

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Marina CESAREC

**IZRADA ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA POMOĆU *GEREH* PLOČICA
U RAČUNALNOM PROGRAMU ADOBE ILLUSTRATOR**

Zagreb, 2016.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za temeljne prirodne i tehničke znanosti na Tekstilno-tehnološkom Fakultetu u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. **Mirne Rodić** i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2015./16.

SADRŽAJ RADA

UVOD	1
1. ISLAMSKI GEOMETRIJSKI DIZAJN: POVIJEST I RAZVOJ.....	3
1.1. KRONOLOŠKI PREGLED ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA	6
Arhitektura Omejida	7
Arhitektura Abasida	11
Arhitektura Fatimida	13
Arhitektura Seldžuka	14
Arhitektura Mameluka	15
Arhitektura Otomana	17
Arhitektura Safavida	18
Arhitektura Mogula.....	19
Muslimani u Španjolskoj	22
2. SIMBOLIČKO ZNAČENJE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA	24
2.1. BOŽJE STVARALAŠTVO I GEOMETRIJA	25
2.2. SIMBOLIČKO ZNAČENJE I UPOTREBA BOJA.....	27
3. PRINCIP IZRADE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA	29
3.1. MREŽE I MNOGOKUTI.....	32
3.2. PETEROSTRUKI GEOMETRIJSKI DIZAJN	35
Osnovni način izrade uzoraka iz obitelji peterostrukog dizajna	35
4. <i>GEREH</i> UZORCI I <i>GEREH</i> PLOČICE	39
4.1. OTKRICE <i>GEREH</i> PLOČICA.....	42
4.2. METODA IZRAĐIVANJA <i>GEREH</i> PLOČICA POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA ADOBE ILLUSTRATOR	45
Izrada deseterokutne <i>gereh</i> pločice.....	47
Izrada peterokutne <i>gereh</i> pločice	48
Izrada šesterokutne <i>gereh</i> pločice	48
Izrada druge šesterokutne <i>gereh</i> pločice.....	49

Izrada četverokutne <i>gereh</i> pločice	49
4.3. PRIKAZ I ANALIZA IZRADE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA POMOĆU <i>GEREH</i> PLOČICA U RAČUNALNOM PROGRAMU ADOBE ILLUSTRATOR.....	50
Proces rada	50
Istraživanje načina popločenja i prezentacije kompozicija <i>gereh</i> uzoraka.....	51
Analiza završnih kompozicija <i>gereh</i> uzoraka	52
5. REZULTATI: SERIJA UZORAKA	57
ZAKLJUČAK	62
ZAHVALE	63
POPIS LITERATURE	64
IZVORI SLIKOVNOG GRADIVA.....	66
SAŽETAK.....	68
SUMMARY	69

UVOD

Islamska umjetnost obavijena je geometrijom. Od stranica Kurana do površina zgrada, gdje god da se okrenete i kamo god da pogledate, otkriva se tajanstven i strahopoštovanja vrijedan svijet geometrijskih kompozicija. Neopisiv je osjećaj koji čovjeka obuzme u mauzoleju Shah Cheragh u Širazu, čiji zidovi su obloženi s tisućama malenih komadića ogledala, kad zbog čarobne igre svjetla postaje sve manje siguran da je još uvijek na ovoj planeti.

Uistinu je malo vjerojatno da će islamski geometrijski uzorci bilo koga ostaviti ravnodušnim. Stoga nije začuđujuće da se o njima budi zanimanje i na Zapadu.

Prije par godina, dok sam živjela u Iranu, po prvi put sam se pobliže susrela s tom umjetnošću. Zanimanje se nastavilo i nakon povratka u Hrvatsku, ali se sve do prije godinu dana nisam udubljavala u njihovu izradu. Ni sama zapravo ne znam što me navelo da ih izrađujem, da li vjera u Boga ili radoznalost ili pak želja za znanjem. U svakom slučaju bilo je vrijedno truda.

Smatram da ni jedan dobar dizajn ne može nastati bez dostatnog poznavanja pozadine teme koja je pojedinca potaknula na stvaranje. Bilo da je rezultat dobar ili ne, na uradcima se uvijek osjeti mjera znanja njihovih autora. A uz to, proces proučavanja nudi mnoštvo ideja i tehnika s kojima se može poslužiti tijekom rada.

Povijest islamskih geometrijskih uzoraka je važna za njihovo razumijevanje. Mentalitet te okolina vladajućih dinastija općenito su uvelike utjecali na stil islamske umjetnosti. Osim toga, za njihovu je izradu neizostavno poznavanje pravila konstrukcije. Tek tako se moguće polako susretati s raznim otkrićima do kojih su došli nedavno. Jedan primjer za to, a ujedno i kamen temeljac geometrijskih kompozicija predstavljenih u ovom radu, su tzv. *gereh* pločice.

Ustaljeno je mišljenje da su pojedinačni islamski geometrijski uzorci konstruirani sa šestarom i ravnalom na pravokutnim ili pravilnim šesterokutnim jedinicama, koje je moguće pravilno periodički popločiti. No, taj postupak nije izvediv kod nekih kompozicija uzoraka proizašlih iz peterokuta te se sve do nanovo otkrivenih *gereh* pločica njihov način izrade nije mogao objasniti.

Gereh pločice se sastoje od pet jednakostraničnih mnogokuta s karakterističnim uzorkom te omogućuju periodičko i neperiodičko popločenje. Jednom kada se s njima prekrije površina, granice pločica se obrišu te ostaje samo kompozicija s mnoštvom uzoraka poput pravilnih peterokuta i deseterokrakih zvijezda, čije ponavljajuće jedinice bi zaista bilo teško konstruirati tradicionalnim putem.

Cilj ovog rada bio mi je predstaviti islamsku kulturu i njenu povijest, o kojoj se u ovom dijelu svijeta malo zna te osvijestiti kako združivanje matematike i umjetnosti može proizvesti zadivljujuće rezultate. Naime, čovjek tek proučavajući počinje shvaćati da je cjelina prirode plod mnoštva izuzetno složenih i precizno napravljenih dijelova. A takav način razmišljanja upravo odražavaju islamski geometrijski uzorci.

Uz to, što mi je kao studentu na području dizajna bilo još važnije, željela sam na svojim primjerima pokazati prijenos tradicionalne metode izrade islamskih geometrijskih uzoraka u suvremenu računalnu. Poznata je činjenica da je u današnjem digitalnom svijetu dizajna neizostavno dobro poznavanje vektorski baziranog računalnog programa Adobe Illustrator. Ne samo što omogućuje mnoštvo načina stvaranja i obrade različitih radova od logotipa do fotorealističkih ilustracija, već on zbog svoje matematičke strukture održava kvalitetu izradaka bez obzira na promjenu dimenzija.

Unatoč tome, za izradu islamskih geometrijskih kompozicija pomoću *gereh* pločica u Adobe Illustratoru već se na samom početku nailazi na prepreku jer taj program ne nudi funkcije za crtanje skupine potrebnih jednakostraničnih mnogokuta. Budući da se *gereh* pločice moraju podudarati u duljini stranica te kutovima uzoraka, za nastavak s radom bilo je nužno pronaći način njihove izrade.

Među mnoštvom korištene literature niti jedna nije ponudila izradu potpunih *gereh* pločica. Stoga sam razvila jednostavnu metodu, koju sam i na ovom mjestu predstavila u želji da bi pojedinci s interesom za islamske geometrijske uzorke ubuduće mogli bez ometanja popločavati površine te istraživati načine oblikovanja vlastitih digitalnih kompozicija uzoraka.

1. ISLAMSKI GEOMETRIJSKI DIZAJN: POVIJEST I RAZVOJ

Geometrija¹ je proizašla iz potrebe čovjeka za opisivanjem i razumijevanjem životnog okruženja te se pretpostavlja da se njeni začeci mogu datirati u vrijeme prve poljoprivredne revolucije² u 8. tisućljeću pr. Kr. Također postoje arheološki dokazi koji govore o njenoj upotrebi u vrijeme Sumerana (oko 5000 godina pr. Kr.) te zatim Babilonaca (oko 2000 godine pr. Kr.) i Egipćana (oko 3000. godina pr. Kr.). Ovaj rani stupanj geometrije odnosi se na jednostavno mjerenje duljina, kutova, površina i volumena za praktične potrebe u raznim strukama³. Primjerice, u starom Egiptu život je ovisio o rijeci Nil. Svake godine kad je ta rijeka poplavila obrisale su se obilježene granice među zemljištima i poljoprivrednim površinama. To je Egipćane primoralo da primijene geometriju kako bi ponovno odredili kome pripada zemlja te nastavili s oporezivanjem. Ipak, godišnje poplavlivanje Nila, odnosno ponovno premjeravanje zemljišta, također je simboliziralo uspostavljanje reda nakon kaosa. Zbog toga je za Egipćane *polaganje* kvadrata na zemlji imalo ne samo fizičko i socijalno nego i metafizičko značenje⁴.

Tek nakon što se temeljno praktično znanje geometrije sistematiziralo i formaliziralo započelo je apstraktno rasuđivanje te razmatranje ideala i ljepote. To se pogotovo može vidjeti u djelima starogrčkih matematičara i filozofa (od 6. st. pr. Kr.), koji su težili putem geometrije shvatiti svijet i svemir⁵.

¹ Geometrija je grana matematike koja proučava svojstva i međusobne odnose skupova točaka u ravnini i prostoru, grč. γεωμετρία: zemljomjerstvo \approx geo- + -metrija (izvor: Hrvatski jezični portal (HJP), <http://hjp.znanje.hr/>)

² Prva poljoprivredna ili neolitska revolucija (10000 – 5000 pr. Kr.) jedan je od najvažnijih događaja u ljudskoj povijesti. Opisuje prijelaz dotadašnjih kultura lovaca i sakupljača na poljoprivrednu djelatnost koja je dovela do uspona velikih civilizacija i do tada nezamislivog materijalnog bogatstva. (izvor: Jacob L. Weisdorf: *From Foraging to Farming: Explaining the Neolithic Revolution, Journal of Economic Surveys*, Vol. 19/4, 2005., str. 561)

³ Mohammad A. Yazdani: *A Brief Historical Antecedents to the Evolution of Geometry Education*, 2007., str. 31-32

⁴ Robert Lawlor: *Sacred Geometry: Philosophy and Practice*, 2002., str. 7

⁵ Prvi poznati starogrčki matematičar je Tales iz Mileta (640. pr. Kr. – 546. pr. Kr.). Iz Egipta, gdje je neko vrijeme boravio, prenio je upotrebu geometrijskih tehnika u Grčku. Bio je prvi koji je predstavio apstraktnu geometriju, što znači da je svoje zaključke donosio deduktivnim promišljanjem (racionalno) umjesto promatranjem i pokusom (empirijski). Nakon njega važni su Pitagora (oko 582. - oko 496. pr. Kr.), koji je pomoću deduktivnog zaključivanja sistematizirao geometriju i Hipokrat iz Hija (oko 450. pr. Kr.) te na kraju Euklid (oko 330. pr. Kr.). Potonji je organizirao i predstavio postignuća grčkih matematičara u svojoj knjizi *Elementi*. Na razvoj geometrije su bitno utjecali i filozofi tog vremena – Platon (427. pr. Kr. - 347. pr. Kr.), Arhimed (287. pr. Kr. - 212. pr. Kr.), Klaudije Ptolemej (oko 85. – 165.), Diofant iz Aleksandrije (3. st.) itd.

Sve do pada Zapadnog Rimskog Carstva (476. godine) spomenuta znanost se intenzivno razvijala, a njene zakonitosti, kao što je zlatni rez⁶, najčešće su se primjenjivale u planiranju monumentalnih i svetih građevina. Zatim je nastupilo doba srednjeg vijeka u kojem se do 11. st. sveopći intelektualni razvoj u Europi donekle zaustavio.

Uspon muslimana⁷ od 8. st. nadalje te njihov veliki interes za matematiku i znanost očuvao je znanje drevnog svijeta⁸. Jedan lijepi primjer takvog intelektualnog okruženja je Bagdad u doba Abasida (9. i 10. st.), gdje su se okupljali najveći učenjaci različitih naroda i disciplina te dijelili i zapisivali svoja saznanja. Smatra se kako je upravo takvo raspoloženje potaknulo razvoj i primjenu geometrijskog dizajna u islamskoj umjetnosti i arhitekturi. Ali uz mali broj zapisa o geometriji iz tog perioda, osim očuvanog Topkapi svitka⁹ iz kraja 15. st., ne postoji niti jedna druga dokumentacija o razvoju ili načinu primjene geometrijskog dizajna.

Pošto su najraniji geometrijski uzorci vidljivi na očuvanim objektima islamske arhitekture ne preostaje ni jedna druga metoda osim kronološko proučavanje uzoraka najvažnijih građevina vladajućih dinastija islamskog svijeta te njihovo sistematiziranje kako bi ih se u buduće stilistički i kontekstualno pravilno koristilo. Primjer slabog poznavanja islamskog geometrijskog dizajna dogodio se 2011. godine u Iranu kada su teheranski Trg revolucije popločili sa šesterokrakom zvijezdom, koja je dio islamskog geometrijskog dizajna od kasnog 9. stoljeća. Upravo zbog nedostatka informacija o evoluciji geometrijskih uzorak od strane iranskih medija i vlasti, protumačili su zvijezdu kao Davidovu¹⁰, zbog čega je došlo do pobune, koja je završila uništavanjem trga (*Slika 1, Slika 2*)¹¹.

⁶ Zlatni rez je geometrijska podjela neke cjeline na dva nejednaka dijela, pri čemu se manji dio odnosi prema većem kao što se veći odnosi prema cjelini. (izvor: Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <http://enciklopedija.lzmk.hr/>) Smatra se da je zlatni rez najsavršeniji omjer u prirodi.

⁷ Nedugo nakon smrti zadnjeg Božjeg poslanika Mohammada a.s. oko 632. godine njegovi sljedbenici osvojili su područja Bizantskog i Perzijskog carstva te do 8. st. uspostavili imperij koji se protezao od Indije i Irana do Maroka te Španjolske. To veliko područje bilo je ujedinjeno pod zajedničkom vjerom, kulturom i knjižnim jezikom. Zbog želje za znanjem i otvorenog uma sakupili su saznanja drevnog svijeta, preveli ih na arapski jezik te nastavili razvijati. (izvor: Konstantinos Alexakos, Wladina Antoin: *The Golden Age of Islam and Science Teaching*, 2005, str. 37)

⁸ Mohammad A. Yazdani: *A Brief Historical Antecedents to the Evolution of Geometry Education*, 2007., str. 32

⁹ Topkapi svitak iz 1500. godine važan je dokumentirani izvor za proučavanje islamskog geometrijskog dizajna. Ne posjeduje nikakav tekst nego mnoštvo konstrukcijskih linija i nacрта.

¹⁰ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2012., str. 27

¹¹ Od Iranske revolucije iz 1979. godine nadalje zaoštrili su se odnosi između Irana i Izraela. Davidova zvijezda, sastavljena iz dva preklapajuća jednakostranična trokuta, u 19. st. bila je proglašena židovskim nacionalnim



Slika 1: Trg Revolucije, Teheran, Iran, 2011.

Geometrijski uzorak koji podsjeća na Davidovu zvijezdu



Slika 2: Trg Revolucije, Teheran, Iran, 2011.

Razaranje pločica

amblemom, a od 1948. godine nalazi se na Izraelskoj zastavi. Stoga nije iznenađujuća odluka iranskih vlasti o sudbini pločica na Trgu revolucije u Teheranu.

1.1. KRONOLOŠKI PREGLED ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA

Povijesni razvoj islamskog geometrijskog dizajna usko je povezan s arhitekturom. Y. Abdullahi i M. R. Bin Embi su, sagledavanjem oko stotinu očuvanih građevina islamskoga svijeta u rasponu od 12 stoljeća¹², pomno analizirali te vremenski i regionalno organizirali geometrijske uzorke.

Postoji i druga metoda pregleda islamskih geometrijskih uzoraka na osnovi njihove konstrukcije, koja ih prema rotacijskoj simetriji dijeli u tri osnovne grupe ili obitelji četverostrukog, peterostrukog i šesterostrukog dizajna. Smatram da je za opći pregled islamskog geometrijskog dizajna prva metoda primjerenija, jer unutar kronološkog pregleda umjetnosti određenog perioda uključuje i konstrukcijske karakteristike po kojima se može vidjeti razvoj od najjednostavnijih do kompliciranijih kompozicija.

Iako se o izradi geometrijskih uzoraka detaljno govori u trećem poglavlju, za lakše razumijevanje nadolazećeg sadržaja potrebno je spomenuti da su ponajprije svi uzorci napravljeni samo upotrebom šestara i ravnala te da je njihov *zaštitni znak* mnogokut u obliku zvijezde (Slika 3). Prema broju krakova zvijezda određuje se rotacijska simetrija. Ako zvijezda ima 8 krakova, govori se o osmerostrukoj rotacijskoj simetriji, a pošto je takva zvijezda proizašla iz kvadrata (četverostruka rotacijska simetrija) pripada obitelji četverostrukog geometrijskog dizajna. Na isti način svrstava se i peterokraka zvijezda proizašla iz pravilnog peterokuta – peterostruki geometrijski dizajn te, primjerice, šesterokraka zvijezda proizašla iz pravilnog šesterokuta – šesterostruki dizajn. Postoje i drugi tipovi zvijezda, kao što je to sedmerokraka, koja ne pripada ni jednoj od spomenutih grupa ili obitelji geometrijskoj dizajna, no takvi uzorci su prije iznimka nego pravilo.

Kronološki pregled geometrijskog dizajna (uzoraka) pokazuje logičan razvoj od najjednostavnijih (kvadrat i pravilni šesterokut) do zahtjevnijih (pravilni peterokut) kompozicija.



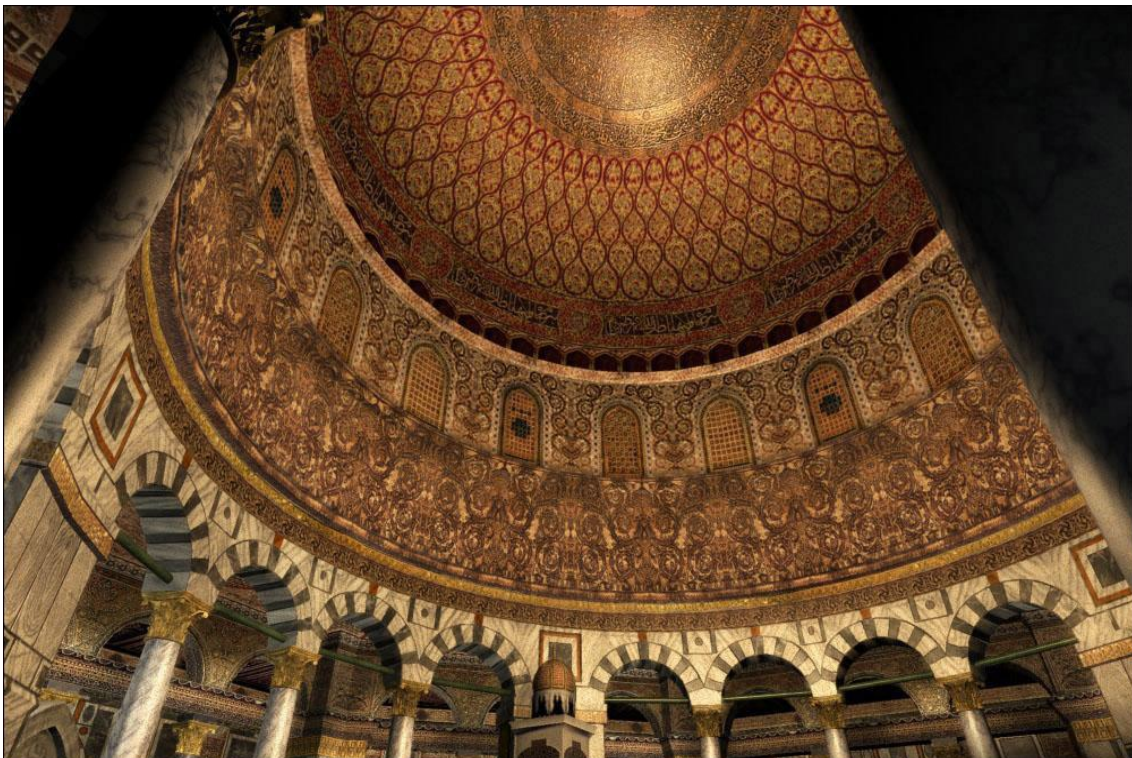
Slika 3: Primjeri oblika zvijezda od najjednostavnijih do kompliciranijih

Lijevo: Obična osmerokraka zvijezda (9. st.), desno: deseterokraka zvijezda (rozeta) (11.st.)

¹² Vremenski okvir kojeg su Y. Abdullahi i M. R. Bin Embi postavili u svojoj studiji *Evolution of Islamic geometric patterns* uključuje građevine od 7. do 18. st.

Arhitektura Omejida

Kronološki pregled islamskog geometrijskog dizajna započinje u vrijeme drugog kalifata¹³ na čelu s arapskom dinastijom Omejida (661. – 750.). Jedna od najpoznatijih građevina tog perioda je **Hram nad stijenom** (684. – 691.). Njegova unutrašnjost (interijer) (*Slika 4*) bogato je ukrašena cvjetnim i biljnim (vegetativnim) motivima nastalih pod utjecajem sasanidske¹⁴ i bizantinske¹⁵ umjetnosti, a vanjšina (eksterijer) s geometrijskim uzorcima (*Slika 5*, *Slika 6*), koji se ipak ne mogu svrstati u ovaj period jer su produkt kasnijeg vremena (16. st.).



Slika 4: Hram nad stijenom, Jeruzalem, Izrael, 684. – 691.

Originalna dekoracija kupole

¹³ Kalifat je sustav vladavine kojoj je na čelu kalif – zakoniti nasljednik zadnjeg Božjeg poslanika a.s. Sukob oko pitanja tko bi trebao biti kalif jedan je od glavnih razloga razdvajanja muslimana na sunite i šijite. Dok prvi smatraju da se kalif bira među najpobožnijim i najobrazovanijim članovima zajednice, drugi zagovaraju da kalifom može postati samo potomak zadnjeg Božjeg poslanika a.s.

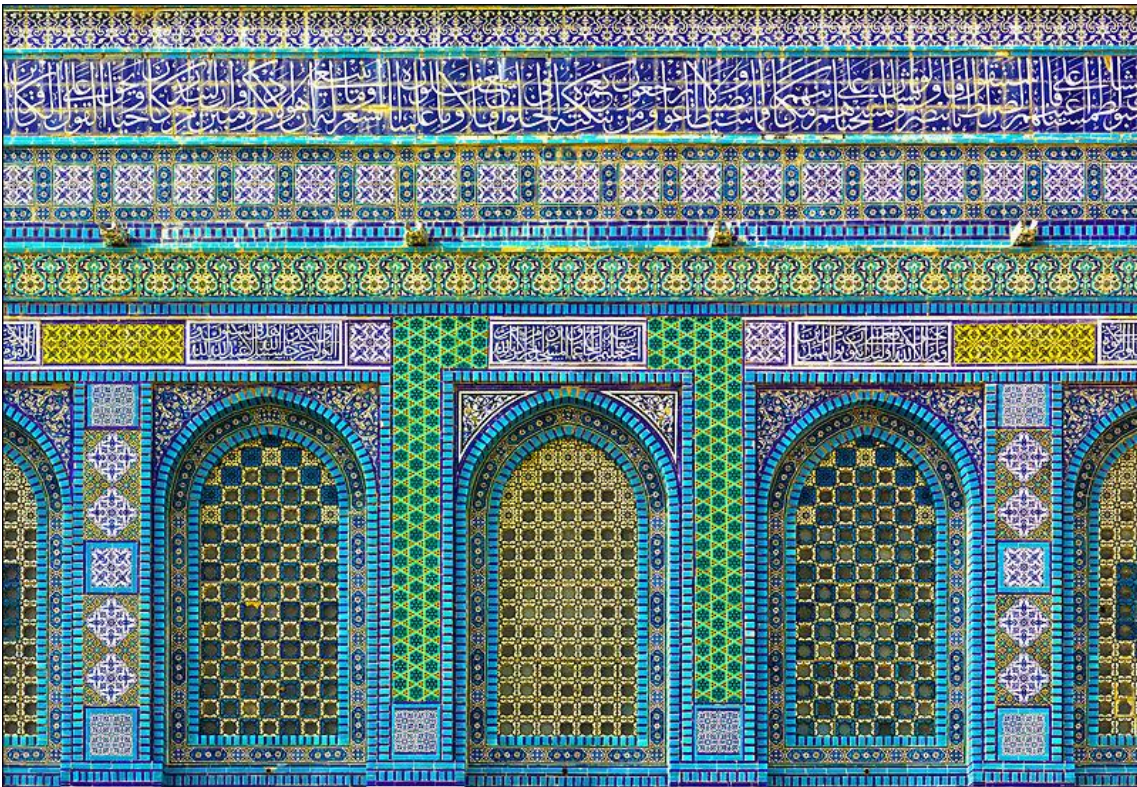
¹⁴ Sasanidska umjetnost je naziv za perzijsku umjetnost u vrijeme vladavine Sasanida (3. – 7. st).

¹⁵ Bizantinska umjetnost je naziv za umjetnost Istočnog Rimskog Carstva nastalog 395. godine. Prijestolnica carstva bio je Bizant kojeg je 330. godine Konstantin Veliki preimenuvao u Konstantinopol ili Carigrad. Istočno Rimsko Carstvo palo je 1453. godine kada su ga osvojili Turci (Osmansko, Otomansko ili Tursko carstvo).



Slika 5: Hram nad stijenom, Jeruzalem, Izrael, 684. – 691.

Obnovljena vanjšina Hrama nad stijenom



Slika 6: Detalj vanjštine Hrama nad stijenom

Druga reprezentativna zgrada nalazi se u prijestolnici nekadašnjeg Omejidskog kalifata, u Damasku (Sirija). Riječ je o **Velikoj džamiji u Damasku** (Slika 7) koja je izgrađena 705. godine na mjestu nekadašnjeg kršćanskog hrama. Dekorativni motivi ove građevine su cvjetni i biljni te podsjećaju na bogate vrtove i krajolik samog grada (Slika 8). I na ovom mjestu su geometrijski uzorci podnih pločica na unutarnjem dvorištu džamije dodani kasnije¹⁶.



Slika 7: Velika džamija u Damasku, Damask, Sirija, 705.



Slika 8: Pročelje Velike džamije u Damasku s originalnom dekoracijom

¹⁶ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 245

Još jedna zgrada omejidskog perioda je zimska palača **Qasr Al-Mshatta** u Jordanu. Iako ruševina, na njoj se mogu vidjeti isklesani i isprepleteni biljni motiv okolo ljudskih i životinjskih figura. Njeno monumentalno pročelje (*Slika 9*) bitan je dokaz prave odnosno istinske islamske umjetnosti i arhitekture¹⁷.



Slika 9: Detalj pročelja zimske palače Qasr Al-Mshatta iz Jordana, Pergamski muzej, Berlin, 743.-744.

Na kraju pregleda nekolicine očuvanih građevina omejidske arhitekture može se zaključiti da na njihovim površinama uglavnom prevladavaju cvjetni i biljni motivi koji su isklesani, naslikani ili napravljeni u obliku mozaika. Ipak, pri kraju vladavine Omejidske dinastije primjećuje se njihovo polagano napuštanje, na što upućuje dekoracija zimske palače **Khirbat al-Mafjar** (724. – 743.) u blizini Jerihona. Na njenim ostacima osjeća se utjecaj predislamske umjetnosti od sasanidske i bizantinske pa čak i koptske. Među mnoštvom očuvanih dekorativnih elemenata istupa okrugli kameni prozor (*Slika 10*) na stepeništu kupališta. Kompozicijski se radi o šesterokutu unutar kružnice. Ovaj jednostavan element važan je nagovještaj budućeg razvoja islamskog dizajna zbog načina na koji je podignut i transformiran u samostojeći objekt, koji govori o novom shvaćanju geometrijskog dizajna i njegovim mogućnostima¹⁸.



Slika 10: Kameni prozor na stepeništu kupališta, Khirbat al-Mafjar, Jerihon, Palestina, 724.-743.

¹⁷ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2012., str. 30

¹⁸ Eric Broug: *Introduction*, Islamic Geometric Design, 2015, str. 7

Arhitektura Abasida

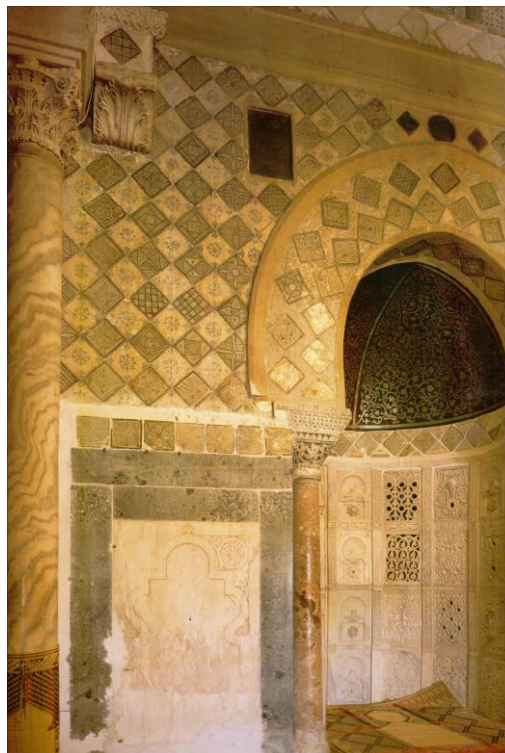
Nakon Omejidske vlast je preuzela Abasidska dinastija (750. – 1258.) s prijestolnicom u Bagdadu. Karakteristike tog perioda vidljive su na zidovima **Velike ili Ukbetove džamije** (ponovno izgrađena 836. godine) u Kairuanu (Tunis). Još uvijek prevladavaju biljni motivi ali uočljivi su i pojedinačni geometrijski uzorci (*Slika 11*, *Slika 12*), koji predstavljaju rani pokušaj uključivanja geometrijskog dizajna na površine građevina (*Slika 13*).



Slika 11: Osnovni geometrijski oblici, Velika ili Ukbetova džamija, Kairuan, Tunis, 670.-836.



Slika 12: Osnovni geometrijski oblici, Velika ili Ukbetova džamija, Kairuan, Tunis, 670.-836.



Slika 13: Primjer rane primjene geometrijskih kompozicija na zidnim površinama, Velika ili Ukbetova džamija, Kairuan, Tunis, 670.-836.

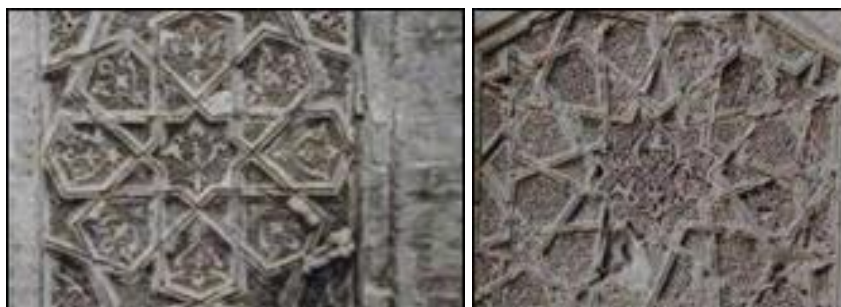
Džamija Ibn-Tulun (884.-879.) u Kairu (Egipat) smatra se prekretnicom u smislu uvođenja geometrijskih uzoraka u islamsku arhitekturu, a uz to su njene jednostavne šesterokrake i osmerokrake zvijezde jedan od prvih primjera isprepletenih geometrijskih uzoraka u muslimanskoj umjetnosti. (*Slika 14*).



Slika 14: Dva primjera geometrijskih uzoraka (šesterokrake zvijezde), džamija Ibn-Tulun, Kairo, Egipat, 884.-879.

Rani utjecaj geometrije preobrazio je biljne i cvjetne elemente u kružne

O rascvatu nove i apstraktne tehnike govore i urezani dekorativni elementi **palače Abasida u Bagdadu** (1230.) (*Slika 15*) i medrese¹⁹ **Mustansiriyeh** (1233.) gdje prevladavaju osmerokrake i dvanaesterokrake zvijezde okružene zrakama i laticama – rozete.



Slika 15: Osmerokraka (lijevo) i dvanaesterokraka (desno) zvijezda, palača Abasida, Bagdad, današnji Irak

Krajem 8. i početkom 9. st. geometrijske kompozicije polako su se počele aplicirati na površinama građevina, a isprepleteni uzorci četverostrukog (osmerokrake i dvanaesterokrake zvijezde) i šesterostrukog (šesterokrake i dvanaesterokrake! zvijezde) geometrijskog dizajna dominirali su tek krajem 9. stoljeća²⁰.

¹⁹ Medresa je islamsko vjersko učilište.

²⁰ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 245-246

Arhitektura Fatimida

Fatimidi su bili šijitska dinastija koja je vladala područjem Magreba (današnji Maroko, Alžir i Tunis) te Levanta (današnji Egipat, Izrael, Jordan, Libanon, Palestina, Sirija) (909.-1171.) s prijestolnicom u Kairu. Također su se nazivali kalifima te su bili u sukobu s Abasidima.

Njihovo blagostanje zrcalilo se u dekorativnoj umjetnosti zbog čega je Kairo postao jedan od važnijih kulturnih središta islamskog svijeta²¹.

Prva fatimidska džamija je **Al-Azhar** (oko 970.). Njena zidna dekoracija s elementima šesterostrukog geometrijskog dizajna dodana je oko 150 godina kasnije. Međutim, rano fatimidsko doba karakteriziraju izolirani geometrijski elementi, a ne kompozicije po cijeloj površini.

Za pregled geometrijskog dizajna važne su i dvije džamije iz fatimidskog zrelog doba, **Al-Aqmar** (1125.) (*Slika 16*) te **Al-Salih Tala'i** (1160.). Karakteristike i jedne i druge građevine su bogata dekoracija s cvjetnim, kaligrafskim te geometrijskim motivima četverostrukog i šesterostrukog dizajna.

Općenito se s vremenom sve češća primjena geometrijskih uzoraka na arhitekturi Fatimida pripisuje utjecaju Seldžuka (1038. – 1194.)²².



Slika 16: Džamija Al-Aqmar, Kairo, Egipat, 1125.

²¹ Suzan Yalman: *The Art of the Fatimid Period (909–1171)*, In Heilbrunn Timeline of Art History, New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–.

²² Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 246

Arhitektura Seldžuka

Pretpostavlja se da su Seldžuci preci zapadnih Turaka. Na vrhuncu svog sultanata (11. st.) vladali su većim dijelom Srednje Azije i Bliskog Istoka.

Za njihovu arhitekturu značajno je intenzivno korištenje geometrijskog dizajna. Seldžučki arhitekti stvarali su kompleksne i apstraktne uzorke na bazi tetraktisa²³. Važni primjeri su **Kule u Kharraqanu** (1067. – 1093.) u blizini Kazvina (*Slika 17, Slika 18*), **medresa Al-Firdaws** (1236.) u Alepu (Sirija) te **Saborna džamija u Isfahanu** (Iran).

Kako bi se odmakli od konvencionalnog četverostrukog i šesterostrukog geometrijskog dizajna Seldžuci su uveli apstraktne i krajnje kompleksne geometrijske kompozicije (peterostruki geometrijski dizajn!), s kojima su važno utjecali na suvremenu i buduću arhitekturu²⁴.



Slika 17: Kule u Kharraqanu u blizini Kazvina, Iran, 1067. – 1093.



Slika 18: Detalji sa kula u Kharraqanu u blizini Kazvina, Iran, 1067. – 1093.

S lijeva na desno: dvanaesterostruki te dva apstraktna šesterostruka geometrijska uzorka

²³ Pod riječ *tetraktis* se na ovom mjestu podrazumijeva, prema Pitagori, sveti zbroj $1+2+3+4$. Tetraktis sadrži 10 točaka poredanih u obliku jednakostraničnog trokuta.



²⁴ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 246-247

Arhitektura Mameluka

Mamelučki sultanat s prijestolnicom u Kairu je od 1250. pa do 1517. godine vladao područjem Egipta, Levanta i Hedžaza (zapadna obala Saudijske Arabije).

Kompleks Qalawun u Kairu (1283.–1285.) (*Slika 19*) i džamija **Al-Nasir Mohammad** (1318.–1334.) (*Slika 20*) odlikuju se atraktivnim geometrijskim motivima među kojima dominiraju šestero-, osmero- i dvanaesterokrake te deseterokrake zvijezde.



Slika 19: Mihrab (niša u zidu džamije okrenuta u smjeru Meke), Kompleks Qalawun u Kairu, Egipat, 1283. – 1285.

Desno: detalj mihraba, deseterokrake zvijezde

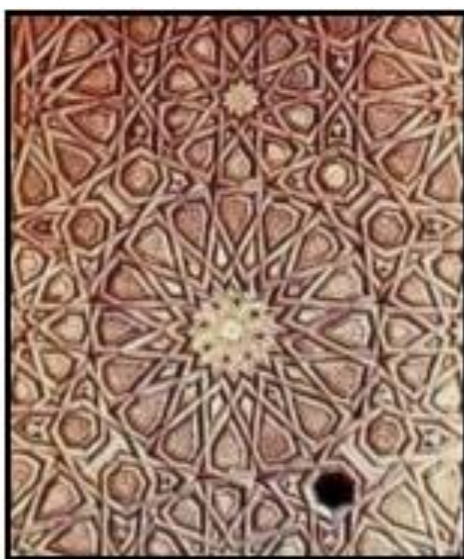


Slika 20: Mihrab, džamija Al-Nasir Mohammad, Kairo, Egipat (1318.–1334.)

Jednaki uzorci iz obitelji peterostrukog dizajna kao na slici 19

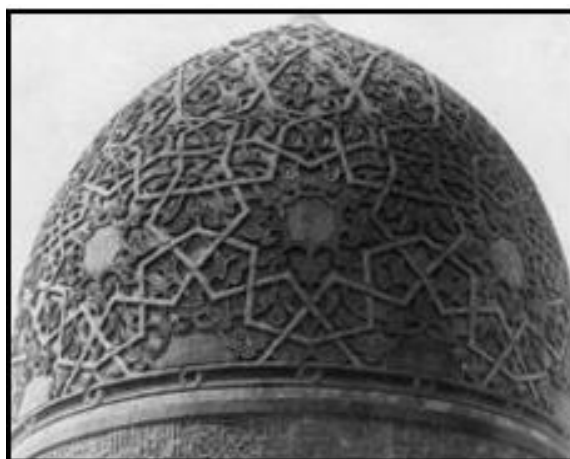
Kompleks Sultana Hassana (1356. –1361.) odlikuje se naprednim uzorcima iz obitelji četvero-, petero- i šesterostrukog geometrijskog dizajna te jednim od prvih primjera šesnaesterokrake u kombinaciji s devetero-, desetero- i dvanaesterokrakom zvijezdom (*Slika 21*), što stvara iznimno kompleksnu kompoziciju geometrijskog dizajna. Pojavljuje se i dvadeseterokraka zvijezda.

Takvo kombiniranje uzoraka postalo je vrlo popularno u 15. i 16. st., što se može vidjeti na nekoliko građevina tog perioda (*Slika 22*)²⁵.



Slika 21: Kompleks Sultana Hassana, Kairo, Egipat, 1356. –1361.

Detalj sa šesnaestero- u kombinaciji s deseterokrakom zvijezdom i sedmerokutima



Slika 22: Džamija sultana Qaytbaya, Kairo, Egipat, 1472. – 1475.

Kupola s isklesanom deveterokrakom zvijezdom - jedna od prvih primjera u Kairu

²⁵ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 247-248

Arhitektura Otomana

Osmanlije je naziv za turske sultane koji su preko 600 godina (14.-20. st.) vodili jedan od najjačih islamskih imperija. Na samom vrhuncu svoje vladavine (oko 1500.) Osmanlijsko ili Otomansko carstvo uključivalo je područja Mađarske, Balkana, Anatolije, Sirije, Mezopotamije, Egipta i Sjeverne Afrike te svete gradove Medinu i Meku²⁶. Njihova prijestolnica nalazila se u Istanbulu.

U prvim desetljećima za otomanske zgrade karakteristična je umjerena, odnosno sporedna primjena geometrijskih uzoraka, a primjer njihove nešto opsežnije upotrebe je **džamija Yesil u Bursi** (1421.) (Slika 23).

Takav pristup se nastavio i u nadolazećim desetljećima po čemu se može zaključiti da među arhitektima osmanskog perioda geometrijski uzorci nisu bili omiljeni, a ako su ih već upotrebljavali uglavnom su koristili uzorke peterostrukog i šesterostrukog geometrijskog dizajna²⁷ (Slika 24).



Slika 23: Džamija Yesil, Bursa, Turska, 1421.

Detalj sa šesterostrukim (lijevo) i peterostrukim (desno) geometrijskim dizajnom



Slika 24: Džamija Šehzada, Istanbul, Turska, 1544. – 1548.

Vrata s deseterokrakom zvijezdom/rozetom

²⁶ Brian Hogarth: *Islam and the Arts of the Ottoman Empire*, Asian Art Museum Education Department

²⁷ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 248

Arhitektura Safavida

Safavidi su vladali Iranom od 1501. do 1736. godine - kad su ih zamijenili Kadžari. U njihovo vrijeme šijizam je postao državnom religijom. Njihovo blagostanje utjecalo je na sveopći razvoj znanosti i umjetnosti.

Palače **Ali-Qapu** (1598.) (*Slika 25*) i **Chehel Sotun** (*Slika 26*) (1645. – 1647.) u Isfahanu primjer su upotrebe geometrijskih uzoraka četverostrukog (osmerokraka zvijezda) i kompleksnog peterostrukog (deseterokraka zvijezda – *gereh* uzorci) dizajna u interakciji s biljnim motivima.

Značajno za dekoraciju safavidske arhitekture je i spajanje geometrijskih uzoraka s kaligrafskim natpisima (kufijska kaligrafija) kao na **džamiji Hakim** (1656. – 1662.)²⁸ (*Slika 27*).



Slika 25: Palača Ali-Qapu, Isfahan, Iran, 1598.

Drveni strop balkona – četverostruki i peterostruki geometrijski dizajn



Slika 26: Palača Chehel Sotun, Isfahan, Iran, 1645. – 1647.



Slika 27: Džamija Hakim, Isfahan, Iran, 1656. – 1662.

²⁸ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2012., str. 36-36

Arhitektura Mogula

Moguli su na području današnje Indije vladali od 1526. do 1707. godine. Osnivač dinastije Mogula, Babur (ili Baber), bio je praunuk Timura²⁹ i rođak Džingis-kana³⁰.

Dekoraciju njihove rane arhitekture obilježavaju cvjetni motivi – **mauzolej Šer Šah Surija** (1545.) (*Slika 28*) - i četverostruki te šesterostruki geometrijski dizajn (*Slika 29, Slika 30*).

Krajem 16. st. pojavljuju se iznimke, četrnaesterokrake zvijezde, koje se nalaze na zidovima **džamije u Fatehpur Sikriju** (1596.) (*Slika 31*). Sve češće se primjenjivala i deseterokraka zvijezda.



Slika 28: Mauzolej Šer Šah Surija, Sasaram, Indija, 1545.



Slika 29: Humajunova grobnica, Delhi, Indija, 1566.
Četverostruki geometrijski dizajn (osmerokraka zvijezda)

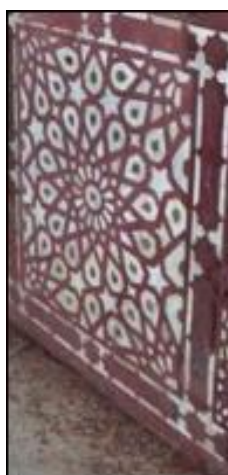
²⁹ Timur (1336.-1405.) bio je azijski osvajač i osnivač Timuridskoga Carstva i timuridske dinastije u srednjoj Aziji (Iran).

³⁰ Džingis-kan (1162.-1227) bio je mongolski osvajač i osnivač najvećeg kopnenog carstva u povijesti - Mongolskog carstva (1206.-1368.).



Slika 30: Utvrda u Agri, Indija, 1580.

Dvanaesterostruki dizajn na slijepom prozoru



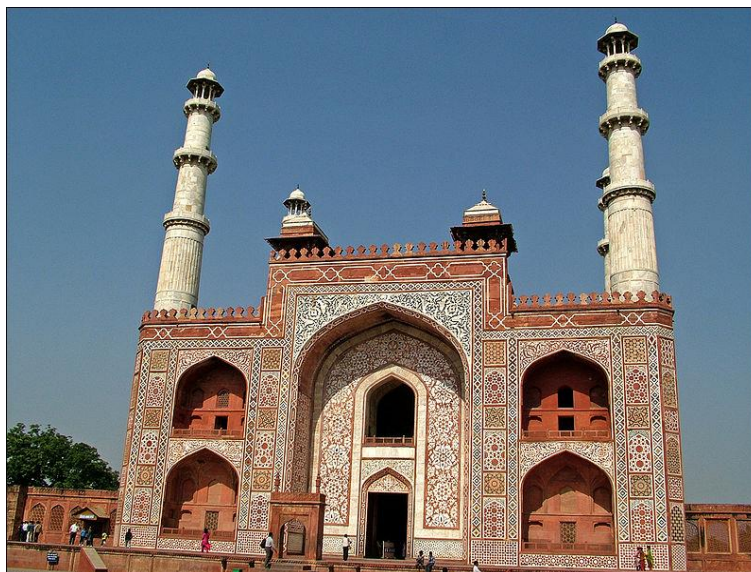
Slika 31: Saborna džamija, Fatehpur Sikri, Indija, 1596.

Četrnaesterokraka zvijezda

Uzorci svih glavnih obitelji geometrijskog dizajna s vremenom su postali bitan dekorativni element te su u potpunosti prekrivali građevine što se može lijepo vidjeti na grobnicama **Akbara Velikog** (1612.) (*Slika 32*) te **Etimad ud-Daulah** (1628.) (*Slika 34*). Za razvoj stila u 17. st. još je važna **utvrda u Lahoreu** (današnji Pakistan) – odlikuje se deseterokrakim zvijezdama (rozetama) (*Slika 33*).

Značajno je da su mogulski arhitekti, za razliku od prethodnika, radije nego kompleksne nastojali stvoriti precizne i skladne geometrijske kompozicije³¹.

³¹ Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 249



Slika 32: Grobnica Akbara Velikog, Sikandra, Indija, 1612.
U potpunosti s uzorcima prekrivena vanjšina zgrade



Slika 33: Utvrda u Lahoreu, Lahore, Pakistan, 17. st.
Detalj kompozicije uzoraka s deseterokrakom zvijezdom



Slika 34: Grobnica Etimad ud-Daulah, Agra, Indija, 1628.
Na podnim i zidnim pločicama vidljivi su uzorci četvero-, petero- i šesterostrukog geometrijskog dizajna

Muslimani u Španjolskoj

S analizom arhitekture muslimana u Španjolskoj završava pregled razvoja geometrijskih uzoraka.

Muslimani na području sjeverozapadne Afrike (Mauri) početkom 8. st. osvojili su veći dio Pirinejskog poluotoka te ga nazvali *Al-Andalus*. Na svojem novonastalom teritoriju razvijali su visoku kulturu sve do pokreta Rekonkvista krajem 15. st., kada su ih skupa sa Židovima, Španjolci i Portugalci protjerali iz Španjolske.

Najpoznatija i najsajjnija ostavština tog doba je **Alhambra** (1338.-1390.) u Granadi (*Slika 35, Slika 36, Slika 37*). Njena površina je u potpunosti prekrivena s bogatim biljnim te geometrijskim motivima, ali zanimljiva je činjenica da ovakva rasipna dekoracija ne uključuje niti jedan malo kompleksniji geometrijski dizajn (sedmero-, devetero- i deseterokrake zvijezde).

Ostale važne zgrade muslimanske Španjolske su **palača Aljaferia** u Zaragozi (11. st.), **Velika džamija u Kordobi** (785.–987.) i **Sevilli** (1182.)³². Zadnje dvije su nakon Rekonkviste bile preobražene u katedrale.



Slika 35: Alhambra, Granada, Španjolska, 14. st.

Pločice s četverostrukim geometrijskim dizajnom (osmerokrake zvijezde)

³² Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, 2013., str. 249-250



Slika 36: Unutrašnjost Alhambre, Granada, Španjolska, 14. st.
Bogato ukrašena unutrašnjost s biljnim motivima i kaligrafijom



Slika 37: Alhambra, Granada, Španjolska, 14. st.
Šesterostruki geometrijski dizajn

2. SIMBOLIČKO ZNAČENJE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA

Simboličko značenje islamske umjetnosti već je neko vrijeme predmet rasprave. Primjerice, francuski povjesničar umjetnosti i arheolog Oleg Grabar tvrdi kako je simboličko tumačenje umjetničkih radova subjektivno te da sam nije naišao na ikakve dokaze o stvarnim vizualnim simbolima za koje bi se moglo tvrditi da su jedinstveno muslimanski³³.

U islamskoj kulturi već sama ideja da bi umjetnička tvorevina predstavljala bilo što drugo osim samu sebe nailazi na velik otpor. Izbjegavanje figurativne umjetnosti, kako bi se zaštitili od strogo zabranjene idolatrije, navelo je muslimanske umjetnike da svoju ljubav prema Bogu izraze bez izravnih asocijacija na materijalni svijet.

Bitna je činjenica da je islamska umjetnost umjetnost civilizacija na temelju islamske religije. Islam točno određuje smisao života, svemir i odnos čovjeka prema Stvoritelju. Muslimanski umjetnici stalno su u mislima s Bogom te stvaraju radove, koji se pozivaju na Njegovu moć i blagoslov³⁴. Zbog takvog duhovnog poriva vrlo je vjerojatno da iza islamske umjetnosti leži značajan simbolizam.

Islamski dekorativni kanon sastoji se od kaligrafije, arabeske i geometrije (*Slika 38*). Prvi oblik dekoracije predstavlja Božju riječ te se često pojavljuje u interakciji s preostala dva³⁵. Budući da je svaki od njih, zbog mnoštva karakteristika i značenja koja posjeduju, poglavlje za sebe, u nastavku ću se usredotočiti samo na potonji.



Slika 38: Islamski dekorativni kanon: kaligrafija, arabeska i geometrijski uzorci

³³ Oleg Grabar: *Islamic Art and Beyond*, Symbols and Signs of Islamic Architecture, Ashgate Publishing, Ltd., 2006, str. 183-190

³⁴ Khawaja Muhammad Saeed: *Islamic Art and its Spiritual Message*, International Journal of Humanities and Social Science, Vol. 1/2, 2011, str. 227-234

³⁵ David Wade: *The Evolution of Style*, The origins and significance of the decorative arts in Islam, Background Notes, 2006.

2.1. BOŽJE STVARALAŠTVO I GEOMETRIJA

Geometrija igra glavnu ulogu u islamskoj umjetnosti, a islamski geometrijski uzorci najljepše odražavaju matematičku prirodu svemira, tj. Božjeg stvaralaštva.

Muslimanski umjetnici svoj dizajn započinju crtanjem kruga oko središta, koje predstavlja jednog Boga, Izvora svega što postoji. Potom unutar kružnice konstruiraju pravilne mnogokute – kvadrat, peterokut i šesterokut. Svi geometrijski uzorci razvijaju se iz jednog od spomenutih mnogokuta te se u beskraj ponavljaju (simbol zikra³⁶) i tvore kompoziciju.



Slika 39: Deus Geometra ili Bog kao arhitekt, iluminacija iz Moralizirane Biblije, Österreichische Nationalbibliothek, Beč, 13. st.

Primjer sličnog načina razmišljanja o Božjem stvaralaštvu i u Kršćanstvu³⁷ -
*Bog pomoću šestara, po matematičkim principima, stvara svemir u kojem vlada božanska harmonija*³⁸

³⁶ *Zikr* na arapskom jeziku znači stalno spominjanje Boga.

³⁷ Misao da je Bog stvorio svemir prema geometrijskom planu izvire još iz antičkog doba (Platon).

³⁸ Tine Germ: *Simbolika števil*, Mladinska knjiga, 2003, str. 9

Kuranski ajeti (*verzi*) „*Mi čovjeka stvaramo u skladu najljepšem*“ (Kuran 95:4), „*Mi sve s mjerom stvaramo*“ (Kuran 54:49) i sl. potaknuli su muslimane da se bave znanošću te otkriju Istinu.

Svo znanje, pa tako i znanje o geometrijskim proporcijama, je upravo posljedica promatranja okoliša od samog početka čovjekovog postojanja.

Najpoznatiji i u prirodi učestali omjer, za kojeg se pretpostavlja da su ga otkrili u starom Egiptu, je zlatni rez (zlatni ili božanski omjer). Kao i mnogi drugi znanstvenici te umjetnici, i muslimanski su mu pridavali posebnu pažnju.

Kompozicije geometrijskih uzoraka zrcale djelo *Veličanstvenog Arhitekta Svemira*, a njihove isprepletene i povezane linije su najizravniji iskaz Jedinstva koji se sastoji od neiscrpe raznolikosti svijeta³⁹.

S jedne strane, moglo bi se tvrditi da su muslimanski umjetnici svoje znanje o geometriji i proporcijama koristili pri izradi svojih uzoraka kako bi održavali red tokom rada te zbog estetskih karakteristika. Međutim, geometrijski uzorci usko su povezani s islamskom kozmologijom i filozofijom⁴⁰. Njihov cilj je povezati čovjeka s Bogom. Uz to, muslimanski umjetnici ne teže k svojoj slavi, autori geometrijskih dekoracija u većini primjera su nepoznati, što govori o njihovoj skromnosti i podređenosti Božjoj volji. Prema tome si je teško zamisliti da čovjek takvih osobina i osjećaja stvara beznačajan rad.



Slika 40: Osamnaesterokraka zvijezda okružena zrakama i laticama (rozeta)

Linije rozeta u kompoziciji se po strogim pravilima protežu i isprepliću te stvaraju bogatu mrežu. Na taj način neprestano povezuju svoje središnje zvijezde, što ponovno podsjeća na ideju sveprisutnog Jedinstva⁴¹.

³⁹ Gül Demir, Niki Gamm: *Geometric designs central to Islamic art, architecture*, Hurriyet Daily News, 2010.

⁴⁰ Loai M. Dabbour: *Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic Geometric patterns*, Frontier of Architectural Reaserch, 2012., str. 380-391

⁴¹ The Salaam website: *Islamic Patterns and Geometry*, Islamic Art

2.2. SIMBOLIČKO ZNAČENJE I UPOTREBA BOJA

„Boje su pokušaj svjetla kako bi postalo vidljivo“⁴²

Da geometrijski dizajn zrcali jedinstvo, savršenstvo i vječnost Boga i Njegovog Stvaralaštva samo je jedno od simboličkih tumačenja islamske umjetnosti. Odabir boja korištenih za izradu uzoraka u petom poglavlju također nije nasumičan.

U perzijsko-islamskoj kulturi simbolizam boja izvire iz astroloških tekstova gdje se ponajprije povezuje s planetima.

U radovima u petom poglavlju upotrebljavale su se tamne nijanse crvene, plave, zelene i zlatne boje. Značenje i njihova primjena u islamskoj umjetnosti su sljedeći^{43,44}:

Crvena boja

Crvena boja povezana je s Marsom, četvrtim planetom od Sunca. U povijesti se koristila za isticanje dizajna te kao protuteža plavoj. Bila je i omiljena boja pozadine na tepisima te ostalim tekstilnim proizvodima.

Za jako cijenjene rubine (crveni) i safire (plave) koristila se ista riječ *yāqūt*, koja je u pjesništvu postala sinonim za crvenilo vina i usana voljene osobe.

Crvena je nosilac moći krvi i energije. U nekim kulturama je i boja vjenčаницe te simbolizira život i plodnost. Crvena može predstavljati i krvavi plašt mučenika.

Zelena boja

Mjesec je povezan sa zelenom bojom, bojom životvorne vode i biljaka. Zelena govori o uskrснуću i raju, gdje spašeni počivaju na zelenim jastucima noseći zelenu svilu. Vjeruje se da smaragd posjeduje ljekovitost i zasljepljuje zmije i zmajeve.

Plava boja

Plava je boja Merkura, a njena tamna nijansa je boja žalosti i asketizma (plašt Sufista). Tamno plavo nebo često je naznačeno s podmuklim isposnikom koji nosi tamno plavu odjeću.

⁴² Izvor: Annemarie Schimmel: *Color symbolism in Persian literature*, Color, Encyclopædia Iranica, Vol. 6/1, 1992.

⁴³ Annemarie Schimmel: *Color symbolism in Persian literature*, Color, Encyclopædia Iranica, Vol. 6/1, 1992.

⁴⁴ Priscilla P. Soucek: *Use and importance of color in Persian art*, Color, Encyclopædia Iranica, Vol. 6/1, 1992.

Plava je u suštini negativna boja povezana s plavim očima, a za zaštitu od njihovog zla potrebno je nositi plavu krunicu.

Plava boja (ultramarin), dobivala se od kamena lapis lazuli.

Zlatna boja

Zlato je od uvijek bilo jedno od poželjnih materijala. Zlatna je boja Sunca te se smatrala povlasticom kraljeva.

U Kuranu se ta plemenita kovina spominje na nekoliko mjesta u kontekstu raskoši raja, ali i pohlepe.

Zanimljiva je činjenica da muškarcima muslimanima nošenje zlata nije dozvoljeno⁴⁵. Ta je odredba proizašla iz tumačenja hadisa⁴⁶, koji govore kako muškarci ne bi trebali oponašati žene te stoga ni njima svojstveno ukrašavanje nakitom.

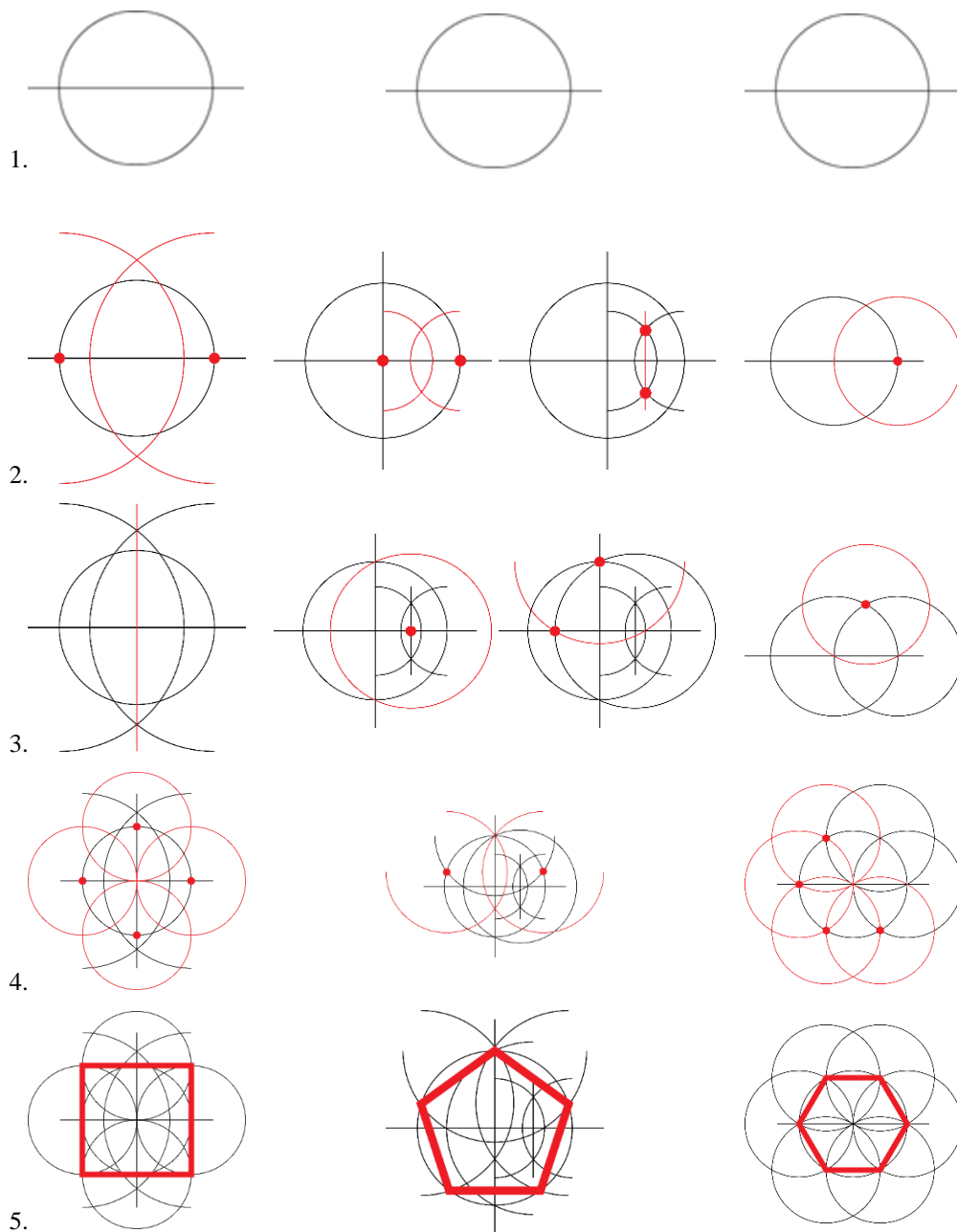
⁴⁵ Andrew Rippin: *Gold as a Symbol in the Islamic World: the Qur'anic Basis*, University of Victoria, 2013.

⁴⁶ Hadis je pojedinačna izreka, savjet, preporuka ili postupak poslanika Mohammeda a.s., čija se vjerodostojnost može potvrditi, navođenjem osobnih imena svih posrednika koji su usmeno prenosili taj hadis, od njegova nastanka do trenutka zapisivanja (izvor: Hrvatski jezični portal (HJP), <http://hjp.znanje.hr/>)

3. PRINCIP IZRADE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA

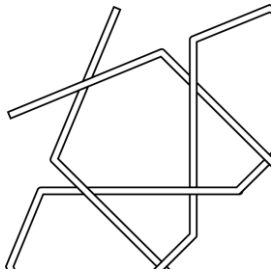
Bez dobrog poznavanja strogih pravila o konstrukciji islamskih geometrijskih uzoraka ni izrada a ni kreativnost pojedinca nisu mogući.

Islamski geometrijski uzorci tradicionalno su izrađeni sa šestarom i ravnalom te započinju crtanjem kruga unutar kojeg se ponajprije konstruiraju pravilni mnogokuti – kvadrat, peterokut ili šesterokut (*Slika 41*). Zatim se među dodatnim linijama odabiru dijelovi za iscrtavanje uzoraka te slijedi njihovo popločenje (*Slika 42*).

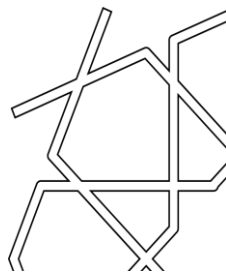


Slika 41: Konstrukcija kvadrata, peterokuta i šesterokuta upotrebom šestara i ravnala

Pošto kompozicije geometrijskih uzoraka na građevinama islamskog svijeta nisu samo puki potezi, nakon maloprije spomenutog popločenja na redu je proces ukrašavanja, odnosno oživljavanja uzoraka bojom i oblikovanje njihovih linija koje se u većini primjera izvodi na tri načina:



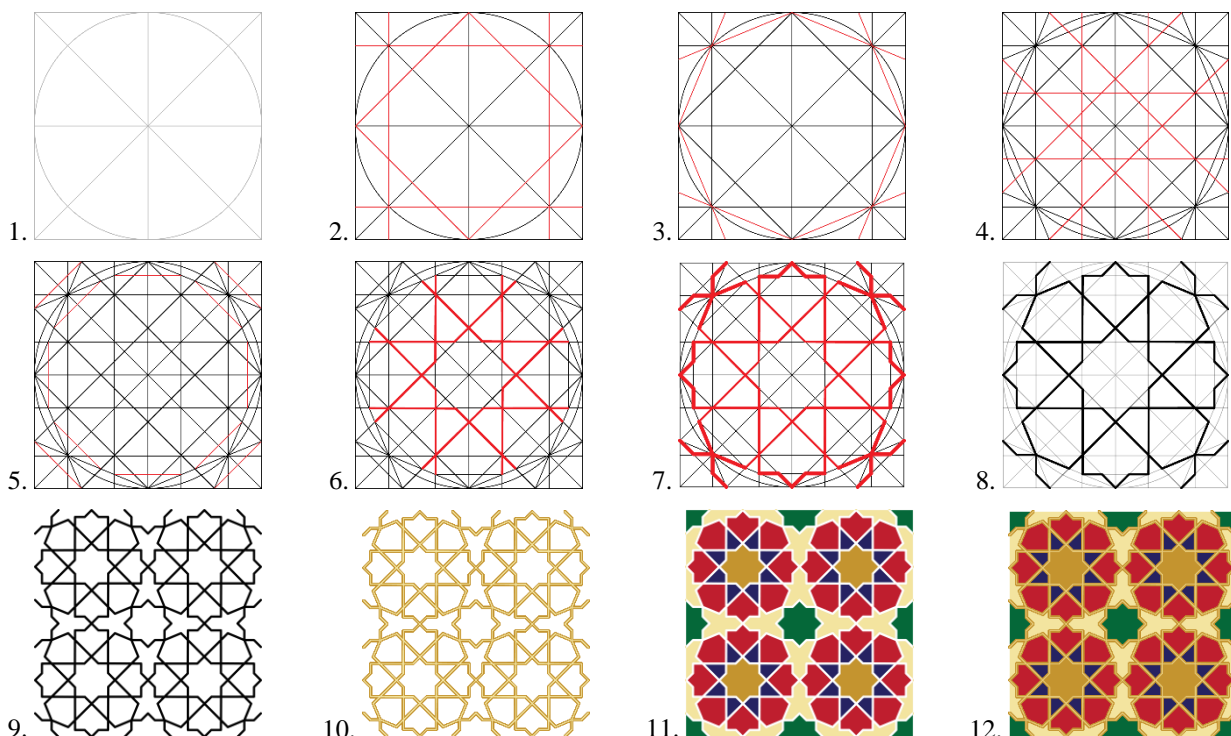
1. Širenje i preplitanje linija (ovo je najčešći izbor oblikovanja linija jer daje osjećaj treće dimenzije (dubinu) te simbolizira vječnost i koheziju)



2. Širenje linija bez preplitanja



3. Upotreba boja za isticanje elemenata unutar uzoraka bez modifikacije linija

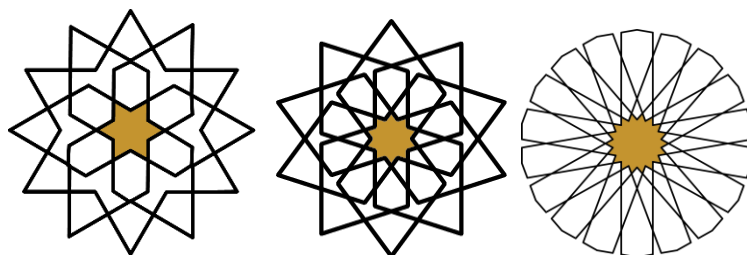


1. Crtanje kruga i njegova podjela na jednake dijelove (u ovom primjeru na 4 te zatim na 8 dijelova), 2.-6. Dodavanje pomoćnih konstrukcijskih linija, 7.-8. Isertavanje uzorka (osmerokraka zvijezda), 9. Popločenje jedinice uzorka, 10.-11. Oblikovanje linija i dodavanje boja, 12. Završna kompozicija

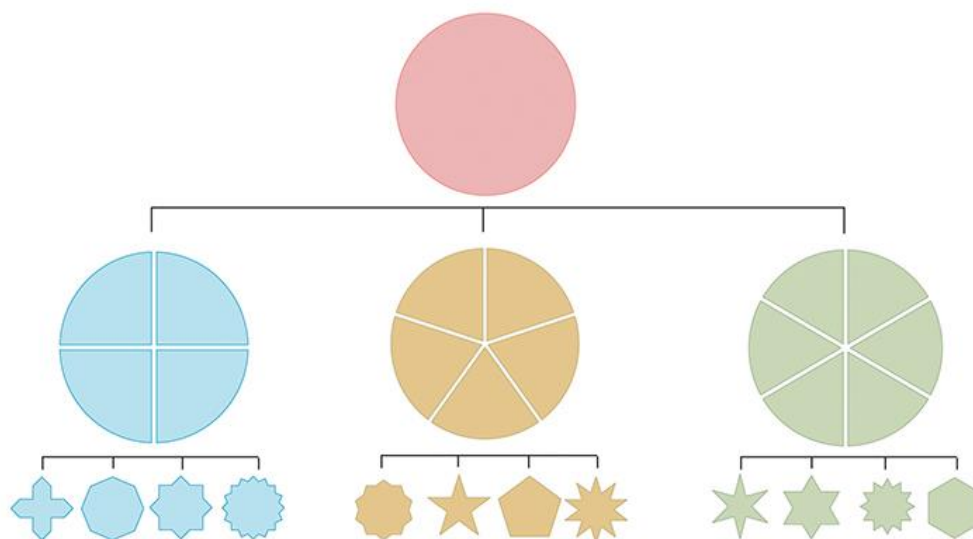
Slika 42: Primjer konstrukcije geometrijske kompozicije s osmerokrakim zvijezdama

Postoji mnogo vrsta uzoraka od kojih su najpoznatije zvijezde (*Slika 43*). Po njima se islamski geometrijski dizajn najlakše prepoznaje. Zvijezde mogu biti raznih oblika s različitim brojem krakova. Najčešće su šestero-, osmero-, desetero- i dvanaesterokrake.

Mnoštvo uzoraka se može svrstati u tri velike grupe ili obitelji četvero-, petero- i šesterostrukog geometrijskog dizajna. Podjela se temelji na rotacijskoj simetriji mnogokuta iz kojeg se uzorak razvio (*Slika 44*)⁴⁷.



Slika 43: Primjer šestero-, desetero- i osamnaesterokrake zvijezde islamskog geometrijskog dizajna



Lijevo: krug podijeljen na četiri jednaka dijela govori o četverostrukoj rotacijskoj simetriji. Iz takve podjele proizaći će uzorci čiji je broj vrhova višekratnik broja 4 (tzv. križ, pravilni osmerokut, osmerokrake zvijezde, šestnaesterokrake zvijezde itd.)

Sredina: Peterostruki dizajn u kojeg se svrstavaju deseterokrake zvijezde, peterokrake zvijezde, pravilni peterokut, itd.

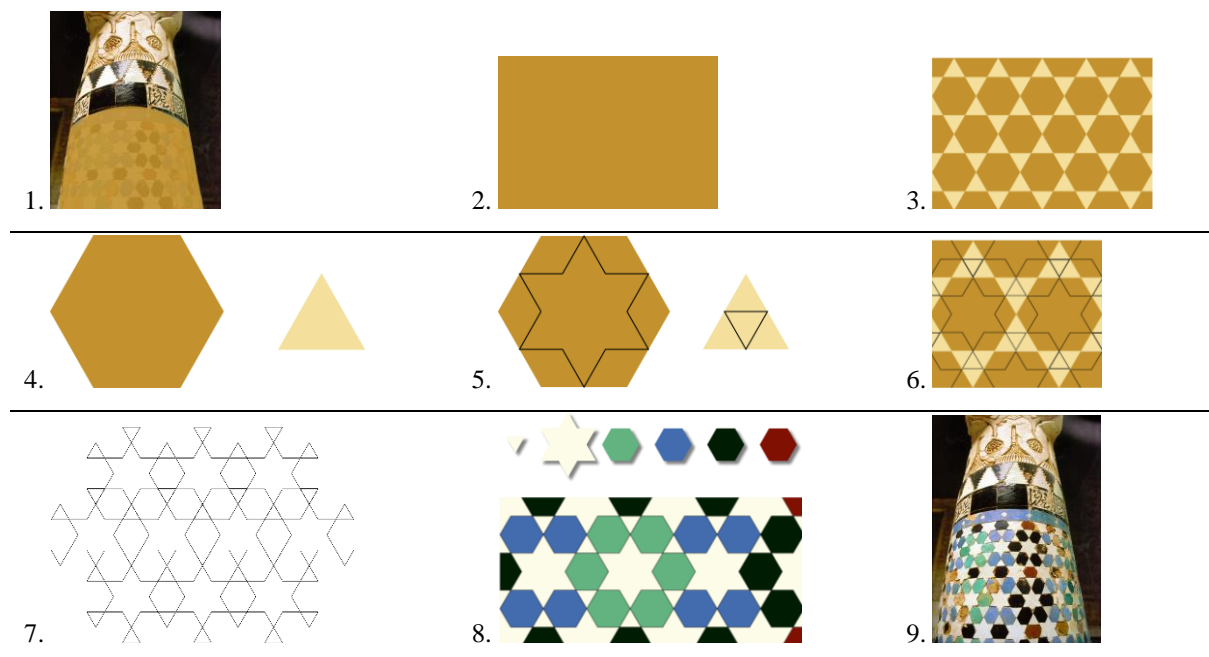
Desno: Šesterostruki dizajn u kojeg se svrstavaju šesterokrake zvijezde, dvanaesterokrake zvijezde, pravilni šesterokut itd.

Slika 44: Osnovne grupe ili obitelji islamskog geometrijskog dizajna u koje se svrstava većina uzoraka

⁴⁷ Eric Broug: *Basic Design Principles, Islamic Geometric Design*, 2015., str. 15-39

3.1. MREŽE I MNOGOKUTI

Za razliku od vlastitih tzv. *slobodnih* kompozicija koje ću predstaviti u petom poglavlju, u primjeni se islamski geometrijski uzorci postavljaju na unaprijed pripremljenu površinu. Umjetnik (ili konstruktor) će stoga, prije same izrade uzoraka, iscrtati odgovarajuću nevidljivu mrežu⁴⁸ sastavljenu iz mnogokuta, čime će osigurati lako i precizno popločavanje površine te uštedjeti na vremenu (*Slika 45*).



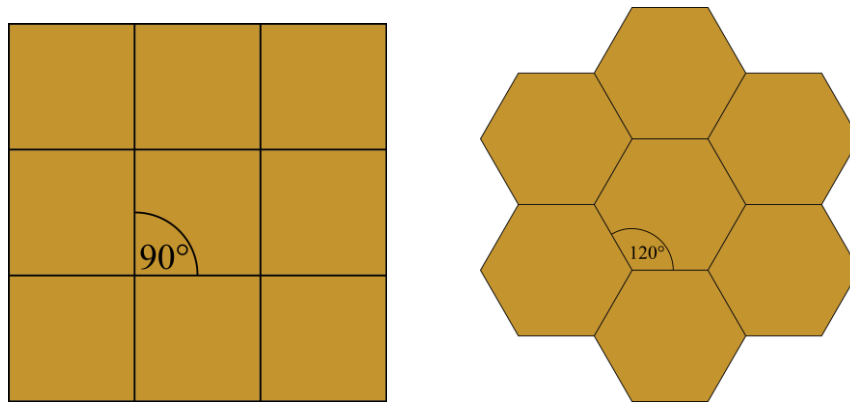
Kako se u primjeni izrađuju kompozicije islamskih geometrijskih uzoraka?

1. Umjetnik, odnosno konstruktor, će najprije odrediti te izmjeriti površinu prema kojoj će konstruirati plan geometrijske kompozicije (zlatna podloga).
- 2.-3. Zatim će u manjem mjerilu dimenzije te površine prenijeti na papir na kojem će tu istu površinu preobraziti u mrežu mnogokuta.
- 4.-6. U sljedećim koracima umjetnik će na ponavljajućim jedinicama konstruirati uzorak te ga popločiti.
- 7.-8. Nakon toga izbrisati će jedinice mreže, obojati kompoziciju uzoraka te svoj plan predati obrtniku zaduženom za postavljanje geometrijskih uzoraka na površine zgrada i sl.
8. (gornji red) Obrtnik koji postavlja kompozicije uzoraka na površine zgrada pomoću tog plana izraditi će dijelove uzoraka (tzv. *alate*) iz različitih materijala.
9. Zatim će te *alate* prema planu umjetnika ili konstruktora posložiti po površini, u ovom primjeru, stupa.

Slika 45: Prikaz i opis izrade geometrijske kompozicije na stupu medrese Abu al- Hassan, Salé, Maroko, 1333.

⁴⁸ Mreže su u upotrebi isključivo tijekom planiranja rada. Nakon što se na jedinicama mreže nacrtala uzorak te izvrši njegovo popločenje one više nisu potrebne.

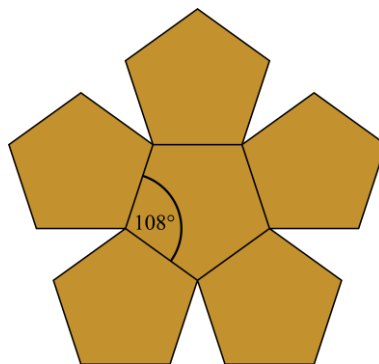
Najjednostavnije te najčešće korištene mreže napravljene su od kvadrata ili pravilnih šesterokuta (*Slika 46*), koji zbog svojih unutarnjih kutova od 90° ili 120° omogućuju pravilno periodičko popločenje⁴⁹. Na spomenutim jedinicama najčešće se konstruiraju šestero-, osmero- i dvanaesterokrake zvijezde.



Slika 46: Mreža kvadrata i mreža šesterokuta bez uzorka

S pravilnim peterokutom nije moguće popločenje ravnine kao kod četverostrukog ili šesterostrukog geometrijskog dizajna, s obzirom da 360° (mjera punog kuta) nije višekratnik od 108° (mjera unutarnjeg kuta peterokuta) (*Slika 47*).

Pronalaženje rješenja tog problema zaokupljalo je mnoge islamske umjetnike. S vremenom su konstruirali karakteristične mnogokute koji u kombinaciji s peterokutom i deseterokutom popločavaju površinu te stvaraju jedne od najsloženijih kompozicija islamskog geometrijskog dizajna⁵⁰.

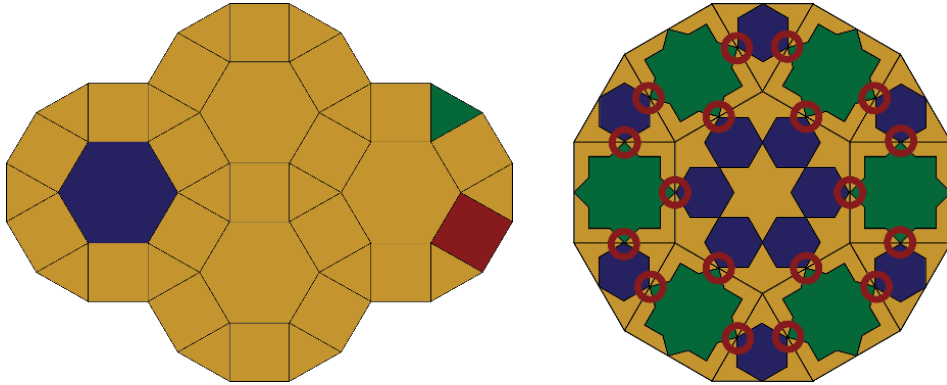


Slika 47: Nemoguće periodičko popločenje ravnine s peterokutom

⁴⁹ Popločenje ravnine je periodičko ako se neki njen segment stalno ponavlja. Postoje samo tri periodička popločenja s pravilnim mnogokutima - s jednakostraničnim trokutom, kvadratom (ili pravokutnikom) i pravilnim šesterokutom. Prekrivanje površine s pravilnim peterokutom moguće je tek uz dodavanje dodatnih likova, s kojima će se pri svakom vrhu zatvoriti puni krug bez prekrivanja i praznina.

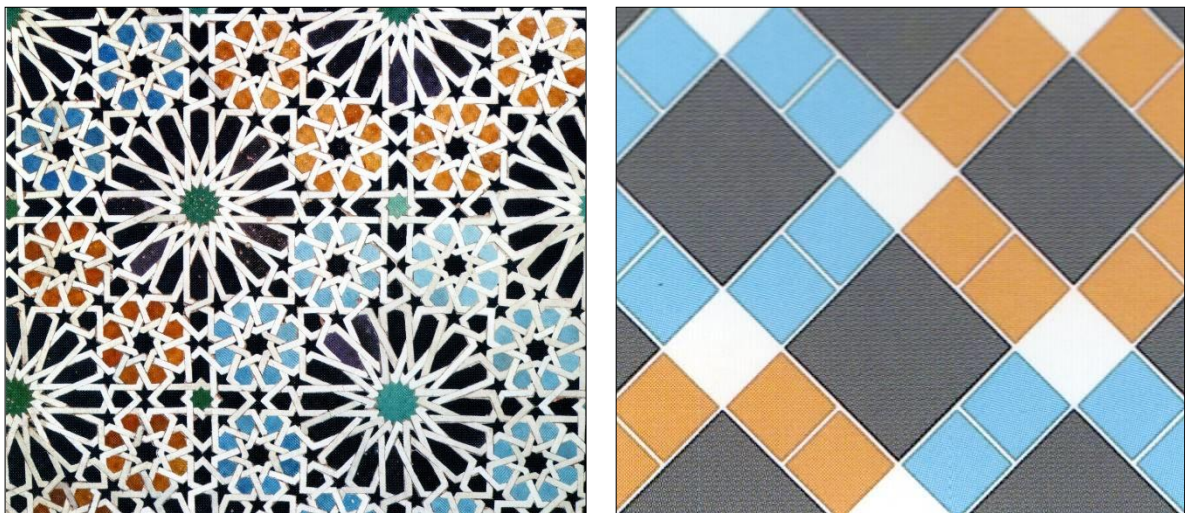
⁵⁰ Eric Broug: *Grids and Polygons*, Islamic Geometric Design, 2015., str. 41-65

Neke od mreža islamskih geometrijskih kompozicija sastavljene su iz različitih mnogokuta. Kod takvih se za vrijeme konstrukcije uzoraka mora paziti da se krajevi njihovih linija podudaraju (*Slika 48*).



Slika 48: Na lijevoj strani je prikaz mreže sastavljene od jednakostraničnih trokuta, kvadrata te pravilnih šesterokuta; na desnoj strani je s crvenom bojom označeno podudaranje uzoraka na jedinicama mreže.

Za otkrivanje jedinice mreža postojećih kompozicija geometrijskog dizajna u islamskom svijetu moraju se analizirati pojedinačni uzorci (*Slika 49*).



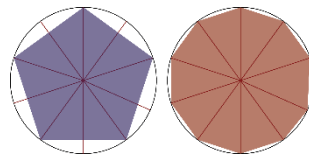
Slika 49: Primjer završne kompozicije iz obitelji četverostrukog dizajna (šesnaesterokrake zvijezde (4x4) u kombinaciji s osmerokrakom zvijezdom (2x4)) (lijevo) te njene nevidljive mreže kvadrata (desno)

3.2. PETEROSTRUKI GEOMETRIJSKI DIZAJN

U trećem poglavlju prikazana je podjela geometrijskog dizajna u tri grupe ili obitelji – četverostruku, peterostruku i šesterostruku (*Slika 44*). Princip izrade uzoraka bilo koje od tih grupa ili obitelji je jednak, no pošto se ovaj rad temelji na *gereh* pločicama, koje su posljedica karakteristika peterostruke rotacijske simetrije, za njihovu izradu potreban je temeljan opis obitelji peterostrukog dizajna.

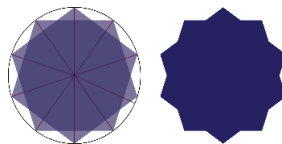
Osnovni način izrade uzoraka iz obitelji peterostrukog dizajna

Pomoću linija koje dijele krug na deset jednakih dijelova u krug se lako upiše pravilni peterokut ili pravilni deseterokut (*Slika 50*).

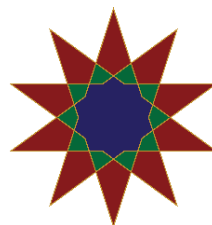


Slika 50: Pravilni peterokut i pravilni deseterokut

Iz dva preklapajuća peterokuta dobiva se deseterokraka zvijezda (*Slika 51*). Ako se zatim linije upravo nacrtanih peterokuta produže nastaje deset deltoidnih oblika zvanih *zmaj*⁵¹ te deset *zraka* (*Slika 52*).



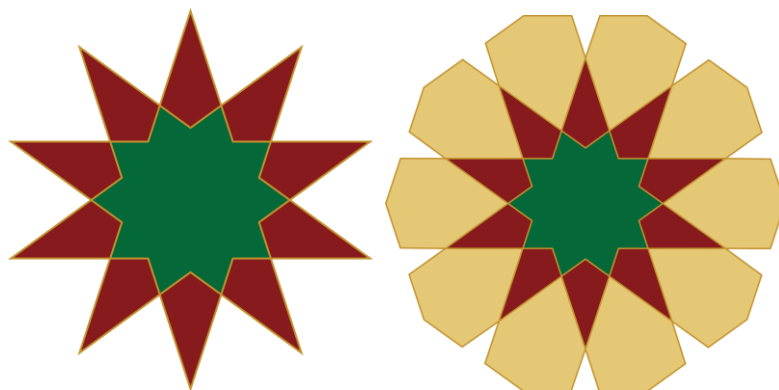
Slika 51: Iz dva preklapajuća peterokuta dobiva se deseterokraka zvijezda



Slika 52: Produžene stranice deseterokrake zvijezde stvaraju posebnost peterostrukog dizajna - deset oblika *zmaja* (zeleno) te deset *zraka* (crveno)

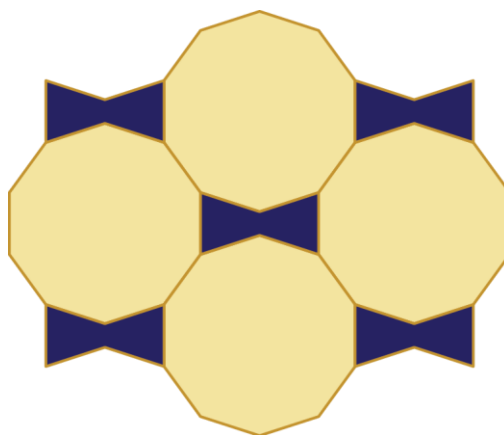
⁵¹ Izraz *zmaj* u peterostrukom geometrijskom dizajnu označava deltoid s unutarnjim kutovima: 72° , 72° , 72° i 144° .

U pravilu deseterokraka zvijezda nikada nije okružena sa *zmajevima* te *zrakama* istovremeno. Najčešće se zmajevi ujedine sa zvijezdom, kojoj se potom dodaju tzv. *latice* (Slika 53)⁵².



Slika 53: Zmajevi ujedinjeni sa zvijezdom (lijevo), koju okružuju zrake (crveno) i latice (desno u svjetlo zlatnoj boji)

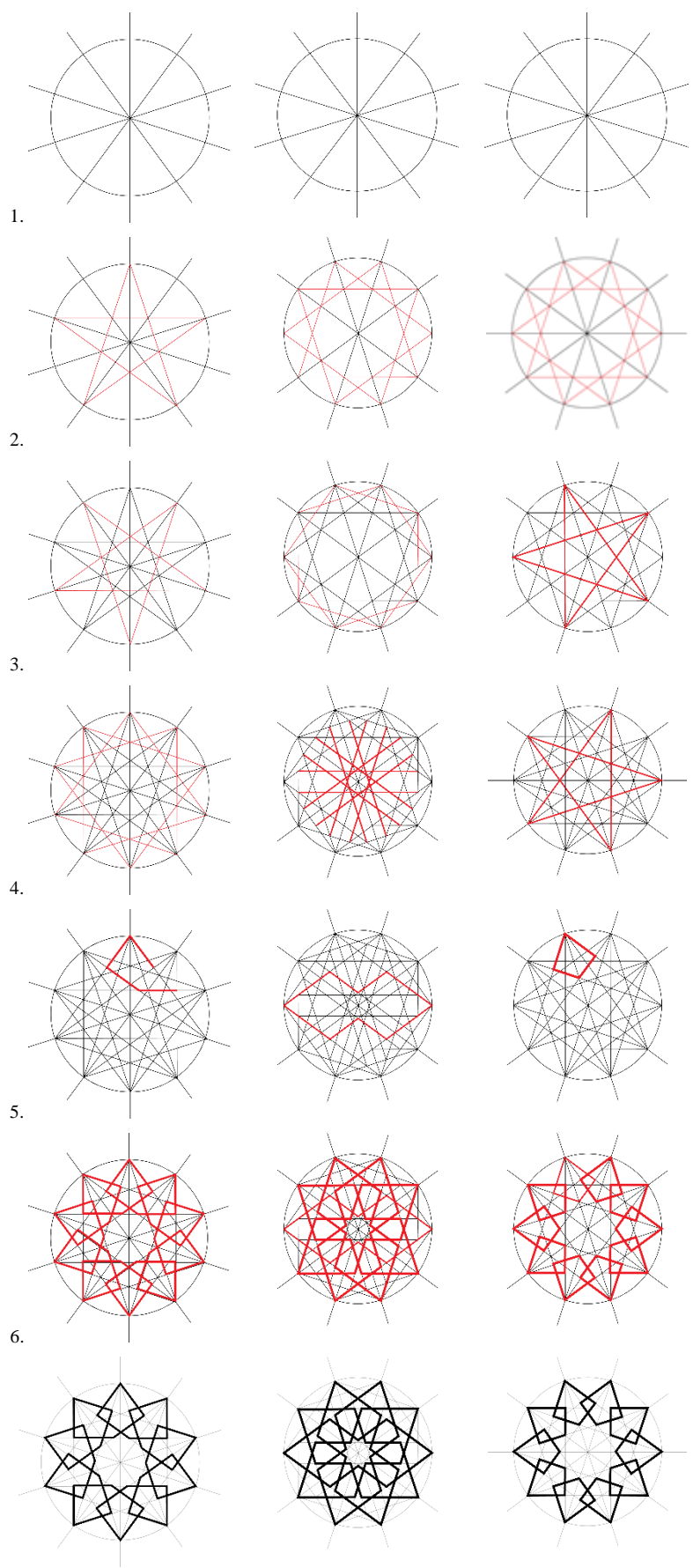
Već je spomenuto da samo s pravilnim peterokutima ili deseterokutima nije moguće popločiti ravninu. Ta značajka peterostrukog dizajna omogućila je otkriće popločavanja površine s određenim oblicima mnogokuta (Slika 54).



Slika 54: Primjer popločavanja ravnine pravilnim deseterokutom i šesterokutom zvanim *mašna* (engl. *bowtie*)

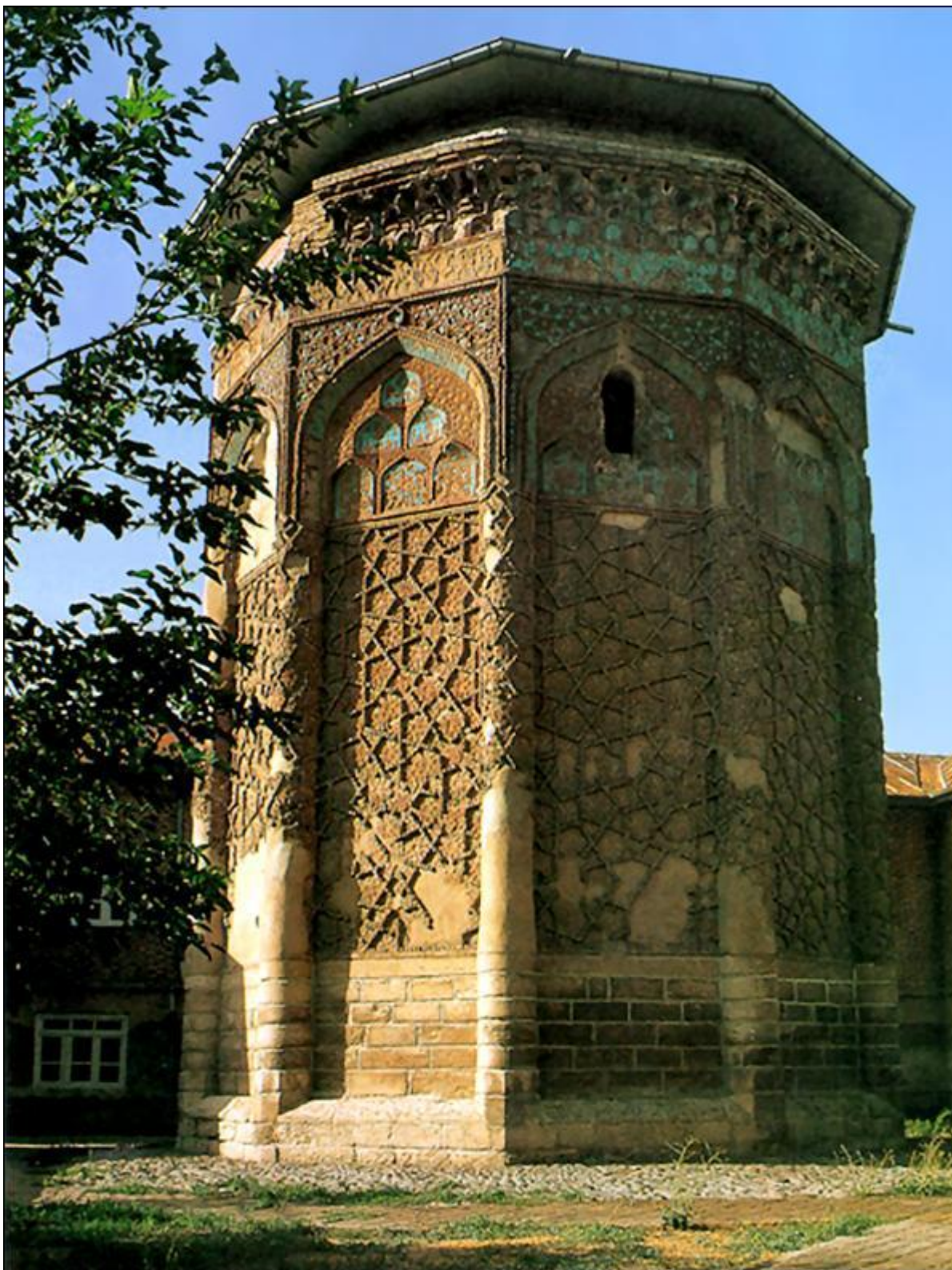
Različitosti uzoraka, koji se mogu konstruirati na jedinicama mreže peterostrukog dizajna, nema kraja. Sa strpljivošću i kreativnošću pronalaze se zanimljiva rješenja. Postupak izrade nekih od ustaljenih uzoraka prikazan je na slici 55.

⁵² Eric Broug: *Fivefold Geometric Design*, Islamic Geometric Design, 2015., str. 129-164



Slika 55: Peterostruki geometrijski dizajn i primjeri konstrukcije uzoraka

Najraniji primjeri kompozicija peterostrukog dizajna potiču iz 12. stoljeća, a posebno lijepi primjer je seldžučka građevina **Gonbadi Kabud u Maragi** (Iran) (Slika 56).

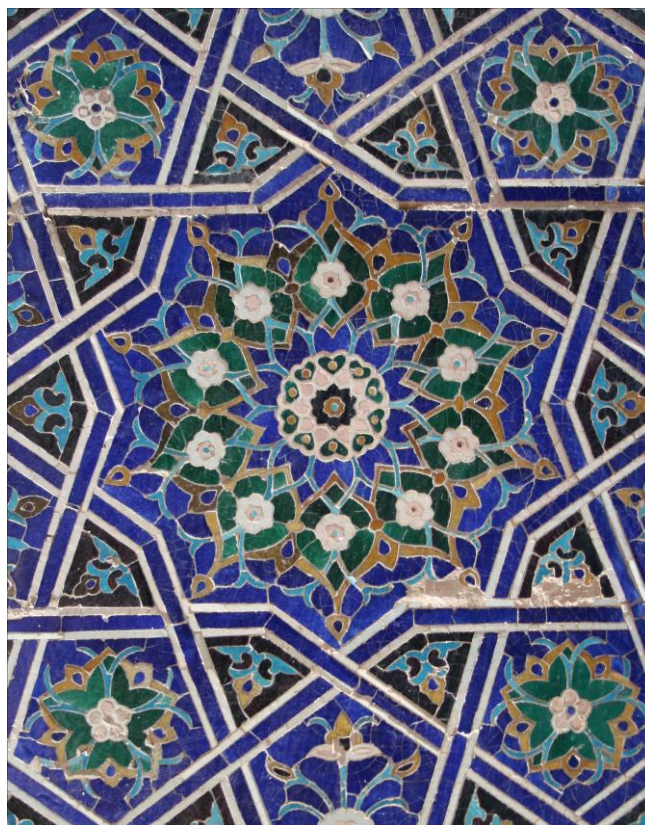


Slika 56: Gonbadi Kabud, Maraga, Iran, 1196.-1197.

4. GEREH UZORCI I GEREH PLOČICE

Porijeklo imena gereh pločica

Gereh-sazi ili *gereh* (گره) je perzijska riječ, koja označava islamske geometrijske uzorke čije linije su u većini primjera podebljane te isprepletene⁵³.



Slika 57: Detalj s **groblja Shah-i Zinda**, Samarkand, Uzbekistan, građen 11.-19. st.

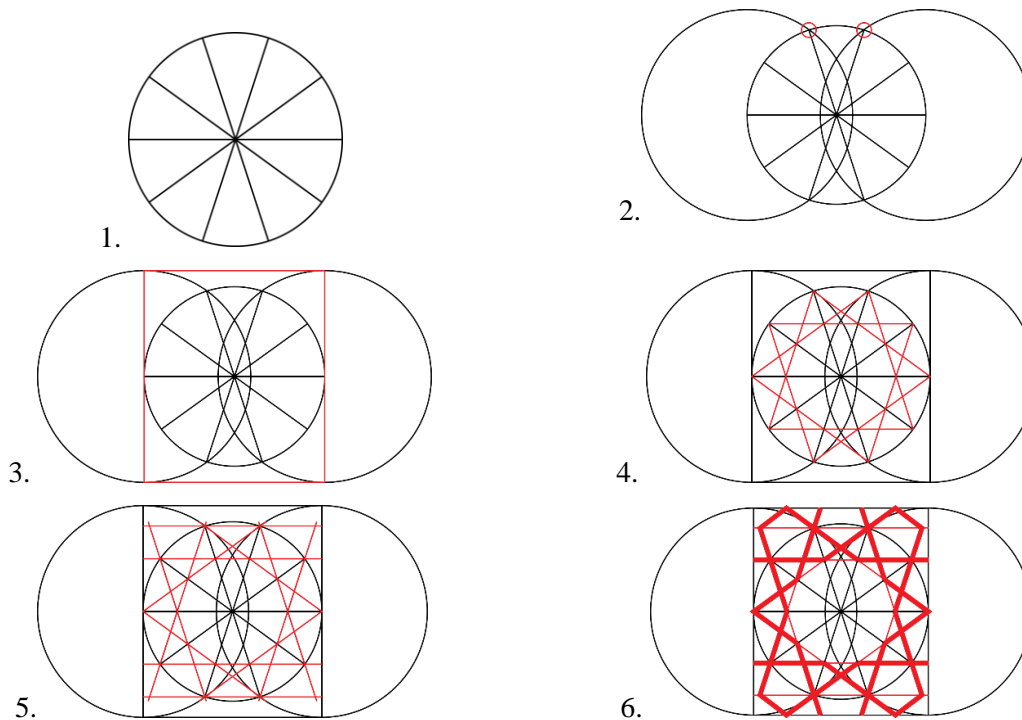
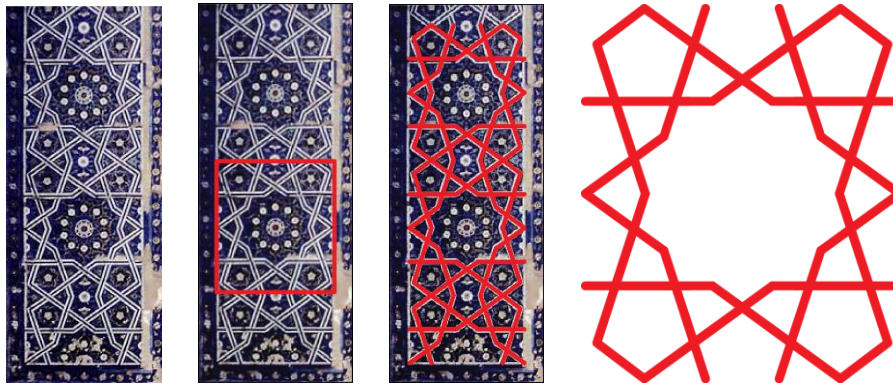
Primjer gereh uzorka (deseterokraka zvijezda) s cvjetnim motivima

Konstrukcija gereh uzorka

Tradicionalna konstrukcija geometrijskih uzoraka sa šestarom i ravnalom s lakoćom se može primijeniti na jednostavnim kompozicijama *gereh* uzorka četverostruke i šesterostruke te, u nekim primjerima, peterostruke obitelji.

Na slici 58 prikazan je takav način izrade deseterokrake zvijezde (iz obitelji peterostrukog dizajna) na jedinici mreže pravokutnika (periodičko, neograničeno popločenje, dvostruka simetrija).

⁵³ Marcus Milwright: *Architecture*, Gereh-sāzi, Encyclopædia Iranica, Vol. X, Fasc. 5, str. 500-504



U gornjem redu prikazana je jednostavna geometrijska kompozicija s deseterokrakom zvijezdom. Već na prvi pogled može se odrediti jedinica njene mreže s uzorkom – pravokutnik.

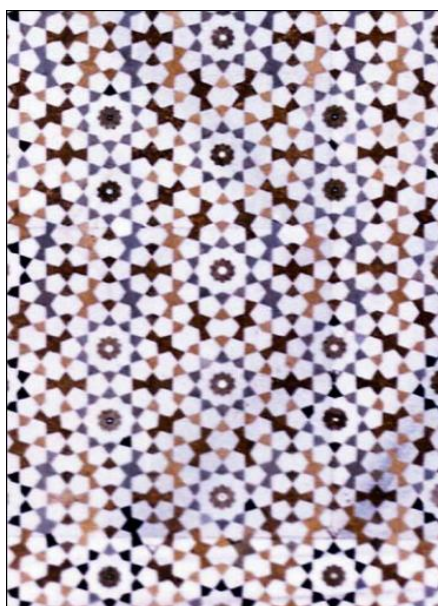
Način na koji se uzorak konstruira sa šestarom i ravnalom prikazan je od br.1 do br. 6.

1. Crtanje kruga i njegova podjela na 10 jednakih dijelova
2. Crtanje kruga sa središtem na krajevima horizontalnog promjera s polumjerom veličine do crveno označenih točaka
3. Određivanje granica mnogokuta za popločavanje površine (pravokutnik)
4. Crtanje uzorka (povezivanje svakog trećeg vrha) unutar jedinice/pravokutnika
5. Produživanje stranica deseterokrake zvijezde do rubova pravokutnika te dodavanje orijentacijskih crta
6. Iscrtavanje uzorka unutar pravokutnika

Slika 58: Detalj uzorka iz mauzoleja Tuman Aq, Samarkand, Uzbekistan, 15. st.

Analiza kompozicije s deseterokrakom zvijezdom te prikaz konstrukcije njene pravokutne jedinice

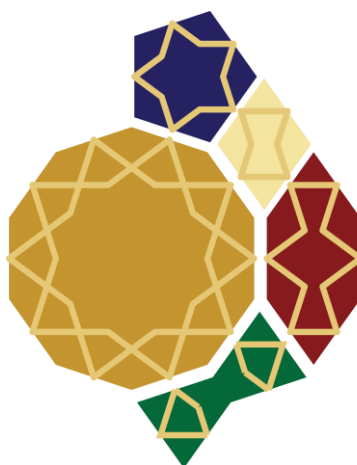
Za razliku od primjera na slici 58 nešto teže je pronalaženje strukture uzoraka kod kompliciranijih kompozicija peterostrukog geometrijskog dizajna (*Slika 59*).



Slika 59: Mauzolej, Etimad ud Daulah, Agra, India, 17.st.

Gledajući ovakvu kompoziciju postavlja se pitanje na koji način (na kakvoj mreži) su je umjetnici konstruirali.

Pretpostavlja se da ovako složeni uzorci (*Slika 59*), u ovom slučaju još uvijek periodičke kompozicije, nisu mogli nastati koristeći se samo šestarom i ravnalom. Umjetnici su zato izradili karakteristične oblike mnogokuta s uzorkom, pomoću kojih su oblikovali i popločili površinu za peterostruki geometrijski dizajn, a jedan takav set pločica naziva se *gereh* pločice (engl. *girih tiles*) (*Slika 60*).



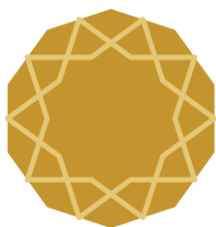
Slika 60: *Gereh* pločice

4.1. OTKRIĆE GEREH PLOČICA

2005. godine, nedugo nakon što je diplomirao iz fizike na univerzitetu Harvard, Peter Lu je tijekom posjeta Uzbekistanu bio obuzet složenošću geometrijskih kompozicija na medresi iz 15. st. u Buhari. Znatizelja da otkrije način njihove izrade dovela ga je do zanimljivog otkrića.

Proučavanjem mnoštva kompozicija islamskih uzoraka shvatio je da se iza nekih srednjovjekovnih uzoraka iz obitelji peterostrukog geometrijskog dizajna ponavlja vrsta točno određenih mnogokuta⁵⁴.

Radi se o pet pločica jednakih stranica i utvrđenih unutarnjih kutova (mjera svakoga od njih je višekratnik broja 36) s obavezno iscrtanim *gereh* uzorkom, po kojem su i dobile ime (*Slika 61*).



Pravilan deseterokut s unutarnjim kutovima od 144°



Pravilan peterokut s unutarnjim kutovima od 108°



Izdužen, неправиilan šesterokut s unutarnjim oštrim kutovima od 72° i ostalim tupim kutovima od 144°



Romb s unutarnjim oštrim kutovima od 72° i tupim od 108°

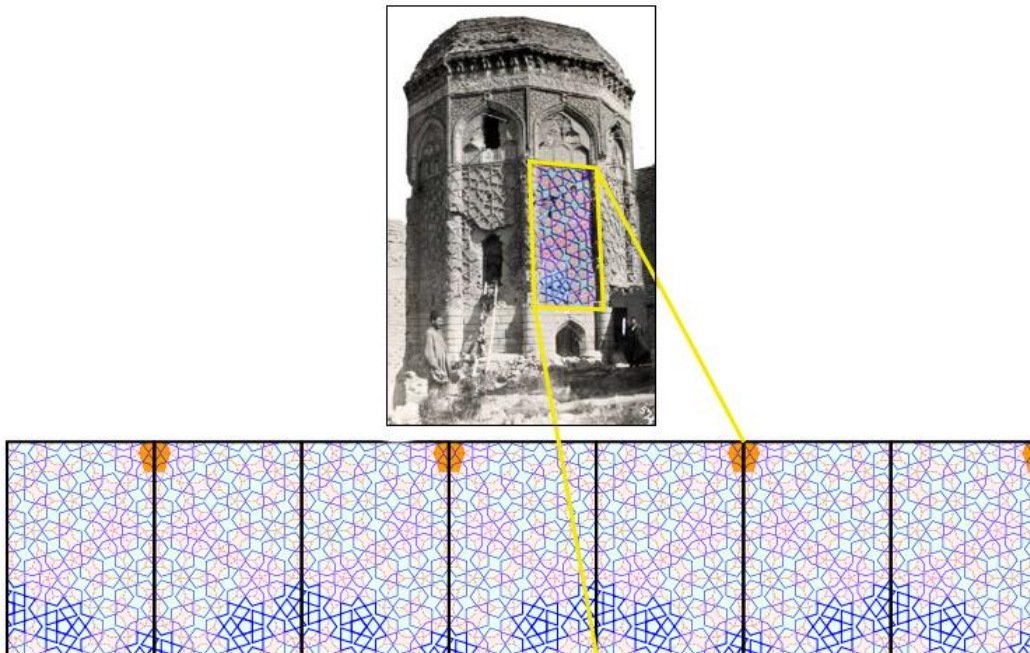


Šesterokut ili *mašna* (engl. *bowtie*) s unutarnjim oštrim kutovima od 72° i izbočenim od 216°

Slika 61: Opis *gereh* pločica

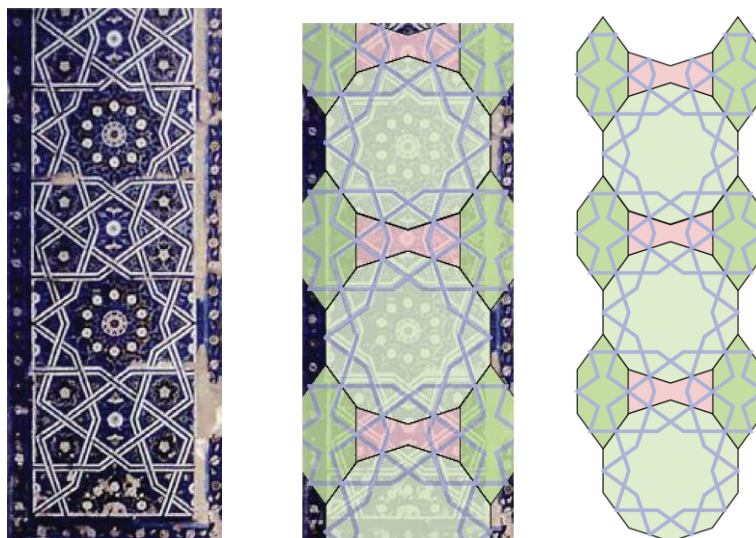
⁵⁴ Sebastian R. Prange: *The Tiles of Infinity*, Saudi Aramco World, 2009., str. 24-31

Peter Lu je na nekoliko primjera rekonstruirao nevidljivu mrežu kompozicija s *gereh* pločicama (*Slika 62*, *Slika 63*), a da su ih umjetnici tijekom povijesti uistinu koristili, dokazao je pomoću Topkapi svitka iz 15. st. (*Slika 64*).

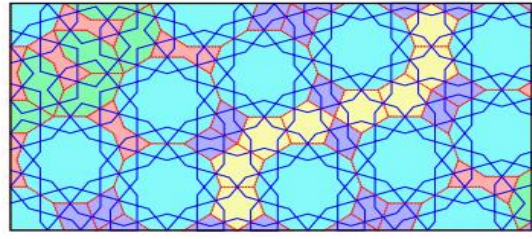
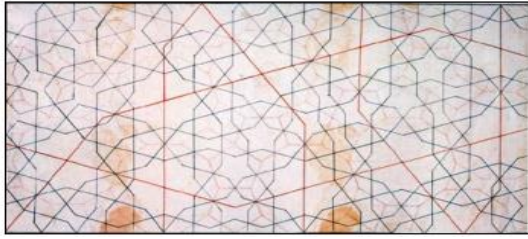


Slika 62: Gonbadi Kabud, Maraga, Iran, 1196.-1197.

Rekonstrukcija mreže s *gereh* pločicama - pretpostavlja se da su u upotrebi od 13. st.



Slika 63: Alternativno rješenje za uzorak sa slike 63 dokazuje kako *gereh* pločice omogućuju brže i lakše stvaranje jednostavnih, ali i složenih kompozicija. Uz to, za pločice nije nužno da se koriste u punom sastavu.



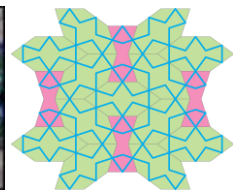
Primjer neperiodičkog popločenja

Lijevo: Linije crvene boje su linije velikih *gereh* uzoraka, a linije tamno sive boje su linije malih *gereh* uzoraka. Svijetlo sive boje su obrisi *gereh* pločica.

Desno: Rekonstrukcija kompozicije s lijeve strane pomoću *gereh* pločica.

Slika 64: Crtež iz Topkapi svitka⁵⁵, Topkapi Saraj, Istanbul, 15./16. st.

Mladi fizičar je s *gereh* pločicama uspio objasniti i oblikovanje kompozicija peterostrukog dizajna bez deseterokrake zvijezde, bez koje bi jedinicu mreže na slici 65 bilo teško konstruirati koristeći samo šestar i ravnalo. U tom slučaju ni ovakvo besprijeckorno popločenje površine ne bi bilo moguće (Slika 65)⁵⁶.




Slika 65: Detalj stupa, Velika džamija u Malatiji, Turska, oko 1200.

⁵⁵ Topkapi svitak pronađen je u 1980-im godinama te se čuva u muzeju Topkapi palače u Istanbulu. Nastao je za vrijeme dinastije Timurida u Iranu te sadrži 114 crteža geometrijskih uzoraka nacrtanih tintom, čije linije se podudaraju s *gereh* pločicama. Pošto u svitku nema nikakvog teksta, o njegovom porijeklu i upotrebi se ne zna mnogo, ali je posve vjerojatno da su ga upotrebljavali arhitekti i obrtnici koji su izrađivali pločice.

Posebnost Topkapi svitka je crtež na slici 64. Na prvi pogled vidljive su samo tamno sive linije *gereh* uzoraka i svijetlo sive linije *gereh* pločica. Pažljiv pogled otkriva i crvene linije za koje se ispostavilo da su dio mnogo većih *gereh* uzoraka. Takva podjela velikih *gereh* uzoraka na male, s kojom su se postizale dvije preklapajuće kompozicije *gereh* uzoraka, nije lako izvodljiva te govori o sofisticiranom znanju geometrije srednjovjekovnih muslimanskih umjetnika.

⁵⁶ Peter J. Lu, Paul J. Steinhardt: *Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture*, Science, Vol. 315/5815, 2007., str. 1106-1110

4.2. METODA IZRADIVANJA GEREH PLOČICA POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA ADOBE ILLUSTRATOR

Vektorski baziran računalni program za crtanje Adobe Illustrator, , nudi grafičkim dizajnerima veliki broj alata i mogućnosti za izradu svakojakih radova od posjetnica, logotipa, plakata pa sve do foto-realističnih ilustracija. Zbog svoje vektorske grafike, koja se bazira na matematičkim formulama, omogućuje povećanje ili smanjenje radova bez gubitka kvalitete⁵⁷.

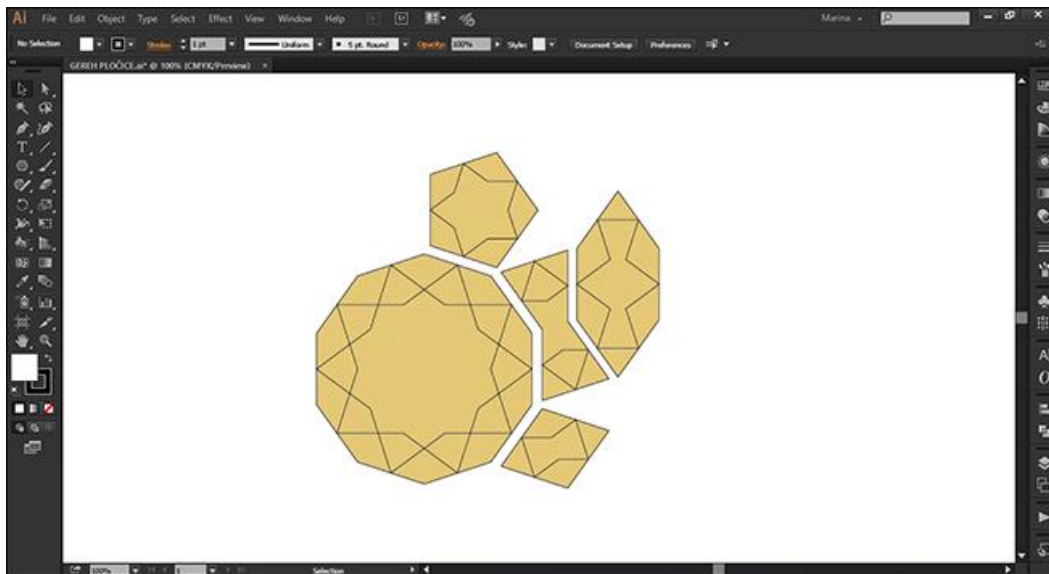
Adobe Illustrator koristila sam za izradu serije geometrijskih uzoraka s *gereh* pločicama. Postoji nekoliko metoda za stvaranje islamskih geometrijskih kompozicija u raznim računalnim programima, međutim, do sada nisam naišla na niti jednu koja bi prikazivala samu izradu *gereh* pločica.

Kako bi napravila kompoziciju islamskih geometrijskih uzoraka s *gereh* pločicama morala sam najprije razviti vlastitu metodu njihove izrade prema sljedećim pravilima:

Opća pravila

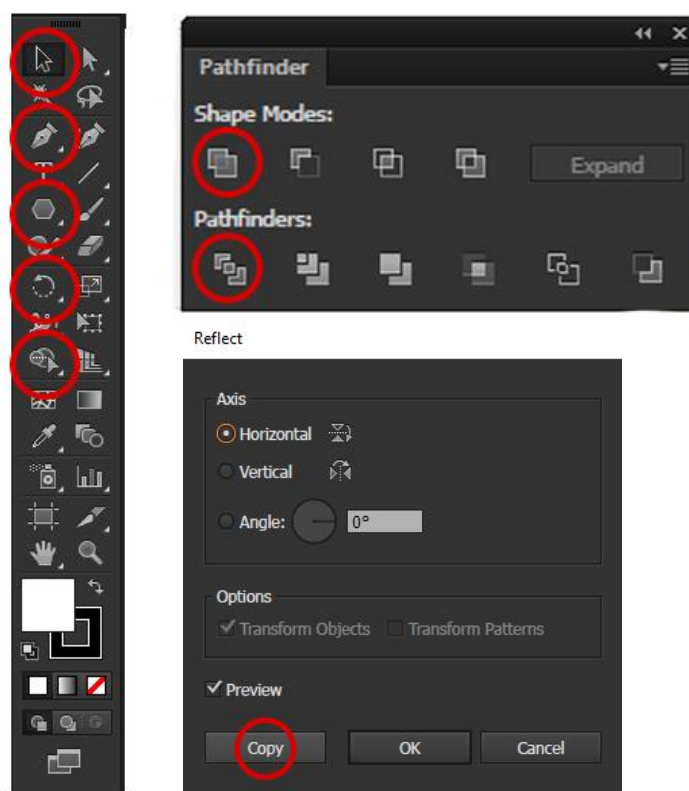
- veličine stranica i kutovi završnih pločica moraju se podudarati, zbog toga je od velike važnosti redosljed po kojem su izrađene
- pojedinačni korak izrade svake od pločica napravljen je na zasebnom sloju (*Layers*)
- svaka rotacija i zrcalna slika moraju se kopirati (*Copy*)
- po potrebi se kopira i završna *gereh* pločica (deseterokut, peterokut te izduženi šesterokut)
- mnogokut *gereh* pločice i uzorak se na kraju grupiraju
- od alata korišteni su:
 - ❖ za izradu mnogokuta (deseterokut): *Polygon Tool*
 - ❖ za crtanje: *Pen Tool*
 - ❖ za rotaciju: *Rotate Tool*
 - ❖ za zrcaljenje: *Reflect Tool*
 - ❖ za izradu oblika: *Shape Builder Tool* te *Unite* i *Divide* u kategoriji *Pathfinder*
 - ❖ za poravnanje dijelova: *Align*
 - ❖ za grupiranje elemenata: prečac ctrl+G
 - ❖ kopiranje elemenata: alt+povlačenje elemenata

⁵⁷ Adobe.com: *What is Illustrator?*, Illustrator CS6 video tutorials



Slika 66: Primjer radne površine u Adobe Illustratoru

Na lijevoj strani nalazi se panel s alatima za crtanje i uređivanje vlastitih izradaka, a na desnoj strani nalazi se panel za njihovu kontrolu te modifikaciju.



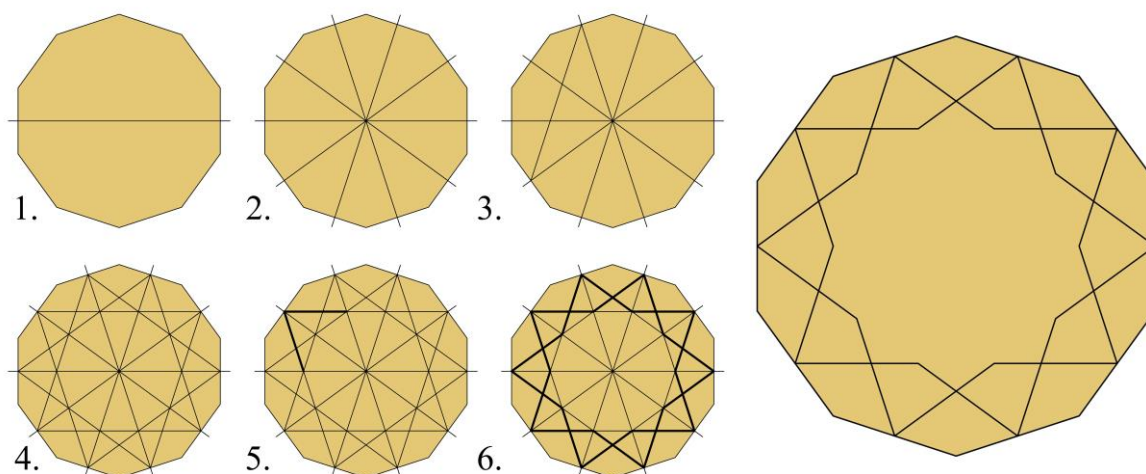
Lijevo, odozgo prema dole: *Selection tool*, *Pen Tool*, *Polygon Tool*, *Rotate Tool* (iza kojeg se nalazi i *Reflect Tool*) te *Shape Builder Tool*

Desno gore, odozgo prema dole: *Unite* te *Divide*

Desno dole: kod rotacije i preslike uvijek se odabire mogućnost *Copy*

Slika 67: Najčešće korišteni alati u Adobe Illustratoru za izradu *gereh* pločica

Izrada deseterokutne gereh pločice



U Adobe Illustratoru nije moguće nacrtati set različitih mnogokuta s jednakim stranicama. Pošto je ta karakteristika od iznimne važnosti za izradu kompozicija s *gereh* pločicama, mora se pronaći način koji će i to omogućiti.

Gledajući *gereh* pločice jasno je da su proizašle iz deseterokuta, zbog toga je razumljivo da ga se konstruira na samom početku.

Taj prvi korak ne predstavlja nikakav problem, jer se s alatom *Polygon Tool* smjesta konstruira deseterokut.

Gereh pločice karakterizira i jedinstven uzorak. Nakon izrade deseterokuta se, s alatom *Pen Tool*, točno po polovici crta vodoravna linija (br. 1.), koja se oko središta⁵⁸ zaokrene 4 puta za 36° (br. 2.).

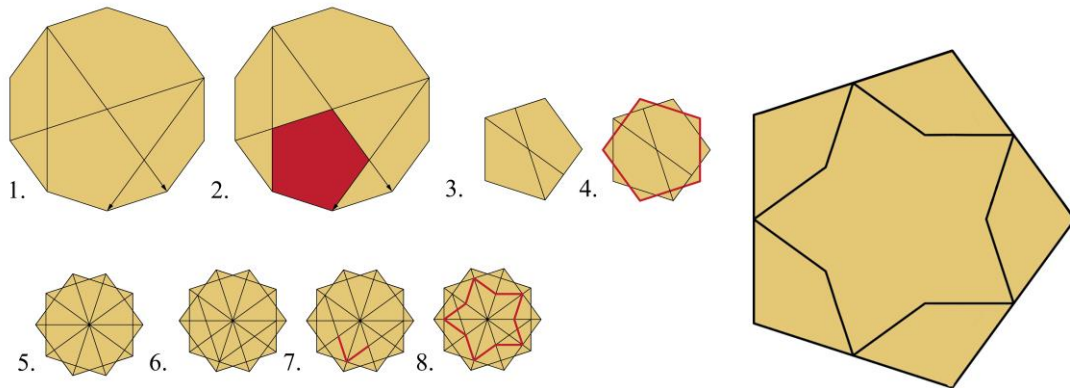
Svako treće sjecište linija sa stranicama deseterokuta potrebno je povezati (br. 3.) kako bi nastala deseterokraka zvijezda (br. 4.).

Oko jednog para krakova zvijezde, podebljaju se linije (br. 5.) te se, oko središta deseterokuta, zaokrenu 9 puta za 36° (br. 6.).

Na kraju se obrišu nepotrebne crte i dobiva se prva *gereh* pločica.

⁵⁸ Za određivanje točke rotacije (ili preslike) zadrži se tipka alt, s kursorom se postavi na središte te se pritisne lijeva tipka na mišu.

Izrada peterokutne gereh pločice



Druga po redu je peterokutna *gereh* pločica s uzorkom. Podloga za njenu izradu je deseterokut (prethodno izrađena pločica) na kojem se nacrtaju linije kao na slici br. 1.

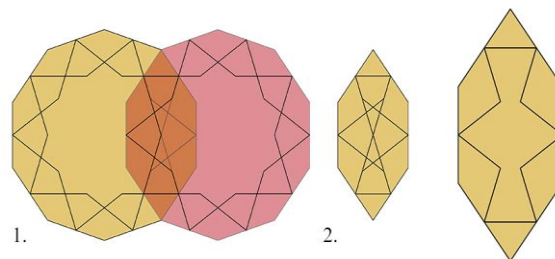
S alatima *Divide* te *Shape Builder* izdvoji se peterokutna pločica (br. 2). Povezivanjem vrhova i točke na polovici nasuprotne stranice pronalazi se središte peterokuta (br. 3.).

Slijedi rotacija peterokuta za 36° oko središta (br. 4.) i crtanje pomoćnih linija, koje dijele oblik na 10 jednakih dijelova (br. 5.).

Na slikama br. 6. i 7. prikazane su dodatne crte za dobivanje jednog od krakova zvijezde.

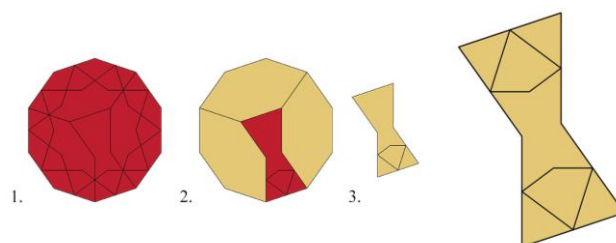
Na kraju se krak rotira oko središta 4 puta za 72° (br. 8.) te se obrišu ostale linije. Nastala pločica se odlično uklapa s prvom deseterokutnom pločicom: obje pločice imaju jednaku duljinu stranice te jednaki kut između stranice i zrake unutarnje zvijezde (uzorka). Prislonimo li pločice jednu uz drugu, linija uzorka s jedne pločice prirodno se nastavlja na drugu.

Izrada šesterokutne gereh pločice



Sve što je nužno napraviti za izradu šesterokutne pločice, kako bi se savršeno uklapala s preostalima, je prekriti dvije deseterokutne pločice (br. 1.), s alatom *Shape Builder* očuvati njihov presjek (br. 2.) te obrisati nepotrebne linije oko uzorka.

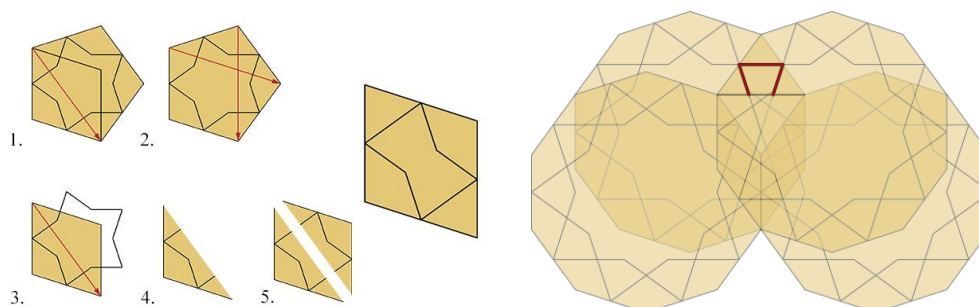
Izrada druge šesterokutne gereh pločice



Konstrukcija četvrte pločice također nije pretjerano zahtjevna. Tri već napravljena oblika šesterokuta poslože se po površini prve *gereh* pločice na način koji je prikazan pod br. 1. Nagib svakog šesterokuta postiže se rotacijom oko vrha njegovog oštrog kuta za 72° .

Slijedi brisanje uzorka izvan granica novonastalog oblika (br. 2.) te odvajanje pločice s alatom *Shape Builder* (br. 3.). Preostaje još rotacija dijela uzorka za 180° te njegov smještaj na gornjem dijelu pločice.

Izrada četverokutne gereh pločice



Za konstrukciju posljednje *gereh* pločice potrebna je druga, odnosno peterokutna *gereh* pločica.

Po uzoru na br. 1. i br. 2. nacrtaju se konstrukcijske linije, a upotrebom alata *Divide* te zatim *Shape Builder* dobiva se željeni četverokut – romb (br. 3.).

Kako bi se pravilno nacrtao i pripadajući uzorak *gereh* pločice, mora se odrediti dio peterokrake zvijezde (br. 3.). S alatom *Divide* postiže se dio uzorka (br. 4.), koji se potom oko vrha rotira za 180° te smjesti uz dijagonalu novonastalog romba (br. 5.).

Na desnoj strani: prikaz alternativne izrade te iste pločice s četiri preklapajuća deseterokuta. S crvenom bojom označen je dio uzorka spreman za *horizontalno* preslikavanje.

4.3. PRIKAZ I ANALIZA IZRADE ISLAMSKIH GEOMETRIJSKIH UZORAKA POMOĆU *GEREH* PLOČICA U RAČUNALNOM PROGRAMU ADOBE ILLUSTRATOR

Seriya radova dana u petom poglavlju sastoji se od pet unikatnih geometrijskih kompozicija napravljenih s *gereh* pločicama u programu Adobe Illustrator.

Potrebno je naglasiti kako *gereh* pločice u primjeni služe samo tijekom postavljanja mreže. Stoga se, po principu koji vrijedi i za preostale dvije obitelji geometrijskog dizajna (četverostruku i šesterostruku), nakon popločenja rubovi pločica se obrišu te ostaje vidljiva samo kompozicija za peterostruki geometrijski dizajn karakterističnih uzoraka (tzv. elementi ili *alati*) (Slika 68).



Slika 68: Na slici prikazani elementi ili *alati* (vidjeti opis slike 45, br. 8) pojavljuju se isključivo u kompozicijama *gereh* uzoraka

Proces rada

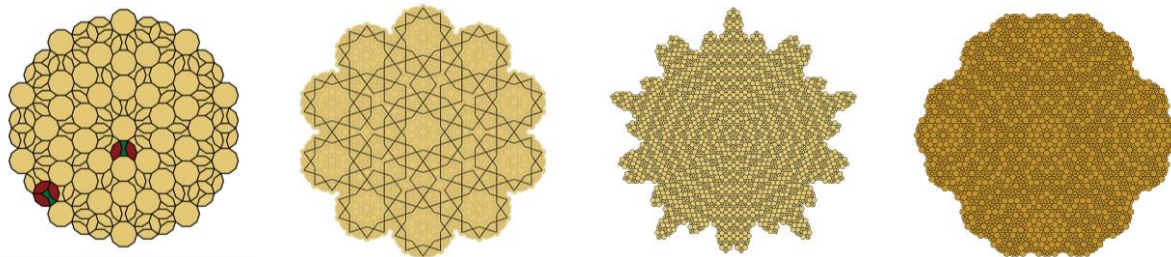
Popločavanje i istraživanje novih (netradicionalnih) kombinacija *gereh* pločica kao i bojanje izvodilo se ručno s alatima *Live Paint Bucket* te *Rotate Tool*.

Svim kompozicijama zajednička je peterostruka rotacijska simetrija oko središta deseterokutne *gereh* pločice. Takav način širenja kompozicije odabran je zbog simboličkog značenja zvijezde (Slika 40). Uz to, nakon mnogo pokušaja periodičkog popločavanja, ispostavilo se da je takva postava mnogo primjernija za prostorno neograničenu kompoziciju.

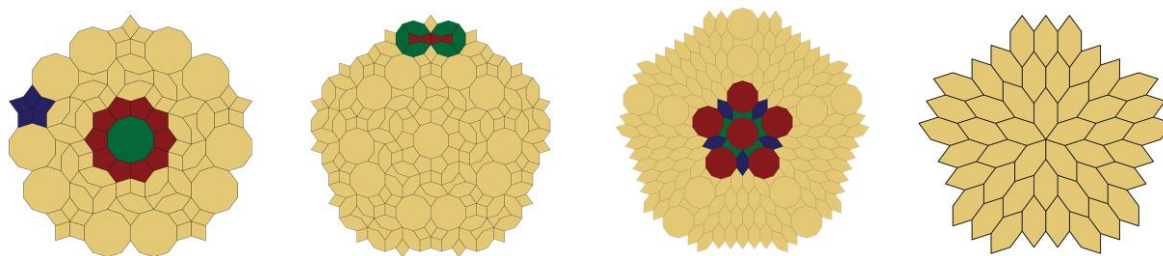
Zbog aperiodičkog popločavanja elementi kompozicija *gereh* uzoraka slični su onima iz Topkapi svitka (Slika 64).

Simbolizam boja opisan je u poglavlju 2.1. a sveukupna interpretacija završenih kompozicija prepuštena je svakom pojedincu.

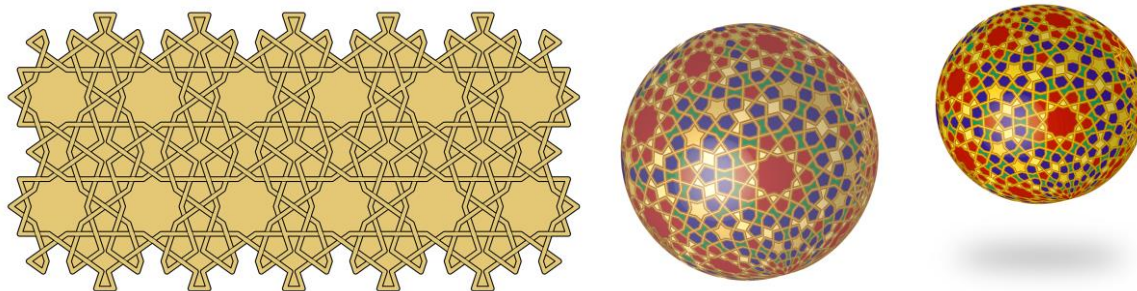
Istraživanje načina popločenja i prezentacije kompozicija gereh uzoraka



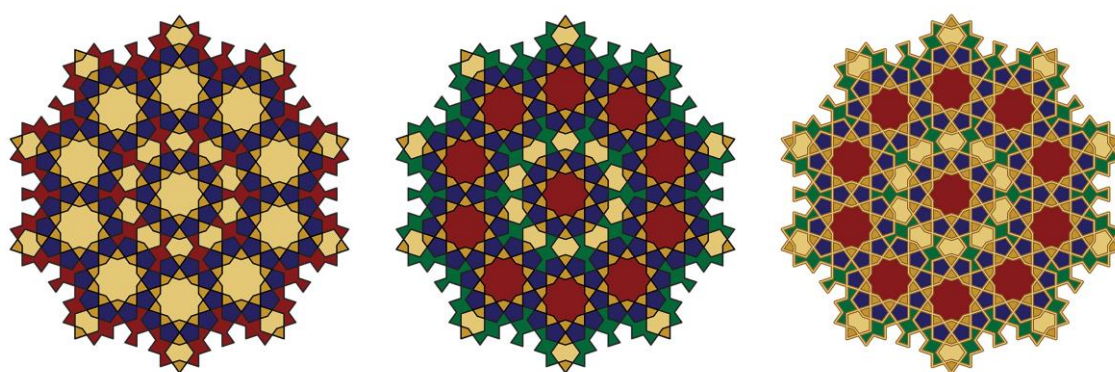
Pokušaji popločenja s podjelom velikih gereh pločica na male



Traženje zanimljivih elemenata za popločenje



Periodičko popločenje te istraživanje načina prezentacije



Mogućnosti bojanja kompozicije uzoraka

Slika 69: Prikaz istraživanja mogućnosti popločenja, upotrebe boja i načina prezentacije

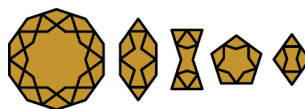
Analiza završnih kompozicija gereh uzoraka

Br. 1

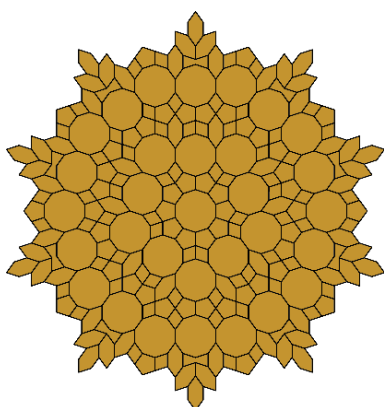
Paleta boja



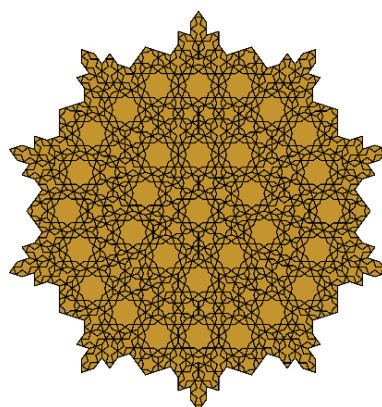
Korištene gereh pločice



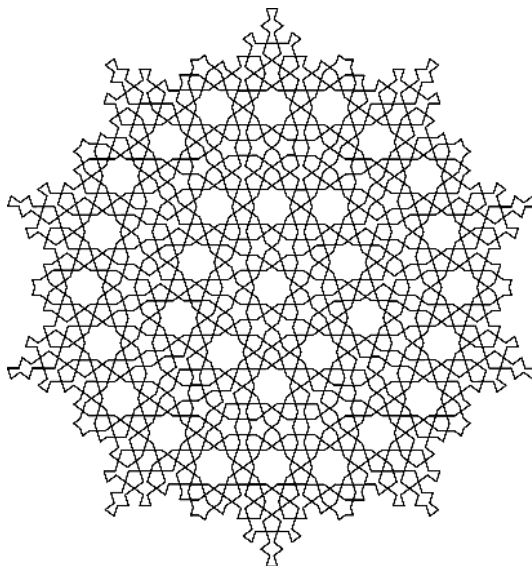
Popločenje gereh pločicama bez uzoraka



Popločenje gereh pločicama s uzorcima



Završna kompozicija gereh uzoraka



Analiza kompozicije gereh uzoraka

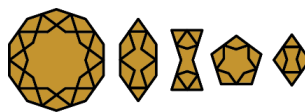
Za tvorbu prve kompozicije korišten je potpuni set *gereh* pločica. Na prvi pogled vidljivo je istupanje deseterokuta (praznine), koji u prvom nizu oko središta oblikuju pravilan peterokut, a u drugom deseterokut. Kompozicija je u obliku deseterokrake zvijezde.

Br. 2

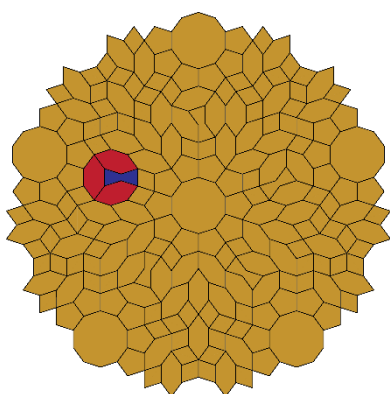
Paleta boja



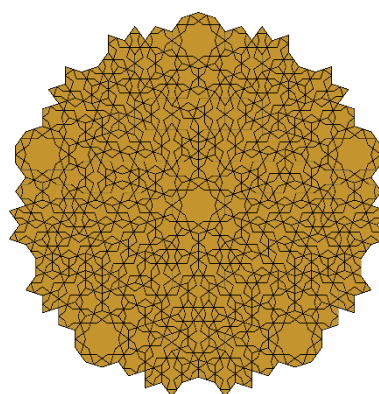
Korištene gereh pločice



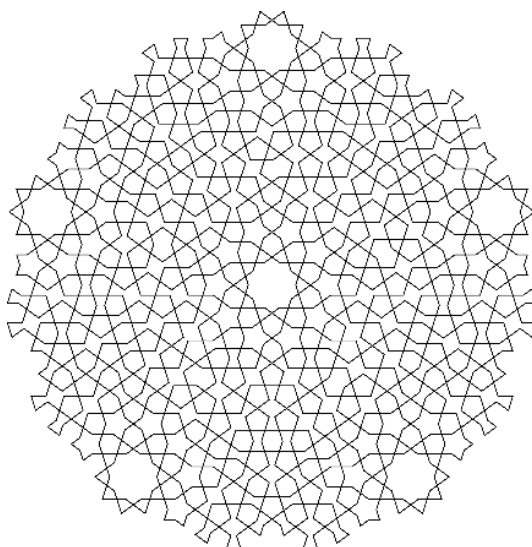
Popločenje gereh pločicama bez uzoraka



Popločenje gereh pločicama s uzorcima



Završna kompozicija gereh uzoraka



Analiza kompozicije gereh uzoraka

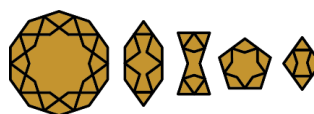
Kompozicija Br. 2 nešto je manja od kompozicije Br. 1. I za njenu izradu korišten je potpuni set *gereh* pločica. Sadrži samo šest deseterokuta, a posebnost je postava od triju šesterokuta i jedne *mašne* (engl. *bowtie*) koji zajedno čine deseterokut.

Br. 3

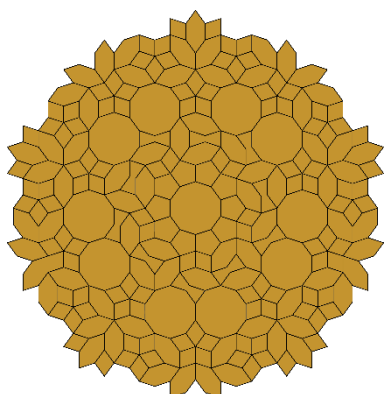
Paleta boja



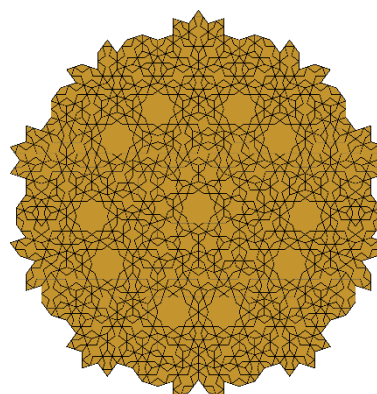
Korištene Gereh pločice



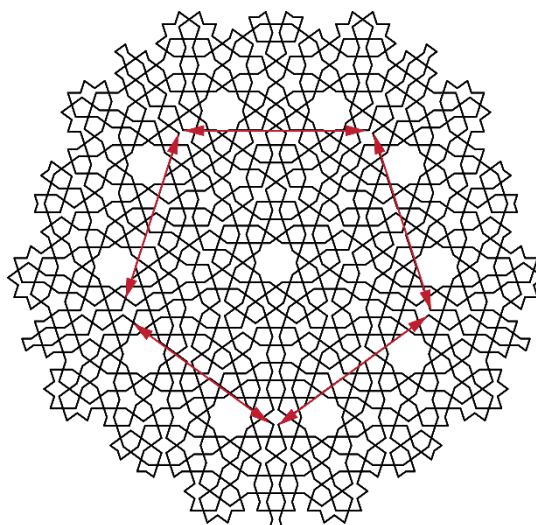
Popločenje gereh pločicama bez uzoraka



Popločenje gereh pločicama s uzorcima



Završna kompozicija gereh uzoraka



Analiza kompozicije gereh uzoraka

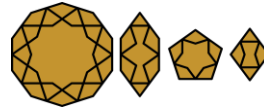
Za kompoziciju Br. 3 korišten je potpuni set *gereh* pločica. Parovi deseterokuta smješteni su oko vrhova peterokuta. Kao i kod prethodne kompozicije (Br. 2) ponavlja se karakteristični sastav od tri izdužena šesterokuta i *mašne* (engl. *bowtie*).

Br. 4

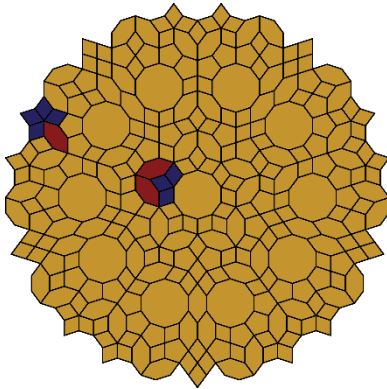
Paleta boja



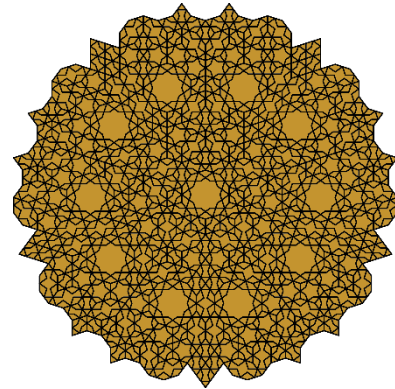
Korištene Gereh pločice



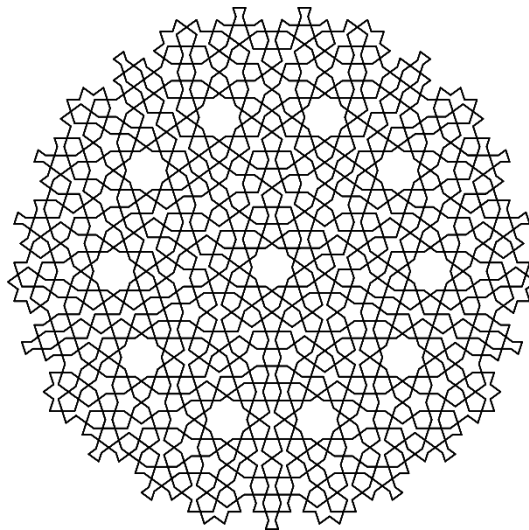
Popločenje gereh pločicama bez uzoraka




Popločenje gereh pločicama s uzorcima



Završna kompozicija gereh uzoraka



Analiza kompozicije gereh uzoraka

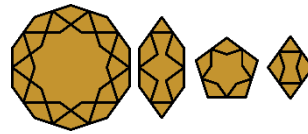
Među dekorativnim elementima korištenih gereh pločica pod Br. 4 ne pojavljuje se tzv. *mašna*, te se zbog toga u kompoziciji i ne pojavljuje uzorak u obliku . Zanimljive su kombinacije pločica: romb te izduženi šesterokut (označene na slici).

Br. 5

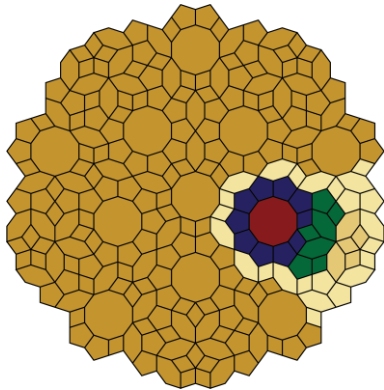
Paleta boja



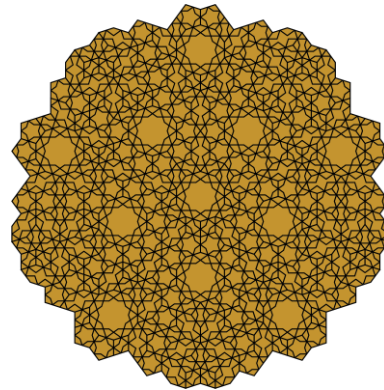
Korištene Gereh pločice



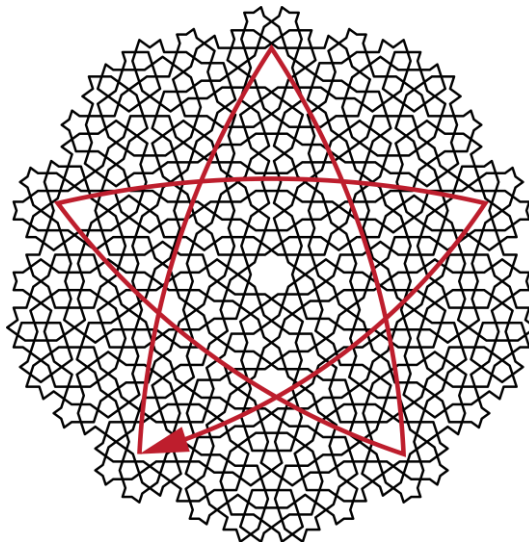
Popločenje gereh pločicama bez uzoraka



Popločenje gereh pločicama s uzorcima



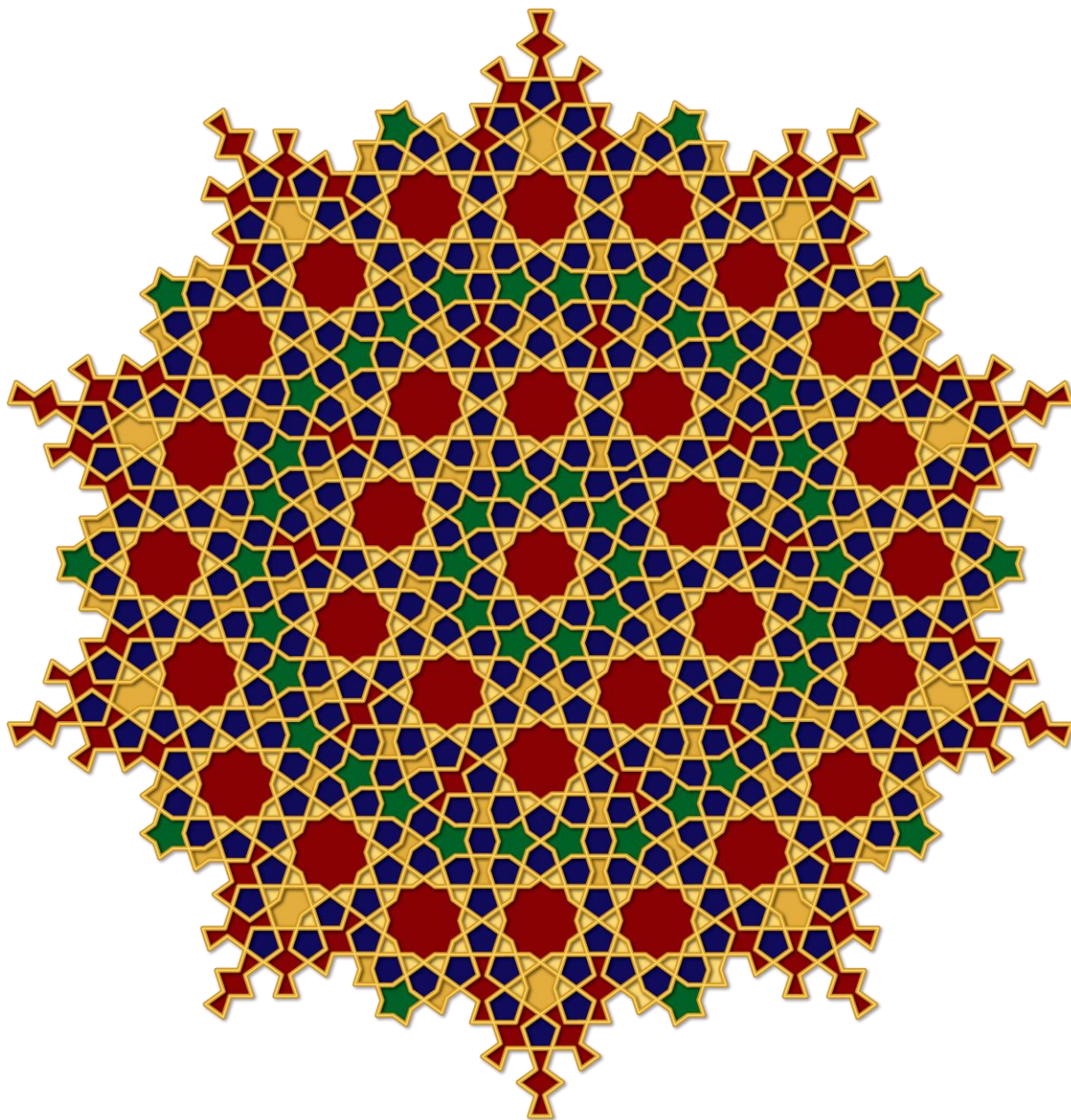
Završna kompozicija gereh uzoraka



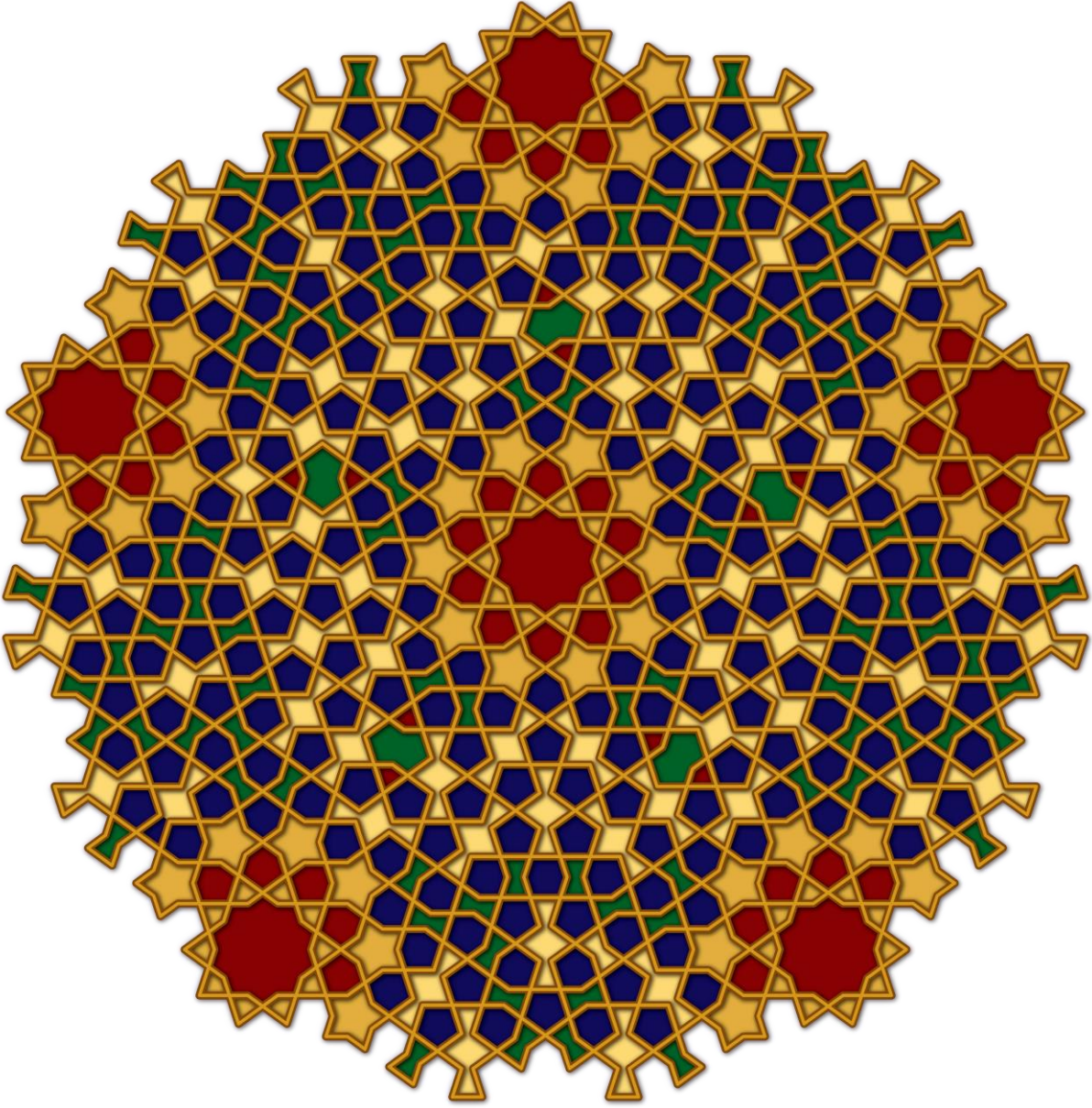
Analiza kompozicije gereh uzoraka

Br. 5 ne uključuje oblik *mašne*. Na kompoziciji bez uzoraka od peterokuta, deseterokuta, šesterokuta i romba sastavljen je stiliziran cvjetić. Deseterokuti (deseterokrake zvijezde) postavljeni su na način da oblikuju lagano zakrivljenu peterokraku zvijezdu.

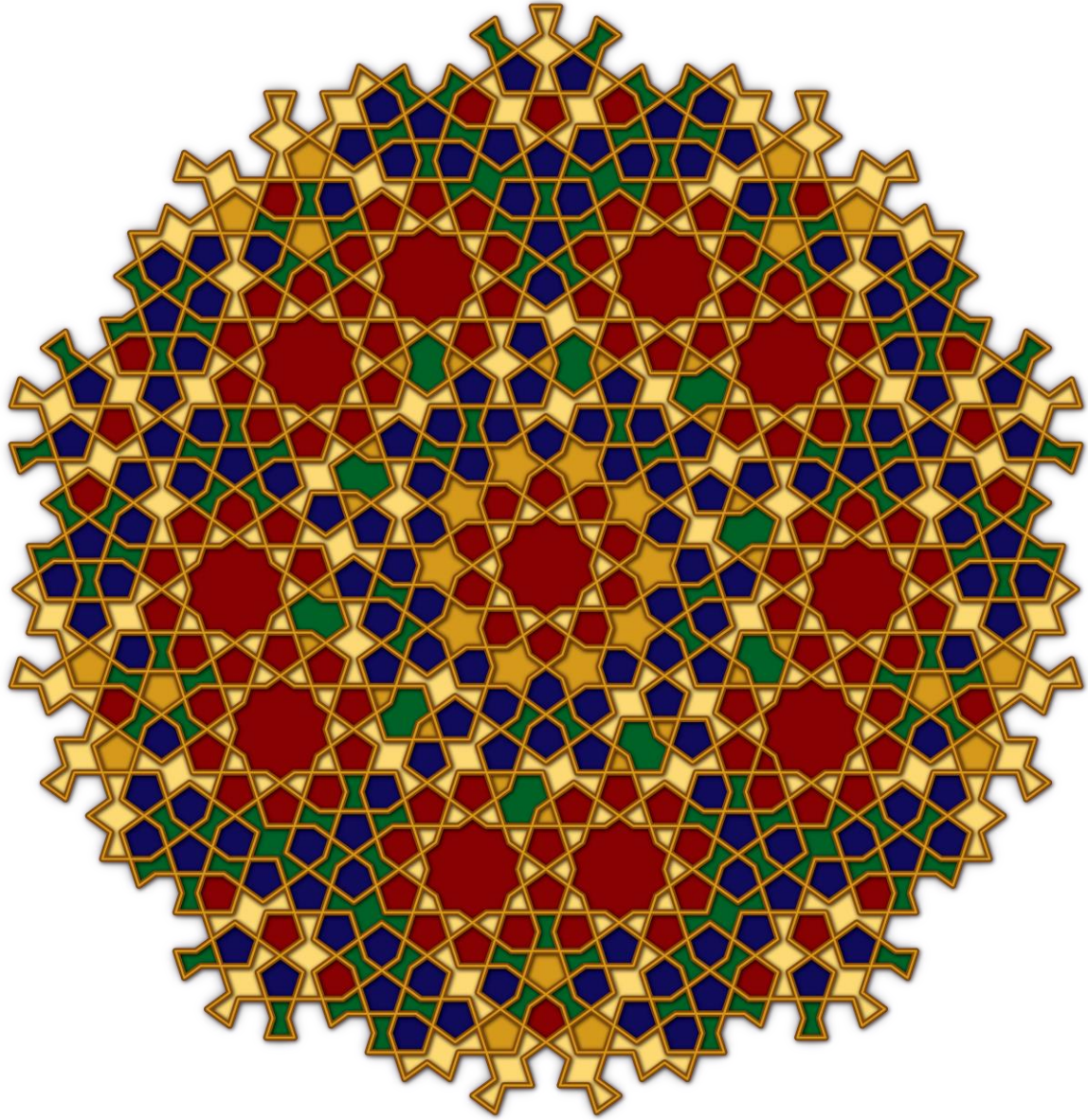
5. REZULTATI: SERIJA UZORAKA



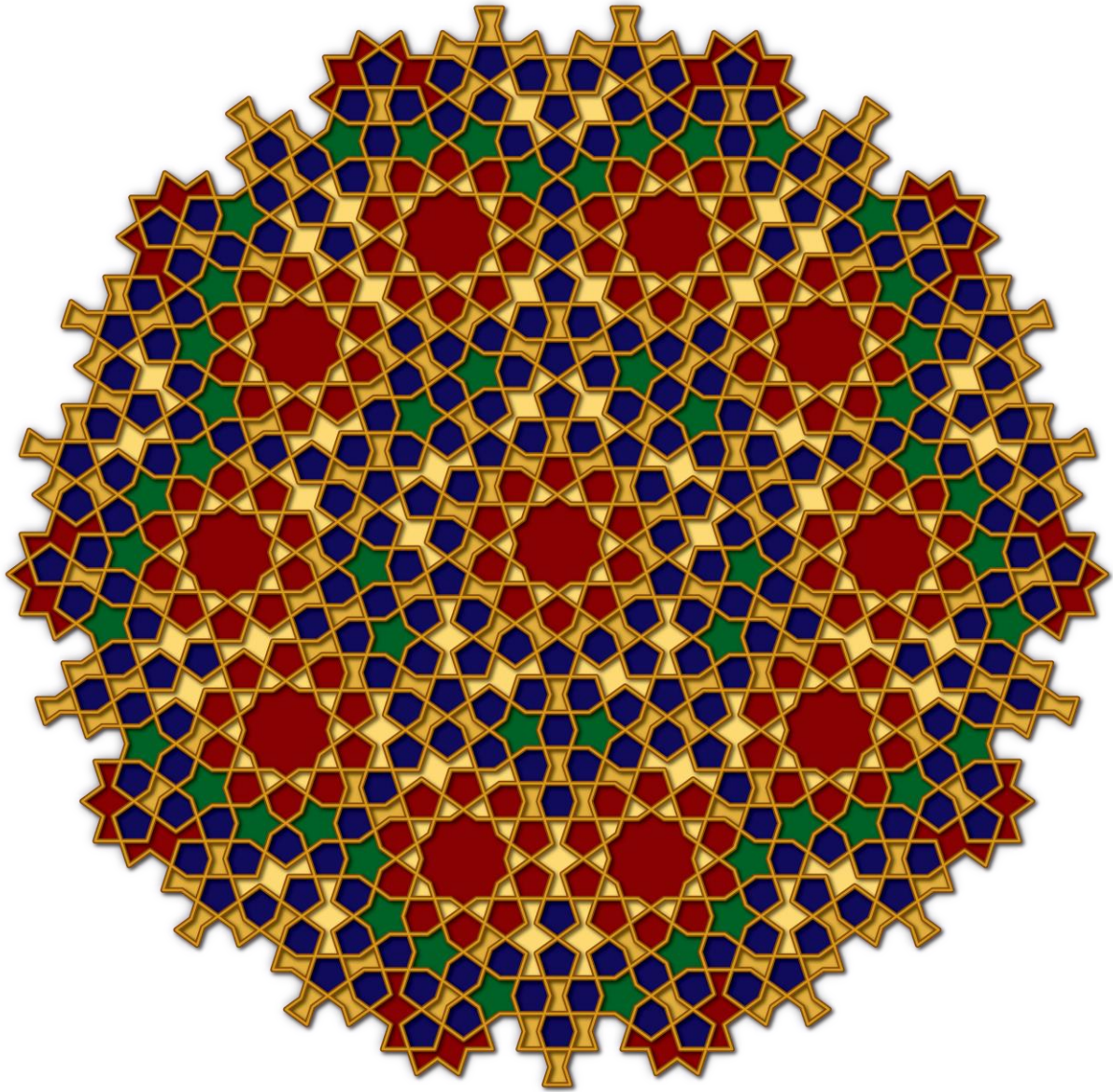
Br. 1



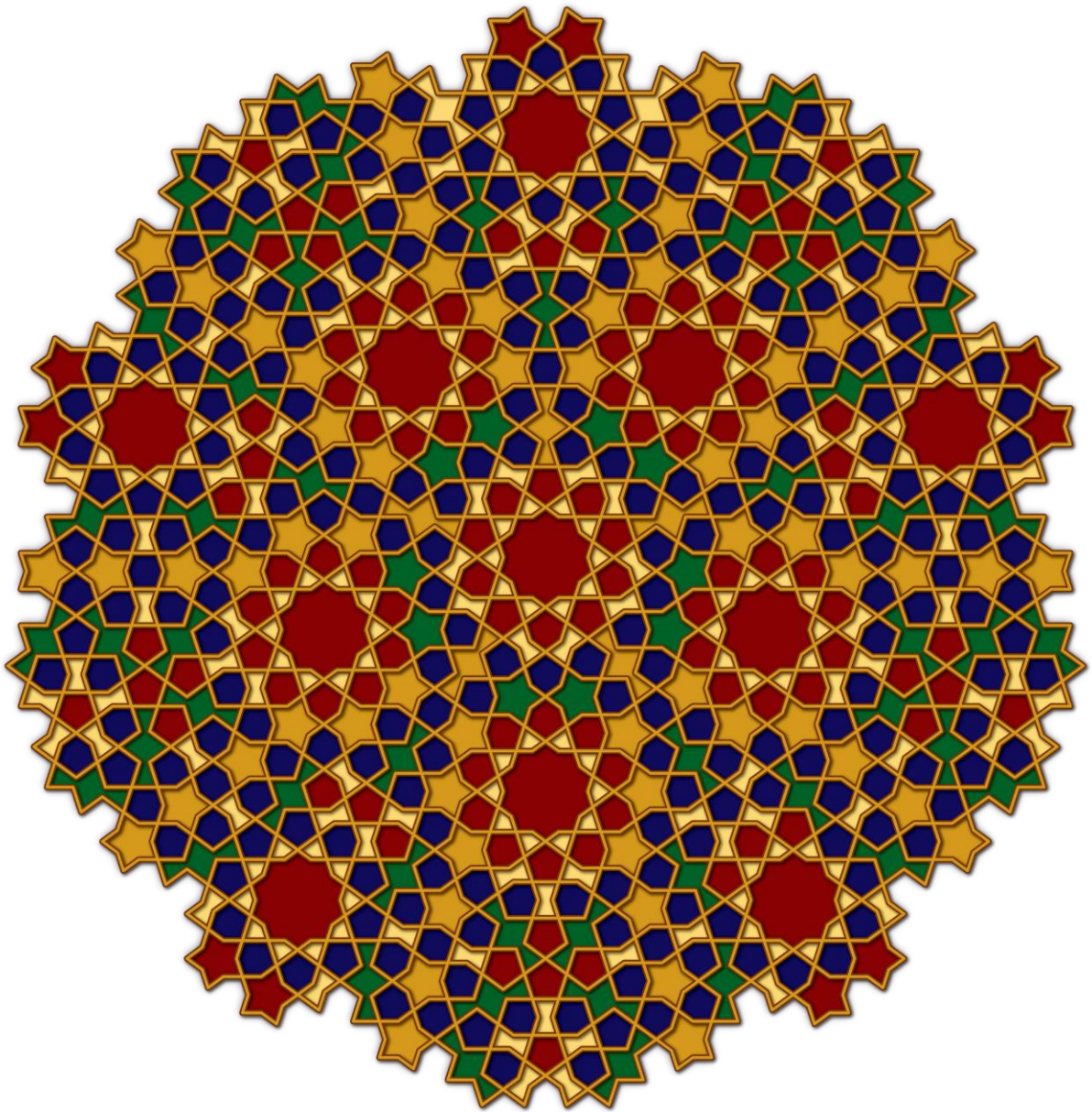
Br. 2



Br. 3



Br. 4



Br. 5

ZAKLJUČAK

Mnogi misle da u umjetnosti za matematiku nema mjesta. Pogotovo u današnjem zapadnjačkom svijetu kulta individualizma već sama pomisao na pravila budi nelagodu i strah od gubitka stvaralačkog poriva.

Nasuprot tome stoji kultura muslimana čija umjetnost se pak temelji na matematici, odnosno geometriji te odražava pokornost Bogu i zajednici. To se najljepše može vidjeti na građevinama islamskog svijeta, koje krase složeni te s mistikom prožeti geometrijski uzorci.

O nastanku i razvoju potonjih se ne zna mnogo. Sve čime se pojedinac sa željom za izrađivanjem geometrijskih uzoraka može poslužiti je mali broj kronoloških pregleda te knjiga o njihovoj konstrukciji. Stoga je nedavno otkriće *gereh* pločica mladog fizičara Petera Lu-a od iznimne važnosti.

Islamski geometrijski uzorci se prema rotacijskoj simetriji svrstavaju u tri velike grupe ili obitelji četvero-, petero- i šesterostrukog geometrijskog dizajna, a ustaljeno je mišljenje da su konstruirani samo pomoću šestara i ravnala. Dok takav način izrade s lakoćom objašnjava mnoštvo periodičkih kompozicija četverostruke i šesterostruke obitelji geometrijskog dizajna, kod peterostruke nailazi na problem. Upravo tu nastupaju *gereh* pločice s kojima je vrlo jednostavno napraviti kako jednostavne tako i složene kompozicije s uzorcima peterostrukog geometrijskog dizajna.

Gereh pločice u ovom radu poslužile su za tvorbu serije islamskih geometrijskih uzoraka u računalnom programu Adobe Illustrator. Pošto do sada u dostupnoj literaturi općenito nije ponuđena metoda izrade *gereh* pločica, u cilju je bilo pronaći vlastitu te zatim pokazati rezultate njihovog netradicionalnog popločenja.

ZAHVALE

Od srca zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Mirni Rodić na predanom znanju, poticaju, savjetima i vjeri u mene te moj rad od samog početka studija. Također posebno zahvaljujem svojim roditeljima na bezuvjetnoj podršci i strpljenju te iznad svega Bogu na svim blagoslovima bez kojih ovaj rad ne bi bilo moguće stvoriti.

POPIS LITERATURE

1. Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, Global Journal Al-Thaqafah, Vol. 2/2, 2012., str. 27-39, dostupno na www.gjat.my
2. Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi: *Evolution of Islamic geometric patterns*, Frontiers of Architectural Research, Vol. 2/2, 2013., str. 243–251, dostupno na: www.sciencedirect.com
3. Adobe.com: *What is Illustrator?*, Illustrator CS6 video tutorials, dostupno na: <https://helpx.adobe.com/illustrator/atv/cs6-tutorials/what-is-illustrator-.html> (21. 4. 2016.)
4. Konstantinos Alexakos, Wladina Antoin: *The Golden Age of Islam and Science Teaching*, The Science teacher (Normal, III.), 2005., str. 36-39
5. Eric Broug: *Islamic Geometric Design*, Thames and Hudson, 2015.
6. Loai M. Dabbour: *Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic Geometric patterns*, Frontier of Architectural Reaserch, Vol. 1/4, 2012., str. 380-391, dostupno na: www.sciencedirect.com
7. Tine Germ: *Simbolika števil*, Mladinska knjiga, 2003.
8. Oleg Grabar: *Islamic Art and Beyond*, Simbols and Signs of Islamic Architecture, Ashgate Publishing, 2006., str. 175-190
9. Gül Demir, Niki Gamm: *Geometric designs central to Islamic art, architecture*, Hurriyet Daily News, 2010., poveznica: <http://www.hurriyetdailynews.com/default.aspx?pageid=438&n=the-search-for-unity-8211-geometric-patterns-in-islam-2010-07-16> (26. 4. 2016.)
10. Brian Hogarth: *Islam and the Arts of the Ottoman Empire*, Asian Art Museum Education Department
11. Robert Lawlor: *Sacred Geometry: Philosophy and Practice*, Thames and Hudson, 2002.
12. Peter J. Lu, Paul J. Steinhardt: *Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture*, Science, Vol. 315/5815, 2007., str. 1106-1110, dostupno na: <http://science.sciencemag.org/content/315/5815/1106.full>
13. Marcus Milwright: *Architecture*, Gereh-sāzī, Encyclopædia Iranica, Vol. X, Fasc. 5, str. 500-504, ažurirana verzija dostupna na: <http://www.iranicaonline.org/articles/gereh-sazi#article-tags-overlay>
14. Sebastian R. Prange: *The Tiles of Infinity*, Saudi Aramco World, 2009., dostupno na: <http://archive.aramcoworld.com/issue/200905/the.tiles.of.infinity.htm>

15. Andrew Rippin: *Gold as a Symbol in the Islamic World: the Qur'anic Basis*, University of Victoria, 2013., poveznica:
<http://web.uvic.ca/~medimap/StoriesofGold/QuranGold/index.html> (21. 4. 2016.)
16. Khawaja Muhammad Saeed: *Islamic Art and its Spiritual Message*, International Journal of Humanities and Social Science, Vol. 1/2, 2011., str. 227-234
17. Annemarie Schimmel: *Color symbolism in Persian literature*, Color, Encyclopædia Iranica, Vol. 6/1, 1992., str. 46-50, ažurirana verzija dostupna na:
<http://www.iranicaonline.org/articles/color-pers-rang#pt1>
18. Priscilla P. Soucek: *Use and importance of color in Persian art*, Color, Encyclopædia Iranica, Vol. 6/1, 1992., str. 46-50, ažurirana verzija dostupna na:
<http://www.iranicaonline.org/articles/color-pers-rang#pt1>
19. David Wade: *The Evolution of Style*, The origins and significance of the decorative arts in Islam, Background Notes, Pattern in Islamic Art, ožujak 2006., dostupno na:
<http://patterninislamicart.com/background-notes> (8. 4. 2016.)
20. Jacob L. Weisdorf: *From Foraging to Farming: Explaining the Neolithic Revolution*, Journal of Economic Surveys, Vol. 19/4, 2005., str. 561-586
21. Suzan Yalman: *The Art of the Fatimid Period (909–1171)*, In Heilbrunn Timeline of Art History, New York: The Metropolitan Museum of Art, 2000–., dostupno na:
http://www.metmuseum.org/toah/hd/fati/hd_fati.htm
22. The Salaam website: *Islamic Patterns and Geometry*, Islamic Art, poveznica:
http://www.salaam.co.uk/themeofthemonth/march02_index.php?l=3 (26. 4. 2016.)
23. Mohammad A. Yazdani: *A Brief Historical Antecedents to the Evolution of Geometry Education*, Journal of mathematical Sciences and Mathematics Education, 2007., str. 30-43

Pomoćna literatura

1. Hrvatski jezični portal, poveznica: <http://hjp.znanje.hr/>
2. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, poveznica: <http://enciklopedija.lzmk.hr/>

IZVORI SLIKOVNOG GRADIVA⁵⁹

Slika 1, 2: Hasan Mousavi (Fars News Agency), poveznica:

<http://news.gooya.com/didaniha/archives/2011/12/132854.php>

Slika 4: Lilly Sacchini, poveznica: <https://prezi.com/srp2aar66gke/dome-of-the-rock/>

Slika 5: Orientalist (CC BY 3.0), poveznica: <https://www.khanacademy.org/humanities/art-islam/islamic-art-early/a/the-dome-of-the-rock-qubbat-al-sakhra>

Slika 6: Andrew Shiva, poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Israel-2013-Jerusalem-Temple_Mount-Dome_of_the_Rock-Detail_01.jpg

Slika 7: Bernard Gagnon, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umayyad_Mosque,_Damascus.jpg

Slika 8: Roberta F., poveznica: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umayyad_Mosque-Mosaics211104.jpg

Slika 9: Raimond Spekking (CC BY-SA 4.0), poveznica:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mschatta-Fassade_\(Pergamonmuseum\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mschatta-Fassade_(Pergamonmuseum).jpg)

Slika 10: autor članka Marina Alin, poveznica: <http://islamic-arts.org/2013/foilage-motifs-in-islamic-art-before-mongol-invasion/>

Slika 11, 12, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 33: Yahya Abdullahi, Mohamed Rashid Bin Embi, Evolution of Islamic geometric patterns, 2013.

Slika 13, 44, 45, 49: Eric Broug: Islamic Geometric design, 2015.

Slika 16: Stefano Carboni, poveznica: http://www.metmuseum.org/toah/hd/fati/hd_fati.htm

Slika 17: Zereshk, poveznica: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kharaghan.jpg>

Slika 19: Keladawy, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mihrab_of_Qalawun_complex.jpg

Slika 20: Saaleha Bamjee, poveznica: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flickr_-_saaleha_-_Sultan_al-Nasir_Muhammad_ibn_Qala%27un_Masjid._Mihrab_closer.jpg

Slika 28: Nandan Upadhyay, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sher_Shah_Suri_Tomb.jpg

Slika 30: Michael L. Kaufman, poveznica:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AgraFort.jpg>

⁵⁹ Slike, koje nisu na popisu, izradci su autora ovog rada.

Slika 32: Flickr upload bot, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Main_Gate_to_the_Akbar%27s_Tomb,_Sikandra.jpg

Slika 34: Royroydeb, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cenotaph_of_Itmad-ud-Daulah%27s_tomb.jpg

Slika 35, 36: poveznica: pixabay.com

Slika 37: Patrick Gruban, poveznica

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tassellatura_alhambra.jpg

Slika 38: David Wade, poveznica: <http://patterninislamicart.com/background-notes/the-evolution-of-style>

Slika 39: poveznica: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:God_the_Geometer.jpg

Slika 56: Tore Kjeilen, poveznica: <http://looklex.com/e.o/maragheh.htm>

Slika 57: Patric Kringgenberg, poveznica:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Samarkand_Shah-i_Zinda_Tuman_Aqa_complex_cropped2.jpg

Slika 58, 59, 62, 64, 65: Peter J. Lu, Paul J. Steinhardt: Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture, 2007.

SAŽETAK

Marina Cesarec

Izrada islamskih geometrijskih uzoraka pomoću *gereh* pločica u računalnom programu Adobe Illustrator

Geometrijski uzorci su jedan od najpoznatijih oblika islamske umjetnosti. Pod utjecajem mnoštva kultura i civilizacija kroz četrnaest stoljeća razvili su se u veličanstvene kompozicije, kojima se dive diljem svijeta.

Za razumijevanje islamskih geometrijskih uzoraka neizostavno je proučavanje njihove povijesti i načina njihove izrade. Jedino tim putem ih je posljedično moguće samostalno stvarati i naići na nedavna otkrića o tehnikama izrade.

Primjer tome su *gereh* pločice iz 2005. godine. Riječ je o setu od pet različitih mnogokuta međusobno jednakih stranica s kojima su muslimanski umjetnici od kraja 12. st. popločavali kompleksne geometrijske kompozicije uzoraka s peterostrukom rotacijskom simetrijom.

Spomenute pločice poslužile su pri računalnoj izradi serije islamskih geometrijskih uzoraka predstavljenih u ovom radu. Pomoću vektorski baziranog računalnog programa Adobe Illustrator ponajprije se uspostavila metoda izrade samih *gereh* pločica s kojima su se zatim istraživale mnoge mogućnosti popločenja i obrade završnih kompozicija islamskih geometrijskih uzoraka.

Ključne riječi

islamski geometrijski dizajn, gereh, gereh pločice, izrada uzoraka, adobe illustrator

SUMMARY

Marina Cesarec

The Construction of Islamic Geometric Patterns by using Girih Tiles in Adobe Illustrator

Islamic Geometric patterns are one of the most widely recognized forms of the visual Islamic art. Under the influence of many different cultures and civilizations throughout fourteen centuries, they have developed into breathtaking compositions which are admired all around the world.

In order to understand the Islamic geometric design, it is inevitable to study their historical development and design processes. Only through this approach it will be consequently possible to independently create the geometric compositions as well as to learn about recent discoveries of their construction techniques.

One such example of recent discoveries are girih tiles (2005). They are a set of five equilateral polygons that were used since the end of the 12th century by Muslim artists in order to tessellate a plane of highly complex geometric compositions which include decorative elements with fivefold rotational symmetry.

The girih tiles are also used for the digital construction of the patterns presented in this paper. First, by using the vector-based computer program Adobe Illustrator a unique method for making girih tiles was established. Then the newly made tiles enabled exploration of numerous tessellations of a plane that eventually led to the final designs.

Key words

islamic geometric design, girih, girih tiles, pattern making, adobe illustrator