

## Műanyag csövek a vízgazdálkodásban, az épületekben és az infrastruktúra kialakításában

Néhány évtizeddel ezelőtt a vízvezetékek, a csatornacsövek, a mezőgazdasági öntözőcsövek stb. fémből, kerámiából, betonból készültek. A műanyag csövek csak fokozatosan tudtak benyomulni ezekre az alkalmazási területekre. Ma azonban a korábban műanyagok számára elképzelhetetlen területen is ott vannak, és kiderült, hogy korábbi elődeiknél számos jobb tulajdonságuk is lehet. A következőkben elmeséljük, hogy hogyan lett az ADS cég a globális vízgazdálkodás egyik legnagyobb támogatója, és bemutatunk számos már fontos és érdekes alkalmazást. A továbbiakban pedig számos, a csőgyártáshoz és hegesztéshez kapcsolódó újdonságot mutatunk be.

*Tárgyszavak: műanyag csövek; vízgazdálkodás; lakásépítés; infrastruktúra; gyártási stratégia; hulladékfelhasználás; hőszivattyús fűtés/hűtés; vízi erőmű, gázt szállító csövek*

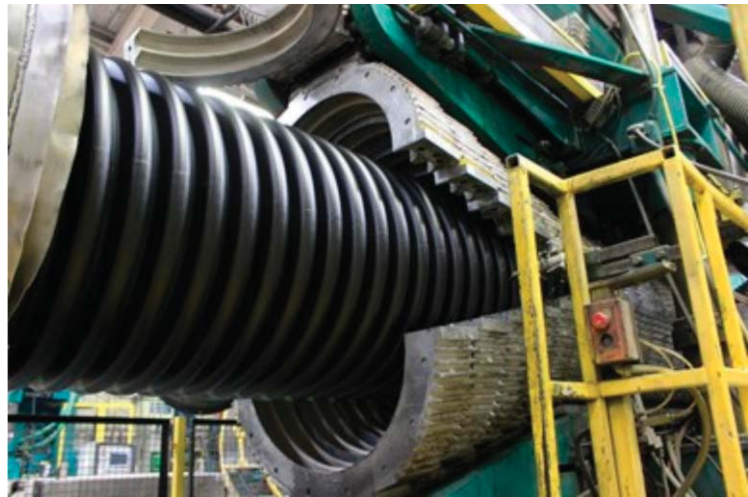
### **A globális vízgazdálkodás egyik legnagyobb támogatója, az ADS története egy amerikai farmon kezdődött, ahol két fiatal mérnök elkezdett hullámos falú csöveket extrudálni...**

1966-ban egy Delaware-i farmon (Wilmington, USA) két fiatal mérnök megtapasztalta, hogy a maximális terményhozamot csak optimális vízellátással lehet elérni. 1966-ban szedett-vedett alkatrészekkel átalakítottak egy extrudert, és azon nagy sűrűségű polietilénből (PE-HD) elkezdtek addig ismeretlen, hullámos falú csöveket gyártani. Kiderült, hogy ezek sokkal alkalmasabbak a víz elosztására a földeken, mint az addig használt kerámiaelemek. Ezért vállalatot alapítottak az ilyen csövek gyártására, amelynek a neve **ADS (Advanced Drainage Systems)** lett.

A vállalat néhány év alatt sok ötlettel, technológiával és gyártóeszközzel gyarapodott. 1970-ben központját Hilliardba (Ohio) helyezték át, majd elérhető távolságban 500 km átmérőjű körzeteket jelöltek ki, amelyekben egy-egy gyártóüzemet létesítettek. A vállalat a „forró piac” (hot market) elve alapján igyekezett olyan területeken megjelenni, amelyek ekkor indultak fejlődésnek, még viszonylag olcsón lehetett ott területet vásárolni, akár lakóházak, akár ipari vállalatok számára, és ahol igen nagy volt a csövek iránti igény a lakásépítésben, az ipari beruházásokban és az infrastruktúra kialakításában is. Az ADS rövid idő alatt jó kapcsolatokat alakított ki a területen dolgozó építővállalatokkal, és igyekezett ezeket meggyőzni arról, hogy a műanyag csövek sokkal alkalmasak a létesítmények vízgazdálkodásának kialakítására, mint az akkor főként acélból vagy kerámiából készített csövek.

Az ADS nem csak saját fejlesztései révén növekedett, hanem kisebb vállalatok megvásárlása által is. Jelenleg Észak-Amerikában 65 gyártóhelyet üzemeltet, három üzeme közös vállalatként Dél-Amerikában van. Alkalmazottainak száma több mint 5000, extrudáló kapacitása évi félmillió tonna műanyag. A cég évtizedenként kétszámjegyű növekedést ért el, és éves eladásainak értéke elérte az 1,9 milliárd USD-t. Számításuk szerint a nála gyártott és valahol beépített

csövek teljes hossza több mint 3 milliárd méter. Az 1. ábrán a cég egyik nagy átmérőjű hullámos csöve látható gyártás közben.



1. ábra. Az ADS egyik nagy átmérőjű csöve gyártás közben.

Az ADS nem hozta nyilvánosságra az egyes üzemekben dolgozó extrudersorok számát, az ottani szerszámok darabszámát és további jellemzőit. Az üzemekben fröccsöntést is végeznek, ezzel állítják elő a csövek kiegészítő elemeit (fittingeket). A valaha elsőként előállított hullámos falú polipropilén (PP) cső is ezek között van. A kiegészítő eszközöket a cégnél „rokon” termékeként tartják nyilván. Vannak köztük PP-ből fröccsöntött, vizet visszatartó vagy tároló kamrák, medencék, szennyvizet tisztító elemek, speciális csőelemek, kötőelemek stb.

Az évek során különböző befektetők jelentek meg, vezetésben is voltak néha változások. A növekedés azonban főképpen az új fejlesztéseknek és az új üzemek építésének volt köszönhető. Forradalmi változás akkor következett be, amikor a cég 1987-ben megjelent a piacon N12 jelzésű dupla falú PE-HD csövével, amelyben a belső cső felülete sima, a külső felület hullámos ezért benne könnyebb a víz folyása. Erre a csőre zöld csíkot extrudálnak, amely a termék, egyúttal a cég ikonikus szimbóluma lett. A vásárló erről ismerheti fel, hogy a hasonló hullámos felületű csövek közül az ADS termékét kapta meg. A 2. ábrán egy ilyen csőre a tömítőgyűrűt teszik rá. Az ADS már 15 észak-amerikai céggel kötött olyan szerződést, hogy a vízrendszereik kivitelezésében ezeket a csöveket fogják alkalmazni.



2. ábra. Az ADS N12 jelű hullámos felületű dupla falú PE-HD csöve. Ezt esővíz kezelésére és mezőgazdasági öntözőrendszer kiépítéséhez ajánlják.

A csövön jól látható a termék jellegét szavatoló zöld csík.

2014 júliusában az ADS bejelentette, hogy az eddigieknél is nagyobb ütemben kívánja bővíteni a cég tevékenységét. Ennek szellemében vásárolta meg 2019-ben az Infiltrator Water Technology céget, amely a különböző forrásból származó vizek földbe szivárogtatása előtti tisztításához gyártott eszközöket PP-ből. Ezek között vannak esővizet szűrő kamrák, szennyvizet tisztító tartályok és más célra szánt eszközök, továbbá ezek tartozékai és kiegészítő elemei. Ilyen eszközöket leggyakrabban a lakóházakban alkalmaznak. A 3. ábrán pl. egy ház kertjében a földbe süllyesztett szennyvízkamra látható, amelyből a víz csak megszűrve szivároghat a talajba.



3. ábra. Egy családi ház kertjében a földbe fektetett szennyvíz-tartályból csak szűrés után szivároghat be a földbe a víz.

Nagyobb létesítményekben hasonló kamrákból hálózatot építve jelentős mennyiségű szennyvizet lehet visszajutni a földre. Meg kell jegyezni, hogy a két vállalat egyesítése előtt az Infiltrator cég maga is 15 évig az ADS vásárlója volt.

Az ADS termékeit elosztó (disztribútor) hálózaton keresztül vagy a lakásépítés és -felújítás eszközeit kínáló nagy szakboltokban forgalmazza. Néha közvetlenül a végfelhasználóval is hajlandó üzletet kötni, amit a forgalmazók nem vesznek jó néven. A forgalmazók a cég-

nek nagyon hasznosak, ezért igyekeznek megőrizni velük a jó kapcsolatot. Mindig idejekorán bemutatják nekik az új termékeket vagy már a prototípusokat is. A cég eladással foglalkozó munkatársai szoros kapcsolatot tartanak az elosztókkal, ami különösen fontos olyankor, amikor a terméket előre meghatározott időben („just in time”) kell a megrendelőnek megkapnia. A cég munkatársai – a forgalmazók, a mérnökök, a fejlesztők és más részlegben dolgozók – szinte naponta beszélnek az elosztóhálózat embereivel, a megrendelő mérnökeivel vagy a terméket befogadó település ügyintézőivel.

Ezeknek a kapcsolatoknak köszönhető, hogy az ADS csöveinek három fő alkalmazási területein – a kereskedelmi építkezésekben, az infrastruktúra bővítésében és a lakásépítésben – a cég termékei iránt egyaránt nagy a kereslet. A pandémia első szakaszában úgy tűnt, hogy a kereskedelmi építkezések lanyhultak, de a közelmúltban ismét megindult a bevásárlóközpontok és a gyártóüzemek építése. Az utóbbiak főképpen a korábban tengeren túlra telepített üzemek visszatelepítése és a biztonságos alkatrészellátás érdekében.

A cég meg van győződve arról, hogy a műanyag csövek a fenntartható termékek közé tartoznak, és az infrastruktúra fejlesztésében számos előnyük miatt egyre fontosabb szerepet kapnak. Egyrészt sokkal rövidebb idő alatt lehet lefektetni vagy beépíteni őket, és sokkal jobban kielégítik a „rugalmas infrastruktúra” követelményeit, mint korábbi versenytársaik.

#### *Az ADS törekvései a hulladék visszaforgatására*

Az ADS versenytársaiktól eltérően nagy erőfeszítéseket tesz arra, hogy a lakossági hulladékból visszanyert PE-HD-ből minél nagyobb mennyiséget forgathasson vissza csövei gyártásába. 2007 óta több mint 30 szabadalmi kérelmét fogadták el, amelyekben pontosan leírja, hogyan kell a hullámos falú csövek gyártásakor a PE-HD reciklátumot hozzákeverni a friss polimerhez. Ezt az eljárást számos ipari csoporttal együttműködve fejlesztették ki. Az Infiltrator cég megvásárlása óta az ADS évente közelítőleg 230 ezer tonna hulladékból visszanyert műanyagot dolgoz be gyártmányaiba.

Az ADS eleinte a hulladékot harmadik partnertől, más feldolgozóktól vásárolta meg. Jelenleg már országsszerte kilenc ADS Recycling nevű üzemében kezelik a hulladékot – ennek egy része lakossági, másik része ipari hulladék – úgy, hogy az ismét felhasználható legyen termékeik gyártásában. Arra törekszenek, hogy a visszaforgatható polimer mennyiségét megduplázzák anélkül, hogy csökkentenék a jelenleg felhasznált friss polimer mennyiségét.



A cégnek több lakossági hulladékból visszanyert PP-re volna szüksége. Ennek érdekében csatlakozott a The Recycling Partnership nonprofit egyesülethez, ezen belül a Polypropylene Recycling Coalition-hoz. Ez az egyesület a településekkel és vállalatokkal kapcsolatba lépve igyekszik támogatni a hulladékból visszanyerhető műanyagok újrafeldolgozását.

### *Az ADS gyártási stratégiája*

Az ADS 20 különböző kategóriájú terméket gyárt, ezen belül több ezer cikkelemet. (A cikkek – angolul Stock Keeping Unit, SKU – a választék legkisebb elemei, egyedi termékek, amelyeket a vonalkód azonosít.) Termékei különböző hosszúsággal és átmérővel rendelhetők meg. Ez néha gondokat jelent a cégnek, mert az üzemekben rendelkezésre álló területek néha korlátokat szabnak a kívánásoknak. Ha megoldható, az üzem hajlandó néha átrendezni az üzemet és teljesíteni a kéréseket. De nem mindig. Figyelembe kell vennie, hogy a feladat teljesítése a cégnek nyereséges-e, és gazdaságos-e a megrendelő számára. Ha ma egy magas igényeket kielégítő terméket állítanak elő, minden gyártósorról lejövő darabot nagy valószínűséggel el kell tudni adni, és abban a tudatban kell legyártani, hogy valakinek valóban erre volt szüksége.

Az üzemekben a szokásos típusok gyártásakor egy-egy fajta termék több napig is folyamatosan áramlik ki az extruderekből. Ezeket körforgásban, ütemtervezéssel állítják elő. Sorrendben a kis átmérőjűek után a nagyobb átmérőjűket, a rövidebbek után a hosszabbakat. Ezzel a módszerrel csökkenthető a gépek átállítása. Vannak olyan üzemek, ahol a gépek hét napon keresztül 24 órában dolgoznak. Az ADS csöveinek többsége polimerkeverékből extrudált egyrétegű termék, és van néhány koextrudált csövük is. Terveikben több réteget tartalmazó falú csövek gyártása is szerepel. Ilyeneket ott szeretnék bevezetni, ahol jelenleg még főleg beton- vagy fémcsöveket használnak.

Az ADS a közelmúltban nem vásárolt új gyártóberendezéseket. Jelenleg azonban erősen megnövekedett a kereslet, és a gyártósorokról lejött minden egyes darabot nagy valószínűséggel azonnal megvásárolnak. Normális körülmények között bizonyos mértékben folyamatos az új gépek beszerzése.

A cég munkatársai közé mérnököket és az anyagtudományban járatos szakértőket vett fel, akiknek feladata, hogy a legújabb tudományos eredményeket felhasználva részt vegyenek a termékek fejlesztésében. Ehhez a vállalat jelentős beruházásokat biztosít: máris vásároltak néhány új extrudert és fröccsöntő gépet, amelyekkel reményeik szerint képesek lesznek kielégíteni a megnövekedő igényeket.

## **További példák a műanyag csövek alkalmazására az infrastruktúrában**

### *Csőfektetés gyorsan és pontosan*

Az infrastruktúrában alkalmazott műanyag csövek formája nagyon változatos lehet, attól függően, hogy ivóvizet, szennyvizet vagy kábeleket vezetnek-e bennük. Valamennyi alkalmazásban elvárják, hogy a csövek kellően erősek, tartósak legyen, és hogy fenntartható eljárással állítsák elő őket.

Az ausztriai **IFK** cég a közelmúltban Csehországban az **Egeplast** cég ivóvíz és szennyvíz vezetésére gyártott csöveit fektette a földbe árokmentes eljárással. A szűk hely és a lejtős terep miatt a csövek föld alatti elhelyezését nagy pontossággal kellett elvégezni, ezért az SLM 3.0 Protective Layer típusú csövek helyükre behúzásához GPS vezérléssel ellátott földrakétát (ezt „vakond”-nak is nevezik) alkalmazták. Ezzel a technológiával a csöveket jóval rövidebb idő alatt tudták a helyükre beépíteni, mintha árokba fektették volna őket. A megrendelő ragaszkodott

ahhoz, hogy a munkát az ÖNORM RN 12889 szabvány szerint végezzék, amely előírja a cső pozicionálásának elektronikus ellenőrzését és dokumentálását. A GPS-szel ellátott földrakétába digitálisan betáplálhatók a fektetési terv szerinti adatok, ezek alapján a munka során ellenőrizhető a cső helyzete és dokumentálható a lefektetett cső pozíciója és mélysége.

A munka során az *SLM 3.0 Protective Layer* márkájú csövei közül 110 és 180 mm külső átmérőjű csöveket alkalmaztak, amelyeket feltekerceselve szállított az gyártó. Ezeket a talajba húzás előtt beépített villamos fűtőelemes hegesztéssel kötötték össze a kívánt hosszúságra. Ivóvíz vezetéséhez 250 mm külső átmérőjű csöveket rendeltek, ezek egyenes hengerek formájában érkeztek, és fűtőelemek segítségével, tompehegesztéssel végezték összekötésüket. Ez után a cső végét földrakéta csúszdájába helyezték, amely szavatolta a cső helyes pozicionálását. A koordinátákat ellenőrző eszközzel rendelkező földrakéta lehetővé teszi, hogy egyszerre két csövet is be tudjanak húzni ugyanarra a helyre.

Nyitott árokba naponta átlagosan 50 méter csövet tudnak lefektetni, ezzel a technológiával akár 1000 métert is.

Az SML 3.0 jelzés egy szabadalommal védett, többrétegű csövekből kialakított, védelmet biztosító csőrendszer, amely szavatolja a hosszú élettartamot és a jó hatásfokot. A felületén lévő bevonat a fektetéskor is megvédi a nyomásálló csöveket a sérüléstől.

#### *Csőgyártás szén-dioxid-emisszió nélkül*

Az **Aquaspira** cég, amelynek székhelye az Egyesült Királyságban van, a legjobb úton halad afelé, hogy 50%-kal csökkentse csőgyártásának CO<sub>2</sub>-kibocsátását. Az évtized végéig pedig karbonemisszió nélküli technológiát akarnak kifejleszteni. A cég a nagy átmérőjű, acéllal erősített csatornacsövek specialistája. A Birminghami Egyetemmel és a földbe fektetett infrastruktúrára szakosodott UKCRIC National Buried Infrastructure Facilityvel együttműködve a nagyon csekély emisszióval gyártható földbe fektethető csövek széles választékát szeretnék kifejleszteni.

Már sikerült egy olyan csatornacsövet előállítaniuk, amelynek alapanyaga 20% hulladékból visszanyert polimert tartalmaz. A cég a reciklátumot főképpen az esővizet elvezető és a szennyvizet szállító csövekben szeretné növelni, és vizsgálja ezek földbe fektethetőségét, továbbá keresi az olyan eszközöket, amelyekkel kellő érzékenységgel ellenőrizhető az ilyen csövek állapota teljes élettartamuk alatt.

A vállalat emellett növelni szándékozza a területein lévő napelemes paneleket, és területeit meg fogja tisztítani az ott lerakott hulladéktól. Nemcsak arra törekszik, hogy a legjobban fenntartható csőgyártást alkalmazza, hanem arra is, hogy fokozatosan csökkentse, végül teljesen megszüntesse ökológiai lábnyomát.

Az **Uponor Infra** és a **Borealis** cég közösen dolgoztak ki egy olyan gravitációs műanyag csövet, amelynek gyártásakor 70%-kal kisebb a CO<sub>2</sub> emisszió. Ez az *Ultra Rib 2 Blue* cső olyan új PP csatornacsőcsalád első tagja, amely teljes élettartama alatt jelentősen csökkenti ökológiai lábnyomát, mert alapanyagainak fele megújuló forrásból származik. A cső egyik alapanyagként ugyanis a Borealis megújuló forrásból készülő *Bornewables* márkanévű poliolefinje, amelynek a tulajdonságai azonosak a hagyományos poliolefinééval. A belőle készített csövek tulajdonságai ugyancsak megegyeznek a standard *Ultra Rib 2* csövekével. A csöveket az Uponor fristadi üzemében (Svédország) gyártják. A vásárlóknak szavatolják az új polimer fenntarthatóságát, és hozzáférhetőségét. Az *Ultra Rib 2 Blue* polimer jó tulajdonságait egy független minőségellenőrző cég is igazolta.

### *A PE-HD csövek biztonságos húzóerejének kiszámítása*

A **Plastics Pipe Institute (PPI)** egyik publikációjában azt írta le, hogy hogyan tudják a csőfektetők kiszámítani a csövek húzóerejét, hogy elkerüljék a PE-HD vezetékek sérülését. A csövek húzásakor ugyanis tengelyirányú terhelés lép fel. Ha túllépik a biztonságos húzóerőt, fektetés után a vezeték hossza mentén egyes helyeken véglegesen deformálódhat, ami elzáródást vagy akadályt okozhat, a benne lévő kábelek pedig elmozdulhatnak a helyükről.

A PPI TN-63 számú műszaki megjegyzésben (Technical note, Safe Pull Strength Calculations for Conduit: Including Derating Factors) található a PE-HD csövek biztonságos húzóerejének (SPS – safe pull strength) kiszámításához használható egyenlet és a leggyakrabban használt átmérőjű és falvastagságú PE-HD csövek névleges jellemző értékeit tartalmazó táblázat. Ebben arról is lehet tájékozódni, hogyan változik az SDS érték magasabb hőmérsékleten vagy hosszabb terhelés után. A TN-63 Technical note szabadon letölthető a PPI honlapjáról.

### *Gázt szállító poliamidcsövek*

Az **United Poly Systems** cég az *Evonik Vestamid NRG PA 12* típusából földgáz szállítására használható csöveket gyárt, amelyeket az USA déli államaiban forgalmaznak.

Ezeket a csöveket kifejezetten ipari alkalmazásra fejlesztették ki, és különböző átmérővel gyártják őket. Az USA csövek és veszélyes anyagok biztonságát szabályozó hivatala (PHMSA – Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration) gázok vezetésére is engedélyezte azokat. Hosszú éveken keresztül erre a célra kizárólag fémcöveket alkalmaztak 8,6–17,2 bar (125–250 psi) közötti nyomással. A 17,2 bar nyomást a *Vestamid NRG* csövek is elviselik, és jó záróképességük lehetővé teszi bennük a szénhidrogén-tartalmú gázok szállítását is.

A PA 12-ből gyártott csövek nagyobb nyomással üzemeltethetők, mint a polietilén-csővek, ezeknél vegyszerállóbbak, hőállóbbak és a bennük áramló gázok kevésbé képesek átdiffundálni a csövek falán.

Az United Poly Systems *IPS* (hagyományos vascső méretének megfelelő) típusú csöveit 19–660 mm (0,75–26 inch), *DIPS* (kovácsolt vascső méretének megfelelő) típusú csöveit 100–610 mm (4–24 inch) átmérővel forgalmazza. Ezeket számos iparágban – a telekommunikációban, az energiagyártásban továbbá a gáz- és olaj elosztásában is alkalmazzák. A PA 12-ből gyártott csöveknek jó a vegyszerállósága, és tompahegesztéssel vagy elektrofúzióval (beépített villamos fűtőelemmel) belőlük készített csővezetékek nagyobb költségnövekedés nélkül szavatolják a hosszú élettartalmat.

### *Műanyag csövek az energiaiparban*

Alaszkában közel 50 vízi erőmű van, a legnagyobb a Bradley tónál található, ahol a Horner Electric Association termeli az áramot. A cég bővíteni akarta kapacitását, ehhez azonban meg kellett növelni a tó vízmennyiségét. Ezért egy gleccser szabadföldi vízfolyását 3 km hosszú, 1600 mm átmérőjű PE-HD csővezetékkel terelték ezt el egy meredek és meglehetősen zord területen keresztül a tó felé.

A **McElroy** cég műanyag csövek összekötését végző hegesztőgépeket gyárt, legnagyobb gépük neve Talon, amely akár mm átmérőjű csöveket is össze tud kötni. A cég a nagy átmérőjű csövek összekötéséhez különösen biztonságos, nagyon jó hatásfokú technológiát fejlesztett ki, mert minél nagyobb a cső átmérője, annál nagyobb terhelést kell elviselnie a szokásos hegesztőgépeknek a két cső összeépítése során.

Az új megoldás szerint a gépet fejjel lefelé fordították, és alatta egy speciális nyílást alakítottak ki. Ez lehetővé teszi, hogy a csövet előre mozgassák, a hegesztéshez felemeljék a földről, megfelelő helyzetbe hozzák, elvégezzék a hegesztést, majd tovább mozgatva egymás után hasonló módon egymás után kialakítsák az akár 3000 méter hosszú csővezetékét (4. ábra).



4. ábra. A McElroy cég Talon 2000-es fúziós gépe munka közben.

A cégnek korábbi feladatai során többnyire sík, egyenes vonalban kellett dolgoznia. Az alaszki területen hol felfelé, hol lefelé, hol éles sarkokat megkerülve kellett az 1600 mm átmérőjű csövet vezetni. A csőszakaszokat egy keskeny hegyi úton kötötték össze egymással, amely alig volt szélesebb, mint maga a gép. A *Borough PE100 DR21* márkájú csövek falvastagsága 3–3,7 cm volt, ami miatt fontos volt a sorbarendezés, a kiegyenlítés, a hegesztés optimális hőmérséklete és hűtési ideje. Az első kötéseket alapos vizsgálatnak vetették alá. Kiderült, hogy a csövek belső felületén minden kis kiemelkedést, apró anyagmorzsát el kell távolítani, mert hibátlan kötést csak teljesen sima felülettel lehetett elérni. A Talon géppel naponta átlagosan négy kötést, néha hatot tudtak elvégezni. A 155 hegesztett kötést tartalmazó vezeték kevesebb, mint két hónap alatt készült el.

#### *Környezetbarát hűtés és fűtés hőszivattyús technikával*

A svájci munkaadók lausannei központú Centre Patronal nevű szervezete a közeli Genfi-tó vizét használja fel hőszivattyús technikával épületének környezetbarát fűtéséhez és hűtéshez. A tó mélyéből kiemelt vizet cirkuláltatva használat után visszavezeti a tóba.

Ehhez az **Agru Kunststofftechnik** cég Agruline csőrendszerét alkalmazták, amely hossza 800 m 500 mm külső átmérőjű, *SDR 11* típusú csövekből épült fel. (Az SDR a cső külső átmérőjének és falvastagságának hányadosa.) A rendszert 2021 márciusában helyezték üzembe.



5. ábra. A Genfi-tavon úsztatással vitték el az előre összeállított csőrendszert a lesüllyesztés helyére.



A kivitelező **Hydrokarst Swiss** a rendszerbe vizet beszívó és kiürítő csöveket hegesztett össze, és ráépített egy 6 m hosszú „söpörgető ívet”, amelyben különösen kicsi a folyással szembeni ellenállás. Az összeállított csőszerkezetet búvárok úsztatással vitték 20 km-rel távolabb a kiválasztott vízfelülettől (5. ábra), majd beton ballasztal lesüllyesztették a tó fenekére. A 80 m mélységben S-alakban fektették le, hogy elkerüljék a kunkorodást. Ezen a helyen a víz hőmérséklete 4–8 °C, ami ideális a hőszivattyús hűtéshez és fűtéshez.

Összeállította: Pál Károlyné

- (1) Callary, J.: 10 billion feet...and counting – Plastics Technology, 2022. január, <https://www.ptonline.com/articles/10-billion-feetand-counting>
- (2) What is leach field and how does it work? – Ecoseptic Drain, <https://ecosepticllc.com/blog>
- (3) Transfer Market: update on pipes in infrastrucure – Pipe & Profile Extrusion, 2021. november/december, p. 21, 22, 24, 26. – Infrastr Pipe AMI. pdf
- (4) McElroy 2000 <https://www.mcelroy.com/en/productdetail.htm?class=Talon%202000>