

MŰSZAKI SZEMLE 65. szám, 2015.

Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU,
Dr. Biró Károly Ágoston – RO,
Dr. Csibi Vencel-József – RO,
Dr. Fedák László – UA,
Dr. Karácsony János – RO,
Dr. Kása Zoltán – RO,
Dr. Kászonyi Gábor – HU,
Dr. Majdik Kornélia – RO,
Dr. Nagy László – RO,
Dr. Péics Hajnalka – RS
Dr. Puskás Ferenc – RO,
Dr. Szalay György – SK,
Dr. Turchany Guy – CH
Dr. Sebestyén-Pál György – RO

Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki
Tudományos Társaság – EMT
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică
din Transilvania
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche
Gesellschaft in Siebenbürgen
Hungarian Technical Scientific Society
of Transylvania

Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

A szerkesztőség címe / Address

Romania
400604 Cluj, Kolozsvar
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-590825, 594042
Levélcím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

Nyomda / Printing

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

www.emt.ro

emt@emt.ro

Tartalomjegyzék – Content – Cuprins

A kinyerési módszer befolyása a vadkömény-illóolaj kihozatalára és főkomponenseire

The Effect of Extraction Methods
on Caraway Essential Oil Yield and Composition

Influența metodelor de extracție asupra gradului de extracție și a componentelor majori din uleiul volatil de chimen sălbatic

ANDRÁS Csaba Dezső, SALAMON Rozália Veronika, VOLF Irina, BARABÁS Imola, DOBRI Emőke, SZÉP AI. Sándor

Új módszerek és eszközök alkalmazása a technológia és környezetvédelmi oktatásában

New methods and gadgets used in technological
and in environment education

Metode noi și gadgeturi utilizate în educația tehnologică și de mediu

BARTHA Sándor, ANTAL Noémi, BARTALIS Ildikó

Mérnöki rekonstrukció és gyorsprototípusgyártás a karbantartásban

Reverse Engineering and Rapid Prototyping
in the Maintenance Process

Reconstrucție inginerească și prototipare rapidă
în procesul de întreținere

CZIFRA György

Általános matematikai modell felületek, hajtópárok gyártásgeometriai elemzésére, tervezésére és gyártására (ProMAT)

General Mathematical Modell for Production Geometric Analysis,
Designing and Production of Surfaces and Gear Drives

Model matematic general pentru analiza, proiectarea și prelucrarea suprafețelor conjugate (ProMAT)

DUDÁS ILLÉS

Hogyan befolyásolják az enantiomer-felismerést a királis rendszerekben lejátszódó kölcsönhatások?

How is the Enantiomeric Recognition Influenced
by the Interactions of Chiral Systems?

Cum este influențată recunoașterea chirală de către interacțiunile care apar în sistemele chirale?

PÁLOVICS Emese, SZELECZKY Zsolt, FAIGL Ferenc, FOGASSY Elemér

Kísérleti célú duális funkciójú
napelem cella és panel vizsgáló berendezés

Dual Function Solar Cell and Panel Testing Equipment
for Experimental Purposes

Echipament pentru analiza experimentală
a celulelor și panourilor solare cu funcție duală

SZAUTER Ferenc, SZÉKELY János Ádám, SZELI Zoltán, SZAKÁLLAS Gábor, SOMOGYI Huba, KOCISIS SZÜRKE Szabolcs

A kinyerési módszer befolyása a vadkömény-illóolaj kihozatalára és főkomponenseire

The Effect of Extraction Methods on Caraway Essential Oil Yield and Composition

Influența metodelor de extracție asupra gradului de extracție și a componentilor majori din uleiul volatil de chimen sălbatic

ANDRÁS Csaba Dezső¹, SALAMON Rozália Veronika¹, VOLF Irina²,
BARABÁS Imola¹, DOBRI Emőke¹, SZÉP AI. Sándor¹

¹ Sapientia EMTE-Kolozsvár, Műszaki és Társadalomtudományi Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék, Csíkszereda, Szabadság tér 1.

² Iași-i „Gh. Asachi” Műszaki Egyetem, Vegyész- és Környezetmérnöki Kar, Iași, Bdul. Mangeron 71.

ABSTRACT

*The wild cumin (*Carum carvi* L.) samples were collected from a little meadow situated in Harghita Mountain (Csíkmadaras, Hargitafürdő), and the harvested was obtained from the market. The essential oil was obtained with Clevenger-type laboratory steam distillation equipment (both, electrically and microwave heated) and with CO₂ in supercritical state, using laboratory scale SFT 100 apparatus. The variation in time of the essential oil yield directly, and the main component contents was determined by GC-FID. The highest yield was obtained by hydro-distillation, but the fastest was microwave technique. The microwave pre-treatment and supercritical extraction involves some loss of the essential oils, which influence the ratio of carvone/limonene of the extract. In case of supercritical extraction the tapping moments and parameters affect both the yield of essential oil and the carvone/limonene ratio, which grow in time.*

ÖSSZEFOGLALÓ

*A vadkömény (*Carum carvi* L.) mintákat a Hargita hegység hegyi kaszálóiról (Csíkmadaras, Hargitafürdő) gyűjtöttük, míg a termesztett mintákat a kereskedelemről szereztük be. Az illóolaj kivonást elektromos, valamint mikrohullámú fűtésű Clevenger-típusú laboratóriumi vízgőz-desztillációs berendezéssel, valamint a szuperkritikus állapotú szén-dioxiddal végeztük az SFT 100 készülékben. Az illóolaj hozamot közvetlenül, a fő összetevő tartalmát gáz-kromatográffal határoztuk meg. Legnagyobb hozamot a hidrodesztilláció, a leggyorsabbat a mikrohullámú technika biztosítja. A mikrohullámú előkezelés és szuperkritikus extrakció némi veszteséggel jár az illóolaj kihozatal és a kivonat karvon/limonén arányát illetően. Szuperkritikus extrakció esetében a lecsapolási paraméter és az idő befolyásolja a hozamot, valamint az illóolaj karvon/limonén arányát, amely növekszik az idő múlásával.*

1. BEVEZETÉS

A vadon termő és a termesztett kömény (*Carum carvi* L.) közismert fűszernövény és élelmiszeripari aroma- és gyógyszeripari alapanyag¹. A magyar konyha főleg a húskészítmények, péksütemények és szeszes italok aromaanyagaként alkalmazza¹⁻⁴. A gyógyászatba is elterjedt illóolaj hatóanyagainak következtében. Kivonata emésztés-serkentő és görcsoldó⁵, antiszeptikus hatású (pl. az *Escherichia coli* és *Staphylococcus aureus* ellen⁶), szabadgyök-fogó képességé négyesere a C-vitaminénak⁷, vércukorszint-csökkentő⁸ és asztmaellenes⁹, tejtermelést serkentő hatású¹⁰, valamint egyes megfigyelések szerint a spontán abortuszt is gátolja¹¹. A kömény-extraktumok (különösen a főkomponensek) alkalmasak a növényvédelemben és terméktárolásban. Az illóolaj gyökérgolyva növekedés¹², a d-karvon pedig burgonya-csírázás¹³, gátlására alkalmas. Rovarölő hatása is bizonyított, az illóolaj a talajban lévő és a raktári rovarkártévek ellen is alkalmazható⁴.

A magok illóolaj tartalma változó értéket mutat a vad, illetve a termesztett éves vagy kétéves konyhakömény esetében, az egyéves 2,5% körüli⁴, a kétéves eléri, sőt meghaladhatja a 7%-ot¹⁻³, a vadkömény esetén

az illóolaj-tartalom 6,5-7,5 ml/(100 g szárazanyag) körüli értékű³. Az illóolajtartalmat és az összetevők arányát befolyásoló tényezők: a talaj jellege és megmunkálása, az éves csapadék és tápanyagpótlás mennyisége, a nemesítés, az érési, betakarítási, szárítási és kinyerési technológiák⁴. Az illóolaj összetétel jelentősen befolyásolja az antimikrobiális hatást, magas karvon-tartalom fokozott aktivitást eredményez¹⁴. A vadkömény illóolajhozamát befolyásoló legfontosabb tényezők az élőhely, a betakarítás időszaka, a szárítási technológia és természetesen a kinyerési módszer³.

Jelen kutatás célja, a különböző terméshelyű vadkömény illóolaj-kihozatalának vizsgálata a kinyerési módszerek függvényében, illetve az extrakciós módszer két fő komponensre gyakorolt hatásának a felderítése.

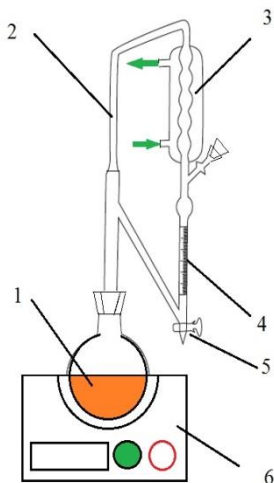
2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vadköménymintákat Csíkszereda vidékéről gyűjtöttük 2012 és 2013 nyarán. A begyűjtési helyek Csíkmadaras, a Madaras patak melletti rét, ahol aránylag kis területen vadkömény populációk gazdagon borítják a tisztást, Hargitafürdő, ahol a begyűjtést 2013. július hónap közepén (2013.07.16) és végén (2013.07.28) végeztük. A szárastól begyűjtött növényt először osztályoztuk, különválasztva a zöld és az érett hajtásokat, majd szárítottuk, leszemeltük, szitálással és szélfúvással tisztítottuk. Az így nyert szemeket száraz helyen tároltuk a minták elemzéséig. A vadköménymintákkal kivonásával párhuzamosan, összehasonlítás céljából, elvégeztük a kereskedelemben forgalmazott örölt és öröletlen természetű kömény (kódolt jel: T1 és T2) illóolaj extrakcióját.

Az egyensúlyi nedvességig szárított köménymag illóolaj kivonását több módszerrel végeztük, és pedig:

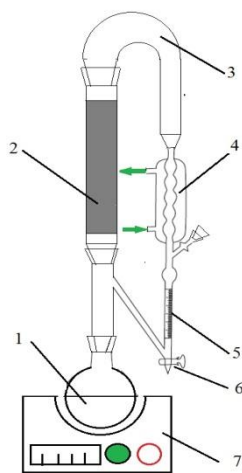
a) *Hidrodesztillációs módszer*: a laboratóriumi 1,5 ml gyűjtőtérfogató, 0,01 ml beosztású Clevenger-gyűjtővel ellátott, elektromosan fűtött, 125 W teljesítményű vízgőz desztillációs készülékkel dolgoztunk (1. ábra), ahol minden próba 10 g szárított, örölt vagy öröletlen 200 ml desztillált vízben szuszpendált mintát tartalmazott. A készülék megfelel a Gyógyszerkönyvi leírásnak¹⁵.

b) *Vízgőz-desztillációs módszer*: elektromosan fűtött fészekben helyezett üveglombikban előállított nedves gőzt vezettünk át, 10 g örleményt tartalmazó üvegoszlopban elhelyezett tölteten. Az oszlopot elhagyó gőzök a kilépő ágra csatlakoztatott hőcserélőben kondenzáltak és a kondenzátumot Clevenger-gyűjtőben fogtuk fel (2. ábra).



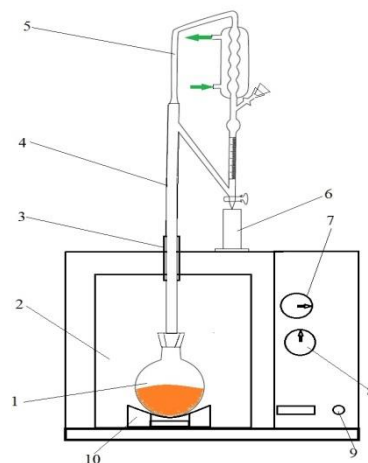
1. ábra

A Clevenger-hidrodesztillációs berendezés vázlatja: **1.** Gömblombik, **2.** Gőzcső, **3.** Gőzkondenzátor, **4.** Térfogatmérő kapilláris, **5.** Leeresztő csap, **6.** Elektromos fűtőfészek (125 W)



2. ábra

A vízgőzdesztillációs berendezés vázlatja: **1.** Gőz-fejlesztő lombik, **2.** Növényi mintával töltött oszlop, **3.** Csatlakozó cső, **4.** Gőzkondenzátor, **5.** Térfogatmérő kapilláris, **6.** Leeresztő csap, **7.** Elektromos fűtőfészek (125 W)



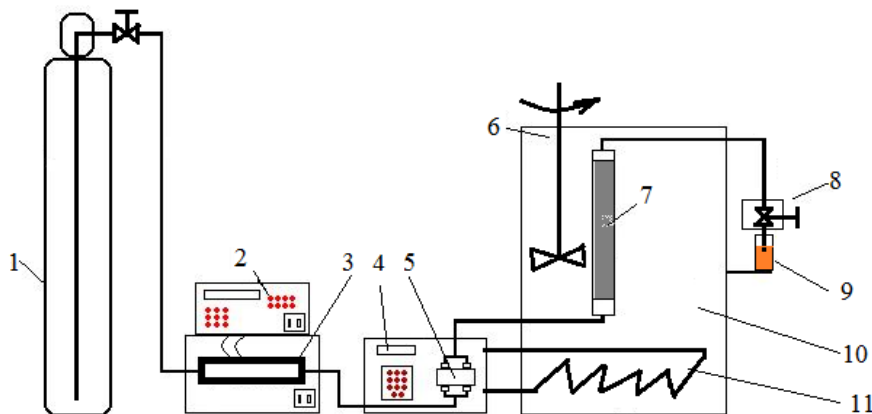
3. ábra

A mikrohullámú hidrodesztillációs berendezés vázlatja: **1.** Gömblombik, **2.** Mikrohullámú készülék fűtőtere, **3.** Árnyékoló cső, **4.** Gőzkiveztő cső, **5.** Clevenger-feltét, **6.** Mintavevő, **7.** Időzítő szabályzó, **8.** Teljesítmény szabályzó, **9.** Indító /leállító kapcsoló, **10.** Teflon gömblombik tartó.

c) *Mikrohullámú hidrodesszilláció*¹⁶⁻¹⁸: a lombikban lévő 200 ml desztillált vízben szuszpendáltuk 10 g őrlött mintát, majd módosított Hinari S110 mikrohullámú készülékben (3. ábra) desztilláltuk az állandó illóolajsztint beállítáig.

d) *Mikrohullámú előkezelést követő hidrodesszilláció*: a lombikban lévő 200 ml desztillált vízben szuszpendáltuk a 10 g őrlött mintát mikrohullámú készülékben (módosított Hinari S 110) reflux alatt 5, 15 és 30 percig kezeltük majd a Clevenger-gyűjtőhöz csatlakoztattuk és bemértük az illóolaj-kihozatalt.

e) *Szuperkritikus állapotú széndioxidos extrakció (SFE)*¹⁹⁻²³: Supercritical Fluid Technology SFT 100 System típusú készülékkel (4. ábra) dolgoztunk, ahol a 10 ml hasznos térfogatú cső-extraktorban, 40 °C hőmérsékleten és 100 atm feletti nyomásértéken, szuperkritikus szén-dioxiddal, szakaszos üzemben vontuk ki a szobahőmérsékleten, laboratóriumi Retsch Grindomix GM 200 malomban őrlött minta illóolaját. A mintavételt a 42 °C hőmérsékletre felfűtött izotermikus szelep nyitásával végeztük, a kondenzált illóolajat mintagyűjtőbe fogtuk fel.



4. ábra

A szuperkritikus extraktor berendezés vázlatja

1. Merülő csőves szén-dioxid palack
2. Vezérlőegység
3. Peltier-hűtő
4. Szivattyú- és fűtésvezérlő egység
5. Nagynyomású szivattyú
6. Hűtőventillátor
7. Cső-extraktor
8. Izoterm lefűvató szelep
9. Mintagyűjtő
10. Hőszabályzott fűtőtér
11. Fűtőellenállás

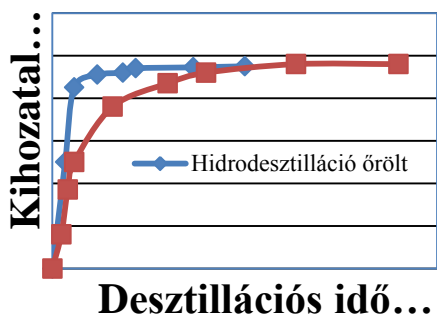
Az illóolaj komponensek minőségi és relatív százalékos meghatározására gázkromatográfias módszert²⁴⁻²⁵ alkalmaztunk. Az elemzésig minden mintát csavarmentes alumínium-fóliával borított szilikonkaucsuktömítésű zárt fiolában tároltuk +4 °C-on. A gázkromatográfias (GC-FID) körülmények minden minta esetében ugyanazok voltak, és pedig Varian CP-3380 típusú készülék, 100×0,25 mm kvarc-kapilláris CP-Sil88 (FAME) állófázissal feltöltött kolonna, lángionizációs detektor (FID), 270 °C-os detektor és injektor, 235 kPa nyomású hidrogén vivőgáz. A hőmérséklet-program: felfűtés 50 °C-ra 1 percig, majd 5 °C/perc gradienssel történő fűtés a meghatározott hőmérsékletig (210...270 °C). A gyűjtött minták vízmaradványának eltávolítására vízmentes nátrium-szulfát kristályokat alkalmaztunk. Az injektált mintában (V=1 µl) az illóolaj és a kromatográfias tisztaságú n-hexán térfogataránya 1:15.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1. Az extrakciós módszer befolyása az illóolaj-kihozatal időbeli változására

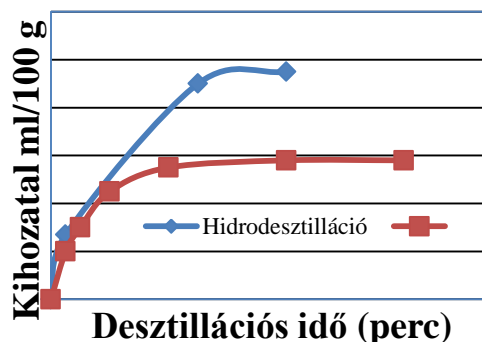
A Clevenger-gyűjtővel felszerelt laboratóriumi berendezések alkalmasak a kivonat mennyiség időbeli változásának mérésére is. Mivel az emulzióbontás hőmérsékletfüggő, nagyteljesítményű fűtés esetén lehetséges, hogy a mért mennyiség emulzió, ami egy bizonyos idő elteltével szétválk, így a kinetikai görbén megjelenhet a maximumpont. A mérési adatokat ml illóolaj/100 g mintára vonatkoztatva fejeztük ki.

Összehasonlítva a különböző módszerekkel végzett kvantitatív extrakciós méréseket az állapítható meg, hogy míg a klasszikus és mikrohullámú előkezelésű és fűtésű desztillációnál meghatározható az illóolaj mennyiség időbeli változása, a vízgőz-desztillációs és szuperkritikus technikáknál már ez nem vezet egy elfogadható eredményhez. Ennek fő oka a kivont illóolaj leválasztásakor fellépő veszteség.



5. ábra

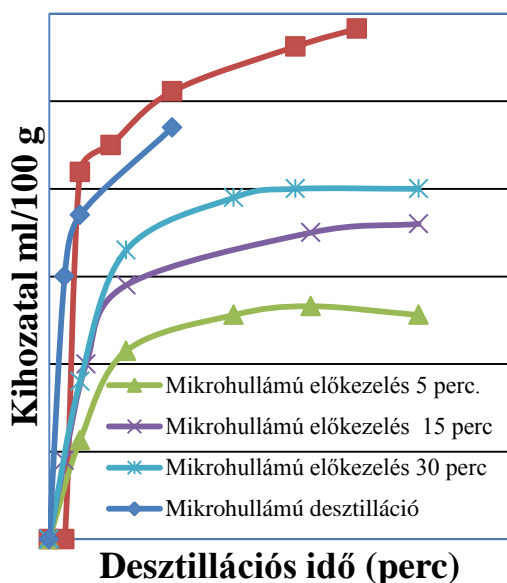
Örlt illetve öroletlen hargitafürdői zöldkömény illóolaj kihozatalának időbeli változása.



6. ábra

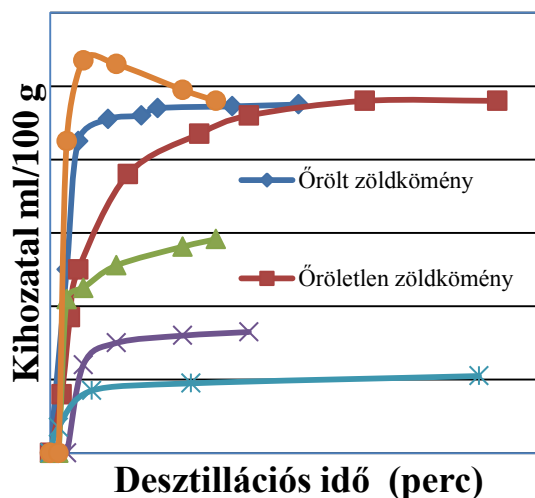
A csikmadarasi laboratóriumi körülményeken szárított kömény hidrodesztillációs kihozatalának időbeli változása mikrohullámú előkezeléssel, valamint előkezelés nélkül.

Ahogy a 6. ábra is tükrözi, az örlés csak a kivonás sebességét változtatja, az illóolaj-kihozatal hosszas hidrodesztillációs kezelés után majdnem megegyezik. A mikrohullámú előkezelés nem járt nagyobb sikerrel a csikmadarasi szárított kömény esetében sem. A 6. ábrán is látható, hogy a mikrohullámú előkezelés alacsonyabb kihozatalt eredményezett, mint a klasszikus hidrodesztillációs, amit a veszteség számlájára írhatunk.



7. ábra

Az érett, nyílt helyen szárított, hargitafürdői kömény mikrohullámú előkezelésének hatása a kihozatalra.



8. ábra

A hargitafürdői érett és zöld kömény és két kereskedelmi kömény hidrodesztillációs kihozatalának időbeli változása.

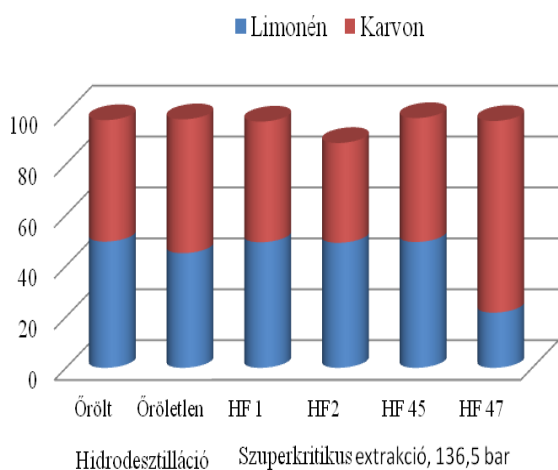
Mikrohullámú előkezelési időtartamot változtatva tapasztalható, hogy a reflux alatti kezelési időtartam emelése növeli a kihozatali sebességét és mennyiségét. A 7. ábráról az is kitűnik, hogy az előkezelés, bár kiszabadítja az illóolajat a növényi mátrixból, az egyenlőtlen fűtésnek következtében a teljes folyamat – előkezelés és hidrodesztilláció – elég nagy veszteséggel jár. Megállapítható az is, hogy a szárítási körülmények is jelentős, kihozatalcsökkentő hatásúak lehetnek, emiatt a mikrohullámú fűtés hatása a zöld szárítatlan kömény esetében járhat nagyobb előnnyel, mint ahogy Navarette és mtsai. is javasolják²².

A 8. ábrán a hargitafürdői kömény hidrodesztillációs kihozatala látható két kereskedelemben kapható természetű köménymintával összehasonlítva. A felső görbe jól szemlélteti azt, hogy a nagy illóolaj-tartalom kissé megnehezíti az emulzió szétválását, s így a térfogatbecslést is (a kihozatali görbének maximumpontja van a desztillálás kezdetén). Az is megfigyelhető, hogy a gyors szárítással csökken az illóolaj-kihozatal, de még mindig nagyobb marad, mint a kereskedelmi kömény esetében.

3.2. A kezelési körülmények hatása az illóolaj két fő komponensének a változására

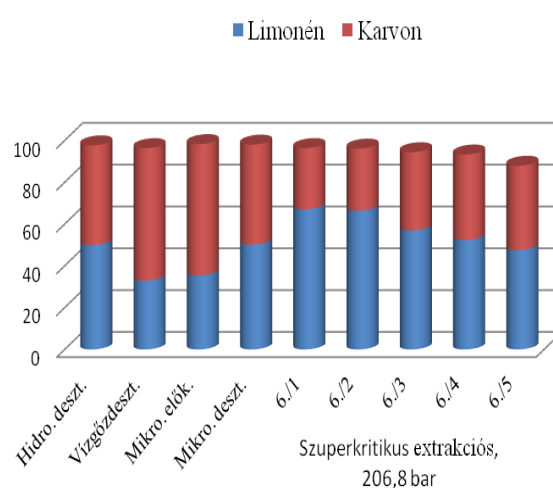
Az illóolaj-komponensek minőségi meghatározására Kubeczka és Formacek standard kromatogramjait²⁴ használtuk. Megállapítottuk, hogy az illóolaj-mennyiség több mint 87%-át a két főkomponens, a limonén és a karvon össz mennyisége adja. Igaz, hogy az irodalomban ez az arány 95% körüli érték, de figyelembe kell venni a vadkömény betakarítási időpontját, ekkor még éretlen, zöld szemek is jelen vannak még a termésben, melyeknek összetétele eltérést mutat az érett magvakhoz képest²¹. A 9. ábrán látható, hogy a különböző technikával kivont zöld vadkömény illóolaj-összetétel (hidrodesztilláció és szuperkritikus extrakció) csak a végső csapolásnál mutat különbséget a két főkomponens arányában. A csikmadarasi érett kömény esetében (10. ábra) a két fő komponens aránya megegyező értéket mutat a hidrodesztilláció és a mikrohullámú desztilláció esetében, a szuperkritikus extrakció esetében az első csapolásnál a legnagyobb az illékony komponens aránya, míg a karvon részaránya az utolsó csapolásnál a legnagyobb. A mikrohullámú előkezelés és a vízgőz desztilláció módszernél az említett veszteség az illékonyabb komponens arányának csökkenésében nyilvánul meg. A hargitafürdői érett kömény kinyerésénél (hidro és mikrohullámú desztilláció, valamint a magas nyomáson végzett szuperkritikus extrakció) a karvon/limonén arányban hasonló értékeket mutat (11. ábra). A mikrohullámú előkezelésnél (bár veszteséggel számolhatunk), a kezelési idő növelése nem hoz érdembeli változást a két fő komponens arányában. A szuperkritikus extraktumok illóolaj- változó tendenciát mutat a csapolás függvényében.

Amint az a 11. ábrán is látható, az alkalmazott nyomástól függetlenül, a csapolási idő növekedésével az illóbb komponens aránya csökken. Ami a kivonási módszerek a két fő komponens mennyiségére gyakorolt hatását illeti a természetű kömény esetén, megállapítható, hogy a különbségek most még kisebbek, ez érvényes mindegyik desztillációs kivonási módszerre. A szuperkritikus extraktum első csapolására az tapasztalható, hogy a nyomás növelése a karvon arányát emeli, mivel nagyobb nyomáson a karvon oldékonysága növekszik (12. ábra).



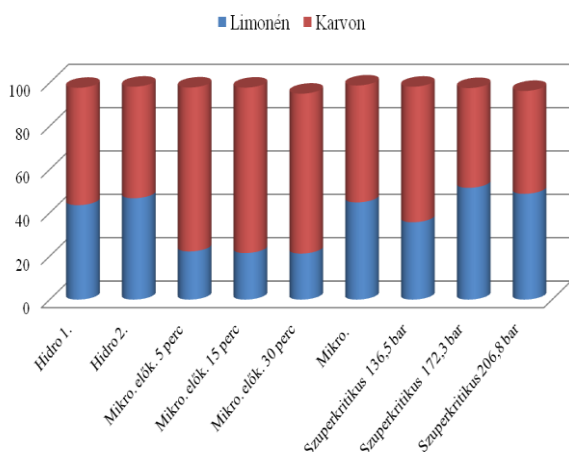
9. ábra

A különböző módszerekkel kivont illóolaj két fő komponensének relatív tömegszázalékos aránya (%) a hargitafürdői zöldkömény esetében: HF1-20 perc, HF2-25 perc, HF45-35 perc, HF47-60 perc.



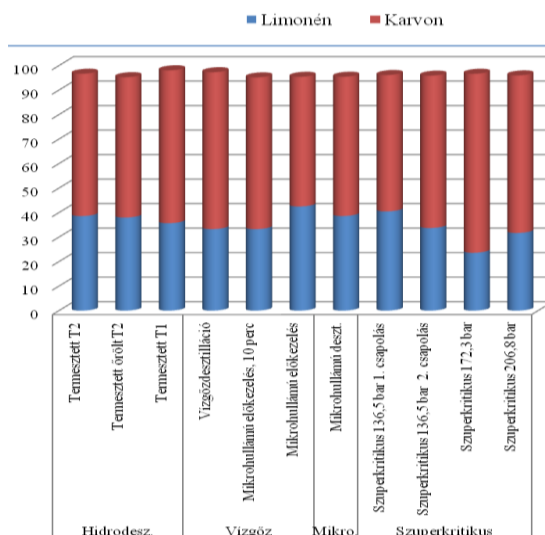
10. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a csikmadarasi kömény esetében a kinyerési módszer függvényében: 6./1-60 perc, 6./2-64 perc, 6./3-66 perc, 6./4-68 perc, 6./5-70 perc.



11. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a hargitafürdői komény illóolajban a kinyerési módszer függvényében.



12. ábra

A két főkomponens relatív tömegszázalékos aránya (%) a természetett komény esetén a kinyerési módszer függvényében.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

- Ahogy a kísérletek is bizonyítják, a kihozatal befolyásoló tényezők közé sorolhatjuk a desztillációs módszert is. A vad- és természetett komény esetén a klasszikus hidrodesztilláció esetén figyelhető meg a legnagyobb kihozatal. A kísérletek azt bizonyítják, hogy a köményminőség (érettség, élőhely, szárítási mód) is befolyásoló tényező lehet.
- Míg az alacsony illóolaj-tartalmú természetett komény esetében az egyenlőtlen mikrohullámú fűtés nem okozott számottevő veszteséget, addig a magas illóolaj-tartalmú zöld és érett komény kihozatalát a mikrohullámú előkezelés mennyiségileg negatívan befolyásolta. Valószínűleg az illóolajvesztés a nyitott, visszafolyó hűtési módszer következménye.
- A mikrohullámú kezelés időtartalma a kihozatalt pozitívan befolyásolta, ellenben alig volt befolyással a szárított köményből kinyert illóolaj összetételére. Az előkezelés hatását részletesen korábbi cikkünkben elemeztük²⁵.
- Megállapítható, hogy a különböző technikával kivont zöldköményillóolaj-összetétel (hidrodesztilláció és szuperkritikus extrakció) csak a végső csapolásnál mutat különbséget a karvon/limonén arányban.
- Az érett hargitafürdői komény esetében a mikrohullámú előkezelési idő növelése nem hoz érdembeli változást a két főkomponens arányában, míg a szuperkritikus extraktumok karvon/limonén aránya változó tendenciát mutat a csapolások függvényében. Ezt egyrészt valószínűleg az okozza, hogy a legelső csapolásoknál a limonén nagy része távozik a rendszerből, másrészt hosszabb extrakciós időnél a kioldott karvon mennyisége növekszik.
- Szuperkritikus extrakció esetén, függetlenül az alkalmazott nyomástól, a csapolási idő növekedésével az illékonyabb komponens aránya csökken.
- Vadkömény szuperkritikus extrakciójánál a legnagyobb limonén/karvon arányt 207 bar nyomáson (csikmadarasi), illetve 172 bar nyomáson (hargitafürdői) érték el, az első csapolásnál.
- Bár a természetett komény illóolaj-kihozatala a legkisebb (2 mL/100 g a 7...10 mL/100 g-hoz viszonyítva) a karvon/limonén aránya (ami az illóolaj minőségének legfontosabb mutatója^{23,25}) nagyobb, mint a vadkömény illóolajáé.
- A természetett komény esetén a kivonási módszer karvon/limonén arányra gyakorolt hatása még kisebbnek bizonyult, mint a zöld vagy érett vadkömény esetében. A szuperkritikus extraktum első csapolásának összetételében a karvon aránya megnő a nyomás emelkedésével, ami az illékonyabb komponens csapolási veszteségével magyarázható.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Bernáth J.: *Gyógy- és aromanövények*, 3. kiadás, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, 230-235.
- [2.] Szabó L.Gy.: *Gyógynövény-ismereti tájékoztató*, Schmidt und Co.-Méliusz Alapítvány, Pécs, 2005, 109.
- [3.] Csedő K. (szerk.): *Plantele medicinale și condimentare din județul Harghita - Harghita megye gyógy- és fűszernövényei*, UJCOOP, Tipografia Tg. Mureș-Marosvásárhely, 1980.
- [4.] Valkovszki N.J.: *Az egyéves konyhakömény (Carum carvi L. var. annuum) termesztéstechnológiai feltételeinek optimalizálása csernozjom réti talajon*, Doktori disszertáció, Corvinus Egyetem, Budapest, 2011.
- [5.] Madisch A., Holtmann G., Mayr G., Vinson B., Hotz J.: Treatment of functional dyspepsia with a herbal preparation, *Digestion*. 2004, **69**(1), 45-52.
- [6.] Bonyadian M., Karim G.: Study of the effects of some volatile oils of herbs (pennyroyal, peppermint, tarragon, caraway seed and thyme) against *E. coli* and *S. aureus* in broth media, *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Teheran*. 2002, **57**(4), 81-83.
- [7.] Satyanarayana S.: Antioxidant activity of the aqueous extracts of spicy food additives - evaluation and comparison with ascorbic acid in in-vitro systems. *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 2004, **4**(2), 1-10.
- [8.] Eddouks M., Lemhardi A., Michel J.B.: Caraway and caper: potential anti-hyperglycaemic plants in diabetic rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, **94**(1), 143-148.
- [9.] Haggat E.G., Abou-Moustafa M.A., Boucher W., Theoharides T.C.: The effect of a herbal water extract on histamine release from mast cells and on allergic asthma, *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 2003, **3**(4), 41-54.
- [10.] Kholif A. M., El-Shewy A.A.: Response of lactating goats to rations supplemented with the medicinal seeds, *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 2004, **12**(2), 559-567.
- [11.] Sadraei H., Ghannadi A., Takei-Bavani M.: Effects of *Zataria multiflora* and *Carum carvi* essential oils and hydroalcoholic extracts of *Passiflora incarnata*, *Berberis integerrima* and *Crocus sativus* on rat isolated uterus contractions, *International Journal of Aromatherapy*, 2003, **13**(2/3), 121-127.
- [12.] El-Zemity K.: Antibacterial screening of some essential oils, monoterpenoids and novel N-methyl carbamates based on monoterpenoids against *Agrobacterium tumefaciens* and *Erwinia carotovora*, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 2008, **41**(6) 451-461.
- [13.] Toxopeus H. Bouwmeester H.J.: Improvement of caraway essential oil and carvone production in The Netherlands, *Industrial Crops and Products*, 1993, **1**(2-3), 295-301.
- [14.] Seidler-Łożykowska K., Kędzia B., Karpińska E., Bocianowski J.: Microbiological activity of caraway (*Carum carvi* L.) essential oil obtained from different origin, *Acta Scientiarum. Agronomy, Agronomy*, 2013, **35**(4), 495-500.
- [15.] Essential oils in herbal drugs (Monograph 2.8.12.) In European Pharmacopoeia (Ph. Eur.), 8th ed., European Directorate for the Quality of Medicine & HealthCare (EDQM), Strasbourg, 2014, 273-274.
- [16.] Navarrete A., Wallraf S., Mato R.B., Cocero M.J., Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2011, **50**(8), 4667-4671.
- [17.] Chemat F, Abert-Vian M., Fernandez X.: Microwave-assisted extraction of essential oils and aromas In: Chemat F, Cravotto G. (Eds.): *Microwave Extraction for Bioactive Compounds. Theory and Practice*, Springer Science+Business Media, New York-Heidelberg, 2013.
- [18.] Kapás A., András C.D., Dobre T.G., Vass E., Székely G., Stroescu M., Lányi S., Ábrahám B.: The kinetic of essential oil separation from fennel by microwave assisted hydrodistillation (MWHd), *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*, 2011, **73**(4), 113-120.
- [19.] Hornok L.: *Gyógynövények termesztése és feldolgozása*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1990.
- [20.] Marcus Y.: Are solubility parameters relevant to supercritical fluids?, *Journal of Supercritical Fluids*, 2006, **38**(1), 7-12.
- [21.] András C.D., Simándi B., Farsang R., Hamucska K., Héthelyi B.É., Domokos J., Deák A.: Fűszerkömény (*Carum carvi* L.) extrakciója szuperkritikus szén-dioxiddal, *Olaj Szappan Kozmetika*, 2002, 51, 64-68.
- [22.] Baysal T., Starmans D.A.J.: Supercritical carbon dioxide extraction of carvone and limonene from caraway seed, *Journal of Supercritical Fluids*, 1999, **14**(3), 225-234.
- [23.] Sedláková J., Kocourková B., Lojtková L., Kubáň V.: Determination of essential oil content in caraway (*Carum carvi* L.) species by means of supercritical fluid extraction, *Plant, Soil and Environment*, 2003, **49**(6), 277-282.
- [24.] Kubeczka K.H., Formacek V.: *Essential Oil Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 NMR Spectroscopy*, John Wiley & Sons, Chichester, 2002, 37-40.
- [25.] András C.D., Salamon R.V., Barabás I., Szép A.S.: Az előkezelési mód hatása a vadkömény illóolaj kihozatalára és minőségére, *Műszaki Szemle*, 2014, **63**, 3-10.

Új módszerek és eszközök alkalmazása a technológia és környezetvédelemi oktatásában

New Methods and Gadgets Used in Technological and in Environment Education

Metode noi și gadgeturi utilizate în educația tehnologică și de mediu

BARTHA Sándor, PhD¹, ANTAL Noémi, PhD², BARTALIS Ildikó², PhD

¹BARTHA SANDOR-PFA,
Sf. Gheorghe, Str. Oltului Nr. 30.Tel:+40722250725,
email: sbartha@freemail.hu

²Universitatea Babeș Bolyai, Cluj- Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului,
Sf. Gheorghe, Str. Stadionului Nr. 14. Tel:+40732974985, email: antalnoemi@yahoo.com

ABSTRACT

The engineering education in field of environment requires using a several measurements, tests, practical application, which needs to integrate complex laboratory instruments hard to use by in education activity. In this paper a different technical solutions are presented, which integrate new gadgets. That can be connected to the student's personal IT infrastructures which in this way can be turned into real research labs. The used gadget is from Fourier Nova family trade mark. The application presented is focusing in quality evaluation of the photovoltaic street lighting and for water quality estimation, we will present an innovative turbidimeter build from this gadgets. The paper presents the methods for this data evaluation with modern information technology. This methods used by this gadgets can be generalised in practical education technologies in field of environment engineering and in field of sustainable development.

Keywords: Environment, measurement system, photovoltaic, turbidimeter, water treatment

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a környezetmérnök képzésben alkalmazható új gyakorlati mérési módszereket szemléltet, amelyek különösképpen terepgyakorlatok keretében alkalmazhatók és komplex mérőeszközöket helyettesíthetnek. A módszer a Fourier cég által kifejlesztet eszközök (Nova termékcsalád) felhasználására épül, a szemléltetett gyakorlatok aktuális kérdések megoldására adnak választ. A használt eszközök egyszerűen kapcsolhatók a hallgatók által használt személyi számítógépekhez, így ezek az eszközök valóságos kutatólaboratóriumává válhatnak. Az eszközök több környezetmérnöki képzést érintő területen alkalmazhatók. A dolgozatban bemutatott példa a fotovillamos közvilágítási rendszerek minősítésére ad választ, illetve szemléltet egy a feszíni vizek minőségi kiértékelésében alkalmazható a Nova termékekből kialakított turbidimétert, és az ezzel végzett mérések eredményeit. A bemutatott módszerek a mérnöki képzés több területén alkalmazhatók.

Kulcsszavak: Környezetvédelem, mérőrendszer, fotovillamos, turbidiméter, víztisztítás

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedben a technológia fejlődés és kutatás eredményeinek gyakorlati elérhetősége lehetővé tette a megújuló energiaforrások és a környezetvédelmi beruházások elterjedését. Amíg a környezetvédelem szakterülete jelen van az oktatási formák minden szintjén, addig zöld energiaforrások mérnöki oktatása területén kevés egyetem indított akkreditált képzést. A mérnöki oktatás összhangban kell, hogy legyen a tudásalapú társadalom megvalósításának elveivel, amely új kihívások elé állítja mind az oktatót, mind a hallgatót, és egyben a képzését biztosító intézeteket. Mindez a mérnökképzés folyamatos tartalmi, strukturális és oktatás-módszertani megújulásával valósítható meg. Ez a folyamat elképzelhetetlen az informatikai és számítástechnikai háttér biztosítása nélkül. Az informatika- számítástechnika oktatása hozzátartozik az általános műveltséghez és fontos az információ alapú társadalom magalapozásában. Az oktatásmódszertan elvei a tudásalapú társadalom alapelveivel kell összhangba legyenek, olyan célok, eszközök és stratégiák összességét kell tartal-

maznia, amelyek az ismeretszerzés, a tanulóközpontú oktatás megteremtése, az információs és kommunikációs technikák széleskörű alkalmazásának, a hallgatók önállóságának, öntevékenységének az alapját képezhetik. Az oktatás módszerei az oktatók sajátos eljárásait tartalmazzák, a tanítási cél megvalósítását segítik a tanulási órán és az órán kívüli tevékenységekben. Ezzel együtt tartalmazza azokat a munkaeljárásokat is, amelyekkel a hallgatók a tanulási cél elérésében aktív módon részt vesznek. A módszer az oktató és a hallgató olyan eljárásait jelöli, amelyek a különböző tanítási célok eltérő ismeretanyagok elsajátításakor más- más didaktikai feladatok elérése érdekében lényegében hasonló módon valósulnak meg. (Nagy, 1997)

A mérnöki képzés területén jelentős szerephez jutnak azok az új módszerek alkalmazásai, amelyek a tanítás-tanulás tevékenységének alapelemei. Fontos a motiváció biztosításának a lehetősége, a cél tudatosításának különböző módja, a tanári kommunikáció, a bemutatás, a demonstráció és a hozzá kapcsolódó közös elemzés, a hallgatók önálló munkája, az önálló tanulás, a problémafelvető oktatás, mint módszer bevezetése. A motiváció belső szükségletből, érdeklődésből, a tudás kiegészítésének vágyából, a kötelességtudatból kell, hogy építkezzen, és ne egyszerű kényszerűségből vagy éppen fenyegető körülmények nyomasztó hatására alakuljon ki. A mérnöki képzés fontos oktatási módszere a felfedező tanulás, amelynek a lényege a heurisztikus beszélgetés, amely különösen a természettudomány tantárgyaira jellemző. Ezeknél a tantárgyaknál a hallgató tanulási stratégiákat tud kiépíteni, mivel a tananyag lehetőséget ad a problémák egzakt megközelítésére, a valóság gyakorlati példákkal történő bemutatására. A heurisztikus tanulási mód érdekében az algoritmusok, modellek, sémák birtokába kell juttatni a hallgatókat. Az műszaki oktatásban még jelentős szerepet játszhat a szemléltetés, mint módszer, amely a modern taneszközök használatát igényli. A szemléltetés valódi funkciója az ismeretek ténybeli alapjának feltárása. A szemléltetésnek egyik leggyakoribb módja a bemutatás, amely nem csupán a tárgyak és jelenségek bemutatása, hanem a megfigyelés irányítása is, és amely segítségével az oktató irányítja a hallgatók észlelését. Ezzel kapcsolatosan kialakult néhány empirikus szabályszerűség, ilyenek például:

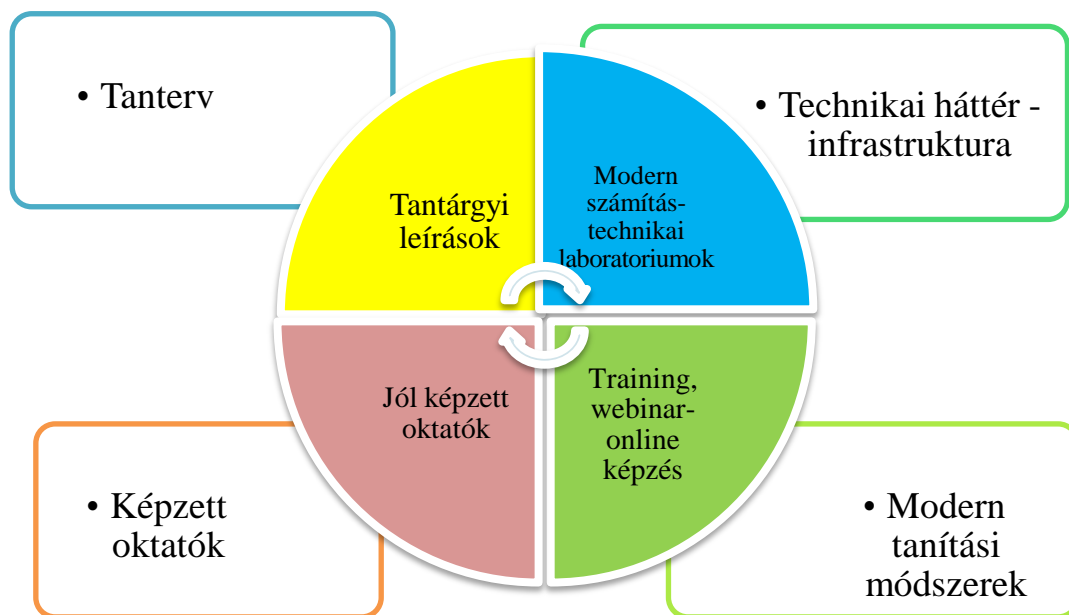
- Bemutatáskor arra kell törekedni, hogy a hallgatókra, a tárgyak jelentősége, a folyamatok leglényesebb vonásai, ismertetőjegyei gyakoroljanak hatást, és a másodrendű jelenségek, sajátosságok ne vonják el a hallgatók figyelmét.
- A szemléltetéskor a tárgyat keletkezésben, fejlődésben kell bemutatni
- A szemléltetés sohasem legyen öncélú
- Természetes követelmény az, hogy a bemutatott tárgyat mindenki lássa.

Az új ismeretek feldolgozása szempontjából nemcsak a megfigyelések, hanem a hallgatók laboratóriumi és gyakorlati munkája is nagy jelentőségű. A laboratóriumi munka során a hallgatók maguk kísérleteznek, és ehhez kapcsolódik az önálló, egyéni vagy csoportos munka. A laboratóriumi munkák során a megfigyelést műszerek segítségével végzik, míg a jelenségeket mesterséges úton idézik elő. Mindezen módszerek a mérnöki oktatás alapjait képezik. (Andron, 2008)

A laborkísérletekhez megfelelő műszerparkra van szükség, amely beszerzése anyagi erőfeszítést igényel. Ebből kiindulva kerestünk egy olyan megoldást, amely alkalmazásával költséghatékonyan megoldja a laborkísérletek műszerezettségét. Így került bevezetésre és kiépítésre a Fourier cégcsoport által gyártott Nova termékcsalád, amely alkalmazása során kijelenthető, hogy a termékek a gyakorlati mérnöki oktatásban sikeresen használhatók. Olyan laborgyakorlatok alkothatók ki, amelyek megfelelnek az adott tanterv tantárgyi leírásának. A bemutatott módszerek jelentősen hozzájárulnak a hallgatók tanulási szokásainak a javításához. (Falus, I. 2006, 103-108)

2. NOVA GYAKORLATI OKTATÁSI RENDSZER

A gyakorlati oktatás fontos része a mérnökképzésnek, ebből kiindulva próbáltunk egy olyan egységes rendszert kialakítani, amely alkalmazható a gyakorlati mérések elvégzésében és egyéni vagy csoportos megfigyelések kivitelezésében. A rendszer technikai háttere a Fourier termékcsaládra épül. Ennek érdekében az 1. ábrán szemléltetjük a rendszer kialakításának a fontosabb lépéseit. Az ábrán látható, hogy a tanterv az alap, és a tantervbe a tantárgyi leírásoknak megfelelően kialakíthatók a laborgyakorlatok, amelyek jól felkészült oktatókat igényelnek, és a technikai hátteret a Nova termékcsalád biztosíthatja. Ezen termékek különösen a digitális mérőeszközök családjába tartoznak és integrálhatók az egyetemi számítógép hálózatokba, a hallgatók egyéni számítógépeikhez-laptopjukhoz illetve a mostan divatos táblagépekhez is kapcsolhatók. Ezáltal a hallgatók könnyen elvégezhetik a laborkísérletekben előírt méréseket. A rendszer, könnyen kezelhető adatrögzítő és adatfeldolgozó programcsomagja, lehetővé teszi a mérési adatok kiértékelését, elemzését és szintézisét. Mivel a rendszerbe integrált alkalmazások a táblagépekkel és laptopokkal is kitűnően működnek a terepgyakorlati mérésekre is jól alkalmazhatók. A helyszínen a hallgatók elvégzik az adatrögzítést, a mérések kiértékelése elemzése egy későbbi időpontban is megtörténhet.



1. ábra

A Nova mérőrendszer kialakítása és bevezetési feltétele a műszaki képzésbe

A rendszer középpontjában egy 4 csatornás 12 bites adatgyűjtő áll, amely egy adott helyszínen egységként működik, előírt vagy előre beprogramozott időközönként mérést végez és az eredményt tárolja, majd visszatér alvó állapotba. Egy ilyen rendszer alapvető követelménye a telep minél hosszabb élettartama, zord környezeti feltételnek való ellenállás, illetve a belső memória minél nagyobb mérete. A jelen mérőrendszerbe alkalmazott adatgyűjtő a Nova link, amely az adathordozó számítógéphez kapcsolódik, a számítógép valamely USB portjára és az adatrögzítéshez a számítógép saját memóriáját használja, mindezen műveletek a gyártó által kifejlesztett Multiplan programcsomaggal végezhetőek el. A méréseket olyan szenzorok segítségével végezzük, amelyek közvetlen információt szolgáltatnak a jelenségek dinamikájáról. Megjegyzendő, hogy a gyártó több mint 50 típusú, a természettudományok minden területén alkalmazható érzékelőt forgalmaz. A dolgozat keretében a tudomány két területén végeztünk méréseket, a fotovillamos közvilágítási rendszerek minőségi paramétereinek a meghatározását és a felszíni vizek néhány paramétereinek a jellemzését mutatjuk be. A víz elemzésekor például az oldott oxigén tartalmat és a szerves oldhatatlan kolloid jellegű anyagok jelenlétével összefüggő zavarosságot határoztuk meg. A zavarosság esetben az oldat fényabszorpcióját mérjük, az eredmény „fotometrikus zavarosság egyenértékben” fejezhető ki. Továbbá a kiépített rendszer segítségével a megfelelő érzékelőket felhasználva, meghatároztuk a vízminták fajlagos vezetőképességét és pH-ját. Az adatokat 1s mintavételezési idővel rögzítettük és a méréseket egy bővizű patakon végeztük. A mérések előtt a felhasznált érzékelők pontosságát kalibráló mérőoldatokat segítségével határoztuk meg. A közvilágítási rendszerek jellemzését a sepsiszentgyörgyi fontosabb közlekedési útvonalakon teszteltük, továbbá egy fotovillamos világító rendszerrel felszerelt park, játszótér esetében végeztük. Az erre a célra készített érzékelőt, fénymérőt alkalmaztunk. A kapott eredményeket a megfelelő szabványok, normák, ajánlások előírásaival hasonlítottuk össze, meghatározva a mért paraméterek jellegét, elfogadhatóságát. A vízminták elemzésekor a hazai ajánlásokat előírásokat vettük figyelembe, míg a közvilágítási elemek esetében az Európai Unió erre a területre vonatkozó elvárásait, normatíváit vettük figyelembe. A mérőrendszerbe beiktatott érzékelők tulajdonságai az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat: A mérőrendszert alkotó érzékelők tulajdonságai

Tulajdonság, mért paraméter	Érzékelő típusa	Mérési tartomány	Mértékegység
Oldott oxigén	DT222A	0-12	mg/l
Fajlagos vezetőképesség	DT035A	0-20	mS
Fotometrikus zavarosság	DT095A	0-200	NTU
Kémhatás, pH	DT016A	0-14	pH
Fényerősség a megvilágítás a közvilágítási rendszerek esetében	DT 009-4	0-600 0-6000 0-150	Lx Lx kLx

A mérésekben felhasznált érzékelőket, és adatgyűjtőt az alábbi 2. táblázat szemlélteti

2. táblázat: A kísérletekben alkalmazott érzékelők és adatgyűjtő mérőrendszer

DT095A- fotometrikus zavarosságmérő

DT035A- fajlagos vezetőképesség mérő

DT 009-4, és Nova link adatgyűjtő mérőrendszer-megvilágítás meghatározó



3. MÉRÉSI MÓDSZEREK

A vízminták estében, a gyakorlati mérések eredményeit a 161/2006-os kormányrendelet által meghatározott értékekhez viszonyítottuk. A kormányrendeletben meghatározásra kerültek a felszíni vizek védelmének általános szabályai, valamint a felszíni vizek minőségi paraméterei. A jogi szabályozás kétféle kibocsátási határértéket alkalmaz: a technológiai határértéket (egyes meghatározott technológiákra), valamint a területi határértéket (különböző felszíni vízvédelmi kategóriákra). A területi határértékeket abban az esetben kell alkalmazni, amennyiben az adott technológiára, vagy szennyező anyagra nincs technológiai határérték. Mérések során a zavarosságot az oldatban levő diszkrét részecskék fényszórása alapján határoztuk meg, amely a mintát megvilágító fénysugár útjára vonatkoztatott 90 °-os szögeltéréssel nyert fény intenzitásának a mért értéke. Ebben az esetben a zavarosságot NTU, nefeleometriás zavarosság egységben fejeztük ki.

A közvilágítási rendszerek keretében végzett mérések eredményeit az EN 12665 -2002, valamint a CSN-EN 13201-2, előírásoknak megfelelően elemeztük, mint ismeretes a közforgalmi területeket a forgalom nagysága szerint a nemzetközi előírásokkal összhangban az M1-M6 osztályokba sorolják. Az M1-M3 osztályok esetében a tervezést a fénysűrűség technikára alapozva kell elvégezni, azonban a megvilágítás értékét is meg kell határozni. Az M4- M5 osztályok estében választási lehetőség van a fénysűrűség és megvilágítás meghatározása közt. Az M6 osztály esetében a fénysűrűsége vonatkoztatott méretezés indokolatlan, ebben az esetben elegen-

dő a megvilágítás értékének a meghatározása. A szabványokban megtaláljuk a veszélyeztetett területekre vonatkozó elvárásokat. Világított környezetben fokozottan veszélyes területnek számítanak az utak fel és lehajtó sávjai, a vasúti keresztezések, a körforgalmi utak, a 40 m-nél rövidebb közúti aluljárók. A fokozottan veszélyes területeket C1-C3, osztályba sorolják, míg a gyalogos övezeteket P1-P4 osztályba, itt is a vízszintes megvilágítási érték a döntő. A közforgalmi területek világításának előírt értékeit illetve egy adott helyszínen végzett mérések eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Közvilágítási mérések eredményei

A méréseket terepgyakorlatok keretében végeztük, és a sepsiszentgyörgyi közvilágítási rendszer jellemzésekor kapott eredményeket a 3. táblázatban összegeztük, összehasonlítást végeztünk a szabványban megadott értékekkel.

3. táblázat: A közvilágítási rendszerek elemzési terepgyakorlat adatai és az előírt szabvány értékek

Osztály	Fénysűrűség, Cd/m ²	Megvilágítás, lux, minimum	Mért eredmények, megvilágítás értékei, lux	Eltérés, %-ban	Megjegyzés
M1	2	-	-	-	-
M2	1,5	-	-	-	-
M3	1	-	-	-	-
M4	0,6	8	10	20	Megfelelő
M5	0,3	4	3,5	-14,29	Nem megfelelő
M6	-	2	2	0	Megfelelő
C1	-	30	31	3,23	Megfelelő
C2	-	20	20	0	Megfelelő
C3	-	15	15	0	Megfelelő
P1	-	20	5	300	Nem megfelelő

Az adatok alapján látható, hogy különösen a gyalogos övezetekben mért érték nem megfelelő. Mivel a helyszín egy fotovillamos táplálású közvilágítási rendszer, amely egy játszótéren üzemel, és a méréseket novemberben végeztük, lehetséges, hogy a novemberi napsugárzási adatok nem elegendőek a rendszer biztonságos működtetéséhez.

4.2. vízminták mérési eredményei, adatai

A mérések eredményei, a 161/2006 rendeletben előírt adatokat és a nemzetközi előírások értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Vízminőségi adatok jellemzése

Vizsgált vízminőségi komponensek	Kívánatos határérték	Tűrhető határérték	161/2006 rendelet alapján	Nova rendszerrel mért érték	Megjegyzés
Fajlagos vezetőképesség (µS)	800	1600		1200	Megfelelő
pH	6,5-8	6,5-8	6,5-8,5	7,9	Megfelelő
Oldott oxigén, (mg/l)	6	4		6	Megfelelő
Fotometrikus zavarosság, NTU	<25	<50	-	30	Megfelelő

Az adatok elemzése alapján megállapítható, hogy a mérés időszakában teljesültek a felszíni vizekre vonatkozó feltételek.

KÖVETKEZTETÉSEK

A bemutatott esettanulmányok, amelyekben a Nova-Fourier elemeket alkalmaztuk a mérési laborgyakorlatokban illetve helyszíni elemzéskor, terepgyakorlatok alkalmával, könnyen alkalmazhatók a természettudományok tantárgyainak az oktatásában. Ezek a termékek a digitális mérőeszközök családjába tartoznak, jól integrálhatók az egyetemi számítógép hálózatokba és a hallgatók egyéni számítógépeikhez-laptopjukhoz illetve a mostan divatos táblagépekhez is kapcsolhatók. Ezáltal a hallgatók könnyen elvégezhetik a laborkísérletekben előírt méréseket és a rendszer könnyen kezelhető adatrögzítő és adatfeldolgozó programcsomagja lehetővé teszi a mérési adatok kiértékelését, elemzését és szintézisét.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

- [1.] Andron D.A., Didactica specialitatiei, (2008) Sibiu Ed. Psihomedica, p. 66-90
- [2.] Bartha, S, Design and Simulation of the Solar Street Lighting Photovoltaic System with LED Energy Lamp. (2012), Bucuresti, EEA, Vol. 60.Nr. 2. p. 79-85
- [3.] Cunningham, W.P., Cuninghan, M.A. Environmental Science “ A Global Concern” (2007) Mc Grow Hill p.453-470
- [4.] CSN- EN 13201-2 Road lighting part 2 – Performance requirements
- [5.] Directive 2009/28/EC- on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30
- [6.] Hankis, M. Stand Alone Solar Electric System, (2010), Earthscan Expert series p. 80-93
- [7.] Falus Iván, Miért jó egy alternatív iskola, Gondolat Kiadó, Budapest 2006,
- [8.] Nagy Sándor, Az oktatás folyamata és módszerei, Volos Kiadó, 1997, Mogyorod, p 48-78
- [9.] www.fourieredu.com

Mérnöki rekonstrukció és gyorsprototípusgyártás a karbantartásban

Reverse Engineering and Rapid Prototyping in the Maintenance Process

Reconstrucție inginerescă și prototipare rapidă în procesul de întreținere

Ing. CZIFRA György, PhD.

Slovenská technická univerzita Bratislava,
Materiálovotechnologická fakulta v Trnave,
Výučbové stredisko Komárno

juraj.czifra@stuba.sk

http://www.mtf.stuba.sk/generate_page.php?page_id=3073

ABSTRACT

The reverse engineering and rapid prototyping, walking hand-in-hand exactly fulfill the task for which are suitable – to help quickly construct and reconstruct the damaged components. Our goal is to find areas where the technologies are not yet widely available, or find the technologies that can be used for industrial purposes and for the everyday practice.

ÖSSZEFOGLALÓ

A visszafejtő mérnöki tevékenység és a gyorsprototípusgyártás kéz a kézben járva pontosan betöltik azt a feladatot, amelyre alkalmasak – rekonstruálni és gyorsan legyártani a sérült komponenseket. Kutatásaink célja megtalálni olyan területeket, ahol a feltüntetett technológiák még nincsenek elterjedve, illetve megtalálni azokat a technológiákat, amelyek ipari célokra alkalmas módon használhatók a mindennapi gyakorlatban.

Kulcsszavak: CAD, CAM, reverse engineering, rapid prototyping, maintenance

1. BEVEZETÉS

Sokan feltehetik a jogos kérdést, hogy kerül a csizma az asztalra, tehát, hogy hogyan függ össze egy alapvetően prototípusgyártásra és tesztermékek gyártására kitalált és alkalmas technológia a javítással, a karbantartással? A válasz egyszerű és logikus: egy tönkrement alkatrész, amelynek nincs meg a gyártási dokumentációja, amelyről nincs mérethelyes információk a helyes működés időszakából pótolható, ha visszafejtő, rekonstrukciós mérnöki tevékenységgel le tudjuk képezni a sérült valós alkatrészt, elkészítjük a megfelelő számítógépes modellt, újraalkotjuk immáron a korrekt, beépítésre alkalmas komponenst, legyártjuk és beszereljük.

Cikkünk elemzi a fenti módszer lehetőségeit, rávilágít az esetleges problémákra és keresi megoldásukat. Munkánk során sok területet megvizsgáltunk és elemeztünk, ebben a cikkben csak néhány fontosabb, érdekesebb megoldást emeltünk ki.

2. A MÓDSZER LÉNYEGE

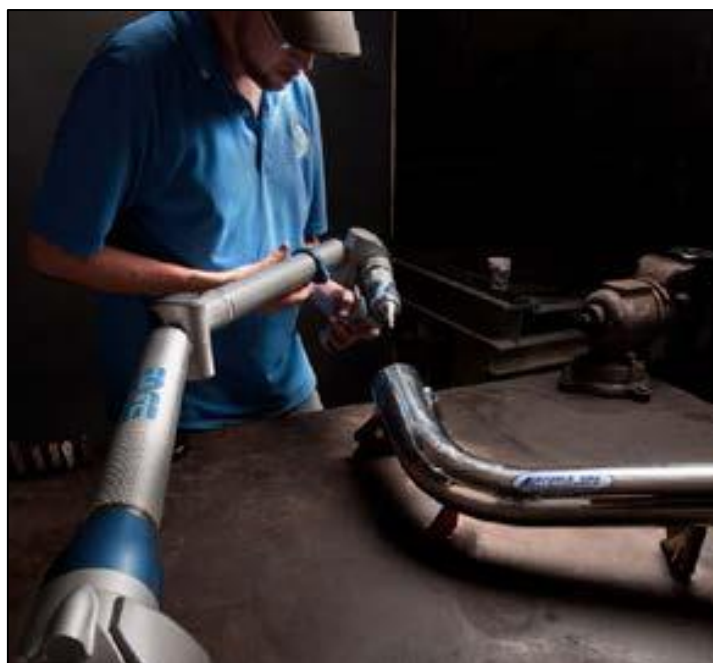
Valójában a bevezetőben említett folyamat mindenki számára ismert, aki foglalkozik a térbeli képalkotással, illetve a tárgyak, ebben az esetben gépkatrészek számítógépes modelljének kialakításával. A gyakorlat rengeteg eljárást ismer, amelyek többé-kevésbé kielégítik az elméleti kutatások igényeit – tiszta, pormentes laboratóriumi körülmények között, ám gondban lehetünk, ha valós, üzemi környezetben kell alkalmazni ezeket a modellgeneráló eljárásokat. A legnagyobb problémát nyilván a roncsolt alkatrész megfelelő tisztítása okozza, hiszen a szennyeződések erősen befolyásolják a digitalizálás pontosságát. Természetesen figyelembe

kell vennünk, hogy milyen eljárással állapítjuk meg a modell kialakításához elengedhetetlen pontfelhő egyes pontjainak koordinátáit.

A kizárólag optikai elven működő rendszerek, mint a GOM: ATOS típus érzékeny a felületen található szennyeződések által okozott mérethibákra, hiszen működési elvét tekintve a háromszögelési módszert alkalmazza: az egység nagyon pontos csíkmintát vetít ki a mérendő tárgyra, amelyet két kamera rögzít. Optikai transzformáció segítségével, a Gauss-féle eloszlást is figyelembe véve, valamennyi képpont térbeli koordinátáit ki lehet számítani. A számítás eredménye egy pontfelhő, amelyből felületi háló generálható. Ez egy poligonháló, amely a rendszerből exportálható olyan formátumban, amely lehetővé teszi további CAD rendszerek alkalmazásával előbb felületmodell, továbbá térfogatmodell kialakítását.

A fentiekben csak egy példát mutattunk be, nyilván az összes optikai rendszer, tehát ahol nincs fizikai kapcsolat a mérendő alkatrész és a mérőberendezés között ebben a tekintetben sebezhetőnek bizonyul. A sérült, roncsolt alkatrész tisztítása tehát az első kulcsfontosságú tényező.

Amennyiben valamilyen mérőcsúcscsal ellátott, esetleg lézeres képalkotóval kombinált berendezés áll rendelkezésre, akkor a szennyeződések torzító hatása – emberi korrekció segítségével – kivédhető. Az egyik tipikus példája az ilyen digitalizáló berendezésnek a FARO karos lézerfejes mérőcsúcscsal ellátott készülék, természetesen a megfelelő támogató háttérprogrammal együtt. Sajnos cikkünk terjedelme nem engedi meg, hogy részleteiben ismertessük ezt a rendkívül progresszív technikai megoldást, felhasználása nagyon széles körben megvalósul könnyű kezelhetősége, hordozhatósága következményeként.



1:ábra
FARO letapogató csőgyártás közben

A térbeli szerkezetek digitalizálásának egyik fontos felhasználási területe a nagy kiterjedésű, bonyolult üregezésű objektumok – mint például a hajók. A hajók géptermének beépítése nem egyszerű feladat, több előző cikkünk is foglalkozik a témával. Az egyik sarkalatos pont az objektum matematikai modelljének összehasonlítása a valós, felépült acélszerkezet geometriájával. Az összehasonlítás nagy hatékonysággal végezhető, ha sikerül pontos letapogatással megfelelő pontfelhőt leolvasnunk, ebből megfelelő eljárással felületmodellt állítunk elő, majd ezt a modellt összevetjük a CAD rendszerben elkészült térbeli modellel. Az ilyen eljárás segítségével nagyszerűen kiszűrhetők a pontatlanságok és meg lehet változtatni a beépítendő komponensek – ebben az esetben a csőágak – méretét, geometriáját még a beszerelés fázisa előtt, így elkerülhetők a helyszíni átalakítással járó többletköltségek, vagy a selejtek kialakulása.

A karbantartás és javítás egy hajó külhéja esetében nagyon bonyolult és technológiailag igényes feladat. A külhøj geometriája általában sablonok segítségével készül s mivel meg kell felelnie az áramlástan alaptörvényeinek – az úszással szemben a lehető legkisebb ellenállást szabad kifejtjenie – ezért egy esetleges sérülés esetén rendkívül fontos a pontos geometria betartása, a javított rész szinte varratmentes illesztése az eredeti ép

felülethez. Ezt a munkát hatékonyra és nagyszámban pontosabbá lehet tenni a térbeli képfeltöltő berendezések segítségével. A megfelelő alappontok felvétele után megtörténik a felület digitalizálása, a pontfelhő kialakítása, a poligonháló kifeszítése az alappontokra, a felület újragenerálása, sablonok gyártásához szükséges formák kialakítása, sablonok legyártása, a külhöz ráfeszítése a sablonokra, majd a folt felhelyezése a sérült felület helyére.

Az alábbi ábrákon éppen egy ilyen felmérés folyik.



2. ábra

Sarokpontok meghatározása hajótestben



3. ábra

Sarokpontok meghatározása hajó külhöz

A javításban történő felhasználás rendkívül szép példaként a centrifugális szivattyúk járókerekeinek rekonstrukcióját, valamint a turbinalapátok pótlását szeretném megemlíteni.

Különös jelentőségűek az olyan szivattyúk felújítási eljárásai, melyek dokumentációja nem áll rendelkezésre, illetve nagyon gyorsan kell megoldani a javítás problémáját.

Ebben az esetben is a térbeli letapogatási – képkövetési technológia áll rendelkezésünkre. A pótló alkatrész legyártására viszont – és itt lép be a képbe a gyorsprototípusgyártás – megvan a megfelelő technológiánk. A különféle műanyagokkal dolgozó nyomtatókkal most nem szeretnénk foglalkozni, forduljunk az úgynevezett lézerszinterézis felé. Az úgynevezett SLS – szelektív lézer szinterézis működési elve ismert, ám a rendelkezésre álló ma felhasználható alapanyagok lehetővé teszik nemcsak formák, szerszámok, hanem munkadarabok – értsd pótolandó – alkotóelemek gyártását is.

Végezetül egy gyakorlati példát szeretnék bemutatni: egy szivattyú járókerékének öntőformáját 3D nyomtatóval nyomtatták ki – a forma speciális homok és kötőanyag keveréke.



4. ábra

Vaughan Chopper Pumps - Pump casting using 3D printing

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Mint az a fentiekből kitűnik, a visszafejtő mérnöki tevékenység és a gyorsprototípusgyártás kéz a kézben járva pontosan betöltik azt a feladatot, amire alkalmasak – rekonstruálni és gyorsan legyártani a sérült komponenseket. Kutatásaink célja megtalálni olyan területeket, ahol a feltüntetett technológiák még nincsenek elterjedve, illetve megtalálni azokat a technológiákat, melyek ipari célokra alkalmas módon használhatók a mindennapi gyakorlatban.

A fenti megoldások és módszerek kutatása a Szlovák Műszaki Egyetem projekt 1746 - Vybudovanie multimedialnej učebne című kutatási-fejlesztési projektje keretén belül lettek megvalósítva.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1.] <http://www.chopperpumps.com/company.html>, 2014-03-19
- [2.] <http://www.faro.com/home>, 2014-03-19
- [3.] <http://www.gom.com>, 2014-03-19

Általános matematikai modell felületek, hajtópárok gyártásgeometriai elemzésére, tervezésére és gyártására (ProMAT)

General Mathematical Modell for Production Geometric Analysis, Designing and Production of Surfaces and Gear Drives

Model matematic general pentru analiza, proiectarea și prelucrarea suprafețelor conjugate (ProMAT)

Prof. Dr. DUDÁS ILLÉS. D.Sc.

professzor emeritus, illes.dudas@uni-miskolc.hu

Miskolci Egyetem, Gépgyártástudományi Intézet, H-3515 Miskolc, Egyetemváros
Nyíregyházi Főiskola, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék,
H-4400, Nyíregyháza, Sóstói u. 31/B.

ABSTRACT

Based on the results of toothing theory the objective of this study is the analysis of generalization of geometric correct production geometric, production technology methods (for example connection of conjugated surfaces, turning, drilling, milling, grinding, etc.), the production geometric analysis of tools and the mathematical evaluation of geometric and connection relations in common modell (ProMAT). Determinating this method our aspiration is summary of a common system of production geometry of every surface to be producible geometric correctly in modern manufacturing systems (CAD, CAM, CAQ, CIM).

BEVEZETÉS

Ezen tanulmány célkitűzése a kinematikai geometria és a fogazás elmélet eredményeire támaszkodva a geometriailag helyes gyártásgeometriai, gépgyártástechnológiai eljárások (pl.: konjugált felületek kapcsolódása, esztergálás, fúrás, marás, köszörülés, stb.) általánosítása, a szerszámok gyártásgeometriai elemzése a geometriai és kapcsolódási viszonyok matematikai meghatározása közös modellben (ProMAT) való elemzésre. A módszer meghatározása révén törekvünk, hogy minden felület gyártásgeometriáját egy közös rendszerbe összefoglalva tárgyaljuk, hogy a korszerű gyártórendszerekben (CAD, CAM, CAQ, CIM) geometriailag helyesen előállíthatóak legyenek.

1. HENGERES ÉS KÚPOS FELÜLETEK ILLETVE CSAVARFELÜLETEK GYÁRTÁSGEOMETRIÁJÁNAK VIZSGÁLATA ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI KINEMATIKAI MODELLBEN

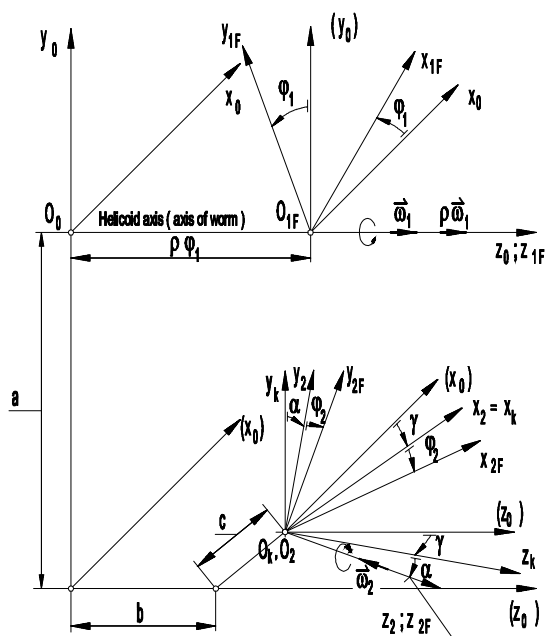
Évtizedek óta tartó kutatómunkánk során a helikoid felületek előállítását elemeztük általános matematikai modellben, a szerző MTA doktori értekezésében (1991) [9]. Ezúttal ezen modell kiterjesztését alkalmazási lehetőségét mutatjuk be a gépgyártástechnológia fontosabb területeire. Jelen tanulmányban a HeliCIM modelleket [8] fejlesztettük tovább az általános gépgyártástechnológiai eljárások alkalmazására is.

1.1. Hengeres felületek illetve csavarfelületek gyártásgeometriájának elemzése az általános matematikai-kinematikai modellben

A hengeres csavarfelületek illetve hengeres felületek megmunkálása csak az emelkedés nagyságában függ, vagyis adott nagy emelkedés esetén csavarfelületet kapunk, egy lényegesen kisebb emelkedés esetén hengeres felület esztergálásáról beszélhetünk.

A hengeres csavarfelületek (1. ábra) tárgyalására, a különböző leképzési módok [13, 15, 18] és a generáló szerszámprofilok vizsgálatára célszerű a hengeres csavarfelületek gyártásgeometriáját egy összevont általános rendszerben elemezni. Természetesen ezen rendszerben a hajtópárok is elemezhetőek a γ szög változtatásával.

Ehhez meg kell határozni a generáló szerszámot és a generált csavarfelületet meghatározó koordináta-rendszerek közötti – a leképezés kinematikáját magába foglaló – P_{1h} transzformációs mátrixot általános esetre. A vizsgálat során alkalmazott koordináta-rendszereket, valamint azok egymáshoz viszonyított helyzetét az 1. ábra szerint rögzítjük.



1. ábra
 Koordináta-rendszerek kapcsolata hengeres csavarfelületek
 gyártáselméletének általános vizsgálatánál

A 1. ábra jelölései a következők:

- a, b, c szerszám koordináta-rendszere kezdőpontjának (O_2) koordinátái a K_0 koordináta-rendszerben,
- φ_1 a csavarfelüle elfordulásának szöge, (szögelfordulási, burkolási, ill. mozgásparaméter),
- φ_2 a szerszám elfordulásának szöge (maró vagy köszörűkorong),
- i_{21} $i_{21} = \varphi_2/\varphi_1$ áttétel,
- γ a szerszámnak a csavarfelület osztóhengeri menetemelkedési szögével való bedöntése,
- α a szerszám döntési szöge a csavarfelület profiljára, a jellegzetes metszetben (pl. evolvens csavarfelület köszörülése sík homlokfelületű köszörűkoronggal).

A koordináta-rendszerek az alábbiak szerint értelmezhetők:

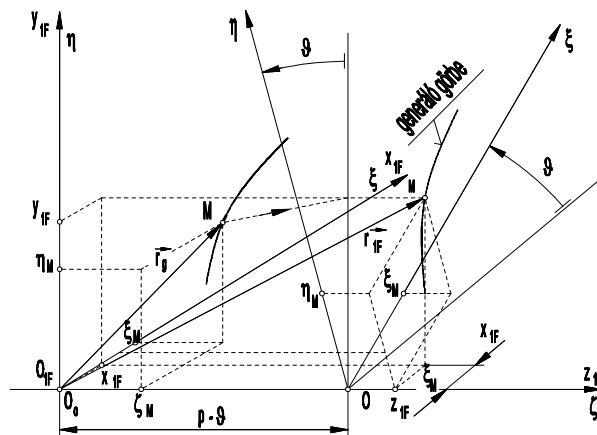
- $K_0(x_0, y_0, z_0)$ álló koordináta-rendszer, a megmunkáló szerszámgép koordináta - rendszere,
- $K_{1F}(x_{1F}, y_{1F}, z_{1F})$ csavarmozgást végző koordináta-rendszer, a csavarfelület koordináta-rendszere,
- $K_2(x_2, y_2, z_2)$ álló koordináta-rendszer, a szerszám koordináta-rendszere,
- $K_{2F}(x_{2F}, y_{2F}, z_{2F})$ a szerszámhoz kötött forgó koordináta-rendszer,
- $K_k(x_k, y_k, z_k)$ segéd koordináta-rendszer,
- $K_S(\xi, \eta, \zeta)$ generálógörbe koordináta-rendszere.

Vizsgálataink során az egységes tárgyalás kedvéért úgy fogjuk fel a kinematikai leképezést, hogy a csavarozást végző felület a csavarfelület, a szerszámfelület pedig csak forgó mozgást végez (illetve esztergálásnál állva marad). A gyártásgeometria általános tárgyalásához mindenekelőtt a hengeres csavarfelületek származtatásának egységes meghatározása szükséges, amelyet a következők szerint értelmezünk.

Adott az \vec{r}_g generálógörbe a $K_S(\xi, \eta, \zeta)$ koordináta-rendszerben. Ez a generálógörbe lehet szerszámél (pl. esztergálásnál) vagy érintkezési görbe (pl. köszörülésnél). A generálógörbe egyenletének felírásánál az η paramétert válasszuk, célszerűségből, független változónak. Így a vezérgörbe paraméteres vektorfüggvénye:

$$\vec{r}_g = \xi(\eta) \vec{i} + \eta \vec{j} + \zeta(\eta) \vec{k} . \quad (1)$$

Az \vec{r}_g generálógörbét hordozó $K_S(\xi, \eta, \zeta)$ koordináta-rendszerrel a ζ tengely mentén p paraméterű csavarozást közölve a generálógörbe egy csavarfelületet sűrol a $K_{IF}(x_{IF}, y_{IF}, z_{IF})$ koordináta-rendszerben, amely e mozgás közlése előtt egybeesik a K_S koordináta-rendszerrel (2. ábra).



2. ábra

A csavarfelület \vec{r}_g vezérgörbéje a K_{IF} koordináta-rendszerben

Az \vec{r}_g vezérgörbe és a p csavarparaméter határozza meg alapvetően a csavarfelületet. Ugyancsak meghatározó szerepe van az \vec{r}_g vezérgörbének a szerszámfelület származtatása esetén is.

1.1.1. Az ismertett modell alkalmazási lehetőségei

A modell egyaránt alkalmas csavarfelületek egy- és többélű határozott, vagy határozatlan élgeometriájú szerszámmal való megmunkálásának, valamint a megmunkáláshoz szükséges szerszámok tervezésére, a 2. ábrán feltüntetett a, b, c, α, γ paraméterek megfelelő megválasztásával a szabványban rögzítettek túlmenően minden speciális profilú csavarfelület esetére is.

A csavarfelület a megmunkáló szerszámfelület viszonylagos mozgásbeli burkolója.

A két felület a relatív mozgásban egy térbeli görbe vonal mentén érintkezik egymással, amelynek minden pontjára érvényes a kapcsolódás általános törvénye:

$$\vec{n}^{(1)} \cdot \vec{v}^{(12)} = \vec{n}^{(2)} \cdot \vec{v}^{(12)} = 0, \quad (2)$$

ahol $\vec{n}^{(1)}$ a csavarfelület normálvektora; $\vec{n}^{(2)}$ a szerszámfelület normálvektora; $\vec{v}^{(12)}$ a csavarfelület és a szerszámfelület közötti relatív sebességvektor.

Az érintkezési görbe ismerete lehetővé teszi a szerszám (a *direkt eset*), vagy a csavarfelület (b *indirekt eset*) meghatározását [8, 9].

I.2. Kúpos csavarfelületek matematikai előállítás

A spiroid hajtópár kúpos csigájának fogfelületét hasonló módon lehet származtatni, mint a hengeres csigáét, de a szerszám axiális elmozdulásával (p_a) egy időben – a csiga kúposágától függő – a szerszám tangenciális eltolását (p_t) is biztosítani kell [8, 14].

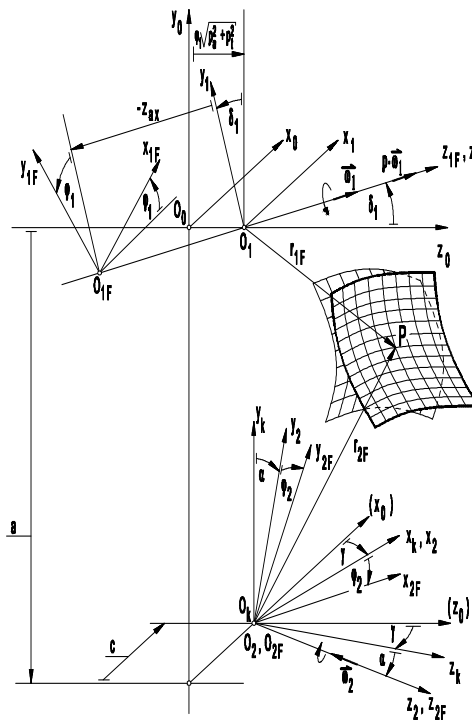
I.3. Az általános matematikai modell a hengeres és kúpos felületek ill. csavarfelületek elemzésére

A hengeres csavarfelületek és szerszámaik, valamint kúpos csavarfelületek és szerszámaik kapcsolódásának vizsgálatára megalkotott modelleket egyesítve egy összevont általános kinematikai modellt (3. ábra) kapunk, amely alkalmas az említettek egy matematikai modellben való kezelésére (HeliMAT).

Állítsuk elő a forgó koordináta-rendszerek közötti közvetlen transzformációs mátrixokat!

$$\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} = \underline{\mathbf{M}}_{2F,2} \underline{\mathbf{M}}_{2,K} \underline{\mathbf{M}}_{K,0} \underline{\mathbf{M}}_{0,1} \underline{\mathbf{M}}_{1,1F}, \text{ illetve} \quad (3)$$

$$\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,1} \underline{\mathbf{M}}_{1,0} \underline{\mathbf{M}}_{0,K} \underline{\mathbf{M}}_{K,2} \underline{\mathbf{M}}_{2,2F}. \quad (4)$$



3. ábra

Koordináta-rendszerek kapcsolata hengeres, kúpos csavarfelületek gyártáselméletének általános vizsgálatánál (a tengelytáv $a = \text{const}$, vagy $a = a_0 + p \cdot f_i$)

- pa a csavarfelület axiális irányú emelkedési paramétere;
- pr a csavarfelület radiális irányú emelkedési paramétere.

A **direkt feladat** megoldása (a munkadarab felülete ismert), amikor \vec{r}_{1F} ismeretében keressük a 2 felületet, ill. az érintkezési vonal pontjait. Ezek szerint a továbbiakban meghatározhatjuk a csak a kinematikai viszonyoktól függő:

$$\frac{d\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}}{dt} \text{ és} \quad (5)$$

$$\underline{\mathbf{P}}_{1a} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \frac{d\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}}{dt} \quad (6)$$

mátrixokat. A műveletek elvégzése után kapjuk a $\underline{\mathbf{P}}_{1a}$ – az általános modell kinematikai leképezésének mátrixát.

Az egyenletet valamelyik belső paraméterre (pl. η) megoldva,

$$\vec{r}_{1F} = \vec{r}_{1F}(\eta, \mathcal{G}) \quad (7)$$

felhasználásával kapjuk a felületek közötti érintkezési görbe egyenletét:

$$\vec{r}_{1F} = \vec{r}_{1F}[\eta(\mathcal{G}), \mathcal{G}] = \vec{r}_{1F}(\mathcal{G}) \quad (8)$$

alakban, melyet az

$$\vec{r}_{2F}(\mathcal{G}) = \underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} \cdot \vec{r}_{1F}(\mathcal{G}) \quad (9)$$

transzformációval a szerszám generálórendszerében is felírhatunk, megkapva így a generált **szerszámfelület generálógörbéjét**. Az összefüggésben az $\underline{\mathbf{M}}_{2F,1F}$ és az $\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F}$ a K_{1F} és K_{2F} koordináta-rendszerek közötti transzformációs mátrixok.

Az inverz feladat megoldása során, amikor \vec{r}_{2F} adott a K_{2F} koordináta-rendszerben, azaz a megmunkálószerszám felülete ismert, a direkt feladatnál megismert elvet alkalmazhatjuk, csupán a transzformációk iránya változik meg.

Adott a megmunkálószerszám felületének kétparaméteres egyenlete:

$$\vec{r}_{2F} = \vec{r}_{2F}(y_{20}, \Psi). \quad (10)$$

Az I felület a burkolófelületek elmélete szerint az \vec{r}_{2F} által a mozgás során előállított felületsereg mozgásparaméter szerinti differenciálásával nyerhető, míg az érintkezési görbe az

$$\vec{n}_{2F} \cdot \vec{v}_{2F}^{21} = 0 \quad \text{és} \quad \vec{r}_{1F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \vec{r}_{2F} \quad (11)$$

együttes megoldásával állítható elő a K_{1F} koordináta-rendszerben, ahol

$$\vec{n}_{2F} = \frac{\partial \vec{r}_{2F}}{\partial y_{20}} \cdot \frac{\partial \vec{r}_{2F}}{\partial \Psi}; \quad \vec{v}_{2F}^{(21)} = \underline{\mathbf{P}}_{2a} \cdot \vec{r}_{2F}. \quad (12)$$

Határozzuk meg az inverz feladat konkrét megoldásához is a P_{2a} mátrixot:

$$\underline{\mathbf{P}}_{2a} = \underline{\mathbf{M}}_{2F,1F} \cdot \frac{d\underline{\mathbf{M}}_{1F,2F}}{dt}. \quad (13)$$

Ezzel:

$$\vec{n}_{2F} \cdot \vec{v}_{2F} = 0 \quad \text{és} \quad (14)$$

$$\vec{r}_{1F} = \underline{\mathbf{M}}_{1F,2F} \cdot \vec{r}_{2F} \quad (15)$$

együttes megoldásával a karakterisztika, majd ennek ismeretében a keresett csavarfelület egyenlete előállíthat.

A direkt és indirekt esetben megkapott \vec{r}_{2F} , illetve \vec{r}_{1F} felületek előállítása korszerű CNC-gépen, vagy hagyományos gép megfelelő kiegészítésével megoldható.

A modell segítségével módunkban áll meghatározni az érintkezési vonalat mind megadott \vec{r}_{1F} (I munkadarab) felületből kiindulva (direkt feladat), mind megadott \vec{r}_{2F} (2 szerszám felület ismeretében (inverz feladat). A meghatározott érintkezési vonalat pedig vezérgörbéként felhasználva a (9) szerint határozhatjuk meg az általa leírt 2 szerszámfelületet, valamint a (14, 15) összefüggés felhasználásával az I munkadarab-felületet.

Az I munkadarab-felület hengeres vagy kúpos csavarvonal hordozójú tetszőleges generálógörbéjű (metszelvényű) felület lehet.

A 2 szerszámfelület céljára elsősorban forgásfelületet előnyös megadni, de elképzelhető más, pl. $\varphi_2 =$ állandó értékkel megadott határozott élgeometriájú egyélű szerszám is. A gyakrabban alkalmazott munkadarab- és szerszámfelület típusait az 5. ábrán látható táblázatban adjuk meg, jelezve az egyes esetekben 0 értéket felvevő kinematikai paramétereket is.

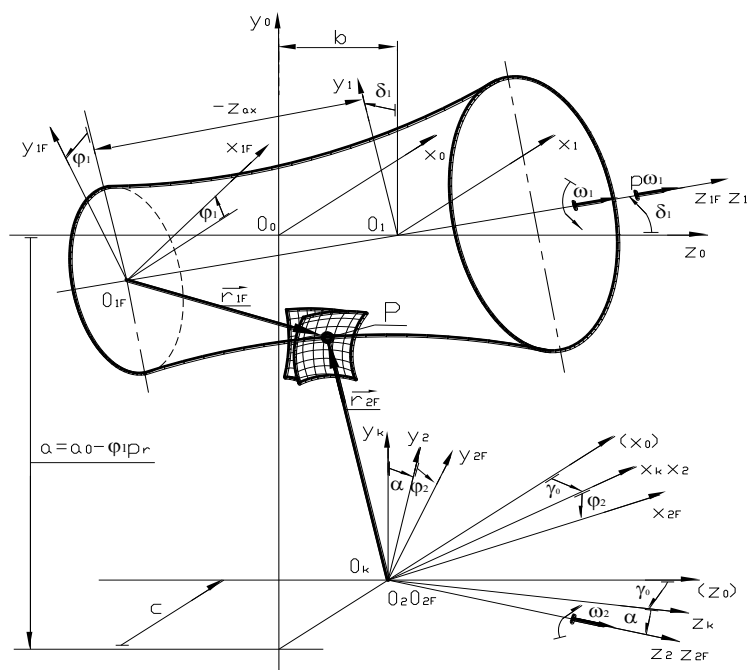
Az általános kúpos csavarfelület és az általános matematikai-kinematikai modell együttes felhasználásával kapott összefüggések megfelelő paraméterezésével – a konkrét geometriai adatok: az egyenes alkotó

helyzete, menetemelkedés paramétere stb. – kapott egyenletből közvetlenül kapjuk a korongprofil pontjait. Hasonlóan rendelkezésre áll a paraméterezzhető korongprofil függvény a többi menettípus esetére. Ezekből eltérő esetekben is mód van az általános \underline{P}_{1a} kinematikai viszonyokat leíró mátrix megfelelő paraméterezésével és a csavarfelület egyenletének megadásával a korongprofil rövid úton való előállítására pl. csavarkompresszor elemeinek megmunkálása, spirálhornyú fúrók, marók, menetfúrók, golyósorsók, vezérorsók stb.

II. ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI MODELL A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK MATEMATIKAI MODELLEZÉSÉRE

A csavarfelületekre kifejlesztett modellben a tengelytáv változással [2] és a b tetszőleges megválasztásával lehetővé vált, hogy általános gépgyártástechnológiai eljárások megoldására és különböző fogazott hajtópárok modellezésére alkalmazzuk a modellt (pl. 6. ábra táblázata).

A 4. ábrán b az K_1 álló és a K_0 koordináta rendszerek távolságát jelöli.



4. ábra

Általános matematikai modell (ProMAT)

ÖSSZEFOGLALÁS

Sikerült egy olyan matematikai modellt kialakítani (ProMAT), amelyben minden felület kapcsolódását, gyártásgeometriáját egy közös rendszerbe összefoglalva tárgyaljuk, hogy a korszerű gyártórendszerekben előállíthatóak legyenek (CAD, CAM, CAQ, CIM). Természetesen ezen rendszerben a hajtópárok is elemezhetőek a γ szög változtatásával.

A matematikai modelltől a megfelelő paraméterek megválasztásával bármelyik gyártástechnológiai eljárás matematikai modellje származtatható [11, 12, 20]. A lényegesebbeket és gyakoriabbakat meg is mutatuk. Az ettől eltérő esetekre a bemutatott módszerrel tetszőleges újabb megmunkálás is értelmezhető.

A témavezetésemmel készült disszertációk, melyek kötődnek a csigahajtások témához:

- kúpos csavarfelület megmunkálása változó tengelytáv és korongbedöntési szög korrekció alkalmazásával [5];
- az érintkezési vonalak elhelyezkedésére ható geometriai paraméterek vizsgálata [1];
- kúpos, hengeres és parabolikus csigahajtás köszörülésének modellje [2];
- kapcsolódó felületpárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elért modell alapján [13];
- lefejtőszerszámok gyártásgeometriája [7].

Jelenlegi a témához kötődő doktoranduszaim: Bányai Károly, Mándy Zoltán, Monostoriné Hörcsik Renáta.

A Miskolcon lévő „csigaiskola” és az Erdélyben lévő „fogazóiskola” [6, 15, 16, 19, 21, 22, 23] között évtizedek óta kitűnő kapcsolat van.

Mozgásgeometriai jellemző			a	c	α	γ	δ	P_a	P_r	
Szerszám típusa 2	Munkadarab típusa 1									
Tárcsa alakú maró, illetve korong	Hengeres csiga	ZA	>0	0	0	≠0	0	≠0	0	
		ZI*	>0	0	0	≠0	0	≠0	0	
		ZI**	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0	
		ZN	>0	0	0	≠0	0	≠0	0	
		ZT	>0	0	0	≠0	0	≠0	0	
		ZK	0	0	0	≠0	0	≠0	0	
	Kúpos csiga	KA	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0	
		KI*	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0	
		KI**	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
		KN	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0	
		KT	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0	
	KK	>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0		
	Axiális hátfelület			>0	0	0	≠0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület			>0	0	0	≠0	>0	≠0	>0
Csapos korong, illetve ujjmaró	Hengeres csiga	ZA	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
		ZI*	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
		ZI**	-	-	-	-	-	-	-	-
		ZN	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
		ZT	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
		ZK	>0	0	-90°	0	0	≠0	0	
	Kúpos csiga	KA	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0	
		KI*	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0	
		KI**	-	-	-	-	-	-	-	
		KN	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0	
		KT	>0	0	-90°	0	>0	≠0	>0	
	KK	>0	0	-90°	0	0	≠0	0		
	Axiális hátfelület			0	0	-90°	0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület			0	0	-90°	0	>0	≠0	>0
Fazékkorong, illetve késes fej	Hengeres csiga	ZA	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	0	
		ZI*	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0	
		ZI**	-	-	-	-	-	-	-	
		ZN	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0	
		ZT	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0	
		ZK	>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0	
	Kúpos csiga	KA	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
		KI*	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
		KI**	-	-	-	-	-	-	-	
		KN	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
		KT	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0	
	KK	>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0		
	Axiális hátfelület			>0	≠0	>0	≠0	0	≠0	0
	Radiális és diagonális hátfelület			>0	≠0	>0	≠0	>0	≠0	>0

* Kúpos koronggal,

** Kiemelt (c) síkfelületű koronggal való megmunkálás

5. ábra

A leggyakoribb munkadarab- és szerszámfelület-típusok az általános modell paraméterezésév

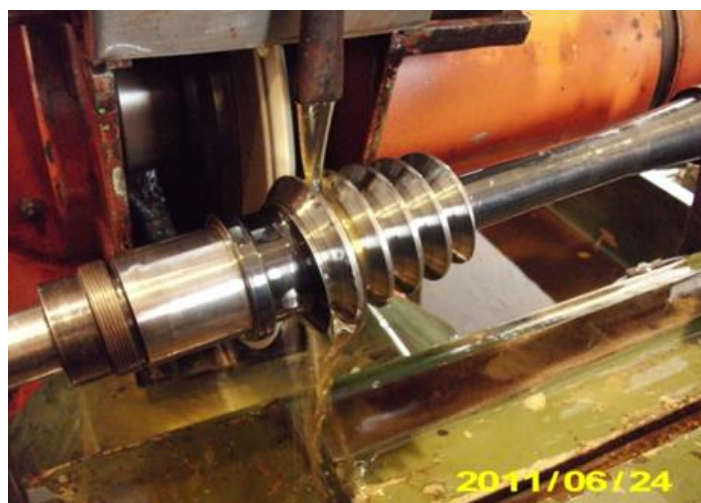
Gyártási eljárás neve	φ_1	φ_2	a	c	γ_0	α	δ_1	p_a	p_r	b	z_{ax}
Gyalulás	0	0	>0	0	0	0	0	0	0	változó	0
Külső hengeres felület esztergálás	>0	0	0>	0	0	0	0	>0	0	változó	0
Külső kúp felület esztergálás (csúcselállítás nélkül)	>0	0	0> változó	0	0	0	0	>0	>0	változó	0
Külső kúp felület esztergálás (csúcselállítással)	>0	0	0>	0	>0	0	0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Külső hengeres felület köszörülés	>0	>0	0>	0	>0	0	0	>0	0	változó	0
Külső kúp felület köszörülés (csúcselállítás nélkül)	>0	>0	0> változó	0	>0	0	0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Külső kúp felület köszörülés (csúcselállítással)	>0	>0	0>	0	>0	0	>0	>0	>0	változó $b = \varphi_1 \cdot \sqrt{p_a^2 + p_r^2}$	0
Fúrás, furatbővítés	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	0	0
Reteszhorony marás hosszlyukmaróval	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Reteszhorony marás újmaróval	0	0	>0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Reteszhorony marás tárcsamaróval vagy martfogú reteszhorony maróval	0	0	>0	0	0	>0	0	0	0	változó	0
Ellenirányú marás	0	0	>0	0	0	>0	0	0	0	változó	0
Egyenirányú marás	0	0	>0	0	0	0>	0	0	0	változó	0
Rotációs marás	>0	>0	0>	0	>0	0	0	>0	0	változó	0
Pfauter fogazás	>0	0	>0	0	0	>0	0	>0	0	0	0
Maag – fogvésés	0	0	0> vagy >0 változó	0	>0	0	0	0	0	változó	0
Fellows – metszőkereskes fogvésés	>0	>0	>0	0	0	0	0	0	0	változó	0
Vésés	0	0	0> vagy >0 változó	0	>0	0	0	0	0	0	0
Bolygó köszörülés	>0	>0	0> vagy >0 változó	0	0	0	0	0	0	0	0
Üregelés	0	0	0> vagy >0 változó	0	0	0	0	0	0	0	0
Félkúpos hajtás	>0	>0	>0	0>	0	0	>0	>0	0	0	0

6. ábra

A leggyakoribb gépgyártástechnológiai eljárások megoldása az általános modellben

DIFICAD MÉRNÖKIRODA KFT.

Az általunk kifejlesztett tengelymetszetben körív profilú kúpos csigahajtópár és lefejtőmaró [10] gyártástechnológiájának kifejlesztése és tényleges gyártása a **DifiCAD Mérnökiroda Kft.**-nél (Miskolc, Szentpéteri Kapu 5-7., Üv.: **Dr. Dudás Illés.**) történt (7. ábra).



7. ábra

A képen a csigatengely köszörülése (a) és a maró hátraköszörülése (b) látható
(DifiCAD Mérnökiroda Kft.)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **BALAJTI ZS.:** *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriájának fejlesztése*, Ph.D. értekezés, Miskolc, Miskolci Egyetem, 2007.
- [2] **BÁNYAI, K., DUDÁS, I.:** *Analysis of the spiroid driving having new production geometry*, Production Process and Systems, A publication of the University of Miskolc, Miskolc, volume 1 (2002), pp. 177-184.
- [3] **BÁNYAI, K.:** *Hengeres csigák gyártásgeometriája és ellenőrzése*, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1977.
- [4] **BERCSEY, T.:** *Toroid hajtások elmélete*. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1977.
- [5] **BODZÁS, S.:** *Kúpos csiga-, tányérkerék- és szerszám felületek kapcsolódásának elemzése*, Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem, 2014., p. 154., Doktori témavezető: Prof. Dr. Dudás Illés, DOI 10.14750/ME.2014.006
- [6] **CSIBI, V. I.:** *Contribution to Numerical Generation of Helical Gearing with any Profils* (in Romanian), Ph.D. dissertation, Technical University of Cluj-Napoca, 1990.
- [7] **CSÓKA, L.:** *Csigakerék lefejtőszerszámok gyártásgeometriája*, Egyetemi doktori értekezés, ME, 1990,
- [8] **DUDÁS, I.:** *The Theory & Practice of Worm Gear Drives*. Kogan Page US, Sterling, USA, 2004. ISBN 1 9039 9661 9.
- [9] **DUDÁS, I.:** „*Csavarfelületek gyártásának elmélete*”. Akadémiai doktori disszertáció, Miskolc, 1991.
- [10] **DUDÁS, I., BODZÁS, S., DUDÁS, I. SZ., MÁNDY, Z.:** *Konkáv menetprofilú spiroid csigahajtópár és eljárás annak köszörüléssel történő előállítására*, Szabadalmi bejelentés napja: 2012.07.04., Szabadalmi lajstromszám: 229 818

- [11] **DUDÁS, I., BODZÁS, S., MÁNDY, Z.:** *Solving the pitch fluctuation problem during the manufacturing process of conical thread surfaces with lathe center displacement*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 69:(5-8) pp. 1025-1031. (2013)
- [12] **DUDÁS I, MONOSTORI R.:** *Analisis of big joint implant*, 11th International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments, ISMTII 2013. Aachen, 2013.07.01-2013.07.05. Aachen: RWTH, 2013. Paper 21. (ISBN:978-3-86359-138-0)
- [13] **DUDÁS, L.:** *Kapcsolódó felületepárok gyártásgeometriai feladatainak megoldása az elérés modell alapján*, Kandidátusi értekezés, Budapest, TMB, 1991., p.144., 2005. 06. 29.
- [14] **HEGYHÁTI, J.:** *Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben*. Diss. A. TU. Dresden, 1988. p. 121.
- [15] **HOLLANDA, D.:** *Bazele aschieri si generali supracetelol*. Vol. II., Universitatea „Petru Maior” Tirgu Mures, 1996.
- [16] **HOLLANDA, D., MÁTÉ, M.:** *Evolvenskereket lefejtő csigamaró származtató felületei*. Országos Gépész Találkozó, Marosvásárhely, 2006. Konferenciakötet, 164-169 old. ISBN (10) 973-7840–10-0
- [17] **LÉVAI I.:** *Fogazatok kapcsolódásának kinematikai elmélete és alkalmazása hipoid-hajtások tervezésére*, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1980. 1/153.
- [18] **LITVIN, F. L., FUENTES, A.:** *Gear Geometry and Applied Theory*, Cambridge University Press, 2004., ISBN 978 0 521 81517 8
- [19] **MAROS D., KILLMANN V., ROHONYI V.:** *Csigahajtások*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [20] **MOLNÁR J.:** *A megmunkáló rendszer elmozdulékonyságából származó megmunkálási hiba meghatározásának kísérleti-analitikai módszere*, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1969. p.67.
- [21] **PÁLFFY K., PREZENSZKY T., CSIBI V., ANTAL B., GYENGE CS., BALOGH F.:** *Fogazott alkatrészek tervezése, szerszámai és gyártása*, Glória Kiadó, Kolozsvár, 1999.
- [22] **PAY, E.:** *Reductor melcat cu melc interior*, (Belső csigás hajtómű), Brevet de inventie nr. 90521, 1986., Bucuresti, Romania
- [23] **PAY G.:** *Belső csigás hajtások*, Ph.D disszertáció, Miskolc, 2001.

Hogyan befolyásolják az enantiomer-felismerést a királis rendszerekben lejátszódó kölcsönhatások?

How is the Enantiomeric Recognition Influenced by the Interactions of Chiral Systems?

Cum este influențată recunoașterea chirală de către interacțiunile care apar în sistemele chirale?

PÁLOVICS Emese¹, SZELECZKY Zsolt², FAIGL Ferenc², FOGASSY Elemér²

¹ MTA-BME Szerves Kémiai Technológia Tanszéki Kutatócsoport,

² BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék, H-1111 Budapest, Budafoki út 8

ABSTRACT

The driving force [1] of the formation of the homo- and heterochiral associates in the mixtures of chiral compounds is probably the effort of the system to separate the most symmetric associates from the less symmetric ones. A possible way to achieve separation of these associates is the distribution between two phases which is controlled by the interactions formed in chiral systems.

ÖSSZEFOGLALÁS

A királis vegyületek keverékeiben a homo- és heterokirális asszociátumok képződésének a mozgató ereje valószínűleg a rendszer azon természetes törekvésén alapszik, hogy a szimmetrikusabb asszociátum elváljon a kevésbé szimmetrikustól. Ezen szétválasztás egyik legbiztosabb módja a két fázis közötti megoszlás, ami a királis rendszerben kialakuló kölcsönhatásokat kihasználva érhetünk el.

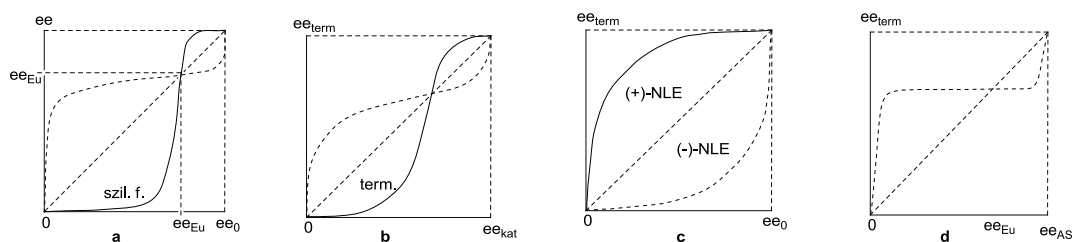
Kulcsszavak: Reszolválás, szimmetrikus asszociátum, aszimmetrikus asszociátum, fázisok közötti megoszlás, eutektikus összetétel.

Az élő szervezetekben, a gyógyszerek között meghatározó szerepe van a királis (az aszimmetrikus) vegyületeknek. A kémiai szintézisek során, keletkezett racém vegyületek elválasztásával juthatunk a megfelelő királis vegyülethez (a single enantiomerekhez). A racém vegyületek enantiomerjeinek az elválasztására több módszer ismeretes, de az ipari célokra történő elkülönítési módszerek közös jellemzője, hogy a királis vegyületek keverékeinek két (vagy több) fázis közötti megoszlására és ezeknek a fázisoknak az elválasztására épülnek.

Jellemző, hogy a királis molekulák jelenlétében, vagy részvételükkel lejátszódó kémia és fizikai folyamatok eredményei nem írhatók le lineáris összefüggésekkel. Az enantiomer keverékek olvadási biner fázisdiagramjai [1] csak a racém, az eutektikus összetétel és a single enantiomer esetében azonos a szilárd és az olvadási fázis közötti megoszlás. Az enantiomer keverékek oldhatósági terner fázisdiagramjain is ugyanezek figyelhetők meg [2].

Ha az enantiomerkeverékek bármilyen két fázis közötti megoszlását a kiindulási enantiomer keverékek összetételének (ee_0 - ee) a függvényében ábrázoljuk (1 ábra), feltűnő, hogy az eutektikus összetétel (ee_{Eu}) alatt, a racémhez közelebbi összetételű enantiomer keverékek, a szimmetrikusabbak, a szilárd fázisba kerülnek és egyensúlyt tartanak a másik fázisba kerülő kevésbé szimmetrikus keverékkel (1a ábra) [3].

A királis fém-komplex katalizátorok ligandumainak az enantiomer tisztasága (ee_{kat}) függvényében ábrázolva (1 ábra b, c) [4] a termék enantiomertisztaságát (ee_{term}) ugyancsak megjelenik egy olyan pont mellynél ez a két érték azonos. Az aminosav katalízis [5] alkalmazásakor (aldol reakció esetén) csaknem minden aminosav összetétel (ee_{AS}) esetében a felhasznált aminosav eutektikus összetételével jól megegyező ($ee_{term} \sim ee_{EuAS}$) enantiomertisztaságú termék keletkezik (1 ábra d).

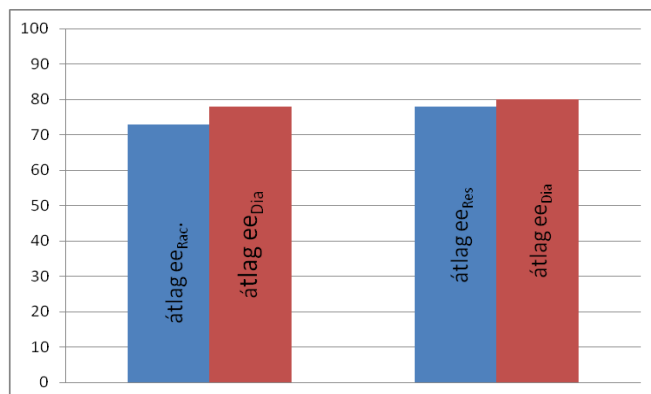


1. ábra

Az enantiomerkeverékek bármilyen két fázis közötti megoszlása a kiindulási enantiomer keverékek összetételének (ee_0 - ee) a függvényében ábrázolva. a) átkristályosításkor, b,c) királis fémkatalizátorok esetén, d) organokatalízis során.

Mindezek alapján feltételezhető, hogy nemcsak az enantiomerkeverékek elválasztásánál, hanem a részvételükkel lejátszódó kémiai folyamatok során is a keletkezett diasztereomer viszonyú átmeneti termék enantiomer tisztaságát a jelen lévő királis katalizátorok eutektikus összetétele határozza meg.

Összehasonlítva 45 elvégzett rezolválás eredményeit azt tapasztaltuk, hogy a kristályosan kivált (főleg racemát viselkedésű) diasztereomerekből elkülönített enantiomerek átlag enantiomer tisztasága ($ee_{EuDia} = 78\%$) jól egyezik a kiindulási racém vegyületek eutektikus összetételének az átlag értékével. ($ee_{EuRac} = 73\%$)[6] (2a ábra). Azokban az esetekben, amikor a rezolválóagens eutektikus összetétele magasabb, mint a racém vegyület eutektikus összetétele (29 esetben) jobb egyezést tapasztaltunk a kristályosan kivált diasztereomerek átlag enantiomer tisztasága ($ee_{EuDia} = 80\%$) és a rezolválóágensek enantiomerkeverékeinek eutektikus összetételének az átlag között ($ee_{EuRes} = 78\%$) (2b ábra).



2. ábra

A kapott átlag enantiomertisztaság egyezése a vizsgált racém vegyületek átlag eutektikus összetételével a) és a rezolválóágensek eutektikus összetételének átlagával b)

Ez azt mutatja, hogy a stabilabb, a szimmetrikusabb diasztereomer sók összetételét a single enantiomer rezolválóagens mellett a racém vegyületből megjelenő enantiomer keverék képezi, melynek az összetétele $ee_{Dia} \sim ee_{EuRac}$ vagy $ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$. Ha diasztereomer keletkezését kinetikus vagy termodinamikus kontroll határozza meg, és az összetételét először az egyik ee_{Eu} határozta meg, akkor a másik később érvényesül [7].

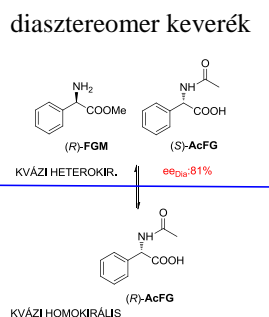
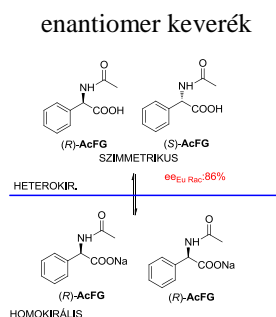
Miután a single enantiomer rezolválóagens eutektikus összetétele felülírhatja a jelen lévő racém vegyület eutektikus összetételének az érvényesülését, ez csak azért lehet, mert hordozza a szerkezeti felépítésében az eutektikus összetételének a kódját és saját nem lineáris viselkedését érvényesíti.

Úgy véljük, hogy a single enantiomerek, ill. az enantiomer keverékek minden összetételben hordozzák és igyekeznek érvényesíteni az eutektikus összetételük, a nem lineáris viselkedésük kódját.

A továbbiakban a teljesség igénye nélkül bemutatjuk, hogy az enantiomer és diasztereomer keverékek fázisok közötti megoszlásai minden esetben a szimmetrikusabb és a kevésbé szimmetrikus hányadok elkülönítéséhez vezetnek. Az enantiomer keverékek megoszlása csak azért lehetséges, mert a kialakuló szupramolekuláris asszociátumok között diasztereomer viszony jön létre, melyet az önszerveződésük (SDE) [8], az eutektikus összetételük kódol.

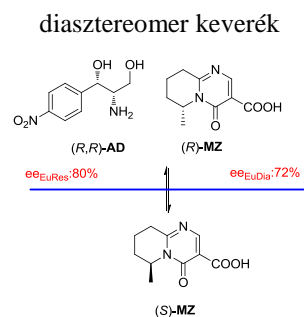
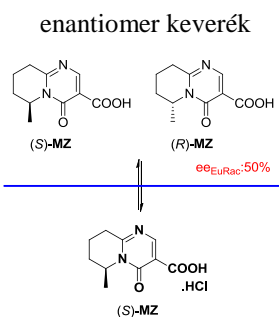
Ebből következik, hogy az elkülönítésre alkalmas fázisok a diasztereomer keverékek megoszlására is lehetőséget adnak, melyeket az alkotó királis vegyületek eutektikus összetételei határoznak meg.

Az acetil-fenilglicin (**AcFG**) (racemát viselkedésű) enantiomer keverékek semleges nátrium sójából frakcionált kicsapáskor (3. ábra) (ee_{Eu} : 86%) a szimmetrikusabb összetétel került a kristályos fázisba, csakúgy mint a rokon molekulaszervezetű rezolválóágenssel képzett diasztereomer (kvázi enantiomer keverék) esetén [9]. A diasztereomer sóból a racém vegyület eutektikus összetételével jól egyező tisztaságú enantiomerkeverék különíthető el. ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRac}$, 81%~86%).



3. ábra

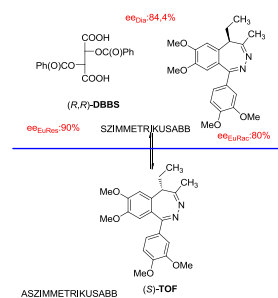
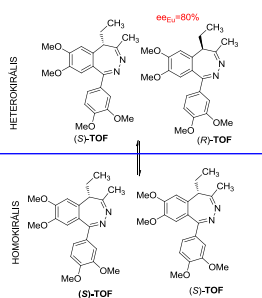
Az **AcFG** enantiomerek előállítása enantiomer- illetve diasztereomer keverékeiből.



4. ábra

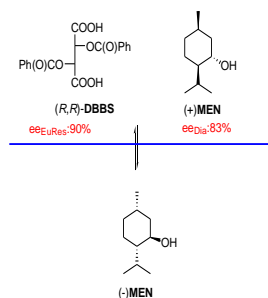
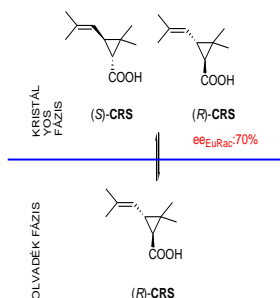
Az **MZ** enantiomerek előállítása enantiomer- illetve diasztereomer keverékeiből.

A Probon intemedier (**MZ**) enantiomerkeverékeinek a szilárd-folyadék fázisok közötti megoszlása akkor is hasonló, ha a rezolválóágens nem rokon molekulaszervezetű a racém vegyülettel (4. ábra). A diasztereomer só keletkezésénél már a rezolválóágens kódja érvényesül a ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$) a racém vegyület enantiomer keverékeivel szemben [10].



5. ábra

Az **TOF** enantiomerek előállítása enantiomer- illetve diasztereomer keverékeiből.

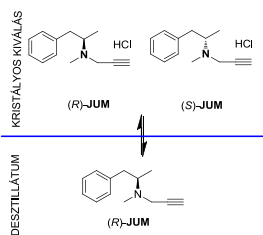


6. ábra

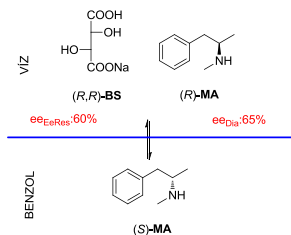
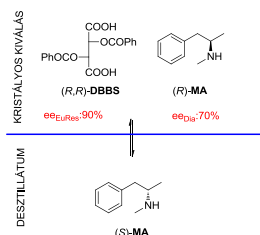
Olvadék-kristályosítás alkalmazása tiszta enantiomerek előállítására enantiomer- illetve diasztereomer keverékekből.

A Tofizopám (**TOF**) enantiomerkeverékek kristályosítással kialakuló szimmetrikusabb és kevésbé szimmetrikus fázisok megoszlását jól követi a diasztereomer és enantiomer keverék megoszlása (szilárd-H₂O-CHCl₃) a fázisok között (5. ábra). A diasztereomer ekkor is a szimmetrikusabb fázisba kerül, melynek az enantiomer összetételét a rezolválóágens kódja határozza meg ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$, 84.4%~90%)[11].

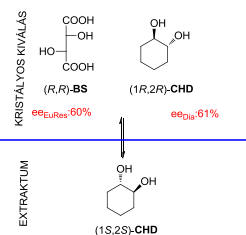
Olvadékok frakcionált kristályosításával elválasztott enantiomer keverékeknél a szimmetrikusabb keverék kerül a kristályos fázisba (6a. ábra), csakúgy mint a racém mentol dibenzoil borkósav diasztereomer esetében (b. ábra) amikor a kristályos fázisba kerülő szimmetrikusabb diasztereomer elválasztható az olvadék fázisban maradó kevésbé szimmetrikus enantiomerektől (a diasztereomer enantiomer összetételét a rezolválóágens kódolja ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$, 83%~90%) [12]. Az enantiomer keverékek desztillációval elválaszthatók, ha a szimmetrikusabb (a racém) hányadát nem illékony vegyületté alakítjuk. Például a Jumex bázis enantiomer keverékeiből kidesztillálható a racém hányaduk sósavas sói mellől (7. ábra).



7. ábra
Enantiomerek előállítása desztillációval.



8. ábra
Elválasztás nem elegye-
dő oldószerekkel



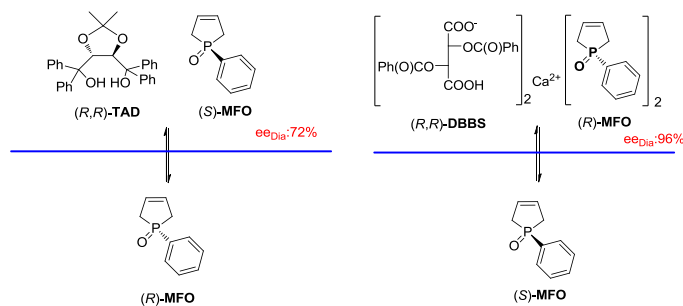
9. ábra
Szuperkritikus
extrakciós elválasztás.

Ugyanakkor a rokon molekulaszervezetű intermedierjének a diasztereomer sója mellől ennek az enantiomerje desztillációval választható el, és ekkor a diasztereomer só enantiomer összetételét feltehetően a rezolválóagens eutektikus összetétele határozza meg [13].

A megoszláshoz nem feltétlenül szükséges a kristályos fázis (8. ábra). Ebben az esetben a diasztereomer-enantiomer keverék egymással nem elegyedő (víz-benzol) két fázis között oszlik meg, és a vízben oldódó diasztereomer enantiomer összetételét minden bizonnyal a rezolválóagens eutektikus összetétele kódolja ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$, 65%~60%) [14].

A diasztereomer-enantiomer keverék szilárd-szuperkritikus állapotú fluidumban fázisok közötti megoszlása esetében is a diasztereomer enantiomer összetételét az egyik vegyület eutektikus összetétele határozza meg ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$, 61%~60%) (9. ábrán) [15].

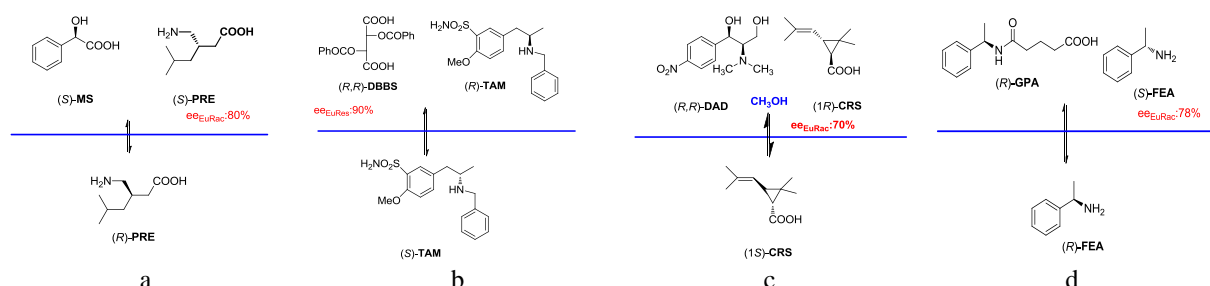
Noha az előzőekben is mutattunk be olyan példákat, melyek során a diasztereomereket molekulakomplexek képezik (**MEN**, **CHD**), de ezek mindegyike C kiralitáscentrumot tartalmazott. A foszfor kiralitáscentrumot tartalmazó diasztereomer-enantiomer keverék szilárd-folyadék megoszlásánál a diasztereomer képezi a szimmetrikusabb frakciót (10 ábra), és miután a racém vegyület olaj, így a diasztereomer enantiomer összetételét minden bizonnyal a rezolválóagens határozza meg [16a]. A racém **MFO** vegyület és a **DBTA** kalcium só reakciója során viszont koordinációs komplex diasztereomerek keletkeznek, melyek szilárd-folyadék megoszlását ugyancsak rezolválóagens kódja határozza meg ($ee_{Dia} \sim ee_{EuRes}$, 96%~90%) [16b].



10. ábra
P kiralitáscentrumot tartalmazó keverékek elválasztása molekula-
ill. koordinációs komplexeken keresztül.

A bemutatott enantiomer- ill. diasztereomer keverékek közös jellemzője, hogy ha lehetőségük van több fázis közötti megoszlásra, akkor a szimmetrikusabb – kevésbé szimmetrikus királis vegyületek keverékére oszlik. A szimmetrikusabb fázis enantiomer összetételét minden esetben alkotó enantiomerek valamelyikének a kódja (ee_{Eu}) határozza meg. Az előzőek alapján arra számíthatunk, hogy a lehetséges két fázis között egyensúlyt tartó enantiomer keverékek közül a szimmetrikusabb felépítésű diasztereomerben az enantiomer keverék arányát (az enantiomer tisztaságát) a diasztereomert alkotó enantiomerek keverékeire jellemző eutektikus

összetételei közül valamelyik határozza meg. Ez attól függ, hogy a nagyobb (ee_{Eu}) eutektikus összetétel mikor érvényesül. Ha a nagyobb ee_{Eu} gyorsabb kristályosodást eredményez, akkor a két fázist gyorsan kell elkülöníteni, mint például a (11a. ábra) racém pregabalin (**PRE**) rezolválásánál [17] ahol a racém vegyület nagyobb (ee_{Eu}) összetételét is meghaladja a gyorsan kristályosodó diasztereomer összetétele ($ee_{Dia} > ee_{EuRac}$).



11. ábra

A várt eredmények optimalizálási lehetőségei

Ha viszont a nagyobb eutektikus (ee_{Eu}) összetétel kódja hosszabban érvényesül, akkor a két fázist csak a termodinamikus egyensúly beállta után lehet elválasztani. Ilyen eset a tamszulozin racém intermedierjének (**TAM**) a rezolválása [18]. (11b. ábra)

Előfordulhat, hogy a kristályosan kiváló diasztereomer az oldószerrel szolvátot képez, de az adott oldószerben a diasztereomer oldhatósága nem kedvező. Ekkor más oldószer előnyös lehet, de tartalmaznia kell a szolvátot eredményező oldószert is. A racém transz krizantémsav rezolválása (11c. ábra) során a jelentős termelés-növekedés mellett az enantiomer tisztasága is növekszik a diasztereomer sóból elkülönített enantiomer keveréknél [19].

Gyakran előnyösen javítja az enantiomer elválasztás eredményét ha a diasztereomer alkotó valamelyik molekulával (vagy annak egy részével) rokon szerkezetű akirális vegyület jelenlétében jön létre a kristályosodási egyensúly. Ilyen a racém **FEA** rezolválása a dikarbonsavval acilezett származékával, melyik a savamid szerkezeti részével rokon szerkezeti részével rokon szerkezetű karbamid jelenlétében igen nagymértékben javítja a diasztereomer sóból elkülöníthető enantiomer keverék tisztaságát [20]. (11d. ábra)

Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a rezolválások során a királis (aszimmetrikus) vegyületek követik az eutektikus összetételük "kódját". Igyekeznek a szimmetrikusabb (stabilabb) szerkezetet megtalálni. A királis vegyület a két fázisközött nem egyenlően oszlik meg. A megoszlást a magasabb eutektikus összetételű királis vegyület (enantiomer keverék) fogja meghatározni. Az így kapott fázisok elválasztásával az eredeti keveréknél tisztább enantiomerhez jutunk.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak az OTKA (K 104769 Fogassy E. és K 104528 Faigl F.) valamint a Richter Gedeon Nyrt. által nyújtott támogatásért.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK:

- [1] Roozeboom H.W.B. *Z. Phys. Chem.*, 28, 49, (1899).
- [2] J. Jaques, S. H. Wilen and A. Collet, *Enantiomers Racemates and Resolution*, Wiley-Interscience, New York, (1981).
- [3] Fogassy E., Faigl F., Ács M., *Tetrahedron* 41/14, 2841 (1985)
- [4] C. Girard, H.B. Kagan: *Angew. Chem.*, 37, 2922 (1998)
- [5] M. Klusmann, H. Iwamura, S. P. Mathew at al. *Nature* 441/1, 621 (2006)
- [6] Pálovics E., Szeleczy Zs., Faigl F., Fogassy E.: *New trends and strategies in the chemistry*. (Ed. Tudose R) 74-82, (2013).
- [7] Szeleczy, Z.; Bagi, P.; Pálovics, E.; Fogassy, E. *Tetrahedron Asymmetry*, 5, 1095 (2014)
- [8] Soloshonok, V.A. *Angewandte Chemie International Ed.*, 45, 766-769 (2006).
- [9] Pálovics, E., PhD theses. <http://www.doktori.hu/index.php?menuid=193&vid=2140&lang=EN> (2009)
- [10] Fogassy, E., Ács, M., Hermecz, I.: *Period. Pol.* 20/3, 263, (1976)
- [11] Fogassy, E., Ács, M., Tóth, G., Simon, K., Láng, T., Ladányi, L. and Párkányi, L. *J. Mol. Structure*, 147, 143 (1986).

- [12] Simon, K., Vincze, Z., Marthi, K., Lévai, G., Pokol, Gy., Fogassy E. and Kozma, D. *J. Therm. Anal. Col.*, **75**, 787 (2004)
- [13] Fogassy, E., Ács, M., Kozma, D. and Madarász, Z. 212 667 HU Pat, (1996).
- [14] Ács, M., Kozma, D. and Fogassy, E., *ACH. Mod. Chem.*, **132**, **475** (1995)
- [15] Molnár, P., Thörey, P., Bánsághi, Gy., Székely, E., Poppe, L., Tomin, A., Kemény, S., Fogassy, E. and Simándi, B. *Tetrahedron: Asymmetry*, **19**, **1587** (2008).
- [16] a). Novák, T., Schindler, J. Ujj, V., Czugler, M., Fogassy, E. and Keglevich, Gy. *Tetrahedron: Asymmetry*, **17**, **2599**, (2006). b). Ujj, V., Schindler, J., Novák, T., Czugler, M., Fogassy, E. and Keglevich, Gy. *Tetrahedron: Asymmetry*, **19**, **1973**, (2008).
- [17] Neu, J., Fogassy, E. Szalma, N., Kálvin, P., Schindler, J., Jakab, G., Garadnay, S. and Pálovics E. Hung. Pat. Appl. 1000186 (2010)., Fogassy, E., Pálovics, E. and Szeleczy, Zs. Hung. Pat. Appl. 1200227, (2012).
- [18] Gizur, T., Törley, J., Fogassy, E., Egri, G., Bálint, J. and Demeter, Á. Hung. Pat. 202963 (2002).
- [19] Ács, M., Kozma, D., Kozsda, É., Keserű, Gy., Böcskei, Zs., Szilágyi, J., Simon, K., Bertók, B. and Fogassy, E. *J. Chem. Soc. Perkin Trans 2.*, **149** (2000)
- [20] Schindler, J., Egressy, M., Bereczki, L., Pokol, Gy., Fogassy, E. and Marthi, K. *Chirality*, **19**, **239**, (2007).

Kísérleti célú duális funkciójú napelem cella- és panelvizsgáló berendezés

Dual Function Solar Cell and Panel Testing Equipment for Experimental Purposes

Echipament pentru analiza experimentală a celulelor și panourilor solare cu funcție duală

SZAUTER Ferenc¹, SZÉKELY János Ádám²,
SZELI Zoltán³, SZAKÁLLAS Gábor⁴, SOMOGYI Huba⁵, KOCSIS SZÜRKE Szabolcs⁶

¹projektvezető, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szauter@sze.hu

²kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szekelya@sze.hu

³kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szeliz@sze.hu

⁴kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., szgabor@sze.hu

⁵kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., somogyi.huba@gmail.com

⁶kutató, Universitas-Győr Nonprofit Kft., kocsis.sz.szabolcs@gmail.com

ABSTRACT

In our paper two dual-function solar panel testing equipment will be introduced which are capable to examine solar panels in a complex way. Besides that the result of the measurements both with natural and artificial light will be introduced. The aim of our project is to reduce the temperature on the surface of the solar panels and thus improve the daily energy-balance.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkünkben bemutatunk két kísérleti célú duális funkciójú napelemvizsgáló berendezést, amely képes a napelemcellák, -panelek komplex vizsgálatára. A napelemcellát vizsgáló berendezés képes növelni vagy csökkenteni a vizsgált cella hőmérsékletét, változtatni a fény beesési szögét és a beérkező fényforrás részleges hullámhosszúságát. A berendezés figyeli a hullámhossz tartományt spektrométerrel, a napelemcella villamos paramétereit a terhelés és a hőmérséklet függvényében. A duális funkciójú panelvizsgáló berendezés, elsősorban szabadtéri, természetes fényenél való mérésekre lett tervezve. A berendezés könnyen mozgatható, mobil rendszer, amely önhordóan tartalmaz minden mérő, villamos, informatikai és folyadékellátó egységet. Különböző folyadék fényszűrő rendszerek tesztelésére alkalmas. Jelen publikációban tovább ismertetjük a mesterséges és természetes fényforrásoknál végzett mérések eredményeit. A projektünk célja az infrasugarakból származó hő elszállítása napelemek felületéről, és ezzel a napi energiamérleg javítása.

Kulcsszavak: duális funkciójú napelem, energiahatékonyság, hatásfok, szűrőanyagok

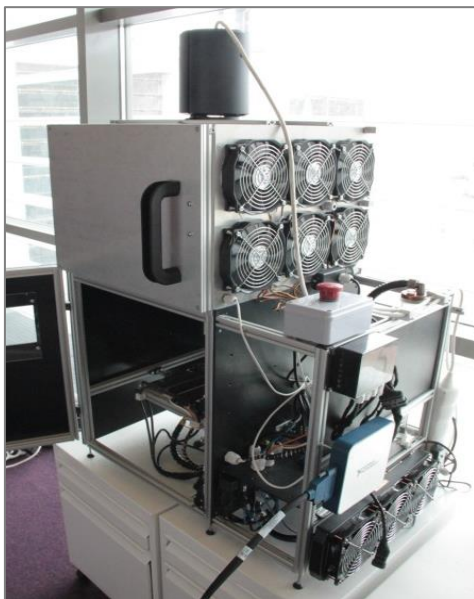
1. BEVEZETÉS

A napelemcellák hőmérsékletének emelkedésével romlik a hatásfokuk. Ahogy a napsugárzás intenzitása növekszik, nemcsak a napelem cellák számára hasznos hullámhossz-intervallum intenzitása növekszik, hanem a melegedésért felelős infratartomány is. A monokristályos napelemcellák általában ~1200nm-es hullámhossz tartományig képesek hasznosítani a fotonenergiát. Ez és ennél nagyobb hullámhosszúságú sugárzás már melegíti a cellákat. A hőmérséklet növekedésnek hatására az üres járási áram kis mértékben növekszik, az üres járási feszültség pedig nagy mértékben csökken.

2. DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEMCELLA VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS

Az általunk tervezett kísérleti napelemcella vizsgáló berendezés komplex vizsgálatokra lett kifejlesztve. A berendezésben részben változtatható a megvilágító fény hullámhossz karakterisztikája, a napelemcella hő-

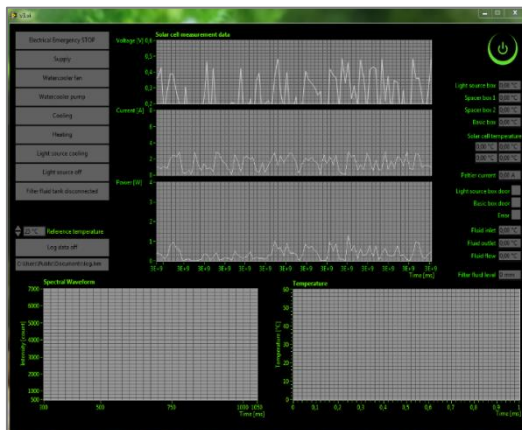
mérséklete, a fényforrás és a napelem közötti beesési szög, továbbá spektrométeres adatgyűjtés is lehetséges szűrőanyag előtt és után.



1. ábra

Kísérleti célú napelemcella vizsgáló berendezés

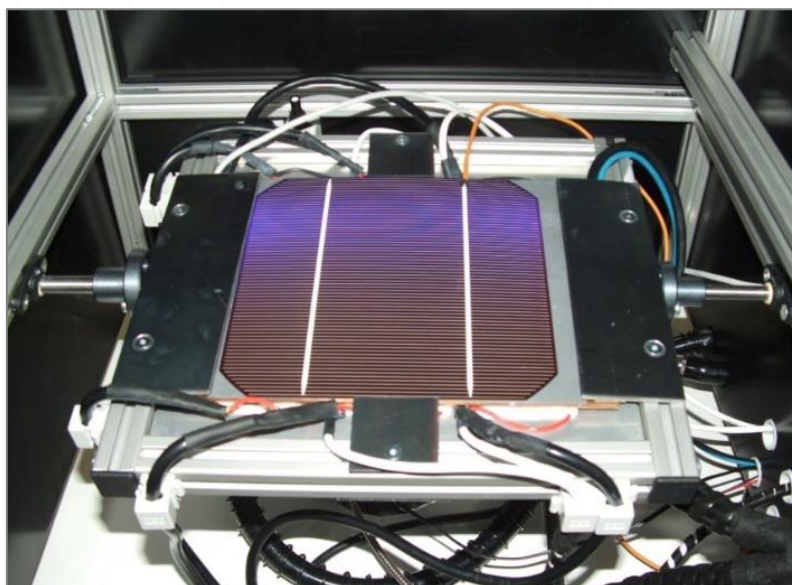
A kísérleti célú napelemcella vizsgáló berendezés felépítése moduláris. A berendezés három fő részből: a fényforrást tartalmazó-, távtartó- és a napelemcellát tartalmazó bázismodulból áll. A modulok kötőelem nélkül rögzíthetők egymásra, alakzáró kapcsolattal. A fő részek további alegységeket tartalmaznak: fényforrást, annak hűtőrendszerét és optikáját, különböző szenzorokat, napelem hűtő-fűtő egységet, napelem billentő mechanizmust, elektronikai vezérlőket, MPPT-t, mérés adatgyűjtő kártyákat és teljesítmény elektronikát. A berendezés biztonságos működtetése érdekében több hőmérséklet-, áram- és feszültségmérő lett felszerelve, amelyekre a szabályozó program biztonsági szubrutinjai felügyelnek. Rendellenes működés vagy veszély esetén a program áramtalanítja a berendezést. A vész-stop gombon kívül a berendezés ajtajának nyitásával is leáll a készülék. A napelemcella vizsgáló berendezés felhasználói felülete a következő ábrán látható:



2. ábra

Felhasználói felület

A napelemcella hőmérsékletének változtatását peltier elemek végzik. A berendezés -5°C -tól 70°C -ig képes változtatni a hőmérsékletet a teljes felületen. A fűtő és hűtő modul a cellával együtt billenthető a vízszintes pozícióból $45-45$ fokra, így a fényforrásból érkező fény beesési szöge változik. A napelem cellára kapcsolt maximális munkapont követő rendszer egy műterhelésbe vezeti a termelt energiát.



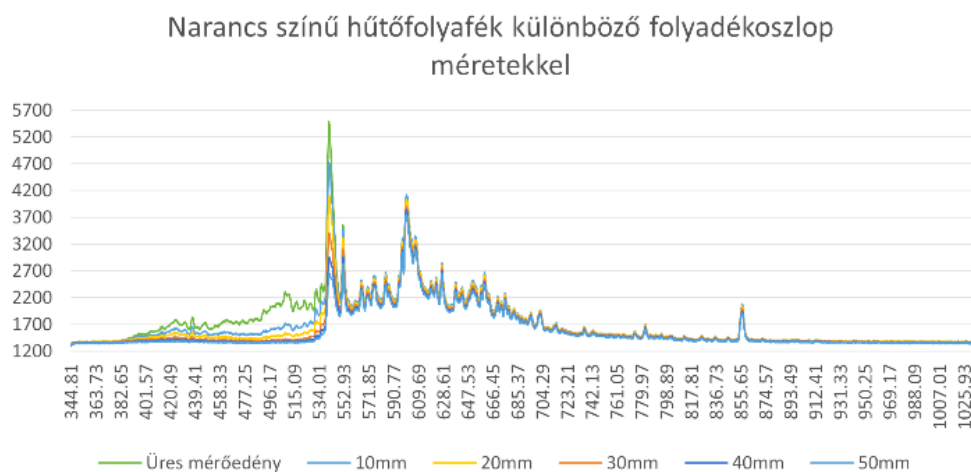
3. ábra
Napelem cella és peltier elem

Így a különböző szűrőanyagoknál megtermelt energiamennyiség összehasonlíthatóvá válik. Az ez által nyert irányadó adatok segítenek elkészíteni olyan duális funkciójú napelem paneleket, amely a természetes napfényben az elvárt eredményeket teljesítik.

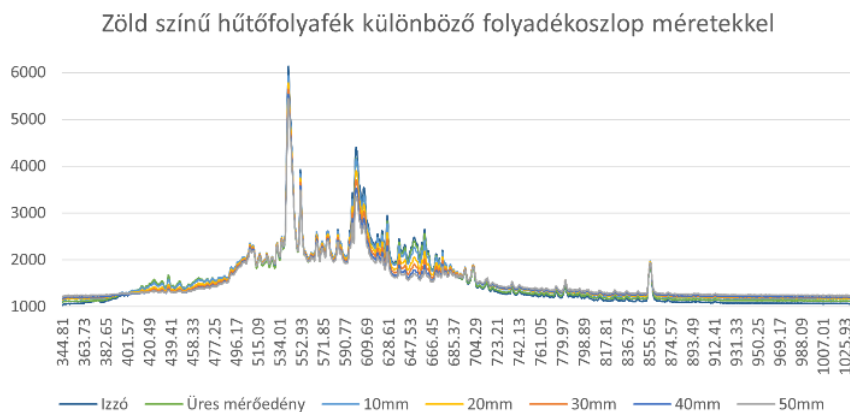
3. FOLYADÉK HALMAZÁLLAPOTÚ SZŰRŐANYAG VIZSGÁLATA A KÍSÉRLETI CÉLÚ NAPELEMCELLA BERENDEZÉSSEL

A különböző szűrőanyagok számára rögzítési pontok vannak a napelemcella és a fényforrás között. A vizsgálható szűrőanyag lehet szilárd vagy folyékony. Utóbbi az arra kialakított PMMA anyagból készült nyitott tartályban vizsgálható. Ez a tartály elektromos szintmérővel és leeresztő csappal is rendelkezik. Ennek köszönhetően a folyékony szűrőanyag folyadékoszlopának és szűrési képességének összefüggése figyelhető meg. A szűrési képességet úgy határozzuk meg, hogy a szűrőanyag előtt és a szűrőanyagon áthaladó fény intenzitás/hullámhossz diagramját spektrométerrel rögzítjük a programban.

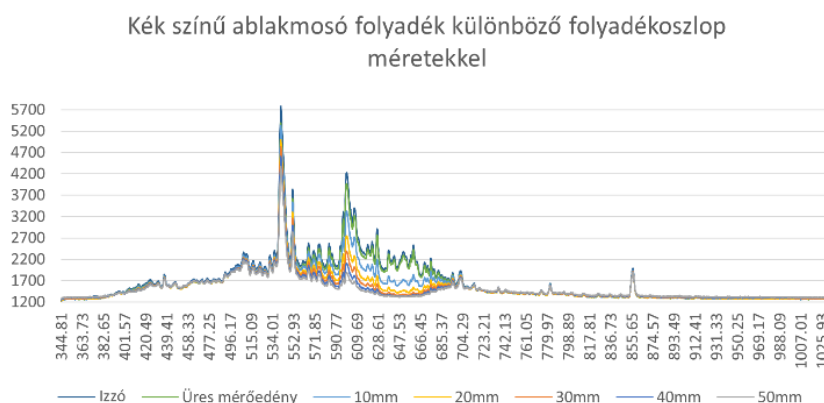
Első mérésenként a kereskedelmi forgalomban kapható színes folyadékokat mértünk meg. A spektrométer mérőfejét a tartály alatt helyeztük el. A folyadékoszlopot 10mm-enként növeltük. Az eredmények a következő diagramokon láthatóak (függőleges tengelyen a relatív intenzitás, vízszintes tengelyen pedig a hullámhossz [nm]):



4. ábra
Narancs színű hűtőfolyadék

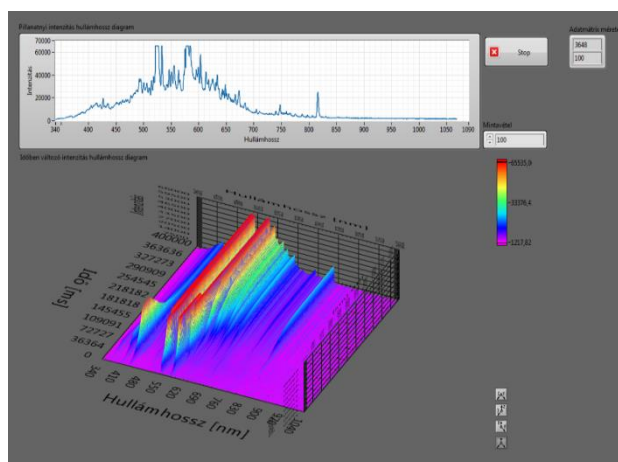


5. ábra
Zöld színű hűtőfolyadék



6. ábra
Kék színű ablakmosó folyadék

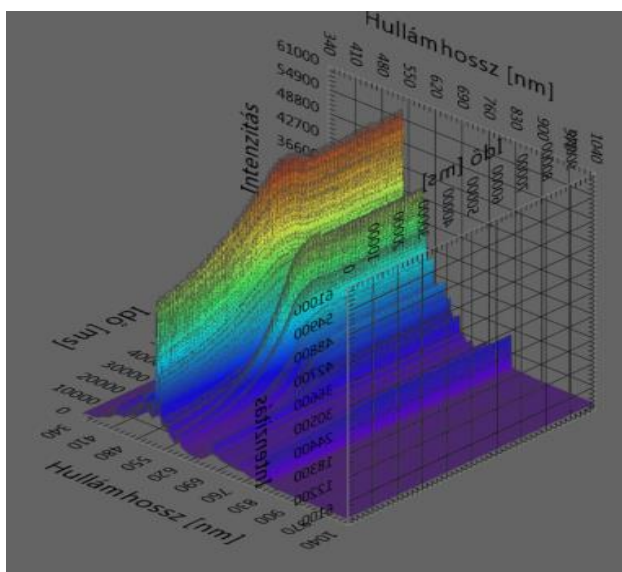
A mérések során tapasztaltuk, hogy az alkalmazott mesterséges fényforrásoknál magas frekvencián ingadozik az intenzitásuk. Ehhez a fényintenzitás változás méréshez a spektrométerrel nagysebességű spektrum adattömböket vettünk fel. Az adattömbök ábrázolására egy programot írtunk, amiben különböző matematikai feldolgozásokon keresztül egy hullámhossz görbére redukáltuk. A program megismerése után felismertük, hogy ez az eljárás több alkalmazáshoz is használható, mint például az előző méréseknél a folyadékoszlop szintjének folyamatos változtatásával a spektrum változását. Az első próba mérésnél az általunk alkalmazott egyik mesterséges fényforrás melegedésekor bekövetkezett hullámhossz-intenzitás változást rögzítettük az idő függvényében, amit a következő ábra mutat:



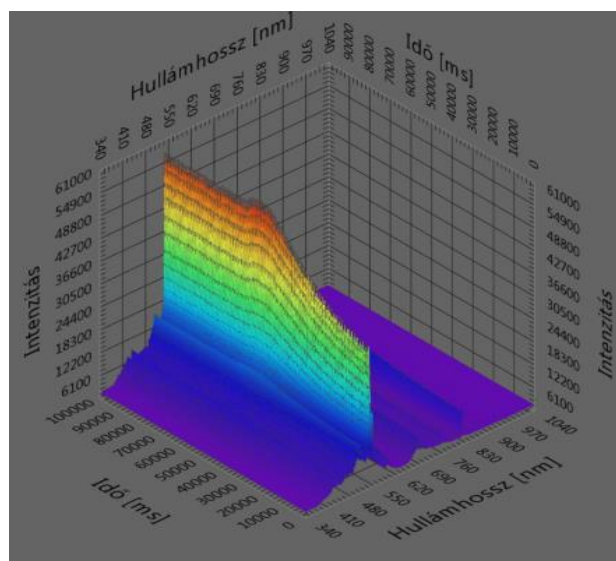
7. ábra
Próbamérés

A diagramon látható, hogy az alacsony hullámhosszú tartomány bekapcsolásakor meredeken felszökik majd az üzemi hőmérséklet elérésével folyamatosan csökken. A közepes és nagyobb hullámhosszok csak később kezdenek növekedni, amikor az izzó elér egy bizonyos hőmérsékletet.

A próbamérés után folyadékkal is kipróbáltuk az eljárást. Az vizsgálathoz kék folyadékkal töltöttük fel a mérőtartályt, majd a fényforrás üzemi hőmérsékletének elérése után az adatrögzítést elindítottuk és a tartályon lévő csapot megnyitottuk. Az eredmény a következő ábrán látható:



8. ábra
Próbamérés eredmény



9. ábra
Próbamérés eredmény

A diagrammon látható, hogy a különböző hullámhosszok szerinti változás nem ugyanakkora. Így a szűrőréteg folyadékszint magassága nem elhanyagolható szempont.

4. KÍSÉRLETI CÉLÚ DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEMPANEL VIZSGÁLÓ BERENDEZÉS

A berendezést a duális funkciójú napelempanel természetes fényenél való vizsgálatra terveztük. A berendezés képes a napelempanel és a természetes fény közötti beesési szöget változtatni, légmozgást előállítására a napelem panel felületén, folyadékot keringetni és hűteni a duális funkciójú napelemek számára, továbbá komplex szenzor technika, mérésadatgyűjtő, műterhelés és informatikai egység is helyet kapott a mobil berendezésen.

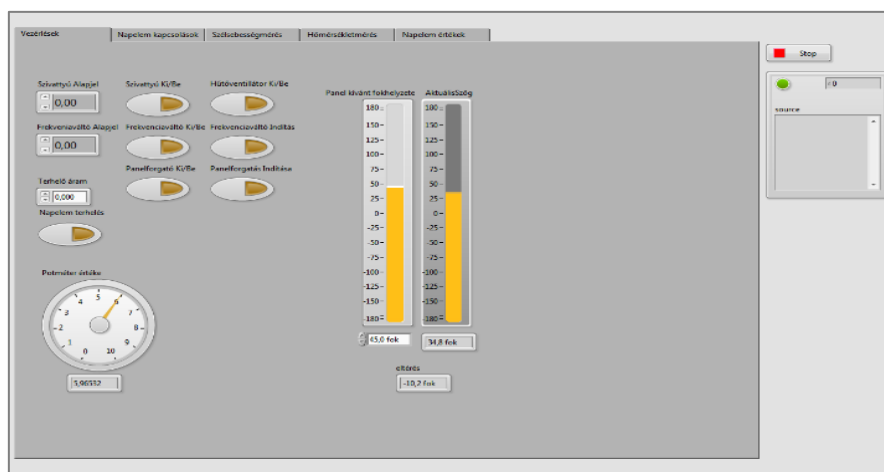


10. ábra:
Mobil duális funkciójú napelem panel vizsgáló berendezés

A saját tervezésű vezérlő/szabályzó programban öt felhasználói felület kapott helyet:

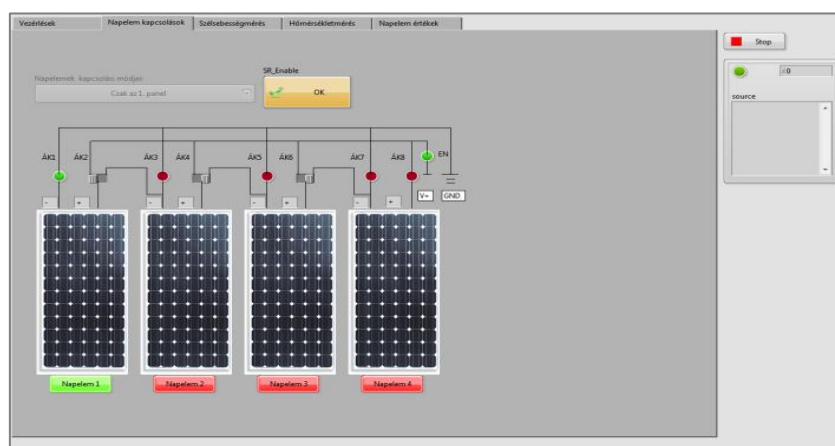
- különböző egységek vezérlése,
- napelemcellák kapcsolásának változtatása,
- szélesség szabályozása és mérése,
- hőmérsékletmérés,
- cellák adatai

Az 11. ábra a vezérlési lehetőségeket mutatja be, mely egy Tab Control első menüpontja. Lehetőség van a ventilátorokat üzemeltető frekvencia váltók alapjelét megadni, ami a ventilátorok sebességét fogja befolyásolni. Ennek értéke 0–10 közötti lehet. Emellett tudjuk még a keringésért felelős szivattyú alapjelét is változtatni, ennek ki és bekapcsolását, a hűtőventillátor ki és bekapcsolását, vezérelhető a panel forgatás, valamint a napelemek terhelőárama adható itt meg.



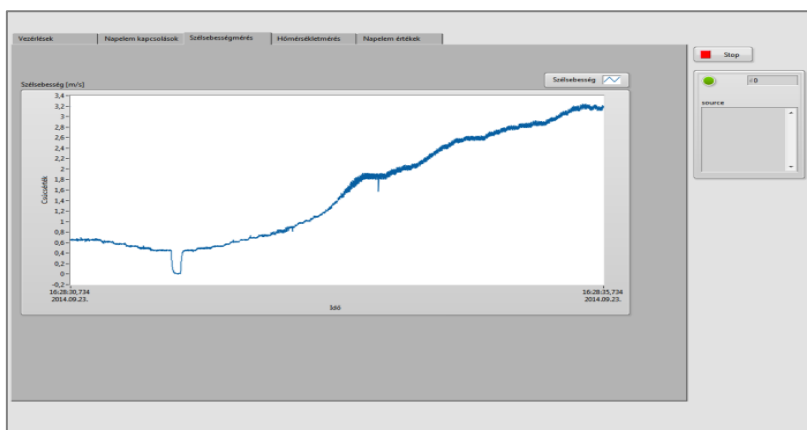
11. ábra
Felhasználói felület

A 12. ábrán a napelemtáblák kapcsolási lehetőségei láthatók. Ha változtatni akarunk a kapcsoláson, akkor előbb le kell vennünk az engedélyező jelet. Ameddig az SR Enable jelet nem aktivizáljuk, addig a műterhelésre nincs rákapcsolva a napelemek által termelt feszültség. Esetünkben csak az első tábla van kapcsolva.



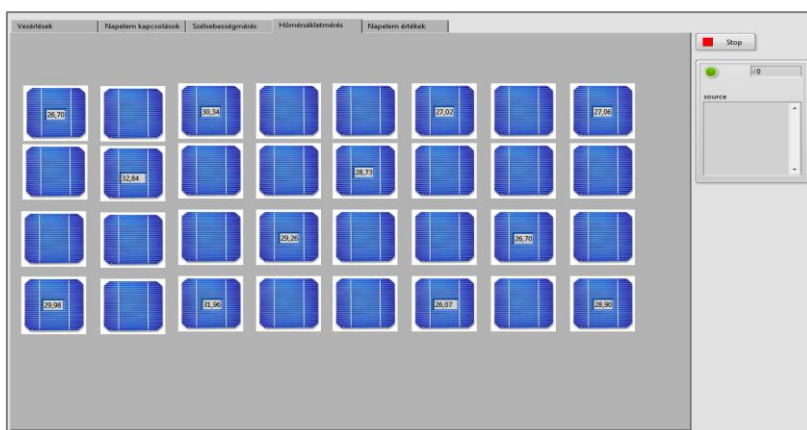
12. ábra
Napelemek kapcsolási lehetőségei

A 13. ábra a szélesség értékét vizualizálja. Mint az látható, a mérés során a maximális szélesség 3,2 m/s-os érték volt.



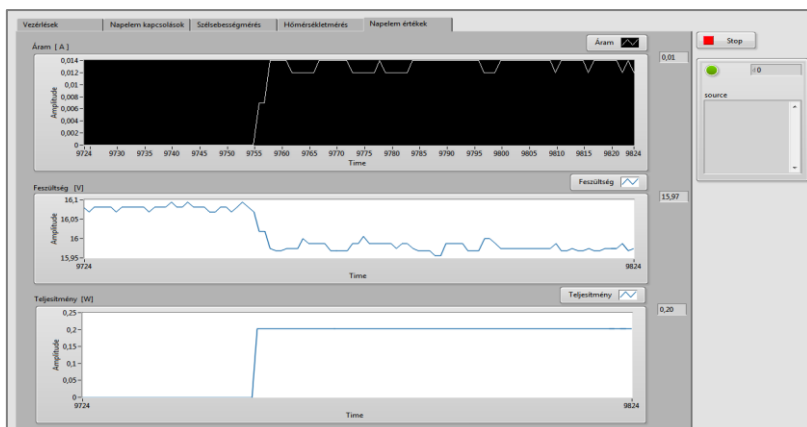
13. ábra
Szélsebesség mérés

A 14. ábrán az általunk vizsgált napelemtáblára kihelyezett hőmérséklet érzékelők jelei láthatók. A hőmérséklet érzékelésre LM35 CAZ típusú érzékelőket használunk. Ezek arányos feszültség értéket adnak az érzékelt hőmérsékletre (10mV/C).



10. ábra
Hőmérséklet érzékelők

A 15. ábrán a napelemtábla terhelési folyamata követhető. Esetünkben a napelemtábla 15,97V-ot állít elő, melyet 0,01A-ral terhelünk és így a teljesítménye 0,2W. A terhelésre használt műterhelés egy EL-3000 típusú terhelés, mely mellé a gyártó szolgált LabVIEW drivert.



11. ábra
Teljesítmény mérés

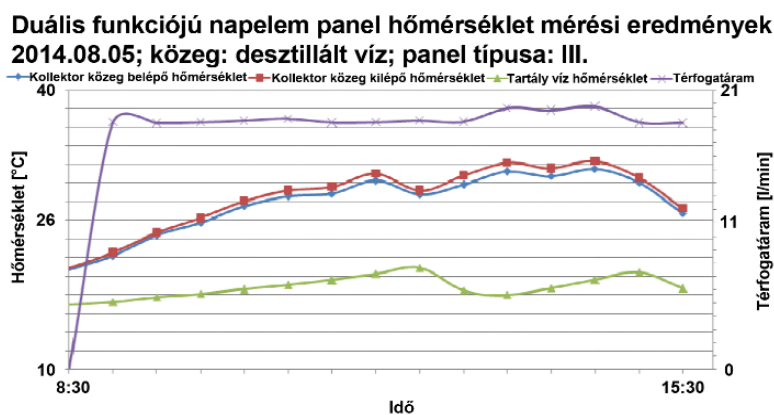
5. DUÁLIS FUNKCIÓJÚ NAPELEM PANEL MÉRÉSE

A méréseket különböző kialakítású és folyadék tartalmú duális funkciójú napelemeken végeztük.



12. ábra
Folyadék keringető

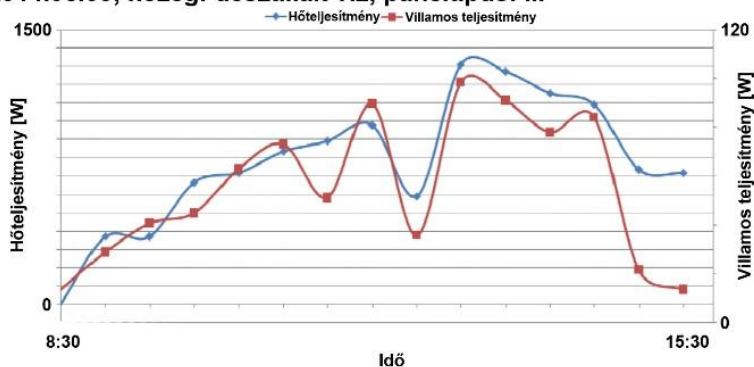
Egyik mérésnél a szűrő rendszer desztillált vízzel lett feltöltve, alá napelempanel lett szerelve. A mérés eredményei a következő diagramon láthatóak:



17. ábra
Duális mérés

A diagramon jól látszik, ahogy a kollektor közeg hőmérséklete egyenletesen növekszik, és egy viszonylag állandó hőmérséklet különbség alakul ki a belépő és a kilépő közeg között. A térfogatáram 18,5 és 20 l/min között ingadozik. A puffertartály hőmérséklete először lassan emelkedik, majd egy óráig tartó hőmérséklet csökkenés után újra emelkedik.

Duális funkciójú napelem panel számított teljesítmény eredmények
2014.08.05; közeg: desztillált víz; paneltípus: III



18 ábra:
Duális funkciójú panel számítási eredmények

A 18. ábrán látható villamos és hő teljesítmény alakulása. A két görbe jellege jelentősen hasonlít egymásra, a villamos teljesítmény és a napelem áramerőssége korrelál. Az ingadozások azt mutatják, hogy egyes időszakokban felhős volt az ég, ezáltal leesett a megvilágítás értéke. A diagramokon még jól kivehető, hogy ezen a napon 12:30-kor valószínűsíthetően eső esett, mely lehűtötte a közegeket. Ez látszik, mind a hő teljesítményen, mind a villamos teljesítményen.

TÁMOGATÓI NYILATKOZAT

„TÁMOP 4.2.2.A – 11/1/KONV – 2012-0075: Lézer technológiák a járműipar és a megújuló energiaforrás hasznosítás szolgálatában – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Nemcsics Ákos, A napelem és fejlesztési perspektívái, Budapest: Akadémiai Kiadó, 2001.
- [2] Dr. Varga Zoltán, Kutatás a fenntartható járműhajtásért-cél: A jövő villamos energián alapuló közlekedése, Magyar Tudomány • 2012/7
- [3] Yi Wang, Andrew Gerger, Anthony Lochtefeld, Lu Wang, Chris Kerestes, Robert Opila, Allen Barnett - Design, fabrication and analysis of germanium: silicon solar cell in a multi-junction concentrator system, 4 August 2012
- [4] Kocsis Szürke Szabolcs, Somogyi Huba – Electrical and Informatics System of a Solar Panel Equipment for Automotive Applications, Arad, OGÉT, 2014. p. 186.
- [5] Székely János Ádám, Szuromi Csaba – Testing of the Effects of Filtering Materials with the Help of an Experimental Solar Cell Measurement Device, Arad, OGÉT, 2014. p 368.
- [6] Jinwei Ma, Wei Sun - Experimental and theoretical study of the efficiency of a dual-function solar collector, Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science and Technology of China, Received 10 November 2010
- [7] Jie Li - Thermal characteristics of a building-integrated dual-function solar collector in water heating mode with natural circulation, Department of Thermal Science and Energy Engineering, University of Science and Technology of China, 31 December 2009
- [8] Anom Namin - Determination of solar cell electrical parameters and resistances using color and white LED-based solar simulators with high amplitude pulse input voltages, Division of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand, 5 February 2012
- [9] Sun Ho Jang - Fabrication and thermal optimization of LED solar cell simulator, Department of Materials Science and Engineering, Myong Ji University, 38-2 Nam-Dong, Yongin, Kyunggi 449-728, Republic of Korea, 5 November 2009
- [10] Jawad Sarwar - Description and characterization of an adjustable flux solar simulator for solar thermal, thermochemical and photovoltaic applications, Texas A&M University at Qatar, Mechanical Engineering Department, P.O. Box 23874, Doha, Qatar, 7 October 2013
- [11] M. Böhm, H.C. Scheer, H.-G. Wagemann - Solar simulator measurement system for large-area solar cells at standard test conditions, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Technische Universität Berlin, Jebensstr. 1, D 1000 Berlin 12, West Germany, 5 August 2003
- [12] W. Wang - Design and Validation of a Low-cost High-flux Solar Simulator using Fresnel Lens Concentrators, Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology, 100 44 Stockholm, Sweden, 2014.03.23
- [13] D. Kolberg - Development of tunable close match LED solar simulator with extended spectral range to UV and IR, Aescusoft GmbH, Emmy-Noether-Str. 2, 79110 Freiburg, Germany, 12 August 2011