

CSAPADÉKIZOTÓPOS MÉRÉSEK AZ ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETBEN

DR. LÁSZLÓ ELEMÉR

HUN-REN ATOMMAGKUTATÓ INTÉZET

2025. November 17.

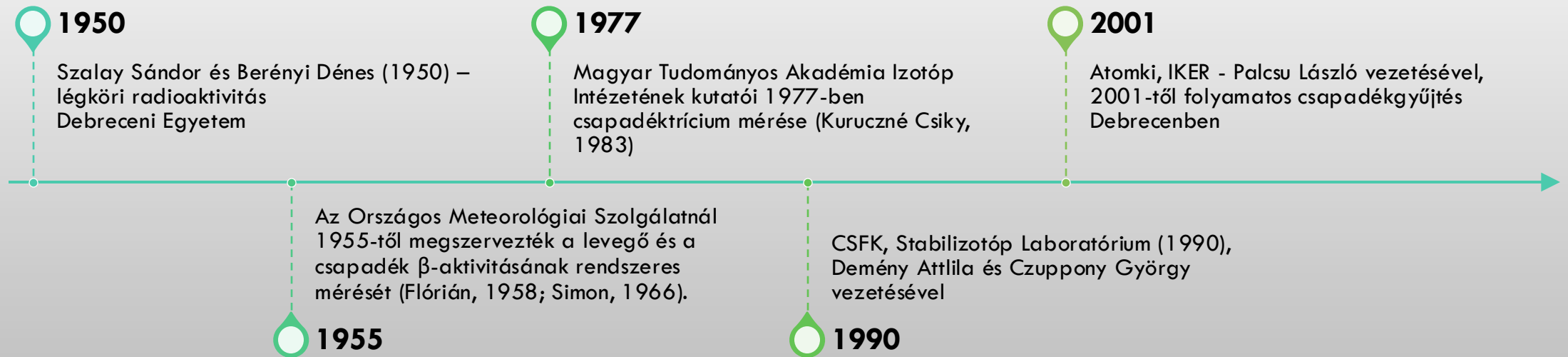


BEVEZETÉS

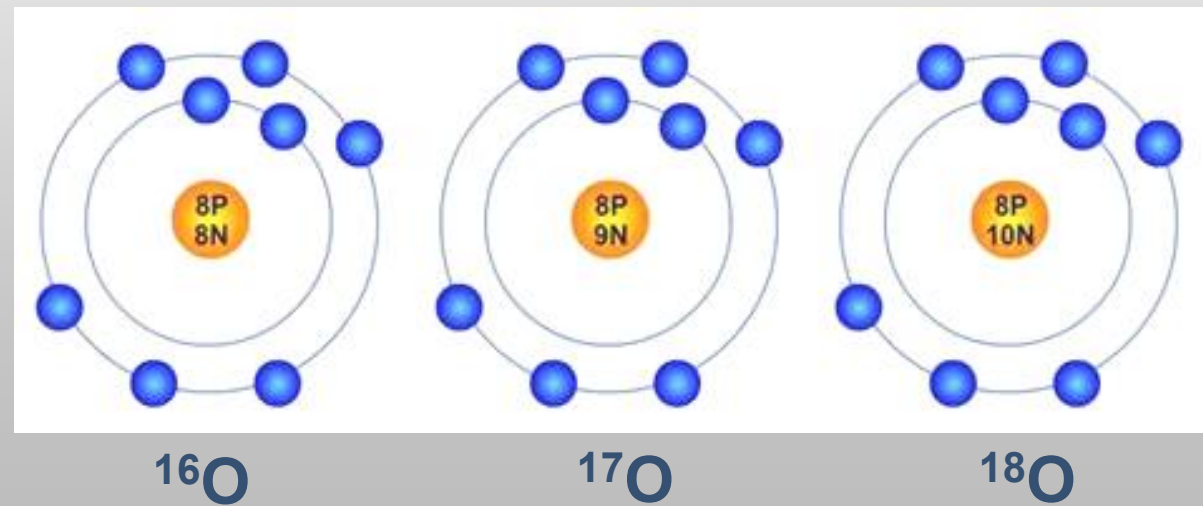
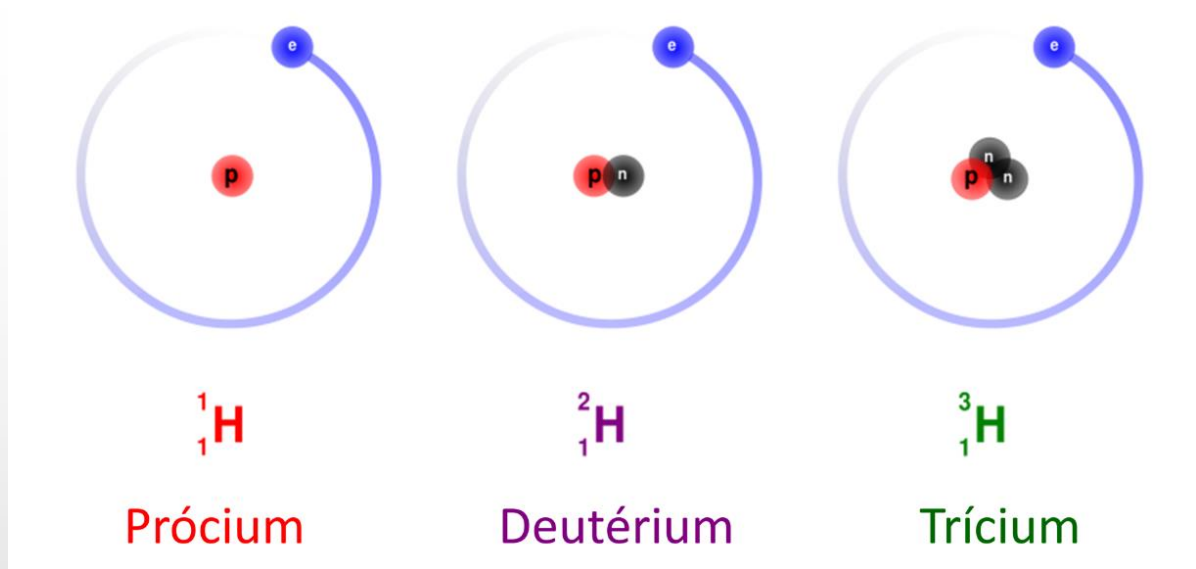
A TRÍCIUM ÉS DEUTÉRIUM, OXIGÉN STABIL-IZOTÓPJAIT RÉGÓTA HASZNOS ESZKÖZKÉNT HASZNÁLJÁK:

- A LÉGKÖRI TRANSZPORT
- A FELSZÍNI ÉS A FELSZÍNALATTI VIZEK
- A GLOBÁLIS VÍZFORGALOM

CSAPADÉKIZOTÓPOK MÉRÉSE MAGYARORSZÁGON



CSAPADÉKIZOTÓPOK



MÉRŐMŰSZEREK

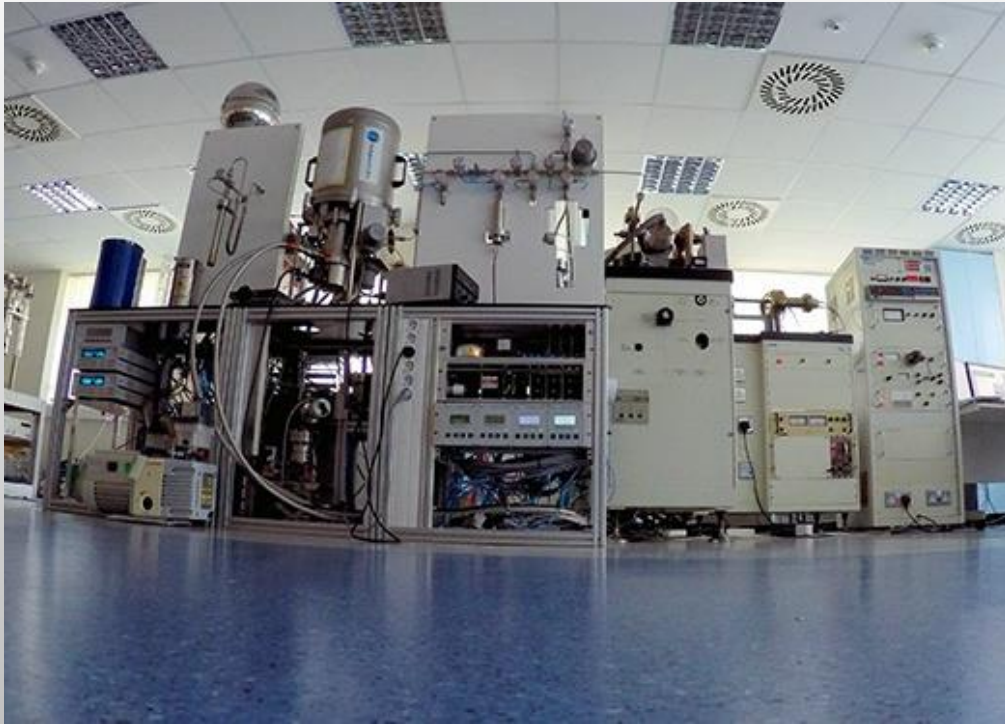
CSAPADÉKIZOTÓP MÉRÉSE TÖMEGSPEKTROMÉTEREKSEL ÉS LÉZERSPEKTROMÉTERREL

A TRÍCIUM AKTIVITÁS KONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

- **1. FOLYADÉKSZCINTILLÁCIÓS TECHNIKA**, A KIMUTATHATÓSÁGI HATÁR ELEKTROLITIKUS DÚSÍTÁS NÉLKÜL ÁLTALÁBAN 2-4 BQ/LITER (17-34 TU), DÚSÍTÁSSAL 1-2 TU
- **2. GÁZPROPORCIONÁLIS SZÁMLÁLÁSI TECHNIKA** A VÍZ HIDROGÉN TARTALMÁT METÁNNÁ, VAGY ETÁNNÁ SZINTETIZÁLJÁK, ÉS AZT HASZNÁLJÁK TÖLTŐGÁZNAK
- **3. NEMESGÁZ TÖMEGSPEKTROMÉTERREL**, A TRÍCIUM BOMLÁSÁBÓL KELETKEZŐ ^3He MENNYISÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁVAL. KIMUTATHATÓSÁGI HATÁR $\sim 0,02$ TU

NEMESGÁZ MÉRŐ TÖMEGSPEKTROMÉTER FISIONS VG-5400 ÉS HELIX SFT2

KIMUTATHATÓSÁGI HATÁR $\sim 0,02$ TU



Az Atomki IKER Laboratóriumában található VG 5400 típusú tömegspektrométer (jobb oldal) és a gázbeeresztőrendszer (bal oldal)



Az Atomki IKER Laboratóriumában található HELIX SFT2 nemesgáz-tömegspektrométer (Isotoptech ZRT)

THERMO FINNIGAN DELTAPLUS XP TÍPUSÚ STABILIZOTÓP- ARÁNY MÉRŐ TÖMEGSPEKTROMÉTER



- PONTOSÁG:
- $\Delta^2\text{H}$: $\pm 3\text{‰}$, EZ ± 1 PPM-ET JELENT A VÍZ DEUTÉRIUMTARTALMÁRA VONATKOZÓAN;
- $\Delta^{18}\text{O}$: $\pm 0,2\text{‰}$, $\Delta^{13}\text{C}$: $\pm 0,1\text{‰}$, $\Delta^{15}\text{N}$ ÉS $\Delta^{34}\text{S}$: $\pm 0,3\text{‰}$

LOGGATOS LÉZERSPEKTROMÉTER



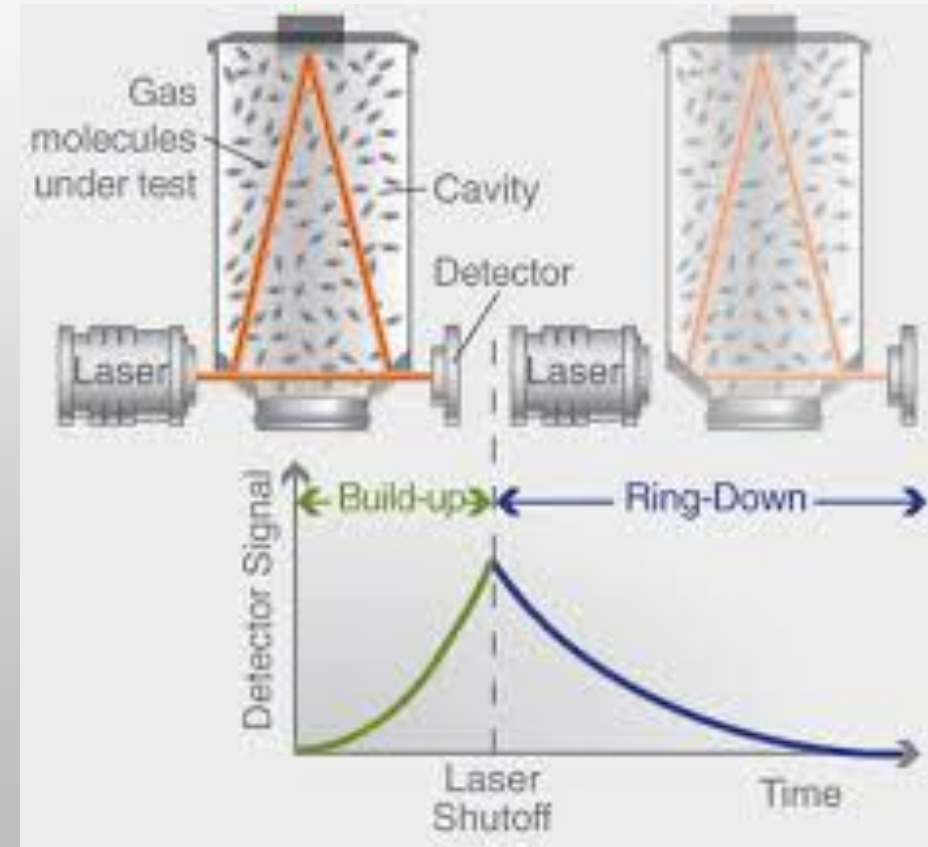
A MŰSZEREK LÉZER ALAPÚ ABSZORBCIÓS
SPEKTROSKÓPIA ELVÉN MŰKÖDNEK, EZ EGY PONTOS
OPTIKAI ABSZORPCIÓS MÓDSZER

PONTOSSÁG:

$\Delta^{18}\text{O}$: $\pm 0,08\text{‰}$, $\Delta^2\text{H}$: $\pm 0,43\text{‰}$,



PICARRO LÉZERSPEKTROMÉTER



A TRÍCIUMRÓL ÁLTALÁBAN

A trícium atom 2 neutronból és 1 protonból áll

Felfedezője:

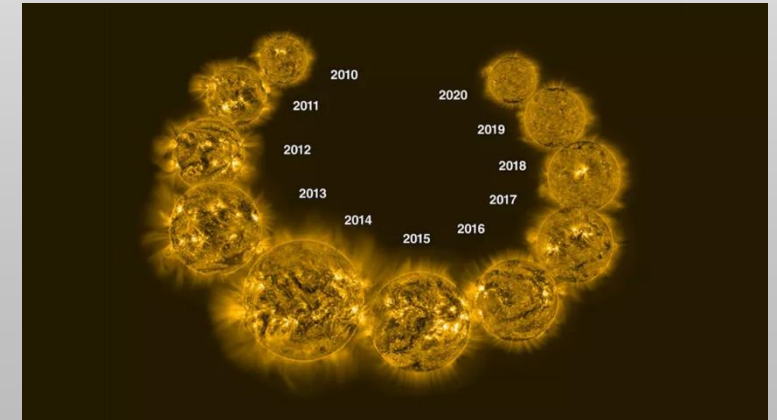
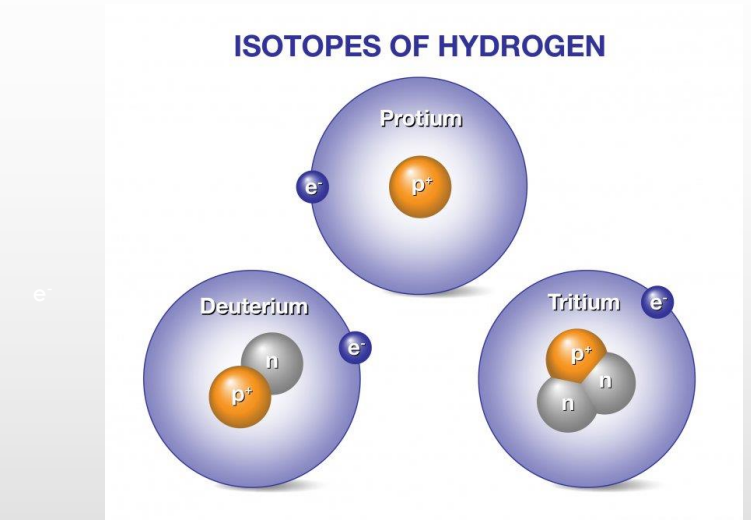
Ernest Rutherford, Mark Oliphant és Paul Harteck

Első mérés: Willard Libby (felezési idő 4500 ± 8 nap)

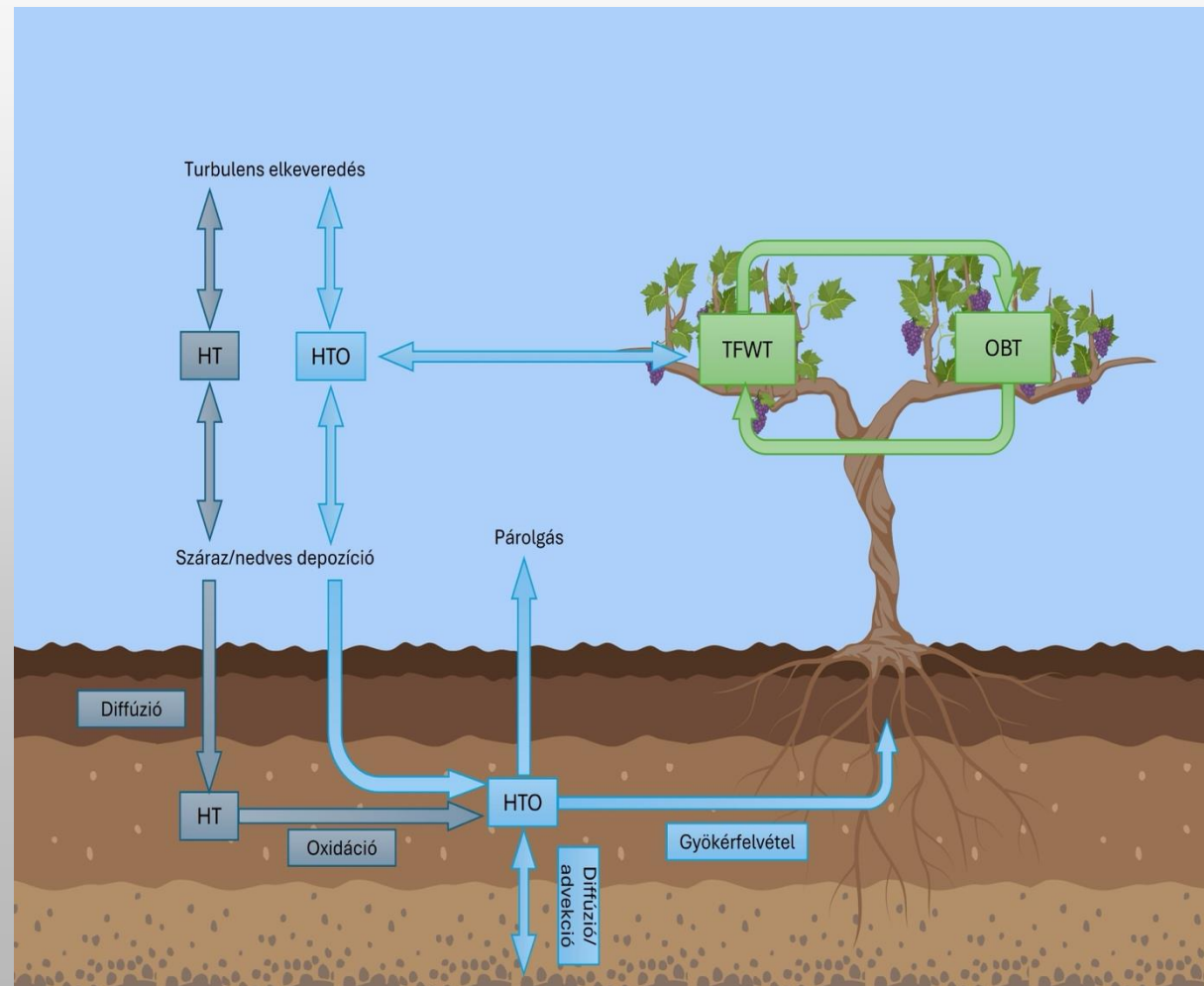
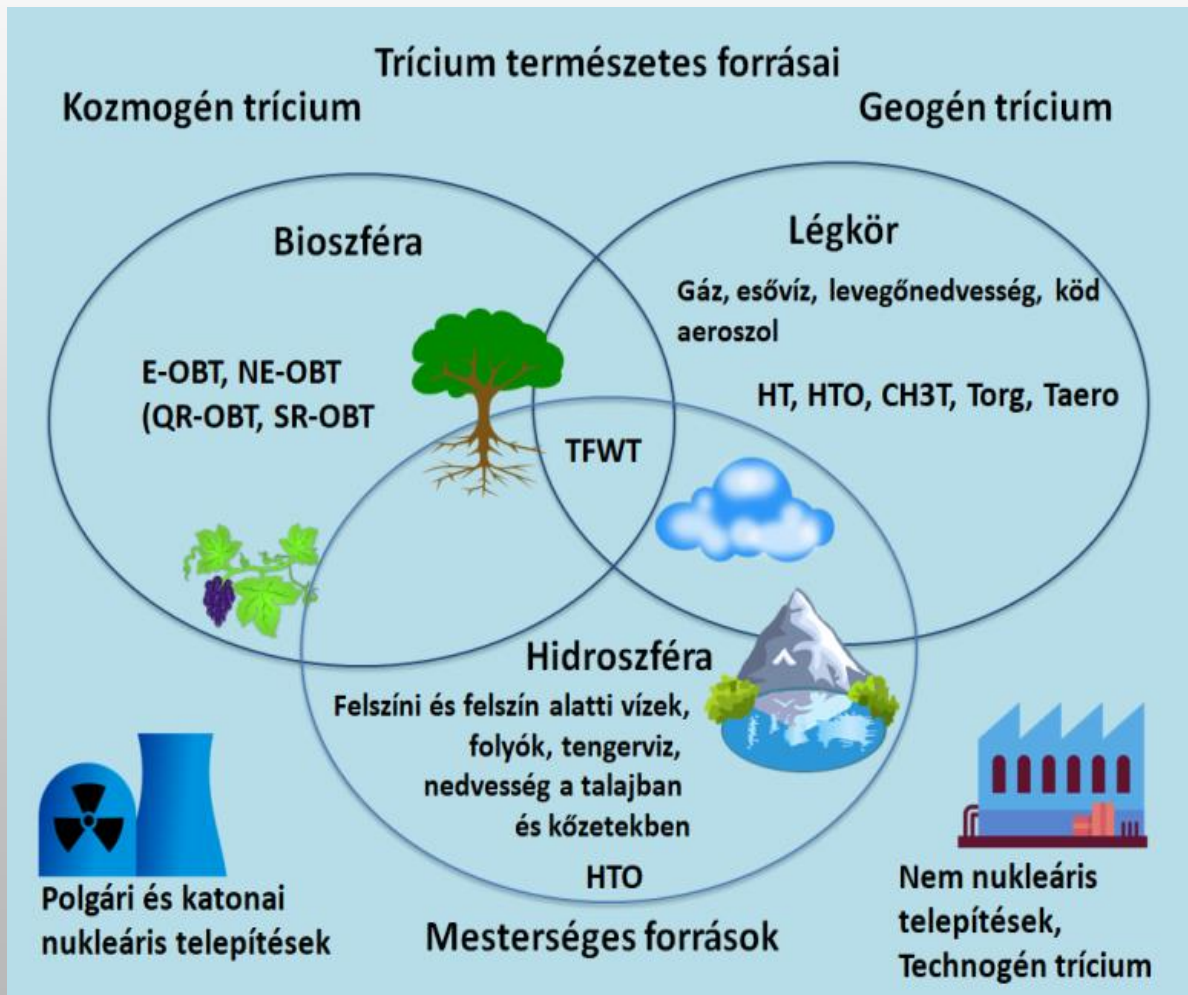
Keletkezési módja: természetes és emberi tevékenységek általi (antropogén)



^3H



TRÍCIUM FORRÁSAI



A TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓ TÉRBELI ÉS IDŐBELI ELOSZLÁSA

SZÉLESSÉGI HATÁS:

MAGASABB

SZÉLESSÉG

FELÉ

HALADVA A TRÍCIUM
KONCENTRÁCIÓJA

NÖVEKSZIK

Szezonális hatás

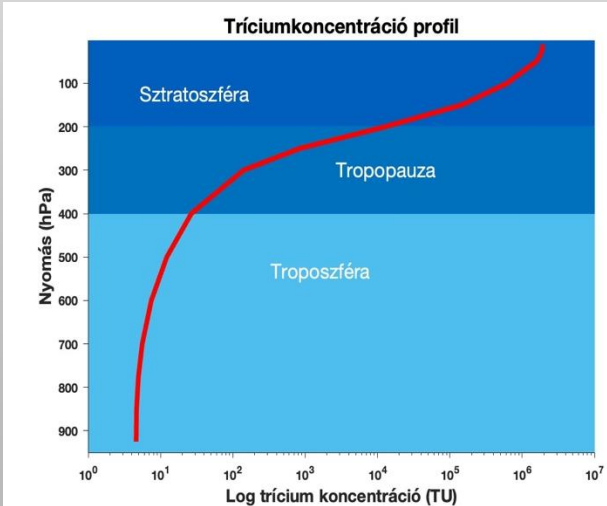
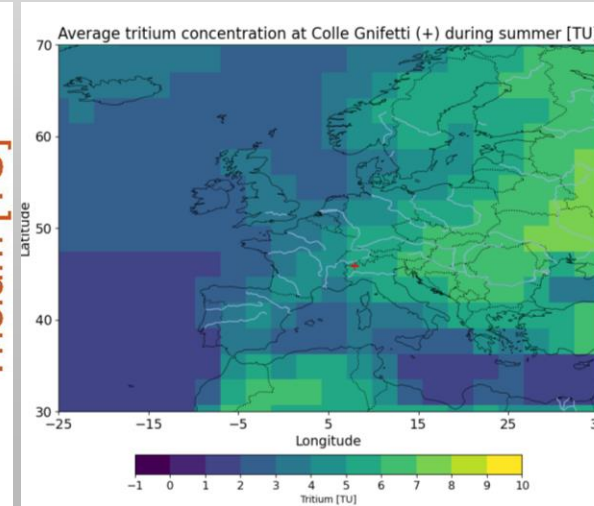
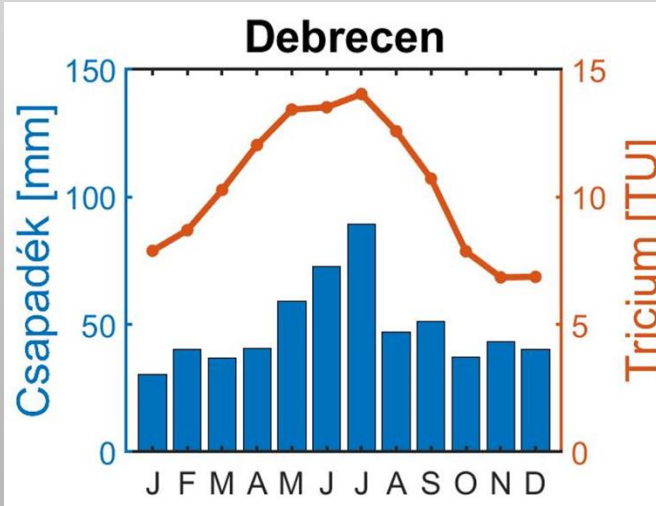
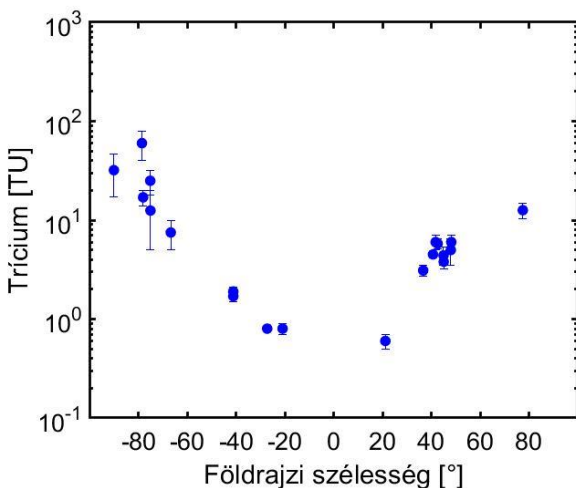
sztratoszféra-

troposzféra

kölcsönhatásából

Kontinentális hatás

Vertikális profil



ALKALMAZÁSOK

CSAPADÉK IDŐSORAI
JÉGMINTÁK IDŐSORAI

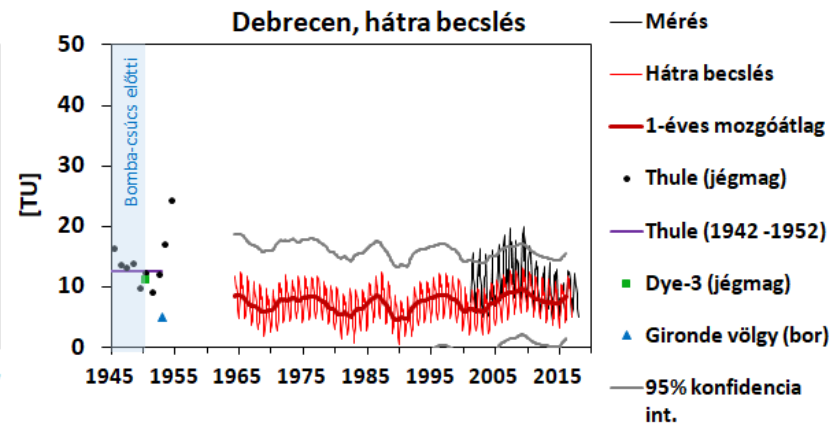
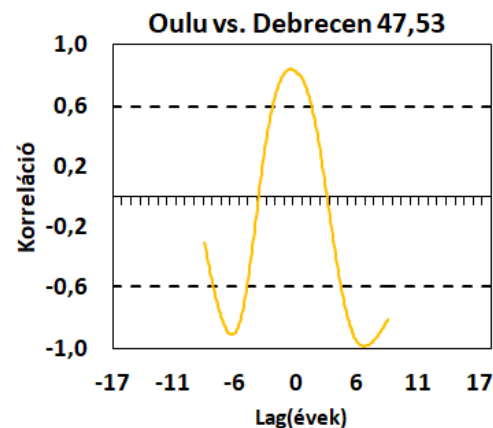
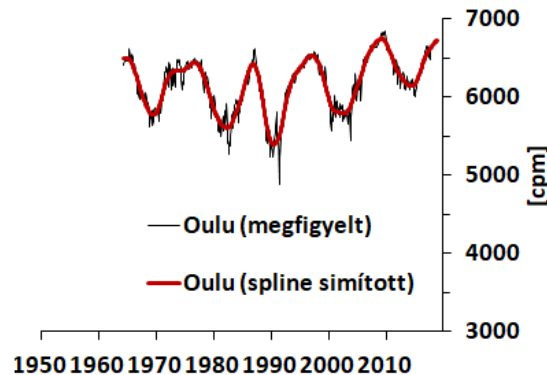
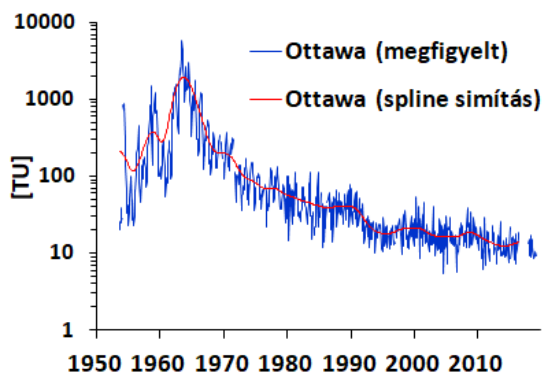
KONVEKTÍV ÉS RÉTEGFELHŐBŐL HULLÓ CSAPADÉK

TRÍCIUM

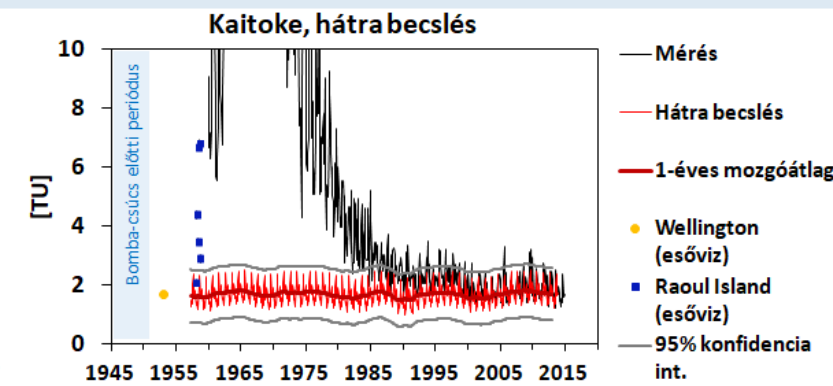
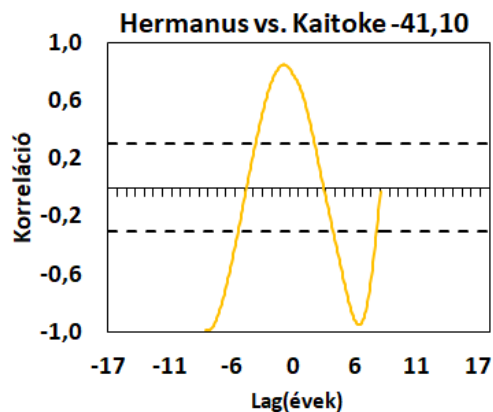
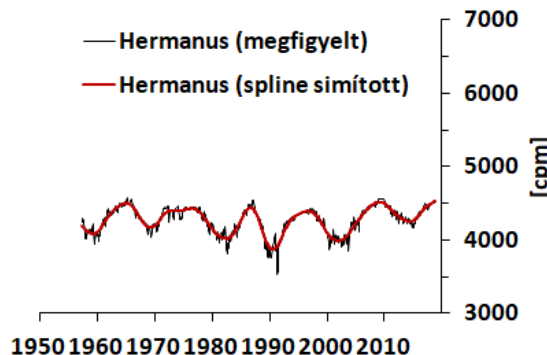
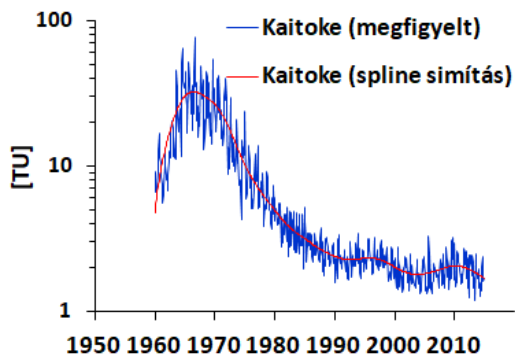
ÉS OXIGÉN STABILIZOTÓPOK
BORTRÍCIUM

A TRÍCIUM HOSSZÚTÁVÚ VÁLTOZÁSA

Északi félgömb



Déli félgömb



Trícium idősorok (TT)

Neutron monitor adatok (NM)

Kapcsolat TT és NM között

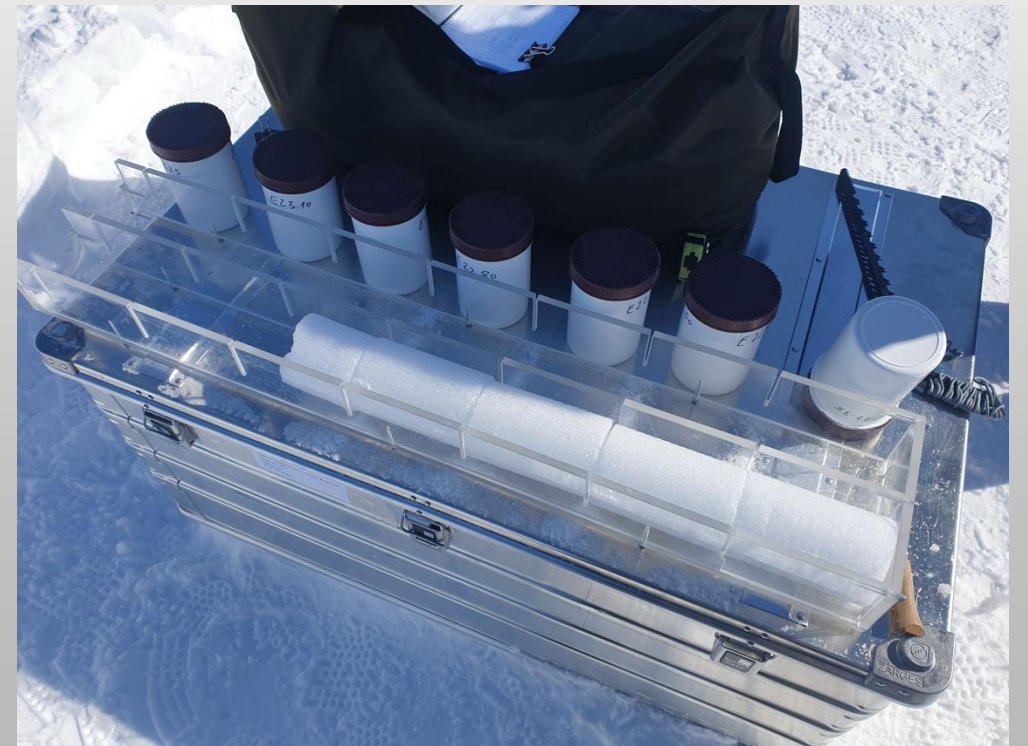
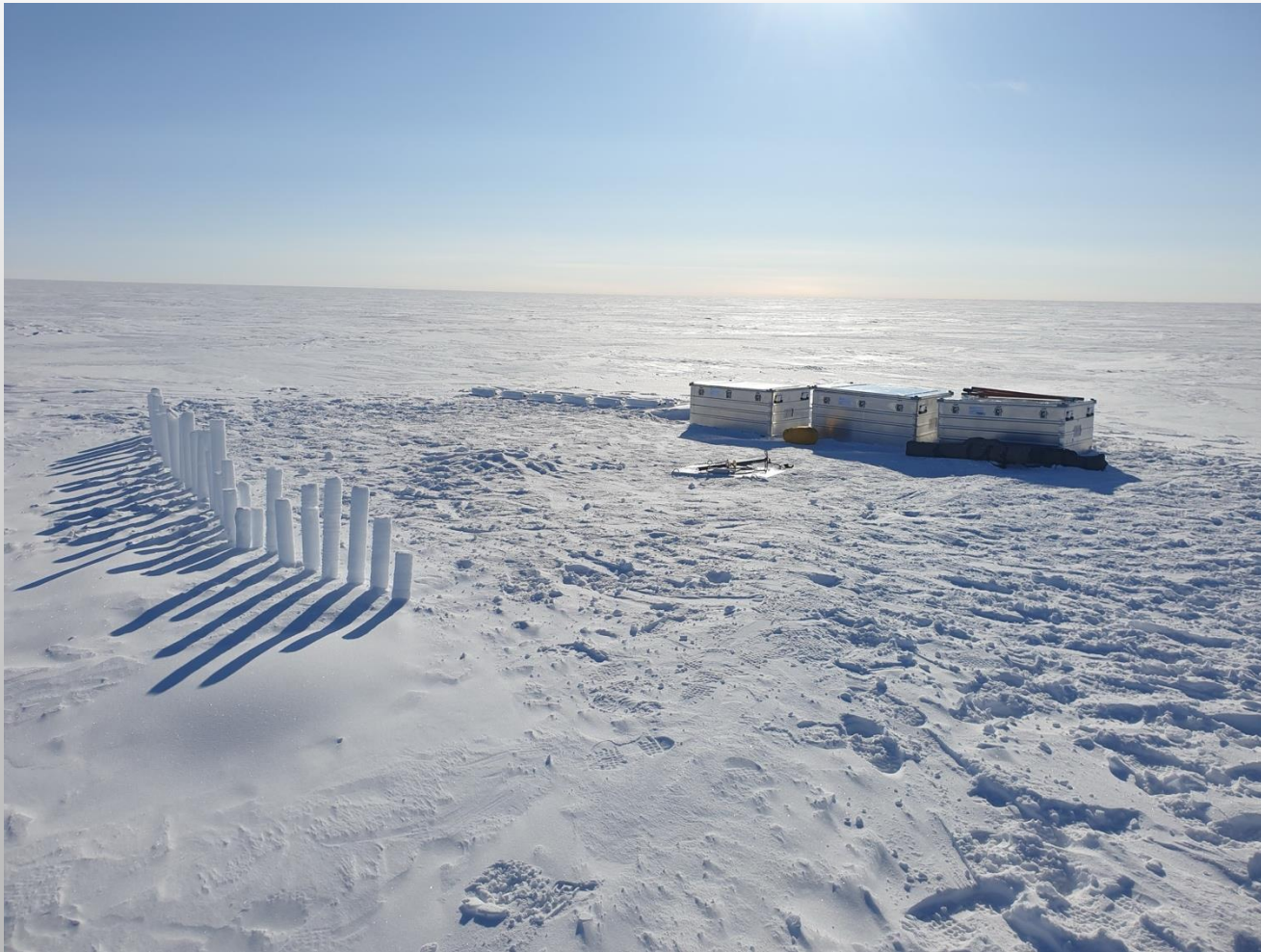
A naptevékenység által kiváltott trícium beszlése

SVÁJCI-OLASZ ALPOK

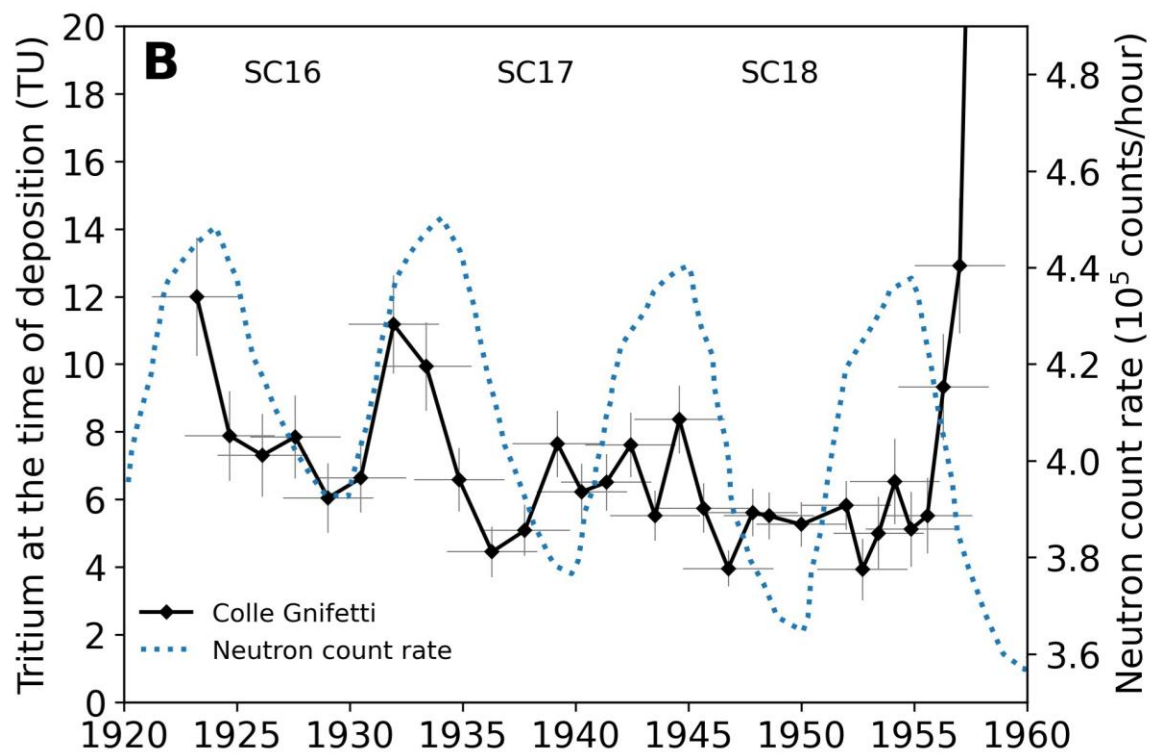
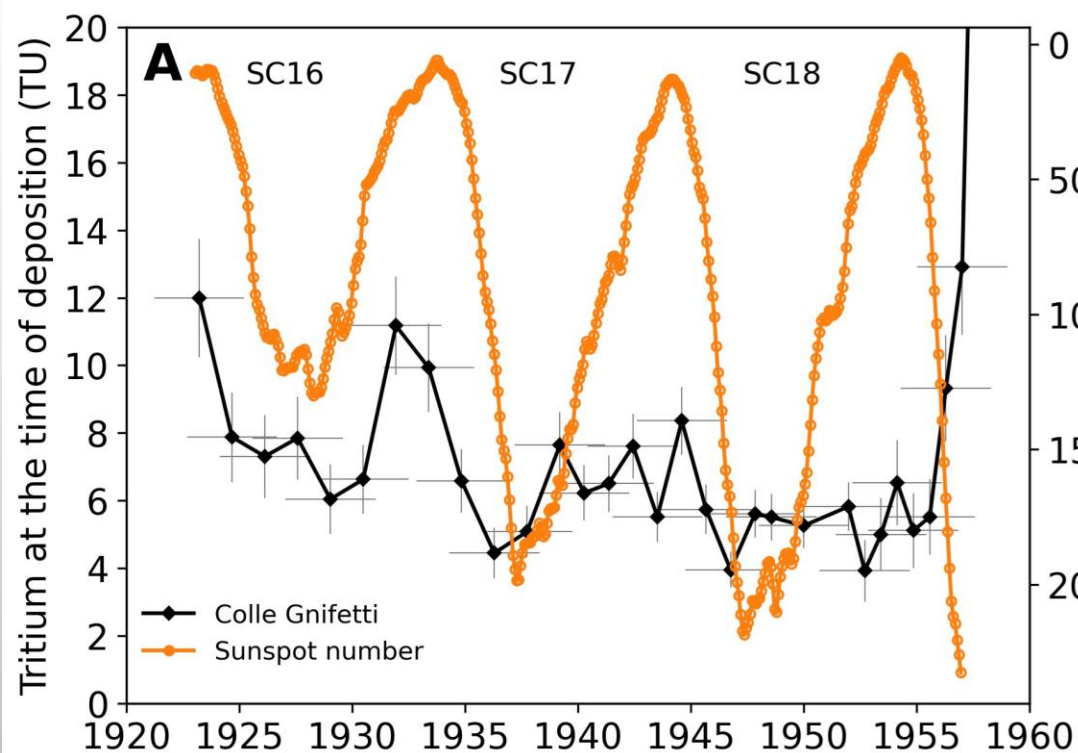
Colle Gnifetti gleccser



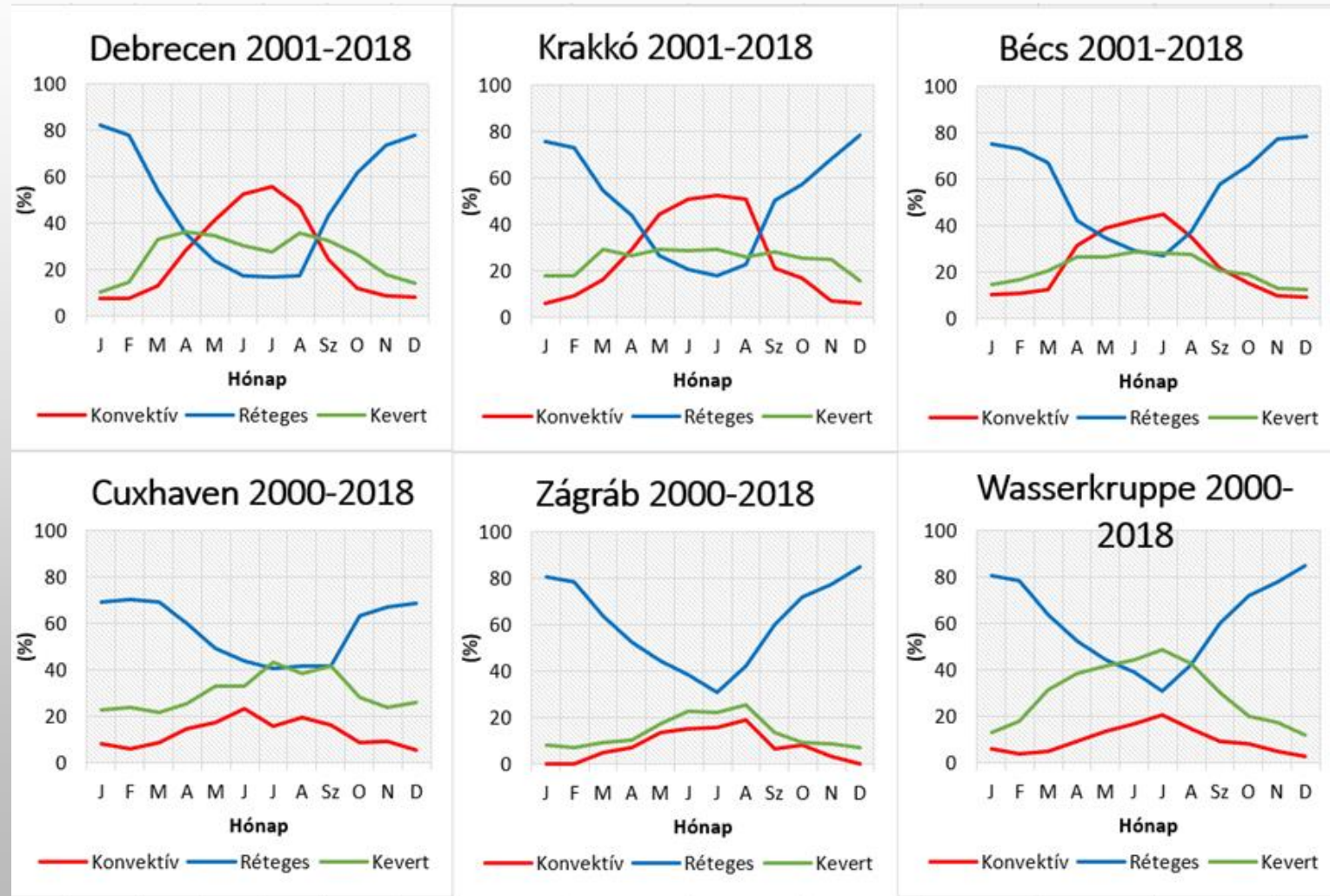
GRÖNLANDI EXPEDÍCIÓ



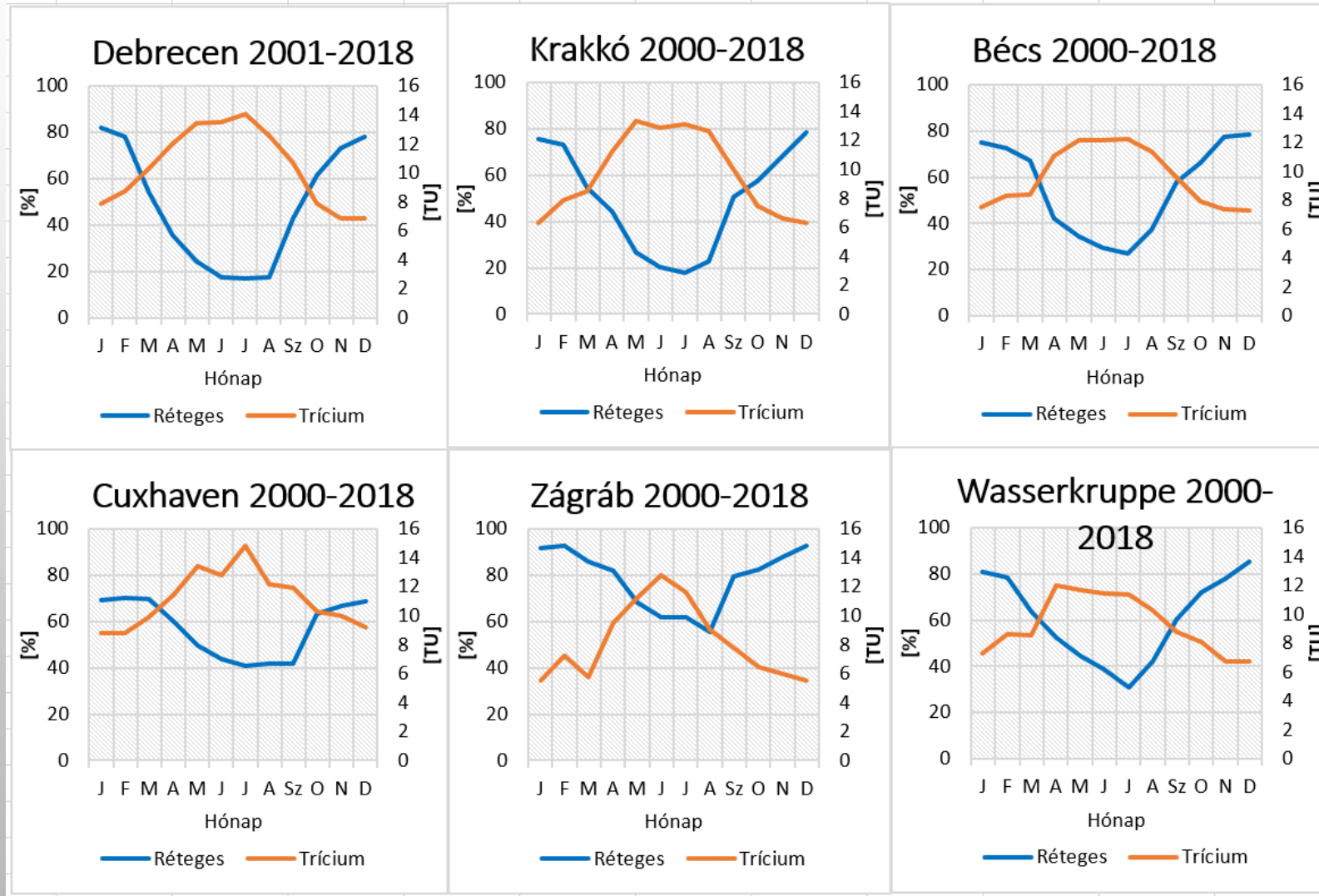
COLLE GNIFETTI TRÍCIUM IDŐSOR



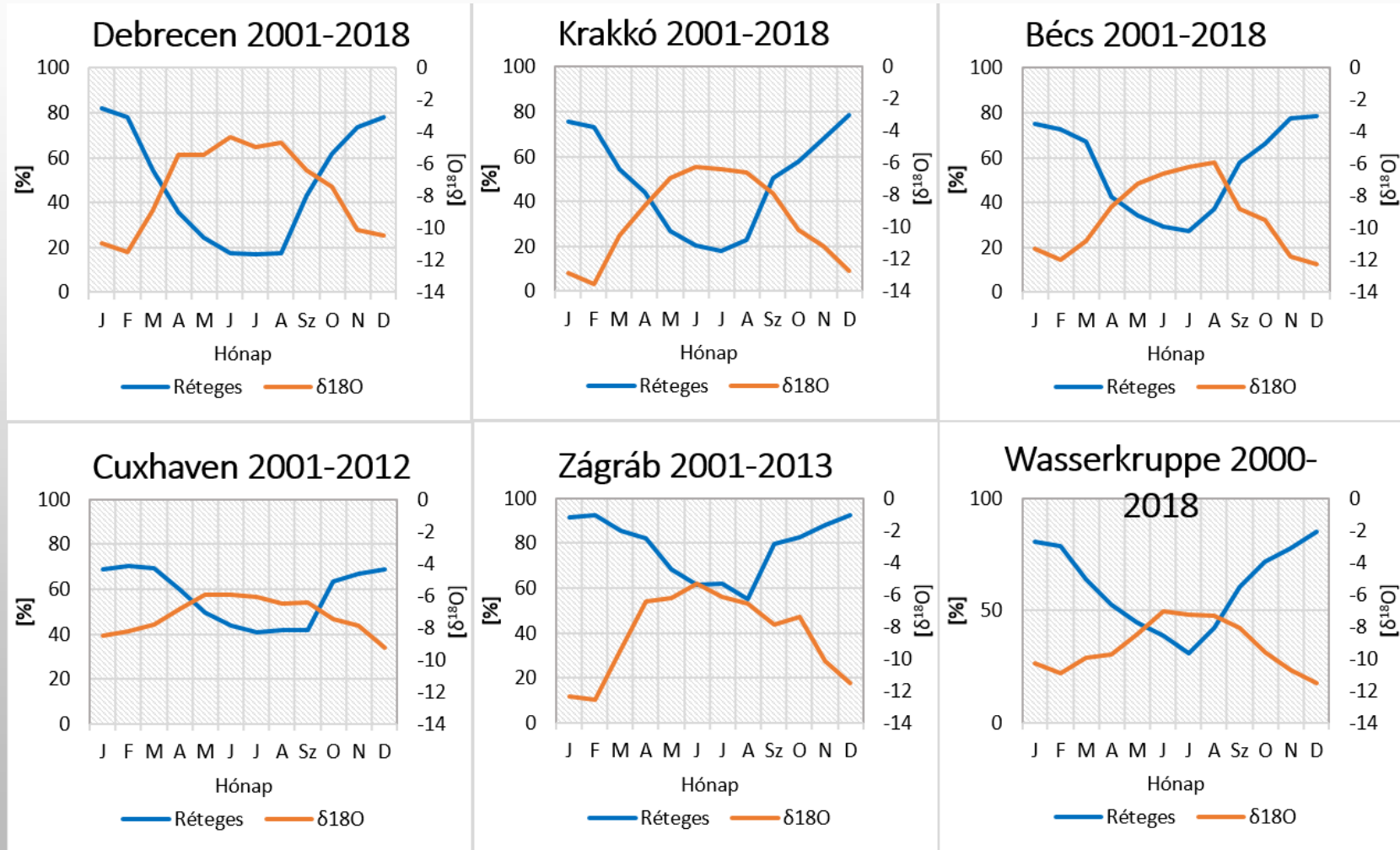
KONVEKTÍV, RÉTEG- ÉS KEVERT FELHŐTÍPUSOKBÓL HULLÓ CSAPADÉK GYAKORISÁGA HAVI BONTÁSBAN, MEGFIGYELÉSEK ALAPJÁN



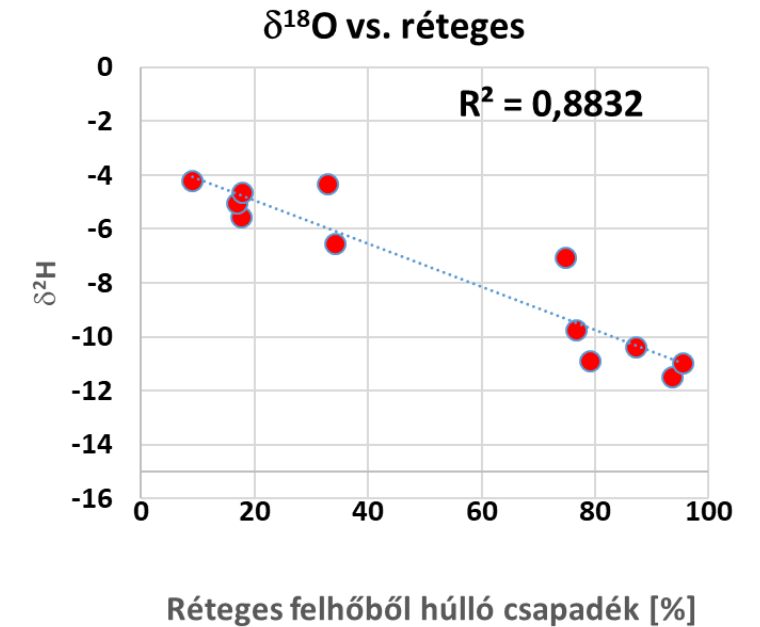
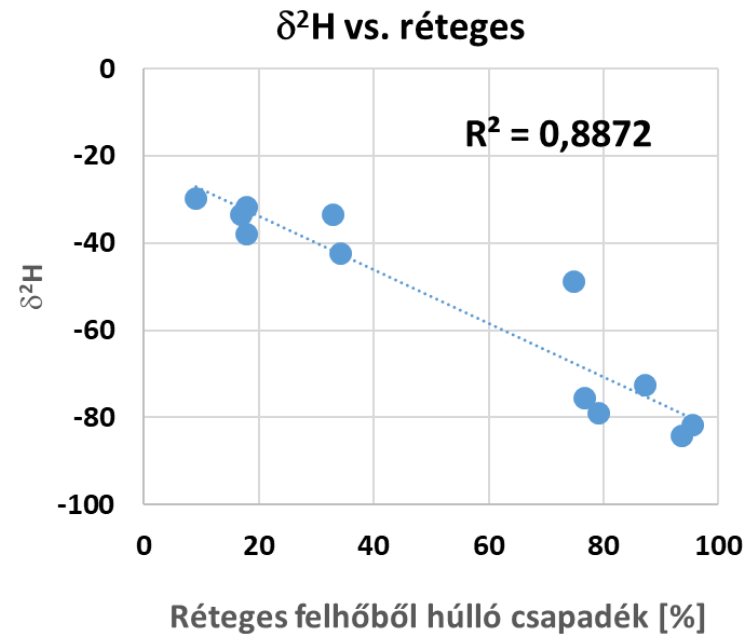
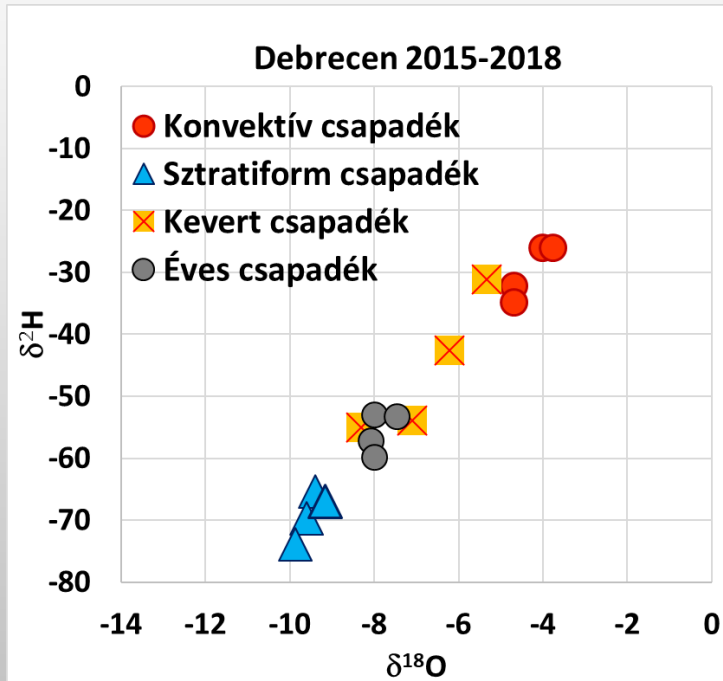
A TRÍCIUM KONCENTRÁCIÓ ÉS RÉTEGFELHŐBŐL HULLÓ CSAPADÉK SZÁZALÉKOS ARÁNYA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS



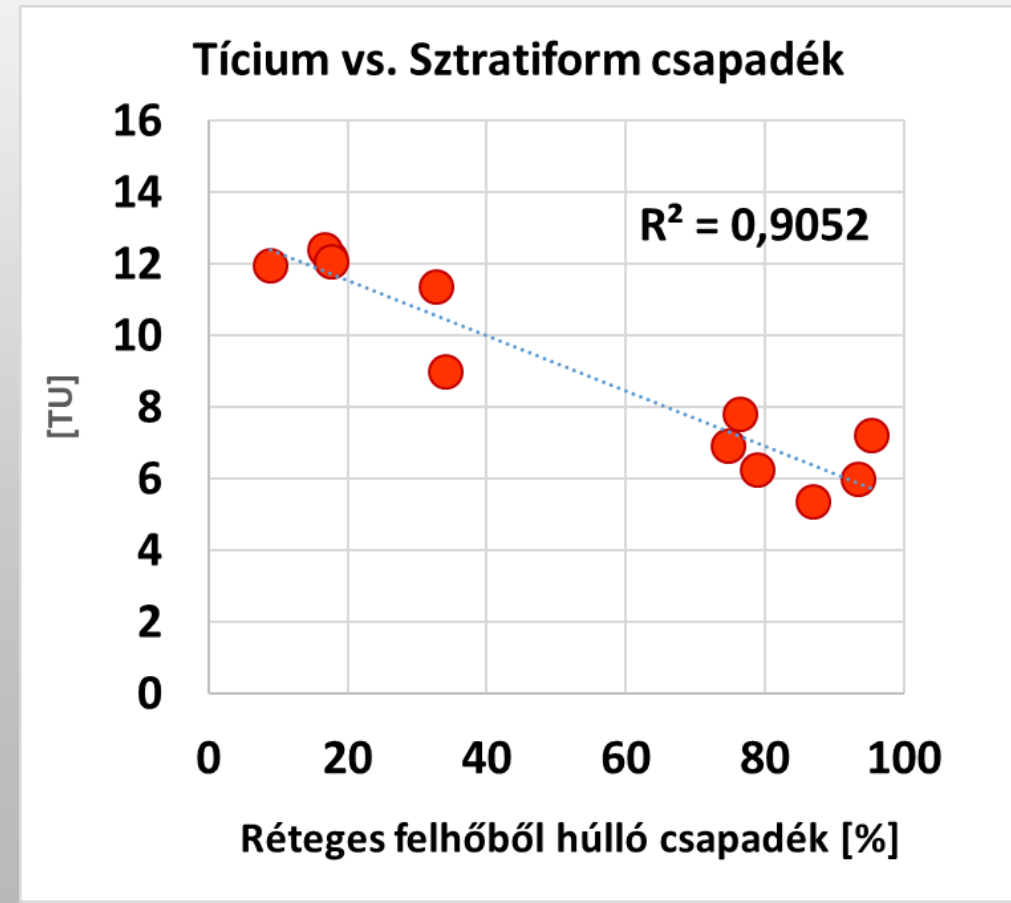
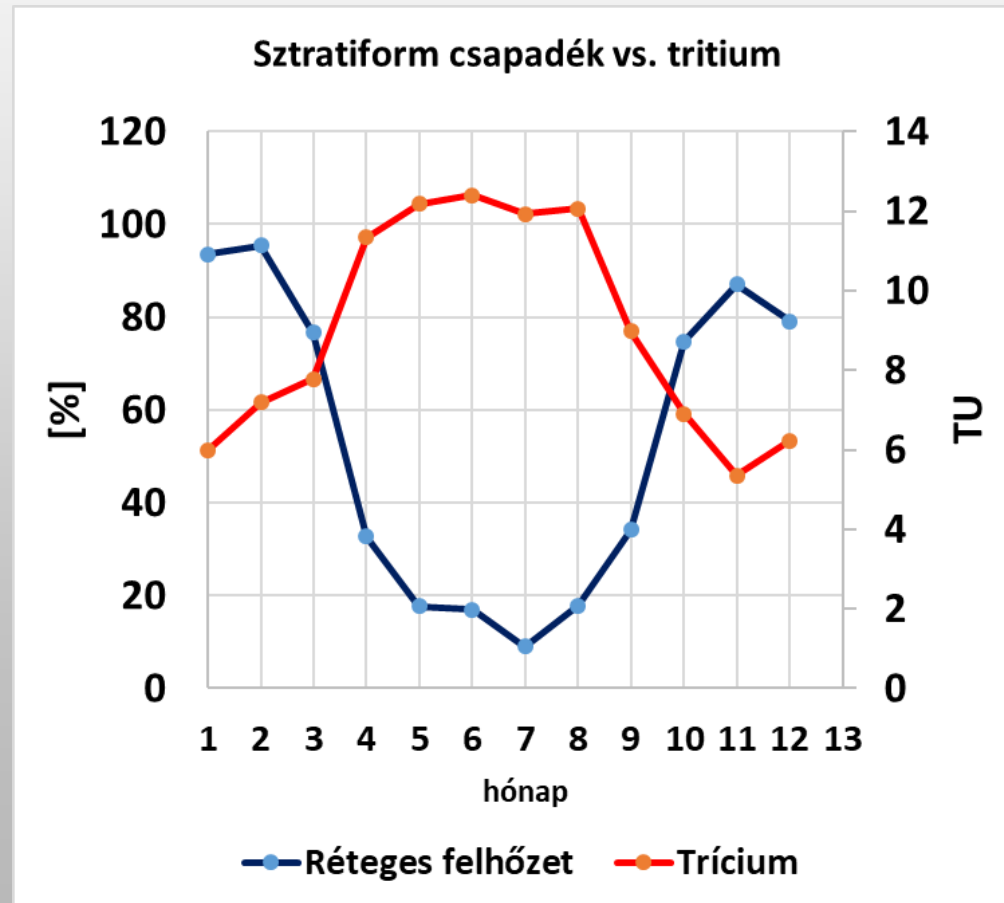
A $\Delta^{18}\text{O}$ ÉRTÉKEK ÉS RÉTEGFELHŐ CSAPADÉK SZÁZALÉKOS ARÁNYA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS



A $\Delta^2\text{H}$ ÉS $\Delta^{18}\text{O}$ KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS NAPI ÁTLAGOLT ÉRTÉKEK ALAPJÁN



A TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓ ÉS RÉTEGFELHŐ CSAPADÉK SZÁZALÉKOS ARÁNYA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS



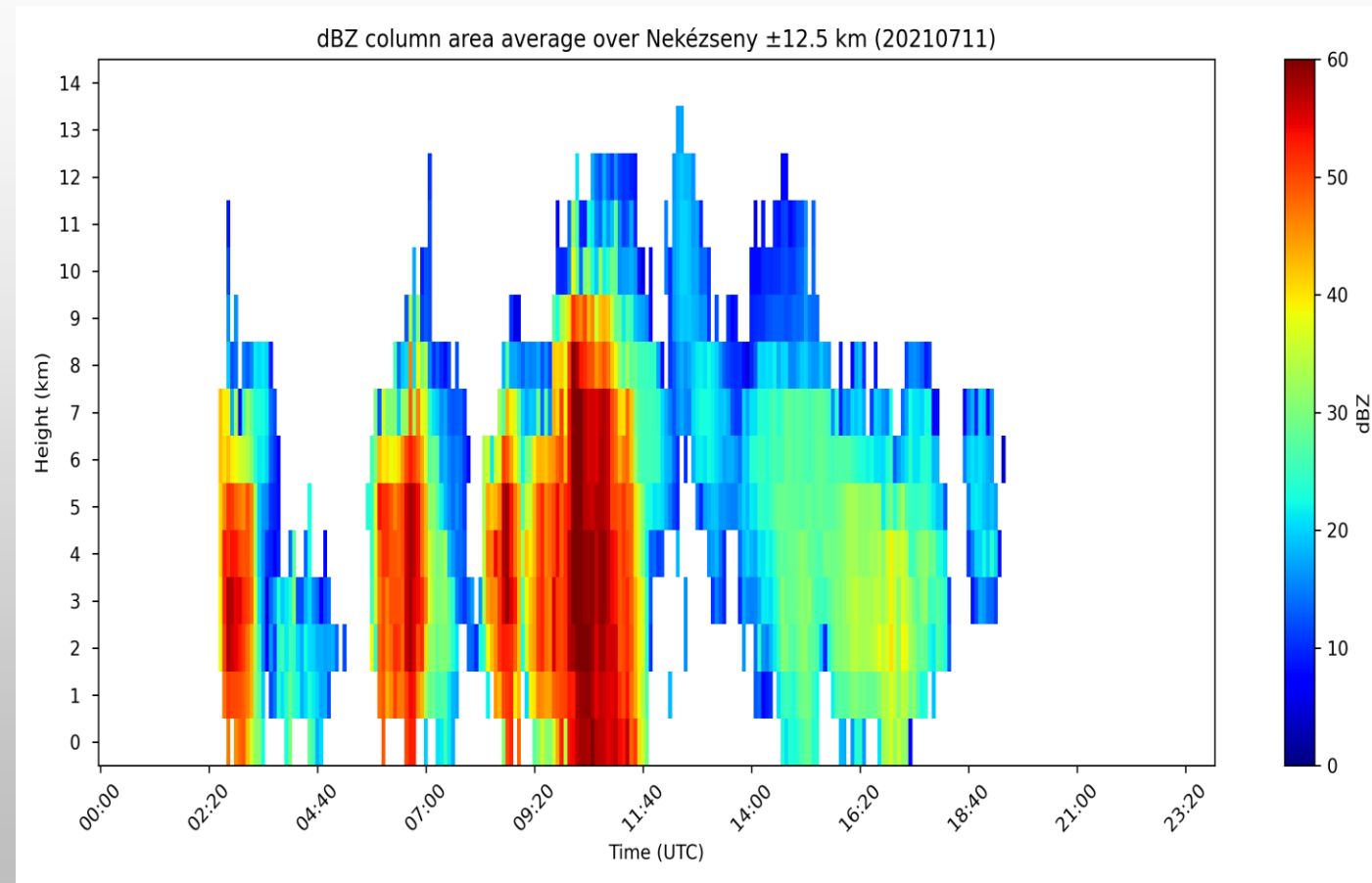
CSAPADÉKTÍPUS-OSZTÁLYOZÁS ÉS A LÉGKÖRI VÍZ ÚJRAHASZNOSÍTÁS

OSZTÁLYOZÁSI MÓDSZER :

- **KONVEKTÍV:** MAX DBZ ≥ 40 ÉS A 40 DBZ SZINT MAGASSÁGA ≥ 3 KM
- **KEVERT:** MAX DBZ = 30–39,9 ÉS A 30 DBZ SZINT MAGASSÁGA ≥ 5 KM
- **SZTRATIFORM:** MAX DBZ = 20–39,9 ÉS A 30 DBZ SZINT MAGASSÁGA < 5 KM, VAGY MAX DBZ < 20

ÚJRAHASZNOSÍTÁS DETEKTÁLÁSA:

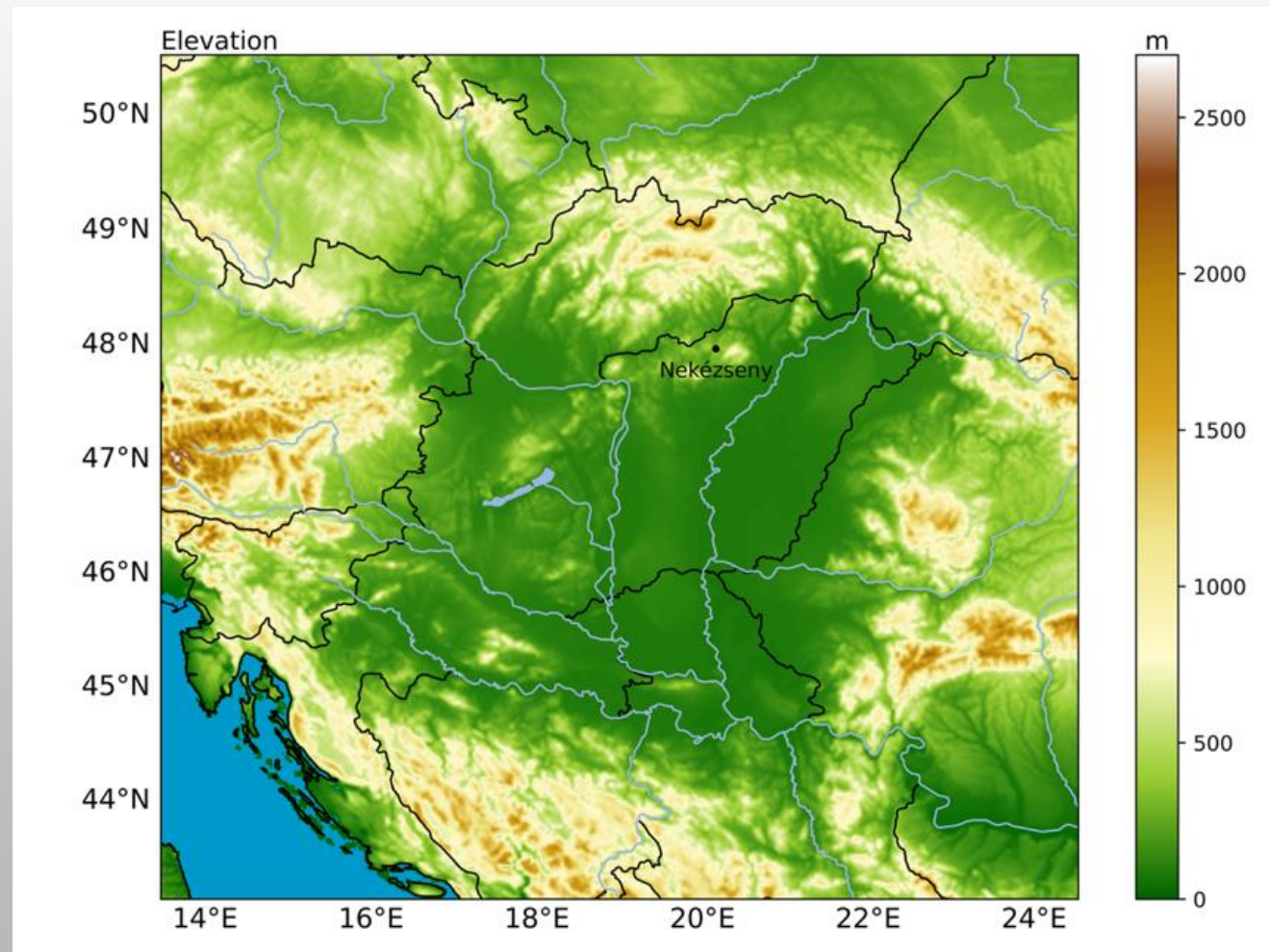
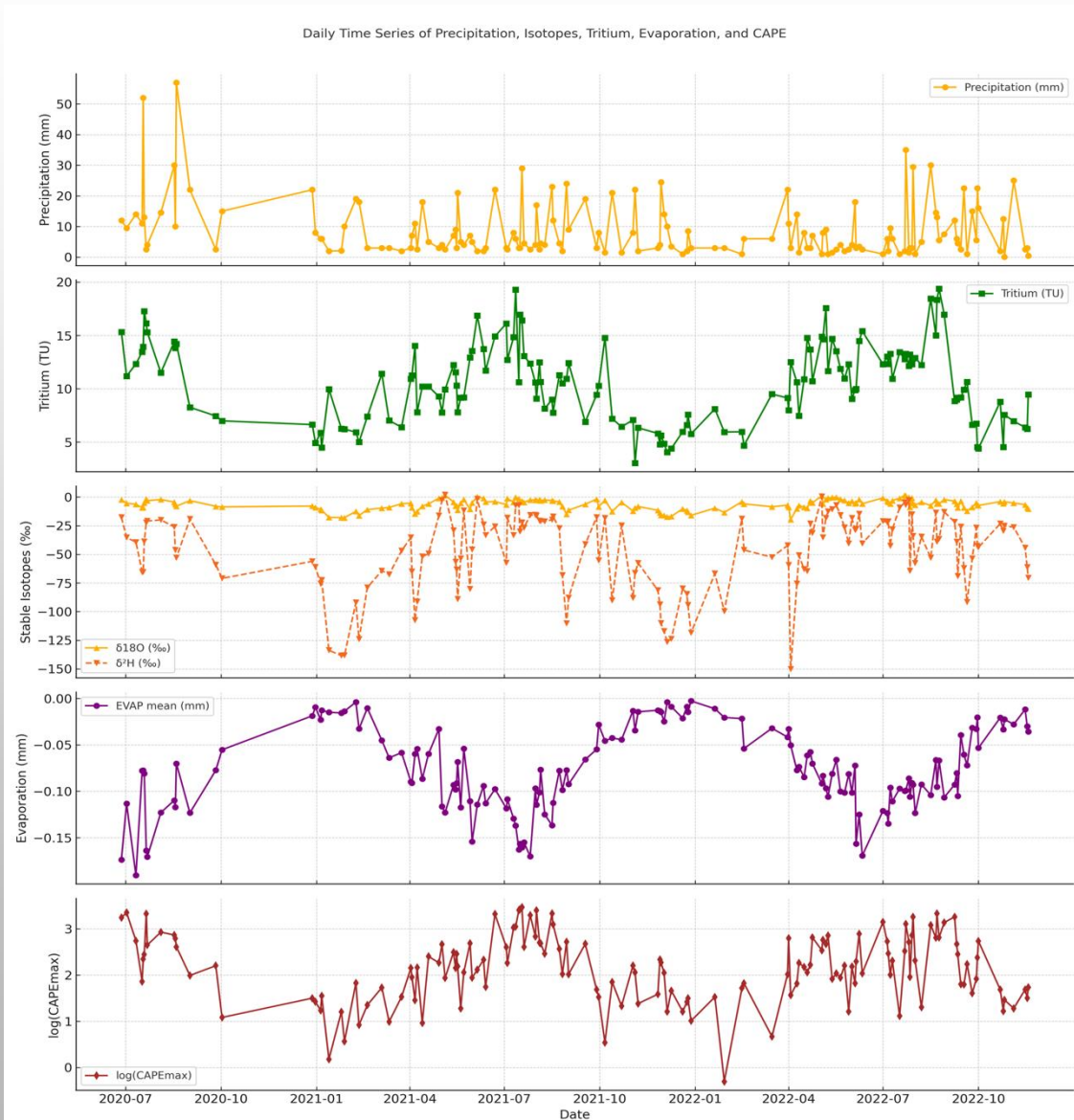
- A KONVEKTÍV „EPIZÓD” EGY VAGY TÖBB EGYMÁST KÖVETŐ KONVEKTÍV ÓRÁBÓL ÁLL.
- HA A KONVEKTÍV PERIÓDUS MEGSZAKAD (≥ 1 ÓRÁS SZÜNET), AKKOR ÚJ ESEMÉNYKÉNT KERÜL SZÁMLÁLÁSRA.
- A NAPONTA ELŐFORDULÓ KONVEKTÍV EPIZÓDOK SZÁMA ADJA A „RECYCLING COUNT” ÉRTÉKET.



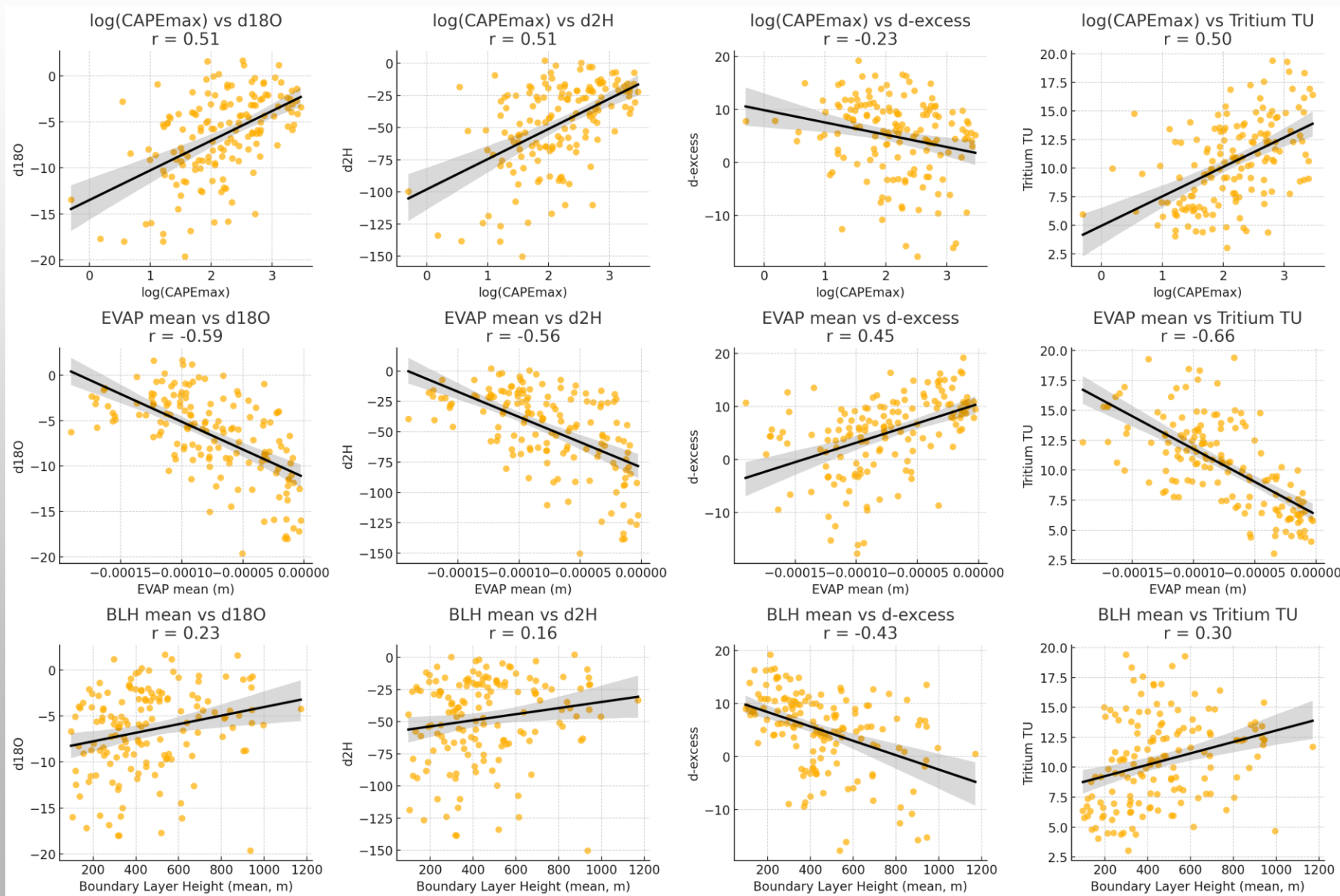
TIPIKUS DBZ ÉRTÉKEK ÉS JELENTÉSÜK

dBZ	Jelentés	Csapadékintenzitás
0–10 dBZ	nagyon gyenge jel	köd, szitálás
10–20 dBZ	gyenge	szitálás, gyenge eső
20–30 dBZ	mérsékelt	mérsékelt eső
30–40 dBZ	közepes–erős	eső, zápor
40–50 dBZ	erős	erős zápor, zivatar
50–60 dBZ	nagyon erős	jégeső valószínű
> 60 dBZ	extrém	nagy jég, szupercellák

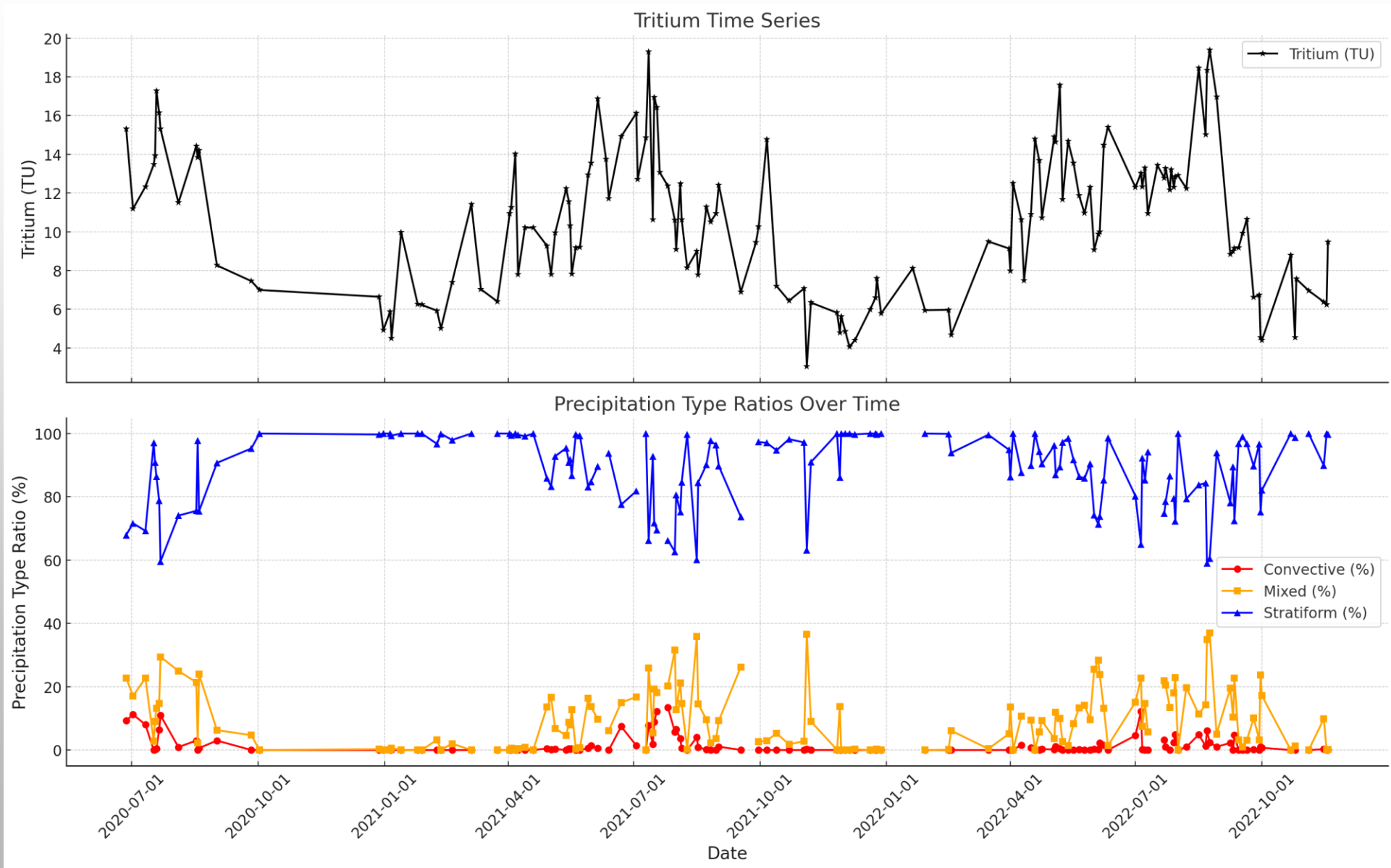
A VIZSGÁLATI IDŐSZAK ALATT NEKÉZSENYBEN MÉRT ÉS AZ ERA5-BŐL SZÁRMAZTATOTT LÉGKÖRI PARAMÉTEREK NAPI IDŐSORT ÁBRÁZOLÓ GRAFIKONJAI.



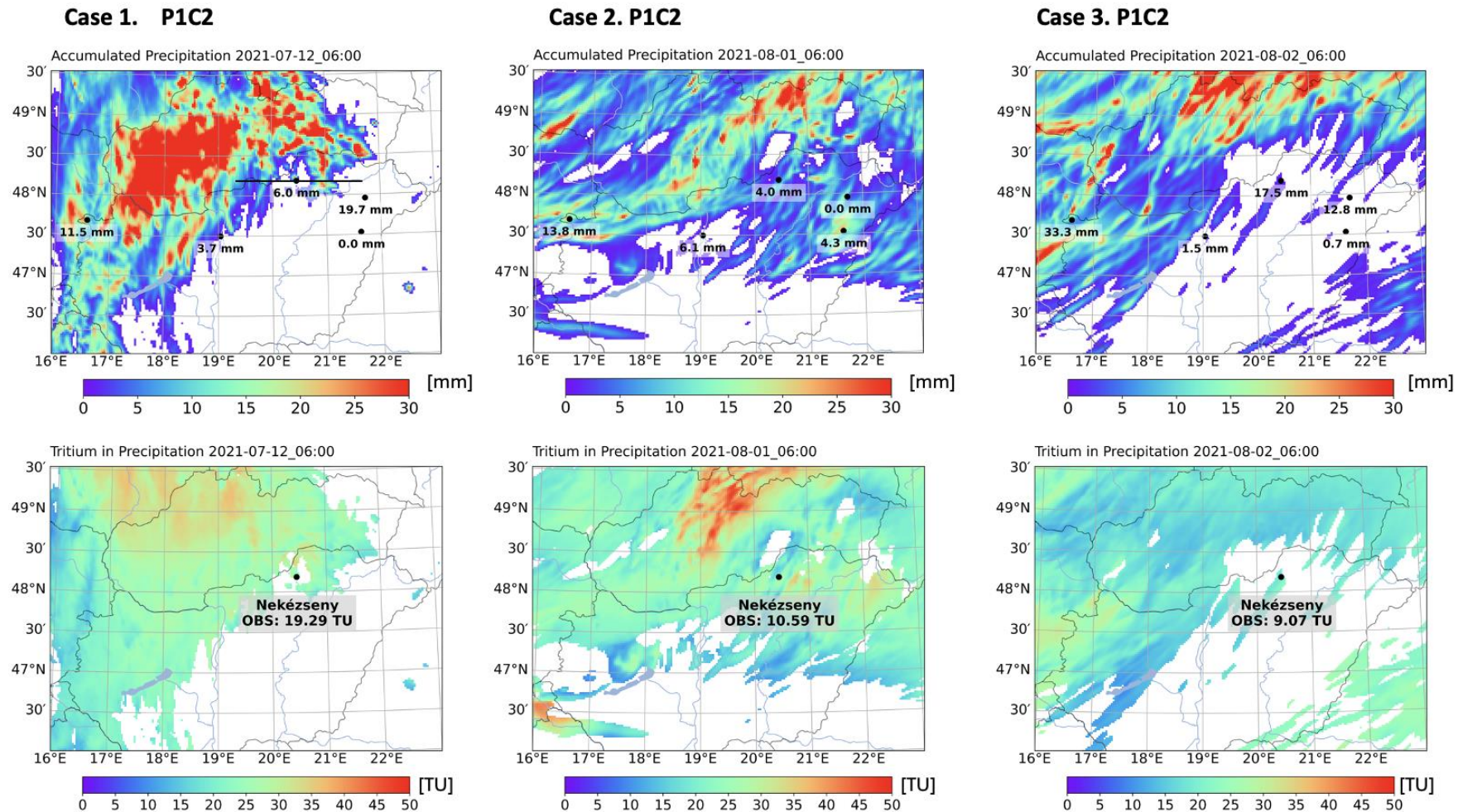
A STABIL OXIGÉNIZOTÓP-ÖSSZETÉTEL ÉS A TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓ KAPCSOLATA A METEOROLÓGIAI PARAMÉTEREKSEL



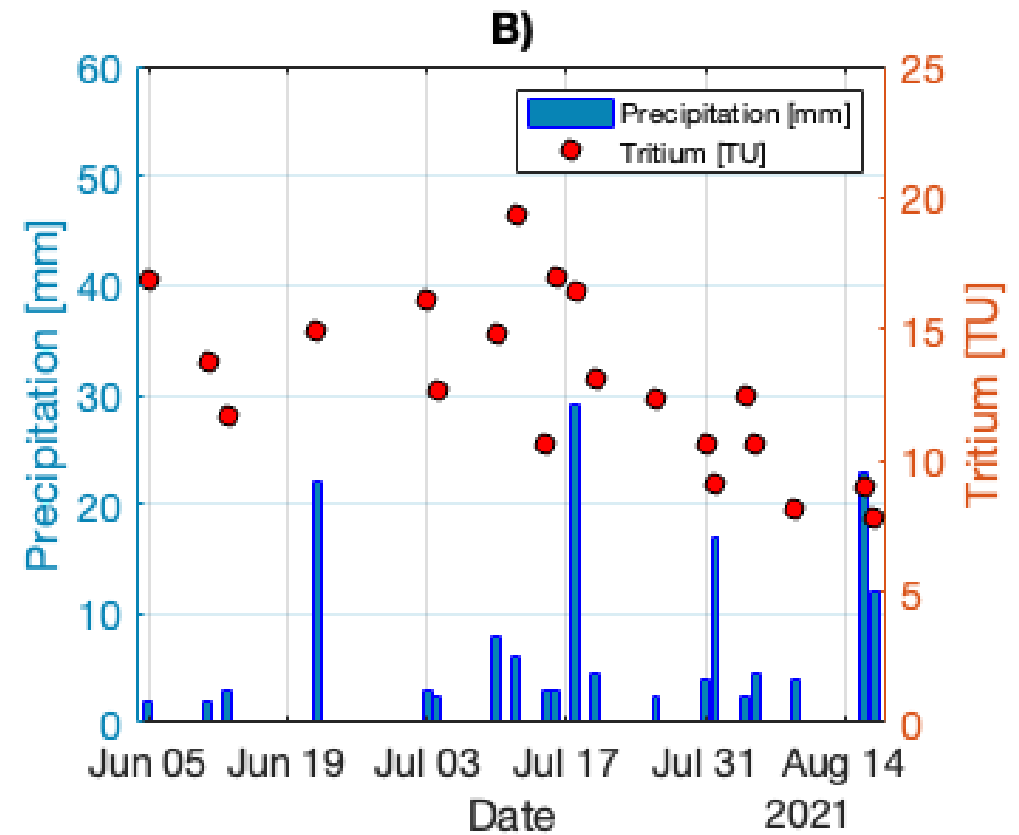
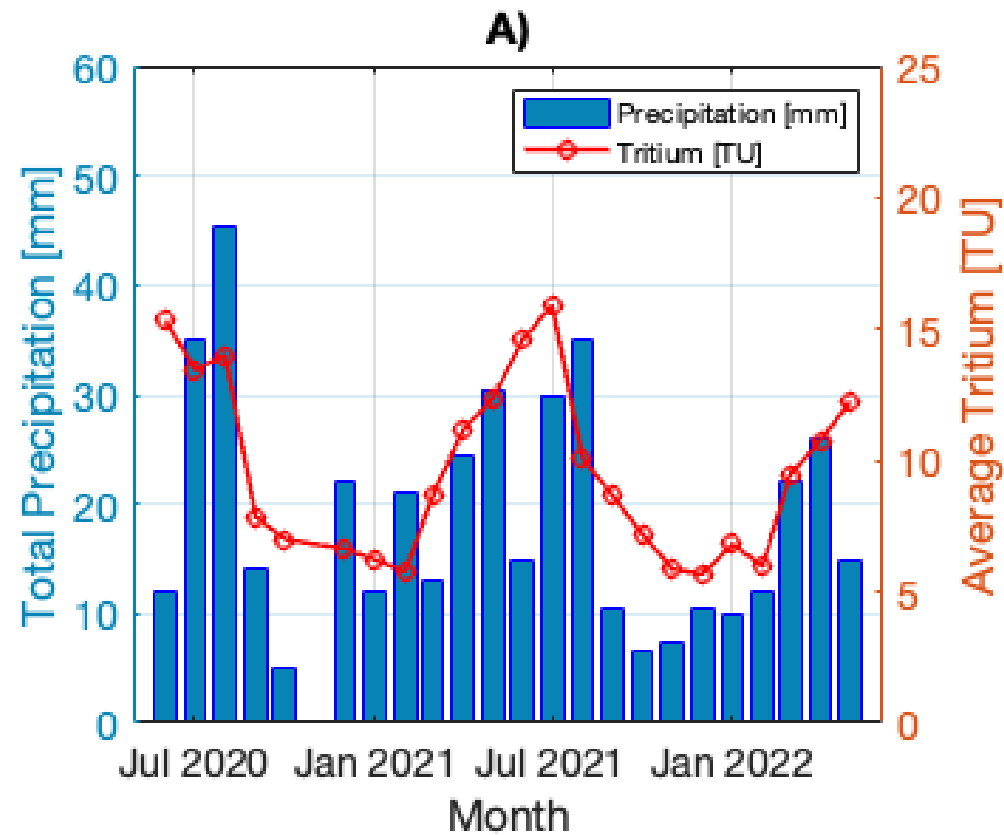
A TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓ ÉS A RADARMÉRÉSEK KÖZÖTTI KAPCSOLAT



A SZIMULÁLT KUMULATÍV CSAPADÉK (FELSŐ SOR), VALAMINT A FELSZÍNI KUMULATÍV CSAPADÉKBAN MÉRT SZIMULÁLT TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓ (ALSÓ SOR).



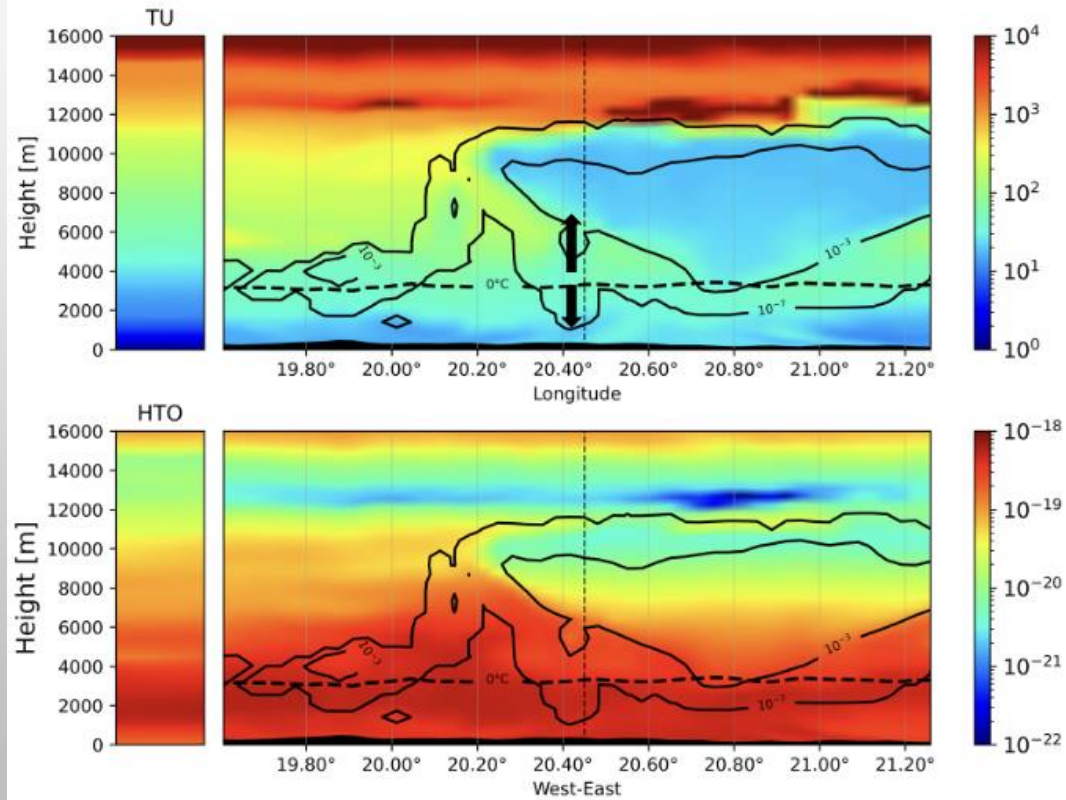
A TRÍCIUM RÖVID TÁVÚ VÁLTOZÁSA



NYUGAT-KELETI METSZET A VÍZGŐZ TRÍCIUM ÉS HTO ÉRTÉKEKRŐL NEKÉZSENY FELETT

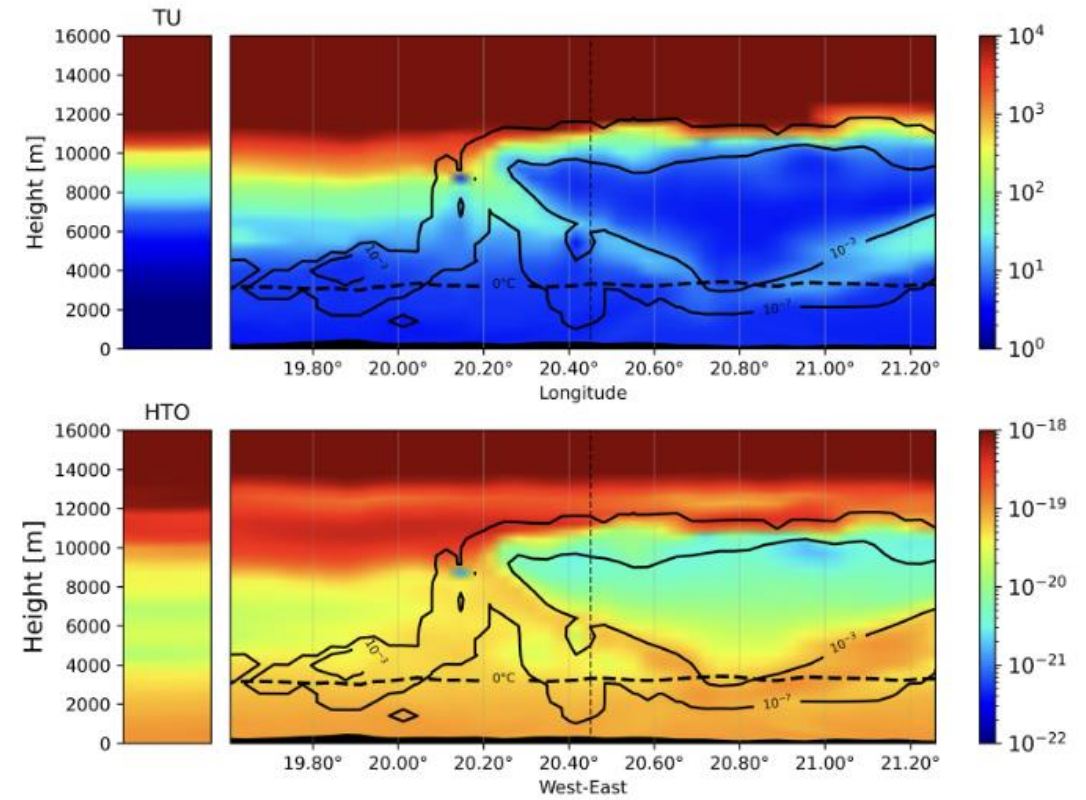
Case1: P1C2

2021-07-11_16:00:00 VAPOR



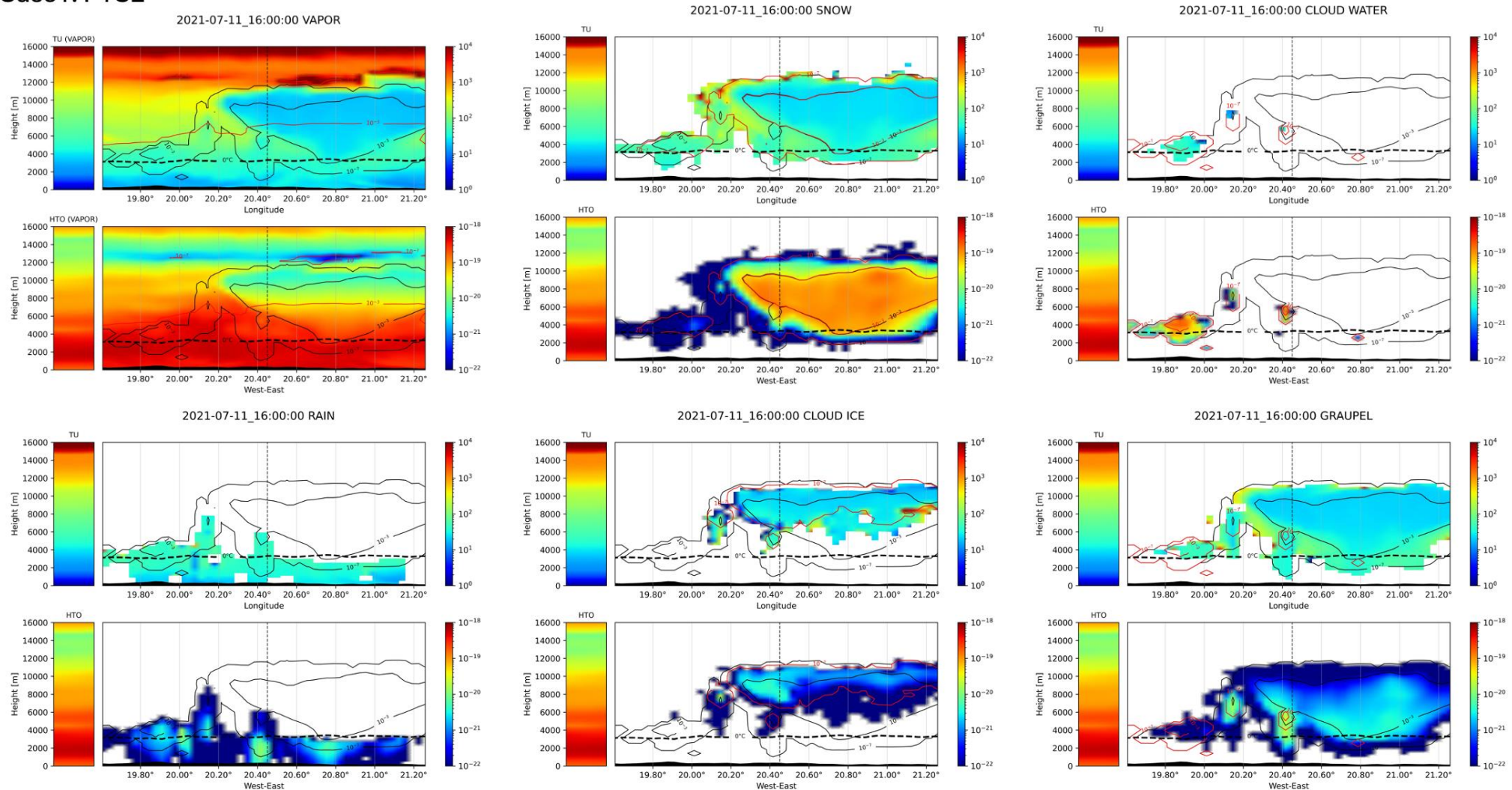
Case1: P2C2

2021-07-11_16:00:00 VAPOR



A HIDROMETEORFÁZISOK NYUGAT-KELETI ELOSZLÁSA A 2021. JÚLIUS 11-I KONVEKTÍV ESEMÉNY SORÁN (CASE1: P1C1). FEKETE KONTÚR: ÖSSZES HIDROMETEOR (FELHŐVÍZ + FELHŐJÉG + HÓ + GRAUPEL).

Case1: P1C2



Történelmi mérések

Az ismert keltezésű borok tríciumelemzése egy másik módszert jelent a korábbi csapadék tríciumszint rekonstruálására.

Ehhez a megközelítéshez ismerni kell a korrelációt, valóban létezik a csapadék és a bor trícium-koncentrációja között, a talaj-növény-légkör rendszerben zajló transzferfolyamatokkal kapcsolatban.

Kaufmann és Libby, 1954-től származik az az ötlet, hogy borméréseket alkalmazzanak a környezet korábbi tríciumkoncentrációinak becslésére.

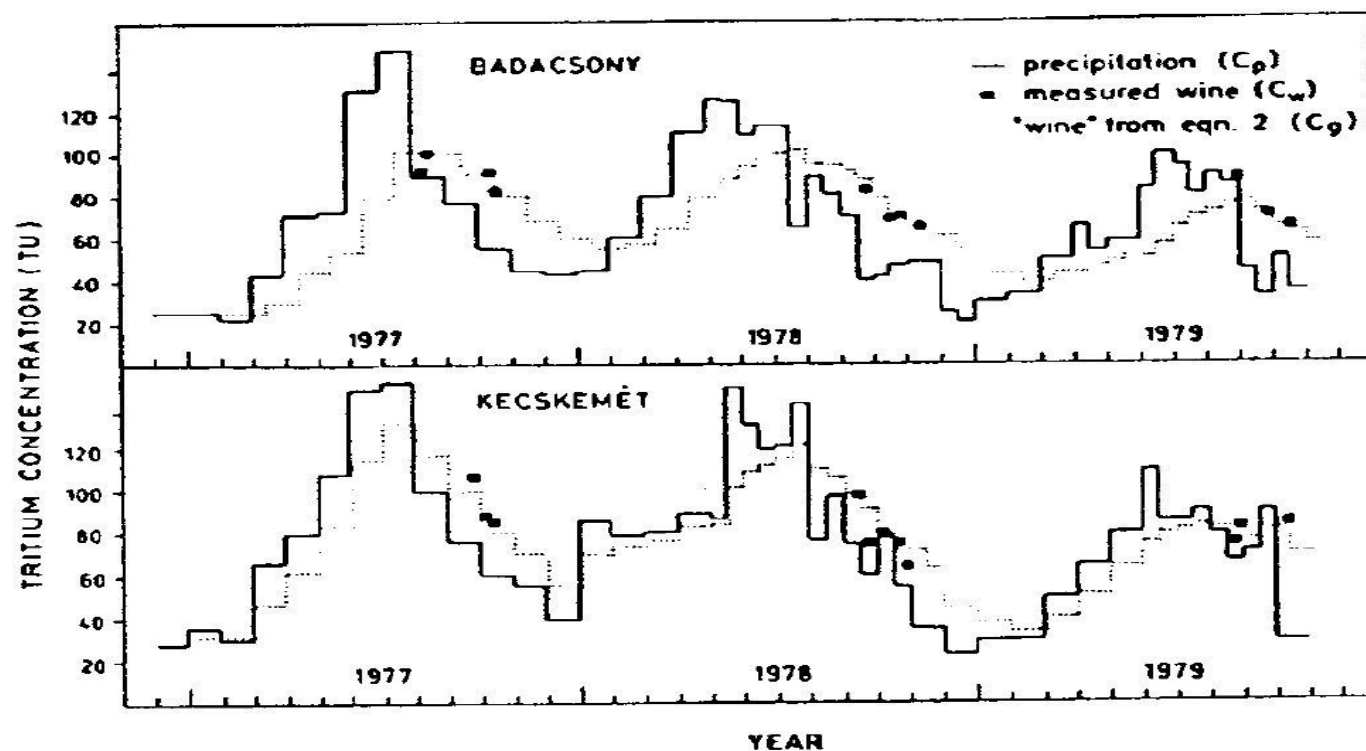
E. Vintage wines		
55	Widmer's New York Riesling wine, Vintage 1940, Naples, New York.	3.2 ± 0.2 (6.6 ± 0.4)
62	Widmer's New York Riesling wine, Vintage 1946, Naples, New York.	3.63 ± 0.16 (5.4 ± 0.3)
54	Widmer's New York Riesling wine, Vintage 1952, Naples, New York.	5.3 ± 0.3 (5.6 ± 0.3)
63	Hermitage Rhone wine, Vintage 1929, Tain, Drôme, France.	1.13 ± 0.38 (4.3 ± 1.4)
64	Hermitage Rhone wine, Vintage 1942, Tain, Drôme, France.	2.15 ± 0.21 (3.92 ± 0.4)
65	Hermitage Rhone wine, Vintage 1947, Tain, Drôme, France.	2.15 ± 0.28 (3.0 ± 0.3)
66	Hermitage Rhone wine, Vintage 1951, Tain, Drôme, France.	3.4 ± 0.4 (3.8 ± 0.5)
69	Chateau Laujac Bordeaux wine, Vintage 1928, France.	1.16 ± 0.16 (4.6 ± 0.7)
70	Chateau Laujac Bordeaux wine, Vintage 1934, France.	1.16 ± 0.30 (3.3 ± 0.9)
71	Chateau Laujac Bordeaux wine, Vintage 1939, France.	2.6 ± 0.4 (5.6 ± 0.9)
72	Chateau Laujac Bordeaux wine, Vintage 1945, France.	2.70 ± 0.18 (4.2 ± 0.3)

RECONSTRUCTION OF ENVIRONMENTAL TRITIUM LEVELS FROM WINE ANALYSIS

K. KOZÁK and T. BIRÓ

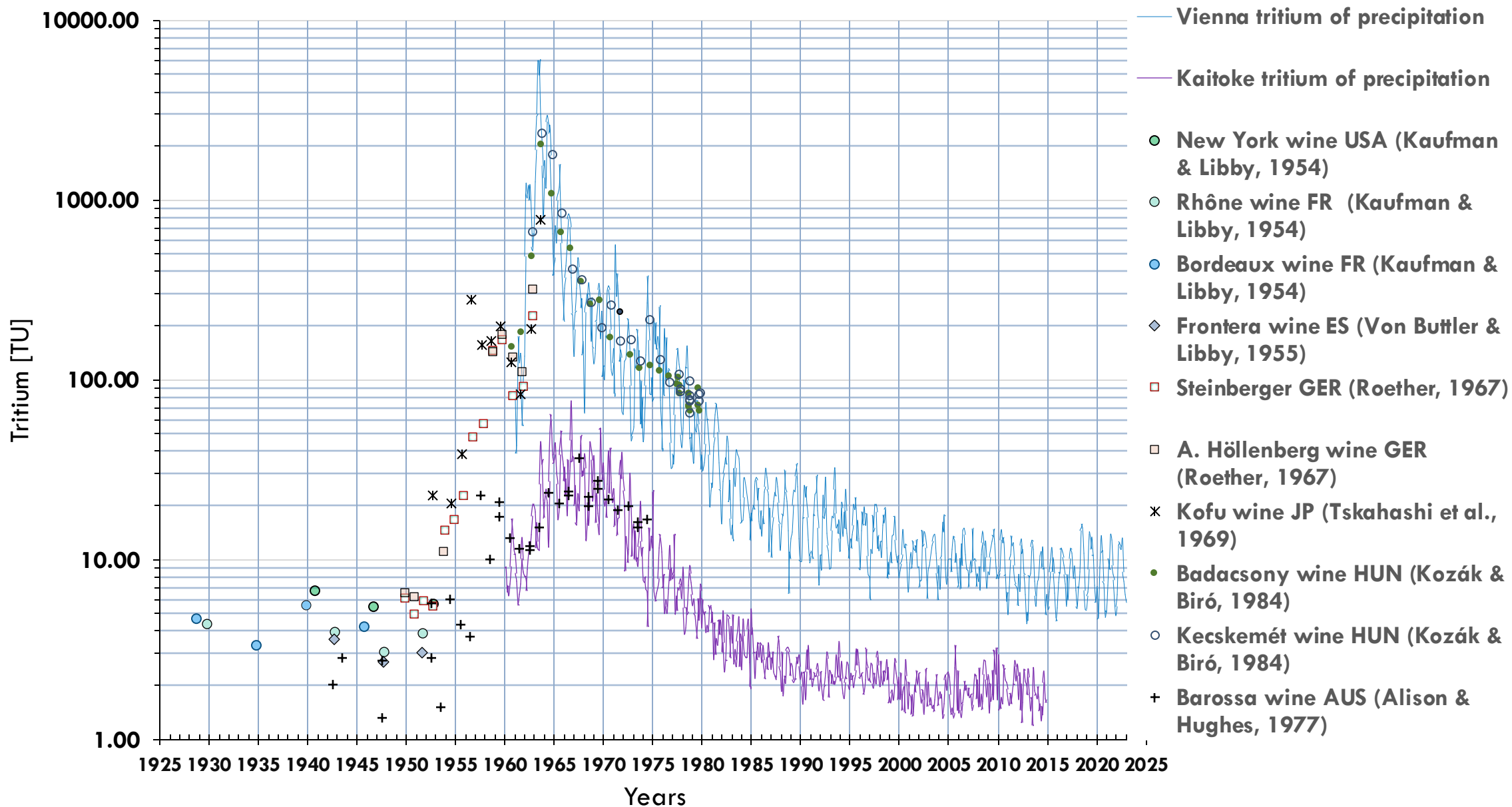
Institute of Isotopes, H-1525 Budapest, POB 77, Hungary

K. KOZÁK and T. BIRÓ

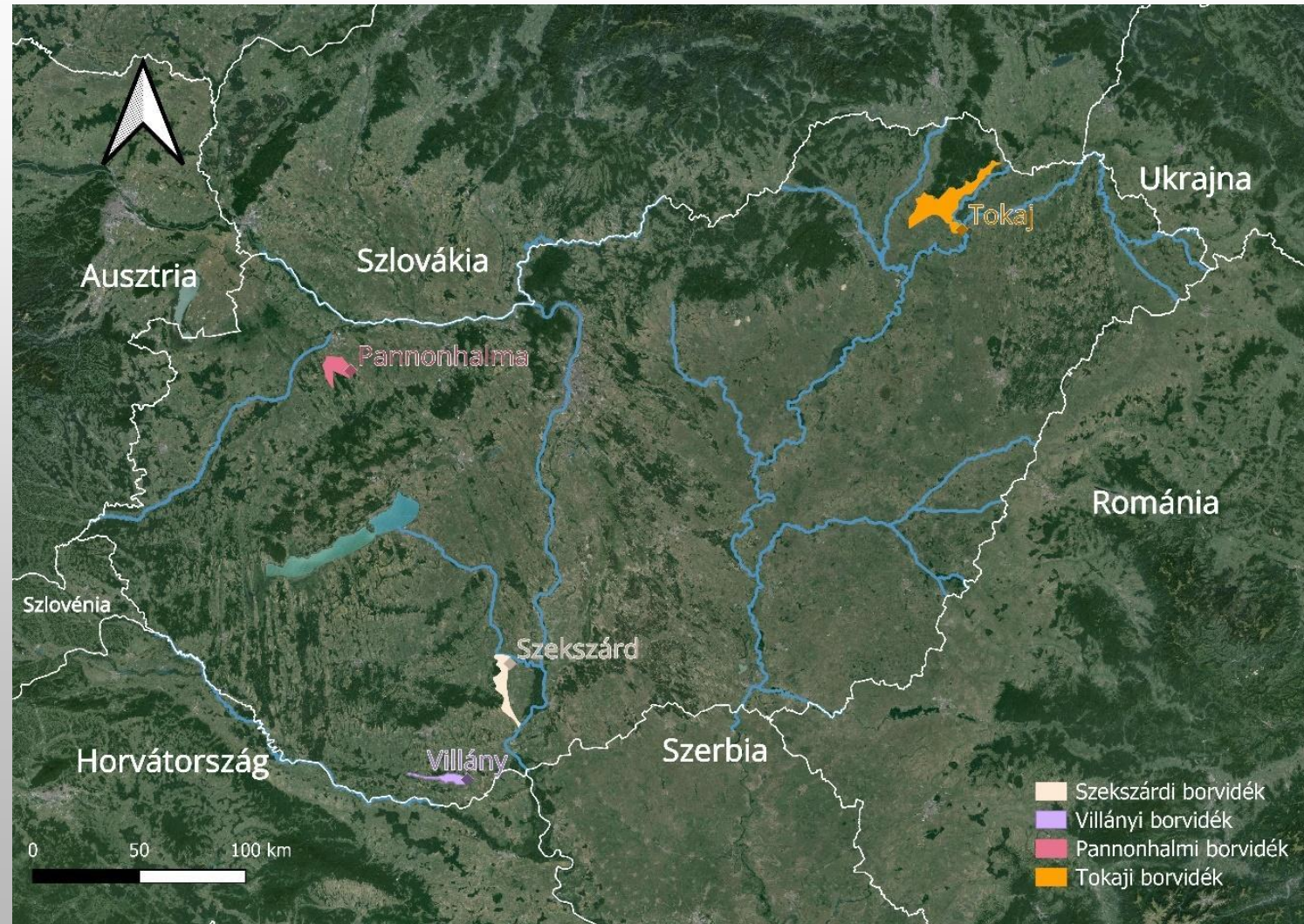


2. Distribution of hypothetical "wine" tritium derived from precipitation data compared with measured wine data.

Csapadék és a bortrícium



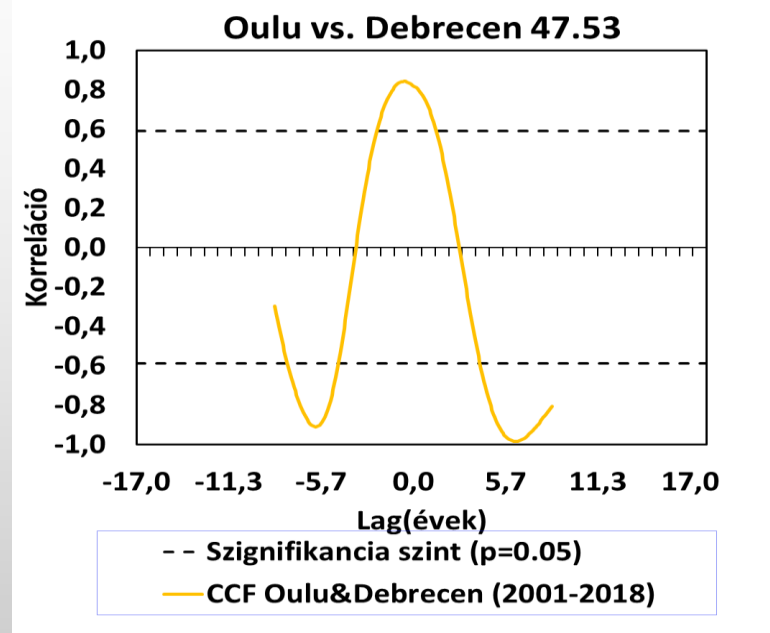
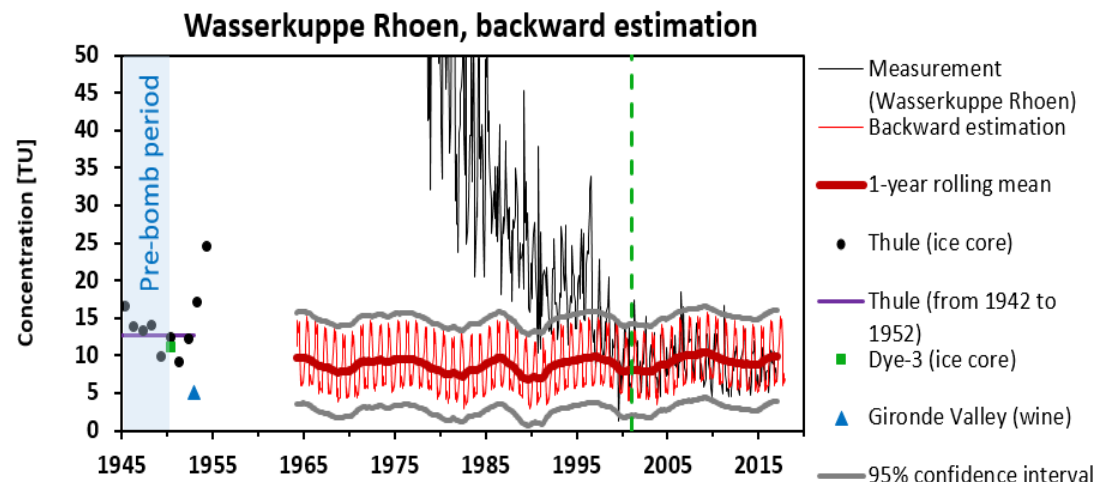
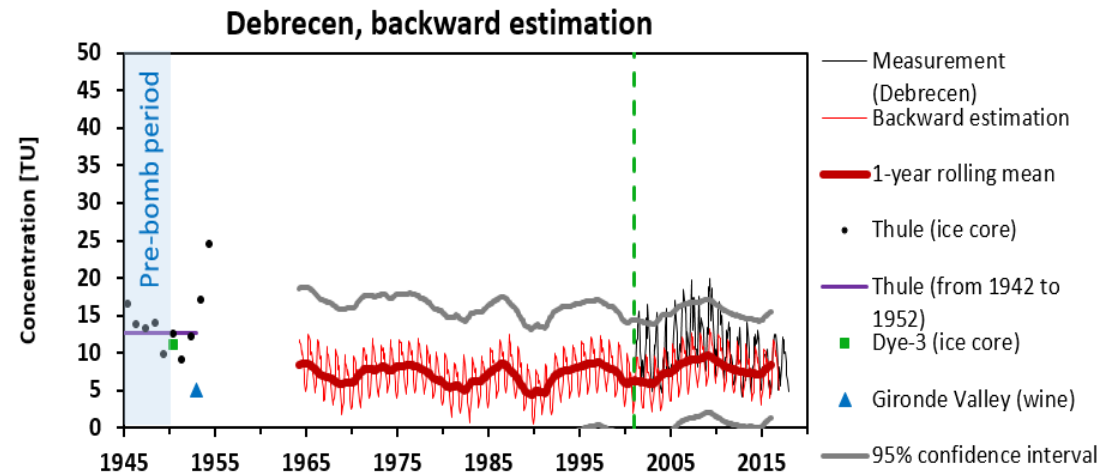
VIZSGÁLT TERÜLETEK



Módszer



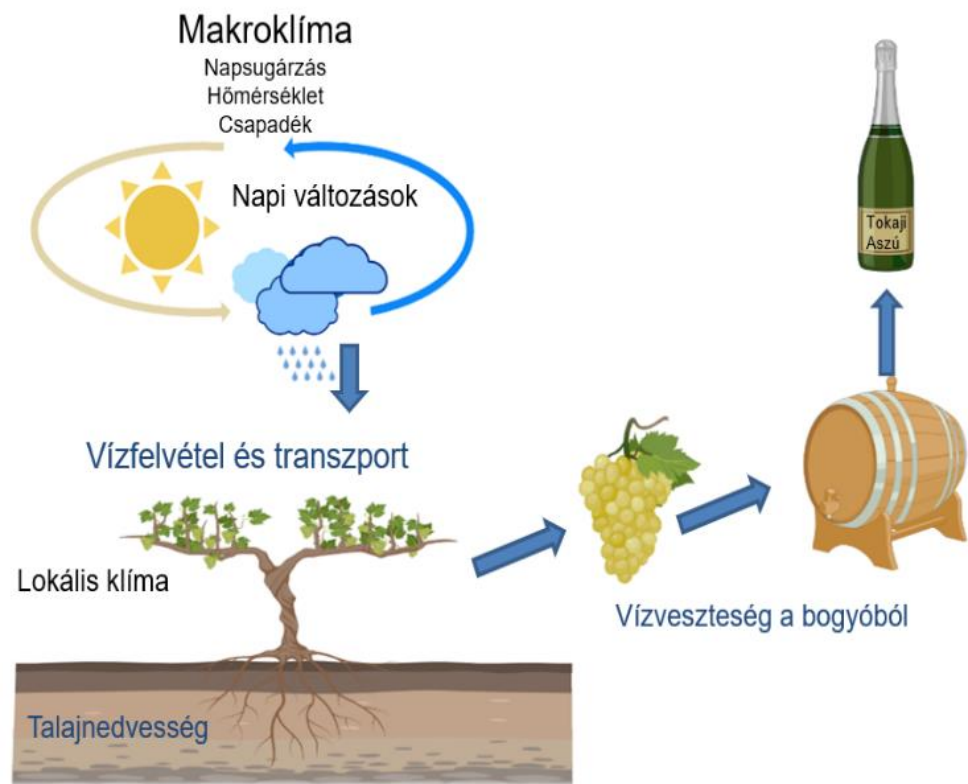
A neutronfluxus és a csapadék tríciumkoncentrációja közötti kapcsolat



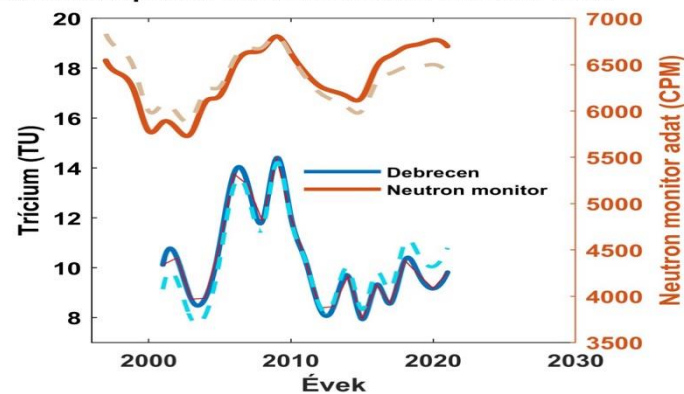
Palcsu, L., Morgenstern, U., Sültenfuss, J., Koltai, G., **László, E.**, Temovski, M., ... Jull, A.. 2018. [Modulation of Cosmogenic Tritium in Meteoric Precipitation by the 11-year Cycle of Solar Magnetic Field Activity](#). SCIENTIFIC REPORTS 8, 1, 12813. (D1 – IF: 4,011) [Paper](#)

László, E., Palcsu, L., Leelőssy, Á., 2020. [Estimation of the solar-induced natural variability of the tritium concentration of precipitation in the Northern and Southern Hemisphere](#). ATMOSPHERIC ENVIRONMENT, 233 117605. (Q1 – IF: 4,798) [Paper](#)

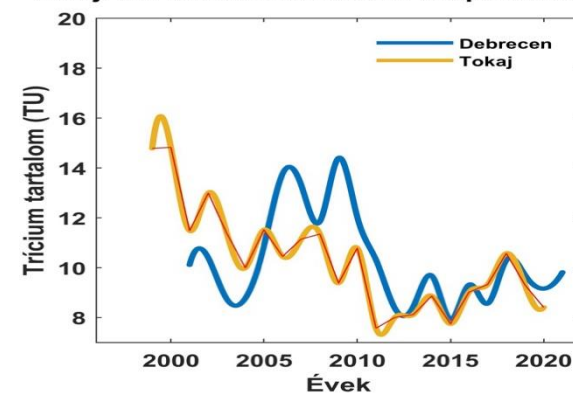
NAPTEVÉKENYSÉG ÉS A BORTRÍCIUM IDŐSOR KAPCSOLATA



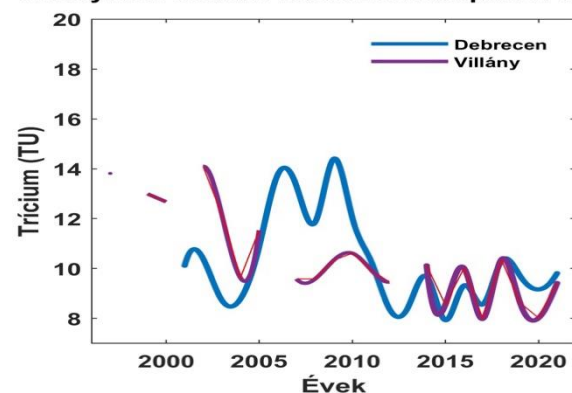
Debreceni csapadék trícium-Neutron monitor adat



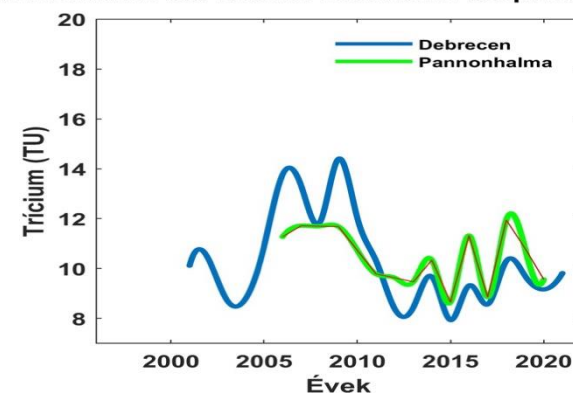
Tokaji bor trícium-Debreceni csapadék trícium



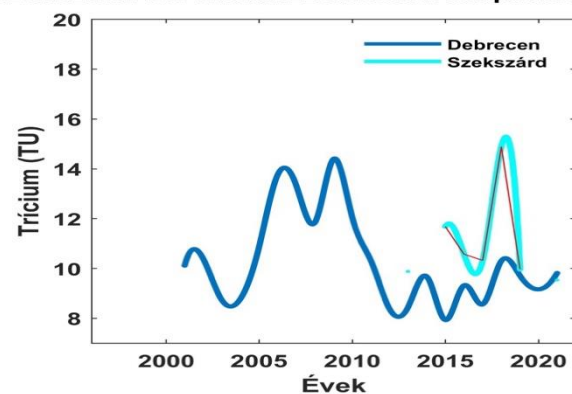
Villányi bor trícium-Debreceni csapadék trícium



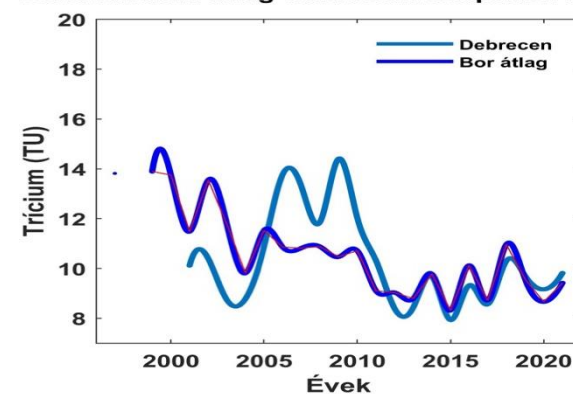
Pannonhalmi bor trícium-Debreceni csapadék trícium



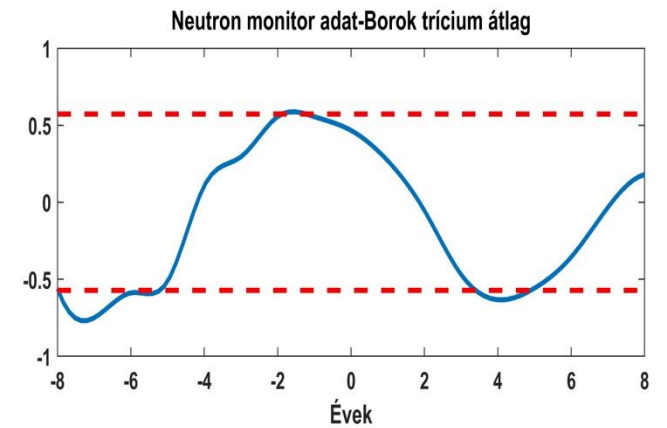
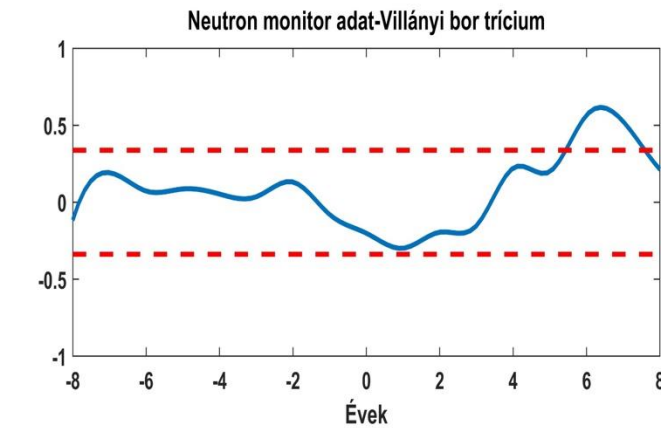
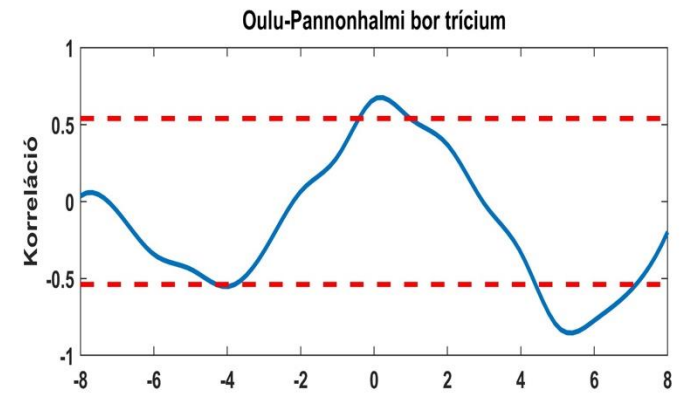
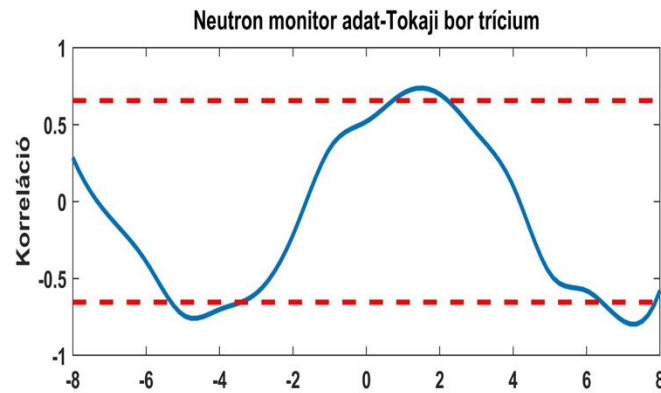
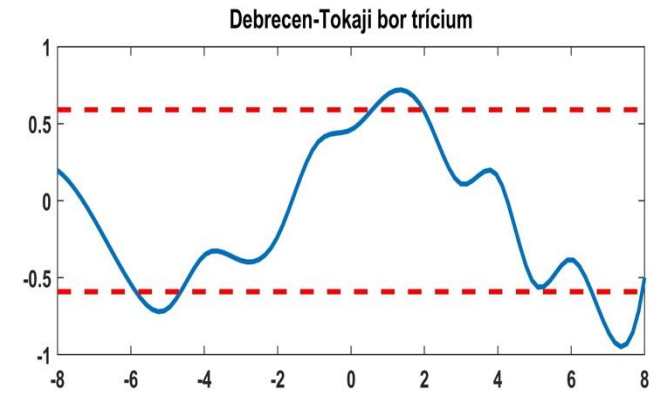
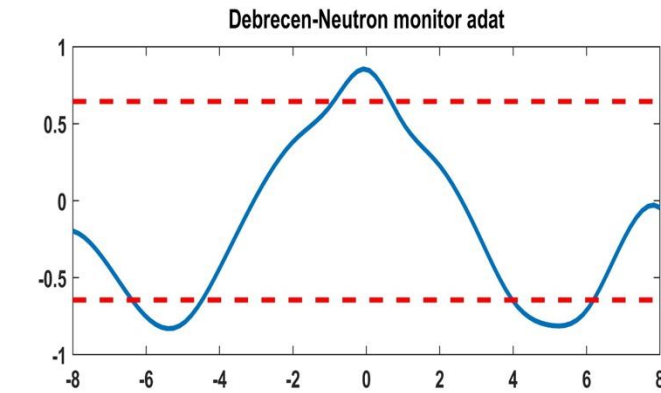
Szekszárdi bor trícium-Debreceni csapadék trícium



Borok trícium átlag-Debreceni csapadék trícium

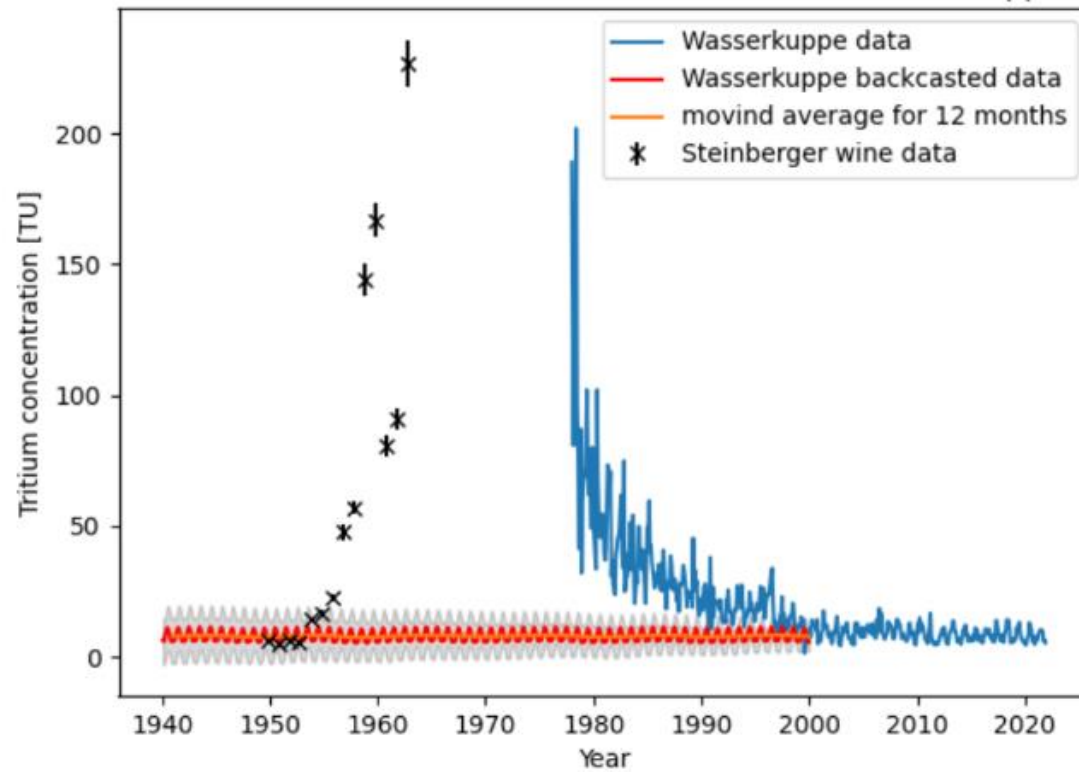


NAPTEVÉKENYSÉG ÉS A BORTRÍCIUM IDŐSOR KAPCSOLATA

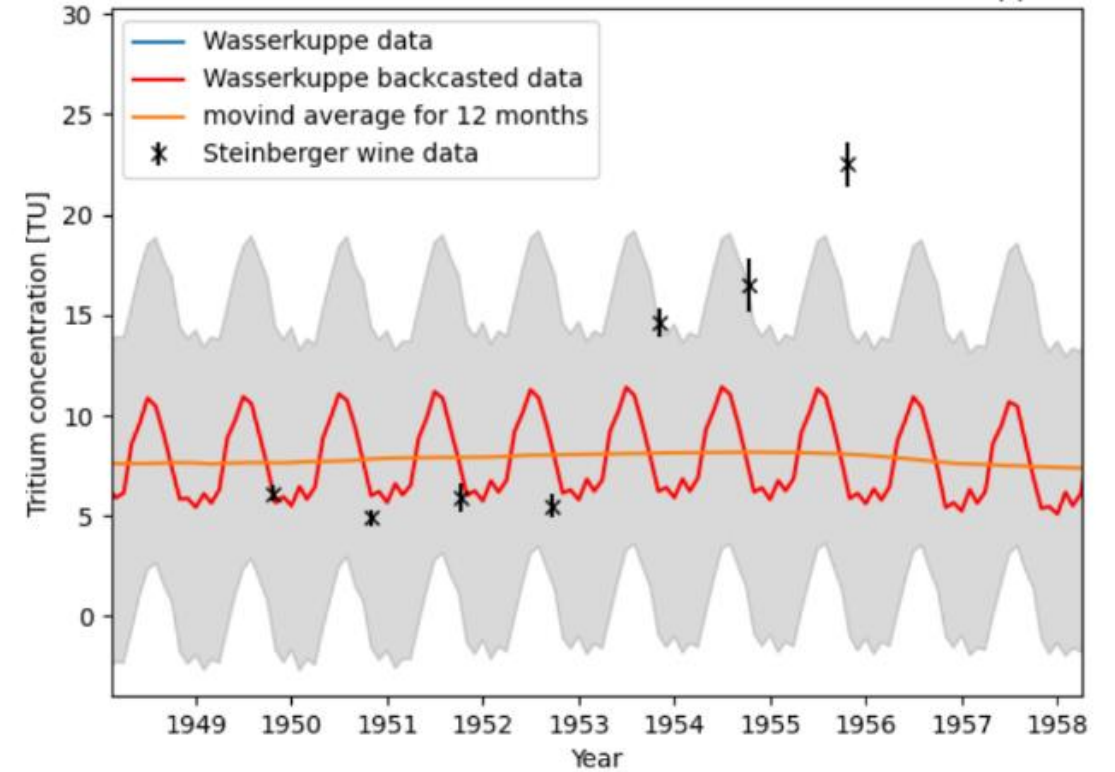


SARIMAX MODELLEZÉS

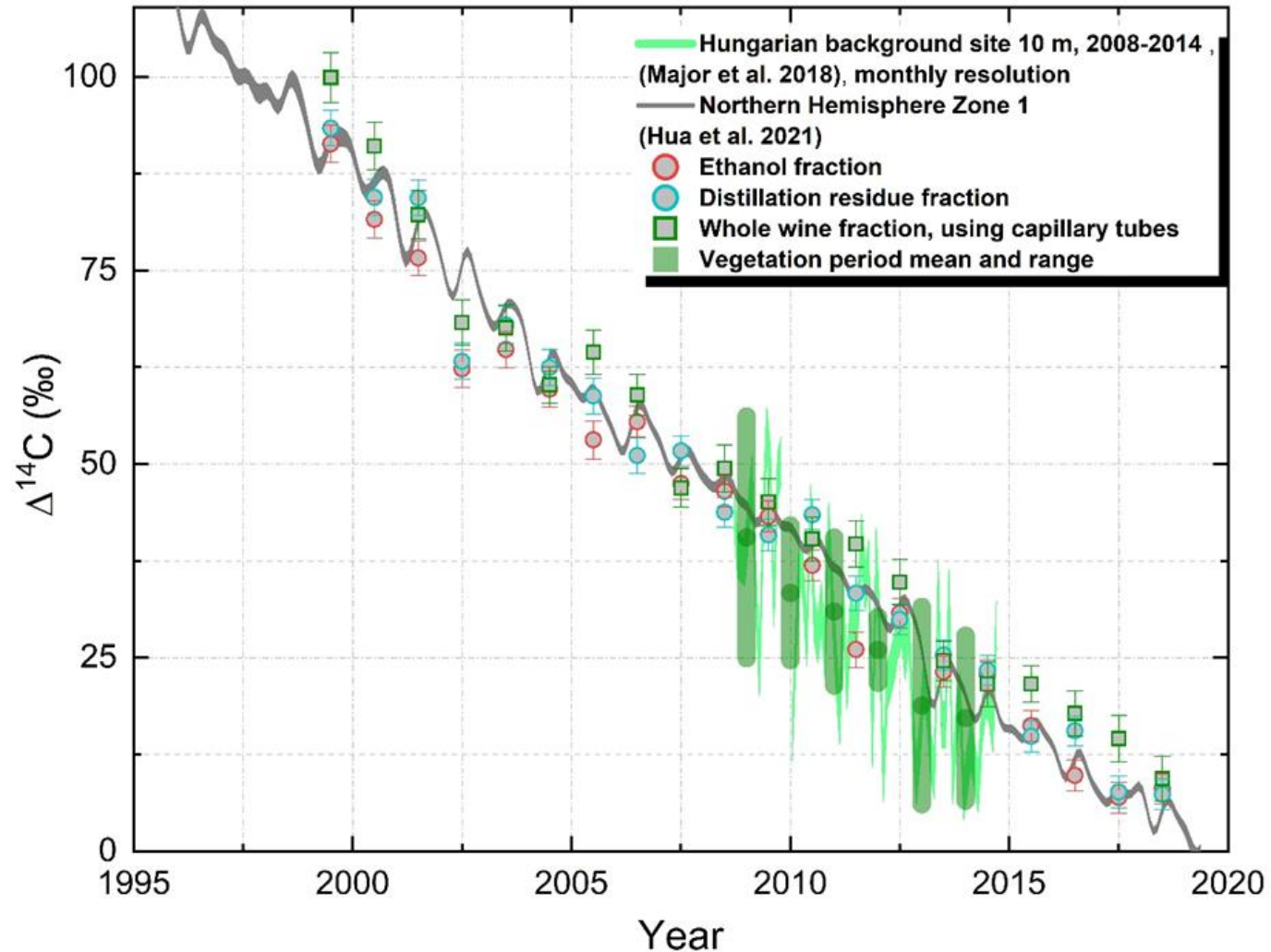
SARIMAX - Backcast of Tritium Concentration in Wasserkuppe



SARIMAX - Backcast of Tritium Concentration in Wasserkuppe

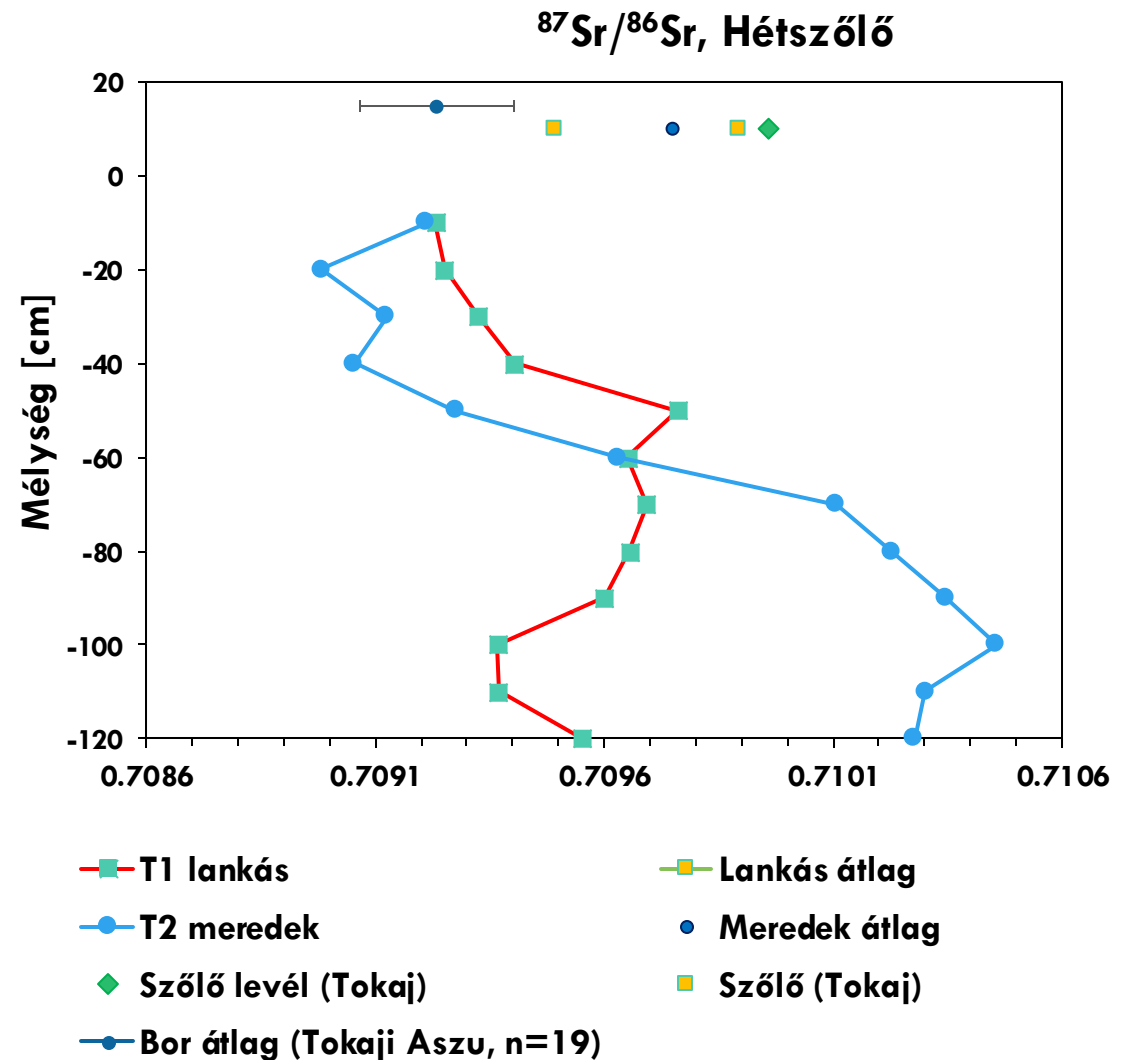
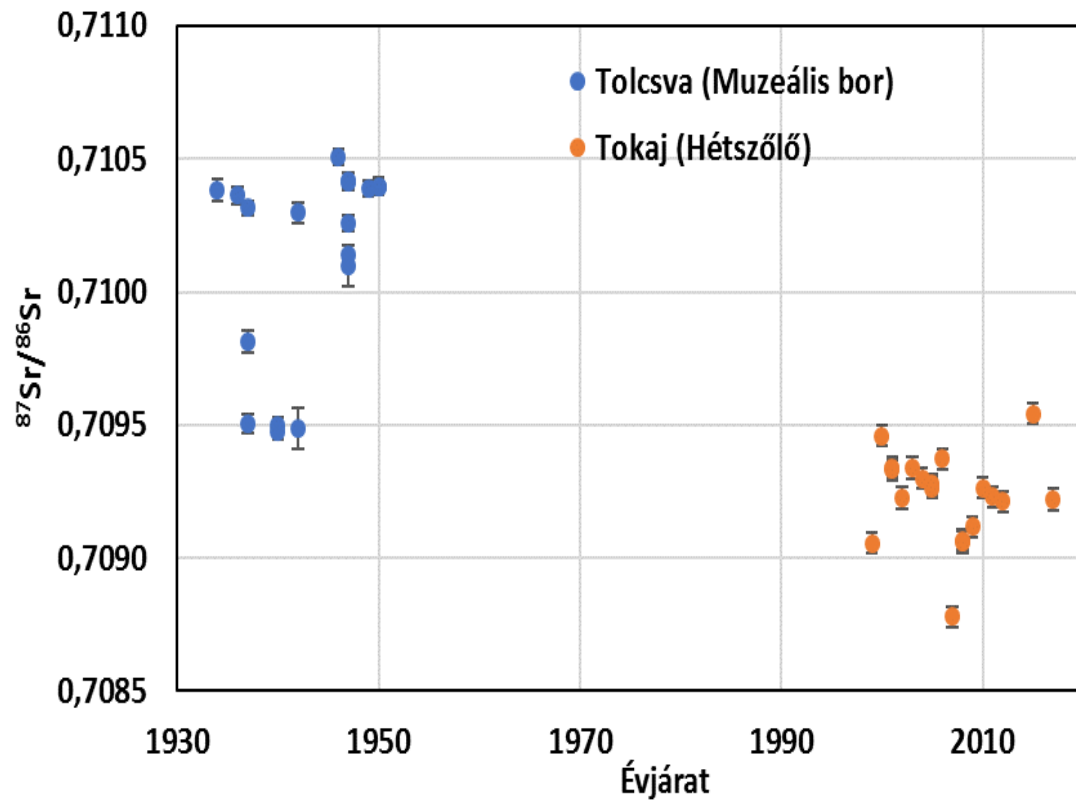


RADIOKARBON MINT A BOR IDŐBÉLYEGE

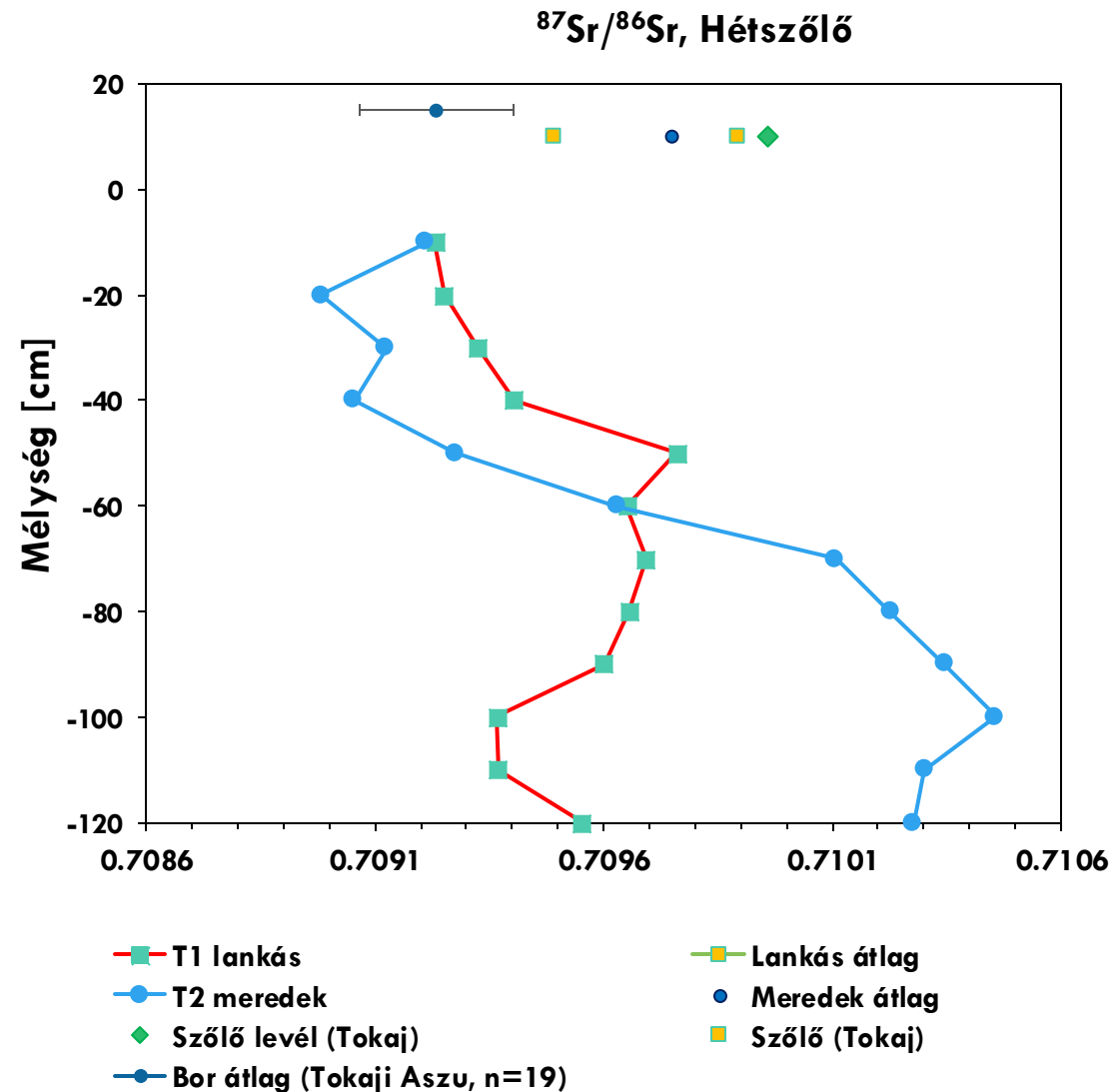
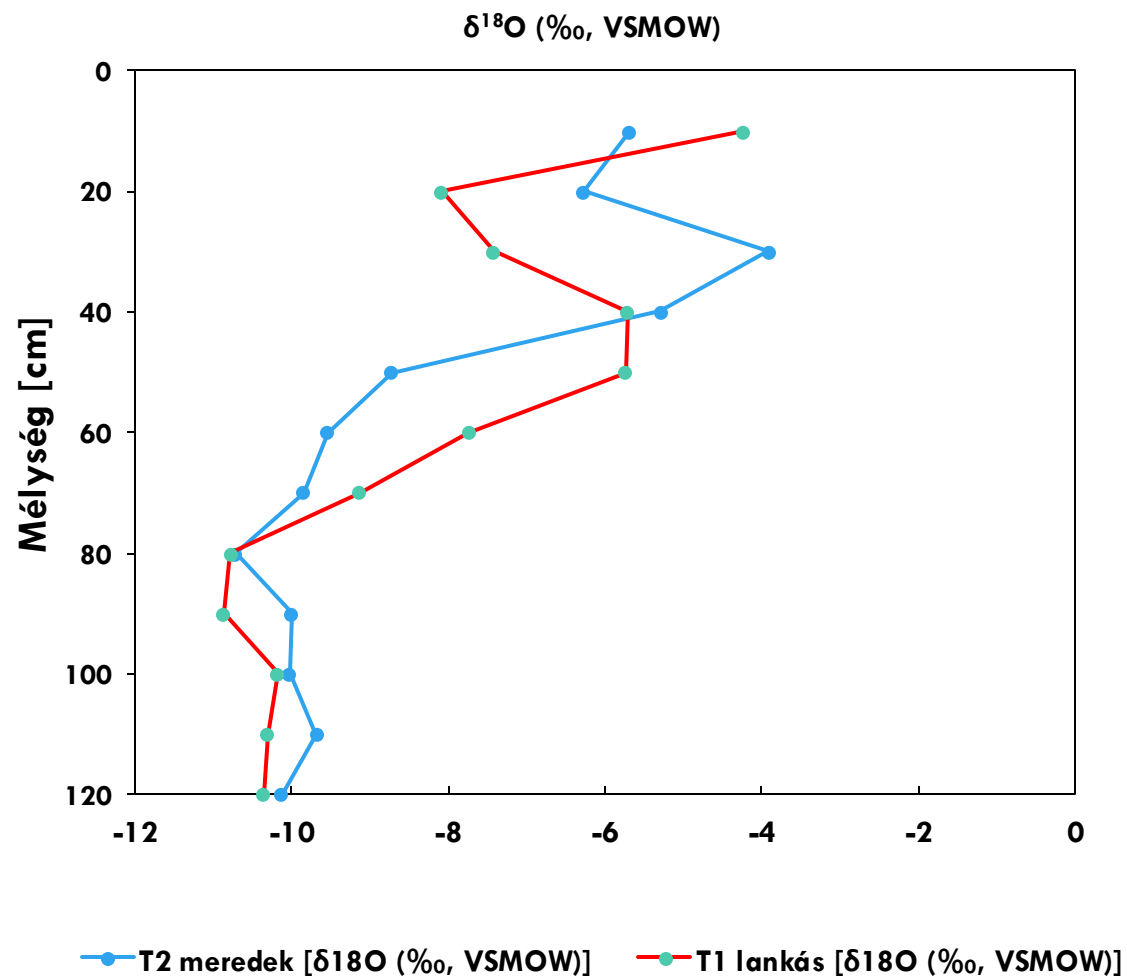


Varga, T., Molnár, M., Molnár, A., Jull, A.J.T., Palcsu, L., **László, E.** 2023. [Radiocarbon dating of microliter sized Hungarian Tokaj wine samples](#). JOURNAL OF FOOD COMPOSITION AND ANALYSIS. (Q1 – 4,52) [Paper](#)

A BOROK SZÁRMAZÁSI HELYEI, TOKAJ



A BOROK SZÁRMAZÁSI HELYEI, TOKAJ



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A KUTATÁS A BOLYAI JÁNOS KUTATÁSI ÖSZTÖNDÍJ TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT, VALAMINT A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAP FINANSZÍROZÁSÁVAL (2020-2.1.1-ED-2021-00172), VALAMINT AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLOGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-23-5 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL.

TOVÁBBÁ HÁLÁS KÖSZÖNET: TOKAJ-HÉTSZŐLŐ SZŐLŐBIRTOK - TOKAJ, GERE TAMÁS ÉS ZSOLT PINCÉSZET - VILLÁNY, PANNONHALMI APÁTSÁGI PINCÉSZET KFT, SÜMEGI ÁKOS PINCÉSZET, HEIMANN CSALÁDI BIRTOK.

AGRÁRMINISZTERIUM TÖBB MINT 90 PÁLCÁKKAL TÁMOGATTA A KUTATÁST. BORKÉSZLET LEFEDI: **1937-1988** KÖZÖTTI IDŐSZAKOT