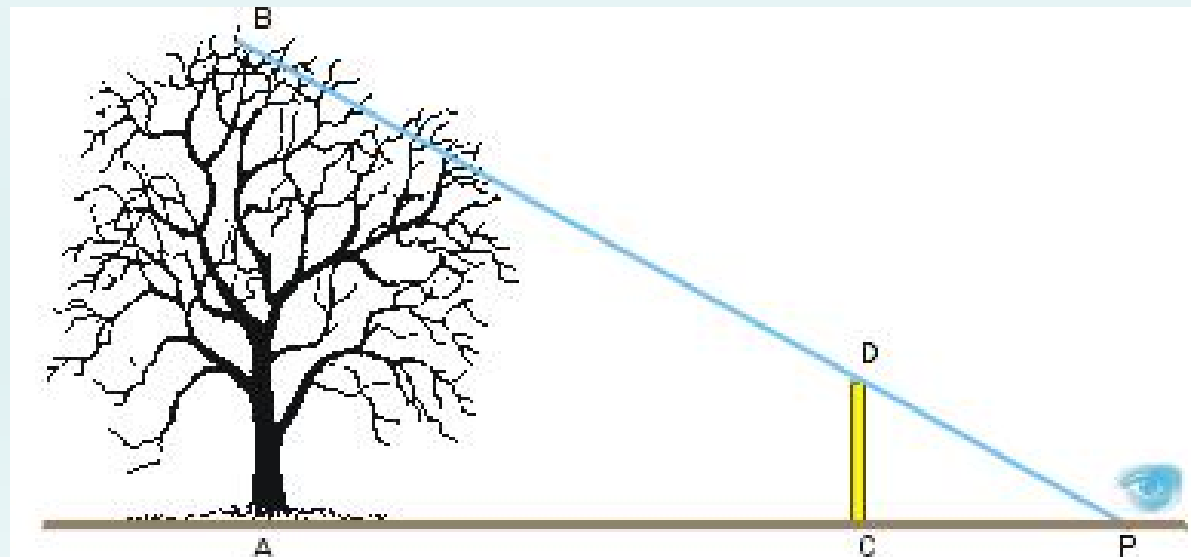
- ❑ výpočet výšky objektu:
$$\frac{AB}{CD} = \frac{PA}{PC}$$

$$AB = PA \cdot \frac{CD}{PC}$$

AB ... určovaná výška

CD ... známá výška

PA ... odstupová vzdálenost



Barometrické měření výšek

- ❑ určování výškových rozdílů, které spočívá v měření barometrického tlaku způsobeného tíhou zemské atmosféry (ovzduší)

Barometrický tlak - tlak atmosféry vyjádřený výškou stejně těžkého rtuťového sloupce

- ❑ jednotkou tlaku je pascal (Pa)
- ❑ tlak ovzduší klesá s rostoucí výškou
- ❑ výškový rozdíl dvou bodů se určí v závislosti na měřeném rozdílu barometrických tlaků
- ❑ tuto závislost vyjadřuje tzv. základní barometrický vzorec (Laplaceův)

$$\Delta H_{AB} = K * \log \frac{b_A}{b_B} * (1 + \alpha * t),$$

$$\left(t = \frac{t_A + t_B}{2} \right)$$

K ... barometrický součinitel (K = 18 464)

b_A , b_B ... barometrické tlaky na bodech, jejichž převýšení určujeme

α ... koeficient roztažnosti vzduchu ($\alpha = 273^{-1}$)

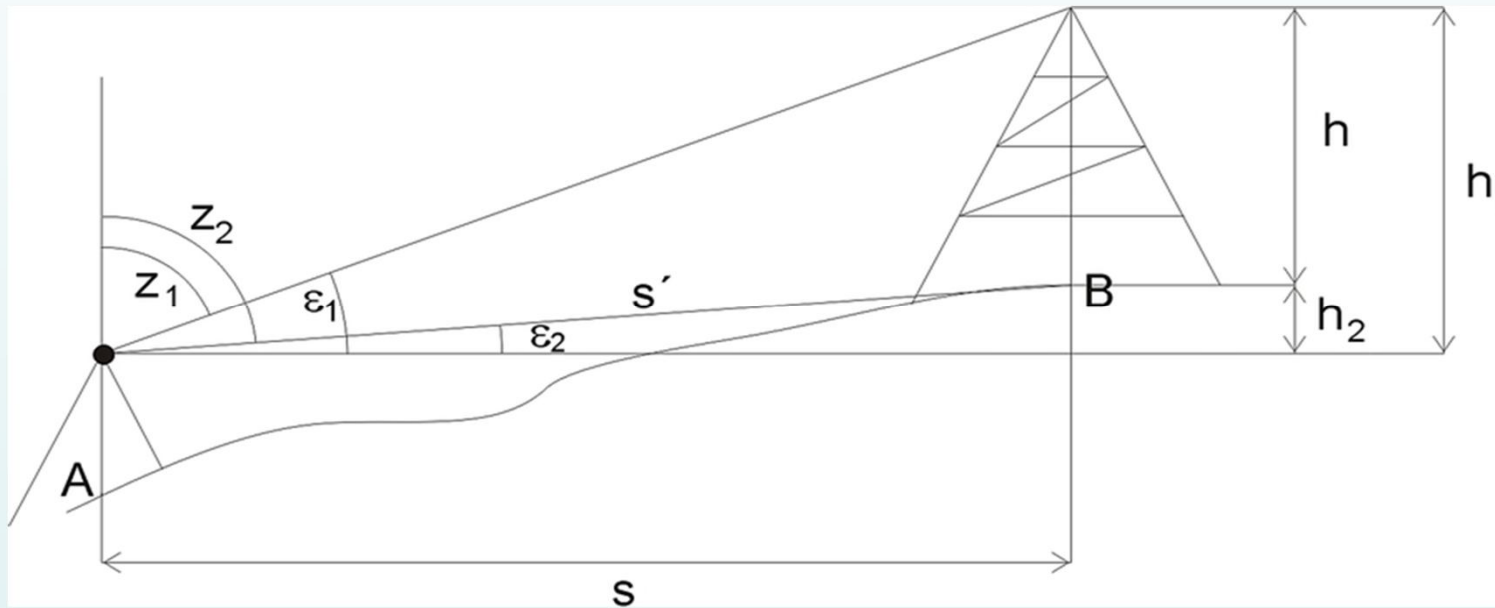
t ... průměrná teplota při měřeních

- ❑ velmi hrubá metoda (malá přesnost, asi 1-3 m v příznivých podmínkách)
- ❑ ovlivnění řadou činitelů (konfigurace terénu, změna tlaku vlivem větru, teploty apod.)
- ❑ použití pro průzkumné práce projekčního charakteru v horském terénu (rychlost a jednoduchost) – není nutná vzájemná viditelnost bodů
- ❑ k měření barometrického převýšení se používají rtuťové barometry nebo kovové mechanické barometry (aneroidy), které sestávají:
 - ze snímače tlaku
 - z převodového systému
 - ze čtecího zařízení
- ❑ přístroje mohou být dále vybaveny záznamovým zařízením pro plynulý grafický záznam tlaku
- ❑ základními typy aneroidů jsou aneroid Vidiho (pákový převodový systém) a aneroid Pauliniho (zjednodušený převodový systém doplněný stupnicí s hrubými nadmořskými výškami)
- ❑ před měřením aneroidem je třeba po příchodu na daný bod vyčkat alespoň 15 minut, aby se přístroj přizpůsobil daným podmínkám

Trigonometrické měření výšek

- ❑ v praxi se tento způsob měření používá pro určení výškových rozdílů, případně pro určení výšek svislých předmětů
- ❑ metoda trigonometrického určování výšek a převýšení je založena na řešení pravoúhlého trojúhelníku (nutno uvažovat fyzikální vlastnosti Země a zemské atmosféry)
- ❑ používá se, pokud není možné přímé měření výšky objektu (pásmem)
- ❑ k určení výšek, popř. převýšení se měří šikmé nebo vodorovné délky a svislé úhly (výškové nebo zenitové)
- ❑ pokud nelze délku měřit přímo, určuje se početně z měřených úhlů a také délek pomocných základen
- ❑ pro délky nad 200 m je třeba uvažovat vliv chyby ze zakřivení zemského povrchu
$$q = \frac{s^2}{2R}$$
- ❑ při měření svislých úhlů se záměrami na velké vzdálenosti se zavádí rovněž oprava z refrakce (zakřivení paprsku při průchodu nestejně hustými vrstvami atmosféry)
$$\Delta r = k \cdot \frac{s^2}{2R}$$

Přímo měřená délka (s')



$$h = h_1 - h_2$$

$$h_1 = s \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_1 = s \cdot \operatorname{cotg} z_1$$

$$h_2 = s \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_2 = s \cdot \operatorname{cotg} z_2$$

$$s = s' \cdot \sin z_2 = s' \cdot \cos \varepsilon_2$$

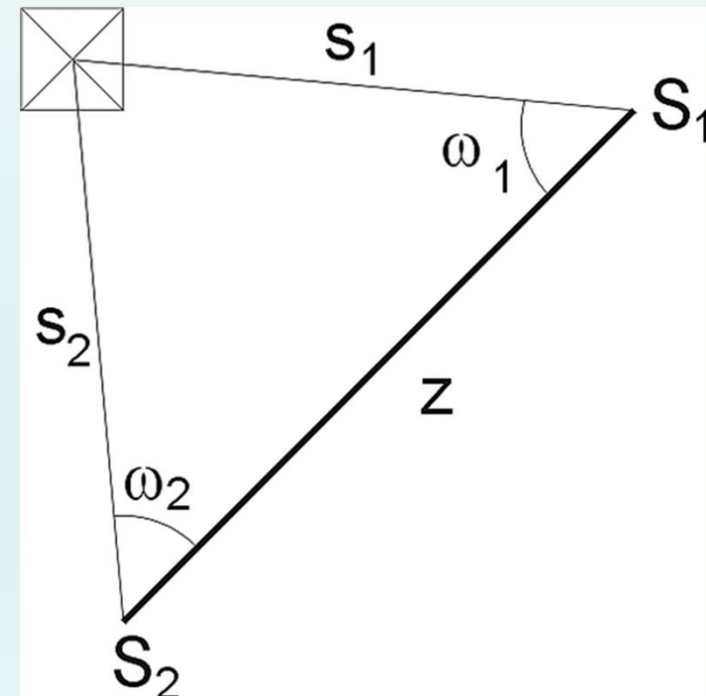
$$h = s \cdot (\operatorname{tg} \varepsilon_1 - \operatorname{tg} \varepsilon_2) = s \cdot (\operatorname{cotg} z_1 - \operatorname{cotg} z_2)$$

Nepřímo určená délka

- ❑ nelze-li délku měřit přímo, je nutné ji určit početně
- ❑ volí se pomocná základna – stanoviska (koncové body základny) a objekt, jehož výšku určujeme, tvoří přibližně rovnostranný trojúhelník
- ❑ přímo se měří délka základny z a vodorovné úhly ω_1 a ω_2
- ❑ strany trojúhelníku s_1 a s_2 se vypočítají sinovou větou

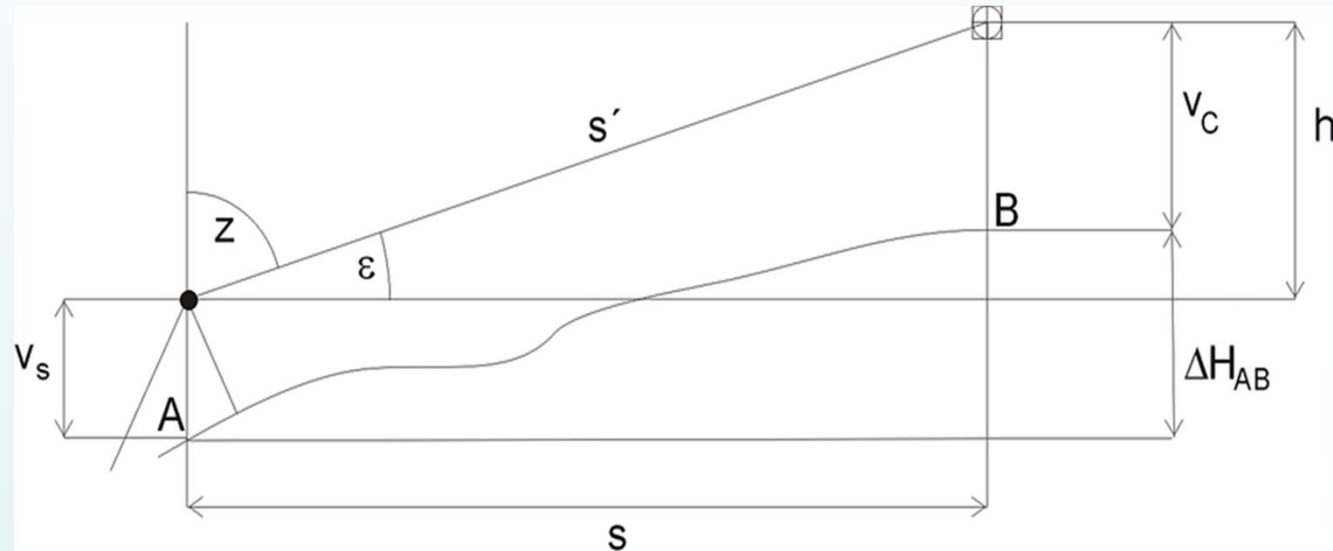
$$s_1 = z \cdot \frac{\sin \omega_2}{\sin(\omega_1 + \omega_2)}$$

$$s_2 = z \cdot \frac{\sin \omega_1}{\sin(\omega_1 + \omega_2)}$$



Určení převýšení

s ... vodorovná délka
 s' ... šikmá délka
 ε ... výškový úhel
 z ... zenitový úhel
 v_s ... výška stroje
 v_c ... výška cíle



$$\Delta H_{AB} = v_s + h - v_c$$

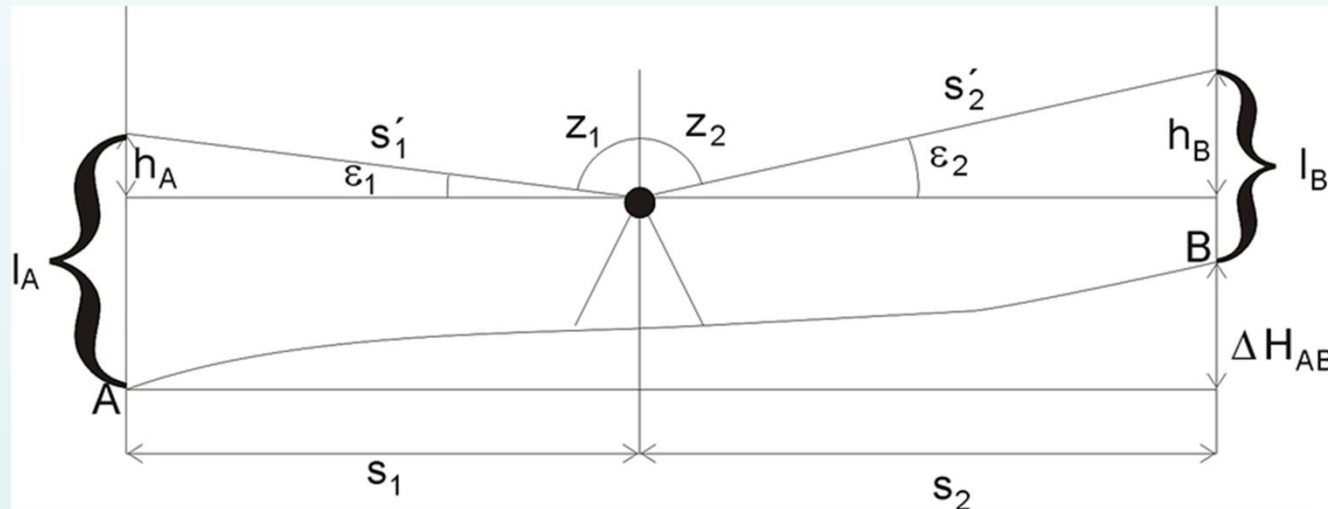
$$h = s \cdot \operatorname{tg} \varepsilon = s' \cdot \sin \varepsilon \quad h = s \cdot \operatorname{cotg} z = s' \cdot \cos z$$

- ☐ pokud známe nadmořskou výšku stanoviště přístroje, můžeme určit nadmořskou výšku bodu

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = H_A + v_s + h - v_c$$

Trigonometrická nivelace

- při trigonometrické nivelaci se určuje výškový rozdíl mezi dvěma body, které tvoří sestavu (viz. obr.)



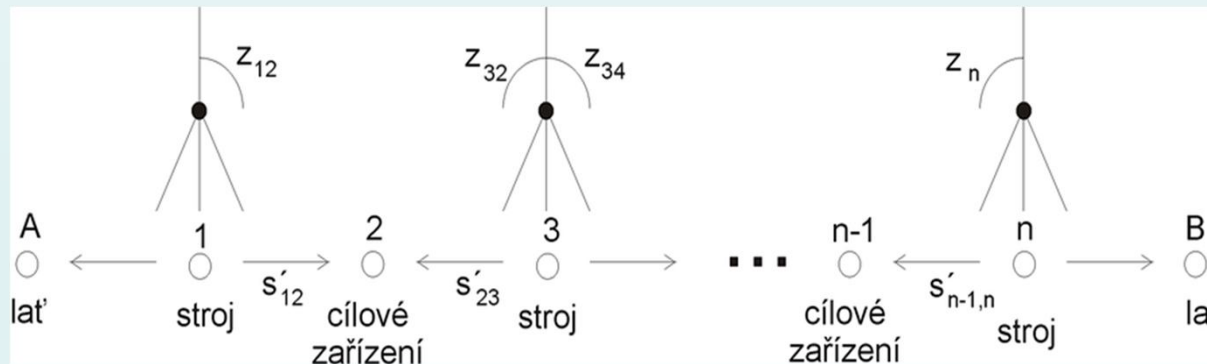
- pro převýšení platí: $\Delta H_{AB} = (l_A - h_A) - (l_B - h_B)$

l_A ... čtení na lati postavené na bodě A

l_B ... čtení na lati postavené na bodě B

h_A, h_B ... vypočítají se z měřených veličin (svislých úhlů a vodorovných nebo šikmých délek)

- ❑ více na sebe navazujících sestav tvoří pořad trigonometrické nivelace
- ❑ při měření pořadu trigonometrické nivelace se staví lať pouze na počáteční bod pořadu A a na koncový bod B
- ❑ při vodorovné záměře na lať se odečte výška h_A nad bodem A a h_B nad bodem B
- ❑ na přestavové body se staví cílové zařízení (odrazný terč) a ze stanovisek přístroje se měří svislé úhly (většinou zenitové) a délky (většinou šikmé do 300 m)
- ❑ převýšení celého pořadu se vypočte ze vzorce:
$$\Delta H_{AB} = \sum_{i=1, j=2}^{i=n-1, j=n} \Delta H_{ij} + h_A - h_B$$



- ❑ pokud bychom jednotlivá převýšení měřili dvakrát (záměra vpřed a vzad), určila by se tato jednotlivá převýšení jako aritmetické průměry

Hydrostatická nivelace

- hydrostatická nivelace je založena na fyzikálním zákoně o spojených nádobách naplněných vhodnou kapalinou
- pro kapalinu v klidu v hydrostatické soupravě platí Bernoulliho rovnice rovnováhy

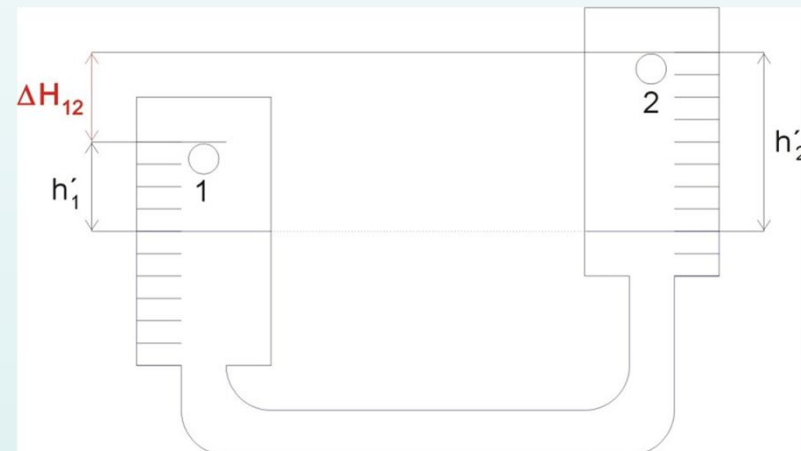
$$p_1 + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

p_1, p_2 ... tlak vzduchu na hladiny

ρ_1, ρ_2 ... hustota kapalin

h_1, h_2 ... relativní výšky hladin kapaliny

g ... tíhové zrychlení



- nádoby spojené hadicí se umístí na body, jejichž převýšení se má určit
- zajistí-li se, aby $p_1 = p_2$ a $\rho_1 = \rho_2$, bude výška hladin kapaliny v obou nádobách tvořit společnou hladinovou plochu
- od této plochy se odměří odlehlosti (hloubky hladin) k odečítacím indexům (vztažným bodům), z nichž určíme převýšení

$$\Delta H_{12} = h'_2 - h'_1$$

Geometrická nivelace

- název nivelace – pochází z francouzského slova niveau (hladina), případně nivelle (vodováha)
- způsob výškového měření, při kterém se výškové rozdíly mezi body určují pomocí vodorovných záměr ke svisle postaveným děleným latím
- záměrná přímka urovnaného nivelačního přístroje realizuje vodorovnou rovinu
- geometrickou nivelaci provádíme nivelačním přístrojem a dalšími nivelačními pomůckami (stativ, latě, podložka, pásmo)
- ve stavebnictví se používá především k vyměření vodorovné roviny nebo nivelety při zakládání liniových a větších staveb
- v geodézii se používá ke stanovení nadmořské výšky trasováním od bodu se známou výškou nebo pro určení převýšení
- podle způsobu měření ji dělíme na „nivelaci kupředu“, a „nivelaci ze středu“

Geometrická nivelace kupředu

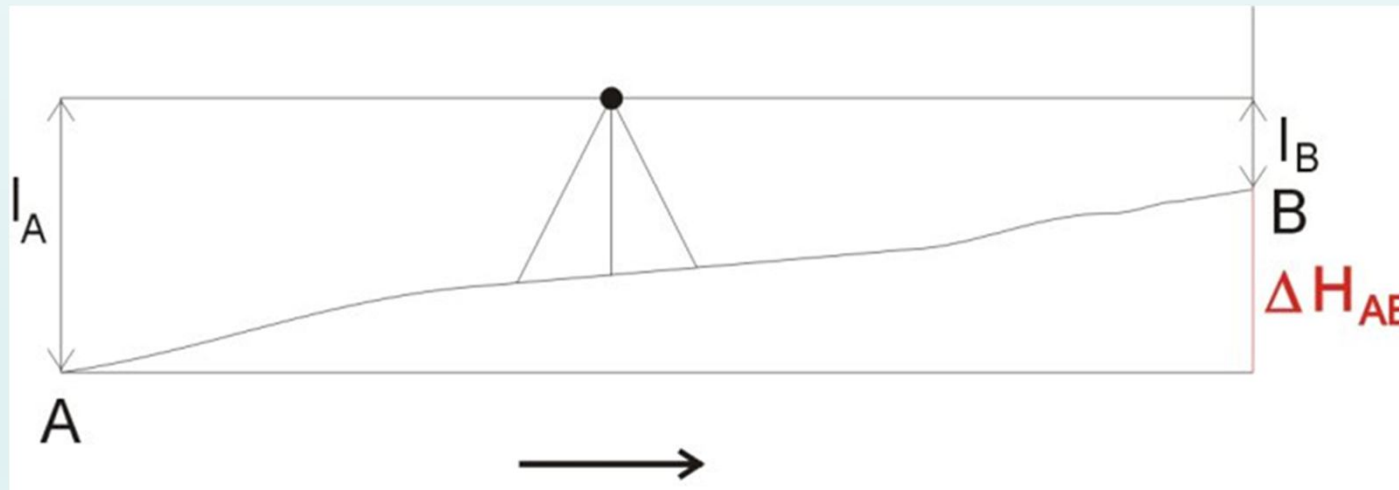
- ❑ na bod A o známé výšce se postaví nivelační přístroj, na bod B se postaví nivelační lať
- ❑ změří se výška přístroje v_p a na lati se odečte laťový úsek l_B
- ❑ výsledné převýšení se určí ze vztahu: $\Delta H_{AB} = v_p - l_B$



- ❑ přístroj se postupně staví na bod, na němž při předchozím měření stála lať, která se přenáší na následující bod ve směru postupu měření
- ❑ výsledné převýšení je pak součtem převýšení jednotlivých úseků
- ❑ méně přesná metoda, používá se jen výjimečně (stísněné prostory, jeřábové dráhy), případně při plošné nivelaci nebo tachymetrii

Geometrická nivelace ze středu

- ❑ nejčastěji používaný a nejpřesnější způsob určení převýšení
- ❑ na bodech, mezi nimiž určujeme převýšení, jsou postaveny nivelační latě
- ❑ nivelační přístroj se staví přibližně doprostřed mezi body A a B
- ❑ záměrná přímka urovnaného nivelačního přístroje vytne na latích laťové úseky $l_A = z$ (čtení vzad) a $l_B = p$ (čtení vpřed)
- ❑ převýšení mezi body A a B se určí ze vztahu: $\Delta H_{AB} = H_B - H_A = l_A - l_B = z - p$



- ❑ eliminuje chyby ze zakřivení Země a nerovnoběžnosti záměrné osy dalekohledu s osou libely

Nivelační pořady

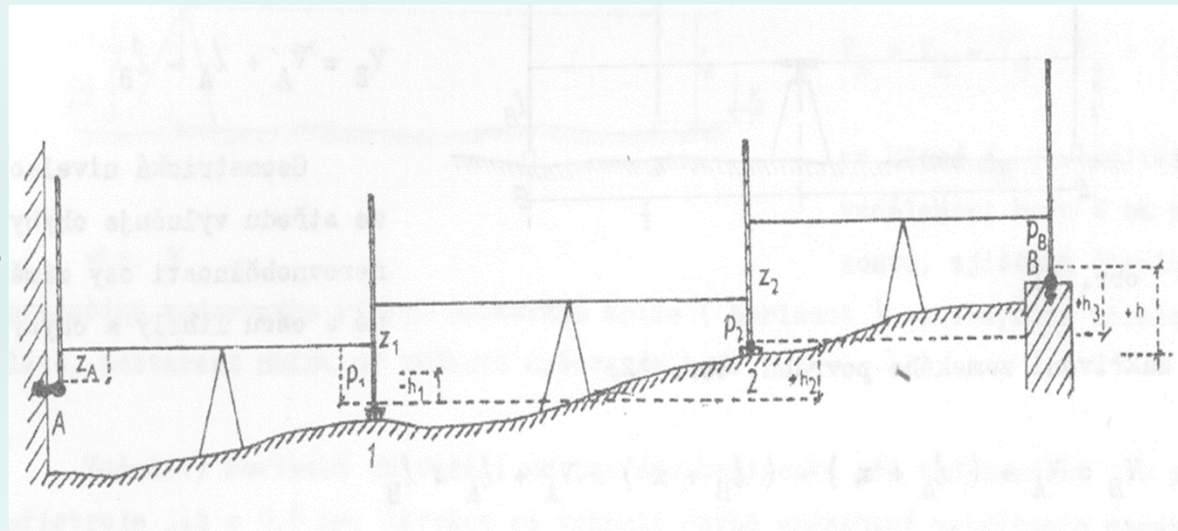
- ❑ pokud délka nebo spád terénu nedovolují zaměřit výškový rozdíl z jednoho stanoviště přístroje, rozdělíme vzdálenost vložení pomocných bodů (přestav) na potřebný počet nivelačních sestav
- ❑ nivelační sestava je tvořena stanovištěm přístroje a postavením latě vzadu a vpředu
- ❑ nivelační sestava je základním prvkem v hierarchii vyšších nivelačních útvarů
- ❑ soubor nivelačních sestav mezi výchozím a konečným nivelačním bodem se nazývá nivelační oddíl
- ❑ několik nivelačních oddílů tvoří nivelační úsek
- ❑ větší počet za sebou následujících nivelačních oddílů tvoří nivelační pořad
- ❑ nivelační pořad může být:
 - vložený (začíná i končí na známých bodech)
 - uzavřený (začíná i končí na tomtéž známém bodě)
 - volný (začíná na známém bodě a končí na bodě určovaném)
 - tvořící plošnou nivelační síť (zahrnuje alespoň dva známé body)

- ❑ jeden nebo několik nivelačních pořadů uzavírajících území se nazývá nivelační polygon
- ❑ území uzavřené nivelačním polygonem se nazývá nivelační oblast
- ❑ každé měření začíná vždy záměrou vzad (výškově známý bod)
- ❑ v případě měření výšky bodu, který není součástí nivelační sestavy, měříme tzv. boční záměrou (v zápisníku označovaná jako záměra střed)
- ❑ výškový rozdíl (převýšení) jedné nivelační sestavy určíme z rozdílu čtení vzad a čtení vpřed
- ❑ výsledné převýšení (oddíl, úsek, pořad) je součtem převýšení jednotlivých nivelačních sestav

$$h = h_1 + h_2 + h_3 = \sum z - \sum p$$

- ❑ výška koncového bodu je dána výrazem:

$$H_B = H_A + h = H_A + \sum z - \sum p$$



Druhy nivelace

- podle dosahované přesnosti výsledků měření geometrickou nivelací dělíme na:
 - technickou nivelaci (TN)
 - přesnou nivelaci (PN)
 - velmi přesnou nivelaci (VPN)
 - zvlášť přesnou nivelaci (ZPN)

Technická nivelace

- řídí se Směrnicí pro technickou nivelaci
- používá se při měření pro běžné technické účely nebo pro určení nadmořských výšek bodů v podrobném výškovém bodovém poli
- rozlišuje se technická nivelace základní přesnosti a zvýšené přesnosti
- kritériem přesnosti je mezní odchylka mezi daným a měřeným převýšením:

$$\Delta_{\max} = 20(40) \cdot \sqrt{d} \text{ [mm]}$$

Přesná nivelace

- přesná nivelace se řídí Niveláčnickou instrukcí pro práce v ČSJNS
- používá se při měření výšek ve výškovém bodovém poli, především v pořadech III. a IV. řádu, v PNS a při speciálních pracích vyšší přesnosti z oblasti inženýrské geodézie
- rozlišuje se přesná nivelace pro měření nivelačních pořadů IV. řádu a PNS spadajících do PVBP a pro měření nivelačních pořadů III. řádu spadajících do ZVBP

Velmi přesná nivelace

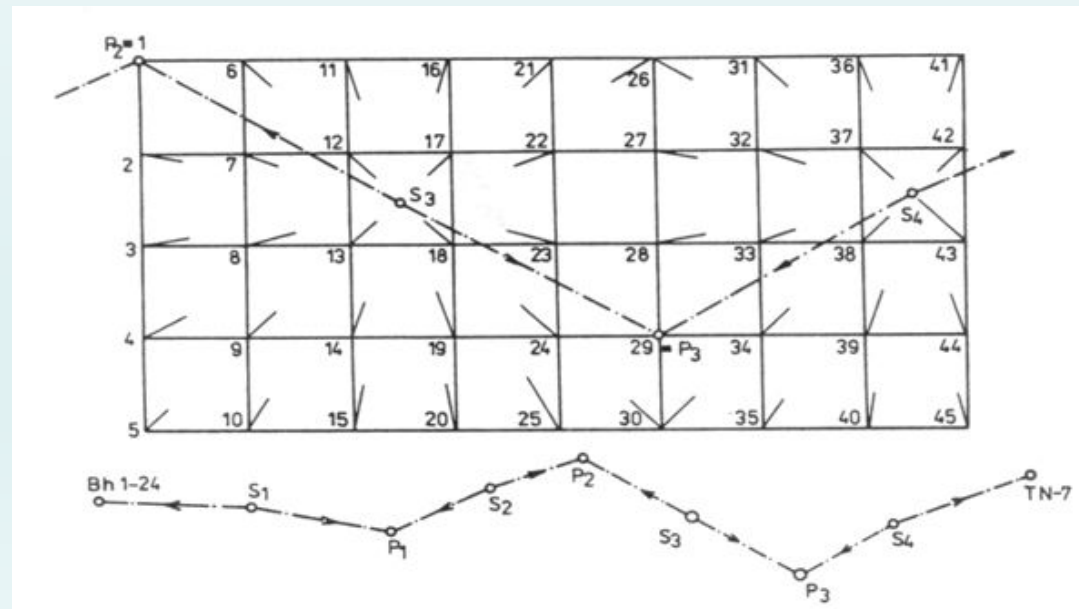
- používá se při měření v ZVBP, hlavně v nivelačních sítích I. a II. řádu

Zvlášť přesná nivelace

- používá se při výškovém určení výškových indikačních bodů (VIB) a při speciálních pracích s vysokými nároky na dosaženou přesnost

Plošná nivelace

- ❑ způsob, kterým se určují výšky podrobných bodů polohopisného obsahu současně s měřením nivelačního pořadu
- ❑ jedná se o zvláštní případ nivelace technické – z jednoho stanoviště přístroje se určí bočními záměry převýšení většího počtu podrobných bodů
- ❑ použití při vyhotovování výškopisných plánů a detailních geodetických podkladů pro projekci staveb nebo terénních úprav
- ❑ vhodná pro doplňování polohopisných plánů kótami
- ❑ určení výšek čtvercové sítě v rovinatém terénu, kde není polohopis
 - měří se výšky průsečíků (vrcholů) sítě, které jsou stabilizovány



Rozdělení nivelačních přístrojů

- ❑ pracují na společném principu - realizují vodorovnou rovinu
- ❑ mají však různou konstrukci, výkonnost a vybavení
- ❑ lze je dělit podle různých hledisek:
 - podle realizace vodorovné roviny – libelové a kompenzátorové (automatická horizontace)
 - kyvadlové
 - kapalinové
 - podle zdroje světla – optické a laserové
 - podle způsobu odečítání – vizuální a automatické
 - podle přesnosti (střední jednotkové kilometrové chyby obousměrné nivelace m_0)
 - velmi přesné nivelační přístroje (VPN) $m_0 \leq 0,3 \text{ mm}$
 - přesné nivelační přístroje (PN) $0,3 \text{ mm} \leq m_0 \leq 1,5 \text{ mm}$
 - technické nivelační přístroje (TN) $1,5 \text{ mm} \leq m_0 \leq 5 \text{ mm}$
 - nivelační přístroje s nižší přesností (NP) $m_0 \geq 5 \text{ mm}$

Libelové nivelační přístroje

- ❑ tyto přístroje se používaly především do poloviny minulého století
- ❑ v současnosti je použití tohoto přístroje minimální
- ❑ hlavní části přístroje:
 - třínožka se stavěcími šrouby
 - alhidáda se svislým čepem a vidlicí pro dalekohled
 - dalekohled pohyblivě spojený s alhidádou kloubem
 - elevační šroub k nastavení záměrné přímky do vodorovné roviny
 - nivelační libela
 - ustanovka ovládající otáčivý pohyb alhidády kolem svislé osy
 - krabicová libela pro přibližné uvedení osy do svislé polohy

- ❑ mimo mechanických částí charakterizují kvalitu libelových nivelačních přístrojů:
 - zvětšení dalekohledu
 - citlivost nivelační libely
 - úprava nitkového kříže
 - optický mikrometr pro přesnější čtení laťových úseků
- ❑ nivelační přístroje bývají vybaveny také vodorovným kruhem

Příprava nivelačního přístroje

- postavení stativu (deska stativu přibližně vodorovná)
- hrubá horizontace podle krabicové libely
- zaostření nitkového kříže
- zacílení na lať a zaostření obrazu
- urovnání nivelační libely elevačním šroubem
- čtení na laťové stupnici

Kompenzátorové nivelační přístroje

- ❑ jsou vybaveny kompenzátozem, který po hrubém urovnání přístroje podle krabicové libely nastaví automaticky záměrnou přímku do vodorovné polohy
- ❑ činnost kompenzátoru využívá zemské tíže – odpadá tedy nutnost urovnávat přístroj podle nivelační libely
- ❑ hlavními částmi přístroje jsou:
 - třínožka se stavěcími šrouby a ložiskem pro čep
 - alhidáda se svislým čepem přecházející v těleso dalekohledu
 - dalekohled s kompenzátozem
 - pomocná krabicová libela
- ❑ další doplňky jako nitkový kříž, optický mikrometr, vodorovný kruh jsou stejné jako u libelových nivelačních přístrojů

Příprava nivelačního přístroje

- shodná jako u libelových přístrojů, odpadá urovnání nivelační libely
- při pořadové nivelaci se doporučuje urovnávat krabicovou libelu na záměru vzad a vpřed
- před vlastním odečtením hodnoty jemně poklepat na přístroj

Laserové nivelační přístroje

- ❑ světelný paprsek realizující záměrnou přímku je v tomto případě nahrazen viditelným laserovým paprskem
- ❑ při měření laserovým nivelačním přístrojem je možné použít delší záměry
- ❑ používají se speciální nivelační latě s čidlem (umožňuje určit střed záměry)
- ❑ z konstrukčního hlediska je možné laserové nivelační přístroje rozdělit na:
 - kompaktní (zdroj a dalekohled tvoří jediný celek)
 - aditivní (do okuláru běžného nivelačního přístroje se vhodným způsobem přivádí světlo z laseru)
 - rotující (přístroje s rotujícím laserovým paprskem)
 - vodorovnou záměru lze sledovat současně na více latích vybavených detektory
 - přesnost je 0,8 až 3 mm/100 m
 - dosah 200 až 300 m
 - efektivní je jejich využití při různých běžných i speciálních stavebních pracích)

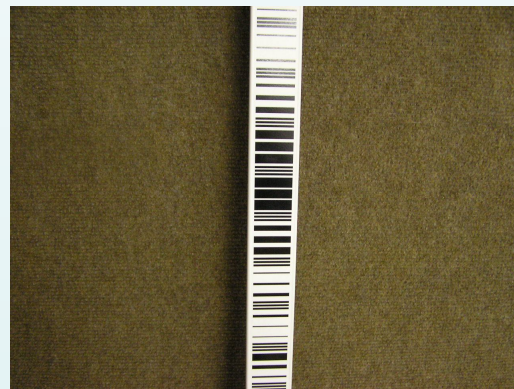
Nivelační přístroje



Pomůcky k nivelaci

Nivelační latě

- ❑ materiál – dřevo, lehký kov, kombinace dřeva a invarového pásku
- ❑ typ (tvar) – celistvé, sklopné, skládací a zasouvací



Nivelační podložky



**Děkuji za pozornost
Ing. Miloš Cibulka, Ph.D.**

**Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky
Lesnická a dřevařská fakulta
uhulag.mendelu.cz
tel.: 545 134 015**