

# SMOG-P és ATL-1 azonosítása doppler görbék alapján

Hödl Emil Viktor

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. TLE	2
3. Objektum azonosítás TLE-k alapján	2
4. Mérés menete	3
5. Következtetés	6

## Ábrák jegyzéke

1. Alba orbital cluster 2 műholdak . . . . .	3
2. ATL-1 doppler görbe 2019.12.11 05:45:00 UTC . . . . .	4
3. ATL-1 doppler görbe 2019.12.11 07:17:00 UTC . . . . .	4
4. SMOG-P doppler görbe 2019.12.12 06:15:00 UTC . . . . .	5
5. SMOG-P doppler görbe 2019.12.13 06:52:00 UTC . . . . .	5
6. SMOG-P doppler görbe 2019.12.13 08:25:00 UTC . . . . .	6

## Táblázatok jegyzéke

1. Névleges frekvenciák az inflexziós pontban . . . . .	6
---	---

# 1. Bevezetés

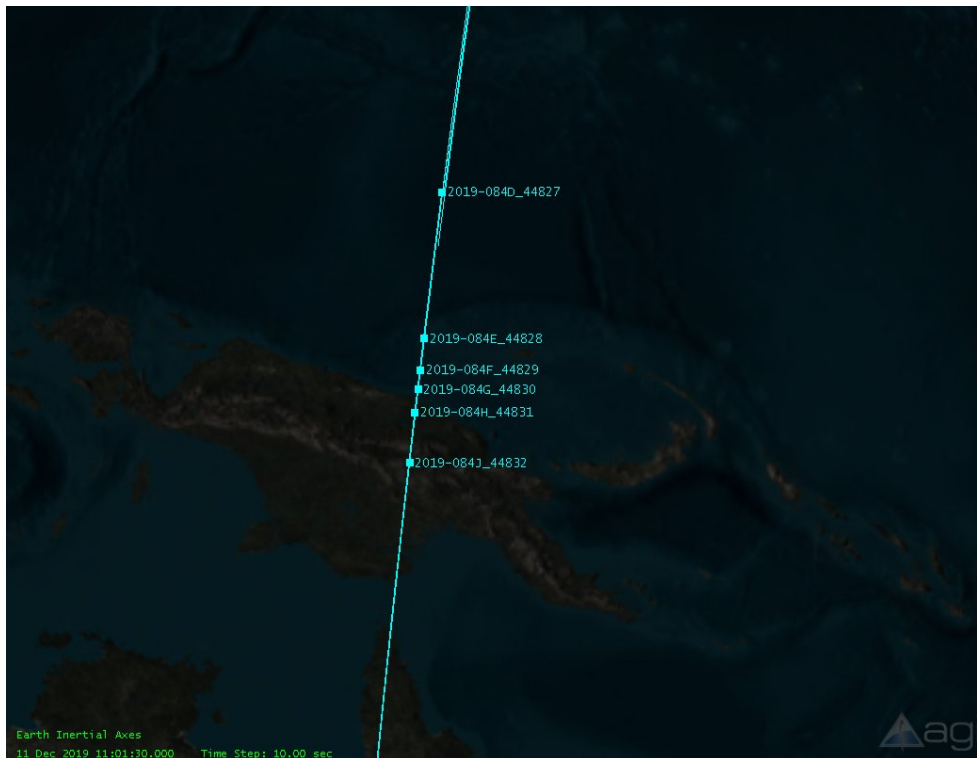
Az ATL-1 és SMOG-P műholdak 2019. december 6-án 7:19 (UTC)-kor kerültek Föld körüli pályára. A Rocket Lab, Electron típusú rakétája jutatta fel őket Új-Zéland Mahia félszigetéről. A Föld körli pályán lévő minden néhány centiméternél nagyobb objektumot a NORAD USSSN (United States Space Surveillance Network)[6] hálózatával radarozznak. Az így kapott adatokat a 18th Space Control Squadron dolgozza fel és kezeli. Ezen adatok szabadon hozzáférhetőek bárki számára az interneten keresztül[1] [2].

# 2. TLE

A TLE, two line element set, két soros kepler adatok. Pálya és kiinduló adatokat tartalmaz a pályaszámító algoritmus (SGP4 és SDP4) számára.[3] [5] [4]. Ezen pályaadatok a LEO (Low Earth Orbit, alacsony Föld körüli pálya) műholdakra elsődlegesen radar mérések alapján határozzák meg.

# 3. Objektum azonosítás TLE-k alapján

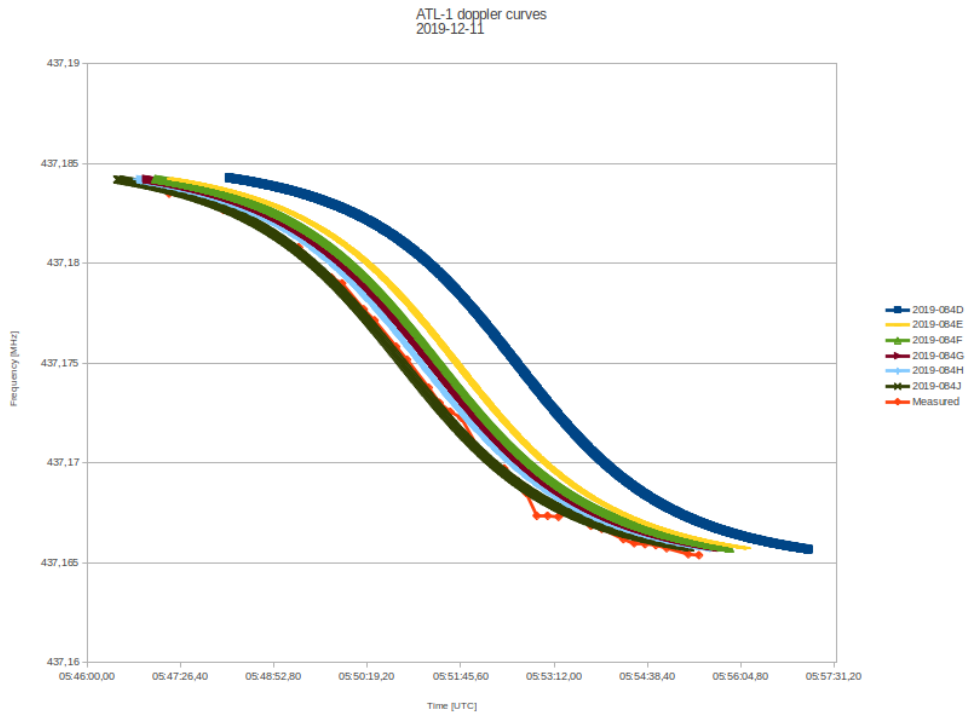
A felbocsátás után egy napon belül beazonosították a rakéta utolsó fokozatát és egy nagyobb (R/B rocket body néven) darabját. Ezen kívül az ALE-2 nevű japán műholdat is egyértelműen azonosították. Ezeket az objektumokat a méretük miatt könnyű beazonosítani, mivel a radar mérés során erősebb jel verődik vissza róluk. A kis méretű pocketcube-okkal már nem ilyen jó a helyzet. A felbocsátás után mind a 6 pq műholdat sikeresen bemérték, de azt, hogy melyik objektum melyik műhold azt még nem sikerült kideríteni. Azt lehet valószínűsíteni, hogy a D (norad azonosító 44827) és az E (norad azonosító 44828) műholdak az alba orbital műholdjai, mivel minden nap frissülnek a kepler adataik. A feltételezés abból következik, hogy ezek a műholdak 3 pq (5x5x17 cm) méretűek így erősebb jel verődik vissza róluk. A többi objektum adatai 2-6 naposak feltételezhetően a kisebb visszaverő felületből adódó radarozási nehézség miatt (gyengébb visszavert jel). Ezek csak feltételezések, jelenleg csak a rendelkezésre álló TLE-k vannak és a műhold átvonulások során felvett idő - vételi frekvencia adatsorok, amiből doppler görbét lehet rajzolni.



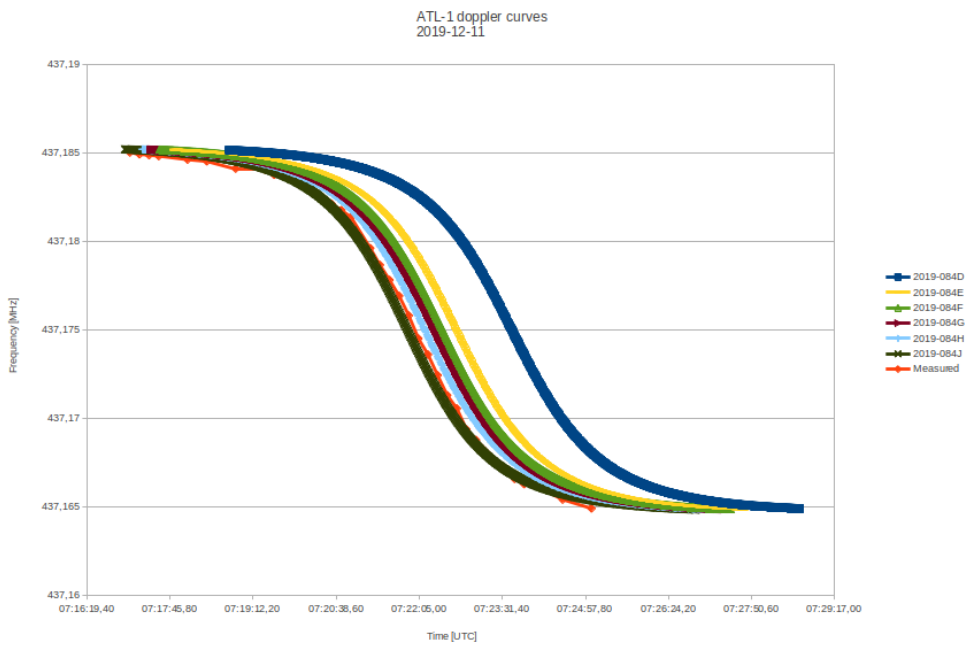
1. ábra. Alba orbital cluster 2 műholdak

## 4. Mérés menete

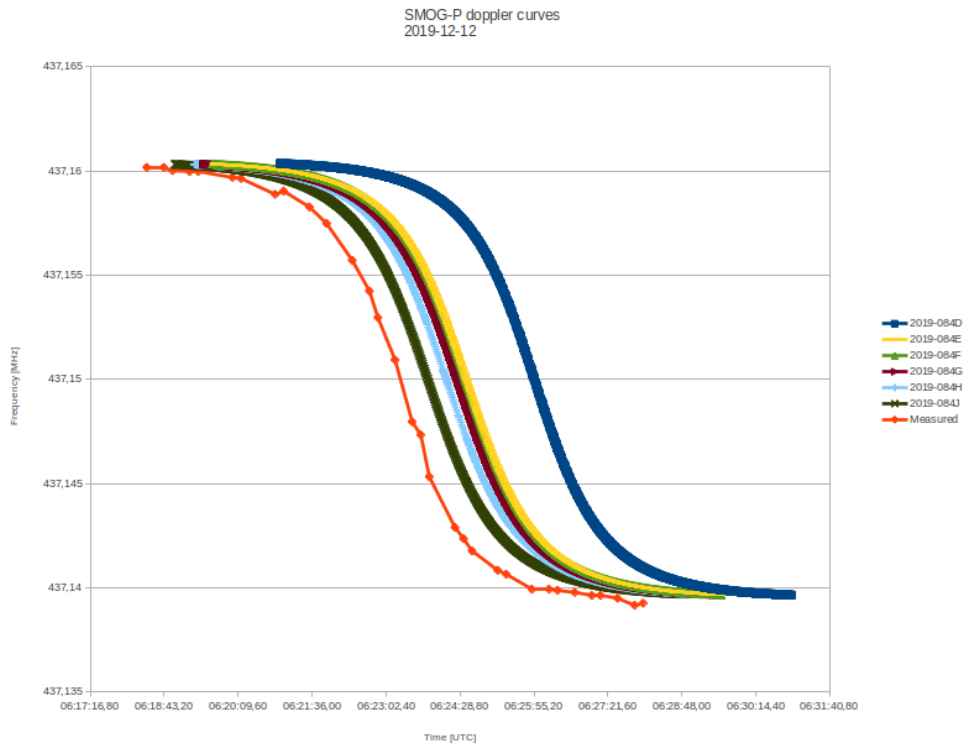
Az első műhold követés során az antennát a 1. ábra alapján a kibocsátási sorrendnek megfelelő TLE-vel vezéreltük. Az áthaladás során folyamatosan kézzel állítottuk a rádió frekvenciáját, amit egy program automatikusan mentet bizonyos időközönként. Egyik mérésnél rádióknak FT-897 került alkalmazásra a rádióról közvetlen hangkártyás bemenettel. A másik mérésnél egy FUNCube Dongle Pro+ sdr került felhasználásra websdr-es felületen keresztüli hang adatfolyammal. A rádiók által létrehozott hangot a vevő szoftver jelenítette meg "vízesés" diagram formájában, így szemmel lehetett beállítani a pontos frekvenciát. Egy program létrehozta mind a 6 objektumra a TLE alapján várt frekvencia értékeket, amiből doppler görbéket lehetett rajzolni. Ezek mellé téve a mérési adatsorokat meg lehet határozni, hogy melyikre illeszkedik legjobban. Az ATL-1-re elkészült görbék a 2 és 3 ábrákon látszanak. A SMOG-P-re elkészült görbék a 4, 5 és 6 ábrákon látszanak. Ezek három nap adatsorai, ezen időszak folyamán, csak a D és E objektumokra publikáltak újabb kétsoros kepler adatokat.



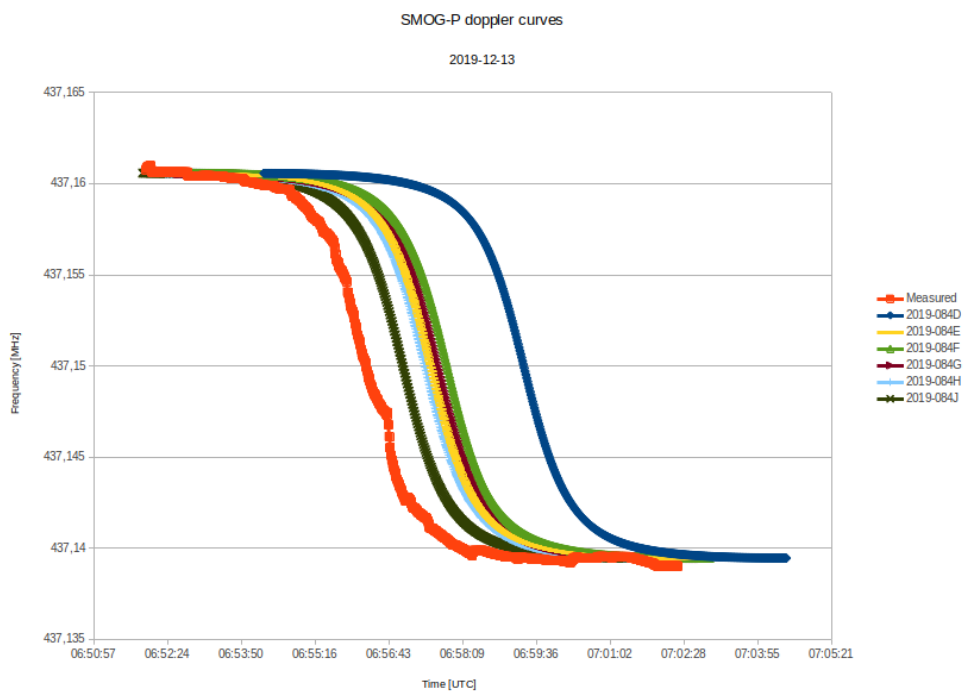
2. ábra. ATL-1 doppler görbe 2019.12.11 05:45:00 UTC



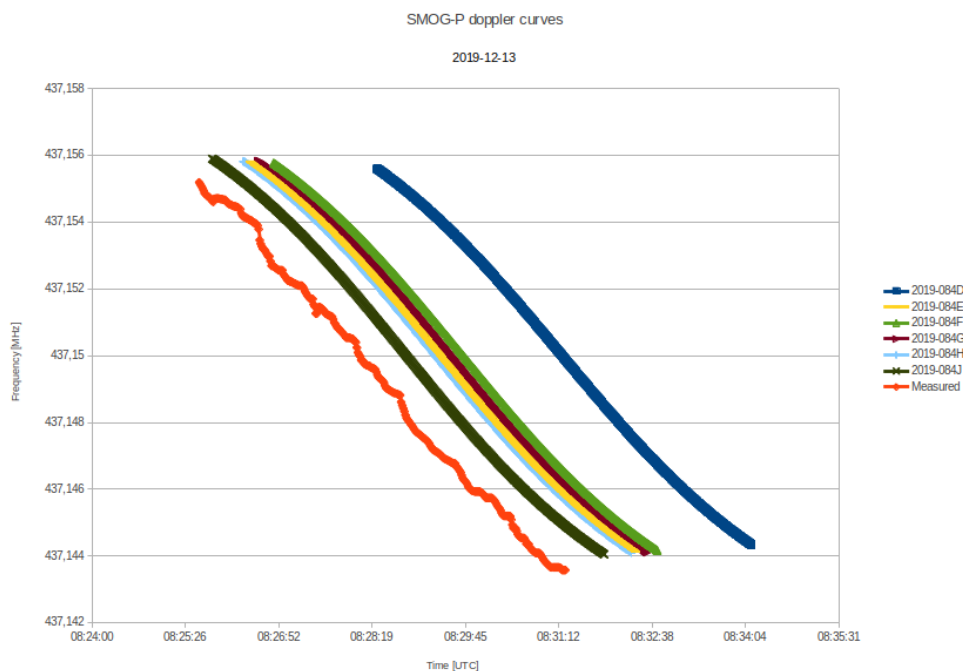
3. ábra. ATL-1 doppler görbe 2019.12.11 07:17:00 UTC



4. ábra. SMOG-P doppler görbe 2019.12.12 06:15:00 UTC



5. ábra. SMOG-P doppler görbe 2019.12.13 06:52:00 UTC



6. ábra. SMOG-P doppler görbe 2019.12.13 08:25:00 UTC

## 5. Következtetés

Ahogy a doppler görbékől látszik a J(44832) objektum számított doppler görbéje mindkét átvonulás során teljesen illeszkedett a mért doppler görbékre. Ezek alapján az ATL-1 követéshez a J objektumot érdemes az antennával és a rádióval követni. A SMOG-P esetén nem volt ilyen egyértelmű illesztés, de ahhoz is a J objektum illeszkedett legjobban. A 1. táblázat alapján a SMOG-P műholdat J objektumot követve rendre 30, 44, 39 másodperccel siettetve illeszkedik a mért doppler görbe a J objektumra számított doppler görbével. Amíg nincs újabb TLE addig ATL-1-et a J objektum szerint érdemes követni a SMOG-P-t a J objektummal 30-45 másodperccel siettetve.

1. táblázat. Névleges frekvenciák az inflexziós pontban

forrás	dátum idő [UTC]	frekvencia [MHz]
mért	2019.12.12. 6:23:13	437,15093
számított	2019.12.12. 6:23:43	437,15093
mért	2019.12.13. 6:56:16	437,15010
számított	2019.12.13. 6:57:00	437,14990
mért	2019.12.13 8:28:07	437,15002
számított	2019.12.13. 8:28:46	437,15001

## Hivatkozások

- [1] <https://celestrak.com>
- [2] <https://space-track.org>
- [3] Dr. T.S. Kelso: FAQ, Two-line element set format (hozzáférés: 2019.10.31.)<https://www.celestrak.com/columns/v04n03/>
- [4] Vallado, David A.; Paul Crawford; Richard Hujsak; T. S. Kelso (August 2006). "Revisiting Spacetrack Report 3"<http://celestrak.com/publications/AIAA/2006-6753/AIAA-2006-6753-Rev2.pdf>
- [5] Felix R. Hoots, Ronald L. Roehrich: SPACETRACK REPORT NO. 3<http://www.celestrak.com/NORAD/documentation/spacetrk.pdf>
- [6] Dr. T.S. Kelso: Space Surveillance (hozzáférés: 2019.10.31.)<https://celestrak.com/columns/v04n01/>