



**BUDAPEST MŰSZAKI ÉS GAZDASÁG TUDOMÁNYI
EGYETEM
VÍZI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI TANSZÉK**

Talajvíz monitoring kutakból származó nitrogén szennyezettségi
adatok térinformatikai elemzése

TDK dolgozat

Készítette: Kékesi Márton Gábor

Építőmérnöki kar

Konzulensek:

Dr. Kozma Zsolt egyetemi docens

Ács Tamás tudományos segédmunkatárs

Budapest, 2021.10.30.

Tartalom

Ábrajegyzék	3
1 Bevezető	4
2 Irodalom	6
2.1 Nitrogén formák	6
2.1.1 Nitrogén.....	6
2.1.2 Nitrát	6
2.1.3 Nitrit	6
2.1.4 Ammónia	7
2.2 Nitrogén körforgás	7
2.2.1 Nitrogén fixálás.....	7
2.2.2 Nitrifikáció	8
2.2.3 Denitrifikáció	8
2.2.4 Ammonifikáció.....	9
2.3 Nitrogén szennyezések.....	9
2.3.1 Források.....	9
2.4 N-forgalmi modellek.....	10
2.5 Magyarország N-szennyezettségi helyzete, a Víz Keretirányelv hazai megvalósítása	11
2.5.1 Víztestek csoportosítása.....	11
2.5.2 Diffúz tápanyag szennyezések.....	12
2.5.3 Vízbázisok	13
2.5.4 Trend	13
3 Módszertan	14
3.1 A felszín alóli termelőkutak vízminőségi adatbázisa	15
3.2 N-formák és oxigén telítettség feldolgozása	16
3.3 Csoportosítások	19
3.3.1 Talajtípus szerint.....	19
3.3.2 Nitrogén koncentráció szerint	19
3.3.3 Oxigén telítettség kapcsolata	21
4 Eredmények.....	22
5 Összefoglalás	39
5.1 Tervezett tovább haladás	40
6 Köszönetnyilvánítás.....	40
7 Irodalom	40
8 Mellékletek.....	41

8.1	Sp.2.10.1, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák.....	41
8.2	Sp.2.10.2, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák.....	46
8.3	Sp.1.13.1, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák.....	52

Ábrajegyzék

1. Ábra : Módszertani folyamatábra	5
2. Ábra: Kiválasztott víztestek (térkép forrása: Agrotropo adatok, Dosoremi, genetikus típusú talajtakaró atlasz[14]).....	14
3. Ábra: Vizsgált víztestek.....	15
4. Ábra: Példa az előállított ábrákra.....	17
5. Ábra : Példa fluktuáló tendenciára	20
6. Ábra: Példa csökkenő tendenciára	20
7. Ábra: Példa Nem megállapítható tendenciára	21
8. Ábra: Példa növekvő tendenciára	21
9. Ábra : Kutak 50 mg/l NO ₃ ⁻ koncentráció alatt.....	23
10. Ábra : Kutak 50-150 mg/l NO ₃ ⁻ koncentráció között	23
11. Ábra : Kutak 150 mg/l NO ₃ ⁻ koncentráció fölött.....	24
12. Ábra : Kutak 0.5 mg/l NH ₄ ⁺ koncentráció alatt	24
13. Ábra : Kutak 0.5 mg/l és 3 mg/l NH ₄ ⁺ koncentráció között.....	25
14. Ábra : Kutak 3 mg/l NH ₄ ⁺ koncentráció felett.....	25
15. Ábra : NH ₄ ⁺ szennyezettségű kutak eloszlása.....	26
16. Ábra : NO ₃ ⁻ szennyezettségű kutak eloszlása	27
17. Ábra : NH ₄ ⁺ , sp.2.10.2, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj	28
18. Ábra : NO ₃ ⁻ , sp.2.10.2, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj	28
19. Ábra : NH ₄ ⁺ , sp.2.10.1, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj	29
20. Ábra : NO ₃ ⁻ , sp.2.10.1, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj	29
21. Ábra : NH ₄ ⁺ , sp.2.10.2, futóhomok	30
22. Ábra: NO ₃ ⁻ , sp.2.10.2, futóhomok	30
23. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.2.10.1, futóhomok.....	31
24. Ábra: sp.2.10.1 víztest GW0020457 kutjának NH ₄ ⁺ koncentrációi, futóhomok	31
25. Ábra: NO ₃ ⁻ , sp.2.10.1, futóhomok	32
26. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.2.10.1, humuszos homoktalajok, 1995-2018	33
27. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.2.10.1, humuszos homoktalaj, 2004-2018.....	33
28. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.2.10.1, humuszos homoktalaj, 2016-2018.....	34
29. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj	35
30. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, ráközelítve	35
31. Ábra: NH ₄ ⁺ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, 2004-2018.....	36
32. Ábra: NO ₃ ⁻ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj	36
33. Ábra: NO ₃ ⁻ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, 2006-2018.....	37
34. Ábra: trend szerinti eloszlás NO ₃ ⁻ szerint, alacsony koncentráció sp.1.13.1	38
35. Ábra: trend szerinti eloszlás NO ₃ ⁻ szerint, magas koncentráció, sp.1.13.1	38

1 Bevezető

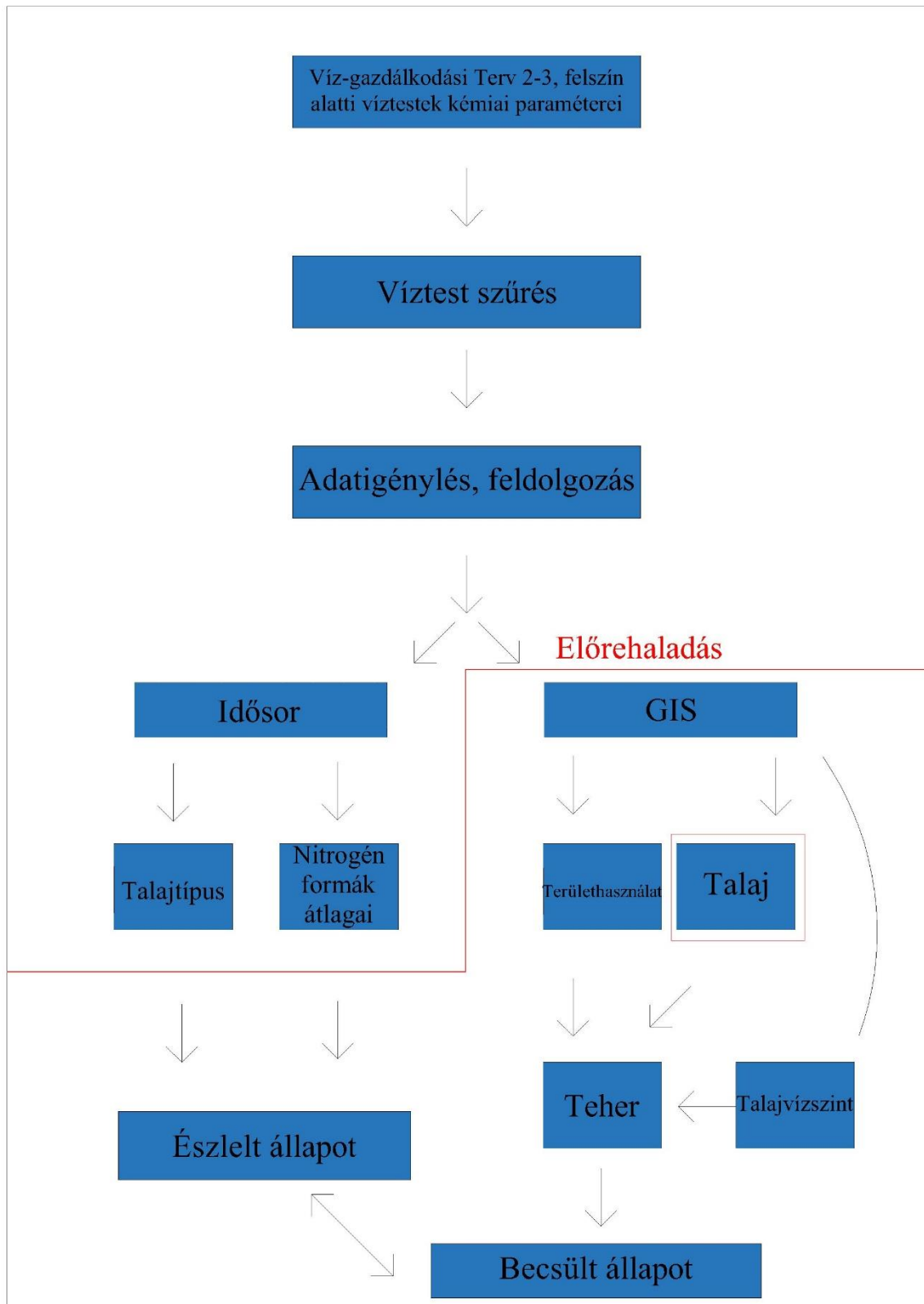
Az ország kedvező hidrogeológiai adottságainak köszönhetően, a kitermelt vizek több, mint 94%-a felszín alatti eredetű [4]. A nitrogén formák jelenléte a talajban elengedhetetlen, mivel a növények ezeket az anyagokat használják fel saját növekedésükhöz. Emellett ivóvízzel elfogyasztva a magas nitrát koncentráció veszélyes az egészségre is, ezért kiemelten fontos a N eredetű tápanyag-terhelést figyelemmel tartani.

A N szennyezések 47% talajvizekhez köthető, illetve az ország 69%-a nitrogén érzékeny terület [4]. Ezek a szennyezések pontszerű és diffúz eredetű szennyezések útján juthattak a talajvizekbe, de elképzelhető az is, hogy ezek természetes eredetűek. Befolyásoló tényező lehet a talajtípus, területhasználat, vízjárás, csatornázottság mértéke, fejlettsége.

Kutatásomban az Országos Vízügyi Főigazgatóság (továbbiakban: OVF) által kezelt Felszín alatti víztest (továbbiakban: FAV) kitermelő kutak vízminőség adatait vizsgálom. Dolgozatom célja, hogy a sekély porózus víztestekben, tehát a talajvizekben mért N-formákra vonatkozó adatokat, azaz az észlelt vízminőségi állapotot össze tudjam kötni, és ezzel együtt magyarázni tudjam a környezeti és terhelési viszonyokra vonatkozó térinformatikai adatokkal. A kiválasztott víztesteken, a rendszeresen ellenőrzött vízkitermelő kutak által mért nitrogén értékeket elemeztem, és vizsgáltam a különböző befolyásoló tényezőkkel való kapcsolatukat. A vizsgálat részét alkotta a hidrológiai eredet, a koncentrációk időbeli változása, a talajtípusból levonható következtetések, a talajvíz járása, illetve a földhasználat utáni befolyások.

Dolgozatomban részletesen ismertetni fogom a fontosabb nitrogén formákat, azok esetleges egészségügyi veszélyeit és környezeti vonatkozásait, emellett írni fogok a nitrogén szennyezés lehetséges útjairól és módjairól. Az alkalmazott módszertan szerves része az adatok értelmezése, feldolgozása, majd csoportosítása, mind nitrogén koncentráció alapján, mind talajtípus, és ezzel együtt területi csoportosítás alapján. A dolgozatban kitérek a kutatás során felmerült nehézségekre, illetve a tervezett tovább haladásra is. A teljes vizsgálat csak egy részét tudtam ebben a munkában befejezni. A témába való betanulás és az adatok feldolgozása nagyban megnövelte a kutatás idejét. Ebben a dolgozatban három víztest példáján dolgoztam ki egy olyan kiinduló módszertant, ami a vízminőségi monitoring pontok csoportosítását teszi lehetővé, és a több víztestre kiterjedő vizsgálatok alapja lehet. A teljes kutatást egy folyamat

ábrán szemléltetem (lásd: 1. Ábra). Az ábrán látszanak a dolgozat állomásai, és az is, hogy hol tart maga a kutatás.



1. Ábra : Módszertani folyamatábra

2 Irodalom

2.1 Nitrogén formák

2.1.1 Nitrogén

A levegő 78%-a elemi nitrogénből áll, körülöttünk teljesen jelen van. A nitrogén molekulája N_2 , amit háromszoros kovalens kötés tart össze, ezért nagyon kevés élőlény tudja felbontani. Ebből kifolyólag a növények nem is tudják hasznosítani a levegőben lévő nitrogént. A levegőben lévő nitrogén kötését mikroorganizmusok, baktériumok bontják fel, majd az így létrejött nitrogént vegyítik hidrogénnel, amiből ammóniát hoznak létre. [1]

A nitrogén a növények növekedésének alapeleme. Segíti a gyökerek, és a levelek növekedését. A növények, csak a megkötött nitrogént tudják felvenni. A különböző növényeknek különböző a nitrogén felvevő dinamikájuk. A fiatalabb növényeknek kisebb, mint az idősebbeknek. Ez például okozhatja a talajvíz nitrogén-koncentrációjának fluktuálást, hogy ha a mérések jó időközönként történtek. [1]

2.1.2 Nitrát

A gyökereken keresztül legjobban felvehető N-forma. Molekulája: NO_3^- . A növények korai fázisában fontosabb a felvétele, mint a későbbiekben. Hűvösebb időszakokban nem olyan gyors a felvétele.

Egészségügyi gondokat okozhat. A szervezetbe kerülve, a gyomorban átalakul nitritté, ami a hemoglobinnal képes metemoglobint készíteni, ami már nem képes az oxigén szállításra. Ez a fő okozója a kékhalálnak csecsemőknél. [1]

Főleg műtrágyákhoz használjuk, de vannak olyan vegyületei, amikből kiváló robbanóanyagot tudunk készíteni. Használjuk rakéta üzemanyaghoz is, számítógép, és TV-monitorok készítéséhez is, ezért egy olyan anyagról beszélünk, amit nagyon sok területen használnak.[1]

2.1.3 Nitrit

A nitrogén körforgás egyik eleme. Molekulája: NO_2^- . Az elem veszélyei az előző pontban vannak felsorolva. Meg kell említeni, hogy élelmiszerellátásban van szerepe, a hús

pirosságát és tartósíthatóságát biztosítja, ezért teljesen nem tudunk tőle megszabadulni, ezért muszáj limitálni a bevitelét a szervezetünkbe.[1]

2.1.4 Ammónia

Az egyszerűbb nitrogén vegyületek egyik tagja. Molekulája: NH_3 . Alapból könnyen felvehető elem, de túlzott felvétele káros lehet a növény gyökerére. A vegyület könnyen kötődik meg talajban. Fontos megemlíteni, hogy mivel a fehérjékben nitrogén és nitrát található, ezek lebontásakor ammónia keletkezik, ezért az élőlények elhalálzásakor mindig ammónia képződik. A vízben könnyen oldódik, ezért nagy gondot jelent az egészségre és a környezetre, mivel a mérgező az emberi szervezetre. Az NH_4^+ vegyületet ammóniumnak hívjuk, ez az NH_3 ionizált állapota. A vegyületek megváltozását a pH értéke szabályozza meg. A két vegyület szinte mindig jelen van együtt, de nem ugyanakkora mennyiségben, 8 pH és alatta lévő értékeknél az ammónium van többségben, 10,11 pH értéknél pedig az ammónia lesz jelentősebb. [11]

Legjelentősebb forrása mind antropogén eredetű, ezek, a műtrágyák, állattartás, általánosítva a mezőgazdaság. A használt trágya tulajdonságai befolyásolják az NH_4^+ és az NH_3 emissziót. Ilyenkor mérlegelni kell a környezeti hatását és az előállítását is. A karbamid egy olcsón előállítható trágya, de az N vesztesége 15-40% között van, azaz a benne lévő N, nem teljesen épül be a növénybe. Vannak trágyák, amiknek jobbak az N veszteség értékei, de ez által drágábbak is. Az egyik módszer a kevesebb N veszteségre, az az, hogy ha a trágyát úgy mond a föld alá temetik, nem pedig egyből a föld felszínére. Ilyenkor a levegőbe jutó NH_4^+ effektív 0, természetesen ilyenkor lehet, hogy a talajba jut be. Kutatások kimutatták, hogy az eső hatására, kevesebb NH_4^+ és NH_3 jut a levegőbe. Fontos tényező még a talaj hőmérséklete, mivel a magasabb talajhőmérséklettel, több NH_4^+ szabadul ki. Meg kell említeni, hogy száraz talajnál nincs NH_4^+ kibocsátás, illetve az is igaz, hogy magasabb pH értékeknél magasabb az emisszió is. [6]

2.2 Nitrogén körforgás

2.2.1 Nitrogén fixálás

A nitrogént a növények csak a talajoldatból tudják felvenni, ezért a körforgás első fázisában döntő részben a baktériumok kötik meg légkörből a talajba diffundáló nitrogén molekulákat, ekkor még nem energia nyereség szempontjából. A baktériumok szerves anyag

segítségével bontják le a nitrogén molekulát és alakítják át ammóniummá, illetve szerves vegyületekké.

A baktériumoknak itt két nagyobb csoportját különböztetjük meg, a szabad baktériumokat és a szimbióta baktériumokat. A szabad baktériumok átlagosan 50kg/ha N-t alakítanak át, míg a szimbióta baktériumok átlagosan 200 kg/ha N-ot. A legjelentősebb szabad baktérium a *Clostridium pasteurianum*, amely érdekessége, hogy oxigént hasznosító baktériumokkal található meg szimbiotikus kapcsolatban, de a baktérium obligáta anaerob, ami azt jelenti, hogy atmoszférikus oxigén koncentráció hatására elpusztul. A szimbióta baktériumok közül a *Rhizobim sp.* a legjelentősebb. Ezek a szimbióta baktériumok magasabb rendű élőlényekkel élnek együtt. Kommunikációra a lentin enzimmel képesek. [3]

Ez a folyamat 25 és 30 °C között játszódik le leggyorsabban, semleges pH mellett. Vannak anyagok, amik segítik a folyamatot, ilyenek például a Mo, Fe, Co, Ca. A vízben az előzőleg említett baktériumok helyett cianobaktériumok végzik a folyamatot.

2.2.2 Nitrifikáció

Ennek a szakasznak a lényege, hogy a baktériumok redukált N-formák oxidálásává energiához jutnak. A folyamat lezajlása után jelennek meg a növények számára hozzáférhető N formák. A folyamatnak két szakasza van. [2]

1. Az első szakasz amikor az ammóniumból nitrit lesz
2. A második amikor ebből a nitritből nitrát alakul

Az első szakasz átlagos hőmérséklet igénye 30 és 35 °C között van, semleges pH-val. A folyamat vizes közegben, oxigén jelenlétében zajlik. A folyamat hatására nő a talaj hőmérséklete. Ezt egy főbb baktérium család végzi: *Nitrosomonas europea*. [2]

A második szakasz kevésbé hőérzékeny. A folyamat nagyon érzékeny, kis mennyiségű szennyeződés a teljes átalakulást meggátolhatja. A kémhatás itt is semleges, esetleg lúgos. A folyamat fontos következménye, hogy a képzett nitrátot már a növények is felveszik és hasznosítják.

2.2.3 Denitrifikáció

A folyamat a nitrogén körforgás egyik lezáró kimenetele. Több lépésben mehet végre, és a végtermék fajonként változhat. Az átalakuláshoz víztelítettség szükséges, az oxigén jelenléte gátolja a folyamatot, mivel anaerob baktériumok végzik el. Szerves anyagok befolyásolhatják a folyamat kimenetelét. Az átalakulás végbe megy 3.9 és 9 pH között, magasabb pH-ál gyorsabban végbe megy. Természetesen ezzel a folyamattal a talaja nitrogén tartalma csökken. [2]

2.2.4 Ammonifikáció

Az ammonifikáció jellemzően talajban, üledékben lezajló folyamat. Aerob körülmények között a nitrifikáció folyamán nitritté, nitráttá alakul. A folyamat érdekessége, hogy aerob és anaerob körülmények között is lejátszódik.

2.3 Nitrogén szennyezések

2.3.1 Források

A legfőbb forrás mindenképp a mezőgazdaság. A mezőgazdaság szinte minden területéhez használnak valamilyen nitrogén-félt, sőt, az ételek tartósságához is alkalmaznak nitrátot és nitritet, ezért nem zárhatjuk ki őket a mindennapi felhasználásból. [1] [6]

A nitrogén a talajba legegyszerűbben diffúzió jelleggel, a trágyázás útján juthat. Mint ahogy említettem, a növények növekedéséhez elengedhetetlen. Ilyenkor felléphet a nitrogén kimosódás, ami azt jelenti, hogy a befektetett nitrogén egy része a talajba vándorol, eső útján. Emellett az is előfordulhat, hogy a levegőbe jut NH_3 -kén. Kimosódás esetén, csapadék segítségével a nitrogén a vízcseppek mozgásával jut mélyebben a földbe, és onnan esetleg talajvizek, majd rétegvizekbe. Levegőbe főleg ammónia és ammónium, illetve N_2 és N_2O tud bekerülni. Fontos – jellemzően pontszerű – kibocsátó forrás még az állattartás is, ideértve a halgazdálkodást is

Ezeket nagyban befolyásolhatja, az állattartás és trágyatartás módja vagy mennyisége is.

Mezőgazdaságtól eltekintve fontos tényezők lehetnek az ipari és városi kibocsátások. Az első a szennyvíz, mivel az minden városban megtalálható, és nem elkerülhető probléma. A használt szennyvíz rengeteg nitrogént, és ezáltal nitrogén formákat tartalmazhat, amelyek később bekerülhetnek a talajvizekbe. A települési szennyezéseket a csatornázás fejlesztésével és a szennyvíztisztítók fejlesztésével lehet csökkenteni.

Emberi hatástól eltekintve a nitrogén formák megjelenhetnek természetes úton is. Ilyenkor geológiai eredetű nitrogénről beszélhetünk. Geológiai adottságai egy víztestnek nagyban befolyásolhatják a kémia paramétereit a víznek, mint például, hogy leáramló vagy feláramló a víztest.

A vízjárás is nagy szerepet játszik a szennyezettség megítélésében, mivel a mért talajvízszintből következtethetünk több dologra is. Ilyen például az ammónium eredete, esetleg a nitrifikáció bekövetkezése.

Fontos eleme a vizsgálatnak az oxigén telítettsége. Az oxigén a nitrifikációhoz szükséges elem. Enélkül elviekben nem jöhet létre nitrifikáció.

Szennyezések között megkülönböztetünk diffúz és pontszerű szennyezést. Pontszerű szennyezésről akkor beszélünk, ha a szennyezés kis térbeli kiterjedésű területen, nagy anyagárammal kerül a földre. Általában a városi és ipari szennyezéseket tekintjük pontszerűnek. Diffúz szennyezésről pedig akkor beszélünk, ha a szennyezés kis anyagárammal, nagy kiterjedésű területen (esetleg sok elszórt pontforrás összességként) jut ki a környezetbe. A mezőgazdaság nagy részben diffúz szennyező területekből áll, de például az állattartáshoz köthető trágya eredetű N-szennyezés lehet pontszerű.

2.4 N-forgalmi modellek

A nitrogén formák környezeti sorsának vizsgálatában fontos eszközök a N-forgalmi modellek. Ezek közül a hazai fejlesztésű 4M termés szimulációs szoftvert, és a VGT keretében itthon is alkalmazott MONERIS algoritmusokat mutatom be röviden.

A 4M modellt, terméshozam meghatározásra, növényi N felvételre, tápanyag mérleg meghatározására, és NO_3^- szivárgás meghatározására lehet használni. Ezeket az értékeket minden egyes MePAR parcellára meg lehet határozni, így GIS térképet lehet az adatokból készíteni. A modell működéséhez szükséges egyéb paramétereket megadnunk a programnak. Ilyen paraméterek például a hőmérséklet, az időjárási tényezők, a talaj tápanyag értéke. Látható,

hogy a modell működése elsősorban mezőgazdasági területeken megbízható, ezért más felszínborítást is érintő térképezéshez, víztest léptékben a MONERIS modell jobban használható. [7]

A MONERIS modellt az emissziós források és útvonalak becslésére fejlesztették ki, főleg a nitrogén- és foszfor formák vizsgálatához. A főbb szennyezőanyag terjedési útvonalak, amit a modell figyelembe vesz, a következők: légköri kiülepedés, pontszerű terhelések, talajvízben oldott állapot, talaj drénen keresztül, városi burkolt felületek, erózió által, felszíni lefolyások. A modell működéséhez ki kell jelölnünk részvízgyűjtőket. Ezek lefolyási hierarchia szerint vannak csoportosítva. A vizsgálati egységeken belül ki kell jelölnünk aggregációs egységeket, amik monitoring pontok. A modell számítása a következő: az vizsgálati egységek emisszióit korrigáljuk a tápanyag visszatartással, majd ezt az értéket összevetjük a monitoring kútnál mért éves átlaggal. [4]

2.5 Magyarország N-szennyezettségi helyzete, a Víz Keretirányelv hazai megvalósítása

A Víz Keretirányelv (továbbiakban: VKI) az Európai Unió közös vízpolitikai irányelve, ami előírja a vizek védelmét minden tagállam számára. Az irányelvet 2000-ben fogadták el, és az akkori kitűzés az volt, hogy 2015-re minden felszíni és felszín alatti víztest érje el a jó ökológiai állapotot. Ennek elérése érdekében kezdték el a Vízyűjtő-gazdálkodási Tervek (továbbiakban: VGT) kidolgozását, melyek olyan program tervek, amik végre hajtják a VKI-ban előírtakat, értékelik a szennyeződések alakulásait, és javaslatokat fogalmaznak meg a jövőre nézve. [5]

A VGT-ből kiderült, hogy a N-formák esetében a legfőbb kibocsátó a mezőgazdaság. Érdekes, hogy fajlagosan/területarányosan a települési szennyezés nagyobb mértékű, de a termőföldek kiterjedésük miatt mégis nagyobb százalékban hozzájárultak a szennyezésekhez. Olyan területeken volt nagyobb a szennyezés, ahol volt talajvíz utánpótlás, és a kőzetből adódóan a denitrifikáció jelentősége nagyobb volt, ebből következően a porózus és hegyvidéki területeken nagyobb volt a szennyezés. [4]

2.5.1 Víztestek csoportosítása

A VGT-ben a felszíni és felszín alatti vízgyűjtő területeket vizeket víztestekre osztották. A víztest egy felszín alatti víznek egy víztartón belül lehatárolt részét jelenti. Ezen belül

többféle víztest csoportot különböztetnek meg. Ilyen például a hegyvidéki, termál, vagy a sekély porózus víztest. A kutatásomban a sekély porózus víztestekkel foglalkoztam, mivel ezek foglalják magukba a talajvizeket. Ezekből Magyarországon 55 lett lehatárolva, aminek a száma, és a víztestek határai nem változtak 2004 óta. [4]

A víztestek csoportosítása előtt fontos beszélni a különböző anyagok küszöbértékeiről. Mivel nagyon sok vegyület veszélyes a környezetre, és az egészségünkre, ezért fokozottan figyelni kell, hogy mennyi található meg belőle az vizeink. Emellett Magyarországon, a geológiai adottságokból következik, hogy vannak olyan anyagok, amik természetes úton megjelennek a talajban. Ilyen például az ammónium. Ezeknek a tudatában írták elő a különböző komponensek küszöbértékeit, amit, ha egy komponens átlép, akkor az ottani terület nem megfelelő állapotú. [4] [9]

A VGT3 keretében a víztestek mennyiségi és minőségi adatait vizsgálták, és sorolták be különböző kategóriákba. Egy víztestet be lehetett sorolni a „Jó” kategóriába, a „Jó, de fennáll a kockázat veszélye” kategóriába (továbbiakban: kockázatos), és a „Gyenge” kategóriába. A kutatásomban a minőségi besorolást vettem figyelembe, mivel ez foglalja magába a tápanyag-terhelést is. Egy víztestet akkor tekintettek gyenge állapotúnak, ha a rajta mért koncentrációk 20%-a meg haladta az adott komponensre előírt küszöbértéket. Az állapot értékelésben figyelembe veszik a hidrológiai adottságokat is, ezért például nem mindenhol volt az ammónium magas koncentrációja gond, de erre később kitérek. [4]

A víztestek elsődleges csoportosítása a hidrológiai áramlások révén történhet. Egy terület lehet feláramlási, leáramlási vagy vegyes áramlási. Az áramlás befolyásolhatja a mért koncentrációk okát, mivel a különböző áramlási folyamatok magyarázatot tudnak adni magas koncentrációkra.

2.5.2 Diffúz tápanyag szennyezések

A VGT-k azt mutatták, hogy a települési objektumok 25%-a lép túl a N küszöböt, a mezőgazdasági objektumok 12,8%-a. Ezeknél a számoknál érdemes figyelembe venni azt, hogy ezek sekély kutak voltak, vagy sekély mérések. A tapasztalat azt mutatta, hogy ha egy víztestnél sok sekély kút van, akkor ott rosszabb nitrát szennyezettséget kapunk. Ezek a számok alapján 6 víztest nevezhető gyengének, 8 pedig jó, de veszélyeztetett jelzést kapott. [4]

Az ammónium vizsgálatánál figyelembe vették, hogy a VGT1-nél mért ammónium, most mélyebb rétegekben található, csapadékszivárgás révén, így az ott mért NH_4^+ kvázi-természetes eredetű, így részben kizárható az újabb szennyezés ténye. Ezeket figyelembe véve 2 sekély porózus víztest kapott gyenge minősítést. A Körös-Maros köze volt az egyik, amelyik főleg települési és mezőgazdasági szennyezéstől szenved, a másik az Alsó-Tisza-völgy volt, ami hasonló okok miatt szennyezett ammónia szempontból. [4]

2.5.3 Vízbázisok

A kutatások alapján az ivóvíz termelő kutak, 40 termelőkút „gyenge”, 119 termelőkút „jó, de fennáll a gyenge állapot kockázata” értékelést kapott nitrát szennyezésnél, ammónium szennyezésnél pedig 146 kút kapott „gyenge” besorolást, és 35 kapott „jó, de fennáll a gyenge állapot kockázata” besorolást.

Az ivóvíz bázisoknál, főleg a sekély porózus víztesteknél, a nitrát volt a fő szennyező ok, kevésbé az ammónium.

Összesen 16 sekély porózus víztest kapott „gyenge” állapot értékelést, és 1 sekély porózus pedig „kockázatos” értékelést kapott. Általánosságban elmondható, hogy főleg mezőgazdasági és települési szennyezettségek az okok.

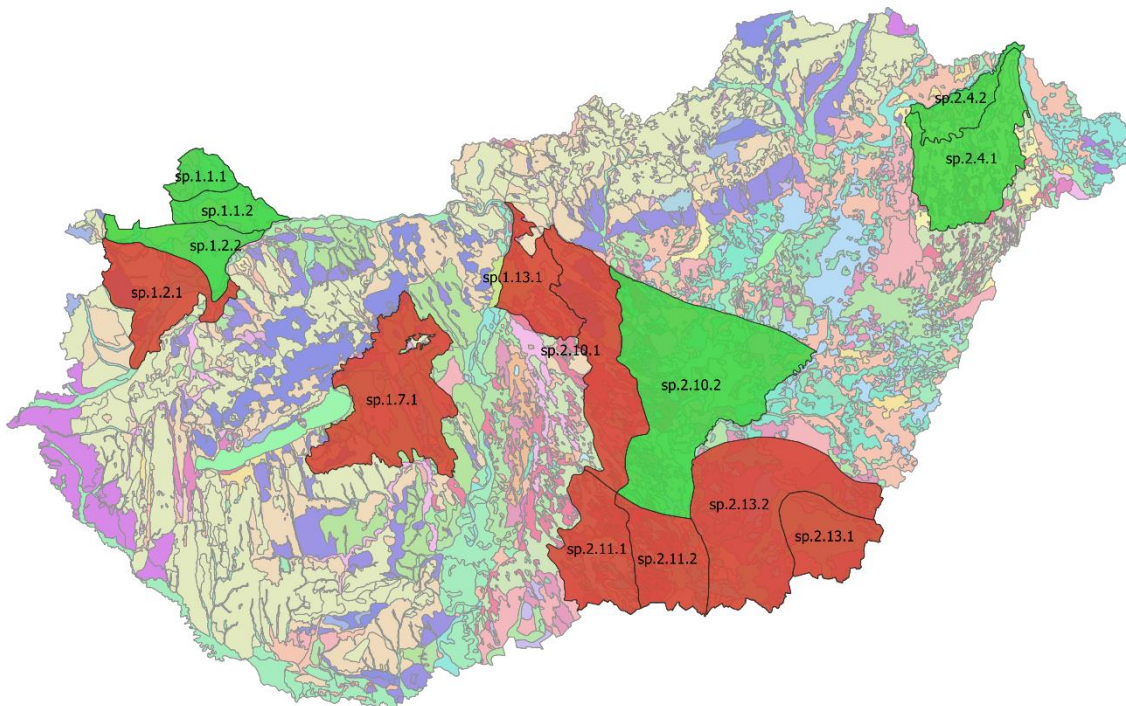
2.5.4 Trend

A trend vizsgálatnál a Mann-Kendall tesztet alkalmazták, mivel a hiányzó és kiugró adatok nem okoztak gondot. A vizsgálat során idősorokat néztek, és azt figyelték, hogy a különböző komponensekre van-e változás. Ezek szerint lehetett trend változás, ami vagy csökkenő, vagy növekvő, illetve tapasztaltak trend változás nélküli víztestet is. Összesítve 1 sekély porózus víztest kapott gyenge minősítést, ahol nitrát volt a minősített komponens, illetve további 6 kapott kockázatos értékelést. Ammónia vizsgálatnál összesen 3 víztest kapott gyenge értékelést és további 1 kapott kockázatos értékelést.

3 Módszertan

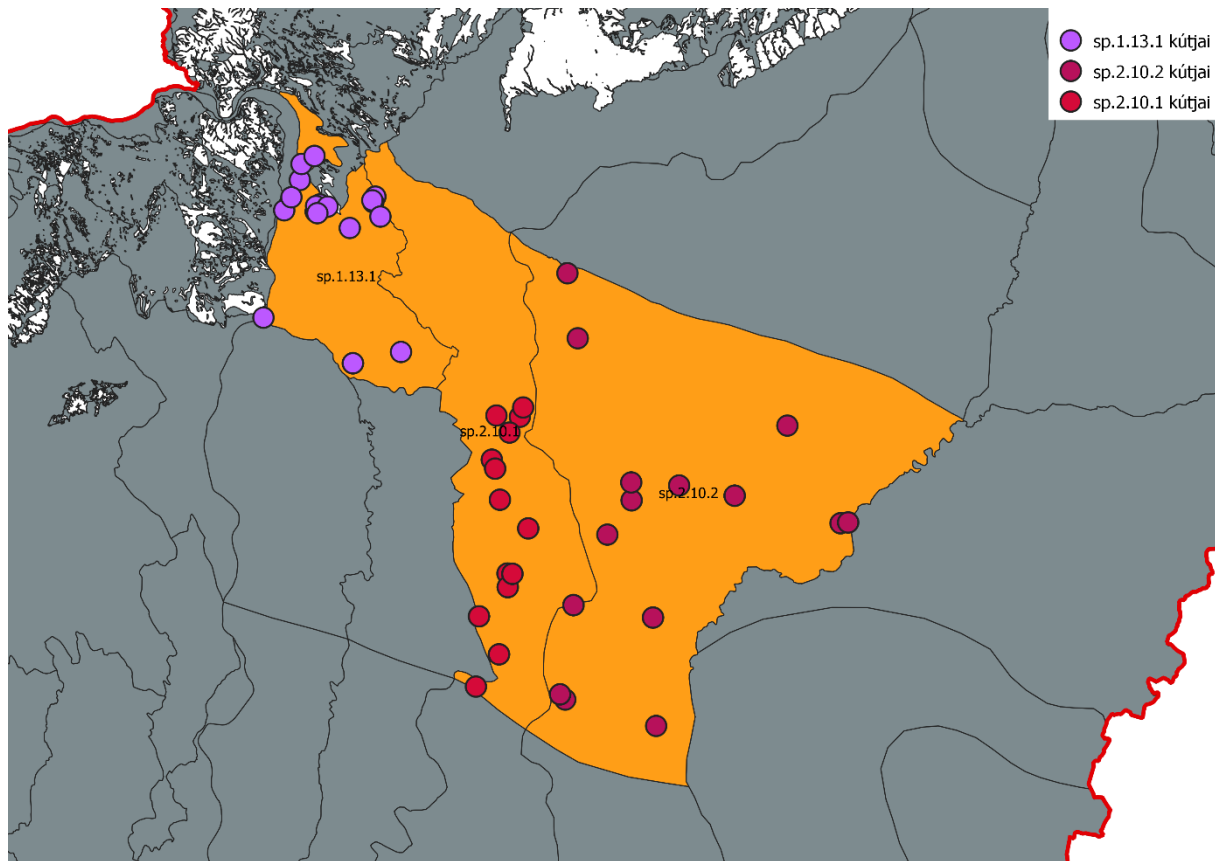
A dolgozat elején ismertettem a különböző állomásokat, amiken végig mentem. (lásd: **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) Most ezeket az állomásokat fogom részletezni.

A kutatásomban 14 víztest adatait igényeltem meg az OVF-tól. Mind a három minősítési csoportból választottam víztesteket, annak érdekében, hogy jobban tudjam vizsgálni a folyamatokat, és össze tudjam hasonlítani a kapott eredményeket. Emellett fontos volt még a víztesteken található kutak száma és térbeli elhelyezkedése. Ez a szempont a későbbiekben hátrébb sorolódott, mivel a kutak száma nem végtelen, és a legtöbb víztesten sajnos nem túl jó a kutak lefedettsége. A víztesteket úgy választottam ki, hogy egy térség leáramlási és feláramlási része együtt legyen a kiválasztásban. Zölddel jelölt víztestek a VGT állapot felmérés által „jó” besorolást kaptak, a pirossal jelöltek pedig vagy „kockázatos” vagy „gyenge” besorolást kaptak.



2. Ábra: Kiválasztott víztestek (térkép forrása: Agrotropo adatok, Dosoremi, genetikus típusú talajtakaró atlasz[14])

A kiválasztott víztesteket tovább kellett szűkíteni a dolgozat keretében, így a 3 víztest, amin a csoportosításokat vizsgáltam, az sp.1.13.1, sp 2.10.1, és a sp 2.10.2 lettek. A 2. térkép a vizsgált víztesteket mutatja, a rajta található monitoring kutakkal.



3. Ábra: Vizsgált víztestek

3.1 A felszín alóli termelőkutak vízminőségi adatbázisa

A megigényelt adatokat az OVF egy Excel táblázatban továbbította nekem. A táblázat tartalmazta az általam kiválasztott víztesteken lévő kutak, és már nem létező kutak, méréseinek az értékeit. A mérések többnyire különböző időpontokban történtek. Nem látható egy egységes beosztás, ahol látnánk, hogy például minden évben minden hónapban volt mérés. Vannak kutak, ahol egy évben több mérés volt, majd másik kútnál azt látjuk, hogy abban az évben csak 1 mérés volt. Emellett ki kell emelni, hogy általában a legkorábbi mért adat 2000-2005-re tehető, ezért nem feltétlen lehet évtizedekig visszamenő trendeket vizsgálni. Viszont azoknál a kutaknál, ahol hosszabb időre van mérési adat, ezt külön meg lehet tenni, és esetleg lehet belőle következtetést levonni. A táblázatban a mérési idők mellett meg voltak adva egyéb azonosító jellegű adatok is, mint például VOR kód, esetleg mintavételt végző cég, vagy laboratórium. Ezek után következtek az EOV koordináták, a méréshez kivett víz térfogata, illetve a méréskor mért vízszint, és az ezekhez kapcsolódó kiegészítő adatok. Az egyéb azonosító jellegű adatok után a kémiai komponensek voltak megadva, többek között az ammónium, nitrát és nitrit, de voltak mérések víz hőmérsékletre, fajlagos vezető képességre, mind terepen mind laborban,

voltak adatok oldott oxigénre, foszfátra, magnéziumra, vasra, szulfátra, csak, hogy felsoroljak párat. Fontos megjegyezni, hogy a táblázatban 2 külön munkalapon volt feltüntetve a 2012 előtt és után mért mérések eredményei. Itt azt lehetett megfigyelni, hogy volt olyan kút, ami csak az egyik idő intervallumban volt megtalálható.

A táblázat leegyszerűsítésének az első lépése az volt, hogy a kutakat víztestek szerint csoportosítottam. A kutak azonosítóját felhasználva tudtam ezt megtenni.

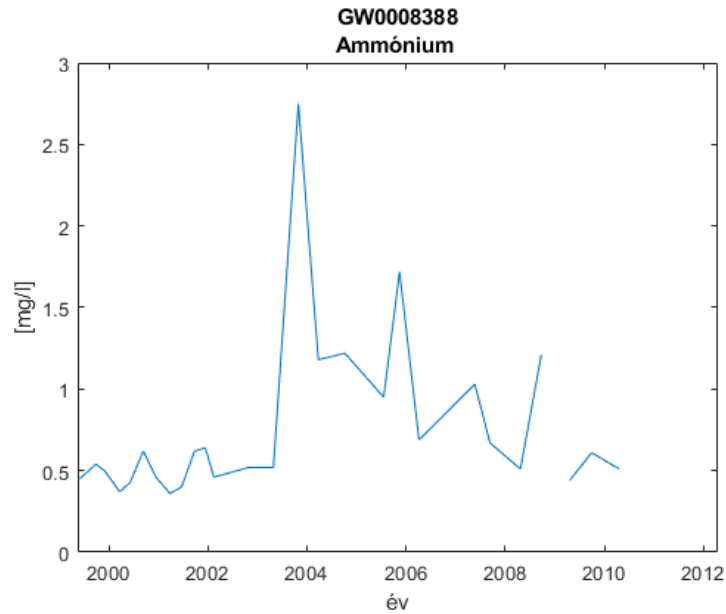
A megadott adatok és komponensekből nem volt mindenre szükség, így a rengeteg oszlopból csak a fontosabbakat hagytam meg. Ilyen volt a vízszint, a nitrogén formák koncentrációja, pH, oldott oxigén, fajlagos vezetőképesség, illetve a koordináták, mérési idők, és a kút azonosítók. A meghagyott oszlopok között is akadt olyan oszlop, amit végül nem használtam.

A fontosabbnak talált adatokat egységes munkalapra, egységes idősorra rendeztem össze. Az adatsorban található nem numerikus kifejező értékeket (pl, „<1”, „x”) megfelelően átírtam és kiszűrtem. Az így kapott rendezett, és szűrt adatok feldolgozását matlab (R2021a) szoftverrel végeztem.

3.2 N-formák és oxigén telítettség feldolgozása

A beolvasott adatokat matlabbal vizsgáltam tovább. A program egyszerű utat adott az adatok ábrázolására és csoportosítására. Sokféle ábrázolási lehetőséget nyújt, ilyen például a vonal ábrázolás, a hisztogram, illetve lehet például boxplotot is csinálni.

Az első lépés a kutak egyesével való ábrázolása volt. Minden kutat a kiválasztott víztesten egyenként 6 komponensére ábrázoltattam. Ezek a komponensek a mért NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , fajlagos vezetőképesség helyszínen, pH és a vízszint volt. Elsőre ezek az adatok tűntek fontosnak, és ezeket tartottam az alappilléreinek az elemzésnek. Annak érdekében, hogy kitudjam szűrni a hibás adatokat, az adatsorokat boxplottal is ábrázoltam. A boxplot egy olyan ábrázolási módszer, ami egyszerre több statisztikai adatot megjelenít, például mediánt, számtani átlagot, minimum és maximum értéket, 25 és 75%-os kvartilisek, és ha van, a kilógó értékeket is tudja ábrázolni.[15]



4. Ábra: Példa az előállított ábrákra

Azoknál a méréseknél, ahol volt adat az oxigén oldottságra, ott tudtam számolni oxigén telítettséget is, a Benson & Krause egyenlet és az Excel segítségével. Az egyenlet a tengerszinthez viszonyított magasság és a hőmérséklet, illetve más együtthatók segítségével képes számolni oxigén telítettséget. A képletben a Cs az oxigén telítettséget, a T a hőmérsékletet jelenti.

Oldott oxigén telítettségi egyenlet

Állandók

Y int	-139.34411	
a	1.58E+05	
b	6.64E+07	<i>** az egyenletet Benson ésKrause (1984) dolgozta ki (az összefüggés nem veszi figyelembe a légköri folyamatokat)</i>
c	1.24E+10	
d	8.62E+11	
e	3.19E-02	
f	1.94E+01	
g	3.87E+03	

$$\ln(Cs) = Yint + \frac{a}{T} - \frac{b}{T^2} + \frac{c}{T^3} - d/T^4 - \text{chlx}(e - f/T + g/T^2)$$

A számításnál elhanyagolható volt a tengerszint feletti magasság, mivel az csak nagyobb értékeknél jelentős. [13]

Az N formákat nem teljesen csak nitrogén alkotja, így a mért koncentrációk nem teljesen tükrözik a nitrogén terhelést. Ha a moláris tömegből leválasztjuk a nem nitrogén elemek tömegét, akkor megkapjuk a nitrogén tényleges arányát. Vegyük példaként a NO_3^- -at. A nitrogén moláris tömege 14.0067 g/mol, az oxigénéé 15.999 g/mol, így elviekben egy nitrát atomtömege:

$$14.0067+3*15.999 = 62.0037 \text{ g/mol}$$

Ebből a tényleges nitrogén aránya:

$$14.0067/62.0037= 0.226 \rightarrow 22.6 \%$$

Tehát ha van egy mérésünk NO_3^- -ra, akkor tudjuk már számolni, hogy mekkora a tényleges nitrogén, ami benne van. Ha ezt megismételjük mindegyik mérésre, akkor meg tudjuk nézni a nitrogén változását. Az előző gondolatmenetet követve az NH_4^+ tömege:

$$14.0067+4*1.00784 = 18.038 \text{ g/mol}$$

Így a nitrogén aránya ammóniumban:

$$14.0067/18.038 = 0.78 \rightarrow 78\%$$

És NO_2^- -re:

$$14.0067+2*15.999 = 46.0047 \text{ g/mol}$$

Így tehát a nitrogén aránya nitritben:

$$14.0067/46.0047= 0.304 \rightarrow 30.4 \%$$

Már előzetesen látszik, hogy az ammóniumban nagyobb részarányt tesz ki a nitrogén, ezért a magas nitrogén koncentrációk csalóak lehetnek, mivel az ammónium a VGT3 szerint nem akkora szennyező, mint a nitrát vagy a nitrit. Ha egy mérés időpontban, összeadjuk a mért koncentrációkban megtalálható nitrogéneket, akkor megkapjuk az összes nitrogént. Tehát:

$$\text{NH}_4\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}=\text{Össz-N}$$

3.3 Csoportosítások

3.3.1 Talajtípus szerint

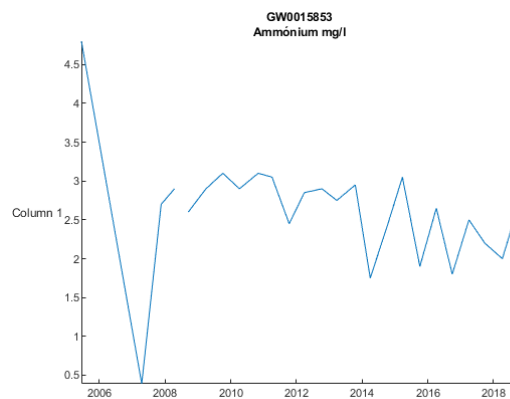
Az EOV koordinátákkal rendelkező kutak pozícióját QGIS szoftver segítségével határoztam meg. Ezeket a kutakat utána talajtípus (fizikai féleség, genetikai talajtípus, Agrotopo, illetve DoSoReMi adatbázisok), szerint tudtam csoportosítani. Megnéztem, hogy az egyes kutak körül milyen talajadottságok jellemzőek. Ebből a csoportosításból úgy gondoltam, hogy megszerezni tudom a meglévő adatokat. Feltételeztem, hogy az eltérő tulajdonságú területek és az ott mért nitrogén-koncentrációk között kimutatható valamilyen kapcsolat. Meg kell említeni, hogy voltak olyan talajok, ahol több kút is esett a típusra, és megesett ennek az ellentettje, hogy egy talajtípuson csak egy kút található. Ez azért baj, mivel ilyenkor egy adatsorból kell dolgozni, ami nem túl jó megoldás, és félre vezethet. Erre egy megoldás, hogy nem csak egy víztestet vizsgálunk, hanem magát a talajtípust vizsgáljuk, és egyezzerre nézzük az összes kutat. Ha ez esetleg túl sok kút lenne, akkor a talajtípust lehet tovább bontani kisebb csoportokra, esetleg koncentráció tendencia alapján, vagy esetleg nitrogén átlagok, vagy más statisztikai értékek alapján.

3.3.2 Nitrogén koncentráció szerint

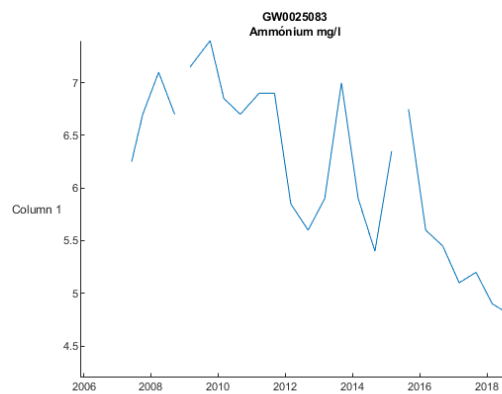
A kutakat, észlelt koncentrációk alapján is lehet csoportosítani. Ebben az esetben egy statisztikai módszert kell használni. Egy olyan komponenst érdemes választani, aminek nagy a terjedelme, hogy így több szintben lehessen ábrázolni az adott koncentrációt. Erre a kutatásomban is volt példa, hogy az egyik víztestnél nem volt magas az ammónium szórása, így azzal nem biztos, hogy érdemes dolgozni. Általában az ammónium átlagok alapján jól látható, és kedvező terjedelmű csoportosítást lehetett létrehozni.

A vizsgálatokkor 3 csoportot csináltam. Az első csoport a 0 és a küszöbérték közötti intervallum volt. Ez a csoport volt a „jó” csoport, ebben a csoportban voltak azok a kutak, ahol feltehetően nincs szennyeződés. A következő intervallum a küszöbérték és egy általam meghatározott érték volt. A meghatározott érték ugyancsak a koncentráció terjedelmétől függött. Ebbe a csoportba tartoztak a szennyezett kutak. Az utolsó csoportba a nagyon szennyezett kutak kerültek. Itt az intervallum az általam meghatározott érték, és felette lévő értékek voltak. Fontos kiemelni, hogy nem feltétlen kell 3 csoportnak lennie, lehet kevesebb vagy több is. Volt olyan csoportosításom, ahol NO_3^- átlag koncentrációkat figyeltem az egyik víztestnél, és a nitrát szórása nem volt elég ahhoz, hogy érdemben lehessen 3 csoportot alkotni.

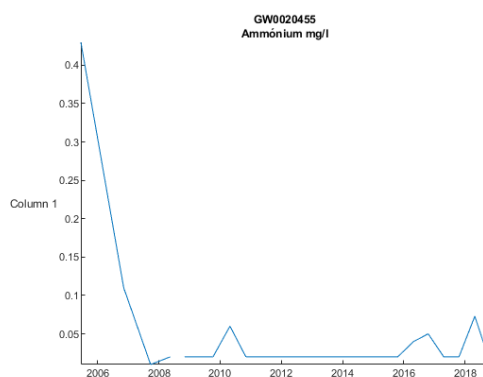
A nitrogén átlagos csoportosításnál elég nagy csoportok lettek leválasztva, amikkel még nem annyira lehet dolgozni, mivel túl sok elemből állnak. Erre azt találtam ki, hogy megfigyelem a vizsgált komponens tendenciáját, hogy hogy alakult a mérések alatt. Ezzel a módszerrel az alacsony és magas koncentrációkat még több csoportba tudtam szétszedni. Voltak csökkenő, növekvő és fluktuáló tendenciák, illetve voltak olyanok is, ahol nem lehetett megállapítani a változást, esetleg, ha egy időszakban nem volt mérés, de volt egy magasabb ugrás, vagy éppen zuhanás, de akkor is ezt a címkét adtam egy kútnak, ha nem változott sokat az érték.



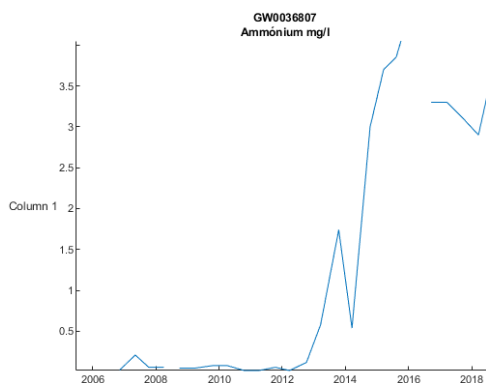
5. Ábra : Példa fluktuáló tendenciára



6. Ábra: Példa csökkenő tendenciára



7. Ábra: Példa Nem megállapítható tendenciára



8. Ábra: Példa növekvő tendenciára

3.3.3 Oxigén telítettség kapcsolata

A vízben mért oxigén segíthet a nitrogén formák eredetének megmagyarázásában. A nitrogén lehet természetes eredetű, és lehet még antropogén származású, ami az emberi eredetűt jelenti.

A nitrifikáció aerob folyamat, így oxigén nélkül ez nem tud létre jönni. Ha alacsony az oxigén telítettség, illetve nincs nitrát és nitrit, akkor lehet arra következtetni, hogy a szennyezés geológiai eredetű. Ez általában ammóniumnál jelenik meg, mert hazánkban gyakori a magas ammónium koncentráció, de a VGT nem tartja veszély forrásnak. Ezt azzal magyarázzák, hogy az ammónium könnyen nitrifikálódik. Az ebből kialakuló nitrátot könnyen felveszik a növények. Ez olyan szempontból érdekes, hogy azon a területen, ahol nincsenek növények, ott

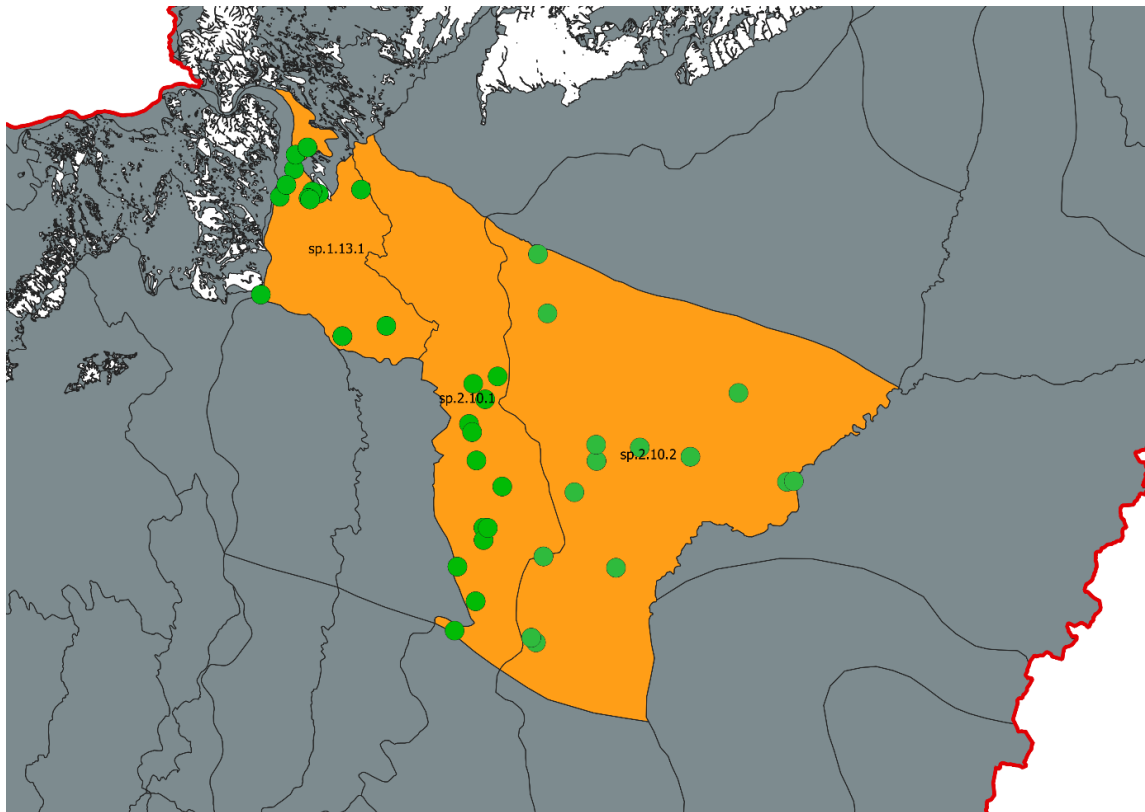
elviékben nincs hova felszívódjon az ammónium, vagy a nitrát, így az ottani szennyezést máshogy kell kezelni.

4 Eredmények

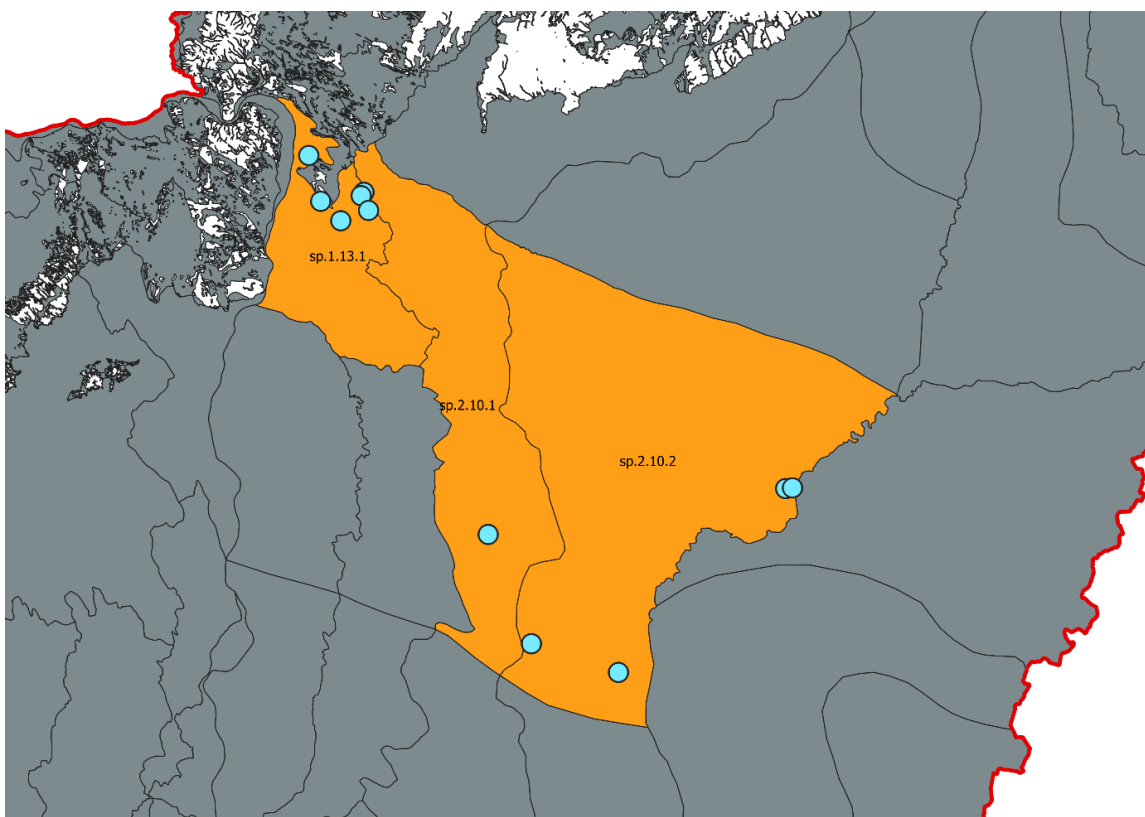
A csoportosításokból azt néztem meg, hogy hogyan oszlanak el a szennyezettségek. A talajtípusból sok mindenre lehetne következtetni, ezért, ha azt látom, hogy a nitrogénszennyezettségek területileg valahogy csoportosulnak, akkor abból igazolni lehet a talajtípusokból levont következtetéseket.

A szennyezettségek eloszlásának vizsgálatát megnehezítette, hogy voltak kutak, amik nagyon közel voltak egymáshoz, és ezért nehéz volt vizsgálni, hogy éppen a kutak közül melyik volt szennyezett, és mennyire, ezért a különböző koncentrációkat külön-külön ábrázoltam, hogy jobban ki lehessen venni az eredményt. A 3 víztesten egyszerre ábrázoltam a különböző szennyezettségi szinteket. Itt azt is megjegyzem, hogy a 3 víztest közül nem mindegyiknél volt célszerű nitrát koncentráció szerint nézni a csoportosítást. Az sp 1.13.1-nél ammónium szennyezetség alig van, ezért az ottani csoportosítás $\text{NO}_3\text{-N}$ szerint néztem, a maradék 2 víztestnél pedig pont fordítva, ott nem volt túl nagy NO_3^- szennyezés, így ammónium szennyezés szerint érdemes nézni a csoportosítást.

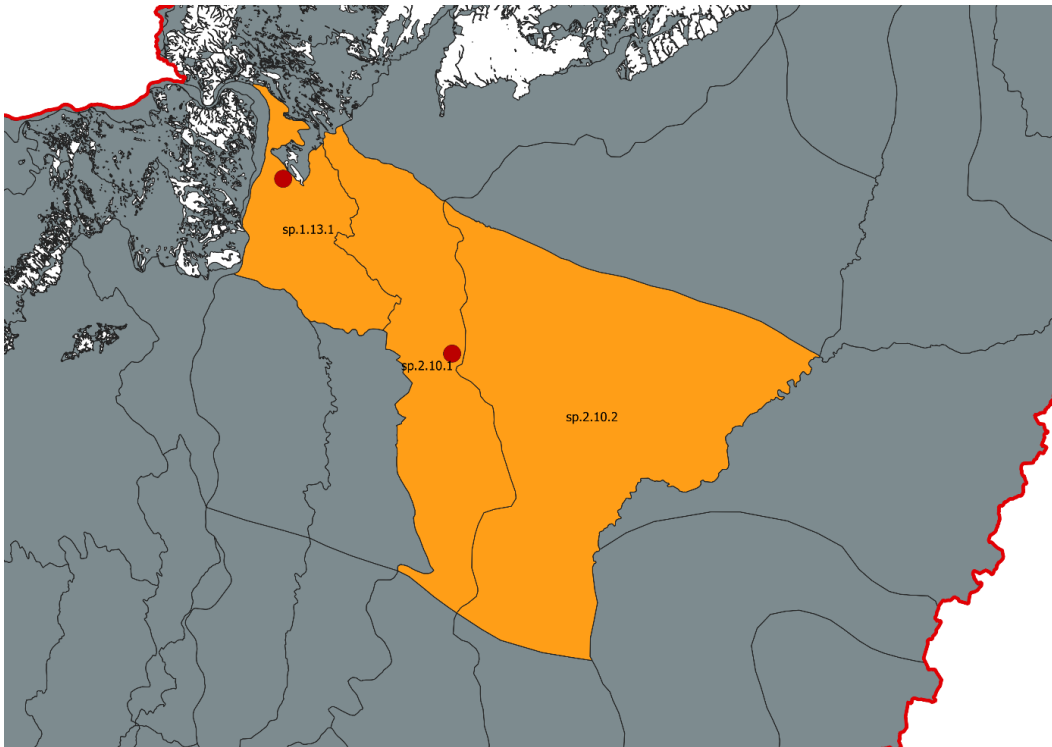
A következő térképek NO_3^- koncentráció alapján mutatják a kutakat:



9. Ábra : Kutak 50 mg/l NO_3^- koncentráció alatt

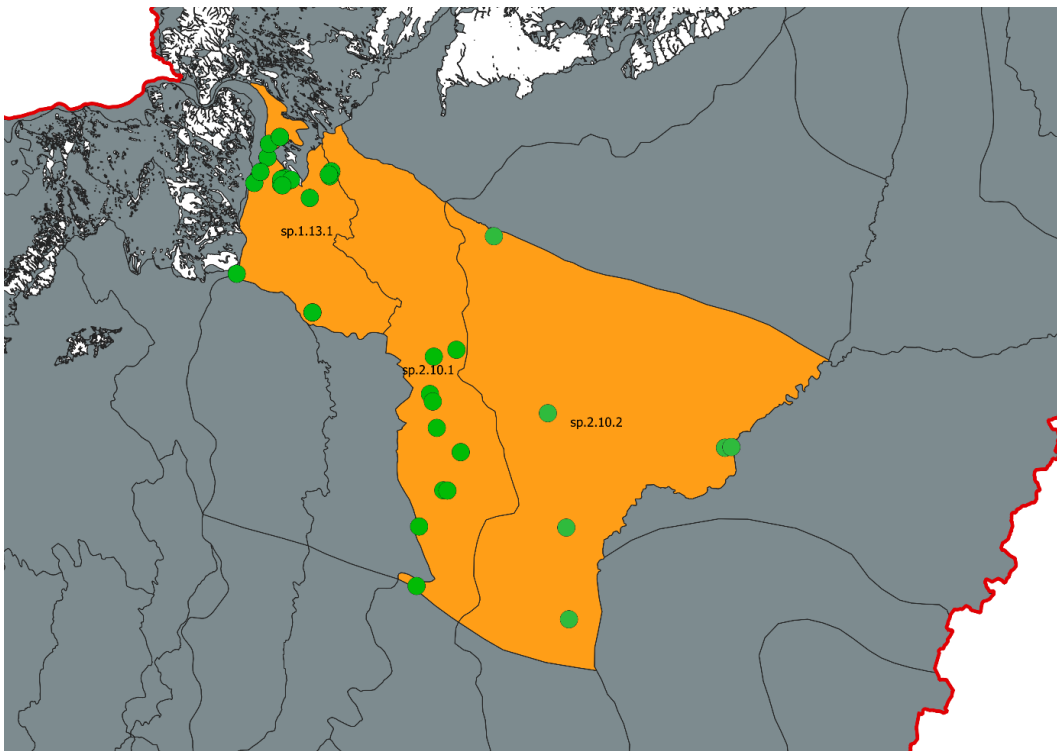


10. Ábra : Kutak 50-150 mg/l NO_3^- koncentráció között

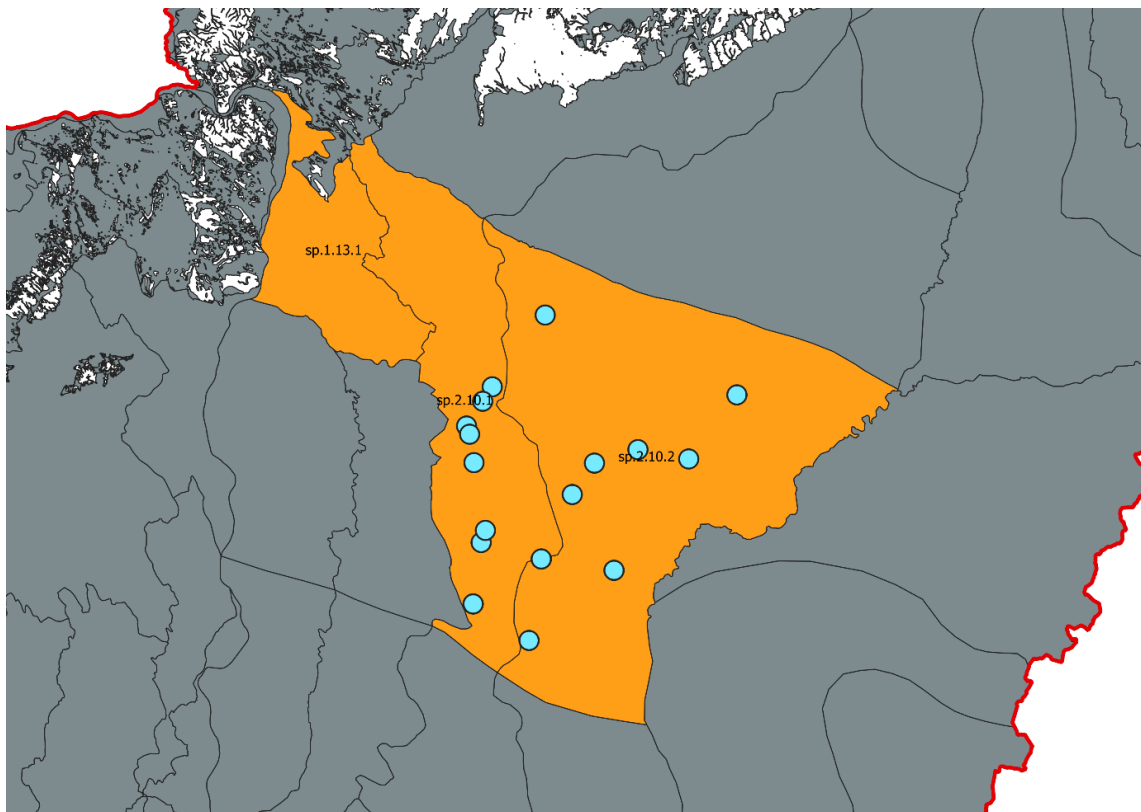


11. Ábra : Kutak 150 mg/l NO_3^- koncentráció fölött

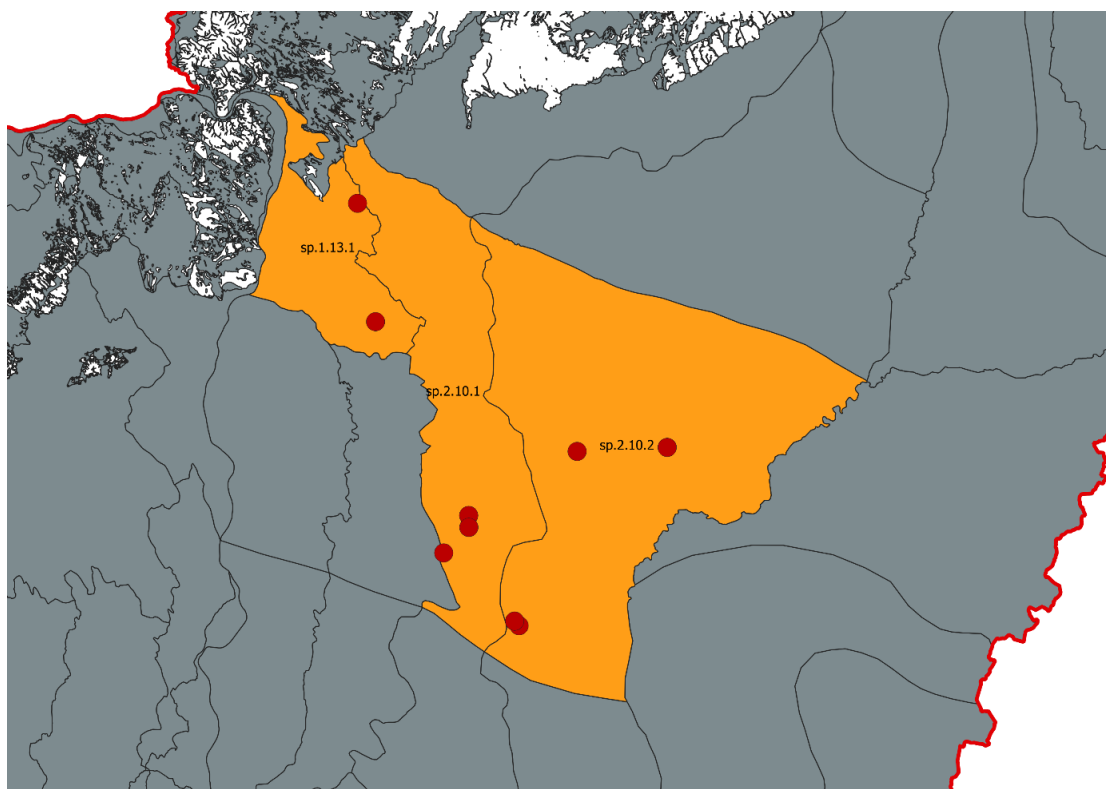
A következő térképek NH_4^+ koncentráció alapján mutatják a kutakat:



12. Ábra : Kutak 0.5 mg/l NH_4^+ koncentráció alatt

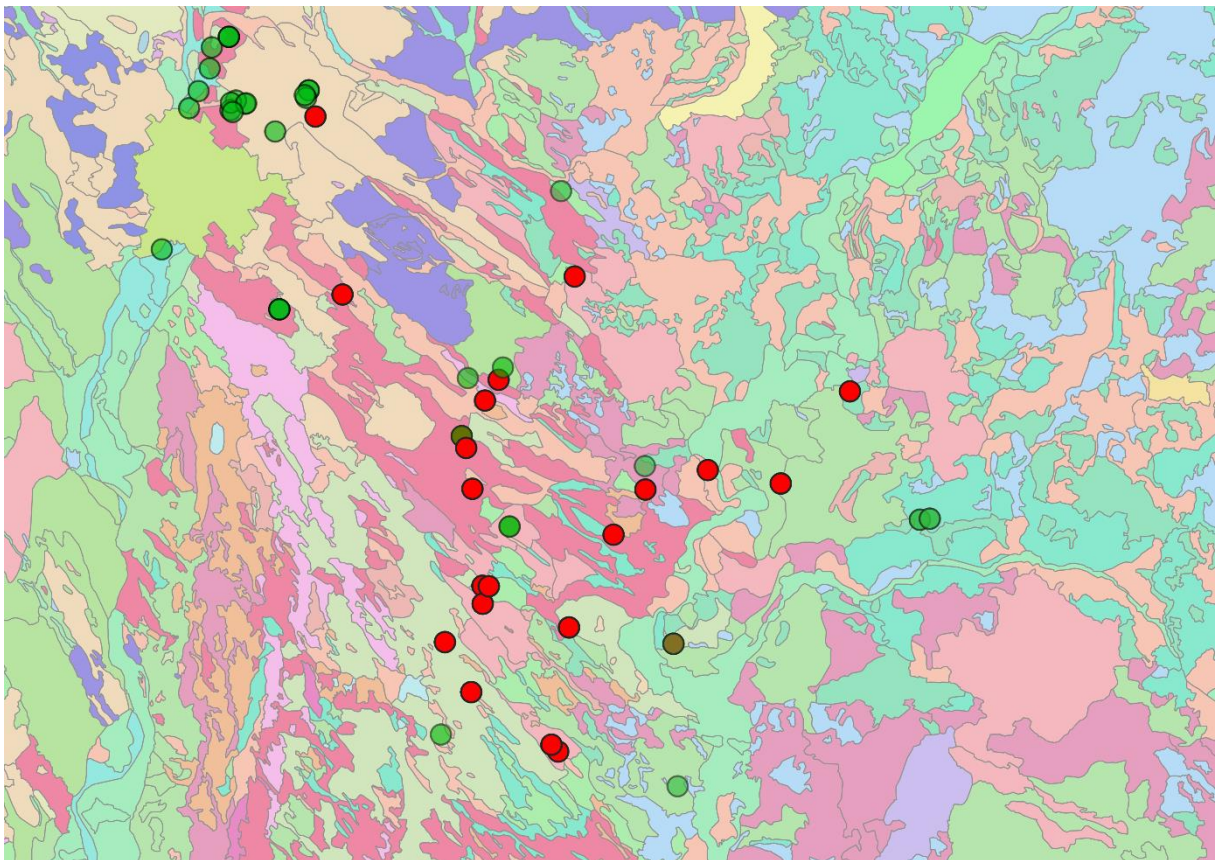


13. Ábra : Kutak 0.5 mg/l és 3 mg/l NH_4^+ koncentráció között

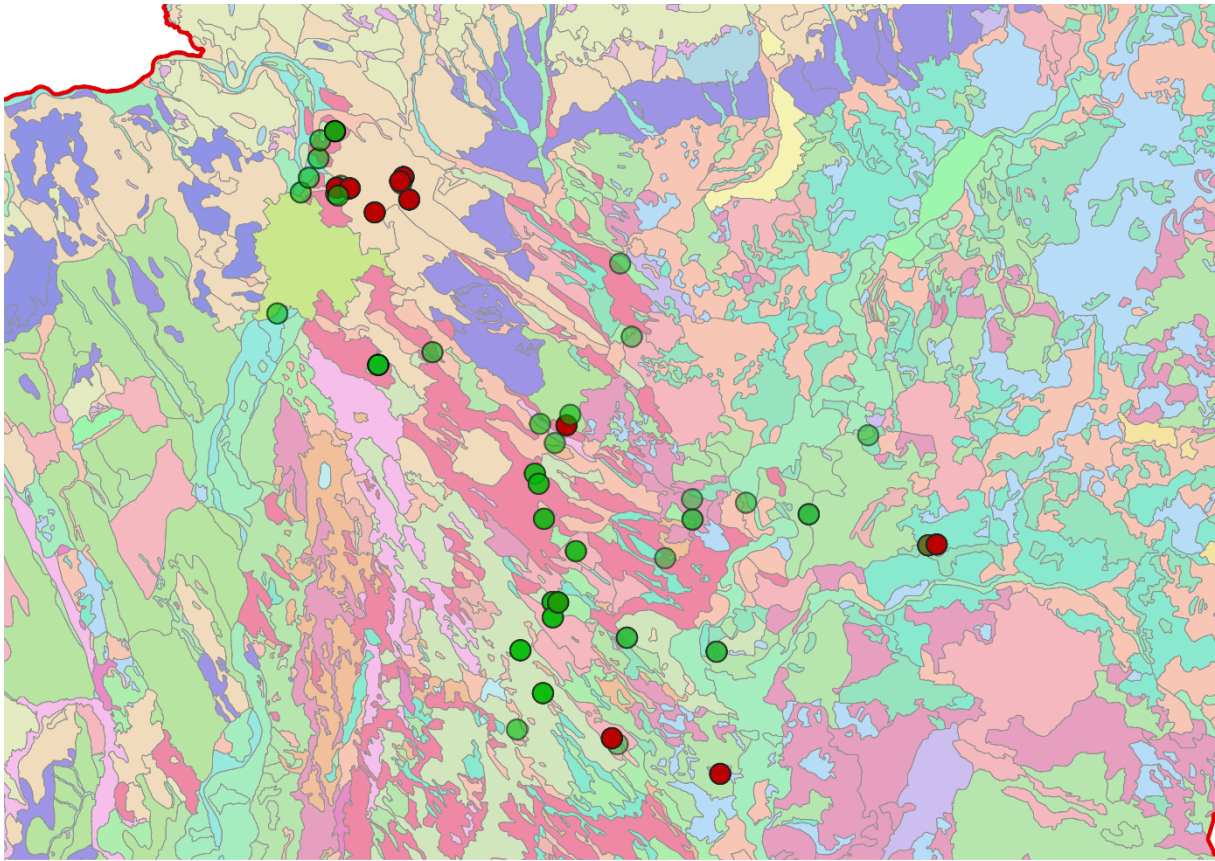


14. Ábra : Kutak 3 mg/l NH_4^+ koncentráció felett

Az eredményből leszűrhető, hogy a szennyezettségek nem teljesen véletlenszerűen jelentkeznek, hanem látszik valamiféle területi mintázat. A talajtípus szerinti csoportosításból pedig kiderült, hogy az így eloszló szennyezettségek ugyan azokra a típusokra esnek. Például olyan kutak, amik környékén alföldi mészlepedékes csernozjom található, 8 db kút van, vagy olyan kút, ami csernozjom jellegű homoktalaj környékén található, 9 db van. Azt is érdemes megemlíteni, hogy a területhasználat is adhat magyarázatot a szennyezettségek eloszlására.



15. Ábra : NH_4^+ szennyezettségű kutak eloszlása



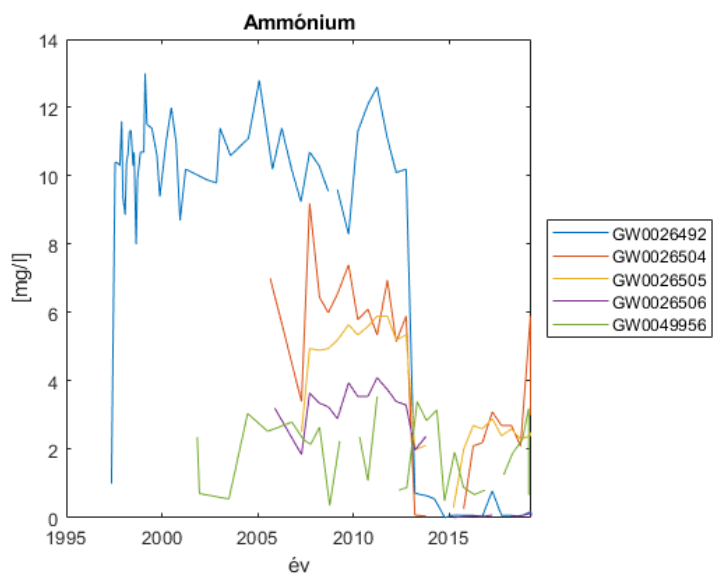
16. Ábra : NO_3^- szennyezettű kutak eloszlása

Ahogy azt az előző térkép is mutatja, a kutak látszólag ugyan olyan területeken oszlanak szét, ez hasonlóan igaz a nagyon rossz koncentrációval rendelkező kutakra is.

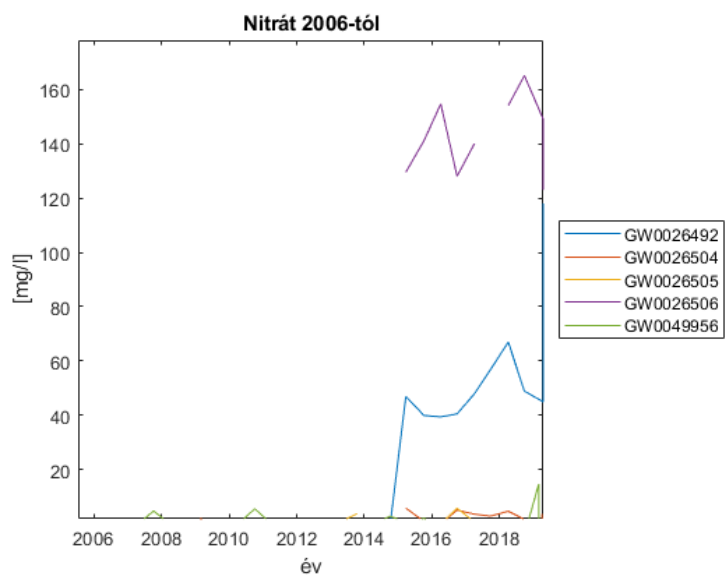
Az egyik nagyobb talajtípus, amin eloszlanak a kutak az alföldi mészlepedékes csernozjom talaj, ami megtalálható mind az sp.2.10.1 és az sp.2.10.2 víztesten is. Az sp.2.10.2 víztestből az egyik kútra több évtizedes méréseink vannak, a többire viszont csak 2005-2006-tól vannak adataink, így annak érdekében, hogy jobb képet kapjunk, az egyik ábrán 2006-tól láthatóak a mérések. Az ábrákról leolvasható, hogy a kutaknál az ammónium koncentráció általában magas, 0,5 mg/l felett van. Az sp.2.10.2-es víztestnél még az is megfigyelhető emellett, hogy a szennyezettégek mintha együtt mozognának, nem ugyan akkora koncentrációval, de hasonló időkből emelkednek és csökkennek.

Az NH_4^+ koncentráció alakulása mellett meg lehet vizsgálni a NO_3^- szinteket is. Amit érdekességképpen meg lehet figyelni, hogy a magas NH_4^+ koncentrációk alacsony NO_3^- értékeket eredményeznek, és látszólag ez fordítva is működik. Emellett pár kútnál az NH_4^+ csökkenésével növekszik a NO_3^- koncentráció.

Sp.2.10.2 víztest

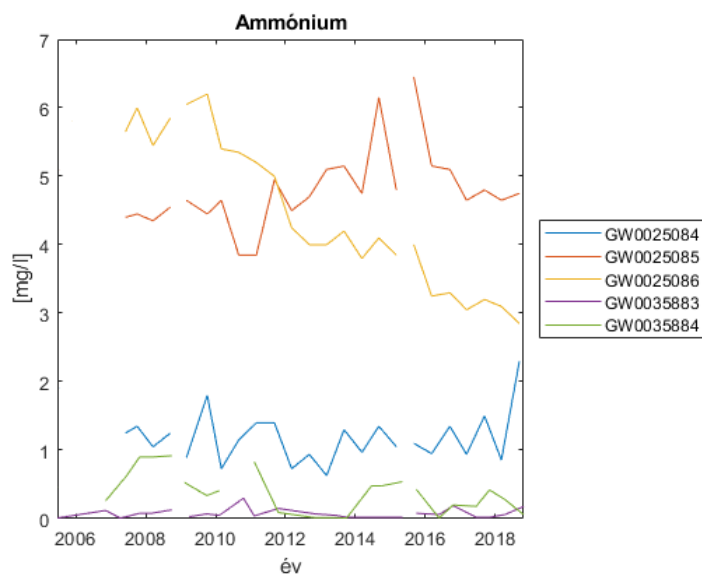


17. Ábra : NH_4^+ , sp.2.10.2, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj

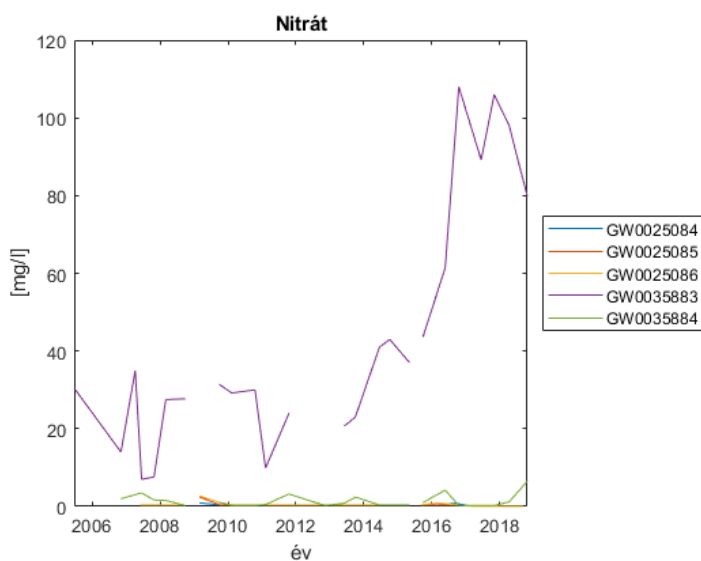


18. Ábra : NO_3^- , sp.2.10.2, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj

Sp.2.10.1 víztest



19. Ábra : NH_4^+ , sp.2.10.1, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj



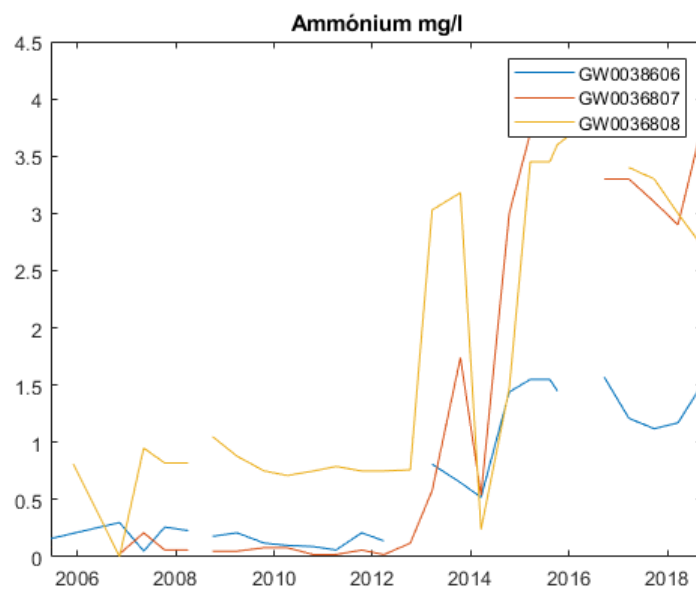
20. Ábra : NO_3^- , sp.2.10.1, alföldi mészlepedékes csernozjom talaj

Egy másik mérvadó talajtípus a futóhomok, ami ugyanúgy az előző két víztesten jelenik meg. A talajtípusra általánosságban ismét jellemző, hogy átlagban magas az ammónium koncentráció. És látszólag egyszerre változnak a mért értékek. A NO_3^- - NH_4^+ fordított

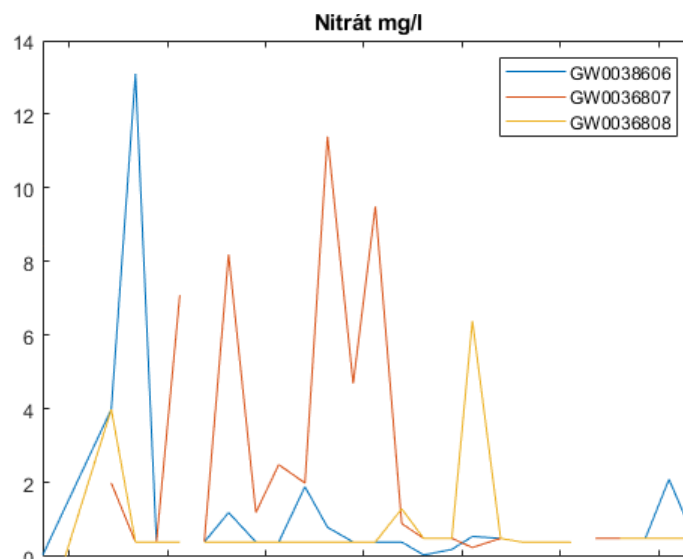
arányosság itt már nem annyira figyelhető meg, talán az sp.2.10.2 kútjainál, ahol az NO_3^- szintek magasabbak voltak, amíg a NH_4^+ szintek alacsonyabbak, de a NO_3^- koncentráció a mérések szerint sose lépte át a 50 mg/l-es határértéket. A fordított arányosság talán a GW0036808 kútnál figyelhető meg, ami az sp.2.10.2 egyik kutja. 2007 körül azt látjuk, hogy esett az NH_4^+ szint, és a NO_3^- egy nagyon kicsit megnövekedett, majd az NH_4^+ nőtt, és a NO_3^- csökkent, és 2014 után megint láthatunk egy csökkenést NH_4^+ -nél, és növekedést NO_3^- -nál.

Az sp.2.10.1 víztestnél az egyik kutat külön kellett ábrázolnom, mivel olyan magas NH_4^+ koncentrációkat mértek, hogy nem lehetett tőle kivenni a többi koncentrációt.

Sp.2.10.2

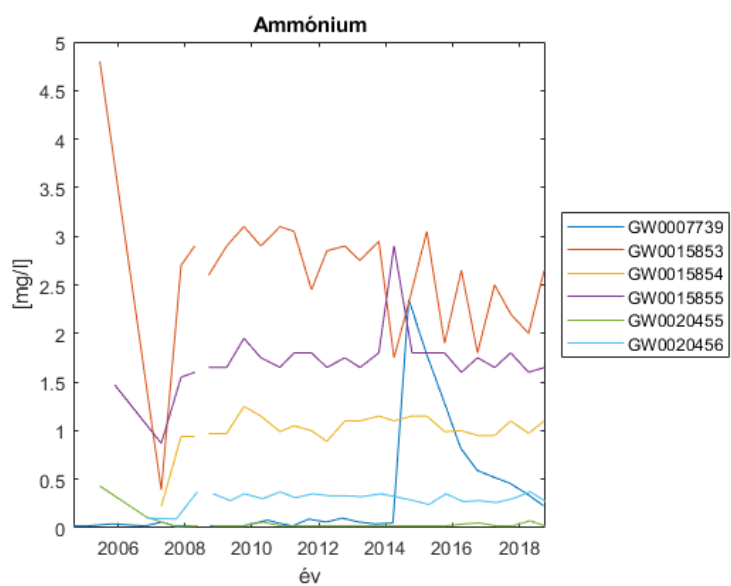


21. Ábra : NH_4^+ , sp.2.10.2, futóhomok

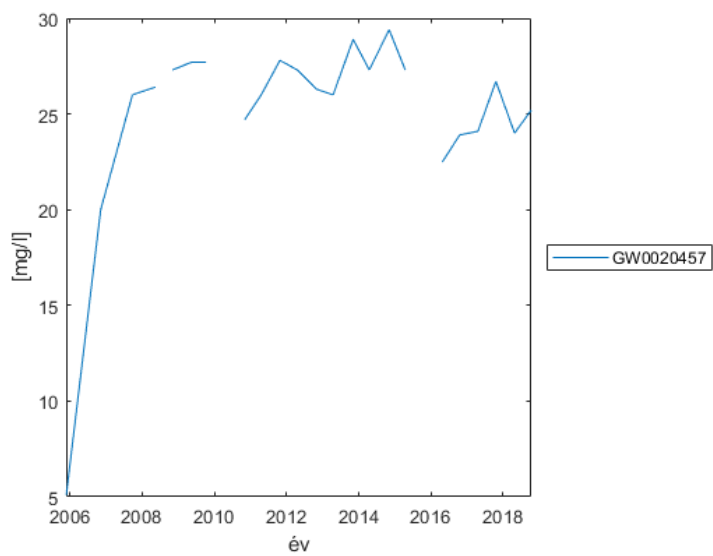


22. Ábra: NO_3^- , sp.2.10.2, futóhomok

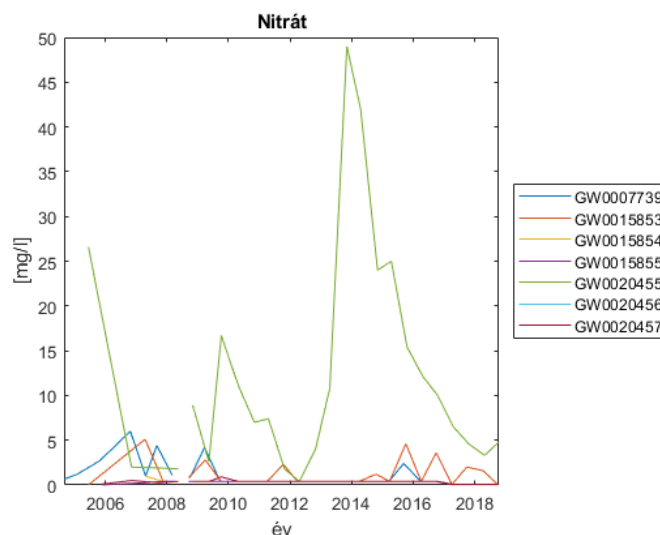
Sp.2.10.1



23. Ábra: NH_4^+ , sp.2.10.1, futóhomok



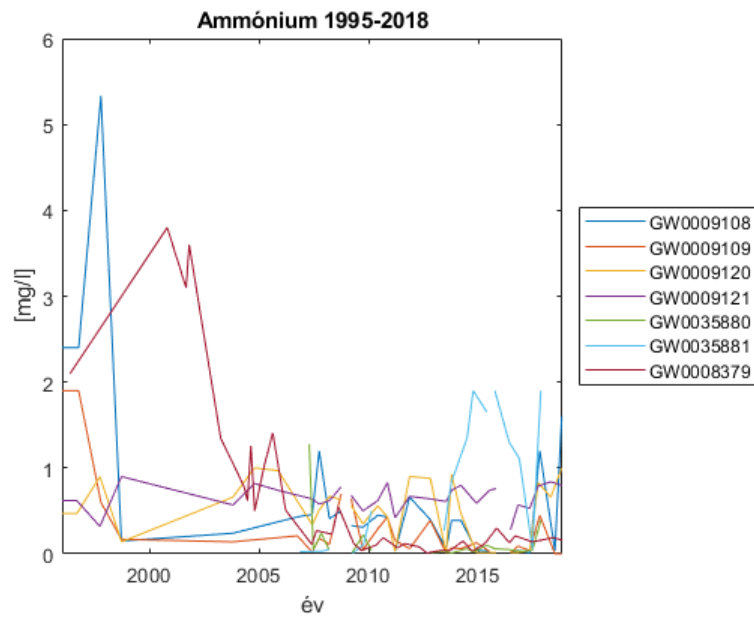
24. Ábra: sp.2.10.1 víztest GW0020457 kutjának NH_4^+ koncentrációi, futóhomok



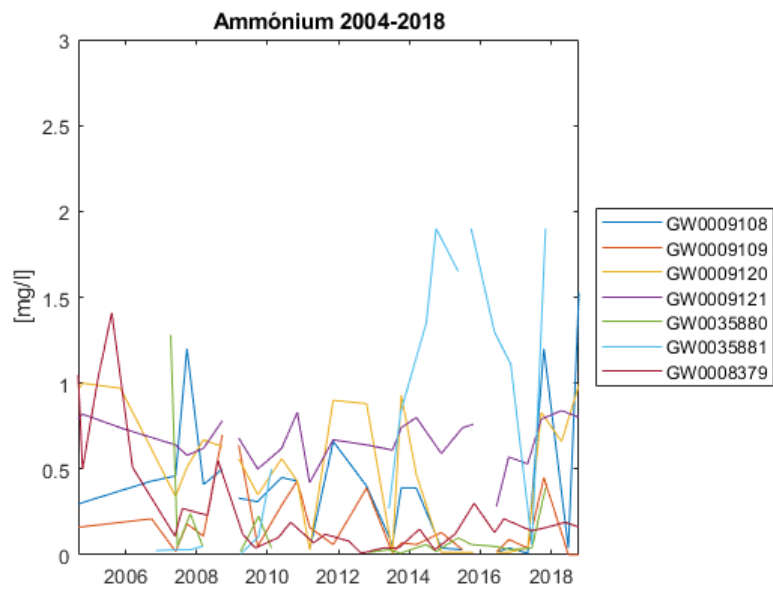
25. Ábra: NO_3^- , sp.2.10.1, futóhomok

Egy másik jellegzetes talajtípus a humuszos homoktalaj. Az sp.1.13.1 és az sp.2.10.1 víztesteken található sok kút ilyen talajokon. Az sp.1.13.1-nél azt figyelhetjük meg, hogy 2014-ig eléggé fluktuálóak voltak a mérések, majd 2014 után szinte nem volt N-szennyezettség. Az sp.2.10.1-es kutaknál is talán hasonló a helyzet. A kutak nagyrésze régebben jóval szennyezettebb volt N-formákkal, illetve eléggé váltakozó értékeket mértek, majd ez mára elkezdett mérséklődni, bár ennél a víztestnél még mindig vannak kutak, ahol nagyon ingadozóak az értékek. Az sp.2.10.1-es víztestnél többször bele nagytítottam az ábrába, hogy jobban ki lehessen venni az értékek alakulását. Az sp.1.13.1 víztestnél 2018 fele az egyik kútnál nagyon megnövekedtek az ammónium és a nitrát koncentrációk. Ezek lehetnek mérési hibák, bár több mérés született ilyen magas koncentrációval, illetve a fajlagos vezetőképesség is megnőtt, ami utalhat pontszerű szennyeződésre, ezért nem vettem ki ezeket az adatokat, de ábrázoltam tőlük külön a kutakat. Az eddig tapasztaltakat itt is meg lehet figyelni, például, hogy a fluktuálás, a talajtípus jellegzetessége, a legtöbb kútnál ez megfigyelhető. Az sp.1.13.1-nél volt pár kút amire hosszú ideig visszamenőleg voltak adataim, ezért azokat többször kellett nagyítanom, hogy jobban lehessen látni a végeredményt.

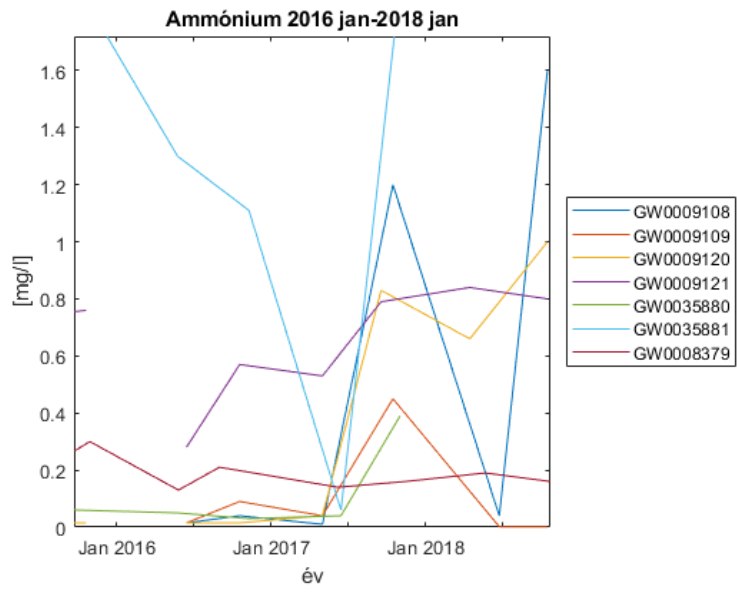
Sp.2.10.1



26. Ábra: NH_4^+ , sp.2.10.1, humuszos homoktalajok, 1995-2018

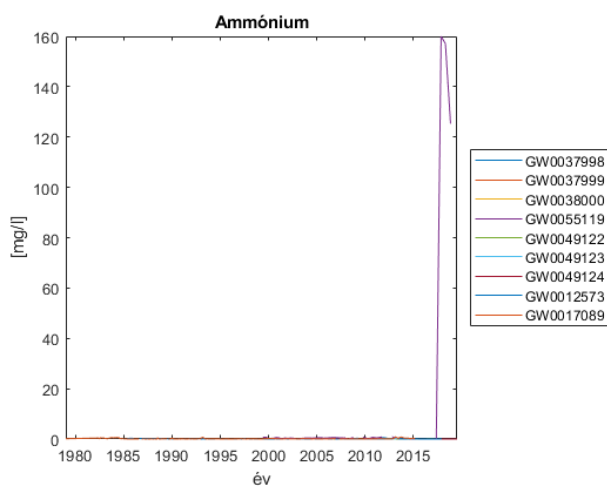


27. Ábra: NH_4^+ , sp.2.10.1, humuszos homoktalaj, 2004-2018

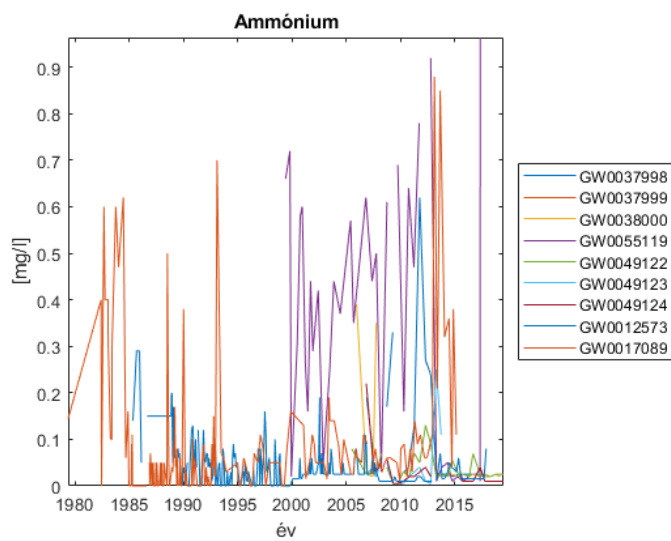


28. Ábra: NH_4^+ , sp.2.10.1, humuszos homoktalaj, 2016-2018

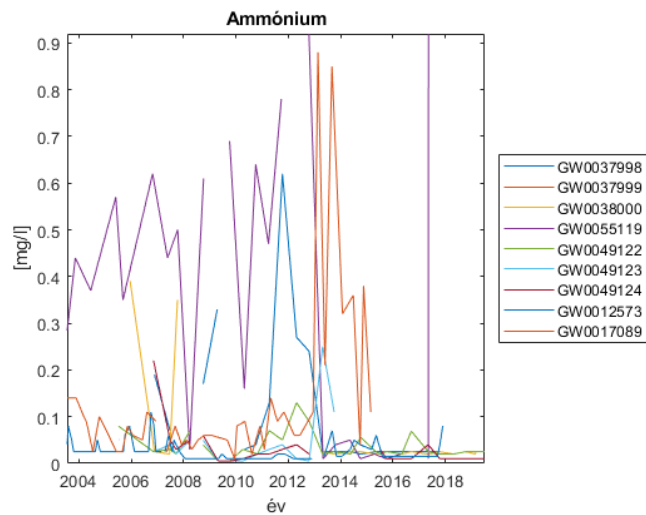
Sp.1.13.1



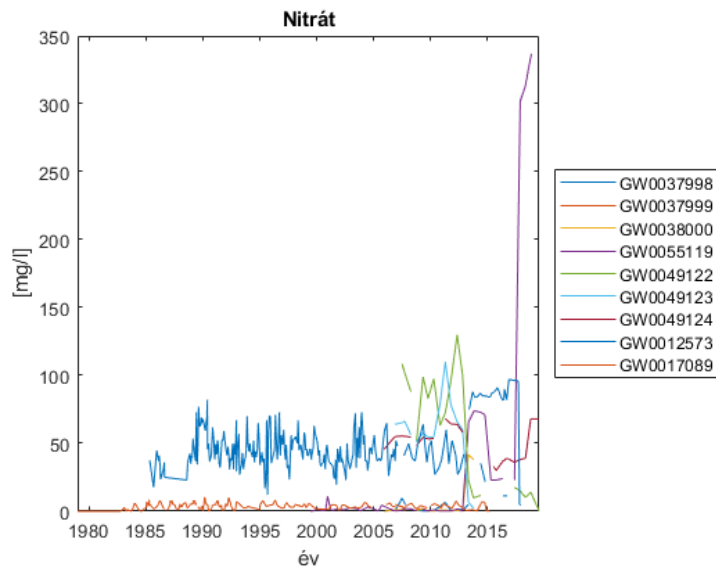
29. Ábra: NH_4^+ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj



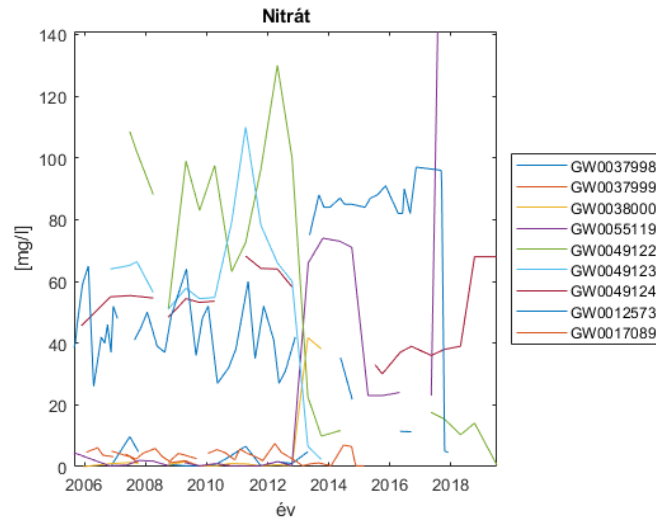
30. Ábra: NH_4^+ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, ráközelítve



31. Ábra: NH_4^+ , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, 2004-2018



32. Ábra: NO_3^- , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj

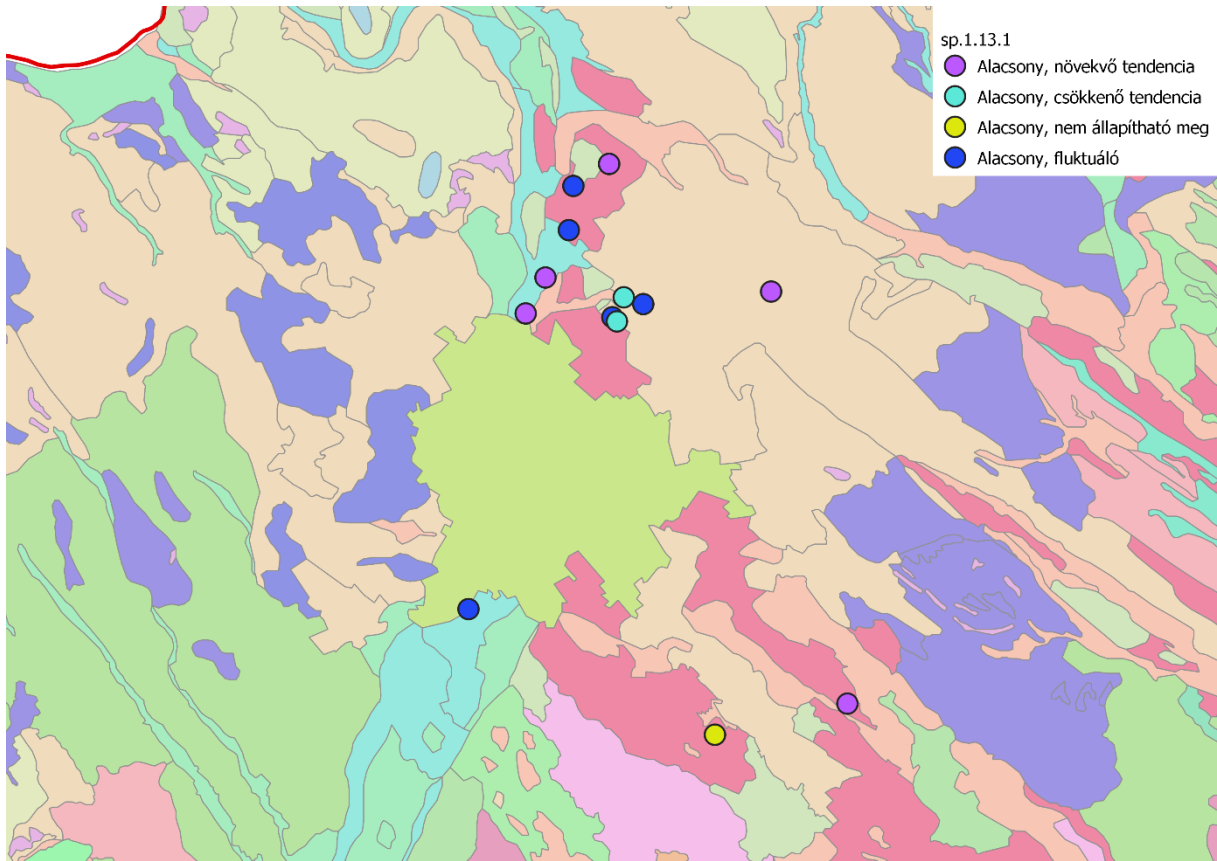


33. Ábra: NO_3^- , sp.1.13.1, humuszos homoktalaj, 2006-2018

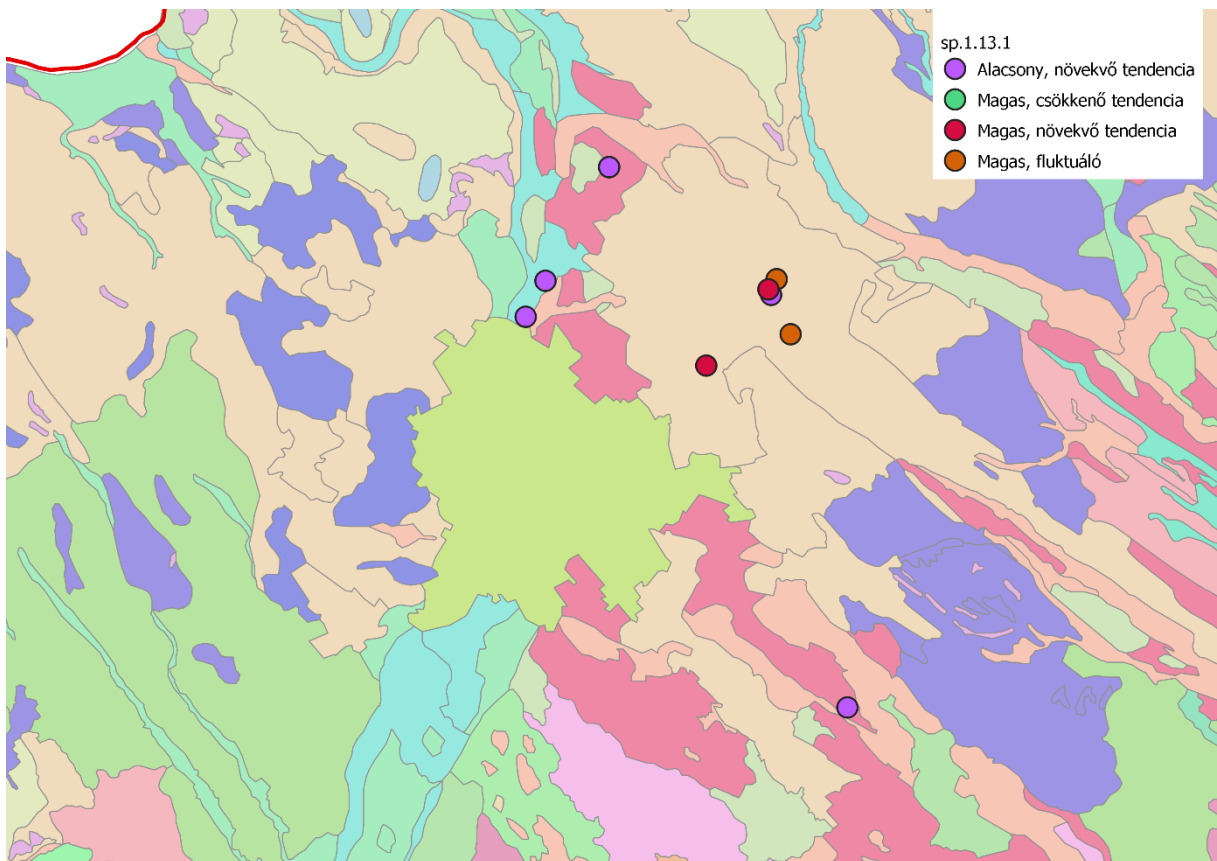
A csoportosítás több talajtípusra meg lett csinálva, volt több kút például barnaföldeken, ahol az ammónium általában alacsony koncentrációval van jelen, de a nitrát már inkább magasabb értékekkel jelenik meg. A csernozjom és a homotalajok különböző változatai is megjelennek, illetve van több szolonyeces talajú terület is.

A mért nitrogén koncentrációk alapján történt csoportosítás második lépcsője a tendencia vizsgálata volt. Itt megkülönböztettem először alacsony és magas átlagokat, majd ezek változását figyeltem. A kategóriákat a dolgozat Módszertan fejezetében korábban felsoroltam. Nem minden kategória volt megtalálható egy víztesten, például nem volt az sp.1.13.1 víztesten olyan kút aminek magas lett volna az NO_3^- átlaga, és nem lehetett volna megállapítani a tendenciáját.

Az sp.1.13.1 víztesten szemléltetem a következőkben a tendencia szerinti eloszlást a víztesten belül. A magas és alacsony átlagokat 2 csoportba szedtem, hogy jobban ki lehessen venni az eredményt.



34. Ábra: trend szerinti eloszlás NO_3^- szerint, alacsony koncentráció sp.1.13.1



35. Ábra: trend szerinti eloszlás NO_3^- szerint, magas koncentráció, sp.1.13.1

A 35. Ábra mutatja, hogy egy pontban vannak a magas átlaggal rendelkező kutak, sőt, azt is láthatjuk, hogy egy alacsony átlagú kút, aminek növekvő tendenciája van, is azon a talajrészben található. Ez tovább erősíti a tényt miszerint a talajtípus szerinti csoportosítás jó kiinduló pont a további kutatásokban.

5 Összefoglalás

Dolgozatomban elsődleges célja a talajvizek nitrogén tartalmának magyarázata térinformatikai adatokkal. Munkám végleges célkitűzése egy olyan módszertan kidolgozása és alkalmazása, aminek segítségével környezeti és területhasználati adatok segítségével becsülhetővé válik egy terület N-szennyezettsége. Ennek a távlati célnak a megvalósítása igen munkaigényes, aminek elvégzéséhez az eddig ráfordított fél év kevésnek bizonyosult. Ezért ebben a tanulmányban csak a munka kezdeti szakaszának eredményeit mutatom be..

Dolgozatom elején ismertettem a főbb nitrogén formákat, és tulajdonságaikat. A főbb ismertetőjük, hogy a növények növekedéséhez elengedhetetlen anyagok, és ezért nagyon sokat használjuk őket. Hátrányuk, hogy a növényekre káros hatással lehet, ha túl sok N-t vesznek fel, és a nitrit-nitrát természetesen az emberi egészségre is káros, már kis dózisokban is.

Ezek után ismertettem azt a felszín alatti vizekre vonatkozó vízminőségi adatbázist, amit az OVF-től igényeltem meg az elemzések elvégzéséhez. Szintén bemutatom a kutatásban vizsgált területeket. Az előzetes adatfeldolgozást követően matlabbal kezdtem kiértékelni az adatokat. Kutanként idősoros ábrákat készítettem a N-formák mért koncentrációiról. Az idősorok feltárt sajátosságai alapján egy olyan csoportosítási módszert kezdtem el kidolgozni, ami a talajtípusok és a határérték meghaladások szerint kategorizálja a kutakat. A talajtípus csoportosításnál azt véltem felfedezni, hogy a kutakban mért N-koncentrációk szinte együtt mozognak, ha nem is ugyan olyan nagyságokkal. Emellett ebből a csoportosításból észre lehet venni érdekes jelenségeket, mint például az NH_4^+ és NO_3^- fordított arányosságát. A nitrogén átlagok határértékekhez való viszonyulása esetén is meg lehetett figyelni egyfajta csoportosulást. A hasonló koncentrációjú kutak mintha egyben lennének, és víztestenként meg lehet figyelni a különböző koncentrációk csoportosulását egyes talajtípusoknál. Ezek mellett, ha tendencia szerint nézzük az adatokat, akkor is látható egyfajta tömörülés, ami tovább erősíti a párhuzamot a talajtípus szerinti szétválasztás és a nitrogén átlag szerinti szétválasztás között.

A dolgozatomban kellőképp alá támasztottam a feltevést, miszerint az alapelv a további kutatásokban kiindulhat a talajtípus szerinti csoportosításból.

5.1 Tervezett tovább haladás

A kutatást koránt sem fejeztem be. A következő lépés az adatok további elemzése (formális trendelemzés, a környezeti tényezők kvantitatív összevetése a mért koncentrációkkal, azok statisztikai jellemzőivel). Innentől meg van az alapgondolat, amiből tovább tudok gondolkozni. Ezek után a csoportosításokból kiindulva fogom összevetni a mért koncentrációkat különböző tényezőkkel, amikből reményeim szerint magyarázni tudom a nitrogén szinteket, főleg a gyengének minősített víztesteknél. A kutatásom következő lépéseiben részletesebb trendelemzést fogok alkalmazni az N-formák időbeli változására, és emellett figyelembe fogom venni a talajvízjárást is. A földhasználat alapján, tehát a GIS adatokkal, becsülni fogom az N terhelést, és ezt össze fogom vetni az észlelt terheléssel. Ezek után kifogom terjeszteni a módszertant több víztestre is, végül pedig modellezni fogom az N-forgalmat talajszelvény szinten.

6 Köszönetnyilvánítás

Első sorban szeretnék köszönetet mondani Dr. Kozma Zsoltnak a Vizi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi docensének, és Ács Tamásnak a Vizi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék tudományos segédmunkatársának, akik konzulensként segítették dolgozatom elkészültjét. Nélkülük nem valósulhatott volna meg a dolgozat.

Szeretném köszönetemet kifejezni az Országos Vízügyi Főigazgatóságnak, hogy a mérési adatokat rendelkezésemre bocsájtották.

7 Irodalom

[1] <https://www.kockazatos.hu/anyag/nitrát>

[2] <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/nitrification>

[3] <https://www.britannica.com/science/nitrogen-fixation>

[4] <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-vitaanyag/>

[5] <https://vizeink.hu>

[6] Tóth E. et al. 2020 - A talaj ammónia kibocsátásából adódó környezetterhelés és annak monitorozási, mérési lehetőségei

[7] Koós S. et al 2021 - Influence of the Shortening of the Winter Fertilization

Prohibition Period in Hungary Assessed by Spatial Crop

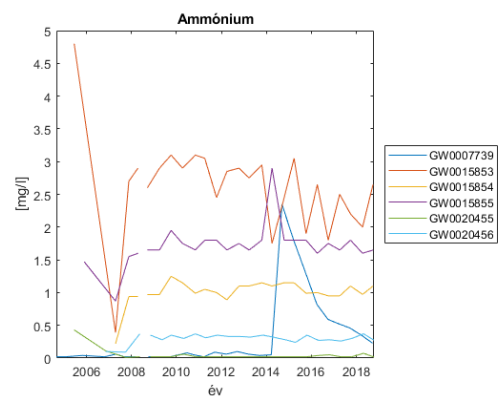
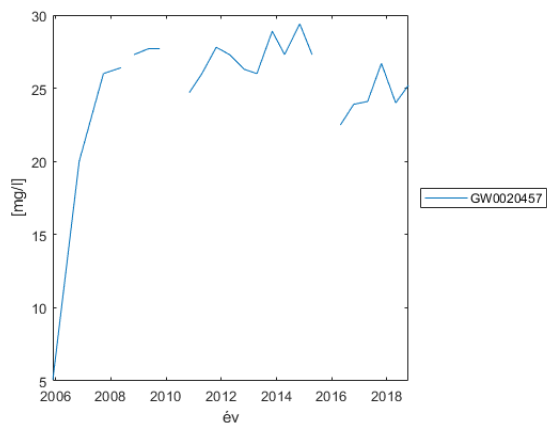
Simulation Analysis

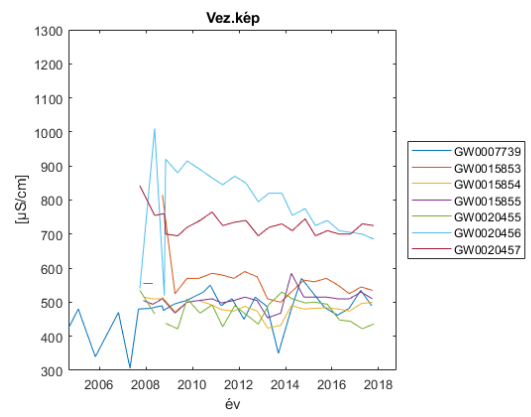
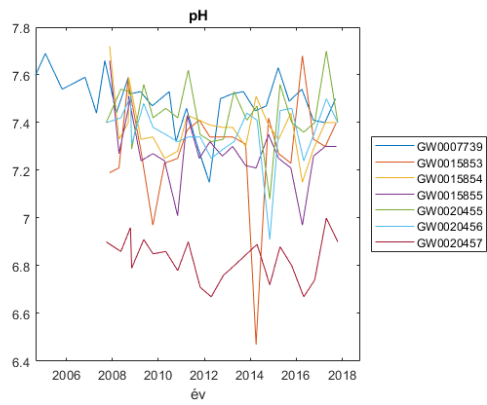
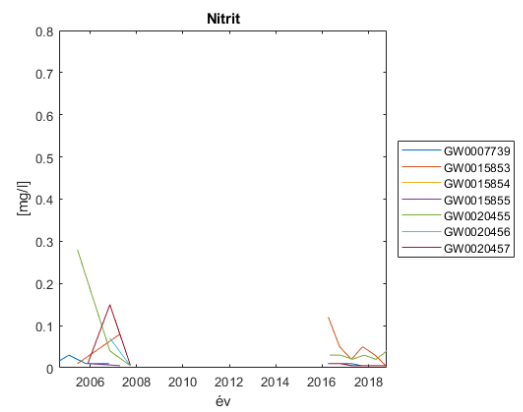
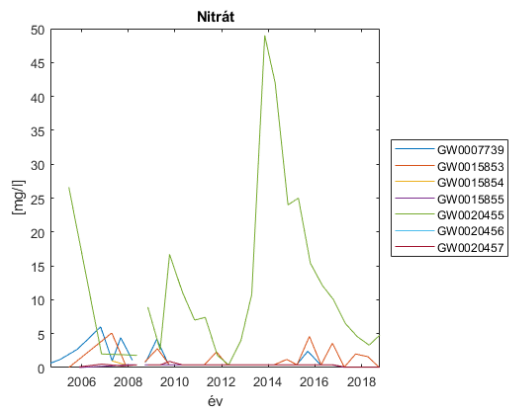
- [8] <https://regionalgwflow.iah.org/regional-groundwater-flow>
- [9] <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900006.kvv>
- [10] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Nitrit>
- [11] https://answers.seneye.com/en/water_chemistry/what_is_ammonia_NH3_NH4
- [12] https://hu.wikipedia.org/wiki/Nitrifikáció#A_nitrogénkörforgás
- [13] <https://www.waterontheweb.org/under/waterquality/oxygen.html>
- [14] <http://dosoremi.hu/tablazat.html>
- [15] <https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcd51>

8 Mellékletek

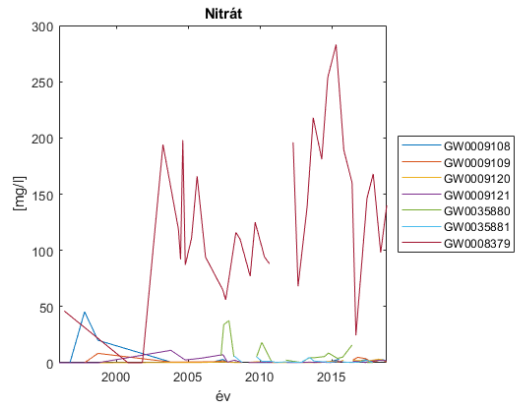
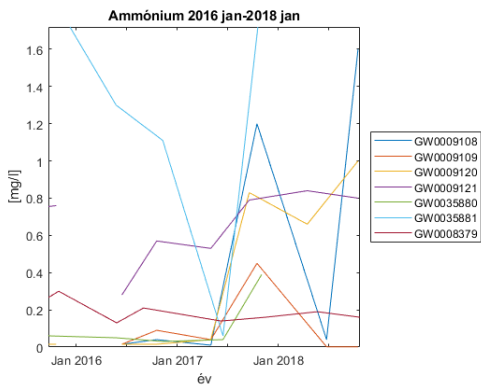
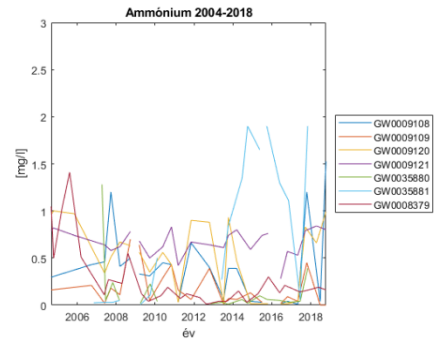
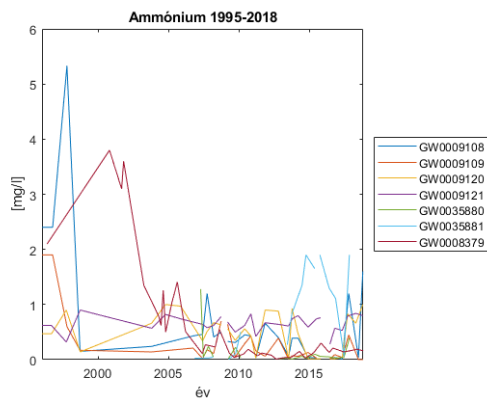
8.1 Sp.2.10.1, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák

2: Futóhomok: 7739, 15853, 15854, 15855, 20455,20456,20457

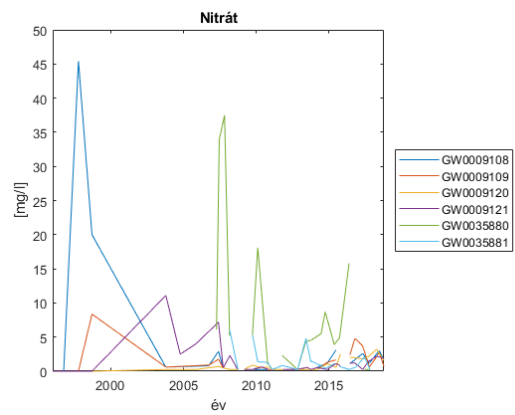
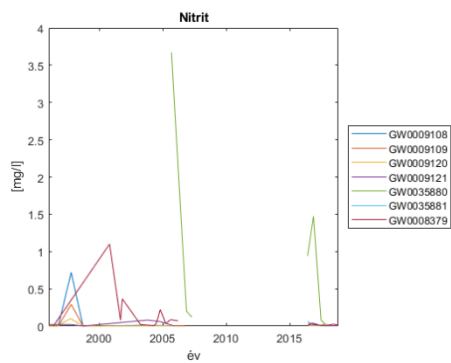


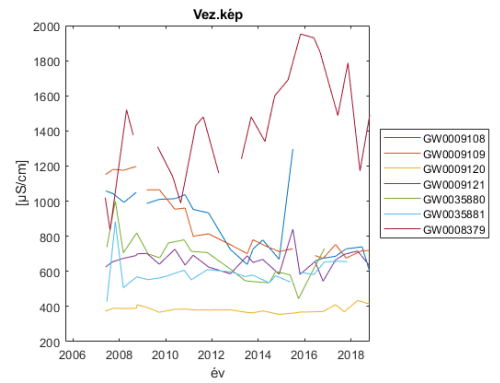
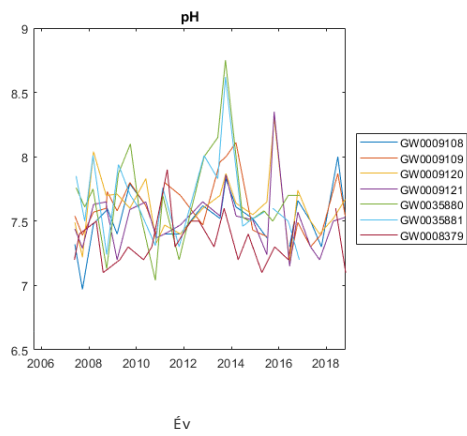


Humuszos homokos talajok: 9108,9109,9120,9121,35880,35881, 8379

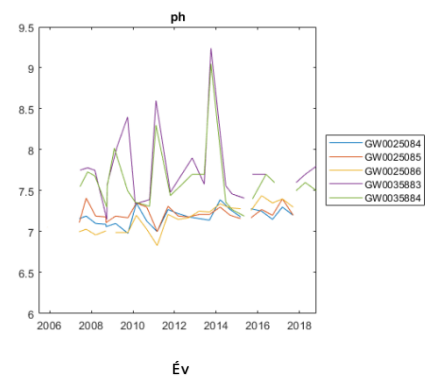
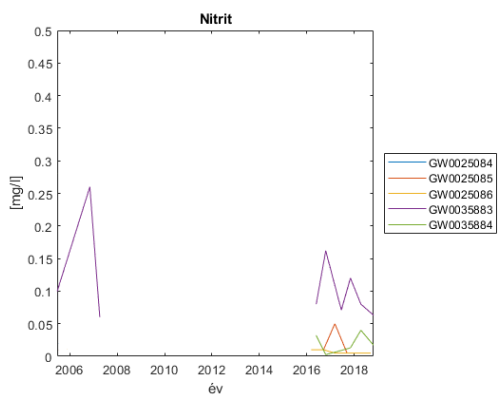
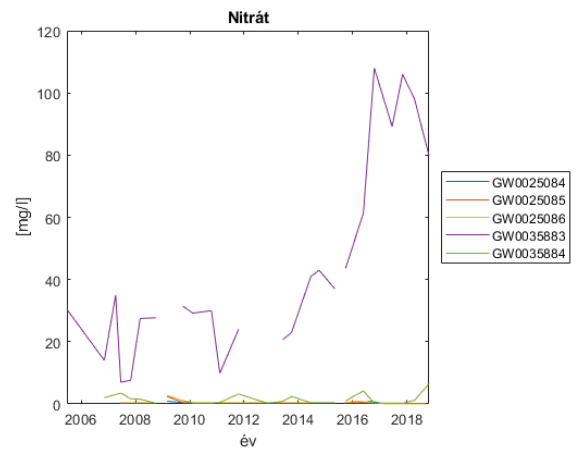
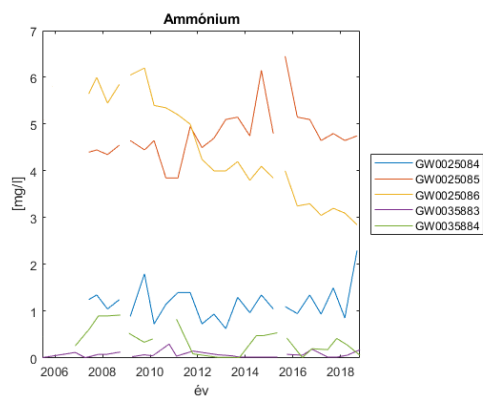


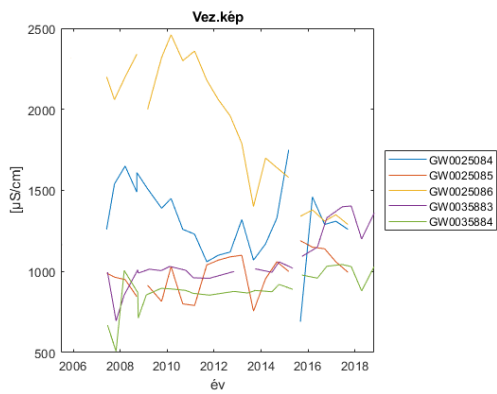
Ugyan ez a csoport 8379 nélkül:



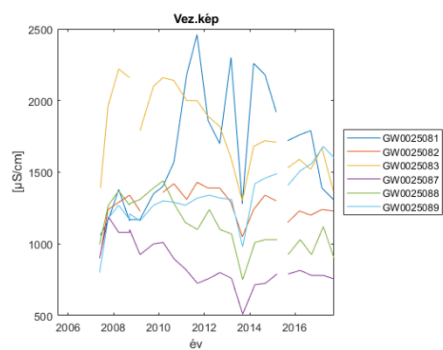
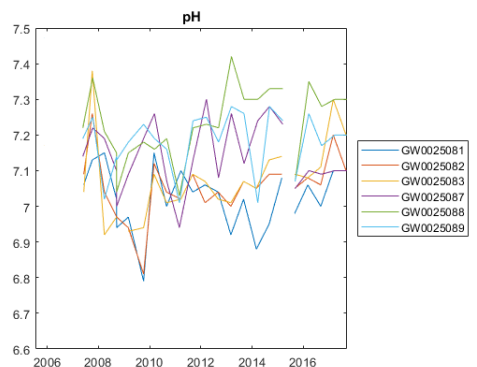
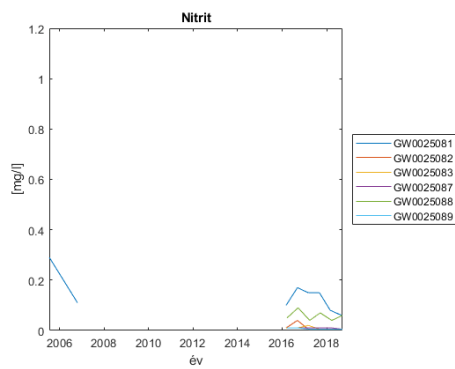
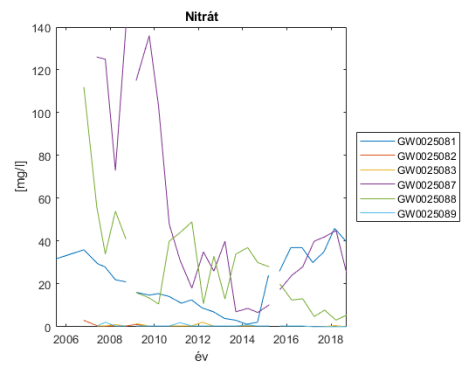
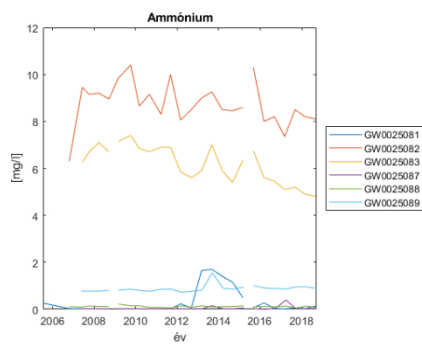


Alföldi mészlepedékes csernozjom: 25084, 25085, 25086, 35883, 35884



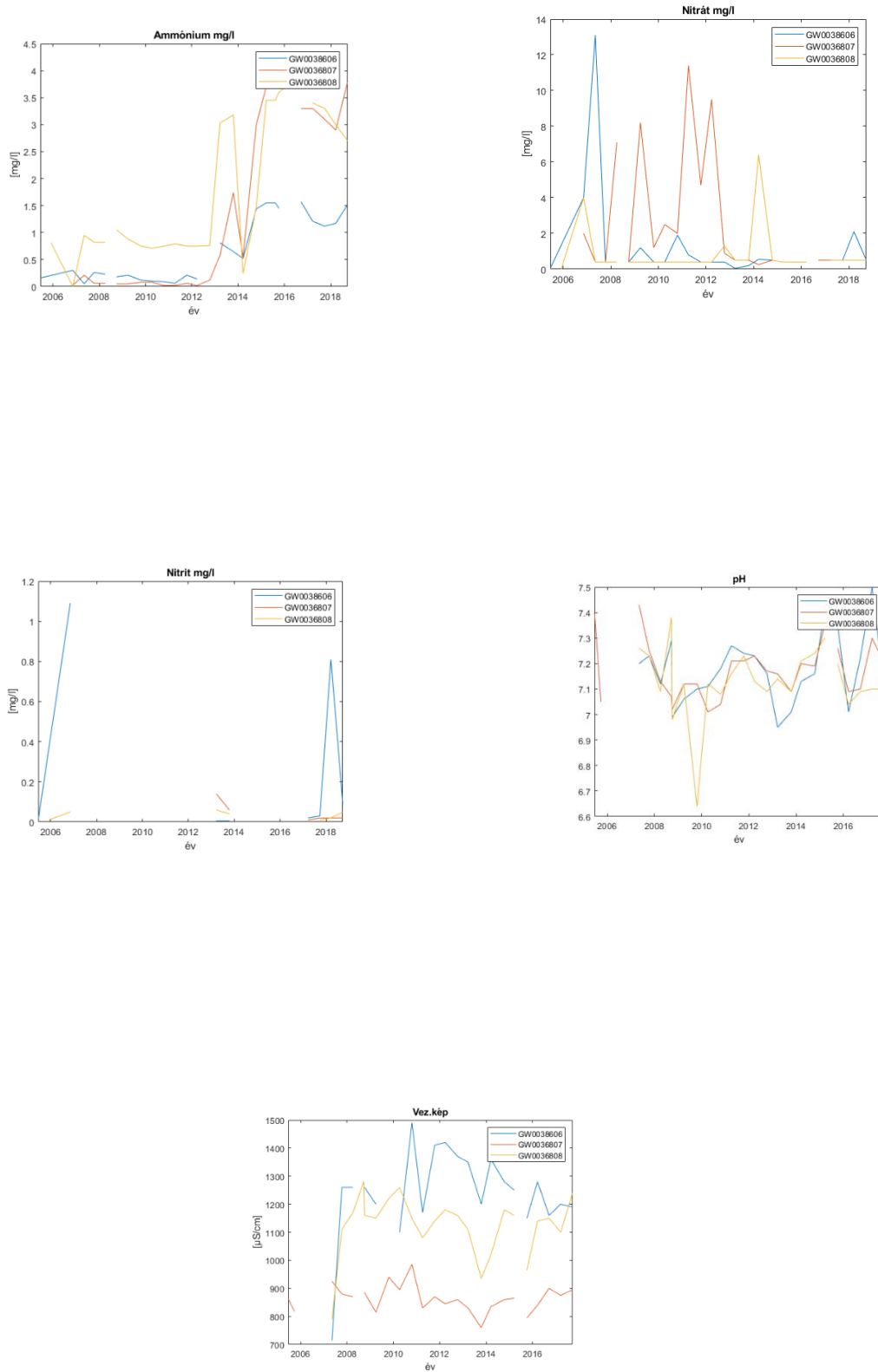


Csernozjom jellegű, homoktalajok : 25081, 25082, 25083, 25087, 25088, 25089

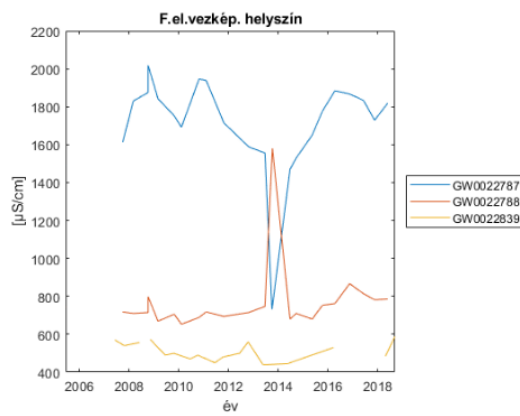
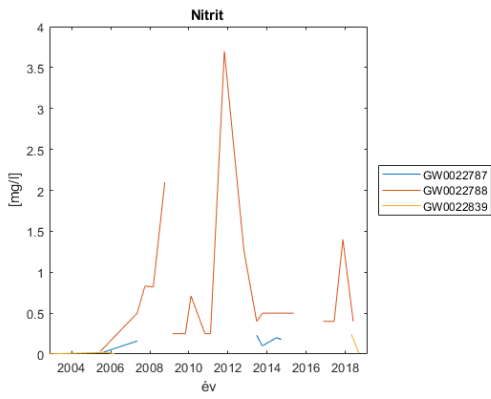
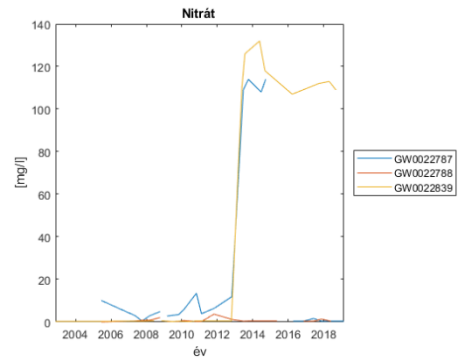
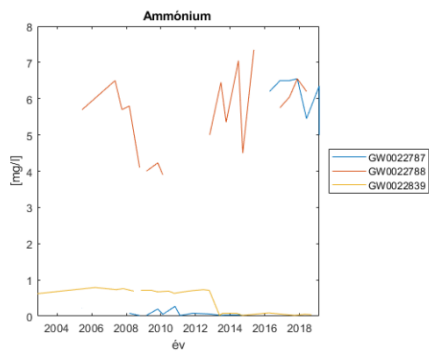


8.2 Sp.2.10.2, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák

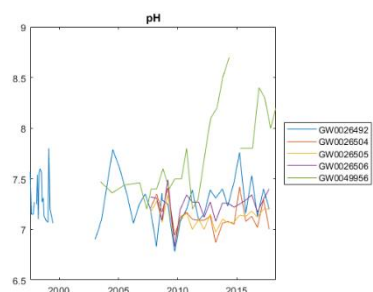
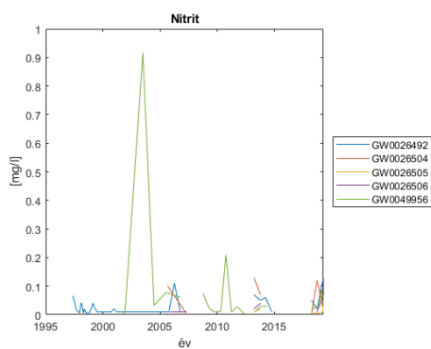
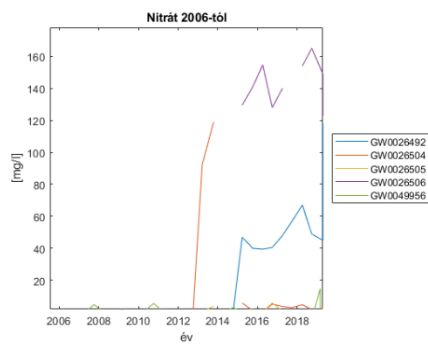
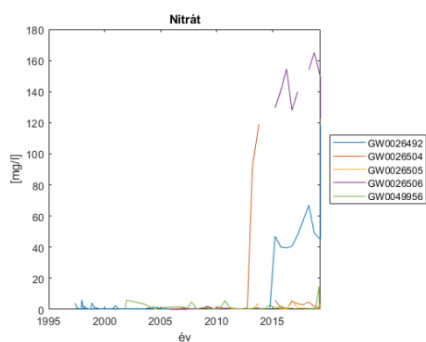
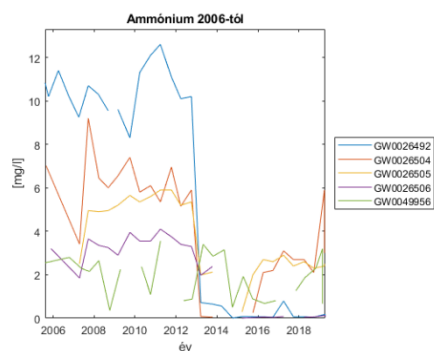
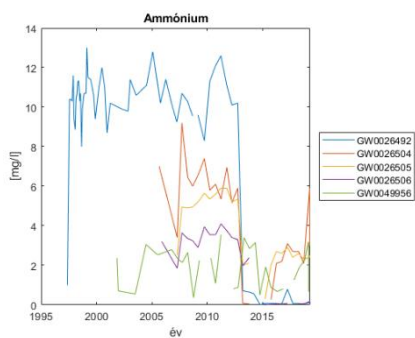
futóhomok: 36806, 36807, 36808

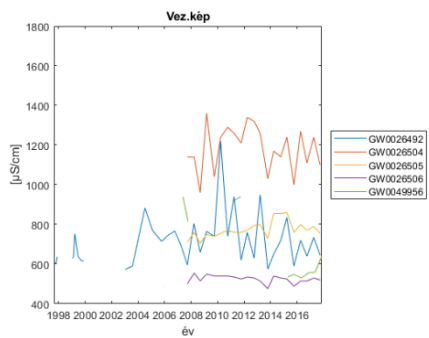


Csernozjom jellegű homoktalajok: 22787, 22788, 22389

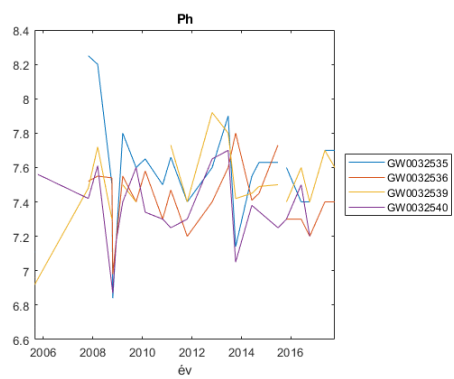
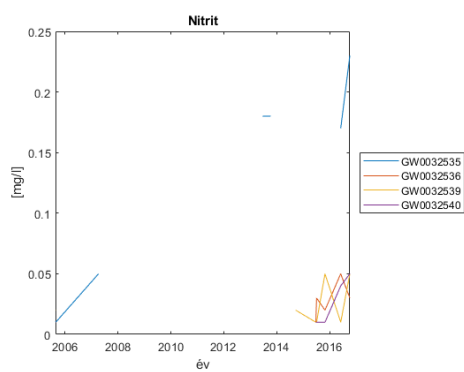
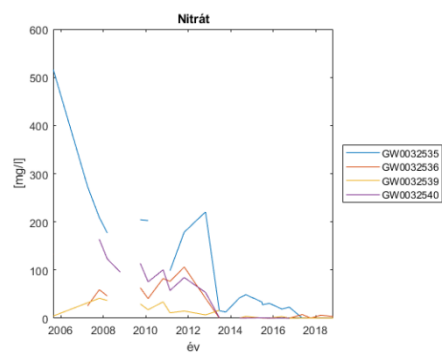
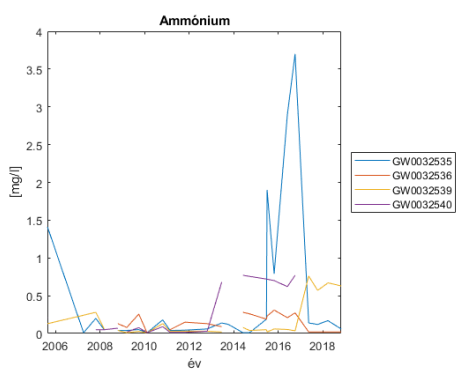


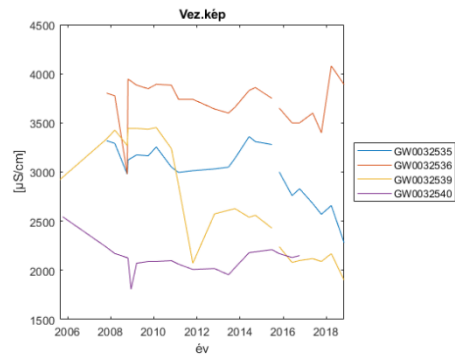
Alföldi mészlepedékes csernozjom: 26492; 26504, 26505, 26506, 49956



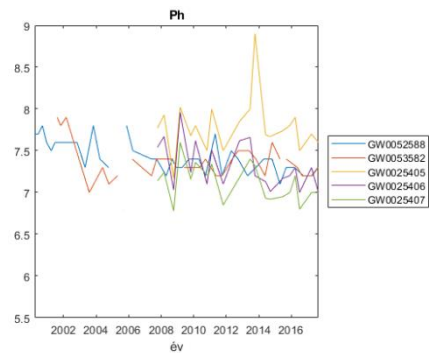
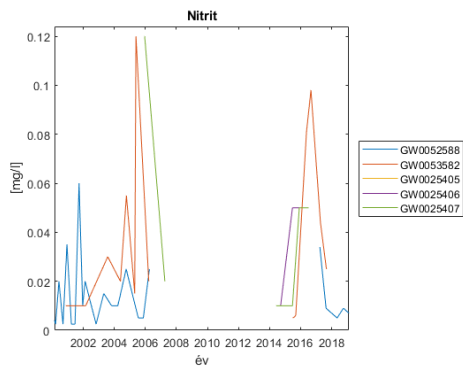
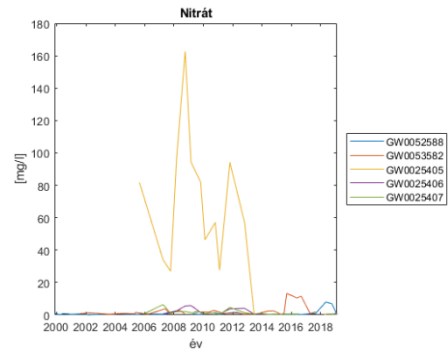
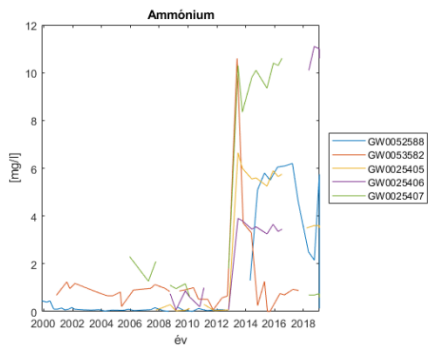


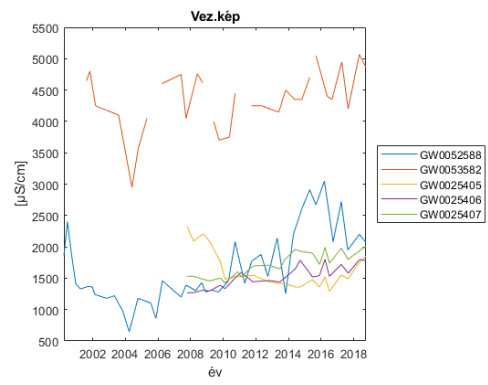
Szolonyecses réti talajok: 32535, 32536, 32539, 32540





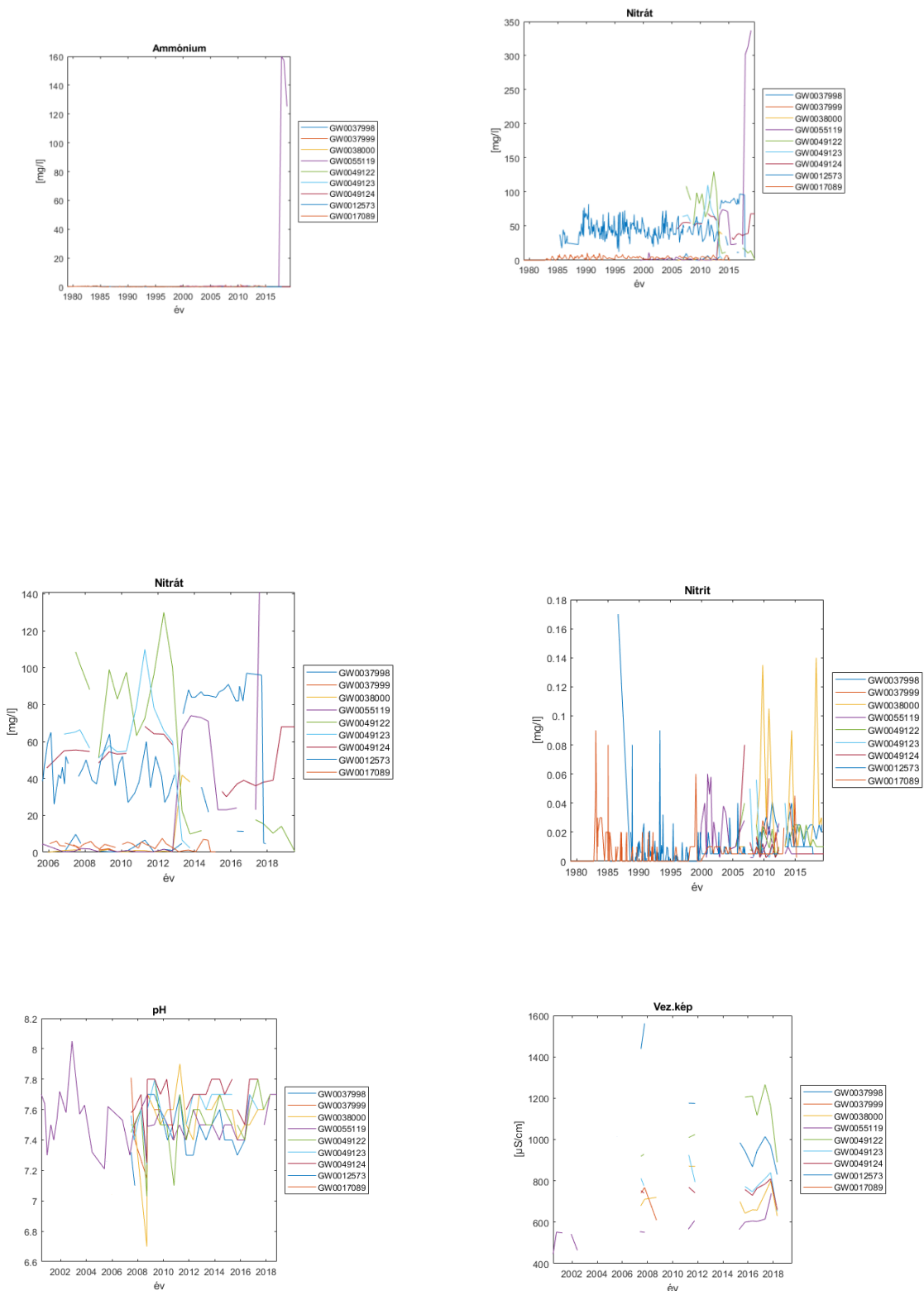
Réti talajok: 52588, 53582, 25405, 25406, 25407





8.3 Sp.1.13.1, talajtípus szerinti csoportosítás, ábrák

Humuszos homokos talajok: 37998 37999 38000 55119 49122, 49123, 49124 12573 17089



Barnaföldek (Ramann-féle barna erdőtalajok) : 15707, 15729, 15591, 15726, 17130, 17131, 17232, 17237, 25542, 17157

