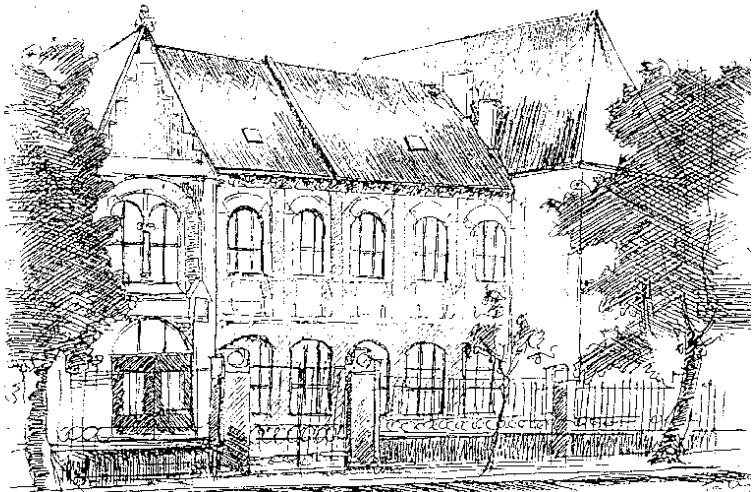




# MŰSZAKI MECHANIKAI TANSZÉK GÉPÉSZETI MODELLEZÉS SPECIALIZÁCIÓ



2026. május 7.

Specializációfelelős: Dr. Szabó Zsolt

[szazs@mm.bme.hu](mailto:szazs@mm.bme.hu)

Specializációfelelős: *Dr. Szabó Zsolt*

A specializáció oktatásáért felelős oktatási egység: *Műszaki Mechanikai Tanszék*

A specializációba történő belépés előzetes feltételei:

- *minimálisan teljesítendő kreditek száma: 90*
- *teljesítendő szigorlat(ok): **Matematika szigorlat***
- *teljesítendő tantárgyak: **Rezgéstan***
- *Létszámkorlát: 36 fő (rangsor: kumulált átlag)*

## A specializáció képzési célja:

*A Gépészeti modellezés specializáció célja olyan mechatronikai mérnökök képzése, akik alkalmasak a mechatronikai eszközök tervezése, működtetése során felmerülő igényes szilárdtest-mechanikai, áramlás- és hőtechnikai valamint elektromágneses problémák modellezésére azok elméleti hátterének alapos ismeretében, továbbá ezen modellek segítségével megfogalmazott feladatok megoldására, a modellek validálásához szükséges mérések illetve mérőeszközök megtervezésére.*

# Miben különleges a specializáció?

- Szélesebb körű modellezési ismeretek:
  - Mechanizmusok (sok DoF), robotszabályzás tervezési, szabályzási algoritmusai
  - Szilárdtest mechanikai, hőtani, áramlástanai problémák modellezése
  - Elektromágneses terek modellezése
- Matematikai – irányításelméleti ismeretek:
  - Differenciálegyenletek és numerikus módszereik
  - Optimális irányítások
- *A specializáció angol nyelven kerül meghirdetésre!*

# Kiknek ajánljuk?

- Azoknak a Hallgatóknak, akiket érdekelnek
  - a mechanika további alkalmazási területei
  - a differenciálegyenletek analízise, számítógépes szimulációja
  - a mechanikai, áramlástani, hőtani, elektromágneses problémák modellezése
- **Továbbtanulás:**
  - MSc in Mechanical Engineering Modelling (angol MSc)
  - Gépészmérnöki MSc (Alkalmazott Mechanika spec.)
  - Mechatronikai mérnöki mesterszak
- **Elhelyezkedés:**
  - a mechatronikai eszközök tervezése területén
  - igényes műszaki számításokat, méréseket végző vállalatoknál

# Tantárgyak

Tárgynév	KÓD	5.					6.					7.				
		ősz					tavasz					ősz				
		EA	GY	LAB	köv	kr	EA	GY	LAB	köv	kr	EA	GY	LAB	köv	kr
Áramlástan	BMEGEÁTMB21	2	1	1	v	5										
Differenciálegyenletek és numerikus módszereik mérnököknek	BMETE93AX11						2	1	0	v	4					
<b>Végeselem módszer alapjai</b>	<b>BMEGEMMBXVE</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>f</b>	<b>3</b>										
Hőtechnika	BMEGEENBMHO											1	2	0	f	4
Elektromágneses terek modellezése	BMEVIHVA002						2	0	2	v	4					
<b>Termomechanika alapjai</b>	<b>BMEGEMMBXTE</b>						<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>f</b>	<b>3</b>					
<b>Robotmechanizmusok dinamikája</b>	<b>BMEGEMMBMRO</b>						<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>f</b>	<b>5</b>					
Elektromechanika és alkalmazásai	BMEVIAUA038						2	0	2	v	5					
Áramlások numerikus modellezése	BMEGEÁTBM04											1	0	2	f	4
Optimális irányítás	BMEGEMIBMOI											2	0	1	f	3
<b>Szakedolgozatkészítés</b>													<b>10</b>		<b>f</b>	<b>15</b>

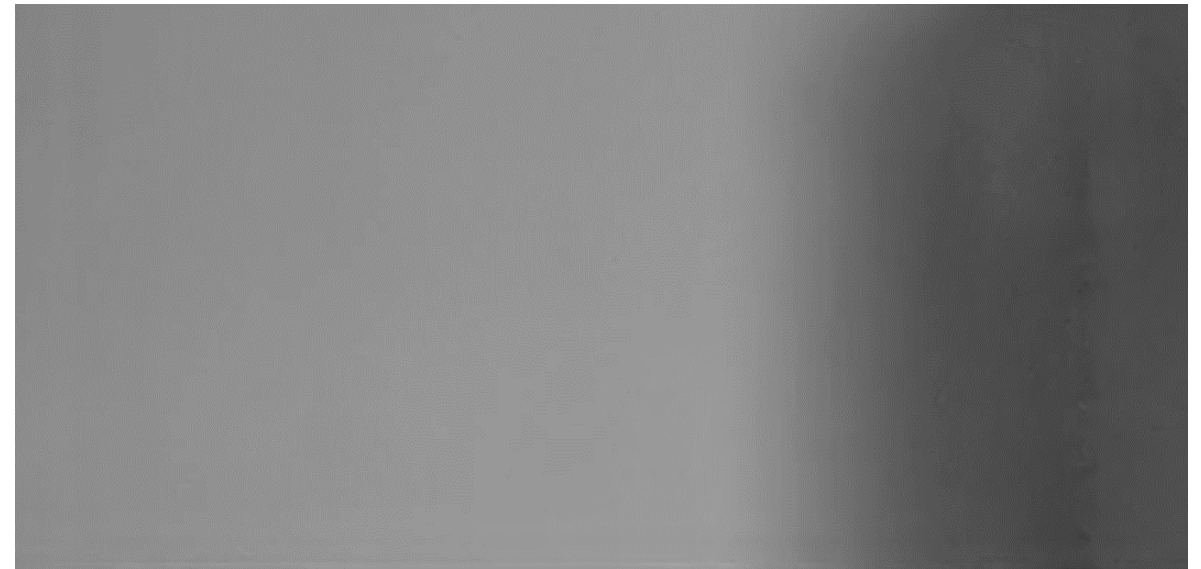
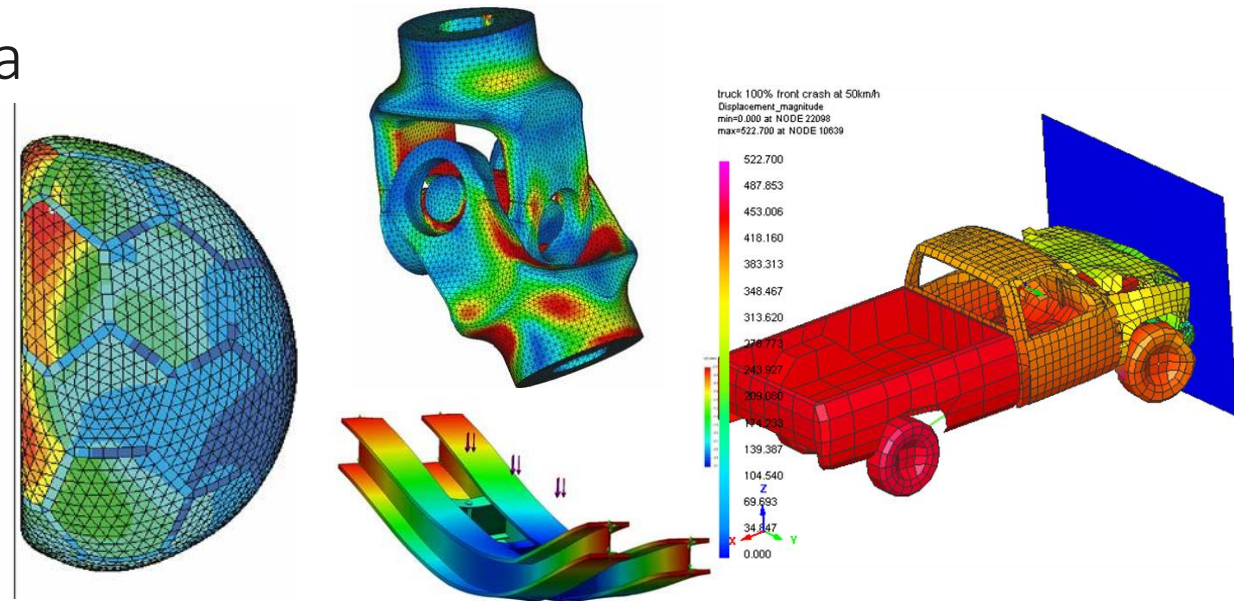
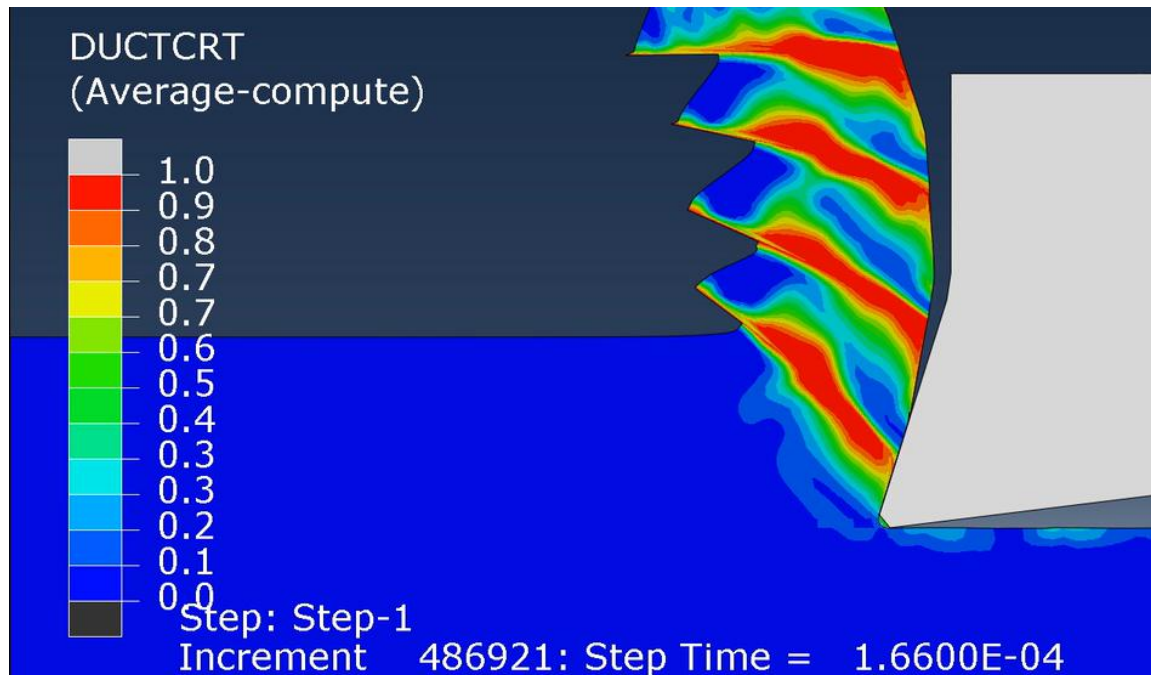
- **Végeselem módszer alapjai – Dr. Kossa Attila**

2:0:1 (e:gy:lab)

Kredit: 3 Köv.: f

Szem.: 5

Rugalmasságtani alapismeretek, végeselem számítás alapjai, alkalmazása, korlátai, összetett mechanikai feladatok numerikus megoldása, iparban használt szoftverek



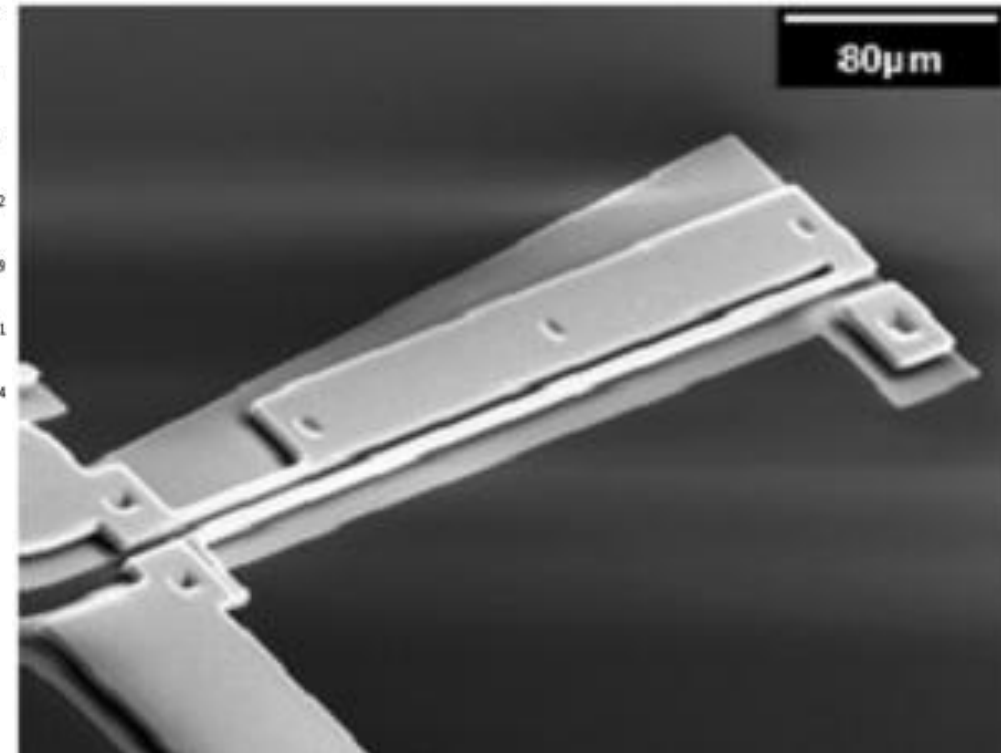
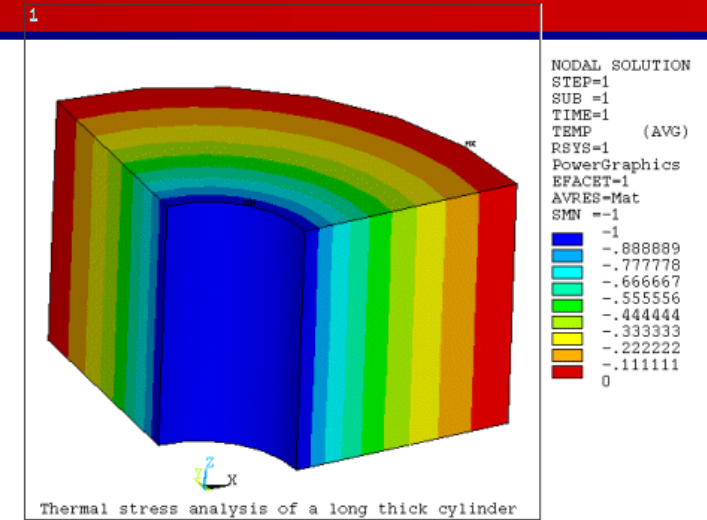
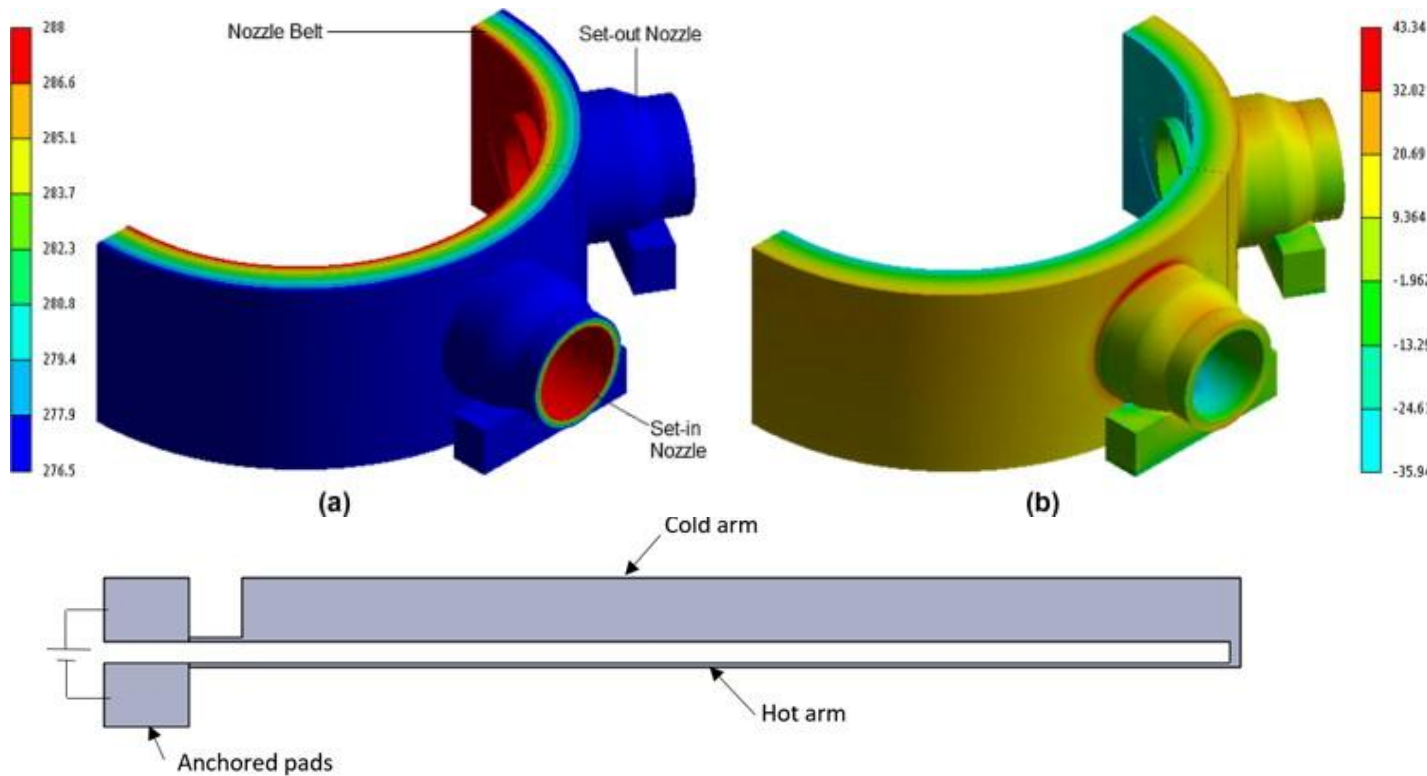
- Termomechanika alapjai – Dr. Hénap Gábor

1:0:1 (e:gy:lab)

Kredit: 3 Köv.: f

Szem.: 6

Hőfeszültségek, szilárdságtani és hőtani kapcsolt problémák,  
MEMS rendszerek, VEM szimulációk



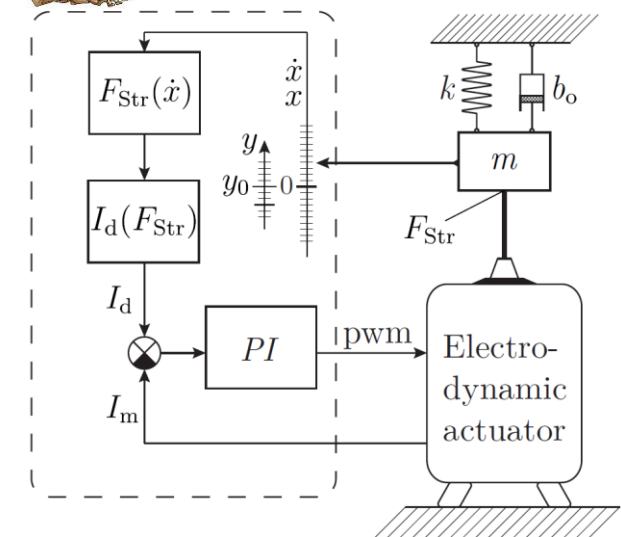
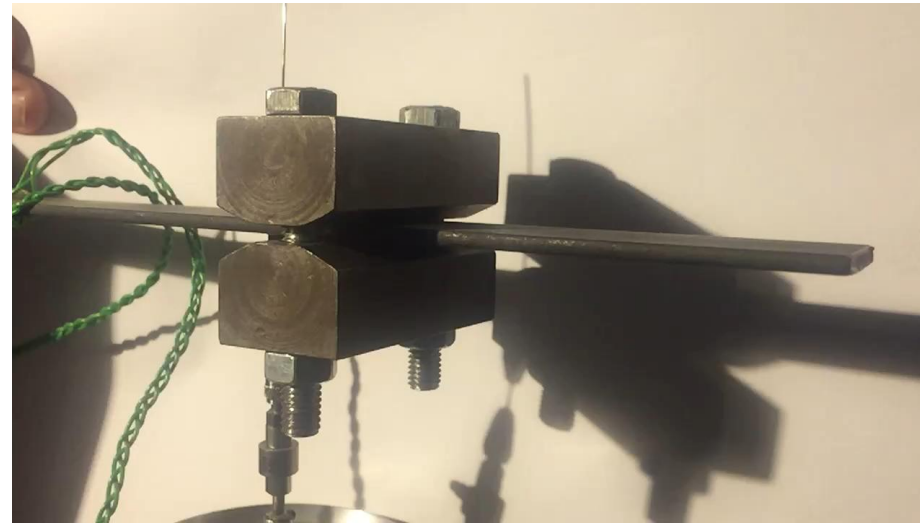
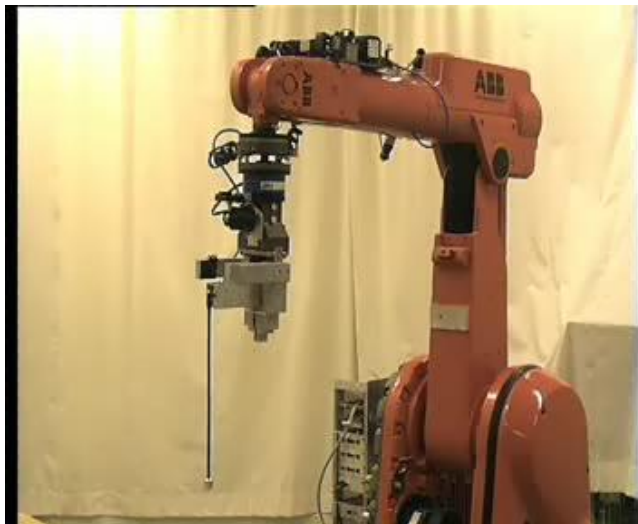
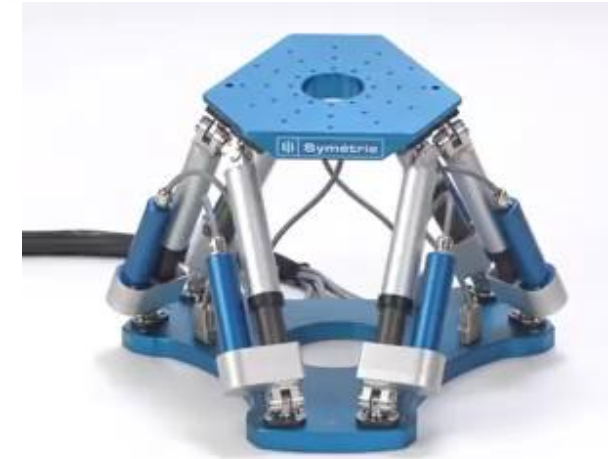
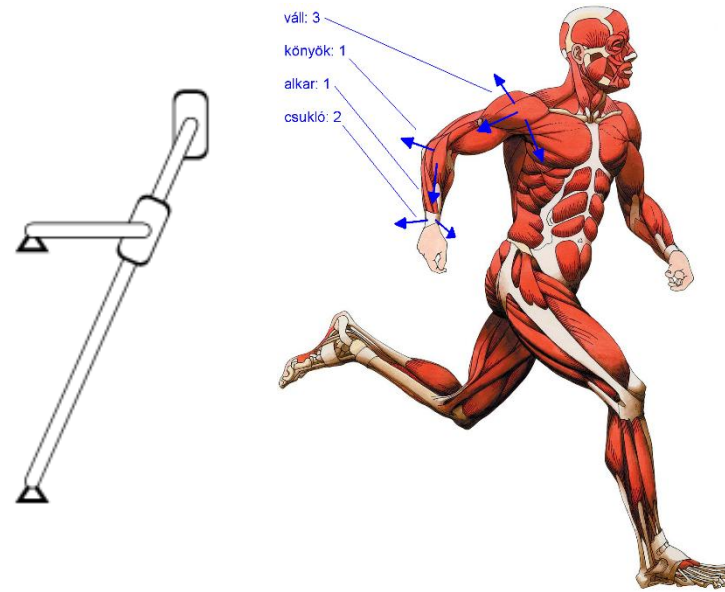
- Robotokmechanizmusok dinamikája – Dr. Stépán Gábor, Vizi Máté

2:2:0 (e:gy:lab)

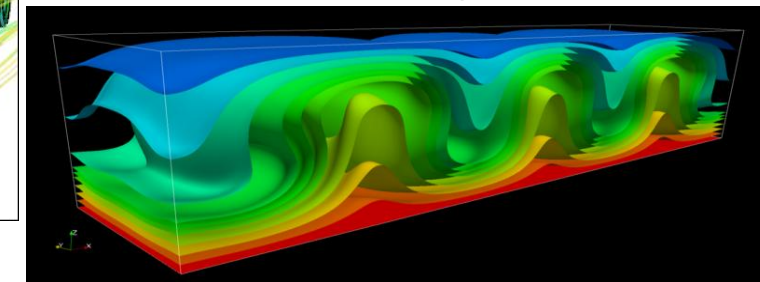
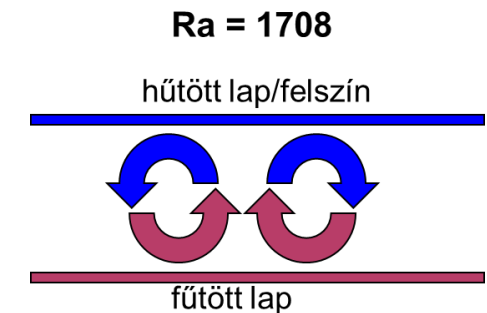
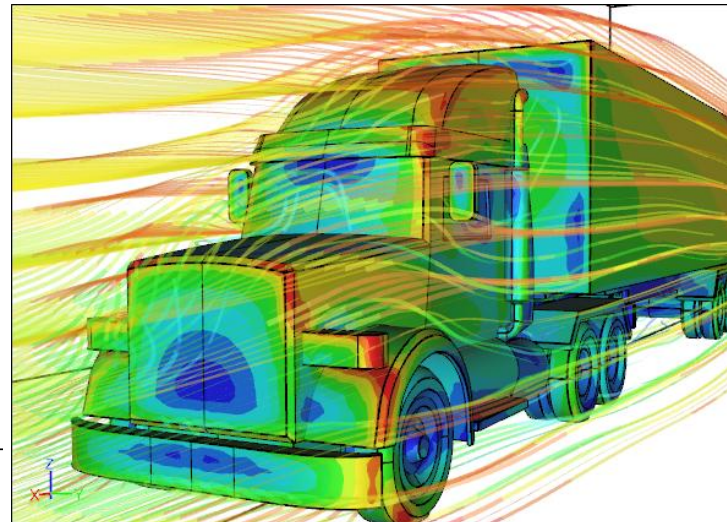
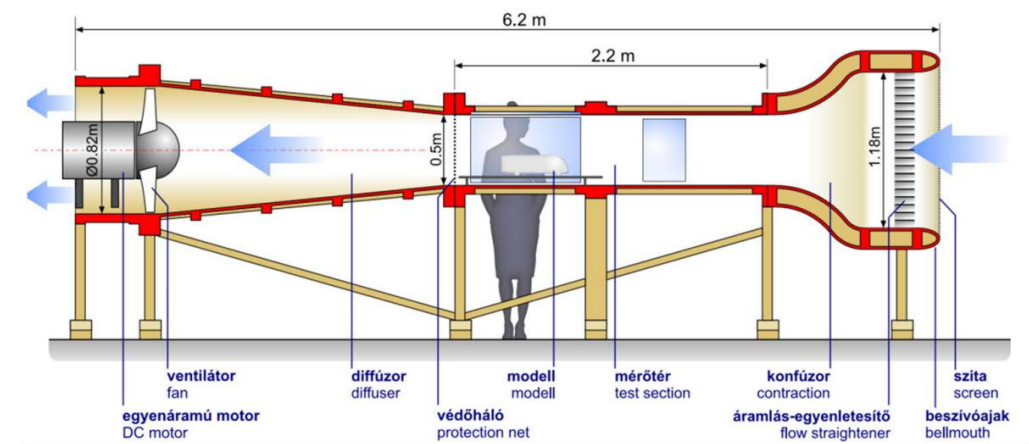
Kredit: 5 Köv.: f

Szem.: 6

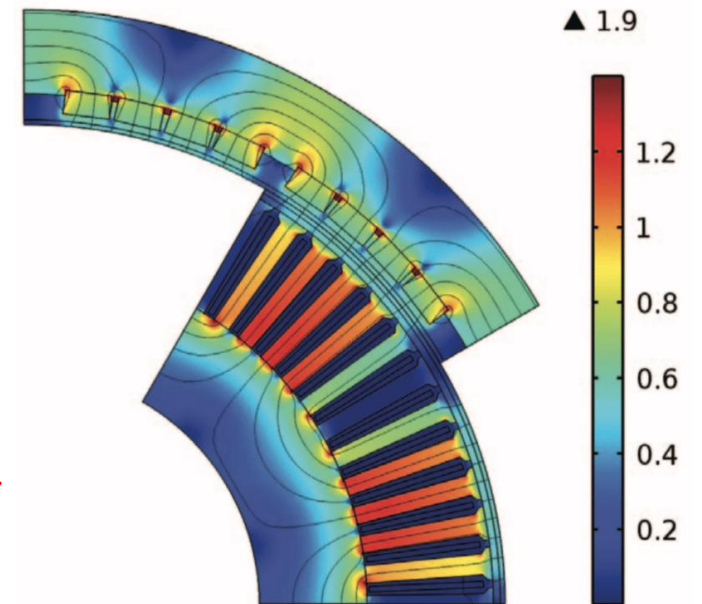
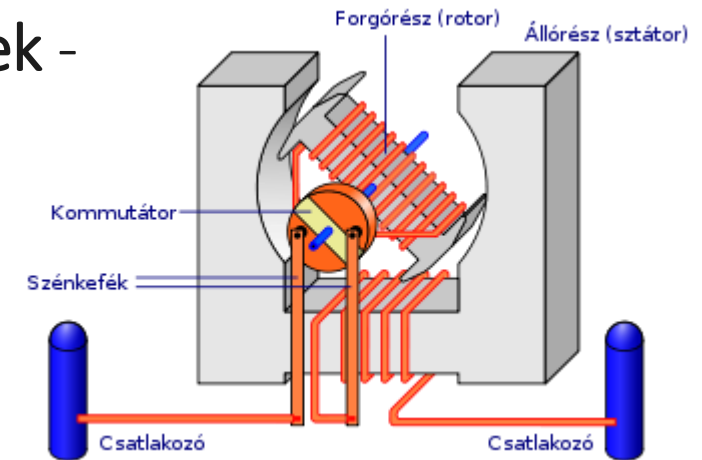
Mechanizmusok kinematikai és kinetikai analízise, tervezése. A mintavételezés hatása diszkrét rendszerekben, stabilitás pozíció- és erőszabályozás robotokban



- **Áramlástan** – Dr. Horváth Csaba (Áramlástan Tanszék)  
*Turbulens és lamináris áramlások vizsgálata, Navier-Stokes egyenlet...*
- **Áramlások numerikus modellezése** – Dr. Kristóf Gergely (Áramlástan Tanszék)  
*CFD szimulációk alapjai, korlátai, határréteg áramlás, turbulencia modellezése*
- **Hőtechnika** – Dr. Fülöp Tamás (Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék)  
*Hővezetés, hőterjedés, hősugárzás modelljei, peremfeltételek, hőellenállás számítása, a parciális differenciálegyenletek analitikus és numerikus megoldásai*



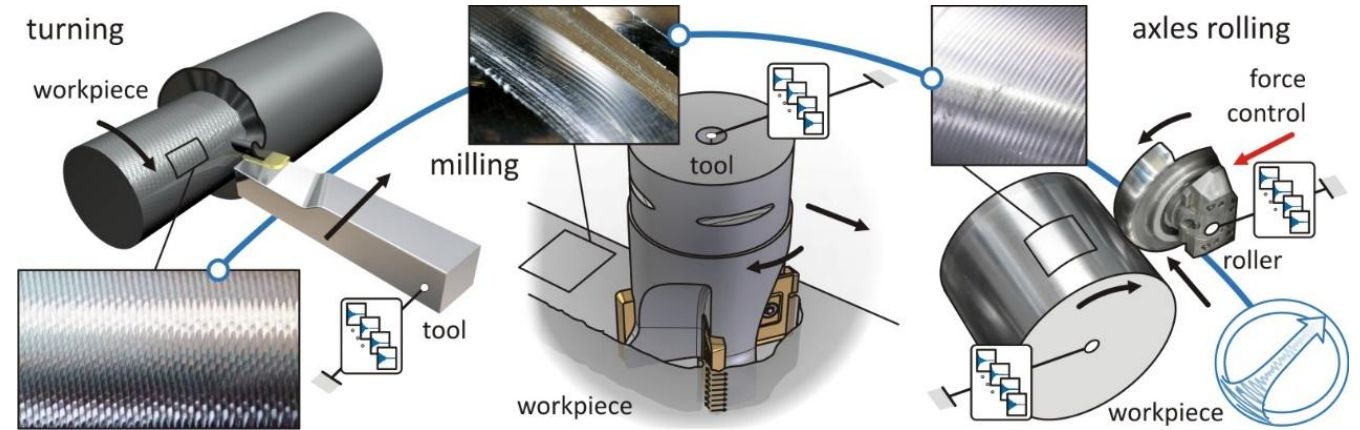
- Differenciálegyenletek és numerikus módszerek mérnököknek – Dr. Mincsovics Miklós (Differenciálegyenletek Tanszék)  
*Numerikus megoldási módszerek, stabilitás, parciális egyenletek, hővezetés, hűvek rezgései...*
- Elektromágneses terek modellezése – Dr. Pávó József (HVT)  
*Maxwell-egyenletek, numerikus szimulációk és véges elem módszer*
- Elektromechanika és alkalmazásai – Dr. Hamar János (AUT)  
*Szinkron és aszinkron gépek működése, teljesítményelektronikai alapismeretek*
- Optimális irányítás – Dr. Takarics Béla (MOGI – SZTAKI)  
*LQR és H-végtelen szabályozó, robusztus irányítások elmélet*



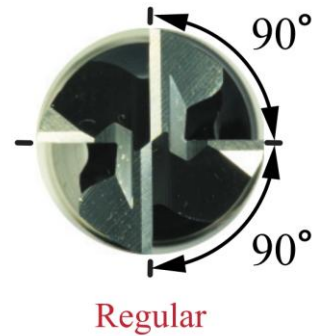
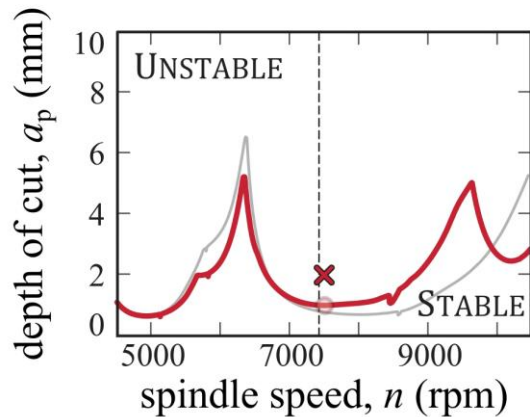


# Kutatás - Szerszámgéprezgések

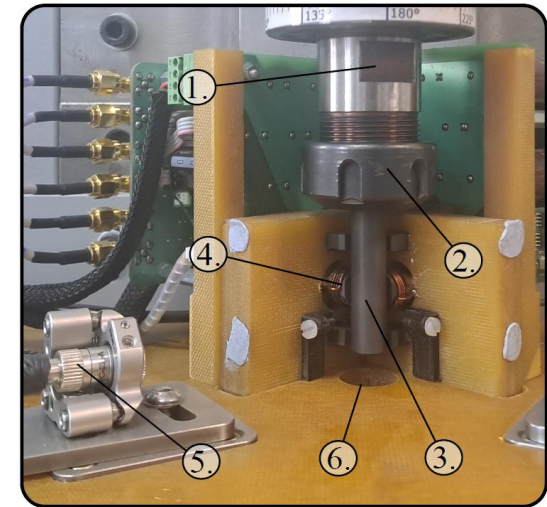
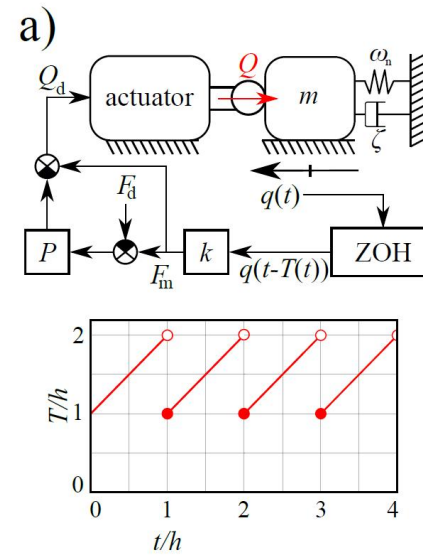
- Forgácsolási folyamat modellezése
- Regeneratív rezgések modellezése
- Stabilitási tartományok feltérképezése
- Rezgéscsillapítási és zajsökkentési metódusok
- Robottámogatásos gyártási folyamatok



Stability predictions

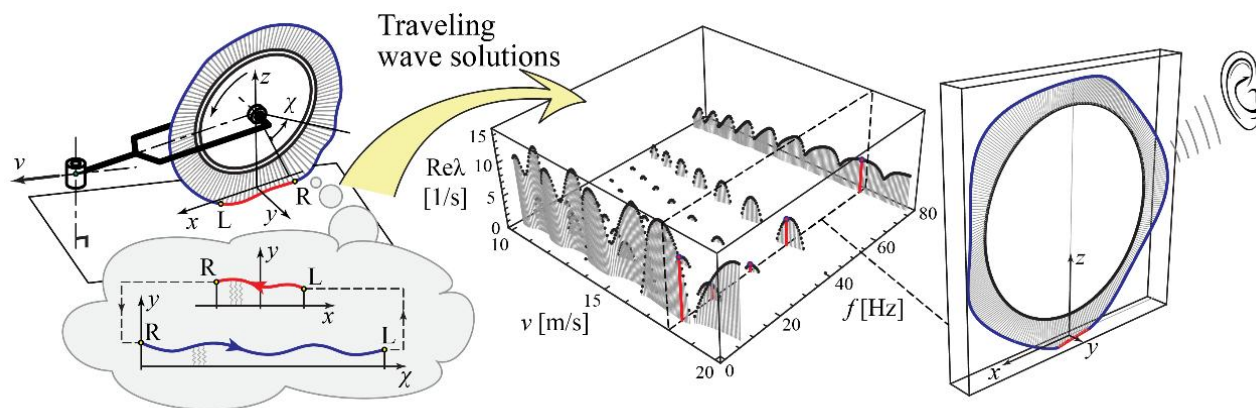
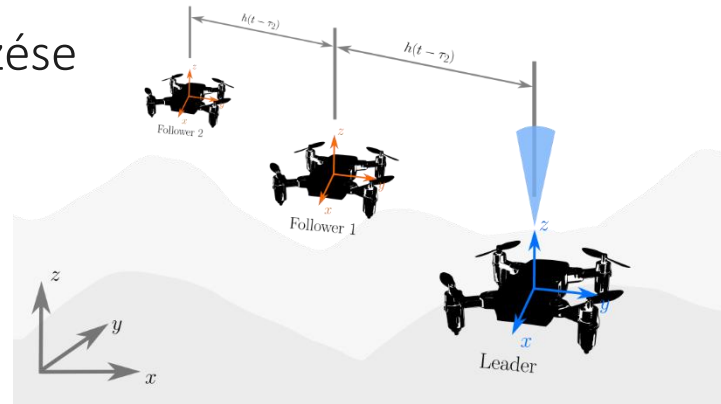
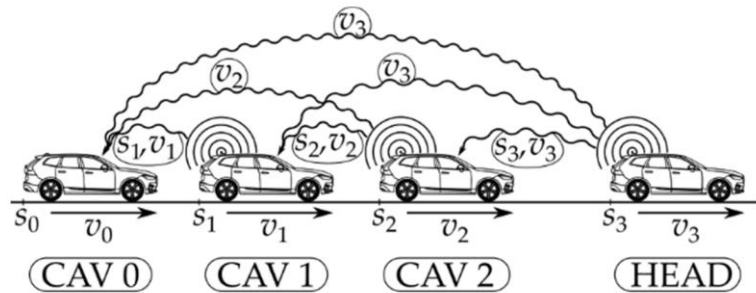


- With rotating spindle dynamics
- Without rotating spindle dynamics



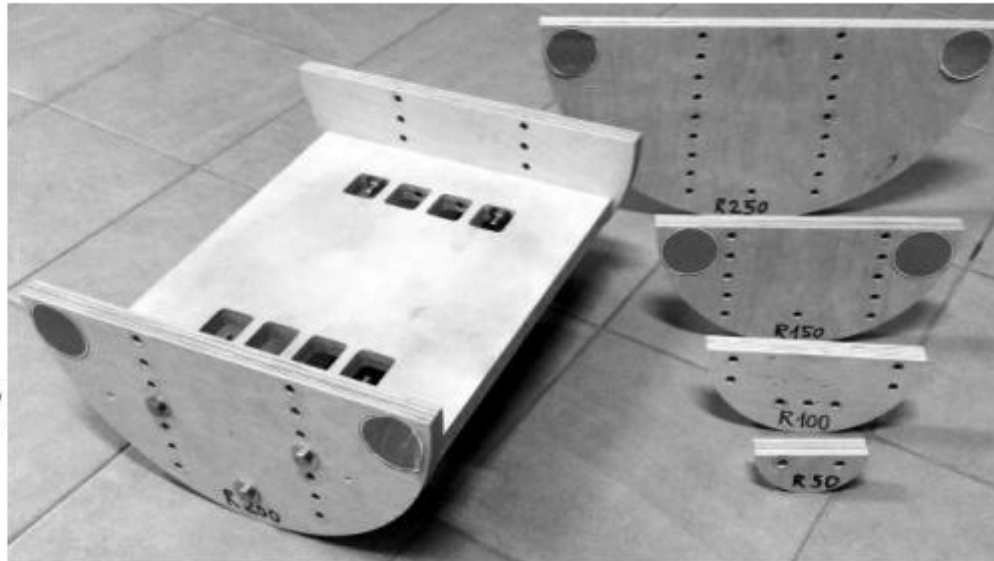
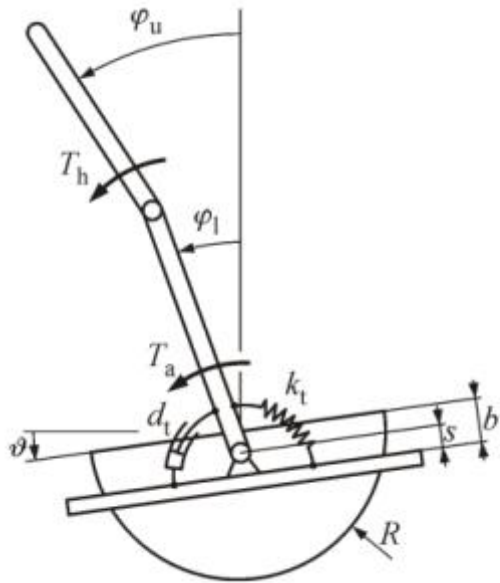
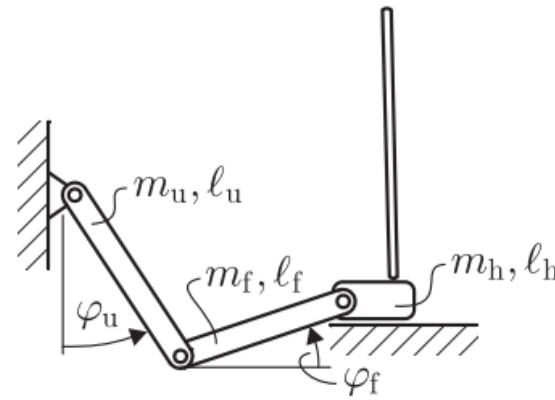
1. spindle
2. collet
3. flexible workpiece
4. electromagnetic actuator
5. position sensor
6. cooling vent

- Gördülési instabilitások
- Mikromobilitási eszközök stabilitása
- Vontatott járművek stabilitása
- Autonóm járművek dinamikája
- Ember-jármű dinamika modellezése

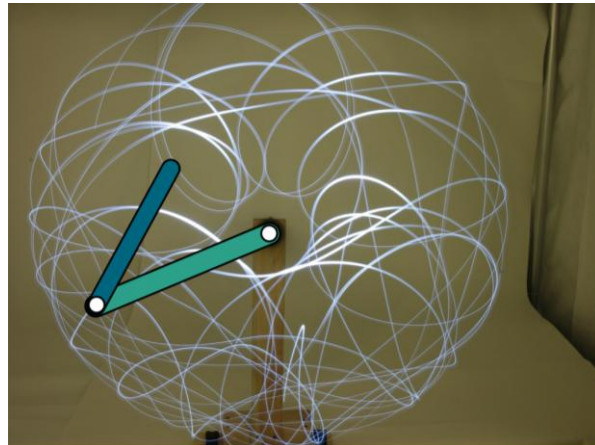
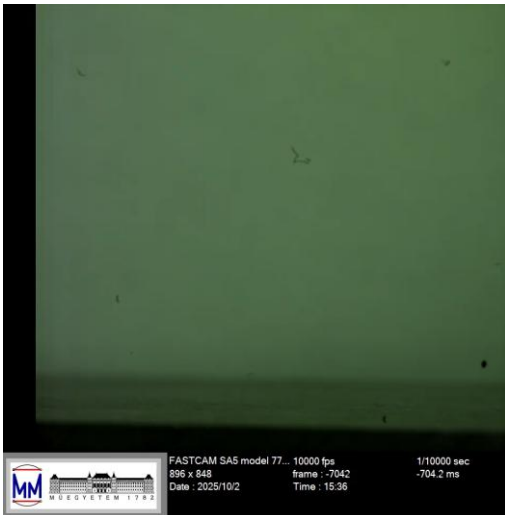
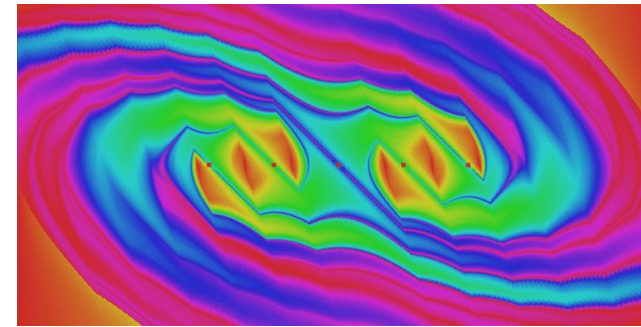
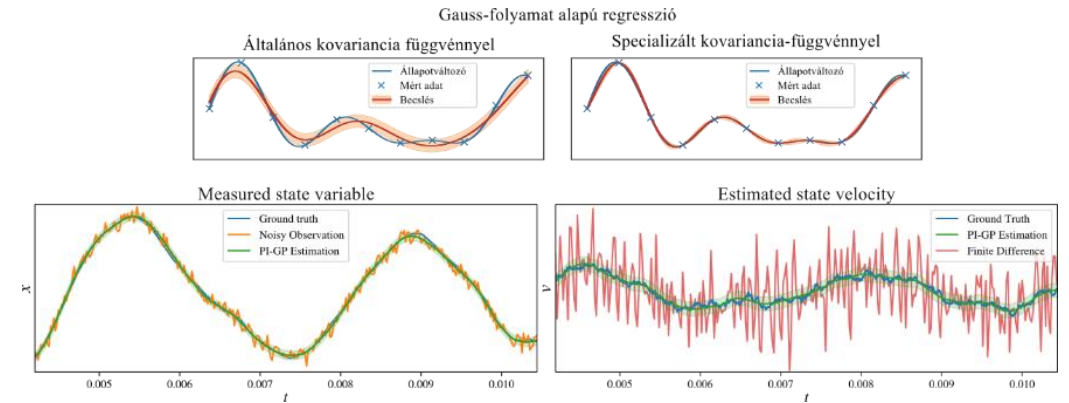


# Kutatás – Emberi egyensúlyozás, biomechanika

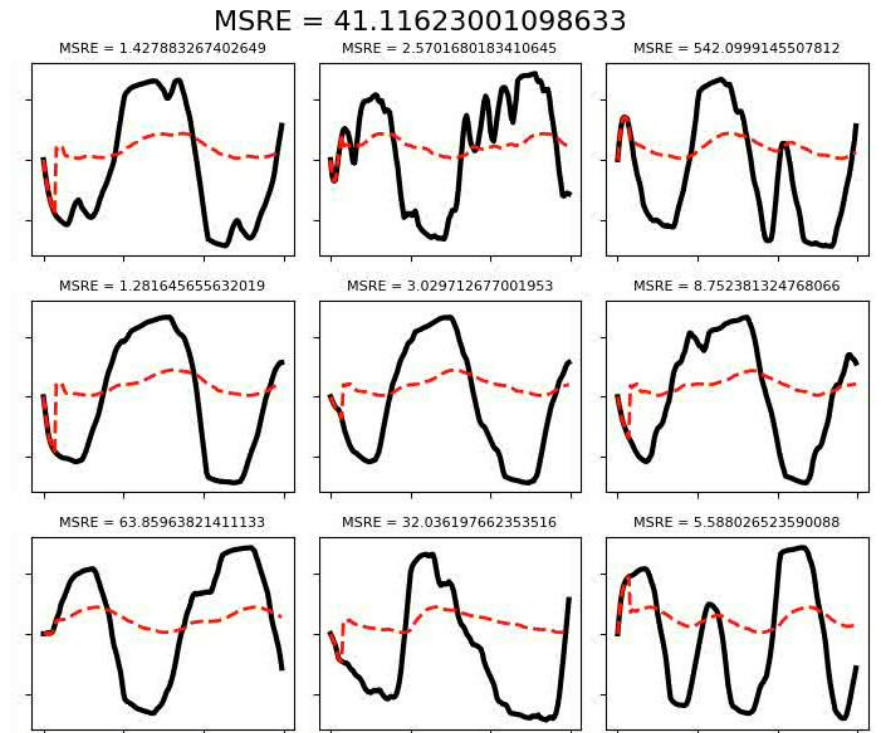
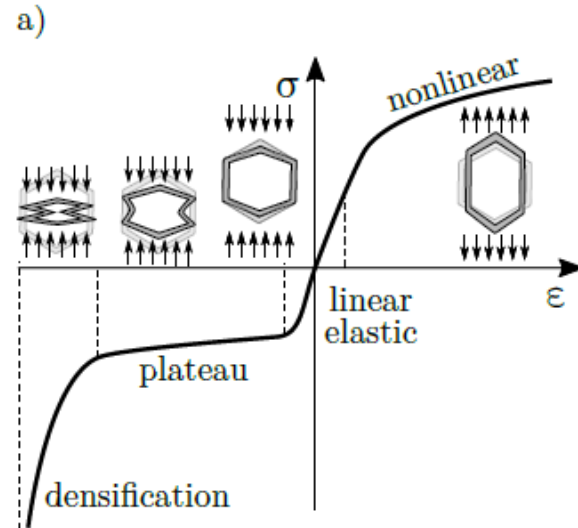
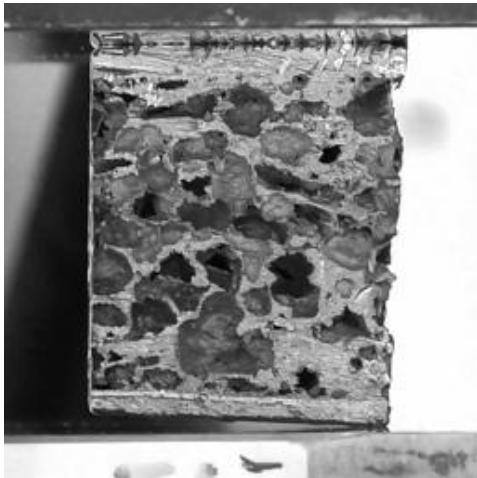
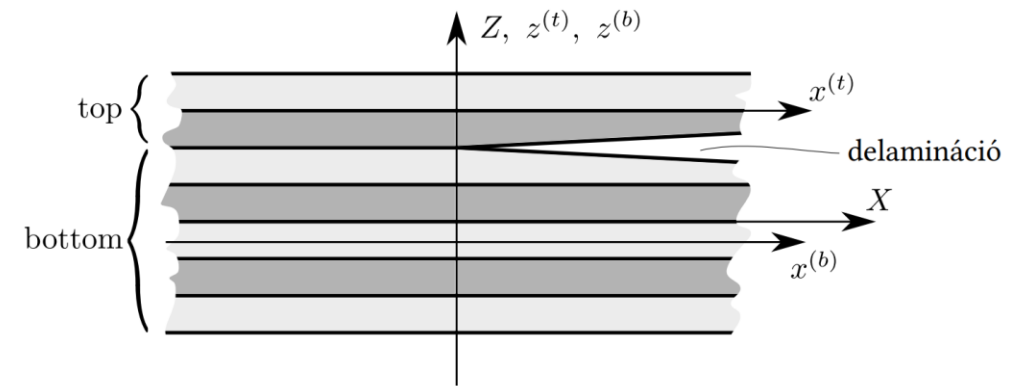
- Emberi egyensúlyozás modellezése
- Stabilitásvesztés (elesés) okainak vizsgálata
- Rúdegyensúlyozás kísérleti és szimulációs vizsgálata
- Érzékszervek szerepének elemzése
- Sportmozgások vizsgálata
- Emberi mozgások az űrben



- Öngerjesztett rezgések (ingaóra, shimmy)
- Bifurkációk (paraméterváltoztatás hatása)
- Kaotikus viselkedések (digitális szabályozások, egyszerű rendszerek bonyolult viselkedésekkel)
- Rendszeridentifikáció nemlineáris tartományban
- Kontakt modellek pontos leírása
- Digitális rendszerek időkésése
- Sztochasztikus rendszerek



- Véges rugalmas-képlékeny alakváltozások
- Geometriai és anyagi nemlinearitások
- Sejtszerkezetű anyagok modellezése (polimer- és fém habok)
- Időfüggő anyagi viselkedés (viszkoelasztika)
- Lágú anyagok mechanikai viselkedése
- Végeselem módszer, adatalapú módszerek
- Kompozitok: anizotróp viselkedés, delamináció
- Szerkezeti stabilitásvesztések, tönkremenetelek (kihajlás)

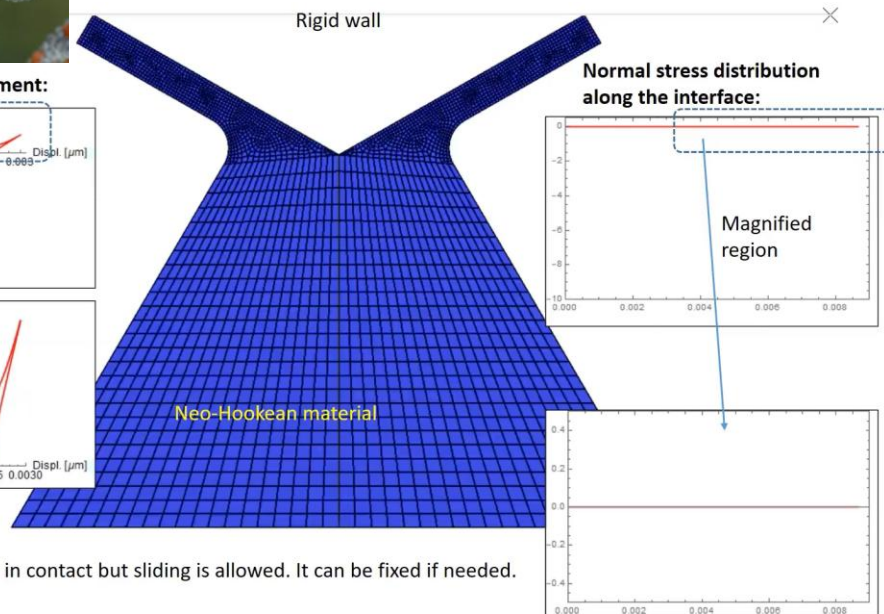
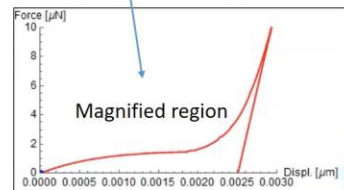
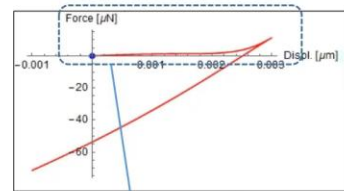


# Kutatás – Szerkezetek mechanikája

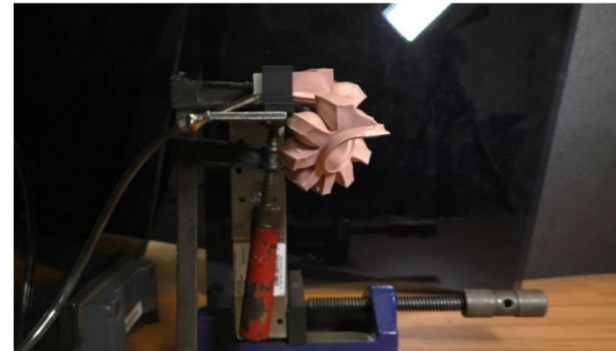
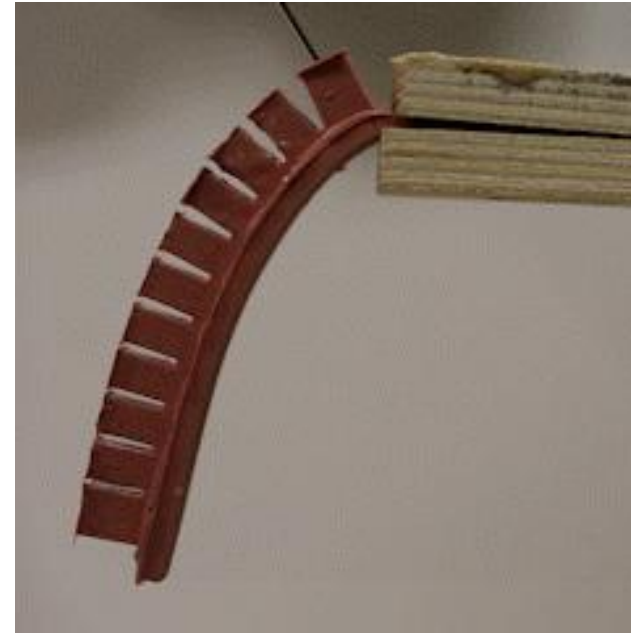
- Lág robotok tervezése, modellezése, szabályozása
- Biológiailag inspirált szerkezetek modellezése
- Kapcsolt feladatok (áramlás-hőtan)
- MEMS rendszerek modellezése



Loading force VS Displacement:

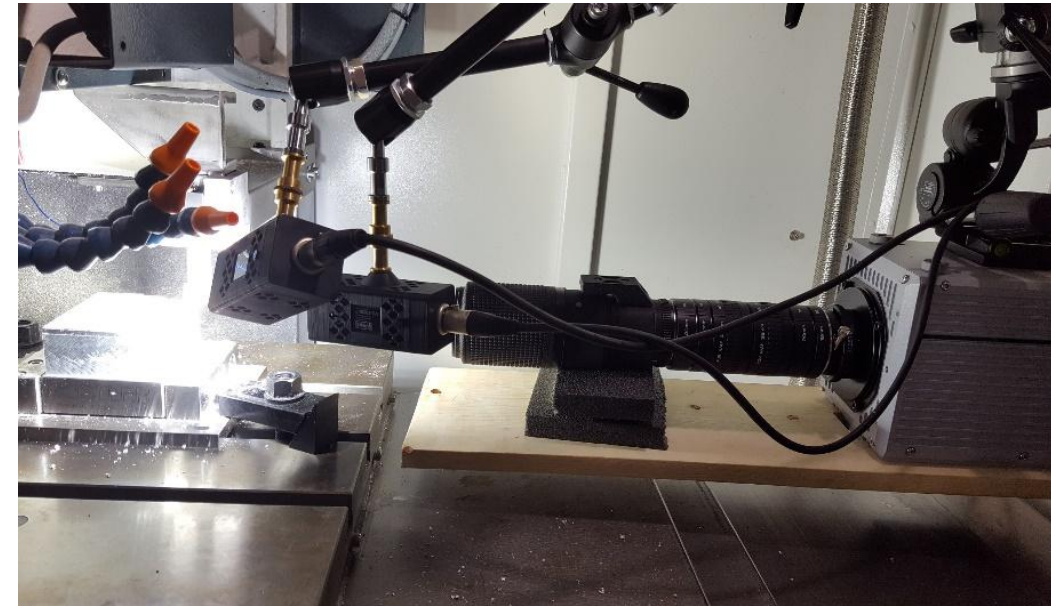
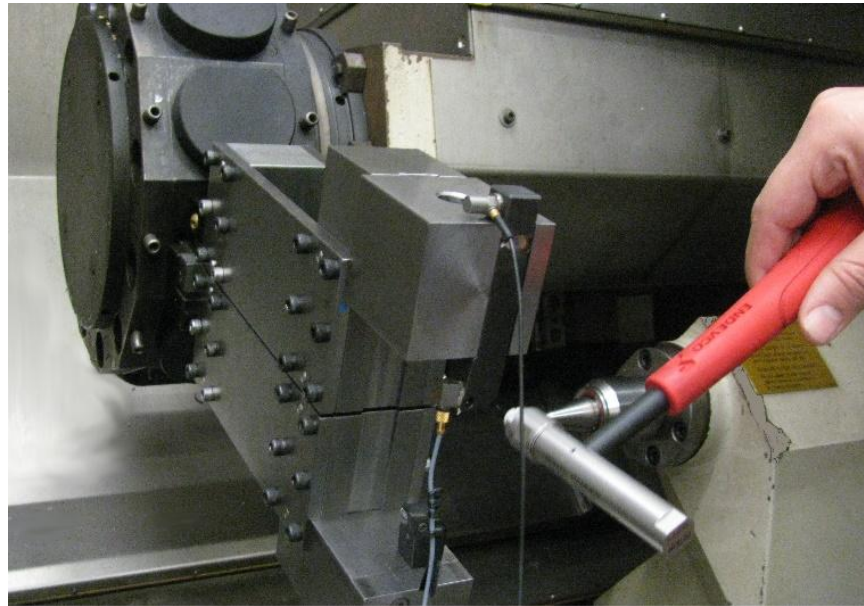


Nodes after contact kept in contact but sliding is allowed. It can be fixed if needed.



# Laboreszközök

- Mérőműszerek
- Dinamikus gerjesztők
- Gyorskamera
- Kamerarendszerek
- Anyagvizsgáló eszközök
- CNC megmunkálóközpont



6. félév után – legalább 6 hét **kötelező** szakmai gyakorlat

- A szervezés mindenki saját feladata, DE
- a GM szakirányosoknak a **tanszék segít a szervezésben**

**A Tanszékkel kapcsolatban álló ipari partnerek:**

- C3D Műszaki Tanácsadó Kft
- Continental
- Direct-Line Kft
- eCon Engineering Kft
- FESTO-AM Kft
- Furukawa Electric Institute of Technology (FETI)
- GE HUNGARY Kft
- KNORR-BREMSE Fékrendszerek Kft
- KNORR-BREMSE Vasúti Jármű Rendszerek Hungária Kft
- LUK Savaria Kft
- Paksi Atomerőmű Zrt
- Robert Bosch Hungary Kft
- SIEMENS ZRt

## A korábbi évekből

- Nemlineáris anyagi viselkedések analízise saját fejlesztés DIC szoftver használatával
- Szelektív forrasztás optimalizálása
- Egyensúlyozást segítő "Balance Board" tervezése
- Két szabadságfokú mechanikai rendszer digitális pozíciószabályozása
- Ütközési energia elnyelő elem (crashbox) kézi és gépi optimalizálása
- Gyakorlati modell pneumatikus fékszerkezetek hőmérséklet becsléséhez
- A transzformátorok vasszerkezete és az ott fellépő szilárdságtani problémák végelelemes és analitikus modellezése
- Kísérleti eszköz fejlesztése és vizsgálata egyenáramú motor pozíciószabályozásához
- Súrlódási veszteségek beépítése ablaktörlő rendszer végelelemes modelljébe
- Pneumatikus trélerszimulátor tervezése és építése teszt-padi és járműves környezetbe
- Hátlapkontakt vizsgálata marási folyamatokban

## Nemlineáris anyagi viselkedések analízise saját fejlesztésű DIC szoftver használatával

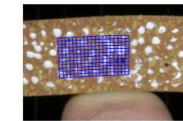
BILIK PÉTER

Mechatronikai mérnöki BSc, Gépészeti Modellezés Specializáció, 2017/2018/I.

Témavezető: Dr. Kossa Attila, egyetemi docens, kossa@mm.bme.hu

### 1. Bevezetés

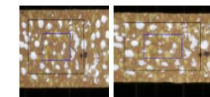
A digitális képkorreláción alapuló képelemzés egy modern módja az anyagvizsgálatnak. Segítségével olyan anyagi jellemzők határozhatók meg, melyeket a hagyományos módszerekkel nem lehetne, illetve nagyon körülményes lenne meghatározni.



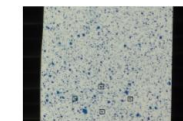
1. ábra. Az elkészült DIC szoftver működés közben

### 2. Alkalmazott módszerek

A DIC szoftver elkészítését gyakorlatilag a nulláról keztem így rengeteg mindennek kellett utánanézniem, hogy elkészíthessem a szoftvert. Így foglalkoztam a DIC szoftverekhez készült próbatetek felfestésével a "speckle-pattern"-el (3. ábra), a DIC képelemzés során használatos "matching" algoritmusokkal (2. ábra), illetve fejlesztéseket próbáltam ki az eredeti használatukhoz képest. Végül elkészítettem a DIC szoftvert, és felhasználtam, hogy vizsgáljak nemlineáris viselkedésű anyagokat.



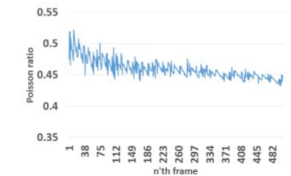
2. ábra. Matching algoritmusok fejlesztése



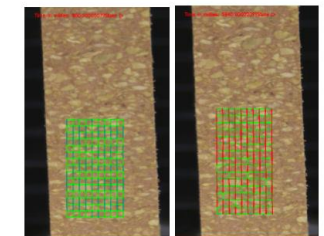
3. ábra. Különböző anyagokon használt speckle-pattern

### 3. Eredmények

A DIC szoftver használatával sikerült az egyes anyagok Poisson-tényezőit időben ábrázolnom (4. ábra). Továbbá sikerült a teljes elmozdulásmezőt mérnem és megjelenítenem (5. ábra).



4. ábra. Különböző mérésekhez tartozó  $\nu(t)$  diagram



5. ábra. Az elmozdulásmező megjelenítése

### 4. Összefoglalás

A DIC eljárás egy nagyon sokoldalú megoldást nyújt elmozdulásmezők vizsgálatára. Így bármely mérnöki területen, legyen az áramlási vizsgálatok, vagy mikron nagyságú alkatrészek vizsgálata, nagy előnyököt jelenthet a használata. Ezen okokból kifolyólag érdemes megismerni, és fejleszteni.

## A korábbi évekből

- A transzformátorok vasszerkezete és az ott fellépő szilárdságtani problémák elemzése végelelemes és analitikus módszerek segítségével
- Az izogeometrikus analízis és a végelelem módszer összehasonlítása
- Két forgórészes rendszer nem szinkron mozgásai
- Szerszámgéprezgések csökkentése abszorberrel
- Károsodott áramlástechnikai berendezések diagnosztikai vizsgálata
- Inertert tartalmazó felfüggesztés vizsgálata kerékagymotoros járművek esetén
- Közlekedés dinamikájának modellezése periodikus zavarások jelenlétében
- Szupravezető tekercs lehetséges hűtésének szimulációs vizsgálata
- Puli holdjáró járószerkezetének mechanikai vizsgálata
- Piezorezisztív nyomásérzékelő szilárdsági vizsgálata
- Részecske-raj módszer alkalmazása vízmű üzemvitelének optimalálására.
- Akadozó csúszás környezetszimulációja
- Kerékpár függőleges síkban való mozgásának vizsgálata
- Utánfutós járművek stabilitása

## Nemlineáris anyagi videlkedések analízise saját fejlesztésű DIC szoftver használatával

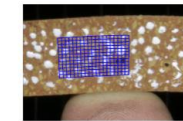
BILIK PÉTER

Mechatronikai mérnöki BSc, Gépészeti Modellezés Specializáció, 2017/2018/I.

Témavezető: Dr. Kossa Attila, egyetemi docens, kossa@mm.bme.hu

### 1. Bevezetés

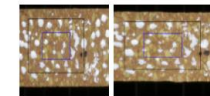
A digitális képpelkorréláción alapuló képelemzés egy modern módja az anyagvizsgálatnak. Segítségével olyan anyagi jellemzők határozhatók meg, melyeket a hagyományos módszerekkel nem lehetne, illetve nagyon körülményes lenne meghatározni.



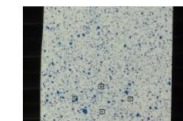
1. ábra. Az elkészült DIC szoftver működés közben

### 2. Alkalmazott módszerek

A DIC szoftver elkészítését gyakorlatilag a nulláról keztem így rengeteg mindennek kellett utánanézniem, hogy elkészíthessem a szoftvert. Így foglalkoztam a DIC szoftverekhez készült próbatetek fellesztésével a "speckle-pattern"-el (3. ábra), a DIC képelemzés során használatos "matching" algoritmusokkal (2. ábra), illetve fejlesztéseket próbáltam ki az eredeti használatukhoz képest. Végül elkészítettem a DIC szoftvert, és felhasználtam, hogy vizsgáljak nemlineáris viselkedésű anyagokat.



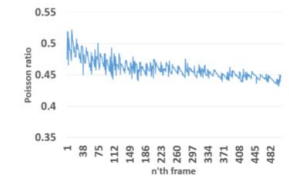
2. ábra. Matching algoritmusok fejlesztése



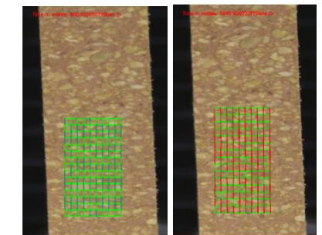
3. ábra. Különböző anyagokon használt speckle-pattern

### 3. Eredmények

A DIC szoftver használatával sikerült az egyes anyagok Poisson-tényezőit időben ábrázolnom (4. ábra). Továbbá sikerült a teljes elmozdulásmezőt mérnem és megjelenítenem (5. ábra).



4. ábra. Különböző mérésekhez tartozó  $\nu(t)$  diagram



5. ábra. Az elmozdulásmező megjelenítése

### 4. Összefoglalás

A DIC eljárás egy nagyon sokoldalú megoldást nyújt elmozdulásmezők vizsgálatára. Így bármely mérnöki területen, legyen az áramlástan vizsgálatok, vagy mikron nagyságú alkatrészek vizsgálata, nagy előnyököt jelenthet a használata. Ezen okokból kifolyólag érdemes megismerni, és fejleszteni.



## Mechanikai Mentorprogram

### Célunk...

... egy olyan mentorrendszer létrehozása a BSc specializációink (gépészeti fejlesztő és gépészeti modellezés) hallgatói számára, amely a tantárgyi követelmények mellett segíti a szakmai fejlődésüket és a specializációkon résztvevők közötti közösségteremtést.

### Elérhetőségek

- Honlap: <http://www.mm.bme.hu/memento>
- Email: [memento@mm.bme.hu](mailto:memento@mm.bme.hu)
- TEAMS csoport



Köszönjük a figyelmet!