

2016

JOURNAL OF CENTRAL EUROPEAN
GREEN INNOVATION



4 (2)

Károly Róbert College
HUNGARY

Chief Editor / Főszerkesztő

Takácsné György Katalin

Editor / Felelős szerkesztő

Csernák József

Chair of the Editorial Board / Szerkesztőbizottság elnöke

Helgertné Szabó Ilona Eszter, rektor

Editorial Board / Szerkesztőbizottság

Bai Attila	–	Debreceni Egyetem
Baranyai Zsolt	–	Szent István Egyetem
Dinya László	–	Károly Róbert Főiskola
Fertő Imre	–	Corvinus Egyetem
Fogarassy Csaba	–	Szent István Egyetem
Gergely Sándor	–	Károly Róbert Főiskola
Horbovy, Artur	–	Volyn Institute for Economics & Management in Form of Closed Joint-Stock Company in Lutsk
Horska, Elena	–	Slovak University of Agriculture in Nitra
Hudáková, Monika	–	School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava
Káposzta József	–	Szent István Egyetem
Keszi-Szeremlei Andrea	–	Dunaújvárosi Főiskola
Kuti István	–	Debreceni Egyetem
Majcieczak, Mariusz	–	Warsaw University of Life Sciences,
Molnár Márk	–	Szent István Egyetem
Nagy Péter Tamás	–	Károly Róbert Főiskola
Neményi Miklós	–	Nyugat-magyarországi Egyetem
Németh Tamás	–	Magyar Tudományos Akadémia
Noworol, Aleksander	–	Uniwersytetu Jagiellońskiego, Krakow
Przygodzka, Renata	–	University of Białystok
Raisiene, Agota Giedre	–	Faculty of Politics and Management at Mykolas Romeris University, Vilnius
Szigeti Cecília	–	Széchenyi István Egyetem
Szlávik János	–	Eszterházy Károly Főiskola
Takács István	–	Károly Róbert Főiskola
Taralik Krisztina	–	Károly Róbert Főiskola
Turek, Rahovenau, Adrian	–	Economy Research Institute for Agriculture and Rural Development, Bucharest
Vásáry Miklós	–	Szent István Egyetem

Editorial Office / Szerkesztőség

Károly Róbert Főiskola
3200 Gyöngyös Mátrai u. 36.

Publisher / Kiadó

Károly Róbert Főiskola
3200 Gyöngyös Mátrai u. 36.

Responsible Publisher / Felelős kiadó

Helgertné Dr. Szabó Ilona Eszter, rektor

HU ISSN 2064-3004

2016

ELŐSZÓ

A Károly Róbert Főiskola kiemelt figyelmet fordít kutatási eredményeinek, valamint innovációinak a megismertetésére mind szélesebb körben konferenciák, workshopok, nyomtatott és elektronikus folyóiratok formájában egyaránt.

Ez utóbbi megvalósításához nyújt lehetőséget az intézmény számára a TÁMOP-4.2.3-12/1/1KONV-2012-0047 „Kutatási eredmények és innovációk disszeminációja az energetikai biomassa (zöldenergia) termelés, átalakítás, hasznosítás a vidékfejlesztés és a környezeti fenntarthatóság terén a Zöld Magyarorszáért” program, melynek keretében útnak indítjuk a „**Journal of Central European Green Innovation (JCEGI)**” című elektronikus folyóiratot.

Az intézményben folyó széles körű kutatások egyik kiemelt iránya a zöldenergia minél szélesebb körű hasznosítása, azokon a területeken, ahol erre adottak a lehetőségek, illetve az új innovációkra fogékony a környezet. A vidéki lakosság számára ez kiemelten fontos, hiszen ezeken a területeken egyre nagyobb problémát jelent a megnövekedett fosszilis energiaár, illetve a munkanélküliség, amelyek együttesen kezelhetőek ezen irány előtérbe helyezésével. Kutatásaink során számos területet vizsgáltunk már korábban is – biomassa, speciális fűtőberendezések, speciális fóliatakarások –, melyek azt igazolták vissza, hogy ezt mindenképpen folytatni – a lehetőségek kibővítésével – szükséges.

Az intézmény az Észak-magyarországi régió egyik meghatározó tudásbázisa, küldetésének vallja, hogy a régió fejlődése nem képzelhető el a tudás megosztása és együttműködés nélkül. A folyóirat alapításával teret kíván nyitni a régióban keletkező kutatási és innovációs eredmények publikálásával azok széles körű megismertetéséhez, a fentebb megfogalmazott célok teljesüléséhez.

A szerkesztők

INTRODUCTION

Károly Róbert College pays special attention to disseminate its research results and innovations increasingly as widely as possible in conferences and workshops as well as in print and electronic journals.

The implementation of the latter by the institution is aided by the TÁMOP-4.2.3-12/1/1KONV-2012-0047 program “dissemination of research results and innovations in the field of biomass energy (green energy) production, transformation and utilization in the field of rural development and environmental sustainability for a Green Hungary” in the framework of which the electronic version of the “**Journal of Central European Green Innovation**” will be launched.

One of the key directions of the wide range of research at the institution is the more widespread utilisation of green energy in areas where the possibilities are appropriate and where the environment is receptive to new innovations. It is particularly important for the rural population since in these areas both the increasing fossil fuel prices and unemployment present an intensifying problem which can be treated simultaneously by giving a priority to this direction. A number of areas – biomass, advanced heaters, the use of special plastic greenhouse covers – have already been examined during our research activities which have confirmed that these experiments must by all means be continued – with a wider range of available possibilities.

The institution is one of the knowledge base of Northern Hungary mission believes that the development of the region cannot be achieved without the knowledge sharing and collaboration. Foundation of the journal would open up the region resulting from the publication of results of research and innovation is broad awareness, the fulfillment of the objectives set out above.

The Editors

TARTALOMJEGYZÉK / TABLE OF CONTENTS

Tanulmányok – Scientific Papers.....	11
BEDŐ Anett – PESTINÉ RÁCZ Éva The Influence of the Changing Population on the Bus Transport in the Agglomeration of Győr.....	13
A BEKE Péter A hazai CHP-alapú villamosenergia-termelés idősoros elemzése, a gázmotoros megoldások jövője és zajterhelési vonatkozásai.....	21
CSERNAI, László Pál – PAPP, István – SPINNANGR, Susanne Flø – XIE, Yi-Long Physical Basis of Sustainable Development.....	39
GOMBKÖTŐ, Nóra – CSATAI, Rózsa– BALÁZS, Orsolya Importance of Vegetable Sector in Hungary and in Other EU Member States.....	53
LAKATOS, Gergely – PAP, Bernadett – NAGY, Péter Tamás – MARÓTI, Gergely Algae Use for Biohydrogen - and Biogas Production	65
PAP, Bernadett – LAKATOS, Gergely – NAGY, Péter Tamás – BOBOESCU, Iulian Zoltan – MARÓTI, Gergely Metagenomics Investigation of Anaerobic Degradation Ecosystems	73
PAPP Viktória – SZALAY Dóra – GAÁL László Agripellet előállítás alapanyagbázis vizsgálata Magyarországon.....	89
RÁTHONYI-ODOR Kinga – RÁTHONYI Gergely Környezetvédelmi kihívások a sportban.....	103
SZŰCS Viktória – HÁMORI Judit A fiatalok fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ismereteinek és környezettudatos Magatartásának kvalitatív vizsgálata	121
Szerzők jegyzéke / List of authors	135

TANULMÁNYOK – SCIENTIFIC PAPERS

**THE INFLUENCE OF THE CHANGING POPULATION ON THE BUS TRANSPORT
IN THE AGGLOMERATION OF GYŐR**

**A népességváltozás busz közlekedésre ható tényezőinek vizsgálata Győr agglomerációs
övezetében**

BEDŐ Anett – PESTINÉ RÁCZ Éva

Abstract

Environmental, social and economic problems are currently ones of the most important questions of sustainable development. Issues related to agglomerations should get more emphasis now than ever before. Near half of the population lives and works in these areas, moreover the global scale urbanization continues to grow altering villages near to towns. The role of transport in the evolution of the environmental conditions of the agglomeration has been increasing. Herby it is getting more important in township development, consequently optimization of transportation becomes a keystone of sustainable agglomeration. In our study, the bus transport of Győr's agglomeration was investigated. Connections among parameters of the settlements and bus patches were investigated in order to clarify causes of transport preferences of the inhabitants (bus contra motor-car). As a result of our research, it turned out that inhabitants of the rich villages tend to use car instead of busses independently from the time they would spend on the busses. Significant linear correlation is demonstrated between the proportion of the bus users and the distance from Győr independently from the income level of the inhabitants.

Összefoglalás

Napjaink környezeti, társadalmi és gazdasági problémáinak egyik legjelentősebb alapkérdése a fenntartható fejlődés, a jövő generációk életlehetőségeinek és feltételeinek biztosítása. Ezen belül az agglomerációs övezetekhez kapcsolódó problémáknak nagyobb hangsúlyt kell kapnia a korábbi időszakhoz képest, hiszen a lakosság jelentős része él és dolgozik ezeken a területeken, sőt globális szinten az urbanizáció továbbra is növekszik a városok melletti településeken. Az agglomerációs övezetek környezetállapot alakulásában egyre nagyobb a közlekedés szerepe, ami a településfejlődés egyre jelentősebb részét képezi, ezáltal a közlekedés optimalizálása a fenntartható agglomeráció egyik kulcskérdése. Jelen tanulmány keretében Győr város agglomerációs övezetében lévő települések buszközlekedését vizsgáltuk. A települések és a buszjáratok adatai alapján kerestünk összefüggéseket arra vonatkozóan, hogy milyen paraméterek lehetnek meghatározók abban, hogy az agglomerációban lakók a bejáráshoz személygépkocsit vagy a buszközlekedést preferálják. Kutatásunk során megállapítottuk, hogy a tehetősebb

települések lakosai előnyben részesítik a személygépjármű közlekedést függetlenül az autóbuszon töltött időtől. A vizsgált településekről busszal utazók aránya és a települések Győrtől való távolsága között szoros lineáris kapcsolat van, amit a lakosság jövedelmi szintje sem befolyásol.

Keywords: bus, public transport, urban transportation, agglomeration

JEL kód: Q53, R41, R42

Kulcsszavak: autóbusz, közlekedés, városi agglomeráció

Introduction

Public transport plays a key role in mobility within agglomerations, because it aims to meet the needs of citizens for ease of movement, therefore an efficient public transport system is needed. Citizens want to perform some task or satisfy a need, either in their place of work or study or at a leisure venue.

Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. (Bruntaland, 1987) Sustainable development is almost impossible without tackling with transport, as mobility is a basic need of modern humanity. (Holden, 2007)

In its different dimensions; environmental, economic and social, the theme of sustainable development can be regularly found today when the future of urban transport is alluded to. (Nicolas et al. 2003) So public transport system is a key element of improving sustainability in agglomeration areas. One of the most challenging issues in sustainable transport planning, is to develop appropriate indicators to measure the level of sustainability. (Bachok and Ponrahono, 2015)

Indicators have become common elements in transport planning and policy making. So far much research on transport indicators has been concerned with their function as suitable measurement tools for various planning and monitoring tasks. The general assumption seems to be that indicators are necessary, and – if they are also ‘fit for purpose’ – they should be used as parts of the toolbox and thereby have a positive influence on transport decision making. (Gudmundsson and Sørensen, 2013)

Public transport can be divided into various categories of vehicles: busses, subways, trams and trains, (Tavares et al., 2015) however here we focus mainly on busses.

Methods of the research

In this study the bus transport of Győr’s agglomeration was investigated. The definition of agglomeration according to the European Union was applied: ‘agglomeration’ shall mean a zone that is a conurbation with a population in excess of 250 000 inhabitants or, where the population is 250 000 inhabitants or less, with a given population density per km² to be established by the Member States. (Web-1)

In Hungary ten indicators of changes in agglomeration zones were determined by the Central Statistical Office. Beside Budapest’s agglomeration there are 3 more urban agglomeration in Hungary. To agglomeration of Győr 68 settlements are assigned. This area is 1.607 km² and had 227.147 inhabitants in 2014.

We investigated 20 settlements (Figure 1.) in the agglomeration of Győr containing two cities (Tét and Pannonhalma) outside of Győr. In the last decades Győr has become one of the fastest growing city in the country as a result of the industrial investments. The development contributes to strengthen the role of the city in commercial, educational, health, administrative and cultural sectors. (Hidas, 2014)

The urban transport of the region can be considered relatively good in the country. High-performance transportation lines are passing through Győr, connecting Vienna and Budapest by railway line and highway, which provide good accessibility for the region. The structure of transport network is basically radial starting from the centre of Győr. (Hardi and Nárai, 2005). Main roads lead to those settlements which are the prime sources of commuters.

The most dominant ways of the transport are busses and passenger cars. The transport company runs bus-flights to all attracted settlement. Accessibility of Győr by busses is far enough, but connections between the smaller settlements has been problematic. (Hidas (ed.), 2014)

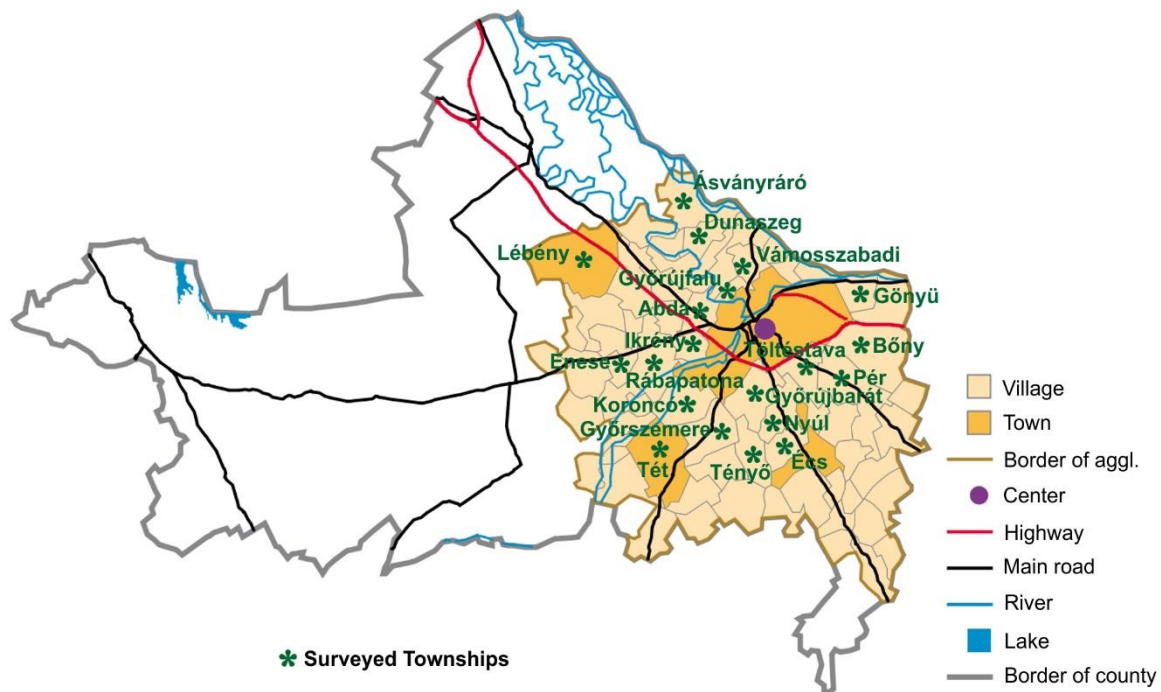


Figure 1. Map of the agglomeration of Győr
(Modified from Hidas, 2014)

In the course of suburbanization, the population and economic operators were emigrated from the town and it has significantly been enhancing traffic between the town and environs. In general it is true, that for one unit of population who move out generates more than one unit of demand for mobility. So the increase in the number of emigrated people is not directly proportional to the increase in transport demand, as these demands are growing faster. (Hardi and Nárai, 2005) Therefore, the change in the number of people in the agglomeration have to be examined. For the investigation the recent and actual dynamics of the population were essential to know, because population size is a highly important determinant of transport and relative sharing of public transport.

As regards the use of means of transport bus is the dominant mode of transportation. The extra time spent with bus journey (comparing to traveling time by car in percent) was examined, and how it affects the rate of bus users.

The distance of the settlement from the centre of town Győr was an important parameter, such as the income level of the population of the village in determining the ratio of the population and using bus traveling.

Results

The change in the population size of the settlements was investigated in Győr's agglomeration, because population growth and decrease affect the rate of bus users. The permanent population has been generally growing during the period between 2006 and 2013. The year 2006 was considered as 100% and other years were compared to it. Figure 2 presents the most typical settlements' data.

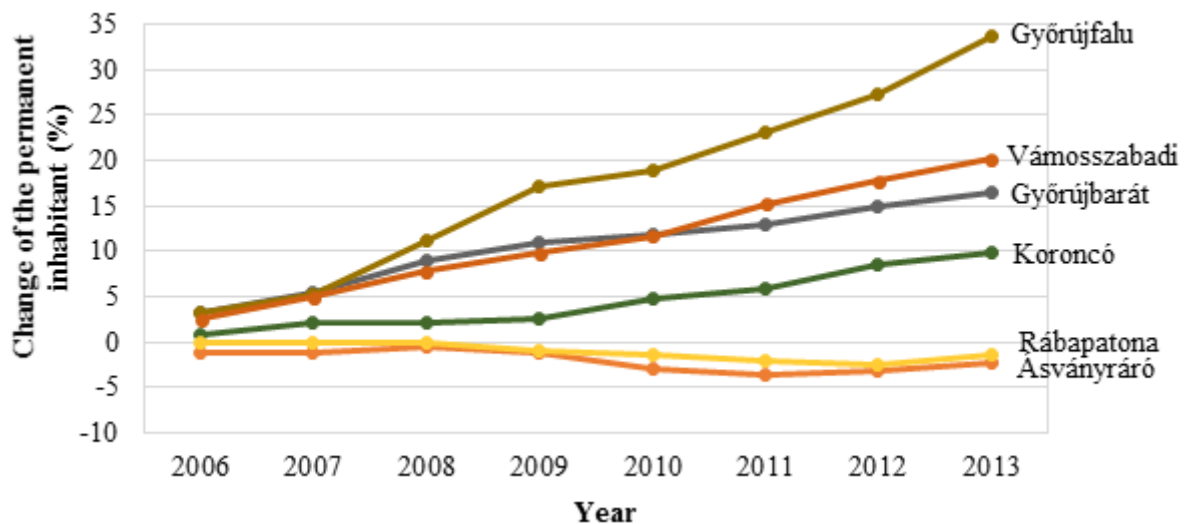


Figure 2 Change of the population size in the agglomeration of Győr (100%=2006)

Data source: (Hidas (ed.), 2014)

The most remarkable population growth was exhibited by the villages Győrújfalú, Győrújbarát and Vámoszabadi. These settlements are next to Győr and the active population works usually in the centre of Győr, so significant commuting population are living there. As the population of a village is growing, the number of commuters are increasing, consequently the proportion of bus users is also increasing. Ásványráró, Rábapatona and Tét had downward trend in the size of the population, and the growth was getting slower, but in 2013 the population were below the 2006 year.

The reason of tendencies can be found in the distance of the settlements from Győr and the lack of employment. In case of Koroncó there was a little recoil in the number of population but the land prices has been also significantly cheap and consequently people moved there.

The change of population was studied, what influences the transport in the agglomeration of Győr. The dynamic of population usually has two main reasons: the population increase (i. e. the difference between births and deaths) and the immigration. The population increase and the immigration is compared on Figure 3. It can be seen, that the population is growing in

case of almost all settlements, beside that the number of deaths was more than births in some villages. The root of the paradox is the aging society. For further investigation the age structure should be included as well.

People's age determines their traveling habits and the type of means of transport used. Győrújbarát is the most popular target of immigration in the agglomeration after Győr. In case of Vámoszabadi, Győrújfalu and Ikrény settlements have growing population. It is positive, because young couples were moved 5-10 years ago there and the number of births are increased.

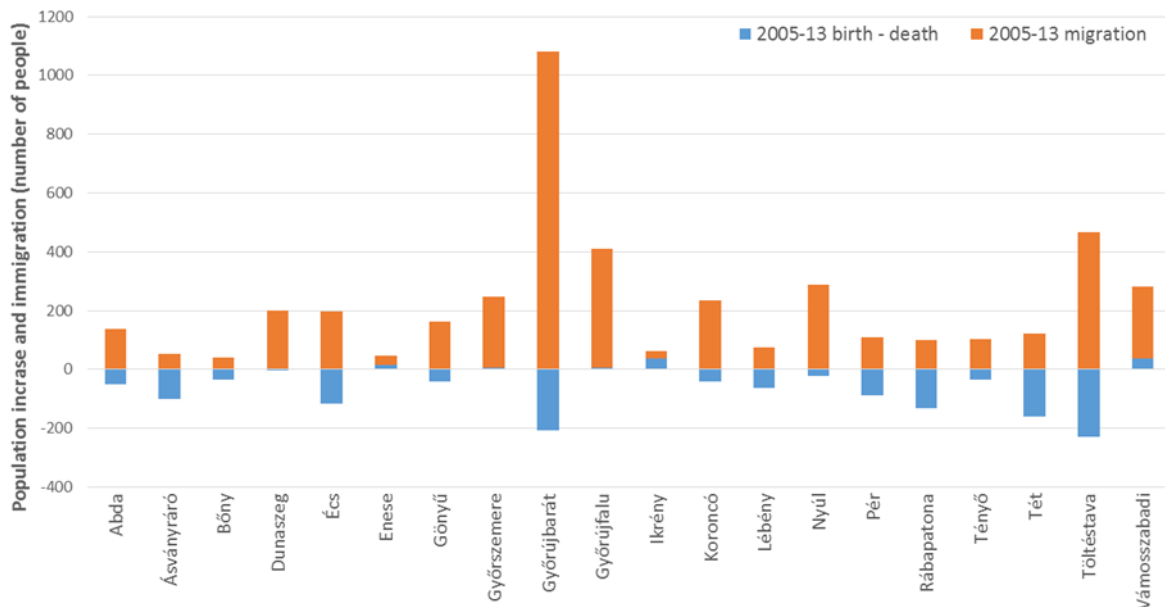


Figure 3 The population increase and the immigration in the agglomeration of Győr
Data source: (Hidas (ed.), 2014)

It was also investigated, that how much extra time have to spend passengers on the busses relative to the car users travelling time. There are trade-offs between some examined indicators. However, some settlements are exceptional. The rate of bus users is high compared to the extra time on the bus in case of Gönyű. In Lébény the the proportion of the bus users is small, because there are many people travelling by train to Győr. In case of Töltéstava, Vámoszabadi and Győrújfalu the rate of bus travels is small, because this villages are near to Győr and we count into walking time bus stop, waiting, take-off, landing, walking to the target, it causes very high the access to Győr end back. Between Tét and Győr 90 busses travel daily, that is very high, because very many people travel by bus.

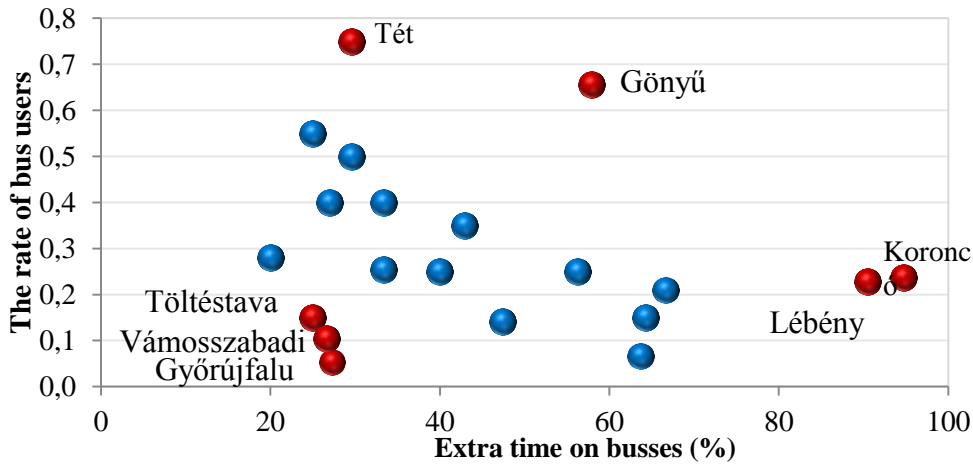


Figure 4 Possible trade-off between the extra time spent on buses and the rate of bus users

Data source: (FŐMTERV-ENVECOM, 2013)

We investigated the relationship between the distance from the town Győr, the number of bus passengers and the income level of the population. The correlation between the proportion of bus users and the distance of the village was visible.

Correlation between the two parameters is significant, and the calculated the correlation coefficient is $r^2 = 0,6234$. As the distance grows, the rate of bus users increases too (Figure 5).

The radius of the bubbles is proportional to the income level of the population in each villages. Inhabitants having high level of income usually live within 15 km distance from Győr. Three settlements; Gönyű, Tét and Lébény are not fitting well to the line. To reveal causes in case of Gönyű needs further investigation. In case of Lébény, the proportion of bus passengers is smaller than expected from the fitted line, because a considerable part of the passengers travel by train. Overall travelling by bus is a very popular way of commuting because of its accuracy and reliability.

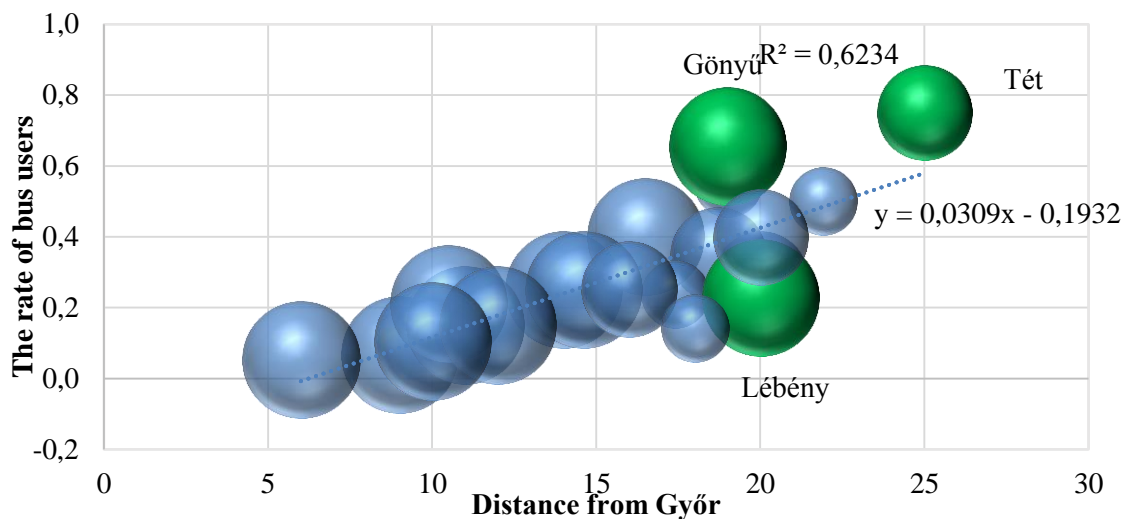


Figure 5 Relationship between the distance from the Győr, the ratio of bus passengers and the income level of the population of villagers

Data source: (FŐMTERV-ENVECOM, 2013), (Hidas (ed.), 2014)

Conclusions

The growth of population is continuing in Győr's agglomeration, it is increasing the number of voyages. In case of more than three-quarter of the analysed settlements high level of immigration was observed. Immigration is contributed to increase the population of the agglomeration. In general it is true, if the extra time spending on busses is longer, then the proportion of bus users is smaller. There is a linear correlation between the distance from Győr and the proportion of travellers to Győr. This rule is not effected by the income of the residents.

The people arriving from the fastest growing suburban areas (highway of 82, 83 and 14) have to go through bridges on way to the city centre. The capacity these getting insufficient, and the vehicles arriving from outer parts of the city also increase the traffic. So a major traffic jams are formed on the bridges and tracking roads. The regional transport cannot be addressed without investigating urban transport. The transport from the region is increasing the traffic of the city, and the travelling time in heavy traffic within the city is often takes a major part of the whole journey. The bottleneck of the traffic is bridges. (Hardi and Nárai, 2005)

Alternatives of car in transport should be offered in a sufficiently attractive way in order to reduce traffic based on congestion and to obtain derived benefits like road safety and lower atmospheric and noise pollution. (Ibeas, dell'Olio L. and et al., 2010) Travelling time turned to be an important parameter in deciding for public transport.

This study was only a start, deeper investigations should continue this work. The examination of the more accurate modes of transport is determined by the age pyramid too. The number of the examined parameters, indicators and settlements need to be increased. The next step can be the investigation of economic, social and environmental parameters by cluster analysis.

References

- Bachok, S., Ponrahono Z. [2015]: A preliminary study of sustainable transport indicators in Malaysia: the case study of Klang valley public transportation, *Procedia Environmental Sciences* 28, pp. 464-473
- Bruntaland, G. (ed), [1987]: *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford, Oxford University Press
- FŐMTERV-ENVECOM [2013]: *Győr urban and suburban public transport system conversion*, The Municipality of Győr, Győr
- Gudmundsson H., Sørensen C. H., [2013]: Some use—Little influence? On the roles of indicators in European sustainable transport policy, *Ecological Indicators* 35, pp. 43-51
- Hardi T., Nárai M. [2005]: *Suburbanisation and Traffic in the Agglomeration of Győr*, *Space and Society*, 19/1 pp. 81-101
- Hidas Zs. (ed.), [2014]: *Settlement network of Hungary, Groups settlement agglomerations* Central Statistics Office, Budapest
- Holden, E. [2007]: *Achieving Sustainable Mobility – Everyday and Leisure-time Travel in the EU*. Ashgate Publishing Limited, Hampshire
- Ibeas Á., dell'Olio L., et al. [2010]: Optimizing bus stop spacing in urban areas, *Transportation Research Part* pp. 446-448
- Nicolas, J.-P., Pochet, P., et al. [2003]: Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation, *Transport Policy* 10, pp. 197-208
- Tavares, A. S., Gálvez, C., et al. [2015]: Information on public transport: a comparison between information systems at bus stops, *Procedia Manufacturing* 3, pp. 6353-6360

Web sites

Web-1: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050> consulted 17 febr. 2016.

Web-2: <http://mathbits.com/MathBits/TISection/Statistics2/correlation.htm> consulted 20 febr. 2016.

Authors

BEDŐ Anett, egyetemi tanársegéd, bedoa@sze.hu

Széchenyi István Egyetem, Környezetmérnök Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1.

PESTINÉ RÁCZ Éva, PhD, egyetemi docens, raczev@sze.hu

Széchenyi István Egyetem, Matematika és Számítástechnika Tanszék, 9026 Győr, Egyetem tér 1.

**A HAZAI CHP-ALAPÚ VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS IDŐSOROS
ELEMZÉSE, A GÁZMOTOROS MEGOLDÁSOK JÖVŐJE ÉS ZAJTERHELÉSI
VONATKOZÁSAI**

**Time Series Analysis of the Domestic CHP Electricity Production, the Future of Gas-
Engine Applications and Their Noise Pollution Consequences**

BEKE Péter

Összefoglalás

A kapcsolt energiatermelési módok – amikor villamos energia és hő előállítása egyazon technológiai folyamat keretében történik – fontos eszközei a hatékony energiatermelésnek. A nagyerművekkel megvalósított kapcsolt energiatermelés mellett léteznek kisebb teljesítményű, az energiafelhasználás helyéhez közel telepíthető technológiák is, mint például a gázmotoros megoldások. Magyarországon a kapcsolt energiatermelés történetében az utóbbi 25 éves időszakban figyelemre méltó fordulatok következtek be. Ezen időszak idősoros elemzésével célszerű rávilágítani a műszaki, gazdasági és szabályozási változásokra, különös figyelmet fordítva a gázmotoros megoldásokra. A fogyasztóhoz gyakran fizikailag is közel kerülő gázmotorokkal megvalósított kapcsolt energiatermelés által okozott környezetterhelések közül a környezeti zaj- és rezgésterhelési kérdések kiemelkedő szerepet töltenek be. A szerző tervezési és szakértési tapasztalatai alapján bemutatásra kerülnek a gázmotorok telepítésével kapcsolatos zaj- és rezgésvédelmi megoldások az elmúlt időszakra vonatkozóan, valamint kitékintés történik a jövőben várható gázmotoros megoldásokra, azok várható zaj- és rezgésterhelési vonzataira.

Kulcsszavak: kapcsolt energiatermelés, kogeneráció, villamos energia, gázmotor, környezeti zaj

Summary

The combined energy production methods – when producing electric energy and heat within the same process of technology - are important tools of the efficient energy production. The combined energy production can be realized by traditional power stations but also by smaller power stations using different technologies, which can be moved nearer to the location of the energy consumption. One of the combined energy production technology is using combustion engines, especially gas engines. Gas engines very often can be situated quite near to the energy consumer and that way the environmental noise and vibration pollutions caused by the gas engines are an important issue. Based on the planning and consulting experiences of the author the solutions of the noise and vibration problems of the past are shown in this article and an overview is given about the possible situation of the gas engines in the future and their expectable noise and vibration problems.

Keywords: combined energy production, cogeneration, electric energy, gas-engine, environmental noise

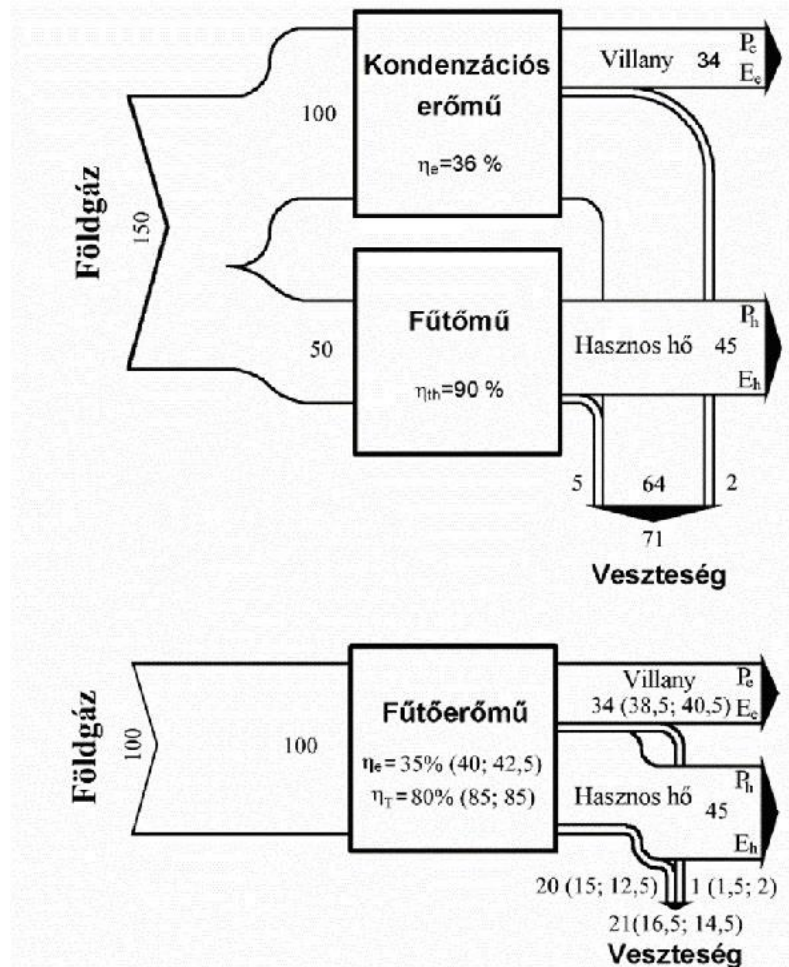
Bevezetés

A kapcsolt energiatermelés története az utóbbi 25 évben Magyarországon technológiai, gazdasági szabályozási és környezeti szempontokból egyaránt érdekes. A tanulmány célja az említett időszakra vonatkozó átfogó kép nyújtása mellett, hogy rámutasson a jelenlegi helyzetre is, valamint felvázolja a jövőbeli lehetőségeket, különösképpen a gázmotoros kapcsolt energiatermelés területén.

A kapcsolt energiatermelés technológiája

A kapcsolt energiatermelésre, vagy másképpen kifejezve kogenerációs energiatermelésre az angolszász szakirodalom egyrészt hasonló módon a „cogeneration” szót használja, másrészt a kombinált hő- és villamos energia kifejezést „combined heat and power” röviden CHP. Abban az esetben, ha hűtés is van a folyamatban, az angolszász irodalom gyakran a „trigeneration” szót, vagy a kombinált hűtési, fűtési és villamos energia kifejezést „combined cooling heating and power” kifejezést használja, röviden CCHP. A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésnek két terméke van: az áram és a hő. A termelés céljától függően lehet elsődlegesen villamosenergia-termelésre létesített, illetve elsődlegesen hőtermelésre létesített erőművekről beszélni. Ennek megfelelően beszélhetünk a hőkiadás hatásfokáról (μ_{th}), illetve a villamos hatásfokról (μ_e). A termelt villamos-energia egy része az önfogyasztás, a többi pedig a hálózatba kerül. Az elemzésben szereplő hatásfok mindig nettó villamos hatásfok, vagyis az önfogyasztással csökkentett ún. kiadott áram és a felhasznált tüzelőanyag hányadosát jelenti. A fajlagos villamosenergia-termelési mutató (σ) a termelt villamos energia és hő arányát jelöli. Ez a hányados technológia specifikus, de jellemzően az mondható, hogy ezen berendezések több hőt termelnek, mint áramot ($\sigma=Pe/Ph<1$). Az együttes hatásfok a kiadott villamos energia és hasznos hő összmenyisége és a felhasznált tüzelőanyag hányadosa: $\mu_T=(Pe+Pth)/Ptü$. A kapcsolt termelés előnyét a külön villamos energia és hőenergia termeléssel való összevetésben lehet jól bemutatni. [Zsebik, 2007]

Az 1. ábrán látható, hogy kapcsolt energia termelés esetén ugyanakkora villamos és hőenergia előállításához kevesebb primer energia szükséges, mint a külön-külön termelésnél. Ez a körülmény természetesen környezetterhelési szempontból is előnyös.



1. ábra Az energiatermelés hatásfoka külön-külön és kapcsolt termelés esetén [Zsebik, 2007]

A hazai kapcsolt energiatermelés idősoros elemzése

1989-2001

A kapcsolt villamosenergia-termelés zömét az alapvetően villamosenergia-termelési célú közcélú erőművek kogenerációs erőműegységei, illetve az ún. városi erőművek, pontosabban városi fűtőerőművek adják. A városi erőművek valójában fűtő erőművek, amelyek alapvetően hő ellátási célokat szolgálnak. A hazai közcélú erőművek egyik alapvető sajátossága, hogy majdnem mindegyik erőműből van hő kiadás. Ezek az erőművek az esetek többségében nagy távhő ellátó rendszerek hőforrásaként szolgálnak, amelyek részben ipari, részben lakossági célú, illetve kommunális hőigények kielégítésére termelnek hőt. Vannak ún. ipari erőművek, vagy más néven független villamosenergia-termelők. Ezek az erőművek alapvetően az adott ipari létesítmény hőellátását szolgálják, s ennek során járulékosan termelnek villamos energiát. Az esetek túlnyomó többségében az ilyen módon termelt villamos energia részben vagy egészében közcélú hálózatra kerül. A nem erőművi méretű, villamos energiát és hőt kapcsoltan termelő energiatermelő egységek túlnyomó többsége döntően a kilencvenes évek közepétől kezdődően létesített gázmotoros energiatermelő berendezés. E csoportban igen jelentős fejlődés ment végbe. Az első gázmotoros kogenerációs energiatermelő egységet 1989-ben a Fővárosi Csatornázási Művek Rt.-nél helyezték üzembe, 240kW beépített villamos és 312kW beépített hő-teljesítőképességgel. Az első gázmotoros kogenerációs egység telepítése óta

nagyszámú telephelyen sok gázmotoros egység telepítésére került sor. Ezek beépített összes villamos teljesítőképessége 2001-ben már meghaladta a 35MW-ot, beépített hő-teljesítőképessége pedig a 47MW-ot. A gázmotoros, villamos energiát és hőt kapcsoltan termelő energetikai berendezések döntően távfűtési célokat szolgálnak, illetve ipari (saját célú) hőigények kielégítésére létesültek. Épültek azonban berendezések biogáz hasznosítására is, mindenképpel szennyvíztisztítók területén. Sok gázmotoros egység épületenergetikai célokat szolgál, illetve kórházakban, egészségügyi létesítményekben létesült. [Fazekas, 2005]

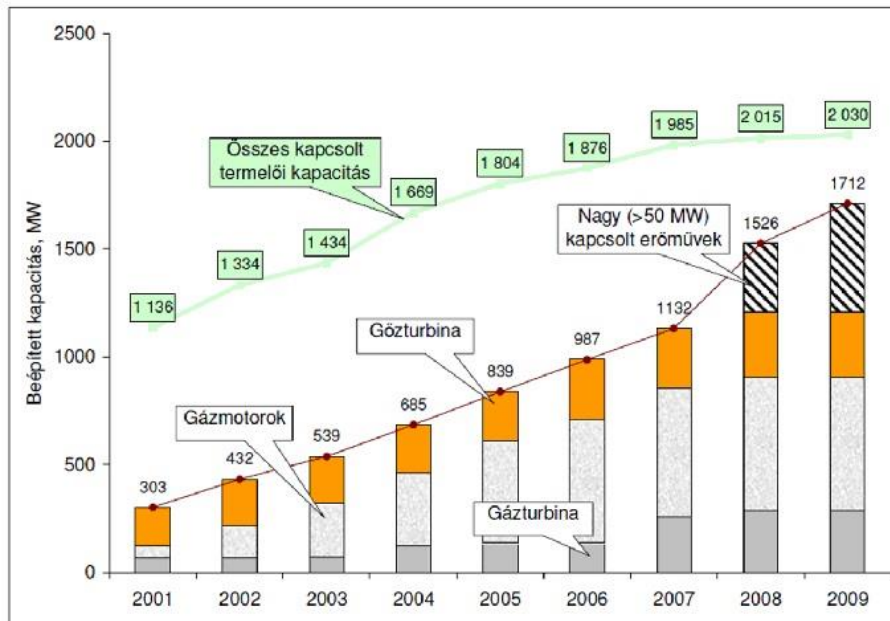
2001-2009

Magyarországon 2002 óta kötelező átvétellel és garantált hatósági árral támogatják a megújuló és kapcsolt villamosenergia-termelést. A támogatás működési kereteit a 56/2002-os GKM rendelet rögzítette. Ennek értelmében 2003-tól kezdve az 50MW névleges villamos kapacitás alatti kapcsolt termelésből származó villamos energiát, illetve az 50MW feletti, távhő célra hőt értékesíthető erőmű villamos energia termelését a területi szolgáltatóknak kötelessége volt átvenni hatóságilag rögzített árakon. A szabályozás tüzelőanyag-típusonként, mérettől és zónaidőnként differenciált támogatott árat határozott meg. Az 50MW feletti erőművek, illetve a 6MW feletti, nem távhő célra értékesítő erőművek villamos-energia termelését közüzemi áron vették át a szolgáltatók, míg az egyéb kapcsolt erőművek által termelt villamos energiáját a közüzemi árnál magasabb áron. Jelentős változás a szabályozásban 2007-ben történt. Ekkor a megújulókra és kapcsolt termelőkre vonatkozóan két fontos rendeletet hoztak. A 389/2007-es Kormány rendelet, amely a korábbi GKM rendelet helyébe lépett, kormányrendeleti szinten határozta meg a kötelező átvételi árakat és a kötelező átvétel egyéb szabályait. Az egyik lényeges módosítás, hogy a támogatás hatálya alá kerültek a nagy kapcsolt erőművek is (50-130MW között) a fűtési idényben, amelyek lakossági távhő célra értékesítették a megtermelt hőenergiát. [REKK, 2010]

A másik fontos változtatás az úgynevezett „zöld mérlegkör” létrehozása (109/2007-es GKM rendelet). Ennek értelmében a támogatott erőművek többé nem a szolgáltatóknak adták el a megtermelt villamos energiát, hanem a zöld mérlegkör felelősnek, a MAVIR-nak. A rendszerirányító minden hónapban előre bekéri mind a kötelező átvétel alá eső termelők (KÁT termelők), mind pedig a végső fogyasztót ellátó szolgáltatók (a továbbiakban KÁT átvevő) tervezett havi menetrendjét. A szolgáltatók a felhasználó(i)k részére értékesített villamos energia arányában, a villamos energiát importáló felhasználók pedig a saját maguk által elfogyasztott villamos energia arányában kötelesek átvenni az átvételi kötelezettség alá eső villamos energiát a zöld mérlegkör felelőstől. A rendszerirányító tehát rögzíti, hogy adott hónapban mekkora mennyiségű villamos energiát kell átvennie az egyes KÁT átvevőknek, és minden hónapban közzéteszi, hogy ezt milyen profilban kötelesek átvenni, vagyis, hogy az egyes órákban mekkora mennyiségű villamos energiát kell átvenniük. A rendszerirányító a rendeletben meghatározott átvételi árak és a KÁT termelők tervezett havi termelése alapján meghatározza, hogy átlagosan milyen árat fizet ezeknek a termelőknek. Ezt korrigálja az előző havi tény-terv eltérésből adódó összeggel, illetve hozzáveszi a zöld mérlegkör kiegyenlítésének és a KÁT mérlegkör működtetésének költségeit. Ebből végül meghatároz egy árat (KÁT egységár), amelyet az adott hónapban a KÁT átvevő fizet a zöld mérlegkör-felelősnek. A MAVIR minden hónapban előre közli az átadási árat és profilt. [REKK, 2010]

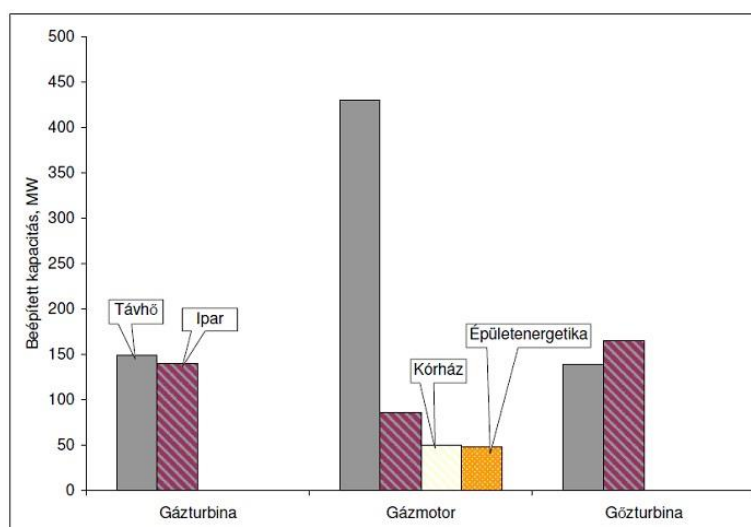
2001-ben a támogatott kapcsolt erőművek beépített kapacitása alig volt több mint 300 MW, szemben a teljes kapcsolt kapacitással, amely 1100MW-ot is meghaladta. 2008-ra folyamatosan nőtt a teljes beépített kapacitás és a megjelenő új kapacitások döntő részben a támogatott körből kerültek ki. Ráadásul a 389/2007-es kormányrendelet kiterjedt a nagy kapcsolt (50-130 MW) erőművekre is, míg az ezt módosító 34/2008-as KHEM rendelet 2009-től bevonta a 190

MW beépített kapacitásnál kisebb kapcsolt termelőket is. Ezen módosításokkal 2009-re a teljes kapcsolt kapacitás 84%-a már hatósági áron értékesíthette a megtermelt villamos energiát, amely a teljes hazai beépített kapacitás 20%-át teszi ki. A 2. ábra mutatja, hogy 2009-re a kötelező átvétel alá tartozó kapcsolt erőművek között a gázmotoros energiatermelés névleges beépített kapacitása a legnagyobb.[REKK, 2010]



2. ábra A kötelező átvétel alá tartozó kapcsolt erőművek névleges beépített kapacitása, illetve az összes beépített kapcsolt kapacitás, 2001-2009 [REKK, 2010]

A kisméretű (50MW alatti), támogatott kapcsolt erőművek 51%-a gázmotor, 24%-a gázturbina, míg 25%-a gőzturbinás erőmű. A támogatott kapcsolt kapacitásokat a felhasználás célja szerint is vizsgáljuk. A teljes 2008-ban működő kapcsolt kapacitásnak közel 60%-a távhő célú hőigényre épült, amely hőigényt döntő többségében kis gázmotorokkal látják el. Ezt követi az ipari célú felhasználás, amely a beépített kapacitások 30%-át adja, végül 4-4%-al részesül a teljes beépített kapacitáson belül a kórházak és az épületenergetika. Ezen megoszlásokat mutatja a 3. ábra. [REKK, 2010]



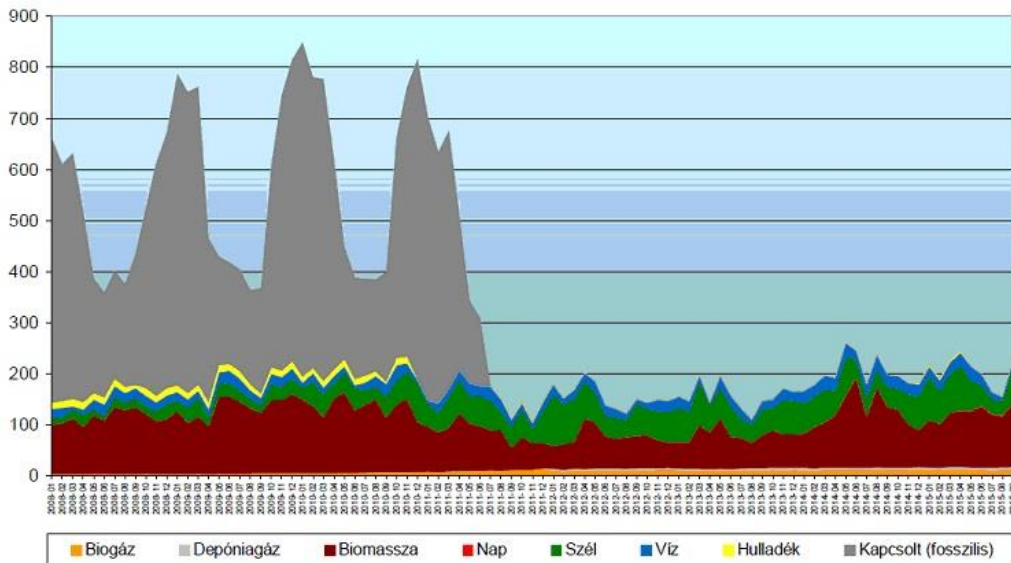
3. ábra A különböző technológiák beépített kapacitásának megoszlása 2009-ben rendeltetési célok alapján, MW [REKK, 2010]

2010-2015

A 2008. január 1-jén elinduló KÁT mérlegköri működési modell jogszabályi környezete 2013 év végéig alapelveiben nem változott, kisebb módosulások történtek (pl. szabályozási pótdíj esetében tolerancia sávok alkalmazása, előlegszámla eltörlése, módosítási és tervezési pótdíj bevezetése stb.), de ezek nagyban nem érintették a tervezési adatokon alapuló allokációs eljárás lényegét. A legutolsó, 2014. január 1-jei változás azonban új kereteket szabott a KÁT mérlegkörnek:

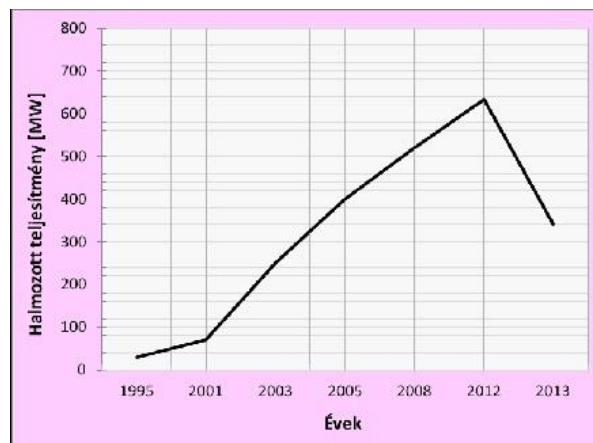
- Az átvételi kötelezettség a KÁT átvevők helyett a mérlegkör-felelősöket terheli, akik a felhasználói fogyasztás arányában kötelesek átvenni a KÁT Értékesítők által termelt villamos energiát a VET 13. § (2) bekezdése szerinti mentességek (pl. egyetemes szolgáltatás), illetve 2014. augusztus 1-től a termelői saját felhasználás figyelembe vételével. Az átvételi kötelezettséggel kapcsolatos szerződéses szabályok az ÜzSZ VII. 10. 10. melléklete szerinti Mérlegkör-szerződésbe integrálódtak.
- A KÁT modell szereplője a HUPX szervezett villamosenergia-piac is, ugyanis a KÁT Értékesítők által az adott hónapban termelni tervezett villamos energia mennyiségének csak egy része (minimum 40 – maximum 60%-a) kerül szétosztásra – alapvetően zsinór villamos energiaként – az átvételre kötelezett mérlegkör-felelősök részére a KSZ II./3.7.4 pontja szerinti eljárás alapján. A KÁT Értékesítői napi menetrendek és a zsinór villamos energia különbözetét a Befogadó (MAVIR) a HUPX másnapi piaci szegmensén értékesíti, aminek bevételeivel a KÁT átadási árat csökkenti.
- A KÁT Értékesítői napi menetrend beadási határidő a HUPX ajánlat készítése miatt 11:30-ról 10:00-ra módosult, valamint felfüggesztésre került a KÁT Intraday menetrendezési lehetőség, mivel a HUPX-en jelenleg nem lehet napon belül kereskedni. [Hamvai, 2014]

A VET-ben rögzített MAVIR kötelezettség alapján a KÁT mérlegkör 2008. január 1-jén került kialakításra. 2015. III. negyedév végéig 32,4 TWh villamos energiát termeltek a KÁT mérlegkörhöz csatlakozott erőművek, melynek primer energiaforrás szerinti bontását a 4. ábra mutatja. Látható, hogy ugyan a fosszilis (földgáz, szén, olaj) energiaforrást felhasználó kapcsolt erőművek támogatása 2011. június 30-án megszűnt, a termelt mennyiség tekintetében azonban (az ábrán szereplő teljes időszak vonatkozásában) még mindig 49% körül van. A 2. és 3. helyen a biomassa 28,5% és szél 13% áll. [Hamvai, 2014]



4. ábra KÁT (kötelező átvétel) villamos energia tény termelés 2008-2015 között

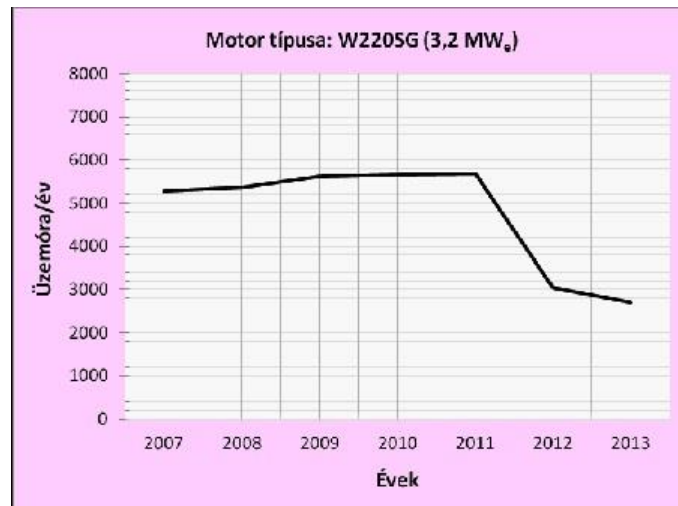
Összefoglalva mondható, hogy hazánkban a '90-es években ismerték fel a gázmotorok előnyeit, ezért gyorsan elterjedtek, és városaink fűtőműveit szívesen bővítették, egészítették ki ezekkel a korszerű berendezésekkel. Az 5. ábra megmutatja, milyen gyorsan növekedett az országos hálózatra csatlakozó gázmotorok teljesítménye 2012-ig, majd a támogatások megszűntével ez csökkenő tendenciába fordult. [Hamvai, 2014]



5. ábra A gázmotoros kiserőművek elterjedése [Hamvai, 2014]

A gázmotorok beruházási és üzemeltetési előnyeit figyelembe véve hazánkban az utóbbi 15 évben kb. 470 db különböző teljesítményű (250kW...6MW) és gyártmányú gép került felállításra, illetve üzembe. Ezen új technológiai berendezések kezelésére és karbantartására kiművelt műszaki gárda létesült, elsajátítva erre a speciális tudást, gyakorlatot (ez vonatkozik az üzemeltetőkre, valamint a szervizelő, karbantartó cégekre is). [Hamvai, 2014]

A gázmotorok 2012-től módosult üzemeltetésre tértek át, csökkent az éves kihasználtságuk, a korábban többnyire „zsinórban” üzemelő gépek mostanra vagy részterhelésre, vagy rosszabb esetben leállásra kényszerülnek – a nagyobb veszteségek elkerülése érdekében. A 6. ábrán látható egy városi fűtőműben üzemelő gázmotor kihasználtságának változása az évek folyamán. [Hamvai, 2014]



6. ábra Gázmotor kihasználtsága a különböző években [Hamvai, 2014]

A gázmotoros kapcsolt energiatermelés jövője Magyarországon

A megváltozott gazdasági következmények, az új szabályozók kikényszerítették a kiserőműveknél (a talpon maradás érdekében) a flottákba szerveződést, ezáltal virtuális erőművek kialakítását. Ez szükségszerűvé tette a diszpécser jellegű központok létesítését 24 órás felügyelettel. A flottára kidolgozásra került az ott résztvevő motorok prioritásának, hatásfokának (gazdaságosságának), üzemállapotának, illetve egyéb műszaki jellemzőinek figyelembevételével olyan utasítás (rend), amely alapján esetenként eldönthető a motorok kiválasztása, azok fel-, illetve leterhelése, adott esetben indítása, leállítása. A gázmotorok viszonylag jól szabályozhatók, ezért tevékenyen segítik a MAVIR teherelosztásának munkáját. A gázmotorok a szekunder szabályozás területén helyezkednek el, és segítik a rendszer stabilitását a mindenkori igényeknek megfelelően. A megújuló energiaforrások előretörésével egyre fontosabb szerep jut majd a gázmotorok kiegyenlítő hatásának, különösen szél- vagy napfényhiányos időkben! [Hamvai, 2014]

Mindamellet, hogy az új szabályozási körülmények között csökken, illetve stagnál a gázmotoros kiserőművek kihasználtsága, a kapcsolt energiatermelésben rejlő előnyök miatt mindenképpen érdemes keresni a gazdaságos működési lehetőségeket a megváltozott szabályozási feltételek között is. Ilyen lehetőség például a háztartási kiserőműként történő alkalmazás. A háztartási kiserőmű egy jogi meghatározás, amit a Villamos Energia Törvény definiál (VET 2007. évi LXXXVI törvény, 3§ (24)), olyan, a kisméretű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50kVA-t. A háztartási kiserőművel termelt villamos energiát a villamos energia kereskedő köteles átvenni (VET 13§ (2)).

A háztartási méretű kapcsolt – azaz a hőt és a villamos energiát azonos tüzelőanyag-bázison, párhuzamos termelő – erőművek telepítése lakossági felhasználás esetén, évi 3500-4000 órás üzemidő mellett, 8-10 év alatt megtérülhet, míg a vállalkozások ennek az időtávnak akár a fele alatt is visszanyerhetik a beruházási költségeket. A hazai gyártókapacitások a jelenlegi kereslet akár dupláját is képesek lennének kiszolgálni. Jelenleg Magyarországon több gyártó is szerel össze, illetve épít és fejleszt saját gázmotoros kiserőműveket kifejezetten kisméretűek számára. Ezek felhasználása nem csak az ipar, de a lakosság számára is megtérülő, energetikailag előremutató megoldás lehet, hiszen az egységek megfelelő tervezés mellett a társasházak és lakóparkok hőigényeihez méretezhetőek, a villamos energiát pedig a napelemes rendszerekhez hasonló szisztéma szerint, szaldós elszámolás mentén, ad-vesz mérőn keresztül „értékesíthetnék” az üzemeltető közösségek. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ott

lehet igazán hatékony egy-egy háztartási méretű gázmotor üzemeltetése, ahol a hőoldali kapacitásokat elsősorban a téli hónapok fűtési igényére méretezik. [Energiaoldal, 2014]

A kapcsolt technológia lakossági elterjedését azonban jelentősen ösztönözhetné a szabályozás megfelelő finomhangolása. Jelenleg ugyanis egy háztartási méretű energiatermelő egység csak egy fogyasztási helyre jelenthető be, de nem megoldható az, hogy egy társasház több lakója almérőkre lebontva élhessen az áramtermelés nyújtotta előnyökkel. Az eszközöket ugyanakkor a kisebb ipari energiafogyasztónak számító kis- és közepes vállalkozások is sikeresen üzemeltethetik. A folyamatos hőigénnyel bíró termelő üzemek, ahol évente nem ritkán 7000-7500 órát is üzemelnek a berendezések, akár már 3-4 év alatt visszanyerhetik a beruházási költséget, onnantól pedig jelentősen csökkennek áramrezi költségeik. [Energiaoldal, 2014]

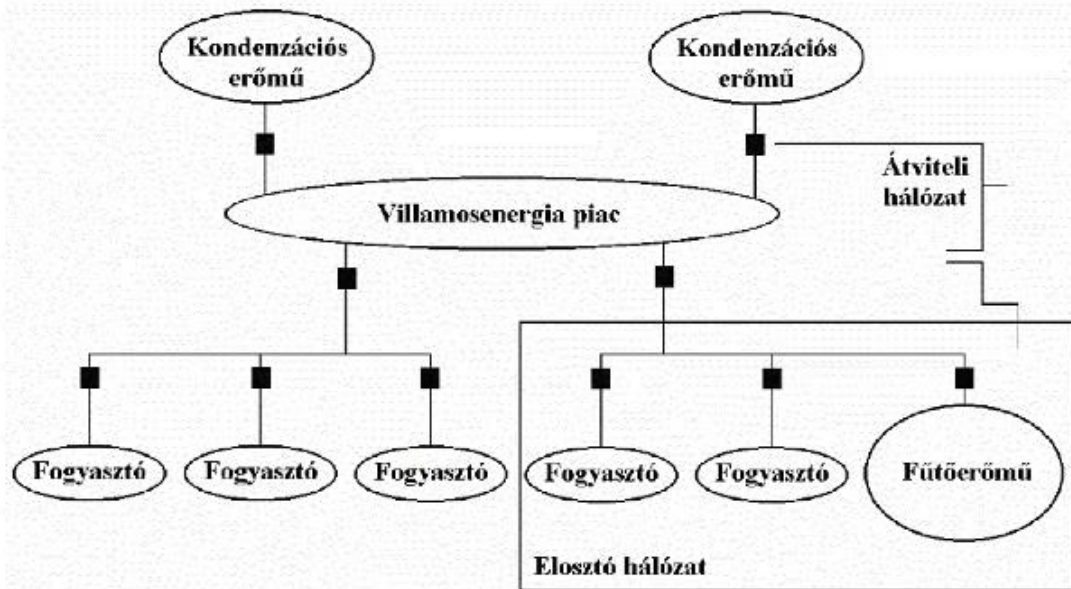


7. ábra A Főgáz első, újonnan átadott háztartási kiserőműve a budapesti Normafa Idősek Otthonában 2013

Gázmotorok környezetterhelési vonatkozásai

A gázmotoros erőművek alapvető környezetvédelmi előnye a kapcsolt energiatermelésből fakad, melynek következtében kisebb a primer energia felhasználás, és így kevesebb a káros anyagok kibocsátásának mennyisége a külön-külön történő villamos és hőenergia termeléshez képest. Ezen általánosan jellemző előny mellett azonban a konkrét gázmotoros energiatermelő egységeknek teljesíteniük kell az adott telepítési helyzetben a vonatkozó környezetvédelmi előírásokat. Ilyen szempontból a gázmotoros erőművek telepítésekor sokszor az átlagosnál nagyobb erőfeszítéseket kell tenni a környezetterhelések határértékeinek betartására, mert a gázmotoros erőmű gyakran közelebb van a fogyasztóhoz, mint az erőművek általában. Jól

mutatja ezt a 9. ábra, ahol látható, hogy a gázmotoros erőművek főképpen a fűtőművek részeként jelennek meg. Önálló megjelenés esetén is gyakran ez a helyzet, hiszen a termelt hő- és villamos energiát sok szempontból érdemes a fogyasztóhoz közel előállítani (pl. ebben az esetben nincsenek szállítási, transzformálási veszteségek).



9. ábra Decentralizált energiatermelés – fogyasztóhoz közeli fűtőerőmű gázmotorral

A gázmotorok környezetterhelési formái a káros anyag kibocsátás, esetlegesen veszélyes hulladék keletkezése, valamint a kiemelkedő jelentőséggel bíró környezeti zaj- és rezgésterhelés. A veszélyes hulladék keletkezésének tipikus példája, ha komolyabb meghibásodás esetén a gázmotorokban nagy mennyiségben jelen levő kenőolaj a környezetbe kerül.

Gázmotoros erőművek káros anyag kibocsátása

A helyhez kötött földgázüzemű gázmotorok technológiai kibocsátási határértékeit a 32/1993. KTM sz. rendelet tartalmazza. Ezek a határértékek az adott terület szennyezettségétől és a környezetvédelmi hatóság ettől eltérő előírásaitól függően változhatnak. A rendelet határértékeit az 1. táblázat mutatja. A 4/2011. VM sz. rendelet 7. mellékletének 2.55.1 pontja szerinti kibocsátási határértékeket a biogáz- és depóniagáz-üzemű gázmotorokra a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Helyhez kötött földgázüzemű gázmotorok technológiai kibocsátási határértékei

<i>Négyütemű motorok</i>		<i>Kétütemű motorok</i>	
Nox(NO ₂ -ben kifejezve)	500 mg/m ³	Nox(NO ₂ -ben kifejezve)	800 mg/m ³
CO	650 mg/m ³	CO	650 mg/m ³
összes szénhidrogén C1-ben kifejezve, a metán kivételével	150 mg/m ³	összes szénhidrogén C1-ben kifejezve, a metán kivételével	150 mg/m ³

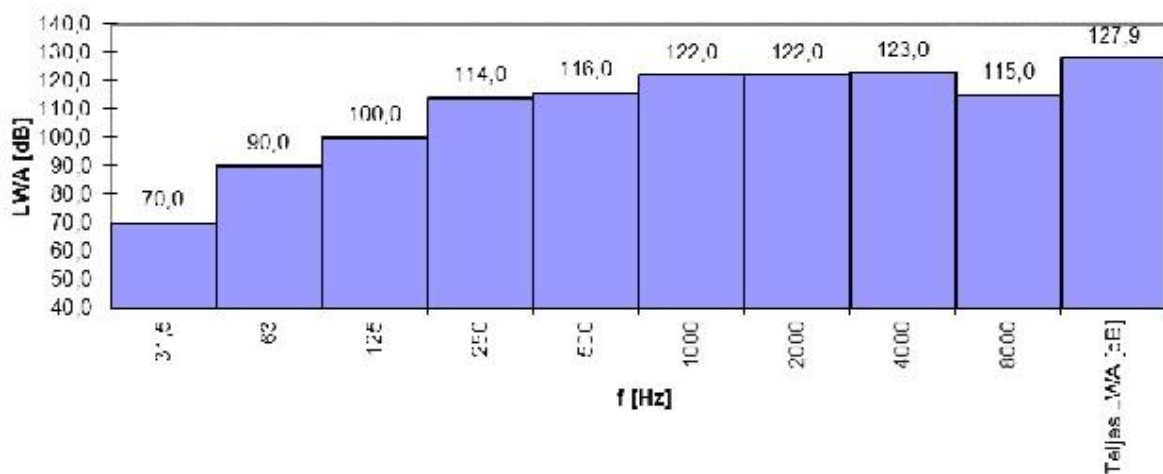
2. táblázat Helyhez kötött biogáz- és depóniagáz-üzemű gázmotorok kibocsátási határértékei

	A	B	C	D
1		Kibocsátási határérték [mg/m ³] (légszennyező anyag koncentráció)		
2	Technológia	Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben megadva)	Szén-monoxid	Összes szerves anyag C-ként (metán kivételével)
3	Helyhez kötött biogáz- és depóniagáz-üzemű gázmotorok	600	700	150

Általánosságban elmondható, hogy a gázmotorok a lambda szabályozással, az SCR technológia (szelektív katalitikus redukció) használatával és a kipufogó gázok utókezelésével teljesítik az aktuális káros anyag kibocsátási határértékeket.

Gázmotoros erőművek környezeti zajkibocsátása

A fogyasztóhoz közeli telepítés következtében a környezetterhelések közül főképpen a zajterhelés emelendő ki, mert a kis távolságok következtében gyakran rendkívül szigorú zajkibocsátási követelményeket kell teljesíteni az egyébként jellemzően zajos üzemű gázmotoros erőműnek.

W345G és W32DF gázmotorok zajteljesítményszintje**10. ábra** 8MW villamos teljesítményű Wärtstilä gázmotor egység zajteljesítmény szintjei

A MW nagyságrendű villamos teljesítménnyel rendelkező gázmotoros egységek nagyobb méretűek, azok külön épületbe telepítendő körülmények között zajvédelmi tervezés mellett. Az ilyen gázmotoros fűtőerőmű épületek általában tartalmaznak olyan helyiségeket is – mint pl. irányító, vezérlő helyiségek, irodák, tárgyaló, stb. –, ahol a belső zajterheléseknek is határértékei vannak. Fentiekből következik, hogy mind a környezeti, mind a munkahelyi zajszint követelmények betartásához zajcsökkentő megoldásokat kell alkalmazni az egy méter távolságban kb. 105-110dB(A) zajszinttel dühörgő gázmotorok telepítésekor. Tervezési fázisban célszerű a MW nagyságrendű villamos teljesítménnyel rendelkező gázmotoros egységeket ház a házban megoldással külön-külön vasbeton helyiségbe tervezni, a kialakított helyiségek zajszintjeit pedig megfelelő akusztikai burkolatokkal tovább zajcsökkenteni. Példa erre a 2002-

ben a Győrhő Győri Hőszolgáltató Kft. területén épített gázmotoros erőmű. A telepített gázmotorok zajteljesítmény szintjét a 10. ábra mutatja. [Beke, 2002]

A 11. ábrán az akusztikai burkolatokkal ellátott gépterem látható. Az elnyelő akusztikai burkolatok mellett is a gépterem zajszintje 107dB(A).

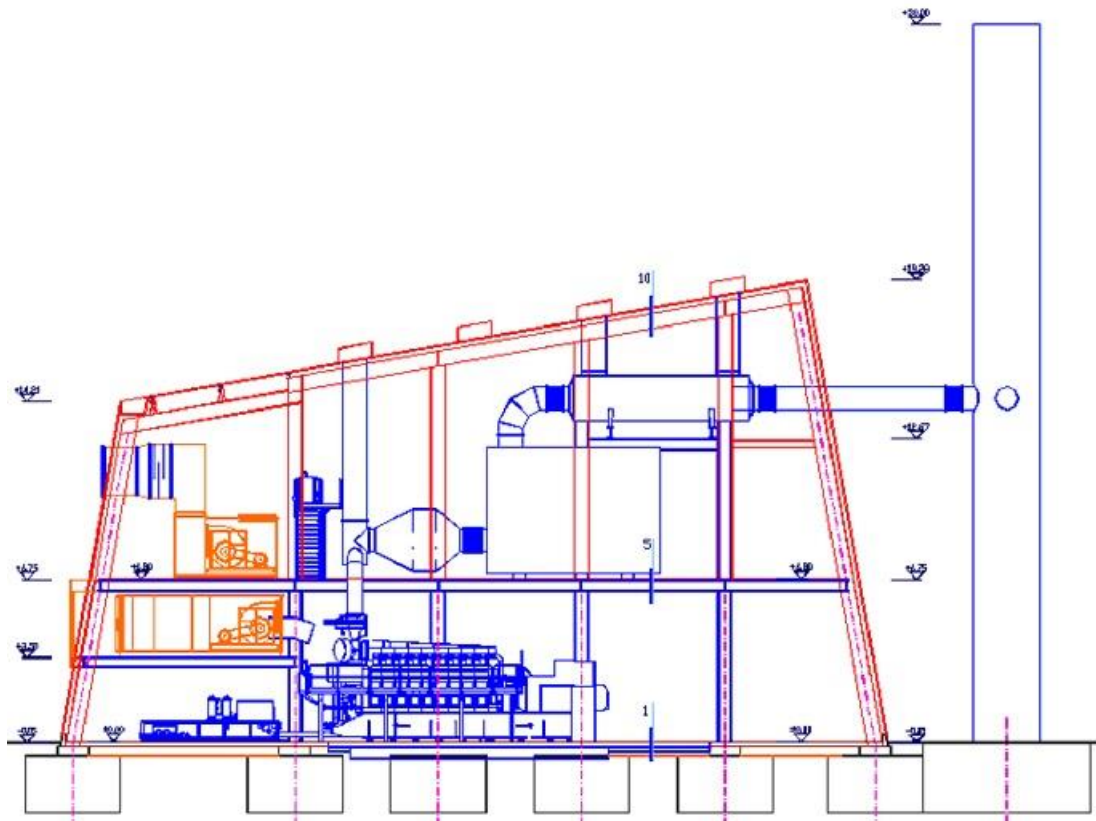


11. ábra Győrhő gázmotoros erőmű gázmotor gépterem

A 13. ábrán bemutatott gázmotoros erőmű épület metszetén láthatók a gázmotoros épület főbb környezeti zajforrás komponensei. Ezek az erőmű épület homlokzatán helyezkedő, a gázmotor levegő ellátását biztosító légbeszívó nyílás, valamint kipufogó gázokat a szabadba vezető kémény. Ezeket a zajforrásokat hangcsillapító és hangtompító berendezések segítségével az adott környezeti feltételeknek megfelelően csökkenteni kell. A fentiekén kívül környezeti zajforrást képeznek még a kültérben elhelyezett kényszerhűtők is. A környezeti adottságoktól függően ezek zajcsökkentése tipikusan zajárnyékoló elemekkel oldható meg (12. ábra).

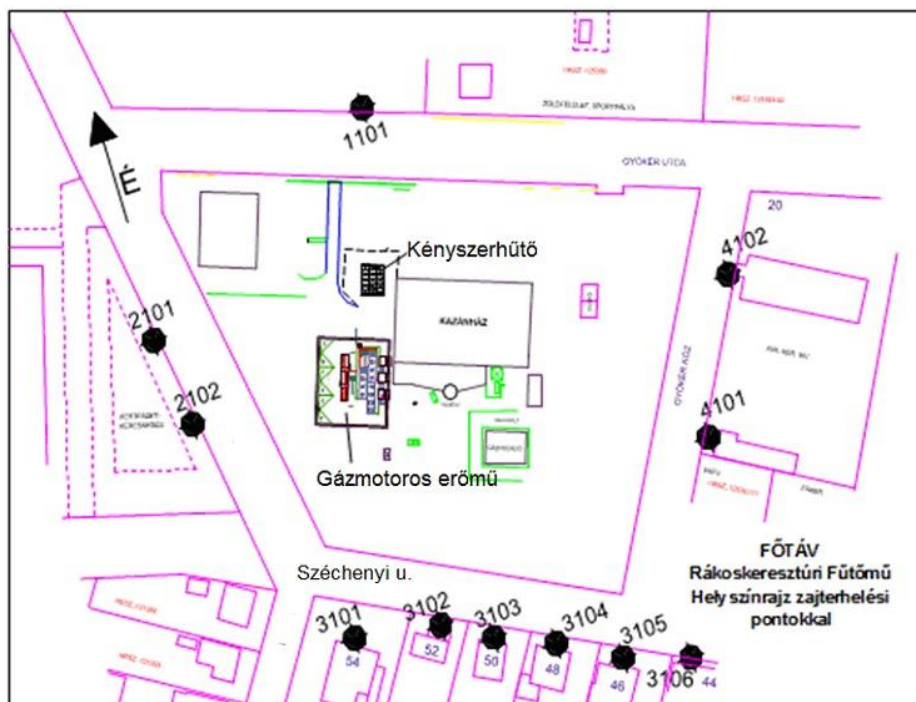


12. ábra Győrhő gázmotoros erőmű kényszerhűtő zajárnyékoló elemekkel



13. ábra Győrő gázmotoros erőmű épület metszet

Vannak esetek, amikor a gázmotoros erőmű a lakóterülethez közel kerül telepítésre. Erre példa Budapesten a FŐTÁV Rákoskeresztúri Fűtőmű gázmotoros erőművel történő bővítése. A 14. ábra helyszínrajza mutatja, hogy déli irányban a gázmotoros erőműtől mindössze 65m-re zajtől védendő családi házak találhatók.



14. ábra FŐTÁV Rákoskeresztúri Fűtőmű gázmotoros erőmű Budapest

Ez azt jelenti, hogy a szigorú éjszakai zajterhelési határérték következtében ($L_{TH}=37\text{dB}$) a gázmotoros erőmű épületének homlokzatain és tetején működő zajforrások, valamint a kipufogási gázokat kibocsátó kémények domináns környezeti zajforrásokot képeznek. Ezek zajcsökkentése komoly műszaki erőfeszítéseket igényel. [Beke, 2005] Gondosan tervezendők és kivitelezendők a kipufogó oldali hangtompítók, hiszen még a kipufogó gázok nem megfelelő hőmérséklete is kedvezőtlenül befolyásolja a kémény nyílások zajkibocsátását. [Beke, 2005] Még a halk zajforrásnak számító trafóház zajkibocsátását is csökkenteni kellett, és nem lehetett figyelmen kívül hagyni a jelentéktelennek tűnő tetőventilátorok környezeti zaját sem. Ez utóbbi zajcsökkentését a 15. ábra mutatja.



15. ábra Tetőventilátor zajcsökkentése a FŐTÁV Rákoskeresztúri Fűtőmű gázmotoros erőmű épületén

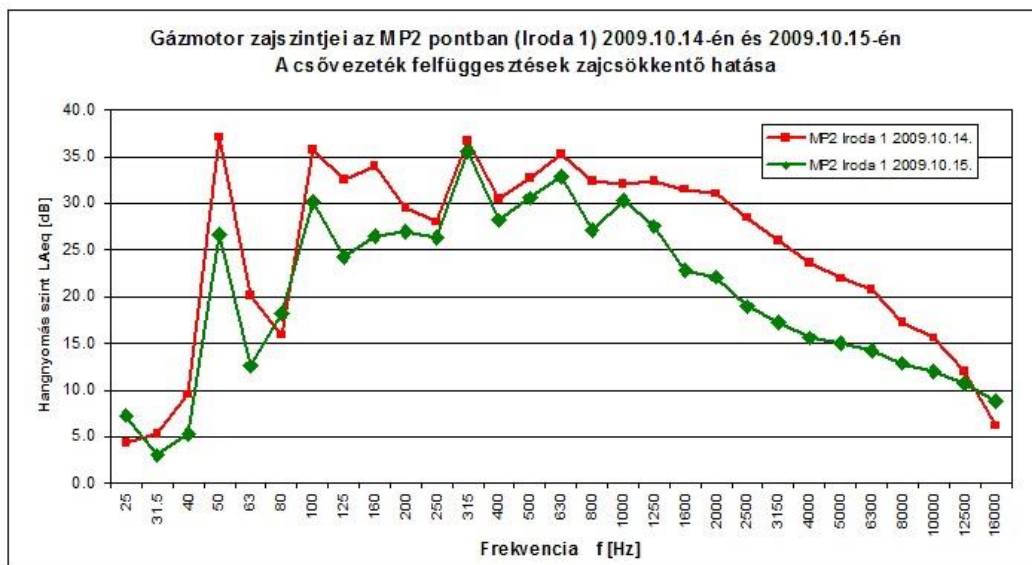
Az előző példában látható, hogy a nagyobb teljesítményű gázmotoros erőmű is telepítése is alakulhat úgy, hogy a zajtól védendő lakóházak közelsége miatt a környezeti zajterhelési határértékek betartása komoly műszaki teljesítményeket igényel. A kisebb (1MW alatti) villamos teljesítményű gázmotoros erőmű még közelebb kerülhet a fogyasztóhoz, és így a zajtól védendő épületekhez is. Példák erre a 2011-ben Berekfürdőre telepített gázmotoros erőművek. Itt a helyzetet nehezíti, hogy a gázmotoros erőművek környezete üdülőterület, ahol a zajterhelési határértékek alacsonyak (éjjel $L_{TH}=35\text{dB}$). Berekfürdőn az egyik gázmotoros erőmű a K-68 jelű termálkút metán kísérőgáz hasznosítására épült, a másik pedig egy hotel területén, a hotel hő- és villamos energia igényeinek kiszolgálására. A 16. ábra mutatja, hogy a zajos gázmotor telepítésénél ebben az esetben is a ház a házban elv érvényesül. A gázmotor a kék színnel jelzett helyiségbe kerül. Gondoskodni kell a gázmotor helyiség megfelelő légcserejéről. Az adott szituációban a szellőző rendszer zajkibocsátásával szemben nagyon szigorú követelmények adódnak. A szellőzőrendszert úgy kell megvalósítani, hogy a környezettel kapcsolódó szívó- és kifúvó felületeknél gyakorlatilag ne legyen hallható zaj. A 16. ábrán látható megoldásnál a szellőzőrendszer a tetőtérbe került elhelyezésre, a hotel területén épült gázmotoros erőműnél pedig föld alatti szellőzőcsatornák kialakítására került sor.

Tovább csökkentve a távolságot a gázmotoros kiserőmű és a fogyasztó között, eljutunk ahhoz a szituációhoz, amikor a fogyasztó épületébe települ a gázmotoros kiserőmű. Itt nagy figyelmet kell fordítani a gázmotoros egység hangszigetelésére, a csatlakozó csővezetékeknek az épületszerkezethez történő rugalmas rögzítésére és általában az épületszerkezetben keltett testhangok keletkezésének és terjedésének megakadályozására. Példa erre a helyzetre a Pan-nonhalmi Főapátság gázmotoros kapcsolt energiatermelés megvalósítása keretében a gáz-kazánházi gázmotor telepítése.



16. ábra Gázmotoros erőmű telepítése Berekfürdön a termálkút kísérőgáz felhasználására

Az alsó szinten elhelyezkedő kazánház helyiség felett irodahelyiségek vannak, irodai munkahelyekkel. A telepítés első fázisában zavaró zajok és rezgések voltak tapasztalhatók az irodai munkahelyeken. A gázmotor hangszigetelésével, valamint az épületszerkezetre átadott testhangok megszüntetésével a probléma megoldódott. A 17. ábra a megoldási folyamat egy részét mutatja, ahol az épületszerkezetre rugalmasan erősített csővezetékek zajcsökkentő hatása látható. [Beke, 2009]



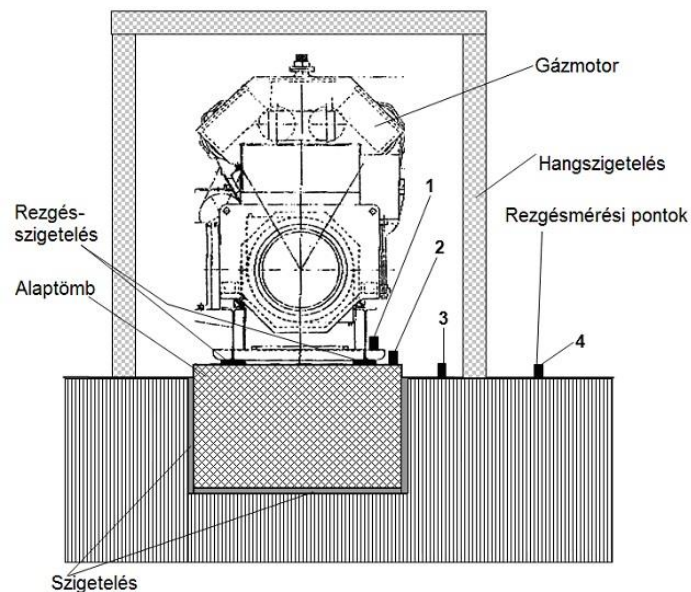
17. ábra Gázmotoros erőmű zajszintjei a Pannonhalmi Főapátság irodájában rugalmatlan és rugalmas csővezetékek felfüggesztésekkel [Beke, 2009]

A fentiekben említésre került, hogy a megváltozott gazdasági szabályozási körülmények között a gázmotoros erőművek alkalmazása a háztartási kiserőművek formájában lehetne működőképes. A lakóházakba, társasházakba történő telepítésnél – az előzőekben leírtakkal összhangban – fokozott figyelmet kell fordítani az épületen belül, a lakók irányába történő zaj- és rezgés keltés, terjedés megakadályozására. Ha a telepítés már meglévő épületekbe történik, akkor adott esetben komoly műszaki kihívás lehet a légszűrő biztosításának és a kipufogó gázok hangtompított elvezetésének megoldása.

Gázmotoros erőművek által keltett környezeti rezgések

A gázmotoros erőművek telepítésénél az esetek többségében a gázmotoros egység gyártója előírja az alapozás módját és szállítja a gázmotoros egység rugalmas alátámasztását. Ezekben az esetekben normál üzemi körülmények között a tapasztalatok szerint nem jellemző a határértékeket túllépő környezeti rezgésterhelések gerjesztése.

A 18. ábra szerint telepített, Jenbacher 320 típusú gázmotoros egységen végzett rezgésmérések eredményei is azt támasztják alá, hogy a 4-es számú környezeti pontban a súlyozott környezeti rezgés gyorsulás érték nem haladja meg a lakóépületekre vonatkozó rezgésterhelési határértéket. [Beke, 2002] A mért súlyozott környezeti rezgés gyorsulás értékeket és a 27/2008. KvVM-EüM együttes rendelet 5. melléklete szerinti határértékeket a 3. táblázat mutatja.



18. ábra Gázmotoros erőmű tipikus rezgés szigetelése

3. táblázat Jenbacher 320 gázmotoros egység által keltett környezeti rezgések [Beke, 2002]

Mérési pont	Mért, súlyozott rezgés-gyorsulás [mm/s ²]	Megengedett rezgés gyorsulás lakóépületekre [mm/s ²]	
		Nappal	Éjjel
1. a gépen	37,5	10	5
2. az alaptömbön	2,5		
1. a gépen	36,1		
3. aljzatbetonon	1,3		
1. a gépen	37,0		
4. járólapon	3,2		

Összefoglalás

Áttekintve a gázmotoros kapcsolt energiatermelés helyzetét Magyarországon kb. az utóbbi 25 évre vonatkozóan megállapítható, hogy – köszönhetően a kogenerációs energiatermelés előnyeinek, a gázmotorok műszaki fejlődésének és nem utolsósorban a gazdasági szabályozási

környezetnek – a gázmotoros kapcsolt energiatermelés a 2010-es évek elejéig dinamikusan fejlődött, a gázmotoros energiatermelés egy külön szektorra nőtte ki magát szakmai háttérrel, üzemeltetői és szerviz hálózattal. A gázmotoros erőművek telepítése során a körültekintő tervezés és kivitelezés megfelelő választ tudott adni a környezetvédelmi előírások által támasztott kihívásokra. A környezetvédelmi követelmények közül elsősorban a környezeti zajterhelésekkel kapcsolatos követelmények emelendők ki, ahol a megoldást az egyes telepítéseknél gyakorlatilag a konkrét helyzetre vonatkozó egyedi tervezés adja.

Az utóbbi években a megváltozott szabályozási környezet és a piac telítődése következtében a növekedés lelassult, illetve a meglévő gázmotoros erőmű park kihasználtsága is csökkent. A fejlődési lehetőség a háztartási kiserőművek alkalmazásának irányába képzelhető el. Mivel ebben az esetben a gázmotoros kiserőmű gyakran a fogyasztó épületébe kerül (lakóház, társasház, szociális otthon stb.), a lakókat érő zaj- és rezgésterhelési kérdések jobban előtérbe kerülnek, főképpen az épületszerkezetek által átvitt zaj és rezgés miatt. Ezekre az újabb kihívásokra a körültekintő tervezés és kivitelezés továbbra is megfelelő választ tud nyújtani.

A hazai és nemzetközi releváns irodalom kritikai értékelése

A magyar energetikai szakirodalom klasszikus, nagy alakja Dr. Büki Gergely professzor az Energetika című egyetemi tankönyvében 1997-ben találóan és előrelátóan a következő megjegyzést teszi a kapcsolt energiatermelésről: „A kapcsolt energiatermelés (kogeneráció) az energiaellátás hatékonyság javításának egyik legkoncentráltabb és legjelentősebb eszköze, de gazdaságilag sok vitát kiváltó megoldása.” [Büki, 1997] Magyarországon a következő húsz év – különösen a gázmotoros kapcsolt energiatermelés területén – igazolta ezt a megállapítást. A vonatkozó hazai szakirodalom segítségével jól nyomon követhetők ennek az időszaknak a gazdasági szabályozási változásai és azok hatásai.

A jelen tanulmányban felhasznált szakirodalom négy főbb csoportba osztható, ezeket a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat A felhasznált irodalom tartalmi csoportosítása példákkal

Energetikai műszaki alaplómű	Gazdasági szabályozási kérdések	Idősoros elemzés, múlt, jelen, jövő	Környezeti hatások, főképpen zaj, rezgés
Büki Gergely: Energetika 1997	Zsebik Alvin 2007: Gázmotorok jövedelmezősége és megtérülése. Hamvai László 2014: Gázmotorok üzemeltetése az új szabályozási környezetben	Fazekas 2005: A kapcsolt villamos-energia-termelés jelene és jövője Magyarországon	Beke Péter 2002, 2005, 2009: Gázmotoros erőművek zaj, rezgés vizsgálatai

Nemzetközi viszonylatban az energiatermelés hatékonysága – és így a kapcsolt energiatermelés kérdése – szintén kiemelt szerepet kap a szakirodalomban. Gázmotoros kapcsolt energiatermelésnél a hatékonyság mellett fontos szempont az alacsony káros anyag kibocsátás is. A CHP és CCHP nemzetközi irodalma meglehetősen szerteágazó. Főbb irányvonalként említhetők a következők:

- Műszaki megoldások. Itt nagy hangsúlyt kap az alacsony káros anyag kibocsátás, valamint a megújuló energia felhasználás kombinálása a kogenerációval. Ebben az irányvonalban kapnak helyet a gázmotoros erőművekkel kapcsolatos megoldások is.
- Gazdasági, szabályozási kérdések, célkitűzések, trendek. A nemzetközi szakirodalom ezen irányvonala alapján lehet tájékozódni pl. az EU-ban kialakult helyzetről, a kogeneráció szerepéről. Egy ilyen szakirodalom pl. a COGEN Europe által kiadott

European Cogeneration Review sorozat, amely az egyes európai országok kapcsolt energiatermelési helyzetéről szóló beszámolókat tartalmazza

Források:

Beke Péter [2002]: *SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY a GYŐRHŐ Győri Hőszolgáltató Kft. győri telephelyén telepítendő gázmotorok által keltett várható környezeti- és munkahelyi zajszintekről* Győr, 2002, 9 oldal

Beke Péter [2005]: *SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY a FŐTÁV Rákoskeresztúri Fűtőmű telephelyén telepítendő gázmotorok által keltett várható környezeti zajszintekről* Győr, 2005 január, 19 oldal

Beke Péter [2005]: *A rákoskeresztúri gázmotoros erőműtelep hangtompító és kémény akusztikai vizsgálata* Győr, 2005 december, 18 oldal

Beke Péter [2009]: *MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV a Pannonhalmi Főapátság gázmotoros kapcsolt energiatermelés megvalósítása keretében a gázkazánházi gázmotor mért zaj- és rezgés szintjeiről* Győr, 2009 október, 12 oldal

Beke Péter [2002]: *SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY a JENBACHER 320 típusú gázmotor által keltett rezgésekről* Győr, 2002 április, 10 oldal

Büki Gergely [1997]: *Energetika* Egyetemi tankönyv Műegyetemi Kiadó 1997. ISBN 963 420 533 X p.196, 416 oldal

Energiaoldal.hu [2014]: *Slágertermék lehet a kiserőmű* <http://energiaoldal.hu/slagertermek-lehet-a-kiseromu/> Letöltés dátuma: 2016. 02 24.

Fazekas András István [2005]: *A kapcsolt villamosenergia-termelés jelene és jövője Magyarországon* GKI Energiakutató és Tanácsadó Kft. Energiapolitikai Füzetek V. szám Budapest, 2005. szeptember pp.11-12, 29 oldal

Hamvai László [2014]: *Gázmotorok üzemeltetése az új szabályozási környezetben* Budapest, 2014 Magyar Energetika 2014/1. szám, 6 oldal

MAVIR [2015]: *A KÁT mérlegkör működésének statisztikai adatai* Budapest, 2015, 30 oldal

Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (REKK)/Budapesti Corvinus Egyetem [2010]: *A kapcsolt hő- és villamos energiatermelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon* Tanulmány Budapest, 2010. október, 98 oldal

Zsebik Albin [2007]: *Gázmotorok jövedelmezősége és megtérülése* Elemző Tanulmány MEH, Budapest 2007, 73 oldal

Szerző:

Dr. Beke Péter PhD, egyetemi docens
Széchenyi István Egyetem 9026 Győr, Egyetem tér 1.
Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Környezetmérnöki Tanszék
bekep@sze.hu

PHYSICAL BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A fenntartható fejlődés fizikai alapjai

CSERNAI, László Pál – PAPP, István – SPINNANGR, Susanne Flø – XIE, Yi-Long

Abstract

This work is based on the talk given by Csernai at the Blue Sky International Conference in the Buda Castle on October 30, 2015, Budapest, Hungary. The human development on the Earth is analysed based on basic physical principles and the available resources. The areal and material resources are obviously finite, but the very fundamental energy resources are sufficient for solid and sustainable continuing development. These energy resources can compensate many of the constraints arising from the finite material resources. The development is going in the direction of increasing complexity on the surface of the Earth, due to the increasing green mass and the developing biological and material complex structures. This sustainable development is enabled by the astrophysical conditions and constraints and these conditions provide a good possibility for continuous further development in a sustainable way. This development is characterized by the increasing neg-entropy on the surface of the Earth.

Keywords: energy, entropy, complexity, resources

JEL: C62 (Existence and Stability Conditions of Equilibrium), O44 (Environment and Growth), Q4 (Energy)

Összefoglaló

A cikk Csernai László előadásán alapul, amit a Budai Várban a Blue Sky nemzetközi tanácskozáson tartott, 2015. október 30-án. A Földön az emberi fejlődést az alapvető fizikai elvek és a rendelkezésre álló források alapján tanulmányozzuk. A rendelkezésünkre álló terület és az anyagi források nyilvánvalóan végesek, de az alapvető energiaforrások elegendőek egy szilárd és fenntartható folytonos fejlődéshez. Ezek az energiaforrások kiegyenlíteni tudják a véges anyagi forrásokból eredő megszorításokat. A fejlődés az összetettebb rendszerek irányába történik a Föld felszínén, a növekvő zöldtömeg és a fejlődő biológiai és összetett anyagi rendszerek kialakulásával. Ezt a fenntartható fejlődést az asztrofizikai feltételek és korlátok teszik lehetővé, amelyek jó feltételeket biztosítanak a további folytonos fejlődésnek egy fenntartható módon. Ez a fejlődés a Föld felületén a növekvő neg-entrópia kialakulásával jellemezhető.

Kulcsszavak: energia, entrópia, komplexitás, források

Introduction

The Limits to Growth is a 1972 book, commissioned by the Club of Rome, about the exponential economic and population growth with finite resource supplies (Meadows DH et al. 1972). The book used a computer model to simulate the consequences of interactions between the Earth's resources and human systems. The authors of 'Limits to Growth' published updates in 1992 and 2004.

The original version presented a model based on exponential growth of world population, industrialization. These conditions led to a collapse and reversal of the growth around 2030.

By now we see that these model predictions were unrealistic, and the 2030 as the limit of the growth of human society is unreasonable. See Prof. Norbert Kroó's talk (Kroó, 2015) at this meeting.

The population increase of the Earth is not linear or exponential. Clearly, there are periods with more rapid increase and saturation of the population. These are actually not so much connected the availability of certain resources but the development of technology. The first rapid increase of growth was caused by the development of agriculture a few thousand years ago, then the next is the development of industry that started a couple of hundred years ago. This showed that the availability of energy is just as important for development as the availability of food.

The Availability of Energy

The problem of the Heat Death of the Universe that can arise from the non-decreasing entropy of a closed, near equilibrium system was brought up already by Kelvin in 1852. However, according to our present knowledge, the Universe is not in equilibrium, it is expanding and the expansion changes due to the gravitation.

The heat death idea was also brought up for the Earth, but the Earth is also an open system, it exchanges energy with the surrounding: Enormous radiated energy is received from the Sun, dQ_{Sun} , and it radiates in infrared into the universe, dQ_{Earth} .

The incoming and outgoing radiations are nearly equal; this is evidenced by the existence of all three phases of the water (steam, water, ice) on the Earth. As we will see later the imbalance is small, it is about $dQ_{Sun} - dQ_{Earth} = +0.6 \text{ W/m}^2$, while the maximum of the Solar irradiation exceeds 1000 W/m^2 . Consequently, we can use the approximation

$$dQ_{Sun} \approx dQ_{Earth} . \quad (1)$$

At the same time the Sun's radiation and the Earth's radiation is different, these are thermal radiations, but can be characterized by very different temperatures:

$$T_{Sun} \approx 6000\text{K} , T_{Earth} \approx 300\text{K} . \quad (2)$$

We perceive these radiations by their color. Our light-bulbs are usually radiating a color corresponding to 3000 K, and a 4000 K light-bulb is already looking blueish.

Having estimated the heat fluxes and the temperatures of the incoming and outgoing radiation, we can also determine the incoming and outgoing *entropy* currents using the definition:

$$dS = \frac{dQ}{T} . \quad (3)$$

Here we assume locally equilibrated systems, which can be characterized by "intensive" thermodynamic parameters as temperature, T , pressure, p , etc. In a closed system spontaneous changes must lead to an increase of the entropy, $dS = dQ/T_{\perp} > 0$. This thermodynamic entropy is sometimes also called Gibbs entropy. The entropy is an additive ("extensive") quantity, thus we can calculate the change of the Earth's entropy, assuming that both the source, the Sun, and the Earth is in close to local equilibrium, and the energy transfer can be characterized by the temperature of the source:

$$dS_{Earth} = \frac{dQ}{T_{Sun}} - \frac{dQ}{T_{Earth}} < 0 . \quad (4)$$

That is the entropy of the Earth is decreasing. What is this entropy and what does it mean that the entropy of the Earth is decreasing. We have seen that the entropy increase was perceived as the Heat Death, so all materials burn and will form structure less dust and smoke. The decreasing entropy (also called as neg-entropy) should be the opposite, but how can we quantify this?

The decrease of entropy may happen if the matter is organized into more complex molecules, living cells, organisms coded with a DNA, and even with the structure of the human brain. These complex living systems are not in equilibrium, these are in change and in development; so their entropy, should not be characterized by a temperature.

Another competing factor is the rather turbulent strong currents in the atmosphere and at the surface of the sea caused by the large temperature differences. The viscosity of air and water damps these currents, while generating entropy increase (Liu et al. 2011).

These considerations indicate that to discuss the development on the Earth should be based on quality and not quantity, and therefore the role of entropy is fundamental in discussing the limits of growth.

Gibbs entropy, Shannon entropy and the entropy of life

It was observed by Boltzmann that the entropy density of a gas out of equilibrium can be characterized in the space, x , and momentum, p , space, by the entropy density

$$s(x) = - \int d^3p f(x, p) [\ln f(x, p) - 1], \quad (5)$$

where $f(x, p)$ is the (x, p) -phase space density distribution of the constituent particles of the gas, i.e. the probability that a particle is in a given phase space "volume" element.

(Here we used the convention that the Boltzmann constant is, $k_B = 1$, $c = 1$, and $\hbar c = 1$.) We have to integrate this distribution to all possible phase space volume elements. If we want to receive exactly the same value for the entropy as in thermodynamics, then we have to quantize the volume of the phase space volume elements, based on the uncertainty principle (i.e. that the position and momentum of a particle cannot be determined exactly at the same time). The last term, "-1" is there to secure that the exact low temperature limit of this entropy is the same as in the thermodynamic exact definition. It can be shown that the entropy defined this way returns exactly the same entropy as defined in thermodynamics (Csernai 1994).

Boltzmann has shown that this non-equilibrium entropy increases in closed systems until one does not reach the thermal equilibrium, this is described by the "Boltzmann H-theorem". This development actually leads to an increasing 'disorder' in our system.

The information entropy, also called 'Shannon Entropy', was introduced in the mid-1900s [Shannon 1948]. If we assume $n(x)$ particles of the same type in a volume element, the entropy expression, eq. (5), takes the form

$$s(x) = -n(x) \sum_i p_i \ln p_i, \quad (6)$$

where p_i is the probability of having a single particle in a given phase-space volume element, i , and we have to sum up the contributions of all particles. We can also consider several different objects, with many different states, i , for each of them and then the total entropy of this system can be described as

$$S = - \sum_i p_i \ln p_i, \quad (7)$$

where the summation runs over all objects and all of their states.

This way we can for example estimate the human brain's entropy. In ref. (Pénzes et al. 1980), the entropy of humans (as well as some animals) were estimated. The total entropy of the Earth considering all complex systems and life-forms is difficult to calculate precisely, but we can compare the entropy of the different species at their maximum level of complexity, as well as the rate of increase of their entropy during their lifetime. This can be done based on their metabolism and body weight. It is shown that Maximal neg-entropy and the rate of entropy increase provides a good estimate for the life-span of the different species.

The same way one can estimate the increase of neg-entropy of the Earth by considering the increase of population, the increase of the populations of the different species and the increase of the green mass. This is somewhat compensated by the weakly increasing temperature and thus increasing entropy of the atmosphere and the surface layer of the Earth. Nevertheless, the growth of complexity has to dominate the entropy increase from the warming, due to the overall decrease of the entropy of the Earth.

Nevertheless, the decreasing Entropy of the Earth alone is not sufficient to explain the existence and development of life on the Earth.

The neighboring planets have similar entropy imbalance and we still did not see the development of life there. The Earth has a special advantage: the existence of Water in 3 phases, Steam, Water and Ice. This acts as a thermostat, and the latent heat of ice and water vapor establishes a relatively constant temperature environment. This enables the buildup of complex molecules, cells, and life.

In the Sahara, or on the Moon, or Mars, the temperature changes daily by near to 100 °K, so the conditions for a stable gradual and sustainable development are not present.¹

¹ Still the question arises what happens with the decreasing entropy on other planets where this is not generating complex structures and life forms. On these planets, the lack of water and the thin atmosphere leads to much

Let us see how stable is this "Water thermostat" of the Earth.

A. Ice as the Earth's Thermostat

Nowadays, human beings more and more are occupying the Earth. Due to the hot focus of Global Warming, humans are concerned about the speed of melting the ice. Here we simply estimate the ice melting speed from physical fundamentals, based on some knowledge and observations as follow:

(1) The Earth's ice volume was estimated to be about $29,960,000 \text{ km}^3$ [Johnson et al. 2005], i.e.:

$$3 \times 10^7 \text{ km}^3 = 3 \times 10^{16} \text{ m}^3 = 3 \times 10^{16} \times 0.9 \times 10^3 \text{ kg} = 2.7 \times 10^{19} \text{ kg}.$$

(2) The Earth surface is: $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ [Pidwirny 2006], i.e. $5.1 \times 10^{14} \text{ m}^2$. The area of glaciers on Earth is $1.6 \times 10^7 \text{ km}^2$ [Johnson et al. 2005].

(3) From NASA's observations, there exists on the surface of the Earth a small energy imbalance, $dQ_{Sun} - dQ_{Earth}$, which is measured to be $0.60 \pm 0.17 \text{ W/m}^2$ (Stephens et al. 2012).

If the energy imbalance is distributed evenly on the surface of the Earth, then the energy imbalance of the ice surface on the Earth, roughly equals to: $3 \times 10^{20} \text{ J/year}$. Then using the latent heat of ice, $3.35 \times 10^5 \text{ J/kg}$, the melted ice each year is about $3 \times 10^{20} / 3.35 \times 10^5 \text{ kg} = 9 \times 10^{14} \text{ kg}$, and it will take

$$3 \times 10^5 \text{ years}$$

to **melt all the ice** on the Earth.

Interestingly if we consider all of the ice as fresh water, when the **ice melts in the salty seas**, it will increase the level of the seas due to the density difference between salty and fresh water. Salty water is more dense therefore fresh water cannot displace the amount of salty water equal to its own mass. We can calculate the average rise of sea levels per year. If $9 \times 10^{14} \text{ kg}$ of ice melts each year, calculating with 1.03 g/ml of salty water density, it will displace roughly $8.7 \times 10^{14} \text{ kg}$ of seawater. The volume of this water is roughly $8.5 \times 10^8 \text{ km}^3$. By distributing this amount on a surface of $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$ we will obtain a sea level increase of **2.3-2.4 mm per year**.

larger surface temperature differences. This additional structure and the arising strong winds in the thin atmosphere, with turbulent currents lead to significant entropy production balancing the smaller entropy input from the Sun. The radiation outwards is much less uniform compared to the Earth, and a significant part of the Solar irradiation can be directly reflected back. With the rotation of the planet, the absorbed heat still radiated out to the Universe at a much lower temperature. This non-uniform radiation, is proportional to T_{Surface}^4 , thus it is much higher from the hotter, sunny side than from the dark side of the planet. This way it is acting in the direction of equilibrating the surface temperature, and radiating away the neg-entropy of arising from the surface temperature difference. I.e. the radiation out from such a planet is not thermal, and in eq. (4) incoming and outgoing entropy difference is smaller or negligible because of the reflection and the stronger atmospheric turbulent entropy production.

We also have to take into account that the energy imbalance is heating up the oceans as well. Considering the salinity of a small portion of the ocean, which could absorb the heat, the heat capacity of that portion would be roughly $4100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (McDougall et al. 2009) and the energy received on the surface of the ocean ($3.6 \times 10^{14} \text{ m}^2$) is $6.8 \times 10^{21} \text{ J/year}$. With this heat capacity when all the energy is absorbed by that portion, $1.6 \times 10^{18} \text{ kg}$ ($1.58 \times 10^6 \text{ km}^3$) of sea water would be heated up by 1 K, and if we calculate with a linear thermal expansion coefficient of $2.1 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ the volume of that portion would increase with 330 km^3 . Distributing this volume on the surface of the sea would approximately result in **0.9 mm increase of sea level per year**.

Adding up the two effects gives nearly exactly the values measured by NASA (Poore et al. 2015).

The estimate of radiated energy imbalance and the observed sea level change are thus consistent. As a matter of fact in the last few thousand years the sea level change was similar, around 1-2 mm per year or 1-2 m per 1000 years. If this sea level change is going to be increased or not is unclear at this moment. IPCC's 2001 projections estimate the range of sea level increase from this value, i.e. **9 cm to 88 cm** for the next 100 years.

In IPCC's worst case scenario this would mean that the ice on the Earth would melt in

$$3 \times 10^4 \text{ years,}$$

but by then the Earth's energy supply certainly will not be based on fossil fuels, and until then the ice serves us well for cooling the Earth.

In the industrial age, the amount of energy available for humanity is increasing but again not linearly or exponentially, rather with rapid increases and stagnation periods. These are connected to the takeover of different energy sources, as wood, coal, oil, natural gas, and nuclear energy. All but the last mentioned one are actually converted from the energy of the Sun, with shorter or longer storage or latency periods. In addition, come the more or less direct (renewable) conversions of solar energy via Water, Wind, Photo-Voltaic, energy sources. These forms of energy resources may be limited, particularly the fossile ones, coal, oil and natural gas. These could be available for a limited time of the order of 10^2 years. The other renewable energy forms have higher economic costs and an intermittent nature, which would require additional expenses as well as additional technological tools for storage.

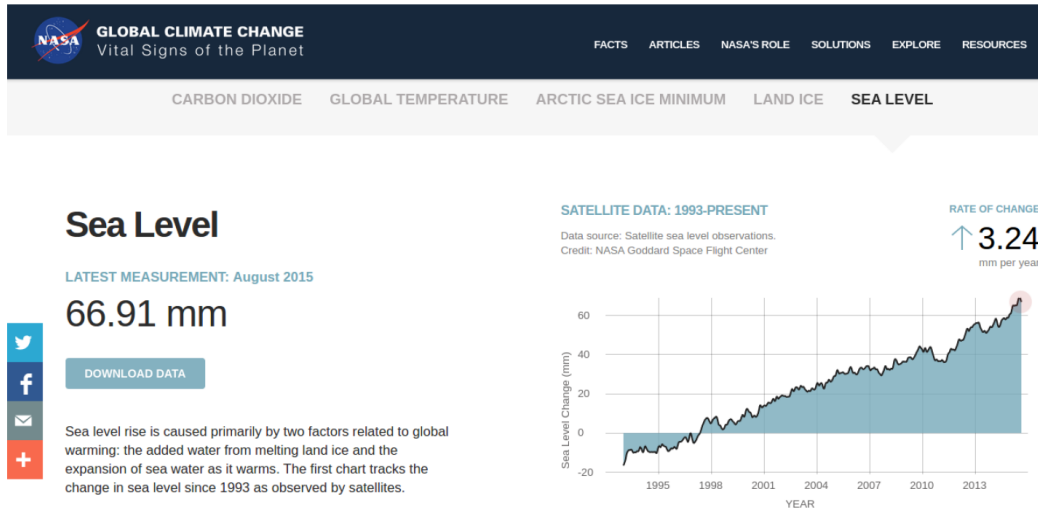


FIG. 1. Measurements of sea level per year according to satellites of NASA. It shows a 3.24 mm increase of sea level per year (Poore et al. 2015).

The Nuclear energy is under development. This is not a conversion of the solar energy for our use, rather the use of those nuclear reactions which occur typically in the stars: fission and fusion. This last form of energy is available at a much larger scale and could last several orders of magnitude longer than the other energy forms dominant up to now. Thus, the energy supply of the Earth is sufficient to Sustainable Development even with still increasing population.

A further hindrance of Growth is the environmental side effects, due to pollution, waste heat and change of the atmosphere, and atmospheric processes due to the emission of climate gases, particles and aerosols. The pollution and waste are actually generating entropy increase, so if our aim is to achieve a sustainable Development measured in quality we have to maximize the development of more complex forms of matter with the least waste production. These side effects are today dominant for the fossile energy production, so these effects will essentially disappear together with the fossile energy.

Still these environmental and atmospheric side effects are at this moment of time important, particularly in rapidly developing part of the World like China.

The energy mix of China and its consequences

China is the most populous country of the World, and the environmental problems related to energy production are there the most severe. Hungary in contrast has relatively modest pollution as nearly half of the electric energy is production is nuclear. About 70 % of the energy production in China is made from coal. This is the most polluting form of energy sources. The question arises what are the present environmental effects of energy conversion in China.

Total energy consumption in China by type, 2011

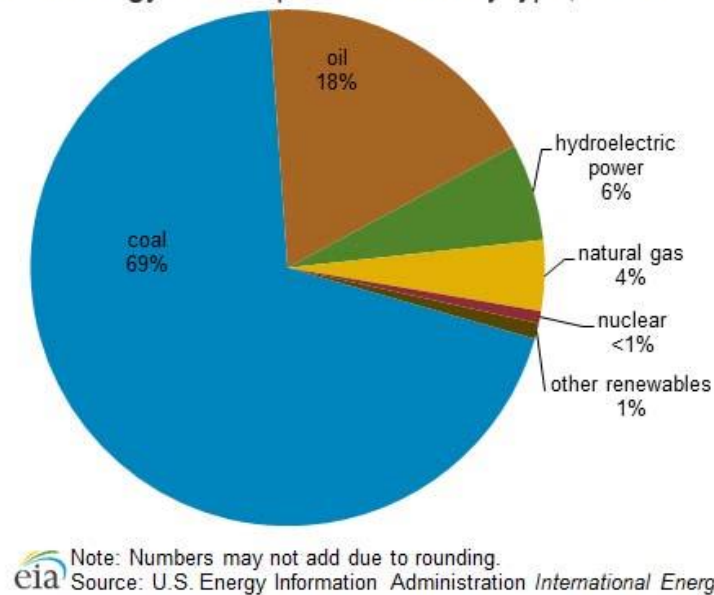


FIG. 2. China's energy production mix in 2011. Source (US EIA 2015).

The question arises does China becomes warmer or colder? Maybe colder due to the smog from energy production?

The present temperature change in China was estimated to be $+0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 10 years (1951-2004) [Ren et al. 2005]. This value is a conservative estimate, i.e. it is a maximum value, and the practical value at different places and times may be lower. The well-known Chinese scientist, Chu Ko-Chen, has studied China's historical climate fluctuations, and his conclusion was that the typical climatic temperature change in China was $0.5 - 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ in every 50-100 years (Chu et al. 1973), but sometimes as much as $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 years. The recently measured value of $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 years, (Ren et al. 2005) is somewhat greater than $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 10 years, but from Fig. 3 in Ref. (Chu et al. 1973) this changing speed of $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ years can also be found in China's earlier history.

During the last 30 years, the temperature did have an obvious increase, but it is not unusual, especially considering the urbanization and effect of urban heat islands (Wang et al. 2014).

The temperature during the last 15 years increased in a mild way (Wang et al. 2014, MoEP China 2010), and even in some regions such as in the Beijing-Tianjin-Hebei region, there is a trend of temperature decrease in recent years (MoEP China 2010). This is attributed to the excessive dust and aerosol emission in these regions.

However, according Refs (Chu et al. 1973, MoEP China 2010), one should also notice that the temperature in China has climbed to the highest level in the last 5000 years. This temperature growth started roughly from 1900.

As a conclusion, China has entered into a hot period since 1950 (Ge et al. 2014), and this increasing of temperature would be maintained for about another 50 years, because the cyclic period of the temperature in China is about 100 years (Ge et al. 2014).

China's Energy resource structure

Thirty years ago, the energy production was almost exclusively based on burning coal and a smaller amount of oil. The energy production increases by more than a factor of 6 in this time and still coal and oil are the dominant sources of energy, but the hydroelectric energy came up to the 3rd place (especially due to constructing the World's largest Hydroelectric power plant of 22.5 GW (equivalent to 22 large Nuclear Power Plants). Just about 25 km downstream on the Yangtze River there is another dam at Yichang City with 2.7 GW power production. Still the total hydroelectric power of China is below 10 %.

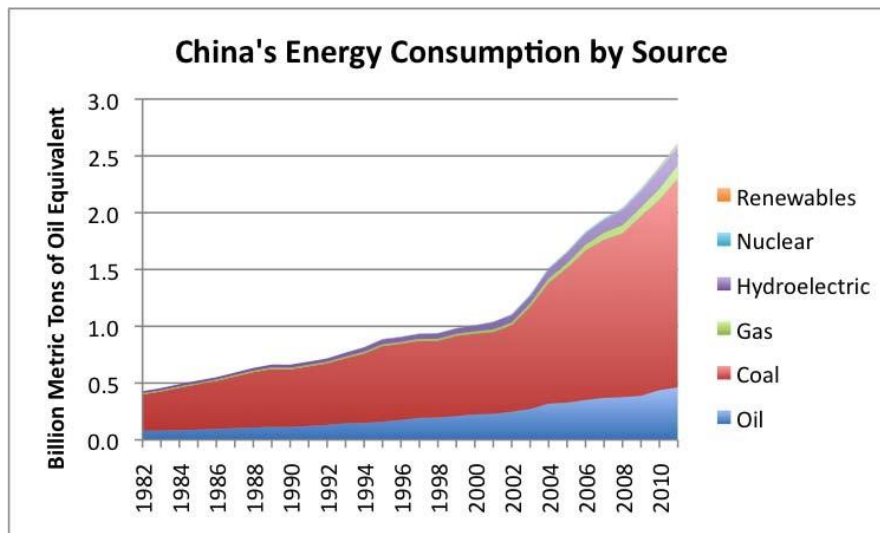


FIG. 3. The development of China's energy production in the last 30 years. Source (Tverberg 2012).

At this time (2014) China has about 20 GWe energy production by Nuclear Power plant and another 26 GW is under construction. By 2020, China plans to reach a fraction of 6 % Nuclear Power in its energy mix.

Limited resources

Certainly, the surface of the Earth is finite, especially the dry-land, and the population density is increasing. Therefore, the exponential or rapid increase of the population is not sustainable on the long term. Food production is still increasing adequately, but one should consider the land area of one of the most precious resource

s.

Again, we can take China as example. In the 1960s China had famine, with a population of about 0.7 billion. The one child per family was introduced and strictly enforced. The agriculture is made technologically more intensive with fertilizers, gene modified crops and improved agricultural technologies. Production of fertilizers is highly energy consuming, but this was made possible by increased energy production. In addition, the economic conditions were also modernized; different social productions and different incentives were introduced. This altogether led to a food production, which by 2000 exceeded the demand. This happened without the increase of the agricultural territory but with a significantly higher energy consumption of agriculture. Thus, technological and social advances can relax rigid limits!

The sustainable population growth is also an important question. Developing countries have

large reproduction rate and increasing population, while the most developed countries have usually stagnating or slightly decreasing population.

The Chinese one child policy turned out to be unsustainable, as the working Chinese population became too small to cover the needs of the ageing elderly population. This led to changing the one child policy to a two-child policy at the end of 2015. This shows that the issue of sustainability should be regularly reviewed and modified according to the needs. Usually decreasing or lacking resources can be replaced or reproduced, but one should consider the costs and consequences carefully.

This also applies to the questions of energy production, where the proper energy mix, the rate of the change of the mix, and the level of subsidizing or enforcing the change, are of utmost importance. Usually one cannot find or apply a general solution to these problems because these parameters depend on geographical, historical and economic conditions. The balancing the sustainable development among different countries, is a non-trivial questions and may lead to political differences and disagreements (sometimes even wars).

Under these conditions, the sustainable development is a highly complex problem, where natural science and human or social science issues are equally important. Thus, a communication among these different scientific research activities should be much more intensive than earlier.

However, not only the sustainability of the development but the direction of development is changing.

The direction of development

As we discussed the Astrophysical conditions of the Earth and the Solar System, secure relatively balanced energy transfer to and from the Earth, stable physical conditions, with physical parameters that enable the sustainable Development of more complex organic molecules, life-forms, and human constructions on all scales. Even developments in the social structures of humanity could be considered as entropy increasing and decreasing changes, although these are difficult to assess quantitatively.

The constrained size of the Earth will not allow unlimited increase of the population, and the amount of material resources will not increase either. These conditions will remain the same for very many years (until population towards other planets will become technically and economically possible and desirable).

The development, already today, goes in the direction of increased complexity of the human life. E.g. cars do not grow but consume less fuel. Even Formula-1 racecars use hybrid technology today. We have much more effective and diverse medicaments, and medical methods. Thus, the exploitation of the increasing neg-entropy is continuing in our present development. Many aspects of these positive developments were mentioned in Norbert Kroo's talk at this conference.

The 70th Anniversary UN General Assembly in September 2015, has uniformly accepted (UN 2015) those goals (27), which serve the peaceful and sustainable development of humanity and the direction of this development.

Regarding the Energy, our Goal (7) is to ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all, peoples and countries. In more detail: (7.1) By 2030, ensure universal access to affordable, reliable and modern energy services; (7.2) By 2030, increase

substantially the share of renewable energy in the global energy mix (7.3) By 2030, double the global rate of improvement in energy efficiency.

These goals should be reached by adequate Research, and the solutions should be available and applicable for Developing Countries also.

Let us close these considerations by the thoughts of Nobel Laureate (1978) Alexander R. Todd: The phenomenal rate of change which has characterized our material civilization during this century has been wholly due to the application of scientific discoveries to practical problems -in a word, to science based technology. Automobiles, television, antibiotics and all the rest have depended on science. Of course, no-one would claim that science has been a wholly unmixed blessing or deny that it has been on occasion misapplied. What I wish to argue is that, just as we owe our present civilization and standard of living largely to science, it is only through the further promotion of science and technology that we will find solutions to many seemingly intractable problems (If) we continue to improve our natural knowledge all experience suggests that we will see changes which will radically alter the whole pattern of our lives - or if not of our lives then those of our children and grandchildren; and we shall survive.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by the New Central Europe 2 project. The authors L.P.Cs., I.P. and Y.L.X. thank for the enlightening discussions at the Institute of Social and European Studies in Kőszeg, Hungary.

REFERENCES

- Chu, Ko-Chen (1973): *A Preliminary Research on the Climatic Fluctuations during the Last 5000 Years*, *Sci. Sinica A* **14**, 168 p.
- Csernai L.P. (1994): *Introduction to Relativistic Heavy Ion Collisions*, (Wiley).
- Ge, Quan-Sheng; Fang, Xiu-Qi; Zheng, Jing-Yun (2014): *Learning From the Historical Impacts of Climate Change in China*, *Advanced In Earth Science* **1**, 23 p.
- Johnston, W.R. (2005): "What If All the Ice Melts?" *Myths and Realities*, 29 December 2005, Online: [<http://www.johnstonsarchive.net/environment/waterworld.html>]
- Lythe, M.B.; Vaughan, D.G. and the BEDMAP Consortium (2001): *BEDMAP: A new ice thickness and subglacial topographic model of the Antarctic*, *Journal of Geophysical Research B* **6**, 11335-11351 pp.
- Kroó N. (2015): *The Limits of Growth*, invited talk at the Second European Blue Sky Conference – on Global Transformations, Consequences and Alternatives, 29-31 October, 2015, Budapest, Hungary, Castle District, program: [<http://blueskyconferences.org/program/index.html>]
- Liu, Y.; Liu, C.J. and Wang, D.H. (2011): *Understanding Atmospheric Behaviour in Terms of Entropy: A Review of Applications of the Second Law of Thermodynamics to Meteorology*, *Entropy* **13**, 211-240 pp.
- McDougall, T.J.; Feistel, R.; Millero, F.J.; Jackett, D.R.; Wright, D.G.; King, B.A.; Marion, G.M.; Chen, C.-T.A. and Spitzer, P. (2009): *Calculation of the Thermophysical Properties of Seawater, Global Ship-based Repeat Hydrography Manual*, IOCCP Report No. 14,

ICPO Publication Series no. 134.

- Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J. and Behrens III, V.V. (1972): *The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*, (Universe Books), ISBN 0-87663-165-0
- MoEP: Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2010): *Climate and Natural Disasters*, China Environmental Bulletin. Online: [http://jcs.mep.gov.cn/hjzl/zkgb/2010zkgb/201106/t20110602_211563.htm]
- Pénzes L. and Csernai L. (1980): *Über den Zusammenhang von Lebensdauer, Konstitution und Information*, Zeitschrift für Altersforschung, **35**, 285-296 pp.
- Pidwirny, M. (2006): *Introduction to the Oceans - Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition. Online: [<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8o.html>].
- Poore, R.Z.; Williams, R.S. Jr. and Christopher, T. (2015): U.S. Geological Survey Fact Sheet 002-00, (2000), Online: [<http://pubs.usgs.gov/fs/fs2-00/>]; NASA Goddard Space Flight Center: Satellite sea level observations 1993- present (2015). Online: [<http://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>].
- Ren, Guo-Yu; Chu, Zi-Ying; Zhou, Ya-Qing; Xu, Ming-Zhi; Wang, Ying; Tang, Guo-Li; Zhai, Pan-Mao; Shao, Xue-Mei; Zhang, Ai-Ying et al., (2005): *Recent Progresses in Studies of Regional Temperature Changes in China*, Climatic and Environmental Research **4**, 701 p.
- Shannon, C.E. (1948): *A mathematical theory of communication*, Bell Syst. Tech. J. **27**, 379-423 pp. and *ibid.* **27**, 623-656 pp.
- Stephens, G.L.; Li, J.; Wild, M.; Clayson, C.A.; Loeb, N.; Kato, S.; L'Ecuyer, T.; P.W. Stackhouse, P.W. Jr.; Lebsock, M. and Andrews, T. (2012): *An update on Earth's energy balance in light of the latest global observations*, Nature Geoscience **5**, 691-696 pp..
- Tverberg, G. (2012): *The Close Tie Between Energy Consumption, Employment, and Recession*, Online: [<http://ourfiniteworld.com/2012/09/17/the-close-tie-between-energy-consumptionemployment-and-recession/>].
- UN: United Nations (2015): *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, Unanimously Adopted Resolution of the UNs 70th General Assembly on Sept. 25, 2015. Document A/70/L.1. Online: [<http://daccess-ods.un.org/access.nsf/Get?Open&DS=A/70/L.1&Lang=E>].
- US EIA: U.S. Energy Information Administration, (2015): Online: [<http://www.marcon.com/marcon2c.cfm?SectionListsID=30&PageID=2803>].
- Wang, Shu-bing; Wu, Yun-long; Xiang, Liang and Niu, Shu-qian (2014): *Analysis of Climate Background and Characteristics in Beijing-Tianjin-Hebei Region during 1982-2010*, Climate Change Research Letters **3**, 185 pp.

AUTHORS

Prof. Dr. László Pál CSERNAI,

E-mail: laszlo.csernai@uib.no

M.Sc. István PAPP,

E-mail: steve.prst@gmail.com

Ms. Susanne Flø SPINNANGR,

E-mail: Susanne.Spinnangr@student.uib.no

M.Sc. Yi-Long XIE,

E-mail: yi.long.xie.china@gmail.com

Institute of Physics and Technology,
University of Bergen,
Allegaten 55, 5007 Bergen, Norway

IMPORTANCE OF VEGETABLE SECTOR IN HUNGARY AND IN OTHER EU MEMBER STATES

A zöldség ágazat jelentősége magyarországon és az Európai Unió egyes tagállamaiban

GOMBKÖTŐ, Nóra – CSATAI, Rózsa– BALÁZS, Orsolya

Summary

Horticulture sector – in addition to grain and meat sector – is the third pillar of agriculture. However, in recent years the production of vegetables in Hungary and in other EU Member States also decreased significantly. Several countries in EU need to import some vegetables and processed vegetables, while Hungary is still net exporter as regards the most of vegetables. In our study, secondary data were analyzed by different statistical methods and the current situation in the vegetable sector was characterized by using this results. Some countries of the European Union play a key role in vegetable sector; other countries grow vegetables in negligible quantities. Of course, significant quantities are also exported to countries outside the EU by the main vegetable producing Member States. In this Member States product structures are similar. The amount of vegetables grown in Hungary - compared to less fertile areas - can be said to be relatively high compared to the EU average. However, the ratio of foreign trade of some vegetables is different. In turn export demand of Hungarian vegetable products is significantly higher than the amount of tradable goods of Hungary. Solution of this problem is to higher rates of processed vegetable products, implementation of technological improvements, better coordination of

transport as well as organizations of vegetable producers.

Keywords: vegetable growing, EU, foreign trade, vegetable market, Producer's organizations

JEL-classification: Q13

Összefoglalás

A kertészeti ágazat – a gabona és a húsvertikum mellett – a mezőgazdaság harmadik pillére. A zöldségtermesztés azonban az utóbbi években Magyarországon és az EU más tagállamaiban is jelentősen visszaesett. Némelyik zöldségféléből és feldolgozott zöldségekből az EU számos országa behozatalra szorul, míg Magyarország a legtöbb zöldségféle tekintetében még mindig nettó exportőrnek minősül. Vizsgálataink során szekunder adatokat különböző statisztikai módszerekkel elemeztünk, majd az így kapott eredmények segítségével jellemeztük a zöldségágazat aktuális helyzetét. Az Európai Unió zöldségágazatában néhány ország játszik meghatározó szerepet, a többi ország elhanyagolható mennyiségben termeszti zöldségeket. A fő zöldségtermesztő tagállamok természetesen jelentős mennyiséget exportálnak is az EU-n kívüli országokba. Termékszerkezetük hasonló. A Magyarországon termesztett zöldségek mennyisége – a kisebb termőterülethez viszonyítva – az EU átlagához képest

viszonylag magasnak mondható. Az egyes zöldségfélék külkereskedelmi aránya azonban eltér egymástól. Pedig zöldségtermékeink exportpiaci kereslete lényegesen nagyobb, mint amennyi értékesíthető árualappal rendelkezik hazánk. Erre a problémára megoldást jelenthetne a zöldségtermékek magasabb

arányú feldolgozása, ehhez technológiai fejlesztések kivitelezése, a szállítás jobb összehangolása, valamint a termelők termelői szervezetbe történő tömörülése.

Kulcsszavak: zöldségtermesztés, EU, külkereskedelem, zöldségpiac, termelői szervezetek

Introduction

The volume of vegetable production has increased significantly in many countries around the world in the last decade, thereby international trade of vegetables also increased and more and more countries will appear in the vegetable market. In the EU-28, the vegetable sector accounts for 10 per cent of the total agricultural output value, The importance of the sector is higher in most of the southern Member States, representing between one third and one quarter of their total agricultural output (on average for the period 2011-2014, more than 30 per cent in Greece, Cyprus, Malta and Portugal, and between 25 per cent and 30 per cent in Spain, Italy and Romania) (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Fruit and vegetable sector is one of the most developing sectors of agriculture and horticulture in Hungary. Its preferred feature is that the structure of production and volume of products can be changed more flexibility compared to other horticultural sector. It may ensure a perspective future for increasing and sustaining of rural population because of its favourable market adaptability. Feature of this sector that it can produce a large value in a small area. Because of its labour intensive nature it can provide living for 70-100 thousands of families (TAKÁCSNÉ, 2014). Its production value is HUF 200 billion at the level of primary production output, while it is around HUF 600 billion at value of goods. This provides nearly the two-thirds of horticultural income, so it is the third most important agricultural sector. Its export capacity is outstanding. It has a central role in rural development by high demand for manual labour and its sustaining capacity. However, production in the sector gradually decreased in recent years. This is due to a combination of several factors, such as the lack of competitive production structures, a lack of technical and technological development, narrowing of commercial channels, loss of markets, shortage of goods, change in consumption patterns, declining of production of industrial raw materials, narrowing of product structure of manufacturing as well as contradiction of development of several commercial integration organizations (Producers' Organizations – Pos) (FRUITVEB, 2013). TAKÁCSNÉ (2014) is of the opinion that the main weaknesses of the sector are the followings: a large proportion of fragmented farms, the over-regulation as well as shortage of well-trained practitioners. UDOVECZ (2008) mentions some other problems such as unpreparedness of suppliers, unsolved logistics of mass products, as well as low attracting of domestic and foreign investors of the food industry. He mentioned also the problem of irrigation, which is a key issue for the sector (ERDÉSZ, 2008). Yields and thus income also could increase significantly by irrigation.

Market experiences show that domestic vegetable sector has to cope with an intensifying competition by a converted product structure. Hungary has excellent features as regards the production of vegetables (e.g. natural conditions, geographical location, skills based on tradition), but the ecological and economical benefits from it can not be taken advantage. Producers often do not consider that the potential size and the opportunities of growing are significantly influenced by the canning industry. The role of vegetable sector has appreciated

and new opportunities and priorities are designated within the agricultural production (TÉGLA, 2009).

The main tasks of 2014-2020 development period in vegetable growing is to create conditions for competitive production of goods, and thus creating new jobs in rural areas (FRUITVEB, 2013). In our studies current situation and future opportunities were examined especially in the vegetable sector.

Methods

During this investigation were used data related to domestic and international vegetable sector on secondary databases (Hungarian Central Statistical Office, Eurostat, Faostat). The data were calculated using basic statistical methods (average values, variance, ratios, seasonality test), as well as macroeconomic indicators (gross production value, gross output, GDP, trade balance) and were prepared a detailed analysis of the vegetable sector.

The aim of this study is

- to describe the current condition of domestic vegetable sector for each varieties of vegetables;
- to review the situation and opportunities within the EU and also outside;
- to put forward suggestions taking into account the future development opportunities.

Results

In Hungary, total harvested area of major vegetables is about 75 thousand hectares. As about 11 per cent of the area is under organic farming. In 41 per cent of the total area of vegetable production sweet corn, in 17 per cent peas, in 8 per cent watermelon, in the rest of the field almost the same percentage (1-3 per cent) other vegetables (onions, garlic, carrots, parsley, tomatoes, cucumbers, melons, green beans, cabbage, lettuce, green pepper, red pepper) are grown. Since the early 2000s, the acreage of vegetables gradually decreased (Figure 1), area of the green and red pepper, cabbage and onion by nearly half, while the area of melons quarter, the acreage of green pea is one-fifth fell.

During the same period, the total volume of harvested vegetables fluctuates from year to year, but overall - together with the decrease of production area – it shows a downward trend. Nowadays, there are grown about 1.4 million tonnes from vegetables. However, in recent years average yields all for vegetables have improved (since 2000 the average yields increased in most cases almost one and a half times, in the case of watermelon it doubled, while in the case of tomatoes, green peppers and melons it increased more than two and a half times) (Figure 1).

The gross production value of vegetable production amounted to HUF 144,990 million in 2013. This is 5.2 per cent of total production value of agriculture (HUF 2,770,616 million) (which did not reach the 5 per cent in previous years). It gives 0.2 per cent of total gross output of the national economy.

It can be demonstrated a seasonality in sales of vegetables – both in foreign and in domestic. Although most of vegetables (except peas and beans) are sold year-round, its distribution is highly seasonal in a year. Of course, most of the sales take place during the period of harvest.

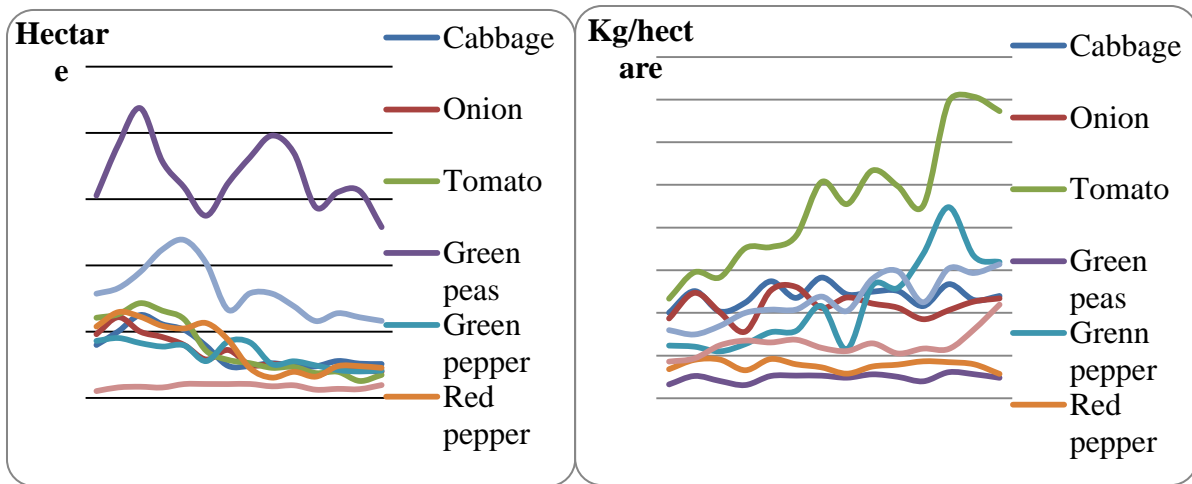


Figure 1: Production area and average yields of the most important vegetables in Hungary (2000-2013)

Source: Own editing based on data of Hungarian Central Statistical Office

Nearly 50 per cent of produced vegetables are sold out of farm (the other half of the crop is processed inside the farm or used for own consumption and storage losses also occur). However, this may vary significantly as vegetables. The several vegetables are sold out of farm in the following proportions:

- 30 per cent of onions and cabbages,
- 40 per cent of carrots, honeydew melons and parsleys,
- 50 per cent of garlics, tomatos, watermelons, green beans and lettuces,
- 60 per cent of green peas, sweetcorns and red peppers,
- 70 per cent of green peppers and cucumbers.

Table 1: Distribution channels of the most important vegetables in Hungary (2014)
Per cent

Vegetables	Purchaser, processing	Markets	Direct export
Onions	50	50	0
Garlic	46	54	0
Carrots	60	40	0
Parsley	29	71	0
Tomatos	59	41	1
Cucumber	88	11	1
Watermelons	72	27	1
Melons	39	61	0
Green peas	91	9	0
Green beans	85	15	0
Cabbage	47	51	1
Lettuces	68	30	2
Green pepper	58	36	6
Sweet corn	96	4	1
Red pepper	89	11	0

Source: Own editing based on data of Hungarian Central Statistical Office

During the off farm sales 2 per cent of the vegetables are exported directly, on average, three-quarters of the vegetables will be sold to acquirers or processors, while nearly a quarter of

them are sold in the market. Ratio of the last two distribution channel is different by various of vegetables. These data are shown in Table 1.

Of course, in addition to direct exports a certain part of vegetables is to the foreign market by buyers. In addition, certain vegetables need to import in Hungary. The total foreign trade of vegetables of national economy as follows:

Hungary is a net importer with regard to honeydew melon, onion, garlic, carrot and tomato (volume of imports of honeydew melon is 10 to 12 times of the amount exported, while that number is 4-6 regard to the rest of the vegetables). Exports of cucumber and red pepper of our country nearly as much as its imports (a minimal difference is observed but rather in favour of imports). Import of green beans and cabbage were more than export until 2012, but since then the exports exceeded imports. Hungary is net exporter regard to green pepper, sweet corn (2-5 times that of imports) as well as watermelon and green peas (8-10 times).

Total imports of vegetables give 0.1 per cent of Hungary's foreign trade balance, while the total exports give 0.12 per cent of the balance sheet accounts. The most important export vegetables are the cucumber, watermelon and green peppers, nearly 40 per cent of the amount of that is exported. Also the red pepper exports of Hungary are significant (15%). However, only 1-5 per cent of the amount of other various of produced vegetables are foreign markets. Importance of cabbages and root vegetables declined. This is partly explained by the domestic market unfamiliar, and part of the uncompetitiveness of production against their European competitors.

Based on experiences the development of domestic demand is the first step to localization of production of the most crops. Then export market opportunities can be built by widening of this resulting production base and by increasing of the quality of commodity stocks. However, in case of some products – which have high demand in foreign markets – export production may prevent the spread of the domestic consumption in case of availability of necessary competitive factors.

Export demand of Hungarian vegetable products is significantly higher than the amount of tradable goods of Hungary. This can be changed by technical and technological development and by significant increasing of availability, concentrated and high quality commodity. There are high potential for developing of fresh sweet peppers, tomatoes, melons, asparagus, courgettes, lettuce and other vegetables, but an exactly timing production and transportation required for maintaining markets and trade relations. Increasing of proportion of processed products could be a further competitive advantage, as the world market demand has shifted from unprocessed or lightly processed products, toward processed and prepared foods, and value-added fresh foods (such as packaged and shipped fresh fruit). As for the characteristics of demand, consumers pay more attention to food safety, packaging, taste and flavour, freshness (CAMANZI et al., 2009).

In EU almost all vegetable cultivation are typical in the same countries, for up to its order can be different. The amounts of produced vegetables by these countries are shown in Table 2, compared with Hungarian data. Regarding vegetables there are significant differences between growing quantities of the countries consisting of the first three places and quantities of other Member States (these cells of the Table 2 are shaded). The amount of vegetables grown in Hungary - compared to less fertile areas - can be said to be relatively high compared to the EU average.

Table 2: Amount of vegetables grown in some EU Member States

Thousand tonnes

	Belgium	Germany	Greece	Spain	France	Italy	Netherlands	Poland	Romania	Hungary
Brassicas	..	..	..	..	..	..	279	1 435.3	696.4	..
Cauliflower and broccoli	99.2	149.2	58	597	335.4	405.1	52	320.6	45.1	..
Cabbage	31.5	477.8	116.6	150.5	75.7	76.9	150	1 156.4	681.4	19.8
Celeriac	48.8	79	0.4	6.6	65.5	..	74	113.4	4.8	51.9
Leeks	190	108.1	22.8	90.5	160.6	8.7	106	94.3	1.9	9.1
Lettuces	52.7	59.7	49.6	902.9	241.1	484.9	89	34.8	2.1	1.1
Spinach	107.1	62.9	33.5	63.2	122.3	96.7	35	0	1.9	8
Asparagus	3.6	114.1	7.3	48.8	21	43.4	18	0	0	4.1
Chicory	39.3	..	10.4	2.4	260.5	224.4	51	0	..	4.3
Artichokes	0	..	11.3	234.1	35.3	451.5	0	0	..	0.2
Tomatoes	249.3	84.5	1 009.2	4 888.9	778.4	4 498.1	900	810.6	473.9	0
Tomatoes under glass	249.3	84.5	338.3	..	573.6	498.6	851	..	75	116.1
Cucumbers	17.6	57.2	163	775.9	128.5	59.9	440	454.1	115.3	8.8
Red pepper, capsicum	25.2	8.4	146	1 130.3	23.3	285.2	340	133.6	149.5	79.2
Carrots	328	609.4	43.7	376.3	557.9	539.2	548	822.6	139.2	99.7
Garlic	0	0	8	177.4	17.9	29.2	0	14.2	33.6	6.3
Onions	102.3	589.7	196.1	1 364.6	372	418.6	1.4	651.1	249.5	58
Radishes	0.2	84.1	1.2	5.5	53.3	32.8	26	7.8	1.4	3.4
Peas	79.1	28.9	15.5	98.6	227	80	19	42.7	5.4	79.7
Beans	112.6	..	54.5	188.2	313.9	169.7	32	58	27.5	16.3
Melons	..	..	78.9	750.2	254.8	560.3	0	0	56	21.3
Watermelons	0	..	537.5	858.6	14.2	453.2	0	0	474.6	148.5

Source: Own editing based on data of Eurostat

Regarding vegetables self-sufficient level of EU is about 100 per cent, but about half of the member countries are not self-sufficient, which is favorable for the self-sufficient level of 160 per cent of Hungarian production.

Today it is a major commodity coming into the EU from third countries (Morocco, Kenya, Egypt, Turkey, Thailand, Argentina), especially for fresh products. The Vegetable sector is a key sector in EU agriculture, weighting around 10 per cent of EU agricultural production. In EU it is exported 16-18 per cent of the total vegetable production (about 10 million tons of goods). The most important vegetables, in terms of volume harvested products, are tomatoes (16.1 million tons), carrots (5.1 million tons), and onions (5.4 million tonnes). EU exports represent around 12.5 per cent of the production of onions, 5-6 per cent of sweet peppers and mushrooms, and less than 5 per cent of the production of tomatoes, potatoes, cucumbers, carrots, cauliflowers and broccoli, cabbages and eggplants (EUROPEAN COMMISSION, 2014). The biggest vegetable producing at the same time leading exporting countries are mainly the Mediterranean countries, due to their favourable climatic and topographic conditions. The weight of the sector in the total agricultural production of the individual

Member States is notably large in Italy, Spain, and Greece. In addition, there are some other Member States in which the vegetable sector has a significant share of total agriculture. These countries are France, Netherlands, and Belgium.

Outside the European Union the main export destination countries are Switzerland, the United States, Russia, and Norway. The EU's largest importers of fresh vegetables are Germany, the United Kingdom, France, Netherlands and Italy (BIJMAN, 2015). EU exports to Russia only account for 2 per cent of total EU vegetable production. Russia represents however the main export market for the EU's vegetables production, currently buying about quarter (26 per cent) of the fresh vegetable exports (EUR 734 million). For vegetable products, Russia is the top destination: this is the case for cabbages, eggplants, tomatoes and carrots (60-64 per cent), cucumbers (50 per cent), and potatoes as well as sweet peppers (40 per cent). Between 2011 and 2014, exports to Russia significantly increased for some products (especially for melons and watermelons, tomatoes, cucumbers, sweet peppers, cauliflowers, broccoli, and eggplants) (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Vegetable consumption of the EU's population is an average of 120 kg/person/year, which corresponds to medium levels of consumption. However, this value is significantly different in several country groups. In the southern countries more vegetable are consumed on average (120-160 kg / person / year) than in the Nordic countries (50-70 kg/person/year). In Hungary, vegetable consumption is medium (100 kg/person/year), but its distribution is not appropriate as about 50 per cent of total consumption is in the end of summer and in the beginning of autumn (around 4 months), while from January to April this rate is very low. Due to seasonality of vegetable growing in vegetables consumption the ratio of preserved vegetables should be about 30-35 per cent (against the current 20-22 per cent). An additional problem is the product structure (species assortment), which causes one-dimensional (TAKÁCSNÉ, 2014). In Western Europe, tomatoes and cucumbers are the most popular vegetables among consumers because these products are available throughout the year. In EU, regulation of the fruit and vegetable sector is different from other sectors, and it belongs to the less regulated agriculture sectors (EUROSTAT, 2013).

Among the post socialist EU Member States (EU-12) Hungary and Poland has a positive trade balance of fruit and vegetable.

Poland is the third vegetable producer in the European Union. In 2004-2014, the annual national production of vegetable reached from 4.9 million tonnes to 5.6 million tonnes. 9 per cent of vegetable harvest in the European Union comes from the Polish vegetable production. Poland is one of the European leader in carrot, red beet, cabbage, cucumbers and onions harvesting. In 2014, the volume of the Polish vegetables export reached 526 thousand tonnes and it was 42 per cent bigger than in 2004. The vegetables export value rose 2,7 times, reaching 258 million EUR. Member states of the European Union (principally Germany and the UK) and the countries of the Commonwealth of Independent States (CIS) are the main recipients of the Polish vegetables export (onion, tomatoes and cabbage) (ARR, 2015).

Traditional export markets of Hungary for fresh products are mainly in Germany, in the Visegrad Countries and in the Baltic States, which in recent years has caught up with Romania. Apart from Britain all the great consumer markets of fresh goods are in the immediate vicinity of Hungary. The largest importer of fresh fruit and vegetables is Germany, but Russia's needs evolve also rapidly. In addition, (with about 60 million members) consumer markets of countries immediate vicinity of Hungary (Romania, Poland, Czech Republic, Croatia, Austria) offers huge opportunities for Hungary. Currently, 5 per cent of the exports is to Russia, but the development strategy of sector for 2020 is based on increasing sales in the Russian market. The aim is that 30 per cent of exports of fruit and vegetable sector will be into Russia until 2020 (NAK 2013).

Table 3: Foreign trade direction of the most important vegetables in Hungary by major foreign trade partner countries (2014)

	Thousand tonnes									
	Austria		Germany		Czech Rep.		Poland		Slovakia	
	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import
Beans	0		6	5	0	366	32	96	399	101
Green beans		5	0	0				342	69	2
Cabbage	255	62	794	3425	628	285	346	1053	589	272
Carrots	0	890	23	1838		276	1069	1263	23	817
Green- and red pepper	2976	160	13424	1251	2428	11	308		5222	5
Cucumber	836	266	4935	5347	2394	11	238		641	8
Garlic	48	66	24	97	63		3		44	536
Melons	2	7	87	223					2	
Watermelons	729	134	11261	1259	13139		15504		4215	3
Onions	153	2318	1373	1626		166	935	562	23	1118
Tomatoes	1245	856	356	1897	3	7	79	22	109	128

Source: Own editing based on data of Faostat

There are four substantial domestic market channels in Hungary: hyper- and supermarkets as well as traditional grocery retailer and the consumer markets. Discount department stores and small food shops have significantly less weight. Share of hypermarkets, supermarkets and discount chains included in "modern retail" is about 45-47 per cent.

Producers' Organizations have been one of the main instruments provided by the Common Market Organization (CMO) for vegetables. POs give producers the opportunity to increase their bargaining power, share risk and attain scale economies. They can provide information and help farmers about customers' requirements. Moreover, POs can implement quality control systems, providing technical assistance to improve on-farm production methods. POs are an intermediary between a large number of small farming households and few buyers. In this perspective, horizontal concentration is a means to achieve vertical coordination with the downstream marketing channels. The success of POs is variable across the Member States, it depends largely on the size of business (CAMANZI et al., 2009, HUTCHISON, 2015).

Currently there are number of 79 production and sales organizations (PSO) in Hungary, which total turnover gives 18 per cent of the total sector output. With trade cooperations these organizations are able to create second- and third-level organizations and thereby increase the concentration of the supply of goods (NAK, 2013).

Discussion

Regarding cultivation of vegetables in Hungary, despite the ever-improving crop yields the production area is decreasing in recent years. Vegetable growing is one of major sectors of the national economy because of the GDP contribution as well as the characteristics of foreign trade. Hungary is still considered to be a net exporter regarding most of vegetables, but the indication of some vegetables relies on imports. Hungary's foreign trade balance of vegetables is positive. Export demand of Hungarian vegetable products is significantly higher than the amount of tradable goods of Hungary. Therefore the main problems in this sector are as follows: the lack of commodity supply, the significant drop in commodity production. However, this situation is resulted by mutually reinforcing effect of multiple factors, so the solution has to be realized on several places.

Since the economic crisis domestic currency has weakened as well as import value of commodities are also expensive, so interdependence of producers and processors has increased. Cooperation as an integration form as well as an integrator role of processing plants would be an optimal solution for both parties. Intensive varieties and technologies are required for higher yields and improved quality, so it is essential to coordinate the production of commodities. Both the production of commodity and the manufacturing sector are characterized by economies of scale disadvantages, technological obsolescence and financing problems. Vegetable production declined by 14 per cent between 2004 and 2011. The decline in industrial processing is even more significant: canning industry has fallen by 48 per cent and refrigeration industry has fallen by 32 per cent. This is a problem, because horticulture sector within crop production sectors require the most labour forces. It is also need to adapt to changed consumer habits. Although consumers are increasingly seeking to fresh products, but also need processed products, which are produced by modern, vitamin and mineral content preserving and artificial additive-free preservation processed methods. Modernisation and development of these technologies can strengthen our position in export as well. That do not require the modernization and development of these technologies can strengthen our position in export as well. The capacity of modern plants can only exploit by adequate supply of commodities, which further enhanced the importance of integration (VM, 2014).

Poland is one of the biggest producer and also exporter in the EU. It could be a good practice. The export increase was supported by the good quality of Polish vegetables and their competitive prices. Soil and labour resources establish a significant potential for the development of vegetable industry, despite the fact that the climate-soil conditions are not as favourable as in Western and Southern Europe. Relatively cheap labour force, increasing purchasing power of consumers, well-developed processing industry and favourable geographical location for establishing business relationships are conducive for the development of the local vegetable industry. Changes occurring in the Polish vegetable industry were made possible thanks to the improvement of the organization, the concentration of the production and the upgrade of the distribution. Contemporary vegetable production in Poland combines a long tradition with a modern approach by applying new technologies, specialising farm production and introducing new and efficient vegetable varieties for sowing. Preferences for the production of vegetables under cover are spreading rapidly, even though - taking into consideration temperature which is lower than in Western and Southern Europe - it takes much more energy to make it work, therefore the cost of production gets bigger as well. Greenhouses and poly-tunnels make possible to offer a complete range of fresh vegetables to customers all year round. Taking into account seasonality of the vegetable production, in Poland the processing and preservation industry plays an important role in an uninterrupted provision of access to vegetables and their vegetable-based products to customers. In Poland it is a main purpose to support the vegetable producers in crisis situations and integration among manufacturers in the fruit and vegetables sector (ARR, 2015).

In case of Hungary the specific possible solutions were examined from two aspects; there were taken into account the possibilities both the local producers and also the commodity-producing farms.

In terms of local products the most important task is building up a local market. In many smaller settlements of Hungary it is an applied practice that so-called public workers carry out fruit and vegetables cultivation in the areas of local government (e.g. it is typical in some small village of a Hungarian small region "Rábaköz"). The produced vegetables are processed locally, to which unused properties of the village were rebuilt in many areas Processed products are sold in the locality and the surrounding larger settlements. Local "public canteens" (e.g. nursery school and school care, socially needy and elderly day care) are also getting involved in consumption of local products in several settlements, which means not

only market but also some income for the rural population. All of these are important for direct small community because it makes possible consumption of high quality products and the fruit and vegetable supply is also expanded in the settlement. Of course, all these will increase the national economic role of the fruit and vegetable sector.

Another suggested solution is related to the commodity-producing farms. Fruit and vegetable growers produce sectoral growth which can be directly quantified from the point of view of national economic. The most important task is that these growers should be engaged in cultivation of high-yielding and high-quality varieties because this is the only way to appear on market. One way could be to develop several fruit and vegetable variety structures in certain regions (like wine-growing) and these specified varieties should be grown in each region. In this way farmers could provide higher commodity stock from the same kind and quality products. To this, through the POs realized quality raw material purchase, growing technology and sales market could provide a quality assurance opportunity in addition to the volume of products. To development of variety structures it is needed to survey not only local conditions but also market needs. To achieve this it would be an excellent option if in Hungary operating and foreign-owned supermarket chains would carry out surveys among both domestic and foreign consumers. These companies could carry out these surveys relatively easily and at low cost due to their presence in abroad. This could provide export markets for the domestic farmers. So by developing a variety structure the appropriate quantity and quality of commodities could be provided, hereby producers could become able to export, their revenues could increase, thus their financial opportunities could be expanded and eventually their bargaining position could be improved as well.

References

- ARR (Agencja Rynku Rolnego) (Agricultural Market Agency) (2015): Vegetable Market in Poland. ARR November 2015, Warszawa
- BIJMAN, J. (2015): Towards New Rules for the EU's Fruit and Vegetables Sector. EU Directorate-General for Internal Policies, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies, Agriculture and Rural Development, Study, European Parliament. 13-23 p.
- On-line:
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540347/IPOL_STU\(2015\)540345_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540347/IPOL_STU(2015)540345_EN.pdf) Date of download: 7 December 2015
- CAMANZI, L. – MALORGIO G. – GARCÍA AZCÁRATE, T. (2009) :The role of Producer Organizations in Supply Concentration and Marketing: a Comparison Between European Countries in the Fruit and Vegetables Sector. 113th EAAE Seminar “A resilient European food industry and food chain in a challenging world”, Chania, Crete, Greece, date as in: September 3 - 6, 2009
- ERDÉSZ F. (2008): A hazai zöldség-és gyümölcságazat fejlődési kilátásai. *Gazdálkodás*, 52. évf. 2. szám. 144-152. p.
- EUROPEAN COMMISSION (2014): Analysis of the EU fruit and vegetables sector. EU production and exports to Russia (2011-2013). Recent market trends and measures taken to address market disruptions following the Russian import ban. 26 September 2014
http://ec.europa.eu/agriculture/russian-import-ban/pdf/fv-production_en.pdf
- FRUITVEB Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet (2013): A magyar zöldség-gyümölcs ágazat stratégiai megvalósíthatósági tanulmánya, Budapest, 105-127 p. On-line:
http://fruitveb.hu/kiadvany/zgy_agazati_tanulmany.pdf Date of download: 5 May 2015
- HUTCHISON, T. (2015): EU must incentivise fruit and vegetable farmers to join POs – MEPs. *Agra Europe*, 06 May 2015

<https://www.agra-net.com/agra/agra-europe/policy-and-legislation/cap/eu-must-incentivise-fruit-and-vegetable-farmers-to-join-pos---meps-477928.htm>

NAK (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara) (2013): Magyar zöldség-gyümölcs ágazati stratégia, Budapest, 3-26 p.

<http://nkfih.gov.hu/szakpolitika-strategia/agazati-strategiak/agrarium-elelmiszeripar> Date of download: 20 April 2015

TÉGLA ZS. (2009): A zöldség-hajtás méretökönómiai kérdései, doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, 1-188. p

UDOVECZ G. (2008): Alkalmazkodási kényszer az „élelem-energia-környezet” összefüggésrendszerben, az MTA Agrártudományok Osztálya 2008. október 29.-i ülésén elhangzott előadás, kézirat 15. p

VM (Vidékfejlesztési Minisztérium) Élelmiszer-feldolgozási Főosztály (2014): Magyarország közép és hosszú távú élelmiszeripari fejlesztési stratégiája 2014-2020, Budapest www.kormany.hu/download/f/82/60000/ÉFS.pdf Date of download: 11 May 2015

Authors:

GOMBKÖTŐ Nóra, PhD, lecturer

SZE-MÉK Vidékfejlesztési és Gazdálkodástudományi Intézet Mosonmagyaróvár Vár 2.
gombkoto@mtk.nyme.hu

CSATAI Rózsa, CSc, associate professor

SZE-MÉK Vidékfejlesztési és Gazdálkodástudományi Intézet Mosonmagyaróvár Vár 2.
csatair@mtk.nyme.hu

BALÁZS Orsolya, PhD student

SZE-MÉK Vidékfejlesztési és Gazdálkodástudományi Intézet Mosonmagyaróvár Vár 2.
orsolyabalazs@mtk.nyme.hu

ALGAE USE FOR BIOHYDROGEN - AND BIOGAS PRODUCTION

LAKATOS, Gergely – PAP, Bernadett – NAGY, Péter Tamás – MARÓTI, Gergely

Abstract

Anaerobic digestion of microalgae has a real potential for feasible production of biogas. However, algae biomass production and the elimination of biogas production residual need considerable energy and nutrient utilization. By the application of algal-bacterial method hydrogen can be produced as an energy carrier, while the liquid phase of biogas sludge and the emitted carbon-dioxide can be recycled. This review focuses on the possible co-application and merging of biogas and biohydrogen production technologies for the further optimization of an environmentally friendly hybrid solution.

Introduction

Global energy consumption in 2013 was estimated at ~18TW-years (5.67×10^{20} J) and is predicted to rise by 44% to ~23TW-years (7.4×10^{20} J) by 2030. Concomitantly, 60–80% cuts in total CO₂ emissions relative to 1990 levels are thought to be required by 2050 to avoid the worst impacts of climate change (Stern and Treasury, 2006). Therefore, bridging the energy gap without increasing CO₂ emissions will require radical changes to the way energy is produced and consumed (Popp et al., 2016).

Beside the reduction of utilized energy yield the CO₂ emission can be significantly decreased by using of alternative energy sources, like sun-, wind-, water-, geothermal- or bioenergy. Bioenergy is based on the different utilization of biomass (Bai, 2015). Biomass is organic matter derived from living, or recently living organisms (Bai, 2013). Biomass can be used as a source of energy and it most often refers to plants or plant-based materials which are not used for food or feed, and are specifically called lignocellulosic biomass (Bai and Gabnai, 2014). Several biomass sources can be distinguished and classified by their utilization for biofuels.

The latest generation biofuels are based on algal biomass. Algal biomass has no competition with agricultural food and feed production (Demirbas, 2007). The photosynthetic microorganisms like microalgae require mainly light, carbon dioxide, and some nutrients (nitrogen, phosphorous, and potassium) for its growth, and to produce large amount of lipids and carbohydrates, which can be further processed into different biofuels and other valuable co-products (Brennan and Owende, 2010, Nigam and Singh, 2011). The short harvesting cycle of algae is the key advantage for its importance, which is better than other conventional crops having harvesting cycle of once or twice in a year (Chisti, 2007, Schenk et al., 2008). There are several advantages of algal biomass for biofuels production: ability to grow throughout the year, therefore, algal oil productivity is higher in comparison to the

conventional oil seed crops; higher tolerance to high carbon dioxide content; the consumption rate of water is very less i algae cultivation; no requirement of herbicides or pesticides in algal cultivation; the growth potential of algal species is very high in comparison to others; different sources of wastewater containing nutrients like nitrogen and phosphorus can be utilized for algal cultivation apart from providing any additional nutrient; and the ability to grow under harsh conditions like saline, brackish water, coastal seawater, which does not affect any conventional agriculture (Dismukes et al., 2008, Dragone et al., 2010, Spolaore et al., 2006). The algae can be converted into various types of renewable biofuels including bioethanol, biodiesel, biogas and photobiologically produced biohydrogen.

Products from algal biomass

From the aspect of the produced biogas yield, the utilization of algal biomass as a unique or supplementary substrate beside other substrates like corn silage is particularly feasible (Wirth et al., 2015). However, the only utilization of algae biomass for dark fermentation and biogas production in biogas fermenters is far the less cost-effective solution. The prices of the algal biomass are mainly influenced by the cultivation technology (Slade and Bauen, 2013). The algal biomass production has many different methods. Algae can be grown easily in simple open ponds or more precisely and developed way in photobioreactors (Singh and Sharma, 2012). But in both cases the prime cost can be significantly reduced by the production of other bio-products. There are many low-volumes, high-value chemicals, like carotenoids, long-chain poly-saturated fatty acids, phycobilins, proteins and vitamins which can be extracted from algae cells (Skjånes et al., 2013). There are also high-volume, low-value chemicals like bio-fuels (methane, ethanol, biodiesel and biohydrogen), which produced as a unique product are not cost effective (Wijffels et al., 2013). But with the serial utilization of the same algae biomass for the production of these different bio-fuels, the prime costs can be appreciably reduced. From these products, the biohydrogen has an exceptional advantage, the digestion of the algal cells for biohydrogen production is possible, but not necessary. Remarkable amount of hydrogen can be accumulated in closed systems using different hydrogen production methods reserving the intact state of the algal cells which can be further utilized for generation or extraction of other chemicals.

Hydrogen production by green microalgae

The benefit of the application of microalgae containing FeFe-hydrogenases for hydrogen production is the high H₂ production efficiency at ambient temperature and pressure in light conditions. However, the wild-type hydrogenases can only work under micro-aerobic or anaerobic environment. The accumulated oxygen, which is produced under photosynthesis rapidly and irreversibly inactivates the active center of the FeFe-hydrogenases. To overcome this phenomenon different solutions must be applied.

Three different approaches are studied in the field of light driven hydrogen production, which can supply algal biomass in proper quality and amount for fermentation in biogas fermenters. The best studied solution is the area of nutrient-depletions (Gonzalez-Ballester et al., 2015, Oey et al., 2015). This works with the skipping out of sulfur (Melis et al., 2000, Volgusheva et al., 2013), phosphate (Batyrova et al., 2015, Batyrova et al., 2012, Sialve et al., 2009), nitrogen (Li et al., 2015, Philipps et al., 2012) or magnesium (Volgusheva et al., 2015) ingredients from the medium. The nutrient depletions cause nutrient stresses which enable the temporal separation of the oxygen and hydrogen evolution. The nutrient stresses accompany with the decline of cell proliferation, photosynthetic activity and carbon fixation.

Considerable drawback of the nutrient depletion methods is that algae biomass must be grown aerobically before the application of nutrient depletion to obtain the proper amount of biomass for hydrogen production.

In some algal species adapted to light and anaerobiosis, H₂ photo-production is enhanced by the presence of acetate in nutrient-repleted media (Bamberger et al., 1982, Klein and Betz, 1978). In low light conditions, the presence of the acetate enhances the establishment of anaerobiosis and the growing of biomass, together (Wang et al., 2011). This way, the parallel production of hydrogen and the harvesting of remarkable yield of biomass are achievable in one step, while the methods based on nutrient-depletions consist of two steps (Jurado-Oller et al., 2015, Lakatos et al., 2014). First the cell cultures must be grown up, later the media of the cultures must be changed to achieve the nutrient starvation and hydrogen production, which is a time, energy and money consuming step (Melis et al., 2000). The problem of the weak hydrogen production efficiency of the nutrient-repleted cultures can be overcome by the addition of bacterial partner(s) to hydrogen producer algae(s) (Lakatos et al., 2014, Wirth et al., 2015). This way the net mitochondrial respiration of the algal and bacterial cells are elevated severely, which allows the efficient application of stronger light regimes during hydrogen production. Utilization of stronger illumination causes more intensive oxygen production and more active water splitting reaction in PSII, which results more electrons for hydrogen production. The excess oxygen is consumed by the bacterial partner, which enables remarkably rapid oxygen consumption and the establishment of anaerobiosis in 2-12 hours with the early start of hydrogen evolution (Lakatos et al., 2014, Wirth et al., 2015). Hydrogen accumulation rates can be further elevated by the reduction of the hydrogen uptake intensity using hydrogenase deficient mutant bacterial strains. Beside the advantages of rapid oxygen consumption and early start of hydrogen production, algae biomass can be grown in bacterial partner containing and nutrient-repleted media and further used as a substrate for anaerobic digestion and biogas production (Wirth et al., 2015).

Biogas production by algal biomass anaerobic digestion

The important properties of microalgal biomass to be used in anaerobic digestion include high lipids and/or carbohydrates content and lack of recalcitrant lignin (Posten and Schaub, 2009). The lipid and carbohydrate substances reach up to 50% of the biomass dry weight in some strains (Becker, 1994, Singh and Gu, 2010). The biogas potential depended strongly on the species and on the cell disruption method used. The CH₄ content of the gas evolved from the microalgae can be 7–13% higher than that from maize silage (54% vs. 61-67%), while the biogas productions are significantly lower in the case of algae strains comparing to maize silage ($653 \pm 37.7 \text{ ml g VS}^{-1}$ vs. $287 \pm 10.1 - 587 \pm 8.8 \text{ ml g VS}^{-1}$) (Mussgnug et al., 2010). A closed-loop system to convert algal biomass to biogas and electricity has been tested (De Schampelaire and Verstraete, 2009). In this case the CH₄ concentration in the gas made from the algae-bacteria biomass substrate is approximately 58-61% (De Schampelaire and Verstraete, 2009, Mussgnug et al., 2010, Ward et al., 2014). The biogas CH₄ content from maize silage alone is 50-52% (Amon and Roth, 2015). Co-fermentation of algae-bacteria biomass with maize silage, in 1:1 ratio on the basis of organic dry matter, yields 54-57% CH₄ content, a medium value between maize silage and algae-bacteria biomass (Wirth et al., 2015).

The ratio of the volatile organic acids (VOAs) and total alkaline capacity (TAC) is an appropriate measure of the functional stability of the anaerobic digestion process (McGhee, 1968, Nordmann, 1977). A VOAs/TAC ratio below 0.1 means that the reactor needs feeding, whereas at a ratio ≥ 0.5 the biomass input is excessive and the process is out of balance. The

constant value of VOAs/TAC ratio is a reliable indicator of the stable fermentation process. During the digestion of algae biomass the VOAs/TAC ratio can stay between the threshold limits without any intervention.

From the decomposition of nitrogen containing compounds ammonia (NH_3) is formed, which is present in the aqueous medium in the form of ammonium ion (NH_4^+) (Alexander, 1985). Values above $3,000 \text{ mg NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$ may have a negative effect on the methanogenic community (Chen et al., 2008, Nielsen and Angelidaki, 2008). In the case of using the algae-bacteria mixture the NH_4^+ content tended to increase, which would cause the inhibition of biogas production in long term. By the addition of corn silage, the rate of the NH_4^+ yield elevation can be reduced, which allows a long term continuous functioning.

The ideal C/N ratio for anaerobic digestion is 20-30 (Parkin and Owen, 1986), because the microbes in the anaerobic reactor can utilize carbon 20-30 times faster than nitrogen. The risks of carbon starvation increases if the C/N ratio is lower than 20, the methanogens are inhibited by the high NH_3 accumulation making the anaerobic digestion process vulnerable. On the other end of the spectrum, if the C/N ratio exceeds 30 the concentration of volatile fatty acids escalates leading to process inhibition. The C/N ratios of the algal biomass are usually 5-8, which are not enough for the long term stable process. With the addition of proper amount of corn silage to algae biomass this difficulty can be resolved and the long term continuous work of the biogas reactor can be maintained.

Conclusions

For direct energetic utilization microalgae can produce bioH_2 , biodiesel or other valuable products. Instead of considering the microalgal biomass left over from these processes as “waste” this organic material should be utilized as a useful substrate for biogas generation and this concept should be incorporated into the various bio-refinery applications. The presence of the mutualistic bacterial components dramatically alters the usefulness of microalgae for bioH_2 production. In a closed system the bacteria consume the oxygen evolved by the algae and create sufficiently anaerobic environment for H_2 evolution to commence. With the help of the bacterial partners, algae thus manage to capture light energy by photosynthetic water splitting and evolve H_2 at the same time without further manipulation of the system, such as sulfur deprivation (Ghirardi et al., 2000, Melis et al., 2000).

Anaerobic digestion and biogas evolution from the non-sterile microalgae-bacteria yield a gas enriched in CH_4 relative to the commonly used maize silage. Addition of maize silage to the algae-bacteria mixed biomass increases the C/N ratio considerably and improved the balanced digestibility of the microbial biomass. In the biogas technology at least half of the maize silage input can easily be replaced with inexpensive algae-bacteria natural biomass grown under non-sophisticated and non-sterile conditions.

Acknowledgements

Thanks to PIAC_13-1-2013-0145 project for financial assistance.

References

ALEXANDER, M. 1985. Biodegradation of organic chemicals. *Environmental science & technology*, 19, 106-111.

- AMON, T. & ROTH, U. 2015. *Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen*, KTBL.
- BAMBERGER, E. S., KING, D., ERBES, D. L. & GIBBS, M. 1982. H₂ and CO₂ evolution by anaerobically adapted *Chlamydomonas reinhardtii* F-60. *Plant physiology*, 69, 1268-1273.
- BAI, A. 2013. Sertés-hígtrágyára alapozott kapcsolt energia- és takarmány-előállítás. *Journal of Central European Green Innovation* 1, 11-20.
- BAI, A., GABNAI, Z. 2014. Energianyeréssel kombinált innovatív szennyvízkezelési eljárások. *LVI. Georgikon Napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia*, 2-3, 43-44.
- BAI, A. 2015. Helyi közlekedés és hulladékgazdálkodás. *Magyar Energetika*, 22, 21-25.
- BATYROVA, K., GAVRISHEVA, A., IVANOVA, E., LIU, J. & TSYGANKOV, A. 2015. Sustainable hydrogen photoproduction by phosphorus-deprived marine green microalgae *Chlorella* sp. *International journal of molecular sciences*, 16, 2705-2716.
- BATYROVA, K. A., TSYGANKOV, A. A. & KOSOUROV, S. N. 2012. Sustained hydrogen photoproduction by phosphorus-deprived *Chlamydomonas reinhardtii* cultures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37, 8834-8839.
- BECKER, E. W. 1994. *Microalgae: biotechnology and microbiology*, Cambridge University Press.
- BRENNAN, L. & OWENDE, P. 2010. Biofuels from microalgae—a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14, 557-577.
- CHEN, Y., CHENG, J. J. & CREAMER, K. S. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. *Bioresource technology*, 99, 4044-4064.
- CHISTI, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25, 294-306.
- DE SCHAMPHELAIRE, L. & VERSTRAETE, W. 2009. Revival of the biological sunlight-to-biogas energy conversion system. *Biotechnology and Bioengineering*, 103, 296-304.
- DEMIRBAS, A. 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in energy and combustion science*, 33, 1-18.
- DISMUKES, G. C., CARRIERI, D., BENNETTE, N., ANANYEV, G. M. & POSEWITZ, M. C. 2008. Aquatic phototrophs: efficient alternatives to land-based crops for biofuels. *Current opinion in biotechnology*, 19, 235-240.
- DRAGONE, G., FERNANDES, B. D., VICENTE, A. A. & TEIXEIRA, J. A. 2010. Third generation biofuels from microalgae.
- GHIRARDI, M. L., ZHANG, L., LEE, J. W., FLYNN, T., SEIBERT, M., GREENBAUM, E. & MELIS, A. 2000. Microalgae: a green source of renewable H₂. *Trends in biotechnology*, 18, 506-511.
- GONZALEZ-BALLESTER, D., JURADO-OLLER, J. L. & FERNANDEZ, E. 2015. Relevance of nutrient media composition for hydrogen production in *Chlamydomonas*. *Photosynthesis research*, 125, 395-406.
- JURADO-OLLER, J. L., DUBINI, A., GALVÁN, A., FERNÁNDEZ, E. & GONZÁLEZ-BALLESTER, D. 2015. Low oxygen levels contribute to improve photohydrogen production in mixotrophic non-stressed *Chlamydomonas* cultures. *Biotechnology for biofuels*, 8, 1.
- KLEIN, U. & BETZ, A. 1978. Fermentative metabolism of hydrogen-evolving *Chlamydomonas moewusii*. *Plant physiology*, 61, 953-956.
- LAKATOS, G., DEÁK, Z., VASS, I., RÉTFALVI, T., ROZGONYI, S., RÁKHELY, G., ÖRDÖG, V., KONDOROSI, É. & MARÓTI, G. 2014. Bacterial symbionts enhance photo-fermentative hydrogen evolution of *Chlamydomonas* algae. *Green Chemistry*, 16, 4716-4727.

- LI, L., ZHANG, L. & LIU, J. 2015. The enhancement of hydrogen photoproduction in marine *Chlorella pyrenoidosa* under nitrogen deprivation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40, 14784-14789.
- MCGHEE, T. 1968. A method for approximation of the volatile acid concentrations in anaerobic digesters. *Water Sewage Works*, 115, e166.
- MELIS, A., ZHANG, L., FORESTIER, M., GHIRARDI, M. L. & SEIBERT, M. 2000. Sustained photobiological hydrogen gas production upon reversible inactivation of oxygen evolution in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Plant physiology*, 122, 127-136.
- MUSSGNUG, J. H., KLASSEN, V., SCHLÜTER, A. & KRUSE, O. 2010. Microalgae as substrates for fermentative biogas production in a combined biorefinery concept. *Journal of biotechnology*, 150, 51-56.
- NIELSEN, H. B. & ANGELIDAKI, I. 2008. Strategies for optimizing recovery of the biogas process following ammonia inhibition. *Bioresource technology*, 99, 7995-8001.
- NIGAM, P. S. & SINGH, A. 2011. Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in energy and combustion science*, 37, 52-68.
- NORDMANN, W. 1977. Die Überwachung der Schlammfäulung. *KA-Informationen für das Betriebspersonal, Beilage zur Korrespondenz Abwasser*, 3, 77.
- OEY, M., SAWYER, A. L., ROSS, I. L. & HANKAMER, B. 2015. Challenges and opportunities for hydrogen production from microalgae. *Plant Biotechnology Journal*.
- PARKIN, G. F. & OWEN, W. F. 1986. Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludges. *Journal of Environmental Engineering*, 112, 867-920.
- PHILIPPS, G., HAPPE, T. & HEMSCHMEIER, A. 2012. Nitrogen deprivation results in photosynthetic hydrogen production in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Planta*, 235, 729-745.
- POPP, J., HARANGI-RÁKOS, M., GABNAI, Z., BALOGH, P., ANTAL, G., BAI, A. 2016. Biofuels and their co-products as livestock feed: global economic and environmental implications. *Molecules*, 21, 285-310.
- POSTEN, C. & SCHAUB, G. 2009. Microalgae and terrestrial biomass as source for fuels—a process view. *Journal of biotechnology*, 142, 64-69.
- SCHENK, P. M., THOMAS-HALL, S. R., STEPHENS, E., MARX, U. C., MUSSGNUG, J. H., POSTEN, C., KRUSE, O. & HANKAMER, B. 2008. Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production. *Bioenergy research*, 1, 20-43.
- SIALVE, B., BERNET, N. & BERNARD, O. 2009. Anaerobic digestion of microalgae as a necessary step to make microalgal biodiesel sustainable. *Biotechnology advances*, 27, 409-416.
- SINGH, J. & GU, S. 2010. Commercialization potential of microalgae for biofuels production. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14, 2596-2610.
- SINGH, R. & SHARMA, S. 2012. Development of suitable photobioreactor for algae production—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16, 2347-2353.
- SKJÅNES, K., REBOURS, C. & LINDBLAD, P. 2013. Potential for green microalgae to produce hydrogen, pharmaceuticals and other high value products in a combined process. *Critical reviews in biotechnology*, 33, 172-215.
- SLADE, R. & BAUEN, A. 2013. Micro-algae cultivation for biofuels: cost, energy balance, environmental impacts and future prospects. *Biomass and Bioenergy*, 53, 29-38.
- SPOLAORE, P., JOANNIS-CASSAN, C., DURAN, E. & ISAMBERT, A. 2006. Commercial applications of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101, 87-96.
- STERN, N. H. & TREASURY, H. M. S. 2006. *Stern Review: The economics of climate change*, HM treasury London.

- VOLGUSHEVA, A., KUKARSKIKH, G., KRENDELEVA, T., RUBIN, A. & MAMEDOV, F. 2015. Hydrogen photoproduction in green algae *Chlamydomonas reinhardtii* under magnesium deprivation. *RSC Advances*, 5, 5633-5637.
- VOLGUSHEVA, A., STYRING, S. & MAMEDOV, F. 2013. Increased photosystem II stability promotes H₂ production in sulfur-deprived *Chlamydomonas reinhardtii*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 7223-7228.
- WANG, H., FAN, X., ZHANG, Y., YANG, D. & GUO, R. 2011. Sustained photo-hydrogen production by *Chlorella pyrenoidosa* without sulfur depletion. *Biotechnology letters*, 33, 1345-1350.
- WARD, A., LEWIS, D. & GREEN, F. 2014. Anaerobic digestion of algae biomass: a review. *Algal Research*, 5, 204-214.
- WIJFFELS, R. H., KRUSE, O. & HELLINGWERF, K. J. 2013. Potential of industrial biotechnology with cyanobacteria and eukaryotic microalgae. *Current opinion in biotechnology*, 24, 405-413.
- WIRTH, R., LAKATOS, G., MARÓTI, G., BAGI, Z., MINÁROVICS, J., NAGY, K., KONDOROSI, É., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2015. Exploitation of algal-bacterial associations in a two-stage biohydrogen and biogas generation process. *Biotechnology for biofuels*, 8, 1.

Authors:

Gergely Lakatos

Institute of Biochemistry, Biological Research Center, Hungarian Academy of Sciences, H-6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Hungary
lakatos.gergely@brc.mta.hu

Bernadett Pap

Seqomics Biotechnology Ltd., H-6782 Mórahalom, Vállalkozók útja 7., Hungary
bernadett.pap@gmail.com

Péter Tamás Nagy

Educational and research Laboratory, Károly Róbert College, H-3200, Gyöngyös, Mátrai str. 36., Hungary
nagypt@karolyrobert.hu

Gergely Maróti

Institute of Biochemistry, Biological Research Center, Hungarian Academy of Sciences, H-6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Hungary
maroti.gergely@brc.mta.hu

METAGENOMICS INVESTIGATION OF ANAEROBIC DEGRADATION ECOSYSTEMS

PAP, Bernadett – LAKATOS, Gergely – NAGY, Péter Tamás – BOBOESCU, Iulian Zoltan – MARÓTI, Gergely

Abstract

Biomethane has gained increasing attention in the recent years as an alternative, local energy source option. Biogas is generated during the anaerobic digestion of organic materials via a multistep process catalyzed by complex microbial communities. This review aims at providing a concise summary of recent studies on the microbial communities in various biogas reactors. The effects of acid composition, C/N ratio, mixing and the geometry of the anaerobic digester on the microbial ecosystem are discussed. The biogas microbial communities show extensive fluctuations in response to changes in temperature, substrate type, pH, type of volatile fatty acids, organic loading rate, etc. The goals to ensure efficient anaerobic degradation and to maximize the biogas production require the better understanding of these bacterial-archaeal ecosystems, since functional stability strongly correlates with the state and composition of microbial communities. The safe and controlled intensification of biogas production would be an important step to make biogas a real competitor of fossil fuels.

Keywords: Anaerobic digestion, biogas, metagenomics, methane, microbial community, syntrophic interactions

Introduction

Beside the extensive use of fossil fuels increasing attention is paid for the research and implementation of alternative methods to provide sustainable, environmentally friendly energy sources. The use of renewable energy sources can contribute to the reduction of greenhouse gas emissions thereby mitigating the proposed climate change effects.

A range of wastes such as agricultural, industrial, household and municipal wastes are available in excess and remain untapped as energy source. Furthermore, different untreated waste materials are often hazardous for the environment since these slowly degrade and the produced various gases escape into the atmosphere increasing the greenhouse gas effect. However, controlled biogas technology allows us to transform these waste materials easily and advantageously into a unique alternative energy source by anaerobic digestion. Biogas technology offers economic, health, social, and environmental benefits (Mengistu et al., 2015). This energy source is suitable to run generators to produce electricity by burning the biogas, and the generated heat also can be utilized locally. In addition, the residual digestate can replace or complete artificial fertilizers in agricultural utilization.

Anaerobic digestion/fermentative methane production

Methane-rich biogas is one of the most widely used renewable energy source, it is produced through anaerobic digestion of various organic-rich materials. Anaerobic digestion (AD) is a conversion of organic material into a mixture of mainly CH_4 and CO_2 . Coordinated interactions between the microbial consortia in the digested material are responsible of this biodegradation process (Figure 1.).

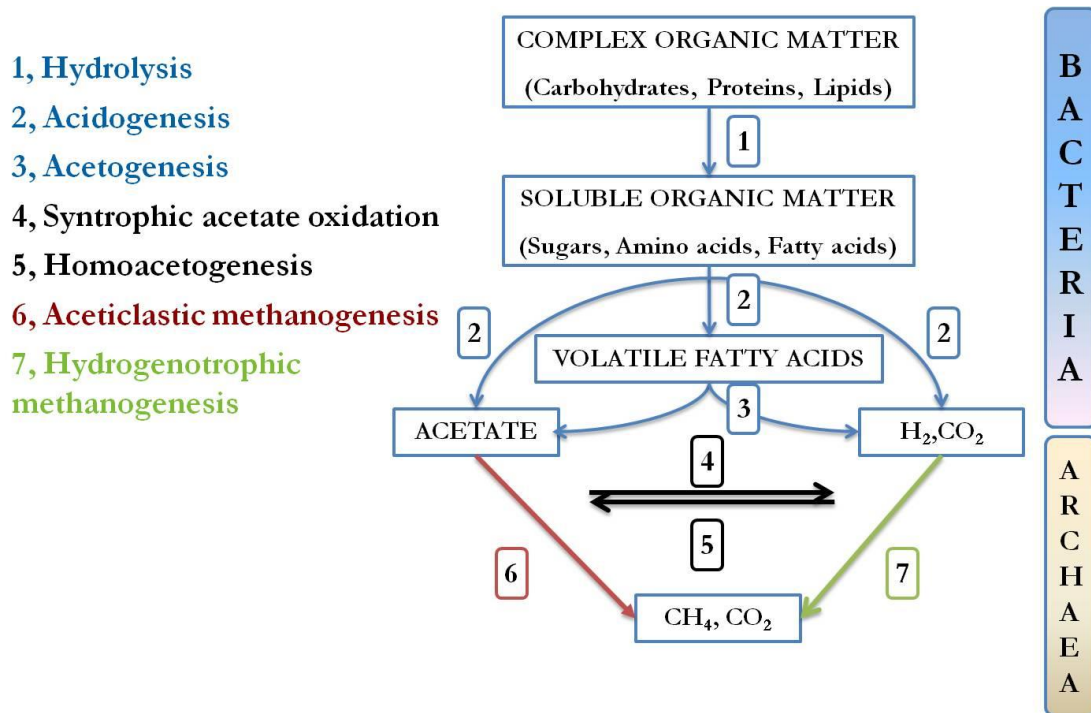


Figure 1. Generalized pathway of the anaerobic digestion process.

There are four key steps in the anaerobic digestion process: hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis. In the first step of anaerobic digestion the complex organic matter is transformed into soluble organic material, mainly carbohydrates, proteins and lipids are broken down by hydrolytic bacteria. The generated sugars, amino acids, fatty acids are appropriate substrates for fermentative bacteria involved in the acidogenesis step. Thereafter the previously formed organic acids and alcohols are transformed into acetate and hydrogen via acetogenesis. In the last step the methane production takes place via aceticlastic or hydrogenotrophic methanogenesis depending on the operating parameters and substrates (Ali Shah et al., 2014). The hydrogenotrophic methanogenesis is usually connected to syntrophic bacteria which are able to convert the previously formed short-chain fatty acids into H_2 and CO_2 through endergonic reactions. The maintenance of the equilibrium between acetogenesis and methanogenesis is a crucial factor for continuous methane production. Disturbances can initiate restricted VFA utilization leading to pH decrease which can have a strong negative effect on the methanogenesis, since the pH optimum of the methanogenic Archaea is between 6.5-8.0 (somewhat higher than the optimum for acetogen bacteria). Furthermore, too high levels of hydrogen and acetate (end products of acetogenesis) inhibit the consumption of hydrogen and acetate. A number of studies already reviewed the microbial participants of biogas generation processes. Heyer et al. discussed studies of proteomics results from full-

scale biogas plants (Heyer et al., 2015). Other studies examined the methanogenic cellulolytic communities in bioreactors using various substrates (Tsavkelova and Netrusov, 2012) or operating temperatures (Lv et al., 2010), or observed the microbial structure influenced by other operation conditions (Amani et al., 2010). Syntrophic associations in anaerobic digestion were also discussed by Kouzuma et al. in a review (Kouzuma et al., 2015). Close interactions are needed between the syntrophs and methanogens for hydrogen-transfer which is frequently strengthened by co-aggregation or biofilm production especially in the presence of poor, energetically unfavorable substrates (Kouzuma et al., 2015). In an earlier work the dynamics of the continuously stirred tank reactors (CSTRs) was examined. Microbial communities of acetate, propionate, butyrate, long-chain fatty acids, glycerol, protein, glucose and starch substrate-degrading biogas reactors were summarized (Tang et al., 2015).

Approaches for the analysis of microbial communities

A number of cultivation-independent techniques have been developed in the past, for instance fluorescence *in situ* hybridization (FISH), real-time PCR, terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP), denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and clone library approaches were demonstrated and shown to be suitable for the identification of complex microbial communities or at least certain groups of them (Koch et al., 2014, Su et al., 2012). However, according to a study revealed that DGGE and clone library approaches missed important taxonomic groups (Tuan et al., 2014). Thus, new techniques permitting more precise and representative community data were investigated. Nowadays, the high-throughput genomic technologies are becoming a benchmark approach for the detailed analysis of microbial communities. Accordingly, high-throughput metagenomics, metatranscriptomics, metaproteomics (Heyer et al., 2015) and metabolomics approaches supplemented with advanced visualization and isotope labeling techniques provide realistic opportunities for process engineering of anaerobic digestion through the understanding of the taxonomic and metabolic complexities (Vanwonterghem et al., 2014). Metagenomics techniques such as 454-pyrosequencing, SOLiD™ short-read DNA sequencing, Ion Torrent Personal Genome Machine™ sequencing have been successfully used to describe microbial communities of AD (De Francisci et al., 2015, Eikmeyer et al., 2013, Jang et al., 2014, Kougias et al., 2014, Kovács et al., 2015, Kovács et al., 2013, Pap et al., 2015, Solli et al., 2014, Tukacs-Hájos et al., 2014, Wirth et al., 2012).

Dominant bacterial and archaeal members of the biogas microbial communities

The *Bacteroidetes* and *Firmicutes* phyla were observed as highly stable and dominant bacterial groups in laboratory scale biogas reactors fed with various substrates (Bengelsdorf et al., 2013, Kampmann et al., 2012). Other studies also confirmed the highest abundance of the *Firmicutes* phylum in co-digesting reactors, however, under thermophilic conditions the *Thermotogae* phylum was also highly dominant (Sundberg et al., 2013). Regueiro et al. identified *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Proteobacteria* as the most dominant phyla in six full-scale and one laboratory-scale co-digesters (Regueiro et al., 2012). The predominance of the *Firmicutes* phylum is mostly explained by the capability of these bacteria to produce diverse enzymes performing hydrolysis, acidogenesis and acetogenesis. Concerning the methanogenic Archaea, the predominance of the aceticlastic *Methanosaeta* genus was described principally at low acetate level in stable anaerobic digesters (Demirel and Scherer, 2008, Walter et al., 2012). Information is accumulating on the possible distinct roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens. It is to note that in numerous cases dramatic decrease in the relative abundance of the *Methanosaeta* genus was described in AD

under perturbed conditions which may indicate the high sensitivity of the members of this acetoclastic methanogenic genus. Under various disturbed circumstances (elevated temperature, decreased pH, high VFA level, high ammonia level) a clear transition was observed from acetoclastic to hydrogenotrophic methanogenesis (Fotidis et al., 2014, Hao et al., 2012, Huang et al., 2015, Karakashev et al., 2005, Kim et al., 2014, Pap et al., 2015, Sasaki et al., 2011, Song et al., 2010, Tukacs-Hájos et al., 2014). This takeover of hydrogenotrophic methanogens is mostly linked to the increased relative abundance of syntrophic acetate oxidizing bacteria (SAOB) in the biogas fermentors. Furthermore Lerm et al. revealed that the high organic loading rate (OLR) also had similar effect on methanogenesis, the enrichment of hydrogenotrophic methanogens was observed, more specifically two hydrogenotrophic species, *Methanospirillum hungatei* and *Methanoculleus receptaculi* was shown to be present with strongly increased relative abundance (Lerm et al., 2012). Further studies also revealed the *Methanoculleus* dominance over other hydrogenotrophic methanogenic genera, this phenomenon is ascribed to the possible high general stress tolerance of the members of this genus (Goberna et al., 2009, Wirth et al., 2012). It was specifically shown that certain *Methanoculleus* strains showed increased tolerance to high salt concentration, to elevated ammonium level and even against aeration in the bioreactors (Goberna et al., 2009, Liu et al., 2008, Wirth et al., 2012). The large differences of the various anaerobic digestion systems is depicted by the results of Li et al., their observations might sound to be in contradiction with the general above-mentioned picture since in this system the *Methanosaeta* genus dominated the reactors in different examined reactor states regardless of the stability level of the digestion process (Li et al., 2015). A similar observation was explained in another study where the robustness and high stability of the *Methanosaeta* genus was observed in the reactor even in the presence of high acetate level (Chen and He, 2015).

Syntrophic associations in AD are gaining more and more attention, the acetate-, propionate- or butyrate-oxidizing bacteria interact with H₂-scavenging methanogens. Syntrophic acetate oxidation (SAO) was described in stressed (particularly high ammonia-level) biogas reactors (Karakashev et al., 2006, Schnurer and Nordberg, 2008). Westerholm et al. reported a study about quantification of syntrophic acetate-oxidizing bacteria (SAOB), the putative roles of *Thermacetogenium phaeum*, *Clostridium ultunense*, *Syntrophaceticus schinkii* and *Tepidanaerobacter acetatoxydans* were discussed (Westerholm et al., 2011). The presence of syntrophic fatty acid degrading bacteria (SFAB) in biogas reactors was also shown, members of the *Syntrophobacter*, *Smithella*, *Pelotomaculum* and *Syntrophomonas* bacterial genera were identified, their relative abundances were observed to vary according to reactor configuration and substrate characteristics (Mathai et al., 2015).

Effects of temperature on the microbial community structure

Temperature is one of the crucial factors in shaping the microbial community structure during the anaerobic digestion (beside substrate type, OLR (organic loading rate), VFA (volatile fatty acids) composition, ammonium concentration, pH of the digested sludge, alkalinity, mixing and the geometry of the anaerobic digester) (Levén et al., 2007, Tukacs-Hájos et al., 2014). Elevated operation temperature enhances the efficacy of the enzymatic processes and initiates faster growth rate of the methanogens, thereby ensure that besides lower hydraulic retention time (HRT) microbes remain in optimal concentration within the fermentor (Weiland, 2010, Yadavika et al., 2004). Moreover, thermophilic anaerobic fermentation minimizes the numbers of pathogens, viruses, fungi, and parasites, which is an important requirement for the agricultural utilization of the residual digested sludge as fertilizer (Sahlström, 2003, Weiland,

2010). Community analyses revealed the fundamental effect of the operation temperature on the microbial diversity. In general the mesophilic bioreactors maintain higher general biodiversity than the thermophilic reactors (Guo et al., 2014, Hollister et al., 2012, Levén et al., 2007). Under mesophilic conditions the major bacterial components of the fermentation ecosystem are the *Bacteroidetes* (in some cases up to 50% of the bacterial community), the *Firmicutes* and the *Proteobacteria* phyla according to various studies (Pap et al., 2015, Tukacs-Hájos et al., 2014). However, in the thermophilic anaerobic digestion process *Firmicutes* phylum was identified as the most abundant bacterial group in the ecosystem, while the relative abundance of the *Bacteroidetes* and *Proteobacteria* phyla were very low indicating that these organisms play only marginal role in the decomposition of the organic materials at elevated temperature (Pap et al., 2015, Rademacher et al., 2012)(Figure 2A).

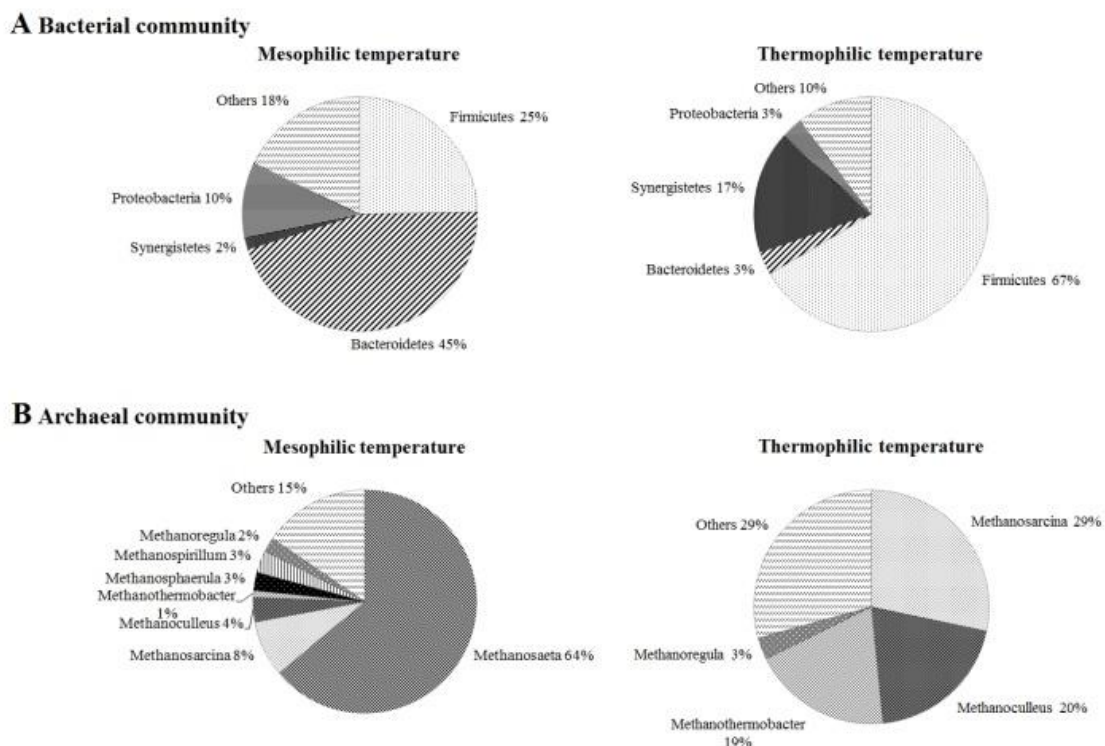


Figure 2. An example for the microbial diversity in biogas reactors. (A) Phylogenetic distribution of the bacterial communities (at phylum level) at mesophilic and thermophilic temperatures in a reactor fed with maize silage. (B) Structure of the archaeal communities (at genus level) at mesophilic and thermophilic temperatures in a reactor run on maize silage.

In sugar beet pressed pulp-degrading biogas reactors the *Thermotogae* phylum was also enriched during an adaptation from mesophilic to thermophilic operation, *Petrotoga mobilis* became the most abundant species in the system (Tukacs-Hájos et al., 2014). In another temperature adaptation study using maize-silage as substrate the most striking expansions were detected for the hydrogen-producing *Clostridium* and *Caldicellulosiruptor* genera within the *Firmicutes* phylum (Goberna et al., 2009, Pap et al., 2015). Hollister et al. compared esophilic and thermophilic microbial communities in bioreactors fed by lignocellulosic feedstock (Hollister et al., 2012). The mesophilic anaerobic digester was dominated by

Firmicutes, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* phyla and *Bacteroidia* class within *Bacteroidetes* phylum, while under thermophilic operation two classes of *Firmicutes* phylum *Clostridia* and *Bacilli* and *Thermoanaerobacterium* genus within *Clostridia* class were identified as the most abundant taxons. In the mesophilic reactor the majority of the genes could be assigned to biodegradation of hemicellulose derivatives (especially for the five-carbon sugar arabinose degradation). The ability for degradation of arabinose and other hemicellulose derivatives by *Bacteroidetes* phylum and arabinose transformation into propionate by members of the *Bacteroides* genus were shown (Caldwell and Newman, 1986). Thus, the elevated propionate concentration is likely the result of the dominant *Bacteroidetes* phylum metabolism. The presence of higher concentration of propionate under mesophilic conditions (compared to the thermophilic reactor) confirmed this observation. However, the thermophilic reactor was rather enriched in genes related to cellobiose uptake. *Clostridia* and *Bacilli* classes were identified also by Ritari et al. as the most prevalent groups in thermophilic reactors, moreover members of the *Thermotogae* phylum could be exclusively identified in the thermophilic reactor confirming the results of other studies (Ritari et al., 2012). Thus, in general *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Thermotogae* are the most abundant bacterial phyla under thermophilic operation of the anaerobic bioreactor. In response to temperature drop (switch from mesophilic to psychrophilic operation) an increase was observed in the *Bacteroides* genus and significantly decreased relative abundances were found for *Syntrophomonas* and *Clostridium* genera (Regueiro et al., 2014). These observations indicate a generally increasing importance of *Clostridia* by elevating the temperature and vice versa. At the same time the members of phyla *Proteobacteria* and *Bacteroidetes* are more characteristic for mesophilic systems.

Roles of ammonia, VFA level and pH in shaping the microbial ecosystem

The free ammonia diffusing across cell membranes is considered the main form of ammonium toxicity (Kadam and Boone, 1996, Sprott and Patel, 1986, Bittsánszky et al., 2015). Methanogens in biogas reactors exhibit different reactions to ammonia stress. In general, the acetoclastic methanogens are more sensitive than the hydrogenotrophic ones (Schnürer et al., 1994, Sprott and Patel, 1986). It has been shown that the relative abundance of the acetoclastic groups declined whereas that of the hydrogenotrophic methanogens increased when total ammonium concentration reached 3 g L^{-1} in anaerobic digesters (Angenent et al., 2002, Westerholm et al., 2011). For example, the extreme reduction of the *Methanosaeta* genus and a clear shift from acetate to hydrogen utilization was observed in the anaerobic digesters at increased ammonium concentration and VFA level (Karakashev et al., 2005, Williams et al., 2013). Also, the increasing ammonium level favor the development of syntrophic acetate oxidation (SAO) (Schnürer et al., 1999). Certain syntrophic acetate oxidizers were found to be tolerant up to 8 g L^{-1} ammonium level at neutral pH (Schnürer et al., 1996, Westerholm et al., 2011). Under high ammonium conditions CH_4 production from acetate is probably shifted from acetoclastic methanogenesis to SAO combined with hydrogenotrophic methanogenesis (Schnürer et al., 1994, Westerholm et al., 2011, Westerholm et al., 2012). However, the sensitivity of individual methanogens can be highly different and is influenced by further reactor parameters like pH and temperature. *Methanosarcina* spp. were found to be either sensitive (Angenent et al., 2002, Westerholm et al., 2011) or tolerant to ammonia stress (Fotidis et al., 2013) in different systems. Hydrogenotrophic methanogens also showed differential responses in different setups (Fotidis et al., 2013, Westerholm et al., 2012, Zeeman et al., 1985). Interestingly, the species *Methanoculleus bourgensis* was identified to play a significant role in different biogas reactor systems especially under high ammonium concentration. Comparative genome analysis of *M. bourgensis* MS2 and *Methanoculleus*

marisnigri JR1 revealed significant similarities and differences between the two *Methanoculleus* species. The absence of genes for a putative ammonium uptake system in *M. bourgensis* MS2 may indicate that this species is specifically adapted to environments with high levels of ammonium/ammonia (Maus et al., 2015). Although the dominance of the acetoclastic *Methanosaeta* spp. was generally observed in anaerobic digesters operating under low ammonia/ammonium level (Fotidis et al., 2014), some exceptions can be found in the literature again (Chen and He, 2015, Li et al., 2015).

The accumulation of volatile fatty acids (VFA) also represents stress for the microbial communities, especially for the methanogenic Archaea fraction. *Methanosarcina* the *Methanoculleus* genera showed the most robust tolerance to rapid VFA increase in biogas reactors, where VFA increase was induced by gradual temperature elevation causing a perturbation in the stable mesophilic community. The relative abundance of *Methanosarcina* the *Methanoculleus* genera significantly increased in response to temperature adaptation and replaced the members of the *Methanosaeta* genus being dominant in the mesophilic reactor with low VFA level (Pap et al., 2015) (Figure 2B). The pH and alkalinity are also among the most important influencing parameters since sufficient methanogenesis requires pH value between 6.5-8.0, the methanogens are especially sensitive for the acidic environment. As acidogenic bacteria are capable to lower the pH below the optimal range it is essential to continuously monitor the anaerobic digestion process to maintain constant and safe methane production.

The substrate dependence of the AD microbial communities

It is evident, that different substrates are metabolized through different pathways either by single microbes or by complex microbial communities as well. A large number of studies examined the microbial composition dynamics in response to changes in feedstock composition and feeding rates. For example, propionic acid accumulates in reactors overloaded with carbohydrates, in such cases members of the *Lactobacillus* genus were found to increase significantly. Acetate accumulation was observed in reactors supplemented with lipids, which was accompanied by the occurrence of *Dialister* and *Kyrpidia* genera. *Desulfotomaculum* was the only bacterial genus exhibiting significant increase in response to addition of proteins, it can be justified by the appearing need for H₂S elimination as a consequence of protein degradation (De Francisci et al., 2015). According to many scientists the efficient biodegradation of the excessively available cellulosic materials could be a competitive solution for biomass-based energy generation. However, the anaerobic degradation of cellulosic biomass is not a straightforward approach. In most cases the hydrolysis of such substrates is a major rate-limiting factor in AD, consequently pretreatment strategies are required (Lynd et al., 2002). During anaerobic digestion of grass silage which consists mainly of polymers of cellulose, hemicellulose and lignin mostly various members of *Firmicutes* (dominated by *Clostridia*) and *Bacteroidetes* bacterial phyla were identified by clone library analysis, while the methanogenic Archaea were represented by the hydrogenotrophic *Methanobacterium* genus as the most dominant group (Wang et al., 2010). Maize-silage is a common substrate for biogas generation, similar community structures were observed in different mesophilic biogas digesters with the clear dominance of the *Firmicutes* and *Bacteroidetes* phyla (Kröber et al., 2009, Pap et al., 2015). Within the thermophilic cellulolytic community fermenting microcrystalline cellulose as substrate and glucose as co-substrate the *Anaerolineales*, *Clostridiales*, *Bacteroidales* and *Thermotogales* orders belonging to *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Thermotogae* phyla, respectively, were dominant. The dominance of *Methanobacteriales* and *Methanosarcinales* archaeal orders were observed in

this system. Interestingly, metatranscriptomic analysis showed stronger transcriptional activities of genes and pathways involved in acetoclastic methanogenesis of *Methanosarcinales* compared to the hydrogenotrophic pathways of *Methanobacteriales* suggesting that acetoclastic methanogens were more active than the hydrogenotrophic methanogens (Xia et al., 2014). This finding also highlights the importance of the combination of various approaches to describe the microbial communities.

Application of algal biomass for biogas production is another promising possibility due to its low lignin content, certain algal species are described to have advantageous cell wall characteristics with easily degradable materials. A single physical pretreatment of the algal biomass might be sufficient to use it as substrate (Montingelli et al., 2015). During co-fermentation of mixed algal-bacterial biomass with maize silage a microbial community dominated by the *Proteobacteria* phylum was developed, which showed clear differences compared to the anaerobic digestion based on maize silage alone where *Firmicutes* and *Bacteroidetes* were the most abundant phyla (Wirth et al., 2015).

Byproducts of various food processing industries, predominantly dairy and meat industries are often used as substrates for biogas generation. The anaerobic digestion of such protein-rich waste materials containing high concentration of nitrogen (resulting in elevated ammonia/ammonium level) has an intrinsic risk for inhibition issues in the biogas fermentors. However, these materials are valuable and suitable for biogas production under well-controlled conditions and with careful operation, the bacterial and archaeal communities can be successfully adapted to the protein-rich substrate (Chen et al., 2008, Kovács et al., 2015). *Firmicutes* was shown to be the most abundant phylum in the biogas reactor fed by protein-rich substrates and within the *Firmicutes* phylum a decreasing relative abundance of the *Bacilli* class was observed over time (Kovács et al., 2015, Kovács et al., 2013a). However, the *Thermotogae* phylum also showed constant increase due to its adaptability for protein-rich substrates (Kovács et al., 2015, Kovács et al., 2013a). The highest methane yield was described in protein-degrading batch reactors compared to batch systems running on cellulose-rich material or using high lipid content. The most explicit dominance of the *Methanoculleus* genus was described in the batch reactors fed with protein-rich substrate suggesting that this group was responsible for the surplus methane production (Wagner et al., 2013). The archaeal community was examined by terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) method when the biogas fermentor was fed with protein-rich substrate and the overwhelming dominance of the hydrogenotrophic *Methanoculleus* genus was observed (Ács et al., 2013).

Industrial wastewaters, sewage sludges, swine manure and biofermentors digesting different organic solids such as slaughter-house waste, animal manure and food wastes are often sources of toxic phenolic compounds which can negatively affect the microorganisms involved in anaerobic digestion. Inhibited degradation of phenol was observed at thermophilic operation temperature while these phenols and derivatives were degraded rapidly into methane in mesophilic reactors (Levén et al., 2012, Tukacs-Hájos et al., 2014). This can be explained by the different metabolic capability and enzyme sortiment (harbored by the strongly different microbial communities) under mesophilic or thermophilic operation. The members of *Syntrophorhabdaceae* (*Proteobacteria* phylum) and the *Desulfotomaculum* genus (*Firmicutes* phylum) were identified as community members with potential phenol-degrading capability (Levén et al., 2012, Levén and Schnürer, 2010).

Microbes used for bioaugmentation and pretreatment

Biological pretreatments of various substrates might provide more improvements in the anaerobic biodegradation processes than thermochemical pretreatments (Fdez-Güelfo et al., 2011). Efficiency of the lignocellulosic biomass degradation is a key factor to provide appropriate substrate for sufficient methane production via anaerobic digestion. However, lignocellulose is a barely degradable material, its breakdown into lignin, cellulose and hemicellulose might be enhanced by various biological pretreatment approaches. The controlled addition of selected hydrogen evolving bacteria (e.g. *Enterobacter cloacae* and/or *Caldicellulosiruptor saccharolyticus*) into the biogas fermentor may enhance the biogas production rate by promoting hydrogenotroph methanogenesis through mitigating the hydrogen limitation (Ács et al., 2015, Kovács et al., 2013b). Biogas production using protein-rich meat extract as substrate was improved by bioaugmentation, a mixture of three bacterial strains naturally displaying high affinity for protein degradation (*Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus coagulans* and *B. subtilis*) was applied to enhance hydrolysis in the anaerobic digester (Kovács et al., 2015). It was suggested and demonstrated that specific fungi able to survive anoxic conditions at mesophilic and thermophilic temperature may contribute to feeding hydrolytic bacteria and methanogenic Archaea during the biogas generation process (Ritari et al., 2012). Thus, beside bacteria, some fungi are also able to help the better utilization of biomass and to speed up the anaerobic degradation of fiber-rich substrates in biogas fermentors (Kazda et al., 2014). Another study described experiments where biogas production was enhanced by 4-22% in pig slurry fermenting reactors supplemented with cellulose-rich energy crop substrate by the addition of a mixture of rumen anaerobic fungi, the *Anaeromyces*, *Piromyces* and *Orpinomyces* strains possess fibrolytic activity (Procházka et al., 2012). Similarly, improved biogas production was observed when paddy straw was pretreated by the *Thermoascus aurantiacus* MTCC 375 fungus (Phutela and Dar, 2014).

Conclusion

Biogas production can be coupled to the recycling of various agricultural, municipal, food, animal and forestry wastes. The anaerobic digestion process is relying on a well-concerted microbial network, the stability of this complex and sensitive community depends on the process parameters including substrate-type and feeding rate (C/N ratio, specific inorganic compounds), operation temperature, mixing and the geometry of the digester. A more detailed insight into the microbial community and especially the differential tolerance levels of community members to various stress factors can help us in developing and maintaining efficient and safe biogas production, thereby contribute to the competitiveness of the production and utilization of biomass-based energy sources.

Acknowledgements

This work was supported by the PIAC_13-1-2013-0145 (Hungary) and "BIOSIM" PN-II-PT-PCCA-2011-3.1-1129 (Romania) grants.

REFERENCES

- ÁCS, N., BAGI, Z., RÁKHELY, G., MINÁROVICS, J., NAGY, K. & KOVÁCS, K. L. 2015. Bioaugmentation of biogas production by a hydrogen-producing bacterium. *Bioresource Technology*, 186, 286-293.

- ÁCS, N., KOVÁCS, E., WIRTH, R., BAGI, Z., STRANG, O., HERBEL, Z., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2013. Changes in the Archaea microbial community when the biogas fermenters are fed with protein-rich substrates. *Bioresource Technology*, 131, 121-127.
- ALI SHAH, F., MAHMOOD, Q., MAROOF SHAH, M., PERVEZ, A. & AHMAD ASAD, S. 2014. Microbial ecology of anaerobic digesters: the key players of anaerobiosis. *The Scientific World Journal*, 2014.
- AMANI, T., NOSRATI, M. & SREEKRISHNAN, T. R. 2010. Anaerobic digestion from the viewpoint of microbiological, chemical, and operational aspects-a review. *Environmental Reviews*, 18, 255-278.
- ANGENENT, L. T., SUNG, S. & RASKIN, L. 2002. Methanogenic population dynamics during startup of a full-scale anaerobic sequencing batch reactor treating swine waste. *Water Research*, 36, 4648-4654.
- BENGELSDORF, F. R., GERISCHER, U., LANGER, S., ZAK, M. & KAZDA, M. 2013. Stability of a biogas-producing bacterial, archaeal and fungal community degrading food residues. *FEMS Microbiology Ecology*, 84, 201-212.
- BITTSÁNSZKY, A., PILINSZKY, K., GYULAI, G. & KOMIVES, T. 2015. Overcoming ammonium toxicity. *Plant Science*, 231, 184-190.
- CALDWELL, D. R. & NEWMAN, K. 1986. Pentose metabolism by *Bacteroides ruminicola* subsp. *brevis* strain B14. *Current Microbiology*, 14, 149-155.
- CHEN, S. & HE, Q. 2015. Persistence of *Methanosaeta* populations in anaerobic digestion during process instability. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 1-9.
- CHEN, Y., CHENG, J. J. & CREAMER, K. S. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. *Bioresource Technology*, 99, 4044-4064.
- DE FRANCISCI, D., KOUGIAS, P. G., TREU, L., CAMPANARO, S. & ANGELIDAKI, I. 2015. Microbial diversity and dynamicity of biogas reactors due to radical changes of feedstock composition. *Bioresource Technology*, 176, 56-64.
- DEMIREL, B. & SCHERER, P. 2008. The roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens during anaerobic conversion of biomass to methane: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7, 173-190.
- FDEZ-GÜELFO, L. A., ÁLVAREZ-GALLEGO, C., MÁRQUEZ, D. S. & GARCÍA, L. R. 2011. The effect of different pretreatments on biomethanation kinetics of industrial Organic Fraction of Municipal Solid Wastes (OFMSW). *Chemical Engineering Journal*, 171, 411-417.
- FOTIDIS, I. A., KARAKASHEV, D. & ANGELIDAKI, I. 2014. The dominant acetate degradation pathway/methanogenic composition in full-scale anaerobic digesters operating under different ammonia levels. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 2087-2094.
- FOTIDIS, I. A., KARAKASHEV, D., KOTSPOULOS, T. A., MARTZOPOULOS, G. G. & ANGELIDAKI, I. 2013. Effect of ammonium and acetate on methanogenic pathway and methanogenic community composition. *FEMS Microbiology Ecology*, 83, 38-48.
- GOBERNA, M., INSAM, H. & FRANKE-WHITTLE, I. 2009. Effect of biowaste sludge maturation on the diversity of thermophilic bacteria and archaea in an anaerobic reactor. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 2566-2572.

- GUO, X., WANG, C., SUN, F., ZHU, W. & WU, W. 2014. A comparison of microbial characteristics between the thermophilic and mesophilic anaerobic digesters exposed to elevated food waste loadings. *Bioresource Technology*, 152, 420-428.
- HAO, L. P., LÜ, F., LI, L., SHAO, L. M. & HE, P. J. 2012. Shift of pathways during initiation of thermophilic methanogenesis at different initial pH. *Bioresource Technology*, 126, 418-424.
- HEYER, R., KOHRS, F., REICHL, U. & BENNDORF, D. 2015. Metaproteomics of complex microbial communities in biogas plants. *Microbial biotechnology*.
- HOLLISTER, E. B., FORREST, A. K., WILKINSON, H. H., EBBOLE, D. J., TRINGE, S. G., MALFATTI, S. A., HOLTZAPPLE, M. T. & GENTRY, T. J. 2012. Mesophilic and thermophilic conditions select for unique but highly parallel microbial communities to perform carboxylate platform biomass conversion. *PloS One*, 7, e39689.
- HUANG, W., WANG, Z., ZHOU, Y. & NG, W. J. 2015. The role of hydrogenotrophic methanogens in an acidogenic reactor. *Chemosphere*, 140, 40-6.
- KADAM, P. C. & BOONE, D. R. 1996. Influence of pH on Ammonia Accumulation and Toxicity in Halophilic, Methylophilic Methanogens. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 4486-4492.
- KAMPMANN, K., RATERING, S., KRAMER, I., SCHMIDT, M., ZERR, W. & SCHNELL, S. 2012. Unexpected stability of Bacteroidetes and Firmicutes communities in laboratory biogas reactors fed with different defined substrates. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 2106-2119.
- KARAKASHEV, D., BATSTONE, D. J. & ANGELIDAKI, I. 2005. Influence of environmental conditions on methanogenic compositions in anaerobic biogas reactors. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 331-338.
- KARAKASHEV, D., BATSTONE, D. J., TRABLY, E. & ANGELIDAKI, I. 2006. Acetate oxidation is the dominant methanogenic pathway from acetate in the absence of Methanosaetaceae. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 5138-5141.
- KAZDA, M., LANGER, S. & BENGELSDORF, F. R. 2014. Fungi open new possibilities for anaerobic fermentation of organic residues. *Energy, Sustainability and Society*, 4, 1-9.
- KIM, S., BAE, J., CHOI, O., JU, D., LEE, J., SUNG, H., PARK, S., SANG, B. I. & UM, Y. 2014. A pilot scale two-stage anaerobic digester treating food waste leachate (FWL): Performance and microbial structure analysis using pyrosequencing. *Process Biochemistry*, 49, 301-308.
- KOCH, C., MÜLLER, S., HARMS, H. & HARNISCH, F. 2014. Microbiomes in bioenergy production: from analysis to management. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 65-72.
- KOUZUMA, A., KATO, S. & WATANABE, K. 2015. Microbial interspecies interactions: recent findings in syntrophic consortia. *Frontiers in Microbiology*, 6, 477.
- KOVÁCS, E., WIRTH, R., MARÓTI, G., BAGI, Z., NAGY, K., MINÁROVITS, J., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2015. Augmented biogas production from protein-rich substrates and associated metagenomic changes. *Bioresource Technology*, 178, 254-261.

- KOVÁCS, E., WIRTH, R., MARÓTI, G., BAGI, Z., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2013a. Biogas production from protein-rich biomass: fed-batch anaerobic fermentation of casein and of pig blood and associated changes in microbial community composition. *PLoS One*, 8, e77265.
- KOVÁCS, K. L., ÁCS, N., KOVÁCS, E., WIRTH, R., RÁKHELY, G., STRANG, O., HERBEL, Z. & BAGI, Z. 2013b. Improvement of biogas production by bioaugmentation. *BioMed research international*, 2013.
- KRÖBER, M., BEKEL, T., DIAZ, N. N., GOESMANN, A., JAENICKE, S., KRAUSE, L., MILLER, D., RUNTE, K. J., VIEHÖVER, P., PÜHLER, A. & SCHLÜTER, A. 2009. Phylogenetic characterization of a biogas plant microbial community integrating clone library 16S-rDNA sequences and metagenome sequence data obtained by 454-pyrosequencing. *Journal of Biotechnology*, 142, 38-49.
- LERM, S., KLEYBÖCKER, A., MIETHLING-GRAFF, R., ALAWI, M., KASINA, M., LIEBRICH, M. & WÜRDEMANN, H. 2012. Archaeal community composition affects the function of anaerobic co-digesters in response to organic overload. *Waste Management*, 32, 389-399.
- LEVÉN, L., ERIKSSON, A. R. & SCHNÜRER, A. 2007. Effect of process temperature on bacterial and archaeal communities in two methanogenic bioreactors treating organic household waste. *FEMS Microbiology Ecology*, 59, 683-693.
- LEVÉN, L., NYBERG, K. & SCHNÜRER, A. 2012. Conversion of phenols during anaerobic digestion of organic solid waste—a review of important microorganisms and impact of temperature. *Journal of Environmental Management*, 95, S99-S103.
- LEVÉN, L. & SCHNÜRER, A. 2010. Molecular characterisation of two anaerobic phenol-degrading enrichment cultures. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64, 427-433.
- LI, L., HE, Q., MA, Y., WANG, X. & PENG, X. 2015. Dynamics of microbial community in a mesophilic anaerobic digester treating food waste: Relationship between community structure and process stability. *Bioresource Technology*, 189, 113-120.
- LIU, C. T., MIYAKI, T., AONO, T. & OYAIZU, H. 2008. Evaluation of methanogenic strains and their ability to endure aeration and water stress. *Current Microbiology*, 56, 214-218.
- LV, W., SCHANBACHER, F. L. & YU, Z. 2010. Putting microbes to work in sequence: recent advances in temperature-phased anaerobic digestion processes. *Bioresource Technology*, 101, 9409-9414.
- LYND, L. R., WEIMER, P. J., VAN ZYL, W. H. & PRETORIUS, I. S. 2002. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66, 506-577.
- MATHAI, P. P., ZITOMER, D. H. & MAKI, J. S. 2015. Quantitative Detection of Syntrophic Fatty Acid Degrading Bacterial Communities in Methanogenic Environments. *Microbiology*, mic. 0.000085.
- MAUS, I., WIBBERG, D., STANTSCHIEFF, R., STOLZE, Y., BLOM, J., EIKMEYER, F. G., FRACOWIAK, J., KÖNIG, H., PÜHLER, A. & SCHLÜTER, A. 2015. Insights into the annotated genome sequence of *Methanoculleus bourgensis* MS2 T, related to dominant methanogens in biogas-producing plants. *Journal of Biotechnology*, 201, 43-53.

- MENGISTU, M. G., SIMANE, B., ESHETE, G. & WORKNEH, T. S. 2015. A review on biogas technology and its contributions to sustainable rural livelihood in Ethiopia. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 48, 306-316.
- MONTINGELLI, M. E., TEDESCO, S. & OLABI, A. G. 2015. Biogas production from algal biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 961-972.
- PAP, B., GYÖRKEI, Á., BOBOESCU, I. Z., NAGY, I. K., BÍRÓ, T., KONDOROSI, É. & MARÓTI, G. 2015. Temperature-dependent transformation of biogas-producing microbial communities points to the increased importance of hydrogenotrophic methanogenesis under thermophilic operation. *Bioresource Technology*, 177, 375-380.
- PHUTELA, U. G. & DAR, R. A. 2014. Role of lignocellulolytic thermophilic fungus *Thermoascus aurantiacus* MTCC 375 in paddy straw digestibility and its implication in biogas production. *Afr. J. Microbiol. Res*, 8, 1798-1802.
- PROCHÁZKA, J., MRÁZEK, J., ŠTROSOVÁ, L., FLIEGEROVÁ, K., ZÁBRANSKÁ, J. & DOHÁNYOS, M. 2012. Enhanced biogas yield from energy crops with rumen anaerobic fungi. *Engineering in Life Sciences*, 12, 343-351.
- RADEMACHER, A., ZAKRZEWSKI, M., SCHLÜTER, A., SCHÖNBERG, M., SZCZEPANOWSKI, R., GOESMANN, A., PÜHLER, A. & KLOCKE, M. 2012. Characterization of microbial biofilms in a thermophilic biogas system by high-throughput metagenome sequencing. *FEMS Microbiology Ecology*, 79, 785-799.
- REGUEIRO, L., CARBALLA, M. & LEMA, J. M. 2014. Outlining microbial community dynamics during temperature drop and subsequent recovery period in anaerobic co-digestion systems. *Journal of Biotechnology*, 192, 179-186.
- REGUEIRO, L., VEIGA, P., FIGUEROA, M., ALONSO-GUTIERREZ, J., STAMS, A. J., LEMA, J. M. & CARBALLA, M. 2012. Relationship between microbial activity and microbial community structure in six full-scale anaerobic digesters. *Microbiological Research*, 167, 581-589.
- RITARI, J., KOSKINEN, K., HULTMAN, J., KUROLA, J. M., KYMÄLÄINEN, M., ROMANTSCHUK, M., PAULIN, L. & AUVINEN, P. 2012. Molecular analysis of meso- and thermophilic microbiota associated with anaerobic biowaste degradation. *BMC Microbiology*, 12, 121.
- SAHLSTRÖM, L. 2003. A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. *Bioresource Technology*, 87, 161-166.
- SASAKI, D., HORI, T., HARUTA, S., UENO, Y., ISHII, M. & IGARASHI, Y. 2011. Methanogenic pathway and community structure in a thermophilic anaerobic digestion process of organic solid waste. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 111, 41-46.
- SCHNURER, A. & NORDBERG, A. 2008. Ammonia, a selective agent for methane production by syntrophic acetate oxidation at mesophilic temperature. *Water Science & Technology*, 57, 735-40.
- SCHNÜRER, A., HOUWEN, F. P. & SVENSSON, B. H. 1994. Mesophilic syntrophic acetate oxidation during methane formation by a triculture at high ammonium concentration. *Archives of Microbiology*, 162, 70-74.
- SCHNÜRER, A., SCHINK, B. & SVENSSON, B. H. 1996. *Clostridium ultunense* sp. nov., a mesophilic bacterium oxidizing acetate in syntrophic association with a hydrogenotrophic methanogenic bacterium. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 46, 1145-1152.

- SCHNÜRER, A., ZELLNER, G. & SVENSSON, B. H. 1999. Mesophilic syntrophic acetate oxidation during methane formation in biogas reactors. *FEMS Microbiology Ecology*, 29, 249-261.
- SONG, M., SHIN, S. G. & HWANG, S. 2010. Methanogenic population dynamics assessed by real-time quantitative PCR in sludge granule in upflow anaerobic sludge blanket treating swine wastewater. *Bioresource Technology*, 101, S23-S28.
- SPROTT, G. D. & PATEL, G. B. 1986. Ammonia toxicity in pure cultures of methanogenic bacteria. *Systematic and Applied Microbiology*, 7, 358-363.
- SU, C., LEI, L., DUAN, Y., ZHANG, K. Q. & YANG, J. 2012. Culture-independent methods for studying environmental microorganisms: methods, application, and perspective. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93, 993-1003.
- SUNDBERG, C., AL-SOUD, W. A., LARSSON, M., ALM, E., YEKTA, S. S., SVENSSON, B. H., SØRENSEN, S. J. & KARLSSON, A. 2013. 454 pyrosequencing analyses of bacterial and archaeal richness in 21 full-scale biogas digesters. *FEMS Microbiology Ecology*, 85, 612-626.
- TANG, Y. Q., SHIGEMATSU, T., MORIMURA, S. & KIDA, K. 2015. Dynamics of the microbial community during continuous methane fermentation in continuously stirred tank reactors. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 119, 375-383.
- TSAVKELOVA, E. A. & NETRUSOV, A. I. 2012. Biogas production from cellulose-containing substrates: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 48, 421-433.
- TUAN, N. N., CHANG, Y. C., YU, C. P. & HUANG, S. L. 2014. Multiple approaches to characterize the microbial community in a thermophilic anaerobic digester running on swine manure: A case study. *Microbiological Research*, 169, 717-724.
- TUKACS-HÁJOS, A., PAP, B., MARÓTI, G., SZENDEFY, J., SZABÓ, P. & RÉTFALVI, T. 2014. Monitoring of thermophilic adaptation of mesophilic anaerobe fermentation of sugar beet pressed pulp. *Bioresource Technology*, 166, 288-294.
- VANWONTERGHEM, I., JENSEN, P. D., HO, D. P., BATSTONE, D. J. & TYSON, G. W. 2014. Linking microbial community structure, interactions and function in anaerobic digesters using new molecular techniques. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 55-64.
- WAGNER, A. O., LINS, P., MALIN, C., REITSCHULER, C. & ILLMER, P. 2013. Impact of protein-, lipid- and cellulose-containing complex substrates on biogas production and microbial communities in batch experiments. *Science of the Total Environment*, 458, 256-266.
- WALTER, A., KNAPP, B. A., FARBMACHER, T., EBNER, C., INSAM, H. & FRANKE-WHITTLE, I. H. 2012. Searching for links in the biotic characteristics and abiotic parameters of nine different biogas plants. *Microbial biotechnology*, 5, 717-730.
- WANG, H., VUORELA, M., KERÄNEN, A. L., LEHTINEN, T. M., LENSU, A., LEHTOMÄKI, A. & RINTALA, J. 2010. Development of microbial populations in the anaerobic hydrolysis of grass silage for methane production. *FEMS Microbiology Ecology*, 72, 496-506.
- WEILAND, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 849-860.

- WESTERHOLM, M., DOLFING, J., SHERRY, A., GRAY, N. D., HEAD, I. M. & SCHNÜRER, A. 2011. Quantification of syntrophic acetate-oxidizing microbial communities in biogas processes. *Environmental microbiology reports*, 3, 500-505.
- WESTERHOLM, M., LEVÉN, L. & SCHNÜRER, A. 2012. Bioaugmentation of syntrophic acetate-oxidizing culture in biogas reactors exposed to increasing levels of ammonia. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 7619-7625.
- WILLIAMS, J., WILLIAMS, H., DINSDALE, R., GUWY, A. & ESTEVES, S. 2013. Monitoring methanogenic population dynamics in a full-scale anaerobic digester to facilitate operational management. *Bioresource Technology*, 140, 234-242.
- WIRTH, R., KOVÁCS, E., MARÓTI, G., BAGI, Z., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2012. Characterization of a biogas-producing microbial community by short-read next generation DNA sequencing. *Biotechnology for biofuels*, 5, 41.
- WIRTH, R., LAKATOS, G., MARÓTI, G., BAGI, Z., MINÁROVICS, J., NAGY, K., KONDOROSI, É., RÁKHELY, G. & KOVÁCS, K. L. 2015. Exploitation of algal-bacterial associations in a two-stage biohydrogen and biogas generation process. *Biotechnology for biofuels*, 8, 59.
- XIA, Y., WANG, Y., FANG, H. H., JIN, T., ZHONG, H. & ZHANG, T. 2014. Thermophilic microbial cellulose decomposition and methanogenesis pathways recharacterized by metatranscriptomic and metagenomic analysis. *Scientific reports*, 4.
- YADVIKA, SANTHOS, SREEKRISHNAN, T. R., KOHLI, S. & RANA, V. 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques—a review. *Bioresource Technology*, 95, 1-10.
- ZEEMAN, G., WIEGANT, W. M., KOSTER-TREFFERS, M. E. & LETTINGA, G. 1985. The influence of the total-ammonia concentration on the thermophilic digestion of cow manure. *Agricultural Wastes*, 14, 19-35.

Authors

Bernadett PAP

Seqomics Biotechnology Ltd., H-6782 Mórahalom, Vállalkozók útja 7., Hungary

bernadett.pap@gmail.com

Gergely LAKATOS

Institute of Biochemistry, Biological Research Center, Hungarian Academy of Sciences, H-6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Hungary

lakatos.gergely@brc.mta.hu

Péter Tamás NAGY

Educational and research Laboratory, Károly Róbert College, H-3200, Gyöngyös, Mátrai str. 36., Hungary

nagypt@karolyrobert.hu

Iulian Zoltan BOBOESCU

Polytechnic University of Timisoara, Victoriei Square, nr. 2, 300006, Timisoara, Romania

boboescu.iulian@yahoo.com (IZB)

Gergely MARÓTI

Institute of Biochemistry, Biological Research Center, Hungarian Academy of Sciences, H-6726 Szeged, Temesvári krt. 62., Hungary

maroti.gergely@brc.mta.hu

**AGRIPELLET ELŐÁLLÍTÁS ALAPANYAGBÁZIS VIZSGÁLATA
MAGYARORSZÁGON**

Examination of Base Materials in Agri-Pellet Production in Hungary

PAPP Viktória – SZALAY Dóra – GAÁL László

Összefoglalás

Magyarország klimatológiai és földtani adottságai révén nagy mennyiségű fás- és lágyszárú biomasszával rendelkezik, melyek jelentős része energetikai célokra is hasznosítható. A biomassza ágazaton belül a szilárd biomassza egyik felhasználási lehetősége a pelletgyártás. A fakitermelés, feldolgozás és bútorgyártás során keletkező apríték és forgács feldolgozásra kerül az országban működő fapellet és brikett üzemekben, a termelés növeléséhez szükséges faalapú készletek végesek. A szántóföldeken keletkező mezőgazdasági melléktermékek azonban évente újratemelődnek, melyek egy része az agripellet előállítás alapanyaga lehet. Kutatásunk jelentősége abban áll, hogy az alapanyag potenciál összegzéséhez és a konkurens felhasználók vizsgálatához számos adatbázis rendszerbe foglalása történik, amelyet egy térinformatikai módszerrel egészítettünk ki az adatok nagyobb megbízhatósága érdekében.

Kulcsszavak: agripellet, alapanyag potenciál, mezőgazdasági melléktermék

Abstract

Due to the climate and geological features of Hungary, there are large amounts of wood and herbaceous biomass in which a significant part can be used for energy purposes. The pellet production is one potential area for solid biomass. During timber processing and furniture production wood chips and shavings are produced, which can be processed into wood pellets and briquettes. The wood based resources are needed to increase the production are limited. However the agricultural by-products that are generated each year on arable land. A part of residues could be base material of the production of agripellets. The significance of our research is that it uses a number of database systems to summarise the potential base material and examine competing users; this was supplemented by geospatial data to ensure the greater reliability of the results.

Keywords: agripellet, basic material, agricultural residues

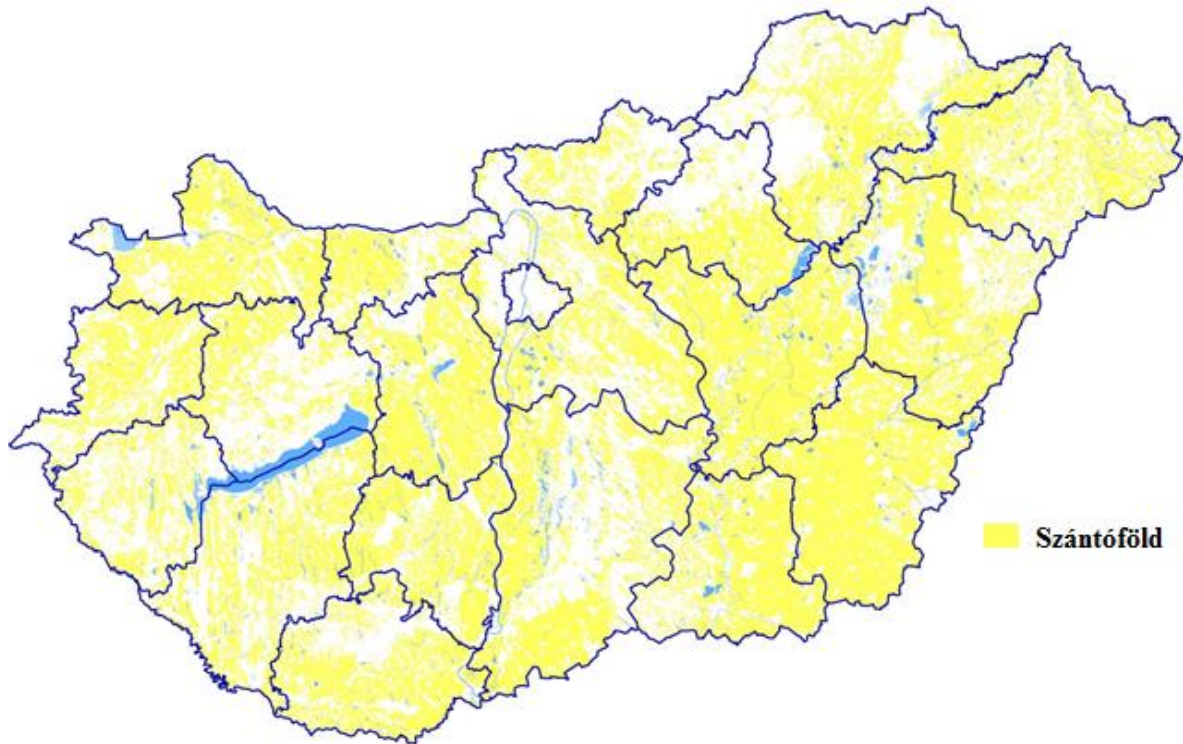
Bevezetés

A biomassza ágazaton belül a szilárd biomassza egyik felhasználási lehetősége a pelletgyártás. A pellet nagy nyomáson előállított energetikai tömörítvény, henger alakú granulátum. Jellemzője a nagy sűrűség (600-650 kg/m³) és tömörség [Szamosi, 2012]. Átmérője 5-10 mm, hossza 10-25 mm [Burján, 2010]. A mezőgazdasági melléktermékek

közös tulajdonsága, hogy kis térfogati sűrűséggel rendelkeznek, így szállításuk nem gazdaságos és a tüzelés is problémás. Az a távolság, amit energetikai, illetve gazdasági szempontból érdemes bálázásra, rakodásra és szállításra fordítani, energetikai szempontból hosszabb, mint gazdaságilag [Bai - Tarsoly, 2011]. Agripellet előállításával korábbi vizsgálataink alapján jó energiahatékonysággal állítható elő olyan tüzelőanyag, ami automatizált módon hasznosítható. Az alap gyártási technológia primer energia igényét, és a termék energiatartalmát vizsgálva kukoricaszár, búzaszalma, és repceszárból készült pelletek esetén az energetikai határfok 89,3-89,7%. [Papp - Marosvölgyi, 2013]. Az előállítás költsége függ az üzem mérettől, az alapanyag árától, a villamos energia árártól, és az alkalmazottak számától. A pellet előállítás költségének alakulását számos tanulmány vizsgálta [Mani et al 2006, Szamosi 2013, Boldog-Blaskó 2012]. Egyes elemzések szerint a költség 40%-át az alapanyagár, 15-20%-át a gyártáshoz használt villamos energia, 25%-át a munkabér teszi ki [Mani et al 2006]. Az előállítás önköltsége a kapacitás függvényében nagyon változó lehet. Egy 10 tonna/óra kapacitású üzemben körülbelül 800 forint/tonna az élőmunka költsége, míg egy 2 tonna/órás üzemben 2000 forint/tonna [Boldog- Blaskó 2012]. Az alapanyagárak növényfajtánként és régióként is eltérőek, valamint a beszállítás távolsága is meghatározó. Az aktuális szalmabála árakat figyelembe véve 15-16 ezer Ft-os tonnánkénti árral számolhatunk. A pelletálás energia igénye is változó, [Szamosi 2013, Papp-Marosvölgyi 2013] tonnánként 5,5-6,5 ezer Ft.

A melléktermékek energiasűrűség növelésének legalkalmasabb módja az alapanyag tömörítése. A tömörítés során a kiinduló alapanyag halmazsűrűségét megnövelik 80-120 kg/m³-ről [Fenyvesi et al. 2008] 600-650 kg/m³-re [Ongrádi, 2006]. Magyarországon a legelterjedtebb bálaméret 250-300 kg-os körbála, amelyből egyszerre átlagosan 16 darabot tudnak szállítani [Szamosi et al. 2012]. Az energiahatékonyság tovább fokozható egy a jövőben nagy lehetőségeket rejtő fejlesztés, a mobil pelletáló egység alkalmazásával. A gépsort a gyártó úgy tervezte meg, hogy az összes szükséges alkatrész elfér egy speciális konténerben. A mobil üzemek termelési kapacitása változó: 1000 kg/óra, 1500 kg/óra és 2000 kg/óra [Steiner et al. 2015]. Német kutatók kifejlesztettek egy olyan mobil pelletáló gépet, ami az aratás után a rendről felszedve állít elő agripelletet, óránként 5 tonnát [Mezőhír 2015]. Az így készült pellet fizikai tulajdonságainak vizsgálatáról, nem állnak még rendelkezésre kutatások. Az átmérő nagyobb, mint a megszokott agripelleteknél, 16 mm-es [Krone technical data 2016]. Az optimális nedvességtartalom 15% körüli, így a betakarítás ideje szintén időjárás-függő. Azonban ezzel az egy művelettel kiváltják a bálázás és rakodás költségeit, valamint a szántóföldön állítanak elő 650-700 kg/m³-es halmazsűrűséget. Az 5 t/h pelletáláshoz minimum 300 kW teljesítményű traktor input szükséges. Vizsgálataik szerint a mobil eljárással készült pellet előállítási költsége fele annyi, mint az üzemi előállítás [Krone technical data 2016].

Magyarország 9,3 millió hektárnyi területének 79%-a – 7,4 millió hektár – termőterület. Ezen belül 5,3 millió hektár mezőgazdasági és 1,9 millió hektár erdőterület volt, a mezőgazdasági terület 57%-ot, az erdő 21%-ot foglalt el az ország területéből 2014-ben. A szántóterület 46%-os aránya (4 millió 326 ezer hektár) viszonylag stabil, mindössze 2%-kal marad el a 2004. évitől [KSH 2015]. Az agripellet előállítás során a fő alapanyagok a szalma és szár, de kukoricacsutka, malomipari melléktermékek, préselt napraforgómag is hasznosítható. A melléktermékek hasznosításának szempontjából a legfontosabb növények a kukorica, a kalászosok, a repce és a napraforgó. A felsorolt növények a szántóterületek 80%-át fedik le. A mezőgazdasági területek megyei eloszlását a Corine Land Cover felszínborítási adatok alapján az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Magyarország szántóterülete a Corine Land Cover felszínborítási térkép alapján,
Forrás: saját szerkesztés

Magyarországon évente 1,1-1,2 millió hektáron termelnek szemes kukoricát. Jobb években a termés mennyisége meghaladja a 8 millió tonnát is. Az utóbbi öt év termésátlaga az aszályos évek figyelembe vételével átlagosan 6,1 tonna hektáronként [KSH 2015]. A kukoricaterméshez viszonyítva nagy tömegű kukoricaszár és csutka marad vissza a területen. A szakirodalmi források eltérőek a hektáronként keletkező melléktermék mennyiségére vonatkozóan, 0,8-1,5 szem-szár arány adatok jelennek meg [Sokhansaj 2011, Boris 2011, Christian 2014, Pappné Vancsó 2010.]. A kukoricaszár hasznosítás jelenleg legelterjedtebb módja a beszántás, mely a vetésterület kb. 93–94%-án történik [Haszon Agrár 2010]. A nagy mennyiségű szerves anyag cellulózhatást vált ki a talajban, amely nitrogénműtrágyával ellensúlyozható [Tármeg 2008]. A szármaradványok talajba kerülésekor drasztikusan megváltozik a szén-nitrogén arány, ami úgynevezett pentozán hatás kialakulását eredményezheti. A pentozán hatás lényege, hogy a magas cellulóztartalmú szerves anyagok bomlásához szükséges nitrogént a lebontó mikroorganizmusok a talajból, sok esetben a növény elől vonják el, amely a növényeken tápanyaghiány tünetek formájában válik láthatóvá. [Zsombik 2007] A nitrogén műtrágya nagy mennyiségű alkalmazása jelentős mértékben növeli a költségeket, és környezetvédelmi szempontból is problémákat vet fel. A növénytermesztésben használt műtrágyák, elsősorban a nitrogén és foszforműtrágyák károsan hatnak a víz minőségére. A nitrogénműtrágyák az N03-N-szennyezés révén a vizek nitrátosodását, a foszforműtrágyák pedig azok eutrofizációját segítik elő. Közvetetten növelik a légkör NOx-tartalmát, ami a savas eső és savas ülepedés formájában visszakerül a talajra és az élővizekbe [Rakonczay 2004]. A talajjavításra fordítandó szalma és szár mennyiségekről is különböző szakirodalmi értékek jelennek meg, a szár tömegének 20-30%-a lenne optimális a legtöbb elemzés szerint [EBTP 2013, Mann et al., 2002, Kline 2010]. Hőenergia nyelés céljából az új technológiákat is figyelembe véve igen jelentős mennyiségű kukoricaszár áll rendelkezésre. A tüzelésre való hasznosítást azonban a kukoricaszár magas, 40–65%-os nedvességtartalma nagyon megnehezíti. A szár fűtőértékét jelentősen befolyásolja a

nedvességtartalom, melynek nagysága nagyban függ a betakarítás időpontjától és a betakarításkor uralkodó időjárástól [Kocsis-Kelemen 2013]. Így szakirodalmi források alapján eltérő értékek jelennek meg a fűtőértékre vonatkozóan, 10-13 MJ/kg között [Bakosné Diószegi – Solymosi 2008]. Kukoricaszárból készült pelletek vizsgálata során 10%-os nedvességtartalomnál 15,5 MJ/kg-os fűtőértéket mértek [Fábián 2010]. A Gödöllői MGI kutatásaiban foglalkozott a kukoricaszár bálázásával. Vizsgálataik alapján a nagyobb aprítás következtében a szárrészek vízleadó felülete megnövekszik, és az anyag gyorsabban szárad. A szárzúzó munkája után visszamaradt egyenletes terített renden lévő anyag, még az esetleges megázás utáni 40-60%-os, elsősorban felületi nedvességét 4-6 napsütéses óra alatt leadhatja 25-27%-os nedvességtartalomra [Haszon Agrár 2010].

2014-ben 7,2 millió tonna kalászos gabona termett, ami az előző évinél 6,1%-kal több [KSH 2015]. A növekedést elsődlegesen a tenyészidőszak alatti kedvező időjárás tette lehetővé. Búzából 2014-ben 5,2 millió tonna termést takarítottak be. A kalászosok területének jellemzően 80-87%-án takarítják be a szalmát az utóbbi években, a kalászosok termésátlaga és a szalmahozam között gyenge-közepes összefüggés tapasztalható [Bai –Tarsoly, 2011]. Kalászosok esetében is eltérő szakirodalmi adatok jelennek meg a melléktermék, a szalma mennyiségére vonatkozóan, a szem-szalma arány alapján 1:0,5-1,2 közötti értékek [Sokhansaj 2011, Boris 2011, Pappné Vancsó, 2010]. Kistérségi vizsgálatok alapján Borsod-Abaúj-Zemplén megyében 1,7-3 t/ha mennyiségű szalmát takarítottak be, a 2006-2011-es időszakban [Bai et al, 2016]. A gabonaszalma betakarításkor a kukoricaszárhoz képest alacsony nedvességtartalmú, 15-20% közötti értékek jelennek meg, fűtőértéke 14,5-15,5 MJ/kg [Bakosné Diószegi – Solymosi 2008].

A napraforgó és repceszár is jelentős mennyiséget képvisel a mezőgazdasági melléktermékek között. Az utóbbi években a napraforgó termőterülete 600 ezer hektár körül alakult, a repcét 190 ezer hektáron termesztették [KSH 2015]. A repceszár hasznosításával a biodízel gyártás fellendülésekor kezdtek foglalkozni. A szár hektáronkénti mennyisége a termés kétszerese is lehet. Laboratóriumi vizsgálatok során foglalkoztunk a pelletként történő hasznosítással, hamutartalom és fűtőérték vizsgálatokkal. Ezek alapján a repceszár jelentős energiát tartalmaz, fűtőértéke betakarításkor 14-16 MJ/kg [Papp-Marosvölgyi, 2010]. A napraforgószárat aratás után teljes mennyiségben összezúzzák és beszántják, holott betakarítás után viszonylag alacsony nedvességtartalmú, zöldtrágyaként alkalmazva egyenesen káros [Bai et al, 2002].

Az alapanyagbázis becslés során nem csak azt szükséges felmérni, hogy mennyi melléktermék keletkezik a vizsgált területen, hanem azt is, hogy milyen konkurens felhasználó üzemek vannak, amelyek csökkenthetik a hasznosítható alapanyag mennyiségét. A mezőgazdasági melléktermékek fő hasznosítási területei a talajjavítás, az állattartás, az erőművek, a fűtőművek, bálátüzelésű kazánok, papíripar és biogáz üzemek.

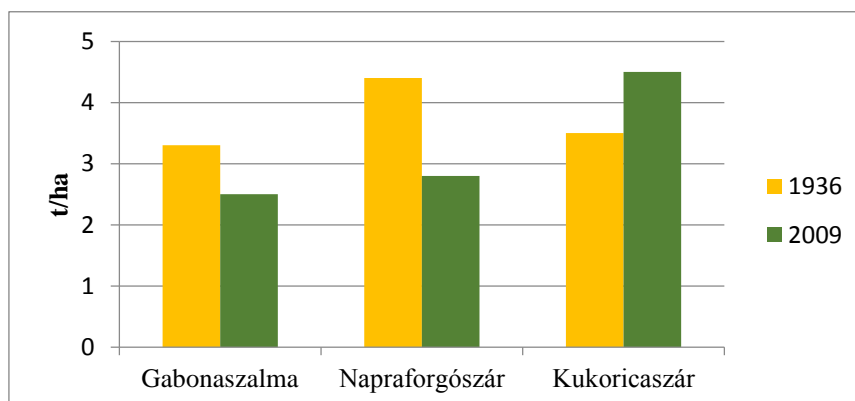
Anyag és módszer

Corine Land Cover felszínborítási térkép segítségével földhasználati kategóriák szerint határoztuk meg a biomassza termőterületét. 2012-től, a COPERNICUS program keretében zajlik a GIO-land projekt. Fő feladatai a CORINE felszínborítás adatbázis 2012-es évre vonatkozó aktualizálása (CLC, 2012), valamint ezzel párhuzamosan 2006-2012 közötti felszínborítás változások keresése. Új elemként 5 ún. Nagyfelbontású Felszínborítás Réteg is készül teljes Európára. A CLC2012 adatbázisokat a 2014 őszén befejeződött GIO-Magyarország projekt keretében, az EEA finanszírozásával készítették el [Fömi, 2015].

A standard EU CLC100 nomenklatúrából, az alábbiakat vettük figyelembe munkánk során a térképek előállításához:

- Mesterséges felszínek: Ez a csoport elsősorban földhasználati osztályokat tartalmaz. Részletezi a lakott területeket, ipari területeket, közlekedési infrastruktúrát, bányákat, lerakóhelyeket és a városi zöld területeket.
- Mezőgazdasági területek: A kategóriából a szántóföldek, legelők, zártkertek, szőlő- és gyümölcs-ültetvények kerültek leválogatásra.

A régióra jellemző mezőgazdasági növényi melléktermékek tömegének becslése, a termésátlagok meghatározása KSH táblázatok feldolgozásával és szakirodalmi adatok segítségével történt. A mezőgazdaságnál a termésmennyiségekkel, majd a szem-szár aránnyal határozható meg a keletkező melléktermék mennyisége [Boris et al. 2011]. Aszályos években a termés hozam, és így a melléktermék mennyisége is jelentősen csökkenhet, ezért öt éves termésátlagot (2010-2014) vettünk alapul. Ebben beletartozott egy erősen aszályos év is. Figyelembe vettük, hogy a betakarítás során mekkora a növény átlagos nedvességtartalma és ehhez mekkora fűtőérték tartozik. Ennek segítségével energiamennyiségben fejeztük ki az eredményeket. Figyelembe véve a felvevőpiacot és a konkurens felhasználókat, határoztuk meg a potenciálisan agripellet előállítására felhasználható alapanyag éves átlagmennyiségét Magyarországon. A vetésforgó alkalmazása miatt, a mezőgazdasági melléktermékek mennyiségének becslése során ötéves országos átlagokat veszünk figyelembe. A főbb növények leggyakrabban kétéves ciklusokban termeszthetők ugyanazon a területen [Gyuricza 2006], olajnövények esetén ötéves ciklusok figyelhetők meg. A melléktermékek mennyisége, a szárképzés a különböző fajták alapján is eltérő lehet. Magyarországon kukoricából és búzából is több száz fajtából választhatnak vetőmagot a termelők. Őszi búza esetén 66 magyar és 57 külföldi faj szerepel az állami fajlistán, azonban a területek 90%-án csak 20-25, jellemzően hazai fajtákat termesztnek [Beke 2007]. A fajtaszerkezet kialakításakor figyelembe kell venni a fajok ökológiai, agrotechnikai igényét, a fenntartható termesztés szempontjait és a gazdaságosságot is [Ágoston 2009]. Az időjárási körülmények, a csapadékos időszakok és az aszályos hónapok rendszeres megjelenését figyelembe véve el kell gondolkozni a vetett gabona fajtaszerkezet módosításán. Az elmúlt években ugyanis megfigyelhető, hogy a jelenlegi fajtaszerkezet a rendszeresen kialakuló szárazságot egyre kevésbé tolerálja [Szabó 2013]. A fő termékek mellett a mezőgazdasági melléktermékek, a szalma és szármennyiségek, a növénynevelési folyamatok következtében is erős mennyiségbeli változáson mennek keresztül.



Forrás: [Szalay-Palócz, 2013]

2.ábra Szalma és szármennyiségek változása a növénynevelési tevékenységek következtében,

A gabonaszalma és a napraforgószár hektáronkénti tömege csökkenő tendenciát mutatott az elmúlt évszázadban, míg a kukorica esetében akár 1 tonnás növekedés is kimutatható. Oka,

hogy a nemesítési tevékenységnek köszönhetően emelkedett a szár állékonysága. A szárszilárdság növelése - a veszteségmentes gépi betakarítás fontos követelménye. Azonban a dőlésmentes hibridkukorica és a nagyobb állománysűrűség terménynövelő hatása csak a megfelelő tápanyag ellátottsági talajokon érhető el. Az 1922-től 1955-ig tartó időszakban elsősorban szerves trágyát alkalmaztak, a műtrágyák a felhasznált tápanyag csupán 5%-át tették ki. Az ezt követő időszakban azonban a szerves trágya és a felhasznált műtrágya aránya megváltozott, 85% lett a műtrágya és 15% az istállótrágya [Gombás, 2010] ezzel biztosítva a szükséges tápanyagellátást. Emellett a kukorica C4-es növény lévén a száraz, meleg klimatikus körülmények között is akár kétszerannyi szárazanyag előállítására képes, mint más C3-as gabonanövények [Pepó-Sárvári, 2011].

Az alapanyagbázis vizsgálat fontos része a konkurens felhasználók vizsgálata. Az egyik legnagyobb felhasználó a búzaszalma esetén az állattenyésztés. A szalmaféleket elsősorban kérődzőkkel etetik, de csak kis mennyiségben. Alacsony energiakonzentrációjuk miatt a szénát nem helyettesíthetik, ezért csak kisebb napi adagban etethetők eredményesen [Bokodi et al 2011]. A melléktermékek takarmányként történő hasznosítása, az aszályos években lehet nagyobb mértékű, ha a betakarított termény mennyisége nem fedezi az országos szükségletet. Az almozásra használt mennyiségek azonban jelentősek, bár az utóbbi években már sokkal kevesebb szalmát vesznek igénybe az újabb állattartási technológiák miatt. A használt alomanyag (jellemzően szalma) mennyisége, a telepen alkalmazott tartástechnológiától függ. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a nagyobb telepek almozás nélküli, vagy csak nagyon kevés alomanyagot igénylő technológiát alkalmaznak, a sertéstelepek leginkább csak az anyakocák tartása során használnak szalmát [Maga J. 2012].

A szakirodalmi adatokkal, valamint a Magyarországi állatállomány adataival számolva határoztuk meg az évente átlagosan almozásra használt szalma mennyiségét. 2015. júniusi KSH adatok alapján 30 ezerrel emelkedett a szarvasmarhák száma. A sertések száma 64 ezerrel több az egy évvel korábinál. A baromfi ágazatban is gyenge növekedés figyelhető meg. [KSH 2015]. Az állatállomány éves alomszükségletét a 2. táblázat mutatja be.

1. táblázat: Az állatállomány átlagos éves alomszükséglete

Gazdasági állatok	Szalma az aljzásra		Összes alomszükséglet [t/év]
	[kg/db/nap]	[kg/db/év]	
Szarvasmarha ágazat	3,8	1400	1 145 760
Sertéságazat	1,4	511	104 106
Juhágazat	1,1	220	264 110
Baromfiágazat	-	3,3	124 896

Forrás: Saját szerkesztés, [Maga J. 2012, KSH (2010-2015) állatállomány adatai alapján]

Az országban általunk vizsgált 27 biogáz üzem közül, csak három-négy olyan működik, amely valamilyen növényi szarát vagy szalmát hasznosít, mint kiegészítő alapanyag [AVE T. 2013, Solti Biogáz. 2014, ELMIB 2010]. Jövőben ezek bővülése várható, azonban az általunk vizsgált rendelkezésre álló alapanyagok mennyiségét, egyelőre nem csökkentik jelentős mértékben. Papíripari szalmaszükséglet hazánkban csak a Dunacell Kft.-nél van, évi 30 ezer tonna [Koltai 2012].

Az erőművek, fűtőművek, egyre nagyobb mennyiségben hasznosítanak rönkfából készített apríték és faipari melléktermékek kiegészítésére erdészeti, mezőgazdasági melléktermékeket, gyümölcsfa és szőlővenyige nyesedéket. Pécsen már kifejezetten mezőgazdasági

melléktermékre, elsősorban szalmára alapozott bálátüzelés folyik, éves szinten 240 ezer tonna mezőgazdasági mellékterméket felhasználva [PannonP. 2015]. Az utóbbi időben több próbálkozás is történt a Vértes Erőműben a kukoricaszár-bálák tüzelésére, amely száraz körülmények között készült bálákkal sikeresnek bizonyult [Vértes Erőmű 2014]. A Mátrai erőműnél, Visontán is jelentős évi 100 ezer tonna szalma, kukoricaszár és csutka került felhasználásra [Mátrai Erőmű 2015]. Az országban működő pelletüzemek alapanyag igényét internetes adatgyűjtés segítségével a következő táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: Pellet előállítás alapanyagigénye Magyarországon

Telephely	Üzemeltető	Termék	Alapanyag [t/év]	Alapanyagigény [t/év]
Tiszaújváros	Eko Fire Pellet	Fapellet	Keményfa, Erdészeti melléktermék, Energetikai ültetvény	30 000
Bakonyjákó	Jákófa Ipari és Ker. Kft.	Fapellett, Fabrikett	Fűrészipari, Asztalos ipari melléktermék	5 000
Polgárdi	Vertikál Zrt.	Fapellet	Faipari melléktermék Mezőgazdasági mellékter.	1 000
Tuzsér	Erdért-Tuzsér Zrt.	Fapellet	Kéregmentes apríték Fűrészpor, Faforgács	7 000
Lenti	Németh-Fa Kft.	Fapellet	Faipari melléktermék	1 000
Belezná	Pannon Pellet Kft.	Fapellet	Fűrészpor, apríték	13 000
Tiszalök	PelletInternat.Kft.	Fapellet	Raklapgyári melléktermék	3 500
Petőháza	Pellet Produkt Kft	Fapellet	Kéregmentes fenyő eselék	6 000
Cegléd, Érsekcsanád	Lenes-Agrofa Cégcsoport	Fapellet	Fűrészipari melléktermék	30 000
Lenti	Zalaerdő Zrt.	Fapellet	Fűrészipari fűrészpor	2 000
Lajosmizse	Hungaropell. Kft.	Fapellet	Faipari hulladék	80 000
Cegléd	Wood Pellet Kft.	Fapellet	Fűrészipari melléktermék	15 000
Zsira	Gold Pellet Kft.	Fapellet	n.a.	n.a.
Kölked	Mű-Pellet Zrt.	Fapellet	n.a.	n.a.
Szombathely	Pappel-T. Kft.	Fapellet	n.a.	n.a.
Szigetvár	Szigetvári P..Kft.	fapellet	n.a.	n.a.
Szentes	T&T Technik Kft	Agripellet	Energiafű, Búzaszalma Kukoricaszár, Repceszár Fanyesedékek, Energianád	3 600
Agárd-Pálmajor	Agripellet Kft	Agripellet	Széna, Búzaszalma Repceszár	4 200
Kölked	Mű-Pellet Zrt.	Alompellet	Szalma	n.a.
Vép	Agripellet Üzem	Agripellet	Szalma	n.a.
Jászládány	Gold Brikett Kft.	Agripellet	Szalma	4 000
Összesen	Fapellet			194500
	Agripellet			12000

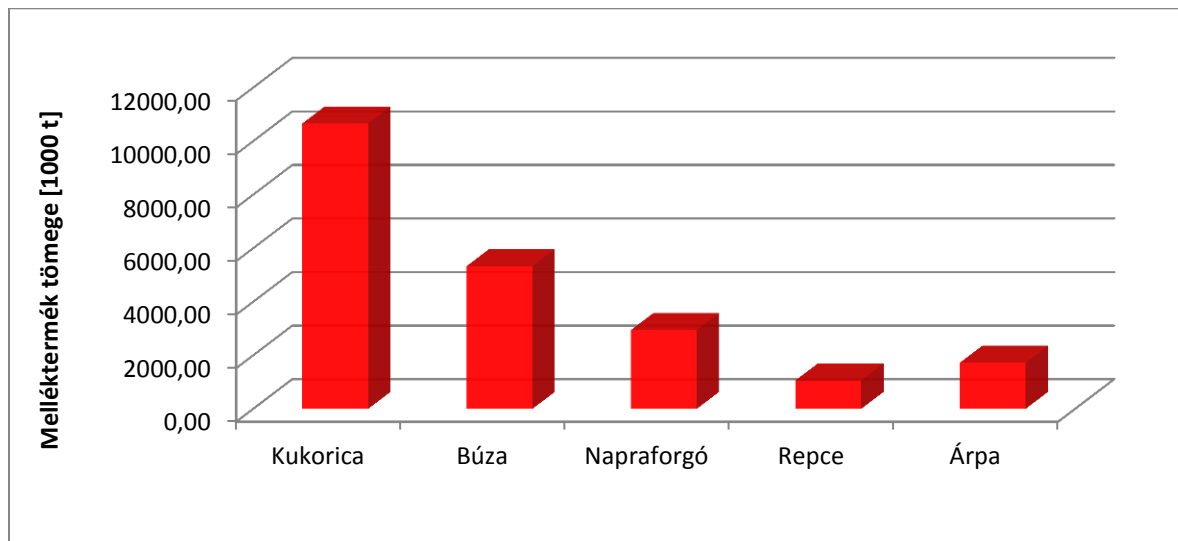
n.a. – nem áll rendelkezésre nyilvános adat

Saját szerkesztés [MPE 2010, MPE 2009, Jákófa Kft. 2012, Varga 2012, Zöldtech 2010, Zalaerdő Zrt 2012, Mű-Pellet Zrt. 2013, Pappel-T Kft. 2014, Szigetvári P. Kft. 2012, Simon E. 2011, Gold Brikett Kft. 2012] alapján

A rendelkezésre álló alapanyagbázis ellenére, egyelőre az agripellet gyártás éves mennyisége töredéke a fapelletnek. Ennek egyik oka a jó minőségű fapellet iránti kereslet növekedése az Európai Unióban. 2014-ben már 13,5 millió tonna fapelletet állítottak elő, ami 35%-os növekedés 2010-hez képest. Azonban ez még mindig nem fedezi a 18 millió tonna éves szükségletet, így évente 5 millió tonnát importálnak Észak-Amerikából [Christin et al, 2015]. Az agripellet a lágyszárú növények magas hamutartalma, és az alacsonyabb salakolvadási hőmérséklet miatt csak speciális agripellet tüzelő berendezésekben, vagy együtt tüzelve nagyobb kazánokban, erőművekben hasznosítható. Ezek a berendezések egy gázkazánhoz viszonyítva drágák, ami indokolhatja, hogy az agripellet nem terjedt el a lakossági felhasználás körében.

Eredmények

A kukoricatermesztés során évente 10,6 millió tonna melléktermék keletkezik az országban. A búzaszalma mennyisége is jelentős, több mint 5,3 millió tonna. A kalászos gabonák közül az árpa szalma is nagy mennyiségű, évente átlagosan 1,7 millió tonna. Az olajos növények melléktermékei közül a napraforgószár és tányér keletkezett a legnagyobb mennyiségben, azonban a betakarítás nehézségei miatt az energetikai hasznosítás egyelőre kérdéses.



Forrás: saját szerkesztés, 2016

2. ábra: Évente keletkező vizsgált növényi melléktermékek mennyisége Magyarországon (2010-2014 átlaga)

A hasznosítható mennyiségeket nagyban befolyásolja, hogy begyűjtésre kerül-e a melléktermék. Feltételezzük, hogy a technológia fejlődésével a kukorica-és napraforgószár is egyre nagyobb területekről betakarítható. Régebbi kutatások szerint a kukoricaszár szinte teljes mennyisége eltüzelhető lenne, ha begyűjtésre kerül, míg a búzaszalma körülbelül fele lenne hasznosítható energiatermelésre [Barótfi, 2008]. Egyes elemzések szerint, az évente keletkező kukorica és napraforgószár 50%-a hasznosítható, míg búzaszalma esetén körülbelül 25-30% [Pappné Vancsó 2010]. Figyelembe véve a talajjavításra fordítandó, az állattartás során megjelenő, és a konkurens felhasználók által hasznosított mennyiségeket határoztuk meg az elméletben rendelkezésre álló melléktermékek éves potenciálját.

3. táblázat: Magyarországon keletkező mezőgazdasági melléktermékek energia tartalma

	Évente keletkező [PJ]	Energetikai célra hasznosítható [PJ]
Kukoricaszár	128,0	62,0
Búzaszalma	66,7	26,7
Napraforgószár	5,9	2,9
Repceszár	2,1	1,1
Árpa szalma	2,6	1,3

Forrás: Saját szerkesztés

Az évente átlagosan keletkező mezőgazdasági melléktermékek energiatartalma 205 PJ, melyből a konkurens felhasználók és a talajjavításra fordítandó mennyiségek levonása után körülbelül 92 PJ lenne hasznosítható. Aszályos években, nem csak a terméshozam, de a melléktermékek mennyisége is jelentősen csökkenhet. Az utolsó erősen aszályos évben 2012-ben a kukorica termésátlagai 40%-kal, a búzáé 30%-kal csökkentek az átlagértékhez képest, ezzel együtt a melléktermékek mennyisége is jelentősen lecsökkent, ami kockázatot jelenthet egy nagyobb üzem alapanyag ellátása szempontjából. Vizsgálataink szerint az állattartásban évente 1,64 millió tonna szalmaszükséglet jelentkezik, és az állatállomány gyenge növekedése várható a következő években. A konkurens felhasználók közül kiemelkedik a Pécsi Erőmű évi 240 ezer tonna mezőgazdasági melléktermék hasznosításával. Az alapanyag begyűjtése, több környező megyére, és horvát területekre is kiterjed. Az agripellet alapanyagai lehetnek az olajsajtolás melléktermékeiként megjelenő préselt napraforgó és repcemag is, azonban ezek hasznosítása elsősorban állati takarmányozásra irányul, az energetikai hasznosítás másodlagos. Az egyelőre kis területtel rendelkező lágyszárú energianövények is alapanyagul szolgálhatnak, energiafű és energianád termesztésével és pellet előállításával már korábbi kutatások is foglalkoztak [Pintér-Marosvölgyi 2011].

Következtetések

Vizsgálataink alapján, Magyarországon nagy mennyiségű szalma és szár lenne hasznosítható energetikai célokra, azonban a begyűjtés és szállítás sok esetben problémás. A jövőben megoldás lehet a mobil pelletáló gépek alkalmazása, melyek használatával bálázás helyett az alapanyagokat már az aratás után helyben tömörítik, gazdaságosabbá téve a szállítást. A mezőgazdasági melléktermékek iránt, a jövőben egyre nagyobb kereslet várható a bővülő biomassza hasznosító üzemek, és újabb technológiák miatt, ami komoly versenyt idézhet elő az alapanyagok piacán. A legtöbb elemző szerint az agripellet előállítás csak nagyüzemi szinten, minimum 800 kg/h előállított mennyiség felett lehet jövedelmező, [Szamosi, 2012] ami éves szinten jelentős mennyiségű alapanyagot igényel. Ezért egy agripellet üzem létesítése előtt mindenképp célszerű kisebb körzetben vizsgálni a rendelkezésre álló melléktermékek mennyiségét, és a konkurens felhasználókat is.

A rendelkezésre álló alapanyagbázis ellenére az agripellet előállítás csak évi 12 ezer tonna körül alakul. A pellet fűtésre történő átállás egyik legnagyobb problémája a pelletkályhák és kazánok magas ára, mely egy gázkazán árának többszöröse. Ezzel szemben az agripellet ára még alacsonyabb a gáz áránál, de hazánkban a rezsicsökkentés miatt sem az agripellet sem a fapellet nem versenyképes az olcsóbb gázzal szemben. A földgáz 34,3 MJ/m³-es fűtőértékével kalkulálunk, a fapelletek fűtőértéke 18MJ/kg körüli, az agripelleteké kicsit alacsonyabb, általában 16 MJ/kg körül alakul. Így egy köbméter földgáz kiváltására fapelletből 1,9 kg, míg agripelletből 2,2 kg-ra van szükség, ha a gázkazánok és pelletkazánok hatásfokát azonosnak

tekintjük. A pellet árak folyamatosan emelkedtek az utóbbi években, a jó minőségű fapellet ára már 85-105 Ft/kg körül mozog. Az agripelletek olcsóbbak az áruk 55-65 Ft/kg körül alakul. A legjobb minőségű fapellet ára így már magasabb, mint ha gázzal fűtenénk. Agripelletek esetén a gázrészhez képest 10%-kal olcsóbban fűthetünk, de a magas tüzelőberendezés árak miatt, a befektetés csak lassan térül meg. A fatüzelés árával összehasonlítva, figyelembe véve optimális esetben a nedvességtartalmat és fűtőértéket, 14 MJ/kg-os értékkel kalkulálva 1,2 kg tűzifa felel meg 1 kg agripelletnek. A tűzifa ára átlagosan 30-32 Ft/kg, így körülbelül 38 Ft-ba kerül 1 kg agripellet fűtőértékével megegyező mennyiség. Az agripellet tüzelés leginkább azokban a háztartásokban érne meg, akik kényelmi szempontból a gázfűtéshez hasonló komfortú, környezetvédelmi szempontokat is mérlegelő fűtési rendszert alkalmaznának.

Irodalomjegyzék

- Ágoston T.(2009): Az évjárat hatása az őszi búzafajták agronómiai tulajdonságaira – Doktori értekezés, 11.p.
- AVE Tatabánya Hulladékhasznosító Kft. (2015): Biogázunió projektek <http://www.biogazunio.hu/projektek/tatabanya/> 2015.09.03.
- Bai, A -, Durkó, E - Tar K, - Tóth J,- Lázár I,- Kapocska L, Kircsi A,- Bartók B,- Vass R, - Péntes J,- Tóth T, (2016): Social and economic possibilities for the energy utilization of fitomass in the valley of the river Hernád, Renewable Energy, Volume 85, January,, Pages 777-789, ISSN 0960-1481, <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene>. 2016.02.04.
- Bai A.; Lakner Z.; Marosvölgyi B.; Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. ISBN: 963 9422 460
- Bai A. – Tarsoly P. (2011): A hazai melléktermék hasznosítás - Agrárium. A Magyar Agrárkamara lapja. 21. évf., 5. sz., HU ISSN 1215-8380, Szaktudás Kiadó Ház Zrt, Budapest, 2011, pp. 46-47.
- Bakosné Diószegi M.- Solymosi J. (2008) – Lágyszárú mezőgazdasági növényekből előállított pellet vizsgálata,
- Boldog G.-Blaskó G.(2012) – Az agripellet előállítás költségtényezői - <http://bestmachinery.hu/agripellet-gyartasanak-koltsegtenyezoi-megterulo> Hadmérnök, III: évf. 3. szám. 14.p. - http://hadmernok.hu/archivum/2008/3/2008_3_dioszegi.pdf
- Beke B. (2007) – Gabonatermesztési interjú, Agrárunió, VIII.évf. 8.szám, 31.p.
- Bokodi J., Gundel J., Herold I., Kakuk T., Kovács G., Mézes M., Schmidt J., Szigeti G., Vincze L. (2011): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda kiadó. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_A_takarmanyozas_a_lapjai/ch06s05.html
- Boris C. – Zoran S.- Novic D. (2011): Geographic distribution of economic potential of agricultural and forest biomass residual for energy use: Case study Croatia – Energy https://www.researchgate.net/publication/223006293_Geographic_distribution_of_economic_potential_of_agricultural_and_forest_biomass_residual_for_energy_use_Case_study_Croatia 2015.10.11.
- Burján Z. (2010): Pelletfűtés II. Pelletgyártás-Víz- Gáz- Fűtéstechnika áprilisi szám, <http://www.pannonpellet.hu/publicistica.php?newsid=978> 2015. 10.12.
- Calderón C - Gauthier, G - Jossart J.M. (2015): AEBIOM- Statistical report- European Bioenergy Outlook - http://www.aebiom.org/wp-content/uploads/2015/10/AEBIOM-Statistical-Report-2015_Key-Findings1.pdf - 2016.02.03.
- C. Weiser,- V. Zeller- Fr Reinicke – B. Wagner- S. Majer- A. Vetter- D. Thraen (2014): Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany- Applied energy, 749pp. ISSN- 03062619

- EBTP (2013) – European Biomass Technology Platform - Agricultural residues as feedstocks for biofuels production, - <http://biofuelstp.eu/agri-residues.html>
- ELMIB(2010)- Domosdi biogázermű- <http://www.alternativenergia.hu/megkezdte-az-aramtermelest-a-domsodi-biogaz-eromu/6799> 2015.09.03.
- Fábián Cs.(2010) – Kukoricaszár pelletek fizikai tulajdonságai - http://www.eu-info.hu/pure_txt_hirek.asp?id=10726
- Fenyvesi L., Ferencz Á., Tóvári P. (2008): A tűzipellet, Cser Kiadó, Budapest, ISBN 9639759848
- Fömi (2015): Földfelszín monitorozás. - <http://www.fomi.hu/portal/index.php/termekeink/felszinboritas-corine>, 2015.08.15.
- Gold Brikett Kft. (2012): Céginformáció- <http://www.goldbrikett.hu/#&panel1-5>
- Gyuricza Cs. (2006): Vetésforgó és vetésváltás. In: Földművelés és földhasználat (szerk. Birkás M.). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Haszon Agrár (2010): Mit kezdünk a kukoricaszárral? <http://www.haszon.hu/agrar/noevenytermesztes/533-mit-kezdjenk-a-kukoricaszaral.html> 2015.09.03
- Jákófa Kft.(2012): Európai Unió forrású fejlesztéseink. <http://www.jakofa.hu/index.php/component/content/article/70.html>
- Katonáné Gombás K. (2010): Birtoktervezési és rendezési ismeretek 13., A fenntartható erdőgazdálkodás tervezése, nyilvántartásának rendszere. Nyugat-magyarországi Egyetem, Digitális Tankönyvtár. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_BTRI13/ch01s02.html
- Kline R. (2010): Estimating crop residue cover for soil erosion control. Soil factsheet. <http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/600series/641220-1.pdf>
- Kocsis L., Kelemen Zs. (2011): A kukoricaszár bálázása. Agrárágazat 2011/11.
- Koltai L. (2012): 50 éves a Dunaújvárosi Cellulózgyár – Papíripar, LVI/3. ISSN 0031-1448
- Krone technical data (2016): [file:///C:/Users/User/Downloads/Premos5000_2015_EN_Druck_144dpi%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Premos5000_2015_EN_Druck_144dpi%20(1).pdf)
- KSH (2013): A mezőgazdaság szerepe a nemzetgazdaságban, 2013. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/mezoszerepe13.pdf>
- KSH (2013): Fontosabb növényi kultúrák előzetes terméseredményei, 2012. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/nte/nte21212.pdf>
- KSH táblázatok (2015): Mezőgazdasági növények éves termőterülete, terméseredmények (2010-2015)
- KSH táblázatok (2015): Állatállomány alakulása (2010-2015) - https://www.ksh.hu/allatallomany_tn
- Mann L, Tolbert V, Cushman J.(2002): Potential environmental effects of corn (Zea mays L) stover removal with emphasis on soil organic matter and erosion. Agriculture, Ecosystems & Environment 2002;89 p.
- Maga Juraj(2012): A szalma energetikai felhasználásának lehetőségei Szlovákiában – Innovációval a zöld jövőért- Konf.kiadvány -99.p.- ISBN-978-963-9941-55-7
- Mani S.-Sokhansaj S.- Bi X.- Turhollow (2006): Economics of production fuel pellets from biomass - <http://biomassinnovation.ca/pdf/Research/Developments%20in%20Biomass/Economics%20of%20Producing%20Fuel%20Pellets%20From%20Biomass.pdf>
- Mátrai Erőmű Zrt (2015): <http://www.mert.hu/a-matrai-eromu-zrt-velemenyezese-es-pontosito-javaslat-a-nemzeti-energiastrategia-2030-cimu-dokumentumhoz>
- Mű-Pellet Zrt.(2013): Termékek - <http://www.mu-pellet.hu/termekek/>
- MPE Magyar Pellet Egyesület (2010): Pelletgyár épült Tiszaújvárosban.- http://www.mapellet.hu/?page=news.php&news_id=298

- MPE Magyar Pellet Egyesület (2009): A pelletgyártás helyzete és fejlődési irányai. InnoLignum Konferencia, 2009.09.04. Sopron.- <http://www.mapellet.hu/images/page/content/file/sopron.pdf>
- PannonPower (2015): Biomassza -<http://www.pannonpower.hu/biomassza/mi-mivel-tuzelunk> 2015.09.10.
- Pappel-T. Kft. (2012): Cégböngésző- <http://pappel-termotec-c.cegbongeszo.hu/>
- Pappné Vancsó J. (2010): A biomassza mint megújuló energiaforrás hasznosítási lehetőségei, különös tekintettel Magyarországra. Doktori értekezés. ELTE. Budapest.
- Papp V.; Marosvölgyi B. (2013): A pellet mint megújuló energiaforrás előállítása, hasznosítása és energetikai értékelése- Energiagazdálkodás, 21 pp. ISSN 0021-0757.
- Papp V-Marosvölgyi B.(2010): A pelletálás energiamérlegének vizsgálata. Tudományos eredmények a gyakorlatbanhttp://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/26882/18_FMTU2013_PappViktoria,MarosvolgyiBela_297-300old.pdf?sequence=1 2015.09.14.
- Pepó P.; Sárvári M. (2011): Gabonanövények termesztése. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_09_Gabonanovenyek_termesztese/ch03s03.html
- Pintér Cs.-Marosvölgyi B.-Horváth Zs. (2011): A Miscanthus termesztése és hasznosítása - <http://e-nergia.hu/nyomtat.php?id=425>
- Ongrádi M.(2006): A szalma, mint energiaforrás, Cser Kiadó, Budapest, ISBN 9639666106
- Rakonczay Z. (2004) – Környezetvédelem, Szaktudás Kiadó Ház, ISBN: 963955324 - http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezetvedelem/ch14s02.html
- Tármeg J. (2008): Teendő a szármadaradványokkal, Agrárágazat, 9. évf. 9. szám.46.p. ISSN - 1586-3832
- Mezőhír (2015): Mobil pelletálás -<http://mezohir.hu/mezohir/2015/11/premos-5000-mobil-pelletalo-a-krone-tol/> 2015.12.23.
- Simon E. (2011): Zöld energiák: Mintatelepülés lett Vép. VAOL Vas Népe Online. - <http://vaol.hu/cimlapon/zold-energiak-mintatelepules-lett-vep-1229685>
- Sokhansanj S, Turhollow A, Cushman J, Cundiff J. (2002): Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy. Biomass and Bioenergy 23 pp. - https://www.researchgate.net/publication/221942858_Engineering_aspects_of_collecting_corn_stover_for_bioenergy_Biomass_Bioenergy
- Szalay D.- Palocz-Andresen M. (2013): A biomassza termesztés és feldolgozás függősége a klímaváltozástól. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kutatói nap kiadványa. Lakitelek. p 89-93. ISBN: 978-963-08-7830-2
- Szamosi Z. –Sintérfalvi Z. (2012): Mezőgazdasági hulladékot feldolgozó pelletüzem létesítésének feltételei - Multidiszciplináris tudományok, 2. kötet. (2012) 1 sz. pp. 115-120. http://www.matarka.hu/koz/ISSN_20629737/2k_1sz_2012/ISSN_2062_9737_2k_1_2012_115-120.pdf
- Szamosi Z., Lakatos K., Siménfalvi Z.(2012): Az agripellet, mint megújuló energiaforrás vizsgálata, GÉP Magazin, 63.évf/6 77.pp. ISSN 0016-8572
- Szigetvári P. Kft. (2012): Céginfő - <http://www.ceginfo.hu/ceg/szigetvari-pellet-gyarto-es-kereskedelmi-kft-1122718.html>
- Varga J. (2012): Gáz helyett pellet kell. FEOL. FMH Online.<http://feol.hu/hirek/gaz-helyett-pellet-kell-1110396> Zalaerdő Zrt. (2012) - Zalaerdő: Pelletgyártás-http://www.zalaerdo.hu/hu_pelletgyartas.php
- Zöldtech (2010): Pelletgyártó üzem létesült Tuzséron <http://zoldtech.hu/cikkek/20101003-pelletgyarto-uzem-Tuzser/?idorend=novekvo>

Zsombik L. (2007): A tápanyag-ellátás helyzete – Agrárágazat -
<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agraragazat/2007/12/20071224160345244000000823.html>

Vértes Erőmű Zrt. (2014): Oroszlányi erőmű- <http://www.vert.hu/oroszlany.aspx>
[2015.09.12.](http://www.vert.hu/oroszlany.aspx)

Szerzők:

PAPP Viktória, kutató,

ERFARET Kft., papp.viktoria@nyme.hu

SZALAY Dóra, kutató,

ERFARET Kft., szalay.dora@nyme.hu

GAÁL László, kutatás és fejlesztés szakértő,

MOL Finomítói Kutatás és Innováció LaGaal@MOL.hu

KÖRNYEZETVÉDELMI KIHÍVÁSOK A SPORTBAN

Environmental Challenges in Sport

RÁTHONYI-ODOR Kinga – RÁTHONYI Gergely

Összefoglalás

Az elmúlt két évtizedben egyre nagyobb teret nyert a sport és a környezetvédelem kapcsolatának vizsgálata, de még mindig sokakban felmerül a kérdés: hogyan értelmezhető a sport szerepe a környezetvédelem területén, és a környezetvédelem szerepe a sportban? Az élet más területeihez hasonlóan a sport sem vonhatja ki magát a fenntarthatatlan folyamatok megváltoztatásának szükségessége alól. Annak ellenére, hogy a sport fenntartható emberi tevékenységet jelent, az ehhez kapcsolódó szolgáltatások (pl.: vízhasználat, energiaigény, turizmus, közlekedés stb.) fenntarthatatlanok, jelentős mértékben igénylik a zöldítést.

Jelen tanulmány célja, hogy egyrészt bemutassa a fenntartható fejlődés környezeti elemeinek megjelenését a sportban, másrészt, hogy jó gyakorlatokkal alátámasztva ismertesse, hogyan integrálódhatnak a környezetvédelmi erőfeszítések, zöld intézkedések egy-egy sportrendezvény szervezésébe, stadion/aréna üzemeltetésébe, klubok működtetésébe, vagy éppen vezető piaci pozícióban lévő multinacionális sportszergyártó vállalatok termelő tevékenységébe.

Kulcsszavak: fenntarthatóság, környezetvédelem, sportesemények, stadionok

JEL kód: Q59

Abstract

In the past two decades the examination of the relations between sports and environmental protection has gained large ground, however, the question still arises in many: How can the role of sports be interpreted in the field of environmental protection and how can we see the role of environmental protection in the light of sports? Similarly to other aspects of life, it is necessary to make some changes in sports in order to ensure its sustainability. Although sports mean sustainable human activities, services connected to it (e.g. use of water, energy demand, tourism, transport, etc.) are unsustainable and need remarkable steps to make the environment greener.

The aim of this study is firstly to show the presence of the environmental factors of the sustainable development in sports. Secondly – supported by practical examples – to elaborate on how environmental efforts and green provisions can be integrated into organizing a sports event, maintaining a stadium/arena, operating clubs, or productive activities of leading multinational sports goods manufacturers.

Keywords: sustainability, environmental protection, sport events, stadiums

Bevezetés

Napjaink környezeti problémái (a Föld népességének robbanásszerű növekedése, a nem megújuló erőforrások fokozódó használata, az éghajlatváltozás, a természet szennyezése stb.) szoros összefüggésben állnak életvitelünkkel, tevékenységeinkkel. Mindez helytálló a sport szempontjából is, hiszen a többi emberi tevékenységhez hasonlóan a sport is hatást gyakorol fizikai környezetére, legyen szó helyi egyesület munkájáról, nemzetközi versenyekről, vagy akár az Olimpiai Mozgalomról.

A '90-es évek közepétől, a sporttársadalom környezetvédelem iránti szorosabb elkötelezettségét mutatja, hogy megalakult a NOB Környezetvédelem és Sport Bizottsága (1995), és, hogy az Olimpiai Charta módosításra került (1995), mely keretén belül a környezetvédelem, mint az Olimpiai Mozgalom 3. pillérének deklarációja – a sport és kultúra mellett – megtörtént (UNEP, 2013).

Az egyes konkrét sporttevékenységtől függően természetesen más-más létesítményekre, eszközökre, szponzorokra, médiára, lelátóra, ellátásra van szükség, az viszont minden sportra igaz, hogy hatással van az ökoszisztémára. E hatás mértéke és milyensége leginkább a sport fajtájától, és az esemény jellegétől függ. A sportesemények által okozott hatások csoportosításának egyik lehetséges módja szerint a következőkről beszélhetünk:

- Rövid távú hatások: az esemény ideje alatt keletkeznek, pl.: Formál zajterhelése, levegőszennyezése.
- Hosszú távú hatások: az esemény befejezése után is fennmaradnak, pl.: létesítmény felépítése, ezt követő romlás a talaj termelőképességében, tömörödés.
- Közvetlen hatás: eseményen résztvevő emberek vagy létesítmények okozzák, pl.: BL döntő (közel 100.000 néző, közlekedés, ellátás a stadionban, mosdók használata, világítás).
- Közvetett hatás: azokat az infrastrukturális elemeket jelentik, melyek az eseményre épültek, de közvetlenül nem a sporteseménnyel állnak kapcsolatban, pl.: új hidak, utak (DIKÁ CZ – UJJ, 2004; IOC, 2005; RÁTHONYI-ODOR, 2015).

Annak ellenére, hogy a figyelem sokszor a nagyszabású sportesemények által okozott környezeti problémákra irányul (pl.: Olimpia), nem feledkezhetünk meg olyan sporttevékenységekről sem, melyek nagyobb embertömeget érintenek nap, mint nap (pl.: Margit-sziget szabadidősport célú használata).

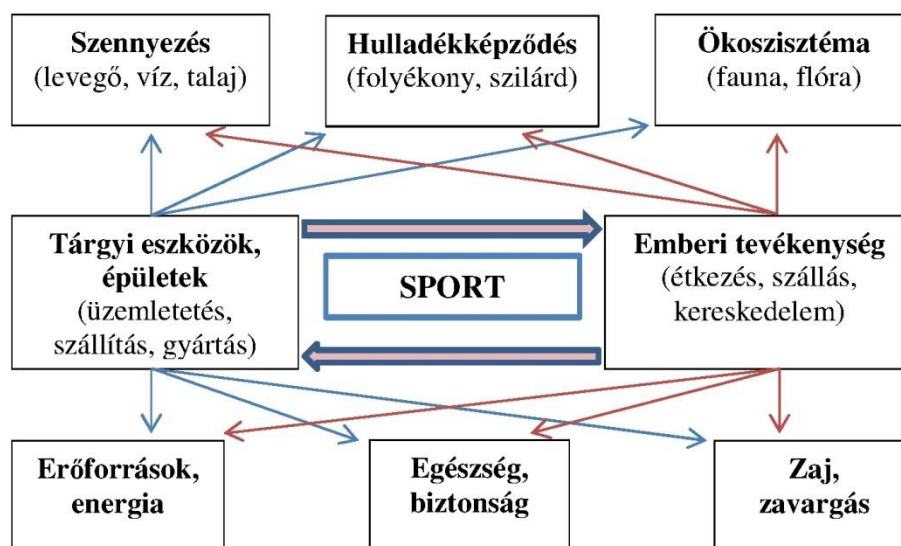
Ha a környezet oldaláról vizsgáljuk a sporttevékenységet, az alábbi szempontokat vehetjük figyelembe:

1. környezeti feltételek,
2. tájhasználat,
3. nyersanyag és energiahasználat,
4. hulladékkezelés,
5. környezetszennyezés, károkozás,
6. kulturális örökség védelme,
7. sporthoz kapcsolódó tevékenységek környezeti hatása (CASPER – PFAHL, 2015; DIKÁ CZ – UJJ, 2004; IOC, 2005, NRDC, 2012; TARRADELLAS, 2003).

A sport és a környezetvédelem kapcsolatával foglalkozó szakirodalmak egységesen abban a tekintetben, hogy a fent említett 7 tényezőt kulcsfontosságú környezeti elemekként említik, és kitérnek ezek részletes vizsgálatára. Különbség esetleg a vizsgálatok mélységében, és egy-egy

új tényező vizsgálatában figyelhető meg. Míg TARRADELLAS (2003) nagy hangsúlyt fektet a környezeti feltételek (pl.: klímaváltozás, erdők pusztulása, ózonzóréteg vékonyodása, tengervíz szennyezése) részletes vizsgálatára és külön kitér a sporteszközök gyártására, a Nemzetközi Olimpiai Bizottság tanulmányában (IOC, 2005) az egyes terhelések vizsgálata (pl.: egy sportesemény fényszennyezése, zajterhelés) kap külön figyelmet, addig DIKÁCS – UJJ (2004) a földhasználatot és a tájvédelmet említi meg részletesebben.

Az 1. ábra a sportesemények lehetséges környezeti hatásait szemlélteti.



1. ábra: Sportesemények lehetséges környezeti hatásai
 Forrás: saját összeállítás, TARRADELLAS, 2003 nyomán

Jelen kutatás célja, hogy feltárja a fenntartható fejlődés környezeti elemeinek megjelenését a sportban, másrészt, hogy választ találjon az alábbi kérdésekre:

- hogyan integrálódhatnak a környezetvédelmi erőfeszítések, zöld intézkedések egy sportrendezvény szervezésébe?
- hogyan redukálható a környezetterhelés mértéke egy stadion/aréna építése, üzemeltetése során?
- hogyan tehető környezetkímélőbbé vezető piaci pozícióban lévő multinacionális sportszergyártó vállalatok termelő tevékenysége?

Anyag és módszer

A sporttevékenységek környezeti oldalról történő vizsgálata során részben releváns külföldi és hazai szakirodalmakra támaszkodtunk, részben másodlagos adatforráson nyugvó komparatív elemzést alkalmaztunk. Utóbbi során, az interneten közzétett jelentéseket, esettanulmányokat, jó gyakorlatokat elemezve gyűjtöttünk példákat arra, hogy hogyan integrálódhatnak a környezetvédelmi erőfeszítések, zöld intézkedések egy-egy sportrendezvény szervezésébe, stadion/aréna üzemeltetésébe, klubok működtetésébe, vagy éppen vezető piaci pozícióban lévő multinacionális sportszergyártó vállalatok termelő tevékenységébe. (ADIDAS GROUP 2013; ARSENAL FC, 2011; GRANT, 2014; GREEN INITIATIVES, 2015; NRDC, 2012; PUMA, 2013; RÁTHONYI-ODOR, 2015; SCHMIED et al., 2007; STAPLES CENTRE, 2015; UNEP, 2013)

Eredmények

A sport és a környezetvédelem lehetséges kapcsolódási pontjait 7 szempont szerint ismertette, a legfontosabb elemek közé az alábbiak tartoznak:

1. Környezeti feltételek

A sport, a testedzés és a környezetvédelem kapcsolatának vizsgálata esetében a sportot és a környezetet mind független, mind függő változóként vizsgálhatjuk. Számos hazai és nemzetközi tanulmány (BALOGH, 2015; UNEP, 2013; TARRADELLAS, 2003) elemezte, hogy a megfelelő környezeti tényezők, miként járulhatnak hozzá a rendszeres testedzés, fizikai aktivitás megvalósításához. Sportolás esetén – legyen szó versenysportról vagy szabadidősportról – különösen fontos, hogy a szükséges környezeti feltételek rendelkezésre álljanak, hiszen ezek hiányában a sporttevékenység újabb káros egészségi, és környezeti hatásokat eredményezhet (DIKÁ CZ – UJJ 2004; MALLE N et al., 2015).

Az elégtelen környezeti feltételek csoportosításának egyik lehetséges esete:

- biztonságos ivóvíz hiánya, rossz minőségű víz (mérgező vegyi anyag, baktérium), pl.: a Tisza vízszennyezést követően biztonságos volt-e a Tisza Tiszaújvárosnál a Triatlon Világkupa lebonyolításához?, Megfelelő-e a Balaton vize a Balaton átúszáshoz?;
- alapvető higiéniai feltételek hiánya, pl.: Budapest Maraton mobil WC használata;
- rossz levegőminőség, pl.: szmog, elhasznált belső levegő;
- lakosság számára veszélyes létesítmények, pl.: lesiklópályák, melyek az erdőirtás következtében lavinát okozhatnak;
- emberre ártalmas anyag használata, pl.: rovarölő szerek használata;
- zajártalom.

A klímaváltozás hatásainak kiküszöbölése napjaink egyik legfontosabb problémája. FRY (2008) szerint, ahhoz, hogy a klímaváltozást meg tudjuk fékezni, az egy főre eső teljes CO₂ kibocsátás nem haladhatja meg a 2,5 tonnát. Amíg hazánkban az átlagos CO₂ kibocsátás 5-7 tonna között alakul éves szinten, addig Amerikában ez az érték 18-20 tonna. Jól látható, hogy a globális folyamatokba való beavatkozás szükségzerű, és ez alól a sport sem lehet kivétel.

A sport környezetvédelmi kihívásaival foglalkozó szakirodalmak korábban csak ritkán tértek ki a klímaváltozás témakörére, azonban mégsem feledkezhetünk meg arról, hogy egy sportesemény megrendezésénél megjelenő környezetvédelmi prioritásoknak a karbon lábnyom csökkentése jelentheti a keretet.

Az elmúlt években egyre inkább gyakorlattá vált, hogy egyes sportesemények lebonyolítását, klubok működését igyekeznek karbon semlegesé tenni (INTERNET 4; MOB, 2015; RAMPASEK, 2014; Varga, 2015):

- A Nemzeti Jégkorong Liga (NHL) környezetvédelmi törekvéseit egy Baltimore-i energiaszolgáltató cég segítette azzal, hogy 550.000 tonna CO₂-nak megfelelő ellentételezési egységet biztosított a Liga számára a 2014/2015-ös szezonra. Ez egyenértékű kb. 115.000 autó kivonásával az utakról, vagy 50.000 otthon egy évi áramfogyasztásával az Egyesült Államokban.
- A 2014-es Labdarúgó Világbajnokság szervezőinek egyik célja az volt, hogy ellensúlyozzák az üvegházhatású gázok kibocsátását. A rendezvény karbon semlegesítése egyenértékű nagyságrendet takar hozzávetőlegesen 300.000 személygépkocsi éves kibocsátásával. Az összes karbon kredit 150 brazíliai

zöldfarmtól származott, és rendelkezésre állt, mintegy 90 millió db ellentételezési egység. 1 karbon kredit 1 tonna CO₂-ekvivalens kibocsátás csökkentésével egyenlő.

- Az Olimpiai Játékok történelme során a londoni szervezéshez köthető először a karbon lábnyom alkalmazásának bevezetése. A rendezők az Olimpia és Paralimpia teljes tervezési fázisában igyekeztek felmérni és megbecsülni a sportverseny által potenciálisan előidézett üvegházhatású gázok kibocsátását összesítő karbon lábnyomot. Az előzetes referencia karbon lábnyom vizsgálatok értéke 434 kt CO₂ ekvivalens volt, de az elemzések végső értéke csak 311 kt CO₂ egyenértéket mutatott. Köszönhető mindez annak, hogy például a helyszíni energiafelhasználás következtében 34%-os egyenérték-megtakarítás jelentkezett, és, hogy az utazások becsült CO₂ kibocsátása 30%-kal csökkent az előzetes számításokhoz képest.
- A 2016-os Rió-i Olimpia szervező bizottsága faültetéssel, erdő helyreállítási programmal, környezetkímélő technológiák bevezetésével próbálja majd ellentételezni a keletkezett karbon lábnyomot, mely várható mértéke 3,6 millió tonna. Az Olimpia egyik hivatalos partnere vállalta 2 millió tonnának az ellentételezését például innovatív technológiák bevezetésével, energia-hatékonyság növelésével a mezőgazdaság, az ipar és az infrastruktúra területén. Rio de Janeiro önkormányzata pedig vállalta további 1,6 millió tonna ellentételezését faültetés és erdő regenerációs programok megvalósítása segítségével. A szervező bizottság is ígéretet tett arra, hogy mindent elkövetnek például az alapanyag szükséglet csökkentése és a megújuló erőforrások minél nagyobb mértékű felhasználása érdekében.

2. Tájhasználat

Sporttevékenység során az ember kapcsolatba kerül az őt körülvevő tájjal, használja azt. Éppen ezért fokozott figyelmet kell fordítani az életfeltételek, és kialakult életközösségek megóvására is:

- Biológiai sokféleség (biodiverzitás) megőrzése: a biodiverzitás az élet valamennyi megnyilvánulási formája (a becslések többsége szerint 8-12.000.000 faj) a Földön, a biológiai gazdaság. Sportlétesítmények építése, túraútvonalak létesítése, szigetelés, közvetve, vagy közvetlenül az ökoszisztémák zavaraihoz vezethetnek. Németországban 10 éven át a Fekete-erdő egyik természetvédelmi területén haladt az Ultra Maraton Kerékpárverseny egyik szakasza (150 km). A verseny 5000 sportolót, és közel 30.000 nézőt vonzott évről évre. A verseny előkészületi munkái, maga a verseny és az utólagos tereprendezés az ott élő, mintegy 600 veszélyeztetett faj párzási időszakára esett, mely jelentős zavarokat okozott az utódok számát tekintve, így 10 év után megváltoztatták a verseny útvonalát (SCHMIED et al., 2007).
- Tájvédelem, földhasználat: a nem megfelelően kiválasztott helyszín, vagy éppen a nagyarányú változtatásokat igénylő beruházások a korábbi gazdasági, társadalmi és környezeti rendszer megváltoztatását eredményezheti. Példaként említhető a táj karakterének megváltoztatása; új utak létesítése, mezőgazdasági területek használatba vétele. Ugyanakkor volt már rá példa, hogy egy jelentős területátrendezési program segítségével felvirágoztattak egy kerületet. Az Arsenal FC otthonául szolgáló Emirates Stadion építéséhez kapcsolódó újjáépítési program egész Európában a legnagyobb regenerációs projekt volt London Islington kerületében, 25 ha-on, 390 millió fontért. Elhanyagolt ipari és hulladékgazdálkodási épületeket lebontottak, és helyükre egy új hulladék újrahasznosítási központot hoztak létre (60 millió font), mely nem csak Islington, de a környező kerületek újrahasznosítási törekvéseit is támogatja. Ipari parkok, úthálózatok, kerékpárutak, parkok, zöld terek kerültek kiépítésre, továbbá nagy hangsúlyt fektettek a helyi közbiztonság fokozására is (ARSENAL FC, 2011).

- Ökoszisztémák védelme: Az ökoszisztéma a növények, állatok, mikro-organizmusok, valamint ezek életterének dinamikus és komplex rendszere, melyben valamennyi elem állandó kölcsönhatásban áll egymással.

A sporttevékenységeket a lebonyolításuk színteréül szolgáló ökoszisztéma fajtája, és az arra kifejtett hatás szerint a következőképpen osztályozhatók:

- Felépített ökoszisztémákban folytatott sporttevékenység (szabadtéri, beltéri): más városi tevékenységhez hasonlóan, ezek a létesítmények és helyszínek is káros hatások forrásai lehetnek (hulladékképződés, szennyvíz elvezetése, energiaigény). Pl.: csarnok, uszoda, fedett teniszpálya.
- Kis hatású tevékenységek a természetes ökoszisztémákban: ezek a sporttevékenységek nem igényelnek jelentős változtatást a természetes környezetben. A hatás, a koncentráltan megjelenő embertömeg nem éppen környezetbarát viselkedése miatt keletkezik. Pl.: hegyi kerékpár, lovas sport.
- Nagy hatású tevékenységek a természetes ökoszisztémákban: ezek a sporttevékenységek, és az azokhoz szükséges infrastruktúra megteremtése, és mindezek használata jelentősen károsíthatja a természetes környezetet. Pl.: alpesi sí, bob pálya/lelátó létesítése során: erdőirtás, lejtők módosítása, talaj állagvesztése, állatok életterének rombolása.
- Állat- és növényvilág egyensúlyának felborítása, pl.: zajhatás stadion építéskor, erdőirtás.

3. Nyersanyag és energiahasználat

Jelenleg a világ legjelentősebb környezeti problémája a nem megfelelő erőforrás használat. A szükségletek (élelmiszer/termék előállítása, szolgáltatások igénybe vétele) folyamatos növekedése maga után vonzza, hogy állandóan növekszik az egy emberre jutó nyersanyag és energia felhasználás, ami a hozzáférhető források apadásához vezet.

Az emberiség környezetszennyező és energia pazarló életvitele hosszú távon a természeti erőforrások kimerüléséhez vezethet (KARCAGI-KOVÁTS, 2015), ezért a fosszilis energiahordozók helyett egyre inkább az alternatív energiaforrások kerülnek előtérbe. A fosszilis tüzelőanyagok (kőolaj, földgáz, szén és származékaik) használata korlátozott, és egyrészt a belátható időn belül kimeríthető készletek miatt, másrészt a kibocsátott CO₂ légkörben való felhalmozódása következtében nem alkalmasak arra, hogy egy fenntartható energiagazdaság épüljön rá, ezért a megújuló energiaforrások hasznosítása jelenthet megoldást, környezettudatos szempontok által vezérelve (DOMBI, 2014).

Megújuló energiaforrás a természeti folyamatok során folyamatosan rendelkezésre áll, vagy újratermelődik (napenergia, szélenergia, vízenergia, biomassza, geotermikus energia stb.). Ezek olyan természeti erőforrások, melyek hasznosításával az emberiség a szükségleteit az adott gazdasági fejlettség szintjén kielégítheti, és használatuk ellenére természetes úton, újratermelődnek. Ezzel szemben a fosszilis tüzelőanyagok (kőszén, kőolaj, földgáz) nem megújuló energiaforrások, és a mennyiségük közel végesnek tekinthető.

Hogyan jelennek meg a megújuló energiaforrások a sportban?

Az elmúlt évtizedben folyamatosan bővül azon rendezvények, arénák/stadionok köre, ahol a megújuló erőforrások egyre nagyobb szerepet kapnak (NRDC, 2012; RÁTHONYI-ODOR, 2015; STAPLES CENTRE, 2015):

- 2005-ben a Stade de Suisse –Svájc nemzeti stadionja (2. ábra) – tetejére a világ akkori legnagyobb napelem rendszerét telepítették. 8000 m² területen, 800.000 kWh

energiatermeléssel számolhattak évente. Ez a mennyiségű energia 250 háztartás éves átlagos energiafelhasználását jelentette. Céljuk, hogy 1200 m²-en, közel 1,2 millió kWh energia előállítását megvalósulhasson.



2. ábra: Stade de Suisse

Forrás: Internet 1

- Németországban a Kaiserslautern Stadion építéskor nyitott, törekény tetőszerkezetet alakítottak ki. Később, a tetőszerkezet átalakításának köszönhetően, lehetőség nyílt arra, hogy 6000 m²-en, 5000 napelem modul kerüljön elhelyezésre, mely 720.000 kWh energia termelését teszi lehetővé.
- Az Egyesült Államokban a Staples Centre (LA Clippers, LA Lakers, LA Kings, LA Sparks otthona) 1727 panelből álló napelem rendszert telepített 8000 m²-en. Az épület energia szükségletének – a rendezvény nagyságától függően – 5-25%-a ezáltal biztosítva van, az éves megtakarítás közel 55.000 dollár.
- A Groupama Aréna használati meleg-vizének fűtése részben napkollektoros rendszerrel történik. Ennek érdekében kb. 100 m² felületű 45 síkkollektor került elhelyezésére a lelátó fölötti tető DNY-i oldalán. A napkollektoros rendszer várhatóan a meleg-víz termeléséhez szükséges energiaigény közel 40%-át fogja lefedni.

4. Hulladékkezelés

Hulladéknak minősül minden olyan anyag, melynek felhasználása az esemény után adott körülmények között a továbbiakban már nem gazdaságos. A forráshasználat és a hulladékkezelés szorosan összefügg, hiszen a felhasznált források milyensége, mennyisége, jelentősen meghatározza a keletkezett hulladékok körét, további hasznosíthatóságuk lehetőségét.

Napjainkban az angolul 3 zöld jelszóként aposztrófált csökkentés, újrahasználás és újrahasznosítás (reduce, reuse, recycle) mellett még egy „R” került a köztudatba, a repair, a javíthatóság.

4R szemlélet a sportban:

- reduce: A Nürburgring (F1) környezetvédelmi sikereként említhető, hogy 3 év alatt 40%-kal csökkent a hulladék mennyisége. Az F1 futamra, és a kempingbe látogatóknak különböző színű táskákat adtak, jelölve ezzel, hogy a különböző hulladék fajtákat külön gyűjtsék. Távozáskor önkénteseknek adták le a táskákat. Ezen

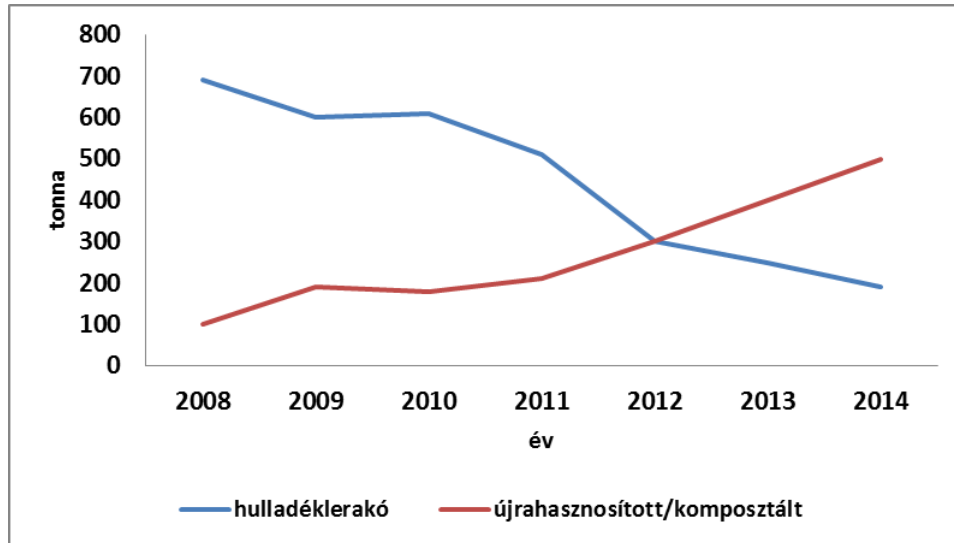
kezdeményezés által nem csak a szelektív hulladékgyűjtést tudták megvalósítani, hanem a hulladékcsökkentést is (SCHMIED et al., 2007). 2012-ben vezette be a Nike és az Adidas is a „Drydye” textílfestési eljárást, mely során víz helyett nagy nyomású sűrített szén-dioxiddal oszlatják szét a festéket a textileken. A korábbi hagyományos eljárásához képest pólóként 30 liter vizet, éves szinten közel 6 milliárd liter vizet tudnak megspórolni. Az új eljárási folyamat 50%-kal gyorsabb a hagyományos festéshez képest, 63%-kal kevesebb energiát, és kb. 50%-kal kevesebb kemikáliát igényel. Az eljárás végén a gáz újra felhasználható állapotba kerül, így az nem kerül ki a légkörbe (ADIDAS GROUP, 2013; ELKS, 2013).

- reuse: A US Open rendezvények alatt kb. 70.000 teniszlabdára van szükség. A rendezvény után kisebb sportegyesületeknek adományozzák a labdákat, melyek ezáltal újra használatba kerülnek (NRDC, 2012).
- recycle: A NIKE sportszergyártó cég korábbi kezdeményezése révén, a használt sportcipőket vissza lehetett vinni az üzletbe. A cipők talpát leválasztották, majd több lépcsős technológiai folyamat révén sportpályát készítettek belőle. Kosárlabda és tenispálya kialakításához kb. 2500 pár, 400m-es rekortán pálya kialakításához kb. 75.000 pár cipőre volt szükség (UNEP, 2013). 2013-ban a PUMA „InCycle” kollekciója (3. ábra) innovációs díjat kapott, hiszen a termék életciklus vizsgálatánál sikerült megvalósítaniuk a bölcsőtől a bölcsőig eljárást. A kollekció termékei újrahasznosított alapanyagból készültek, használat után pedig az üzletbe le lehetett adni a termékeket. Az elbomlott termékek anyagait megtisztították, melyeket újabb sportruházat gyártásához alapanyagként használtak fel (PASOLINI, 2013; RÁTHONYI – RÁTHONYI-ODOR, 2015).



3. ábra: A PUMA lebomló „InCycle” kollekciója
Forrás: PASOLINI, 2013

A New York-i Flushing Meadowsban található USTA Billie Jean King National Tennis Center ad otthont minden év utolsó Grand Slam tenisztornájának, a US Open-nek. Az évről évre növekvő nézőszám – 2015-ben több mint 9000 alkalmazott és 700000 látogató – még inkább indokolttá teszi, hogy a szervezők különös figyelmet fordítsanak a hulladékkezelésre. A 4. ábrán jól látható, hogy 2008-ban még a keletkezett hulladék túlnyomó többsége (700 tonna) hulladéklerakó telepre került, és alig 100 tonnát hasznosítottak újra, vagy komposztáltak. Az arányok évről-évre folyamatosan változtak, 2012-ben azonos mennyiségű hulladék került hulladéktárolóba és újrahasznosításra, majd ezt követően az arányok eltolódtak az újrahasznosítás javára, és 2014-ben már csak 190 tonna került hulladéktároló telepre, és 500 tonna újrahasznosításra vagy komposztálásra.



4. ábra: Hulladék elhelyezés a US Openen (2008-2014) (tonna)

Forrás: GREEN INITIATIVES, 2015

- repair: A környezettudatossághoz az is hozzátartozik, hogy az egyes eszközök javíthatók legyenek, mely szempontot a gyártóknak szem előtt kell tartaniuk.

5. Környezetszennyezés és károkozás

A sport is egy olyan emberi tevékenység, mely hulladékot termel, különböző anyagokat használ, melyek szennyezőek, mérgezőek lehetnek. A környezetszennyezés főbb megjelenési formái az alábbiak lehetnek (DIKÁ CZ – UJJ, 2004; TARDELLAS, 2003):

Vízben

- nem tisztított szennyvizek tavakba, folyóba, tengerbe eresztése (pl.: vízi sportok környezeti feltételei sérülnek);
- talajvíz szennyeződés (pl.: a sportlétesítmények és környezetük fenntartása során használt tisztítószer, rovarölő szerek miatt);
- mérgező anyagok közvetlen kibocsátása.

Levegőben

- közlekedés során kibocsátott gázok;
- létesítmények egyéb, levegőbe bocsátott szennyeződései.

Talajban

- talaj szennyeződése pl.: füves pályák műtrágyás kezelése miatt;
- talajpusztítás pl.: motorsportban használt veszélyes anyagok (kenőolaj) miatt.

6. Kulturális örökség védelme

Sportesemény rendezésekor, sportlétesítmény építésekor fokozott figyelmet kell fordítanunk az adott terület természeti környezetének, és kulturális örökségének védelmére, fejlesztésére, a helyi közösségekre, szokásokra. Körültekintően kell eljárunk különösen akkor, ha a rendezvény védett területet, történelmi épületet, emlékművet is érint. Példaként említhető, hogy a Hortobágyi Nemzeti Park máskor a nagyközönség elől elzárt területein futhattak, kerékpározhattak és túrázhattak a 12. E.ON Délibáb Terepfesztivál (5. ábra) résztvevői 2015-

ben is. Az évről-évre egyre népszerűbb fesztivál fokozott kihívást jelent a szervezőknek természetvédelmi szempontból is.



5. ábra: 12. E.ON Délibáb Terepfesztivál – Hortobágy

Forrás: INTERNET 2

7. *Sporthoz kapcsolódó tevékenységek környezeti hatása*

A sporttevékenységhez, ill. egy sportesemény megrendezéséhez számos más tevékenység is kapcsolódhat. Amikor a sport környezeti hatásairól beszélünk, nem szabad elfelejtenünk, hogy elsősorban nem a konkrét sporttevékenység, hanem a hozzá kapcsolódó egyéb tevékenység okozza a jelentősebb környezeti problémát. A kapcsolódó tevékenységeket az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

Létesítmények építése, működtetése:

A sporttevékenységek környezetvédelme a létesítmények helyszínének a kiválasztásával kezdődik. Törekedni kell arra, hogy ún. barna zónákban (használaton kívüli területen, leromlott állapotú területen) valósuljon meg az építkezés. Ezt követően az építkezés során a környezetbarát építési technológia, a környezetbarát alapanyagok kiválasztása, a legkorszerűbb épületgépészeti megoldások, megújuló erőforrások használata lényegesen csökkentheti a környezeti terhelés mértékét. 2006-ban a FIFA Labdarúgó Világbajnokságon a nemzetközi közvetítő központ felállításánál kizárólag újrahasznosított, és megújuló építési alapanyagot (fa) használtak. A mennyezet gerenda kemény fából, a falak ragasztott rétegzett fenyőből készültek, összesen 966 tonna fa került felhasználásra. A rendezvény végén a stúdió boxokat 60 ház szerkezetének kialakításánál hasznosították (SCHMIED et al., 2007). Tekintettel arra, hogy már a felhasznált alapanyag is újrahasznosított volt, ugyanazt az alapanyagot háromszor tudták hasznosítani.

Azonban nem csak az építés, hanem a működtetés során is törekedni kell a környezeti károkozás minimalizálására, pl.:

- korszerű mosdók kialakítása: 2009-ben nyitotta meg kapuit, a 80.000 ember befogadására alkalmas Dallas Cowboy's AT&T Stadion, mely stadionban 1600 mosdó került kialakításra. Az új, 2009-ben átadott, 52.000 férőhelyes Yankees Stadionban 800 mosdó található. Ilyen számokról beszélve különösen fontos pl.: az időzített csaptelepek használata, víz nélkül használható kézfertőtlenítők alkalmazása, újrahasznosított papírból készült törlők kihelyezése, vagy elektromos szárítók felszerelése (GRANT, 2014).

- ivóvíz minőségű vizek felhasználásának minimalizálása: A „Greenest Ballpark in America” címet elnyerő, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) környezetbarát épület tanúsítvánnyal is rendelkező Minnesota Twins’ Target Field stadion területén közel 3 ha-on vízgyűjtőket létesítettek. Az összegyűjtött esővizet szűrés és fertőtlenítés után, az aréna takarítására és öntözésre tudják felhasználni. (GRANT, 2014) A Miami Heat otthonául szolgáló, LEED tanúsítvánnyal is rendelkező, American Airlines Aréna (6. ábra) 2009-ben 17%-kal csökkentette az ivóvíz minőségű vízfelhasználását. A felhasználás kontrollálására vízfogyasztás mérőt szereltek fel, mely segítségével heti bontásban nyomon tudják követni a vízfelhasználás mértékét. A hatékonyabb öntözés kialakításának köszönhetően (kizárólag éjszaka locsolnak, csökkentve ezzel a párolgási veszteséget, ill. közvetlenül a növény gyökeréhez van bevezetve a víztakarékos fejjel ellátott öntöző fej) 11.000 dollár éves megtakarítással számolhattak (NRDC, 2015). A Debreceni Nagyerdei Stadionnál – más labdarúgó klubhoz hasonlóan – az öntözőrendszer kialakítása döntő jelentőségű, mind az UEFA előírásoknak, különböző standardoknak való megfelelés, mind a víztakarékosság, mind pedig a megfelelő fűfelület kialakítása szempontjából. Debrecenben a stadion saját kúttal rendelkezik, és az esővizet a fűfelületről és a tetőfelületről is össze tudják gyűjteni a ciszternákba. Az így kialakított kvázi zárt rendszerű öntözés nagyban hozzájárul az ivóvíz minőségű vízfelhasználás csökkentéséhez, és a költséghatékony öntözés megvalósításához (RÁTHONYI-ODOR, 2015).



6. ábra: American Airlines Aréna, Miami
Forrás: INTERNET 3

- energiafelhasználás optimalizálása: Az új Yankee Stadionban, a korábbihoz képest 300 watt energiával kevesebbet fogyasztó izzókat használnak, így az egy meccs alatt kibocsátott CO₂ mennyiséget közel 100kg-mal tudták csökkenteni. Az épület egy részén légkondicionálók használata helyett természetes hűtést alkalmaznak, spórolva ezzel annyit, mintha 10.000 lakásban New York-ban 1 napra lekapcsolnák a légkondicionáló berendezéseket nyáron (GRANT, 2014). A Staples Centre-ben 3000 halogén izzót cseréltek ki LED izzóra, mely révén éves szinten több, mint 80.000 dollárt sikerül megtakarítaniuk (STAPLES CENTRE, 2015).
- hulladékgazdálkodás: az arénák/stadionok esetében az ipari hulladék mellett, a papírhulladék (belépő, tájékoztató, kéztörölő, pohár, tányér, szalvéta, melyek részben

vagy teljes egészében újrahasznosított alapanyagból készülnek egyre több helyen pl.: Wembley Stadion, St. Louis Cardinals'Busch Stadion, American Airlines Aréna) és az étkezési hulladék kezeléséről kell gondoskodni. Az Egyesült Államokban a Környezetvédelmi Ügynökség kimutatása szerint, a sporteseményeken, éves szinten, közel 20 millió kg hulladék képződik (GRANT, 2014).

Közlekedés

Mind a versenyzők, mind a szurkolók esetében nagy figyelmet kell fordítani a tömegközlekedés arányának növelésére, függetlenül attól, hogy a verseny a városban, vagy külvárosi részen kerül megrendezésre. Az Arsenal Futball Club kimutatása szerint szurkolóinak mintegy 70%-a tömegközlekedéssel jut el a meccsre. A 60.000 fő befogadására képes Emirates Stadionnál ez 45.000 szurkolót jelent (ARSENAL FC, 2011).

A rendezvényi különjáratok használata mellett, több rendezvény belépőjegye ún. kombi-jegyként funkcionál, vagyis tulajdonosa jogosult az adott napon buszok, metrók, vonatok kedvezményes, vagy ingyenes használatára. pl.: Hazánkban a F1 Magyarországi Nagydíja során vezették be ezt először. Egyre népszerűbb továbbá, hogy egy-egy rendezvény/stadion biciklivel vagy akár gyalogosan is könnyen megközelíthető a jól kiépített úthálózatnak köszönhetően, ill. őrzött parkolók biztosítják a kerékpárok biztonságát is.

Egy 2005-ben készített németországi felmérés szerint (SCHMIED et al., 2007) – melyben adott évben 154 európa- és világbajnokság környezeti hatását összesítették – az üvegházhatású gázok kibocsátásának 90%-a a szállításból adódott. 25,6 millió fő látogatóval számolva ez 210.000 tonna üvegházhatású gáz (8 kg/fő) keletkezését jelentette. A versenyeken résztvevő 500.000 versenyző utazása során 60.000 tonna gáz képződött (120 kg/fő). A versenyzők közlekedése során képződött gáz mennyiségét jelentősen megnövelte a repülőgéppel történő utazás.

Szállás

Köztudott, hogy minél magasabb színvonalú szállást, és ehhez kapcsolódva minél több szolgáltatást vesz valaki igénybe, annál nagyobb mértékben terheli a környezetet.

Étkezés

Az étkezés elsősorban a hulladékkezelés problémáit gyarapítja. pl.: NBA Green Week rendezvényein, vagy a US Open-en rendszeresen alkalmazott eljárás, hogy az ételmaradékok komposztálásra kerülnek. A komposztálás olyan biológiai folyamat, amely a hulladékok, melléktermékek szerves anyagait humuszszerű anyaggá alakítja át. A keletkező humuszanyagok pl.: javítják a talaj szerkezetét, ezzel védik a talajt az eróziótól, javítják víz- és hőháztartását.

A Progressive Field Stadionban 2009-ben közel 15.000 adag (9200 kg) elkészített, de fel nem használt étel került adományozásra (NRDC, 2012).

Az NBA meccsek során régóta bevált gyakorlat, hogy a büfékből, kifőzdékből felvásárolt használt olajat biodízel előállításánál hasznosítják.

Egy mega-rendezvény esetében azonban a szükséges mennyiség előállítása, beszerzése is komoly kihívás elé állítja a szervezőket. Az ellátás során elsősorban a fair trade alapelveinek (fair ár, helyi termelők termékeinek felvásárlása, fair munkakörülmény) érvényesülését kell szem előtt tartani. pl.: A 2012-es Londoni Olimpián a versenyzők, szurkolók, protokoll

személyek, versenybírók, újságírók, önkéntesek ellátására 14 millió ételre volt szükség: 25.000 kenyér, 232 tonna krumpli, 82 tonna tenger gyümölcse, 31 tonna szárnyas, 100 tonna vörös hús, 75.000 liter tej, 19 tonna tojás, 21 tonna sajt, 330 tonna gyümölcs és zöldség. A „London 2012 – Fenntartható Élelmiszer Stratégia” részletesen kitért a termékek beszerzésére, és az ételmaradékok kezelésére is. A termékek 50%-át helyi termelőktől vásárolták (csökkentve ezzel a szállításból adódó légszennyezést), az össz mennyiség 30%-a ökológiai gazdálkodásból származott (redukálva ezzel a felhasznált műtrágyák, peszticidek mennyiségét). A szervező bizottság előírása szerint minden tejterméknek és a húsnak brit, vagy azzal egyenértékű standarddal kellett rendelkeznie. A banán, kávé, tea, cukor beszerzési helyének kiválasztásakor külön figyeltek a fair trade elvek érvényesülésére. A tojásnak a legmagasabb (British Lion) élelmiszerbiztonsági tanúsítvánnyal kellett rendelkeznie (UNEP, 2013).

Irodai munka

Az irodai tevékenység során első sorban a felhasznált papírmennyiség csökkentésével, ill. energiatakarékos irodai gépek használatával lehet csökkenteni a környezeti terhelést. Ez vonatkozik mind a sportágak, egyesületek irodáira, mind a sajtóirodákra a versenyek során. A versenyek során egyre inkább bevett szokás, hogy a sajtóanyagot, rajtlistát, az adott napi programot, és az előző nap eredményeit csak elektronikus úton kapják meg a sajtó képviselői (DIKÁCS – UJJ. 2004; RÁTHONYI-ODOR, 2015).

Az elmúlt években az Adidas nagy hangsúlyt fektetett a tájékoztatók virtuális megjelenítésére, melynek köszönhetően 2 év alatt 1,5 millió példánnyal csökkentették a nyomtatott broszúrák számát. Ennek köszönhetően csökkent az energiafelhasználás, a vízfelhasználás, és az üvegházhatású gázok kibocsátása is. Ezek a csökkentések nem csak a nyomtatás, hanem a papír alapú termékek szállításának mérsékelésével is magyarázhatóak (ADIDAS GROUP, 2013).

Sportturizmus

A sportturizmus a turizmusnak az a típusa, melyben a turisztikai célú utazás elsődleges motivációja a sport. Ma azokat az állandó lakhelyről való elutazással járó tevékenységeket értjük alatta, melyek célja a versenysportban, vagy a rekreációs sportban való aktív részvétel, illetve az azokhoz – mint vonzerőkhöz – kapcsolódó élmények (pl. látvány-, hangulat-, közösségi) megszerzése. A sportturizmus célja lehet továbbá, valamely sporttal kapcsolatos különleges attrakció, esemény helyszínének, relikviáinak, emlékeinek megtekintése is (pl. sportmúzeum, stadion, hírességek csarnoka). Tágabb értelemben ide kell sorolnunk azokat az aktivitásokat is, melyekben a turisták járulékosan, vagy véletlenszerűen élnek a helyi sportturisztikai kínálattal abban az esetben, amikor nem ez utazásuk fő célja. Jól látható, hogy a sporthoz kapcsolódó turizmus komplex hatásmechanizmusa jelentős hatással lehet a környezetre pl.: a turisták közlekedése, ellátása révén, de ide sorolhatjuk szállások igénybevételeit, vagy a zajártalmat, és az esetleges károkozást is.

Jól látható, hogy a környezetvédelmi problémák előtérbe kerülésével, a sporttársadalom is egyre nagyobb figyelmet szentel a környezeti teljesítmény tudatos átalakítására, melynek eredményeképpen számos gyakorlati megközelítés jelent meg. Attól függően, hogy egy sportrendezvény szervezéséről, vagy éppen egy aréna építéséről, üzemeltetéséről beszélünk, az alábbi környezeti menedzsment eszközök terjedése figyelhető meg:

- szállítási, logisztikai rendszerek átalakítása pl.: A Londoni Olimpiai Játékok előkészületei során, az építkezésekhez felhasznált építőanyagok 63%-át vasúton, vagy teherhajóval szállították a helyszínre. Naponta 8 vonatnyi szállítmány érkezett az építés helyszínére (átlagosan naponta 12.000 tonna), egy vasúti szerelvény 75

teherautót váltott ki, lényegesen kevesebb szén-dioxidot termelve ezzel. Az Olimpiai Park területén elbontott régi épületek anyagának 98%-át újra felhasználták. Az építési hulladék sem a személtre került, hanem újrahasznosításra, egy ugandai és egy riói tábor megépítésénél (RÁTHONYI-ODOR, 2015).

- külső kommunikációt szolgáló különböző jelentések (környezeti, fenntarthatósági, CSR, közös értékteremtési) készítése pl.: Nike, Adidas, Puma, Arsenal FC, Manchester United, FC Porto;
- partnerek, érintettek ösztönzése a zöld intézkedések bevezetésére pl: 2013-ban a Puma teljes tevékenységére kiterjedő környezeti teljesítmény mutatókat hozott nyilvánosságra. Annak érdekében, hogy minél átfogóbb képet kapjanak tevékenységük környezetre gyakorolt hatásáról, partnereiket is megkérték, hogy töltsenek ki egy környezeti teljesítményre vonatkozó kérdőívet, és a kapott eredmények alapján hosszabbították meg, vagy bontották fel a szerződést az érintett féllel. Azokkal a partnerekkel, akik környezeti teljesítménye 95-100%-os volt, több éves szerződést kötöttek. 90-95% esetén 1 éves hosszabbítást kapott a partner; 85-90% esetén 1 év múlva újra vizsgálták a partner környezeti teljesítményét, és ha nem volt változás, akkor csak azonnali intézkedés esetén hosszabbították meg a szerződést; 75-85% esetén azonnali korrekcióra volt szükség; míg 75% és az alatti eredménynél átmenetileg felbontották a szerződést a partnerrel (PUMA, 2013).
- tisztább technológiák alkalmazása pl.: 2008-ban a Baseball Liga (MLB) elkészítette a történelem leghosszabb, legzöldebb vörös szőnyegét (35.000 m²), mely 100%-ban újrahasznosított rost tartalmú volt. A gyártás energiaszükségletét 100%-ban nap- és szélenergia biztosította, és használat után a gyártó újrahasználta a szőnyeget. Az előállítás során 650.000 liter vizet, 3200 kg fosszilis energiát és 22.000 kg hulladékot (magát a szőnyeget) sikerült megtakarítaniuk. A szőnyeg több környezeti díjat is kapott (NRDC, 2012).
- hulladékminimalizálás pl.: Az Adidas cég a termelés során keletkezett hulladékok minimalizálását elsősorban a sportcipők, és egyéb sportruházati termékek előállításánál tűzte ki. Ennek érdekében arra törekedtek, hogy termékeik újrahasznosíthatóak legyenek, újrahasznosított alapanyagból (újrahasznosított poliészter) készüljenek, minél kevesebb összetevőből álljanak, és növeljék a mintahatékonyságot. Az összetevők számának csökkentésére azért volt szükség, mert minél több darabból áll egy termék, annál több hulladék képződik a varrás során, és ugyan ez elmondható a minták túlzott használatával kapcsolatban is. Minél többféle minta kerül alkalmazásra, az összeillesztésnél annál nagyobb veszteséggel lehet számolni. A sportcipők gyártásánál 60%-kal sikerült csökkenteniük az összetevők arányát, és 95%-ra növelték a mintahatékonyságot. Az egyéb sportruházati termékeknél is megvalósult a 95%-os mintahatékonyság, a keletkezett hulladékot pedig plüss mackók kitömésére használták fel (ADIDAS GROUP, 2013).
- újrahasznosítás, újrahasznosított alapanyag használata pl.: 2010-ben az NBA New York-i üzletébe le lehetett adni az enyhén rongálódott sportcipőket, melyek Kelet-afrikai fiatalokhoz kerültek. Akik leadták régi cipőjüket, azok az új cipő vásárlása esetén 20% árengedményt kaptak (NRDC, 2012).
- energiaraționalizálás pl.: 2006 óta a St. Louis Cardinals' Busch Stadion energiafogyasztását 25%-kal sikerült csökkenteni jelenlét érzékelők, központi vezérlő rendszerek, energiatakarékos izzók segítségével, ami 300.000 dollár/év megtakarítást jelent (GRANT, 2014).
- megújuló erőforrások használata pl.: A Progressive Fields volt az MLB első stadionja, ahol 2012-ben szélturbinákat telepítettek a már meglévő 42 panelből álló napelem

rendszer mellé, melyek segítségével a stadionban működő 400 televízió és kivetítő energiaigényét tudják fedezni (NRDC, 2012).

- környezetbarát termékek gyártása pl.: A US Open-en kereskedelmi forgalomba kerülő sapkák 2 db 1 literes újrahasznosított műanyag flakonból, míg a hátzásokok 6 db 1 literes újrahasznosított műanyag flakonból készültek. 2015-ben a US Open kollekciók 80%-a újrahasznosított alapanyagból készült (GREEN INITIATIVES, 2015).
- környezetbarát termékeken alkalmazott jelzések használata pl.: Az Adidas jóvoltából az NBA All-Star rendezvényein használt mezek 50%-ban újrahasznosított poliészterből készültek, melyek az NBA green logójával lettek ellátva (NRDC, 2012).
- tanúsítványok megszerzése: ISO 14001, EMAS, LEED pl.: Groupama Aréna, Nagyerdei Stadion, American Airlines Arena (Miami), Philips Arena (Atlanta), Staples Centre (Los Angeles).

Összességében elmondható, hogy az élet más területeihez hasonlóan a sport sem vonhatja ki magát a fenntarthatatlan folyamatok megváltoztatásának szükségessége alól, azonban a környezetterhelés korlátozása csak gazdasági vagy jogi beavatkozással nem lehetséges, ehhez erkölcsi belátásra, és ennek alapján történő tudatos cselekvésre is szükség van.

Diszkusszió

Az elmúlt két évtizedben kutatói és sportszakmai körökben is egyre nagyobb teret nyert a sport és a környezetvédelem kapcsolatából született terület, a sportökológia. Mindez köszönhető egyrészt a Nemzetközi Olimpiai Bizottság határozottabb szerepvállalásának e területen, másrészt pedig olyan szervezeteknek, programoknak (pl.: NRDC, UNEP), melyek külön hangsúlyt fektettek a sporttársadalom környezettudatának formálására, és ennek átültetésére a gyakorlatba.

Napjainkban egyre több olyan sporteseménnyel találkozhatunk (pl.: Olimpia, US Open, amerikai profi ligák rendezvényei), ahol a környezetvédelmi erőfeszítések prioritásként, konkrét környezetvédelmi program formájában jelennek meg a szervezőbizottság munkájában, az esemény végén pedig terv-tény adatok összehasonlításával értékelik eredményeiket, például a hulladékgazdálkodás, szállítás, tereprendezés vagy az ellátás területén.

Folyamatosan bővül azon stadionok/arának köre, melyek építése és üzemeltetése során fontos szempont egy, vagy akár több nemzetközi környezeti tanúsítványnak való hitelt érdemlő megfelelés. A klubok egyre gyakrabban környezetvédelmi/fenntarthatósági jelentés formájában teszik közzé a környezeti menedzsment eszközök alkalmazásával elért eredményeiket, melyekben nem csak a környezetvédelmi, hanem a gazdasági előnyökről is részletesen olvashatunk.

Vezető piaci pozícióban lévő multinacionális sportszer és sportruházat gyártó vállalatok is felismerték, hogy tevékenységük környezeti hatásának 60-70%-a az alapanyag előállításához kapcsolódik, és ezek az arányok csak nőnek, ha a feldolgozási folyamatokat is figyelembe vesszük. A környezetterhelés csökkentése érdekében növekvő mértékben használnak újrahasznosított alapanyagot, új technológiák bevezetésével pedig mérsékelni tudják a gyártás során szükséges pl.: kemikália, energia szükségletet.

Irodalom

ADIDAS GROUP (2013): Fair Play/Sustainability Progress Report 68 p. http://www.adidas-group.com/media/filer_public/2014/04/14/2013_sustainability_progress_report_fair_play_final_en.pdf Letöltés dátuma: 2015. március 10.

ARSENAL FC (2011): Environment and regeneration <http://www.arsenal.com/the-club/community/environment-and-regeneration> Letöltés dátuma: 2015. július 25.

- BALOGH L. (2015): A fiatalok fizikai aktivitását és az ülő életmódjából eredő mozgás-szegény életvitelét meghatározó főbb társadalmi és környezeti tényezők (Szemelvények a sport és a testedzés nemzetközi irodalmából). In: Révész L. – Csányi Tamás (szerk.)(2015):
- Az iskolai testnevelés és sport tudományos alapjai: Összefoglaló tanulmány az I. kötethez. Budapest, Magyar Diáksport Szövetség, pp. 199-225.
- CASPER, J. M. – PFAHL, M. E. (2015): Sport and the natural environment In: CASPER, J. M. – PFAHL, M. E. (ed) (2015): Sport management and the natural environment – theory and practice. GreenGate Publishing Services, Great Brittan. pp. 3-14.
- DIKÁ CZ E. – UJJ Z. (2004): Sport és környezetvédelem. Magyar Olimpiai Bizottság Környezetvédelmi Bizottsága, Budapest. pp. 5-14.
- DOMBI M. (2014): Villamos és hőenergia előállítását szolgáló megújuló energetikai technológiák fenntarthatósági értékelése. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni egyetem Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Doktori Iskola, 174 p.
- ELKS, J. (2013): Nike, Inc. Unveils ColorDry Technology and Facility That Eliminate Water, Chemicals In Dyeing, http://www.sustainablebrands.com/news_and_views/clean_tech/jennifer-elks/nike-inc-unveils-color-dry-technology-facility-eliminate-water Letöltés dátuma: 2015. július 20.
- FRY, C. (2008): A klímaváltozás – A XXI. század legnagyobb kihívása, Totem Plusz Könyvkiadó, 208 p.
- IOC (2005): Manual on sport and the environment. International Olympic Committee, Lausanne. pp. 7-18.
- INTERNET 1: Stade de Suisse Stadion, Bern <http://www.stadiumguide.com/stadedesuisse/>
- INTERNET 2: 12. E.ON Délibáb Terepfesztivál <http://www.futanet.hu/cikk/delibab-terepfutas-2015/delibab-futas-kepcsarnok> Letöltés dátuma: 2016. január 6.
- INTERNET 3: American Airlines Arena, Miami https://www.google.hu/search?q=american+airlines+arena&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiarJPZ4NbKAhWGKA8KHXmsCZ4Q_AUIBygB&biw=1366&bih=586#imgc=KRqReKDwrhG3gM%3A Letöltés dátuma: 2015. június 6.
- INTERNET 4: <http://www.rio2016.com/en/news/rio-2016-announces-plans-to-reduce-carbon-footprint-of-olympic-and-paralympic-game> Letöltés dátuma: 2016. április 7.
- GRANT, T. J. (2014): Green monsters: examining the environmental impacts of sports stadiums. Villanova Environmental Law Journal. Volume 25. Issue 1. pp. 149.
- GREEN INITIATIVES (2015): US Open green initiatives program http://www.usopen.org/en_US/about/green_initiatives.html Letöltés dátuma: 2016. február 2.
- KARCAGI-KOVÁTS A. (2015): Fenntartható fogyasztás egyes kérdései. In: Dombi M. (szerk.): Környezetgazdálkodás, fenntartható fejlődés, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 125-136. ISBN: 978-963-318-482-0
- NRDC (2012): Game Changer, How the sport industry is saving the environment? National Resources Defense Council Report pp. 26-29. 46-49. 55-61.
- NRDC (2015): Green Building, National Resources Defense Council Greening Advisor For NBA <http://nba.greensports.org/greener-building/leed/> Letöltés dátuma: 2015. szeptember 10.
- MAGYAR OLIMPIAI BIZOTTSÁG (2015): Sport és Környezetvédelem, Pantopress Nyomda Kft. pp.100-122.
- MALLEN, C. – CHARD, C. – KEOGH, C. – MANSUROV, A. (2015): Preparing environmentally friendly events. In: CASPER, J. M. – PFAHL, M. E. (ed) (2015): Sport management and the natural environment – theory and practice. GreenGate Publishing Services, Great Brittan. pp. 205-218.

- PASOLINI, A. (2013): PUMA launches biodegradable InCycle collection <http://www.gizmag.com/puma-incycle-recyclable-biodegradable/26273/> Letöltés dátuma: 2015. augusztus 10.
- PUMA (2013): Annual Report http://www.puma-annual-report.com/GB/2013/pages/en/pdf/PUMAGeschaeftsbericht2013_en.pdf Letöltés dátuma: 2015. február 8.
- RAMPASEK L. (2014): FIFA VB 2014 – Karbon semleges <http://climeneews.com/fifa-vb-2014-karbon-semleges> Letöltés dátuma: 2016. április 7.
- RÁTHONYI G. – RÁTHONYI-ODOR K. (2015): Analysing sporting goods manufacturers' environmental management tools. APSTRACT – Applied Studies In Agribusiness And Commerce 9. Vol. 1-2. pp. 23-31.
- RÁTHONYI-ODOR K. (2015): Sportökológia. Campus Kiadó, Debrecen 33-46. ISBN 978-963-9822-40-5
- SCHMIED, M. – HOCHFELD, C. – STAHL, H. – ROCH, R. – ARMBRUSTER, F. – TÜRK, S. – FRIEDL, C. (2007): Green champions: in sport and environment. Federal Ministry for the Environment, German Olympic Sport Confederation. pp. 10-76.
- STAPLES CENTRE (2015): Environmental Management System – sustainability <http://www.staplescenter.com/about/environment> Letöltés dátuma: 2015. július 15.
- TARADELLAS, J. (2003): The Olympic Movement and the environment – University lecture on the Olympics. Centre d'Estudis Olímpics (UAB). International Chair in Olympism (IOC-UAB). Barcelona. pp. 7-9.
- UNEP (2013): Sport and the environment – TUNZA the UNEP magazine for youth. pp. 11-12.
- VARGA V. (2015): Karbon neutralizálás a sport és rendezvények terén <http://carbononline.co/nemzetkozi-peldak> Letöltés dátuma: 2016. április 7.

Szerzők:

Dr. RÁTHONYI-ODOR Kinga

egyetemi adjunktus

Debreceni Egyetem GTK Sportgazdasági és –menedzsment Tanszék

4032 Debrecen Böszörményi út 138.

rathonyi-odor.kinga@econ.unideb.hu

RÁTHONYI Gergely

predoktor

Debreceni Egyetem GTK Agrárinformatika Tanszék

4032 Debrecen Böszörményi út 138.

rathonyi.gergely@econ.unideb.hu

**A FIATALOK FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSSSEL KAPCSOLATOS
ISMERETEINEK ÉS KÖRNYEZETTUDATOS MAGATARTÁSÁNAK
KVALITATÍV VIZSGÁLATA**

**Qualitative Analysis of Young People's Knowledge About Sustainable Development and
Their Environmental Consciousness Attitude**

SZÚCS Viktória – HÁMORI Judit

Összefoglalás

Az emberi tevékenységek hatására bekövetkezett környezeti károk helyrehozásának, illetve helyzetük romlásának megállításához a fogyasztói társadalom fenntartható irányába történő elmozdítása elengedhetetlen. A fiataloknak, mint a jövő generációjának tudatformálása szerves eleme ennek a folyamatnak.

A fiatalok fenntartható fejlődéssel és környezettudatos magatartással kapcsolatos ismereteinek és attitűdjének feltárásának, valamint az eredmények alapján a célcsoportok attitűdformálási lehetőségeire és irányaira történő rámutatás céljából fókuszcsoportos interjúkat végeztünk.

Az eredmények rámutattak, hogy a két vizsgált korcsoport meglévő ismeretei között csak kisebb eltérések figyelhetők meg. A hallgatók észreveszik az őket körülvevő környezeti problémákat, azonban személyes felelősségük kevésbé tudatosul bennük, nem érznek elég motivációt a cselekvésre. A fiatal felnőttek már inkább hosszú távra gondolkodnak, azonban belőlük is hiányzik a felelősségvállalás. A fiatalok számára utat kell mutatni a helyes gyakorlat megvalósításának érdekében, egyértelművé kell tenni a személyes cselekvési pontokat. A siker érdekében a hiteles információk biztosítása elengedhetetlen, amely során

kiemelt figyelmet kell fordítani – a korosztály jellemzőit figyelembe véve – a gyakorlatiasságra, valamint az interaktivitáson és emocionális üzeneteken alapuló marketingkommunikációs eszközök alkalmazására is. A fiatalok tudatformálása során nem a fogalmak pontos ismeretét kell megcéloznunk, hanem hogy az ismeret hatására olyan cselekvési motiváció alakuljon ki, amely későbbiekben mindennapi életük során rendszeres gyakorlatban tud megnyilvánulni. Továbbá szem előtt kell tartanunk, hogy az „elméleti gyakorlatiasság” lassan épül be a mindennapi rutinba, amely eredménye csak később fog megmutatkozni.

Kulcsszavak: fenntartható fejlődés, környezettudatosság, ökológiai lábnyom, fókuszcsoportos beszélgetés

Jel Kód: Q01, Q20, Q56

Abstract

In order to amend for the environmental damages emerged as a result of the human activities and to stop its further destruction, moving the consumer society into the sustainable direction is essential. Mind shaping of the young people, as the generation of the future, is an elemental part of this process.

For the reveal of young people's knowledge regarding the sustainable development and their environmental consciousness attitude, as well as for the point out of the attitude formation's possibilities focus group interviews were done.

Only minor differences were observed between the analysed age groups' current level of knowledge. Students notice the environmental problems; however their personal responsibility is not realized and they do not feel enough motivation for the action. Young adults are already thinking in the long run, but they are lack of responsibility, too. To achieve the appropriate practice the line of bearing must be shown and the personal action points must be disambiguated. In favour of success ensuring of the authentic

information is essential. In the course of providing information outstanding attention has to be paid – with taking into consideration the particularities of the different age groups – to the practicality as well as to the utilization of interactivity and emotional messages based marketing communication tools. Instead of the teaching of the exact meaning of the definitions, knowledge should be turned into action motivation, which later may be manifested in an everyday practice. However there is no getting away from the fact that the 'theoretical practice' becomes a part of the everyday routine slowly, which result will be realized later on.

Keywords: *sustainable development, environmental consciousness, ecological footprint, focus group interview*

Bevezetés

A termelés és a fogyasztás látható nyomokat hagy és gyakran visszafordíthatatlan károkat okozhat környezetünkben, amely korlátozza a népesség jövőbeli lehetőségeit (VÁGÁSI, 2000), vagyis gátat szabhat a fenntartható fejlődésnek. A fenntarthatóság ökológiai lábnyomunk csökkentése révén biztosítható lenne, amely a felhasznált erőforrásokkal történő takarékosabb gazdálkodást, a hulladék képződésének csökkentését, valamint a környezetre káros hatást gyakorló kibocsátások mérséklését kívánja meg (FARKAS, 2013). A fentiekből kifolyólag a fogyasztók környezettudatos magatartásának jelentősége is felértékelődik, hiszen ha társadalmi igényként jelentkezik a fenntarthatóságra törekvés, a gazdasági szereplők és a döntéshozók ezen elvárásokat nem hagyhatják figyelmen kívül. A környezettudatos fogyasztói magatartás fontos eleme, hogy a fogyasztók mennyire ismerik a termelés, fizikai elosztás vagy a fogyasztás környezeti hatásait és következményeit, illetve ennek tudatában milyen magatartást tanúsítanak (VÁGÁSI, 2000).

Egyes fogyasztói magatartást vizsgáló felmérések arra mutatnak rá, hogy a fogyasztói társadalmakban megjelennek azok a csoportok, melyek értékrendjében megtalálhatók a fenntartható életstílus alapjául szolgáló jellemzők. A tudatos fogyasztói magatartással leginkább az úgynevezett LOHAS (*Lifestyle Of Health And Sustainability*) szegmens jellemezhető, ami olyan hibrid életstílust² kialakított fogyasztói csoportot takar, amely a fenntarthatóság elve iránt elkötelezett és a fő attitűdformáló tényezői a környezet, a társadalom és a társadalmilag felelős életvitel (FRENCH-ROGERS, 2006; KREEB et. al, 2008). RÁCZ 2013-ban végzett magyarországi reprezentatív felmérése szerint a LOHAS értékrenddel bíró szegmens aránya hazánkban közel 8%, amelyből a fenntartható életstílus iránt legelkötelezettebb értékrendű fogyasztók csupán 4%-ot tesznek ki.

² A hibrid életstílusban különböző jellemzők egyesülnek, mint például az egészség, az élménykeresés, az individualizmus (Rác, 2013).

Nemzetközi és hazai felmérések alapján az energiával kapcsolatos tudatosság, a megújuló energiaforrásokhoz köthető pozitív gazdálkodás, valamint ezzel együtt a környezettudatos magatartás a kívánatosnál jóval alacsonyabb szintű honfitársaink körében (DOMÁN – TAMUS, 2014; EUROSTAT, 2014; TÖRÖCSIK et al., 2014; ÉLELMISZER ONLINE, 2015). A fenntartható fejlődés területén végzett felmérések igazolják, hogy a magyar résztvevők többnyire nincsenek tisztában a fogalom pontos jelentésével (KORIK, 2014; SCHMUCK, 2010). SCHMUCK (2010) eredményei alapján leggyakrabban a gazdasági növekedéssel (26%) és az anyagi jólét folyamatos gyarapodásával (22%) hozzák kapcsolatba, és csak minden ötödik állampolgár véli úgy, hogy a ma és a jövő generációk szükségleteinek kielégítésének lehetőségét jelenti (SCHMUCK, 2010). KÓRIK (2014) némileg kedvezőbb eredménye alapján a vizsgálatban résztvevők 82%-a „környezetvédelmi, gazdasági és társadalmi kérdésekkel foglalkozó tudománynak” vélte a fenntartható fejlődést. Az ökológiai lábnyom kifejezéssel honfitársaink csupán fele találkozott és pontos definícióját alig minden ötödik lakos ismeri (ÉLELMISZER ONLINE, 2015). VALKÓ (2003) fiatalok körében végzett felmérése alapján a válaszadók közel negyede mutatott pontos ismeretet a fenntarthatóság fogalmával kapcsolatban. TAKÁCS-GYÖRGY és szerzőtársai (2015) némileg kedvezőbb eredményt tapasztalt, amely szerint a főiskolai hallgatók több mint fele rendelkezett valós ismerettel a fenntarthatóságról. Az EUROBAROMETER 2011-ben végzett reprezentatív felmérése szerint a magyarok úgy vélték, hogy környezetükért azzal tehetnek a legtöbbet, ha szelektíven gyűjtik a szemetet, igyekeznek energiafogyasztásukat csökkenteni, valamint ha autó helyett a tömegközlekedést választják.

A környezettudatos viselkedést számos tényező befolyásolhatja, mint a kulturális orientáció, az értékek, hiedelmek és normák, pszichológiai, gazdasági és a szocio-demográfiai jellemzők (PEATTIE, 2010). NAGY (2012) vizsgálatai alapján a környezettudatos magatartásra a legerősebb közvetlen hatást a környezettudatos magatartási szándék gyakorolja, amelyet a környezeti értékek befolyásolnak. Továbbá az ismeretek jelentős befolyást gyakorolnak a környezetvédelemmel kapcsolatos attitűdök és értékek kialakulásában, és így a környezetbarát viselkedés kialakításában (NAGY, 2012; IZAGIRRE-OLAIZOLA, 2015). A szelektív szemétyűjtésben történő részvétel összefüggésben van a kényelemmel és az elérhetőséggel (DOMINA – KOCH, 2002), vagyis a könnyen megoldható lehetőségek növelik a háztartások szelektív hulladékgyűjtésben való részvételi hajlandóságát (HALVORSEN, 2012).

DIAMANTOPOULOS és szerzőtársai (2003) irodalmi összegzése során néhány esetben talált a kor, illetve a környezeti ismeret közötti pozitív kapcsolatot megerősítő tanulmányt, amelyek a fiatalok részletesebb ismeretét igazolták. A kor és a környezettudatos attitűd, valamint cselekvés között negatív kapcsolat található (DIAMANTOPOULOS et al., 2003; DOMÁN – TAMUS, 2014; ÉLELMISZER ONLINE, 2015), azaz jellemzően a fiatalabbak azok, akik felvilágosultabbak e téren, amely mutatja a téma jelentőségének napjainkban való felértékelődését. Az iskolai végzettség tekintetében egyenes arányosság figyelhető meg a környezettudatossággal, vagyis a magasabb végzettséggel rendelkezők könnyebben megértik a környezeti kapcsolatokat, így a cselekvésre is hajlamosabbak (DIAMANTOPOULOS et al., 2003).

Környezetünk jövőjének szempontjából a fiatalok célzott oktatása és nevelése elengedhetetlen. A fiatalok mindennapjaik során rengeteg információval találkoznak, amelyek minduntalan felhívják figyelmüket a környezeti kockázatokra, a pazarló fogyasztási szokásaikra, valamint a Föld erőforrásainak végeességére. Körükben végzett eddigi felmérések rámutatnak, arra hogy a jövő generációja elméleti szinten nagyfokú környezeti tudatossággal rendelkezik, és környezettudatos elveket vall, azonban kevesen vannak, akik a gyakorlatban is tesznek valamit környezetükért (GREENFO, 2009). A helyzet javításának érdekében számos programot szerveznek, amelyek közül megemlíthető például az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) által létre hívott Zöld Óvoda-, és Ókoiskola program, amely célja a gyerekek,

diákok környezettudatosságának fokozása, valamint a környezet nevelési tevékenységek színvonalának növelése (OFI, 2015).

Jelen munkánk célja a fiatalok fenntartható fejlődéssel és környezettudatossággal kapcsolatos ismereteinek és attitűdjének feltárása, megismerése, valamint az eredmények alapján a célcsoportok attitűdformálási lehetőségeire és irányaira történő rámutatás volt. A vizsgálat eredményei alapjául szolgálhatnak a korcsoportra vonatkozó általános következtetések levonására, valamint további kvantitatív felmérések megalapozásához.

Anyag és módszer

Kutatási célkitűzéseink elérésének érdekében fókuszcsoportos vizsgálatokat végeztünk. A fókuszcsoport fő célja, hogy a megfelelő célcsoport résztvevőivel – valamilyen ismerv alapján homogén csoportokban – végzett beszélgetés során betekintést nyerhetünk a számunkra fontos kérdéskörbe. A technika értékét tovább növeli a szabadon folyó csoportbeszélgetések előre nem várt eredményei (MALHOTRA, 2009).

A szocio-demográfiai (pl. kor, végzettség) okokból adódó eltérések azonosításának érdekében a fókuszcsoportos megkérdezésünket középiskolások és egyetemisták körében külön végeztük.

Középiskolás diákok részvételével négy csoportos beszélgetést végeztünk. Vizsgálatunkat két neves budapesti gimnázium, illetve egy vidéki gimnázium (Gyöngyös) és egy vidéki szakközépiskola (Pécs) diákjainak bevonásával végeztük el. A felmérésbe az etnikai kisebbség bevonását is fontosnak tartottuk, így felkerestük az ország egyetlen alapítványi roma gimnáziumát is (Gandhi Közalapítványi Gimnázium és Kollégium, Pécs). A középiskolákban végzett interjúkon 8-9 fős csoportok formájában 15-18 év közötti fiatalok vettek részt. Nemek tekintetében a csoportok vegyesek voltak, szerepelt köztük kollégista, illetve szülőkkel közös háztartásban élő diák is.

A fiatal felnőttek (18-28 év közötti korosztály) körében három darab fókuszcsoportos felmérés került lebonyolításra, mindhárom csoportban egyenként hat fő részvételével. A csoportokban férfiak és nők vegyesen vettek részt. A fókuszcsoportos interjúk lebonyolítása Budapesten történt. A csoportok összeállításakor szempont volt, hogy a résztvevők között legyenek vidéki érintettségű (jelenleg a fővárosban él, de vidékről származik) fiatalok is.

A csoportos beszélgetések során először megkértük a résztvevőket, hogy soroljanak fel öt környezettudatossággal kapcsolatos fogalmat, majd a fenntartható fejlődés és az ökológiai lábnyom fogalmának témaköreiben végeztünk asszociációs játékot, hogy rálátást kapjunk tájékozottságukra, ismereteik mélységére. Az interjú második felében a fiatalok attitűdjét, személyes érintettségét kívántuk megismerni, valamint a környezettudatos gyakorlatukról, és az akadályozó tényezőkről folytattunk beszélgetést.

Az adatok elemzését gyors módszerrel végeztük az interjúkon készült jegyzetek alapján, valamint a rögzített hangfelvételeket az idézetek pontosításának érdekében visszahallgattuk. Az interjúk végeztével a moderátor és a kiíró röviden értékelt az elvégzett interjút („*debbrief*”) (VICSEK, 2006), amelyeket az elemzés során figyelembe vettünk. A beszélgetéseket kvalitatív tartalomelemzéssel értékeltük, míg szóasszociációk esetében az említés gyakoriságát vizsgáltuk.

Fontos kiemelni, hogy a fókuszcsoportos felmérések során fő célunk volt a korcsoport tekintetében az ismeret, illetve a legfontosabb attitűdöt és magatartást befolyásoló tényezők feltárása, azonban eredményeink a módszer kvalitatív jellegéből és a kis elemszámból adódóan nem általánosíthatók, viszont további kvantitatív vizsgálatokhoz megfelelő alapot biztosítanak.

Eredmények

Az interjúk eredményeinek ismertetése során külön mutatjuk be a középiskolások és a fiatal felnőttek fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ismereteit, attitűdjét. A fókusz beszélgetés során végzett asszociációs játékok eredményeit – a felmerült gondolatok széles köre miatt – témakörökbe csoportosítva értékeljük.

A középiskolás korosztály környezettudatossággal kapcsolatos ismeretei és attitűdje

Első lépésként spontán említések által ismertük meg, hogy az egyes csoportok szereplői mennyire vannak tisztában a „környezettudatosság”, „fenntartható fejlődés”, valamint az „ökológiai lábnyom” fogalmával.

A legtöbb **környezettudatossággal** kapcsolatos fogalmat a két budapesti középiskola tanulói említették, míg a két vidéki iskola tanulói kevesebbet, illetve körükben közel azonos témakörök kerültek szóba. Ez arra utal, hogy az általunk vizsgált fővárosi iskolákban tanuló hallgatók többet találkozhatnak az iskola keretein belül, vagy azon kívül a környezetvédelem problémájával. Az információhiány, illetve az alaposabb információra való igény a vidéki gimnázium két tanulója esetében merült fel.

A legtöbb környezettudatossággal kapcsolatban említett fogalom a **hulladékkezelés** témakörét érintette (összesen 51 említés). Ezen belül a szelektív „hulladékgyűjtés” (24 említés), a „szemetelés” (17 említés), az „újrahasznosítás” (8 említés), „csak lebomló anyagokat dobjunk el az utcán” (2 említés) került legtöbb esetben szóba.

Összesen 29 említés valamilyen **környezetvédelemhez köthető tevékenységgel** volt kapcsolatos, úgy, mint a „közlekedés okozta szennyezés csökkentése” (kevesebb autó használat) (12 említés), a „légszennyezettség csökkentése” (9 említés), a „természetvédelem” (5 említés), illetve a „vízszennyezettség csökkentése” (3 említés). A kevesebb autó használat szükségessége csak a fővárosi tanulóknál merült fel, vélhetően a főváros forgalma miatt ők érzik igazán a probléma súlyát.

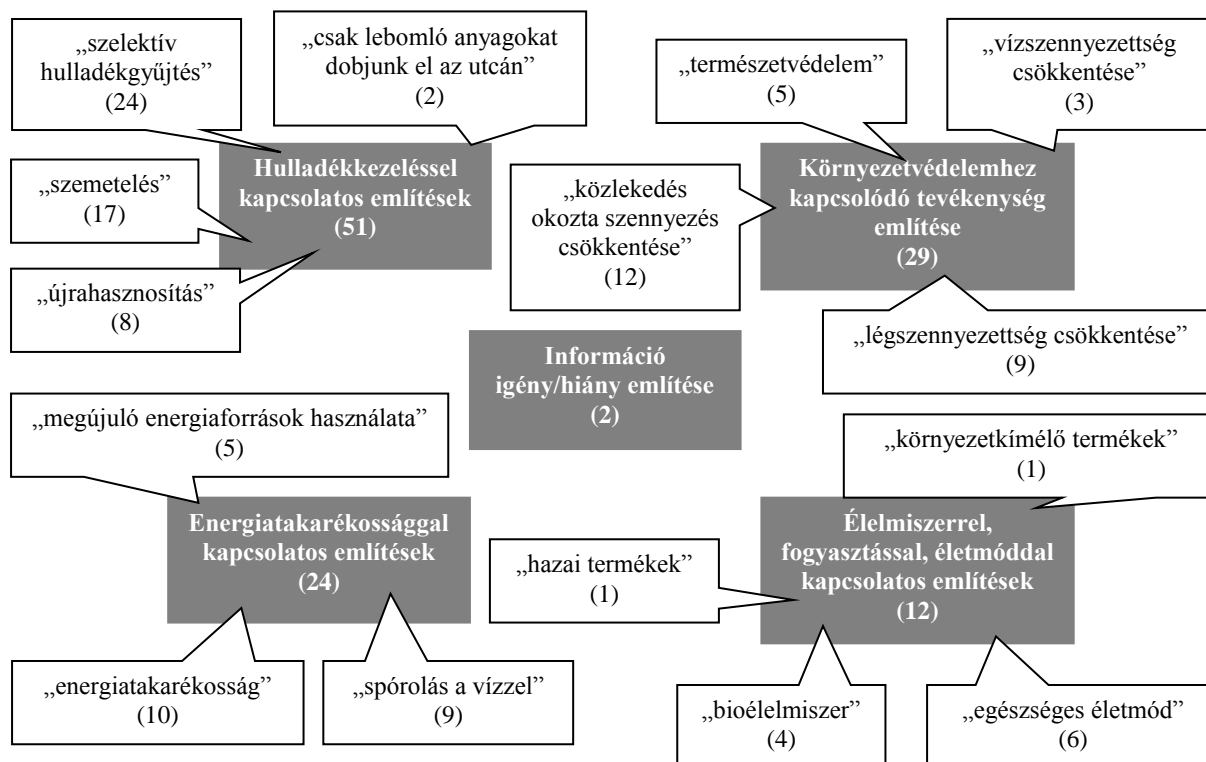
24 olyan említés született, amely az **energiatakarékossággal** volt kapcsolatban („energiatakarékosság” 10 említés, „spórolás a vízzel” 9 említés, „megújuló energiaforrások használata” 5 említés), melyen belül a „megújuló energiaforrások használata” csak a budapesti tanulók körében merült fel.

A környezettudatosságot az **élelmiszerekkel, fogyasztással, vagy életmóddal** (12 említés) túlnyomórészt szintén inkább a fővárosi fiatalok kötötték össze („egészséges életmód” 6 említés, „bioélelmiszer” 4 említés, „hazai termékek” 1 említés, „környezetkímélő termékek” 1 említés). A „bioélelmiszereket”, a „hazai termékeket” és a „környezetkímélő termékeket” ismét csak a budapesti tanulók említették (1. ábra).

A környezettudatosság területéhez képest a **fenntartható fejlődés**³ témájában jóval kevesebb asszociáció született, ez a fogalom kevésbé volt ismert a tanulók számára. A fenntartható fejlődés fogalmát nem meglepő módon leginkább a környezetvédelemmel kapcsolatos fogalmakkal hozták összefüggésbe a középiskolai hallgatók (8 említés), de 5 alkalommal került megemlítésre a „hosszú távú fejlődés”, valamint 6 alkalommal az „összefogás jelentősége” és 4 esetben a „megújuló energiahordozók” is. Fontos kiemelni, hogy a fenntartható fejlődéssel kapcsolatban szinte csak a budapesti gimnáziumok hallgatóinak voltak konkrétabb ismeretei, a vidéki gimnáziumok hallgatóitól mindössze 2-2 asszociáció

³ A fenntartható fejlődés olyan fejlődési folyamat (földké, városoké, termelési folyamatoké, társadalmaké stb.), ami „kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövő generációk képességét, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket” (World Commission on Environment and Development, 1987).

született, ebből 3 a „jó dolog” megfogalmazás volt. A hallgatók közül öten vallották be, hogy nem tudják pontosan, mit is jelent a kifejezés.



1.ábra: A középiskolások által említett környezettudatossággal kapcsolatos fogalmak

Forrás: Saját szerkesztés

A középiskolai tanulók közül egy fő pontosan le tudta írni az *ökológiai lábnyom* fogalmát⁴, de a legtöbb hallgató csak általános környezetszennyezéssel kapcsolatos állításokat társított a kifejezéshez („hogyan hagyjuk környezetünket” 6 említés, „környezetszennyezés” 5 említés, „környezettel, természettel kapcsolatos fogalom” 3 említés). 6 tanuló kapcsolta össze a „fogyasztói életvitellel” és a „pazarlással” a fogalmat, illetve ketten említették, hogy a környezetszennyezés megelőzése érdekében kellene lépéseket tenni. Két fő társította a „globális felmelegedést” és az „ózonlyukat” az ökológiai lábnyomhoz. Öt tanuló ismerte be, hogy ugyan hallotta már a kifejezést, de nem tudja meghatározni, hogy mit takar, valamint négy fő volt, aki csak annyit tudott társítani a fogalomhoz, hogy ez valószínűleg „negatív dolgot takar”. Érdeemes megjegyezni, hogy a legtöbb ismerettel, vagy asszociációval a budapesti gimnáziumok diákjai bírtak ebben az esetben is.

A középiskolai tanulók környezettudatos gyakorlata, akadályozó tényezők

A tanulók gyakorlatáról történő beszélgetés során kiderült, hogy egyik iskola tanulója sem tartotta magát igazán környezettudatosnak, azonban kevés volt az a diák, aki egyáltalán nem mutatott érdeklődést a téma iránt. A legtöbben kisebb dolgokkal próbálnak hozzájárulni a környezetük megóvásához, de saját környezettudatosságuk jellemzése során a legtöbb esetben

⁴ Az ökológiai lábnyom egy [erőforrás-menedzselésben](#) és [társadalomtervezésben](#) használt érték, ami kifejezi, hogy adott [technológiai](#) fejlettség mellett egy emberi [társadalomnak](#) milyen mennyiségű földre és vízre van szüksége önmaga fenntartásához és a megtermelt hulladék elnyeléséhez.

a „lehetnék jobban is környezettudatos” kijelentés hangzott el. A leginkább a hallgatók az energiatakarékosságra fordítanak figyelmet, pl. kihúzzák a mobiltelefon töltőt, ha nem használják, elzárják a vizet fogmosás közben, leoltják a villanyt, ha nem tartózkodnak a helyiségben és igyekeznek nem eldobni a szemetet az utcán.

A szelektív szemétyűjtés gyakorlatára is csak kis mértékben fordítanak figyelmet mind az iskolában, mind pedig otthon. Ha szelektálják a szemetet, leginkább a műanyag palackot és üveget gyűjtik, a papír hulladékot pedig főként az iskolai papírgyűjtésre viszik – ami jelzi, hogy az efféle kezdeményezések az iskolák részéről hatékony módszerei lehetnek a környezettudatos magatartásra nevelésnek. Egyéb iskolai programok alkalmával is (pl. palackgyűjtés, „vásárolj magyar almát” program) szívesebben fordítanak időt és energiát a környezettudatos viselkedésre. A tanulók alapvető problémának tartják a szelektív gyűjtés feltételeinek hiányát. Gyakran hiányoznak a szelektív szigetek, vagy, ha vannak is, úgy vélik azok gyakori ürítése nincs megoldva. Sajnálatos módon a diákoknak az a meggyőződése, hogy ha mégis elszállítják a szelektíven gyűjtött hulladékot, azokat összeöntik, és így feleslegesnek érzik a szétválogatásukra fordított időt és energiát. Sokan szóvá tették, hogy a szelektív szigetek környékén sok kommunális szemet halmozódik fel, az emberek nemtörődömsége és helytelen hozzáállása miatt.

Az energiatakarékosság hiányának legfőbb okaként a rossz otthoni gyakorlatot, valamint az energiatakarékos termékek magas árát nevezték meg (az utóbbit főleg az vidéki szakközépiskolákban említették).

Az interjúk során fontosnak tartottuk kitérni a környezettudatosság étel- és ital-fogyasztásban való megnyilvánulására is. A tudatos étel- és ital-fogyasztási magatartásra nevelés fiatal korban el kell kezdődjön, hogy az beépüljön az értékrendbe és az életmódba. Azonban a tanulók általában nem rendelkeznek még saját jövedelemmel, így nem feltétlenül az ő döntésük, hogy milyen étel- és ital-fogyasztanak. Ezért az interjúk során megkérdeztük, hogy milyen gyakran vesznek részt az étel- és ital-fogyasztásban, és ha vásárolnak, milyen szempontokat vesznek figyelembe termék-választáskor. A válaszok alapján kiderült, hogy az egyik budapesti gimnázium tanulói a „minőség” és az „ár” mellett a „hazai” és „biotermékeket” nevezték meg, mint választást befolyásoló tényezőt, viszont a másik budapesti iskolában a „hazai eredet”, vagy a „biotermék” már nem volt meghatározó tényező. A vidéki iskolákban főként az „ár” játssza a legfontosabb szerepet termék-választáskor, de míg az a vidéki szakközépiskolában megemlítették a „hazai eredet” is, addig a vidéki gimnázium diákjai számára ez egyáltalán nem kapott hangsúlyos szerepet. Annak ellenére, hogy a diákok említették a hazai termékek preferenciáját, azok környezetvédelemmel kapcsolatos vonatkozásainak (szállítással kapcsolatos környezetterhelés csökkenése) csak egy-két tanuló volt tudatában.

Általánosságban elmondható, hogy a tanulók alapvető problémának látják a saját ismereteik hiányát, a motiválatlanságot és „lustaságot”. Bár ők nyitottak a környezettudatos gyakorlat elsajátítására, egyöntetű hozzáállásuk: „én minem csináljam, ha más nem”.

Általános attitűd a tanulók részéről a felelősség hárítása. A probléma legfőbb felelősenek a politikai döntéshozókat, az általános gazdasági és társadalmi helyzetet, a vállalatokat és a médiát látják, saját magukat csak másodlagosan érzik érintettnek ebben a témában.

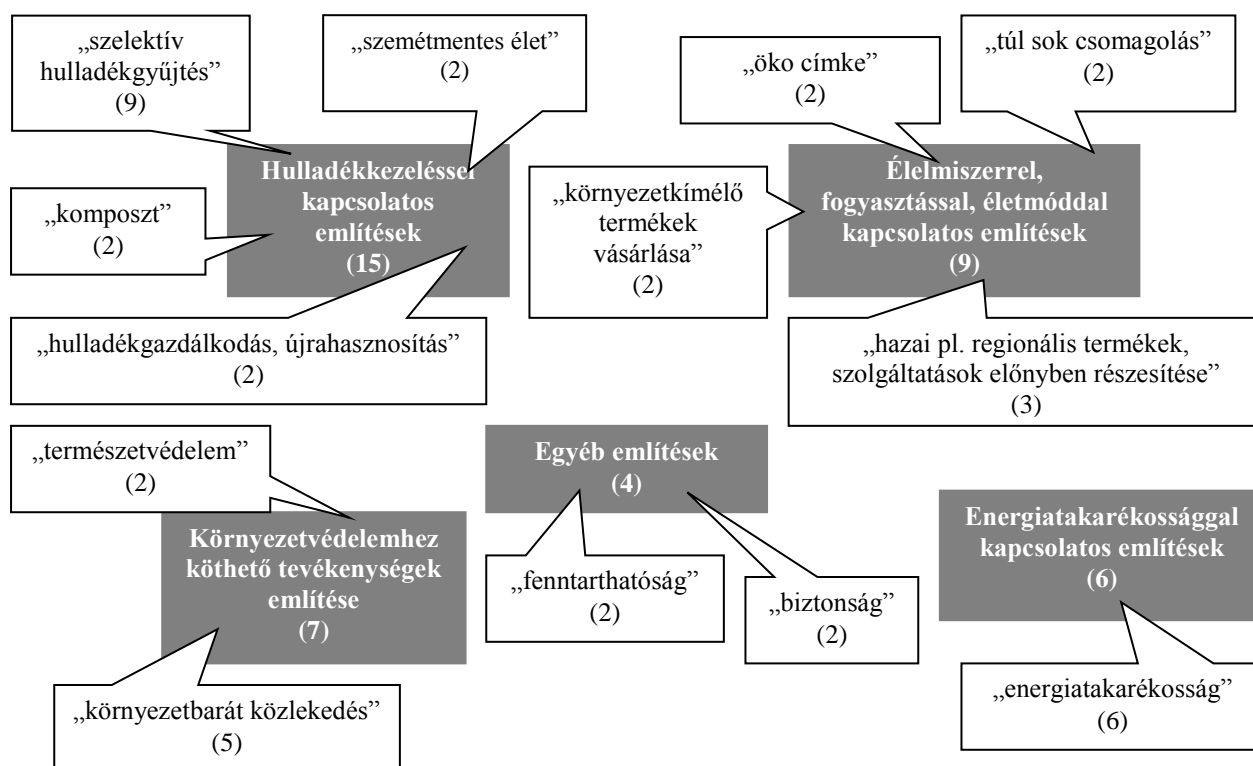
Következtetések a középiskolásokkal végzett interjúk alapján

Az interjú során kiderült, hogy a tanulók nyitottak a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos problémakörök, illetve azok megoldási lehetőségeinek megismerésére. A helyes gyakorlat egyik fő akadálya, hogy hiányos ismerettel rendelkeznek, és nem tudnak olyan releváns információforrásokról, ahonnan érdemben tájékozódni tudnának, „egyik helyen ezt mondják, másik helyen azt”. Ismereteiket főként a közösségi oldalakról, az internetről (pl. facebook,

google) és barátaitól szerzik. Környezetvédelemmel kapcsolatos oktatás csak a két budapesti középiskolában fordult elő valamilyen formában. Az asszociációk tekintetében megállapítható, hogy mindhárom esetben („környezettudatosság”, „fenntartható fejlődés” és „ökológiai lábnyom”) nehezen tudnak elvonatkoztatni a környezetterhelés témakörétől. Pozitívumként említenék meg, hogy bár otthon gyakori a rossz példa, a tanulók hajlandóak „részolni” a helytelenül cselekvő szülőkre. A példamutatást egyöntetűen hiányolják, de meghatározónak éreznék magatartásuk szempontjából.

A fiatal felnőttek környezettudatossággal és fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ismeretei és attitűdje

A 18-28 éves korosztály körében a **környezettudatosság** kapcsán szintén a **hulladékkezeléssel kapcsolatban** merült fel a legtöbb asszociáció (összesen 15 említés, ezen belül „szelektív hulladékgyűjtés” 9 említés, „hulladékgazdálkodás, újrahasznosítás” 2 említés, „szemémtmentes élet” 2 említés, „komposzt” 2 említés). Azonban e korcsoportra inkább jellemző volt, hogy **élelmiszerrel, fogyasztással és életmóddal kapcsolatos** fogalmakat köt össze a környezetvédelemmel (összesen 9 említés, ezen belül „hazai pl. regionális termékek, szolgáltatások előnyben részesítése” 3 említés, „öko címke” 2 említés, „környezetkímélő termékek vásárlása” 2 említés, „túl sok csomagolás” 2 említés), amely betudható annak, hogy ez a korosztály már maga intézi a bevásárlást, többnyire önállóan vezet háztartást, így e téren tájékozottabb. **Környezetvédelemhez köthető tevékenység** 7 alkalommal („környezetbarát közlekedés” 5 említés, „természetvédelem” 2 említés), az **energiatakarékosság** pedig 6 alkalommal merült fel. Megemlítendő, hogy az **egyéb asszociációk** között két-két esetben előfordult a „fenntarthatóság” fogalma, valamint a „biztonság” is (2. ábra).



2. ábra: A fiatal felnőttek által említett környezettudatossággal kapcsolatos fogalmak

Forrás: Saját szerkesztés

A tanulókhoz hasonlóan a fiatal felnőttek is a **környezetvédelemmel** hozták leggyakrabban összefüggésbe a *fenntartható fejlődés* fogalmát (összesen 12 említés, ezen belül „környezetvédelem” 5 említés, „természeti értékek megóvása” 3 említés, „környezettudatosságra oktatás” 2 említés, „széndioxid kibocsátás csökkentése” 2 említés). Továbbá 9 alkalommal **energiatakarékossággal** kapcsolatos fogalmak is szóba kerültek („energiatakarékosság” 4 említés, „alternatív energiaforrások” 3 említés, „új, környezetbarát és hatékony technológiák” 2 említés). A **hulladékgazdálkodás** témája 5 fő részéről merült fel. A fiatal felnőttek részéről 2 fő említette az ökológiai lábnyom fogalmát a *fenntartható fejlődéssel* kapcsolatban, a hosszú távú gondolkodást, tudatos, jövőbe tekintő életmódot négyen említették.

Az *ökológiai lábnyom* fogalmának tekintetében a fiatal felnőttek tájékozottsága hasonló képet mutatott, mint a középiskolai hallgatóké. Többnyire azt emelték ki, hogy a környezettudatosságra törekvéssel és az energiatakarékossággal, illetve a túlfogyasztással van összefüggésben a fogalom, de pontosabb meghatározást nem tudtak adni. Elhangzott a „minél kevesebb környezetszennyezés” (6 említés), „biológiai, ökológiai egyensúly, élővilág hosszú távú megőrzése” (4 említés), „környezettudatosság” (3 említés), „energiahasználat” (3 említés), „kerékpárral közlekedés” (2 említés), „szállítással járó környezeti ártalom” (2 említés), „ivóvíz és vízhasználat” (2 említés), „termőföld használat” (2 említés), „élelmiszer túlfogyasztás” (2 említés), „hulladékhasznosítás” (2 említés), „elrettető” (2 említés), valamint a „hosszú távú gondolkodás” (2 említés).

A fiatal felnőttek környezettudatos gyakorlata, akadályozó tényezők

A 18-28 éves korosztályú fókuszcsoporthoz tartozók közül senki nem tartotta magát egyértelműen környezettudatosnak. A leggyakrabban az erre vonatkozó a kérdésre a „racionális keretek között környezettudatos vagyok” megfogalmazással válaszoltak. A gyakorlatban lehetőségeikhez mérten szelektíven gyűjtik a szemetet, tömegközlekedést, vagy kerékpárt használnak közlekedésre, illetve takarékoskodnak az energiával, de ennek oka nem csak a környezetkímélő életmód, hanem inkább a saját pénzüikkel való takarékoskodás.

A fiatal felnőttek az élelmiszerek vásárlásánál gyakori szempont volt a „megszokott márkák” és az „íz” mellett az „adalékanyagok lehetőség szerinti elkerülése”, és a „magyar eredet” fontossága. A hazai eredet preferálásánál azonban leginkább az élelmiszerek ízletességét, megbízhatóságát, valamint a hazai gazdaság támogatását tartják fontosnak, a kevesebb környezetterheléssel járó szállítási távolság csökkenését inkább utólag említették, kevésbé tartották azt mérvadónak. Az „élelmiszer-pazarlást” mindhárom csoportban negatívan ítélték meg, ennek ellenére beismerték, hogy előfordul, hogy élelmiszert dobnak ki. Azok, akik tudatosabban cselekednek e téren leginkább lefagyasztyják az élelmiszert, illetve bevallásuk szerint csak romlott élelmiszert dobnak ki.

A környezettudatos gyakorlat kialakításának akadályaként a 18-28 éves korosztálynál – a fiatalabbakhoz hasonlóan – a kényelmességet (pl. „Ha a szelektív gyűjtő 200 méterrel távolabb lenne, már nem hordanám oda a szemetet”), az időhiányt, illetve a felelősség másra hárítását lehet megnevezni (multinacionális vállalatok, olajlobby stb.). A fiatalokhoz hasonlóan itt is felmerült a szelektív hulladékgyűjtés megoldatlansága: „ha szelektíven is gyűjtjük, összeöntve viszik el”. A túlfogyasztás okaként a fogyasztásra buzdító reklámokat említették, az így megnövelt igényeket, a profitorientált termelést. Többek vélekedtek úgy, hogy hazánkban ez a környezettudatos gyakorlat a mindennapokban még csak kialakulóban van, itt is lemaradásaink vannak csakúgy, mint más területeken. Többen voltak, akik úgy vélekedtek, hogy az államnak kellene nagyobb szerepet vállalnia a környezetszennyezés megakadályozásában (pl. szabályozások, büntetések, oktatás). Minden csoportban felmerült, hogy a környezettudatos életmód költségesebb és nem engedhetik azt meg maguknak.

Kiemelendő, hogy többen válaszolták, hogy egy terméknek nem elég, hogy „csak” környezetkímélő legyen, valamilyen pluszt is kell nyújtania, ha magasabb az ára. Az elmondottak szerint a környezetkímélő technológiákba (pl. napkollektor) való befektetés nagyon költséges, csak hosszú távon térül meg, így kevesen engedhetik csak meg maguknak.

Következtetések a fiatal felnőttekkel végzett interjúk alapján

A fiatal felnőttekkel végzett interjúkból kiderült, hogy bár fontosnak tartják a témát, kevésbé tartják magukat ez irányban elkötelezettnek, a „racionális keretek közötti” környezettudatosságot érzik magukra jellemzőnek. Megfigyelhető volt, hogy a külföldön szerzett környezettudatos életmóddal kapcsolatos tapasztalat – két résztvevő esetében – jelentősen pozitív irányba alakította a résztvevők fenntartható életmóddal kapcsolatos attitűdjét. Az interjú alanyok szerint nagy szerepe van a helyes magatartás kialakításában az oktatásnak gyermekkorban és felnőttkorban egyaránt. Ennek ellenére a fenntartható életmóddal kapcsolatos programokra kevésbé voltak nyitottak az idősebb korosztály résztvevői, mert szerintük „túl sokat hallottak már a témáról, inkább cselekedni kellene”. Leginkább olyan rendezvények vonzanák őket, amelyek interaktívak, vagy ahol gyakorlatban ténylegesen hasznosítható ismereteket tudnának szerezni (pl. tanácsadás formájában), de „semmiképp sem még egy előadásra” lennének kíváncsiak.

Összegzés

A fiatalok körében végzett fókuszcsoporthoz tartozó interjúk során a két vizsgált korcsoport (középiskolások és fiatal felnőttek) résztvevői nem tettek tanúbizonyságot jelentősen eltérő ismeretről, illetve attitűdről.

A „környezettudatosság” a „fenntartható fejlődés” és az „ökológiai lábnyom” fogalmakat mindkét vizsgált korcsoport résztvevői a hulladékkezelés vonatkozásaival hozta főként kapcsolatba. A környezettudatosság hallatán a legtöbb fiatalnak a „szelektív hulladékgyűjtés” jutott az eszébe (1. táblázat). Ezen eredményünk összecseng NAGY (2005) megállapításával, amely szerint a szelektív hulladékgyűjtés, mint a környezettudatos viselkedés egy megnyilvánulási formája uralja a környezettudatos fogyasztókról alkotott nézeteket. Mindkét csoport résztvevői úgy vélekedtek, hogy kevésbé elkötelezettek a környezettudatos magatartás iránt, melynek fő okai a kényelmesség, illetve a felelősség másra hárítása. Fontos kiemelnünk, hogy a fiatalok tudatformálása során nem a fogalmak pontos ismeretét kellene elsődlegesen megcéloznunk, hanem hogy az ismeret hatására olyan cselekvési motiváció alakuljon ki, amely mindennapi életük során rendszeres gyakorlatban tud a későbbiekben megnyilvánulni.

A középiskolás fiatalok nyitott szemmel járnak, észreveszik az őket körülvevő környezeti problémákat, de kevésbé tudatosul bennük felelősségük, nem érznek elég erős motivációt a helyes cselekvésre és hiányolják a társadalmi összefogást a „jó ügy” érdekében. Az idősebb korosztály esetében bár valamivel nagyobb rálátásról és hosszabb távú gondolkodásról beszélhetünk, hiányoznak a pontos asszociációk, valamint jelentős szkepticizmus volt nálunk megfigyelhető a fenntartható fejlődés megvalósításában, valamint az egyén szerepének jelentőségével kapcsolatban. A fiatalok környezettudatos attitűd formálásában kulcs szerepe lehet a „sok kicsi sokra megy” elv alapján az egyén szerepére, jelentőségére történő rámutatásnak.

A korcsoportok tekintetében közös eredményként állapítható meg, hogy a szelektív hulladékgyűjtésben a kényelem fontos szempontként jelent meg (DOMINA – KOCH, 2002), illetve, hogy az elérhetőséget fokozó intézkedések kedvező hatást gyakorolhatnak cselekedetükre (HALVORSEN, 2012). A kényelmi szempontokat elősegíti a házhoz menő szelektív hulladékgyűjtés, amely nagyban hozzájárul a [2012. évi CLXXXV. törvény](#) egyik

céljának, hogy 2020-ig a háztartásokból származó üveg, fém, műanyag és papír hulladék 50%-át visszagyűjtsék és anyagában hasznosítsák. A középiskolás diákok előszeretettel vesznek részt szervezett gyűjtésekben (pl. papírgyűjtés), így ezen kezdeményezések kedvező hatást gyakorolhatnak a fiatalok környezettudatos attitűdjének formálásában.

1. táblázat: A középiskolások és a fiatal felnőttek környezettudatossággal, fenntartható fejlődéssel és az ökológiai lábnyom fogalmával kapcsolatos asszociációi

<i>Középiskolások</i>	<i>Fiatal felnőttek</i>
Környezettudatosság	
<i>Hulladékkezeléssel kapcsolatos említések</i>	
„szelektív hulladékgyűjtés” (24)	„szelektív hulladékgyűjtés” (9)
„szemetelés” (17)	„szeméttmentes élet” (2)
„újrahasznosítás” (8)	„hulladékgazdálkodás, újrahasznosítás” (2)
„csak lebomló anyagokat dobjunk el az utcán” (2)	„komposzt” (2)
<i>Környezetvédelemhez kapcsolódó tevékenység említése</i>	
„közlekedés okozta szennyezés csökkentése” (12)	„környezetbarát közlekedés” (5)
„légszennyezettség csökkentése” (9)	„természetvédelem” (2)
„természetvédelem” (5)	
„vízszennyezettség csökkentése” (3)	
<i>Energiatakarékossággal kapcsolatos említések</i>	
„energiatakarékosság” (10)	„energiatakarékosság” (6)
„spórolás a vízzel” (9)	
„megújuló energiaforrások használata” (5)	
<i>Élelmiszerrel, fogyasztással, életmóddal kapcsolatos említések</i>	
„egészséges életmód” (6)	„hazai pl. regionális termékek, szolgáltatások előnyben részesítése” (3)
„bioélelmiszer” (4)	„öko címke” (2)
„környezetkímélő termékek” (1)	„környezetkímélő termékek vásárlása” (2)
	„túl sok csomagolás” (2)
<i>Információ igény/hiány említése</i>	
„információ igény/hiány említése” (2)	
<i>Egyéb említések</i>	
	„fenntarthatóság” (2)
	„biztonság” (2)
Fenntartható fejlődés	
„környezetvédelemmel kapcsolatos” (8)	„környezetvédelem” (12)
„hosszú távú fejlődés” (5)	„energiatakarékosság” (9)
„összefogás jelentősége” (6)	„hulladékgazdálkodás” (5)
„megújuló energiahordozók” (4)	„hosszú távú gondolkodás, tudatos, jövőbe tekintő életmód” (4)
	„ökológiai lábnyom” (2)
Ökológiai lábnyom	
„hogyan hagyjuk környezetünket” (6)	„minél kevesebb környezetszennyezés” (6)
„környezetszennyezés” (5)	„biológiai, ökológiai egyensúly, élővilág hosszú távú megőrzése” (4)
„nem tudom” (5)	„környezettudatosság” (3)
„negatív dolgot takar” (4)	„energiahasználat” (3)
„környezettel, természettel kapcsolatos fogalom” (3)	„szállítással járó környezeti ártalom” (2)
„fogyasztói életvitel” (3)	„élelmiszer túlfogyasztás” (2)
„pazarlás” (3)	„ivóvíz és vízhasználat” (2)
„környezetszennyezés megelőzése” (2)	„hulladékhasznosítás” (2)
„globális felmelegedés” (2)	„termőföld használat” (2)
„ózonlyuk” (2)	„hosszú távú gondolkodás” (2)
	„elrettető” (2)

Forrás: Saját szerkesztés

Az interjúk során tehát a környezettudatosság tekintetében kisebb eltéréseket találtunk a két vizsgálatba bevont korcsoport között, valószínűleg nagyobb korbéli különbség esetében ez markánsabban megfigyelhető lett volna. A középiskolások interjúi során a fővárosi hallgatók körében a vidéki társaikkal szemben némileg részletesebb ismereti szintet tapasztaltunk. Azonban fontos megjegyeznünk, hogy az eltérés nem egyértelműen az iskolák helyének tudható be. A fővárosi interjúkat olyan neves intézményekben végeztük, ahol több figyelmet fordítanak a környezettudatossággal kapcsolatos ismeret átadásra (pl. különórák, versenyeken való részvétel). A területen hasonlóan aktív vidéki iskolák bevonása a vizsgálatba egyértelműbbé teheti a környezettudatos attitűdbeli eltérések magyarázatát.

A kutatás eredményei rámutatnak, hogy a célcsoportok számára irányt kell mutatni a helyes gyakorlat megvalósításához, a cselekvési pontokat ki kell emelni, valamint segítséget kell nyújtani a hiteles információforrások eléréséhez, figyelembe véve a fiatalok média használati szokásait. Ez utóbbi kiemelten fontos annak érdekében, hogy eloszthatóak legyenek a fenntartható magatartással kapcsolatos tévhitek, és erősebben érezzék az egyének a saját szerepük súlyát. Jelentős szerepe lehet a kommunikáció kialakításánál az interaktivitásnak, az emocionális hatású üzeneteknek, valamint – főleg a huszonéves korosztály esetében – a gyakorlatban hasznosítható ismereteknek. Azonban nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy az „elméleti gyakorlatiasság” lassan épül be a mindennapi rutinba, amely eredménye csak később fog megmutatkozni.

Fókuszcsoportos felmérésünk segítségével feltártuk a középiskolások és a fiatal felnőttek környezettudatossággal kapcsolatos ismeretét és legfontosabb attitűd és magatartás befolyásoló tényezőit, azonban eredményeink a módszer kvalitatív jellegéből és a kis elemszámú mintából adódóan nem általánosíthatóak. A továbbiakban érdemesnek tartjuk a jelen vizsgálat eredményeire alapozott kvantitatív felméréssel megvizsgálni az egyén meglévő ismeretei, attitűdje és környezettudatos gyakorlata közötti összefüggéseket, valamint, hogy az iskolák aktivitása, illetve az egyéb tapasztalatok mennyiben befolyásolják az egyén témával kapcsolatos ismereteit, magatartását. Érdemes továbbá reprezentatív minta segítségével kvantitatív módon vizsgálni a fenntartható fejlődéssel, környezettudatossággal kapcsolatban az egyes generációk ismereteit, attitűdjét és magatartását, hogy rálátást nyerhessünk az e témában megfigyelhető társadalmi jellegzetességekre, fejlődési tendenciákra.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az interjúkban résztvevő diákoknak és fiatal felnőtteknek aktív részvételüket, valamint az iskolák tanárainak és Dr. Somogyi Zoltánnak a csoportok megszervezéséhez nyújtott segítségüket.

Hivatkozott források

- DIAMONTOPOULOS, A. – SCHLEGELMILCH, B. B. – SINKOVICS, R., R. – BOHLEN, G. M. [2003]: Can socio-demographics still play a role in profiling green consumers? A review of the evidence and an empirical investigation. *Journal of Business Research*, Volume 56. Issue 6. pp. 465-480.
- DOMÁN, SZ. – TAMUS, A. [2014]: Kvalitatív és kvantitatív kutatási eredmények a szélérőművek lakossági megítélésében. *Journal of Central European Green Innovation*. Volume 2. Issue 1. pp. 13-42.
- DOMINA, T. – KOCH, K. [2002]: Convenience and frequency of recycling – implications for including textiles in curbside recycling programs. *Environment and Behaviour*. Volume 34. Issue 2. pp. 216-238.

- EUROBAROMETER [2011]: Attitudes of European citizens towards the environment. Special Eurobarometer 365. European Commission, 73. On-line: http://ec.europa.eu/environment/pdf/ebs_365_en.pdf Letöltés dátuma : 2016. január.
- EUROSTAT [2014]: News Release 37/2014. 10 March, 2014. On-line: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/5181358/8-10032014-AP-EN.PDF/91350d4a-4b57-4833-b9f0-32cfe0a6d360?version=1.0> Letöltés dátuma: 2016. január.
- ÉLELMISZER ONLINE [2015]: „Föld jövője” kutatás. 2015. június 18. On-line: http://www.elelmiszer.hu/cikk/fold_jovoj_e_kutatás Letöltés dátuma: 2016. január.
- FARKAS, J. [2013]: Az élelmiszer-feldolgozás fenntarthatóságának követelményei korunk globális kihívásainak összefüggésében. Élelmiszer Tudomány Technológia. LXVII. évfolyam. 3 szám. pp. 1-3.
- GREENFO [2009]: Zöld, vagy nem zöld a fiatal generáció? 2009. szeptember 4. On-line: http://greenfo.hu/hirek/hirek_item.php?hir=22323 Letöltés: 2016. január.
- HALVORSEN, B. [2012]: Effects of norms and policy incentives on household recycling: an international comparison. Resources, Conservation and Recycling. Volume 67. pp. 18-26.
- IZAGIRRE-OLAIZOLA, J. – FERNÁNDEZ-SANIZ, A. – VICENTE-MOLINA, A. [2015]: Internal determinants of recycling behaviour by university students: a cross-country comparative analysis. International Journal of Consumer Studies. 39. pp. 25-34.
- KÓRIK, K. [2014]: A magyar társadalom fenntarthatósággal kapcsolatos attitűdjének vizsgálata. Journal of Central European Green Innovation. Volume 2. Issue 3. pp. 61-80.
- MALHOTRA, N. K. [2009]: Marketingkutatás. Budapest. Akadémiai Kiadó. pp. 203-211.
- NAGY, SZ. [2005]: Környezettudatos marketing. PhD értekezés. Miskolci Egyetem. Miskolc. pp. 103-105.
- NAGY, SZ. [2012]: A környezettudatos magatartás vizsgálata. In: Piskóti I.(szerk.): Marketingkaleidoszkóp. ME Marketing Intézet. Miskolc. pp. 125-138.
- OFI [2015]: Ökoiskola. On-line: <http://www.ofi.hu/node/170934> Letöltés dátuma: 2016. január.
- PEATTIE, K. [2010]: Green consumption: behaviour and norms. Annual Review of Environment and Resources. Volume 35. pp. 195-228.
- RÁCZ, G. [2013]: Az értékek változásának és a fenntartható fejlődés trendjének hatása a hazai élelmiszerfogyasztásra. PhD értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. pp. 147-148.
- SCHMUCK, E. (szerk.) [2010]: Jövőkereső. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács Jelentése a magyar társadalomnak. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács Titkára. pp. 14-16.
- TAKÁCS-GYÖRGY, K. – DOMÁN, SZ. – TAMUS, A. – HORSKÁ, E. – PALKOVÁ, Z. [2015]: What do the youth know about alternative energy sources – Case study from Hungary and Slovakia. Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development. Volume 4. Issue 2. pp. 36-41.
- TÖRŐCSIK, M. [2006]: Fogyasztói magatartás-trendek. Budapest. Akadémia Kiadó. pp. 55-94.
- TÖRŐCSIK, M. – NÉMETH, P. – JOKOPÁNECZ, E. – SZŰCS, K. [2014]: Megújuló energiaforrások elfogadottsága a magyar felnőtt lakosság körében. Marketing & Menedzsment. 48. évfolyam. Különszám. pp. 89-101.
- VALKÓ, L. [2003]: Fenntartható/környezetbarát fogyasztás és a magyar lakosság környezeti tudata. Budapest. Aula Kiadó Kft. pp. 40-41.
- VÁGÁSI, M. [2000]: A fenntartható fogyasztás és a környezettudatos fogyasztói magatartás. Marketing & Menedzsment. 34. évfolyam. 6 szám. pp. 39-44.
- VICSEK, L. [2006]: Fókuszcsoport. Osiris kiadó, Budapest. pp. 256-269.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT [1987]: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. On-line: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> Letöltés dátuma: 2016. január.
2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról <http://www.kornyved.hu/rendelet/185%202012.pdf> Letöltés dátuma: 2016. január.

A bemutatott munka a szerzők nézeteit tartalmazza, és nem feltétlenül tükrözi a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara álláspontját.

Szerzők:

SZÚCS Viktória

tudományos munkatárs

Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ – Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet
H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

v.szucs@cfri.hu

HÁMORI Judit

élelmiszeripari alelnöki tanácsadó

Nemzeti Agrárgazdasági Kamara
H-1119 Budapest, Fehérvári út 89-95.

hamori.judit@NAK.hu

SZERZŐK JEGYZÉKE / LIST OF AUTHORS

BALÁZS, Orsolya, 53	NAGY, Péter Tamás, 65, 73
BEDŐ Anett, 13	PAP, Bernadett, 65, 73
BEKE Péter, 21	PAPP Viktória, 89
BOBOESCU, Iulian Zoltan, 73	PAPP, István, 39
CSATAI, Rózsa, 53	PESTINÉ RÁCZ Éva, 13
CSERNAI, László Pál, 39	RÁTHONYI Gergely, 103
GAÁL László, 89	RÁTHONYI-ODOR Kinga, 103
GOMBKÖTŐ, Nóra, 53	SPINNANGR, Susanne Flø, 39
HÁMORI Judit, 121	SZALAY Dóra, 89
LAKATOS, Gergely, 65, 73	SZÚCS Viktória, 121
MARÓTI, Gergely, 65, 73	XIE, Yi-Long, 39

A KÉZIRATOK LEKTORAI / REVIEWERS OF MANUSCRIPTS

BAI Attila	NOWOROL, Aleksander
FIELDSEND, Andrew	SZENTE Viktória
KŐMÍVES Tamás	SZIGETI Cecília
MOLNÁR Márk	TAKÁCS István
NAGY Péter Tamás	TAKÁCSNÉ GYÖRGY Katalin