

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI

BIOTECHNOLÓGIA



V. évfolyam 3-4. szám

2014. október

TARTALOM

oldal

Díjnyertesek a Pannon Egyetemen.....	34
Bakonyi P.: Membrános gázszeparáció vizsgálata biohidrogén szeparációjára.....	38
Konferencia beszámoló (ICOM).....	41
Membrános Nyári Egyetem, Cetraro.....	44
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	47

Díjnyertesek a Pannon Egyetemen

A Pannon Egyetemen a Mérnöki Kar „Kiváló Kutatója” díját 2014-ben Dr. Nemestóthy Nándor egyetem docensnek (Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet) ítélte oda Kari Tanács.

A Morvai György Diplomamunka pályázat I. díját nyerte el Hutvágner Dániel környezetmérnök BSc és Rózsenberszki Tamás környezetmérnök MSc szakos hallgató, akik szakdolgozatukat illetve diplomadolgozatukat szintén az intézetben készítették el.

A díjazottaknak gratulálunk.



Rózsenszki Tamás:

**Királyszentistváni hulladéklerakó telepről származó biológiai hulladék
biogáz termelő potenciáljának vizsgálata**

Diplomadolgozat, Környezetmérnök MSc szak,
Pannon Egyetem, Veszprém, 2014

Témavezetők: Bélafiné Bakó Katalin, Kurdi Róbert

Az utóbbi években, évtizedekben az emberiség kezd ráébredni a környezetvédelem és a fenntartható fejlődés fontosságára. Bizonyos országokban történtek és történnek most is, kisebb nagyobb előrelépések ezen a területen, azonban sok helyen még gyerekcipőben jár.

Magyarországon a királyszentistváni hulladéklerakó telep is egy ilyen lépést szeretne megtenni, mégpedig a beérkező kommunális hulladék szerves frakciójának anaerob kezelésével. A kutatásom során azt vizsgálom, hogy a hulladéklerakóból származó biofrakció préselve, alkalmas-e az anaerob kezelésből származó biogáz termelésre. A biogáz, mint megújuló energiaforrás felhasználható, valamint az ország energiafüggősége szempontjából is fontos ezen biotechnológiai eljárások előtérbe kerülése, illetve a fosszilis energiafelhasználás csökkentése.

Dolgozatom első felében a témához kapcsolódó szakirodalmi összefoglalást végzek magáról a biogázzal, kialakulásáról, felhasználási lehetőségeiről, előnyeiről, nehézségeiről, valamint jelenlegi helyzetéről európai és magyarországi viszonylatban. Ezután rátérek a királyszentistváni hulladéklerakó rövid ismertetésére, és a vizsgálandó anyag jellemzőire. Kitérek továbbá az alkalmazott laboratóriumi módszerek bemutatására, majd a tényleges kutatásom folyamatára. Bemutatom a kezdeti kísérleti elővizsgálatokat, mivel ezzel a mintával nem történt eddig ilyen jellegű mérés. Az elővizsgálatok tapasztalatait figyelembe véve egy új mérési sort vizsgálom. A 40 napos mérést

követően egy további kísérletet végeztem az előző vizsgálatból maradt, adaptálódott baktériumokat felhasználva. Ezek alapján a kiértékelés révén kerestem a megfelelő présvíz, illetve beoltóiszap keverési arányokat, melyekkel elérhető lehet az optimális gázkihozatal és gázösszetétel. Az eredményeket mérlegelve arra jutottam, hogy megfelelő körülmények között a hozott présvíz minta alkalmas a biogáz termelésre.

Kulcsszavak: anaerob biodegradáció, biogáz, megújuló energiaforrás, fenntartható fejlődés, hulladékkezelés, présvíz minta

Hutvágner Dániel:

Biohidrogén fermentálás hulladéklerakó telep biológiai eredetű komponenseiből

Szakdolgozat, Környezetmérnök BSc szak, Pannon Egyetem, 2014

Témavezető: Nemestóthy Nándor

A királyszentistváni hulladékkezelő telepen, amely hazánk egyik legkorszerűbb technológiájával rendelkezik, a biológiai ártalmatlanítás komposztálással valósul meg. Kutatásom során az elsődleges feladatomban az volt, hogy megvizsgáljam a biohidrogén előállítás lehetőségeit a telepen leválasztott biológiai frakcióból préseléssel kinyert szennyvízből. Ehhez a Pálhalmai Agrospeciál Mezőgazdasági Termelő, Értekesítő és Szolgáltató Kft. anaerob rothasztójából származó iszapot használtam beoltó kultúraként. Méréseim arra irányultak, hogy megtaláljam a beoltó iszap, és a leprélt hulladék magas szerves anyag tartalmú levének, megfelelő összetételű keverési arányát, és a fermentáló közeg, optimális kezdeti pH beállítását. Meghatároztam az előkísérletekből az optimum várható tartományát, melyre egy kísérleti tervet állítottam fel. Ezzel megállapítottam, hogy melyik beállított paraméterek kedveznek a magasabb hidrogén produktumnak. A kísérleti terv statisztikai analízisét is elvégeztem ahol a keverési arány, és a kezdeti pH hatásait vizsgáltam. A kapott eredmények alapján megállapítottam, hogy a két általam vizsgált faktor milyen irányú változtatása közelítheti a termelő biohidrogén optimumát. Összességében elmondhatjuk, hogy a megfelelő paraméterek megválasztásával, a királyszentistváni hulladéklerakóból származó préselt alkalmas hidrogén fermentálására.

Kulcsszavak: biohidrogén, biológiai ártalmatlanítás, statisztikai analízis, préselés

Membrános gáz szeparáció vizsgálata biohidrogén tisztítására

Bakonyi Péter

Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet

Pannon Egyetem

8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

A biohidrogén hosszú távon a jövő egyik ígéretes energiahordozója lehet. A technológia hatékonyságát számos paraméter befolyásolja mind az előállítás [1,2], mind pedig a szeparáció oldaláról nézve [3]. Az utóbbi területet tekintve meg kell említsük, hogy a hidrogén tisztaságának növelése kiemelt kérdés, hiszen felhasználása pl. üzemanyagcellákban ezt megkívánja [4]. A biohidrogén – az előállítás módjától függően – számos komponenssel lehet szennyezett, hiszen sötét fermentáció esetén a folyamatban aktívan résztvevő mikrobák – akár tiszta [5,6] akár kevert kultúrák [7] – a hidrogén mellett szén-dioxidot, s egyéb nyomgázokat, úgymint kénhidrogén, ammónia, stb. állítanak elő [8]. A gáztisztítási lépés feladata ezen felsorolt, nem kívánatos anyagok minél hatékonyabb eltávolítása, a hidrogén kinyerése [9,10]. Az elmúlt 10 hónapos időszakban a Pannon Egyetem Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézetében egy a Nemzeti Kiválóság program keretében megvalósult kutatás a biohidrogén koncentrációját vizsgálta, eddig még erre a célra nem alkalmazott polimer membrán segítségével. A projekt eddigi eredményei alapján elmondható, hogy a tesztelt PDMS anyagú membrán modul egy potenciális jelölt, mellyel a hidrogén dúsítása megfelelő üzemeltetési körülmények között elérhető, akár valós fermentációs gázelegyből is. A gáz szeparációs modul fermentációs gázelegyekkel történő teszteléséhez egy újszerű integrált rendszer került kialakításra, melyben a PDMS membrán közvetlenül a hidrogéntermelő bioreaktorhoz kapcsolódik, s így szeparációs tulajdonságai, úgymint permeabilitás és szelektivitás valós előállítási kondíciók mellett értékelhetők [11]. A munka folytatásában további méréseket tervezünk, melyekben az egyes, alacsony koncentrációban jelenlévő nyomgázoknak a membrán teljesítőképességére vonatkozó hatását szeretnénk meghatározni.

Köszönetnyilvánítás

Bakonyi Péter köszönetet mond a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program” című kiemelt projektnek, mely az Európai Unió és Magyarország támogatásával, s az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Referenciajegyzék

- [1] Bakonyi P, Nemestóthy N, Simon V, Bélafi-Bakó K. Review on the start-up experiences of continuous fermentative hydrogen producing bioreactors. *Renew Sust Energ Rev* 2014;40:806-813
- [2] Bakonyi P, Nemestóthy N, Simon V, Bélafi-Bakó K. Fermentative hydrogen production in anaerobic membrane bioreactors: A review. *Bioresour Technol* 2014;156:357-63
- [3] Bakonyi P, Nemestóthy N, Bélafi-Bakó K. Biohydrogen purification by membranes: An overview on the operational conditions affecting the performance of non-porous, polymeric and ionic liquid based gas separation membranes. *Int J Hydrogen Energy* 2013;38:9673-87
- [4] Z. Pientka, J. Peter, J. Zitka, P. Bakonyi. Application of polymeric membranes in biohydrogen purification and storage. *Curr Biochem Eng* 2014;1:99-105
- [5] Bakonyi P, Nemestóthy N, Lövitusz É, Bélafi-Bakó K. Application of Plackett-Burman experimental design to optimize biohydrogen fermentation by *E. coli* (XL1-BLUE). *Int J Hydrogen Energy* 2011;36:13949-54
- [6] Bakonyi P, Nemestóthy N, Ramirez J, Ruiz-Filippi G, Bélafi-Bakó K. *Escherichia coli* (XL1-BLUE) for continuous fermentation of bioH₂ and its separation by polyimide membrane. *Int J Hydrogen* 2012;37:5623-30
- [7] Bakonyi P, Borza B, Orlovits K, Simon V, Nemestóthy N, Bélafi-Bakó K. Fermentative hydrogen production by conventionally and unconventionally heat pretreated seed cultures: a comparative assessment. *Int J Hydrogen Energy* 2014;39:5589-96
- [8] Ramírez-Morales JE, Tapia-Venegas E, Nemestóthy N, Bakonyi P, Bélafi-Bakó K, Ruiz-Filippi G. Evaluation of two gas membrane modules for fermentative hydrogen separation. *Int J Hydrogen Energy* 2013;38:14042-52

- [9] Bakonyi P, Kumar G, Nemestóthy N, Lin CY, Bélafi-Bakó K. Biohydrogen purification using a commercial polyimide membrane module: studying the effects of some process variables. *Int J Hydrogen Energy* 2013;38:15092-9
- [10] K. Bélafi-Bakó, N. Nemestóthy, P. Bakonyi. Separation of gases using membranes containing ionic liquids. "Ionic Liquids in Separation Technology" edited by Antonia Pérez De Los Ríos & Francisco José Hernández Fernández, Elsevier, pp. 261-273, Amsterdam, 2014
- [11] P. Bakonyi, N. Nemestóthy, J. Lankó, I. Rivera, G. Buitrón, K. Bélafi-Bakó. Simultaneous biohydrogen production and purification in a double-membrane bioreactor system. *Int J Hydrogen Energy*, Accepted manuscript, doi:10.1016/j.ijhydene.2014.12.002

Konferencia beszámoló ICOM, Suzhou, Nanjing

A membrános műveletekkel foglalkozó közösség legfontosabb világkonferenciája a háromévente megrendezésre kerülő International Congress on Membranes and Membrane Progresses (ICOM), idén már a 10-et szervezték, most először Kínában. A konferencián több mint 1300-an vettek részt, döntő többségben Ázsiából, 290-en Európából, mintegy 80-an Amerikából és 40-en Ausztráliából érkeztek. A hat nap alatt 540 előadás hangzott el és 670 poszttert mutattak be a membránokkal, membrános műveletekkel kapcsolatban.

A konferenciát négy plenáris előadás foglalta keretbe. Az első napon hangzott el W. J. Koros amerikai professzor „Membrane Technology Pathways to Low Energy Intensive Large Scale Gas Separations”, melyben a jövő energiahatékonyságának eléréséhez a gáz szeparációt tekintette a legfontosabb fejlesztendő területnek. Kiemelte, hogy hagyományos szeparációs technikákat alkalmazva 2050-re az ipari energiafelhasználás 75 százalékát az elválasztás-technika használná fel.

A házigazda (Membrane Science & Technology Research Center, Nanjing Tech University,) részéről Yiqun Fan is hatékony fenntartható folyamatokhoz történő hozzájárulást emelte ki „Inorganic Membranes for Sustainable Industry Processes” című előadásában.

A konferencia végén a szingapúri (Neal) Tai-Shung Chung „Polymeric membranes for clean water production and osmotic power generation” című előadásában beszámolt a Department of Chemical and Biomolecular Engineering, National University of Singapore és a Water Desalination & Reuse során ma már egyformán fontos az energia hatékony víztisztítás és az energia előállítás.

Matthias Wessling professzor (Chemical Process Engineering, RWTH Aachen University) „Geometry matters” záró előadásában felvetette, hogy a hagyományos vegyészmérnöki látásmódnak, mely a $T \cdot p \cdot x$ (hőfok-nyomás-koncentráció) hármásra épült, át kell alakulnia egy energiahatékonyabb szemléletre, amely főleg a biomérnökségre épül.

A szekció előadások az alábbi csoportokban kerültek megrendezésre:

- 1 Membrane Formation / Modification / Characterization
- 2 Ultrafiltration / Microfiltration
- 3 Pervaporation / Vapor Separation
- 4 Inorganic Membranes
- 5 Mixed Matrix Membranes
- 6 Responsive Membranes / Biomembranes
- 7 Novel Membranes and Processes

- 8 Modeling and Simulation
- 9 Reverse / Forward Osmosis / Nanofiltration
- 10 Membrane Fouling
- 11 Gas Separation / Carbon Dioxide Separation
- 12 Zeolite / MOFs Membranes
- 13 Electric related Membranes
- 14 Specialized Membranes under Extreme Conditions
- 15 Membrane Reactors



Matthias Wessling a rendezők két képviselőjével

A gázzeparációs/CO₂-os szekciót – amelyen magam is tartottam egy előadást „Fermentative hydrogen production in anaerobic membrane bioreactor with integrated gas separation system” címmel – 11 ülésre osztották fel, így csak ebből a témakörből 70 előadást lehetett meghallgatni. Érdekes továbbgondolása a szén-dioxid transzportos témánknak koreai szerzők „Facilitated Olefin Transport Membrane with Modified Surface of Metallic Silver Nanoparticles” című előadása, ahol gyakorlatilag csak az aktív centrumot jellemző molekularészt használták fel.

Richard Bakker, az MTIR alapítója „Pressure Ratio and Its Impact on Membrane Gas Separation Processes,” című lendületes előadásában vázolta a gázszeparációs rendszerek gyakorlati kihívásait és biztatta a kutatókat, hogy kissé jobban forduljanak az ipar valós igényei felé.

Szinte pont az ellenkező, elméleti kémiai irányból érkezett kínai előadók „Thermally-rearranged Polybenzoxazoles from Novel Hydroxyl-based Spirobifluorene-Diamine-Containing Polyimides” című előadása, akik a poliimid membránok szelektivitását emelték meg hőkezeléses eljárásokkal.

Szintén szelektivitas növekedést lehet elérni szervesetlen alkotórészek felhasználásával, ahogy az a „Highly Permeable Gas Separation Mixed Matrix Membranes (MMMs) based on Zeolitic Imidazolate Framework (ZIF)-71 / Polyimide” című előadásban elhangzott.

Napjaink egyik legjobban kutatott, új nanotechnológiai anyaga a grafén, mely akár membrán anyagként is felhasználható Chunlei WANG, Shengyi ZHANG, Lin LI, Qiao LIU, Tonghua WANG szerint („Flexible porous graphene oxide membrane for the gas separation,,).

Jó összefoglalást adott W.S. Winston Ho a szén-dioxid szelektív membránokról „New Membranes for Carbon Dioxide Separation and Capture „ címmel.

Török szerzők (Duygu Kahraman, Cigdem Atalay-Oral, S. Birgül Tantekin-Ersolmaz) mutatták be az új típusú polimer membránok előállításának fontos paramétereit „Effect of residual solvent on the CO₂ separation properties of 6FDA-DAM membranes” című előadásukban.

Szintén a poliimid membránokkal foglalkozott Guangxi Dong „The Effect of Water Vapour on the CO₂ Separation Performance of Matrimid Membrane with Additives,, különös tekintettel a vízgőz szerepére, amit gyakran elhanyagolnak labor kísérletek folyamán.

Az első szekciót zárta a házigazdák Jongmyeong Lee, Kyung Taek Woo, Ho Sup Lee, Young Moo Lee „Formation of Defect-free Hydroxyl-containing Polyimide Asymmetric Flat Membranes for CO₂ Capture,, című előadása, ahol a mostanában újra vizsgált és alkalmazott lap típusú poliimid membránokat tanulmányozták.

Dr. Nemestóthy Nándor
egyetemi docens
Pannon Egyetem
Veszprém

Membrános Nyári Egyetem

Cetraro, szeptember 28 – október 2.

A XXXI. EMS Nyári Egyetemet „*Innovative Membrane Systems*” címmel a membrános műveletekkel foglalkozó, nemzetközileg is elismert Institute on Membrane Technology (CNR-ITM) szervezte idén. Az ITM fő célja a membránokkal kapcsolatos ismeretek magas szintű oktatása, illetve a kutatási és fejlesztési projektek elősegítése, többek között a biotechnológia, vízkezelés, gázszeperáció, egészségügy, élelmiszeripar és mezőgazdaság területén. A nyári egyetemen Magyarországról Albert Krisztina (BCE) és Rózsenberszki Tamás (PE) vett részt



Résztevők egy csoportja

Az angol nyelvű kurzusra a fiatal résztvevők Európa különböző egyetemeiről (Oroszország, Spanyolország, Olaszország, Franciaország, Belgium, Németország, Ukrajna stb.) és neves cégektől (Membrana, Cargill) érkeztek. A kint töltött majd egy hét alatt rengeteg magas színvonalú előadáson vehettünk részt, ezekből emel néhány:

- Vladimir Teplyakov a moszkvai A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis-től tartott előadást a hidrofób polimer membránok gőz elválasztásáról, azok különlegességéről, alkalmazásáról és bioreaktorokba való integrációjukról.

- Alessandra Criscuoli az Institute on Membrane Technology (CNR-ITM) Italian National Research Council –től tartott előadást a membrán kontaktorok alkalmazásáról és fő alapelveiről.
- Alberto Figoli szintén a CNR-ITM - től beszélt a membránok és bioreaktorok szennyvízkezelésben történő felhasználásukról.
- Thomas Schäfer (Ikerbasque, Spanyolország) speciális felületi jellemző technikák felderítésével tisztelte meg a hallgatóságot.
- Loredana De Bartolo pedig membrán bioreaktorokkal és emlős sejtkultúrával előállított mesterséges szervekről tartott érdekes előadást.
- Lidietta Giorno (CNR-ITM) előadásában a polimer membránok előállításáról és jellemzéséről, membrán kontaktorok és membránkristályosításról, végül az integrált membrán rendszerekről és membrán bioreaktorokról kaphattunk részletes betekintést.

Az előadásokat követően két poszter szekció alatt 57 db poszter került bemutatásra. A Rózsenszki et al.: „*Application of liquid biofraction from pressed waste in two-chamber microbial fuel cell*” című posztert a második szekcióban nézhették meg az érdeklődők. Viszonylag újkeletű témával, a kétkamrás mikrobiális üzemanyag cella egyik alkalmazási lehetőségét mutatta be a poszter, amely sok érdeklődőt és sok kérdést eredményezett. A mikrobiális üzemanyag cellák olyan bioelektrokémiai rendszerek, melyek segítségével exoelektrogén baktériumok tevékenysége révén tudunk kémiai energiából közvetlenül elektromos áramot generálni. A rendszer egyik nagy előnye, hogy olyan anyagokat is felhasználhatunk, ami számunkra már hulladéknak minősül (pl.: szennyvíz). A még kutatási szakaszban lévő rendszer továbbá képes a betáplált hulladék toxicitásának csökkentésére is, mely környezetvédelmi szempontból is kedvező. A rendszer egyik alapvető része a két kamrát szétválasztó és egyben összekötő proton-szelektív membrán (PSM). Az elhatárolás azért szükséges, mivel az úgynevezett anód kamrában anaerob körülmények uralkodnak a baktériumok zavartalan működése miatt, míg a másik, az úgynevezett katód kamrában pedig aerob, vagyis oxigén jelenléte mellett történnek a folyamatok. Az összeköttetés pedig abban nyilvánul meg, hogy az anód kamrában, az exoelektrogén baktériumok tevékenysége révén keletkező protonok, átáramolnak a katód kamrában lévő elektródára, ahol az elektronok és oxigén jelenléte mellett ártalmatlan víz képződik. A további terveink között szerepel a membránokhoz kapcsolódó kutatás is, melyhez jó alapot fog szolgálni a nyári egyetemen látottak.

A programok további részében laborlátogatáson vehettünk részt a Calabriai Egyetemen. A jelentős lélekszámú egyetemen bemutatták nekünk a Membrán Technológiai Intézetben történő kutatásokat, oktatási tananyagokat, mint például a különféle integrált membrán rendszereket, membrán bioreaktorokat, membránkristályosítás folyamatát, membrán kontaktorokat és a polimer membrán előállítási folyamatait.



Laborlátogatás

Úgy gondoljuk, hogy a nyári egyetem remek alkalmat adott szakmai eszmecserére, a legújabb kutatási irányzatok megismerésére, valamint értékes szakmai kapcsolatok kialakítására, mindemellett dicséret illeti a szervezőbizottság tagjait, hogy minden rendben és magas színvonalon zajlott az 5 nap során.

Albert Krisztina (BCE)
Rózsenberszki Tamás (PE)
PhD hallgató

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

15th Aachener Membran Kolloquium, 15th AMK

2014. november 12-13., Aachen, Németország

<http://www.amk.rwth-aachen.de>

Víz- és szennyvízkezelés az iparban, tudományos konferencia

2014. december 3. Nagykanizsa

www.sooswrc.hu

Filtech 2015

2015. február 24-26., Köln, Németország

www.filtech.de

Advances in pre-treatment processes for desalination, Workshop

2015. február 26, Sydney, Ausztrália

<http://www.membrane-australasia.org>

International Conference on Membrane based Separations, MEMSEP 2015

2015. március 21-23., Vadodara, India

<http://www.memsep2015.com>

2nd International Conference on Food and Biosystem Engineering

2015. május 28-31., Mykonos szigete, Görögország

www.fabe.gr

4th MSA Membrane Workshop: Membrane materials & gas separation

2015. június 1-27., Brisbane, Australia

<http://www.membrane-australasia.org>

32nd EMS Summer School: Integrated and Electromembrane Processes

2015. június 21-26., Stráž pod Ralskem/Liberec, Csehország

<http://www.czemp.cz/en/summerschool2015>

2nd International Workshop on Membrane Distillation and Innovating Membrane Operations in Desalination and Water Reuse, 2IWMD2015

2015 július 1-4., Ravello, Olaszország

<http://www.itm.cnr.it/index.php/en>

Euromembrane 2015

2015. szeptember 6-10., Aachen, Németország

Matthias.Wessling@avt.rwth-aachen.de

12th World Filtration Congress, WFC 12

2016. április 11-15., Taipei, Taiwan

www.wfc12.tw

Membrane Science and Technology Conference of Visegrad Countries, PERMEA 2016

2016, május 18-21., Prága Csehország

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: bako@almos.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula; valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.