

KÖRNYEZETVÉDELEM

Fazekas István, †Kerényi Attila, Túri Zoltán, Balázs Dávid, Balla Dániel Zoltán, Bihari Zita, Ferenczi Zita, Haszpra László, Mester Tamás, Pásztor László, Szabó György, Tahy Ágnes, †Várallyay György, Vass Róbert, Vasvári Mária, Zagyva Tünde Andrea

Napjaink egyik legégetőbb problémája a környezet-szennyezés és a környezet leromlott állapota, ami leginkább az emberi tevékenység következménye. A környezet állapotával kapcsolatban azonban kevésbé szokták hangsúlyozni, hogy a környezetszennyezés folyamatait természeti viszonyaink is befolyásolják, sokszor kedvezőtlen irányban módosítják. Ennek ismertetését követően atlaszunk a környezeti elemek szerinti tárgyalási módot követi, azzal az eltéréssel, hogy a természetvédelem és a tájvédelem külön-külön, önálló fejezetek részeként jelenik meg. A környezetvédelem egyik legfontosabb területe, a hulladékkezelés atlaszunkban kiemelt hangsúlyt kap.

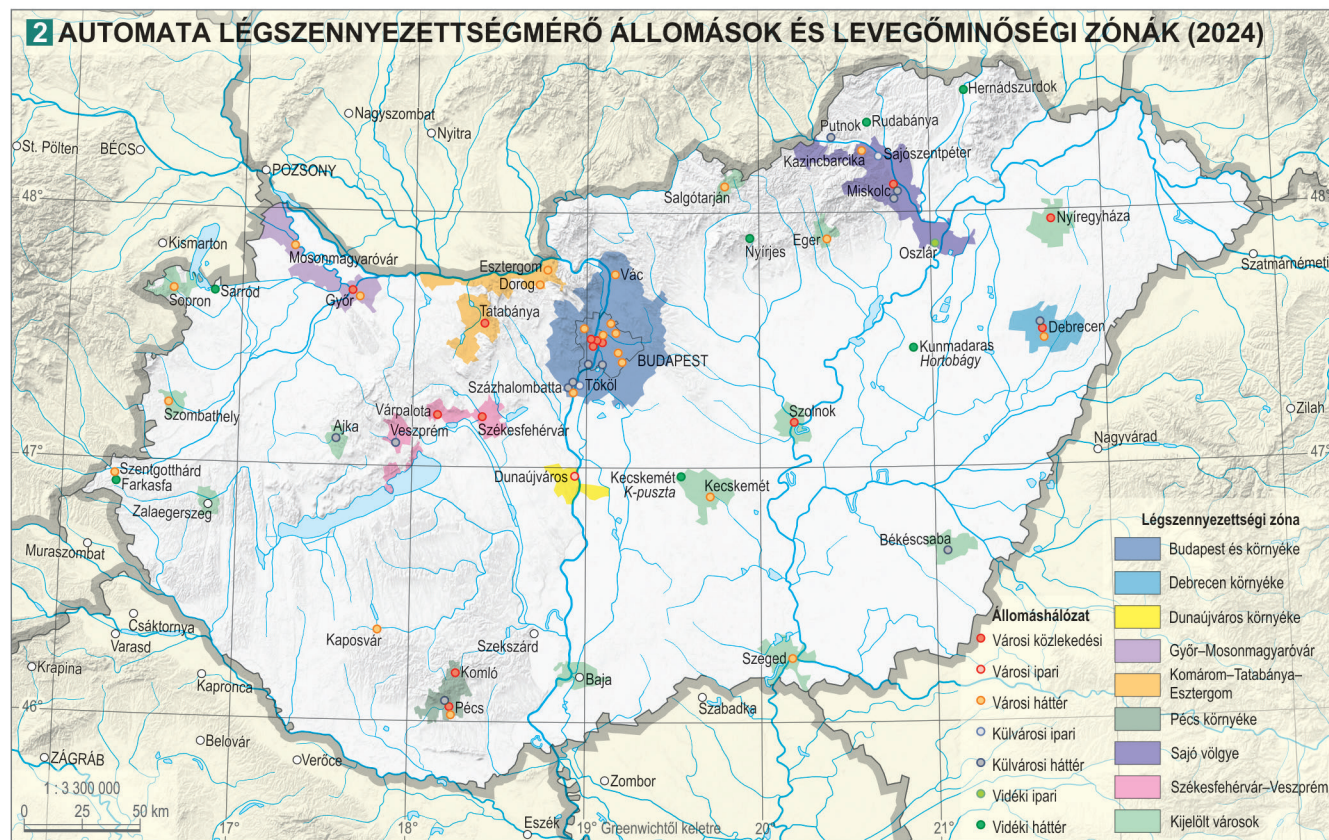
Természeti viszonyaink hatása a környezet állapotára

Környezetvédelmi szempontból országunk több természeti adottsága kedvezőtlennek számít. A légszennyezésre például jelentős hatással van az, hogy Magyarország jelentős része a Kárpát-medence mélyebb fekvésű területeit foglalja el, emiatt a téli félévben gyakran alakul ki fordított (inverzios) légállapot. Amikor a fordított hőmérsékleti eloszlás légréteg nem engedi a felé felé szálló füst elkeveredését a magasabb légrétegekben, vagy a hideg levegő a felszín közelében helyezkedik el, a meleg pedig fölötté, és a légtömeg napokig nem mozdul (hideg légréteg), akkor az alsó légrétegek egyre szennyezettebbé válnak [1].

A füstködnek két alaptípusát különböztetjük meg: a *London-típusú* vagy *redukáló füstködöt*, amely a téli félévben, és a *Los Angeles-típusú* vagy *oxidáló füstködöt*, amely nyáron fordul elő. Magyarországon mindkét füstköd típus kialakulhat, ami a medencehelyzetünkön kívül éghajlati adottságainkkal (viszonylag hideg teleinkkel és napsütéses nyarainkkal) is összefügg. A füstköd a nagyvárosokra jellemző, hiszen azokban működik a legtöbb szennyező forrás: lakossági és intézményi fűtés, nagy gépkocsiforgalom, üzemek.

A vízszennyezés szempontjából kedvezőtlen, hogy felszíni vízhálózatunk centripetális típusú, azaz a lefolyás a medence peremei felől a központja felé irányul, vagyis a szomszédos országok többségéből a szennyeződések folyókon érkeznek hozzánk.

Az ország felszíni és felszínközeli földtani viszonyai sem előnyösek környezetvédelmi szempontból. A síkságaink (Alföld, Kisalföld) teljes területe laza üledékes kőzetekből áll, amelyek túlnyomó része porózus, a csapadékot könnyen befogadja, így érzékeny a szennyezésre. Karsztvidékeink – a Dunántúli-középhegység, a Bükk, a Gömör–Torna-karszt és a Mecsek – karsztos mészkő- és dolomitösszeletai sajátos közzetani tulajdon-



ságaik (vízoldhatóság, repedeztettség, barlangosodás) miatt különösen érzékenyek a különböző szennyező anyagok beszívására. Változatosabb a Dunántúli-dombszék és az Alpokalja szennyezéserzékenysége. Legkevésbé vulkanikus hegységeink érzékenyek ebből a szempontból, de azok együttes kiterjedése nem jelentős.

A levegő állapota és védelme

A levegő háttérszennyezettsége

Az emberi tevékenység során a légkörbe kerülő szennyező anyagok fizikai és kémiai tulajdonságaiktól függetlenül hosszabb-rövidebb ideig maradnak a levegőben. A hosszú tartózkodási idejű anyagok akár a Föld teljes légkörében is elkeveredhetnek. A szennyező forrásoktól távoli területek levegőszennyezettségét háttér-levegőszennyezettségnek nevezzük. Erre rakódik rá a közvetlen szennyező területek (városok, ipartelepek, nagy forgalmú utak stb.) szennyezése. A háttérszennyezettség regionális–globális skálán fejt ki hatását, így számottevő befolyást gyakorolhat a bioszférára, az éghajlatra. A HungaroMet (korábban OMSZ) jelenleg négy mérőállomást tart fenn az ország lakott helyektől, forgalmas utaktól távoli pontjain a háttér-levegőszennyezettség vizsgálatára [2]. Az állomások mérési programja nem teljesen azonos, de alapvetően a rövid tartózkodási idejű, térből változóképebb és ezért sűrűbb megfigyelőhálózatot igénylő regionális szennyezők (savasodást és eutrofizációt okozó anyagok, troposzferikus ózon, aeroszolrészecskék stb.) mennyiségét méri.

A HungaroMet mérési szerepe van a Kecskemét K-pusztai állomás mellett a nyírjesi állomásnak [2].

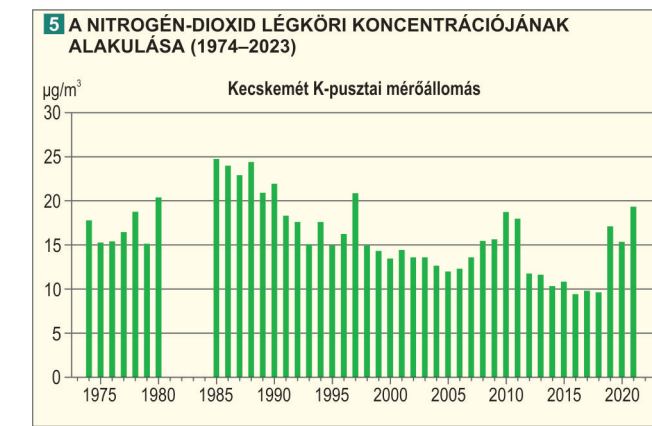
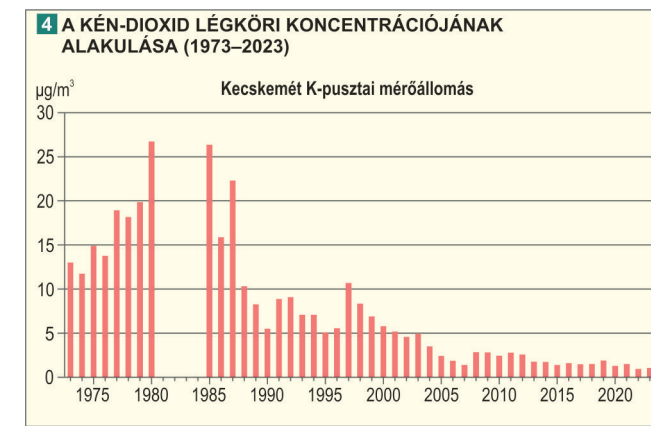
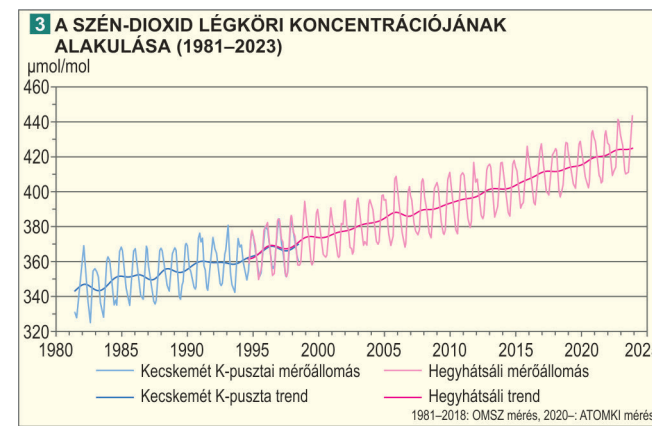
ai állomás szolgáltatja a Magyarországot jellemző adatokat a *Meteorológiai Világszervezetnek (WMO)*, illetve a környezetvédelmi célú *Európai Megfigyelési és Értékelési Programnak (EMEP)*, ugyanolyan skálán, ugyanolyan pontossággal, mint a világ bármely más pontján, azaz a mérések globális szinten összevethetőek, belőlük általános érvényű következtetések vonhatók le. A nyírjesi állomás ugyancsak szolgált adatokat az EMEP-nek, valamint fontos szerepet játszik a levegőszennyezés ökoszisztémákra gyakorolt hatásainak megfigyelésében.

Üvegházhatású gázok

Az OMSZ 1981 közepétől méri a szén-dioxid légköri koncentrációját, 2006-tól pedig néhány más üvegházhatású gáz mennyiségét is. A mérések 1999-ig a K-pusztai állomáson folytak. 1994-től indultak meg a mérések az Antenna Hungaria Zrt. lakott helyektől, nagyobb szennyező forrásoktól távoli hegyhátsági tévadótornyára telepített eszközökkel, amelyek a felszín feletti nagyobb magasságukkal nagyobb területi reprezentativitást nyújtanak. A méréseket 2020-tól az Atommagkutató Intézet (ATOMKI) vette át. 1981-től 2023-ig a szén-dioxid légköri koncentrációja 346 $\mu\text{mol/mol}$ -ról (346 ppm) 424,4 $\mu\text{mol/mol}$ -ra emelkedett [3], azaz mintegy 23%-kal nőtt. Míg az 1980-as években az átlagos növekedés üteme még csak 1,4 $\mu\text{mol/mol/év}$ volt, addig a 2020–2023-as időszakban ez az érték 2,5 $\mu\text{mol/mol/év}$ volt, összhangban a világszerte végzett megfigyelési eredményekkel.

Kén-dioxid

A kén-dioxid fontos elsődleges légszennyező anyag, ami azt jelenti, hogy közvetlenül jut a légkörbe egyrészt természetes forrásokból, másrészt az emberi tevékenység eredményeként. Egyik fő okozója a savas üledésnek, amely károsítja az élővilágot és az építőanyagokat. Természetes forrása a bioszféra által kibocsátott redukált kénvegyületek oxidációja, valamint a vulkáni tevékenység. A fosszilis tüzelőanyagok elégetésének következményeként közel négyszer anyi



kén-dioxid jut a légkörbe, mint amennyi természetes úton. Ez azt jelenti, hogy az emberi tevékenység jelentősen megváltoztatta a kén légköri körforgalmát. Elsősorban az északi félgömbön, szárazföldi környezetben jelentős ez az antropogén hatás. A kén-dioxid légköri koncentrációja a nyolcvanas évek közepéig emelkedett, majd a kibocsátását korlátozó nemzetközi egyezményeknek köszönhetően világszerte folyamatosan csökken [4].

Nitrogén-dioxid

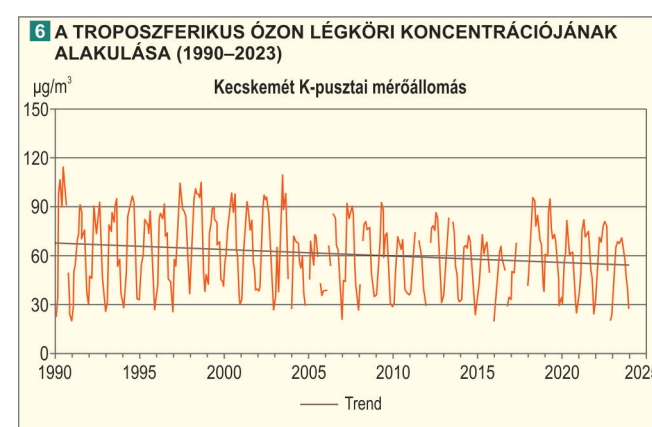
A levegő kémiai összetételének szabályozásában, illetve bizonyos környezeti hatásokban szerepet játszó nitrogén-dioxid emberi tevékenységből és természetes forrásokból is származhat. Általában nem közvetlenül kerül a levegőbe, hanem más nitrogén-oxidok különböző anyagokkal végbemenő légköri reakciói során keletkezik. Legfőbb forrása a fosszilis energiahordozók és a biomassa égetése, valamint a villámtevékenység. A nitrogén-dioxid légköri koncentrációja az 1980-as évek közepétől a kibocsátását korlátozó nemzetközi egyezményeknek köszönhetően lassú csökkenő tendenciát mutat [5].

Troposzferikus ózon

A troposzferikus ózon az egyik legfontosabb globális légszennyező anyag, amely jelentős hatással van az emberi egészségre, az élelmiszer-termelésre, a természetes környezetre, valamint fontos üvegházhatású gáz, így befolyása van az éghajlatváltozásra is. Az ózon nem direkt módon kerül a talajközeli levegőbe, hanem az ott lévő egyéb kémiai anyagokból keletkezik, ezért másodlagos szennyező anyagoknak nevezzük. Az ózon keletkezéséhez vezető reakciók hatékonyságát jelentősen befolyásolják a meteorológiai viszonyok, valamint az ózonképződésben szerepet játszó gázok. Ezek egyrészt antropogén (pl. közlekedés, oldószerke, fosszilis tüzelőanyagok), másrészt természetes (pl. erdők, vizes élőhelyek, talaj, villám) eredetűek. A troposzferikus ózon légköri koncentrációja a K-pusztai mérések alapján csökkenő tendenciát mutat [6].

A fontosabb légszennyező anyagok emissziója

A levegő állapotát a természetes háttérszennyezettséghez többletként hozzáadódó antropogén kibocsátások (emissziók) határozzák meg. Túlnyomó részüket a termelésből és fogyasztásból származó gázok adják, de az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet szentelnek a szakemberek a porszennyezésnek, ezen belül



a szálló por mennyiségének, mivel ennek az emberi egészségre gyakorolt hatása jelentős lehet. A szálló por – nevével ellentétben – nemcsak szilárd részecskékből áll, hanem folyadékcseppekből is.

A gáz formájú kibocsátások közül világszerte különös figyelemmel kísérik az *üvegházhatású gázokat* (ÜHG-k), közülük is kiemelten a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó *szén-dioxid-kibocsátást*. Bár az éghajlatváltozás szempontjából több gázfajtát vesznek figyelembe [7], közülük mégis a szén-dioxid a meghatározó. Egyrészt globálisan ebből termelünk a legtöbbet, másrészt a széntartalmú gázok (CO, CH₄) a légköri oxidáció során rövidebb-hosszabb idő alatt széndioxiddá alakulnak.

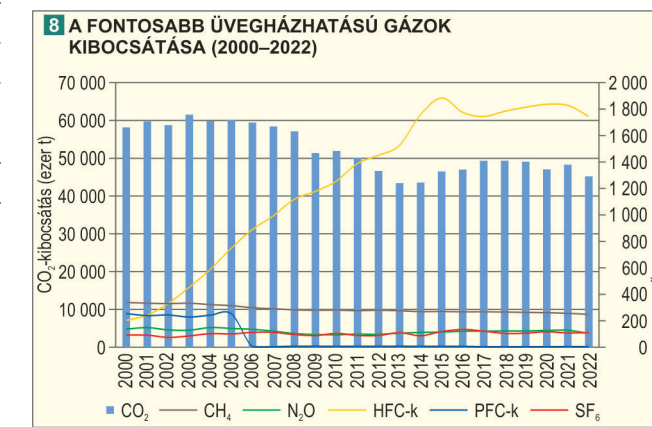
A fluorozott szénhidrogének (HFC-k), a perfluorkarbonok (PFC-k), a telített és telítetlen (kemény, illetve lágy) freonok, valamint a kén-hexafluorid (SF₆) a klasszikus ipari forradalom előtt nem fordultak elő a légkörben. Globális melegítő potenciáljuk rendkívül nagy, általában három nagyságrenddel meghaladja a szén-dioxidét, légköri koncentrációjuk azonban 3-8 nagyságrenddel kisebb nála. Többségük légköri tartózkodási ideje is igen jelentős.

Az antropogén eredetű szén-dioxid emissziójának túlnyomó része a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származik. Legnagyobb kibocsátók a hőerőművek, a lakossági és intézményi fűtés, valamint a közlekedés. Az emisszió összegzett mértéke a rendszerváltás előtti és utáni években jelentősen csökkent, 1995–2008 között alig változott, majd 2009-től a 2008-ban kezdődő gazdasági válság, az igen magasra szökő üzemanyagárak, a visszafogottabb lakossági fűtőanyag-fogyasztás miatt ismét csökkent. A gazdasági konjunktúra 2013–2014-es javulását követően növekedésnek indult a kibocsátás. A Covid miatti korlátozások következtében 2020-ban a hazai emisszió – ha a globális visszaesés arányát nem is érte el – némi csökkenést mutatott az előző évekhez képest [8].

A főleg mezőgazdasági eredetű *dinitrogén-oxid-kibocsátás mértéke* alacsony szinten stagnál. A *metán-emisszió* 2000 óta 20%-kal mérséklődött. A metán kibo-

csátás legjelentősebb forrása a mezőgazdaság és a szénhidrogén ipar. Ugyancsak sok metán keletkezik a szerves hulladékok bomlása során.

Az ÜHG-kibocsátásban a HFC-k jelentős növekedése [8] rendkívül kedvezőtlen folyamat, hiszen légköri melegítő potenciáljuk több ezerszerese a szén-dioxidénak. A villamosenergia, gáz-, gőzellátás és légkondicionálás ágazatban a gyors növekedés oka a kemény és lágy freonok felhasználásának nemzetközi korlátozása volt.



A légszennyező anyagok másik nagy csoportját a *savas hatást okozó gázok* képviselik. Ide tartoznak a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok, amelyek a légkörben a levegő páratartalmával reagálva enyhé savakká alakulnak, és száraz vagy nedves üledés (ez utóbbi a savas eső) során a felszínre kerülve fejtik ki hatásukat. Ez jelentheti a talajok és élővizek elsavasodását, épületek szerkezetének, műszaki létesítményeknek a korrózióját, a savas hatású levegő belégzésével pedig az ember légzőszerveinek megbetegedését.

A 2000-es évek kezdetén a *kén-oxidok* (korábban *kéndioxid*) kibocsátása a rendszerváltás idején történt jelentős csökkenés ellenére még magas maradt [9]. A szerkezetváltás a tüzelőanyagok terén szénről olajra, illetve földgázra fokozatosan ment végre, ami csökkentette a kén-oxidok kibocsátását. 1998–2004 között két erőműben (Mátrai Erőmű, Vértesi Erőmű) füstgáztisztító (kénleválasztó) berendezéseket szereltek fel, amely beruházásoknak köszönhetően a hazai kén-dioxid kibo-

7 A FELSZÍNKÖZELI LÉGKÖR MELEGEDÉSÉBEN MEGHATÁROZÓ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK FONTOSABB JELLEMZŐI

| Gáz | GWP* | Légköri tartózkodási idő (év) | Antropogén forrás |
|------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Szén-dioxid (CO ₂) | 1 | 50–200 | Fosszilis tüzelőanyagok elégetése, cementgyártás, biomassa égetése |
| Metán (CH ₄) | 23 | 8,4–12 | Bányászat, hulladéklakók, rizstermesztés, állattartás |
| Dinitrogén-oxid (N ₂ O) | 314 | 120 | Fosszilis tüzelőanyagok elégetése, biomassa égetése, műtrágyahasználat |
| Kén-hexafluorid (SF ₆) | 22 000 | 3 200 | Elektromos szigetelő-, alumínium- és félfelzetőipar, magnézium előállítás |
| Fluorozott szénhidrogének (HFC-k) | 1 300–12 000 | 14–260 | Hajtógáz, szigetelőhab-gyártás, hűtőközeg, tűzoltóanyag, villamosenergia, légkondicionálás |
| Perfluor-karbonok (PFC-k) | 6 500–9 200 | 2 600–50 000 | CF ₄ , C ₂ F ₆ : alumínium- és félfelzetőipar, C ₄ F ₈ : elektronika, továbbá CFC-helyettesítők |
| Telített freonok (CFC-k) | 4 600–10 600 | 45–102 | CFC-11: hajtógáz, szigetelőhab-gyártás; CFC-12: hajtógáz, hűtőközeg |
| Halonok | 1 300–6 900 | 11–65 | Tűzoltóanyag |
| Telítetlen freonok (HCFC-k) | 1 700–2 400 | 12–19 | CFC-helyettesítők (pl. HCFC-22 – hűtőközeg) |

*GWP=global warming potential, azaz globális melegítő potenciál (100 évre számítva)

csátás éves mennyisége 230 000 t-val csökkent. A benzin és a dízelolaj minőségének javítása és szabályozása ugyancsak hozzájárult a kénemisszió csökkenéséhez. A közlekedésből származó kén-oxidok mennyiségét csökkenti, hogy 2020-tól bevezetésre kerültek a nagyobb bioetanol tartalmú üzemanyagok, ennek oka, hogy az etanol nem tartalmaz ként. A korábban maximálisan 5% bioetanol arányt a benzin esetén 10%-ra emelték (E10), míg a dízelnél maximálisan 7% a biokomponens aránya (B7).

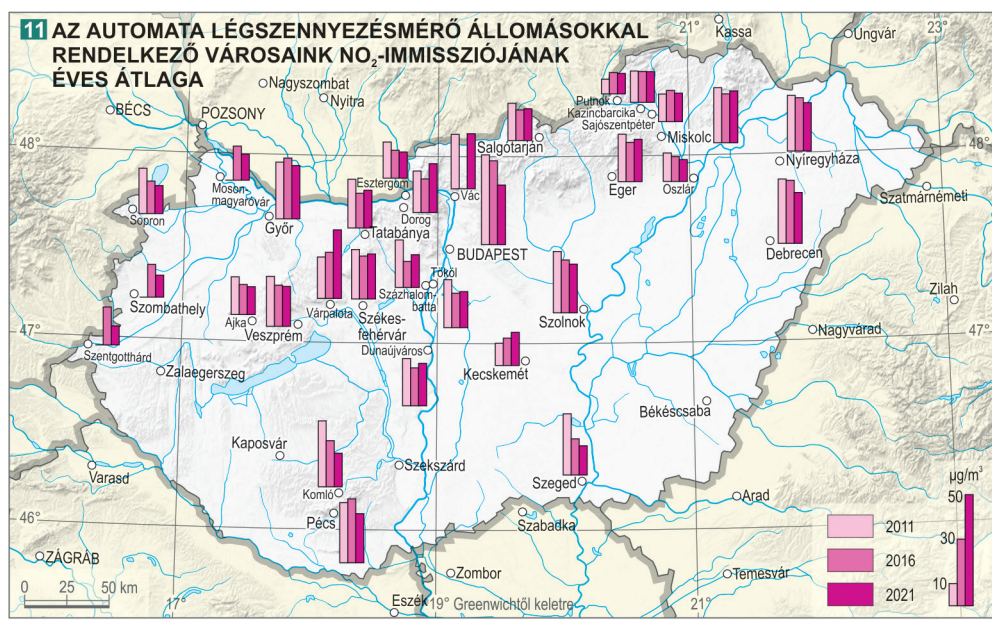
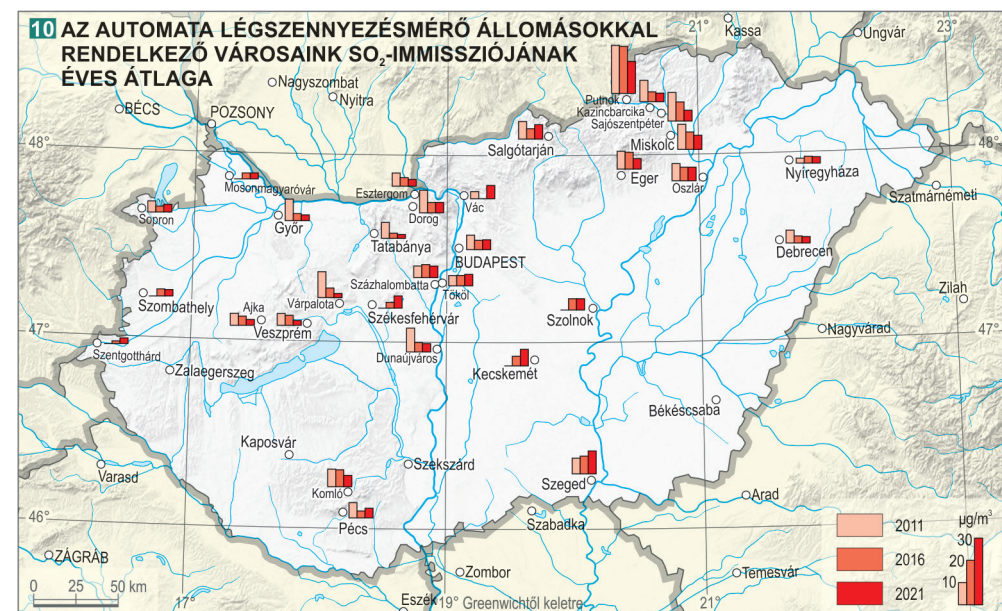
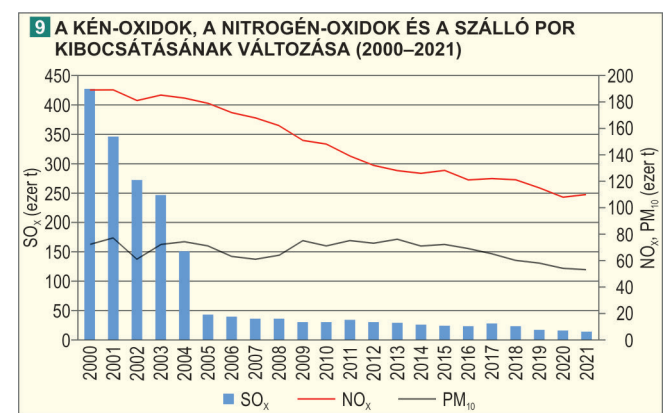
A **nitrogén-oxidok emissziójának** meghatározó ágazata a közlekedés, ezen belül pedig a közúti közlekedés. Emeltesre méltó még a hőerőművekből és a lakossági fűtésből való kibocsátás is. Az elmúlt évtized kismértékű csökkenését – a gépkocsikra vonatkozó szigorodó környezetvédelmi előírásokkal, továbbá a korszerűbb tüzelőberendezések terjedésével magyarázhatjuk.

Az utóbbi évtizedben a légszennyező anyagok közül egyre nagyobb figyelmet fordítanak a szakemberek a **szálló porra**. Ez a nagyon finom, 10 µm-nél kisebb méretű poroszcseppeket és folyadékcseppeket jelent, amelyek hosszú ideig képesek lebegni a légkörben, eközben az eredési helyüktől nagy távolságra is eljuthatnak (jele PM₁₀ a *particulate matter* = aeroszol részecske alapján). Az elmúlt időszakban – elsősorban a háztartási szilárd tüzelésnek köszönhetően – a PM-emisszió jelentősen nőtt. A PM₁₀-kibocsátás fő forrása a lakossági fűtés és a közlekedés, ennél kisebb mértékű országos szinten a mezőgazdaság és az ipar.

Városaink levegőminősége

Az emberi tevékenységekből nagyszámú légszennyező gáz, folyadék, szilárd részecske kerül a levegőbe. Túlnyomó részük légköri koncentrációját nem mérik rendszeresen, így atlaszunk csak azokat a szennyező anyagokat tárgyalja, amelyeket az automata légszennyezettségmérő hálózat rendszeresen mér. Magyarországon az éves átlagos levegőtisztasági (immissziós) értékeket 31 város automata mérőállomásain óránként mért értékek éves átlagaként számítják. Az átlagok azonban elrejtik a szélsőséges szennyezettségi értékeket.

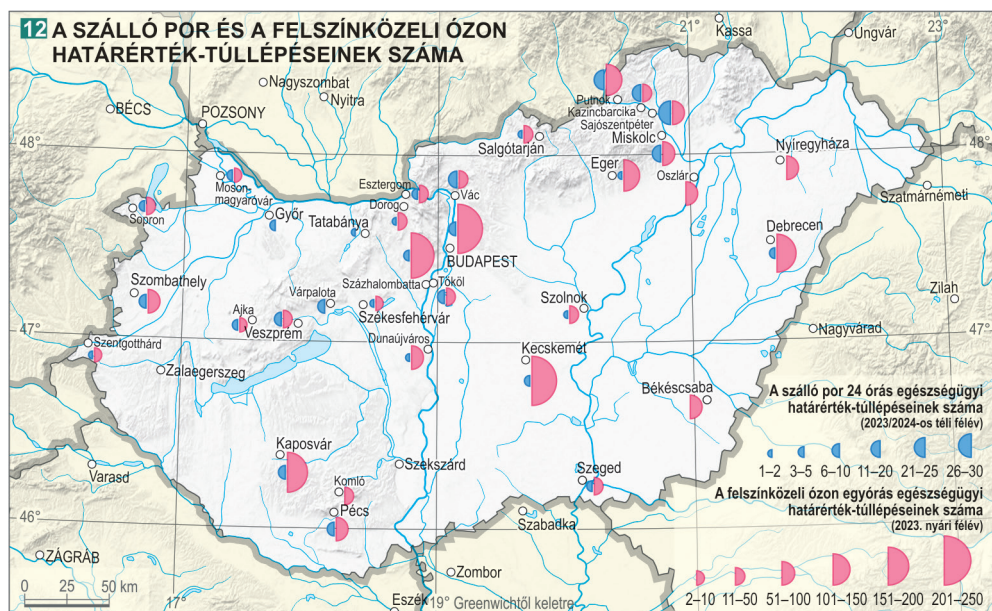
Városaink levegőjének átlagos **kén-dioxid-koncentrációja** melyen az egészségügyi határérték (50 µg/m³) alatt marad, és az elmúlt időszakban jellemzően csökkent **10**.



Valamivel nagyobb, de egy kivétellel az egészségügyi határérték (40 µg/m³) alatti a **nitrogén-dioxid átlagos koncentrációja** városainkban **11**. Csupán Budapesten haladta meg a határértéket 2011-ben (40,4 µg/m³), de azóta a tendenciája csökkenő. Legtöbb városunkban az elmúlt évtizedben csökkenés figyelhető meg, de akad kivétel is, mint Várpalota, Dorog, ahol mérhették emelkedést tapasztalhatunk. A **felszínközeli ózon (O₃)** a nyári félév tipikus városi szennyező gáza, átlagos koncentrációja a téli félévben lényegesen kisebb. A sztratoszférában az élővilág védelmében nélkülözhetetlen ózon a troposzféra legalsó rétegében kifejezetten káros az élőlényekre. Tartós hatása az embereknél súlyos légzőszervi megbetegedéseket és szemirritációt okoz. Egy olyan másodlagos szennyezőről van szó, amely fotokémiai úton, a napsugárzás hatására képződik, főleg gépkocsik kipufogógázából (szénhidrogén-származékok, nitrogén-oxidok). Az ózonkoncentráció a nagyvárosok külvárosi területein a legnagyobb, a belvárosokban a közúti forgalomból keletkező nitrogén-monoxid ózont-bontó hatása miatt kisebb.

Az ózonkoncentráció éves átlagos értékének meghatározása főlegesen, hisz a nyári és téli félév értékei kiegyenlítik egymást. Ezért a **12** térképen azok a városok láthatók, amelyekben a nyári félévben az ózonkoncentráció gyakran meghaladja a 120 µg/m³-es óras határértéket. Nemcsak nagyvárosaink kerülnek ebbe a kategóriába, hanem olyan kisebb városok is, mint Százhalombatta, Putnok és a Tiszajúváros közelében fekvő Oslár, ahol nagy a gépkocsiforgalom és az ipari eredetű szénhidrogén-emisszió.

Az éves átlagos koncentráció a **porszemelés (PM₁₀)** esetében sem mond sokat az emberi egészség veszélyeztetéséről. 2022-ben nagy volt az átlagos porszemelési koncentráció Miskolcon (30 µg/m³), Sajószentpéteren (29 µg/m³) és Nyíregyházán (28 µg/m³), de ezekben a városokban is az éves egészségügyi határérték alatt maradt. A téli félévben a medencehelyzetünkből adódó gyakori inverziós légállapotból az is következik, hogy a szélsőséges időszakokban több városunkban az egészségügyi határértéket több napon át akár többszörösen is meghaladó szállópor-koncentráció alakul ki, ami hosszú távon növeli a szív- és érrendszeri megbetegedések gyakoriságát. A PM₁₀ 24 órás határérték-túllépéseinek száma **12** a 2023/24-es téli félévben legtöbbször a Sajó völgyében volt számottevő, de több más városunk levegője is lehetett napokon át szennyezett.



Nemzetközi egyezmények a kibocsátások csökkentésére

A levegőminőség védelmére irányuló hazai környezetpolitikát alapvetően a nemzetközi egyezményekből és az uniós irányelvekből fakadó kötelezettségek teljesítése határozza meg. A nagy távolságokra jutó, országhatárokon átterjedő légszennyezésről szóló genfi egyezményt Magyarország az első között, már 1979-ben aláírta, majd azt követően az ahhoz kapcsolódó valamennyi jegyzőkönyvet.

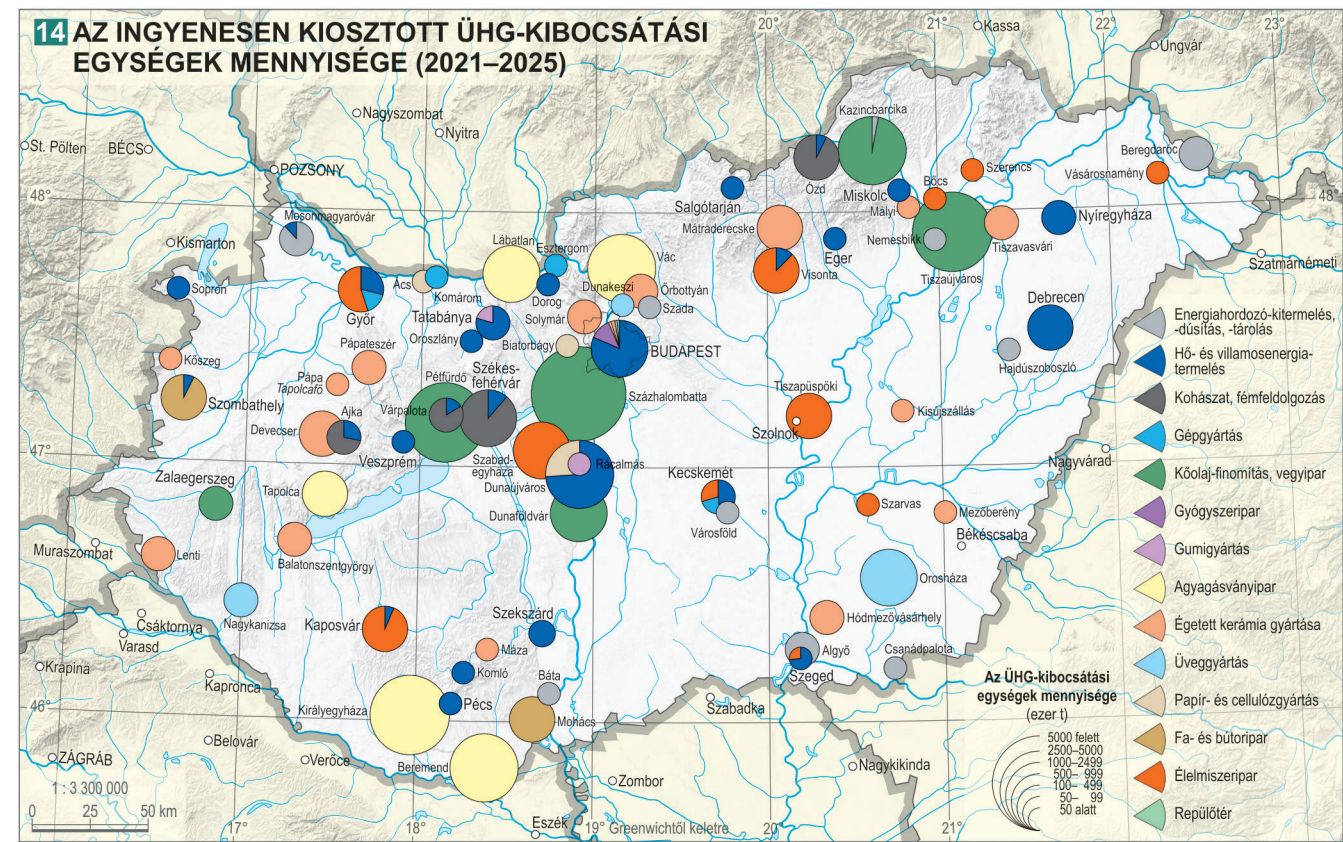
A 2020-ban elfogadott Országos Levegőtérheléscsökkentési Program – alkalmazkodva az egyes légköri szennyező anyagok kibocsátásának csökkentéséről szóló 2016-os európai uniós irányelvhez – a korábbi nemzetközi követelményekhez képest alacsonyabb bázisértékekhez igazított céljait a **13** táblázat tartalmazza.

| Szennyező | Kibocsátás 2005-ben (t) | Csökkentési cél a 2020–29 közötti bármely évben (%) | Csökkentési cél 2030 után (%) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|
| Kén-dioxid | 43 000 | 46 | 73 |
| Nitrogén-oxidok | 161 000 | 34 | 66 |
| Illékony szerves vegyületek | 145 000 | 30 | 58 |
| Ammónia | 86 000 | 10 | 32 |
| Szálló por (PM _{2,5}) | 40 000 | 13 | 55 |

Magyarország aláírta a magaslégtérbeli ózont károsító anyagokra vonatkozó Bécsi Egyezményt és annak Montreali Jegyzőkönyvét, amelyben a fejlett országokra érvényes szigorúbb előírásokat vállalva kivonta a gyártásból és felhasználásból a kemény és lágy freonokat (CFC, HCFC). Ugyanakkor – más országokhoz hasonlóan – ezeket az anyagokat az ózontérget nem károsító, mégis rendkívül erős üvegházhatású gázokkal (HFC) helyettesítette. A 2016-os nemzetközi megállapodás értelmében a jövőben a HFC-k kibocsátását is csökkenteni kell, globálisan 10%-kal a 2015-ös báziséhoz képest.

A globális éghajlatváltozás elleni küzdelem jegyében Magyarország ratifikálta az Éghajlatváltozási Keretegyezményt és a Kiotói Jegyzőkönyvet. Az utóbbiban a 2008–2012 közötti időszakra tett hazai 6%-os ÜHG-kibocsátás csökkentési vállalás – az 1985–1987-es időszak átlagához viszonyítva – különösebb erőfeszítés nélkül teljesíthető volt. Átlagosan 40,8%-os csökkenést értünk el, így jelentős többletet tettünk szert az ÜHG-kibocsátási kvóták terén, amely lehetővé tette, hogy folyamatosan eladóként vegyünk részt azok 2005 óta működő nemzetközi kereskedelmében. A Jegyzőkönyv második kötelezettségvállalási időszakában (2012–2020) az Európai Unió összességében 20%-os csökkentést vállalt az 1990-es szinthez képest.

Az új globális klímabeszabályozást, amely Párizsi Megállapodás néven vált ismertté, 2016-ban Magyarország az első között ratifikálta. Ennek teljesítése érdekében az Európai Unió 2030-ig 55%-os ÜHG-csökkentési célt vállalt, 2050-re pedig a karbonsemlegeség elérését. Ezért a hazai éghajlatváltozási stratégia hosszútávú célja is az lett, hogy csak annyi ÜHG-t bocsássunk ki, amennyit a környezet elnyelni képes, ami Magyarország esetében realisan évi 7 millió tonna.



A vizek minősége

A földi vízkörforgásban a víz a szárazföldeken folyókban és tavakban, a földfelszín alatt pedig a kőzetek pórusaiban, repedéseiben tározódik, illetve a gravitációs és egyéb erők hatására mozog. A víz kiváló oldószer, szállítóeszköz és életér, amely oldott gázokat, sókat és szerves anyagot, valamint lebegő anyagot és élőlényeket is tartalmazhat. Kémiai értelemben tiszta víz a természetben nem fordul elő. A desztillált vizet legjobban még a csapadékvíz közelíti meg, de az is tartalmaz a légkörből kimosott gázokat és port.

A vízminőség a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok összessége. A vízminőség meghatározásához általában a felhasználás érdekében fontos sajátosságokat mérik és értékelik. Magyarországon a felszíni és a felszín alatti vizeket háztartások ellátására, ipari létesítmények és a mezőgazdaság vízszükségletének kielégítésére is hasznosítják, ezért általában a minősítés vagy állapotértékelés abban nyilvánul meg, hogy a víz mennyire felel meg az ivóvízre, ipari vízre, öntözővízre, fürdővízre, ásványvízre stb. vonatkozó előírásoknak.

Felszíni vizek

A felszíni vizek esetében az európai uniós Víz Keretirányelv (VKI) a vizeket stratégiai jelentőségűeknek megfelelő módon kezeli, és a vízminőség terén a korábbi, országonként eltérő jellegű és szigorúságú szabályozásokkal szemben újfajta szemléletet hozott. A VKI szerint a jó vízminőségi állapot nemcsak a víz tisztaságát jelenti, hanem a vízhez kötődő élőhelyek minél természetesebb állapotát, illetve az ehhez szükséges vízmennyiség rendelkezésre állását is. A kiváló vízminőségi állapot a felszíni vizek esetében eredeti, bolygatatlan, az emberi tevékenység által nem befolyásolt állapotot jelenti. Ez függ például a felszíni vizeket körülvevő földtani környezettől, a vizek tengerszint feletti magasságától, a domborzati viszonyoktól, a vízjárástól. Ami természetes egy alföldi szikes tóban, az elfogadhatatlan egy hegyvidéki kis patakban. A vizek természetes állapotát referenciaállapotnak nevezzük, VKI szerinti minősítésük a referenciaállapottól mérhető eltérés mértékén alapul. Ökológiai állapotuk alapján öt **15**, kémiai minőségük alapján két minőségi osztályt **16** határoz meg a VKI, ezeket színek jelzik.

A 886 folyóvízi és 186 állóvízi víztest közül 63,7% és 66,7% esik a mérsékelt, 11,1%, illetve 11,8% kerül a jó ökológiai állapotú kategóriába. A Duna magyarországi szakaszát alkotó víztestek közül a Budapest–Duna-földvár közötti szakasza jó ökológiai állapotú. A Tisza

hazai szakaszát nyolc víztest alkotja, melyből hétnek mérsékelt, egynek jó az ökológiai állapota. A Dráva, a Rába és a Sió folyók minden szakasza mérsékelt ökológiai állapotú, míg a Zala víztestei mérsékelt és jó kategóriába kerültek. A Kapos mindhárom vízteste gyenge és egyéb erők hatására mozog. A víz kiváló oldószer, szállítóeszköz és életér, amely oldott gázokat, sókat és szerves anyagot, valamint lebegő anyagot és élőlényeket is tartalmazhat. Kémiai értelemben tiszta víz a természetben nem fordul elő. A desztillált vizet legjobban még a csapadékvíz közelíti meg, de az is tartalmaz a légkörből kimosott gázokat és port.

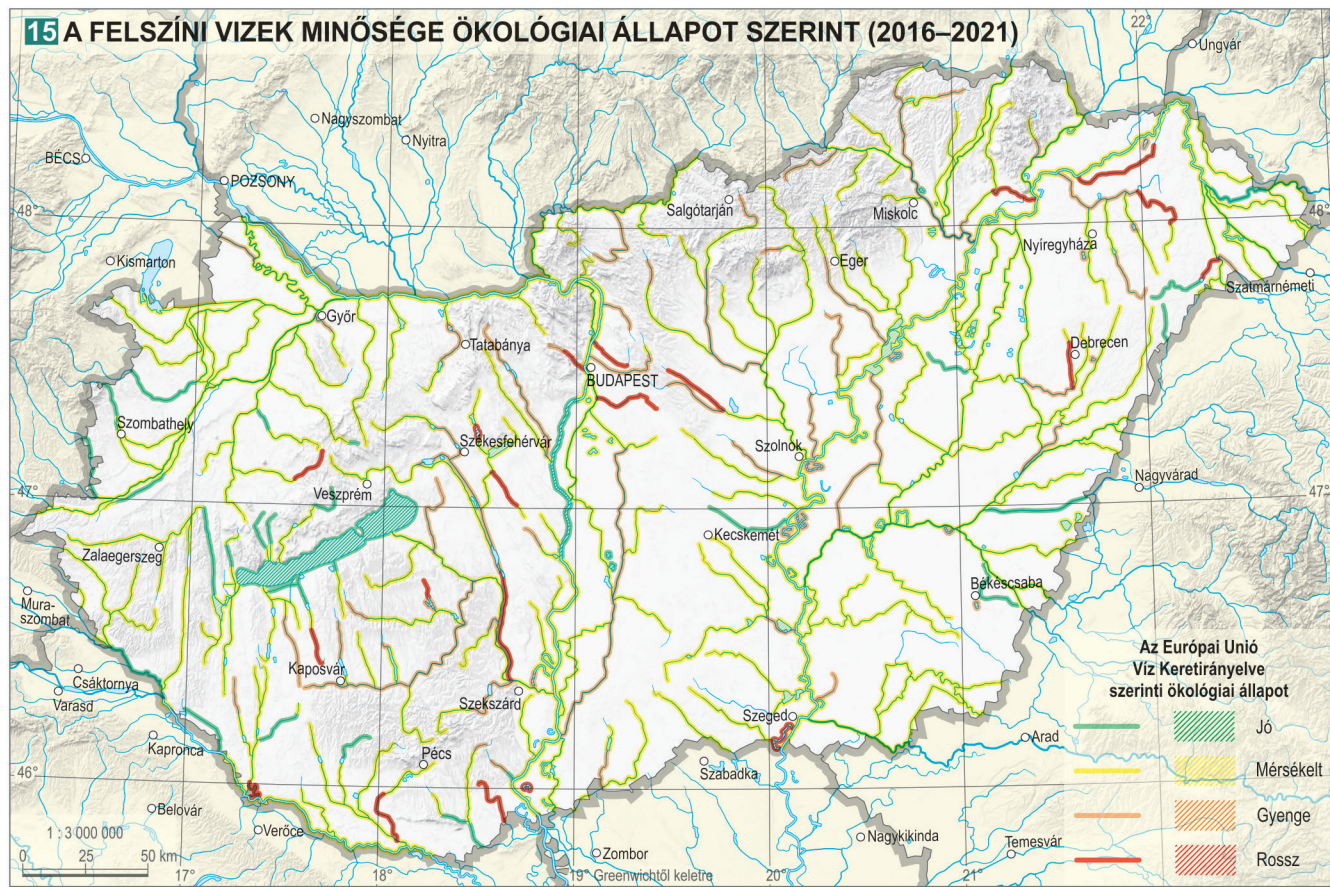
A vízminőség a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok összessége. A vízminőség meghatározásához általában a felhasználás érdekében fontos sajátosságokat mérik és értékelik. Magyarországon a felszíni és a felszín alatti vizeket háztartások ellátására, ipari létesítmények és a mezőgazdaság vízszükségletének kielégítésére is hasznosítják, ezért általában a minősítés vagy állapotértékelés abban nyilvánul meg, hogy a víz mennyire felel meg az ivóvízre, ipari vízre, öntözővízre, fürdővízre, ásványvízre stb. vonatkozó előírásoknak.

Felszíni vizeink vízminőségének további alakulását alapvetően a vízgazdálkodás elhelyezkedő szennyező források határozzák meg. A Kárpát-medence potenciális szennyező forrásainak térképei **17** **20** **21** **22** **23** áttekinthetően adják a lehetséges szennyező források elhelyezkedését. Az adatok az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) és az Európai Szennyezőanyag-kibocsátási és -szállítási Nyilvántartás (E-PRTR) adatbázisából származnak.

A folyók meghatározó szennyező forrásai a városi és agglomerációs szennyvíztisztító telepek, melyek a szerbiai területeken továbbra is alacsony tisztítási fokozattal rendelkeznek.

A nagy kapacitású szennyvíztisztítók **17** sok esetben több település szennyvizét tisztítják meg, ún. szennyvízelvezetési agglomerációkat alkotnak. Ilyenek Magyarország területén is találhatók. Szerencsésnek mondható, hogy azok a szennyvíztelepek, amelyek tisztítás nélkül gyűjtik a szennyvizet, tőlünk mind délre helyezkednek el, így folyóvizeink minőségére nincsenek hatással. A térképen ábrázolt 149 helyszín közül 84 szennyvíztelepen a biológiai tisztítást a nitrogén és a foszfor eltávolításával együtt végzik, ami előnyös vizeink jó minősége szempontjából.

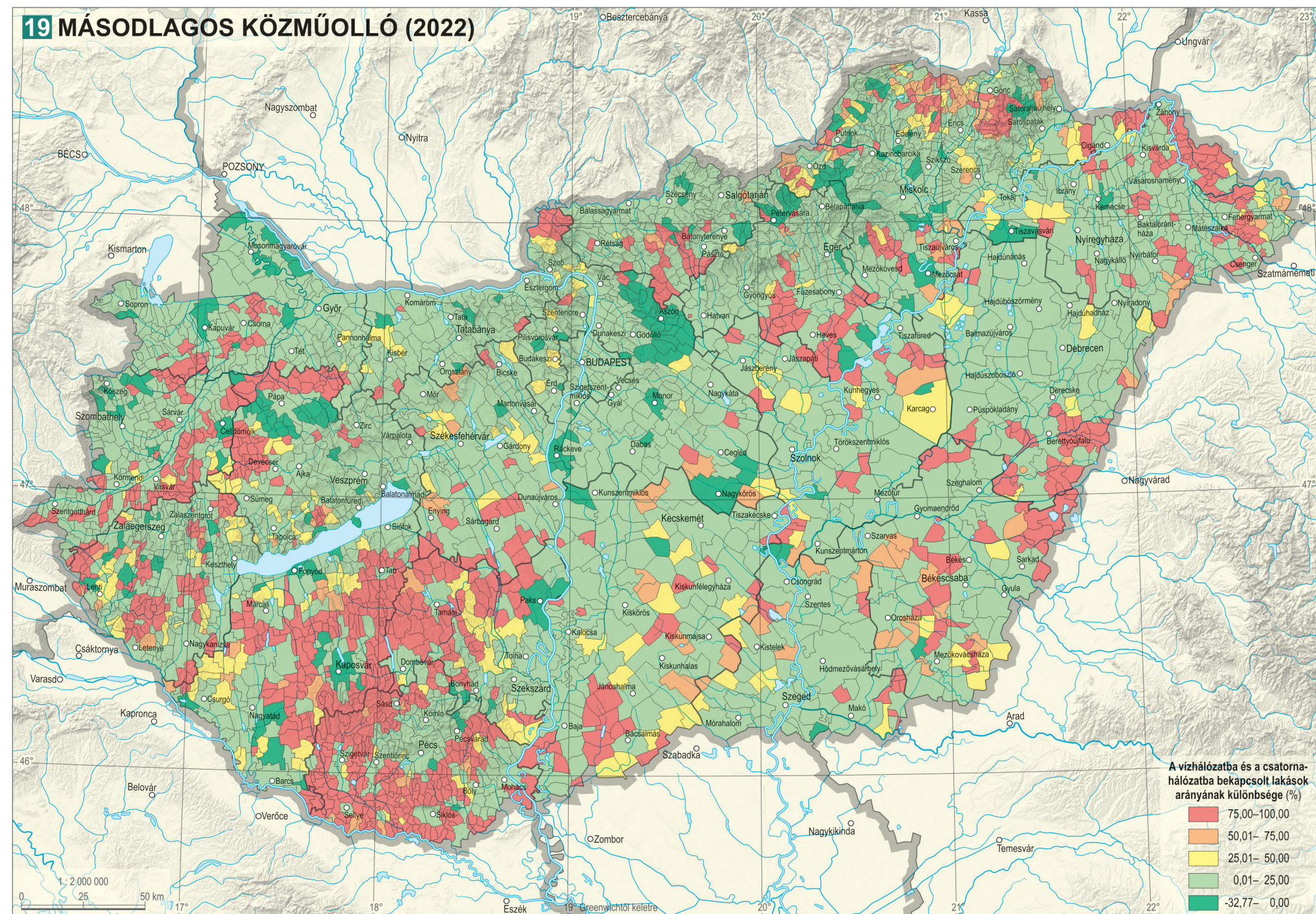
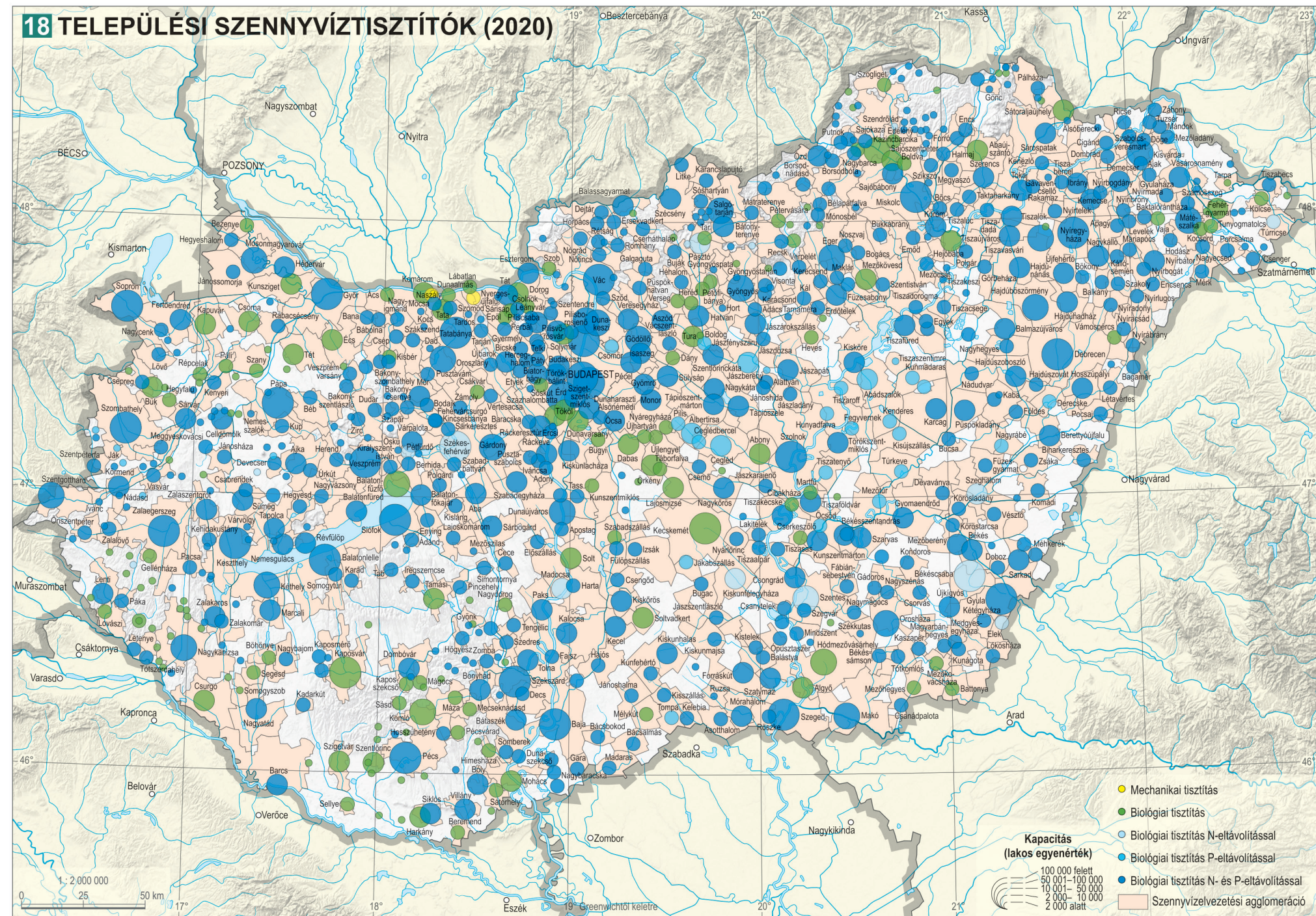
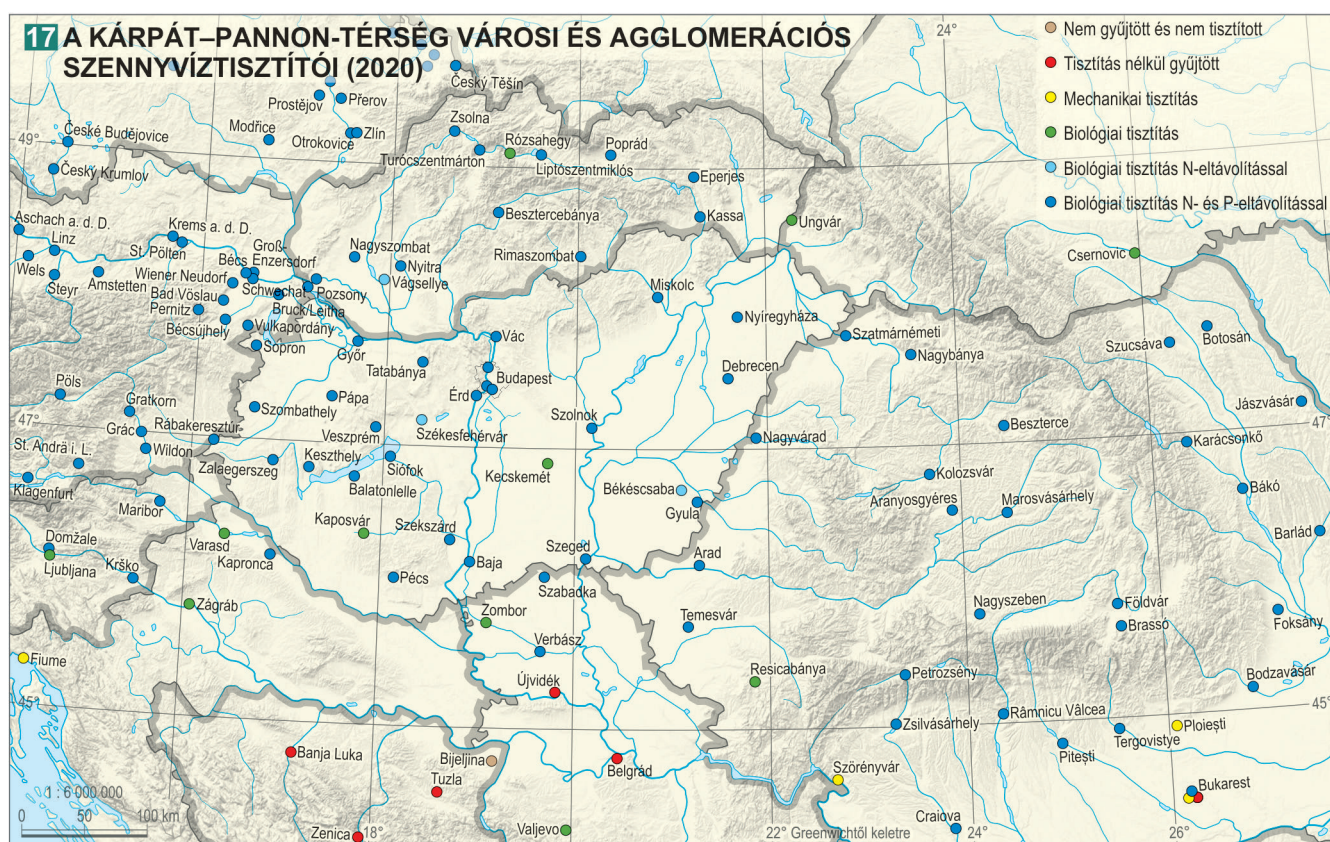
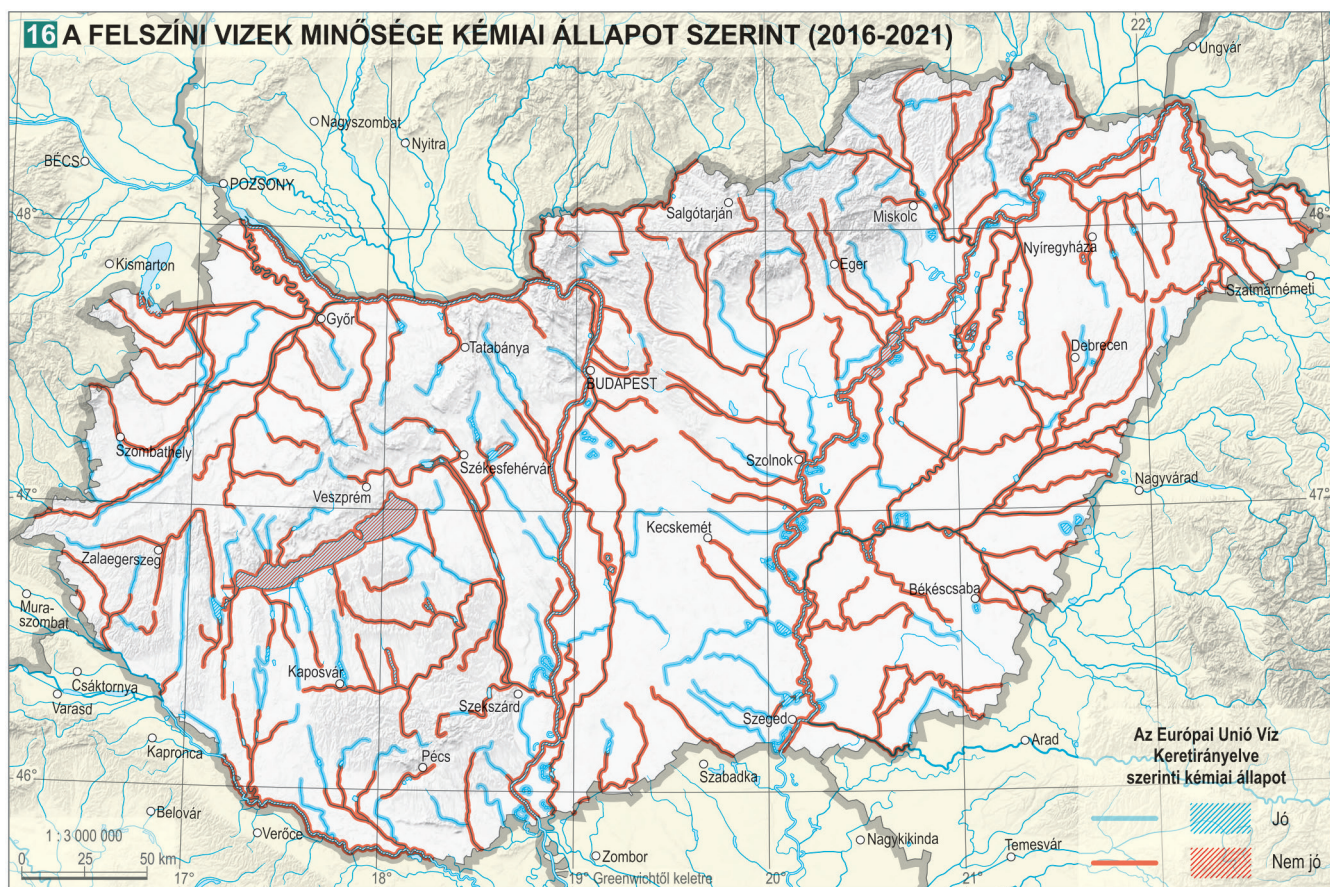
A Magyarország területéről készült **18** térkép a 2000 lakosegyenértéknél (LE) kisebb kapacitású szennyvíztisztítókat is ábrázolja (a lakosegyenérték nem azonos az adott település lélekszámával, hanem az egy lakos által naponta a csatornába bocsátott szennyvíz szervesanyag-tartalmát jelenti). Az összesen 818 hazai szennyvíztisztítóból mindössze három kisebb kapacitású (<10 000 LE) végez kizárólag mechanikai tisztítást. 174 helyen biológiai tisztítást, 19 településen a biológiai tisztítás nitrogéntávolítással, további 36 helyen foszforeltávolítással társul. A fennmaradó 586 szennyvíztisztító esetében a legmagasabb szintű



1 Dorr-típusú ülepítők (előtérben) és biológiai szennyvíztisztító medence (háttérben)



2 Elevelenzipos rendszerű biológiai szennyvíztisztítás, a háttérben rothasztó tornyokkal



kapcsolt háztartások százalékos arányának különbsége 19. Minél kisebb a másodlagos közműolló értéke, annál kisebb a szennyezés kockázata. Országunkban az EU csatlakozást követően komoly infrastrukturális fejlesztések történtek ezen a téren, így 2022-re a másodlagos közműolló értéke 11,9%-ra csökkent. Bár az országos érték kedvező, számos olyan térség rajzolódik ki, ahol a csatornázottság alacsony szintű, ezek jellemzően aprófalvas és határmenti, perifériás területek. 2022-ben 656 olyan település volt az országban, ahol a csatornahálózatra kötött lakások aránya 10% alatt volt, ezek közül 268 településen egyáltalán nincs csatornázottság.

A szennyező forrásokat illetően megjegyzendő, hogy a „fémipar” megjelölés 20 a fémek előállításának és feldolgozásának teljes skáláját magában foglalja. A szennyező vegyipari, fa- és papíripari üzemek legtöbbje Szlovákia területén található 21. Az egyéb ágazatokhoz tartoznak többek között a textil- és bőripari üzemek, a szerves oldószereket használó létesítmények, mint például egyes autógyárak. Az állattenyésztéssel, akvakultúrával és élelmiszeriparral kapcsolatos potenciális szennyező források a kedvező mezőgazdasági adottságok következtében az Alföldön és a Kislívidőn összpontosulnak 22. Az állattenyésztő telepek potenciális szennyezőforrást jelentenek, azonban az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások miatt a tényleges szennyezés mértéke csökkenő tendenciát mutat.

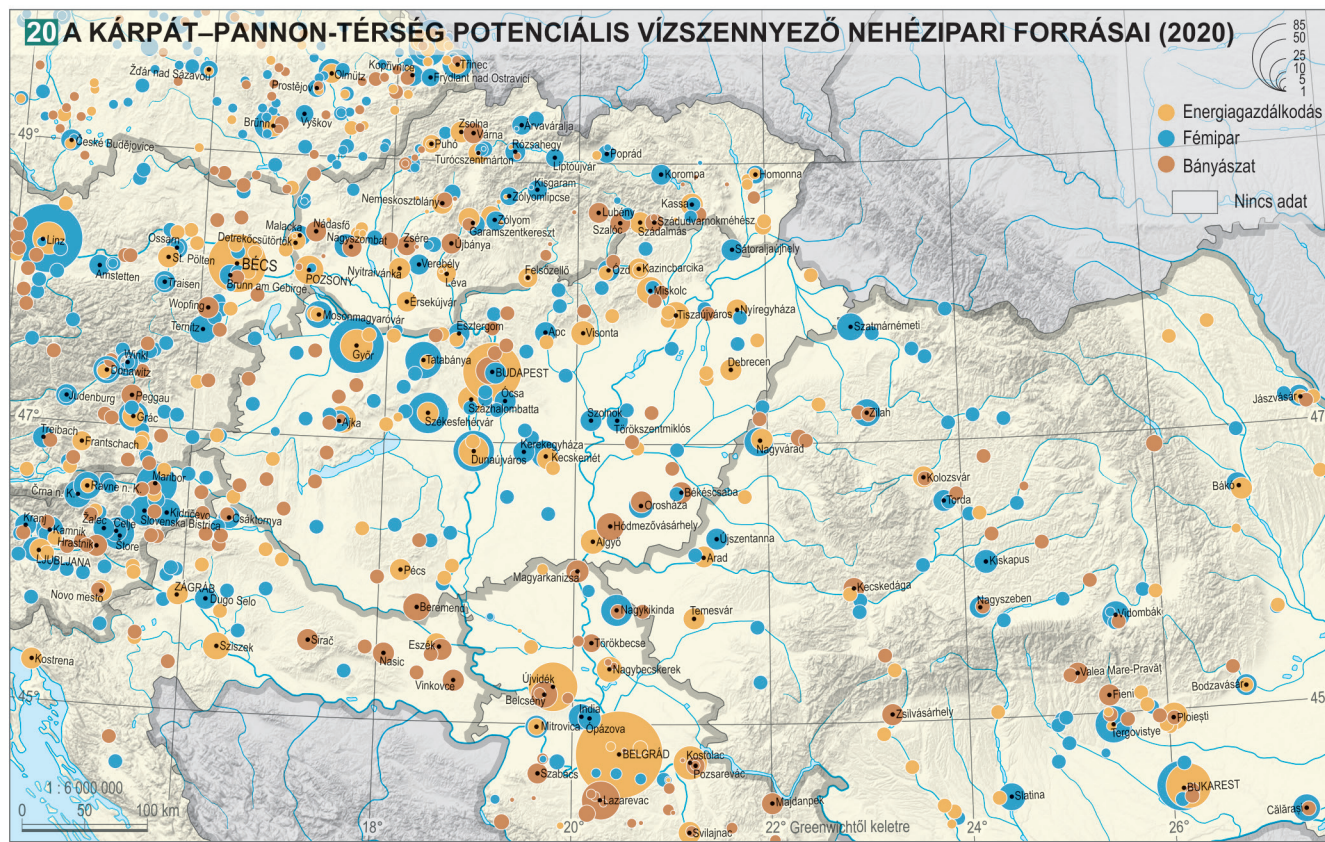
A gazdasági tevékenységek és a fogyasztás hulladékait kezelniük kell. A 23 térkép azokat a hulladékkezelő és ipari szennyvízkezelő létesítményeket ábrázolja, amelyeknek az Európai Szennyezőanyag-kibocsátási és -szállítási Nyilvántartás felé adatszolgáltatási kötelezettségük van. Ezek ipari szennyvíztisztítók, a legnagyobb hulladéklerakók és -égetők, valamint állati hulladék kezelő létesítmények.

Tavaink, különösen a Balaton kiemelkedő természeti és idegenforgalmi értékkel rendelkeznek. Ezt viszont döntően meghatározza a víz minősége, amely az elmúlt évtizedek alatt jelentős változásokon ment keresztül. Az üdülés és az idegenforgalom rohamos fejlődése, az ivóvízellátás és csatornázás fejlesztése, az intenzív mezőgazdaság (műtrágyázás és nagyüzemi állattartás) hatása, valamint a tóparti települések fejlődése az 1970-es évektől kezdve meggyorsította a tó – hosszabb távon természetes viszonyok között is be-

kezelést végzik, ahol a biológiai tisztítást nitrogén- és foszforéltávolítás egészíti ki 1 2.

A helyben maradó és a talajba szívó szennyvíz komoly környezetszennyezést okoz, ezért kulcsfontosságú,

hogy a vízvezetékálózatra kötött háztartásokat csatlakoztassák a szennyvízkezelő csatornahálózatra is. A másodlagos közműolló értéke azt mutatja meg, hogy mekkora a vízvezetékálózatra és a csatornahálózatra



3 Eutrofizáció a Cserőkői-Holt-Tiszán

tápanyagterhelése. Az eutrofizálódás különösen a tó nyugati, Keszthelyi-medencéjében volt intenzív. Halpusztulások léptek fel, majd 1994-ben a tó egészére kiterjedt algavirágzás (*Cylindrospermopsis raciborskii* fonalas cianobaktérium elterjedése) és hipertrof állapot (a tápanyagok szélsőséges koncentrációja) volt jellemző. Az elmúlt évtizedekben azonban számottevő mértékben javult a tónak és vízgyűjtőjének környezeti állapota, például csökkent a műtrágya-felhasználás, megszűnt a vízgyűjtőn az intenzív állattartás, jelentős csatornázási, szennyvíztisztítási beruházások valósultak meg, és nagymértékben előrehaladt a hulladékgazdálkodás reformja. Emellett befejeződött a Keszthelyi-öbölbe érkező felszíni vizek tekintetében jelentős hordalék- és tápanyagcsökkentő-szűrőfunkciót ellátó Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer I. és II. ütemének kialakítása, és zajlik a nádállományok rendszeres fenntartása, helyreállítása is.

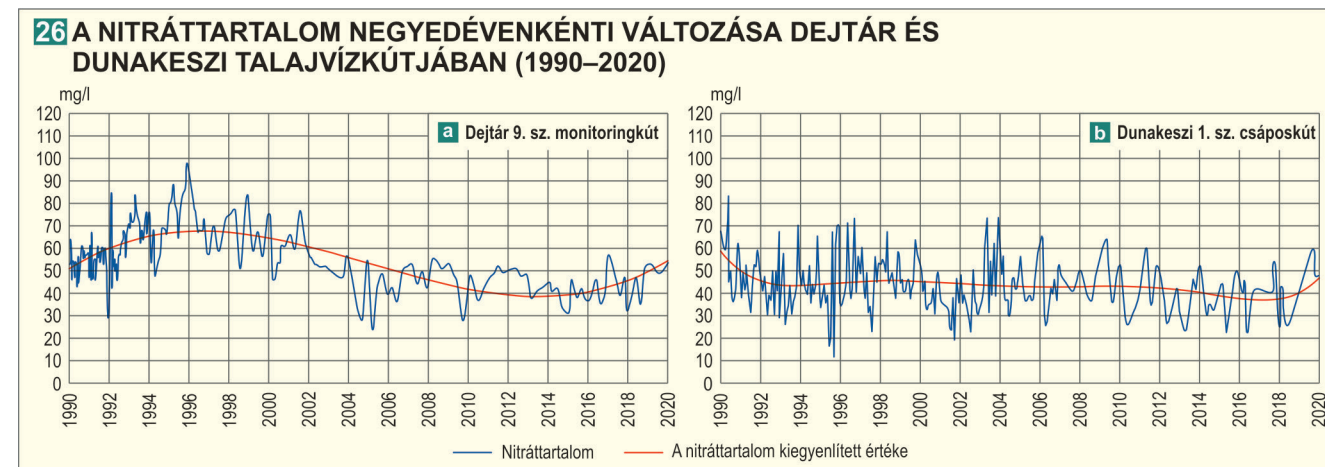
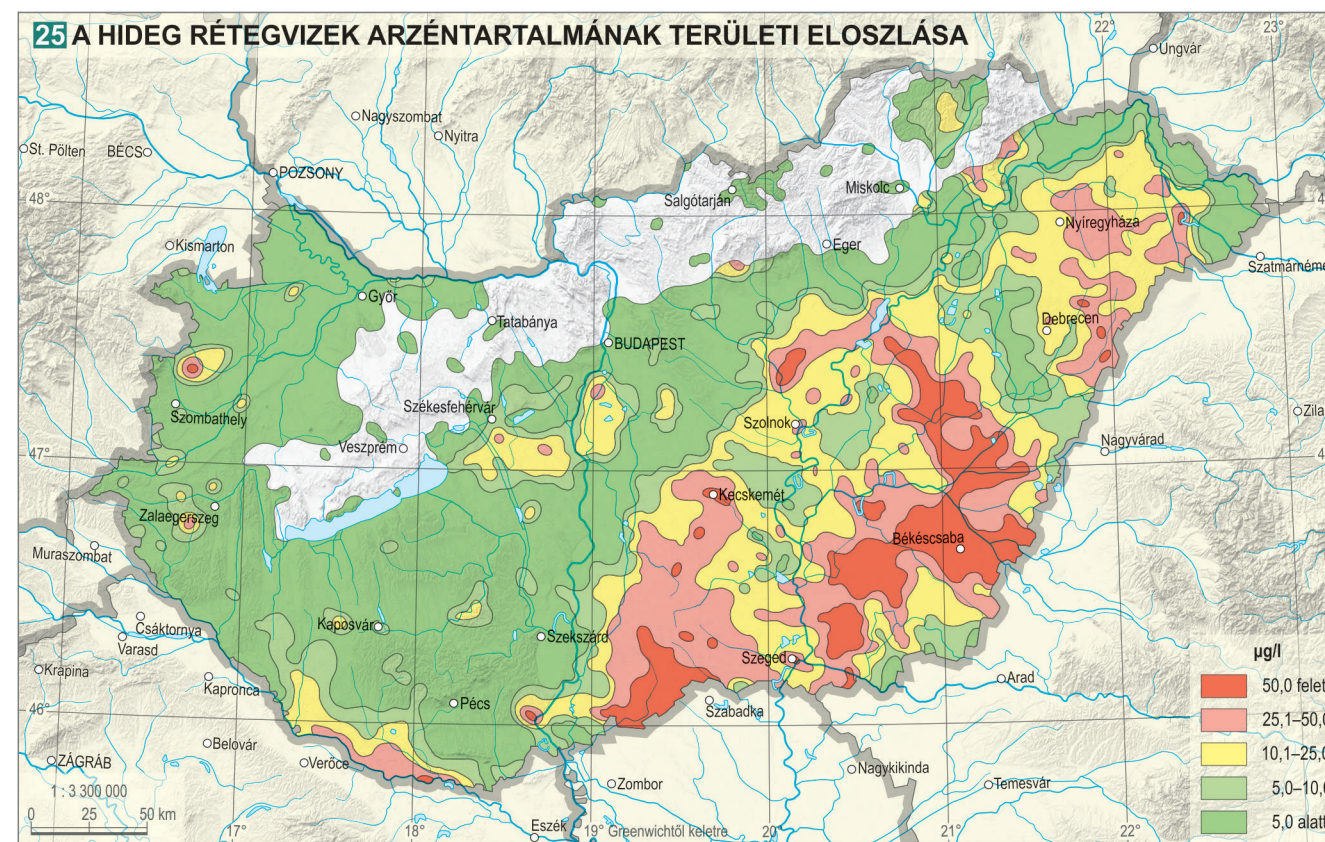
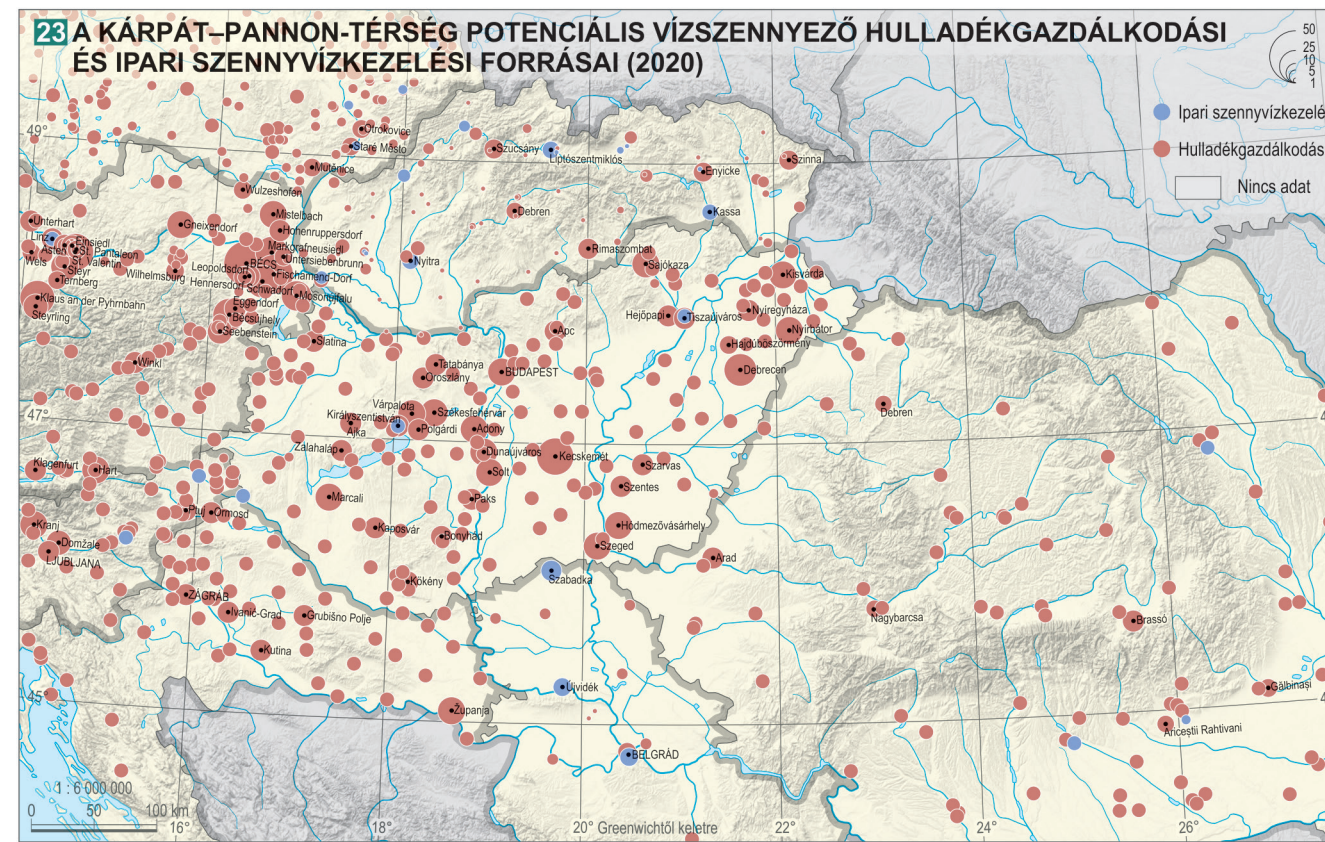
A tó vize oxigénben dús, kalcium-magnézium-hidrokarbonátos. Évi átlagos vízminősége a Víz Keretirányelv szerinti megfigyelések során vizsgált fizikai-kémiai és biológiai összetevőket illetően az elmúlt években a mérsékeltől a jó állapotba került. Erre utal az a-klorofill koncentrációjának az ún. Balaton tóközép monitoringállomásokon mért változása is [24].

A Velencei-tó nádas-lápi területe és a nyílt vizes területe egyaránt mérsékelt ökológiai állapottal rendelkezik. A Tisza-tó is mérsékelt besorolást, itt a jó ökológiai minősítést a fémteljes rontja le, ami a bal parti mellékfolyókból ered és azok minőségében is megnyilvánul. Ugyanakkor kisebb tavaink (morotva- és szikes tavak), holtágaink vízminősége a legtöbb esetben kívánivalót hagy maga után, leggyakrabban a növényi tápanyagok túl nagy mennyisége miatt [3].

Felszín alatti vizek

Minőségüket meghatározza, hogy a felszín alatti tartózkodása alatt a víz vegyi összetétele és fizikai tulajdonságai természetes folyamatok hatására jelentősen megváltoznak, illetve emberi tevékenységek miatt a víz szennyeződhet. A folyamatok alapvető sajátossága a kőzet-víz kölcsönhatás. A különböző elemek megjelenése a felszín alatti vizekben nemcsak a befogadó kőzettől, hanem az elemek mobilitásától is függ, például a szilícium, alumínium és vas a kőzetekben gyakori, vízben azonban ritka és kevésbé mobilis; a kalcium, magnézium kőzetekben közepesen gyakori, vízben gyakori és mobilis; a klor pedig kőzetekben ritka, vízben gyakori és nagyon mobilis. A felszín alatti vizekben mind a gázok, mind pedig a szilárd anyagok oldódhatnak, ami jelentős hatásokkal járhat: például a CO₂ és a H₂S oldódásával a víz gyengén savasá, azaz kémialeg agresszívvá válik.

Természetes eredetű viszont az a magas arzéntartalom, amely felszín alatti vizeink, különösen a rétegvizek egyik sajátossága. Az ország területének mintegy negyedén, leginkább az Alföld keleti és déli részén különösen magas a koncentráció [25]. Az ilyen vízakból nyert ivóvizet arzéntartalma meghaladja az EU előírásai szerinti határértéket (10 µg/l), ezért a víz csak



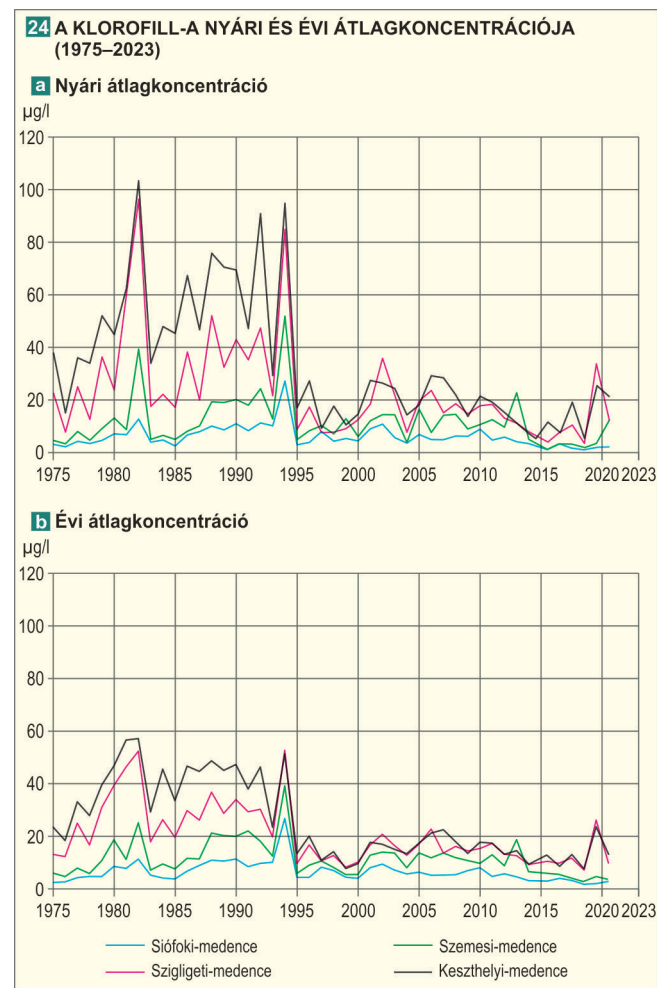
költséges arzénmentesítés után vagy csővezetéken oda-irányított vízzel keverve fogyasztható.

A források és a parti szűrési vizek átmenetet alkotnak a felszíni és a felszín alatti vizek között. A felszíni vízfolyások mellett található vízvezető, víztároló kőzetekből termeljük ki az ivóvízellátás szempontjából kiemelkedő fontosságú parti szűrési vizeket, amelyek így a kőzettel érintkezve vízutánpótlásuk zömében a felszíni vizekből nyerik. Ennek megfelelően a kitermelt víz minősége elsősorban a felszíni vízre hasonlít, de a háttérből származó talajvízzel is keveredik, amely jelentős hatással lehet az összetételre. A parti szűrési vízbázis helyzetéből adódóan sérülékeny, ezért fokozott védelemre szorul.

A felszín alatti víz eredeti minőségét – különösen

a felszín közelében – az emberi tevékenységből származó szennyezések megváltoztatják. A felszín alatti vizek esetében a szennyezés általában tartós, időtartama akár évtizedekre vagy évszázadokra tehető, ha a szennyezőanyag nem bomlik le.

A talajvizek nitrátszennyezettségét elsősorban a mezőgazdasági tevékenységek okozzák, azonban településeinken az elmúlt évtizedekben a talajba szivárgott kommunális szennyvíz tekinthető a nitrátszennyezés fő forrásának. Bár a csatornázott településeken a szennyvíz talajvízbe történő szivárgása ugyan megszűnt, a talajvízkészletek tisztulása évtizedekig tartó folyamat. Az 50 mg/l-es határértéket meghaladó nitrátkoncentráció egészségügyi kockázatot jelent. A mezőgazdasági területek nitrátszennyezettsége jóval magasabb a Du-



nántul, ahol lényegesen nagyobb a műtrágyázott területek aránya és a fajlagos nitrogénműtrágya-felhasználás, mint az Alföldön. Ugyanakkor a felszínközeli vizekben mért nitrátkoncentrációban jelentős az ingadozás, mert a szennyező anyag bemosódása nagy csapadékok hatására lökészerűen történik. A mérések adatai alapján az ezredforduló óta a nitrátszennyezettség mértéke a mérési pontok kétharmadánál gyakorlatilag változatlan, míg az egyharmadánál nagyjából fele-fele arányban nő, illetve csökken [26].

A felszín alatti víztestek kémiai állapotának minősítése a megfigyelőkutakban lezlelt, küszöbértéket meghaladó koncentrációk feltárással alapul. A küszöbértéket víztestenként a következő összetevőkre határozták meg: pl. nitrát, ammónium, fajlagos elektromos vezetőképesség, klorid és szulfát. Az elemzések alapján a víztesteket „jó”, „gyenge” és „jó, de gyenge állapot kockázata” kategóriákba sorolták be. [27] Az ország 55 sekély porózus és 22 sekély hegyvidéki víztestének kémiai állapotát megvizsgálva megállapítható, hogy az utóbbiak állapota sokkal kedvezőbb képet mutat, 77,3%-a jó minősítést kapott, ezzel szemben a sekély porózus víztestek 41,8%-a gyenge minősítésű. A fenti kategóriákba tartozó víztestek mindössze 10,4%-a mutat romló tendenciát, 18,2%-a javul, 71,4%-a pedig stagnál.

A felszín alatti víztestek összesített minősítését a kémiai és a mennyiségi szempontok együttes értékelése alapján végezték el. Ebben az esetben kedvezőtlenebb kép rajzolódik ki, ugyanis a sekély porózus és sekély hegyvidéki víztestek 62,3% gyenge minősítést kapott, ami elsősorban a kedvezőtlen mennyiségi állapot következménye. A felszín alatti víztestek állapota kihat a vizes és szárazföldi ökoszisztémák állapotára is, kiemelten érintett például a Balaton, a Duna-Tisza közti hátság és a Hortobágy.

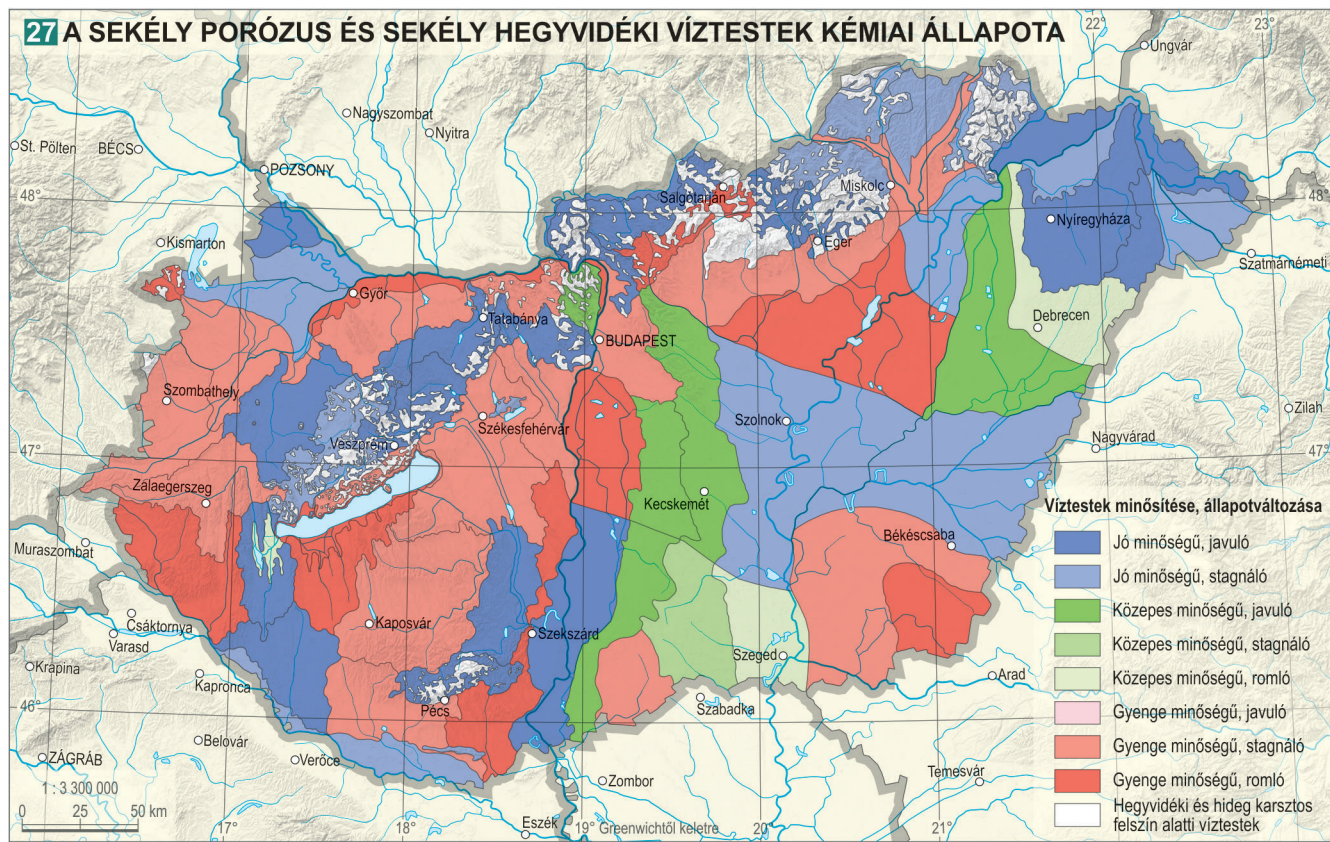


4 Erős areális erózió (világos foltok) a Hajdúhát szántóföldjén

következő – előregedését, és kedvezőtlenül befolyásolta a tó vízminőségét.

A Balatonban, mint minden sekély tóban, az egyik legnagyobb problémát az eutrofizáció okozza, ami a víznövények tápanyagok feldúsulása hatására bekövetkező tömeges elszaporodása, ami lehet természetes, as-

ványi eredetű vagy mesterséges hatások (műtrágyázás, szennyvizek kibocsátása) következménye, illetve okozhatja a vízben levő szerves anyagok természetes lebomlásával keletkező szervesanyagok felhalmozódása is. Első jeleit már az 1950-es években megfigyelték, amikor megnövekedett a tó külső vízgyűjtőről származó



A talajok környezeti állapota és védelme

A levegő és a víz után a talaj a harmadik környezeti elem, amelyet a társadalom sokoldalúan hasznosít, ugyanakkor az ember tevékenysége a talaj számos tulajdonságát hátrányosan befolyásolja. Atlaszunk *Talajok* című fejezete részletesen ismerteti, milyen sokoldalú természeti erőforrásról van szó, jelen fejezet viszont elsősorban azt elemzi, hogy az emberi tevékenységek hogyan rontják el a kedvező talajtulajdonságokat, illetve akadályozzák meg érvényesülésüket.

A talajok funkcióit gátló tényezők az alábbi három csoportba sorolhatók:

- természeti tényezők hatásai;
 - ember által felgyorsított folyamatok (pl. erózió, defláció);
 - ember okozta károk: szennyezés, savanyodás stb.
- A Kárpát-medence viszonylag és általában kedvező agroökológiai potenciálja ellenére a talaj sokoldalú szerepét a medence jelentős területein korlátozzák az alábbi tényezők **28**:
- szélsőségesen nagy homok- vagy agyagtartalom (könnyű vagy nehéz mechanikai összetétel);
 - szélsőségesen savanyú vagy lúgos kémhatás (szikesedés);
 - láposodás, mocsarasodás;
 - az anyaközet közelsége a felszínehez (sekély termőréteg).

E tényezők *természeti* (termőhelyi) *adottságok*, amelyekhez vagy alkalmazkodni kell megfelelő talajhasználat, művelési ággal, vetésszerkezettel és agrotechnikával, vagy – ha ez lehetséges, szükséges, indokolt és racionális – megváltoztatni, befolyásolni talajjavítással, talajvédelemmel vagy vízrendezéssel.

A talaj funkcióinak zavartalanságát veszélyeztető, a talajfolyamatok és talajtulajdonságok kedvezőtlen irányú megváltozását (degradációját) kiváltó, termé-



5 A szélérózió következménye: szántóföldön lerakott homoklepel (Nyírség)

szeti okokra visszavezethető talajleromlási folyamatokkal atlaszunk *Természeti veszélyek* című fejezete foglalkozik részletesebben.

Az emberi tevékenységek hatása a talajleromlási (degradációs) folyamatokra

Talajerózió
A víz és szél okozta talajerózióval elsősorban atlaszunk *Természeti veszélyek* című fejezete foglalkozik, itt az antropogén hatásra felgyorsuló talajdegradáló szerepükéről lesz szó.

Lejtős területen a vízerózió hatására a talajok fizikai megsemmisülése csak akkor következik be, ha a lepusztulás sebessége nagyobb, mint a talajképződés üteme. Emberi beavatkozás nélkül, összefüggő természetes növényzettel fedett területeken – a nagyon meredek lejtőket kivéve – a két folyamat egyensúlyban van, a talajtermékenység nem változik. A mezőgazdasági tevékenységek hatására azonban az erózió felgyorsul, ezért ezt a folyamatot *gyorsított erózió*nak nevezzük.

A szántóföldi növénytermesztés során mindig van egy időszak (a tarlóhántástól a természetes növény lombosodásáig), amely alatt csaknem teljesen védetlen a talaj. Ebben az időszakban már az esőcseppek becsapódása is szerkezetrombolást idéz elő a talajfelszínen, s a szerkezeti elemek (aggregátumok) szétiszapolásával jelentősen megnöveli a lepelerozió (areális erózió) mértékét **4**.

A lejtőkön a barázdákban egyesülő felszíni lefolyás egy-egy nagy zápor alkalmával a természetes erózióhoz képest akár két nagyságrenddel nagyobb mennyiségű talajt képes elszállítani. A talajképződés üteme ettől lényegesen elmarad, így a termőréteg elvékonyodik. Elsőként a legtermékenyebb humuszos réteget szállítja el a víz, ezért a talaj természetes termékenysége jelentősen csökken. A különböző intenzitású eróziós fokok területei eloszlása változó.

A gyorsított eróziót számos ismert módszerrel lehet lassítani vagy megelőzni. Kevésbé meredek lejtőkön a talajvédő művelés különböző formáinak – mint például a szintvonal menti szántás, a sávos művelés vagy a talajvédő vetésszorgó – alkalmazása vált be. Ezek általában nem igényelnek különösebb többletbefektetést. Meredek lejtőkön gyakran csak a műszaki beavatkozások (teraszkövek építése, a fölösleges víz elvezetésének megoldása stb.) jelentenek hatékony megoldást. A talajvédő művelési módok alkalmazásának elterjedtsége táji, illetve megyei szinten jelentősen különbözik **29**.

A szélérózió (defláció) leggyakrabban homokos szövetű (könnyű mechanikai összetételű **28**) talajokon lép fel, de a túl gyakori és nem megfelelő talajnedveségi állapotban végzett talajművelés a szerkezetes talajok porosodását is előidézi, így már azokon is érvényesülhet a szél lepusztító hatása (a defláció). A szél által szállított talajszemcsék felhalmozódása a frissen kikelt vetemény betakarásával kárt okoz **5**. Az ellene való védekezés egyik hatékony formája a talajtakarás (mulcsozás). Szerkezetes talajokon a szerkezeti elemek szétetésének megelőzése a legfontosabb, ami a gondos, csak a feltétlenül szükséges és megfelelő időpontban elvégzett talajműveléssel érhető el.

Talajsavanyodás

A talajok pH-értékének csökkenése hátrányosan hat a természetben növények táplálékfelvételére. Magyarország talajainak mintegy 8%-a erősen, 18%-a közepesen, 20%-a gyengén savanyú kémhatású. A természeti okok miatt erősen savanyú talajainak nagy részén nem természetünk kultúrnövényeket. A talajsavanyodást kiváltó három legfontosabb tényező az éjszakerővel műtrágyahasználat, a légköri savas ülepedés, valamint a különböző savanyú kémhatású ipari melléktermékek és hulladékok szabálytalan kihelyezése. Szerencsére az ország területének több mint fele savanyodásra nem vagy csak kevésbé érzékeny **30**. Az erre a hatásra érzékeny talajaink a Nyírségben és a Dunántúli-dombvidéken fordulnak elő nagyobb arányban. A további talajsavanyodás a savterhelések szabályozásával és fenntartó meszezéssel eredményesen kiküszöbölhető.

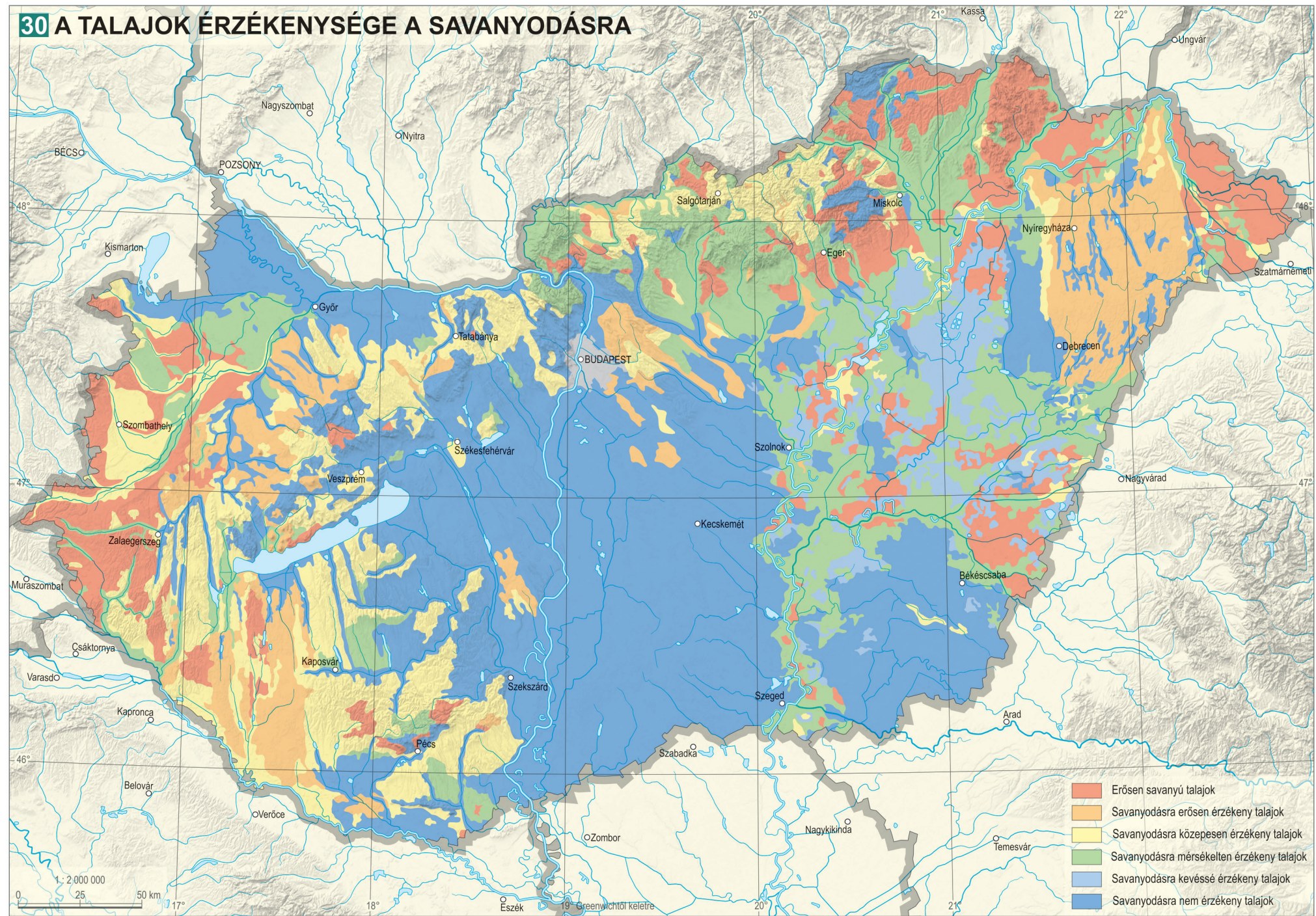
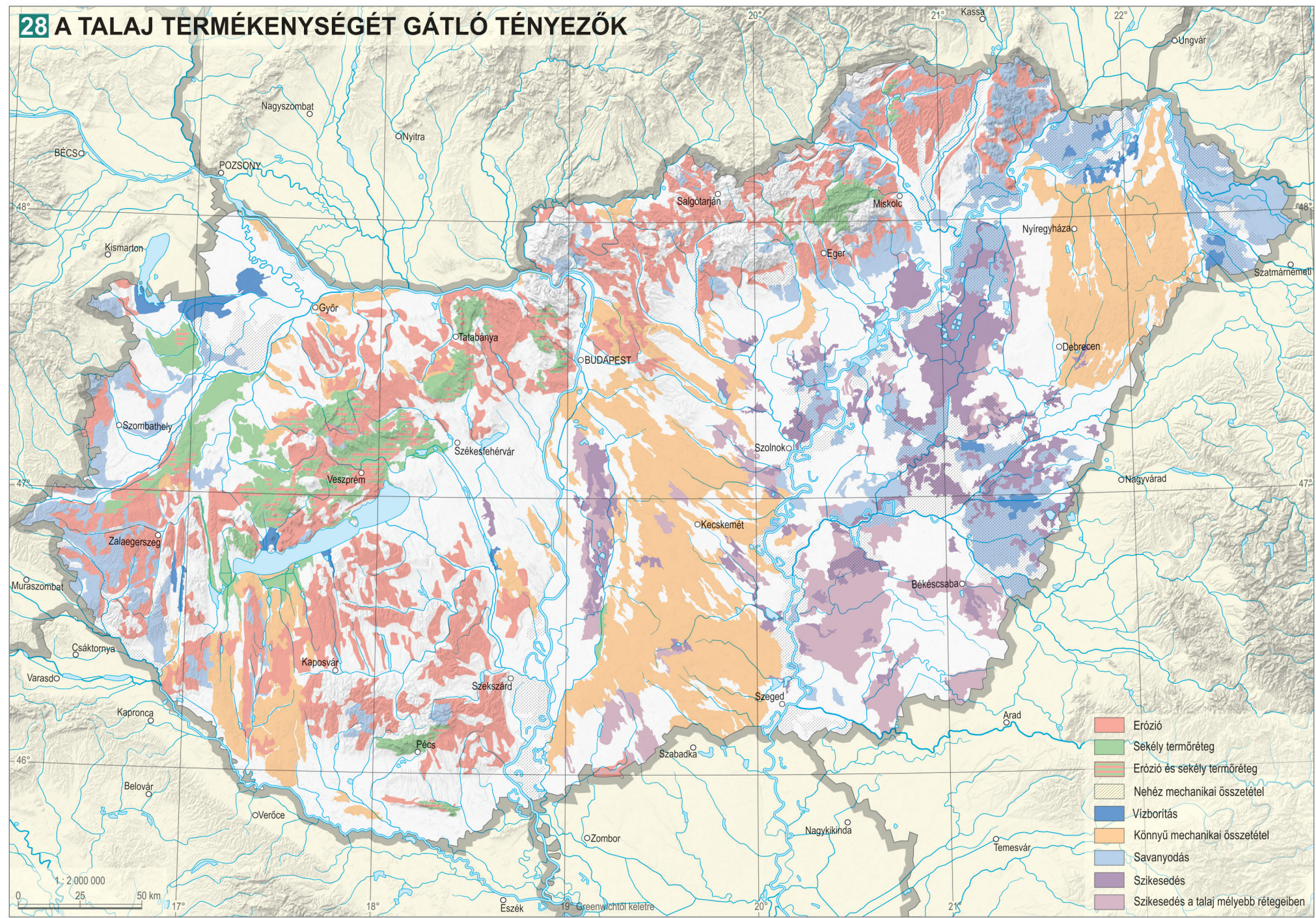
Magyarország területének mintegy 8%-át borítják különböző szikes talajok **28** (*Talajok fejezetünk* **3**). A talajok mélyebb rétegeiben előforduló sófelhalmozódás vagy a pangó sós talajvízek felszínközébe emelkedése – leginkább a burkolatlan csatornákból, víztározókból vagy a nem szakszerűen öntözött területekről történő szivárgás vagy talajvíztáplálás következtében – további jelentős területeken fenyeget a másodlagos szikesedés veszélyével. Ez azonban a korszerű talajmegfigyelő-előrejelző rendszer ajánlásainak betartásával eredményesen megelőzhető.

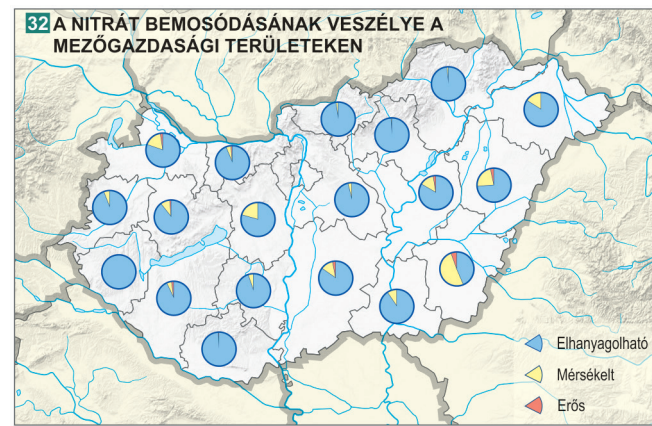
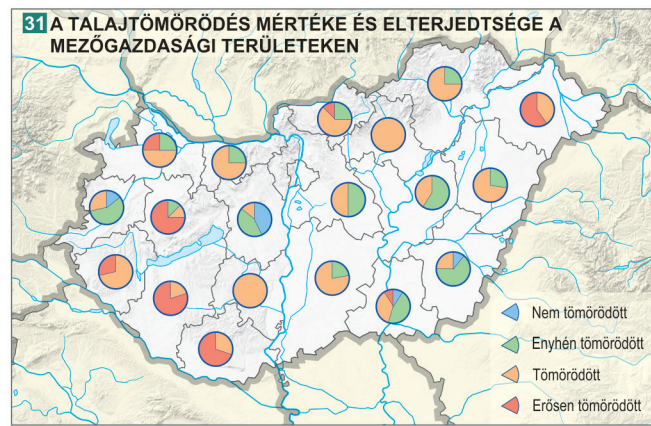
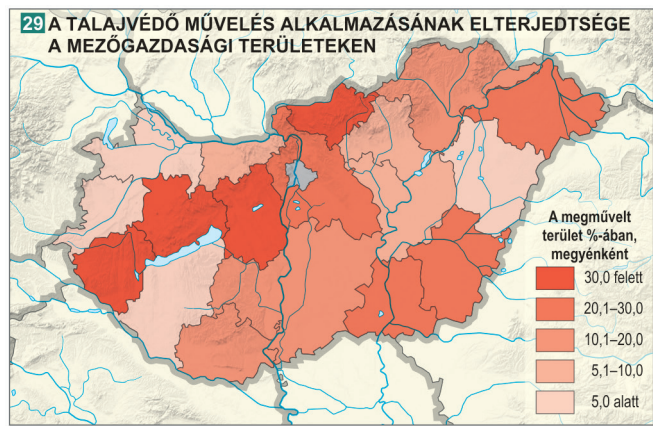
Fizikai leromlás (degradáció)

Idetartozik a talajszerkezet leromlása, tömörödése, csempesedése, a felszín eliszapolódása. Magyarország talajainak mintegy 23%-a gyengén, 18%-a közepesen, 13%-a erősen érzékeny szerkezetromlásra és tömörödéssel. Szerkezet nélküli karbonátos homoktalajaink (11%) tömörödéssel, szikes és szikesedő talajaink (10%) szerkezetleromlásra és tömörödéssel egyaránt érzékenyek. A talajtömörödés elterjedtsége nagyon eltérő mezőgazdasági területeinken **31**. A szerkezetromlás és tömörödés ökológiai és növénytermesztési következményei igen sokrétűek, mint például a talaj vízgazdálkodásának szélsőségessé válása, talajszellőzési (aerációs) problémák, tápanyag-feltárolási és tápanyag-felvételi nehézségek; a különböző agrotechnikai műveletek megfelelő minőségű elvégzésére alkalmas talajnedveségi-állapot beszűkülése és lerövidülése („perc talajok”); a talajművelés energiaigényének fokozódása stb.

Talajszennyeződés, környezeti mérgező képesség

A talajok szennyeződését számos emberi tevékenység okozhatja. Területi kiterjedésük tekintve a mezőgazdasági tevékenységek jelentik a legnagyobb potenciális szennyező forrást, ugyanakkor a legsúlyosabb szennyezéseket a szakszerűtlen hulladéklerakók, olajszennyezések és más veszélyes hulladékok okozzák. Ilyen esetekben – bonyolult fizikai és biológiai módszerek alkalmazásával – a helyszíni tisztítás **6**, vagy a talaj eltávolítása **7** jelent megoldást.





6 Egykori katonai repülőtér környezeti kármentesítése: olajjal szennyezett talaj és talajvíz tisztítása



7 Egykori hulladéklerakó környezeti kármentesítése

A műtrágyahasználat minden növénytermesztési formára jellemző. Leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben nitrogénműtrágyák jutnak a talajba, amelyek főként vízben jól oldódó nitrátok formájában tartalmazzák a nitrogént. Miután a nitrátokat a növények sohasem veszik fel teljes egészében, a maradék a csapadék vagy az öntözővíz hatására a mélyebb talajszintekbe, végső soron a talajvízbe szivároghat. Szerencsére a nitrátbemosódás tudományos módszerekkel becsült veszélyét illetően az ország túlnyomó részén az erős bemosódás veszélye nagyon csekély, kivéve az Alföld és a Kisalföld területét, ahol viszonylag nagyobb arányban fordul elő a mérsékelt veszélyt jelentő kategória [32]. Ez elsősorban a műtrágyahasználat csökkenésének köszönhető.

A talajok és általában a környezet mérgező képességét gyakran a kis koncentrációban is toxikus nehézfémek okozzák. A Talajvédelmi és Információs Monitor

ring Rendszer (TIM) mérőpontjain rendszeresen méri 9 nehézfém koncentrációját. Többségük talajainkban határérték alatti koncentrációban fordul elő. Van azonban olyan helyszínük [33], ahol egy, illetve két nehézfém koncentrációja meghaladja a rá vonatkozó határértéket. Láthatóan számos olyan hely van, ahol egy elem, az arzén meghaladja a határértéket, de ennek földtani okai is vannak. Olyan helyszínek, ahol két fém is határérték fölé kerül, csak foltokban fordulnak elő, például a Bükkben, a Mátrában vagy a Felső-Tisza mentén.

A talajaink adatbázis szerepe a talajvédelemben

A talajleromlási folyamatok nem szükségszerűek és kiküldhetetlenek, észszerű és megfelelő földhasználattal az esetek túlnyomó részében megelőzhetők, kivédhetőek vagy bizonyos túrsíri határig legalább mérsékelhetőek. Ehhez azonban a talaj megújuló képességének feltételeit biztosító, tudományosan sokoldalúan megalapozott beavatkozások szükségesek, kidolgozásukhoz pedig elengedhetetlen egy olyan korszerű és naprakész talajaink adatbázis, amely megfelelő információt nyújt a talajok környezeti állapotáról, annak változásairól, valamint a talajok környezeti érzékenységéről és sérülékenységéről.

A talajok funkcióit kialakító fizikai, kémiai, biológiai és agronómiai tulajdonságok változékonyságuk szempontjából roppant széles spektrumon helyezkednek el. Vannak csak nagyon lassan és nehezen, a geológiai időskála ezer- vagy százéves nagyságrendjében módosuló, és vannak pillanatszerűen változó tulajdonságok is. Ismeretük alapján lehet a bekövetkező változások nyomán követésére szolgáló talajmonitoring és információs rendszer szükséges, észszerű és eredményes vizsgálati rendszerét kialakítani és üzemeltetni.

Az 1992 óta működő Talajinformációs és Monitoring Rendszer (TIM) a talajállapot országos nyomon követését megvalósítva szolgáltat információkat minden szinten a talajjal kapcsolatos döntésekhez. Az 1200 észlelési pont közül 800 mezőgazdasági, 200 erdőművelés alatt álló, 200 pedig környezetvédelmi szempontból veszélyeztetett vagy éppen védett területen található. A megfigyelt több mint ötven talajtulajdonság észlelési gyakoriságát – évente, háromévente, hatévente, illetve csak induláskor egy alkalommal – a szóban forgó talajjellemző változékonyságától függően határozták meg. A megfigyelés köre a talaj valamennyi legfontosabb tulajdonságára kiterjed, többek között 21 kémiai elemmel kapcsolatos fontos adatra. Ezen információk alapján lehet a talaj „környezeti érzékenységét” meghatározni, számszerűen jellemezni, érzékenységi küszöbértékeit meghatározni,

illetve figyelembevételükkel a visszafordíthatatlan károsodásokat megelőzni, a bekövetkezett káros terhelést pedig megszüntetni vagy hatástalanítani.

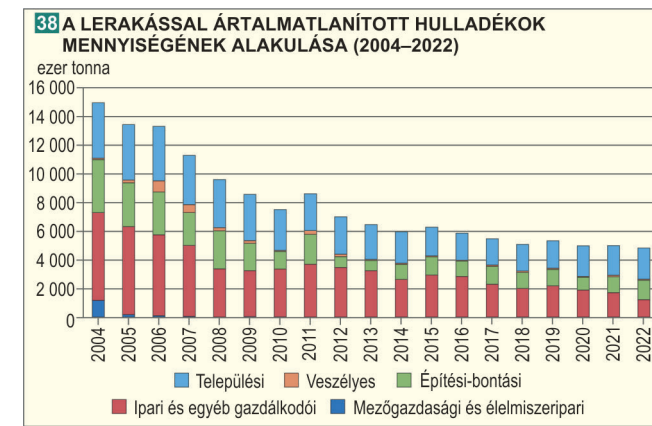
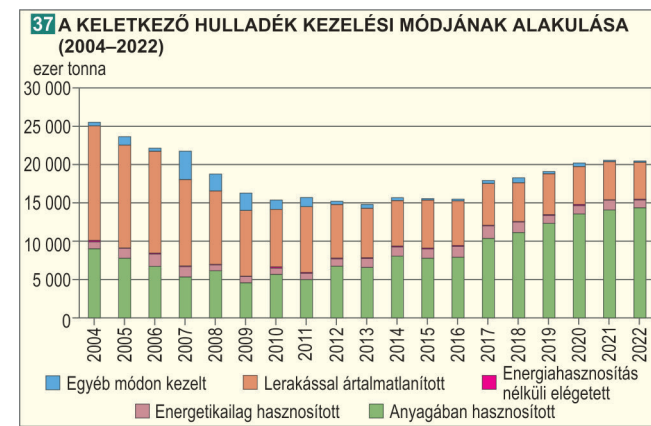
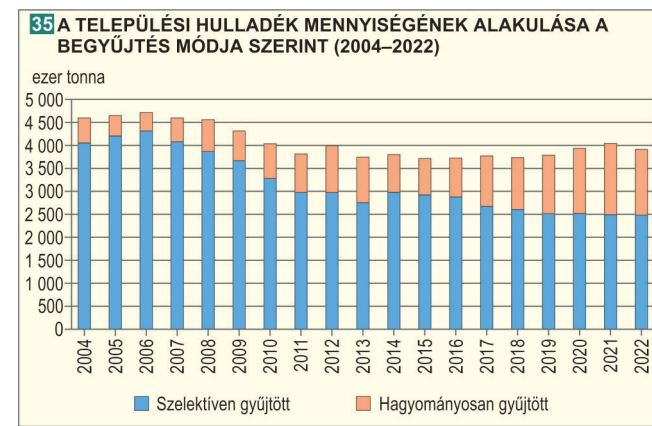
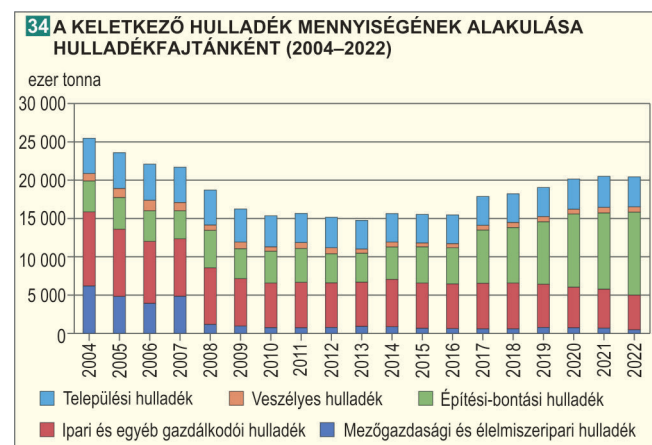
A talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi folyamatok nyomon követése, szabályozási lehetőségeinek feltárása és végrehajtása nélkülözhetetlen eleme egy korszerű növényi tápanyagellátási és szennyező(őd)éskezelési rendszernek, amely biztosítja talaj- és vízkészleteink minőségvédelmét, valamint a talajtermékenység megőrzését és fokozását.

Hulladékok kezelése

A hulladékok mennyisége, összetétele

A hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvény, majd az azt felváltó, a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény az olyan termelési, szolgáltatási vagy fogyasztási maradékokat tekintti hulladéknak, amelyekről birtokosuk megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles. Ebből a meghatározásból látható, hogy egy anyag hulladéknak minősítése alapvetően a társadalmi, műszaki és gazdasági fejlettség szintjétől függ. Ami ma értéktelen hulladék, az holnap újrahasznosítható fontos alpanyaggá válhat a gazdaság számára. Hosszabb távon a technológiai fejlődés és a gazdasági szükségszerűség (a rendelkezésre álló természeti erőforrások véges volta), rövid távon pedig a piaci és a jogi szabályozás alakulása befolyásolja erőteljesen a keletkező hulladékok mennyiségét, összetételét és az újrahasznosítási arányok alakulását.

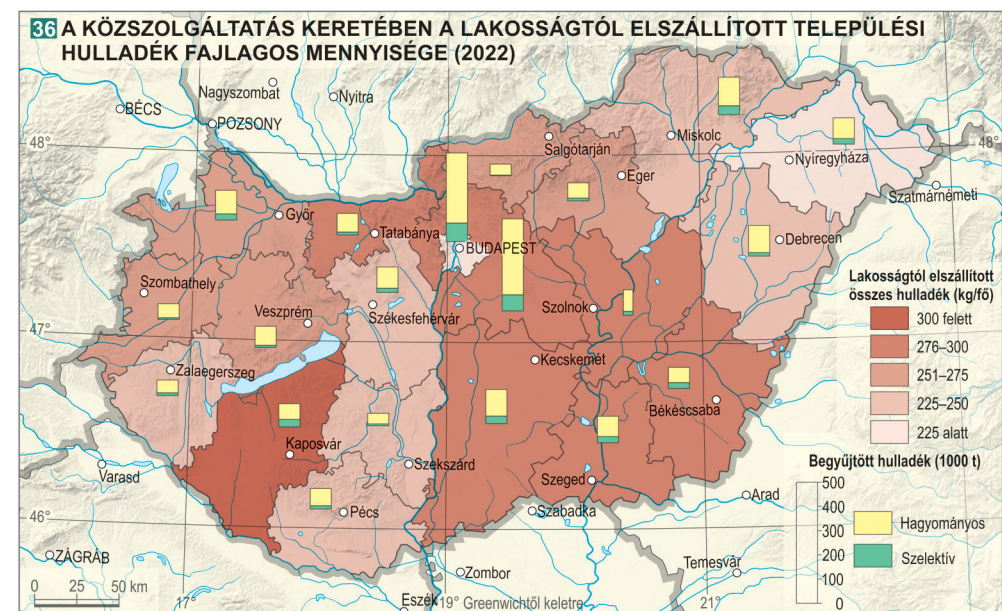
Magyarországon az évente keletkező szilárd hulladékok mennyiségének alakulásáról 2004 óta rendelkezünk megbízható, tömeg alapján mért adatokkal. A keletkező hulladékok együttes mennyisége az akkori közel 25,5 millió t-ról a 2010-es évek első felében 15 millió t-ra csökkent, majd 2017-től az építési-bontási hulladékok erőteljesen növekvő mennyisége miatt a 2020-as évekre 20 millió t fölé emelkedett [34]. A mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok mennyisége 6,2 millió t-ról 0,49 millió t-ra esett vissza az állatállomány fogyására és a feldolgozóipar visszaesése miatt, továbbá azért, mert 2007 után a statisztikában már nem hulladékként szerepelnek a termelési folyamatokba visszaforgatott növényi és állati melléktermékek, trágyák. Az ipari és gazdálkodói hulladék mennyisége a felére csökkent 2004–2022 között, ami 2010-ig a hazai termelő gazdaság zsugorodásával áll összefüggésben, majd



a további csökkenés oka a kis anyagigényű ágazatok előtérbe kerülése és a hulladék megelőzésére irányuló programok, jogi és piaci ösztönzők hatása. Az építési-bontási hulladékok mennyisége évente az építőipari beruházások mértékétől függően változott, 2017-ig inkább stagnált, majd napjainkra az évi 10 millió t-ra emelkedő értékével a legnagyobb mennyiségben keletkező hulladékfajtává vált. A veszélyes hulladékok mennyisége 2004–2022 között közel felére csökkent, jelenleg 0,6–0,7 millió t évente. A csökkenés legfőbb oka, hogy lezárultak a nagy állami kármentesítési programok, és számos hulladékfajta veszélyességi besorolása is (veszélyességi jellemzői alapján) folyamatosan változik. Például a 2010-ben ipari katasztrófát okozó vörösiszapot 2002-ig kizárólag a veszélyes, azután viszont a nem veszélyes hulladékok közé is besorolhatták.

2003-tól minden hazai településen kötelező a települési hulladékgyűjtés megszervezése, 2014 óta pedig ez valamennyi háztartás számára elérhető, kötelezően biztosítandó közszolgáltatásá vá. Az ezredforduló utáni években még 4,5–4,6 millió t települési hulladék keletkezett Magyarországon. 2009-től megindult a települési hulladék mennyiségének a csökkenése, amelynek mozgatója kezdetben a gazdasági válság volt, a további csökkenés hátterében pedig a hulladék megelőzését szolgáló új jogszabályok és piaci ösztönzők (termékdíj, lerakási járulékok) álltak. Némi növekedést a 2010-es évek közepétől a szelektív hulladékgyűjtés (mint kötelező közszolgáltatás) bevezetése hozott, de összességében a 2022-ben keletkező települési hulladék mennyisége évi 4 millió t alatt maradt [35].

A hulladékok újrahasznosításának előfeltétele elkülönített begyűjtésük megszervezése. A 2010-es években országosan a lakosság 60%-a számára vált elérhetővé a szelektív hulladékgyűjtés valamilyen formája, amelynek gerincét a közterületeken telepített hulladékgyűjtő szigetek hálózata képezte. Miután a szelektív hulladékgyűjtés a közszolgáltatók számára (állami kompenzáció mellett) kötelezővé vált, a lakosság számára pedig ingyenes maradt, a 2020-as évekre általános lett a hához menő begyűjtés rendszere. Ezzel a lakosság 80%-át közvetlenül be lehetett vonni a szelektív hulladékgyűjtésbe, így a keletkező összes települési hulladék szelektíven begyűjtött aránya meghaladta a 36%-ot. Az egy-



szerhasználatos műanyagok betöltése, a gyártói felelősség kiterjesztése és a csomagolási hulladékok visszaváltásának ösztönzése (betétdíj) szintén jelentős változást eredményezett ezen a területen.

2022-ben az összes keletkezett települési hulladék 60%-át (2,46 millió t) szállították el a háztartásokból, közterületekről és egyéb intézményektől közszolgáltatók keretében, lakossági hulladékként. A fennmaradó 1,5 millió t települési hulladék döntően a települési szennyvíztisztítóknak keletkező iszap, a parkok zöldhulladéka és az olyan elkülönítetten gyűjtött hulladékfrakciók (e-hulladékok, akkumulátorok, elemek, fénycsővek, háztartási veszélyes hulladékok, lomhulladék), amelyek a háztartásokban keletkeznek, de ezek elszállítása nem a lakossági közszolgáltatás keretében valósul meg. Összességében 2022-ben átlagosan 332 kg/fő lakossági hulladékot szállítottak el a településeinken. Az elszállított lakossági hulladék fajlagos mennyisége Somogy vármegyében (410 kg/fő) és Budapesten (360 kg/fő) volt a legnagyobb, Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében (263 kg/fő) pedig a legkisebb [36]. A fajlagos hulladékmennyiség területi különbségei tükrözik a vármegyék eltérő gazdasági és társadalmi súlyát, a főváros kiemelkedő munkaerőpiaci és központi szolgáltatások terén betöltött szerepét, illetve az idegenforgalom nagyságát. Somogy vármegyében ez a kiugróan magas fajlagos hulladékmennyiség egyértelműen a Balaton déli partján fekvő, turisztikailag frekvenciált települések látogatottsága miatt keletkezett. 2022-ben a vármegyében az állandó lakónépességénél 3,6-szor több turistát (1,1 millió fő) regisztráltak a turisztikai szálláshelyeken.

A hulladékok kezelése

A környezetközpontú hulladék(anyag)gazdálkodás egy-egy épülő stratégiai elemekből áll, amelyek közül az első a keletkező hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentése, azaz a megelőzés. Ezt követi a keletkező hulladékok újrahasználat, illetve másodnyersanyagként vagy energiahordozóként való hasznosítása, majd legvégül a nem hasznosítható hulladékok környezetvédelmi követelményeket kielégítő ártalmatlanítása, amely egyaránt lehet égetés vagy lerakás.

2022-ben a szilárd hulladékok két legjellemzőbb hazai kezelési módja az anyagában történő hasznosítás és a lerakás volt [37]. Az elmúlt évtizedben leglátványosabban (60%-os a csökkenés) a lerakással történő ártalmatlanítás jelentősen visszaszorult. Amíg 2004-ben az összes keletkező hulladék 58%-a került lerakóba, 2022-re ez az arány 25% alá csökkent úgy, hogy az anyagában hasznosított hulladékok aránya megduplázódott [37, 38].

A hulladékok energetikai hasznosítása terén

a növekedés motorja a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék volt. A hulladékok energetikai hasznosítása az ezredforduló előtt alapvetően égetőművekben, valamint néhány szennyvíztisztító telepen és regionális kommunális hulladéklerakóban történt. 2022-ben Magyarországon már 90 biogáz üzemű erőmű és fűtőmű működött, amelyek összesen 75,1 MWe kapacitással villamosenergia-termelést tettek lehetővé. Közülük 24 szennyvíz-, 18 depóniagáz-hasznosítást végzett, 48 pedig mezőgazdaságból származó anyagokat, hulladékokat hasznosított. Jellemzően az utóbbi kapacitású erőművek a nagyobb állattartó telepek közvetlen közelébe, az alapanyagként tekintett hígtrágya forrásra mellé települtek [39].

A keletkező hulladékok háromnegyedét anyagában hasznosítja a hazai gazdaság. Ezek kétharmada építési és bontási, 21%-a ipari, 9%-a pedig települési hulladék. Az anyagában történő újrahasznosítás mindhárom hulladékfajtánál jelentősen növekedett az elmúlt években. Napjainkban az építési és bontási hulladékok közel 90%-át már így hasznosítjuk és csak a fennmaradó kisebb rész kerül hulladéklerakóba [40].

A 2000-es évek elején a keletkező települési szilárd hulladékok több mint 80%-a hulladéklerakóba került. Ez az arány a 2020-as évekre 50%-ra csökkent [41]. 2035-re az Európai Unió célkitűzése az, hogy a keletkező kommunális hulladék mindösszesen 10%-a kerüljön hulladéklerakóba.

2022-ben a közszolgáltatás keretében országosan elszállított települési hulladék 27%-a már anyagában hasznosult. A kommunális hulladék energetikai hasznosítása kizárólag Budapesten folyik, ahol a fővárosban és környékén begyűjtött települési hulladék felét a Fővárosi Hulladékhasznosító Műben elégetve mintegy 100 ezer lakos éves villamosenergia-fogyasztását és 25 ezer lakos távfűtését biztosítják. A kommunális hulladék energetikai hasznosításának országos aránya így meghaladja a 11%-ot [42]. 2025-re az anyagában és az energetikailag újrahasznosított települési hulladék együttes arányának az uniós cél szerint 50% fölé kell emelkednie.

A hulladékezelő létesítmények

Magyarországon több mint 2500 szervezet végez engedélyhez kötött hulladékgazdálkodási tevékenységet. Nagyobb részük a saját telephelyen belül keletkező hulladék gyűjtését (továbbá nyilvántartását, adatszolgáltatását és megfelelő kezeléket történő átadását) jelenti. Adatszolgáltatásra kötelezett hazánkban minden olyan cég, amelynek telephelyén egy év alatt 100 kg-nál több veszélyes vagy 2000 kg-nál több nem veszélyes hulladék keletkezik. 300 körül van a hulladékok begyűjtésére, 600 körül a hulladékok szállítására engedéllyel rendelkező cégek száma. A mezőgazdasági hulladék hasznosítására 250, csomagolási hulladékra több mint 300, építési, bontási hulladékra és valamilyen ipari hulladékra egyaránt több mint 600 engedélyt adtak ki. Az engedélyek kiadásának minden esetben műszaki és üzemeltetési előfeltételei is vannak. A települési hulladékok hasznosítását közel 300, a veszélyes hulladékokét 46 telephelyen végzik.

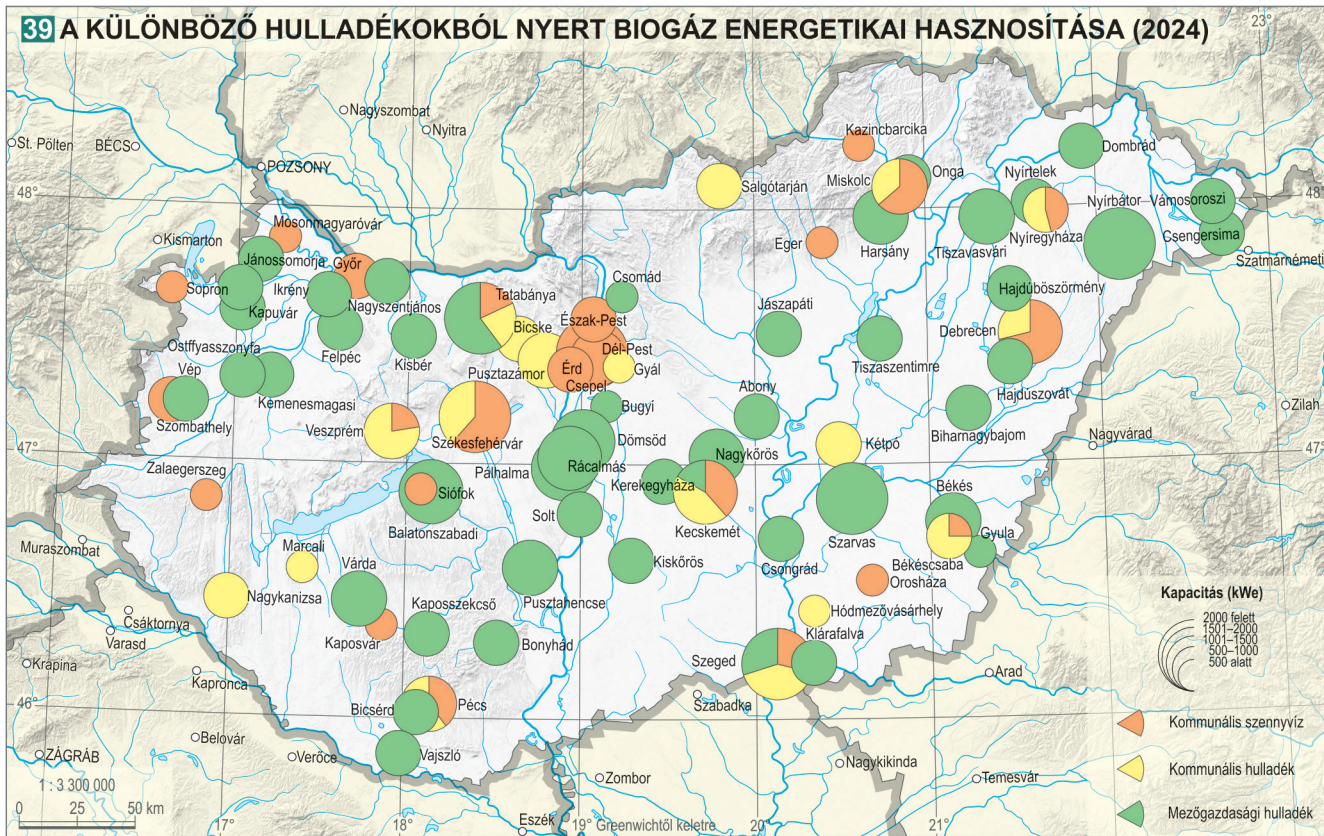


8 Szigetelt hegyvidéki gödörfeltöltéses hulladéklerakó

2003 előtt még összesen 2992 ha területen, közel 2700 lerakóban helyeztek el hulladékot, ám háromnegyedikében soha nem rendelkezett környezetvédelmi engedéllyel. A telephelyeket többnyire az 1990-es éveket megelőző időszakban a lerakót üzemeltető települések jelölték ki, ahol a legfontosabb szempont az volt, hogy jól megközelíthető, művelésből kivett, gazdaságilag értéktelen helyen legyen. Ez azt eredményezte, hogy a hulladéklerakók nagyobb része a települések belterületéhez igen közel, felelősen egykori anyaggyűjtőhelyeken (bányagödörökben), az Alföldön többnyire mélyen fekvő, belvizes, magas talajvízállású területeken működött. A hulladéklerakók kétharmadán a telephelyi adottságok környezeti szempontból kedvezőtlenek voltak, nem garantálták a szennyezést kizáró biztonságos elhelyezést. Nagyobb alapterületű dombépítéses lerakók a főváros és a megyeszékhely környékén fordultak elő, miközben a lerakók területe átlagosan 1,1 ha volt, túlnyomórészt azonban a 0,5 ha-t sem érte el [43].

2003 után a zöldhatóságok már csak olyan hulladéklerakó működését engedélyezték, amelyek felszereltsége és üzemeltetése megfelelt az európai uniós előírásokkal harmonizáló új hazai jogszabályoknak [8]. Ezzel egyidejűleg elkezdődött a több ezer bezárt egykori telephely környezetvédelmi felülvizsgálata, a szennyezett területek kármentesítése és a hulladéklerakók rekultivációja.

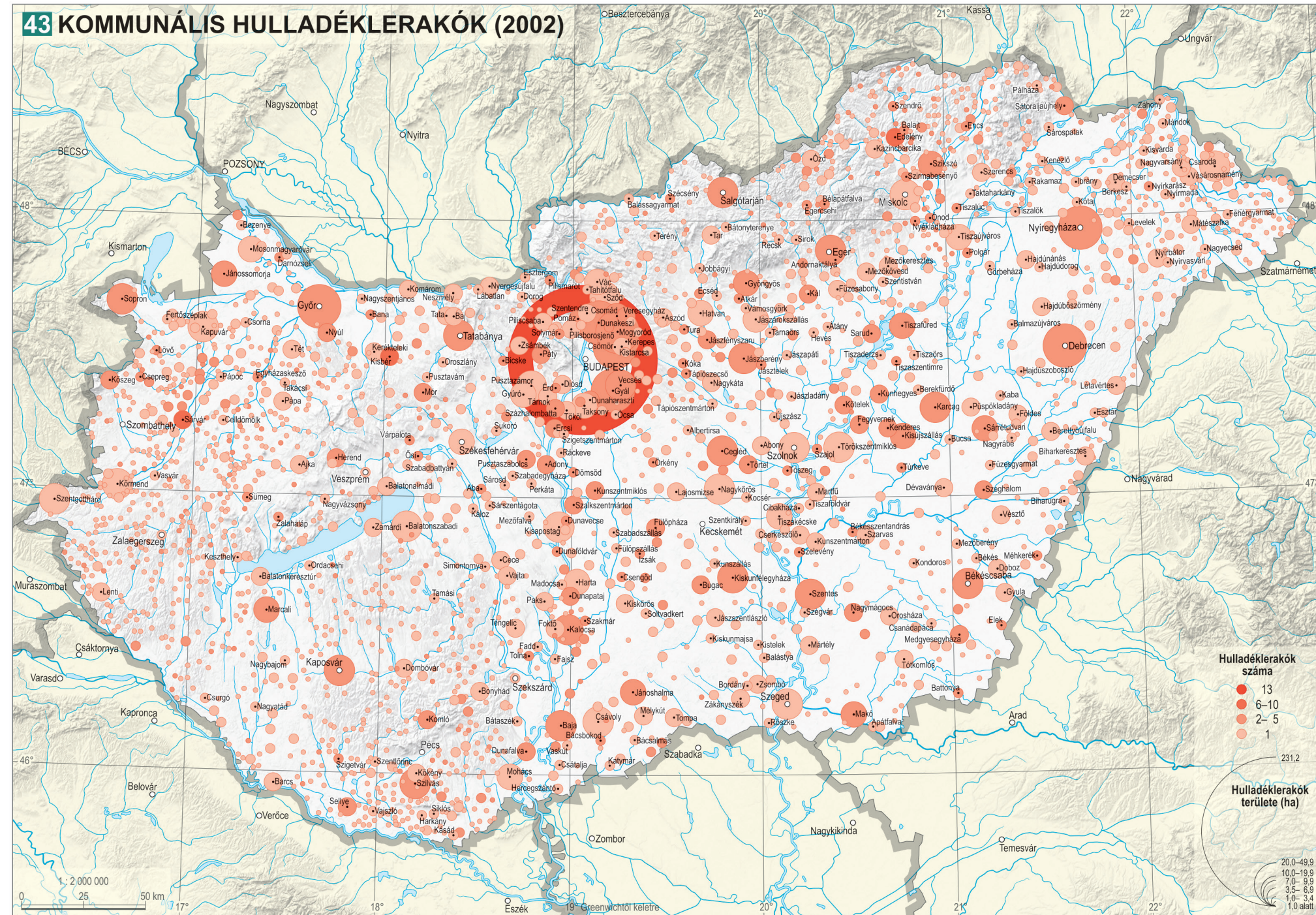
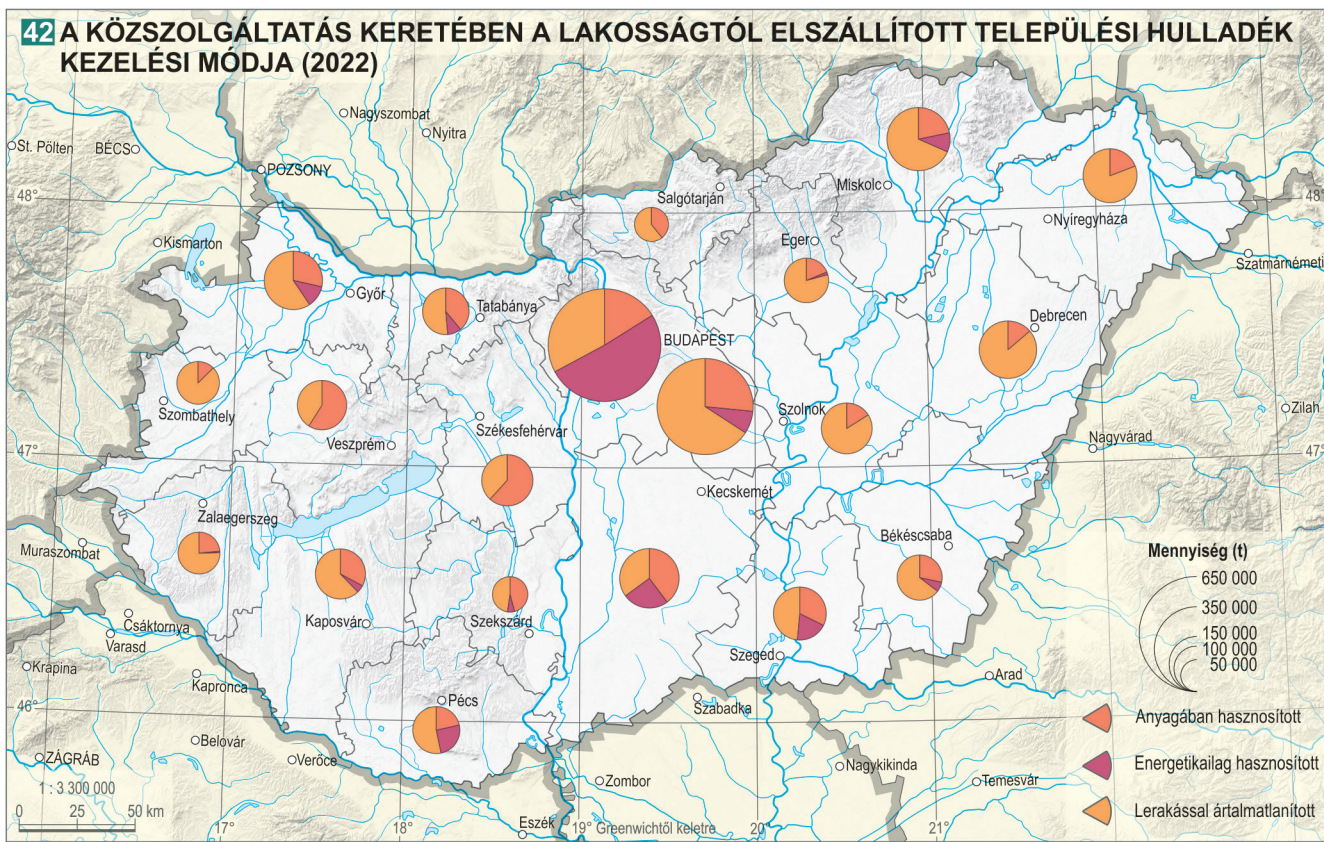
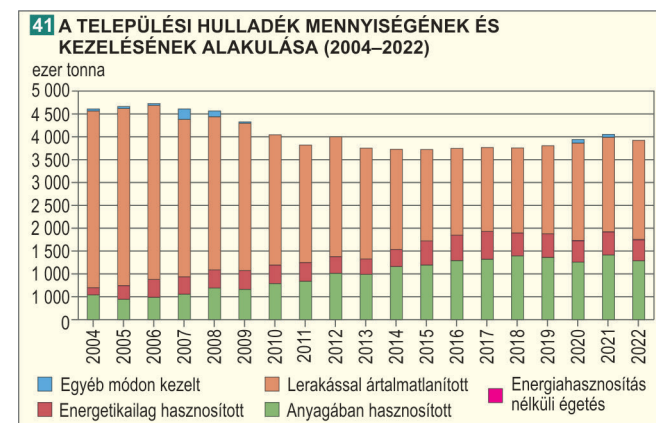
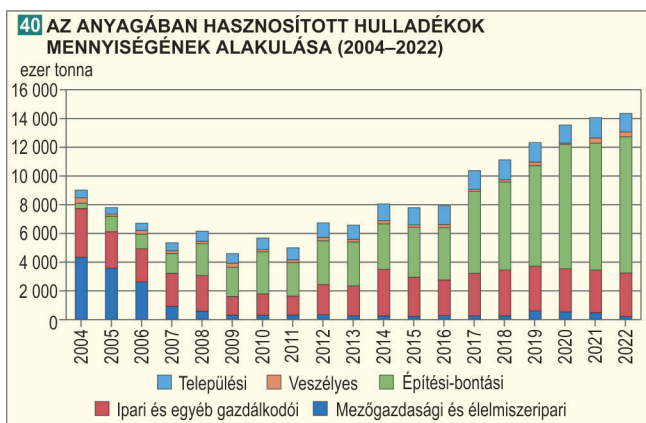
A települési hulladék lerakásában a mennyiségi csökkenés mellett a lerakók területi és méretbeli koncentrációja, a kistérségi és regionális hulladékgazdálkodási körzetek kialakulása komoly változást jelent. Az Európai Unió Kohéziós Alapja 13 magyar hulladékgazdálkodási projektet támogatott, amelyek keretében nagy kapacitású regionális hulladéklerakókat építünk, illetve meglévőket bővítettünk. Képzült a szelektív hulladékgyűjtés és feldolgozás országos infrastruktúrája, a válogatóművek, komposztálók és elkezdődött a lerakók rekultivációja. 2024-ben Magyarországon 66 települési és 16 inert hulladéklerakó kapott működési engedélyt. Ezek összesen közel 580 hektáros depónia területet fednek le, azaz a lerakásra használt nettó terület az ötödére csökkent, ugyanakkor a települések tucatjaira kiterjedő gyűjtőkörű lerakás a méretek növekedését eredményezte egyedileg, így ezek a regionális lerakók egyre jelentősebb tájképi hatást gyakorolnak. A lerakóba kerülő kommunális hulladék éves mennyisége 2004-hez képest napjainkra a felére csökkent, de a 2035-ig célul kitűzött 90%-os csökkentés, beleértve a komposztálható települési hulladék lerakóba kerülésének tiltásával azt eredményezi, hogy a depóniaágazat hasznosítása és a kommunális hulladék lerakása már középtávon meg fog szűnni Magyarországon. A szerepüket a megelőzést szolgáló begyűjtő, válogató és újrahasznosító rendszerek (pl. a lakossági betétdíjas rendszer 2024-es kiterjesztése a műanyag és alumínium csomagolóanyagokra) és az energetikai hasznosítás hagyományos, valamint ma még kevésbé alkalmazott (pl. pirolízis) technológiái veszik át.



A működő hazai veszélyeshulladék-lerakók száma az elmúlt két évtizedben szintén jelentősen csökkent. 300 körüli azoknak a területeknek a száma, amelyeken – néhány esetben még a 2000-es évek közepén is – veszélyes hulladékot helyeztek el úgy, hogy azok nem rendelkeztek megfelelő engedéllyel, nem volt megfelelő az infrastruktúrájuk, átmeneti lerakóknak voltak feltüntetve, ismeretlen eredetű hulladékot is befogadtak, vagy éppen a tulajdonosuk, üzemeltetőjük szűnt meg jogaik nélkül. Az egyik leghírhedtebb közülük Garé településen volt, ahol az eredetileg bőripari veszélyes hulladékokra tervezett földmedrű lerakóba 60 000 hordó mérgező vegyipari hulladék is került. Ezek zömének felszámolását, a környezet kármentesítését országos program keretében az állam végezte. 2024-ben már csak 10 lerakó kapott engedélyt veszélyes hulladék ártalmatlanítására, 8 égetésre (kórházi

fertőző hulladékok helyi égetőkben történő ártalmatlanítását nem beleértve), 17 helyen pedig veszélyes hulladékok aerob biodegradációja, komposztálása folyt [44]. A veszélyes hulladékok kezelését végző létesítmények esetében a környezethasználati engedély alapja, hogy ezek felszereltsége és működése megfeleljen az előírt legjobb elérhető technikának, amelyet a környezetvédelmi hatóság rendszeresen felülvizsgál.

A kis és közepes aktivitású intézményi eredetű (kórházi, laboratóriumi stb.) radioaktív hulladékok Püspökszilágy felszíni, az atomerőművek pedig Bataapáti felszín alatti tárolójába kerülnek. A kiégett atomerőművi fűtőelemeket ideiglenesen a Paksi Atomerőmű átmeneti tárolójában helyezik el. Az utóbbi végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatások alapján egy ilyen felszín alatti tároló legalkalmasabb befogadó közege a Bodai Aggagkő Formáció lehet a Mecsek térségében.



Magyarország Nemzeti Atlasza (MNA)

www.nemzetiatlasz.hu

| |
|------------------------------------------------------------------------|
| <i>Szerkesztőbizottság</i> |
| Kocsis Károly (elnök) |
| Klinghammer István (tiszteletbeli elnök), Nemerkényi Zsombor (titkár), |
| Gercsák Gábor, Kincses Áron, Kovács Zoltán, Zentai László |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Kartográfiai Tanácsadó Bizottság</i> |
| Zentai László (elnök) |
| Bartos–Elekes Zsombor, Bottlik Zsolt, Buga László, Gede Máttyás, Gercsák Gábor, |
| Györffy János, Márton Máttyás, Orosz László, Török Zsolt Győző, Ungvári Zsuzsanna |

MNA Természeti környezet kötet

2., átdolgozott kiadás

| |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Kötetszerkesztők</i> |
| Kocsis Károly (főszerkesztő), Gercsák Gábor, Horváth Gergely, Nemerkényi Zsombor |

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Fejezetszerkesztők</i> |
| Bihari Zita, Brezsnýánszky Károly, Csorba Péter, Fazekas István, †Fekete Gábor, Gábris Gyula, Haas János, Horváth Gergely, †Kerényi Attila, Király Gergely, Kocsis Károly, Molnár Zsolt, Pásztor László, Schmidt András, †Schweitzer Ferenc, Szabó József, Tardy János, Timár Gábor, Túri Zoltán, Varga György (FTI), Varga György (OVF) |

| |
|----------------------|
| <i>Képszerkesztő</i> |
| Magyar Árpád |

| |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Szakmai lektorok</i> |
| Bölöni János, Brezsnýánszky Károly, Dobróka Mihály, Keveiné Bárány Ilona, Konecsny Károly, Korsós Zoltán, Lóczy Dénes, Magyar Gábor, Mika János, Molnár V. Attila, Schmotzer András, Solt Anna, Szabó György, Szabó József, Szalai Zoltán |

| |
|----------------------|
| <i>Nyelvi lektor</i> |
| Kálóczy Katalin |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Borítóterv</i> |
| Mezei Gáspár – HUN-REN CSFK Földrajztudományi Intézet, Kuti Ildikó – Civertan Bt. |

| |
|--------------------------------|
| <i>Arculatterv, tipográfia</i> |
| Kuti Ildikó – Civertan Bt. |

| |
|----------------------------------------------|
| <i>Sokszorosítás</i> |
| Keskeny és Társai 2001 Kft. keskenynyomda.hu |

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a mű bővített, illetve rövidített változatainak kiadási jogát is. A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű, sem annak valamely része semmiféle formában, semmiféle nyelven nem sokszorosítható és nem publikálható. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| |
|-----------------------------------------------------------------------------|
| Felelős kiadó: Kiss László főigazgató |
| HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, www.csfk.org |
| ©CSFK Földrajztudományi Intézet, www.hungarian-geography.hu, Budapest, 2024 |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A kiadvány megjelenéséhez támogatást nyújtott: <p>Magyarország Kormánya</p> HUN-REN, Magyar Kutatási Hálózat Magyar Tudományos Akadémia |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

A kötet szerkesztésének lezárása: 2024. szeptember 20.

| |
|----------------------------------------|
| ISBN 978-963-9545-55-7ö |
| ISBN 978-963-9545-65-6 |

MAGYARORSZÁG NEMZETI ATLASZA

TERMÉSZETI KÖRNYEZET

| | | | |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| Szerzők | GÁL NÓRA | MÓNUS PÉTER | TIRÁSZI ÁGNES |
| †ÁLFÖLDI LÁSZLÓ | GALSA ÁTTILA | NÁDOR ANNAMÁRIA | TÓTH GYÖRGY ISTVÁN |
| ÁSZALÓS RÉKA | †GERHÁTNÉ KERÉNYI JUDIT | †NAGYMAROSY ANDRÁS | TÓTH LÁSZLÓ |
| ÁDÁM SZILVIA | GOMBÁRNÉ FORGÁCS GIZELLA | NÉGYESI GÁBOR | TÖRÖK ÁKOS |
| ÁGOSTON BENCE | GYALOG LÁSZLÓ | NÉMETH ÁKOS | TÚRI ZOLTÁN |
| ÁRGAY ZOLTÁN | HAAS JÁNOS | NÉMETH CSABA | UDVARDY ORSOLYA |
| BABOLCSAI GYÖRGY | HASZPRA LÁSZLÓ | PAPP BEÁTA | VARGA BALÁZS |
| BAGI MÁRTA | HERCZEG ZOLTÁN | †PÁLFAI IMRE | VARGA GÁBOR |
| BALÁZS DÁVID | HOMOKINÉ UJVÁRY KATALIN | PÁSZTOR LÁSZLÓ | VARGA GYÖRGY (FTI) |
| BALLA DÁNIEL ZOLTÁN | HORVÁTH ÁKOS | PÁTZAY GYÖRGY | VARGA GYÖRGY (OVF) |
| BARÁZ CSABA | †HORVÁTH FERENC | †PÉCSI MÁRTON | VARGA ZOLTÁN |
| BARINA ZOLTÁN | HORVÁTH GERGELY | PINKE GYULA | VASS RÓBERT |
| BARLA ENIKŐ | ILLÉS GÁBOR | PIRKHOFFER ERVIN | VASVÁRI MÁRIA |
| BARTHA DÉNES | IVÁNYI KRISZTINA | PONGRÁCZ RITA | VATAI JÓZSEF |
| BARTHOLY JUDIT | KATONA GÁBOR | PRAKFAI PÉTER | †VÁRALLYAY GYÖRGY |
| BARTOS-ELEKES ZSOMBOR | KERESKÉNYI ERIKA | PUTSAY MÁRIA | VÍKOR ZSUZSANNA |
| BATA TEODÓRA | †KERÉNYI ÁTTILA | RAPALA MIKLÓS | VOJTKÓ ANDRÁS |
| BEDE-FAZEKAS ÁKOS | KEVEY BALÁZS | ROTÁRNÉ SZALKAI ÁGNES | ZAGYVA TÜNDE ANDREA |
| BIHARI ZITA | KINCSES KRISZTINA | SCHAREK PÉTER | ZILAHÍ-SEBESS LÁSZLÓ |
| BIRÓ MARIANNA | KIRÁLY GERGELY | SCHMIDT ANDRÁS | †ZÓLYOMI BÁLINT |
| BOKOR VERONIKA | KISS GÁBOR | SCHMIDT DÁVID | ZSEMBERY ZITA |
| BORHIDI ÁTTILA | KOCSIS KÁROLY | SCHMOTZER ANDRÁS | |
| BÖLÖNI JÁNOS | KOLLÁNYI LÁSZLÓ | †SCHWEITZER FERENC | |
| BREZSNYÁNSZKY KÁROLY | KONKOLY-GYURÓ ÉVA | SÍKHEGYI FERENC | Vezető térképészek |
| BUDAI TAMÁS | KORBÉLY BARNABÁS | SOLT ANNA | AGÁRDI NORBERT |
| CZIGÁNY SZABOLCS | KOVÁCS GÁBOR | SOMODI IMELDA | KERESZTESI ZOLTÁN |
| CZÚCZ BÁLINT | KOVÁCS TAMÁS | SÜMEGI PÁL | KOCZÓ FANNI |
| CSEPREGI ISTVÁN | KOVÁCSNÉ BODOR PETRA | SZABÓ GYÖRGY | KOVÁCS ANIKÓ |
| CSIKY JÁNOS | KÖVÉR SZILVIA | SZABÓ JÓZSEF | MEZEI GÁSPÁR |
| CSIMA PÉTER | LAKATOS MÓNIKA | †SZABÓ MÁRIA | NEMERKÉNYI ZSOMBOR |
| CSORBA PÉTER | L’AUNÉ ÁGNES | SZABÓ PÉTER | SZABÓ RENÁTA |
| CSÜLLÖG GÁBOR | LÁZÁR ILDIKÓ | SZALAI JÓZSEF | |
| DANCZA ISTVÁN | LEELÖSSY ÁDÁM | SZALAY MIKLÓS | |
| DEBRECENI PÉTER | LEPESI NIKOLETT | SZARVAS IMRE | További térképészeti közreműködők |
| DOBOR LAURA | LESTÁK FERENC | SZEGEDI SÁNDOR | BAGAMÉRI GERGELY |
| DOBOS ENDRE | LÓCZY DÉNES | SZENTIVÁNYI ÁRPÁD | BALÁZS ÉVA |
| DOBÓ KRISTÓF | LÓKI JÓZSEF | SZEPESY GÁBOR | BARANCSUK ÁDÁM |
| EGRI CSABA | LÓKÖS LÁSZLÓ | SZÉPSZÓ GABRIELLA | BUTOR ZSANETT |
| FÁBIÁN SZABOLCS | MAGINECZ JÁNOS | SZILASSI PÉTER | GERTHEIS ANNA |
| FANCSIK TAMÁS | MAGYAR DONÁT | SZMORAD FERENC | GULYÁS ZOLTÁN |
| FARKAS EDIT | MAGYARI ENIKŐ | SZŐCS TEODÓRA | KISS RÉKA |
| FARKAS SÁNDOR | MALATINSZKY ÁKOS | SZÖVÉNYI GERGELY | SZIGETI CSABA |
| FAZEKAS ISTVÁN | MEGYERI BALÁZS | SZURDOKI ERZSÉBET | SZILÁDI JÓZSEF |
| †FEKETE GÁBOR | MESTER TAMÁS | TAHY ÁGNES | VESZELY ZSUZSANNA |
| FERENCZI ZITA | MEZŐSI GÁBOR | TAMÁS LÁSZLÓ | |
| FIALA KÁROLY | MICHÉLI ERIKA | TAR GYULA | |
| FODOR LÁSZLÓ | MIKESY GÁBOR | TARDY JÁNOS | Technikai munkatársak |
| FODOR NÁNDOR | MOLNÁR CSABA | TELBI SZ TAMÁS | LACZKÓ MARGIT |
| FRISNYÁK SÁNDOR | MOLNÁR V. ÁTTILA | TIBORCZ VIKTOR | MAGYAR ÁRPÁD |
| GÁBRIS GYULA | MOLNÁR ZSOLT | TIMÁR GÁBOR | |