



Laky Dóra – Souha Neguez

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

Klorát ion az ivóvízben – a hazai üzemeltetők körében végzett felmérés eredményei

Budapest, 2024. április 18.



Miért található klorit és klorát a kezelt vízben?

- Klorit
 - A klór-dioxiddal történő fertőtlenítés következményeként
- Klorát
 - Klorit ion és aktív klór reakciója eredményeképpen (pl. kétlépcsős; klór-dioxiddal és hipoklóros-savval történő fertőtlenítés esetén)
 - Klórozott vizek ózonizálása / UV fénnel kezelése következtében
 - Elsődleges forrása: a hosszú ideig tárolt nátrium-hipoklorit oldatok
 - A bomlást befolyásoló fő tényezők (Vozik D., WHO):
 - hőmérséklet
 - pH
 - az oldat koncentrációja
 - az átmeneti fémek, például vas, réz vagy nikkel által okozott szennyeződés katalizálhatja a bomlást

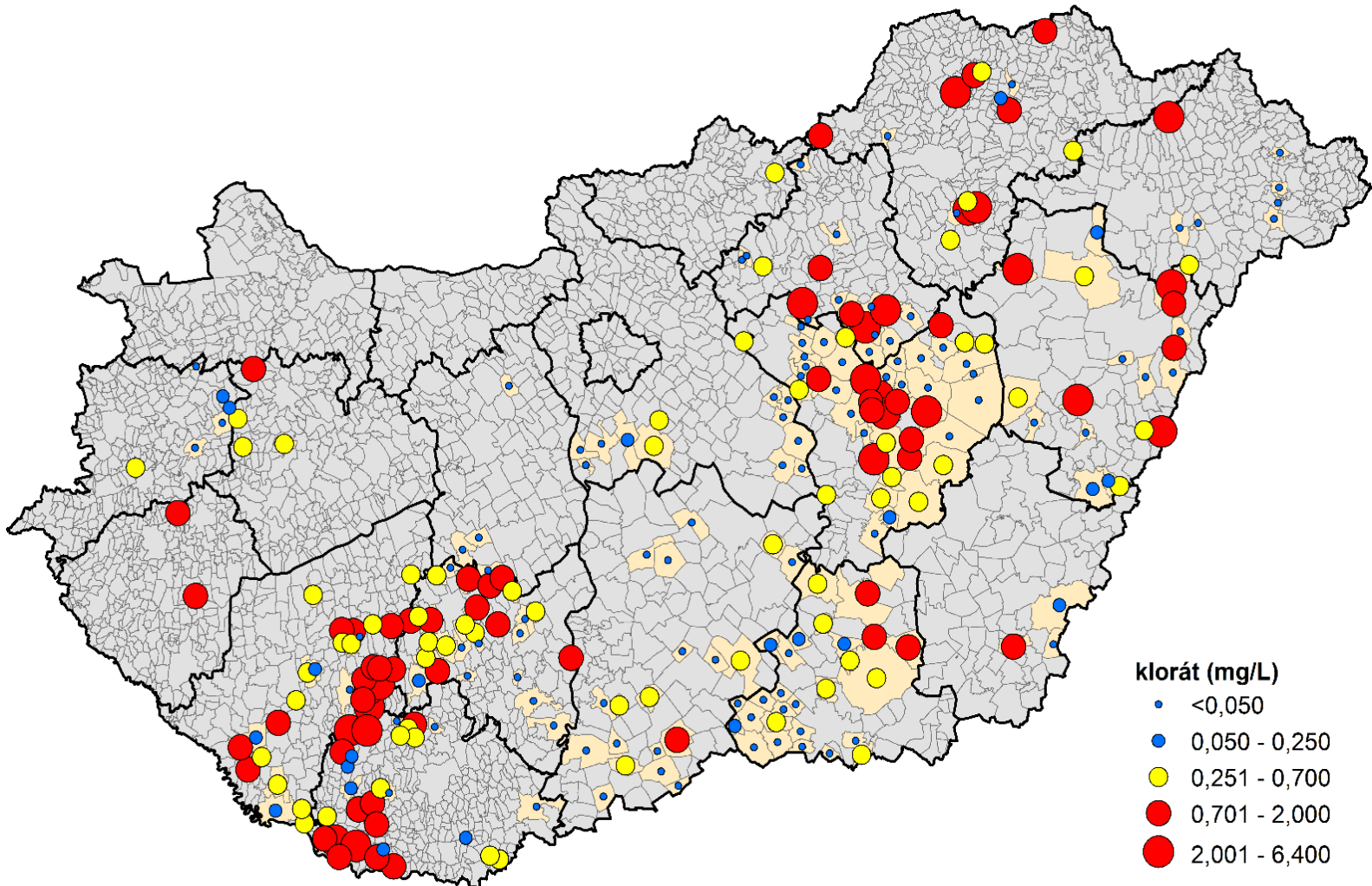


Klorit és klorát az ivóvízben – egészségügyi hatások, határértékek

Komponens	Egészségügyi hatás (krónikus hatások)	Határérték	
		201/2001-es Kormány- rendelet	2020/2184. sz. EU Irányelv és 5/2023-as Korm.rend. alapján
Klorit	<ul style="list-style-type: none">• vérképzési zavarok kialakulásáért felelős	0,2 mg/L	0,25 mg/L (0,7 mg/L)
Klorát	<ul style="list-style-type: none">• vérképzési zavarok kialakulásáért felelős• a jód felvételét gátolja (hormonháztartást befolyásolja)• a 0,7 mg/L-es érték csecsemők és kisgyermekes esetében túlzott klorátexpozíciókhoz vezethet	-	0,25 mg/L (0,7 mg/L)



Klorát ion előfordulása a hazai ivóvizekben (forrás: NNGYK)



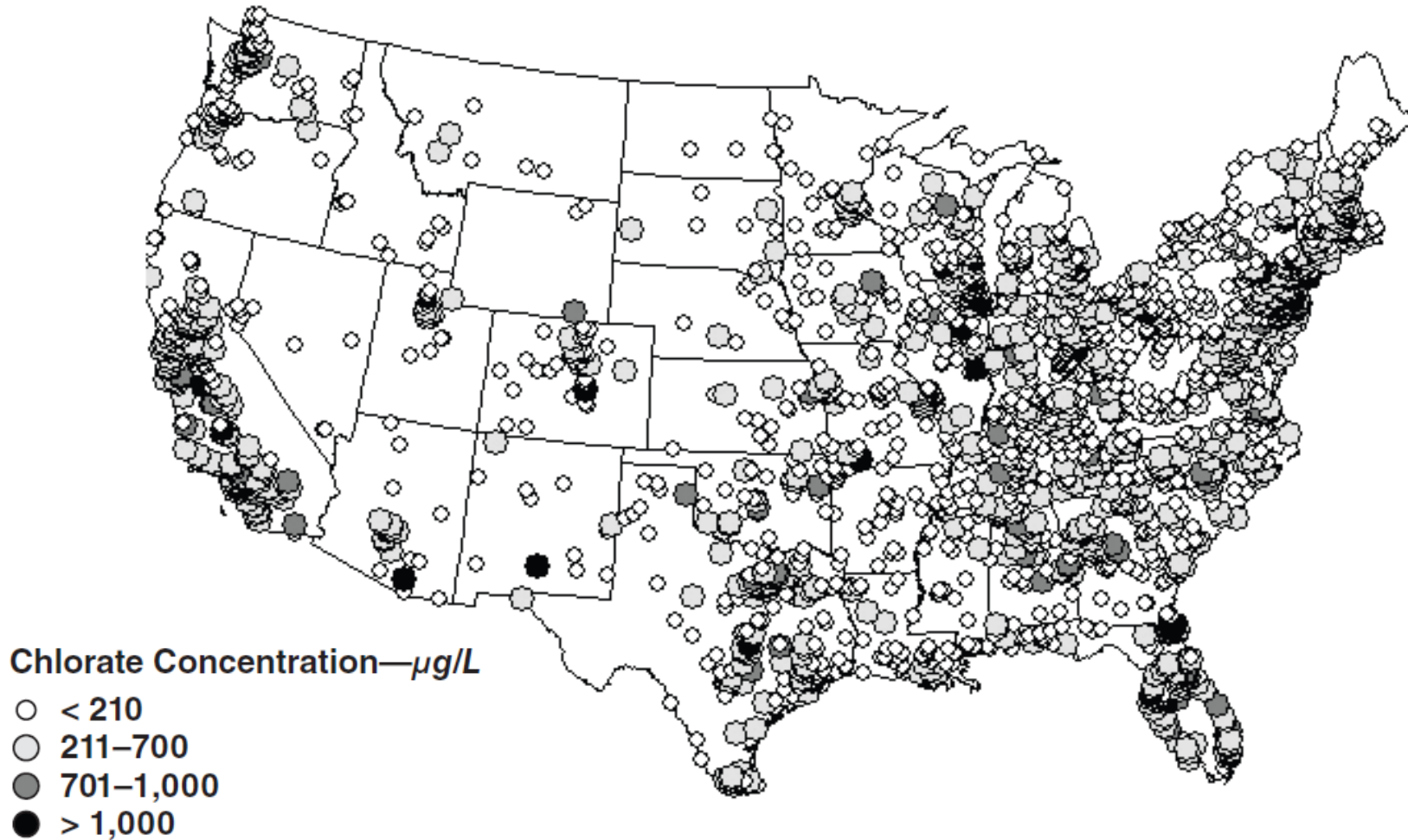


Klorát ion – eltávolítási lehetőségek

- Klorát ion
 - ioncsere
 - fordított ozmózis
- Klorát eltávolítására a gyakorlatban gazdaságosan üzemeltethető megoldás jelenleg nem áll rendelkezésre → a vízbe kerülő klorát mennyiségének minimalizálása a cél
- A nagy mennyiségű nátrium-hipoklorit alkalmazásával járó vízkezelési eljárások (törésponti klórozás) optimalizálása kulcsfontosságú kérdés

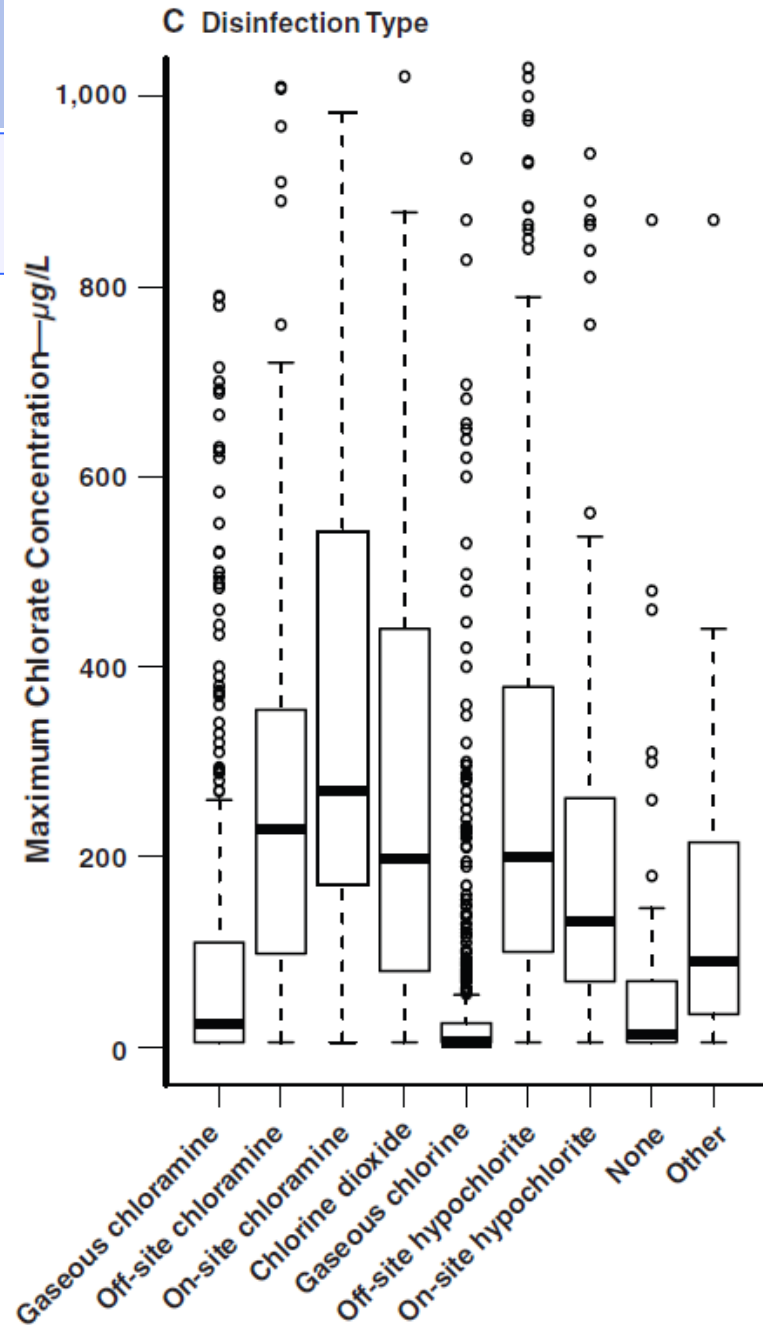
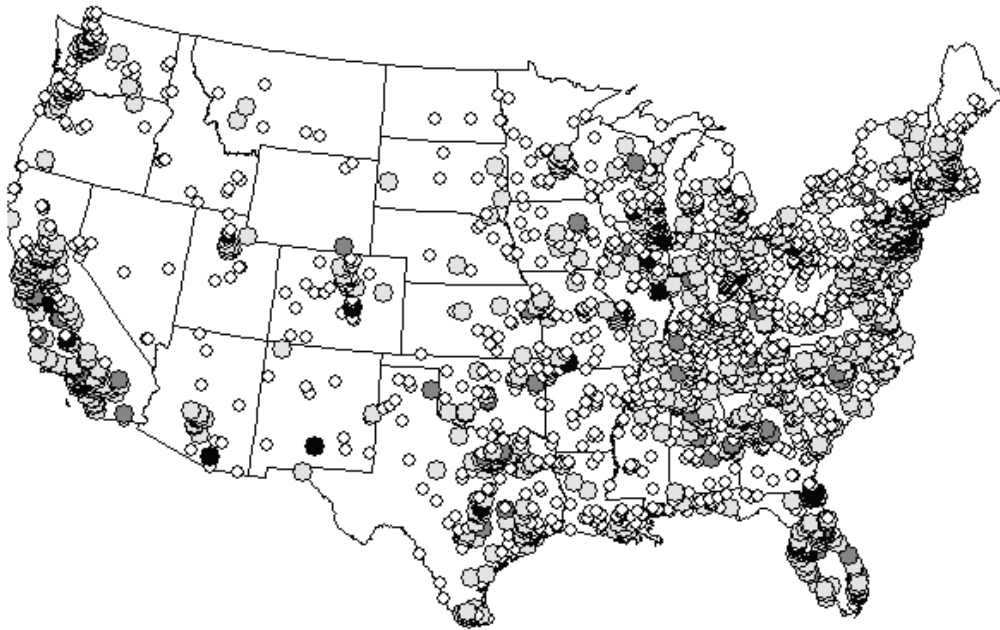


Klorát ion – nemzetközi kitekintés



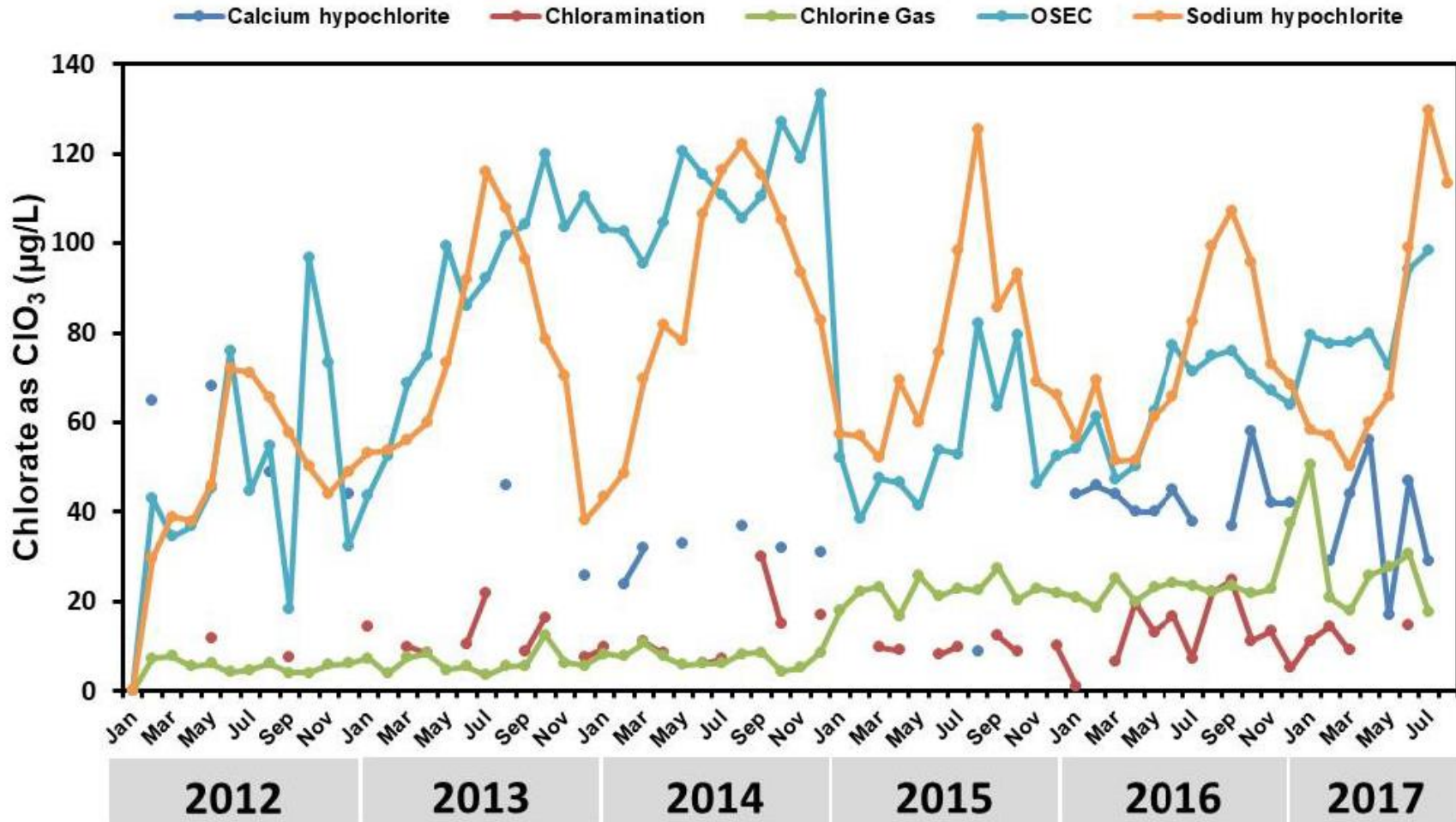


Klorát ion – nemzetközi kitekintés



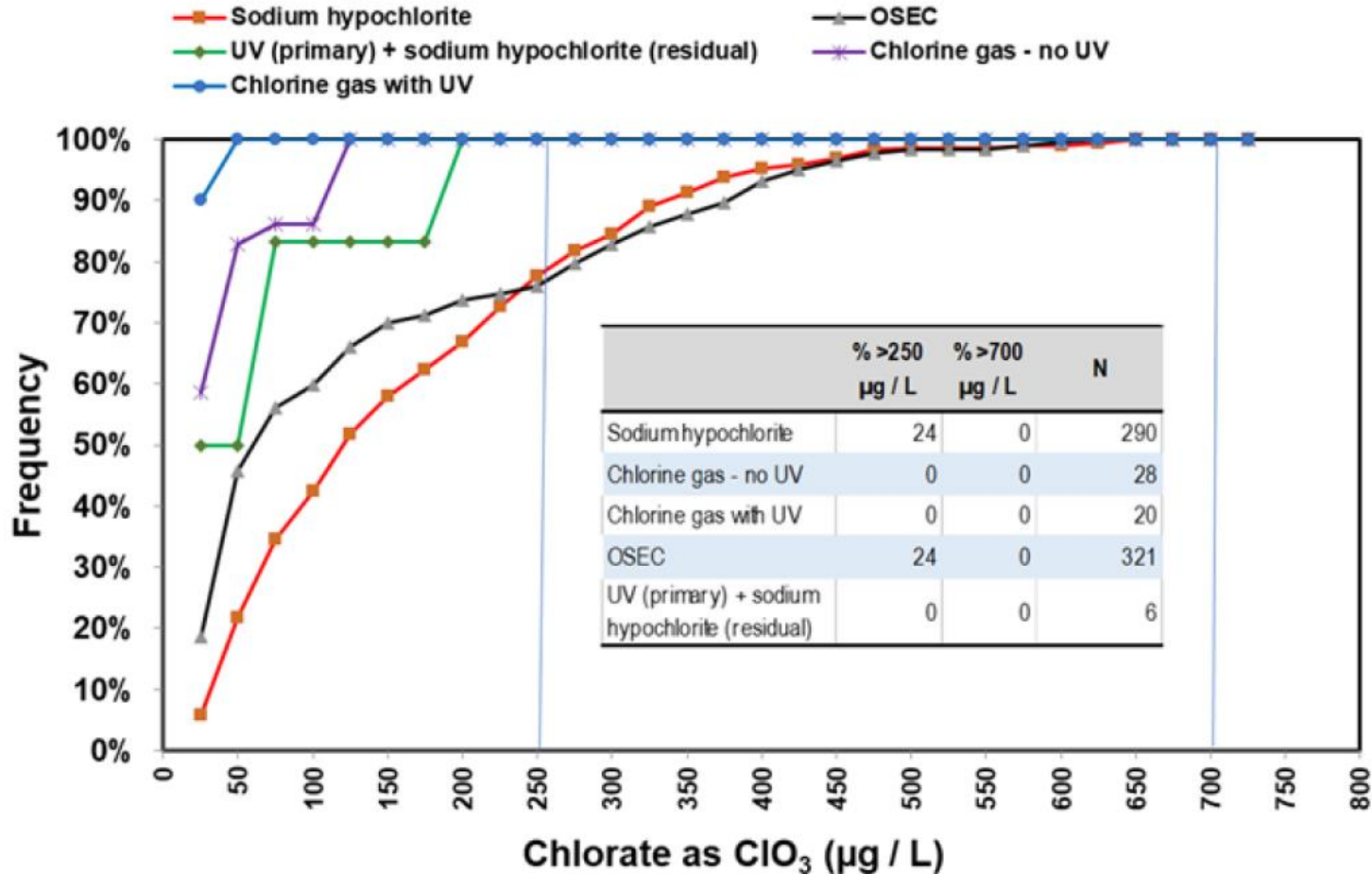


Klorát ion – nemzetközi kitekintés (Anglia, Wales: átlagkonc.)



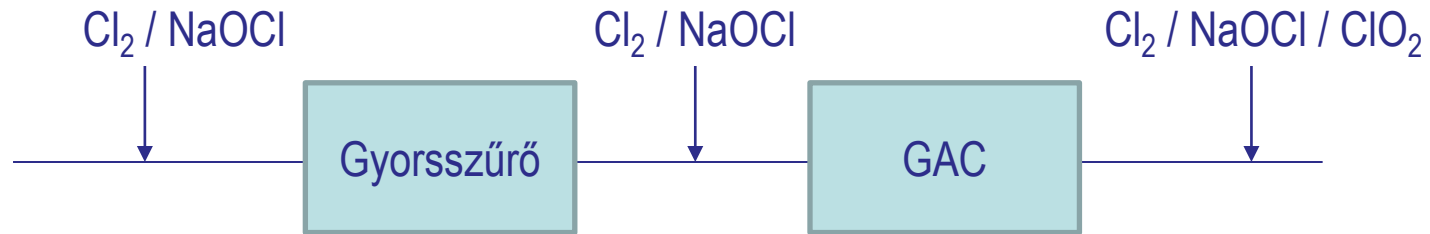


Klorát ion – nemzetközi kitekintés (Anglia, Wales: 2017-18 konc.)





Törésponti technológiák alkalmazása az IMJP-ban



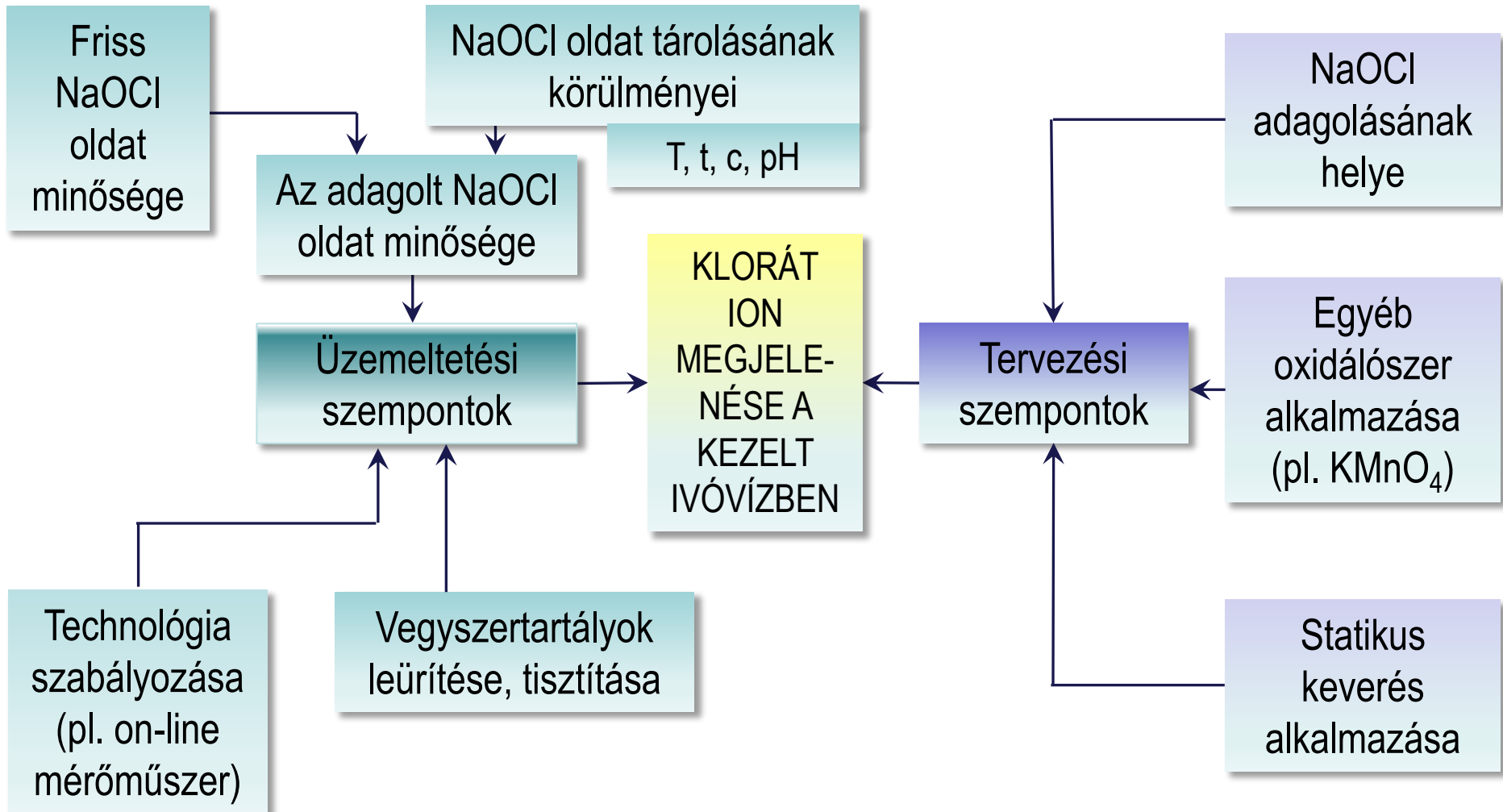


Törésponti technológiák optimalizálása – három szint

- **Hatékony ammónium ion eltávolítás**
 - Kontaktidő – hipoklóros-sav koncentráció optimum
- **Klórozott szerves melléktermékek mennyiségének minimalizálása**
 - Kontaktidő – hipoklóros-sav koncentráció optimum
 - GAC üzemeltetés optimalizálása
 - Utófertőtlenítés melléktermék képző hatása
- **Klorát mennyiségének minimalizálása a kezelt vízben**
 - Nátrium-hipoklorit alkalmazása esetén
 - Kontaktidő – hipoklóros-sav koncentráció optimum
 - Nátrium-hipoklorit oldat klorát tartalmának változása a tárolás során
 - Technológia változtatás (pl. klórgáz)

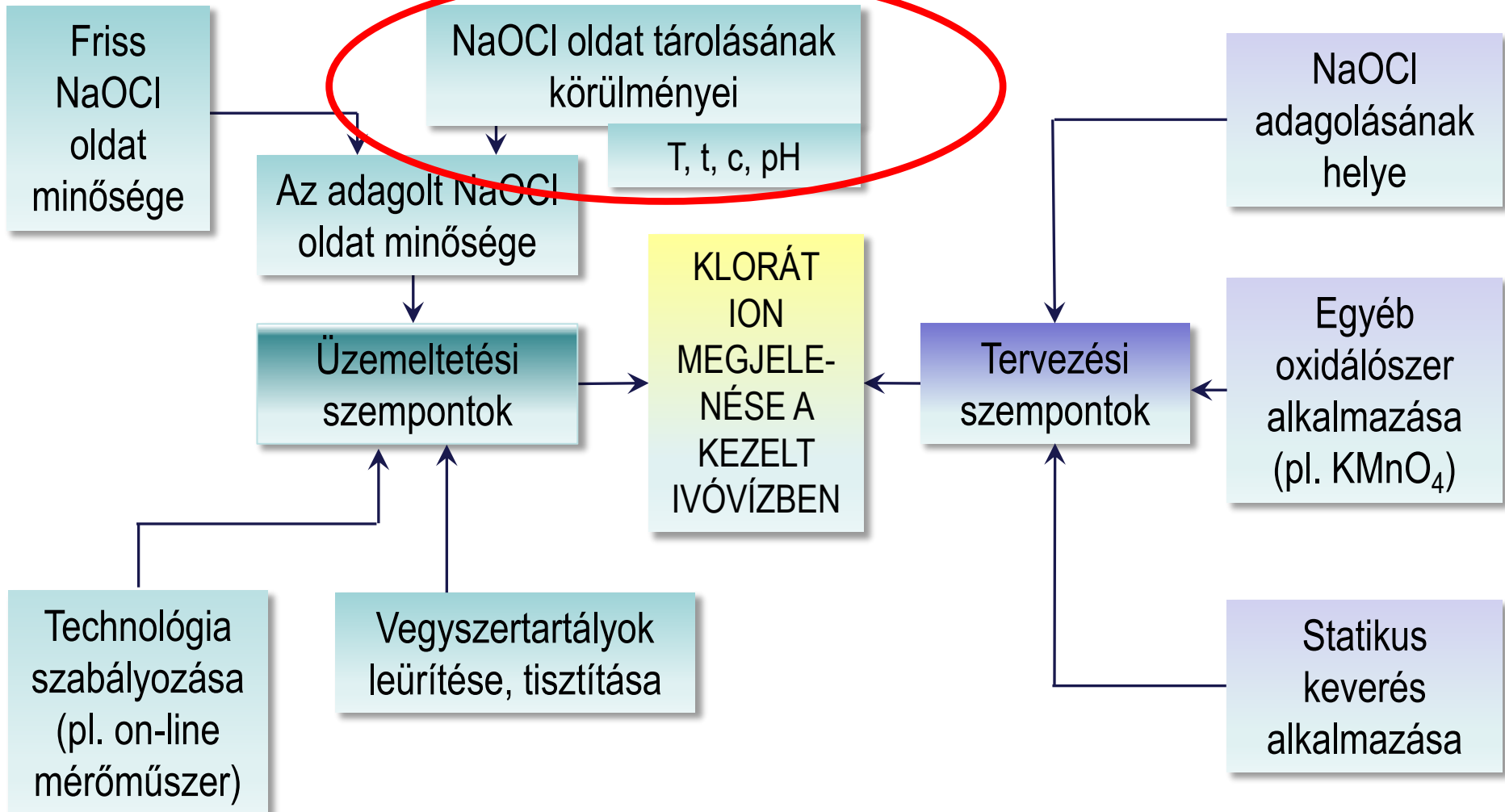


A kezelt víz klorát ion koncentrációját befolyásoló tényezők





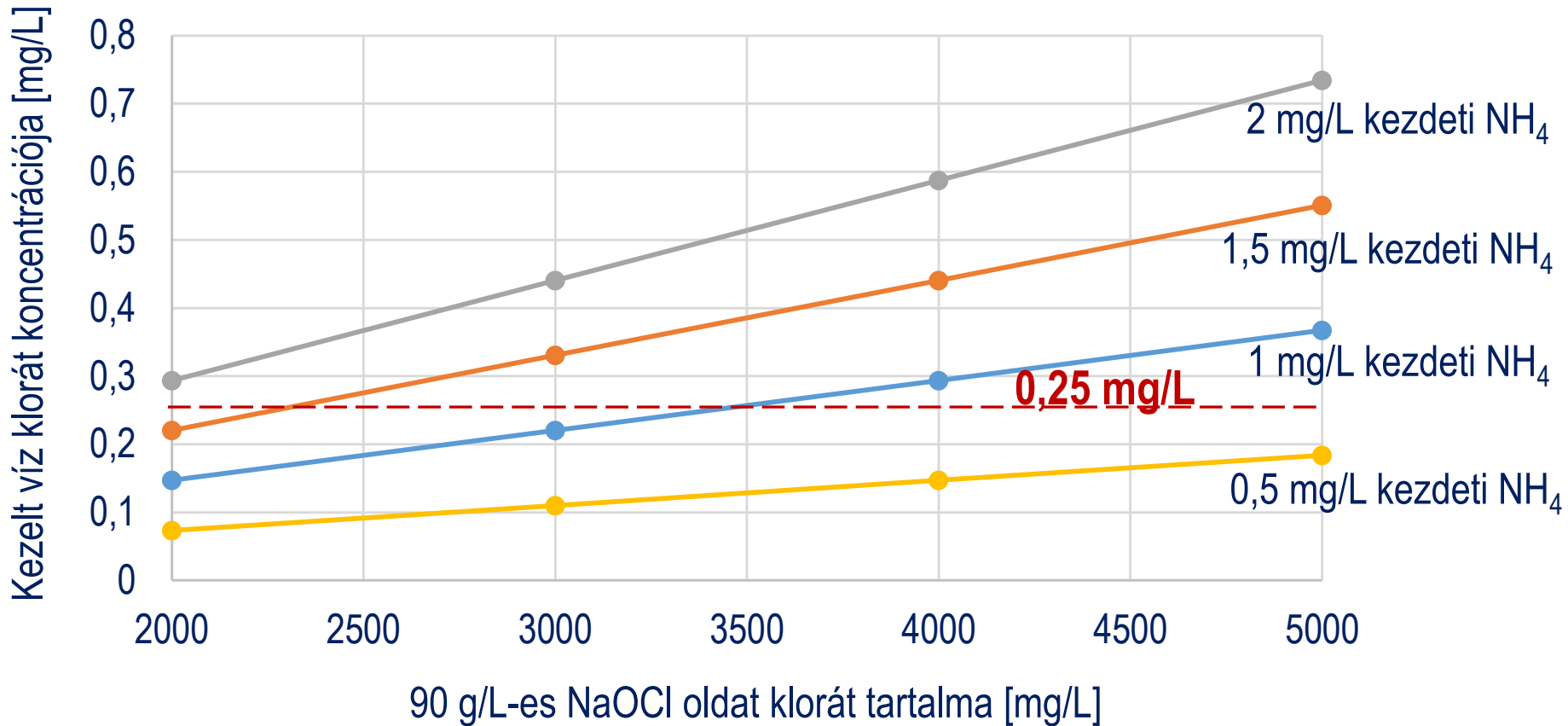
A kezelt víz klorát ion koncentrációját befolyásoló tényezők





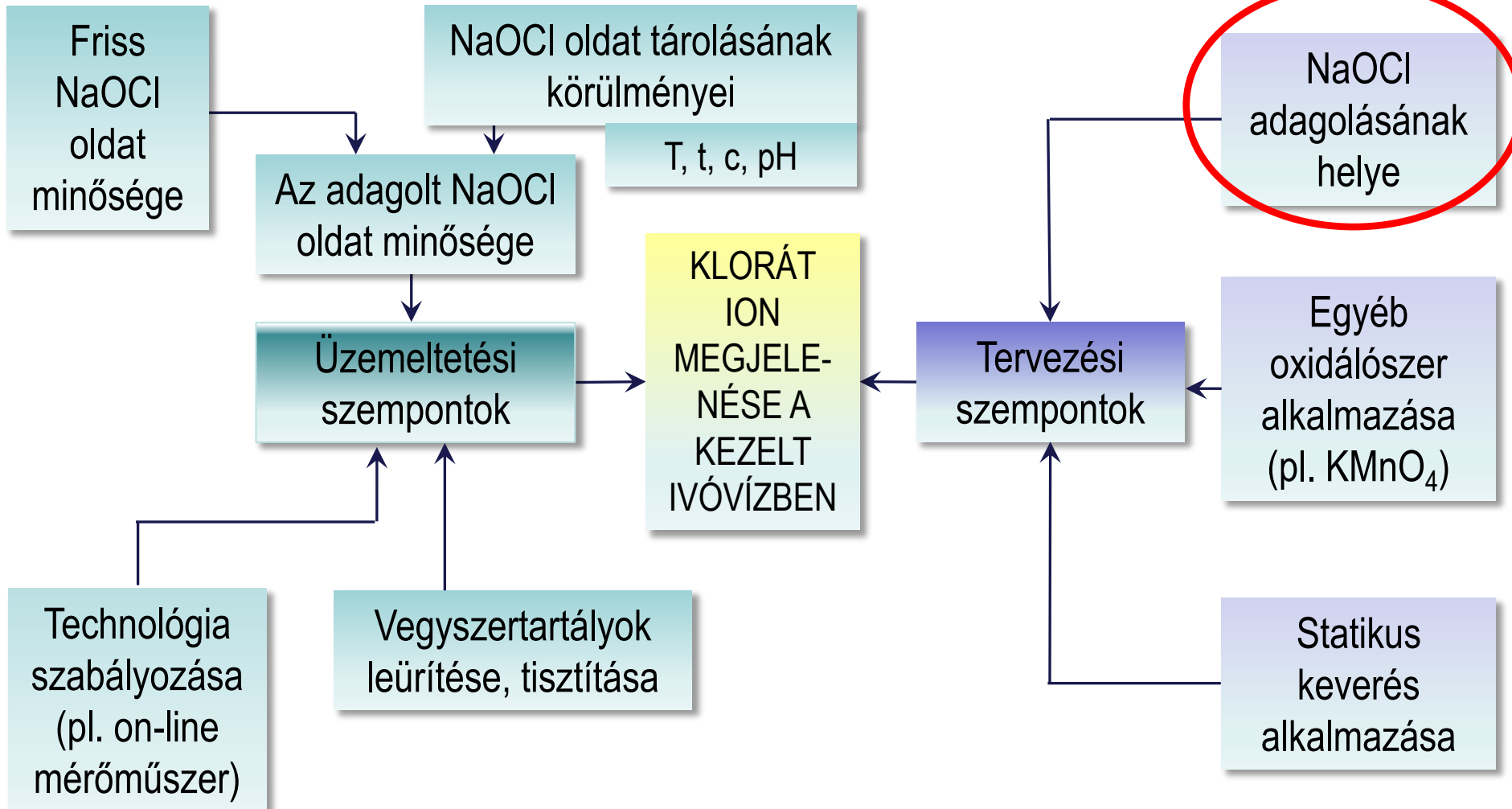
Kezelt víz klorát ion koncentrációja (Cl:N = 8,5 feltételezésével)

Törésponti klórozást követően kialakuló klorát koncentrációk a kezelt vízben





A kezelt víz klorát ion koncentrációját befolyásoló tényezők





Törésponti technológiák optimalizálása

A helyszíni törésponti kísérletek eredményei	NaOCl-Cl: NH ₄ -N arány	Tartózkodási idő [min]	THM [µg/L]
1. esettanulmány terület	8,5	30	mha
	10,8	10	mha
2. esettanulmány terület	8,5	30	20
	10,3	15	19
3. esettanulmány terület	7,6	30	2,9
	9,0	10	3,7

A vizsgált négy víztípus esetén THM képződés szempontjából nem volt különbség a kis klórdózis (NaOCl) – nagy tartózkodási idő és a nagy klórdózis (NaOCl) – kis tartózkodási idő stratégia között



Klorát ion problémát felmérő kérdőív

Több, mint 200 technológiára vonatkozóan érkezett válasz, ebből 75 technológiában nátrium-hipoklorittal végrehajtott törésponti klórozást alkalmaznak

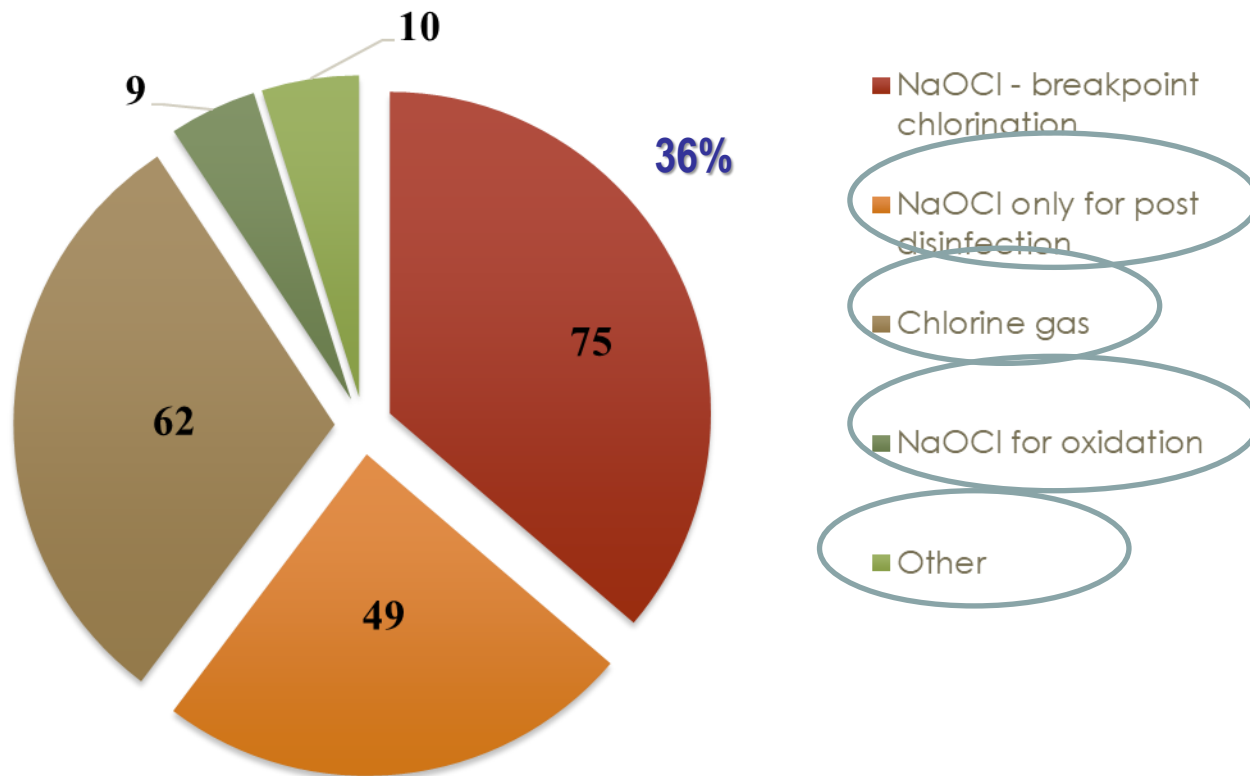
A kérdőív részei:

- Nyersvíz jellemzői
- Tisztított víz jellemzői
- Vízellátó rendszer leírása
- Vízkezelő egységekre vonatkozó adatok (adagolt vegyszerek típusa, mennyisége, vegyszerbekeverés módja, szűrők / adszorberek jellemzői, főbb üzemeltetési paraméterek)
- NaOCl alkalmazására vonatkozó adatok
- Technológia üzemeltetési költsége
- Hálózati vízminőség



Felmérés – az alkalmazott technológiák köre

Vízkezelő technológiák száma összesen: 205



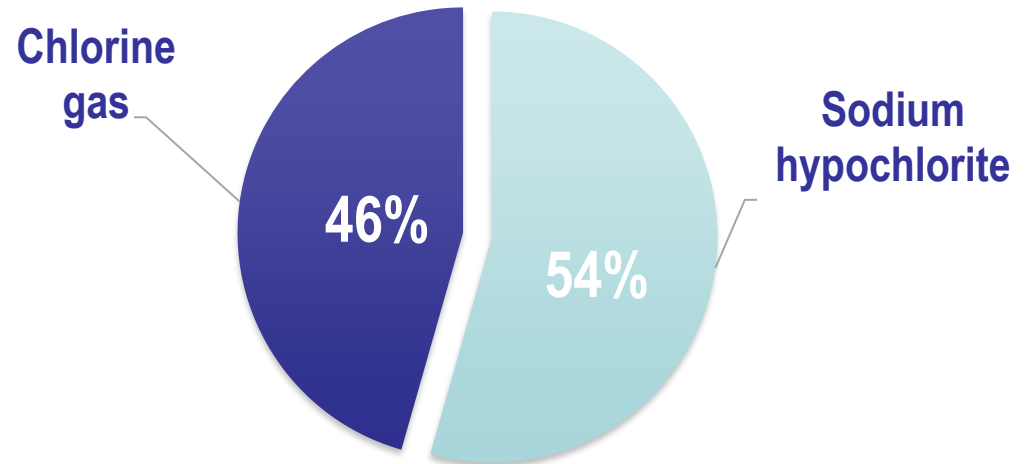


A törésponti eljárást alkalmazó vízkezelő technológiák

- More than half use sodium hypochlorite as it is considered **much safer** and **easier to handle** than chlorine gas

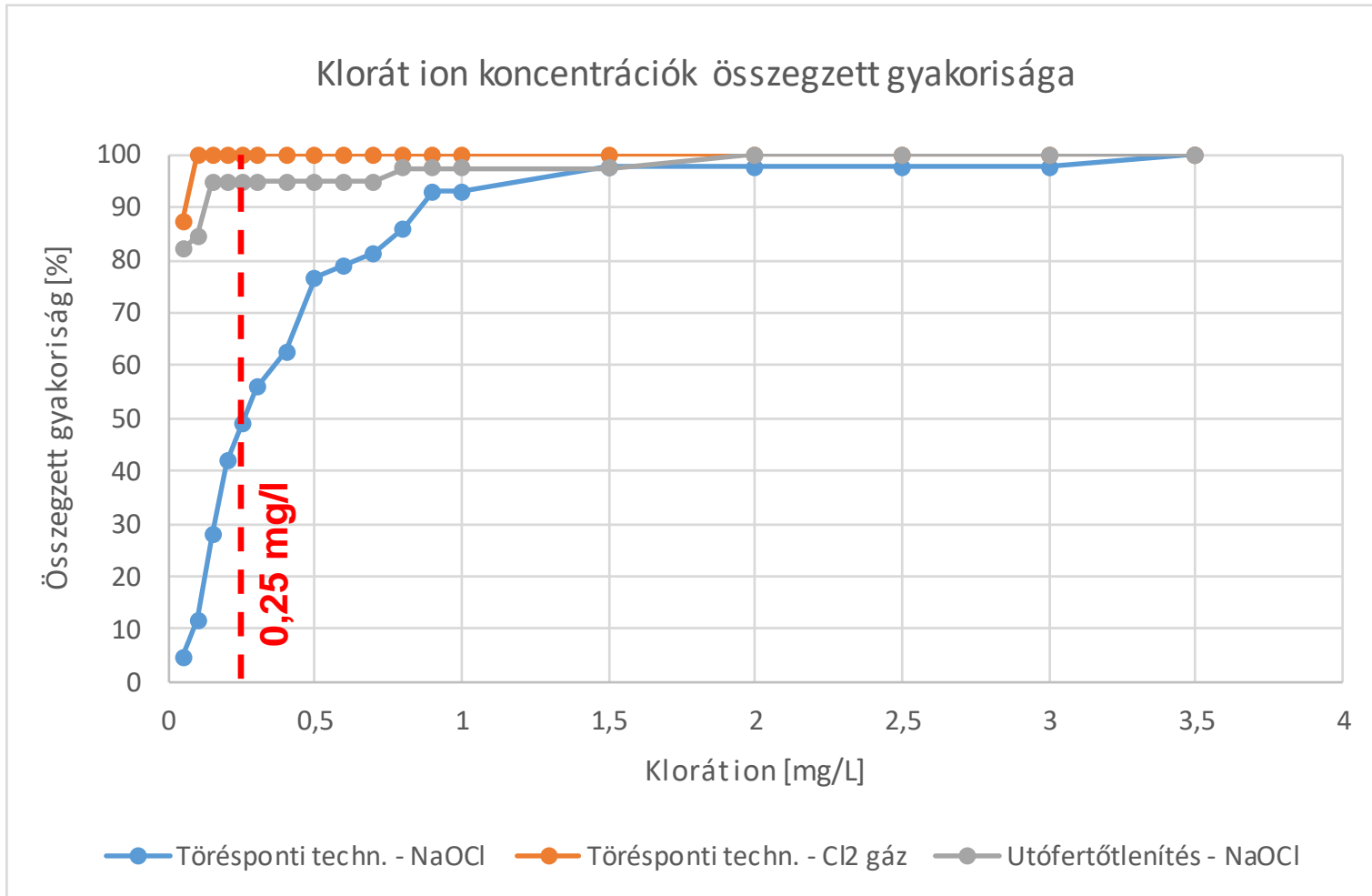
Technology - Breakpoint chlorination

Total number: 131





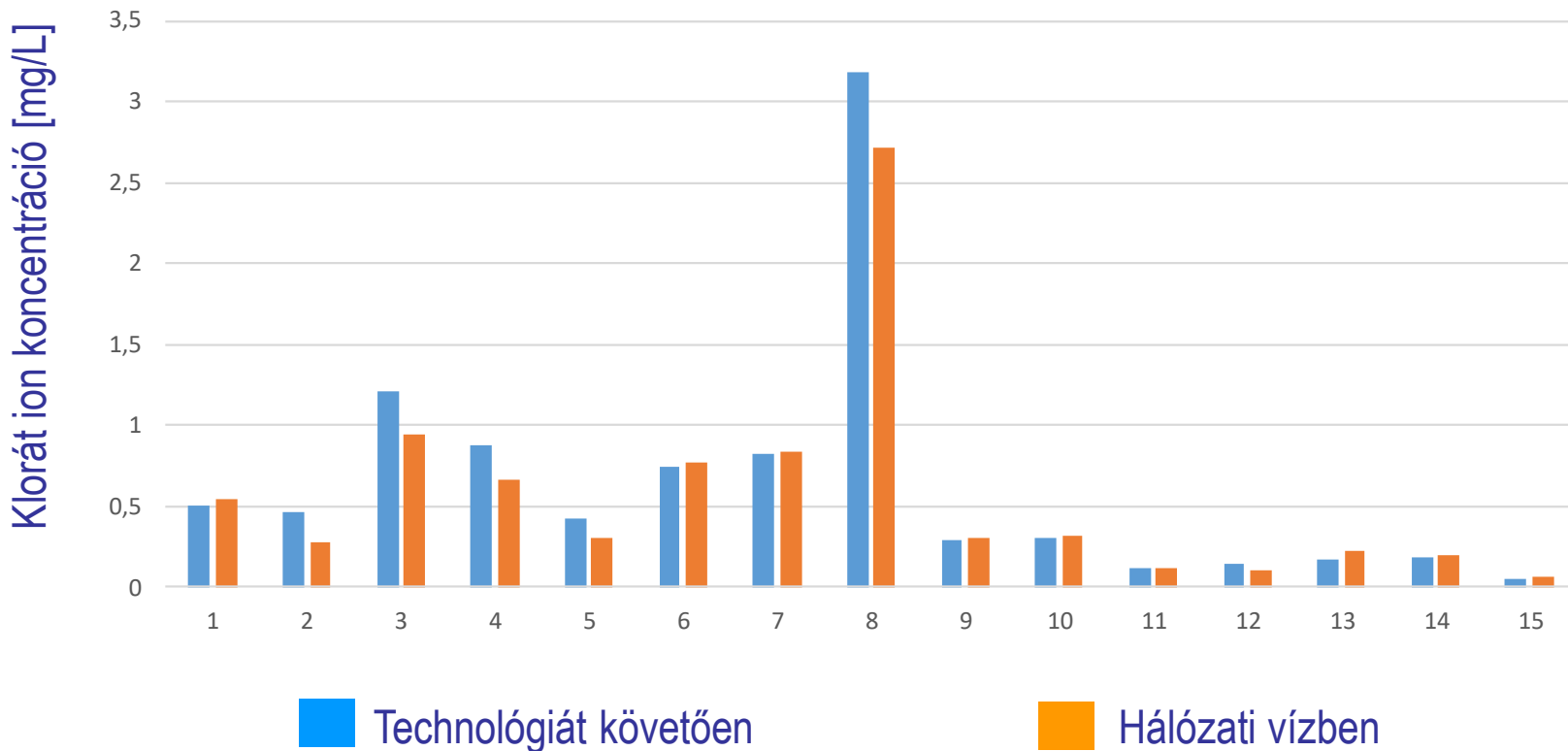
Klorát ion koncentrációk a tisztított / hálózati vízben





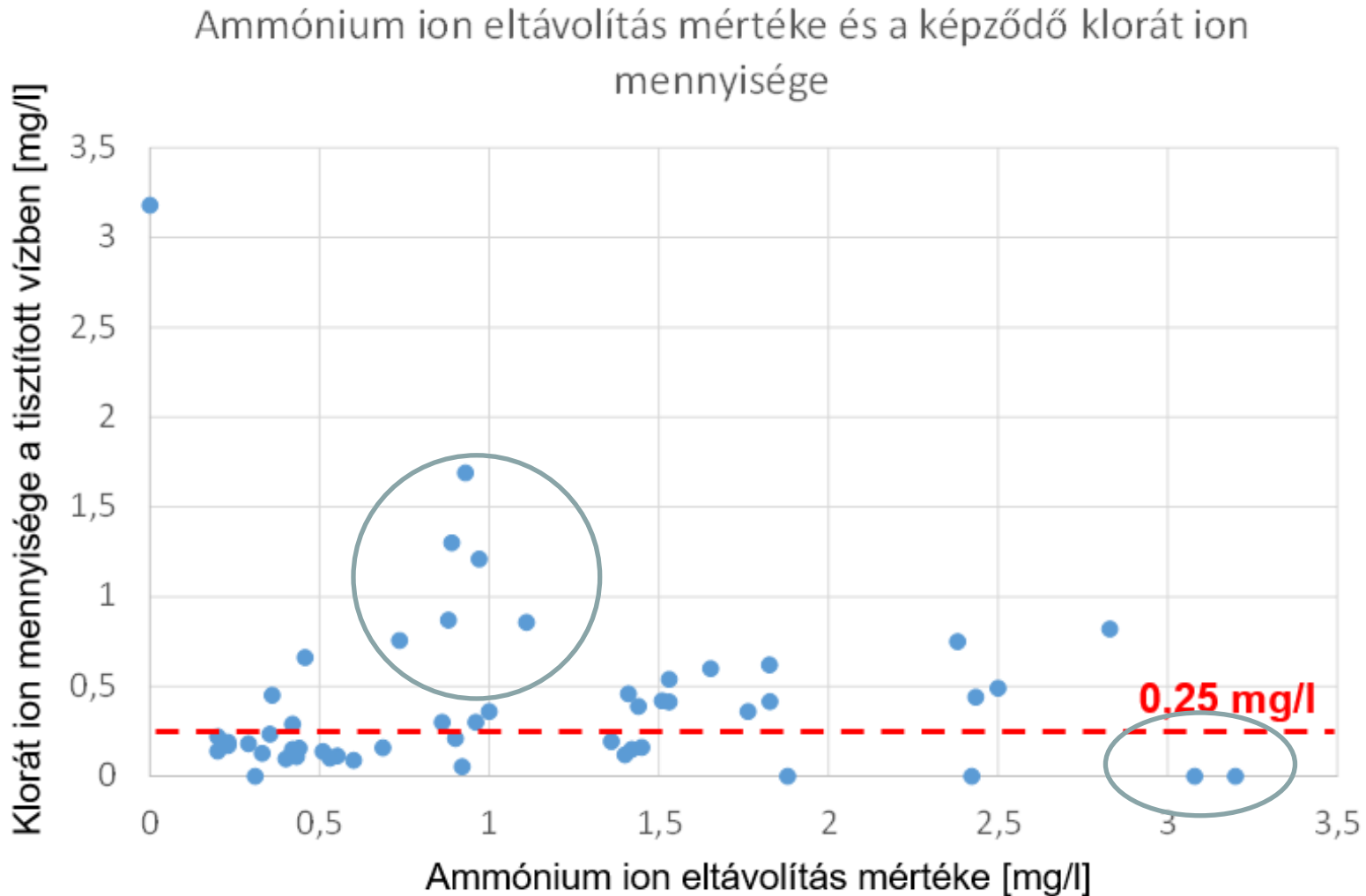
Klorát ion koncentráció – tisztítást követően és a hálózatban

Klorát ion koncentrációk a technológiát követően és a hálózati vízben





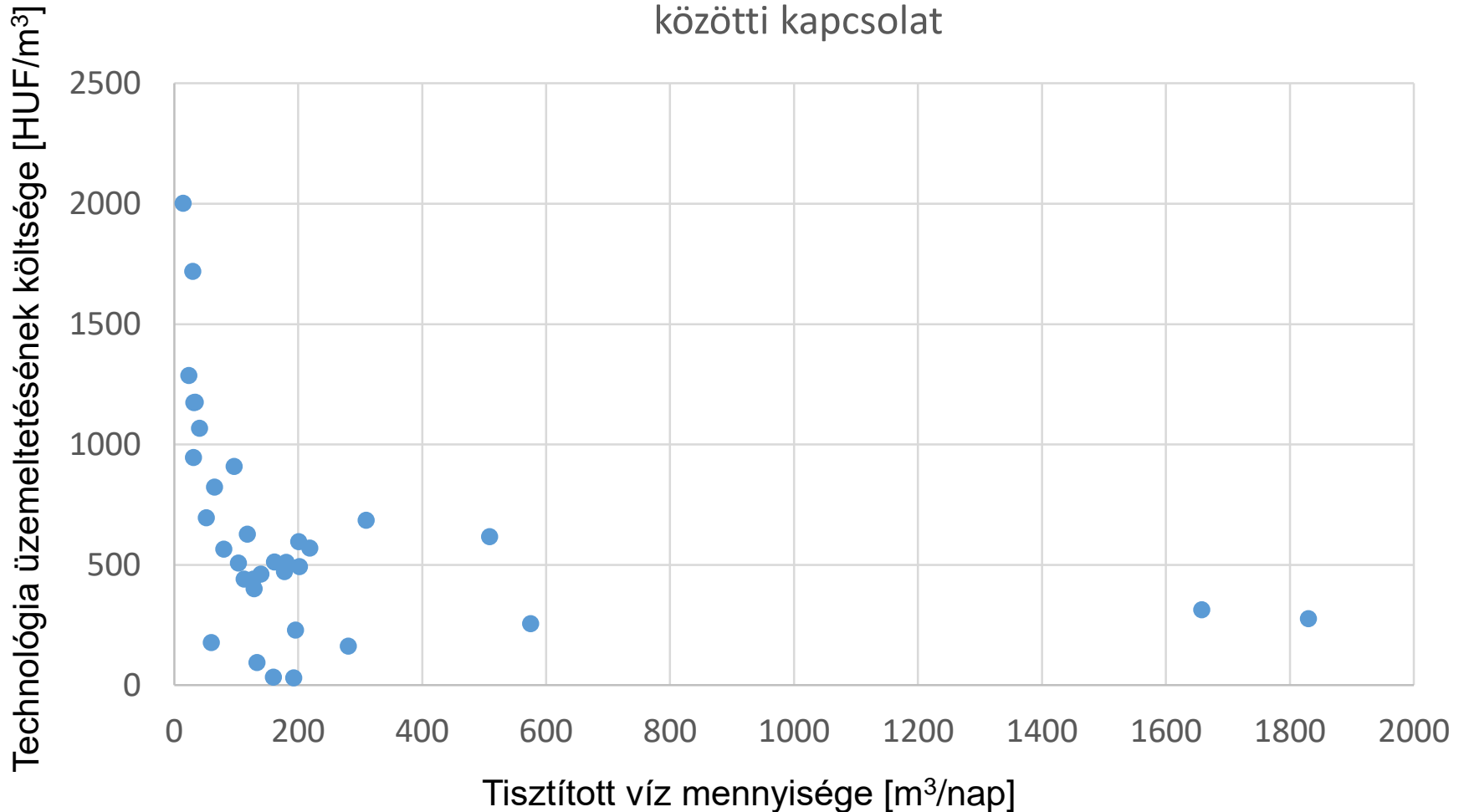
Klorát ion mennyisége az ammónium ion eltávolítás függvényében





Üzemeltetési költségek (törésponti klórozás NaOCl adagolással)

Tisztított víz mennyisége és a technológia üzemeltetési költsége közötti kapcsolat





Üzemeltetéssel kapcsolatos jellemzők

Delivery frequency: Between one week to 180 days

Monitoring active chlorine/chlorate content in the concentrated NaOCl solution: only 2 out of

74 facilities check the active chlorine content of the "fresh" NaOCl solution and only 1 of them

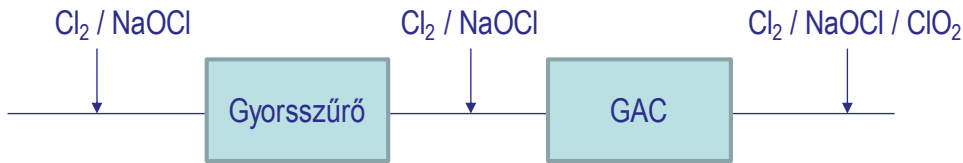
checks chlorate ion content

Storage condition: Some of the sites store the NaOCl solution in a cool and dark places

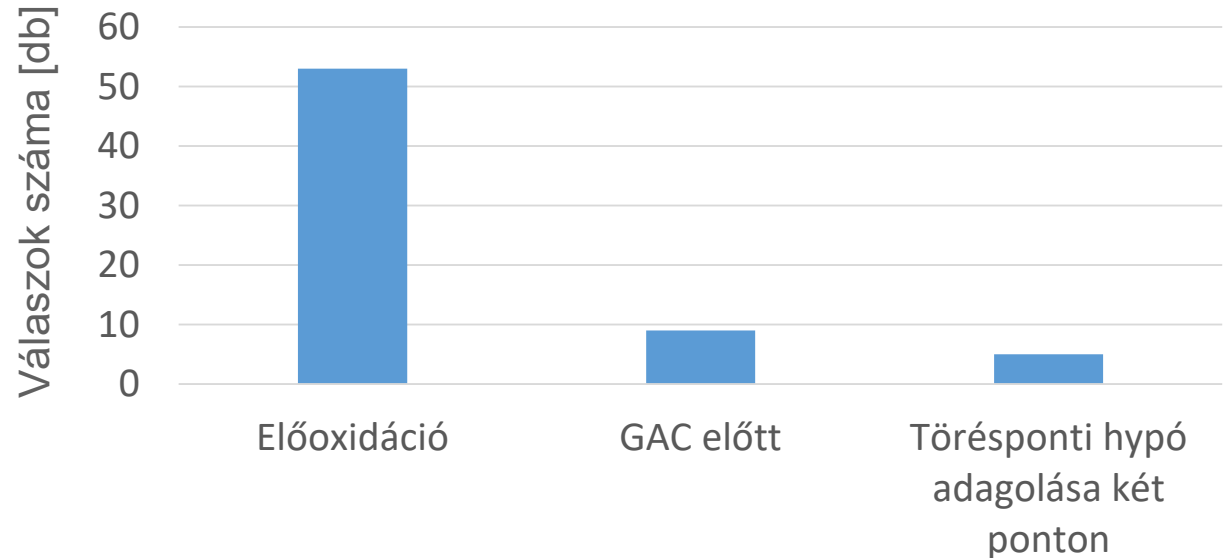
Chemical mixing: 20 No / 39 Yes (Static mixing)



Vegyszeradagolás helye

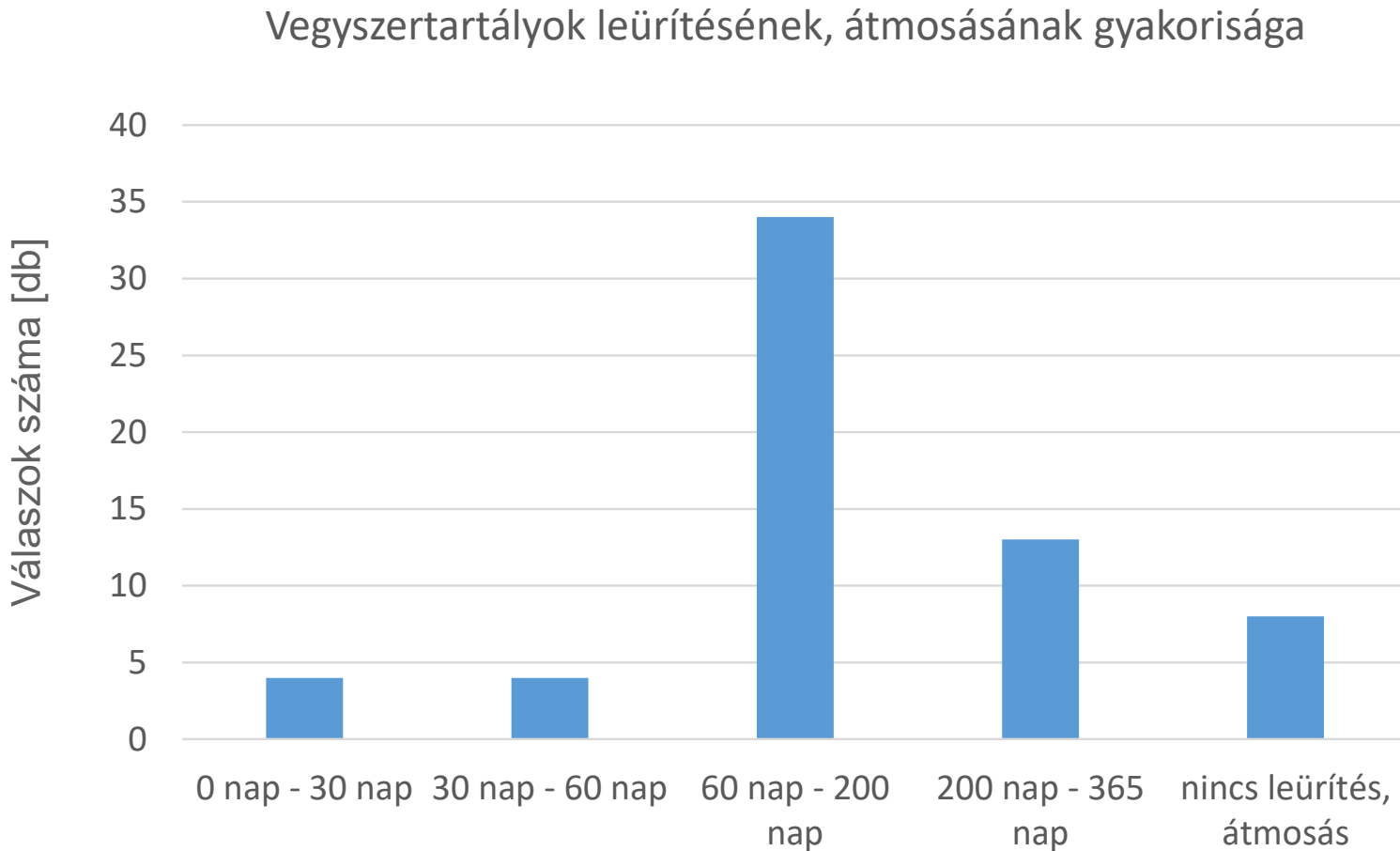


Törésponti hypó adagolásának helye a
felmért technológiákban [válasz db]





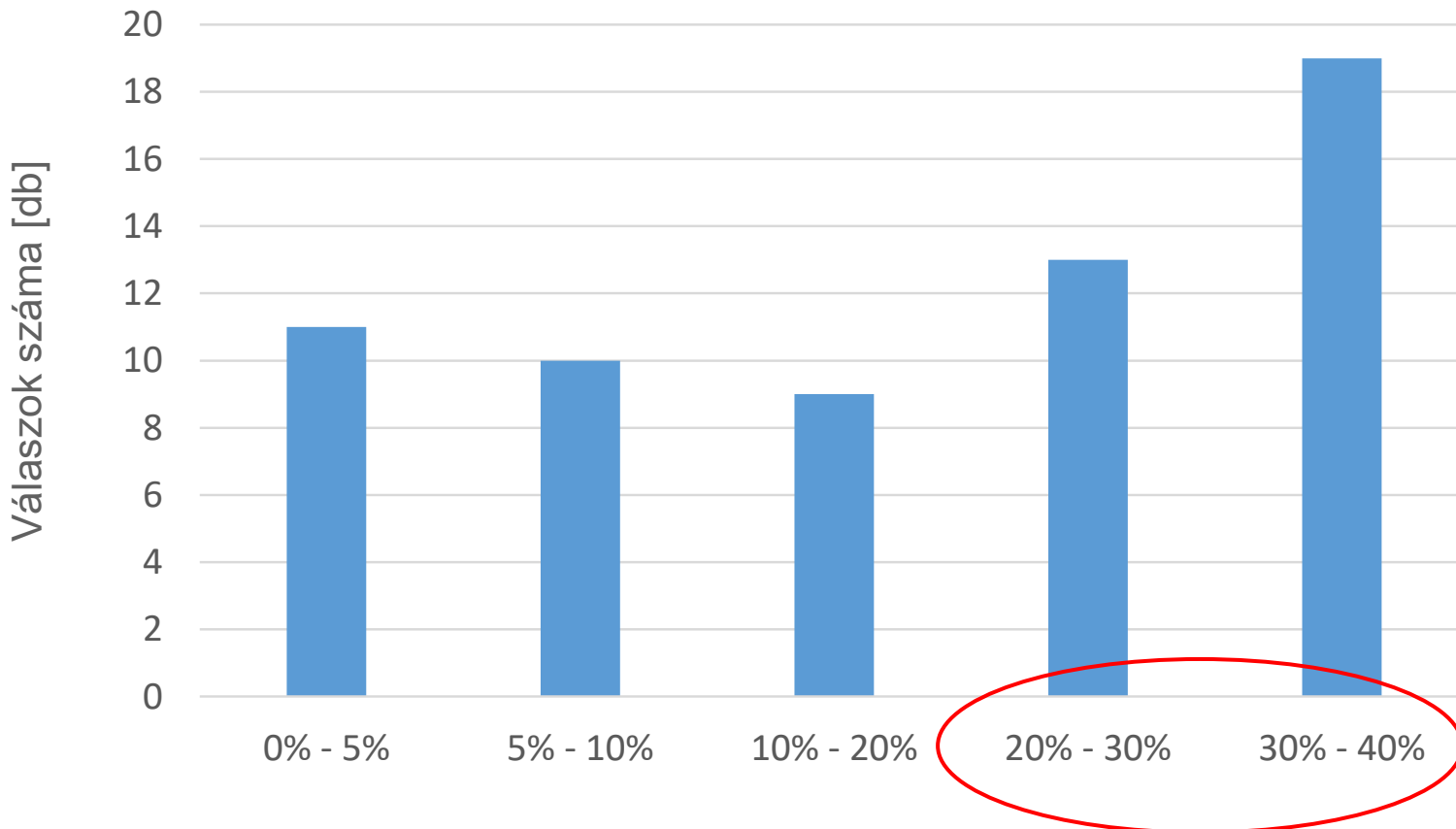
Vegyszertartályok leürítésének, átmosásának gyakorisága





Vegyszertartályok – „rég”i” vegyszer mennyisége

Vegyszertartályokban maradó "rég”i” hypó mennyisége





A klorát ionnal kapcsolatos kutatási feladatok folytatása

- Kérdőíves felmérés további elemzése
- Esettanulmány területek kiválasztása további, részletes vizsgálatok végrehajtására
- Laboratóriumi vizsgálatok (nátrium-hipoklorit oldat bomlását befolyásoló tényezők feltárása)
- Technológia-optimalizálás kérdésköre
 - Meglévő technológia optimalizálási lehetőségei (pl. vegyszer tárolás körülményei, vegyszer adagolás körülményei, technológia működésének ellenőrzése, vegyszer dózis minimalizálásának lehetőségei)
 - Technológia-váltás lehetőségei (gazdaságossági elemzés)



Köszönjük megtisztelő figyelmüket!

souha.neguez@edu.bme.hu

laky.dora@emk.bme.hu

Az előadás a Széchenyi Terv Plusz program keretében
az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt
(Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium)
támogatásával valósult meg