




aplinkos
apsaugos
agentūra



Ariama žemė ir nitratai Lietuvos upėse - sąryšių analizė



Vilnius, 2018

Parengė Aplinkos apsaugos agentūros Hidrografinio tinklo skyriaus Vyresnysis patarėjas dr. Mindaugas Gudas.

Viršelio nuotraukos – Mindaugo Bernatonio.

Turiny

Ivadas	4
Duomenys ir metodika	4
Rezultatai	7
Išvados	9
1 Priedas . Tyrimų vietos	10
2 Priedas . <i>NO₃-N ir žemės dangos sąryšių analizei naudotos CORINE žemės dangos klasės</i>	14
3 Priedas . <i>Labiausiai su NO₃-N koncentracijomis upėse susijusių žemės dangos klasių pirminė atranka</i>	15
4 Priedas . <i>Sutelktos taršos poveikio NO₃-N koncentracijoms žemiau miestų, lyginant su koncentracijomis aukščiau miestų, reikšmingumo nustatymas</i>	17
5 Priedas . <i>NO₃-N koncentracijų upių vandenyje išskirtys ir jas reprezentuojančios tyrimų vietos</i>	18
6 Priedas . <i>NO₃-N koncentracijų upių tyrimų vietose asociacija su ariamos žemės plotais</i>	19
7 Priedas . <i>NO₃-N koncentracijų variacija tyrimų vietose prie skirtingos ariamos žemės santykinės dalies baseinuose</i>	21
8 Priedas . <i>Skirtumai NO₃-N upių koncentracijose tarp periodų >45 % ariamos žemės turinčių baseinų tyrimų vietose</i>	22

Išvadas

Arti 30 % šalies upių vandens telkinių neatitinka geros ekologinės būklės kriterijų dėl per didelio nitratinio azoto ($\text{NO}_3\text{-N}$) kiekio vandenyje. Remiantis užsienio šalių ir Lietuvos moksliniais tyrimais, valstybinio monitoringo duomenimis, Aplinkos apsaugos agentūros užsakymu atliktais vandens kokybės modeliavimo rezultatais ir kitais oficialiais šaltiniais nitratų padidintas kiekis dažniausiai siejamas su pasklidąja tarša, susidaranti iš upių baseinų dirvožemių išsiplaukiant azoto junginiams. Yra žinoma, kad azoto išsiplovimas iš dirvų priklauso tiek nuo dirvos savybių (dirvodarinės uolienos, granulimetrinės sudėties, rūgštingumo ir kt.), tiek nuo žemės dangos klasės, žemėnaudos (skirtingi procesai miškuose, pievose, ariamose žemėse), tiek nuo žemės naudojimo intensyvumo ir taikomų veiklos praktikų (pavyzdžiui, naudojamų trąšų kiekio). Tai galioja ir kitoms medžiagoms, ne tik nitratiniam azotui, tačiau $\text{NO}_3\text{-N}$ reikalauja ypatingo dėmesio, nes nitratinis azotas pasižymi dideliu tirpumu ir judrumu, todėl labai lengvai išsiplauka iš dirvų.

Atsižvelgiant į nitratinio azoto kiekių suvaldymo Lietuvos upių vandenyse problematiką, šia analize siekiama šių pagrindinių tikslų:

- Nustatyti kurios iš žemės dangos klasių galimai daro didžiausią įtaką nitratinio azoto koncentracijoms Lietuvos upių vandenyje;
- Nustatyti nitratinio azoto koncentracijas upėse labiausiai įtakojančių žemės dangos klasių sąryšio su $\text{NO}_3\text{-N}$ kiekiu vandenyje pobūdį, stiprumą bei stabilumą (arba kitimą) laike;
- Nustatyti preliminarias kritines žemės dangos paplitimo vertes, lemiančias gerą ekologinę būklę peržengiančias nitratinio azoto koncentracijas upėse;
- Preliminariai įvertinti kiek stipriai nitratinio azoto koncentracijas upėse lemia pati žemės danga, ir kiek įtakos gali turėti kiti gamtiniai ar antropogeniniai veiksniai, pavyzdžiui, susiję su veiklos intensyvumu toje pačioje žemės dangos klasėje.

Pažymėtina, kad šiuo tyrimu nesiekta atlikti detalios kiekybinės kitų nei žemės danga veiksnių (pavyzdžiui, veiklos intensyvumo rodiklių) poveikių analizės. Teikiant išvadas dėl gautų rezultatų vadovautasi logine ekspertine gautų analizės rezultatų interpretacija.

Duomenys ir metodika

Analizei panaudoti Valstybinio upių monitoringo 1992-2017 m. vandens kokybės duomenys bei žemės dangos (angl. CORINE Landcover) sluoksnių atitinkamų monitoringo tyrimų vietų baseinuose 1995, 2000, 2006 ir 2012 m. duomenys. Duomenų agregavimas, grupavimas, filtravimas, transformavimas ir kitos tvarkomosios operacijos bei statistinė analizė atlikta atviro kodo statistine programa „R“.

Žemės dangos ir nitratinio azoto koncentracijų sąryšių analizei naudoti upių monitoringo trijų metų $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijų vidurkiai, juos išvedant iš tų pačių metų upių duomenų kaip ir žemės dangos duomenys, bei iš vienisiais metais ankstesnių ir vėlesnių metų duomenų, lyginant su žemės dangos duomenų metais. Asociacijų ieškota tarp atitinkamų laikotarpių duomenų rinkinių porų (1 lentelė).

1 lentelė. Corine žemėnaudos ir nitratinio azoto koncentracijų sąryšių analizei panaudotų duomenų rinkinių poros.

CORINE žemės dangos sluoksnio metai	Valstybinio upių monitoringo duomenų agreguotas laikotarpis
1995	1994-1996
2000	1999-2001
2006	2005-2007
2012	2011-2013

Iš kiekvienų metų monitoringo tyrimų vietų sąrašo buvo pašalintos vietos, kuriose atlikta mažiau nei 11 tyrimų per metus. Vedant laikotarpių trimečius vidurkius, iš tyrimų vietų sąrašų buvo pašalintos vietos, kurių duomenų trūksta bent vienus metus iš trijų.

Kiekvieno laikotarpio žemės dangos duomenys gauti apkerpant šalies žemės dangos sluoksnį pagal kiekvienos upių tyrimų vietos baseino ribas, apskaičiuojant procentine išraiška kiekvieną smulkiausio lygmens CORINE kodą atitinkančios žemės dangos klasės dalį baseine. CORINE sluoksnių apkirpimą, panaudojant Python programavimo kalbos kodą, atliko Aplinkos apsaugos agentūros Hidrografinio tinklo skyriaus vyriausiasis specialistas Svajūnas Plungė.

Pirminiame analizės etape atlikta paprasta Pirsono (angl. Pearson) koreliacijų analizė tarp visų žemės dangos klasių ir vidutinių nitratinio azoto koncentracijų panaudojant visų keturių laikotarpių duomenis, siekiant nustatyti labiausiai su nitratais susijusias žemės dangos klases, su kuriomis būtų prasminga atlikti detalesnę sąryšių analizę. Kadangi Pirsono koreliacijos koeficientai atspindi tik tiesinę asociaciją, papildomai įvertinti NO₃-N ir kiekvienos žemės dangos klasės asociacijų grafikai (angl. scatter plots), galintys parodyti netiesines asociacijas ([3 priedo II pav.](#)).

Siekiant, kad nitratų azoto koncentracijų ir žemės dangos sąryšių analizės rezultatus kuo mažiau įtakotų ne su žemės danga susiję veiksniai, įvertintos išskirtys (tyrimų vietos su neproporcingai aukštomis arba žemomis NO₃-N koncentracijomis) bei vietos, kuriose vandens kokybę gali reikšmingai paveikti miestų nuotekų išleidimai ([5 priedas](#)). Yra žinoma, kad nitratų kiekius labiausiai lemia pasklidoji tarša, o miestų nuotekų poveikis labiausiai pasireiškia per padidintas amonio azoto, fosforo junginių ir biologiškai greitai degraduojančios organikos kiekius. Siekiant įsitikinti, ar miestai nitratų koncentracijoms nedaro reikšmingos įtakos, buvo atliktas parametrinis Stjudento t testas ir neparametrinis Vilkoksono rangų testas (angl. Wilcoxon signed rank test) skirtumų tarp tyrimų vietų aukščiau ir žemiau miestų reikšmingumui įvertinti. Šiam pasitikrinimui panaudoti tik 1994-1996 m. periodo duomenys, kuriame yra nemažai tyrimų vietų, esančių aukščiau ir žemiau to paties miesto. Kadangi žemiau miestų esančiose vietose koncentracijos buvo reikšmingai aukštesnės, visos šiais testais tikrintos žemiau miestų esančios vietos buvo pašalintos iš analizėje naudojamų vietų sąrašo. Iš šio sąrašo taip pat buvo išimtos kai kurios kitos žemiau didesnių miestų esančios tyrimų vietos, taip pat upių baseinų planuose nurodytose rizikos vandens telkiniuose dėl sutelktosios taršos poveikio esančios tyrimų vietos. Pažymėtina, kad pašalintos ne visos žemiau miestų ar dėl sutelktosios taršos rizikos vandens telkiniuose esančios tyrimų vietos – tik tos, kurios pateko į išskirtis, taip pat tos, kurios turi atitikmenis (tyrimų vietas) iškart aukščiau to paties miesto, bei tos žemiau miestų esančios tyrimų vietos, kuriose, ekspertiniu vertinimu, pagal baseine užimamą atitinkamos žemės dangos dalį NO₃-N koncentracijos yra nepagrįstai didelės. Iš tolimesnės analizės išimtos ne visos žemiau miestų

esančios tyrimų vietos, kad drastiškai nesumažėtų statistinės imtys ir taip nenukentėtų rezultatų patikimumas. Manytina, kad NO₃-N koncentracijų pakilimai likusiose žemiau gyvenviečių esančiose tyrimų vietose dėl pastarųjų poveikio turėtų būti minimalūs ir esminės įtakos pagrindinių dėsnų nustatymui neturi. Taip pat pažymėtina, kad nemaža dalis išskirčių nebuvo pašalinta iš analizės, nes manytina, kad nustatytos NO₃-N koncentracijos tose tyrimų vietose yra neatsitiktinės ir nenulemtos kitų ne su žemės ūkio veikla susijusių žmogaus veiklos poveikių.

Iš sąrašo taip pat pašalintos tyrimų vietos greta Lietuvos Respublikos sienų, jeigu upė įteka iš kaimyninių valstybių, kadangi šiuo atveju Lietuvos teritorijos žemės dangos duomenys nereprezentuotų įtakos šių upių būklei.

Tokiu būdu iš skirtingų periodų tyrimų vietų sąrašų iš viso pašalintos 38 tyrimų vietos. Į sąryšių analizę galutinai patekusių tyrimų vietų statistika pateikiama 2 lentelėje. Atliekant analizę su duomenimis iš bendrų visiems periodams tyrimų vietų, į analizę įtraukta 15 tyrimų vietų. Visų analizei naudotų, iš jos pašalintų ir bendrų visiems periodams atitinkamų laikotarpių tyrimų vietų sąrašai pateikti [1 priede](#).

2 lentelė. Į NO₃-N koncentracijų ir žemės dangos sąryšių analizę galutinai patekusių tyrimų vietų skaičius skirtingais periodais.

Analizės periodas	Tyrimų vietų skaičius
1994-1996	66
1999-2001	65
2005-2007	47
2011-2013	46
Suminis 1994-1996, 1999-2001, 2005-2007 ir 2011-2013 periodas	224

Sąryšiai tarp nitratinio azoto ir ariamos žemės buvo analizuojami taškų išsibarstymo grafikų pagrindu (angl. scatter plots), sąryšius nustatant neparimetrinės regresijos (LOESS) metodu. LOESS metodo privalumas tas, jog jis nereikalauja, kad duomenys atitiktų normaliojo pasiskirstymo sąlygą ir kitus parametriniams testams nustatytus griežtus reikalavimus, tačiau tuo pačiu užtikrina netiesinių ryšių nustatymo galimybę. Metodas veikia iš esmės svertinių vidurkių pagrindu, priklausomai kokio pločio „langas“ (jį apibrėžia „span“ parametras) gretimų stebėjimų pasirenkamas, artimesniems stebėjimams visuomet suteikiant didesnę svarbą. Šiai analizei pasirinkta didžiausia parametro „span“ vertė (1), tuo užtikrinant maksimalų glodninimą (bendriausių tendencijų nustatymą, smulkių svyravimų eliminavimą). Sąryšių grafikai įvertinti visiems 4 periodams bei bendrai visų periodų suminei duomenų eilei. Atskirai tokia pati analizė padaryta ir tik bendroms tyrimų vietoms t.y. toms, kurių duomenys yra visuose perioduose. Tuo siekta įvertinti sąryšių pokyčius laike ir palyginti išvadas su išvadomis, kurios gautos su didesnėmis duomenų eilėmis, tačiau su ne vien tu pačių tyrimų vietų duomenimis.

Vertinant sąryšių kreives ir jų pokyčius laike stebėta, kuriose tyrimų vietose įvyko didžiausi pokyčiai, galimai lėmę sąryšių skirtumus. Siekiant įvertinti, ar ir kiek NO₃-N koncentracijas galėjo paveikti kiti ne su pačia žemės danga susiję veiksniai (pavyzdžiui, tręšimo intensyvumas), įvertinti nitratinio azoto verčių skirtingose žemės dangos klasėse išsibarstymo (variacijos) skirtumai. Taip pat atliktas parametrinis ANOVA bei neparimetrinis Kruskal-Valio rangų sumų testas (angl. Kruskal Wallis rank sum test) NO₃-N koncentracijų ir ariamos žemės dalies tarp skirtingų periodų

skirtumų ir jų statistinio reikšmingumo nustatymui, siekiant įvertinti, ar šie parametrai kito tarp periodų ir tokiu būdu nesąlygojo skirtumų skirtingų periodų sąryšiuose. Tokie patys testai atlikti ir tik su tų tyrimų vietų, kurių baseinuose ariama žemė sudarė daugiau nei 45 procentų visos žemės dangos, duomenimis.

Rezultatai

Atliekant pirminę nitratų azoto ir žemės dangos asociacijos analizę nustatyta, **kad labiausiai NO₃-N siejasi su ariamos žemės dalimi baseine** (CORINE kodas – 2.1.1). Šiuo atveju Pirsono koreliacijos koeficiento reikšmės, priklausomai nuo periodo, svyruoja tarp 0,66 ir 0,74 ([3 priedas](#)). Ši asociacija yra logiška, turi savo mokslinį pagrindimą, patvirtinta daugelio tyrimų eilėje šalių. Atsižvelgiant į šias aplinkybes, detalesnei sąryšių analizei pasirinkta tik ariamos žemės dangos klasė.

Išanalizavus tyrimo vietų aukščiau ir žemiau miestų nitratų azoto koncentracijų duomenis, nustatyta, kad žemiau miestų esančiose vietose NO₃-N koncentracijos statistiškai reikšmingai aukštesnės nei tyrimų vietose aukščiau miestų ([4 priedas](#)). NO₃-N koncentracijos žemiau miestų buvo didesnės vidutiniškai 20 %, tačiau atskirose tyrimų vietose šie skirtumai siekė nuo nulio iki 60 %. Tuo pačiu pažymėtina, kad kai kuriose vietose NO₃-N koncentracijos žemiau miestų buvo netgi mažesnės. Tai, kad miestų nuotekos kai kuriose atkarpose gali šitaip gana reikšmingai paveikti nitratų lygius buvo kiek netikėtas rezultatas. Siekiant išvengti šių miestų įtakos tolimesnei analizei, visos į aukščiau paminėtą palyginamąjį tyrimą įtrauktos tyrimų vietos žemiau miestų pašalintos iš sąryšių analizės. Iš tolimesnės analizės taip pat išimtos išskirtys, kur NO₃-N koncentracijos labiau iškyla ne iškart žemiau miesto, bet šiek tiek žemiau pasroviui. Taip galėjo atsitikti dėl amonio azoto, nitritų azoto ir kitų azoto junginių oksidacijos (nitrifikacijos), kuriai pilnai įvykti reikia laiko. Tipiniai pavyzdžiai – Kulpė žiotyse (galima Šiaulių įtaka), Sidabra pasienyje (galima Joniškio įtaka).

Išėmus aukščiau paminėtas tyrimų vietas nustatyta, kad **NO₃-N koncentracijų upių vandenyje ir ariamos žemės dalies upių baseinuose sąryšiai yra netiesiniai ir, didėjant ariamos žemės daliai, NO₃-N koncentracijos yra linkusios augti eksponentiškai** ([6 priedo I pav.](#)). Tai gali būti susiję ne tik su pačios ariamos žemės kiekio augimu, iš kurios dėl jos atvirumo erozijai, mažo maistmedžiages sugeriančios augmenijos tankio azoto junginiai natūraliai labiau išsiplauna. Išsiplovimo mąstai dar labiau išauga galimai dėl didesniuose ariamos žemės plotuose tikėtina intensyviau vykdomos žemės ūkio veiklos (pavyzdžiui, dėl didesnio išberiamų trąšų kiekio ir kt.). Tiesa, pasiekus tam tikrą ariamos žemės dalies baseine dydžio ribą, NO₃-N koncentracijų augimas kai kuriais periodais sulėtėja. Toks pats sąryšių pobūdis fiksuojamas ir atlikus analizę tik su tyrimų vietomis, kurių duomenys yra visais periodais ([6 priedo II pav.](#)).

Kad maistmedžiagių išsiplovimams be pačios žemės dangos didžiulę įtaką gali turėti žemdirbystės pobūdis (pavyzdžiui, pasėlių tipas, trąšų tipas) ir jos intensyvumas (pavyzdžiui, trąšų kiekis) suponuoja ženkliai išauganti NO₃-N koncentracijų variacija tyrimų vietose, kurių baseinuose ariamos žemės dalis yra santykinai didelė (>45 %) ([7 priedas](#)). Manytina, kad tai rodo, jog **tvariai ūkininkaujant įmanoma užtikrinti gerą ekologinę būklę (NO₃-N < 2,3 mgN/l) net tuose upių baseinuose, kur ariama žemė yra vyraujanti žemės dangos klasė**. Pavyzdžiui, prie 60 % ir daugiau ariamos žemės tokiose tyrimų vietose kaip Vilkoje ties Gudais ar Šeimenoje ties Vilkaviškiu gera

būklė yra pasiekama, tuo tarpu kai Mūšoje ar Platonyje ties siena su Latvija fiksuotos atitinkamai net 5 ir 6,5 mgN/l viršijančios NO₃-N koncentracijos. Žinoma, šiuos dėsningumus tam tikra dalimi gali lemti ir kiti veiksniai, pavyzdžiui, skirtingi dirvožemio tipai, ariamos žemės artumas vandens telkinių atžvilgiu, kraštovaizdžio fragmentiškumas ar kiti veiksniai, kurie šioje analizėje nebuvo papildomai vertinti.

Analizuojant NO₃-N koncentracijų ir ariamos žemės sąryšius nustatyti tam tikri skirtumai tarp laiko periodų. 1994-1996 m. sąryšių kreivė atvaizduoja sistemiškai mažesnes NO₃-N koncentracijas prie tų pačių santykinų ariamos žemės plotų, lyginant su visais kitais periodais. Koncentracijos kitais dviem laikotarpiais sistemingai kyla kol 2005-2007 m. periodu stabilizuojasi. Toliau sekančiu 2011-2013 m. periodu koncentracijos prie tų pačių santykinų ariamos žemės plotų vėl tampa šiek tiek mažesnės. Tačiau pagal paskutinių 2015-2017 m. nitratų koncentracijų tose pačiose tyrimų vietose duomenis pastarosios vėl išauga ir labai ženkliai – tampa pačiomis didžiausiomis per visą stebėjimų periodą nuo 1992 m. Iš to gauname, kad **pačios mažiausios nitratų koncentracijos stebėtos laikotarpyje iškart po Nepriklausomybės atgavimo (1992-1994 m.), o pačios didžiausios – paskutiniaisiais metais (2015-2017 m.)**. Tą patvirtina ir Kruskal-Valio testu nustatyti reikšmingi statistiniai analizuojamų NO₃-N koncentracijų skirtumai tarp atskirų periodų, nustatyti tyrimų vietose, kurių baseinuose ariama žemė sudaro daugiau kaip 45 % ([8 priedas](#)).

Pokyčius tarp periodų geriausiai iliustruoja bendrų visais periodais tyrimų vietų, kuriose NO₃-N kiekiai stipriai kito laike, duomenų analizė ([6 priedo III pav.](#)). Reikšmingiausi pokyčiai vyko penkiose tyrimų vietose, kurių baseinuose ariama žemė kaip tik ir sudarė didžiausią žemės dangos dalį – Mūšoje (ties Latvijos siena), Tatuloje (aukščiau Biržų), Daugyvenėje (žiotyse, įtekant į Lėvenį), Nevėžyje (aukščiau Raudondvario, prieš įtekant į Nemuną) ir Šušvėje (žiotyse, prieš įtekant į Nevėžį). Šios tyrimų vietos gerai reprezentuoja Lietuvos žemės ūkio aruodo baseinus ir pabaseinius – Lielupės baseiną (Mūšos, Tatulos, Lėvens pabaseiniai) ir Nevėžio pabasinį (Nevėžio ir Šušvės pabaseiniai) (vienintelė trūkstama grandis – Šešupės pabasinis). Šiose tyrimų vietose stebimi ryškūs panašaus dydžio NO₃-N koncentracijų šuoliai tiek 1999-2001 m., tiek ir 2005-2007 m. periodais (šiuo periodu stebėtos verčių maksimalios vertės). 2011-2013 m. periodu NO₃-N vertės reikšmingai sumažėjo, nukrisdamos į 1999-2001 m. laikotarpio lygį, tačiau 2015-2017 m. periodu pakilo aukščiau nei bet kada nuo 1992 m. Atkreiptinas dėmesys, kad reikšmingų **pokyčių ariamos žemės užimamuose plotuose ir upių vandeningume tarp periodų nenustatyta, todėl manytina, kad NO₃-N kiekiai per pagrindines Lietuvos žemės ūkio teritorijas tekančiose upėse kito dėl nevienodo agrarinės veiklos intensyvumo arba tvarumo skirtingais laikotarpiais**.

Siekiant atvaizduoti apibendrintą NO₃-N koncentracijų ir ariamos žemės dalies baseinuose tarpusavio ryšį, atspindintį visus analizuotus laiko periodus, visų atskirų periodų analizėje naudotų duomenų pagrindu sudaryta atitinkama ryšio kreivė, apibrėžiant jos 95 procentų patikimumo intervalą ([6 priedas IV pav.](#)). Tiek ši apibendrinta kreivė, tiek atskiriems periodams sudarytos ryšio kreivės rodo, kad **kai ariamos žemės dalis upės baseine pasiekia maždaug 50 %, yra didelė tikimybė, kad NO₃-N koncentracijos viršys gerą ekologinę būklę** apibrėžiančias vertes (2,3 mgN/l). Tačiau vėlgi pabrėžtina, kad tai tik preliminarinė riba ir, kaip rodo dalies tyrimų vietų duomenys, net ariamai žemei užimant mažesnę nei 50 % dalį (pavyzdžiui, Nevėžio žiotyse), NO₃-N koncentracijos upėse gali viršyti geros būklės ribą. Ir atvirkščiai, net ariamai žemei užimant didesnę

nei 50 % dalį, NO₃-N koncentracijos upėse gali neviršyti geros būklės ribos. Manytina, kad viena iš esminių sąlygų, kad atsitiktų kaip pastaruoju atveju – tvari žemės ūkio veikla.

Išvados

- Nustatyta stipri teigiama asociacija tarp nitratų azoto koncentracijos upės vandenyje ir ariamos žemės kiekio upės baseine. Ši asociacija yra stipriausia, lyginant su kitų žemės dangos tipų galima įtaka.
- Nitratų azoto ir ariamos žemės dalies baseine ryšys yra netiesinis – didėjant ariamos žemės daliai nitratų azoto koncentracija linkusi augti eksponentiškai.
- 50 % ariamos žemės dalis baseine – vidutinė kritinė riba, kurią peržengus yra labai didelė tikimybė, kad nitratų azoto koncentracijos viršys gerą ekologinę būklę apibrėžiančius kriterijus.
- Didžiausios nitratų azoto koncentracijos stebimos per Lietuvos žemės ūkio aruodo teritorijas tekančiose Lielupės baseino, Nevėžio ir Šešupės pabaseinio upėse, kur ariama žemė yra dominuojanti žemės dangos klasė.
- Baseinų, kurių didžiąją dalį (>45 %) užima ariamos žemės plotai, upės pasižymi didele nitratų azoto koncentracijos variacija. Šiose upėse pastebėti ir reikšmingi NO₃-N skirtumai tarp laikotarpių, nors ariamos žemės plotai ir upių vandeningumas laike reikšmingai nepakito. Visa tai galimai rodo, kad be kitų gamtinių veiksnių itin svarbią įtaką nitratų išsiplovimams į vandens telkinius gali turėti veiklų ariamos žemės plotuose pobūdis, intensyvumas ir tvarumas. Pasėlių tipas, trąšų tipas (mineralinės, organinės) ir kiekliai, išbarstymo periodai, arimo praktikos, tarpinių augalų sėjimas, veiklos atstumas nuo vandens telkinių – vieni iš esminių veiklos pobūdžio, intensyvumo ir tvarumo rodiklių šiame kontekste. Jeigu šios prielaidos teisingos, tai vestų prie atsargaus optimizmo, kad, tvariai ūkininkaujant arba/ir labiau diversifikuojant sektorių, žemės ūkio sukeltą vandens telkinių taršą galima realiai sumažinti iki aplinkosauginiu atžvilgiu priimtino lygio.
- Nitratų azoto koncentracijos iš esmės pastoviai augo nuo žemiausių verčių 1994-1996 m. periodu iki aukščiausių koncentracijų paskutiniaisiais metais (2015-2017 m.), kas didžia dalimi paaiškintina augalininkystės intensyvėjimu ir dalyje ūkių galimai taikomomis netvaraus ūkininkavimo praktikomis. Tam tikras koncentracijų sumažėjimas stebėtas tik 2011-2013 m. periodu. Mažiems nitratų kiekiams analizuojamo laikotarpio pradžioje įtakos galėjo turėti po nepriklausomybės atgavimo visus ūkio sektorius palietęs bendras ekonomikos nuosmukis, dėl ko veiklos intensyvumas žemės ūkyje taip pat buvo sumažėjęs. Laikinas 2011-2013 m. smuktelėjimas galimai atspindi žemės ūkio sektorių taip pat palietusius 2008 m. pasaulinės ekonominės krizės padarinius.

Tyrimų vietos

I. Tyrimų vietos, kurių duomenys naudoti NO₃-N ir žemės dangos sąryšių analizei, pašalinus nereprezentatyvias tyrimų vietas

Kodas	Vieta	1994- 1996	1999- 2001	2005- 2007	2011- 2013
R10	Nemunas - žemiau Kauno	+	-	-	-
R100	Kruoja - žiotyse	+	+	-	-
R105	Birvėta - ties siena	+	+	+	+
R106	Laukesa - žemiau Zarasų	+	+	+	-
R11	Nemunas - žemiau Smalininkų	+	+	+	+
R1282	Kražantė - ties Piliukais	-	-	-	+
R13	Nemunas - aukščiau Rusnės, aukščiau Leitės	+	+	-	+
R130	Neris - žemiau Jonavos	-	+	-	-
R1319	Šventoji - ties Šventupiu	-	-	-	+
R133	Šventoji - ties keliu Nr 1502	-	+	+	+
R1348	Lakaja - ties Argirdiške	-	-	-	+
R136	Nemunas žemiau Kauno ties Kulautuva	-	-	-	+
R137	Šešupė - ties Kaliningrado siena	-	-	+	+
R138	Šventoji - žiotyse	-	-	+	+
R14	Minija - aukščiau Plungės	+	+	-	-
R1438	Saria - žiotyse	-	-	-	+
R1462	Jūra - ties Visdžiaugais	-	-	-	+
R151	Ūla-Pelesa - ties Kašėtomis	-	-	+	-
R1514	Venta - aukščiau Kuršėnų	-	-	-	+
R1515	Mūša - aukščiau Kulpės	-	-	-	+
R16	Minija below Gargzdai	+	+	+	-
R161	Merkys - žemiau Valkininkų	-	-	-	+
R17	Minija - žemiau Priekulės	+	+	-	-
R175	Mera-Kuna - ties Pažeimene	-	-	+	+
R176	Kena - ties Kryžkeliu	-	-	+	-
R18	Veiviržas - ties Veiviržėnais	+	+	+	-
R19	Šyša - aukščiau Šilutės	+	+	-	-
R192	Armona - žemiau santakos su Pavarkla	-	-	-	+
R21	Jūra - aukščiau Tauragės	+	+	-	-
R217	Šešuvis - ties Taibučiais	-	-	+	-
R218	Dubysa - ties Kaulakiais	-	-	+	-
R219	Žiežmara - ties Paparčiais	-	-	+	-
R23	Šešuvis - ties Skirgailiais	+	+	+	-
R231	Šaltuona - aukščiau Šauklių	-	-	-	+
R245	Dotnuvėlė - žemiau Dotnuvos	-	-	-	+
R25	Lokysta - žemiau Šilalės	+	+	-	-
R265	Jūra - ties Mociškiais	-	-	+	+

Kodas	Vieta	1994-1996	1999-2001	2005-2007	2011-2013
R266	Minija - ties Suvernais	-	-	+	+
R268	Vilka - ties Gudais	-	-	+	+
R27	Šešupė - žemiau Kalvarijos	+	+	-	-
R271	Akmėna - aukščiau Pagramančio	-	-	+	-
R28	Šešupė - aukščiau Marijampolės	+	+	-	-
R30	Siesartis - žemiau Šakių	+	+	-	-
R31	Šeimėna - žemiau Vilkaviškio	+	+	-	-
R32	Šelmentė - Lenkijos pasienyje	+	+	-	-
R325	Dysnė - ties Kačėrgiške	-	-	+	+
R327	Šventoji - ties Sabaliūnais	-	-	+	+
R33	Dubysė - aukščiau Seredžiaus	+	+	+	+
R34	Kražantė - aukščiau Kelmės	+	+	+	-
R357	Nemunėlis - ties Tabokine	-	-	+	+
R36	Nevėžis - aukščiau Panevėžio	+	+	-	-
R360	Pyvesė - tarp Žadeikų ir Geivitonių	-	-	+	-
R38	Nevėžis - aukščiau Kėdainių	+	+	-	-
R387	Nevėžis - žemiau Velžio	-	-	-	+
R4	Nemunas - aukščiau Alytaus	+	+	-	-
R40	Nevėžis - aukščiau Raudondvario	+	+	+	+
R401	Rausvė - ties Nadrausve	-	-	+	+
R402	Višakis - aukščiau Pilviškių	-	-	+	-
R41	Šušvė - žiotyse	+	+	+	+
R42	Juostė - žemiau Jackagalio	+	+	-	-
R430	Varduva - ties Grieže	-	-	+	+
R431	Platonis - ties siena	-	-	+	+
R432	Ašvė - ties Tulnikiais	-	-	+	+
R433	Virvyčia - ties Janapole	-	-	+	-
R44	Neris - aukščiau Vilniaus	+	+	-	-
R450	Ringuva - žemiau Uzringuvio	-	-	-	+
R46	Neris - žemiau Vilniaus	+	+	-	-
R47	Neris - žemiau Vilniaus	+	+	-	-
R48	Neris - aukščiau Jonavos	+	+	-	-
R50	Neris - aukščiau Kauno	+	+	+	+
R52	Šventoji - aukščiau Anykščių	+	+	+	-
R54	Šventoji - aukščiau Ukmergės	+	+	-	-
R56	Širvintė - aukščiau Širvintų	+	+	+	-
R58	Siesartis - žemiau Molėtų	+	+	-	-
R60	Vilnė - aukščiau N.Vilnios	+	+	-	-
R612	Nemunas - ties Pagėgiais	-	-	-	+
R62	Žeimėna - ties Kaltanėnais	+	+	+	+
R63	Žeimėna - žemiau Švenčionėlių	+	+	-	-
R64	Žeimėna - aukščiau Pabradės	+	+	-	-
R66	Būkė - ties Vaisnoriške	+	+	+	-
R67	Strėva - žemiau Semeliškių	+	+	-	-

Kodas	Vieta	1994-1996	1999-2001	2005-2007	2011-2013
R68	Strėva - ties Liutonimis	+	+	-	-
R69	Merkys - aukščiau Varėnos	+	+	-	-
R7	Nemunas - aukščiau Prienų	+	+	-	-
R70	Merkys - žemiau Puvočių	+	+	+	+
R73	Šalčia - žemiau Šalčininkų	+	+	-	-
R74	Akmena - Danė - ties Tūbausiais	+	+	+	-
R75	Akmena-Danė - žemiau Kretingos	+	-	-	-
R76	Akmena - Danė - aukščiau Klaipėdos	+	+	-	-
R78	Bartuva - ties Krakėmis	+	+	+	+
R787	Minija - ties Stalgėnais	-	-	-	+
R79	Bartuva - žemiau Luobos	+	+	+	+
R8	Nemunas - aukščiau Kauno	+	+	-	-
R80	Venta - aukščiau Kuršėnų	+	+	-	-
R82	Venta - žemiau Mažeikių	+	+	+	+
R83	Virvyčia - žemiau Pateklos	+	+	-	-
R84	Mūša - aukščiau Kulpės	+	+	-	-
R86	Mūša - žemiau Saločių	+	+	+	+
R89	Nemunėlis - žemiau Panemunio	+	+	-	-
R9	Nemunas - žemiau Kauno	+	-	-	-
R90	Juodupė - žemiau Juodupės	+	+	-	-
R92	Tatula - aukščiau Biržų	+	+	+	+
R94	Tatula - ties Trečionimis	+	+	-	-
R95	Lėvuo - aukščiau Kupiškio	+	+	+	+
R97	Lėvuo - aukščiau Pasvalio	+	+	-	-
R99	Daugyvėnė - žiotyse	+	+	+	+

II. Iš NO₃-N ir žemės dangos sąryšių analizės išimtos nereprezentatyvios tyrimų vietos

Kodas	Vieta	Pašalinimo priežastis
R15	Minija - žemiau Plungės	Sutelktoji tarša
R20	Šyša - žemiau Šilutės	Sutelktoji tarša
R22	Jūra - žemiau Tauragės	Sutelktoji tarša
R24	Šaltuona - žemiau Raseinių	Sutelktoji tarša
R29	Šešupė - žemiau Marijampolės	Sutelktoji tarša
R35	Kražantė - žemiau Kelmės	Sutelktoji tarša
R37	Nevėžis - žemiau Panevėžio	Sutelktoji tarša
R39	Nevėžis - žemiau Kėdainių	Sutelktoji tarša
R45	Neris - žemiau Vilniaus	Sutelktoji tarša
R49	Neris - žemiau Jonavos	Sutelktoji tarša
R51	Lomena - žemiau Kaišiadorių	Sutelktoji tarša
R53	Šventoji - žemiau Anykščių	Sutelktoji tarša
R55	Šventoji - žemiau Ukmergės	Sutelktoji tarša
R57	Širvinta - žemiau Širvintos	Sutelktoji tarša

Kodas	Vieta	Pašalinimo priežastis
R59	Vyžuona - žemiau Utenos	Sutelktoji tarša
R61	Vilnia - žiotyse	Sutelktoji tarša
R65	Žeimena - žemiau Pabradės	Sutelktoji tarša
R77	Akmena-Dané - žiotyse	Sutelktoji tarša
R81	Venta - žemiau Kuršėnų	Sutelktoji tarša
R85	Mūša - žemiau Kulpės	Sutelktoji tarša
R87	Sidabra - žemiau Joniškio	Sutelktoji tarša
R88	Sidabra - ties siena	Sutelktoji tarša
R91	Laukupė - žemiau Rokiškio	Sutelktoji tarša
R93	Tatula - žemiau Biržų	Sutelktoji tarša
R96	Lėvuo - žemiau Kupiškio	Sutelktoji tarša
R98	Lėvuo - žiotyse	Sutelktoji tarša
R101	Obelė - žemiau Radviliškio	Sutelktoji tarša
R102	Obelė - žiotyse	Sutelktoji tarša
R103	Kulpė - žemiau Šiaulių	Sutelktoji tarša
R104	Kulpė - žiotyse	Sutelktoji tarša
R1	Nemunas - aukščiau Druskininkų	Nereprezentatyvi žemės danga
R2	Nemunas - žemiau Druskininkų	Nereprezentatyvi žemės danga
R26	Šešupė - Lenkijos pasienyje	Nereprezentatyvi žemės danga
R3	Nemunas - žemiau Druskininkų	Nereprezentatyvi žemės danga
R43	Neris - ties Buivydžiais	Nereprezentatyvi žemės danga
R127	Nemunas - Skirvytė aukščiau Rusnės	Nereprezentatyvi tyrimų vieta
R71	Skroblus - žemiau Dubininkų	Nereprezentatyvi tyrimų vieta
R1301	Skroblus - žemiau Rudnios	Nereprezentatyvi tyrimų vieta

III. Bendros visiems laikotarpiams tyrimų vietos, kurių duomenys, po nereprezentatyvių tyrimų vietų pašalinimo, naudoti NO₃-N ir žemės dangos sąryšių analizei

Kodas	Vieta
R105	Birvėta - ties siena
R11	Nemunas - žemiau Smalininkų
R33	Dubysa - aukščiau Seredžiaus
R40	Nevėžis - aukščiau Raudondvario
R41	Šušvė - žiotyse
R50	Neris - aukščiau Kauno
R62	Žeimena - ties Kaltanėnais
R70	Merkys - žemiau Puvočių
R78	Bartuva - ties Krakėmis
R79	Bartuva - žemiau Luobos
R82	Venta - žemiau Mažeikių
R86	Mūša - žemiau Saločių
R92	Tatula - aukščiau Biržų
R95	Lėvuo - aukščiau Kupiškio
R99	Daugvėnė - žiotyse

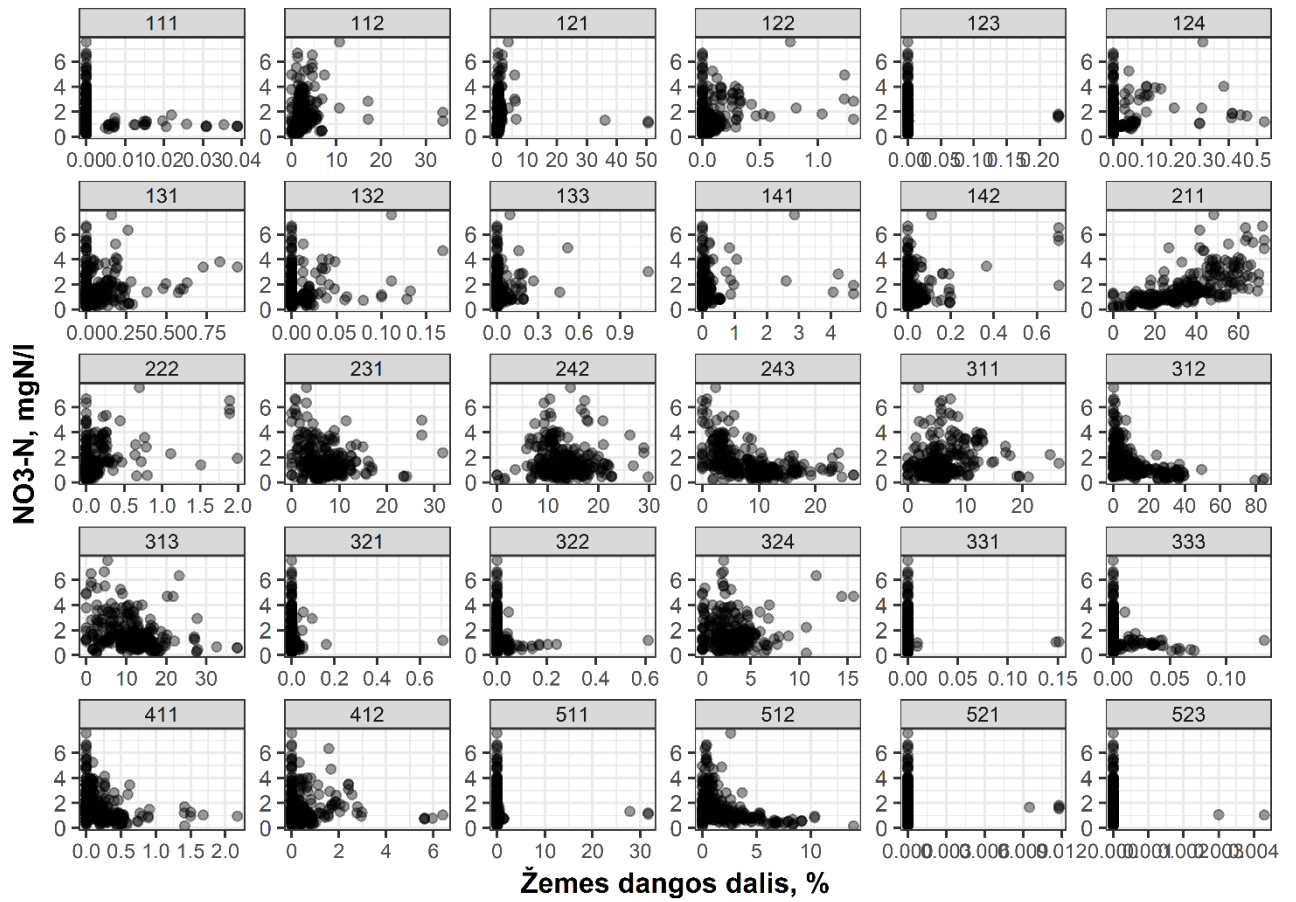
NO₃-N ir žemės dangos sąryšių analizei naudotos CORINE žemės dangos klasės

CORINE kodas	Pavadinimas
1.1.1	Ištisinė urbanistinė danga
1.1.2	Neištisinė urbanistinė danga
1.2.1	Pramoninės teritorijos
1.2.2	Kelių ir geležinkelių žemė
1.2.3	Uostų teritorijos
1.2.4	Oro uostai
1.3.1	Iškasenų gavybos teritorijos
1.3.2	Sąvartynai
1.3.3	Statybos teritorijos
1.4.1	Žalios miestų erdvės
1.4.2	Sporto ir laisvalaikio infrastruktūra
2.1.1	Nedrėkinama ariama žemė
2.2.2	Pastoviai drėkinama ariama žemė
2.3.1	Ryžių laukai
2.4.2	Kompleksinės žemės ūkio teritorijos
2.4.3	Žemės ūkio teritorijos su reikšmingais natūralios augmenijos intarpais
3.1.1	Plačialapiai miškai
3.1.2	Spygliuočių miškai
3.1.3	Mišrūs miškai
3.2.1	Natūralios pievos
3.2.2	Pelkėtos teritorijos
3.2.4	Krūmynų-miškų pereinamoji zona
3.3.1	Paplūdimiai, kopos, smėlynai
3.3.3	Retos vegetacijos teritorijos
4.1.1	Pelkės
4.1.2	Durpinės pelkės
5.1.1	Vandens keliai
5.1.2	Vandens telkiniai
5.2.1	Priekrantės lagūnos
5.2.3	Jūra

Labiausiai su NO₃-N koncentracijomis upėse susijusių žemės dangos klasių pirminė atrankaI. Pirsono tiesinės NO₃-N ir atskirų CORINE žemės dangų klasių koreliacijos koeficientai

CORINE Kodas	1994-1996	1999-2001	2004-2006	2011-2013	Visi periodai
1.1.1	-0.18	-0.18	-0.07	-0.11	-0.14
1.1.2	0.11	0.23	0.17	0.15	0.15
1.2.1	0.3	0.03	-0.02	-0.01	0.02
1.2.2	0.29	0.36	0.08	0.19	0.23
1.2.3	0.06	-0.01	-0.02	-0.01	0
1.2.4	0.21	0.34	0.01	-0.02	0.15
1.3.1	0.05	0.12	0.15	0.07	0.1
1.3.2	0	0.19	0.02	0.15	0.1
1.3.3	0.2	0.2	-0.03	0.22	0.11
1.4.1	0.07	0.23	0.02	-0.16	0.12
1.4.2	0.01	0.18	0.42	0.43	0.25
2.1.1	0.66	0.72	0.72	0.74	0.69
2.2.2	0.25	0.48	0.46	0.36	0.37
2.3.1	0.09	-0.16	-0.43	-0.47	-0.19
2.4.2	0.13	-0.01	-0.18	-0.17	-0.04
2.4.3	-0.47	-0.53	-0.53	-0.61	-0.51
3.1.1	0.29	0.14	0.13	0.16	0.17
3.1.2	-0.58	-0.51	-0.4	-0.5	-0.48
3.1.3	-0.28	-0.35	-0.41	-0.22	-0.31
3.2.1	0	-0.2	-0.06	-0.1	-0.04
3.2.2	-0.36	-0.27	-0.08	-0.17	-0.15
3.2.4	-0.13	-0.04	-0.14	0.09	0.01
3.3.1	-0.09	-0.09	-0.07	-0.07	-0.04
3.3.3	-0.29	-0.26	-0.09	-0.2	-0.2
4.1.1	-0.41	-0.37	-0.18	-0.37	-0.31
4.1.2	-0.07	-0.11	-0.11	-0.04	-0.08
5.1.1	-0.3	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
5.1.2	-0.51	-0.41	-0.33	-0.39	-0.39
5.2.1	0.06	-0.01	-0.02	0	0
5.2.3			-0.07	-0.07	-0.04

II. Netiesinių ryšių tarp NO₃-N koncentracijų upėse ir atskirų CORINE žemės dangų klasių paieška



Sutelktos taršos poveikio NO₃-N koncentracijoms žemiau miestų, lyginant su koncentracijomis aukščiau miestų, reikšmingumo nustatymas

I. Stjudento t testo 1994-1996 m. laikotarpio NO₃-N koncentracijų upėse skirtumų aukščiau ir žemiau atitinkamų miestų reikšmingumui įvertinti rezultatai

Paired t-test

data: S_dataset\$Zemiau and F_dataset\$Auksciau

t = 3.2823, df = 19, p-value = 0.003918

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval: 0.09973706 0.45078581

sample estimates: mean of the differences 0.2752614

II. Vilkoksono rangų sumų testo 1994-1996 m. laikotarpio NO₃-N koncentracijų upėse skirtumų aukščiau ir žemiau atitinkamų miestų reikšmingumui įvertinti rezultatai

wilcoxon signed rank test

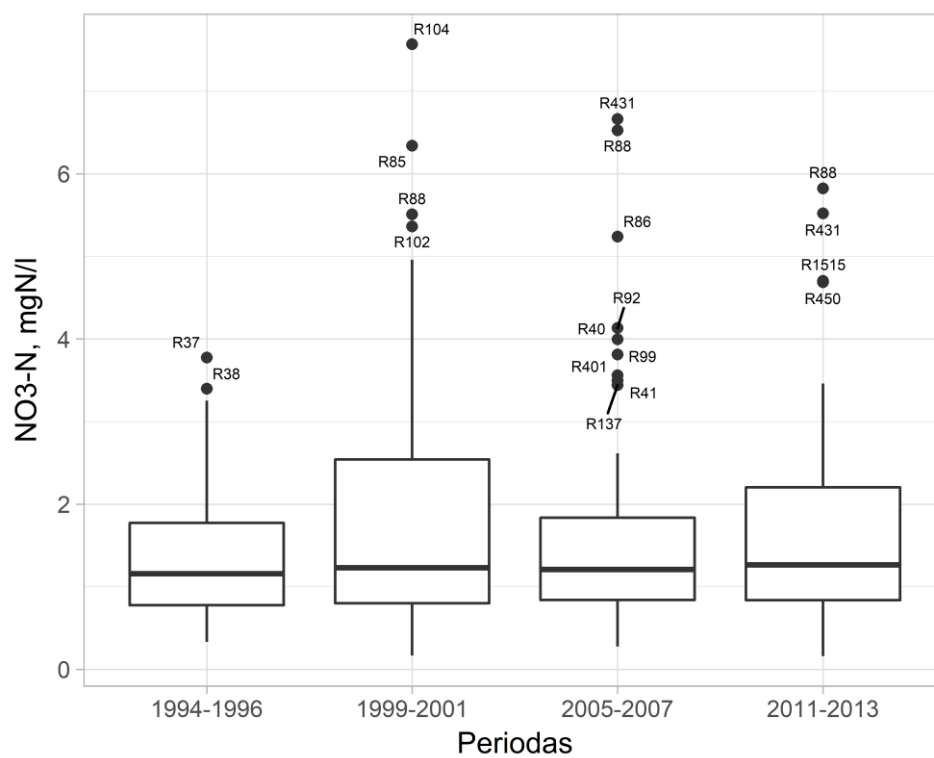
data: S_dataset\$Zemiau and F_dataset\$Auksciau

V = 199, p-value = 0.0001049

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

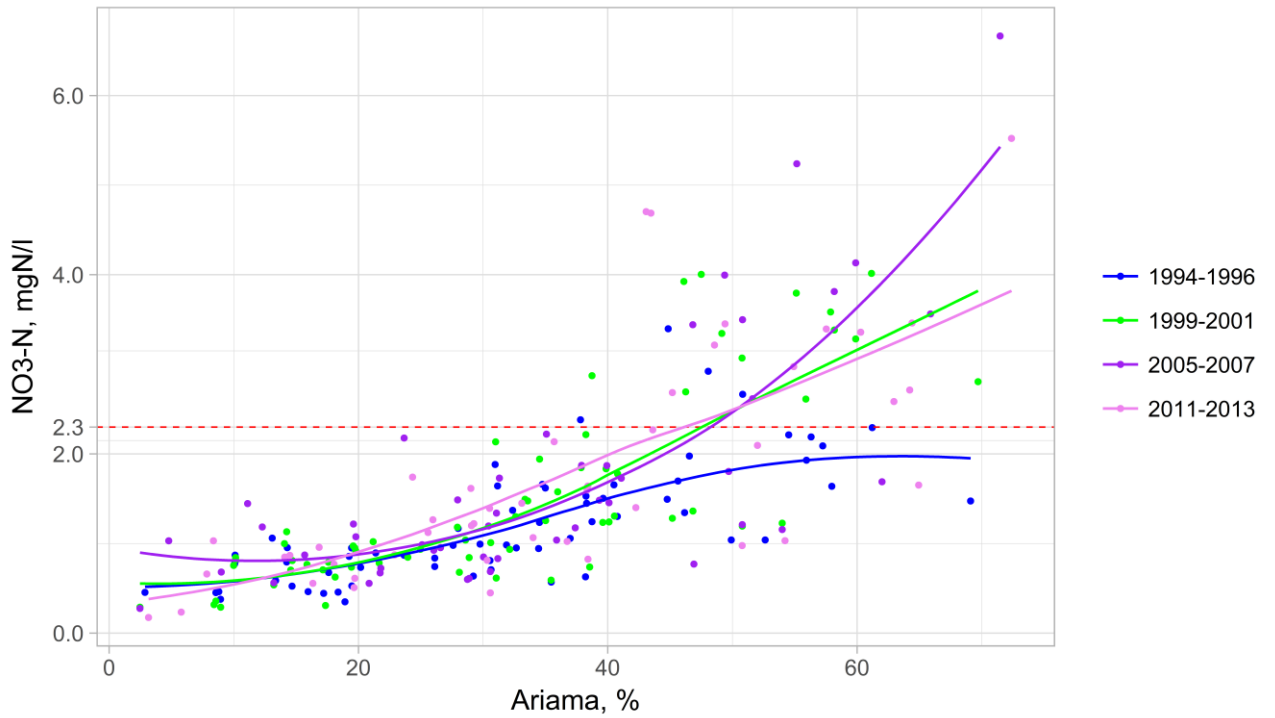
III. NO₃-N koncentracijų upėse aukščiau ir žemiau atitinkamų miestų absoliutūs ir santykiniai skirtumų dydžiai

Vieta aukščiau miesto	NO ₃ -N mgN/l	Vieta žemiau miesto	NO ₃ -N mgN/l	Skirtumas, mgN/l	Skirtumas, %
R14	0.73	R15	0.91	0.18	24.68
R19	1.49	R20	1.48	-0.01	-0.94
R21	1.17	R22	1.27	0.11	9.16
R28	0.94	R29	1.19	0.25	26.44
R34	1.64	R35	1.68	0.04	2.40
R36	2.38	R37	3.77	1.39	58.52
R38	3.40	R39	3.25	-0.14	-4.25
R44	0.77	R45	0.81	0.04	4.61
R48	0.79	R49	0.94	0.14	17.97
R52	0.89	R53	1.12	0.23	25.56
R54	0.87	R55	1.04	0.17	19.75
R56	0.86	R57	1.16	0.30	35.44
R60	1.06	R61	1.16	0.10	9.28
R64	0.46	R65	0.50	0.03	7.17
R76	1.65	R77	1.80	0.14	8.64
R80	1.24	R81	1.38	0.15	11.74
R84	1.98	R85	2.92	0.95	47.84
R92	2.09	R93	2.16	0.07	3.18
R95	1.24	R96	1.84	0.59	47.69
R97	1.93	R98	2.72	0.79	40.87

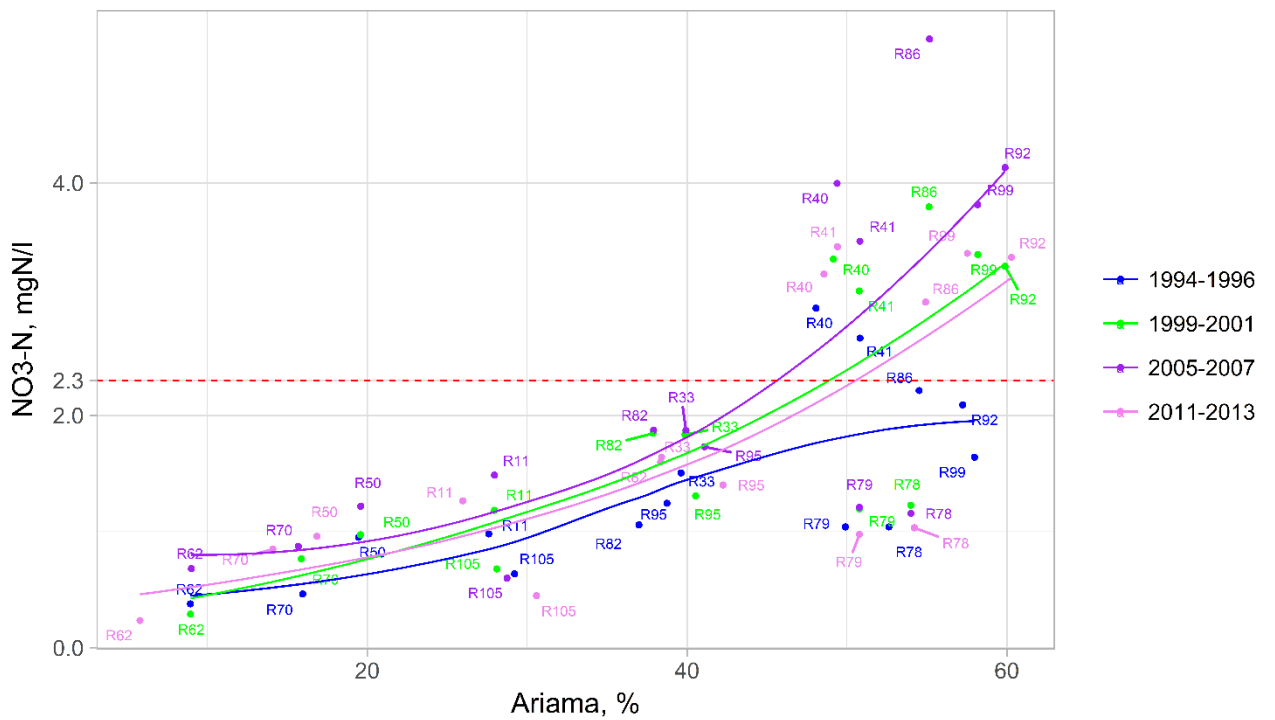
NO₃-N koncentracijų upių vandenyje išskirtys ir jas reprezentuojančios tyrimų vietos

NO₃-N koncentracijų upių tyrimų vietose asociacija su ariamos žemės plotais

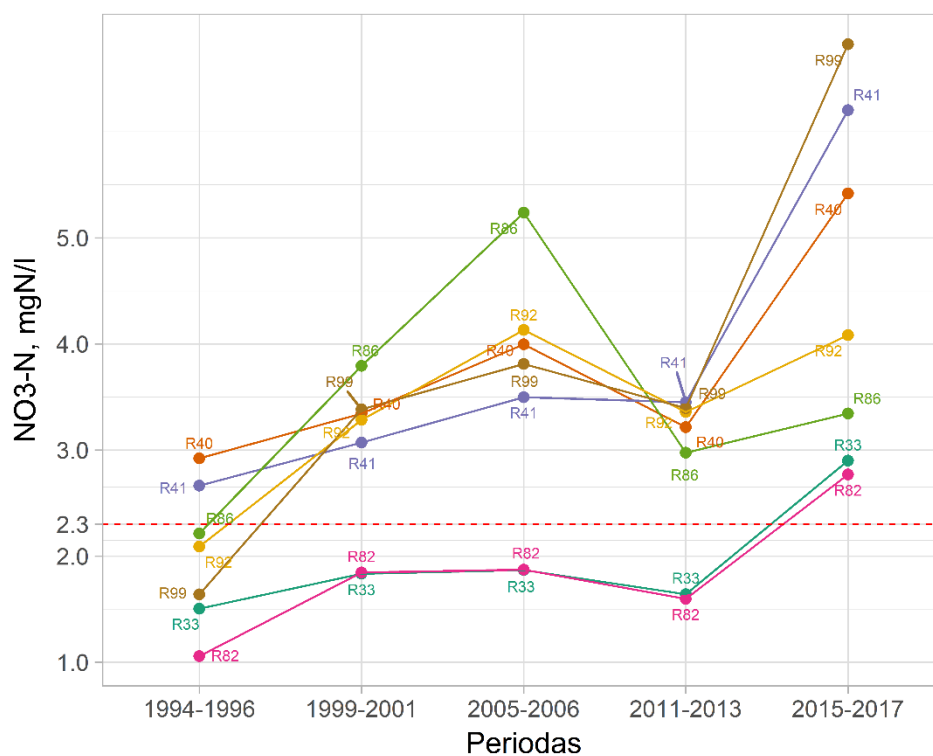
I. NO₃-N koncentracijų upių tyrimų vietose asociacija su ariamos žemės plotais skirtingais laiko periodais



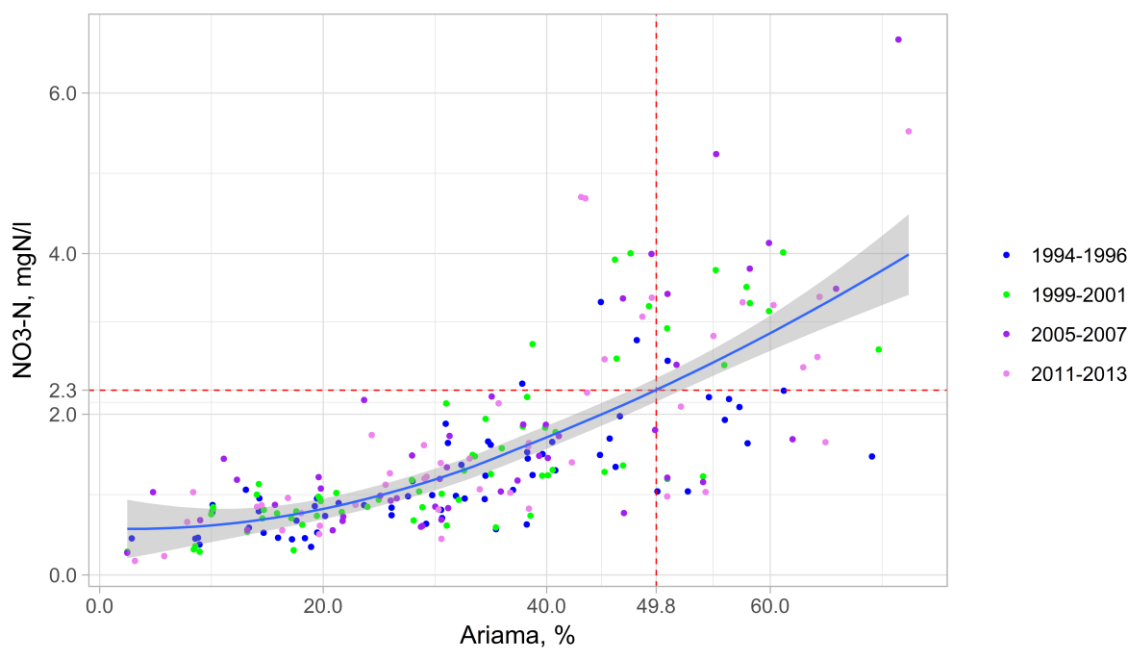
II. NO₃-N koncentracijų asociacija su ariamos žemės plotais skirtingais laiko periodais upių tyrimų vietose, kurių duomenys yra iš visų laikotarpių

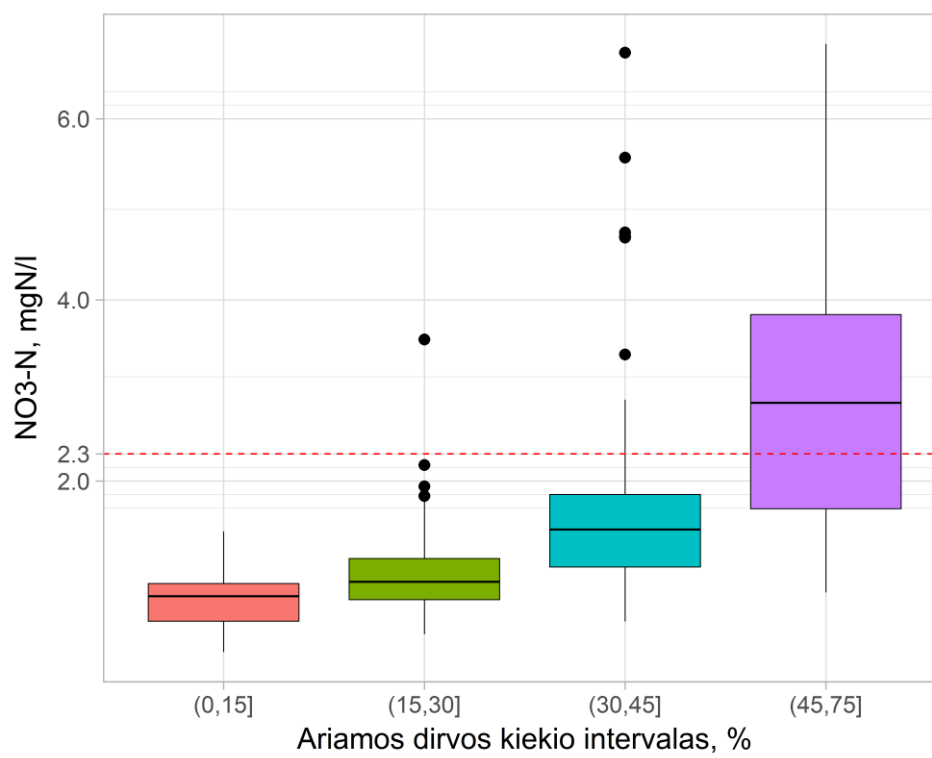


III. Tyrimų vietos iš bendrų visiems periodams tyrimų vietų, kuriose vyko reikšmingi pokyčiai $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijose



IV. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentracijų upių tyrimų vietose asociacija su ariamos žemės plotais, nustatyta pagal visų laiko periodų duomenis, ir ribinė ariamos žemės dalies vertė, nuo kurios yra didelė tikimybė viršyti $\text{NO}_3\text{-N}$ nustatytus geros būklės kriterijus



NO₃-N koncentracijų variacija tyrimų vietose prie skirtingos ariamos žemės santykinės dalies baseinuose

Skirtumai NO₃-N upių koncentracijose tarp periodų >45 % ariamos žemės turinčių baseinų tyrimų vietose

I. Kruskal-Valio testo rezultatai upių NO₃-N koncentracijų skirtumams tarp periodų >45 % ariamos žemės baseinų tyrimų vietose nustatyti (ar reikšmingų skirtumų yra)

Kruskal-wallis rank sum test
 data: vid_NO3_N by factor(Periodas)
 Kruskal-wallis chi-squared = 19.492, df = 4, p-value = 0.000629

II. Vilkoksono rangų sumų testo rezultatai upių NO₃-N koncentracijų skirtumams tarp periodų >45 % ariamos žemės baseinų tyrimų vietose nustatyti (tarp kokių periodų skirtumai yra reikšmingi, jeigu bendrai pagal Kruskal-Valio testą nustatyta, kad reikšmingų skirtumų yra)

Pairwise comparisons using wilcoxon rank sum test
 data: Ariama_45\$vid_NO3_N and Ariama_45\$Periodas

	1994-1996	1999-2001	2005-2007	2011-2013
1999-2001	0.0297	-	-	-
2005-2007	0.0896	0.6971	-	-
2011-2013	0.0359	0.6134	0.4701	-
2015-2017	0.0031	0.0166	0.0584	0.0262

P value adjustment method: BH

III. NO₃-N koncentracijų ir jų vidurkių variacija tarp periodų >45 % ariamos žemės baseinuose turinčiose tyrimų vietose

