

Dulovics Junior Szimpózium
2026



Direkt evaporatív léghűtő rendszerek hűtővizének környezeti és higiéniai vizsgálata

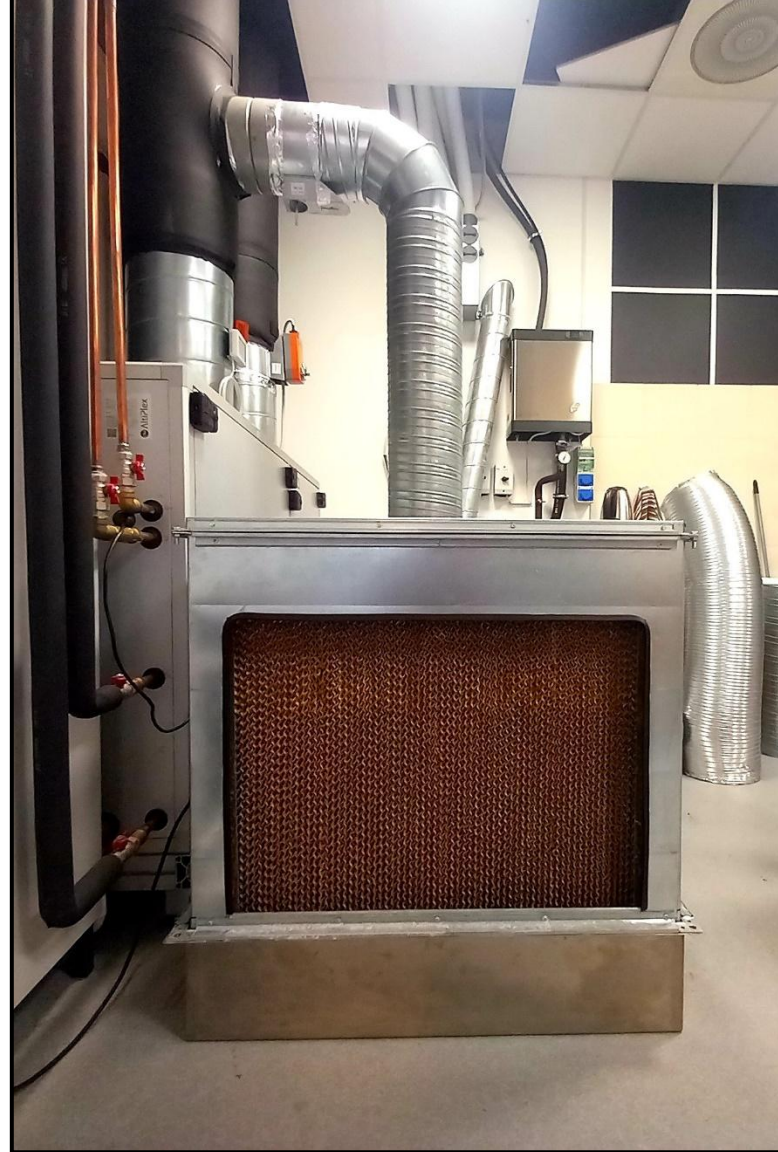
Készítette: Balogh László¹

Témavezetők: Bodnár Ildikó², Kostyák Attila³

¹BSc hallgató, *Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék*

²PhD, főiskolai tanár, *Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék*

³tanársegéd, *Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Épületgépészeti- és Létesítménymérnöki
Tanszék*



Evaporatív léghűtő,

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Légtechnikai Laboratórium

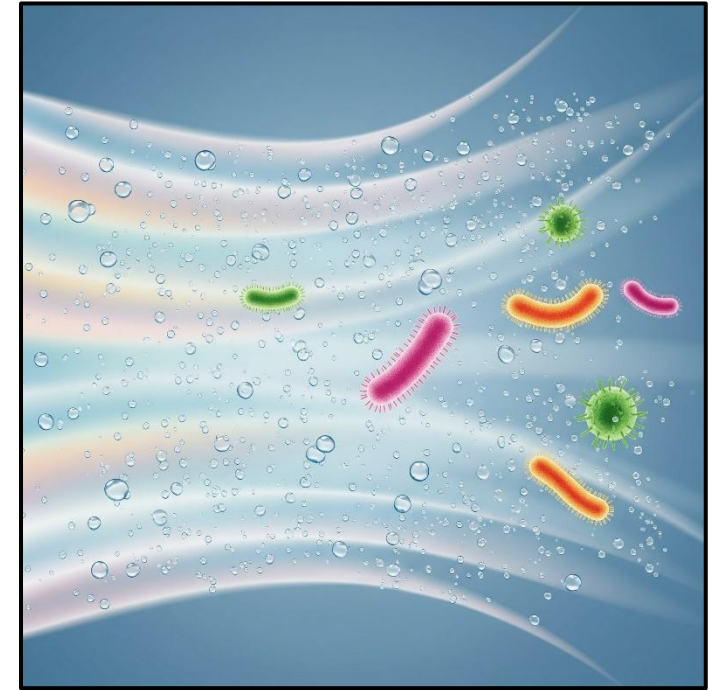
Forrás: saját felvétel

Áttekintés

1. Bevezetés, témafelvetés
2. Szakirodalmi és szabvány áttekintés
3. Anyag és módszer
4. Eredmények és értékelésük
5. Következtetés és javaslatok
6. Jövőbeli célok
7. Összefoglalás

1. Bevezetés, témafelvetés

- Létesítmények nyári energiafogyasztásának jelentős része a hűtés okán keletkezik.
- A hűtés megfelelő légkezelő egységek segítségével oldható meg.
- Direkt evaporatív léghűtés során a **légáram közvetlenül találkozik a vízzel.**
- A levegő egy nedvesítő közegen megy keresztül.
- Előnye: olcsó, energiahatékony
- **Hátránya:** növeli a belső levegő páratartalmát, **jelentős lehet a higiéniai kockázat**



2.1. Szakirodalmi és szabvány áttekintés

- Evaporatív hűtés működési elve:
 - Víz természetes párolgásán alapul, mely során hő vonódik el a levegőtől □ **hőmérséklet csökken, páratartalom nő**
 - Energiahatékony folyamat, **kompresszor és hűtőközeg nélkül**
 - **COP** értéke elérheti a *10–15-öt*, szemben a kompressziós hűtés *3–5-ös* értékével
- Típusai:
 - **Direkt** evaporatív léghűtés (DEC)
 - **Indirekt** evaporatív léghűtés (IEC)



*Evaporatív léghűtő külső váza,
Debreceni Egyetem Műszaki Kar
Légtechnikai Laboratórium
Forrás: Balogh et al., 2025*

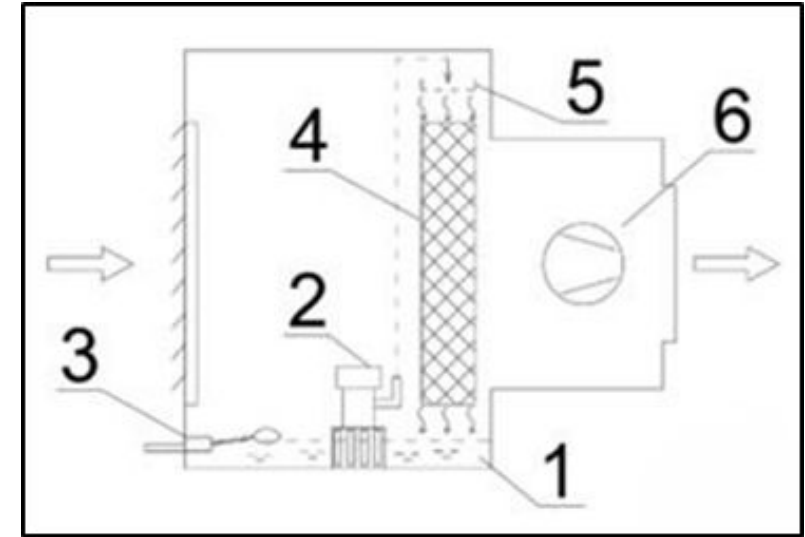
2.2. Szakirodalmi és szabvány áttekintés



- ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok (SDG)
 - **SDG 3 Egészség és jólét**
 - **SDG 6 Tiszta víz és higiénia**
 - **SDG 7 Megfizethető és tiszta energia**
 - **SDG 13 Klímavédelem**
- Higiéniai és üzemeltetési szabványok:
 - **VDI 6022**
 - **VDI 2047-2**
 - **VDI 3803-1**

3.1. Anyag és módszer

- **Cellulóz** anyagú hűtőpanel
- A levegőben lévő esetleges **mikrobiológiai szennyezők** a **vízzel érintkezve**, abban is jelen lehetnek és tovább szaporodhatnak.
- A víz **szivattyú** segítségével kering a víztartály és a vízelosztó egység között.
- A rendelkezésre álló vízfelületen, az áramló levegőbe a párolgó víz hatékonyan képes elpárologni.
- A **feleslegben lévő vízmennyiség** a **gyűjtőtartályba folyik** vissza, ezzel újrahasználva a vizet.



Jelölések az ábrán: 1. Víztálca; 2. Szivattyú; 3. Vízsint szabályozó szelep; 4. Párolgató betét; 5. Csepegtető tálca; 6. Ventilátor

Forrás: Balogh et al., 2025



*Hordozható pH és
vezetőképességmérő*



*HygieneCheck PLUS
gyorsteszt*



*Shimadzu TOC-Vcpn
Total Organic Carbon
Analyzer*



*WTW Turb 555 IR
– zavarosságmérő*

3.2. Anyag és módszer

- A mikrobiológiai szennyezettséget a **HygieneCheck PLUS** gyorsesztekkel vizsgáltuk (35°C; 24-72 h inkubációs idő)
- Vízminták analitikai jellemzői: pH, vezetőképesség, sótartalom, zavarosság illetve az összes szerves széntartalma (*TOC*) értékek vizsgálata
- A mérési eredmények kiértékelése során a **VDI 6022 szabványt** vettünk figyelembe

4.1. Eredmények és értékelésük

- **Vizsgálati körülmények:**
 - Az **első mérési sorozat** előtt csak mechanikai tisztítást alkalmaztunk;
 - A **második mérési sorozat** a mechanikai tisztítás után még egy **fertőtlenítési szakaszon** is átesett a rendszer;
 - A **harmadik mérési sorozat** előtt csak mechanikai tisztítást alkalmaztunk, az elsőhöz mérten.
- A fertőtlenítés a második mérési sorozatban, 3m/m% **hidrogén-peroxid oldattal** történt.



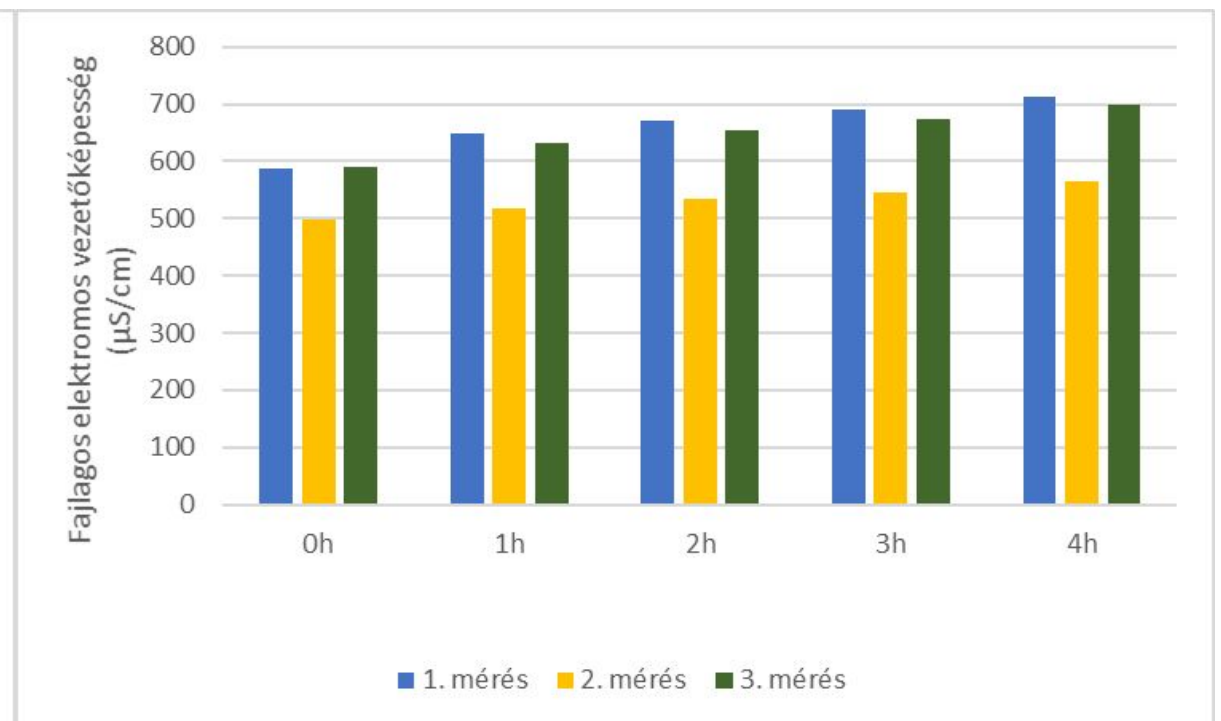
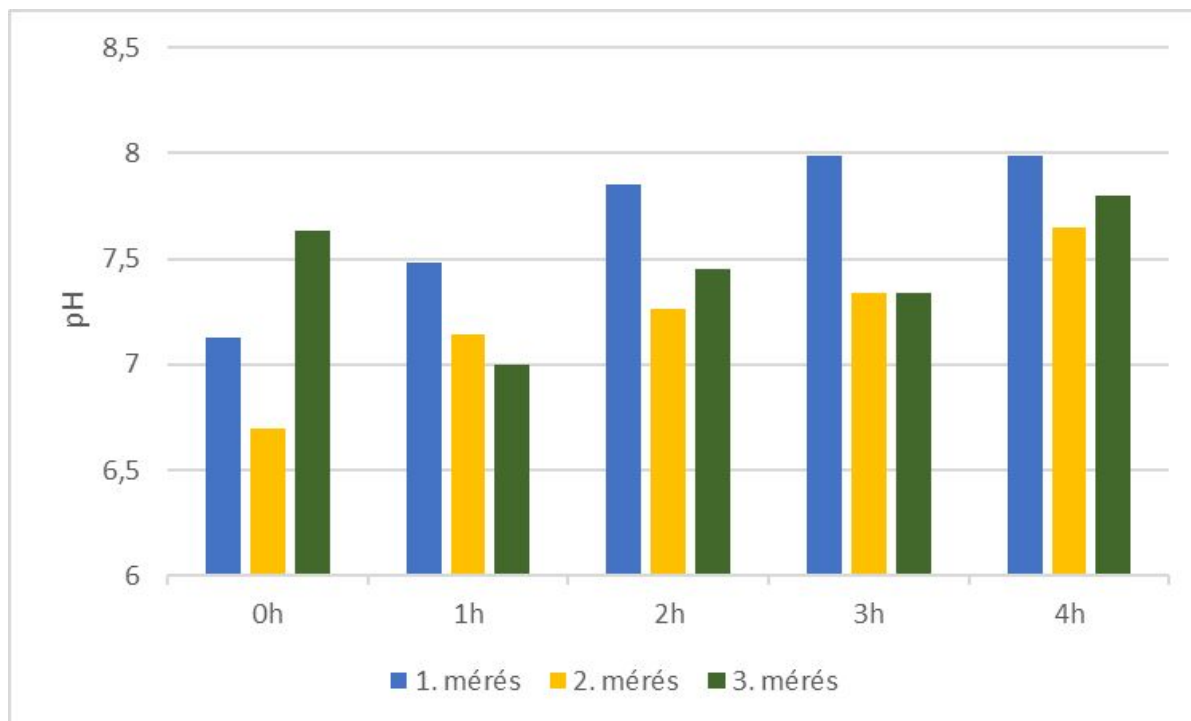
Evaporatív léghűtő, lecsapató panel és szivattyú

Forrás: Saját felvétel

3.2. Eredmények és értékelésük

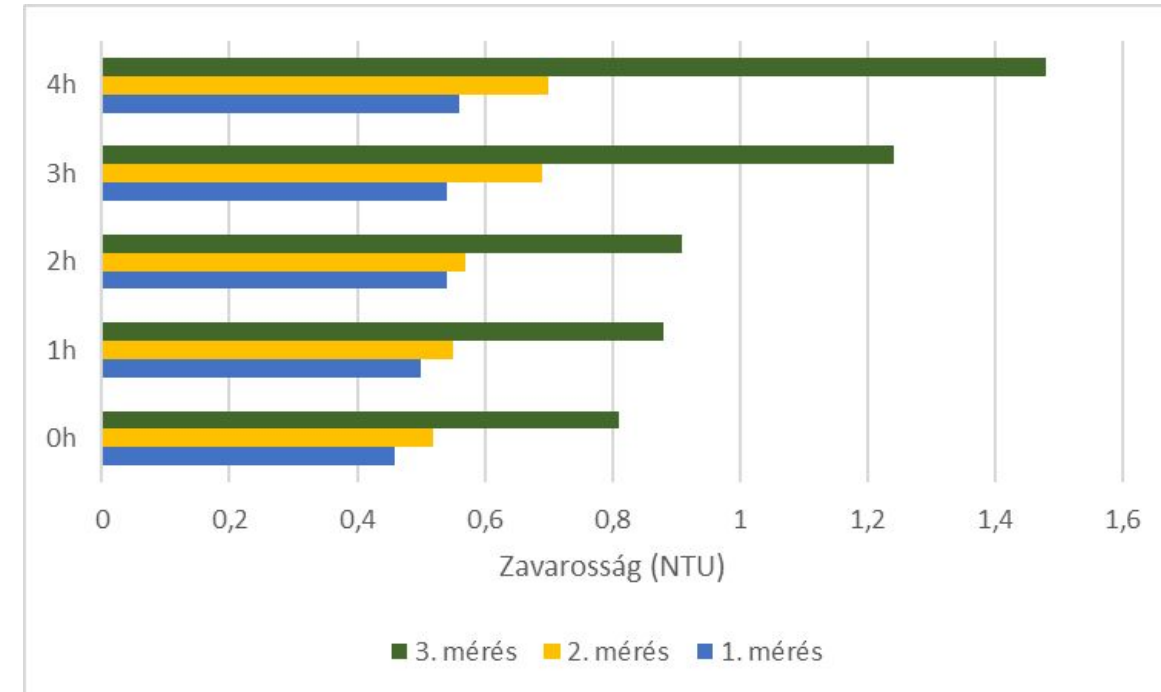
Üzemidő: 4 óra

- A pH értékek az üzemeltetés során **minimális növekedést mutattak**.
- Fertőtlenítés után a **vezetőképesség** értékek változása **nem volt olyan számottevő**, mint a **fertőtlenítés előtt vagy után**. Ennek lehetséges oka a **párologtatás miatti koncentrációcsökkenés**.
- A mérések alapján feltételezhető, hogy a fertőtlenítő eljárás során alkalmazott **vegyszeres kezelés anyagkioldódást eredményezhet**.



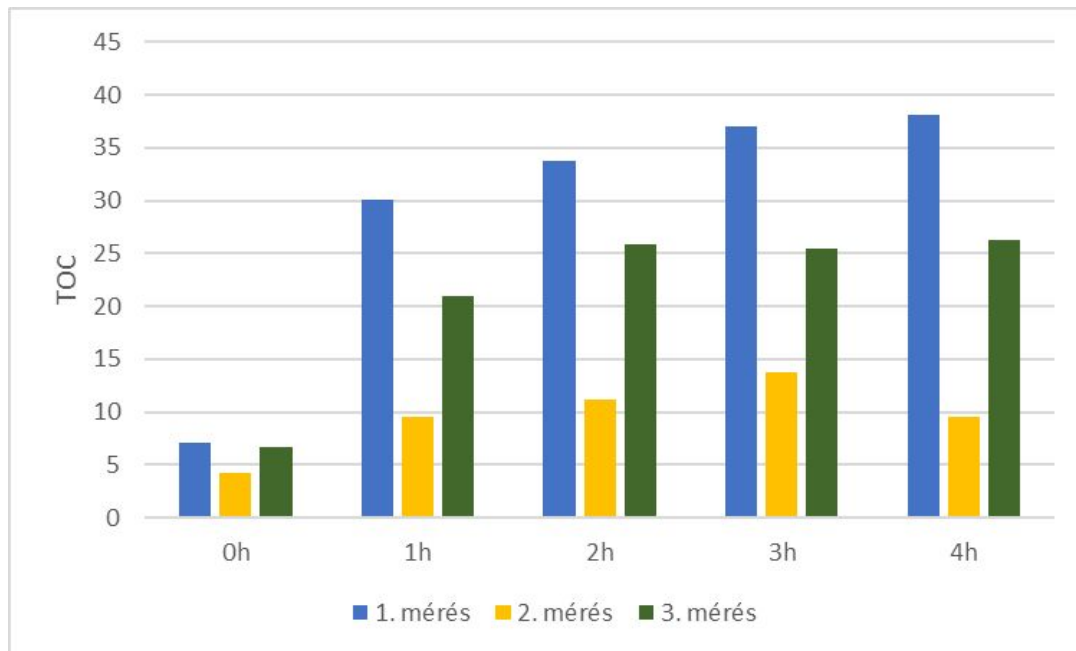
3.3. Eredmények és értékelésük

- A víz zavarossága is számottevően **megnövekedett**. A 3. mérési sorozatban különösen. Ennek **oka**, az lehet hogy „**öregedet**” a **panel szerkezete**.
- A megfigyelt változás vélhetően annak tulajdonítható, hogy a **fertőtlenítőszer reakcióba lépett a cellulóz alapú hűtőpanellel**, miközben a panelből származó nem oldódó részek **növelték a zavarosság értékeit**.
- A jövőben ennek kiküszöbölésére más, **kíméletesebb fertőtlenítőszerek** tesztelését is tervezzük.



3.4. Eredmények és értékelésük

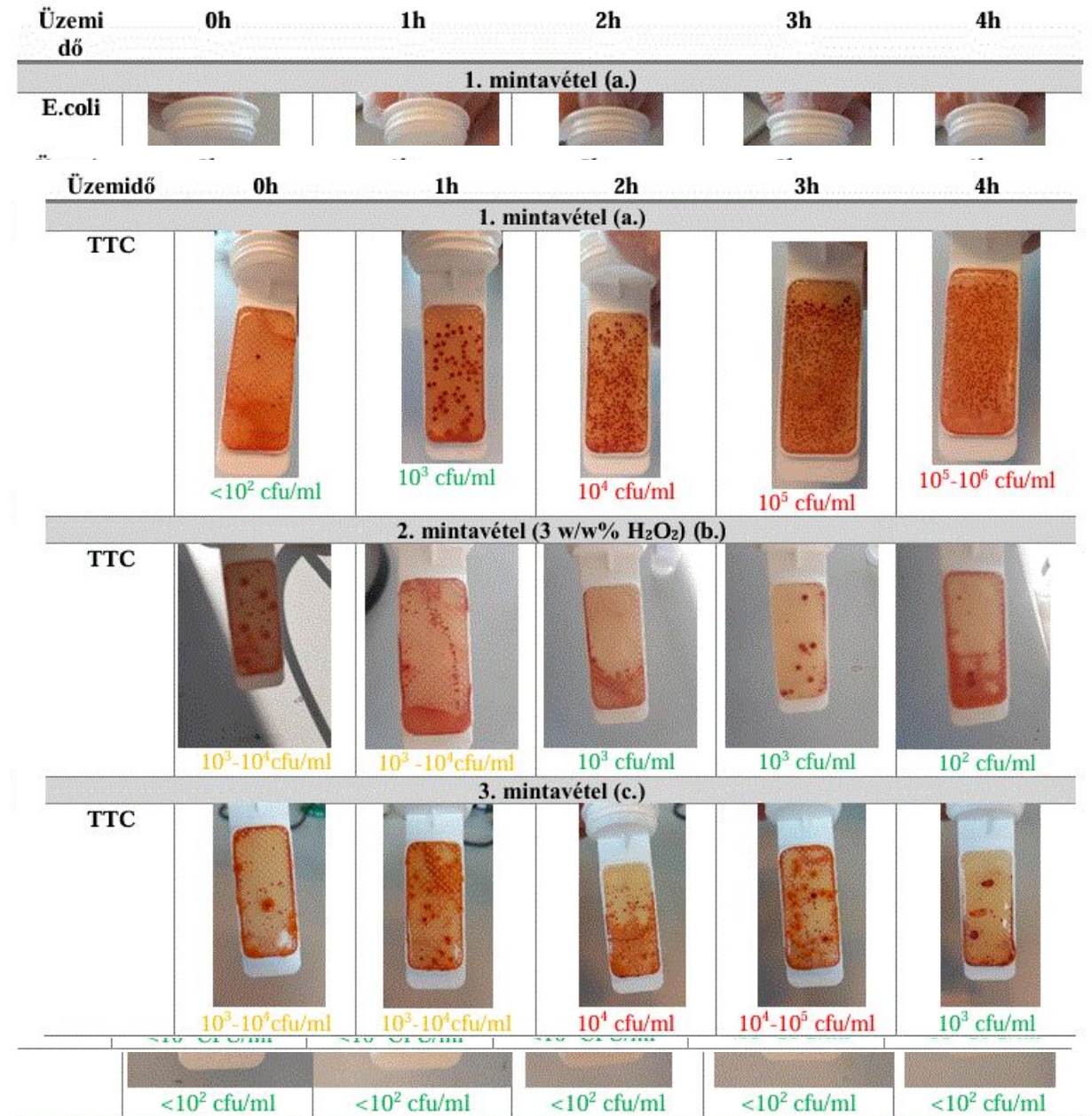
- A vízmintában található oldott szerves szennyeződések leíró ún. TOC értékek jól mutatják a **panel anyagának fertőtlenítőszerrel való reakcióját**, hiszen ezek az értékek is **folyamatos növekedést mutatnak**.



Üzemidő	0h	1h	2h	3h	4h
1. mintavétel					
TOC	7,07	30,01	33,8	36,94	38,14
2. mintavétel (3 w/w% H ₂ O ₂)					
TOC	4,250	9,54	11,17	13,73	9,5
3. mérés					
TOC	6,66	20,98	25,85	25,51	26,33

3.5. Eredmények és értékelésük

- A vizsgált léghűtő 4 órás üzemideje alatt az **E.coli** baktérium jelenléte **egyik** vízmintában sem volt kimutatható.
- A **Koliform** baktériumok csak **egyetlen** **egy** **üzemidő**nél mutattak határérték túllépést, az **oka** az, hogy feltehetőleg a vízrendszerben **átmenetileg** a **mikrobiális** aktivitás fokozódott.
- **Összes csíraszám (TTC)** **2** **óra** **üzemeltetés** után már **túllépte** a VDI 6022 higiéniai szabványban rögzített **határértéket**.



4. Következtetés és javaslatok

- **Mechanikai tisztítás nem bizonyul elegendőnek**, fontos a megfelelő fertőtlenítési eljárás alkalmazása.
- Összes csíraszám (*TTC*) telepszám értékekben a vegyszeres fertőtlenítéssel rendkívül hatékony csökkenést érhetünk el.
- Hidrogén-peroxid oldattal végzett rendszeröblítés hatékony és higiéniai szempontból megbízható fertőtlenítési eljárásnak tekinthető, elengedhetetlen ahhoz hogy a kapcsolódó szabvány előírásainak meg tudjunk felelni.

1. táblázat A „keringtetett víz” szükséges higiéniai paramétere a VDI 6022 szabvány alapján [4]

Eljárás/higiéniai paraméter	Értékelési határértékek keringtetett víz esetén
Teljes csíraszám (baktériumok) a DIN EN ISO 6222	< 1000 CFU/mL
Legionella sp. as per DIN EN ISO 11731	< 100 CFU/mL
Pseudomonas aeruginosa as per DIN EN ISO 16266	< 100 CFU/mL

5. A kutatás további fejlesztési lehetőségei

- **Akkreditált laboratóriumi mikrobiológiai vizsgálatok elvégzése.**
- Több, és hosszabb üzemidejű mérési sorozatok elvégzése
- Párolgató panelek fizikai jellemzőinek tesztelése
- **Más fertőtlenítőszer vizsgálat** (pl. peroxiecetsav, ozonizálás)
- Kiáramló hűtött levegő paramétereinek vizsgálata
- Más anyagú panel használata, annak hatásfokának vizsgálata
- Valódi, már működő léghűtő rendszerek vizének minősítése

6. Összefoglalás

- Kutatásom során az **evaporatív léghűtők hűtővizének** higiéniai vizsgálatát végeztük el.
- Megállapítottuk, hogy a **mechanikai tisztítás nem elegendő** ahhoz hogy megfeleljünk a kapcsolódó szabvány előírásainak.
- A mérések alapján feltételezhető, hogy a fertőtlenítő eljárás során alkalmazott **vegyszeres kezelés részben anyagkioldást eredményezhet** a celullóz anyagú hűtőpanelben, így vagy más szerkezeti anyagú hűtőpanel vagy más típusú fertőtlenítőszer alkalmazásának vizsgálata lenne célszerű.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat **Dr. Bodnár Ildikó**, főiskolai tanárnak, témavezetőmnek a kutatómunkám során nyújtott szakmai iránymutatásáért, támogatásáért és biztatásáért, valamint azért, hogy biztosította a lehetőséget a minták vizsgálatának elvégzésére a Környezetmérnöki Tanszék Vízminőségvédelmi Laboratóriumában.

Ezúton szeretném megköszönni **Kostyák Attila**, egyetemi tanársegédnek, témavezetőmnek a kutatómunkám során nyújtott szakmai támogatását, valamint azt, hogy biztosította számomra az Épületgépészeti- és Létesítménymérnöki Tanszék Légtechnikai Laboratóriumában végzett munka lehetőségét.

**Köszönöm a megtisztelő
figyelmet!**