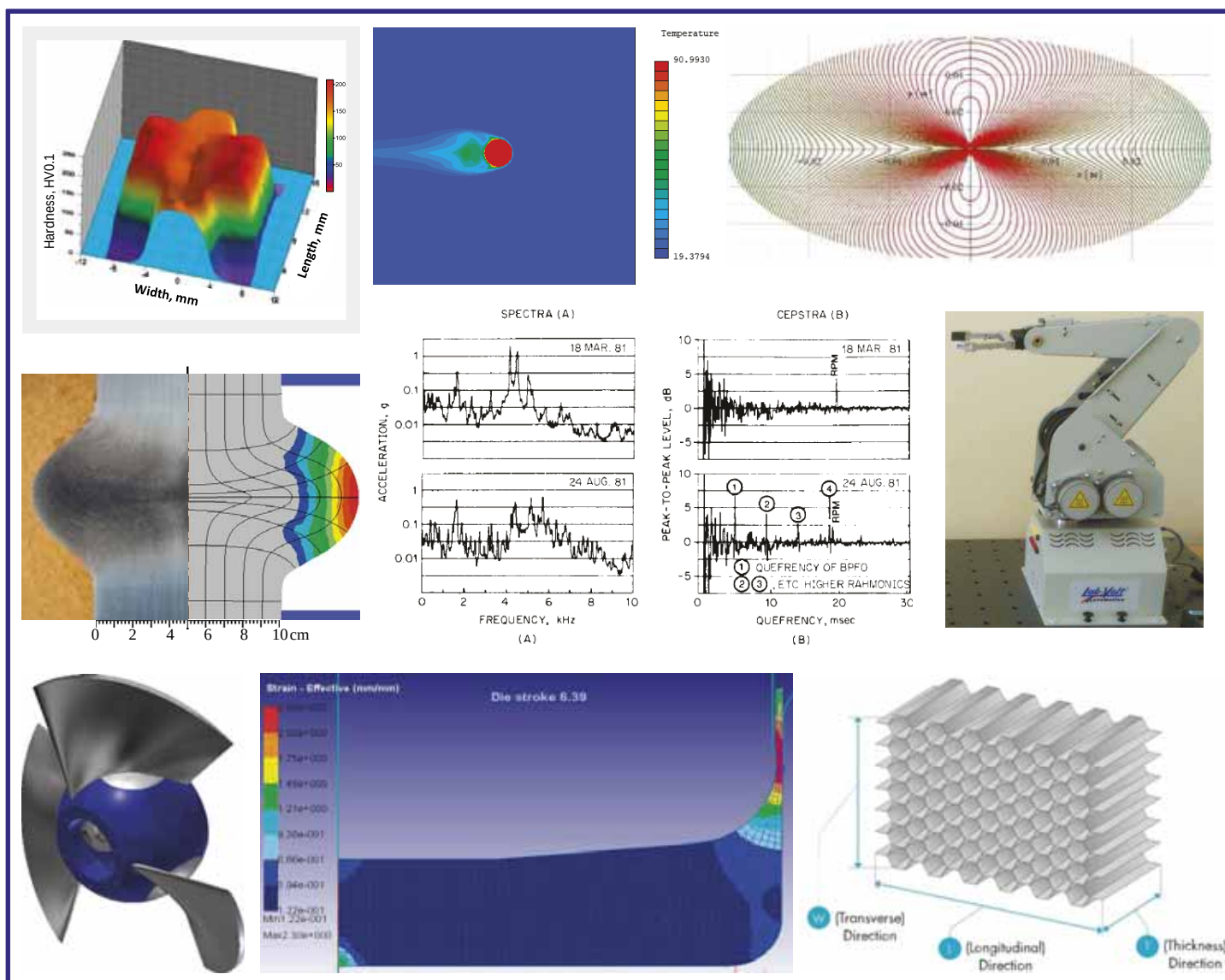


GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA



K Ü L Ö N S Z Á M

EFOP-361-16-2016-00011 számú „Fiatalodó és megújuló Egyetem - Innovatív Tudásváros a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése”

2021/1-2.

100 oldal
LXXII. évfolyam



SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4th International Conference on Vehicle and Automotive Engineering VAE2022

8-9. September 2022. Miskolc, Hungary



Call for papers

We have the pleasure to invite you to participate in the 4th International Conference on Vehicle and Automotive Engineering (VAE2022) from 8th to 9th September 2022 in Miskolc, Hungary. The Conference aims to bring together the experts from both the academic and industrial areas and show these fields' development.

Main branches of topics of the Conference:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| A. Conventional Powertrain & Emission | H. Active and Passive Safety |
| B. Alternative Powertrains | I. Sustainability |
| C. Vehicle Dynamics | J. Education |
| D. Materials & Manufacturing | K. Design of Vehicle Structures and Surfaces |
| E. Vehicle Electronics | L. Optimization |
| F. Autonomous vehicles | M. Welding |
| G. Noise & Vibration | N. Multi linkage structures |

Publication of Papers

All papers are peer-reviewed. The accepted ones will be published in the *Lecture Notes in Mechanical Engineering series*, published by *Springer Verlag*, indexed by Scopus, as was on the previous conferences (<https://www.springer.com/gp/book/9789811595288> <https://www.springer.com/gp/book/9783319756769>, <https://www.springer.com/gp/book/9783319511887>). The 2018 Proceedings had 157k downloads till now. The Proceedings will be available to all registered participants electronically upon arrival at the Conference. Offered papers must be original, have not been published elsewhere. The paper length is a minimum of 6 pages, maximum of 16 pages. The author should give the lecture.

Schedule

Event	Deadline
Call for papers	
Abstract submission	14 th January. 2022.
Abstract acceptance	11 th February. 2022.
Full paper submission	25 th March. 2022.
Full paper acceptance	29 th April. 2022.
Payment	16 th May. 2022.
Conference	Sept. 8-9. 2022.

The conference language is English. The abstract text must be between 300 and 500 words.

Conference fee (face to face): 299 Euro/person (due 16th May. 2022), for online participation is zero.

Publication fee (online): 169 Euro/paper (due 16th May. 2022) (one paper between 6-16 pages).

For further details, please contact:

Prof. Dr. JÁRMAI, Károly
University of Miskolc, Hungary
H-3515 Miskolc, Egyetemvaros
Tel. +36-46-565111 ext 2929
Fax. +36-46-563399

The conference homepage

<http://vae2022.uni-miskolc.hu>

E-mail: vae2022@uni-miskolc.hu



„A kiadvány az EFOP-3.6.1-15-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

“The publication is part of the EFOP-3.6.1-15-2016-00011 “Younger and Renewing University – Innovative Knowledge City – institutional development of the University of Miskolc aiming at intelligent specialisation” project implemented in the framework of the Szechenyi 2020 program. The realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund.”

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

elnök

Vesza József

főszerkesztő

Dr. Jármái Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczy István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

TISZTELT OLVASÓ!

A Miskolci Egyetem (ME) „*Fiatalodó és megújuló Egyetem - Innovatív Tudásváros, A Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése*” címet viselő programjában általános célként tűzte ki tevékenységének erőteljes innovációra és kooperációra való építését, a kiválóság fenntartásához kapcsolódó fókuszok kiemelését, hazai és nemzetközi versenyképességének és láthatóságának erősítését, kiemelt szerepet szánva a K+F+I tevékenységnek. Erre épülve a projekt stratégiai és átfogó célja: A ME hatékony bekapcsolása a Nemzeti Intelligens Szakosodási Stratégia megvalósításába, a kutatási feltételrendszerek- és kapacitások növelése.

A Miskolci Egyetemen a 4-es Kiválósági Központ keretében *Innovatív Járműmérnöki, Energetikai és Gépészeti Tervezés és Technológiák* címmel folynak kutatások. A központ célja a kutatási potenciál fejlesztése olyan kutatásokkal, amelyek innovatív modellezést, tervezést és technológiai folyamatokat valósítanak meg, összhangban az Európai Unió azon törekvésével, amely az innováció serkentésére, a leghatékonyabb környezetbarát technológiák alkalmazására és fejlesztésére irányul. A Kiválósági Központ szeretné az elért eredményeket továbbfejleszteni, újakkal bővíteni.

A 2016-ban a Miskolci Egyetemen elindult járműmérnök képzés új kihívásokat teremtett. Az új doktoranduszok, akik részben a Stipendium Hungaricum keretében érkeztek hozzánk szintén lendületet adtak bizonyos területeken. Ezen új irányok és eredmények bemutatását kívánjuk ezzel a folyóirat-számmal megvalósítani.

A cikkek túlnyomó része a 4-es Kiválósági Központ Tudományos Műhelyeinek eredményei, aminek témakörei az Innovatív Járműmérnöki, Energetikai és Gépészeti Tervezés és Technológiák. A cikkek kapcsolódnak az Gépész-mérnöki és Informatikai Kar Intézeteihez.

A cikkekben ismertetett kutató munka túlnyomó részben az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

*Prof. Dr. Jármái Károly
a Kiválósági Központ vezetője,
a projekt szakmai vezetője*

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: 06-46/379-530, 06-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 06-1/202-0656, fax: 06-1/202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gteportal.eu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. • Postacím: 1900 Budapest

Előfizetésben megrendelhető az ország bármely postáján, a hírlapot kézbesítőknél, www.posta.hu WEBSHOP-ban (<https://eshop.posta.hu/storefront/>), e-mailen a hirlapelofizetes@posta.hu címen, telefonon 06-1-767-8262 számon, levélben a MP Zrt. 1900 Budapest címen. Külföldre és külföldön előfizethető a Magyar Posta Zrt.-nél: www.posta.hu WEBSHOP-ban (<https://eshop.posta.hu/storefront/>), 1900 Budapest, 06-1-767-8262, hirlapelofizetes@posta.hu

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

A megjelent cikkek lektoráltak.

A kiadvány a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával jelenik meg.

TARTALOM

1. Bassel Alsalamah, Dr. László Kuzsella, Dr. Zsolt Lukács:	7
FIZIKAI SZIMULÁCIÓ ÉS MATEMATIKAI MODELLEZÉS A SICO-VIZSGÁLAT KEMÉNYSÉGELOSZTÁSI FELTÉTELÉVEL	

Lehűlés során akkor keletkezik repedés mikor a hőmérsékletcsökkenésből eredő összehúzódás gátolva van és az így keletkező feszültségek nem tudnak kiegyenlítődni képlékeny alakváltozással. Ez a jelenség nagyon jól szimulálható GLEEBLE 3500 termomechanikus fizikai szimulátor segítségével. Szolidus hőmérséklet alatt végzett melegszerkeztető, -nyomó vizsgálatok mellett, egy különleges alternatív célvizsgálattal, „alakváltozás okozta repedéskeletkezés vizsgálat” (SICO, Strain-Induced Crack Opening test) segítségével. Egy ilyen vizsgálatsorozatot mutat be a cikk.

2. Lucas Alexandre de Carvalho, Jemal Ebrahim, Dr. Zsolt Lukács:	11
A NYOMÁS ÉS A SEBESSÉG FÜGGŐ SÚRLÓDÁSI EGYÜTTMŰKÖDÉSI FONTOSÁGA A FÉM MEGMUNKÁLÁS NUMERIKUS SZIMULÁCIÓJÁBAN	

Az AutoForm az egyik legelterjedtebben használt FEM programcsomag a fémlemez formázásban. A költséghatékony gyártási folyamatok kidolgozásához a lemezalakítás pontos szimulációjára van szükség. A fejlett súrlódási modellek beépítése javítja a pontosságot a lemezformázó végelem szimulációiban. Ez a tanulmány elemzi azokat a nyomás- és sebességfüggő súrlódási modelleket, amelyeket az AutoForm szoftver segítségével alkalmaztak a lemezalakítás szimulációjához.

3. Ahmad Yasser Dakhel, János Lukács:	15
SZÁLLÍTÓ CSŐVEZETÉSEK TÖNKREMENTELI MÓDJAI ÉS ANNAK KÖVETKEZMÉNYEI	

A nagy távolságú olaj- és gázvezeték-meghibásodások tanulmányozásának eredményei elengedhetetlenek az ipar számára. Ezek jelenthetik a csővezeték-üzemeltetők kockázatelemzésének, integritása értékelésének és a menedzsment fejlesztésének alapját. A vezeték meghibásodási arányára, okaira, következményeire, hasonlóságaira és a csővezeték-menedzsment eltéréseire vonatkozó európai statisztikai eredmények elemzését és értékelését használták a vezetés fókuszpontjainak és hatékonyságának meghatározásához. Javaslatot tesznek a távolsági csővezeték-védelem technológiáira és kezelésére.

4. Ecsedi István, Baksa Attila, Lengyel Ákos József, Gönczi Dávid:	19
INHOMOGÉN ÉS ANIZOTROP PIEZOELEKTROMOS RÚD EGY STATIKAI FELADATA	

E tanulmány szerzői számos cikket publikáltak az utóbbi években a különböző inhomogén anyagú és anizotrop szerkezeti elemekkel kapcsolatban. Az ott alkalmazott matematikai és mechanikai módszerek szemléltetésére jelen tanulmányban inhomogén, orthotrop piezoelektromos ellipszis keresztmetszetű rúd Saint-Venant csavarási feladatának megoldását használják. E tanulmány a korábbi publikációk általánosításának tekinthető, orthotrop piezoelektromos ellipszis keresztmetszetű rúdra.

5. Kállai Viktória, Szepesi L. Gábor:	22
SZITATÁNYÉROS KOLONNA SZÁRAZ TÁNYÉR ELLENÁLLÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA	

A tanulmányban egy adott geometriájú szitatányéros kolonna száraz tányér ellenállásának meghatározása történt számítással és CFD szimulációval különböző gázsebességek esetén. A számítások minden esetben túlbecsülik a nyomáskeresztmetszet értékét a szimulációhoz képest. Azon elméleti összefüggések, amelyek a tányér aktív felületét, illetve a lyukak felületét is figyelembe veszik a szimuláció eredményeihez közelebb eső értékeket adtak eredményül, de még így is kb. 20%-ra tehető a különbség a mért és szimulált értékek között.

6. Mikáczó Viktória, Siménfalvi Zoltán, Szepesi L. Gábor:	26
LEFÚVÓVEZETÉK HATÁSA A REDUKÁLT ROBBANÁSI NYOMÁSRA – ELMÉLETI MODELLEK	

A cikkben bemutatott számítási modellek és egyéb módszerek alkalmasságát a maximális redukált robbanási nyomás meghatározására a cikkek, tanulmányok, publikációk szerzői megfelelően alátámasztották munkájuk során. Legtöbbjük a megnövekedett redukált robbanási nyomás számítására alkalmas összefüggés, ám az NFPA 68 a szükség szerint megnövelt lefúvató felület számítására használatos összefüggéseket ad meg. A számítási modellek mindegyike alkalmas a lefúvóvezeték hatásának leírására.

7. Kriston J. Balázs, Dr. Jálics Károly: 31
MEGHIBÁSODÁSOK LOKALIZÁLÁSA VIBRO-
AKUSZTIKUS MÓDSZEREKKEL GÉPÉ-
SZETI SZERKEZETEK ESETÉN

A tanulmány fő célja összefoglalni és áttekinteni a korszerű monitorozási eljárásokat és a vibrációs és akusztikus jeleken alapuló diagnosztikai technikákat irodalmi források segítségével. A cikk gyakorlati példákon keresztül igyekszik szemléltetni az egyes módszerek alkalmazását, így hasznos lehet azok számára, akik meg akarják érteni, hogy milyen típusú hibákat lehet diagnosztizálni a vibro-akusztikus diagnosztikai rendszerek használatával.

8. Soltész László, Berényi László,
Kamondi László: 36
TERMÉKFEJLESZTÉSI PROJEKTEK:
ÉRINTETTEK PRIORITÁSAI A PROJEKT
ELFOGADÁSOKOR

A tanulmányban 112 termékfejlesztési szakértő kérdőíves megkérdezése alapján vizsgáljuk, hogy a projekt-siker háromszöge (idő, költség specifikáció) hogyan jelenik meg a gondolkodásukban. Az eredmények jelentős különbségeket mutatnak. Habár a specifikáció mindenkinek a legfontosabb a projekt tervezésekor, az időközbeni változások hatására ez háttérbe szorulhat. A vizsgálatok legfontosabb tanulsága, hogy a prioritások megismerése a szervezetben belül hozzájárulhat egy olyan szabályozási és kommunikációs megoldás kidolgozásához, ami minimalizálja a konfliktusok hatását a projekt sikerére.

9. Kalmár László, Hegedűs György,
Fáy Árpád: 41
AXIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ
SZIVATTYÚJÁRÓKERÉK AUTOMATIZÁLT
TERVEZÉSE

A cikk fő célja a kidolgozott AXPHD V2.0 számítógépes programcsomag bemutatása, ismertetve a rendelkezésre álló programmodulok jellemző tulajdonságait, összefoglalva az elért és fontosabbnak tartott eredményeket az axiális áramlású prototípus szivattyú tervezése során állítható lapátokkal.

10. Fodor Béla: 46
FORGÓ ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK
NUMERIKUS VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZEREI
Ez a cikk a forgó áramlástechnikai berendezések numerikus teszteléséhez szorosan kapcsolódó általános szempontokat mutatja be, ahol röviden összefoglalja a legfontosabb feladatokat. Hangsúlyt helyeznek a vizsgálati módszer felépítésére, majd az egyes számítási modellek lehetőségeire.

11. Török Tamás István: 50
A KORRÓZIÓ ELLEN IS KELL
VÉDEKEZNI, ISMÉT BUDAPESTRE
JÖN AZ EUROCORN

A szabadtéri acélszerkezeteknél a megfelelő szerves felületbevonatokkal hatékonyan megakadályozható a korrózió, mely bevonatok fizikai akadályt jelenthetnek az agresszív környezet ellen, míg az acél alkatrészek és az acél vasbeton szerkezetek esetében, amelyek időnként érintkezésbe kerülnek vagy érintkezésbe kerülnek vizes elektrolitoldatokkal a korróziós támadást hatékonyan enyhíteni lehet a korróziógátlók ilyen technológiai vizekhez vagy betonhoz való keverésével is. Ez a cikk néhány esettanulmányt mutat be, hogy szemléltesse ezt a fontos kérdést.

12. Petrik Máté, Dr. Jármay Károly,
Dr. Szepesi L. Gábor: 53
IDŐBEN VÁLTOZÓ HŐÁTADÁS
NUMERIKUS ÉS ANALITIKUS
SZÁMÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

A hőátadási folyamatok két részre oszthatók, először átmeneti állapotra, majd a hőmérsékleti profil kialakult állandó állapotra. Ez a fajta átmeneti hőátadási jelenség például a hőkezelések során fordul elő, amikor az ipari berendezéseket működési hőmérsékletre melegítik, vagy akár a főzés is megemlíthető. A tanulmány célja ezeknek a hőátadási folyamatoknak az általános bemutatása, és olyan empirikus összefüggések ismertetése, amelyek felhasználhatók a hőmérséklet értékek időbeli függvényének előre történő meghatározására.

13. Szűcs Renáta, Dr. Jármay, Károly: 58
KÖLTSÉGOPTIMÁLT GÉPÉSZETI
TERVEZÉSI MÓDSZEREK

A költségoptimalt tervezés egyre fontosabbá válik a tervezési követelmények között. A vállalatok versenyképessége nagymértékben függ a költségoptimalt tervektől. Egy termék költsége jelentősen csökkenthető a tervezési szakaszban, cc. a költségek 70%-a a tervezési szakaszban dőlt el. Jelen tanulmányban a szerzők a tervezési szakaszban felhasználható, rendelkezésre álló költségoptimalizációs tervezési eszközök bemutatásával és ezen eszközök lehetséges fejlesztésével foglalkoznak.

14. Szűcs Renáta, Galambos József,
Dr. Jármay, Károly: 63
EMELŐASZTAL KÖLTSÉGOPTIMÁLT
TERVEZÉSE

A tervezési folyamat során különös figyelmet kell fordítani a felmerülő gyártási költségekre. Jelen tanulmányban a szerzők ollós emelőasztal szerkezetét elemzik költségoptimalis tervezési szempontból. Ezen elemzés révén meghatározzák az általános költségoptimalis tervezési szabályokat is. A bemutatott technika alapján kidolgozható lenne egy paraméteres modell meghatározása a költségoptimalizálás tervezéséhez.

15. Jemal Ebrahim Dessie, Lucas Alexandre de Carvalho, Dr. Zsolt Lukács: 67
A TISZTA ALUMÍNIUM AEROSOL ÜTŐ
EXTRUDÁLÁSSAL TÖRTÉNŐ GYÁRTÁSÁ-
NAK NUMERIKUS SZIMULÁLÁSA

Az ütő extrudálás a varrat nélküli aeroszolos flakonok legfőbb gyártási folyamata. A flakon vastagságának csökkentése és a mechanikai tulajdonságok csökkenésének kiküszöbölése a belső bevonat után kritikus probléma a jelenlegi aeroszolos flakonos iparágakban. A nagy szilárdságú alumíniumötvözet kiválasztásával lehetőség nyílik extrudálására inhomogén falvastagsággal, hogy vékonyabb és erősebb aeroszolos konzervdobozokat állítsunk elő. A Deform 2D FEM szoftver az inhomogén falvastagság modellezésére és szimulálására képes, ennek eredményeként hibamentes flakon vállat érhet el a nyak kialakító szakaszban.

16. Hazim Nasir Ghafil, Dr. Jármay Károly: 71
OPTIMÁLÓ ALGORITMUSOK ROBOTOK
INVERZ KINEMATIKÁJÁHOZ MATLAB
FORRÁSKÓDDAL

Ez a cikk módszertant mutat be az inverz kinematikai probléma megoldására bármilyen robotkarra optimáló algoritmusok felhasználásával. A direkt kinematika általában egyszerű elemzés minden robot számára, míg az inverz kinematika sok esetben nehezen megoldható. Ennek a módszertannak a bemutatására az 5DOF forgócsukló rész példáját alkalmaztuk, a forráskódot MATLAB-ban írva a célfüggvényhez. A cél minimálása érdekében a DDAO dinamikus differenciál optimáló algoritmust használtuk.

17. Alaa Al-Fatlawi, Dr. Jármay Károly,
Dr. Kovács György: 75
NAPELEMES SZENDVICS PANELEK
OPTIMÁLIS MÉRLETEZÉSE MŰHOLDAS
ALKALMAZÁSOKHOZ

A cikk célja a napelemes szendvicspanelek optimális kialakításának méretezése mikroszatellit alkalmazásokhoz. A szendvicspanel alumínium méhsejt magból és alumínium anyagú lapokból áll. Ebben a tanulmányban bemutatják az alumínium lapokkal és méhsejt maggal ellátott szendvicspanel együttes súly- és / vagy költségoptimalizálásának módszertanát.

18. Chahboub Yassine, Dr. Szávai Szabolcs: 80
A BACK PROPAGATION MÓDSZER
ALKALMAZÁSA A GTN PARAMÉTEREK
MEGHATÁROZÁSÁBAN

A Gurson – Tvergaard – Needleman (GTN) modell egy hatékony megközelítés, amelyet laboratóriumi minták alapján a csővezetékek meghibásodásának előrejelzésére használnak. A GTN paraméterek egyértelmű meghatározásához sok idő szükséges. A GTN-paraméterek megtalálásának és az anyagok károsodásának előrejelzésére irányuló azonnali stratégia a megfelelő arány megtalálása a kísérleti és a véges elem eredményei között.

19. Bolló Betti: 83
A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS SORÁN
ALKALMAZOTT KAVITÁCIÓS
ELJÁRÁSOK ÁTTEKINTÉSE

Ebben a tanulmányban különböző kavitációs eszközöket mutatunk be. Végül a tervezett Venturi csővön két-dimenziós numerikus szimulációkat vizsgáltak CFD számítások segítségével.

20. Kiss László Péter: 87
A TÁMASZ ELMOZDULÁSÁNAK ÉS
FORGÁSÁNAK HATÁSA GÖRBE RUDAK
STABILITÁSÁRA

A cikk célja annak feltárása, hogy a támasztási állapot apró hiányossága hogyan befolyásolhatja a körívek megengedett terhelését, hogy megakadályozza a kihajlást. Az egydimenziós tartó modell az egyrétegű Euler-Bernoulli elméleten alapszik. A statikus egyenleteket a virtuális munka elvéből nyerjük. Az eredmény grafikusán kerül ábrázolásra.

21. Fiák Lilla, Dr. Bencs Péter: 90
NAPELEM, MINT A JÖVŐ ÚTTÖRŐJE

A napelemek piaca a hetvenes évek közepéig nem volt hozzáférhető a magánszemélyek számára, de ma már széles körben elterjedt és gyakorlatilag bárki számára elérhető. Számos napelemes alkalmazásról tudunk ma, mégis ezek csak a világ energiaellátásának néhány százalékát tudják fedezni. Képesek lesznek a jövőben szélesebb körben elterjedni a világpiacra, és nagyobb szerepet játszhatnak az energiaigények kielégítésében? A cikk kiemeli a kérdés megválaszolásához szükséges kulcsfontosságú témákat, például az újrahasznosíthatóság vagy az ár kérdését.

Ezúton köszönjük mindazon bírálók segítségét, akik részt vettek a folyóirat aktuális cikkeinek szakmai véleményezésében.

Bolló Betti, Bencs Péter, Czégé Levente, Cservenák Ákos, Demjén Ferenc, Dömötör Ferenc, Fortuna László, Gáspár Marcell, Jármay Károly, Joó Gyula, Kalmár László, Kántor Péter, Kiss László, Kovács György, Kovács Péter Zoltán, Kozsely Gábor, Kullmann László, Lukács Zsolt, Madácsi Attila, Mankovics Tamás, Marosné Berkes Mária, Nagy Szilárd, Orbán Ferenc, Spisák Bernadett, Szabó J. Ferenc, Szabó Szilárd, Szamosi Zoltán, Szilágyi Attila, Takács Ágnes, Telegdi Judit, Timár Imre, Váradi Károly, Venczel Gábor, Virág Zoltán

NAPELEM, MINT A JÖVŐ ÚTTÖRŐJE

PHOTOVOLTAIC AS A FUTURE PIONEER

Fiák Lilla*, Dr. Bencs Péter**

ABSTRACT

The market for solar panels was inaccessible to private individuals until the mid-1970s, but today it is now widespread and accessible to virtually anyone. We know of many applications for solar panels today, yet they can only cover a few percent of the world's energy supply. Will they be able to spread more widely on the world market in the future and play a greater role in meeting energy needs? The article highlights the key topics needed to answer this question, such as the issue of recyclability or price.

1. BEVEZETÉS

Napjainkra bebizonyosodott, hogy a fosszilis tüzelőanyagok nem képesek az örökkévalóságig kielégíteni a világ energiaigényét, illetve a magas CO₂ kibocsátás szempontjából sem ideálisak. A megoldáskeresés kétségtelenül a megújuló energiaforrások irányába indult el. Ezt bizonyítja az Európai Unió energiapolitikája is, mely a jövőben főként a napenergiát hasznosító rendszerek széles körű fejlesztésére, elterjesztésére törekszik (1. ábra).

A felismerés, mely szerint érdemes a napenergiával foglalkozni, a 19. századra tehető. 1839-ben a francia fizikus, Alexandre Edmond Becquerel először demonstrálta sikeresen a fotovoltikus hatást. Ezt követően létrehozta a világ első fotovoltikus elemét, amely a napban rejlő lehetőségek kihasználásának egyik fontos kezdeti lépéseként rögzíthető.

Az első napelem megépítése Charles Fritts nevéhez fűződik (1883). Az eszköz akkoriban körülbelül 1%-os

hatékonysággal tudott működni. Az első valóban hatékony, szilícium alkalmazásával készült napelemet a Bell laboratórium hozta létre 1954-ben. Az ezt követő két évtizedben a fejlesztések leginkább az űrtechnológia területén folytak, így a napelemek ára sokáig magasan maradt. Az olcsóbb, átlagemberek számára is elérhető termékek 1973-ban – épp a nagy olajválság idején – kezdtek megjelenni a piacon. [1]

2. A NAPELEMEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI NAPJAINKBAN

A ma használatos napelemeknek számos fajtáját különböztethetjük meg. Az egyik legelterjedtebb típus az ún. kristályos napelem. Az elnevezés onnan ered, hogy szilícium panelek felhasználásával készülnek. Átlagos élettartamuk körülbelül 30 év. A kristályos napelemek két típusa létezik: a monokristályos és polikristályos verzió.

Monokristályos napelem:

Ahogy a nevéből is kikövetkeztethető, a napelemet egy szilícium tömb alkotja, amit egyenlő részekre osztanak fel. Hatásfoka kb. 16-19%, felhős, illetve túl forró időben ez a mutató azonban romlik [2, 3].

Polikristályos napelem:

A típus jellegzetessége, hogy több szilícium tömb alkotja, amelyek ónszalaggal vannak összeferasztva. Felhős időben hatékonyabb, mint a monokristályos napelem, azonban összegezve az időjárási viszonyokat, a hatékonysági mutatója kb. 13-18% körülire tehető [2].



1. ábra Megújuló energiát hasznosító villamosenergia-termelő kapacitások alakulásának elvárásai



2. ábra Napelemes tetőcserepek [4]

* hallgató, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

** egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

2 hektárnyi külön használatú föld



1 hektár

100% búza

+



1 hektár

100% napenergia

=

100% búza

100% napenergia

2 hektárnyi kombinált használatú föld: 60% hatékonyságnövekedés



1 hektár

80% búza

80% napenergia

+



1 hektár

160% búza

160% napenergia

=

160% búza

160% napenergia

Napjainkban nagy problémát jelent a különböző napelemparkok méretes helyigénye. Ennek kiküszöbölésére találták ki a mezőgazdasági területeken történő napelem telepítéseket. Az eredmény magáért beszél: a mezőgazdasági területek kettős felhasználása 60 százalékkal növeli a földhasználat hatékonyságát [6].

Szintén nagy problémát jelent a nagyobb városokban fellelhető nagyméretű passzív betonfelületek kérdése. Kínában az ilyen felületek előnyös kihasználására elkezdtek napelemes bicikliutakat és járdákat létrehozni [7]. A rendszer jelenleg tesztelési fázisban van, ami magával hozza azt a kérdést, hogy vajon merre halad a jövő?

A tény vitathatatlan, hogy jelenleg a napenergia a világ leggyorsabban növekvő megújuló energiaforrása. Kérdés azonban, hogy bekerülhet-e jelentősebben a közeljövő energiatermelésébe? Az IRENA (International Renewable Energy Agency) szerint a válasz: igen. Becsléseik szerint 2050-re az energiatermelésben a megújuló energiaforrások 86%-os részesedéssel vesznek majd részt [8]. A kutatás szerint a második legnagyobb villamosenergiatermelő kapacitást a napelemes rendszerek érhetik el, amelyek így a világ teljes energiaigényének 25%-os kielégítésére lesznek képesek [8,9]. Mindemellett a becslés szerint 2050-re a

Az EPIA (European Photovoltaic Industry Association) szintén fényes jövőt jósol a napelemek számára, bár az általuk megalkotott egyik tanulmány leszögezi, hogy ehhez a hálózati rendszer jelentős fejlesztésére van szükség [10].

	2010	2018	2030	2050
(USD/kWh)	0.37	0.085	0.08 - 0.02	0.05 - 0.01

3.1. Ár

91

költségek csökkenése közel sem olyan jelentős, mint például a 2010 és 2018 közötti időszakban.

Az árazás kapcsán meg kell említeni a különböző – átlagemberek számára is igénybevehető – támogatási lehetőségeket. Vajon mi történik majd akkor, ha az államok nem nyújtanak akkora ösztönző finanszírozási segítséget a napelemek telepítéséhez, mint manapság? A választ előre sajnos nem lehet tudni, a kérdés ellenben mindenképp elgondolkodtató.

3.2. Hatékonyságnövelés, újrahasznosíthatóság kérdése

Napjainkban egyre több kutatás, fejlesztés irányul a napelemek hatékonyabbá tételére, hiszen a jelenlegi, körülbelül 20%-os eredmény nem mondható igazán effektívnek. A hagyományos táblák egyik nagy problémája, hogy a látható fény hasznosítását csak kis tartományban tudják megvalósítani. A helyzet javítására az amerikai Rice Egyetem tudósai megalkottak egy rendkívül ígéretes elméletet. Ennek kiküszöbölését teheti lehetővé az amerikai kutatók új felfedezése, mellyel a napelemek hatékonysága a mostani 20%-ról akár 80%-ra nőhet [11]. Az elmélet lényege a napelemek által felvett hőenergia fénné alakítása, majd az azzal történő energiatermelés. Habár a fejlesztés még kezdetleges és főként elméleti síkú, a megoldás nagyon ígéretes lehet.

Hatékonyságnövelés kapcsán azonban felmerül a kérdés, hogy vajon mit tehetünk a jövőben a régi, elhasznált darabokkal? Már jelenleg sem tekinthető elhanyagolhatónak a probléma, hogy egyre több használt napelem végzi a szemétként. A fotovoltaiikus (PV) panel hulladékának exponenciális növekedése várhatóan a 2016. évi 100 ezer tonnáról 2050-re 60–70 millió tonnára nő majd [12, 13]. A problémával tehát mindenképp foglalkozni kell.

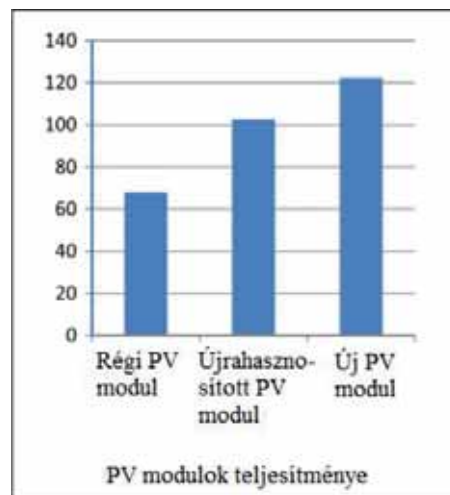
Napjainkban több módszer is létezik a napelemek újrahasznosítására. Az egyik ilyen az ún. FRELP újrafeldolgozási folyamat, amelyet a világ egyik legfejlettebb technológiájának tekintik a napelem újrahasznosítás területén [12]. A folyamat lényege, hogy szállítás után a PV modulokat egy automatizált rendszerbe helyezik a bontáshoz, ahol különválogatják a kereteket, kábeleket és műanyagokat. A hulladékpanelek ezután egy üvegszétválasztási folyamaton mennek keresztül. Ezt követően egy égetőműben folytatódik az eljárás. Az égetés során keletkezett hamut szitálják és savmosással kezelik. Ezután a savas oldatból szűréssel kinyerik a szilíciumot, majd elektrolízissal az ezüstöt és a rézet. A folyamat becsült újrahasznosítási aránya 83% [12].

Egy ígéretes kutatás során a King Saud Egyetem hallgatói egy szimuláción keresztül vizsgálták a régi napelemek újrahasznosításával elérhető hatékonyságot. Kutatásuk szerint a napelemekből kinyert anyagok körülbelül 90%-a újrafeldolgozható, a műveletet

követően pedig újabb 25-30 évig működőképes lehet a korábban már elhasznált napelem [14]. A szimuláció során kinyert teljesítménybeli eredményeket a 6. ábra mutatja be. Az eljárás jelenleg csak szimuláció szintjén valósult meg.

3.3. Időjárás

A napelemek ugyancsak nagy problémája az időjárásfüggőség. Kezdeti megoldások viszont már ma



6. ábra A PV modulok teljesítménye (W) [14]

is léteznek. Kínai kutatók grafén réteggel vontak be paneleket, amik így az esőcseppek segítségével képesek az áramtermelésre. Az elmélet lényege, hogy a vízben lévő sók pozitív ionjait a grafén elektronjai megkötik. A kialakuló két réteg között fellépő energiakülönbség termeli az áramot. A módszer segít, hogy a napelem nem csak napos, hanem esős időben is kihasználható legyen. Igaz, laboratóriumi körülmények között jelenleg mindössze 6-7% körüli hatékonyságot tudnak elérni a módszerrel [15].

3.4. Esti órák kihasználása

Az időjárás mellett másik nagy kérdés az esti energiatermelés biztosíthatósága. Manapság elkezdtek megjelenni az éjszaka is áramot termelő napelemek. A Kaliforniai Egyetem egyik kutatójának sikerült kifejlesztenie egy olyan prototípust, amely képes akár 50 W/m² energia előállítására az éjszaka folyamán [16]. Az eszközt fordított napelemnek nevezte el, mivel a hagyományos napelemmel szemben – amik a fotonok által generált feszültséget hasznosítják – a prototípus a felhevült tárgyak éjszakai hőleadását használja ki. A módszer képes megteremteni a napszakok közötti hálózati energiaellátás egyensúlyát, így a fejlesztés mindenképp a napenergiahasznosítás egyik újabb mérföldköveként könyvelhető el.

3.5. Tárolás

Számos kutató dolgozik a napsütéses órákban megtermelt felesleges energia hasznosíthatóságának

módszerén. A svédek úgy tűnik sikeres megoldást fejlesztettek ki a probléma megoldására [17]. Az elmélet szerint a napenergiát hő formájában akár több évtizeddel később is hasznosítani tudják. Kutatásuk alapja, hogy egy szénből, nitrogénből és hidrogénből álló molekula segítségével valósul meg a tárolás. A megoldás ma még kezdeti szinten áll, a fejlesztésekhez, illetve a technológia széles körűvé válásához ugyanis sok pénzre van szükség. Az ötletgazdák tervei szerint az általuk megálmodott burkolat három éven belül, míg a tárolóegység hat éven belül jelenhet meg a piacon.

A túlermelt energiamennyiség felhasználásának egyik módja napjainkban a visszatáplálás. Kezdetben ez a módszer Németországban például nagyon hatékonyan működött, manapság azonban az állam próbálja arra ösztönözni a felhasználókat, hogy saját maguk használják el a megtermelt energiájukat. Az átvételi ár a háztartási méretű napelemes rendszerek esetében szinte folyamatosan csökkent az évek során (7. ábra).



7. ábra Az áramszolgáltató által biztosított energiaátvételi árak évenkénti bontásban [18]

4. A NAPELEMEK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI NAPJAINKBAN

Ami leginkább megkülönbözteti a napelemet más megújuló energiaforrásoktól, az a sokoldalúsága. A vízenergia például kifejezetten rugalmatlan, hiszen alkalmazása a helyi erőforrásokra korlátozódik. A szélenergia nagy hátránya pedig, hogy szél erőművek telepítése csak olyan helyen hatékony, ahol a szél viszonylag egyenletesen fúj. Ezekkel szemben a nap gyakorlatilag szinte bárhol elérhető. A napelemek nagy előnye, hogy önálló áramforrásként már meglévő szerkezetekbe, anyagokba integrálhatók, ezzel is bizonyítva sokoldalúságukat. Persze mint mindennek, a napelemnek is vannak hátrányai. Ilyen például a méretes helyigénye. Ennek kapcsán felmerülhet a kérdés, vajon mi lesz a tényleges sorsa annak a rengeteg területnek, ahová napelemtáblákat telepítenek – mert bizony nagy problémát jelent az is, hogy a rengeteg támogatás miatt szinte mindenhol próbálnak napelemparkokat építeni. [19]

A jelenlegi formában a napelem nem biztos, hogy helytálló tud lenni, helyette inkább más megújulókkal

szükséges összekapcsolni. Ilyen reményteli megoldás például a hőszivattyúval történő párosítás. Jelenleg nem létezik olyan technológia, mellyel hatékonyabban lehetne felhasználni az elektromos áramot az épületek fűtésére, mint a talajkollektoros hőszivattyú és napelem párosítása. Az összekapcsolt rendszer előnye a hagyományos, levegőt hasznosító, napelem nélküli hőszivattyús rendszer alkalmazásához képest, hogy nagyobb hatékonyságot lehet elérni, alacsonyabb áron [20]. A megoldás passzív házaknál is kitűnően alkalmazható. Szintén ígéretes az ún. hibrid napelem, amely gyakorlatilag a napelem és a napkollektor kombinációja. A rendszer lényege, hogy az elektromos áram termelése és a melegvíz létrehozása egyaránt biztosított. A napelem hatékonysága így akár 30%-kal is megnőhet [21].

Véleményünk szerint a kérdésekre adott válaszok igazolják, hogy a napelemek elindultak egy nagymértékű, sokrétű fejlődés útján. Látszik azonban, hogy a fejlesztések, törekvések – habár rendkívül ígéretesek – még elméleti sikokon mozognak, amik önmagukban kevesek. Éppen ezért, azt biztosra megjósolni, hogy a napelemek hosszú távon, hatékonyan fognak-e tudni részt venni a világ energiaellátásában, ma még nem igazán lehet. Úgy gondoljuk, hogy a hibrid rendszerek hozhatják el a várt nagy sikereket, például a fent említett hőszivattyú + napelemes kombináció. Ezek elterjedéséhez véleményünk szerint azonban főként ilyen irányú pályázatokra van szükség, amik sajnos napjainkban még aligha jelentek meg az állampolgárok számára.

5. ÖSSZEGZÉS

A napelemek jelenleg a világon a leggyorsabb ütemben növekedő megújuló energiaforrások. Ennek fényében nem is meglepő, hogy sokan nagy reménységgel teli szerepet könyvelnek el számukra a jövő energiaellátásában. Sajnos azonban kevesen látják a világban kevésbé kihangsúlyozott árnyoldalakat. Vajon mennyire fogja bími hosszú távon a jelenleg kiépített hálózati rendszer a nagymértékű terhelést? Vajon képesek lesznek-e – a jelenleg még csak elméleti szinteken megvalósuló – kutatások, fejlesztések olyan jelentős mértékű áttöréseket elérni, amelyek tényleg biztosíthatják a napelem számára a hosszútávú, életképes jövőt? Nehéz megmondani, hogy hogyan alakul majd a jövő energiatermelésének összetétele, az azonban biztos, hogy habár az irány, ami elindult a fejlődés felé, az mindenképp kedvező, a jelenlegi törekvéseknél nagyobb áttörés elérésére van szükség.

Úgy gondoljuk, a jövő megoldását a megújuló energiaforrások összekapcsolt rendszerei hozhatják el számunkra, ehhez azonban manapság sajnos még sok feltétel nem biztosított. Véleményünk szerint ahhoz, hogy ily módon jelentős előrelépéseket érthessünk el, illetve, hogy esetlegesen elindulhasson a megoldás

népszerűsítése, szakemberek képzésére, technológiai fejlesztésekre és támogatások létrehozására lenne szükség.

6. IRODALOM

- [1]. A napelem történetének áttekintése. (2016. February 17.) Alternatív Energia. <https://alternativenergia.hu/a-napelem-tortenetenek-attekintese/74541>
- [2] Napelemek fajtái – Mi a különbség köztük? (2020. February 13.) Magyar Napelem Napkollektor Szövetség. <https://www.mnnsz.hu/napelemek-fajtai/>
- [3] WINGERT H. The future of Solar Power. (2021. January 28) Luftt Blog. <https://www.luftt.com/blog/en/the-future-of-solar-power/>
- [4] The future of solar energy – a look at future solar technology: Landmark dividend. (2019. September 12). Retrieved February 18, 2021, from <https://www.landmarkdividend.com/the-future-of-solar-energy>
- [5] SZABÓ M.I.: A Teslát előzheti a magyar napelemes tetőcserep. (2019. April 24) Napi.Hu. https://www.napi.hu/magyar_vallalatok/napelemes-tetocserep-tesla-terran-generon.682938.html
- [6] Harvesting the sun for power and produce – agrophotovoltaics increases the land use efficiency by over 60 percent - fraunhofer ise. (2021, January 13). Retrieved February 18, 2021, from <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2017/harvesting-the-sun-for-power-and-produce-agrophotovoltaics-increases-the-land-use-efficiency-by-over-60-percent.html>
- [7] Kínai napelemes járda. EU-Solar Zrt. (2020b, August 18). <https://www.eu-solar.hu/blog/kinai-napelemes-jarda/>
- [8] IRENA. (2019, November). Future of Solar Photovoltaic. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf
- [9] Napenergia: most jöhet csak az igazi boom, tízszeresedhet a hazai kapacitás. (2019, April 4). Magyar Napelem Napkollektor Szövetség. <https://www.mnnsz.hu/napenergia-most-johet-csak-az-igazi-boom-tizszerezodhet-a-hazai-kapacitas/>
- [10] SCHEPP .P. (2020). Napelemek jövője Európa energiaellátásában. Magyar Atomfórum Egyesület. http://www.atomforum.hu/enstat/napelemek_jovoje.htm
- [11] 80%-ra növekedhet a napelemek hatékonysága. (2020, January 16) Alternatív Energia. <https://alternativenergia.hu/80-ra-novekedhet-a-napelemek-hatekonysaga/88730>
- [12] ARDENTE, F., LATUNUSSA, C.E., BLENGINI, G. A.: Resource efficient recovery of critical and precious metals from waste silicon PV panel recycling. *Waste Management*, Vol. 91(2019), pp. 156-167.
- [13] Portfolio.hu. (2020, August 21). Súlyos következményei lesznek, ha nem oldjuk meg a használt napelemek újrahasznosítását. <https://www.portfolio.hu/uzlet/20200821/sulyos-kovetkezmenyei-lesznek-ha-nem-oldjuk-meg-a-hasznalt-napelemek-ujrahasznositasat-445544>
- [14] ASHFAQ H., HUSSAIN I., GIRI A.: Comparative analysis of old, recycled and new PV modules. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, Vol. 29 No.1 (2017), pp. 22-28.
- [15] A megújuló energiaforrások jövője? Ezért jelenti a napelem a jövőt. (2017, July 27). Retrieved February 18, 2021, from <https://www.napelemek-napkollektorok.hu/magazin/napenergia/ezert-jelenti-napelem-jovot/>
- [16] alternativenergia.hu. Éjszaka is munkára foghatjuk a napelemet. (2020. June 17). Élő Bolygónk. https://www.elobolygonk.hu/Innovativ_trendek/Energia/2020_06_17/ejszaka_is_munkara_foghatjuk_a_napelemet
- [17] mnnsz.hu. A svédek megtalálták a megoldást a napenergia tárolására. (2019. November 6). Élő Bolygónk. https://www.elobolygonk.hu/Innovativ_trendek/Energia/2019_11_06/a_svedek_megtalaltak_a_megoldast_a_napenergia_tarolasara
- [18] PAPP L.: Így támogatják a napelemeket Németországban. (2020. May 22) Villanyautósok. <https://villanyautosok.hu/2020/05/23/igy-tamogatjak-a-napelemeket-nemetorszagban/>
- [19] GEEK M. E.: Comparing The 3 Most Promising Renewable Energy Sources. (2017. January 18) My Energy Geek. <https://myenergygeek.com/comparing-the-3-most-promising-renewable-energy-sources/>
- [20] Keiner D., Ram M., Noel L., Bogdanov D., Breyer C.: Cost optimal self-consumption of PV prosumers with stationary batteries, heat pumps, thermal energy storage and electric vehicles across the world up to 2050. *Solar Energy*, Vol. 185(2019), pp. 406-423.
- [21] Kft., P. S. S. (2020). Hibrid napelem. Pentele Solar System Kft. <https://innovativnapelem.hu/hibrid-napelem.html>