

Intelligens és környezetbarát viselkedési sorompó a halak vízkivételi művekbe történő bejutásának megakadályozására

Intelligent and environmentally friendly behavioral barrier to restrict fish access to water intake

**BARTHA Csaba¹, Dr. TÓKOS Attila¹, Dr. CÎRCIMARU Gabriela²,
LINGVAY Mónika³, BARTHA Áron^{1,4}**

¹ Research-Development Institute for Environmental Protection Technologies and Equipment – ICPE Bistrița SA,
Str. Parcului, Nr. 7, 420035, Bistrița, BN-RO, Fax: +40 263 210938, <https://www.icpebn.ro>
csaba.bartha@icpebn.ro

² INC DIE ICPE-CA, Splaiul Unirii nr. 313, sector 3. București www.icpe-ca.ro
E-mail: gabrielaoprina@yahoo.com

³ Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó,
Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, H-4400 Nyíregyháza, Kótaji út 9–11, <https://mati.nye.hu/hu>
E-mail: lingvay.monika@nye.hu

⁴ Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, <https://www.ubbcluj.ro/>

Abstract

The designed behavioral barrier ensures the expulsion of fish from the dangerous area thanks to the synergistic effect of 3 stress-generating stimuli (light, sound and/or bubble curtain). The signal disturbing generators of the stress stimulators are started and the intensity of the signals is adjusted automatically - with a PLC and the dedicated software installed on it - depending on the type of fish detected by a video camera and the maximum sensitivity values preset for the detected species. By connecting the PLC to the SCADA system, the behavioral barrier serving to protect fish can be monitored and controlled remotely.

Key words: fish, behavioral barrier, stressors, water intake plant, automation, SCADA

Összefoglaló

A tervezett viselkedési sorompó 3 stresszt generáló inger (fény, hang és/vagy buborékfüggöny) szinergiás hatásának köszönhetően biztosítja a halak kiűzését a veszélyes területről. A stresszingerek jelgenerátora-inak indítása és a zavaró jelek intenzitásának beállítása automatikusan történik - egy PLC és a rá telepített dedikált szoftver segítségével - egy videokamera által detektált halak fajtájától, valamint a detektált fajra előre beállított maximális érzékenységi értékektől függően. A PLC, SCADA rendszerhez való csatlakoztatásával a halak védelmét szolgáló viselkedési sorompó távolról is felügyelhető és vezérelhető.

Kulcsszavak: halak, viselkedési sorompó, stresszingerek, vízkivételi mű, automatizálás, SCADA

1. BEVEZETÉS

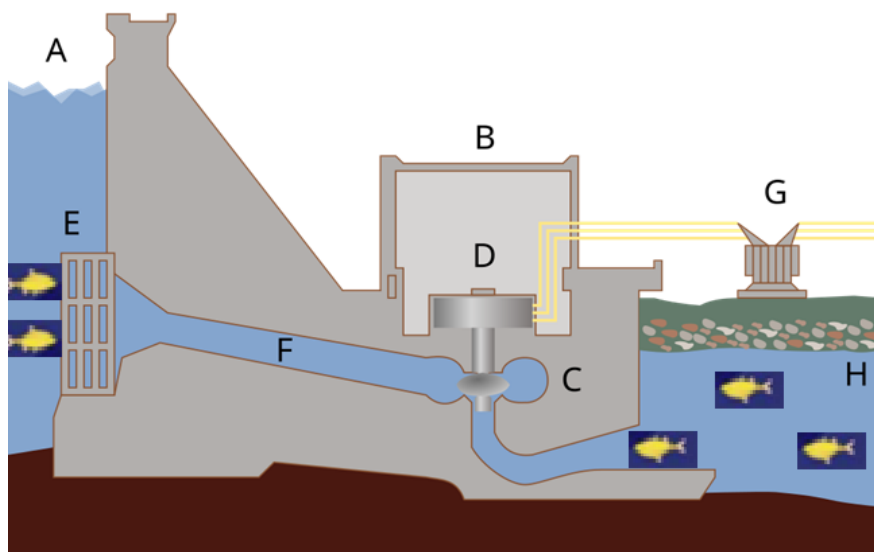
A technológiai fejlődés számos olyan helyzetet teremt, amelyekben a társadalom fejlődése ütközik a környezeti fenntarthatósággal és a biológiai sokféleség megőrzésével. Tipikus példa erre a felszíni vizek különféle célokra történő felhasználása (ipari víz, ivóvíz, energiatermelés stb.). Általában a gazdasági és társadalmi tevékenységek céljából a folyómedrek gyakran átalakításokon mennek keresztül (vízerőművek, vízkivételi műtárgyak stb.), ami a vízi élővilág (különösen a halpopulációk) megzavarásához, sőt egyes fajok eltűnéséhez vezet [1-3]. Ilyen helyzetekben a biológiai sokféleség megőrzése érdekében technikai megoldásokat kell alkalmazni a vízi élővilág védelme érdekében [4].

A felszíni vizekben élő halak természetes vándorlását a vízierőművek megakadályozzák. (1. és 2. ábra) A turbinába jutó halak megsemmisülnek, de megrongálhatják a turbinát is. Ennek elkerülésének érdekében a vízbevezetések és kivezetések megfelelően méretezett rácsokkal / szitákkal látják el. Teljes védelmet csak a sűrű hálók biztosítanak. Minél sűrűbb egy háló, adott vízhozamnál, annál nagyobb a hidraulikus ellenállása és a nyomáscsökkenés. Ez rontja az energetikai hatásfokot. A sűrű fémhálók / szűrők egyrészt aránylag drágák,

másrészt időben korrodálódnak és eldugulnak. Hasonló a helyzet a különböző technológiai célú vízkivételi műtárgyak esetében is, amikor a vízszivattyúba jutó halak elpusztulnak és károsítják a szivattyúkat.



1. ábra. Egy vízerőmű tipikus képe - az Ikervári vízerőmű



2. ábra. Egy vízierőmű elvi vázlata

A – víztározó; B – gépház; C – vízturbina; D – áramgenerátor; E – rácsos vízbevezetés;
F – vízcsatorna; G – villamos távvezeték; H – folyó

Az antropogén akadályok (gátak, bukógátak, vízkivételi műtárgyak, stb.) jelenlétében a halak vándorlásának kezelése komoly kihívást jelent a vízi biodiverzitás megőrzése szempontjából. Az elmúlt évtizedekben a viselkedési sorompók rugalmas alternatívát jelentenek a hagyományos struktúrákkal szemben, lehetővé téve a halak terelését az élőhelyek feldarabolódása nélkül. Ezek érzékszervi ingerek [5, 6] (fény [7-9], akusztikus [10-12], elektromos [13-15], kémiai [16], hidrodinamikai [17, 18] stb.) generálásával működnek, amelyek elkerülő vagy átirányító válaszokat váltanak ki. A halak terelésére használt viselkedési akadályok [19, 20] olyan ingereket bocsátanak ki, amelyek biztonságos útvonalakra terelik a halakat, vagy elriasztják őket a veszélyes területekre való belépéstől. A halak különböző ingerekre adott válasza szelektív a fajtától, a mérettől és a fejlődési foktól függően [5-21]. Ez azt is eredményezi, hogy a terepi körülményektől és a kívánt céltól függően fokozott hatékonyságot/védelmet érnek el olyan komplex rendszerek révén, amelyekben egyszerre több inger keletkezik [22]. Általánosságban elmondható, hogy a nem természetbarát, kémiai és feromon, alapú ingerek használata térben és időben korlátozott [16].

Az ingergerjesztés járható utjai valamint a különböző elven működő viselkedési sorompók összehasonlítása az 1. táblázatban vannak bemutatva.

A viselkedési sorompók összehasonlítása

1. táblázat

Sorompó típus / ingerek	Alkalmazási feltételek	Leírás	Előnyök	Hátrányok
Akusztikus	A helyszín akusztikai jellemzői	Vízbe telepített hangszóró meghatározott jellel	Rugalmas – különböző áramlási körülmények; halfaj specifikus frekvencia függvényében	Változó hatásfok; a frekvenciát halfaj szerint kell kiválasztani; drága berendezés.
Buborékfüggöny	Alacsony víz zavarosság, aránylag sekély víz	Sűrített levegő diffúzorokon keresztül	Egyszerű építés; aránylag olcsó; kombinálható más típusú sorompóval	Csak alacsony áramlási sebességeknél alkalmazható
Fényimpulzusok	Adott geometria	Impulzusos fénycsóvák	Egyszerű építés; aránylag olcsó	Csak nem zavaros vizekben alkalmazható
A víz sebessége	Keskeny csatorna – gyors vízáramlás; szelektív a gyengén úszókra	Csatornaszűkítés – megfelelő vízáramlás	Szelektív a gyengén úszókra – zavaró fajok kizárhatók;	Jelentős csatornaváltoztatás; kevés helyen alkalmazható
Vegyi hipoxia és hypercapnia	Áránylag sekély víz, helyszükséges (gáztároló)	Vegyszeradagolás – a víz O ₂ és/vagy CO ₂ tartalmának növelése és/vagy csökkentése	Minden halfajra alkalmazható	Nagy tőkebefektetések és kutatási időszak
Vegyi klórozás	Nagyon korlátozott	Klór adagolása a vízbe	Minden halfaj kizárható	Veszélyes – nagy ökológiai lábnyom
Feromonok	Időben és térben korlátozott	Feromonok adagolása a vízbe	Halfajra szelektív	Áránylag drága feromon beszerzése

A hang, fény, hidrodinamikai ingerek stb. generálása energiafogyasztást igényel, és ezen ingerek hatása a célzott halak fajtájától, méretétől és fejlettségi fokától függően eltérő. Ilyen körülmények között az intelligens viselkedési sorompók (maximális hatékonyság minimális energiafogyasztás mellett, minimális ökológiai lábnyom - környezetbarát) megtervezése és megvalósítása egy komplex, inter- és transz diszciplináris tudást igénylő (hidrotechnika - hidrodinamika, ichthyológia/haltan, fénytan, hangtan, energetika, automatizálás, informatika stb.), ökológiai és gyakorlati jelentőséggel bíró nagy kihívás.

Mindezeket a szempontokat figyelembe véve dolgozatunk célja egy intelligens és környezetbarát viselkedési sorompó bemutatása a halak vízkivételi művekbe történő bejutásának megakadályozására.

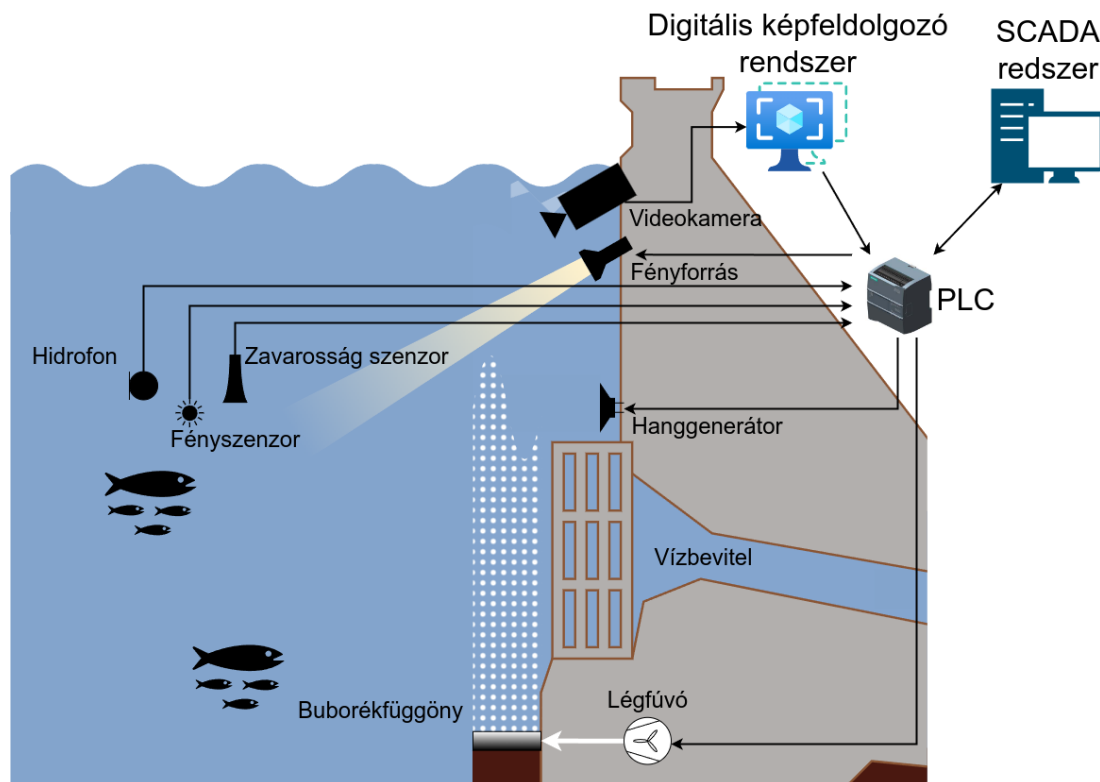
2. A HALAK VISELKEDÉSI SOROMPÓJÁNAK KONCEPCIÓJA

Az intelligens és környezetbarát viselkedési sorompó, amely korlátozza a halak vízkivételi művekhez való hozzáférését, koncepciójának és tervezésének főbb kritériumai a következők voltak:

- optimalizált üzemeltetési költségek nagy hatékonysággal – a kritérium a kiválasztott és méretezett többszörös ingerek szinergiás hatásával oldható meg;
- automatikus szabályozás a jelenlévő halak fajtájától, méretétől és fejlettségi fokától függően – a célzott terület videó-megfigyelésével és a rögzített képek digitális feldolgozásával érhető el;
- folyamatos működés, személyzet nélkül – egy üzemirányító, SCADA (felügyeleti, ellenőrző és adatgyűjtő) rendszer bevezetésével érhető el, amely biztosítja az intelligens viselkedési sorompó távfelügyeletét és vezérlését, beleértve egyes funkcionális paraméterek (a hangerő hangszintje és frekvenciája, fény sugar intenzitása stb.) szükség szerinti korrekcióját;
- csökkentett ökológiai lábnyom – vegyszerek és/vagy feromonok használata nélkül;
- széles körű alkalmazhatóság.

3. AZ INTELLIGENS HALVISELKEDÉSI SOROMPÓ

A 2. fejezet kritériumainak alapján megtervezett intelligens halviselkedési sorompó vázlata a 3. ábrán van bemutatva.



3. ábra: Az intelligens halviselkedési sorompó vázlata

A 3. ábra szerint a halak vízkivételi művekbe történő bejutásának megakadályozására tervezett viselkedési sorompó fény-, hang- és/vagy hidrodinamikai (buborékfüggöny) ingerek szabályozott generálásán alapul. Az ingerek kiválasztása és adagolása a célzott területen jelen lévő halak fajától, méretétől és fejlettségi fokától függően történik.

A célzott területet, a vízkivétel terület hozzáadásának területét megfelelő (víz alatti működés) videokamerával figyelik. A rögzített képek, egy megfelelő mesterséges intelligencia alapú rendszerrel - amelyet ennek célzottan lett kifejlesztve (az esetlegesen jelen lévő halfajok reprezentatív képeinek megjelenítéséhez), digitálisan vannak feldolgozva. A videokamera által rögzített digitalizált jel alapján, egy dedikált szoftver segítségével a programozható logikai vezérlő (PLC) parancsokat ad az ingergenerátoroknak, amelyek a videón megfigyelt területen azonosított halfajtól és azok fejlettségi fokától függően „veszély” ingereket generálnak. Így az azonosított halakat fényingerek (folyamatos vagy fényimpulzusok), egy adott frekvenciájú hang (folyamatos vagy szakaszos) és/vagy buborékfüggöny segítségével elűzik a veszélyes területről. Figyelemre méltó, hogy a buborékfüggöny esetében a kialakult buborékok implózióját követően hanghatás is keletkezik.

A fényingereket (folyamatos vagy fényimpulzusok) megfelelően szigetelt (IP68 védelem) LED szalagokkal vannak előálítva, mint például a LED SMD 5050 RGBW sorozatú, 12 V egyenáramú LED. A LED-szalag tápellátását a PLC vezérli a zavarosság-érzékelő, valamint a fényszensor által mért értékek alapján (automatizáltan, zárt hurokban). Az így kialakított megoldás megakadályozza a fénycsőva csillapítása által okozott meghibásodásokat a vízi környezet különböző zavarosságai esetén.

A hangingereket egy Dayton Audio DAEX25SHF-4 típusú (megfelelő védelemmel és AISI316 rozsdamentes acélból készült sugárzó membránnal ellátott) hangszóró állítja elő. Ennek impedanciája 4Ω, és a 70...20000 Hz spektrumban működik. A hanginger (intenzitás és frekvencia) vezérlését és beállítását a detektált halak típusától függően a PLC-re telepített dedikált szoftver végzi, és egy megfelelő csatlakozókábellel ellátott hidrofon (például a TC4038 típusú - a Teledyne RESON [23] gyártmánya) felügyeli.

A buborékfüggőnyt egy megfelelő lyukhálózattal ellátott levegőelosztó hozza létre [21]. A sűrített levegő áramlási sebességét és nyomását a PLC szabályozza (a detektált halak típusától és fejlettségétől függően), amely a rögzített képeknek megfelelően vezérli a légfúvót.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Egy intelligens és környezetbarát viselkedési sorompó a halak vízfelvételhez való hozzáféréseinek korlátozására lett bemutatva, A tervezett viselkedési sorompó 3 stresszt generáló inger (fény, hang és/vagy buborékfüggöny) szinergikus hatásának köszönhetően biztosítja a halak kiűzését a veszélyes területről. A stresszingerek jelgenerátorainak működésének beállítása automatikusan történik a videokamera által detektált halak fajtájától és fejlettségi fokától, valamint a detektált fajra előre beállított maximális érzékenységi értékektől függően. A PLC SCADA rendszerhez való csatlakoztatásával a halak védelmére szolgáló viselkedési sorompó távolról is felügyelhető és vezérelhető. Azáltal, hogy az ingergenerátorok működését automatikusan, szigorúan a detektált fajra beállított paraméterekhez és kizárólag a halak jelenléte esetén vezérlik, optimalizált (minimális) energiafogyasztás biztosított.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] György Deák., Georgeta Tudor (Ene), & al. Danube anadromous sturgeons male to female ratio research in the context of solutions development that address the discontinuity of their historical migration routes due to hydrotechnical constructions, 2024 [E3S Web of Conferences](#) 589:02003 [10.1051/e3sconf/202458902003](#)
- [2] György Deák., Georgeta Tudor (Ene), &al., Mitigation measures for the impact of hydrotechnical works in Răstolița River, Romania on Hucho hucho species, November 2024, [E3S Web of Conferences](#) 589:02006, DOI: [10.1051/e3sconf/202458902006](#)
- [3] György Deák, Isabela Sadica, &al. The Preference of Anadromous Sturgeon Species Regarding Temperature and Depth Parameters During Spawning Migration in The Lower Danube, 2023 [E3S Web of Conferences](#) , 437:02005., DOI: [10.1051/e3sconf/202343702005](#)
- [4] György Deák, Isabela Sadica &al “Innovative by-pass solution for iron gates i to reconnect the historical migration routes of wild anadromous sturgeon species, in order to improve their conservation status”, Intern. J. of Conservation Science Volume 15, Issue 3, 2024: 1479-1488; DOI: 10.36868/IJCS.2024.03.20
- [5] S.E.W. Bonga, The stress response in fish, *Physiological Reviews*, 77 (1997), pp. 591-625, DOI: [10.1152/physrev.1997.77.3.591](#)
- [6] Noatch M. R. Suski C. D. Non-physical barriers to deter fish movements. *Environ. Rev.* March 2012, 20(1): pp. 71-82., DOI: [10.1139/a2012-001](#)
- [7] Flávia de Oliveira Mesquita., Godinho, H.P., de Azevedo, P.G., Young, R.J., A Preliminary Study into the Effectiveness of Stroboscopic Light as an Aversive Stimulus for Fish, *Appl. Anim. Behav. Sci.*, [Volume 111, Issues 3–4](#), June 2008, Pages 402-407., [https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.014](#)
- [8] Kui Wang, Kang Li, &al., Effects of light intensity and photoperiod on the growth and stress response of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a recirculating aquaculture system, [Aquaculture and Fisheries Volume 8, Issue 1](#), January 2023, Pages 85-90., [https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.001](#)
- [9] Hansen M. J., Cocherell D. E., &al.. A. Behavioural guidance of Chinook salmon smolts: the variable effects of LED spectral wavelength and strobing frequency. *Conserv. Physiology*, Volume 6, Issue 1, 2018, coy032, [https://doi.org/10.1093/conphys/cov032](#)
- [10] Carbajo, J.; Poveda, P.; Ullah, N.; Ramis, J. Acoustic Analysis of Fish Tanks for Marine Bioacoustics Research. *J. Mar. Sci. Eng.* 2025, 13, 1253. [https://doi.org/10.3390/jmse13071253](#)
- [11] Amelia Holgate, P. R. White, &al., Applying appropriate frequency criteria to advance acoustic behavioural guidance systems for fish, May 2023, *Scientific Reports* 13(1), DOI: [10.1038/s41598-023-33423-5](#)
- [12] Piper A. T., White P. R., &al.. Response of seaward-migrating European eel (*Anguilla anguilla*) to an infra-sound deterrent. *Ecological Engineering*, (2019). 127, pp. 480-486. [://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.001](#)
- [13] Dan A. Kowalski, &al. , Evaluating the effects of an electric barrier on fish entrainment in an irrigation canal in Colorado, January 2022, *River Research and Applications* 38(5), DOI: [10.1002/rra.3915](#)
- [14] Yanqin Bai, Xiaolong Huang, &al. Experimentally determined effectiveness of different electric barrier arrangements on the behavioural deterrent of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), [Applied Animal Behaviour Science](#), Volume 271, February 2024, 106172, [https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106172](#)
- [15] Jaewoo Kim, Nicholas Mandrak, Effects of vertical electric barrier on the behaviour of common carp, January 2017, *Management of Biological Invasions* 8(4):497-505, DOI: [10.3391/mbi.2017.8.4.04](#)
- [16] Fábio H. C. Sanches, Caio Miya, &al. Stress responses to chemical alarm cues in Nile tilapia, October 2015, *Physiology & Behavior* 149:8-13, DOI: [10.1016/j.physbeh.2015.05.010](#)
- [17] Leander J., Hellström G., Nordin J., Jonsson M. și Klaminder J., Guiding downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) of different life stages in a large river using bubbles. *River Research and Applications*, 2024. 40(1), pp. 107-115. [https://doi.org/10.1002/rra.4209](#)

- [18] Gabriela Circumaru, Rares-Andrei Chihaia, &al., Experimental Study of a Fish Behavioral Barrier Based on Bubble Curtains for a River Water Intake, in *Inland Waters, Ecology, Limnology, and Environmental Protection*, 03 January 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1003997
- [19] Nicoleta-Oana Nicula, Eduard-Marius Lungulescu, Barriers for Fish Guidance: A Systematic Review of Non-Physical and Physical Approaches, *Water* 2026, 18(2), 225; <https://doi.org/10.3390/w18020225>
- [20] Noonan, M. J., Cushman, J. F., Noonan, B. P. , Behavioral fish guidance barriers: A synthesis of effectiveness and future direction, *Fish and Fisheries*, 2018. 19(4), 637-657
- [21] Gabriela Circumaru, Rares, -Andrei Chihaia, &al. Experimental Analysis of a Fish Guidance System for a River Water Intake, *Water* 2022, 14, 370. <https://doi.org/10.3390/w14030370>
- [22] Jesus, J., Cortes, R., Teixeira, A. "Acoustic and Light Selective Behavioral Guidance Systems for Freshwater Fish." *Water* 2021, 13(6), 745; <https://doi.org/10.3390/w13060745>
- [23] *** Teledyne marine RESON – Product guide: Broadband Reference, Hydrophones, and Accessories, <https://www.teledynemarine.com/brands/reson>

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Dolgozatunkat a Romániai Oktatási és Kutatási Minisztérium (CCCDI - UEFISCDI) támogatta anyagiilag a PN-IV-P7-7.1-PTE-2024-0249 "LEADER" tudományos program/szerződés keretében.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was financially supported by a grant of the Romanian Ministry of Education and Research, CCCDI – UEFISCDI, under the scientific Programme: PN-IV-P7-7.1-PTE-2024-0249 "LEADER".