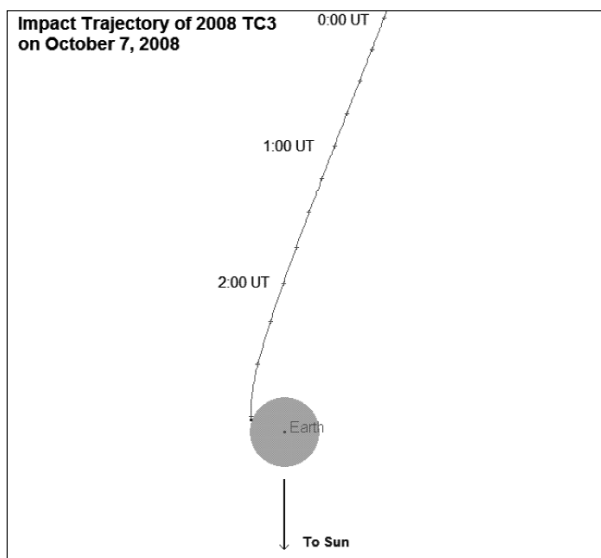


METEORBECSAPÓDÁS A METEOROLÓGIAI MŰHOLD SZEMÉVEL

2008. október 7-én 02:46 UTC-kor a 2–5 m „átmérőjű” 2008 TC3 nevű aszteroida a Föld légterébe lépett Szudán felett. Nem érte el a felszínt, kb. 14 km magasan robbant fel, csak kisebb darabok juthattak le oda. (A szövegben a becsapódás alatt légkörbe történő csapódást, illetve a légkörbeli felrobbanást értjük.) Évente 5-10 hasonló méretű meteor csapódik a Földre, illetve a légkörbe. A 2008 TC3 aszteroidának az adta a különleges jelentőséget, hogy ez volt az első, amit még a becsapódás előtt a világűrben sikerült megfigyelni. A meteor felfedezése és a becsapódás között kevesebb, mint egy nap telt el. Ez alatt 586 észlelés készült a Föld felé közelítő aszteroidáról. Az egyik ilyen csillagászati észlelést az 1. ábrán láthatjuk.

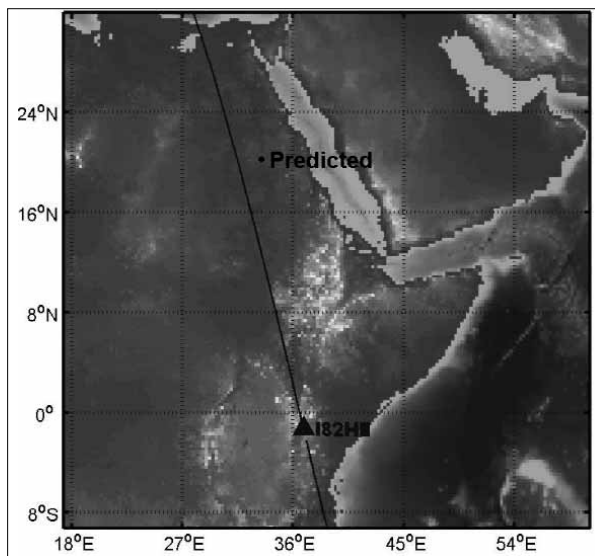


1. ábra: Aszteroida-fogyatkozás. Reiner Stoss és munkatársai felvétele a Föld árnyékába belépő kisbolygóról. A 6 perces expozíciós idejű kép szélessége 1 fok, a nyom hossza 45 ívperc. A jobbról balra mozgó égítést kb. 25 ívperc megtétele után kezd el halványodni, és az expozíció végére teljesen eltűnik, mert a Föld árnyékába jut. (Forrás: <http://hirek.csillagaszat.hu/kisbolygok/20081008-tul-a-becsapodason.html>)



2. ábra: A pálya, amelyen az aszteroida megközelítette a Földet. (Forrás: <http://neo.jpl.nasa.gov/news/2008tc3.html>)

Az arizonai egyetem csillagásza kiszámolták, hogy milyen pályán közelíti meg Földünket az aszteroida (2. ábra) és pontosan hol és mikor történik majd a becsapódás (3. ábra). A számítások szerint 02:45:28 UTC-kor lép majd be a légkörbe és 02:45:54 UTC-kor robban fel, +/- 15 másodperc pontossággal. Mivel a légkörbe lapos szögben érkezik (19 fok magassági szög), így még ott felrobban. A csillagászok kíváncsian várták, hogy a valóság igazolja-e majd számításaikat, tényleg akkor és oda érkezik-e majd az aszteroida, ahova ők azt előrejelezték.



3. ábra: A meteor előrejelzett becsapódási helye (fekete pont). A háromszög az infrahangdetektor helye, a fekete vonal pedig a beérkezett jel iránya. Ez a detektor észlelte a meteor robbanásakor keletkezett hanghullámokat.

Az aszteroida 12,8 km/s sebességgel lépett a Föld légterébe. Ez a sebesség 46 ezer km/óra-nak felel meg, ami a hangsebesség kb. 40-szerese. Amikor egy meteor a légterbe kerül, a levegőt igen erősen és hirtelen megtolja maga előtt. A nagy nyomás hatására a levegő felmelegszik, és felmelegíti az égítést is, ami ezáltal egy "tűzlabdává" válik, majd szétrobban. A 2008 TC3 kisbolygó elégeése során felszabaduló energia megegyezett egy kisebb atom-bomba vagy 1000–2000 tonna TNT felrobbanásakor keletkező energiámmennyiséggel.

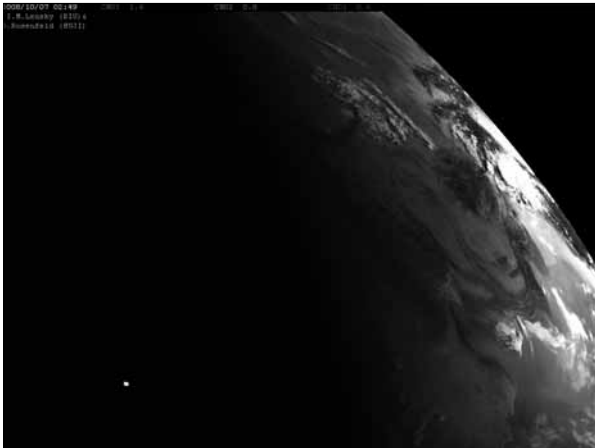
A meteor becsapódási helye Szudán fölött volt, az országban háború dúl, ezért a „tűzlabdáról” felszíni kép sajnos nem készült. Megfigyelték viszont repülőgépről, hangdetektorral, és mint majd látni fogjuk meteorológiai műhoddal is.

Az Air France-KLM egyik járata az előrejelzett időben a várt becsapódási helytől kb. 1400 km-re repült. Egy holland meteorológus előre figyelmeztette a repülőgép legénységét, mikor és milyen irányban várható a meteor

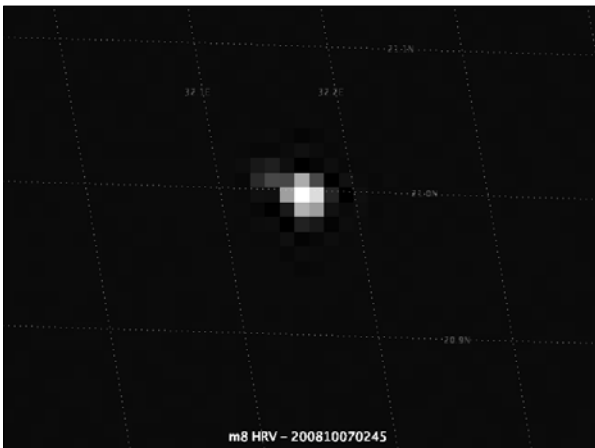
felrobbanását kísérő fényjelenség. A személyzet és az utasok a jelzett időben és irányban valóban láttak egy néhány másodpercig tartó erős felvillanást, de maga a jelenség a horizontjuk alatt játszódott le.

A 3. ábrán bejelölt kenyai infrahangdetektorral sikerült a robbanáskor keletkező hanghullámot azonosítani. Az ábrán a háromszög jelzi az infrahangdetektor helyét, a fekete vonal pedig a beérkezett jel irányát. (Az infrahang az emberi fül számára nem hallható, annál alacsonyabb rezgésszámú hanghullám.)

Csodával határos módon a METEOSAT-8 európai operatív meteorológiai műhold is észlelte a felrobbanó meteort. A METEOSAT-8 Európáról és Észak-Afrikáról 5 percnként készít képet. A képet egy ún. forgó letapogató berendezés készíti, amely egy-egy irányba csak ezredmásodpercig néz, azaz gyakorlatilag pillanatnyi képet készít. Egy „Szudán” méretű területet pár másodperc alatt végigtapogat. Mivel a meteor robbanása, égése is csak néhány másodpercig tartott, így a relatíve sűrű, 5 percnkénti mérés ellenére is nagyon



4. ábra: Hajnal 2008. október 7-én 02:46 UTC-kor. A kép bal alsó részén a fekete területen látszó fehér pont a „tűzgolyóvá” vált meteor fénye.



5. ábra: A nagyfelbontású látható (HRV) képen a „tűzgolyóvá” vált meteor fénye látszik. A legfényesebb képpont alapján megmondható a helye és az ideje, mely jól megegyezik az előrejelzett adatokkal. A kép helyi területi felbontása kb. 1,2 km. (Forrás: Hans Peter Rösli, EUMETSAT)

kicsi volt a valószínűsége, hogy a meteorológiai műhold észlelje azt. De szerencsénk volt és a METEOSAT-8 műhold SEVIRI műszere (mind a 12 csatornában) rögzítette a robbanást! A jelenség a látható spektrumtartományú képen (amely éjszaka egyébként teljesen „fekete”) egy igen apró fehér foltként jelent meg. A 4. és 5. ábrán a robbanáskor történő felvillanás figyelhető meg.

Míg a látható tartományban a jelenség fényét rögzíti a műhold, addig az infravörös tartományban a hőszugárzását (hőmérsékletét) észleli. A METEOSAT-8 műhold 8 infravörös csatornája közül a 3,9 μ m-es (IR3.9) sáv a legérzékenyebb a kis kiterjedésű tüzek detektálására. (A műholdas mérés szempontjából mindegy, hogy a tűz a légkörben vagy a felszínen megy-e végbe, hiszen az adott irányból érkező hőszugárzást méri a műszer. A műholdas tűz-detektálás elméletéről, valamint két konkrét tüzesetnek az IR3.9 képeken való vizsgálatáról a http://met.hu/pages/tuz_detektalas_hattere.php címen olvashat bővebben.) A 6. ábrán láthatjuk a 3,9 m-es infravörös sávban készült képet, rajta a legmelegebb pixellek jelzik a tűzlabdává vált meteor helyét.

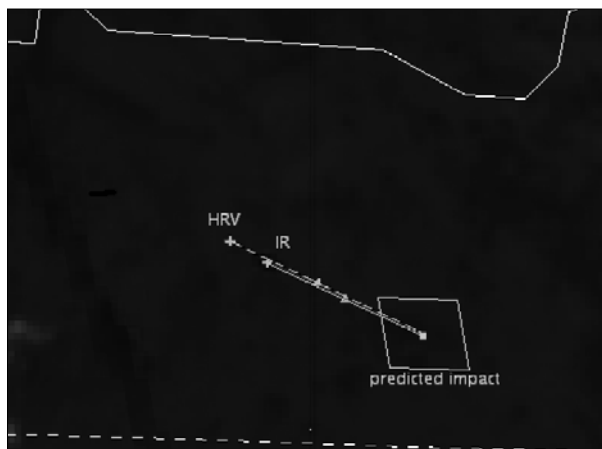


6. ábra: IR3.9 képen a meteor becsapódása. A skála a hőmérsékletet mutatja Kelvin fokban. A kép helyi területi felbontása 3,4 km. (Forrás: Hans Peter Rösli, EUMETSAT)

A kétféle sávban rögzített jelet, az optikai és a hőszugárzási jeleket egymásra vetítve, kiderült, hogy a felvillanás helye és a legmelegebb pont nem esik egybe. Az eltérés oka technikai jellegű. A napsugárzási és az infravörös sávokat két különböző detektor készíti 3,6 másodperc eltéréssel. Ez az időbeli eltérés a felhő és felszín alakzatok leképezésénél, a felhők mozgási sebessége és a kép területi felbontása mellett nem okoz problémát, ugyanazon objektumnak a 3,6 sec eltéréssel mért jelei azonos pixelre esnek. Egy meteor viszont sokkal nagyobb sebességénél fogva 3–4 másodperc alatt jelentős utat tesz meg, ezért az optikai és a hőszugárzási jelet két különböző helyen/pixelen kapjuk, hiszen nem egyidőben készültek a felvételek. Ez még előnnyel is jár, mivel így nem csak egy mérésünk van, hanem kettő, ami lehetőséget ad a csillagászok által számolt irány és sebesség verifikálására is.

A szakemberek (csillagászok és műhold-meteorológusok) szerint – a 12 csatorna jeleinek vizsgálata alapján – a

HRV képen a „tűzgolyó” meteor még egyben van, azaz még nem robbant fel. A közel 3 másodperccel későbbi infravörös képen viszont már a felrobbant meteort látjuk, pontosabban a legmelegebb pixelek a forró gázcsóvát mutatják.



7. ábra: A műholddal detektált optikai (HRV) és infravörös (IR) jelek helye, valamint a csillagászok által előrejelzett „hipotetikus” felszínbe csapódási hely (az a terület, ahova a meteor becsapódott volna, ha fel nem robbant volna). Láthatjuk, hogy a három pont elég jól egy egyenesbe esik. (Forrás: Hans Peter Rösl)

A 7. ábrán a műholddal detektált kétféle jelet látjuk, valamint azt a helyet (és a hibát reprezentáló területet), ahova a csillagászati számítások alapján a meteor a földfelszínbe csapódott volna, ha fel nem robbant volna. Láthatjuk, hogy a meteorológiai műhold által mért két jelet összekötő vonal átmegy az előrejelzett területen, ami a számítások helyességét igazolja.

A műholdas mérésből a jelek detektálásának ideje tized másodperc pontossággal meghatározható. Ezek az adatok a csillagászok által előrejelzett időpont pontosságát támasztják alá. Az optikai és a hőszugárzási jeleket a műszer 02:45:49, illetve 02:45:52 UTC-kor mérte, míg a csillagászok előrejelzése a becsapódás idejére 02:45:54 UTC +/-15sec volt (INTERNET).



8. ábra: A meteor robbanásakor a törmelékéből keletkezett porfelhő a kelő Nap fényében. (Forrás: Mohamed ElHassan Abdelatif Mahir, Noub NGO, <http://neo.jpl.nasa.gov/news/2008tc3.html>).

A robbanás utáni 5 perces képek (itt nem közölt) sorozatát vizsgálva a robbanás törmelékéből keletkezett porfelhőt is felfedezhetjük. Először az infravörös képeken figyelhetünk meg a robbanás közelében egy hidegebb foltot, amely valószínűleg a porfelhő, törmelékfelhő sugárzás elnyelése következtében hidegebb, majd a HRV képeken követhetjük nyomon. Azokon a képeken látható, amikor a kelő Nap a porfelhőt már megvilágítja, de még a horizont alatt van és így a felszín még „sötét háttér”. Először a 03:25 UTC HRV képen látszik a porfelhő, ekkor a Nap még 5 fokkal a horizont alatt volt. A robbanás maradványát a porfelhőt felszínről is megfigyelték, lefényképezték (8. ábra). A műholdképek és a felszíni megfigyelés tanúsága szerint a robbanás törmelékéből kialakult porfelhő több órát tartózkodott a levegőben.

Zdenek Charvat, a Cseh Hidrológiai és Meteorológiai Intézet munkatársa találta meg elsőnek a meteort a METEOSAT-8 műhold nagyfelbontású látható képén, és a továbbiakban is ő volt az élenjáró a meteor robbanás műholdas detektálásának pontos elemzésében és értelmezésében. Az elemzésben nagy szerepe volt Hans Peter Röslnek, a Svájci Meteorológiai Szolgálat és az EUMETSAT (az Európai Meteorológiai Műholdakat Működtető Szervezet) munkatársának is. Az esettanulmányunkban bemutatott műholdképek többségét is ő készítette. Nekünk abban a szerencsében volt részünk, hogy az elejétől fogva részesei lehettünk a meteor műholdas detektálásáról folytatott levelezésnek, és így első kézből értesülhettünk az eseményekről, részt vehettünk a diskusziókban. Az elemzéshez is hozzájárultunk: a hely és idő pontos meghatározásában segítettünk.

További információ:

http://en.wikipedia.org/wiki/2008_TC3

<http://www.eumetsat.int/Home/Main/Media/Features/707785?l=en>

<http://planetary.org/blog/article/00001684/>

<http://neo.jpl.nasa.gov/news/2008tc3.html>

Putsay Mária, Kocsis Zsófia és Szenyán Ildikó

KÉRELEM

A Magyar Meteorológiai Társaság
az idén is köszönettel fogadja
a személyi jövedelemadó
1%-ának felajánlását olvasóinktól.
Emlékeztetőül az MMT adószáma:
19815826-2-41

Az MMT Elnöksége