

Hőkonténeres hőellátás energetikai és hőátadási kérdései

Kovács Róbert, Imre Attila

Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, BME

Visegrád

2023. 04. 19.



PROJEKT CÉLJAI

- **Hőtároló konténer elkészítése**
Thermofoam Kft. – tesztüzem, kisebb hőmérséklet.
- **Megvalósíthatósági kritériumok vizsgálata**
Gazdasági, műszaki szempontok.
- **Előremutató fejlesztési lehetőségek feltárása**
Hőcserélő felépítése, fázisváltó anyagok fejlesztése

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

RÉSZTVEVŐK

- **Thermofoam:** projektvezető; megvalósítás helye.
- **BME:** szakmai vezető, hőhasznosítás, alap kutatások (fázisváltó anyagok, hőtárolók), esettanulmányok, karbonmentes szállítás vizsgálata, életciklus-analízis.
- **HeatVentors:** tervezés, hőhasznosítás, kivitelezés.
- **IMSYS:** környezetvédelmi és jogi problémák vizsgálata, projektmenedzsment.
- **Pannon Egyetem:** hőkibocsájtó-hőhasznosító párok keresése, hőhasznosítási megoldások vizsgálata, üzleti modellek.
- **TTK:** hatásfok-növelés (jobb hőtároló anyagok, kapszulázott hőtároló anyagok)
- **MAHART:** szállítási metódusok vizsgálata

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladék hő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

Mit nyújtunk a sikeres projekttel?

- A lakosságnak, valamint kis- és közepes intézményeknek, cégeknek fűtést/hűtést.
- A kibocsájtóknak (ipari szereplők) energiahatékonyság-növekedést és (energetikai cégeknél) fajlagos CO₂-kibocsájtás csökkentést.
- A környezetre hőterhelés-csökkenést és – a megtakarított tüzelőanyag miatt – CO₂ kibocsájtás csökkentést.
- A nemzetgazdaságnak a fosszilis tüzelőanyagoktól való függés csökkenését.

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

BME részvétele

- Hulladékhővel, tárolással és szállíthatósággal kapcsolatos általános kutatások.
- Hőkibocsátó-hőhasznosító párok vizsgálata.
- A technológiával és a fejlesztendő berendezéssel kapcsolatos környezetvédelmi és életciklus kutatások elvégzése.
- Hővezetési problémák megoldása, hőtároló modell szimulációk készítése.
- Hulladékhő-felhasználás energiahatékonyságra és CO2 kibocsájtás csökkenésre gyakorolt hatásának vizsgálata.
- A hulladékhő fűtési és hűtési célú felhasználhatóságának vizsgálata.
- Hőtárolási technológiák összehasonlítása.
- Fémhidalapú hőcserélők modellezési és alkalmazási lehetőségeinek a vizsgálata.

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

LCA – Életciklus értékelés

- Teljes termék életciklusára vonatkozó vizsgálatok.
- Input: a folyamathoz szükséges nyersanyagok / energiaigény.

Output: a folyamat termékei + hulladékok, kibocsátások.

- Projekt célja: a hulladékok (hő) felhasználása, így a kibocsátások csökkentése.

Tároló mérete (tonna)	típus	fűthető négyzetméter	Fűthető „átlag lakás” (50m2 alapterületű) nap
16	20 lábás konténer (prototípus)	673-1347	5-10
70	„vasúti tartálykocsi” méret	2950-5900	22-44
700	„10 tartálykocsi szerelvény” méret	29500-59000	220-440
1000	„kis folyami uszály” méret	42100-84200	310-620
10000	„nagy folyami uszály” méret	421000-842000	3100-6200
100000	„tengeri tanker” méret	4210000-8420000	31000-62000

Kedvező vs. kedvezőtlen szenáriók:

Élettartam: 20 vs. 5 év

Kibocsátás: -800 vs. 50+ tonna CO2

Kérdések:

Hőtároló alapanyagai – fázisváltó anyag?

Integrálás?

Szállítás módjára / távolsága?

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



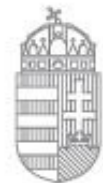
INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

LCA – Életciklus értékelés – javaslatok

- A tárolók élettartama a 10 évet haladja meg.
- A tárolók kihasználtsága legalább 67%-os legyen (3 tároló/2 lakás), de inkább nagyobb.
- A tároló kialakításakor célszerű lenne kerülni az alumíniumot, és a lehető legkisebbre csökkenteni a fém/paraffin arányát.
- A lehető legközelebbi felhasználási hely megtalálása, ugyanis a kívánatos élettartam mellett a szállítási távolság hatása hosszútávon jelentős.

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

HŐTÁROLÁSI LEHETŐSÉGEK

	Előnyök	Hátrányok
Szenzibilis hőtárolás	<ul style="list-style-type: none">+ a hőtároló anyag (víz) olcsó+ egyszerű kivitelezés+ stabil+ könnyen szabályozható	<ul style="list-style-type: none">- alacsony energiasűrűség- nagy tömeg és méret- nagy hőmérséklettartomány- szigetelés szükséges (drága)
Látens hőtárolás	<ul style="list-style-type: none">+ nagy energiasűrűség+ kis tömeg és méret+ szűk üzemi és tárolási hőmérséklettartomány	<ul style="list-style-type: none">- alacsony hővezetési tényező- sűrűségváltozás- fizikai és kémiai tulajdonságok változnak több ciklus után- folyadék aláhűlés- bizonyos anyagokra igaz:<ul style="list-style-type: none">magasabb árgyúlékonyságinstabilitáskorrózióveszély
Kémiai hőtárolás	<ul style="list-style-type: none">+ nagyon magas energiasűrűség+ kis tömeg és méret+ szűk hőmérséklettartomány+ alacsony működési hőmérsékleten tartható+ katalizátor segítségével jól szabályozható	<ul style="list-style-type: none">- magas anyagköltség- alacsony ciklusszám (kis stabilitás)- bonyolult- kisütések számának növelésével csökken a hatékonyság

Forrás:
Erzsiák Bence:
Hulladékhő-hasznosítás
mobil hőtároló
berendezéssel

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

FÁZISVÁLTÓ ANYAGOK

	Előnyök	Hátrányok
Szerves fázisváltó anyagok	<ul style="list-style-type: none">+ aláhűlés nem jellemző+ magas hőátadás a fagyási ciklus alatt+ magas olvadáshő+ kémiaiilag stabil+ nincs szegmentáció+ biztonságos+ nem reaktív+ újrahasznosítható	<ul style="list-style-type: none">- szilárd állapotban rossz hővezetés- térfogati rejtett hőtároló képességük alacsony- tűzveszélyes, de megfelelő tárolással a veszély csökkenthető- technológiai minőségű paraffinok (paraffin keverék és finomított olaj) költsége magas
Szervetlen fázisváltó anyagok	<ul style="list-style-type: none">+ a fajlagos térfogati rejtett hőtároló képessége magas+ könnyen elérhető+ olcsó+ meghatározott olvadásponttal jellemezhető+ kiváló hővezető képesség+ magas olvadáshő+ nem gyúlékony	<ul style="list-style-type: none">- nagy térfogatváltozás- folyadék-szilárd átmenetnél jelentkezik az aláhűlés problémája- aláhűlés ellen kristályosító anyagok szükségesek
Eutektikum	<ul style="list-style-type: none">+ tiszta anyagokhoz hasonlóan meghatározott olvadásponttal jellemezhető+ sűrűségük meghaladja a szerves vegyületekéét	<ul style="list-style-type: none">- kevés adat áll rendelkezésre termofizikai tulajdonságaikról, mert csak nemrég kezdték őket hőtárolásra alkalmazni

Forrás:

Erzsiák Bence:
Hulladékhő-hasznosítás
mobil hőtároló
berendezéssel

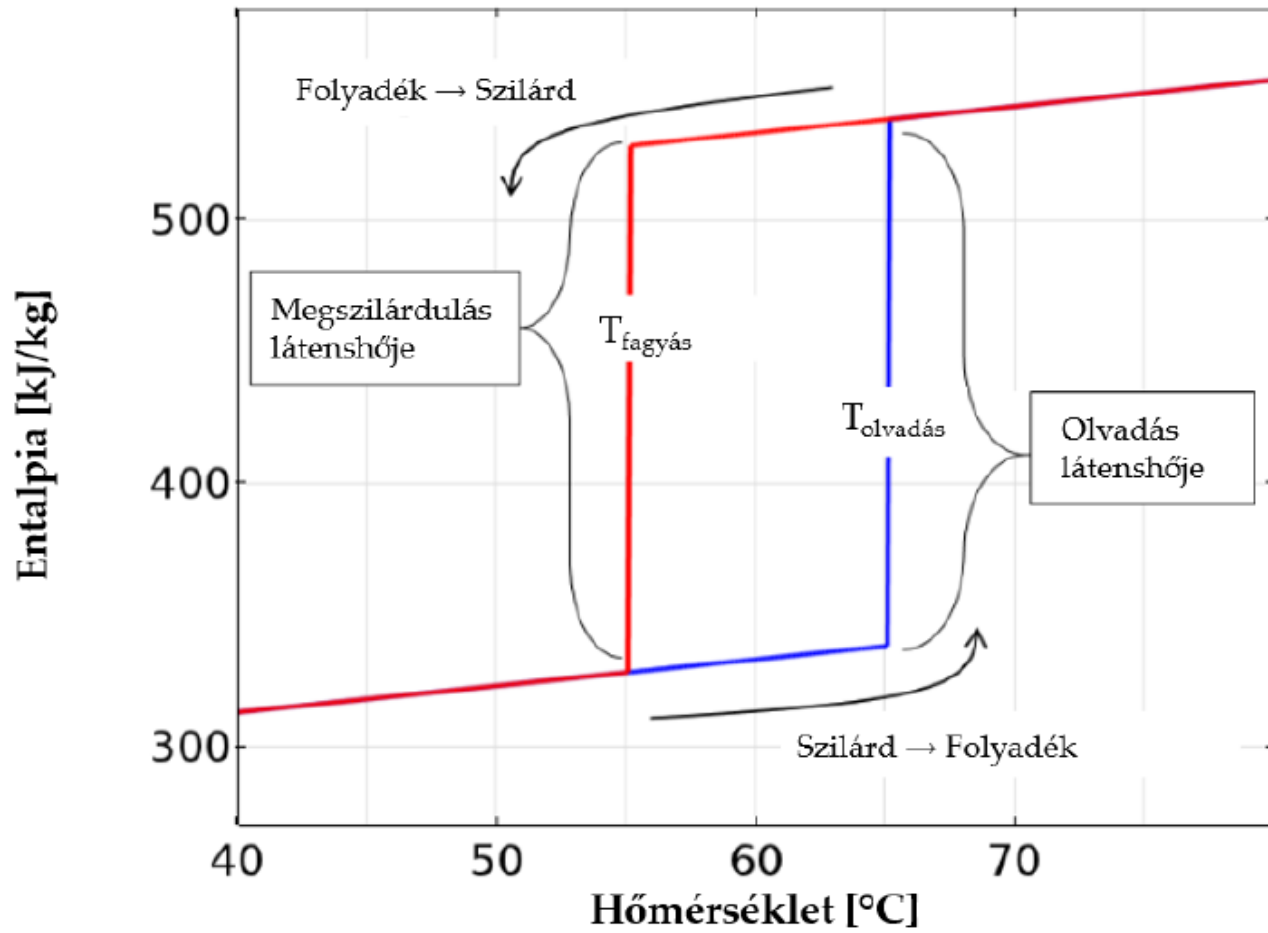


INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

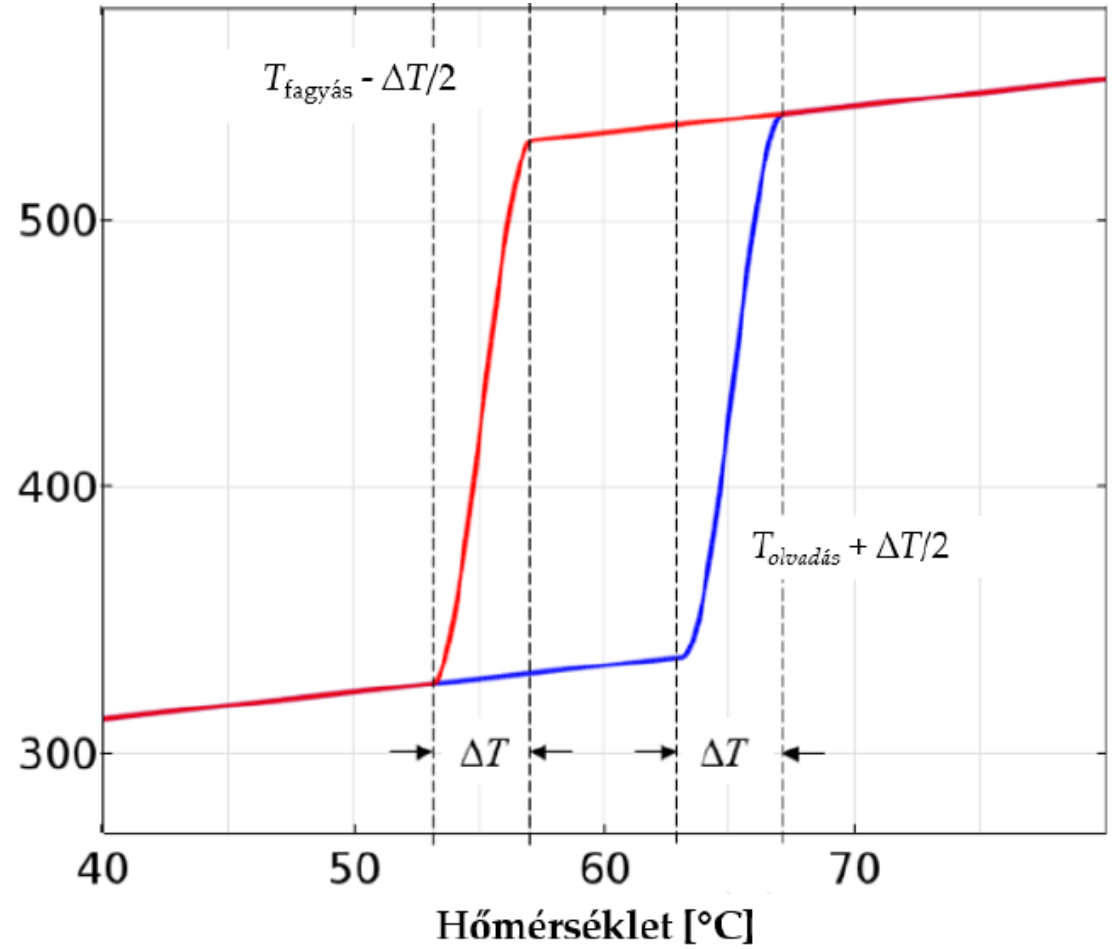
2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"

PARAFFINOK



IDEÁLIS



VALÓS



HŐCSERÉLŐ KÖVETELMÉNYEK

Az elválasztó fal anyagának meg kell felelnie néhány kritériumnak:

- **jó hővezető képesség,**
- a hőforrás/hőnyelő és fázisváltó közegekkel szembeni kémiai stabilitás (**korrózióálló**),
- kellő **mechanikai szilárdság.**

A fal geometriai kialakításával szembeni követelmények:

- a fázisváltó anyag oldalán **nagyobb felület** legyen kialakítható,
- minél vékonyabb elválasztófalak,
- **kis hővezetési úthosszak** a fázisváltó oldalon,
- minél kisebb áramlási ellenállást biztosító közegjáratok a hőforrás/hőnyelő közeg oldalon,
- minél **sűrűbb behálózottság** a hőforrás/hőnyelő közeg szempontjából a tároló belső terében,
- minél kisebb hőcserélő tömeg/hőtároló közeg tömeg arány,
- egyszerű gyárthatóság,
- kedvező előállítási költség.

2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

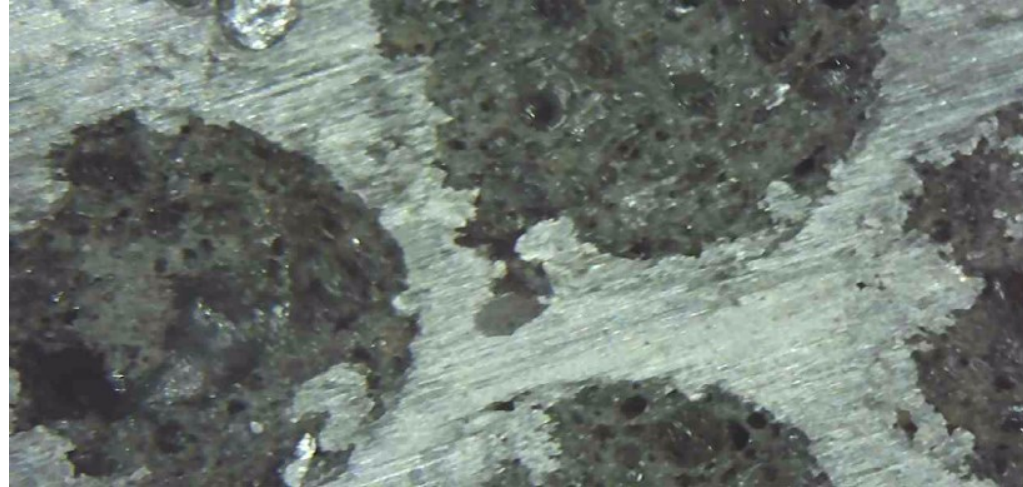
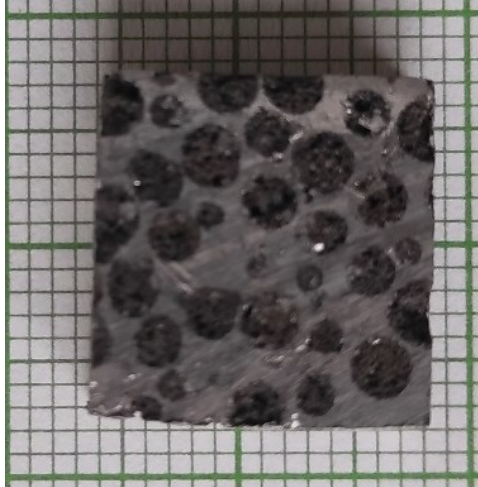
"Hulladék hő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

FÉM HABOK - SZEMPONTOK

- Jó hővezető képesség.
- NAGY hőátadó felület – nyílt cellás kivitel, 90+ %-os porozitás → kevés anyagfelhasználás.
- Térfogatilag közel homogén hőátadás → gyors és hatékony feltöltés.
- Feltölthetőség? Paraffin viszkozitás ~3x nagyobb, mint a víznek (olvadékként).
- Mechanikai stabilitás a teljes élettartam alatt?
- Hőtani modellezés?



2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"

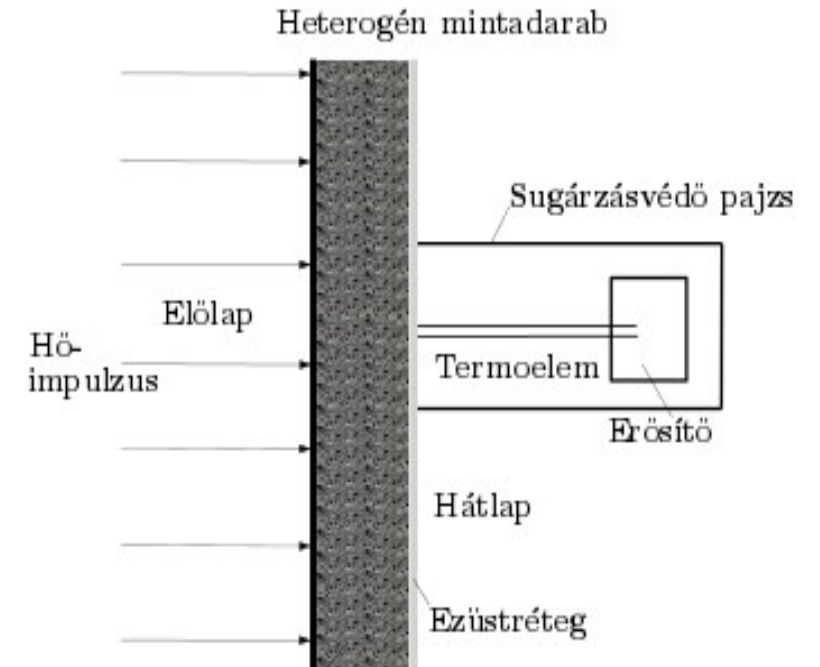


INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

HŐTANI MODELLEZÉS

Szempontok:

- Effektív anyagjellemzők? Kísérleti úton
→ hőimpulzus kísérlet.
- Könnyű implementálhatóság.
- Skálázhatóság.
- Általános módszertan, kevésbé geometria függő.



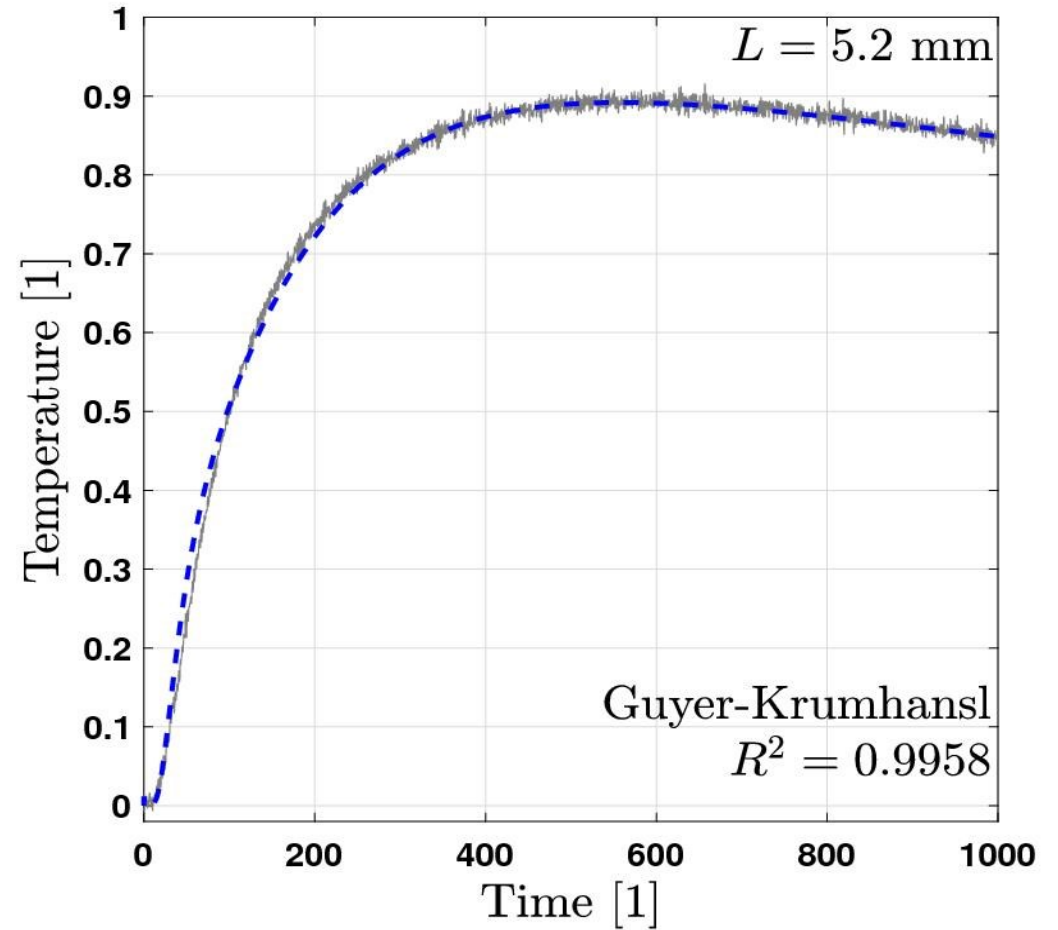
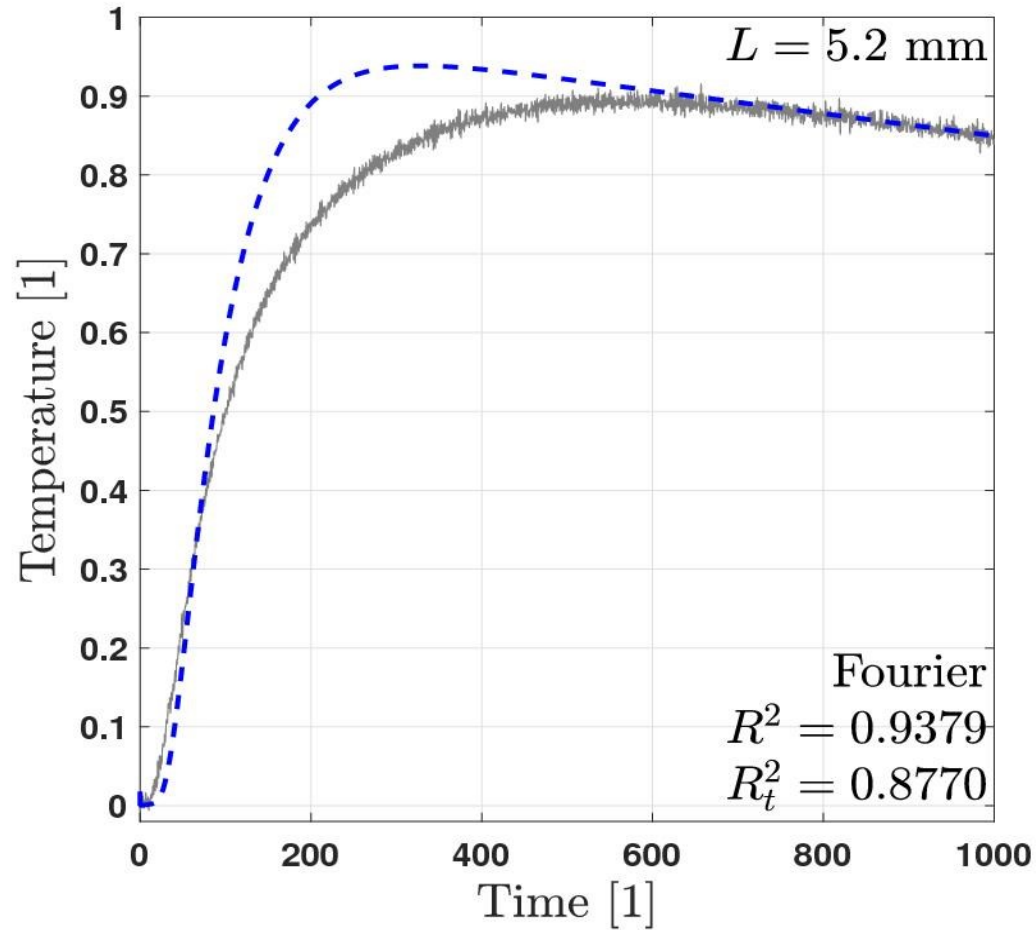
2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladék hő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK



$$\underline{\tau \partial_{tt} T} + \partial_t T = a \partial_x^2 T + \underline{l^2 \partial_t \partial_x^2 T}$$

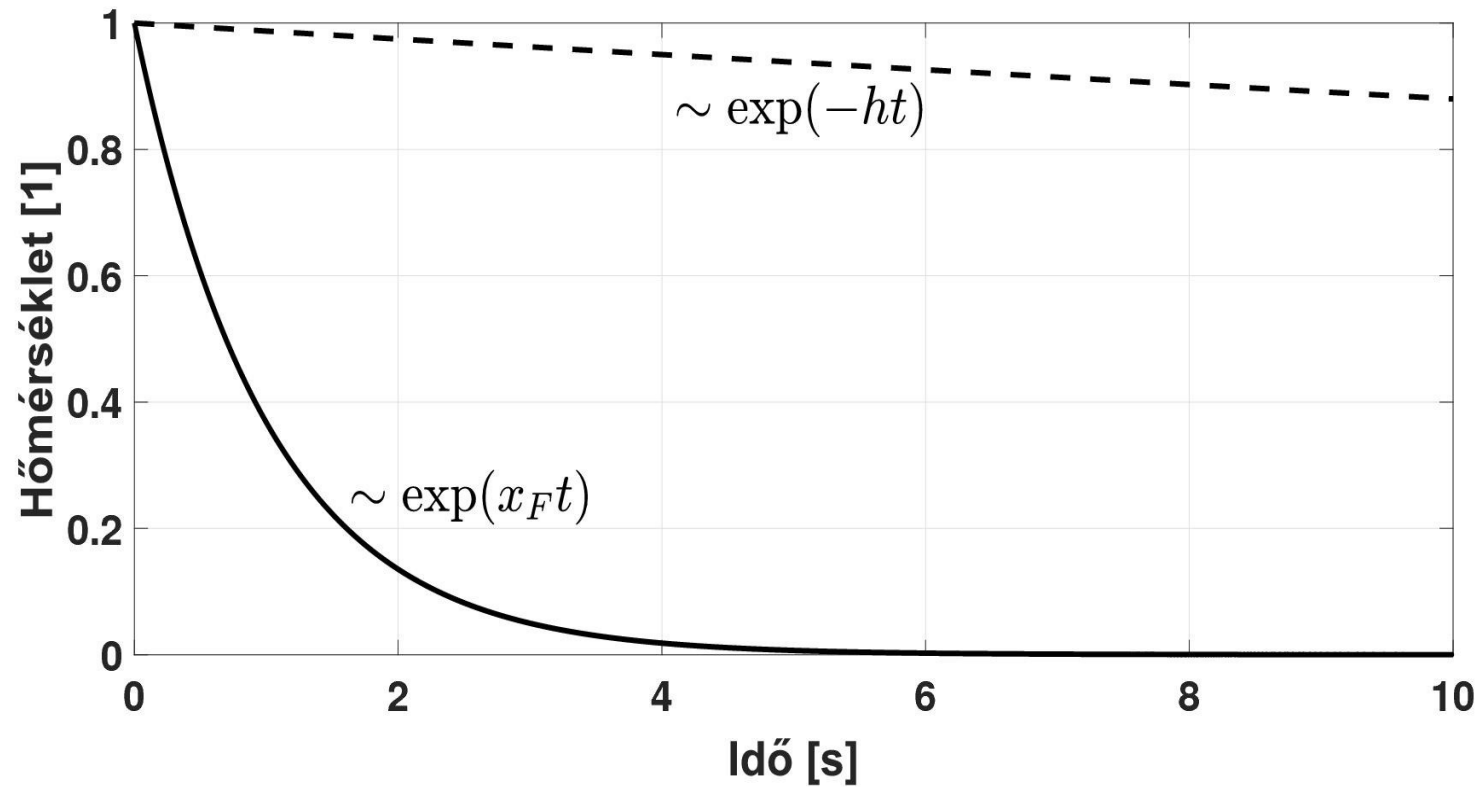
2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



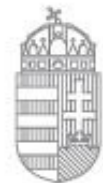
INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

IDŐSKÁLÁK - FOURIER



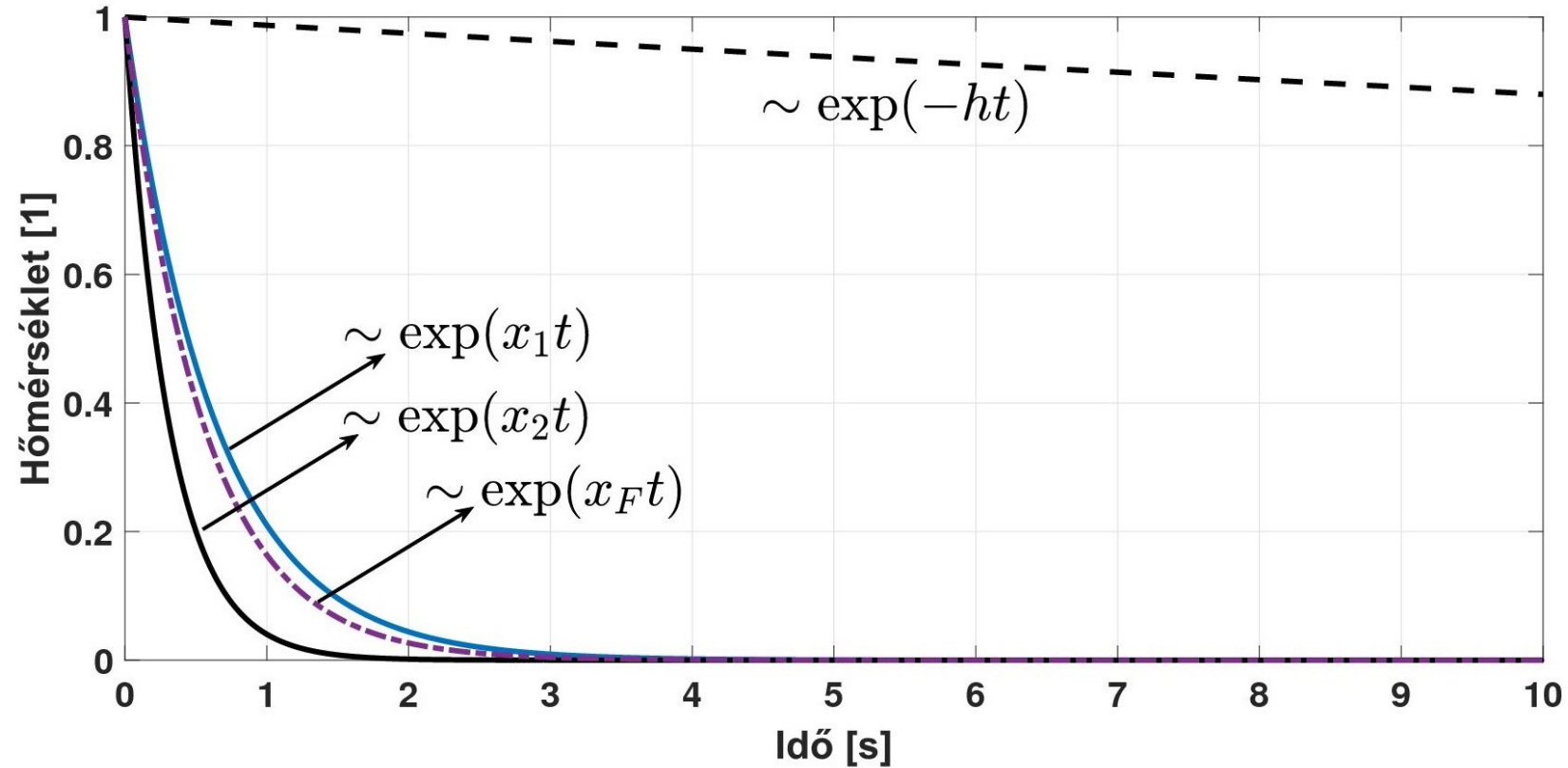
2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



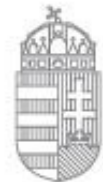
INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

IDŐSKÁLÁK – GUYER-KRUMHANSL



2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

HŐTANI MODELLEZÉS - KÖVETKEZMÉNYEK

- A Fourier-egyenlet nem használható, csak „lassú” üzemre (a fémhab meg gyors).
- 2 extra paraméter → effektívek, mint a hővezetési tényező.
- Minden skálán használható.
- Pontosabb hővezetési paraméterek.
- Geometriától függetlenül használható → erőforrás-barát!

- Fázisfront és fázisátalakulás?

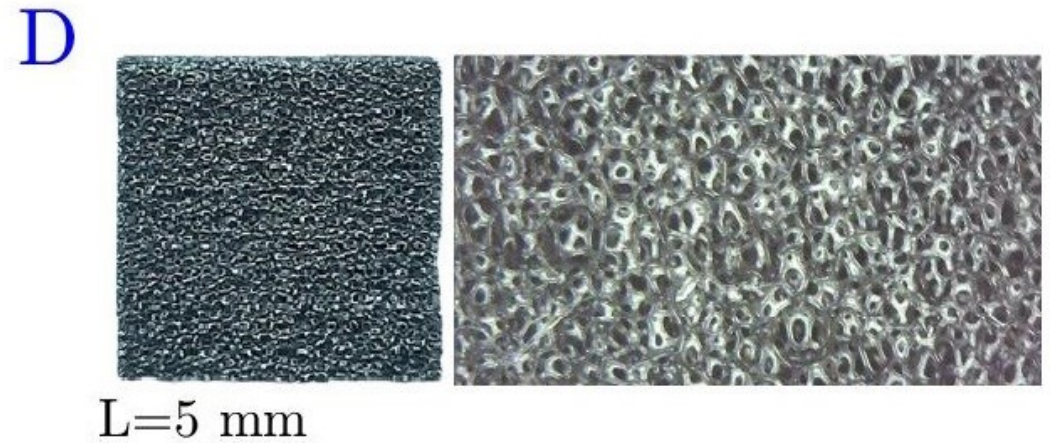
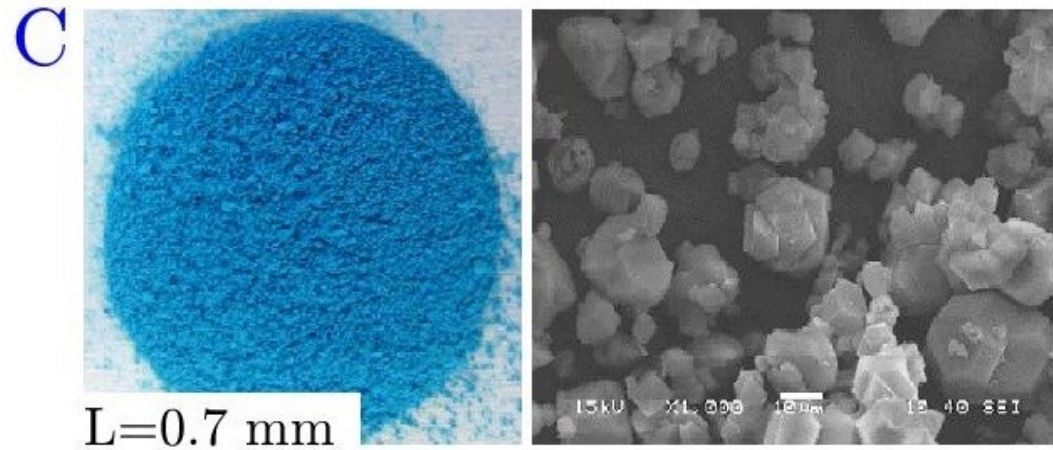
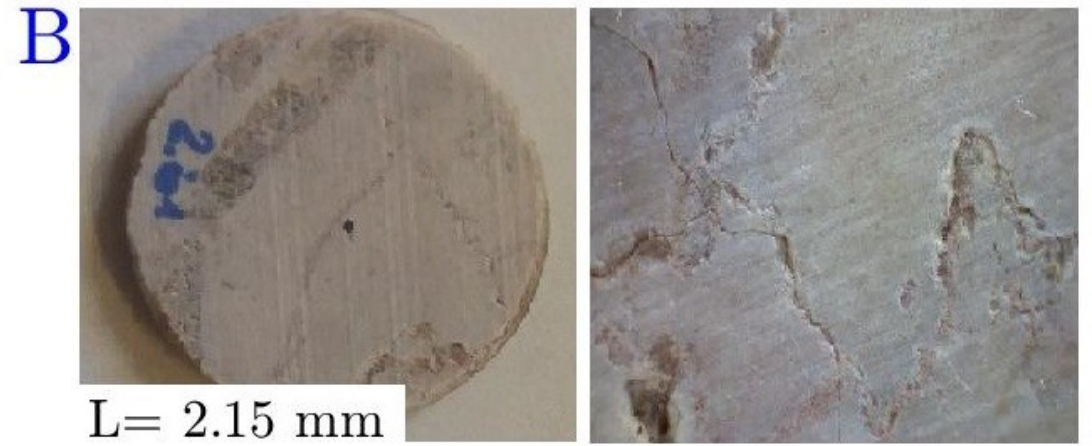
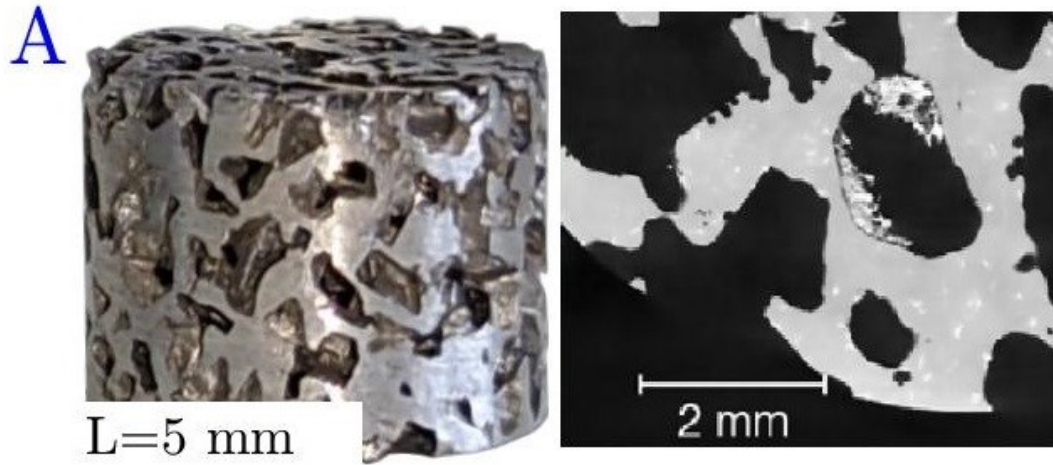
2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladék hő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

TOVÁBBI HŐTANI LEHETŐSÉGEK



2021-2.1.2-HŐ-2021-00004

"Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése"



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM

KÖSZÖNÖM
A FIGYELMET!



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM