

LLU

Artūrs Veinbergs

Maģistra darbs

Jelgava 2012

LLU

Lauku inženieru fakultāte

Vides un ūdens saimniecības katedra

Atļauts aizstāvēt

2012. g. . jūnijā

Katedras vad. Prof. V. Jansons

**Gruntsūdens svārstību ietekme uz nitrātu slāpekļa
koncentrācijām vaļējās ūdenstecēs**

Maģistra darbs

Vides inženierzinātnes specialitātē

Maģistra darba vadītājs vadītājs: Prof., Dr.sc.ing. V. Jansons

(paraksts)

Recenzenti: Prof., Dr. sc. ing. Ritvars Sudārs

(paraksts)

Mg. sc. ing. Ainis Lagzdiņš

(paraksts)

Vides inženierzinātnes. spec. stud. Artūrs Veinbergs

(paraksts)

Studenta apliecība Nr. LI05233

Jelgava 2012

Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Vides un ūdenssaimniecības katedra

Apstiprinu

2012. g.

Katedras vad. Prof. V. Jansons

Maģistra darba uzdevums

Maģistra darba tēma: „*Gruntsūdens svārstību ietekme uz nitrātu slāpekļa koncentrācijām vaļējās ūdenstecēs*”

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 staciju Mellupīte un Bērze ilggadīgo novērojumu dati un izmēģinājumu lauciņu topogrāfiskie materiāli;
- Ilggadīgie meteoroloģisko novērojumu dati;
- Modelētie meteoroloģiskie dati 1961.-1990. g. un 2071.-2100. g. Periodiem;
- Gruntsūdens modelēšanas rīki METUL un BFI.

Maģistra darba saturs:

- Nitrātu slāpekļa koncentrāciju un gruntsūdens svārstību mijiedarbības analīze un raksturojums;
- Nākotnes gruntsūdens līmenis un nitrātu slāpekļa koncentrācijas klimata mainības apstākļos mazos sateces baseinos;
- Priekšlikumi lauksaimniecības noteču monitoringa sistēmas uzlabošanai;
- Klimata mainības radītie draudi un ieguvumi lauksaimnieciskajā ražošanā.

Maģistra darba vadītājs: Prof., Dr.sc.ing. V. Jansons

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

Maģistra darba izpildītājs: Artūrs Veinbergs matr. Nr. LI05233

Anotācija

Veinbergs A. Gruntsūdens svārstību ietekme uz nitrātu slāpekļa koncentrācijām vaļējās ūdenstecēs: Maģistra darbs. –Jelgava, LLU, Lauku inženieru fakultāte, Vides un ūdenssaimniecības katedra. – 2012. – 65 lpp.

Darbā izpētīta gruntsūdens un tā svārstību ietekme uz nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrācijām vaļējās ūdens tecēs lauksaimniecības noteču monitoringa stacijās Mellupīte un Bērze. Izstrādāta metode, kas raksturo dziļumu, no kāda formējas dominējošā notece drenu lauka līmenī, mazā sateces baseina līmenī, kā arī gruntsūdens novērojumu urbumos.

Veikta detāla analīze mazā sateces baseina līmenī. Noteikta gruntsūdens līmeņa ($G\bar{U}L$) ietekme uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām. To raksturo teorētiska funkcija ($\text{NO}_3\text{-N}_{\text{konc.}}=f(G\bar{U}L)$). Ievērtēts noteces sadalījums (gruntsūdens notece un drenu notece). Gadījumā, kad gruntsūdens ir relatīvi dziļš, mazā sateces baseina notecē dominē gruntsūdens notece (*base flow*). Šādā situācijā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ir salīdzinoši zemas.

Darbā novērtēta klimata mainības ietekme uz gruntsūdens svārstībām un nitrātu slāpekļa koncentrācijām mazā sateces baseina līmenī. Šim nolūkam veikta gruntsūdens līmeņu matemātiska modelēšana. Aprēķinātas iespējamās nitrātu slāpekļa koncentrācijas paredzamajiem klimatiskajiem apstākļiem nākotnē (2071.-2100. g.) un periodā pirms klimata pārmaiņām jeb references periodā (1961.-1990. g.).

Sniegti priekšlikumi lauksaimniecības noteču monitoringa sistēmas uzlabošanai. Novērtēti klimata mainības radītie draudi un ieguvumi lauksaimnieciskajā ražošanā.

Maģistra darbs satur: paskaidrojuma rakstu uz 65 lappusēm, 11 tabulas, 29 attēlus, 50 izmantotās literatūras avotus un vienu pielikumu.

Annotation

Veinbergs A. Influence of groundwater fluctuations on Nitrate Nitrogen concentrations in open channels: Master work. – Jelgava, LLU, Faculty of Rural Engineering, Department of Environmental Engineering and Water Management. – 2012. – 65 p.

In the Master work the nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) concentrations in open channels under the impact of groundwater fluctuations are investigated. The method for the calculations of dominant depth where the runoff is formed from is developed. The method is implemented for the calculations of groundwater wells as well as drainage field and small catchment scale.

The detailed analysis in the small catchment scale is applied. The characteristic nitrate nitrogen function affected by the groundwater depth ($\text{NO}_3\text{-N conc.}=\text{f}(\text{GWD})$) were determined. The runoff distribution (base flow and drainage runoff) effects were taken into an account. If the groundwater is relatively deep, the base flow is dominant. Hence the $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations are comparatively low.

In the Master work the groundwater table and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in climate change conditions were calculated. The groundwater mathematical modelling was applied for 1961-1990 year period (represents the period before climate changes and called reference period) and 2071-2100 year period (represents the future climate conditions).

The new advices for the better agricultural runoff approaches, the opportunities and threats in climate changes conditions are considered.

The master work has 65 pages, 11 tables, 29 figures, 50 sources of bibliography and 1 appendix.

Аннотация

Вейнберг А. Воздействие колебаний грунтовых вод на концентрацию нитратного азота в открытых водотоках: Магистерская работа. – Елгава, ЛСХУ, Факультет сельских инженеров, кафедра окружающей среды и водного хозяйства. – 2012. – 65 ст.

В работе магистра рассматриваются влияние и изменения концентрации грунтовых вод в нитратном азоте ($\text{NO}_3\text{-N}$) в открытой воде сельскохозяйственных стоков станций мониторинга „Mellupīte” и „Bērze”. Метод для характеристики глубины, из которых формируется доминирующие области утечки стоков на уровне малых водосборов, а также скважин подземных наблюдений.

Установлен детальный анализ понимания малого уровня водораздела. Установлено влияние уровня грунтовых вод (гр. вод) на $\text{NO}_3\text{-N}$ концентрацию. Она характеризуется по теоретической функции ($\text{NO}_3\text{-N}_{\text{конс.}} = f(G\bar{U}L)$). Оценен сток распределения (сток подземных вод и дренажных стоков).

В случаях, когда грунтовые воды относительно глубокие, небольшие стоки водосбора преобладают подземным стоком (base flow). В этой ситуации, $\text{NO}_3\text{-N}$ концентрация является относительно низкой.

В работе магистра оценивается влияние климата на колебания подземных вод и концентрация нитратного азота в небольшом уровне бассейна. Для этого сделано математическое моделирование уровня грунтовых вод. Рассчитан возможный потенциал концентрации нитратного азота от климатических условий в будущем (2071.-2100. г.) и в периоде до изменения климата, или отчетного периода (1961.-1990. г.).

Предложены системы мониторинга для улучшения сельскохозяйственных стоков. Оценены угрозы изменчивости климата и преимущества сельскохозяйственного производства.

Работа магистра содержит: 65 страниц, 11 таблиц, 29 рисунков, 50 литературных источников, 1 приложение.

SATURA RĀDĪTAJS

Kopsavilkums	9
Ievads	10
1. Nitrātu slāpekļa koncentrāciju un gruntsūdens svārstību mijiedarbības analīze un raksturojums.....	13
1. 1. Pētāmo objektu vispārējs raksturojums un izstrādātā aprēķinu metode NO ₃ -N un GŪL mijiedarbības raksturošanai	13
1.1.1. Izpētes objekti	13
1.1.2. Gruntsūdens svārstību ietekmes uz nitrātu slāpekļa koncentrācijām aprēķinu metode.....	15
1.1.3. Gruntsūdens līmeņa, pie kura sākas drenu notece drenu laukā un mazajā sateces baseinā noteikšana.....	19
1.1.4. Fortran programma Base flow index, un tās pielietojums GŪLdr. <i>Q. min</i> aprēķiniem	20
1.2. Gruntsūdens un NO ₃ -N mijiedarbības aprēķinu rezultāti.....	22
1.2.1. Noteces sadalījums mazā sateces baseina līmenī.....	22
1.2.2. GŪLvid_x ietekmes uz NO ₃ -N koncentrācijām, novērtējums un analīze mazā sateces baseina, drenu lauka līmenī un gruntsūdeņos	26
1.2.3. Detāls GŪLvid_x ietekmes uz NO ₃ -N koncentrācijām novērtējums mazā sateces baseina un drenu lauka līmenī.....	29
1.3. Gruntsūdens līmeņu un NO ₃ -N koncentrāciju mainība.....	32
1.3.1. Virszemes ūdenstecēs noteci formējošais gruntsūdens slānis	32
1.3.2. Gruntsūdens nesošā slāņa mainības ietekme uz NO ₃ -N koncentrācijām notecē	33
1.3.3. Drenu un gruntsūdens filtrācijas plūsmas (base flow) mijiedarbība – tās loma NO ₃ -N koncentrācijas formēšanā mazā sateces baseina līmenī	34
1.3.4. Nitrātu koncentrāciju mainību izraisošie faktori.....	36
1.4. Priekšlikumi lauksaimniecības noteču monitoringa sistēmas uzlabošanai	37
2. Nākotnes gruntsūdens līmenis un nitrātu slāpekļa koncentrācijas klimata mainības apstākļos mazos sateces baseinos	39
2.1. Klimata mainība, tās modelēšana	39

2.1.1. Darba plāns	41
2.1.2. Matemātiskais modelis METUL un Modelēto datu apstrāde un pielietojums.....	41
2.1.3. Gruntsūdens līmeņu modelēšana un datu apstrāde references periodam un nākotnei.....	44
2.1.4. Pielietotā datu apstrāde sezonālo izmaiņu novērtējumam	46
2.2.5. NO ₃ -N aprēķini klimata mainības novērtēšanai	47
2.2. Gruntsūdens svārstību un NO ₃ -N aprēķinu rezultāti nākotnes klimatam un references periodam	48
2.2.1. Gruntsūdens līmeņa svārstības references periodā (1961.-1990. g.).....	48
2.2.2. Prognozējamās gruntsūdens svārstības nākotnē (2071.-2100. g.)	49
2.2.3. References perioda (1961.-1990. g.) un nākotnes perioda (2071.-2100. g.) gruntsūdens svārstību salīdzinājums.....	49
2.2.4. Gruntsūdens līmeņa sezonālās izmaiņas nākotnē attiecībā pret references periodu	51
2.2.5. NO ₃ -N koncentrācijas izmaiņas klimata mainības apstākļos mazā sateces baseina līmenī.....	54
2.2.7. Klimata mainības radītie draudi un ieguvumi lauksaimnieciskajā ražošanā.....	57
Secinājumi	58
Izmantotā literatūra	59
Attēlu saraksts.....	63
Tabulu saraksts	64
Galvojums.....	66
Pielikums	67

Kopsavilkums

Virszemes ūdeņi un gruntsūdeņi vadozajā zonā ar gruntsūdens plūsmām un drenu noteci atrodas savstarpējā mijiedarbībā. Dabas resursu ziņā gan virszemes ūdeņi gan gruntsūdeņi plaši izmantoti dažādām tautsaimniecības vajadzībām, jo uzskatāmi par viegli iegūstamiem. Tomēr tie ir arī samērā viegli piesārņojami. Augsnē esošie slāpekļa savienojumi gruntsūdens filtrācijas plūsmu un drenu noteces ietekmē nonāk virszemes ūdeņos un izraisa eutrofikāciju.

Pētījumā apskatītas augsnē esošo slāpekļa savienojumu īpašības, kas saistītas ar ūdens iedarbību un izskalošanos no augsnes. Apskatītas $\text{NO}_3\text{-N}$ īpašības augsnē un to saikne ar virszemes ūdens objektiem un gruntsūdeņiem vadozajā zonā. Galvenā uzmanība pievērsta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām un to ietekmējošiem faktoriem mazā sateces baseina līmenī.

Vaļējās ūdens tecēs kā nozīmīgs $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ietekmējošs faktors analizētas gruntsūdens līmeņa svārstības un tā ietekme uz gruntsūdens un drenu noteces sadalījumu. Vērtēta situācija, kurā gruntsūdens notece (*base flow*) un drenu notece veic $\text{NO}_3\text{-N}$ transporta funkciju veicinot tā iznesi no augsnes. Pētījumā novērtēta gruntsūdens līmeņa (GŪL) svārstību ietekme uz gruntsūdens noteci (*base flow*) un drenu noteci. Novērtēta noteces sadalījuma ietekme uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas svārstībām vaļējās ūdens tecēs. Mazā sateces baseina līmenī $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ir ievērojami augstākas laikā, kad kopējo noteci papildina drenu notece.

Novērtēta klimata mainības ietekme uz gruntsūdens līmeņu svārstībām. Modelētas gruntsūdens līmeņu svārstības periodam pirms klimata pārmaiņām jeb references periodam (1961.-1990. g.) un iespējamajiem nākotnes (2071.-2100. g.) klimatiskajiem apstākļiem. Darbā analizētas paredzamās gruntsūdens līmeņa izmaiņas ilggadīgi un sezonālā griezumā. Nākotnē sagaidāms salīdzinoši liels GŪL pieaugums no oktobra līdz jūnijam, bet salīdzinoši neliela GŪL pazemināšanās no jūnija līdz septembrim. Vidēji sagaidāma gruntsūdens līmeņa celšanās par vairāk nekā +11 cm.

Aprēķinātas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas gan references, gan nākotnes periodiem. Izdarīti secinājumi par iespējamās klimata mainības izraisīto gruntsūdens līmeņa izmaiņu ietekmi uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām mazā sateces baseina līmenī.

Mellupītes mazajā sateces baseinā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas vidēji pieaugs par 41%, bet Bērzē vidējās izmaiņas ir niecīgas.

Ievads

Pēdējās desmitgadēs Baltijas jūras reģiona valstīs aktualizējusies ūdeņu eitrofikācijas problēma. Arī Latvijas Republikas Ministru kabineta rīkojumā Nr. 517 "Par Vides politikas pamatnostādņēm 2009.-2015. gadam, kā būtiska problēma minēta palielināta iekšējo ūdeņu eitrofikācija. Tās galvenais cēlonis ir augu barības vielu (galvenokārt slāpekļa un fosfora savienojumu) izskalošanās no augsnēs (HELCOM, 1998). Pēc ūdeņu antropogēnā piesārņojuma veidošanās rakstura piesārņotājus nosacīti var iedalīt izkliedētā (difūza) un punktveida piesārņojuma avotos (Jansons, 2006). Saskaņā ar Helsinku konvencijas komisijas ziņojuma datiem, difūzais piesārņojums rada ievērojamu kopējā slāpekļa (N_{kop}) piesārņojumu. Tomēr aprēķināts, ka difūzā piesārņojuma radītā kopējā slāpekļa (N_{kop}) piesārņojuma daļa pēdējo 7 gadu laikā ir samazinājusies no 59% (HELCOM, 2004) uz 45% (HELCOM, 2011).

Tajā pašā laikā lauksaimniecība un mežsaimniecība rada lielāko daļu 70-90% no kopējā difūzā piesārņojuma (HELCOM, 2004, HELCOM, 2011). Aprēķini Latvijas teritorijai liecina, ka kopējais antropogēnās izcelsmes difūzais piesārņojums dod 74% N_{kop} , no kuriem mežu platības dod 23 % N_{kop} (LVGMA, 2005).

Saskaņā ar Nitrātu direktīvu 91/676/EEC Eiropas Savienības (ES) dalībvalstis izstrādājušas un īsteno monitoringa un rīcības programmu lauksaimniecības izraisītā piesārņojuma, it sevišķi eitrofikācijas samazināšanai virszemes un pazemes ūdeņos (Vides ministrija, 2006). Nitrātu direktīvas 91/676/EEC mērķis ir aizsargāt ūdeņus no piesārņojuma ar slāpekļa savienojumiem. Mērķa realizēšanai veicams monitorings, lai panāktu labu virszemes ūdeņu kvalitāti, nepārsniedzot slāpekļa savienojumu robežvērtības, kā arī tiecoties sasniegt augstas kvalitātes prasības. Pēc nitrātu direktīvas 91/676/EEC, piemēram, nitrātu slāpeklim (NO_3-N) robežvērtība ir 11.3 mg L^{-1} , bet nitrātiem (NO_3^-) attiecīgi robežvērtība ir 50 mg L^{-1} . Šie lielumi iestrādāti arī MK noteikumos Nr.118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti".

Labas un augstas ūdens kvalitātes noteikšanai, vadoties pēc ūdeņu struktūrdirektīvas (Ūdens struktūrdirektīva, 2000 Nr. 2000/60/EC), ES dalībvalstis izstrādājušas individuālus noteikumus. Latvijā noteiktas kopējā slāpekļa koncentrācijas raksturojošas robežvērtības. Augstas ūdens kvalitātes prasībām atbilst $N_{kop}=1.5...2 \text{ mg L}^{-1}$ (LVGMA, 2005), kas atkarīga no upes tipa.

Latvijā veiktie lauksaimniecības noteču monitoringa rezultāti liecina, ka bieži ūdeņu kvalitāte ir zemāka par augstas kvalitātes prasībām un dažkārt pat zemāka par

Nitrātu direktīvā noteiktajām robežvērtībām. Lauksaimniecības noteču monitoringa stacijās Bērze (1. att. un 2. att.) un Mellupīte (1. att. un 3. att.) atkarībā no sezonas (ziema vai vasara) un apskatītā lauksaimniecības noteču līmeņa (drenu sistēmas vai mazais sateces baseins), visbiežāk N_{kop} novērots robežās no $\approx 4...9 \text{ mg L}^{-1}$ (Lagzdīņš et al., 2008). Lagzdīņš et al., (2008) pētījums parāda, ka novēroti arī gadījumi, kad N_{kop} koncentrācija gan drenu sistēmā, gan mazajā sateces baseinā pārsniegusi pat 25 mg L^{-1} .

Augu barības elementu izskalošanās no augsnes notiek gan dabisku procesu rezultātā, gan antropogēnas darbības ietekmē. Dabisku fona līmeni rada cilvēka relatīvi maz skartas teritorijas, kur netiek pielietots papildus mēslojums, nav veicināti organisko vielu mineralizācijas procesi, kā arī nav ietekmēti hidroloģiskie procesi. Augu barības vielu izskalošanās apjomu no lauksaimniecībā izmantotām zemēm nozīmīgi ietekmē pielietotais mēslojuma apjoms (Parker et al., 1991), kā arī meteoroloģiskie faktori - galvenokārt nokrišņi un iztvaikošana (Brinkman and Sombroek, 1996). Humīda klimata apstākļos (arī Latvijas Republikā) lauksaimniecības noteču monitoringam pievēršama īpaša uzmanība, jo augsne ir pakļauta biežām mitruma svārstībām, gruntsūdens iedarbībai, kas to caurskalo un veicina ūdenī šķīstošo savienojumu iznesi no augsnes.

Vides problēmu sakarā bieži tiek runāts par klimata mainības radīto ietekmi un iespējamām ietekmēm nākotnē. Arvien biežāk tiek prognozēti iespējamie nākotnes draudi vai ieguvumi. Prognožu veikšanai, iespējamo izmaiņu raksturošanai samērā bieži tiek pielietotas modelēšanas iespējas. Tiek prognozēta tautsaimniecības attīstība, uz tās bāzes veidotas iespējamās siltumnīcas efektu veidojošo gāzu izmešu prognozes un sastādīti nākotnes scenāriji. Izstrādāti atmosfēras cirkulācijas modeļi (Kallen, 1996). Veikta globālā un reģionālā klimata modelēšana (Rummukainen, 2001). Izmantojot modelēšanas iespējas, tiek aprēķināti meteoroloģiskie rādītāji (Andersson et al., 2003).

Tā kā klimatiskie apstākļi un meteoroloģisko faktoru īpatnības ir cieši saistītas arī ar hidroķīmiskajiem procesiem, modelētie meteoroloģiskie dati ir izmantojami arī šo procesu modelēšanā klimata mainības ietekmes novērtēšanai.

Šī pētījuma tēma ir saistīta ar hidroloģiskajiem procesiem augsnē un to ietekmēm uz augsnē esošajiem nitrātu joniem (NO_3^-). Precīzāk definējot pētīta gruntsūdens svārstību ietekme uz drenu un vaļēju ūdensteču noteces veidošanos. Novērtēta to ietekme uz nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrācijas svārstībām. Veikti matemātiski aprēķini un modelēšana gruntsūdens svārstību un $\text{NO}_3\text{-N}$ matemātiskai atveidošanai. Novērtēta klimata mainības ietekme veicot aprēķinus un modelēšanu

periodam pirms klimata pārmaiņām jeb references periodam (1961.-1990. g.) un iespējamajiem nākotnes klimatiskajiem apstākļiem (2071.-2100. g.).

Maģistra darba mērķis:

Noteikt gruntsūdens svārstību ietekmi uz nitrātu slāpekļa ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrācijām un novērtēt iespējamās izmaiņas klimata mainības apstākļos.

Uzdevumi:

1. Veikt $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju un gruntsūdens svārstību mijiedarbības analīzi;
2. Noteikt, kā gruntsūdens svārstības ietekmē noteces sadalījumu;
3. Raksturot $\text{NO}_3\text{-N}$ izmaiņas mainoties noteces sadalījumam;
4. Novērtēt klimata mainības ietekmi uz gruntsūdens līmeņu svārstībām un to izraisītajām $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām mazos sateces baseinos;
5. Izvērtēt klimata pārmaiņu iespējamās ieguvumus un zaudējumus lauksaimnieciskajā ražošanā.

Lai realizētu maģistra darbā izvirzīto mērķi, bija nepieciešams novērtēt un zinātniski pamatot gruntsūdens svārstību ietekmi uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām, veikt matemātiskus aprēķinus un modelēšanu. Šī iemesla dēļ darbs izstrādāts divās nodaļās:

1. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju un gruntsūdens svārstību mijiedarbības analīze un raksturojums;
2. Nākotnes gruntsūdens līmenis un $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas klimata mainības apstākļos mazā sateces baseina līmenī.

Pirmajā nodaļā pētīti un analizēti reālie novērojumu dati 2006.-2010. gadu periodam. Izstrādāts gruntsūdens ietekmes uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas izmaiņām aprēķins. Otrajā nodaļā pētīta klimata mainības ietekme uz gruntsūdens svārstībām, to iespējami izraisītajām $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām mazā sateces baseina līmenī. Novērtētas arī raksturīgākās gruntsūdens līmeņa sezonālās izmaiņas.

Pateicības:

Paldies maģistra darba vadītājam profesoram Viesturam Jansonam par pacietību, sniegtajiem padomiem, katedras kolektīvam par akadēmisku, zinātnisku un neformālu „garu”, Jelgavas PUMA darbiniekiem par lielisku darba atmosfēru, PUMA zinātniskajam vadītājam Valdim Virčavam par uzticēšanos, Didzim Lauvam par zinātniski rosinošām sarunām, Andai Juraševskai par uzmundrinājumu un mirdzošām acīm!

Darbs izstrādāts ar ESF projekta līguma nr. 2009/0212/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/060EF7 atbalstu.

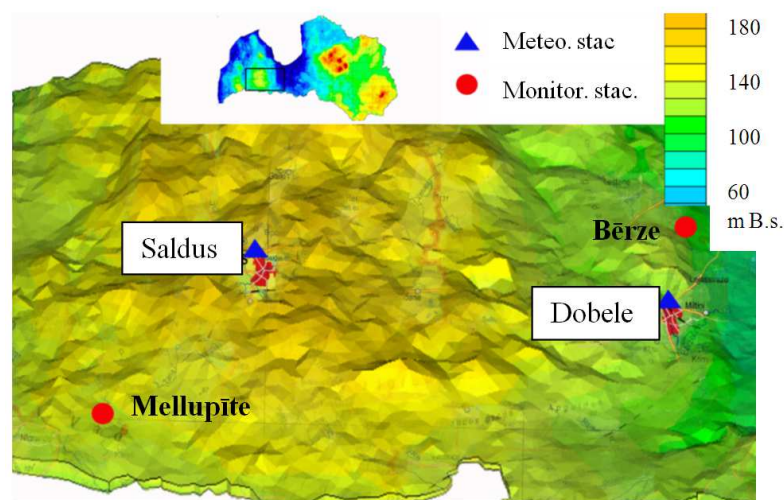
1. NITRĀTU SLĀPEKĻA KONCENTRĀCIJU UN GRUNTSŪDENS SVĀRSTĪBU MIJIEDARBĪBAS ANALĪZE UN RAKSTUROJUMS

1. 1. Pētāmo objektu vispārējs raksturojums un izstrādātā aprēķinu metode NO₃-N un GŪL mijiedarbības raksturošanai

Latvijas agroklimatiskajos apstākļos gruntsūdens atrodas nemitīgā kustībā gan horizontālā, gan vertikālā virzienā. Sezonalitāte ir galvenais gruntsūdens svārstības raksturojošais lielums (Šķiņķis, 1986, Vircavs, 2011, Lauva, 2011, Veinbergs, 2010). Mainoties gruntsūdens līmenim, mainās augsnes daļa, uz kuru iedarbojas gruntsūdens. Gruntsūdens un drenu notece veic NO₃-N transporta funkciju. Šajā pētījumā analizēta NO₃-N izskalošanās gruntsūdens svārstību ietekmē, apskatīti citu autoru rezultāti un gūtās atziņas saistībā ar NO₃-N izkliedi augsnes profilā. Novērtētas gruntsūdens svārstības un NO₃-N koncentrācijas ūdeņos klimata mainības apstākļos.

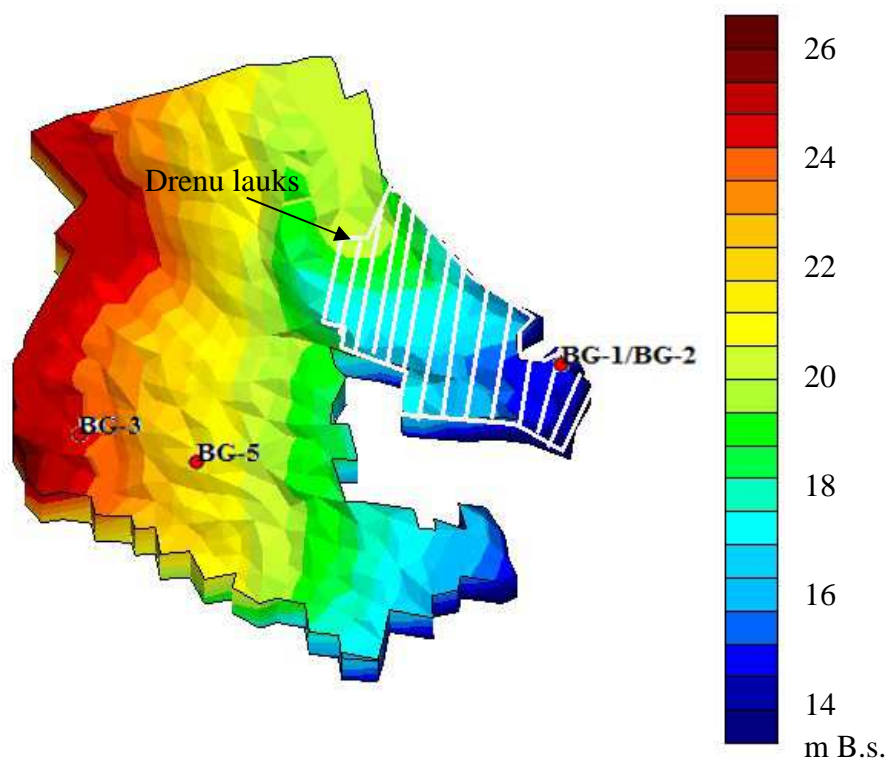
1.1.1. Izpētes objekti

Saistībā ar lauksaimnieciskās darbības ietekmēm uz ūdeņu piesārņojumu ar slāpekļa un fosfora savienojumiem, Latvijā izstrādāta un īstenota lauksaimniecības noteču monitoringa programma (LVGMA, 2010). Šajā pētījumā izraudzīta Ventas upes sateces baseinā ietilpstošā lauksaimniecības noteču monitoringa programmā ietvertā difūzā piesārņojuma monitoringa stacija „Mellupīte” un blakus esošā Lielupes sateces baseinā ietilpstošā monitoringa stacija „Bērze” (1. att.).



1. att. Mellupītes un Bērzes monitoringa staciju ģeogrāfiskais novietojums.

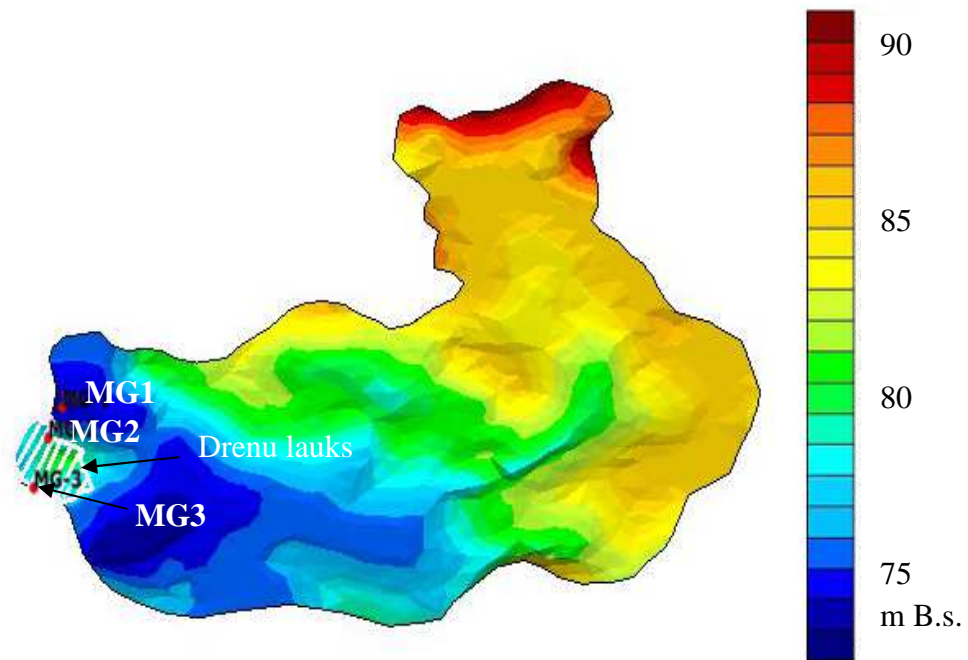
Bērzes monitoringa stacija atrodas Zemgales līdzenumā. Reljefs raksturojams, kā līdzens, bez izteiktām ieplakām vai pauguriem. Zemes virsmas augstuma atzīmes svārstās robežās no 14...26 m ar vidējo augstumu ≈ 20 m (2. att.). Jau no 1968. gada tagadējās Bērzes monitoringa stacijas atrašanās vietā bija izveidota nosusināšanas sistēmu hidroloģiskā stacija. Tādēļ stacijā pieejama salīdzinoši gara hidroloģisko novērojumu rinda (Jansons, 2006). Monitoringa stacijā tiek veikts, monitorings mazā sateces baseina līmenī (3.68 km^2), drenu lauka līmenī (0.77 km^2), kā arī tiek veikts gruntsūdeņu monitorings 3 bezspiediena urbumos (BG2, BG3 un BG5) kvartāra nogulumu slānī un vienā urbumā (BG1), kas raksturojams ar artēziskajiem ūdeņiem devona nogulumu slānī.



2. att. Bērzes mazais sateces baseins ar drenu lauku un gruntsūdens urbumiem (BG1, BG2, BG3 un BG5).

Mellupītes monitoringa stacija atrodas Vadakstes līdzenumā starp Rietumkursas un Austrumkursas augstienēm. Salīdzinot ar Bērzi, reljefs vietām paugurains, kas tomēr nav ļoti izteikts. Zemes virsmas augstuma atzīmes svārstās robežās no 73...90 m, ar vidējo augstumu ≈ 82 m (3. att.). Mellupītē lauksaimniecības noteču monitorings tiek veikts mazā sateces baseina līmenī (9.64 km^2), drenu lauka līmenī (0.13 km^2), izmēģinājumu lauciņu līmenī (15 lauciņi 0.12 ha katrs), kā arī tiek veikti bezspiediena

gruntsūdeņu novērojumi kvartāra nogulumu slānī izbūvētos 3 urbumos (MG1, MG2 un MG3).



3. att. Mellupītes mazais sateces baseins ar drenu lauku un gruntsūdens urbumiem (MG1, MG2 un MG3).

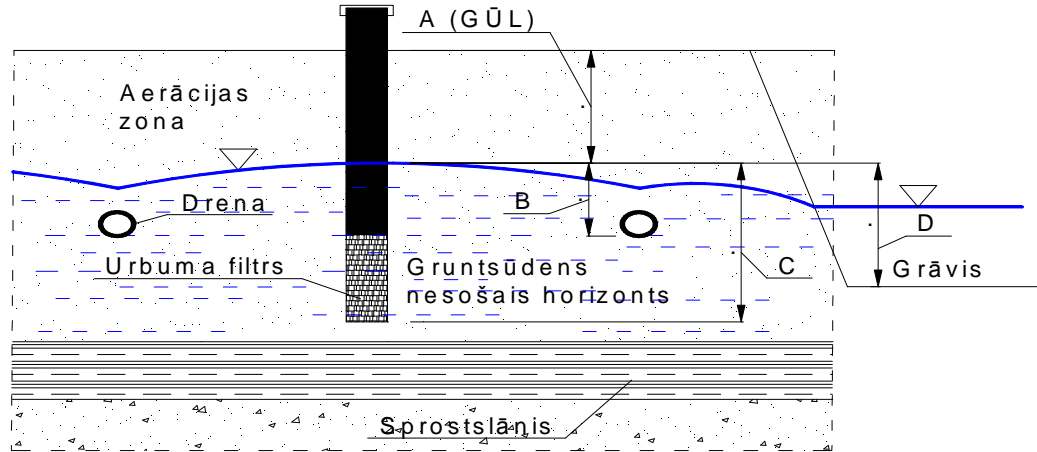
1.1.2. Gruntsūdens svārstību ietekmes uz nitrātu slāpekļa koncentrācijām aprēķinu metode

Pētījumā izvirzīta hipotēze, ka ūdens kvalitāti mērījumu objektā nozīmīgi ietekmē vidējais gruntsūdens nesošā slāņa dziļums un tā vertikālā mainība laikā. Izstrādāta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju ietekmējošā vidējā gruntsūdens nesošā slāņa aprēķina metode. Metode izstrādāta, lai novērtētu dominējošo dziļumu, no kura formējas dienas vidējā notece ar $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām pie mainīga gruntsūdens līmeņu režīma. Veicami aprēķini visos 3 iepriekš raksturotajos monitoringa līmeņos. Metode balstīta uz apsvērumiem, ka ūdens kvalitāti galvenokārt formē augsnes un gruntsūdens slānis (4. att.):

- gruntsūdens novērojumu urbumā slānis C;
- drenu ūdeņos slānis B;
- virszemes ūdens objektos augsnes un gruntsūdens slānis D.

Ja ņem vērā hidrauliskās pretestības, kas jāpatērē ūdenim filtrējoties cauri augsnei uz drenu, grāvi vai urbumu, tad raksturotā situācija varētu būt mazliet citāda. Grunts slānis, no kura ūdens ieplūst drenās, grāvī vai urbumā būtu mazāks par

attiecīgajiem lielumiem B, C vai D. Lielumi B, C un D ir atkarīgi no grunts un izbūvēto elementu (drena, grāvis, urbums) materiālu filtrācijas īpašībām. Gruntsūdens līmeni raksturo mainība laikā, kā rezultātā laikā mainās arī lielumi A, B, C un D. Šajā pētījumā hidrauliskās pretestības nav ņemtas vērā.



4. att. Grāvja, drenu un urbuma gruntsūdens filtrācijas slāņa noteikšanas principiālā shēma.

Atkarībā no apskatītā monitoringa līmeņa, raksturīgo dienas vidējo dziļumu $G\bar{U}L_{vid,x}$, no kura formējas dominējošā notece ar NO_3-N koncentrācijām, var aprēķināt pēc 4 formulām (1.-4. formulās dotie raksturlielumi paskaidroti zemāk un 4. att.):

1. gruntsūdens novērojumu urbumā

$$G\bar{U}L_{vid_urb} = \frac{C}{2} + A, \text{ cm} \quad (1);$$

2. drenu laukā

$$G\bar{U}L_{vid_dr} = A - k + \frac{B}{2} = A - k + \frac{h_{ef} - A + k}{2}, \text{ cm} \quad (2);$$

3. mazajā sateces baseinā (vērojamas divas atšķirīgas situācijas):

- 1.) mazā sateces baseina noteci veido tikai gruntsūdens plūsma (*base flow*) jeb

$A - k > h_{ef}$ (Krams un Zīverts, 1993), tad pielietojama formula:

$$G\bar{U}L_{vid_m.s.b} = G\bar{U}L_{vid_nes.sl} = A - k + D \approx A - k + \frac{G\bar{U}L_{max} - A}{2}, \text{ cm} \quad (3);$$

- 2.) mazā sateces baseina noteci veido gan gruntsūdens (Q_{bf}), gan drenu noteces

Q_{dr} plūsma jeb $A - k < h_{ef}$ (Krams un Zīverts, 1993), tad pielietojama

formula:

$$G\bar{U}L_{vid_m.s.b} = G\bar{U}L_{vid_dr} + (G\bar{U}L_{vid_nes.sl} - G\bar{U}L_{vid_dr}) \times \left(\frac{Q_{bf}}{Q_{tot}} \right), \text{ cm}$$

(4),

kur 1. – 4. formulā ietvertie lielumi ir:

- A – gruntsūdens līmenis urbumā, cm (4. att.);

- B – gruntsūdens nesošā slāņa daļas biezums, no kuras gruntsūdens filtrējas uz drenu caurulēm, cm (4. att.);
- C – gruntsūdens nesošā slāņa daļas biezums, no kuras gruntsūdens filtrējas uz gruntsūdens urbumu, cm (4. att.);
- D – gruntsūdens nesošā slāņa daļas biezums, no kuras gruntsūdens filtrējas uz vaļēju ūdensteci, cm (4. att.);
- $G\bar{U}L_{max}$ – zemākais (dziļākais reģistrētais, mērot no zemes virsas) gruntsūdens līmenis, kāds bez mākslīgas gruntsūdens atsūkņēšanas ilggadīgos mērījumos konstatēts urbumā, cm. Jāpiebilst, ka korekti pielietot tāda urbuma datus, kurā gruntsūdens nekad nav izsīcis;
- $h_{ef} = A - k + B = const$ – vidējais efektīvais drenu iebūves dziļums, cm. Tas raksturo vidējo gruntsūdens līmeni apskatāmajā teritorijā, pie kura sākas drenu notece;
- k – gruntsūdens līmeņa korekcijas parametrs, kurš ievērtē vidējās gruntsūdens līmeņu atšķirības apskatītajā teritorijā, cm. Ar aprakstīto koeficientu gruntsūdens līmenis vienā urbumā tiek pielīdzināts visai apskatāmajai platībai. $A - k$ -vidējais gruntsūdens līmenis apskatītajā teritorijā, cm;
- Q_{tot} – notece mazajā sateces baseinā, mm;
- Q_{bf} – noteces daļa, ko mazajā sateces baseinā veido gruntsūdens plūsma (zinātniskajā literatūrā dēvētu par *base flow*), mm.

Lauka apstākļos, apskatot gruntsūdens līmeņa telpiskās atšķirības, var secināt, ka gruntsūdens dziļums pret zemes virsmu dažādos lauka punktos ir atšķirīgs. Līdz ar to arī virs drenu caurulēm gruntsūdens nesošā slāņa biezums visos lauka punktos nav vienāds. Tāpēc gruntsūdens līmeņa novērojumi vienā urbumā nepietiekami reprezentē gruntsūdens dziļumu visā apskatāmajā teritorijā. Šī iemesla dēļ ieviests gruntsūdens līmeņa korekcijas koeficients k . Gruntsūdens līmeņa korekcijas parametrs k aprēķināms pēc formulas:

$$k = G\bar{U}L_{dr.Q.min} - h_{vid.dr} = const, cm \quad (5)$$

kur

- $h_{vid.dr} = const$, cm – drenu vidējais iebūves dziļums apskatītajā teritorijā;

- $G\ddot{U}L_{dr.Q.min} = const$, cm – gruntsūdens līmenis, pie kura sākas drenu notece.

Ņemts vērā, ka pie gruntsūdens līmeņa $G\ddot{U}L_{dr.Q.min}$, $\lim_{x \rightarrow 0} Q_{tot} - Q_{bf} = x$.

4. formula ievērtē atšķirīgo drenu noteces un gruntsūdens plūsmas intensitāti un līdz ar to arī dominējošo vidējo dziļumu, no kura formējas notece. Atšķirīgā noteces intensitāte maina ūdens apjoma attiecības, kāds filtrējas no dažāda dziļuma augsnes slāņa. Līdz ar to teorētiski iespējamās situācijas, kad lielākā daļa gruntsūdens plūsma tiek transportēta no slāņa B ar drenu noteci un, pretēji, lielāko noteces apjomu formē gruntsūdens notece (*base flow*).

Pētījumā izvirzīta hipotēze, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas mazajā sateces baseinā ievērojami palielinās gadījumā, kad mazā sateces baseina notecē dominē drenu notece. Līdz ar to gadījumā, kad mazā sateces baseina noteci papildina gruntsūdens notece (*base flow*), koncentrācijas varētu samazināties. Tātad teorētiski zemākās koncentrācijas novērojamas vasarā, kā arī ziemās ar izteiktu mazūdens periodu.

Pētījumā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju novērtēšanai un $G\ddot{U}L_{vid.x}$ aprēķiniem izmantoti $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju novērojumi gruntsūdens urbumos, drenu lauka līmenī un mazā sateces baseina līmenī. Apskatīts laika periods no 2006. gada jūlija – 2010. gada decembrim. $G\ddot{U}L_{vid.urb}$ aprēķini veikti Mellupītes monitoringa stacijas gruntsūdens urbumiem (MG1, MG2, MG3) un Bērzes monitoringa stacijas urbumiem (BG1, BG2, BG3, BG5). Visi Mellupītes monitoringa stacijas urbumi izveidoti kvartāra nogulumu slānī (1. tabula). Bērzes monitoringa stacijā urbumi BG2, BG3 un BG5 izveidoti kvartāra nogulumu slānī, bet BG1 urbuma filtra daļa atrodas devona nogulumos.

1. tabula

Filtru iebūves dziļumi Mellupītes un Bērzes monitoringa staciju urbumiem.

Urbuma Nr.	Monit.st.	Filtra augšējās daļas dziļums no zemes v., m	Filtra apakšējās daļas dziļums no zemes v, m
MG1		2.0	6.7
MG2		2.0	4.2
MG3		6.0	10.7
BG1		15.1	22.7
BG2		2.0	5.7
BG3		4.0	7.7
BG5		2.0	5.0

$G\bar{U}L_{vid_dr}$ un $G\bar{U}L_{vid_m.s.bas}$ aprēķiniem nepieciešamo parametru A, B, C un D noteikšanai izmantoti MG1 un BG2 gruntsūdens novērojumu dati. Izmantoti tikai MG1 un BG2 urbumu dati, jo kvartāra nogulumu slānī izbūvētie gruntsūdens līmeņi vienas monitoringa stacijas ietvaros savstarpēji korelē ($R^2 > 0.75$).

Dienas vidējo Q_{bs} aprēķiniem izmantota FORTRAN programma *Base flow index* (BFI) (Wahl and Wahl, 1988; Wahl and Wahl, 1995). Kā izejas dati BFI izmantoti novērotie dienas vidējie Q_{tot} , mm, dati. Pētījumā analizēta gruntsūdens svārstību ietekme uz noteci un veikti teorētiski $Q_{tot} = f(G\bar{U}L)$ un $Q_{bs} = f(G\bar{U}L)$ aprēķini. Teorētiskie Q_{tot} un Q_{bs} aprēķināti pēc formulām 7, 9, 10 un 12, kas iegūtas analizējot funkcijas $Q=f(G\bar{U}L)$. 4. formulas aprēķiniem, izmantoti teorētiskie Q_{tot} un Q_{bs} dati.

1.1.3. Gruntsūdens līmeņa, pie kura sākas drenu notece drenu laukā un mazajā sateces baseinā noteikšana

NO_3-N koncentrācijas raksturojošā $G\bar{U}L_{vid_x}$ aprēķiniem, viens no svarīgiem lielumiem ir gruntsūdens līmeņa atzīme, pie kuras sākas drenu notece gan drenu laukā h_{ef} , gan mazajā sateces baseinā $G\bar{U}L_{dr.Q.min.}$. Drenu lauka līmenī šis lielums nosakāms salīdzinoši vienkārši, jo ir zināma drenu notece. Maģistra darbā h_{ef} drenu lauka līmenī noteikts grafiski sastādot grafisko materiālu $Q_{dr} = f(G\bar{U}L)$.

Mazā sateces baseina līmenī iespējama atšķirīga situācija. Drenu notece ir tieši atkarīga no gruntsūdens līmeņa un drenu iebūves dziļuma. Mellupītes un Bērzes monitoringa staciju mazā sateces baseina un drenu lauka līmenī drenu iebūves dziļums ir līdzīgs – vidēji 1.2 m. Taču gruntsūdens līmenis var ievērojami atšķirties. To pierāda arī mērījumi gruntsūdens novērojumu urbumos laika periodā 2006. -2010. gadam. Līdz ar gruntsūdens dziļuma atšķirībām potenciāli ir vietas, kur drenu notece sākas ātrāk, kur vēlāk vai kur vispār gruntsūdens līmenis drenu zarus nerasniedz, piemēram, teritorijā ap MG3 urbumu (gruntsūdens svārstās robežās $G\bar{U}L \approx 2.2...4.6$ m zem zemes virsas). Atšķirībā no drenu lauka, mazajos sateces baseinos daļa teritorijas ir klāta ar mežiem (Mellupītē 32%, Bēzē ap 2%), kur drenāžas sistēma vispār nav izbūvēta.

Mazā sateces baseina līmenī nav tiešu drenu noteces mērījumu. Drenāžas notece novērtējama netiešā ceļā. Šim nolūkam izmantota FORTRAN programma *Base flow index* (BFI).

1.1.4. FORTRAN programma Base flow index, un tās pielietojums $G\ddot{U}L_{dr.Q.min}$ aprēķiniem

FORTRAN programma *Base flow index* (BFI) izstrādāta gruntsūdens noteces (*base flow*) atdalīšanai no kopējās noteces upes baseinā. BFI programma izveidota un attīstīta kopš 1988. gada „Oklohoma panhandle” reģiona gruntsūdens noteces (*base flow*) novērtēšanai (Wahl and Wahl, 1988; Wahl and Wahl, 1995). Programmas darbības pamatā ir 1980. gadā Britu hidroloģijas institūtā izstrādāta metode. Programmā tiek kombinēta lokālo minimumu analīze, kopā ar recesijas testu. Rezultāts tiek iegūts izmantojot novēroto kopējo upes noteci, ko programma sadala N dienu (kalibrējams lielums) periodos. Aprēķina gaitā tiek meklēts lokālais minimuma punkts N dienu periodos. Pirmās dienas notece (Q_1) būs lokālais minimuma punkts, ja:

$$Q_1 * f \leq Q_2 \quad \text{un} \quad Q_1 * f \leq Q_i \quad \text{un} \quad Q_1 * f \leq Q_n, \quad (6)$$

kur:

- Q_n – n dienas notece;
- f – minimuma punkta testa faktors (vērtība robežās 0...1).

Atrastie minimuma punkti raksturo gruntsūdens noteci (*base flow*), kurus iedomāti savienojot tiek atveidots hidrogrāfs.

Parametri N un f ir kalibrējami. Faktors f maz ietekmē aprēķināto gruntsūdens noteci un tā rekomendētā vērtība ir 0.9. Parametrs N ir kalibrējams pēc izjūtas vizuāli novērtējot kopējās noteces un gruntsūdens noteces hidrogrāfus. Zinātniskajā literatūrā ir aprakstītas gruntsūdens noteces atdalīšanas metodes, kurās līdzīgi, pareiza N perioda novērtēšanai tiek pielietota metode „kā labāk izskatās” (Gordon, 2004). Jo lielāka N vērtība, jo lielākas noteces vērtības tiek izslēgtas no gruntsūdens noteces.

BFI aprēķina rezultātā tiek nošķeltas „pīķu” vērtības hidrogrāfā. Hidroloģiski neizmainītos upju baseinos „pīķu” vērtības jeb starpība starp kopējo noteci un gruntsūdens plūsmu (*base flow*) uzskatāma par virszemes noteci. Līdzenās platībās (izteikti Bērzē) virszemes notece tik pat kā nav vai ir vāji izteikta. Līdzenumu platībās nokrišņiem pārsniedzot augsnes infiltrācijas spēju, veidojas zemes virskārtas applūšana (Seiler and Gat, 2007).

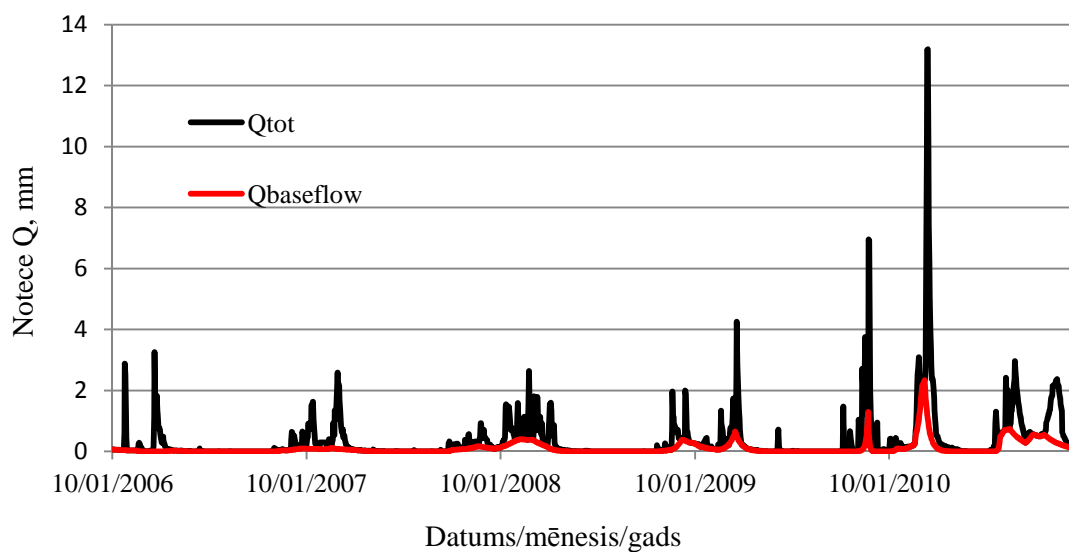
Drenētās un līdzenās platībās lēcienveidīgu noteces pieaugumu jeb „pīķu” vērtības izraisa drenu noteces strauji novadītais ūdens. Līdz ar to maģistra darbā Mellupītes un it sevišķi Bērzes sateces baseinos FORTRAN programmas BFI rezultāti atspoguļo gruntsūdens plūsmu un atlikusī kopējās noteces daļa tuvināti pielīdzināma

drenu notecei. Līdz ar to minimālais gruntsūdens līmenis, pie kura sākas drenu notece nosakāms pēc principa $G\ddot{U}L_{dr.Q.min}, \lim_{x \rightarrow 0} Q_{tot} - Q_{bf} = x$.

Maģistra darbā BFI programmai nepieciešamo izejas parametru vērtības pieņemtas sekojošas:

- $f = 0.9$ (kā rekomendējuši autori (Wahl and Wahl, 1988, Wahl and Wahl, 1995));
- $N=5$ dienu periods.

Rezultātā iegūtas Q_{tot} un Q_{bf} noteces Mellupītes un Bērzes (5. att.) mazā sateces baseina līmenī.



5. att. Gruntsūdens noteces un kopējās noteces hidrogrāfs Bērzes mazajā sateces baseinā.

$G\ddot{U}L_{dr.Q.min}$ novērtēts grafiski analizējot Q_{tot} un Q_{bs} datus (7. att., 9. att.).

1.2. Gruntsūdens un NO₃-N mijiedarbības aprēķinu rezultāti

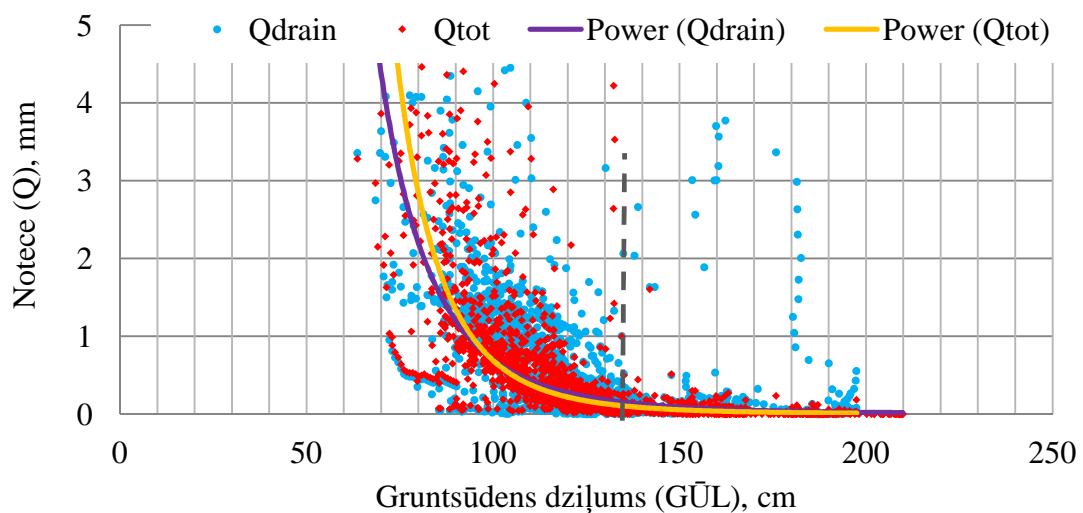
Gruntsūdens līmenis pa gadiem ir svārstīgs lielums. Mellupītes monitoringa stacijā gada vidējais gruntsūdens līmenis pētījuma periodā MG1 urbumā maksimāli atšķiries 13 cm robežās, bet Bērzē BG2 urbumā pat 29 cm. Līdz ar gruntsūdens līmeņa svārstībām vērojama arī noteces mainība drenu lauka (Vircavs et al., 2011) un mazā sateces baseina līmenī monitoringa stacijās Bērze un Mellupīte. Gruntsūdens svārstību un noteces mijiedarbības tendencioza rakstura vērtējumu var sniegt novērojumi vienā urbumā. Pētījuma rezultāti pierāda, ka gruntsūdens līmenis vienā urbumā vidēji cieši korelē ar noteci no mazā sateces baseina. Savukārt vienas monitoringa stacijas ietvaros gruntsūdens līmeņa svārstībām vērojama savstarpējā saikne. Par to liecina Bērzes un Mellupītes monitoringa staciju ietvaros kvartāra nogulumu slānī izveidoto gruntsūdens novērojumu urbumu (MG1, MG2, MG2 un BG2, BG3, BG5) datu savstarpējā korelācija ($R^2 > 0.75$). Tas liek secināt, ka gruntsūdens līmeņa svārstības lielā mērā ir līdzīgas visā mazajā sateces baseinā un jo vairāk drenu lauka līmenī, kas pēc platības ir ievērojami mazāks.

1.2.1 Noteces sadalījums mazā sateces baseina līmenī

Rezultāti liecina, ka gruntsūdens līmenim pieaugot, pieaug gan kopējā baseina, gan gruntsūdens filtrācijas plūsmas formētā notece (*base flow*). Tomēr noteču proporcionālais sadalījums laikā ir atšķirīgs. Tas galvenokārt skaidrojams ar drenu sistēmas darbības ietekmi. Jāpiemin, ka gruntsūdens līmenim pazeminoties zem efektīvā drenu dziļuma, drenu notece nenotiek vai uzskatāma par nenozīmīgu (Krams un Zīverts, 1993).

Notecei no drenu lauka būtu jābūt mazākai par noteci no mazā sateces baseina, kur noteci papildina arī gruntsūdens notece. Tomēr rezultāti liecina, ka pētījuma objektos drenu notece maz atšķiras no mazā sateces baseina noteces. Piemēram, vidējais ilggadīgais noteces slānis (1968.-2011. g.) Bērzes monitoringa stacijas sateces baseina un drenu lauka līmenī bija attiecīgi 157 mm un 161 mm. Tas skaidrojams ar to, ka nelielos sateces baseinos (Bērze) gruntsūdens notece (*base flow*) bieži ir ļoti maza vai pat nepietiekoša, lai mazūdens periodā vasarā caurplūdums saglabātos. No tā izriet, ka drenu notece sastāda lielāko daļu mazā sateces baseina noteces. Mellupītē laika periodā 2006.-2010. gadam notece no drenu lauka novērota ļoti līdzīga. Gruntsūdens līmenim kāpjot atšķirības nedaudz pieaug un notece no drenu lauka ir nedaudz mazāka, kas

izskaidrojams ar pastiprinātu gruntsūdens noteci (*base flow*) mazajā sateces baseinā. Tādā gadījumā arī Bērzē vajadzētu būt līdzīgai situācijai, tomēr tur izpaužas pretēja situācija - notece no drenu lauka pat pārsniedz noteci no mazā sateces baseina. Tas tomēr varētu būt izskaidrojama ar mēriekārtas kļūdu noteces aprēķina algoritmā mazā sateces baseina līmenī pēc modificētās Krampa tipa pārgāznes izbūves 2005. gadā. Lai nu kā, tas neliedz novērtēt gruntsūdens līmeņa ietekmes un novērtēt līmeni, pie kura ievērojami pieaug drenu notece, kas Mellupītē ir 135 cm (6. att.) zem zemes virsas, bet Bērzē 155 cm (8. att.) zem zemes virsas. Rezultāti liecina, ka arī gruntsūdens noteces (*base flow*) atšķirība no kopējās noteces mazā sateces baseina līmenī ievērojami pieaug aptuveni pie jau pieminētā gruntsūdens dziļuma – Mellupītē 135 cm, Bērzē 155 cm (7. att., 9. att.).

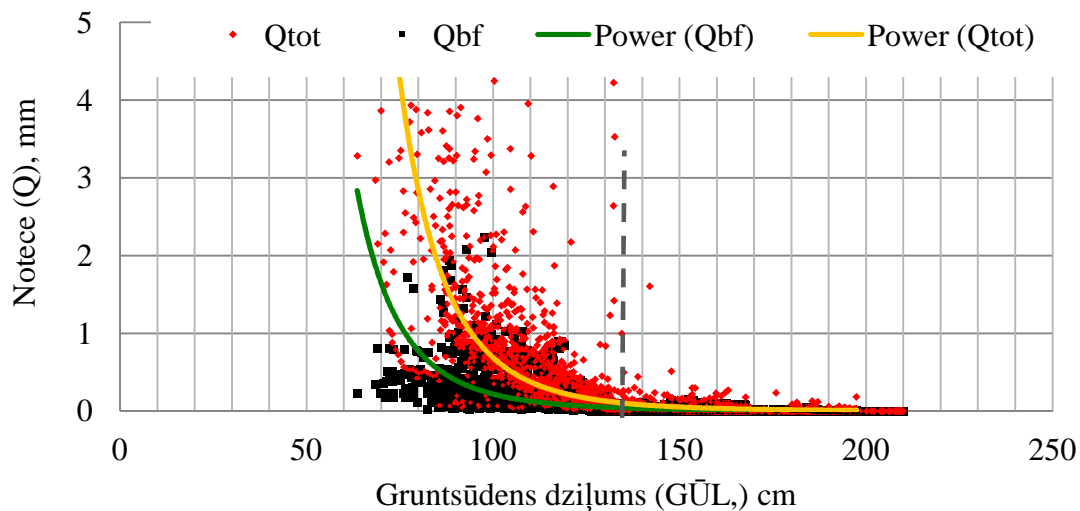


6. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no Mellupītes mazā sateces baseina un drenu lauka atkarībā no gruntsūdens līmeņa MG1 urbumā.

Piezīmes:

$$Q_{tot} = 3 \times 10^{12} \times G\ddot{U}L^{-6.35}, \text{ kur } R^2=0.60 \quad (7)$$

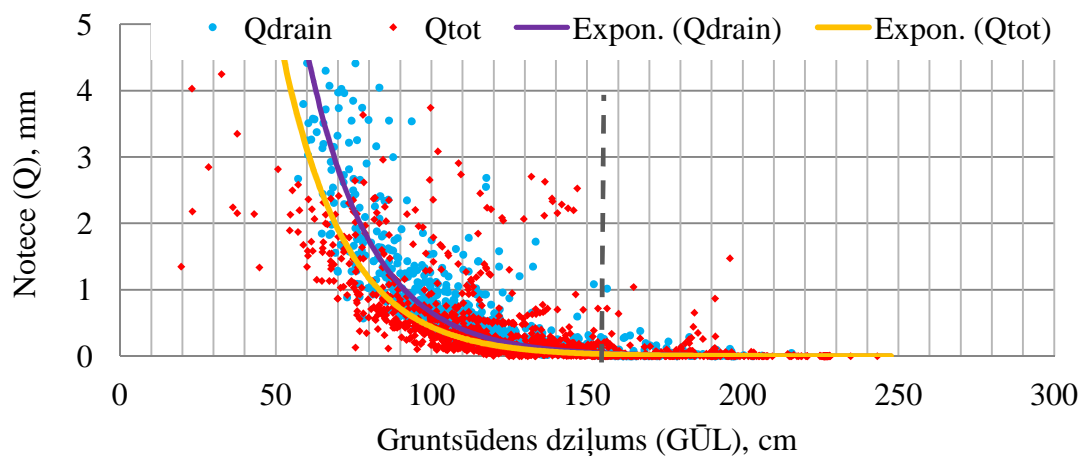
$$Q_{drain} = 1 \times 10^{10} \times G\ddot{U}L^{-5.153}, \text{ kur } R^2=0.33 \quad (8)$$



7. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no mazā sateces baseina (Qtot) un gruntsūdens notece (Qbf) no mazā sateces baseina Mellupītē atkarībā no gruntsūdens līmeņa MG1 urbumā.

Piezīmes:

$$Q_{bf} = 5 \times 10^{10} \times G\bar{U}L^{-5.663}, \text{ kur } R^2=0.44 \quad (9)$$

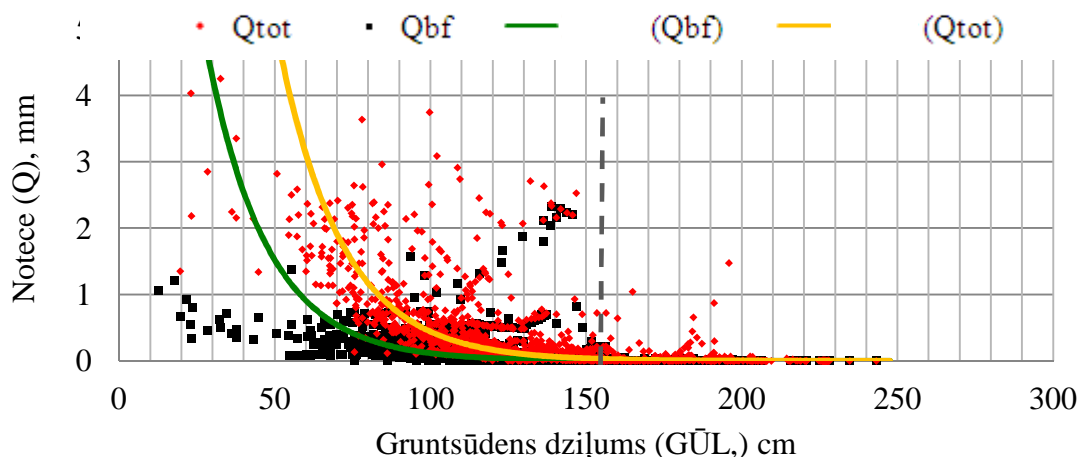


8. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no Bēzres mazā sateces baseina un drenu lauka atkarībā no gruntsūdens līmeņa BG2 urbumā.

Piezīmes:

$$Q_{tot} = 58.838 \times e^{-0.049 \times G\bar{U}L}, \text{ kur } R^2=0.63 \quad (10)$$

$$Q_{drain} = 85.486 \times e^{-0.049 \times G\bar{U}L}, \text{ kur } R^2=0.72 \quad (11)$$



9. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no mazā sateces baseina (Q_{tot}) un gruntsūdens notece (Q_{bf}) no mazā sateces baseina Bērzē atkarībā no gruntsūdens līmeņa BG2 urbumā.

Piezīmes:

$$Q_{bf} = 20.109 \times e^{-0.052 \times G\ddot{U}L}, \text{ kur } R^2=0.51 \quad (12)$$

Noteiktie gruntsūdens līmeņi, pie kuriem sākas drenu notece, izmantoti raksturīgo $G\ddot{U}L_{vid.x}$ aprēķinos pie katras novērotās koncentrācijas gruntsūdens urbumu līmenī, drenu lauka līmenī un mazā sateces baseina līmenī. Aprēķinu rezultāti apkopoti 2. tabulā. Pieņemts, ka $h_{ef} = h_{vid.dr} = 120 \text{ cm}$.

2. tabula

Konstantie izejas dati $G\ddot{U}L_{vid.dr}$ un $G\ddot{U}L_{vid.m.s.b}$ aprēķiniem.

Monit. st.	Mellupīte	Bērze
$G\ddot{U}L_{dr.Q.min}$	135 cm	155 cm
$h_{vid.dr}$	120 cm	120 cm
$h_{ef} \approx h_{vid.dr}$	120 cm	120 cm
k	15 cm	35 cm

Vēl apspriežot iepriekš raksturotos gruntsūdens līmeņus pie kuriem sākas drenu notece, varētu likties dīvaini, ka tie ir salīdzinoši lielāki par vidējo drenu iebūves dziļumu ($h_{vid.dr} = 120 \text{ cm}$), jo efektīvais drenu dziļums ir uzskatāms par mazāku nekā drenu iebūves dziļums. Teorētiski būtu sagaidāma situācija, ka drenu noteces veidojas gadījumā, kad gruntsūdens līmenis ir seklāks par vidējo drenu iebūves dziļumu. Tomēr ne Mellupītes, ne Bērzes monitoringa stacijās analizējot Q_{tot} , Q_{bs} noteču un MG1, un

BG2 datus, šāda situācija nav konstatēta. Tāpat līdzīgi šāda situācija vērojama drenu lauka līmenī (Virčavs et al., 2011). Šādu situāciju var izraisīt galvenokārt 2 faktori, kas saistīti ar izmantotā gruntsūdens novērojumu urbuma attiecīgi BG2 vai MG1 telpiskā novietojuma īpatnībām:

- sprostslāņa dziļums, virs kura veidojas gruntsūdens nesošais slānis, konkrētajā punktā ir palielināts attiecībā pret zemes virsmu;
- konkrētajā punktā drenu iebūves dziļums pārsniedz vidējo drenu iebūves dziļumu;
- Atšķirīgi rezultāti sagaidāmi arī, ja urbums atrodas tuvu drenai vai vaļējai ūdens tecei, kā MG1 urbuma gadījumā.

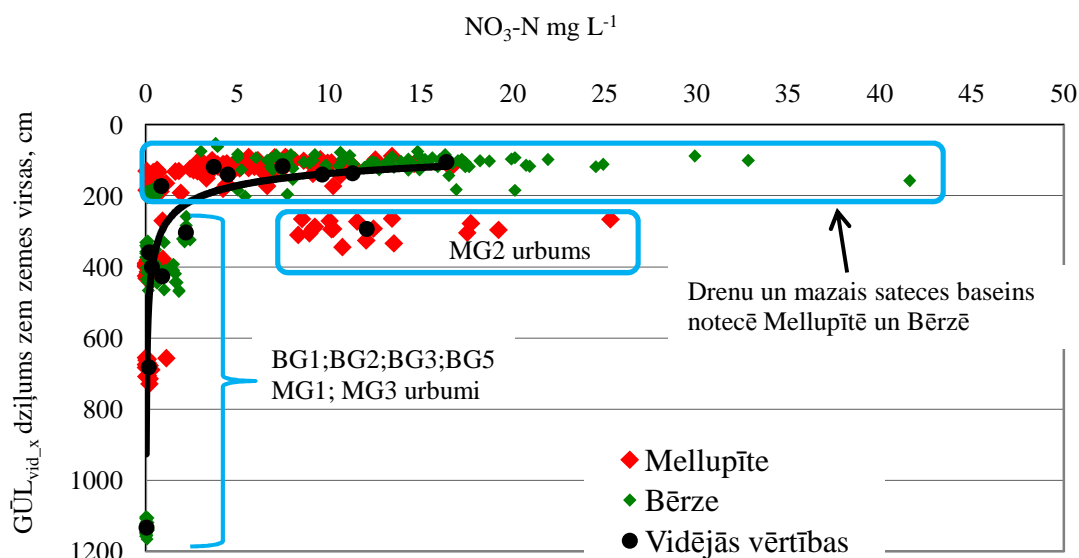
Iepriekšējā pētījumā (Veinbergs, 2012) ir secināts, ka gruntsūdens vidējo dziļumu būtiski ietekmē sprostslāņa dziļums, virs kura veidojas gruntsūdens nesošais slānis. Sakarībā pastāv tieša proporcionalitāte. No tā var secināt, ka pie gruntsūdens līmeņa 135 cm (MG1 urbumā) un 155 cm (BG2 urbumā) zem zemes, kādā no drenu lauka vai mazā sateces baseina punktiem gruntsūdens līmenis atrodas pietiekamā augstumā virs drenu iebūves dziļuma, lai formētos drenu notece.

1.2.2. $G\bar{U}L_{vid_x}$ ietekmes uz NO_3-N koncentrācijām, novērtējums un analīze mazā sateces baseina, drenu lauka līmenī un gruntsūdeņos

No iepriekš skaidrotā izriet, ka gruntsūdens nesošā slāņa vidējais dziļums apskatāmās teritorijas dažādos punktos atšķiras. Līdz ar to atšķiras arī grunts slānis ar tajā uzkrāto NO_3-N apjomu, uz kuru aktīvi iedarbojas gruntsūdens. Būtībā drenu lauka un mazā sateces baseina robežās tiek vērtēta noteces un tās kvalitātes vidējā „atbildes reakcija” uz mainīgām gruntsūdens līmeņa svārstībām, kas reģistrētas vienā punktā.

Bērzes un Mellupītes monitoringa staciju datiem $G\bar{U}L_{vid_{urb}}$, $G\bar{U}L_{vid_{dr}}$ un $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}$ aprēķinus atspoguļo 10. att. un 3. tabula. Rezultāti liecina, ka mazāka $G\bar{U}L_{vid_x}$ gadījumā monitoringa stacijās NO_3-N koncentrācijas ir augstākas. Ievērojami lielāka $G\bar{U}L_{vid_x}$ svārstību ietekme uz NO_3-N koncentrācijām konstatēta notecē no drenu lauka un mazā sateces baseina. Drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī koncentrācijas izmaiņas mainoties, $G\bar{U}L_{vid_{dr}}$ un $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}$ ir

$$\frac{N_{3-1}}{G_{3-1}} = 0.026 \dots 1.03 \text{ mg} * (L * \text{cm})^{-1}.$$



10. att. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija pie dažāda gruntsūdens nesošā slāņa ietekmējošās daļas vidējā dziļuma ($G\bar{U}L_{vid}$).

Aplūkojamā $G\bar{U}L_{vid,x}$ un tam atbilstošo $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vidējās vērtības visos monitoringa urbumos, un drenu laukos, kā arī mazajos sateces baseinos abās monitoringa stacijās raksturo funkcija:

$$\text{NO}_3 - \text{N konc} = 600026 \times G\bar{U}L^{-2.329}, \text{ kur } R^2 = 0.75 \quad (13)$$

Palielinoties $G\bar{U}L_{vid,x}$ (dziļāks gruntsūdens), kur ūdens kvalitāti raksturo tikai gruntsūdens urbumu dati, novērotās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas pakāpeniski samazinās. Urbumiem (izņemot MG2 urbumu) raksturīgās koncentrācijas izmaiņas, mainoties $G\bar{U}L_{vid,urb}$ ir: $\frac{N_{3-1}}{G_{3-1}} = 0.001 \dots 0.038, \text{ mg} * (\text{L} * \text{cm})^{-1}$. Zemākās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas attiecīgi konstatētas dziļākajā urbumā BG1, kurš vienīgais uztver filtrācijas ūdeņus no devona noguluma slāņa. Ievērojami augstākas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas novērotas urbumā MG2, kas vairāk nekā 5 reizes pārsniedz koncentrācijas citos urbumos un dažkārt pat pārsniedz novērotās koncentrācijas notecē no Mellupītes drenu lauka un mazā sateces baseina. MG2 urbumā attiecība $\frac{N_{3-1}}{G_{3-1}} = 0.131$ pielīdzināma Mellupītes mazajā sateces baseinā un drenu laukā konstatētajai. Iespējams tas saistīts ar intensīvāku gruntsūdens pieplūdi no augsnes virsējiem slāņiem vai pat drenu ūdeņu pieplūdi, ko veicina intensīva urbuma atsūknēšana ņemot ūdens paraugus. Pēc drenu izbūves plānu materiāliem spriežot, drenu caurules atrodas aptuveni 2.5 m attālumā no urbuma.

Gruntsūdens un NO₃-N svārstības dažādos monitoringa līmeņos.

Objekts	0. kvartile		1. kvartile		2. kvartile		3. kvartile		4. kvartile		$\frac{N_{3-1}}{G_{3-1}}$	
	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G		
B	BG1	0.000	1104	0.000	1119	0.010	1136	0.040	1148	0.120	1165	0.001
	BG2	0.000	327	0.100	345	0.100	359	0.200	372	1.000	409	0.004
	BG3	0.030	392	0.200	409	1.000	417	1.500	443	1.800	469	0.038
	BG5	2.000	258	2.100	284	2.200	321	2.200	324	2.400	329	0.003
	Pie m.s.b.<105	3.900	61	7.200	93	16.000	101	16.000	101	20.100	105	1.032
	Pie 105<m.s.b<150	5.200	105	9.800	112	14.900	126	14.900	126	20.900	128	0.359
	Pie 150<m.s.b	0.080	170	0.160	184	5.400	197	5.400	197	20.100	205	0.383
dr.	3.000	53	9.325	92	13.900	102	17.350	116	97.300	180	0.34	
M	MG1	0.000	370	0.048	390	0.300	398	0.500	411	1.160	439	0.022
	MG2	0.900	264	9.400	271	11.100	293	13.475	302	25.300	344	0.131
	MG3	0.000	655	0.030	670	0.100	678	0.168	688	1.110	728	0.008
	Pie m.s.b.<150	0.040	96	2.600	110	3.600	117	4.900	127	9.900	136	0.136
	Pie 150<m.s.b	0.040	158	0.300	164	0.600	169	0.800	183	4.400	193	0.026
	dr.	1.900	88	5.600	101	7.150	110	8.700	122	16.600	191	0.150

Tabulā dotie apzīmējumi:

- N – NO₃-N koncentrācija, mg L⁻¹;
- G – GŪL_{vid_x}, cm;
- N₃₋₁ – N starpkvartiļu amplitūda (1. un 3. kvartiles), mg L⁻¹;
- G₃₋₁ – G starpkvartiļu amplitūda (1. un 3. kvartiles), cm;
- m.s.b – GŪL_{vid_m.s.b};
- dr. – GŪL_{vid_dr};
- B – Bērzes monitoringa stacija;
- M – Mellupītes monitoringa stacija.

Augstās NO₃-N koncentrācijas MG2 urbumā skaidrojamas arī ar to, ka urbuma filtrs daļēji izbūvēts vadozajā zonā un filtra robežās notiek aktīvās gruntsūdens svārstības (4. tabula), kas teorētiski palielina NO₃-N koncentrācijas svārstību diapazonu (Odox et al., 2012). MG2 urbumā gadījumos, kad veikta ūdens paraugu ievākšana NO₃-N koncentrāciju analīzēm, gruntsūdens līmenis ir reģistrēts līdz pat 68 cm zemāk par urbuma filtra augšējās daļas iebūves dziļumu. Arī Bērzes monitoringa stacijas BG2 urbumā reģistrētas ievērojamas gruntsūdens līmeņa aktīvās svārstības. Tomēr novērotās

vidējās koncentrācijas, pilnīgi pretēji Mellupītes situācijai, ir bijušas pat 10...22 reizes zemākas nekā pārējos divos gruntsūdens novērojumu urbumos (BG3 un BG5) kvartāra nogulumu slānī.

4. tabula

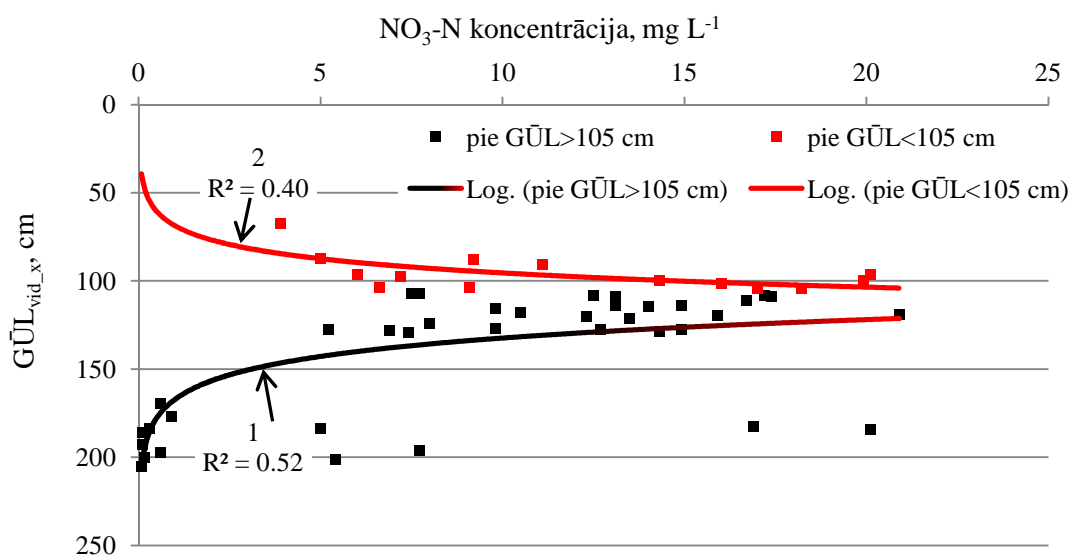
Gruntsūdens līmeņa raksturlielumi urbumos gadījumos, kad ņemti ūdens paraugi.

	Gruntsūdens līmenis urbumā						
	BG1	BG2	BG3	BG5	MG1	MG2	MG3
maX	60	248*	163	67	207*	268*	387
min	-63	84	15	15	71	107	240
vid	-3	148	73	41	130	165	293
Urb. Filtra augš. dziļums	1510	200	400	200	200	200	600

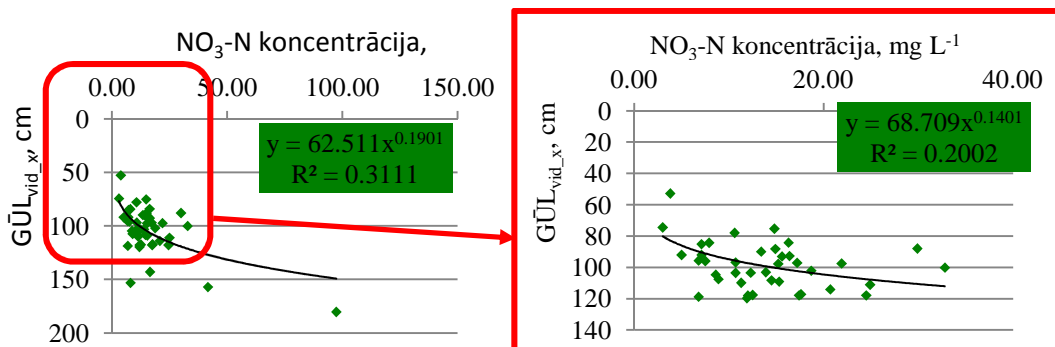
*Vērtības kuras atbilst gruntsūdens līmeņa aktīvajām svārstībām.

1.2.3. Detāls $G\ddot{U}L_{vid_x}$ ietekmes uz NO_3-N koncentrācijām novērtējums mazā sateces baseina un drenu lauka līmenī

Kopumā var secināt, ka samazinoties $G\ddot{U}L_{vid_x}$, NO_3-N koncentrācijas pieaug. Tomēr Bērzes monitoringa stacijā drenu lauka līmenī (12. att.), kā arī mazā sateces baseina līmenī (11. att.), pie salīdzinoši neliela $G\ddot{U}L_{vid_x}$ vērojama pretēja tendence.



11. att. NO_3-N koncentrācijas svārstības atkarībā no $G\ddot{U}L_{vid_x}$ izmaiņām notecē no Bērzes monitoringa stacijas mazā sateces baseina.



12. att. NO₃-N koncentrācijas svārstības atkarībā no GŪL_{vid_x} izmaiņām notecē no Bērzēs monitoringa stacijas drenu lauka.

Bērzē mazā sateces baseina notecē konstatēts, ka pie gruntsūdens līmeņa $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}} > 105 \text{ cm}$, NO₃-N koncentrācijas pieaug līdz ar $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}$ samazināšanos. Tās raksturo teorētiskā līkne 1 (11. att.), kas aprēķināta pēc formulas:

$$N = 662.75 \times e^{-0.034G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}} \quad (14)$$

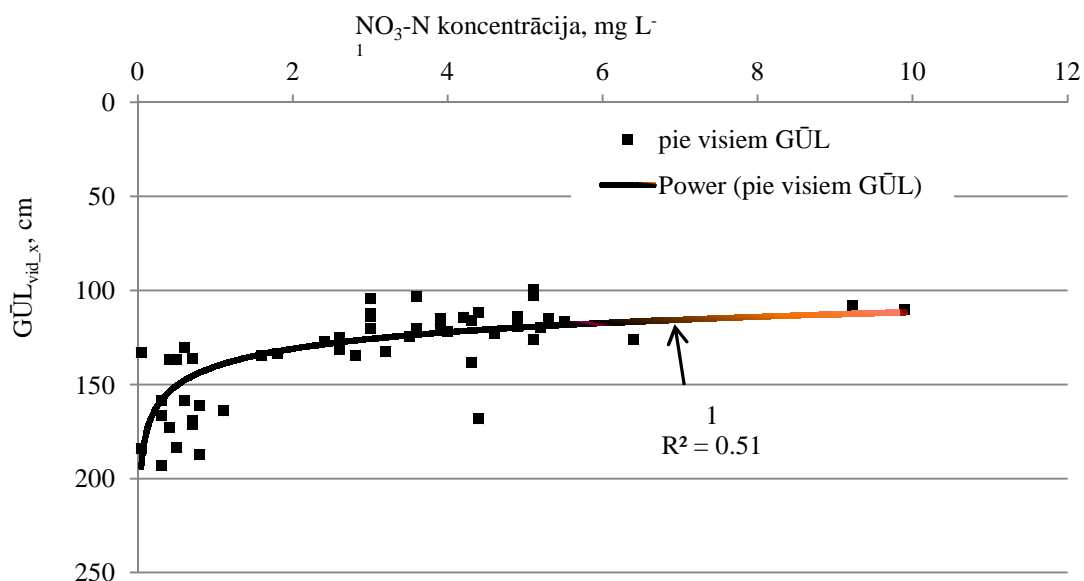
Gruntsūdens līmenim sasniedzot $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}} < 105 \text{ cm}$, NO₃-N koncentrācijai ir tendence strauji samazināties, kur $\frac{N_{3-1}}{G_{3-1}} = 1.03, \text{ mg} * (\text{L} * \text{cm})^{-1}$. NO₃-N koncentrācijas raksturo teorētiskā līkne 2 (11. att.) aprēķināta pēc formulas:

$$N_{105} = 0.3752 \times e^{0.0346G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}} \quad (15)$$

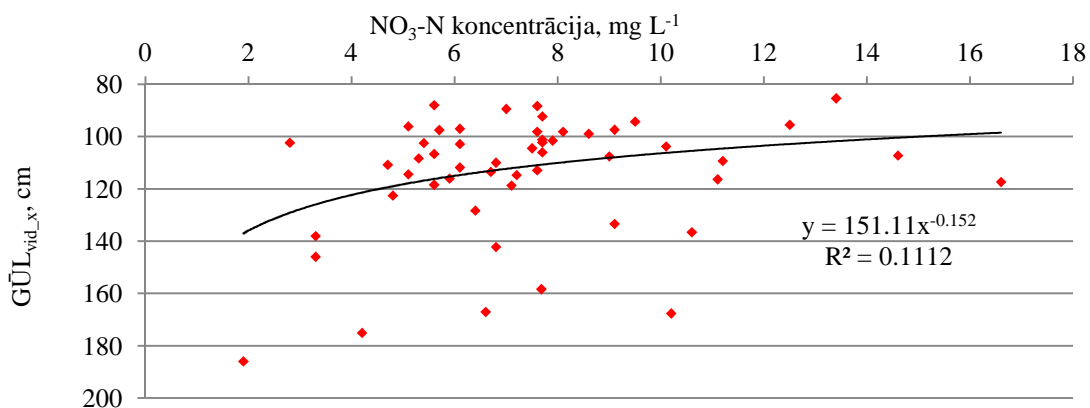
Arī notecē no Bērzēs monitoringa stacijas drenu lauka ir konstatēta tendence NO₃-N koncentrācijai samazināties, samazinoties $G\bar{U}L_{vid_{dr}}$. Tas izskaidrojams ar salīdzinoši mazu $G\bar{U}L_{vid_{dr}}$ (mediāna no $G\bar{U}L_{vid_{dr}} = 102 \text{ cm}$), kas, salīdzinot ar Mellupīti, ir par 8 cm seklāks gruntsūdens. Mellupītē, kur mediāna no $G\bar{U}L_{vid_{dr}} = 110 \text{ cm}$ un $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}} > 117 \text{ cm}$, drenu lauka līmenī konstatēta pretēja tendence – NO₃-N koncentrācija palielinās, samazinoties $G\bar{U}L_{vid_{dr}}$ (14. att.). Arī mazā sateces baseina līmenī samazinoties $G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}$ NO₃-N koncentrācija palielinās un nav konstatētas ievērojamas tendences pie noteikta gruntsūdens līmeņa tendencei mainīties (13. att.).

Mellupītes mazā sateces baseina līmenī NO₃-N koncentrācijas raksturo teorētiskā līkne 1 (13. att.), kas aprēķināta pēc formulas:

$$N = 1 * 10^{11} \times G\bar{U}L_{vid_{m.s.b}}^{-5.108} \quad (16)$$



13. att. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas svārstības atkarībā no $\text{GŪL}_{\text{vid}_x}$ izmaiņām notecē no Mellupītes monitoringa stacijas mazā sateces baseina.



14. att. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas svārstības atkarībā no $\text{GŪL}_{\text{vid}_x}$ izmaiņām notecē no Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka.

Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka notecē 2006. gada novembrī pie $\text{GŪL}_{\text{vid}_d}=180$ cm konstatēta 97 mg L^{-1} augsta koncentrācija. Ne gruntsūdens līmenis, ne raksturotā koncentrācija tomēr nereprezentē vidējo situāciju Bērzes drenu laukā. Iespējams, augstās koncentrācijas saistāmas ar vasaru, kad novērots ilgstošs sausuma periods. Augsnē bija novērojamas dziļas plaisas. Tā rezultātā pēc intensīvām lietusegāzēm kopā ar virszemes noteci slāpekļa minerālmēsli varēja ieskaloties dziļāk gruntī. Jāņem vērā, ka sausās vasarās augi nespēj uzņemt slāpekļa savienojumus pietiekamā daudzumā un tie akumulējas augsnē, kas gruntsūdens līmenim kāpjot, ir viegli izskalojami (Merington et al., 2002).

1.3. Gruntsūdens līmeņu un NO₃-N koncentrāciju mainība

1.3.1. Virszemes ūdenstecēs noteci formējošais gruntsūdens slānis

Latvijas klimatiskajos apstākļos drenētās platībās, upes notece (vidēji 250 mm/gadā) parasti daudz neatšķiras no drenu noteces, kas vidējā gadā Latvijā ir ≈210-220 mm/gadā (Šķiņķis, 1986), bet, piemēram, Bērzē ilggadīgā vidējā drenu notece ≈160-170. Savukārt drenu notece lielā mērā ir saistīta ar gruntsūdens līmeņa svārstībām. Drenu notece pamatā vērojama situācijā, kad gruntsūdens līmenis ir sasniedzis efektīvo drenu dziļumu jeb tādu spiediena augstumu, kad gruntsūdens plūsma spēj pārvarēt grunts un drenu materiālu izraisītās hidrauliskās pretestības, lai ieplūstu drenu sistēmā (Krams un Zīverts, 1993). Pētījumā secināms, ka ar zināmu korelāciju iespējams izveidot funkcijas $Q_{tot} = f(G\bar{U}L)$ (formulas 7 un 10) un $Q_{bs} = f(G\bar{U}L)$ (formulas 9 un 12). Raksturīgajām funkcijām no reālajiem datiem vērojamas zināmas nobīdes. Dažādos pētījumos ir atšķirīgi viedokļi par gruntsūdens līmeņa un drenu noteces korelāciju. Šķiņķis (1986) raksta, ka šajā ziņā nav izdevies atrast vispārēju sakarību. Autors secinājis, ka gruntsūdens līmeņa ietekme uz noteci ir atšķirīga līmeņa kāpjošajā un krītošajā fāzē.

Tomēr tendencioza rakstura sakarības pastāv. Par to liecina arī Vircavs et al. (2011) pētījums, kad Bērzē monitoringa stacijas drenu lauka līmenī korelācija ($R^2 \approx 0.75$) ir novērota. Pēc Vircavs et al. (2011) un šī pētījuma rezultātiem var secināt, ka gruntsūdens svārstības drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī ir savstarpēji saistītas. Par to liecina gan urbumos novēroto gruntsūdens līmeņu datu salīdzinājums, gan arī noteču un gruntsūdens līmeņu sakarības drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī.

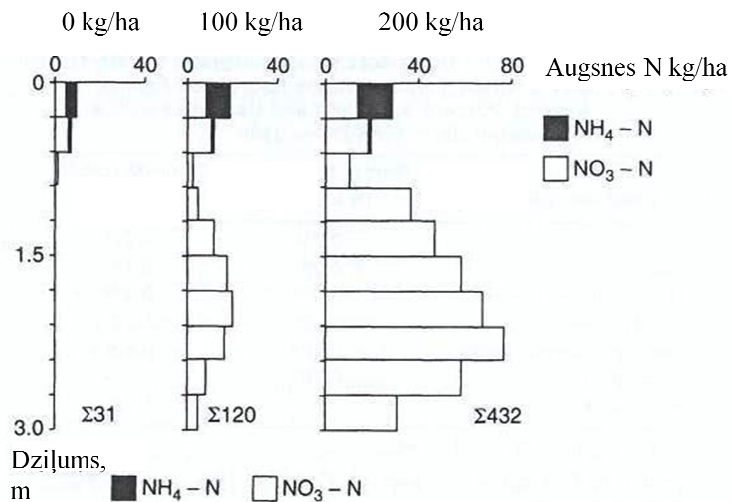
Novēroto datu nobīdes no raksturīgajām funkcijām $Q_{tot} = f(G\bar{U}L)$ un $Q_{bs} = f(G\bar{U}L)$ skaidrojamas gan ar jau nosauktajām gruntsūdens kāpjošajām un krītošajām fāzēm, gan virszemes noteces pieplūdi mazo sateces baseinu vaļējās ūdens tecēs. Tāpat neraksturīgu noteci rada virszemes noteces pieplūde virszemes ūdens uztvērējos (raksturīgi Mellupītē), kuri ūdeni novada drenāžas sistēmā. Lielāka virszemes noteces ietekme sagaidāma Mellupītes monitoringa stacijā. Teritorijā vērojams Latvijas situācijai nevienmērīgs reljefs un izbūvētas meliorācijas būves virszemes ūdeņu uztveršanai un novadīšanai drenu sistēmās.

Attiecībā uz virszemes noteces ietekmi, nozīmīgi faktori ir apvidus reljefs un mākslīgo nosusināšanas (sevišķi virszemes noteces novadīšanas) sistēmu īpatnības.

Bieži virszemes notece tiek novadīta drenāžas sistēmā un šādā gadījumā, pie intensīviem nokrišņiem, drenu notece var būt neraksturīgi liela salīdzinot ar gruntsūdens līmeni. Jāpiemin, ka virszemes noteces pieplūde ietekmē arī $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas svārstības drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī.

1.3.2. Gruntsūdens nesošā slāņa mainības ietekme uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām notecē

Šī pētījuma rezultāti liecina, ka gruntsūdens svārstības un gruntsūdens nesošā slāņa dziļums nozīmīgi ietekmē $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas formēšanos notecē. Tas skaidrojams ar $\text{NO}_3\text{-N}$ izkliedi gruntī un gruntsūdens iedarbību. Gustafson, 1983 apskatījis augsnes profilu līdz 3 m dziļumam Zviedrijas dienvidu daļā. Autors norāda, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ daudzumu lielā mērā ietekmē augsnes mēslojuma pakāpe.



15. att. Nitrātu slāpekļa daudzums augsnē (Gustafson, 1983).

Atkarībā no tās, novērotas $\text{NO}_3\text{-N}$ izkliedes īpatnības augsnes profilā. Autora raksturotajā situācijā nemēslotā augsnē $\text{NO}_3\text{-N}$ lielākā daļa koncentrējas līdz 60 cm, bet dziļāk par 90 cm $\text{NO}_3\text{-N}$ augsnē tikpat kā vairs nav (15. att.). Lielāku mēslojuma devu gadījumā (100 un 200 kg N/ha) $\text{NO}_3\text{-N}$, līdzīgi kā nemēslotā augsnē, 90 cm dziļumā ir salīdzinoši maz. Tomēr sākot no 90 cm dziļuma $\text{NO}_3\text{-N}$ daudzums pakāpeniski pieaug maksimumu sasniedzot 2.1...2.4 m dziļumā.

Gilings (1973) aprakstījis eksperimentu, kurā mērīta $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija notecē no augsnes dažādos dziļumos (0.30 m, 1.22 m un 2.74m) un virszemes notecē. Lietojot mēslojuma devu 175 kgN/ha, vislielākās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas augsnes šķīdumā konstatēts 2.74 m dziļumā (6...9 mg L⁻¹).

Gustafson (1983) pētījums sasauca ar Gilings (1973) eksperimentu, kur pirmajā pielietota mēslojuma deva 200 kg N/ha un visvairāk NO₃-N konstatēts ap 2.4 m dziļumu, bet otrajā pielietots mēslojums 175 kgN/ha, un lielākā NO₃-N koncentrācija augsnes ūdenī konstatēta 9 pēdu (ap 2.7 m) dziļumā. Iespējams, ka raksturotie dziļumi būtu vēl līdzīgāki, ja abos pētījumos izvēlētais dziļuma solis būtu vienāds. Jāpiebilst gan, NO₃-N izkliede augsnes profilā, kā arī izskalošanās, varētu būt atkarīga arī no grunts īpatnībām (galvenokārt granulometriskais sastāvs, porainība, pH).

Līdzīgus secinājumus var izdarīt arī no cita pētījuma Vācijā (Borneff, 1973). Pētījums liecina, ka NO₃-N apjoms augsnē vislielākais novērots uzreiz pēc mēslošanas (jūnijā, jūlijā), bet ievērojams NO₃-N koncentrācijas pieaugums gruntsūdenī novērots 6 mēnešus vēlāk, kas varētu atbilst periodam, kad novērojami augstākie gruntsūdens līmeņi Vācijas klimatiskajos apstākļos.

Tā kā nitrātu formas slāpeklis nonākot saskarē ar gruntsūdeni, kļūst ļoti mobils (Canter, 1996) un tā izkliede augsnē ir atkarīga no mēslojuma pakāpes (Gustafson, 1983), tad var teikt, ka šajā pētījumā raksturotās NO₃-N koncentrācijas svārstības ietekmējusi vidējā mēslojuma intensitāte un gruntsūdens līmeņa svārstības vidēji visā monitoringa stacijā. Līdz ar to var secināt, ka nemainīga rakstura mēslošanas režīms ļautu precīzāk novērtēt gruntsūdens svārstību iedarbību un NO₃-N koncentrāciju formēšanos notecē.

1.3.3. Drenu un gruntsūdens filtrācijas plūsmas (*base flow*) mijiedarbība – tās loma NO₃-N koncentrācijas formēšanā mazā sateces baseina līmenī

Vērtējot NO₃-N koncentrācijas notecē no drenu lauka un mazā sateces baseina, gan Mellupītē, gan Bērzē, secināms, ka mazā sateces baseina līmenī ūdens kvalitāte ir augstāka. Tas ir skaidrojams ar daudzu dažādu iespējamu faktoru ietekmi, kuri izpaužas mazā sateces baseina līmenī, bet nav novērojami drenu lauka līmenī. Piemēram, mazajā sateces baseinā ir dažādi zemes lietojuma veidi (meži, ganības u.tml.). Iespējama atšķirīga NO₃-N aiztures procesu norise (Sparks, 1987), kas norisinās vaļējās gultnēs un augsnē, ko ietekmē arī pH līmenis (augsts pH līmenis samazina aizturi) un granulometriskais sastāvs (Sparks, 1987) kā arī grunts porainība (Borneff and Adabe, 1976). Tāpat aplūkotajos monitoringa līmeņos iespējams dažāds vidējais gruntsūdens līmenis, atšķirīga drenāžas darbības intensitāte, kas ietekmē NO₃-N plūsmu uz vaļējām ūdenstecēm (Letey et al., 1978). Drenu lauka līmenī notece netiek atšķaidīta ar

gruntsūdens noteci (*base flow*), kurā $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ir zemākas (Veinbergs, 2012). Nozīmīgas atšķirības var radīt mēslošanas intensitāte un laiks (Gillings, 1973; Borneff and Adabe, 1976; Letey et al., 1978).

Šajā pētījumā apskatīta tikai gruntsūdens svārstību ietekme. No rezultātiem var secināt, drenu notecei ir nozīmīga ietekme $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju formēšanā mazā sateces baseina līmenī. Tomēr nevar noliegt, ka vienlaicīgi ar drenu noteci veidojas arī gruntsūdens filtrācijas plūsma (*base flow*). Periodā, kad mazā sateces baseina noteci formē tikai gruntsūdens filtrācijas plūsma (*base flow*), $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas konstatētas ievērojami zemākas nekā periodā, kad noris drenu notece (it sevišķi Mellupītē). Tas liek secināt, ka gruntsūdens filtrācijas plūsmas (*base flow*) notece samazina kopējās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas, veicot kopējās noteces atšķaidīšanu.

Saistībā ar noteču sadalījumu, šajā pētījumā mazā sateces baseina līmenī iekļauti aprēķini (4. formula) ar gruntsūdens plūsmas (*base flow*) un kopējās noteces attiecību. Tā mērķis bija novērtēt gruntsūdens nesošā slāņa vidējo dziļumu, no kura formējas notece. Būtībā noteces intensitāte pie nemainīga gruntsūdens līmeņa ir atšķirīga visā augsnes profilā dažādos dziļumos, kas šī pētījuma aprēķinos nav ņemts vērā. Noteces intensitātes atšķirības dažādā dziļumā saistītas ar mainīgām grunts hidrofizikālajām īpašībām, kā arī spiediena izmaiņām līdz ar dziļumu.

Iepriekš skaidroto 4. formulu būtu iespējams papildināt, kur divu noteces komponentu (gruntsūdens plūsma un drenu notece) vietā tiktu apskatīta filtrācijas plūsmas intensitātes izmaiņas visā grunts profilā līdz ar dziļumu. Iespējamās metodes, kā to paveikt, varētu būt balstītas uz šādiem apsvērumiem:

- spiediena un grunts hidrofizikālo īpašību izmaiņas līdz ar dziļumu apskatāmajā gruntī;
- noteces izmaiņas gruntsūdens svārstību ietekmē;
- gruntsūdens līmeņu recesijas īpašības.

Kopumā pētījuma rezultāti liecina, augstāks gruntsūdens līmenis veicina $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas pieaugumu notecē. Straujš koncentrācijas pieaugums sagaidāms laikā, kad vērojama drenu noteces ietekme.

Lauksaimniecības platībās Lielākā notece un augstākais gruntsūdens līmenis parasti vērojams pavasara palu laikā (marta beigās-aprīļa sākums), ko sevišķi pastiprina lietus gāzes sniega kušanas laikā. Atsevišķos virszemes ūdens objektos ievērojamas noteces un relatīvi augsts gruntsūdens līmenis sagaidāms arī lietus plūdu laikā (vasaras-rudens plūdus no 1. maija līdz 31. oktobrim). Mazūdens periodi ar mazu noteci un

relatīvi dziļu gruntsūdeni novērojami gan ziemās, gan vasarās. Ziemās ilgstošs un noturīgs sala periods var ilgt no janvāra līdz martam, bet vasarās ilgstošs sausuma periods iespējams no maija līdz oktobrim.

Mazūdens perioda iestāšanās un ilgums mainās atkarībā no atkušņu biežuma ziemās un vasarās no sausuma un lietus periodiem, kas pa gadiem var ievērojami mainīties. Siltās ziemās un lietainās vasarās mazūdens periods var vispār neiestāties. Mazākā notece un zemākais gruntsūdens līmenis vērojams vasarā no jūnija sākuma līdz augusta beigām.

Vērtējot gruntsūdens svārstības nākotnē nozīmīgs faktors, kuru jāaplūko, ir gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtības izmaiņas. Salīdzinot modelētos gruntsūdens līmeņus laika periodam 1961.-1990. g., ar aprēķinātajiem iespējamajam nākotnes klimatam periodā 2071.-2100. g., var secināt, ka sagaidāmi atšķirīgi gruntsūdens līmeņi. Vircavs et al. (2011) pētījuma rezultāti liecina, ka Bēzres monitoringa stacijā saistībā ar gruntsūdens līmeni, pie kura sākas drenu notece drenu lauka līmenī, sagaidāms gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtības samazinājums par 2% nākotnē, bet Mellupītē prognozēts 9% pieaugums (Vircavs et al., 2011). Tomēr intensīvās drenu noteces pieaugums konstatēts abās stacijās (Bērzē par 12%, bet Mellupītē par 14%). Tas liek secināt, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanās draudi lielāki ir Mellupītes monitoringa stacijā.

1.3.4. Nitrātu koncentrāciju mainību izraisīšie faktori

Rezultāti liecina, ka gruntsūdens līmenis pa gadiem atšķiras. Līdz ar to arī $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācija gruntsūdeņos, drenu lauka līmenī un mazā sateces baseina līmenī pa gadiem var būt visai atšķirīga. Tomēr pastāv vēl virkne dažādu faktoru, kas ietekmē $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ūdeņos, kas skaidro nenoteiktību arī šī pētījuma rezultātos. Šajā pētījumā nav aplūkotas meteoroloģiskās situācijas izmaiņas, kas dažkārt būtiski var ietekmēt hidroķīmiskos procesus augsnē. Neapšaubāmi meteoroloģisko faktoru ietekmi var pastiprināt arī antropogēnā iedarbība. Merington et al. (2002) apkopojuši informāciju par pētījumiem Lielbritānijā un Dānijā. Pētījumos skaidrots, ka izskalošanās draudus palielina klimatisko un antropogēno faktoru mijiedarbība:

- spēcīgas lietus gāzes augsnes mēslošanas laikā vai neilgi pēc tās;
- sausas vasaras, kad augiem ir traucēta $\text{NO}_3\text{-N}$ uzņemšana un pēcveģētācijas periodā $\text{NO}_3\text{-N}$ pārpalikumi augsnē ir lielāki;

- veģetācijas perioda mainība un audzējamās lauksaimniecības kultūras, kuras uzņem atšķirīgu slāpekļa daudzumu.

Diemžēl precīza informācija par augsnes mēslošanas laikiem Bērzēs un Mellupītes monitoringa stacijām nav pieejama. Saistībā ar laikapstākļu mainību, izceļams ir 2006. gads, kad Bērzēs monitoringa stacijas teritorijā konstatētas neraksturīgi augstas $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas notecē no drenu lauka. Visaugstākā (97.3 mg L^{-1}) koncentrācija novērota novembrī, kas pakāpeniski līdz februārim samazinājies līdz 24.9 mg L^{-1} . Raksturotās koncentrācijas ievērojami (līdz pat 4 reizēm) pārsniedz trīskāršotu starpkvartiļu amplitūdu (3 un 1. kvartile). Šādas vērtības uzskatāmas par ekstrēmiem gadījumiem (Jansons et al., 2011). Augsto koncentrāciju cēlonis visticamāk ir vasaras sausuma periods, dziļās plaisas augsnē un vēlākās intensīvās lietus gāzes. Pēc intensīvām lietusgāzēm kopā ar virszemes noteci slāpekļa minerālmēsli pa plaisām augsnē varēja ieskaloties dziļāk gruntī. Jāņem arī vērā, ka sausās vasarās augi nespēj uzņemt slāpekļa savienojumus pietiekamā daudzumā un tie akumulējas augsnē, kas gruntsūdens līmenim kāpjot, ir viegli izskalojami (Merington et al., 2002).

Mainīgu $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos ietekmē pielietotā minerālmēslojuma apjoms un laiks (Gillings, 1973; Borneff and Adabe, 1976; Letey et al., 1978) un pielietoto minerālmēsli veids. Nitrāti (NO_3^-) ir jūtīgākie pret ūdens iedarbību (Armstrong and Burt, 1993; Lord and Antony, 2000). Pretēji amonijam (NH_4^+), NO_3^- augsnē atrodas anjonu formā. Anjonu formas dēļ tie slikti saistās ar pozitīvi lādētajām augsnes daļiņām un labi šķīst ūdenī (Merington et al., 2002). Nitrātu formas slāpekļi nonākot saskarē ar gruntsūdeni, kļūst ļoti mobils (Canter, 1996).

1.4. Priekšlikumi lauksaimniecības noteču monitoringa sistēmas uzlabošanai

Precīzai 4. attēlā raksturoto noteces slāņu ietekmes novērtēšanai būtu nepieciešams veikt monitoringu drenu lauka sistēmā, kur pa drenu lauka zemākajām robežām un sateces baseina ūdens sateces vietām ir izveidota virszemes ūdenstece ar zināmu dziļumu. Izslēdzama svešūdeņu pieplūde no blakus teritorijām. Lai novērtētu noteces kvalitāti no visa gruntsūdens nesošā slāņa, ūdenstecei gultne iedziļināma līdz gruntsūdens sprostsā slāņam. Lai raksturotu drenu ietekmi dažādiem B slāņa biežumiem, drenas izbūvējamas dažādā dziļumā ar iespēju noslēgt to iztekas vai pat drenu sistēmas daļas.

Gruntsūdens monitoringam varētu izveidot vairākus urbumus, kur daļa no urbumiem reprezentē gruntsūdens nesošā slāņa vadozo zonu, bet citi urbumi reprezentētu gruntsūdens nesošo slāni zem vadozās zonas dažādos dziļumos līdz pat sprostsūdenim.

Datu analīzei un aprēķiniem vēlams būtu izveidot trīsdimensionālu gruntsūdens līmeņu un grunts struktūru ģeometrisko modeli. Modelis dotu iespēju novērtēt gruntsūdens nesošā slāņa ģeometriskās īpašības attiecībā pret zemes virsmu un sprostsūdeni. Tas, savukārt, ļautu precīzi novērtēt B un D jeb drenu un gruntsūdens (*base flow*) noteci veidojošo gruntsūdens slāni dažādos lauka punktos.

Lai noskaidrotu, kā mainās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas notecē no dažāda dziļuma un novērtētu plūsmas intensitāti, var ierīkot urbumus līdz gruntsūdens līmeņa virsmai. Tālāk urbumus veic pakāpeniski ik pa noteiktam dziļumam paņemot ūdens paraugus $\text{NO}_3\text{-N}$ analīzēm, kā arī veicot mērījumus filtrācijas koeficienta noteikšanai. Aprakstītajiem darbiem varētu ierīkot pagaidu urbumus vairākos punktos, lai novērtētu atšķirības dažādos lauka punktos. Tāpat urbumus varētu ierīkot vietās ar dažādu gruntsūdens dziļumu no zemes virsas, lai, piemēram, noteiktu, kā atšķiras $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas pirmajos 10 cm gruntsūdens nesošajā slānī.

2. NĀKOTNES GRUNTSŪDENS LĪMENIS UN NITRĀTU SLĀPEKĻA KONCENTRĀCIJAS KLIMATA MAINĪBAS APSTĀKĻOS MAZOS SATECES BASEINOS

2.1. Klimata mainība, tās modelēšana

Globālā sasilšana, klimata pārmaiņas, klimata mainība un tās izraisītie draudi un ieguvumi ir plaši apspriests temats pēdējās desmitgadēs. Tiek spriests vai vispār ir novērojama globālā sasilšana vai pie tā ir vainīgs antropogēnais faktors, vai tas ir dabisks process. Lai nu kā klimats vienmēr ir mainījies, par ko liecina bijušie ledus laikmeti, vai karstuma periodi (Andersson et al., 2003).

Lai arī klimats mainās un vienmēr ir mainījies, tomēr termins „klimats” ir raksturojams ar zināmu noteiktību. Klimats ir laikapstākļu kopums, meteoroloģisko parādību un notikumu apkopojums ilgā laika posmā (Kļaviņš un Springe, 2010). Klimatu ietekmē saules starojuma daudzums un sadalījums gada laikā, atmosfēras cirkulācijas raksturs, zemes virsmas raksturs. Zemes klimata sistēmu veido enerģijas plūsmas, kuras Zeme saņem no saules. Klimats veidojas Saules enerģijai izkliedējoties un mijiedarbojoties ar Zemi, līdz ar to klimata sistēma sastāv no atmosfēras, hidrosfēras, kriosfēras (ledājiem, sniega segas un mūžīgā sasaluma), litosfēras un biosfēras. Atmosfēra ir klimata sistēmas visnestabilākā daļa, kuru veido gāzes, ūdens tvaiki, kā arī putekļi un aerosoli (Kļaviņš un Springe, 2010).

Vārdu savienojums „globālā sasilšana” apzīmē ne tikai Zemes vidējās temperatūras palielināšanos, bet būtiskas visas klimata sistēmas izmaiņas (Kļaviņš un Springe, 2010). Mūsdienās ir aprēķināts, ka pēdējos 100 gados vidējā gaisa temperatūra uz Zemes ir pieaugusi par 0.7 °C. Aptuveni 1/3 šī pieauguma ir notikusi kopš 1980. g. Tas ir straujākais globālās temperatūras pieaugums kopš 14. gs (Andersson et al., 2003).

Izskanējuši dažādi viedokļi par globālās sasilšanas cēloņiem. Pastāv viedoklis, ka globālās sasilšanas galvenais iemesls ir cilvēku radītā siltumnīcas efekta gāzu (SEG) emisija atmosfērā (Gors, 2009), bet daļa zinātnieku globālo sasilšanu skaidro ar dabiskiem procesiem.

Klimata pārmaiņu zinātniskai novērtēšanai Vispasaules Meteoroloģiskā organizācija un Apvienoto Nāciju Vides programma 1988. gadā kopīgi nodibināja

Klimata pārmaiņu starpvaldību padomi (IPCC). Tā ir zinātniska organizācija, kuras mērķis ir nodrošināt pasauli ar skaidru zinātnisku informāciju par mūsu pašreizējām zināšanām par klimata pārmaiņām un to iespējamo ietekmi uz vidi un sociāli ekonomiskajiem faktoriem (IPCC mājas lapa).

IPCC ir atzinusi, ka vidējā gaisa temperatūra ir paaugstinājusies visticamāk tāpēc, ka ir pieaugusi siltumnīcas efektu izraisošo gāzu koncentrācija zemes atmosfērā. To izraisījusi antropogēnā ietekme pēcindustriālās laikmetā strauji attīstoties rūpniecībai (IPCC mājas lapa).

Klimata pārmaiņu draudi tiek risināti gan globālā, gan valstu līmenī. Globāli klimata pārmaiņu iespējamās draudus risina ANO Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām (UNFCCC). Globālā līmenī pazīstams ir ANO Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām Kioto protokols. Tas nosaka saistošus emisijas mērķus tām attīstītajām valstīm, kas protokolu ratificējušas, piemēram, ES dalībvalstis. Amerikas Savienotās Valstis, kurām ir augstas siltumnīcas efekta gāzu emisijas, nav ratificējušas šo protokolu (Eiropas vides aģentūras mājas lapa).

Tātad kopumā var secināt, ka klimata mainību ietekmē virkne dažādu faktoru. Klimata mainības attīstības gaitu lielā mērā nosaka antropogēnie faktori, kā sabiedrības attīstība, pielietotās tehnoloģijas, izmantotie dabas resursi. Nākotnes prognozes tiek balstītas uz paredzamajām izmaiņām sabiedrībā un tās paradumos. Pamatojoties uz nākotnes sabiedrības attīstības virzieniem, tiek veidoti klimata scenāriji un prognozētas siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju izmaiņas. Šīs prognozes tiek pielietotas klimata pārmaiņu prognozēšanai, kam mūsdienās bieži tiek pielietotas datormodelēšanas iespējas. Balstoties uz izstrādātiem klimata scenārijiem, kas paredz dažādus sabiedrības attīstības modeļus un siltumnīcas efekta gāzu izmaiņas, tiek modelēti klimatiskie apstākļi. Pasaulē izstrādāti globāli atmosfēras un tajā esošo gāzu cirkulācijas modeļi (GCM). Uz tiem tiek balstīti reģionālie klimata modeļi (RCM) (Andersson et al., 2003). Reģionālo klimata modeļu datus savukārt iespējams reducēt uz mazākām teritorijas vienībām, piemēram, meteoroloģiskajām stacijām Latvijā (Sennikovs and Bethers, 2009).

Maģistra darbā vērtēta klimata mainības ietekme uz gruntsūdens līmeņu svārstībām un to ietekme uz nitrātu slāpekļa koncentrācijām. Vērtēta klimata mainības izraisīto gruntsūdens līmeņu izmaiņu ietekme uz lauksaimniecisko ražošanu.

Maģistra darbā pielietoti pēc reģionālo klimata modeļu ENSEMBLES Dobeles un Saldus meteoroloģiskajām stacijām pārrēķinātie klimatiskie dati, lai modelētu

gruntsūdens līmeņus nākotnē un references klimata periodam (Sennikovs and Bethers, 2009).

2.1.1. Darba plāns

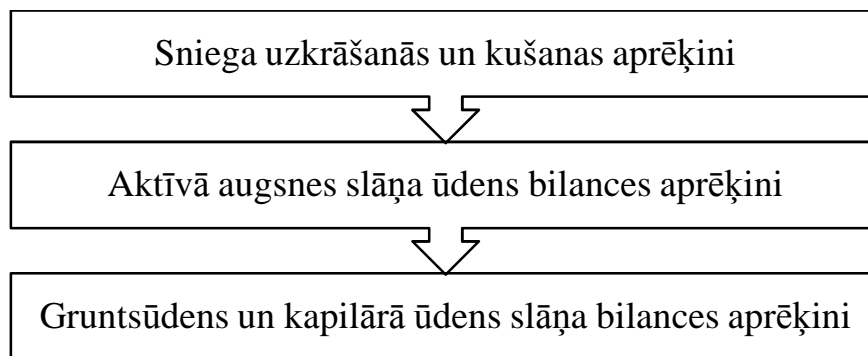
Iepriekš noskaidrots, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos nozīmīgi ietekmē gruntsūdens līmenis. Vērtējot gruntsūdens līmeņa izmaiņas nākotnē, ir svarīgi vai tas būs augstāks vai zemāks un cik ilgi būs novērojams atšķirīgs gruntsūdens līmenis. Tāpat nozīmīgi varētu būt noskaidrot sezonālās izmaiņas. Piemēram, vai ir sagaidāmas raksturīgo gruntsūdens svārstību nobīdes laikā.

2. nodaļā apskatīts:

- METUL modelis (Krams and Ziverts, 1993), tā kalibrācija, modelēšana un rezultāti;
- Gruntsūdens līmeņu modelēšana pēc 11 klimata modeļu aprēķinātajiem meteoroloģiskajiem parametriem periodam pirms klimata pārmaiņām jeb references periodam (1961.-1990.g.) un iespējamiem nākotnes (2071.-2100. g.) klimatiskajiem apstākļiem;
- Pēc 11 klimata modeļiem aprēķināto gruntsūdens līmeņu rindu statistiska salīdzināšana;
- Gruntsūdens līmeņu novērtējums - prognozējamās nākotnes izmaiņas attiecībā pret references periodu;
- GŪL sezonālo izmaiņu novērtējums;
- $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas virszemes ūdens tecēs. Veikti aprēķini balstoties uz iepriekš konstatēto gruntsūdens svārstību ietekmi uz $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijām un prognozējamām gruntsūdens līmeņu izmaiņām nākotnē.

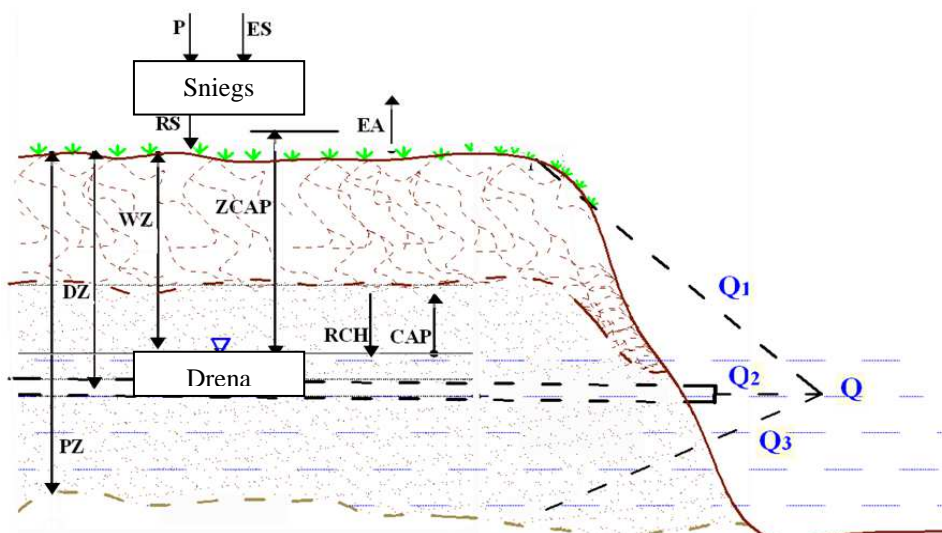
2.1.2. Matemātiskais modelis METUL un modelēto datu apstrāde un pielietojums

Matemātiskais modelis METUL ir konceptuāli izstrādāts aprēķins ar dažiem fizikāli pamatotiem parametriem gruntsūdens līmeņu aprēķiniem. Modeļa aprēķinus vienkāršoti var iedalīt 3 blokos (16. att.) – sniega uzkrāšanās un kušanas aprēķini, aktīvā augsnes slāņa ūdens bilances aprēķini un gruntsūdens, un kapilārā slāņa ūdens bilances aprēķini (Krams and Ziverts, 1993).



16. att. METUL aprēķina bloki.

Katrā aprēķina blokā tiek rēķināta ūdens bilance. Dabā nepastāv krasas robežas, un starp visiem 3 aprēķina blokiem notiek nepārtraukta mijiedarbība, kas ietekmē ūdens bilanci. METUL aprēķinos šie apsvērumi ir ņemti vērā ar ietvertiem kalibrējamiem parametriem. METUL ietvertos parametrus raksturo 17. att. un 5. tabula.



17. att. METUL principiālā shēma.

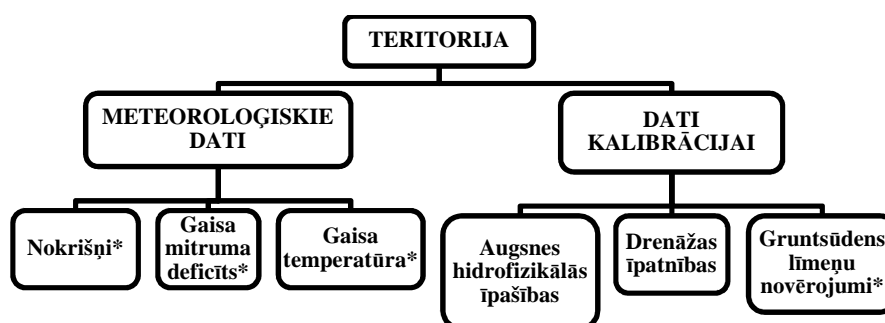
Parametri raksturo grunts hidrofizikālās īpašības, drenāžas ietekmi, evapotranspirāciju, un ūdens plūsmu īpatnības.

5. tabula

METUL ietvertie parametri.

Parametrs	Parametra raksturojums
Wmax	Aktīvā augsnes slāņa maksimālā ūdens ietilpība, mm
ALFA	Ūdens atdeves koeficients
ZCAP	Kapilārās pacelšanās augstums, cm
DZ un A2	Efektīvais drenu iebūves dziļums, cm un noteces intensitātes koef.
PZ un A3	Pjezometriskā spiediena augstums un noteces intensitātes koef.
Ku, Kl, Ks	Iztvaikošanas koeficienti
T1, T2, CFR un WHC	Sniega procesus koeficienti
RCHR, RCHR2, RCHRZ, RCHRZ2, ROBK	Pārteci raksturojoši parametri, mm

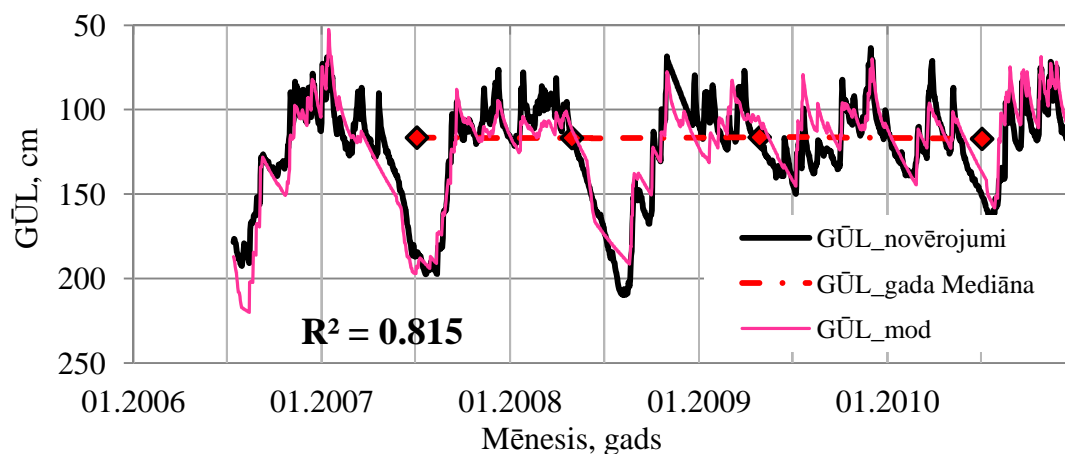
Modelis ir paredzēts viendimensionāliem (1D) ikdienas gruntsūdens līmeņa un raksturīgā noteces sadalījuma aprēķiniem. Līdz ar to Iegūstamie kalibrācijas parametri ir raksturīgi vienam lauka punktam. Piekalibrēts modelis ar noteiktu precizitāti (atkarībā no kalibrācijas rezultātiem) šajā punktā spēj aprēķināt gruntsūdens līmeni WZ un 3 noteces komponentes: virszemes (Q_1) drenu (Q_2) noteces, kā arī gruntsūdens filtrācijas plūsmu (Q_3). Aprēķiniem primāri ir nepieciešami ikdienas meteoroloģiskie dati (18. att.). Tāpat modeļa kalibrācijai un aprēķinu validācijai ir nepieciešami gruntsūdens līmeņu novērojumu dati. Augsnes hidrofizikālās īpašības un informācija par drenāžu ir sekundāri lielumi, kurus raksturojošie parametri METUL modelī ir kalibrējami.



18. att. METUL aprēķinu izejas dati:

* METUL aprēķiniem primāri nepieciešamie dati.

Mellupītes monitoringa stacijai veikta gruntsūdens līmeņa modelēšana MG1 gruntsūdens novērojumu urbumam un izmantoti Saldus meteoroloģiskās stacijas (1 att.) meteoroloģiskie dati. Bērzes monitoringa stacijai gruntsūdens līmeņi modelēti BG2 gruntsūdens novērojumu urbumam un izmantoti Dobeles meteoroloģiskās stacijas dati. Abiem urbumiem modelis kalibrēts 2006.-2010. g. ikdienas gruntsūdens līmeņu novērojumiem (19. att.). Abās stacijās novēroto un modelēto rezultātu $R^2 > 0.81$.



19. att. Mellupītes MG1 urbumā novērotie un modelētie gruntsūdens līmeņi.

2.1.3. Gruntsūdens līmeņu modelēšana un datu apstrāde references periodam un nākotnei

Kalibrētais METUL modelis pielietots gruntsūdens līmeņu aprēķiniem nākotnes (2071.-2100.g.) un references (1961.-1990.) klimata periodiem. Kā izejas dati izmantoti nokrišņi, gaisa temperatūra un gaisa mitruma deficīts, kas atbilstoši Latvijas teritorijai aprēķināti izmantojot 11 reģionālo klimata modeļu ansambļa sniegtos rezultātus (Sennikovs and Bethers, 2009). Pēc katra klimata modeļa datiem modelētas ikdienas gruntsūdens līmeņu datu rindas – 11 references periodam un 11 nākotnes klimatiskajiem apstākļiem.

Aprēķinātie gruntsūdens līmeņi reducēti uz 3 gruntsūdens līmeņu datu rindām references periodam un 3 nākotnes klimata periodam. Tas paveikts sekojoši:

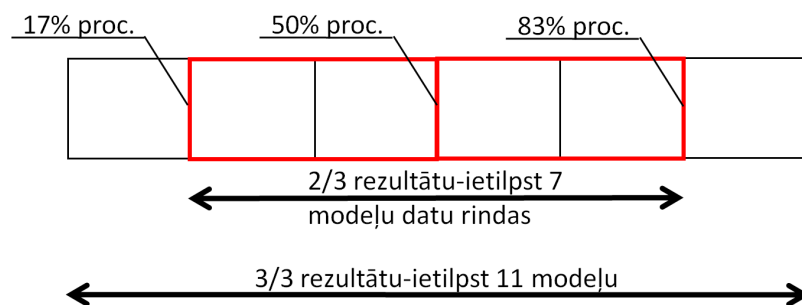
1. pēc katra klimata modeļa aprēķināto gruntsūdens līmeņu datu rindu sakārto augošā secībā, kas raksturo gruntsūdens līmeņu ilguma sadalījumu. Attiecīgi mazākais skaitlis raksturo augstāko gruntsūdens līmeni ar vismazāko pārsniegšanas varbūtību;
2. atsevišķi gan references periodam, gan nākotnes klimata periodam pēc 11 klimata modeļiem ar METUL modelēto gruntsūdens līmeņu datu rindām katrai dienai aprēķinot 3 vērtības: 17%, 50% un 83% procentiles (6. tabula);

6. tabula

Apstrādāto modelēto gruntsūdens līmeņu datu piemērs nākotnes klimata periodam.

Modelis a nr.	Klimata modelis ar atbilstošo gruntsūdens līmeņu datu rindu											Procentiles vērtība			Pārsniegš. Varbūt, p%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17 proc.	50 proc.	83 proc.	
Gruntsūdens līmenis dilstošā secībā	118	116	117	116	118	111	117	114	116	116	118	115	116	118	0.01
	121	118	117	118	119	113	117	114	118	117	118	116	118	118	0.02
	121	118	118	119	120	114	118	118	119	117	118	118	118	119	0.03
	122	120	119	120	120	114	120	120	120	118	119	119	120	120	0.04
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	309	301	294	335	277	283	295	691	373	408	293	290	301	383	96.34
	309	301	294	335	277	284	295	692	373	408	293	290	301	384	96.35
	309	301	294	335	277	284	295	696	373	408	293	290	301	384	96.36
	309	301	294	335	277	284	295	697	373	408	293	290	301	384	96.37
	309	301	294	335	277	283	295	691	373	408	293	290	301	383	96.38

17% un 83% procentilēm atbilstošās datu rindas atspoguļo aprēķināto gruntsūdens līmeņu nenoteiktību robežas (20 att.).



20. att. Aprēķināto procentiņu nozīmi paskaidrojoša shēma.

Intervālā starp 17% un 83% procentilēm ietilpst pēc divām trešdaļām (2/3) no klimata modeļiem aprēķinātās gruntsūdens līmeņu datu rindas. Intervālā no 0%...17% un no 83%...100% procentilēm ietilpst pēc 1/3 no klimata modeļiem aprēķinātās gruntsūdens līmeņu ekstrēmākie datu rindu rezultāti. Attiecīgi netiek izmantoti 1/3 klimata modeļu, pēc kuriem modelētais gruntsūdens līmenis ir vai nu ļoti dziļš vai ļoti sekls. Datu apstrādes metode aizgūta no klimata datu aprēķina autoriem (Sennikovs and Bethers, 2009).

References periodam veikta statistiska datu apstrāde, lai novērtētu vai aprēķinātie 17, 50 un 83 procentiņu gruntsūdens līmeņi būtiski neatšķiras. References periodā datu rindām vajadzētu būt līdzīgām, jo tās reprezentē mūsdienas, kad klimatiskie apstākļi ir zināmi. Nākotnē datu rindas liecina par paredzamo nenoteiktību, tādēļ tās var ievērojami atšķirties.

References periodam statistiskā analīze veikta izmantojot t-testu saistītām datu kopām. Lai veiktu šo testu, datu rindām jāatbilst normālajam sadalījumam (Helsel and Hirsch, 2002). Normālā sadalījuma novērtējumu veicu vizuāli novērtējot uzzīmētās histogrammas (1. pielikums). Gruntsūdens līmeņu klases aprēķināju pēc Breksa formulas, jo aprēķinā iekļauto datu skaits ir ievērojami lielāks par 100 vienībām. Tā kā rezultāti ir tuvu normālajam sadalījumam, tad t-tests ir piemērots vidējo vērtību atšķirības novērtēšanai.

References periodam ar t-testu pārbaudāmās hipotēzes:

1. $H_0: \mu_1 = \mu_2$ - 17 procentilei atbilstošā gruntsūdens līmeņu datu rinda būtiski neatšķiras no 50 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas;
 $H_1: \mu_1 > \mu_2$ - 17 procentilei atbilstošā gruntsūdens līmeņu datu rindas vērtības ir lielākas par 50 procentilei atbilstošajām gruntsūdens līmeņu datu rindas vērtībām;
2. $H_0: \mu_1 = \mu_2$ - 83 procentilei atbilstošā gruntsūdens līmeņu datu rinda būtiski neatšķiras no 50 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas;

H1: $\mu_1 > \mu_2$ - 50 procentilei atbilstošā gruntsūdens līmeņu datu rindas vērtības ir lielākas par 83 procentilei atbilstošajām gruntsūdens līmeņu datu rindas vērtībām.

Apstrādātās datu rindas izmantotas gruntsūdens līmeņu novērtēšanai klimata mainības apstākļos. Vērtētas gruntsūdens līmeņu ilguma līknes – kā mainījies attiecīgas varbūtības gruntsūdens līmenis, kā arī kā mainījies attiecīga gruntsūdens līmeņa varbūtība. Balstoties uz šiem apsvērumiem novērtētas drenu noteces izmaiņas. Apskatītas arī gruntsūdens līmeņa sezonālās izmaiņas. Analizēts, kā gruntsūdens līmenis un tā izmaiņas nākotnē sezonālā griezumā varētu ietekmēt lauksaimniecisko darbību un potenciāli ietekmēt $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos.

2.1.4. Pielietotā datu apstrāde sezonālo izmaiņu novērtējumam

Gan references perioda, gan nākotnes gruntsūdens līmeņiem tika aprēķināta sezonālitate. Sezonālitates aprēķini parāda kādā mēnesī visbiežāk sagaidāms noteiktas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmenis.

Datu apstrādes procesā pēc katra klimata modeļa aprēķinātā datu rinda sakārtota augošā secībā nezaudējot saikni ar dienas vidējo gruntsūdens līmeni raksturojošo mēnesi. Aprēķināta gruntsūdens līmeņu pārsniegšanas varbūtība. Gruntsūdens līmenim mazākais skaitlis raksturo augstāko gruntsūdens līmeni ar vismazāko pārsniegšanas varbūtību. Teorētiski, ja pēc visiem klimata modeļiem aprēķinātie gruntsūdens līmeņi katrai dienai būtu ar vienādu pārsniegšanas varbūtību, tad, piemēram, blakus izkārtotu 11 modeļu rezultātu datu kolonnu katrā rindā (šoreiz nevis viena modeļa datu rinda, bet gan 11 modeļu dienas vidējo gruntsūdens līmeņu skaitļu rinda) esošajiem 11 dienas vidējiem gruntsūdens līmeņiem būtu jābūt vienā un tajā pašā mēnesī. Jeb katrā rindā būtu 11 vienādi skaitļi, kas raksturotu vienu un to pašu mēnesi un 11 skaitļi, kas raksturo gruntsūdens līmeni ar vienādu pārsniegšanas varbūtību.

Tā kā klimata modeļi ir dažādi, tad tie ne vienmēr vienādi atspoguļo vienas un tās pašas dienas meteoroloģisko situāciju. Šī iemesla dēļ aprēķināju, kuram mēnesim visbiežāk atbilst vienā rindā izkārtoto gruntsūdens līmeņu rezultāti (aprēķina princips parādīts 7. tabulā). Šim nolūkam aprēķināju rindas modu. Lai samazinātu datu apjomu un lai būtu iespējams tos vizuāli uzskatāmi atainot, aprēķināju kurš mēnesis visbiežāk raksturo gruntsūdens līmeni 10 dienās. Piemēram, 7. tabulā aprēķinātā 10 dienu moda atbilst gruntsūdens līmenim ar pārsniegšanas varbūtību $p=82.5\%$. Veikts arī aprēķins, lai noskaidrotu, kādas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmenis vidēji atbilst katram mēnesim.

Sezonalitātes aprēķina piemērs 5 modeļiem.

modeļa nr	Modelim atbilstošie dienas vidējo gruntsūdens līmeņu mēneši					Rindas moda	10 dienu moda	GŪL pārsniegšanas varbūtība, p%
	1	2	3	4	5			
Datu rinda	8	9	7	8	8	8		78
	8	9	7	7	7	7		79
	8	9	7	8	8	8		80
	8	9	7	7	7	7		81
	8	5	9	7	8	8		82
	8	9	9	6	7	9		83
	8	9	9	7	6	9		84
	8	9	9	9	8	9		85
	8	9	9	9	7	9		86
	8	9	7	8	8	8	8*	87
						vid		82,5*

*aprēķina rezultāta piemērs

Apstrādātie dati ļauj spriest par to, kādas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmenis būs katrā mēnesī. Salīdzinot datus references periodam un nākotnes klimatiskajiem apstākļiem var spriest vai sagaidāmas sezonālās izmaiņas.

2.2.5. NO₃-N aprēķini klimata mainības novērtēšanai

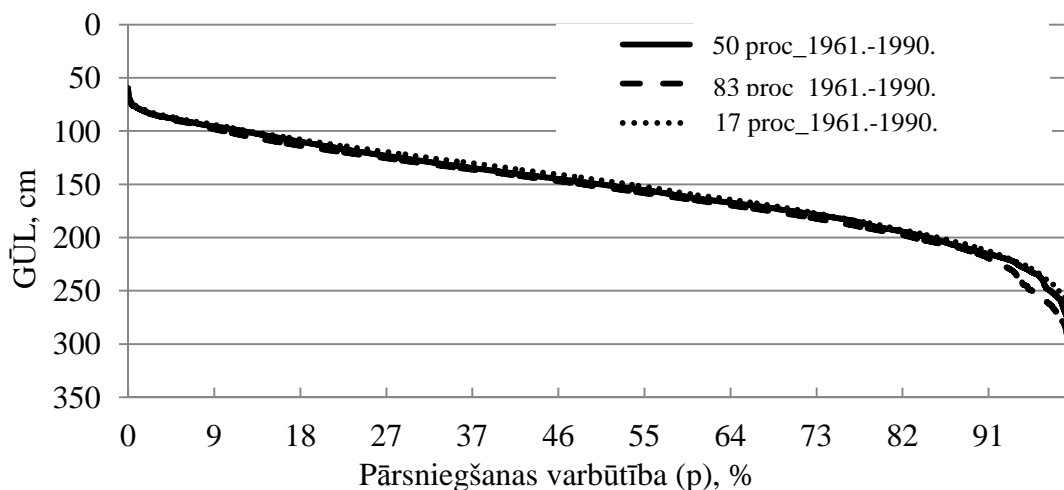
Mazā sateces baseina līmenī veikti NO₃-N koncentrāciju aprēķini un analīze klimata mainības apstākļos mainoties gruntsūdens svārstībām. Izmantoti maģistra darba 1. nodaļā iegūtie rezultāti, kas raksturo gruntsūdens svārstību ietekmi uz NO₃-N koncentrācijām mazajā sateces baseinā. Aprēķinātas NO₃-N koncentrācijas references periodam atbilstoši 50 procentiles gruntsūdens līmeņu datu rindai un iespējamajām nākotnes gruntsūdens svārstībām atbilstoši 17, 50 un 83 procentiļu gruntsūdens datu rindām.

NO₃-N koncentrācijas aprēķinātas pēc maģistra darba 1. nodaļā iegūtajām empīriskajām formulām 14; 15; un 16, kur nepieciešams pielietot arī $G\bar{U}L_{vid,m.s.b}$, kas mazajam sateces baseinam nosakāms pēc formulām 3 un 4. $G\bar{U}L_{vid,m.s.b}$ aprēķinā nepieciešamo noteces komponentu (Q_{tot} un Q_{bf}) aprēķiniem izmantotas 9. un 12. formulas. Rezultāti parāda NO₃-N koncentrācijas pie noteiktas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmeņa. Rezultāti raksturo NO₃-N koncentrāciju mainību nākotnē attiecībā pret references periodu.

2.2. Gruntsūdens svārstību un NO₃-N aprēķinu rezultāti nākotnes klimatam un references periodam

2.2.1. Gruntsūdens līmeņa svārstības references periodā (1961.-1990. g.)

References klimatu raksturojošo datu rindu (atbilstoši 17, 50 un 83 procentilēm) t-testa rezultāti liecina, ka ar 95% varbūtību var teikt, ka datu rindas statistiski būtiski atšķiras (statistiskā $p=0.00$). Aprēķināts, ka vidējās datu rindu atšķirības ir aptuveni 3 cm un variācijas koeficienti atšķiras no 3...9%. Tā, kā variācijas koeficientu atšķirības nav lielas, tad var secināt, ka 17, 50 un 83 procentilēm atbilstošās datu rindu atšķirības ir stabilā līmenī. Par to var pārliecināties arī vizuāli (21. att.).



21. att. Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references periodā MG1 urbumam.

Tas vai atšķirības ir būtiskas un vērā ņemamas arī praksē, ir atkarīgs no tā vai šāds atšķirīgs gruntsūdens līmenis rada nozīmīgu ietekmi arī dabā. Tātad praksē būtiskuma līmenis nosakām vadoties pēc ekspertu vērtējuma. Kā jau iepriekš konstatēts, datu rindas relatīvi stabilā līmenī atšķiras par 3 cm. Būtībā atšķirības var raksturot kā mazas, ja ņem vērā, ka, piemēram, METUL modeļa kalibrācijas periodā modelētie gruntsūdens līmeņi no novērotajiem vidēji atšķiras aptuveni par tādu pašu lielumu - 3 cm. Attiecībā uz gruntsūdens līmeņu svārstībām šādu lielumu pieņemam par pietiekoši mazu, lai turpmākā darbā references perioda raksturošanai izmantotu tikai 50 procentilei atbilstošo gruntsūdens līmeņu datu rindas.

Pēc to pašu modeļu nākotnes klimatiskajiem datiem aprēķinātie gruntsūdens līmeņi ir dažādi, kas raksturo sagaidāmo nenoteiktību. Turpmākiem salīdzinājumiem ar nākotnes periodam aprēķinātajiem gruntsūdens līmeņu rezultātiem, tiks izmantoti 50

percentilei atbilstošie rezultāti references periodam, bet nākotnes nenoteiktības atspoguļošanai izmantotas tiks 17, 50 un 83 percentilēm atbilstošās datu rindas.

2.2.2. Prognozējamās gruntsūdens svārstības nākotnē (2071.-2100. g.)

Nākotnē gruntsūdens līmeņu aprēķini pēc 11 klimata modeļu datiem ir atšķirīgi. Pastāv zināma nenoteiktība. MG1 urbumā nākotnes periodam samērā līdzīgi modelēto gruntsūdens līmeņu rezultāti iegūti pie 17 un 50 percentilēm. Vidēji gruntsūdens līmeņi pie 17 percentiles aprēķināti par +4.0% lielāki (8. tabula). Savukārt gruntsūdens līmeņi pie 83 percentiles vidēji ir par 15,2% zemāki nekā gruntsūdens līmeņi pie 50 percentiles. BG2 urbumā nenoteiktība ir lielāka.

8. tabula

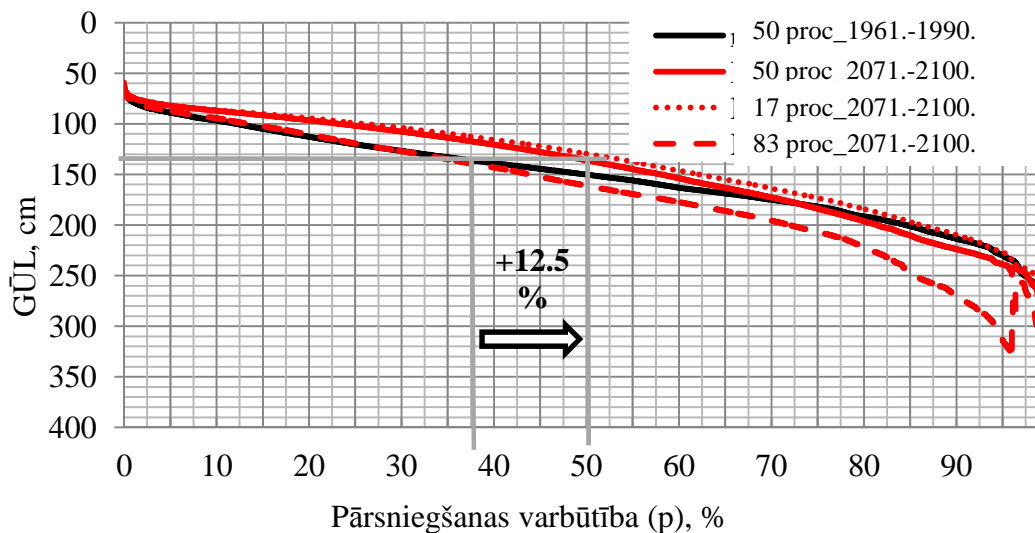
GŪL nenoteiktība un procentuālās atšķirības 2071.-2100. g.

	Mellupīte		Bērze	
	17 proc. salīdz. ar 50 proc., %	83 proc. salīdz. ar 50 proc., %	17 proc. salīdz. ar 50 proc., %	83 proc. salīdz. ar 50 proc., %
max	8.6	-0.7	15.6	-3.9
average	4.0	-15.2	11.2	-20.4
min	0.4	-34.2	0.8	-31.4

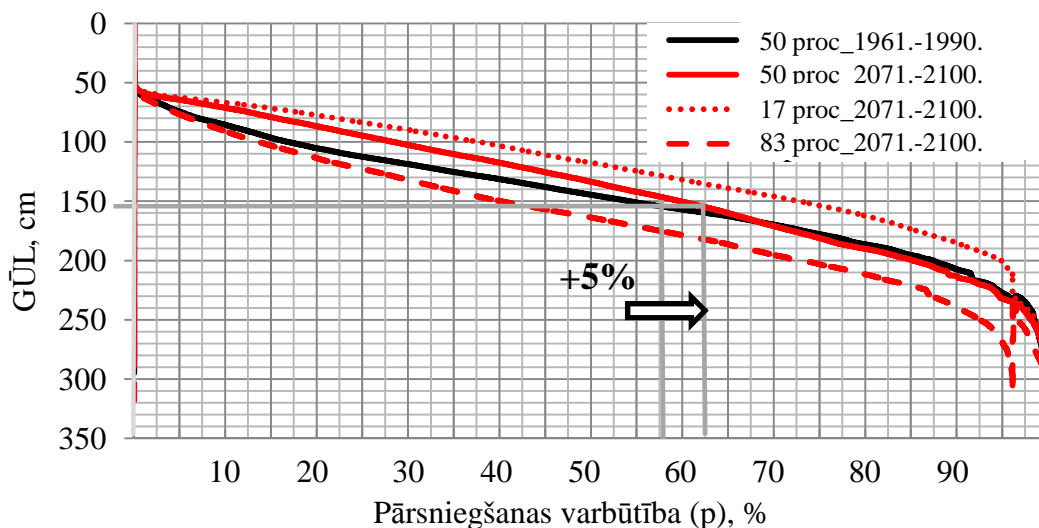
2.2.3. References perioda (1961.-1990. g.) un nākotnes perioda (2071.-2100. g.) gruntsūdens svārstību salīdzinājums

References periodā modelētie gruntsūdens līmeņu raksturošanai turpmāk lietoti tikai 50 percentilei atbilstošā gruntsūdens līmeņu datu rinda. Savukārt nākotnes klimatiskajiem apstākļiem modelēto gruntsūdens līmeņu raksturošanai izmantoju 3 gruntsūdens līmeņu datu rindas, kas atbilst 17, 50 un 83 percentilēm.

Salīdzinot ar mūsdienām nākotnē paredzamas gruntsūdens līmeņa izmaiņas gan Mellupītes gruntsūdens monitoringa urbumam MG1, gan Bērzes gruntsūdens monitoringa urbumam BG2. Vispārīgi iezīmes abiem urbumiem ir līdzīgas. Pēc visiem klimata modeļiem aprēķinātajām GŪL datu rindām 50 percentilei atbilstošā datu rinda liecina, ka vidējā gadā sagaidāma gruntsūdens līmeņu celšanās vairāk kā par 11 cm (22. att., 23. att.) jeb vairāk, kā par 6%.



22. att. Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references un nākotnes klimata periodos MG1 urbūmam.



23. att. Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references un nākotnes klimata periodos BG2 urbūmam.

Gruntsūdens līmenis vidējā gadā pieaugs par 14 cm (7.5%) MG1 (9. tabula) un par 11 (6.7%) cm BG2 (10. tabula).

Tomēr sagaidāmi arī periodi, kad gruntsūdens līmenis būs zemāks nekā references periodā. MG1 urbūmā zemāki gruntsūdens līmeņi sagaidāmi ar pārsniegšanas varbūtību, kas ir lielāka par $p > 73\%$, bet Bērzē $p > 68.5\%$. Tomēr pazeminājums ir salīdzinoši niecīgs, kas MG1 urbūmā ir 3, bet Bērzē 5 reizes mazāks par vidējo gruntsūdens līmeņa pieaugumu pie mazākas pārsniegšanas varbūtības. Attiecīgi pie raksturotās pārsniegšanas varbūtības vidējais gruntsūdens līmeņa pazeminājums MG1 urbūmā ir 3.6% (22. att. un 9. tabula) un BG2 urbūmā 2,1% (23. att. un 10. tabula).

9. tabula

Gruntsūdens līmenis references periodā un nākotnē MG1 urbumā Mellupīte.

	1961.-1990. g.	2071.-2100. g.			2071.-2100. pret 1961.-1990. g.		
	Gruntsūdens līmenis (GŪL), cm				GŪL % pieaugums nākotnē (salīdzinot GŪL pie 50 proc.)		
	50 proc.	17 proc.	50 proc.	83 proc.	p=0.01... 73.06%	p=73.06%... 99.99%	p=0.01%... 99.99%
max	299	284	309	361	15.4	1.4	15.4
mediāna	150	129	136	161	10.5	-3.6	7.5
min	62	59	60	62	0.0	-6.2	-6.2

10. tabula

Gruntsūdens līmenis references periodā un nākotnē BG2 urbumā Bērzē.

	1961.-1990. g.	2071.-2100. g.			2071.-2100. pret 1961.-1990. g.		
	Gruntsūdens līmenis (GŪL), cm				GŪL % pieaugums nākotnē (salīdzinot GŪL pie 50 procentiles.)		
	50 proc.	17 proc.	50 proc.	83 proc.	p=0.01... 68.5%	p=68.5%... 99.99%	p=0.01%... 99.99%
max	295	276	289	318	18.3	1.6	18.3
mediāna	144	118	133	164	11.2	-2.1	6.7
min	43	40	41	45	0.0	-5.9	-5.9

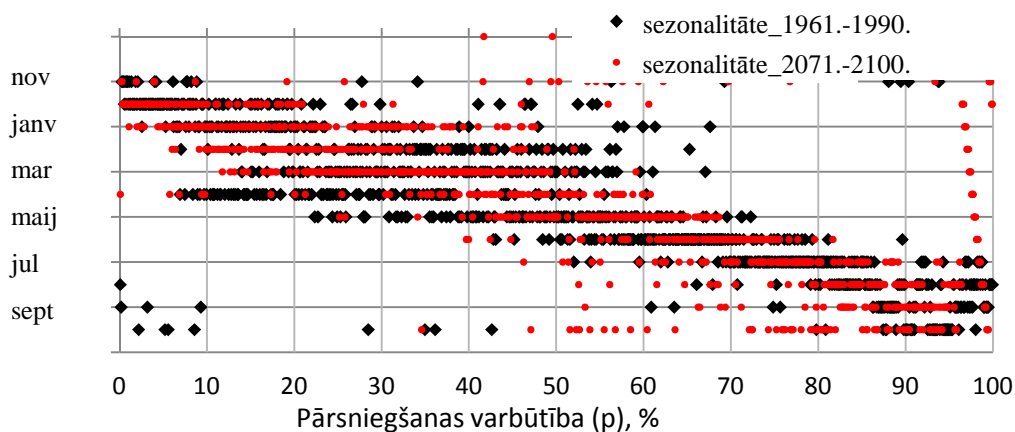
Kas svarīgi pie gruntsūdens svārstību ietekmes uz NO₃-N koncentrācijām, jau iepriekš secināts, ka nozīmīga ietekme ir drenu noteces periodam. Nākotnē gruntsūdens noteces perioda garums pieaugs. Mellupītē tie varētu būt 12.5% (46 dienas gadā), bet Bērzē 5% (18 dienas gadā).

2.2.4. Gruntsūdens līmeņa sezonālās izmaiņas nākotnē attiecībā pret references periodu

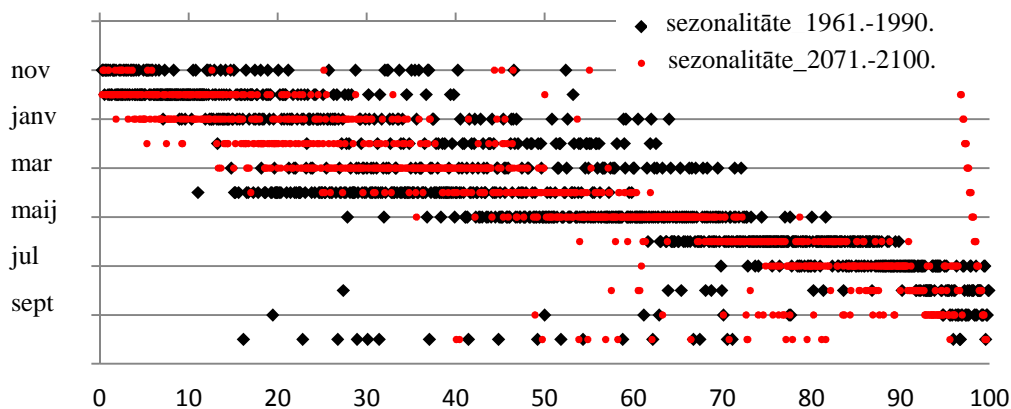
Vērtējot no lauksaimniecības vajadzību skata punkta, nozīmīgi ir zināt kādos gada mēnešos paredzami zemi gruntsūdens līmeņi un kad tie būs augsti. Pozitīvu vai negatīvu ietekmi Latvijas agroklīmatiskajos apstākļos gruntsūdens līmenis atstāj uz lauku apstrādes iespējām pavasarī un rudenī, kā arī ražas novākšanu rudenī. Tāpat gruntsūdens līmenis ir nozīmīgs veģetācijas periodā nodrošinot augus ar nepieciešamajiem ūdens resursiem. Gada mēnesis, kurā gruntsūdens sasniedz konkrētu līmeni ir nozīmīgs arī attiecībā uz NO₃-N izskalošanos. Potenciāli izskalojamais NO₃-N apjoms pa sezonām ir atšķirīgs, ko ietekmē mēslošanas un veģetācijas īpatnības (Merington et al., 2002).

Iepriekšējā nodaļā aprakstītie 50 procentilei atbilstošo gruntsūdens līmeņu datu rindu rezultāti liecina, ka zemākie gruntsūdens līmeņi būs vēl nedaudz zemāki taču izmaiņas salīdzinoši mazas. Savukārt augstākie gruntsūdens līmeņi sagaidāmi līdz pat 18.3 % augstāki (10. tabula). Tomēr gruntsūdens līmeņa ilguma līknes vēl nenorāda, kad noteiktas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmenis sagaidāms.

Noteiktas pārsniegšanas varbūtības gruntsūdens līmenis iespējams dažādos mēnešos, tomēr ilggadīgi raugoties ar noteiktu izkliedi to raksturo viens vai vairāki gada mēneši (24 att., 25. att.).



24. att. Gruntsūdens līmeņa ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību sezonālā variācija BG2 urbūmam.



25. att. Gruntsūdens līmeņa ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību sezonālā variācija MG1 urbūmam.

Ilggadīgi pastāv zināmas tendences un iespējams aprēķināt vidēji raksturīgāko mēnesi, kurā vidēji bieži konkrētas pārsniegšanas gruntsūdens līmenis sagaidāms. 24. un 25. attēlā atspoguļota gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtībai raksturīgie gada mēneši. Piemēram, BG2 urbūmam nākotnes periodā, aprīlī iespējamā gruntsūdens pārsniegšanas varbūtība aprēķināta ļoti plašās robežās – no $p=0.1...97.7$. Tomēr ne

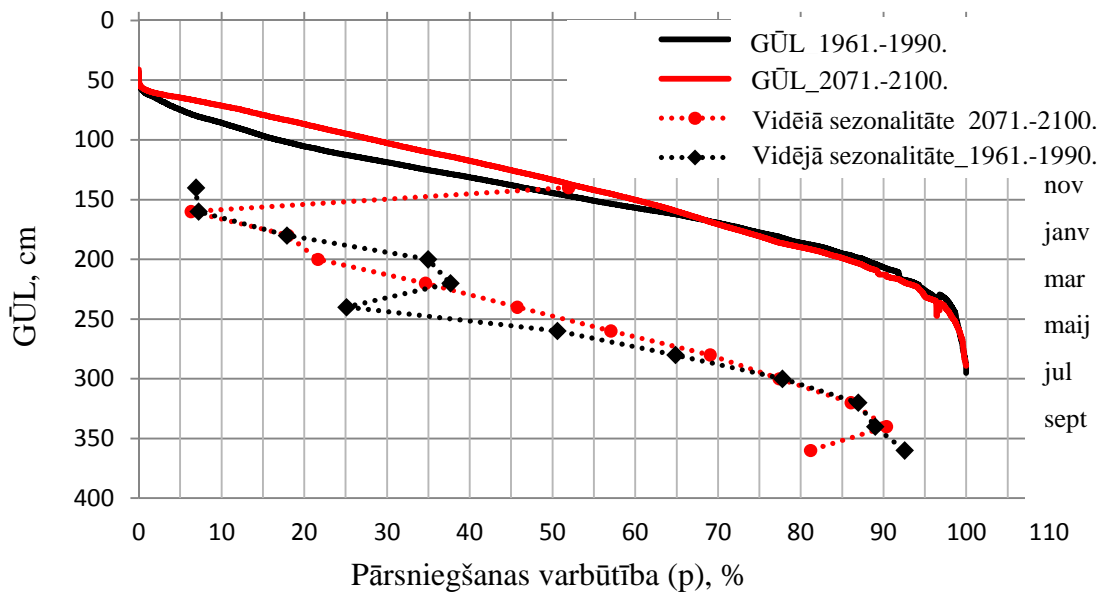
gruntsūdens līmenis ar $p=0.1$, ne $p=97.7$ nav raksturīgs aprīlim. Vidēji Bērzē aprīlim ir raksturīgs gruntsūdens līmenis ar pārsniegšanas varbūtību 46%.

Vispārēji raksturojot gruntsūdens līmeņu sezonālītāti var secināt, ka nākotnē ir sagaidāmas tendencioza rakstura izmaiņas. Vidējā gadā nākotnē sausākie periodi jeb **pazeminātie** gruntsūdens līmeņi abās monitoringa stacijās sagaidāmi aptuveni no **jūnija līdz septembrim**, bet gruntsūdens līmeņa **paaugstināšanās** attiecīgi pārējo laika periodu-no **oktobra līdz jūnijam** (26. att. un 27. att.). Augstākais gruntsūdens līmenis Mellupītē sagaidāms novembra mēnesī gan references, gan nākotnes klimata periodā. Augstākais gruntsūdens līmenis Bērzē nākotnē varētu tikt sasniegts vienu mēnesi vēlāk (decembrī) nekā references periodā (novembrī).

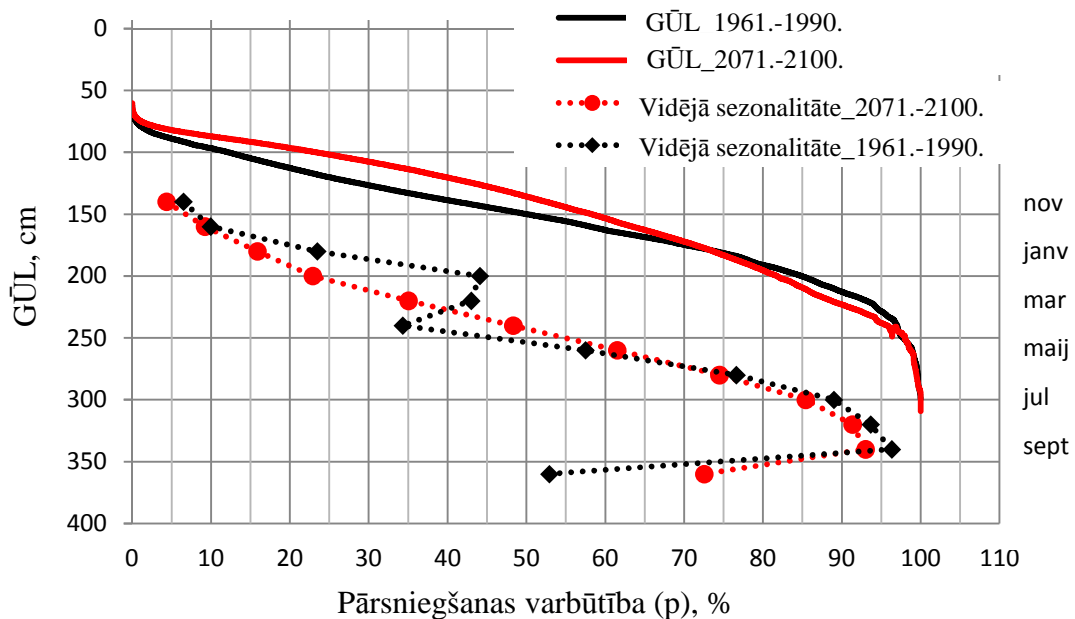
Abās monitoringa stacijās ievērojamas raksturīgā gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtības izmaiņas sagaidāmas februārī un aprīlī. Februārī sagaidāms gruntsūdens līmeņa pieaugums, bet aprīlī gruntsūdens līmenis pazemināsies.

Bērzē februāra mēnesī nākotnē raksturīgā gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtība samazināsies $p=-13\%$, kas izraisīs +36 cm gruntsūdens līmeņa pieaugumu, bet Mellupītē $p=-21\%$, kas izraisīs +24 cm gruntsūdens līmeņa pieaugumu. Aprīlī Bērzē $p=+21\%$, kā rezultātā sagaidāms par -27 cm zemāks gruntsūdens līmenis. Mellupītē aprīlim $p=+15$, kā rezultātā gruntsūdens līmenis aprīļa mēnesī tikpat kā nemainās (nākotnē par 1 cm zemāks nekā references periodā).

Katrā stacijā ir arī savas īpatnības. Bērzē rudens periodam raksturīgā gruntsūdens līmeņa celšanās vidēji sāksies vienu mēnesi ātrāk. Savukārt Mellupītē gruntsūdens līmeņa celšanās rudenī gan references periodā, gan nākotnē sagaidāma oktobrī, taču nākotnē tā nav tik strauja.



26. att. Gruntsūdens līmenis ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību un tā vidējā sezonālitate BG2 urbūmam.



27. att. Gruntsūdens līmenis ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību un tam atbilstošā vidējā sezonālitate MG1 urbūmam.

2.2.5. NO₃-N koncentrācijas izmaiņas klimata mainības apstākļos mazā sateces baseina līmenī

Kā jau iepriekš noskaidrots, tad gruntsūdens svārstības ietekmē NO₃-N koncentrācijas izmaiņas mazā sateces baseina līmenī. Tāpat konstatēts, ka nākotnē paredzamas gruntsūdens līmeņa izmaiņas. Kas attiecas uz gruntsūdens ietekmi, klimata

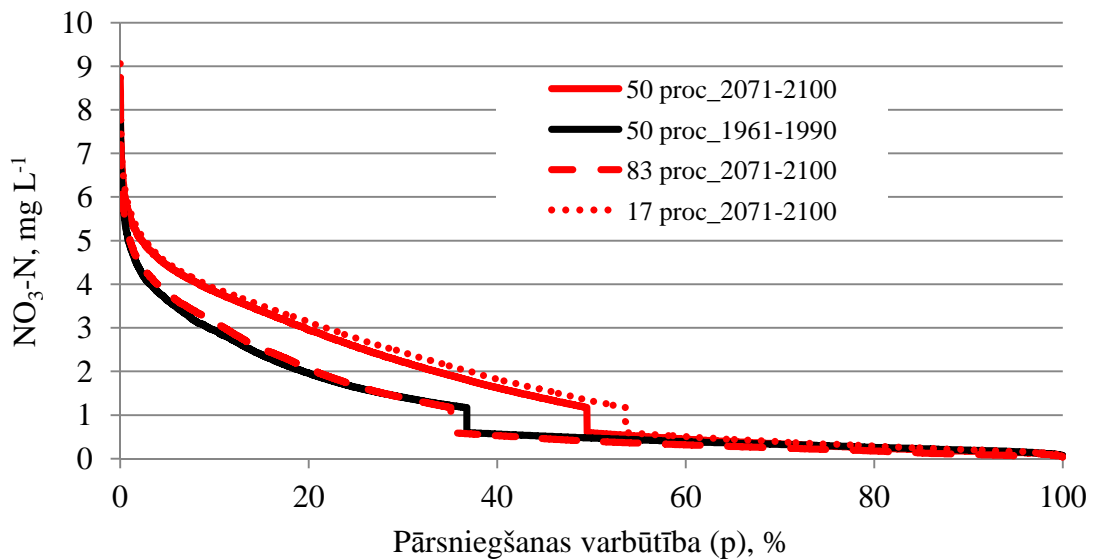
mainības ietekmēto gruntsūdens izmaiņu rezultātā paredzamas attiecīgi arī NO₃-N koncentrācijas izmaiņas. Nākotnē attiecībā pret references periodu 50 procentilei atbilstošās datu rindas liecina, ka vidējā gadā NO₃-N koncentrācijas pieaugums (11. tabula). Tomēr Bērzē šis pieaugums ir salīdzinoši ļoti niecīgs- vidēji +0.08 mg L⁻¹ jeb +1%. Mellupītē pieaugums sagaidāms ievērojami lielāks- vidēji +0.45 mg L⁻¹ jeb 41%. Līdz ar to Bērzē tikai 17 procentilei atbilstošā datu rinda uzrāda vērā ņemamu pieaugumu 16.9%. Mellupītē NO₃-N koncentrāciju pieaugums aprēķināts no nedaudz negatīva -1.8% (pie 83 procentiles datu rindas) līdz ievērojamam koncentrāciju palielinājumam +53.2%. Tiesa gan vispārēji Mellupītē koncentrācijas ir ievērojami zemākas nekā Bērzē. 50 procentilei atbilstošo datu rindu vidējās koncentrācijas references periodā Mellupītē ir aptuveni 7 reizes mazākas, bet nākotnē 5 reizes mazākas.

11. tabula

NO₃-N koncentrācijas references periodā un nākotnē Bērzē un Mellupītē.

		1961.-1990. g.	2071.-2100. g.		
		NO ₃ -N konc. mg L ⁻¹			
		50 proc.	17 proc.	50 proc.	83 proc.
Mellupīte	max	8.17	9.06	8.74	8.33
	vid	1.09	1.67	1.54	1.07
	min	0.07	0.08	0.06	0.04
Bērze	max	18.63	18.64	18.63	18.65
	vid	7.62	8.91	7.70	5.87
	min	0.22	0.31	0.24	0.15

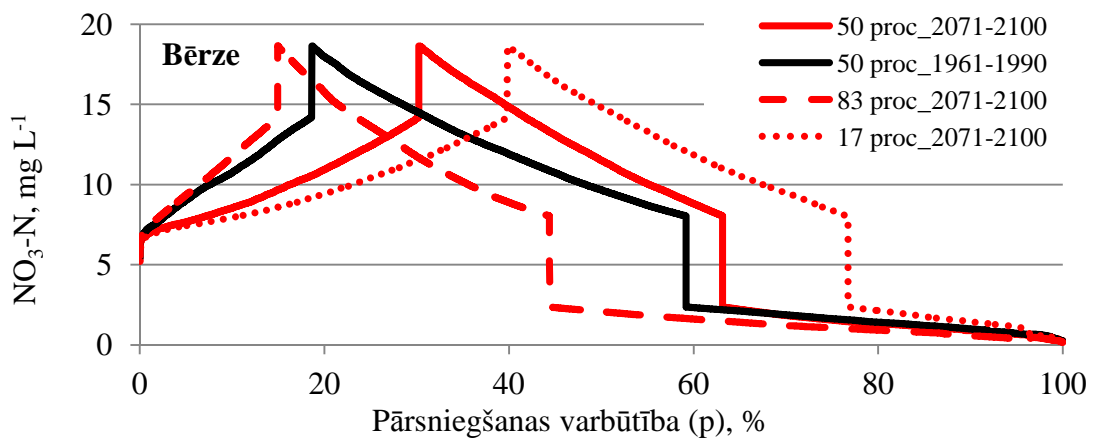
Mellupītē visas koncentrācijas, kas pārsniedz 1 mg L⁻¹, veidojas drenu noteces ietekmē (28. att.). Kā jau iepriekš pētījumā raksturots, Mellupītes mazajam sateces baseinam raksturīgs ievērojams NO₃-N koncentrāciju kāpums pie drenu noteces un tās intensitātes pieauguma.



28. att. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas Mellupītes mazajā sateces baseinā pie attiecīgās gruntsūdens pārsniegšanas varbūtības MG1 urbumā.

Tā kā nākotnē paredzams drenu noteces perioda pagarināšanās par aptuveni 47 dienām, tad tas attiecīgi arī izsauc vidējās koncentrācijas pieaugumu nākotnē. Mazs gruntsūdens līmeņu pazeminājums pie 73% pārsniegšanas varbūtības $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju izmaiņas ietekmē niecīgi. Tā rezultātā var secināt, ka sagaidāms ievērojami garš periods, kad koncentrācijas būs augstākas, bet nav perioda, kad koncentrācijas ievērojami samazinās attiecībā pret references periodā aprēķinātajām. 50 procentilei atbilstošās datu rindas liecina, ka drenu noteces periodā attiecīgi sagaidāms pieaugums līdz 1.2 mg L^{-1} .

Arī Bērzē, līdzīgi kā Mellupītē pēc drenu noteces sākšanās $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas ievērojami pieaug (29 att.).



29. att. $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas Bēzres mazajā sateces baseinā pie attiecīgās gruntsūdens pārsniegšanas varbūtības BG1 urbumā.

Nākotnē drenu noteces perioda pirmajā pusē koncentrācijas ievērojami pārsniedz (maksimāli 6.65 mg L^{-1}) tai pašai gruntsūdens līmeņa pārsniegšanas varbūtībai atbilstošās koncentrācijas references periodā. Savukārt drenu noteces perioda otrajā pusē koncentrācijas ir ievērojami zemākas (maksimāli 8.08 mg L^{-1}) par tai pašai pārsniegšanas varbūtībai atbilstošajām koncentrācijām references periodā. Šis efekts skaidrots pirmajā maģistra darba nodaļā, kur skaidrots, ka gruntsūdens līmenim kāpjot $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrācijas pieaug, ja $\text{G}\ddot{\text{U}}\text{L}_{\text{vid}_x} < 105 \text{ cm}$ un pārsniedzot šo atzīmi, koncentrācijas strauji samazinās. Šis fenomens izskaidro to, ka $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrāciju vidējās vērtības pie 50 procentiņu datiem mainās maz.

2.2.7. Klimata mainības radītie draudi un ieguvumi lauksaimnieciskajā ražošanā

Gruntsūdens līmeņa pazemināšanās aprīlī dos iespēju ātrāk apstrādāt lauksaimniecībā izmantojamās platības. Tā kā sausākajā gada periodā sagaidāma neliela gruntsūdens līmeņa pazemināšanās, tad aktuāla problēma varētu būt ūdens trūkums augiem. Tas savukārt varētu samazināt augu spēju uzņemt $\text{NO}_3\text{-N}$. Tā rezultātā augsnē varētu uzkrāties palielināts daudzums $\text{NO}_3\text{-N}$ (galvenokārt no mēslojuma), kas rudens sezona gruntsūdens līmenim ceļoties, varētu pastiprināti izskaloties pasliktinot ūdeņu kvalitāti. Jāpiemin gan, ka gruntsūdens līmeņa pazeminājums sausajā sezonā vidēji ir niecīgs un tā ietekme varētu būt maza. Gruntsūdens līmeņa kāpums no oktobra līdz jūnijam palielinās augsnē uzkrātā $\text{NO}_3\text{-N}$ izskalošanos.

Tā kā drenu noteces periods prognozējams garāks, tad nozīmīga ir drenu sistēmu kvalitāte un tās darbība. Jāpiezīmē, ka maģistra darbā veiktie aprēķini raksturo gruntsūdens līmeņa svārstības nākotnē pie nosacījuma, ja augsnes hidrofizikālās īpašības mainīsies maz un, kas ļoti nozīmīgi, drenāžas darbības kvalitāte būs tāda pati kā METUL kalibrācijas periodā (2006.-2010. g.). Līdz ar to drenu sistēmas kopšana un saglabāšana ir ļoti nozīmīga, jo, pretējā gadījumā, gruntsūdens līmeņa pieaugums sagaidāms ievērojami lielāks.

Secinājumi

Gruntsūdens līmeņa svārstību ietekme uz NO₃-N koncentrācijām:

1. Pieaugot vidējam gruntsūdens līmenim, samazinās vidējās NO₃-N koncentrācijas gruntsūdens urbumos, drenu lauka un mazā sateces baseina līmenī;
2. Neraksturīgas NO₃-N koncentrācijas MG2 urbumā izskaidrojamas ar drenu ūdeņu un vadozās zonas gruntsūdeņu pastiprinātu ietekmi;
3. Lielākā gruntsūdens līmeņa svārstību ietekme uz NO₃-N koncentrācijām novērojama mazā sateces baseina un drenu lauka līmenī;
4. Mazā sateces baseina līmenī NO₃-N koncentrācijas ir zemas, ja dominē gruntsūdens notecē (*base flow*);
5. Nozīmīgs NO₃-N koncentrāciju pieaugums mazā sateces baseina līmenī konstatēts drenu noteces ietekmē;
6. „Bērzes fenomens”- mazā sateces baseina līmenī NO₃-N koncentrācijas strauji pieaug drenu noteces sākuma periodā, bet, gruntsūdens līmenim turpinot celties, tās strauji samazinās.

Nākotnē salīdzinājumā ar references periodu:

1. Nākotnes periodā gruntsūdens līmeņu nenoteiktība ir salīdzinoši liela;
2. Vidēji sagaidāms gruntsūdens līmeņa pieaugums vairāk kā par +11 cm:
 - gruntsūdens līmeņu pieaugums sagaidāms no oktobra līdz jūnijam;
 - gruntsūdens līmeņu pazemināšanās no jūnija līdz septembrim;
3. Lielākās izmaiņas februārī (pieaugums) un aprīlī (pazeminājums):
 - februārī pieaugums 24 cm Mellupītē un 36 cm Bērzē;
 - aprīlī gruntsūdens līmeņa pazeminājums 27 cm Bērzē, bet tikai 1 cm Mellupītē;
4. Bērzē rudenī līmeņa celšanās mēnesi ātrāk. Mellupītē mazas izmaiņas;
5. Vidējās NO₃-N koncentrācijas Bērzē tikpat kā nemainās. Mellupītē pieaugums par 41%;
6. Lielākais koncentrāciju pieaugums drenu noteces ietekmē (Mellupītē visas koncentrācijas, kas lielākas par 1 mg L⁻¹);
7. Nākotnē Bērzē ir periods, kad koncentrācijas ir ievērojami lielākas un periods, kad ievērojami mazākas nekā references periodā;
8. Bērzē koncentrācijas vidēji ir 5...7 reizes augstākas nekā Mellupītē.

Izmantotā literatūra

1. Andersson M., Tol R. S.J., Graham L.P., Bergstrom S., Ryden L. and Azar C. (2003) Chapter 10 „Impact on the Global Atmosphere. Climate Change and Ozone Depletion”. Environmental Science. Understanding, Protecting and Managing the Environment in the Baltic Sea Region. ISBN 91-970017-0-8. Upsala, pp. 294-323.
2. Apvienoto nāciju organizācijas vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām (UNFCCC). Stājies spēkā 21.06.1995. ("LV", 37 (320), 09.03.1995.).
3. Armstrong, A.C. and Burt, T.P. (1993) Nitrate Loss from Agricultural Land. In Nitrate: Processes, Patterns and Management/ edited by Burt T.P. Heathwaite, A.L. and Trudgill, S.T. West Sussex, England ISBN 0-471-93476-3. pp. 239-267.
4. Borneff, J. and Adabe, B. (1973) Nitrate in Ground Water and it's Relation to Fertilisation. Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr. Hyg. Erste Abt. Orig. Reife B. Hyg. Praev. Med., Vol. 157, No.4, 337-345 p.
5. Brinkman, R., and Sombroek, W. G. (1996) The effects of global change on soil conditions in relation to plant growth and food production. Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes. ISBN 0-471-95763-1 West Sussex, England.
6. Burt, T.P. and Trudgill, S.T. (1993) Nitrate in Groundwater. In Nitrate: Processes, Patterns and Management/ edited by Burt T.P. Heathwaite, A.L. and Trudgill, S.T. West Sussex, England ISBN 0-471-93476-3. pp. 213-238.
7. Canter, L.W. (1996) Influence of Subsurface Processes. In: Nitrates in Groundwater. ISBN 0-87371-569-1. pp. 19-37.
8. Gillings, O.J. (1973) Nitrate Leaching in Soil on Rutgers Agricultural Research Center at Adelphia, New Jersey. M.S. Thesis, Rutgers, the State University. New Brunswick.
9. Gordon Nany D., Thomas A. McMahon, Finlayson Brian L., Gippel Christopher J. and Nathan Rory J. (2004) Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists. Second edition. John Wiley & Sons, 429 p.
10. Gors, A. (2009) Neērtā patiesība. Apgāds Zvaigzne ABC, 327 lpp.
11. Gustafson, A. (1983) Leaching of Nitrate to from Arable Land into Groundwater in Sweeden. Environmental Geology, Vol. 5, No2. pp. 65-71.

12. HELCOM (2011) *Activities 2010 Overview*. Helsinki Commission. Baltic Marine Environment Protection Commission. Baltic Sea Environment Proceedings, No. 127. 72 p.
13. HELCOM (2011) The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5). Balt. Sea Environ. Proc. No. 128. 217. p.
14. HELCOM (2004) The Fourth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-4). Balt. Sea Environ. Proc. No. 93. 189. p.
15. HELCOM (1998) Agenda 21 for the baltic sea region. Sustainable Development of the Agricultural Sector in the Baltic Sea Region. Balt. Sea Environ. Proc. No.74. 123. p.
16. Helsel D.R. and Hirsch R.M. (2002) *Statistical Methods in Water Resources. Hydrological Analysis and Interpretation, Book 4*, 510 p.
17. Jansons V. et al. (2011) Temporal and Spatial Variation of Nutrient Leaching from Agricultural Land in Latvia: Long Term Trends in Retention and Nutrient Loss in a Drainage and Small Catchment Scale. Scientific Journal of Riga Tehnical University „Environmental and Climate Technology”. DOI: 10.2478/v10145-011-0028-9.
18. Jansons, V. et al. (2010) Nitrātu un citu augu barības elementu monitorings lauksaimniecības zemēs. Īsā atskaite par pētījumu projekta izpildes II etapu. Jelgava. 21 p.
19. Kallen E. (1996) HIRLAM Documentation Manual. System 2.5, Technical report , HIRLAM project.
20. Kārklīšs, A. (2008) *Augsnes diagnostika un apraksts*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Augsnes un augu zinātnes institūts. Jelgava. ISBN 078-9984-78420-5. 336 p.
21. Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (IPCC) mājas lapa. Organizācija. <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml> (resurss aprakstīts 12.04.2012).
22. Kļaviņš, M. un Sprinģe G. (2010) *Vides piesārņojums*. Grāmata: Vide un ilgtspējīga attīstība, Rīga, 87-101 lpp.
23. Krams, M., and Ziverts, A. (1993) Experiments of conceptual mathematical groundwater dynamics and runoff modelling in Latvia. *Nordic Hydrology*, 24, pp. 243-262.

24. Letey, J. et al. (1978) Effect of Water Management on Nitrate Leaching . Proceedings of National Conference on Management of Nitrogen in Irrigated Agriculture. University of California at Riverside. Riverside, California. pp. 231-249.
25. Lord, E.I. and Anthony, S.G. (2000) Magpie: A Modeling Framework for Evaluating Nitrate losses at National and Catchment Scale. Soil Use and Management 16, pp. 167-174.
26. LVGMA (2005) Upju baseinu apgabalu raksturojums. Antropogēno slodžu uz pazemes un virszemes ūdeņiem vērtējums. Ekonomiskā analīze.
27. LVĢMC (2010) Vides monitoringa programma 2009-2015. g. Ūdeņu monitoringa programma. Rīga. pp. 50-164.
28. Merington, G., Winder, L., Parkinson, R. and Redman, M. (2002) Agricultural Pollution. Environmental Problems and Practical Solutions. ISBN 0-415-27340-4.
29. Odoux C.G. et al. (2012) Preferential Flow and Mixing Process in the Chemical Recharge in Subsurface Catchment: Observation and Modeling. Geophysical Research Abstract, Vol. 14, EGU 2012-6479-2, EGU General Assembly.
30. Parker, J.M., Young, C.P and Chilton , P.J. (1991) Rural and Agricultural Pollution of Groundwater . In Downing R.A. and Wilkinson, W.B. (eds), Applied Groundwater Hydrology, Clarendon Press, Oxford, pp. 149-63.
31. Rummukainen M. et al. (2001) Regional Climate Model for Northern Europe: Model Description and Results From the Downscaling of Two GCM Control Simulations. Climate Dynamics 17, pp. 339-359.
32. Seiler K.-P. and Gat J.R. (2007) Groundwater Recharge From Run-off, Infiltration and Percolation. Netherland, 244 p.
33. Sennikovs J. and Bethers U. (2009). Statistical downscaling method of regional climate model results for hydrological modelling. 18th World IMACS/MODSIM, Cairns, Australia. Resurss apskatāms internet vietnē <http://www.mssanz.org.au/modsim09/I13/sennikovs.pdf> (resurss aprakstīts 03.04.2012).
34. Šķiņķis, C. (1986) Augšņu drenēšana. Rīga „Avots”. 331 p.
35. Sparks, D.L. (1987) Nitrate Retention as it Affects Groundwater Pollution in Mid-Atlantic Soils. Department of Plant Science, University of Delaware, Newark, Delaware.

36. Starptautiskais dokuments „Apvienoto nāciju organizācijas vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Kioto protokols” stājas spēkā 16.02.2005. ("LV", 89 (2664), 13.06.2002.).
37. Ūdeņu stāvokļa monitoringa programma. Rīkojums Nr.29.
38. Ūdens struktūrdirektīva (2000) Nr. 2000/60/EC. European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
39. Veinbergs A., Vircavs V. and Lauva D. (2012) Gruntsūdens svārstības mainīgos hidroģeoloģiskos apstākļos matemātiskā modeļa „METUL” izpratnē. Latvijas ūdeņu vides pētījumi un aizsardzība. Latvijas Universitātes 70. zinātniskās konferences tēžu krājums. Rīga. pp. 37-39.
40. Veinbergs A., Dimanta Z., Liepa A., Vircavs V., Abramenko K., Lauva D., Aņisimova I. and Mailīte I. (2010) Climate Variability Effects on the Groundwater Level Fluctuations and Nitrate Nitrogen Concentrations in Agricultural lands. 4th International Conference „Environmental Science and Education in Latvia and Europe”. Conference Proceedings. Latvia university of Agriculture. ISBN 978-9984-48-035-0. pp. 25.-26.
41. Vides ministrija (2006) Vides monitoringa programma. 2. Ūdens.
42. Vircavs V., Jansons V., Veinbergs A., Abramenko K., Dimanta Z., Aņisimova I., Lauva D. and Liepa A. (2011) Modeling of groundwater level fluctuations in agricultural monitoring sites. Environmental Earth Sciences. Advances in the Research of Aquatic Environment, Vol. 1, ISBN 978-3-642-19901-1. pp. 217 – 224.
43. Zīverts A. (2004) Hidroloģija (Ievads un hidroģeoloģiskie aprēķini). Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte. 104 p.
44. MK rīkojums Nr.517 "Par Vides politikas pamatnostādņēm 2009.–2015.gadam" ("LV", 122 (4108), 04.08.2009.) [stājas spēkā 31.07.2009.].
45. MK noteikumi Nr.118 "Noteikumi par virszemes un pazemes ūdeņu kvalitāti" ("LV", 50 (2625), 03.04.2002.) [stājas spēkā 04.04.2002.].
46. Wahl, K. L., and Wahl, T. L., 1995. Determining the Flow of Comal Springs at New Braunfels, Texas, Texas Water '95, American Society of Civil Engineers, August 16-17, San Antonio, Texas, pp. 77-86.
47. Wahl, K.L., and Wahl, T.L. (1988) Effects of regional ground-water level declines on Streamflow in the Oklahoma Panhandle: Proceedings of

- Symposium on Water Use Data for Water Resources Management, American Water Resources Association, Tucson, Arizona, pp. 239-249.
48. Ward R.C. and Robinson M. (2000) Principles of Hydrology. McGraw-Hill Publishing Company, ISBN 0 07 709502 2, pp. 450.
49. BAAP II. (2002) Latvia, Description of Demonstration/monitoring catchment Mellupite. <http://www.baap.lt/projects/mellupite/mellupite.htm>. (resurss aprakstīts 14.02.2012.).
50. Eiropas vides aģentūras mājas lapa. Klimata pārmaiņas politika. <http://www.eea.europa.eu/lv/themes/climate/policy-context> (resurss aprakstīts 12.12.2010).

Attēlu saraksts

1. att. Mellupītes un Bērzes monitoringa staciju ģeogrāfiskais novietojums 13
2. att. Bērzes mazais sateces baseins ar drenu lauku un gruntsūdens urbumiem (BG1, BG2, BG3 un BG5) 14
3. att. Mellupītes mazais sateces baseins ar drenu lauku un gruntsūdens urbumiem (MG1, MG2 un MG3) 15
5. att. Gruntsūdens noteces un kopējās noteces hidrogrāfs Bērzes mazajā sateces baseinā. 21
6. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no Mellupītes mazā sateces baseina un drenu lauka atkarībā no gruntsūdens līmeņa MG1 urbumā..... 23
7. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no mazā sateces baseina (Q_{tot}) un gruntsūdens notece (Q_{bf}) no mazā sateces baseina Mellupītē atkarībā no gruntsūdens līmeņa MG1 urbumā. 24
8. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no Bērzes mazā sateces baseina un drenu lauka atkarībā no gruntsūdens līmeņa BG2 urbumā..... 24
9. att. Notece (robežās no 0 līdz 5 mm) no mazā sateces baseina (Q_{tot}) un gruntsūdens notece (Q_{bf}) no mazā sateces baseina Bērzē atkarībā no gruntsūdens līmeņa BG2 urbumā. 25
10. att. NO_3-N koncentrācija pie dažāda gruntsūdens nesošā slāņa ietekmējošās daļas vidējā dziļuma ($G\ddot{U}L_{vid}$) 27
11. att. NO_3-N koncentrācijas svārstības atkarībā no $G\ddot{U}L_{vid_x}$ izmaiņām notecē no Bērzes monitoringa stacijas mazā sateces baseina. 29

12. att.	NO ₃ -N koncentrācijas svārstības atkarībā no GŪL _{vid_x} izmaiņām notecē no Bēzres monitoringa stacijas drenu lauka.	30
13. att.	NO ₃ -N koncentrācijas svārstības atkarībā no GŪL _{vid_x} izmaiņām notecē no Mellupītes monitoringa stacijas mazā sateces baseina.	31
14. att.	NO ₃ -N koncentrācijas svārstības atkarībā no GŪL _{vid_x} izmaiņām notecē no Mellupītes monitoringa stacijas drenu lauka.	31
15. att.	Nitrātu slāpekļa daudzuma augsnē (Gustafson, 1983)	33
16. att.	METUL aprēķina bloki	42
17. att.	METUL principiālā shēma	42
18. att.	METUL aprēķinu izejas dati	43
19. att.	Mellupītes MG1 urbumā novērotie un modelētie gruntsūdens līmeņi.	43
20. att.	Aprēķināto procentiņu nozīmi paskaidrojoša shēma.....	45
21. att.	Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references periodā MG1 urbūmam	48
22. att.	Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references un nākotnes klimata periodos MG1 urbūmam	50
23. att.	Ar METUL modelētās gruntsūdens līmeņu ilguma līknes references un nākotnes klimata periodos BG2 urbūmam	50
24. att.	Gruntsūdens līmeņa ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību sezonālā variācija BG2 urbūmam.....	52
25. att.	Gruntsūdens līmeņa ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību sezonālā variācija MG1 urbūmam.....	52
26. att.	Gruntsūdens līmenis ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību un tā vidējā sezonālitate BG2 urbūmam.	54
27. att.	Gruntsūdens līmenis ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību un tam atbilstošā vidējā sezonālitate MG2 urbūmam.....	54
28. att.	NO ₃ -N koncentrācijas Mellupītes mazajā sateces baseinā pie attiecīgās gruntsūdens pārsniegšanas varbūtības MG1 urbūmā	56
29. att.	NO ₃ -N koncentrācijas Bēzres mazajā sateces baseinā pie attiecīgās gruntsūdens pārsniegšanas varbūtības MG1 urbūmā	56

Tabulu saraksts

1. tabula.	Filtru iebūves dziļumi Mellupītes un Bēzres monitoringa staciju urbūmiem.....	18
------------	---	----

2. tabula. Konstantie izejas dati GŪLvid_dr un GŪLvid_m. s. b aprēķiniem.....	25
3. tabula. Gruntsūdens un NO ₃ -N svārstības dažādos monitoringa līmeņos.	28
4. tabula. Gruntsūdens līmeņa raksturlielumi urbumos gadījumos, kad ņemti ūdens paraugi.	29
5. tabula. METUL ietvertie parametri.	42
6. tabula. Apstrādāto modelēto gruntsūdens līmeņu datu piemērs nākotnes klimata periodam.	44
7. tabula. Sezonalitātes aprēķina piemērs 5 modeļiem.	47
8. tabula. GŪL nenoteiktība un procentuālās atšķirības 2071.-2100. g.....	49
9. tabula. Gruntsūdens līmenis references periodā un nākotnē MG1 urbumā Mellupīte.	51
10. tabula. Gruntsūdens līmenis references periodā un nākotnē BG2 urbumā Bērzē. ...	51
11. tabula. NO ₃ -N koncentrācijas references periodā un nākotnē Bērzē un Mellupītē. .	55

GALVOJUMS

Ar šo es, Artūrs Veinbergs (matrikulas Nr. LI05233), galvoju, ka maģistra darbs ir izpildīts patstāvīgi. No svešiem avotiem ņemtie darbi un definējumi ir uzrādīti darbā. Darbs nav publicēts un pirmo reizi tiek iesniegts aizstāvēšanai Maģistru Eksaminācijas komisijai.

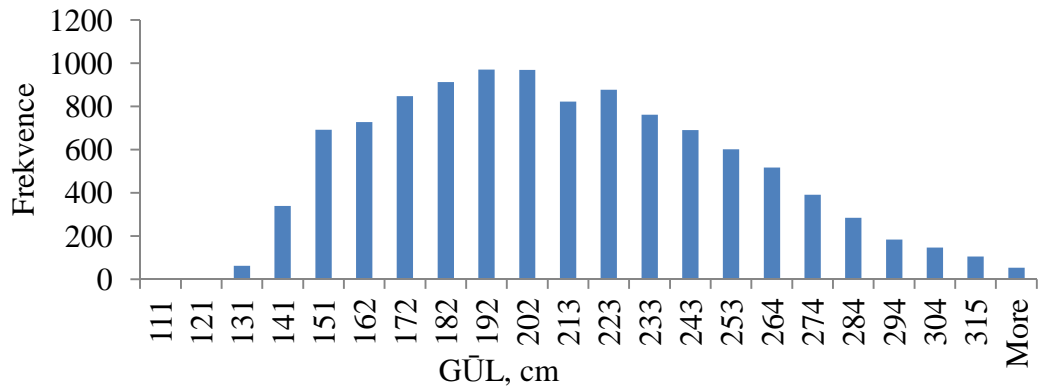
Datums: 29.05.2012.

Paraksts

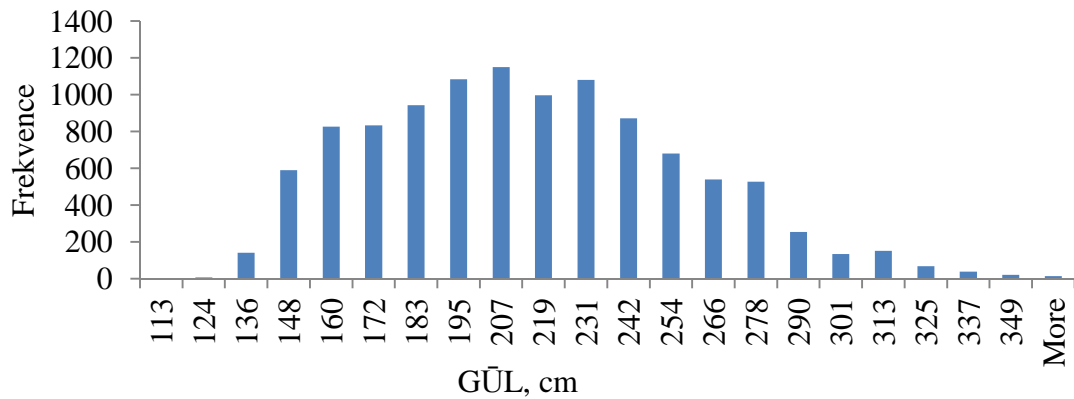
Pielikums

1. Pielikums.

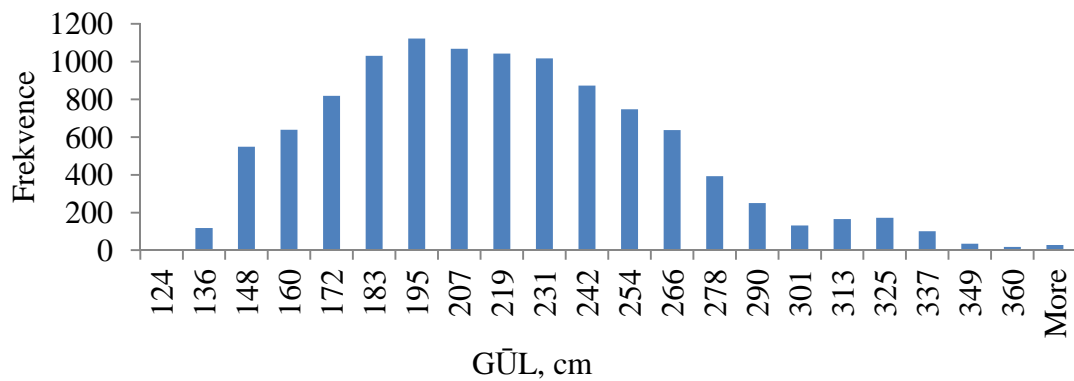
Normālā sadalījuma Pārbaude
references periodam



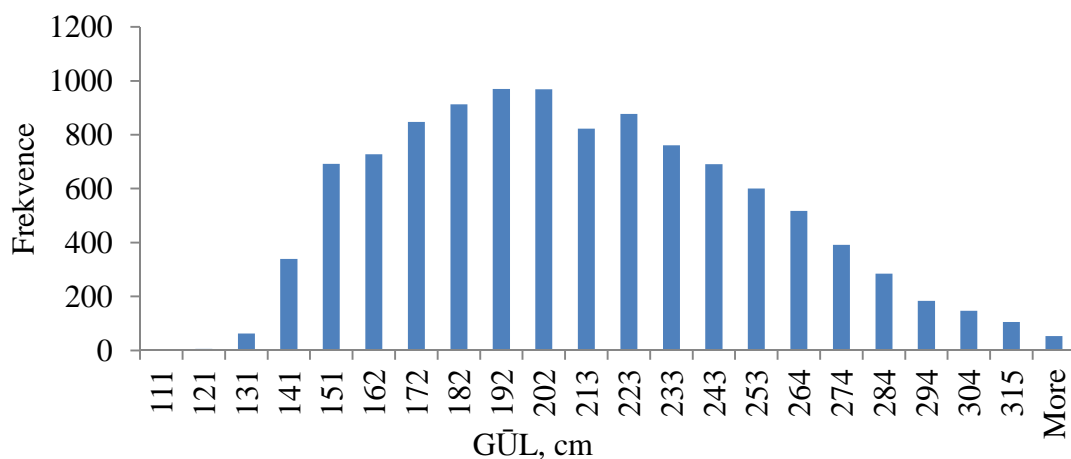
1. att. References perioda 17 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma BG2 urbūmam.



2. att. References perioda 50 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma BG2 urbūmam.



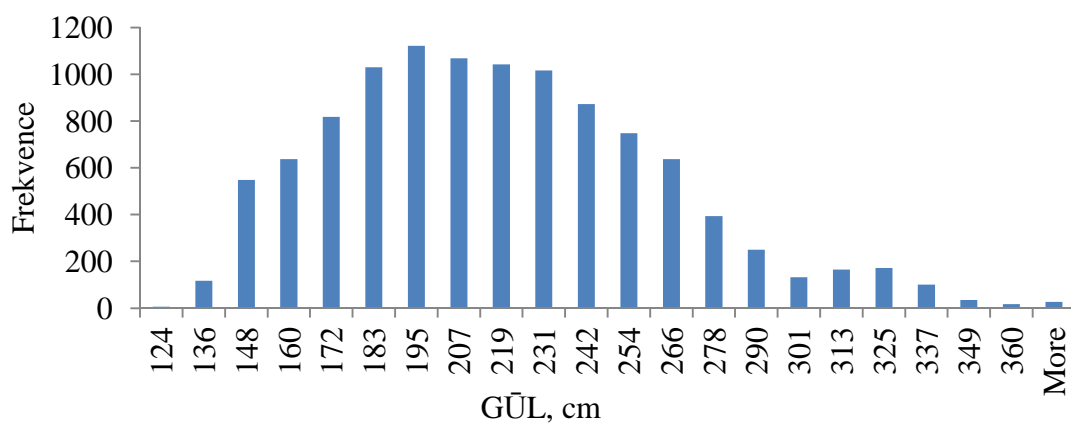
3. att. References perioda 83 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma BG2 urbūmam.



4. att. References perioda 17 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma MG1 urbūmam.



5. att. References perioda 50 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma MG1 urbūmam.



6. att. References perioda 83 procentilei atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas histogramma MG1 urbūmam.

1. Tabula

T-testa rezultāti salīdzinot 17 un 50 procentilēm atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas references periodā BG2 urbūmam.

	<i>perc 17</i>	<i>perc50</i>
Mean	206.2	209.2
Variance	1812.7	1870.3
Observations	10957	10957
Pearson Correlation	0.999	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10956	
t Stat	-146.0	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.64	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.96	

2. Tabula

T-testa rezultāti salīdzinot 50 un 83 procentilēm atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas references periodā BG2 urbūmam.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>perc50</i>	<i>perc83</i>
Mean	209.2	212.6
Variance	1870.3	2054.0
Observations	10957	10957
Pearson Correlation	0.998	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10956	
t Stat	-108.21	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.64	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.96	

3. Tabula

T-testa rezultāti salīdzinot 17 un 50 procentilēm atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas references periodā MG1 urbumam.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>perc 17</i>	<i>perc50</i>
Mean	206.2	209.2
Variance	1812.7	1870.3
Observations	10957	10957
Pearson Correlation	0.999	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10956	
t Stat	-146.0	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.64	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.96	

4. Tabula

T-testa rezultāti salīdzinot 50 un 83 procentilēm atbilstošās gruntsūdens līmeņu datu rindas references periodā MG1 urbumam.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>perc50</i>	<i>perc83</i>
Mean	209.2	212.6
Variance	1870.3	2054.0
Observations	10957	10957
Pearson Correlation	0.998	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10956	
t Stat	-108.2	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.64	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.96	