

# Fórum

A FÓRUM rovat keretében teret adunk új technológiai fejlesztések bemutatásának.

## Profilozó berendezés fejlesztése

Széles Gábor\*

\* Water Project Kft. (1161 Budapest, Kossuth Lajos u. 29.) (waterprojectkft@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11451



### Kivonat

A GINOP-2.1.7-15-2016-01972 K +F projekt eredményeként kifejlesztésre került egy egyedülálló víztest profilozó berendezés és megépült a tesztelt, piacra vihető rendszer prototípusa. A kifejlesztett eszköz alkalmas program szerint különböző vízmélységekbe leengedni és ott pontosan megtartani a csatlakoztatott mérőműszereket, mintavevő berendezéseket. Az eszköz garantálja a korábbiakhoz képest nagyságrenddel pontosabb mélységbeállítást, pontos mélységtartást, a rétegek összekeverésének minimalizálását. Az intelligens energiamenedzsment és payload (függélyben leeresztett eszköz) menedzsment rendszerek biztosítják a hosszútávú, felügyeletmentes működést.

### Kulcsszavak

Profilozó, vízminőség mérés, algamérés, víztestek rétegződése, mélységi vízmintavétel.

## Development of a profiler system

### Abstract

As a result of GINOP-2.1.7-15-2016-01972 R+D project a unique water body profiler system was developed. Its tested, marketable prototype was built. The profiler is used to lower various water measurement equipment, including sensors, samplers and more to designated depths. The unit enables the user to set an order of magnitude more accurate depth than former profilers offered. This depth is then held accurately by the device. The profiler features wave compensation to make the mixing of layers as minimal as possible. Advanced solar power management and payload management enables long unattended operating periods.

### Keywords

Profiler, water quality measurement, algae measurement, water layers, depth watersampling.

### BEVEZETÉS

Ismert jelenség a nagyobb természetes víztestek mélység szerinti rétegződése (*Dussart 1992, Wetzel 2001*), melynek többek között hidrobiológiai vonatkozásai régóta a hazai kutatások fókuszába kerültek (*Sebestyén 1963, Pápista és társai 1998, Grigorszky és társai 2003, 2019*). Ezen rétegződések vízminőség paramétereinek és határainak kimérése számos mutató esetében megoldatlan. A rétegek határainak meghatározása rendkívül időt és szaktudást igénylő feladat. Mivel a kellő precizitású automatikus mérés korábban megoldatlan volt, ezért elsősorban a sekély víztestek esetében a vízrétegek időbeli változásáról korlátozott ismereteink vannak.

### PROFILOZÓ BERENDEZÉS

A profilozó berendezés célja, hogy a vízminőségi paramétereket, bioindikátorokat ne csak historikusan, hanem vízmélység függvényében is lehessen mérni és kiértékelni. A rendszer a függélyben leeresztett eszköz (payload) független kialakítású, így igen változatos lehetőségeket kínál. A payload gyakorlatilag csak tömegében van korlátozva, azaz szinte bármilyen szonda leereszthető, megnyitva az utat a gyors 3D adatmodellek felé. A rendszer további előnye, hogy payloadként akár

olyan eszközt is kezelni tud, amely a felszínre juttatja a mintát további feldolgozás céljából.

Projektünk keretében olyan profilozó rendszert fejlesztettünk (*1. ábra*), amely alkalmas arra, hogy változatos környezeti körülmények mellett is stabil mélységben tartsa az eszközöket. A rendszer beállítható sebességgel engedi le a payload-ot, és folyamatosan kompenzálja a pillanatnyi eltéréseket.

A rendszer alkalmazásával lehetővé válik álló- és folyóvizek (pl. víztározók, tavak, folyók, tengerek) mélység szerinti profilozása, mérése. A szolgáltatott adatok alkalmasak üzemirányítási ellenőrzőjelként való hasznosításra, illetve tudományos kutatásokhoz, az élővizekben lejátszó folyamatok jobb megértéséhez, ezáltal környezettudatos eljárások és technológiák fejlesztéséhez is (*Beutler és társai 2002*).

A fejlesztett rendszer használatával optimalizálhatók, biztonságosabbá tehetők az ivóvízkivételi művek is. Számos (ivó)víztározó esetében van lehetőség különböző mélységből történő vízkivételre. Az utóbbi időben egyre több olyan eset fordul elő, ami meglepi a tapasztalt üzemeltetőt is (pl. toxikus alga szaporulat Sengbach víztározó,

Solingen, Németország, vagy a Balaton algavirágzásai), ezért egyre fontosabbá válnak a mélység szerinti vízminőség mérések, illetve a biomonitorok alkalmazása.



1. ábra. Profilozó berendezés általános elrendezése  
Figure 1. Profiler system general setup

Ismertek olyan eszközök a piacon, amelyek képesek valamilyen nagy lépésközzel (általában 50-100 cm) néhány vízminőségmérő szenzort egyszerű program szerint a vízbe méríteni. Ezen eszközök alkalmasak lehetnek a víztestek durva függély szerinti felmérésére. A kifejlesztett rendszer ezzel szemben egy nagyságrenddel finomabb profilozást tesz lehetővé, ami új tudományos és műszaki távlatokat nyit. A jobb felbontás sekély (néhány méter mélységű) víztesteknél, tudományos igényű méréseknel igen kritikus. A kifejlesztett rendszer hasonló jelentőségű a vízipar számára az ivóvízbiztonság garantálása és az ivóvíz technológiák optimalizálása területén. A korábban piacon levő rendszerek hátránya, hogy felszíni úszóttest alkalmazása esetén a payload vertikálisan oszcillál a réteghatárhoz képest, így további mérési zajt okoz a mérendő mintában, összekeverve a rétegeket.

A pontosabb mélységtartás és az úszóttestes alkalmazás nehézségeinek megoldására fejlesztettük ki hullámkompenzációs eljárásunkat.

#### **Stabilizációs – hullámkompenzációs rendszer**

A profilozó berendezések mindegyike tartalmaz csörlőt, mely elérhető, praktikus megoldás a kábelon függesztett terhek víz alá engedésére. Probléma azonban, hogy a csörlő sebessége, annak tehetetlenségi nyomatéka, valamint a villanymotor és annak praktikus vezérlése miatt gyorsan nem változtatható. A sűrű forgásirányváltás az előbbieket miatt szintén nem szerencsés. A payload felszínhez képesti gyors mozgására, akár hirtelen irányváltására ezért olyan rendszert dolgoztunk ki, amely a csörlőt kiegészítve biztosítja a problémák megoldását.

A profilozó berendezést egy gémmel láttuk el, amely gém vízfelszínhez képesti pozíciója lineáris motorral gyorsan, energiahatékonyan változtatható. A gém felfüggesztését úgy alakítottuk ki, hogy az áttétel változtatható legyen, amivel a várható hullámzási viszonyokhoz optimalizálható, vagy akár szezononként átszerelhető a rendszer. A megoldással megtartottuk a csörlős rendszer minden előnyét, de kiküszöböltük annak hátrányait.

A hullámkompenzáció input adatai közé tartoznak a platform mindenkor dőlésszögei, szöggyorsulásai, valamint az aktuális üzemi paraméterek. Ezen adatokat valós időben mérjük, majd feldolgozás után dönt a rendszer – a gépészeti elemek sajátosságait is figyelembe véve – a szükséges beavatkozás irányáról és mértékéről (Ang és társai 2005, Kosko és társai 1993, Wu és társai 2014, Yen és társai 1994). Ezzel az innovatív és elegáns megoldással egyszerre biztosítható a payload réteghatárhoz viszonyított igen alacsony vertikális sebesség, a gépészeti eszközök kímélése és az energiahatékonyság is. A rendszer felhasználója számára előnyként jelenik meg, hogy a műszerek nem keverik össze a rétegeket, így a határok pontosabban kimérhetők, valamint a hatékony energiagazdálkodásnak köszönhetően lehetőség van napelemes üzemre is.

A hullámkompenzációhoz több ötlettel számoltunk, a legígéretesebb, az az ötlet megvalósíthatóságát legjobban bizonyító (proof-of-concept) prototípusokat, modelleket valósítottuk meg. Ezek ellenőrzésére, validálására laboratóriumi tesztberendezést hoztunk létre, mellyel reprezentatív, reprodukálható körülmények között tudtuk vizsgálni az egyes megoldások előnyeit, hátrányait. A tesztberendezés szisztematikusan vagy sztochasztikusan is képes az úszóttest mozgását szimulálni.

A hullámkompenzációtól függetlenül lehetőség van a payload sebességének programozására is. A programozás történhet manuálisan, de akár automata üzemre is állítható a kifejlesztett intelligens, adaptív rendszer használatával. Az adaptív rendszer a mérési elvárások és a lehetőségek figyelembevételével választja ki az optimális sebességeket, üzemmódokat. Figyelembe veszi például a mért paraméterek számát, típusát, esetleges automata vízmintavevő alkalmazását, de a pillanatnyi energiatartalékot is. A rendszer figyeli a gépészeti elemek üzemidő kitértési tényezőjét és azt a megengedett határokon belül tartja.

#### **Áramellátás**

Napelemes áramellátás esetén fontos feladat az energiamenedzsment. Ezt külön alrendszer felügyeli, ami folyamatosan méri a puffer-akkumulátorokba betárolt és onnan kivett energiát. A rendszer már a felhasználói program beállításakor képes jelezni, ha olyan paramétereket állítottak be, amelyek negatív energiamérleget okoznak. A fejlesztett algoritmus historikus adatokat gyűjt az energiafogyasztásról és a felhasználó igénye szerint szigorú profilozás vagy energiaoptimalizált üzemmódban is képes működtetni a rendszert. A rendszer ezen túl rendelkezik akkumulátorvédelmi funkcióval is, mely meggátolja a puffer-akkumulátorok mélykisülését, így idő előtti elhasználódását.

### Szoftverfejlesztés

A szoftverfejlesztés egyik fontos kihívása volt a különböző szenzorok összehangolása, a zajok szűrése. Problémát okoz az is, hogy a különböző potenciálisan használható szenzorok igen eltérő beállási idővel rendelkeznek, az aktuálisan használt payload készlet így meghatározó az optimális profilozási paraméterek szempontjából. Innováció része az is, hogy a vezérlőszoftver képes figyelembe venni a payload konfigurációt is. Az egyéb paraméterek mellett így a fejlesztett rendszer számol az aktuális payload tulajdonságokkal is a javasolt profilozási paraméterkészlet generálásakor. Lehetőség van intelligens üzemmód használatára, vagyis amikor a profilozó kommunikál a payloaddal és az a saját méréseit, állapotinformációit is figyelembe veszi.

A szoftver alkalmas intelligens hibajelzésre, azaz a rendszer-állapottárból a felhasználó számára értelmezhető jelzéseket tud produkálni. A kezelőfelület (HMI) kialakításakor fontos szempont volt, hogy különösebb előképzettség, tanulás nélkül is kezelhető legyen a rendszer. Tekintve, hogy az ilyen eszközöket jellemzően sokszor nehezen megközelíthető, vagy szabad vízfelületeken, infrastruktúrától távol alkalmazzák, a kezdetektől arra törekedtünk, hogy a rendszer külön használati utasítás nélkül, intuitív módon legyen kezelhető. A kezelőfelület ennek megfelelően beépített segítő és magyarázó funkciókkal rendelkezik. Már a HMI tervezési fázisában figyelembe vettük a többnyelvűség lehetőségét, így a rendszert úgy alakítottuk ki, hogy több nyelvet kezeljen és a nyelvek közötti váltás egyszerűen, menüből megtörténhessen.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatás a GINOP-2.1.7-15-2016-01972 projekt keretében valósult meg. Köszönjük a Magyar Állam és az Európai Unió támogatását.

### IRODALOMJEGYZÉK

Ang, H., Chong, G., Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology, in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 13, no. 4. pp. 559-576. doi:10.1109/tcst.2005.847331

### SZERZŐ



**SZÉLES GÁBOR** villamosmérnöki diplomáját 2011-ben szerezte az Óbudai Egyetemen, majd 2013-ban a Szent István Egyetemen diplomázott környezetmérnökként. A versenyszektorban dolgozik, vízanalitikai műszerekkel, eszközökkel foglalkozik. Érdeklődési területe az online mérések és az új vízminőség-méréstechnikai megoldások kutatása. K+F mérnökként elsősorban mikroelektronikai és szoftverfejlesztéseken dolgozik.

Beutler, M., Wiltshire, K.H., Luring, C., Moldaenke, C., Lohse, D. & Abbas, Z. (2002). Fluorometric depth-profiling of chlorophyll corrected for yellow substances. Actes de Colloques-ifremer. pp. 231-238.

Dussart, B. (1992). Limnologie. L'étude des eaux continentales. – N. Boubée c Cie. Paris. p. 681.

Grigorszky, I., Padisák, J., Borics, G., Schitchen, C., Borbély G. (2003). Deep chlorophyll maximum by Ceratium hirundinella (O. F. Müller) Bergh in a shallow oxbow in Hungary. Hydrobiologia, 506–509. pp. 209-212. doi:10.1023/b:hydr.0000008632.57769.19

Grigorszky I., Kiss K.T., Szabó J.L., Dévai Gy., Nagy S.A., Somlyai I., Berta Cs., Gligora-Udovič M., Borics G., Pór G., Muwafaq M.Y., Hajredini A., Tumurtogoo U., Ács É. (2019). Drivers of the Ceratium hirundinella and Microcystis aeruginosa coexistence in a drinking water reservoir. Limnetica, 38(1). pp. 41-53. doi:10.23818/limn.38.11

Kosko, B., Isaka, S. (1993). Fuzzy Logic. Scientific American, vol. 269, no. 1. pp. 76-81. doi:10.1038/scientificamerican0793-76

Párista É., Ács É., Böddi B., Kiss K.T., Makk J. (1998). Alológiai vizsgálatok a Komravölgyi-tározón. Hidrológiai Közlemény 78. pp. 303-306.

Sebestyén O. (1963). Bevezetés a limnológiába. A belvizek életéről. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 236.

Wetzel, R.G. (2001). Limnology. Lake and river ecosystem. Third edition. Academic Press. New York. p. 1006.

Wu, H., Su, W., Liu, Z. (2014). PID controllers: Design and tuning methods," 2014 9th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Hangzhou, China. pp. 808-813. doi:10.1109/iciea.2014.6931273

Yen, J., Liu, X. (1994). A fuzzy logic-based foundation for analyzing imprecise conflicting requirements," Proceedings of 1994 IEEE 3rd International Fuzzy Systems Conference, Orlando, FL. Vol. 2. pp. 1099-1104. doi:10.1109/fuzzy.1994.343889