

Przyrządy stosowane w geodezji górniczej i ich rozwój

Stefan Gierlotka

Z rozwojem górnictwa rozwijało się miernictwo i geodezja górnicza. Już w prawie górnictwa *Chemnitzer Bergrecht*, powstałym pomiędzy 1235 a 1270 r., znajduje się wzmianka nakazująca prowadzenie pomiarów wyrobisk podziemnych na ciągach poligonowych. Wzmianka dotyczy pomiarów rozgraniczających roboty górnicze prowadzone w sąsiadujących ze sobą kopalniach oraz orientacji wyrobisk górniczych w odniesieniu do powierzchni.

Historia przyrządów i metod pomiarowych sięga starożytności. Z przekazów wiadomo, że już 701 lat przed Chrystusem, w Jerozolimie zbudowano tunel wodny Siloe. Zbudowano go, aby poprawić zaopatrzenie Jerozolimy w wodę na wypadek oblężenia. Tunel o długości około 500 m wykuty został w skale, od źródła Gihon do sadzawki Siloe, pod całym wzgórzem Ofel (2 Krl 20, 20) oraz (2 Krn 32, 30). Tunel wykonano w ciągu 6 miesięcy, drążąc z obu stron dwa wyrobiska do ich połączenia. Połączenie obu wyrobisk wymagało geodezyjnego nadzoru nad kierunkiem drążenia.

Pierwotne narzędzia miernicze stosowane w kopalniach

W średniowieczu pomiary długości prowadzono jedynie za pomocą sznura górniczego. Odległości określano na ogół w sążniach, łokciach i stopach. W Anglii długość ramienia króla Henryka I posłużyła do wprowadzenia jednostki jard (91,4 cm), dzielącej się na 3 stopy. Zauważono, że sznury konopne się rozciągają, i **Georgius Agricola**, w swej książce *De re metallica libri XII* z 1556 r., poleca stosować sznur z łyka lipowego. Sznury nasączano olejem lub nacierano woskiem, przeciwdziałając ich rozciąganiu. W niektórych krajach próbowano stosować nawet sznury jedwabne. Ponieważ sznury w kopalniach mokrych nadal się rozciągały, wprowadzono specjalne cechowane łańcuchy miernicze wykonane z żelaza. Mierzono również za pomocą łat drewnianych, przykładając jedną do drugiej. Z końcem XIX wieku łańcuchy miernicze zastąpiono stalowymi cechowаныmi taśmami mierniczymi, które są jeszcze w użyciu. Z końcem XX wieku wprowadzono do pomiaru długości specjalne dalmierze laserowe.

Do pomiaru nachylenia wyrobisk stosowano półkola zawieszane na sznurach mierniczych. Nitka obciążona ciężarkiem wskazywała linię pionu i pozwalała odczytać na półkolu kąt pochylenia. Ponieważ wyrobiska zmieniały kierunek, więc mierzono też i poziome kąty między sznurami. Agricola w swym opracowaniu pokazuje *libella stativa*, w której zamocowano za pomocą sznura poziomnicę między dwoma specjalnymi belkami.



↑ Rycina przedstawiająca sznurowe metody pomiarowe w dawnych wyrobiskach podziemnych. Do pomiaru nachylenia wyrobisk stosowano specjalne półkola z pionem, które zawieszano bezpośrednio na sznurach mierniczych

Kompas górniczy

Kompas z igłą magnetyczną w geodezji górniczej zaczęto stosować od końca XV wieku. **Georgius Agricola** w swym dziele z 1556 roku podaje sposób wykonywania orientacji geodezyjnej za pomocą kompasu górniczego. Wykonanie



↑ Historyczne kompasy górnicze z igłą magnetyczną. Tego typu kompasy wiszące umieszczano na rozpiętym sznurze, aby wyznaczyć kierunek względem północy. Stosowanie tej metody zostało ograniczone przez zakłócenia magnetyczne wprowadzane przez stalowe obudowy wyrobisk



↑ Współczesny kompas górniczy. Przyrząd wyposażony w igłę magnetyczną, wywodzący się z historycznych konstrukcji stosowanych do geodezyjnej orientacji wyrobisk podziemnych

orientacji polegało na opuszczeniu szybem pionu, od którego nawiązywano na mierzonym wyrobisku poziomym ciąg sznurowy, przy czym azymuty magnetyczne jego boków określano kompasem, a długość miarą łachtrową (1 łachter = 80 cali = 1,919 m). Orientacja wyrobisk podziemnych wykonana przez jeden szyb była orientacją wstępną, najczęściej stosowaną podczas rozpoczynania nowego poziomu roboczego. Połączenie ze sobą dwóch orientacji wykonanych na tym samym poziomie, ale w różnych szybach, po korekcji, daje dokładną bazę pomiarową.

Specjalny kompas wiszący dla górnictwa wykonał w 1633 r. we Freibergu mierniczy **Balthasar Rösler** (1605–1673). Kompas taki wieszano na rozpiętym sznurze mierniczym i wyznaczano kierunek w stosunku do północy. Kompas z przeziernikiem optycznym w pomiarach kątów poligonu wprowadził w 1798 r. **Johann Christian Breithaupt** (1736–1799) z Kassel. Kiedy na początku XIX wieku zaczęto wprowadzać do wyrobisk górniczych żelazną obudowę, pomiary magnetyczne w kopalni natrafiły na trudności. Udoskonaleniem kompasowej metody pomiaru kątów była opracowana przez **Rittingera** w 1852 r. i wprowadzona do kopalń metoda systemu ciągów skrzyżowanych. Metoda ta umożliwiała pomiary kompasem w obecności żelaza z większą dokładnością. Kompas mierniczy dla górnictwa ulepszył **Max Hildebrand** (1839–1910) w 1873 r. Kolejnego udoskonalenia dokonał **Julius Weisbach** (1806–1871) z Bergakademie Freiberg, w połowie XIX wieku konstruując specjalne zawieszki dla wiszącego kompasu górniczego.

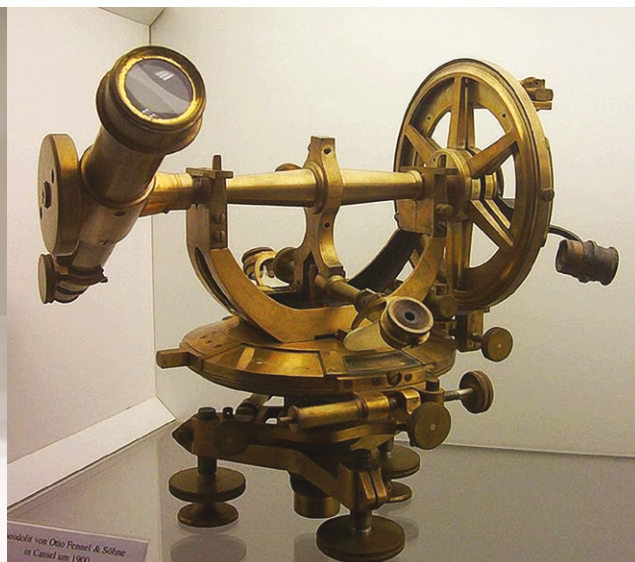
Na podstawie pomiarów kompasem sporządzane były mapy magnetyczne, na których naniesione są linie jednakowej deklinacji magnetycznej. Mapy górnicze orientowane były do współrzędnych geograficznych. Wartość zmierzonej deklinacji magnetycznej względem układu geograficznego w danym miejscu zmieniała się w czasie. Roczne zmiany deklinacji wynoszą od 5' do 15'. Różnicę deklinacji magnetycznej do geograficznego układu odniesienia dla potrzeb służb geodezyjnych w okresie międzywojennym podawała stacja Górniczego Obserwatorium Magnetycznego w Mikołowie. Obecnie ciągłą rejestrację składowych pola geomagnetycznego na terenie Polski prowadzą: Obserwatorium Geofizyczne Polskiej Akademii Nauk na Półwyspie Helskim w Helu oraz Śląskie Obserwatorium Geofizyczne PAN w Raciborzu.

Z czasem stosowanie metody orientacji wyrobisk za pomocą kompasu górniczego straciło na znaczeniu, głównie za sprawą zakłócającego oddziaływania stosowanej stalowej obudowy wyrobisk.

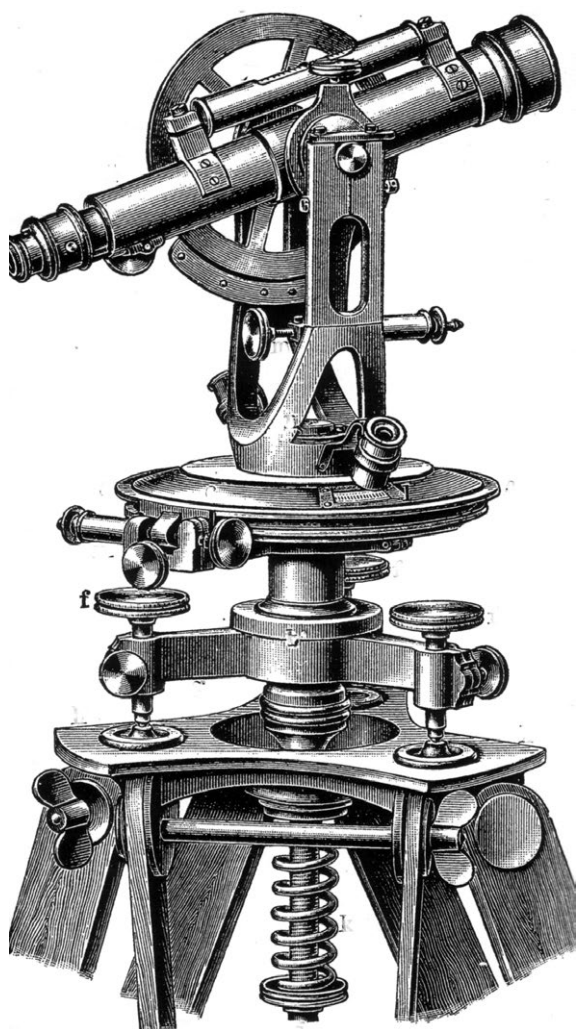
Teodolit górniczy

Na rozwój instrumentów geodezyjnych znaczący wpływ miały nie tylko odkrycia w optyce, ale też w mechanice precyzyjnej i mechanice materiałowej. Jakość szkła, proces jego szlifowania, właściwości stosowanych metali oraz precyzja wykonania elementów mechanicznych odegrały istotną rolę w rozwoju geodezji.

Pierwszy teodolit zbudował Anglik **Humphrey Cole** (1530–1591) w 1574 r. Koło poziome było podzielone na 360°,



↑ Ręcznie wykonywane, dawne instrumenty geodezyjne. Rozwój pierwszych teodolitów i przyrządów kątowych wymagał połączenia osiągnięć w dziedzinie mechaniki precyzyjnej z rozwiązaniami zaczerpniętymi wprost z astronomii



↑ Historyczny teodolit. Klasyczny przyrząd geodezyjny wyposażony w lunetę oraz koła podziałowe do pomiaru kątów. Teodolity na stałe wpięły się w historię miernictwa – do pomiarów w kopalniach wprowadził je w 1851 r. Julius Weisbach, a do powszechnie stosowanych w górnictwie należały m.in. dopracowane konstrukcje Maxa Hildebranda i Carla Bamberg

a co dziesiąty stopień opisany. Przyrząd taki można zobaczyć w oksfordzkim Muzeum Historii Nauki.

Historia rozwoju instrumentów geodezyjnych pokazuje bliskie związki z astronomią. Dla praktycznego wykorzystania lunety w przyrządach geodezyjnych należało wyposażać ją w krzyż z nitek oraz mikrometr. Umieszczony w osi optycznej lunety krzyż z nitek stanowił celownik umożliwiając dokładne jej ustawienie na mierzony obiekt. Pierwsze celowniki z nitkowym krzyżem sporządził w 1640 r. Anglik **William Gascoigne** (1612–1644). W 1662 r. włoski astronom **Cornelio Malvasia** (1603–1664) zastosował w lunecie krzyż celowniczy wykonany ze srebrnych, bardzo cienkich drutów. Mikrometr pozwalający na precyzję odczytu zbudował w 1770 r. angielski twórca instrumentów geodezyjnych Jesse Ramsden (1735–1800).

W 1720 r. **Jonathan Sisson** (1690–1749) skonstruował pierwszy jednoosiowy teodolit, a na jego kole pionowym zamontował lunetę. Instrument wyposażony był dodatkowo w libelę i dwa noniusze umożliwiające pomiar kąta. Przyrząd ten początkowo stosowany był w pomiarach geodezyjnych powierzchni terenu. Około roku 1800 matematyk **Giuliani** z Klagenfurtu skonstruował przyrząd zwany *catageolabium*, który miał koło poziome podzielone na 24 godziny i poziomowane specjalną libellą pudełkową. Oprócz tego, przyrząd ten miał koło pionowe o podziale 2-minutowym oraz lunetkę z obiektywem, okularzem i krzyżem nitkowym na płycie szklanej.

W 1851 r. **Julius Weisbach** (1806–1871), profesor w Bergakademie Freiberg, wprowadził teodolit wiszący do pomiarów w kopalniach. Teodolitami powszechnie stosowanymi w miernictwie górnictwym były konstrukcje **Maxa Hildebranda** (1839–1910) oraz **Carla Bamberg** (1847–1892). Dokładność tych teodolitów zwiększono przez wprowadzenie limbusów o większej średnicy, większego powiększenia lunety oraz mikroskopów z mikrometrem do odczytywania podziałki kątowej. Pierwszymi wytwórcami teodolitów byli: **Heinrich**



↑ Precyzyjne teodolity (a) i niwelatory (b) stosowane w geodezji górniczej. Wzrost ich dokładności w XX wieku to zasługa udoskonalień wprowadzonych przez pionierów optyki i mechaniki precyzyjnej, m.in. firmy Carl Zeiss oraz Heinrich Wild

Wild (1877–1951) w Szwajcarii oraz niemiecki mechanik precyzyjny – **Carl Zeiss** (1816–1888) w Jenie. Od roku 1922 wprowadzono do kopalń precyzyjny teodolit, unowocześniony przez **Heinricha Wilda**. Teodolity tego typu produkowała szwajcarska firma „Heinrich Wild, Werkstätte für Feinmechanik und Optik” w Heerburgu. W kolejnych latach udoskonalono metody orientacji kopalni oraz pomiaru długości.

Rozpowszechniony również został prostszy typ przyrządu, zwany teodolitem sztygarskim, przeznaczony dla sztygarów pełniących nadzór nad robotami górniczymi. Teodolit ten składał się z nieruchomej spodarki z limbusem i obracającej się nad limbusem alidady z przeziernikiem i noniuszem. Ustawiany był przez wbicie trzpienia mocującego do istniejącej obudowy wyrobiska.

Do niwelacji geometrycznej w kopalniach używa się zwykłych niwelatorów z krótką lunetką oraz krótkich łąt zsuwanych lub rozkładanych. Od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku zaczęto stosować niwelatory laserowe, które praktycznie wypierają tradycyjne niwelatory optyczne.

Oglądając zachowane dawne instrumenty geodezyjne wykonane ręcznie przez zdolnych rzemieślników, zauważa się często ich majestat, czego brakuje we współczesnych wykonaniach. Dzisiejsze instrumenty geodezyjne wykonywane są przez automaty różnych azjatyckich poddostawców i nie posiadają tego dawnego piękna. Najdoskonalszy automat nie zastąpi ręki XVII-wiecznego rzemieślnika, gdyż automaty duszy nie mają. □

👤 **Stefan Gierlotka**

Polski Komitet Bezpieczeństwa w Elektryce SEP