

# A járványügyi intézkedések hatása a budapesti szeizmológiai állomáson mért háttérzaj szintjére

## *A szeizmikus háttérzaj forrásai*

A földrengéskutatásban használt mérőműszerek (szeizmométerek vagy más néven szeizmográfok) nem csak a rengések okozta talajmozgást képesek detektálni, hanem a Földön mindenhol jelenlevő, nem földrengés eredetű talajmozgást, az úgynevezett szeizmikus zajt is. A szeizmológusok a műszereik telepítésekor komoly erőfeszítéseket tesznek a minél alacsonyabb zajszintű helyszínek felkutatása érdekében, ugyanis a magas szeizmikus háttérzaj jelentős mértékben rontja a kisebb magnitúdójú földrengések jeleinek észlelhetőségét.

A szeizmikus zaj nagysága függ a frekvenciától, de az idő függvényében és helyről-helyre is nagymértékben változhat. Forrásai a szeizmológiai állomás környezetében, vagy akár nagyobb távolságban végbemenő, rugalmas hullámokat generáló fizikai folyamatok, de lehet akár maga a mérőműszer is.

Szeizmológiai szempontból legnagyobb jelentősége a 0,05 és 1 Hz közötti frekvenciatartományba eső óceáni (illetve tengeri) eredetű szeizmikus zajnak van, ami a tenger hullámzása következtében jön létre. Ez a zajtípus a tengerpartok közelében a legerősebb, a kontinensek belseje felé haladva nagysága csökken, azonban bizonyos esetekben még a keletkezési helyétől több ezer kilométerre is nagymértékű talajmozgást hozhat létre, megnehezítve a földrengések jó minőségű regisztrálását.

Különösen lakott területeken vagy azok közelében elhelyezkedő állomások esetén jelentős járulékot ad az úgynevezett „kultúrzej”, amelyet a közlekedés és az ipari tevékenység kelt. Ennek frekvenciája általában nagyobb 1 Hz-nél, és jelentős különbség van a nappali és éjszakai, valamint hétköznapi és hétvégi erőssége között.

A szeizmológiai állomás környezetében fújó szél vagy akár folyó, hullámzó víz is képes szeizmikus zajt kelteni, ennek frekvenciája is jellemzően 1 Hz-nél nagyobb. A szél által létrehozott zaj hatása hatékonyan csökkenthető, ha a szeizmológiai állomást úgy telepítjük, hogy ne legyen a közelében fa vagy torony, ugyanis ezek különösen jó hatásfokkal alakítják át a szél energiáját talajmozgássá. Ezekon kívül a légnyomás változása is gerjeszthet szeizmikus zajt, ennek frekvenciája jellemzően alacsonyabb, mint 0,05 Hz.

## *A járványügyi intézkedések hatása a budapesti állomáson mért szeizmikus zajra*

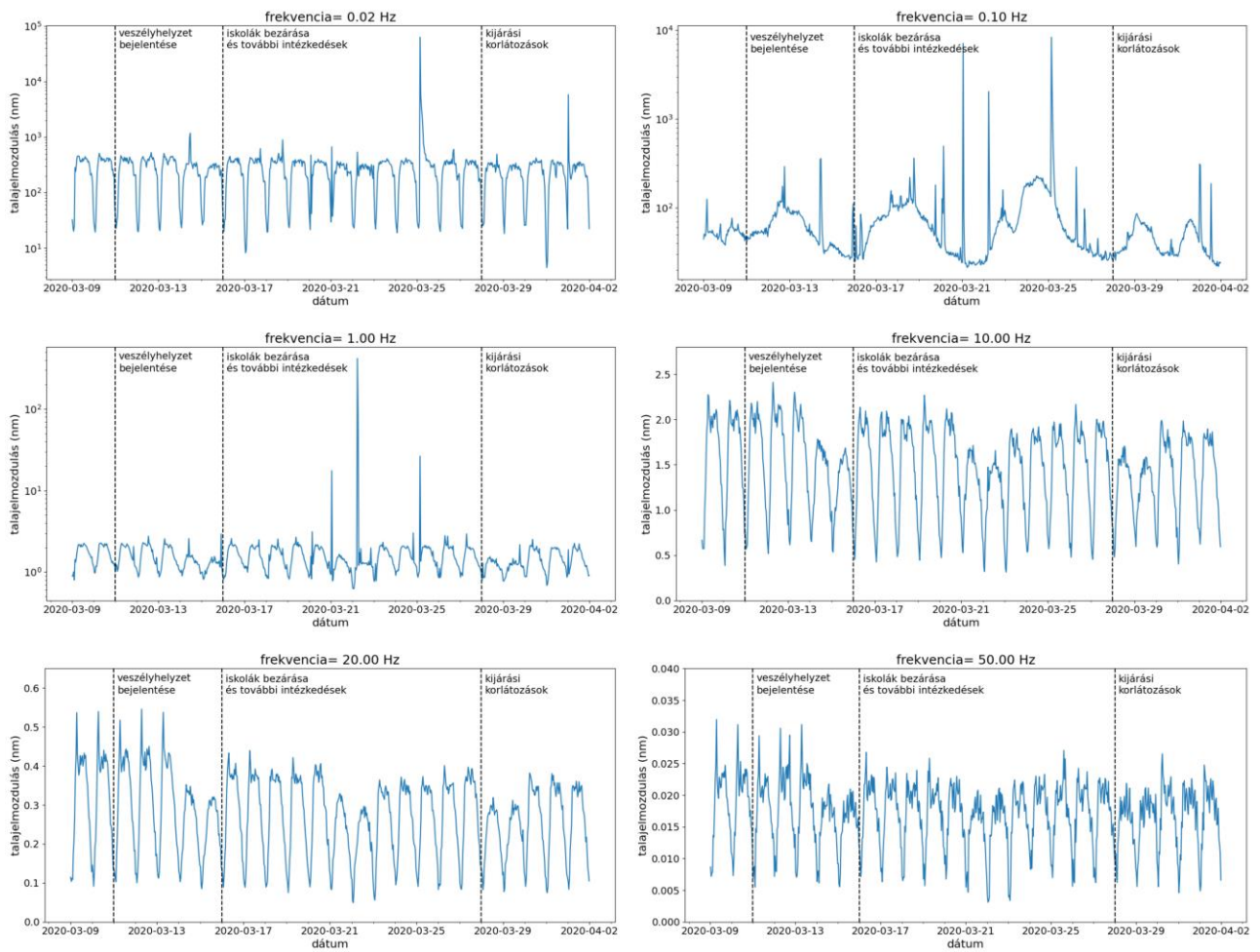
A budapesti szeizmológiai állomás (1. ábra, BUD) a Sas-hegy gyomrába vájt alagútszerben helyezkedik el. Az itt működő Streckeisen STS-2-es típusú szélessávú szeizmométer már 16 éve detektálja a világ minden tájáról beérkező szeizmikus hullámokat és ezzel együtt természetesen a szeizmikus háttérzajt is.

Mivel Budapest központi részén elhelyezkedő műszerről van szó, a szeizmikus zaj összetevőit tekintve igen fontos szerepet játszik a „kultúrzej”.

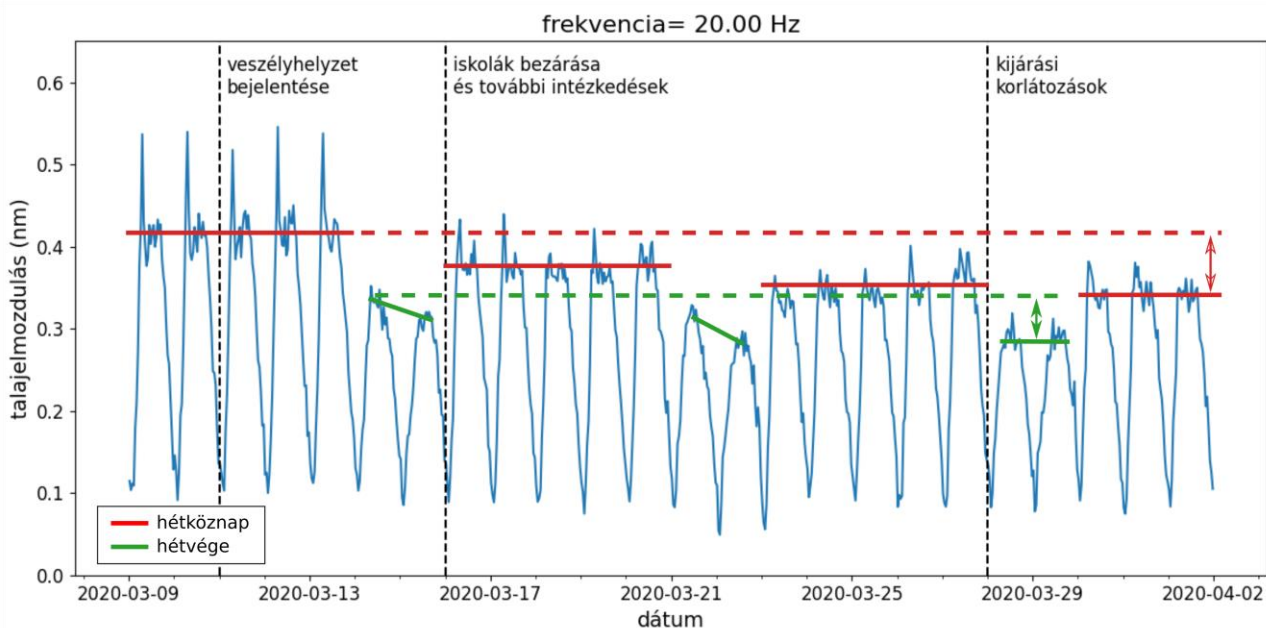
Az elmúlt hetekben a koronavírus-járvány miatt bevezetett korlátozó intézkedések nagymértékben befolyásolták a város életét és ezzel együtt a zajforrások intenzitását is, ezért úgy gondoltuk, hogy érdemes megnézni, hogy miként jelennek meg ezek a változások a szeizmikus zaj jellemzőiben. Ennek érdekében 6 különböző frekvencia érték (0,02, 0,1, 1, 10, 20, 50 Hz) környezetében szűrtük meg a BUD állomáson 2020. március 9. és április 1. között regisztrált, a talajelmozdulás függőleges komponensét tartalmazó adatsort. Ezeket a következő ábrákon mutatjuk be (2. ábra), kiemelve a 20 Hz-hez tartozó talajmozgást (3. ábra).



1. ábra



2. ábra



3. ábra

Mint korábban említettük, a közlekedés és egyéb emberi tevékenység leggyakrabban 1 Hz-nél nagyobb frekvenciájú jeleket hoz létre. Ha megnézzük a 10, 20, 50 Hz frekvenciájú hullámok amplitúdóját az idő függvényében bemutató ábrákat, akkor azt látjuk, hogy 20 Hz-nél vehetők ki a legjobban a „kultúrzejajjal” összefüggésben megjelenő jelek.

Az ábrán egyrészt megfigyelhetünk egy napi periódusú amplitúdóváltozással leírható jelet. Az éjszakai órákban alacsony, míg napközben jóval magasabb a talajmozgás amplitúdója. Ez a megfigyelés érvényes mind a munkanapokra, mind a hétvégékre. Azonban a hétvégi napokon a maximális amplitúdó jóval kisebb, mint munkanapokon.

Most nézzük meg, hogyan változtak a zajgörbe jellemzői a járvány kapcsán bevezetett intézkedések következtében. Ehhez három fontos rendelkezést vettünk figyelembe. Március 11-én érvénybe lépett a 40/2020. (III. 11.) Korm. rendelet a veszélyhelyzet kihirdetéséről. Március 16-tól kezdve bezártak az iskolák, másnapot pedig lezárták a határokat, betiltották a rendezvényeket, valamint korlátozták az éttermek és a kávézók nyitvatartását (ennek a szakasznak a kezdetét ábránkon egységesen március 16-i dátummal jelenítettük meg). Március 28-ától pedig kijárási korlátozások léptek életbe az ország egész területén.

A március 11. előtti napokhoz tartozó görbén jól látszik, hogy munkanapokon a reggeli csúcsforgalom következtében milyen határozott „tüskék” alakulnak ki. Ezek nagysága március 16-tól, az iskolabezárások időpontjától kezdve jelentősen csökken, illetve számos esetben teljesen el is tűnnek. Érdekes megfigyelni, hogy a délután csúcs nem produkál ilyen határozott jelalakot, ami arra utal, hogy az ehhez tartozó időszak sokkal jobban széthúzódik, mint a reggeli munkakezdéshez köthető csúcs.

Az idő múlásával végigkövetve a napközbeni jelszintet (a tüskéktől most tekintsünk el), akkor azt látjuk, hogy ez hétről hétre egyre alacsonyabb lesz, összhangban az egyre csökkenő emberi tevékenységgel.

Ha a hétvégéket tekintjük, azt látjuk, hogy ekkor a jelszint napközben is sokkal alacsonyabb, mint munkanapokon és március végére a hétvégék és munkanapok jelszintje sokkal kevésbé különbözik egymástól, mint a korábbi időszakban. Figyelemre méltó még, hogy március elején, a szombati napokon a vasárnapinál magasabb aktivitás figyelhető meg, később viszont ez kiegyenlítődik, a szombati zaj a vasárnapi szintre csökken. Elmondható továbbá, hogy a március végi munkanapokon a zajsztint a március eleji szombatihoz vált hasonlóvá.

A többi, 1 Hz-nél nagyobb frekvenciához (10 és 50 Hz) tartozó ábrát a fentiekkel összevetve azt látjuk, hogy az ismertett jellegzetességek többségében azokon is megfigyelhetők, azonban nem annyira tisztán, mint a 20 Hz-es frekvencia esetében.

Az 1 Hz-es frekvenciánál is jól kivehető az amplitúdó napi ingadozása, azonban itt a március végére bekövetkező amplitúdócsökkenés jóval kevésbé határozott és a képet egy igen nagy amplitúdójú, éles csúcs uralja. Ez a március 22-i, két  $M=5$ -nél nagyobb zágrábi földrengéshez tartozik. Tehát ebben a frekvencia tartományban már a regionális földrengésekhez tartozó jelek is megjelennek.

A 0,1 Hz-es frekvencia környezetében legerősebb a bevezetőben említett óceáni szeizmikus zaj hatása, az ábrán a zaj napi menete lényegében el is tűnik, helyét egy sokkal lassabb, több napos periódusú változás veszi át, ami óceáni szeizmikus zaj forrászónáinál bekövetkező folyamatoknak feleltethető meg. A számos éles csúcs itt is a különböző távoli földrengések BUD állomásra beérkező jeleivel magyarázható.

A legalacsonyabb vizsgált frekvenciához, 0,02 Hz-hez tartozó ábrán ismét megjelenik a talajmozgás amplitúdójának napi változása. Viszont az 1 Hz-nél nagyobb frekvenciák esetén jól megfigyelhető amplitúdó csökkenés itt alig észrevehető és a hétvégi és munkanapok közötti különbség sem szembeötlő. A március 25-én látható csúcs egy erős távoli földrengéshez köthető.

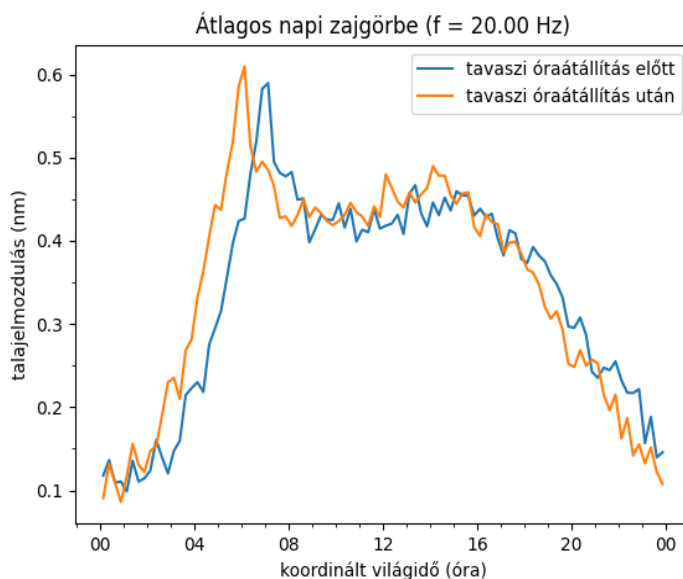
Felmerülhet a kérdés, hogy mi a bizonyítékunk rá, hogy a zaj amplitúdójának napi változása tényleg az emberi tevékenységgel van szoros összefüggésben. Erre szerencsére könnyen megadhatjuk a választ a tavaszi (vagy őszi) óraátállítások segítségével.

Hogy bizonyítsuk állításunkat, kiszámoltuk a 2019. március 31-i óraátállítás előtti és utáni két hét munkanapjaihoz tartozó, a 20 Hz-es frekvencia környezetére vonatkozó, napi zajamplitúdó menetek átlagát (4. ábra). A vízszintes tengely az időt koordinált világidőben (UTC) mutatja. Az ábrán az óraátállítás előtti, valamint utáni időszakhoz tartozó görbét kékkkel, illetve sárgával jelöltük. Jól látható, hogy a két görbe kb. egy órával el van tolódva egymáshoz képest. Az eltolódás iránya is helyes, hiszen tavasszal az órákat egy órával előre állítjuk, azaz az átállítás után egy órával korábban kell kelniük, tehát az emberi tevékenység világidőben egy órával korábban kezdődik.

Érdemes megjegyezni azt is, hogy amennyiben egy széles körben használt navigációs alkalmazás, a *Wazze* felhasználói adatait összevetjük a regisztrált zajgörbékkel, akkor a 20 Hz-en megfigyelt lefutáshoz igen hasonló mintázatot kapunk eredményül.

**Köszönjük Demény Attilának, hogy felhívta figyelmünket a következő cikkre:**

**<https://www.nature.com/articles/d41586-020-00965-x>**



4. ábra