



# Csillagfedések

## A NASA napfogyatkozás kézikönyve



A NASA Reference Publication sorozatában már a hatodik füzet jelent meg egy napfogyatkozásról. 1993 óta minden „jelentősebb” (könnyen megközelíthető helyen észlelhető) napfogyatkozásról az esemény előtt 24–36 hónappal megjelentetnek egy kiadványt.

1997 márciusában látott napvilágot az 1999. augusztus 11-i teljes napfogyatkozásról szóló 1398-as sorszámú, 120 oldalas kézikönyv. Szerzői: Fred Espenak csillagász (NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA) és Jay Anderson meteorológus (Environment Canada, Winnipeg, Manitoba, Kanada). A kiadvány az eddigiekhez hasonlóan ingyenes, csak a postaköltséget kell fizetni. Magyarországról kilenc nemzetközi postai kupont kell küldeni, azonban ilyet eddig még a legnagyobb postahivatalokban sem sikerült beszerezniük. Nem tudni, a Magyar Posta miért nem ismeri ezt a terméket. A kiadónál hivatkozhatunk ennek hiányára, és akkor a fejlődő országok polgárai számára fenntartott keretből postáznak nekünk is egy példányt. A NASA Reference Publication 1398: *Total Solar Eclipse of 1999 August 11* című kiadványt az alábbi címen kérhetjük:

*Fred Espenak, NASA/GSFC, Planetary Systems Branch, Code 693, Greenbelt,  
MD 20771, USA; E-mail: cspenak@lpvax.gsfc.nasa.gov.*

A kiadvány kibővített anyaga az interneten is elérhető:

<http://planets.gsfc.nasa.gov/eclipse/TSE1999/TSE1999.html>.

Hasznos lehet ellátogatni még a <http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/> címre is.

A fent említett kiadvány, illetve annak internetes elérési helye a fogyatkozás teljes anyagát tárgyalja. Többféle méretarányú térképet ad az umbra vonaláról, tárgyalja a fogyatkozás menetét, körülményeit, az időjárás-kilátásokat az egyes helyszíneken. A fogyatkozás kontaktusait elemzi a közepes holdsugár, illetve az előrejelzett holdprofil függvényében. Szóba kerülnek a fénycsökkenési eljárások, fotózási tanácsok és még sok egyéb. Táblázatos formában kerülnek közlésre az umbra vonalának jellemzői, és sok száz nagyvárosra megtalálhatjuk a kontaktusidőpontokat. A komolyabb érdeklődőknek mindenképp javasoljuk a NASA kiadvány beszerzését, melynek használatához minimális angol tudás mindenképpen szükséges.

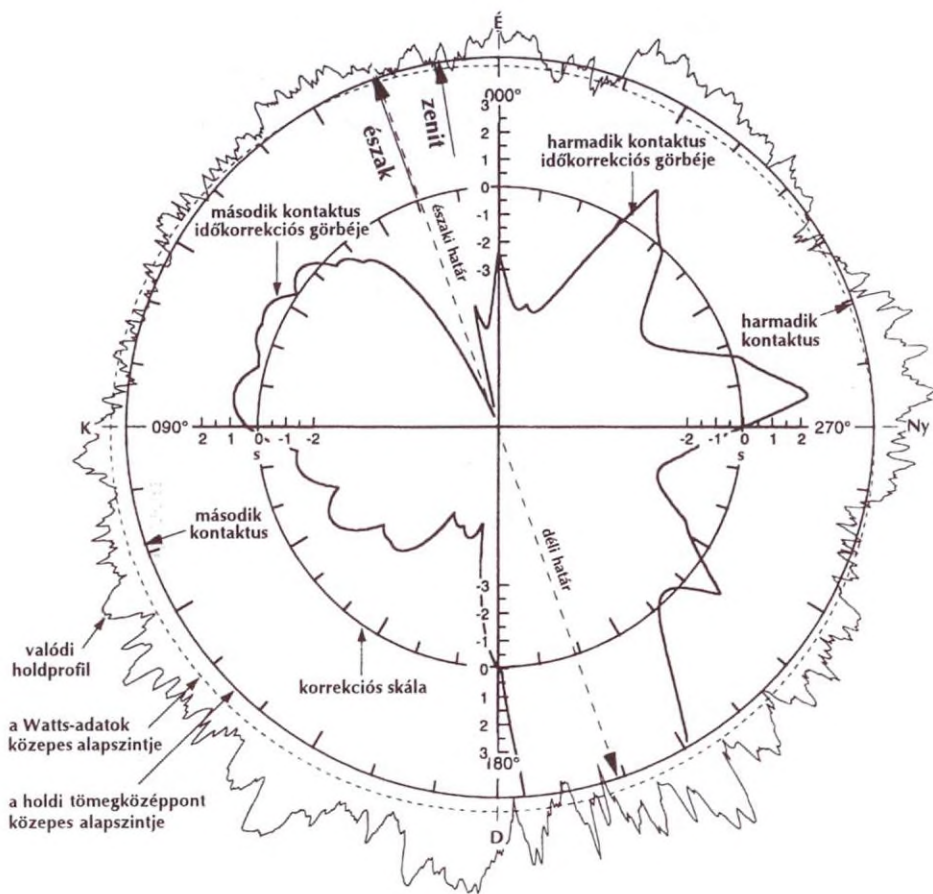
A Meteor 1996/7–8. számától (43. o.) kezdődően már több cikkben írtunk az 1999-es totalitásról, most a NASA kézikönyve alapján a napfogyatkozás kontaktusainak és határvonalának alakulásával foglalkozunk.

## A közepes holdsugár

A fogyatkozás kontaktusainak időpontja, nagysága, időtartama a Nap és a Hold szögmeretétől, relatív sebességétől és a Föld mozgásának változásaitól ( $\Delta T$ ) függ. Sajnos ezek a számítások csak korlátozott pontosságúak, mivel a holdkorongot tökéletes gömbalaknak tételezzük fel. Pedig valójában a holdfelszín nagyon változatos topográfiájú, és irreguláris peremként jelenik meg, mikor a korong profilját nézzük. A legtöbb számítás átlagos felszint vesz alapul, átlagolja a hegycsúcsokat és a mély völgyeket. A fogyatkozás előrejelzések alapvető paramétere a közepes holdsugár ( $k$ ), amelynek egysége a Föld egyenlítői sugara. A Hold esetenkénti sugara a libráció és a pozíciószög miatt mindig más és más, hiszen a holdperem profilja nem egyenletes. (A Földön könnyebb a közepes felszint kijelölni, hiszen a tengerszint kézenfekvőnek adódik, bár több méteres eltérések lehetnek az egyes óceánok szintje között a földköpeny gravitációs egyenetlenségei miatt.) A Holdnál a közepes sugár értéke megegyezés kérdése. 1968-tól 1980-ig a Nautical Almanac Office két különböző „ $k$ ” értéket használt előrejelzéseiben. A nagyobbik érték ( $k = 0,2724880$ ) a holdi topografikus alakzatok legmagasabb részeire vonatkozott, ezzel számolták a fogyatkozások penumbrális (külső) kontaktusait és a gyűrűs fogyatkozásokat. Ez azért volt hasznos, mert a Nap és a Hold korongjának érintkezését az az időpont adja, amikor a holdperem legmagasabb alakzata eléri a napfelszintet. A kisebb érték ( $k = 0,272281$ ) a legkisebb sugárra vonatkozott, és a belső kontaktusok (totalitás) számításához használták. Sajnos a két különböző érték használata a folyamatos adatsorokban töréshöz vezetett a teljes-gyűrűs (másnéven hibrid) fogyatkozások előrejelzésénél.

1982-ben az IAU  $k = 0,2725076$ -ot fogadott el közepes holdsugár értéknek. Azóta ezt használják minden előrejelzésnél, mivel ez bizonyult a legjobb átlagnak a Hold egyenetlen profilja mentén. Viszont előhozza az előrejelzés bizonytalanságát, és nem ad valódi értéket a teljes fogyatkozás időtartamára. Teljes fogyatkozás ugyanis akkor áll be, amikor a Hold teljes mértékben lefedi a Nap felszínét. Amíg a fotoszféra sugarai átszűrődnek a holdi völgyeken, nem beszélhetünk totalitásról. Viszont az IAU nagy „ $k$ ” értéke ahhoz vezet, hogy némelyik gyűrűs, vagy hibrid fogyatkozást teljesnek jelez. Ilyen volt pl. az 1986. október 3-i, amelynél az Astronomical Almanac 3 másodperces totalitást jelzett. Valójában a maximális fázis idején a napperem gyöngyszerűen átsütött a teljes holdkorong pereme mentén.

A totalitás kezdetének és végének előrejelzésénél módosítanunk kell az IAU „ $k$ ” értékével végzett előrejelzést az aktuális holdprofil ismeretében. A számítás nem egyszerű, de mindenképpen szükséges, főleg ha az árnyéksáv peremén a súroló fogyatkozás sávjában észlelünk. Szerencsére létezik egy kiterjedt topográfiai adatbázis ebben a témában: a Watts holdkorong térképek (Watts limb charts, 1963). Ezek az adatok egy fotografikus program termékei, megadják a peremi területek magassági adatait egy referencia felülethez (Topográfiai Dátum) képest. Van Flandern (1970) és Morrison (1979) több ezer csillagfedést vizsgált, és azt találták, hogy a Watts Dátum gömb helyett inkább elliptikus, továbbá a Dátum centruma nem egyezik a Hold tömegközéppontjával. További 66 000 okkultáció vizsgálatával Morrison és Appleby (1981) azt találta, hogy a Dátum sugara a librációval együtt változik. Ez a változás egy szisztematikus hibát eredményez az eredeti Watts-profil-adatokban, ami némely pozíciószögeknél eléri a 0,4 ívmásodpercet. Ezért a megfigyelt adatok feldolgozása során a gömbszimmetrikus, tömegközépponti centrumra vonatkozó Watts-adatokat korrigálnunk kell. Az előrejelzésekhez elegendő a digitalizált Watts-adatok figyelembe vétele a közepes sugárral készült számítások mellett.



A holdperem profilja 11:00 UT-kor. Konstansok:  $\Delta T = 64,6s$ ,  $k_1 = 0,2725076$   $k_2 = 0,2722810$ .  
 Topocentrikus libráció:  $l = 4^{\circ}81$ ,  $b = -0^{\circ}18$ ,  $c = 19^{\circ}46$

Pályája mentén a Hold topografikus librációja (fizikai és optikai) szélességben  $l = +5^{\circ}5$ -től  $l = 4^{\circ}0$ -ig változhat. Főként a súroló fogyatkozás sávjában való észlelés tervezésekor szükséges a részletes peremprofil vizsgálatára. A holdperem profil-ábrája tartalmazza a tömegközéppont- és az elliptikus korrekciót is. Az ábra 11:00 UT-ra készült, ezt nyugodtan lehet használni a magyarországi fázis során is. A Hold topocentrikus librációja  $l = +4^{\circ}81$ , a Nap és a Hold topocentrikus félátmérője 946,8 ill. 973,9 ívmásodperc. A Hold sebessége a Naphoz képest másodpercenként 0,379 ívmásodperc. A peremprofil radiális skáláját az ábra erősen felnagyítva mutatja, így az igazi profil eltérései könnyen látszanak a közepes felszínhez viszonyítva. A folytonos vonal a tömegközépponthez viszonyított közepes profilt mutatja. Jól látható az ettől nagyban eltérő eredeti Watts-adatok közepes pereme (szaggatott vonal). A számításokhoz mindvégig az előbbi (tömegközéppont közepes profilja) használták.

Az egyes peremi alakzatok pozíciószögét könnyen leolvashatjuk a profil mentén jelölt beosztások alapján. Ismerve földrajzi pozícióknál az előrejelzett második és harmadik kontaktus pozíciószögét (PA), előrejelzést tehetünk a Baily-féle gyöngyfűzér látványára is. A nyilakkal ellátott szaggatott egyenesek az északi és a déli határvonal (súroló-fogyatkozás) kontaktus-pontjait mutatják.

Az ábrán feltüntetett konkrét profil adatok alapján már pontosíthatjuk a közepes profillal készült számításokat. Bármilyen pozíciószöget vizsgálunk, mindenütt találunk magas hegyeket és mély völgyeket a közelben, amelyek alapvetően befolyásolják a kontaktusok valódi időpontjait. Annak a különbsége, hogy a Nap mikor érinti a közepes, és mikor a valódi peremet, megadja az előrejelzett és a valódi kontaktus időkülönbségét. A profil ismeretében egy grafikus módszerrel megbecsülhetők a korrekciós időtartamok (Herald, 1983). Ez az egyenlet azt írja le, hogy a közeledő napperem mikor érinti a holdprofil legmélyebb völgyét. Ezzel a módszerrel előrejelezhető a gyémántgyűrű helye és formája. Ha a fenti közelítést minden pozíciószöghöz elvégezzük, megkapjuk a kontaktusidőpontok korrekciós görbéjét. Ez a görbe az ábra belső részén helyezkedik el. Észlelőhelyünkre a kontaktusidőpontok mellé egy pozíciószög is tartozik. A görbe megmutatja, hogy adott pozíciószögnél a második és a harmadik kontaktus hány másodperccel később, illetve korábban következik be. Mint láthatjuk, egyes helyeken akár 2 másodperccel is hosszabb lehet a totalitás, míg máshol több másodperccel rövidebb ideig fog tartani az árnyék a közepes peremmel számolt értékénél.

A Hold tömegközéppontja és a Watts Dátum geometriai középpontja nem esik egybe. Eltérésük 11:00 UT-kor  $-0,28$  és  $+0,38$  ívmásodperc ekliptikai szélességben ill. hosszúságban. Ez az érték természetesen fogyatkozásról fogyatkozásra változik a különböző librációs geometria miatt. Mivel az előrejelzések a tömegközéppontra vonatkoznak, ezért a valódi értékekben lesz egy kicsi, de mérhető eltérés a totalitás időtartamát illetően. A centrális vonalon állva 1–3 másodperccel hosszabb fogyatkozást várhatunk. Ezt az értéket összegezve a holdprofil irregularitásaival azt kapjuk, hogy a totalitás sávja az európai vonalon 2–6 km-el délebbre kerül. Ez a Közép-Keleten eléri a 3–10 km-t.

Mind az északi, mind a déli határvonalon párhuzamosan halad egy szűk sáv, ahol a fogyatkozás se nem teljes, se nem részleges. Az itt álló megfigyelők egy nagyon keskeny napsarlót láthatnak, amely fényes szegmensekre különül, azaz akár néhány percig tartó, folyamatosan változó gyöngyfűzért észlelhetnek. Ennek a gyöngyfűzérnek az alakja helyről-helyre gyorsan változik a Nap–Hold geometria gyors változása miatt. Ezt a fűzért a fotoszféra átszűrődő sugarai okozzák, amelyek átvilágítanak a mély holdi völgyeken, de a szabálytalan perem magas hegyei már eltakarják a Nap peremét. A csillagok Hold általi súroló fedése az analógiája ennek a jelenségnek, de itt a napperem súroló fedését láthatjuk. E néhány kilométeres zónának a belső határvonala megegyezik a (valódi) totalitás külső határával, míg az érintőleges zóna külső vonala már a részleges fogyatkozás belső határa.

Az alábbi táblázatok a mai ismereteink szerinti legpontosabb előrejelzéseket tartalmazzák a fogyatkozás vonalát illetően. A Meteorban korábban közölt koordináták ezektől több kilométerrel eltérhetnek. Az itteni pozíciók birtokában már most alkalmas helyet kereshetünk a jövő évre tervezett megfigyelésnek. Főként a súroló fogyatkozás vonalában fontos a megfelelő terep idejekorán történő kiválasztása.

### Az umbra vonalának térképezési pontjai

K-i hossz.	É-i szélesség			Világidő (UT)			Nap alt. az.	Umbra (km)	Időtart.
	É-i határ	D-i határ	centr.	É-i határ	D-i határ	centr.			
016 00,0'	47 56,16'	46 52,87'	47 24,54'	10:46:03	10:46:39	10:46:21	58 173	111	02:21,4
016 30,0'	47 49,17'	46 45,67'	47 17,44'	10:46:59	10:47:37	10:47:18	58 175	111	02:21,6
017 00,0'	47 42,01'	46 38,30'	47 10,17'	10:47:56	10:48:36	10:48:15	58 176	111	02:21,8
017 30,0'	47 34,68'	46 30,77'	47 02,74'	10:48:53	10:49:35	10:49:14	58 177	111	02:22,0
018 00,0'	47 27,19'	46 23,06'	46 55,14'	10:49:50	10:50:34	10:50:12	58 179	111	02:22,2
018 30,0'	47 19,52'	46 15,18'	46 47,37'	10:50:48	10:51:34	10:51:11	59 180	111	02:22,3
019 00,0'	47 11,69'	46 07,13'	46 39,43'	10:51:46	10:52:35	10:52:10	59 181	111	02:22,5
019 30,0'	47 03,69'	45 58,92'	46 31,32'	10:52:45	10:53:35	10:53:10	59 183	112	02:22,6
020 00,0'	46 55,51'	45 50,52'	46 23,03'	10:53:44	10:54:37	10:54:10	59 184	112	02:22,7
020 30,0'	46 47,16'	45 41,96'	46 14,58'	10:54:43	10:55:38	10:55:11	59 186	112	02:22,8
021 00,0'	46 38,64'	45 33,22'	46 05,94'	10:55:43	10:56:40	10:56:12	59 187	112	02:22,9
021 30,0'	46 29,94'	45 24,30'	45 57,14'	10:56:44	10:57:43	10:57:13	59 188	112	02:22,9
022 00,0'	46 21,07'	45 15,21'	45 48,15'	10:57:45	10:58:46	10:58:15	59 190	112	02:23,0

### Az érintőleges fogyatkozás határának térképezési pontjai

K-i hossz.	É-i határvonal szélessége			D-i határvonal szélessége			Umbra azimut	magas. faktor	skála faktor
	külső	belső	UT	belső	külső	UT			
016 00,0	47 56,42	47 55,93	10:46:03	46 53,74	46 50,91	10:46:39	109,1	-0,57	2,08
016 15,0	47 52,94	47 52,45	10:46:31	46 50,16	46 47,29	10:47:08	109,3	-0,57	2,08
016 30,0	47 49,43	47 48,94	10:46:59	46 46,54	46 43,63	10:47:37	109,4	-0,57	2,08
016 45,0	47 45,87	47 45,38	10:47:27	46 42,88	46 39,94	10:48:06	109,6	-0,57	2,08
017 00,0	47 42,27	47 41,78	10:47:56	46 39,18	46 36,20	10:48:36	109,8	-0,57	2,08
017 15,0	47 38,63	47 38,13	10:48:24	46 35,43	46 32,42	10:49:05	110,0	-0,57	2,08
017 30,0	47 34,96	47 34,45	10:48:53	46 31,63	46 28,60	10:49:35	110,2	-0,57	2,08
017 45,0	47 31,25	47 30,73	10:49:21	46 27,79	46 24,74	10:50:04	110,4	-0,57	2,08
018 00,0	47 27,51	47 26,98	10:49:50	46 23,91	46 20,83	10:50:34	110,6	-0,57	2,08
018 15,0	47 23,73	47 23,19	10:50:19	46 19,99	46 16,89	10:51:04	110,7	-0,57	2,08
018 30,0	47 19,90	47 19,34	10:50:48	46 16,03	46 12,90	10:51:34	110,9	-0,57	2,08
018 45,0	47 16,03	47 15,44	10:51:17	46 12,03	46 08,88	10:52:04	111,1	-0,57	2,08
019 00,0	47 12,11	47 11,50	10:51:46	46 07,99	46 04,81	10:52:35	111,3	-0,57	2,08
019 15,0	47 08,15	47 07,52	10:52:15	46 03,90	46 00,70	10:53:05	111,5	-0,57	2,09
019 30,0	47 04,15	47 03,50	10:52:45	45 59,77	45 56,54	10:53:35	111,7	-0,57	2,09
019 45,0	47 00,11	46 59,43	10:53:14	45 55,59	45 52,35	10:54:06	111,8	-0,57	2,09
020 00,0	46 56,01	46 55,33	10:53:44	45 51,38	45 48,11	10:54:37	112,0	-0,57	2,09
020 15,0	46 51,88	46 51,17	10:54:14	45 47,11	45 43,83	10:55:07	112,2	-0,58	2,09
020 30,0	46 47,70	46 46,98	10:54:43	45 42,81	45 39,50	10:55:38	112,4	-0,58	2,09
020 45,0	46 43,48	46 42,74	10:55:13	45 38,46	45 35,14	10:56:09	112,6	-0,58	2,09
021 00,0	46 39,21	46 38,46	10:55:43	45 34,07	45 30,73	10:56:40	112,7	-0,58	2,09
021 15,0	46 34,89	46 34,13	10:56:14	45 29,63	45 26,28	10:57:11	112,9	-0,58	2,09
021 30,0	46 30,54	46 29,76	10:56:44	45 25,16	45 21,78	10:57:43	113,1	-0,58	2,09
021 45,0	46 26,13	46 25,35	10:57:14	45 20,63	45 17,25	10:58:14	113,3	-0,58	2,09
022 00,0	46 21,69	46 20,89	10:57:45	45 16,06	45 12,67	10:58:46	113,4	-0,58	2,09

**Belső határ.** A Watts-adatok bizonytalansága miatt ezen előrejelzések pontossága kb. 0,3 ívmásodperc. A súroló terület belső határvonalát a holdperem legmélyebb völgyei adják, amelyek sorozatos második és harmadik kontaktusokat okoznak. Ez a belső határvonal adja a totalitás igazi határát. Olyan algoritmussal számították,

amely azokat a legkülső pontokat keresi, ahol már semmilyen fotoszférikus terület nem látszik a holdkorong mentén a kontaktus pontoktól mért  $\pm 30$  fokon belül a fogyatkozás maximális fázisában.

**Külső határ.** A sűrű terület külső határvonalának kijelölése már önkényesebben történt. Ezeket a földrajzi helyeken a maximális fázis pillanatában 60 fok szélességű töretlen fotoszférikus terület (sarló) látható.

**Magassági faktor.** Mivel az előrejelzések tengerszintre vonatkoznak, ezért ez a faktor szolgál a tengerszint feletti magasság korrigálására. Az észlelőhely tengerszint feletti magasságát (méterben) beszorozzuk a faktor értékével, és megkapjuk, hogy hány méterrel kell (északra) elmozdulnunk, merőlegesen az umbravonal azimutjára. Mivel az északi féltekén ez a faktor általában negatív, ezért délre kell elmozdulnunk.

**Skála faktor.** A sűrű jelenség zónájának szélességét jelöli a földfelszínen. Használata: Pl. a Nap kromoszférájának látszólagos mérete kb. 3", ezt beszorozva az itteni értékkel (2x3) azt kapjuk, hogy a belső határvonaltól 6 km-en belül a kromoszféra folyamatosan látható a totalitás során. Másfelől a legdinamikusabb napfűzér-jelenséget a holdperem szélétől 1,5 ívmásodpercre várhatjuk. Ezt beszorozva az itteni 2 km/"-es értékkel, 3 km-t kapunk, vagyis a külső határtól 3 km-rel befelé kell elhelyezkednünk. A Watts-adatok bizonytalansága miatt a biztos totalitás eléréséhez a belső határon belül, attól legalább 1 km-re kell elhelyezkednünk (az északi határnál délre, a délinél északra).

SZABÓ SÁNDOR

## Hyadok-fedések

November 5/6-án és december 30/31-én a Hold ismét átvonul az égbolt egyik legközelebbi nyílthalmazán, a Hyadokon. A teleholdhoz közeli holdfázis ellenére jónéhány szabadszemes csillag fedését megfigyelhetjük. November 5-én a Hold fázisa 95%-os, csökkenő, így a csillagok kilépése lesz könnyebben látható az árnyékban lévő vékony holdperemen. December 30-án a fázis 93%-os lesz, csak éppen növekvő, azaz a belépéseket láthatjuk a sötét oldalon. Az 1998-as Meteor csillagászati évkönyv 106. oldalán található fedések mindegyike megfigyelhető már 5 cm-es távcsővel is, nagy nagyítás mellett. Nagyobb távcsőhöz az előrejelzéseket az Occult programmal számolhatunk (Meteor 1998/7-8., 52. oldal). A Meteor 1998/3. számának 34. oldalán található térképen láthatjuk, amint a Hold vonul a halmaz legfényesebb csillagai előtt. A fedések egész éjszaka tartanak, az 1<sup>m</sup>-s Aldebaran okkultációját mindkét éjszakán a hajnali órákban láthatják a kitarтоbbak.

---

### Folytatás a 35. oldalról! (Leonidák 1998)

Ez kb. 3-4 meteort jelent percenként. 4000-es ZHR felett már nincs értelme számolni a meteorokat. Ilyenkor már csak becsülni lehet, hogy egy adott égterületen 1 mp alatt hány meteort lehet észrevenni. Ez a tapasztalatok szerint kb. 40 darab.

Fotografikus megfigyelés esetén pontosan kell lejegyezni az expozíció kezdetét és végét. A Leonidák elég gyors meteorok. Gyakran nyomot hagynak, melyek sokszor percekig látszanak. A légköri áramlások deformálhatják a nyomokat, így rövid expozíciós idővel jól nyomon követhető egy-egy nyom sodródása, alakjának változása.

GYARMATI LÁSZLÓ