



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Talajtani szakmérnöki szakirányú továbbképzési Szak**

**A KOTORT MEDERISZAP MEZŐGAZDASÁGI
HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGE**

Belső konzulens:	Dr. Gulyás Miklós egyetemi docens
Készítette:	Szabó Petra KWA71G nappali
Intézet/Tanszék:	Talajtani Tanszék

**Gödöllő
2023**

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	Szakirodalmi áttekintés.....	5
2.1	Mederiszap fogalma, kialakulása.....	5
2.2	A mederiszap kotrása.....	6
2.3	A kotort mederanyag termőföldön történő felhasználásának jogszabályi háttere Magyarországon	8
2.3.1	A mederiszap, a talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap fogalma a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény értelmében	8
2.3.2	A talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap termőföldön történő felhasználásának szabályai	9
2.3.3	A mederiszap, mint nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék termőföldön történő felhasználásának szabályai	10
3	Anyag és módszer.....	14
4	Eredmények.....	18
4.1	A mederiszap mezőgazdasági hasznosítását befolyásoló tényezők.....	18
4.1.1	Az iszap hatása a talaj tápanyag-szolgáltató képességére, és nehézfém tartalmára 18	
4.1.2	Egyéb kihelyezést befolyásoló tényezők.....	26
4.2	A talajvédelmi tervekben szereplő kotort mederüledékek laborvizsgálati eredményeinek értékelése.....	30
5	Következtetések, javaslatok.....	33
6	Összefoglalás	37
7	Irodalomjegyzék	39

A kotort mederiszap mezőgazdasági felhasználásának lehetősége

1 Bevezetés

Szakdolgozatomat a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény (továbbiakban: Tftv) 2021. évi őszi módosítása ihlette, amely során a Tftv. két új fogalommal bővült, ezek a talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap fogalmak.

A mederfenéken kiüledő iszap eltávolítása biztosítja a víztest vízzállító képességének, víztározó térfogatának megőrzését, továbbá a vízi utak hajózhatóságát és az árvízvédelmet. A kotrási tevékenységet követően azonban gondoskodni kell a kotort üledék elhelyezéséről, ami a jelenlegi gyakorlat alapján a parti sávban, illetve zagytározókban kerül elhelyezésre. A zagyterek kialakítása a termőföldek ideiglenes vagy akár végleges művelés alóli kivonását is eredményezheti, ami csökkenti a mezőgazdasági termelésre alkalmas területek mennyiségét. A kotort mederüledék azonban gazdag lehet szerves anyagokban, makro- és mikroelemekben, mely adottságai alapján alkalmas lehet tápanyag-utánpótlásra, termőföldeken történő hasznosításra.

A zagytározók termőhelyigényén kívül, a kotort mederüledék mezőgazdasági hasznosítását a jelenleg magas műtrágyaárak, az Európai Unió körforgásos gazdaság megteremtésére irányuló célkitűzései, továbbá a felszíni vizek eutróf állapota és a nagymértékű talajerózió is indokoltá teszik.

Ugyanakkor a mederanyag olyan anyagokat is tartalmazhat, melyek alkalmatlanná teszik a termőföldön történő felhasználásra. Ezért a szakdolgozatomban célul tűztem ki, hogy szekunder kutatás keretein belül, elsősorban külföldi gyakorlatok, kutatások felhasználásával – tekintettel arra, hogy nagyon kevés magyar kutatással rendelkezünk az adott témában – feltárjam a kotort mederanyag mezőgazdasági hasznosításának előnyeit és korlátozó tényezőit.

Célkitűzéseim: Kutatásom célja, hogy a mederanyag beltartalmát és mezőgazdasági hasznosítását vizsgáló kutatások felhasználásával ismertessem a mederüledék mezőgazdasági felhasználásában rejlő potenciális lehetőséget, mint tápanyag-utánpótló és talajjavító anyag, illetve elsősorban az iszap toxikus nehézfém tartalmából adódó veszélyeket. Ezen felül célom,

hogyan a talajvédelmi hatóság által a rendelkezésemre bocsátott, kotort mederiszap termőföldön történő felhasználására irányuló talajvédelmi terveket megvizsgáljam, és bemutassam a bennük szereplő, Magyarországon kotort iszapok táp- és toxikus elem tartalmát.

További célkitűzéseim voltak:

- a mederüledék keletkezésének ismertetése
- a mederüledék összetételét befolyásoló tényezők feltárása
- a mederkotrás indokainak feltárása
- a kotort mederanyagok termőföldön történő felhasználására vonatkozó jogszabályi előírások ismertetése
- a mederanyag felhasználásában rejlő egyéb veszélyek ismertetése

Kutatásom kezdetekor feltett kérdéseim:

- Lehetővé teszi-e a jelenlegi jogszabályi környezet a kotort mederüledék termőföldön történő hasznosítását Magyarországon?
- A kotort mederanyag alkalmas tápanyag-utánpótlásra?
- A kotort mederanyag alkalmas talajjavításra?
- Az üledékekben előforduló toxikus elemek növelik a talaj és a növények toxikus elem tartalmát?
- Milyen egyéb talaj-, növényvédelmi, illetve élelmiszerbiztonsági kockázatokat rejt magában a kotort mederanyag, ha a termőföldön hasznosítjuk?

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Mederiszap fogalma, kialakulása

A mederiszap (üledék) a felszíni vizek alján felhalmozódott, a felszíni vizekbe bemosódott szervetlen és szerves eredetű anyagok összessége [220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet 3.§ 43.; [http1](#); Halász 2010].

Az üledékképződés természetes folyamat, kialakulásában fizikai, kémiai és biológiai folyamatok játszanak szerepet. Ezen folyamatokat az éghajlat, a domborzati adottságok, a talajképző kőzet, a kialakult talaj típusa, erózióval szembeni ellenállósága, továbbá a vegetáció, és nem utolsósorban az emberi tevékenység befolyásolja (Manahan 1999; Owens 2008; Kazberuk et al. 2021).

A mederiszap szerves és szervetlen alkotórészekből áll, melyek egymáshoz viszonyított aránya, összetétele víztestenként nagy változatosságot mutathat. Az üledék szervetlen anyagainak fő forrása a földkéreg kőzeteinek aprózódásából, mállásából származó ásványi alkotórészek, talajanyagok (Manahan 1999). A vízi élőlények, többek között az élőlények ürülékei, az elhullott vízi állatok és növények maradékai szintén üledéket képeznek, és szerves anyaggal gazdagítják a mederüledéket ([http 2](#)). Továbbá a talajok eróziója következtében a talajanyag mélyebb területek felé mozdul el, illetve a felszíni vizekbe kerül. Elsősorban a mezőgazdasági környezetben, a talajanyaggal szerves anyagok és tápelemek is mosódnak a felszíni vizekbe, melyek tovább alakítják az üledék összetételét (Farsang et al. 2006; Manahan 1999).

Antropogén hatások következtében is felhalmozódhatnak különböző anyagok, törmelékek az üledékekben. Az emberi tevékenység következményeként a mederiszapból kimutathatóak az ipari és a lakossági szennyvízkibocsátásból származó anyagok (pl. nehézfémek, gyógyszerszármazékok, patogén mikroorganizmusok), a növényvédőszer hatóanyagai, termélnövelő anyagokból származó tápelemek, a hajók meghibásodásából származó üzemanyagok, illetve akár kommunális hulladékok is (Reham 2018).

A vizekbe kerülő vegyületek egymással reakcióba lépve is képesek üledék létrehozására. Többek között a kalcium és a foszfor ionok vízben lejátszódó reakciója által szilárd hidroxilapatit $[Ca_5(PO_4)_3(OH)]$ jön létre. A víz magas szén-dioxid és kalcium koncentrációja

esetén kalcium-karbonát üledék keletkezhet. A víz kémhatása is befolyásolhatja az üledékképződést. Az alacsony pH értékű vízben az oldatban lévő humuszanyagokból oldhatatlan huminsav üledék keletkezik (Manahan 1999).

A vízben lezajló biológiai folyamatok is hozzájárulnak a mederfenéken felhalmozódó üledék képződéséhez. Egyes élőlények képesek olyan kémiai reakciókat előidézni, melyek következményeként üledék jön létre (Haas 1984). Bizonyos baktériumok üledékképző tevékenysége által például vas(II)-szulfid réteg rakódhat le a mederfenéken (Manahan 1999).

2.2 A mederiszap kotrása

A medrek kotrása fontos vízbázis-védelmi célt tölt be. A felszíni vizek medrében kiülepedő iszap eltávolításának célja a víztest vízzállító képességének, víztározó térfogatának megőrzése, visszaállítása a vízi utak hajózhatóságának és az árvízvédelem biztosításának érdekében (Cappuyns et al. 2006). A mederfenéken káros mennyiségben lerakódott üledék eltávolítása a vízi élőlények életfeltételeinek javítása érdekében is indokolt, hiszen a túlzott mennyiségű iszap rontja az élőlények életfeltételeit, akadályozza a táplálékszerzési lehetőségeiket, illetve gátolja, hogy a fény a víz mélyebb rétegeibe jusson (Reham 2018).

A vízminőség fenntartása, az eutrofizáció elkerülése érdekében is fontos jelentőséggel bír a mederfenék kotrása (Csősz 2021). A mederiszapban ugyanis tápelemek halmozódhatnak fel, melyek közül elsősorban a nitrogén és a foszfor eutrofizáció kialakulását okozza (Reham 2018). Az eutrofizáció alatt azt a folyamatot értjük, amikor a nitrogén- és a foszforvegyületek vízben való feldúsulása miatt az algák és a magasabb rendű növények növekedése felgyorsul. Ennek hatására a víztest biológiai egyensúlya megbomlik, a víz minősége leromlik, oldott oxigénszintje csökken, ami a vízben élő élőlények elpusztulásához vezet. (Ansari et al. 2014, Csősz 2021).

A vizek jó minőségi állapota nem csak vízvédelmi szempontból meghatározó és fontos, hanem a mezőgazdasági tevékenység miatt is, hiszen a Tanács a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről szóló 1991. december 12-i 676/91/EGK irányelve (Nitrát Irányelv) értelmében minden eutróf minőségű víztest vízgyűjtő területe nitrátérzékeny. A nitrátérzékeny területeken gazdálkodók speciális vízvédelmi célokat szolgáló előírások

betartása mellett kötelesek gazdálkodni. A speciális előírások korlátozzák az adott évben felhasználható tápanyagok mennyiségét is, mely hazánkban - kutatások által bizonyítottan – kevesebb ezeken a területeken, mint a termesztett növények tápanyagigénye (Koós et al. 2021).

Az Európai Parlament és a Tanács a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló 2000. október 23-i 2000/60/EK irányelve (továbbiakban: VKI) célként tűzi ki a vizes területek és azok ökoszisztémáinak további romlásának megakadályozását, védelmét és javítását. Ennek érdekében célzott intézkedésekkel tervezi megakadályozni a veszélyes anyagok vizekbe jutását és a már szennyezett vízi környezetek remeditációját. Ennek fontos eszköze az üledék eltávolítása. (VKI 1. cikk). A VKI okán a jövőben egyre több mederkotrásra számíthatunk, ezáltal egyre nagyobb mennyiségű kotort üledék kezelésének megoldásáról kell majd gondoskodnunk (Cappuyns et al. 2006)



1. ábra: Zagytározók a Szarvas-Békésszentandrás-holtág kotrásából származó iszap egy részének tárolására

Forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja, 2020 (<http3>)

A meder kotrását követően a kotort mederiszap a partra vagy vízi szállítóeszközbe kerül, majd az ideiglenes vagy a végleges lerakóhelyhez szállítják. Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy a kotort mederanyagot mélyebb mederrészeknél engedik el, tehát ebben az esetben az anyag csak áthelyezésre kerül a medren belül ([http 4](http4), [http 5](http5)).

A mederből eltávolított, kotort üledék elhelyezéséről a szárazföldön kell gondoskodni (<http4>). Az iszap végleges vagy ideiglenes elhelyezése zagyterekben, zagytározókban történik (**1.**

ábra). A zagytereket, amennyiben a hatályos jogszabályok engedik, a parti sávban alakítják ki - pl. partmenti legelők - , ellenben egy távolabbi ponton, jellemzően termőföldön, annak ideiglenes vagy végleges művelés alóli kivonásával a mezőgazdasági termelés és a termőföld minőségének rovására hozzák létre (**2. ábra**; Szabó et al. 2003; http 2).



2. ábra: Zagykazetta kialakítása
Forrás: http4

2.3 A kotort mederanyag termőföldön történő felhasználásának jogszabályi háttere Magyarországon

2.3.1 A mederiszap, a talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap fogalma a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény értelmében

A Tftv. 2021-es módosulásával (2021. évi LX. törvény) a jogalkotó az alábbiak szerint fogalmazta meg a mederiszap, a talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap fogalmait:

„Tftv. 2.§

25. mederiszap: a vízfolyás vagy állóvíz medrében kiüledő anyag, amely az eredetileg kiépített, illetve vízjogi engedélyben rögzített vízszállító képesség vagy víztározó térfogat visszaállítása céljából rendszeresen eltávolításra kerül;

26. talajjavító mederanyag: elsősorban termőföld bemosódásból keletkező, a talaj kedvezőtlen tulajdonságainak megváltoztatására, illetve a kedvező tulajdonságok fenntartására szolgáló, kezelés nélkül termőföldre kihelyezhető mederiszap;

27. kezelt mederiszap: olyan mederiszap, amely szennyezőanyag tartalma miatt biológiai, fizikai, kémiai, vagy más megfelelő eljárást követően, a jogszabályi előírásoknak megfelelően helyezhető ki termőföldre.”

2.3.2 A talajjavító mederanyag és a kezelt mederiszap termőföldön történő felhasználásának szabályai

A talajjavító mederanyag

- a talajvédelmi hatóság felé történő bejelentést követően [Tfvt 49.§ (2) e)],
- egyszerűsített talajvédelmi terv alapján, melyet a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól szóló 90/2008. (VII.18) FVM rendelet (továbbiakban: FVM rendelet) előírásainak megfelelően készítenek el [Tfvt 49.§ (7)],
- a talajvédelmi terv érvényességének ideje alatt használható fel termőföldön.

A kezelt mederiszap fogalmából kitűnik, hogy több kockázatot rejthet magában, mint a talajjavító mederanyag, ebből adódóan a kezelésen átesett mederiszap termőföldön történő felhasználását szigorúbb feltételekhez kötötte a jogalkotó.

A kezelt mederiszap

- a talajvédelmi hatóság engedélyével [Tfvt 49.§ (1) a)],
- teljes talajvédelmi tervre alapozottan, melyet az FVM rendelet szerint készítenek el [Tfvt 49.§ (4)],
- az engedély 5 éves érvényességének ideje alatt,
- majd az engedély letelte után ellenőrző vizsgálatokat tartalmazó talajvédelmi terv alapján, az engedélyezési eljárás ismételt lefolytatását követően használható fel termőföldön [Tfvt 49.§ (3)].

A Tfvt. azonban további rendelkezéseket, részletszabályokat nem állapít meg sem a kezelt mederiszap, sem a talajjavító mederanyag esetében, ahogyan az FVM rendelet sem. Ebből adódóan jelenleg a mederiszap kihelyezése, mint egy önálló jogszabályi környezettel rendelkező tevékenység nem értelmezhető.

2.3.3 A mederiszap, mint nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék termőföldön történő felhasználásának szabályai

Részletszabályok hiányában, a hatályos jogszabályok alapján a kotort mederanyag a talajvédelmi hatóság engedélyével és talajvédelmi tervre alapozottan nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladékként használható fel termőföldön [Tfvt 49.§ (1) b);(4)].

A kotort mederüledék kihelyezését megalapozó talajvédelmi tervet a nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék (továbbiakban: hulladék) termőföldön történő felhasználására vonatkozó talajvédelmi terv formai és tartalmi követelményei szerint kell elkészíteni. Az FVM rendelet előírásai szerint a talajvédelmi tervnek a hulladék, azaz a mederanyag eredetét, beltartalmát, toxikus elemtartalmát figyelembe véve kell meghatározni a felhasználás feltételeit (FVM rendelet 2.11.).

a) Hulladékként kihelyezésre szánt kotort mederiszap vizsgálandó paraméterei

A hulladék (kotort mederüledék) akkor használható fel termőföldön, ha

- nem tartalmaz talajidegen anyagokat, a környezetre, az emberi és az állati egészségre kockázatot jelentő toxikus anyagokat káros mennyiségben,
- a szennyező anyag mennyisége nem haladja meg a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001. (IV.3.) Korm. rendeletben (továbbiakban: Korm. rendelet) foglalt határértékeket (**1. táblázat; 2. táblázat; 3.táblázat**) .

1. táblázat: Szennyvíziszapban és szennyvíziszap komposztban megengedett mérgező elemek és káros anyagok határértékei mezőgazdasági felhasználás esetén (mg/kg szá.)

	As	Cd	Co	ΣCr	Cr VI.	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	ΣPAH	ΣPCB	TPH
Szennyvíziszap	75	10	50	1000	1	1000	10	20	200	750	100	2500	10	1	4000
Szennyvíziszap komposzt	25	5	50	350	1	750	5	10	100	400	50	2000	5	0,5	1000

Forrás: 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 5. melléklet

A kijuttatás során figyelembe kell venni a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről szóló 27/2006. (II. 7.) Korm. rendelet (továbbiakban: 27/2006. (II. 7.) Korm. rendelet) és az ezt végrehajtó, a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel

szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről szóló 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet (továbbiakban: nitrát rendelet; együtt: nitrát rendeletek) előírásait is. (FVM rendelet 2.11.).

A kijuttatásra szánt anyag mennyiségét a benne található toxikus elemek és károsanyagok, valamint a nitrogén mennyisége alapján és a termesztett növénykultúra tápanyagigényeire alapozottan kell meghatározni [Korm. rendelet 13.§ (3)]. Továbbá figyelembe kell venni a felhasználással érintett termőterületre egy év leforgása alatt maximálisan kijuttatható toxikus elemek és szerves szennyezők mennyiségére vonatkozó határértékeket is (**2. táblázat**). Mindezekon felül, amennyiben nitrát érzékeny területet érint a felhasználás, akkor maximálisan csak **170 kg nitrogén hatóanyag** juttatható ki hektáronként a hulladékkal [Korm. rendelet 14. § (2)].

2. táblázat: Mezőgazdasági területre szennyvízzel, szennyvíziszappal és szennyvíziszap komposztal évente kijuttatható mérgező elemek és káros anyagok mennyisége (kg/ha/év)

	As	Cd	Co	ΣCr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	ΣPAH	ΣPCB	TPH
Határérték	0,5	0,15	0,5	10	10	0,1	0,2	2	10	1	30	0,1	0,05	40

Forrás: 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 6. melléklet

A szennyvíziszap esetében – így a szennyvíziszap előírásai szerint kijuttatásra szánt hulladék esetében – a humán patogén szervezetek vizsgálata nem előírás, ugyanakkor a további kezelésen, a komposztálás folyamatán átesett szennyvíziszap komposzt készítmények esetében ezek vizsgálandó tényezők (**3. táblázat**).

3. táblázat: Szennyvíziszapban és szennyvíziszap komposztban megengedett mérgező elemek és káros anyagok határértékei mezőgazdasági felhasználás esetén

	Szennyvíz- iszap	Szennyvíz- iszap komposzt
Humán parazita bélféreg peteszám	-	25 g negatív
Salmonella sp.	-	2x5 g negatív
Fekál coliform	-	500/g
Fekál streptococcus		500/g

Forrás: 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 5. melléklet

b) A hulladék kihelyezésével érintett termőföld vizsgálandó paraméterei

A mederanyag tulajdonságaitól függően a talajvédelmi szakértő dönthet, hogy a szennyvizekre és szennyvíziszapokra vagy a hígtrágyára vonatkozó talajmintavételi és talajvizsgálati előírásokat alkalmazza (**4. táblázat**). Mindemellett az FVM rendelet lehetőséget ad a szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági felhasználását megalapozó egyszerűsített talajvédelmi tervhez szükséges talajmintavételi és vizsgálati követelmények elvégzésére is (FVM rendelet 2.11.). Ez utóbbi esetben a talaj tápanyag-ellátottságának és tápanyagszolgáltató képességének vizsgálata elegendő a kihelyezést megelőzően (FVM rendelet 3.1.).

4. táblázat: Talajminták vizsgálandó paraméterei az FVM rendelet előírásai szerint, nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék kihelyezéséhez

FVM rendelet 2.7. pontjának előírásai szerint	FVM rendelet 2.8.pontjának előírásai szerint
Hígtrágya	szennyvíz és szennyvíziszap
szelvénymintákból vizsgálandó	
- kémhatás pH_{H2O} - humusztartalom (%) - CaCO₃% / hidrolitos aciditás (y1) - vízben oldott összes só - kötöttségi szám (KA) - NO₃⁻ NO₂ – nitrogén	- kémhatás pH_{H2O} - humusztartalom (%) - CaCO₃% / hidrolitos aciditás (y1) - vízben oldott összes só - kötöttségi szám (KA)
jellemző szelvényekből vizsgálandó	
- mechanikai összetétel - térfogattömeg - báziscserevizsgálat - 1:5 vizes talajkivonatból sóösszetétel (0,15%-os oldható sótartalom felett)	- mechanikai összetétel - térfogattömeg (kivétel víztelenített anyag) - báziscserevizsgálat - pF sor (folyékony iszap esetében)
tápanyagvizsgálathoz vett átlagmintából vizsgálandó	
- kémhatás - humusztartalom - kötöttség - vízdoldható összes só - CaCO₃ / hidrolitos aciditás (y1) - NO₃⁻ + NO₂ – nitrogén - Tápelemek (K₂O; P₂O₅; Na; Mg; SO₄²⁻; Cu, Zn, Mn	- toxikus elemtartalom - felvehető tápanyag tartalom (K₂O; P₂O₅; Mg, NO₃⁻ + NO₂ – nitrogén)

számítással kell meghatározni	
- összeporozitás - differenciált porozitás - levegőkapacitás - relatív levegőtartalom - víz-levegő arány - vízháztartási mérleg - pF sor	- összeporozitás - differenciált porozitás - levegőkapacitás - relatív levegőtartalom - víz-levegő arány - vízháztartási mérleg - sóforgalmi számítások - kritikus talajvízszint

Forrás: 90/2008 (IV.18) FVM rendelet 2. melléklet

A szennyvíz, szennyvíziszap és szennyvíziszap-komposzt (és nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék) kijuttatása során figyelembe kell venni a talajban előforduló mérgező elemek és károsanyagok koncentrációját is, és a kijuttatott anyaggal a megengedett határértékek nem haladhatóak meg [(Korm. rendelet 13.§ (5)] **(5. táblázat)**.

5. táblázat: Mérgező elemek és károsanyagok megengedhető koncentrációja talajokban
(mg/kg szá.)

Paraméter	As	Cd	Co	ΣCr	CrVI	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn	ΣPAH	ΣPCB	TPH
Határérték	15	1	30	75	1	75	0,5	7	40	100	1	200	1	0,1	100

Forrás: 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 3. melléklet

3 Anyag és módszer

Az adatgyűjtés módja: A szekunder kutatásomhoz felhasznált külföldi kutatási eredményeket a Google Tudós segítségével, a ResearchGate.net és a ScienceDirect.com tudományos, elektronikus adatbázisokon keresztül gyűjtöttem. A magyarországi iszapok adatait a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatalon keresztül, a megyei kormányhivatalok talajvédelmi hatóságai által megküldött talajvédelmi tervekből nyertem ki.

A talajvédelmi tervek adatait, eredményeit úgy használtam a szakdolgozatomban, hogy sem a talajvédelmi tervek készítőit, sem a megrendelőit ne lehessen azonosítani. Az anonimitás megőrzése érdekében a mederiszap mintavételi helyszíneinek és a mederiszap kijuttatására szolgáló helyszínek pontos azonosítását lehetővé tevő adatokat sem tüntettem fel a szakdolgozatomban.

A talajvédelmi tervek segítségével 2 csatorna, 2 holtág és 2 tó mederiszap laborvizsgálati eredményeihez jutottam hozzá.

Vizsgált víztestek földrajzi elhelyezkedése, talajtani adottságok:

„A” csatorna: Az Alföldön, a Duna-Tisza közti homokhátságon, a Csepeli-síkságban helyezkedik el. Jellemzően homok, homokos vályog fizikai féleségű talajok találhatók ebben a kistérségben, melyek löszös, homokos üledékeken alakultak ki. A kistérség É-i részén legnagyobb arányban nem szikes réti öntés és lápos réti talajok találhatók, ugyanakkor a kistérség D-i részén szoloncsák-szolonyec, sós réti csernozjom talajok alakultak ki. A termőföldeket elsősorban szántó, rét művelési ágakban hasznosítják (Dövényi 2010). A csatorna mindkét partján mezőgazdasági termelés folyik.

„A” Holtág, „B” Holtág, és „B” csatorna: Szintén az Alföldön, a Duna-Tisza közti homokhátságon, ugyanakkor a Pilis-Alpári-Homokhát kistérségben helyezkednek el a vizsgált víztestek. Enyhén hullámos, homokbuckás síkság (Csorba 2021). A kistérség talajtípusainak többsége homokon alakult ki. Főként gyenge termékenységű humuszos homoktalajok, illetve réti talajok találhatók a kistérségben, kisebb mértékben előfordulnak barnaföldek, réti csernozjom és lápos réti talajok is. A termőföldeket elsősorban szántóként és erdőként

hasznosítják (Dövényi 2010). A víztestek közvetlen környezetében is ez a kétféle hasznosítási mód a jellemző, viszont a „B” Holtág egyik partján település is található.

A „B” csatorna az „A” Holtág és a „B” Holtág összekötését szolgálja.

„A” Tó: A vizsgált tó a Dunántúli-dombság nagytájban, a Kapos menti dombság kistérségben található. A térségben közepes magasságú, tagolt dombhátak húzódnak, folyómenti síkságokkal (Csorba 2021). A talajképző kőzet jellemzően lösz, melyen legnagyobb mértékben csernozjom barna erdőtalajok, mészlepedékes csernozjom talajok, barnaföldek és réti talajok alakultak ki. A tó térségében elsősorban a barnaföld dominál. A talajok fizikai félesége jellemzően kedvező vízgazdálkodású vályog, melyeket elsősorban szántóként hasznosítanak (Dövényi 2010).

A tavat közvetlenül határoló termőföldeket erdőként hasznosítják.

„B” Tó: A Dunántúli-középhegységben, Zsámbéki-medencevidék kistájban helyezkedik el. A terület domborzatát síkság és alacsony dombság alkotja (Csorba 2021). A talajok jellemzően kedvező vízgazdálkodású, löszös talajképző kőzeten alakultak ki, vályog fizikai féleségűek. Legnagyobb kiterjedésben mészlepedékes csernozjom talajok, csernozjom barna erdőtalajok, réti öntéstalajok alakultak ki. A termőföldeket zömét szántóként hasznosítják (Dövényi 2010). A „B” Tó egy mesterségesen kialakított halastó, a közvetlen környezetét mezőgazdasági célból nem hasznosítják.

Üledékmintavétel és vizsgálat:

„A” csatorna: Az üledékkotrást a csatorna 20 km-es szakaszán végezték el. A mederiszap vizsgálatához 11 db keresztshelvényből, shelvényenként 0,1-0,3 m és 0,3-0,5 m mélységben 3-3 ponton vettek részshelvékat. A részshelvékből keresztshelvényenként és vizsgált mélységként 1-1 átlagshelvékat képeztek.

Laborban vizsgált paraméterek:

Összes nitrogén (számítás), Izzítási veszteség 600°C; Szárazanyag 105°C; Összes foszfor (P₂O₅); Összes kálium (K₂O); Arzén (As); Kadmium (Cd); Kobalt (Co); Cr (összes) (Σ Cr); Réz (Cu); Hígany (Hg); Molibdén (Mo); Nikkel (Ni); Ólom (Pb); Szelén (Se); Cink (Zn), TPH-GC; Összes PAH

„B” csatorna: A mederüledék vizsgálatához a csatorna 2 pontján, az üledék 0,1-0,3 m és 0,3-0,5 m mélységeiből 3-3 ponton vettek részshelvékat. A részshelvékből vizsgált mélységként átlagshelvékat képeztek.

Laborban vizsgált paraméterek: Megegyezik az A csatornából vett minták vizsgált paramétereivel.

„A” Holtág: A mederüledék vizsgálatához 2 ponton, az üledék 0,1-0,3 m és 0,3-0,5 m mélységeiből 3-3 ponton vettek részmintákat. A részmintákból vizsgált mélységenként átlagmintát képeztek.

Laborban vizsgált paraméterek: Megegyezik az A csatornából vett minták vizsgált paramétereivel.

„B” Holtág: A mederüledék vizsgálatához 1 ponton, az üledék 0,1-0,3 m és 0,3-0,5 m mélységeiből 3-3 ponton vettek részmintákat. A részmintákból vizsgált mélységenként átlagmintát képeztek.

Laborban vizsgált paraméterek: Megegyezik az „A” csatornából vett minták vizsgált paramétereivel.

„A” Tó: A talajvédelmi tervet a tó két pontjáról vett 2 db átlagminta vizsgálati eredményei alapján készítették el, a mintavétel módjáról nem tartalmaz információt.

Laborban vizsgált paraméterek: kémhatás (pH_{KCl}); kötöttség, összes sótartalom ($\text{m/m}\%$); CaCO_3 ($\text{m/m}\%$); Humusz ($\text{m/m}\%$); nitrogén ($\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg); Összes foszfor (P_2O_5); Összes kálium (K_2O); Arzén (As); Kadmium (Cd); Kobalt (Co); Cr (összes) (ΣCr); Réz (Cu); Higany (Hg); Molibdén (Mo); Nikkel (Ni); Ólom (Pb); Szelén (Se); Cink (Zn)

„B” tó: A talajvédelmi tervet az üledékből vett átlagminta vizsgálati eredményei alapján készítették el, a mintavétel módjáról nem tartalmaz információt.

Laborban vizsgált paraméterek: kémhatás (pH_{KCl}); kötöttség, összes sótartalom ($\text{m/m}\%$); CaCO_3 ($\text{m/m}\%$); Humusz ($\text{m/m}\%$); nitrogén ($\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg); Összes foszfor (P_2O_5); Összes kálium (K_2O); Arzén (As); Kadmium (Cd); Kobalt (Co); Cr (összes) (ΣCr); Réz (Cu); Higany (Hg); Molibdén (Mo); Nikkel (Ni); Ólom (Pb); Szelén (Se); Cink (Zn)

Az adatok kiértékelésének menete:

A legfőbb szempontom az volt, hogy lehetőség szerint minden olyan tényezőt feltárjak, ami befolyásolhatja a mederanyagok kihelyezését. Így elsorban az iszapok fizikai féleségét, tápanyag- és toxikus elem tartalmát vizsgáló tanulmányokat vettem figyelembe. Továbbá kitértem a kihelyezést esetlegesen befolyásoló, a jogszabályok által nem szabályozott alábbi

területek megvizsgálására is: mikroműanyag tartalom, gyógyszer és növényvédőszer maradékok, gyomosító hatás.

A talajvédelmi tervekben található iszapok adatainak feldolgozásánál a hazai jogszabályi előírásokat vettem figyelembe, és arra a kérdésre kerestem a választ, hogy felhasználhatóak-e a hazai termőföldeken.

4 Eredmények

4.1 A mederiszap mezőgazdasági hasznosítását befolyásoló tényezők

A mederanyag rendkívül finom szemcséjű, többnyire finom homok-, iszap- és agyagszemcsékből áll. A víztestek környezetének sokféleségéből adódóan az üledékeket eltérő fizikai, kémiai, biológiai folyamatok, szennyezőanyag-terhelések érinthetik. A mederüledék gazdag lehet különböző természetes eredetű törmelékekben, növényi részekben, ugyanakkor elsősorban az ipari tevékenység hatására nehézfémekkel (pl.: Cd, Hg, As, Zn) és szerves szennyező anyagokkal (pl. PAH-ok – policiklikus aromás szénhidrogének, PCB-k – poliklórozott bifenilek) szennyeződhet, melyek a mezőgazdasági felhasználás korlátai lehetnek. A mezőgazdasági területek eróziója által a mezőgazdaságban felhasznált tápanyagok (pl. N, P, K, Ca, Mg), valamint vegyi anyagok (pl.: növényvédő szerek, adjuvánsok) is a felszíni vizekbe, majd a mederiszapba juthatnak. Mindezek mellett a városi területekről építési törmelékek és egyéb szilárd hulladékok, továbbá szennyvíz szennyezheti az üledéket (Kazberuk et al. 2021, Reham 2018).

4.1.1 Az iszap hatása a talaj tápanyag-szolgáltató képességére, és nehézfém tartalmára

Mechanikai összetétel: Az üledékek mechanikai összetétele víztestenként és a meder különböző pontjain is - többek között a környezeti adottságtól, vízjárási viszonyoktól, áramlástól függően is - eltérő lehet. Kaletova et al. (2022) kutatása során egy mezőgazdasági területen elhelyezkedő öntözőcsatorna mechanikai összetételét vizsgálta, és megállapította, hogy annak mederüledéke elsősorban homok fizikai féleségű. Azonban a homok aránya nagy változatosságot mutatott az öntözőcsatorna különböző mintavételi pontjai között, ellenben az agyaggal, amely közel azonos mennyiségben fordult elő (**6.táblázat**). Megállapította, hogy tekintettel az agyag kisebb fajsúlyára, az jellemzően lebegő üledékként van jelen a víztestben, így öntözővízzel kikerül a mezőgazdasági területekre, ebből adódóan arányaiban kevesebb agyagot tartalmaz az öntözőcsatorna mederüledéke. Kaletova et al. (2022) a következtetésében alkalmasnak tartja a vizsgált iszapot a homokos talajok javítására, annak iszap és agyag frakciója miatt.

6. táblázat: Az öntözőcsatorna fizikai félesége (LS – iszapos homok, S – homok, SL – homokos iszap)

Sampling area	Sand 0.05–2.0 mm	Silt 0.002– 0.05 mm	Clay <0.002 mm	Name by FAO
Inlet to the sediment reservoir (right bank)	85	12	3	LS
Inlet to the sediment reservoir (middle of the banks)	97	3	0	S
Inlet to the sediment reservoir (left bank)	66	30	5	SL
Central part of the reservoir (right bank)	70	29	1	SL
Central part of the reservoir (left bank)	62	36	1	SL
Outlet of sediment reservoir (right bank)	66	31	2	SL
Outlet of sediment reservoir (middle of the banks)	59	37	4	SL
Outlet of sediment reservoir (left bank)	97	2	1	S

Forrás: Kaletova et al. (2022)

Kazberuk et al. (2021) kutatása során két folyó és egy tó üledékét vizsgálta. A vizsgált iszapokban a homok frakció dominált. Megfigyelhető volt, hogy a tóból vett üledékmintákban a homok aránya kisebb, viszont az iszap aránya jóval magasabb volt, mint a folyók mederüledékében (7.táblázat).

7. táblázat: Kazberuk et al. (2021) kutatásában vizsgált iszapok textúrája és kémhatása

Properties	Unit	Soil	Bottom Sediment		
			River	Dam	Pond
Sand * (0.05–2.0 mm)	%	72	90	86	65
Silt * (0.002–0.05 mm)		21	6	10	28
Clay * (<0.002 mm)		7	4	4	7
pH	-	5.21	7.62	6.60	6.37
C _{org}	g·kg ⁻¹	7.20	2.70	4.40	15.60
N _{tot}		0.70	0.30	0.40	1.40
Ca		0.65	5.28	4.38	3.47
Mg		0.04	1.93	1.21	0.71
P _{ER} **	mg·kg ⁻¹	39.21	2.27	21.05	32.63
K _{ER} **		72.11	230.02	350.92	2095.43
Cd		0.21	0.33	0.45	0.37
Cu		2.22	1.56	3.98	7.42
Zn		9.44	34.73	12.51	27.45
Pb		9.49	2.97	8.08	12.61

Forrás: Kazberuk et al. (2021)

Mindezekkel szemben a Baran et al. (2019) által végzett kísérletben vizsgált, városi környezetben elhelyezkedő víztározóból származó iszapban az agyag frakció dominált (54 %). Az üledék nagy mennyiségben tartalmazott por frakciót (38 %) is, de homokot csak kis mennyiségben (8%) (**8. táblázat**). Következtetésként megállapították, hogy a mederüledék a magas agyagtartalma miatt több szempontból is kedvező hatást gyakorolhat a talajállapotra. Kifejezetten a homoktalajok esetében, szerves anyag jelenlétében növeli a talaj kationcsere kapacitását, így javítja a tápanyagszolgáltató képességet. A magas agyagtartalom, amennyiben magas CaCO₃ tartalommal is társul, akkor növelheti a talaj kémhatását, és egyben korlátozza a fémek mobilitását is.

8. táblázat: Baran et al. (2019) kutatásában vizsgált kotort üledék fizikai félesége, tápelem- és nehézfém-tartalma, valamint kémhatása

<i>Material</i>	<i>Texture %</i>			<i>pH</i>	<i>C</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>
	<i>sand</i>	<i>silt</i>	<i>clay</i>	<i>KCl</i>	<i>g kg⁻¹d.m</i>		<i>mg kg⁻¹d.m.</i>	
<i>Bottom sediment</i>	8	38	54	7.1	23.5	2.3	144	212
<i>Soil</i>	68	23	9	5.5	15.6	1.2	70.4	112
<i>Material</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Mn</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
	<i>mg · kg⁻¹</i>						<i>g · kg⁻¹</i>	
<i>Bottom sediment</i>	106.8	20.9	33.5	19.6	4.5	650	19.53	5.44
<i>Soil</i>	50.0	31.4	13.9	12.2	0.45	136.9	.*	-

*not analysed

Forrás: Baran et al. 2019.

Tápanyagtartalom: A tápelemek számos forrásból a mederiszapba kerülhetnek, többek között a szennyvízbevezetésekből, túlzott műtrágya használatból a talaj eróziója által, valamint a hígtrágya és a szerves trágya nem megfelelő tárolása, felhasználása okán (Ansari et al. 2014). Elsősorban a mezőgazdasági területek környékén, a vízerózió következtében bemosódó termőföldek miatt az iszap tartalmazhat nitrogént, foszfort, valamint káliumot, kalciumot és magnéziumot (**7. táblázat, 8. táblázat**). Ebből adódóan a kotort üledék alkalmas lehet a termőföldek tápanyag-utánpótlásra is (Kazberuk et al. 2021).

Hazánkban a balatoni mederiszapról ismert, hogy magas CaCO₃ és szerves anyag tartalma miatt javíthatja a savanyú talajok kémhatását, kötöttségét, vízgazdálkodási képességét, ezért akár talajkondicionáló anyagok, vagy termesztő közegek összetevőjeként használható (http2). Ahogyan Baran et al. (2019) is megfigyelte, amennyiben az iszap magas CaCO₃ tartalommal és magasabb agyagtartalommal is rendelkezik, akkor kifejezetten jó talajjavító anyag lehet.

A mederiszap akkor mondható jó tápanyag-utánpótló anyagnak, ha a nitrogén tartalma legalább 1,5 g/kg⁻¹. Fehér mustárral (*Sinapis alba*) végzett kísérlettel igazolták, hogy a mederiszap felhasználása termés hozam növekedést eredményez (Kazberuk et al. 2021). Kiani et al. (2021) is megfigyelte az észtországi eutróf minőségű Mustijärv-tó iszapjának vizsgálata során, hogy az növeli a foszfor és más tápanyagok felvehetőségét a homoktalajon.

Kaletova et al. (2022) kutatásában vizsgált mederanyag nagy mennyiségben tartalmazott makroelemeket, legnagyobb mennyiségben káliumot (**9. táblázat**). Kutatásából arra következtetett, hogy már egy kis mennyiségű mederanyag is növelheti a növények számára felvehető kálium és foszfor mennyiségét a talajban.

9. táblázat: A kotort üledék humusz és makroelem tartalma

Sampling area	Humus %	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
		mg kg ⁻¹		
Inlet	0.49	14.3	17.4	56
Outlet	1.22	11.2	20.6	87

Forrás: Kaletova et al. (2022)

Baran et al. (2019) kutatásában vizsgált kotort üledék is alkalmasnak minősült tápanyag-utánpótlásra. Ebben a vizsgálatban is megfigyelhető volt, hogy a legnagyobb mértékben a kálium volt jelen az iszapban, illetve a foszfor, ahogyan Kaletova et al. (2022) eredményeiben is (**8.táblázat, 9.táblázat**).

Baran et al. (2019) kutatásai azt mutatták, hogy a talaj üledékekkel való keverése növeli a talaj pH-értékét, a szerves szén és nitrogéntartalmát, valamint a foszfor, kálium és magnézium hozzáférhetőségét. Kukoricában (*Zea mays*) és lóbabban (*Vicia faba*) végzett kísérletei alapján bizonyította, hogy az iszap felhasználása magasabb termésmennyiséget okoz (**10. táblázat**). Ugyanakkor Kazberuk et al. (2021) és Baran et al. (2019) vizsgálataiból az is kitűnik, hogy a kisebb iszap dózissal egyes tápelemek esetében nagyobb tápanyagfelvételt lehet elérni, mint a nagyobb dózissal. Ennek oka az üledék magas por és agyag frakció-tartalma lehet, mely károsan befolyásolhatja a talaj levegő- és vízháztartását, ezáltal a tápanyagfelvételt. Baran et al. (2019) vizsgálatai arra is rámutattak, hogy amennyiben az iszapot önmagában, természetközeli közegként használják fel növénytermesztési célból, akkor tápanyag-szolgáltató képessége

önmagában nem elegendő, kiegészítő trágyázásra van szükség. Tehát az iszap a talajba keverve alkalmasabb terménynövelésre, mint csupán önmagában, termesztőközegként.

10. táblázat: A mederiszap kijuttatásának hatása a termésmennyiségre kukoricában és lóbabban a kijuttatott dózisok függvényében

<i>Treatment</i>	<i>Maize (g pot⁻¹ d.m)</i>			<i>Filed beans (g pot⁻¹ d.m)</i>		
	<i>Shoots</i>	<i>Roots</i>	<i>Whole plants</i>	<i>Shoots</i>	<i>Roots</i>	<i>Whole plants</i>
Kontrol	118.50 a*	31.17 a	149.67 a	44.04 a	13.54 ab	57.58 a
5% sediment	133.50 ab	23.67 a	157.17 a	67.88 b	13.02 ab	80.91 b
10% sediment	128.00 ab	21.00 a	149.00 a	75.50 b	10.17 a	85.67 bc
20% sediment	123.83 ab	23.83 a	147.67 a	65.51 b	9.97 a	75.49 b
30% sediment	125.50 ab	27.00 a	152.50 a	75.81 b	9.57 a	85.38 bc
50% sediment	144.83 b	39.83 a	184.67 b	76.38 b	15.20 b	91.58 c

*homogenous groups according to Tukey test, $\alpha < 0.05$

Forrás: Baran et al. (2019)

Mindemellett a mederüledék más magas szerves anyag tartalommal rendelkező anyaggal (pl. szennyvíziszappal, bioszénnel) való komposztja is ígéretes tápanyag-utánpótlás céljából, illetve azokkal keverve történő együttes felhasználásával termesztő közegek potenciális alapanyaga lehet (Szara-Bak et al. 2022).

Ferrans et al. (2022) kutatásai szerint a mederiszap foszfor forrásként jelentős lehet a jövőben, hiszen a Föld foszfor forrásai egyre kimerülőben vannak. Emellett fontos alternatív szerves anyag és tápanyagforrást is jelenthet (Szara-Bak et al. 2022). Továbbá, a kotort üledékek, mint hulladék anyagok felhasználása összhangban van az Európai Unió körforgásos gazdálkodás megvalósítására irányuló célkitűzésével is, ezért a jövőben fokozott figyelem irányulhat a kotort mederanyagok hasznosítására (Kazberuk et al. 2021).

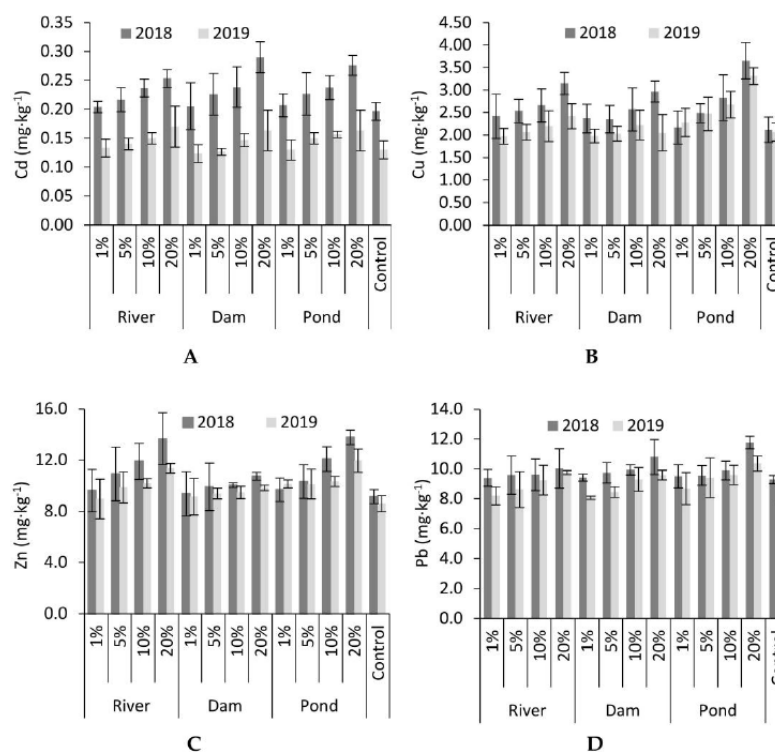
Toxikus nehézfémek: A környezettudomány a nehézfémek fogalma alatt jellemzően nem csak az 5 g/cm³ sűrűséget meghaladó fémeket érti, hanem minden egyéb toxikus elemet is ide sorol (pl. Al, As, Se) (Halász 2010), így szakdolgozatomban is ilyen értelemben használom a nehézfém fogalmát.

Az üledékekben lévő nehézfém-felhalmozódások különböző forrásokból származhatnak. A földtani adottságokból kifolyólag a nehézfémek természetesen is jelen vannak a felszíni vizekben és az iszapban például a kőzetek mállásából (Hu et al. 2015).

A nehézfémek közvetve a légköri kibocsátás, a felszíni lefolyás következtében is a felszíni vizekbe és az iszapba kerülhetnek. Az ércek feldolgozásával kadmium, a szén égetésével nikkel és cink kerül a légkörbe, majd csapadékkal a felszíni vizekbe. A felszíni lefolyás a mezőgazdasági tevékenység során használt termésknövelő anyagokban (pl.: Cd, Cu, Mn) és növényvédő szerekben (pl.: Cu) előforduló nehézfémeket mossza a vizekbe (Hu et al. 2015). Ugyanakkor a legnagyobb mértékben az ipari, illetve a kommunális szennyvíz felszíni vízbe történő kibocsátása okán kerülnek nehézfémek a víztestbe, melynek mennyisége olykor humán-, állategészségügyi-, és környezetvédelmi veszélyt is jelenthet (Benson et al. 2018, Förstner és Müller 1973). Egyes kutatások arra is rámutattak, hogy a szennyvízelvezető csatornák korróziója is hozzájárul a vizek cinkkel, ólommal és rézzel való terheléséhez (Förstner és Müller 1973).

A nehézfémek sajátos veszélye abban rejlik, hogy a talajban nem bomlanak le mikrobiológiai tevékenység hatására. A nehézfémeket a mikroorganizmusok fel is dúsíthatják, és mérgezőbb komplex kötések alakíthatnak ki (Förstner és Müller 1973). Az antropogén forrásokból származó nehézfémek mobilabbak és biológiailag hozzáférhetőbbek, mint a természetes ásványi formában jelenlévők, ezért fokozottabb élelmiszer-biztonsági kockázatot is jelentenek (Benson et al. 2018). A nehézfémek felhalmozódhatnak a talajban, valamint a talajból a növények élelmiszerként vagy takarmányként történő elfogyasztása által az élő szervezetbe juthatnak (Bürgés et al. 2008).

Kazberuk et al. (2021) kutatásában bizonyította, hogy az iszap mezőgazdasági kihelyezésével növekedett a talaj nehézfém-tartalma (**3.ábra**). Azonban a nehézfémek a talajadottságoktól (pl.: pH, textúra, szerves anyag tartalom), valamint a nehézfémek jellégétől függően eltérően viselkednek, ebből adódóan a káros hatásuk is eltérő mértékben nyilvánulhat meg.



3. ábra: A talaj nehézfém-tartalmának A-Cd, B-Cu, C-Pb, D-Zn változása a talajba kevert iszap dózisének és a kotrás helyének függvényében (2018-2019)
Forrás: Kazberuk et al. (2021)

Baran et al. (2019) is azt tapasztalta, hogy az iszap talajba keverésével, az iszap dózisének növelésével növekedett a toxikus elemek koncentrációja, a kadmium és az ólom kivételével, melyek koncentrációja csökkent az iszap dózisének növelésével (**11. táblázat**).

11. táblázat: A talaj nehézfém tartalmának változása a talajra kijuttatott iszap dózisének függvényében

<i>Treatment</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>
	<i>mg kg⁻¹ d.m</i>					
Kontrol	136.9 a	16.92 bc	0.75 a	0.60 a	14.34 b	1.33 b
5% sediment	173.5 a	13.98 a	1.32 b	0.89 b	12.87 ab	0.62 a
10% sediment	217.6 b	14.89 ab	1.75 c	1.18 c	13.10 ab	0.55 a
20% sediment	267.4 c	17.61 cd	2.79 d	1.76 d	13.05 ab	0.51 a
30% sediment	289.6 d	19.57 d	3.78 e	2.30 e	12.35 a	0.50 a
50% sediment	366.4 e	24.48 e	6.58 f	3.62 f	12.21 a	0.48 a

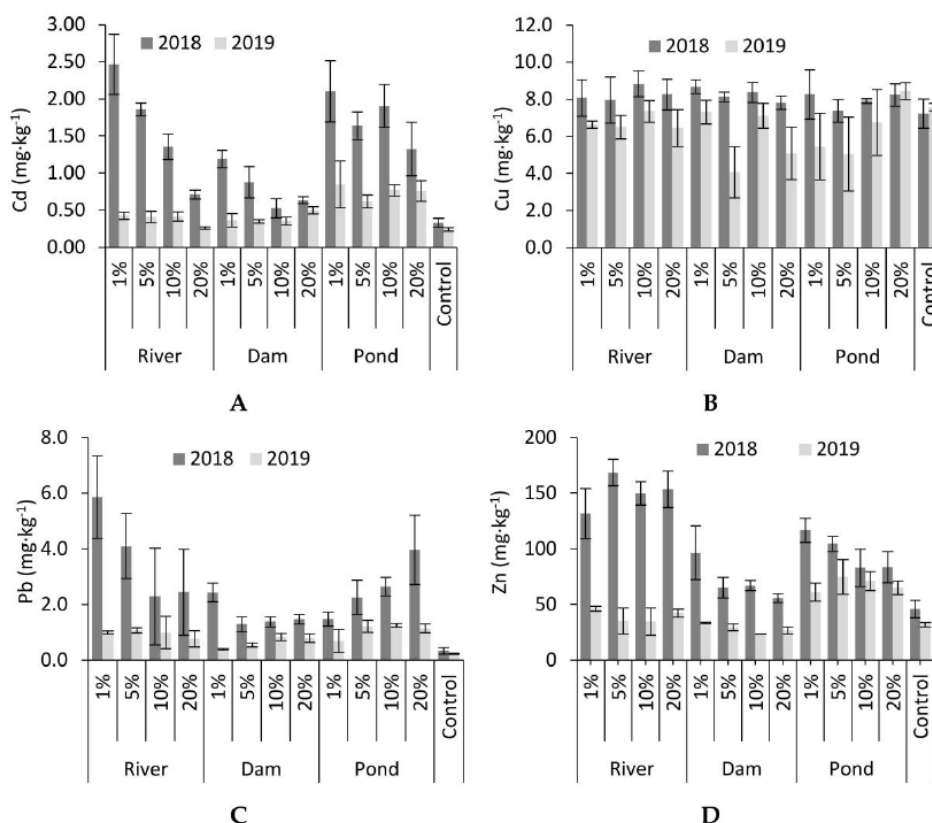
*homogenous groups according to Tukey test, $\alpha < 0.05$

Forrás: Baran et al. (2019)

A talajra kijuttatott, és a talajban akkumulálódott nehézfémek élelmiszer-biztonsági kockázata a talaj kémhatásának csökkenésével egyre nő. Hiszen, a molibdén (Mo) kivételével, a toxikus nehézfémek oldhatósága a kémhatás csökkenésével nő, azaz a növények számára könnyebben felvehetőbbé válnak (Simmons et al. 2010; Stefanovits et al. 2010). Ugyanakkor a nehézfémek

toxikus felhalmozódása jól megválasztott vetésforgóval elkerülhető, mivel a különböző növények más-más elemeket vesznek fel a talajból (Kun 2017). Viszont, amennyiben a talaj toxikus nehézfém-tartalma megnő, akkor a rajta termesztett növény által felvett toxikus elem mennyisége is megnőhet, amelyre Kazberuk et al. (2021) is rámutatott a kutatásában.

Kazberuk et al. (2021) tenyészedényben, fehér mustárral (*Sinapis alba*) végzett kísérletében azt tapasztalta, hogy a mederüledék kijuttatása elsősorban a kadmium, a cink és az ólom koncentrációját növeli meg a növény biomaszájában, míg a réz esetében nem volt szignifikánsan kimutatható koncentráció-változás (**4. ábra**) annak ellenére, hogy a talajban a réz koncentrációja növekedett meg a legnagyobb mértékben az iszap hatására (**3. ábra**). Mindemellett megfigyelhető volt, hogy a kisebb iszapidózisok nagyobb elemfelvételt eredményeztek, melynek oka vélhetően az üledék textúrájában keresendő. Ugyanis az üledék magas iszap- és agyagfrakció-tartalma a nagyobb iszap dózisok esetében már károsan befolyásolhatta a talaj levegő- és vízgazdálkodási viszonyait és az elemek felvételét.



4. ábra: A fehér mustár (*Sinapis alba*) nehézfémkoncentrációjának A-Cd, B-Cu, C-Pb, D-Zn változása a talajba kevert iszap dózának, és a kotrás helyszínének függvényében (2018-2019)
Forrás: Kazberuk et al. 2021

Baran et al. (2019) kukoricában (*Zea mays*) és lóbabban (*Vicia faba*) végzett kutatásában azt tapasztalta, hogy növényfajtánként, illetve a kijuttatott iszap dózisának függvényében eltért a toxikus elemek koncentrációjának változása a növények biomasszájában. Az iszap kijuttatásával a kontrollhoz képest a kukoricában csökkent a mangán, a kadmium, a cink és az ólom koncentrációja, míg a réz – ellenben Kazberuk et al. (2021) fehér mustárral végzett kísérletében tapasztaltaktól – növekedett (**12. táblázat, 4. ábra**). A mangán, a kadmium, a cink, az ólom és a réz koncentrációja a legmagasabb dózisokban (50 és 30 %) kijuttatott iszap esetében növekedett a legszignifikánsabban, ellenben a nikkel a legkisebb dózisban (5%) kijuttatott iszap esetében növekedett meg. Mindez ellentétesen zajlott le a lóbab esetében, mivel ott a legkisebb iszap dózis (5%) okozta a legnagyobb toxikus elem koncentrációt a bab biomasszájában, a legnagyobb iszap mennyiség (50 %), pedig a réz és a nikkel koncentrációját növelte meg számottevően.

12. táblázat: Baran et al. (2019) kutatásában kijuttatott iszap dózisának hatása a kukorica (*Zea mays*) és a lóbab (*Vicia faba*) elem felvételére

<i>Treatment</i>	<i>Maize (mg·kg⁻¹ d.m)</i>					
	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>
Kontrol	86.29 c*	48.63 c	1.67 a	1.15 b	0.52 b	0.31 c
5% sediment	43.92 b	32.40 ab	1.87 ab	1.12 b	0.42 ab	0.07 a
10% sediment	26.39 a	25.40 a	1.91 ab	0.62 a	0.34 a	0.09 ab
20% sediment	47.55 b	29.90 ab	2.34 b	0.76 a	0.43 ab	0.09 ab
30% sediment	49.97 b	29.86 ab	3.01 c	0.65 a	0.35 a	0.08 ab
50% sediment	85.75 c	36.75 b	2.91 c	0.97 a	0.49 b	0.13 b
<i>Treatment</i>	<i>Filed beans (mg kg⁻¹ d.m)</i>					
	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>
Kontrol	446.57 c	159.43 c	4.95 a	2.81 b	2.58 b	2.56 c
5% sediment	118.27 b	70.92 b	4.55 a	1.27 a	2.05 ab	0.43 b
10% sediment	76.70 a	55.68 b	5.57 ab	1.11 a	1.88 ab	0.33 ab
20% sediment	84.41 a	24.52 a	5.60 ab	1.29 a	1.61 a	0.20 ab
30% sediment	91.09 a	29.88 a	6.75 b	1.59 a	1.53 a	0.18 ab
50% sediment	86.49 a	27.14 a	6.92 b	2.52 b	1.35 a	0.11 a

Forrás: Baran et al. (2019)

4.1.2 Egyéb kihelyezést befolyásoló tényezők

TPH-k, PAH-ok: Az összes ásványiolaj eredetű (alifás) szénhidrogének (TPH) a leggyakrabban előforduló szennyező kőolajszármazékok, humán-, állat- és környezetegészségügyi szempontból veszélyes anyagok. A kőolaj széleskörű felhasználásából (pl.: üzemanyag, műanyaggyártás, szépségipar) adódóan, elsősorban az ipari, kereskedelmi balesetek következményeként az alifás szénhidrogének széles körben szennyezik a környezetet. A TPH-k a felszíni vizek üledékeikben is megtalálhatók, elsősorban légkörből, városi lefolyásból, szennyvízelvezetésből, hajók vízi balesetei okán. Ez utóbbi miatt főként a kikötők

és azok környezetének üledéke szennyezett TPK-kal nagyobb mértékben (Kuppusamy et al. 2020).

A policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) a kőolaj képződésekor, vulkanikus tevékenységek során, továbbá az égés, valamint a növényi, állati szervezetek bomlásának melléktermékeként keletkeznek. A környezetben is előforduló anyagok, azonban az emberi tevékenység hatására (ipar, tüzelés, gépjármű használat) nagyobb mennyiségben kerül a légkörbe, ahonnan a talajba és a felszíni vizekbe jutnak (Stafanovics et al. 2010; Wang et al. 2014, [http6](#), [http7](#), Szabó 2011).

A PAH-ok egyes csoportjai mérgező, rákkeltő anyagok, képesek a környezetben felhalmozódni, ezért jelenlétük egészségügyi és környezetvédelmi kockázatot jelent. A PAH-ok jelenléte a mederiszapban is kimutatható (Wang et al. 2014). A különböző PAH-vegyületek perzisztenciája eltérő a talajban. Bizonyos PAH-vegyületek a talaj mikrobiális tevékenysége által képes akár 6 hónap alatt lebomlani a talajban, míg a nagyobb gyűrűkkel rendelkező PAH-vegyületek nem bomlanak le, hanem felhalmozódnak (Stefanovits et al. 2010, [http8](#)).

Patogén mikroorganizmusok: A patogén mikroorganizmusok közvetlenül befolyásolják az emberi és állati egészséget, továbbá akár növényvédelmi problémát is okozhatnak, jelenlétük élelmiszer-biztonsági kockázatot jelent (Kádár 2013). A patogén mikroorganizmusok elsősorban települési és ipari szennyvízkibocsátás, vagy akvakultúra-tevékenység eredményeként kerülhetnek a felszíni vizekbe. Ilyen mikroorganizmus többek között a melegvérű élőlények bélrendszerében élő fekális coliform baktériumok (*Escherichia coli*) és *Salmonella* fajok. Néhány magasabb rendű organizmus, például fonálférgek is jelen lehetnek a vízben a kommunális szennyvízkibocsátások következtében, és a víz vagy az üledék által terjedő betegségekhez vezethetnek (Reham 2018).

A mederüledék termőföldi hasznosítása esetén a patogén mikroorganizmusok a termőföldre is kijuthatnak, ahol optimális körülmények között hosszú időn át képesek fennmaradni a talajban (Kádár 2013). Szennyvíziszapokkal végzett kutatások bizonyítják, hogy a szennyvíziszap dózisának növelésével arányosan növekszik az élelmiszer-minőségi és -biztonsági kockázatokat jelentő mikroorganizmusok száma a talajban (Bíró et al. 2008; [http2](#)). A komposztálás azonban csökkentheti az iszap patogén mikroorganizmusokat tartalmazó jellegéből adódó veszélyét. A komposztálódás során, a mikrobiális folyamatok által keletkező

hő hatására részleges sterilizálás indul be, és a patogén szervezetek elpusztulnak (Kádár 2013; Vágvölgyi et al. 2020).

Növényvédő szer-maradékok: A peszticidek a mezőgazdasági területekről jutnak a felszíni vizekbe a felszíni lefolyásokon és a csatornákon keresztül. A vízben jól oldódó növényvédő szerek nagyobb esőzések során, vízben oldott állapotban, míg a talajban adszorbeáltak a talajerózió által, a talajrészecskék mozgásával jutnak a víztestbe. A peszticidek erősen kötődnek az üledékek szerves anyagaihoz. A betiltott szerves klórtartalmú peszticidek, perzisztens idegmérgek (DDT, metoxiklór) még évtizedekkel az utolsó használatuk után is kimutathatók az üledékmintákban (Vryzas 2018).

Bár a vizekben rendszeresen monitorozzák a növényvédőszer-maradékokat, csak kevés tanulmány foglalkozik az üledékek peszticid-maradék vizsgálatával. Ugyanakkor egyes vizsgálatok esetében megfigyelhető volt, hogy annak ellenére, hogy a víztestben nincs kimutatható herbicid-maradék, az üledékekben még előfordulhat. A herbicid molekulák felezési ideje 5 naptól 5 hónapig terjedhet a talajban (Devault et al. 2008).

Általánosságban elmondható, hogy az üledékminták a peszticid koncentrációja viszonylag állandó, időbeli változékonysága kisebb, mint a vízmintákban. Ennek az az oka, hogy az üledék kevésbé befolyásolt a szélsőséges időjárási események, vagy vízállás által, mint maga a víztest, (Vryzas 2018). Ugyanakkor az éghajlatváltozás várhatóan befolyásolni fogja a növényvédő szerek környezeti sorsát. Az elhúzódó száraz időszakok, az alacsony vízállás, majd az ezeket követő intenzív csapadékos időszakok várhatóan növelni fogják a növényvédő szerek mobilitását, víztestekbe jutását (Masiá et al. 2013), így a víztestek peszticid-koncentrációjának növekedésére számíthatunk a jövőben (Noyes et al. 2009).

Mikroműanyagok: A műanyag termékek sokrétű felhasználhatóságából adódóan globális szinten, a világ minden pontján használunk műanyagokat. Azonban a műanyagok a bomlásuk során apró részecskékre, úgynevezett mikroműanyagokra bomlanak, melyek jelenleg a legnehezebben szűrhető szennyezőanyagok közé tartoznak. A mikroműanyagokat már az élő szervezetekben is azonosították. Toxikus és szerves szennyező anyagok hordozói is lehetnek, mivel adszorbeálják a perzisztens szerves szennyező anyagokat, nehézfémeket és az endokrin rendszert károsító vegyi anyagokat, melyek a termőföldre kijuttatva a növények által az élelmiszerláncba kerülhetnek (Hossain et al. 2022; Bansal és Singh 2022).

A felszíni vizekben található mikroműanyagok elsődleges forrásai a szennyvízbevezetések. A szennyvízbe a tisztálkodási és tisztító szerekből, ruházatból kerülnek. Továbbá a személtelés, a halászati, valamint a kertészeti tevékenység által is nagy mennyiségben jutnak mikroműanyagok a felszíni vizekbe. A mikroműanyagok a vízbe jutást követően vagy a vízben lebegnek, vagy az üledékkal együtt a mederfenékre süllyednek (Hossain et al. 2022).

Egyes tanulmányok rámutattak, hogy a talaj mikroműanyagok általi szennyezettsége 4-23-szorosa az óceánok szennyezettségének. A talajban lévő mikroműanyagok befolyásolják a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait, a talaj térfogatsűrűségét, a talaj fizikai féleségét, a talajban zajló mikrobiális tevékenységet (Bansal és Singh 2022).

Gyógyszerek: Elsősorban szintén a szennyvízbevezetések miatt a felszíni vizekben és azok üledékeiben a gyógyszerek hatóanyagai is kimutathatóak. Az üledékek főként a hidrofób vegyületeket kötik. Egyes tanulmányok rámutattak arra, hogy a gyógyszermaradékokkal szennyezett vizekkel öntözött talajokban is kimutatható a felszíni vizekben korábban kimutatott gyógyszerek jelenléte. Ezek egy része nem bomlik le, felhalmozódik a talaj szerves anyagában, valamint beszivárog a talaj mélyebb rétegeibe, majd a talajvízbe (Vazquez-Roig 2012) .

Gyomok: A víztestek, mint ökológiai folyosók, fontos szerepet töltenek be egyes gyomfajok terjedésében. A gyomok víz általi terjedésének különböző módjai lehetnek: a víz felszínén sodródó (pl. *Asclepias syriaca* – Selyemkóró, *Xanthium italicum* - Olasz szerbtövis, a vízben lebegő (*Chenopodium album* – Fehér libatop; *Amaranthus spp.* – Disznóparéj fajok , a meder fenékén vagy az üledékkal együtt mozgó terjedés (pl.: *Impatiens glandulifera* – Bíbor nebánsvirág) (Bill et al. 1999; Magyar 2019).

A vizek parti sávjában, öbleiben élő vízínövények (pl. *Phragmites australis* – Községes nád) élő gyökér- és szárrészei is a mederkotrás során az iszappal együtt kiemelésre kerülnek (http2).

4.2 A talajvédelmi tervekben szereplő kotort mederüledékek laborvizsgálati eredményeinek értékelése

Mechanikai összetétel: A talajvédelmi tervekben szereplő víztestek mederüledékeinek kihelyezéséhez csak a tavak esetében vizsgálták az Arany-féle kötöttséget (KA), amelyből következtethetünk a mederanyag fizikai féleségére. Mind a 2 tó esetében elmondható, hogy nagy mennyiségben tartalmazhatnak agyagfrakciót, hiszen a kötöttségi számuk magas (**13. táblázat**). Valamivel kevesebb agyag lehet az „A” tóból származó iszapban, de vélhetően nem számottevő mértékben.

13. táblázat: Az „A” és a „B” tó fizikai és kémiai tulajdonságai

	A tó	B tó
ph (KCL)	7,235	7,29
KA	60,5	65
Só m/m%	0,08	0,2
CaCO ₃ m/m%	9	36
Humusz m/m%	4,28	>4

Forrás: Saját szerkesztés, 2023

A „B” tó azonban alkalmasabb lehet talajjavításra, mivel a CaCO₃ tartalma is magas. Tudjuk, Baran et al. (2019) megállapításából, hogy az iszap magas agyagtartalma és CaCO₃ tartalma javítja a talaj kationcserkapacitását, tápanyagfelvételt, ellenben akadályozza a toxikus elemek oldódását.

Tápelemtartalom: Mindegyik kotrással érintett víztest üledéke mérhető mennyiségben tartalmazott tápelemeket is. Az iszapokban a kálium volt a legnagyobb mennyiségben jelen, ahogyan Baran et al. (2019) és Kaletova et al. (2022) kutatásaiban vizsgált iszapok esetében is. Összefüggés azonban nem figyelhető meg az egyes víztesttípusok kotrási üledékeinek tápelemtartalma között. A legtöbb nitrogént a „B” tó üledékéből, a legtöbb foszfort és a legtöbb káliumot pedig az „A” Holtág iszapjából mérték. Összességében az „A” Holtágból, a „B” csatornából, valamint a „B” Holtágból kotort iszap tápanyagellátottsága a legmagasabb (**14. táblázat**). Ezek a víztestek egymással összeköttetésben, mezőgazdasági környezetben helyezkednek el, mely felelős lehet a nagyobb tápelemtartalomért.

14. táblázat: A vizsgált víztestek kotort üledékének makrotápanyag tartalma (mg/kg sz.a.)

	Összes nitrogén (számított)	Összes foszfor (P ₂ O ₅)	Összes kálium (K ₂ O)
A csatorna	1261,68	1147,22	5955,45
A Holtág	2630	1602,5	20650
A tó*	4,93	298,5	185
B csatorna	2635	1255	16150
B Holtág	1920	1148,5	9375
B tó	4250	15,3	154

*Csak a növények által felvehető NO₂⁺, NO₃⁻, N tartalom

Forrás: Saját szerkesztés, 2023

Szennyezőanyag tartalom az 50/2001. Korm. rendeletben meghatározott határértékek figyelembevételével: A vizsgált víztestek szelvényeiből vett átlagminták szennyezőanyag tartalma egyik szennyezőelem esetében sem érte el a Korm. rendeletben meghatározott határértéket. Ebből adódóan a víztestek kotort üledékeire vonatkoztatva, az átlagminták értékeinek átlagolásával számolt szennyezőanyag tartalom sem haladta meg a Korm. rendelet határértékeit (**15.táblázat**). Tehát az elemzett víztestekből kotort mederanyagok termőföldön hasznosíthatóak a talajvédelmi terv készítésének szabályairól szóló rendelt szerint elkészített talajvédelmi terv alapján.

15. táblázat: A vizsgált víztestek kotort üledékének szennyezőanyag tartalma és a Korm. rendeletben meghatározott határértékek

	A csatorna	B csatorna	A Holtág	B Holtág	A tó	B tó	50/2001 Határértékek
Arzén (As)	9,48	12,02	29,725	11,7	4,825	6,4	75
Kadmium (Cd)	0,66	0,57	1,2775	0,32	< 0,02	0,44	10
Kobalt (Co)	6,64	14,5	17	7,39	7,72	6,3	50
Cr (összes) (ΣCr)	41,36	76,25	100,65	48,05	14,85	25,5	1000
Réz (Cu)	26,80	31,75	52,7	18,9	11,3	18,4	1000
Higany (Hg)	0,40	0,145	0,39	0,255	< 0,06	0,06	10
Molibdén (Mo)	0,81	0,815	0,815	0,34	< 0,06	2,56	20
Nikkel (Ni)	18,01	41,7	56,775	23,2	19,35	22	200
Ólom (Pb)	25,81	28,15	71,225	32,6	5,525	15,5	750
Szelén (Se)	0,47	0,48	0,665	0,21	< 0,4	0,22	100
Cink (Zn)	108,98	125	244,5	77,35	53,2	74,4	2500
TPH-GC	114,70	17,5	19,975	16,25	n.a.	n.a.	4000
Összes PAH	0,22	0,043	0,129	0,412	n.a.	n.a.	10

Forrás: Saját szerkesztés, 2023

Bár a szennyezőanyagtartalom egyik kotort üledék esetében sem haladta meg a határértékeket, a leginkább szennyezett az „A” Holtág üledéke volt. Az „A” Holtág az átlagmintáinak nehézfémekre vonatkozó eredményei minden nehézfém esetében meghaladták a többi víztest üledékének nehézfémtartalmát. A legkevesebb nehézfém-szennyezettséget az „A” tó esetében mérték. Összességében megállapítottam, hogy a tavak üledékei voltak a legkevésbé szennyezettek nehézfémekkel (**15. táblázat**).

5 Következtetések, javaslatok

A szakdolgozatomban célul tűztem ki, hogy szekunder kutatás keretein belül feltárjam a kotort mederanyag talajjavító és tápanyag-utánpótló anyagként történő hasznosításában rejlő lehetőségeket, illetve a mezőgazdasági felhasználással járó esetleges veszélyeket. A szakdolgozatom elején feltett kérdéseim vonatkozásában az alábbi következtetéseket vontam le, és javaslatokat fogalmaztam meg.

- Lehetővé teszi-e a jelenlegi jogszabályi környezet a kotort mederüledék termőföldön történő hasznosítását Magyarországon?

A jelenleg hatályos jogszabályok (Tfvt., FVM rendelet) szerint adott a lehetőség a kotort mederüledékek termőföldön történő felhasználására. A (Tfvt.) tartalmazza a talajjavító mederanyag, valamint a kotort mederiszap fogalmakat, továbbá azok termőföldön történő felhasználására vonatkozó egyes feltételeket (pl.: engedélyezési vagy bejelentési eljárás, talajvédelmi terv készítése). Azonban a Tfvt. részletszabályokat nem állapít meg, ebből adódóan a kotort mederanyagok beltartalmuktól függően a nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladékokra vonatkozó előírások szerint használhatóak fel a termőföldön.

Tekintettel arra, hogy a mederiszap kihelyezésével járó kockázatok a mederiszapokat érő hatások sokféleségéből adóan nem zárhatóak ki, a kihelyezést illetően indokolt lehet a szigorúbb engedélyezési eljárás fenntartása. Ugyanakkor a kutatásomban elemzett kísérletekben vizsgált iszapok, valamint a talajvédelmi tervekben szereplő iszapok nem voltak talajvédelmi, környezetvédelmi szempontból aggályosak, mezőgazdasági felhasználásra alkalmasnak minősültek. Ebből adódóan azt a következtetést vontam le, hogy egy kevésbé szigorú, bejelentéshez és a talajvédelmi szakértők bevonásához kötött kotort iszap kihelyezés környezet- és talajvédelmi szempontból is megállja a helyét. Ennek azonban az a feltétele, hogy a részletszabályok az iszap fizikai és kémiai tulajdonságait figyelembe véve kerüljenek kialakításra. Többek között a mederanyag fizikai félesége miatt, ami rendkívül változatos lehet, bizonyos talajtípusok esetében akár kedvezőtlenül is befolyásolhatja a talaj minőségét (Baran et al. 2019, Kazberuk et al. 2021, Kaletova et al. 2022), nem tekinthetünk a mederiszapra csak és kizárólag hulladékként, szennyvíziszapként.

- A kotort mederanyag alkalmas tápanyag-utánpótlásra?

Az elemzett kutatások alapján egyértelműen bizonyítást nyert, hogy az iszap alkalmas lehet tápanyag-utánpótlásra, elsősorban azok az iszapok, melyek nitrogén tartalma meghaladja az $1,5 \text{ g/kg}^{-1}$ határértéket (Kazberuk et al. 2021). Azonban a különböző növénykultúrák eltérően reagálhatnak a talajviszonyok megváltozására, melyet az iszap kijuttatása okozhat (pl. az Arany-féle kötöttségi szám változása a gyökérzónában).

A kutatások arra is rávilágítottak, hogy az iszap önmagában nem, de más magas szerves és száraz anyag tartalmú agyagokkal keverve alkalmas lehet termesztőközegek és komposztok alapanyagaként (Szara-Bak et al. 2022; Baran et al. 2019).

- A kotort mederanyag alkalmas talajjavításra?

A kotort mederanyag talajállapot javítására gyakorolt hatása nagymértékben függ annak mechanikai összetételétől, szerves-anyag és CaCO_3 tartalmától. Az iszap elsősorban durvább homok fizikai féleségű talajok javítására lehet alkalmas. Amennyiben az iszap magasabb agyag és CaCO_3 tartalommal rendelkezik képes javítani a talaj kationcsere kapacitását a talaj kémhatásának lúgosításával, továbbá javítja a talaj-, víz-, és levőgazdálkodási feltételeit is. Mindezek hatást gyakorolnak a talaj tápanyag-szolgáltató képességére is, továbbá gátolják a lúgos közegben kevésbé oldható toxikus elemek felvételét (Baran et al. 2019.; Kazberuk et al. 2021.).

- Az üledékekben előforduló toxikus elemek növelik a talaj és a növények toxikuselem tartalmát?

A vizsgált kutatások értelmében, amennyiben olyan anyagot juttatunk ki a termőföldre, aminek van toxikus elem tartalma, akkor azzal magától értetődően növeltük a talaj toxikus elem tartalmát is (Baran et al. 2019.; Kazberuk et al. 2021). A mederanyagba nagymennyiségben kerülnek olyan toxikus nehézfémek, melyek elsősorban antropogén tevékenység következtében keletkeznek. Ezeknek sajátossága, hogy sokkal mobilabbak és könnyebben felvehetőek a növények számára, mint a természetes formában jelenlévő nehézfémek (Benson et al. 2018). Ugyanakkor a toxikus elemek növények általi felvételét a termesztőközeg, a talajállapot adottságai is befolyásolják, ahogyan Baran et al. (2019), Kazberuk et al. (2021) és Kaletova et al. (2022) kutatásai bizonyították. Így amennyiben kedvező közeget tudunk kialakítani, pl. nagyobb agyag- és CaCO_3 tartalommal rendelkező iszapot juttatunk ki, a talaj kémhatását a növénytermesztés számára kedvezően befolyásolhatjuk, ezzel gátolhatjuk a toxikus elemek

oldódását is (a mangán kivételével, mely az egyetlen olyan nehézfém, amelynek felvehetősége lúgos közegben nő).

A nehézfémek felvétele szempontjából meghatározó lehet az adott területen termesztett növénykultúra is. Hiszen a növények eltérő toleranciával, és igénnyel rendelkeznek a nehézfémeket illetően, ebből adódóan más-más elemet más-más mennyiségben vonnak ki a talajból (Baran et al. 2019, Kazberuk et al. 2021. Kaletova et al. 2022). Ezzel megakadályozható egy-egy nehézfém felhalmozódása is a talajban (Kun 2017). Azonban fontos, hogy ez csak az előírt határértékeket meg nem haladó mennyiségben tartalmazó iszapok esetében van így. A jogszabályi határértékeket a talaj- és környezetvédelmi, valamint élelmiszer-biztonsági szempontokból mindenképpen be kell tartani.

- Milyen egyéb talaj-, növényvédelmi, illetve élelmiszerbiztonsági kockázatokat rejt magában a kotort mederanyag, ha a termőföldön hasznosítjuk?

Számtalan tényező befolyásolhatja az iszap összetételét, ezek között lehetnek természetes (közetek mállása), illetve antropogén (olajszennyezés, gyógyszermaradványok, mezőgazdasági tevékenység) eredetű hatások is (Reham 2018).

A PAH-ok jelenléte a mederiszapban is kimutatható (Wang et al. 2014), ebből adódóan termőföldön történő felhasználásukkal a termőföldeket PAH-okkal terhelhetjük. A talajvédelmi tervben szereplő iszapok TPH és a PAH értékei meg sem közelítették a jogszabályban előírt határértékeket. Jelenlegi kutatásom alapján nem tartom jelentős veszélyforrásnak az iszapot a szerves szennyezők tekintetében. Azonban a kotrás helyszínét és a víztestet ért esetleges környezeti katasztrófákat is figyelembe kell venni a mederanyag mezőgazdasági felhasználásáról szóló döntési folyamatban. Hiszen például a kikötőkből kotort mederüledékek magasabb TPH értékekkel rendelkezhetnek (Kuppusamy et al. 2020).

A betiltott, szerves klórtartalmú peszticidek, perzisztens idegmérgek (DDT, metoxiklór) még évtizedekkel az utolsó használatuk után is kimutathatók az üledékmintákban. Ez a kotort iszap termőföldön történő felhasználása során élelmiszer-biztonsági, és környezetvédelmi szempontokból aggályos lehet, ugyanakkor kifejezetten erre vonatkozó határérték nincsen jogszabályba foglalva, tehát a kihelyezést megelőzően vizsgálati kötelezettség sincs. A szerves klórtartalmú vegyületeket a TPH-k között tartják számon (Vryzas 2018).

Mivel a kotort mederiszap tartalmazhat mikroműanyagokat, az iszap termőföldre történő kijuttatásával nagy valószínűséggel fogunk mikroműanyagokat is a talajra juttatni. Egyelőre nincsenek jogszabályi határértékek meghatározva a mikroműanyagokat illetően, azonban kétség sem fér hozzá, hogy komoly talajvédelmi problémákat okozhatnak a jövőben. Többek között megváltoztathatják a talaj fizikai féleségét, szerkezetét, mikrobiális tevékenységét, és nem utolsósorban káros anyagok, szerves szennyezők hordozói lehetnek (Bansal és Singh 2022).

A kotort mederiszappal együtt gyomnövényeket is a termőföldre juttathatunk, ami annak fokozott gyomosodásához vezethetnek. Ez fokozhatja a növényvédőszer használatot, vagy esetleg olyan agrotechnikai védekezés igénybevételét (pl. mélyszántás) teheti szükségessé, melyet a fenntartható és tudatos talajművelés érdekében mellőznek. Tehát a termőföldi felhasználásra szánt kotort üledékek tárolása, szárítása alatt fokozottan ügyelni a gyommentességre (Bill et al. 1999).

Mindezek mellett, tekintettel arra, hogy a talaj eróziója során sok tápanyag jut a felszíni vizekbe (Farsang et al. 2006, Ansari et al. 2014) a kotort mederiszap kihelyezésével egyidejűleg gondoskodni kell a talajvédő földhasználatról a kijuttatott üledék visszamosódásának megelőzése érdekében.

6 Összefoglalás

Szakdolgozatomban a kotort mederüledék mezőgazdasági felhasználásának lehetőségét vizsgáltam. A kutatásomat már meglévő, tudományos források eredményeinek felhasználásával, azok összehasonlításával végeztem el.

A mederanyag keletkezése természetes folyamat, melyet fizikai, kémiai, biológiai folyamatok, illetve olyan emberi tevékenységek is befolyásolnak mint például az ipari és a mezőgazdasági tevékenység, valamint a szennyvízkibocsátás. Mindezek következtében a mederanyagban felhalmozódhatnak tápanyagok, szerves anyagok, melyek alkalmassá tehetik tápanyag-utánpótlásra. Ugyanakkor toxikus elemek, szerves szennyező anyagok is juthatnak az iszapba, ezek viszont alkalmatlanná tehetik a mezőgazdasági felhasználásra. A mederanyagok termőföldön történő hasznosításához elengedhetetlen, hogy ismerjük az adottságait, keletkezésének körülményeit a termőföld, a környezet és az élelmiszerbiztonság védelme érdekében (Kazberuk et al. 2021, Reham 2018).

A kutatásomban felhasznált forrásokból megállapítottam, hogy a mederanyag alkalmas lehet talajjavításra és tápanyag-utánpótlásra egyaránt. A mederüledék jellemzően finom homok, por, és agyag frakciókból áll, de ezek egymáshoz viszonyított aránya, az iszap fizikai félesége víztestenként rendkívül változó lehet. A finomszemcsésű iszap optimális mennyiségben kijuttatva javíthatja a durvább szemcsésű homoktalajok levegő- és vízgazdálkodását, tápanyagszolgáltató képességét, az optimális mennyiséget meghaladó mértékben azonban ronthatja is ezeket. Magasabb agyagtartalommal rendelkező iszap, amennyiben számottevő CaCO_3 tartalommal párosul, akkor kedvezően befolyásolhatja a talaj kationsere kapacitását, javítja a növények tápanyagfelvételét, és gátolja a toxikus nehézfémek oldhatóságát (Baran et al. 2019, Kazberuk et al. 2021, Kaletova et al. 2022).

A mederanyagok nagy mennyiségben tartalmazhatnak tápelemeket, elsősorban káliumot, foszfort (Kaletova et al. 2022). Kutatások bizonyították, hogy a mederüledék kijuttatása terméstebbletet eredményez, azonban a felvett tápanyag mennyisége az iszapok dózisának növelésével akár csökkenhet is, hiszen túlzott mennyiségben ronthatja a talaj tápanyag-szolgáltató képességét (Baran et al. 2019).

A mederanyag termőföldre történő kijuttatásával növekszik a talaj nehézfém tartalma, és ezáltal a növényeké is növekedhet. Azonban a különböző növénykultúrák eltérő mennyiségben veszik fel a nehézfémeket, melyet a kijuttatott iszap dózisa, a talaj kémhatása is befolyásolt. Bizonyos esetekben a kevesebb dózis nagyobb nehézfémfelvételt képes eredményezni, mint a nagyobb a dózisok (Baran et al. 2019).

Mindezek mellett számos egyéb tényező is befolyásolhatja a mederüledék termőföldön történő felhasználását, például a szerves szennyezőanyag tartalom, mely elsősorban kikötőkből kotort iszapok esetében lehet aggályos (Kuppusamy et al. 2020). Az elsősorban a szennyvízkibocsátások következtében humán patogén szervezetek is kerülnek a mederiszapba, melyek humán- és állategészségügyi kockázatot jelentenek a mederiszap felhasználásakor (Regam 2008, Bíró et al. 2018). A mederanyag kihelyezése során figyelembe kell venni a gyomosító tényezőket is, hiszen a mederüledék is tartalmazhat gyommagvakat (Bill et al. 1999), valamint azok az iszap tárolásakor, szárításakor is bekerülhetnek az iszapba, majd az iszappal együtt a termőföldre.

7 Irodalomjegyzék

- Ansari, A.A., Gill, S.S. (editors) (2014): Eutrophication: Causes, Consequences and Control (Volume 2). Springer Science+Business Media Dordrecht 262 p.
- Bansal, O. P., and Singh, A. (2022): A Review on Microplastic in the Soils and their Impact on Soil Microbes, Crops and Humans. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 10:9, 245–273 p.
- Baran, A., Tarnawski, M., Urbaniak, M. (2019): An assesment of bottom sediment as a source of plant nutrients and an agent for improving soil properties. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18:8, 1647-1659 p.
- Benson, N.U., Adedapo, A.E., Fred-Ahmadu, O.H., Williams, A.B., Udosen, E.D., Ayejuyo, O.O., Olajire, A.A. (2018): New ecological risk indices for evaluating heavy metals contamination in aquatic sediment: a case study of the Gulf of Guinea. *Regional Studies in Marine Science*, 18, 44–56. [https://methods-x.com/article/S2215-0161\(18\)30043-8/fulltext](https://methods-x.com/article/S2215-0161(18)30043-8/fulltext)
- Bill, H. C. – Poschlod, P. – Reich, M. – Plachter, H. (1999): Experiments and observations on seed dispersal by running water in Alpine floodplain. *Bulletin of Geobotanical Institute*, 65, 13–28.
- Bíró B., Beczner J., Németh T., Azcon R., Barea H.M. (2008): Szennyvíziszapokkal bevitt, élelmiszerbiztonságot veszélyeztető és hasznos szimbiota mikrobák talaj- és dóziszfüggő kolonizációja. *Talajvédelem különszám*, 2008 <http://zeus.nyf.hu/~tkgt/konyvek/TV%20cikkek/2-2%20biro.pdf>
- Bürgés G., Nagy B., Varga Z., és Fischl G. (2008): A gyepek tápanyagellátási-, növényvédelmi-, legeltetési-és élelmiszerbiztonsági kérdései napjainkban. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 6:(1-2), 71-76 p.
- Cappuyns, V., Swennen, R., and Devivier, A. (2006): Dredged river sediments: Potential chemical time bombs? A case study. *Water, Air, and Soil Pollution*, 171, 49-66 p.
- Csorba P. (2021): Magyarország kistájai. *Táj- és Környezetföldrajzi Alapítvány*, Debrecen 409 p.
- Csősz L. (2021): A Balaton jelenlegi állapotának vízügyi szempontú összefoglalása. *Hadmérnök Környezetbiztonság*, 16:2, 47-55 p.
- Devault, D. A., Gérino, M., Laplanche, C., Julien, F., Winterton, P., Merlina, G., ... and Pinelli, E. (2009): Herbicide accumulation and evolution in reservoir sediments. *Science of the total environment*, 407:8, 2659-2665 p.
- Dövényi Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földtudományi Kutatóintézet, Budapest 876 p.
- Farsang A., Kitka G., Barta K. (2006): A talajerózió szerepe a talaj foszforháztartásában. *Táj, környezet és társadalom, SZTE*, 179-191 p <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/5697/1/Farsang.pdf>
- Ferrans, L.; Nilsson, A.; Schmieder, F.; Pal, D.; Rahmati-Abkenar, M.; Marques, M.; Hogland, W. (2022): Life Cycle Assessment of Management Scenarios for Dredged Sediments: Environmental Impacts Caused during Landfilling and Soil Conditioning. *Sustainability*, 14:20, 13139 p. <https://doi.org/10.3390/su142013139>
- Förstner, U., Müller, G.(1973): Heavy metal accumulation in river sediments: A response to environmental pollution. *Geoforum*, 4:2 53-61 p.
- Haas J. (1984): Mezozoos képződményeink nléhány fáciesértelmezési kérdése a tengerkutatások tükrében. *Általános Földtani Szemle* 20, 27-52 p.

- Halász G. E. (2010): Felszíni vizek és üledékeik minőségének megítélésére alkalmas analitikai és ökotoxikológiai módszerek fejlesztése és alkalmazása, Doktori (PhD) értekezés, SZIE, Gödöllő 111 p.
- Hossain, Md. S., Siddika, A., Saifullah, A.S.M., Sheikh, S., Uddin, M.J. (2022): Abundance and distribution of microplastics in water and sediment of two selected rivers in Bangladesh. *Environmental Engineering and Management Journal*, 21:6, 1047-1058 p.
- Hu, C., Deng, Z.M., Xie, Y.H., Chen, X.S., Li, F. (2015): The risk assessment of sediment heavy metal pollution in the East Dongting lake Wetland. *Journal of Chemistry*, 2015, 8 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/835487>.
- Kádár I. (2013): Szennyvizek, iszapok, komposztok, szerves trágyák a talajtermékenység szolgálatában. MTA, *Agrokémia és Talajtan*, 63:2 427-428 p.
- Kaletova, T., Arifjanov, A., Samiev, L., Babajanov, F. (2022): Importance of river sediments in soil fertility. *Journal of Water and Land Development*, 52(I-III): 21-26 p.
- Kazberuk W., Szulc W., Rutkowska B. (2021): Use Bottom Sediment to Agriculture—Effect on Plant and Heavy Metal Content in Soil. *Agronomy*, 11(6):1077 p. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061077>
- Kiani, M., Raave, H., Simojoki, A., Tammeorg, O., Tammeorg, P. (2021): Recycling lake sediment to agriculture: Effects on plant growth nutrient availability, and leaching. *Science of the Total Environment*, 753, 141984 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141984>
- Koós S.; Pirkó B.; Szatmári G.; Csathó P.; Magyar M.; Szabó J.; Fodor N.; Pásztor L.; Laborczy A.; Pokovai K.; et al. (2021): Influence of the Shortening of the Winter Fertilization Prohibition Period in Hungary Assessed by Spatial Crop Simulation Analysis. *Sustainability* 2021, 13(1), 417 p. <https://doi.org/10.3390/su13010417>
- Kun Á. (2017): Intenzív üzemű halnevelő-telepről származó szennyvíz mezőgazdasági elhelyezésének és hasznosításának vizsgálat energiájú kísérletben. Doktori (PhD) értekezés, SZTE, Szeged, 131 p.
- Kuppusamy, S., Maddela, N.R., Megharaj, M., Venkateswarlu, K. (2020): Total Petroleum Hydrocarbons: Environmental Fate, Toxicity, and Remediation. Springer Nature Switzerland AG, 264 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24035-6>
- Magyar L. (2019): A gyommagvak terjedése I. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 20:2, 15-18 p.
- Manahan, S.E. (1999): Environmental Chemistry - 7th edition. Lewis Publishers, Washington, D.C., 876 p.
- Masiá, A., Campo, J., Vázquez-Roig, P., Blasco, C., Picó, Y. (2013): Screening of currently used pesticides in water, sediments and biota of the Guadalquivir river basin (Spain) *Journal of Hazardous Materials*, 263: 95-104 p.
- Noyes, P.D., McElwee, M.K., Miller, H.D., Clark, B.W., Van Tiem, L.A., Walcott, K.C. et al. (2009): The toxicology of climate change: environmental contaminants in a warming world. *Environment International*, 35: 971-986 p.
- Owens, P.N. (2008): Sediment behaviour function and management in river basins. *Sustainable Management of Sediment Resources*, 4, 1-29 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1872199008800037>
- Reham, M.A.S. (2018): Comprehensive Analytical Chemistry: Chapter one - Water Chemistry and Microbiology. Elsevier, 81, 1-56 p. <https://doi.org/10.1016/bs.coac.2018.02.001>
- Simmons R., Quadir M., Drechsel P. (2010): Farm-based measures for reducing human and environmental health risks from chemical constituents in wastewater. *Wastewater irrigation and health*. 2010, 209-238 p.

- Stefanovics P., Filep Gy., Füleki Gy. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest 365 p.
- Szabó I.(2011): Szénhidrogénnel szennyezett területek mikroba populációjának jellemzése. Doktori (PhD) értekezés, SZIE, Gödöllő, 101 p.
- Szabó I., Bódis J., Zentai K., Szekeres R. (2003): A Balaton-parti legeltetéses állattartás tapasztalatai természetvédelmi szempontból. Gyepgazdálkodási Közlemények 2003(1), 25-28 p.
- Szara-Bak, M., Baran, A., Klimkowicz-Pawlas, A. (2022): Recycling of bottom sediment to agriculture: effects on plant growth and soil properties. Journal of Soils and Sediments, 23, 539-551 p.
- Vágvölgyi A.; Mészáros I., Czupy I. (2020): Szennyvíziszap komposztálás anyagmértékére irányuló vizsgálatok. Soproni Egyetemi Kiadó, Tudományos Közlemények, 2020, 325-329 p.
- Vazquez-Roig, P., Andreu, V., Blasco, C., & Picó, Y. (2012): Risk assessment on the presence of pharmaceuticals in sediments, soils and waters of the Pego–Oliva Marshlands (Valencia, eastern Spain). Science of the Total Environment, 440, 24-32 p.
- Vryzas, Z. (2018): Pesticide fate in soil-sediment-water environment in relation to contamination preventing actions. Current Opinion in Environmental Science & Health, 4, 5-9 p.
- Wang, YB., Liu, CW., Kao, YH., Jang CS. (2015): Characterization and risk assesment of PAH-contaminated river sediment by using advanced multivariate methods. Science of the Total Environment, 524–525, 63-73 p.
- http 1 Arcanum. <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/i-i-31843/iszap-32B15/> (2023. március)
- http 2 a Balatoni Szövetség honlapja. https://www.balatoniszovetseg.hu/images/dok/eloterjesztesek/Balaton_projekt_20141031-1.pdf (2023.március)
- http 3 Országos Vízügyi Főigazgatóság. <https://www.ovf.hu/hu/korabbi-erdekessegek-1/7621eea3-c15c-4e16-ac71-7c21f2853fa4> (2023. április)
- http 4 Masturbo. <http://www.masturbo.hu/kotras.html> (2023. április)
- http 5 Iszapkotrás. <http://iszapkotras.hu/> (2023. április)
- http 6 NÉBIH. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-policiklusos-aromas-szenhidrogenekrol> (2023.április)
- http 7 Agroforum. <https://agroforum.hu/szakcikkek/talajelet/talajszennyez-es-policiklusos-aromas-szenhidrogenek-pah/>
- http 8 REAL - az MTA Könyvtárának Repozitóriuma. http://real.mtak.hu/11830/1/64310_ZJ1.pdf (2023. március)
- A Tanács a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről szóló 1991. december 12-i 676/91/EGK irányelve
- Az Európai Parlament és a Tanács a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló 2000. október 23-i 2000/60/EK irányelve
2007. évi CXXIX. Törvény a termőföld védelméről
2021. évi LX. Törvény egyes agrártárgyú törvények módosításáról

- 50/2001. (IV.3.) Korm. Rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól
- 27/2006. (II. 7.) Korm. rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről
- 90/2008. (VII.18) FVM rendelet a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól
- 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről
- 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

NYILATKOZAT

Alulírott Szabó Petra, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, talajtani szakmérnöki szakirányú továbbképzés szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023.május 03.



Hallgató

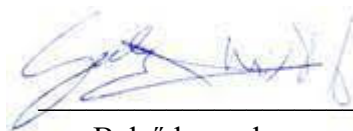
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023.május 03.



Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!