

Ing. Albert Procnazka

## ZEMLJOMERSTVO KOD EGIPĆANA

Periodične poplave reke Nila prisilile su Egipćane, da racionalno uredi svoju poljoprivredu. S time u vezi, morali su činiti sve, za što bolji napredak i razvitak tehnike, naročito vodogradnja i geodezija.

Onaj uzani ali plodni pojas niz reku Nil pretstavljao je za Egipćane život i civilizaciju. Tamo se skoncentrisala kultura i poljoprivreda. Posledica toga bila je, da se ova uzana površina cepala na mnoge male parcele. Kad se doda, da su posednici plaćali određeni porez jasno je, da su Egipćani morali voditi opširne registre o posedovnim prilikama sa podacima o površini i obliku pojedinih parcela.

Merničke poslove vršili su mernici koji su pohađali svešteničke škole. Oni su bili činovnici i pripadali su staležu „zatezača užeta” (Harpedonapta). Da su mernici imali sveštenički rang dokazuje se time što je uže, kojim su merili, imalo na oba kraja znak boga Amona — glavu ovna.

Iz očuvanih papirusa, koji sadrže crtane planove rudnika, bašta itd. sledi, da je Egipćanima bila poznata izrada nacрта. Grčki pisci su oduševljeno pisali o egipatskoj veštini u konstruisanju i izradi nacрта. Utvrđeno je, da su već deca bila poučena o upotrebi mera i u poznavanju merenja dužine, širine i dubine.

Osnovi Geodetske nauke bili su dati u jednom udžbeniku, koji je bio sastavio pisar Ahmes. Ova knjiga bila je predviđena za one, kojima je već bila poznata osnova matematike i geometrije.

Sadržaj ovog udžbenika za matematiku i geometriju je vrlo interesantan, pa ću pokazati iz njega neke zadatke.

Naslov knjige glasi: „Propisi kako se može steći znanje o svim tajnama predmeta”. Ova knjiga je sastavljena u godini 33 na dan „Mesoria . . .” pod vladom Ra-a-usa, kralja gornjeg i donjeg Egipta, prema ugledu starih spisa, koji su bili sastavljeni za vreme vlade kralja Ra-en-mata od pisara Ahmesa.

Evo primera iz matematičkog dela knjige:

1.) „Nepoznata njezina sedmina, njezina celina, to čini 33”.

— To znači jednadžbinu:  $x + \frac{x}{7} = 33$ .

2.) „Hlebova 100 za 5 osoba; jedna sedmina od 3 prvih

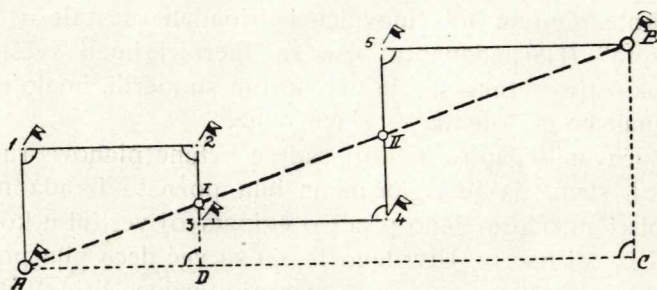
cvo od osobe dve ostalih - - -, kolika je razlika?" Ahmes cvde stavlja zadatak podele 100 hlebova na 5 osoba u aritmetičkoj progresiji tako da prve dve osobe dobiju zajedno  $\frac{1}{7}$  od toga šta prime 3 ostale osobe. Nakon dugog objašnjavanja izračuna Ahmes ovaj red:  $1\frac{2}{3}$ ,  $10\frac{5}{6}$ , 20,  $29\frac{1}{6}$ ,  $38\frac{1}{3}$ .

○ Primeri iz geometrije:

3.) Izračunati površinu zemljišta, koje ima oblik ravno-krakog trougla sa stranama: a, a, b. Površinu izračuna Ahmes sa:  $\frac{b}{2} \cdot a$ . Tačno bi bilo:  $\frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \frac{b^2}{4}}$  ali korenovanje Ahmesu — izgleda — nije bilo još poznato.

4.) Raspravljajući problem kvadrature kruga računa  $\pi$  sa 3, 1604.

Konačno Ahmes računa zapreminu silosa za žito, površine tela raznih oblika itd.



SL. 1

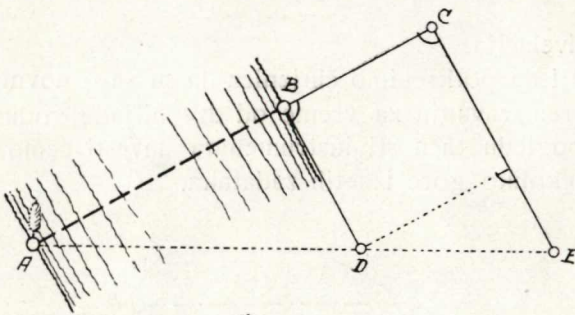
Interesantno je napomenuti, da su Ahmesove formule, koje su u mnogome bile manjkave i netačne, upotrebljavane još i u vreme kada je već živeo Euklid i kada je nauka geometrije kod Grka daleko napredovala. Kao dokaz služi premer svešteničkog poseda hrama Horusa od Edfua u gornjem Egiptu. Premer je vršen u godini 100 pre Hrista, t. j. 200 godina posle Euklida a ipak su površine poseda izračunate na osnovu Ahmesovih formula.

Osnovu za katastar također su položili Egipćani. Da bi pravilno mogli propisati poreze bile su sastavljene zasebne knjige — „Knjige dužnika” — u kojima je bio tačno opisan posed, njegove granice, bonitet i položaj prema susedima.

Jedinica mere je bila „rif” (aršin) i to veliki rif t. z. „Kraljevski rif” koji je imao 28 „daktila” ili mali rif (1 šuh=350mm).

Veće mere su bili „hvat” (6 šuha) „pletron” (100 šuha) i „stadion” (600 šuha). „Arura” je bila jedinica površine, t. j. kvadrat sa stranom od 100 „kraljevskih rifa” ( $=2756 \text{ m}^2$ ). Originalni mera, koji su očuvani, vrlo tačno su izrađeni; prosečna greška na 1 rif je samo 1 do 2 mm.

Grk Heron od Aleksandrije (oko 100 pre Hr.) prikupio je sva pravila po kojima su egipćanski mernici radili na terenu, a koja su pravila kao „tajne” prenošene od oca na sina. Heron je na osnovu prikupljenih podataka sastavio prvi udžbenik geodezije. Ovo delo poznato pod imenom „Dioptra” pokazuje nam tadašnji visoki stepen u razvoju geodezije. Primećuje se da Heron nije uveo netačne formule Ahmesove nego je izračunao tačnije formule, tako na primer formulu za površinu trougla, kad su sve tri strane poznate (Heronova formula). Heron u početku knjige opisuje jedan instrument za merenje

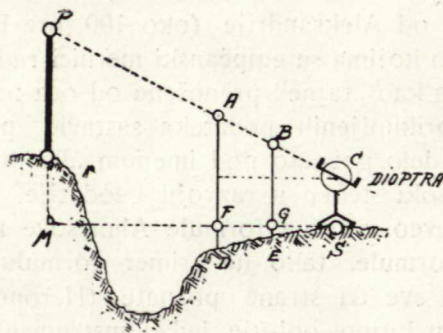


SL. 2

pravog ugla nazvan „Dioptra”, koji se može smatrati kao pralik današnjeg teodolita. „Dioptra” se sastojala iz jednog lenjira za viziranje (dioptrar), koji se okretao u vertikalnom i horizontalnom smislu. Horizontalan položaj lenjira postigao se pomoću libele i viska! Instrument, koji je po svoj prilici bio izum samog Herona, služio je u prvom redu za iskolčenje pravih uglova. Kao pomoćni alat upotrebljavale su se značke sa viskom i pločom. Navescu neke zadatke, koje postavlja i rešava Heron u svojoj „Dioptri” a koji imaju još i danas za nas interes:

- 1.) iskolčenje prave kad se krajnje tačke međusobno ne gledaju;
- 2.) određivanje širine reke sa jedne obale;
- 3.) određivanje ostojanja jedne tačke od druge nepristupačne tačke;

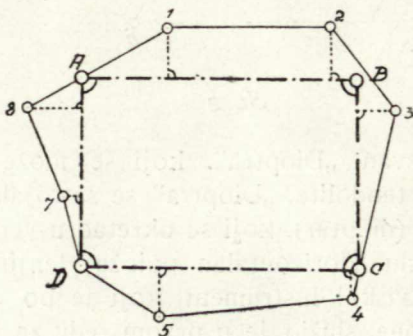
- 4.) indirektno merenje visine jedne tačke nad terenom;
- 5.) izmera površine zemljišta;
- 6.) rekonstrukcija međe zemljišta na osnovu postojećih nacрта, kad nekoliko međnih belega (kamena) ne postoji;



SL.3

## 7.) nivelacija.

U želji da potkrepimo činjenicu da su se osnovni principi i metode premeravanja za vreme od dve hiljade godina menjali samo u pogledu tačnosti instrumenata navesti ćemo praktično rešenje nekoliko gore iznetih zadataka.



SL.4

1.) Iskolčenje prave  $\overline{AB}$ , kad se krajnje tačke međusobno ne doledaju (slika 1).

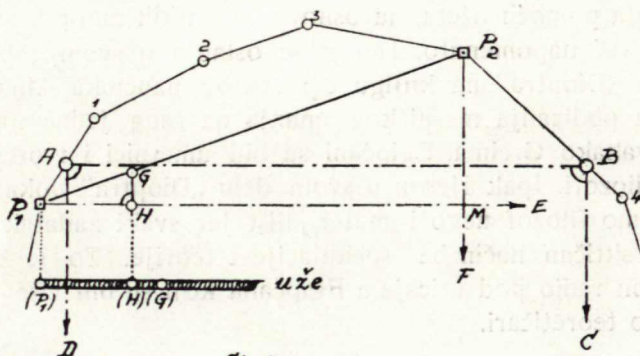
Iz merenih pomoćnih linija  $\overline{A_1}$ ,  $\overline{1_2}$ ,  $\overline{2_3}$ , do  $\overline{5B}$  koje su međusobom okomite, izračuna se međusobni položaj tačaka A i B koordinatama  $\overline{AC}$  i  $\overline{BC}$ .

Iz sličnosti pravouglih trouglova  $\triangle AID$  i  $\triangle ABC$  računa se  $\overline{ID}$ . Otstojanje  $2I$ , potrebno za iskolčenje tačke I na pravoj  $\overline{AB}$ , jeste  $\overline{AI}$  minus  $\overline{ID}$ . Iz sličnosti daljnjih trouglova dobiju se mere za izkolčenje ostalih tačaka.

2.) Određivanje širine reke  $\overline{AB}$  bez prelaza na drugu obalu (slika 2).

Na tački B u neposrednoj blizini obale postavi se „dioptra“ i odredi se prava  $\overline{BD}$  okomito na  $\overline{AB}$ ; slično u tački C (u produženju  $\overline{AB}$ ) prava  $\overline{CE}$ . Iz merenih otstojanja  $\overline{CE}$  i  $\overline{BD}$  računa se pomoću sličnosti trouglova tražena širina:  $\overline{AB} = \frac{\overline{BC} \cdot \overline{BD}}{\overline{CE} - \overline{BD}}$ .

3.) Visina jedne tačke A nad stajalištem S. U tački S postavi se „dioptra“, pomoću vizure C—P označi se visina A i B



SL.5

na značkama postavljenim u tačkama E i D; pomoću nivelmana odredi se tačka F i G na značkama. Iz sličnosti trouglova računaju se potrebna otstojanja  $\overline{MF}$  i  $\overline{FG}$ . Tražena visina je onda:

$$PM = \frac{\overline{ME}(\overline{AF} - \overline{BG})}{\overline{FG}} + BG$$

4.) Snimanje nepravilne parcele (slika 4). „Dioptrom“ iskolči se pravougaonik ABCDA a na njegove strane snimaju se „pravo izgledajući“ mede pravouglim koordinatima.

5.) Postavljanje nestalih mednih belega na zemljištu na osnovu postojećeg plana, kad su samo 2 ili 3 belega na terenu nađene (slika 5).  $P_1$  i  $P_2$  predstavljaju očuvane medne belege, a 1, 2, 3 izgubljene medne belege, koje treba odrediti. Heron

rekonstruiše na terenu pravougaonik  $AB\ C\ DA$  koji je u postojećem nacrtu ucrtan a koji je svojevremeno služio kao osnovni — „koordinatni sistem” za snimanje detaljnih tačaka (vidi zadatak 4). Najpre treba iskolčiti pravce  $\overline{P_1 E}$  i  $\overline{P_2 F}$  koji su paralelni  $\overline{AB}$  i  $\overline{AD}$  pomoću mera  $\overline{P_1 M}$  i  $\overline{P_2 M}$ , poznatih iz nacрта. No, pošto se distanca  $\overline{P_1 P_2}$  na terenu može izmeriti, poznata je proporcija svih otstojanja na terenu prema onima u nacrtu. Zatim se označi i odmeri na terenu jedna tačka  $G$  na pravi  $\overline{P_1 P_2}$  blizu  $P_1$ . Trokut  $\triangle P_1 G H$  sličan je trokutu  $\triangle P_1 P_2 M$ ; prema tome poznata su otstojanja  $\overline{P_1 H}$  i  $\overline{HG}$ . Na užetu za merenje markira se čvorovima ili crticama mere za tačku ( $P_1$ ) ( $G$ ) i ( $H$ ). Kada ovako markirano uže pričvrstimo u  $P_1$  sa krajem ( $P_1$ ), u  $G$  sa markom ( $G$ ) a uže zategnemo, držeći ga kod marke ( $G$ ), dobijamo  $\triangle P_1 G H$  i time paralele glavnih pravca  $AB$  i  $AD$ . Istoriski je interesantna konstrukcija pravog ugla pomoću užeta, na osnovu računskih mera.

Kako već napomenuto, Heron se oslanja u svom geodetskom delu „Dioptra” na knjigu egipatskog naučnika Ahmesa, ali zasluga podizanja merničkog znanja na rang jedne nauke pripada svakako Grcima. Egipćani su bili umetnici i tvorci ali nisu bili filozofi. Ipak Heron u svom delu „Dioptra” pokazuje da nije samo filozof nego i materijalist jer svaki zadatak rešava na praktičan način bez spekulacije i teorije. To je znak da je Heron radio pod uticajem Egipćana koji su bili više tehničari nego teoretičari.

\* Celokupne spise Herona — u koliko su bili očuvani — a koji se odnose na geometriju, uredio, sastavio i izdao je Hultsch u g. 1864 pod naslovom: „Heronis Aleksandrini geometricorum et stereometricorum reliquiae”.

Budite saradnik Glasnika