Aranymetszés, mítosz vagy valóság?

Tudatos alkalmazása az építészetben - tudományos tény vagy csak feltételezés?

Golden Ratio, myth or reality?

Conscious use in architecture - scientific fact or just hypothesis?

DEZSŐ Zsigmond

HydraStat Mérnöki Iroda Kft.
4029 Debrecen, Maróthi György u. 4.
E-mail: hydrastat@hydrastat.hu; Tel.:+36-52-453-413; www.hydrastat.hu

Abstract

Many of the natural phenomena and man-made works of art that surround us are believed to be built according to the rules of the golden ratio, or to have been created through the conscious application of the "golden ratio". But what exactly is the golden ratio and how does it relate to other ratios? I will try to illustrate by means of examples that behind a definite statement it is only a general phenomenon of spontaneous projection based on the similarity of forms, but it is never allowed to confuse scientific fact with hypothesis.

Keywords: golden ratio, architecture, assumption, scientific fact

Kivonat

A minket körülvevő természeti jelenségek és az ember alkotta műalkotások közül sokról úgy tartják, hogy az aranymetszés szabályai szerint épül fel, vagy az „aranymetszés” tudatos alkalmazásával jött létre. De hát mi is az az aranymetszés és hogyan viszonyul más arányokhoz? Megpróbálom példákon keresztül illusztrálni, hogy egy-egy határozott kijelentés mögött csupán a formák hasonlósága alapján, spontán módon működő belevetítés általános szemléleti jelenségéről van szó, azonban sohasem szabad összekeverni a tudományos tényt és a feltételezést.

Kulcsszavak: aranymetszés, építészet, feltételezés, tudományos tény

Számtalan helyen és formában hallottunk már arról, hogy egy művészeti alkotás az aranymetszés szabályaira épül, vagy egy épület az aranymetszés arányait felhasználva lett stabil és harmonikus. Sokan – köztük nem egy jelentősebb tudós, illetve matematikus is – századokra visszanézve véli egy-egy műalkotásban felfedezni az aranymetszés törvényeit, próbálja igazolni azt, de többnyire csak pontatlanul, vagy tévesen. De, vajon mi ezeknek a feltételezéseknek a valóságtartalma, illetve tudatos-e az aranymetszés szabályainak alkalmazása, azaz az aranymetszés ezekben az esetekben mítosz vagy valóság? Avagy, nem minden arany, ami fénylik!

Az első benyomás fontossága sok esetben inspiráló és helytáló, még a tudomány területén is. De szabad-e végső következtetéseket levonni pusztán „jónak látszó” benyomásokból, pontatlan következtetésekből? Nyilvánvalóan nem. De akkor, hogyan alakulhatott ki számos esetben kész tényként megemlítve az aranymetszés nem véletlenszerű, hanem tudatos alkalmazásának kinyilatkozása. Vagy talán tudományos vizsgálatok eredményei által vált bizonyítottá az egyes esetekben az aranymetszés jelenléte? Ha egyenként vizsgáljuk a különböző eseteket, természeti képződményeket, zeneműveket vagy képzőművészeti alkotásokat, vagy akármi mást, akkor azt tapasztaljuk, hogy az ezekkel foglalkozó, ezeket kutató személyek tanulmányaikban a kutatási program mellett, mintegy különlegességként említik meg, más szerzőkre hivatkozva az aranymetszés jelenétét, annak alaposabb vizsgálata nélkül. Így terjedt aztán szájról-szájra, megragadva a nép képzeletét, évszázadokon át a legenda, melyet idővel már a valóság látszatát keltve számos könyv és is cikk tárgyal.

Nos, ezeket a kérdéseket szeretném körül járni két kiváló professzorra emlékezve:

Tassi Gézára – a mérnökre – és

Rózsa Pálra – a matematikusra.

Kettőjük példamutató barátságának és együttműködésének gyümölcse volt, az éppen húsz évvel ezelőtt a csíksomlyói ÉPKÓ-n elhangzott előadás is:

„*A mérnök és a matematikus együttműködése tartószerkezeti feladatok megoldásában*” – címmel.

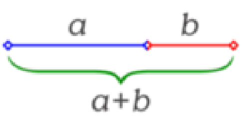
Mint matematikai alapokon, racionálisan gondolkodó tudós embereknek egyik vesszőparipájuk volt az aranymetszés körüli mítosz feltárása, mellyel kapcsolatosan – előttük tisztelegve –, legalább a kételyt szeretném elültetni a továbbiakban.

Az ember kialakulásával egyidejűleg formálódott a szépség iránti vágya, a harmóniára való törekvése, s lassan-lassan igyekezett ezeket formába öntve rendezni, egységesíteni, összefüggésekkel és törvényszerűségekkel felöltöztetni. Néha szimmetria mentén, néha pedig éppen azzal ellentétben aszimmetriával próbálta az alkotó ember a megfelelő arányokat megtalálni, hol erre, hol arra esküdt téve, mint a formai egyensúly legmagasabb fokára. S aztán találva egy arányt, azt többen is kiemelkedőnek, nem ritkán „isteni-aránynak” titulálva, már-már különleges mitikus tulajdonságokat véltek felfedezni benne. Ez volt az aranymetszés, persze akkor a kezdetben még nem így nevezték. Később ezt kutatva a történelem során többen és több helyen is felfedezni vélték az aranymetszés törvényeit nem egy ember alkotta tárgyban, illetve a művészetekben, de még a természetben is, nem ritkán azonban tévesen. Az igazi gondot az teremtette, hogy kezdett trendivé válni a téma, s egyre többen, egyre több esetben kezdték bizonygatni, hogy egy-egy természeti forma vagy alkotás ennek szabályaira épült, már-már erőltetve, minden alapot nélkülözve, belemagyarázva.

Ennek vélt vagy valós igazságára szeretnék rávilágítani. Bár szeretném, de nem célom azonban megcáfolni az aranymetszés vélt vagy valós megjelenési formáit, vagy lerombolni az „isteni-arány” körüli mítoszt, de legalább a kételyt szeretném elültetni mindenki gondolatában, s majd ki-ki maga döntse el, hogy minek hisz, illetve hogy mi az igazság. Tudatos-e az aranymetszés alkalmazása, vagy csak egyszerűen egy kellemes arány, véletlen egybeesés, vagy csak a természet valami hasonló játéka?

De mi is ez az aranymetszés? Egy arány.

Az az arány, amikor két rész (a kisebbik) úgy aránylik egymáshoz (a nagyobbikhoz), mint ahogy a nagyobbik rész az egészhez, azaz a két rész összegéhez. Vagyis a nagyobbik rész az egész és a kisebbik rész mértani középarányosa.



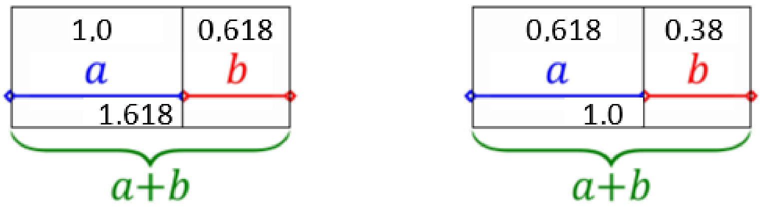
$$\frac{a}{b} = \frac{b}{(a+b)}$$

Ennyi az egész, mely nem más, mint egy egyszerű másodfokú egyenlet megoldása, ahol:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{(a+b)} \qquad a = \frac{b^2}{(a+b)} \qquad a^2 + ab = b^2 \qquad a^2 + ab + b^2 = 0 \qquad a = \frac{b+\sqrt{b^2+4b^2}}{2}$$

$$a = \frac{b+b\sqrt{1+4}}{2} \qquad a = b\frac{1+\sqrt{5}}{2} \qquad \frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}61803398874\ldots$$

Hogy ki foglakozott vele elsőként azt nem tudjuk, de úgy vélik, hogy már az ókori egyiptomiak is ismerték valamilyen formában. Az biztos, hogy matematikai és geometriai meghatározása a nagy görög matematikusok idejébe nyúlik vissza, mikor is a matematika alap problémái mellett a legnagyobb matematikusok is foglalkoztak a kérdéssel, mint pl. **Eukleidészt** (i.e. 300) és **Püthagoraszt** (Kr.e. 570) is élénken foglalkoztatta ez az arány, miközben keresték a legharmonikusabb arányokat, és legszemrevalóbb mértani alakzatokat. Úgy vélték, hogy ha egy adott szakaszt (a+b) úgy osztanak két részre, hogy a kisebbik (b) hossza ≈ 1,618…-cal aránylik a nagyobbikhoz (a), illetve fordított esetben az aránymutató ≈ 0,618… értéket ad, akkor ez az igazi, varázslatos arány.



Ha az egészet 1- nek vesszük, akkor a nagyobb rész értéke ≈ 0,618... lesz, a kisebbiké pedig szintén egy irracionális szám: ≈ 0,382... . És, ha egy egésznek az aranymetszési pontját keressük, megszorozzuk ≈ 0,618…-cal.

Az „arany” jelző még a középkorból való, de más kapcsolatban. Akkor a hármasszabályt nevezték regula aureának, s így őrződött meg a XIX. századig, többek között Maróthi György Arithmetricájában (első kiadás: 1743.):

„§ 104. A’mit Deákul *Regula Detri*-nek vagy *Regut Trium*-nak hívnak, azt másként Aurea vagy Arany Regulának is hívják; kétség nélkül az emberi életben lévő sok hasznáért.”

Az „*aranymetszés*” kifejezést sem az ókorban, sem a középkorban nem használták. Csodálatosnak, majd Luca Pacioli XV. század végi tanulmányában Divina proportione, „Isteni arány” –nak nevezte. S csak Martin Ohm (1792-1872 német matematikus, Georg Ohm fizikus öccse) nevéhez fűződik az "aranymetszés" kifejezés bevezetése, úgy kb. az 1835 év körüli időkből.

Eredeti jelölése az ókori görögök idejében **τ** (tau) volt (a görög vágni szó kezdőbetűje), de mára a görög nagy **Φ** (phi-fí) betű terjedt el, Pheidiasz ókori görög szobrász nevéből, aki szobrain állítólag ez a tökéletes arány több helyen is fellelhető.

De akárhogy is nézzük, az aranymetszésnek hívott arány numerikus kifejezője egy irracionális szám!

$$\Phi = \frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1{,}61803398874\ldots$$

Szükséges először is megjegyeznünk, hogy ez, csakis ez az arány az aranymetszés alapja, ennek ***közelítő formája vagy majdnem ezzel azonos alakja, illetve pontatlan eredményére épülő rendszer nem azonos az aranymetszést magába foglaló struktúrával!*** Vagyis az 1,618 körüli arány sem az, pláne nem az 1,60!

Egy másik gyakori tévedés forrása az, hogy összekeverik az aranymetszést a Fibonacci-sorozattal.

Leonardo **Fibonacci**, azaz Leonardo Pisani Bigollo (kb. 1170-1250) a középkor egyik legtehetségesebb matematikusa volt. Ő terjesztette el az arab számokat Európában és Ő volt a tízes alapú helyiértékes számrendszer egyik meghonosítója is. Mint ismeretes, a helyi értékrendszer arab közvetítéssel jutott el Európába.

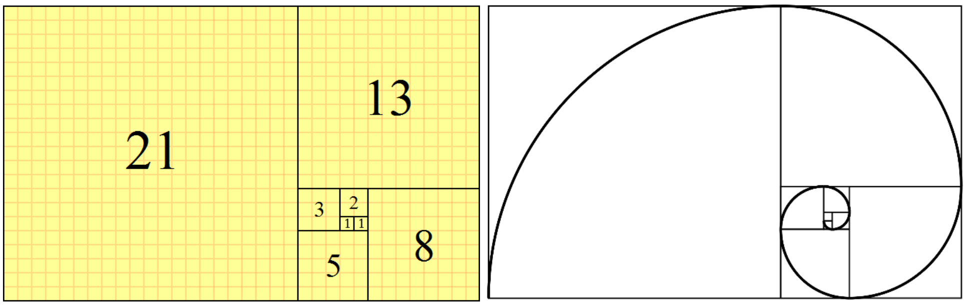
Fibonacci kitalált olyan számsorozatot, ahol a sorozat harmadik elemétől kezdve bármely tag az előző két szám összegével egyenlő. Ennek a sorozatnak érdekes tulajdonsága, hogy két szomszédos szám hányadosa egyre jobban megközelíti az aranymetszés **Φ** (phi) értékét, ha a sorozatban egyre messzebb haladunk.

Fibonacci sorozat: $$\lim_{n\to\infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{\sqrt{5}+1}{2}$$

Az első néhány Fibonacci-szám: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, …

A Fibonacci-sorozat egymást követő elemeinek hányadosa tehát, az elemek számának növelésével egy állandó számhoz, az aranymetszéssel kapott arányához közelít. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a Fibonacci sorozat elemei az aranymetszés szabálya szerint követnék egymást. A kapott arány akkor egyezne meg az aranymetszéssel, ha a Fibonacci-sorozat egymást követő elemeinek hányadosa ugyanaz az érték lenne, vagyis az elemek geometriai sorozatot is alkotnának. De ez, mint láttuk a sorozat elemeire nem igaz. Tehát az aranymetszés és a Fibonacci számsor az nem ugyanaz!

A Fibonacci sorozat két érdekes alkalmazása az úgynevezett „aranytéglalap” és az „aranyspirál”. Neveiket a Fibonacci sorozat határértékével összefüggésben, az aranymetszésre utalva kapták. De, mint a korábbiakban beláttuk, ehhez szorosan vett közük nincsen. Persze, ha oldalárnyaik az aranymetszéssel azonosak, úgy az elnevezés is helytálló, de ennek nincs köze a Fibonacci számsorhoz. Így a Fibonacci téglalap egy olyan speciális téglalap, melynek oldalai úgy aránylanak egymáshoz, mint ahogyan a Fibonacci számsorozat elemei. A két oldal aránya tehát – minél nagyobb a téglalap, úgy – közelíti az aranymetszés arányát, a **Φ** értékét.

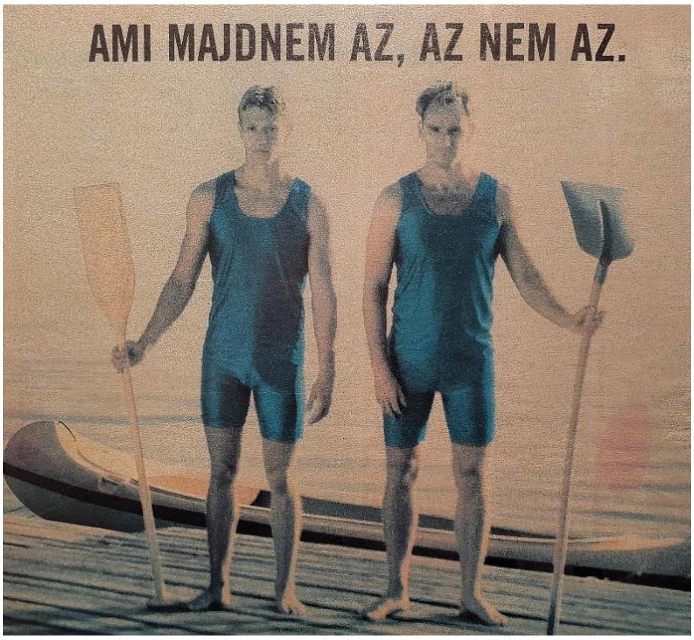


A Fibonacci-spirál pedig egy olyan logaritmikus spirál, ami egy negyedfordulat alatt nő a ϕ-szeresére (azaz egy $C\phi^{2//\pi}$ egyenletű spirál). Jól közelíthető az „arany téglalap” segítségével. A Fibonacci-spirálon egyenlő távolságra pontokat elhelyezve azok „spirálkarokká” állnak össze, és ezen karok száma a Fibonacci sorozat elemei lesznek.

Tehát sem az aranymetszést megközelítő értékek, sem a Fibonacci sorozatra épülő különböző matematikai vagy geometriai formák, nem azonosak az aranymetszéssel!

Ami majdnem az, az nem az

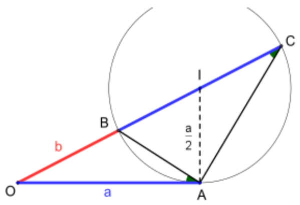
Ahhoz, hogy néhány állítást, illetve évszázados kijelentést megcáfolhassak, még tisztáznunk kell valamit, mégpedig azt, hogy:
„Ami majdnem az, az nem az”, és ez az aranymetszésre is igaz kell, hogy legyen!

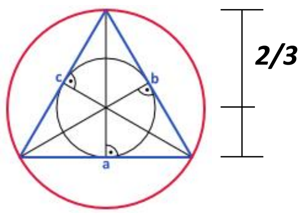


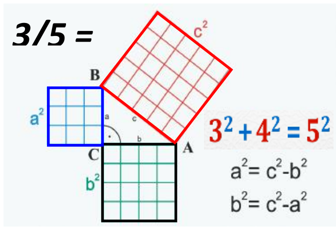
Továbbá, mivel az eredmény irracionális szám, és irracionális számmal nem tervezett és nem is tervezhet soha senki semmit, így ez nem szignifikáns, vagyis igen valószínűtlen. Tehát az „isteni-arány” igazán csak szerkesztéssel valósítható meg, matematikai műveletekkel csekély eséllyel. Azaz az aranymetszés alkalmazását már csak geometriai alakzat, építészeti megformálások és képzőművészeti alkotások terén igazolhatjuk–, illetve ismerhetjük el, annak is csak pontos arányában, illetve formájában.

Kellemes vagy kiemelt arányok

Három ilyen – egymáshoz közeli – kellemes arány létezik, melyek mindegyike egy kis képzelettel és belemagyarázással kiemeltnek, illetve különlegesnek tekinthető. E három arány:







aranymetszés
0,6180… / 0,3819…

kétharmados arány
0,6666… / 0,3333…

püthagoraszi arány
0,60 / 0,40

Ez a három arány az alábbi formában viszonyul egymáshoz:

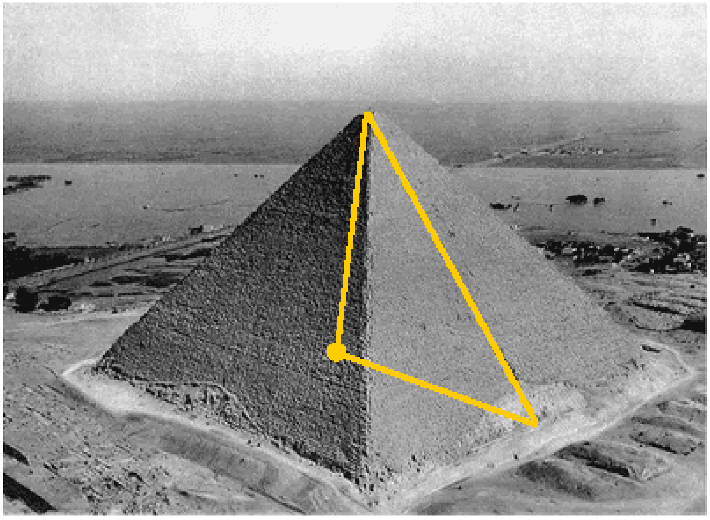
Hogy melyik arányú téglalap, illetve hogy az aranymetszés arányainak megfelelő, „arany” téglalap-e a legesztétikusabb, arra vonatkozóan többen is végeztek egyszerű kiválasztásos kísérletet. Az elsőt Gustav Fechner 1860-as években végezte 10 db téglalappal, az 1:1 –től az 1:0,4 –es oldalarányokig. Az összes választás 78%-a három téglalapra esett, melyek 0,57, 0,62, és 0,67 oldalarányokkal rendelkeztek. Bár ő ebből arra következtetett, hogy az emberek az arany téglalapot részesítik előnyben, a valóság az, hogy ebből csak az következik, hogy az emberek inkább a középen lévőket választanák.

George Markowsky 1990-es években végzett kísérletei során 48 db, véletlenszerűen elrendezett téglalapból lehetett választani, melyek oldalaránya 0,4 -től a 2,5 –ig terjedt. Ezen kísérlet során az emberek a legtetszetősebbnek az 1,83 –as arányút választották. Egy másik, szintén 48 db-os, de 1,6 és 1,7 közötti oldalarányú téglalapokkal végzett kísérlettel pedig azt bizonyította, hogy a legtöbb ember nem lát különbséget az ilyen közelálló arányú téglalapok között. Márpedig a püthagoraszi arány is ebbe az oldalarányú halmazba esik, s a kétharmados arány is igencsak közelálló arányú!

Olyan esetekben, amikor az aranymetszés jelenlétét állítják egyes műalkotásokban vagy az építészetben, akkor a felfedezők olyan arany téglalapokat rajzolnak a vizsgált objektumok köré, amelyek lazán figyelmen kívül hagyják a vizsgált objektum egyes részeit. De mivel világos kritériumok, vagy szabványos vizsgálati módszertan nem létezik, így semmi meglepő nincs abban, hogy általában minden nehézség nélkül sikerül az aranymetszés kimutatása.

Most, hogy ezeket már megismertük és elfogadtuk, vezessük vissza hasonló esettekre a következő alkotásokra és jelenségekre megfogalmazott állításokat.

Gízai Nagy piramis (Khufu- vagy Cheopsz-piramis)



Többen állítják, hogy bizonyíthatóan az ókori Egyiptomban is értették és használták ezt a törvényszerűséget. Pl. az i. e. 2600 körül épült Gízai Nagy piramis (Khufu- vagy Cheopsz-piramis) arányaiban is felfedezhető az aranymetszés aránya. Az érvelők szerint mivel a piramis alapélének a fele (átlag 115,18 m) és oldallapjainak a magassága (kb. 186,42 m) az aranymetszés szerint aránylik egymáshoz (0,03%-os eltéréssel, ami hibahatáron belülinek tekinthető). Csakhogy 230,36 m-es oldalhosszon a 0,03%-os eltérés közel 7 cm. Azt pedig tudjuk, hogy abban a pontosságban, ahogyan a hatalmas köveket milliméternél is pontosabban összecsiszolták, az oldalhossza eltérése 4 cm-en belül volt, azaz ekkora eltérés már nem lehetett véletlenszerű méretpontatlanság. Pláne, ha az ismereteink szerinti eredeti burkolt pontos méretekkel végezzük a számítást, melynek eredeti oldalhossza: 232,4 m, míg eredeti magassága 146,7 m volt. Így alapélének a fele és az oldallapok magasságának aránya: 187,15/116,2 = 1,6106. Csakhogy ez kb. 4,5‰ ami az alapélen kb. 1,0 m-es eltérést jelentene, mely végképp megmagyarázhatatlan pontatlanság lenne!

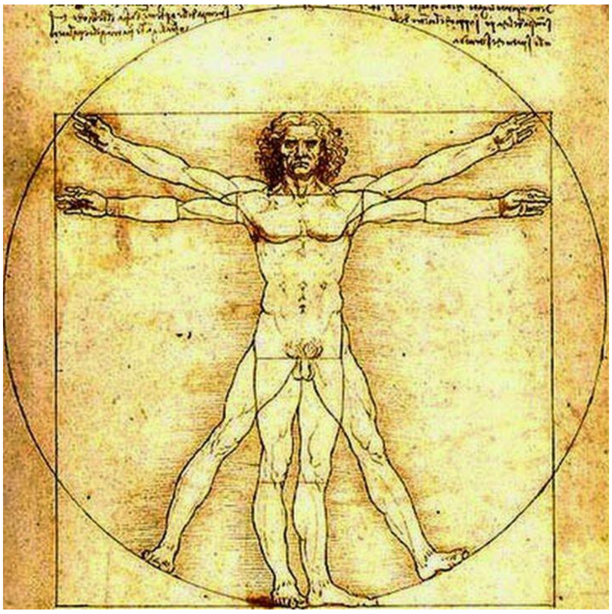
Parthenon

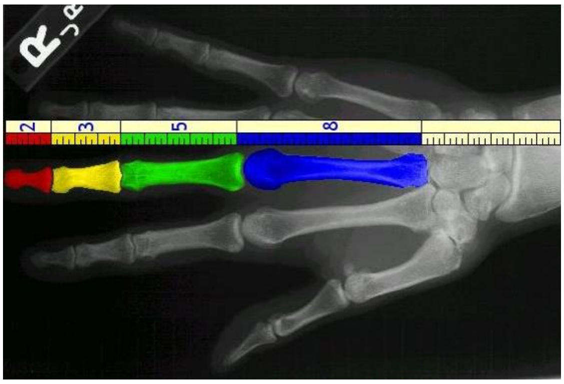
Az aranymetszés másik ilyen korai feltételezett alkalmazásának helye az athéni Parthenon, melyről elsők között kb. 150 évvel ezelőtt írt egy tudós egy könyvet, vagyis arról, hogy: az athéni Parthenon berajzolható egy aranymetszést alkotó oldalakból álló téglalapba. Persze ez gyorsan elterjedt, táptalajt biztosítva annak az elméletnek, hogy: minden tökéletes mű az aranymetszés szabályai szerint készült.

Mára már régészek és művészek, görögök és más nemzet tagjai állítják feltételezésüket, melyet aztán matematikusok és más tudósok hada cáfol, még a mérések által sem látva kellő bizonyítékot a feltételezések helytállóságára. Ugyanis a Parthenon alaprajza: 30,935 × 69,589 m, mely semmilyen kitüntetett arányossági igénynek nem fele meg. A téglalap alakú alaprajzot viszont két részre osztja a teret átszelő harántfal, melynek teret osztó aránya „kétharmados”. Valójában a szélesség/hosszúság aránya: ≈ 4/9, s ez az arány megtalálható több helyen is, így: az oszlopok szélessége és a köztük lévő távolság aránya, továbbá a homlokzati magasság és szélességének aránya is ennyi. Az már csak hab a tortán, hogy Pheidias nem szeretve az egyenes vonalakat, a stylobátok, illetve lépcsős talapzat íves kialakítású. **Hogyan határozható meg íves vonalakon az aranymetszet?**

Vitruviusi ember

Úgy terjedt a művészetben és építészetben a tökéletes műre jellemző aranymetszés megjelenésének hírdetése, hogy még Vitruvius „De architectura” című építészeti tanulmányában sincs nyoma annak, hogy az ókori templomok építése során bárhol is irracionális arányt alkalmaztak volna, csupán azt mondja, hogy a művészetben megalkotott szabályok a racionálisan megismerhető törvényszerűségeket, az emberi test harmóniáját követik.





Ezek az arányok természetes számok alkotta törtek, racionális számok – akárcsak a kézfej újcsontjainak aránya (2, 3, 5, 8), mely a Fibonacci számsorozat elemei.

Nautilus kagyló és a levelek elrendezése

Talán a legelterjedtebb aranymetszésre visszavezetett természeti jelenség a nautilus kagylóinak az arany spirál mintájára történő tágulása, mely így nem csak a φ-hez kötődi, hanem a Fibonacci-spirálhoz is. Valójában azonban a nautilus-kagylók – akárcsak még számos más puhatestű kagylója is – egy logaritmikus spirál tágulási mintáját követik, csakhogy az arany spiráltól jól megkülönböztethetően, attól szignifikánsan eltérő szögben. Olyan táguló spirál formájában, mely biztosítja az élőlényeknek a kagyló alakváltozása nélküli növekedést. A kagyló arányai leginkább a 2/3 –os vagy a Püthagoraszi arányhoz közelítenek, mintsem az aranymetszéshez.

A növényeknél pedig számtalan virágnál és levélnél figyelhető meg a Fibonacci-sorozat megjelenése, vagyis pl. leveleiknek elrendezésében és számában lehet felfedezni az 5,8,13, ... számokat, mint pl. az ananász pikkelyeinél. De ezeknek az aranymetszéshez semmi köze.

Szent korona

A Szent Korona tulajdonságairól, a mának szóló üzenetéről többen is tartottak már előadást. Voltak, akik azt állítják, hogy az aranymetszés szabályaiból kiindulva kerültek elhelyezésre a Szent Korona elemei. Valóban, a Koronán szigorú, következetes REND található. Az abroncs magassága és a pántok szélessége a korona belső kerületének 5/60 része; az abroncs és a kupola teteje közötti (eredeti) távolság a belső kerület 8/60 része; a teljes eredeti magasság a belső kerület 13/60 része, és a hosszanti átmérő a belső kerület 21/60 része, azaz 5, 8, 13, 21 a Fibonacci számsor, így lett a feltételezés, hogy talán a készítés alapja az „aranymetszés szabálya”. Csakhogy az aranymetszés és a Fibonacci számsor az nem ugyanaz!!!

Feltételezést vagy tudományos tényt

A végtelenségig lehetne sorolni a különböző eseteket, ahogyan próbálják belemagyarázni a mindennapi életünket is meghatározó természeti képződményekre és emberi alkotásokra vagy csak meglévő tárgyakra az aranymetszés törvényszerűségét, annak jelenlétét vagy tudatos alkalmazását. Így Bach, Beethoven zenéjétől Bartókig, vagy Leonardo: Mona Lisajától Csontváry: Magányos cédrusáig, amit ha – az elhajló fa ellenére is – valahogyan megmérünk, akkor azt látjuk, hogy jobban közelít a Püthagoraszi számhármas arányaihoz, mint az aranymetszéshez. De nem kíméli az aranymetszés legendája a hagyományos székelykapu geometriáját, de még a kovászos kenyér készítését sem.

Vélhetően, a Föld akármelyik építményét megvizsgálva található olyan nézőpont, illetve szempont, amelyek alapján rájuk húzható az aranymetszés filozófiája, ha van elég türelmünk ahhoz, hogy különféle módokon zsonglőrködjünk. Sőt biztosan sok olyan alakkal találkozhatunk, amelyek egybeesnek fontos történelmi dátumokkal, vagy tudományos alakzatokkal. De ezek nem, csak majdnem felelnek meg az aranymetszés szabályainak, ezért ez semmiképpen sem bizonyítja azt, hogy ezt az arányt használták volna a tervezés során. Ez csupán azt jelenti, hogy egyes elemek aránya egy kellemes arány közeli, a kétharmados és a Püthagoraszi arány (0,666… – 0,618… – 0,600) között van. És ez, egyszerűen egy vizuálisan tetszetős aszimmetrikus arány, amely véletlenül, egy kialakult esztétikai érzék alapján jön létre. Az már csak hab a tortán, hogy a vizsgált esetek szinte mindegyikénél közelebb áll a egyszerűbb püthagoraszi arány (3/5) az igazsághoz, mint az aranymetszés.

A különböző kultúrák más és más formában vonják maguk köré az egész világot, és mitizálják a fizikailag elérhetetlen, azaz értelmileg érthetetlen természeti jelenségeket, alkotásokat. így az érzéki formák hasonlósága alapján, spontán módon működő belevetítés általános szemléleti jelenséggé vált. Számtalan művész is kijelenti, hogy az aranymetszés szabályait alkalmazva alkotta meg művét. Így vagy a Fibonacci számsorazatra utalva, vagy 1,60 –as arányra mutatva rá! De hát ezek egyike sem az aranymetszés, legfeljebb csak azokhoz közelítés! Egy-egy határozott kijelentés mögött, mindig a tények megállapítását is igazoló tudományos vizsgálatoknak, méréseknek és ellenőrzésnek kell lennie, s csak ezekkel validálva lehet a feltételezésből bizonyított tény.

Rózsa Pál: „Sosem szabad összekeverni a tudományos tényt és a feltételezést!”

Felhasznált irodalom:

Megkésett beszélgetés Rózsa Pál matematikus professzorral - https://hdke.hu/megkesett-beszelgetes-rozsa-pal-matematikus-professzorral/

Falus Róbert: *Az aranymetszés legendája* – Magyar Könyvklub, Budapest, 2001.

Hámori Miklós: *Arányok és talányok* – Magyar elektronikus Könyvtár, Budapest, 1993.

George Markowsky: *Misconceptions about the Golden Ratio* – Mathematical Association of Amerika, The College Mathematics Journal, Vol. 23, No. 1 (Jan., 1992), pp. 2-19

Bálványosi Huba: *Esztétikai-Művészeti Ismeretek Nevelés „Vizuális kultúra” sorozat II.* – Balassi Kiadó Kft., Budapest, 2003.

Hogyan lehet kiszámítani az aranymetszést a festészetben? - https://gigafox.ru/hu/planning/kak-rasschitat-zolotoe-sechenie-v-zhivopisi-pravilo-zolotogo/

Athanasios G. Angelopoulos*: – athang1504.blogspot.com/2011/01/parthenon.html*

Igor Kochmala: – *https://urbanplayer.hu/hip/ha-az-aranymetszes-alapjan-akarnank-tokeletesre-muttetni-az-arcunkat-akkor-igy-jarnank/*

Maróthi György: *Arithmetica, vagy számvetésnek mestersége* – Debretzen, 1743.