

# Dunántúli-középhegységi karsztvízszint idősorok értékelése

Székvölgyi Katalin, Vári Zoltán,  
Kuncz Máté, Dr. Fancsik Tamás

Almássy Endre XXXII. Konferencia a Felszín Alatti Vizekről  
Siófok, 2026. május 5.



# SZTFH

Szabályozott Tevékenységek  
Felügyeleti Hatósága

## *Az előadás felépítése*

- Szemelvényes magyar szakirodalom
- Korrekciók célja, vízszintet befolyásoló tényezők
- Légnyomás változás hatása zárt tükrű rendszerben
- Légnyomás változás hatása nyílt tükrű rendszerben
- Földi árapály hatás
- Légnyomás adatok forrása
- Barometrikus korrekció
- Földi árapály korrekció
- Szivattyúzással befolyásolt idősor korrekciója

# Szemelvényes magyar szakirodalom

- Gerber, P. (1965): Karszthidrológiai megfigyelések a tatabányai medence nyugati sasbércén. V. Bányavízvédelmi Konferencia tárgyalási anyaga. Budapest, 1965, IX. 20 — 22. pp. 74—95. (Tatabánya ár-apály 10-15 cm és légnyomás)
- Maucha, L. (1966): A litoklázis-fluktuáció első megfigyelése a Vass Imre-barlangban. Karszt és barlang 2. pp. 82-83. (rövid ismertetés, litoklázis fluktuáció mérés, földrengés hatás)
- Maucha, L. (1973): A karsztvizek árapály jelenségét okozó kéregmozgások. MTA X. osztályának közleményei 6/1-4 pp. 55-83. (részletes ismertetés források, kutak árapály hatás, földrengés hatás, litoklázis mérés, légnyomás litoklázisokra gyakorolt hatása, Abaliget, Csillaghegy, Nyirád)
- Csaba L. (1973): Vízlengés és árapály jelenségek a felszín alatti vizekben. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1971. évről pp. 229-236. (Budapesti hévizek árapály jelensége összevetve a Tihanyi függőleges gravitációs mérésekkel)
- Bodri B. és Gerber P. (1974): Karsztvízszint-mérési adatok feldolgozásának előzetes mérési eredményei és az eredmények bányavízvédelmi vonatkozásai. Magyar Geofizika XV. Évf 5-6. sz. pp. 153-159. (Légnyomásváltások hatásának szűrése Pertzev ordináta kombinációs módszerével, luniszoláris térfogati dilatáció számítása Doodson féle sorfejtéssel, majd újabb szűrés Pertzev 49-órás ordináta kombinációs módszerrel)
- Szilágyi, G. (1975): A recski mélyszinti ércesedés vízföldtani helyzete. Földtani Közlöny, Vol. 105. pp. 740-754, Budapest. (Érdekességgént említi a földi árapály jelenséget)
- Rónaki L. (1977): A Mecseki Karsztkutató Csoport jelentése 1977. évről. Kézirat. pp. 1-28. (MÉV fúrásokban észlelt karsztvízszintváltozások és földrengések kapcsolata, A-4 fúrás földi árapály hatás)
- Tóth Gy. (1986): A Magyar Állami Földtani Intézet felszín alatti vízmegfigyelő hálózata. Földtani Kutatás XXIX. 4., pp. 91–96. (légnyomásváltás hatásának vizsgálata több figyelőkút idősorán, barometrikus hatások mélységfüggése)
- *Lénárt L. (2005). Some aspects of the "3E's" (Economy-Environment-Ethics) model for sustain-able water use in the transboundary Slovakian and Aggtelek karst region based on some examples from the Bükk Mountains. PhD thesis work, Kassa/Kosice, TUKE. (Bükk karsztkutak példái)*
- Rotár-Szalkai Á., Eper-Pápai I., Mentés Gy. (2006). Well level data analysis in Hungary near a fault region. Journal of Geodynamics 41, pp. 183-189. (Úveghutai kutak, árapály komponensek amplitúdójának függőleges változása)
- Mentés Gy. (2020): Felszíni és felszín alatti vizek árapályja. Hidrológiai Közlöny 100. évf. 3. sz. pp. 44-55. (összefoglaló az árapály jelenségről)

# Korrekciók célja, vízszintet befolyásoló tényezők

$$\Delta w_l = \Delta w_{lp} + \Delta w_{lb} + \Delta w_{lg} + \Delta w_{lr} + \Delta w_{li} + \Delta w_{le} + \Delta w_{ls} + \Delta w_{lm} + \Delta w_{lo}$$

ahol

$\Delta w_l$  a kútban mért vízszintváltozás egy adott időszak alatt

$\Delta w_{lp}$  helyi, vagy regionális vízkitermelés által okozott vízszintváltozás,

$\Delta w_{lb}$  a légnyomásváltozás által okozott vízszintváltozás,

$\Delta w_{lg}$  földi árapály hatás által okozott vízszintváltozás,

$\Delta w_{lr}$  beszivárgás által okozott vízszintváltozás,

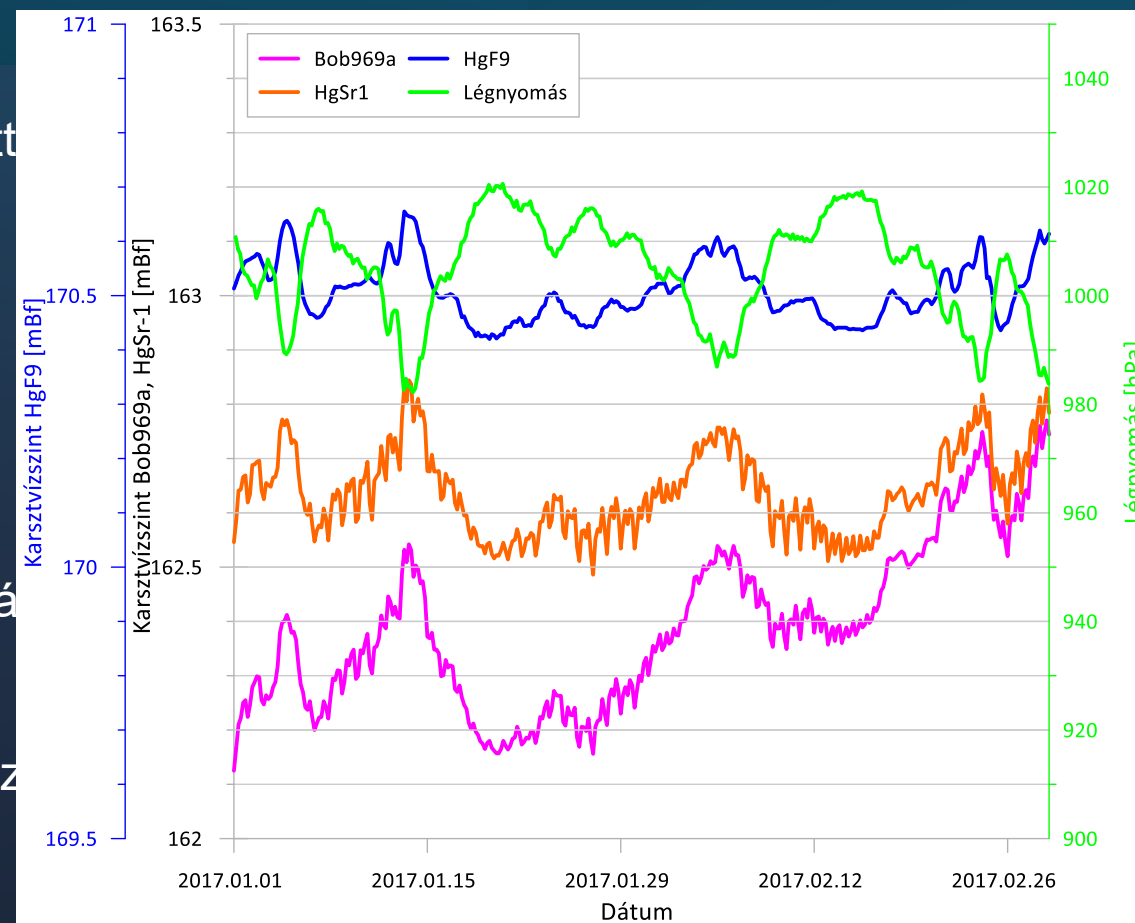
$\Delta w_{li}$  évszakos, vagy hosszú idejű vízszintváltozási trend,

$\Delta w_{le}$  evapotranspiráció által okozott vízszintváltozás,

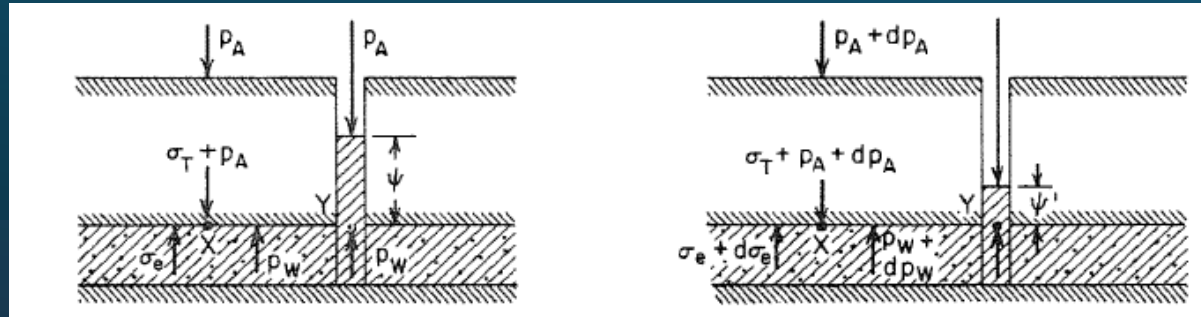
$\Delta w_{ls}$  felszíni vízállás változás által indukált vízszintváltozás

$\Delta w_{lm}$  óceáni árapály-hatás által okozott vízszintváltozás  
(Magyarországon nem)

$\Delta w_{lo}$  egyéb külső tényező által okozott vízszintváltozás az adott időszak alatt.



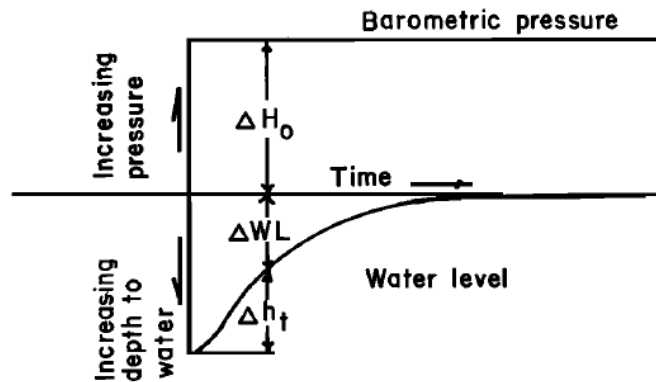
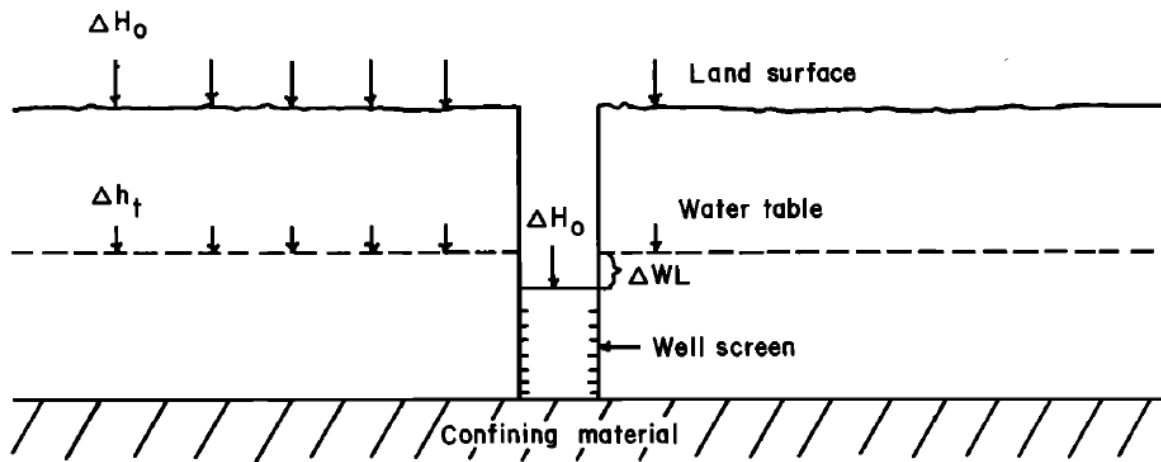
# Légnyomásváltozás hatása a vízszintre zárt tükrű vízadóban



Freeze, R.A. and Cherry J.A (1979)

- $\sigma_t + p_a = \sigma_e + p_w$
- $p_a + \rho g \psi = p_w$
- $\sigma_t + p_a + \Delta p_a = \sigma_e + p_w + \Delta \sigma_e + \Delta p_w$
- $\Delta p_a = \Delta \sigma_e + \Delta p_w \Rightarrow \Delta p_a > \Delta p_w$
- $p_a + \Delta p_a + \rho g \psi' = p_w + \Delta p_w$
- $\Delta p_a - \Delta p_w = \rho g (\psi - \psi')$
- $\Delta \psi = \psi - \psi'$
- $B = \frac{\Delta p_a - \Delta p_w}{\Delta p_a} = \frac{\rho g \Delta h}{\Delta p_a}$
- $\sigma_t$  kőzet által okozott teljes feszültség
- $p_a$  atmoszférikus nyomás
- $\sigma_e$  effektív feszültség
- $p_w$  pórusvíznyomás
- $\rho g \psi$  vízoszlop hidrosztatikus nyomása

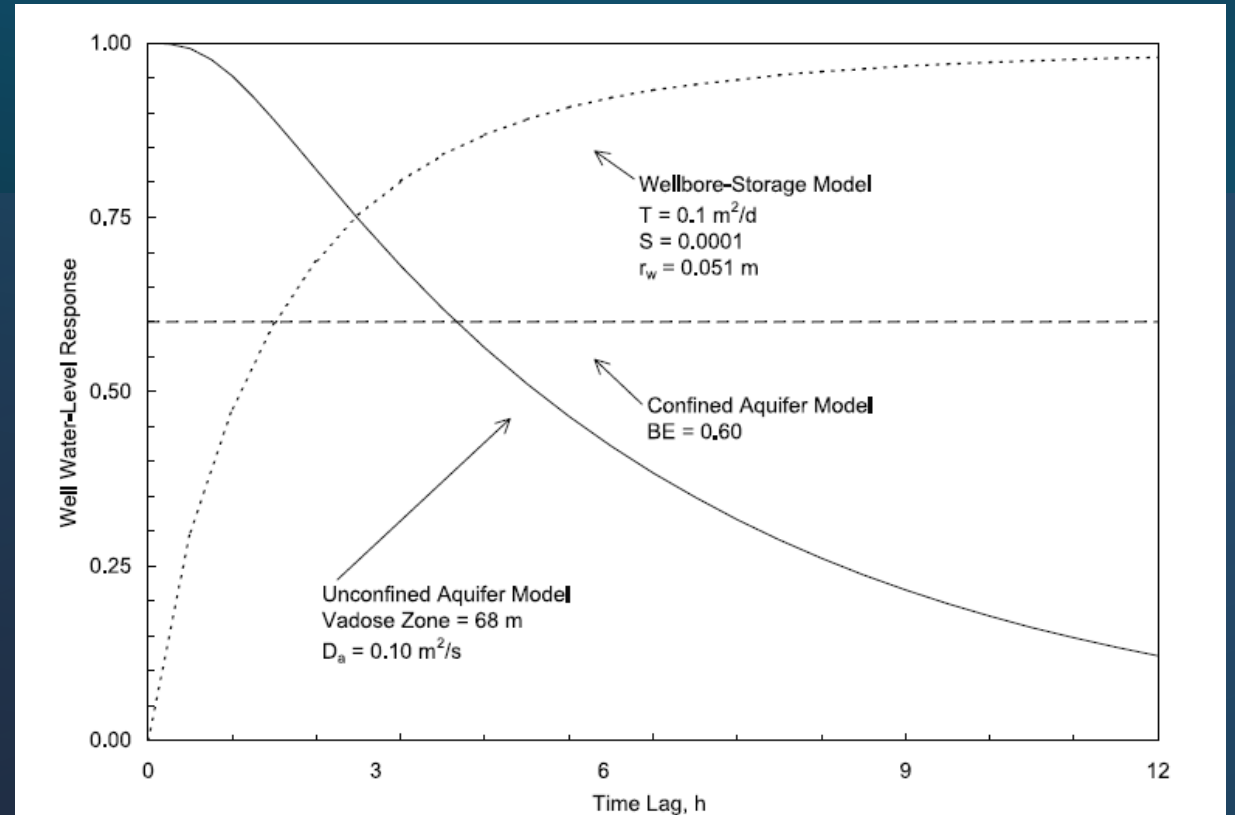
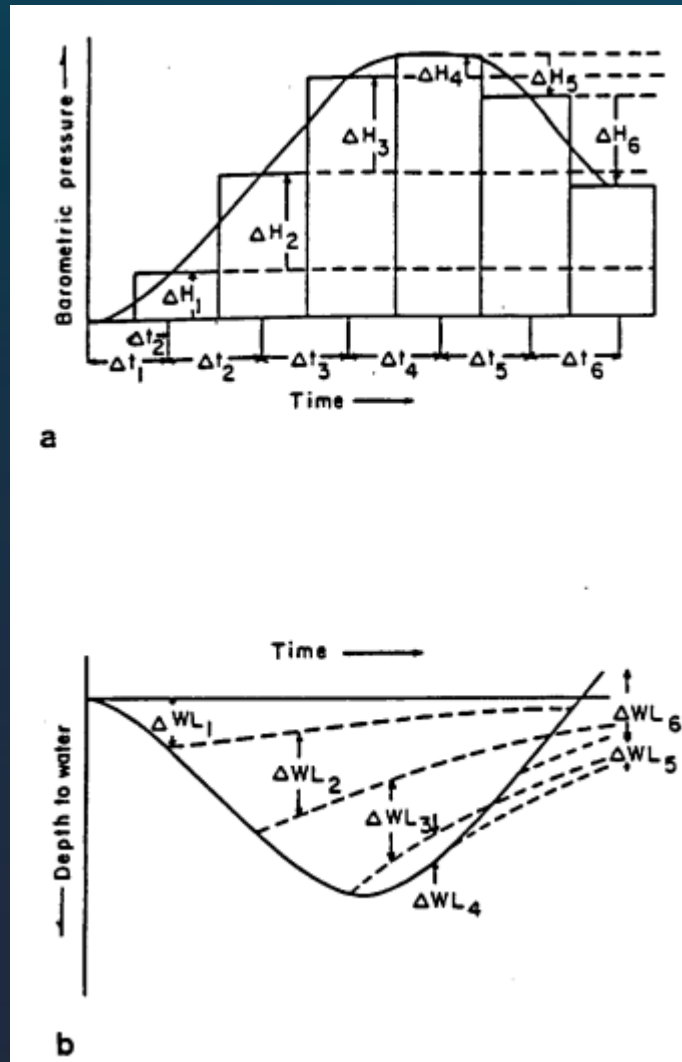
# Légnyomásváltozás hatása a vízszintre nyílt tükrű vízadóban



b

- $\left(\frac{K \cdot k_{ra}}{\mu_a}\right) \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{n_d}{p} \frac{\partial h}{\partial t}$
- $\left(\frac{K k_{ra} p}{\mu_a n_d}\right) \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{\partial h}{\partial t}$
- $K$  a telítetlen zóna permeabilitása [ $L^2$ ]
- $k_{ra}$  a közegnek az adott nedvességtartalom melletti relatív permeabilitása [-]
- $\mu_a$  a levegő dinamikus viszkozitása [ $M/L \cdot T$ ]
- $h$  pneumatikus potenciál [ $L$ ]
- $n_d$  levegővel kitöltött porozitás [-]
- $p$  átlagos nyomás a nyomásváltozás során [ $M/L \cdot T^2$ ]
- $\left(\frac{K k_{ra} p}{\mu_a n_d}\right) = \alpha$  pneumatikus diffuzivitás

# Légnyomásváltozás hatása a vízszintre nyílt tükrű vízadóban

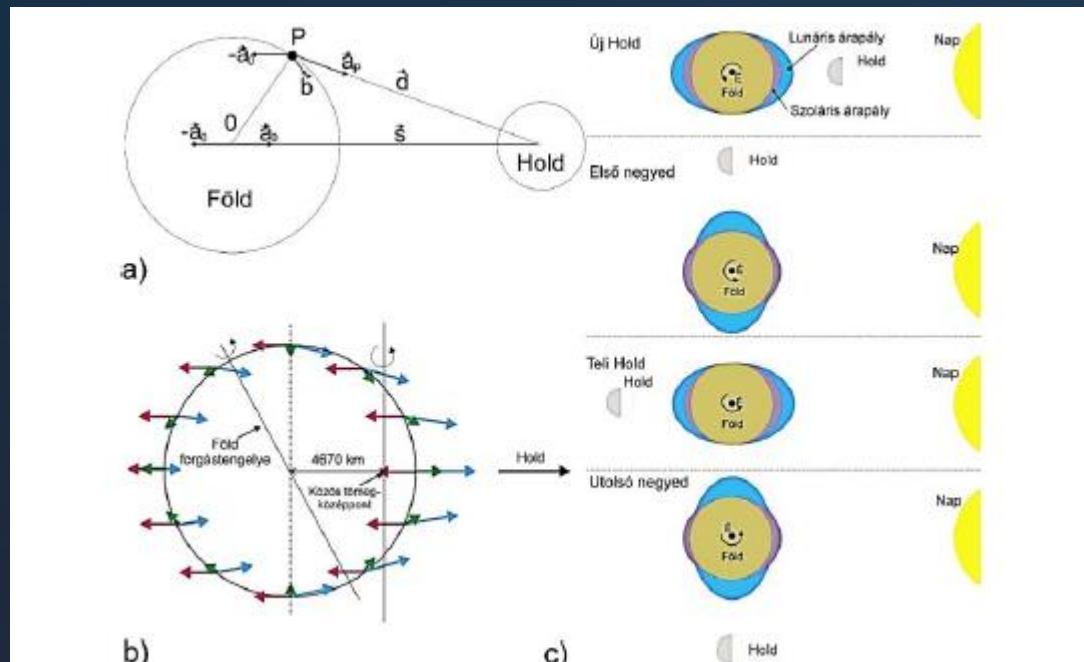


Spang (2002)

Weeks  
(1967)

# Földi árapály

- Az árapályok a gravitációs erők változásaiból erednek, melyeket a nap, a hold és a föld egymáshoz viszonyított helyzetének megváltozása hoz létre. A gravitációs erők időszakosan deformálják (kitágítják és összenyomják) a víztartórendszer vázát, megváltoztatva a porozitást, és mérhető, akár 3 cm-es vagy annál nagyobb vízszintingadozást okoznak a kis tározási együtthatójú vízadó rétegekre szűrőzött kutakban.
- A másodlagos porozitással rendelkező víztartók a törésrendszer irányítottságának megfelelően az árapály különböző irányú hatására eltérő mértékben reagálhatnak.



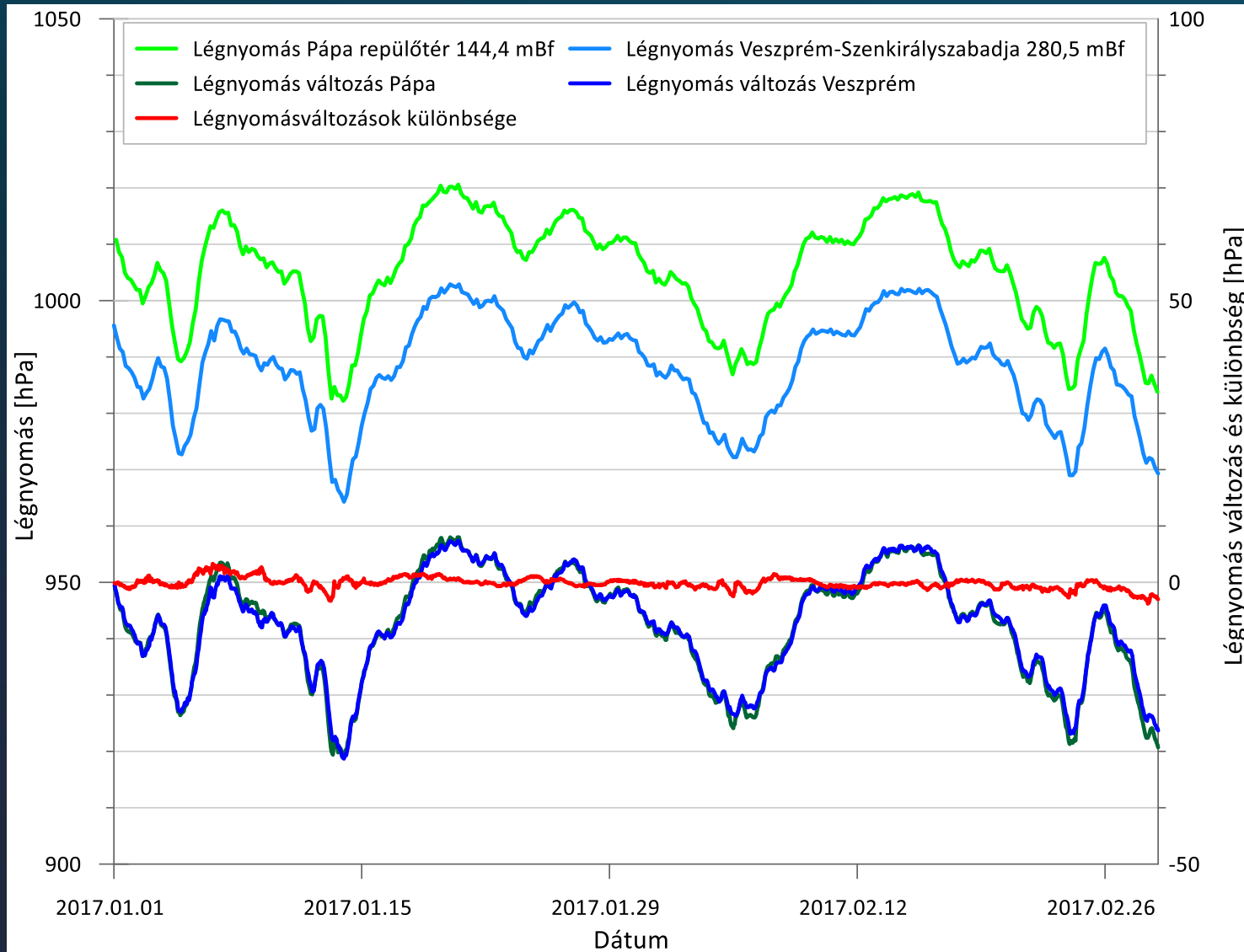
Mentes Gy. (2020)

Tidal constituent ( $K$ )	Period [d]	Frequency ( $f_k$ ) [cpd]	Spacing ( $\Delta f_k$ ) [cpd]	Min. duration ( $\tau$ ) [d]
Q1	1.1195	0.89324		
O1	1.0758	0.92954	0.0363	27.55
M1	1.0347	0.96645	0.0369	27.09
P1	1.0027	0.99726	0.0308	32.46
S1	1.0000	1.00000	0.0027	364.96
K1	0.9973	1.00274	0.0027	364.96
N2	0.5274	1.89598		
M2	0.5175	1.93227	0.0363	27.56
S2	0.5000	2.00000	0.0677	14.76
K2	0.4986	2.00548	0.0055	182.48
Lunar	27.5542	0.03629		
Solar	365.2425	0.00274		

Schweizer et al (2021)

# Légnyomás adatok forrása

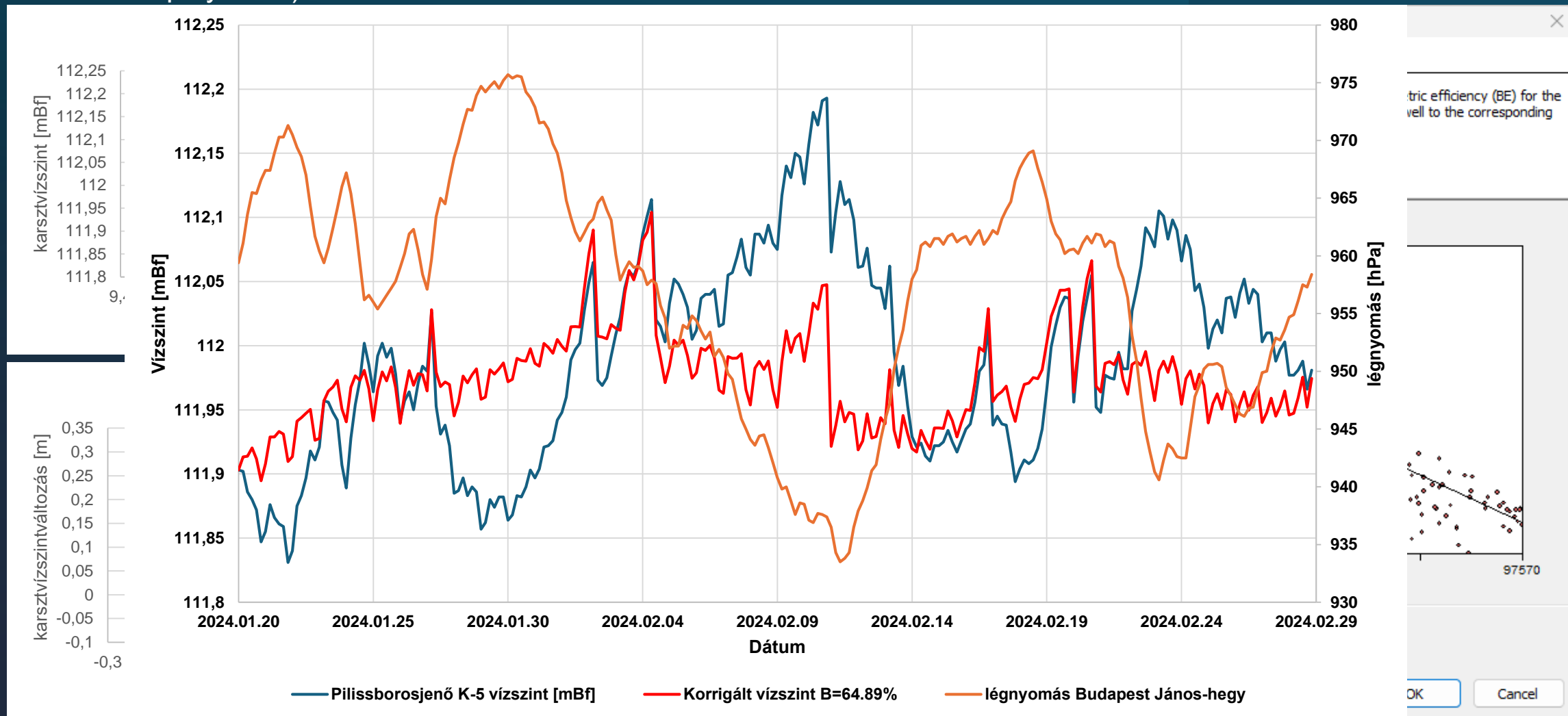
• [HTTPS://ODP.MET.HU/CLIMATE/OBSERVATIONS\\_HUNGARY/](https://odp.met.hu/climate/observations_hungary/)



- Légnyomásváltozás általában a téli félévben nagyobb
- Ha nincs a közelben meteorológiai állomás használható távolabbi is
- Légnyomásváltozás különbsége elég kicsi ( $\pm 4$  hPa)

# Barometrikus korrekció

Barometrikus hatások meghatározása vízszint-légnyomás diagramból (nem működik, ha trend van benne; vagy erős az árapályhatás)



# Barometrikus korrekció

Barometrikus hatások meghatározása Clark módszerrel (kiküszöböli a lineáris trendet; nem működik, ha erős az árapály hatás)

Clark (1967) módszere alapján időlépcsőként kell képezni a légnyomás különbséget és a vízszint különbséget, valamint a két érték szorzatát.

$$\Delta b_i = b_i - b_{i-1}$$

$$\Delta h_i = h_i - h_{i-1}$$

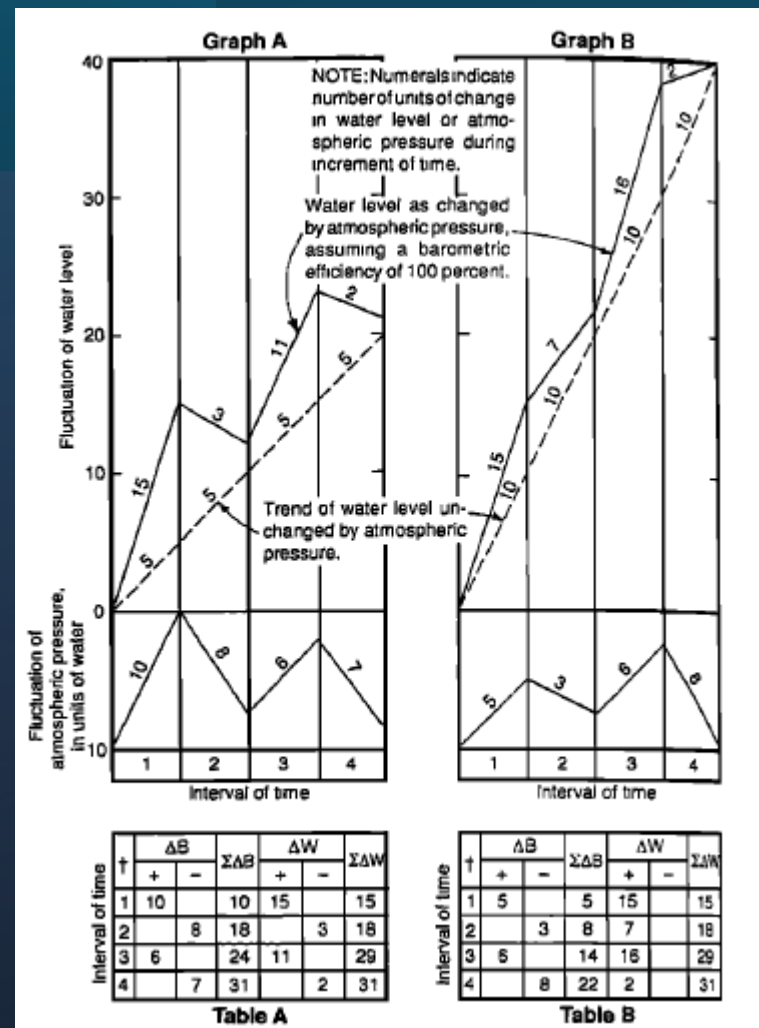
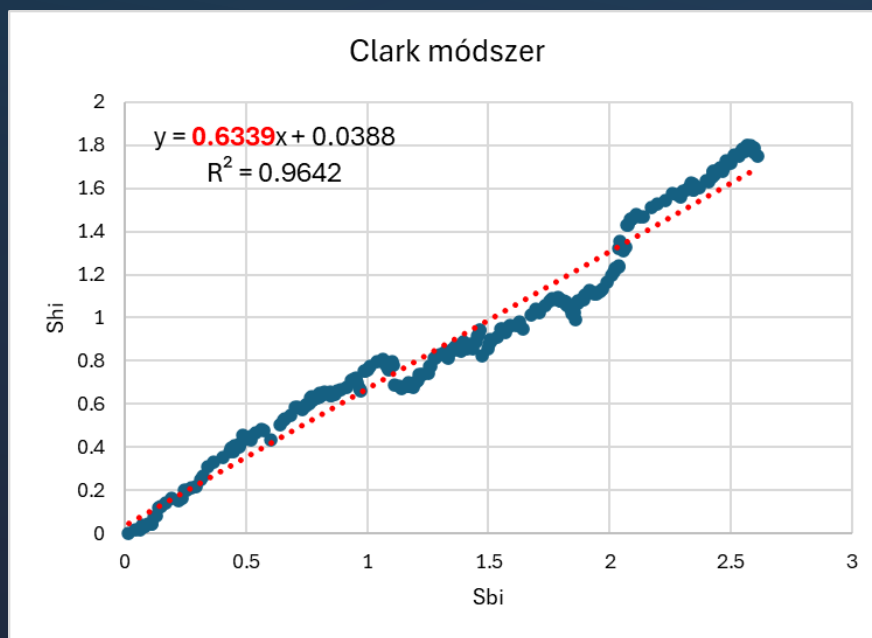
$$\beta_i = \Delta b_i * \Delta h_i$$

$$S_b^i = S_b^{i-1} + |\Delta b_i|$$

$$S_{hb}^i = S_h^{i-1} - |\Delta h_i| \quad \text{ha } \beta_i > 0$$

$$S_{hb}^i = S_h^{i-1} + |\Delta h_i| \quad \text{ha } \beta_i < 0$$

$$S_{hb}^i = S_h^{i-1} \quad \text{ha } \beta_i = 0$$



# Barometrikus korrekció

## Lineáris regresszióval

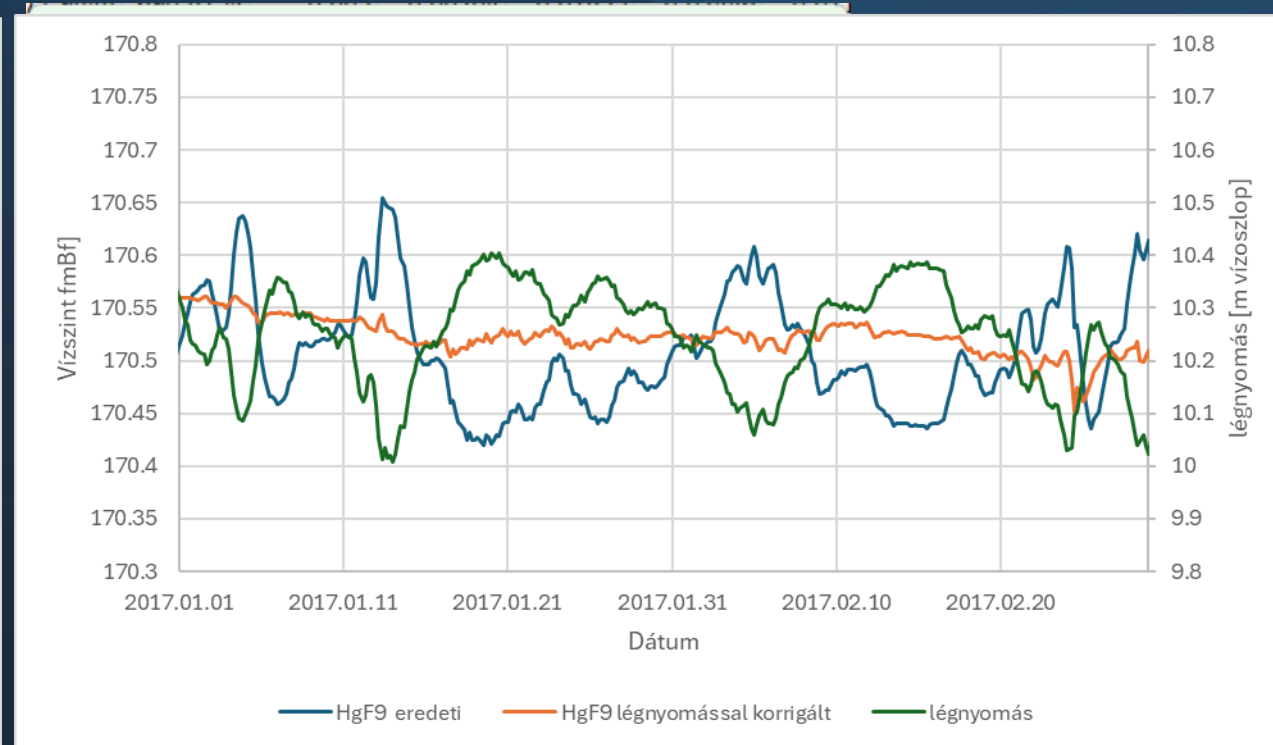
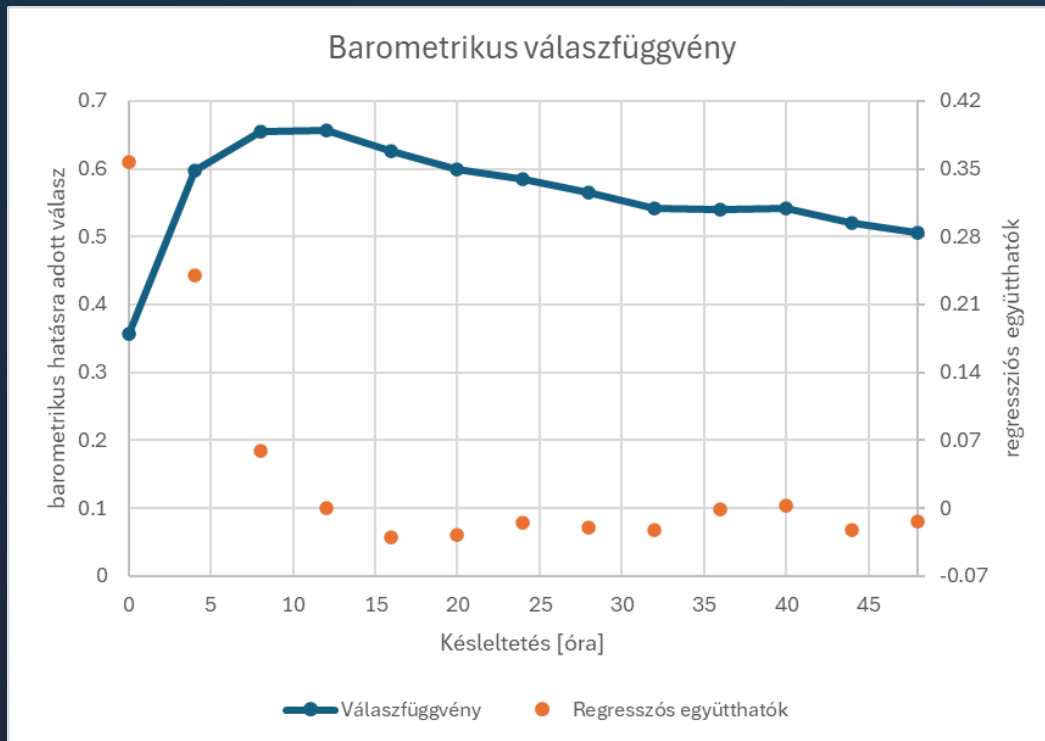
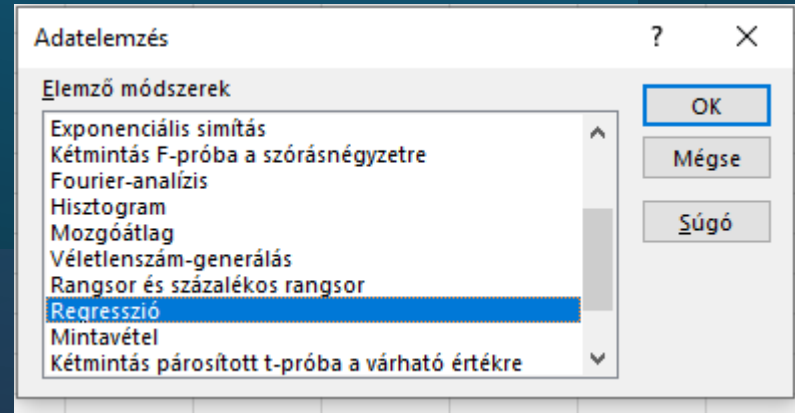
$$\Delta W(t) = \sum_{i=0}^m \beta(i) \Delta p_A(t-i)$$

ahol

$\Delta W(t)$ , és  $\Delta p_A(t)$  a vízszint- és légnyomásváltozás a t-dik időpontban

$\Delta p_A(t-i)$  a légnyomásváltozás i időlépcsővel t előtt

A  $\beta(i)$  értékek legkisebb négyzetek módszerével lineáris regresszióval számíthatók.

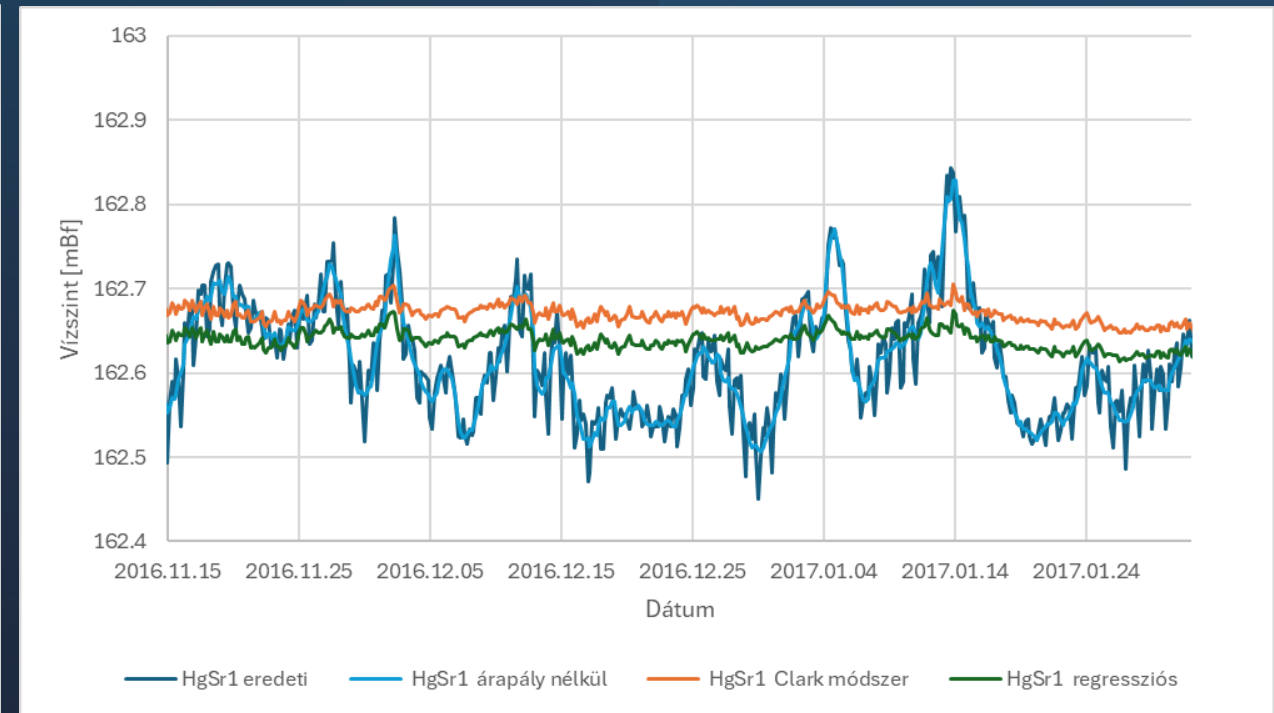
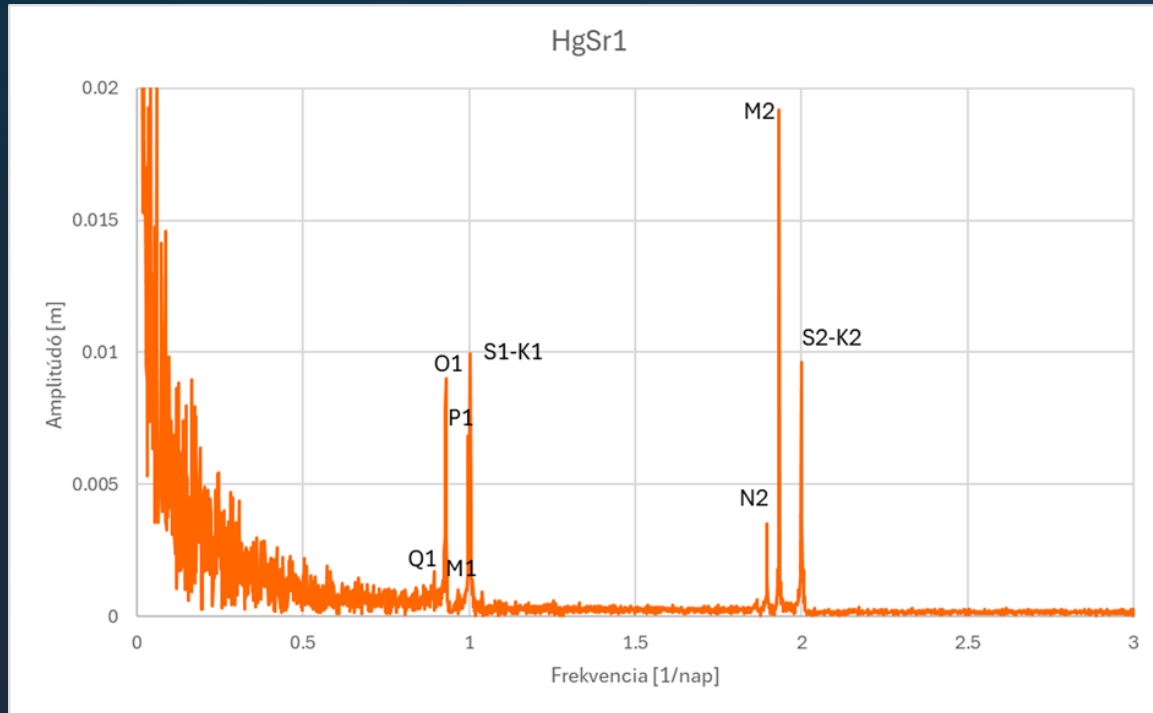
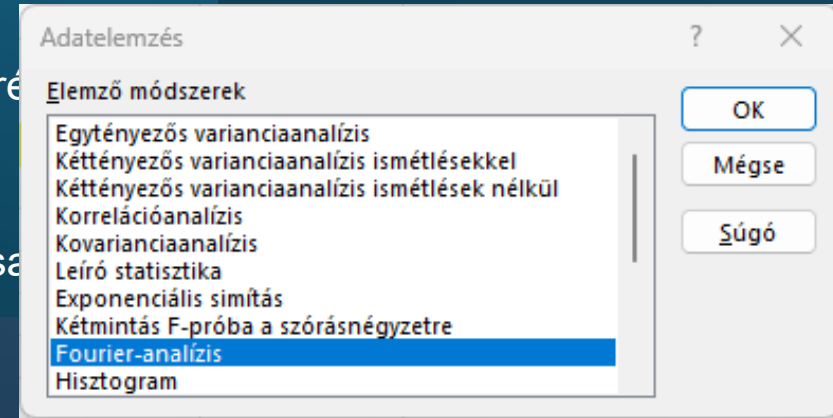


# Földi árapály korrekció

Fast Fourier transzformációval a főbb árapály összetevők meghatározása, szűrés

Inverz Fast Fourier transzformációval korigált vízszint meghatározása

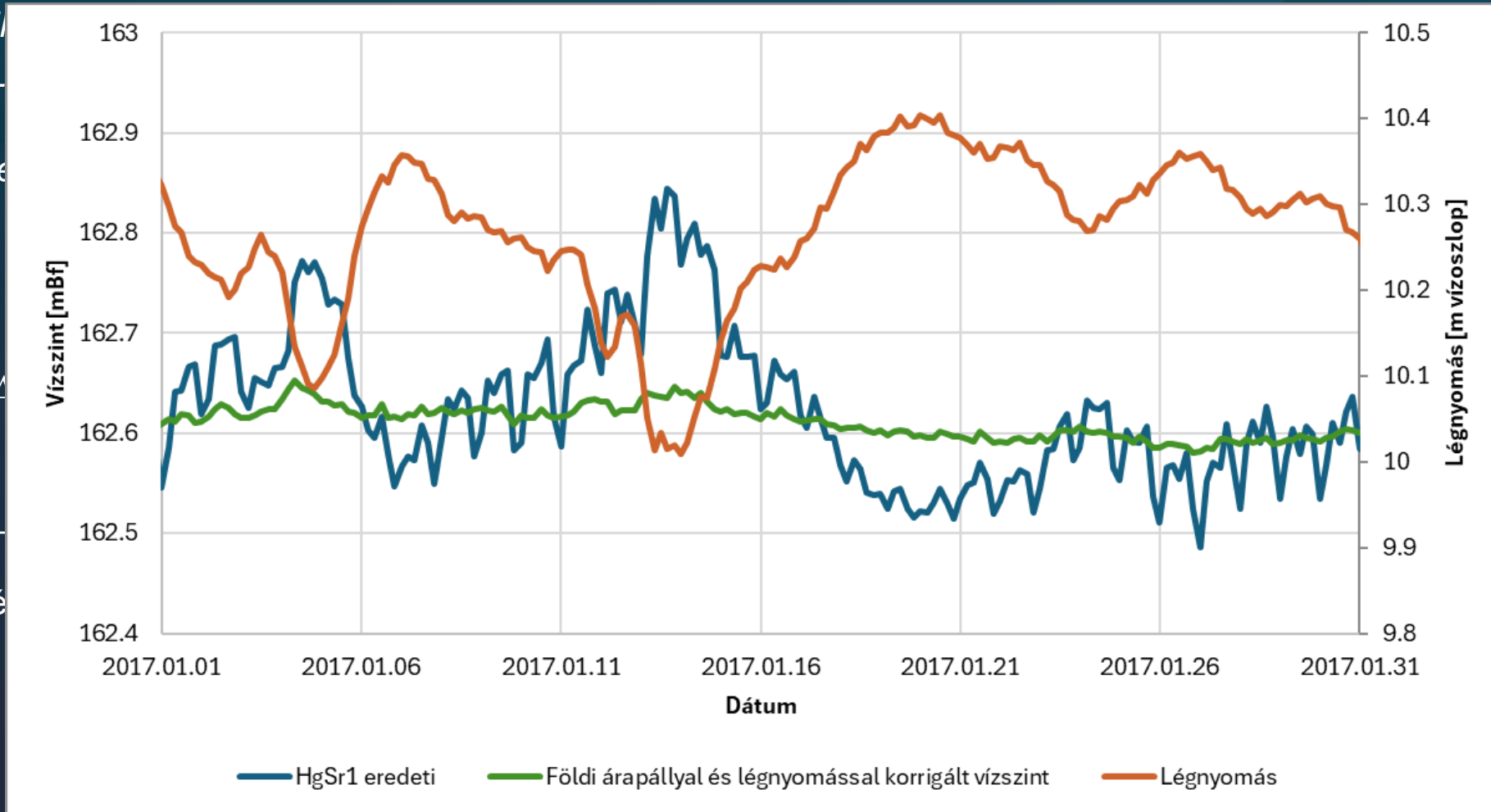
Clark módszerrel, vagy regressziós módszerrel a légnyomásváltozás korigálása



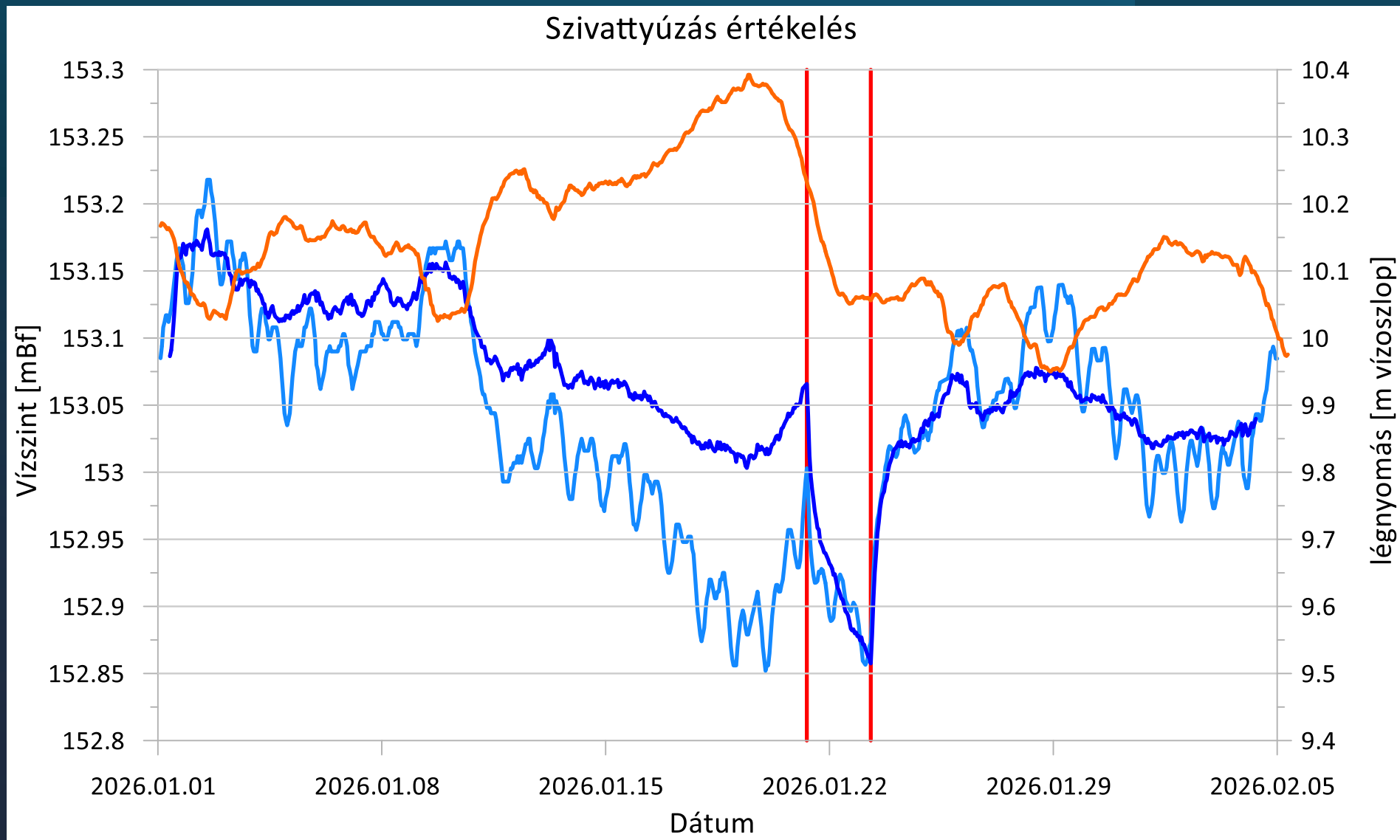
# Földi árapály korrekció

Szintetikus árapályadatok felhasználásával regressziós módszerrel

Szintetikus  
TSOFT  
PygTide  
 $\Delta W(t)$   
ahol  
 $\Delta W(t), \Delta$   
 $\Delta p_A(t-i)$   
 $\Delta ET(t -$   
A  $\beta(i)$  é



# Szivattyúzással befolyásolt idősor korrekciója



***Köszönöm a figyelmet!***