

LLU
Lauku inženieru fakultāte
Vides un ūdenssaimniecības katedra

Atļauts aizstāvēt

2012. g. _____

Katedras vad. prof. V. Jansons

Augu sekas ietekmes analīze uz biogēno elementu noplūdēm

Maģistra darbs vides inženierzinātnē

Maģistra darba vadītājs:	Mg. sc. ing. K. Abramenko	<i>(paraksts)</i>
Konsultants:	Mg. sc. geog. D. Lauva	<i>(paraksts)</i>
Recenzents:	Mg. sc. ing. I. Grīnfelde	<i>(paraksts)</i>
Recenzents:	Mg. sc. ing. A. Lagzdiņš	<i>(paraksts)</i>
Vides inženierzinātnes spec. stud.	Zane Dimanta	<i>(paraksts)</i>

Studenta apliecība Nr. LI05256

Jelgava 2012

Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Vides un ūdenssaimniecības katedra

Apstiprinu: 2012. g.

Katedras vadītājs: Dr.sc.ing. V. Jansons

Maģistra darba uzdevums

Maģistra darba tēma: „*Augu sekas ietekmes analīze uz biogēno elementu noplūdēm*”.

Tēma apstiprināta ar dekāna 2012. gada 9. marta rīkojumu Nr. 06-5-05/36

Nepieciešamie materiāli maģistra darba izstrādāšanai:

- LLU Vides un ūdenssaimniecības katedras rīcībā esošie lauksaimniecības noteču monitoringa stacijas Mellupīte ilggadējie dati un izmēģinājumu lauciņu topogrāfiskie materiāli.
- Zinātniski pētnieciskā literatūra.

Maģistra darba saturs:

- Apskats par likumdošanu.
- Monitoringa stacijas Mellupīte un izmēģinājumu lauciņu raksturojums.
- Hidroloģisko apstākļu analīze.
- Augu sekas un pielietoto mēslošanas līdzekļu analīze.
- Izmēģinājumu lauciņu drenu noteces kvalitātes un biogēno elementu noplūdes analīze.
- Darbā izmantoto datu analīze un rezultātu pārskats.

Maģistra darba vadītājs: Mg.sc.ing. K. Abramenko

Maģistra darba uzdevuma saņemšanas datums: 2012. gada 12. janvārī

Maģistra darba izpildītājs: Zane Dimanta matr. Nr. LI05256

ANOTĀCIJA

Dimanta Z. Augu sekas ietekmes analīze uz biogēno elementu noplūdēm: Maģistra darbs. – Jelgava, LLU, Lauku inženieru fakultāte, Vides un ūdenssaimniecības katedra. – 2012. – 64 lpp.

Maģistra darbā analizētas noplūdes un biogēno elementu izskalošanās procesi monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņu līmenī. Apskatītas kultūraugu ražu atšķirības dažādos mēslošanas režīmos, augu sekas, pielietotā mēslojuma veida un devu ietekme uz koncentrāciju veidošanos drenu noteces ūdeņos. Savstarpēji salīdzināts lauciņu drenu noteces slānis.

Izmantojot monitoringa stacijā Mellupīte piecpadsmit gadu ilgā periodā (1996. – 2010. gads) iegūtos slāpekļa (N), fosfora (P) un nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrācijas un pielietotās N un P_2O_5 mēslojuma devas datus, tiek noteiktas biogēno elementu vērtības un izskalošanās drenu līmenī nemēslos, normāli mēslos, dubulti mēslos, kā arī ar kūstmēsliem un šķīdriem mēslos lauciņos.

Biogēno elementu koncentrācijas drenu ūdeņos ir atkarīgas no nokrišņu daudzuma, sniega kušanas ūdeņiem, reljefa, augsnes mehāniskā sastāva, augsnes apstrādes, mēslošanas līdzekļu lietošanas, augu sekas, kā arī no katras kultūras veģetācijas perioda ilguma uz lauka.

Pēc biogēno elementu izskalošanās lieluma videi visnelabvēlīgākās un piesārņojošākās kultūras ir ziemas rapsis un ziemas kvieši, bet vislabvēlīgākās kultūras – āboliņš un auzas, kuru radītās noplūdes ir nelielas.

Maģistra darbs satur: paskaidrojuma rakstu uz 64 lapaspusēm, 10 tabulas, 25 attēlus, 3 pielikumus, 51 literatūras avotu.

ANNOTATION

Dimanta Z. The Analysis of Crop Rotation Effects on Nutrient Runoff: Master work. – Jelgava, LLU, Faculty of Rural Engineering, Department of Environmental Engineering and Water Management. – 2012. – 64 p.

In the Master work loads and nutrient leaching processes were analyzed in the field trial plot level of monitoring station Mellupīte. The differences for crop yield were analyzed using various fertilizers, crop rotations and the impact of fertilizer rates on concentrations in drainage runoff. The drainage runoff was compared between experimental plots.

Using data of monitoring station Mellupīte for fifteen-year period (1996 – 2010) on nitrogen (N), phosphorous (P) and nitrate nitrogen (NO₃-N) concentrations and the applied N and P₂O₅ fertilizer rates, nutrient concentrations and the leaching of drainage level in unfertilized, normally fertilized, double-fertilized and as well as with manure and slurry fertilized plots were determined.

The concentrations of nutrient in drainage runoff depends on rainfall, snow melt water, relief, the mechanical composition of soil, tillage, use of fertilizers, crop rotations, as well as on each culture growing season length of the field.

Ordered by nutrient leaching starting with highest N and P loads, the most polluted culture to environment is winter rape and winter wheat, but the most favorable crops – clover and oats.

Master work consists of: 64 pages, 10 Tables, 25 Figures, 3 Appendices and 51 sources of bibliography.

АННОТАЦИЯ

Диманта З. Анализ влияния севооборота на утечку биогенных элементов. Научная работа степени магистра - Елгава, Латвийский Сельскохозяйственный университет, Сельско-инженерный факультет, Кафедра среды и водного хозяйства. 2012 год, 64 страниц.

В научной работе анализированы утечки и процессы вымывания биогенных элементов на уровне площадок станции мониторинга Mellurpīte. Рассмотрены различия урожая культурных растений в разных режимах удобрения, севооборота, вида употребляемого удобрения и влияния дозы удобрения на образование концентраций в дренажных водах. Сравнен слой дренажных вод на разных площадках.

Используя на станции мониторинга Mellurpīte полученные данные в течении пятнадцати лет (1996 – 2010 года) о концентрации азота (N), фосфора (P) и нитрате азота ($\text{NO}_3\text{-N}$) и данные по дозам использования N и P_2O_5 , определяется ценность биогенных элементов и вымывание на разных площадках: не удобренных на дренажном уровне, нормально удобренных, вдвойне удобренных, а также на площадках удобренных навозом и жидким навозом.

Концентрация биогенных элементов в дренажных водах зависят от количества осадков, воды растаявшего снега, рельефа, механического состава почвы, обработки почвы, использования средств удобрения, севооборота, а также от продолжительности вегетативного периода и поля каждой культуры.

По количеству вымытых биогенных элементов самая неблагородной и загрязняющей культурой для окружающей среды является зимний рапс и зимняя пшеница, а самой благоприятной культурой - клевер и овёс, от которых загрязнение не большое.

Научная работа содержит: пояснительное описание на 64 страниц, 10 таблиц, 25 изображений, 3 приложения, 51 литературный источник.

SATURS

IEVADS.....	7
1. LIKUMDOŠANA.....	8
1.1. Ūdeņu struktūrdirektīva.....	8
1.2. Nitrātu Direktīva.....	9
1.3. Monitoringu veidi un to nepieciešamība.....	10
2. MONITORINGA STACIJAS MELLUPĪTE VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS.....	13
2.1. Pētījumu līmeņi monitoringa stacijā Mellupīte.....	13
2.2. Augsnes raksturojums.....	17
2.3. Hidroloģisko apstākļu raksturojums.....	20
3. AUGU SEKAS IZVĒLE UN LAUCIŅU MĒSLOŠANAS REŽĪMS.....	22
3.1. Augu sekas raksturojums.....	22
3.3. Pielietotās mēslojuma devas izmēģinājumu lauciņos.....	26
3.2. Izmēģinājumu lauciņi.....	29
4. DRENĀŽAS IETEKME UZ BIOĢĒNO ELEMENTU NOPLŪDĒM.....	32
4.1. Drenu sistēmas efektivitāte un trūkumi.....	33
4.2. Drenu noteces raksturojums.....	35
4.3. Biogēno elementu izskalošanās.....	36
5. REZULTĀTU APKOPOJUMS.....	39
5.1. Izmēģinājumu lauciņu drenu noteces analīze.....	39
5.2. Nitrātu slāpekļa un kopējā fosfora koncentrāciju izmaiņas.....	43
5.3. Biogēno elementu koncentrāciju analīze.....	45
5.4. Kultūraugu ražu analīze.....	52
SECINĀJUMI.....	57
GALVOJUMS.....	59
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	60
PIELIKUMI.....	64

IEVADS

Lauksaimniecība ir svarīga valsts tautsaimniecības nozare, tomēr tā, kā jebkura cita cilvēku saimnieciskā darbība, būtiski ietekmē vides kvalitāti, īpaši izraisot ūdens stāvokļa pasliktināšanos. Pielietojot mēslošanas līdzekļus, tiek veicināts virszemes ūdeņu un gruntsūdens piesārņojums ar augu barības vielām. Biogēno elementu zudumus pilnīgi nevar novērst, taču, ievērojot labas lauksaimniecības prakses nosacījumus, tos var samazināt.

Eiropas Savienības Nitrātu direktīva nosaka, ka nitrātu koncentrācijas virszemes ūdeņos un gruntsūdeņos nedrīkst pārsniegt 11.3 mg/l NO₃-N. Direktīvā norādīts kontrolēt un ierobežot intensīvas lauksaimniecības ietekmi uz apkārtējo vidi, tādēļ svarīgi ir samazināt ūdens piesārņojumu, ko izraisījuši nitrāti un citi augu barības elementi no lauksaimnieciskās ražošanas avotiem.

Maģistra darba pētījuma objekts ir monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņi, kura mērķis ir noskaidrota situācijas analīze par drenu noteces un slāpekļa un fosfora noplūdes atšķirībām lauciņos, pielietojot dažādus mēslošanas veidus un devas, kā arī apskatot augu sekas maiņu.

Darba uzdevumos ietilpst:

1. Analizēt nokrišņu un drenu noteces svārstības periodā no 1998. – 2010. gadam.
2. Savstarpēji analizēt izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa atšķirības un slāpekļa un fosfora noplūdes.
3. Noteikt biogēno elementu koncentrācijas drenu notecē pie dažādas augu sekas.
4. Analizēt kultūraugu ražas un biogēno elementu noplūdes atšķirības pie dažādiem mēslošanas režīmiem.

Maģistra darba ietvaros salīdzinātas dažādu kultūraugu un mēslošanas līdzekļu veidu un devu ietekme uz biogēno elementu noplūdēm, apskatīts kultūraugu ražas apjoms pie dažāda veida mēslojumiem, kā arī, pētot mikroreljefu, analizētas izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa atšķirības.

Maģistra darbs ir izstrādāts ar projekta **“Starptozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem”** atbalstu. Projekta līguma nr: 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060.

1. LIKUMDOŠANA

Eiropas Savienība (ES) ir kopīgu ūdeņu zeme. Tā kā ūdens avoti izraisa pārrobežu piesārņojumu, problēmu risināšanā svarīga nozīme ir Eiropas Savienības līmeņa pasākumiem. Izvirzot Eiropas dalībvalstīm kopīgus mērķus, ir iespējams samazināt izraisītās problēmas sekas. Eiropā lielākais ūdens piesārņojuma avots ir lauksaimnieciskā darbība. Pielietojot organiskos un ķīmiskos mēslošanas līdzekļus tiek veicināta ūdens kvalitātes pasliktināšanās. Svarīgākās no direktīvām, kas atbild par gruntsūdeņu un virszemes ūdeņu aizsardzību, ir Ūdens struktūrdirektīva un Nitrātu direktīva.

1.1. Ūdeņu struktūrdirektīva

ES Ūdeņu struktūrdirektīva (*Water Framework Directive*) (2000/60/EC) ir normatīvais akts, kas nosaka ūdeņu aizsardzības un ilgtspējīgas apsaimniekošanas principus un uzdevumus Eiropas Savienības dalībvalstīs.

Ūdeņu struktūrdirektīva tika pieņemta 2000. gada 23. oktobrī. Tajā paredzēta vienota apsaimniekošanas sistēma visiem ūdeņiem: upēm, ezeriem, piekrastes un pazemes ūdeņiem. Kā viens no direktīvas mērķiem ir nodrošināt labu vides stāvokļa sasniegšanu visos virszemes un pazemes ūdeņos līdz 2015. gadam, kā arī aizsargāt un uzlabot to ekosistēmu stāvokli un veicināt ilgtspējīgu ūdeņu lietošanu, ieviešot integrētu upju baseinu apsaimniekošanas procesu. No 2006. gada monitorings īpaši jutīgās teritorijās ir integrēts Ūdeņu stāvokļa monitoringa programmā, kas izstrādāta atbilstoši Ūdeņu struktūrdirektīvas prasībām.

Direktīva prasa sakārtot dalībvalstu ūdenssaimniecību atbilstoši ES prasībām. Līdz ar iestāšanos Eiropas Savienībā Latvija ir apņēmusies izpildīt ES vides aizsardzības prasības. Ūdeņu struktūrdirektīva nosaka kontrolēt pašreizējo ūdeņu stāvokli un veikt monitoringu, iegūstot un analizējot datus, kā arī uz situācijas raksturojuma pamata izveidot rīcības programmu, kas uzlabotu ūdeņu kvalitāti. (Lagzdīņš et al., 2008).

1.2. Nitrātu Direktīva

Nitrātu direktīva (*Nitrate Directive*) (91/676/EEC) ir viens no pirmajiem ES tiesību aktiem par piesārņojuma kontrolēšanu un ūdens kvalitātes uzlabošanu. Tā ir daļa no Ūdens struktūrdirektīvas, kas cīnās par ūdens aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības. Nitrātu direktīva (1991) ir izstrādāta, lai aizsargātu Eiropas ūdens kvalitāti, novēršot gruntsūdeņu un virszemes ūdeņu piesārņojumu, ko izraisa lauksaimnieciskās izcelsmes nitrāti. Tā pieprasa, lai dalībvalstis uzraudzītu nitrātu koncentrācijas virszemes ūdenī un gruntsūdenī, lai identificētu ūdeņus, kuri ir pakļauti piesārņojumam. Valstīm jāietver noteikumi, kas attiecas uz mēslošanas līdzekļu lietošanas ierobežojumiem. (Eiropas Komisija)

Saskaņā ar Nitrātu direktīvas prasībām, katrai dalībvalstij jāizstrādā Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi (LLPN) un Rīcības programma („*Rīcības programmas īpaši jutīgām teritorijām, uz kurām attiecas paaugstinātas prasības ūdens un augsnes aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem*”), kurā tiek noteikta apsaimniekošanas kārtība īpaši jutīgajās teritorijās. Šo dokumentu mērķis ir veicināt pasākumus ūdens un augsnes aizsardzībai no piesārņojuma ar nitrātiem.

Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi sadarbībā ar Dānijas Lauksaimniecības konsultāciju centru tika izstrādāti 1998. – 1999. gadā. Tas ir plašs praktisku padomu, rekomendāciju un likumu apkopojums, kas aptver galvenās lauksaimnieciskās darbības sfēras un izpildāmi pēc brīvprātības principa visā Latvijas teritorijā. Daļa no LLPN ietvertajiem pasākumiem ir iestrādāti īpaši jutīgo teritoriju apsaimniekošanas programmā kā obligātais prasību minimums. Īpaši jutīgās teritorijas atrodas Dobeles, Bauskas, Jelgavas un Rīgas rajona administratīvo teritoriju robežās, izņemot Rīgas un Jūrmalas pilsētas administratīvo teritoriju (Zemkopības Ministrija, 2006). Ar Nitrātu direktīvas prasību izpildi saistītos jautājumus Latvijā risina jau kopš 1994. gada, kad sadarbībā ar Ziemeļvalstīm (Zviedriju un Norvēģiju) tika uzsākta lauksaimniecības noteču monitoringa sistēmas izveidošana.

ES dalībvalstīs kopēji ūdens kvalitātes standarti, nosakot kvalitātes dalījumu klasēs pēc biogēno elementu koncentrācijām (Lagzdīņš et al., 2008), nav izstrādāti, taču ES direktīvas un atbilstošie Latvijas Republikas normatīvie akti nosaka robežlielumus nitrātu saturam – tā vērtības ūdeņos nedrīkst pārsniegt 50 mg/l NO₃ (11.3 mg/l NO₃-N).

1.3. Monitoringu veidi un to nepieciešamība

Vides monitorings ir sistemātiski, regulāri un mērķtiecīgi vides stāvokļa, sugu un biotopu, kā arī piesārņojuma emisiju novērojumi, mērījumi un to analīze (Vides aizsardzības likums, 2006). Tā mērķis ir noteikt vides stāvokli, izvērtēt tendences un perspektīvu, izstrādāt vides politikas pasākumus un novērtēt līdzšinējo pasākumu lietderību un efektivitāti.

Ūdeņu monitoringa mērķis ir iegūt informāciju par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti, kvantitāti un hidroloģisko režīmu sateces baseinos un Latvijā kopumā, novērtēt dažādu piesārņojuma avotu, kā arī piesārņojuma pārrobežu pārnesei slodzi un ietekmi, dot nepieciešamo informāciju videi draudzīgas saimniekošanas attīstībai, kompleksai sateces baseinu apsaimniekošanai un ūdens resursu racionālai izmantošanai, kā arī novērtēt veikto ūdeņu aizsardzības pasākumu efektivitāti.

Virszemes ūdeņu monitoringa mērķis ir nodrošināt informāciju par virszemes ūdensobjektu ekoloģisko un ķīmisko kvalitāti un mākslīgu vai stipri pārveidotu ūdensobjektu ekoloģisko potenciālu un ķīmisko kvalitāti. Virszemes ūdeņu monitoringa programmā nosaka:

- 1) noteces apjomu un caurplūdumu, lai varētu izvērtēt ekoloģisko un ķīmisko kvalitāti un ekoloģisko potenciālu;
- 2) ekoloģiskā un ķīmiskā stāvokļa un ekoloģiskā potenciāla monitoringu (MK not. Nr. 92, 2004).

Pazemes ūdeņu monitoringa programmā ietver ķīmiskās kvalitātes un kvantitatīvā stāvokļa monitoringu.

Pazemes ūdeņu *ķīmiskās kvalitātes uzraudzības monitoringa* uzdevums ir iegūt informāciju, lai novērtētu:

- 1) antropogēnās slodzes ietekmi, kā arī apstiprinātu tās vērtējuma pareizību un iegūtu papildu informāciju par antropogēnajām slodzēm;
- 2) pazemes ūdeņu ķīmiskās kvalitātes izmaiņas ilgākā laikposmā, kuras radušās dabisko apstākļu vai antropogēnās darbības ietekmē;
- 3) monitoringa programmas optimizēšanas nepieciešamību.

Pazemes ūdeņu *ķīmiskās kvalitātes operatīvā monitoringa* uzdevums ir iegūt informāciju, lai:

- 1) noteiktu ķīmisko kvalitāti visiem riska pazemes ūdensobjektiem;

2) noteiktu ilgstošas antropogēnās ietekmes izraisītu piesārņojošo vielu koncentrācijas palielināšanās tendenci;

3) kontrolētu pazemes ūdeņu kvalitātes izmaiņas to pazemes ūdensobjektu daļās, kurās notiek koncentrēta pazemes ūdeņu ieguve;

4) pamatotu atsevišķu ūdensobjektu pasākumu programmas vai nepieciešamos sanācijas pasākumus.

Pazemes ūdeņu *ķīmiskās kvalitātes pētniecības monitoringa* uzdevums ir noskaidrot:

1) vides kvalitātes normatīvu pārsniegšanas cēloņus;

2) cēloņus, kas neļauj sasniegt vides kvalitātes mērķus, ja tas konstatēts uzraudzības monitoringa gaitā;

3) avāriju radītā piesārņojuma ietekmi uz virszemes ūdeņiem un iegūt attiecīgus datus, lai varētu izstrādāt ieteikumus avārijas seku novēršanas pasākumiem.

Pazemes ūdeņu *kvantitatīvā stāvokļa monitoringa* uzdevums ir iegūt informāciju, lai novērtētu antropogēnās slodzes ietekmi uz ūdeņu kvalitāti, kā arī lai ilgākā laika posmā novērotu pazemes ūdensobjekta kvantitatīvā stāvokļa izmaiņas, ko rada antropogēnās darbības slodze vai dabisko apstākļu izmaiņas. (MK not. Nr. 92, 2004)

Lauksaimniecības noteču monitoringa uzdevums ir savākt ilggadīgus novērojumu datus par augu barības elementu (slāpekļis, fosfors) koncentrācijām un noplūdēm (Jansons et al., 2003), lai dažādos hidroloģiskos, augsnes un lauksaimniecības intensitātes apstākļos varētu novērtēt lauksaimniecības ietekmi uz ūdeņu kvalitāti.

Lauksaimniecības noteču monitorings nepieciešams, lai noteiktu dažādas lauksaimnieciskās darbības, piesārņojuma avotu slodzes un to ietekmi uz virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti (Jansons et al., 2006). Tas pēta lauksaimnieciskās darbības ietekmi uz vidi un ūdeņu kvalitāti no dažāda izmēra platībām, nodalot lauksaimnieciska rakstura piesārņojumu no cita veida ūdeņu piesārņojuma un pievēršot uzmanību biogēno elementu iznesēm no lauksaimniecībā izmantojamām platībām.

Atkarībā no antropogēnās ietekmes un lauksaimniecības piesārņojuma rakstura, Latvijā tiek veikts izkliedētā jeb difūzā piesārņojuma (*non point source pollution*) un punktveida (*point source pollution*) piesārņojuma monitorings.

Lauksaimniecība ir viens no galvenajiem biogēno elementu emisijas avotiem un ir galvenais izkliedētā piesārņojuma cēlonis, kas, izraisot vides stāvokļa pasliktināšanos, atstāj negatīvu ietekmi uz vidi. Tā veidošanās ir sarežģīts un no daudziem faktoriem

atkarīgs komplekss process. Difūzā piesārņojuma radīto piesārņojumu ir daudz grūtāk konstatēt un novērst kā punktveida piesārņojumu, jo tas noplūst no dažāda lieluma lauksaimniecības zemēm ar virszemes noteci un drenu ūdeņu noteci. Analizējot izkliedēto piesārņojumu, netiek ņemta vērā koncentrētu piesārņojuma avotu ietekme (Jansons et al., 2003). Monitoringa stacijā Mellupīte tiek veikts izkliedētā piesārņojuma monitorings.

Helsinku konvencija (HELCOM), kurā ietilpst Latvija, izvirza prasības biogēno elementu izmantošanai, pieļaujamam mājlopu blīvumam, pesticīdu izmantošanai un citiem vidi ietekmējošiem lauksaimnieciskās ražošanas faktoriem, tai skaitā Baltijas jūras piesārņojuma samazināšanai. *HELCOM* komisijas dati liecina, ka Baltijas jūras baseinā izkliedētais piesārņojams izraisījis 59% slāpekļa (N_{kop}) un 53% fosfora lielu (P_{kop}) piesārņojumu. Lauksaimnieciskā un mežsaimnieciskā darbība no šī izklaidētā piesārņojuma veicinājusi 79% lielu piesārņojumu (Jansons et al., 2006), kas rezultātā nonāk Baltijas jūrā.

Lauksaimniecības noteču monitoringa dati kopš 1994. gada ir vienīgie Latvijā, kas dod oficiālu informāciju par lauksaimniecības ietekmi (Bušmanis et al., 2002) uz ūdens resursiem. Tos izmanto Zemkopības un Vides aizsardzības un reģionālas attīstības ministrijas oficiālās atskaitēs nacionālā un starptautiskā līmenī. Regulāru lauksaimniecības noteču monitoringu prasa gan ES normatīvie akti, gan arī *HELCOM* konvencija.

2. MONITORINGA STACIJAS MELLUPĪTE VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

Pirmoreiz Latvijā un arī visā Baltijas jūras austrumu reģionā tika izbūvēts un aprīkots moderns automatizēts lauka pētījumu objekts – monitoringa stacija Mellupīte, kas nodrošina precīzu un starptautiski salīdzināmu datu iegūvi un apstrādi.

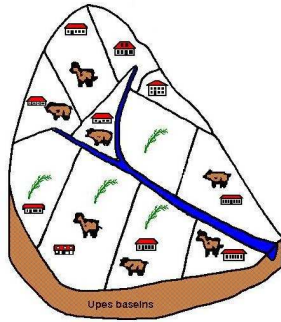


1. attēls. Monitoringa stacijas Mellupīte atrašanās vieta

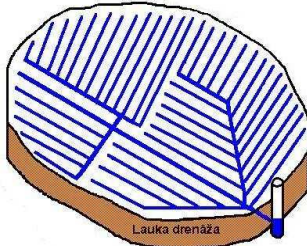
Pētījuma objekts tika paredzēts ilggadīgai darbībai un iekļaujas Baltijas jūras valstu lauksaimniecības noteču monitoringa tīklā (Bušmanis et al., 2002). Monitoringa stacija Mellupīte (1. att.) atrodas 160 km attālumā uz dienvidrietumiem no Rīgas Saldus novada Zaņas pagastā, Ventas upes baseina apgabalā.

2.1. Pētījumu līmeņi monitoringa stacijā Mellupīte

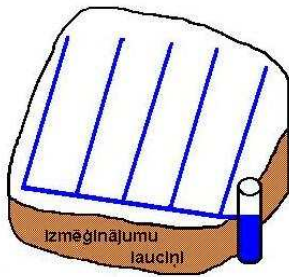
Monitoringa stacijā Mellupīte kopš 1997. gada darbojas pilns lauksaimniecības noteču monitoringa komplekss, kas sastāv no trim pakārtotiem līmeņiem (2. att.). Šie trīs savstarpēji pakārtotie līmeņi ļauj pilnvērtīgi veikt lauksaimniecības noteču monitoringu (3. att.) humīda klimata (nokrišņi pārsniedz iztvaikošanu) apstākļos. Tie ļauj analizēt, kādi ir augu barības vielu zudumi un to ietekme uz ūdeņu kvalitāti no dažāda izmēra platībām ar dažādiem saimniekošanas veidiem.



Mazā upes sateces baseina līmenī nosaka kopējās lauksaimniecības noteces no sateces baseina ar dažādiem saimniekošanas un zemes lietošanas veidiem, ar dažādu reljefu un augsnēm. Monitoringa stacijas Mellupīte mazā sateces baseina platība ir – 960 ha.

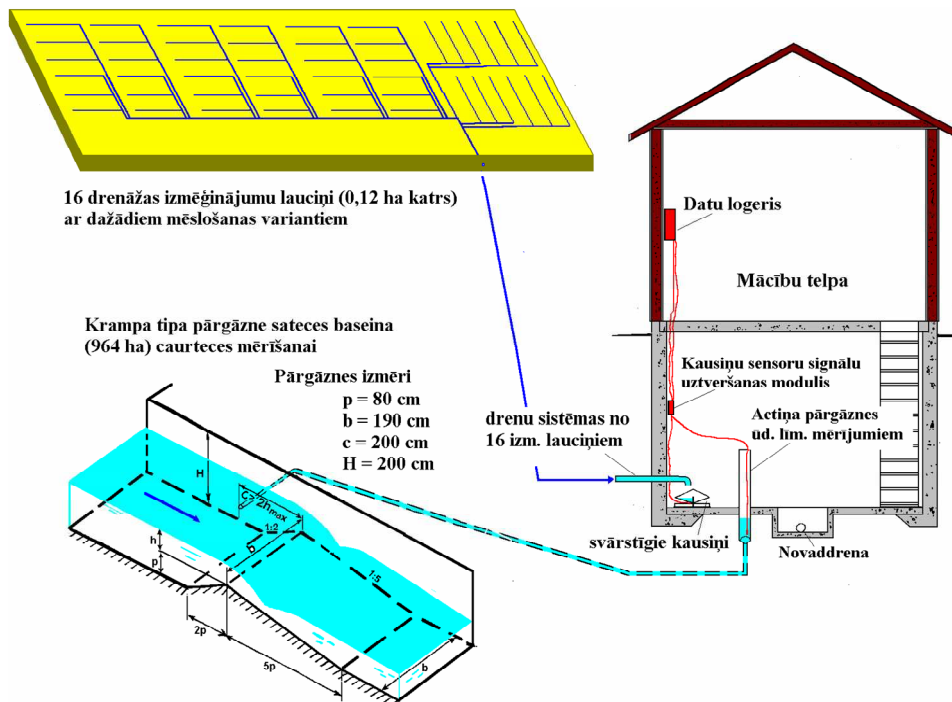


Drenu lauka līmenī tiek noteiktas biogēno elementu noplūdes no drenēta lauka. Lauka līmenī iespējams noteikt dažādu lauksaimniecības kultūru, mēslojuma, augsnes apstrādes ietekmi uz noteces kvalitātes rādītājiem. Monitoringa stacijas Mellupīte drenu lauka platība – 12.9 ha.



Izmēģinājumu lauciņu līmenī tiek pētīti augu barības vielu izskalošanās procesi augsnē atkarībā no mēslojuma veida, iestrādes laika, augu sekas un augsnes apstrādes. Izmēģinājumu lauciņu platība – 1.92 ha (Jansons et al., 2006).

2. attēls. Trīs savstarpēji pakārtoti pētījumu līmeņi (Jansons et al., 2006)

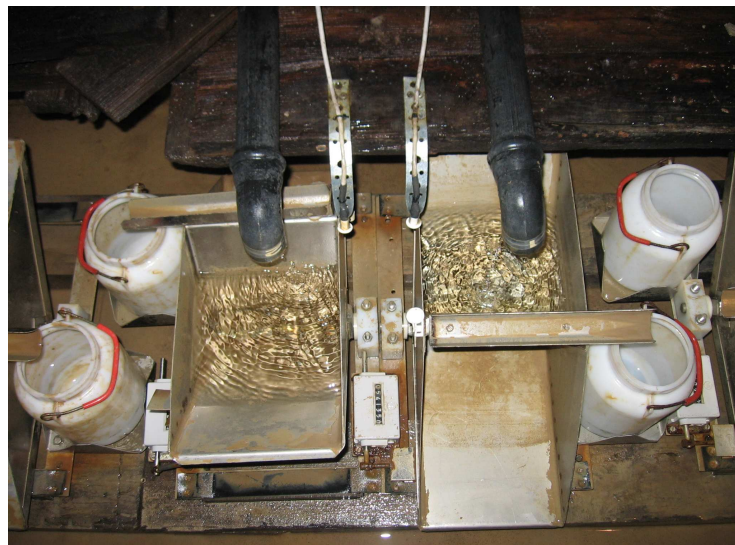


3. attēls. Monitoringa stacijas Mellupīte shēma (BEAROP, 1996)

Izmēģinājumu lauciņu sistēma tika ierīkota 1996. gada pavasarī saimniecības „Kaudzītes” teritorijā (BEAROP, 1996). Pētāmais objekts sastāv no 16 izmēģinājumu lauciņiem, kuru kopējā platība veido 1.92 ha.

Katra lauciņa lielums ir 0.12 ha (30x40 m), kuros iebūvētas trīs māla cauruļu zaru drenas (iebūves dziļums 1.1–1.2 m, attālums 11–12 m). Drenu sistēmu bloki norobežoti ar kontūrdrenām. No 2000. gada viena drenu sistēma tika aizstāta ar virszemes noteces mērīšanas lauciņu ar platību 0.55 ha. Lai zinātniski pamatotu dažādu mēslošanas sistēmu ietekmi uz biogēno elementu izskalošanos, ierīkoti izmēģinājumi ar pieciem mēslošanas variantiem trīs atkārtojumos. Lauciņi pēc pielietotās mēslojuma devas iedalās nemēsļotos, normāli (normāla minerālmēslojuma deva) un dubulti (dubulta minerālmēslojuma deva) mēsļotos lauciņos, kā arī ar kūtsmēsliem un šķidrmēsliem (virvcu) apstrādātos lauciņos (Jansons et al., 2003).

Izmēģinājumu lauciņu līmenī tiek noteikti biogēno elementu izskalošanās (noplūdes) procesi augsnē atkarībā no augu sekas un mēslojuma režīma. Veicot biogēno elementu noplūdes analīzi, tiek ņemti vērā arī meteoroloģiskie apstākļi.

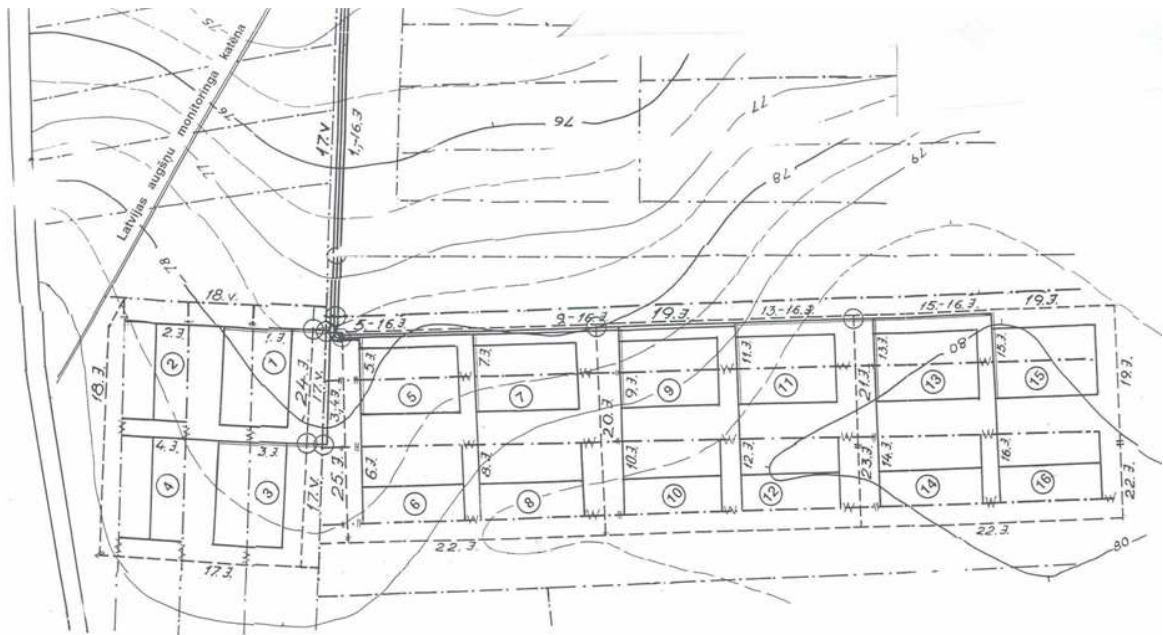


4. attēls. Kausiņi izmēģinājumu lauciņu drenu noteces un ūdens paraugu iegūšanai
(autores fotoattēls)

Veikts monitoringa stacijas Mellupīte datu aprēķins un analīze, pētot izmēģinājumu lauciņu līmeni. Izmantotie dati iegūti no LLU Vides un ūdenssaimniecības katedras. N un P koncentrācijas drenu notecē (4. att.), augu seka un izmēģinājumu lauciņos pielietotās mēslojuma devas raksturo periods no 1996. – 2010. gadam, izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa dati no

1998. – 2010. gadam, bet kultūraugu ražas un biogēno elementu noplūdes dati raksturo periods no 2005. – 2010. gadam.

Monitoringa stacijā Mellupīte no izmēģinājumu lauciņiem (5. att.) drenas savāc un novada koncentrētu augsnes šķīdumu. Notece no 16 lauciņiem tiek novadīta uz monitoringa stacijas mēriekārtām – svārstīgiem kausiņiem (Jansons et al., 2006), lai iegūtu datus par izmēģinājumu lauciņu drenu notecēm un ūdeņu paraugus proporcionāli caurplūdumam (4. att.). Kausiņu apgāšanos fiksē datu logeris. Drenu noteces slānis tiek aprēķināts visiem 16 izmēģinājumu lauciņiem.



Izmēģinājumu lauciņa numurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vidējais drenu iebūves dziļums, m	0.93	1.07	0.97	1.26	1.02	1.11	1.02	1.06	1.03	1.03	1.14	1.08	1.07	1.12	1.00	1.03

5. attēls. Izmēģinājumu lauciņu topogrāfiskais plāns

Ūdens paraugi hidroķīmiskajām analīzēm no lauciņiem, kas raksturo katru mēslošanas režīmu, tiek ņemti automātiski, proporcionāli caurplūdumam. Reizi mēnesī paraugi tiek nogādāti Latvijas Hidroekoloģijas institūta ķīmijas laboratorijā, kur ar akreditētām testēšanas metodēm nosaka kopējā slāpekļa (LVS 340:2001) un kopējā fosfora (LVS EN 1189:1996) savienojumu koncentrācijas (Jansons et al., 2006).

2.2. Augsnes raksturojums

Augsne ir zemes virsējā, bioloģiski aktīvā kārtā, kas sastāv no cietas vielas (minerālas un organiskas), ūdens un gaisa maisījuma un ir veidojusies dabas apstākļu un/vai cilvēka mērķtiecīgas darbības ietekmē. Tās veidošanās ir bioloģisku, ķīmisku un fizikālu norišu kopums (Ruža et al., 2004).

Augsnes auglība ir tās spēja nodrošināt kultūraugus ar augu augšanai un attīstībai nepieciešamajiem faktoriem: augus apgādāt ar barības elementiem un ūdeni, bet sakņu sistēmu – ar gaisu un siltumu, kā arī veidot labvēlīgu fizikāli ķīmisko vidi normālai augu augšanai un attīstībai (Lapiņš et al., 2001). Augsnes auglība ir dabā noritošo procesu un cilvēka saimnieciskās darbības rezultāts. Augsnes ar izteiktu struktūru ir auglīgākas, jo porā starp augsnes daļiņām ir gaiss un mitrums (Lapiņš et al., 2001).

Augsnes tips ir augsnes iedalījuma pamatvienība (taksons) Latvijas augšņu klasifikācijas sistēmā. Tajā apvieno augsnes, kas ir līdzīgas pēc ģenēzes, īpašībām, auglības, izmantošanas, kā arī izdala pēc dominējošā augsnes veidošanās procesa (Kārklīšs, 2008).

Viens no esošajiem augsnes tipiem monitoringa stacijā Mellupīte ir *brūnaugsnes tips* ar *tipiskās brūnaugsnes* apakštipu. Šis tips ietilps *1. klases automorfo augšņu* sastāvā. Automorfās jeb normāli mitrās minerālaugsnes veidojušās reljefa paaugstinājumos, kā arī līdzenumos, kur ir laba ūdens notece un gruntsūdens atrodas dziļi (Kārklīšs, 2008). Šīs augsnes nav pārmitras, un mitrumu tās iegūst, galvenokārt, no nokrišņiem. Organisko vielu (humusa) saturs šajās augsnēs nav liels.

Monitoringa stacijā Mellupīte dominējošās augsnes ir mālsmilts un smilšmāls.

Mālsmilts augsnes pārsvarā satur minerālu kvarcu, tās ir vieglas, gaisa un ūdens caurlaidīgas, tās nesaglabā ne mitrumu, ne barības vielas, trūdvielu saturs ir vidēji 2% (Miške et al., 2007). Mālsmilts sīkāk tiek sadalīta šādās apakšgrupās: ļoti smalka mālsmilts, smalka mālsmilts un rupja mālsmilts.

Smilšmāla augsnes ir smagākas, tās spēj saglabāt ūdeni, barības vielas un siltumu un ietver sevī daudz dažādu minerālu, kuros ir augiem lielākai daļai nepieciešamo elementu – kalcijijs, kālijs, dzelzs, sērs u.c. (Miške et al., 2007). Kaļķošana un trūdvielu ievadīšana ar kūtsmēslojumu un zaļmēslojumu padara smagās augsnes vieglākas, rada labvēlīgākus apstākļus augsnes mikroorganismu darbībai.

Lai raksturotu augšņu galvenos procesus un īpašības, monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņos noņemti 4 augšņu monolīti un 50 augšņu paraugi (Andersons, 1996). Pirmā augšņu paraugu izpēte tika veikta 1994. gadā. Reizi piecos gados ir jāveic augšņu paraugu atkārtota analīze.

Apskatot augsnes granulometriskā sastāva analīzi secināts, ka monitoringa stacijā Mellupīte mineraloģisko sastāvu galvenokārt veido baseinu nogulumi, kā arī rupjāki morēnu materiāli (4. profils).

1. un 3. profila uzbūve. Virsējie horizonti līdz 40 cm dziļumam, iekaitot aramkārtu, atbilst smagam putekļainam smilšmālam, apakšējie horizonti ir ievērojami smagāki un atbilst vieglam un vidējam mālam, bet dziļāko horizontu veido vidēji smags māls (Andersons, 1996).

2. profila uzbūve. Šeit konstatētas smagākas augsnes. Virsējie horizonti atbilst vieglam mālam, vidusdaļa – vidēji smagam, savukārt, apakšējā horizonta daļu (sākot no 50 cm dziļuma) veido smags māls. Tāds granulometriskais sastāvs lauksaimniecības augsnēs nav bieži sastopams. Šādai augsnei žūstot, veidojas dziļas un platas plaisas.

4. profila uzbūve. Šīs augsnes pēc granulometriskā sastāva atbilst vidējam smilšmālam (Andersons, 1996). Visus 4. profila horizontus veido māla saturs, kāds raksturīgs Latvijas tipiskām brūnaugsnēm.

Augsnes veidošanās gaitā tās virsējā horizontā uzkrājas humusvielas, kas ir dažādā pakāpē sadalīto augu un mikroorganismu atliekas. Augsnes humuss un nepilnīgi humificētās organiskās vielas ļoti labvēlīgi ietekmē daudzas augšņu īpašības un uztur augsnes auglību.

1. tabula.

Humusa saturs augšņu profilos (%)

Augsnes paraugšanas dziļums, cm	1. profils	2. profils	3. profils	4. profils
	Humusa saturs (%)			
0 - 10	3.04	3.15	2.94	2.78
10 - 20	3.13	3.01	2.64	2.63
20 - 30	2.51	2.42	1.01	0.56

Humusa vielu saturs (%) augšņu monolītos, palielinoties dziļumam, pakāpeniski samazinās (1. tab.), jo lielākais humusa saturs atrodas augsnes virskārtā.

No galveno augu uzturvielu skaita slāpekļis (N), fosfors (P) un kālijs (K) tiek vērtēts visbiežāk. Organisko slāpekli producē tauriņziežu dzimtas augi, kas spēj

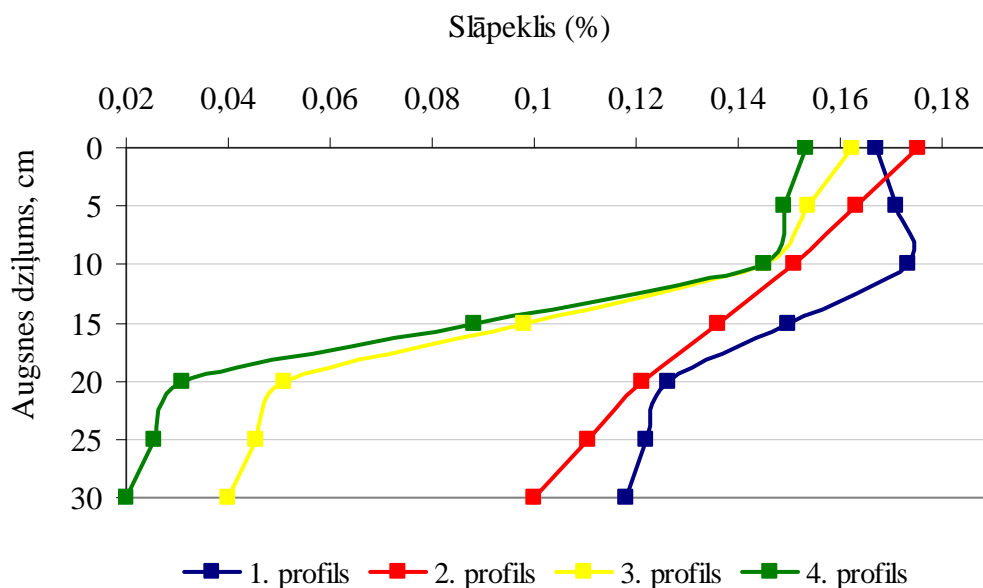
piesaistīt lielu daudzumu gaisā esošā slāpekļa. Tie spēj apgādāt ar N arī nākamā gadā sekojošo lauksaimniecības kultūru. Slāpekļis veidojas, pūstot saknēm un augu atliekām (Andersons, 1996). Tas saglabājas augsnē organisko vielu veidā un paliek humuskārtā, neizskalojoties no tās. Slāpekļis augsnes ūdeņos ir nitrātu formā. Pēc stiprām lietusegāzēm un pie lieliem sniega kušanas ūdeņiem nitrāti var izskaloties kā drenu noteces ūdeņi.

2. tabula.

Slāpekļa saturs augšņu profilos (%)

Augsnes paraugošanas dziļums, cm	1. profils	2. profils	3. profils	4. profils
	N (%)			
0 - 10	0.167	0.175	0.162	0.153
10 - 20	0.173	0.151	0.145	0.145
20 - 30	0.126	0.121	0.051	0.031

Pēc iegūtajiem mērījumiem, analizējot slāpekļa saturu (%) četros monolītos dažādos augsnes dziļumos secinu, ka N saturs ir mainīgs un palielinoties dziļumam, tā koncentrācijas samazinās (2. tab., 6. att.). Lielākās N vērtības sastopamas augsnes virskārtā (0 – 10 cm dziļumā), kur konstatēts arī lielākais humusa saturs.



6. attēls. Slāpekļa vērtību izmaiņas atkarībā no augsnes dziļuma

Fosfors ir svarīgs biogēns elements, bez kura nav iespējami augu sintēzes procesi. Tas ietilpst augu šūnās un saliktās olbaltumvielās. P trūkums augsnē un augos rada aizkavētu augšanu, novājēšanu un bojā eju (Žurnāls „Saimnieks”). Analizējot augšņu profilus pierādās, ka humuskārtās P nodrošinājums ir augsts. Zem humusa, kur parādās izteiktāka glejošanās un aerobo procesu mijiedarbība, P saturs ir krasi samazinājies. Fosfora savienojumi gleja horizontos vieglāk šķīst un izskalojas (Žurnāls „Saimnieks”).

Arī fosfora saturs augšņu profilos, palielinoties dziļumam, samazinās. Tā lielākās koncentrācijas sastopamas augsnes virskārtā – humuskārtā (0 – 20 cm dziļumā) (Andersons, 1996).

2.3. Hidroloģisko apstākļu raksturojums

Latvijas teritorija ietilpst humīdajā klimata zonā, kur vidējais nokrišņu daudzums (700 mm) ir lielāks par iztvaikošanu (450 mm), tādēļ drenāžai ir svarīga loma ūdens apsaimniekošanas sistēmā lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (LVA, 2003; Kladviko et al., 2008). Latvijā kopējā lauksaimniecības zemju platība sastāda 1.80 milj. ha, no tiem aptuveni 0.93 milj. ha tiek nosusināti (CSB, 2009).

Nokrišņi un sniega kušanas ūdeņi veicina augsnes piesātināšanos ar ūdeni. Augsnei esot pārmitrai, rodas ūdens pārpalikums un veidojas notece (Odiņš, 1963). Noteces sastāvu nosaka reljefs, sezona, augsnes tips, tās mehāniskais sastāvs, ar klimatiskiem apstākļiem saistītie organisko vielu mineralizācijas procesi augsnē, iestrādātais mēslojums (devas un termiņi), kultūraugu spēja izmantot biogēnos elementus ražas veidošanai, noteces veidošanās apstākļi un daudzi citi faktori un šo faktoru kompleksa mijiedarbība (Sarma, 1990; Jansons et al., 2006).

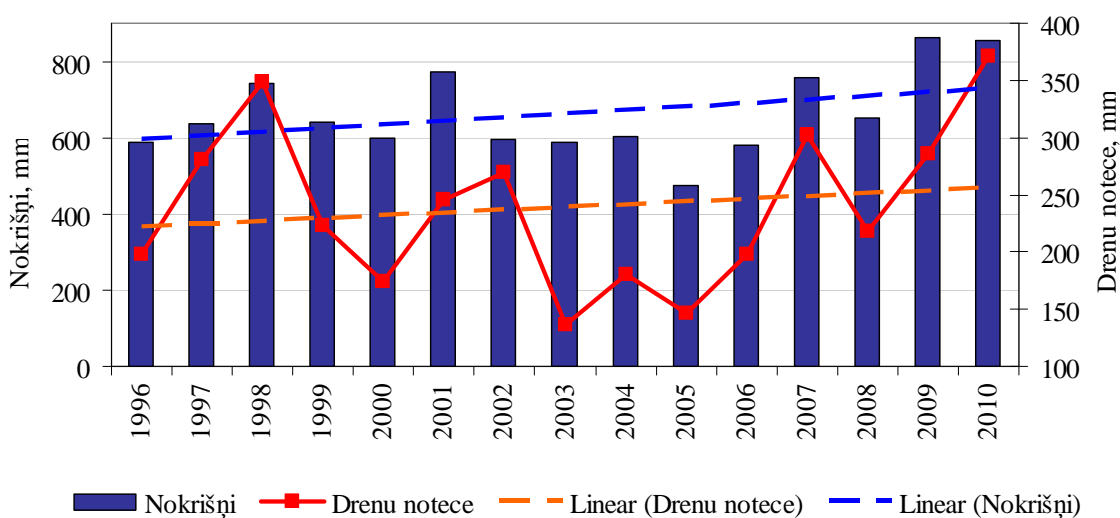
Drenu ūdeņi barojas no atmosfēras nokrišņiem (Buzek et al., 2009), tiem infiltrējoties augsnes profilā. Drenu notece veidojas, ja augsne ir piesātināta ar ūdeni un nokrišņi vai sniega kušanas ūdeņi pārsniedz summāro iztvaikošanu (Jansons et al., 2005).

Periodā no 1996. – 2010. gadam konstatēts 662 mm liels vidējais nokrišņu daudzums. Slapjākie gadi bijuši 2009. gads ar 862 mm, 2010. gads ar 855 mm un 2001. gads ar 773 mm lielu nokrišņu daudzumu. Pētāmā perioda sausākie gadi – 2005., 2006. gads, kad novērots attiecīgi 473 un 579 mm liels nokrišņu daudzumam (7. att.).

Periodā no 1996. – 2010. gadam konstatēts 238 mm liels gada vidējais drenu lauka noteces slānis. Lielākā drenu notece (372 mm) novērota 2010. gadā. Arī 1998. gadā konstatēts salīdzinoši augsts noteces slānis (349 mm), savukārt, mazākā drenu notece (137 mm) bijusi 2003. gadā.

Determinācijas koeficients (R^2) starp nokrišņu daudzumu un drenu noteci periodā no 1998. līdz 2010. gadam ir 0.635.

Palielinoties gada kopējam nokrišņu daudzumam, pieaug gada kopējais drenu noteces slānis, attiecīgi – nokrišņu daudzumam samazinoties, arī drenu notece samazinās.



7. attēls. Nokrišņu daudzums un drenu noteces slānis

Periodā no 1996. – 2010. gadam vērojams nokrišņu daudzuma un drenu noteces pieaugums (7. att.). Sīkāk analizējot 15 gadu periodu, konstatēta nokrišņu tendences mainība. Periodā no 1996. – 2001. gadam nokrišņu daudzumam ir tendence pieaugt, no 2001. – 2005. gadam tas samazinās, savukārt, no 2005. – 2010. gadam atkal pieaug. Līdzīga tendence vērojama arī drenu noteces izmaiņā.

Par iemeslu nokrišņu daudzuma pieaugumam var minēt Latvijā pēdējos gados (2009 – 2010) piedzīvotajām garajām un bargajām ziemām.

3. AUGU SEKAS IZVĒLE UN LAUCIŅU MĒSLOŠANAS REŽĪMS

Noteiktā platībā ilgstoši audzējot vienus un to pašus kultūraugus samazinās ražas, izplatās slimības un kaitēkļi, augsne noplicinās. Agronomiski pamatota augu maiņa ir svarīgs nosacījums ekonomiski un ekoloģiski veidotas lauksaimniecības sistēmas realizācijā (LLPN, 1999) tādēļ, lai uzturētu veselu un dzīvu (mikroorganismiem bagātu) augsni, ir jāievēro augu sekas maiņa. Augseka ir dotajiem vietas agroekoloģiskajiem un ekonomiskajiem apstākļiem vispiemērotākā kultūraugu maiņas sistēma laikā un telpā. Zemes izmantošanā kultūraugu audzēšanai ir jābalstās uz augu maiņas un augseku principa ievērošanu (LLPN, 1999), kas ļauj izmantot augsnes potenciālo auglību, tādēļ viens no pamatprincipiem ir neaudzēt vienā laukā 2 gadus pēc kārtas vienu un to pašu kultūru.

3.1. Augu sekas raksturojums

Augu sekas maiņa ierobežo kaitēkļu, slimību un nezāļu izplatību un to kaitīgumu kultūraugiem, paaugstina augu imunitāti, samazina biogēno elementu zudumus, palielina augsnes auglību, it īpaši radot apstākļus slāpekļa izmantošanai no gaisa (LLPN, 1999). Ievērojot augu maiņu, pilnīgāk tiek izmantota dabiskā augsnes auglība un samazinās pesticīdu un mēslošanas līdzekļu lietošanas nepieciešamība.

Plānojot augu seku, būtu jāņem vērā augšņu kvalitāte, tehniskais nodrošinājums, nepieciešamais lopbarības daudzums un citi faktori. Uzmanība ir jāpievērš tam, lai tiktu nodrošināta pozitīva organisko vielu bilance un biogēnie elementi tiktu izmantoti efektīvi (LLKC).

Augsekā periodiski ir jāaudzē kultūraugi, kuri mehāniski un ķīmiski sablīvētām augsnēm uzlabo augsnes struktūru un ūdens filtrācijas spēju. Labs bioloģisks paņēmieni ir dziļsakņu kultūraugu audzēšana (Lapiņš, Kažotnieks, 2001), kas ar savu sakņu sistēmu sekmē augšņu irdenumu un veicina ūdens migrāciju, tādēļ ir svarīgi drenētos laukos augu sekā izvēlēties kultūraugus ar dziļu, spēcīgu sakņu sistēmu (lucerna, rapsis, eļļas rutks, lupīna), kas novērš augsnes apakškārtas sablīvēšanos. Zālāji ir

vispiemērotākā lauksaimniecības kultūra augu sekā, jo tie uzlabo augsnes struktūru. Augsekai ar tajā iekļautajiem kultūraugiem jānodrošina optimāls agrofizikālo īpašību kopums. Atmirušās augu saknes bagātina augsni ar organiskajām vielām, kuras ar laiku uzņem kultūraugi (Šķiņķis, 1992; Lapiņš, Kažotnieks, 2001).

Lai samazinātu biogēno elementu izskalošanos svarīgi, lai daļa zemes rudens – ziemas periodā būtu aizņemta ar augiem vai augsnē neiestrādātām augu pēcpļaujas atliekām, ko dēvē par „zaļajām platībām” (LLPN, 1999). Līdzenumā to īpatsvaram vajadzētu sastādīt 50% no aramzemes. „Zaļās platības” funkcijas nodrošina:

- ziemāju graudaugi (kvieši, rudzi, mieži);
- ziemas rapsis;
- daudzgadīgie zālāji un dārzeni;
- augļu koki, ogu krūmi, zemenes;
- rugāji, zaļmēslojuma augu zelmenis, vienmērīgi izklidētas cukurbiešu lapas (LLPN, 1999).

Biogēno elementu izskalošanās samazināšanai ieteicams audzēt *starpkultūru* (LLPN, 1999). Tie ir augi (pasējas), kurus audzē zem galvenā kultūrauga vai pēc tā novākšanas, ko rezultātā izmanto lopbarībai vai augsnes ielabošanai. Starpkultūras izmanto pāri palikušos biogēnos elementus, novēršot to izskalošanos. Zeme tiek intensīvi izmantota, kā arī tiek iegūta papildus raža vai zaļmēslojums (LLPN, 1999). Izteikti humīdos reģionos vai nokrišņiem bagātos gados pasēja var pāraugt galveno kultūru un radīt problēmas ražas laikā (Risk Management Project, 2006). Kā starpkultūra tiek izmantoti āboliņš, zirņi, pupas, linsēklas.

Augu barības elementu bilance raksturo augu barības elementu uzkrāšanos vai zudumus saimniecībā (LLKC). Aprēķins pamatojas uz augu barības elementu ienesi saimniecībā un iznesi no tās. Pozitīva bilance norāda uz biogēno elementu uzkrāšanos saimniecības sistēmā, savukārt, negatīva – norāda uz elementu iztrūkumu, kas ilgtermiņā neatgriezeniski samazina biogēno elementu apjomu saimniecības sistēmā. Līdzsvars starp augu barības elementu ienesi saimniecībā un iznesi no tās norāda uz ilgtspējīgu saimniekošanu (LLKC).

Iznesa ir kopējais augu barības elementu daudzums, kas no augsnes un iestrādātajiem mēslošanas līdzekļiem ir uzkrājies audzētā kultūrauga biomasā un ar iegūto ražu vai tās daļu (pamatprodukciju) tiek novākts no lauka. Tā augu barības

elementu masa, kas atrodas nenovāktajās augu atliekās, mineralizējas un atgriežas augsnē, bagātinot esošos barības vielu krājumus (Kārklīšs, 2001).

Lai nodrošinātu pozitīvu organisko vielu bilanci, augsekā būtu jāiekļauj tauriņzieži (LLKC). Tajos ietilpst: lucerna, sarkanais āboliņš, bastardāboliņš, baltais āboliņš, amoliņi, zirņi, vīķi, pupas, lupīna, austrumu galega. No pasaulē plaši audzētām tauriņziežu sugām var minēt soju, lēcas un zemesriekstus.

Lielākā sakņu masa tauriņziežiem ir izvietota līdz 1.5 m dziļumam (LLKC), kas irdina augsni, kā arī ar sakņu izdalījumiem šķīdina grūti šķīstošos kalcija, magnija, fosfora un kālija savienojumus. Tā kā tauriņziežu dzimtas augi ar gumiņbaktērijām no gaisa piesaista slāpekli, tie ir ļoti svarīgi lauksaimniecībā. Veģetācijas periodā tauriņzieži var saistīt līdz pat 680 kg/ha gaisa slāpekļa (LLKC).

Augu sekā audzējamo kultūraugu izvēli ietekmē augsnes reakcija. Piemēram, skābās, nekaļķotās augsnēs nav iespējams audzēt tauriņziežus, kviešus, rapsi un citus augus (Žurnāls „Saimnieks”). Zemas ražas šādos apstākļos ir vasaras miežiem .

Plānojot augu seku, jāņem vērā kultūraugu spēju konkurēt ar nezālēm. Piemēram, rudzi augu sekā nepieciešami, jo tie spēj ierobežot nezāļu izplatību. Cīņā ar nezālēm labus rezultātus dod arī ziemas un vasaras sējumu maiņa (Žurnāls „Saimnieks”).

Atsevišķu kultūraugu audzēšanas īpašības

- Lai izmantotu vislielāko *āboliņa* efektu, augu sekā to vēlams atkārtot ne ātrāk kā pēc septiņiem gadiem. Āboliņš ir labākais priekšaugšs visām kultūrām, jo no gaisa piesaista slāpekli, tāpēc tas apgādā ar N arī nākošajā gadā sekojošo kultūru. Viens hektārs āboliņa var saistīt 150 – 200 kg slāpekļa. Izmantojams arī kā vērtīga zaļmēslojuma kultūra augsnes auglības palielināšanā, jo tā masa ļoti ātri sadalās un bagātina augsni ar barības elementiem un uzlabo tās struktūru. (Latvijas Agronomu biedrība)

Sarkanais āboliņš ir vērtīgs skrajceru lopbarības augs, kas labi pacieš sausumu. Āboliņam ir plašas audzēšanas iespējas, kuram labvēlīgas ir iekultivētas, nosusinātas augsnes ar pietiekamu kaļķa saturu, bet nepiemērotas – vieglas smilts un skābas augsnes (SIA „Latvijas šķirnes sēklas”). Kūdras augsnēs tam ir vājāka ziemcietība. Šī kultūra nodrošina augstu lopbarības kvalitāti, dzīvniekus apgādājot ar nepieciešamo proteīna, minerālvielu un vitamīnu daudzumu (Latvijas Agronomu biedrība).

- Ļoti svarīgi augu sekas sastāvā iekļaut eļļas augus, piemēram, *rapsi*, kas var kalpot fitosanitārā stāvokļa uzlabošanai. Tie samazina slimību iespējas. Ziemas un

vasaras rapsi neiesaka audzēt atkārtoti. Starplaikam jābūt vismaz 5 – 6 gadi, jo augsnē var saglabāties augu slimību izraisītāji (Lapiņš, Kažotnieks, 2001). Rapsim ir izteiktas prasības pret trūdvielu un barības elementu saturu augsnē, granulometrisko sastāvu un tās struktūru sējas laikā.

- *Zirņi* ir bioloģiski saistītā slāpekļa avots. Tie nekad netiek audzēti atkārtoti. To nosaka slāpekļa bilance augsekā, pastiprinātās slimību un kaitēkļu izplatības iespējas (Lapiņš, Kažotnieks, 2001). Zirņus bieži audzē mistros ar labībām, kuri kalpo kā kultūraugu sanitārs.

3. tabula.

Augu seka izmēģinājumu lauciņos (1996 – 2010)

Gads	Kultūra
1996	auzas + āboliņš
1997	āboliņš
1998	ziemas kvieši
1999	vasaras mieži
2000	ziemas rapsis
2001	zirņi
2002	vasaras mieži
2003	vasaras mieži + āboliņš
2004	āboliņš
2005	ziemas kvieši
2006	vasaras mieži
2007	ziemas rapsis
2008	ziemas kvieši
2009	vasaras mieži
2010	ziemas kvieši

Avots: VŪS katedras monitoringa dati

Monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņos kultūraugu maiņas sastādīšana bija uzticēta sadarbojoties ar LLU Laukkopības katedras agronomiem. Augu sekā (3. tab.) iekļauti kultūraugi, ņemot vērā augsnes īpašības un saimniecības specializāciju – augkopība ar pamatnozari – graudkopība (Bušmanis et al., 2002). Lai

uzturētu trūda satura pozitīvu bilanci, netiek audzēti rušināmaugi, bet augsekā iekļautas labības un āboliņš.

Monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņos stingri ievērota kultūraugu maiņa. Ziemas rapsis audzēts ar nepieciešamo starplaiku – 6 gadi. Augu sekā ieviestas arī tauriņziežu lauksaimniecības kultūras – zirņi un āboliņš, kā arī veidotas kultūraugu kombinācijas, kā pasēju izvēloties āboliņu. 2001. gadā kā priekšaugus vasaras miežiem iekļauti zirņi. Ievērota vasarāju un ziemāju sējas maiņa.

3.3. Pielietotās mēslojuma devas izmēģinājumu lauciņos

Augsnī nodrošinot ar pietiekamu augu barības elementu daudzumu, tiek radīti labvēlīgi apstākļi ilgstošai un stabilai augsnes resursu izmantošanai un kultūraugu ražības nodrošināšanai (Vucāns et al., 2003). Nosakot mēslojuma devas, jānovērtē augsnes dabiskā auglība. Neadekvāti pielietots mēslojums var veicināt biogēno elementu uzkrājumus augsnē un to zudumus, izskalojoties no augsnes profila. Lai veicināt augu barības elementu pilnīgāku un lietderīgāku izmantošanu un apriti, svarīgi izstrādāt mēslošanas sistēmu (Kārklīšs, 2001), kas, iespējams, samazinātu biogēno elementu zudumus.

Agroķīmiskajos pētījumos ir pierādīts: lai iegūtu augstu un labas kvalitātes ražu, augu barības vielu šķīdumos atbilstoši audzējamās lauksaimniecības kultūras prasībām ir jābūt slāpeklim, kalcijam, fosforam, kālijam, sēram u.c., ievērojot elementu proporcionālās attiecībās (Žurnāls „Agropols”). Bez koriģēšanas ar minerālmēslojuma to nav iespējams sabalansēt tādēļ, lai iegūtu kvalitatīvu maksimālo ražu, ir jāpanāk visu faktoru un ķīmisko elementu vienlaikus klātbūtne augsnē. Nepielietojot minerālmēslojumu, bet mēslojot augsni tikai ar kompostu un nelietojot labas kvalitātes kūtsmēslus vajadzīgās devās, nav iespējams kompensēt tos biogēnos elementus, ko iznes ar ražu un kas izskalojas no augsnes. Ir svarīgi ik gadu atjaunot tos augiem uzņemamos biogēno elementu krājumus (Žurnāls „Agropols”), ko augsne pastāvīgi zaudē.

Kūtsmēsli ir labākais organiskais mēslojums, kas atbilstošās devās apmierina augu prasības pēc N, P, K, Ca, Mg un daudziem citiem makro un mikro elementiem (Žurnāls „Agropols”). Viena tonna kūtsmēslu (20% sausnas) atbilst 15 kg augu barības

elementu masai. Ar mazām kūtsmēsļu devām pozitīvu augu barības vielu bilanci ir grūti noturēt, tāpēc, ja nav iespējams pielietot kūtsmēslojumu, kā zaļmēslojuma kultūras iesaka audzēt eļļas rutkus, lupīnu u.c. (Žurnāls „Agropols”).

Būtiski, ka vasarājiem ir raksturīgs īss augu barības vielu uzņemšanas periods, tādēļ svarīgi mēslošanas līdzekļus pielietot īstajā laikā. Līdz stiebrošanas sākumam vasarāji uzņem apmēram 45% no nepieciešamā fosfora (LLKC), savukārt, ziedēšanas sākumā tie pārstāj uzņemt barības vielas. Slāpekli graudaugi visvairāk uzņem stiebrošanas un vārpošanas laikā, kas ir labākais līdzeklis kultūraugu ražas palielināšanai. Fosfors ir mazkustīgs elements, tādēļ tas ir jāiestrādā augsnes virsējā kārtā. Tas ilgu laika periodu spēj uzturēties tur, kur tika pielietots – augu sakņu zonā un neizskalojas tik ātri kā slāpeklis.

4. tabula.

Kultūraugu rotācija un pielietotās mēslojuma devas (1996-2010)

Gads	Kultūraugs	Normāla mēslojuma deva		Dubulta mēslojuma deva	
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
		Minerālmēslojums, kg/ha			
1996	auzas + āboliņš	50	69	100	138
1997	āboliņš	-	-	-	-
1998	ziemas kvieši	70	46	140	92
1999	vasaras mieži	70	46	140	92
2000	ziemas rapsis	80	46	160	92
2001	zirņi	8	40	16	80
2002	vasaras mieži	12	46	24	92
2003	mieži + āboliņš	60	69	120	138
2004	āboliņš	-	-	-	-
2005	ziemas kvieši	30+60	46	30+120	92
2006	vasaras mieži	80	69	160	138
2007	ziemas rapsis	80	46	160	92
2008	ziemas kvieši	70	46	140	92
2009	vasaras mieži	80	69	160	138
2010	ziemas kvieši	70	46	140	92

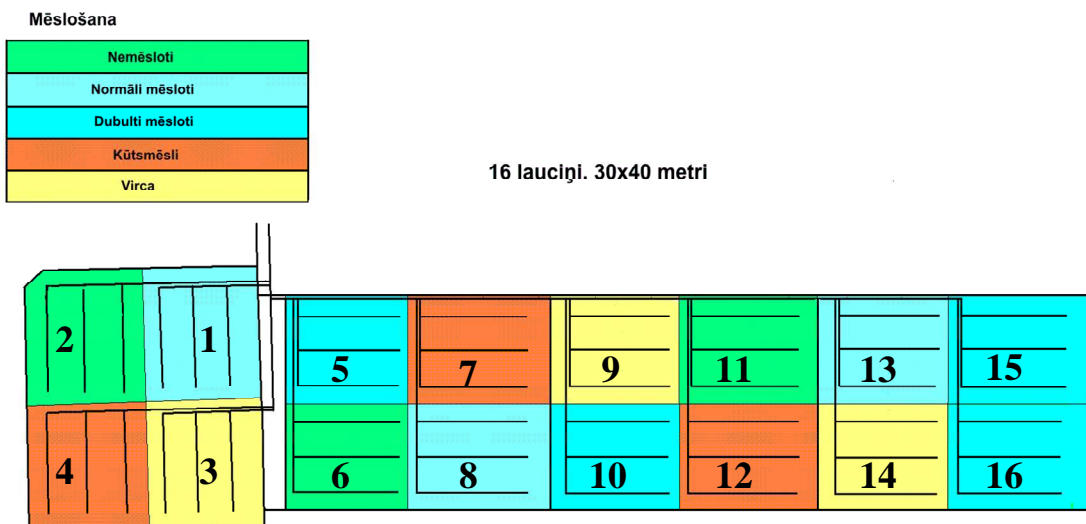
Ar normāla minerālmēslojuma devu (4. tab.) augsnē tiek ienests tāds N, P tīrvielu daudzums, kas pietiekams vidējas sagaidāmās ražas ieguvei dotajam augsnes tipam (Bušmanis et al., 2002). Dubulta minerālmēslojuma deva attiecīgi ir divas reizes lielāka.

Mēslošanas devas ir atkarīgs no augu sekā izvēlētajā kultūrauga prasībām, kuras katram kultūraugam aprēķina atsevišķi.

Izmēģinājumu lauciņi pie vieniem un tiem pašiem klimatiskajiem apstākļiem, augsnes uzbūves, kā arī pie vienas augu sekas un augsnes apstrādes, bet pie dažādiem mēslošanas variantiem parāda biogēno elementu izskalošanās procesus augsnē (Jansons et al., 2003). Šajā līmenī tiek pētītas augsnes, kultūraugu, barības vielu un ūdens attiecības. Lauciņi ļauj novērtēt, kā dažādu mēslošanas līdzekļu lietošana un to devas spēj ietekmēt biogēno elementu izskalošanos un drenu noteces ūdens kvalitātes pasliktināšanos. Šajā pētniecības līmenī iespējams noteikt dažādu kultūraugu spēju izmantot augsnē esošos biogēnos elementus.

Monitoringa stacijā Mellupīte izveidoti 16 izmēģinājumu lauciņi ar pieciem dažādiem mēslošanas variantiem (8. att.). Tie ir sekojoši:

- trīs nemēsloti lauciņi (MA) – 2., 6., 11., 16. (līdz 2000. gadam) lauciņš;
- trīs normāla mēslojuma devu lauciņi (MB) – 1., 8., 13. lauciņš;
- četri dubulta mēslojuma devu lauciņi (MC) – 5., 10., 15. (līdz 2000. gadam), 16. lauciņš (no 2000. gada);
- trīs ar kūtsmēsliem mēsloti lauciņi (MD) – 3., 9., 14. lauciņš;
- trīs ar šķīdramēsliem (vircu) mēsloti lauciņi (ME) – 4., 7., 12. lauciņš.



8. attēls. Monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņu shēma ar dažādiem mēslošanas variantiem (Jansons et al., 2003)

3.2. Izmēģinājumu lauciņi

Lauksaimniecības noteču monitoringa rokasgrāmatā (2003) noteikts, ka izmēģinājumu lauciņu ierīkošanai nepieciešama pietiekoši līdzena platība, ar homogēnu augsni un hidroģeoloģiskiem apstākļiem. Lauciņi jāsadala vienādās regulāras formas platībās (LVA, 2003). Viena lauciņa minimālo lielumu nosaka drenu kopējais garums lauciņā, kas atkarībā no grunts sastāva ir vidēji 120 – 250 m. Izmēģinājumu lauciņu skaitu (9 – 15) nosaka izmēģinājumu variantu skaits un nepieciešamais atkārtojumu skaits (vismaz 3 atkārtojumi). Jānodrošina lauciņu norobežošana ar kontūrdrenām. Izvēloties monitoringam drenu lauciņu vietu, svarīgi nodrošināt mēriekārtu uzstādīšanai vajadzīgo 40 – 60 cm ūdens līmeņu starpību (LVA, 2003).

Izmēģinājumu lauciņu pielietošana noteces analīzes pētījumos sākās Amerikas Savienotajās Valstīs (ASV) 1920. gados. Uzskaitītas dažas problēmas, kas saistītas ar noteces pētījumiem izmēģinājumu lauciņos (Hudson, 1993):

- Lielas lauciņu izbūves un uzturēšanas izmaksas;
- Ir būtiska objekta atrašanās vieta, bet tā kā pētījumam ir nepieciešami konkrēti apstākļi, to nodrošināšanas rezultātā pētījuma objektu nākas ierīkot attālos reģionos;
- Nepieciešama rezerves mēraparatūra;
- Lai veiktu pilnvērtīgus noteces pētījumus izmēģinājumu lauciņos, nepieciešams ierīkot arī ūdens smidzināšanas sistēmu.

Izmēģinājumu lauciņu iedalījums pēc to platības:

- *Mini lauciņi* (1 vai 2 m²) ir piemēroti, ja pētījuma mērķis ir salīdzinoši vienkāršs, piemēram, salīdzināt divus režīmus, kurus būtiski ietekmē teritorijas mērogs.

Kā piemēru var minēt izmēģinājuma lauciņus Malāvijas Republikā, kur nelielās platībās tika pētīta virszemes notece tējas krūmu plantācijās, kas noklāta ar zāliena mulču (9. att., a). Precizitāte eksperimentam nebija augsta, bet vienkārša – uztvertā notece tika novadīta uz tvertnēm (Hudson, 1993). Šis pētījums tika turpināts 10 gadus un rezultātā noskaidrots, kā mainās virszemes notece, pieaugot tējas krūmiem. Savukārt, apakšējais attēls (9. att., b) raksturo kukurūzas audzēšanas pētījumus Nigērijā.

- *Maza izmēra lauciņus* (aptuveni 100 m²) parasti piemēro pētījumiem, kuru mērķis ir analizēt augu seku, kultūras veidu un ražas, vai arī jebkuriem citiem pētījumiem, kuri varētu atbilst lauka mērogam (Hudson, 1993). Maza izmēra lauciņus ievieš pētījumiem, kuru izmērs neietekmē rezultātus.



a

- *Lauka izmēra izmēģinājumu lauciņu* platība ir aptuveni 1 ha. Tos izmanto gadījumos, kad pētījumu nevar realizēt maza izmēra lauciņos (Hudson, 1993).



b

9. attēls. Mini lauciņu veidi (Hudson, 1993)

Lietuvā izveidots līdzīgs izmēģinājumu lauciņu pētījumu objekts kā monitoringa stacijā Mellupīte, kas atrodas valsts centrālajā daļā. Sistēma sastāv no 8 atšķirīga izmēra (0.73 – 1.3 ha) izmēģinājumu lauciņiem, kuros drenu sistēma izbūvēta ar dažādiem iebūves attālumiem (Baigys et al., 2011). Augsnes apstrāde lauciņos tiek veikta trīs dažādos veidos. Pētījumā tiek analizēta drenu ūdens kvalitāte atkarībā no augu sekas, pielietotās mēslojuma devas. Pētīts drenu noteces slānis pie trim dažādiem augsnes apstrādes veidiem (Baigys et al., 2011).

Pirmos drenāžas lauka izmēģinājumus Latvijā iekārtoja tikai trīsdesmito gadu otrajā pusē, un tā kā tiem piemita dažas metodiska rakstura nepilnības, novērojumi tajos bija īslaicīgi. Smilga (2004) uzver, ka dažādos laikos republikā pavisam iekārtotas ap 300 izmēģinājuma drenāžas sistēmas, no kurām lielākajā daļā veikti ilglaicīgi sistemātiski drenāžas darbības novērojumi. Lai noskaidrotu optimālas drenēšanas intensitāti dažādās augsnēs, tika veikti pētījumi, drenu sistēmās ar dažādiem diametriem

izmantojot gan plastmasa, gan māla drenas, gan arī pielietojot dažādus drenu iebūves dziļumus (0.6 – 1.8 m) un atstatumus (6 – 42 m).

Lai noskaidrotu nepieciešamo augšņu drenēšanas intensitāti, 1949. gadā Zemgales līdzenuma (Pēterlauku saimniecībā) smagajās velēnu karbonātu augsnēs uzsāka sistemātiskus drenāžas darbības pētījumus (Smilga, 2004). Pētījuma uzdevumos ietilpa noskaidrot nepieciešamo drenēšanas intensitāti visos galvenajos susināmo augšņu tipos, ņemot vērā klimatiskos un hidroloģiskos apstākļus un platību izmantošanas veidu. Šai nolūkā Pēterlauku izmēģinājumu stacijā tika iekārtotas izmēģinājuma drenāžas sistēmas ar dažādiem drenu atstatumiem (10 – 22 m) un dziļumiem (0.9 – 1.5 m). Arī Talsu rajona kolhozā „Draudzība” tika iekārtots izmēģinājuma drenāžas sistēmas – variantu objekts, kurā tika pētīta drenu atstatuma un iebūves dziļuma ietekme uz noteces slāņa veidošanos (Šķiņķis, 1986).

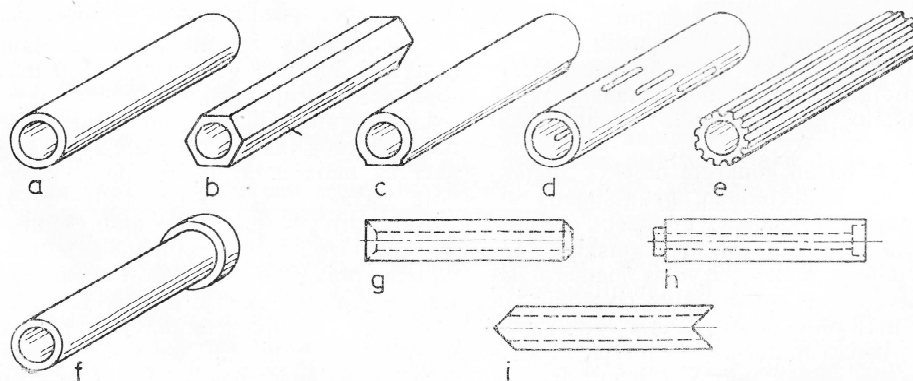
Lai novērtētu augsnes ūdens režīma un nosusināšanas nepieciešamību kā objektīvs paņēmieni ir īslaicīgi gruntsūdens līmeņa novērojumi raksturīgos augsnes samitrinājuma apstākļos, kas 1980. gadu otrajā pusē tika izstrādāts un pārbaudīts Latvijā. Vairākos projektējamās drenāžas objektos (Kromāni, Ģērķēni, Magazīnieki) tika noskaidrota paņēmiena lielā efektivitāte drenu tīkla optimālā izvietojumā (Smilga, 2004).

4. DRENĀŽAS IETEKME UZ BIOĢĒNO ELEMENTU NOPLŪDĒM

Drenu sistēma (drenāža) ir hidrauliski saistītu un pakārtotu drenu vadu un būvju kopa (MK not. Nr. 631, 2005), kas uztver un novada augsnes vai filtrācijas ūdeņus atklātā gultnē. Sistēmu veido susinātājdrenas un kolektori ar drenāžas būvēm. Atkarībā no nosusināmās platības hidroģeoloģiskajiem un topogrāfiskajiem apstākļiem un zemes izmantošanas veida projektē sistemātisko (vienlaidu) vai vietumējo (izlases) drenāžu. Drenu sistēmas uzdevums ir uztvert lieko augsnes ūdeni no sakņu zonas un pazemināt gruntsūdens līmeni, sekmējot lauksaimniecības produkciju (Ritter et al., 2001).

Drenu sistēmu piemēro slapjām augsnēm ar pietiekami augstu hidraulisko vadītspēju, kā arī vietās, kur ir pieejama piemērota izplūde vai drenāžas uztvertos ūdeņus ir iespējams novadīt atsūknējot (USDA, 2001).

Drena ir meliorācijas sistēmas vai hidrotehniskās būves pazemes konstrukcija augsnes un filtrācijas ūdeņu uztveršanai un novadīšanai, kas izveidota kā caurule vai dobumains ķermenis no grunts, vietējiem vai rūpnieciski ražotiem materiāliem (MK not. Nr. 631, 2005). Drenāžai lieto māla (10. att.) un polimēru materiālu (plastmasas) drenu caurules.



10. attēls. Māla drenu cauruļu veidi

a, b – cilindriskās un sešskaldņu drenas, c – drenas ar vienu skaldni, d – perforētās drenas, e – rievotās drenas, f – drenas ar gala paplašinājumu – uznavu, g – drenas ar fāzīti, h – drenas ar gala iemavu, i – drenas ar figurālu gala izveidojumu (Sauka et al., 1987).

Klimatiskie apstākļi noteikuši, ka Latvijā lauksaimnieciskā ražošana ir vairāk atkarīga no nosusināšanas salīdzinot ar Eiropas valstu vairākumu. Igaunijā nosusināšana nepieciešama 72%, Lietuvā 60%, Polijā 40%, Vācijā 31 % no visām lauksaimniecībā izmantojamām zemēm, bet Latvijā pārlieku mitro lauksaimniecības zemju īpatsvars veido 94% (Smilga, 2004). Lübbe (2008) novērojis, ka Eiropā no ziemeļiem uz dienvidiem un no rietumiem uz austrumiem samazinās drenāžas nepieciešamības vajadzības.

Lai gan drenāžas mērķis ir veicināt teritorijas nosusināšanu un kultūraugu ražas apjoma un kvalitātes paaugstināšanu, drenu sistēmas darbība videi var radīt negatīvas sekas, piemēram, pielietotā minerālmēslojuma un pesticīdu izskalošanos. Drenāžas uztvertie ūdeņi satur vielas, kas ir potenciālie vides piesārņotāji. (Bērziņš, Teivens, 1973; Davis, Hirji, 2003)

Drenāžas hidroloģisko darbību raksturo noteces režīms, gruntsūdens līmeņa svārstību režīms, augsnes mitruma režīms un izmaiņas aerācijas zonā (Uiska, 1958).

Augsnes tips, horizontu izvietojums, augsnes hidrauliskās īpašības un hidrauliskā vadītspēja nosaka drenu sistēmas izbūves dziļumu un attālumu. Arī augu sakņu dziļums spēj ietekmēt sistēmas izbūves īpašības (Ritter et al., 2001).

Monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņu līmenī iebūvētas māla drenas, katrā lauciņā izbūvējot trīs māla zaru drenas ar vidējo iebūves dziļumu 1.1 – 1.2 m. Drenu sistēmu bloki norobežoti ar kontūrdrenām.

4.1. Drenu sistēmas efektivitāte un trūkumi

Drenāžai ir svarīga nozīme ūdens apsaimniekošanas jomā humīdos reģionos, tomēr tai ir arī negatīva ietekme, izraisot biogēno elementu izskalošanos no augsnes (Kladivko, Bowling, 2008). Drenu sistēma ietekmē ne tikai augsnes ūdens režīma izmaiņas, bet arī noteces kvalitāti nosusinātajās platībās, īpaši lauksaimniecībā intensīvi izmantotajās teritorijās (Uiska, 1958; Burt et al., 1993).

Nosusināšanas sistēmas ierīkošanas rezultātā izmainās ūdens režīms, augšņu fizikālās un agroķīmiskās īpašības, siltuma un barības vielu režīms, kā arī pagarinās augu veģetācijas periods (Šķiņķis, 1992). Drenāžas galvenais uzdevums ir panākt tādu ūdens, gaisa un barības vielu režīmu augsnē, kas nodrošina kultūraugu maksimālo ražu

iegūšanu (Bērziņš, Teivens, 1973) un atvieglina mehanizētu zemes apstrādāšanu, sējumu kopšanu un ražas novākšanu. Nosusinātās platībās augu sakņu sistēma veidojas daudz biezākā zemes slānī (Sauka et al., 1987) un izmanto tur esošās augu barības vielu rezerves un ūdeni, samazinot izskalošanās draudus.

Labi nosusinātās augsnēs kultūraugi mazāk cieš no sausuma, nekā nenosusinātās (Zīverts, 2001). Tas izskaidrojams ar to, ka šādās augsnēs kultūraugu saknes iespiežas dziļāk un līdz ar to sausuma periodos augiem ir pieejami lielāki mitruma krājumi. Augu saknes nosusinātu augsni uzirdina dziļāk un veicina stabilu augsnes struktūras agregātu veidošanos.

Veicot augsnes nosusināšanu, var samazināt plaknes eroziju un virszemes noteci (Šķiņķis, 1986). Nedrenētos laukos virszemes noteces apjoms ir daudz lielākas kā drenētos laukos (Zucker, Brown, 1998), līdz ar to barības vielu zudumi nedrenētos laukos ir lielāki. Drenu sistēma samazina fosfora koncentrācijas, jo to veidošanos, galvenokārt, ietekmē virszemes noteci.

Drenāža veicina augsnes ūdens resursu labāku izmantošanu. Nedrenētās augsnēs ūdens vairāk tiek patērēts vai aizvadīts veģetācijas periodā, bet drenētās augsnēs – neveģetācijas periodā (Šķiņķis, 1992), kad tas augiem nav vajadzīgs. Šīs ūdens bilances izmaiņas ir viens no iemesliem, kāpēc drenētas augsnes ir ievērojami sausākas slapjos periodos un kāpēc vairums drenēto augšņu parasti ir nedaudz mitrākas ļoti sausās vasarās (Šķiņķis, 1992).

Jo augsne intensīvāk nosusināta, jo ātrāk tā atkūst. To veicina kūstošā sniega ūdeņu intensīva filtrēšanās caur drenētās augsnes sasaluma slānim. Novērots, ka nosusinātas minerālaugsnes atkūst par dažām dienām, bet kūdras – par 10 – 12 dienām agrāk nekā nenosusinātas. Drenētās zemes pavasarī var par 2 – 3 nedēļām agrāk apsēt un līdz ar to var iegūt augstākas ražas (Sauka et al., 1987).

Drenāža veicina gaisa apmaiņu augsnē (Bērziņš, Teivens, 1973), kā rezultātā intensīvi darbojas derīgie aerobie mikroorganismi, kas paātrināti noārda organiskās vielas un veicina augu barības vielu rašanos.

Strūbergs (1999) uzver, ka viena no drenāžas priekšrocībām ir tās lielais darba ilgums. Pašreiz Latvijā teicami darbojas pat 20. gs. sākumā baronu zemēs izbūvētās drenu sistēmas. Par neapmierinošu mitruma režīmu drenētās platībās liecina ilgstoša virszemes ūdens uzkrāšanas mikroreljefa padziļinājumos un augsnes virsējā (0 – 50 cm) slānī.

4.2. Drenu noteces raksturojums

Par lieko mitrumu augsnē uzskata lauksaimniecības kultūru attīstībai nevēlamu, kaitīgu ūdens daudzumu, kas piepilda augšnes poras un pamazina gaisa apmaiņu, aerobo mikroorganismu darbību un barības vielu rašanos augsnē, padara augšnes neauglīgas un veicina to pārpurvošanos (Bērziņš, Teivens, 1973).

Mitruma režīms ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka augšnes auglību (Sauka, 1970) un tās tehnoloģiskās īpašības. Raksturojot augšnes mitruma režīmu, parasti aplūko augšnes aktīvo slāni, kurā izplatās augu saknes un no kuras augi ņem mitrumu. Augšnes aktīvā slāņa ūdens bilances veidošanā piedalās vairāki faktori. Nozīmīgākie ir nokrišņi, virsūdeņu pietece un notece, gruntsūdens pietece un notece, kapilārā ūdens pieplūde un noplūde, iztvaikošana no augšnes (Sauka, 1970).

Notece ir ūdens aprites dabā sauszemes posms, kurš notiek pa zemes virsmu (virszemes notece), augšni un iežu slāņiem (pazemes notece), bet *noteces slānis* – noteces apjoms no sateces baseina laukuma vienības, kas izteikts ūdens slāņa milimetros (MK not. NR. 631, 2005).

Nosusināšanas sistēmas nodrošina augšnes brīvo jeb gravitācijas ūdens novadīšanu. Liekā ūdens uztveršanas un novadīšanas ietekmi uz augšnes ūdens bilanci raksturo drenu noteces režīms (Sauka, 1970). Ja nokrišņi vai sniega kušanas ūdeņi pārsniedz summāro iztvaikošanu, augsnē ir pārlietu liels mitrums un tā ir piesātināta ar ūdeni – veidojas drenu notece (Jansons et al., 2005). Drenu notece raksturo to gravitācijas ūdens daudzumu, ko uztver un novada drenas. Gravitācijas ūdens daudzums, kas ar drenāžas starpniecību tiek novadīts no augšnes aktīvā slāņa, ir atkarīgs no drenu ūdens uzņemšanas un caurplūdes spējām (Valters, 1995). Šis ūdens daudzums ir būtiska ūdens bilances sastāvdaļa.

Noteces apjoms ir viens no hidroloģiskās darbības pamatrādītājiem (Šķiņķis, 1992), kas atkarīgs no klimatiskajiem, hidrometeoroloģiskajiem, ģeomorfoloģiskajiem, hidroģeoloģiskajiem apstākļiem (iežu ūdenscaurlaidība, gruntsūdens un pazemes plūsmas intensitāte), baseina mežainuma, purvainuma, augšnes tipa.

Latvijā drenāža gadā vidēji novada 210 – 220 mm. Izteikti mitros gados ar lielu nokrišņu daudzumu – pat vairāk kā 500 mm liekā ūdens, savukārt, Lietuvā drenu sistēma gadā vidēji novada 130 – 140 mm, bet Polijā un Vācijā – ne vairāk kā 70 mm (Smilga, 2004).

Māla augsnēs ar vājāku ūdens caurlaidību drenu notece ir ievērojami mazāka nekā viegla smilšmāla un mālsmilts augsnēs. Šķiņķis (1992) to izskaidro tā: vieglākās augsnēs lietus un sniega kušanas ūdeņi ātrāk izfiltrējas un mazāk notek pa zemes virsu. Mehāniski sablīvētā, vāji filtrējošā augsnē, samazinoties drenu notecei, krasi palielinās virszemes noteces apjoms un intensitāte.

Pēc augsnes drenēšanas samazinās virszemes notece un izmainās summārās iztvaikošanas lielums. Nedrenētos laukos, salīdzinājumā ar drenētajiem, virszemes notece ir 2.2 – 3.5 reizes lielāka, bet summārā iztvaikošana par 10–15% (Šķiņķis, 1992). No drenētiem laukiem ūdens mazāk iesūcas dziļākos augsnes slāņos. Grāmatā „Augšņu drenēšana” minēts, ka vislielākās noteces vērojamas pauguru piekāvē, mazākās – pauguru virsotnē (Šķiņķis, 1992).

Atsevišķo faktoru īpatsvars drenāžas noteces veidošanā ir atšķirīgs pa sezonām (Šķiņķis, 1992). Vasarā, kad gruntsūdens ir samērā dziļš, drenāžas notece novērojama reti – tā novada 2–6% no kopējās noteces daudzuma. Sastopami periodi, kad ūdens plūsma izsīkst laikā no maija līdz septembrim. Pēc sausā vasaras perioda tā parādās rudens sākumā. Drenu sistēma lielāko ūdens daudzumu uztver un novada pavasara plūdu laikā, kā arī sniega kušanas periodā, kad augsne ir sasalusi. Ziemas atkušņu laikā un pavasarī, sniegam kūstot, drenu noteces lielumu, galvenokārt, nosaka gaisa temperatūra, tad seko nokrišņi. Šķiņķis (1992) apgalvo, ka drenētas augsnes sasaluma slānis gravitācijas ūdens plūsmu sevišķi neaiztur. Drenāžas noteces izmaiņas diennakts laikā var būt ļoti krasas, ko nosaka, galvenokārt, gaisa temperatūras svārstības.

4.3. Biogēno elementu izskalošanās

Intensīva lauksaimniecība ir viens no galvenajiem biogēno elementu izkļiedes avotiem, kas apdraud pazemes ūdeņu kvalitāti, veicina eitrofikācijas procesu iekšējos ūdeņos un Baltijas jūrā, tādēļ ir svarīgi kontrolēt ūdeņu kvalitāti, nepieļaujot tās pasliktināšanos (Jansons et al., 2003; Lagzdīņš, 2008).

No biogēnajiem elementiem drenu ūdeņu sastāvā, galvenokārt, ir sastopams slāpekļis (N) un fosfors (P) (Davis, Hirji, 2003).

Veicot platību nosusināšanu, līdz ar liekā ūdens novadīšanu no lauka, tiek izskaloti arī augu barības elementi. Palielinoties notecei, tiek veicināta N un P

savienojumu noplūde un to koncentrāciju pieaugums ūdenstilpnēs (Ochs, Plusquellec, 2003), kas izraisa piesārņojumu un ūdenstilpņu aizaugšanu – eitrofikāciju. Augu barības vielu bilances ciešā sakarība ar ūdens bilanci nosaka mēslošanas režīma īpatnības nosusināmās platībās. Sauka (1987) apgalvo, ka pie intensīvas nosusināšanas un bagātīga mēslojuma iespējama paaugstināta biogēno elementu izskalošanās intensitāte, sevišķi vieglajās augsnēs.

Augu barības vielu izskalošanās potenciāls ir ievērojami lielāks, ja uz lauka ir nabadzīgi attīstīta kultūraugu veģetācija un paaugstināts nokrišņu vai sniega kušanas ūdeņu daudzums (Heathwaite et al., 1996). Arī periodos, kad lauku neklāj kultūraugi, piemēram, starpkultūru posmā, vērojams liels izskalošanās process, jo nav augu, kas spētu uzņemt augsnē esošos biogēnos elementus.

Biogēno elementu izskalošanās potenciāls drenu sistēmā ir augsts, jo drenas nodrošina ūdens plūsmas strauju pārvietošanos un augu barības elementu nokļūšanu ūdenstilpnēs (USDA, 2001; Nouri et al., 2007).

Nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) izskalošanās no intensīvas lauksaimniecības sistēmas ir viens no galvenajiem iemesliem, kas palielina nitrātu koncentrācijas gruntsūdenī (Dzalbe, Jansons, 2005; Ritter, 2001). Lai samazinātu nitrātu slodzi virszemes ūdeņos, vēlams drenas ierīkot ar pēc iespējas mazākiem attālumiem (Kladivko, 2001), nodrošinot noteces ūdeņu pietiekamu uztveršanu un novadīšanu. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas drenu noteces ūdeņos ir augstākas kā virszemes noteces ūdeņos, savukārt, $\text{NH}_4\text{-N}$ un P koncentrācijas ir augstākas virszemes notecē kā drenu noteces ūdeņos (Ritter, 2001).

Nitrātu izskalošanās lielums ir atkarīgs no diviem galvenajiem faktoriem (Baker et al., 1997): no tā koncentrācijas augsnes ūdenī un ūdens daudzuma. Savukārt, piesārņojuma izplatība ir atkarīga arī no augsnes tipa un gruntsūdens līmeņa. Tie vieglāk pārvietojas vieglās smilts augsnēs kā māla augsnēs (Filintas et al., 2008).

Humīda klimata apgabalos $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās ir neizbēgams process, īpaši smilšainās augsnēs, kur $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas gruntsūdenī ievērojami pārsniedz pašreizējos ES dzeramā ūdens standartus (50 mg/l). Svarīgi piebilst, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās no augsnēm, kurās pielietoti tikai organiskie mēslošanas līdzekļi (šķīdramēsli, kūtsmēsli), ir daudz lielāka kā no augsnēm, kurās izmantoti tikai neorganiskie mēslošanas līdzekļi (Köhler et al., 2006).

Fosfora elementi augsnes profilā (vertikālā virzienā) praktiski nepārvietojas – tos, galvenokārt, ietekmē virszemes notece, savukārt, nitrātu elementiem ir tendence uzkrāties augsnes profila dziļumā (Dean, Foram, 1991).

Drenāža maz ietekmē fosfors (P) pārvietošanos, tomēr tas tiek transportēts gan daļiņu formā, kad tas ir saistīts ar augsni un organiskajām vielām, gan arī izšķīdušā formā. P drenāžas ūdeņos sastopams gan organiskā, gan neorganiskā formā.

Vairāk nekā 90% no kopējā P savienojumu daudzuma var atrasties organisku savienojumu veidā vai arī būt saistīti ar suspendēto vielu (Lagzdīņš, 2008). Ūdens plūsmas izraisa noskalošanos no augsnes un veido lielāko fosfora noplūdes daļu no lauksaimniecībā apstrādātajām platībām. Augi, atkarībā no noskalotās augsnes īpašībām, ir spējīgi bioloģiski uzņemt 10% līdz 90% no daļiņu formā esošā fosfora. Notece no ganībām un mežiem satur maz nogulsnes, tādēļ tur dominē izšķīdušā fosfora forma, kas ir viegli pieejama augu izmantošanai (Lagzdīņš, 2008). Skalojoties cauri augsnei, notiek spēcīga fosfora absorbcija ar māla augšņu daļiņām (Davis, Hirji, 2003), kas veicina nelielu fosfora koncentrāciju veidošanos drenu noteces ūdeņos.

Veicot šķīdirmēslu izklaidi, jāievēro laika apstākļi. Ja nokrišņi parādās nedaudz pirms vai pēc šķīdirmēslu izklādes, drenu notecē gaidāmas lielākas baktēriju, N un P koncentrācijas (Dean, Foram, 1991).

Lauksaimniecības noplūdes ir biogēno elementu piesārņojuma iznese ar noteci. Biogēno elementu (N, P) noplūdi aprēķina summējot diennakts vidējo caurplūdumu reizinājumu ar attiecīgā elementa vidējo diennakts koncentrāciju (LVA, 2003):

$$V = 0.01 * \sum C_i * Q_i, \text{ kur} \quad (1)$$

V – biogēno elementu notece (kg/ha gadā);

C_i – elementa vidējā diennakts koncentrācija (mg/l);

Q_i – vidējais diennakts noteces slānis (mm).

Izmēģinājumu lauciņu līmenī N un P noplūde katrai dienai (1998 – 2010) tiek aprēķināta visiem mēslošanas režīmiem, ņemot vērā tos lauciņus, kas ietilpst konkrētajā mēslošanas variantā.

5. REZULTĀTU APKOPOJUMS

Pētot monitoringa stacijas Mellupīte izmēģinājumu lauciņu līmeni, veikts datu aprēķins un analīze. Apskatītas izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa atšķirības, N un P savienojumu noplūdes, biogēno elementu koncentrācijas drenu notecē pie konkrētas augu sekas, kā arī pielietotā mēslojuma veida un devu ietekme uz kultūraugu ražu.

5.1. Izmēģinājumu lauciņu drenu noteces analīze

Lai gan izmēģinājumu lauciņi 1.92 ha lielā teritorijā atrodas cits citam līdzās, drenu noteces slānis visos 16 lauciņos ir atšķirīgs, ko ietekmē teritorijas mikroreljefs (zemes virsmas formas izmaiņas) un virszemes notece (11. att.).

Iespējams, izmēģinājumu lauciņu drenu noteces atšķirības (5. tab.) rada ieplakas un paaugstinājumi (1., 2. piel.). Gruntsūdens plūsma šajā teritorijā vērsta ziemeļrietumu virzienā.

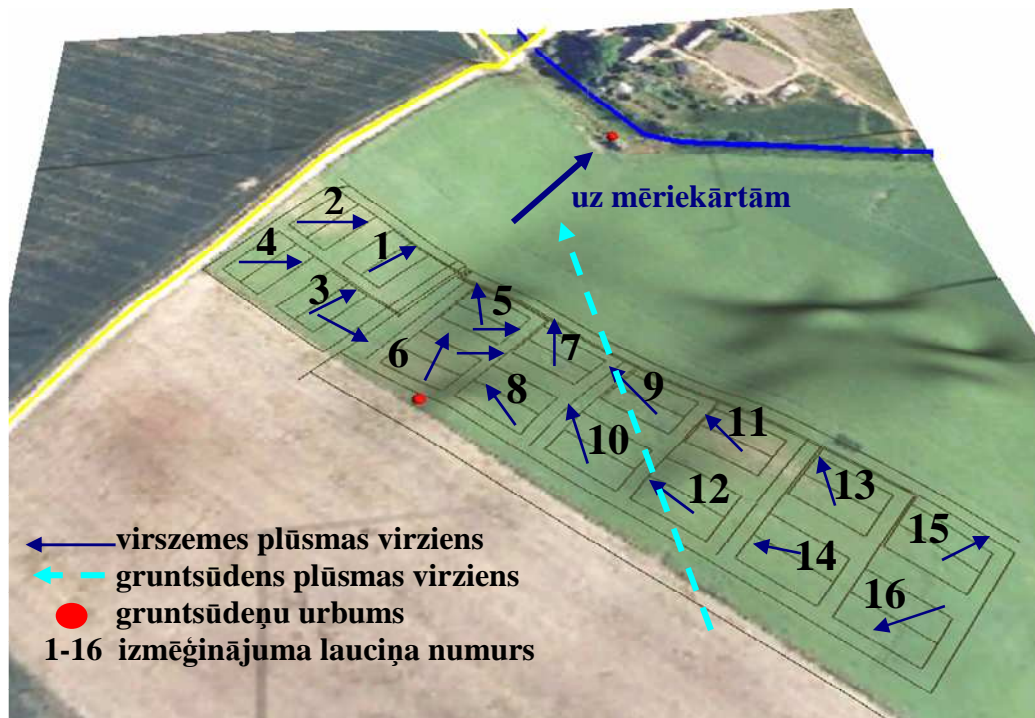
5. tabula.

Izmēģinājumu lauciņu ilggadējais vidējais drenu noteces slānis, mm (1998 – 2010)

210.0 2	222.9 1	237.0 5	358.6 7	144.7 9	138.6 11	99.6 13	62.5 15
216.4 4	204.5 3	396.3 6	70.5 8	167.4 10	109.7 12	53.6 14	274.2 16

Paskaidrojums: 222.9 – drenu notece, mm;
1-16 – izmēģinājumu lauciņa numurs.

Lai labāk izprastu izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa izteiktās atšķirības, veidots teritorijas virszemes noteces plūsmas modelis (11. att.), kur attēlota izmēģinājumu lauciņu drenu sistēma (1.92 ha) un pētāmās platības reljefs.



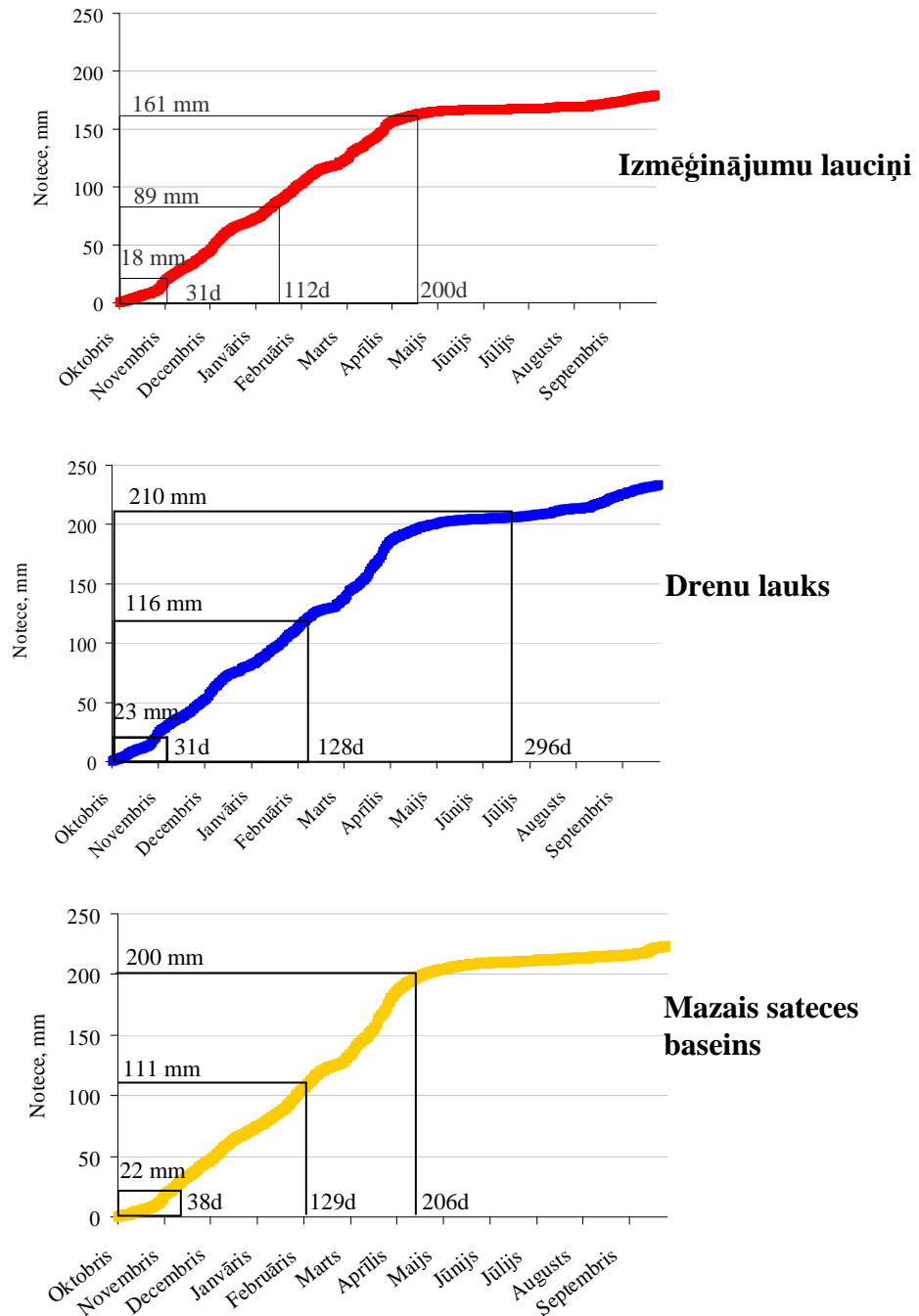
11. attēls. Izmēģinājumu lauciņu drenu sistēmas virszemes noteces plūsmas virzieni

Analizēta katra lauciņa ilggadējā vidējā drenu notece periodā no 1998. – 2010. gadam. Lielākais ilggadējais vidējais drenu noteces slānis (396.3 mm) konstatēts izmēģinājumu lauciņā Nr. 6. Mikroreljefa (ieplakas) rezultātā tas uzver blakus esošā (astotā) lauciņa virszemes un drenu noteci, kurā, savukārt, novērota tikai 70.5 mm liela ilggadējā vidējā drenu notece. Arī lauciņā Nr. 7, kurā vizuāli konstatēta zemes virsmas ieplaka un lauciņa Nr. 9 noteces atslogošanās vieta, novērota 358.6 mm liela drenu notece. Lauciņā Nr. 16 konstatēta 274.2 mm liela ilggadējā vidējā drenu notece, kurā, iespējams, noplūst blakus esošās teritorija virszemes un drenu notece.

Mazākais ilggadējais vidējais drenu noteces slānis (53.6 mm) novērots izmēģinājumu lauciņā Nr. 14, kas noteces ūdeņus novada blakus esošā lauciņa (Nr. 12) virzienā. Tā kā lauciņu Nr. 13, Nr. 14 un Nr. 15 virzienā nav novērojama citu lauciņu virszemes noteces atslogošanās vieta, tajos ilggadējais vidējais aprēķinātais drenu noteces slānis ir attiecīgi 99.6 mm, 53.6 mm un 62.5 mm.

Teritorijas mikroreljefs (2., 3. piel.) izraisa izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slāņa atšķirības, kas, savukārt, ietekmē biogēno elementu koncentrācijas drenu noteces ūdeņos.

Pielietojot kumulatīvā sadalījuma līkni, analizēta monitoringa stacijas Mellupīte trīs pētījuma līmeņu (izmēģinājumu lauciņi, drenu lauks, mazais sateces baseins) ilggadējā vidējā notece hidroloģiskajā gadā (12. att.) periodā no 1998. – 2010. gadam.



12. attēls. Ilggadējā vidējā kumulatīvā notece hidroloģiskajā gadā izmēģinājumu lauciņos, drenu laukā un mazajā sateces baseinā

No oktobra līdz marta beigām visos pētījuma līmeņos konstatēts vienmērīgs noteces caurplūdums, kas pavasara periodā (aprīlī) pieaug. Salīdzinot visu trīs līmeņu ilggadējās vidējās noteces hidroloģiskā gada sadalījumu pa mēnešiem konstatēts, ka mazākā vidējā notece novērota izmēģinājumu lauciņu, bet lielākā – drenu lauka līmenī, kas periodā no 1998. – 2010. gadam pēc kumulatīvā sadalījuma attiecīgi ir 120 mm un 145 mm.

Lai analizētu noteces izmaiņas, pielietots aizskalošanās indekss, kas raksturo noteces intensitāti (Deelstra, Iital, 2008) – cik ilgā laikā (dienu skaits) veidojas noteikts noteces slānis (plūsma) vai arī, cik ātri tas mainās no viena stāvokļa uz citu.

Jo mazāka pētāmā sistēma, jo straujāk aizplūst noteces ūdens. 10% no hidroloģiskā gada noteces izmēģinājumu lauciņu līmenī tiek novadītas 31 dienā (6. tab.), kas veido 17.9 mm lielu drenu noteci. Arī no drenu lauka 31 dienā noplūst 23.3 mm liela drenu notece, kas sastāda 10% no hidroloģiskā gada kopējās noteces. Tā kā mazais sateces baseins ir lielākā no trim sistēmām, notece šajā līmenī tiek novadīta ilgākā laika periodā – 10% no hidroloģiskā gada noteces aiztek 38 dienās.

Izmēģinājumu lauciņu līmenī 112 dienās aiztek puse (50%) (89.4 mm) no ilggadējās vidējās hidroloģiskā gada drenu noteces normas, savukārt, no drenu lauka puse no gada normas (116 mm) tiek novadītas 128 dienās, bet no mazā sateces baseina (111 mm) – 129 dienās.

6. tabula.

Kumulatīvās noteces veidošanās intensitāte ilggadējā vidējā hidroloģiskajā gadā

Pētījuma līmenis	10%	50%	90%
	Dienu skaits		
Izmēģinājuma lauciņi	31	112	200
Drenu lauks	31	128	296
Mazais sateces baseins	38	129	206

90% no hidroloģiskā gada izmēģinājumu lauciņu noteces (161 mm) aiztek 200 dienās (6. tab.). Drenu lauka līmenī šāda notece normas, kas sastāda 210 mm, tiek novadītas 296 dienās, savukārt, no mazā sateces baseina 90% no gada noteces normas (200 mm) aizplūst 206 dienās.

Pusgada laikā (183 dienās) aiztek lielākā daļa no hidroloģiskā gada noteces, no izmēģinājumu lauciņiem noplūstot vidēji 153 mm, no drenu lauka – 179 mm un no mazā sateces baseina vidēji 180 mm lielai notecei.

5.2. Nitrātu slāpekļa un kopējā fosfora koncentrāciju izmaiņas

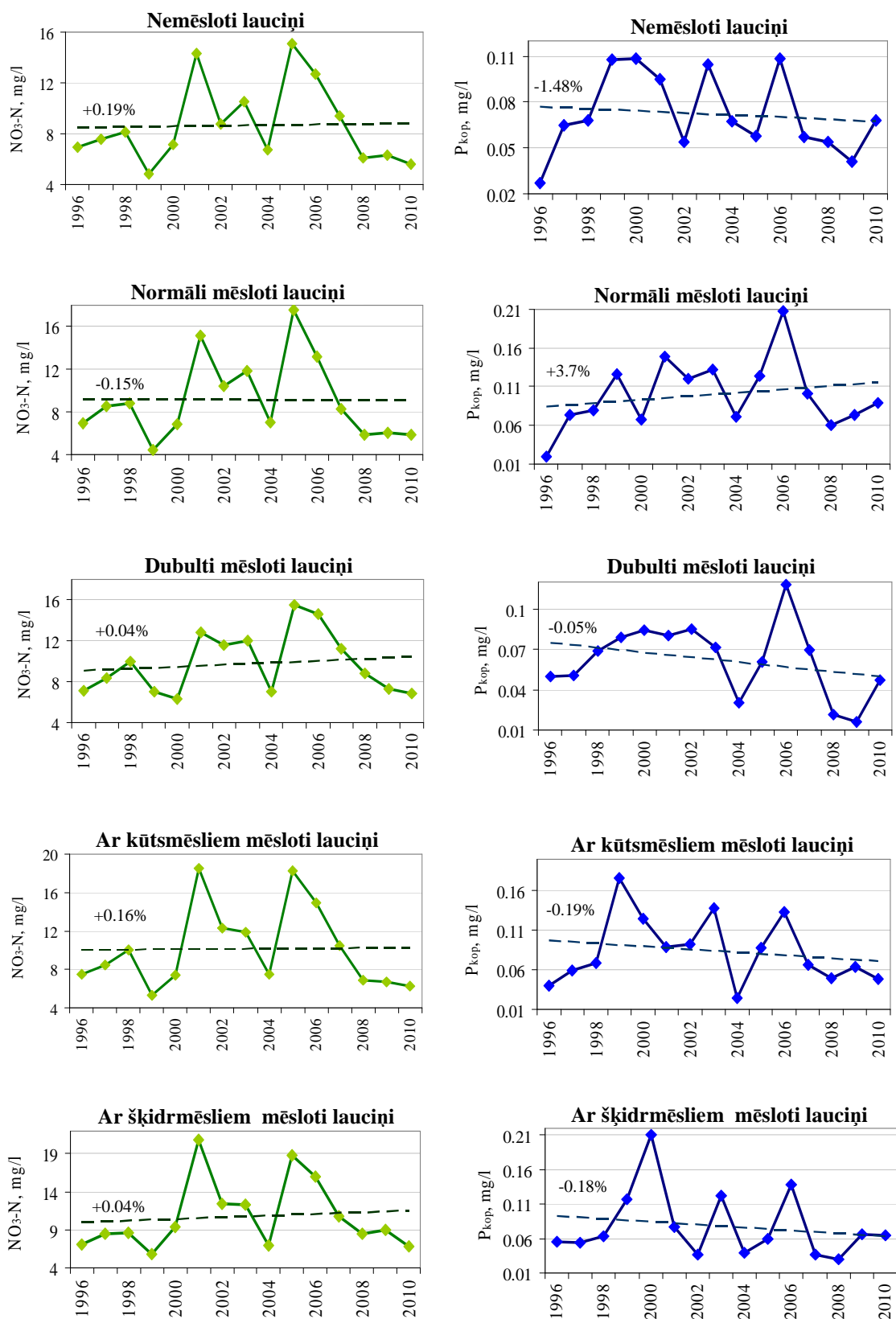
Izmantojot piecpadsmit gadu ilgā periodā izmēģinājumu lauciņu drenu notecē konstatētās nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) un kopējā fosfora (P_{kop}) koncentrācijas, salīdzinātas šo elementu gada vidējo vērtību izmaiņas (1996. – 2010. gads) piecos dažādos mēslojuma variantos (13. att.).

Biogēno elementu izskalošanās notiek vienmēr un visur, bet tās apjoms mainās atkarībā no apstākļiem. Izskalošanās lielums ir atkarīgs no augsnes mehāniskā sastāva, augsnes apstrādes un mēslošanas, augu sekas, nokrišņu daudzuma, kultūrauga un tā veģetācijas perioda ilguma uz lauka. Koncentrāciju veidošanās drenu notecē ir atkarīga arī no izmēģinājumu lauciņu mikroreljefa un virszemes noteces (11. att., 5. tab.), jo fosfora savienojumu noplūdi, galvenokārt, ietekmē virszemes notece.

Pētāmajā periodā gada vidējās $\text{NO}_3\text{-N}$ un P_{kop} koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu noteces ūdeņos ir bijušas ļoti svārstīgas. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas visos mēslojuma režīmos, izņemot normāla mēslojuma devu lauciņos, lai gan minimāli, bet tomēr palielinās, savukārt, P_{kop} – samazinās. Izņēmums ir normāli mēslojami lauciņi, kuros kopējās fosfora vērtības pieaug.

Lielākās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu notecē konstatētas 2001. un 2005. gadā, kad novērotas perioda augstākās gada vidējās vērtības. Ar minerālmēslojumu apstrādātos lauciņos šajos gados konstatētas 12 mg/l nitrātu slāpekļa gada vidējās koncentrācijas, ar organisko mēslojumu – 15.3 mg/l. Mazākās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu noteces ūdeņos visos mēslojuma režīma lauciņos novērotas 1999. un 2010. gadā, gada vidējām koncentrācijām svārstoties no 4.8 mg/l līdz 6.3 mg/l.

Augstāks $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās process norisinās lauciņos, kas mēslojami ar organisko mēslojumu (Köhler et al., 2006). Periodā no 1996. – 2010. gadam ar organisko mēslojumu apstrādātos lauciņos konstatētas 10.5 mg/l gada vidējās vērtības, bet ar minerālmēslojumu – 9.4 mg/l.



13. attēls. $\text{NO}_3\text{-N}$ un P_{kop} koncentrāciju izmaiņas pieciem mēslojuma variantiem

Ar minerālmēslojumu apstrādātos lauciņos augstākās gada vidējās P_{kop} koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu noteces ūdeņos (vidēji 0.163 mg/l) novērotas 2006. gadā. Tas varētu būt izskaidrojams ar 2005. gada nelielo nokrišņu daudzumu (473 mm), kas, iespējams, izraisīja fosfora uzkrāšanos augsnes profilā un to noplūdi nākamajā gadā (2006). Tā kā P ir ļoti nekustīgs elements, tā minerālmēsli jāiestrādā augsnē augu sakņu zonā, tāpēc lielākās fosfora koncentrācijas sastopamas augsnes virskārtā. Tam ir tendence pēkšņi pieaugt un izskaloties, īpaši sausos periodos, augsnē rodoties plaisām un lietus ūdeņiem to ieskalojot augsnes profilā un drenu noteces ūdeņos.

Ar minerālmēslojumu apstrādātos lauciņos mazākās gada vidējās P_{kop} koncentrācijas drenu notecē (0.018 mg/l) konstatētas apskatāmā perioda sākumā un beigās (1996. un 2009. gads). Izmēģinājumu lauciņos, kur pielietoti organiskie mēslošanas līdzekļi, lielākie fosfora izskalošanās procesi novēroti 1999. un 2000. gadā, sasniedzot attiecīgi 0.176 mg/l un 0.211 mg/l augstas gada vidējās vērtības.

5.3. Biogēno elementu koncentrāciju analīze

Kopējā slāpekļa (N_{kop}), kopējā fosfora (P_{kop}) un nitrātu slāpekļa (NO_3-N) koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu notecē (1996 – 2010) kultūraugu veģetācijas un starpkultūru posmā – laikā, kad lauks ir bez veģetācijas – normāla mēslojuma devu lauciņos, izdalot maksimālās, vidējās un minimālās vērtības. Šī pētījuma mērķis ir noskaidrot, kuru kultūraugu veģetācijas periodā vērojama pastiprināta biogēno elementu izskalošanās un, kuri, apskatot no vides piesārņojuma viedokļa, augu sekā būtu jāizvēlas pēc iespējas biežāk.

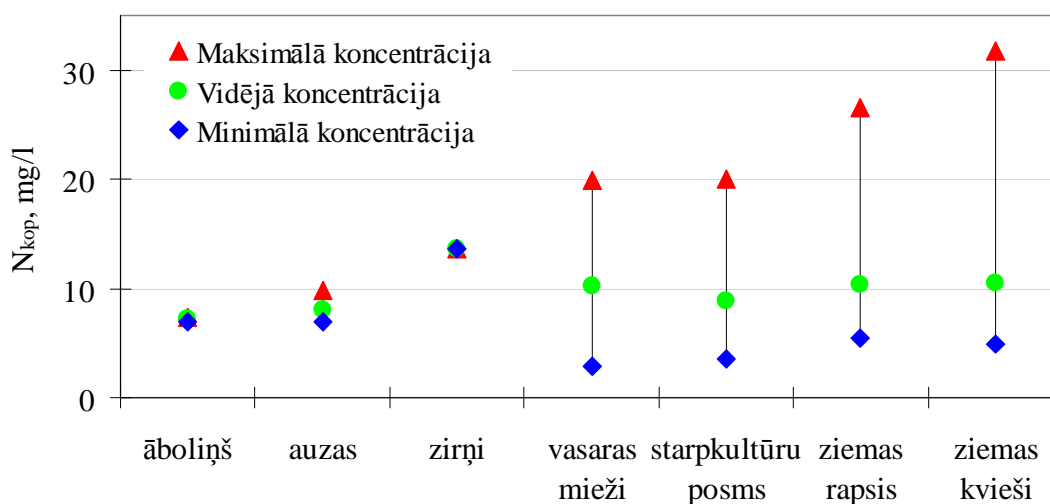
Analizējot N_{kop} izskalošanās koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu notecē, laukam esot kultūraugu veģetācijas vai starpkultūru periodā secinu, ka visaugstākais slāpekļa izskalošanās lielums novērojams ziemas kviešu veģetācijas periodā, maksimālajām vērtībām sasniedzot 31.7 mg/l (7. tab., 14. att.). Augstas maksimālās N_{kop} koncentrācijas (26.6 mg/l) konstatētas arī uz lauka atrodoties ziemas rapsim. Arī vasaras miežu veģetācijas periodā un laikā, kad zemi neklāj kultūra, vērojams biogēno elementu pastiprināts izskalošanās process.

Mazākie N_{kop} zudumi no augsnes notiek āboliņa un auzu veģetācijas periodā, vidējai koncentrācijai izmēģinājumu lauciņu drenu notecē sasniedzot aptuveni 7.6 mg/l.

7. tabula.

Kopējā slāpekļa koncentrācijas attiecīgajai kultūrai

N_{kop} , mg/l	āboliņš	auzas	zirņi	vasaras mieži	starpkultūru posms	ziemas rapsis	ziemas kvieši
Maksimālā koncentrācija	7.40	9.86	13.6	19.9	20.0	26.6	31.7
Vidējā koncentrācija	7.17	7.97	13.6	10.2	8.91	10.4	10.5
Minimālā koncentrācija	6.93	6.99	13.6	2.80	3.60	5.40	4.90



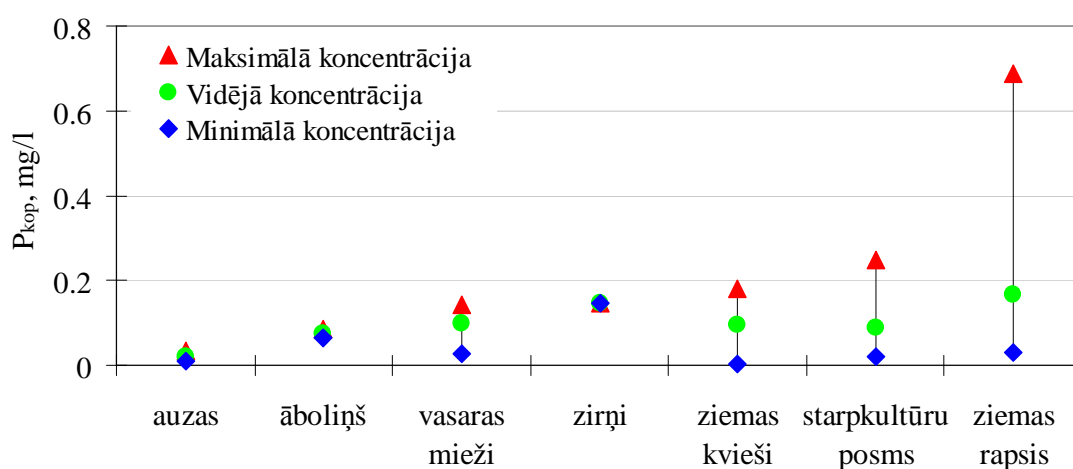
14. attēls. Kopējā slāpekļa vērtības kultūraugu veģetācijas periodā vai starpkultūru posmā

Augsta P maksimālā koncentrācija izmēģinājumu lauciņu drenu noteces ūdeņos (0.686 mg/l) vērojama ziemas rapša veģetācijas periodā (8. tab., 15. att.). Lielas fosfora maksimālās vērtības konstatētas arī uz lauka atrodoties ziemas kviešiem (0.180 mg/l), kā arī starpkultūru posmā (0.249 mg/l). Tā kā fosfors ir nekustīgs elements un tā lielākās koncentrācijas atrodas augu sakņu zonā, starpkultūru posmā, kad lauku neklāj veģetācija, rodas zudumi, nokrišņiem to ieskalojot dziļākos augsnes slāņos.

Vismazākā fosfora izskalošanās novērojama auzu un āboliņa veģetācijas periodā, maksimālajām koncentrācijām drenu notecē sasniedzot attiecīgi 0.034 mg/l un 0.084 mg/l.

Kopējā fosfora koncentrācijas attiecīgajai kultūrai

P_{kop} , mg/l	auzas	āboliņš	vasaras mieži	zirņi	ziemas kvieši	starpkultūru posms	ziemas rapsis
Maksimālā koncentrācija	0.034	0.084	0.142	0.146	0.180	0.249	0.686
Vidējā koncentrācija	0.019	0.074	0.100	0.146	0.095	0.090	0.168
Mīnīmālā koncentrācija	0.009	0.065	0.026	0.146	0.004	0.022	0.029



15. attēls. Kopējā fosfora vērtības kultūraugu veģetācijas periodā vai starpkultūru posmā

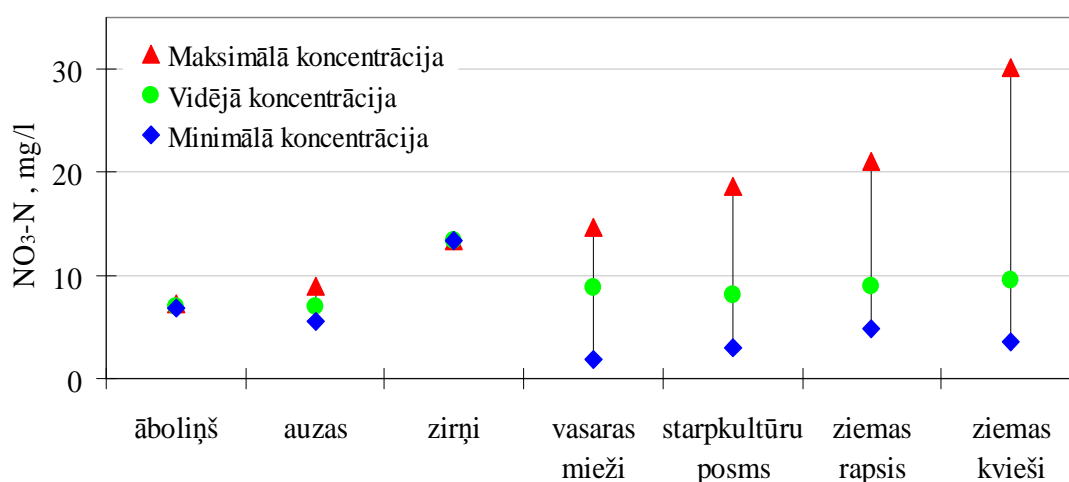
Analizējot nitrātu slāpekļa koncentrācijas izmēģinājumu lauciņu drenu notecē periodā 1996. – 2010. gadam secinu, ka Nitrātu direktīvas noteiktās robežvērtības (11.3 mg/l NO₃-N) tiek pārsniegtas.

Visaugstākā NO₃-N izskalošanās novērojama ziemas kviešu veģetācijas periodā, maksimālajai vērtībai sasniedzot 30.1 mg/l (9. tab., 16. att.). Lielas nitrātu slāpekļa koncentrācijas (21.1 mg/l) konstatētas arī uz lauka atrodoties ziemas rapsim, kā arī starpkultūru posmā, NO₃-N maksimālajām koncentrācijām drenu notecē sasniedzot 18.6 mg/l.

Vismazākā nitrātu slāpekļa izskalošanās novērojama āboliņa un auzu veģetācijas periodā, vidējām NO₃-N koncentrācijām drenu notecē sasniedzot aptuveni 7.0 mg/l. Lai nepārsniegtu Nitrātu direktīvas noteiktās robežvērtības, biežāk augu sekā būtu jācenšas ieviest tādas lauksaimniecības kultūras kā āboliņš, auzas, vasaras mieži.

Nitrātu slāpekļa koncentrācijas attiecīgajai kultūrai

NO ₃ -N, mg/l	āboliņš	auzas	zirņi	vasaras mieži	starpkultūru posms	ziemas rapsis	ziemas kvieši
Maksimālā koncentrācija	7.20	8.96	13.4	14.6	18.6	21.1	30.1
Vidējā koncentrācija	7.03	6.97	13.4	8.80	8.17	8.92	9.60
Minimālā koncentrācija	6.87	5.49	13.4	1.90	3.00	4.90	3.54



16. attēls. Nitrātu slāpekļa vērtības kultūraugu veģetācijas periodā vai starpkultūru posmā

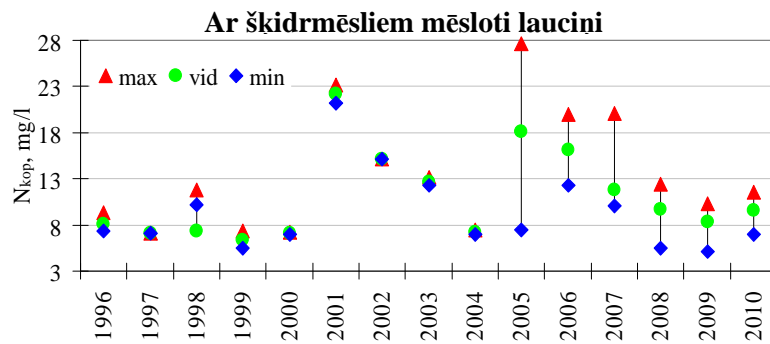
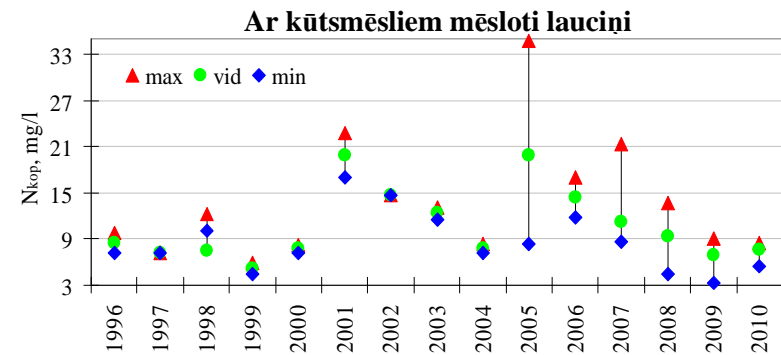
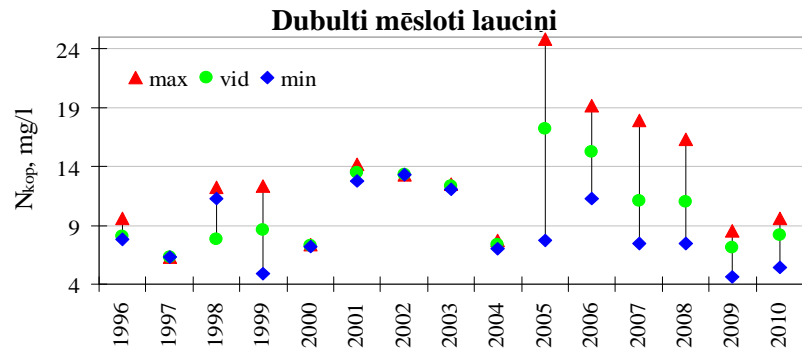
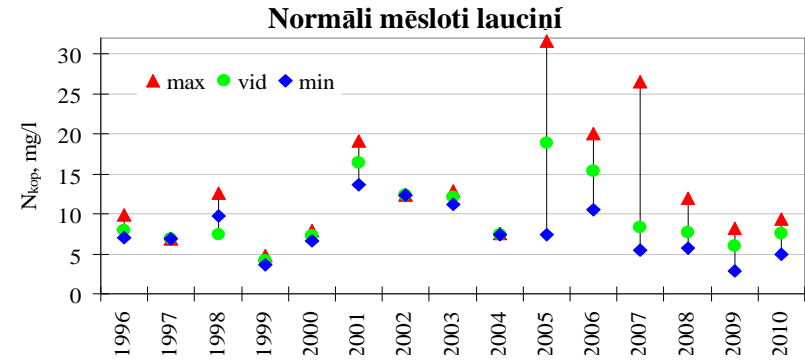
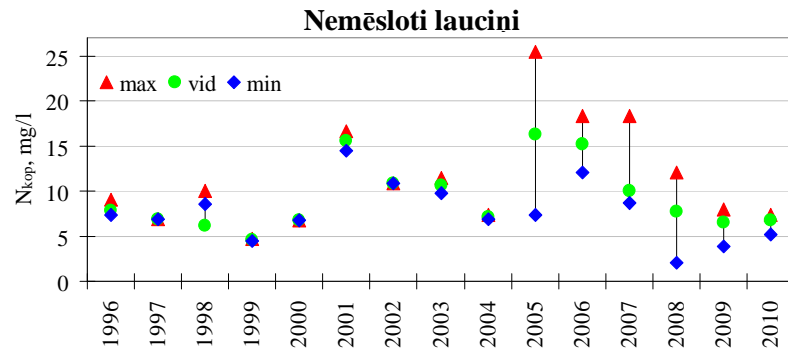
Esmu secinājusi, ka lauks starpkultūru posmā vai kultūraugu veģetācijas periodā spēj ietekmēt N_{kop} , P_{kop} un NO_3-N koncentrāciju veidošanos izmēģinājumu lauciņu drenu notecē. Izskalošanās lielums mainās gadu no gada un tas lielā mērā ir atkarīgs no audzējamās lauksaimniecības kultūras (17., 18. att.).

Ja veģetācija uz lauka lielāka, iespējams, izskalošanās ir mazāka. Augu saknes izmanto augsnē esošos biogēnos elementus un neļauj tiem izskaloties. Periodos, kad nokrišņi un sniega kušanas ūdeņi ir vairāk un veģetācija uz lauka ir mazāka, prognozējams ievērojami lielāks izskalošanās potenciāls.

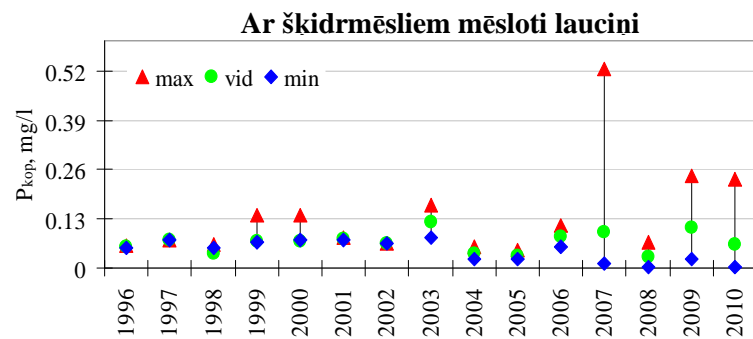
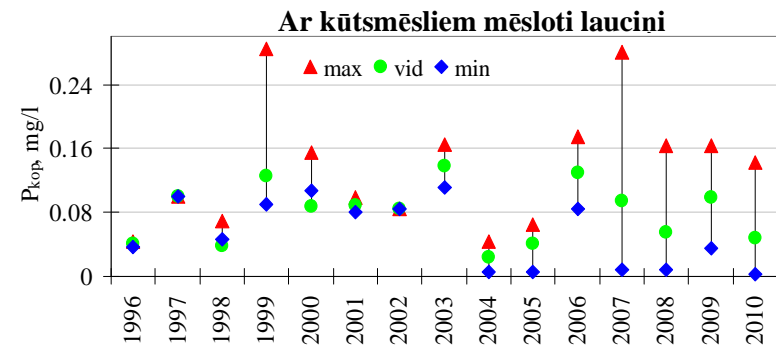
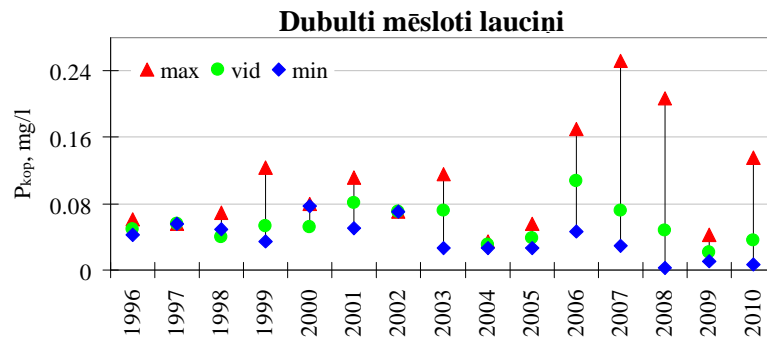
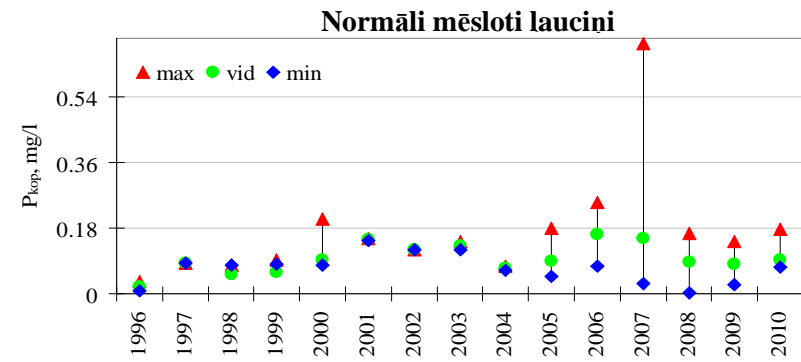
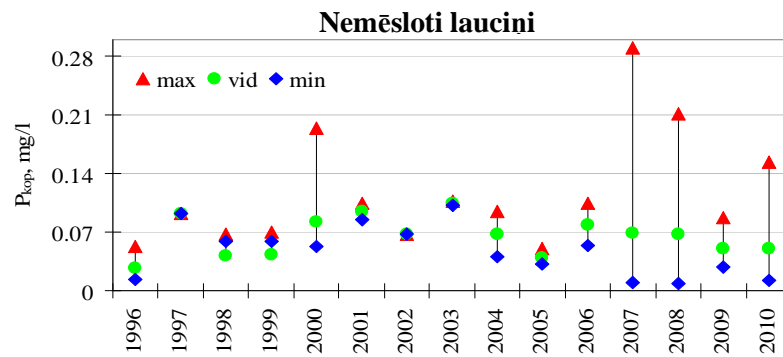
Arī starpkultūru posmos, kad lauku neklāj kultūraugi, izskalošanās ir ievērojami liela, jo augsnē esošie biogēnie elementi netiek pienācīgi uzņemti un izmantoti un, palielinoties drenu notecei, tiem ir vieglāk ieskaloties augsnes profilā un izskaloties no tā kā drenu noteces ūdeņiem.

Pēc biogēno elementu izskalošanās lieluma (3. piel.) videi visnelabvēlīgākās lauksaimniecības kultūras ir ziemas kvieši un ziemas rapsis. Arī starpkultūru posmā izskalošanās ir ievērojami liela, radot palielinātu N_{kop} , P_{kop} un NO_3-N noplūdi.

Auzām ir spēcīgi attīstīta sakņu sistēma, kas uzņem no augsnes grūti izmantojamās barības vielas. Veicot analīzi apstiprinās – pēc konstatētajām koncentrācijām videi vislabvēlīgākie kultūraugi ir auzas un āboliņš, kas izraisa mazus biogēno elementu zudumus, tos intensīvi uzņemot. Augu sekā izvēloties šīs lauksaimniecības kultūras, tiek izraisīts mazāks vides piesārņojums (1. piel.) kā, piemēram, iesējot ziemas kviešus vai ziemas rapsi.



17. attēls. N_{kop} maksimālās, vidējās un minimālās koncentrācijas dažādos mēslošanas režīmos (1996 – 2010)



18. attēls. P_{kop} maksimālās, vidējās un minimālās koncentrācijas dažādos mēslošanas režīmos (1996 – 2010)

5.4. Kultūraugu ražu analīze

Veiksmīga lauksaimniecība ar augstas kvalitātes kultūraugu ražu un apjomu nav iedomājama bez augsnes uzlabošanas un tās bagātināšanas ar biogēnajiem elementiem, pielietojot minerālmēslojumu un organisko mēslojumu.

Izmēģinājuma lauciņos piecos dažādos mēslošanas variantos (nemēsloti, normāla un dubulta minerālmēslojuma devu apstrādāti, ar kūtsmēsliem un šķīdramēsliem mēsloti lauciņi) periodā no 2005. – 2010. gadam analizētas kultūraugu ražas, N un P savienojumu noplūdes, kā arī drenu noteces atšķirības starp mēslošanas režīmiem.

Tā kā no visiem mēslošanas variantiem dubulta mēslojuma devu lauciņos (MC) pielietotās N un P₂O₅ devas ir visaugstākās, tajos attiecīgi konstatēta lielākā kultūraugu raža (10. tab., 19. att.). Salīdzinoši augstu ražu var iegūt kā mēslošanas līdzekli izvēloties arī organisko mēslojumu – šķīdramēslus vai kūtsmēslus.

Kaut gan augsne, neveicot tās uzlabošanu, dabīgi satur dažādus biogēnos elementus, augsnes bagātināšanas nolūkā, nepielietojot augu barības vielas, nav iespējams iegūt augstu kultūraugu kvalitāti un ražu. To pierāda no 2005. – 2010. gadam nemēslotu lauciņu platībās (MA) iegūtās mazākās ražas.

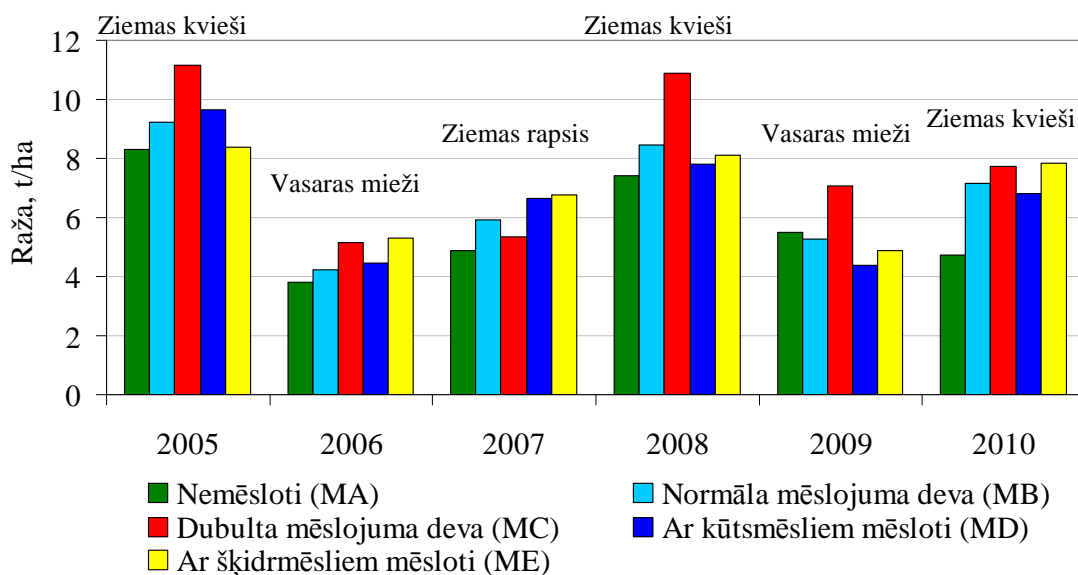
10. tabula.

Gada vidējās kultūraugu ražas atkarībā no mēslošanas režīmiem (2005 – 2010)

Gads	Kultūraugs	Mēslošanas variants				
		MA	MB	MC	MD	ME
		Graudu masa, t/ha				
2005	Ziemas kvieši	8.3	9.2	11.2	9.7	8.4
2006	Vasaras mieži	3.8	4.2	5.2	4.5	5.3
2007	Ziemas rapsis	4.9	5.9	5.3	6.7	6.8
2008	Ziemas kvieši	7.4	8.5	10.9	7.8	8.1
2009	Vasaras mieži	5.5	5.3	7.1	4.4	4.9
2010	Ziemas kvieši	4.7	7.2	7.7	6.8	7.8

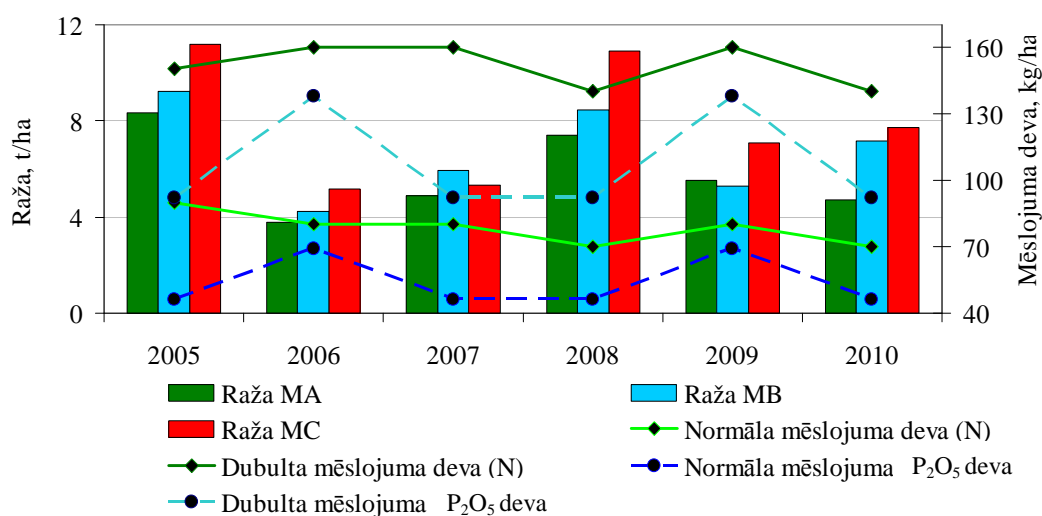
Paskaidrojums: MA – nemēsloti, MB – normāla mēslojuma devu, MC – dubulta mēslojuma devu, MD – ar kūtsmēsliem mēsloti, ME – ar šķīdramēsliem mēsloti lauciņi.

Nemēslosos lauciņos (MA) augsnē esošie biogēnie elementi nav pietiekamā apjomā, lai spētu veidoties augstu un kvalitatīvu ražu nesoši kultūraugi. Iespējams, pie šādiem augsnes apstākļiem veidojas vāja sakņu sistēma un līdz ar to iegūstamas mazākas kultūraugu ražas.



19. attēls. Kultūraugu ražas atšķirības dažādos mēslošanas režīmos (2005 – 2010)

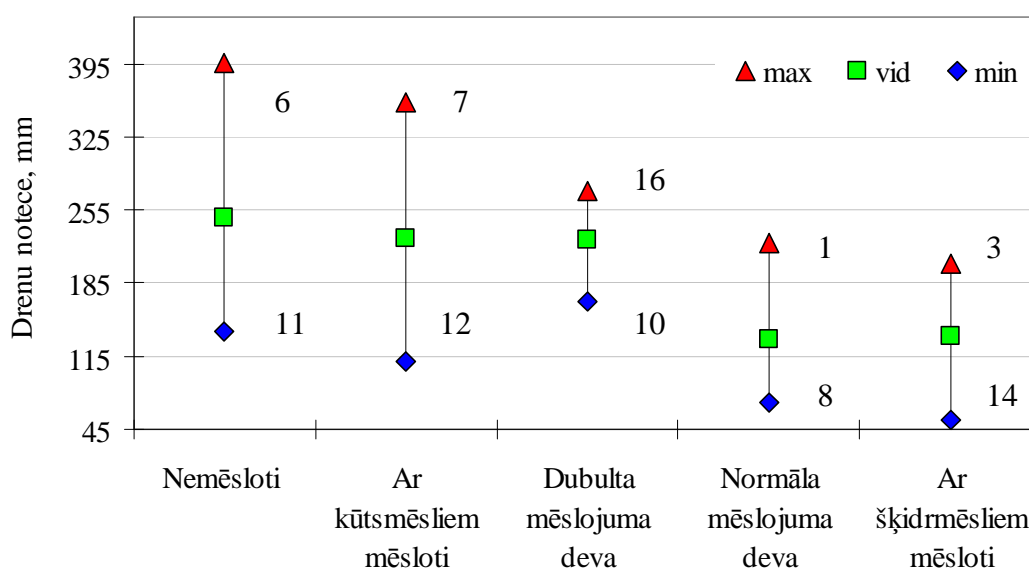
Mēslojuma pielietošana un devas ietekmē ražas apjomus. Periodā no 2005. – 2010. gadam normāla minerālmēslojuma deva gadā vidēji ir 78 kg N/ha un 54 kg P₂O₅/ha, savukārt, dubulta mēslojuma deva lielāka – gadā vidēji ir 150 kg N/ha un 107 kg P₂O₅/ha (20. att.). Mazākais ražas apjoms novērots lauciņos, kas netiek mēsloti, lielākais – dubulta minerālmēslojuma devu apstrādātos lauciņos, kur mēslojuma pielietošanas rezultātā, iespējams, veidojas spēcīgāki kultūraugi un līdz ar to lielāks ražas apjoms.



20. attēls. Kultūraugu ražas un minerālmēslojuma devas dažādos mēslošanas režīmos (2005 – 2010)

Analizēts ilggadējais vidējais izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slānis, apskatot maksimālās, vidējās un minimālās vērtības periodā no 1998. – 2010. gadam piecos dažādos mēslošanas variantos (21. att.). Vērtības noteiktas, izmantojot katru mēslošanas režīmu raksturojošos izmēģinājumu lauciņu ilggadējās vidējās drenu noteces datus, maksimālās, vidējās un minimālās vērtības nosakot starp attiecīgā mēslošanas režīma lauciņiem. Ne tikai teritorijas mikroreljefs, bet arī mēslošanas līdzekļu pielietošana un to veidi spēj ietekmēt drenu noteces veidošanos.

Pētāmajā periodā lielākais izmēģinājumu lauciņu drenu noteces slānis novērots nemēslosos lauciņos, lielākajai (maksimālā) drenu notecei (396 mm) veidojoties sestajā lauciņā, savukārt, mazāka notece veidojas dubulta un normāla minerālmēslojuma devu apstrādātos lauciņos. Uz lauciņiem, kas netiek mēslooti, iespējams, attīstās nabadzīgāki un vājāki kultūraugi, kas ar savu sakņu sistēmu nespēj uzņemt lieko augsnes ūdeni, radot lielāku drenu noteici.

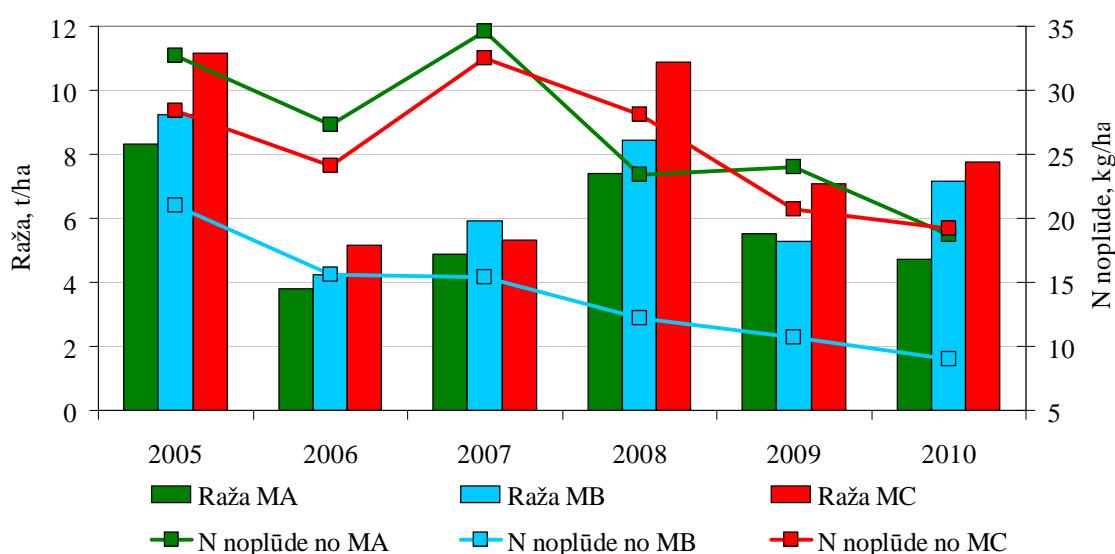


21. attēls. Drenu noteces atšķirības pie dažādiem mēslošanas variantiem (1998 – 2010)

Paskaidrojums: 1; 3; 6; 7; 8; 19, 11, 12, 14; 16 – izmēģinājumu lauciņa numurs.

Salīdzinot ar organisko mēslojumu apstrādātus lauciņus secināts, ka ar šķīdramēsliem mēslosos lauciņos veidojas mazāka drenu notece kā ar kūtsmēsliem. Šķīdramēsliu pielietošanas rezultātā augsne sablīvējas, samazinot ūdens filtrācijas iespējas. Starp trim lauciņiem, kas apstrādāti ar šķīdramēsliem, lielākā (maksimālā) drenu notece konstatēta trešajā izmēģinājumu lauciņā (205 mm), bet ar kūtsmēsliem – 359 mm – septītajā lauciņā.

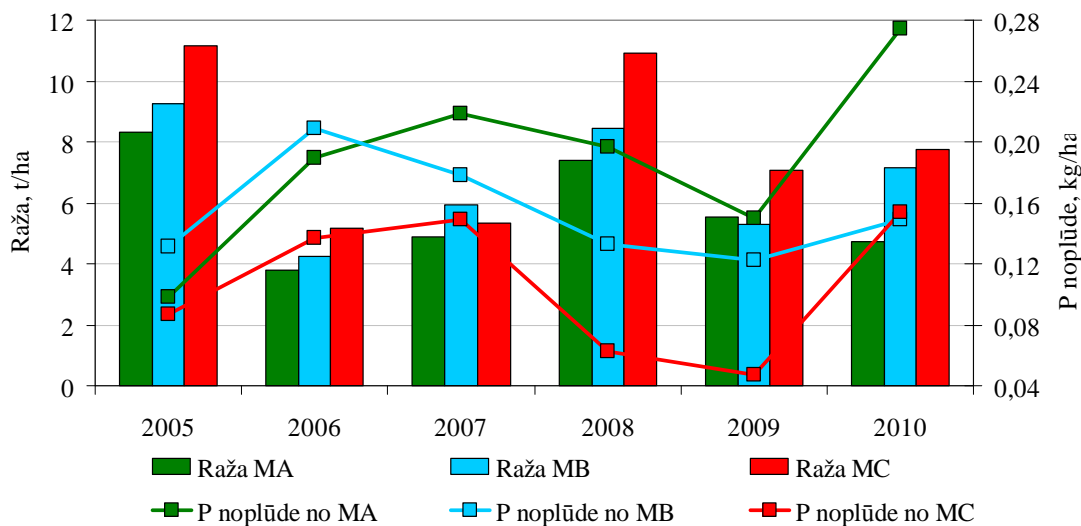
Analizējot slāpekļa noplūdes periodā no 2005. – 2010 gadam (22. att.), pielietojot trīs dažādus mēslošanas režīmus (nemēsloti, normāla un dubulta minerālmēslojuma devu lauciņi) secināts, ka lielākās N noplūdes (gadā vidēji 27 kg N/ha) konstatētas nemēslotos lauciņos (MA), kas izskaidrojams ar, iespējams, nepietiekami attīstītu kultūraugu sakņu sistēmu, nespējot pienācīgi uzņemt augsnes aktīvajā zonā esošo ūdeni, kas izraisa drenu noteces un līdz ar to arī N noplūdes palielināšanos nemēslotajos izmēģinājumu lauciņos. Mazākās N noplūdes, kas sešu gadu periodā gadā veido vidējo 14 kg N/ha noplūdi, konstatētas normāla minerālmēslojuma devu (MB) apstrādātos lauciņos.



22. attēls. Minerālmēslojuma ietekme uz kultūraugu ražu un N noplūdi (2005 – 2010)

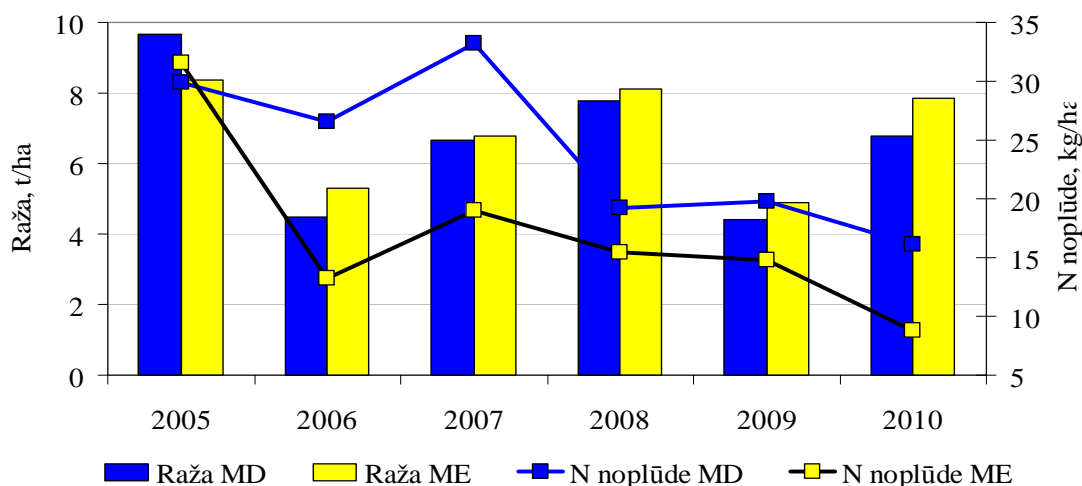
No lauciņiem, kas apstrādāti ar dubulta mēslojuma P₂O₅devu (MC), vērojama gadā vidēji 0.106 kg P/ha fosfora noplūde (23. att.). Kā iespējamo iemeslu šim secinājumam var minēt spēcīgi attīstīto sakņu sistēmu, kas intensīvi uzņem lieko augsnes ūdeni un augu sakņu zonā esošos P elementus, samazinot to izskalošanās iespējas. Lielākās P noplūdes konstatētas nemēslotos lauciņos, kas 6 gadu periodā gadā vidēji veido 0.188 kg P/ha noplūdi.

Organiskajā mēslojumā (šķidrmēsli, kūtsmēsli) augiem nepieciešamie biogēnie elementi galvenokārt ir organisko savienojumu veidā (LLPN, 1999), kas ir izmantojami tikai pēc mineralizācijas. To ātrums mēslošanas līdzekļiem atšķiras: kūtsmēsli mineralizējas lēni, virca un šķidrmēsli – strauji.



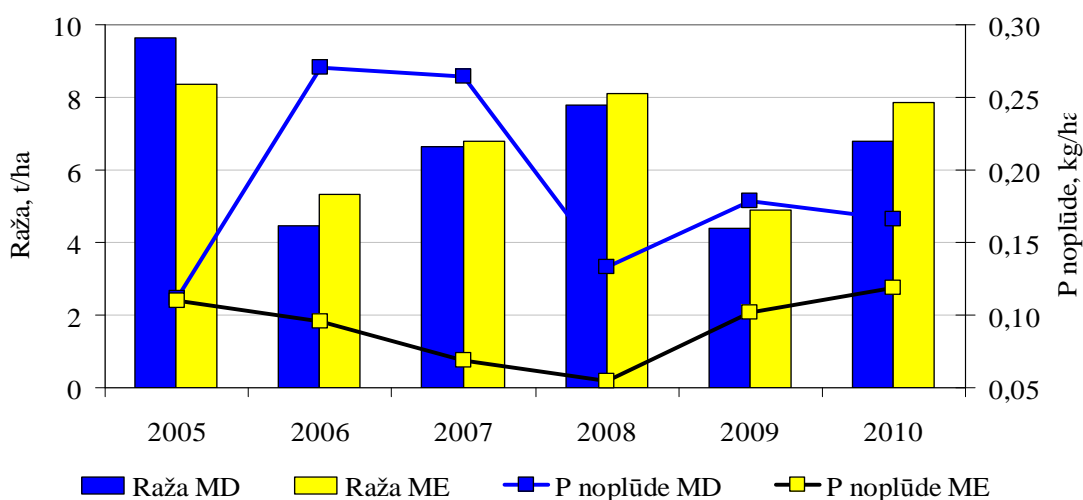
23. attēls. Minerālmēslojuma ietekme uz kultūraugu ražu un P noplūdi (2005 – 2010)

Ar kūtsmēsliem apstrādātos izmēģinājumu laucīšos (MD) konstatēta augstāka N un P elementu noplūde kā ar šķīdramēsliem. No 2005. – 2010. gadam no laucīšiem, kuros pielietoti kūtsmēsli, vērojama gadā vidēji 24 kg N/ha un 0.187 kg P/ha noplūde (24., 25. att.), kas varētu būt izskaidrojams ar izmēģinājumu laucīņu drenu noteces ietekmi uz izskalošanās procesu, kā arī faktu, ka kūtsmēsli mineralizējas lēni (LLPN, 1999) un augus ar barības elementiem apgādā pakāpeniski, tā laikā radot lielus izskalošanās draudus.



24. attēls. Kultūraugu ražas un N noplūdes, pielietojot organisko mēslojumu (2005 – 2010)

Tā kā šķīdumā mineralizējas ātrāk kā kūtsmēsli, šajā mēslošanas režīmā kultūraugi straujāk sāk izmantot biogēnos elementus, nepieļaujot lielas N un P noplūdes. Šķīdumā iedarbība uz augiem norisinās uzreiz pēc to izkļedes uz lauka, līdz ar to tie intensīvi uzņem barības elementus, neļaujot tiem izskaloties kā drenu noteces ūdeņiem. Pielietojot šķīdumus, konstatēts arī mazāks drenu noteces slānis kā ar kūtsmēsliem apstrādātos laucīņos. Periodā no 2005. – 2010. gadam (24., 25. att.) ar šķīdumiem mēslotos laucīņos vērojama gadā vidēji 17 kg N/ha un 0.091 kg P/ha noplūde.



25. attēls. Kultūraugu ražas un P noplūdes, pielietojot organisko mēslojumu (2005 – 2010)

Konstatēts, ka šķīdumā iedarbības rezultātā kultūraugu raža (10. tab.) ir nedaudz lielāka kā ar kūtsmēsliem apstrādātos laucīņos. Piemēram, 2010. gadā ar šķīdumiem mēslotos laucīņos iegūta 7.8 t/ha, bet ar kūtsmēsliem – 6.8 t/ha liela ziemas kviešu raža. Apjoma atšķirības, iespējams, ietekmē kultūraugu spēja uzreiz pēc šķīdumā iedarbības izmantot augiem nepieciešamās barības vielas, kas atrodas augsnē.

SECINĀJUMI

1. Lielākās biogēno elementu (N un P) noplūdes novērotas nemēslosos laucīšos (gadā vidēji 27 kg N/ha un 0.188 kg P/ha), ko, iespējams, ietekmē vājāka kultūraugu sakņu sistēmas attīstība un drenu notece.
2. Ar minerālmēslojumu apstrādātās platībās mazākā P noplūde konstatēta dubulta mēslojuma devu laucīšos (gadā vidēji 0.106 kg P/ha), jo kultūraugi, iespējams, intensīvāk uzņem augsnes ūdeni un augu sakņu zonā esošos P elementus.
3. Apstrādājot platības ar organisko mēslojumu, lielākas biogēno elementu noplūdes novērotas ar kūtsmēsliem mēslosos laucīšos (gadā vidēji 24 kg N/ha un 0.187 kg P/ha).
4. Mēslojuma devas ietekmē kultūraugu ražas apjomus. Augstākās ražas konstatētas izmēģinājumu laucīšos ar dubulta mēslojuma devu, savukārt, mazākā – laucīšos, kas netiek mēslooti.
5. Gados, kad uz izmēģinājumu laucīšiem bijušas lauksaimniecības kultūras ziemas rapsis un ziemas kvieši, novērotas lielākās biogēno elementu koncentrācijas drenu ūdeņos (veģetācijas perioda vidējās vērtības: N_{kop} 10.5 mg/l, NO_3-N 9.3 mg/l, P_{kop} 0.131 mg/l), savukārt, mazākās N un P koncentrācijas novērotas āboliņa un auzu veģetācijas laikā (veģetācijas perioda vidējās vērtības: N_{kop} 7.5 mg/l, NO_3-N 7.0 mg/l, P_{kop} 0.046 mg/l).
6. Starpkultūru periodos, kad lauku neklāj veģetācija, arī novērota liela izskalošanās (vidēji N_{kop} 8.9 mg/l, NO_3-N 8.2 mg/l, P_{kop} 0.090 mg/l).
7. Novērotās NO_3-N koncentrācijas izmēģinājumu laucīšos, kur pielietots organiskais mēslojums (kūtsmēsli un šķidrmēsli), ir lielākas kā ar minerālmēslojumu apstrādātos laucīšos.
8. No izmēģinājumu laucīšiem, kuros konstatēta lielākā drenu notece, novērotas arī lielākās N un P elementu noplūdes. Pielietojot organisko mēslojumu, mazāka drenu notece veidojas ar šķidrmēsliem apstrādātās teritorijās.

GALVOJUMS

Ar šo es - Zane Dimanta (matrikulas Nr. LI05256) galvoju, ka maģistra darbs ir izpildīts patstāvīgi.

No svešiem avotiem ņemtie dati un definējumi ir uzrādīti darbā. Darbs nav publicēts un pirmo reizi tiek iesniegts aizstāvēšanai Maģistru Eksaminācijas komisijai.

Datums

Paraksts

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Andersons A. (1996) Atskaite par augšņu izpētes darbiem. Jelgava, 23 lpp.
2. Baigys G., Milius P., Abramenko K. (2011) Fluctuation of Mineral Nitrogen Leaching when Applying Different Tillage. Management of Water Resources in the Face of Global Warming and Life Quality, p. 263-488.
3. BEAROP Project in Latvia within the Baltic Agricultural Run-off Action Programme. Second Interim Project Report (1996) Latvia, 31 p.
4. Bērziņš E., Teivens J. (1973) Palīgs melioratoram. Rīga, 471 lpp.
5. Burt T. P., Heathwaite A. L., Trudgill S. T. (1993) Nitrate: processes, patterns and management. England, 444 p.
6. Bušmanis P., autoru kolektīvs (2002) Atskaite par Latvijas – Zviedrijas kopprojektu "Lauksaimniecības izraisītā piesārņojuma samazināšana Latvijā". Jelgava, 76 lpp.
7. Bušmanis P., autoru kolektīvs (1999) Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi Latvijā. LLU, Jelgava, 103 lpp.
8. Buzek F., Bystricky V., Kadlecova R., Kvittek T., Ondr P., Sanda M., Zajicek A., Zlabek P. (2009) Application of two-component model of drainage discharge to nitrate contamination. Journal of Contaminant Hydrology, Volume 106, Issue 3 – 4, p. 99.–117.
9. Davis R., Hirji R. (2003) Water Quality: Assesment and Protection. Water Resources and Environment Technical Note D.1. Washington, 33 p.
10. Dean D. M., Foran M. E. (1991) The Effect of Farm Liquid Waste Application on Receiving Water Quality. Final Report. Ontario, 114 p.
11. Deelstra J., Iital A. (2008) The use of the flashiness index as a possible indicator for nutrient loss prediction in agricultural catchments. Boreal Environment Research, Volume 13, p. 209. – 221.
12. Dzalbe I., Jansons V. (2005) Indikatori lauksaimniecības ietekmes uz ūdens vidi novērtēšanai. LLU Raksti, Nr. 15 (310), 9. – 16. lpp.
13. Filintas A., Dioudis P., Stamatis G., Hatzopoulos J., Karyotis T. (2008) Environmental Assessment of Groundwater Nitrate Pollution From Agricultural Wastes and Fertilizers in Central Greece Wathersheds Using Remote Sensing and

- GIS. In: 3rd International Conference AQUA 2008 on: Water Science and Technology with emphasis on water & climate, 16. –19. October, Greece, 10 p.
14. Heathwaite A. L., Yohnes P. J., Peters N. E. (1996) Trends in nutrients. *Hydrological Processes*, Volume 10, p. 263. – 293.
 15. Hudson N. W. (1993) Field measurement of soil erosion and runoff. United Kingdom, 139 p.
 16. Jansons V., Busmanis P., Dzalbe I., Kirsteina D. (2003) Catchment and drainage field nitrogen balances and nitrogen loss in three agriculturally influenced Latvian watersheds. *European Journal of Agronomy*. Volume 20, p. 173. – 179.
 17. Jansons V., Kārklīšs A., Kiršteina D., Bušmanis P. (2005) Lauksaimniecības un vides riska modelēšana ar ĢIS metodēm. Monogrāfija: Riski lauksaimniecībā un privātajā mežsaimniecībā. LLU/RTU DITF, Jelgava, 363. – 384. lpp.
 18. Jansons V., Sudārs R., Abramenko K., Vircavs V., Plūme I., Ausmane M., Lagzdiņš A. (2006) Lauksaimniecības noteču monitorings. Jelgava, 34 lpp.
 19. Kārklīšs A. (2008) Augsnes diagnostika un apraksts. Jelgava, 335 lpp
 20. Kārklīšs A. (2001) Augu barības elementu iznesas kā lauksaimniecības agroekoloģiskais indikators. *Agronomijas vēstis*, Nr. 3, 14. – 19. lpp.
 21. Kladivko E. J. (2001) Nitrate leaching into tile drains at SEPAC, 2 p.
 22. Kladivko E. J., Bowling L. (2008) Nitrate-N loads to subsurface drains as affected by drainage intensity and agronomic management practices. *Soil & Water Management & Conservation*, 7 p.
 23. Köhler K., Duynisveld W.H., Böttcher J. (2006) Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, Volume 169, p. 185. – 195.
 24. Lagzdiņš A., Jansons V., Abramenko K. (2008) Ūdeņu kvalitātes standarta noteikšana pēc biogēno elementu koncentrācijas notecē no lauksaimniecībā izmantotajām platībām. *LLU Raksti*, Nr. 21 (315), 96. – 105. lpp.
 25. Lapiņš D., Kažotnieks J. (2001) Laukkopība. *Ozolnieki*, 247 lpp.
 26. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija (2006) Informatīvie materiāli konsultantiem un zemniekiem mēslošanas plānu sagatavošanai. Ieteikumi zemniekiem Rīcības programmas realizācijai īpaši jutīgajās teritorijās. 61 lpp.
 27. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija (2008) Uzņēmuma tehniskie noteikumi. Kūtsmēsļu transportēšana un iestrādāšana augsnē. Rīga, 31 lpp.

28. Latvijas Vides aģentūra (2003) Lauksaimniecības noteču (noplūdes) monitoringa rokasgrāmata. Rīga, 34 lpp.
29. Lübbe E. (2008) Agricultural drainage and environment in different farming policies. Proceedings of the 10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage, 7 p.
30. Ministru kabineta noteikumi Nr. 631 (2005) Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves". Latvijas Vēstnesis, Nr. 135, 26.08.2005.
31. Ministru kabineta noteikumi Nr. 92 (2004) „Prasības virszemes ūdeņu, pazemes ūdeņu un aizsargājamo teritoriju monitoringam un monitoringa programmu izstrādei”. Latvijas Vēstnesis, Nr. 30, 25.02.2004.
32. Miške I., autoru kolektīvs (2007) Bioloģiskās augkopības pamati. Rīga, 255 lpp.
33. Nouri H., Liaghat A. A. M., Fardad H., Chaeichi M. R. (2007) Improved Water Quality through Water Table Management in a Semi Arid Regions of Iran. Iranian Journal of Irrigation and Drainage Fall, Volume 1 (1), p. 41. – 48.
34. Ochs W., Plusquellec H. (2003) Water Resources and Environment Technical Note E.1. Irrigation and Drainage Development. Washington, 31 p.
35. Odiņš J. (1963) Zemju nosusināšana un laistīšana. Rīga, 478 lpp.
36. Ritter W.F., Shirmohammadi A. (2001) Agricultural nonpoint source pollution. Watershed Management and Hydrology. Agricultural Drainage and Water Quality. Units States of America, 342 p.
37. Ruža A., autoru kolektīvs (2004) Augkopība. LLU, 380 lpp.
38. Sarma B. (1990) Hidrometrija, hidroloģija un noteces regulēšana. Rīga, 189 lpp.
39. Sauka O., Bušmanis P., Labrencis V., Kļaviņš U., Barbars J. (1987) Lauksaimniecības hidrotehniskā meliorācija. Rīga, 296 lpp.
40. Smilga H. (2004) No māla caurules līdz zinātnei. Jelgava, 291 lpp.
41. Strūbergs J. (1999) Meliorācijas sistēmu ekspluatācijas rokasgrāmata. Jelgava, 48 lpp.
42. Šķiņķis C. (1986) Augšņu drenēšana. Rīga, 329 lpp.
43. Šķiņķis C. (1992) Hidromeliorācijas ietekme uz dabu. Rīga, 298 lpp.
44. Uiska J. (1958) Drenāža. Rīga, 179 lpp.
45. United States Department of Agriculture (2001) Engineering Field Handbook. Water Management (Drainage). Chapter 14. 202 p.
46. Ūdens apsaimniekošanas likums (2002) Latvijas Vēstnesis, Nr. 140, 01.10.2002.

47. Valters J. (2005) Drenu vadu pilienveidošanas problēmas. Jelgava, 158 lpp.
48. Vides aizsardzības likums (2006) Latvijas Vēstnesis, Nr. 183, 15.11.2006.
49. Vucāns R., Līpenīte I., Livmanis J. (2003) Augu barības elementu bilance augsekā. Agronomijas Vēstis, Nr. 5, Jelgava, 6 lpp.
50. Zīverts A. (2001) Pazemes ūdeņu hidroloģija. Jelgava, 81 lpp.
51. Zucker A. L., Brown L. C. (1998) Agricultural Drainage: Water Quality Impacts and Subsurface Drainage Studies in the Midwest. 40 p.

Izmantotie interneta resursi:

52. Eiropas Komisija. ES Nitrātu direktīva:
<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/lv.pdf> Resurss
apskatīts gada 13. februārī.
53. Latvijas Agronomu biedrības mājas lapa:
http://www.agronomi.lv/tas_var_jus_int.php Resurss apskatīts 2012. gada 20.
februārī.
54. Latvijas Republikas centrālās statistikas datu bāzes (2009) mājas lapa:
<http://www.csb.gov.lv/statistikas-temas/lauksaimnieciba-galvenie-raditaji-30325.html> Resurss apskatīts 2011. gada 19. decembrī.
55. Organic Stock Management (2006) Canterbury Organic Growers – Risk Management Project:
<http://www.organics.org.nz/pdf/16.%20Organic%20stock%20management.pdf>
Resurss apskatīts 2012. gada 27. janvārī.
56. SIA „Latvijas lauku konsultācijas un izglītības centrs” mājas lapa:
http://www.laukutikls.lv/biologiska_lauksaimnieciba/zinas/777pamatnosacijumi_v_eiksmigai_biologiskajai_saimniekosanai Resurss apskatīts 2012. gada 3. martā.
57. SIA „Latvijas lauku konsultācijas un izglītības centrs” mājas lapa:
<http://eriki.lkc.lv/>
Resurss apskatīts 2012. gada 22. maijā.
58. SIA „Latvijas lauku konsultācijas un izglītības centrs” mājas lapa:
http://www.laukutikls.lv/images/stories/Piena_rokasgramata/Augkopiba/vasaraju_l_abibas1.pdf Resurss apskatīts 2012. gada 3. martā.
59. SIA „Latvijas šķirnes sēklas” mājas lapa: <http://www.seklas.lv/cat/apraksti> Resurss
apskatīts 2012. gada 24. martā.
60. Žurnāla „Agropols” mājas lapa:
<http://www.agropols.lv/?menu=110&numurs=222&newsid=59405> Resurss
apskatīts 2012. gada 22. maijā.
61. Žurnāla „Saimnieks” mājas lapa:
<http://www.saimnieks.lv/Agrokimija/Mineralmesli/117> Resurss apskatīts 2011.
gada 12. Decembrī.

PIELIKUMI

Izmēginājumu lauciņu zemes virsmas augstuma atzīmes (m v.j.l.)

Lauciņa numurs	Minimālais augstums	Maksimālais augstums	Vidējais augstums	Standartnovirze
	metri virs jūras līmeņa			
1	77.42	78.39	77.98	0.218
2	78.07	78.94	78.52	0.196
3	78.13	78.80	78.49	0.151
4	78.44	79.02	78.80	0.130
5	77.65	78.66	78.20	0.207
6	78.15	79.34	78.64	0.236
7	78.05	79.08	78.49	0.251
8	78.79	79.56	79.34	0.189
9	78.16	79.39	78.87	0.269
10	79.25	79.72	79.52	0.0923
11	78.94	79.80	79.58	0.231
12	79.51	80.03	79.91	0.109
13	79.73	80.05	79.98	0.0701
14	79.93	80.04	80.02	0.0178
15	79.59	80.05	79.96	0.109
16	79.99	80.04	80.03	0.00526

Izmēginājumu lauciņu zemes virsmas augstuma atzīmju aprēķins

Zemes virsmas augstuma atzīmes (metros virs jūras līmeņa) aprēķinātas, izmantojot programmas *Quantum GIS* automātiskā aprēķina iespējas.

Algoritma piemērs:

```
#!/bin/sh
nosaukums=augstumi.txt #rezultātu izvades faila nosaukums

for i in {1..16} #cikls, kas veic automatizētu aprēķinu visiem lauciņiem
do
    echo "" >>$nosaukums
    echo "===== " >>$nosaukums
    echo "Laucins ar ID "$i >>$nosaukums
    r.mask input=lauciniRast maskcats=$i #teritorijas, kurā tiks veikts aprēķins,
    definēšana
    r.univar map=reljefs_apgriezts >>$nosaukums #aprēķins definētajai teritorijai
    r.mask -r
done
```

Izmēģinājumu lauciņu zemes virsmas slīpuma atzīmes (⁰)

Lauciņa numurs	Minimālais slīpums	Maksimālais slīpums	Vidējais slīpums	Standartnovirze
	grādi (⁰)			
1	0.396	1.11	0.777	0.181
2	0.883	1.89	1.22	0.199
3	0.660	0.988	0.809	0.055
4	0.803	1.74	1.19	0.256
5	0.726	2.45	1.29	0.366
6	0.579	1.98	1.13	0.256
7	0.015	2.44	1.13	0.621
8	0.983	2.11	1.63	0.293
9	0.024	1.54	0.653	0.396
10	0.008	1.89	0.785	0.497
11	1.16	2.14	1.66	0.266
12	0.428	1.96	1.22	0.318
13	0.024	0.770	0.389	0.262
14	0.023	0.516	0.096	0.113
15	0.002	0.527	0.042	0.056
16	0.010	1.29	0.567	0.429

Izmēģinājumu lauciņu zemes virsmas slīpumu aprēķins

Zemes virsmas slīpumi (grādos) aprēķināti, izmantojot programmas *Quantum GIS* automātiskā aprēķina iespējas.

Algoritma piemērs:

```
#!/bin/sh
nosaukums=slipumi.txt #rezultātu izvades faila nosaukums

for i in {1..16} #cikls, kas veic automatizētu aprēķinu visiem lauciņiem
do
    echo "" >>$nosaukums
    echo "===== " >>$nosaukums
    echo "Laucins ar ID "$i >>$nosaukums
    r.mask input=lauciniRast maskcats=$i #teritorijas, kurā tiks veikts aprēķins,
    definēšana
    r.univar map=reljefs_apgriezts >>$nosaukums #aprēķins definētajai teritorijai
    r.mask -r
done
```

Ieteikumi piesārņojuma samazināšanai

Lai samazinātu lauksaimniecības darbības radīto piesārņojumi, ir jāņem vērā vairāki ieteikumi, kuru ievērošana spētu samazināt lauksaimniecības radīto negatīvo ietekmi uz vidi un ūdeņu kvalitāti. Samazinot augu barības elementu izskalošanos, gaidāma piesārņojuma veidošanās riska krišanās. Daži ieteikumi:

- Viens no piesārņojumu samazināšanas pasākumiem ir mitrzemju jeb mitrāju ierīkošana (Bušmanis et al., 1999) lauksaimniecībā izmantojamo zemju ieplakās, kas attīrītu virszemes ūdeņus no augu barības elementiem un uztvertu vietējo noteci. Par mitrājiem tiek uzskatītas palienes, zāļu un kūdras purvi vai ūdeņu platības.

- Kā ļoti iespaidīgs, bet dārgs ieteikums ir attīrīšanas iekārtu ierīkošana katra drenu kolektora iztekas galā, kas veicinātu drenu ūdeņu attīrīšanu un to ievadīšanu ūdenstecē.

- Jāatceras, ka kopējais mēslojuma daudzums, ko vienā sezonā iestrādā ar kūtsmēsliem, šķidrmēsliem vai vircu (Ruža et al., 2004), nedrīkst pārsniegt 170 kg N/ha un 20-23 kg P/ha.

- ES Nitrātu direktīva nosaka, ka kūtsmēslus un vircu nedrīkst izkliegt ziemā un agrā pavasarī, laikā no 15. oktobra līdz 15. martam. Mēsli izkliegt nevar uz sasalušas, pārmitras, pārplūdušas un ar sniegu klātas augsnes (Ruža et al., 2004).

- Tauriņziežu zelmeņa uzāršana jāveic pēc iespējas tuvāk nākamā kultūrauga sējai, jo to aparat, slāpekli saturošie savienojumi ātri mineralizējas un notiek būtiski zudumi izskalošanās rezultātā (LLPN, 1999).

- Jāizvairās no pārmērīgas mēslošanas līdzekļu lietošanas, īpaši ziemas rapša un ziemas kviešu veģetācijas periodā. Tā kā augstas N un P koncentrācijas novērotas arī starpkultūru periodos, platība pēc iespējas mazāku periodu jāatstāj bez veģetācijas. Kultūraugiem, kuriem nepieciešams lietot augstas minerālmēsli normās, tie ir jādod daļīti.

- Minerālmēsli izsēju nedrīkst veikt, ja iespējami būtiski mēslojuma zudumi izgaišanas, noskalošanās vai izskalošanās rezultātā (Ruža et al., 2004). Tie uz lauka ir jāizkliegt vienmērīgi, un, iestrādājot augsnē, jānovieto tur, kur saknes tos vislabāk spēs izmantot.