

Amit a szároszról tudni kell

Napjainkban a nap- és holdfogyatkozások egymással kapcsolatban álló sorozatait szárosz ciklusoknak vagy szárosz sorozatoknak nevezzük és arab számokkal jelöljük. Meg kell azonban jegyezni, hogy a köztudattal ellentétben a ciklus „felfedezői” a babilóniai pap-csillagászok nem nevezték szárosznak. A *sar* ugyan sumér szó, amely egyebek között világegyetemet vagy egy nevezetes számot, 3600-at jelent. A *saros*-sal kapcsolatos csillagászati értelmezést először Szuidász enciklopédiájában találunk A. D. 1000 körül. Ebben az van írva, hogy ez egy nagy szám vagy mérték a kaldeusoknál. Egy *saros* 222 hónapot tartalmaz, azaz 18 évet és 6 hónapot, míg 120 *saros* 2222 évnek felel meg. Láthatjuk, hogy itt valamiféle félre-értelmezésről van szó, hiszen a fogyatkozásokkal nincsen semmiféle kapcsolat.

Plinius a Természet Históriajában a fogyatkozások 223 hónap utáni ismétlődését tárgyalja. A csillagászati értelemben ma használatos szárosz szót Edmund Halley vezette be 1691-ben a rendelkezésére álló Plinius kézirat alapján, amelyben ez a szám állítólag 222 volt.

A szárosz ciklusok számozásának rendszerét G. van den Bergh holland csillagász vezette be 'Periodicity and Variation of Solar (and Lunar) Eclipses (Tjeenk Willink, Haarlem, Netherlands, 1955) című könyvében. Ő egy olyan sorozathoz rendelte az első sorszámot, melyek nap- és holdfogyatkozásai éppen a B. C. második évezredben zajlottak.

Néhány szó a fogyatkozások bekövetkezésének feltételeiről

Nap- és holdfogyatkozások akkor következnek be, amikor a Nap, a Föld és a Hold egyvonalba, vagy csaknem egyvonalba kerülnek. A Hold kering a bolygónk körül, miközben mi is keringünk a Nap körül. A Hold egy teljes keringéséhez 29 és fél napra (újholdtól-újholdig) van szükség. Hogy miért nem következik be minden újholdnál napfogyatkozás, és minden teliholdnál holdfogyatkozás, annak magyarázata – mint tudjuk – a holdpálya ferdesége. A Hold pályasíkja 5 fok 8 perc és 43,3 másodperc szöget zár be a Föld keringési síkjával, az ekliptikával. Földnek a Nap által vetett árnyékkúpja mindig az ekliptika síkjában fekszik, viszont a Hold a pályáján haladva többnyire e sík alatt vagy felette jár, így nem kerülhet földárnyékba. Ugyanígy a holdárnyék sem vetülhet a Földre.

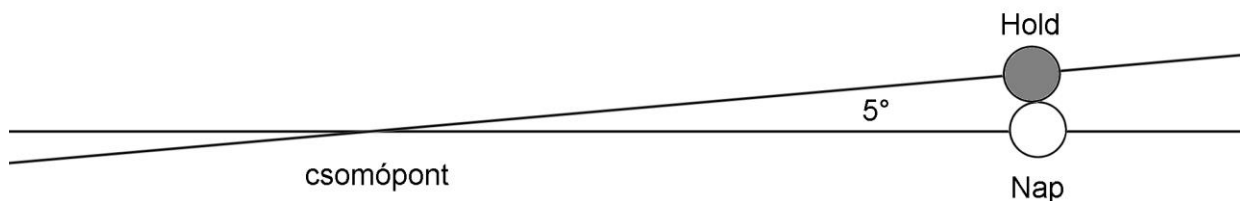
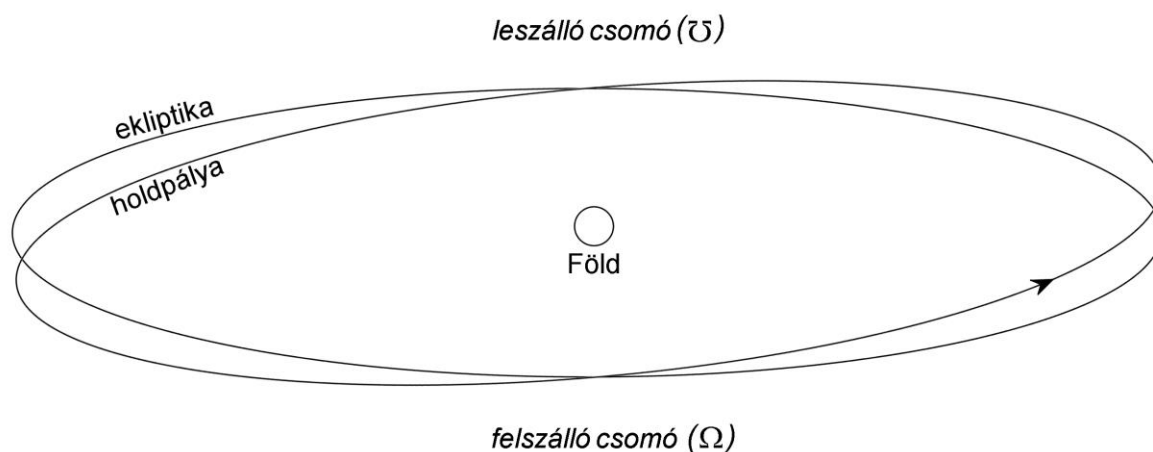
Az ekliptika név eredeti jelentése: a fogyatkozások köre, az a kör, amelyen mind a Holdnak, mind a Napnak tartózkodnia kell ahhoz, hogy fogyatkozás jöhessen létre. Könnyen felismerhetjük, hogy az állandóan az ekliptikán tartózkodó Nap esetében a feltétel szüntelenül fennáll. A Hold pályája viszont csak két pontban metszi a Föld pályasíkját, vagyis az ekliptikát. Az egyik metszéspontban éppen fölé emelkedik, a másikban pedig alá száll. Ezek a holdpálya ún. csomópontjai: az egyik, a délről északra mozgó Hold esetében a felszálló-, a másik, az északról délre történő mozgás esetében a leszálló csomópont. Hold-, és napfogyatkozás tehát csak akkor következhet be, ha telehold, illetve újhold idején a Hold éppen a csomópontokban tartózkodik, illetve azok közvetlen közelében jár. Az előbbi esetben hold-, az utóbbiban pedig napfogyatkozást láthatunk.

Nézzük meg, mekkora is az az intervallum, amiben fogyatkozás egyáltalán létrejöhet! Ez viszonylag egyszerű geometriai számítással meghatározható, de ismerni kell a következő adatokat: Sem a földpálya, sem a Hold pályája nem kör alakú, hanem ellipszis. Ezért a Földről nézve mind a Hold, mind a Nap látszó mérete bizonyos határok között változik.

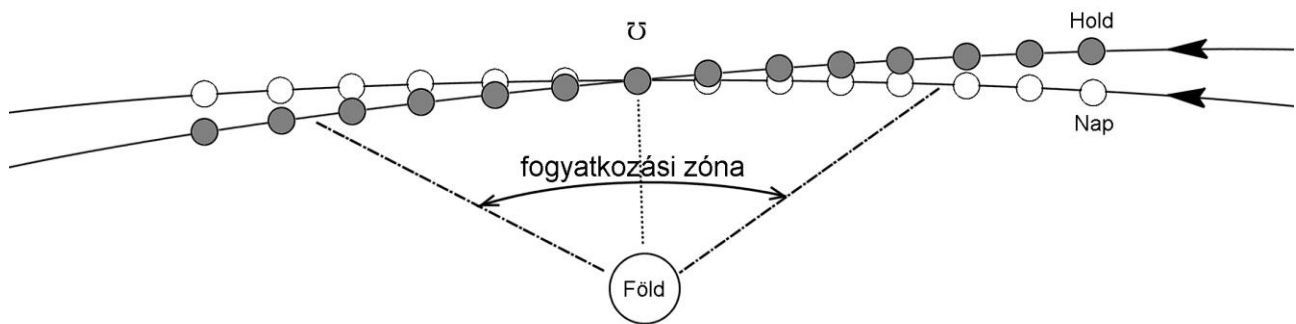
A Hold legkisebb távolsága a Földtől: 356 410 km, ekkor látszó átmérője 33 ívperc és 31,8 mp.
legnagyobb távolsága a Földtől: 406 697 km, ekkor látszó átmérője 29 ívperc és 23,0 mp.
Átlagérték: 31 ívperc és 05,3 mp.

A Nap legkisebb távolsága a Földtől: 147 098 074 km, ekkor látszó átmérője 32 ívperc és 31,9 mp.
legnagyobb távolsága a Földtől: 152 097 701 km, ekkor látszó átmérője 31 ívperc és 27,7 mp.
Átlagérték: 31 ívperc és 59,3 mp.

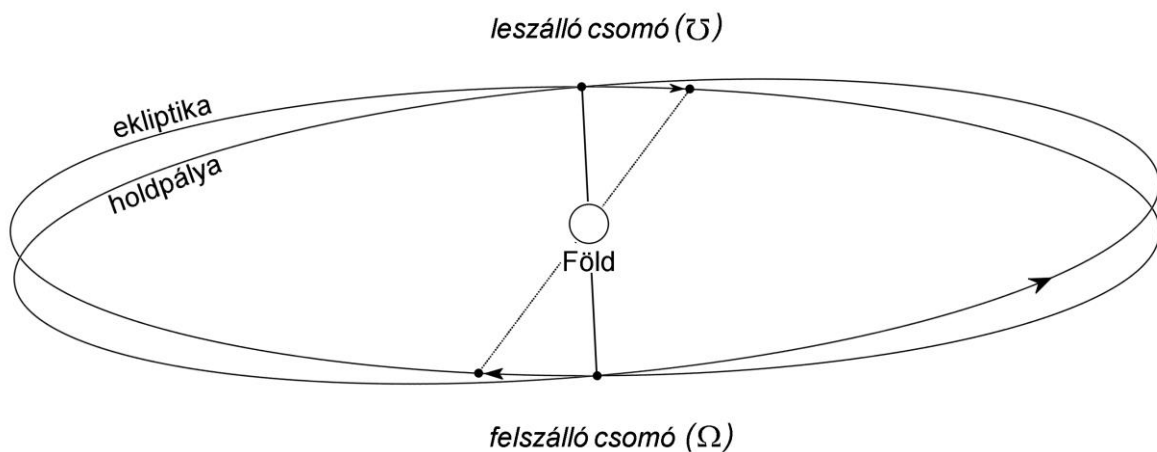
A Nap az ekliptikán, a Hold pedig a pályáján közeledve a csomóponthoz, akkor fogják „érinteni” egymást – azaz akkor kezdődik a fogyatkozás – amikor a két pályáiv távolsága a két égitest sugarának összegével egyenlő.



Az ekliptikának ez a szakasza az úgynevezett fogyatkozási zóna. Attól függően, hogy a Föld éppen naptávolban vagy napközélben van-e, vagy a Hold távolsága éppen mekkora, ennek a fogyatkozási zónának a hossza is változik. Ha nem csak a teljes fogyatkozásokban gondolkodunk, hanem valamennyit figyelembe vesszük, akkor ennek értéke 30 fok 42 perc és 37 fok 02 perc között változik.



Mi a valószínűsége annak, hogy mindkét égitest – a Nap és a Hold is – egyszerre e zónán belül található? A Hold átlagos napi mozgása az égbolton 13 fok 10,5 perc. A Nap átlagosan 0,986 fokot tesz meg naponta az ekliptikán, vagyis legfeljebb 37,5 napot, de legalább 31,15 napot tölt a fogyatkozási zónában. Ezt az idő intervallumot fogyatkozási szezonnak is szokás nevezni. A holdpálya precessziója miatt e két érték ugyan néhány perccel kevesebb, de így is látható, hogy több mint egy szinódikus holdhónap, vagyis minden ilyen alkalommal valamilyen mértékű fogyatkozásnak kell bekövetkeznie. Egy vagy két napfogyatkozás lehet tehát félévente, amikor is a Nap áthalad a holdpálya valamelyik csomópontján. A holdpálya azonban lassan elfordul a térben a bolygók perturbációs hatására, mégpedig az ekliptika északi feléről tekintve az óra járásának irányában. Emiatt a Nap felszálló csomótól felszálló csomóig nem egy év alatt, hanem valamivel rövidebb idő alatt teszi meg, hiszen a csomópont éppen hátráló mozgásával „szemben halad” a Nappal.



Egy úgynevezett fogyatkozási év így csak 346,62 napból áll. Ez 18,62 nappal rövidebb a naptári évnél, minden évben 18,62 nappal korábban halad át a Nap a csomópontok valamelyikén, mint az előző évben. Valamilyen mértékű fogyatkozásnak – mint láttuk – minden fogyatkozási szezonnban be kell következnie. Ezek kerekítve 178 naponként követik egymást. Ezt felismerték és tisztában voltak vele az ókori Mezopotámiában is. Azonban az is nyilvánvaló – és talán már a kaldeus papcsillagászok is sejtették – hogy ezek közül nem minden fogyatkozás látható az ő területükről.

A holdfogyatkozások közül jó esetben minden másodikat láthatták, a napfogyatkozásoknak pedig csak egy kis hányadát. Ma már nem tudjuk, hogy mit gondoltak ezekről a „láthatatlan” fogyatkozásokról. Azt hitték, hogy meg sem történtek, vagy a világuk más részéről volt látható? Minden esetre agyagtábláikra ezeket is feljegyezték, mint predikciókat, azaz jelzett, de meg nem figyelt eseményeket.

BC. 747-től végzett rendszeres megfigyeléseik alapján egy idő után gyanússá vált a káldeusok számára, hogy a napfogyatkozásoknak van egy hosszú periódusú ritmusuk.

Felismerték a 223 szinódikus holdhónapból álló periódust, amelynek a tartama 18 év 11 nap és hét óra. Ez, kerekítve 6585 napnak felel meg. Ezek a 18 évente bekövetkező fogyatkozások ráadásul nagyon hasonlóak voltak és mindig az égboltnak ugyanazon a részén jelentek meg. Ez csak úgy lehet, hogy valamiféle kapcsolatban állnak egymással. Ezt a kapcsolatot a különböző hosszúságú periódusok meghatározott időn belüli koincidenenciája (egybeesése) teremti meg:

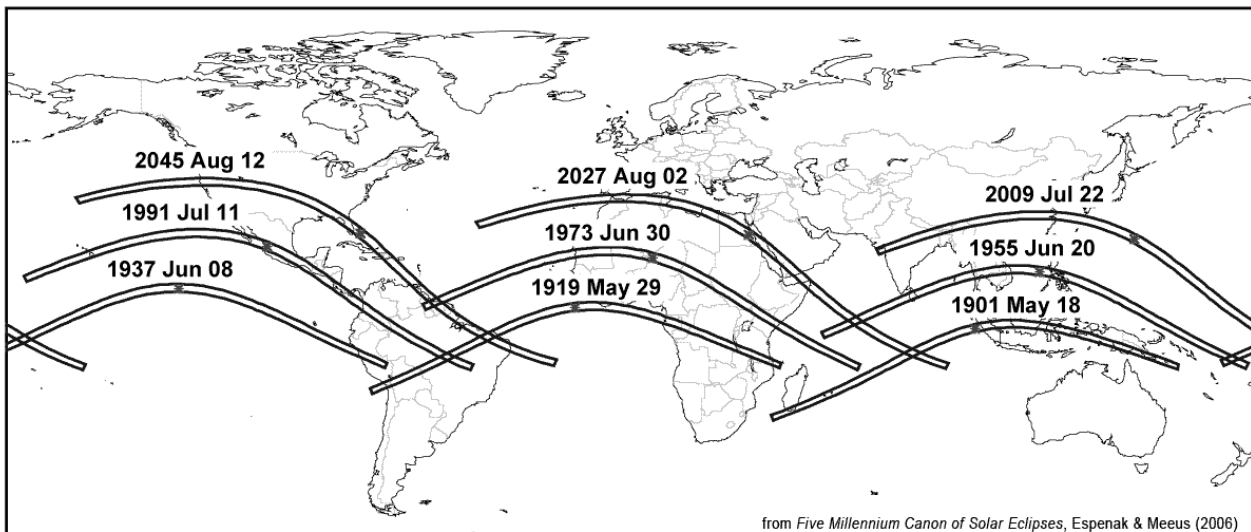
$$\begin{aligned} 223 \text{ db szinódikus periódus} &= 223 \times 29,530588 \text{ nap} = 6585,321124 \text{ nap} \\ 239 \text{ db anomalisztikus periódus} &= 239 \times 27,554550 \text{ nap} = 6585,537450 \text{ nap} \\ 19 \text{ db fogyatkozási év} &= 19 \times 346,6201 \text{ nap} = 6585,7990 \text{ nap} \end{aligned}$$

(szinódikus periódus: újholtól újhoidig, Anomalisztikus periódus: perigeumtól perigeumig)

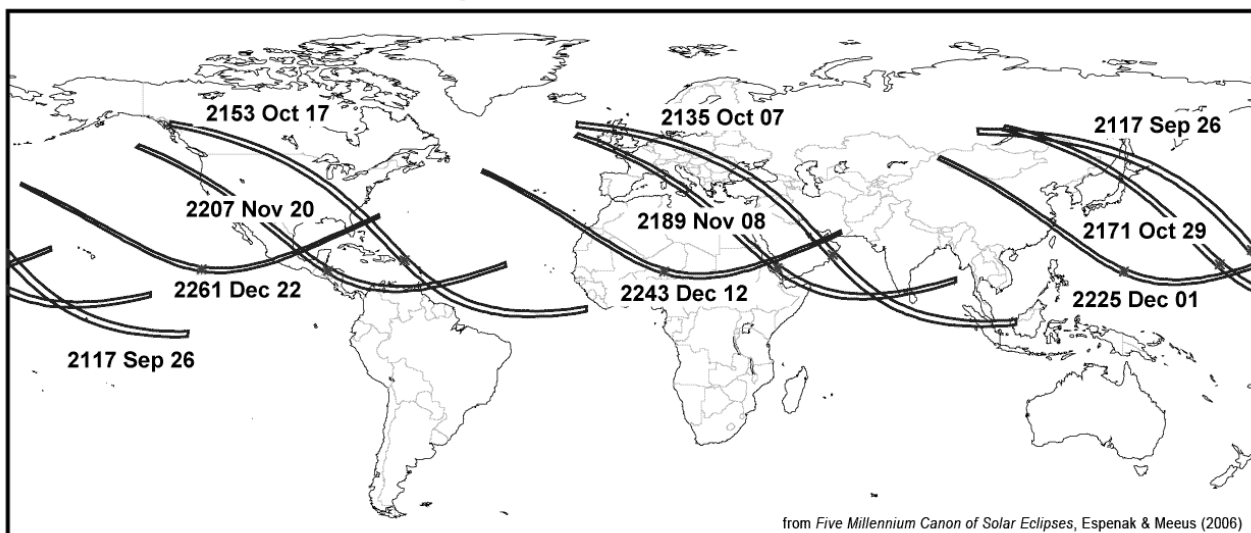
Egy ilyen 18 év és 11 napos ciklusban, amely később a szárosz nevet kapta, átlag 70 fogyatkozás van, amiből 41 a nap-, és 29 a holdfogyatkozás. A fogyatkozások száma évente legalább kettő, legfeljebb pedig hét lehet. Ha valamely évben csak két fogyatkozás van, akkor mind a kettő napfogyatkozás. Az olyan évben azonban, amelyben hét fogyatkozás van, akkor közülük négy, vagy öt a nap-, és csak kettő, vagy három a holdfogyatkozás. Mindez ahhoz a látszólag ellentmondásos megállapításhoz vezet, hogy sokkal több a nap-, mint a holdfogyatkozás. Ennek az az oka, hogy a napfogyatkozások csak a Föld egy részére korlátozódnak, a teljes fogyatkozások pedig csak a Föld egy meghatározott - sok esetben zömmel óceánok területére eső - részének egy alig 200 km szélességű sávjára terjednek ki. Ezzel szemben holdfogyatkozás minden olyan földfelszíni pontról látható, amelynek az égboltján az adott időpontban éppen látszik a Hold.

Ami számunkra érdekes, az a 223 szinódikus periódus hossza, a 6585,321124 nap. Ez egészen pontosan megfelel 18 évnek, 11 napnak és 7 óra 43 percnak, kerekítve pedig 18 évnek, 11 és 1/3-ad napnak felel meg. Nagyon fontos ez az 1/3-ad nap, hiszen 1/3-ad nap alatt a Föld kb. 120 fokot kelet felé fordul, így a fogyatkozás sávjá az előzőhöz képest ennyivel nyugatabbra kerül. Így azután a következő két szároszban a fogyatkozás nem lesz látható, ha nem változtatjuk a helyünket. Viszont három szárosz ciklus után (54 év és 34 nap) a fogyatkozás „visszatér” de néhány száz kilométert eltolódik északi vagy déli irányban (attól függően, hogy le- vagy felszálló csomó közeli), emiatt az adott megfigyelő helyről nézve a fogyatkozás mértéke folyamatosan nőni vagy csökkenni fog.

Eclipses from Saros 136: 1901 to 2045



Eclipses from Saros 136: 2117 to 2261



Vizsgáljuk meg, hogy milyen hosszú lehet egy szárosz ciklus! Itt mutatkozik meg a jelentősége annak, hogy 19 fogyatkozási év kb. 0,8 nappal eltér a Hold többi periódusától. Továbbá a Hold csomópontjai keringésenként kb. 0.5° -ot kelet felé vándorolnak az ekliptikán. Ez a holdpálya 18,6 éves precessziójának a következménye. Ezért tart hosszú ideig – évszázadokig – amíg egy szárosz sorozat fogyatkozásai „végigvándorolnak” a fogyatkozási zóna 31-37 fokos ekliptikai ívén. Ha napfogyatkozásokról beszélünk, akkor egy szárosz sorozat akkor kezdődik, amikor az újhold kb. 18° -kal keletre tartózkodik az aktuális csomóponttól. Ha ez Hold leszálló csomópontja közelében zajlik, a Hold teljes árnyéka kb. 3500 km-re a Föld alatt halad el és bolygónk csak a Hold félárnyékába kerül, így csak részleges fogyatkozás figyelhető meg a déli pólus környékéről. Ennek a szárosz sorozatnak a következő fogyatkozásánál a teljes árnyék kb. 300 km-rel északabbra metszi a Földet, ami egy kicsit nagyobb fokú részleges fogyatkozást eredményez. Mintegy 10-11 szárosz ciklus elteltével azaz kb. 180-200 évvel később, lejálik az első teljes vagy teljes-gyűrűs napfogyatkozás a déli sark környékén. Az ezt követő 800-950 év folyamán minden 18,031 éves időközönként bekövetkezik egy centrális fogyatkozás, melyek mindegyike kb. 300 km-el északabbra látszik, mint az előző.

Majd következik egy hosszú fogyatkozás az egyenlítő térségében. Ezután a fogyatkozások sorozata az északi féltekén folytatódik, mígnem a sorozat utolsó fogyatkozására az északi pólus környékén kerül sor. Természetesen ezeknek a mértéke (magnitúdója) egyre csökken. Végül ez a bizonyos szárosz hasonló módon ér véget az északi pólus közelében, mint ahogy a délinél elkezdődött. Ha a szárosz a Hold felszálló csomópontjánál zajlik, akkor természetesen a fogyatkozások egymásutánisága is fordítva, északról dél felé haladva történik. A Föld és a Hold pályájának excentrumossága miatt azonban a szárosz sorozatok hossza, illetve a bennük lezajló fogyatkozások száma nem állandó. Egy szárosz sorozat hossza 1226 évtől 1550 évig terjedhet, amelyben 69-87 fogyatkozást követnek be, ezekből 40-60 fogyatkozás centrális (azaz teljes vagy gyűrűs).

A szárosz sorozatokat sorszámokkal látják el. Azonban nehézséget okoz, hogy nem aszerint számozzák, hogy mikor van a kezdetük, hanem hogy mikor van a csúcspontjuk. Ez akkor van, amikor a Hold teljesárnyékányak a tengelye a Föld középpontjához legközelebb halad el. Más szóval, amikor a csomóponthoz legközelebbi fogyatkozás bekövetkezik. Látjuk, hogy az egyes szárosz ciklusok hossza akár több száz évvel is eltérhet egymástól, de a sorszámozást a sorozatok csúcspontjainak időrendje határozza meg. Ennek ismeretében már megérthetjük, hogyan előzheti meg egy későbbi csúcspontú szárosz ciklus fogyatkozása egy olyan szárosz első fogyatkozását, mely korábban éri el csúcspontját. (Egy példa: a 126-os Szárosz ciklus 1179. március 10-én kezdődött. A 128-as Szárosz viszont már 984. augusztus 29-e óta létezik, de mivel csak 1759. december 19-én érte el a csúcspontját, későbbi a sorszámozása, mint a 126-osé, melynek csúcspontja 1756. március 1-én volt.)

Meg kell említeni egy úgynevezett gamma értéket, ami a fogyatkozási katalógusokban szerepelni szokott. Ez a paraméter mutatja a Föld középpontja és a holdárnyék tengelyének távolságát a fogyatkozás során, földugárban kifejezve. Értéke lehet pozitív vagy negatív, attól függően, hogy az árnyék tengelye a Föld középpontjától északra vagy délre halad el.

Azok a napfogyatkozások, melyek a Hold felszálló csomópontjának közelében történnek, páratlan számozású szárosz ciklus tagjai. A sorozat egymást követő fogyatkozásai fokozatosan dél felé húzódnak a Föld középpontjához képest. Azok viszont, amelyek a Hold leszálló csomópontja közelében következnek be, páros sorszámot kapnak.

Mivel évente minimum 2, maximum 5 napfogyatkozás is lehetséges, nagyjából negyven szárosz ciklus zajlik egyszerre. Például 2000 és 2020 között 42 szárosz van érvényben, azaz produkál valamilyen mértékű napfogyatkozást.

Ugyanúgy, mint a napfogyatkozásoknál, a holdfogyatkozások esetében is beszélhetünk szárosz ciklusokról. A holdfogyatkozások esetében azonban a gamma értéke a Föld árnyékkúpjának és a Hold középpontjának távolságát adja, ugyancsak földugárban kifejezve. Megjegyzendő, hogy a szárosz számozása itt ellentétes a napfogyatkozásoknál alkalmazotthoz képest. Azok a holdfogyatkozások tartoznak a páros sorszámúak közé, amelyek a felszálló csomópontok közelében történnek. Itt az egymást követő holdfogyatkozások mindegyike kissé délebbre tolódik a Föld árnyékkúpjának tengelyéhez képest. Hasonlóan, a holdpálya leszálló csomópontjánál bekövetkező holdfogyatkozások a páratlan sorszámú számozású szárosz sorozatba tartoznak. Ezekben az egymást követő fogyatkozások egyre északabbra tolódnak az árnyék tengelyéhez képest.

Gesztesi Albert