

PUBLIKACIJE ASTRONOMSKOG DRUŠTVA „RUĐER BOŠKOVIĆ”

Br. 24

PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY RUDJER BOŠKOVIĆ No. 24

---

Milutin Tadić

# GNOMONIKA ALATURKA



---

Beograd 2022



**Milutin Tadić**

**GNOMONIKA ALATURKA**  
**sunčani satovi Hadži Ali-begove džamije u Travniku**  
**i Hadži Memijine džamije u Mostaru**

**Beograd 2022**

Milutin Tadić

**GNOMONIKA ALATURKA: sunčani satovi Hadži Ali-begove džamije u Travniku i Hadži Memijine džamije u Mostaru**

Izdavač

Astronomsko društvo „Ruđer Bošković”

Narodna opservatorija, Kalemegdan, Gornji grad 16, 11000 Beograd

<http://www.adrb.org>

Za izdavača

Dr Miodrag Dačić

Recenzent

Prof. dr Milan S. Dimitrijević, Astronomski opservatorija u Beogradu

Dizajn, tehnička priprema i korice

Milutin Tadić

Tiraž: 300

Štampa: Skripta Internacional, Beograd

Mjesto i godina izdanja: Beograd, 2022.

© Milutin Tadić

Ovo djelo se ne smije umnožavati, fotokopirati i na bilo koji drugi način reproducovati, ni u cjelini, ni u dijelovima, bez pismenog odobrenja izdavača.

---

## SADRŽAJ

### Predgovor

### I – Određivanje vremena u okviru dana na prostoru današnje Bosne i Hercegovine u XVIII i XIX vijeku 9

1. Satna određenja zabilježena u ljetopisima iz XVIII i XIX vijeka 9
2. Mehanički satovi – privilegija bogatih 13
  - ✓ Sarajevska sahat-kula: niti jedina, niti lunarna 15
3. Bašeskijini ljubitelji astronomije 17
  - 3.1 Primjena astrolab-kvadranta u vjerskoj praksi 18
  - ✓ Ibn Junus (950-1009): zadaci muslimanske astronomije 19
  - ✓ Al-Razi (854-925): o nauci i religiji 19
  - ✓ „Odsijecanje” visine sunca 22
4. Služba vremena u službi religije 24
  - ✓ Osnivanje muvekithana – korak naprijed 28

### II – Islamski molitveni ciklus i geometrija sunca 29

- ✓ Kraj XIX, početak XX v.: hrišćanski autori o počecima islamskih molitvi 29
  - ✓ Ikindija: srednja molitva 33
1. Izračunavanje početka podnevne molitve 35
  2. Izračunavanje početka ikindije 38
  3. Izračunavanje početka akšama 39
  4. Izračunavanje početka jacije 42
  5. Izračunavanje početka sabaha 43
    - ✓ Savremene nedoumice 45

### III – Orientacija džamija: licem prema Meki 47

1. Određivanje kible na osnovu položaja sunca 50
  - 1.1 Sunce ispred, kibla „na lijevu ruku“ 53
2. Kibla – ortodroma ili loksodroma 55
  - ✓ Izvorna kibla – istočna kibla 57
  - ✓ Kibla Sarajeva i ljutiti Bašeskija 59

#### **IV – Alaturka satni sistem 61**

- ✓ Sunčani sat u Groningenu – sat sveznadar 61
- ✓ „Naše” i „muhamedansko” vrijeme 65
- 1. Pretvaranje alafranka sati u alaturka sate 65
- ✓ Glasovi sarajevske noći 70

#### **V – Sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku 71**

- 1. Mjesto i položaj 71
- 2. Matematičko-geografski položaj: geografske koordinate i azimut 74
- 3. Provjera polaznih konstrukcionalih podataka 76
- 4. Radno vrijeme travničkog sunčanog sata 78
- 5. Geometrija sunca 80
- 6. Šta je šta na travničkom sunčanom satu 82
  - ✓ Toranj vjetrova u Atini: višestrani sunčani sat 85
- 7. Proračun/provjera satne mreže 87
- 8. Provjera linije ikindije i konstrukcija satne mreže 92
- 9. Vrijeme postavljanja i konstruktor 95

#### **VI – Sunčani sat Hadži Memijine džamije u Mostaru 97**

- 1. Matematičko-geografski položaj i orientacija 98
  - ✓ Čibla i kompas 102
- 2. Geometrija sunca i radno vrijeme sunčanog sata 103
- 3. Šta je šta na mostarskom sunčanom satu 106
- 4. Analiza satne mreže 108
  - 4.1 Provjera položaja satnih linija (provjera ulaznih konstr. podataka) 109
  - 4.2 Određivanje dužine, položaja i oblika ortognomona 113
- 5. Konstrukcija solsticijskih hiperbola i linije ikindije 116
  - 5.1. Konstrukcija i provjera linije ikindije 119
- 6. Konstrukcije kompletne skale sunčanog sata 122
- 7. Odgonetanje „ortokible” 127
- 8. Vrijeme postavljanja sunčanog sata 130
- 9. Mostarski gnomonist 132

#### **VII – Neposredna provjera 135**

#### **Rezime – Резюме – Summary 141**

#### **Literatura 150**

#### **Rječnik 156**

#### **Prilog 165**

---

## ZAHVALNOST

*Srdačno se zahvaljujem Beli Šmatko (Бела Шматко) za korekciju prevoda, Sonji Dujmović na pomoći u prikupljanju literature, Željku Vukoviću, Mariju Vukoviću, Jasminku Mulaomeroviću i Miralemu Huskiću na sudjelovanju u mjerenu i provjeri tačnosti razmatranih sunčanih satova, Berislavu Horvatiću, Valteru Hofmanu (Walter Hofmann) i Nikolaju Telicinu (Телинјун Николај Николаевич) na korisnim informacijama i sugestijama, i Milanu S. Dimitrijeviću na pozitivnoj recenziji i preporuci knjige za štampu.*

---

## PREDGOVOR

Ovo je knjiga o starim sunčanim satovima koji se nalaze na Hadži Ali-begovoј džamiji u Travniku i Hadži Memijinoj džamiji u Mostaru, ili – ovo je knjiga o konstrukciji zidnih sunčanih satova zasnovana na analizi ta dva neobična sata.

Pripremni dio knjige čine četiri poglavlja od kojih je u prvom riječ o vremenskoj orijentaciji u okviru dana na prostoru današnje BiH tokom XVIII i XIX vijeka, u drugom je objašnjeno kako se izračunavaju počeci tradicionalnih dnevnih islamskih molitvi, u trećem kako se određuje pravac prema Meki, dok se četvrto poglavlje bavi alaturka satnim sistemu (formalnim satnim sistemom u Osmanskom carstvu) i preračunavanjem alaturka sati u sate savremenog satnog sistema. Prvo poglavlje je moglo imati manje citata, mjera je svjesno pređena s namjerom da se olakša rad čitaocu/istraživaču koji će se sveobuhvatnije posvetiti proučavanju osjećaja za vrijeme ljudi toga doba.

Prvi dio knjige mogu preskočiti svi oni koji su ranije iščitali zbornik „Islamski kalendar i astronomija“ (1991), na prvom mjestu članak Mulaomerovića (str. 171-220).

Drugi, glavni, dio knjige čine tri poglavlja u kojima su egzaktno analizirani sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku i sunčani sat Hadži Memijine džamije u Mostaru. Za oba su traženi odgovori na isti

niz pitanja: Koje je polazne računske podatke koristio konstruktor, gnomonist? Kom satnom sistemu je sat namijenjen? Šta predstavljaju i kako su konstruisane linije od kojih se sastoji satna mreža? Šta, i kako, pokazuje sjenka-kazaljka? Da li je tačan? Kada je sunčani sat postavljen? Čije je djelo, to jest, ko je gnomonist? Pretposljednje pitanje ostaje otvoreno za sunčani sat Hadži Memijine džamije, a posljednje pitanje, za oba sata. Rezultati istraživanja dati su uporedno u rezimeima na srpskom, ruskom i engleskom jeziku.

Odjeljci pomoćnog teksta, uglanom citati i napomene koji imaju ulogu intermeca označeni su kvačicom ✓ i vertikalnom ivičnom linijom.

U tekstu postoji mnogo termina iz oblasti egzaktnih nauka. Za čitaoca koji u tim naukama nisu „kod kuće”, na kraju knjige dodat je Rječnik u koga su uvršteni pojmovi koji nisu objašnjeni (ili nisu dovoljno objašnjeni) u osnovnom tekstu. (Svi su ti pojmovi u kontekstu gnomonike opširnije objašnjeni u knjizi: Tadić, M. (2021). *Analemački sunčani časovnici: nauka i zabava*. Beograd: Akademska misao.) Da bi se u Rječniku izbjeglo šarenilo odvojeno su objašnjeni turcizmi koji se najčešće pominju u citatima, dok su u osnovnom tekstu korišćeni samo kada je to neophodno.

Hadži Ali-begova i Hadži Memijina džamija zaštićene su kao nacionalni spomenici, a u sklopu njih i sunčani satovi. Shodno tome, za brigu o njima nadležan je Zavod za zaštitu spomenika kulture Federacije BiH. Objašnjenja i nacrti dati u ovom radu trebalo bi da pomognu ekspertima tog Zavoda da sunčane satove ubuduće pravilnije štite i održavaju u funkciji. Gnomonička znanja izložena u knjizi pomoći će i istraživačima naučnog i kulturnog alaturka nasljeđa u BiH da budu obazriviji pri vrijednovanju u stilu „jedini”, „najstariji”, „najtačniji”.

Dodatna vrijednost knjige je ta što čitaoca kroz egzaktnu analizu sunčanih satova Hadži Ali-begove i Hadži Memijine džamije korak po korak uvodi u vještinsku gradnju i savremenih vertikalnih/zidnih sunčanih satova: drugim riječima, u knjizi „Gnomonika alaturka” izložena je i gnomonika „alafranka”. Pronicljivi čitalac koji slijedeći uputstva sadržana u knjizi samostalno napravi sunčani sat na zidu bilo koje orientacije, imaće za šta da se pohvali, ali neka uvijek ima na umu da su sunčane satove kao što su njegov i satovi na Hadži Ali-begovoj i Hadži Memijinoj džamiji, pravili starogrčki gnomonici još prije dva milenijuma.

---

## Spisak oznaka koje su korišćene u knjizi

Geografska širina i geografska dužina	$\phi, \lambda$
Pravougle koordinate	$x, y$
Polarne koordinate	$\rho, \alpha$
Deklinacija i satni ugao	$\delta, t$
Satni ugao sunca u trenutku zalaska	$t_{\odot}$
Dužina obdanice	$T_{\odot}$
Trenuci izlaska i zalaska sunca	$T_{\uparrow}, T_{\downarrow}$
Jutarnja/večernja amplituda sunca	$\omega$
Dužina sumraka	$\sigma$
Visina Sunca, astronomski azimut	$h, A_S$
Podnevna visina sunca	$h_0$
Geografski azimut, razlika azimuta	$A_N, \Delta A$
Ugao kible	$A_K$
Pravo i srednje sunčevu vrijeme	$T_P, T_{SE}$
Alaturka vrijeme	$T_{AT}$
Vremensko izjednačenje	$e$
Ugao sjenke polosa	$\tau$
Dužina polosa	$q$
Visina gnomona	$v$
Dužina ortognomona	$d$
Visina sunca nad vertikalnom ravni sunčanog sata	$\psi$
Ugao koji sjenka zaklapa sa vertikalom	$\alpha$
Dužina sjenke (polosa, gnomona, ortognomona)	$\rho_s$
Ugao koji polos zaklapa sa vertikalom	$v$
Ugao koji polos zaklapa sa subpolosom	$\mu$
Zodijački znaci Ovna i Vage	$\Gamma\Omega$
Zodijački znaci Jarca i Raka	$\Psi\Theta$



## Određivanje vremena u okviru dana na prostoru današnje Bosne i Hercegovine u XVIII i XIX vijeku

Na prostoru bivše Jugoslavije, koliko je nama poznato, postoje samo dva stara sunčana sata osmanskog tipa, oba u Bosni i Hercegovini (u nastavku „BiH”), jedan na Hadži Ali-begovoj džamiji u Travniku, a drugi na Hadži Memijinoj džamiji u Mostaru. O oba sunčana sata već su objavljeni radovi, o prvom više njih (Tadić, 1985, 1991a, 1991b), a o drugom, tek nedavno uočenom i restauriranom, samo prethodno saopštenje (Tadić, 2021).

Oba se po konstrukcionom obliku, sadržaju i funkciji razlikuju od savremenih sunčanih satova pa je prije egzaktne analize potrebno objasniti kakav je u doba bez preciznih satova, časovnih službi pri astronomskim opservatorijama, televizije, mobilnih telefona i interneta, bio odnos ljudi prema mjerenu vremenskih razmaka u okviru dana, ko se i u koju svrhu brinuo o tačnom vremenu, kojim se metodama i spravama pri tome koristio. Osim toga, imajući u vidu funkciju oba sunčana sata, potrebno je da se objasne i ključni pojmovi vezani za tadašnju vjersku praksu – *islamske dnevne molitve, kibla i alaturka satni sistem* – i tako stvore preduslovi da se planirana analiza može razvijati bez stalnih prekida za dodatna objašnjavanja.

Podimo redom.

---

### 1. Satna određenja zabilježena u ljetopisima iz XVIII i XIX vijeka

Sunčani satovi se, kao što je rečeno, nalaze u Travniku i Mostaru, gradovima koji se nalaze u Bosni i Hercegovini (ili tačnije, u Federaciji BiH), na prostoru koji je u prepostavljenom periodu nastanka oba sata bio na sjeverozapadnoj periferiji Osmanskog carstva (formalno do 1908. godine), zatim na južnoj periferiji Austrougarskog carstva, da bi poslije

1918. godine dospio u središte teritorije Kraljevine Srba Hrvata i Slovenaca. Za vrijeme osmanske vladavine veliku većinu činilo je seosko stanovništvo koje je vjekovima živjelo bez ikakvih sprava za mjerjenje vremena u okviru dana: radni dan zemljoradnika ili stocara, svejedno, počinjao je u osvit zore i završavao se sa zalaskom sunca, raščlanjen samo vremenima objeda (ručak i užina, odnosno, mali i veliki ručak). Doba obdanice se procjenjivalo prema položaju sunca ili sjenke, a doba noći prema nivou posrednog osvjetljenja, boji neba, položaju Mjeseca pri različitim mijenama i oglašavanju pijetlova – prvi, drugi i treći pijetli (Janković, 1951, str. 157). U gradovima su samo malobrojni imali satove koji su dopremani iz Ugarske, Carigrada ili Dubrovnika: „Kako su zidni satovi dolazili ovamo preko Beograda, zvali su ih ovdje biogradski satovi, dok džepni satovi dolaze preko Carigrada, pa se zovu stambolski. Bila je jedna vrsta ovih satova, koji su se zvali i manastirski” (Kreševljaković, 1927, str. 40).

Visoki osmanski zvaničnici dobijali su satove kao poklone koje su im uručivali evropski ambasadori radi pridobijanja blagonaklonosti, prvo sultalu, „a ubrzo poslije toga su i lokalnim vladarima i činovnicima, osim skupocjenog tekstila, takođe uručivani satovi” (Goçek, 1987, str. 106). Obični gradski stanovnici – abadžije, berberi, kazandžije, pekari, sarači, bakali i dr., bez obzira na vjeroispovijest, upravljali su prema islamskom molitvenom ciklusu, to jeste, prema rasporedu javno oglašavanih dnevnih islamskih molitvi, bez posebne potrebe za „gušćom” diobom dana i preciznijim mjerjenjem vremena. Izuzetak su bili manastiri i samostani u kojima su monaške zajednice, sklonjene od „tuđe religije i nepoznatog jezika” (Andrić, 1995, str. 85), dnevne aktivnosti (molitva-poslušanje-odmor) uređivale prema hrišćanskim molitvenim časovima. Jedino što je bilo nesporno kod pripadnika svih religija jeste zalazak sunca kao početak novog dana, u crkvenom smislu te riječi.

U doba kada su satovi bili jednako rijetki kao i pismeni ljudi, jasno je da nisu mogli biti brojni ni ljetopisi, niti u njima zabilježena vremenska određenja u smislu konkretnih sati. Kao ilustracija vremenske orientacije u okviru dana, u nastavku su izdvojena satna određenja događaja i doživljaja iz malobrojnih rukopisnih ljetopisa koji su nastali tokom jednog vijeka, od sredine XVIII do sredine XIX, iz pera muslimanskih i hrišćanskih autora (tab. 1).

Tabela 1. *Analizirani ljetopisi*

Autor	Naslov	Period	Jezik
Fra Bono Benić (1708-1785)	<i>Ljetopis Sutješkog samostana</i>	O samostanu: 1734-1785	„Ilirski“ i latinski
Mula Mustafa Bašeskija (1731-1809)	<i>Ljetopis</i>	1746-1804	Turski
Fra Marijan Bogdanović (1720-1772)	<i>Ljetopis Kreševskog samostana</i>	1765-1817	Latinski
Arhimandrit Joanikije Pamučina (1810-1870)	<i>Život Ali-paše Rizvan-begovića stočanina</i>	1783-1851	Srpski
Salih Sidki Hadžihusejnović (1825-1888)	<i>Povijest Bosne</i>	Doba turske vladavine	Turski
Staka Skenderova (1831-1891)	<i>Ljetopis Bosne</i>	1825-1856	Srpski

Glavni dio Bašeskijinog rukopisa čine bilješke iz sarajevske i bosanske svakodnevice u kojima, bitno je napomenuti zbog kasnijih navoda, skoro nikada ne pominje hrišćane, građane drugog reda, koji su, prema procjenama francuskog diplomata A. Channette početkom XIX vijeka (pred kraj Bašeskijonog života) činili oko polovine ukupnog broja stanovnika (Hadžibegić, 1977, str. 78). Uzakujući kada se nešto desilo u okviru dana, Bašeskija (1987) kao orientire koristi pojmove „podne“, „ikindija“, „akšam“ i „jacija“, tj. vremena islamskih molitvi, sa predlozima „oko“, „iza“, poslije“ „pred“ i „između“. Tako, na primjer, za zemljotres s kraja 1753. godine precizira da se desio „između akšama i jacije“ (str. 30). Sate navodi rijetko, ponekad precizirajući da li misli na prvih ili drugih dvanaest alaturka sati: za početak posta, na primjer, kaže da je objavlјivan pucnjem topa „u šest sahata noću“ (str. 235; 345). Sate navodi kada govori o nebeskim pojavama (crvenilo na nebu, pojava komete), katastrofama (zemljotres, požar), dolascima novih aga u Sarajevo, ili rođenjima svoje djece: zvijezda repatica se „pojavila u 3-4 sata a kasnije je bila vidljiva sve do zore“ (str. 88), veliki požar desio se 7. februara 1797. „u devet sahata noću“ (str. 331), a 30. aprila 1776. „u četiri sata“ u Sarajevo je stigao Osman-aga“ (str. 145). Kada mu se 1770. godine rodio sin, Bašeskija još nije imao sat pa je vrijeme sinovljenog rođenja koje mu je rekla žena, „pred ikindiju“, zapisao kao „pred ikindiju oko 9 sati“ (str. 87). Sat je kupio tri godine kasnije pa je 1775. godine precizno zabilježio rođenje narednog sina – „pet-šest minuta prije sedam

sati” (str. 136). To je i jedini put da je Bašeskije vrijeme nekog događaja naveo tačno u minut.

✓ Primjere slične preciznosti izdvojila je Paić-Vukić (2007) iz rukopisa sarajevskog kadije Mustafe Muhibbija (1788-1854) koji je astronomiji podučavao svestranog Hadžihusejnovića (v. str. 95). Za godinu 1822., na primjer, kadija navodi da se 22. XII dogodio zemljotres u „5 sati i 41 minuti”, a da mu se 28. I 1832. rodio sin u „10 sati i 4 minute” (str. 132).

Benić (2003) sate pominje samo par puta i to ne da tačno vremenski odredi neki događaj nego tek da izrazi rastojanja, na primjer „tri sata hoda od Beograda” (str. 149), isto kao i nekoliko puta Pamučina (1873) koji, na primjer, Stolac smješta „šest sati puta južno od Mostara” (str. 331), ili Skenderova (1873) koja kaže da se Vučja Luka nalazi „tri sata od Sarajeva” (str. 405). Benić i Skenderova u po dva navrata određena zbivanja vremenski vezuju za islamske dnevne molitve – „oko ićindije”, „oko sabaha”, „u akšam”, „u jaciju”.

Kod Bogdanovića (1984), na više mjesta u satima je iskazano trajanje putovanja (jednom i ispovijedanja), s tim da se nekoliko puta navodi i tačan sat nekog događaja, na primjer, da se 1765. godine desio veliki požar tokom svečane mise koja je počela „[ujutro] u 14 sati” (str. 43). Najčešća satna određenja data su u tekstu za 1768. godinu koji je napisao Bogdanovićev sekretar: 20. juna „biskup [Bogdanović] je ispovijedao sa svojih šest pomoćnika od 9-15 sati” (str. 233), 27. juna krenuli su „poslije 21 sat” (str. 236), a 21. avgusta ustali su „u sedam sati” (str. 246).

Ne računajući rastojanja u satima hoda koja su kod Hadžihusejnovića (1999) navodena pet puta („Glasinac udaljen osam sati hoda od Sarajeva” i sl.), skoro sva satna određenja, ukupno njih dvadesetak, odnose se na bitke, i to najčešće na njihovo trajanje: „Od devet sati ujutro otpočela je borba i trajala sve do zalaska sunca, petnaest sati izdržali su odbijajući neprijatelje” (str. 797). Samo tri puta navodi i tačan sat – vrijeme nekog strašnog zločina 1841. godine (str. 993), rođenje carevića 1842. godine (str. 998), i ustoličenje sultana 1807. godine za koje jedini put navodi i minute, „u petak u pet sati i četrdeset minuta” (str. 776).

Sva navedena satna određenja odnose se ekvinocijske sate brojane od zalaska sunca (v. četvrto poglavlje).

## 2. Mehanički satovi – privilegija bogatih

Prvi mehanički satovi stigli su na prostor današnje BiH krajem XV vijeka kao pokloni kojima su Dubrovčani pridobijali hercegovačke krajišnike (sandžak begove). Prvi je dobio Sulejman-beg 1493. godine: „poslaše mu 80 dukata i jedan sat (horologium). To će možda biti prvi sat, koji je u Bosni prohodao!”, a druga dva 1498. godine Sulejmanbegovom naslijedniku Ahmed-begu Vraneševiću i njegovom posinku, prvom sat „sa utezima, vrijedan 6 dukata”, a drugom „sat bez uteza (sine contrapensis)” (Truhelka, 1911, str. 441, 443).

Tokom cijele turske vladavine mehanički satovi bili su tražena roba što A. Pollet, francuski putopisac koji je 1658. godine proputovao kroz Bosnu, ovako objašnjava „[...] Bosna jednakо udaljena od drumova, koji vode iz Francuske i iz Njemačke to jest zemalja, gdje se ove stvari [satovi] najbolje i najjeftinije prave, pa ih Turci ovih krajeva dobivaju kad se namjere na kojega putnika iz rečenih zemalja” (Jelavić, 1908, str. 65). Satovi su dugo vremena bili rijetki i skupi: Hasandedić (1997, str. 22) navodi spisak cijena pojedinih zanatskih proizvoda u Hercegovini 1731. godine iz koga se vidi da je srebrni džepni sat koštao, na primjer, kao dolama ili puška kremenjača, a četrdest godina kasnije Bašeskija (1987) se hvali da je kupio „kucajući” sat po cijeni od osam i po groša (str. 117) što je suma za koju se u to vrijeme mogao kupiti par ovnova. U spiskovima umrlih u drugoj polovini XVIII vijeka u Sarajevu, Bašeskija navodi i njihova zanimanja, na primjer, krojače, svilare i kazandžije, u svakoj grupi preko stotinu lica, a samo četiri sajdžije (sahačije), među kojima za Mustafu, zvanog Samsarija, kaže da je „u svom zanatu slovio kao savršen majstor” (str. 148). Da stanje nije bilo bolje ni u XIX vijeku govori podatak koji navodi Kemura (1908) da je 1834. u Sarajevu plaćan službenik čija je dužnost bila da svaki dan, od podneva do ikindije, na minaretu Careve džamije izvjesi barjak, a što je od starine bio običaj „da i siromasi, koji nisu imali satova, znadu, koje je doba dana” (str. 486).

Govoreći o tradicionalnoj komunikaciji u Africi, Doob (1961) primjećuje da su „čalma, sablja i, danas, sat” bili statusni simboli, što u znatnoj mjeri važi i za Osmansko carstvo, uključujući i Bosnu gdje su samo najbogatiji imali satove: „Svaki bogati Muhamedanac [u Bosni] običava o vratu nositi dva lanca, većinom od teškog zlata; na jednom visi njegova turska

ura koja zaostaje za čitavih pet sati” (Strausz, 1882, str. 312) (v. str. 67), dok su se ostali ravnali prema javnim satovima koji su u evropskom dijelu carstva od druge polovine XVI vijeka postavljeni na posebnim gradskim tornjevima, *sahat-kulama*: „Takvi objekti podizali su se obično u blizini neke džamije, u gradskoj tvrđavi ili na kojem drugom uzdignutom mjestu. U suštini su to zapravo kopije romaničkih crkvenih zvonika Srednje Evrope, odakle su ih Turci i preuzeli” (Bejtić, str. 55) (sl. 1).



*Slika 1.* Sahat-kula u Počitelju (visina 16 m), vjerovatno podignuta 1664. godine, istovremeno sa Šišman Ibrahim-pašinom džamijom koja se vidi u prvom planu: minareti i sahat-kule, ezan i zvonjava, dopunjavali su se kao simboli dva načina određivanja vremena, tradicionalnog vjerskog i dolazećeg gradanskog (foto. V. Bera, 2012).

U osmanskim zemljama podignute su ukupno 144 sahat-kule, 72 van granica sadašnje Turske (Ekinci, 2017), od kojih je veliki broj uništen vremenom ili od ljudske ruke. Sahat-kule su bile visoke da bi se zvonjava daleko čula, ali nisu smjele biti visočije od susjednog minareta. Osim oglašavanja dnevnih sati i molitvi, sahat-kule su, kao i minareti,

simbolizovale „državni autoritet” kako kaže Ekinci (2017), navodeći stih Fani Efendija iz 1882. godine, ispisan na sahat-kuli u Adani: „To je tako veličanstveno djelo da mu nema premca. Zvono na satu zvoni, ali to je ustvari zvuk države”. Zvuk države ili zvuk islama, to je isto s obzirom da je Osmansko carstvo bila islamska država.

Prva sahat-kula oglasila se u Skoplju, 1566/72. godine, a nedugo za njom, 1587. godine, sahat-kula u Banjaluci, što je dva vijeka prije prve sahat kule u Anatoliji koja je podignuta 1798. godine u Safranbolu (Georgeon & Hitzel, 2012, str. 63). Banjalučka sahat-kula je prva od o 19 (po dvije u Sarajevu i Travniku), koliko ih je ukupno na prostoru BiH nabrojao Kreševljaković (1957), različitih po starosti, stilu gradnje, građevinskom materijalu, visini, i broju ploča sa brojčanikom (na više strana, na jednoj strani, ili bez njih, „slijepo”), sa zvonom ili bez njega. Sa izuzetkom jedne „gradene su od tesane sedre ili pak od pritesana kamena vapnenca, sve gotovo po istome kalupu i s manje ili više umjetničkih pretenzija” (Bejtić, str. 255). Zidovi su morali biti debeli da bi mogli izdržati težinu velikih zvona i vibracije izazvane zvonjavom. Pri vrhu su postavljeni mehanički satovi povezani sa zvonima koja su oglašavale sate i početke molitvi. Da bi satovi pokazivali i odbijali alaturke sate trebalo ih je neprestano podešavati u skladu sa pomjeranjem trenutaka zalaska sunca (kao nultog trenutka) u odnosu na ponoć – u jesen dva puta sedmično, u ostalom dijelu godine jednom sedmično, a u junu samo sredinom mjeseca (Tadić, 2014, str. 14).

Za razliku od ostatka Evrope, u evropskom dijelu Osmanskog carstva mjerjenje vremena nije preuzeila svjetovna vlast pa su o sahat-kulama brinuli *vakufi* osnovani za vjerske potrebe, koji su plaćali određenog lokalnog majstora, sajdžiju, za održavanje, podešavanje i popravku mehaničkog sata. Rezervne dijelove (opruge, nemirnice, zupčanike, ključeve, kazaljke, stakla i dr.) koji su se brzo kvarili zbog čestog navijanja, sajdžije su uvozile iz Mletaka ili donosile iz Carigrada. Nisu imali svoj esnaf pa su tako sarajevske sajdžije, njih osam 1878. godine, pripadale zlatarskom esnafu (Kreševljaković i Korkut, 1961, str. 60), što objašnjava činjenicu da je posljednjih decenija brigu o satu sarajevske sahat-kule vodio upravo zlatar.

### ✓ Sarajevska sahat-kula: niti jedina, niti lunarna

Sarajevska četverougaona sahat-kula uz Gazi Husrev-begovu džamiju u Sarajevu visoka je 28 m (sl. 2). Ozidana je pretežno od sedre. Iznad prvog vijenca, na visini oko 20 m, smješten je mehanički sat do koga vodi stepenište od 76 drvenih stepenika.

„U pročelju imareta, naprama džamiji, stoji četvrtasta vrlo vitka kula koja visinom dosiže do šerefeta munare Begove džamije. U donjem dijelu posve je masivna te ima samo uske prozorčice, kao puškarnice, kroz koje uske pruge svjetla razsvjetljuju tjesne zavojite stepenice, kojima se penje gore na kulu. Sasvim pri vrhu kule sa svake su strane po dva svodovima vezana prozora, a pod njima nalazi se sat“ (Truhelka, 1912, str. 183).



*Slika 2. Sarajevska sahat-kula, pogled sa NW. U drugom planu je minaret Gazi Husrev-begove džamije (visina 47 m).*

Sat je dopremljen iz Londona i umjesto starog postavljen 1874. godine, pred sam kraj osmanske uprave. Sahat-kula je nekoliko puta obnavljana, u XX vijeku tri puta, 1931, 1955. (Kreševljaković, str. 21) i 1967. godine. Tokom posljednje obnove pozlaćene su kazaljke i cifre brojčanika koji od 1874. godine postoje na sve četiri strane kule.

Sarajlije se s pravom ponose sahat-kulom ali su neupućeni novinari pretjerali u isticanju njene posebnosti. „Sarajevska sahat-kula koja mjeri vrijeme po lunarnom kalendaru“, „Sarajevska sahat-kula – jedinstvena u svijetu“, „Sat na sarajevskoj Sahat-kuli jedini na svijetu mjeri lunarno vrijeme“, „Sarajevska sahat-kula u srcu Baščaršije: Jedini javni sat u svijetu koji mjeri lunarno vrijeme“... samo su neki od naslova koji se pojavljuju u štampi i na internetu. Ništa od toga nije tačno: u Turskoj danas postoje 52 sahat-kule (od toga samo u

Istanbulu tridesetak), a sat na sarajevskoj sahat-kuli je toranjski mehanički sat kakvih ima na stotine širom Evrope, navija se kao i svaki drugi s tim da ga rukovalac mora povremeno podešavati, pomjerajući kazaljke da pokazuju 12 h u trenutku zalaska sunca određenog dana. Kazaljke, dakle, pokazuju, ne sate „lunarnog” vremena (takav pojam ne postoji u okviru dana), nego sate lokalnog sunčevog vremena koji se odbrojavaju od zalaska sunca što nije alaturka izum – islamski svijet ga je preuzeo iz jevrejsko-hrišćanske tradicije po kojoj noć prethodi danu: „I bi veće i bi jutro, dan prvi” (Postanje, 1:5). Sarajevska sahat-kula, dakle, jeste vrijedna hvale i nije joj potrebno pridodavati atribute kojih nema, time se postiže samo suprotan efekat.

---

### 3. Bašeskijini ljubitelji astronomije

U vrijeme bez telegraфа, radija ili interneta nije bilo lako saznati tačno vrijeme tako da su sajdžije sahat-kula morale znati da ga sami odrede posrednim posmatranjem sunca, to jest, morali su posjedovati određena astronomska znanja. U to doba, u četverogodišnjim vjerskim školama, medresama, od kojih je samo Gazi Husrev-begova u Sarajevu imala viši rang, osim teologije, šerijetskog prava, turskog i arapskog jezika, i kaligrafije, učila su se i određena astronomska znanja, a samo su ih malobrojni, bogatiji, nadograđivali u vjerskim školama u Carigradu (kao u nastavku pomenuti Velihodžić i Faginović) i po povratku kući širili podučavajući druge (imame malih džamija, na primjer). „Malobrojni”, to se odnosi isključivo na pripadnike domaćeg stanovništva kojima je prelazak na islam, osim brojnih ekonomskih prednosti, otvorio vrata i za doškolovanje u kosmopolitskom Carigradu.

Bašeskija (1987) u spisku učenih ljudi svoga doba, i u komentarima uz imena preminulih sugrađana, pominje i nekoliko njih koji su se zanimali astronomijom. Na prvom mjestu je Derviš Ibrahim-ef. Muzaferija (1720-1791), imam Gazi Husrev-begove džamije, poznat pod imenom Begimam, unuk Husejin-efendije Muzaferije (1646-1721), muderisa Gazi Husrev-begove medrese, koji se „bavio astronomijom i izradom kalendara, a u njegovoj zbirci rukopisa bilo ih je nekoliko iz astronomije i astrologije” (Mehmedović, 2006, str. 55). Za Begimama, Bašeskija kaže da je bio „glasovit astronom, kakvom ne bijaše primjera od Istanbula do Bihaća” (str. 290). Najpoznatiji Begimamov učenik bio je Hadži Mehmed-Razi Velihodžić (1722/23-1785), muderis Husrev-begova

hanikaha kojeg Bašeskija hvali: „U matematici je bio brz i tačan. Svake godine je na osnovu kretanja zviježda sastavljao kalendare – takvime, pa mu kao astronomu nije bilo premcu u Bosni. Učio je pred Begimamom, ali je i njega nadmašio, jer poznavaše još i perzijski jezik” (str. 185). Kod obojice, Begimama i Velihodžića, počeo je 1784. godine Emir, pisar sarajevskih aga rodom iz Istanbula, slušati „astronomiju, izučavati usturlab, rubtahtu, a pisao je i zejdž i u svakoj od ovih struka bijaše sposoban” (str. 234). U hvali je Bašeskija najdelje otišao 1780. godine kod bibliotekara Mula Mahmuta „Osobito je bio sposoban u astronomiji, tako da se slobodno može reći da je on drugi Ptolemej” (str. 187).

Osim nabrojanih, Bašeskija spominje Šejha hadži Muhameda (1697-1777), koji je bio „učen, vješt u astronomiji” (str. 160), svog učenog prijatelja Hadži Mehmeda-efendiju (? -1786), astronoma i pjesnika (str. 247), abadžiju Hadži Hasana (? -1772) koji je bio „bistar čovjek, nešto malo vješt i u astronomiji” (str. 112), abadžiju Mula Ibrahima koji je „upućen i u astronomiju i znao je sastaviti rub'i dair i mukantarat tahtu” dodajući da „taj posao je zapustio” (str. 189), i Jevreja Mikada (? -1786), koji je poslovao „satovima, a izrađivao je rubtahte i mikate. Razgovarao bi s astronomima, koje je jako volio” (str. 248).

Nabrajajući ljude kojima je Velihodžić uz šerijetsko pravo predavao i astronomiju – „mula Ibrahimu Abadžiću (Abaciogli) i njegovu bratu mula Hasanu, zatim mula Ahmedu Saračeviću (Saracogli), mula Salihu katibu u mehkemi i hafiz mula Mahmudu” – Bašeskija skromno dodaje: „I moja malenkost je prisustvovala ovim predavanjima“ (str. 100).

### **3.1 Primjena astrolab-kvadranta u vjerskoj praksi**

U to vrijeme smatralo se da je astronomski pismen onaj koji se, ne računajući astrologiju, razumije u vremensku i prostornu orientaciju, to jest: 1) koji zna odrediti trenutke i vremenske razmake u okviru dana (trenutno vrijeme/sat, izlazak i zalazak sunca, dužinu obdanice, početak zore i kraj večernjeg sumraka, početke svih pet dnevnih molitvi) i godine (trenutni datum, nepovoljne dane, početke mjeseci, godine i posta); 2) strane svijeta, matematičkogeografski položaj mjesta, pravac između određenih gradova, posebno pravac prema Kabi, *kiblu*. Sve su to davno

definisani ciljevi i zadaci islamske/arapske astronomije koje je, na primjer, još u X vijeku izložio arapski/egipatski astronom Ibn Junus, a koji su danas obuhvaćeni sfernom astronomijom, astronomskom hronologijom i astrognozijom.

#### ✓ **Ibn Junus (950-1009): zadaci muslimanske astronomije**

„Proučavanje nebeskih tijela [...] omogućava da se saznaju molitveni časovi, vrijeme pojave zore, od kada se onaj koji hoće da posti treba uzdržavati od jela i pića, kraj večernjih sumraka, rasponi zavjeta i vjerskih obaveza, vremena pomračenja, koje se moraju unapred znati kako bi se bilo spremno za molitve propisane za takve slučajeve. Ovo proučavanje je neophodno da bi se tokom molitve bilo okrenuto ka Kabi, da se odredi početak mjeseca, da se znaju sumnjivi dani, vremena sjetve, rasta biljaka i žetve, položaj jednog mjesta u odnosu na drugo i pravac bez skretanja s puta“ (kako je citirano u Pipunyrov 1982, str. 84).

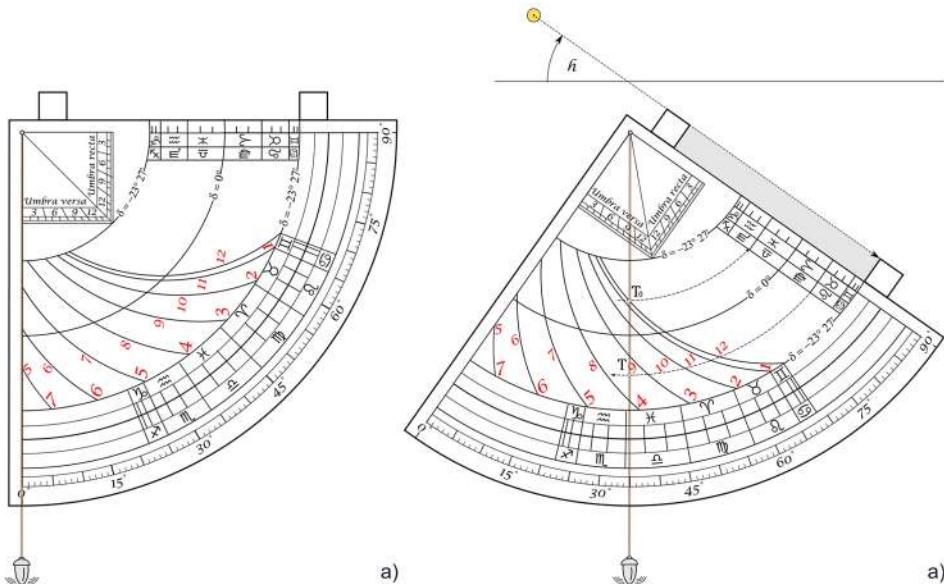
#### ✓ **Al-Razi (854-925): o nauci i religiji**

Arapska/islamska astronomija bila je u službi religije pa su astronomi, gledajući samo svoja posla, mogli nesmetano da se bave i astronomskim temama od kojih vjerska praksa nije imala koristi. To, međutim, ne znači da su bili duboko religiozni, o čemu, na primjer, svjedoče reči persijskog naučnika al-Razija (854-925), uz napomenu da je to naučnik koga je slavni Biruni vrlo poštovao:

„Vjera ljudi u religiju proizvod je navike. Religija i vjerske sekte, kao glavni uzrok ratova, suprotstavljene su filozofiji i nauci. Religiozne knjige koje se nazivaju svetim lišene su sadržaja i stoga ne zасlužuju nikakvu pažnju. Djela antičkih mislilaca, poput Platona, Aristotela, Euklida i Hipokrata, donijela su više koristi čovječanstvu nego religiozne knjige“ (kako je citirano u Timofeyev, 1986, str. 101).

Domaći poznavaoци astronomije rješavali su astronomске zadatke koristeći razne astronomske instrumente, gnomonske i diopterske, među kojima su najbrojniji prenosivi kvadranti koje je za mjerjenje visina nebeskih tijela koristio još Ptolemej u II vijeku (sl. 3). Usavršeni tokom arapskog srednjeg vijeka, kvadranti su se širili Evropom u XIII vijeku, dok su na Balkanu, pod nazivom *rub'tahte/ruptahte*, u raznim varijantama korištene od početka XVII vijeka. Nazvani su tako jer „bijše to jednostavna ‘tahta’ od drveta“ (Truhelka, 1912, str. 168).

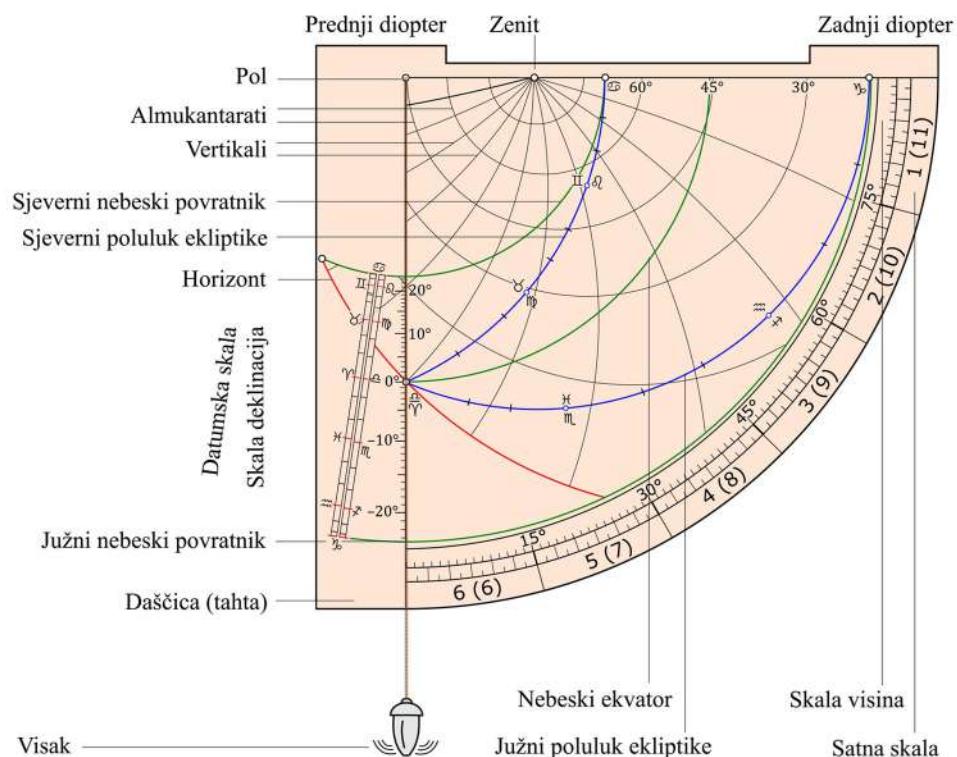
Sadržaj je crtan direktno na kvadrantu srezanom od daščice, ili na papiru nalijepljenom na nju, zbog čega su bili lakši za izradu, jeftiniji i popularniji od arapskih kvadranata izrađenih od metala ili slonovače, ali zato i mnogo kraćeg vijeka jer je vremenom daščica propadala, a sadržaj se brisao. Zbog toga je mali broj njih sačuvan, Mulaomerović je registrovao dvadesetak primjeraka koji su uglavnom domaće izrade (1991, str. 187).



*Slika 3. a) Nacrt horarijum-kvadranta (kvadranta-sunčanog sata) za geografsku širinu Travnika ( $\varphi = 44^\circ 13,5'$ ) konstruisanog prema originalnom nacrtu Minstera (1533, str. 248) za grad Bazel ( $\varphi = 47^\circ 30'$ ); b) kvadrant u radnom položaju 21. avgusta (21. aprila): izmjerena visina sunca  $h = 35^\circ$  (podnevna visina sunca 20. februara ili 20. oktobra), pravo sunčeve vrijeme  $T_p = 3$  h 30 min poslije podne (8 h 30 min prije podne).*

„Rub'tahta je bila i ostala najomiljeniji instrument muslimanskih praktičnih astronomata”, kaže Mulaomerović (1987, str. 97), pri tome misleći na *astrolab-kvadrant* (almukantar-astrolab), nazvan tako jer je to u suštini četvrtina astrolaba, složenije kružne sprave kojom je Hiparh još u drugom vijeku prije nove ere mehanizovao upotrebu stereografske projekcije kod koje je centar perspektive u južnom nebeskom polu (Tadić, 2006, str. 220). Astrolab-kvadrant je imao dioptere za viziranje

na sunce, i visak kao jedini pokretni dio koji je polazio iz projekcije sjevernog nebeskog pola. Na licu astrolab-kvadranta bila je u stereografskoj projekciji prikazana (iscrtana ili urezana) mreža almukantarata i vertikala sa gustoćom od jednog stepena, zatim lukovi nebeskog ekvatora, nebeskih povratnika i polulukovi ekliptike (ponekad i linije za određivanje dnevnih molitvi), sve to sa odgovarajućim skalama, dok je na naličju obično ucrtavana mreža sinusnog kvadranta koji je služio za rješavanje trigonometrijskih zadataka bez potrebe za olovkom i papirom (sl. 4).



*Slika 4.* Nacrt astrolab-kvadranta (rub'tah) sa mrežom konstruisanom u stereografskoj projekciji za geografsku širinu Travnika ( $\varphi = 44^\circ 13,5'$ ). Radi očiglednosti, almukantarati i vertikali su ucrtani tek na svakih  $15^\circ$ .

Od majstora kojima je bilo povjereno da održavaju satove na sahat-kulama očekivalo se da znaju pomoću astrolab-kvadranta izmjeriti visinu sunca, a onda na osnovu nje i trenutno alaturka vrijeme, bez moranja da

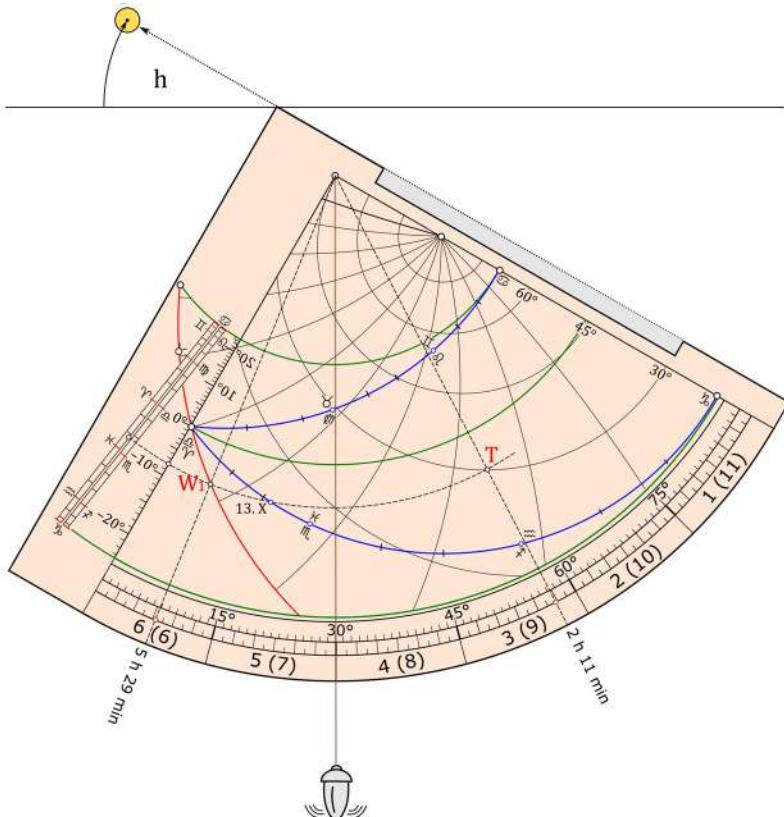
to rade s razumijevanjem. Podučio bi ih neko astronomski obrazovan, a oni su vještinu dalje prenosili nastavljačima svoga posla. To su obično bile lokalne sajdžije, po mogućnosti u dobroj kondiciji, kojima je to bilo samo dodatno zaduženje za koje nisu uvijek bili ni plaćeni. Za sat na kuli u Počitelju (sl. 1, str. 14), na primjer, podignutoj 1664. godine, Hasandedić (1997) kaže: „Brigu o ovom sahatu vodio je i opravljao ga 1699. godine neki Hasan [sahačija] koga smo ranije spomenuli. Muhamed-beg Gavran Kapetanović, mutevelija Ibrahim pašina vakufa, navijao je ovaj sahat i „otsjecao iltifu” koncem prošlog stoljeća” (str. 150).

### ✓ „Odsijecanje” visine sunca

Reč „irtifa” na turskom jeziku znači „visina”. U astronomiji to je sferna udaljenost određene tačke nebeske sfere od horizonta. U razmatranom periodu mjerila se pomoću rub’tahte koja se prvo pomoću vizira usmjeravala ka suncu: „Zatim lagano nagnemo od sebe gornju stranu tahte da se konac odupre o nju i odmah pritisnemo palcem lijeve ruke konac na njegovu mjestu i istovremeno bacimo pogled na sat i desnom rukom zabilježimo tačno vrijeme (alaturka ili alafranka)” (Kantardžić, 1974, str. 176). Nit viska se, dakle, palcem pritiskivala na tahtu i tako na skali tom niti „odsijecala” („uzimala”) visina sunca radi određivanja tačnog vremena, po alaturka ili alafranka satnom sistemu, svejedno.

Pri mjerenu visine sunca kvadrantom, mjerilac ne glada direktno u sunce nego pušta da „sunce gleda njega”, kako su slikovito govorili srednjovjekovni astronomi. Kvadrant je iznad osnovice (horizontalnog poluprečnika) imao dugački plitki usjek koji je razdvajao dioptere, prednji, okrenut suncu, koji je bacao sjenku, i zadnji, ispred oka mjerioca, na koji je padala sjenka. U drugoj varijanti, tanki diopteri su postavljeni iznad osnovice kvadranta, bočno, s tim da je prednji diopter bio probušen. Mjerilac je pri mjerenu postavljao kvadrant u ravan vertikala sunca tako da sjenka prvog dioptera u potpunosti zasjeni drugi diopter (sl. 5), odnosno, kod bočnih dioptera, da uski snop sunčevim zraka propušten kroz rupicu prvog dioptera padne na drugi diopter ostavljajući svjetlu tačku („sunašce”) u njegovom centru. U tom trenutku, vizirna linija je usmjerena tačno prema suncu i sa ravni horizonta zaklapa ugao jednak visini sunca. Tada nit viska koji je fiksiran u centru kvadranta sa drugim poluprečnikom kvadranta zaklapa isti ugao

koji se očitava na skali visina ucrtanoj po lučnom obodu. To je prvi korak, izmjerena visina sunca je tek polazni podatak za određivanje tačnog vremena po alaturka sistemu.



Slika 5. Položaj astrolab-kvadranta 13. oktobra 2021. godine, u trenutku kada je nad horizontom Travniku ( $\phi = 44^\circ 13,5'$ ) izmjerena visina sunca  $h = 30^\circ$ .

Na slici 5 je pokazan načeln postupak određivanja atal turka vremena 13. oktobra 2021. godine u Travniku, nakon što je uz pomoć astrolab-kvadranta izmjerena visina sunca  $h = 30^\circ$ . To je jedino neposredno mjerjenje, dalje, kako objašnjava Kantardžić (1974) „radimo u hladu (sobi)” (str. 176). A u hladu onda treba riješiti zadatok i sferne astronomije koji glasi: – Zadati su geografska širina mjesta ( $\phi = 44^\circ 13,5'$ ), deklinacija ( $\delta = -7^\circ 58'$ ) i visina sunca ( $h = 30^\circ$ ): izračunati satni ugao sunca ( $t$ ) i odgovarajuće vrijeme po alaturka satnom sistemu ( $T_{AT}$ ).

Postupak je sljedeći:

- Poznat je almukantar (h = 30°) na kome se nalazi sunce, a gdje je ono tačno, na kvadrantu pokazuje presjek nebeske paralele ( $\delta = -7^\circ 58'$ ) s tim almuktaratom (tačka T na slici 5).
- Kada se iz pola kvadranta kroz tačku T povuče prava, kao projekcija luka deklinacione/satne kružnice, i produži do satne skale, dobija se satni ugao sunca  $t = 2 \text{ h } 11 \text{ min}$ , odnosno pravo sunčev vrijeme,  $T_P = t + 12 \text{ h} = 14 \text{ h } 11 \text{ min}$ .
- Prava povučena iz pola kvadranta (kao projekcija luka satne kružnice) kroz tačku presjeka nebeske paralele ( $\delta = -7^\circ 58'$ ) sa horizontom Travnika (tačka zalaska sunca, W<sub>1</sub>), na satnoj skali pokazuje satni ugao sunca u trenutku zalaska,  $t_z = 5 \text{ h } 29 \text{ min}$ , odnosno, trenutak zalaska sunca po pravom sunčevom vremenu:  $T_{\downarrow} = t + 12 \text{ h} = 17 \text{ h } 29 \text{ min}$ .
- Alaturka vrijeme jednako je:  $T_{AT} = t_P + (12 - T_{\downarrow}) = 8 \text{ h } 48 \text{ min}$ .

Kako se to radilo u praksi, objašnjeno je kod Kantardžića (1974) i Mulaomerovića (1990). Držeći se naučene procedure, mjerena su od XVI vijeka obavljali lokalni majstori zaduženi za brigu o satovima na sahat-kulama, od kojih niko nije tražio da imaju formalno astronomsko obrazovanje. Prvi kojima je to stajalo „u opisu radnog mjesta“ bili su *muvekiti* (mjerioci vremena, časomjeri), službenici *muvekithana* (sahatnica), koje su se prvi put pojavile uz velike džamije u BiH tek polovinom XIX vijeka (sl. 6). Osnovno muvekitovo zaduženje bilo je ustanovljenje tačnog dnevnog vremena za potrebe vjerske prakse (određivanje vremena dnevnih molitvi, posta i praznika). Muvekit je, može se reći, asistent imama sa sopstvenim asistentom, mujezinom: muvekit je određivao vremena molitvi, mujezin ih oglašavao, a imam predvodio.

---

#### 4. Služba vremena u službi religije

Od ukupno 69 muvekithana koje se postojale u Istanbulu, sačuvana je 31, od kojih je većina ustanovljena u XIX vijeku (Kumbasar, 2018, str. 38). Tada su osnovane i prve muvekithana u Sarajevu. Prvu je 1850. godine osnovao Muhamed Fadil-paša Šerifović (1802/3-1882) u uglu dvorišta

Careve džamije, a drugu Gazi Husrev-begov vakuf 1858/1859. godine u uglu dvorišta Begove džamije. Za obje muvikithane Fadil-paša je ostavio natpise, prvi na kamenoj ploči iznad vrata, naglasivši da „prije u ovome gradu sahatnice nije bilo” (Kemura, 1908, str. 486), a drugi u Zbirci pjesama („Divanu”), koji završava hronogramom „Sagrađena je lijepa Muvekithana u haremu džamije” (Mujezinović, 1974, str. 189). Za muvekithanu Careve džamije s oduševljenjem kaže „U Saraj-Bosni ova nova sahatnica srca razgaljuje”, a za muvekithanu Begove džamije da „njezino otkucavanje je slično glasu ptice”.



Slika 6. Muvekithana u sjeverozapadnom uglu dvorišta Husrev-begove džamije u Sarajevu, danas pretvorena u turist-biro, pred kojom je nekada mogao zastati svaki prolaznik da „navije” svoj sat.

Kada se govori o istoriji muvekithane Gazi Husrev-begove džamije, najčešće se pominje prezime Hadžihusejnović. To je porodica, otac Salih Sidki (1825-1888) i dva sina, Husein (1858-1900) i Akif (? - 1937), koji su, redom, vršili službu muvekita od osnivanja muvekithane pa sve do 1937. godine. Sinovi su od oca, zajedno sa službom, naslijedili nadimak „Muvekit” po kome su bili poznatiji nego po prezimenu. I prva tri muvekita Careve džamije u Sarajevu bili su takođe iz iste porodice: Muhamed Čeligija (?-1875) je prenio zanat na sestrića Ali Šerif Faginovića (? - 1921), a ovaj na sina Selim Nijazi Faginovića (1875-?).

koji je astronomsko znanje usavršavao u Istanbulu gdje je, po njegovom kazivanja, za podučavanje „jednom poznatom astronomu plaćao po dukat u zlatu dnevno” (Mehmedović, 2021). On je u „Takvimu” za 1934. godinu, štampanom u Beogradu, prepisao turski dio takvima, dok je vaktije uradio pomenuti Akif Hadžihusejnović, muvekit Gazi Husrev-begove muvekithane.

Oba ova muvekita živjela su u vrijeme kada je Bosna i Hercegovina već bila uključena u međunarodni telegrafski i telefonski saobraćaj: telegraf se pojavio krajem turske vladavine (1860. uspostavljena je telegrafska linija Sarajevo-Carigrad), a telefon u austrougarsko doba, na samom kraju XIX vijeka. Postojanje telegraфа i telefona, kojima je kasnije pridružen i radio, uz sve tačnije i jeftinije ručne i džepne satove, olakšalo je muvekitima određivanje tačnog vremena i podešavanje satova na sahat-kulama, tako da im je kao najteži dio posla, govorilo se u šali, ostalo da se popnu uskim i zavojitim stepenicama visokih sahat-kula kao što je, na primjer, sarajevska (sl. 7).



*Slika 7. Sarajevska sahat-kula, sa satom postavljenim 20 m iznad zemlje.*

Nova sredstva komunikacije učinila su da izbljiđi romantičarska predstava o muvekititu „koji u svojoj muvekithani sjedeći preračunava rezultate, dobivene astrolabom ili sekstantom” (Truhelka, 1912, str. 168). U skladu s tim, a po analogiji na njihovog savremenika u Istanbulu, Ahmed Zija Akbulata (1869-1938), „čovjeka koji je volio sunce” (Akbulat, 2010, str. 10), Akifa Hadžihusejnovića i Selima Nijazi Faginovića možemo smatrati posljednjim sarajevskim muvekitima, u tradicionalnom smislu te riječi.



Slika 8. Displej na muvekithani Gazi Husrev-begove džamije u Sarajevu, sa objavom početka akšama.

Muvekiti su, dakle, prestali biti posmatrači, u astronomskom smislu te riječi, a muvekithane su izgubile funkciju vjerskih opservatorija. Zaduženja su im se vremenom svela na izračunavanju početaka dnevnih molitvi i pripremu vaktija i takvima, za šta je trebalo sve manje truda i vremena zahvaljujući korišćenju kalkulatora i usklađivanju sa takvimima koji su redovno pristizali iz Turske gdje su standardizovani još sredinom XVI vijeka (Blake, 2013, str. 70). A sve je iz temelja promijenjeno s primjenom kompjutera, mobilnih telefona i širenjem interneta. Sada su u dvorištima velikih džamija postavljeni veliki displeji na kojima se vizuelno prezentuje vrijeme naredne molitve i vremena molitvi koje za njom slijede (sl. 8), dok na internetu postoji veliki izbor sajtova koji pružaju informacije o dnevnim molitvama u svim varijantama, trajanju

posta i pravcu kible, za bilo koji dan, mjesec ili godinu, i za bilo koje mjesto na svijetu, dovoljno je samo unijeti geografske koordinate mjesta i željeni datum. Da ne bi slučajno pogriješio pri unosu koordinata ili datuma, korisniku se nude spiskovi mjesta i kalendar, a njegovo je samo da izabere odgovarajuće.

Savremeni posmatrač baci pogled na displej postavljen u dvorištu džamije, na ekran kompjutera ili mobilnog telefona, i odmah ima potpunu vremensko-prostornu vjersku orijentaciju – realno vrijeme, vrijeme prve i svih narednih dnevnih molitvi izračunatih izabranom metodom, i pravac kible, sve to bez prethodnih astronomskih mjerena i izračunavanja. Međutim, to nije ništa novo, istu informaciju imao je posmatrač mnogo prije, još od srednjeg vijeka, trebao je samo da baci pogled na „ekran“ sunčanog sata kakvi su postojali u Osmanskom carstvu, najčešće na zidovima velikih džamija ili u njihovim dvorištima. Samo u Istanbulu su registrovana 53 stara sunčana sata, na nekim džamijama i po tri (Çam, 1990, str. 21-23). Na džamijama u BiH, kao što je na početku rečeno, samo su dva za koje znamo, na Hadži Ali-begovoј džamiji u Travniku i Hadži Memijnoј džamiji u Mostaru.

### ✓ **Osnivanje muvekithana – korak naprijed**

Kao što se iz naprijed navedenog vidi, sve muvekithane se osnivaju u drugoj polovini XIX stoljeća kada je osmansko carstvo u našim krajevima bilo na vrhuncu kolapsa, i materijalnog i političkog i kulturnog. U vrijeme kada na Zapadu nauka, a s njom i astronomija, doživljava nevjerovatan razvoj, dotle se kod nas osnivaju institucije koje [...] su pravi pokazatelj konzervativnosti nauke kod bosanskohercegovačkih muslimana krajem XIX stoljeća. Međutim, ako se osnivanje muvekithana posmatra unutar ukupnog naučnog razvoja kod muslimana naših krajeva, onda ono predstavlja vidan napredak. S obzirom na stvarno stanje duha, koje najbolje ilustruje činjenica da se, još do pred Drugi svjetski rat medu bosansko-hercegovačkom muslimanskom inteligencijom vodila polemika da li tačno vrijeme početka pet dnevnih molitvi treba ustanovljavati „po šerjetu“ ili na osnovu astronomskih posmatranja, onda je jasno da osnivanje institucija koje će se brinuti o tačnom vremenu na osnovu astronomskih posmatranja i proračuna – dakle naučnom metodom, zači korak naprijed u astronomskoj nauci u Bosni i Hercegovini (Mulaomerović, 1985, str. 26).

## Islamski molitveni ciklus i geometrija sunca

Prve dnevne molitve iz vremena „kada je sunce bilo bog” (Kosidovski, 1987) bile su prirodno vezane za geometriju sunca, odnosno za granične tačke prividnih dnevnih putanja sunca – za trenutke u kojima se smjenjuju dan i noć, svjetlo i tama. Svestan da sve u prirodi, i on sam, zavisi od Sunca, drevni čovek se pri zalasku sunca sa strahom molio da ne zavlada vječni mrak, a u zoru se uz molitvu radovao povratku dnevnog svjetla i rađanju sunca. Za to mu nije bio potreban niti sat, niti tablice. U okviru drevnih civilizacija ustanovljeni su prvi satni sistemi u kojima su ključni orientirni bili trenuci izlaska i zalaska sunca, ponoć i podne, za koje su sveštenici, kao kontrolori tadašnjeg ne samo vjerskog života, vezivali i početke dnevnih molitvi. Monoteističke religije su naslijedile takav raspored molitvi s tim što su ih preimenovali, spajali i „zaodijevali” u drugaćiju simboliku, i planski ih odvajali od geometrije sunca. Prilagođavajući se društveno-ekonomskim promjenama i novoj „vrijednosti vremena”, hrišćanske crkve su službu vremena prepustile svjetovnoj vlasti, a početke grupisanih dnevnih molitvi [(deveti čas, večernje, povečerje) + (polunoćica, jutrenje, prvi čas) + (treći čas, šesti čas, i liturgija zasebno)] (Mirković, 1920, str. 12/13) prilagodile radnom vremenu vjernika propisujući ih u iste sate tokom cijele godine, s jednosatnim pomakom samo u ljetnjoj i zimskoj polovini godine. U islamu su razlikovanja radi zadržani počeci dnevnih molitvi vezani za geometriju sunca, čime je u priličnoj meri sačuvan i pređašnji stepen kontrole nad organizacijom vremena vjerujućih.

✓ **Kraj XIX, početak XX vijeka: hrišćanski autori o počecima islamskih molitvi**

„Bogu se moli [Muhamedovac] iz jutra (sabah, oko 6. sah.), u podne (eile, 12 sah.), po podne (iċindija, 4. sah.), u sutor (akšam, 6. sah.), i u veče (jacija, 9. sah.)” (Živković, 1894, str. 73).

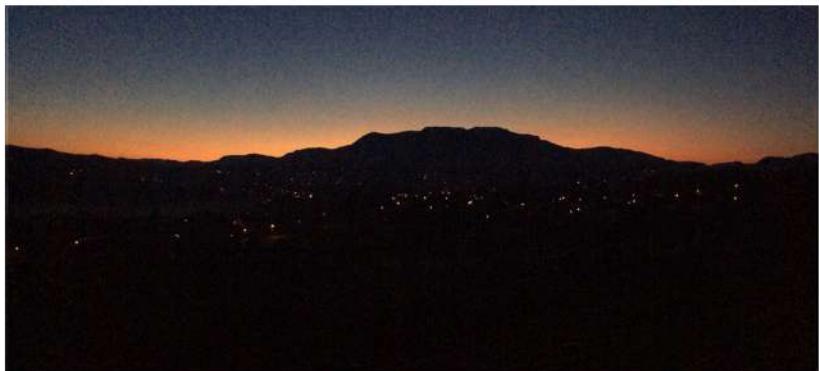
„Naš musliman ide pet puta na dan u u svoju bogomolju, džamiju, da se ondje pomoli i pokloni Bogu svome. Čim je zora zarudjela, zove ga pijev mujezina na jutarnju molitvu, sabah. U po dana klanja podne. Dva sata prije zalaska sunca ide opet u džamiju i klanja ikindiju. Kad sunce zagje, klanja akšam, u dva sata poslije zapada sunca, klanja jaciju, a onda će na počinak“ (Hangi, 1906, str. 16-17).

Broj islamskih molitvi, namaza, utvrđen je u VIII vijeku, dok su njihovi počeci vjerovatno definisani tek u narednom vijeku (Blake, 2013, str. 3). Molitveni ciklus obuhvata pet molitvi, nejednakog trajanja: *sabah, podne, ikindija, akšam i jacija*. U nastavku je objašnjeno kako su egzaktne definisane i kako se izračunavaju počeci tih molitvi, i samo to, na koji način molitve treba obaviti, sa koliko klanjanja, do kada se moraju završiti, kakvi su im sadržaji i smisao, to su pitanja koje nisu u neposrednoj vezi s temom ovog rada, analizom starih sunčanih satova na džamijama u Travniku i Mostaru.

**Sabah** (predjutarnja molitva) počinje u osvit zore obilježen pojavom dnevног svjetla i gašenjem najslobajnih zvijezda vidljivih golim okom. U egzaktnom smislu, to je početak jutarnjeg *astronomskog sumraka* tokom kojeg sunce u svom prividnom dnevnom kretanju ispod horizonta pređe luk između almukantarata  $h = -18^\circ$  i  $h = -51'$ . Unutar jutranjeg astronomskog sumraka izdvajaju se *nautički* (morski) i *civilni* (građanski) sumrak. Jutarnji nautički sumrak počinje kada sunčev disk presječe almukantarat  $h_1 = -12^\circ$ . Nazvan je tako jer je tokom njegovog trajanja dovoljno svjetlo da se pomorci mogu golim okom orijentisati prema objektima na obali. Jutarnji civilni sumrak počinje kada sunčev disk presječe almukantarat  $h = -6^\circ$ , kada se ne nebu vide još samo najsjanije zvijezde. To je trenutak kada se potpuno razdani tako da se mogu započeti sve građanske aktivnosti bez potrebe za vještačkim osvetljenjem, otuda i naziv. Astronomске granice sva tri sumraka u direktnoj su vezi sa visinama tri sloja atmosfere (mezosfera, stratosfera, troposfera) unutar kojih se rasijavaju zraci sunca koje se nalazi ispod horizonta (Tadić, 1981). Tokom godine sumraci mijenjaju dužinu slično obdanici: na geografskoj širini Travnika, na primjer, astronomski sumrak prosječno traje 97, nautički 65, a građanski 29 minuta. Sumrak se završava s izlaskom sunca, u trenutku kada centar sunčevog diska presječe almukantarat  $h = -51'$ . U tom trenutku najviša tačka sunčevog

diska (ugaoni radius  $16'$ ), „podignutog“ astronomskom refrakcijom za  $35'$ , dodiruje matematički horizont.

To je egzaktno određenje jutarnjeg astronomskog sumraka i početka sabaha. Danas se tačno izračunati počeci sabaha daju za svaki dan u takvima, dok su nekada u seoskim sredinama određivani iskustveno, prema pojavi pojasa crvenila nad istočnim sektorom horizonta, što je nepouzdano način (sl. 9).



*Slika 9.* Crvenilo zore nad Romanjom ljetnjeg solsticija 2022. Zora je praćena lijepim, ponekad fascinantnim promjenama boja neba (crvena, ljubičasta, žuta). Vrijeme pojave crvenila, intenzitet i raznolikost nijansi boja zore mijenja se u zavisnosti od sadržaja aerosolnih čestica u vazduhu i lokalnog reljefa.

Nepouzdano je i određivanje kraja sabaha neposrednim posmatranjem izlaska sunca jer sunce zbog lokalnog reljefa uvek kasnije izlazi nego što je to izračunato za matematički horizont (tj. dato u takvima) (sl. 10).



*Slika 10.* Izlazak sunca nad Romanjom ljetnjeg solsticija 2022. Sunce je izašlo u 4 h 39 min, što je 35 minuta kasnije u odnosu na izlazak izračunat za matematički horizont.

**Napomena.** Pogrešno je sabah nazivati „jutarnjom” molitvom. Jutro počinje s izlaskom sunca, dakle u trenutku do koga se mora završiti molitva, predjutarna molitva. Sinonim je „praskozorna molitva”.

**Podne** (podnevna molitva) ne počinje bukvalno u *pravo sunčevu podne* nego, kako je propisano, par minuta kasnije, koliko je potrebno da cijeli sunčev disk pređe lokalni meridijan. (U prividnom dnevnom kretanju nebeskom sferom, sunčevom disku su potrebne četiri minute da se pomakne za  $1^\circ$ .)

Petkom podnevnu molitvu zamjenjuje obavezna zajednička molitva, *džuma* (sl. 10). Za razliku od svakodnevne podnevne molitve, džuma u BiH uvijek počinje u 12 h srednjoevropskog vremena, ili u 13 h ljetnjeg vremena.



Slika 11. Vjernici tokom džume na tremu Gazi Husrev-begove džamije, 20. septembra 2015.

**Ikindija** (poslijepodnevna molitva) je molitva koja počinje oko sredine poslijepodneva, tj. oko IX temporalnog sata. Početak je iskustveno određen kao trenutak u kome poslijepodnevna sjenka gnomona dostigne dužinu  $\rho_s$  koja je jednaka zbiru dužine podnevne sjenke  $\rho_0$  i njegove visine  $v$ ,

to jest,

$$\rho_s = \rho_0 + v,$$

$$\rho_s = v \cdot (ctgh_0 + 1),$$

gdje je  $h_0$  podnevna visina sunca (visina sunca u pravo sunčeve podne) koja se izračunava po formuli,

$$h_0 = 90^\circ - \varphi + \delta, \quad (1)$$

u kojoj je  $\varphi$  – geografska širina mjesta, a  $\delta$  – deklinacija sunca čije se vrijednosti daju u astronomskim efemeridama za svaki dan, najmanje godinu unaprijed.

Kada se izvrši zamjena za  $h_0$ , formula dobija oblik,

$$\rho_S = v \cdot [\operatorname{tg}(\varphi - \delta) + 1] \quad (2)$$

Tako se je definisana tzv. prva ikindija koja se „obično klanja” u BiH (Mahmutović, 2011, str. 326). Naglašeno je „obično” jer postoji i tzv. druga ikindija čiji je početak definisan kao trenutak u kome poslijepodnevna sjenka gnomona dostigne dužinu  $\rho_S$  koja je jednaka zbiru dužine podnevne sjenke  $\rho_0$  i dvije njegove visine  $v$ ,

$$\rho_S = v \cdot [\operatorname{tg}(\varphi - \delta) + 2] \quad (3)$$

Tako definisana, druga ikindija, pomaknuta je od sredine poslijepodneva (od none) ka zalasku sunca, to jest, ka narednoj dnevnoj molitvi, akšamu (sl. 18, str. 44).

### ✓ Ikindija: srednja molitva

Ikindija je u suštini molitva ekvivalentna devetom hrišćanskom molitvenom času, noni, to jeste, molitvi koja počinje tačno na sredini poslijepodneva. To je početak IX dnevnog temporalnog časa koga jedino tačno pokazuje sjenka na sunčanim satovima koji su korišćeni u starom vijeku, a kasnije u arapskom i evropskom srednjovjekovlju. Početak ikindije bez sunčanog sata nije bilo lako odrediti jer ona, za razliku od ostalih dnevnih molitvi, nije imala vidljivi „nebeski” znak. Zato su arapski gnomonisti potražili iskustvene načine ispitujući kako se tokom godine sredinom poslijepodneva mijenja dužina sjenke gnomona u odnosu na njenu podnevnu dužinu. U Damasku ( $\varphi = 33,5^\circ$ ) i Bagdadu ( $\varphi = 33,3^\circ$ ), na primjer, srednje godišnje uvećanje dužina sjenke u odnosu na podnevnu visinu, tačno na sredini poslijepodneva iznosi 0,79 visine gnomona, dok je u ljetnjoj polovini godine srednje uvećanje 0,93 visine gnomona. Tako su došli do zaokruženog iskustvenog pravila, za početak ikindije „dužina podnevne sjenke plus visina gnomona”. Po tom pravilu svako je mogao odrediti početak ikindije pod uslovom da je u dvorištu jednom trajno

obilježio podnevačku liniju: 1) obilježi kraj sjenke fiksnog gnomona (ili kraj sopstvene sjenke) koja je pala duž podnevačke linije; 2) od tog podjeljka duž podnevačke linije doda visinu gnomona (ili sopstvenu visinu) i obilježi krajnju taču  $T$ ; 3) oko podnožja gnomona  $O$  (oko stajne tačke) opiše kružnicu s poluprečnikom  $r = OT$ ; 4) trenutak u kome kraj poslijepodnevne sjenke dodirne tu kružnicu označava početak ikindije.

Po drugom pravilu „podnevna sjenka plus dvije visine gnomona” početak ikindija se pomjera od sredine poslijepodneva i prve ikindije prema zalasku sunca. Na geografskoj širini Damaska i Bagdada, na primjer, pomak početka druge ikindije u odnosu na prvu, tokom godine kreće se u rasponu od 30 do 62 minute (srednja vrijednost 49 minuta), s tim da od sredine aprila do kraja avgusta iznosi okruglo jedan sat. U Travniku, na primjer, taj raspon je 24-60 min, a srednja vrijednost 46 minuta.

**Akšam** (večernja molitva) počinje kada se cijeli sunčev disk spusti ispod horizonta. To je trenutak kada se centar sunčevog diska nalazi na akmukantaratu  $h = -51^\circ$ . Taj ugao je jednak zbiru ugaonog poluprečnika sunčevog diska ( $16'$ ) i ugla astronomске refrakcije ( $35'$ ) pri  $h = 0^\circ$ . Ukoliko se zalazak sunca posmatra kao početak novog kalendarskog dana, onda je akšam prva po redu molitva. Za njom slijedi jacija.

**Jacija** (noćna molitva) počinje na kraju večernjeg astronomskog sumraka. To je trenutak u kome sunčev disk presjeca almukantarat  $h = -18^\circ$  označavajući početak noći u užem smislu te riječi (početak noćnog mraka). U okviru ovog sumraka, isto kao i kod jutarnjeg, postoje tri faze, samo što se uveče smjenjuju obrnutim redom. Od zalaska sunca do trenutka kada sunce presječe almukantarat  $h = -6^\circ$  traje večernji civilni sumrak tokom koga je dovoljno svjetlo za nesmetan rad na otvorenom prostoru. Na kraju civilnog sumraka uključuje se vještačko osvjetljenje, počinje večernji nautički sumrak i traje sve dok se pomorci mogu golim okom orijentisati prema objektima na obali, odnosno, sve dok sunce ne presječe almukantarat  $h = -12^\circ$ . Obje faze su sastavni dijelovi astronomskog sumraka koji se završava pojmom najslabijih zvijezda vidljivih golim okom. Tada nastupa mrkli mrak tako da astronomi mogu započeti posmatranja zvjezdanih neba u njegovom punom sjaju – otuda i pridjev „astronomski”.

Jacija je molitva koja sa sabahom pada između zalaska i izlaska sunca pa se obje uslovno mogu nazvati noćnim molitvama. U skladu s tim, doslovno dnevne molitve bi bile podne i ikindija, a akšam bi imao status granične molitve. Počeci svake od pet molitvi vezani su za prividno dnevno kretanje sunca pa se u skladu s njim i pomjeraju tokom godine. Izračunavaju se rješavanjem zadataka iz sferne astronomije, što je u nastavku pokazano za svaku molitvu posebno, uz primjere.

## 1. Izračunavanje početka podnevne molitve

Podnevna molitva, kao što sam naziv govorim, odnosi se na podne, ali na podne po *pravom sunčevom vremenu*  $T_P$ , koje se razlikuje od *srednjeg sunčevog vremena*  $T_S$  koje pokazuju savremeni satovi. Razlika se naziva *vremensko izjednačenje* i obilježava slovom  $e$ :

$$e = T_P - T_S.$$

Savremeni satovi, zapravo, pokazuju srednje vrijeme ali ne lokalno, nego vrijeme srednjeg meridijana odgovarajuće satne zone – zonalno (pojasno) vrijeme. Na prostoru nekadašnje Jugoslavije to je srednjoevropska satna zona čiji je srednji meridijan  $\lambda = 15^\circ$ . Razlika između srednjoevropskog vremena (CET, skraćenica od Central European Time) i srednjeg lokalnog vremena određenog mjesta (tačke) jednaka je razlici geografskih dužina izraženoj u časovnoj mjeri ( $1^\circ = 4 \text{ min}$ ), što znači da je,

$$T_{SE} = T_S + (15 - \lambda)^\circ \cdot 4 \text{ min},$$

odnosno, kada se izvrši zamena  $T_S = T_P - e$ , dobija se,

$$T_{SE} = T_P - e + (15 - \lambda)^\circ \cdot 4 \text{ min}. \quad (4)$$

U skladu s tim, podne po pravom sunčevom vremenu ( $T_P = 12 \text{ h}$ ), tj. *pravo sunčeve podne*, kao trenutak *gornje kulminacije sunca*, izračunava se po formuli,

$$T_{SE} = 12 \text{ h} - e + (15 - \lambda)^\circ \cdot 4 \text{ min} \quad (5)$$

**Zadatak 1.** Izračunati početak podnevne islamske molitve u Travniku i Mostaru, 24. oktobra 2022. godine.

*Rješenje:*

Mjesto	$\lambda^\circ$	e (iz tablica)	$T_{SE}$	Podne ( $T_{SE} + 1 \text{ min}$ )
Travnik	17,65972°	15 min 48 s	11 h 33 min 34 s	11 h 34 min 34 s
Mostar	17,81028°		11 h 32 min 58 s	11 h 33 min 58 s

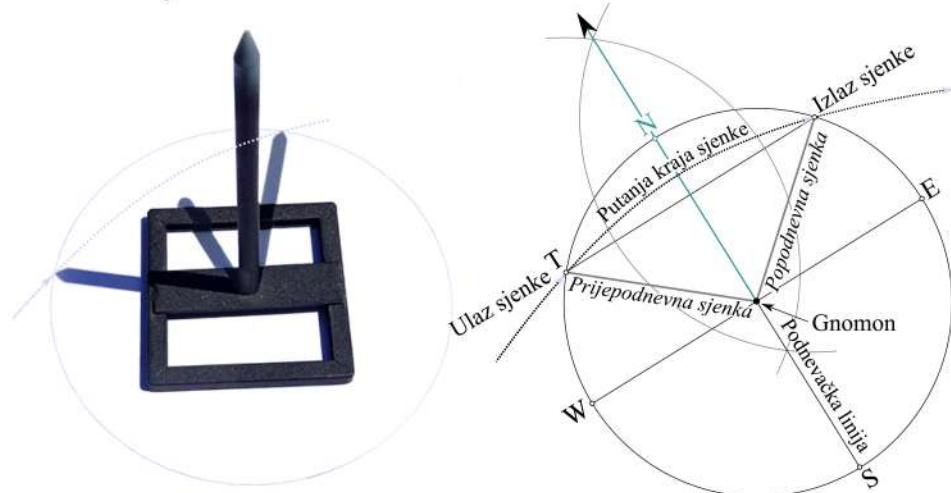
**Napomena.** Vrijednosti vremenskog izjednačenja kreću se tokom godine u rasponu od, zaokruženo,  $-14 \text{ min}$  do  $+16,5 \text{ min}$ . Daju se u astronomskim kalendarima za svaki dan, najmanje godinu unaprijed.

Kada se određenog dana izračuna pravo sunčeve podne, i u tom se trenutku na horizontalnoj podlozi obilježi pravac sjenke gnomona, *podnevačka linija*, onda svih narednih sunčanog dana nije potrebno vršiti nova računanja, jednostavno treba sačekati da sjenka gnomona padne duž podnevačke linije.

Podnevačka linija se može odrediti kao pravac najkraće sjenke gnomona određenog dana. S obzirom da se visina sunca oko podneva neznatno mijenja nemoguće je direktno uočiti i zabilježiti najkraću sjenku, pa su gnomonisti starog i srednjeg vijeka smislili sedam posrednih načina koje je detaljno izložio Biruni (1973, knj. IV, pogl. XV), a koji su interpretirani kod Tadić (2002, str. 7-12). Među njima najpoznatiji i najčešće korišćeni način je metod jednakih visina sunca, to jest, jednakih dužina sjenki gnomona, koji je u prvom vijeku p. n. e. opisao Vitruvije (1951, knj. I, pogl. VI) kao metod odavno poznat starogrčkim i indijskim (Vastu-shastra, 2022, I, pogl. 6) astronomima i arhitektama (sl. 12). Biruni taj metod naziva „indijskim krugom”:

Taj se krug crta na ravnoj površi, a u centru se postavlja gnomon; postoji praksa da on bude jednak četvrtini prečnika kruga, ali to nije obavezno. [...] Zatim se posmatra sjenka tog gnomona tokom prijepodneva; ona će se smanjivati i skraćivati dok ne uđe u krug. Obilježi se mjesto njenog ulaska. Na isti način se posmatra sjenka gnomona i poslije podne, kada će se sjenka uvećavati i prostirati dalje sve dok ne izađe iz kruga. Obilježi se mjesto njenog izlaska. Te se dvije oznake spoje pravom linijom koja predstavlja tetivu između dva

segmenta. Povuće se linija kroz srednju tačku između njihovih lukova, sredinu tetive i centar. To je linija kulminacija [podnevačka linija], a na nju normalan prečnik – ravnodnevačka linija (1973, str. 367-368).



Slika 12. Kraj sjenke (tačka T) gnomona zabilježen je u Beogradu ( $\phi = 44^\circ 48' 47''$ ,  $\lambda = 20^\circ 25' 46''$ ) u 10 h 07 min CET, prilikom ulaska u krug opisan na horizontalnoj podlozi oko podnožja gnomona, pri horizontskim koordinatama sunca ( $A = 130,34^\circ$ ,  $h = 61,09^\circ$ ). Sjenka je izašla iz kruga u 13 h 16 min CET, pri istoj visini sunca i azimutom  $A = 229,58^\circ$ . Podnevačka linija određena je kao simetrala centralnog ugla čiji su krakovi prijepodnevna i popodnevna sjenka gnomona. (Gnomon je urađen od starog stalka za šešire, a ta improvizacija nije ništa novo, do danas je, na primjer, sačuvan gnomon urađen od auto-ventila koji je korišćen u muvekithani Gazi Husrev-begove džamije u Sarajevu.)

Prednost ove metode je što je može svako izvesti jer ne treba ništa izračunavati. Nedostatak je što se deklinacija sunca ipak promijeni u intervalu od ulaska do izlaska sjenke gnomona iz kruga. Metod se može smatrati tačnim ako se primjeni oko solsticija, najbolje ljetnjeg, kada je dnevna promjena deklinacije sunca praktično zanemarljiva, a sjenka oko podneva kratka i oštra. Nedostatak metoda je i taj što nakon ulaska sjenke u krug, oblaci mogu prekriti nebo i tako onemogućiti da se ponovo vidi sjenka i njen izlazak.

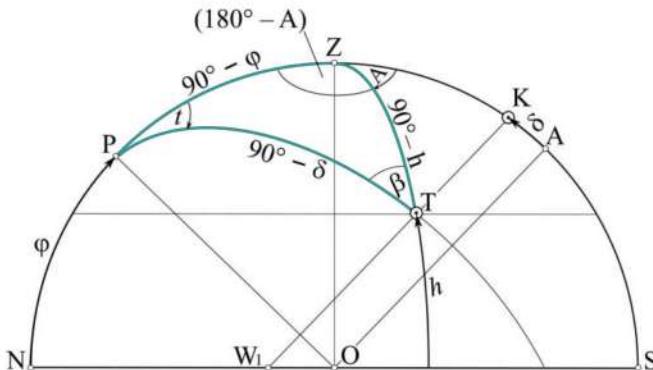
Kao što je već rečeno, kada se jednom obilježi podnevačka linija, podne je trenutak kada sjenka gnomona padne duž nje.

## 2. Izračunavanje početka ikindije

Početak ikindije određen je trenutkom  $T_I$  u kome poslijepodnevna sjenka gnomona visine  $v$  dostigne zadatu dužinu  $\rho_S$ , tj. kada sunce poslije podne postigne visinu  $h$  koja odgovara toj dužini sjenke:

$$\begin{aligned} ctgh &= \frac{\rho_S}{v} = \frac{v \cdot [\operatorname{tg}(\varphi - \delta) + 1]}{v}, \\ ctgh &= \operatorname{tg}[(\varphi - \delta) + 1]. \end{aligned} \quad (6)$$

**Zadatak 2.** Zadate su geografske koordinate mesta T ( $\varphi, \lambda$ ) i datum (tj. deklinacija sunca  $\delta$ ): izračunati satni (časovni) ugao sunca  $t$  pri poslijepodnevnom prolasku kroz almukantarat  $h$ , i početak ikindije  $T_I$ .



Slika 13. Tačka T označava položaj sunca na početku ikindije

*Rješenje:* Primjenom kosinusne formule za stranice kosouglog sfernog trougla TPZ (sl. 13), dobija se,

$$\sinh = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t \quad (7)$$

odakle slijedi,

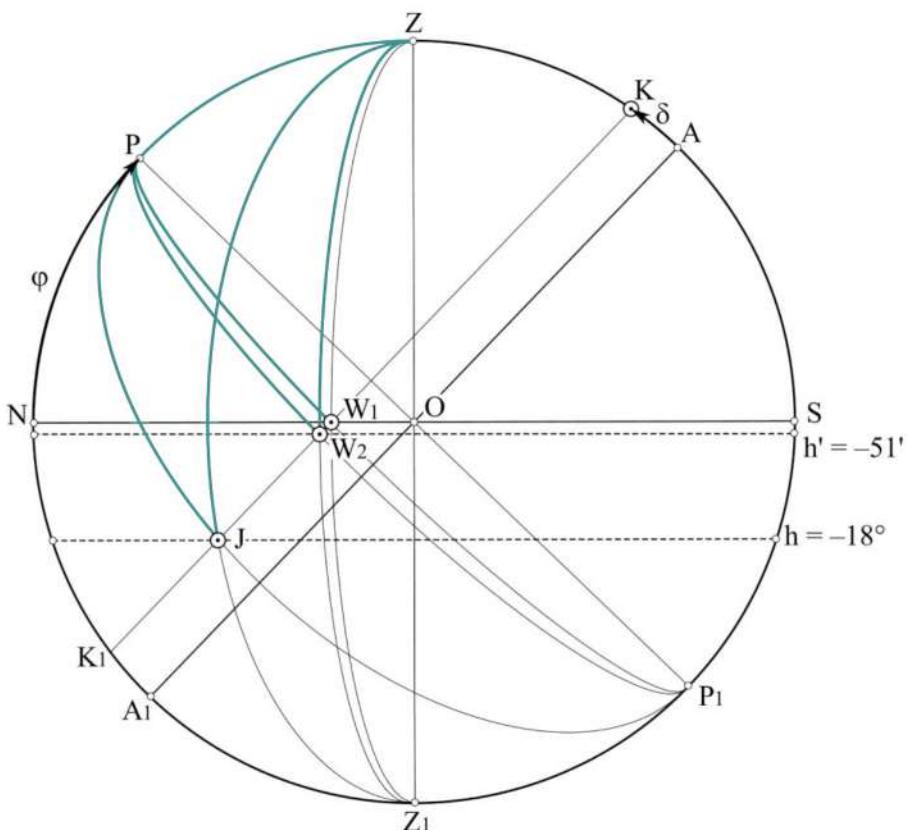
$$\cos t = \frac{\sinh - \sin\varphi \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta} \quad (8)$$

Nakon što se  $t$  izrazi u časovnoj mjeri, na kraju je:  $T_I = 12 h + t$ .

Početak ikindije u drugoj varijanti određuje se na isti način, na osnovu dužine sjenke izračunate po formuli (3).

### 3. Izračunavanje početka akšama

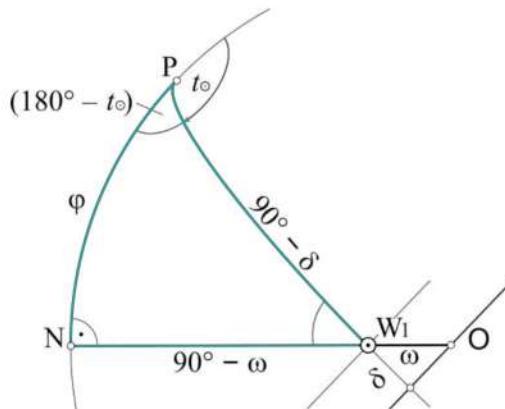
Početak akšama, kao što je već rečeno, jeste trenutak zalaska sunca. Određivanje njegovog početka svodi na izračunavanje satnog ugla sunca  $t_\odot$  u trenutku njegovog presjecanja horizonta (zanemarujući astronomsku refrakciju) ili u trenutku presjecanja almukantarata  $h = -51'$  (sa uzimanjem u obzir astronomске refrakcije) (sl. 14).



Slika 14. Sferni trouglovi koji se rješavaju u nastavku, u zadacima 3-6. Tačke,  $W_1$ ,  $W_2$  i  $J$  označavaju položaje sunca u trenucima kada ono određenog ljetnjeg dana (pri deklinaciji  $\delta$ ) presjeca matematički horizont  $h = 0^\circ$ , almukantarat astronomске refrakcije ( $h = -51'$ ) i almukantarat astronomskog sumraka ( $h = -18^\circ$ ).

**Zadatak 3.** Zadate su geografske koordinate mjesta T ( $\varphi, \lambda$ ) i datum (tj. deklinacija sunca  $\delta$ ): izračunati trenutak zalaska sunca  $T_{\downarrow}$  po pravom sunčevom vremenu, bez uzimanja u obzir uticaja astronomске refrakcije.

*Rješenje:* Primjenom Neperovog pravila na pravougli sferni trougao  $W_1NP$  (sl. 15),



Slika 15. Slovom  $\omega$  označena je večernja amplituda sunca (sferna udaljenost tačke zalaska sunca od zapadne tačke horizonta).

dobija se,

$$\cos(180^\circ - t_{\odot}) = \operatorname{ctg}(90^\circ - \varphi) \cdot \operatorname{ctg}(90^\circ - \delta),$$

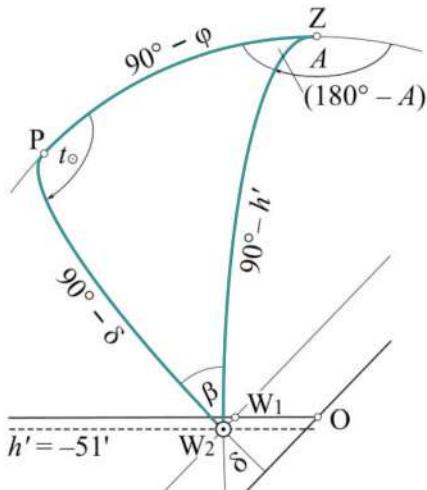
$$\cos t_{\odot} = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta. \quad (9)$$

Kada se satni ugao  $t_{\odot}$ , izračunat po prethodnoj formuli, izradi u časovnoj mjeri ( $1^\circ = 4$  min), onda je,

$$T_{\downarrow} = 12 h + t_{\odot}.$$

**Napomena.** Deklinacija sunca se neprestano mijenja ali je dnevna promjena vrlo mala (od  $16''$  do  $24'$ ), posebno oko solsticaja, pa se u gnomonici zanemaruje. U skladu s tim, satni ugao sunca u trenutku zalaska izražen u časovnoj mjeri predstavlja polovinu obdanice. Kada se pomnoži sa dva, dobija se dužina obdanice, u ovom slučaju bez uzimanja u obzir uticaja astronomске refrakcije.

**Zadatak 4.** Zadate su geografske koordinate mjesta  $T (\varphi, \lambda)$  i datum (tj. deklinacija sunca  $\delta$ ): izračunati trenutak zalaska sunca ( $T_{\downarrow}$ ) po pravom sunčevom vremenu, uvezši u obzir uticaj astronomске refrakcije.



Slika 16. Tačkom  $W_2$  označen je položaj sunčevog diska na početku akšama, tj. u trenutku prolaska kroz almukantarat astronomске refrakcije (isprekidana linija).

*Rješenje:* Primjenom kosinusne formule za stranice kosouglog sfernog trougla  $W_2 P Z$  (sl. 16), dobija se,

$$\cos(90^\circ + 51') = \sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t_\odot,$$

odakle je,

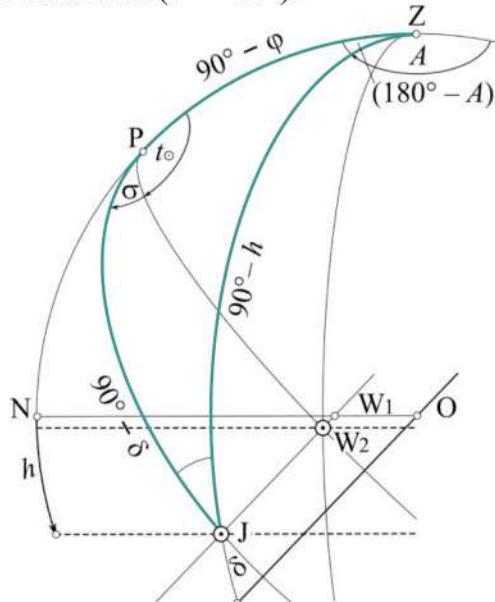
$$\cos t_\odot = -\frac{-\sin 51' - \sin\varphi \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta} \quad (10)$$

Trenutak zalaska sunca i dužina obdanice uvećana pod uticajem astronomске refrakcije izračunavaju se na isti način kao i u prethodnom zadatku.

**Napomena.** Trenutak zalaska sunca izračunat po formuli (10) odnosi se na matematički horizont koji se sa fizičkim horizontom poklapa samo na otvorenom moru ili u idealnoj ravnici. Na svim drugim mjestima fizički horizont je krivudava linija iza koje sunce uvek ranije zalazi (i kasnije izlazi) nego što je to izračunato. Za mjesta u kotlinama, razlika između stvarnog i teoretskog trenutka zalaska/izlaska sunca može biti znatna (v. sl. 10 na str. 31).

#### 4. Izračunavanje početka jacije

**Zadatak 5.** Zadate su geografske koordinate mjesta  $T (\varphi, \lambda)$  i datum (tj. deklinacija sunca  $\delta$ ): izračunati kada se završava astronomski sumrak  $T_A$  po pravom sunčevom vremenu, tj. trenutak u kome sunčev disk poslije zalaska presjeca almukantarat ( $h = -18^\circ$ ).



Slika 17. Tačkom  $J$  označen je položaj sunčevog diska na početku jacije, tj. u trenutku prolaska kroz almukantarat astronomskog sumraka (isprikidana linija).

*Rješenje:* Primjenom kosinusne formule za stranice kosouglog sfernog trougla  $JPZ$  (sl. 17), u kome je trajanje sumraka označeno sa  $\sigma$ , dobija se,

$$\cos[90^\circ - (-h)] = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos(t_\odot + \sigma),$$

odakle je,

$$\cos(t_\odot + \sigma) = \frac{-\sin h - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \quad (11)$$

Kraj astronomskog sumraka (početak jacije) po pravom sunčevom vremenu i dužina dnevnog osvjetljenja (dužina vidjela) izračunava se isto kao i u prethodnim zadacima:  $T_A = 12 h + (t_\odot + \sigma)$ .

**Napomena.** Izračunati trenuci se odnose na pravo sunčev vrijeme koje pokazuju sjenke na starim sunčanim satovima kao što su satovi na Hadži Ali-begovoј džamiji u Travniku i Hadži Memijinoj džamiji u Mostaru. Ti se trenuci, ukoliko je potrebno, po formuli (4) lako mogu prevesti u srednjoevropsko vrijeme ( $T_{SE}$ ).

## 5. Izračunavanje početka sabaha

Iztačunavanje početka sabaha ( $T_S$ ), kao trenutka u kome sunčev disk poslije ponoći presjeca almukantarat  $h = -18^\circ$ , vrši se na sličan način kao i izračunavanje početka jacije, s tim što se u časovnoj mjeri izražen zbir polovine dužine obdanice i dužine jutarnjeg astronomskog sumraka, izračunat po formuli (11), ne sabira nego oduzima od 12 h,

$$T_S = 12 \text{ h} - (t_\odot + \tau).$$

**Napomena.** Prevodenje na srednjoevropsko vrijeme vrši se po formuli (4).

### 5.1 Primjer: počeci molitvi u Travniku određenog dana

**Zadatak 6.** Izračunati dužinu obdanice u Travniku 14. aprila 2022. godine, sa i bez uticaja astronomiske refrakcije, zatim dužine sumraka, kao i odgovarajuće trenutke izlaska i zalaska sunca, kraja večernjeg i početka jutarnjeg astronomskog sumraka. Naznačene trenutke izračunati po pravom sunčevom i srednjoevropskom vremenu. (Sl. 14 na str. 39 sa odgovarajućim sfernim trouglovima odgovara ovom zadatku.)

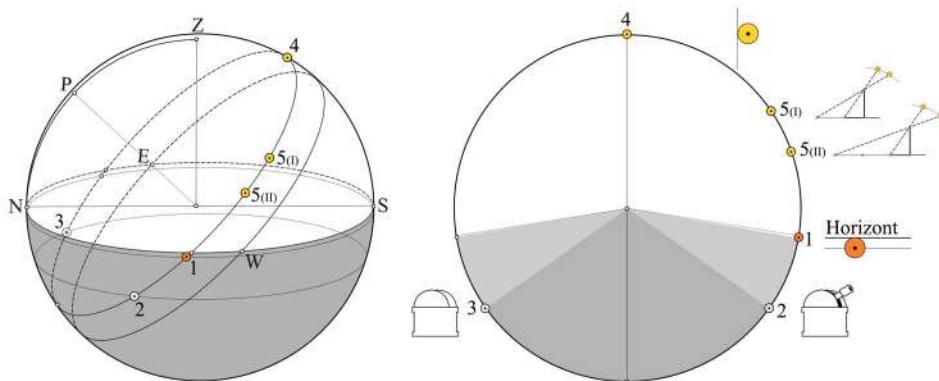
*Rešenja:* Rezultati dobijeni pomoću navedenih formula dati su u tabeli 2, i očigledno prikazani na slici 18.

**Napomena.** Sa astronomske tačke gledišta, trenuci i vremenski razmaci dati u tabeli 2 tačno su izračunati, ali se oni neće uvijek poklopiti sa podacima u vjerskim kalendarima jer u islamskom svijetu, između raznih škola i tradicija, nema potpune saglasnosti oko njihovog određivanja: na pravo sunčevu podne dodaje se različit broj minuta, početak ikindije različito se određuje prema dužini sjenke, a za almukantarat večernjeg i jutarnjeg astronomskog sumraka uzimaju se različiti uglovi ( $h = -18^\circ$ ,  $h = -17^\circ$ ,  $h = -15^\circ$ ) jer je on uslovljen visinom stratosfere koja se, prateći elipsoidni oblik Zemlje smanjuje idući od ekvatora prema polovima.

## GNOMONIKA ALATURKA

Tabela 2. Elementi geometrije sunca i počeci dnevnih islamskih molitvi u Travniku, 14. aprila 2022. godine

Travnik ( $\phi = 44^\circ 13' 34''$ , $\lambda = 17^\circ 39' 35''$ ), $\delta = 9^\circ 30' 00''$ i $e = -17$ s (iz tablica)		
Trajanje	Počeci	
	$T_p$	$T_{SE}$
Pravo sunčeve podne (podne)	12 h	11 h 49 min 39 s
Polovina obdanice sa i bez uticaja astr. refrakcije	6 h 37 min 30 s	6 h 41 min 13 s
Prva ikindija	15 h 44 min 42 s	15 h 34 min 21 s
Druga ikindija	16 h 43 min 01 s	16 h 32 min 39 s
Zalazak sunca (akšam)	18 h 41 min 13 s	18 h 30 min 52 s
Obdanica + astronomski sumrak	8 h 22 min 52 s	
Astronomski sumrak	1 h 41 min 39 s	
Kraj večernjeg astr. sumraka (jacija)	20 h 22 min 52 s	20 h 12 min 30 s
Početak jutaranjeg astr. sumraka (sabah)	03 h 37 min 08 s	3 h 26 min 47 s

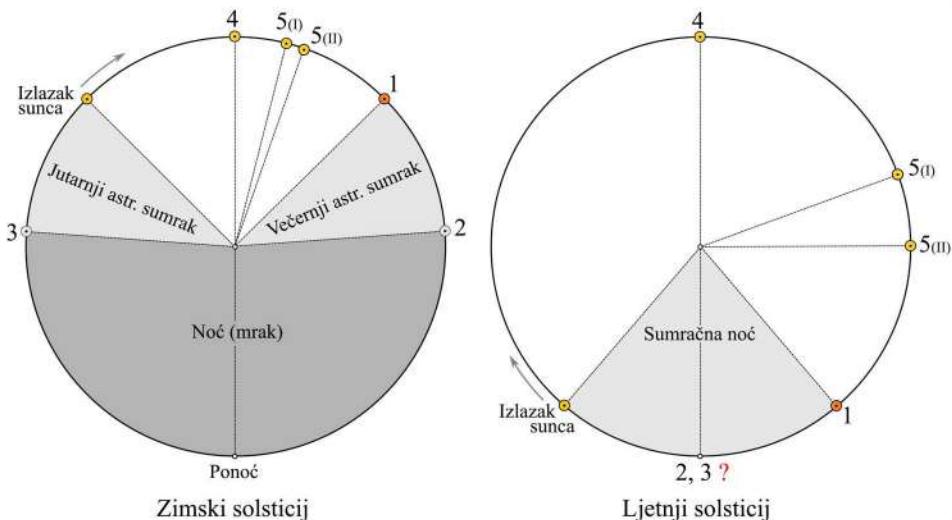


Slika 18. Položaji sunca 14. aprila 2022. u Travniku, na počecima svih pet molitvi islamskog molitvenog ciklusa

### ✓ Savremene nedoumice

Počeci molitvi i njihov redoslijed definisani su supropskom pojasu, gdje su razlike između dužina obdanice i noći tokom godine manje, a sumraci kraći,

gdje vlada suva i topla klima sa velikim brojem sunčanih dana (u Kairu, na primjer, 3450 sati godišnje, što je duplo više nego u Sarajevu) i podnevnim vrućinama tokom kojih je najbolje prekinuti rad i skloniti se u hlad. I sve to u doba mnogo drugačijem od savremenog, prije nastanka načela „vrijeme je novac”, kada nije bilo megalopolisa, multinacionalnih kompanija, avionskog i prekoceanskog saobraćaja, interneta i specijalizovanih sajtova, mobilnih telefona i aplikacija, klima-uredaja, tržnih centara i fiksnog radnog vremena.



Slika 19. Položaji sunca zimskog i ljetnjeg solsticija u Stokholmu, na počecima svih pet molitvi, redom, po pravom sunčevom vremenu. Astronomski sumraci, tj. jacija i sabah, spojeni su preko ponoći skoro pet mjeseci, od 23. aprila do 19. avgusta.

Novi način života i rada otvorio je niz pitanja u vezi početaka dnevnih molitvi:

– Kako da vjernici ispoštuju podnevnu i poslijepodnevnu molitvu kada je radno vrijeme uglavnom od 9 do 17 h, mogu li se molitve odlagati ili spajati/kombinovati? Kako obaviti molitvu tokom interkontinetalnih putovanja avionom ili brodom? Da li se pozivima na molitvu koji se preko zvučnika sa minaretskih balkona svaki dan emituju po pet puta (od toga dva puta po noći) usurpira zvučni prostor gradova u kome žive i nemuslimani – ateisti i pripadanci drugih religija? Kako se pridržavati rasporeda molitvi na „visokim” geografskim širinama (u skoro cijeloj Kanadi i Skandinaviji), kada se već iznad paralele Pariza ljeti preko ponoći spajaju večernji i jutarnji astronomski sumrak (jacija i sabah), i gdje su, idući ka sjeveru, zimske obdanice sve kraće, a ikindija sve „stisnutija” između podneva i akšama (sl. 19)? Kako početke molitvi povezati sa geometrijom sunca sjeverno od polarnika, u periodima polarnih

dana i polarnih noći, i složene smjene svjetlosti i tame? Ili, hipotetički, u kom se pravcu treba pri molitvi okrenuti vjernik koji se nalazi na jednom od geografskih polova? Pitanja su se umnožavala i svako novo je zahtjevalo i nova tumačenja koja su dodatno usložnjavala i bez njih dugačak spisak pravila i zabrana vezanih za tradicionalno praktikovanje religije u savremenim uslovima.

---

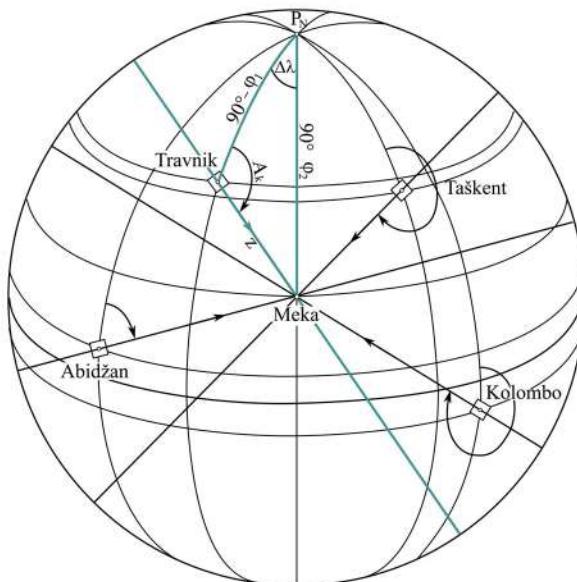
Prethodno je izloženo kako se sa astronomske tačke gledišta određuju počeci islamskih dnevnih molitvi. Do sada, međutim, nije pomenuto da vjernik, ma gdje se nalazio, pri molitvi mora biti licem okrenut prema Meki, odnosno, da u tom pravcu treba da budu usmjerene glavne ose džamija kao mjesta u kojima se obavljaju zajedničke islamske molitve. To je bitno za temu rada s obzirom da su sunčani satovi u Travniku i Mostaru nalaze na zidovima džamijama koji su uporedni sa glavnom osom džamije. Zato je potrebno prethodno objasniti i kako se određuje pravac prema Meki koji se u islamskom svijetu naziva *kibla*.

## Orijentacija džamija: licem prema Meki

U osnovnom obliku, džamija se sastoji od centralnog kubičnog molitvenog prostora natkrivenog četverovodnim krovom ili populoptastom kupolom (kube), trijema (sofa) natkrivenog sa tri ili dvije kupolice, i vitkog kopljastog tornja poligonalne osnove (minaret, munara) smještenog desno od ulaza, sa čijeg kružnog balkona (šerefe), džamijski službenik (mujezin), okrenut licem prema Meki upućuje poziv (ezan) za jednu od pet dnevnih islamskih molitvi (namaza) – sabah, podne, ikindija, akšam i jacija. Na sredini zida nasuprot ulaza (zid kible) je posebna niša (mihrab), odakle glavni džamijski službenik (imam) predvodi molitvu. Glavna osa džamije, zamišljena prava koja se pruža od ulaza prema mihrabu (sl. 20), treba biti u *kibli*, to jest, treba biti usmjerena prema gradu Meki u Saudijskoj Arabiji, ili, precizije, usmjerena ka svetom hramu Kabi (Ćabi) koji se nalazi u središtu Velike džamije u Meki (sl. 21).



Slika 20. Ulaz i mihrab Hadžijske džamije u Sarajevu smješteni su na njenoj glavnoj osi, koja bi trebalo da bude usmjerena ka Meki (foto. iz 2013. godine).



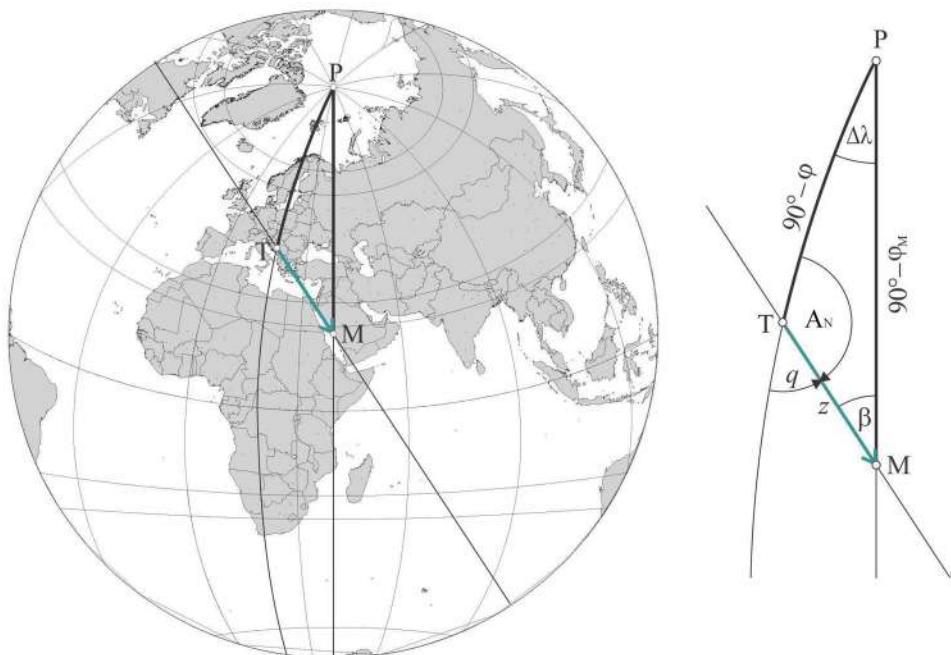
Slika 21. Kible četiri grada, na sve četiri Zemljine polulopte

Postavljanje Meke u centar sakralnog svijeta jeste najizrazitija crta orijentacije islama. Pravac prema Meki (kibla) određivao je sve rituale, ceremonije i obrede muslimana, gdje god se nalazili: usmjerenost molitava, orijentacija džamija, karata, grobova, sve je to imalo Meku kao vektor. To orientaciono „mobilno jedinstvo“ izdvaja islam (kao i judaizam) od drugih religija (Podosinov, 1999, str. 328).

Dok je glavnu osu crkve bilo lako usmjeriti ka tački istoka, i još lakše ka izlazećem Suncu, pravac glavne ose džamije, kiblu, trebalo je izračunati za svako mjesto posebno, što je bio jedan od zadataka za naučnike arapskog srednjovjekovlja, jedan od onih zadataka koji su im omogućili nesmetan rad i na temama koje nisu bile vezane za religiju, što je podstaklo razvoj matematike, matematičke geografije, astronomije i kartografije.

Za džamije na Balkanskom poluostrvu, kibla je, približno, jugoistočni pravac. Tradicionalno se mjeri od južne tačke horizonta, s pozitivnim smjerom ka istoku, dok će u nastavku biti izražavana geografskim azimutom  $A_K$ , uglom koji zaklapa sa sjevernim lukom meridijana određenog mjeseta, mjereno prema istoku od 0 do  $360^\circ$ .

Kibla se određuje rješavanjem zadatka iz matematičke geografije koji u opštem obliku glasi: – Zadate su geografske koordinate tačke  $T_1 (\varphi_1, \lambda_1)$  i tačke  $T_2 (\varphi_2, \lambda_2)$ : izračunati geografski azimut  $A_N$  velike kružnice koja spaja te tačke – ili, u konkretnom slučaju – Zadate su geografske koordinate tačke  $T (\varphi, \lambda)$  i Meke ( $\varphi_M, \lambda_M$ ): izračunati azimut kible  $A_K$  (sl. 22). O načinima rješavanja tog zadatka (geometrijski, analitički, pomoću tabela, nomograma i mjernih sprava) opširnu literaturu ostavili su naučnici arapskog srednjovjekovlja (Podosinov, 1999, str. 325), među njima i Biruni koji je 1030. godine detaljno objasnio određivanja kible na nebeskoj sferi pomoću antičke analeme (1973, knj. V, gl. VI), geometrijskim načinom koji se lako može spustiti na površinu Zemljine lopte (Tadić, 2006, str. 95). Do odgovarajuće formule dolazi se rješavanjem prvog nautičkog sfernog trougla TMP na Zemljinoj lopti (sl.22).



Slika 22. Tjedena kosouglog sfernog trougla  $TMP$  su mjesto džamije  $T (\varphi, \lambda)$ ,  $M$  – Meka ( $\varphi_M, \lambda_M$ ) i  $P$  – sjeverni geografski pol,  $\Delta\lambda$  je razlika geografskih dužina Meke i mesta  $T$  ( $\Delta\lambda = \lambda_M - \lambda$ ),  $A_K$  je geografski azimut Meke, dok je  $z$  sferna (zenitna, ortodromska) udaljenost između Meke i mesta džamije.

Prvo se po kosinusnoj formuli za stranice kosouglog sfernog trougla izračuna sferna udaljenost  $z$ ,

$$\cos z = \sin\varphi \cdot \sin\varphi_M + \cos\varphi \cdot \cos\varphi_M \cdot \cos\Delta\lambda \quad (12)$$

a zatim preko  $z$  i azimut  $A_K$ ,

$$\sin A_K = \frac{\sin\Delta\lambda \cdot \cos\varphi_M}{\sin z} \quad (13)$$

ili direktno preko geografskih koordinata, na osnovu prve teoreme o kotangensima,

$$\operatorname{ctg} A_K = \frac{\operatorname{tg}\varphi_M \cdot \cos\varphi - \sin\varphi \cdot \cos\Delta\lambda}{\sin\Delta\lambda} \quad (14)$$

**Zadatak 7.** Izračunati kiblu Hadži Ali-begove džamije u Travniku i Hadži Memijine džamije u Mostaru.

*Rješenje:* Pomoću formula (12) i (13), i provjerom pomoću formule (14), dobija se:

Objekat, grad	$\varphi$	$\lambda$	$\Delta\lambda, z, A_K$
Kaba / Meka	21° 25' 21"	39° 49' 34"	
Hadži Ali-begova džamija, Travnik	44° 13' 34"	17° 39' 35"	22° 09' 59", 29° 14' 43" <b>134° 02' 03"</b>
Hadži Memijina džamija, Mostar	43° 20' 24"	17° 48' 37"	22° 00' 57", 28° 33' 21" <b>133° 06' 40"</b>

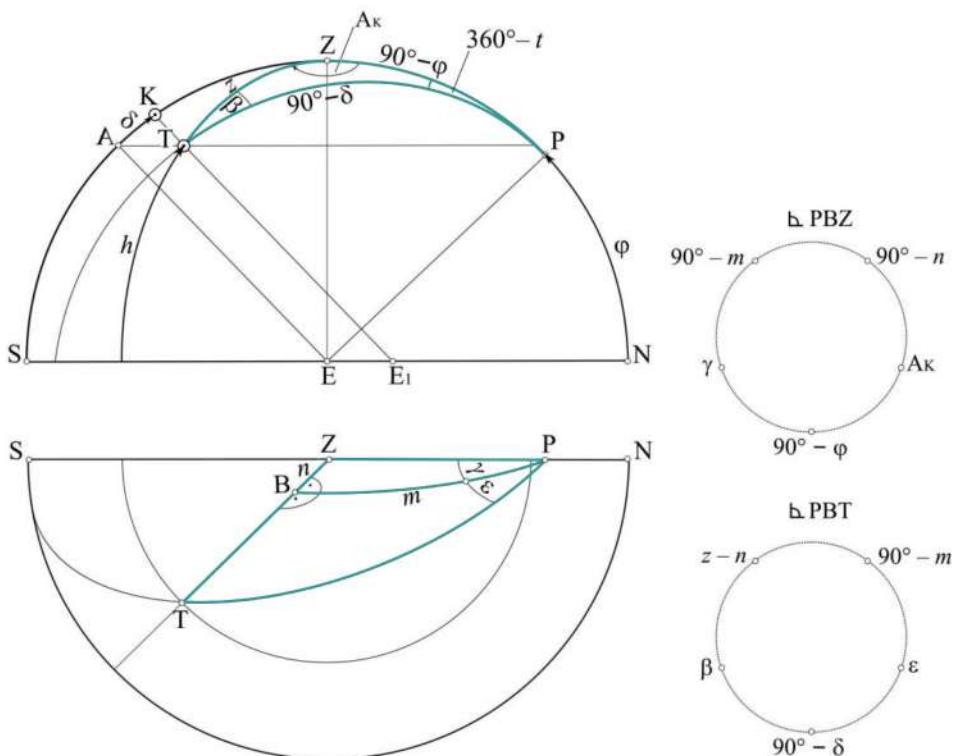
Zaokruženo, kiblu Travnika je  $A_K = 134^\circ$ , a kiblu Mostara  $A_K = 133^\circ$ . To su pravci duž kojih treba da su usmjerene glavne ose džamija, odnosno, to su pravci kojima je u Travniku i Mostaru određena usmjerenosost islamskih dnevnih molitvi.

## 1. Određivanje kible na osnovu položaja sunca

Arapski naučnici su određivali kiblu različitim metodama, teorijskim (geometrijskim i analitičkim), i praktičnim (pomoću nomograma i astronomskih sprava). Određivanje kible pomoću sunca, kao specijalnog slučaja određivanja uzimuta između dva grada, detaljno je još pre hiljadu godina izložio Biruni (1973, V, 5):

Kako je azimut Meke [za svaki grad] stalan po veličini, to sunce na nekim njegovim dnevnim paralelama može imati visine kojima odgovaraju azimuti jednaki azimutu kible, i kada se sunce s tom visinom pokaže na strani Meke, tada će njemu okrenuti licem biti okrenuti prema kibli (str. 425).

Određivanje trenutka u kome se sunce nađe „na strani Meke” svodi se na zadatak koji glasi: – Zadati su mjesto T ( $\varphi, \lambda$ ), datum (tj. deklinacija sunca  $\delta$ ) i azimut kible  $A_K$ : izračunati satni ugao sunca  $t$  u trenutku njegovog prolaska kroz vertikal kible. Nakon što se odgovarajući kosougli sferni trougao TZP podijeli na dva pravougla sferna trougla ( $PBZ$ ,  $PBT$ ), ostaje da se primjeni Neperovo pravilo (sl. 23).



Slika 23. Kosougli sferni trougao  $PZT$  u poprečnoj i polarnoj ortografskoj projekciji vidljive nebeske hemisfere;  $z$  je zenitna udaljenost sunca ( $z = 90^\circ - h$ ).

Iz pravouglog sfernog trougla  $PBZ$ , po Neperovom pravilu slijedi,

$$\cos(90^\circ - m) = \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin A_K, \quad (15)$$

$$\sin m = \cos \varphi \cdot \sin A_K.$$

$$\cos(90^\circ - \varphi) = \operatorname{ctg} \gamma \cdot \operatorname{ctg} A_K,$$

$$\operatorname{ctg} \gamma = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} A_K. \quad (16)$$

A po istom pravilu, iz pravouglog sfernog trougla  $PBT$ ,

$$\begin{aligned} \cos \varepsilon &= \operatorname{ctg}(90^\circ - m) \cdot \operatorname{ctg}(90^\circ - \delta), \\ \cos \varepsilon &= \operatorname{tg} m \cdot \operatorname{tg} \delta. \end{aligned} \quad (17)$$

Na kraju se dobija traženi satni ugao sunca koje presjeca vertikal kible,

$$t = 360^\circ - (\gamma + \varepsilon),$$

i odgovarajuće pravo sunčevu vrijeme:  $T_P = t - 12 h$ .

Da bi zadatak bio zaokružen potrebno je izračunati i visinu  $h$  koju sunce ima u trenutku presjecanja vertikalne kible. Iz kosouglog sfernog trougla  $PZT$ , po sinusnoj formuli dobija se,

$$\sin z = \cosh = -\frac{\sin t \cdot \cos \delta}{\sin A_k}. \quad (18)$$

Tako izračunati satni ugao sunca  $t$  jeste trenutak prolaska sunca kroz vertikal kible nad horizontom određenog mjesta, odnosno, trenutak kada sjenka gnomona leži u kibli. Obilježili se ta sjenka na ravni horizonta bilo kog dana u godini, kibla je fiksirana. Ili, ako se određenog dana izračuna i visina sunca, kiblu predstavlja sjenka gnomona visine  $v$  koja prije podne dodirne krug opisan oko podnožja gnomona s radijusom  $r = v \cdot \operatorname{ctg} h$ .

Satni ugao sunca u trenutku prolaska kroz vertikal kible nad horizontom određenog mjesta može se izračunati i primjenom jedne od Neperovih jednačina na kosougli sferni trougao  $PZT$  (sl. 23):

$$\operatorname{tg} \frac{A_K - \beta}{2} = \frac{\sin \frac{(90^\circ - \delta) - (90^\circ - \varphi)}{2}}{\sin \frac{(90^\circ - \delta) + (90^\circ - \varphi)}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{(360^\circ - t)}{2},$$

iz koje slijedi,

$$\tg \frac{t}{2} = \frac{\cos \frac{\varphi + \delta}{2} \cdot \tg \frac{A_K - \beta}{2}}{\sin \frac{\varphi - \delta}{2}} \quad (19)$$

gde je,

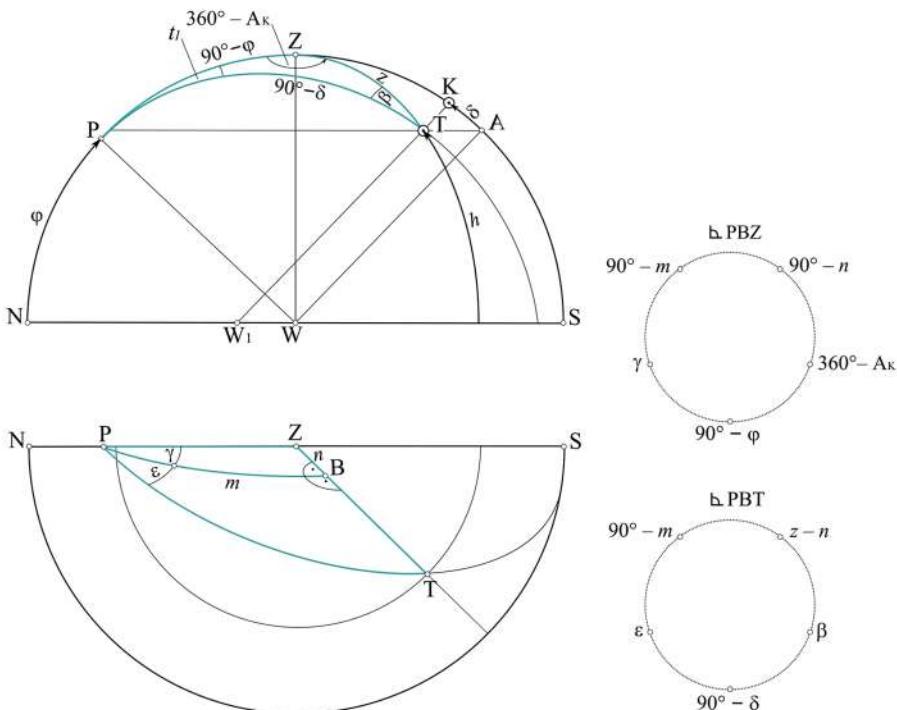
$$\sin \beta = \frac{\cos \varphi \cdot \sin A_K}{\cos \delta}. \quad (20)$$

Na osnovu satnog ugla sunca na kraju se dobija pravo sunčeve vrijeme,

$$T_P = t - 12 \text{ h.}$$

### 1.1 Sunce ispred, kibla „na lijevu ruku”

Drugi način određivanja kible jeste da se izračuna trenutak u kome sunce siječe „ortokiblu” – vertikal koji je normalan na vertikal kible (sl. 24):



Slika 24. Kosougli sferni trougao TZP u poprečnoj i polarnoj ortografskoj projekciji vidljive nebeske hemisfere. ZT je „ortokibla” ( $A_N = A_K + 90^\circ$ ).

$$\sin m = -\cos \varphi \cdot \cos A_K, \quad (21)$$

$$\operatorname{ctg} \gamma = -\sin \varphi \cdot \operatorname{tg} A_K, \quad (22)$$

$$\cos \varepsilon = \operatorname{tg} m \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (23)$$

$$t = \gamma + \varepsilon; T_P = 12h - t.$$

Isti satni ugao, a onda i odgovarajuće pravo sunčevu vrijeme može se izračunati i pomoću Neperove jednačine primjenjene na kosougli sferni trougao TZP:

$$\sin \beta = -\frac{\cos \varphi \cdot \sin A_K}{\cos \delta}, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\beta - (360^\circ - A_K)}{2} &= \frac{\sin \frac{(90^\circ - \varphi) - (90^\circ - \delta)}{2}}{\sin \frac{(90^\circ - \varphi) + (90^\circ - \delta)}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{t}{2}, \\ \operatorname{ctg} \frac{t}{2} &= \frac{\cos \frac{(\varphi + \delta)}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{(\beta + A_K)}{2}}{\sin \frac{(\delta - \varphi)}{2}}, \end{aligned} \quad (25)$$

$$T_P = 12h - t.$$

Ako se u tako određeno pravo sunčevu vrijeme, posmatrač okreće prema suncu i bočno ispruži lijevu ruku, ta ruka će mu biti u kibli.

**Zadatak 8.** Izračunati trenutke u kojima sunce u Mostaru za solsticija 2022. godine prolazi kroz vertikal kible po pravom sunčevom vremenu  $T_P$  i standardnom srednjoevropskom vremenu  $T_{SE}$ .

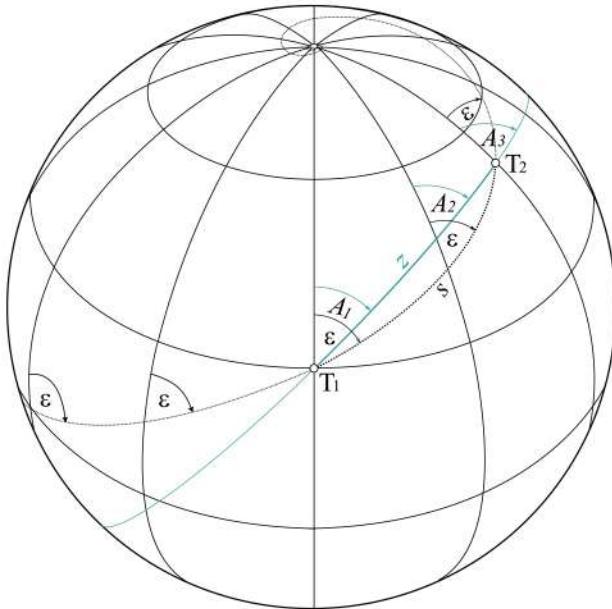
*Rješenja:* Azimut kible već je izračunat, a ostali elementi dobijeni su i provjereni korišćenjem formula (15-20) ili (21-25), redom:

Hadži Memijina džamija: $\varphi = 43^\circ 20' 24''$ , $\lambda = 17^\circ 48' 37''$ , $A_K = 133^\circ 06' 40''$			
21. VI	21. XII	21. VI	21. XII
$\delta$ 23° 26' 24"	-23° 26' 24"	$\beta$ 35° 22' 01"	35° 22' 01"
$e$ -1 min 48 s	1 min 57 s	$h$ 63° 55' 00"	7° 56' 43"
$\gamma$ 53° 45' 24"	53° 45' 24"	$t$ 339° 31' 19"	308° 09' 25"
$m$ 32° 04' 24"	32° 04' 24"	$T_P$ <b>10 h 38 min 05 s</b>	<b>8 h 32 min 02 s</b>
$\varepsilon$ 74° 14' 05"	105° 44' 59"	$T_{SE}$ 10 h 28 min 25 s	8 h 19 min 25 s

**Napomena.** Trenuci prolaska sunca kroz vertikal kible Travnika prikazani su na grafikonu kod Tadić (1991c, str. 259).

## 2. Kibla – ortodroma ili loksodroma

Riječ *kibla* označava pravac prema Meki, ali doslovno značenje te arapske riječi nije „pravac” nego „to što je nasuprot”. Biruni, na primjer, u Kananu Mas’uda (V, 6) ne kaže da određuje kiblu, nego azimut kible, ne smatrajući, dakle, da pri time udvaja pojmove – „pravac pravca”. A azimut kible se izračunava kao ugao pod kojim ortodroma, kao kraći luk velike kružnice između tačaka  $T_1$  i  $T_2$ , presjeca meridijan Tačke  $T_1$  (polazne tačke). Ortodroma jestе najkraća putanja ali ona sve meridijane presjeca pod različitim uglovima pa kretanje po njoj zahtijeva neprestanu promjenu azimuta (kursa kretanja), teoretski neprestano, u praksi s vremenom na vrijeme. Ako se kurs ne bi mijenjao, pod konstantnim azimutom izračunatim prema formuli (13) ne može se iz tačke  $T_1$  najkraćim putem stići u tačku  $T_2$ . Na primjer, avion koji bi poletio iz tačke  $T_1$ , ne mijenjajući ortodromski kurs izračunat za tačku  $T_2$ , nikada ne bi stigao na odredišni aerodrom.



Slika 25. Velika kružnica (obojena linija) i loksodroma (ispukljana linija) na Zemljinoj lopti između tačaka  $T_1$  i  $T_2$ ; loksodromski ugao u polaznoj tački uvijek je veći od ortodromskog ( $\epsilon > A$ ), isto kao što je i loksodromska udaljenost veća od ortodromske ( $s > z$ ).

Kretanje pod konstantnim azimutom na Zemljinoj lopti odvija se, ne po velikoj kružnici nego po spiralnoj putanji, *loksodromi* (sl. 25). Loksodroma je putanja koja sve meridijane presjeca pod istim uglom, loksodromskim uglom  $\varepsilon$ . Loksodroma nije najkraća putanja, uvjek je duža od ortodrome, ali je zbog konstantnosti kursa najjednostavnija putanja po kojoj nastoje da plove brodovi i lete avioni.

Loksodromski ugao izračunava se po formuli (Tadić, 2004, str. 84),

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)'}{\rho' \left[ \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi_2}{2} + 45^\circ \right) - \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi_1}{2} + 45^\circ \right) \right]} \quad (26)$$

u kojoj je  $\rho$  radjan izražen u minutama. Kada se u prethodnu formulu unesu koordinate Mostara i Meke dobija se,

$$\varepsilon = 140^\circ 00'28'',$$

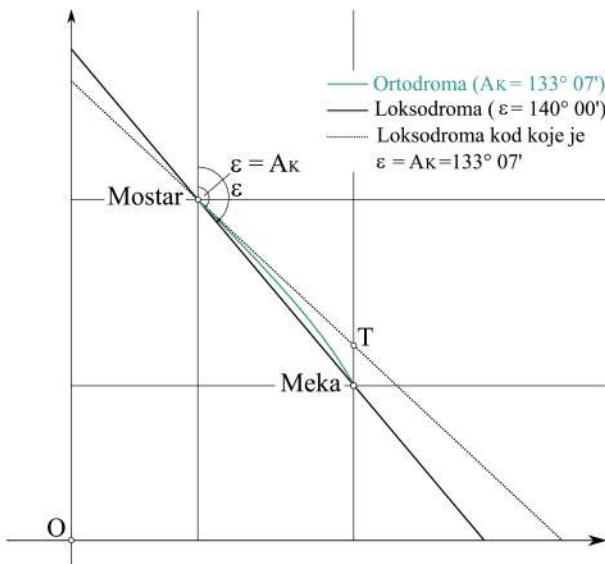
što je skoro sedam stepeni veće od ortodromskog azimuta ( $A_K = 133^\circ 06' 40''$ ). Sve ono što iz Mostara krene, ili bude odaslano, pod ovim uglom nepogrješivo će stići u Meku. Ako je tako, šta će biti s kretanjem iz Mostara pod nepromjenljivim kursom jednakim azimutu kible? Putanja je takođe loksodroma koja ne prolazi kroz Meku, što se može dokazati određivanjem tačke presjeka te loksodrome sa meridijanom ili paraleлом Meke.

**Zadatak 9.** Izračunati geografsku širinu tačke  $T_2$  ( $\varphi_2, \lambda_2$ ) u kojoj loksodoma koja polazi iz Mostara  $T$  ( $\varphi_1 = 43^\circ 20' 24'', \lambda_1 = 17^\circ 48' 37''$ ) pod loksodromskim uglom  $\varepsilon = A_K = 133^\circ 06' 40''$  presjeca meridijan Meke ( $\varphi_M = 21^\circ 25' 21'', \lambda_M = \lambda_2 = 39^\circ 49' 34''$ ).

Iz formule (26) slijedi,

$$\ln \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi_2}{2} + 45^\circ \right) = \frac{(\lambda_M - \lambda_1)'}{\rho' \cdot \operatorname{tg} \varepsilon} + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi_1}{2} + 45^\circ \right) \quad (27)$$

Po toj formuli se dobija  $\varphi_2 = 26^\circ 34' 03''$ , što znači da razmatrana loksodroma prolazi pet stepeni sjevernije od Meke (sl. 26).



*Slika 26.* Putanje između Mostara i Meke prikazane u Merkatorovoј projekciji, jedinoj projekciji u kojoj se loksodroma prikazuje kao prava linija.

Kada se izračuna ortodromski azimut, azimut kible u specijalnom slučaju, iz ishodišne u ciljnu tačku stiže se najkraćim putem, po ortodromi (tačkasta linija na sl. 26), ali pod uslovom da se putem neprestano mijenja početni azimut. Ako se, međutim, zadržava početni azimut ( $A_K$ ), kretanje se odvija po loksodromi (isprikidana linija na sl. 26) koja „promašuje” ciljnu tačku. Sa konstantnim azimutom stiže se na cilj samo po loksodromi (puna linija na sl. 26) čiji se loksodromski ugao izračunava po formuli (26). Izuzeci su samo slučajevi kada se obje tačke nalaze na istom meridijanu ili na ekvatoru, tada se velika kružnica i loksodroma poklapaju pa su ortodromski i loksodromski uglovi jednaki.

### ✓ Izvorna kibla – istočna kibla

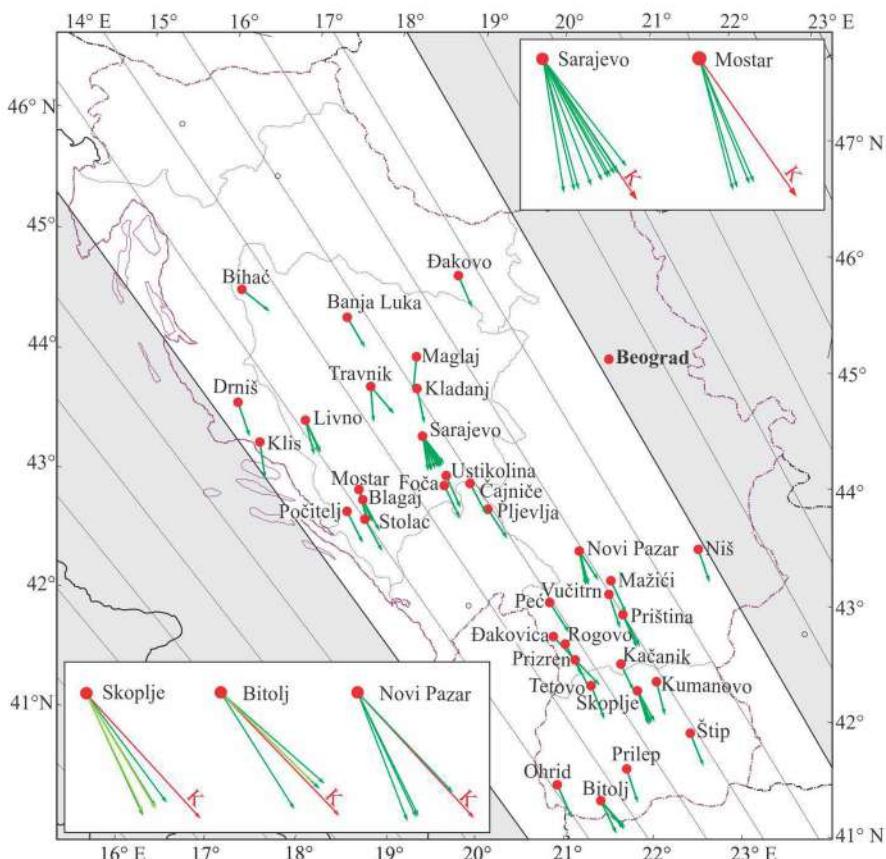
Suočeni sa brojnim pravilima i zabranama, vjernici postavljaju raznovrsna pitanja vjerskim autoritetima. Tu su i pitanja vezana za pogrešno određenu kiblu, odnosno, za molitvu koja je obavljena pod pogrešnom kiblom. Pažnju privlačni jedno pitanje vezano za istočnu orientaciju molitve:

Gdje se okrenuti kada klanjaš? Da li se okrećemo prema izlasku Sunca kada se klanja? Ja sam naučila klanjati iz različitih ilmihala i od mojih djedova i nana. Oni su me učili da se okrenem prema izlasku Sunca. A da je pravilno okrenuti se prema Kibli to sam čitala u knjizi koja pojašnjava sunnet i namaz [...] Molim vas da mi pomognete, jer sam do sad cijeli život klanjala prema izlasku Sunca („Čitav život sam klanjala namaze prema Suncu iz neznanja?”, 2020).

Odgovor je bio očekivan, neispravno je okretati se na bilo koju stranu osim kible, međutim, odgovor se mogao usmjeriti i na hrišćansku tradiciju koja je ostala urezana u sjećanju stanovništva koje je prešlo na islam (Bašeskija, na primjer, pri datovanju koristi hrišćanske praznike (Filan, 2008)), kao i na molitvenu tradiciju predislamskog doba uopšte. Govoreći o orijentaciji u islamskom svijetu, a pozivajući se na pisanje Herodota i Strabona, Podosinov (1999) ukazuje da su se stanovnici Arabijskog poluostrva u predislamskom vremenu klanjali Suncu „i zato ne čudi što prvонastale džamije, kako je ustanovio ruski istraživač Istoka V. Bartold, imaju istočnu orijentaciju” (str. 319).

Poređenja radi, orijentacija crkava u pravoslavnoj liturgici nije matematičkogeografski određena kao što je to slučaj sa džamijama, nego je jednostavno propisano da crkve trebaju biti usmjerene „prema istoku” ili „prema izlasku sunca” (Mirković, 1918. ctp. 79-81), što protomajstorima ostavlja mogućnost da prilikom trasiranja glavne crkvene ose „manavrišu” u rasponu cijelog istočnog kvadranta (od 45° NE do 45° SE) ili, u užem smislu, u sektoru izlazećeg sunca koji se na našim geografskim širinama kreće oko 67°, od 33,5° NE do 33,5° SE (Tadić i Obradović, 2021).

Suočeni sa pitanjima vjernika da li se islamska molitva poništava ako je obavljena u džamiji sa netačno određenom kiblom, i činjenicom da je takva većina starih džamija na prostoru bivše Jugoslavije (sl. 27), i ne samo starih, islamski bogoslovski autoriteti daju različita egzaktna objašnjenja: po jednima „beznačajno odstupanje (manje od 22,5 stepeni) se može tolerisati” („Okretanje prema kibli”, 2008), po drugima „veliko odstupanje od kible je sve što prelazi preko 45 stepeni” („Džamija nije potpuno okrenuta u pravcu Ka’be?”, 2014), dok treći citiraju solomonsko tumačenje al-Tirmizija, naučnika-bogoslova iz IX vijeka – „Sve što je između istoka i zapada je kibla!” Posljednje tumačenje, zasnovano na ideji božje sveprisutnosti i smislu iskrene molitve, potpuno relativizuje kiblu.



Slika 27. Usmjerenost glavnih osa najznamenitijih džamija, uglavnom kupolnih, izgrađenih u XV i XVI vijeku na prostoru bivše Jugoslavije. Sistemska greška u odnosu na tačno izračunatu kiblu iznosi  $-10,25^\circ$  (Tadić i Kovačić, 2016, str. 8)

### ✓ **Kibla Sarajeva i ljutiti Bašeskija**

Za razliku od crkava za koje se u pravoslavnoj liturgici sugerira da trebaju biti postavljene „na uzvišenom mjestu“ (Mirković, 1918, str. 81), za džamije se ne postavlja nikakav uslov u pogledu lokacije, bitna je samo usmjerenošć glavne ose. Oni koji bukvalno shvataju kiblu znaju pitati da li je molitva djelotvorna ako se vjernik moli u džamiji koja je tačno orijentisana ali čiji je horizont u pravcu Meke zatvoren visokim građevinama ili krupnim reljefnim barijerama: ispred kibli svih sarajevskih džamija podignutih u vrijeme osmanske vladavine, na primjer, isprečen je masiv planine Trebević (sl. 28).



*Slika 28. Careva džamija u Sarajevu, pogled duž kible. Ispred se ispriječila planina Trebević.*

Interesantno tumačenje reljefa kao ograničavajućeg faktora dao je Bašeskija (1987) opisujući zbivanja u 1781. godini:

Osim toga, Sarajevo je od strane juga ili kible zatvoreno velikom planinom Trebevićem, pa tako Sarajlije nemaju uopće razboritosti. Imaju pamet, ali im ona kasno dolazi, kao što ono poslovica kaže „Nakon rušenja Basre”. Sarajlije su poput stoke, pa će često za зло reći da je dobro, i obratno. Ovo se dogodilo 15. rebiul-ahira na Blagovijest (str. 202).

Bašeskija je bio dovoljno učen da razumije šta je kibla, pa se bukvalno tumačenje kible jedino može objasniti velikom srdžbom koja ga je obuzela zbog nerazumnog ponašanja sugrađana u februaru pomenute godine.

---

## Četvrti dio

### Alaturka satni sistem

Sva satna određenja koja su kao primjer navedena u II poglavlju odnose se na tzv. *alaturka satni sistem*, nazvan tako („na turski način“) jer se najduže zadržao u Turskoj. To je varijanta ekvinocijskog sistema koji je zamijenio *temporalni satni sistem*, formalni satni sistem tokom cijelog evropskog i arapskog srednjovjekovlja. Smjena je izvršena postepeno u XIV/XV vijeku, nakon širenja javnih gradskih mehaničkih satova čije kazaljke (do sredine XVII vijeka samo jedna) nisu mogli pratiti sezonski promjenljive temporalne sata. Jedinica, ekvinocijski sat, bio je opšteprihvaćen u evropskim gradovima, a neslaganje je postojalo samo oko izbora nultog trenutka, to jest oko pitanja kada počinje dan.

Neki je putnik, putujući u ono vrijeme [XIV v.] iz Italije u Basel i dalje u Češku, upoznao četiri mjesna vremena, jer su neki brojili dvadeset i četiri sata od jutra, drugi od večeri, treći od ponoći, ili podneva. Kad su onda tu i tamo počeli uvoditi jednostavnije mjerjenje vremena od dva put po dvanaest sati, kakvim se služimo još i danas, pomutnja je postala potpuna” (Pohl, 1958, str. 119-120).

#### ✓ Sunčani sat u Groningenu – sat sveznadar

Istorija satnih sistema koji su postojali u Evropi prikazana je na sunčanom satu u Groningenu koga su 1731. godine napravila „dva velika holandska majstora i zaljubljenika u matematiku”, J. Cremer i J. Doornbos (Cittert-Eymers & Hagen, str. 44) (sl. 29). Nakon restauracije iz 1953. godine, boja i pozlata na sunčanom satu redovno se obnavljaju. Glavni brojanik isписан na obodu krupnim rimskim slovima odnosi se na savremeni satni sistem, to jest, na sate brojane od ponoći, dva puta po 12. Osim satnih linija za ovaj satni sistem, ucrтане su linije za vavilonske sate brojane od izlaska sunca (linije koje se uspinju s lijeva na

desno), linije za staroitalijanske sate brojane od zalaska sunca (linije koje se uspinju s desna na lijevo), i datumske linije, hiperbole, za svaki mjesec.



Slika 29. Sunčani sat u Groningenu. Iznad stilizovang sunca, gnomonisti su upisali moto: „Prošlost ništavna, budućnost neizvjesna, sadašnjost nesigurna, ne zanemarite ove [sate] koji vam pripadaju”.

Pravac sjenke polosa pokazuje savremene sate na glavnom brojčaniku, a sjenka kuglice koja se nalazi približno na prvoj petini šipke, pokazuje vavilonske i staroitalijanske sate, odnosno, pokazuje koliko je sati obdanice već proteklo i koliko sati obdanice preostaje. Osim toga, sjenka kuglice pokazuje i datume (svaki 21. dan u mjesecu), i uz njih istovremeno i sate izlaska i zalaska sunca i dužine obdanice (vrijednosti upisane na krajevima hiperbola).

Drevni narodi su prvo koristili lunarni kalendar u kome je novi mjesec počinjao s prvom pojmom mladog mjeseca. Budući da mlad mjesec postaje uočljiv uoči zalaska sunca, to je značilo i da zalazak sunca predstavlja početak novog dana, a time i početak odbrojavanja sati. Te su se tradicije pridržavali u vizantijskom i u arapskom svijetu, pa su u skladu s tim formalizovali varijantu ekvinokcijskog sistema u kojoj je zalazak sunca nulti trenutak za odbrojavanje sati, dva puta od 0 do 12 h (sl. 30). Isti način odbrojavanja sati, samo s punim označavanjem od 0 do 24 h, koristio se u italijanskim gradovima, prvenstveno u Veneciji, od XIV pa sve do XIX vijeka. Kada se analiziraju satna određenja kod Bogdanovića (1984), jasno je da se radi o satima odbrojanim od prethodnog zalaska sunca, od 1 do 24 (v. str. 12), što znači da je u osmansko doba u Bosni i Hercegovini uporedno sa alaturka varijantom kao formalnim satnim sistemom, u samostanskim krugovima korišćena i staroitalijanska varijanta.



*Slika 30.* Par zidnih satova u svetogorskому manastiru Grigorijat, lijevi za vizantijski, a desni za savremeni satni sistem (istočnoevropsko vrijeme). Fotografija je snimljena 28. aprila 2014. godine, prethodni zalazak sunca bio je u 20 h 12 min ljetnjeg vremena (Tadić, 2014, str. 133).

## GNOMONIKA ALATURKA

Varijanta s punim označavanjem sati iz Italije je stigla u Češku gdje je korišćena od XV do XVII/XVIII vijeka (takođe i Poljskoj i dijelovima Njemačke i Austrije). Zato su sati odbrojavni od zalaska sunca, osim vizantijski i alaturka, poznati i kao staroitalijanski i staročeški. Do danas je ostao formalni satni sistem samo u Autonomnoj monaškoj Republici Svetoj Gori, te otuda naziv i „svetogorski”.



Slika 31. Alaturka brojčanik mehaničkog sata na sahat-kuli pored Gazi Husrev-begove džamije u Sarajevu. Na slici desno, kazaljke pokazuju 11:49 „noćnih” sati. Fotografija je snimljena 28. juna 2010. godine u 9 h 30 min ljetnjeg srednjoevropskog vremena, prethodni zalazak sunca bio je u 20 h 32 min.

Bojčanike satova za alaturka sistem, sunčane ili mehaničke, svejedno, činili su istočnoarapski brojevi:  $1 = \text{ا}$ ,  $2 = \text{ب}$ ,  $3 = \text{ت}$ ,  $4 = \text{ث}$ ,  $5 = \text{ج}$ ,  $6 = \text{ه}$ ,  $7 = \text{و}$ ,  $8 = \text{ل}$ ,  $9 = \text{ن}$ ,  $10 = \text{م}$ ,  $11 = \text{ك}$ ,  $12 = \text{س}$  (sl. 31).

### ✓ „Naše” i „muhamedansko” vrijeme

„Zapadno od begove džamije diže se sahat-kula, koja pokazuje vreme po turskome računanju (a la turca) za razliku od jevropskoga (a la franca). Naše vrijeme od 6-7 sati iz jutra je muhamedanski jedan sat, te u podne broje 6 sati, a u veče (oko naših 6 sati) broje 12, baš kao i stari Rimljani” (Živković, 1894, str. 32).

Aalaturka sistem se koristio u Osmanskom carstvu od kraja XIV vijeka. Turci su ga donijeli na Balkan, i na prostor bivše Jugoslavije, gdje se najduže održao u okviru današnje BiH. U samoj Turskoj ukinut je 1926. godine kada je Turska konačno prihvatile savremeni satni sistem („alafranga” sistem) definisan 1884. godine na Međunarodnoj meridijanskoj konferenciji u Vašingtonu, u kome je srednja sunčeva ponoć početak dana, i početak odbrojavanja ekvinokcijskih sati, od 0 do 24.

#### 1. Pretvaranje alafranka sati u alaturka sate

U skladu sa alafranka satnim sistemom i savremenim kalendarom, novi dan/datum počinje od ponoći (0 sati), tako da dan zaveden pod istim datumom čini obdanica i polovine noći između kojih se ona nalazi. U lunarnom kalendaru, međutim, dan je prirodna cjelina, počinje sa zalaskom sunca (0 h) i uključuje noć i obdanicu koja se na nju nastavlja. Zalazak sunca prethodi ponoći, pa dan lunarnog kalendaru uvijek počinje prije istodatumskog građanskog dana za interval ( $\Delta t$ ) čija se dužina mijenja u toku godine shodno promjeni dužine obdanice, najkraći je ljetnjeg, a najduži zimskog solsticija. Određenog dana u određenom mjestu, interval  $\Delta t$  se izračunava tako što se od 12 h oduzme polovina dužina prethodne obdanice koja se izračunava po formuli (9),

$$\Delta t = 12 \text{ h} - \frac{t_{\odot}}{15^\circ} \quad (28)$$

a onda i alaturka vrijeme ( $T_{AT}$ ) na osnovu očitanog alafranka vremena ( $T_{AF}$ ), po formuli,

$$T_{AT} = T_{AF} + \Delta t. \quad (29)$$

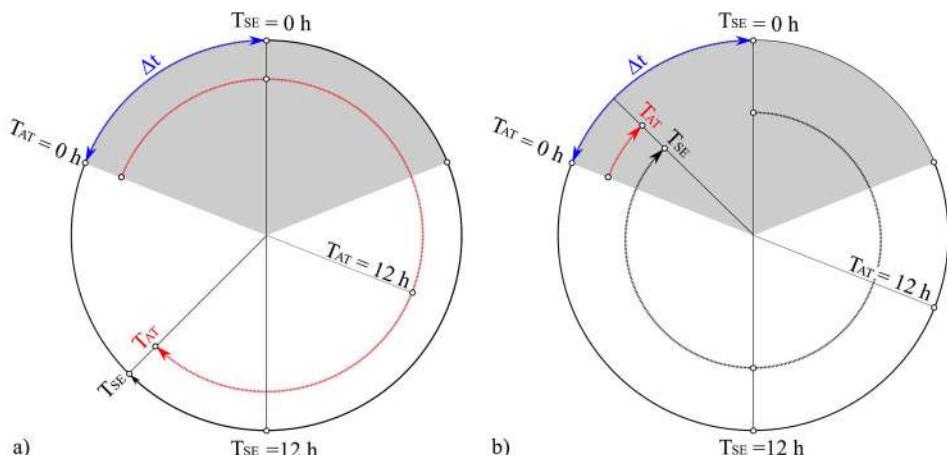
GNOMONIKA ALATURKA

**Tabela 3. Vizantijsko podne  $\Delta t$  (h:min) u Travniku  
( $44^{\circ} 13' 34'' N$ ,  $17^{\circ} 39' 35'' E$ ) 2022. godine**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	7:31	7:04	6:24	5:37	4:53	4:21	4:16	4:41	5:22	6:08	6:53	7:26
2	7:31	7:02	6:23	5:35	4:52	4:20	4:16	4:42	5:24	6:09	6:54	7:27
3	7:31	7:01	6:21	5:34	4:51	4:20	4:17	4:43	5:25	6:11	6:56	7:27
4	7:30	7:00	6:20	5:32	4:49	4:19	4:17	4:44	5:27	6:12	6:57	7:28
5	7:29	6:59	6:18	5:31	4:48	4:18	4:17	4:46	5:28	6:14	6:58	7:29
6	7:29	6:57	6:17	5:29	4:47	4:18	4:18	4:47	5:30	6:15	6:59	7:29
7	7:28	6:56	6:15	5:28	4:46	4:17	4:19	4:48	5:31	6:17	7:01	7:30
8	7:28	6:55	6:13	5:26	4:44	4:17	4:19	4:49	5:33	6:18	7:02	7:30
9	7:27	6:53	6:12	5:25	4:43	4:16	4:20	4:51	5:34	6:20	7:03	7:31
10	7:26	6:52	6:10	5:23	4:42	4:16	4:20	4:52	5:36	6:21	7:05	7:31
11	7:25	6:50	6:09	5:22	4:41	4:16	4:21	4:53	5:37	6:23	7:06	7:32
12	7:25	6:49	6:07	5:20	4:40	4:15	4:22	4:54	5:39	6:24	7:07	7:32
13	7:24	6:48	6:06	5:19	4:38	4:15	4:22	4:56	5:40	6:26	7:08	7:32
14	7:23	6:46	6:04	5:17	4:37	4:15	4:23	4:57	5:42	6:27	7:09	7:33
15	7:22	6:45	6:03	5:16	4:36	4:15	4:24	4:58	5:43	6:29	7:10	7:33
16	7:21	6:43	6:01	5:14	4:35	4:14	4:25	5:00	5:45	6:30	7:12	7:33
17	7:20	6:42	6:00	5:13	4:34	4:14	4:26	5:01	5:46	6:32	7:13	7:33
18	7:19	6:40	5:58	5:11	4:33	4:14	4:26	5:03	5:48	6:33	7:14	7:33
19	7:18	6:39	5:57	5:10	4:32	4:14	4:27	5:04	5:49	6:34	7:15	7:34
20	7:17	6:37	5:55	5:08	4:31	4:14	4:28	5:05	5:51	6:36	7:16	7:34
21	7:16	6:36	5:30	5:07	4:30	4:14	4:29	5:07	5:52	6:37	7:17	7:34
22	7:15	6:35	5:52	5:06	4:29	4:14	4:30	5:08	5:54	6:39	7:18	7:34
23	7:14	6:33	5:50	5:04	4:28	4:14	4:31	5:09	5:55	6:40	7:19	7:34
24	7:13	6:32	5:49	5:03	4:27	4:14	4:32	5:11	5:57	6:42	7:20	7:34
25	7:12	6:30	5:47	5:01	4:26	4:14	4:33	5:12	5:59	6:43	7:21	7:33
26	7:11	6:29	5:46	5:00	4:25	4:14	4:34	5:14	6:00	6:45	7:22	7:33
27	7:10	6:27	5:44	4:59	4:25	4:15	4:35	5:15	6:02	6:46	7:23	7:33
28	7:09	6:26	5:43	4:57	4:24	4:15	4:36	5:17	6:03	6:47	7:23	7:33
29	7:07		5:41	4:56	4:23	4:15	4:37	5:18	6:05	6:49	7:24	7:33
30	7:06		5:40	4:55	4:22	4:15	4:38	5:20	6:06	6:50	7:25	7:32
31	7:05		5:38		4:22		4:40	5:21		6:51		7:32

S obzirom da je pri dvostrukom označavanju sati u 12 h alafranka vremena  $T_{AT} = \Delta t$ , interval  $\Delta t$  nazvan je *vizantijsko podne*. Vrijednosti  $\Delta t$  za određeno mjesto i tekuću godinu daju se u posebnim tablicama i služe za preračunavanje zonalnog vremena u alaturka vrijeme (tab. 3).

**Zadatak 10.** Ako je u Travniku ( $44^{\circ} 13' 34''$  N,  $17^{\circ} 39' 35''$  E), 1. juna 2022. godine, 3 h poslije podne alafranka vremena (sl. 32a), koliko je tada alaturka sati?



Slika 32. Pretvaranje srednjoevropskog u alaturka vrijeme: a) dnevni sat; b) noćni sat.

*Rješenje:* Nakon što se iz tabele 2, za prethodni dan (31. maj) preuzme vizantijsko podne  $\Delta t = 4 \text{ h } 34 \text{ min}$ , slijedi:

$$T_{AT} = T_{AF} + \Delta t = 3 \text{ h } 4 \text{ h } 21 \text{ min} = 7 \text{ h } 21 \text{ min} (\text{,,dnevnih"}).$$

**Zadatak 11.** Ako je u Travniku ( $44^{\circ} 13' 34''$  N,  $17^{\circ} 39' 35''$  E), 1. juna 2022., 3 h ujutro po alafranka vremenu, koliko je tada alaturka sati?

*Rješenje:*  $T_{AT} = T_{AF} + \Delta t = 3 \text{ h } 4 \text{ h } 21 \text{ min} = 7 \text{ h } 21 \text{ min} (\text{,,noćnih"}).$

**Zadatak 12.** Na str. 14. je citat u kome autor (Strausz, 1882) zapaža da neka „turska ura [...] zaostaje za čitavih pet sati“. Stvarno, ona nije zaostajala nego je pokazivala alaturka sate. Ako prepostavimo da je to viđeno u Travniku, koga datuma (kojih datuma) je to moglo biti?

*Rješenje.* Treba jednostavno izračunati datume kada sunce u Travniku zalazi u 19 h pravog sunčevog vremena, odnosno, kada je vizantijsko podne jednako 5 h. To se dešava 26. aprila i 16. avgusta (tab. 3).

**Zadatak 13.** Ako je u Travniku ( $44^{\circ} 13' 34''$  N,  $17^{\circ} 39' 35''$  E), 1. juna 2022. godine, 10 h uveče po alafranka vremenu (sl. 32b), koliko je tada alaturka sati?

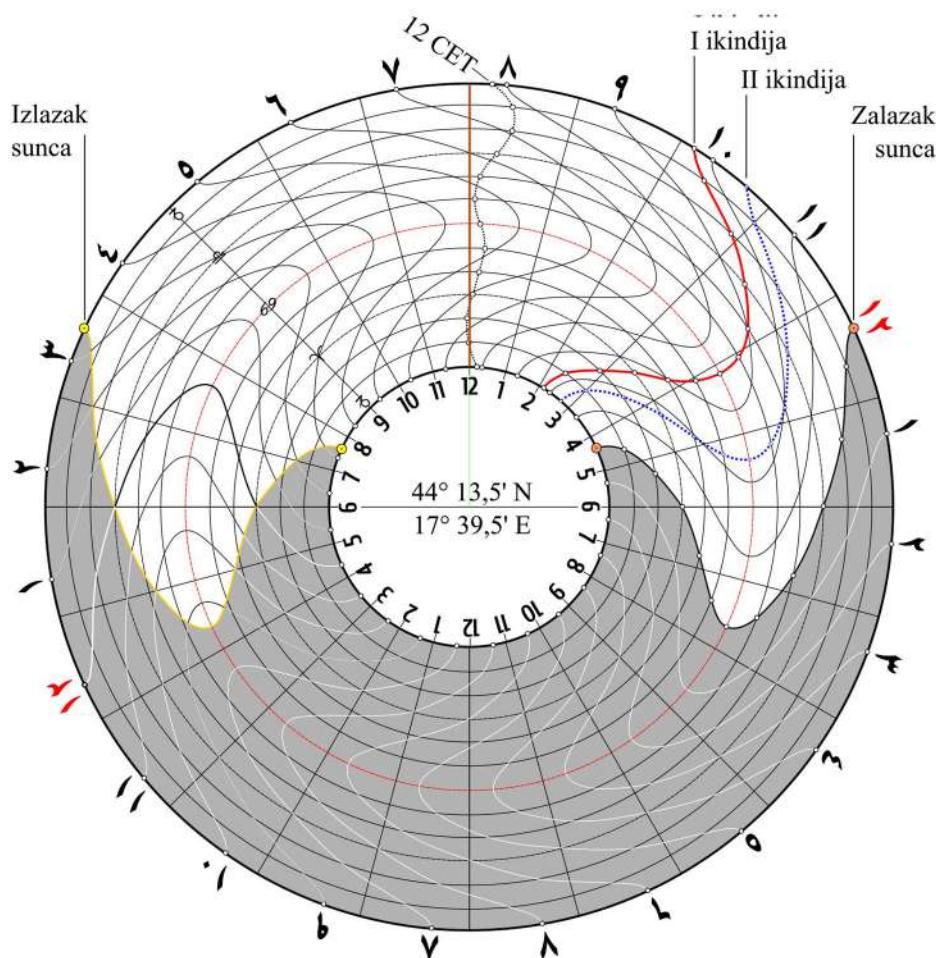
*Rješenje:* Kada trenutak zadat po alafranka vremenu pada između zalaska sunca i ponoći, tada se iz tabele preuzima  $\Delta t$  za tekući dan, a od zbiru se oduzima 12h:

$$T_{AT} = T_{AF} + \Delta t - 12\text{ h} = 10\text{ h} + 4\text{ h } 21\text{ min} - 12\text{ h} = 2\text{ h } 21\text{ min} (\text{,,noćnih"}).$$

**Zadatak 14.** Kao što je već navedeno (v. str. 63), Bogdanović je zabilježio da se 7. aprila 1765. godine u Kreševu ( $43^{\circ} 52'$  N,  $18^{\circ} 02'$  E), „u 14 sati” desio veliki požar dok je sav „puk prisustovao svečanoj misi” (str. 43). Koliko je tada bilo alaturka sati?

*Rješenje:* Priredivač „Ljetopisa” napominje da u originalu piše „ujutro u 14 sati” što znači da se to vrijeme odnosi na staroitalijanske sate koji se odbrojavaju od 1 do 24. To dalje znači da je požar, po alaturka sistemu, izbio u 2 „dnevna” sata. (Po savremenom satnom sistemu, sunce je u Kreševu prethodnog dana zašlo u 18 h 21 min, a požar izbio u 8 h 21 min ujutro, što je u skladu sa pravilom da se svečana misa vrši prije podne.)

Po savremenom satnom sistemu, prvi sat počinje u srednju sunčevu ponoć, dvanaesti se završava u srednje sunčeve podne, od kada počinje novi krug brojanja sati od 1 do 12. U svakodnevnoj komunikaciji, na sate obdanice prvog i drugog kruga brojanja ukazuje se prilozima „prije podne” i „poslije podne”, a na noćne sate prilozima „noću”, „uveče”, „ujutro” i „u zoru”. Kod alaturka sati odbrojavanih od zalaska sunca dva puta od 1 do 12, podne i ponoć nisu više orientirni, ali je iz temporalnog sistema zadržana neformalna podjela na dnevne i noćne sate. Za razliku od temporalnog sistema, to je uslovna podjela jer svih prvih 12 sati jesu noćni u pravom smislu te riječi samo u zimskoj polovini godine, dok se u ljetnjoj polovini godine kraj 10., 11. i 12. sata može pasti u obdanicu, zavisno od geografske širine mjesta (sl. 33). Zato, strogo govoreći, prilog „noćni” uz alaturka sate označava samo pripadnost prvoj dvanaestici, a prilog „dnevni”, drugoj dvanaestici.

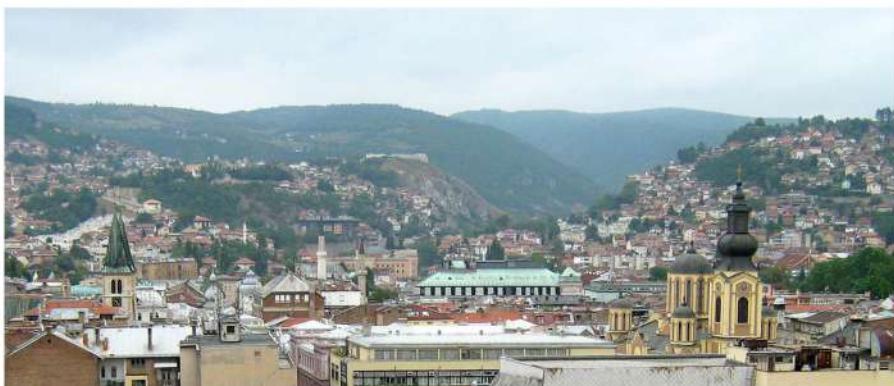


Slika 33. Mreža alaturka (krive) i alafranka (prave) linija koja mogućava pretvaranje sati iz jednog sistema u drugi tokom godine u Travniku, uključujući i određivanje početaka ikindije u dvije varijante (I, II), u oba satna sistema.

**Napomena.** U prethodnim zadacima vršena su preračunavanja između alaturka i alafranka pravog sunčevog vremena što je u vezi sa predstojećom analizom sunčanog sata Hadži Ali-begove džamije u Travniku i sunčanog sata Hadži Memijine džamije u Mostaru. Prvi sunčani sat pokazuje vrijeme po alaturka sistemu, drugi je pokazivao vrijeme po alafranska sistemu, i jedan i drugi, međutim, u sklopu sistema pravog sunčevog vremena. (Kao što je već napominjano, pravo sunčev vrijeme se po formuli (4) prevodi u srednjoevropsko vreme.)

### ✓ Glasovi sarajevske noći

„Ko u Sarajevu provodi noć budan u krevetu, taj može da čuje glasove sarajevske noći. Teško i sigurno izbjiga sat na katoličkoj katedrali: dva posle ponoći. Prođe više od jednog minuta (tačno sedamdeset i pet sekundi, brojao sam) i tek tada se javi nešto slabijim ali prodornim zvukom sat sa pravoslavne crkve, i on iskučava svoja dva sata posle ponoći. Malo za njim iskuca promuklim, dalekim glasom sahat-kula kod Begove-džamije, i to iskuca jedanaest sati, avetinjskih turskih sati, po čudnom računanju dalekih, tudih krajeva sveta! Jevreji nemaju svoga sata koji iskučava, ali bog jedini zna koliko je sada sati kod njih, koliko po sefardskom a koliko po eškenaskom računanju.



*Slika 34. Panorama starog dijela Sarajeva, pogled ka istoku: desno je zvonik pravoslavne Saborne crkve Roždestva Presvete Bogorodice, levo su zvonici rimokatoličke katedrale Srca Isusova, a u pozadini, pored bijelog minareta Gazi Husrev-begove džamije, nazire se sahat-kula.*

Tako i noću, dok sve spava, u brojanju pustih sati gluvgog doba bdi razlika koja deli ove ospale ljude koji se budni raduju i žaloste, goste i poste prema četiri razna, među sobom zavađena kalendara, i sve svoje želje i molitve šalju jednom nebu na četiri razna crkvena jezika. A ta razlika je, nekad vidljivo i otvoreno, nekad nevidljivo i podmuklo, uvek slična mržnji, često potpuno istovetna sa njom” (Andrić, 1977, str. 186).

---

Nakon crtica iz istorije mjerena vremena u okviru dana u Bosni i Hercegovini u osmansko doba, i objašnjenja kible, dnevnih islamskih molitvi i alaturka satnog sistema, stvorenii su preduslovi da se analiza sunčanog sata u Travniku (potom i u Mostaru) može odvijati bez stalnih prekida za dodatna tumačenja.

## Sunčani sat Ali-begove džamije u Travniku

Sunčani sat u Travniku, koliko je nama poznato, prvi put se u literaturi pominje kod Kreševljakovića (1936), a poslije toga kod Kreševljakovića i Korkuta (1961), i to kao napomena uz odjeljak o sahat-kuli Hadži Ali-begove džamije, bez opisa i posebnih objašnjenja: „U njenom zapadnom zidu ugrađen je sunčani sat, danas jedini u Bosni i Hercegovini” (str. 101). Opisan je i objašnjen dvadesetak godina kasnije (Tadić, 1985), a nakon toga i egzaktno analiziran (Tadić, 1991a; 1991b), tako da se ovo poglavlje može posmatrati kao svojevrstan „rimejk” tih radova.

---

### 1. Mjesto i položaj

Sunčani sat se nalazi u Gornjoj čaršiji Travnika, na Hadži Ali-begovoј džamiji, jednoprostornoj građevini sa četverovodnim krovom i kamenim minaretom (sl. 34). Džamija je nazvana po Ali-begu Hasanpašiću koji ju je sagradio 1866. godine na mjestu džamije koja je 1856. izgorjela u požaru. Prethodnu je 1757/1758. godine o svom trošku sagradio tadašnji bosanski vezir Mehmed Paša Kukavica (1694-1761) pa je poznata i kao „Kukavičina džamija”. Zajedno sa džamijom obnovljena je i u požaru ošetećena sahat-kula za koju se prepostavlja se da je podignuta kada i izgorjela džamija. Sahat-kula, sa zvonom od 1822/23. godine, bila je u funkciji do 1917. godine (Kreševljaković, 1957, str. 28). Vjerno je rekonstruisana 1977. godine, četiri godine nakon što se sama od sebe srušila. Sahat-kula i Hadži Ali-begova džamija nalaze se na spisku nacionalnih spomenika BiH, a zajedno s njima i sunčani sat.

Travnički sunčani sat je ugrađen uz desnu ivicu jugozapadnog zida džamije, u plitkom pravougaonom udubljenju (97 x 73 cm), sa donjom ivicom 2,4 m iznad zemlje (sl. 35).

## GNOMONIKA ALATURKA



*Slika 34.* Hadži Ali-begova džamija sa sahat-kulom, pogled sa zapada



*Slika 35.* Jugozapadni zid džamije sa sunčanim satom koji je najveći dio godine u sjenci drveća. Fotografisano ljetnjeg solsticija, kada je i najduže osunčan.

Sadržaj sunčanog sata je urezan oštrom alatkom na ploči od travničke sedre, od koje su sazidane i džamija i sahat-kula. Sedra je laka za obradu ali je šupljikava i podložna eroziji pa je sunčani sat vremenom izgubio prvobitni izgled. Lošem stanju sunčanog sata doprinijeli su i moleri koji su pri krečenju džamije fasadnom bojom prelazili i preko sunčanog sata (sl. 36).

Sunčani sat je 2018. godine skinut, odnesen u Zemaljski muzej u Sarajevu gdje je retuširan i iste godine vraćen na svoje mjesto (Indžić, 2019, str. 54) (sl. 37). Ispod je, sasvim nepotrebno, postavljena predimenzionira tabla na kojoj, da se zna, piše, „SUNČANI SAT“. Dodavanjem nove glatke mase na poroznu osnovu sedre, sunčani sat nije postao ljepši, kao i svaka zakrpljena stvar, a ne može se reći da je time dugoročno zaštićen od propadanja jer će sada erozija intezivnije napadati preostale izvorne dijelove površi sunčanog sata. Postojalo je i drugo rješenje, primjenjeno u Somboru, gdje su oslikani zidni sunčani sat nešto stariji od travničkog prenijeli u gradski muzej, a na izvornom mjestu uradili kopiju.



*Slika 36. Sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku, fotografisan 1984. i 1988. godine*



Slika 37. Sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku fotografisan 2008. godine, i nakon restauracije, 2021. godine.

Mehanički sat na sahat-kuli i sunčani sat na džamiji, to je komplementaran par koji je bio uobičajan još od prve pojave javnih mehaničkih satova po evropskim gradovima. Kada mehanički sat stane neće se pokrenuti bez navijanja, što nije slučaj sa sunčanim satom, svaki put kada ga ponovo obasja sunce on će proraditi i pokazati tačno vrijeme. Zato su sunčani satovi služili za navijanje i korekciju rada glomaznih mehaničkih satova koji su dugo vremena bili nepouzdani i neprecizni. Tu ulogu, i ne samo tu, imao je i razmatrani sunčani sat na Hadži Ali-begovoj džamiji.

---

## 2. Matematičkogeografski položaj: geografske koordinate i azimut

Uopšte govoreći, za konstrukciju vertikalnog/zidnog sunčanog sata, potrebno je znati geografske koordinate mesta (za sunčani sat kao što je

travnički samo geografsku širinu) i geografski azimut ravni sunčanog sata. Konstruktor travničkog sunčanog sata nije imao problema sa geografskom širinom, mogao ju izvaditi iz tablica, očitati sa topografske karte ili pak odrediti pomoću kvadranta ili gnomona, metodama poznatim još od starog vijeka. Tačne geografske koordinate mjesta sunčanog sata su  $\varphi = 44^\circ 13' 34''$ ,  $\lambda = 17^\circ 39' 35''$ , ili zaokruženo,  $\varphi = 44^\circ 13,5'$  i  $\lambda = 17^\circ 39,5'$ .

Sunčani sat je ugrađen uz desnu ivicu jugozapadu okrenutog zida džamije. Taj je zid normalan na zid kible, odnosno, zid paralelan kibli koja je već izračunata (zaokruženo,  $A_K = 134^\circ$ ) što se skoro poklapa sa geografskim azimutom zida izmjerениm na ortofoto snimku,  $A_K = -133/134^\circ$  (sl. 38). Azimut izmjerjen direktno na samoj ploči sata, međutim, kao ugao koji sjenka niti viska u pravo sunčevo podne zaklapa sa ravni ploče, iznosi  $137^\circ$ .



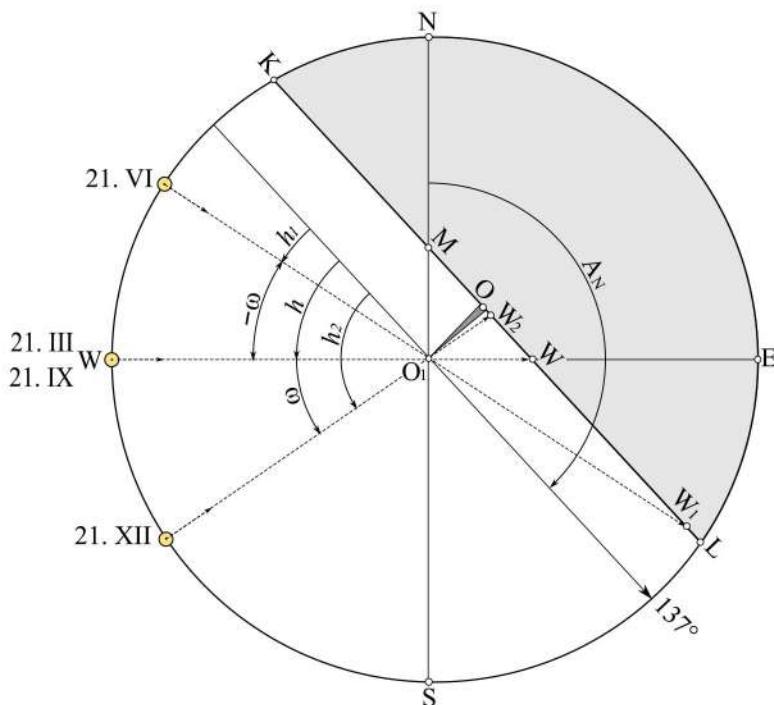
*Slika 38. Ortofotografija džamije (1) i sahat-kule (2) sa ucrtanom kiblom (<https://www.katastar.ba/geoportal/preglednik/>). Bijelom strelicom je pokazano mjesto sunčanog sata.*

Hadži Ali-begova džamija je tačno orijentisana, tačnije od mnogih drugih džamija na prostoru bivše Jugoslavije. Kiblu je odredio, ne njen graditelj,

nego graditelj u požaru stradale džamije na čijim je temeljima podignuta, to jest, Hadži Ali-begova džamija je „naslijedila” kiblu Mehmed-pašine džamije iz 1757/8. godine. Sa velikom sigurnošću se može reći da pri zasnivanju džamije nije korišćen kompas, jer da jeste, azimut kible bi bio  $14^\circ$  manji, koliko je, prema modelu IGRF, 1756/1757. godine iznosila magnetna deklinacija u Travniku ( $\delta = -14^\circ$ )  
[\(<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>\).](https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm)

### 3. Provjera polaznih konstrukcionih podataka

Da li je konstruktor travničkog sunčanog sata koristio navedene polazne konstrukcione podatke ( $\varphi = 44^\circ$ ,  $13,5'$ ,  $A_N = 137^\circ$ ) može se odrediti na osnovu izmjerenih polarnih koordinata izabrane presječne tačke satne mreže. Najjednostavnije je to uraditi za tačke na projekciji horizonta, kada je visina sunca  $h = 0^\circ$  (sl. 39).



Slika 39. Ortografska projekcija horizonta travničkog sunčanog sata sa označenim tačkama zalaska sunce za ekvinocija i solsticija.

Na slici 39,  $KL$  je ravan travničkog sunčanog sata, a  $OO_1$  ortognomon dužine  $d$ ,  $\omega$  je večernja solsticijska amplituda sunca (pozitivna od  $E$  ka  $SE$ ), a  $h$ ,  $h_1$  i  $h_2$  su visine zalazećeg sunca nad ravni sunčanog sata za ekvinocij, zimskog i ljetnjeg solsticija, redom. Sa  $M$ ,  $W$ ,  $W_1$  i  $W_2$  obilježene su tačke presjeka projekcije horizonta sa projekcijama meridijana, nebeskog ekvatora, sjevernog i južnog nebeskog povratnika, redom. Na osnovu dužina  $OW_1 = 52,6$  cm i  $OW = 11,6$  cm izmjerena na sunčanom satu, i dužine ortognomona,  $d = 12,5$  cm, lako je izračunati odgovarajuće visine  $h_1$  i  $h$ , na osnovu njih azimut ravni sunčanog sata i večernju amplitudu sunca ljetnjeg solsticija,

$$A_N = 90^\circ + h,$$

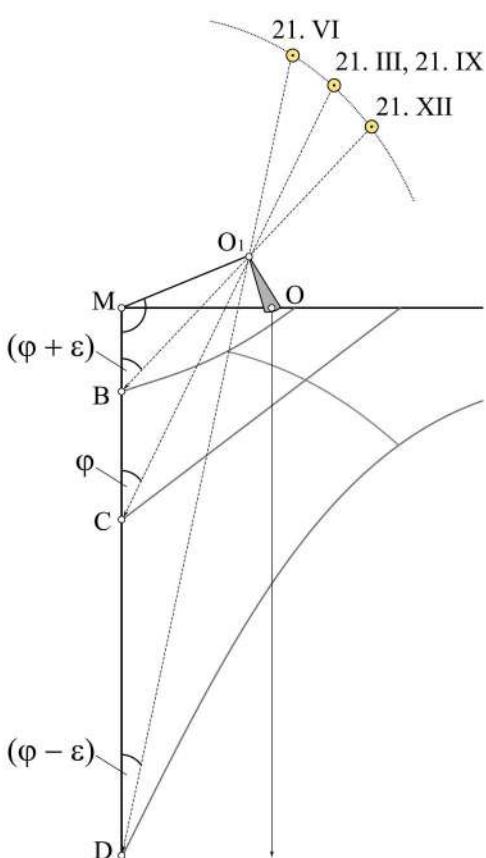
$$\omega = h - h_1,$$

a onda i geografsku širinu (v. sl. 15, str. 40),

$$\cos\varphi = \frac{\sin\delta}{\sin\omega}. \quad (30)$$

Kada se u prethodne formule uvrste navedene izmjerene dužine, dobija se  $h = 47^\circ 08'$ ,  $h_1 = 13^\circ 22'$ ,  $\omega = 33^\circ 55'$  i  $A_N = 137^\circ 08'$ , i na kraju, nakon uvrštavanja maksimalne vrijednosti deklinacije sunca  $\delta = \varepsilon = 23^\circ 27'$ , i geografska širina,  $\varphi = 44^\circ 30'$ .

Oba polazna podatka, geografski azimut i geografska širina, mogu se odrediti i na osnovu mjerena na projekciji meridijana. Na slici 40 prikazan je dio skale travničkog sunčanog sata sa solsticijskim i ekvinocijskim položajima sunca. Sa  $OO_1$  je označen ortognomon, a sa  $MO_1$  zamišljeni štap koji polazi iz tjemena pravog ugla okvirnog trougla dodirujući kraj ortognomona. Zamišljeni štap leži u ravni meridijana (usmjeren u južnu tačku horizonta), normalno na projekciju meridijana  $MD$ . U svakom trenutku krajevi njegovih sjenki padaju u istu tačku kao i sjenke ortognomona. U pravo sunčevo podne te tačke padaju na projekciju meridijana – zimskog solsticija, ekvinocija, i ljetnjeg solsticija to su tačke  $B$ ,  $C$  i  $D$ .



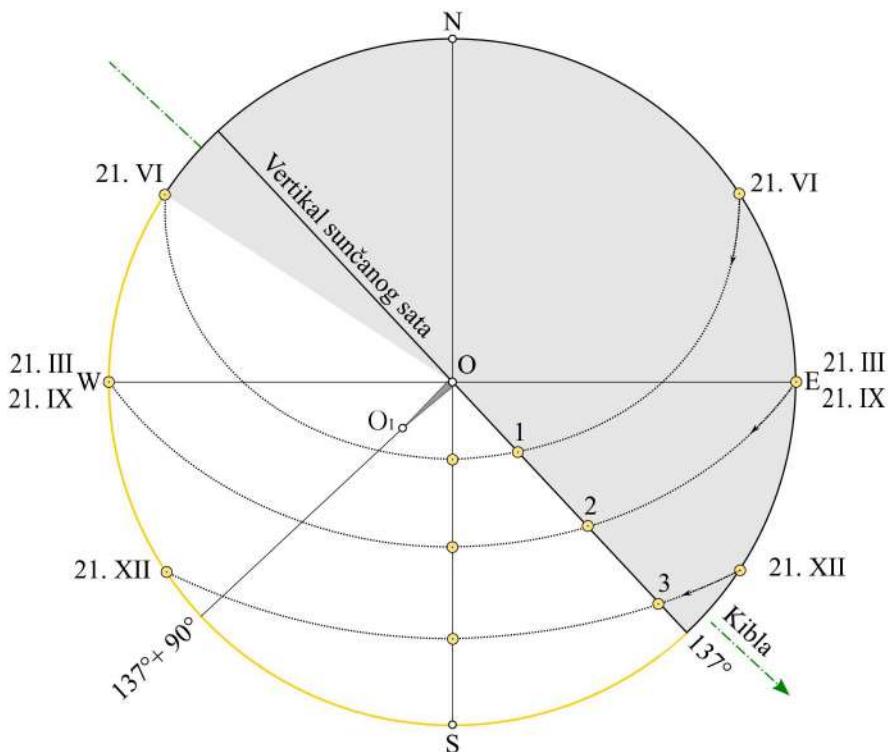
Slika 40. Položaji krajeva sjenki ortognomona u pravo sunčeve podne na travničkom sunčanom satu za solsticija i ekvinocijia

Nakon što se iz pravouglog trougla  $MOO_1$  ( $MO = 13,7$  cm,  $OO_1 = 12,5$  cm) izračuna dužina zamišljenog štapa,  $MO_1 = 18,546$  cm, i izmjere duži  $MB = 7,5$  cm,  $MC = 19,2$  cm i  $MD = 49,5$  cm, iz pravougljih trouglova  $BMO_1$ ,  $CMO_1$  i  $DMO_1$  moguće je izračunati odgovarajuće zenitne udaljenosti sunca u podne zimskog solsticija, za ekvinocijia, i ljetnjeg solsticija ( $z_1 = \phi + \varepsilon = 67^\circ 59'$ ,  $z_2 = \phi = 44^\circ$ ,  $z_3 = 90^\circ - \varepsilon = 20^\circ 32'$ ), a na osnovu njih na kraju i odgovarajuće geografske širine čija srednja vrijednost, računajući i vrijednost određenu na osnovu mjerena po projekciji horizonta, iznosi  $44^\circ 09'$ , što je vrlo blizu tačnoj geografskoj širini mjesta. Zato je provjera egzaktnosti konstrukcije satne skale vršena prema ranije navedenim vrijednostima ( $\phi = 44^\circ 13,5'$ ,  $A_N = 137^\circ$ ) bez bojazni da će eventualna razlika u granicama jedne polovine stepena osjetnije uticati za zaključke analize.

#### 4. Radno vrijeme travničkog sunčanog sata

Orijentacija vertikalne ravni (ravni zida) diktira oblik satne mreže i radno vrijeme sunčanog sata. Teoretski, sunčani sat može biti osunčan od trenutka u kome sunce u svom prividnom dnevnom kretanju iznad

horizonta presječe vertikal  $A = 137^\circ$  pa sve do zalaska sunca ispod horizonta (sl. 41). To je teoretsko „radno vrijeme“ sunčanog sata koje je konstruktor, međutim, skratio time što je prijepodnevni dio satne skale odsjekao projekcijom nebeskog meridijana.



*Slika 41.* Sunce izlazi iznad ravni sunčanog kada dostigne azimut  $A = 137^\circ$ , za solsticija i ekvinocija to su položaji označeni tačkama 1, 2 i 3. Teoretski, od tada pa sve do zalaska ispod horizonta, sunce obasjava sunčani sat.

Početak i kraj osunčanosti vertikalne ravni sunčanog sata, tj. satni uglovi sunca pri prolasku kroz vertikal  $A = 137^\circ$  i pri zalasku, mogu se izračunati po poznatim formulama (19) i (9), a početak i kraj vremena (gornja kulminacija – zalazak sunca) tokom koga kraj sjenke pada na skalu sunčanog sata, po formulama (4) i (9) (tab. 3).

Tabela 4. Period osunčanosti i radno vrijeme sunčanog sata Hadži Ali-Begove džamije u Travniku ( $\varphi = 44^\circ 13,5'$  i  $\lambda = 17^\circ 39,5'$ )

Alafranka vrijeme					Alaturka vrijeme								
Datum	Osunčanost	Radno vrijeme			Osunčanost	Radno vrijeme			Datum				
21 XII	8:51	–	4:25	12	–	4:25	4:25	–	12	7:34	–	12	21. XII
1. I	8:52	–	4:28	12	–	4:28	4:24	–	12	7:31	–	12	11. XII
11. I	8:56	–	4:34	12	–	4:34	4:21	–	12	7:25	–	12	1. XII
21. I	9:01	–	4:43	12	–	4:43	4:17	–	12	7:16	–	12	21. XI
1. II	9:08	–	4:56	12	–	4:56	4:12	–	12	7:03	–	12	11. XI
11. II	9:15	–	5:09	12	–	5:09	4:06	–	12	6:50	–	12	1. XI
21. II	9:24	–	5:23	12	–	5:23	4:00	–	12	6:36	–	12	21. X
1. III	9:30	–	5:35	12	–	5:35	3:55	–	12	6:24	–	12	11. X
11. III	9:39	–	5:51	12	–	5:51	3:48	–	12	6:08	–	12	1. X
21. III	9:48	–	6:04	12	–	6:04	3:43	–	12	5:55	–	12	21. IX
1. IV	9:58	–	6:23	12	–	6:23	3:34	–	12	5:36	–	12	11. IX
11. IV	10:06	–	6:38	12	–	6:38	3:28	–	12	5:21	–	12	1. IX
21. IV	10:15	–	6:52	12	–	6:52	3:22	–	12	5:07	–	12	21. VIII
1. V	10:22	–	7:11	12	–	7:11	3:11	–	12	4:49	–	12	11. VIII
11. V	10:29	–	7:19	12	–	7:19	3:10	–	12	4:40	–	12	1. VIII
21. V	10:35	–	7:29	12	–	7:29	3:05	–	12	4:30	–	12	21. VII
1. VI	10:40	–	7:38	12	–	7:38	3:01	–	12	4:21	–	12	11. VII
11. VI	10:43	–	7:43	12	–	7:43	2:59	–	12	4:16	–	12	1. VII
21. VI	10:44	–	7:45	12	–	7:45	2:58	–	12	4:14	–	12	21. VI

**Napomena.** Svi podaci u tabeli 4 dati su po pravom sunčevom vremenu, u alafranka i alaturka varijanti. Alaturka varijanta je bitna za predstojeću analizu raspona satne skale sunčanog sata. Kao što je već rečeno, svi podaci u tabeli su teoretski. Stvarno, sunčevi zraci vrlo rijetko obasjavaju sunčani sat zbog toga što ga zasenjuje okolno drveće (sl. 34 i 35, str. 72).

## 5. Geometrija sunca

Geografska širina mesta uslovjava geometriju sunca koju je neophodno poznavati prije nego se pristupi konstrukciji sunčanog sata ili analizi

postojećeg, svejedno. Tu spadaju trenuci izlaska i zalaska sunca, dužine obdanice, podnevne visine sunca i jutarnje/večernje amplitute sunca, sve to izračunato najmanje za solsticije i ekvinocije, a najbolje za svaki 21. dan u mjesecu (tab. 5).

Tabela. 5. *Elementi geometrije sunca za geografsku širinu Travnika*  
 $(\varphi = 44^\circ 13,5' \text{ i } \lambda = 17^\circ 39,5')$

Datum	$T_{\uparrow}$	Pravo podne (CET)	$T_{\downarrow}$	$T_{\odot}$	$h_{\theta}$ (°)	$\omega$ (°)
21 XII	7:34	11:47	16:25	8 h 51 min	22,33	-33,72
1. I	7:31	11:52	16:28	8 h 56 min	22,81	-32,98
11. I	7:25	11:56	16:34	9 h 08 min	24,05	-31,09
21. I	7:16	12:00	16:43	9 h 26 min	25,98	-28,20
1. II	7:03	12:02	16:56	9 h 52 min	28,82	-24,01
11. II	6:50	12:03	17:09	10 h 18 min	31,91	-19,53
21. II	6:36	12:02	17:23	10 h 47 min	35,39	-14,56
1. III	6:24	12:01	17:35	11 h 11 min	38,38	-10,34
11. III	6:08	11:59	17:51	11 h 42 min	42,25	-4,92
21. III	5:55	11:56	18:04	12 h 09 min	45,77	0,00
1. IV	5:36	11:52	18:23	12 h 46 min	50,51	6,62
11. IV	5:21	11:50	18:38	13 h 16 min	54,27	11,90
21. IV	5:07	11:47	18:52	13 h 45 min	57,80	16,91
1. V	4:49	11:46	19:11	14 h 22 min	62,00	22,96
11. V	4:40	11:45	19:19	14 h 38 min	63,78	25,56
21. V	4:30	11:45	19:29	14 h 59 min	66,06	28,94
1. VI	4:21	11:46	19:38	15 h 17 min	67,89	31,70
11. VI	4:16	11:48	19:43	15 h 27 min	68,89	33,23
21. VI	4:14	11:50	19:45	15 h 31 min	69,22	33,73
1. VII	4:16	11:52	19:43	15 h 27 min	68,84	33,15
11. VII	4:21	11:54	19:38	15 h 16 min	67,80	31,56
21. VII	4:29	11:55	19:30	15 h 00 min	66,14	29,06
1. VIII	4:41	11:55	19:18	14 h 36 min	63,65	25,37
11. VIII	4:53	11:54	19:06	14 h 12 min	60,88	21,33
21. VIII	5:07	11:52	18:52	13 h 44 min	57,71	16,78
1. IX	5:23	11:49	18:36	13 h 13 min	53,86	11,33

Datum	$T_{\uparrow}$	Pravo podne (CET)	$T_{\downarrow}$	$T_{\odot}$	$h_{\theta}$ (°)	$\omega$ (°)
11. IX	5:38	11:45	18:21	12 h 43 min	50,13	6,09
21. IX	5:55	11:42	18:04	12 h 09 min	45,77	0,00
1. X	6:08	11:38	17:51	11 h 43 min	42,39	-4,72
11. X	6:23	11:35	17:36	11 h 13 min	38,56	-10,09
21. X	6:38	11:33	17:21	10 h 43 min	34,90	-15,26
1. XI	6:53	11:32	17:06	10 h 12 min	31,18	-20,58
11. XI	7:06	11:33	16:53	9 h 47 min	28,22	-24,88
21. XI	7:17	11:34	16:42	9 h 24 min	25,75	-28,54
1. XII	7:26	11:38	16:33	9:06 min	23,89	-31,34
11. XII	7:32	11:42	16:27	8:55 min	22,73	-33,10
21. XII	7:34	11:47	16:25	8:51 min	22,33	-33,72

**Napomena.** Osim podeva, svi trenuci su dati po pravom sunčevom vremenu, u obliku (h:min). Dužina obdanice ( $T_{\odot}$ ), izlazak i zalazak sunca ( $T_{\uparrow}$ ,  $T_{\downarrow}$ ) izračunati su sa uzimanjem u obzir produženje obdanice pod uticajem astronomске refrakcije. Amplituda sunca ( $\omega$ ), jutarnja/večernja, predstavlja sfernu udaljenost tačke izlaska/zalaska sunca od istočne/zapadne tačke horizonta. Izračunata je po formuli,

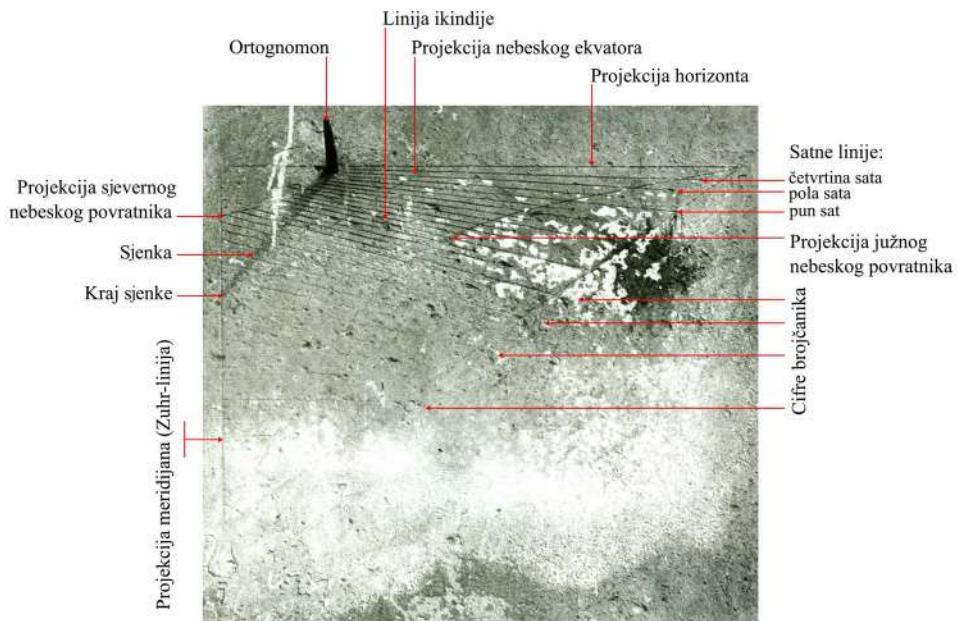
$$\sin \omega = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}, \quad (31)$$

koja se dobije po Neperovom pravilu iz pravouglog sfernog trougla W<sub>1</sub>NP (sl. 15, str. 40).

## 6. Šta je šta na travničkom sunčanom satu

Glavne ose džamija usmjeravaju se prema Meki, što je u Turskoj, orijentaciono, pravac SSE, a na prosturu bivše Jugoslavije, pravac SE. Na tako orijentisanim džamijama, zidovi normalni na zid kible (tj. zidovi paralelni kibli) osunčani su od sredine prijepodneva do zalaska sunca, u vrijeme održavanja dvije islamske molitve, tako da su upravo na takvima zidovima postavljeni sunčani satovi koji su služili i za određivanje pomenutih molitvi. Orientacija zidova diktirala je poslijepodnevne mreže sunčanih satova koje su konstruktori obično „odsjecali“ projekcijom meridijana i zatvarali u trougaoni okvir. Tom tipu

„trougaonih“ zidnih sunčanih satova („istanbulski tip“) pripada i sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku.



*Slika 42. Elementi sunčanog sata Hadži Ali-begove džamije u Travniku pokazani na fotografiji koja je snimljena 1984. godine*

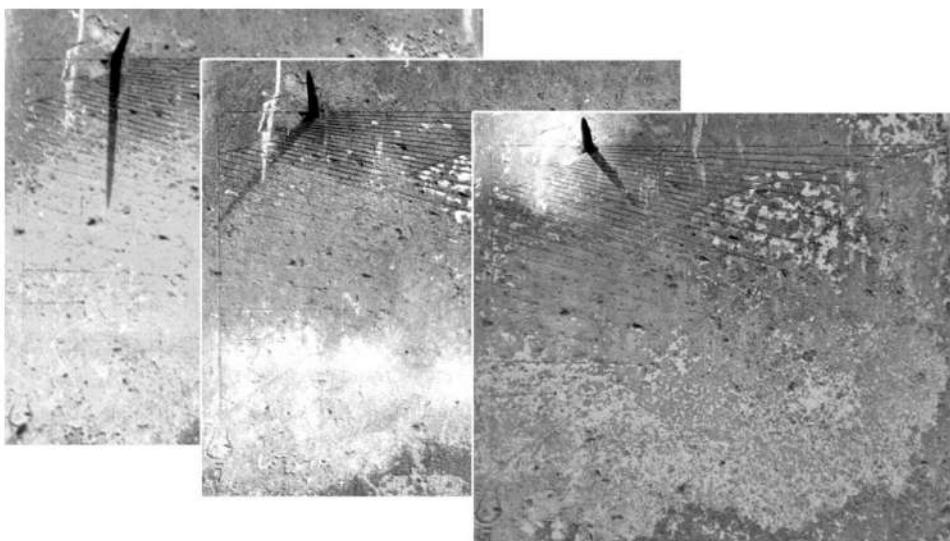
Satna mreža travničkog sunčanog sata (sl. 42), dakle, uokvirena je pravouglim trouglom. Horizontalna kateta ( $a = 65$  cm) je projekcija luka horizonta, a vertikalna kateta ( $b = 49,5$  cm), projekcija luka meridijana. Hipotenuza je ucrtana paralelno gnomonskoj projekciji nebeskog ekvatora. Hipotenuza je tetiva gnomonske projekcije luka sjevernog nebeskog povratnika (v. prilog, str.165-167) koja sa projekcijom južnog nebeskog povratnika zatvara radno polje sunčanog sata. Projekcije nebeskog ekvatora i nebeskih povratnika predstavljaju datumske linije. Tačnije, one su gnomonske projekcije poslijepodnevnih polulukova tih kružnica nebeske sfere. Kao velika kružnica nebeske sfere, nebeski ekvator se u gnomonskoj projekciji prikazuje kao prava linija dok se nebeski povratnici, male kružnice, prikazuju kao hiperbole.

Satne linije ne formiraju pramen (ne prolaze jednom tačkom, niti su paralelne) što ukazuje da nisu konstruisane za alafranska satni sistem.

## GNOMONIKA ALATURKA

Ucrtane su za alaturka sistem na svakih 15 minuta: linije za pune sate (njih 7) ucrtane su od projekcije južnog povratnika do hipotenuze, dok se linije za polovine (njih 8) i četvrtine sati (njih 15) završavaju u polju između hipotenuze i projekcije sjevernog povratnika, prve kopljasto a druge tačkasto. Uz hipotenuzu je urezan brojčanik u rasponu od 5 do 12 h dnevnih alaturka sati (sati druge dvanaestice). Označen je ciframa istočnoarapske varijante – 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 (v. str. 64) – koje su, budući skoro potpuno erodirane, obnovljene prilikom popravke sata 2018. godine.

Vertikala, projekcija nebeskog meridijana, ujedno predstavlja liniju za podnevnu molitvu. Osim nje, ucrtana je i linija za poslijepodnevnu molitvu, ikindiju. To je linija koja u blagom luku, skoro po sredini, spaja projekcije nebeskih povratnika. Obje molitvene linije obilježene su odgovarajućim simbolima. Osim njih postoji još jedna molitvena linija, linija akšama, kao projekcija luka horizonta duž koga bi, teoretski, pri zalasku sunca trebalo da pada sjenka ortognomona. To nema praktičnog značaja jer je zalazeće sunce, za razliku od podnevног i „ikindijskог sunca“ neposredno vidljivo.



Slika 43. Očitavanje alaturka sati: na lijevoj fotografiji kraj sjenke pokazuje 5 h 47 min, na desnoj, tačno 9 h (petnaestak minuta prije ikindije), a na fotografiji u sredini, tačno 6 h.

Na projekciji horizonta, 13,7 cm od tjemena pravog ugla okvirnog trougla, učvršćen je bacač sjenke, *ortognomon*, jedini dio koji štriči van vertikalne ravni sunčanog sata. To je metalni šiljak dužine 12,5 cm, s prečnikom u podnožju 15,9 mm. Po sunčanom vremenu, ortognomon baca sjenku koja ima ulogu bestjelesne kazaljke. Očitavanje se vrši, ne prema pravcu sjenke kao kod sunčanih satova konstruisanih za alafranka sistem i kod mehaničkih satova, nego prema kraju sjenke (sl. 43)

Svojim krajem sjenka pokazuje i početke podnevne i poslijepodnevne molitve, a hodom kraja duž projekcija lukova nebeskog ekvatora i nebeskih povratnika označava ekstremne dane i datume: hodom duž projekcije luka južnog povratnika označava zimski solsticij (najkraci dan u godini i početak zime), hodom duž ekvatorske linije označava ekvinocije, prolječni i jesenji (ravnodnevice i početke proljeća i jeseni), a hodom duž projekcije luka sjevernog povratnika, ljetnji solsticij (najduži dan i početak ljeta). Na sl. 43, fotografija u sredini, kraj sjenke istovremeno pada za liniju za 6 h, na projekciju luka meridijana i projekciju nebeskog ekvatora, to jest, istovremeno pokazuje 6 alaturka sati, početak podnevne molitve i ravnodnevnicu (početak proljeća ili jeseni). To znači da je funkcija travničkog sunčanog sata trostruka: istovremeno je časovnik, „molitvenik” i redukovani astronomski kalendar. Kao takav bio je dragocjeno pomagalo svakom muvekitu, odnosno, njegov zamjenik po sunčanom danu.

#### ✓ Toranj vjetrova u Atini: višestrani sunčani sat

Sunčani satovi na zidovima koji ne leže u ravni meridijana ili u ravni prvog vertikala (deklinacioni sunčani satovi) poznati su bili u arapskom svijetu ali nisu arapski izum, arapski gnomonisti su ih naslijedili od starogrčkih prethodnika, unaprijedivši načine konstrukcije. Najočitiji dokaz su vertikalni sunčani satovi na zidovima prema stranama svijeta orijentisanog osmougaonog mermernog Tornja vjetrova u Atini, djelo Andronika iz Kira (II/I v. prije n. e.), grčkog astronoma, konstruktora sličnog „kompleta” sunčanih satova i u Posejdonovom svetilištu na ostrvu Tinos (sl. 44).

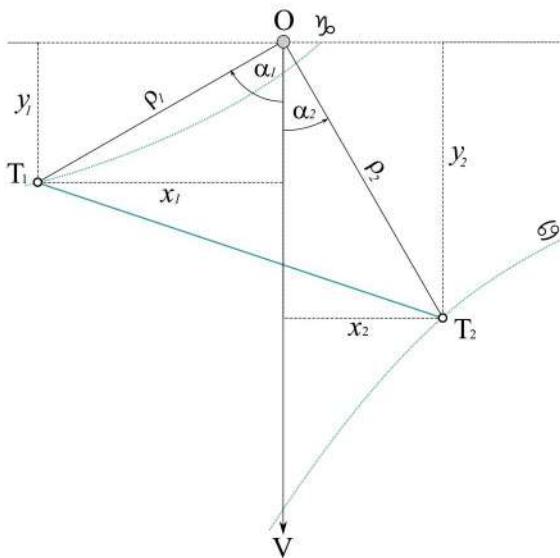


Slika 44. Toranj vjetrova (visina 12 m, prečnik 8 m) nalazi se u blizini Akropolja. Orijentisan je prema strana svijeta (Foto. Surina)

Pri vrhu atinskog tornja je friz sa alegorijskim reljefnim prikazima vjetrova koji duvaju sa tih strana, na vrhu je bio takođe alegorijski vjetrokaz u obliku Tritona, ispod friza, na svakoj strani tornja nalazi se po jedan vertikalni sunčani sat, dok je unutar tornja stajala velika klepsidra. Kao takav, Toranj vjetrova u Atini predstavljao je preteču meteorološke opservatorije i službe vremena, odnosno, rečeno u skladu sa temom ovog rada, to je istovremeno bila „muvekithana” i „sahat-kula”, podignuta vijekovima prije nego su se one pojavile u arapskom svijetu.

## 7. Proračun/provjera satne mreže

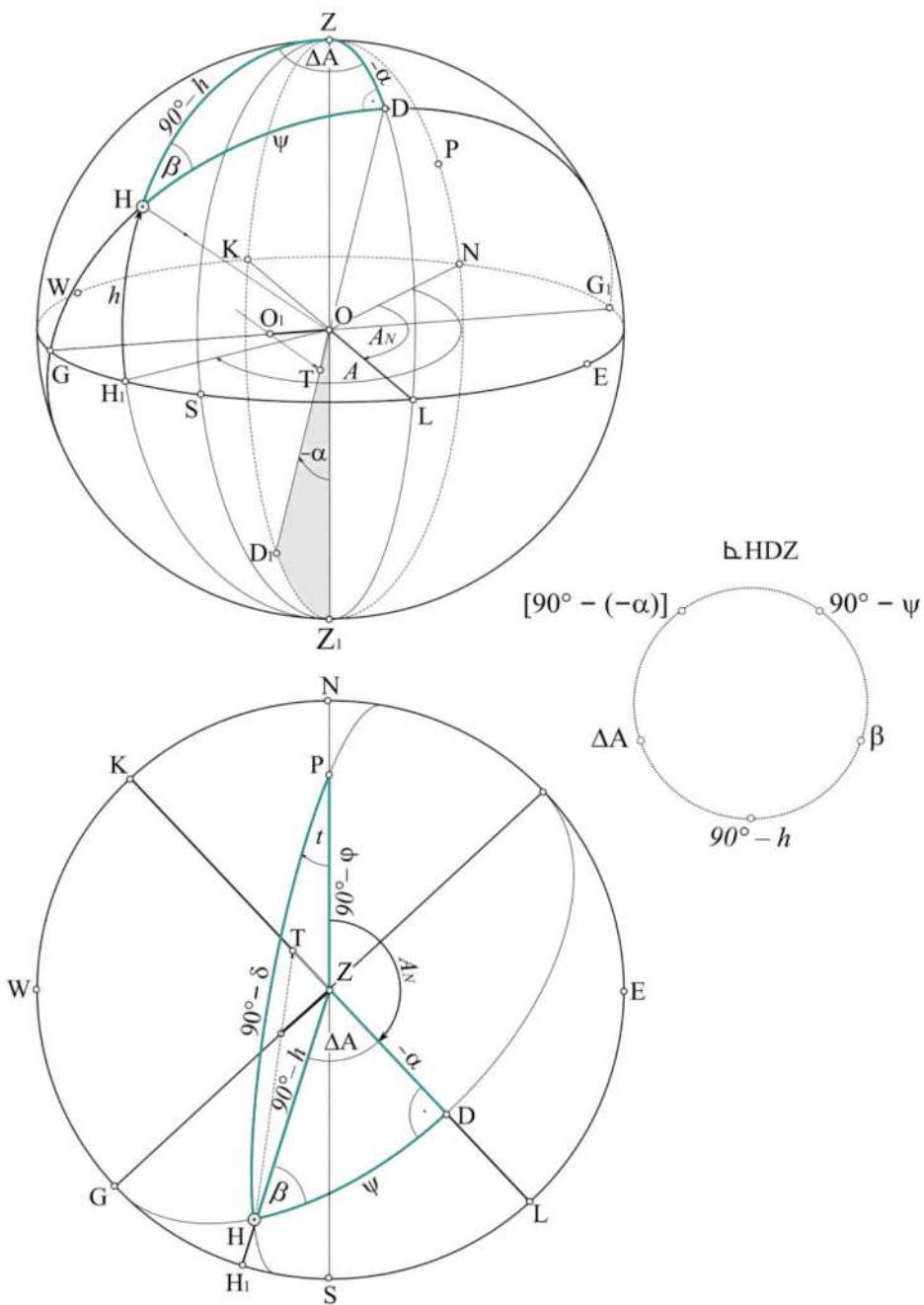
Satne linije sunčanog sata za alaturka satni sistem konstruišu se tako što se prvo odrede polarne  $(\rho, \alpha)$  ili pravougle koordinate  $(x, y)$  njihovih krajnjih tačaka, odnosno, njihovih presjeka sa solsticijskim hiperbolama. Kada se te tačke nanesu na ravan sunčanog sata, ostaje samo da se povuče duž između njih (sl. 45).



*Slika 45.* Satna linija između tačaka  $T_1$  i  $T_2$ . Tačka  $O$  je ishodišta pravouglog i polarnog koordinatnog sistema,  $OV$  je polarna osa.

Polarne koordinate krajnjih tačaka određene satne linije predstavljaju koordinate kraja odgovarajućih sjenki ortognomona zimskog i ljetnjeg solsticija:  $\rho$  je dužina sjenke ortognomona, a  $\alpha$  ugao te sjenke u odnosu na vertikalnu. Da bi se odredila dužina i ugao sjenke gnomona na horizontalnom sunčanom satu, prvo je potrebno izračunati horizontske koordinate sunca  $(h, A)$ , dok je za vertikalni sunčani sat, osim horizontskih koordinata potrebno izračunati i njihove ekvivalente  $(\psi, \alpha)$  u sfernom koordinatnom sistemu kod koga je prva osnovna ravan vertikal sunčanog sata, a druga, sekundarna kružnica tog vertikala u čijoj ravni leži ortognomon (sl. 46).

## GNOMONIKA ALATURKA



Slika 46. Nebeska sfera sa označenim sfernim trouglovima, kosougljim HZP i pravougljim HDZ, u kosoj (gore) i polarnoj projekciji (dole).

Na slici 46,  $ZLZ_IK$  je vertikal sunčanog sata,  $OO_I = d$  je ortognomon, a  $OT$  sjenka ortognomona koja sa vertikalom zaklapa ugao  $\alpha$ . Položaj sunca označen je sa  $H$ ,  $h$  i  $A$  su horizontske koordinate sunca,  $\Delta A$  je razlika geografskih azimuta sunca i vertikala sunčanog sata ( $\Delta A = A - A_N$ ),  $\psi$  je visina sunca nad ravni vertikala sunčanog sata, a  $\alpha$  ugao koji sjenka ortognomona zaklapa sa vertikalom. Iz kosouglog sfernog trougla  $HZP$  po kosinusnoj formuli za stranice, dobija se,

$$\sinh = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t,$$

zatim, iz pravouglog sfernog trougla  $HDZ$ , pomoću Neperovog pravila,

$$\begin{aligned} \cos(90^\circ - \psi) &= \sin(90^\circ - h) \cdot \sin \Delta A, \\ \sin \psi &= \cosh \cdot \sin \Delta A. \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \cos \Delta A &= \operatorname{ctg}(90^\circ - h) \cdot \operatorname{ctg}[90^\circ - (-\alpha)], \\ \operatorname{tg} \alpha &= -\operatorname{ctgh} \cdot \cos \Delta A. \end{aligned} \quad (33)$$

Naposljeku, iz ravnog pravouglog trougla  $TOO_I$ , dobija se i formula za polarnu udaljenost kraja sjenke  $\rho_S$ ,

$$\rho_S = d \cdot \operatorname{ctg} \psi. \quad (34)$$

Polarne koordinate su dovoljne da se pomoću njih na ploču sunčanog sata nanesu krajnje tačke određene satne linije. Iste se tačke mogu nanijeti pomoću pravouglih koordinata dobijenih po formulama izvedenim iz prethodnih:

$$x = \rho_S \cdot \sin \alpha = d \cdot \frac{\operatorname{ctg} \Delta A}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha = -d \cdot \operatorname{ctg} \Delta A, \quad (35)$$

$$y = \frac{x}{\operatorname{tg} \alpha} = -d \cdot \frac{\operatorname{ctg} \Delta A}{\operatorname{ctgh} \cdot \cos \Delta A} = -d \cdot \frac{\operatorname{tgh}}{\sin \Delta A}. \quad (36)$$

Kada se uvrste zamjene,  $\Delta A = 180^\circ - A_N$  i  $h = 90^\circ - (\varphi - \delta)$ , dobijaju se formule za pravougle koordinate tačaka presjeka solsticijskih hiperbola i ekvatorskog pravca sa projekcijom luka meridijana,

$$x = d \cdot \operatorname{ctg} A_N, \quad (37)$$

$$y = -d \cdot \frac{\operatorname{ctg}(\varphi - \delta)}{\sin A_N}. \quad (38)$$

Na travničkom sunčanom satu, linije od 4 h 30 min do 7 h 30 min alaturka vremena ne sežu do projekcije južnog nebeskog povratnika, nego su presječene projekcijom meridijana. Pravougle koordinate tačaka presjeka određenih satnih linija sa projekcijom meridijana izračunavaju se po navedenim formulama s tim da se prethodno izračuna deklinaciju sunca  $\delta$  pri kojoj je podne po alaturka vremenu (vizantijsko podne,  $\Delta t$ ) jednako zadatom alaturka satu,

$$\begin{aligned} t_{\odot} &= 12 - \Delta t, \\ \cos t_{\odot} &= -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta, \\ \operatorname{tg} \delta &= -\frac{\cos t_{\odot}}{\operatorname{tg} \varphi}. \end{aligned} \quad (39)$$

Koordinata  $x$  (udaljenost projekcije meridijana od vertikale koja polazi od podnožja ortognomona) jednaka je za sve presječne tačke, dok se koordinata  $y$  izračunava samo za linije koje označavaju alaturka sate manje od vizantijskog podneva zimskog solsticija (u slučaju Travnika, manje od 7 h 30 min).

**Zadatak 15.** Izračunati polarne ( $\rho_s, \alpha$ ) i pravougle koordinate ( $x, y$ ) tačaka neophodnih za konstrukciju vertikalnog sunčanog sata Hadži Ali-begove džamije u Travniku ( $\varphi = 44^{\circ} 13,5'$  i  $\lambda = 17^{\circ} 39,5'$ ,  $A_N = 137^{\circ}$ ), kod koga je dužina ortognomona 12, 5 cm, a gustoća satne mreže jedan alaturka sat.

*Rješenje:* Uvrštavanjem u prethodne formule konkretnih vrijednosti  $\varphi$ ,  $\delta$  i  $A_N$ , dobijaju se polarne i pravougle koordinate presječnih tačaka, ključnih za konstrukciju satne mreže travničkog sunčanog sata (tab. 6 i tab. 7).

Tabela 6. Koordinate tačaka presjeka solsticijskih hiperbola i ekvatorske prave sa projekcijama horizonta i meridijana (sa katetama okvirnog trougla)

Presjek	Hiperbola $\mathcal{Y}_0$	Prava $\mathcal{V}\mathcal{Q}$	Hiperbola $\mathcal{S}$
Sa horizontom	$x = 2,04$ cm	$x = 11,7$ cm	$x = 48,3$ cm
Sa meridijanom	$y = -7,53$ cm	$y = -18,8$ cm	$y = -48,3$ cm

Tabela 7. Koordinate ključnih tačaka satne mreže travničkog sunčanog sata

Alaturka sat	Hiperbola $\gamma_0$		Prava $\gamma_{\pm}$		Hiperbola $\gamma_{\mp}$		Meridijan $x$ $y$
	$\rho_s$	$x$	$\rho_s$	$x$	$\rho_s$	$x$	
12	2,0	2,0	11,7	11,7	53,0	53,0	-13,4
	0,00°	0,0	0,00°	0,0	0,00°	0,0	0,0
11	1,9	-0,4	8,4	7,9	29,4	29,0	-13,4
	11,61°	-1,8	70,60°	-2,8	79,76°	-5,2	-0,3
10	4,7	-3,1	7,0	4,8	21,0	19,3	-13,4
	41,76°	-3,5	43,12°	-5,1	67,03°	-8,2	-1,3
9	8,3	-6,5	7,6	1,8	17,3	13,6	-13,4
	51,92°	-5,1	13,49°	-7,4	51,68°	-10,7	-3,2
8	13,2	-11,3	14,7	-6,1	16,4	9,3	-13,4
	58,67°	-6,9	24,55°	-13,3	34,63°	-13,5	-6,2
7			23,1	-13,4	18,0	5,5	-13,4
			35,45°	-18,8	17,87°	-17,1	-11,0
6					22,6	1,25	-13,4
					3,18°	-22,54	-18,8
5					33,3	-5,1	-13,40
					-8,85°	-32,9	-32,6
4:30					44,5	-10,7	-13,4
					-13,94°	-43,2	-43,7

*Napomena.* Radi uštede prostora u zaglavlju su solsticijske hiperbole i ekvatorska prava označene odgovarajućim tradicionalnim znacima zodijaka.

Kada se pomoću koordinate  $y$  na projekciji meridijana odrede presječne tačke i spoje dužima sa presječnim tačkama na projekciji solsticijske hiperbole, dobijaju se sve nepotpune linije satne mreže. Linije za pune sate dobijaju se, kao što je već rečeno, povlačenjem duži između presječnih tačaka na hiperbolama zimskog i ljetnjeg solsticija.

Spajanjem niza presječnih tačaka najudaljenijih od ortognomona iscrtava se hiperbola ljetnjeg solsticija, a spajanjem niza ortogonoma najbližih tačaka, hiperbola zimskog solsticija. Za ucrtavanje projekcije luka nebeskog ekvatora, dovoljno je nanijeti i spojiti dvije presječne tačke, recimo tačku na projekciji luka meridijana i tačku na projekciji luka horizonta. Projekcija luka ekvatora može se konstruisati i tako što se kroz tačku presjeka sa projekcijom meridijana povuče pravac koji sa projekcijom horizonta zaklapa ugao jednak  $36^{\circ} 55'$ , što je ugao koji projekcija zamišljenog polosa zaklapa sa projekcijom meridijana (v. str. 115).

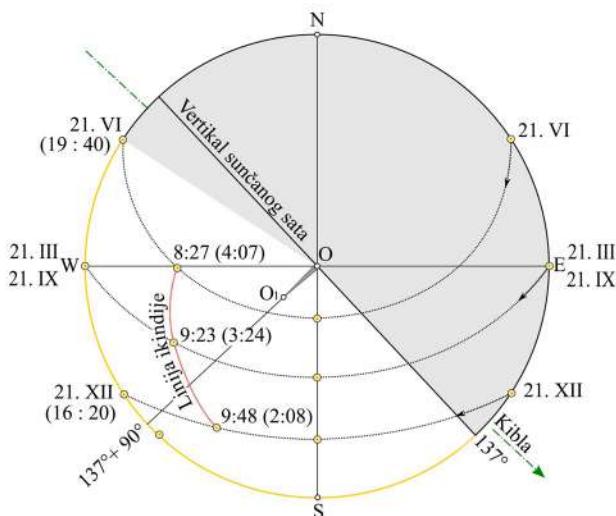
## 8. Provjera linije ikindije i konstrukcija satne mreže

Da bi se provjerila konstrukcija linije ikindije prvo je potrebno ustanoviti na koju se ikindiju ta linija odnosi, na „prvu” ili „drugu”. To postaje jasno kada se po formulama (7) i (8) izračunaju počeci obje ikindije tokom godine, recimo svakog 21. dana u mjesecu (tab. 8; sl. 47), i uporede sa onim što pokazuje linija ikindije na samom sunčanom satu.

Tabela 8. Počeci ikindije po alaturka satnom sistemu i pravougle koordinate linije ikindije na travničkom sunčanom satu, u obje varijante

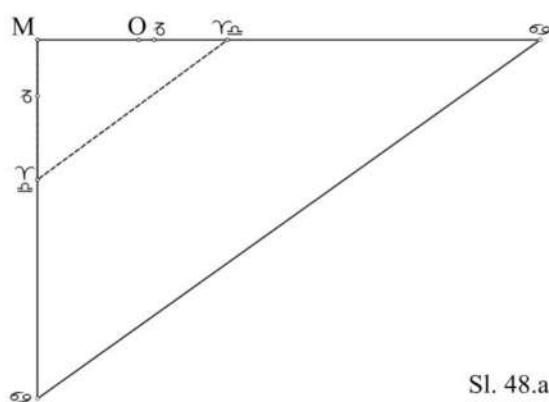
Datum	I ikindija			II ikindija			Datum
	Početak	x	y	Početak	x	y	
21. XII	9:48	-3,7	-3,8	10:23	-2,0	-2,9	21. XII
21. I	9:44	-2,6	-4,2	10:22	-0,8	-3,1	21. XI
21. II	9:36	0,1	-5,2	10:19	2,1	-3,7	21. X
21. III	9:23	3,1	-6,6	10:14	5,7	-4,6	21. IX
21. IV	9:01	6,7	-8,7	10:02	10,3	-6,2	21. VIII
21. V	8:39	9,8	-11,0	9:48	9,1	-6,3	21. VII
21. VI	8:27	11,2	-12,2	9:41	7,8	-6,2	21. VI

Nakon poređenja, očito je da se kriva linija na travničkom sunčanom satu odnosi na prvu varijantu po kojoj ikindija počinje kada sjenka gnomona dostigne dužinu jednaku zbiru njene podnevne dužine i visine gnomona.



Slika 47. Solsticijske i ekvinocijske putanje sunca nad horizontom Travnika sa ikindijskom krivom koja odgovara onoj na travničkom sunčanom satu. Počeci ikindije upisani su po alaturku i alafranka (u zagradi) sistemu.

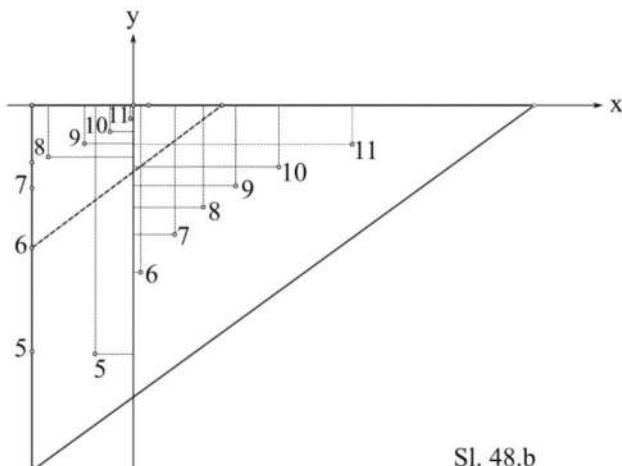
Kada su izračunate koordinate presječnih tačaka satnih linija sa datumskim linijama i meridijanom (tab. 6 i 7), i ikindijskom krivom (tab. 7), ostaje da se te tačke prenesu na ravan/ploču travničkog sunčanog sata. Postupak se može podijeliti u četiri koraka – a, b, c i d (sl. 48).



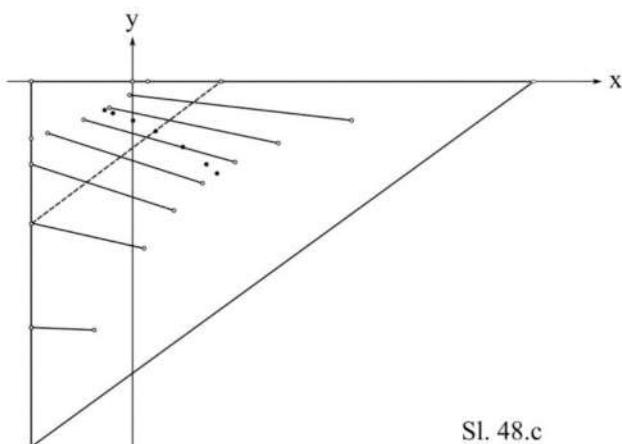
Sl. 48.a

- a) Konstruiše se pravougli trougao i od tjemena pravog ugla nanese duž  $MO$  jednaka udaljenosti podnožja ortognomona  $O$  od projekcije meridijana (v. sl. 39). Duž horizonta i duž meridijana nanesu se tačke presjeka sa solsticijskim hiperbolama i ekvatorskom pravom (v. tab. 6). Te su tačke na slici obilježene odgovarajućim znacima zodijaka. Ekvator se u gnomonskoj projekciji prikazuje kao prava pa je dovoljno spojiti njegove tačke koje su obilježene na projekcijama lukova horizonta i meridijana (isprekidana duž, sl. 48.a).

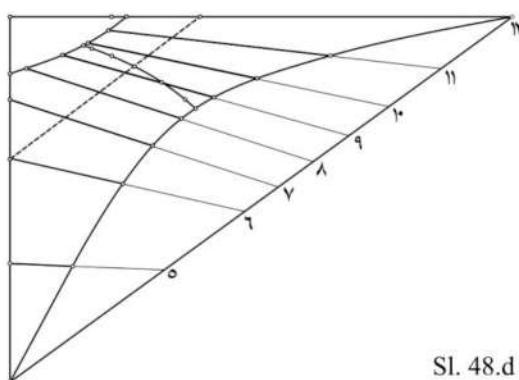
## GNOMONIKA ALATURKA



Sl. 48.b



Sl. 48.c



Sl. 48.d

b) U podnožju gnomona  $O$  uspostavi se pravougli koordinatni sistem, a zatim se pomoću pravouglih koordinata (v. tab. 7) nanesu tačke presjeka satnih linija sa solsticijskim hiperbolama.

c) Spajanjem istoznačnih tačaka na solsticijskim hiperbolama dobijaju se satne linije (kose linije na sl. 48.c). Nepotpune satne linije se dobiju spajanjem istoznačnih podjeljaka na hiperboli ljetnjeg solsticija i projekciji meridijana. Kada su iscrtane satne linije, onda se pomoću pravouglih koordinata (v. tab. 8) nanose tačke ikindijske krive (lučni niz tačaka na, sl. 47.c).

d) Na kraju se spoje tačke linije ikindije (lučna linija), i krajnje tačke satnih linija (lukovi hiperbola). Time je završen teoretski model skale sunčanog sata Hadži Ali-begove džamije u Travniku. Da bude isti kao i original, ostaje još samo da se satne linije produže do hipotenuze okvirnog trougla.

## 9. Vrijeme postavljanja i konstruktor

Nerijetko se griješi u datiranju sunčanih satova tako što se vrijeme njihovog postavljanja izjednačava sa godinama gradnje objekata na kojima se nalaze. Mnogi su postavljeni kasnije, na već izgrađene objekte. Suprotno tome, za travnički sunčani sat se može postaviti hipoteza da je sto godina stariji od džamije na kojoj se nalazi, to jest, da je postojao na prvobitnoj džamiji Mehmed Paša Kukavica iz 1757/1758. godine, ostao čitav tokom pažara iz 1856. godine, i ponovo 1866. godine postavljen na novopodignutu Hadži Ali-begovu džamiju. Za sada ne postoji ni jedan podatak kojim bi se takva pretpostavka mogla potvrditi. S druge strane, pretpostavci da je sunčani sat napravljen baš za novu džamiju, ide u prilog to što ju je podigao hadži Ali-beg Hasanpašić kome su, po Kreševljakoviću (1936), satovi i sajdžijski zanat bili bliski. Pišući o zanatstvu i trgovini u BiH, u odjeljku o Travniku, Kreševljaković napominje da su „u hadži Ali-begovoj zakladnici iz godine 1847. navedena tri sahačijska dućana” (str. 344), što se poklapa sa podatkom kod Evansa (1965) da su u Travniku 1875. godine postojala „dva ili tri časovničara” (str. 188).

Nije poznato ko je konstruktor travničkog sunčanog sata. Njegovog imena nema urezanog na ploči sunčanog sata niti zabilježenog u starim dokumentima. To je mogao biti neko od turskih činovnika koji su slati iz Carigrada po građanskoj ili vojnoj liniji (da upravljaju zemljom ili štite poredak), gnomonist kojeg je hadži Ali-beg doveo iz Carigrada, ili pak neko od domaćih muvekiti kojima je mjerjenje vremena stajalo u opisu radnog mjesto:

Osim astronomskih dužnosti, muvekiti su predavali teorijsku i praktičnu astronomiju i srodna pitanja, uključujući upotrebu sunčanih i mehaničkih satova za određivanje tačnog vremena za molitve [...] Takođe su naučili da naprave neke osnovne astronomiske instrumente kao što su rub'daira (kvadrant) i sunčani sat” (Ayduz, 2017, str. 221).

U travničkim hronikama nije zabilježeno ime nekog poznavaoca primjenjene astronomije koji bi bio ravan tadašnjim muvekitima Careve i Hadži Husrev-begove džamije u Sarajevu, već pominjanim Salihu Sidki Hadžihusejnoviću Muvekitu i Muhamedu Čeligiji, od kojih je svestrano

obrazovani Hadžihusejnović bio mnogo poznatiji. Salih-Muvekit se pominje u nizu radova iz istorije nauke u BiH, i uglavnom se uz njegovo ime ponavlaju podaci koje su zapisali Handžić (1934, str. 41) i Hadžijahić (1936): pohađao medresu u Sarajevu, učio astronomiju od nekog osmanskog oficira, miralaja, koji je službovao u Sarajevu, slušao predavanja iz astronomije kod „Muhibića iz Neretve”, to jest, kod Mustafe Muhibbija (1788-1854) porijeklom i Neretvanske nahije koji je po zvjezdoznanstvu „među sugrađanima bio na glasu” (Paić-Vukić, 2007, str. 18), znao turski i arapski jezik, poznavao persijski; u svojstvu muvekita, strpljiv i tačan, tokom skoro tri decenije vršio mjerjenja visine sunca astrolab-kvadrantom, određivao vremena dnevnih molitvi, sastavljao vjerski kalendar, napravio dva geografska globusa i model nebeske hemisfere, ostavio po jedan rad iz oblasti astronomije i istorije, zanimalo se matematikom, i uz sve to „bio i umjetnik, naročito kaligraf... fungirao kao tehnički stručnjak... radio je planove za kuće i dućane... izrađivao tadašnjim taščijama (klesarima) nacrte za nagrobne spomenike... sastavio plan Sarajeva” (Hadžijahić, 1936, str. 222). Salih Muvekit je, dakle, imao znanja i vještine potrebne da proračuna i uradi sunčani sat kao što je onaj na Hadži Ali-begovoј džamiji u Travniku ali za to do sada nisu pronađeni neposredni dokazi – niti je njegovo ime urezano na ploči sunčanog sata (na globusima se potpisao), niti je u tadašnjoj štampi (prvi dnevni list štampan u Sarajevu upravo 1866. godine) i u sačuvanim i obrađenim starim rukopisima njegovo ime bilo gdje zabilježeno u vezi sa sunčanim satom.

To bi vjerovatno ostalo zapamćeno jer je travnički sunčani sat majstorsko djelo, ravno najboljim „trougaonim” sunčanim satovima na istanbulskim džamijama. Po sadržaju i grafičkom rješenju travnički sunčani sat je najsličniji sunčanom satu Fatihove džamije koji je prikazan kod Çam (1990, str. 48, sl. 1a) i, ako se ne računaju dodatne linije za alafranka sate, sunčanom satu koji se čuva u Istanbulskom pomorskom muzeju (Çam, isto., str. 102, sl. 42a), što opet ide u prilog hipotezi da ga je po pozivu uradio neko od carigradskih gnomonista.

Za sada, dakle, nema dokaza za navedene hipoteze tako da pitanje: – Ko je konstruisao travnički sunčani sat? – ostaje otvoreno.

## Sunčani sat Hadži Memijine džamije u Mostaru

Prilikom poslijeratnih popravki Hadži Memijine džamije u Mostaru (Hadžiomerovića džamije) (sl. 49) 1997. godine, na kamenom zidu minareta uočene su linije sunčanog sata bez ortognomona. Džamija se nalazi na desnoj obali Neretve, u kvartu Cernica koji je nazvan po mjestu porijekla njenog zadužbinara Memije Hadžiomerovića. Ne zna se tačna godina kada je podignuta džamija. Znajući da se Hadžiomerović doselio u Mostar oko 1600. godine (Hasandedić, 2009, str. 41), okvirno se može reći da je džamija podignuta u prvoj četvrtini XVII vijeka. Sunčani sat je, međutim, napravljen mnogo kasnije, što se na prvi pogled vidi po brojčaniku i rasporedu satnih linija – oni se odnose na sate brojane od ponoći, to jeste, na alfranka satni sistem koji je na prostoru Osmanskog carstva zamijenio alaturka sistem tek početkom XX vijeka.



*Slika 49. Hadži Memijina džamija u Mostaru, jednoprostorna građevina sa četverovodnim krovom i kamenim minaretom (pogledi sa sjevera i juga).*

## GNOMONIKA ALATURKA

Sunčani sat se nalazi na jugozapadnom podnožju minareta Hadži Memijine džamije, približno po sredini zida širine 2 m, ozidanog blokovima sedre. Tokom popravki 1997. godine ubaćena su dva nova bloka uz popunu malterom neravnina i spojeva oštećenih blokova, tako da sunčani sat nije sačuvan u izvornom obliku (sl. 50).



*Slika 50.* Podnožje minareta Hadži Memijine džamije sa sunčanim satom

---

### **1. Matematičkogeografski položaj i orientacija**

Minareti se na Balkanu tradicionalno grade desno od ulaza u džamiju, to jeste, uz zapadni ugao džamije. Takav položaj ima i minaret Hadži Memijine džamije tako da je zid njegovog podnožja paralelan glavnoj osi džamije. Glavna osa džamije, kao što je poznato, treba biti u kibli (sl. 51).



Slika 51. Ortofoto snimak – lijevo, i desno – tlocrt džamije (1) sa minaretom (2) i ucrtanom kiblom (<https://www.katastar.ba/geoportal/preglednik/>). Bijelom strelicom je pokazano mjesto sunčanog sata.

Azimut kible izračunat na Zemljinoj lopti po formuli (13) na osnovu tačnih koordinata mjesta ( $\phi = 43^\circ 20' 24''$ ,  $\lambda = 17^\circ 48' 37''$ ) iznosi  $A_K = 133^\circ 06' 40''$  ili, zaokruženo,  $A_K = 133^\circ$  (v. str. 50). Izmjerен na planu, međutim, azimut jugozapadnog zida džamije/minareta, paralelnog glavnoj osi džamije, iznosi  $143^\circ$  (sl. 51). Odstupanje od izračunate kible iznosi  $10^\circ$  prema SE što nije ništa neobično kada se uporedi sa najstarijim i najpoznatijim mostarskim džamijama (tab. 9).

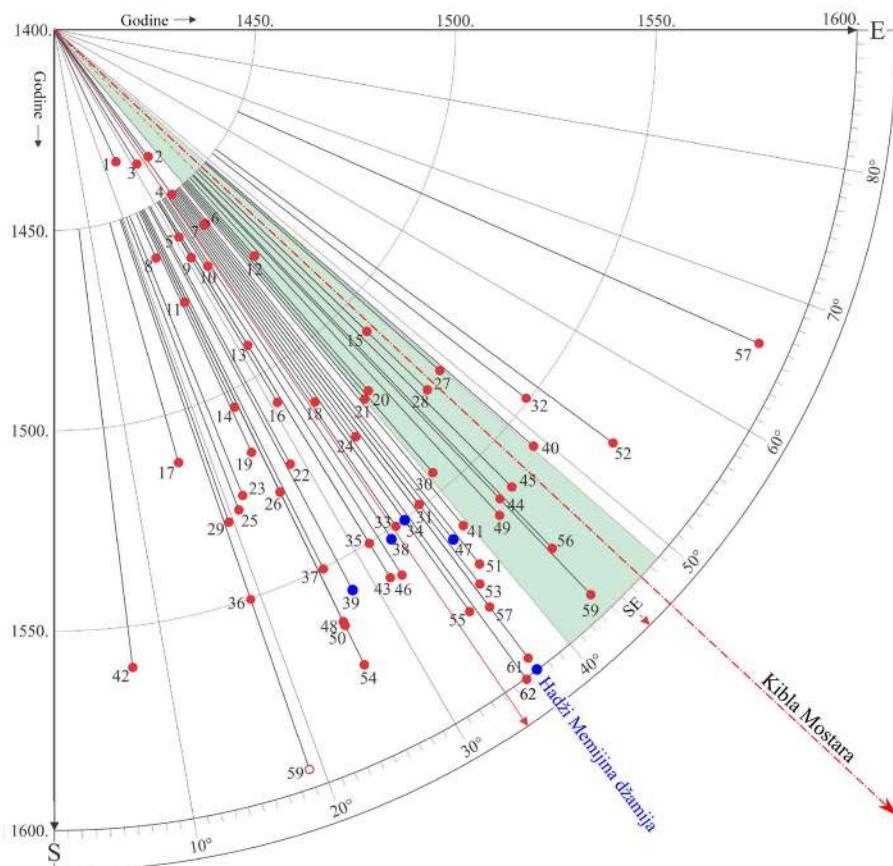
Tabela 9. Odstupanja od kible glavnih osa starih mostarskih džamija

Džamija	Godina gradnje	Odstupanje od kible	Broj na sl. 52
Nezir-agina	1550	$-11,4^\circ$	34
Ćejvan-Čehajina	1552	$-13,4^\circ$	38
Kardoz-begove	1557/58	$-18,9^\circ$	39
Nasuh-age Vučjakovića	1564	$-20,9^\circ$	47
Hadži Memijina	~1600	$-9,9^\circ$	

Navedeno odstupanje od kible glavne ose Hadži Memijine džamije nije ništa neobično ni u poređenju sa najznamenitijim džamijama na prostoru bivše Jugoslavije (sl. 52), u čijoj je orijentaciji ustanovljena sistemski

## GNOMONIKA ALATURKA

greška  $-10,25^\circ$  (Tadić i Kovačić, 2016). Uzakjući na takva odstupanja kod džamija uopšte, Podosinov (1999, str. 325) je nabrojao i moguće uzroke koji se, dopunjeni, mogu svrstati u dvije grupe: 1) objektivni: diktat graditeljske tradicije, naslijeđena osnova/tlocrt, urbani sklop, konfiguracija terena i geološka podloga; 2) subjektivni: a) neimarove greške pri određivanju kible (netačni ulazni podaci pri računanju ili korišćenju tablica, nepotpuna ili neprecizna kibletnama, preuzimanje neodgovarajuće kible); b) neimarove greške pri trasiranju kible (pogrešno određena podnavačka linija, mjerjenje kompasom bez uvažavanja magnetne deklinacije).



Slika 52. Pramen kibli starih džamija (XV i XVI vijek) na prostoru bivše Jugoslavije. Zelenom bojom je istaknut sektor u kome bi trebalo da leže tačno izračunate kible svih tih džamija. Zvjezdicama su označene mostarske džamije, sa brojevima kao u tabeli 9.

Azimut kible ne može tačno da se izračuna bez tačnih geografskih koordinata, a astronomi i geografi ih vijekovima nisu imali, posebno ne geografsku dužinu za čije je određivanje potreban tačan sat. Najpotpuniji pregled geografskih koordinata iz islamskih izvora dali su Kenedijevi (1987). Iz 74 izvora sakupili su oko 15.000 geografskih koordinata za oko 600 mjesta, uključujući i koordinate za 45 evropska mjesta među kojima se, osim Beograda i Sarajeva, nalazi i Mostar (tab. 10). Koordinate ta tri grada preuzete su iz rukopisa koji se čuva u Damasku. Po tome što je među ukupno 86 mjesta uvrstio i tri balkanska, pretpostavlja se da je autor rukopisa bio osmanski Turčin, a po podudarnosti sa Uluk-begovim zidžom, spisak je mogao sastaviti tek poslije 1440. godine (Kennedy, 1987, XXXVII).

Tabela 10. Geografske koordinate tri balkanska grada i Meka, iz rukopisa koji se čuva u Damasku

Grad	Savremene koordinate	„Kenedijeve” koordinate
<b>Mostar</b>	43° 20', 17° 49'	45° 40', 51° 00'
<b>Sarajevo</b>	43° 51', 18° 26'	46° 00', 50° 50'
<b>Beograd</b>	44° 49', 20° 28'	44° 50', 50° 00'
<b>Meka</b>	21° 25', 39° 50'	21° 40', 77° 10'

*Napomena.* Podaci iz (Kenedy & Kenedy, 1987): str. redom: 231, 303, 75, 226.

Geografske širine Sarajeva i Mostara veće su od tačnih za po oko dva stepena. Geografske dužine oba grada uvećane su za oko trećinu (uz to je dužina Mostara veća od dužine Sarajeva): razlika geografskih dužina Sarajeva/Mostara u odnosu na Meku ( $\lambda_M = 67^\circ$ ) iznosi, zaokruženo,  $16^\circ$ , što je  $5^\circ$  manje od stvarne razlike. Jasno da se na osnovu takvih koordinata nije mogao tačno odrediti azimut kible.

U vezi geografskih dužina treba znati da su astronomi i geografi arapskog srednjovjekovlja bili podijeljeni oko izbora početnog meridijana. Jedni su geografske dužine računali od Ptolemejevog početnog meridijana koji je najvjerojatnije prolazio Zelenortskim ostrvima (oko  $20^\circ$  zapadno od Pariza), a drugi od oko  $10^\circ$  istočnijeg meridijana (Kennedy, 2005, str. 188). Tako se u raznim srednjovjekovnim arapskim izvorima pojavljuju mjesta sa „Ptolemejevim” dužinama, ali i ista ta mjesta sa dužinama umanjenim oko  $10^\circ$ . To je bitno istaći jer je brkanje tih dužina moglo

dovesti do pogrešnog azimuta kible određenog pomoću tablica koje su korišćene u arapskom svijetu, recimo Ašrafijev zidž (Hogendijk, 1994) ili Al-Halilijev zidž (Roegel, 2008), oba iz XIV vijeka.

Ulagni podaci Ašrafijevih tablica su na jedan stepen zaokružene razlike geografskih dužina ( $\Delta\lambda$ ) i razlike geografskih širina ( $\Delta\phi$ ) određenog mjesta (npr. Mostara) i Meke. Prema Kenedijevim (1987) kod Ašrafija su koordinate Meke ( $\phi = 21^\circ 40'$ ,  $\lambda = 77^\circ 10'$ ), s tim da je Ašrafi tablice izračunao prema zaokruženoj vrijednosti širine  $\phi = 21^\circ$  (Hogendijk, 1994, str. 82). Sa vrijednostima za Mostar,  $\Delta\lambda = 26^\circ$  i  $\Delta\phi = 25^\circ$ , dobija se kibla mjerena od tačke juga  $A_S = 48^\circ 46'$ , odnosno  $A_K = 131^\circ 34'$ . U Halilijevim tablicama koordinate Meke su  $\phi = 21^\circ 30'$ ,  $\lambda = 67^\circ$  (Roegel, nav. delo, str. 8), a ulagni podaci su geografska dužina ( $\lambda$ ) i geografska širina ( $\phi$ ) određenog mjesta, npr. Mostara. Uvrštavanjem zaokruženih vrijednosti,  $\lambda = 51^\circ$  i  $\phi = 46^\circ$ , dobija se azimut kibla mjerjen od južne tačke,  $A_S = 33^\circ 25'$ , odnosno  $A_K = 146^\circ 35'$ . Ako je, dakle, kibla Mostara određivana na osnovu navedenih koordinata pomoću Ašrafijevih tablica, azimut bi se razlikovao, ne 10, nego samo  $2,5^\circ$ , dok bi uz pomoć Halilijevih tablica, bez korekcije geografske dužine Mostara, ta razlika iznosila  $13,5^\circ$ .

Postojale su tablice sa azimutima kible za razna mjesta islamskog svijeta. King (1999, str. 86) napominje da postoji osmanski rukopis anonimnog autora sa azimutima kibli za 90 mjesta (bez geografskih koordinata) iz Anatolije i sa Balkana, ali ne precizira koja su to balkanska mjesta. Vjerovatno postoje i drugi slični rukopisi koje su koristili neimari džamija na Balkanu, prenoseći greške sa papira na tlocrt džamije. Ako su koristili i kompas, pri trasiranju su azimut kible uvećavali i za vrijednost magnetne deklinacije koja je, prema modelu IGRF, za Mostar u vrijeme vjerovatne gradnje Hadži Memijine džamije, iznosila od  $+5,8^\circ$  (1600. godine) do  $+1,8^\circ$  (1620. godine).

### ✓ Kibla i kompas

Najstariji poznati dokument koji dokazuje korišćenju jednostavnog kompasa (na daščicu pričvršćena magnetna igla koja pluta u kutijici napunjenoj vodom) za određivanje kible potiče iz Jemena, s kraja XIII vijeka (Schmidl, 2017). Mada ne postoje pisani dokazi, kompas su mogli koristiti i neimari starih džamija na

Balkanu, uključujući tu i naimara Hadži Memijine džamije u Mostaru. U idealnim uslovima, južni pravac su mogli odrediti sa greškom jednakom vrijednosti magnetske deklinacije. Tu je mogućnost, na primjer, u obzir uzimao Barmore (1985) prilikom provjere orijentacije istanbulskih džamija. Sličnu provjeru kibli nemoguće je izvesti za najstarije džamije na prostoru Balkana jer ne postoje opservatorijski podaci o magnetskim deklinacijama za period prije 1590. godine: model za izračunavanje magnetskih deklinacija, IGRF12 zasnovan je na opservatorijskim, satelitskim i terestičkim podacima, ali njime je obuvaćen samo period poslije 1590. godine, dok model CALS7K pokriva posljednjih 7000 godina, ali je zasnovan na magnetskim mjerjenjima na arheološkom materijalu i kada se izvrši ekstrapolacija daje podatke znatno slabije tačnosti od IGRF12 modela.

Postoji, dakle, mnogo razloga da se razumiju i opravdaju greške u orijentaciji starih džamija u koje spada i razmatrana Haži Memijina džamija. Sunčani sat je urađen mnogo kasnije što znači da je konstruktor mogao postupiti na dva načina kada je u pitanju azimut vertikalne ravni sata kao jedan od polaznih računskih podataka: a) da gnomonском metodom izmjeri stvarni azimut zida ( $A_K = 143^\circ$ ); b) da izračuna azimut kible ( $A_K = 133^\circ$ ) i operiše s njim pretpostavivši da je džamija pravilno orijentisana. Provjera koja slijedi vršena je po oba azimuta.

Na osnovu procjenjenog vremena nastanka sunčanog sata može se pretpostaviti da je mostarski gnomonista raspolažao dovoljno tačnom geografskom širinom – mogao ju je izmjeriti, preuzeti iz tablica ili odrediti na topografskoj karti. Tačne geografske koordinate mjesta sata su  $\phi = 43^\circ 20' 24''$ ,  $\lambda = 17^\circ 48' 37''$ . Da li je konstruktor mostarskog sunčanog sata koristio tu geografsku širinu i navedene azimute, te ili neke druge, nije jednostavno odrediti kao kod travničkog sunčanog sata jer na mostarskom nedostaju ortognomon i projekcije ključnih linija – horizonta i nebeskog ekvatora.

## **2. Geometrija sunca i radno vrijeme sunčanog sata**

Geografska širina mesta diktira geometriju sunca, a azimut zida radno vrijeme sunčanog sata (tab. 11).

Tabela. 11. Elementi geometrije sunca u Mostaru ( $\varphi = 43^\circ 20,4'$ )

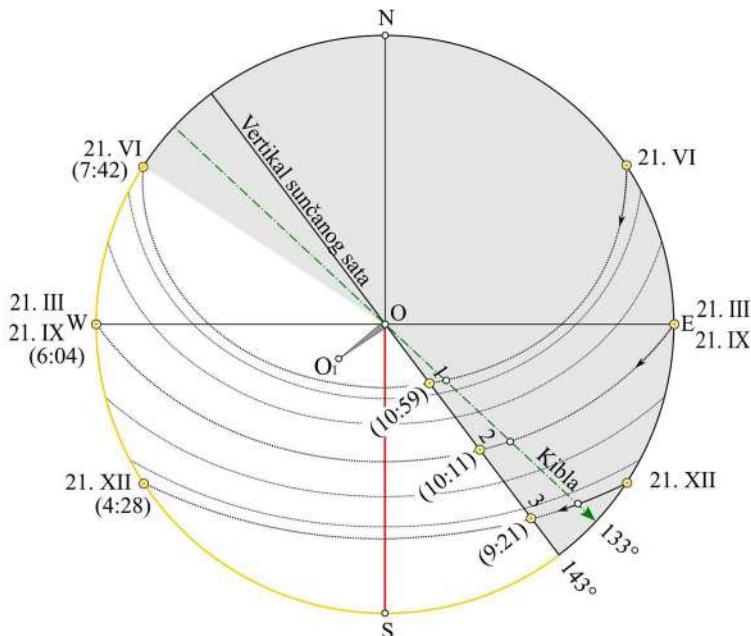
Datum	$T_{\uparrow}$	Pravo podne (CET)	$T_{\downarrow}$	$T_{\odot}$	$h_{\theta}$ (°)	$\omega$ (°)
21 XII	7:31	11:46	4:28	8 h 57 min	23.22	-33.16
1. I	7:28	11:52	4:31	9 h 02 min	23.70	-32.44
11. I	7:22	11:56	4:37	9 h 14 min	24.94	-30.59
21. I	7:14	12:00	4:45	9 h 31 min	26.87	-27.74
1. II	7:01	12:02	4:58	9 h 56 min	29.71	-23.63
11. II	6:48	12:03	5:11	10 h 22 min	32.80	-19.23
21. II	6:35	12:02	5:25	10 h 50 min	36.28	-14.34
1. III	6:23	12:01	5:36	11 h 13 min	39.27	-10.19
11. III	6:08	11:59	5:51	11 h 42 min	43.14	-4.84
21. III	5:55	11:56	6:04	12 h 09 min	46.66	0.00
1. IV	5:37	11:52	6:22	12 h 45 min	51.40	6.52
11. IV	5:22	11:50	6:37	13 h 14 min	55.16	11.73
21. IV	5:08	11:46	6:51	13 h 42 min	58.69	16.65
1. V	4:51	11:45	7:08	14 h 17 min	62.89	22.60
11. V	4:43	11:44	7:16	14 h 33 min	64.67	25.16
21. V	4:32	11:44	7:27	14 h 54 min	66.95	28.48
1. VI	4:24	11:45	7:35	15 h 11 min	68.78	31.18
11. VI	4:19	11:47	7:40	15 h 21 min	69.78	32.68
21. VI	4:17	11:50	7:42	15 h 24 min	70.11	33.17
1. VII	4:19	11:52	7:40	15 h 20 min	69.73	32.60
11. VII	4:24	11:54	7:35	15 h 10 min	68.69	31.05
21. VII	4:32	11:55	7:27	14 h 54 min	67.03	28.59
1. VIII	4:43	11:55	7:16	14 h 32 min	64.54	24.97
11. VIII	4:55	11:54	7:04	14 h 08 min	61.77	21.00
21. VIII	5:09	11:52	6:50	13 h 41 min	58.60	16.53
1. IX	5:24	11:49	6:35	13 h 11 min	54.75	11.16
11. IX	5:38	11:44	6:21	12 h 42 min	51.02	6.00
21. IX	5:55	11:41	6:04	12 h 09 min	46.66	0.00
1. X	6:08	11:37	5:51	11 h 43 min	43.28	-4.65
11. X	6:22	11:34	5:37	11 h 14 min	39.45	-9.94
21. X	6:36	11:32	5:23	10 h 46 min	35.79	-15.03
1. XI	6:51	11:31	5:08	10 h 16 min	32.07	-20.26
11. XI	7:04	11:32	4:55	9 h 51 min	29.11	-24.49
21. XI	7:15	11:33	4:44	9 h 29 min	26.64	-28.08
1. XII	7:23	11:37	4:36	9 h 12 min	24.78	-30.82
11. XII	7:29	11:41	4:30	9 h 01 min	23.62	-32.56
21. XII	7:31	11:46	4:28	8 h 57 min	23.22	-33.16

**Napomena.** Dužina obdanice, izlazak ( $T_{\uparrow}$ ) i zalazak sunca ( $T_{\downarrow}$ ), izračunati su sa uzimanjem u obzir produženje obdanice pod uticajem astronomске refrakcije;  $h_{\theta}$  je podnevna visina sunca, a  $\omega$  jutarnja/večernja amplituda sunca.

Teoretski, sunce obasjava zid minareta od trenutka kada sunce u svom prividnom kretanju nad horizontom Mostara presječe vertikal u kome leži sunčani sat, pa sve do zalaska sunca ispod horizonta. Konstruktor sunčanog sata završio je skalu linijom za 11 h i time skratio teoretsko radno vrijeme sunčanog sata (tab. 12; sl. 53).

Tabela 12. *Osunčanost i radno vrijeme sunčanog sata Hadži Memijine džamije po pravom sunčevom vremenu*

<b>Datum</b>	<b>Alafranka vrijeme</b>					<b>Datum</b>		
	<b>Osunčanost</b>	<b>Radno vrijeme</b>	<b>Sunce u kibli</b>					
21. XII	9:21	–	4:28	11:00	–	4:28	8:31	21. XII
21. I	9:30	–	4:45	11:00	–	4:45	8:42	21. XI
21. II	9:50	–	5:25	11:00	–	5:25	9:08	21. X
21. III	10:11	–	6:04	11:00	–	6:04	9:35	21. IX
21. IV	10:34	–	6:51	11:00	–	6:51	10:05	21. VIII
21. V	10:51	–	7:27	11:00	–	7:27	10:28	21. VII
21. VI	10:59	–	7:42	11:00	–	7:42	10:38	21.VI



*Slika 53.* Sunce izlazi iznad ravni sunčanog sata kada dostigne azimut  $A = 143^\circ$ , za solsticija i ekvinocija to su položaji označeni tačkama 1, 2 i 3. Od tada, pa sve do zalaska ispod horizonta, sunce obasjava sunčani sat.

| **Napomena.** Svi navedeni trenuci i intervali dati u tabeli 12 čisto su teoretski jer sunčani sat uglavnom „stoji“ (sl. 54).



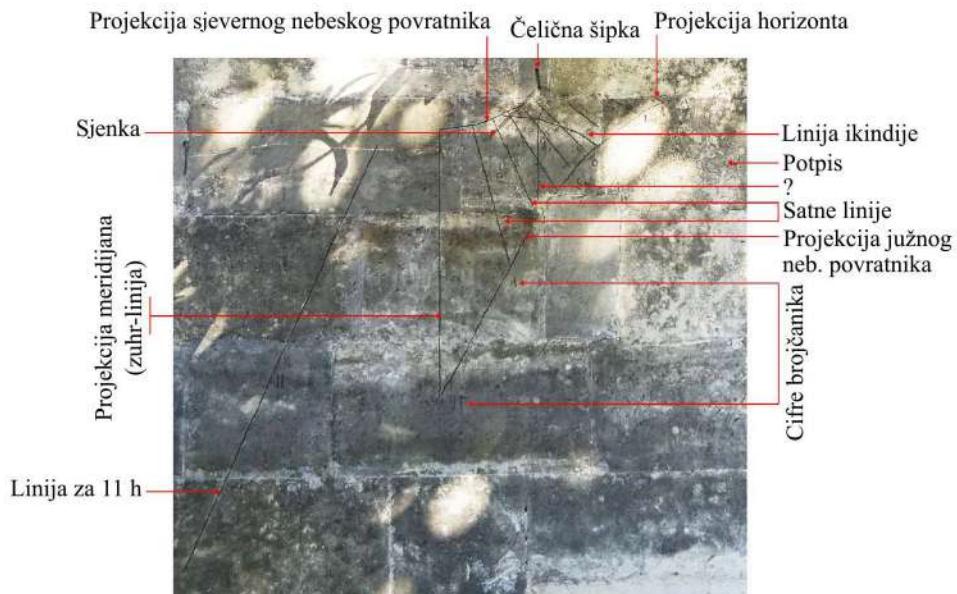
Slika 54. Mostarski sunčani sat nema predvidljivo radno vrijeme s obzirom da ga veći dio godine zaklanja drveće koje raste u dvorištu džamije.

---

### 3. Šta je šta na mostarskom sunčanom satu

Ne računajući liniju za 11 h, skala sunčanog sata okvirno može stati u zamišljeni pravougli trougao čija se horizontalna kateta,  $a = 63,5$  cm, nalazi 2,05 m iznad tla (sl. 55). Na vertikalnoj kateti potpuno je očuvana projekcija luka nebeskog meridijana dužine 68,5 cm koja počinje 7,5 cm ispod tjemena pravog ugla. Linija projekcije horizonta se ne vidi, vjerovatno se poklapala sa spojem kamenih blokova koji su popunjeni naknadno nanesenim malterom. Počinjala je oko 28 cm od tjemena pravog ugla zamišljenog trougla.

Satnu mrežu čine projekcije lukova južnog i sjevernog nebeskog povratnika između kojih su povučene satne linije, sedam cijelih (za 11, 12, 1, 2, 3, 4 i 5 sati) i tri djelimično očuvane (za 6, 7 i 8 sati). Posebnost predstavlja linija za 11 h koje nema ni na jednom od istanbulskih trougaonih sunčanih satova koje su prikazali Meyer (1985) i (Çam, 1990).



*Slika 55. Elementi mostarskog sunčanog sata*

Brojčanik su činile istočnoarapske cifre, od kojih su sačuvane ۱۱, ۱۲, ۱, ۴, ۵, ۶, ۷, ۸ i ۹. Najkraćeg dana u godini, sunce u Mostaru zalazi u 4 h 28 min, a najdužeg dana u godini u 7 h 42 min, pa bode oči to što je na brojčaniku sunčanog sata urezana linija i upisana cifra za 8 h (۸).

Presjecajući satne linije ۱, ۴ i ۵, projekcije nebeskih povratnika spaja linija ikindije. Sve ove tri krive linije urezane su prilično nevješto. Ulogu skoro vertikalne linije koja presjeca liniju ikindije i satne linije ۱ i ۴, tek treba odgonetnuti. Poslijepodnevni ekvinocijski sati brojni od prave sunčeve ponoći ( $2 \times 12$  sati), i počeci dnevnih molitvi očitavani su prema kraju sjenke metalnog šiljka koji je izgubljen, a što nije rijedak slučaj:

Ipak, većina preživjelih vertikalnih sunčanih satova izgubila je svoje gnomone. U Istanbulu postoje džamijski sunčani satovi bez gnomona, a zanimljivo je da su na nekim od njih gnomoni savijeni da pridrže električne i telefonske kablove (Ayduz, 2017, str. 223).

Umesto originalnog ortognomona, stručnjaci Zemaljskog muzeja u Sarajevu su 2020. godine postavili čeličnu šipku dužine 20 cm ( $\phi 10$  mm). Tom prilikom su linije satne mreže pojačali crnom bojom.

Neposredna opažanja sunčanog sata i mjerena elemenata njegove satne skale izvršena su 19. oktobra 2021. godine (sl. 56). Na prvi pogled bilo je jasno da sunčani sat nije konstruisan za alaturka satni sistem (satne linije onda ne bi imale zajednički pol) kao i to da u restauriranom obliku ne može biti tačan jer je šipka koja baca sjenku postavljena iznad projekcije horizontskog luka, to jest, na pogrešno mjesto.



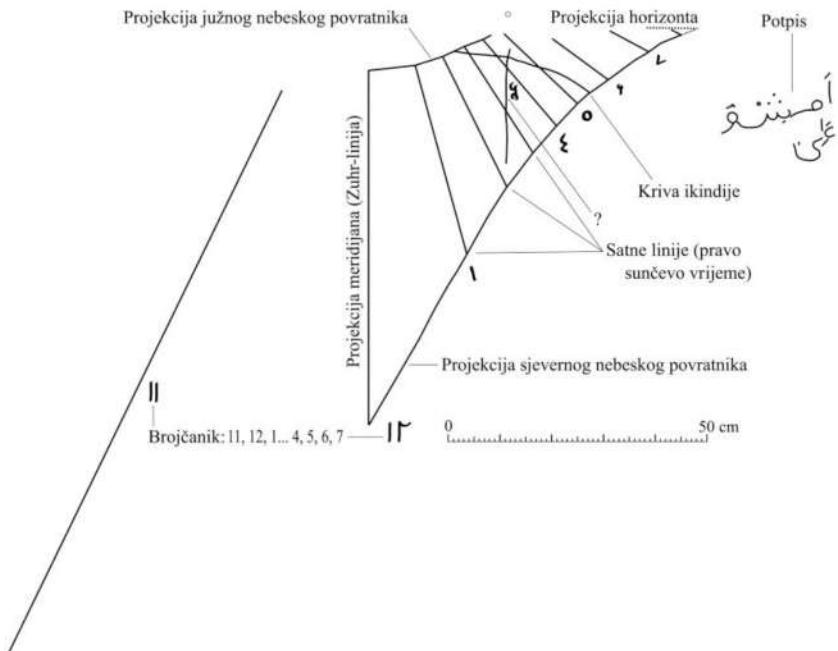
Slika 56. Na licu mjesta izmjerene su dužine satnih linija, uglovi koje one zaklapaju sa vertikalom, te najkraća i dijagonalna rastojanja između krajnjih tačaka svih linija.

Zanemarujući dislocirani ortognomon, s izuzetkom posljednje satne linije (8 h?), nema ništa što bi u startu dovodilo u sumnju tačnost izvorno konstruisanog sunčanog sata Hadži Memijine džamije pa se mogla postaviti hipoteza da je taj sat konstruisan po pravilima gnomonike, kao i hipoteza da sunčani sat ne može biti stariji od stotinjak godina s obzirom na to da je konstruisan, ne za alaturka, nego za alafranka satni sistem.

---

#### 4. Analiza satne mreže

Na osnovu mjernih podataka u razmjeru je urađen nacrt satne skale (sl. 57) čime su stvoren preduslovi za egzaktnu analizu satne mreže mostarskog sunčanog sata.



Slika 57. Nacrt satne mreže mostarskog sunčanog sata sa objašnjenjima

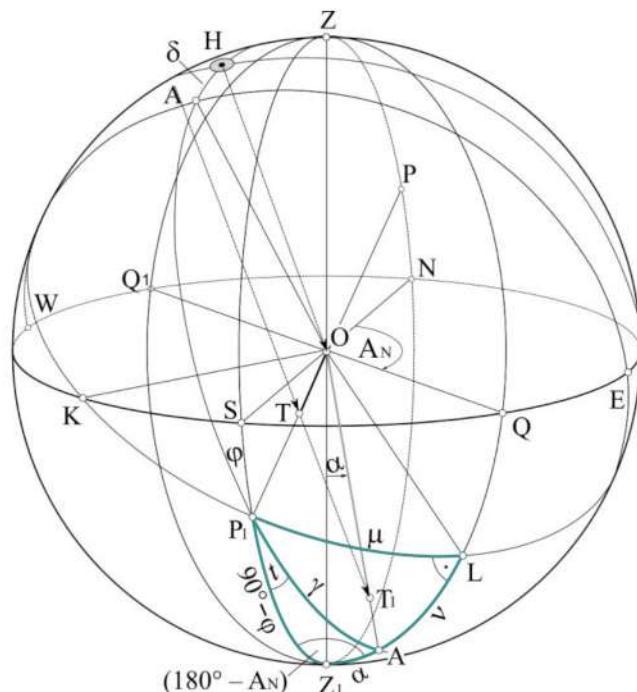
Analiza satne mreže sunčanog sata odvijala se u nekoliko koraka: 1) provjera položaja satnih linija, odnosno, provjera ulaznih računskih podataka koje je koristio konstruktor; 2) određivanje dužine, oblika i polažaja originalnog ortogonomona; 3) konstrukcija satne mreže; 4) konstrukcija linije ikindije; 5) poređenje kompletne satne mreže na nacrtu sa izračunatom mrežom.

#### 4.1 Provjera položaja satnih linija (provjera ulaznih konstrukcionih podataka)

U gnomonskoj projekciji se satne/deklinacione kružnice nebeske sfere prikazuju kao prave linije koje se razilaze iz zajedničkog pola, projekcije sjevernog nebeskog pola. U skladu s tim, satne linije alfranka sistema prikazuju se na ravni sunčanog sata kao prave koje se razilaze iz pola sunčanog sata, tačke u kojoj je učvršćen štap, *polos*, postavljen u nebesku osu. Sjenka polosa, kazaljka sunčanog sata, svojim pravcem pokazuje alafranka sate, a svojim krajem izabrane datume (najčešće solsticije i

ekvinocije). Ukoliko se satne linije ucrtaju samo unutar solsticijskih hiperbola, kao što je to slučaj na mostarskom sunčanom satu, one se svode na odsječke tačno određene dužine.

Da bi se mogle konstruisati linije kojima pripadaju satne duži na mostarskom sunčanom satu, trebalo je prethodno odrediti gdje se nalazi pol. Pol je određen grafički tako što su na nacrtu mreže sunčanog sata, i kredom direktno na zidu (v. sl. 77), satne duži produžene do presjeka sa produženom projekcijom meridijana. Teoretski, te linije treba da se presjeku u istoj tački, a stvarno to nije tako jer ih konstruktor nije mogao idealno ucrtati preko neravnih površi desetak kamenih blokova. Zato je kao pol uzeta središnja tačka tih presjeka (tačka  $P$  na sl. 58), udaljena 24,8 cm od vjerovatne projekcije horizonta. Iz te tačke se razilaze satne linije i sa projekcijom meridijana zaklapaju uglove sjenke  $\alpha$  koji se izračunavaju rješavanjem kosouglog sfernog trougla  $Z_1AP_1$  (sl. 60).



Slika 58. Nebeska sfera na kojoj je ucrtan vertikal sunčanog sata  $ZQZ_1$ , polos  $OT$  i sjenka  $OT_1$ , pri položaju sunca  $H$  kome odgovaraju deklinacija  $\delta$  i satni ugao  $t$ .

Iz kosouglog sfernog trougla  $Z_1AP$  prema drugoj teoremi o kotangensima slijedi,

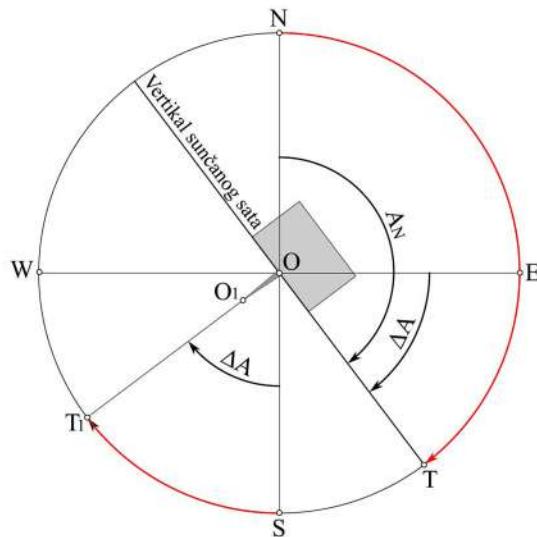
$$\cos\varphi \cdot \operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{ctgt} \cdot \sin A_N + \sin\varphi \cdot (-\cos A_N),$$

odakle se dobija,

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\cos\varphi}{\sin A_N \cdot \operatorname{ctgt} - \sin\varphi \cdot \cos A_N}. \quad (40)$$

Uglovi sjenki  $s$  izražavaju se od  $0$  do  $\mp 180^\circ$ , pozitivan smjer je prema istoku (za posljepodnevne sate).

Prilikom izračunavanja uglova sjenke, umjesto sa geografskim azimutom vertikalne ravni sunčanog sata, može se operisati sa uglom otklona ortognomona od ravni meridijana,  $\Delta A = A_N - 90^\circ$  (sl. 59).



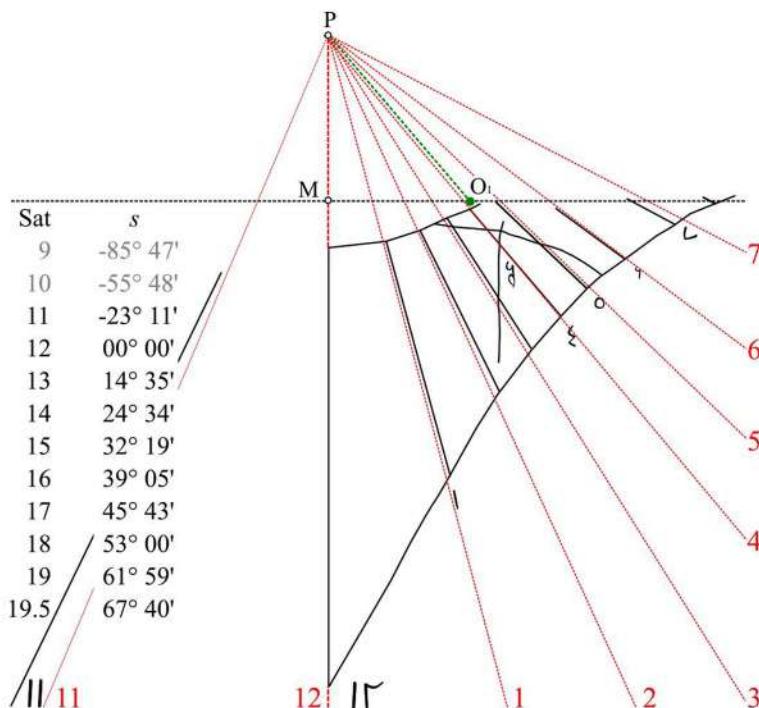
Slika 59. Otklon  $\Delta A$  ortognomona od ravni meridijana jednak je uglu za koji je ravan sunčanog sata otklonjena od ravni prvog vertikala nebeske sfere.

Kada se u formulu (40), umjesto  $A_N$  uvrsti  $(90^\circ + \Delta A)$  dobija se,

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\cos\varphi}{\cos\Delta A \cdot \operatorname{ctgt} + \sin\varphi \cdot \sin\Delta A}. \quad (41)$$

Otklon  $\Delta A$  se mjeri od južne tačke, od  $0^\circ$  do  $\mp 180^\circ$ . Kod mostarskog sunčanog sata, na primjer,  $\Delta A = 53^\circ$ .

Kada se u formulu (40) uvrste geografska širina  $\varphi = 43^\circ 20,4'$  i geografski azimut  $A_N = 143^\circ$ , i satni uglovi sunca u rasponu od  $15^\circ$  ( $t = 0^\circ$ ,  $t = 15^\circ$ ,  $t = 30^\circ$  itd.), dobijaju se uglovi sjenki  $\alpha$  za svaki puni sat pravog sunčevog vremena. Kada su iscrtane, satne linije su formirale pramen koji se u velikoj mjeri poklopio sa satnim linijama na nacrtu skale sunčanog sata (sl. 60). Time je potvrđeno da je mostarski gnomonist koristio iste, ili skoro iste, ulazne podatke.



Sl. 60. Pramen izračunatih satnih linija preklopljen preko nacrtu satne mreže mostarskog sunčanog sata; lijevo je tabela sa odgovarajućim uglovima sjenki.

Za satne linije mostarskog sunčanog sata može se reći da su na svom mjestu, a da li su i solsticijske hiperbole i linija ikindije, to se moglo provjeriti tek nakon određivanja dužina ortognomona i tačke u kojoj je bio fiksiran u zid.

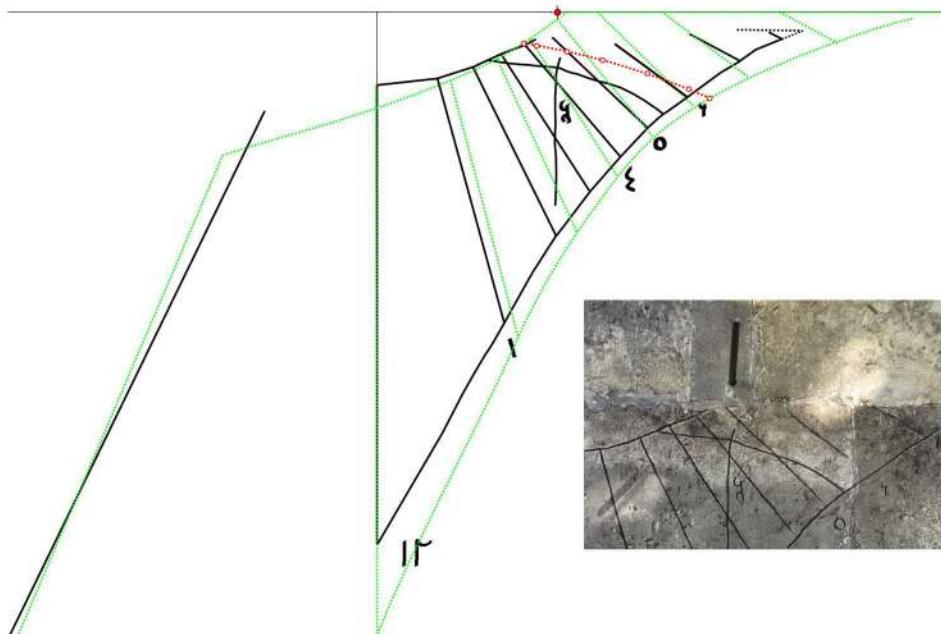
#### 4.2 Određivanje dužine, položaja i oblika ortognomona

Prilikom mjerjenja 2021. godine na mostarskom sunčanom satu zatećena je čelična šipka dužine 20 cm koju su restauratori iz Zemaljskog muzeja u Sarajevu u saradnji sa kolegama sa Mašinskom fakultetu u Mostaru, godinu ranije napravili i fiksirali 3,5 cm iznad projekcije horizonta. Dužinu šipke i tačku u kojoj je fiksirana najverovatnije da su odredili iskustveno, „metodom pipanja“. Izvorni izgubljeni ortognomon, međutim, morao je stajati na projekciji horizontskog luka i za to nije bilo potrebno biti gnomonista, dovoljno je bilo izvršiti poređenje sa sunčanim satom u Travniku ili sa nekim od sunčanih satova na džamijama u Istanbulu. Poređenjem se, takođe, moglo vidjeti da na osmanskim sunčanim satovima ortognomoni nisu bili u obliku cilindrične šipke nego u obliku šiljka (sl. 61).



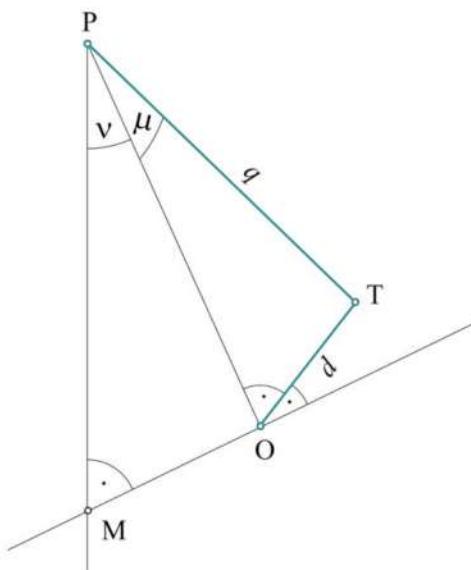
*Slika 61.* Ortognomon na travničkom sunčanom satu i neiskorišćeni ortognomon pronaden prilikom restauracije Fatihove džamije u Istanbulu (Bir, Barutçu i Kaçar, 2013, sl. 9). (Ortognomoni nisu prikazani u istom razmjeru.)

Izvorni ortognomon na sunčanom satu, dakle, imao je drugačiji oblik, dužinu i poziciju od postojeće čelične šipke, i prema tome njena sjenka ne može tačno pokazivati ni sate, ni dnevne molitve, ni solsticije (sl. 62).



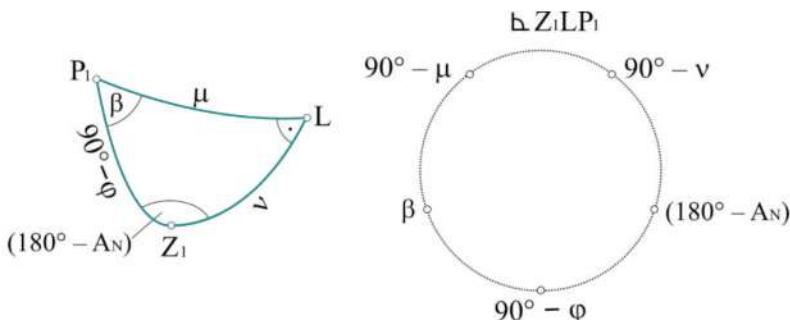
Slika 62. Zamišljena skala sa linijom ikindije (tačkaste linije) koja bi odgovarala čeličnoj šipki (fotografija u uglu) koja je 2020. godine postavljena na mostarski sunčani sat (v. sl. 77 i 78, str. 137-138).

Da bi se odredila dužina izvornog ortognomona i njegovo mjesto na projekciji horizontskog luka, treba se vratiti zamišljenom sunčanom satu sa polosom čije su satne linije podudarne satnim linijama mostarskog sunčanog sata (sl. 60, str. 112). To je polos dužine  $q$  čiji se slobodni kraj, *nodus*, poklapa sa vrhom ortognomona  $T$  (sl. 63). Položaj polosa u odnosu na ravan vertikala sunčanog sata određen je uglom  $\mu$  koji on zaklapa sa ravni zida, i uglom  $v$  koji njegova ortogonalna projekcija  $PO$  (subpolos) zaklapa sa projekcijom meridijana (sa vertikalom iz tačke u kojoj učvršćen polos). Na osnovu veličina duži  $PM$ , ili  $PO$ , izmjerenih na nacrtu sunčanog sata, iz pravouglih trouglova  $POT$  i  $PMO$  mogu se odrediti dužina ortognomona i tačka na projekciji luka horizonta u kojoj on treba da stoji, s tim da se prethodno izračunaju uglovi  $\mu$  i  $v$ .



Slika 63. Odnos položaja polosa  $PT$  i ortognomona  $OT$

Uglovi  $v$  i  $\mu$  se izračunavaju rješavanjem pravouglog sfernog trougla  $Z_1LP_1$  (sl. 58; sl. 64).



Slika 64. Pravougli sferni trougao „isječen” sa slike 58.

Prema Neperovom pravilu slijedi,

$$\cos(180^\circ - A_N) = \operatorname{ctg}(90^\circ - v) \cdot \operatorname{ctg}(90^\circ - \varphi),$$

odakle je,

$$\operatorname{tgv} = -ctg\varphi \cdot \cos A_N . \quad (42)$$

Po istom pravilu,

$$\cos(90^\circ - \mu) = \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(180^\circ - A_N),$$

odakle je,

$$\sin\mu = \cos\varphi \cdot \sin A_N. \quad (43)$$

Kada se u formule (42) i (43) uvrste  $\varphi = 43^\circ 20,4'$  i  $A_N = 143^\circ$ , dobijaju se uglovi,

$$\nu = 40^\circ 15', \mu = 25^\circ 57,5'$$

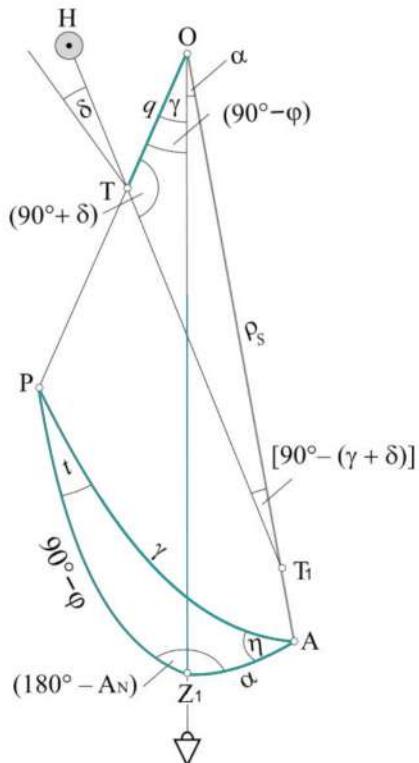
a onda, na osnovu njih i na nacrtu izmjerene dužine  $OP = 33,5$  cm, rješavanjem pravouglih trouglova  $POT$  i  $PMO$  (sl. 63) i dužina polosa  $q$ , dužina ortognomona  $d$ , i udaljenost podnožja ortognomona od tačke presjeka projekcija meridijana i horizonta,  $MO$ :

$$q = 37,3 \text{ cm}, d = 16,3 \text{ cm}, MO = 21,6 \text{ cm}.$$

Time su se stekli svi uslovi za konstrukciju solsticijskih hiperbola i linije za ikindiju, to jest, svi uslovi za provjeru tačnosti s kojom su te linije urezane na mostarskom sunčanom satu.

## 5. Konstrukcija solsticijskih hiperbola i linije za ikindiju

Kada su po formuli (40) izračunati uglovi sjenki  $\alpha$  za svaki puni sat, prema zadatoj dužini polosa  $q$ , mogu se izračunati solsticijske dužine sjenki  $\rho_S$ , da bi se zatim pomoću njih ograničile satne duži. Spajanjem krajnjih tačaka satnih duži dobijaju se solsticijske hiperbole. Dužina sjenki polosa dobija se rješavanjem kosouglog trougla  $OTT_1$  (sl. 65).



Slika 65. Isječak slike 58:  $OT$  – polos,  $OT_1$  – sjenka polosa pri položaju sunca  $H$  (pri deklinaciji  $\delta$  i satnom uglu  $t$ )

Iz kosouglog trougla  $OTT_1$ , po sinusnoj formuli slijedi,

$$\frac{\rho_s}{\sin(90^\circ + \delta)} = \frac{q}{\sin[90^\circ - (\gamma + \delta)]},$$

odakle je,

$$\rho_s = \frac{q \cdot \cos\delta}{\cos(\gamma + \delta)} \quad (44)$$

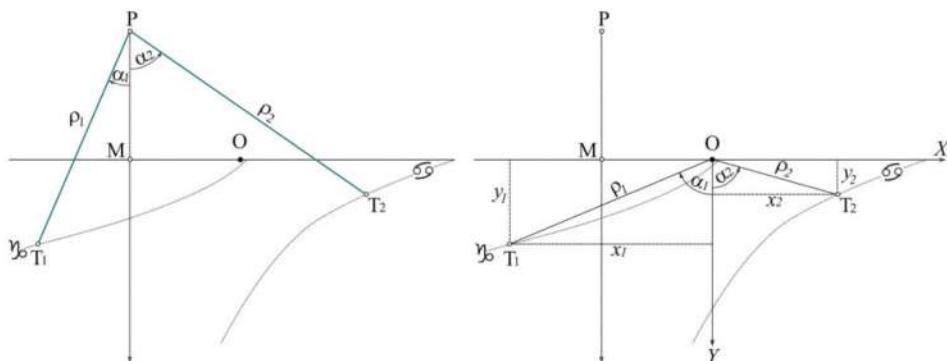
Ugao  $\gamma$  dobija se rješavanjem kosouglog sfernog trougla  $PZ_1A$  (sl. 65). Po kosinusnoj formuli za uglove, slijedi,

$$\cos\gamma = \cos\alpha \cdot \cos(90^\circ - \varphi) + \sin\alpha \cdot \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(180^\circ - A_N),$$

$$\cos\gamma = \cos\alpha \cdot \sin\varphi - \sin\alpha \cdot \cos\varphi \cdot \cos A_N. \quad (45)$$

## GNOMONIKA ALATURKA

Kada se sa izračunatim uglovima  $\alpha$  i dužinama sjenki  $\rho_s$ , kao polarnim koordinatama, na ravan sunčanog sata nanesu tačke presjeka satnih linija i solsticijskih hiperbola, ostaje da se spoje svi istosatni parovi i oba istodatumskia niza tačaka. Tako rade konstruktori savremenih vertikalnih sunčanih satova, dok je konstruktor sunčanog sata najvjerovatnije koristio postupak opisan pri analizi travničkog sunčanog sata (v. str. 87): spajao je tačke nanesene na osnovu polarnih ( $\rho_s, \alpha$ ) ili pravouglih koordinata ( $x, y$ ) kraja sjenke, izračunatih po formulama (32-36) za svaki puni sat tokom oba solsticija (sl. 66).



Slika 66. Polarne i pravougle koordinate pomoću kojih se mogu nanositi ključne tačke skale vertikalnog sunčanog sata

U tabeli 13 date su koordinate za obje varijante izračunate na osnovu geografske širine  $\varphi = 43^\circ 20,4'$  i geografskog azimuta  $A_N = 143^\circ$ .

Tabela 13. Koordinate krajeva solsticijskih sjenki polosa i ortognomona na mostarskom sunčanom satu, u jednosatnom razmaku

Sati	Polos (37, 3 cm)		Ortognomon (16, 3 cm)			
	$\rho_s$ (cm)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\rho_s$ (cm)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$x$ (cm)	$y$ (cm)
Zimski solsticij						
11	46,7	-23,19	43,5	-66,64	-40,0	-17,3
12	37,2	0,00	24,6	-61,77	-21,6	-11,6
1	35,0	14,59	15,3	-57,10	-12,8	-8,3
2	34,4	24,57	9,3	-52,04	-7,3	-5,7
3	34,3	32,31	4,7	-44,66	-3,3	-3,4
4	34,3	39,08	1,0	-4,19	-0,1	-1,0
4 h 23 min	34,3	41,64	1,1	90,00	1,1	0,0

Sati	Polos (37, 3 cm)		Ortognomon (16, 3 cm)			
	$\rho_s$ (cm)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	$\rho_s$ (cm)	$\alpha$ ( $^{\circ}$ )	x (cm)	y (cm)
<b>Ljetnji solsticij</b>						
11	7148,1	-23,19	7391,6	-23,42	-2937,9	-6782,6
12	100,5	0,00	77,9	-16,12	-21,6	-74,9
1	67,0	14,59	39,5	-6,94	-4,8	-39,2
2	57,5	24,57	26,8	4,82	2,2	-26,7
3	53,8	32,31	21,1	19,65	7,1	-19,8
4	52,6	39,08	19,1	37,04	11,5	-15,2
5	53,2	45,71	20,0	54,90	16,4	-11,5
6	55,8	53,00	24,2	70,78	22,9	-8,0
7	62,5	61,99	33,7	83,59	33,5	-3,8
7 h 31 min	69,8	69,07	45,2	90,00	45,2	0,0

Na isti se način mogu izračunati koordinata tačaka presjeka projekcije nebeskog ekvatora sa satnim linijama. S obzirom da se radi o pravoj liniji, dovoljne su dvije tačke, recimo tačka presjeka sa projekcijom meridijana ( $x = -21,6$  cm,  $y = -28,7$  cm) i tačka presjeka sa projekcijom horizonta ( $x = 12,3$  cm,  $y = 0$ ).

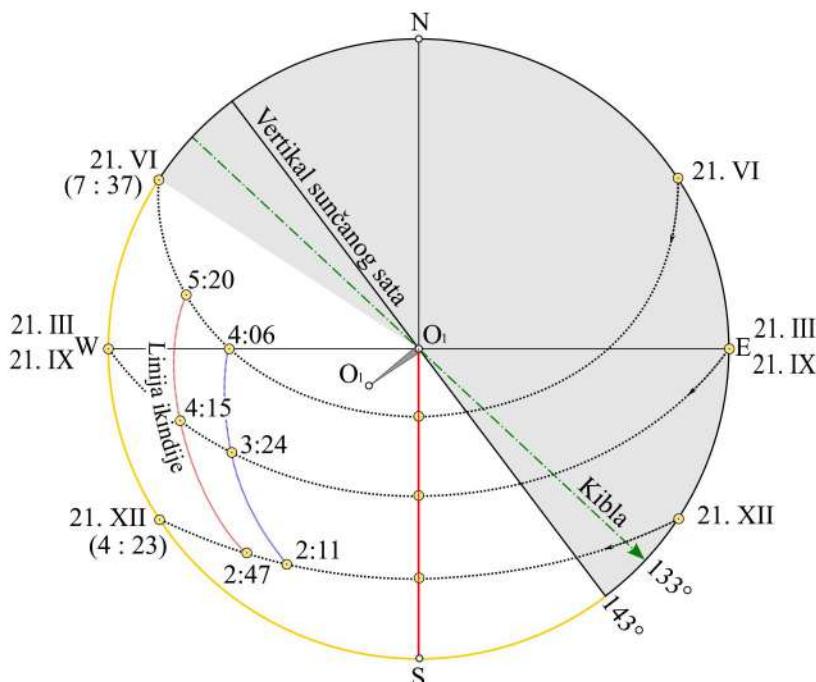
#### 4.1. Konstrukcija i provjera linije ikindije

Kao i kod travničkog sunčanog sata, prvo je trebalo utvrditi na koju se ikindiju odnosi linija urezana na mostarskom sunčanom satu, prvu ili drugu. Neposredna provjera nije moguća jer postojeći ortognomon ne odgovara niti dužinom niti položajem. Orientaciono, to se može procijeniti kada se uporede počeci ikindije najkratčeg i najdužeg dana u godini očitani prema položaju tačaka presjeka linije ikindije i solsticijskih hiperbola, sa odgovarajućim vremenima koji se daju u vjerskim kalendarima. U vjerskim kalendarima, međutim, počeci dnevnih islamskih molitvi daju se po srednjoevropskom vremenu, tako da se pouzdana provjera može izvršiti tek nakon što se počeci obje ikindije u Mostaru izračunaju po formulama (2), (3), (7) i (8), po pravom sunčevom vremenu za koje konstruisana analizirani sunčani sat Hadži Memijine džamije (tab. 14; sl. 67 i 68).

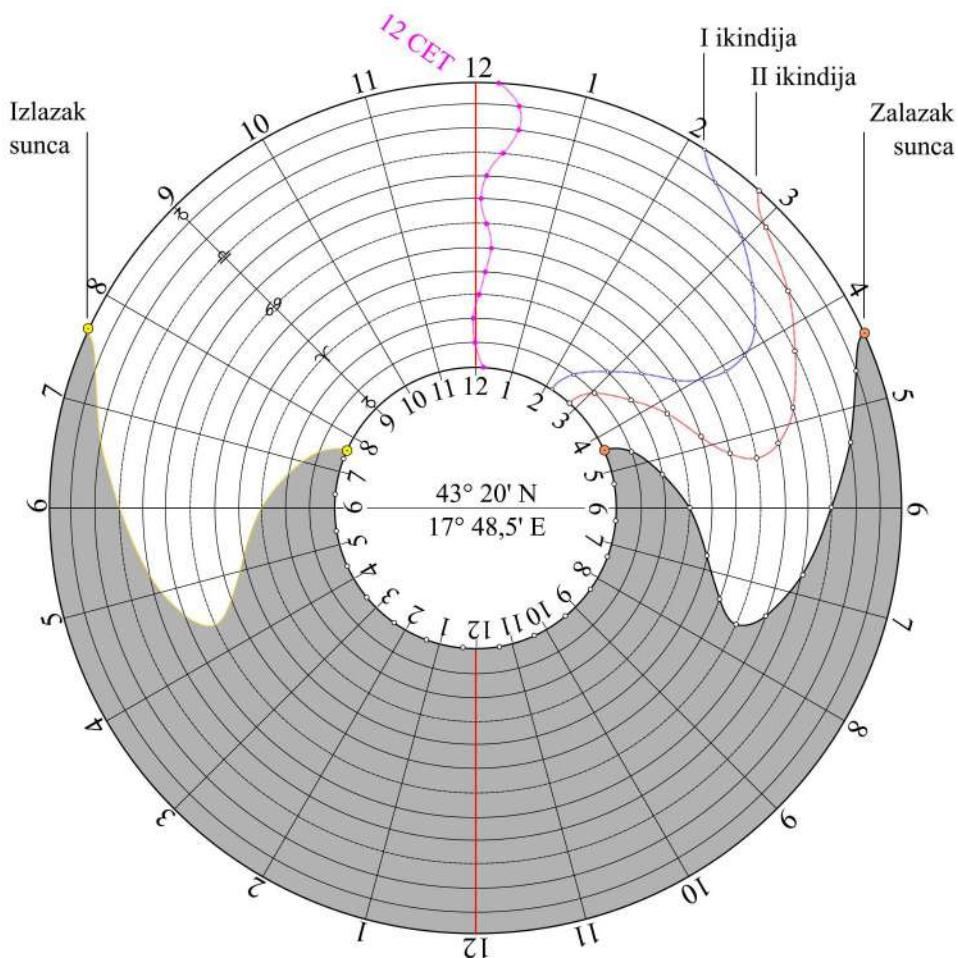
Tabela 14. Počeci i kindije tokom godine po alafranka sistemu i pravougle koordinate linije i kindije na mostarskom sunčanom satu, u obje varijante

<b>Datum</b>	<b>I ikindija</b>			<b>II ikindija</b>			<b>Datum</b>
	<b>Početak</b>	<b>x (cm)</b>	<b>y (cm)</b>	<b>Početak</b>	<b>x (cm)</b>	<b>y (cm)</b>	
21. XII	2:11	-6,5	-5,3	2:47	-4,1	-3,9	21. XII
21. I	2:25	-5,0	-5,7	3:04	-2,5	-4,2	21. XI
21. II	2:57	-1,4	-6,9	3:41	1,2	-4,9	21. X
21. III	3:24	2,3	-8,5	4:15	5,4	-5,8	21. IX
21. IV	3:49	6,8	-11,0	4:49	10,9	-7,5	21. VIII
21. V	4:02	10,4	-13,5	5:12	15,9	-9,4	21. VII
21. VI	4:06	11,9	-14,8	5:20	18,2	-10,4	21. VI

| Napomena. Počeci i kindija dati su po pravom sunčevom vremenu.

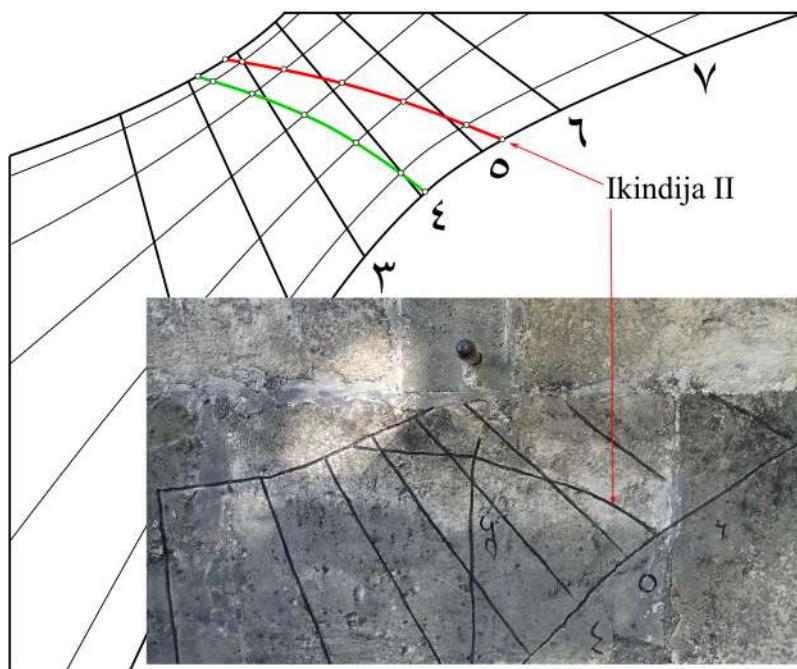


Slika 67. Solsticijske i ekvinocijske putanje sunca nad horizontom Mostara u polarnoj ekvidistantnoj projekciji sa linijom za podnevnu molitvu i linijama ikindije u obje varijante.



Slika 68. Polarni dijagram na kome se mogu odrediti počeci ikindije po pravom sunčevom vremenu, u Mostaru, u obje varijante. Koncentrične datumske kružnice ucrtane su za svaki 21. dan u mjesecu.

Kada se uporede linije ikindije konstruisane na satnoj mreži sa linijom ikindije urezanom na mostarskom sunčanom satu očigledno je da se ona odnosi na drugu varijantu po kojoj je početak molitve određen trenutkom u kome sjenka gnomona dostigne dužinu jednaku zbiru njene podnevne dužine i dvije visine gnomona (sl. 69). To je neobično jer „U Bosni i Hercegovini se obično klanja prva ikindija“ (Mahmutović, 2011, str. 326) na koju se odnosi linija urezana na sunčanom satu Ali-begove džamije u Travniku.



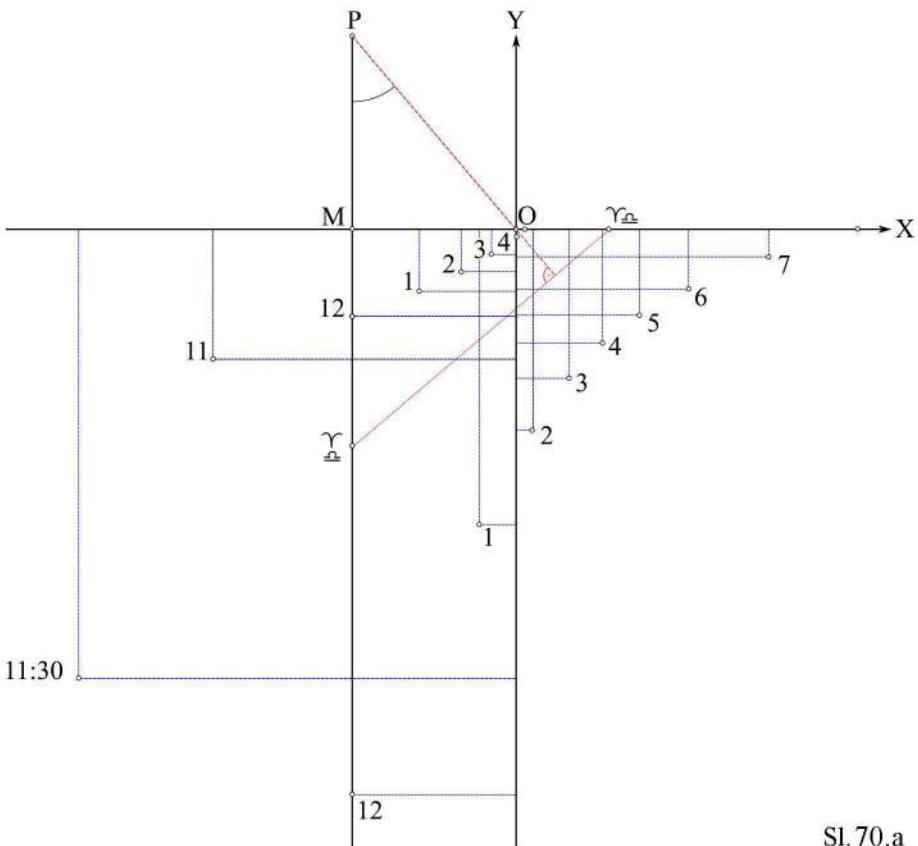
Slika 69. Linije ikindije u obje varijante konstruisane prema podacima iz tabele 14, i fotografija isječka mreže mostarskog sunčanog sata sa linijom ikindije.

## 6. Konstrukcije kompletne skale sunčanog sata

Kao i kod travničkog sunčanog sata, postupak konstrukcije satne mreže može se podijeliti u četiri koraka – *a, b, c i d* (sl. 70).

- Kroz tačku *O* u kojoj će biti fiksiran ortognomon, povuku se koordinatne ose *X* i *Y*. Osa *X* se poklapa sa projekcijom horizonta, a osa *Y* sa projekcijom vertikala ortognomona (sl. 70.a). Paralelno sa *Y* osom povuće se projekcija meridijana koja je ujedno satna linija za 12 sati pravog sunčevog vremena i linija za podnevnu molitvu. Projekcija meridijana se produži iznad projekcije horizonta i na njoj se obilježi tačka *P*, pol sunčanog sata, iz koga se razilaze satne linije. Na osnovu pravouglih koordinata iz tabele 13 obilježe se položaji krajnjih tačaka satnih linija. Presjek satne linije za 11 h sa hiperbolom ljetnjeg solsticija

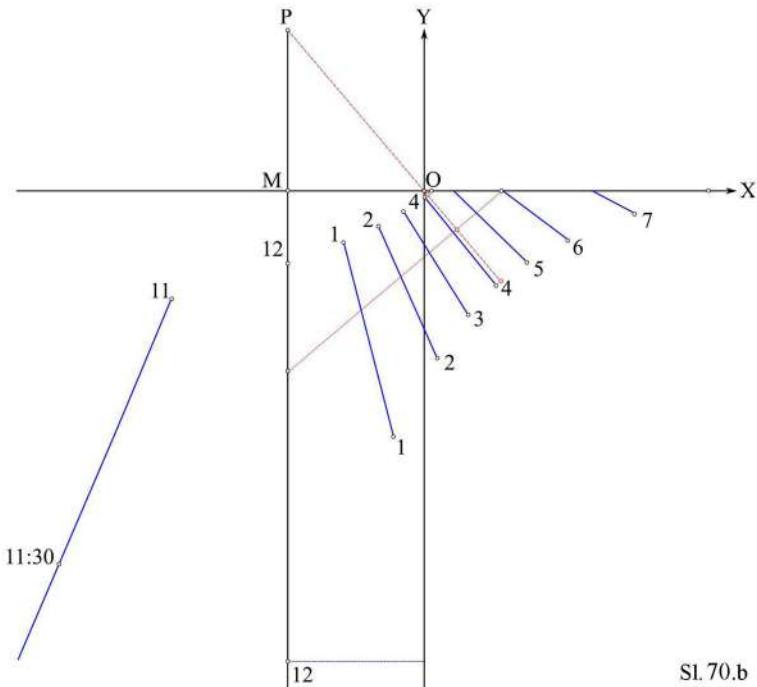
pada van podnožja minareta na kome se nalazi sunčani sat ( $x = -294$  cm,  $y = -678$  cm) pa se to rješava tako što se izračunaju koordinate jedne međutačke, recimo za 11 h 30 min ( $x = -58,1$  cm,  $y = -59,6$  cm) ili tako što se iz pola  $P$  povuče linija pod uglom  $\alpha = -23^\circ 11'$  (sl. 60, str. 112).



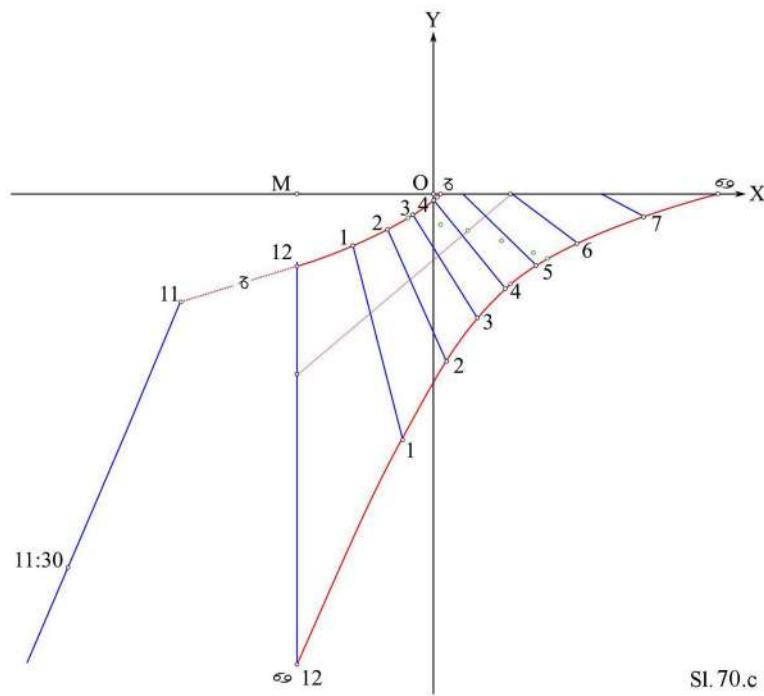
Sl. 70.a

Tačke koje padaju na projekcije horizonta i meridijana krajnje su tačke projekcija lukova solsticijskih hiperbola i ekvatorske linije, u okviru satne mreže mostarskog sunčanog sata. Povlačenjem duži između tačaka koje se odnose na ekvinocije (na crtežu označene zodijačkim znacima Ovna i Vage) dobija se ekvatorska duž. Ista se duž dobija ako se kroz jednu od tih tačaka povuče prava koja sa projekcijom horizonta zaklapa isti ugao kao i subpolos sa projekcijom meridijana ( $v = 40^\circ 15'$ ). Iako ne postoji na mostarskom sunčanom satu, projekcija ekvatora je na sl. 70 ucrtana radi jasnije orientacije pri konstrukciji kompletne satne mreže.

## GNOMONIKA ALATURKA



Sl. 70.b



Sl. 70.c

- b) Spajanjem obilježenih istosatnih tačaka dobiju se satne duži od 12 h do 7 h (sl. 70b). S obzirom da se završava van zida, satna linija za 11 h može se povući do samog tla. Mostarski konstruktor ju je povukao na dužini 121 cm (na sl. 70 nije povučena cijelom dužinom).

Radi tačnije konstrukcije solsticijskih hiperbola, postojećim tačkama mogu se dodati tjemena hiperbola. To su tačke presjeka produžene linije subpolosa sa solsticijskim hiperbolama, odnosno, tačke u koje pada kraj sjenke ortognomona u trenutku kada je ugao sjenke  $\alpha$  jednak uglu  $\nu$  koji subnodus zaklapa sa projekcijom meridijana. Kada se u formulu (40) uvrsti  $t = \alpha$ , dobija se,

$$\operatorname{ctgt} = \frac{\cos\varphi + \operatorname{tgv} \cdot \sin\varphi \cdot \cos A_N}{\operatorname{tgv} \cdot \sin A_N},$$

a nakon izvršenih zamjena sa,

$$\operatorname{tgv} = -\operatorname{ctg}\varphi \cdot \cos A_N,$$

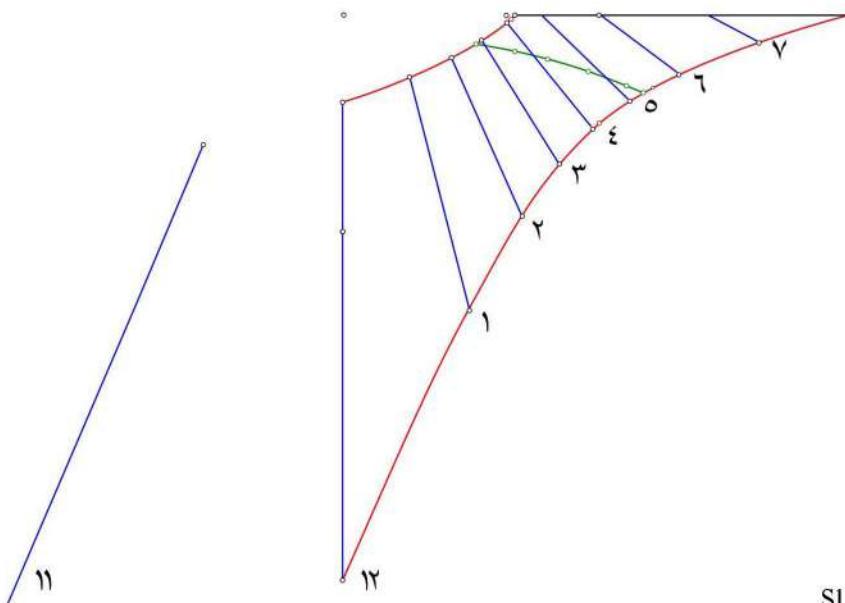
$$(1 - \cos^2 A_N) = \sin^2 A_N,$$

dobija se,

$$\operatorname{ctgt} = -\sin\varphi \cdot \operatorname{tg} A_N. \quad (46)$$

Kada se uvrste vrijednosti  $\varphi = 43^\circ 20,4'$  i  $A_N = 143^\circ$ , dobija se satni ugao  $t = 62^\circ 39'$  (ili  $t = 4$  h 10,6 min), a na osnovu njega, poznatim postupkom i pravougle koordinate tjemena solsticijskih hiperbola, zimske ( $x = 0,5$  cm,  $y = -0,5$  cm) i ljetne ( $y = 12,3$  cm,  $y = -14,5$  cm). Polarne koordinate tih tjemena su:  $\rho_S = 52,6$  cm,  $\alpha = 40^\circ 15'$ ;  $\rho = 34$  cm,  $\alpha = 40^\circ 15'$ .

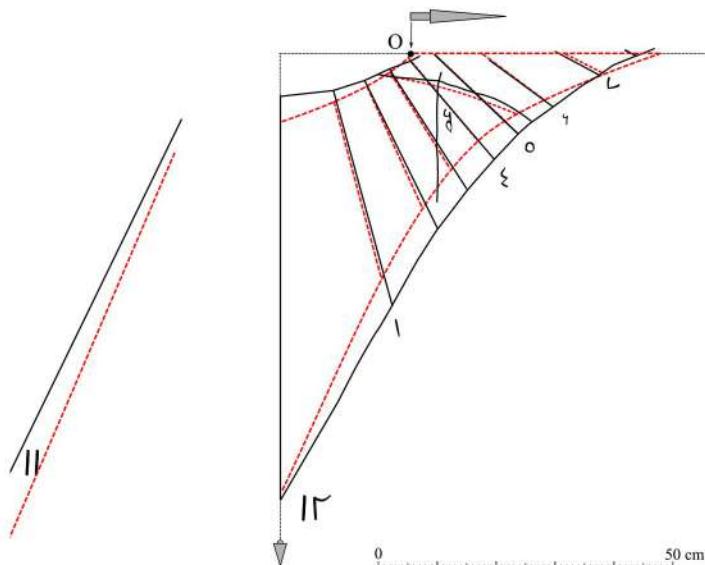
- c) Spajanjem obilježenih istodatumskih tačaka iscrtavaju se solsticijske hiperbole koje sa projekcijama horizonta i meridijana zatvaraju radno polje mreže mostarskog sunčanog sata, van kojeg ostaje samo linija za 11 h (sl. 70.c). Nakon toga, pomoću pravouglih koordinata (tab. 13) obilježe se presječne tačke linije ikindije sa datumskim linijama (na slici 70.c to je lučni niz tačaka između solsticijskih hiperbola).



Sl. 70.d

d) Ucrtavanjem linije ikindije i upisivanjem brojčanika završen je kompletan nacrt mreže mostarskog sunčanog sata kako bi ona, teoretski, trebalo da izgleda (sl. 70.d). Da li je ona podudarna stvarnoj mreži koja je urezana u podnožju minareta Hadži Memijine džamije može se provjeriti tako što se uporede nacrti teoretske i stvarne mreže urađeni u istom razmjeru.

Kada se preklope satne mreže očigledno je da se u velikoj mjeri podudaraju satne linije i linija ikindije, dok osjetna odstupanja postoje kod solsticijskih hiperbola (sl. 71). To znači da će sjenka ortognomona dužine 16,3 cm, fiksiranog u tački O, svojim krajem tačno pokazivati sate pravog sunčevog vremena, podnevnu i poslijepodnevnu molitvu ali ne i solsticije kao astronomске početke zime i ljeta.



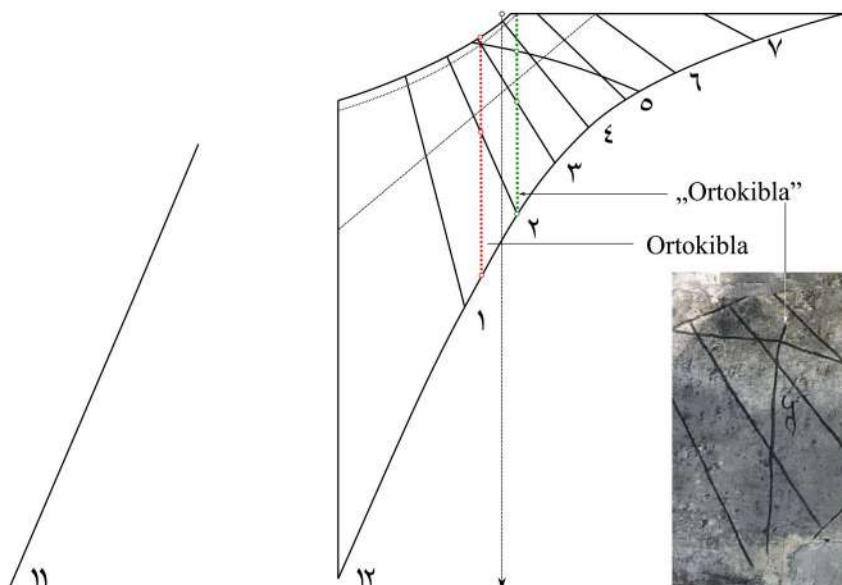
Slika 71. Preklop nacrta teoretske (isprekidane linije) i stvarne satne mreže mostarskog sunčanog sata

## 7. Odgonetanje „ortokible”

Osim već pomenutih linija, na mreži mostarskog sunčanog sata urezana je skoro vertikalna linija koja presjeca satne linije 3 i 4 ( $\gamma$  i  $\varepsilon$ ) i liniju za ikindiju: počinje iznad linije ikindije između satnih linija 4 i 5 ( $\varepsilon$  i  $\circ$ ), i ne dopire do solsticijske hiperbole jer joj je kraj „otkinut” tjemenom kamenog bloka koji je ubačen prilikom popravki zida. Zanimljivo/zbunjujuće je to što slična linija ne postoji ni na jednom od sunčanih satova koje su prikazali Meyer (1985) i (Čam, 1990).

Očito da je linija završavala na presjeku solsticijske hiperbole i linije za 2 ( $\gamma$ ) sata, što je podatak na osnovu koga se može odrediti kojeg je to vertikala mogla biti projekcija. Jednostavno treba izračunati azimut sunca nad horizontom Mostara, ljetnjeg solsticija u 2 h pravog sunčevog vremena. Kada se u odgovarajuće formule uvrsti  $\varphi = 43^\circ 20,4'$ ,  $\delta = 23^\circ 27'$  i  $t = 30^\circ$ , dobija se  $A_N = 240^\circ 50'$ .

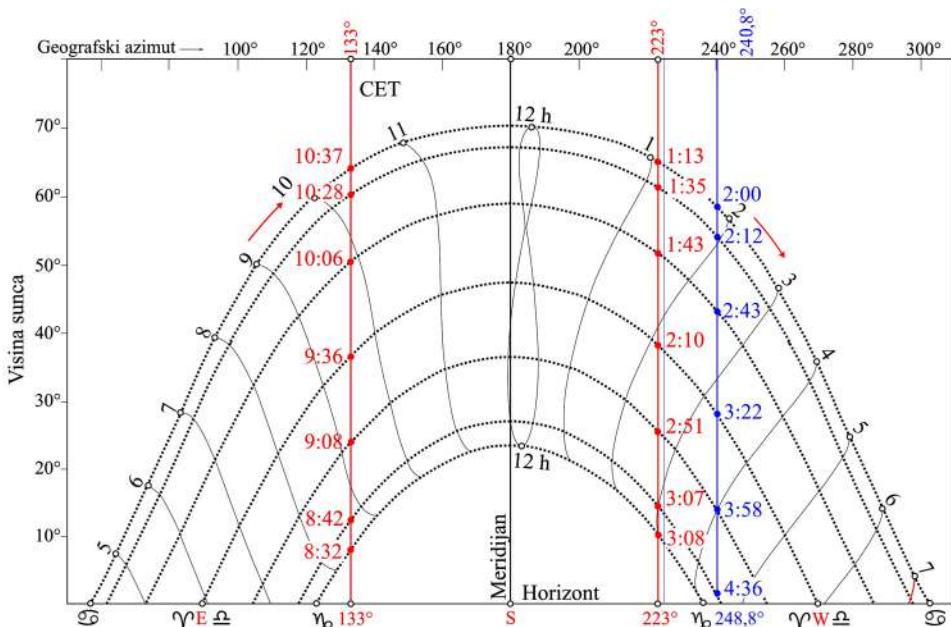
Izuvez podnevne vertikale, projekcije nebeskog meridijana, ni jedna druga vertikalna linija na sunčanom satu ne može se odnositi na islamske molitve, ali može biti projekcija vertikala kible ili vertikala ortokible: dolazak kraja sjenke ortognomona na te linije saopštavao bi posmatraču da se sunce tog trenutka nalazi u kibli, odnosno, u ortokibli – u prvom slučaju, vjernik okrenut licem prema suncu gledao bi prema Meki, a u drugom slučaju, u istom položaju tijela pravac prema Meki pokazivala bi mu bočno ispružena lijeva ruka. Kod sunčanih satova na zidovima džamija uporednih kibli jedino može biti ucrtana projekcija ortokible, kao vertikala koja polazi iz podnožja ortognomona. Krivudava linija na mostarskom sunčanom satu, aproksimativno posmatrana kao vertikalna linija, nije vertikala iz podnožja gnomona pa se može prepostaviti da je konstruktor znao da osa džamije odstupa od kible (v. str. 99). Njen položaj, međutim, nije odgovarajući: azimut vertikala ortokible je  $A_N = -223^\circ$ , azimut vertikala ortognomona  $A_N = 233^\circ$ , što znači projekcija ortokible treba da se nalazi lijevo (ka NW), a ne desno od podnožja ortognomona kao što je to slučaj mostarskom sunčanom satu.



Slika 72. Projekcije ortokible i idealizovane linije urezane na mostarskom sunčanom satu ucrtane na teoretskom modelu satne mreže.

U poprečnoj gnomonskoj projekciji svi vertikali se prikazuju kao međusobno paralelne vertikalne linije čija se udaljenost (koordinata  $x$ ) od srednjeg vertikala izračunava po formuli (35). Kada se te udaljenosti izračunaju za projekcije vertikala ortokible ( $A_N = 223^\circ$ ) i vertikal linije urezane na mostarskom sunčanom satu ( $A_N = 240^\circ 50'$ ), očito je da se one nalaze na suprotnim stranama od podnožja ortognomona (sl. 72).

Po formuli (19) izračunati su trenuci pravog sunčevog vremena u kojima sunce nad ravni horizonta Mostara presjeca sva tri vertikala – vertikal kible ( $A_N = 133^\circ$ ), vertikal ortokible ( $A_N = 223^\circ$ ) i vertikal  $A_N = 240^\circ 50'$  – i zatim upisani na slici 73. Na toj slici, na projekcijama prividnih dnevnih putanja sunce označeni su jednosatni položaji sunca tako da se može vršiti uporedno približno očitavanje po CET vremenu.



Slika 73. Vertikali kible, ortokible i „ortokible“ ucrtni na mreži prividnih putanja sunca svakog 21. dana u mjesecu nad horizontom Mostara. Upisani trenuci odnose se na pravo sunčevu vrijeme.

Pod pretpostavkom da je razmatrana linija trebala biti projekcija ortokible, kraj sjenke pada je na nju sa znatnim zakašnjenjem u odnosu na projekciju „prave“ ortokible: ispružena lijeva ruka posmatrača

koji je u tom trenutku licem okrenut prema suncu, odstupa od kible  $18^{\circ}$  prema SSE. Jedno od objašnjenja može biti da je konstruktor napažnjom zamijenio predznak koordinate  $x$  pa je projekciju ortokible ucrtao sa druge strane.

Mostarski gnomonist mogao je izračunati elemente satne skale, mogao ih je geometrijski konstruisati slijedeći uputstva iz nekog priručnika o konstrukciji astronomskih instrumenata kakvi su postojali još u srednjem vijeku (Charette, 2003, str. 196), isto kao što ih je mogao preuzeti iz odgovarajućih tablica u kojima su date koordinate tačaka presjeka satnih linija sa projekcijama nebeskih povratnika i nebeskog ekvatora, za različite geografske širine i različite azimute vertikalnih ravni sunčanih satova (King, Samsó, & Goldstein, 2001, 92-94). Na sunčanom satu nema projekcije ekvatora pa je veća vjerovatnoća da je koristio tablice. Koristeći ih, morao je vršiti interpolacije i pri tome je mogao napraviti greške.

---

## 8. Vrijeme postavljanja sunčanog sata

Za sada nema pisanih podataka kada je napravljen sunčani sat na Hadži Memijinoj džamiji u Mostaru pa se vrijeme može samo orijentaciono odrediti na osnovu činjenice da je sunčani sat konstruisan za alafranka satni sistem koji se u samoj Turskoj – u vojscu, državnim ustanovama i službenim poslovima – počeo koristiti 1912. godine, da bi konačno bio uveden 1926. godine stupanjem na snagu Zakona čiji je prvi član glasio „U Republici Turskoj dan počinje od ponoći i sati se broje od nula do dvadeset četiri“. Tome je prethodio dugogodišnji period žustrih rasprava i uporednog postojanja alaturka i alafranka sistema, o čemu svjedoče slijedeći redovi, napisani početkom XX vijeka:

Mnogi satovi koji se koriste u Turskoj napravljeni su sa dva brojčanika, jedan za tursko, a drugi za evropsko vrijeme, prvi, da bude tačan, zahtijeva svakodnevnu regulaciju; i često se može čuti naizgled čudno pitanje: „U koje vrijeme je danas podne?“ (Garnett, 1904, str. 12).

To pitanje, u tadašnjoj proevropskoj istanbulskoj štampi pretakano u crtani humor (Brummet, 2000, str. 312), pokazuje zbumjenost naroda koji

je stotinama godina dijelio dan prema molitvama, kao i žal za islamskim shvatanjem vremena: „Sada satovi u kući muslimana kao da pokazuju vremena drugog svijeta [...] Kao putnici zalutali u pustinji, mi smo izgubljeni u vremenu” (Hasim, 1921).

U Bosnu i Hercegovinu, u tom sklopu i u Mostar, gregorijanski kalendar, alafranka sistem i latinično pismo, stigli su sa austrougarskom vlašću s tim da su uvođeni postepeno, uostalom kao i samoj Austriji gdje je srednjevropsko vrijeme uvedeno u željezničku i telegrafsku službu 1891. godine, a u Beču tek 1910. Kao prvi nagovještaj modernizacije u tom smislu, premda samo na brojčaniku (bez promjene satnog sistema), može poslužiti sahat-kula u Nevesinju, sagrađena 1664. godine, na kojoj je 1891. postavljen novi sat i s njim na tri strane ploče „od kojih je jedna imala turske, druga rimske, a treća arapske brojeve” (Hasandedić, 1990, str. 141). Mostar je prvu telegrafsku vezu imao još 1858. godine, a sa Austrougarskom su stigli željeznica (1888. g.), telefon (1906. g.), meteorološka (1879. g.) i druge službe, što je doprinijelo učvršćivanju alfranka sistema kao formalnog, a time i učvršćivanje radne discipline, kako u Mostaru tako i u cijeloj Bosni i Hercegovini. Za razliku od državnih službi, isto kao i u Turskoj, svakodnevica običnih ljudi i dalje je bila organizovana prema alaturka vremenu što se, prema Hangiju (1906) ima pripisati „konzervativnoj čudi naših muslimana” (str. 16). Koliko se privrženost alaturka sistemu zadržala u seoskim sredinama, na duhovit način piše Gudžević (2020) – u selu na planini Goliji kod Novog Pazara šezdesetih godina prošlog vijeka „svi su se smijali momku iz Turske koji priča da sahati u Turskoj idu alafranga”.

S dolaskom Austrougarske, islam je sa nivoa neprikosnovene državne religije spušten na nivo jedne od četiri ravnopravne vjerske zajednice u Bosni i Hercegovini, s tim da joj je nova državna uprava prepustila da sama odlučuje o vjerskim pitanjima bez nametanja zakonske regulative u vezi satnog sistema i kalendara. Isto kao i u Turskoj, u konzervativnoj islamskoj vjerskoj zajednici vladala je odbojnost prema svakoj promjeni tradicionalnog poretku, u tom sklopu i prema „uvezenom vremenu” i „stranom danu” jer se smatralo da će primjena novog satnog sistema („tuđeg vremena”) u vjerskoj praksi narušiti vjersku disciplinu i označiti mirenje sa gubitkom vjekovne dominacije. O sporosti zamjene satnog sistema u vjerskoj praksi svjedoče i takvimi, štampani između dva

svjetska rata: „Kalendar – takvim izrađen je u dva dijela: sa vremenskim podacima alaturka na turskom jeziku i alafranga na našem jeziku za oba područja” (Kalendar-takvim za 1934. (1352-53) godinu, str. 3). Riječ je o Takvimu štampanom kada je prostor Bosne i Hercegovine bio u sastavu Kraljevine Srbija, Hrvatske i Slovenije, u kojoj je petnaest godina ranije zvanično uvedeno srednjoevropsko vrijeme. Sve to ide u prilog pretpostavci da sunčani sat na Hadži Memijinoj džamiji ne može biti stariji od jednog vijeka.

Da su na sunčanom satu urezane satne linije za oba satna sistema, kao što je to slučaj na više sunčanih satova u Istanbulu, njegov nastanak bi se mogao vezivati za aneksioni period Austro-Ugarske vladavine, još dok javnost nije stekla naviku da koristi evropske satove. Ovako, sunčani sat koji na džamiji pokazuje samo „nereligiozne sate” može se očekivati tek kada su vjerski krugovi, htjeli to ili ne, bili prinuđeni da prihvate novi satni sistem. A to je, okvirno, period između dva svjetska rata.

Ne istovjetan, ali vrlo sličan sunčani sat sa skalom uklesanom na mermernoj ploči samo za alafranka sate, postoji na Džerah Pašinoj džamiji u Istanbulu. Prema Çamu (1990, str. 76), na sunčanom satu je uklesana 1176. godina islamskog kalendara što odgovara 1762/3. godini savremenog kalendara. Sunčani sat samo za alafranka sate postavljen krajem XVIII vijeka na džamiji, to je sasvim neočekivano, bolje reći sumnjivo. Džerah Pašina džamija je više puta razarana i obnavljana – podignuta 1593. godine, potpuno izgorjela 1659. godine, uništena u zemljotresu 1765. godine, ponovo izgorjela u požaru 1781. godine, i ponovo razrušena u zemljotresu 1894. godine, a na njoj sačuvan sunčani sat iz 1762/3. godine, kao nov? Prije će biti da se radi o modernizovanoj kopiji nekadašnjeg sunčanog sata postavljenoj prilikom dugotrajne obnove koja je uslijedila poslije 1894. godine, okvirno, u vrijeme kada je, najranije mogao biti urađen i sunčani sat na Hadži Ali-begovoj džamiji u Travniku.

---

## 9. Mostarski gnomonist

U odjeljku o Mostaru, Kreševljaković (1957) navodi da je najstarija sahat-kula u Mostaru podignuta 1664. godine, da je radila do 1917.

godine, i da „Brigu oko sata vodio je u zadnje doba sahačija Avdaga Bjelevac (umro 1905)” (str. 24), kao i to da je jedina muvekithana postojala uz Ćejan-ćehajinu džamiju sve do 1878. godine. Ime muvekita nije poznato niti bi mu se bilo šta moglo pripisati iz u oblasti primjenjene astronomije tako da se on teško može povezati sa sunčanim satom Hadži Memijine džamije. Uostalom, da se bavio gnomonikom za prepostaviti je da bi sunčani sat prvo napravio na svojoj, Ćejan-ćehajinoj džamiji. Kao konstruktor sunčanog sata može se isključiti i pomenuti Avdaga Bjelavec s obzirom da je bio samo „sahačija”. Vremenski, to su mogli biti muvekiti sarajevskih džamija koji su službovali prvih decenija XX vijeka – Akif Hadžihuseinović (Husrev-begova džamija) i Selim Nijazi Faginović (Careva džamija), to se, međutim uz njihova imena nigdje ne pomije.

Mala je vjerovatnoća da je sunčani sat uradio neko od istanbulskih majstora jeste činjenica da sat nije urađen po istanbulskom trougaonom „receptu”, dok se potpuno isključuje mogućnost da ga je po pozivu uradio posljednji veliki istanbulski muvekit i gnomonist, Ahmed Zija Akbulat, koji je bio aktivан u prepostavljenou doba nastanka mostarskog sunčanog sata. Da jeste, sunčani sat bi bio mnogo bolje urađen.



Slika 74. Potpis uklesan odmah pored skale za koji se pogrešno prepostavljalo da pripada konstruktoru sunčanog sata.

Sunčane satove čiji su linije uklesane u kamenu podlogu (ploču, zid) obično rade dvojica, konstruktor koji prenosi nacrt na podlogu i klesar koji ih potom urezuje u podlogu. Za sunčani sat na džamiji sultanije Mihrimah u Istanbulu obojica su potpisani (što je rijetkost) uz preciziranje šta je ko uradio – sunčani sat konstruisao Muhamed Arif 1769. godine, a na mermernu ploču uklesao Derviš Jahja (Meyer, 1985, str. 45; Çam, 1990, str. 64-65). I na sunčanom satu Hadži Memijine džamije, desno od skale, dosta nevješto je upisano ime ili nadimak **امشق على** (sl. 74). Kako je iščitala dr Ramiza Smajić, naučna saradnica Instituta za historiju u Sarajevu, tu piše „Emšo Ali(ja)”. Pokazalo se, međutim, da je to ime majstora za obradu kamena koji je 1997. godine učestovao u obnovi minareta Hadži Memijine džamije.

Tako za sunčani sat Hadži Memijine džamije u Mostaru, oba pitanja:  
– Kada je nastao i ko ga je uradio? – i dalje ostaju otvorena, isto kao i pitanje o konstruktoru sunčanog sata Hadži Ali-begove džamije u Travniku. U budućim istraživanjima glavnu ulogu trebalo bi da imaju pomoćne istorijskih nauka.

### 1. Sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku



Slika 75. Travnik, 20. jun 2022. godine ( $\delta = 23,43^\circ$ ), nepuni dan prije ljetnjeg solsticija ( $\delta = 23,44^\circ$ ). Snimljeno u pravo sunčeve podne, 11 h 51 min CET, odnosno u 4 h 21 min alaturka sati (sunce je prethodnog dana zašlo u 19 h 39 min pravog sunčevog vremena). U idealnom slučaju, kraj sjenke trebao je da padne u tačku presjeka vertikale i solsticijske hiperbole.

## GNOMONIKA ALATURKA



Slika 76. Travnik, 20. jun 2022. godine. Kraj sjenke pokazuje pet „dnevnih” alaturka sati što je samo 3 min više od tačno izračunatog alaturka vremena (snimak je napravljen u 12 h 27 min CET a, ne uzimajući u obzir astronomsku refrakciju, sunce je prethodnog dana zašlo u 19 h 39 min pravog sunčevog vremena).

## 2. Sunčani sat Hadži Memijine džamije u Mostaru



Slika 77. Mostar, 21. jun 2022. godine, ljetnji solsticij ( $\delta = 23,44^\circ$ ). Snimljeno u 12 h 47 min, četiri minute prije pravog sunčevog podneva. Vide se krajevi dvije sjenke, donju baca postojeća na pogrešno mjesto postavljena šipka neodgovarajuće dužine 20 cm, a gornju privremeno postavljeni ortognomon u obliku šiljka dužine 16,3 cm (v. sl. 62 na str. 114 i sl. 71 na str.127).



Slika 78. Mostar, 21. jun 2022. godine, ljetnji solsticij ( $\delta = 23,44^\circ$ ). Snimljeno u 12 h 50 min CET (foto. M. Husanović). Krajevi obje sjenke pokazuju tačno jedan sat poslije podne po alafranka pravom sunčevom vremenu. U nastavku dana, međutim, sjenka probnog ortognomona nastaviće da tačno pokazuje sate i početak ikindije, dok će položaj kraja sjenke postojće šipke biti u potpunom neskladu sa satnom skalom, odnosno sa alafranka satnim sistemom.



Slika 79. Mostar, 18. jul 2022. godine, snimljeno tačno u 4 h pravog sunčevog vremena (foto. M. Husanović)). Zbog sjenki drveća vidi se samo početak sjenke postojeće šipke ali ako se ona produži (slika dolje) očito je da njen kraj, ne samo da ne pada na liniju za 4 h, nego „brza” oko jedan sat.

## GNOMONIKA ALATURKA



Slika 80. Sunčani sat Hadži Memijine džamije trebao bi da izgleda ovako, sa novim gnomonom ( $d = 16,3$  cm) postavljenim na projekciji horizonta, 21,6 cm od tjemana pravog ugla.

## GNOMONIKA ALATURKA

### Rezime

Na prostoru bivše Jugoslavije postoje samo dva zidna sunčana sata „osmanskog” tipa, oba na džamijama u BiH, jedan na Hadži Ali-Begovoj džamiji u Travniku ( $44^{\circ} 13' 34''$  N,  $17^{\circ} 39' 36''$  E), a drugi na Hadži Memijinoj džamiji u Mostaru ( $43^{\circ} 20' 24''$  N,  $17^{\circ} 48' 37''$  E). Prvi sunčani sat je već davno opisan i objašnjen, dok je drugi tek nedavno „otkriven” i u lokalnim medijima predstavljen sa dosta nerazumijevanja. Između ova dva sunčana sata postoji dosta sličnosti, i još više razlika.

#### **Sunčani sat Hadži Ali-begove džamije**

Nalazi se u **Travniku** koji je prema austrougarskom popisu iz 1879. godine imao 5 887 stanovnika.

Konstruisan za alaturka satni sistem.

Postavljen je 1866. godine, a ploča retuširana 2018. godine u Zemaljskom muzeju u Sarajevu.

Nije poznato ko je konstruktor, gnomonist.

Po sadržaju i dizajnu, sunčani sat pripada istanbulskom tipu „trougaonih” sunčanih satova.

Metalni ortognomon ( $d = 12, 5$  cm) je sačuvan na svom mjestu tako da je sunčani sat u funkciji cijelo vrijeme postojanja.

#### **Sunčani sat Hadži Memijine džamije**

Nalazi se u **Mostaru** koji je prema austrougarskom popisu iz 1879. godine imao 10 848 stanovnika.

Konstruisan za alafranka satni sistem.

Nije poznato kada je postavljen, vjerovatno nije stariji od stotinjak godina. Obnovljen je 2020. godine.

Nije poznato ko je konstruktor.

Grafičko rješenje je jednostavno, bez ijednog ukrasnih detalja. U poređenju sa istanbulskim sunčanim satovima, atipičan je po urezanoj satnoj liniji za 11 h i nedefinisanoj krivudavoj liniji koja presjeca liniju poslijepodnevne molitve, ikindije.

Ortognomon nije sačuvan, niti se razaznaje mjesto u kome je bio fiksiran. Stručnjaci Zemaljskog muzeja u Sarajevu 2020. godine postavili su novi, pogrešne dužine, na pogešnom mjestu.

## GNOMONIKA ALATURKA

Sadržaj je urezan na ploči od sedre (97 x 73 cm) koja je ugradena u zid džamije. Satna skala je zatvorena u pravougli trougao čije su katete  $a = 65 \text{ cm}$  i  $b = 49,5 \text{ cm}$ .

Skalu čine satne linije, datumske linije (projekcije nebeskih povratnika i nebeskog ekvatora) i linije za podnevnu i poslijepodnevnu islamsku molitvu. Linije za obje molitve označene su odgovarajućim znacima.

Linija za ikindiju odnosi se na prvu ikindiju, to jest, na ikindiju čiji se početak određuje kao trenutak kada sjenka gnomona postigne dužinu jednaku zbiru dužina podnevne sjenke i visine gnomona. Ta se ikindija danas praktikuje u džamijama u BiH.

Satne linije su urezane na svakih 15 minuta, sa stilizovanim završecima. Urezane su precizno i čisto. Precizno su urezane i solsticijske hiperbole i linija za poslijepodnevnu molitvu.

Gnomonist je linije urezivao na horizontalno postavljenoj ploči kojoj je mogao prići sa svih strana, što mu je znatno olakšalo posao.

Brojčanik za alaturka sate čine istočnoarapski brojevi 5-12.

Sjenka ortognomona svojim krajem tačno pokazuje alaturka sate, kao i početke podnevne i poslijepodnevne molitve.

Sadržaj je urezan direktno na podnožju minareta ozidanog blokovima sedre. Satna skala, bez linije za 11 h, okvirno se uklapa u zamišljeni pravougli trougao čije su katete,  $a = 64 \text{ cm}$  i  $b = 80 \text{ cm}$ .

Skalu čine satne linije, datumske linije (projekcije nebeskih povratnika), linije podnevne i poslijepodnevne molitve, kao i krivudava linija nepoznate uloge koja prati vertikalnu. Nema projekcije nebeskog ekvatora.

Linija za ikindiju odnosi se na drugu ikindiju, to jest, na ikindiju čiji se početak određuje kao trenutak kada sjenka gnomona postigne dužinu jednaku zbiru dužina podnevne sjenke i dvije visine gnomona.

Satne linije su uklesane na svaki puni sat, jednostavno i dosta precizno. Solsticijske hiperbole, linija za ikindiju i nedefinisana „nesatna“ linija, nisu geometrijski pravilne. Očito da ih je majstor ucrtao samo uz pomoć lenjira. Uklesivao ih je preko nekoliko kamenih blokova, što mu je znatno otežalo posao.

Brojčanik za alafranka sate čine istočnoarapski brojevi 11- 8, redom.

Sjenka ortognomona postavljenog 2020. godine ne može tačno pokazivati ni alafranka sate ni početke dnevnih molitvi. To će moći (ne i solsticije) kada se postavi ortognomon dužine 16,3 cm (1/4 aršina), na odgovarajuće mjesto.

Sunčani sat je ravan najboljim istanbulskim zidnim sunčanim satovima, i sa egzaktnog i sa likovnog stanovišta. Uradio ga je iskusan, vrhunski gnomonista.

Sunčani sat je retuširan 2018. godine u Zemaljskom muzeju u Sarajevu i vraćen na isto mjesto.

Popunjavanjem dodatnom masom erodiranih površi narušen je izvorni izgled, a propadanje ploče nije zaustavljen. Možda bi bolje rješenje bilo da se sunčani sat izvadi, zaštiti i izloži u Muzeju Travnika, a da se na njegovo mjesto ugradi vjerna kopija uradena na ploči od travničke sedre.

Zanemarivši sve nedostatke, sunčani sat je vrijedan pažnje jer nije lako konstruisati satnu mrežu sa linijom za poslijepodnevnu molitvu za vertikalnu ravan koja odstupa od prvog vertikala, i urezati je na zid sastavljen od kamenih blokova.

Sunčani sat su pokušali obnoviti stručnjaci Zemaljskog muzeja u Sarajevu u saradnji sa Mašinskim fakultetom u Mostaru. Postavili su ortognomon koji oblikom, veličinom i mjestom ne odgovara originalnom. Taj ortognomon treba ukloniti i zamijeniti odgovarajućim, fiksiranim na pravom mjestu.

Da bi sunčani satovi Hadži Ali-begove džamije u Travniku i Hadži Memijine džamije u Mostaru bili u funkciji, u saradnji sa stručnjacima za hortikulturu treba naći rješenje da oba ostvare „pravo na sunce”.

---

## ГНОМОНИКА АЛАТУРКА

### Резюме

В бывшей Югославии есть только двое настенных солнечных часов «османского» типа, которые находятся в мечетях Боснии и Герцеговины - в мечети Хаджи Али Бея в Травнике ( $44^{\circ}13'34''$  с.ш.,  $17^{\circ}39'36''$  в.д.) и в мечети Хаджи Мемия в Мостаре ( $43^{\circ}20'24''$  с.ш.,  $17^{\circ}48'37''$  в.д.). Первые солнечные часы давно описаны и объяснены, а вторые только недавно были «обнаружены» и представлены в местных СМИ с некоторым непониманием. Между ними много общего, но есть немалые различия.

#### **Солнечные часы мечети Хаджи Али Бея**

Солнечные часы находятся в **Травнике**, в котором, согласно австро-венгерской переписи 1879 года, проживало 5,887 жителей.

Предназначены для часовой системы алатурка (alaturca).

Солнечные часы были установлены в 1866 году, а панель отреставрирована в 2018 году в Национальном музее в Сараево.

Конструктор (гномонист) неизвестен.

По содержанию и конструкции солнечные часы относятся к стамбульскому типу «треугольных» солнечных часов.

#### **Солнечные часы мечети Хаджи Мемия**

Солнечные часы находятся в **Мостаре**, в котором, согласно австро-венгерской переписи 1879 года, проживало 10,848 жителей.

Предназначены для часовой системы алафранка (alafranga).

Неизвестно, когда были установлены солнечные часы, вероятно им не больше ста лет. Они были отремонтированы в 2020 году.

Неизвестно, кто является конструктором.

Графическое решение простое, без каких-либо декоративных деталей. По сравнению со стамбульскими солнечными часами, они нетипичны - с выгравированной линией часов, обозначающей 11 часов утра, и неопределенной извилистой линией, пересекающей линию послеполуденной молитвы (аср).

Металлический ортогномон ( $d = 12,5$  см) сохранился на своем месте, так что солнечные часы функционируют на протяжении всего своего существования.

Содержание выгравировано на туфовой плите (97 x 73 см), встроенной в стену мечети. Шкала часов замкнута в прямоугольный треугольник, катеты которого равны  $a = 65$  см и  $b = 49,5$  см.

Шкала состоит из линий часов, линий дат (проекции тропиков и небесного экватора) и линий полуденной и послеполуденной (аср) исламской молитвы. Линии для обеих молитв отмечены соответствующими знаками.

Линия для аср относится к первому варианту, то есть к аср, начало которого определяется как момент достижения тенью гномона длины, равной сумме длин полуденной тени и высоты гномона. Сегодня этот аср практикуется в мечетях Боснии и Герцеговины.

Линии прочерчены для каждого 15 минут, со стилизованной отделкой. Они выгравированы точно и чисто. Гиперболы солнцестояния и линия аср также точно выгравированы.

Гномонист вырезал на горизонтально расположенной доске линии, к которым можно было подходить со всех сторон, что значительно облегчало его работу.

Ортогномон не сохранился, и место, где он был закреплен, не различимо. В 2020 году специалисты Национального музея в Сараево установили новый, не той длины и не в том месте.

Содержание выгравировано прямо на основании минарета, построенного из блоков туфа. Шкала, без линии 11 часов утра, примерно вписывается в воображаемый прямоугольный треугольник, катеты которого равны  $a = 64$  см и  $b = 80$  см.

Шкала состоит из часовых линий, линий дат (проекции тропиков), линий полуденной и послеполуденной молитв (аср), а также извилистой линии неизвестного назначения, сопровождающей вертикаль. Просекции небесного экватора нет.

Линия для аср относится ко второму варианту, то есть к аср, начало которого определяется как момент достижения тенью гномона длины, равной сумме длин полуденной тени и двух высот гномона.

Линии часов выгравированы для каждого полного часа, просто и достаточно точно. Гиперболы солнцестояния, линия для аср и неопределенная «нечасовая» линия геометрически неверны. Очевидно, мастер чертил их только с помощью линейки. Он вырезал их на нескольких каменных блоках, что значительно усложняло его работу.

## GNOMONIKA ALATURKA

Циферблат алатурка часов состоит из восточно-арабских цифр от 5 до 12.

Тень ортогномона своим краем точно показывает часы алатурка, а также начало полуденной и послеполуденной молитвы (аср).

Солнечные часы не уступают лучшим настенным солнечным часам Стамбула как с точной, так и с художественной точки зрения.

Они сделаны опытным гномонистом наивысшей квалификации.

В 2018 году солнечные часы отреставрировали в Национальном музее Сараево и вернули на прежнее место. Заполнение разрушенных поверхностей дополнительной массой изменило первоначальный вид, и разрушение плиты не было остановлено. Возможно, лучшим решением было бы вынуть солнечные часы, защитить и выставить в музее Травника, а на их место установить точную копию.

Для функционирования солнечных часов мечети Хаджи Али Бея в Травнике и мечети Хаджи Мемия в Мостаре необходимо найти решение в сотрудничестве с экспертами по садоводству, чтобы и те, у другие часы могли реализовать свое «право на солнце».

Циферблат часов алафранка состоит из восточно-арабских цифр от 11 до 8 соответственно.

Тень ортогномона, установленного в 2020 году, не может точно показать ни часы алафранка, ни начало ежедневных молитв. Это будет возможно (за исключением солнцестояния), когда ортогномон длиной 16,3 см (1/4 аршина) будет помещен в соответствующее место.

Несмотря на все недостатки, солнечные часы заслуживают внимания потому, что соорудить часовую шкалу с послеполуденной молитвенной чертой для вертикальной плоскости, отклоняющейся от первой вертикали, и вырубить ее в стене из каменных блоков непросто.

Специалисты из Национального музея в Сараево попытались обновить солнечные часы в сотрудничестве с Факультетом машиностроения в Мостаре. Они установили ортогномон, не соответствующий оригиналу по форме, размеру и расположению. Этот ортогномон следует удалить и заменить соответствующим, закрепленным в нужном месте.

## GNOMONICA ALATURCA

### Summary

There are only two wall-mounted sundials of the "Ottoman" type, in the territory of the former Yugoslavia, both in mosques in Bosnia and Herzegovina. One on the Hadzi Ali-Bey Mosque in Travnik ( $44^{\circ} 13' 34''$  N,  $17^{\circ} 39' 36''$  E), and the other on the Hadzi Memia Mosque in Mostar ( $43^{\circ} 20' 24''$  N,  $17^{\circ} 48' 37''$  E). The first sundial has been described and explained long time before, while the second one was only recently "discovered" and presented in the local media with some misunderstanding. There are a lot of similarities between them, and even more differences.

#### **The sundial of Hadzi Ali-Bey mosque**

It is located in **Travnik**, which had 5,887 inhabitants, according to the Austro-Hungarian census from 1879.

It is designed for alaturka hour system.

It was mounted in 1866. In 2018 the slab was retouched at the National Museum in Sarajevo.

The constructor (gnomonist) is not known.

In regard of content and design, this sundial belongs to the Istanbul type of "triangular" sundials.

The metal orthognomon ( $d = 12,5$  cm) is preserved in its place so that the sundial is in function throughout its existence.

#### **The Sundial of Hadzi Memia mosque**

It is located in **Mostar**, which had 10,848 inhabitants, according to the Austro-Hungarian census from 1879.

It is designed for alafranga hour system.

It is not known when the sundial was set. It is probably less than hundred years old. It was restored in 2020.

The constructor is not known.

The graphic solution is simple, without any decorative details. In comparison to the Istanbul sundials, it is atypical because of the incised hour-line for 11 a.m. and an undefined curva line that intersects the line of afternoon prayer, asr prayer.

The orthognomon has not been preserved, nor is the place where it was mounted. In 2020, experts from the National Museum in Sarajevo set up a new orthognomon, but with the wrong length and in the wrong place.

The contents are engraved on a tufa slab (97 x 73 cm) mounted into the mosque's wall. The sundial is enclosed in a right triangle which legs are  $a = 65$  cm and  $b = 49.5$  cm.

The sundial consists of hour-lines, date lines (projections of celestial tropics and the celestial equator) and lines for noon and afternoon Islamic prayer. The lines for both prayers are marked with the appropriate signs.

The line for asr prayer refers to the first one, i.e. to the asr prayer whose start is determined as the moment when the shadow of the gnomon reaches a length equal to the sum of the lengths of the noon shadow and the height of the gnomon. Today, this asr prayer is practiced in mosques in Bosnia and Herzegovina.

Hour-lines are precisely incised for every 15 minutes, with stylized endings. The solstice hyperbolae and the line for asr prayer are also precisely engraved. The gnomonist carved lines on a horizontally placed board that he could approach from all sides, which made his job much easier.

The dial for the alaturca hours consists of East Arabic numerals from 5 to 12.

The orthognomon shadow's end accurately shows the alaturca hours, as well as the beginnings of the noon and afternoon prayers.

The contents are engraved directly on the base of the minaret built of tufa blocks. The sundial, without a line for 11 a.m., roughly fits into an imaginary right triangle with legs  $a = 64$  cm and  $b = 80$  cm.

The sundial consists of hour-lines, date lines (projections of the celestial tropics, lines for noon and afternoon prayers, as well as a curvy line with unknown purpose that follows the vertical line. There is no projection of the celestial equator.

The line for asr prayer refers to the second one, i.e., to the asr prayer whose start is determined as the moment when the gnomon's shadow reaches a length equal to the sum of the lengths of the noon shadow and the two heights of the gnomon.

Hour-lines are engraved for every full hour, simply and quite accurately. Solstice hyperbolae, the line for asr prayer and the undefined "non-hour" line are not geometrically correct. Obviously, the master drew them only with the help of a ruler. He carved them over several stone blocks, which made his job much more difficult.

The dial for alafranca hours consists of Eastern Arabic numbers from 11 to 8, respectively.

The shadow of the orthognomon installed in 2020 cannot accurately show either the alafranca hours or the beginnings of daily prayers. It might do that, but not really solstices, if the appropriate orthognomon of 16,3 cm long (a quarter of an arsine) is installed in the appropriate place.

The sundial is comparable to the best Istanbul sundials, both from its precision and artistic point of view. It was made by an experienced, top class gnomonist.

The sundial was retouched in 2018 at the National Museum in Sarajevo and returned to the original place. Filling eroded surfaces with additional material has damaged the original appearance, and the deterioration of the slab was not stopped. Perhaps a better solution would be to take out the sundial, protect and exhibit it in the Travnik Museum, and to install an accurate copy made of a Travnik tufa plate in its original place.

In order the both sundials to be operational in Hadzi Ali-bey mosque in Travnik and Hadzi Memia mosque in Mostar, a solution needs to be found in co-operation with horticultural experts so that both can exercise their "right to the sun".

Leaving all the shortcomings aside, the sundial is worth of our attention. It is not easy to construct an hourly grid with an afternoon prayer line for the vertical plane that deviates from the first vertical and carve it into a wall made of stone blocks.

Experts from the National Museum in Sarajevo tried to renew the sundial in cooperation with the Faculty of Mechanical Engineering in Mostar. They mounted an orthognomon that does not match the original in shape, size, and location. That orthognomon should be removed and replaced with an appropriate one, installed in the right place.

## LITERATURA

- Akbulut, A. Z. (2010). *Güneş saatleri yapım kılavuzu*. A. Bir, M. Kaçar, Ş. Acar (Eds.). Istanbul: Biryil.
- Al-Biruni, A. R. (1973). *Kanon Mas'uda (knigi I–V)*, *Izbrannye proizvedenija, Tom 5/I* [Канон Масуда (Книги IV), Избранные произведения]. Sirazdinov, S. H. & Matvievskaja, G. P. (Ur.). Bulgakov, P.G. & Rozenfel'd, B. A. (Prev.). Tashkent: FAN.
- Andrić, I. (1995) *Razvoj duhovnog života u Bosni pod uticajem turske vladavine* [Развој духовног живота у Босни под утицајем турске владавине] Beograd: Prosveta.
- Andrić, I. (1977). *Pismo iz 1920. godine*. U Sabrana djela Ive Andrića, Deca, knjiga IX(str. 173-188 ). Sarajevo/Zagreb: Svjetlost : Mladost.
- Ayduz, S. (2017). Ottoman-Time-Keeping-Houses-Muwaqqitkhanas. *Etudes Balkaniques*, LIII(2), str. 214-231.
- Barmore, E. F. (1985). Turkish mosque orientation and the secular variation of the magnetic declination. *Journal of Near Eastern Studies*, 44(2), str. 81-98.
- Bašeskija, M. M. Š. (1987). *Ljetopis (1746-1804)*. (M. Mujezinović, Prev.). Sarajevo: Veselin Masleša.
- Bejtić, A. (1953). Spomenici osmanlijske arhitekture u Bosni i Hercegovini. *Prilozi za orijentalnu filologiju*, 3-4, str. 229-297.
- Benić, B. (2003). *Ljetopis Sutjeskog samostana*. Sarajevo; Zagreb: Synopsis.
- Bir, A., Barutçu, B. & Kaçar, M. (2012). Fatih Sultan Mehmed Camii Güneş Saatlerinin Yenilenmesi. *Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 7, str. 15-20.
- Blake, S. P. (2013). *Time in Early Modern Islam: Calendar, Ceremony, and Chronology in the Safavid, Mughal and Ottoman Empires*. Cambridge University Press. DOI: dx.doi.org/10.12658/Nazariyat.2.3.D0018
- Bogdanović, M. (1984). *Ljetopis Kreševskog samostana (1765–1817)*. Sarajevo: Veselin Masleša.
- Brummett, P. (2000). *Image and Imperialism in the Ottoman Revolutionary Press, 1908–1911*. Albany: State University of New York Press.
- Çam, N. (1990). *Osmanlı güneş saatleri*. Ankara: Kültür bakanlığı.
- Charette, François (2003). *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Dīn al-Miṣrī*. Leiden: E. J. Brill.

- Cittert-Eymers, J. G. van, & Hagen, M. J. (1984). *Zonnewijzers in Nederland*. Zutphem: De Walburg Pers.
- Čitav život sam klanjala namaze prema Suncu iz neznanja?* (11. 08. 2020). Preuzeto 24. 03. 2022. sa <https://religis.com/2020/08/11/citav-zivot-sam-klanjala-namaze-prema-suncu-iz-neznanja/>
- Doob, L. W. (1961). *Communications in Africa: A search for boundaries*. New Haeven: Yale University Press.
- Ekinci, E. B. (06. 01. 2017). *Ottoman-era clock towers telling time from Balkans to Middle East*. <https://www.dailysabah.com/feature/2017/01/06/ottoman-era-clock-towers-telling-time-from-balkans-to-middle-east>
- Evans, A. (1965). *Kroz Bosnu i Hercegovinu peške tokom pobune augusta i septembra 1875: sa istorijskim pregledom Bosne i osvrtom na Hrvate, Slovence i staru Dubrovačku republiku*. Sarajevo: Veselin Masleša.
- Džamija nije potpuno okrenuta u pravcu Ka'be?* (2014). Preuzeto 24. 03. 2022. sa <https://minber.ba/dzamija-nije-potpuno-okrenuta-u-pravcu-ka-be/>
- Filan, K. (2008). Kako je Mula Mimustafa Bašeskija označavao vrijeme. *Anali Gazi Husrev-begove biblioteke*, 27/28, str. 187-207.
- Garnett, L. M. J. (1904). *Turkish Life in Town and Country*. New York: G. P. Putnam's Sons.
- Georgeon, F. & Hitzel, F. (2012). *The Ottoman Empire and its Heritage: Politics, Society and Economy*. Leiden –Boston: Brill.
- Goçek, F. M. (1987). *East Encounters West France and the Ottoman Empire in the Eighteenth Century*. New York- Oxford: Oxford University Press.
- Gudžević, S. (04. 02. 2020). *Alaturka i alafranga*. Preuzeto sa 20. 11. 2021. sa <https://www.portalnovosti.com/alaturka-i-alafranga>
- Hadžihuseinović, S. S. M. (1999). *Povijest Bosne*. Sarajevo: El-Kalem.
- Hadžijahić, M. (1936). Salih ef. Muvekit. *Novi Behar*, IX(17), str. 221-222.
- Handžić, M. (1934). *Rad bosansko-hercegovačkih muslimana na književnom polju*. Sarajevo: Državna štamparija.
- Hangi, A. (1906). *Život i običaji Muslimana u Bosni i Hercegovini*. Sarajevo: Naklada Daniela A. Kajona.
- Hasandedić, H. (1990). *Muslimanska baština u Istočnoj Hercegovini*. Sarajevo: Mešihat Islamske vjerske zajednice.
- Hasandedić, H. (1997). *Muslimanska baština Bošnjaka u Južnoj (Srednjoj) Hercegovini*. Mostar: Islamski centar.
- Haşim, A. (1921). *Müslüman Saati*. Dergah Dergisi, Sayı 1 15 Nisan 1337.

- Hogendijk, J. P. (1994). The qibla table in the Ashrafi Zij. In: Anton von Godtstedter (ed.) *Ad Radices. Festband zum fünfzigjährigen Bestehen des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität* (pp. 81-94). Frankfurt am Main Stuttgart (Steiner).
- Indžić, S. (2019). Specifičnosti travničkih vakufa, *Vakufi u Bosni i Hercegovini: Vakufi u Travniku*, 9, str. 53-70.
- Jelavić, V. (1908). Doživljaji Francuza Poulet-a na putu kroz Dubrovnik i Bosnu (godine 1658) [Доживљаји Француза Poulet-a на путу кроз Дубровник и Босну (године 1658)]. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, XX, str. 23-75.
- Kantardžić, M. (1974). Gazi Husrev-begova sahat-kula i muvekithana i način mjerjenja vremena. *Analji Gazi Husrev-begove biblioteke*, II-III, str. 175-184.
- Kemura, S. F. (1908). Javne muslimanske građevine u Sarajevu. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, XX, str. 475-512.
- Kennedy E. S. & Kennedy, M. H. (1987). *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*. Frankfurt: IGAIW.
- King, A. D. (1995). The orientation of medieval Islamic religious architecture. *Journal of History Astronomy*, 26, str. 253-274.
- King, D. A., Samsó, J., & Goldstein, B. R. (2001). Astronomical Handbooks and Tables from the Islamic World (750-1900): an Interim Report. *Suhayl. International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*, 2, str. 9-105,  
<https://raco.cat/index.php/Suhayl/article/view/199585>.
- Kosidovski, Z. (1987). Kada je sunce bilo bog [Када је сунце било бог]. Beograd: Srpska književna zadruga.
- Kreševljaković, H. (1927). Sarajevska čaršija, njeni esnafi i obrti za osmanlijske uprave. *Narodna starina*, 6(14), str. 15-58.
- Kreševljaković, H. (1936). Esnafi i obrti u Bosni i Hercegovini (1463-1878). *Zbornik za narodni život i običaje Južnih Slovena*, XXX(1), str. 55-178.
- Kreševljaković, H. (1957). Sahat-kule u Bosni i Hercegovini – prilog za studij konzervacije. *Naše starine - Godišnjak Zemaljskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirodnih rijetkosti NR BiH*, 4, str. 17-32.
- Kreševljaković, H., i Korkut M. D. (1961). *Travnik u prošlosti 1464-1878 (Naročito kao glavni grad Bosne 1699-1850)*. Travnik: Zavičajni muzej Travnika.
- Kreševljaković, H. (1991). Esnafi i obrti u Bosni i Hercegovini (1463-1878). U A. Sučeska i E. Pelidića (Ured.), *Izabrana djela/Hamđija Kreševljaković*. Sarajevo: Veselin Masleša.

- Kumbasar, M. Z. (2008). *Osmanni dönemi istanbul muvakkithaneleri* [neobjavljeni magistarski rad]. İstanbul Üniversitesi.
- Mahmutović, E. (2011). Kalendar. M. Prljača (Ur.), *Takvim za 2011. godinu* (325-342). Islamska zajednica u Bosni i Hercegovini.
- Mehmedović, A. (2021). Ali Šerif-eftendija Faginović. *Preporod*, 62, str. 63.
- Meyer, W. (1985). *İstanbul'daki Güneş Saatleri*. İstanbul: Sandoz kültür yayinları.
- Mirković, L. (1920). *Pravoslavna liturgika ili nauka o bogosluženju Pravoslavne Istočne crkve, drugi, posebni deo* [Православна литургија или наука о богослужењу Православне источне цркве – први, посебни део]. Sr. Karlovci: Srpska manastirska štamparija.
- Münster, S. (1533). *Horologiographia*. Basileae: H. Petrvs.  
<https://archive.org/details/horologiographia00muns/page/248/mode/2up>
- Mujezinović, M. (1974). Inpublished inscriptions from Gazi Husrev - bey's edifices in Sarajevo. *Analı Gazi Husrev-Begove Biblioteke*, 2(2-3), str. 185-192. <https://www.anali-ghb.com/index.php/aghb/article/view/37>
- Mulaomerović, J. (1985). Muvekithane – prve astronomske institucije u Bosni i Hercegovini. *Zbornik radova VII nacionalne konferencije astronoma Jugoslavije*, str. 25-27.
- Mulaomerović, J. (1987). Kvadranti u Bosni i Hercegovini. *Analı Gazi Husrev-Begove Biblioteke*, 8(13-14), str. 227-240.  
<https://analı-ghb.com/index.php/aghb/article/view/519>
- Mulaomerović, J. (1990). Muvekkithane, muvekkiti i mjerene vremena. *Analı Gazi Husrev-Begove Biblioteke*, 9(15-16), str. 267-282. <https://www.anali-ghb.com/index.php/aghb/article/view/467>
- Mulaomerović, J. (1991). Mjerene vremena, kalendari i astronomija u osmansko doba u Bosni i Hercegovini. U E. Kujundžić (ur.), *Islamski kalendar i astronomija* (str. 171–218). Sarajevo: Mešihat Islamske zajednice.
- Okretanje prema kibli* (10. 04. 2008). Preuzeto 24. 03. 2022. sa <https://www.islamskazajednica.ba/index.php/dzemal-dzamija/3098-okretanje-prema-kibli>
- Pamuchina, J. (1873). Zhizn' Ali-pashi Rizvanbegovicha, stol'chanina, vizirya Gertsegovinskogo [Жизнь Али-паши Ризванбековича, стольчанина, визиря Герцеговинского]. U D. Ye. Kozhanchikov (Ur.), *Sobraniye sochineniy A. Gil'ferdinga: T. 3- Bosniya, Gertsegovina i Staraya Serbiya* (str. 329-379). Sankt-Peterburg: Tip. V. Demakova.

- Paić-Vukić, T. (2007). *Svijet Mustafe Muhibbija, sarajevskoga kadije*. Zagreb: Srednja Europa.
- Pohl, H. (1958). *Od klepsidre do atomskog sata*. Zagreb: Naprijed.
- Pipunyrov, V. N. (1982). *Istorija časov s drevnejših vremen do naših dnej* [История часов с древнейших времен до наших дней]. Moskva: Nauka.
- Podosinov, A. V. (1999). *Ex oriente lux! Oriyentatsiya po stranam sveta v arkhaicheskikh kul'turakh Yevroazii* [Ex oriente lux! Ориентация по странам света в архаических культурах Евроазии]. Moskva: Yaziky russkoj kul'tury.
- Rečnik srpskog jezika* [Речник српског језика] (2007). Novi Sad: Matica srpska.
- Roegel, D. (2008). *An Extension of Al-Khalīl's Qibla Table to the Entire World*. INRIA technical report inria-00336090.  
<http://locomat.loria.fr>)
- Skenderova, S. (1873). L'yetopis' Bosnii [Лъетопись Боснії]. U D. Ye. Kozhanchikov (Ur.), *Sobraniye sochineniy A. Gil'ferdinga: T. 3- Bosniya, Gertsegovina i Staraya Serbiya* (str. 381-467). Sankt-Peterburg: Tip. V. Demakova.
- Schmidl, P. S. (2017). Two Early Arabic Sources on the Magnetic Compass. *Journal of Arabic and Islamic Studies*, 1, str. 81–132.  
<https://doi.org/10.5617/jais.4547>
- Strausz, A. (1882). *Bosnien: Land und Leute: historischethnographisch-geographische Schilderung, Erster Band*. Wien: Druck und Verlag von C. Gerold's Sohn.
- Škaljić, A. (2016). *Turcizmi u srpskohrvatskom jeziku*. Novi Sad: Prometej.
- Tadić, M. (1981). Matematičko-geografska analiza sumraka. *Geografski pregled*, 25, str. 5-22.
- Tadić, M. (1985). Travnička ruhamma: istina o sunčanom satu Travnika. *Zbornik III programa Radio Sarajeva*, 49, str. 465–474.
- Tadić, M. (1991a). Stari sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku. *Zbornik radova Zavičajnog muzeja u Travniku*, 4, str. 33–48.
- Tadić, M. (1991b). Stari sunčani sat Hadži Ali-begove džamije u Travniku: provera njegove egzaktnosti. U E. Kujundžić (ur.), *Islamski kalendar i astronomija* (str. 247–255). Sarajevo: Mešihat Islamske zajednice.
- Tadić, M. (1991c). Određivanje azimuta kible Travnika prema prolazu sunca kroz njen vertikal. U E. Kujundžić (ur.), *Islamski kalendar i astronomija* (str. 256–259). Sarajevo: Mešihat Islamske zajednice.

- Tadić, M. (2004). *Matematička geografija* [Математичка географија]. Beograd: Zavod za udžbenike.
- Tadić, M. (2006). Kartografske projekcije u astronomiji [Картографске пројекције у астрономији]. *Zbornik radova - Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 54, str. 219-228.
- Tadić, M. (2014). Vizantijski časovni sistem srpskog manastira Hilandar (i cele Svetе Gore) [Византијски часовни систем српског манастира Хиландар (и целе Свете Горе)]. *Zbornik radova – Geografski fakultet Univerziteta i Beogradu*, 62, str. 1-24.
- Tadić, M. (2021). Zwei Wandsonnenuhren des osmanischen Typs. *Rundschreiben der Arbeitsgruppe Sonnenuhren im Österreichischen Astronomischen Verein*, 62, pp. 7-9.
- Tadić, M. & Kovačić, Z. (2016). Orientation of the Fifteenth and Sixteenth Century Mosques in the Former Yugoslavia. *J. Geogr. Inst. Cvijic*, 66(1), str. 1-17.
- Tadić, M., Obradović, V. (2021). Orientacija najstarijih srpskih manastirskih crkava u Republici Srpskoj, Federaciji BiH i Republici Hrvatskoj. *Verzal: časopis za kulturnu baštinu i nauku o knjizi*, 1, str.105-115.
- Timofeyev I.V. (1986). *Biruni* [Бируни]. Moskva: Molodaya gvardiya.
- Truhelka, Č. (1911). Tursko-slovenski spomenici dubrovačke arhive. *Glasnik Zemaljskog muzeja*, II, str. 303-350.
- Truhelka, Č. (1912). Gazi Husrefbeg, njegov život i njegovo doba. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, XXIV, str. 91-234.
- Vastu-shastra (1): Canons of Architecture* (11. 02. 2022). Vastu-shastra: Hindu Science of Arhitecture, v.1. Preuzeto sa <https://www.wisdomlib.org/hinduism/book/vastu-shastra-1-canons-of-architecture/d/doc1085302.html>
- Vitkovskiy, V. V. (1915). *Lektsii po sferycheskoy astronomii chitannyye v Imperatorskom Pedagogicheskem Institute v Sankt-Peterburge 1914-1915. goda* [Лекции по сферической астрономии читанные в Императорском Педагогическом Институте в Санкт-Петербурге 1914-1915. года] [rukopis, 18180/ 4 ]. Rossiyskaya gosudarstvennaya biblioteka, Moskva.
- Vitruvij (1936). *Desyat' knig ob arkhitekture. Tom I*. Tekst traktata [Десять книг об архитектуре. Том I. Текст трактата] (F. A. Petrovskiy, Prev.). Moskva: Vsesoyuznoy Akademii arkhitektury.
- Vitruvije, M. P. (1951). *Deset knjiga o arhitekturi* (M. Lopac, Prev.). Sarajevo: Svetlost.
- Živković, M. (1894). *Sarajevo: od svog postanka do danas* [Сарајево: од свог постанка до данас]. Požarevac: Štamparija Mihaila Kostića.

## RJEČNIK MANJE POZNATIH RIJEČI (riječi koje nisu objašnjene u tekstu)

### a) Naučni pojmovi (matematička geografija, gnomonika, sferna astronomija, geodezija)

**Alafranga/alafranka (alla franca)** – na (zapadno)evropski način.

**alaturka (alla turca)** – na turski (islamski) način; uporedo sa alafranga, kulturni koncepti specifični za prostor Osmanskog carstva.

**almukantarat** – mala kružnica nebeske sfere paralelna horizontu, zajedno sa vertikalima čini horizontsku koordinatnu mrežu nebeske sfere.

**astronomска refrakcја** – prelamanje u atmosferi svjetlosnih zraka s nebeskih tijela, i u vezi s tim, promjena njihovog prividnog položaja na nebeskoj sferi.

**astronomski azimut** – diedarski ugao mjerен u smjeru kazaljke na satu, od južnog dijela ravni nebeskog meridijana određene tačke do ravni vertikala koja sadrži dati pravac.

**azimut** – diedarski ugao (ugao formiran presjekom dvije ravni) koji se orijentiše u odnosu na sjeverni pravac. Azimut pravca od date tačke do druge tačke naziva se direktni azimut, a obrnuto – povratni azimut. U zavisnosti od početka izračunavanja ugla razlikuju se geografski, astronomski, gedetski i magnetni azimuti.

**astrologija** – zabava zasnovana na astronomiji.

**deklinacija** – sferna udaljenost određene tačke od nebeskog ekvatora. Sferna koordinata (zajedno sa časovnim uglom) u lokalnom ekvatorskom koordinatnom sistemu. Označava se sa  $\delta$  i mjeri od  $0^\circ$  (tačke na ekuatoru) do  $\pm 90^\circ$  (sjeverni i južni nebeski pol).

**deklinaciona kružnica / satna kružnica** – velika polukružnica nebeske sfere normalna na nebeski ekvator; velika polukružnica nebeske sfere koja spaja nebeske polove.

**diopter** – svaki instrument opremljen sa jednim ili više perforiranih nišana kroz koje se mogu vršiti posmatranja/viziranja.

**efemeride** – godišnjaci sa podacima o položajima planeta, Sunca i mjeseca, obično priređeni za narednu godinu.

**ekliptika** – velika kružnica nebeske sfere, nagnuta prema nebeskom ekvatoru pod uglom od približno  $\varepsilon = 23^\circ 27'$ . Duž ekliptike se tokom godine kreće centar sunčevog diska odražavajući stvarno kretanje Zemlje po njenoj orbiti. Smjer godišnjeg kretanja Sunca po ekliptici suprotan je smjeru dnevne rotacije nebeske sfere. Ekliptika presjeca ekvator u ekvinocijskim tačkama, proljećnoj i jesenjoj koje se označavaju tradicionalnim znacima Ovna i Vage ( $\gamma$ ,  $\omega$ ).

**ekvator / polutar** – velika kružnica na površini Zemljine lopte (ili Zemljinog elipsoida), normalna na Zemljinu rotacionu osu. Prva osnovna kružnica u geografskom koordinatnom sistemu. Linija stalne ravnodnevice. Dijeli Zemljinu loptu na sjevernu i južnu poluloptu.

**ekvinociji** – trenuci u kojima centar sunčevog diska prelazi nebeski ekvator. Postoje proljećni i jesenji ekvinocij. Proljećni ekvinocij se dešava kada sunce prelazi sa južne na sjevernu nebesku hemisferu i obično pada oko 21. marta. Jesenja ravnodnevica nastupa oko 23. septembra. Oko ekvinocija je dužina obdanice približno jednaka dužini noći na cijeloj Zemljinoj kugli pa otuda i nazivi, proljećna i jesenja ravnodnevica.

**geografska dužina** – sferni ugao između Griničkog meridijana i meridijana odredene tačke. Sa geografskom širinom, koordinata u geografskom koordinatnom sistemu kojom je određen položaj tačke u smjeru zapad-istok. Označava se grčkim slovom  $\lambda$  i mjeri od  $0^\circ$  (tačke na Griničkom meridijanu) do  $\pm 180^\circ$ . Tačke na istočnoj Zemljinoj polulopti imaju pozitivne, a na zapadnoj polulopti negativne geografske dužine. Umjesto predznaka koriste se i slovne oznake, E za istočne i W za zapadne geografske dužine, na primjer, Beograd ( $\lambda = 20^\circ 28'$  ili  $20^\circ 28' E$ ), a Havana ( $\lambda = -82^\circ 22'$  ili  $20^\circ 28' W$ ). Geografska dužina se izražava i u časovnoj mjeri:  $15^\circ = 1 \text{ h}$ .

**geografska širina** – sferno rastojanje date tačke od ekvatora; ugao koji vertikala (na Zemljinom elipsoidu, normala) zaklapa sa ravni ekvatora. Zajedno sa geografskom dužinom koordinata u geografskom koordinatnom sistemu kojom je određen položaj tačke u smjeru jug-sjever. Označava se grčim slovom  $\phi$  i mjeri od  $0^\circ$  (tačke na ekvatoru) do  $\pm 90^\circ$  (sjeverni i južni geografski pol). Tačke na sjevernoj Zemljinoj polulopti imaju pozitivne, a na južnoj polulopti negativne geografske dužine. Umjesto predznaka, koriste se i slovne oznake, N za sjeverne i S za južne geografske širine, na primjer, Beograd ( $\phi = 44^\circ 49'$  ili  $40^\circ 49' N$ ), a Havana ( $\phi = -12^\circ 03'$  ili  $12^\circ 03' S$ ).

**geografske koordinate** – geografska širina i geografska dužina.

**geografski azimut / pravi azimut** – diedarski ugao mјeren od  $0$  do  $360^\circ$  u smjeru kretanja kazaljke na časovniku, od sjevernog dijela ravni

geografskog meridijana određene tačke do vertikalne ravni koja sadrži dati pravac.

**geografski koordinatni sistem** – sferni koordinatni sistem na Zemljinoj lopti čiji su elementi: polarna osa – Zemljina rotaciona ose, sferni polovi – sjeverni i južni geografski pol, prva osnovna kružnica – ekvator, druga osnovna kružnica – Grinički meridijan, linije koordinatne mreže (geografske mreže) – meridijani i paralele, sferne koordinate – geografska širina i geografska dužina.

**gornja kulminacija** – prolazak nebeskog tijela kroz meridijan određenog mjesta, iznad horizonta. Gornja kulminacija odgovara maksimalnoj visini nebeskog tijela iznad horizonta.

**gnomon** – instrument čija sjenka služi za prostornu i vremensku orijentaciju, ili, instrument prema čijoj se sjenci određuju elementi sunčeve geometrije.

**gnomonika** – naučna disciplina koja proučava hod sjenke gnomona u cilju vremenske i prostorne orijentacije; teorija i konstrukcija sunčanih satova.

**gnomonist/a** – stručnjak za gnomoniku.

**gnomonska projekcija** – perspektivna projekcija kod koje projekciona ravan tangira Zmljinu loptu ili nebesku sferu, a centar perspektive se nalazi u centru iste lopte. Ključno svojstvo gnomonske projekcije je to što se sve velike kružnice projektuju kao prave linije dok se male kružnice projektuju kao konusni presjeci čiji oblik (hiperbola, parabola, elipsa, kružnica) zavisi od položaja projekcione ravni.

**horizont** – velika kružnica nebeske sfere normalna na vertikalu stajne tačke; prva osnovna kružnica u horizontskom koordinatnom sistemu. Dijeli nebesku sferu na dnevnu i noćnu nebesku hemisferu.

**horizontski koordinatni sistem** – sferni koordinatni sistem na nebeskoj sferi čiji su elementi: polarna osa – vertikala, sferni polovi – zenit i nadir, prva osnovna kružnica – horizont, druga osnovna kružnica – nebeski meridijan, linije koordinatne mreže – almukantarati i vertikali, sferne koordinate – visina i astronomski azimut ( $h, A$ ).

**južna tačka** – tačka horizonta najbliža južnom nebeskom polu.

**kibletnama** – pokazivač kible, modifikovani kompas za odeđivanje kible.

**ljetnje vrijeme** – prelaz u slijedeću časovnu zonu (tj. pomjeranje kazaljki jedan sat naprijed) u ljetnjoj polovini godine. Primjenjuje se u mnogim zemljama koje se nalaze u srednjim geografskim širinama kako bi se maksimalno iskoristila sunčeva svjetlost i uštedjela električna energija. U ekvatorijalnim zemljama ljetnje vrijeme nema smisla.

**lokalni ekvatorski koordinatni sistem** – sferni koordinatni sistem na nebeskoj sferi čiji su elementi: polarna osa – nebeska osa, sferni polovi – sjeverni i

južni nebeski pol, prva osnovna kružnica – nebeski ekvator, druga osnovna kružnica – nebeski meridijan, koordinatna mreža – nebeske paralele i deklinacione/časovne kružnice, sferne koordinate – deklinacija i časovni ili satni ugao ( $\delta$ , t).

**lokalno vrijeme** – vrijeme (pravo sunčeve ili srednje sunčeve, svejedno) datog mjestu na Zemlji, definisano njegovom geografskom dužinom. Za lokalno vrijeme važi odnos: razlika lokalnih vremena jednaka je razlici odgovarajućih geografskih dužina.

**loksodroma** – kriva koja sve meridijane presjeca pod istim uglom (loksodromskim uglom), približavajući se polu sa svakim novim zaokretom. Koristi se pomorskoj navigaciji i vazduhoplovnoj navigaciji za održavanje konstantnog kursa. Loksodromska udaljenost između dvije tačke na površini Zemljine lopte ili elipsida uviјek je veća od ortodromske udaljenosti. Jedino se u Mercatorovoј projekciji loksodroma prikazuje kao prava linija i zato se u toj projekciji izrađuju nautičke karte.

**magnetna deklinacija** – ugao između geografskog i magnetnog meridijana u određenoj tački na površini Zemlje. Magnetna deklinacija se smatra pozitivnom ako je sjeverni kraj magnetne igle kompasa zakrenut istočno od geografskog meridijana, a negativnom, ako je zakrenut ka zapadu. Vrijednost magnetne deklinacije upisuje se na marginama listova topografskih karata.

**magnetni azimut** – ugao mjerен od sjevernog pravca magnetne igle kompasa u smjeru kretanja kazaljke na časovniku, do određenog pravca. Magnetna igla odstupa od meridijanskog pravca za veličinu magnetne deklinacije. Magnetna deklinacija je pozitivna prema istoku, a negativna prema zapadu.

**mala kružnica** – kružnica čiji je poluprečnik manji od poluprečnika lopte na kojoj je opisana; presjek lopte sa ravni koja ne prolazi kroz njen centar. Na Zemljinoj lopti, paralele su male kružnice.

**matematička geografija** – 1) geografska disciplina koja se bavi izračunavanjima prostornih i vremenskih odrednica određene tačke na površini Zemljine lopte, ili Zemljine lopte u cjelini; geografska disciplina koja se bavi izračunavanjima na površini Zemljine lopte; 2) geografska disciplina koja se bavi primjenom matematičkih metoda u geografiji.

**matematičkogeografski položaj** – položaj određene tačke u geografskom koordinatnom sistemu. „Matematički” je zato što se određuje u sfernem koordinatnom sistemu, a „geografski” zato što je taj sistem uspostavljen na Zemljinoj lopti. Matematičkogeografski položaj konkretne teritorije određen je geografskim koordinatama ekstremnih tačaka njene granice (granične linije): najsjevernije (N), najjužnije (S), najzapadnije (W) i najistočnije (E).

**matematički horizont** – velika kružnica nebeske sfere (ili Zemljine lopte) koja je normalna ne vertikalnu odredene stajne tačke.

**meridijan / podnevak** – velika polukružnica na Zemljinoj lopti normalna na ekvator; velika polukružnica koja spaja geografske polove. Na Zemljinom elipsoidu je poluelipsa. Nazvan je tako jer predstavlja skup tačaka koje imaju zajedničko podne.

**nadir** – tačka nebeske sfere dijametralno suprotna zenitu; sferni pol južne nebeske hemisfere.

**nebeski ekvator** – velika kružnica normalna na nebesku osu; prva osnovna kružnica u ekvatorskom koordinatnom sistemu nebeske sfere. Dijeli nebesku sferu na sjevernu i južnu nebesku hemisferu.

**nebeski meridijan** – velika kružnica nebeske sfere koja prolazi kroz nebeske polove, zenit i nadir.

**nebeska osa / svjetska osa** – osa koja spaja nebeske polove; paralelna Zemljinoj rotacionoj osi. Sa ravni horizonta odredene tačke zaklapa ugao jednak geografskoj širini te tačke.

**nebeska sfera** – zamišljena sfera proizvoljnog poluprečnika, sa centrom u proizvoljnoj tački, na koju se projektuju nebeska tijela. Za centar nebeske sfere obično se uzima stajna tačka posmatrača, ili centar Zemlje. Rotaciona osa nebeske sfere (nebeska osa) paralelna je rotacionoj osi Zemlje.

**nebeski polovi** – antipodne tačke (sjeverni i južni nebeski pol) u kojima nebeska osa prodire nebesku sferu. U savremeno doba, sjeverni nebeski pol pada blizu zvijezde Sjevernjače.

**nebeski povratnici** – sjeverni i južni (Rakov i Jarčev): nebeske paralele, prividne dnevne putanje sunca za solsticija ( $\delta = \mp 23^\circ 27'$ ).

**obdanica** – vremenski razmak između izlaska i zalaska sunca; vremenski razmak između dva uzastopna prolaska sunca kroz almukantarat  $h = -51^\circ$ . Mijenja se u zavisnosti od geografske širine i deklinacije sunca, na srednjoj geografskoj širini Srbije ( $\phi = 44^\circ$ ) u rasponu od 8 h 53 min do 15 h 30 min.

**ortodroma** – kraći luk velike kružnice koja prolazi zadatim tačkama; najkraća putanja između dvije tačke na površini Zemljine lopte. Ortodroma presjeca meridijane pod različitim uglovima pa se u praksi zamjenjuje loksodromom, dužom ali jednostavnijom putanjom po kojoj brodovi plove i avioni lete ne mijenjajući kurs zauzet u polaznoj tački. Kod prekooceanskih putovanja, kao srednje rješenje, određena ortodroma se raščlanjuje na više loksodroma.

**ortodromska udaljenost** – sferna udaljenost između dvije tačke na površini Zemljine lopte.

**ortogonomon** – horizontalni pokazivač sjenke, štap, postavljen normalno na vertikalnu ravan sunčanog sata (na ravan zida)

**paralela / uporednik** – mala kružnica uporedna s ekvatorom. Zajedno sa meridijanima čini geografsku koordinatnu mrežu.

**podnevna visina sunca** – visina sunca u gornjoj kulminaciji; maksimalna visina koju sunce postigne u toku dana. Zavisi od geografske širine i deklinacije sunca. Izračunava se po formuli  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , u kojoj je  $\varphi$  geografska širina mjesta, a  $\delta$  deklinacija sunca. Na srednjoj geografskoj širini Srbije ( $\varphi = 44^\circ$ ), podnevna visina sunca tokom godine mijenja se u rasponu  $22^\circ 33' \leq h \leq 69^\circ 27'$ .

**pojasno vrijeme / zonalno vrijeme** – vrijeme ustanovljeno medunarodnim sporazumom u regijama i zemljama tako da razlika između lokalnog i svjetskog vremena na cijeloj planeti iznosi cijeli broj sati. Površina Zemlje je duž meridiana podijeljena na 24 časovne zone. Srednji meridijani vremenskih zona idu duž meridiana  $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ \dots$  istočno i zapadno od Griniča. U svakoj časovnoj zoni 12 časova je u trenutku gornje kulminacije srednjeg sunca nad horizontima njenog srednjeg meridijana. Zemlje nastale raspadom nekadašnje Jugoslavije nalazi se u srednjoevropskoj časovnoj zoni (srednji meridijan  $15^\circ$ ), to jest, ravnaju se prema srednjoevropskom vremenu (oznaka CET).

**pravo sunčevu vrijeme** – sistem računanja vremena koji se upravlja prema prividnom kretanju pravog sunca. Pravo sunčevu vrijeme pokazuje samo sjenka sunčanog sata.

**pravo sunčevu podne** – trenutak gornje kulminacije pravog sunca nad horizontom određene tačke; trenutak u kome sunce određenog dana postigne najveću visinu nad horizontom. Izračunava se po formuli:  
 $T = 12 h - e + (15 - \lambda)^\circ \times 4 \text{ min}$  ( $e$  je vremensko izjednačenje čije se vrijednosti daju u astronomskim godišnjacima, a  $\lambda$  geografska dužina mjesta).

**prvi nautički sferni trougao** – sferni trougao na Zemljinoj lopti čija tjemena čine geografski pol i dvije odredene tačke (dva mjesta, luke).

**prvi vertikal** – velika kružnica nebeske sfere koja prolazi kroz istočnu i zapadnu tačku, zenit i nadir.

**satni / časovni ugao** – sferna koordinata (zajedno sa deklinacijom) u lokalnom ekvatorskom koordinatnom sistemu; sferni ugao između južne polukružnice nebeskog meridijana i deklinacione kružnice određenog nebeskog tijela. Izražava se u časovnoj meri:  $15^\circ = 1 \text{ h}$ .

**sjeverna tačka** – tačka matematičkog horizonta najbliža sjevernom nebeskom polu.

**sekundarna kružnica** – kružnica na sferi normalna na određenu osnovnu kružnicu.

**sferna astronomija** – astronomska disciplina koja se bavi određivanjem položaja nebeskih tijela na nebeskoj sferi.

**solsticiji** – prolasci sunca kroz tačke ekliptike najudaljenije od nebeskog ekvatora (solsticijske tačke). Postoje ljetnji (dugodnevica) i zimski solsticij (kratkodnevica). Na sjevernoj hemisferi ljetnji solsticij obično pada 21. juna, a zimski solsticij 21. decembra; na južnoj hemisferi je obrnuto.

**srednje sunce** – zamišljeno sunce (zamišljena tačka) koje se, umjesto po ekliptici, kreće po nebeskom ekvatoru, ravnomjernom brzinom.

**srednje sunčeve vrijeme** – sistem računanja vremena koji se upravlja prema prividnom kretanju srednjeg sunca.

**srednjoevropsko vrijeme** – pojasno vrijeme u kome gornja kulminacija srednjeg sunca nad horizontima meridijana  $15^{\circ}$  E označava 12 sati; pojasno vrijeme koje važi na prostoru bivše Jugoslavije. Oznaka srednjoevropskog vremena je CET.

**sunčani sat / sunčani časovnik** – vrsta sata kod koga sjenka gnomona ima ulogu kazaljke; sprava koja sjenkom gnomona pokazuje dnevne sate i izabrane datume.

**velika kružnica** – kružnica čiji je poluprečnik jednak poluprečniku lopte na kojoj je opisana; presjek lopte sa ravni koja prolazi kroz njen centar. Na Zemljinoj loći velika kružnica je ekvator, dok su meridijani velike polukružnice.

**vertikal** – velika polukružnica nebeske sfere normalna na horizont; velika polukružnica nebeske sfere koja spaja zenit i nadir; sekundarna polukružnica u horizontskom koordinatnom sistemu.

**zenit** – tačka u kojoj vertikala prodire nebesku sferu iznad ravni horizonta; sfernji pol horizonta.

**zenitna udaljenost** – sferna udaljenost određene tačke nebeske sfere od zenita. Horizontska koordinata komplementarna visini:  $z = 90^{\circ} - h$ . Na Zemljinom elipsoidu to je vertikalni ugao mjerjen od normale (geodetska zenitna udaljenost), od  $0^{\circ}$  do  $180^{\circ}$ .

## b) Turcizmi

[Objašnjenja pojmove uglavnom su preuzeta iz *Rečnika srpskog jezika* (2007) i *Rječnika turcizama u srpskohrvatskom jeziku* (Škaljić, 2016).]

**abadžija** – suknar: zanatlija koji pravi odjeću od sukna ili tgovac koji je prodaje.

**aga** – niži vlastelin, plemić u Bosni vrijeme turske vladavine (čiju su zemlju obradivali kmetovi); vojni starješina u nekadašnjem Osmanskom carstvu.

**bakal/in** – trgovac na malo životnim namirnicama i kolonijalnom robom.

**berber/in** – onaj koji se bavi brijanjem i šišanjem.

**čalma** – bijeli platneni povez oko fesa kod muslimana, turban.

**džuma** – svećana islamska molitva u džamiji, petkom u podne.

**efendija** – titula obrazovanih ljudi kod muslimana, gospodin.

**esnaf** – udruženje zanatlja iste struke, ceh.

**groš** – kovani novac različite vrijednosti u raznim zemljama; u Turskoj se naziv gruš (guruš) upotrebljavao za srebrenjak od 40 para.

**hadžija** – onaj koji je išao na hadžiluk: kod hrišćana hodočasnik koji je posjetio Jerusalim, a kod muslimana, hodočasnik koji je posjetio Meku.

**hafiz** – onaj koji zna cijeli Kur'an napamet, mudar, učen čovjek.

**hanikah** – tekija sa internatom za derviše; derviški manastir s internatom za derviše gdje se odvijaju vjerska predavanja

**ilmihal** – udžbenik za osnovna znanja iz islamske vjeroulike.

**imaret** – javna dobrotvorna kuhinja u kojoj su siromašni dobijali hranu besplatno

**irtifa / iltifa** – visina.

**jezidžija** – pisar.

**katib** – pisac, pisar, prepisivač ili sekretar.

**kibletnama** – sprava koja pokazuje pravac prema Meki, kiblu.

**medresa** – muslimanska vjerska škola u koju se stupa nakon završenog mekteba (muslimanske osnovne vjerske škole).

**mehkema** – sud, zgrada suda.

**mikat** – posebna mjesta van čijih granica vjernici iz cijelog svijeta koji dolaze u Meku ne mogu da pređu bez prethodnog ritualnog pranja tijela, oblačenja posebne odjeće i upoznavanja sa pravilima hrama; u vremenskom smislu to su određeni periodi godine kada se može obaviti hadž.

**miralaj** – pukovnik u Osmanskom carstvu.

**muderis** – nastavnik medrese.

**mula** – viši kadija u doba turske vladavine.

**nahija** – najmanja administrativna jedinica u Osmanskom carstvu.

**paša** – titula visokih vojnih i civilnih velikodostojnika u Osmanskom carstvu; nosilac takve titule.

**ramazan** – deveti mjesec islamskog vjerskog kalendarja, mjesec svakodnevnog posta od zore do akšama.

**ramazanska vaktija** – tabela sa vremenima (sat:minut) početaka kanonskih islamskih dnevnih molitvi i početka i kraja posta tokom mjeseca posta, ramazana.

**rebiul-ahir** – arapski naziv (Rebi-ul-ahir) za treći mjesec islamskog kalendarja.

**sandžak** – oblast u nekadašnjem Osmanskom carstvu na čijem je čelu bio sandžak beg.

**sarač** – zanatlija koji pravi sedla i drugu konjsku opremu, sedlar.

**sunet** – sve ono što je Muhamed radio ili odobrio da se radi, a nije zapisano u Kurantu; obred obrezivanja muške djece kod muslimana.

**šerefet / šerefe** – „balkon” na gornjem dijelu minareta sa koga muezin poziva na molitvu.

**šerijet** – islamski zakon koji uključuje odredbe o temeljnim vjerskim sadržajima i vjerskoj praksi, kao i aspekte vjerske etike.

**tahta** – daska.

**takvim** – u knjigu uvezane tabele sa vremenima (sat:minut) početaka kanonskih islamskih dnevnih molitvi i početka i kraja posta, tokom cijele godine

**tekija** – derviška zgrada u kojoj se obavljaju derviški obredi, derviški manastir.

**vaktija** – mjesečna tabela sa vremenima (sat:minut) početaka kanonskih islamskih dnevnih molitvi, početka i kraja posta.

**vakuf** – muslimansko zadužbinsko imanje koje služi vjerskim i humanitarnim svrhama.

**zejdž** – vrsta amajlje sa magijskim zapisom; vrsta horoskopa.

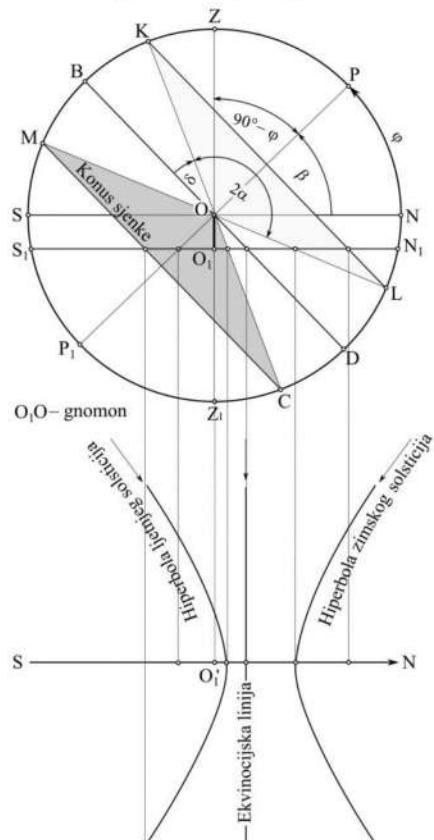
**zidž** – opšti naziv za astronomske tablice u islamskim zemljama. Osim samih tablica, sadržavali su uputstva za njihovo korišćenje. Bili su namijenjeni za rješavanje zadataka u vezi sa mjerjenjem vremena (od sastavljanja kalendarja do određivanja dužine dana i vremena molitvi), određivanju geografskih koordinata mjesta, azimuta kible i dr.

## PRILOG: TEORIJA GNOMONA

Perspektivna kartografska projekcija kod koje je centar perspektive u centru nebeske sfere, a konstrukcioni pol tačka u kojoj projekciona ravan (ravan određenog horizonta) dodiruje tu sferu, naziva se *gnomonska projekcija*. Gnomonska, zato što je poluprečnik nebeske sfere neodređen (veći od udaljenosti do najudaljenijeg nebeskog tijela) pa se njenim centrom može smatrati oko posmatrača ili vrh gnomona, svejedno.

Ulogu projekcione ravni ima ravan horizonta na geografskoj širini  $\phi$ . Na tu se ravan preko vrha gnomona  $O_1O$  (sl. 81) projektuju dnevni lukovi prividnih putanja sunca – za ekvinocija ( $\delta = 0^\circ$ ) kao prava linija (presjek ravni dva velika kruga, nebeskog ekvatora i horizonta), a u ostale dane kao konusni presjeci čiji oblik zavisi od geografske širine. Teško ih je jednostavnije i jasnije objasniti nego što je to učinio Biruni (1973, IV.11) još prije hiljadu godina:

„Treba zamisliti kraj gnomona kao zajedničko tjeme dva suprostavljenja konusa čije su baze dva kruga jednakog udaljenja od ekvatora, sa obje njegove strane. Zrak sunca koji se kreće po jednom od tih krugova, i spaja sunce sa vrhom gnomona, opisuje konus koji se naziva svjetlosni konus. Ako se pravac tog zraka produži, on dostiže drugi krug, suprotan i podudaran prvom, s obzirom da vrh gnomona označava centar svijeta [nebeske sfere]. Kao rezultat produžavanja tog zraka dobija se drugi konus koji se naziva konus sjenke.“



Slika 81. Meridijanski presjek nebeske sfere: BD je nebeski ekvator, KL i MC su nebeski povratnici kao prividne putanje sunca za solsticija, KOL je svjetlosni konus, MCO je konus sjenke, a O<sub>1</sub>O gnomon.

Ravan horizonta presjeca oba konusa po konusnim presjecima simetrično postavljenim jedan prema drugom, koji spadaju u hiperbole. Kao rezultat toga, kraj sjenke u toku dana, u naseljenom dijelu svijeta, opisuje hiperbolu čija se osa poklapa sa podnevačkom linijom a kraj sjenke u podne dostiže njeni tjeme, jer je podnevna sjenka najkraća. U mjestima van naseljenog dijela svijeta, na sjevernim širinama ne manjim od vrijednosti komplementarnih deklinacija [ $\varphi \geq 90^\circ - \delta$ ], sjenka osim hiperbole opisuje parabole i elipse. Stvarno, prividne putanje sunca su objedinjene u spiralu, ali detaljno razmatranje toga odvodi nas u oblast koja sada nije tema [u gnomonici se zanemaruju dnevne promjene deklinacije sunca] (str. 351-352).

Prethodno opisano u gnomonici se dokazuje izvođenjem jednačina putanja (datumskih linija na sunčanim satovima) koje opisuju krajevi sjenki gnomona visine  $v$  na horizontalnoj podlozi. Opšta jednačina drugog stepena (Vitkovskiy, 1915, str. 27) glasi;

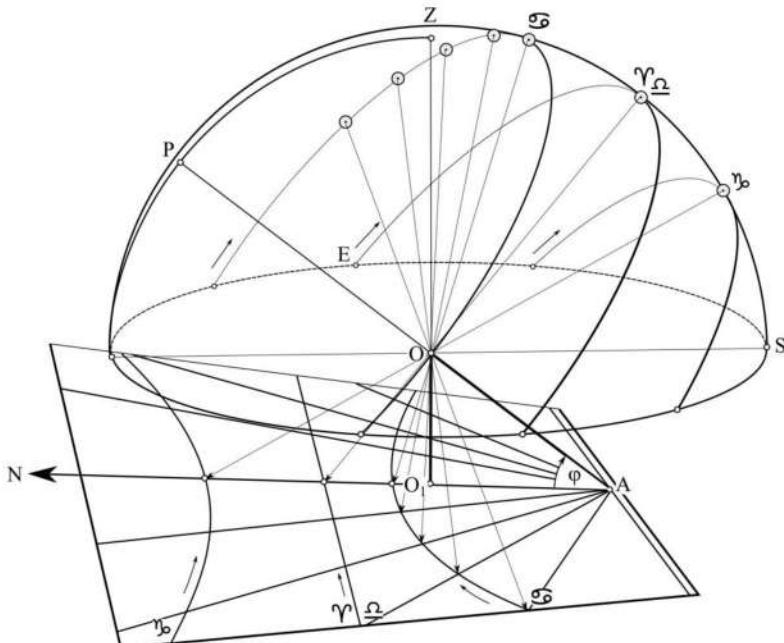
$$\frac{\left(x - \frac{v \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}\right)^2}{\left(\frac{v \cdot \sin\delta \cdot \cos\delta}{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}\right)^2} - \frac{y^2}{\left(\frac{v \cdot \cos\delta}{\sqrt{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}}\right)^2} = 1$$

To je jednačina hiperbole koja u granicama polarnih kalota, to jest, na geografskim širinama  $\varphi \geq 90^\circ - \delta$ , može preći u druge konusne presjeke (str. 27-30):

Geografska širina	Jednačina i naziv krive linije (datumske linije)	
1) Geografski polovi $\varphi = 90^\circ$	$x^2 + y^2 = v^2 \cdot \operatorname{ctg}^2\delta$	Krug poluprečnika $r = v \cdot \operatorname{ctg}\delta$ .
2) Polarne kalote $90^\circ > \varphi > 90^\circ - \delta$	$\frac{\left(x - \frac{v \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}\right)^2}{\left(\frac{v \cdot \sin\delta \cdot \cos\delta}{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{v \cdot \cos\delta}{\sqrt{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}}\right)^2} = 1$	Elipsa čije su poluose:
$a = \frac{v \cdot \sin\delta \cdot \cos\delta}{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}; \quad b = \frac{v \cdot \cos\delta}{\sqrt{\cos^2\varphi \cdot \sin^2\delta}}$		
3) Polarnici $\varphi = 90^\circ - \delta$	$y^2 + 2v \cdot \operatorname{tg}\varphi(x + v \cdot \operatorname{ctg}2\varphi) = 0$	Parabola.

Za ekvinocija ( $\delta = 0^\circ$ ) gnomonska projekcija nebeskog ekvatora kao prividna putanje sunca, jeste prava linija čija je jednačina,

$$x - v \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0.$$



Slika 82. Na skali sunčanog sata, datumske linije predstavljaju dnevne putanje kraja sjenke gnomona  $O_1O$  (ili polosa  $AO$ ), odnosno, predstavljaju gnomonske projekcije odgovarajućih nebeskih paralela kao prividnih dnevnih putanja sunca. Solsticijske hiperbole ograničavaju radno polje skale sunčanog sata van koga nikada ne izlazi kraj sjenke gnomona.

Na umjerenim geografskim širinama, to jest, u svim zemljama na prostoru nekadašnje Jugoslavije, sve dnevne putanje krajeva sjenki gnomona (polosa takođe), sa izuzetkom ekvinocijskih, prikazuju se kao hiperbole na ravnima sunčanih satova, horizontalih i vertikalnih, svejedno (sl. 82). Na sunčanim satovima Hadži Ali-begove džamije u Travniku i Hadži Memijine džamije u Mostaru, takođe.

Izdavač

**Astronomsko društvo „Ruđer Bošković”**

Narodna opservatorija, Kalemegdan, Gornji grad 16, 11000 Beograd

Tel. 011/3032133, imajl adresa: [adrba@adrba.org](mailto:adrba@adrba.org)

**<https://www.adrb.org>**

**<https://yusundials.com>**

---

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

681.111.1(497.6)  
28-564"68"(497.6)  
28-534.3

**ТАДИЋ, Милутин, 1955-**

Gnomonika alaturka : sunčani satovi Hadži Ali-begove džamije u Travniku i Hadži Memijine džamije u Mostaru / Milutin Tadić. - Beograd : Astronomsko društvo "Ruđer Bošković", 2022 (Beograd : Skripta internacional). - 167 str. : ilustr. ; 23 cm. - (Публикације Астрономског друштва "Руђер Бошковић" ; св. 24 = Publications of the Astronomical Society "Rudjer Bošković" ; no. 24)

Tiraž 300. - Rječnik manje poznatih riječi: str. 156-164. - Резюме ;  
Summary. - Bibliografija: str. 150-155.

ISBN 978-86-89035-24-7

a) Сунчани часовници -- Босна и Херцеговина б) Време --  
Одређивање

---

COBISS.SR-ID 72200969



**ADRB**  
<https://www.adrb.org>  
<https://yusundials.com>

---

ISBN 978-86-89035-24-7

---