

# Dunaújváros

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2023. XI. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

LAMA MKANNA

Cold Cracking of weldments

KOVÁCS-BOKOR ÉVA

Konverteriszap ólom- és cinktartalmának csökkentése fitoextrakcióval

KISS ENDRE-AL-KANAAN

MOHAMMAD-KOROKNAI LÁSZLÓ

-SZABÓNÉ JUHÁSZ ILDIKÓ

Peroxidáz enzim paramágneses szeparációja

SÁNTA RÓBERT

A Dunaújvárosi Egyetem kapcsolódása Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiájához

HORVÁTH MIKLÓS

A fizika tantárgy helyzete

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ

A klímavédelem feladatai Dunaújvárosban

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ

A levegőszennyezés és a füstköd helyzetek összefüggései Dunaújvárosban



# Dunakavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2023. XI. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Bacsa-Bán Anetta, Balázs László,  
Nagy Bálint, Németh István, Pázmán Judit, Rajcsányi-Molnár Mónika.

Felelős szerkesztő Németh István  
Tördelés Duma Attila

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója  
Felelős kiadó Dr. habil András István, rektor

<http://dunakavics.uniduna.hu/>

ISSN 2064-5007



# Tartalom

LAMA MKANNA

***Cold Cracking of weldments***

5

KOVÁCS-BOKOR ÉVA

***Konverteriszap ólom- és cinktartalmának csökkentése fitoextrakcióval***

15

KISS ENDRE-AL-KANAAN MOHAMMAD-KOROKNAI LÁSZLÓ-SZABÓNÉ JUHÁSZ ILDIKÓ

***Peroxidáz enzim paramágneses szeparációja***

21

SÁNTA RÓBERT

***A Dunaújvárosi Egyetem kapcsolódása a Magyarország  
Nemzeti Hidrogénstratégiájához***

29

HORVÁTH MIKLÓS

***A fizika tantárgy helyzete a közoktatásban és a felsőoktatásban,  
a népszerűsítés lehetőségei***

43

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ

***A klímavédelem feladatai Dunaújvárosban***

55

PETROVICKIJNÉ ANGERER ILDIKÓ

***A levegőszennyezés és a füstköd helyzetek összefüggései Dunaújvárosban***

65

***Galéria***

(Duma Bálint fotói)

71





## *Cold Cracking of weldments*

**Abstract:** This paper will discuss the definition of the cold cracking. By discussing it the reasons, the factors and how to avoid it, and comparison of testing the cold cracking sensitivity, the materials were used (high strength steel, C-Mn steel, and armored steel). Hydrogen cracking may also be called cold cracking or delayed cracking. The principal distinguishing feature of this type of crack is that it occurs in ferritic steels, most often immediately on welding or a short time after welding.

**Keywords:** Hydrogen; welded joints; cold cracking.

### Introduction

Cold cracking (also called hydrogen-induced or heat-affected zone (HAZ) cracking) occurs at temperatures below 600° F (300°C) and does not appear until hours after the weld cools. In some cases, it may not appear for days. Most cold cracking begins in the base material (as opposed to the weld itself) and passes transversely into the weld. It is particularly common in thick materials, which are prone to rapid cooling due to the large heat sink, and results from induced residual stresses in the base material and the presence of diffusible hydrogen in the weld. Cold cracking can also occur in materials with high carbon or alloy content, as these are also higher in strength and can be less ductile [1].

Hydrogen-induced cracking, or hydrogen embrittlement, is a chemical phenomenon that causes metal alloys to fracture due to a build-up of hydrogen molecules within the crystal lattice structure. This is a unique mode of mechanical failure that most commonly affects low alloys and high-hardness

\* *Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet*  
Email: mkannalama@uniduna.hu

[1] Lucas, B.–Mathers, G.–Abson, D. (2000): *“Defects-hydrogen cracks in steels identification.”* Cambridge: TWI.

[1] Lucas, B.–Mathers, G.–Abson, D. (2000): “*Defects-hydrogen cracks in steels identification.*” Cambridge: TWI.

[2] Kou, S. (2003): *Welding Metallurgy*, second edition, chapter 13 „*Difficulties Associated with the Partially Melted Zone.*” Pp. 328–333.

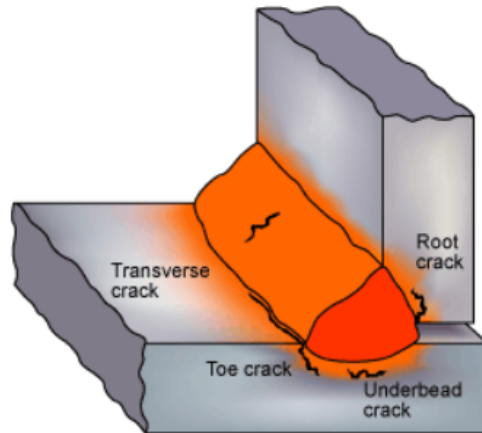
steel grades such as titanium (Ti). Often, components will develop increased susceptibility to hydrogen-induced cracking due to the introduction of excess hydrogen molecules into the metal structure during forming or finishing processes [2].

## Identification

Hydrogen cracks can usually be distinguished due to the following characteristics:

In C-Mn steels, the crack will normally originate in the heat affected zone (HAZ) but may extend into the weld metal (*Fig 1*). Cracks can also occur in the weld bead, normally transverse to the welding direction at an angle of  $45^\circ$  to the weld surface. They follow a jagged path but may be non-branching. In low alloy steels, the cracks can be transverse to the weld, perpendicular to the weld surface, but are non-branching, and essentially planar [1].

***Fig. 1. Hydrogen cracks originating in the HAZ and weld metal. (Note that the type of cracks shown would not be expected to form in the same weldment.)***

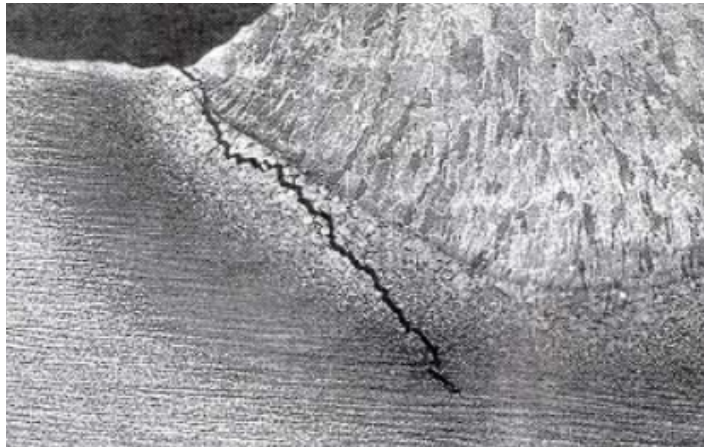


### METALLOGRAPHY

Cracks which originate in the HAZ are usually associated with the coarse grain region, (*Fig 2*). The cracks can be intergranular, transgranular or a mixture. Intergranular cracks are more likely to occur in the harder HAZ structures formed in low alloy and high carbon steels. Transgranular cracking is more often found in C-Mn steel structures.

In fillet welds, cracks in the HAZ are usually associated with the weld root and parallel to the weld. In butt welds, the HAZ cracks are normally oriented parallel to the weld bead.

*Fig. 2. Crack along the coarse grain structure in the HAZ*

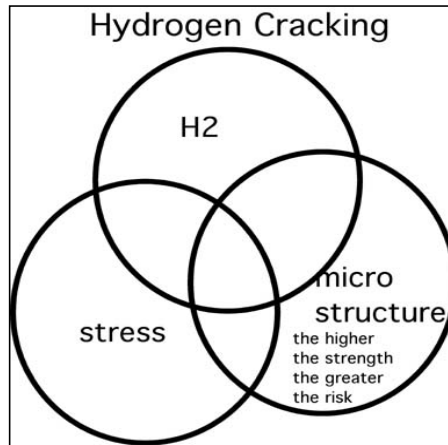


### CAUSES

There are three factors which combine to cause cracking:

1. hydrogen generated by the welding process,
2. a hard-brittle structure which is susceptible to cracking,
3. tensile stresses acting on the welded joint.



*Fig. 3. Welding triangle*

Hydrogen-induced cracking occurs when the crystal lattice of an alloy becomes saturated with diffuse hydrogen atoms. This typically occurs at higher rates in extreme temperatures, given the proportional relationship between the solubility and temperature of hydrogen. These atoms diffuse through the metal and may recombine to form larger hydrogen molecules, which can accumulate in minuscule pockets of space within the metal structure.

Cracking usually occurs at temperatures at or near normal ambient. It is caused by the diffusion of hydrogen to the highly stressed, hardened part of the weldment.

In C-Mn steels, because there is a greater risk of forming a brittle microstructure in the HAZ, most of the hydrogen cracks are to be found in the parent metal. With the correct choice of electrodes, the weld metal will have a lower carbon content than the parent metal and, hence, a lower carbon equivalent (CE). However, transverse weld metal cracks can occur, especially when welding thick section components; the risk of cracking is increased if the weld metal carbon content exceeds that of the parent steel.

In low alloy steels, as the weld metal structure is more susceptible than the HAZ, cracking may be found in the weld bead.

The main factors which influence the risk of cracking are:

– *weld metal hydrogen:*

The source of the hydrogen is moisture contain in the flux, (the coating of the electrodes, the cored wires and the flux used in the submerge arc welding). Hydrogen may also be derived from the surface of the material or the consumable. and there can be other sources of hydrogen for instant (from the material and moisture from the atmosphere).

Sources of hydrogen will include: (oil, grease and dirt, rust, paint and coatings, cleaning fluids).

– *parent material composition:*

This will have a major influence on hardenability and, with high cooling rates, the risk of forming a hard-brittle structure in the HAZ. The hardenability of a material is usually expressed in terms of its carbon content or, when other elements are taken into account, its carbon equivalent (CE) value.

$$IIW\ CE = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\% + Mo\% + V\%}{5} + \frac{Ni\% + Cu\%}{15}$$

The higher the CE value, the greater the risk of hydrogen cracking. Generally, steels with a CE value of <0.4 are not susceptible to HAZ hydrogen cracking, as long as low hydrogen welding consumables or processes are used.

– *parent material thickness:*

Material thickness will influence the cooling rate, with increasing job thickness.

– *Stresses acting on the weld during welding or imposed (shortly) after welding:*

Cracks are more likely to initiate at regions of stress concentration, particularly at the toe & root of the weld.

– *heat input:*

The heat input to the material from the welding process, together with the material thickness and pre-heat temperature, will determine the thermal cycle and the resulting microstructure and hardness of both the HAZ and the weld metal.

[3] Takayuki, S. et al. (2020): „Evaluation of hydrogen-induced cracking in high-strength steel welded joints by acoustic emission technique.” *Materials & Design*. 190., 108573.

#### MECHANISM OF HYDROGEN CRACKING

- H<sub>2</sub> can be absorbed in the welding arc from many sources including moisture on members, from air, from welding consumables covering, long or unstable arc,
- When weld metal is relatively hot (> 200 Deg. Cent.) H<sub>2</sub> atoms can diffuse through the weld & HAZ quite rapidly & escape into the atmosphere.
- As the weld metal cools below Lower critical temperature (LCT) the weld metal transforms into a ferrite / Pearlite that has far less solubility for H<sub>2</sub>. At this point H<sub>2</sub> will tend to move into HAZ where Austenitic phase is still retained.
- If the HAZ has high hardenability, then transformation of HAZ from Austenite to Martensite structure takes place which offers less solubility for H<sub>2</sub>.
- If the cooling rate is rapid this H<sub>2</sub> atoms get trapped in the HAZ. This will result in expulsion of H<sub>2</sub> in Hard & Brittle microstructure.
- Cracks may occur from the areas of high stress concentration such as weld toes & generally move through hardened HAZ.

#### Basic tips for preventing the cold cracking

Pre-heating the base material prior to welding can also prevent cold cracking by slowing the cooling rate and helping maintain the ductility of the weld and base material. Post-weld heat treating (PWHT) helps, too, by driving diffusible hydrogen out of the weldment and stress relieving the material. Other defences against cold cracking include:

- (1) Using filler metals with a low hydrogen designator, such as H<sub>2</sub> ≤ 4 ml/100g.
- (2) Using filler metals with a basic slag system (these have high hydrogen scavengers).
- (3) Storing filler metals in a clean, dry area and keeping them in the original package until ready for use.
- (4) Storing filler metals in an area that has a temperature within -12C° of the welding environment. Or, allowing several hours for the filler metal to acclimate to the temperature of the welding environment prior to welding (to prevent condensation).
- (5) Cleaning the base material free of oil, lubricants, and primers prior to welding [3].

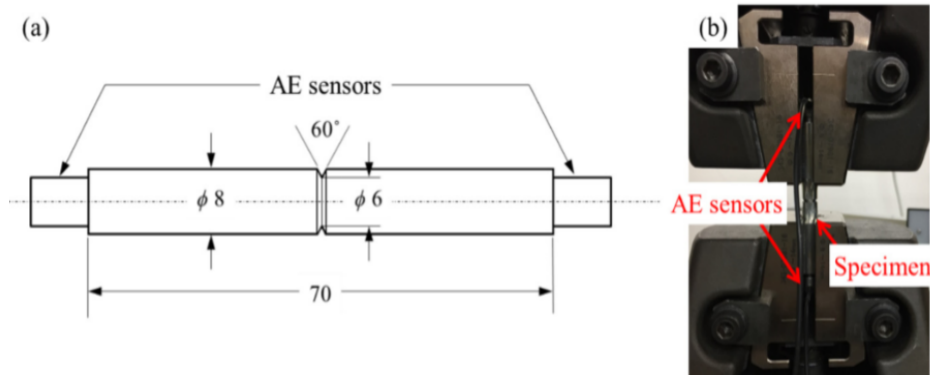


## Testing of cold cracking sensitivity

According to the literature [5] where used the SSRT tests were conducted with AE measurements to detect crack initiation, the y-groove weld cracking test which is widely used to investigate the necessary preheat temperature to avoid cold cracking, and the numerical method. To evaluate the distribution of steels, strain and hydrogen content in the y-groove weld cracking test, Finite element analysis was performed using Sysweld and Abaqus. In the condition without hydrogen -charged, the specimen with a cooling rate  $30\text{ C}^\circ/\text{s}$  showed higher notch strength. In the hydrogen-charged specimens, it was confirmed that both crack initiation stress and notch tensile strength decrease with increasing the diffusible hydrogen content. The cracking ratio decrease with increasing the preheat temperature and decreasing the initial hydrogen concentration. No cracks were observed at a preheat temperature of  $100^\circ\text{c}$  or higher. The amount of cold cracking in high strength steels could be estimated from the total AE energy. It was suggested that a numerical analysis considering a more detailed geometry is necessary to predict the cracking behavior under partially cracked conditions (Fig 4) (Fig 5).

**Fig. 4. (a) Dimensions (in mm) of circumferentially notched round bar specimen for slow strain rate tensile (SSRT) test, and (b) experimental photo of SSRT test with AE measurement**

[5]

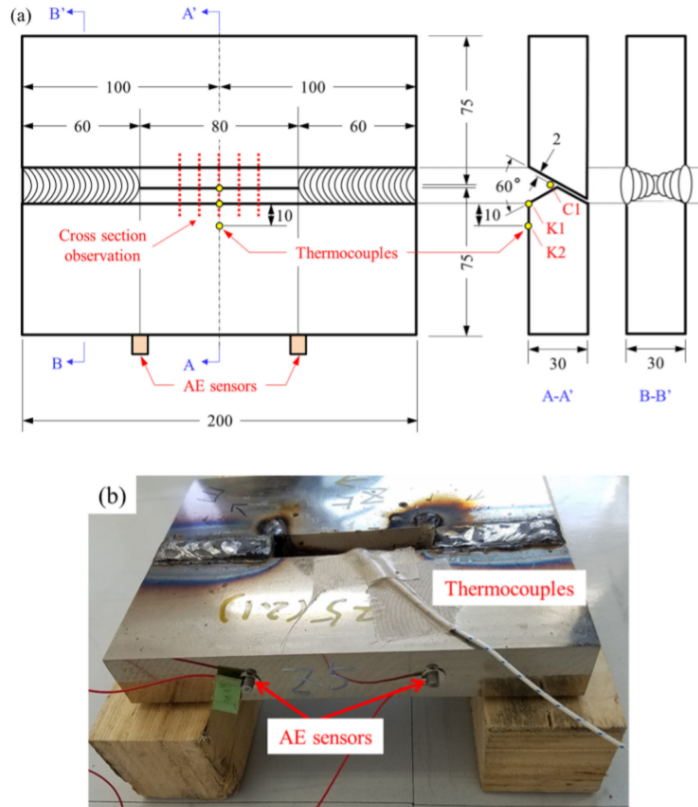


[5] Nunes, Aline Raquel Vieira-Zee-  
mann, Annelise  
-Henrique de  
Almeida, Luiz (2019):  
„The contribution of  
impurities to unex-  
pected cold cracks in  
a thick C-Mn steel  
plate”. *Journal of Ma-  
terials Research and  
Technology.* (8.), Pp.  
4364–4373.

[5] Nunes, Aline Raquel Vieira–Zee-mann, Annelise –Henrique de Almeida, Luiz (2019): „The contribution of impurities to unexpected cold cracks in a thick C-Mn steel plate”. *Journal of Materials Research and Technology*. (8.), Pp. 4364–4373.

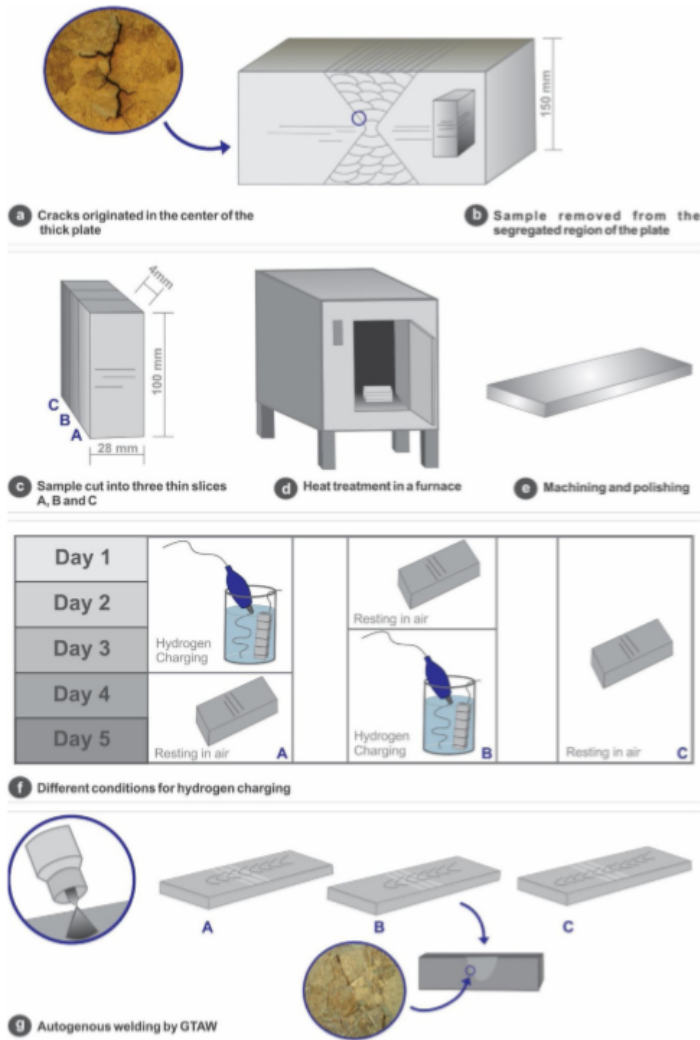
[6] Cabrilo, A.–Geric, K. (2018): *Structural Integrity Procedia* “Fracture mechanic and charpy impact properties of a crack in weld metal, HAZ and base metal of welded armor steel”. (13.), Pp. 2059–2064.

**Fig. 5. (a) Dimension (in mm) of y-groove weld cracking test joint, and (b) experimental photo of AE measurement [5]**



In literature [6] the material used was removed from a cracked region from C-Mn carbon steel thick plate was welded from both sides, in a full penetration double V groove, thick plates with high impurity contents may suffer HIC independently of the steel cold cracking susceptibility predicted by their carbon contents and CE, due to their hydrogen entrapment potential. The thickness of the plate could be an additional barrier for hydrogen diffusion out of the base metal (Fig 6).

Fig 6, Scheme of the experimental procedure adopted [6]



[6] Cabrilo, A.–Geric, K. (2018): *Structural Integrity Procedia* “Fracture mechanic and charpy impact properties of a crack in weld metal, HAZ and base metal of welded armor steel”. (13.), Pp. 2059–2064.



[7] Atabaki, M. Mazar, et al. (2014): "Hybrid laser/arc welding of advanced high strength steel in different butt joint configurations." *Materials & Design* 64. Pp. 573-587.

- In literature [7] the material was used welded armor steel, the welding process was Gas Metal Arc Welding (GMAW) and AWS ER307 solid wire is used, there were the tensile , the hardness and the fracture mechanic test applied to this material, so the results for this research are : solid wire with a preheat temperature of 150 C° and inter-pass temperature of 160 C° can provide a low content of diffusible and residual hydrogen in the weld joint. Tensile strength of weld metal in the specimen welded with austenitic filler metal reached 833 MPa, which is greater than results published for the same filler metal in researches of manual welding. Fracture toughness value of 86 MPa\*m<sup>1/2</sup> is slightly lower than in the Class 500 of armored steel. Results of calculation show that HAZ has triple fracture toughness in comparison to the base metal. The highest fracture toughness is in the weld metal, four times higher than in the base metal.
- By comparing I found out that the base material has essential role for any failure that's why we can see in those literatures they tried to predict the cold cracking and avoid it as well by talking about the avoiding the only method that it was in that three research the preheating even though sometimes it effects the properties. and those three literatures are best example for what I mentioned in the identification, and what can influence the cold cracking. Increasing the heat input will reduce the hardness level, and therefore reduce the risk of HAZ cracking. However, as the diffusion distance for the escape of hydrogen from a weld bead increases with increasing heat input, the risk of weld metal cracking is increased. Material thickness will influence the cooling rate, with increasing job thickness.

## Conclusion

It is known that welded joints are very heterogeneous, since they include weld metal, heat affected zone and base metal, currently the practical technique to prevent hydrogen-induced cracking in welded joints is preheating. By preheating steel plates before welding, hydrogen diffusion is promoted during the welding, and the locally accumulated diffusion hydrogen is reduced. However, excessive preheating is not preferable from the viewpoint of production cost and undesirable effects on the microstructure. Therefore, it is required to estimate the minimum preheat temperature necessary to prevent hydrogen-induced cracking.

## *Konverteriszap ólom- és cink-tartalmának csökkentése fitoextrakcióval*

**Kulcsszavak:** Konverteriszap; toxikus elemek; fitoextrakció; akkumuláció; növények.

Napjainkban az ipari termelés során jelentős mennyiségben keletkeznek melléktermékként ipari iszapok (pl. galvániszap, vörösiszap, konverteriszap), amelyek elhelyezése főként meddőhányókban történik az ipari vállalatok területén. Ezek az iszapok azonban olyan toxikus elemek raktárai lehetnek, amelyek potenciális környezeti veszélyforrást jelentenek. Remedálásukra többféle kémiai-fizikai-, és biológiai módszer létezik. A biológiai módszerek közül több fitoremediációs eljárás létezik: fitovolatilizáció, rizofiltráció, fitostabilizáció, fitodegradáció és a fitoextrakció. Ezen eljárások során a növények akkumulációs képességét használjuk fel a talajok, iszapok szennyeződéseinek eltávolítására. A szennyezett területek remedálása mellett az ún. hiperakkumulátor növényfajokat a bio(fito)bányászatban is sikeresen alkalmazzák. Ilyen eljárással jó eredményeket értek el nikkeltartalom-felhalmozás is elérhető a gyökérzetben [1]. Kutatásom célja, az ipari iszapok közül, a konverteriszap magas ólom- és cinktartalmának csökkentése volt, folyamatos fitoextrakciós módszert alkalmazva.

Laboratóriumi kísérleteim során az ISD–Dunaferr Zrt acélgyártási folyamata során melléktermékként keletkező konverteriszapot használtam fel. A konverteriszap úgy jön létre, hogy a konvertermű működése során nagy nyomású oxigént fújják a folyékony fémbe, ami azt eredményezi, hogy a végső iszapban CO-gázok és félfémes elemek jelennek meg. A folyamat végén nedves porleválasztó technológiát alkalmaznak. Emiatt a konverteriszap nagy koncentrációban tartalmaz értékes fémtartalmú technogén nyersanyagokat, fém-oxidokat, mint például 57–65%-a vas ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ZnO-t, PbO-t, CaO, MgO,

\* Dunaújvárosi Egyetem, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék  
Email: kovacsbe@uniduna.hu

[1] Van der Ent, A.–Baker, A. J. M.–Reeves, R. D.–Chaney, R. L.–Anderson, C. W. N.–Meech, J. A.–Mulligan, D. R. (2015): Agromining: Farming for Metals in the Future? *Environmental Science & Technology*, 49., (8.), Pp. 4773–4780. doi:10.1021/es506031u .

[2] Márkus R.–Grega O. (2011): *Veszélyes hulladéknak minősülő ipari eredetű porok és más hulladékok veszélyességének megszüntetése, hasznosítási lehetőségeik kidolgozása*. <http://anyagokvilaga.hu/tartalom/2011/1/osszefoglalo.pdf>

[3] Milinki É. (2013): *Ökotoxikológia és környezetvédelem*. Retrieved from <https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/>

FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és néhány szerves anyagot (Yaozu et al., 2020; Kuznetsov et al., 2017). Az ISD–Dunaferr Kft. iszapjának cink koncentrációja 0,67–3,95%, a Pb-tartalom 0,2–0,4% közötti. Az iszap előállított éves mennyisége 30.000 tonna/év, a maximális cink tartalma pedig 1185 tonna/év [2].

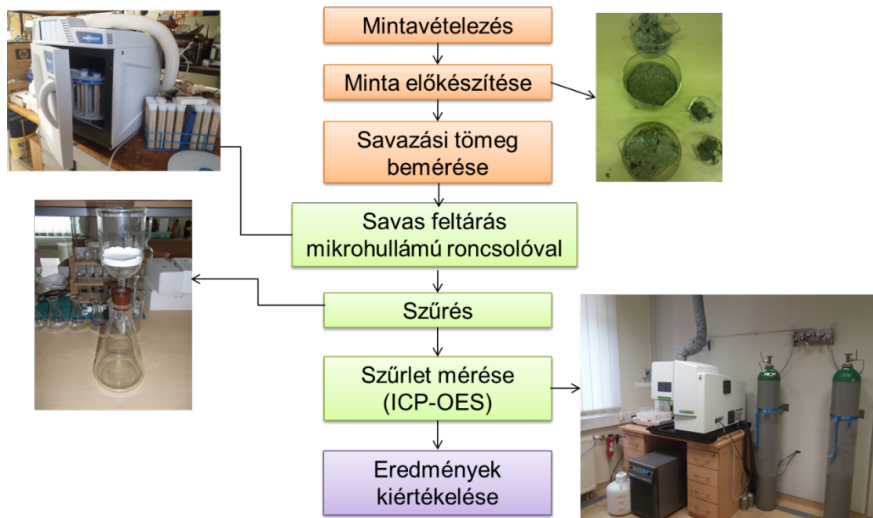
Mivel a konverteriszap önmagában nem alkalmazható fitoextrakciós kísérlethez, ezért csíranövény-tesztek [3] eredménye alapján kiválasztottam az ültetésekhez legalkalmasabb talajtípust. A magyarországi talajfajták közül a soproni barna erdőtalajra, Dunaujváros környékén található feketeföldre (csernozjomra), lösz talajra, valamint a Kiskunságról származó szikes talajra esett a választásom. A fitoextrakciós kísérletek megkezdése előtt a talajok fontosabb kémiai és fizikai jellemzőit is megvizsgáltam (1. táblázat). A csíranövény-tesztek eredménye szerint a konverteriszapos növénynevelési kísérletekhez legalkalmasabb talaj a lösz és a feketeföld.

1. táblázat. A tesztalajok fontosabb kémiai, fizikai jellemzői

Vizsgált jellemzők:	barna erdőtalaj (T1)	feketeföld (T2)	lösz (T3)	szikes (T4)
pH érték	4,5	8,1	8,5	8,6
mésztartalom (%)	0,75	0,88	1,36	3,6
1 órás kapillaritás (mm)	103	166	123	34
szerves anyag tartalom (%)	12,83	7,79	8,01	7,42
Arany-f. kötöttségi szám (K <sub>A</sub> )	47	34	31	37
Munsell-f. színkód	10YR8/6	10YR3/2	10YR 5/2	10YR6/0

Az üledékek nehézfém-tartalmát a korábbi MSZ 12739/4-78 és az újabb MSZ 21470-50:2006 szabvány szerinti, salétromsavas hidrogén-peroxidos kétlépcsős, extrakciós feltárással határoztam meg (1. ábra).

1. ábra. Az üledékminták savas-peroxidos feltárásának menete



[4] Simon L. (2004): Fitoemediáció. Környezetvédelmi Füzetek. Azonosító: 2318. Budapest: BMKE OMIKK. Pp. 1–59.

[5] Szegedi L. (2011): Toxikus nehézfém-szennyezés utóhatásának vizsgálata barna erdőtalajon. PhD-értekezés. Gödöllő: Szent István Egyetem.

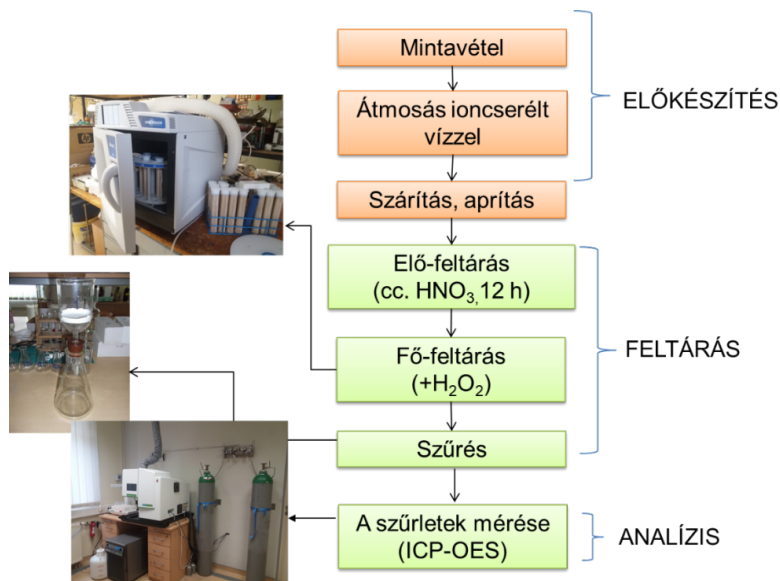
A kapott mérési eredmények kiértékelésénél az iszapos üledékminták fémtartalmát a „6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről” mellékletének határértékeivel hasonlítottam össze.

A növényminták nehézfém tartalmának meghatározását (2. ábra) szintén tömény salétromsavval és hidrogén-peroxiddal végeztem el [4, 5].

[4] Simon L. (2004):  
Fitoremediáció.  
Környezetvédelmi  
Füzetek. Azonosító:  
2318. Budapest:  
BMKE OMIKK. Pp.  
1–59.

[5] Szegedi L. (2011):  
Toxikus nehézfém-  
szennyezés utóhatásá-  
nak vizsgálata barna  
erdőtalajon. PhD-  
értékezés. Gödöllő:  
Szent István Egyetem.

2. ábra. Az üledékminták savas-peroxidos feltárásának menete



A növényminták nehézfém-tartalmát a kapcsolódó szakirodalomban [4, 5] szereplő toxicitási értékekhez viszonyítottam, mert a növényekben megengedett toxikus elemtartalomra nincs jogszabályi rendelet.

A laboratóriumi szinergia kísérletek során növénynevelő fénypolc segítségével neveltem őszi búza (*Triticum aestivum* L.) és angol perje (*Lolium perenne* L.) növényfajtákat (3. ábra). Ültető közegnek konverteriszap és lősz, illetve feketeföld keveréket választottam. A konverteriszap 5–10–15–20%-os arányban lett belekeverve a talajjokba. A szobában lévő átlaghőmérséklet 21°C (±1,5°C) volt, a relatív nedvességtartalom 35–42 % között változott. A talaj/iszap keverékek átlagos pH értéke 5–6,5 között változott, amelyet X4-Life talaj teszterrel mértem. A locsolás heti kétszer történt, alulról, ioncserélt vízzel.



*3. ábra. A búza és fű szinergia-kísérlet növénynevelő fénypolccal*



A fitoextrakciós kísérletet 6 hétig végeztem el. A kísérlet végén az eredmények azt mutatták, hogy a konverteriszap és talaj keverékekben az ólom- és cinktartalom eredményesen csökkenthető fitoextrakcióval. Löss talaj esetén az ólomkoncentráció csökkenése őszi búza esetén 40–67%-os, angol perje esetén pedig 16–57%-os volt. A cinkkoncentráció csökkenése őszi búza esetén 53–73%-os, angol perje ültetésével 8–55%-os volt a keverési aránytól függően.



## *Peroxidáz enzim paramágneses szeparációja*

**Összefoglalás:** A cikkben a peroxidáz enzim mágneses szuszceptibilitásának mérését és lehetséges paramágneses szeparációját mutatjuk be. Előzetes vizsgálataink alapján a vízzel kevert peroxidáz enzim rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal.

**Kulcsszavak:** Peroxidáz enzim; mágneses szuszceptibilitás; paramágneses szeparáció.

### Elméleti háttér

Ha homogén mágneses térbe valamilyen anyagot helyezünk, akkor abban valamilyen mágneses tulajdonságok lépnek fel. Ferromágneses anyagokban a mágneses térrel azonos irányban (de ellentétes értelemben) mágneses dipólusok formálódnak, és jelentősen módosítják az eredő mágneses teret.

Ha a sorban elhelyezkedő dipólusok póluserőssége „p”, „l” a távolság a „sorba” kapcsolt pólusok két végpontja között (a homogén mágneses térbe behelyezett test vastagsága a tér irányában), akkor a  $V = Al$  térfogatú hasáb kialakuló mágneses momentuma

$$m=pl.$$

Ha

$$M=p/A$$

az anyag (hasáb) véglapjainak felületegységre vonatkozó mágneses mennyiség, akkor

$$m=pl=MAI=MV.$$

Vektorilag

$$\mathbf{m}=\mathbf{MV},$$

\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: kiss.endre@uniduna.hu

\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: muhammed-.kanaan93@hotmail.com

\*\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: koroknail@uniduna.hu

\*\*\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
Email: szabonejuhasz.ildiko@uniduna.hu

Ahol az  $\mathbf{M}$  vektor az  $\mathbf{I}$  vektor irányába mutat.  $\mathbf{M}$  vektor a térfogategységre vonatkoztatott mágneses momentum

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}$$

a mágneses polarizáció (mágnesezettség) amelyet az anyag belsejében levő  $\mathbf{H}$  mágneses térerősséggel az alábbi egyenlet kapcsol össze

$$\vec{M} = \chi \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}.$$

Itt

a mágneses szuszceptibilitás,

 $\chi$ 

a vákuum mágneses permeabilitása.

 $\mu_0$ 

A teljes mágneses permeabilitás és a mágneses szuszceptibilitás kapcsolata:

$$\mu = 1 + \chi .$$

A permeabilitás és a szuszceptibilitás látszólag alig különbözik egymástól, azonban a diamágneses anyagok és a paramágneses anyagok mágneses szuszceptibilitása előjelben különbözik, a diamágneses anyagoké negatív, a paramágneses anyagoké pozitív érték. A víz értéke negatív, azaz diamágneses anyag, azaz heme nélkül a peroxidáz enzim valószínűleg diamágneses tulajdonságokat mutatna a kísérő víz miatt. A peroxidáz enzimmel kapcsolatban nincsenek olyan kristálytani adataink, amelyek a vasatom kristálytani környezetére vonatkoznának, a mágneses szuszceptibilitás, egyáltalán a mágnesesség, nem elsősorban vegyület- illetve összetételfüggő, hanem kristálytani tulajdonság, így csak saját méréseinkre hagyatkozhatunk. Egy néhány tized százalékosnak tekinthető oldatban az érték a víz diamágneses negatív értékét kompenzálja, annál kicsit pozitívabb, a mintegy 10%-os oldat (régí peroxidáz enzimből kivált  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) esetében  $10 \times 10^{-5}$ -ös értéket mértünk.

## A mágneses szuszeptibilitás mérése

A vízzel kevert peroxidáz enzim, amellyel jelenleg rendelkezünk, előzetes mérési eredményeink alapján rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal, ahogy fentebb már említettük egy híg „oldatos” variációban kompenzálja a víz diamágneses szuszeptibilitását. A jelenség leírását az alábbiakban adjuk meg.

A vizsgálatsorozat célja, hogy ezen paramágneses tulajdonságok segítségével koncentrálni tudjuk a peroxidáz enzimet a vízhordozóban anélkül, hogy ultracentrifugálni, vagy más eljárással kezelni legyen szükséges. Bizonyos paramágneses tulajdonságokkal rendelkező anyagokat már sikeresen szétválasztottunk paramágneses szeparátor segítségével erősen inhomogén mágneses tér segítségével. Ennek a szerkezetnek a megtervezéséhez szükséges a különböző peroxidázenzim-tartalmú közbenső termékek paramágneses tulajdonságainak ismerete, amelyre a legcélszerűbb a paramágneses szuszeptibilitások meghatározása. Ennek a mérésnek a lebonyolításhoz szükséges egy változtatható egyenáramú elektromágnes, lehetőleg koncentrált mágneses mezővel. A vizsgálandó anyagot az elektromágnes pólusai közé helyezzük, és a bekapcsolt mágneses tér hatására fellépő erőt mérjük alkalmas szerkezettel. Az erő mérésére egy mérleget célszerű használni, amelyet mi egy kiszolgált felhajtóerő-mérő készülékkel oldottunk meg. A mérendő folyadékot egy 3 mm belső, és 5 mm külső átmérőjű, alul lezárt üvegcsőbe helyeztük, és a csövet a mérlegre akasztottuk. A csőbe először desztillált vizet helyeztünk, és a mérleget kiegyensúlyoztuk mágneses tér nélkül. Ezután a mágneses teret bekapcsoltuk, és az elmozdulást megjegyeztük. Ezzel megkaptuk a referencia értéket. Ezután a csőbe azonos mennyiségű peroxidázenzim-tartalmú folyadékot helyeztünk, és a mérleg elmozdulását feljegyeztük. A mágneses indukciót is tudjuk mérni fluxusmérő segítségével. A peroxidázenzim-tartalmú folyadékot a nyers torma peroxidázenzim-tartalmú részének eltávolításával, mintegy 1–3 mm nagyságú részekre való feldarabolásával, azok nagyteljesítményű mixerrel való pépesítésével (az átlagos részecskeméret 0,2 és 0,3 mm) állítottuk elő. A pépet gyümölcsprésbe helyeztük és a kifolyt folyadékot 10 000 ford/min fordulatszám mellett centrifugáltuk 10 percig 2 ml-es adagokban. A küvettában megmaradt folyadékot vizsgáltuk a mágneses szuszeptibilitás meghatározásához.



## A szuszceptibilitás meghatározása

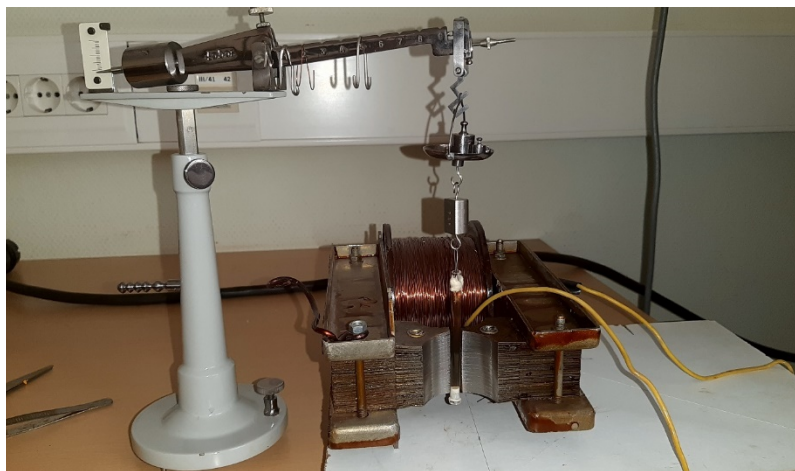
A mágneses szuszceptibilitás meghatározásához szükség van egy szabályozható elektromágnesre, amelynek gerjesztését egy 2000 menetes, 0,5 mm átmérőjű rézhuzalból tekercseltünk.

*1. ábra. Az elektromágnes nagy indukciójú részének kialakítása*



A mágneses kör nem teljesen zárt, értelemszerűen szükség van egy légrésre, amibe a szuszceptibilitás mérésére behelyezhetjük a mérendő közeget, illetve az azt tartalmazó küvettát, vagy csövet. A légrés szélessége 6 mm, amibe egy 5 mm átmérőjű mintatartó küvettá befér.

2. ábra. A mérőrendszer és a kivetta elhelyezkedése

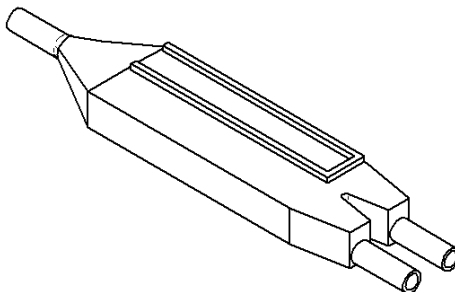


A mérőrendszer oldalnézetben jól mutatja a küvettát és a mágneset. Az is jól látszik, hogy a mágnes hat a kivetta felfüggesztésére. Saválló anyagokat alkalmaztunk, azonban a mágneses vonzóerő nem küszöbölhető ki teljesen, tehát ez nem is cél, hanem a mérést elvégeztük üres küvettával is, és később a kivetta hatását kiküszöböltük.

### Az eredmények hasznosítása a peroxidáz enzim paramágneses szeparációja

Az eredmények alapján elkészítettünk egy olyan szerkezetet, amelyben a peroxidázenzim-tartalmú folyadék egy téglalap keresztmetszetű csatornában áramlik, amely csatornának egy bemenő nyílása van, amelyen a szeparálandó folyadékot bevezetjük. A csatorna két kimenő vezetékkel bír, amelyek a csatorna két oldalán helyezkednek el 3. ábra.

3. ábra. A mérési modell

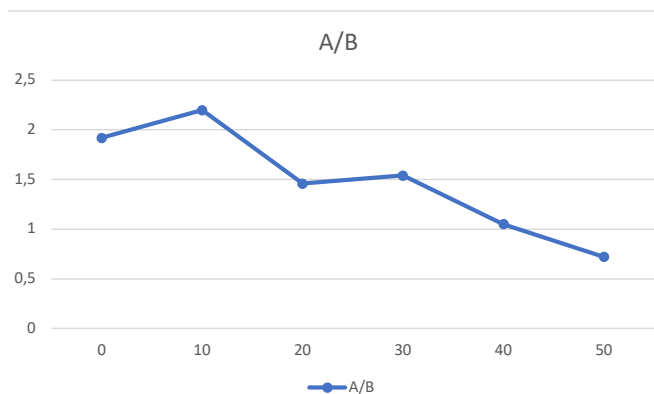


A csatornát úgy helyezük el, hogy annak egyik felében az elektromágnes teljes mágneses mezeje megjelenjen (ez a mágneses mező mintegy 5 mm széles. A csatorna másik fele teljesen kívül esik a mágneses mezőn. A csatorna két fele között a mágneses mező inhomogenitása jelentős, azaz a peroxidáz tartalmú folyadék főleg a mágneses tér felé, a víz pedig alapvetően a ritka mágneses mező irányában lép ki a csatornából. A modell segítségével elvégeztünk számos szeparálási kísérletet.

Az eredmények azt mutatták, hogy a két folyadék mennyiségének hányadosa a 4. ábra szerint függött a gerjesztő villamos feszültségtől.

Az eredmények azt mutatják, hogy az elválasztás egyszeri átfolyás esetében 27–28%-os.

4. ábra. Az elválasztás és a gerjesztő feszültség összefüggése. A függőleges tengelyen a mágneses térben átfolyó és azon kívül átfolyó folyadékmennyiség hányadosa, a vízszintes tengelyen a gerjesztő feszültség



## Összefoglalás

A cikkben bemutattuk, hogy a vízzel kevert peroxidáz enzim előzetes mérési eredményeink alapján rendelkezik paramágneses tulajdonságokkal, ahogy az előzőekben részleteztük, kompenzálja a víz diamágneses szuszceptibilitását. Bemutattuk a jelenséget és a szuszceptipilitás-mérés leírását, valamint a szuszceptipilitás meghatározásának módszerét. A kapott eredmények alapján elkészítettünk egy olyan szerkezetet, amelyben a peroxidázenzim-tartalmú folyadék egy téglalap keresztmetszetű csatornában áramlik és amely csatorna két kimenő vezetékkel bír. A csatornát úgy helyeztük el, hogy annak egyik felében az elektromágnes teljes mágneses mezeje megjelenik, míg a csatorna másik fele ezen teljesen kívül esik. A csatorna két fele között a mágneses mező inhomogenitása jelentős, azaz a peroxidáz tartalmú folyadék főleg a mágneses tér felé, a víz pedig alapvetően a ritka mágneses mező irányában lép ki a csatornából. A modell segítségével elvégeztünk számos szeparálási kísérletet és kimutattuk, hogy az elválasztás egyszeri átfolyás esetében 27–28%-os.





# *A Dunaújvárosi Egyetem kapcsolódása Magyarország Nemzeti Hidrogén- stratégiájához*

**Összefoglalás:** A cikk célja bemutatni Magyarország hidrogénstratégiáját, annak jelentőségét és fontosságát az egyetemek, kutatóközpontok számára, illetve az infrastruktúra és a gazdaságfejlesztés szempontjából. A Stratégia olyan tudományos, technológiai és horizontális kompetenciaegyüttes kiépítését tervezi, amely megalapozza az új technológiák létrejöttét és demonstrálja azok hazai létjogosultságát. A Dunaújvárosi Egyetem, mint az alkalmazott tudományok egyeteme, a Közép-Duna menti térségek egyik meghatározó kutatóközpontja, kitűnő kompetenciával és laborinfrastruktúrával rendelkező tudásközpont készen áll a megfogalmazott célok teljesítésére.

**Kulcsszavak:** Hidrogén; hidrogénvölgy; tudás; DUE.

## Bevezető

Kutatások szerint 2050-ben a megújuló forrásokból származó energiahordozók adhatják az európai energia jelentős részét, amelynek a hidrogén 20%-át képezheti. Magyarország prioritási területként határozta meg a hidrogénnel összefüggő innovációs kísérleti projekteket, a közlekedést, valamint annak vizsgálatát, hogyan lehet a meglévő gázhálózatot a későbbiekben a hidrogén szállítására használni. Ezek mind olyan területek, ahol Magyarországnak jó adottságai vannak és a hidrogénstratégia megvalósításával egy új lendületet is adhatnak a magyar gazdaság fejlődésének egy hidrogénalapú gazdaság kiépítésével [1]. Steiner kiemelte, az a cél, hogy egy erős kompetencia központot alakítsanak ki Magyarországon a hidrogénértéklánc mentén, valamint, hogy az egyetemek, az akadémia, a kutató laborok is készen álljanak erre az új kihívásra.

\* Dunaújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
Email: santar@uniduna.hu

[1] Nélkülözhetetlen a hidrogén technológia a klímasemlegesség eléréséhez. Link: <https://demokarta.hu/gazdasag/nelkulozhetetlen-a-hidrogen-technologia-a-klimasemlegesség-eleresehez-461294>

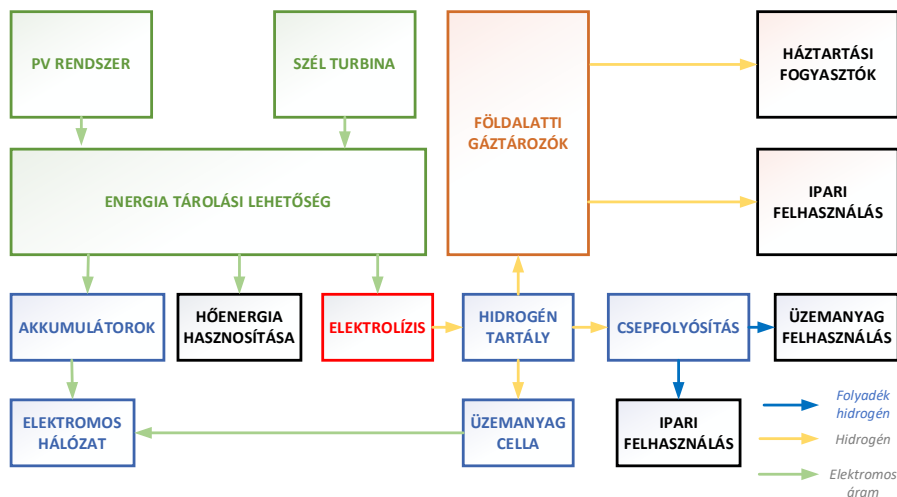
[2] Gaál László–  
Bölkény Péter:  
A földgáz-infrastruk-  
túra használata  
hidrogén szállítására.  
*Energetika*. 2021/3.  
lapszám

[3] A hidrogénnek  
jelentős szerepe lesz  
a dekarbonizációban.  
Link: <https://kormany.hu/hirek/a-hidrogen-nek-jelentes-szerepe-lesz-a-dekarbonizacioban>

Az utóbbi pár évben jelentős előrelépések, kutatások történtek a hidrogéntechnológia fejlesztése és alkalmazása terén. Gaál László és társa [2] a meglévő földgázrendszerre épülő hidrogénszállítás megvalósítását kitűző stratégiai dokumentumokat és az eddig felmerült, a hidrogén(keverékek) biztonságos szállítása előtt megoldandó műszaki problémákat ismertette.

Az EU által finanszírozott Akvamarin pilotprojekt keretében a Magyar Földgáz-tároló Zrt. egy megközelítőleg 2,5 MW összteljesítményű elektronizáló rendszert és a hozzá tartozó hidrogén gázelőkészítő technológiát tervez létesíteni a Kardoskúti Földalatti Gáztárolónál. Ennek a rendszernek a felépítése látható az 1. ábrán, amely jelentős energiátárolással kapcsolatos innovációs tartalmat hordoz. Az elektronizáló berendezés működtetésével biztosítható, hogy a megújuló energiaforrás „kikapcsolása” helyett a felesleges többlet-villamosenergia felhasználásával vízbontáson keresztül hidrogén álljon elő. Az így előállított hidrogén – a tervek – szerint földgázzal keverve a Magyar Földgáz-tároló Zrt. saját gázzal működő berendezéseiben kerül felhasználásra, csökkentve ezzel a CO2 kibocsátást. [3]

1. ábra. A hidrogén előállítása elektrolízissel a meglévő földalatti gázlétesítmény segítségével [3]



Természetesen nemcsak hazánk tűzött ki grandiózus célokat a hidrogén alkalmazása terén, hanem sok más fejlett ország is. A következő táblázatban kerültek összefoglalásra a különböző országok stratégiai tervei, azok céljai és a hidrogéntechnológia alkalmazását megvalósító keretösszegek is.

[4] *Global Hydrogen Review 2021*. International Energy Agency Website: [www.iea.org](http://www.iea.org)

**1. táblázat. Különböző országok hidrogén stratégiai terve [4]**

Ország	Dokumentum, év	Telepítési célok (2030-ig)	Termék	Felhasználók	Összeg
Ausztrália	Nemzeti Hidrogén Stratégia, 2019	Nem jegyzett	Szén-CCS technológia Elektrolízis (megújuló) Földgáz-CCS technológia	Épületek, villamosság, export, ipar, teherszállítás és hajóforgalom	0,9 milliárd USD
Kanada	Kanadai Hidrogén Stratégia, 2020	4 MT H <sub>2</sub> /év	Biomassza Elektrolízis Földgáz-CCS technológia Olaj-CCS technológia	Épületek, villamosság, export, ipar, szállítás, bányászat, ipari finomítók, hajóforgalom	19 milliárd USD 2026-ig
Chile	Nemzeti zöld hidrogén Stratégia, 2020	25 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújuló)	Épületek, export, bányászat, ipari finomítók, vegyipar, teherszállítás	50 millió USD 2021-ig
Csehország	Hidrogén Stratégia, 2021	Alacsony széndioxid 97 kT H <sub>2</sub> /év	Elektrolízis	Vegyipar, szállítás	Nincs adat
Európai Unió	EU Hidrogén Stratégia, 2020	40 GW elektrolízis	(megújuló) földgáz-CCS technológia	Ipar, finomítók, teherszállítás	milliárd Euró 2030-ig
Franciaország	Hidrogén telepítési Terv, 2018 Nemzeti Stratégia számára Dekarbonizált hidrogén Fejlesztés, 2020	6,5 GW elektrolízis	Elektrolízis	Ipar, finomítók, teherszállítás	7,2 milliárd USD 2030-ig

Németország	Nemzeti Hidrogén Stratégia, 2020	5 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújuló)	Légiforgalom, villamosság, ipar, finomítók, hajóforgalom, teherzállítás	9 milliárd Euró 2030-ig
Magyarország	Nemzeti Hidrogén Stratégia, 2021	20 kt/év alacsony széndioxid-kibocsátású H2 16 kt/év szénmentes H2 240 MW elektrolízis	Elektrolízis Üzemanyag-CCS technológia	Villamosság, ipar, teherzállítás	130 milliárd HUF
Japán	Stratégiai ütemterv Hidrogén és üzemanyagcellák, 2019 Zöld növekedési stratégia, 2020, 2021 (felülvizsgálva)	3 MT H <sub>2</sub> /év	Elektrolízis Üzemanyag-CCS technológia	Épületek villamosság, acélipar, finomítók, hajóforgalom, teherzállítás	6,5 milliárd USD 2030-ig
Korea	Hidrogén Gazdasági Útiter, 2021	Teljes felhasználás: 1,94 MT H <sub>2</sub> /év	Elektrolízis földgáz-CCS technológia	Épületek, villamosság, teherzállítás	2,2 milliárd USD 2020-ig
Hollandia	Nemzeti klíma Megállapodás, 2019 Kormányzati stratégia a Hidrogén, 2020	3-4 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújuló) földgáz-CCS technológia	Légiforgalom, villamosság, ipar, finomítók, hajóforgalom, teherzállítás	70 millió euró/év
Norvégia	Kormányzati Hidrogén Stratégia, 2020 Hidrogén ütemterv, 2021	Nincs adat	Elektrolízis (megújuló) földgáz-CCS technológia	Ipar hajó és teherzállítás	21 millió USD 2022-ig
Portugália	Nemzeti Hidrogén Stratégia, 2020	2,5 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújuló)	Villamosság, ipar, teherzállítás	900 millió Euró 2030-ig

Oroszország	Hidrogén ütemterv 2020-ra	2 MT H <sub>2</sub>	Elektrolízis (megújulók) földgáz – CCS technológia	Villamosság, ipar, finomítók, export	Nincs adat
Spanyolország	Nemzeti Hidrogén ütemterv 2020-ra	4 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújulók)	Légiforgalom, villamosság, bányászat, finomítók, hajóforgalom, teherzállítás	1,6 milliárd Euró
Egyesült Királyság	UK Hidrogén Stratégia, 2021	5 GW elektrolízis	Elektrolízis (megújulók) földgáz– CCS technológia	Légiforgalom, épületek, villamosság, ipar, finomítók, hajóforgalom, teherzállítás	1 milliárd GBP

[5] Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája. Stratégia a tiszta hidrogén és hidrogéntekológiák hazai bevezetésére és a hidrogénipar háttérbázisának megteremtésére. <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/6/61/61a/61aa5f835ccf3e726fb5795f766f3768f7f829c1.pdf>

A hidrogéngazdaság megalapozását szolgáló törekvések, kutatási–fejlesztési és demonstrációs tevékenységek összhangban vannak az Európai Unióban és más gazdaságilag fejlett térségekben folyó kutatásokkal és célokkal.

## MAGYARORSZÁG NEMZETI HIDROGÉNSTRATÉGIÁJA

Magyarország 2021 elején egy jövőbemutató javaslatcsomagot fogadott el, a tiszta hidrogén és hidrogéntekológiák hazai bevezetésére és a hidrogénipar háttérbázisának megteremtésére, amelynek célja a hidrogéngazdaságok kiépítése, amely hozzájárul a dekarbonizációs célok eléréséhez és ezáltal megteremti a lehetőséget annak, hogy Magyarország aktív szereplőjévé váljon az európai hidrogéntérnek [5]. A javaslatcsomag erős kompetenciákat fejleszt a hidrogénértéklánc kulcsfontosságú elemei mentén, mely célzott KFI, valamint gazdaságfejlesztési tevékenységekkel kiegészítve a karbonsemleges társadalom felé való elmozdulást és a magyar gazdaság versenyképességének fenntartását szolgálja [5].



[5] Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája. Stratégia a tiszta hidrogén és hidrogéntechnológiák hazai bevezetésére és a hidrogénipar háttérbázisának megteremtésére. <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/6/61/61a/61aa5f835ccf3e726f65795f766f3768f7f829c1.pdf>

A Nemzeti Hidrogénstratégia célkitűzése 2030-ig több pilléren nyugszik:

- **Nagyvolumenű karbonszegény és decentralizált karbonmentes hidrogén előállítása** – A felhasználói igényekhez illeszkedő, versenyképes árú, karbonszegény és karbonmentes hidrogénelőállítás feltételeinek megteremtése. Az intézkedés hozadéka: 20 ezer tonna/év karbonszegény hidrogén, 16 ezer tonna/év „zöld” és egyéb karbonmentes hidrogén, 240 MW elektrolizáló kapacitás.
- **Ipari felhasználás dekarbonizációja részben hidrogénnel** – Az ipar termelési folyamatainak és termékhasználatának zöldítése, kezdetben főleg karbonszegény hidrogén felhasználásával, hosszabb távon karbonmentes hidrogénfelhasználásra történő átállással. 20 ezer tonna/év karbonszegény hidrogén, 4 ezer tonna/év „zöld” és egyéb karbonmentes hidrogén, 95 ezer tonna CO<sub>2</sub>-kibocsátás elkerülése.
- **Közlekedés zöldítése** – tiszta közlekedési módokra való átállás, elsősorban a nehéziparjarmű-forgalom esetében. Az intézkedés hozadéka 10 000 T/év karbonmentes hidrogén, 20 hidrogén töltőállomás – 40 töltőpont, 4800 HFC jármű, ezáltal 130 000 T CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentés.
- **Támogató villamosenergia** – és (föld)gáz-infrastruktúra – az ipari szektorok közötti integráció képesség. Az intézkedés hozadéka 60 MW átlagos leszállózási képesség, évi min. 2% térfogatarányos bekeverés a földgázrendszerben.

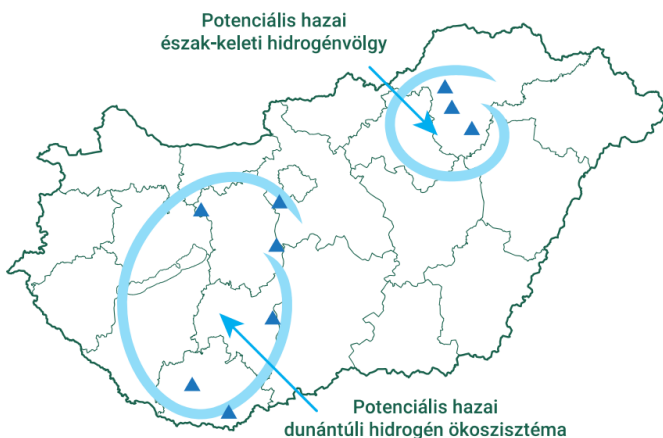
Míg támogatói szempontból a Nemzeti Hidrogénstratégiában megfogalmazottak három pilléren alapulnak [5]:

- **Ipar- és gazdaságfejlesztési lehetőségek kihasználása** – Az iparági trendek és a hazai erősségek közös metszetében található tevékenységek megerősítése a versenyképesség növelése és a hazai penetráció elősegítése céljából.
- **Horizontális feltételrendszer: ösztönző működési környezet kialakítása** – Átfogó szabályozási és működési keretek kialakítása, partnerség és nemzetközi együttműködés erősítése.
- **KFI és oktatás, ami támogatja a hidrogén sikerét az átmenetben** – A stratégiai célok megvalósításához nélkülözhetetlen az olyan tudományos, technológiai és horizontális kompetenciaegyüttes kiépítése, amely megalapozza az új technológiák hazai alkalmazását és fejlesztését, valamint demonstrálja azok hazai létjogosultságát.

## MAGYARORSZÁG HIDROGÉNVÖLGYEI

Magyarország ún. hidrogénvölgyek kialakítását tervezi megvalósítani, ahol a teljes hidrogén-ökoszisztéma létesítésre kerülne. Magyarországon 2030-ig két ilyen völgyet terveznek kialakítani: Dunaiújváros és Pécs között, illetve Miskolc térségében, hisz ez utóbbi helyen jelen van a nehézipar, és itt kicsiben tudnák a hidrogén ipari felhasználását tesztelni.

2. ábra. Magyarország leendő hidrogénvölgyei [5]



- Dunántúli hidrogén ökoszisztéma: Regionálisan is kiemelkedő kapacitású ammónia és finomítói ipar (Pétfürdő, Százhalombatta), valamint a meglévő nagy hidrogén felhasználók mellett több potenciális új felhasználó iparág is jelen van: vasmű (Dunaiújváros), cementgyártás (Beremend, Királyegyháza). A paksi atomerőmű jelentős mennyiségű karbonmentes villamos energiát szolgáltat a hidrogénértéklánc kiépítéséhez [5].
- Északkeleti hidrogénvölgy: Érett iparral rendelkező régió (Miskolc, Tiszaújváros, Kazincbarcika, erős vegyipar és petrokémia, jelentős meglévő hidrogén felhasználással), ami nagy hidrogénigényt támaszt egy koncentrált területen. Vizsgálódó továbbá a Mátrai Erőmű és térségének bevonása [5].

[5] Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája. Stratégia a tiszta hidrogén és hidrogéntekológiák hazai bevezetésére és a hidrogénipar háttérbázisának megteremtésére. <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/6/61/61a/61aa5f835ccf3e726fb5795f766f3768f7f829c1>.

[6] Kaderják P.:  
*Magyarország  
hidrogén stratégiája,  
különös tekintettel a  
távhőszektorra. XXI.  
Táv hőszolgáltatási  
konferencia és szak-  
mai kiállítás. Eger,  
2022. május 24.*

#### KFI ÉS OKTATÁS, AMI TÁMOGATJA A HIDROGÉN SIKERÉT

A stratégia célja olyan tudományos, technológiai és horizontális kompetenciaegyüttes kiépítése, amely megalapozza az új technológiákat, azok hazai létjogosultságát és ezáltal új energetikai lehetőséget biztosít Magyarország számára.

A hidrogénnel és a hidrogéntekológiával kapcsolatos ismeretek bővítése tekintetében két kiemelt beavatkozási irány azonosítható, amely az egyetemek és kutatóközpontok számára jelentős lehetőséget biztosít.

- Oktatás és szakemberképzés, illetve továbbképzés.
- Megfelelő tájékoztatás a társadalom széles körében.

A stratégiai alcélok elérésére a kiemelt intézkedések [6]:

- A Hidrogénteknológiai Nemzeti Labor létrehozása a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratóriuma részeként. Törekvés egy „Horizon Europe Teaming” projekt kialakítására egy élvonalbeli külföldi partnerintézménnyel.
- A Nemzeti Laborból kinövő pilotok és a Nemzeti Hidrogénteknológiai Platform tagjainak pilotprojektjei az azonosított fókuszterületeken. Jellemzően ipar-felső-oktatás együttműködésének keretében.
- Alkalmazott kutatási projektek a CO<sub>2</sub>-szállítás és -tárolás területén.
- Iparfejlesztést támogató innovációs projektek (komponensfejlesztés, rendszerintegrációs és esetleg termékfejlesztés is) elindítása.
- Kiemelt projekt indítása a CCU/Petrolkémia határterületén. (Kék Hidrogén Projekt)
- IPCEI4-projektek elindításának támogatása.
- Oktatási programok kidolgozása, tananyagok fejlesztése és/vagy EU-s tananyagok adaptálása: Javasolt a hidrogénteknológiai oktatás és képzés duális formában történő fejlesztése, a szükséges laborhátter biztosítása, valamint fókuszált oktatási központok létrehozása és ezek hálózatosodásának elősegítése.
- Disszemináció: a társadalom széles körében a hidrogénnel kapcsolatos alapvető ismeretek átadása, ill. a hidrogén társadalmi elfogadottságának erősítése céljából.

A következő táblázatban összefoglalja a Stratégiai célok megvalósítását szolgáló projekteket és azok finanszírozási lehetőségeit.

2. táblázat. Prioritást élvező projektek [6]

Projekt megnevezése	Kapcsolódás a Stratégia céljaihoz	Főbb tartalmi elemek	Támogatási igény, milliárd Ft	Finanszírozás lehetséges forrása
Teherforgalom zöldítése (zöld kamion)	Dekarbonizáció és ÜHG-kibocsátás csökkentése, közlekedés zöldítése, ipar és gazdaságfejlesztés	Töltőhálózat kiépítése, hidrogén meghajtású járművek beszerzése, szabályzás.	35–10	Ginop + Ikop +
Helyi léptékű, szállítás összefüggő szolgáltatás zöldítése (zöld Busz program)	Dekarbonizáció és ÜHG-kibocsátás csökkentése, ipari dekarbonizáció, közlekedés zöldítése, ipar és gazdaságfejlesztés	Töltőpontok kiépítése; Hidrogén meghajtású személyszállító járművek és buszok kifejlesztése. Háttér: ipar felépítése. Járművek beszerzése. Kapcsolódó szabályozási keretek kialakítása.	10–20	Ginop + Ikop + Nemzeti költségvetés
Hidrogén völgyek kialakítása	Dekarbonizáció és ÜHG-kibocsátás csökkentése, ipari dekarbonizáció, közlekedés zöldítése, ipar és gazdaságfejlesztés	2 hidrogénvölgy kialakítása: ipari felhasználásra Észak-Kelet-Magyarország, vegyes célú felhasználásra decentralizáltan a Dunántúlon. Kapcsolódó szabályozási keretek kialakítása.	10–15	Ginop + Ikop + KEHOP+ Modernizációs Alap
Karbonmentes hidrogénelőállítás, szállítás és energiatárolás	Nagyvolumenű karbonmentes hidrogénelőállítás. Villamosenergia és földgáz infrastruktúra, gazdaságfejlesztés	Zöld hidrogén előállításához háttér. Meglévő földgázszállítási és tárolási infrastruktúra átalakítása. Energiatárolás. Háttér: ipar felépítése. Kapcsolódó, szabályozási keretek kialakítása.	20–30	KEHOP+ Modernizációs Alap

[6] Kaderják P.: *Magyarország hidrogén stratégiája, különös tekintettel a távhőszektorra*. XXI. Távhőszolgáltatási konferencia és szakmai kiállítás. Eger, 2022. május 24.

[7] Bacsa-Bán Anetta (2019): „A tudás kortalan!” – Mindenki egyeteme Dunaújvárosban. *KÉPZÉS ÉS GYAKORLAT: TRAINING AND PRACTICE*. 17., (2.), Pp. 55–66.

[8] Bacsa-Bán Anetta (2018): Nyugdíjas Egyetem – Mindenki Egyeteme Dunaújvárosban. In: Juhász, Erika (Szerk.): *Közösségek a művelődés és képzés világában*. Debrecen: Debreceni Egyetem–Nemzeti Művelődési Intézet. Pp. 117–136.

[9] Bacsa-Bán Anetta (2018): Nyugdíjas Egyetem – Mindenki Egyeteme Dunaújvárosban. *KULTURÁLIS SZEMLE*. 5., (2.), Pp. 29–4.

[10] A Dunaújvárosi Egyetem, Intézményfejlesztési Terve (2021–2026). <https://www.uniduna.hu/ervenyes-szabalyzatok-due/intezmeny-fejlesztési-terv>

Kék Hidrogén Projekt	Dekarbonizáció és ÜHG-kibocsátás csökkentése, ipari dekarbonizáció, K+F+I és oktatás	CCS-technológia elterjesztése. CO <sub>2</sub> felhasználására irányuló kutatások. Pirolízis pilotprojekt. Háttérpár és szolgáltatások kiépítése.	20	GINOP+ KEHOP+ Modernizációs Alap
Hidrogéngazdaság kiépítését szolgáló kutatás-fejlesztés-innováció	K+F+I és oktatás	Többi prioritást élvező projekt célját szolgáló K+F+I (fókuszban az alap- és alkalmazott kutatás). Oktatás, képzés.	10	GINOP+ Modernizációs Alap

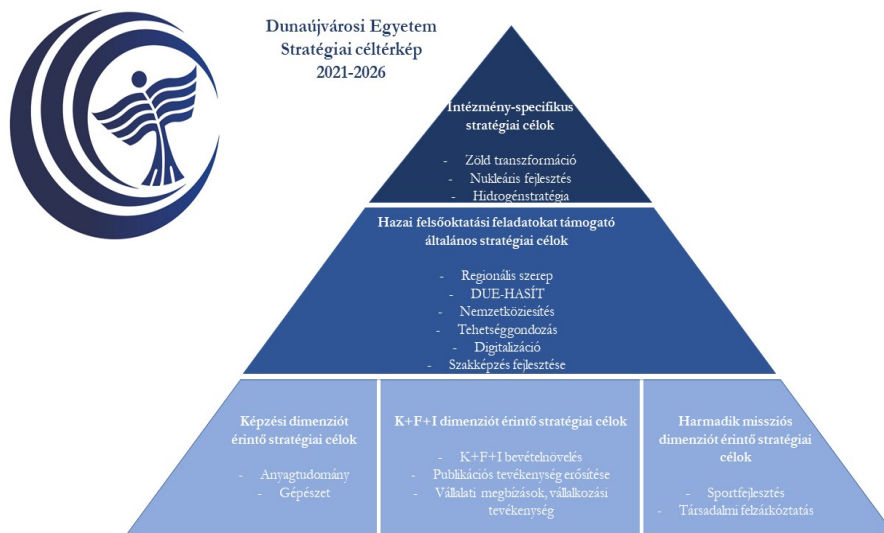
## A Dunaújvárosi Egyetem jövőképe

A Dunaújvárosi Egyetem önálló, hagyományaihoz, értékeihez hű, modern szemléletű, minőségközpontú szolgáltatást nyújtó, hatékony és rugalmas szervezettel rendelkező, versenyképes tudást biztosító, hallgató- és családbarát nemzetközi campusként működő magán felsőoktatási intézmény, amely az alkalmazott tudományok egyetemeként innovációs és gazdaságfejlesztési katalizátorszerepben, vállalkozó szemlélettel, megbízható partnere a vállalkozói szféra, a felsőoktatás és a társadalom intézményeinek. Az oktatás terén gyakorlatorientált szellemben, a szakképzés és a duális képzések hatékony összehangolásával, a hallgatók és a munkaerőpiac számára értékes tudást teremt. Ez a megszerzhető tudás bárki számára elérhető, ugyanis a tudás kortalan [7], [8], [9] legyen szó fiatal vagy idős hallgatóról. Az Egyetem önmagára is értelmezi a folyamatos belső innovációt, és élen jár a megoldáskeresésben az oktatás, a kutatás, a fejlesztés, az innováció és a társadalmi felelősségvállalás terén [10].

Az egyetem küldetésének tekinti, hogy a hazai és a nemzetközi felsőoktatási piac elismert magánegyetemeként, a jövő generációinak jövőjét meghatározó klímasemlegesség elérésének kiemelt tudásipari szereplője, a Nemzeti Hidrogénstratégia megvalósításában a magyar kormány egyik legfontosabb képzési és kutatási partnere, valamint hazánk és Közép-Európa zöld transzformációs tevékenységét támogató üzleti és egyéb szervezetek számára jelentős kutatási szolgáltatásokat nyújtó tudásközpontja legyen; kiemelt figyelemmel a nukleáris energiaipari felhasználás klímabarát

megoldásainak fejlesztésére, valamint az ország nukleáris tudásplatformjának működtetőjeként a nukleáris tudástartalom megosztási lehetőségeinek bővítésére. Az egyetem stratégiai céljait az alábbi stratégiai céltérkép foglalja össze:

3. ábra. A Dunaújvárosi Egyetem Stratégiai céltérképe [10]



[10] A Dunaújvárosi Egyetem, Intézményfejlesztési Terve (2021–2026). <https://www.uniduna.hu/ervenyes-szabalyzatok-due/intezmeny-fejlesztési-terv>

A Dunaújvárosi Egyetem Intézményspecifikus stratégiai céljai [10] a hazai felsőoktatási intézmények közül kizárólag az egyetemre jellemző stratégiai célok összessége, kiemelt prioritásúak mind az Alapítvány által jelzett elvárások, mind a Magyar Kormány – mint kiemelt ipari megrendelő – stratégiai partnereként elvárt feladatrendszer tekintetében.

Az Egyetem intézményspecifikus stratégiai céljai az alábbiak:

a) Zöld transzformáció támogatása

Az EU 2030-ig a CO<sub>2</sub>-kibocsátás 55%-os csökkentését, míg 2050-ig a karbonsemlegesség megteremtését tűzte ki célul, amit Magyarország is elfogadott. A DUE mindhárom missziója (képzés, K+F+I, harmadik misszió) tekintetében

[11] Bacsa-Bán Anetta (2022): *Hozzáadott érték: egy felsőoktatási intézmény képzéseiben*. Dunaújváros: DUE Press.

korszakalkotó lehetőségként tekint erre a folyamatra, új, innovatív irányokat teremve a műszaki-informatikai kutatások, valamint azok társadalmi hatásainak elemzésével és a gazdasági bevételszerzési lehetőségek területén. A kitörési pontok egyike a régiós vállalatok zöld iparra (CO<sub>2</sub>-mentes, körkörös gazdasági elven alapuló) történő átállásának támogatása.

*b) Nukleáris fejlesztési cél*

Az egyetem a Magyar Kormány stratégiai partnere, amelynek törvényben rögzített feladata a nukleáris ipar hazai és nemzetközi tudásszolgáltatási platformjának kialakítása, és emellett kiemelt fenntartói elvárás a nukleáris ipar alaptevékenységi szintű (képzési, kutatásfejlesztési és innovációs, valamint a harmadik missziós) támogatása.

*c) Hidrogénstratégia támogatása*

Az egyetem a Magyar Kormány stratégiai partnere a Nemzeti Hidrogénstratégiában meghatározott fejlesztési és képzési célok megvalósítása tekintetében, az ehhez kapcsolódó akciókat azonosítja az IFT a három dimenzióhoz kapcsolódóan.

Az egyetem stratégiai céljaihoz kapcsolódóan a következő időszak főbb irányait a 2021–2026 közötti időszakban hangsúlyosan a nukleáris iparág, a hidrogéntechológia, valamint az ipari zöldtranszformációhoz kapcsolódó igények kielégítése határozza meg.

Az egyetemen az alapképzések, valamint a technikai képzések folyamatos megújuláson mennek keresztül. Az oktatási-képzési dimenzió kiemelten kezeli a korábban már jelzett stratégiai területeken a fejlesztendő képzéseket: a nukleáris területen, a zöldtranszformációs területen, a hidrogéntechológiában. A nukleáris energetika specializáció kialakításával a gépészmérnök BSc-n, a hidrogéntechológiai üzemeltető szakmérnök/szakember szakirányú továbbképzés indításával az egyetem a piaci igényeknek megfelelő fejlesztéseket tervez az elkövetkező időszakban.

**A Dunaújvárosi Egyetem harmadik misszióhoz kötődő stratégiai célok** meghatározó elemei közé tartoznak a társadalmi felelősségvállalás, a társadalmi felzárkóztatás, ennek keretében egyrészt a hátrányos, alulreprezentált helyzetű hallgatói csoportok tanulmányai intézményi támogatása, illetve a nők munkaerő-piaci részvételének, valamint a munka és a magánélet jobb egyensúlyának előmozdítása, rugalmas munkafeltételek előmozdítása, családbarát felsőoktatás infrastrukturális támogatása és társadalmi, környezeti és gazdasági kihívások kezelése, és az élethosszig tartó tanulás képviselője [11].



## Összefoglaló

Megállapíthatjuk, hogy a hidrogén nem csak egy energiahordozó, hanem lehetővé teszi, hogy más energiákat hidrogén formájában tároljanak, ugyanis korunk egyik legnagyobb kihívása az energiatárolás. Az energiatárolás mellett a hidrogén üzemanyagként is kiválóan alkalmazható lenne. Az orosz kőolaj szempontjából a kelet-közép-európai régió kiterjedése történelmi okokból magasabb az EU átlagánál, de a hidrogén üzemanyagként való felhasználása ezt a kiterjedést kitűnően csökkentené. Hazánknak a régiós adottságokat és a várható globális kereslet/kínálati viszonyok figyelembevételével megvan az a potenciálja, hogy Közép-Kelet-Európa egyik legnagyobb energia nagyhatalma legyen, ugyanis a környező országok jelentős része energiahányban szenved. Ezt a tény támasztja alá Palkovics [3]: a hidrogéngazdaság kiépítéséhez a környezetvédelmi és gazdasági potenciál Magyarország számára rendelkezésre áll.

A hidrogén sikeres alkalmazásához a társadalmi elfogadtatása. Még sok kutatás-fejlesztés és a hozzá kapcsolódó oktatás szükséges. Cél olyan tudományos, technológiai és horizontális kompetenciák együttes kiépítése, amelyek megalapozzák az új hidrogéntechnológiák kifejlesztését. A Dunaújvárosi Egyetem 2016–2021 között folytatott kutatásfejlesztési portfóliója jól illeszkedik a megfogalmazott hidrogénstratégiai irányokhoz, célokhoz. Ugyanis az atomenergetika mellett a hidrogénelőállítás/-felhasználás technológiai lehetőségeinek megteremtése is kiemelt helyet foglalt el az egyetem kutatásfejlesztési stratégiájában.

A hidrogéntechnológiai kutatások, a hidrogén termelési, tárolási, felhasználási folyamatok fejlesztése, az üvegházhatású gázok kiváltása az ipari folyamatokban. Ezek az új technológiák a társadalmi gondolkodás, szemléletformálás és képzési struktúra átformálását is magukban rejtik, így az egyetemen működő társadalomtudományi kutatócsoportok ezek társadalmi hatásait és következményeit, logisztikai problémakörét kívánják feltárni, míg a modern tanárképzés terén pedig VR/AR laborparkkal a szimulációs technikák megteremtését tűzi ki célul, ezzel is elősegítve a jövő diákjainak oktatását végző tanárok kompatibilis tudásának előmozdítását [11].

[3] *A hidrogénnek jelentős szerepe lesz a dekarbonizációban.* Link: <https://kormany.hu/hirek/a-hidrogennek-jelentos-szerepe-lesz-a-dekarbonizacioban>

[11] Bacsa-Bán Anetta (2022): *Hozzáadott érték: egy felsőoktatási intézmény képzéseiben.* Dunaújváros: DUE Press.

[12] Kővári, A. (2015): Effect of Leakage in Electrohydraulic Servo Systems Based on Complex Nonlinear Mathematical Model and Experimental Results. *ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA*, 12., (3.), Pp. 129–146.

[13] Kővári, A. (2010): Real-Time Modeling of an Electro-hydraulic Servo System. In: *Computational Intelligence in Engineering*. Pp. 301–311.

[14] Kővári, A. (2009): Influence of cylinder leakage on dynamic behavior of electrohydraulic servo system. In: *SISY 2009 - 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*. Pp. 375–379.

[15] Kővári, A. (2009): *Hybrid Current Control Algorithm for Voltage Source Inverters*. In 1st IEEE Eastern European Conference on the Engineering of Computer Based Systems, ECBS-EERC 2009. Pp. 65–70.

[16] Kővári, A. et al. (2004): *The Influence of Inverter Control Algorithm and DC Link Voltage on the Inverter Switching Loss*. In 2004 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). (1–3.), Pp. 590–595.

[17] Farkas, I. et al. (2014): *Wireless Sensor Network Protocol Developed for Microcontroller-based Wireless Sensor Units, and Data Processing with Visualization by LabVIEW*. In 2014 IEEE 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. Pp. 95–98.

[18] Demeter, R. (2020): Digitális szimuláció jelentősége a jövő társadalmát meghatározó mérnökök kompetenciafejlesztésében. *Civil Szemle*. 17., (2.), Pp. 89–101.

A cikkben bemutatott kutatási területek jól illeszthetők az intézmény egyéb kutatási területeihez, mint a mechatronika [12–14], villamos [15, 16] vagy gépész [17, 18] vonatkozásban.

Az egyetem magasan kvalifikált, hidrogéntechológiában jártas munkaerő képzésével segítené elő Dunaujváros és térségének további gazdasági fejlődését, új munkahelyeket, magasabb béreket és stabil piaccgazdasági egyensúlyt teremtené, ami lényegesen befolyásolja Magyarország gazdaságának működési mechanizmusát.

## *A fizika tantárgy helyzete a közoktatásban és a felsőoktatásban, a népszerűsítés lehetőségei*

**Összefoglalás:** Napjainkban a fizika és az egyéb természettudományi tantárgyak oktatása a középiskolákban nehéz helyzetbe került. A közoktatás átalakítása okán csak a megmaradt gimnáziumokban és a műszaki képzési profilú szakgimnáziumokban maradt meg önálló tantárgyként igen alacsony óraszámban. A mérnökképzéshez, de az alapvető természettudományos műveltséghez is elengedhetetlenül fontos ismereteket adó tantárgy ezek mellett nem is túl népszerű a diákok körében. Márpedig a technikai civilizáció korában az alapvető fizikai tudás az általános műveltség része kell hogy legyen, éppen olyan fontos mint a humán műveltség.

A mérnökképzésben szintén gondot okoz a hallgatók alacsony szintű előképzettsége, aminek okai összetettek és alapos elemzést igényelnének.

Egy lehetséges kezelése a problémának a fizika mint tantárgy és tudomány népszerűsítése, megszerettetése. A népszerűsítésnek több formája van. Lehet előadásokat tartani a legérdekesebb témákról mindenki által érthetően, szemléltetve, animálva a jelenségeket. Meg kell mutatni, hogy életünkben mindenhol jelen van a fizika különböző jelenségek formájában, amiket ha pontosan értünk, és meg tudunk magyarázni, akkor tisztábban, komplexebben látjuk a körülöttünk levő világot.

Látványos, izgalmas kísérletek bemutatásával és elmagyarázásával szintén vonzóvá tudjuk tenni a tanórákon száraznak és unalmasnak tűnő törvényeket, kedvet tudunk csinálni a fizikában való elmélyedéshez. A cikk egy a Dunaiújvárosi Egyetemen több éve folyó komplex népszerűsítési programot és annak eredményeit ismerteti.

**Kulcsszavak:** Rendhagyó fizika óra; természettudományi tárgyak; tudomány népszerűsítése.

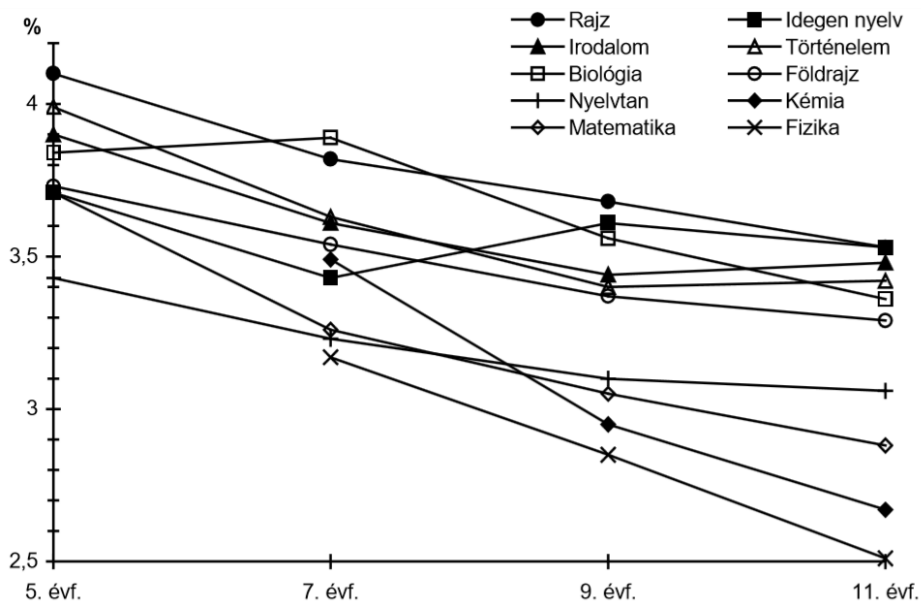
\* Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
Email: hmik@uniduna.hu

[1] Csapó B. (2000):  
A tantárgyakkal  
kapcsolatos attitűdök  
összefüggései.  
*Magyar Pedagógia*.  
100., (3.), Pp. 343–366.

## A természettudományok népszerűségének csökkenése napjainkban

A természettudományos tantárgyak népszerűsége az utóbbi két évtizedben rendkívül alacsonnyá vált. Sajnos évről évre kevesen jelentkeznek az egyetemek fizika, kémia biológia szakjaira. A közoktatásban kialakult tanárihiány is elsősorban a természettudományos tantárgyakat érinti. Az 1. ábrán a különböző tantárgyi attitűdöket látjuk az 5.-től a 11. évfolyamig. Jól látszik, hogy a természettudományos tantárgyak népszerűsége csökken a legnagyobb mértékben, ezeken belül is a fizika a legkevésbé népszerű tantárgy. [1]

1. ábra. A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök átlaga és szórása évfolyamonkénti bontásban [1]



Egy másik felmérésben a tanulók a tantárgyak kedveltségét és hasznosságát értékelték egy 5 fokozatú skálán. (1. táblázat)

*1. táblázat. A különböző tantárgyak kedveltsége és hasznossága egy öt fokozatú skálán a tanulók megítélése szerint [2]*

Tárgynév	„Szeretem”	„Hasznosnak tartom”	Különbség
Történelem	4,10	3,50	0,60
Idegen nyelv	4,05	4,61	-0,56
Magyar nyelv és irodalom	3,98	4,04	-0,06
Rajz	3,60	2,48	1,12
Informatika	3,24	3,70	-0,46
Biológia	3,22	3,40	-0,18
Földrajz	3,19	3,20	-0,01
Etika	3,00	3,88	-0,88
Ének	2,90	2,12	0,78
Kémia	2,77	2,62	0,15
Matematika	2,73	3,68	-0,95
Fizika	2,03	2,89	-0,86

Megvizsgálva a kedveltség és a hasznosság összefüggését, azt látjuk, hogy kető közötti különbség a kedveltség javára inkább azoknál a tárgyknál jelenik meg, amiket jobban szeretnek, mint hasznosnak ítélnék. Ilyen tárgy pl. a történelem és a rajz. Azokat a tantárgyaknál ahol a különbség negatív, hasznosabbnak tartják őket mint amennyire kedvelik. Ilyen tantárgy például a matematika, vagy a fizika. Ezeket a tárgyakat nem igazán szeretik, viszont a gyakorlati életben jól hasznosíthatónak ítélik meg.

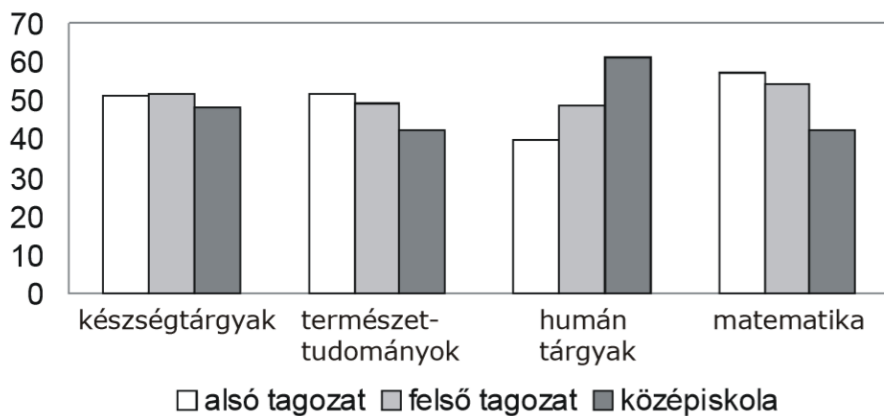
A 3. ábrán a tantárgycsoportok népszerűségének változását látjuk az általános és a középiskolai oktatásban. [3]

[2] Malmos Edina–Chrappán Magdolna: Természettudományos attitűd vizsgálat egy pilotmérés tükrében. *Jövők.* 2016., (4.) ISSN: 1216–3384

[3] Maadadiné Borbély Mária (2010): *A természettudományos oktatásról.* PÉK VIII: Pedagógiai Értékelési Konferencia 2010. április Pp. 16–17.

[3] Maadadiné Borbély Mária (2010): *A természettudományos oktatásról*. PÉK VIII: Pedagógiai Értékelési Konferencia 2010. április Pp. 16–17.

3. ábra. A tantárgycsoportok népszerűségének változása a közoktatásban [3]



A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy:

- a humán tárgyak minden korosztálynál általánosan kedveltek,
- a humán tárgyak kedveltsége idővel nő,
- a kevésbé kedvelt természettudományos tárgyak kedveltsége az idővel csökken,
- a természettudományos tantárgyak kedveltsége alacsonyabb mint a vélt gyakorlati hasznuk.

A fizika tantárgy különösen rosszul szerepelt ezeken a felméréseken. Látható, hogy ez a tantárgy a legkevésbé népszerű, és az oktatásban eltöltött idő múlásával a legnagyobb mértékben csökken a kedveltsége.

Mi ennek az oka? Hogyan lehetséges hogy a 20. és a 21. század talán legtöbb korszakalkotó felfedezését és újdonságát hozó tudomány ennyire népszerűtlen a közoktatásban? Mi az oka annak, hogy a diákok nem szeretnek egy olyan tantárgyat, ami egyrészt a minket körülvevő világot írja le objektív módon természeti törvényekkel, másrészt az élettelen természet legizgalmasabb kérdéseit (is) tárgyalja: pl. relativitáselmélet, kvantummechanika, csillagászat, kozmológia, atomenergia? Olyan tudományterületek ezek, amik alapvetően befolyásolják az emberiség jövőjét világlátását, és minden műszaki tudomány alapja kell hogy legyen a biztos fizikatudás.

## Lehetséges okok

- A tantárgy népszerűsége tekintetében a tanár szerepe, módszertani kultúrája, szaktudása, viselkedésmódja a meghatározóak. A tantárgyak kedveltsége erősen függ attól, hogy azt érdekesnek találják-e a tanulók. Ahhoz hogy egy tantárgyat érdekesnek találjanak, széleskörű módszertani eszköztárat kell használni: pl. kísérletek, animációk, kiscsoportos feladatok, projektmunka. A fizika, az a tantárgy, amit igazán érdekesen és izgalmasan lehet tanítani kísérletek bemutatásával, animációk alkalmazásával, tudománytörténeti érdekességek ismertetésével, kisfilmek vetítésével. Ugyanez természetesen a többi természettudományos tantárgyra is igaz. Sajnos a mai magyar közoktatásban nincs elég idő, pénz és eszköz ahhoz, hogy a tanulók színes érdekes órákon vehessenek részt. [2]
- A tananyag elméleti irányba való eltolódása is oka lehet a fizika népszerűtlenségének. A könnyebb befogadhatóság érdekében szükség lenne a tananyag absztrakciójának és mennyiségének csökkentésére. Kisebb mennyiségű és gyakorlatorientáltabb tananyagot kellene oktatni. A könnyebben befogadható mennyiségű és mélységű anyag megállíthatja a diákok természettudományoktól való eltávolodását.
- A fizika-óraszámok a közoktatásban általában rendkívül alacsonyak. A diákokat nem feltétlenül a magasabb óraszám terheli túl, sokkal inkább az hogy alacsonyabb óraszámokban ugyanazt az anyagot kell a diákoknak elsajátítani, mint korábban magasabb óraszámokban. Így kevesebb idő marad a tanári magyarázatra, a kísérletek bemutatására, fizikatörténeti érdekességekre. [4]
- A természettudományos oktatás paradoxonja  
A fentiekkel kapcsolatban Máth János megfogalmazza a „Természettudományos oktatás paradoxonját:  
„Ráadásul azt láthatjuk, hogy a tudományos elit egy részének reflexei továbbra is az említett, sikertelennek bizonyult logika szerint működnek. Amíg a diákok egyre jobban idegenkednek az elvont, komoly szellemi erőfeszítéseket követelő természettudományos tantárgyaktól, egyre kevésbé tudják és értik a tananyagot, addig sok természettudós – e trend ellen küzdve – a számonkérés szigorításában és a követelmények emelésében látja a megoldást, ami csak tovább csökkentené e tárgyak vonzerejét és teljesíthetőségük esélyét.” [5]

[2] Malmos Edina–Chrappán Magdolna: Természettudományos attitűd vizsgálat egy pilotmérés tükrében. *Jövők.* 2016., (4.)  
ISSN: 1216–3384

[4] Radnóti Katalin (2003): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai egy vizsgálat tükrében. *Fizikai Szemle* 2003., (5.), P. 170.

[5] Máth János: A természettudományos oktatás válsága. *A Magyar Tehetségsegítő Szervezetek Szövetsége (MATEHETSZ) kiadványsorozata Géniusz műhely 1.* ISSN 2064-5449



## A fizika népszerűsítésének lehetőségei

A fizika tantárgy nehézségei, az egyre csökkenő népszerűsége és az általánosan alacsony szintű fizikai ismeretek az egyetemeken mérnöki szakjainak alapozásánál csapódnak le. Nagyon nehéz a mérnökképzéshez szükséges fizikai ismereteket az alacsony előképzettségű hallgatókkal elsajátíttatni az egyetemeken, szintén nem túl magas óraszámokban.

Érzékelve a problémákat, a Dunaújvárosi Egyetemen elindítottunk egy komplex programot, nagyrészt pályázati segítséggel. Az EFOP-3.4.4-16, pályázat a matematika, az informatika és a természettudományos tantárgyak népszerűsítését segítette a közoktatásban és a felsőoktatásban.

A fizika népszerűsítésére az alábbi programok valósultak meg:

- Rendhagyó fizika órák kísérleti bemutatókkal.
- Animációk, kisfilmek, kísérletek a tanórákon.
- Tudománynépszerűsítő előadások.
- Népszerűsítő kísérleti bemutatók (kutatók éjszakája, Vasasnap).
- Komplex természettudományi verseny.
- Érettségi felkészítő.
- TDK konferencia, tehetséggondozás.

## Rendhagyó fizika órák

A rendhagyó fizika órákat elsősorban középiskolásoknak tartottuk. A város középiskoláiból előre egyeztetett időpontban jöttek el az egyetemre osztályok egy-egy 45 perces kísérleti bemutató órára. A tematikus bemutatókon egy-egy témakör legérdekesebb leglátványosabb kísérleteit láthatták a diákok, a bemutatott fizikai jelenségek elméleti hátterének magyarázatával. (4. ábra)

**4. ábra. Rendhagyó fizika óra középiskolásoknak**



A bemutatókat az alábbi négy témakörben tartottuk:

- Folyadékok és gázok mechanikája.
- Hőtan.
- Elektromosság, mágnesség.
- Hullámtan és optika.

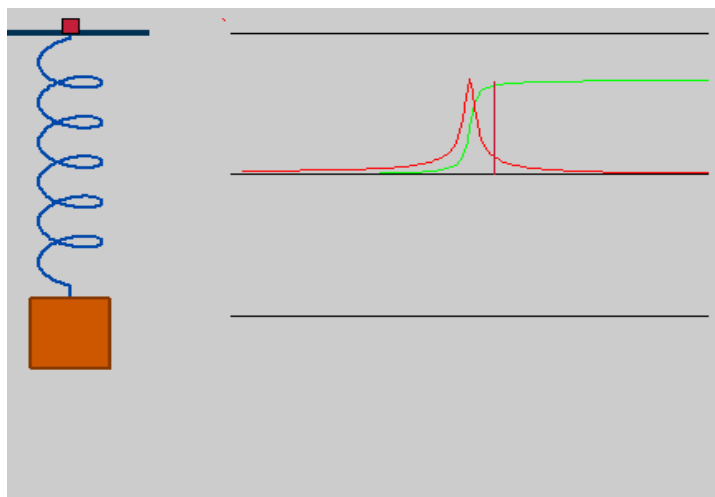
Az EFOP 3.4.3. pályázat segítségével a fizika kísérleti bemutató eszközparkot sikerült olyan szintre fejleszteni, hogy mind a négy témakörben valóban érdekes és látványos kísérleteket tudtunk bemutatni. A diákok rendkívül élvezték az órákat, minden esetben megtapsolva az előadót.

## Animációk, kisfilmek az órákon

A fizika oktatásában a szemléltetésre még sajnos nem használunk ki mindent. Az informatika és az internet olyan ingyenes lehetőségeket biztosít a kísérletek bemutatására, animációkra, amik 15–20 évvel ezelőtt még nem, vagy csak korlátozottan álltak a fizikatanár rendelkezésére a tanórákon. Ma már szinte minden fizikai jelenségről találunk olyan bemutató videót, vagy interaktív animációt, ami megkönnyíti a tanár feladatát, és különösebb előkészületek nélkül is érdekessé tudja tenni a fizika órát. (5. ábra)

A tananyagot természetesen saját készítésű animációkkal is színesíteni lehet.

5. ábra. Kényszerített rezgés animációja (Jkrieger)



## Tudományszerűsítő előadások

A tudományszerűsítő előadások az adott tudományág egy-egy izgalmas eredményét vagy területét mutatják be a hallgatóság számára érthető és élvezhető módon, de tudományos igényességgel. Ahhoz hogy ezek az előadások sikeresek legyenek, az előadónak meg kell találni azt a stílust, nyelvezetet és szakmai szintet amelynél a hallgatóság megérti, ugyanakkor élvezi is a kísérletekkel, vagy videókkal színesített előadásokat.

Ilyen előadások rendszeresen elhangzottak a Nyitott Egyetem rendezésében, illetve a város középiskolás diákjainak tanórán kívüli szervezésben. A Nyitott Egyetem a Dunaújvárosi Egyetem társadalmi szerepvállalásának egyik programja. Ezekon a rendezvényeken a város lakói és minden érdeklődő részt vehet. A tudomány népszerűsítő előadások tematikus csoportosításban (pl. műszaki, természettudományos) kerülnek megrendezésre. A tapasztalatok szerint az előadásokon általában 35–40 érdeklődő szokott megjelenni, a visszajelzések minden esetben pozitívak. Ezeknek az rendezvényeknek a célja egyrészt hogy erősítse az egyetem és a város kapcsolatát, másrészt az, hogy közelebb hozza a tudomány eredményeit az érdeklődő és nyitott civil lakossághoz.

## Népszerűsítő kísérleti bemutatók

A fizika tudományát népszerűsítő bemutatók szintén rendszeresen megrendezésre kerülnek különböző városi, vagy egyetemi eseményeken. Ezekon a bemutatókon 6–8 olyan látványos érdekes kísérletet mutatunk be, amik minden jelenlevőnek lekötik a figyelmét és amellett hogy egy-egy fizikai jelenséget szemléltetnek, rendkívül szórakoztatók. Az élményközpontú bemutatók izgalmas kísérletei mellett mindig igyekszünk a jeleség fizikáját is elmagyarázni.

Ilyen egyetemi rendezvény pl. a Kutatók Éjszakája (6. ábra), városi rendezvény a Mobilitási Nap, illetve Dunaferr rendezvény a Vasasnap (7. ábra).

6. ábra. Kutatók Éjszakája plakát

## Győzzük le a gravitációt!



*7. ábra. Kísérleti bemutató a Vasasnapon*



## Komplex természettudományi verseny

Az EFOP 3.4.4. pályázat támogatásával komplex természettudományi versenyt rendeztünk 4 éven keresztül évente általános iskolásoknak és középiskolásoknak. A versenyen három tagú csapatok indulhattak, általában 13–15 iskola vett részt mind az általános, mind a középiskolák részéről. A versenyen a matematika, fizika és a kémia témaköreiből voltak kreativitást igénylő érdekes feladatok. A pályázat jóvoltából egy-egy versenyen 300e Ft értékben tudtuk jutalmazni a résztvevőket. Amellett hogy az első három helyezett értékes ajándékokat kapott, minden résztvevőt megjutalmaztunk. A verseny résztvevői szintén pozitív visszajelzéseket küldtek.

## Érettségi felkészítő

A Dunaújvárosi Egyetemen szintén az EFOP 3.4.4. pályázat segítségével évente szervezünk érettségi felkészítőt matematikából és fizikából. Fizikából az elmúlt két évben intenzív 120 órás emelt szintű érettségi felkészítőt tartunk. A tanfolyam teljesen ingyenes a résztvevőknek. A visszajelzések itt is pozitívak: a tanfolyamra rendszeresen eljáró és tanuló diákokat rendszerint felvették az első helyen megjelölt felsőoktatási intézménybe.

## Tehetséggondozás

A Dunaújvárosi Egyetem egyik fontos feladata a tehetséggondozás. Ennek egyik fóruma a Tudományos Diákköri mozgalom. Az évente megrendezett TDK-konferencia elsősorban az egyetemi hallgatók kutató munkáját bemutató fórum és verseny, de az utóbbi években ezeken a konferenciákon és a Tehetség napokon teret adtunk a tehetséges középiskolás diákoknak is. A tehetséges középiskolás diákokat ha nem is rendszeresen, de évek óta alkalomszerűen segítik a Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék oktatói.

A közös munka eredményeképpen két általunk mentorált diák is kijutott a magyar csapat tagjaként az Ifjú Kutatók Nemzetközi konferenciájára: 2005-ben Katowicébe: Öry László, 2013-ban Bali: Szűcs Bontond, aki a saját maga által tervezett és épített szélcsatornával a Kísérleti fizika szekcióban ezüstérmet nyert. (8. ábra)

**8. ábra. A magyar csapat tagjai a Balin megrendezett Ifjú Kutatók Nemzetközi Konferenciáján**



## Konklúzió

Napjainkban a természettudományos tantárgyak a közoktatásban a általánosan alacsony óraszámokat kapnak. A fizika mint önálló tantárgy sok intézményben meg is szűnt, helyette a komplex természettudományt tanulják a diákok. Mindezek mellett sajnos a tantárgy népszerűsége sincs magas szinten: a mérések szerint a legkevésbé kedvelt tantárgyak egyike a fizika. Ez a probléma amellett hogy az általános természettudományos műveltség alacsony szintű, többek között az egyetemeken mérnök képzéseiben érezteti a hatását.

A mérnök szakokon a szintén alacsony óraszám és a gyenge előképzettség miatt nagyon nehéz a hallgatókat a Képzési és Kimeneti Követelmények által meghatározott szintre hozni, és ez a későbbi szaktárgyak eredményein is érződik.

Ahhoz hogy a helyzet javuljon, több változásra lenne szükség. Amit megtehetünk a tantervek átírása és az óraszámok emelése nélkül, az a tantárgy népszerűsítése. A népszerűsítésnek több módja van. A Dunaújvárosi Egyetemen megvalósított programok mindegyike hasznosnak és hatásosnak bizonyult. A rendhagyó fizika órákon, és a kísérleti bemutatókon és egyéb programokon résztvevő hallgatók tapasztalhatták, hogy a fizika nem száraz és unalmas tudomány, hanem kimondottan érdekes, izgalmas, és jó dolog érteni a bennünket körülvevő természet törvényeit.



## *A klímavédelem feladatai Dunaújvárosban*

**Összefoglalás:** Az üvegházhatású gázok és a légszennyező anyagok nagymértékű kibocsátása a világon és így Dunaújvárosban is jelentősen hozzájárul a klímaváltozáshoz [1]. Évről évre növekszik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása, például mint a szén-dioxid, szén-monoxid, amellet légszennyező szilárd poroké is. A város legjelentősebb nagyüzeme eddig nem tette meg a szükséges fejlesztéseket a légszennyező anyagok kibocsátásának csökkentéséért, bár jelenleg szünetel a termelés a gyárban.

A motorizáció növekedésével a közlekedés szintén felelős a légszennyező anyagok kibocsátásáért. A lakossági fűtés, különösen takarékosági okok miatt a vegyestüzelésű kazánok használata, az azokban gyakran nem megfelelő tüzelőanyag elégetése miatt szintén károsan befolyásolja a levegő minőségét és éghajlatunkat is.

Dunaújvárosban, mivel lösztalajra épült a város, a talaj vízháztartására megkülönböztetett figyelmet kell fordítani. Jelen dolgozatban a klímavédelmet szolgáló városi teendőket vázolom fel.

**Kulcsszavak:** Klímavédelem; éghajlatváltozás; üvegházhatást okozó gázok; vízmegtartó képesség.

\* Dunaújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
Email: petrovi@uniduna.hu

[1] EU: *Az éghajlat-  
változás okai*. Link: [https://  
climate.ec.europa.eu/climate-  
change/causes-climate-change\\_hu](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_hu)

[1] EU: *Az éghajlatváltozás okai*. Link: [https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change\\_hu](https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_hu)

[2] Sánta, Róbert (2021): Investigations of the performance of a heat pump with internal heat exchanger. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 146. Paper: 11130. P. 11.

[3] Bošnjaković, Mladen–Katinić, Marko–Sánta, Róbert–Marić, Dejan (2022): Wind Turbine Technology Trends. *APPLIED SCIENCES-BASEL* 12., (17.), Paper: 8653. P. 19.

## Milyen feladatokkal kell szembenézni Dunaújvárosban az éghajlatváltozás ellen és annak lassítására?

Feltétlenül szükséges a légszennyező anyagok és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának mérséklése.

Az EU kitűzött céljai az éghajlatváltozás megakadályozására 2030-ig legalább 55%-kal csökkenteni kell az üvegházhatású gázok kibocsátását. [1]

Dunaújvárosban is radikálisan redukálni szükséges az üvegházhatást okozó gázok emisszióját. Ennek érdekében az iparban technológiai fejlesztésekre van szükség. A közlekedésben alacsony kibocsátású járművek, klímabarát közlekedési módok elterjesztése és használata szintén fontos feladatunk.

A lakossági fűtés során az alacsony kibocsátású környezetbarát és klímabarát fűtési módok használata szükséges. A megújuló energiaforrásokat sokkal nagyobb mértékben kellene alkalmazni [2, 3] Energiatakarékos és energiahatékony berendezések alkalmazására szintén megkülönböztetett figyelmet fordítunk.

## A vízmegtartó képesség növelése, szabályozása

Dunaújvárosban a vízmegtartás érdekében, ahol ez lehetséges, gyűjtjük össze az esővizet, ne engedjük kifolyni a szomszédos telkekre és az utcára. Szárazság idején még hasznos lehet, ha locsolásra használjuk.

A város lösztalajon helyezkedik el, mely a felesleges víz hatására roskad, suvad és megcsúszhat. A város területén több helyen volt már partcsuszamlás. Ezért fontos a csatornára történő rákötés, ahol az műszakilag rendelkezésre áll.



Ahol nincs csatorna, fontos, hogy a zárt szennyvíztároló valóban zárt legyen és rendszeresen el kell szállítani a keletkezett szennyvizet. A lösztalaj védelmében tilos a szikkasztás Dunaújváros egész területén. A hirtelen nagy mennyiségben lezúduló csapadék így is veszélyes a löszpartra. Ezért, ha lehet, fogjuk fel a felesleges esővizet.

### A városi zöldterületek növelése

A zöld növények, fák erdők, kiemelkedően fontos éghajlatvédelmi szereppel bírnak, szén-dioxidot kötnek meg és oxigént bocsátanak ki a fotoszintézisük során. Hatékony védelmet nyújtanak a levegőszennyező anyagok megkötésével és a klímaváltozás hatásainak jelentős csökkentésével. Éghajlatvédelmi szempontból is fontos feladat Dunaújváros zöldterületeinek további növelése, intenzívebbé tétele. Ültessünk fákat, zöld növényeket. A nyári hőségben árnyékot adnak, komfortosabbá teszik életünket.



### Energiatakarékosság, energiahatékonyság

Az üzemeknél és a lakosságnál a klímavédelem szempontjából fontos az energiatakarékos és energiahatékony szemléletmód. Az épületek energiaigénye minimálisra csökkenthető korszerű (passzív-ház, aktívház) építési technológiák, okos rendszerek alkalmazásával, az épületek tájolásával, környezetének alakításával. A házak szigetelése, a nyílászárók cseréje jelentősen javítja a házak hőfizikai állapotát. A lehető legnagyobb arányban helyben termelt megújuló energiaforrásokat célszerű alkalmazni. Fontos cél még a karbonsemlegesség. Új épület kétféle tetővel épülhet: valamilyen megújuló energiát (napelem, nap-

kollektor, szél) is tartalmazó felületként, vagy zöldtetőként. Az új közösségi funkciójú épületek esetében törekedjünk a többletenergia-termelés megvalósítására.



### A környezetkímélő, klímabarát városi közlekedés

Dunaújvárosban a környezetbarát és klímabarát közlekedési módok elterjesztése, népszerűsítése szintén fontos feladat. A gyalogos-, kerékpáros- és közösségi közlekedés legyen elsődleges az autós közlekedés helyett. Ezzel javulhat a levegőminőség és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása. Cél a tiszta energiát használó, zéró emissziós közlekedés kialakítása, a közösségi közlekedési módok ösztönzése, valamint a közlekedési eszközök megosztásra építő szolgáltatások elterjesztése.




## A lakosság alkalmazkodása az éghajlatváltozás hatásaihoz

A lakosságnak alkalmazkodnia szükséges az éghajlatváltozás hatásaihoz és a kibocsátáscsökkentés irányába kell elmozdulni (1. és 2. ábra).

1. ábra. Az alkalmazkodás fogalma

**Az alkalmazkodás és a kibocsátáscsökkentés**

Az alkalmazkodás fogalma	A kibocsátáscsökkentés fogalma	Alkalmazkodás és kibocsátáscsökkentés
<p>Alkalmazkodás alatt az olyan tevékenységeket értjük, amelyekkel csökkentjük az érezhető vagy várható éghajlatváltozással szembeni sérülékenységenket.</p> <p>Az éghajlati veszélyekre, például egy vihar mértékére ritkán gyakorolhatunk azonnali hatást.</p> <p>Ezért az alkalmazkodás a természetes és humán rendszerek igazodása az éghajlat tényleges vagy várható változásaihoz. Mindezt úgy, hogy a kedvezőtlen hatásokat csökkentjük, a kedvezőkből pedig a lehető legnagyobb hasznot húzzuk, hisz az éghajlatváltozásnak lehetnek előnyei is.</p> <p>Extrém példa az alkalmazkodásra a növekvő árvizekkel szemben egy település áthelyezése az árvízveszélyes zónából, vagy életszerűbb példa az ártéri szántókon előntést tűrő erdők, gyümölcsösök művelése.</p>		<p>&lt; &gt;</p>

2. ábra. A kibocsátáscsökkentés fogalma

**Az alkalmazkodás és a kibocsátáscsökkentés**

Az alkalmazkodás fogalma	A kibocsátáscsökkentés fogalma	Alkalmazkodás és kibocsátáscsökkentés
	<p>Az éghajlatváltozást fokozó üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentését idegen szóval mitigációnak is nevezik a szakterminológiában.</p> <p>Mitigáció alatt az olyan tevékenységeket értjük, amelyekkel az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkenthetjük vagy az azok megkötésére és tárolására alkalmas élőhelyeket erősítjük.</p> <p>Az alkalmazkodás mellett ez az éghajlatvédelem legfontosabb eszköze.</p>	

Navigation icons: left arrow, up arrow, right arrow

Az éghajlati szélsőségek miatt egyre gyakoribb hőhullámok idején hőségriadókor a megfelelő és időben történő tájékoztatás, a korai figyelmeztetés és egyéb alkalmazkodási intézkedések nagy segítséget jelentenek.

A közintézmények légkondicionált helyiségeinek megnyitása, az ingyenes vízosztás, párapapucs működtetése, a munkaidő lerövidítése segítséget nyújt a lakosságnak a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban.

A természetalapú alkalmazkodás (például a természetes árterületek helyreállítása, a városi zöld felületek növelése a hűtés érdekében) az elsődleges alkalmazkodási funkcióik mellett többféle előnnyel járnak: megőrzik és javítják a természetes szén-dioxid-elnyelőként működő növényzet állapotát, helyreállítják az ökoszisztémákat és az általuk nyújtott szolgáltatásokat, megőrzik a biodiverzitást, és gyakran hatékonyabbak és olcsóbbak, mint a műszaki megoldások.

Minél több zöld növény, fa ültetése, erdősítés; az épületeken a zöldtetők alkalmazása szintén segítik az alkalmazkodást.

## Összefoglalás

Jelen dolgozatban ismertetem a Dunaújvárosban előforduló üvegházhatást okozó gázok légszennyező anyagok hatásait, javaslatokat tettem azok jelentős mérséklésére úgy az iparban, mint a közlekedésben és a háztartásokban.

Ismertettem a települési vízmegtartó intézkedéseket.

Kitértem a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás, a zöldnövényesítés, fásítás, erdősítés, valamint a környezeti nevelés fontosságára is.

Az éghajlatváltozással és a klímavédelemmel kapcsolatban előremutatást nyújt Dunaújváros 2022-ben elkészült helyi klímastratégiája. [4]

[4] *Dunaújváros  
Megyei Jogú Város  
helyi klímastratégiája.*  
(2022)





## *A levegőszennyezés és a füstköd helyzetek összefüggései Dunaújvárosban*

**Összefoglalás:** Dunaújváros levegőjének minőségét jelenleg a Fejér Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztálya folyamatosan méri a Köztársaság út 14. szám alatti automatikus mérőállomás segítségével. A mérések során kapott adatokat Dunaújváros MJV Polgármesteri Hivatalának környezetvédelmi szakemberei rendszeresen gyűjtik, elemzik, grafikonon ábrázolják és tájékoztatót készít a lakosság részére. A levegőben lévő  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  szálló por,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$  és a benzol koncentrációját mérik, és összehasonlítják az egészségügyi határértékekkel. A szálló por magas koncentrációja a városban időnként szmoghelyzetet idéz elő, melynek legfőbb okozója a kohászat, vas- és acélgyártás, kocszgyártás, ritkábban a közlekedés és a lakossági fűtés. [1], [2], [3]

**Kulcsszavak:** Dunaújváros levegőminősége;  $PM_{10}$ ;  $SO_2$ ;  $NO_2$ ;  $CO$ ;  $O_3$ ; benzol; szmoghelyzet.

### Dunaújváros levegőminősége

Míg Magyarország és Európa városainak többségében a levegőszennyezés legfőbb oka a közlekedés, Dunaújvárosban még mindig meghatározó az ipari eredetű légszennyezés hatása, hiszen Dunaújváros egy iparváros, ugyanakkor a közlekedési eredetű levegőszennyezés hatása szintén érezhető.

Hazánkban a levegőminőség mérését, értékelését az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) végzi. A hálózat alapvetően két részből áll. Az automata állomások folyamatos mérést végeznek, melyek a légszennyező komponensek széles körét ölelik fel. A manuális hálózat (RIV) pontjain gyűjtött minták elemzése laboratóriumban történik, és kén-dioxid, nitrogén-dioxid (kivételes helyeken ülepedő por) összetevőkre korlátozódik,

\* Dunaújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet  
Email: petrovi@uniduna.hu

[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.

[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.

de Dunaújvárosban jelenleg csak nitrogéndioxid-koncentráció mérés történik. A levegő szennyezettségének mérését Dunaújvárosban a Köztársaság út 14. szám alatt a Dózsa György Általános Iskola udvarán lévő automata konténerállomás, valamint a város három pontján (*Papírgyári út, Lajos király körút, Városháza tér*) elhelyezett manuális mintavevő rendszer segítségével mérik. [1], [2], [3]

Bár az automata mérőállomás a *kén-dioxid* és a *nitrogén-dioxid* mellett egyéb fontos levegőminőségi paramétereket, így a *nitrogén-oxid*, a *szén-monoxid*, az *ózon*, a *szálló por* (PM<sub>10</sub> és PM<sub>2,5</sub>) és a benzol koncentrációját is méri, mégis a levegőtisztaság-védelmi intézkedések előkészítését és eredményességének megítélését megnehezíti, hogy a jelenlegi levegőminőségi mérőhálózat hiányos, kevés a mérési pont, illetve a rendszer több fontos légszennyezettségi paramétert nem mér. Így többek között nem méri a levegő *ólom*- és a *higany* szennyezettségét, a levegőben lévő rákkeltő anyagokat – köztük az *arzént*, a *dioxinokat*, a *nikkelt*, a *krómot* és a *kadmiumot* –, valamint az ülepedő por *ólom*-, *kadmium*- és *fluorid*tartalmát. Mivel az állomás „hatásterülete” a domborzattól és a környék beépítettségétől függően csak néhány, 2–5 km<sup>2</sup>, így egyetlen állomás adataiból nem lehet általános következtetéseket, megállapításokat levonni egy teljes településre vonatkozóan, így minden alábbiakban olvasható kiértékelés csupán tájékoztató jellegű. [1], [2], [3]

A légszennyezettség egészségügyi határértékeit, a kisméretű szálló porra (PM<sub>10</sub>-re) vonatkozó, szmogriadó elrendelésére lehetőséget adó tájékoztatási- és riasztási küszöbértékeket és az ezzel kapcsolatos tennivalókat a levegőterheltségi szint határértékeiről és a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 4/2011. (I. 14.) VM rendelet szabályozza.

A tájékoztatási és a riasztási küszöbértékek túllépése esetén az önkormányzat a füstködriadó tájékoztatásról szóló tervben foglaltak szerint a helyi médiák segítségével, valamint a város hivatalos honlapján ([www.dunaujvaros.hu](http://www.dunaujvaros.hu)) tájékoztatja a lakosságot. 2020. évben nem volt szükség a lakosság tájékoztatására. 2021. évben 1 alkalommal volt szükség a lakosság tájékoztatására. Ekkor a PM<sub>10</sub> szálló por 24 órás átlagkoncentrációja (2021. február 25-én 87 µg/m<sup>3</sup> és 2021. február 26-án 92 µg/m<sup>3</sup>) meghaladta a tájékoztatási küszöbértéket (75 µg/m<sup>3</sup>), de nem érte el a riasztási küszöbértéket (100 µg/m<sup>3</sup>).

A hivatalos, légszennyezettségi index alapján történő levegőminőségi értékelést az OMSZ Levegőtisztaság-védelmi Referencia Központban működő Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat adja meg az egész országra és köztük Dunaújvárosra is.

A város levegőminőségének összesített értékelését egy 5-fokozatú skálán adják meg, melynél az 1-es a „kiváló”, az 5-ös az „erősen szennyezett” levegőt jelöli. [1], [2], [3]

## Dunaújváros levegőminősége a légszennyezettségi index alapján

1. táblázat

Év	Légszennyezettségi index								Összesített (a legmagasabb indexű komponens alján)
	SO <sub>2</sub> kén- dioxid	NO <sub>2</sub> nitrogén- dioxid	NO <sub>x</sub> nitrogén- oxid	PM <sub>10</sub> szálló por	PM <sub>2,5</sub> szálló por	CO szén- monoxid	O <sub>3</sub> <sup>1</sup> ózon	Benzol	
2017.	Kiváló (1)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)
2018.	Kiváló (1)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)
2019.	Kiváló (1)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)
2020.	Kiváló (1)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Jó (2)	Kiváló (1)	Kiváló (1)	Kiváló (1)	Jó (2)
2021.	Kiváló (1)	Jó (2)	Kiváló (1)	Jó (2)	Jó (2)	Kiváló (1)	Kiváló (1)	Kiváló (1)	Jó (2)

A 90%-os adatrendelkezésre állás kritériumát teljesítő adatokat vastag betűvel jelöltük.

18 órás futó átlag napi maximumainak átlaga, egy naptári éven belül.

A város légszennyezettségi indexe 2011. évben még „megfelelő” (3) minősítést kapott, 2012. évtől kezdődően pedig évek óta változatlanul „jó” (2) minősítésű, mivel a levegőben mért légszennyező komponensek levegőben mért koncentrációi „kiváló” (1), vagy „jó” (2) minősítésűek voltak. [1], [2], [3]

[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.

[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.

## A szálló por ( $PM_{10}$ ) koncentrációja Dunaújvárosban

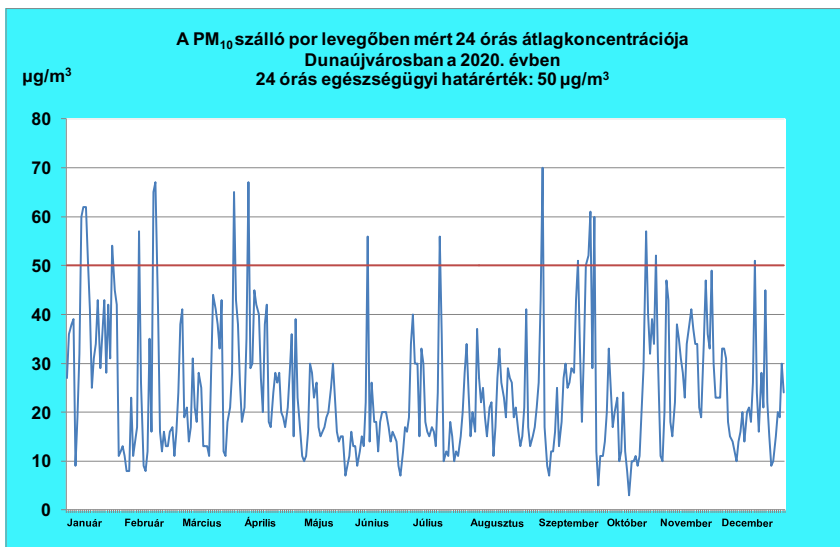
Dunaújvárosban a levegő minőségének problémáit és a füstköd-helyzeteket elsősorban a  $PM_{10}$  szálló por magas, időnkénti magas, határérték feletti koncentrációi okozzák. A szálló por ( $PM_{10}$ ) *órás értékeire a 4/2011. (I. 14.) VM rendelet 1. számú melléklete* nem állapít meg külön határértéket, így túllépésük mértéke sem vizsgálható. A legmagasabb 24 órás értékek minden évben túllépték az egészségügyi határértéket ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mely egy naptári év alatt 35-nél többször nem léphető túl). 2020. évben 22 alkalommal, 2021-ben 12 alkalommal, 2022. novemberéig pedig 7 alkalommal történt egészségügyi határérték-túllépés. Az éves értékeket tekintve eddig nem történt határérték-túllépés ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) egyik évben sem. A  $10 \mu\text{m}$  szemcseméret alatti szálló por ( $PM_{10}$ ) koncentrációja a füstköd-riadó elrendelésére vonatkozó tájékoztatási küszöbértéket ( $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  két egymást követő napon) 2020. évben 1 alkalommal lépte túl, emiatt a lakosság tájékoztatása nem volt szükséges. 2021-ben pedig 4 alkalommal történt túllépés, melyek közül 1 alkalom két egymást követő napon volt. Emiatt a lakosság tájékoztatása megtörtént.

A szálló por *24 órás koncentrációja* a riasztási küszöbértéket ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 2020. és 2021. évben sem lépte túl. Így a lakosság tájékoztatása mellett a riasztási fokozat kiadására, valamint korlátozó intézkedések bevezetésére nem volt szükség.

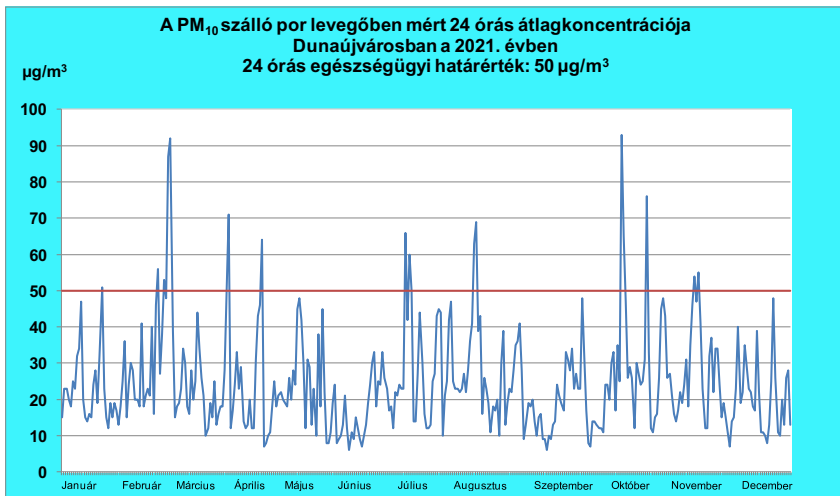
A *24 órás átlagkoncentrációk* 2020-ban 3 és  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2021. évben 6 és  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2022 novemberéig pedig 5 és  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  között ingadoztak. A szálló por ( $PM_{10}$ ) adatait tekintve Dunaújváros levegőjének minősége 2021. évben az *éves átlagok* alapján „jó”.

A 1–3. számú ábrák a  $PM_{10}$  szálló por 24 órás átlagkoncentrációit mutatják be 2020-tól 2022-ig. [1], [2], [3]

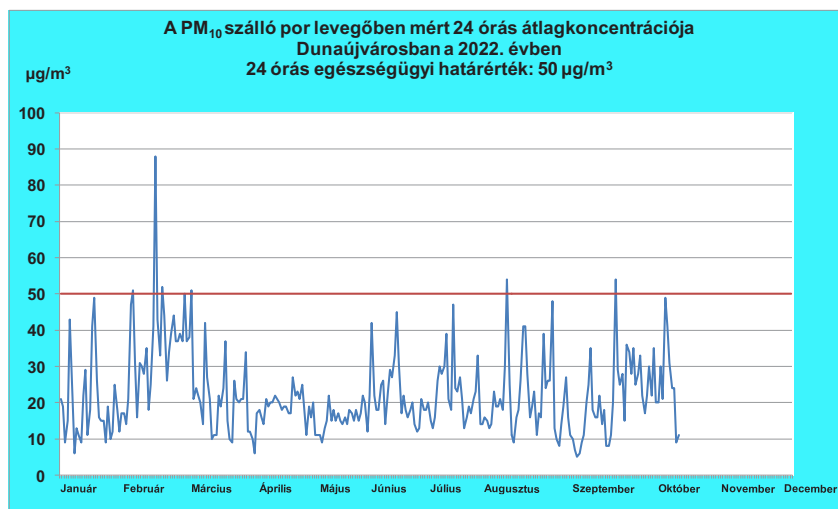
1. ábra. A  $PM_{10}$  szálló por 24 órás átlagkoncentrációja 2020. évben



2. ábra. A  $PM_{10}$  szálló por 24 órás átlagkoncentrációja 2021. évben

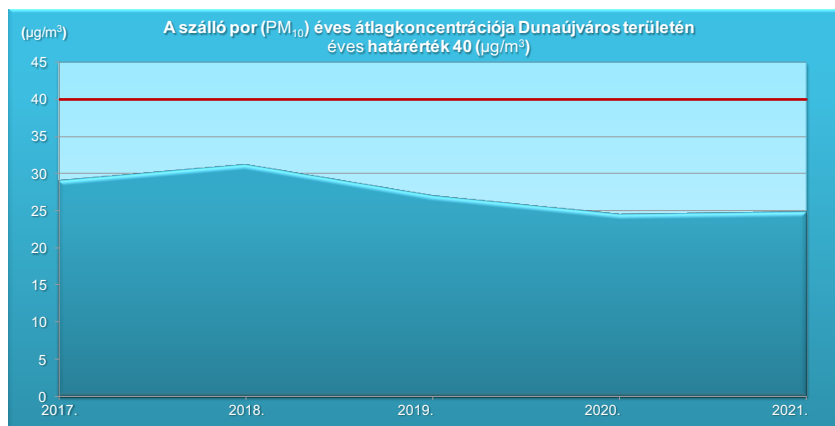


3. ábra. A  $PM_{10}$  szálló por 24 órás átlagkoncentrációja 2022. évben



A  $PM_{10}$  szálló por éves átlagkoncentrációi 2017-től 2021-ig vizsgálva  $24,5$  és  $31,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  között voltak, a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  éves egészségügyi határértéknek 61–78%-a körül alakultak. A mért átlagértékek 2019. óta enyhén csökkenő tendenciát mutatnak. Az éves átlagkoncentrációkat a 4. ábra mutatja be.

4. ábra. A  $PM_{10}$  szálló por éves átlagkoncentrációja 2017-től 2021-ig



## A füstköd (szmog) tájékoztatási és riasztási küszöbértékeinek túllépései szálló por (PM<sub>10</sub>) légszennyezőnél Dunaújvárosban

Az alábbi táblázatban a füstköd-helyzetre (szmog) vonatkozó tájékoztatási és riasztási küszöbérték-túllépések Dunaújvárosban bekövetkezett eseteit foglaltuk össze 2017. évtől 2021-ig. [1], [2], [3]

### A szálló por PM<sub>10</sub> tájékoztatási és riasztási küszöbérték túllépései Dunaújvárosban

2. táblázat

Dátum	Koncentráció (µg/m <sup>3</sup> )	Határértékhez viszonyítás
2017. 01. 20.	81,4	Tájékoztatási küszöbérték átlépés
2017. 01. 22.	152,6	Riasztási küszöbérték átlépés
2017. 01. 23.	90,5	Tájékoztatási küszöbérték átlépés
2017. 01. 24.	78,3	
2017. 01. 29.	88,8	
2017. 01. 30.	79,4	
2018. 10. 18.	80,0	
2018. 10. 19.	75,5	
2019. 10. 24.	89,5	Tájékoztatási küszöbérték átlépés
2019. 10. 25.	76,1	
2021. 02. 25.	87,0	Tájékoztatási küszöbérték átlépés
2021. 02. 26.	92,0	

2017. évben január végén egy hétig tartó szmoghelyzet volt. 2018-ban az első, két 24 órán keresztül tartó tájékoztatási küszöbérték-átlépést 2018. október 18–19-én mérték. 2019-ben szintén két egymást követő napon történt túllépés. 2020. évben nem kellett lakossági tájékoztatást kiadni. 2021. évben egy alkalommal volt szükség a lakosság tájékoztatására, amit a Fejér Megyei Kormányhivatal felhívása alapján azonnal megtettünk. Ez a szmoghelyzet – hasonló módon, mint a többi is – országos jelenség volt. Ezekben az időszakokban az ország összes nagyobb városában a lakosság tájékoztatását, és/vagy füstköd-riadót kellett elrendelni. [1], [2], [3]

[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.



[1] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2020): *Környezetvédelmi Nyilatkozat a 2019. évről – Dunaújváros Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. Pp. 70.

[2] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2021): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 112.

[3] Angerer Ildikó–Tóth Tamás–Szántó Krisztina–Tóth László (2022): *Tájékoztató Dunaújváros Megyei Jogú Város Környezeti Állapotáról*. Dunaújváros MJV Önkormányzata. P. 80.

[4] Sánta, Róbert (2021): Investigations of the performance of a heat pump with internal heat exchanger. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 146., P. 11.

## Összefoglalás

„Ugyan 2021. február vége óta Dunaújvárosban nem fordult elő szmoghelyzet, a levegő minőségének jelentős és tartós javulásához a vasműben és a koksizóban jelentős levegőtisztaság-védelmi beruházások és a gyártási technológia modernizálása szükséges.” Az egyre növekvő mértékű üvegházhatást okozó gázok (CO<sub>2</sub>, CO) de ezek mellett az aeroszolok, porok (PM<sub>10</sub>) kibocsátását jelentősen csökkenteni kell a klímaváltozás és a levegőszennyezés csökkentése érdekében. „Bár a most fennálló felszámolási eljárás miatt a termelés jelenleg a gyártókapacitás töredékét teszi ki a vasműben, a cég további működése környezetvédelmi szempontból csak abban az esetben célszerű, ha a légszennyezőanyag-emissziót, elsősorban a porkibocsátást a határérték alá csökkentik.” Előnyben kell részesíteni a környezetkímélő közlekedési módokat (tömegközlekedés, gyalogolás, kerékpáros közlekedés). [1], [2], [3]

A lakossági fűtésnél a környezetkímélő megoldásokat kell alkalmazni, főként a megújuló energiaforrások [4] használatának elterjesztésével. „Fontos, hogy a kerti hulladékot ne égesse el a lakosság, helyette inkább komposztálják el.” Így a megfelelő idő után értékes termőtalajhoz lehet jutni.

A városi levegőminőség javítását szolgálja a zöldterületek fokozott növelése is. [1], [2], [3]

# *Galéria*

*Duma Bálint fotói*



