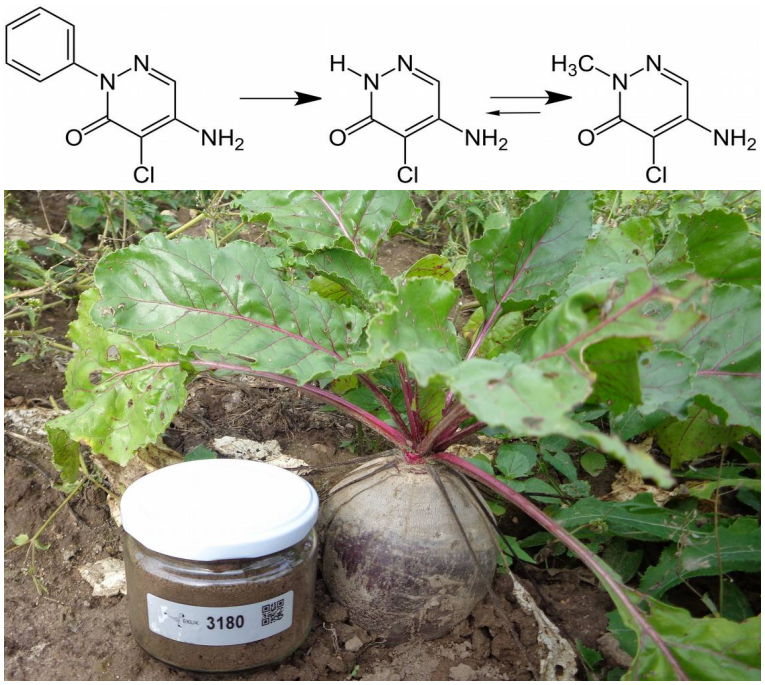
Uuringu

„Kloridasooni ja selle laguprodukti, kloridasoon–desfenüüli, leviku põhjuste väljaselgitamine“

(leping: L210009PKKH, RITA2/097)

LÕPPARUANNE



Koostajad:
Dr. René Freiberg EMÜ
Dr. Arvo Tuvikene EMÜ

Töö lisas olevad analüüsid teostasid:
Dr. Karin Kauer EMÜ seirealade mullastiku analüüs
Dr. Katrin Erg Maavarauuringud OÜ seirealade hüdrogeoloogiline analüüs

Eesti Maaülikool
2022 Tartu

Euroopa Liit
Euroopa Regionaalarengu Fond
Eesti tuleviku heaks

Sisukord

1. Sissejuhatus....4
2. Kloridasooni väljatöötamine ja kasutamine umbrohutõrjevahendina....7
3. Kloridasooni levik ja lagunemine keskkonnas ning seda mõjutavad tegurid....14
4. Kloridasooni ja selle metaboliitide keskkonnamõju ning mõju põllumajandusloomadele ja inimese tervisele....26
5. Senised seonduvad uuringud ja seireprogrammid, olulisemad järeldused....34
5.1 Uuringud Euroopas....34
5.2 Uuringud Eestis....36
6. Uuringu eesmärk ja ülesanded....43
7. Uuringu metoodika....44
8. Seirealade ja -punktide valik ja iseloomustus....50
8.1 Uurimisalade valik, alade mullastiku ja hüdrogeoloogiline analüüs ning proovivõtukava....50
8.2 Olustvere, Adavere ja Nõmavere seirealade mullastiku omaduste mõju taimekaitsevahendite leostumisele ning alade põhjavee reostustundlikkus....65
9. Uuringu tulemused....67
9.1 Veeproovide tulemused....67
9.2 Uuritavad ained põhja- ja joogivees....67
9.3 Uuritavad ained pinnavees....76
9.4 Uuritavad ained pinnases....77
9.5 Uuritavad ained sõnnikus....78
9.6 Uuritavad ained kultuurides ja söötades....79
9.7 Uuritavatel aladel kasvanud kultuurid ja tehtud taimekaitsetööd....81
9.8 Sademed ja jõgede veetase seireperioodil....82
10. Arutelu....85
10.1 Uuritavad ained veeproovides....85
10.2 Uuritavad ained pinnases ja sõnnikus....92
10.3 Uuritavad ained loomasöödas ja kultuurides....92
10.4 Uuritavate ainete sisalduste sõltuvus agrotehnilistest töödest ja keskkonnateguritest....93

11. Uuringu järeldused.....95
12. Ettepanekud ja soovitused.....97
KOKKUVÕTE.....99
LISAD.....100

1. Sissejuhatus

Pestitsiidide põllumajanduslik kasutamine on viimastel aastakümnetel olnud maailmas kasvutrendis ja ulatus 2020. aastal hinnanguliselt ligi 3 miljoni toimeaine tonnini aastas, mis rahalises väärtuses oli üle 41 miljardi ameerika dollari. Ligi poole sellest moodustasid herbitsiidid ehk umbrohutõrjevahendid.[1] Eestis turustatakse taimekaitsevahendite (pestitsiidid, mida kasutatakse põllumajanduses ja metsanduses põllukultuuride ja teiste taimede kaitsmiseks kahjurite ja haiguste eest) toimeaineid olenevalt aastast 700–800 tonni.[2]

Pidevalt käib arendustöö paremini sihitud ja väiksema keskkonnamõjuga taimekaitsevahendite väljatöötamiseks ja agrotehniliseks manustamiseks. Selleks, et toimeaineid tohiks turustada, läbivad nad vastava kontrolli, mille käigus hinnatakse nende püsivust, keskkonnaomadusi, liikuvust pinnases, mõju ökosüsteemidele ja inimese tervisele.[3]

Paraku esineb olukordi, kus vajalikud teadusandmed saadakse alles aastate või aastakümnete pärast peale preparaadi kasutuselevõttu. Hästi on tuntud õpikunäide insektitsiid DDT kohta, mis keelustati Eestis 1968.a., kuid mille laguaineid ehk metaboliite leidub siiani meie pinna- ja põhjavees.[4] Metaboliidid võivad olla algsest toimeainest nii rohkem kui vähem toksilised, kui ka vähem või rohkem püsivad, liikuvamad pinnases jne.

Pinnasel on mitmeid funktsioone saasteainete filtreerimisel ja sidumisel ning mikroobsel lagundamisel. Lisaks saasteainete lühiajalisele käitumisele keskkonnas, on oluline jälgida neid protsesse ka pikemas (aastakümned) vaates, sest mõned neist on väga püsivad.

Taimekaitsevahendid jõuavad põhjavette peamiselt pinnasest leostumise teel, pinnaveekogudesse kas pinnaseosakestena seotult erosiooni kaudu, lahustunud kujul

1 FAO. 2022. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome.

2 Statistikaamet 2022. https://andmed.stat.ee/et/stat/keskkond__pollumajanduskeskkond/KK2085/table/tableViewLayout1 (külastatud 10.11.2022).

3 EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUS (EÜ) nr 1107/2009

4 https://lifecleanest.ee/sites/cleanest/files/2022-10/LIFE_IP_CleanEst_tegevus_C10_l%C3%B5pparuanne%2027.09.2022.docx.pdf (külastatud 01.11.2022)

dreeni ja põhjavee sissevoolu kaudu või otseselt aerosoolina taimekaitsetööde läbiviimisel.[5, 6]

Kloridasoon (edaspidi KL) (CAS Nr. 1698-60-8, CIPAC Nr. 111) oli herbitsiidina Euroopas kasutusel alates 1964. aastast ning see oli Euroopa Liidus heakskiidetud kuni 31. detsembrini 2018.[7] Eesti taimekaitsevahendite registri andmetel sisaldas viimati toimeainet KL herbitsiid „Pyramin Turbo". Nimetatud toode kustutati turule lubatud taimekaitsevahendite registrist 1. jaanuaril 2013. Toodet võis müüa 6 kuud peale nimekirjast kustutamist ja kasutada 18 kuud peale kustutamist, st. 1. juulini 2014.[8]

Pestitsiidide sisalduse piirväärtus Euroopa Liidu riikide põhjavees on reguleeritud põhjaveedirektiiviga (2006/118/EC)[9], mis käsitleb põhjavee kaitset reostuse ja seisundi halvenemise eest ning selle lisas I on määratud pestitsiidide toimeainete, sealhulgas nende asjakohaste metaboliitide, lagunemis- ja reaktsioonisaaduste piirväärtuseks 0,1 µg/L ning pestitsiidide summa piirväärtuseks 0,5 µg/L. Eestis on see direktiivi norm üle võetud põhjaveekogumite määrusesse nr. 48[10] § 9 lõiked 1 ja 2.

Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused on sätestatud keskkonnaministri määruses nr. 39[11] § 2 lõige 2. See määrus kehtestab piirsisaldused taimekaitsevahenditele, mitte pestitsiididele. Taimekaitsevahendite (kokku) künnisarv on määruse kohaselt 0,5 µg/L ja piirarv 5 µg/L. Künnisarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millega võrdse või millest väiksema väärtuse korral loetakse piirkonna põhjavee kvaliteet heaks. Piirarv näitab ohtliku aine sellist sisaldust põhjavees, millest suurema väärtuse korral loetakse põhjavesi saastunuks ja tuleb rakendada meetmeid saastatuse likvideerimiseks ja põhjavee kvaliteedi parandamiseks, välja arvatud juhul, kui on tegemist loodusliku

5 Schulz R (2004) Field studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticide pollution: a review. J Environ Qual 33:419–448

6 Topaz T, Egozi R, Eshel G, Chefetz B (2018) Pesticide load dynamics during stormwater flow events in Mediterranean coastal streams: Alexander stream case study. Sci Total Environ 625:168–177. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.213

7 Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 of 25 May 2011 implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the list of approved active substances Text with EEA relevance http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2011/540/oj

8 Keskkonnatervise uuringute keskus 2015. Karajeva, G., Harzia, H., Tuulik, K., & Pindus, M. „Virumaa kaevude joogivee kvaliteedi uuring".

9 Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration http://data.europa.eu/eli/dir/2006/118/oj

10 RT I, 02.10.2019, 5 https://www.riigiteataja.ee/akt/102102019005

11 RT I, 06.09.2019, 31 https://www.riigiteataja.ee/akt/106092019031

saastatusega. Määrus ei täpsusta taimekaitsevahendeid, millede summale piirväärtused kohalduvad.

Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded on sätestatud sotsiaalministri määrusega nr. 61.[12] Sarnaselt põhjaveele, on ka joogivee puhul üksikute pestitsiidide ja nende laguproduktide sisalduste piirväärtused 0,1 µg/L ja pestitsiidide summa piirväärtuseks 0,5 µg/L. Need piirväärtused kehtivad ka kõigi nende ühendite metaboliitide, lagunemis- ja reaktsioonisaaduste kohta. Järelevalvet kohaldatakse üksnes nende pestitsiidide suhtes, mida võib asjaomases veevarustuses leiduda.

Pinnaveekogumite keemilise seisundi hindamisel lähtutakse keskkonnaministri määrusest nr. 28.[13] KL ja tema laguproduktide sisaldusi pinnaveekogumite keemilise seisundi hindamisel ei arvestata.

KL-i ja selle peamist laguprodukti, kloridasoon-desfenüüli (edaspidi KLD, sünonüümina ka metaboliit B), on Eestis mõõdetud alates 2012.a. peamiselt OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK „Nitraaditundliku ala põhjavee seire" aruanded 2012–2021) seirelepingute raames. Eelkõige laguprodukti KLD-i on leitud veekeskkonnas nii pinna-, joogi- kui ka põhjaveest. Nitraaditundliku ala (2016–2019) põhjavee seirepunktide veest on KLD-i leitud peaaegu pooltes proovides ja põhjavee/joogivee piirnormi (0,1 µg/L) ületanud proovide osakaal on üle neljandiku.[14] Arvestades KLD-i laialdast levikut veekeskkonnas ning asjaolu, et selle aine sisaldus vees ei näita vähenemise märke, oli seni selgusetu, kust see aine meie veekeskkonda jõuab.

Käesoleva uuringu eesmärgiks on kindlaks teha toimeaine KL-i ja selle laguprodukti KLD-i võimalik keskkonda sattumise teekond. Uuringu tulemusena saadakse vastus küsimusele, millisest allikast pärinevad pinna- ja põhjaveest leitud KL-i ja KLD-i jäägid. Tulemuste põhjal saab anda hinnangu, kas ja millisel moel on võimalik vähendada KL-i sattumist veekeskkonda, mis aitab täita veeseadusest tulenevaid üldisi veekaitselisi eesmärke.

Uuringu on tellinud Keskkonna- ja Maaeluministeeriumid ühiselt ning aruanne võtab kokku uuringu tegevused ja peamised tulemused perioodil aprill 2021 kuni november 2022.a.

12 RT I, 26.09.2019, 2 https://www.riigiteataja.ee/akt/126092019002

13 RT I, 01.08.2019, 21 https://www.riigiteataja.ee/akt/101082019021

14 EKUK 2020. Nitraaditundliku ala põhjaveeseire. Tallinn 2020.

2. Kloridasooni väljatöötamine ja kasutamine umbrohutõrjevahendina

Kloridasooni kasutuselevõtt

KL edulugu algas 1964.a. aastal Saksamaa ettevõtte poolt patenteerituna, kui selektiivne herbitsiid peamiselt peedikultuuridele (joonis 1, suhkru-, sööda- poolsuhkru- ja punapeet), kuid kasutati ka sibulate, küüslaugu ja mõnede dekortatiivtaimede puhul.[15] Kanadas, USA-s, Taanis, Austraalias, Poolas jm. on tuntud nime all pürasoon (pyrazon). Neid preparaate toodeti veel Itaalias, Slovakkias ja Nõukogude Liidus. Kasutati külvieelsel, tärkamiseelsel ja kohe tärkamisjärgsel kultuuri kasvuperioodil. Umbrohtudesse imendub peamiselt juurte kaudu ja levib üle kogu taime ning omab toimet peamiselt üheaastaste laialehiste umbrohtude vastu.[16] Toimeaine blokeerib elektrontransporti fotosüsteem II ahelas.[17] Seda turustati Lääne-Euroopas kaubamärkide Pyramin®, Better®, Rebell®, Burex® jt. all. Nõukogude Liidu aladel tunti herbitsiidi püramiini ja fenasooni nime all. Aastal 2007 kasutati seda Saksamaal suurusjärgus 100 tonni.[18] Toimeaine lubatud suurim kasutusnorm Euroopas jäi viimastel kasutusaastatel alla 2,6 kg toimeainet/ha kohta mitte sagedamini kui igal kolmandal aastal.[19] Varasemalt kasutati ohtramalt, fenasooni täisnorm Eesti NSV-s oli 8 kg/ha ja veekulu 500 L/ha.[20]

15 Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. Hum Ecol Risk Assess 22: 1050-1064.

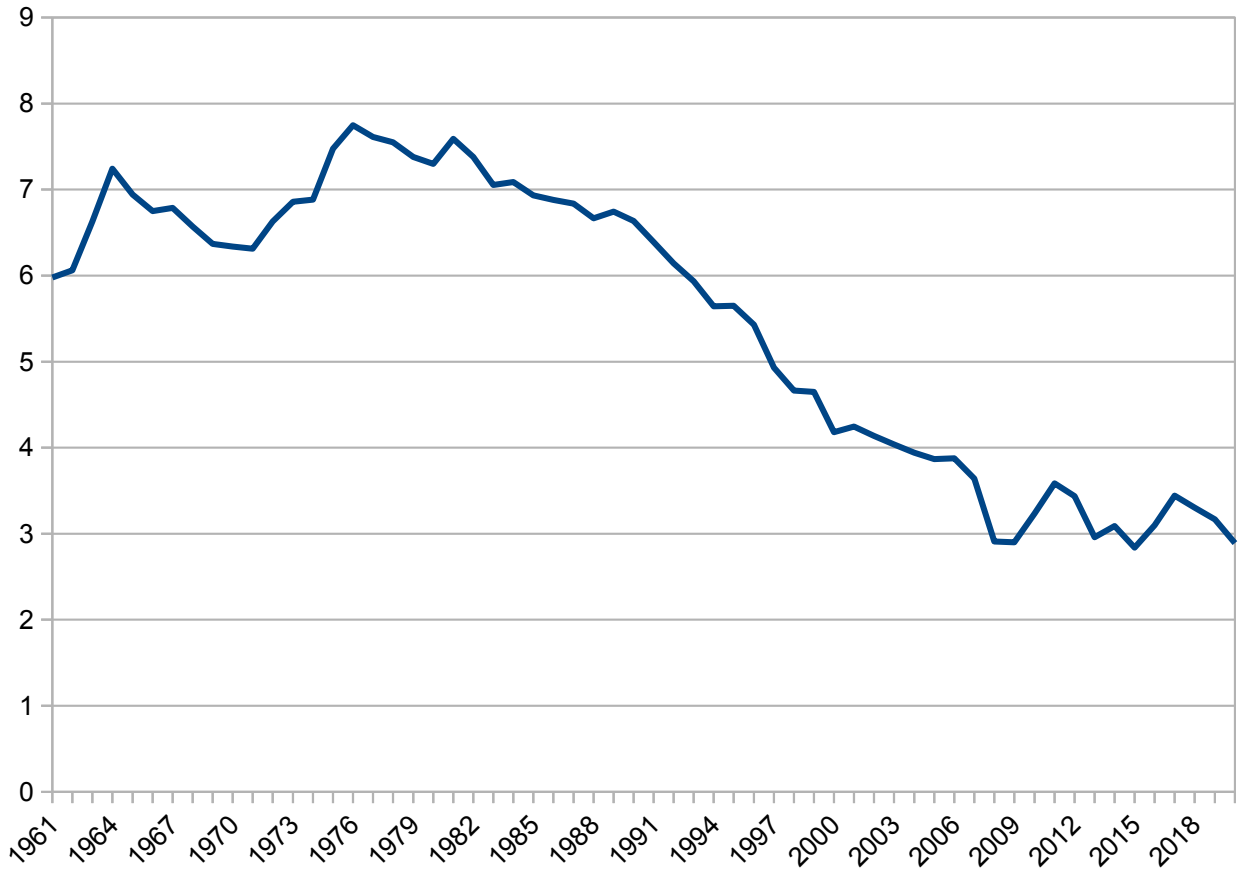
16 Céspedes FF, Sánchez, mV, García SP, Pérez, MF (2007) Modifying sorbents in controlled release formulations to prevent herbicides pollution. Chemosphere 69: 785-794

17 Reregistration Eligibility Decision (RED) Document for Pyrazon (US-EPA, 2005).

18 Buttiglieri, G. et al. Environmental occurence and degradation of the herbicide n-chloridazon. Water Research.(2009) 43, 2865-2873. DOI: 10.1016/j.watres.2009.03.035

19 EFSA Scientific Report (2007) 108, Conclusion on the peer review of chloridazon. 1-82. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.108r

20 Poolsuhkrupeedi agrotehnika väljatöötamine : lepingulise uurimistöö nr. 466 1977. a. aruanne / töö täitja : J. Heinsoo ; NSVL Põllumajanduse Ministeerium ; Eesti Põllumajanduse Akadeemia Tartu : Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1978



Joonis 1. Suhkrupeedi kasvupind Euroopas aastatel 1961–2020 miljonit ha (allikas: FAOSTAT 2022).

KL-i keemilise sünteesi käigus tekib saasteaine KL 4-amiino-5-kloro-isomeer.[21] Kuna selle isomeeri kohta toksikoloogilised andmed on puudulikud, siis eespool viidatud EFSA 2007 dokumendis on selle aine sisalduse ülempiiriks seatud sarnaselt FAO 1997[22] normiga 60 g/kg ning toimeaine miinimumsisalduseks 910–920 g/kg (esimene siis FAO ja teine EFSA 2007 norm). Enne nende standardite kehtestamist oli isomeeri sisaldus preparaatides suurem, erinevatel tehastel ka erinev. Leidub arvamusi, et isomeer ei oma herbitsiidset toimet, on toksilisem ja raskemini lagunev kui toimeaine ise. Need omadused võivad isomeeri muuta peamiseks keskkonda saastavaks ühendiks, kuna analüüsi tavameetodid seda herbitsiidi toimeainest eristada ei võimalda. Teaduslikke viiteid nendele väidetele ei õnnestunud leida, v.a. EFSA 2007 raportis mainitud kohati avalduv suurem toksilisus.

21 Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(4), 1050-1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242

22 111/TC/S/F (1997)

Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liidus tootis KL-i sisaldavat preparaati (kaubandusliku nimega “феназон”) alates 1970-ndate teisest poolest keemiaettevõte “Каустик” Volgogradi linnas.[23]



Joonis 2. Keemiaettevõte “Каустик” Volgogradi linnas.

Euroopa turule olid KL sisaldavad tooted lubatud kuni 31.12.2018 määruse 540/2011 alusel.[24] Kuni selle ajani võis olla võimalik ka KL-i sisaldavate preparaatide liikumine erinevate liikmesriikide vahel.

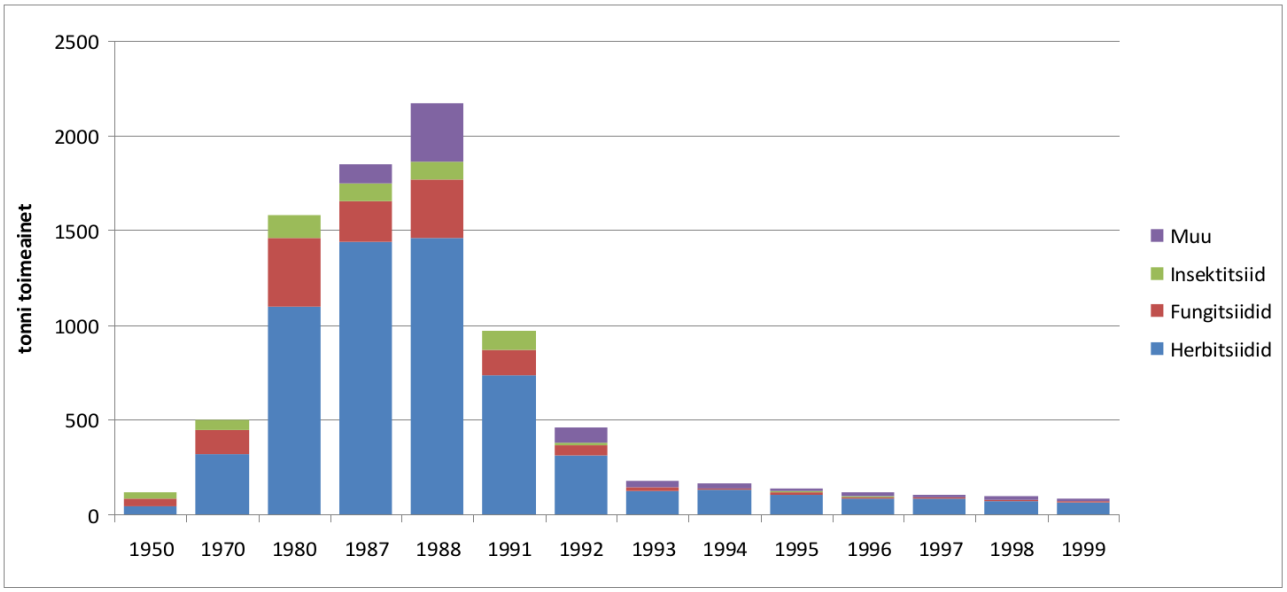
23 https://www.kaustik.ru/ru/index.php/o-kompanii/istoriya (külastatud 10.11.2022)

24 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011R0540

Taimekaitsevahendite turustamine ja kasutamine Eestis

Taimekaitsevahendite turustamise pika aegrea kohta on raske head ülevaadet saada, sest vahepeal on kas andmelüngad või on muudetud arvestamise metoodikat, näiteks muudetud arvestamist toimeaine või preparaadi põhiseks.

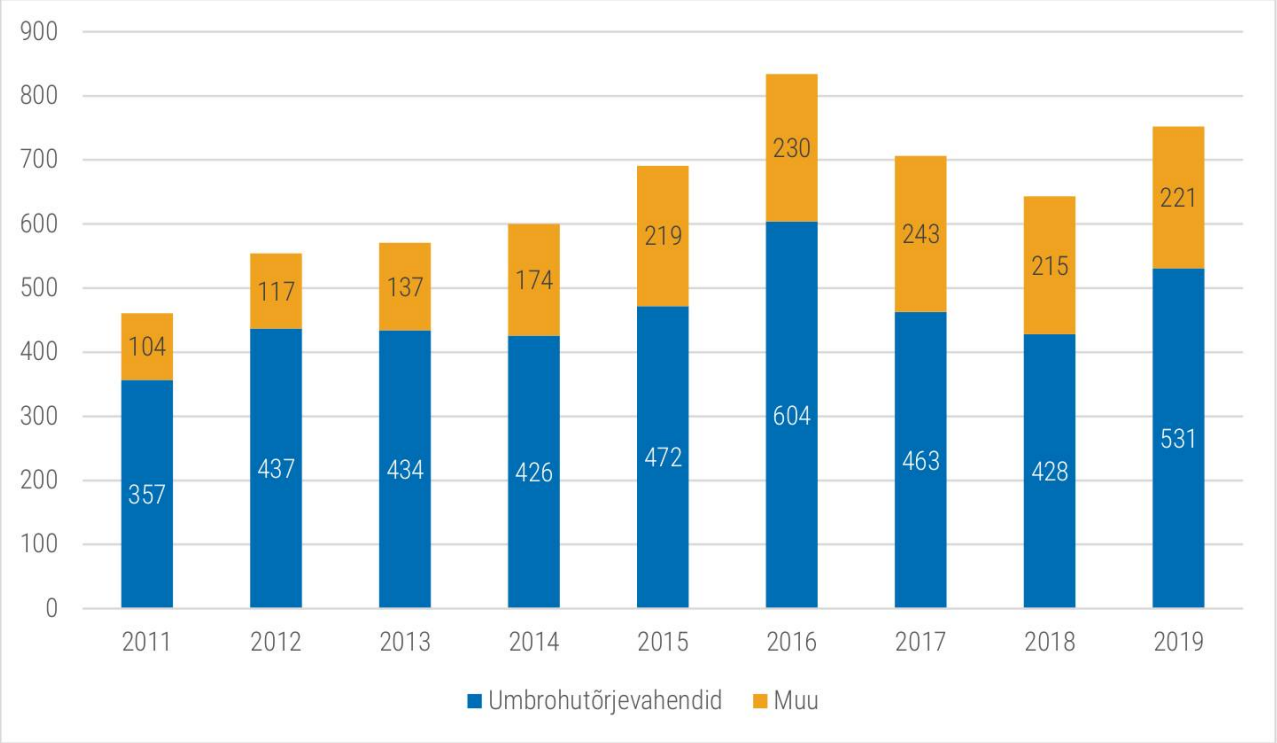
Tsiteerides vastavat ülevaadet,[25] saab väita, et taimekaitsevahendite kasutus oli kõrge 1980-ndate aastate lõpus, mil aastas kasutati üle 2000 tonni pestitsiide toimeaine järgi, neist 2/3 olid umbrohutõrje vahendid (joonised 3 ja 4). Alates 1991. aastast kahanes pestitsiidide kasutamine järsult ning hakkas taas kasvama 2000-ndate aastate alguses, eriti peale Euroopa Liiduga liitumist. Viimastel aastatel on kogused stabiliseerunud 700–800 tonni turustatud toimeaine juures.[26]



Joonis 3. Eestis turustatud taimekaitsevahendid 1950–1999 toimeainet tonnides (allikas: EKUK 2011).

25 EKUK 2011. Intensiivse põllumajandustootmise mõju pinnavee ohtlike ainete sisaldusele. Pestitsiidijääkide dünaamika uuring pinnaveekogudes. Aruanne

26 Statistikaamet 2022. https://andmed.stat.ee/et/stat/keskkond__pollumajanduskeskkond/KK2085/table/tableViewLayout1 (külastatud 10.11.2022)



Joonis 4. Eestis turustatud taimekaitsevahendid 2011–2019 toimeaine tonnides. (Statistikaamet, Maaelministeerium 2020).[27]

KL-i turustamise kohta Eestis ei ole võimalik Statistikaameti andmebaasist infot leida.[28] Eesti taimekaitsevahendite registri andmetel sisaldas viimati toimeainet KL herbitsiid "Pyramin Turbo", mida võis kasutada 1. juulini 2014.[29] Pole andmeid, kas peale seda kuupäeva on vastavaid preparaate Eestisse toodud ja kasutatud. Uuringualadel tehtud küsitluste põhjal jäid viimased KL-i sisaldavate preparaatide kasutamised 1990-ndate aastate algusesse ja kasutamine hääbus koos peedikasvatusega.

Varasemast ajast on teada, et 1961.a. alustati ENSV-s peedipõldude keemilise umbrohutõrjega, esmalt herbitsiididega eptaam ja vegadeks. Püramiini (toimeaine KL) kasutamist peedipõldude umbrohutõrjes uuriti aastatel 1967–1970. Optimaalseks normiks osutus 6–8 kg püramiini preparaati hektarile. Ükski uuritud herbitsiid eraldi võttes peedipõlde päris umbrohuvabaks ei teinud. Alates 1974.a. tehti katseid 2 herbitsiidi (püramiin ja betanaal) koos kasutamiseks, mis andis häid tulemusi. Püramiini efektiivsus

27 Maaeluministeerium. 2020. Taimekaitsevahendite kasutus ja mõjud Eestis 2020. Maaeluministeerium, Tallinn. https://www.agri.ee/media/466/download (külastatud 09.11.2022)

28 https://andmed.stat.ee/et/stat

29 Geoloogiakeskus 2017 "Hüdrogeoloogiline uuring põhjavee ohtlike ainete, pestitsiidide ja naftasaadustega saastatuse põhjuste kindlakstegemiseks seirepuurkaevudes 7584 ja 3677". https://www.digar.ee/viewer/ru/nlib-digar:330491

oli suurem niiske mulla ja sademeterohke ilma korral.[30] Aastatel 1974–1976 tehti katseid umbrohu tõrjumiseks püramiiniga. Eriti head olid tulemused 1975.aastal, kui rohked sademed pärast peedi külvi soodustasid püramiini toimet.[31] Teada on, et peamised ENSV peedipõldudel kasutatud umbrohutõrjevahendid olid fenasoon ja betanaal. Hiljem, alates 1982.a. katsetati ka lenatsiiliga, mille efektiivsus oli esialgu väike.[32] 1977.a. kurdeti fenasooni puuduse üle, kõikidele majanditele seda ei jätkunud. Vabariik sai seda 5 tonni. Jõgeva rajooni Pajusi kolhoos (Adavere uurimisala lähedal) oli ENSV-s esimene, kus arendati poolsuhkrupeedi kasvatamist väga vähese käsitsitöö kuluga suurematel põldudel. Fenasooniga pritsiti enamasti maikuus, kohe peale külvamist.[33] Võib oletada, et 1980-ndatel (eriti selle teises pooles) koos peedipõldude külvipinna suurenemisega paranes ka fenasooniga varustatus.

Suhkrupeeti kasvatati sõjajärgseil aastail ENSV-s suhkru tooraineks ja hiljem söödaks kuni 7300 ha-l (1962), 1970-ndatel aastatel aga vaid 300–500 ha-l söödaks.[34] Taas suurenes suhkrupeedi kasvupind 1990-ndate aastate alguses, ulatudes 1995. aastal 12 700 tonnini.[35]

Söödajuurvilja (peamiselt poolsuhkrupeet, vähem söödapeet, -kaalikas, -naeris ja porgand) kasvupind oli kuni 1980-ndate aastate keskpaigani suhteliselt stabiilselt 6000 ha ringis (joonis 5). Järsult suurenes kasvupind aastatel 1986–1989, saavutades oma maksimumi 14 100 hektariga. Järgneval viiel aastal stabiliseerus 12 000 ha juures. Alates 1994.a. vähenes söödajuurviljade kasvupind pidevalt kuni 2014. aastani, kui neid kultuure kasvatati ametlikel andmetel 11 hektaril. Järgnevatel aastatel on märgata kasvupinna aeglast suurenemise trendi, jõudes 2022.a. 784 hektarini.

30 Suhkrupeedi kasvudünaamika ja agrotehnika iseärasustest Eesti NSV tingimustes / täitja: J. Heinsoo ; NSVL Põllumajanduse Ministeerium ; Eesti Põllumajanduse Akadeemia Tartu : Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1975

31 Poolsuhkrupeedi agrotehnika väljatöötamine : lepingulise uurimistöö nr. 466 1978. a. aruanne / J. Heinsoo ; NSVL Põllumajanduse Ministeerium ; Eesti Põllumajanduse Akadeemia Tartu : Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1979

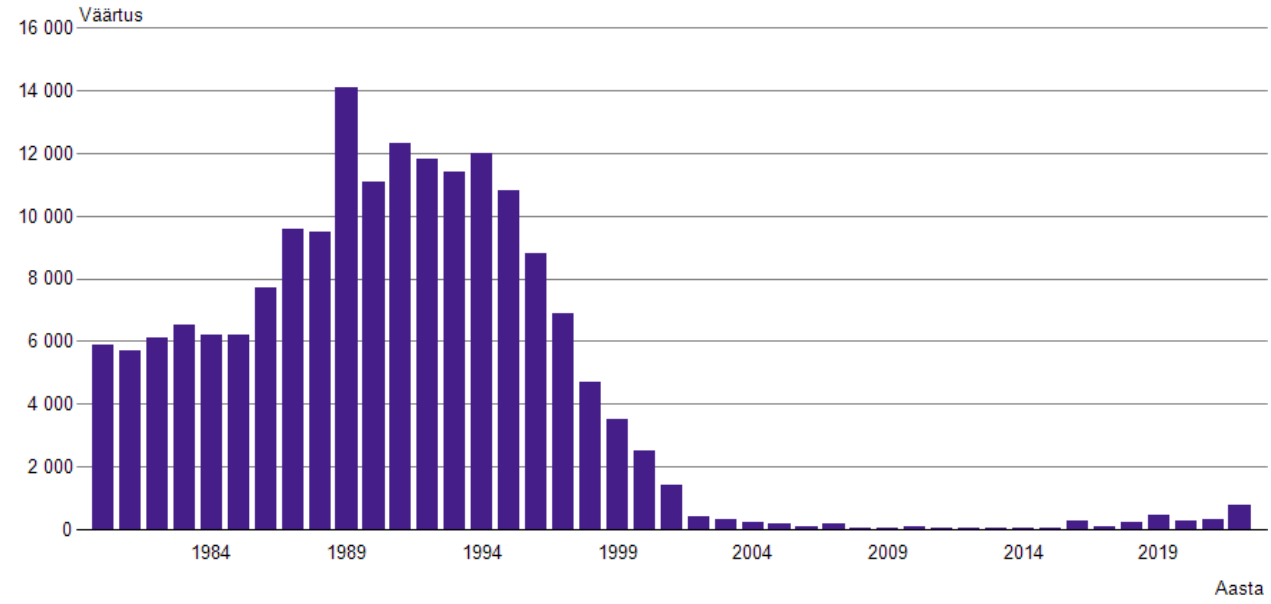
32 Poolsuhkrupeedi agrotehnika väljatöötamine : (lepingulise töö nr. 466 1982. a. aruanne) : (Pajusi kolhoosis poolsuhkru- ja suhkrupeediga korraldatud külvisenormi ja kasvutiheduse katsetest 1979...1982. a. andmed) / J. Heinsoo ; NSVL Põllumajanduse Ministeerium ; Eesti Põllumajanduse Akadeemia Tartu : Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1983

33 Poolsuhkrupeedi agrotehnika väljatöötamine : lepingulise uurimistöö nr. 466 1977. a. aruanne / töö täitja : J. Heinsoo ; NSVL Põllumajanduse Ministeerium ; Eesti Põllumajanduse Akadeemia Tartu : Eesti Põllumajanduse Akadeemia, 1978

34 ENE : Eesti nõukogude entsüklopeedia. 7. köide, Rund-ting 1975 Tallinn.

35 Statistikaamet 2022.

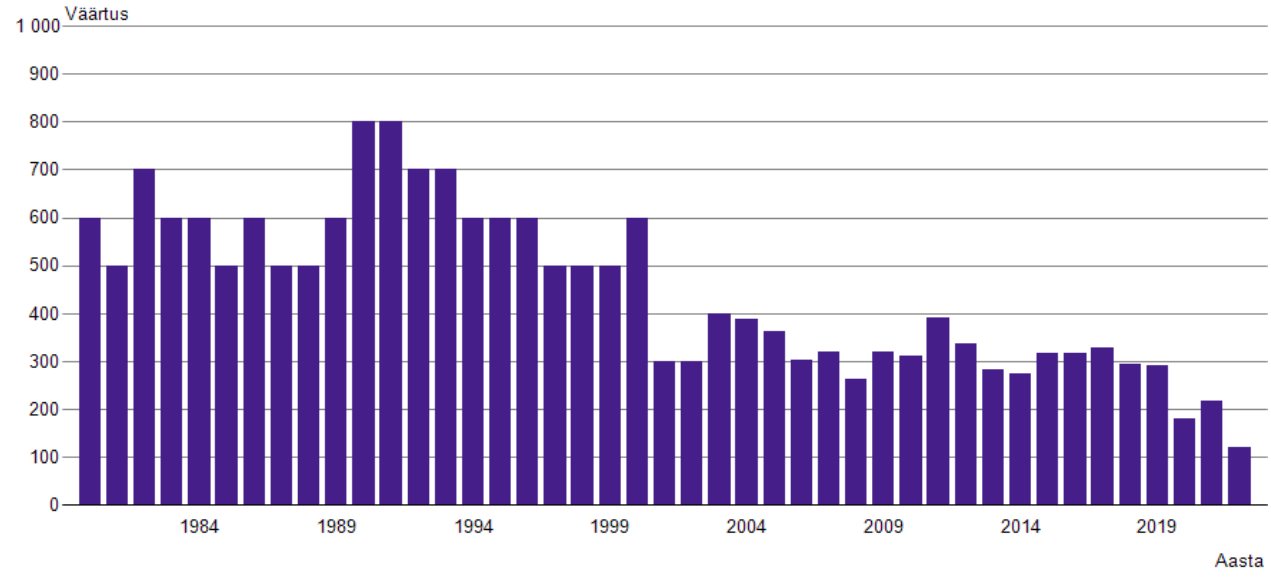
PM0281: PÕLLUMAJANDUSMAA JA -KULTUURID | Aasta. Eesti, Söödajuurvili, Kasvupind, ha.



Joonis 5. Söödajuurvilja kasvupind hektarites Eestis aastatel 1980 kuni 2022 (allikas: Statistikaamet 2022).

Söögipeeti kasvatati Eestis aastatel 1980–1989 stabiilselt 500 kuni 600 hektaril. Aastatel 1990 ja 1991 saavutas see oma maksimumi 800 hektariga ning on alates sellest ajast olnud langustrendis, jõudes 2022.a. 118 hektarini (joonis 6).

PM0281: PÕLLUMAJANDUSMAA JA -KULTUURID | Aasta. Eesti, Söögipeet, Kasvupind, ha.



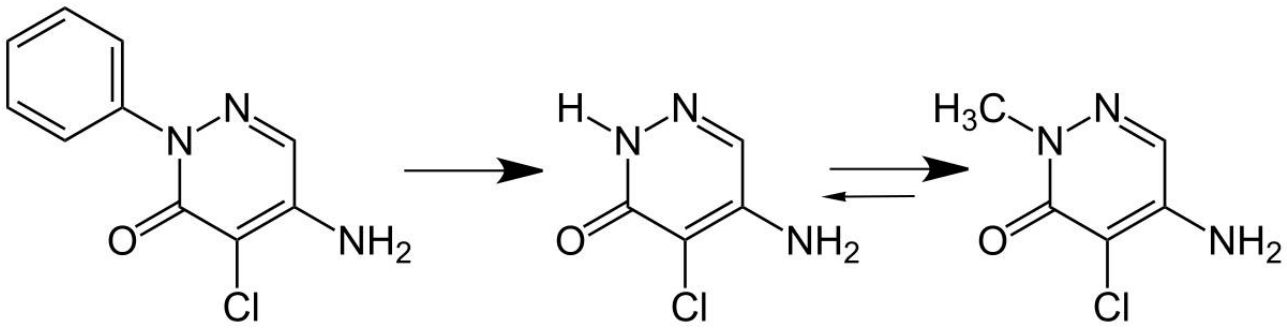
Joonis 6. Söögipeedi kasvupind hektarites Eestis aastatel 1980 kuni 2022 (allikas: Statistikaamet 2022).

3. Kloridasooni levik ja lagunemine keskkonnas ning seda mõjutavad tegurid

Vaatamata preparaadi tootelehel olevale kinnitusele, et peale saagikoristust ei jää pinnasesse mingeid KL-i kasutamise jääke, on tänaste teadmiste juures põhjust selles kahelda.

KL ja selle metaboliidid on ühed enam esinevad saasteained Euroopa riikide põhja- ja pinnavees.[36] Lüsimeetritega tehtud katsed näitavad, et nii algaine kui ka selle metaboliidi on leitavad pinnasest ja nõrgveest ka 916 päeva pärast peale ühekordset pinnase töötlemist.[37]

Toimeaine KL laguneb keskkonda sattudes (joonis 7, tabelid 1, 2, 3) fenüülrühma eraldumisel esmalt KLD-ks (sünonüüm: metaboliit B) ja seejärel metüül-kloridasoon-desfenüüliks (sünonüüm: metaboliit B1). Viimane reaktsioon võib vähesel määral olla ka pöörduv, mida on kirjeldatud allpool tekstis.

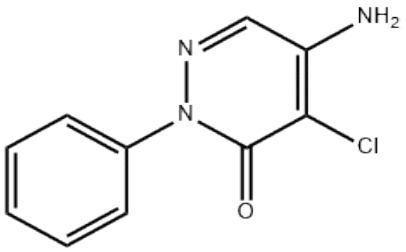


Joonis 7. Kloridasoon laguneb keskkonda sattudes fenüülrühma eraldumisel esmalt kloridasoon-desfenüüliks ja seejärel metüül-kloridasoon-desfenüüliks. Viimane reaktsioon võib vähesel määral olla ka pöörduv.

36 Loos, R. et al. Pan-European Survey on the Occurrence of Selected Polar Organic Persistent Pollutants in Ground Water. Water Research. (2010) 44, 4115-4126. DOI: 10.1016/j.watres.2010.05.032

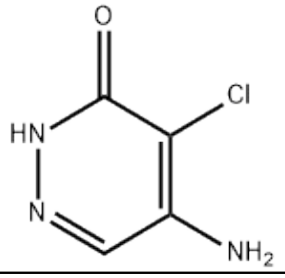
37 Schuhmann, A. et al. A long-term lysimeter experiment to investigate the environmental dispersion of the herbicide chloridazon and its metabolites—comparison of lysimeter types. Journal of Soils and Sediments. (2016) 16, 1032-1045. DOI : 10.1007/s11368-015-1311-3

Tabel 1. Kloridasooni füüsikalis-keemilised omadused.[38]

Tavanimi	**Kloridasoon**
IUPAC nimi	5-amino-4-chloro-2-phenylpyridazin-3(2H)-one
CAS number	1698-60-8
Keemiline struktuur	
Molekulvalem	$C_{10}H_8ClN_3O$
Molekulmass (g mooli kohta)	221,65
Lahustuvus vees 20°C (mg/L)	422
Oktanool -vesi jaotuskoefitsient (pH 7, 20°C)	$1{,}55 \times 10^1$
Dissotsiatsioonikonstant (pK_a)	3,38
K_{oc} (mL/g)	120
K_{foc} (mL/g)	199
GUS leostumisindeks	2,16
Lagunemisnäitaja (aeroobne) DT_{50} pinnas – laboris 20°C [päeva]	43,1
DT_{50} pinnas - põllul [päeva]	34,7

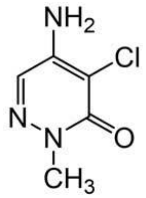
38 Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. Hum Ecol Risk Assess 22: 1050-1064.

Tabel 2. Kloridasoon-desfenüüli füüsikalis-keemilised omadused.[39]

Tavanimi	**Kloridasoon-desfenüül; metaboliit B**
IUPAC nimi	5-amino-4-chloro-pyridazine-3-one
CAS number	6339-19-1
Keemiline struktuur	
Molekulvalem	$C_4H_4ClN_3O$
Molekulmass (g mooli kohta)	145,55
Lahustuvus vees 20°C (mg/L)	-
Oktanool-vesi jaotuskoefitsient (pH 7, 20°C)	-
Dissotsiatsioonikonstant (pK_a)	-
K_{oc} (mL/g)	-
K_{foc} (mL/g)	50
GUS leostumisindeks	5,46
Lagunemisnäitaja (aeroobne) DT_{50} pinnas – laboris 20°C [päeva]	106,3
DT_{50} pinnas - põllul [päeva]	235,5
DT_{50} vesi - settes [päeva]	-
DT_{50} fotolüüs veekeskkonnas pH 7 [päeva]	7,18

39 Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. Hum Ecol Risk Assess 22: 1050-1064.

Tabel 3. Metüül-kloridasoon-desfenüüli füüsikalis-keemilised omadused.[40]

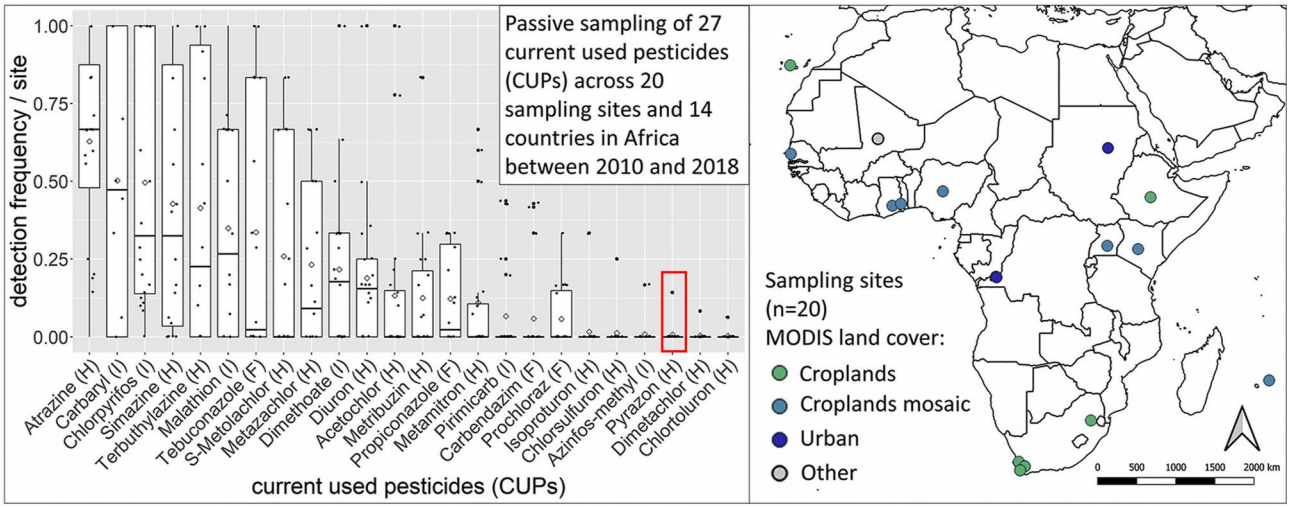
Tavanimi	**Metüül-kloridasoon-desfenüül; metaboliit B1**
IUPAC nimi	5-amino-4-chloro-2-methylpyridazin2-3-one
CAS number	17254-80-7
Keemiline struktuur	
Molekulvalem	$C_5H_6ClN_3O$
Molekulmass (g mooli kohta)	159,6
Lahustuvus vees 20°C (mg/L)	730
Oktanool-vesi jaotuskoefitsient (pH 7, 20°C)	$4,17 \times 10^{-2}$
Dissotsiatsioonikonstant (pK_a)	-
K_{oc} (mL/g)	-
K_{foc} (mL/g)	92
GUS leostumisindeks	4,39
Lagunemisnäitaja (aeroobne) DT_{50} pinnas – laboris 20°C [päeva]	143,8
DT_{50} pinnas - põllul [päeva]	-
DT_{50} vesi - settes [päeva]	-

40 Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A (2016) An international database for pesticiderisk assessments and management. Hum Ecol Risk Assess 22: 1050-1064.

Lendumine ja levimine õhu kaudu

Katsed on näidanud, et peale mullapinna ja taimede töötlemist preparaadiga on KL lendumine ebaoluline. Õhus laguneb toimeaine fotokeemiliste reaktsioonide teel kiiresti, poolestusaega on Atkinsoni meetodi põhjal hinnatud lühemaks kui 7 tundi. Seega võib ka õhu kaudu toimuvat pikamaatransporti ja sadestumist pidada tühiseks (EFSA 2007)[41].

Seda kinnitab ka hiljuti Aafrikas tehtud uuring (joonis 8), kus KL jälgi leiti vaid 0,6% õhuproovides (n= 166). Kõige levinum pestitsiid õhuproovides oli atrasiin (63,9%).[42]



Joonis 8. Kloridasooni (punases kastis) levimine kaugülekandena õhu kaudu ei ole märkimisväärne (allikas: tekstis viidatud Fuhimann et al. 2020).

Lagunemine pinnases

KL laguneb pinnases KLD-ks ning metüül-desfenüül-kloridasooniks, millest esimene on suures ülekaalus. KL laguneb KLD-ks läbi selle, et kaotab fenüülrühma. Fenüülrühm avatakse mikroorganismide toimel ja mineraliseeritakse süsihappegaasiks (kuni 76% algsest kogusest 30 päeva möödudes). Järelejääv püridasinoon tuumosa molekulist on väga aeglaselt mineraliseeruv (5,6% algsest kogusest laguneb 120 päevaga ja 18,6% 373 päevaga) (eespool viidatud EFSA 2007).

Metaboliit B lagunemise uurimine laboratoorsetes tingimustes (25 °C, pH 5,8–7,3 ja orgaanilise aine sisaldus 1–1,9%) näitas, et katse lõpuks (121 päeva pärast) oli 51% KLD-st lagunemata ja 1–14,1% algsest ainest oli 120 päevaga lagunenud metaboliit B1-ks.

41 EFSA Scientific Report (2007) 108, Conclusion on the peer review of chloridazon., 1-82. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2007.108r

42 Fuhrimann, S., Klánová, J., Přibylová, P., Kohoutek, J., Dalvie, M. A., Röösli, M., & Degrendele, C. (2020). Qualitative assessment of 27 current-use pesticides in air at 20 sampling sites across Africa. Chemosphere, 258, 127333. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127333

Viimast uuriti omakorda lähemalt ning leiti, et metüülrühma seondumine ja eraldumine molekulist võib olla mõlemasuunaline. Toimus osaline metaboliit B1 tagasimuundumine metaboliit B-ks (max. 10,5% algsest 120 päeva möödudes). Madalama pinnasetemperatuuride korral lagunemise kiiruste kohta usaldusväärsed andmed puuduvad. Mõlema metaboliidi mineraliseerumine oli väga aeglane, ca 5% 120 päevaga (EFSA 2007).

Mõned uuringud on näidanud KL-i tugevat sorbeerumist pinnase orgaanilise ainega ja savimineraalidega (esmajoones smektiit ja illiit).[43, 44]

Pinnase anaeroobsetes tingimustes laguneb KL väga visalt, 90 päeva möödudes oli 86% toimeainest muutumatul kujul, metaboliit B-d esines alla 9% algsest kogusest (EFSA 2007).
Valgustatud pinnases on KL-i mineraliseerumine märgatavalt kiirem, 14% algsest kontsentratsioonist mineraliseerus süsihappegaasiks 15 päeva jooksul, samas kui pimedas oli see vaid 1%. KL-i poolestusajaks 12h valgus/pimedus tsükli korral on hinnatud 37,8 päeva (EFSA 2007).

Katsete põhjal on referentstingimustes (20 °C, mullaniiskus pF2) KL-i poolestusajaks laboris saadud 8,6–173,8 päeva, geomeetrilise keskmisega 43,1 päeva (n= 6), põllukatsetes 6–55 päeva. Nende andmete põhjal on EFSA 2007 eksperdid klassifitseerinud KL-i pinnases madalalt kuni kõrgelt püsivaks. Anaeroobsetes tingimustes on KL-i poolestusajad palju pikemad, laboratoorsete katsete põhjal ulatuvad need 370–607 päevani (EFSA 2007).

US-EPA 2005[45] andmetel on pinnases fotolüüsi toimel KL poolestusaeg 69 päeva, aeroobse pinnase metabolismi puhul 90–152 päeva ja anaeroobses pinnases 307–607 päeva sõltuvalt pinnase omadustest.

43 Sánchez-Martín, M.J., Sánchez-Camazano, M., 1991. Adsorption of chloridazon by soils and their components. Weed Sci. 39, 333–341.

44 M.V. Cuevas, L. Cox, M.J. Calderon, M.C. Hermosin, J.E. Fernandez, Chloridazon and lenacil dissipation in a clayey soil of the Guadalquivir River marshes (southwest Spain), Agric. Ecosyst. Environ. 124 (3-4) (2008) 245–251, https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.10.003.

45 Reregistration Eligibility Decision (RED) Document for Pyrazon (US-EPA, 2005).

Vähesel määral võivad KL lagunemist pinnases mõjutada ka paagisegudes olevad abiained. Näiteks, õlisid sisaldavad abiained pikendavad poolestusaega kahe nädala võrra, 43 päevalt 57 päevani.[46]

KL-i lagunemise uurimised on näidanud, et see sõltub ka eelnevatest agrotehnilistest töödest ja keskkonnatingimustest. Näiteks, pikeneb eelnevalt orgaanilise väetisega väetatud põldudel KL-i poolestusaeg 37 päevalt 96 päevani. 81 päeva peale põllu 1300 g/ha KL-i lahusega töötlemist oli toimeaine sisaldus pindmises mullakihis (0–10 cm) 200 ± 10 µg/kg KA. Umbrohtudele efektiivne toimeaine doos mullas on >500µg/kg KA.[47] Laboris tehtud katsed on näidanud, et KL lagunemine on kiirem kõrgema pinnase temperatuuri ja niiskusesisalduse juures. Näiteks, temperatuuri tõus 10 °C juurest 30 °C-ni 22% mullaniiskuse juures lühendas poolestusaega 76 päevalt 14 päevani. Samas niiskuse sisalduse tõus 15%-lt 29%-ni 10 °C juures lühendas poolestusaega 134 päevalt 41 päevani. 80 päeva pärast põllu KL-ga töötlemist (970 g/ha) oli pindmises 0–5 cm mullakihis toimeaine sisaldus 740 ± 380 µg/kg KA.[48]
Varasemad uuringud on näidanud pinnase KL sisalduse positiivset korrelatsiooni mulla orgaanilise aine sisaldusega ja negatiivset seost sademetega. Leiti, et liivsavimuldadel lagunes vähem kui 10% toimeainest metaboliit B-ks 10 nädala jooksul 21°C juures.[49]

Metaboliitide B ja B1 poolestusaegade modelleerimiste (ModelMaker tarkvara) põhjal väidetakse EFSA 2007 raportis, et mõlemad on aeroobses 20 °C pinnases keskmiselt kuni kõrgelt püsivad ühendid, poolestusaegadega 80–132 päeva ja 118–170 päeva vastavalt.
Mullale lisatud biosüsi võib endaga siduda paljusid mittepolaarseid ja keskmiselt polaarseid saasteaineid vähendades nende leostumist põhjavette. Katsed metüül-kloridasoon-desfenüüliga biosöega rikastatud pinnases näitasid vaid vähest sorptsiooni (seondumise) kasvu võrreldes rikastamata pinnasega.[50]

46 Kucharski, M., Sadowski, J., & Domaradzki, K. (2012). Degradation Rate of Chloridazon in Soil as Influenced by Adjuvants. Journal of Plant Protection Research, 52, 114-117.

47 Rouchaud, J. et al. Influence of application rate and manure amendement on chloridazon dissipation in the soil. Weed Research. (1997) 37, 121-127.

48 Capri E., Ghebbioni C., Trevisan M. 1995. Metamitron and chloridazon dissipation in a silty clay loam soil. J. Agric. Food Chem. 43: 247–253.

49 Smith, D. T. and Meggitt, W. T. 1970b. Persistence and degradation of pyrazon in soil. Weed Sci. 18:260–264.

50 Dechene A, Rosendahl I, Laabs V, Amelung W (2014) Sorption of polar herbicides and herbicide metabolites by biochar-amended soil. Chemosphere 109:180-186

Kloridasoonijääkide jõudmine taimedesse ja põllumajandusloomadesse

EFSA 2015[51] raporti kohaselt, esinevad KL jäägid taimses materjalis kas algaine, selle metaboliidi (KLD) või nende konjugaatidena (ühenduses teiste orgaaniliste ainetega).

Hüdrolüüsikatsete põhjal saab järeldada, et KL ja KLD ei lagune taimset päritolu toodangu pastöriseerimise (20 minutit 90 °C, pH 4), küpsetamise/kääritamise/ keetmise (60 minutit 100 °C, pH 5) ega steriliseerimise (20 minutit 120 °C, pH 6) tulemusel. Seetõttu defineeritakse jäägid mõlema aine summana, mida väljendatakse koondnimetusega KL.

Katsed suhkrupeedi ja selle lehtedega näitasid jääkide sisalduse stabiilsust külmutatud taimses materjalis vähemalt 24 kuud (−18 °C).

Samas raportis nenditakse, et võimatu on vältida nende jääkide märkimisväärset kogunemist lehtkultuuridesse ja teraviljade vartesse ning põhku (kuni 1 mg/kg), seda isegi aastase tagasikülvi intervalli korral. Jääkaineitel on suur potentsiaal jõuda ka järelkultuuridesse. Spinatis on jääkide sisaldus kõrgem kui salatis (0,95 vs 0,2 mg/kg). Kaunviljade, õlikultuuride ja puuviljade kohta andmed puuduvad, kuid analoogselt teraviljadega, ei eeldata raportis jääkide olulisel määral seemnetesse jõudmist.

Sama raport väidab ka, et suhkrupeedist KL-i jäägid valgesse lauasuhkrusse ei jõua.

Osad uuringud on näidanud, et KL ja metaboliit B võivad jõuda pinnasest ka maisi taimesse (kuni 1,4 mg/kg), seda leiti nii vartest, lehtedest kui ka seemnetest.[52]

KL-i oli lubatud kasutada suhkru- ja söödapeedi kasvatamisel, mida võidi sööta kariloomadele. EFSA 2015 hindamise tulemusel jõuti arusaamisele, et loomasöötade puhul on ainsaks oluliseks jääkaineks KLD, kuna toimeaine sisaldumist seal ei peeta tõenäoliseks.

51 EFSA 2015. Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels for chloridazon according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. EFSA Journal 2015;13(9):4226, 52 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4226

52 Schuhmann, A., Gans, O., Weiss, S. et al. A long-term lysimeter experiment to investigate the environmental dispersion of the herbicide chloridazon and its metabolites—comparison of lysimeter types. J Soils Sediments 16, 1032–1045 (2016). https://doi.org/10.1007/s11368-015-1311-3

Põllumajandusloomades esineb 2 KL-i metaboolset rada: 1) algaine dekloreerimine (kloori eraldumine) ning 2) hüdroksüülrühma liitumine fenüülrühma külge ja järgnev konjugatsioon (seondumine) sulfaatrühmaga. Toimeainest loomorganismis laguainet KLD-i ei teki. Katsed KLD-i manustamisel põllumajandusloomadele näitavad, et see ühend organismis ei metaboliseeru ning seda leidub muutumatul kujul kõigis kudedes. Metaboliidi akumuleerumist ei ole täheldatud ning see väljub organismist uriiniga. Kõrgemad sisaldused on rasvkoes, maksas ja neerudes, samuti piimas ja munades, madalamad lihaskoes.

EFSA 2015 raporti hinnangul ei kujuta preparaadi nõuetekohasel kasutamisel KL-i jäägid taimsetes ja loomsetes saadustes tarbijatele ohtu. Maksimaalne lubatud jääkide tase (MRL) jääb taimse materjali puhul alla 5 mg/kg ja loomsetel saadustel alla 0,4 mg/kg.

Kloridasooni ja selle metaboliitide leostumine põhjavette

Uurimused on näidanud, et KL on pinnases keskmise kuni kõrge liikuvusega (Freundlichi sorptsiooni koefitsient $K_{f\ oc}$=89–340 mL/g; GUS= 2,16[53]), metaboliit B on kõrge kuni väga kõrge liikuvusega ($K_{f\ oc}$=29–74 mL/g; GUS= 5,46) ja metaboliit B1 keskmise kuni väga kõrge liikuvusega ($K_{f\ oc}$=27–216 mL/g; GUS= 4,39). Pole andmeid, mis näitaksid adsorptsiooni (pinnale seondumise) sõltumist pH-st. Vastavad simulatsioonid on näidanud, et metaboliitide leostumine põhjavette on väga tõenäoline. Metaboliit B puhul võib see mõnede stsenaariumite korral ületada ka 10 µg/L, kuid EFSA 2007 raporti kohaselt ei ole need metaboliidid toksikoloogiliselt asjakohased, kuna on vähemtoksilised kui toimeaine.

Lüsimeetrilised katsed liivsavimuldadega (eespool viidatud Schuhmann et al. 2016) on näidanud, et KL-i kasutamise järgselt on kõige suurem KLD-i sisaldus 80 päeva möödudes kuni 10 cm sügavusel. Seejärel liigub metaboliit pinnases sügavamale ja umbes 150 päevaga jõuab see 20–30 cm sügavusele. Ka 916 päeva möödudes on pinnases ja nõrgvees leitavad nii algne toimeaine KL kui mõlemad metaboliidid. Sademed mõjutasid KL-i ja selle metaboliitide sisaldust nõrgvees. Kuivas pinnases esines toimeaine pikema aja vältel kui märjas pinnases. KL-i ja KLD-i leiti ka katse käigus külvatud maisi taimedes. Kasutatud leostumise mudel andis häid korrelatsioone metaboliitide puhul, kuid mitte toimeaine enda puhul. Uuringust saab järeldada, et nii toimeaine kui ka selle metaboliidid on keskkonnas püsivad ja võivad saastada põhjavett.

53 Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, **22**(4), 1050-1064. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242

Taanis lõpetati KL-i sisaldavate preparaatide kasutamine 1996. aastal. Värske andmebaaside analüüs näitas, et aastatel 2016–2019 avalikest veevärkidest (n= 2033) võetud proovidest (kokku n= 5140) 14,4% sisaldasid KLD-i, 4,4% proovidest ületasid joogivee piirmäära 0,1 µg/L. Suurim mõõdetud KLD-i sisaldus joogivees oli 4 µg/L. [54]

Veekeskkond

EFSA 2007 raporti andmetel ei ole KL oma algsel kujul vees biolagunev. Puhtas vees ja looduskeskkonnas esinevas pH vahemikus on see hüdrolüüsi suhtes stabiilne, kuid laguneb fotolüüsi toimel (poolestusaeg 22–76 päeva olenevalt päikesekiirguse tugevusest, pH 7 ja 25 °C juures). Eespool viidatud US-EPA 2005 andmetel on KL-i poolestusaeg vees fotolüüsi toimel 12,5 päeva.

EFSA 2007 hindamisraporti andmetel lagunevad mõlemad metaboliidid (B ja B1) valguse mõjul algsest toimeainest kiiremini. KLD-i poolestusajaks laboritingimustes on mõõdetud 6–10 päeva ja metaboliit B1-l 1,2 päeva pideva valguskiirguse korral.
Looduslike veekogude vees on KL-i poolestusajad pikemad, ulatudes arvutuslikult 2 kuuni. Toimeaine peaks veesambast olema kadunud (mudeli ModelMaker arvutuste põhjal) 182 päeva möödudes. Peamised sisalduse vähenemise teed on seondumine settesse (kuni 55%) ja lagunemine metaboliit B-ks (kuni 43%). Biolagunemine on väheoluline jäädes 3–8% juurde (EFSA 2007). Osad uuringud peavad biolagunemise osakaalu siiski palju suuremaks[55].

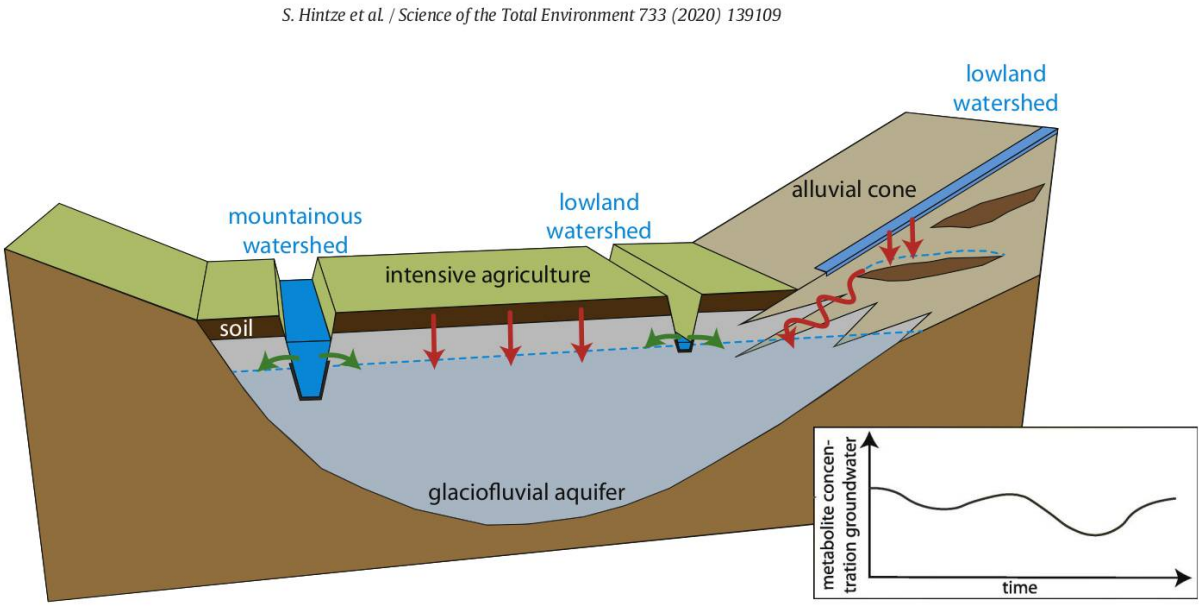
Saksamaal 2007. aastal läbiviidud uuringus leiti, et KLD esineb ojades ja jõgedes aastaringi, samas kui KL-i maksimum on suurim kohe peale kevadist kasutamist (eespool viidatud Buttiglieri et al. 2009). Samas uuringus leiti ka, et KLD-i keskmised sisaldused (0,722 ± 0,808 µg/L (maksimaalne väärtus 7,36 µg/L) pinnaveekogudes olid ca 66 korda kõrgemad kui KL-i omad (0,011 ± 0,056 µg/L, maksimaalne väärtus 0,89 µg/L). Maksimumväärtused erinesid üle 8 korra. Autorid jõudsid järeldusele, et teisel poolaastal toimuv KLD-i sisalduse tõus pinnaveekogudes on tingitud saastunud põhjavee sissevoolust. Kogu katseperioodi jooksul (98 päeva) ei näidanud KLD mingit edasise

54 Voutchkova, D.D.; Schullehner, J.; Skaarup, C.; Wodschow, K.; Ersbøll, A.K.; Hansen, B. Estimating pesticides in public drinking water at the household level in Denmark. GEUS Bull. 2021, 47, 1–16.

55 Buttiglieri, G. et al. Environmental occurence and degradation of the herbicide n-chloridazon. Water Research . (2009) 43, 2865-2873. DOI: 10.1016/j.watres.2009.03.035

lagunemise märki. Uuringu põhjal saab järeldada, et KLD on veekeskkonnas püsiv ja laialt esinev.

Šveitsis 2017–2019 tehtud uurimuse kohaselt võib pestitsiidijääkide ruumiline jaotus põhjavees olla mõjutatud pinnavee-põhjavee vastasmõjudest (joonis 9). Seda eriti liikuvate ja polaarsete metaboliitide korral nagu KLD. Pinnavee infiltratsioon võib kas vähendada või suurendada pestitsiidijääkide sisaldust põhjavees, olenevalt pinnavee jääkide sisaldusest. Pestitsiidijäägid võivad põhjavette jõuda ka kaugematelt aladelt pinnaveekogude kaudu. Seda asjaolu peab arvestama, kui hinnatakse mingis paikkonnas meetmete pikaajalist mõju põhjavee kvaliteedile.[56]



Joonis 9. Kontseptuaalne mudel kõrge (punased nooled) ja madala (rohelised nooled) metaboliitide sisaldusega vee imbumisest põhjavette ja nende protsesside mõju põhjavee kvaliteedile.

Kokkuvõtvalt[57] saab välja tuua, et vastavad pestitsiidide lagenemise ja pinnasest leostumise mudelid vajavad veel täiustamist ning täpsustamist erinevate pinnasetüüpide ja keskkonnaparameetrite jaoks. Veeuuringute tegemine on palju sagedasem ja lihtsam kui

56 Hintze, Simone & Glauser, Gaétan & Hunkeler, Daniel. (2020). Influence of surface water – Groundwater interactions on the spatial distribution of pesticide metabolites in groundwater. Science of The Total Environment. 733. 139109. 10.1016/j.scitotenv.2020.139109.

57 Schuhmann, A. 2020 "BEHAVIOUR OF PESTICIDES AND THEIR METABOLITES IN WATER, SOIL AND PLANTS - TRANSPORT PROCESSES INVESTIGATED USING LYSIMETER EXPERIMENTS." Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Universität für Bodenkultur Wien

pinnase/setteuuringute läbiviimine. Viimased võivad aga olla aastakümneteks saasteainete reservuaariks, mis reostavad pinna-, põhja- ja joogivett. Lisaks toimeainetele tuleb rohkem tähelepanu pöörata ka nende metaboliitidele ja täpsustada vastavad riskid ja vastuvõetavad piirväärtused. Laguprotsesside kirjeldamine, eriti KL-i puhul, pelgalt kontsentratsioonide põhjal ei pruugi anda tõest pilti toimuvatest protsessidest, vaja võib minna ka täiendavaid uurimismeetodeid, nt isotoopidel põhinevaid uuringuid.[58] Vastav meetod põhineb KL-i molekulispetsiifilise stabiilsete isotoopide suhte ($^{13}C/^{12}C$ ja $^{15}N/^{14}N$) muutumisel kui toimeaine laguneb KLD-ks.

58 Melsbach A, Torrentó C, Ponsin V, Bolotin J, Lachat L, Prasuhn V, Hofstetter TB, Hunkeler D, Elsner M (2020) Dual-Element Isotope Analysis of Desphenylchloridazon to Investigate its Environmental Fate in a Systematic Field Study - A Long-Term Lysimeter Experiment. Environ Sci Technol 54: 3929-3939.

4. Kloridasooni ja selle metaboliitide keskkonnamõju ning mõju põllumajandusloomadele ja inimese tervisele

Orgaaniliste mikrosaasteainete esinemine põhjavees on äratanud ülemaailmset tähelepanu, kuna nad võivad avaldada negatiivseid mõjusid inimeste tervisele. KL on herbitsiid püridasinoonide grupist, mille puhul saab eristada kolme toimeviisi umbrohtudele: fotosünteesi allasurumine, karotenoidide tootmise takistamine ja taimele vajalike rasvade tootmise takistamine.[59] KL on aastakümneid laialdaselt kasutatud herbitsiid, mis pärsib laialehiste umbrohtude fotosünteesi[60] ja mida peeti suhteliselt kahjutuks.

KL-i on Euroopa pinnavetes sageli tuvastatud vahemikus 0,01–4,34 µg/L ja põhjavees kuni 0,67 µg/L.[61, 62] Samas KLD-i kontsentratsioonid on enamasti palju kõrgemad, vahemikus 0,01–24,0 µg/L[63] ja metüül-kloridasoon-desfenüüli kontsentratsioon on ulatunud looduslikus vees kuni 6,1 µg/L .[64]

Pestitsiidide metaboliidid on tavaliselt oma lähteühenditega võrreldes polaarsemad e. vähem rasvlahustuvad ja seega seonduvad vähem mulla orgaanilise ainega. Seetõttu võivad pinna- ja põhjavee vastastikused mõjud olla metaboliitide liikumise jaoks eriti olulised. Toimeainete laguproduktid (sh KLD) on tavaliselt vähem lenduvad ja vähem biolagunevad kui nende lähteühendid, mille tulemuseks on nende suurem liikuvus (ülal viidatud Buttiglieri et al., 2009).

59 Fedtke, Dr. Carl. “Biochemistry and Physiology of Herbicide Action.” Springer Berlin Heidelberg (1982).

60 Urbach, D., Suchanka, M., Urbach, W., 2014. Effect of substituted pyridazinone herbicides and of Difunone (EMD-IT 5914) on carotenoid biosynthesis in green algae. Z. Naturforsch. C. 31, 11–12.

61 Buttiglieri, G.; Peschka, M.; Frömel, T.; Müller, J.; Malpei, F.; Seel, P.; Knepper, T. P. Environmental occurrence and degradation of the herbicide n-chloridazon. Water Res. 2009, 43, 2865−2873.

62 Carafa, R., Wollgast, J., Canuti, E., Ligthart, J., Dueri, S., Hanke, G., Eisenreich, S.J., Viaroli, P., Zaldivar, J.M., 2007. Seasonal variations of selected herbicides and related metabolites in water, sediment, seaweed and clams in the Sacca di Goro coastal lagoon (Northern Adriatic). Chemosphere 69, 1625–1637.

63 Loos, R. et al. Pan-European Survey on the Occurrence of Selected Polar Organic Persistent Pollutants in Ground Water. Water Research. (2010) 44, 4115-4126. DOI: 10.1016/j.watres.2010.05.032

64 Yan, F., Sumit Kumar, Konstantinos Spyrou, Ali Syari’ati, Oreste De Luca, Eleni Thomou Estela Moretón Alfonsín, Dimitrios Gournis, and Petra Rudolf*(2021). Highly Efficient Remediation of Chloridazon and Its Metabolites: The Case of Graphene Oxide NanoplateletsACS EST Water 2021, 1, 157−166

Inimtervist silmas pidades on KL-le kehtestatud järgmised normid: aktsepteeritav päevane kogus ehk ADI= 0,1 mg/kg kehamassi kohta päevas; lühiajaliselt sissevõetav ohutu võrdlusdoos ehk akuutne referentsdoos (ARfD)= madala akuutse toksilisuse tõttu ei peetud vajalikuks kehtestada; vastuvõetav preparaadi käitleja eksponeerituse tase ehk AOEL= 0,2 mg/kg kehamassi kohta päevas.[65] Europa Komisjoni määrusega (EL) 2016/1015 on kehtestatud taimses ja loomses toidus ning söödas maksimaalne lubatud jääkide (MRL= KL-i ja metaboliit B summa) sisaldus taimsetes kudedes alla 5 mg/kg ja loomsetes kudedes alla 0,4 mg/kg.[66] Nende normide kohaselt on toimeaine ja tema metaboliitide mõju inimtervisele väike, kuna tavaelus on väga raske neid ületada.

Akuutne ja krooniline toksilisus

Teaduskirjanduse põhjal võib järeldada, et uuringud KL-i ja tema metaboliitide kohta on tehtud peamiselt akuutsete (ägedat mõju avaldavate) doosidega, kuid selliseid looduses praktiliselt ei esine (tabelid 4, 5, 6 ja 7).

Loomkatsete kohaselt on KL-il nõrgalt või mõõdukalt ärritav toime silmadele ja nahale. Paljunemisnäitajatele kahjulikku mõju ei täheldatud ja teratogeense toime (loote väärarengud) märke ei täheldatud. KL-i võib hinnata mittemutageenseks (ei tekita kromosoomide struktuuri või arvu muutumisest tulenevat pärilikkuse muutust) ja mittekartsinogeenseks, st seda ei peeta vähkitekitavaks ühendiks. Suure tõenäosusega häirib KL organismi energiatootmist. Seda väidet toetavad tehistingimustes (*in vitro*) tehtud katsete tulemused.[67] KL avaldab ägedat toksilist toimet mitokondritele (rakuorganoididele, milles toimub ainete lagundamine energia saamiseks). Vastavates katsetes uuriti hingamist ja kirjeldati KL-i mõjul tekkinud tüüpilisi kliinilisi tunnuseid rottidel (Wistar), faasanitel (*Phasianus colchicus*) ja lammastel (slovakkia meriino). KL-i toimeaine LD_{50} (s.o. aine kontsentratsioon, mis tapab 50% katseloomadest) saadi rottide puhul keskmiselt 800 mg/kg kehamassi (kmass) kohta (vahemikus 552–1160 mg/kg kmass kohta) ja faasanite puhul keskmiselt 3684 mg/kg kmass kohta (vahemikus 1768–7677 mg/kg kmass). WHO[68] andmetel on kloridasoon rottidele mõõdukalt toksiline ja faasanitele kergelt toksiline. Lammaste LD_{50} on 161 mg/kg kmassi kohta (vahemikus 76–340 mg/kg kmass). KL-i mõju on uuritud lamba vere fagotsüütidele ja lümfotsüütidele – vere põletikunäitajatele. Oluline

65 https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances/details/538

66 Reg. (EU) 2016/1015 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1467291969665&uri=CELEX:32016R1015

67 Mlynarcikova, H. et al. “Effect of chloridazone on the animal organism.” General physiology and biophysics 18 Spec No (1999): 99-104 .

68 EPA R.E.D. FACTS (2005). EPA 738-F-05-012

rakke hävitav ehk tsütotoksiline mõju (leukotsüütide iseenesliku asukohamuutuse vähenemine) esines KL-i kontsentratsiooni juures 80 mg/kg kmass kohta (1/2 LD_{50}).[69]
KL kujutab seega mäletsejalistele suurt ohtu ja WHO klassifikatsiooni järgi on see neile väga mürgine ühend. Pärast KL-i manustamist täheldati loomadel järgmisi haigustunnuseid: apaatia, hüperventilatsioon, suurenenud süljeeritus, halvatus, kroonilised krambid ja surm.
Ulukütük ja Cigerai (2020)[70] uurisid KL-i genotoksilist toimet väheharjasussile *Eisenia hortensise*. Uuringutes rakendati *E. Hortensis'ele* 1/2 LD_{50}, LD_{50} ja 2xLD_{50} kontsentratsioonides kloridasooni 48 tunni jooksul. LD_{50} väärtuseks saadi 76,6 mg/kg kmass, täheldati kontsentratsioonist sõltuvaid DNA- ja kromosoomikahjustusi ($P < 0,05$).

KL on ka veeorganismidele mõõdukalt toksiline. EFSA 2007 raporti kohaselt on selle 96-tunnine LC_{50} vikerforellile (*Oncorhynchus mykiss*) 41,3 mg/L. Vetikad on palju tundlikumad, 72 tunni 50% suurune mõju (EC_{50}) avaldub rohevetika *Pseudokirchneriella subcapitata* puhul kontsentratsiooni 0,6 mg/L korral. Keskkonnas esinevas kontsentratsioonis (2,7 µg/L) mõjutab KL antioksüdantseid (organismis vabade radikaalide kahjulikke toimeid vältivaid) ensüüme ning kontsentratsioonid kuni 27 µg/L aeglustavad organismide individuaalset arengut (ontogeneesi) ja aeglustavad marmorvähi *Procambarus virginalis* kasvu.[71] Toimeaine võib vähkidel põhjustada kiiret liigsuhkurveresust ehk hüperglükeemiat.[72] Glükoos on organismide oluline energiaallikas ja selle suurenenud sisaldus näitab toksikoloogilist stressi.[73]

69 Pistl, J., Kovalkovicová, N., Holovská, V., Legáth, J., & Mikula, I. (2003). Determination of the immunotoxic potential of pesticides on functional activity of sheep leukocytes in vitro. Toxicology, 188(1), 73–81. https://doi.org/10.1016/s0300-483x(03)00046-5

70 Ulukütük, S, and I. H. Cigerci (2020). Genotoxic Evaluation of Bentazone and Chloridazon Herbicides in Eisenia hortensis Coelomocytes.

71 Velisek, J., Stara, A., Zuskova, E., Chabera, J., Kubec, J., Buric, M., Kouba, A. (2020). Effects of chloridazon on early life stages of marbled crayfish. Chemosphere 257, 127189.

72 Benli, A.C.K., 2015. The influence of etofenprox on narrow clawed crayfish (Astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823): acute toxicity and sublethal effects on histology, hemolymph parameters, and total hemocyte counts. Environ. Toxicol. 30, 887–894.

73 Faggio, C., Pagano, M., Alampi, R., Vazzana, I., Felice, M.R., 2016. Cytotoxicity, haemolymphatic parameters, and oxidative stress following exposure to sub-lethal concentrations of quaternium-15 in Mytilus galloprovincialis. Aquat. Toxicol. 180, 258–265.

Tabel 4. Kloridasooni akuutne (äge) toksilisus.

Test	Liik	Keskmine kontsentratsioon ja piirid	Ühik	Allikas
LD_{50}	faasan	3684 (1768–7677)	mg/kg kehakaalu kohta	Mlynarcikova et al., 1999
LD_{50}	vutt	>2000	mg/kg kehakaalu kohta	EFSA, 2007
LD_{50}	sinikaelpart	1112	mg/kg kehakaalu kohta	EFSA, 2007
LD_{50}	rott	2140	mg/kg kehakaalu kohta	EFSA, 2007
LD_{50}	rott	800 (552–1160)	mg/kg kehakaalu kohta	Mlynarcikova et al., 1999
LD_{50}	lammas	80	mg/kg kehakaalu kohta	Pistle et al., 2003
LD_{50}	oligoheedid	76,6	mg/kg kehakaalu kohta	Ulukütük and Cigerai, 2020
LD_{50}	vikerforell	41,3 – 50,0	mg/L	EFSA, 2007
ED_{50}	Rohevetikas *Pseudokirchneriella subcapitata*	0,6	mg/L	EFSA, 2007
EC_{50} (48 h)	Vesikirp *Daphnia magna*	132	mg/L	EFSA, 2007

Tabel 5. Akuutne (äge) kloridasooni metaboliitide mõju.

Test	Liik	Keskmine kontsentratsioon ja piirid	Ühik	Allikas
Met B EC_{50}	vikerforell	>100	mg/L	EFSA, 2007
Met B_1 EC_{50}	vikerforell	>100	mg/L	EFSA, 2007
Met B 48 h EC_{50}	Vesikirp *Daphnia magna*	>100	mg/L	EFSA, 2007
Met B_1 48 h EC_{50}	Vesikirp *Daphnia magna*	>100	mg/L	EFSA, 2007

Toimeaine KL-i ja selle peamise laguprodukti, KLD-i keskkonnas esinevate reaalsete kontsentratsioonide mõju vee-elustikule on uurinud Jan Chabera jt.[74] signaalvähiga (*Pacifastacus leniusculus*). Vähke uuriti 30 päevase eksponeerituse ja sellele järgneva 15 päevase puhastumise järel (0,45 µg/L and 2,7 µg/L). Pikaajaline kokkupuude KL-i ja KLD-i mõjutab täiskasvanud signaalvähkide hemolümfi parameetreid, oksüdatiivse stressi biomarkereid ja antioksüdantseid ensüüme. Kutsub esile hepatopankrease patoloogilisi kahjustusi. Katsed näitavad, et mõned mõjud püsivad ka pärast puhastusperioodi. Metaboliit KLD-i toksiline mõju täiskasvanud signaalvähkide füsioloogiale on tugevam kui KL-il. Uuringust järeldub, et selle toimeaine ja metaboliit B veekeskkonnas reaalselt eksisteerivad kontsentratsioonid avaldavad mõju veelistele mittesihtliikidele.

Vähid, keda hoiti 0,45 µg/L ja 2,7 µg/L KL-i lahuses, näitasid võrreldes kontrollrühmaga statistiliselt usaldusväärset kõrgemat toksikoloogilise stressi taset. Võrreldes kontrollrühmaga kaasnes KL-i kontsentratsiooniga 2,7 µg/L oluliselt ($p < 0,01$) kõrgem stressimarkerite tase hemolümfis. Eksponeerimine KLD-i mõlema testitud kontsentratsiooni juures põhjustas veelgi tugevama reaktsiooni kui toimeaine puhul.

Rakkude struktuurimuutusi, sealhulgas fibrillaarsete rakkude arvu suurenemist ja vererakkude (hemotsüütide) imbumist organismi kudedesse (infiltratsiooni) täheldati 2,7 µg/L KL-i ja mõlema metaboliit B kontsentratsiooniga kokkupuute korral. Käitumine rühmade vahel oluliselt ei erinenud. 15-päevane taastumisperiood puhtas vees ei olnud

74 Chabera, J. , Alzbeta Stara , Jan Kubec , Milos Buric , Eliska Zuskova , Antonin Kouba , Josef Velisek (2021). The effect of chronic exposure to chloridazon and its degradation product chloridazon-desphenyl on signal crayfish Pacifastacus leniusculus. Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 208.

piisav normaalsete füsioloogiliste parameetrite taastamiseks eksponeeritud rühmades. Saab järeldada, et KL ja selle metaboliit B avaldavad ka looduses esinevate sisalduse puhul signaalvähile kahjulikku mõju.

Tabel 6. Kloridasooni krooniline mõju.

Test	Organism	Kontsentratsioon	Ühik	Allikas
Oksüdatiivne stress, histoloogilised kahjustused	signaalvähk	0,45 – 2,7	µg/L	Chalna et al., 2021
Mõju vere fagotsüütidele ja lümfotsüütidele	lambad	80	mg/L	Pistle et al., 2003
NOEL 28 päeva (kontsentratsioon, mille puhul mõju pole näha)	vikerforell	3,16	mg/L	EFSA, 2007
21 päeva NOEL	Vesikirp *Daphnia magna*	10	mg/L	EFSA, 2007

Tabel 7. Kloridasooni metaboliitide krooniline mõju

Test	Liik	Kontsentratsioon	Ühik	Allikas
NOEL metaboliit B1	Scenedesmus subspicatus	9,9	mg/L	EFSA, 2007

Asjakohased ja mitteasjakohased metaboliidid, liikmesriikide käsitlused

Euroopa Liidu suunised võimaldavad jagada põhjavees leiduvad pestitsiidide metaboliidid asjakohasteks ja mitteasjakohasteks.[75] Mitmes Euroopa riigis (Saksamaa, Austria[76]) on KL-i metaboliitide piirväärtuseks joogivees 3 µg/L.[77] Tšehhi Vabariigis on metaboliitide piirsumma 6 µg/L, kusjuures KL-i sisaldus peab jääma alla 0,1 µg/L.[78] Saksamaa-Austria

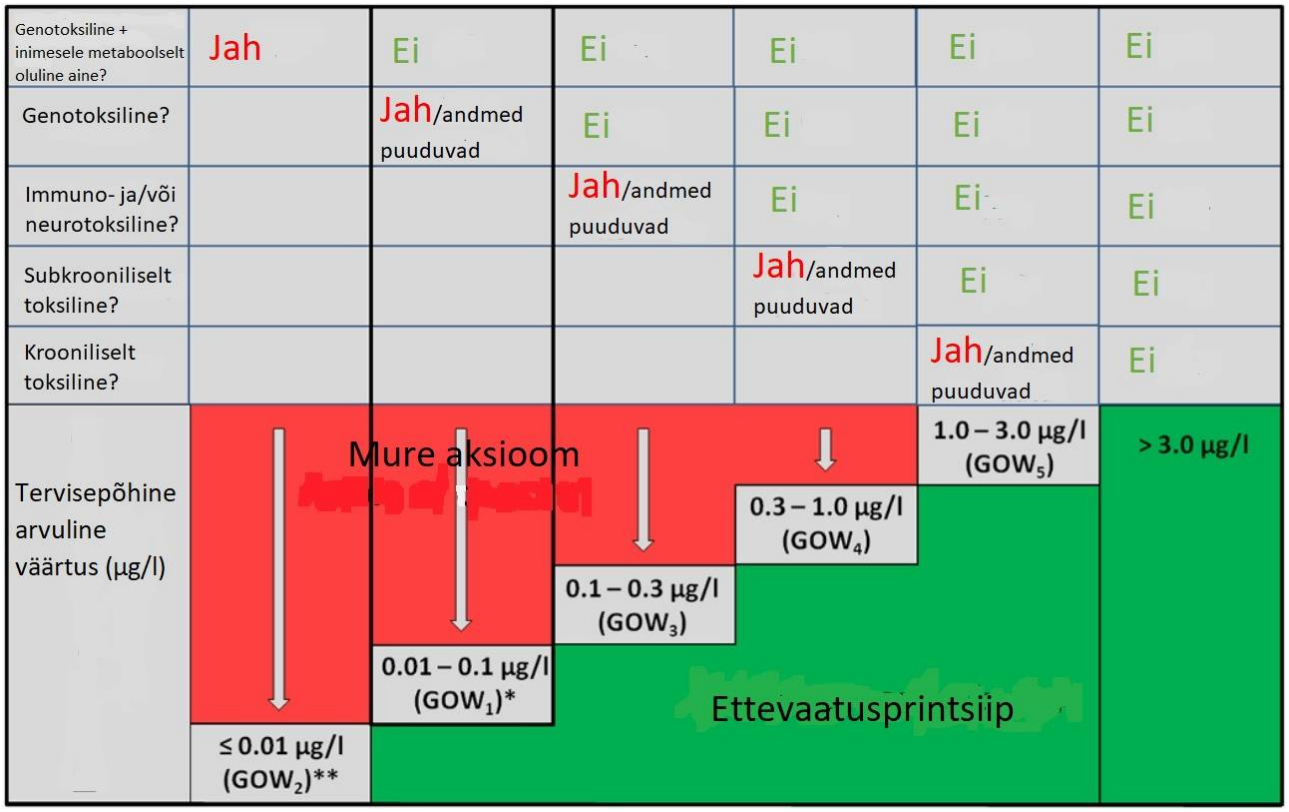
75 EC (European Commission) (2003) Guidance Document on the Assessment of the Relevance of Metabolites in Groundwater of Substances under Council Directive 91/414/EEC. SANCO 221/2000 – Rev. 10.

76 BMG (Bundesministerium für Gesundheit) (2014) Aktionswerte bezüglich nicht relevanter Metaboliten von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen in Wasser für den menschlichen Gebrauch. Österreich, Erlass BMG-75210/0030-II/B/14/2014 vom 28.10.2014.

77 Neukum, C., Meyer, K. Chloridazon-Metaboliten im Grundwasser. Grundwasser 24, 73–81 (2019). https://doi.org/10.1007/s00767-018-00412-9

78 Kotal, F., Kozisek, F., Jeligova, H., Vavrous, A., Mayerova, L., Gari, D.W., Moulisova, A., 2021.Monitoring of pesticides in drinking water: finding the right balance between under- and over-monitoring – experience from the Czech Republic. Environ Sci Process

otsuse aluseks on Saksamaa Keskkonnaagentuuri (UBA) poolt 2003. aastal väljatöötatud HRIV kontseptsioon (Health-Related Indicator Value) ehk “GOW-Konzept,” (“Konzept des



Joonis 10. Saksamaal kasutataval kontseptsioonil põhinev hindamine lähtub terviseriskide indikaatorväärtustest. Kui hinnatava aine kohta toksikoloogiline andmestik puudub, alustatakse väärtusest GOW_1.

gesundheitlichen Orientierungswertes”).[79] Sellist lähenemist (joonis 10) kasutatakse (uute) saasteainete puhul, millede toksikoloogiline andmestik on puudulik ja see võimaldab kiiresti leiupõhiselt hinnata saasteaine võimalikku terviseriski ning tagada joogivee ohutus.[80] Kontseptsioon lähtub eeldusest, et tarbitakse 2 L vett päevas 70 aasta jooksul – sellise tarbimise juures ei tohiks alla piirväärtuse jäävad jääkainete sisaldused tervisele ohtu kujutada. See kontseptsioon on hierarhiline, kus saasteaine genotoksilisus on hindamisel alati esikohal.

Impacts 2, 311–322

79 Grummt, T., Kuckelkorn, J., Bahlmann, A. *et al.* Tox-Box: securing drops of life - an enhanced health-related approach for risk assessment of drinking water in Germany. *Environ Sci Eur* **25**, 27 (2013). https://doi.org/10.1186/2190-4715-25-27

80 Grummt, Tamara & Seiler, Thomas-Benjamin & Braunbeck, Thomas & Hollert, Henner. (2018). Editorial: Special Issue “Effect-related evaluation of anthropogenic trace substances—concepts for genotoxicity, neurotoxicity and endocrine effects”. Environmental Science and Pollution Research. 25. 10.1007/s11356-017-1090-z.

Sarnast lähenemist on kasutatud ka Euroopa Komisjoni poolt algatatud eelnõus[81], millega muuhulgas ühtlustatakse mitteasjakohaste metaboliitide piirväärtuste kehtestamist.

Joogivee puhastamine kloridasoonist ja tema metaboliitidest

Yan jt. (2021)[82] kasutasid esmakordselt grafeenoksiidi vee puhastamiseks KL-st ja selle metaboliitidest. Maksimaalne adsorptsioonivõime oli 67 g KL-i/kg, mis on kõrge ja võrreldav kaubandusliku sorbendi, aktiivsöe omale. Aktiivsütt on KL-ist vabanemiseks enim kasutatud. Maksimaalne grafeenoksiidi adsorptsioonivõime KLD-i puhul oli 34 g/kg ja metüül-kloridasoon-desfenüüli puhul 37 g/kg. Katseid on tehtud ka savimineraalidest sorbentidega.[83]

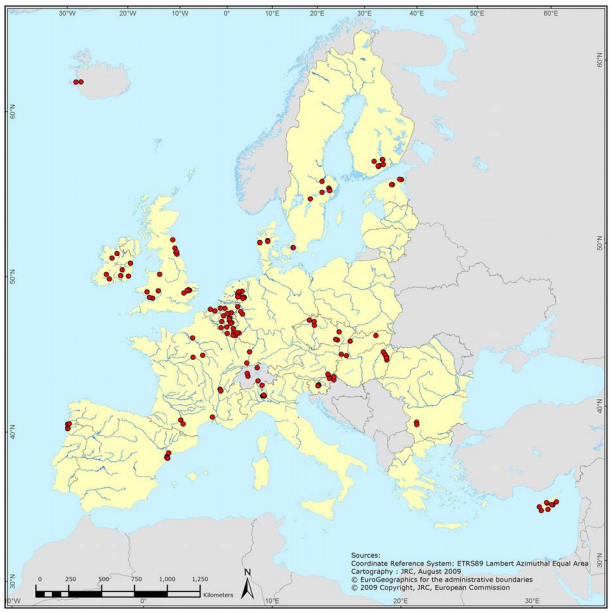
81 COM (2022) 540: Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy.

82 Yan, F., Sumit Kumar, Konstantinos Spyrou, Ali Syari'ati, Oreste De Luca, Eleni Thomou Estela Moretón Alfonsín, Dimitrios Gournis, and Petra Rudolf*(2021). Highly Efficient Remediation of Chloridazon and Its Metabolites: The Case of Graphene Oxide NanoplateletsACS EST Water 2021, 1, 157−166

83 Yan, F.; Spyrou, K.; Thomou, E.; Kumar, S.; Cao, H.; Stuart, M. C.; Pei, Y.; Gournis, D.; Rudolf, P. Smectite clay pillared with copper complexed polyhedral oligosilsesquioxane for adsorption of chloridazon and its metabolites. Environ. Sci.: Nano 2020, 7, 424.

5. Senised seonduvad uuringud ja seireprogrammid, olulisemad järeldused

5.1 Uuringud Euroopas



Üks esimesi üleeuroopalisi seireuuringuid püsivate polaarsete orgaaniliste saasteainete väljaselgitamiseks Euroopa Liidu (EL) riikide põhjavees jõudis laiema avalikkuse ette aastal 2010[84]. Uuring teostati Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Ühiskeskuse (JRC) eestvedamisel ning selle tulemused on andnud märkimisväärse sisendi edasiste EL keskkonnapoliitikate kujundamisse. Uuringu käigus analüüsiti 59 erinevat saasteainet 164 põhjavee proovist, mis pärinesid 23 EL riigist. Teiste seas analüüsiti ka ravimijääkide, antibiootikumide, pestitsiidide ja nende metaboliitide jt. saasteainete leidumist põhjavees. Kloridasoon-desfenüüli esines 16,4% proovides, suurima sisaldusega 13 µg/L. Uuringu peamise tulemusena tuuakse välja, et mitmete saasteainete kõrged kontsentratsioonid esinevad Euroopa riikide põhjavees, kusjuures tihti ületatakse ka piirväärtus 0,1 µg/L. Seetõttu on vajalik regulaarsem põhjaveeseire, et kaitsta inimtervist ja looduslikke ökosüsteeme.

Austria põhjavee seireandmed näitavad kohati KL-i metaboliitide sisaldust üle 4,5 µg/L.[85]Teised põhjavees enam esinevad pestitisiidid on bentasoon, metolakloor ja selle metaboliidid, klotianidiin, terbutüülasiin jt.[86] 2020.a. avaldatud Saksamaa Elbe jõe valgala

84 Loos, R. et al. Pan-European Survey on the Occurrence of Selected Polar Organic Persistent Pollutants in Ground Water. Water Research. (2010) 44, 4115-4126. DOI: 10.1016/j.watres.2010.05.032

85 LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2014) Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 2013. Reihe Grundwasserschutz Bd. 49.

86 Umweltbundesamt – Austria (2011) GZÜV-Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2010 – Endbericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft/ Sektion VII/Nationale Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt, Wien, Austria.

pinnase-, sette- ja veeuuring leidis 13 tihti esinenud pestitsiidi.[87] Eespool nimetatutele lisaks esines sageli metolakloori, isoproturooni ja klorotolurooni.

Tšehhi vabariigis 2017.a. tehtud uuring näitas, et enim leitakse joogiveest rapsi, maisi ja suhkrupeedi kasvatamisel kasutatud toimeainete metaboliite: atsetokloor ESA, alakloor ESA, metasakloor OA ja KLD. Viimase keskmine sisaldus oli 0,16 ja maksimaalne sisaldus 6,85 µg/L (n= 1653). Metaboliit B1 sisaldused olid madalamad, vastavalt 0,037 ja 3,78 µg/L (n= 1610). Vähesel määral leiti ka toimeainet KL, keskmine sisaldus 0,009 ja üks proov napilt üle piirväärtuse 0,13 µg/L (n= 2415). Tehti ka terviseriski hinnang ning leiti, et riski pole ka kõige kõrgemate leitud sisalduste puhul kõige tundlikumale elanikkonna grupile (imikud). Samas tõdevad autorid, et järjest kasvavad pestitsiidide leiud joogivees tekitavad elanikkonnas kahtlusi joogivee ohutuse suhtes.[88]

Taanis lõpetati KL-i sisaldavate preparaatide kasutamine 1996. aastal. Värske andmebaaside analüüs näitas, et aastatel 2016–2019 avalikest veevärkidest (n= 2033) võetud proovidest (kokku n= 5140) 14,4% sisaldasid KLD-i, 4,4% proovidest ületasid kehtiva joogivee piirmäära 0,1 µg/L. Suurim mõõdetud KLD-i sisaldus joogivees oli 4 µg/L.[89]

Šveitsis tehakse põhjavee saasteainete seiret rahvusliku monitooringu TREND ja SPEZ moodulites. Need hõlmavad endas ligi 500 põhjavee seirepunkti üle kogu riigi.[90] 2019. aasta andmetel (n= 522) ületas KLD-i sisaldus 0,1 µg/L piirväärtuse 15,5% proovides ning 9 proovis oli see üle 1 µg/L. 2020.a. olid vastavad arvud 14,1% ja 7, (n= 517). Perioodil 2007–2020 leiti seda metaboliiti üle 0,1 µg/L 103 seirepunktis. Samas on KLD-i klassifitseeritud seal mitteasjakohaseks, mille oodatav põhjavees esinemise kontsentratsioon (PEC-GW) üle 1 µg/L on väga tõenäoline.[91]

87 Karlsson AS, Lesch M, Weihermüller L, Thielel B, Disko U, Hofmann D, Vereecken H, Spielvogel S (2020) Pesticide contamination of the upper Elbe River and an adjacent floodplain area. J Soils Sediments 20: 2067-2081.

88 Kotal, F., Kozisek, F., Jeligova, H., Vavrous, A., Mayerova, L., Gari, D.W., Moulisova, A., 2021. Monitoring of pesticides in drinking water: finding the right balance between under- and over-monitoring – experience from the Czech Republic. Environ Sci Process Impacts 2, 311–322

89 Voutchkova, D.D.; Schullehner, J.; Skaarup, C.; Wodschow, K.; Ersbøll, A.K.; Hansen, B. Estimating pesticides in public drinking water at the household level in Denmark. GEUS Bull. 2021, 47, 1–16.

90 https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/water/info-specialists/state-of-waterbodies/state-of-groundwater/naqua-national-groundwater-monitoring/trend-and-spez-modules.html

91 Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser. Bern, März 2022 https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/anwendung-und-vollzug/weisungen-und-merkblaetter.html

5.2 Uuringud Eestis

Eestis seiratakse riiklikult nii pinna- kui põhjavett. Uuritavaid aineid leidub neis mõlemis, kuid kuna nende ainete sisaldustele pinnavees keskkonnaseisundi piirväärtusi kehtestatud ei ole, keskendutakse siinkohal peamiselt põhjaveele.

Eestis on moodustatud 2019. a. 1. oktoobrist põhjavee kasutamise ja kaitse korraldamiseks ning seisundi hindamiseks 31 põhjaveekogumit. Põhjaveekogumite nimekiri ja seisundi hindamise reeglid on sätestatud keskkonnaministri määrusega nr. 48.[92] Põhjavee seisundi hindamine toimub põhjaveekogumite kaupa iga kuue aasta järel (2014 ja 2020.a hinnangud) ning vastavalt seadusandlusele ja põhjaveekogumite seisundi hindamise metoodikale saab põhjaveekogumi seisund olla kas hea või halb.[93] Põhjavee koguselist ja keemilist seisundit jälgitakse vaatluskaevude võrgu abil põhjavee seire raames. Põhjaveeseisundina mõistetakse põhjaveekogumi seisundit, mis määratakse kindlaks selle koguselise või keemilise seisundi põhjal. Põhjaveeseire allprogramm kuulub riiklikku keskkonnnaseire programmi ning jaguneb järgmisteks seireprojektideks:

1) Põhjaveekogumite seire
2) Nitraaditundliku ala põhjavee seire

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ (EKUK) uuringud

Kloridasooni (KL) ja selle peamist laguprodukti, kloridasoon-desfenüüli (KLD, metaboliit B), on Eestis mõõdetud alates 2012. aastast (2012–2014 Saksamaal Hamburgis GBA Gesellschaft für Bioanalytik MBH Pinnebergi laboris ja alates 2015 EKUK laboris) peamiselt EKUK „Nitraaditundliku ala põhjavee seire" seirelepingute raames. Eesmärgiks on sõeluuringu käigus saada aruandlusperioodi jooksul (2012–2015 ja 2016–2019) erinevatel aastatel ülevaade pestitsiididest kõigis NTA seirepunktides. Aastas võetakse pestitsiidijääkide analüüsiks 35–40 proovi. Veeproovid võetakse suvisel madalveeperioodil, reeglina augustis. Nitraaditundliku ala (2016–2019) põhjavee seirepunktide veest on KLD-i leitud peaaegu pooltes proovides ja põhjavee/joogivee piirnormi (0,1 µg/L) ületanud proovide osakaal on rohkem kui neljandik (joonis 11).[94] Seda metaboliiti on leitud ka põhjaveekogumite seire raames 2020. aastal (SJA1743000)[95] ning ka varem.

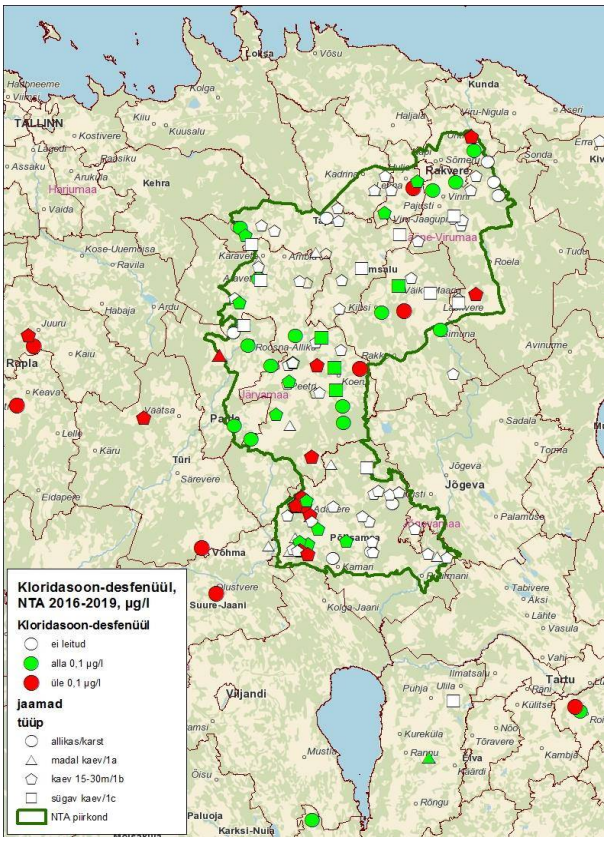
92 https://www.riigiteataja.ee/akt/102102019005

93 https://envir.ee/en/node/109 (külastatud 01.11.2022)

94 EKUK 2020. Nitraaditundliku ala põhjaveeseire. Tallinn 2020.

95 Põhjaveekogumite seire 2020. Keemilise seire näitajate väärtused ja proovivõtu lisainfo Leping nr. 4-4/20/7 lisa 17

2019. a seiretöö käigus uuritud seirekaevudest enamikes taimekaitse-vahendeid ja nende toimeaineid ei leitud. Vähestest leidudest olid enim levinud KLD ja glüfosaat. Veeanalüüside järgi leiti üle läviväärtuse ainult üks glüfosaadi tulemus kaevus nr 3714 kogumis nr 14. Teised leiud jäid alla läviväärtuse. Glüfosaadi leidumine veekeskkonnas on ootuspärane, sest see on Eestis enim kasutatud herbitsiid. Samas KL-i metaboliiti KLD-i ei ole lubatud Eestis aastaid kasutada ja aine leidumine jääkreostusena pinna- ja põhjavees on hetkel aktuaalne uurimisteema.[96]



Joonis 11. Kloridasoon-desfenüüli on „Nitraaditundliku ala põhjavee seire" (NTA) 2016–2019 uuringute raames leitud 76 korda, üle 0,1 µg/L 41 korda (EKUK 2019).

EKUK 2018 "Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees"[97]

2016. ja 2017. aastal võeti täiendavalt 48 uuringupunktist üle Eesti 137 proovi pestitsiide sisalduse määramiseks. Proovipunktidena olid esindatud allikad, kaevud ja pinnaveekogud (tabel 8). Tabelist nähtub, et KLD oli kõige sagedamini leitud taimekaitsevahendi metaboliit, seda leiti 26 proovist, sh 7 allikast, 17 pinnaveekogust ja 2 kaevust. 16 proovis ületas sisaldus 0,1 µg/L.

96 Põhjaveekogumite seire 2019. aasta aruanne https://www.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=95687a54394f45d984d300ad2581c406# (külastatud 09.11.2022)

97 EKUK 2018. "Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees" Tellija: Keskkonnaministeerium https://envir.ee/media/4110/download (külastatud 09.11.2022)

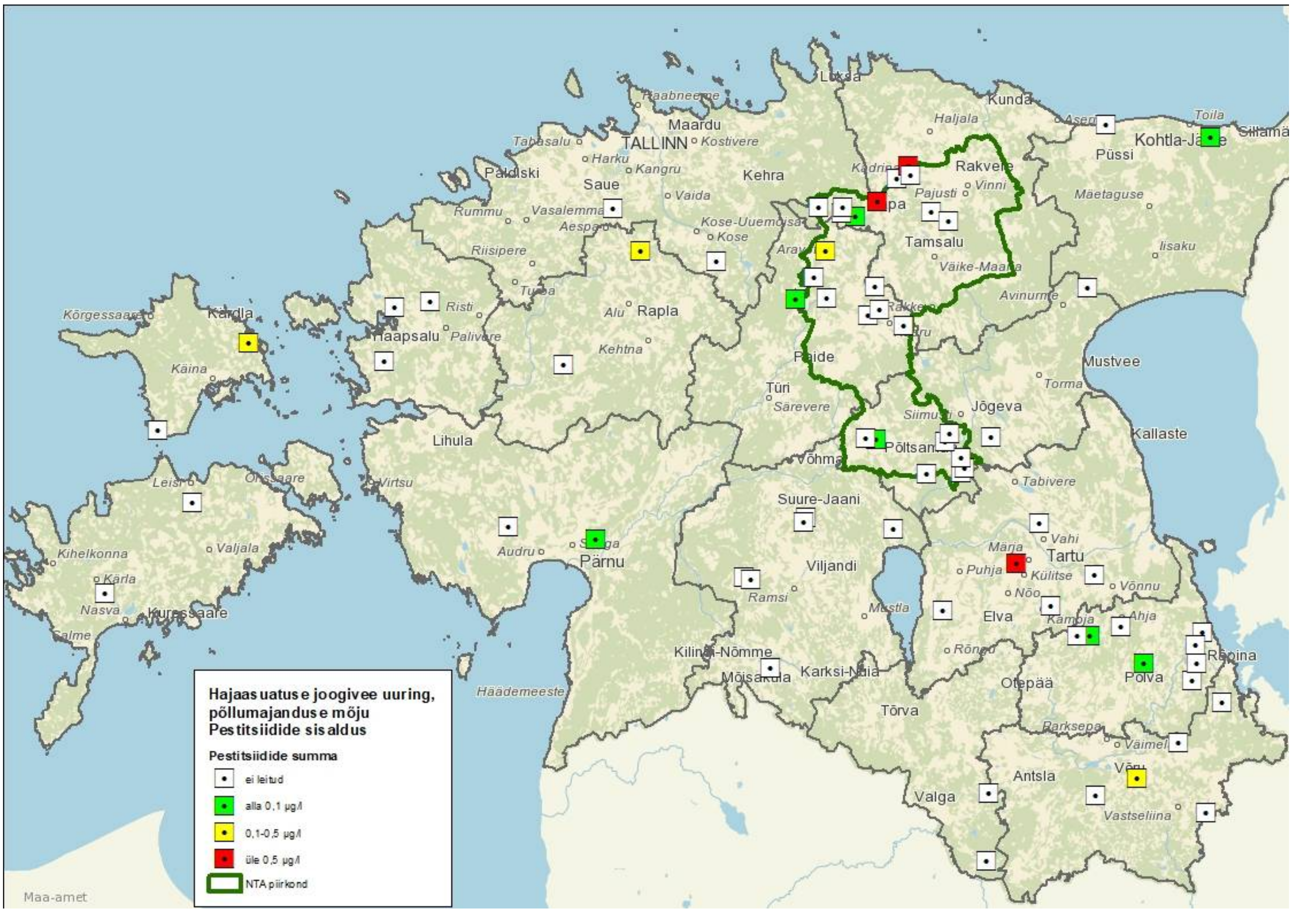
Tabel 8. Enim esinenud ja sisaldust (0,1 µg/L) ületavad taimekaitsevahendid ning nende metaboliidid 2016 ja 2017.a. veeproovides.

Pestitsiid	leiud				ületused
	kokku	allikas	pinnavesi	kaev	
pestitsiidid kokku	71	21	30	20	10
kloridasoon-desfenüül	26	7	17	2	16
AMPA	14	3	4	7	10
glüfosaat	11	3	7	1	2
metasakloor	15	0	12	3	1
MCPA	3	0	1	2	1
Fluorksüpüür	2	0	0	2	1
Propamokarb-hüdrokloriid	2	1	1	0	1
Ametrüün	1	1	0	0	1
Dikamba	1	0	1	0	1
Tebukonasool	13	3	8	2	
2,4-D 2-EHE	7	3	2	2	

EKUK 2020 "Hajaasustuspiirkondade joogivee kvaliteedi ja -süsteemide uuring"[98]

Uuringu käigus võeti veeproove 30 puurkaevust ja 39 salvkaevust üle Eesti, 26 kaevu oli NTA-l ja 43 kaevu väljapool NTA-d. 13% kaevudest oli kaitsmata põhjaveega aladel, 42% kaevudest nõrgalt kaitstud aladel. Uuringu käigus leiti KLD-i viiest puurkaevust (tabel 9) ja ühest salvkaevust, joogiveele lubatud piirväärtuse ületas kolme puurkaevu vesi, kaks Lääne-Virumaal ja üks Järvamaal (joonis 12).

98 EKUK 2020 "Hajaasustuspiirkondade joogivee kvaliteedi ja -süsteemide uuring" Tellija: Keskkonnaministeerium https://envir.ee/media/4050/download (külastatud 09.11.2022)



Joonis 12. Kloridasoon-desfenüüli leiti ka hajaasustuspiirkondade joogivee uuringu käigus.

Tabel 9. Hajaasustuspiirkondade joogivee uuringu käigus enim esinenud ja piirsisaldust (0,1 µg/L) ületavad taimekaitsevahendid ning nende metaboliidid.

	Leiti, analüüside arv	Toimeaine sisaldus üle 0,1 µg/l, analüüside arv	Pestitsiidide summa sisaldus üle 0,5 µg/l, analüüside arv
Pestitsiidide summa	13	6	3
kloridasoon-desfenüül	6	3	
glüfosaat	4	2	
Propikonasool	3	1	
Tebukonasool	2		
p,p'-DDD	1		
p,p'-DDT	1		
p,p'-DDD	1		
Boskaliid	1		

TTÜ 2019 Käsunduslepingu nr.4-1/18/131 aruanne "Hüdrogeoloogiline uuring nitraatide ja pestitsiidide kõrgendatud sisalduse põhjuste ja leviku ulatuse väljaselgitamiseks Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas"[99]

Määrati multimeetodi alusel 4 puurkaevust neljal korral aastas pestitsiidide toimeained, sh nende metaboliidid, lagunemis- ja reaktsioonisaadused.

Kui valdava osa määratud toimeainete ja nende laguproduktide osas jäid kontsentratsioonid kaevudes kõigi proovimiste puhul allapoole lubatud piirväärtust 0,1 µg/L, siis dikamba (herbitsiid) kontsentratsioonid olid kõigil kordadel natuke kõrgemad: 0,1721 µg/L. 2019. a. veebruaris ületas ka diklofenaki (ravimijääk!) kontsentratsioon puurkaevus 9112 lubatud piirmäära ja oli 0,131 µg/L ning KLD-i kontsentratsioon puurkaevus 9112 lubatud piirmäära ja oli 0,516771 µg/L.

Tulemused langevad üsna hästi kokku kõnealuses põhjaveekogumis varem tehtud pestitsiidide sisalduse uuringute tulemustega. Näiteks teeb Ü. Leisk (2018) uuringu aruandes kokkuvõtva järelduse: „Kõige rohkem leiti KLD-i (kloridasooni laguaine) – kokku 26-s proovis, 16 proovis oli sisaldus üle 0,1 µg/L. KL sisaldavaid taimekaitsevahendeid ei ole Eestis turule registreeritud ja ühtegi toodet Eestis ei müüda, mistõttu on selle laguaine allikad ebaselged." Rohkem informatsiooni KL ja selle metaboliitide sisalduse ja päritolu kohta uuringust ei selgu.

99 https://envir.ee/media/4057/download (külastatud 09.11.2022)

LIFE IP CleanEst projekti tegevus C10.1 veeuuringud 2019–2022 a. seiretulemused[100]

Proovid pestitsiidijääkide sisalduste analüüsiks põhjavees võeti 2021. aasta kevadel aprillis ja sügisel septembris, iseloomustamaks vastavalt kõrgvee- ja madalveeaegseid tingimusi. Kokku uuriti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laboris 144 pestitsiidijäägi esinemist 29 põhjavee seirepunktis.

Pestitsiidijääkide määramispiiri ületavad sisaldused olid sagedasemad sügisel võetud veeproovides, kus pestitsiide leiti 23 seirepunkti vees. Kevadel leiti pestitsiide 15 seirepunkti vees. Üksiknäitajale kehtestatud põhjavee kvaliteedi piirväärtus 0,1 µg/L vastavalt Keskkonnaministri määrusele 48/2022 oli ületatud üheksas seirepunktis. Kõigil juhtudel oli tegemist herbitsiid KL-i metaboliidi KLD-ga (metaboliit B). Üle 0,5 µg/L KLD-i leidus kevadel kuues proovipunktis, suurima sisaldusega oli seirepunktis PRK0050635 KLD-i sisaldus 1,2 µg/L. Sügisel esines sedavõrd suur sisaldus (>0,5 µg/L) nendest ühes (seirepunktis PRK0050635).

KLD-i näol on tegemist Eestis põhjaveest enamleitud pestitsiidijäägiga, mida laialdaselt on esinenud ka mujal NTA seirepunktide vees (EKUK, 2018a; EKUK, 2021). Kokku leiti selle pestitsiidi toimeaine laguprodukti 20 seirekohast (16-l korral pestitsiidijäägina (üle analüütilise määramispiiri) ja 4-l korral pestitsiidijäljena (alla määramispiiri, kuid üle avastamispiiri), kusjuures kuus neist asusid Sõmeru valglas. Piirväärtust ületavaid KLD-i sisaldusi esines valdavalt seirepunktides, kus on läbivalt leitud suuri NO3-N sisaldusi ja mis paiknevad oksilises (hapniku esinemine) redokstsoonis (PRK0050635; SJA8179000, Vetiku allikad; SJA8045000, Rägavere allikas). Siiski on märkimisväärne, et piirväärtusi ületavaid pestitsiidijääkide sisaldusi leidus ka kaevudes, mis paiknevad anoksilises veekihis ja kus NO_{3-} sisaldus on väike. Nii on NO_{3-} ja Fe(III)-oksiidide ja hüdroksiidide redutseerumise tsoonis paiknevates seirepunktide nagu Niinemäe talu (SJB3734000), Kohala-1 (PRK0062257) ja Kohala-2 (PRK0062241) kevadiste veeproovide KLD-i sisaldused vastavalt 0,81 µg/L, 0,52 µg/L, 0,17 µg/L. Sügisestes veeproovides leiti KLD-i samadest seirepunktidest kus kevadel, kuid selle sisaldused olid eranditult madalamad. See võib viidata nende ainete lagunemisele suurvee ja madalvee vahelisel perioodil. Lisaks näitab see, et teatud pestitsiidijäägid on põhjaveekihtides NO_{3-}-st stabiilsemad ja püsivad põhjaveekihtides sügavamal kui lämmastikuühendid.

Kokkuvõtvalt järeldab see uuring, et pestitsiidijäägid võivad põhjavees liikuda toitealalt kaugemale ja veekihis sügavamale kui peamised põhjavees levivad toitained (nt NO_{3}-N).

100 https://lifecleanest.ee/sites/cleanest/files/2022-10/LIFE_IP_CleanEst_tegevus_C10_I%C3%B5pparuanne%2027.09.2022.docx.pdf (külastatud 01.11.2022)

Samuti näitavad tulemused, et põhjavees võib esineda ka pestitsiidijääke, mis on seotud Eestis ja Euroopa Liidus enam mittelubatud ainetega (nt. aldriin, endosulfaansulfaat, heptakloor, kinoksüfeen, KL, tsübutriin) või mis on keelatud juba mitukümmend aastat tagasi (nt. DDT, mille kasutamine Eestis keelati 1968. aastal, metaboliidid DDD ja DDE). Samas on tegemist kaugkande ainetega, mille leidumine siin ei pruugi olla kaugeltki seotud kohaliku kasutamisega. Pigem võib põhjavee puhastumine ohtlikest ainetest võtta märkimisväärse aja (kümneid aastaid) ja ei saa välistada, et neid jõuab pinnaveekogudesse isegi pärast nende kasutamise keelamist. Samas näitavad nii põhja, - kui pinnavee viimaste aastate seireandmed, et nende ainete leiud on sagenenud just viimastel aastatel.

Proove pestitsiidijääkide määramiseks pinnaveest võeti aruandeperioodil üheksal korral (27. augustist 2019.a. kuni 15. märtsini 2022.a.) 6 seirepunktist. Kokku analüüsiti selles uuringus 141 pestitsiidijäägi sisaldusi 55-s proovis. Pinnaveest KL-i ei leitud ja KLD-i sisaldused jäid alla 0,068 µg/L.

TÜ 2021 "Pestitsiidide jääkide biomonitooringu uuringu eeluuring"[101]

Uuringu olulisim järeldus on, et pestitsiidide regulatsioonide ja turustusstatistika alusel ei saa öelda, millele eestlased potentsiaalselt eksponeeritud on ning biomonitooring on hädavajalik.

Taimne materjal, loomasöödad ja pinnas

Seirearuanded ja kirjavahetus Põllumajandus- ja Toiduameti (PTA) ning Põllumajandusuuringute Keskuse (PMK) seireprogrammide esindajatega lubab väita, et seni ei ole taimset- ja loomset päritolu materjalidest,[102] loomasöötadest ja pinnasest[103] KL-i ning selle metaboliite leitud. Samas on ka PMK labori kvantiteerimispiir (LOQ) KL palju kõrgem kui EKUK-il (taimset päritolu söödas LOQ= 5 µg/kg; mullas LOQ= 10 µg/kg).[104] KL ja selle metaboliite ei mainita ka EFSA vastavas raportis.[105]

101 RITA2/132 "Pestitsiide jääkide biomonitooringu uuringu eeluuring" (6.07.2021−13.12.2021); Vastutav täitja: Hans Orru; Tartu Ülikool, Meditsiiniteaduste valdkond, peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituut; Finantseerija: Sihtasutus Eesti Teadusagentuur, Maaeluministeerium https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/08/3.-Pestitsiidid_biomonitooring_ministeeriumile.pdf

102 Veterinaar- ja Toiduamet (2020). „Seire ja järelevalve käigus taimekaitsevahendite jääkide sisalduse uurimiseks võetud proovid kaubeldavas, imporditavas ja kodumaises puu-, köögi- ja teraviljas, imiku- ja väikelapsetoidus ning muus toidus 2019. aastal". https://pta.agri.ee/media/2105/download (külastatud 10.11.2022)

103 https://pmk.agri.ee/et/keskkonnaseire/TKV-jaagid-mullas (külastatud 01.11.2022)

104 PMK hinnapakkumus 21.05.2021

105 EFSA (European Food Safety Authority), Carrasco Cabrera L and Medina Pastor P, 2022. The 2020 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal 2022;20 (3):7215, 57 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7215

6. Uuringu eesmärk ja ülesanded

Uuringu eesmärgiks on teha kindlaks toimeaine KL-i ja selle laguprodukti KLD-i võimalik keskkonda sattumise teekond. Uuringu tulemusena saadakse vastus küsimusele, millisest allikast pärinevad pinna- ja põhjaveest leitud KL-i ja KLD-i jäägid. Tulemuste põhjal saab anda hinnangu, kas ja millisel moel on võimalik vähendada KL sattumist veekeskkonda, mis aitab täita veeseadusest tulenevaid üldisi veekaitselisi eesmärke.

Vastavalt lepingu lähteülesandele on uuringu ülesanded järgmised:

1) Võimalike teooriatena tuleb saada kinnitust väitele, kas aastakümneid tagasi põldudel kasutatud herbitsiid on alles nüüd hakanud pinnasest välja tulema.

2) Läbiviidavas uuringus tuleb keskenduda konkreetsetele kohtadele, kus on varasemalt KL-i ja KLD-i leiud registreeritud. Regulaarse uuringu teostamisel tuleb keskenduda peamiselt sellistele põldudele, kus suhkrupeeti on kasvatatud. Selleks pakkus töö teostaja välja Adavere, Olustvere, Nõmavere ja Mõra uuringualad.

3) Selgitada välja aine leviku võimalikkus keskkonnas väärkasutusest tulenevalt. Uuringu käigus võtta proove uuringualade mullast KL-i ja selle laguainete sisalduse määramiseks.

4) Selgitada välja aine leviku võimalikkus keskkonnas läbi loomasööda (peamiselt söödapeedi ning suhkrupeedi). Võrdlus EFSA ELi andmetega. Kui palju Eestis kõnealuseid söödakultuure kasvatatakse (on kasvatatud) ja kasutatakse loomasöötades viimase 10 aasta jooksul? Hinnata KL-i sattumise võimalikkust loomasööta läbi järelkultuuri.

5) Eeltoodu tulemusena pakkuda välja sekkumise võimalused nii järelevalve tõhustamiseks, juhendmaterjali väljatöötamiseks kui ka vajadusel õigusaktide muutmiseks.

7. Uuringu metoodika

Vastavalt lepingu lisa punktile 3. (Uuringu läbiviimise eeldatav metoodika), tuli töö teostajal koostada vastavalt vajadusele proovivõtu kava (vt. aruande LISA 3), seirepunktidest kust võetakse korrapäraselt proove (pinna- või põhjaveest, mullast, sõnnikust, söödast) kindla ajaperioodi vältel. Mais 2021.a. pakkus töö eostaja tellijale välja seirealad (1. Olustvere, Põhja-Sakala vald, Viljandimaa, 2. Adavere ja 3. Nõmavere, mõlemad Põltsamaa vald, Jõgevamaa ning 4. Mõra, Kastre vald, Tartumaa), kus uuritavate ainete (KL ja KLD) seiret võiks lepingu raames teostada (joonis 13).



Joonis 13. 2021.a. väljapakutud uurimisalade paiknemine (Maa-ameti kaardirakendus).

Olustvere sai valitud väga kõrgete uuritavate ainete leidude tõttu sealses allikas, Adavere uuringuala kaevudes on püsivalt kõrged sisaldused ja alal toimub intensiivne põllumajandustegevus, Nõmavere alal polnud viimastel aastatel mõõtmisi tehtud ja viimased mõõdetud uuritavate ainete sisaldused olid madalad vaatamata intensiivsele põllumajandustegevusele. Mõra uuringuala sai välja pakutud põhjusel, et asub teistest

geograafiliselt eemal ja on seetõttu erineva sademete dünaamikaga. Võrdlus teiste uurimisaladega võimaldab kindlaks teha, kas uuritavate ainete sisaldustel põhjavees on kindel sesoonne või pigem sademetest sõltuv muster. Nende erinevusi põhjustab lumikatte püsivus ja paksus, mis võib talveti varieeruda. Kõikidel aladel toimub intensiivne põllumajandustootmine ning põldude väetamiseks kasutatakse ka sõnnikut, mis võib sisaldada uuritavaid aineid. Seirealade valikul lähtus töö teostaja uuringu eesmärkidest, varasematest põhjavee seireandmetest ja proovide kogumise ala logistilisest kompaktsusest.

Andmeid uuritavate ainete kohta oli väga vähe ja peamiselt olid need kogutud OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (EKUK „Nitraaditundliku ala põhjavee seire" aruanded 2012–2020) seirelepingute raames. Näiteks, Olustvere seirealalt oli proove võetud vaid pargi allikast enamasti üks kord aastas, kuid oluline oli see seirepunkt uuringusse võtta, kuna uuritavate ainete sisaldus on seal olnud kohati väga kõrge. Maksimumsisaldused KL-il ja KLD-il mõõdeti pargi allikas 2018.a. juunis vastavalt 0,6 ja 251 µg/L, aasta hiljem, juunis 2019, mõõdeti KLD-i sisalduseks seal 11 µg/L, seega on ka varieeruvus väga suur-üle 20 kordne[106]. 2021.a. aasta juulis, septembris ja novembris tehti kõigil neljal alal lisamõõtmisi pinna-, põhja- ja joogiveeproovidest, et täpsustada uuritavate ainete esinemine, sisalduse varieeruvus ning jaotumine pinna- ja põhjavees. Kogutud andmestik oli aluseks uuritavate ainete sisalduste ja sademete vaheliste seoste tuvastamiseks ning 2022. aasta proovivõtukava koostamiseks. Pinna-, põhja- ja joogiveeproovid koguti atesteeritud proovivõtja poolt vastavalt keskkonnaministri määrusele „Proovivõtumeetodid"[107] ja analüüsiti OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskuse kesklaboris. Proovide kogumisel kasutati EKUK-i ettevalmistatud proovivõtu anumaid ja sama proovivõtumetoodikat, et andmed oleksid võrreldavad. Kokku analüüsiti 117 veeproovi, milles mõõdeti LC-MS STJnrU92 katsemeetodiga 59 taimekaitsevahendi jääki (tabel 10). Uuritavate ainete määramispiirid olid KL-il 0,005 µg/L ja KLD-il 0,04 µg/L. Tahkeid proove analüüsiti kokku 35 (23 pinnaseproovi, 3 sõnnikuproovi, 4 loomasööda proovi ja 5 põldudel kasvanud kultuuri (3 maisi, 1 rapsi ja 1 punapeedi proov).

106 EKUK 2020 „Nitraaditundliku ala põhjavee seire 2019" Koostaja: Ü. Leisk Tallinn 2020

107 nr. 49 „Proovivõtumeetodid" 03.10.2019 https://www.riigiteataja.ee/akt/108102019001

Tabel 10. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ labori katsemeetodid, analüütide arv ja määramispiirid (LOQ).

OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus Registrikood 10057682 | KMKR EE100067066 Marja 4d, 10617 Tallinn tel 611 2900 | faks 611 2901 | info@klab.ee | www.klab.ee **Näitaja**	**Proovimaatriks VESI (µg/L), katsemeetod STJnrU92**	**Proovimaatriks PINNAS (µg/kg KA) katsemeetod STJnrU97**	**Proovimaatriks TAIMNE (µg/kg) katsemeetod STJnrU97A**
Mõõdetud analüütide arv	59	61	46
Kloridasooni määramispiir	0,005	0,3	0,5
Kloridasoon-desfenüüli määramispiir	0,04	3	3

Samuti tehti paikvaatlusi maalt ja õhust kasvatatavate kultuuride ning agrotehniliste tööde kohta, et võrrelda neid PRIA registri andmetega.

Seiremetoodika 2022. aastal

2022.a. aastal tehti seiret 3 alal (Olustvere, Adavere, ja Mõra; joonis 14), kuna 2021.a. seire näitas, et Nõmavere alal olid uuritavate ainete sisaldused väga madalad.



Joonis 14. Uurimisalade paiknemine 2022. aastal (Maa-ameti kaardirakendus).

Erilist tähelepanu pöörati maisipõldudele, kuna teaduskirjanduse[108] andmetel on mais kultuurina vähetundlik KL-i mõjule, siis on võimalus, et seda on väärkasutatud külvieelsel või -aegsel põlluharimisel. Teaduskirjanduse andmetel on uuritavad ained pikka aega maisi taimest leitavad[109]. Kontrollimist vajas hüpotees, et mais võib oma tugeva juurestikuga tuua uuritavad ained uuesti sügavamatest kihtidest pinnale ja ringlusesse, sh. maisisilosse ja sealt sõnnikusse jne. Samuti koguti informatsiooni aladel kasvatatud kultuuride ja taimekaitsetööde kohta. Mõra uuringualal võeti mullaproovid 2 erinevalt põllult pindmisest kihist ning põllul kasvanud maisi kultuurist. Olustvere ja Adavere uuringualal võeti lisaks pindmisele kihile proovid viiest kuni 1 m sügavusest mullaprofiilist. Samuti võeti proovid põldudel kasvanud kultuuridest.

108 Jan Chabera, Alzbeta Stara, Jan Kubec, Milos Buric, Eliska Zuskova, Antonin Kouba, Josef Velisek, The effect of chronic exposure to chloridazon and its degradation product chloridazon-desphenyl on signal crayfish Pacifastacus leniusculus, Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 208, 2021, 111645, ISSN 0147-6513, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111645.

109 Schuhmann Andrea, Gans Oliver, Weiss Stefan, Fank Johann, Klammler Gernot, Haberhauer Georg, Gerzabek Martin H. (2016): A long-term lysimeter experiment to investigate the environmental dispersion of the herbicide chloridazon and its metabolites—comparison of lysimeter types. Journal of Soils and Sediments, 16, 1032-1045 https://doi.org/10.1007/s11368-015-1311-3



Joonis 15 Mullaprofiil Olustvere seirealal.

Kõigil kolmel alal analüüsiti ka tahkeid proove hinnapakkumises lubatud kogustes (muld, orgaaniline väetis ja söödakultuurid) ning tehti mullaprofiilis (joonis 15) uuritavate ainete sisalduse mõõtmine.

Veeproovide paremaks iseloomustamiseks mõõdeti 2022.a. veebruarist kuni septembrini kohapeal vees lahustunud hapniku, elektrijuhtivuse ja pH andmed. Mõõteriistana kasutati YSI Pro DSS portatiivset multisensorit.

Seiretulemusi seostati sademete ja veetasemete andmetega, kasutades selleks Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistuse vaatlusvõrku[110]. Olustvere ja Adavere uurimisala puhul Türi, Jõgeva ja Viljandi meteoroloogiajaamade ning Kaansoo ja Pajusi hüdromeetriajaamade andmeid. Mõra uuringuala puhul Tartu-Tõravere ja Piigaste mõõtejaamade ning Reola hüdromeetriajaama andmeid.

110 http://www.ilmateenistus.ee/ilmateenistus/vaatlusvork/

8. Seirealade ja -punktide valik ja iseloomustus

8.1 Uurimisalade valik, alade mullastiku ja hüdrogeoloogiline analüüs ning proovivõtukava

Mais 2021.a. pakkusime tellijatele (Keskkonna- ja Maaeluministeeriumid) välja seirealad (1. Olustvere, Põhja-Sakala vald, Viljandimaa, 2. Adavere ja 3. Nõmavere, mõlemad Põltsamaa vald, Jõgevamaa ning 4. Mõra, Kastre vald, Tartumaa), kus uuritavate ainete (KL ja KLD) seiret võiks lepingu raames teostada (joonis 16). Kolme esimese ala mullastiku ja hüdrogeoloogiliste omaduste kohta tehti ja esitati tellijale vastav analüüs novembris 2021.a. (aruande LISAD 1 ja 2). Lisaks võeti proove Tartu Maakonnas, Kastre vallast, Mõra külast, kus sademete dünaamika võib olla erinev eelnevast kolmest uuringualast. Selle ala kohta detailsemat mulla ja põhjavee kirjeldust ei tehtud. 2021. aastal võeti pinna-, põhja- ja joogivee proove 21 geograafiliselt erinevast asukohast. Lähemalt on alade valikut ja proovipunkte kirjeldatud tellijale eraldi esitatud proovivõtukavas (aruande LISA 3). Kõikidelt aladelt on ka Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ oma seirelepingute raames varasemalt proove võtnud.

Olustvere uurimisala (Viljandi maakond, Põhja-Sakala vald) pindalaga 8,5 km² keskmes paikneb Olustvere mõisakompleks ja Jaska küla. Põhjast piirneb see Olustvere teega (nr. 24113), idast Imavere–Viljandi–Karksi–Nuia maanteega (nr. 49), läänest Tallinn–Viljandi raudteega ja lõunast Jaska teega (nr. 24119). Ala asub Navesti jõe valglal.

Olustvere uurimisalal kaardistati 12 põllumassiivi 165 hektaril. Nendel põllumassiividel esineb 11 mullaliiki. Uurimisala lääne ja lõunapool paiknevad parasniisked LP ja LP(g) mullad, kuid ida pool on kirjum mullastik, kus esinevad nii parasniisked (KI, LkI), kui niiskusrežiimilt ajutiselt ja alaliselt liigniisked mullad (KIg, Kog, Go, Go1, M’). Mullaprofiili pindmine kiht (u 30–90 cm) on paiguti nõrgalt veeriseline (sisaldades mullamassist 2–10% veeriseid, mille läbimõõt 1–10 cm) ja peamiselt keskmise lõimisega (kerge liivsavi), umbes 1/3 uuritud põllumassiividest on kerge lõimisega (saviliiv). Mullaprofiili pindmise kihi all asub paiguti keskmiselt koreseline (sisaldades mullamassist 10–20% korest) ja kerge või keskmise liivsavi lõimisega muld. Huumushorisondi tüsedus varieerub vahemikus 25–30 cm. Uuritud põllumassiivide parasniiskete muldade osakaal on u 60%, ajutiselt liigniisketes



Joonis 16. 2021.a. välja pakutud uurimisalade paiknemine (Maa-ameti kaardirakendus).

tingimustes kujunenud muldade osakaal on u 25% ja ülejäänud on kujunenud alaliselt liigniisketest tingimustes. Olustvere uurimisala mullad on peamiselt kerge ja keskmise lõimisega. Mida kergema lõimisega ja suurema poorsusega on mullad, seda parema veeläbilaskvusega need on[111]. Seega Olustvere mullad on eeldatavasti vett hästi ja keskmiselt läbilaskvad, mida soodustab ka see, et mullad sisaldavad mulla massist kuni 10% veeriseid, mis suurendab mulla poorsust. Mõnede põllumassiivide mullaprofiili sügavamates horisontides mulla lõimis ei muutu, kuid mõnedes muutub raskemaks, samas koresus ei vähene, seega veeläbilaskvus ei pruugi sügavamates kihtides väheneda.

Olustvere seireala kuulub Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumisse Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas. Keskkonnaregistri andmetel on Olustvere seirealal 12 puurkaevu sügavusega 6,3–120 m. Madalad puurkaevud (kat. nr. 19860 ja 19861) avavad kvaternaarisetete veekihti. Ülejäänud puurkaevud avavad: Raikküla põhjaveekihti (kat. nr. 61880) – 1 puurkaev, Adavere põhjaveekihti (kat. nr. 6066, 51059, 8036) – 3 puurkaevu ning Raikküla ja Adavere põhjaveekihti koos – 6 puurkaevu. Seireala maapinna

111 Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. (2012). Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool. 486 lk.

absoluutsed kõrgused on vahemikus 50–85 m, langedes Navesti jõe suunas. Pinnakate koosneb valdavalt glatsiaalsetest setetest (saviliiv- ja liivsavimoreen, veerised, munakad, kruus ja liiv). Seireala edelaosas leidub glatsiofluviaalseid setteid (veerised, munakad, kruus ja liiv), lääne- ja lõunaosas – madalsoosetteid. Pinnakatte paksus puurkaevude andmetel jääb vahemikku 21–51 m. Puurkaevude andmetel on seireala põhjaosas pinnakatteks liivsavi-, saviliivmoreen ja liiv, kihi paksusega vahemikus 21–41 m. Seireala kaguosas on pinnakate esindatud savika liiva, peene kruusa ja liivaga, kihi paksusega ca 25 m. Seireala lääneosas on pinnakate vaheldusrikas: esineb nii jääjärvelisi, glatsiofluviaalseid kui soosetteid. Glatsiaalsete setete paksus lääneosas on puurkaevude andmetel vahemikus 28–52 m. Lähemalt on uuringualade mullastikku ja (hüdro)geoloogiat iseloomustatud lepingu raames valminud ja esitatud analüüsis.

PRIA loomakasvatushoonete registri (detsember 2021) andmetel alal suuremaid loomakasvatushooneid (üle 10 loomühiku) ei asu, suuremad farmid asuvad uurimisalalt väljaspool: loodes Reegoldi suurfarm 862 piimaveisega asub allikast 2,4 km kaugusel, idas Oru suurfarm 307 veisega 2,2 km kaugusel (joonis 17).

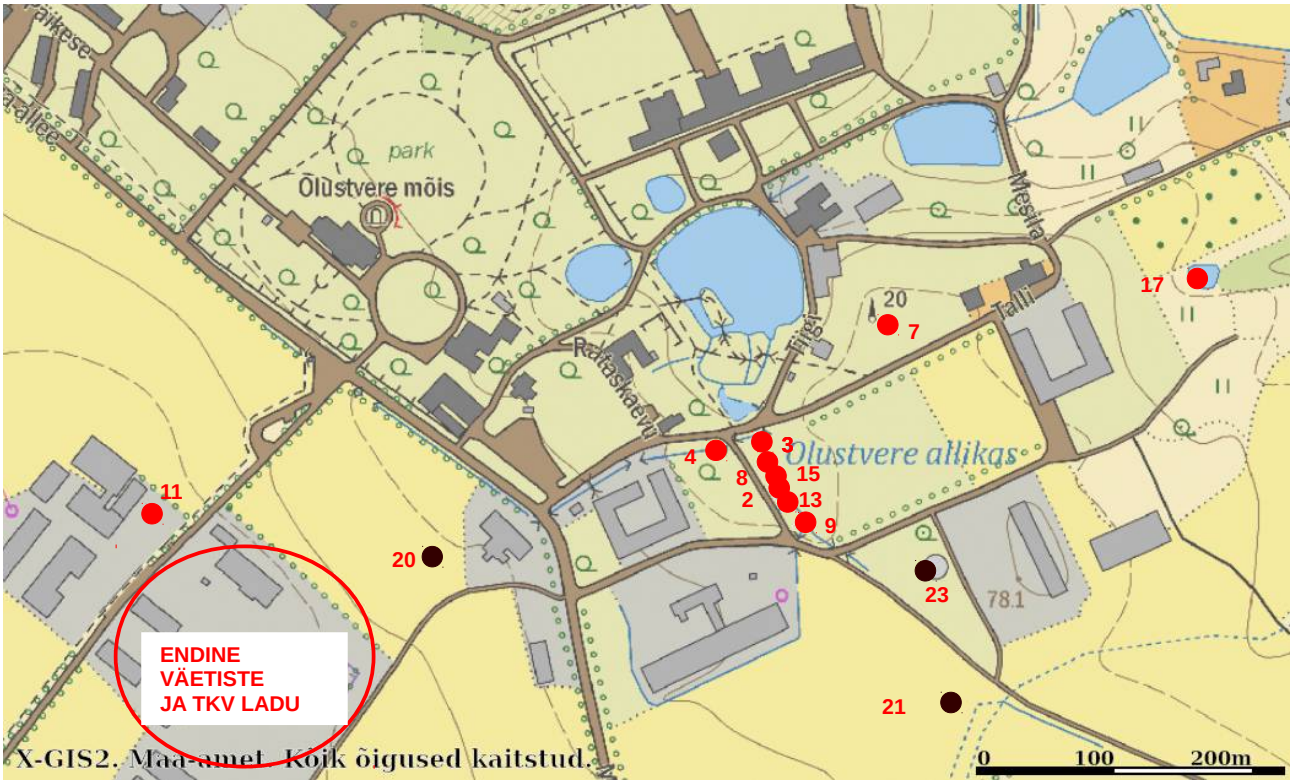
Olustvere pargi allikas on olnud püsivalt kõrgete KLD sisaldustega, ulatudes 2018.a. kuni 251 µg/l.



Joonis 17. Vaade Olustvere uurimisalale mõisakompleksi kohalt kagu suunas, mai 2021 (Foto: A. Tuvikene).



Joonis 18. Olustvere uurimisala 2021/2022.a. proovivõtukohad (eesliitega OP). Punaste ringidega on tähistatud pinna- ja põhjaveepunktid (allikakompleks eraldi joonisel 19), mustaga tahkete proovide võtmise kohad (tabel 11). Keskkonnaregistri (november 2021.a.) andmetel alale jäävate puurkaevude registrikoodid on märgitud siniselt. Pruunid alad tähistavad orgaanikarikast mulda (Maa-ameti kaardirakendus).



Joonis 19. Olustvere allika ja vahetu ümbruse 2021/2022.a. proovivõtukohad (OP). Punaste ringidega on tähistatud pinna- ja põhjaveepunktid, mustaga tahkete proovide võtmise kohad (tabel 11)(Maa-ameti kaardirakendus).

Kuna tegemist võib olla lisaks hajureostusele ka lokaalse punktreostusega, (väetiste ja taimekaitsevahendite ladu asus allika vahetus läheduses), võeti proov ka lähimast puurkaevust OP11.

Tabel 11. Olustvere seireala proovivõtukava 2021/2022. aastal.

ID	Proovivõtukoht	Maatriks	X; Y	Tunnus	Seirejaama nr.; ID	Miks proovivõtukavasse valitud	Kontrollitav hüpotees	Seiresamm	Seiratavad näitajad	Märkused
	Olustvere seireala									
OP1	Kase talu	joogivesi	6491150; 591931	54501:002:0034	Pole Keskkonnaregistris	Pinnalähedane põhjavesi, kloridasoon-desfenüül püsivalt kõrge, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad pindmises veekihis	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli,september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Igapäevases kasutuses, sügavus 2-3 meetrit
OP2	Pargi allikas	põhjavesi	6491354; 591254	54501:002:0034	SJA1526000; VEE4709100	Püsivalt kõrged ja väga kõrged uuritavate ainete sisaldused põhjavees	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli,september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Avatud, läbivooluga osa, EKUK NTA väline seirepunkt
OP3	Allika väljavoolu kraav	pinnavesi	6491401, 591236	54501:002:0034	ETAK ID 2936080	Allika põhjavee ja sinna suubuva kraavi pinnavee summa	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli,september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Vahetult enne suubumist, suubub Papioru oja VEE1131630, Navesti jõgi VEE1131600
OP4	Kuivati kraav	pinnavesi	6491397, 591216	54501:002:0034	ETAK ID 2936057	Pargi allika läheduses asuv, kuid 2021.a. seireandmetel hoopis teise pestitsiidide sisaldusega pinnavesi, 2022.a. ei seirata	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Kohe truubist allavoolu, suubub Papioru oja VEE1131630, Navesti jõgi VEE1131600
OP5	Talli tee kraav	pinnavesi	6491573; 591908	54501:002:0034	6113160011220; ETAK ID 2935740	Põldudevaheline kraav, mis asub eelmiste punktide vahetus läheduses, kuid iseloomustab enam pindmist leostumist	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli,september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Enne truupi, suubub 2935566, suubub Papioru oja VEE1131630, Navesti jõgi VEE1131600
OP6	Luha oja	pinnavesi	6490928; 592858	54501:002:0161	VEE1131629	Põldudevaheline kraav, mis asub eelmiste punktide vahetus läheduses, kuid iseloomustab enam pindmist leostumist, 2021.a. november ei leitud, 2022.a. ei seirata	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Suubub Navesti jõkke VEE1131600
OP7	Mesila PRK0006065	joogivesi	6491490; 591334	54501:002:0521	PRK0006065	Iseloomustab sügavamaid veekihte, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sügavus 80 meetrit, rajatud 1959.a.
OP8	Allika väljavool toru	põhjavesi	6491381; 591242	54501:002:0034	ETAK ID 2936080	Maa-alune sissevool	Uuritavad ained lisanduvad sissevoolust	aprill 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Maa-alune sissevool
OP9	Allika sissevool	pinnavesi	6491344; 591266	54501:002:0034	ETAK ID 2936080	Sissevool allikasse	Uuritavad ained lisanduvad sissevoolust	aprill, juuni 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sissevoolukraav
OP10	Talli-Lauri talu	joogivesi	6491094; 591918	54501:002:0046	PRK0051059	Iseloomustab sügavamaid veekihte, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	veebruar, aprill, juuli 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sügavus 62,5 meetrit, rajatud 2012.a.
OP11	Jaamaküla tee 3	joogivesi	6491342; 590804	54501:002:1660	PRK0061880	Iseloomustab sügavamaid veekihte, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	veebruar 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sügavus 70 meetrit, rajatud 2020.a.
OP12	Jaamaküla tee 51	joogivesi	6490549; 589584	54501:002:0049	PRK0051060	Iseloomustab sügavamaid veekihte, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	veebruar 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sügavus 76 meetrit, rajatud 2012.a.
OP13	Pargi allikas kaev	põhjavesi	6491354; 591254	54501:002:0034	VEE4709100	Püsivalt kõrged ja väga kõrged uuritavate ainete sisaldused põhjavees	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuni 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Kinnine, kaevu osa
OP14	Kase talu tiik	pinnavesi	6491137; 592038	54501:002:1380	ETAK ID 2038987	Iseloomustab pinnavett	Uuritavad ained sisalduvad pinnavees	juuli 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Tiigist
OP15	Allika truup	põhjavesi	6491369; 591248	54501:002:0034	VEE4709100	Iseloomustab sügavamaid veekihte	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Allikast väljuvast torust
OP16	Talli tn 7 salvkaev	joogivesi	6491645; 591600	54501:002:0065	Pole Keskkonnaregistris	Iseloomustab sügavamaid veekihte, joogivesi	Uuritavad ained sisalduvad ka sügavamates veekihtides	september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sügavus 10 meetrit, rajatud 2021.a.
OP17	Tehnikahalli tiik	pinnavesi	6491512; 591556	54501:002:0034	ETAK ID 6867937	Iseloomustab pinnavett	Uuritavad ained sisalduvad pinnavees	september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Tiigist.
OP18	Soku	pinnas	6490994; 591825	54501:002:0034	Põllu ID: 19998815, massiiv 59149059155	Mullaprofiil, orgaanikarikas turvasmuld, põhjavesi liigub seirepunktide (1, 2, 3, 5, 7) suunas	Uuritavad ained sisalduvad pinnases	12.05.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	14.32 ha 2021.a. talinisu allakülvita, 2022.a. taliraps allakülvita Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool. Registrikood: 70002555
OP19	Talli tn 2 alumine	pinnas	6491402; 591828	54501:002:0034	Põllu ID: 19998747, massiiv 59149182088	Mullaprofiil, orgaanikarikas turvasmuld, põhjavesi liigub seirepunkti (5) suunas	Uuritavad ained sisalduvad pinnases	12.05.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Talinisu allakülvita
OP20	Jaamaküla tee 12a	Pinnas 0–10 cm; raps	6491318; 590997	61501:001:0908	Põllu ID: 22283936; massiiv 59049193546	Pindmine mullaproov; kultuur	Uuritavad ained sisalduvad pinnases; kultuuris	01.06.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Taliraps allakülvita
OP21	Talli tn 2	Pinnas 0–25 cm	6491180, 591396	54501:002:0034	Põllu ID: 22283946, massiiv 59149121779	Pindmine mullaproov	Uuritavad ained sisalduvad pinnases	01.06.2022; 31.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Suvioder allakülvita
OP22	Kase peedipõld	Pinnas 0–10 cm; punapeet	6491132; 591856	54501:002:0034	Väljaspool massiivi	Pindmine mullaproov; kultuur	Uuritavad ained sisalduvad pinnases; kultuuris	01.06.2022; 31.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Peedipõld
OP23	Hoidla	vedelsõnnik	6491306; 591365	54501:002:0034	Väljaspool massiivi	Uuritavad ained sisalduvad sõnnikus	Uuritavad ained sisalduvad sõnnikus	Aprill 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Sõnnik hoidlast

Adavere uurimisala (Jõgeva maakond, Põltsamaa vald) pindalaga 20 km² hõlmab endas Adavere aleviku ümbruse Kalme, Puduküla ja Puiatu külade põllumaid, mis paiknevad kahel pool Tallinn–Tartu (nr. 2) maanteed (joonis 20). Ala asub Põltsamaa jõe valglal ning see on ka ala idasuunaliseks piiriks.



Joonis 20. Vaade Adavere uurimisalale lõuna suunal, esiplaanil piimafarm ja Adavere asula, mai 2021 (Foto: A. Tuvikene).

Adavere uurimisalal kaardistati 22 põllumassiivi 712 hektaril. Nendel põllumassiividel esineb 12 mullaliiki, mis levivad uuritud alal ühtlaselt. Mullaprofiili pindmine kiht (u 30–90 cm) on üldiselt nõrgalt veeriseline (sisaldades mulla massist 2–10% veeriseid, mille läbimõõt 1–10 cm) ning peamiselt kerge (saviliiv) ja keskmise (kerge liivsavi) lõimisega, mille all asub kohati keskmiselt koreseline (sisaldades mullamassist 10–20% korest) ja raskema lõimisega (keskmine liivsavi) muld. Huumushorisondi tüsedus varieerub vahemikus 20–32 cm. Üldiselt on mullad parasniiske niiskusrežiimiga.

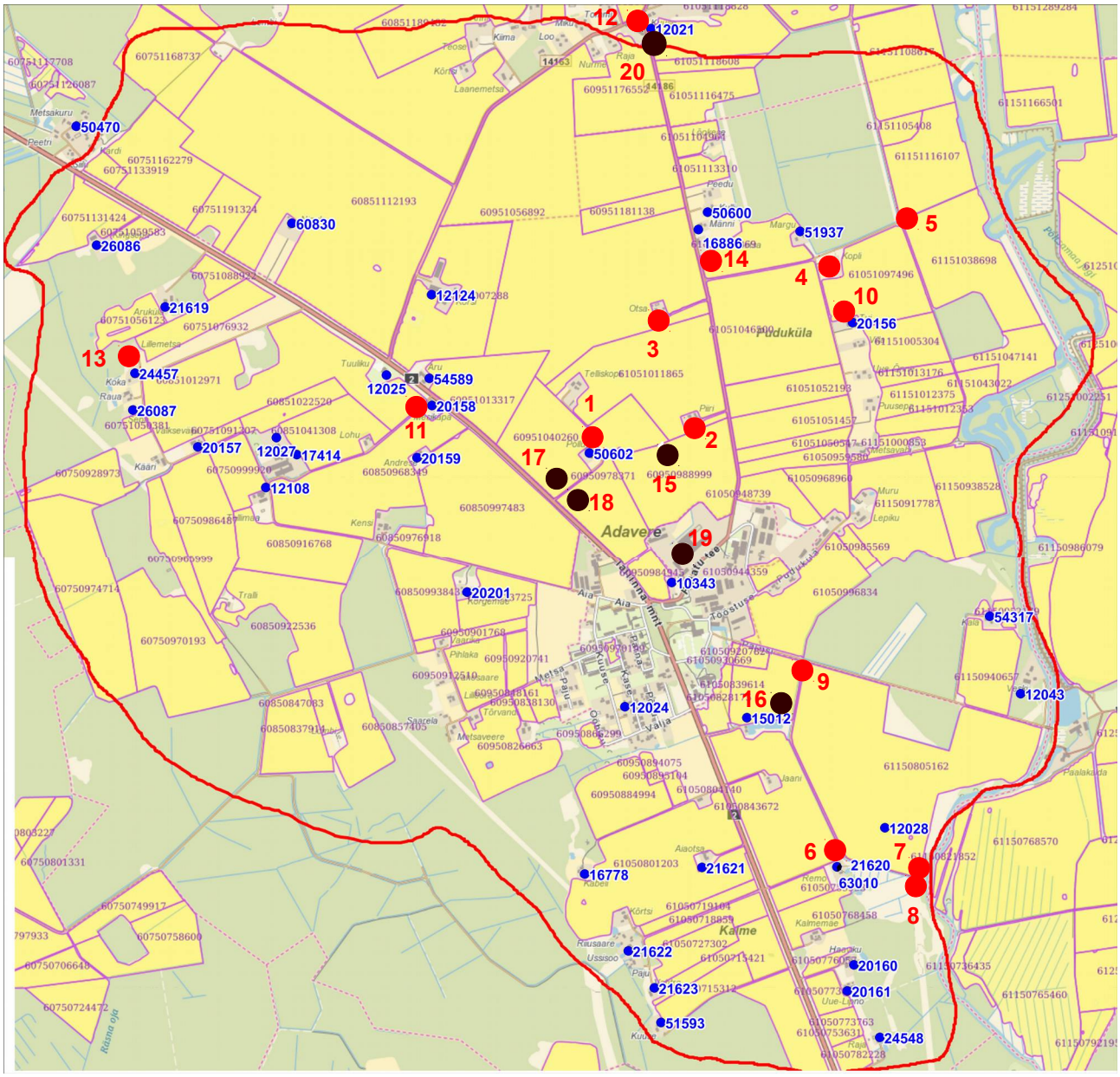
Kuna Adavere uurimisalal olevad mullad on üldiselt kerge ja keskmise lõimisega mullad, siis need mullad on vett hästi ja keskmiselt läbilaskvad[112]. Veeläbilaskvust soodustab ka see, et mullad sisaldavad mulla massist kuni 10% kive, mis suurendab mulla poorsust.

112 Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. (2012). Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool. 486 lk.

Mulla lõimis muutub raskemaks mulla alumistes kihtides, mis peaks vähendama veeläbilaskvust, kuid samal ajal suureneb ka mulla koresus (mullad võivad sisaldada mulla massist 10–20% korest), mis võib elimineerida lõimisest tuleneva mõju.

Adavere ja Nõmavere seireala kuuluvad Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogumisse Ida-Eesti vesikonnas. Uuringualal on keskkonnaregistri andmetel 37 puurkaevu sügavusega 12–180 m. Puurkaevud avavad: Raikküla põhjaveekihti – 6 puurkaevu, Adavere põhjaveekihti – 1 puurkaev, Raikküla ja Adavere põhjaveekihti koos – 27 puurkaevu, Siluri põhjaveekihti – 1 puurkaev, Ordoviitsiumi Pirgu (O_3prg) põhjaveekiht – 1 puurkaev ja Nabala–Pirgu veekiht (O_3nb-prg) – 1 puurkaev. Keskkonnaregistris arvel olevad puurkaevud katavad kogu uuringuala. Lähemalt on uuringuala mullastikku ja (hüdro)geoloogiat iseloomustatud lepingu raames valminud analüüsis.

PRIA loomakasvatushoonete registri (detsember 2021) andmetel asuvad alal suured loomakasvatushooned (üle 10 loomühiku), farmid asuvad: uurimisala keskel OÜ Adavere Agro Keskuse suurfarm 404 piimaveist ja uurimisala põhjaservas Puiatu suurfarm 685 piimaveisega. Uurimisalast idas, teisel pool Põltsamaa jõge, asuvad mõned väiksemad laudad kuni 175 veisega. Adavere piirkonna kaevuvees esineb püsivalt uuritavaid aineid üle joogi- ja põhjavee piirnormi (EKUK „Nitraaditundliku ala põhjavee seire" aruanded 2012–2021), mis viitab pinnase laialdasele reostumisele minevikus ja/või nende ainete hiljutisele kasutamisele. Eesmärgiks oli kindlaks teha, kumb võimalus on tõenäolisem reostumise allikas selle ala puhul. Otstarbekas oli seirata mitmeid kaevusid, pinnavett, söödakultuure (eriti mais) ja põllumulda ning orgaanilist väetist. 2021.a. võtsime proove punktidest 1–8 (joonis 21, tabel 12) ning leidsime sealsetest joogivee allikana tarvitatavatest puurkaevudest KLD-i sisaldusi, mis olid pisut üle või alla 1 µg/L. Samuti leidus uuritavaid aineid ühes pinnaveekogus (vt. peatükk 9).



Joonis 21. Adavere uurimisala 2021/2022.a. proovivõtukohad (eesliitega AP). Punaste ringidega on tähistatud pinna- ja põhjaveepunktid, mustaga tahkete proovide võtmise kohad (tabel 12). Keskkonnaregistri (november 2021.a.) andmetel alale jäävate puurkaevude registrikoodid on märgitud siniselt (Maa-ameti kaardirakendus).

Mullaprofiil võeti maikuus punktist AP15, mis asub lauda ja seirepunktide läheduses kust on uuritavaid aineid pidevalt leitud, lisaks võeti mullaproov punktist AP16 kus on orgaanikarikas turvasmuld. Orgaanilise väetise proov võeti sõnnikuhoidlatest AP19 ja AP20. Seirealalt võeti maisi proovid punktist AP15 juulis ja septembris 2022.a.

Tabel 12. Adavere seireala proovivõtukava 2021/2022. aastal.

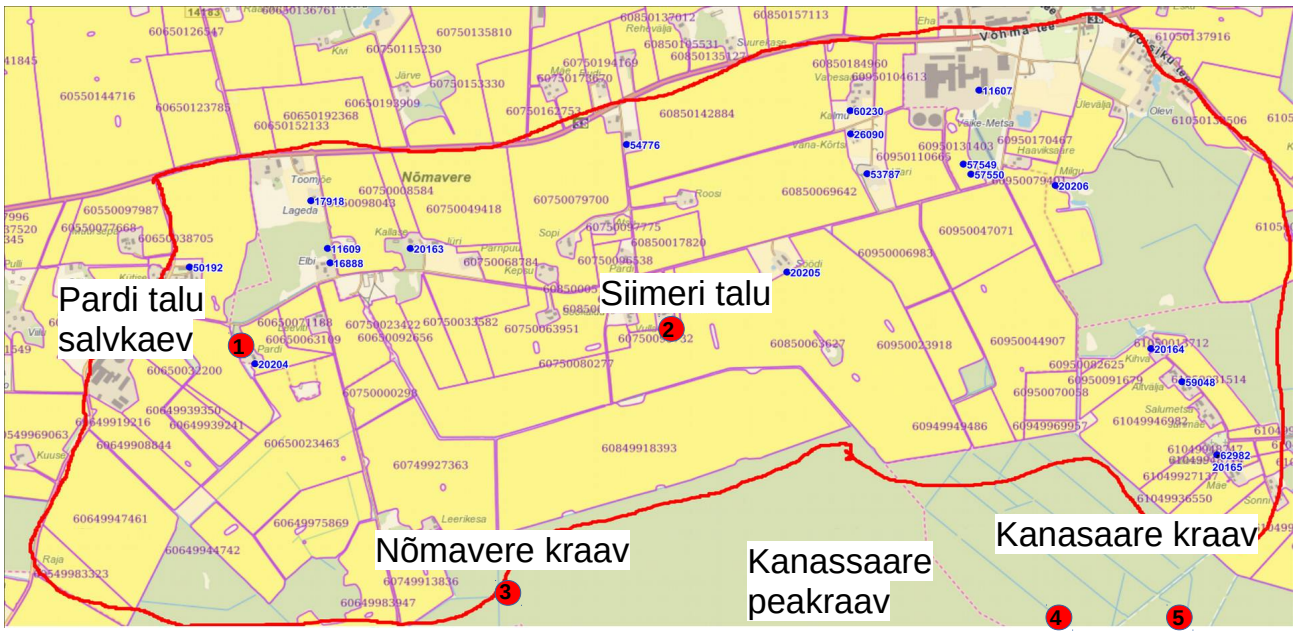
ID	Proovivõtukoht	Maatriks	X; Y	Tunnus	Seirejaama nr.; ID	Miks proovivõtukavasse valitud	Kontrollitav hüpotees	Seiresamm	Seiratavad näitajad	Märkused
	Adavere seireala									
AP1	Põllu talu	joogivesi	6510000; 609615	61601:001:0232	PRK0050602; SJA8457000	Kloridasoon-desfenüül püsivalt kõrge, joogivesi	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Ühtlasi EKUK NTA seirepunkt, 19 meetrit sügav, proovi ei saanud võtta- viidati koroonale
AP2	Piiri talu	joogivesi	6510151; 610102	61601:001:0092	Pole Keskkonnaregistris	Kloridasoon-desfenüül püsivalt kõrge, joogivesi	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Puurkaev vesi 8 m
AP3	Otsa talu	joogivesi	6510666; 609918	61601:001:0065	Pole Keskkonnaregistris	Joogivesi, 2021.a. uuritavaid aineid ei leitud, jääb välja 2022.a. seirest	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Puurkaev, pump 6 meetri peal?
AP4	Kopli salvkaev	joogivesi	6510879; 610736	61601:001:0024	Pole Keskkonnaregistris	2021.a. uuritavaid aineid ei leitud, jääb välja 2022.a. seirest	Uuritavad ained sisalduvad pindmises veekihis	juuli, september, november 2021.a.	kloridasoon-desfenüül	Vähe kasutatakse, vesi 2 m peal
AP5	Kopli kraav	pinnavesi	6511086; 611068	61601:001:1060	ETAK ID 2853398; 2103000011050	2021.a. uuritavaid aineid ei leitud	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Kohe peale truupi, enne suubumist Põltsamaa jõkke VEE1030000
AP6	Remo talu	joogivesi	6508088; 610755	61601:002:1870	PRK0021620; SJA2410000	Kloridasoon-desfenüül püsivalt kõrge, joogivesi	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	2 puurkaevu, proov on võetud kasutuses olevast, ühtlasi EKUK NTA seirepunkt, 18,7 m
AP7	Remo maaparandus	pinnavesi	6508065; 611153	61601:002:0074	ETAK ID 2895152; 2103000011010	September 2021.a. uuritavate ainete sisaldused madalad, 2022.a. ei seirata	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	september 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Enne suubumist Põltsamaa jõkke VEE1030000
AP8	Pihlakamäe peakraav	pinnavesi	6508025; 611142	61601:002:0001	VEE1030025	Septembri ja novembri 2021.a. proovides kloridasoon-desfenüül >0,2 , iseloomustab pindmist leostumist	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Enne lisakraavi suubumist, enne suubumist Põltsamaa jõkke VEE1030000
AP9	Pihlakamäe peakraav truup	pinnavesi	6508945; 610574	61601:001:1070	VEE1030025	Iseloomustab pindmist leostumist	Uuritavate ainete sissevool ja dünaamika	aprill 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Enne biopuhastit
AP10	Tui talu	põhjavesi	6510600; 610830	61601:001:1070	PRK0020156	Teiste seirepunktide (1, 2, 3, 4, 5, 10) vahetus läheduses, põllumaalt liikuva põhjavee teel, 2021.a. ei seiratud	Uuritavad ained sisalduvad avatud veekihis	veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Ehitatud 2003, 14,8 meetrit sügav, Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum
AP11	Mesikäpa talu PRK0020158	põhjavesi	6510220; 608890	61601:001:0230	PRK0020158	Teiste seirepunktide (1, 2, 3, 4, 5, 10) vahetus läheduses, põllumaalt liikuva põhjavee teel, 2021.a. ei seiratud	Uuritavad ained sisalduvad avatud veekihis	veebruar 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Ehitatud 2003, 18,5 meetrit sügav, Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu põhjaveekogum
AP12	Puiatu suurfarmi puurkaev PRK0012021	põhjavesi	6512019; 610017	61601:001:0721	PRK0012021	Teiste seirepunktide (1, 2, 3, 4, 5, 10) vahetus läheduses, põllumaalt liikuva põhjavee teel, 2021.a. ei seiratud	Uuritavad ained sisalduvad avatud veekihis	juuni 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Ehitatud 1967, 180 meetrit sügav, Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum
AP13	Lillemetsa talu puurkaev	põhjavesi	6510447; 607504	61601:001:0511	Pole Keskkonnaregistris	Uuringuala servas	Uuritavad ained sisalduvad avatud veekihis	juuni 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	
AP14	Männimetsa talu puurkaev	põhjavesi	6510976; 610125	61601:001:0036	Pole Keskkonnaregistris	Teiste seirepunktide (1, 2, 3, 4, 5, 10) vahetus läheduses, põllumaalt liikuva põhjavee teel, 2021.a. ei seiratud	Uuritavad ained sisalduvad avatud veekihis	september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	
AP15	Farmi	pinnas, maisi kultuur	6510038; 609980	61601:001:0025	Põllu ID 22916038 massiivi nr 60950988999	Mullaprofiil, seirepunktide (1, 2) vahel, kust on uuritavaid aineid pideval leitud, lauda vahetus läheduses, 2021.a. ja 2022.a. kasvas mais	Uuritavad ained sisalduvad pinnases, kultuuris	12.05.2022; 01.06.2022; 31.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	AS Adavere agro, Adavere alevik Põltsamaa vald Jõgeva maakond, registrikood 10171470, 18.60 ha
AP16	Tammiku	pinnas	6508784; 610510	61601:001:0494	Põllu ID: 20960907, massiiv 61050839614	Mullaproov, orgaanikarikas turvasmuld, põhjavesi liigub seirepunktide suunas	Uuritavad ained sisalduvad pinnases	12.05.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	48.52 ha AS Adavere agro, Adavere alevik Põltsamaa vald Jõgeva maakond, registrikood 10171470
AP17	Põllu	pinnas	6509826; 609468	61601:001:0232	Põllu ID: 23318392, massiiv 60951040260	Mullaproov, põhjavesi liigub seirepunktide suunas	Uuritavad ained sisalduvad pinnases	01.06.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	13.91 ha, 2022.a. talinisu allakülvita, 2021.a. taliraps allakülvita
AP18	Tamme	pinnas	6509799; 609493	61601:001:0492	Põllu ID 22916038 massiivi nr 60950988999	Mullaprofiil, seirepunktide (1, 2) vahel, kust on uuritavaid aineid pideval leitud, lauda vahetus läheduses, 2021.a. ja 2022.a. kasvas mais	Uuritavad ained sisalduvad pinnases, kultuuris	12.05.2022; 01.06.2022; 31.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	AS Adavere agro, Adavere alevik Põltsamaa vald Jõgeva maakond, registrikood 10171470, 18.60 ha
AP19	Puiatu tee 11	orgaaniline väetis	6509596; 610036	61601:002:1480	Loomapidamishoone EE13835, Sõnnikuhoidla EHR220169602	Orgaaniline väetis, millel on suur võimalus uurimisala põllule sattuda, hoidla 3373,7 m2, võimalik lekkimine põhjavee liikumise suunas	Uuritavad ained satuvad uurimisalale orgaanilise väetisega	12.05.2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Laudas piimaveised 400 tk. AS Adavere agro, Adavere alevik Põltsamaa vald Jõgeva maakond, registrikood 10171470, kooskõlastakse põllumajandustootjaga 2022.a.
AP20	Puiatu suurfarm	orgaaniline väetis	6512098; 610130	61601:001:0275	Loomapidamishoone EE13834, 2x7000 lägamahutid EHR220725287	Orgaaniline väetis, millel on suur võimalus uurimisala põllule sattuda, võimalik lekkimine põhjavee liikumise suunas	Uuritavad ained satuvad uurimisalale orgaanilise väetisega	01.06 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Laudas piimaveised 685tk. AS Adavere agro, Adavere alevik Põltsamaa vald Jõgeva maakond, registrikood 10171470, kooskõlastakse põllumajandustootjaga 2022.a.

Nõmavere uurimisala (Jõgeva maakond, Põltsamaa vald) pindalaga 10,5 km² hõlmab endas Lebavere, Rõstla, Nõmavere ja Võisiku külade põllumaid (joonis 22). Põhjast piirneb see Põltsamaa–Võhma maanteega (nr. 38), idast Esku–Võisiku teega (nr. 14181), lõunast maakonna piiriga ja läänest Rõstla–Paenasti teega (nr. 14242).



Joonis 22. Vaade Nõmavere uurimisalale edela suunal, tagaplaanil sigalakompleks, mai 2021 (Foto: A. Tuvikene).

Nõmavere uurimisalal kaardistati 34 põllumassiivi 542,2 hektaril. Nendel põllumassiividel esineb 9 mullaliiki, mis levivad uuritaval alal ühtlaselt. Mullaprofiili pindmine kiht (u 45–80 cm) on üldiselt nõrgalt veeriseline (sisaldades mulla massist 2–10% veeriseid, mille läbimõõt 1–10 cm) ja peamiselt keskmise lõimisega (kerge liivsavi), mille all asub keskmiselt kuni väga tugevasti koreseline (sisaldades mulla massist 10–50% korest, mille läbimõõt 1–10 cm) ja raskema lõimisega (keskmine liivsavi) muld. Huumushorisondi tüsedus varieerub vahemikus 22–27 cm. Üle poole Nõmavere uurimisalal olevatest muldadest on kujunenud alaliselt liigniisketes tingimustes, 1/5 muldadest on parasniiske ja 1/5 ajutiselt liigniiske mullaniiskusrežiimiga.



Joonis 23. Nõmavere seireala 2021.a. proovivõtukohad (eesliitega NP). Alale jäävate puurkaevude registrikoodid on märgitud siniselt (Maa-ameti kaardirakendus).

Nõmavere uurimisala mullad on peamiselt kerge (saviliiv) ja keskmise (kerge liivsavi) lõimisega. Mida kergema lõimisega ja suurema poorsusega on mullad, seda parema veeläbilaskvusega mullad on[113]. Seega, Nõmavere mullad on eeldatavasti vett hästi ja keskmiselt läbilaskvad, mida soodustab ka asjaolu, et mullad sisaldavad mulla massist kuni 10% veeriseid, mis suurendab mulla poorsust. Mulla profiili sügavamates horisontides mulla lõimis muutub kohati raskemaks (keskmine liivsavi), kuid samuti suureneb oluliselt mulla koresus, sisaldades mulla massist 10–50% korest, mis suurendab mulla poorsust oluliselt ja võib soodustada veeläbilaskvust sügavatesse mulla kihtidesse.

Nõmavere seireala kuulub Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogumisse Ida-Eesti vesikonnas. Alal on keskkonnaregistri andmetel 19 puurkaevu sügavusega 13,8–60 m. Puurkaevud avavad: Raikküla põhjaveekihti – 5 puurkaevu, Adavere põhjaveekihti – 6 puurkaev ning Raikküla ja Adavere põhjaveekihti koos – 8 puurkaevu. Keskkonnaregistris arvel olevad puurkaevud katavad seireala põhja-, kesk- ja kaguosa. Lähemalt on uuringuala mullastikku ja (hüdro)geoloogiat iseloomustatud lepingu raames valminud analüüsis.

2021.a. võtsime proove punktidest 1–5 (joonis 23, tabel 13). Vastavalt proovivõtukavale 2022. aastal sellelt alalt enam proove ei võetud, kuna uuritavate ainete sisaldused olid madalad.

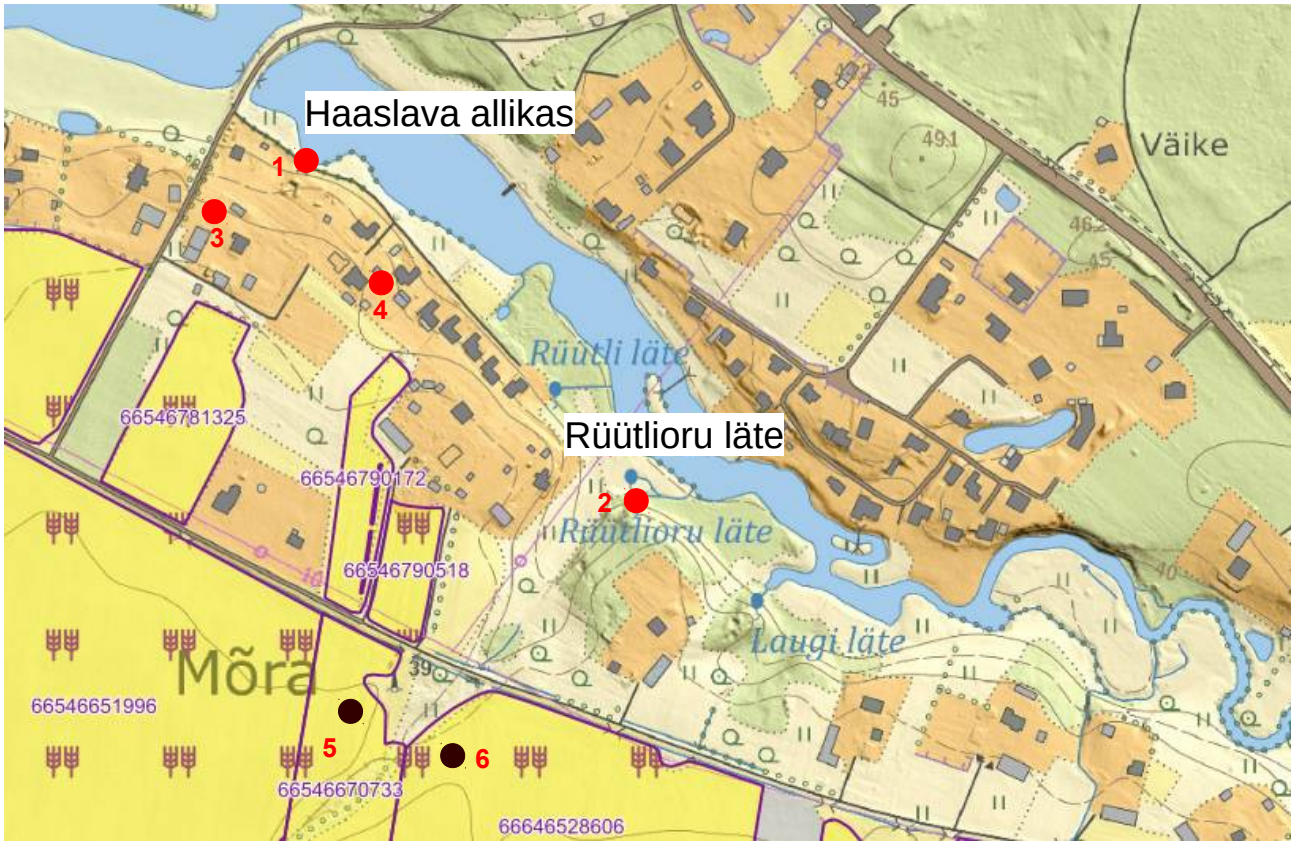
113 Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. (2012). Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool. 486 lk.

Tabel 13. Nõmavere uurimisala proovivõtukava 2021. aastal. Ala jäi välja uuringu 2022. aasta seirest.

Proovivõtukoht	Maatriks	X; Y	Tunnus	Seirejaama nr.; ID	Miks proovivõtukavasse valitud	Kontrollitav hüpotees	Seiresamm	Seiratavad näitajad	Märkused
Nõmavere seireala									
NP1 Pardi talu salvkaev	joogivesi	6500239; 606516	61602:001:0070	Pole Keskkonnaregistris	Võib anda infot pindmise leostumise kohta põldudelt kevadperioodil, 2021.a. uuritavaid aineid ei leitud	Uuritavad ained sisalduvad pindmises veekihis	september, november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	salvkaev puurkaevu 20204 läheduses
NP2 Siimeri talu	joogivesi	6500419; 608161	61602:002:1470	Pole Keskkonnaregistris	Annab infot uuritavate ainete sisalduste kohta põhjavees, 2021.a. uuritavaid aineid ei leitud	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	september 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	hüdrofoorist
NP3 Nõmavere kraav	pinnavesi	6498999; 607142	61602:001:0890	ETAK ID 2915449; 2103460020040	desfenüül 0,16 µg/L, võib anda infot pindmise leostumise kohta põldudelt kevadperioodil	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	september, november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	kohe peale truupi
NP4 Kanassaare peakraav	pinnavesi	6497952; 610545	61602:002:0181	VEE1034700	2021.a. november uuritavate ainete sisaldused alla määramispiiri, võib anda infot pindmise leostumise kohta põldudelt kevadperioodil	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	november 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	enne lisakraavi suubumist
NP5 Kanasaare kraav	pinnavesi	6498022; 610794	61801:001:0825	ETAK ID 2917649; 2103460020003	2021.a. september kloridasoon-desfenüüli sisaldus 0,08 µg/L, võib anda infot pindmise leostumise kohta põldudelt kevadperioodil	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	september 2021.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	kohe peale truupi

Mõra uurimisala

Seostamaks uuritavate ainete sisaldusi sademetega oli otstarbekas täiendavalt jälgida uuritavate ainete sisalduste aastast dünaamikat **Mõra uurimisala** (Kastre vald, Tartumaa, joonis 24) kahes allikas (tabel 14), kuna see asub eelnevatest aladest geograafiliselt eemal ja võib olla teistsuguse sademete dünaamikaga.



Joonis 24. Mõra uurimisala 2021/2022. aasta proovivõtukohad (eesliitega MP). Edelasuunal, allikate toitealal, toimub intensiivne põllumajandustegevus (Maa-ameti kaardirakendus)

Detailsemat mullastiku ja hüdrogeoloogiliste omaduste analüüsi selle ala kohta ei koostatud, kuna eelarve seda ei võimaldanud. Seire käigus tehti vaatlusi allikate toitealal kasvatatavate kultuuride ja agrotehniliste tööde kohta. Seirete ajagraafik langeb kokku kahe eelmise uurimisala omaga. Tahkeid proove võeti maisi ja rapsi külvipinnalt.

PRIA registri (detsember 2021) andmetel alal suuremaid loomakasvatushooneid (üle 10 loomühiku) ei asu, suuremad farmid asuvad uurimisalalt väljaspool: kagus teisel pool Mõra jõge Roiu suurfarm (EE12780) 716 piimaveisega (allikatest 2 km kaugusel), edelas Piirilauda (EE795) 29 veisega (kaugus allikatest 2,2 km), lõunas Uue-Luige laut 71 lambaga (kaugus allikatest 2,7 km).

Tabel 14. Mõra uurimisala proovivõtukava 2021/2022. aastal.

ID	Proovivõtukoht	Maatriks	X; Y	Tunnus	Seirejaama nr.; ID	Miks proovivõtukavasse valitud	Kontrollitav hüpotees	Seiresamm	Seiratavad näitajad	Märkused
	Mõra seireala									
MP1	Haaslava allikas	põhjavesi	6467320; 665869	18501:001:0558	SJA7514000	Uurimisalal eelmistest erinev sademete dünaamika, püsivalt kõrged uuritavate ainete sisaldused, toitealal intensiivne põllumajandus	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika	juuli, september, november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Ühtlasi EKUK seirepunkt, maakasutajad: OÜ Männiku Piim registrikood: 10241294; Kristi Aed OÜ registrikood: 10835220; KR K&I OÜ reegistrikood: 11898375 jt.
MP2	Rüütlioru läte	põhjavesi	6467066; 666145	18501:001:0320	ETAK ID 2331659	Võrdlusallikas, Haaslava allikast 350 m kaugusel	Uuritavate ainete sisaldustel on sesoonne/sademetest sõltuv dünaamika, dünaamika on sarnane kõrval asuva Haaslava allikaga	november 2021.a.; veebruar, aprill, juuni, juuli, september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Allika väljavoolust
MP3	Lilu elamu salvkaev	joogivesi	6467269; 665811	18501:001:0700	Salvkaev, 10 m	Haaslava allikast 70 m kaugusel	Uuritavate ainete esinemine	juuli 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Salvkaevust
MP4	Nurmenuku vkt 4	joogivesi	6467229; 665925	18501:001:0368	PRK0008838	Puurkaev 50 m, Haaslava allikast 110 m kaugusel	Uuritavate ainete esinemine	september 2022.a.	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Puurkaevust
MP5	Pihlaka põld	Muld 0–10 cm; mais	6466903; 665858	18501:001:0703	66546651996	Kasutamise kontroll	Uuritavate ainete esinemine pinnakihis; maisi taimes	29.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Pinnakiht 0–10 cm; maisi taim
MP6	Rüütlioru põld	Muld 0–10 cm	6467066; 666145	18501:001:0388; Põllu ID: 22719533	66546670733; Põllu ID: 22740511	Kasutamise kontroll	Uuritavate ainete esinemine pinnakihis	29.08.2022	Kloridasoon/ kloridasoon-desfenüül	Pinnakiht 0–10 cm

8.2 Olustvere, Adavere ja Nõmavere seirealade mullastiku omaduste mõju taimekaitsevahendite leostumisele ning alade põhjavee reostustundlikkus

Kõiki uurimisalasid (Olustvere, Adavere ja Nõmavere) kirjeldavad üldiselt kerge (saviliiv) ja keskmise (kerge liivsavi) lõimisega mullad, mis on vett paremini läbilaskvad võrreldes raskema (nt. keskmise liivsavi) lõimisega muldadega[114]. Kerge lõimis soodustab toitainete ja taimekaitsejääkide (TKV) leostumist[115]. Kõiki alasid iseloomustab ka see, et mullad sisaldavad mullamassist kuni 10% kive, mis suurendab mulla poorsust ja soodustab veeläbilaskvust. Kõikidel uurimisaladel mullaprofiilis sügavates kihtides mullalõimis muutub raskemaks, mis peaks halvendama veeläbilaskvust, kuid samal ajal suureneb mullas ka koresus, mis suurendab poorsust. Teistest aladest eristus Nõmavere ala, kus esines põllumassiive, kus lõimis mullaprofiilis ei muutunud, ka selle uurimisala alumiste kihtide koresus suurenes oluliselt rohkem võrreldes teiste aladega. Seega võiks arvata, et Nõmavere alalt on tingimused toitainete ja TKV leostumiseks soodsamad võrreldes teiste aladega.

Toitainete ja taimekaitsevahendite leostumine sõltub ka mulla orgaanilise aine sisaldusest, sest see mõjutab veeläbilaskvust[116]. Mulla orgaaniline aine seob endasse nii taimedele vajalikke toitaineid, kuid võib siduda ka TKV jääke[117], mis sarnaselt toitainetele vabanevad mulla orgaanilise aine lagunemisel. Nõmavere ja Olustvere uurimisaladel on enamus muldi kujunenud ajutiselt või alaliselt liigniisketes tingimustes. Nendes tingimustes on orgaanilise aine lagunemine pärsitud[118], mis võib osutada sellele, et tingituna halvematest lagunemistingimustest võib olla toimunud varasemalt (nt. ka paarkümmend aastat tagasi, siis kui KL oli lubatud kasutada) nendesse muldadesse orgaanilise aine ja ka TKV jääkide kuhjumist. Uurimisalade mullad on kuivendatud ja kuivendamine soodustab orgaanilise aine lagunemist, sest tingimused lagunemiseks muutuvad paremaks[119]. Seega

114 Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. (2012). Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool. 486 lk.

115 O'Geen, A. T. (2013) Soil Water Dynamics. Nature Education Knowledge 4(5), 9

116 Pérez-Lucas G, Vela N, El Aatik A, Navarro S. (2019). Environmental risk of groundwater pollution by pesticide leaching through the soil profile. IntechOpen Book Ser https://doi.org/10.5772/intechopen.82418.

117 Sadegh-Zadeh F, Wahid SA, Jalili B. (2017). Sorption, degradation and leaching of pesticides in soils amended with organic matter: A review. Adv Environ Technol. 2, 119–132.

118 Wiesmeier, M., Barthold, F., Blank, B., Kögel-Knaber, I. (2011). Digital mapping of soil organic matter stocks using Random Forest modeling in a semi-arid steppe ecosystem. Plant Soil 340, 7–24. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0425-z.

119 Rousevell, M. D. A., Ewert, F., Reginster, I., Leemans, R., Carter, T. R. (2005). Future scenarios of European agricultural land use II. Projecting changes in cropland and grassland. Agriculture, Ecosystems & Environment, 107, 117−135.

võib praegu püstitada hüpoteesi, et varasemalt mulla orgaanilisse ainesse akumuleerunud KLD võib vabaneda mulla orgaanilisest ainest ning võib liikuda piisava koguse sademete korral mulla pindmisest kihist mullaprofiilis sügavamale, jõudes lõpuks pinna- ja põhjavette.

Põhjavesi on reostuse eest kaitstud paksema pinnakattega ja kõrge põhjaveetasemega alal (Adavere seireala). Kaitstust aga vähendavad oluliselt tektoonilised rikked ja karstinähtused. Aluspõhja ülemisteks kihtideks on Adavere ja Raikküla lade, mis maapinna lähedal on karstiõõnsuste poolest rikas. Seetõttu on iseloomulik ka maa-aluste karstinähtude esinemine (nt. Adavere kandis, kus pindmisi karstivorme esineb vähe). Adavere seireala, vaatamata ülevoolupiirkonnale, jääb kaitsmata ja nõrgalt kaitstud alale. Nõmavere seireala jääb kogu ulatuses kaitsmata alale. Olustvere seirealal on suhteliselt ja keskmiselt kaitstud ala osakaal suurem võrreldes nõrgalt kaitstud alaga.

- **Olustvere seireala** keskmiselt kaitstud (keskmine reostusohtlikkus) põhjaveega aladel on moreenist pinnakatte paksus 10–20 meetrit ning savi ja liivsavi paksus 2–5 meetrit. Suhteliselt kaitstud (madal reostusohtlikkus) põhjaveega aladel on moreenist pinnakatte paksus 20–50 meetrit ning savi ja liivsavi paksus 5–10 meetrit.
- **Adavere seireala** jääb põhjavee ülevoolupiirkonda[120], kus maapinnalt esimese aluspõhjalise põhjaveekihi survetase on maapinnast kõrgemal (sellistes piirkondades esines/võib esineda ülevoolavaid kaeve). Seireala nõrgalt kaitstud (kõrge reostusohtlikkus) põhjaveega aladel on valdavalt moreenist pinnakatte paksus 2–10 m ning savi või liivsavi paksus alla 2 m. Kaitsmata (väga kõrge reostusohtlikkus) põhjaveega aladel on moreenist pinnakatte paksus on alla 2 m.
- **Nõmavere seireala** kaitsmata (väga kõrge reostusohtlikkus) põhjaveega aladel on moreenist pinnakatte paksus alla 2 m. Pinnakatte väikese paksuse tõttu on ülemine põhjaveekiht maapinnalt lähtuva reostuse eest kaitsmata.

120 Kui maapinnalt esimese põhjaveekihi survetase ületab pinnasevee taseme (alad, kus põhjaveetase on pidevalt kõrgem pinnasevee tasemest on põhjavee kaitstuse teemakihil võrdsustatud põhjavee ülevoolupiirkondadega) või maapinna taseme, ei saa pinnasevee ja saasteainete filtratsiooni maapinnalt esimesse põhjaveekihti toimuda (va. difusioon) Hüdrogeoloogiline analüüs, LISA 2.

9. Uuringu tulemused

9.1 Veeproovide tulemused

2021–2022.a. seireperioodi jooksul võeti ja analüüsiti 117 veeproovi (n= 117). Tulemused näitavad, et põhja- ja joogivee piirväärtust (0,1 µg/L) ületavaid uuritavate ainete sisaldusi leidus kõikidel seirealadel (tabelid 15 ja 16). Kõige vähem Nõmavere uurimisalal (maksimaalne KLD sisaldus pinnaveekogu punktis NP5 0,16 µg/L septembris 2021), sellele järgnes Adavere pisut kõrgemate sisaldustega (maksimaalne KLD leid punktis AP1 Põllu talu puurkaevus 1,4 µg/L juulis 2021). Stabiilselt kõrgeid sisaldusi leiti Olustvere (maksimaalne KLD sisaldus Olustvere pargi allikast väljuvas truubis (OP15), 25 µg/L septembris 2022) ja Mõra küla (maksimaalne KLD sisaldus Haaslava allikas, punkti MP1 12 µg/L juulis 2021) seirealadel. Toimeainet leiti üle kvantiteerimispiiri ainult Olustvere uurimisalalt, pargi allikaga ühenduses olevast veesüsteemist (maksimaalne KL sisaldus Olustvere pargi allikast väljuvas truubis, punkt OP15 0,14 µg/L septembris 2022.a.).

Meie poolt kogutud ja analüüsimisele saadetud 117 veeproovist oli uuritavaid aineid üle põhja- ja joogivee piirväärtuse 84 proovis (72%) ja alla piirväärtuse 33 proovis (28%).

9.2 Uuritavad ained põhja- ja joogivees

Olustvere seireala

Olustvere seirealalt võeti 17 punktist kokku 52 veeproovi järgmiselt: juulis (n= 2), septembris (n= 5) ja novembris (n= 5) 2021.a. ning veebruaris (n= 8), aprillis (n= 8), juunis (n= 7), juulis (n= 8) ja septembris (n= 8) 2022.a. Neist 6 olid tinglikult joogivee, 4 põhjavee ja 7 pinnavee seirepunktid.

Olustvere allikaga seotud seirepunktides (OP2, 3, 8 ,9, 13 ja 15) mõõdeti kõrgeimad uuritavate ainete sisaldused, mida oli eelnevate seireandmete alusel põhjust ka oodata. Maksimaalne KLD sisaldus mõõdeti septembris 2022.a. Olustvere pargi allikast väljuvas truubis, punkt OP15 25 µg/L. See oli ka kõikide uurimisalade käesoleva seireperioodi rekord. Sama proov sisaldas ka piirväärtust ületava koguse toimeainet (KL) 0,14 µg/L.
Olustvere allikas on keeruline seirepunkt (joonis 25), kuna allikat läbib kraav ning allika kohale on ehitatud betoonist 2 osaline kate. Samuti jookseb väljavool ca 2 m ulatuses

maa-all. Pole teada, kas kaetud osade all on üks või mitu survelise vee sissevoolu või suubub sinna mõni maaparandussüsteem. Selguse saamiseks võeti proovid nii sissevoolust (OP9), allika kohale rajatud betoonkastist (OP2) ja betoonkaevust (OP13), allika väljavoolu truubist (OP15) ja väljavoolu kraavist (OP3) kui ka selle keskossa suubuvast maa-alusest torust (OP8).

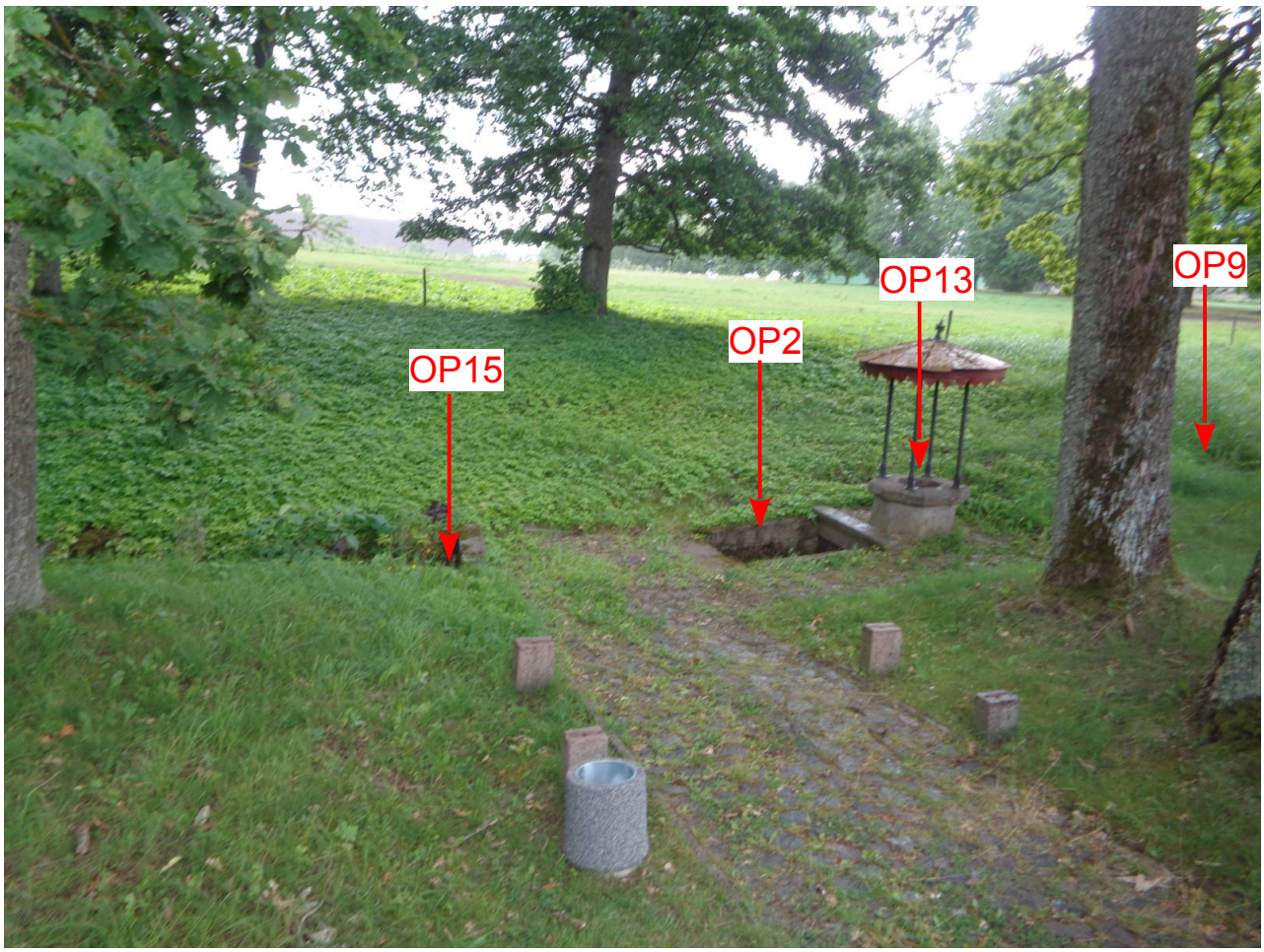
Tabel 15. Veeproovide tulemused (µg/L) kõikidel seirealadel 2021.aastal. Punasega on märgitud väärtust 0,1 µg/L ületavad uuritavate ainete sisaldused.

ID	Proovivõtukoht & aeg	Juuli 2021 (veeproovide arv n= 6)			September 2021 (n= 18)			November 2021 (n= 16)		
	Analüüt	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri
	Olustvere seireala (OP)									
OP1	Kase talu	0	**2,7**	0	0	**2,3**	0	0	**1,5**	Simasiin= 0,003
OP2	Pargi allikas	0,011	**4,2**	0	0,011	**8,5**	Simasiin= 0,005			
OP3	Allika väljavoolu kraav				0,043	**15**	2,4-D = 0,04; MCPA= 0,09; Triadimenool= 0,077	0,022	**12**	MCPA= 0,09; Simasiin= 0,005; Triadimenool= 0,006
OP4	Kuivati kraav				0,011	**2,2**	2,4-D=0,23; MCPA= 0,28; Simasiin= 0,004	0,008	**1,6**	2,4-D= 0,29; MCPA= 0,27; Mepikvaat kloriid= 0,007
OP5	Talli tee kraav				0	**1,3**	0	0	**1,2**	0
OP6	Luha oja							0	0,07	0
OP7	Mesila									
OP8	Allika väljavool toru									
OP9	Allika sissevool									
OP10	Talli-Lauri talu									
OP11	Jaamaküla tee 3									
OP12	Jaamaküla tee 51									
OP13	Pargi allikas kaev									
OP14	Kase talu tiik									
OP15	Allika truup									
OP16	Talli tn 7 salvkaev									
OP17	Tehnikahalli tiik									
	Adavere seireala (AP)									
AP1	Põllu talu	0	**1,4**	0						
AP2	Piiri talu	0	**1,2**	0	0	**0,82**	0	0	**0,94**	0
AP3	Otsa talu	0	0,07	0	0	0	0	0	0	Isoproturoon= 0,002
AP4	Kopli salvkaev				0	0	0	0	0	0
AP5	Kopli kraav				0	0	0	0	0	0
AP6	Remo talu				0	**0,7**	0	0	**0,59**	0
AP7	Remo maaparandus				0	0,09	0			
AP8	Pihlakamäe peakraav				0	**0,28**	Mepikvaat kloriid= 0,007; Tebukonasool= 0,047	0	**0,2**	Tebukonasool= 0,008
AP9	Pihlakamäe peakraav truup									
AP10	Tui talu									
AP11	Mesikäpa talu									
AP12	Puiatu suurfarmi puurkaev									
AP13	Lillemetsa talu									
AP14	Männimetsa talu									
	Nõmavere seireala (NP)									
NP1	Kanasaare kraav				0	0,08	0			
NP2	Kanassaare peakraav							0	0	0
NP3	Pardi talu salvkaev				0	0	Isoproturoon= 0,11	0	0	Isoproturoon= 0,01
NP4	Siimeri talu				0	0	0			
NP5	Nõmavere kraav				0	**0,16**	0	0	0	0
	Mõra seireala (MP)									
MP1	Haaslava allikas	0	**12**	0	0/0*	**11/11***	0	0	**8,2**	0
MP2	Rüütlioru läte							0	**0,35**	0
MP3	Lilu elamu salvkaev									
MP4	Nurmenuku VKT 4									

* Paralleelmõõtmine

Tabel 16. Veeproovide tulemused (µg/L) kõikidel seirealadel 2022. aastal. Punasega on märgitud väärtust 0,1 µg/L ületavad uuritavate ainete sisaldused.

ID	Proovivõtukoht & aeg	Veebruar 2022 (n= 15)			Aprill 2022 (n= 16)			Juuni 2022 (n= 15)			Juuli 2022 (n= 15)			September 2022 (n= 16)		
	Analüüt	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri	KL (µg/L)	KLD (µg/L)	Teised LC pestitsiidid üle määramispiiri
	Olustvere seireala (OP)															
OP1	Kase talu	0	**1,4**	0	0	**1,3**	0	0	**0,76**	0	0	**1,5**	0	0	**1,4**	0
OP2	Pargi allikas	0,008	**9,1**		0,01	**5,8**	Simasiin= 0,005	0,01	**2,3**	Simasiin= 0,007	0,011	**7,7**	0	0,048	**5,5**	MCPA=0,02
OP3	Allika väljavoolu kraav	0,021	**9,4**	2,4D= 0,03; MCPA= 0,06	0,027	**8,4**	MCPA= 0,06	0,014	**5,6**	MCPA= 0,04; Triadimenool= 0,016	0,054	**18**	0	**0,1**	**18**	2,4D= 0,04; MCPA= 0,08; Triadimenool= 0,023
OP4	Kuivati kraav															
OP5	Talli tee kraav	0	**0,81**	0	0	**0,84**	0	0	**0,34**	0	0	**0,91**	0	0	**1,3**	0
OP6	Luha oja															
OP7	Mesila	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OP8	Allika väljavool toru				0	**3**	0									
OP9	Allika sissevool				0	**0,75**	0	0	**0,48**	0						
OP10	Talli-Lauri talu	0	0	0	0	0	0				0	0	0			
OP11	Jaamaküla tee 3	0	0	0												
OP12	Jaamaküla tee 51	0	0	0												
OP13	Pargi allikas kaev							0,015	**2,2**	Simasiin= 0,004						
OP14	Kase talu tiik										0	**0,16**	0			
OP15	Allika truup										0,056	**23**	2,4D= 0,03; MCPA= 0,11; Tebukonasool= 0,002; Triadimenool= 0,021	**0,14**	**25**	2,4D= 0,04; MCPA= 0,11; Triadimenool= 0,033
OP16	Talli tn 7 salvkaev													0	**0,94**	0
OP17	Tehnikahalli tiik													0	**1,2**	0
	Adavere seireala (AP)															
AP1	Põllu talu															
AP2	Piiri talu	0	**0,86**	0	0	**0,36**	0	0	**0,44**	0	0	**0,58**	0	0	**0,36**	0
AP3	Otsa talu															
AP4	Kopli salvkaev															
AP5	Kopli kraav															
AP6	Remo talu	0	**0,57**	0	0	**0,44**	0	0	**0,21**	0	0	**0,43**	0	0	**0,42**	0
AP7	Remo maaparandus															
AP8	Pihlakamäe peakraav	0	**0,34**	Diklofenak= 0,22; Klaritromütsiin= 0,006	0	**0,18**	Klaritromütsiin= 0,006	0	**0,13**	Atseetamipriid= 0,084; Tebukonasool= 0,53; Erütromütsiin= 0,007	0	**0,25**	Tebukonasool= 0,02	0	**0,18**	Diklofenak= 0,09
AP9	Pihlakamäe peakraav truup				0	**0,13**	Spiroksamiin= 0,004; Tebukonasool= 0,008									
AP10	Tui talu	0	**0,19**		0	0,07	0	0	0,05	0	0	**0,2**	0	0	**0,19**	0
AP11	Mesikäpa talu	0	**0,28**	0												
AP12	Puiatu suurfarmi puurkaev							0	0	0						
AP13	Lillemetsa talu							0	0	0						
AP14	Männimetsa talu													0	0	0
	Nõmavere seireala (NP)															
NP1	Kanasaare kraav															
NP2	Kanassaare peakraav															
NP3	Pardi talu salvkaev															
NP4	Siimeri talu															
NP5	Nõmavere kraav															
	Mõra seireala (MP)															
MP1	Haaslava allikas	0	**10**	0	0	**7,1**	0	0	**4,2**	0	0	**11**	0	0	**7,6**	0
MP2	Rüütlioru läte	0	**0,17**	0	0	**0,11**	0	0	**0,13**	0	0	**0,13**	0	0	**0,12**	0
MP3	Lilu elamu salvkaev										0	0	0			
MP4	Nurmenuku VKT 4													0	0	0



Joonis 25. Olustvere allikakompleksi seirepunktid. Kõrgeimad uuritavate ainete sisaldused mõõdeti septembris 2022.a. punktis OP15. Toimeaine ja metaboliidi sisaldused olid siis 0,14 ja 25 µg/L vastavalt.

Tulemused näitavad, et allika sissevoolu kraavis (OP9) on KLD sisaldused madalad, aprillis ja juunis 2022.a. olid need 0,75 ja 0,48 µg/L vastavalt. Allika kohale rajatud betoonrajatises (OP2 ja OP13) olid need juunis 2022.a. sarnased, vastavalt 2,3 ja 2,2 µg/L. Nagu eelnevalt mainitud on kõrgeimad uuritavate ainete sisaldused allika väljavoolu truubis (OP15). Allavoolu liikudes sisaldused järjest langevad (OP3). Näiteks, on punktis OP15 KLD-i sisalduse 25 µg/L puhul punktis OP3 sisaldus ainult 18 µg/L. Selle põhjustab peamiselt lahjendusefekt maa-aluse sissevoolu (OP8) tõttu (tabel 17), mille KLD-i sisaldus oli aprillis 2022.a. 3 µg/L s.o. ligi 3x madalam kui punktis (OP2).

Tabel 17. Olustvere allikakompleksi seirepunktide kohapeal mõõdetud parameetrid 2022. aastal.

Seirepunkt	Seire aeg	Elektrijuhtivus (µS/cm)	Lahustunud hapnik (mg/L)	pH
OP9	2022_2	679	7,04	7,38
OP9	2022_4	682	7,21	7,44
OP3	2022_6	864	6,13	7,76
OP3	2022_4	858	6,83	7,45
OP3	2022_2	831	7,64	7,29
OP3	2022_7	951	5,4	7,57
OP3	2022_9	963	4,95	7,31
OP15	2022_7	1005	1,56	7,25
OP15	2022_9	1002	2,08	7,08

Kuivati poolt suubuvas kraavis (seirepunktis OP4), mis samuti on põhjaveelise toitega, olid KLD sisaldused palju madalamad kui allikast väljuvas vees. Septembris ja novembris 2021.a. olid need vastavalt 2,2 ja 1,6 µg/L. Need olid ka ainukesed proovid väljaspool Olustvere allikakompleksi, kus leiti toimeaine (KL) jälgi (0,011 ja 0,008 µg/L) vastavalt. Samas oli proovides kõrge (üle 0,2 µg/L) 2,4-D ja MCPA sisaldus.

Kase talu (OP1) salvkaevu (sügavus ca 2 m) vesi sisaldas KLD üle joogivee piirnormi kogu seireperioodi jooksul (n= 8), kõrgeim väärtus 2,7 µg/L mõõdeti juulis 2022.a. ja madalaim 0,76 µg/L juunis 2022.a. Ülejäänud mõõtmised jäid 1,3 ja 1,5 µg/L vahele.

Talli-Lauri talu (OP10) puurkaevu (PRK0051059, sügavus 62,5 m) vesi veebruaris, aprillis ja juulis 2022.a. uuritavaid aineid ei sisaldanud (n= 3). Samuti ei leitud sealt muid määratud analüütide nimekirjas olnud saasteaineid.

Mesila (OP7) puurkaevust (PRK0006065, sügavus 80 m), mis asub Olustvere pargi allikast ca 150 m kaugusel, veebruar, aprill, juuni, juuli ja september 2022.a. võetud proovidest (n= 5) mõõdetavaid analüüte ei leitud.

Jaamaküla tee 3 (OP11) puurkaev (PRK0061880, sügavus 70 m), mis asub endise väetise ja taimekaitsevahendite lao vahetus läheduses, veebruaris 2022.a. võetud veeproov (n= 1) mõõdetud analüüte ei sisaldanud. Elektrijuhtivus oli 442 µS/cm.

Jaamaküla tee 51 (OP12) puurkaev (PRK0051060, sügavus 76 m) uurimisala servas, veebruaris 2022.a. võetud veeproov (n= 1) mõõdetud analüüte ei sisaldanud. Elektrijuhtivus oli 393 µS/cm.

Talli tn 7 (OP16) salvkaevust (sügavus ca 10 m) septembris 2022.a. võetud proovis (n= 1) oli KLD-i sisaldus 0,94 µg/L, teisi mõõdetud analüüte ei sisaldanud. Elektrijuhtivus oli 838 µS/cm.

Adavere seireala

Adavere seirealalt võeti 14 punktist kokku 41 veeproovi järgmiselt: juulis (n= 3), septembris (n= 7) ja novembris (n= 6) 2021.a. ning veebruaris (n= 5), aprillis (n= 5), juunis (n= 6), juulis (n= 4) ja septembris (n= 5) 2022.a. Neist 10 olid joogivee ja 4 pinnavee seirepunktid.

Põllu talu (AP1) puurkaevust (SJA8457000; PRK0050602, sügavus 19 m) juulis 2021.a. võetud proov (n= 1) sisaldas KLD 1,4 µg/L.

Piiri talu (AP2) puurkaevu vesi sisaldas KLD üle joogivee piirnormi kogu seireperioodi jooksul (n= 8). Kõrgeim sisaldus mõõdeti juulis 2021.a. (1,2 µg/L) ja madalaimad aprillis ja septembris 2022.a. (mõlemad 0,36 µg/L). Teised tulemused jäid alla 1 µg/L.

Otsa talu (AP3) puurkaevust juulis, septembris ja novembris 2021.a. võetud veeproovidest (n= 3) leiti KLD sisaldus ainult juulikuisest proovist ning see jäi alla joogivee piirnormi (0,07 µg/L).

Kopli salvkaevust (AP4) (sügavus ca 3 m) septembris ja novembris 2021.a. võetud veeproovides uuritavaid aineid ei esinenud.

Remo talu (AP6) puurkaevu (SJA2410000; PRK0021620, sügavus 18,7 m) veeproovides ületas KLD sisaldus joogivee piirmäära kogu seireperioodi jooksul (n= 7). Kõrgeim sisaldus (0,7 µg/L) mõõdeti septembris 2021.a. ja madalaim (0,21 µg/L) juunis 2022.a.

Tui talu (AP10) puurkaevust (PRK0020156, sügavus 14,8 m) võeti proove (n= 5) veebruaris, aprillis, juunis, juulis ja septembris 2022.a. Kõrgeim KLD sisaldus mõõdeti juulis (0,2 µg/L), veebruaris ja septembris olid sisaldused 0,19 µg/L, aprillis ja juunis olid sisaldused 0,07 ja 0,05 µg/L vastavalt, ehk jäid alla joogivee piirnormi.

Mesikäpa talu (AP11) puurkaevust (PRK0020158; sügavus 18,5 m) veebruaris 2022.a. võetud proovis (n= 1) oli KLD-i sisaldus 0,28 µg/L.

Puiatu suurfarmi (AP12) puurkaevust (PRK0012021, sügavus 180 m) juunis 2022.a. võetud veeproovis (n= 1) määratavaid aineid ei esinenud.

Lillemetsa talu (AP13) puurkaevust juunis 2022.a. võetud veeproovis (n= 1) määratavaid aineid ei esinenud.

Männimetsa talu (AP14) puurkaevust septembris 2022.a. võetud veeproovis (n= 1) määratavaid aineid ei esinenud.
KL-i sisaldused olid kõikjal Adavere seirealal alla määramispiiri.

Nõmavere seireala
Nõmavere seirealalt võeti 2021.a. septembris ja novembris proove 5 punktist, millest 2 olid joogivee punktid ja 3 pinnavee punktid. Kokku võeti 7 veeproovi (n= 7) millest 4 septembris (2 joogivee ja 2 pinnavee proovi) ja 3 novembris (1 joogivee ja 2 pinnavee proovi.

2021.a. võeti joogivee proove (n= 3) septembris ja novembris **Pardi talu (NP1)** salvkaevust (n= 2) ja septembris **Siimeri talu (NP2)** puurkaevust (n= 1). Seireala joogivee proovides uuritavad ained määramispiiri ei ületanud. 2022. aastal ala enam ei seiratud.

Mõra seireala

Mõra seirealalt võeti 4 punktist (2 joogivee ja 2 põhjavee seirepunkti) kokku 17 veeproovi järgmiselt: juulis (n= 1), septembris (n= 2) ja novembris (n= 2) 2021.a. ning veebruaris (n= 2), aprillis (n= 2), juunis (n= 2), juulis (n= 3) ja septembris (n= 3) 2022.a. Seireala veeproovides KL sisaldused ei ületanud määramispiiri.

Haaslava allikast (MP1) mõõdeti püsivalt kõrged KLD-i sisaldused (n= 9), kõrgeim mõõdetud väärtus oli seal juulis 2021.a. 12 µg/L, madalaim KLD-i sisaldus (4,2 µg/L) mõõdeti juunis 2022.a. Ülejäänud proovid jäid vahemikku 7–11 µg/L. Elektrijuhtivus oli seal vähemuutuv (tabel 18).

Tabel 18. Haaslava allika seirepunkti kohapeal mõõdetud parameetrid 2022. aastal.

Seirepunkt	Seire aeg	Elektrijuhtivus (µS/cm)	Lahustunud hapnik (mg/L)	pH
MP1	2022_2	639	10,13	7,32
MP1	2022_4	654	10,1	7,62
MP1	2022_6	657	10,14	8,44
MP1	2022_7	653	9,7	7,7
MP1	2022_9	655	9,6	7,24

Rüütlioru lätte (MP2), mis asub Haaslava allikast 350 m kaugusel, veeproovides (n= 6) olid KLD-i sisaldused palju madalamad. Kõrgeim mõõdetud väärtus oli seal novembris 2021.a. 0,35 µg/L ja madalaim (0,11 µg/L) mõõdeti aprillis 2022.a. Ülejäänud proovid jäid vahemikku 0,12–0,17 µg/L.

Lilu elamu (MP3) salvkaevust (sügavus ca 10 m) juulis 2022.a. võetud veeproovis mõõdetavaid analüüte ei esinenud. Elektrijuhtivus oli 648 µS/cm ja hapnikusisaldus 10,9 mg/L.

Nurmenuku VKT 4 (MP4) puurkaevust (PRK0008838, sügavus 50 m) septembris 2022.a. võetud veeproovis mõõdetavaid analüüte ei esinenud. Elektrijuhtivus oli 546 µS/cm ja hapnikusisaldus 8,4 mg/L.

9.3 Uuritavad ained pinnavees

Olustvere seireala

Mõnede Olustvere allika süsteemi kuuluvate, peamiselt põhjaveetoiteliste kraavide (OP3, OP4 ja OP9) veeanalüüside tulemused on kajastatud põhjavee tulemuste peatükis.

Talli tee kraavist (OP5) võeti proove (n= 7) septembris ja novembris 2021.a. ning veebruaris, aprillis, juunis, juulis ja septembris 2022.a. Kõrgeimad KLD sisaldused mõõdeti septembris 2021.a. ja septembris 2022.a. Mõlemal juhul oli sisaldus 1,3 µg/L. Madalaim sisaldus (0,34 µg/L) mõõdeti juunis 2022.a. Ülejäänud sisaldused jäid vahemikku 0,81–1,2 µg/L.

Luha ojast (OP6) novembris 2021.a. võetud proovi KLD sisaldus oli 0,07 µg/L.

Kase talu tiigi (OP14) vees oli KLD-i sisaldus juulis 2022.a. 0,16 µg/L.

Tehnikahalli tiigist (OP17) septembris 2022.a. võetud veeproovi KLD-i sisaldus oli 1,2 µg/L.

Olustvere seirealade pinnaveekogude vees jäi KL-i sisaldus alla kvantiteerimispiiri (LOQ= 0,005 µg/L), v.a eelmises peatükis kirjeldatud Olustvere allika süsteemis olevad kraavid.

Adavere seireala

Adavere seirealal võeti proovid 4 pinnaveekogu punktist, kokku võeti seireperioodi jooksul 11 pinnaveeproovi (n= 11).

Kopli kraavist (AP5) võeti veeproove (n= 2) septembris ja novembris 2021.a. Mõlemal korral mõõdetavaid analüüte ei leidunud ja edaspidi enam ei seiratud.

Remo maaparanduse (AP7) kraavist võeti 1 proov septembris 2021.a. KLD-i sisaldus oli väga madal (0,09 µg/L) ja edaspidi ei seiratud.

Pihlakamäe peakraavist (AP8) võeti proove (n= 7) septembris ja novembris 2021.a. ning veebruaris, aprillis, juunis, juulis ja septembris 2022.a. Kõrgeim KLD sisaldus (0,34 µg/L)

mõõdeti veebruaris 2022.a. ja madalaim (0,13 µg/L) juunis 2022.a. Ülejäänud väärtused jäid vahemikku 0,18–0,28 µg/L.

Pihlakamäe peakraavi truup (AP9), mis asub eelmisest seirepunktist 1,2 km ülesvoolu, veeproov (n= 1) sisaldas aprillis 2022.a. laguainet KLD 0,13 µg/L.

Adavere seireala pinnaveekogude vees jäi KL-i sisaldus kogu seireperioodil alla kvantiteerimispiiri.

Nõmavere seireala

Seireala 3 pinnavee seirepunkti septembris ja novembris 2021.a. võetud pinnaveeproovides (n= 4) ületas KLD sisaldus 0,1 µg/L väärtust vaid ühel korral, septembris 2021.a. **Nõmavere (NP5) kraavis** (0,16 µg/L). KL-i sisaldused olid kõikjal alla määramispiiri. 2022.a. seda ala enam ei seiratud.

Mõra seireala

Vastavalt proovivõtukavale seireala pinnaveekogudest proove ei võetud.

9.4 Uuritavad ained pinnases

Vastavalt proovivõtukavale võeti ja analüüsiti perioodil 12. mai kuni 31. august 2022.a. kolmelt uurimisalalt pinnaseproove (n= 23). Neist viies punktis võeti proove pinnaseprofiilist kuni 1 meeter, ülejäänud proovid võeti künnisügavuselt kuni 30 cm. Adavere ja Olustvere põldude künnisügavusel leidus KL jälgi (tabel 19). Kõrgeim mõõdetud sisaldus (0,85 µg/kg KA) oli Adavere uurimisalal punktis AP15. Kordusmõõtmine samas punktis näitas, et KL sisaldused on 0–15 cm ja 15–25 cm kihtides suhteliselt võrdsed. Sügavamates pinnasekihtides uuritavaid aineid ei leitud ja KLD-i sisaldused jäid kõikjal alla määramispiiri. Mõra uurimisala põldude (seirepunktid MP5 ja MP6) pindmises kihis 0–10 cm uuritavaid aineid ei leitud.

Tabel 19. Kloridasooni jälgi (märgitud punasega) leidus mulla pindmises kihis nii Adavere kui Olustvere uurimisalal.

Kuupäev	Pinnaseproovi punkt	Proovi kihi sügavus cm	Kloridasoon (µg/kg KA)	Tebukonasool (µg/kg KA)	Triadimenool (µg/kg KA)	2,4-D (µg/kg KA)	Propikonasool (µg/kg KA)	Klotianidiin (µg/kg KA)	Metasakloor (µg/kg KA)	Diflufenikaan (µg/kg KA)	Dimoksüstrobiin (µg/kg KA)
12.05.2022	OP18	0–25		0,38				1,5	0,5		
12.05.2022	OP18	25–90									
12.05.2022	OP18	90–100				1,1					
12.05.2022	OP19	0–25		0,56				0,83			
12.05.2022	OP19	25–55									
12.05.2022	OP19	55–75									
12.05.2022	AP 15	0–25	**0,85**	6,3							
12.05.2022	AP 15	25–100									
12.05.2022	AP 15	100–105									
12.05.2022	AP 16	0–30									
12.05.2022	AP 16	30–50									
01.06.2022	AP 15	0–15	**0,21***	1,1	0,34						
01.06.2022	AP 15	15–25	**0,3**								
01.06.2022	AP 17	0–25		0,49				0,74	0,29		
01.06.2022	AP 18	0–25					0,5				
01.06.2022	OP20	0–10									
01.06.2022	OP21	0–25	**0,24***	0,55				0,41			
01.06.2022	OP22	0–10	**0,33**					0,52			
29.08.2022	MP 5	0–10		0,36				0,52	0,34	7,9	5,3
29.08.2022	MP 6	0–10		0,55				0,41			1
31.08.2022	OP21	0–25	**0,3**	0,69				0,45		1,5	
31.08.2022	OP22	0–10						0,63			
31.08.2022	AP 15	0–15									

* alla kvantifitseerimispiiri LOQ= 0,3 µg/kg KA

9.5 Uuritavad ained sõnnikus

2022.a. võeti proovid vedel ja tahkesõnnikust, mis laotati Olustvere ja Adavere uurimisalade põldudele (n= 3). Aprillis Olustvere sissetoodud veiselägast (hoidla OP23) ja maikuus Adavere uurimisalalt tahkest sõnnikust (hoidla AP19, joonis 26) ning juunis Adavere Puiatu suurfarmi veiselägast (hoidla AP20). Kõigis sõnnikuproovides leidus mepikvaatkloriidi (kasvuregulaator) kuni 10 µg/kg. KL-i ja KLD-i sisaldused jäid kõikides proovides alla määramispiiri.



Joonis 26. Vedel- ja tahkesõnnikust uuritavaid aineid ei leitud.

9.6 Uuritavad ained kultuurides ja söötades

Kultuurid

2022.a. septembris analüüsiti sama aasta juulis ja septembris kogutud uuringualade põldudel kasvanud kultuuride proovid (n= 5). Olustverest seirepunktist OP20 rapsi taime koondproov (juuli) ja punapeet punktist OP22 (september), Adavere punktist AP15 maisi lehed juulis ja kogu taime koondproov septembris. Mõra uuringualalt (MP5) maisi taime koondproov septembris (joonis 27). Kõigis 5 proovis jäid uuritavate ainete sisaldused alla määramispiiri.



Joonis 27. Kultuurtaimedes uuritavaid aineid ei leitud.

Loomasöödad

2022.a. maikuus mõõdeti KL ja KLD sisaldust väljaspoolt EL pärinevatest söötadest (maisi terad, päevalillekook, rapsišrott ja sojakook). Lõplikku kindlust tarneahelate suhtes ei ole, kuid suure tõenäosusega kasvasid need Venemaa, Valgevene ja Ukraina aladel. Söödad pärinesid ettevõttest, mis tegeles sellesuunalise impordiga. KL sisaldus jäi kõikides proovides alla määramispiiri. KLD jälg LOQ piiril leiti rapsišrotist (tabel 20). Küll aga leidus söötades kõrgemates kontsentratsioonides muid taimekaitsevahendeid.

Tabel 20. Kloridasoon-desfenüüli jälg (märgitud punasega) leiti rapsišrotist (*määramispiiril, LOQ= 3µg/kg).

Sööt	Kloridasoon-desfenüül	Imidakloopriid	Mepikvaat kloriid	Tebukonasool	Tiametoksaam	Kloormekvaat kloriid	Klotianidiin	Malatioon
Mais (tera)								
Päevalillekook		8,4	16	0,8	2,3			
Rapsišrott	3*		7,6	1,8		10		
Sojakook		1,1					16	30

9.7 Uuritavatel aladel kasvanud kultuurid ja tehtud taimekaitsetööd

Olustvere seireala

Olustvere seirealadel kasvatati talirapsi, talinisu, suviotra, põlduba, kartulit, ristikut, talirukist, taliotra, vähesel määral köögivilju (punapeet, kaalikas) ning olid püsirohumaad. Maisi sellel seirealal ei kasvatatud.

Mullaseirepunktides kasvatati kultuure ja teostati agrotehnilisi ning taimekaitsetöid alljärgnevalt:

OP18 taliraps, eelnev kultuur talinisu, külvamine toimus 08.08.2021, tehtud agrotehnilised ja taimekaitsetööd: umbrohutõrje 11.08.2021; putukatõrje 26.08.2021; umbrohutõrje 01.10.2021 kasvuregulaator ja fungitsiid-kasvuregulaator; 19.04.2022 väetamine mineraalväetisega; 26.04.2022 kultiveerimine; 29-30.04.2022 väetamine ; 02-03.05.2022 väetamine mineraalväetisega; 17-28.08.2022 lupjamine.

OP19 talinisu, eelnev kultuur keerispea, külvamine 08.09.2021 (puhitud seeme), tehtud agrotehnilised ja taimekaitsetööd: 22.04.2022 väetamine mineraalväetisega; 04.05.2022 väetamine mineraalväetisega; 06.05.2022 umbrohutõrje; 09.05.2022 väetamine; 19.05.2022 kasvuregulaator + fungitsiid; 06.06.2022 fungitsiidid.

OP20 taliraps, eelnev kultuur suvioder, külvamine 08.08.2021, tehtud agrotehnilised ja taimekaitsetööd: 10.08.2021 umbrohutõrje; 26.08.2021 putukatõrje; 28.08.2021 umbrohutõrje; 01.10.2021 fungitsiid-kasvuregulaator; 20.04.2022 väetamine mineraalväetisega; 26.04.2022 kultiveerimine; 29-30.04.2022 väetamine; 02-03.05.2022 väetamine mineraalväetisega; 16.08.2022 umbrohutõrje; 17-28.08.2022 lupjamine.

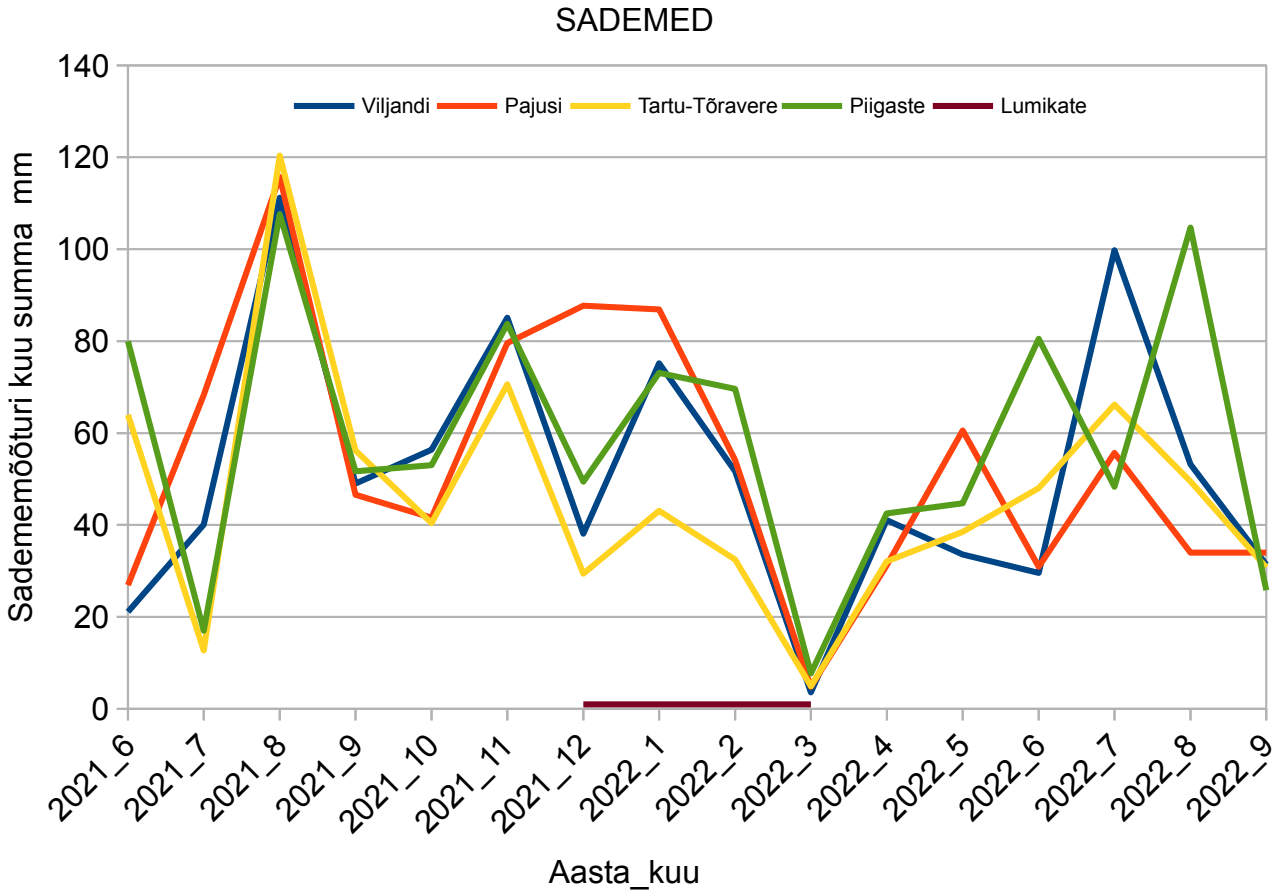
OP21 suvioder, eelnev kultuur suvioder, tehtud agrotehnilised ja taimekaitsetööd: 09.11.2021 kündmine; 14-21.06.2022 umbrohutõrje.
OP22 köögivili (punapeet ja kaalikas), eelnev kultuur köögivili, ca 0,15 ha mida registris polnud, umbrohutõrjevahendeid ei kasutatud, teostati käsitsi mehhaaniliselt. Sama ka 2021.aastal.
Seirealalt mujal erinevusi PRIA registris olevate kasvatatavate kultuuride andmetega ei leitud.

Adavere seireala
Adavere seirealal kasvatati seireperioodil maisi, lutserni, ristikut, heintaimi (liblikõieliste ja kõrreliste segu), talinisu, suvinisu, taliotra, suviotra talirapsi, suvirapsi, ning oli tagasi rajatud ja püsirohumaid. Peedipõlde ja suuremaid köögiviljapõlde alal ei esinenud.

AP15 ja AP18 mais, eelnev kultuur mais, 19.05.2022 külvamine, 13.06.2022 umbrohutõrje.
AP16 püsirohumaa, püsirohumaa alates 2017. Taimekaitsevahendeid ei kasutatud.
AP17 talinisu, eelnev kultuur taliraps.
Seirealalt erinevusi PRIA registris olevate kasvatatavate kultuuride andmetega ei leitud.

9.8 Sademed ja jõgede veetase seireperioodil

Sademed
Sademete koguse jälgimiseks seireperioodil on koondatud kuu summad Viljandi ja Pajusi mõõtejaamadest, mis võiksi enam iseloomustada Adaver ja Olustvere seirealasid ning Tartu-Tõravere ja Piigaste mõõtejaamadest, mis on lähimad Mõra seirealale.



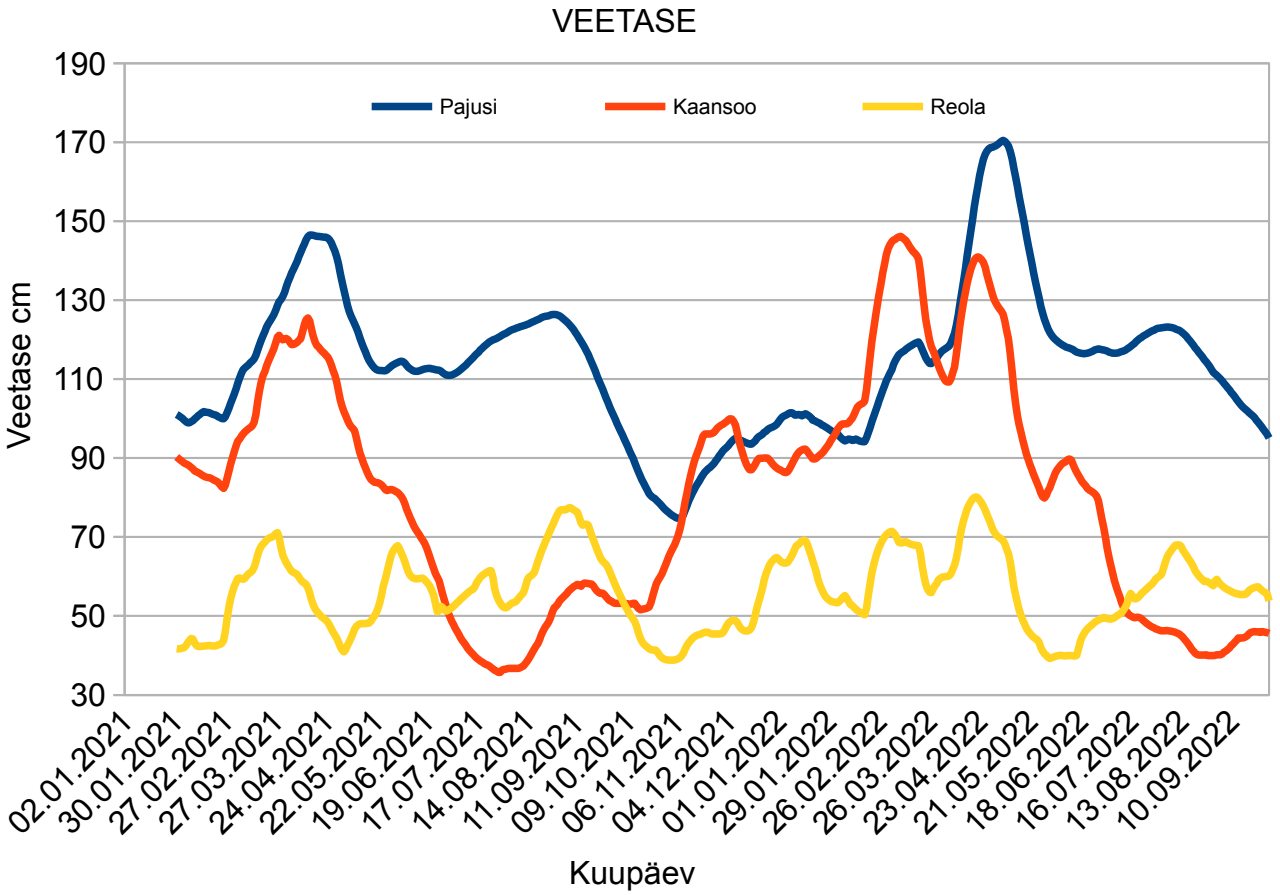
Joonis 28. Sademete kuu summad 2021–2022 aasta seireperioodil. August 2021.a. oli seireperioodi kõige sademeterohkem ja märts 2022.a. kõige sademetevaesem (allikas: Keskkonnaagentuur 2022).

Üldistades saab öelda, et 2021.a. august oli sademeterohke (joonis 28), edasi sademete kogus väheneb kuni 2022.a. märtsini. Lumikate püsis detsembrist kuni märtsini 2022.a., mis omakorda vähendas pinna- ja põhjavette jõudva sadevee hulka veelgi. Aprillist kuni augustini sademete kogus suureneb ning september oli jällegi eelnevatest kuudest vihmavaesem. Sademete mõju hindamisel saasteainete sisaldusele pinna- ja põhjavees tuleb arvestada lumikatte sulamise aja ja intensiivsusega. Samuti jõuab sulavesi pindmistesse põhjaveekihtidesse pinnase omadustest sõltuva viibeajaga. Suve lõpu ja sügisperioodi intensiivsed sajud kuivale maapinnale ei pruugi põhjavette jõudagi, kuna suur osa valgub maapinnalt otse vooluveekogudesse.

Jõgede veetase

Uurimisalade vahetus läheduses on 3 hüdromeetriajaama Kaansoo (Olustvere), Pajusi (Adavere) ja Reola (Mõra). Jõgede veetasemete dünaamikas on tavaliselt eristatavad

kevadise suurvee periood, suve-sügise piiril olev miinimumäravooluperiood, sügisene veetaseme tõusu periood ja talvine miinimumäravooluperiood (joonis 29). Aastati võivad need perioodid olla erinevatel aegadel ning nende piirid võivad hägustuda. Näiteks, pehmete talvede korral võib olla mitu suurveeperioodi ja kevadine veetõus võib jääda tagasihoidlikuks jne. Vee infiltreerumine pinnasesse ning pinna-põhjavee osakaalu ja vooluhulkade muutumine põhjustab ka saasteainete sisalduste kõikumist veepoovides. Enamasti on pinnaveekogude põhjaveega sissekanduvate saasteainete sisaldused madalamad veerohkel perioodil ja kõrgemad veevaesel ajal, mil veekogud toituvad peamiselt põhjaveest. Kui reoainete sissekandjaks on peamiselt pindmine äravool, siis on olukord vastupidine, puhtama põhjavee suurem osakaal lahjendab reoainete sisaldust. Pindmises põhjavees toimub kevadine infiltratsiooni suurenemine ja saasteainete lahjenemine teatava viibeajaga, mille pikkus sõltub pinnase omadustest ja on alaspetsiifiline.



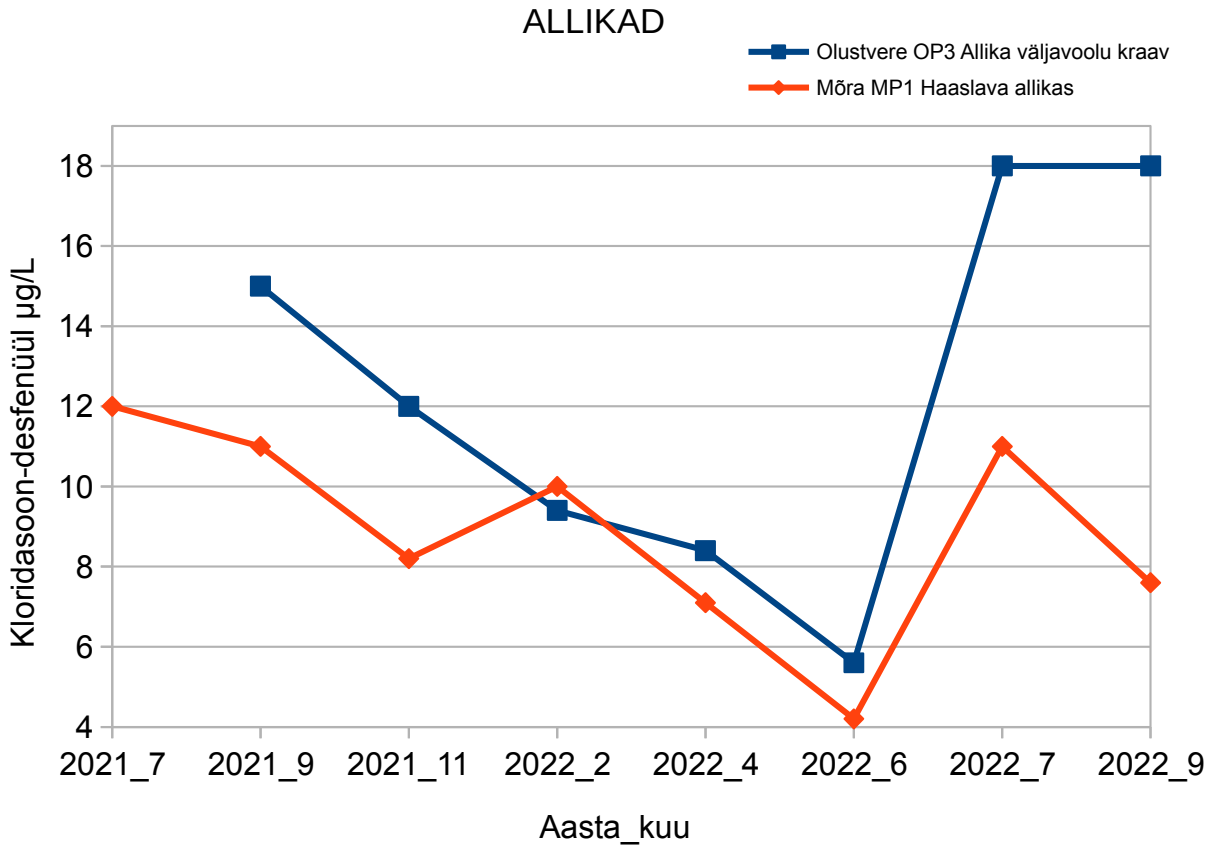
Joonis 29. Jõgede veetaseme muutused hüdromeetriajaamades (libisev keskmine) 2021–2022. Sõltuvalt lumekatte paksusest ja valgla omadustest on kevadine suurveeperiood rohkem või vähem eristuv (allikas: Keskkonnaagentuur 2022).

10. Arutelu

10.1 Uuritavad ained veeproovides

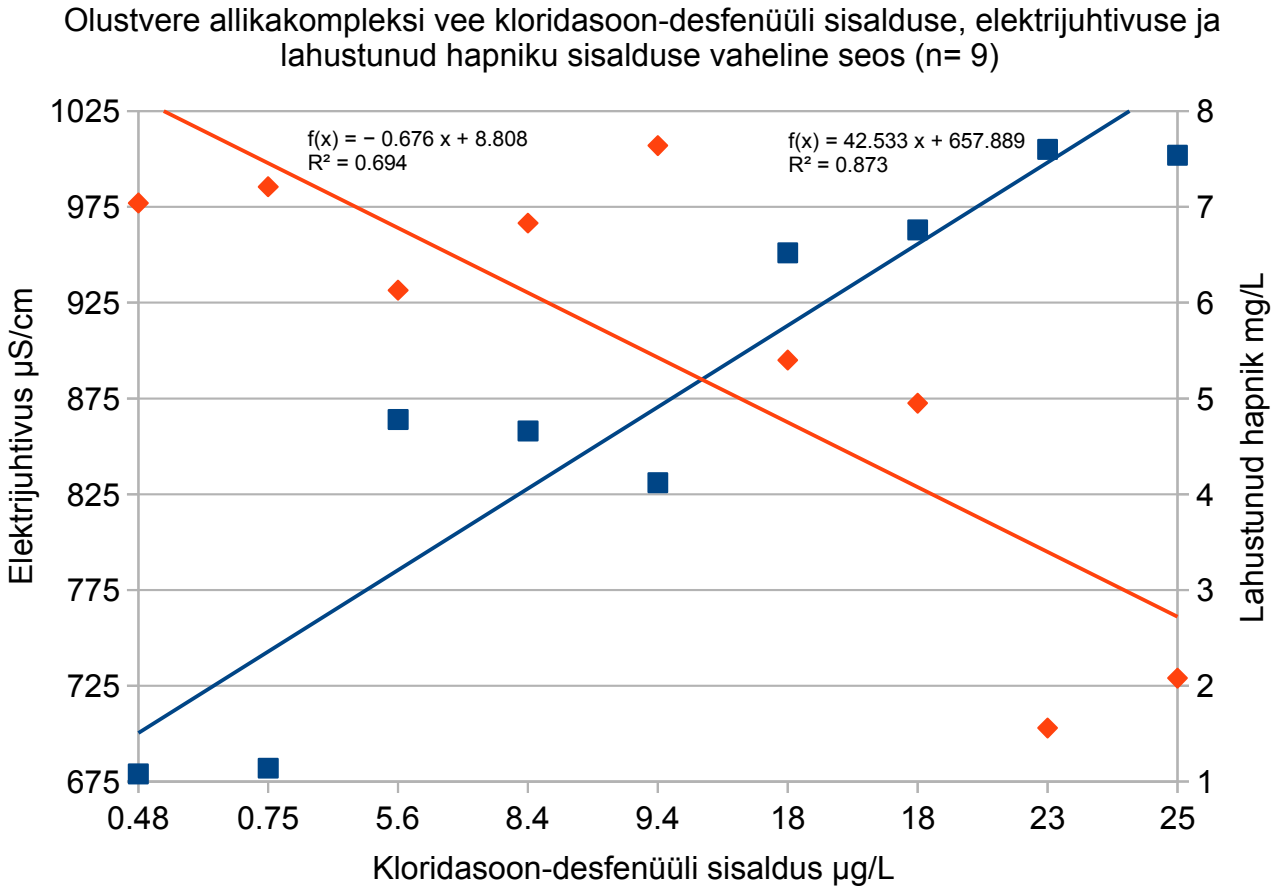
Uuritavate ainete sisaldused allikates

KLD-i sisaldused Olustvere ja Haaslava allikas olid selges langustrendis alates 2021.a. juulist ja septembrist (joonis 30). Haaslava allikas murdus langustrend veebruaris, mil tuleb välja võimalik talvise miinmumäravoolu perioodi mõju. Peale ajutist tõusu langus jätkus kuni juuni alguseni. Juunist alates KLD-i sisaldused tõusid mõlema allika vees. Septembris püsis Olusvere allika vee KLD-i sisaldus stabiilne, Haaslava allikas toimus väikene langus, mis võib viidata suurenenud sedemete mõjule (vt. joonis 28 augustikuu sademete summa Piigaste mõõtejaamas).



Joonis 30. Kõrgeimad kloridasoon-desfenüüli sisaldused allikates mõõdeti juuli lõpus ja septembris, madalaimad juuni alguses.

Olustvere allikas veebruarikuist langustrendi murdumist ei toimunud, mis võib viidata nende allikate erinevale toitumisele- Olustvere allikas toitub sügavamatest põhjavee kihtidest, Haaslava allikas on enam mõjutatud pindmise vee sissevoolust. Seda oletust näib kinnitavat ka nende allikate vee erinevad eletrijuhtivuse ja hapnikusisalduse näitajad (joonis 31). Olustvere allika vees on kõrgete KLD-i sisalduste korral elektrijuhtivus 1000 µS/cm ja üle selle ning lahustunud hapniku sisaldus langeb väärtusteni 1,5–2 mg O_2/L (Pearson r= −0,871; p < 0,01). Haaslava allika korral tugevad seosed nende näitajate vahel puuduvad ja elektrijuhtivus on püsivalt 650 µS/cm ning hapnikusisaldus 10 mg O_2/L lähedal.



Joonis 31. Olustvere allikakompleksi vees oli kloridasoon-desfenüüli sisalduse ja elektrijuhtivuse vahel tugev positiivne seos (sinine joon). Seos lahustunud hapnikuga oli negatiivne (punane joon).

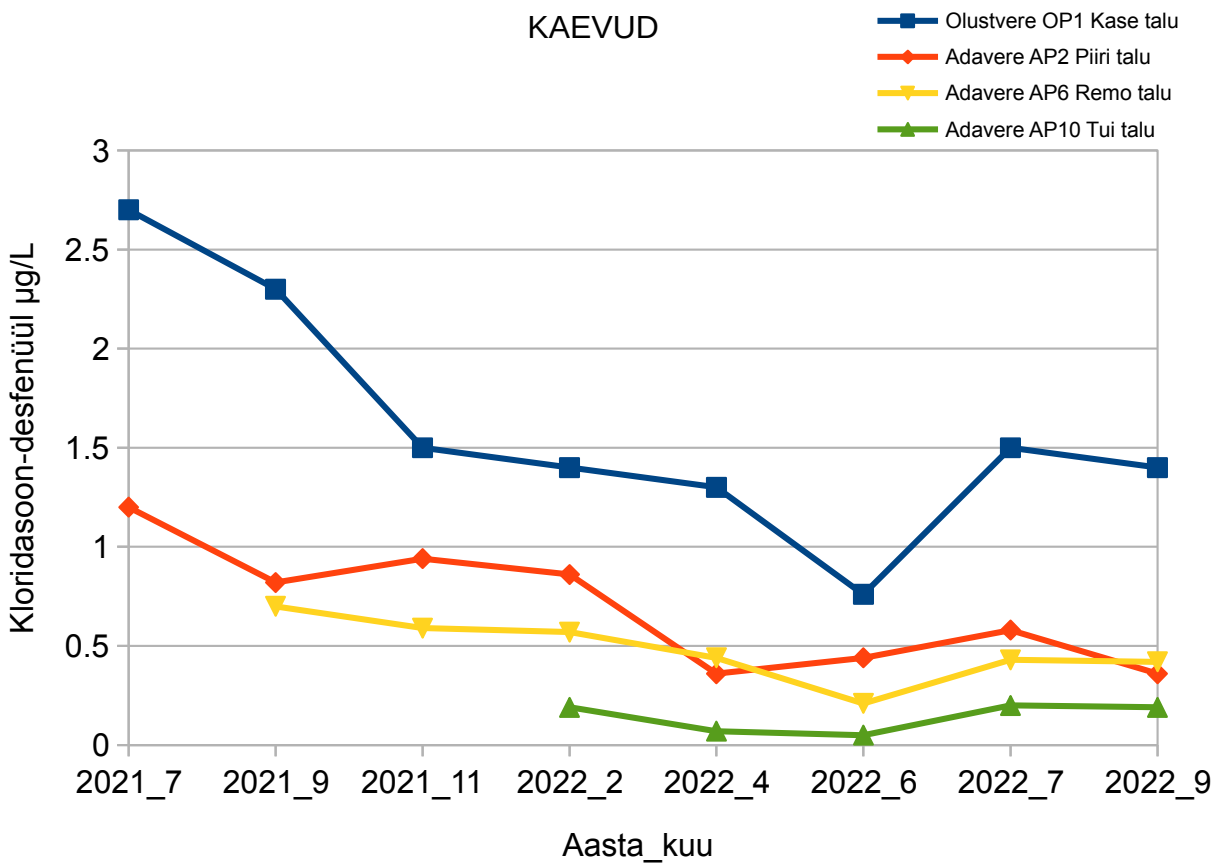
Olustvere allika vee KLD ja elektrijuhtivuse vaheline tugev seos (Pearson r= 0,949; p < 0,01) võimaldab näiteks kaugloetava konduktomeetri ja vette paigaldatava sorbendi abil koguda modelleerimiseks ja prognooside koostamiseks vajalikke andmeridu suhteliselt

väikeste rahaliste kuludega. Kuna allika vesi väljub torust, siis on ka hõlbus jälgida vooluhulga muutumist ja teha vastavaid arvutusi.

Olustvere allika puhul on veel huvitav asjaolu, et seal on leitav ka toimeaine KL. Järelikult on põhjaveega kontaktis olevas pinnases olemas nii toimeaine kui laguprodukt. Võimalik, et toimub ka pidev toimeaine lagunemine ja vabanemine põhjavette. KL-i leidumine Eesti veeproovides üle kvantiteerimispiiri on väga haruldane ja viitab selgelt, et toimeainet enam laiemal alal keskkonda juurde ei satu. Miks seda Olustvere allikas siiski leidub, vajab edasist uurimist. Võimalik, et läheduses asuval, kunagi väetiste ja taimekaitsevahendite lao territooriumina kasutatud, alal või selle vahetus läheduse on toimunud õnnetus või on hooletuse tõttu pinnasesse imbunud sedavõrd suur kogus KL-i, et see ei jõudnud aeroobses kihis laguneda ning on siiamaani talletunud sügavamates anaeroobsetes pinnasekihtides. Sellele võiks viidata ka endise lao suunalt voolav põhjaveetoiteline kraav (OP4), kus veeproovides samuti KL-i jälg leidub, kuigi KLD-i sisaldus on seal madal (1,6–2 µg/L).
Olustvere seireala puhul saab üldistada, et mida kaugemal pinnavee ja pindmise põhjavee (salvkaev) proovivõtupunkt allikast asub, seda väiksem on seal KLD-i sisaldus.

Uuritavate ainete sisaldused salv- ja puurkaevude vees

Uuringualade puurkaevude andmed on leitavad peatükist 8 ja aruande LISA 2. Nii Olustvere kui Adavere seirealade kaevude vee KLD-i sisalduste aastane dünaamika on sarnane- kõrgemad sisaldused sügisel, langus kuni miinimumini aprillis või juunis ning edasi tõusutrend sügiseni (joonis 32). KLD-i sisalduse miinimum aprilli–juuni vahelisel perioodil on seletatav kevadise suurveeperioodi ja vee infiltreerumise viibeajaga. Kaevudest KL-i jälgi ei leitud, mis taas viitab, et toimeainet keskkonda juurde ei tule ja KLD-i sisalduste kõikumine on tingitud veerežiimi muutustest.



Joonis 32. Kõrgeimad kloridasoon-desfenüüli sisaldused salv- ja puurkaevude vees mõõdeti juuli lõpus ja septembris, madalaimad aprilli lõpus ning juuni alguses.

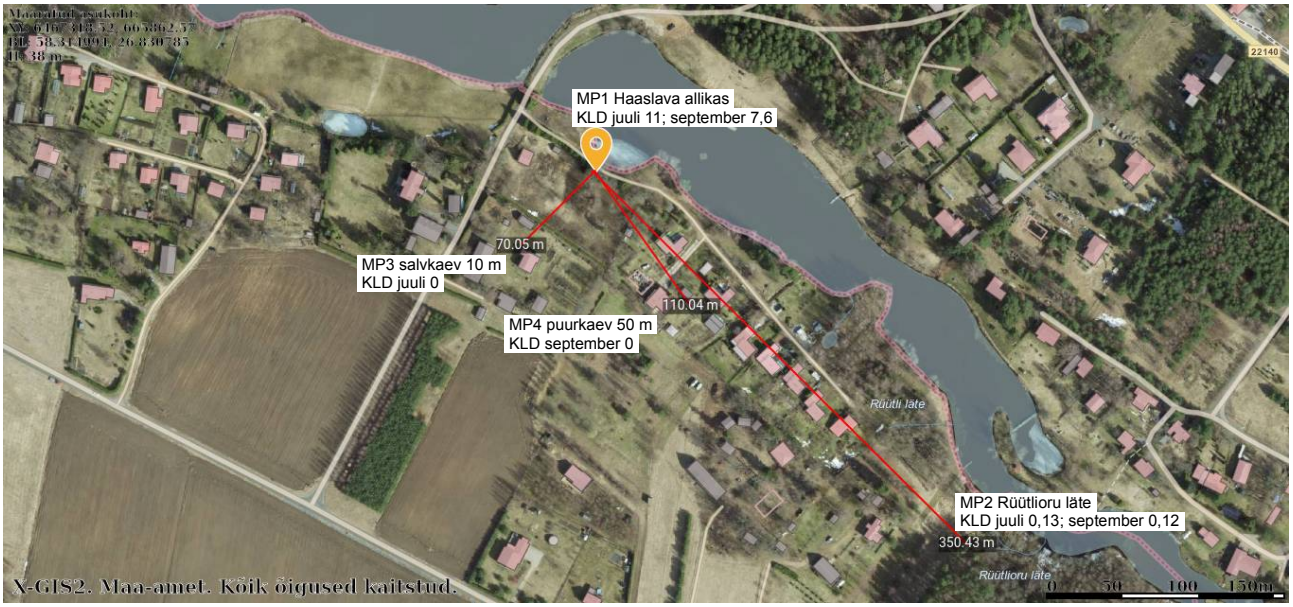
Olustvere seireala ning ühtlasi kogu uuringu jooksul kõrgeim KLD-i sisaldus joogivees (2,7 µg/L) mõõdeti Kase talu salvkaevust (OP1). See kaev on rajatud loodusliku allika kohale, veetase on väga kõrge, ca 1 m allpool maapinda. Teise allika lähedal Talli tänaval (OP16) asuva salvkaevu vesi sisaldas samuti laguainet KLD. Ükski uuritud puurkaev Olustvere seirealal KLD-i jälgi ei sisaldanud. Seiratud puurkaevude sügavus jäi seal 60–70 m piirkonda ja need ulatuvad Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogumi Siluri veekihti, vee elektrijuhtivus jäi 400–500 µS/cm vahele.
Olustvere seireala puhul saabki soovitada allika lähedale salvkaevusid mitte rajada ning seniste andmete põhjal saab väita, et rajatavad puurkaevud peaksid avama vähemalt 60 m sügavusel asuva põhjaveekihi. Madalamate puurkaevude kohta andmed puuduvad.

Adavere seireala puhul olid kõrgeimad (rohkem kui 1 µg/L) KLD sisaldused Adavere asula ja tuuliku vahelise ala kaevude joogivees (Põllu talu (AP1) ja Piiri talu (AP2). Huvitav on asjaolu, et nendest vahetult põhja pool asuvates kaevudes (Otsa talu (AP3) ja

Männimetsa talu (AP14)) seda laguainet ei leidunud. Vähesel määral esines seda seireala idaservas Tui talu (AP10) puurkaevus, kuid selle vahetus naabruses asuva salvkaevu (Kopli (AP4) vesi oli puhas. Samuti oli puhas sügavamaid veekihte (180 m) avav Puiatu suurfarmi (AP12) puurkaev ala põhjaservas. Tallinn-Tartu maanteest läänepool leidus KLD-i jääke (0,28 µg/L) tuuliku lähedal Mesikäpa talu (AP11) puurkaevus. Sellest veel kaugemal loodes asuva Lillemetsa talu (AP13) puurkaevu vesi oli puhas.
Adavere asulast lõunas asuval alal paiknev Remo talu (AP6) puurkaevu vesi sisaldas püsivalt laguainet KLD, kuid selle sisaldused jäid alla 0,7 µg/L.

Üldistavalt saab järeldada, et Adavere seirealal on saastunud puurkaevud, mis avavad 10–20 m sügavusel asuva veekihi (Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogumi S1ad-rk veekiht), kuid mitte kõik piirkonna puurkaevud ei ole KLD-i leiuga. Kusjuures saastunud puurkaevude läheduses asuva salvkaevu vesi oli KLD-i vaba. Põhjavee- ja NTA seirete või muude uuringute käigus tuleks mõõta alale jäävate kõikide kasutuses olevate kaevude KL-i metaboliitide sisaldused vähemalt 1 kord, et saada andmeid laguainete sisaldustest joogivees ja inimeste eksponeerituse tasemest.

Mõra seireala Haaslava allika vees (MP1) esines pidevalt kõrgeid KLD-i sisaldusi, kuid toimeainet ei leitud sealt kordagi. Seda saab seletada allika hapnikurikka veega. Allika vahetus läheduses asuvad kaevud (Lilu elamu salvkaev (MP3) ja Nurmenuku vkt 4 (MP4) puurkaev (50 m) uuritavaid aineid ei sisaldanud. Fakt, et salvkaevu (sügavus ca 10 m) vesi laguainet ei sisaldanud on üllatav, sest see asub allika vahetus läheduses (ca 70 m) põhjavee üldisest voolusuunast ülesvoolu ning selle vee elektrijuhtivus ja hapnikusisaldus olid allika veele väga lähedased. Samuti olid KLD-i sisaldused ligi 10x madalamad läheduses asuvas Rüütlioru lätte (MP2) allikas. Need asjaolud ilmestavad hästi, kui keeruline ja ettearvamatu on põhjavee liikumine ning allikate toitumine (joonis 33).



Joonis 33. Mõra seireala 2022.a. juulis ja septembris võetud veeproovid näitavad hästi põhjavee liikumise keerukust. Kui Haaslava allikas olid mõlemal korral kõrged kloridasoon-desfenüüli (KLD) sisaldused, siis 350 m kaugusel Rüütlioru lättes olid need ligi 10x madalamad. Salv- ja puurkaevus laguainet ei leidunud.

Uuritavate ainete sisaldused pinnaveekogudes

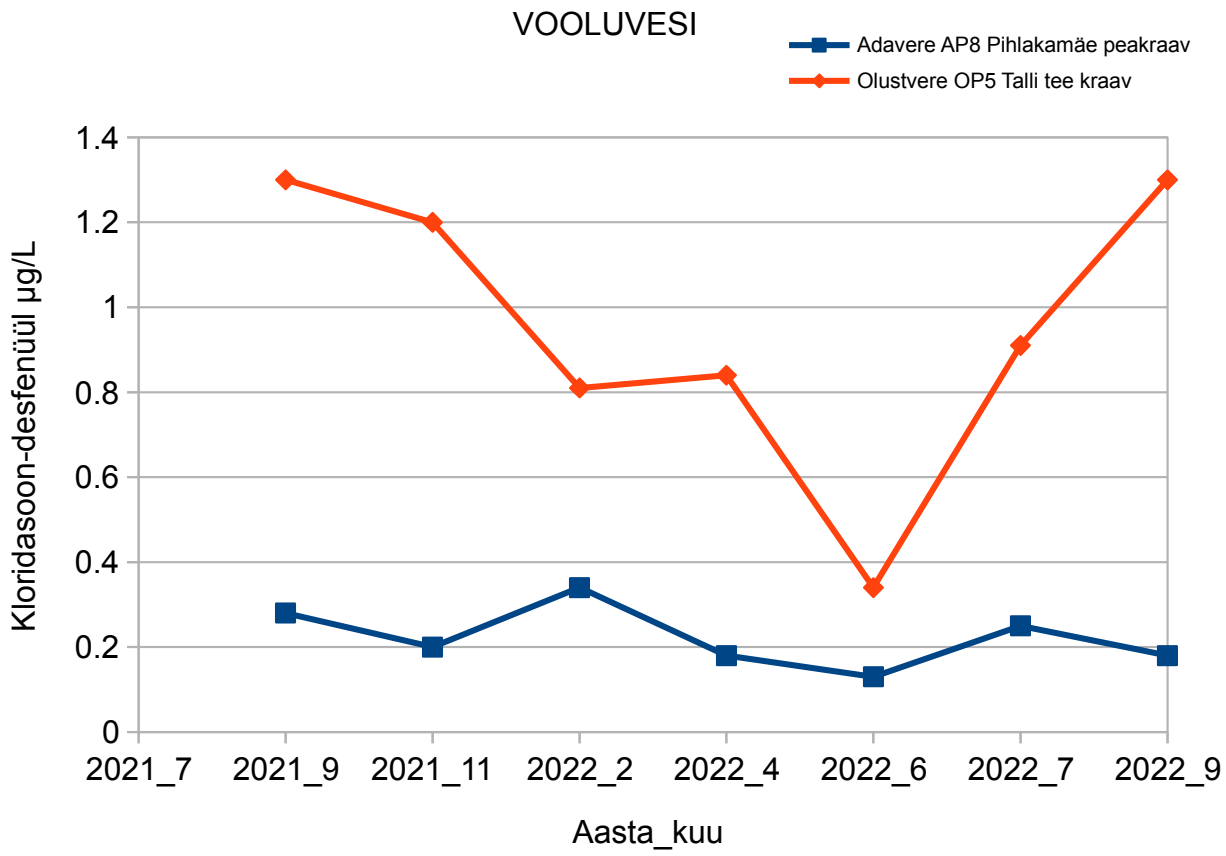
Olustvere seireala pinnaveekogudes olid KLD-i sisaldused kõrgemad allikale lähemates pinnaveekogudes. Näiteks, sarnased kontsentratsioonid mõõdeti Talli tee kraavist (OP5) ja Tehnikahalli tiigist (OP17), samas suurusjärgus (ca 1 µg/L) on ka KLD sisaldus allikasse suubuvas kraavis (OP9). Allikast kaugemal asuvas Kase talu tiigis (OP14) oli KLD sisaldus juulis 2022.a. 0,16 µg/L ja veelgi kaugemal Luha ojas (OP6) jäi alla põhjavee piirväärtuse.

Adavere seireala vooluveekogudes leidus laguainet KLD püsivalt Pihlakamäe peakraavis (AP8) enne Põltsamaa jõkke suubumist. Selle punkti võiks ka riiklikku pinnavee seiresse lisada. Laguaine oli leitav ka juba 1,2 km ülesvoolu (AP9), enne biotiikide sissevoolu. Seega jõuab KLD pinnavette ilmselt survelise põhjavee väljavoolu ja maaparandussüsteemide kaudu põhjapoolsematelt aladelt. Seireala idapoolses põhjaosas Põltsamaa jõkke suubuvas Kopli kraavist (AP5) 2021.a. uuritavaid aineid ei leitud. Pihlakamäe peakraavi (AP8) kõrval Põltsmaa jõkke suubuvas maaparandussüsteemi vees (AP7) leidus laguainet KLD-i alla põhjavee piirmäära.

Vaadates Olustvere Talli tee kraavi (OP5) ja Adavere Pihlakamäe peakraavi (AP8) vee KLD-i sisalduse aastast dünaamikat võib näha ühiseid jooni juuni alguse miinimumis ja

kõrgemaid KLD-i kontsentratsioone suve lõpul ja sügisel (joonis 34). Selline dünaamika on seletatav kevadise lumesulavee lahjendusefektiga, mis saasteainete sisalduse ka pinnavees alla viib. Pihlakamäe peakraavi (AP8) puhul tuleb välja ka veebruarikuine talvine vee äravoolu miinimum ning sellele vastav KLD-i sisaduse tõus- tõuseb vooluveekogu põhjaveelise toitumise osakaal.

Üldistavalt saab järeldada, et kuna maksimaalsed KLD-i sisaldused pinnavees on palju madalamad põhjavee omadest, siis kandub see laguaine pinnavette koos põhjaveega, mitte ei infiltreeru põldude pinnakihist. Seda väidet kinnitab ka asjaolu, et põhjaveelise toitumise osakaalu suurenemise perioodidel suureneb ka KLD sisaldus vooluveekogudes (joonis 36). Üheski pinnavee seirepunktis (va Olustvere allika kompleks) toimeaine KL esinemist ei tuvastatud. Seega pole alust kahtlustada toimeaine KL jätkuvat kasutamist.



Joonis 34. Kõrgeimad kloridasoon-desfenüüli sisaldused vooluveekogudes mõõdeti juuli lõpus, septembris ja veebruaris, miinimum jäi juuni algusesse.

10.2 Uuritavad ained pinnases ja sõnnikus

Pinnaseproovide tulemused näitavad, et Olustvere ja Adavere seirealade künnisügavusel (kuni 30 cm) leidus kohati toimeaine KL jälgi. Senised riikliku mullaseire andmed KL ja KLD-i jälgi mullast leidnud ei ole. Kuid nende seirete puhul on ka PMK labori määramispiir liiga kõrge nende ühendite avastamiseks.

Mõistatuseks jääb, miks leidub endiselt künnikihis KL jälgi, kui seda toimeainet pole nendel põldudel juba ligi 30 aastat kasutatud. Võib oletada, et KL või selle isomeer on olnud aastakümneid seondunud künnikihis oleva orgaanilise ainega ning vabaneb proovide ekstraheerimisel orgaaniliste lahustitega. KL-i jälje kohatine leidumine aeroobses ja päikesevalgusele eksponeeritud pinnakihis on üllatav ja vajaks riikliku mullaseire käigus edasist uurimist.

Asjaolu, et künnikihist sügavamates (kuni 1 m) pinnasekihtides uuritavaid aineid ei leidunud, kinnitab väidet, et neid aineid põldudele juurde ei tule ning nende jäljed on sadevee infiltratsiooniga kantud sügavamatesse pinnasekihtidesse, kus on ilmselt sorbeerunud savimineraalidega.

Vedel- ja tahkesõnnikuproovides uuritavaid aineid ei leitud. Vähesel määral leidus seal teisi taimekaitsevahendeid.

10.3 Uuritavad ained loomasöödas ja kultuurides

Loomasöötadest (maisi terad, päevalillekook, rapsišrott ja sojakook), mis suure tõenäosusega pärinevad Venemaa, Valgevene ja Ukraina aladelt, toimeaine KL jälgi ei leitud, KLD-i jälg kvantiteerimispiiril leiti rapsišrotist. On võimalus, et sellest lähtuvalt võib KLD-i jälgi leiduda ka rapsiõlis. Praegustel andmetel pole alust arvata, et selle ühendi leidumine loomasöödas kujutaks ohtu põllumajandusloomade tervisele või võiks see saastada põllumajandusmaa pinnast. Seetõttu, edasist KLD-i seiret loomasöötades ei ole ehk otstarbekas läbi viia. Küll aga leidus söötades kõrgemates kontsentratsioonides muid taimekaitsevahendeid, millede mõju põllumajandusloomade tervisele ja sattumine inimtoitu ning pinnasesse vajab täiendavat hindamist ja seiramist.

Kultuurtaimedes (raps, mais erinevates kasvufaasides, punapeet) jäid KL-i ja KLD-i sisaldused alla labori määramispiiride. Seda nii KL-i jälgedega kui ka puhta mulla pinnal kasvades.

Üldistavalt saab nende andmete põhjal järeldada, et pinnase ja põhjavee saastumine läbi loomasööda ja sõnniku ahela ei ole tõenäoline.

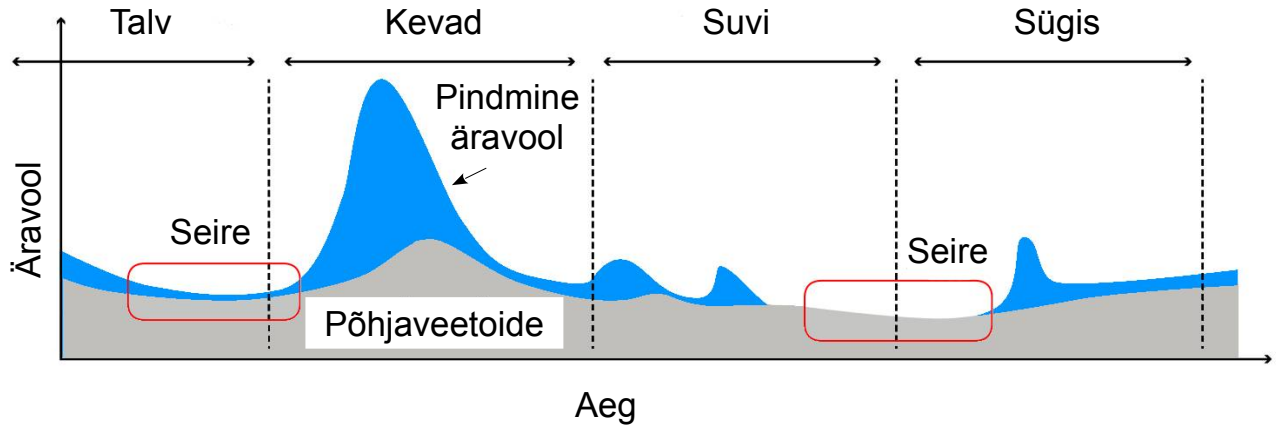
10.4 Uuritavate ainete sisalduste sõltuvus agrotehnilistest töödest ja keskkonnateguritest

Kogutud andmed ei viita, et uuritavaid aineid keskkonda juurde lisandub. Oletades, et KL-i viiakse eesmärgipäraselt põllule külvieelsel või -aegsel perioodil, mis on meie kliimavöötmes tavaliselt mai esimesel poolel, peaksid KL-i ja KLD-i sisaldused mai teisel poolel ja juunis võetud pinnase ja veeproovides olema palju kõrgemad, kui sügisel võetud proovides. Selliseid suundumusi ei saa nende andmete juures välja tuua. Pinnase künnisügavusel sisaldub kohati ainult KL-i jälg, mille sisaldus ei sõltu palju aastaajast. Samuti ei ole kindlat sõltuvust agrotehniliste töödega, KL-i jälg leidus nii värskelt haritud mullas, kui kõrrepõllus. KL-i jälg oli ka seirepunktis OP22, kus 2021/2022 taimekaitsevahendeid ei kasutatud. Mulla pindmises kihis oleva KL-i sisalduse määramispiiri lähedane varieeruvus sõltub ilmselt ainult juhusest.

Sademete dünaamikast lähtuvaid konkreetseid suundumusi on raske välja tuua. Kuuajaline ja kohati pikem seiresamm, samuti mõõtejaamade kaugus seirealadest ja sademete kogunemine lumikattesse ning selle kevadine sulamine raskendavad andmete võrdlemist. Väiksemate pinnaveekogude puhul on sademete mõju lühiajaline ja möödub mõne päevaga. Kuuajalise seiresammuga neid muutusi tabada ja kirjeldada on väga ebatäpne. Kui Olusvere allikas edaspidi lähema vaatluse alla võtta, siis peaks seal vahetus läheduses tegema ka sademete mõõtmisi, sest praegu seal läheduses selliseid mõõtmisi ei tehta.

Jõgede veetasemete aastane dünaamika summeerib sademete dünaamika teatava valgalast sõltuva viibeajaga ning annab parema võrdlusbaasi põhja- ja pinnavee vooluhulkade muutuste jälgimiseks. Tundub tõenäoline, et juuni alguse veeproovide (kohati ka aprilli lõpp) KLD-i sisalduste miinimum tuleneb lume sulamisest tingitud veerohkusest, mis väikese viibega jõuab pinna- ja põhjavette. Seda lahjendusefekti toetab ka Olustvere allikakompleksi vee madalam elektrijuhtivus ja kõrgemad hapnikusisaldused kevadperioodil. Kõrgeimad KLD-i sisaldused peaksid püsiva külma talve korral olema

veebruaris ja august/september perioodil, mis võiks olla ka hea aeg põhjavees püsivate saasteainete seire teostamiseks, kuna põhjaveetoite osakaal on siis kõige suurem. Nagu ka sellest uuringust nähtub on lähtuvalt seire eesmärgist lisaks proovi võtmise kohale oluline ka proovi võtmise aeg (joonis 35).



Joonis 35. Kõrgeimad püsivate saasteainete sisaldused mõõdetakse tavaliselt talvise ja suve lõpu miinimumäravoolude perioodidel (punansed kastid) kui pindmine äravool on väike (joonis muudetud kujul[121]).

121 Priede A., Strazdiņa L. (eds.) 2022. Groundwater dependent ecosystems: conceptual understanding, threats, and mitigation possibilities. Nature Conservation Agency, Latvia, Sigulda.

11. Uuringu järeldused

Andmed ei näita toimeaine KL jätkuvat keskkonda viimist. Peamiselt on tegemist jääkreostusega aastakümnete tagusest ajast. Teiste Euroopa riikide uuringute põhjal võib oletada, et põhjavesi on nende ühenditega saastunud veel aastakümneteks ka Eestis.

Aastatevaheline ja sesoonne saasteainete sisalduste kõikumine proovides on tingitud peamiselt hüdroloogilise režiimi muutustest, pinnavee infiltratsioonist ja põhjavee-pinnavee osakaalude muutustest pinnaveekogude toitumisel. See väljendub ilmselt ka põhjavee taseme varieerumises, mida selle uuringu raames ei mõõdetud. Sellest järeldub, et pikaajaliste (aastakümned) põhjavee kvaliteedi suundumuste kirjeldamiseks tuleb tugevalt saastunud seirepunktidest proove võtta rohkem kui 1x aastas.

Olustvere uuringuala puhul võib väita, et sügavamad põhjaveekihid on jäänud puhtaks ja puurkaevude (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas, Siluri veekiht, sügavus 60–70 m ja rohkem; elektrijuhtivus 400–500 µS/cm) joogivee kvaliteediga seal probleeme ei ole. Sama saab praegu väita ka Mõra uuringuala kohta. Adavere uuringualal on kohati saastunud ka pindmisi põhjaveekihte avavad puurkaevud (avatud põhjaveekihi sügavus 10–20 m). Põhjavee- ja NTA seirete või muude uuringute käigus tuleks mõõta alale jäävate kõikide kasutuses olevate kaevude KL-i metaboliitide sisaldused vähemalt 1 kord, et saada andmeid laguainete sisaldustest joogivees ja inimeste eksponeerituse tasemest.

Uuringualadelt kuni 1 m sügavuselt võetud pinnaseproovid näitasid, et künnisügavusel (kuni 30 cm) leidus kohati toimeaine KL-i jälgi. Võib oletada, et KL või selle isomeer on olnud aastakümneid seondunud künnikihis oleva orgaanilise ainega ning vabaneb proovide ekstraheerimisel orgaaniliste lahustitega. Tavapärased analüüsimeetodid ei võimalda neid eristada ja isomeeri leidumise ning osakaalu kohta Eesti keskkonnas andmed puuduvad. KL-i jälje kohatine leidumine aeroobses ja päikesevalgusele eksponeeritud pinnakihis on üllatav ja vajab edasist uurimist riiliku mullaseire käigus. Laguainet KLD künnisügavuses ei leidunud. Sellest sügavamates kihtides uuritavaid aineid ei leitud.

Võib järeldada, et toimeaine KL (ka selle isomeer?) ja tema metaboliidid on peamiselt talletunud sügavamal pinnases kui 1 meeter, kus toimub nende järk-järguline vabanemine põhjavette. KL leidumine Olustvere allikakompleksi veeproovides näitab, et need saasteained võivad olla pinnases talletunud nii toimeaine kui selle laguproduktide kujul, samaaegselt võib toimuda ka toimeaine lagunemine ja leostumine.

Tahkest ja vedelsõnnikust uuritavaid jääke ei leitud, samuti olid nendest jääkidest vabad uuringualadel kasvanud põllukultuurid. Seega pole alust arvata, et toimuks muldade taassaastumine sööda-sõnniku ringluse kaudu. Võimalik on, et mulda satuvad vähesel määral KLD-i jäljed põllukultuuride kastmise vee ja taimekaitsetöödel kasutatava vee kaudu. Tugevalt saastunud vee kasutamist peaks vältima (Olustvere allikas, Haaslava allikas jt.).

Laguaine KLD jälg leiti rapsišrotist, mis ilmselt pärines väljaspool Euroopa Liitu. See leid võiks viidata KLD-i jälje esinemise võimalusele ka rapsiõlis. Praegustel andmetel pole alust arvata, et selle ühendi leidumine loomasöödas kujutaks ohtu põllumajandusloomade tervisele või võiks see saastada põllumajandusmaa pinnast. Küll aga leidus loomasöötades muid taimekaitsevahendeid.

KLD-i laialdane leidumine joogivees praeguste andmete põhjal ei kujuta akuutset ohtu inimese tervisele. Samuti ei ole reaalne tarbitava joogivee ja toiduga ületada nendele ainetele praegu kehtivaid piirväärtusi, ennekõike päevast aktsepteeritavat kogust ehk ADI= 0,1 mg/kg kehamassi kohta päevas. Näiteks, peaks 100 kg kaaluv inimene ööpäevas tarbima 400 liitrit 25 µg/L KL-i sisaldusega vett, et seda kogust ületada. Pikaajalised kroonilised mõjud, isomeeri esinemine ja toksikoloogia ning joogivee laguainete sisaldusele nn punase joone tõmbamine vajab uute teadusuuringute valguses edasist täpsustamist.

Seire käigus tuli välja, et leidub leibkondi, kellede joogivees on KLD-i sisaldus lähedal 3 µg/L (kehtiv piirväärtus joogivees on 0,1 µg/L). Sellistel juhtudel tuleks tegeleda nende inimeste teavitamisega ja võimalike leevendusmeetmetega.

12. Ettepanekud ja soovitused

Ettepanekud seirete täiendamiseks ja täiendavate uuringute korraldamiseks

- täiendada EKUK veeproovide katsemeetodit STJnrU92 metüül-kloridasoon-desfenüüli (metaboliit B1; CAS: 17254-80-7) lisamisega analüütide nimekirja, hinnata selle esinemist ja toksilisust.
- seirete raames tuleks võtta proove kloridasooni (KL) ja kloridasoon-desfenüüli (KLD) isomeeride esinemise ja sisalduse kindlakstegemiseks, hinnata nende esinemist ja toksilisust.
- pikaajaliste (aastakümned) põhjavee kvaliteedi suundumuste kirjeldamiseks tuleb tugevalt saastunud seirepunktidest proove võtta rohkem kui 1x aastas, KLD-i puhul võiks see olla 2x aastas- talvine ja suvi/sügisene miinimumäravoolu periood.
- saastunud põhjaveega aladel oleks vajalik võtta vähemalt üks kord proov kõigist kasutatavatest puur- ja salvkaevudest, kogutud andmed annavad ülevaate laguaine KLD-i sisaldustest, mida inimesed igapäevaselt oma joogiveest saavad.
- kui soovitakse seirata mulda ja taimset materjali, siis peaks KL-i määramispiir olema alla 0,3 µg/kg ja KLD-i määramispiir alla 3 µg/kg .
- Olustvere alal võib teha täiendavaid puurimisi uuritavate ainetega saastunud pinnasekihi või kihtide sügavuse ja paksuse väljaselgitamiseks, fookusega smektiidi ja illiidi rikastele savikihtidele. Sellised andmed aitaksid edasisi protsesse prognoosida. Võib kaaluda ka automaatseirejaama paigaldamist allika väljavoolule.
- uute uuringute valguses, on pidevalt tarvis tegeleda nende saasteainete krooniliste mõjude väljaselgitamisega inimtervisele ja nn vastuvõetavate piirmäärade kehtestamisega joogiveele.
- seireandmetele tuginedes teostada uuring joogivees enam esinevate saasteainete eemaldamiseks filtrite abil (erinevate sorbentide (kulu)efektiivsus, vahetamise intervall jne.).

Ettepanekud leevendusmeetmeteks

- töötada välja juhendmaterjal joogivee puhastamiseks enam esinevatest ja inimtervist mõjutavatest saasteainetest filtrite abil.
- kohalikele omavalitsustele teha kättesaadavaks kaardikiht saastunud põhjaveega aladega, mida saaks kasutada salv- ja puurkaevude rajamise kooskõlastamise protsessis, hoidmaks ära uute saastunud veega kaevude rajamise.
- teavitada saastunud joogivee tarbijaid analüüsi tulemustest ja võimalikest ohtudest.
- võib kaaluda väga saastunud allikate tähistamist vastavate hoiatustega (Olustvere, Haaslava jt.), hoidmaks ära teadmatusest saastunud vee tarvitamist.

Ettepanekud seadusandluse ja regulatsoonide muutmiseks

- kehtestada teaduspõhised piirmäärad, mis arvestaksid pikaajalisi mõjusid ökosüsteemidele (punane joon pinnaveekogude puhul?) ja inimtervisele.
- kuni pole täiendavat toksikoloogilist teavet, arvestada ka joogivees piirmäära KL-i ja selle metaboliitide summana, sarnaselt Euroopa toiduohutusameti EFSA soovitusega taimse materjali puhul. Sellist praktikat on mõned EL riigid kasutanud (vt peatükk 4).
- taimekaitsevahenditega üle teaduspõhise piirmäära saastunud joogivee puhul toetada puurkaevude jm. veevarustussüsteemide ja torustike rajamist nii hajaasustuse kui tiheasustuse piirkondades. Viia sisse vastavad muudatused nn hajaasustuse programmi ja seonduvatesse õigusaktidesse.
- vee-ettevõtted, mis varustavad toiduainetööstusi ja eratarbijaid peaksid mingi ajalise intervalliga (nt loa pikendamisel) tegema analüüse teadaolevate piirkonna põhjavees enam esinevate saasteainete (nt KLD, glüfosaat, AMPA jne.) sisalduse määramiseks oma veehaardes/puurkaevudes. Terviseameti pädevuses on neid analüüse nõuda.

KOKKUVÕTE

Kloridasooni sisaldavate umbrohutõrjevahendite turustamine ja kasutamine on Euroopa Liidus juba mitu aastat keelatud. Vaatamata sellele on kloridasoon ning selle metaboliidid laialdaselt leitavad Euroopa riikide pinna- ja põhjavees. Juba ligi kümme aastat on neid leitud ka Eesti veeseireprogrammide ja -projektide raames nii pinna-, põhja-, kui ka joogiveest.

Seni ei olnud teada, kuidas toimeaine kloridasoon ja selle peamine laguaine, kloridasoon-desfenüül, vette satuvad ning kas võib esineda selle toimeaine jätkuvat kasutamist. Käesoleva uuringu eesmärgiks oli anda nendele küsimustele vastused. Selleks seirati neljal uuringualal rohkem kui aasta jooksul pinna- ja põhjavett ning põllumajanduslikku tegevust.

Käesoleva uuringu andmed ei kinnita kloridasooni jätkuvat kasutamist ning saab väita, et saasteained pärinevad varasemast põllumajanduslikust tegevusest. Laialdasem toimeaine kasutamine uuringualadel jääb 1990-ndate algusesse ning pärast seda on tegemist pinnasesse talletunud saasteainete leostumisega. Saasteainete sisalduse kõikumine põhjavees on tingitud peamiselt sesoonsetest hüdroloogilistest muutustest- suurvee ja põuaperioodide vaheldumisest. Arvestades teistes riikides tehtud prognoose ja Eestis mõõdetud suundumusi, on põhjust arvata, et kloridasoon-desfenüüli leostub meil põhja- ja pinnavette veel aastakümneid. Sellest lähtuvalt on tarvis täiustada seireprogramme ja kehtestada kloridasoon-desfenüüli sisaldusele joogivees teaduspõhine terviseriskidest lähtuv ülempiir. Piirkondades, kus teaduslikult põhjendatud piirnormidele vastavat joogivett ei suudeta tagada, tuleb tegeleda riiklikult toetatud leevendusmeetmetega. Nendeks on näiteks, filtrite paigaldamine joogiveele (vastava juhendmaterjali väljatöötamine) ning uute puurkaevude ja veetrasside rajamise riiklik toetamine (nt hajaasustuse programmi raames).

LISAD

Lisad on aruandesse kaasatud eraldi failidena. LISA 1–2 on uuringu käigus valminud dokumendid uurimisalade mullastiku ja hüdrogeoloogiliste omaduste iseloomustamiseks LISA 3 proovivõtukava kirjeldab proovide võtmise strateegiat, seirepunkte ja -sagedust. LISA 4 sisaldab vastavalt proovimaatriksile katalogiseeritud analüüsiakte ja analüütide nimekirja koos kvantiteerimispiiridega.

LISA 1 Uurimisalade mullastiku analüüs

LISA 2 Uurimisalade hüdrogeoloogiline analüüs

LISA 3 Proovivõtukava 2021.a.

LISA 4 Analüüsiaktid