

Hol tarthatna a talajcsövezés gyakorlata Magyarországon? Kitekintés a talajcsövezés alkalmazásának, valamint kutatásának nemzetközi helyzetére

Túri Norbert

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (ÖVKI); 5540 Szarvas, Anna-liget u 35.; turi.norbert@uni-mate.hu

Kivonat

A talajcsövezés világszerte alkalmazott beavatkozás, amely elsősorban a kedvezőtlen vízgazdálkodású, mezőgazdasági területeken biztosítja a talajvízszint és talajnedvesség szabályozást, a talajban található káros víztöbbletek elvezetését. A talajcsövezés ilyen célú alkalmazása nagy múltra tekint vissza, azonban mára leginkább olyan üzemeltetési megoldásokra van szükség, amelyekkel a mezőgazdasági területeken jelentkező többlet vizek visszatartását, valamint a drén elfolyóvizek újra felhasználását segíthetjük elő. Jelen dolgozatban a talajcsövezés nemzetközi kutatási területei, valamint alkalmazási módjai kerültek bemutatásra, amelyek alkalmazhatók lehetnek a hazai vízgazdálkodás gyakorlatában. Kiemelt célom volt, példákat hozni a talajcsövezés speciális alkalmazási módjaira, mint a például a kontrollált talajcsövezés, valamint drénvíz újrafelhasználást célzó öntözési módszerek.

Kulcsszavak: szabályozott talajcsövezés, drénvíz hasznosítás, drénezés

BEVEZETÉS

A dolgozat tárgyát képező talajcsövezés, mint műszaki eljárás alkalmazásának célja, a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú mezőgazdasági tábla, valamint a felszíni vízelvezető csatornahálózat közötti kapcsolat megteremtése (*Fehér 1979*). Magyarországon, mint minden más országban is, a jelenleg széles körben alkalmazott perforált PVC dréncsövek használatát számos egyszerűbb műszaki megoldás előzte meg. A kezdeti vízelvezetési eljárások alkalmazása során rőzse vagy kőtöltés talajba juttatásával kívánták elérni, hogy a talajban található többlet vizek elvezetésre kerüljenek a problémás területekről. A talajcsövezés technológiai fejlődésében a következő előrelépést az égetett alagcsövek alkalmazása jelentette, amelynek időszaka az 1800-as évekre tehető. Hazánk mai területén a talajcsövezés első kiterjedtebb alkalmazása már 1880-ban a Kvassay Jenő szervezte Kultúrmérnöki Hivatalok működése alatt megkezdődött. *Leidenfrost Tódor (1904)* művében bemutatta az általa akkoriban végzett alagcsövezési munkákat, amelyben részletezte, hogy kísérletei során változó szívóelosztást alkalmazott; talajvíz megfigyelő kutakkal kísérte figyelemmel az alagcsövek hatékonyságát; valamint gazdaságossági számításokat is végzett. (*Leidenfrost 1904*). A műanyag talajcsövek (polietilén, polivinil-klorid) első használata Hollandiához köthető. Kialakításukat tekintve ezek a csövek simafalú, hosszirányban hasított csövek voltak, azonban alkalmazásukkor számos kedvezőtlen tapasztalat vezetett arra, hogy bevezessék a hullámos falú hajlítható PVC csöveket. Ezen csőtípusok kedvező tulajdonságai miatt (hajlékony, perforálható, tekercsben tárolható) használatuk széles körben terjedt el mindenhol a világban (*Thyll et al. 1983*).

Az 1950-es évek után Magyarországon kezdetben csak importból származó hullámosfalú talajcsövek felhasználása volt lehetséges, majd azok hazai gyártása is elkezdődött a Borsodi Vegyi Kombinát szekszárdi gyáregységében, ami az OVH-69 Műszaki Feltételek előírásával megkapta a dréncsövek és a beépítésükhöz szükséges idomok gyártásának hazai engedélyét (*Szinay 1983a*).

A hazai gyártás beindulásával, valamint a tervgazdasági berendezkedés kínálta támogatási rendszer kínálta lehetőségekkel, a hullámosfalú dréncsövek kiterjedt alkalmazása egészen a rendszerváltásig megmaradt. Azt követően az operatív módon történt kivitelezések folyamatosan csökkentek, a futó beruházások befejeztével pedig csak esetlegessé váltak.

Dolgozatomban a hazai talajcsövezés „feledésbe merülésének” fényében kívánom bemutatni, hogy nemzetközi szinten milyen irányba fejlődött a drének alkalmazásának és üzemeltetésének gyakorlata, amely később adaptálható lehet hazai körülményekre is.

A MEZŐGAZDASÁGI TALAJCSÖVEZÉS MAGYARORSZÁGI SAJÁTOSSÁGAI

A komplex meliorációs munkák során a különféle elrendezésű talajcső hálózatok kivitelezését, üzemeltetését és karbantartását a mezőgazdasági üzemek végezték. A hazai talajcsövezés történetének alap problémája, hogy a rendszerváltást követően ezek az üzemek megszűntek, vagy jogutódlással átalakultak. A földkárpótlást követően a komplex üzemeltethetőségnek gátat vetett az, hogy az egyes területek szétaprózódtak, valamint a támogatások átalakultak (*Bozán et al. 2016*). Elmondható azonban, hogy ha a rendszerváltás nem okozott volna törést a meliorációs művek üzemeltetésben, azt megelőzően a tervezés és kivitelezés során is megfigyelhetőek voltak olyan anomáliák, amelyek a későbbi üzemeltethetőséget jelentősen befolyásolhatták, mindemellett elősegítették az egyes talajcső hálózatok korai amortizációját (*Túri 2021*):

- *Sziki (1985)* tanulmányában a tervezési és kivitelezési nehézségeket ismertette, példaként említve a céldrének alkalmazásának korlátait, amely során a vízrendezésre szoruló területek legmélyebb pontjairól kellett elvezetni a vizet, de a csőhálózat szükséges esését már nehezen lehetett műszakilag jól összehangolni a befogadókkal.
- A kiépült drénhálózatok szakszerű üzemeltetését különféle előírások mentén kellett elvégezni, amelyeket általában a Megyei Tanácsok Növényvédelmi és Agrokémiai Állomásai adtak ki, ám ezt nem minden esetben követték az üzemeltetők. *Zsakarovszky (1982)* szerint például, a drénvizeket befogadó csatornák téli időszakban történő leeresztése, vagy legalább az üzemi vízszint drénkifolyó szint alatt tartása nem minden esetben volt megoldott.
- A drénhálózatok karbantartás igénye és gyakorlata (öblítéses tisztítás) már a kivitelezések idején is megmutatkoztak. *Babics (1989)* szerint, a szűrőzetlenül talajba fektetett dréneknek nagy része igényelt volna szűrőzést a kivitelezés idején, ami több évtizedre biztosította volna a talajcsövek hosszú távú funkcióképességét.
- A változékony magyarországi éghajlati, talajhidrológiai és talajviszonyokkal kapcsolatban *Járányi (1989)* megállapította, hogy a FAO Tisza II projektben végrehajtott talajcsövezés során nyilvánvalóvá vált, hogy a viszonylag egységes természeti és talajviszonyokra kidolgozott klasszikus holland módszerek nem alkalmazhatók sematikusan a hazai talajok talajcsövezése során. A méretezéshez felhasznált képleteket a talajcsövezendő terület aktuális adottságaihoz kellett igazítani, azonban az így készült egyedi tervek kivitelezését sok esetben a gazdasági érdekek felülírták.

A HAZAI HELYZETKÉP

Az egykor kivitelezett talajcső hálózatok komplex üzemeltethetőségét jelenleg számos műszaki és fenntartási hiányosság jellemzi. Egy-egy kiemelt felújítást, vagy javítást célzó

résztevékenység (sérült drénkifolyó csövek felújítása, a talaj fizikai és kémiai javítása, vagy a vízkormányzás megfelelő alkalmazása) nem feltétlen elégséges a drének üzemeltetéséhez, komplex megoldásokra van szükség (Túri 2022). A mezőgazdasági drénezést célzó beruházások hazánkban jelenleg esetlegesen mondhatók. Új kivitelezésű, ám klasszikus elrendezésű és kialakítású talajcső hálózatok leginkább lineár öntözőgépekkel öntözött területek alá kerülnek telepítésre. Ennél elterjedtebb a parkok, gyümölcsösök és növényházak drénezése, ám ezek mozaikszerű beruházásokat jelentenek. A mai helyzetképhez hozzátartozik, hogy azon kívül, hogy a gazdálkodók körében a talajcsövezés, mint vízrendezési beavatkozás feledésbe merült, a drénezés a költséges beruházási mivolta miatt sem népszerű. A beruházási kedvben érdekes fordulatot hozhat, hogy 2020 őszén Vidékfejlesztési Program VP2.-4.1.4-16, „A mezőgazdasági vízgazdálkodási ágazat fejlesztése” című felhívásának „Támogatható tevékenységek és azok maximális elszámolható kiadásai” melléklete kiegészült „A terület vízrendezése, felszín alatti dréncsőhálózat beépítése” című ponttal. Az elszámolható kiadások szerint 450 000 Ft/ha összeg igényelhető a talajcsőhálózat és kapcsolódó műtárgyainak kialakítására a belvízzel folyamatosan sújtott területeken (nak.hu).

A TALAJCSÖVEZÉS NEMZETKÖZI KUTATÁSI TERÜLETEI

A nemzetközi szakirodalomban a drainage szó nem csupán a talajcsövezés fogalmával megegyező. Magában foglalja a felszíni (csatornahálózat) és felszín alatti (talajcsőhálózat) vízvezetést, de orvostudományi fogalom is. A talajcsövezés angol elnevezése a *tile drainage* (Hooghoudt 1952, Visser 1954, Wesseling 1954), amely az égetett agyag elemek/égetett agyagcső eredetre utal. A talajcsövezés másik elnevezése a vízvezetés felszín alatti mivoltát jelentően a *subsurface drainage* (Wendte et al. 1978, Skaggs 1982). Az elnevezések ezeken felül a különféle műszaki megoldások szerint változnak, mint például *free drainage* (FD), ami a szabad kifolyással rendelkező dréneket jelenti, a *controlled drainage* (CD) vagyis szabályozott működtetésű drének (Tolomio–Borin 2019, Wang et al. 2020). Az elnevezések esetenként a növénytermesztésben alkalmazott drénezés és öntözési mód kombinációira is utalnak. Ilyen elnevezés például a *controlled drainage and subirrigation* (CDSI), amely során szabályozott drén üzemeltetés és felszín alatti öntözés kombinációja kerül alkalmazásra.

A talajcsövezés, vagy valamilyen módjának alkalmazása, éghajlattól és természetföldrajzi viszonyoktól függetlenül a világ számos országában elterjedt gyakorlat. Leginkább azokon a területeken szükséges alkalmazásuk, ahol mély fekvésű területeket művelnek, és jellemzőek az időszakos víztöbbletek, amelyek korlátozzák az egyes kultúrnövények természetességét. Szinay (1983b) tanulmányában Európa országaira vonatkozóan foglalta össze a talajcsövezéssel érintett területek nagyságát. Az 1980-ra aktuális felsorolása szerint, Svédország 1 millió ha, az NDK 2,4 millió ha, Finnország 2,5 millió ha, az Egyesült Királyság 3,8 millió ha, Franciaország 4 millió ha, az NSZK 4,4 millió ha, Hollandia 0,7 millió ha, Magyarország pedig 0,04 millió ha drénezett területtel rendelkezett. Ezek az adatok jól tükrözik, hogy a hazai drénezett területek kiterjedése és volumene, területarányosan nézve is jelentősen elmaradt a nyugati országokéhoz képest (Túri 2021). Hazai talajtani adatok elemzését követően Hornyik (1984) 1,3 millió hektárra becsülte a talajcsövezést igénylő mezőgazdasági területeink nagyságát. A rendszerváltás idejére ténylegesen 0,15 millió, vagyis 150 ezer hektár területen valósult meg a talajcsövezés (Babics 1989, Bozán et al. 2016). Hegedűsné és Szalai (1987) tanulmányukban ennek a területnek dupláját, vagyis 300 ezer ha drénezett területet említenek Magyarországra vonatkoztatva. A szerzők mindemellett összesítették (1. ábra), hogy az egyes kontinensek milyen területi kiterjedésben igényelnek talajcsövezést, és hogy a

tanulmányuk közlésének idején mennyi talajcsövezés valósult meg. *Hegedűsné és Szalai (1987)* szerint Hollandiában 1987-re az új polderek kivételével már minden talajcsövezést igénylő területen lezajlottak a beruházások, így a nagyobb hangsúlyt már felújítandó, illetve karbantartandó talajcső hálózatok kezelésére tudták fektetni.

A világ talajcsövezett és talajcsövezést igénylő mezőgazdasági területei (millió ha)				
Világgrész	Terület	Mezőgazdasági terület	Talajcsövezett terület	Talajcsövezést igénylő terület
Európa (Szovjetúnió nélkül)	473	230	38	41
Ázsia (Szovjetúnió nélkül)	2677	1020	32	38
Afrika	2965	1010	2	5
Észak- és Közép- Amerika	2140	618	68	67
Dél-Amerika	1754	546	8	11
Ausztrália	843	517	1	2
Szovjetúnió	2227	606	12	55
Összesen:	13079	4547	161	219

1. ábra. A világ talajcsövezett, és talajcsövezést igénylő területeinek adatai 1987-ből. (Hegedűsné és Szalai (1987) nyomán, Szerk.: Túri N.)

A talajcsövezéssel foglalkozó nemzetközi kutatások közül 6 fő témát emeltem ki:

- (1) Az egykor telepített drének állapotfelmérésének, működőképességének, valamint a drénhálózatok élettartamának terepi vizsgálata (*Tlapláková et al. 2017, Djurović–Stričević 2004*)
- (2) A funkcionáló drének detektálási (légi távérzékelés, talajradar) lehetőségeinek meghatározása (*Tlapláková et al. 2015, Tlapláková et al. 2017, Koganti et al. 2020*)
- (3) A talajcsövek működési hatékonyságának vizsgálata a terméshozamok változásán keresztül (*Jiang et al. 2019*);
- (4) A drén elfolyóvizekkel távozó agrokemikáliák természetes vízfolyásokban jelentkező környezeti hatásainak, valamint a drén elfolyóvizek újrahasznosítási lehetőségeinek vizsgálata (*Karásek et al. 2015, Smith et al. 2015, Shedekar et al. 2021*);
- (5) A dréneken keresztüli vízviszapótlás lehetőségeinek és hatásának értékelése (*Brandyk et al. 1993, Tolomio–Borin 2019, Wang et al. 2020*);
- (6) A dréneken keresztüli anyagtranszport folyamatok azok hatásainak szimulációja és modellezése (*Singh et al. 2006, Jiang et al. 2019, Sojka et al. 2020*).

A TALAJCSÖVEZÉS NEMZETKÖZI ALKALMAZÁSI MÓDJAI, JÓ GYAKORLATAI

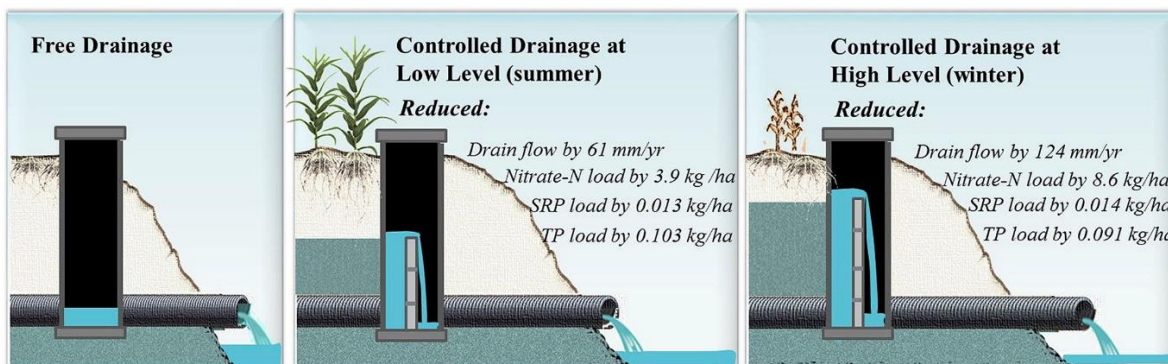
A talajcsövezést széles körűen alkalmazó országok (USA, Hollandia stb.) drénezési gyakorlatával ellentétben, hazánkban a drénezés műszakilag nem fejlődött tovább, valamint jellemzően már műszaki feltételei sincsenek annak, hogy a meglévő dréneket, a felújításuk után a vízháztartási helyzetekhez adaptív módon legyen lehetőség használni (*Bíró–Jécsák 2018*). A jó gyakorlatok keresése és alkalmazása fontos feladat. Magyarországon a legelterjedtebben kivitelezett talajcső konstrukciókat a szabad kifolyással rendelkező mező- és céldrének jelentik, amelyek figyelmen kívül hagyják a drének szabályozott üzemeltetésének lehetőségét (*Túri 2022*). Bár megjegyzendő, hogy a szabad kifolyással rendelkező talajcső

hálózatok nemzetközi alkalmazására is megvannak a jó gyakorlatok (Gentry et al. 1998, Fučík et al. 2015). Szabályozó műtárggyal rendelkező drének alkalmazása Magyarországon kísérleti területeken vagy tangazdaságokban eseti jelleggel történt.

Az alábbi felsorolásban ismertetem a kutatásom során megismert „jó gyakorlatokat” és műszaki megoldásokat:

(a) Kontrollált, vagy szabályozott drénezés (Nash et al. 2015, Negm et al. 2017, Saadat et al. 2017)

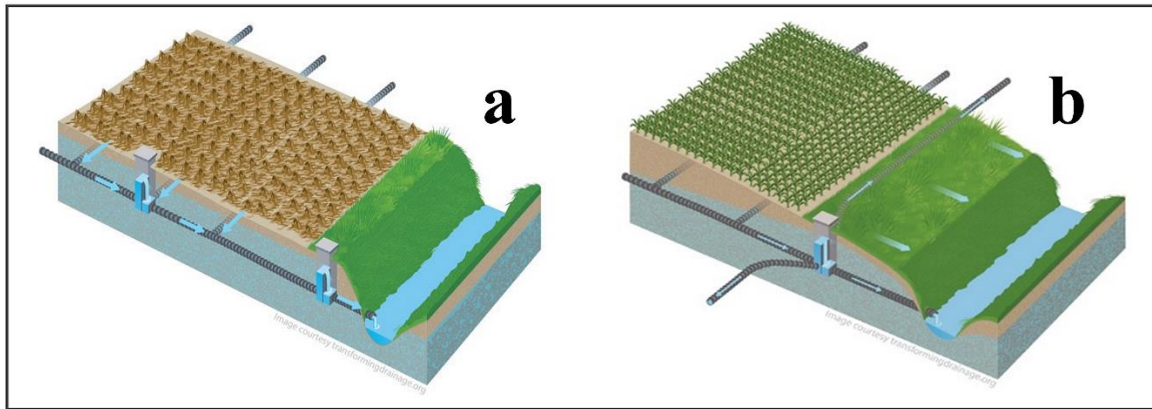
Az szabályozott drénezés alkalmazása során, a talajcsövek mozgatható táblával rendelkező műtárgyakon futnak keresztül, amelyeket a drénhálózat befogadókkal párhuzamosan a mezőgazdasági táblában helyeznek el (2. ábra). A drénhálózat kialakításától függően a szabályozó műtárgyak elhelyezésük szerint a szívókra, vagy a főgyűjtőre helyezhetők el. A szabályozott drénezés lényege, hogy változtatható a drén kifolyók vízhozama, a vízkémiai vizsgálatokkal pedig meghatározható a drének elfolyó vizének elemtartalma, amely alapvető fontosságú a drének környezetterhelésének monitorozásában.



2. ábra. A szabad kifolyású (FD) és szabályozott drének (CD).
(Saadat et al. 2018)

(b) Telített pufferzónás drénrendszer (Davis et al. 2018, Jaynes et al. 2018)

A módszer alkalmazása a szabályozott drénezés továbbfejlesztésén alapul. A befogadó csatornába futó drénszívók nem csak a befogadóval párhuzamosan elhelyezett szabályozó műtárgyakon haladnak keresztül, hanem a műtárgyakba futó oldalszívók közbeiktatásával a kétfázisú talajzóna szintje megemelésre kerül, így megnövekedik a dréneken keresztül levezetendő többlet víz talajban tartózkodási ideje. Redukálódik továbbá a felszíni vizekbe kerülő nitrát formák és korábban nem hasznosult tápanyagok mennyisége, ugyanis termesztett növényeknek marad ideje azok felvételére és hasznosítására (3. ábra – a,b).

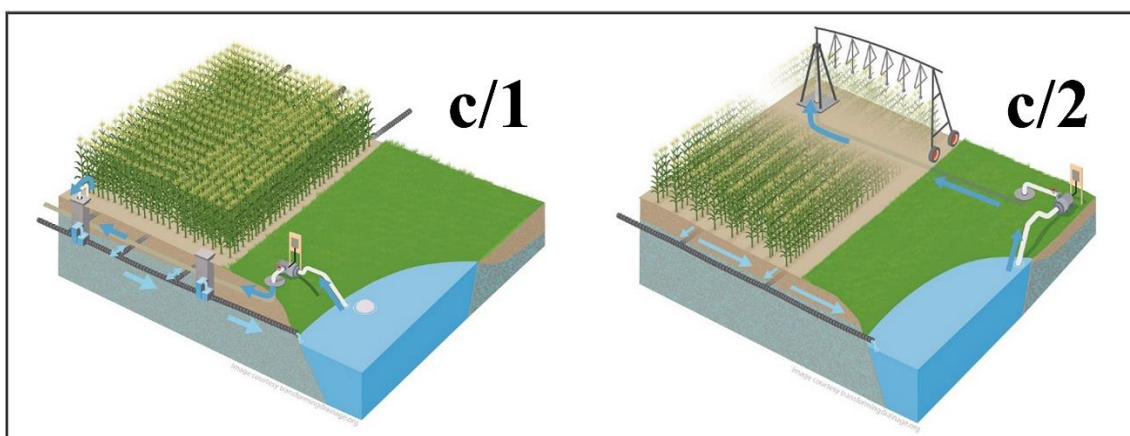


3. ábra. A telített pufferzónás talajcső hálózat műszaki megoldásai (a,b)
(Forrás: transformingdrainage.org, szerk.: Túri N.)

(c) Drénvíz visszaforgatásos (újrahasznosító) rendszerek (Baule et al. 2017, Hay et al. 2017, Reinhart et al. 2019)

A drénvíz visszaforgatásos rendszer lényege, hogy a tározóban/mederben összegyűjtött drénvizet felszín alatti nyomóvezetékén keresztül visszavezetik a kezelt tábla talajába annak érdekében, hogy az gravitációs úton újra távozhasson a dréneken keresztül. Az eljárás célja, hogy mesterségesen, a kellő magasságba visszaduzzasztható telített zóna alakuljon ki a talajban, ha egyébként a talajvíz megfelelő szintre történő visszaduzzasztása nem lenne lehetséges. (4. ábra – c/1).

A drén elfolyóvizek újbóli felhasználásának másik alkalmazási módja során, a tározóban/mederben összegyűjtött drénvizet nyomóvezetékén egy hidránusra vezetik, amelyből a vizet körforgó öntözőgéppel juttatják vissza a növények számára esőszerű öntözéssel. Ebben a módozatban a talajba nem helyeznek el szabályozó műtárgyakat, így az elhasznált öntöző és drénvíz körforgási ideje lerövidül (4. ábra – c/2).



4. ábra. A drénvíz újrahasznosításának lehetőségei (c/1, c/2)
(Forrás: transformingdrainage.org, szerk.: Túri N.)

A NEMZETKÖZI JÓ GYAKORLATOK HAZAI ADAPTÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK ÉRTÉKELÉSE

Hazánk vízmérlegének negatív irányú elmozdulása megköveteli, hogy a vizek területi visszatartására, valamint talajban tározására kiemelt hangsúlyt fektessünk, azonban nem hagyatkozhatunk kizárólag az eddig alkalmazott vízgazdálkodási gyakorlatokra. Az új megoldások, jó gyakorlatok keresése alapvető fontosságú.

A dolgozatban tárgyalt drénavíz hasznosítást/újrahasznosítást bemutató példák jól szemléltetik, hogy a drénezés ezen alkalmazási lehetőségei nem csak a hasznos öntözővíz, de a tápanyagok kedvezőbb hasznosulását is elősegíthetik a növénytermesztés során. Ezen rendszerek komplex és fenntartható üzemeltetése azonban igen nagy körültekintést és szakértelmet igényel. Eltekintve attól, hogy a drének üzemeltetése Magyarországon különféle okokból megszakadt, a bemutatott műszaki megoldások hazai adaptálásának lehetőségeit két úton látom megvalósíthatónak, mint (1) korábban telepített drénhálózatok alacsony beruházási költség igényű átalakítása, vagy (2) teljesen új beruházások megvalósulása.

Már meglévő talajcső hálózatot, a bemutatott példák szerint szabályozott drénezésre lenne a legcélszerűbb átalakítani elsősorban olyan területen, ahol a drének működtetésének talajtani műszaki és vízkormányzási feltételei is adottak, vagy ezen feltételek mindegyike az elvárt szintre javítható. A *szabályozott drénezés* kialakítása során a szabályozó műtárgyak a céldrének főgyűjtőire, meződrének esetében magukra a drénszivókra vagy drénszivókra csatlakoztatott gyűjtővezetésekre (3. ábra/b) kerülnének elhelyezésre. Meződrének gyűjtővezetékekkel és szabályozó műtárgyakkal való kiegészítése során előnyként jelentkezne, hogy a közbeiktatott szabályozó műtárgyak számától függően a befogadó csatornába futó drénkifolyók száma csökkenne, amelyek jó állapota mind a drének üzemeltetése, mind befogadó fenntartási feladatai szempontjából is kritikus tényező. A dolgozatban bemutatott, a szabályozott drénezésnél komplexebb műszaki megoldások véleményem szerint új beruházások során valósíthatók meg, amellyel a felszín alatti vízrendezés és az öntözés komplex rendszere kerül összehangolásra.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásom során arra kerestem a választ, hogy ha Magyarországon a több évtizede telepített talajcső hálózatok műszaki és üzemeltetési szempontból is megfelelő állapotban lennének, akkor milyen lehetőségek kínálkoznának azok korszerűbb, víztakarékosabb, környezetet kevésbé terhelő üzemeltetésére. A vizsgálataim során kiemelt hangsúlyt fektettem a talajcsővezetés nemzetközi kutatási eredményeinek összegyűjtésére, amely során megmutatkozott, hogy a drénezés hatékonysága vagy hatása a környezetre számos aspektusból vizsgálható, kiemelten a szabályozott körülmények között üzemeltetett drének esetében. Az általam hozott példák rávilágítanak arra, hogy a talajcsővezetés komplexebb módszereinek hazai alkalmazásában megvannak a lehetőségek, de jelenleg markánsabban jelentkeznek annak korlátai. A lehetőségek kihasználását leginkább új beruházások esetében látom. Fontos továbbá megjegyezni, hogy a szabad kifolyású drének, vagy technikailag korszerűbb megoldások alkalmazásának nem csupán a drénezést meghatározó, hanem társadalmi és szakpolitikai feltételei is vannak, amelyek teljesülése kulcs fontosságú. Ilyen feltételek (1) a gazdálkodói szemléletváltás, amely képzéseken keresztül valósulhatna meg, valamint fontos elem a (2) támogatási rendszerek racionalizálása, amely a megszerzett tudás birtokában már motivációt szolgáltathat a gazdáknak arra, hogy korszerű drénezési

megoldások alkalmazásával a szélsőséges vízháztartási helyzetek megelőzésében vegyenek részt, mint sem a már bekövetkezett károk mérséklésében.

IRODALOMJEGYZÉK

- Babics Tamás (1989): Drének öblítéses tisztítása. *Melioráció - öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 8/1, 15–17.
- Baule W.–Allred B.–Frankenberger J.–Gamble D.–Andresen J.–Gun K. M.–Brown L. (2017): Northwest Ohio crop yield benefits of water capture and subirrigation based on future climate change projections. *Agricultural Water Management*. 189, 87–97.
- Bíró Tibor–Jécsák Csaba (2018): Adaptív talajvízszint-szabályozás lehetősége egy felsőszabolcsi talajcsövezett mintaterületen. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXVI. Országos Vándorgyűlése, Gyula, 2018. július 4-6. 13p.
- Bozán Csaba–Körösparti János–Andrási Gábor–Túri Norbert–Valentinyi Károly–Fabó István–Fehér Ferenc (2016): Meliorációs tervvel rendelkező területek felmérési lehetőségei. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIV. Országos Vándorgyűlése, Debrecen, 2016. július 6-8.
- Brandyk T.–Skapski K.–Szatylowicz J. (1993): Design and operation of drainage-subirrigation systems in Poland. *Irrigation and Drainage Systems*. 7, 173–187.
- Davis M. P.–Groh T. A.–Jaynes D. B.–Parkin T. B.–Isenhardt T. M. (2018): Nitrous Oxide Emissions from Saturated Riparian Buffers: Are We Trading a Water Quality Problem for an Air Quality Problem? *Journal of Environment Quality*. 48/2, 261-269.
- Djurović N.–Stričević R. (2004): Actual state of drainage system on the experimental field "Radmilovac" and priority works to be done for the improvement of its working characteristics. *Journal of Agricultural Sciences*. 49, 169–177.
- Fehér Ferenc (1979): A síkvidéki, mezőgazdasági táblán belüli vízelvezető elemek fejlesztése. *Hidrológiai Közlöny*. 59/11, 519–523.
- Fučík P.–Zajíček A.–Duffková R.–Kvítek T. (2015): Water Quality of Agricultural Drainage Systems in the Czech Republic - Options for Its Improvement. *Research and Practices in Water Quality*. 24 p.
- Gentry L. E.–David M. B.–Smith K. M.–Kovacic D. A. (1998): Nitrogen cycling and tile drainage nitrate loss in a cornsoybean watershed Agriculture. *Ecosystems and Environment*. 68, 85–97.
- Hay C.–Helmerts M. (2017): Evaluating Drainage Water Recycling Benefits for Crop Production in Iowa. *World Environmental and Water Resources Congress*. 507–517.
- Hegedűsné Papp Márta–Szalai György (1987): A felszín alatti vízrendezés jelene és a fejlődés irányai. *Hidrológiai Közlöny*. 67/4, 177–186.
- Hooghoudt S. B. (1952): Tile drainage and subirrigation. *Soil Science*, 74/1, 35–48.
- Hornyik Béla (1984): Többcélú talajcsövezés a Tiszántúlon. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 3 /1, 8–13.
- Jaynes D. B.–Isenhardt T. M. (2018): Performance of Saturated Riparian Buffers in Iowa, USA. *Journal of Environment Quality*, 48/2, 289-296.
- Járányi György (1989): A dombvidéki melioráció fejlesztése. *Melioráció öntözés és talajvédelem*. 8/1, 3–9.
- Jiang Q.–Qi Z.–Xue L.–Bukovsky M.–Madramootoo C.–Smith W. (2019): Assessing climate change impacts on greenhouse gas emissions, N losses in drainage and crop production in a subsurface drained field. *Science of The Total Environment*. 705, 135969.
- Karásek P.–Tlapáková L.–Podhrázká J. (2015): The location and extent of systematic drainage in relation to land use in the past and at present and in relation to soil vulnerability to accelerate infiltration in the protected landscape area Železná hora. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 63/4, 1121–1131.
- Koganti T.–Van De Vijver E.–Allred B.–Greve M.–Ringgaard J.–Iversen B. (2020): Mapping of Agricultural Subsurface Drainage Systems Using a Frequency-Domain Ground Penetrating Radar and Evaluating Its Performance Using a Single-Frequency Multi-Receiver Electromagnetic Induction Instrument. *Sensors*. 20, 3922.
- Leidenfrost Tódor (1904): Alagcsövezés és egyéb munkálatok eredménye a lévai uradalomban. Toldi Lajos könyvkereskedése, Budapest 262 p.
- Negm L. M.–Youssef M. A.–Jaynes D. B. (2017): Evaluation of DRAINMOD-DSSAT simulated effects of controlled drainage on crop yield, water balance, and water quality for a corn-soybean cropping system in central Iowa. *Agricultural Water Management*. 187, 57–68.
- Reinhart B.–Frankenberger J.–Hay C.–Helmerts M. (2019): Simulated water quality and irrigation benefits from drainage water recycling at two tile-drained sites in the U.S. Midwest. *Agricultural Water Management*. 223, 105699.

- Saadat S.–Bowling L.–Frankenberger J.–Brooks K. (2017): Effects of Controlled Drainage on Water Table Recession Rate. *Transactions of the ASABE*. 60, 813-821.
- Saadat S.–Bowling L.–Frankenberger J.–Kladiwko E. (2018): Nitrate and phosphorus transport through subsurface drains under free and controlled drainage. *Water Research*. 142/1, 196-207.
- Shedekar V. S.–King K. W.–Fausey N. R.–Islam K. R.–Soboyejo A. B. O.–Kalcic M. M.–Brown L. C. (2021): Exploring the effectiveness of drainage water management on water budgets and nitrate loss using three evaluation approaches. *Agricultural Water Management*. 243, 106501.
- Singh R.–Helmert M.–Qi Z. (2006): Calibration and Validation of DRAINMOD to Design Subsurface Drainage Systems for Iowa's Tile Landscapes. *Agricultural Water Management*. 85/3, 221-232.
- Skaggs R.W.–Nassehzadeh-Tabrizi A.–Foster G.R. (1982): Subsurface drainage effects on erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*. 37, 167–172.
- Smith D. R.–King K. W.–Johnson L.–Francesconi W.–Richards P.–Baker D.–Sharpley A. N. (2015): Surface Runoff and Tile Drainage Transport of Phosphorus in the Midwestern United States. *Journal of Environmental Quality*. 44/2, 495–502.
- Sojka M.–Kozłowski M.–Kęsicka B.–Wróżyński R.–Stasik R.–Napierała M.–Jaskuła J.–Liberacki D. (2020): The Effect of Climate Change on Controlled Drainage Effectiveness in the Context of Groundwater Dynamics, Surface, and Drainage Outflows. Central-Western Poland Case Study. *Agronomy*. 10/5, 625.
- Sziki Gusztáv (1985): A céldrének alkalmazhatósága és a megoldás módjai az üzemi komplex meliorációban. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 5/2, 9–12.
- Szinay Miklós (1983a): Néhány európai ország talajcsövezési adatai és a hazai értékelés. *Hidrológiai Tájékoztató*. 23/2, 16–17.
- Szinay Miklós (1983b): Magyarország vízrendezett területeinek helyzete és fejlesztése. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2/3, 30–34.
- Thyll Szilárd–Fehér Ferenc–Madarassy László (1983): Mezőgazdasági talajcsövezés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Tlapáková L. (2017): Development of drainage system in the Czech landscape – identification and functionality assessment by means of remote sensing. *European Countryside*. 9, 77–98.
- Tlapáková L.–Žaloudík J.–Kulhavý Z.–Pelíšek I. (2015): Use of Remote Sensing for Identification and Description of Subsurface Drainage System Condition. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 63, 1587–1599.
- Tolomio M.–Borin M. (2019): Controlled drainage and crop production in a long-term experiment in North-Eastern Italy. *Agricultural Water Management*. 222, 21–29.
- Túri Norbert (2021): Egy tiszántúli talajcsövezett mintaterület állapotfelmérési lehetőségeinek, valamint működési hatékonyságának vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*. 101/2. 62–71.
- Túri Norbert (2022): A talajcsövezési beavatkozások hatása a Körösök közének vízgazdálkodására. Doktori értekezés. Szegedi Tudományegyetem. 92p
- Visser C.W. (1954): Tile drainage in the Netherlands: a summary of the addresses delivered on the tile drainage day. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 2, 69–87.
- Wang Z.–Shao G.–Lu J.–Zhang K.–Gao Y.–Ding J. (2020): Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*. 239, 106253.
- Wendte L.–Drablos C.–Lembke W. (1978): The timeliness benefit of subsurface drainage. *Transactions of the ASAE*. 58/24, 12.
- Wesseling J. (1954): Tile drainage research. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 2, 254-259.
- Zsakarovszky Árpád (1982): A talajcsövezett területek üzemeltetésének és hasznosításának néhány problémája Csongrád megyében. *Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 1/3, 15–18.

Internetes hivatkozások

Transforming Drainage Project

Forrás: www.transformingdrainage.org

VP2.-4.1.4-16 a mezőgazdasági vízgazdálkodási ágazat fejlesztése.

Forrás: www.palyazat.gov.hu; www.nak.hu