

A2 Sagatavošanās aktivitātes mežsaimniecības radītā piesārņojuma ar biogēniem samazināšanai

PĀRSKATS PAR POTENCIĀLAJIEM ŪDENSOBJEKTA PIESĀRŅOJUMA RISKIEM NO MEŽA TERITORIJĀM ĀĢES UPES SATECES BASEINĀ



Salaspils, 2020

Pārskats par potenciālajiem ūdensobjekta piesārņojuma riskiem no meža teritorijām Aģes upes sateces baseinā

Atskaides autori: Toms Štāls, Zane Lībiete, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

© Foto: Ilze Pauliņa

Citēšanas paraugs: T. Štāls, Z. Lībiete. 2020. Pārskats par potenciālajiem ūdensobjekta piesārņojuma riskiem no meža teritorijām Aģes upes sateces baseinā, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Salaspils, 28 lpp.

Materiāls tapis integrētā projektā "Latvijas upju baseinu apsaimniekošanas plānu ieviešana laba virszemes ūdens stāvokļa sasniegšanai" (LIFE GOODWATER IP, LIFE18 IPE/LV/000014), kas ir saņēmis finansējumu no Eiropas Savienības LIFE Programmas un Valsts reģionālās attīstības aģentūras.

Informācija atspoguļo tikai LIFE GOODWATER IP īstenotāju redzējumu, un Eiropas Klimata, infrastruktūras un vides izpildaģentūra neatbild par to, kā tiek izmantota šeit paustā informācija.

© Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 2020

Dokumenta izstrādes lapa	
Dokumenta versijas numurs	v 2.0
Dokumenta plānotais izstrādes datums	09.2020
Dokumenta faktiskais izstrādes datums	10.2020
Dokumenta aktuālās versijas izstrādes datums	06.2021
Projekta aktivitātes/apakšaktivitātes numurs	A2.1.

Kopsavilkums

Pārskata mērķis ir nodrošināt pamatinformāciju par Aģes upes sateces baseinu un galvenajiem potenciālajiem difūzā piesārņojuma avotiem meža zemēs. Šī informācija tālāk tiks izmantota zaļās infrastruktūras pasākumu īstenošanas un videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanas plānošanai meža zemēs, lai samazinātu suspendēto daļiņu un augu barības elementu transportu uz ūdenstecēm.

Aģes upes garums ir 44 km, sateces baseina izmērs – 214 km² (atbilstoši LR Zemkopības ministrijas Meliorācijas kadastra datiem). GoodWater IP demonstrācijas platības atrodas baseina centrālajā daļā un ietver arī Aģes pieteku Toru un daļu ar ūdenstecēm hidroloģiski saistīto meža meliorācijas sistēmu grāvju. Teritorija, kur paredzēts veikt pasākumus, tiek regulāri skenēta ar dronu, un tajā izvietotas lauka videokameras regulārai fenoloģijas novērojumu veikšanai (ņemot vērā to, ka lapu/skuju nobirām ir ietekme uz ūdens kvalitāti). Regulāri tiek ņemti paraugi ūdens ķīmiskā sastāva noteikšanai.

Demonstrācijas platību tuvumā atrodas iepriekš ierīkots pētījuma objekts, kur 2018. gadā veikta meža augšanas apstākļu uzlabošana ar koksnes pelniem meliorētā platībā, kas ir hidroloģiski saistīta ar Aģes upi. Ūdens kvalitātes monitoringa rezultāti neuzrādīja būtisku meža augšanas apstākļu uzlabošanas ietekmi uz slāpekļa saturu, taču ietekmes novērtēšanai vajadzīga garāka laika rinda, tādēļ ūdens kvalitātes monitorings tiek turpināts.

Lielāko daļu sateces baseina aizņem lauksaimniecības zemes. Salīdzinot 1990. un 2018. gada datus, uzskatāmi redzamas zemes izmantošanas veida izmaiņas. Meža teritoriju lielums nav mainījies, taču ir samazinājusies lauksaimniecības zemju platība. Bijušo lauksaimniecībā izmantoto zemju dabiska apmežošanās zināmā mērā varētu būt samazinājusi piesārņojuma riskus, jo attiecīgi ir samazinājušās intensīvi apsaimniekotās platības, kur tiek lietoti mēslošanas līdzekļi.

Sateces baseinā valdošās koku sugas ir bērzs, priele, egles un melnalksnis. Baltalkšņa audzes, kuru slāpekļa piesaistīšanas spējas var palielināt ūdens piesārņojuma riskus, sateces baseinā aizņem ļoti nelielu platību un neatrodas tiešā ūdensteču tuvumā.

Sateces baseinā ir diezgan blīvs meliorācijas grāvju tīkls, un 20% no visiem izcirtumiem atrodas tuvu meliorācijas grāvjiem, tādēļ augstās hidroloģiskās konektivitātes dēļ meža apsaimniekošana var būt viens no potenciālajiem difūzā piesārņojuma avotiem. Tādēļ demonstrācijas platības ir ierīkotas tieši šajās sateces baseina daļās, un tur kopš 2020. gada vasaras ir uzsākts arī regulārs ūdens kvalitātes monitorings.

Summary

The aim of the report is to provide the basic information on the catchment of river Aģe and main potential diffuse pollution sources from forestlands. This information will further be used in planning of green infrastructure measures and environmentally friendly drainage system elements, in order to decrease the leaching and transport of suspended solids and nutrients to the watercourse.

The length of the river Aģe is 44 km, the catchment size - 214 km². The GoodWater IP demo area is located in the central part of the catchment, comprising partly also the tributary Tora, as well as a part of hydrologically connected forest drainage network. The area where the establishment of green infrastructure and environmentally friendly drainage system elements is foreseen is regularly scanned via drone and monitored with field cameras for phenology development (leaf litter having impact on water quality), as well as monitored for water chemical composition.

Previously established research site where forest fertilization with wood ash was performed in 2018 is located close to the demo area and hydrologically connected with Aģe. The water quality monitoring results after the fertilization, have not revealed substantial impact of fertilization on the nitrogen content, however, longer time series are needed to assess the impact. Monitoring of nutrient content is being continued on the site.

Most of the catchment is taken up by agricultural lands. Comparing data from 1990 and 2018 it is obvious that land use change has taken place and, while the size of forest areas have remained the same, the share of agricultural areas has decreased. Natural afforestation of agricultural lands may, to an extent, have lowered the pollution risks due to decrease of area under intensive management and fertilizer application.

Dominant tree species in the catchment are birch, pine, spruce and black alder. Grey alder stands, which, due the N-fixing properties, may increase water pollution risks, take up very small area in the catchment and are not located in the immediate vicinity of the streams.

Drainage network in the catchment is rather dense, and 20% of all clearfelling areas in the forest are located close to the drainage ditches, therefore, due to the high hydrological connectivity, forestry in the area may contribute to the diffuse pollution. Therefore, demo sites are set up in this part of the catchment, and regular water quality monitoring is being carried out since summer 2020.

SATURA RĀDĪTĀJS

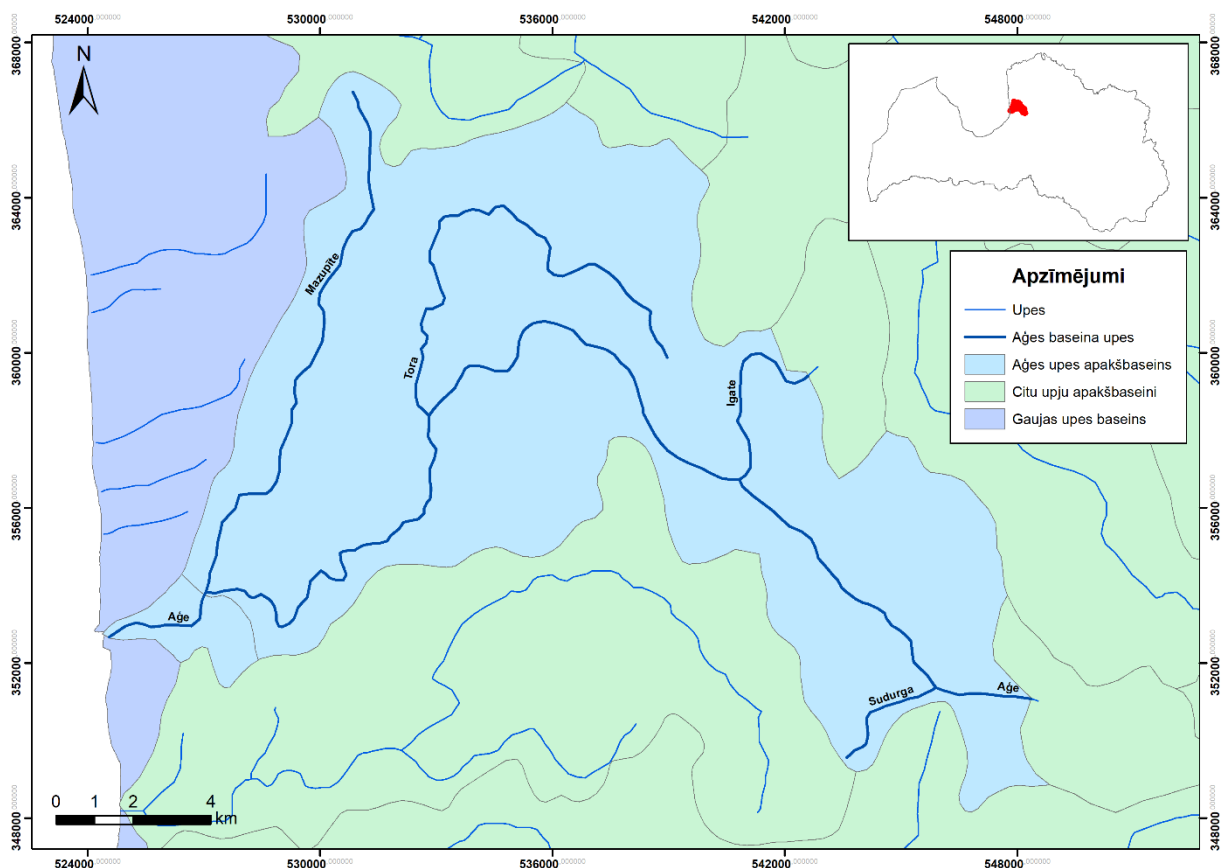
Kopsavilkums	3
Summary.....	4
1. Aġes sateces baseins, iepriekšējie barības vielu ieneses pētījumi un GoodWater IP demonstrācijas platības.....	6
2. Zemes lietojuma veidi (<i>datu avots: Corine Land cover</i>).....	8
3. Lauksaimniecības zemju platības (<i>datu avots: Lauku atbalsta dienests</i>).....	11
4. Mežaudžu sadalījums pēc valdošās sugas, meža zemes veida, meža augšanas apstākļiem un vecuma AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajās meža zemēs (<i>datu avots: AS "Latvijas valsts meži"</i>)	13
5. Meliorācijas tīkls un reljefs (<i>datu avoti: Zemkopības ministrijas nekustamo īpašumu meliorācijas kadastrs un Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras digitālā augstuma modelis 10 metru izšķirtspējā</i>).....	20
Secinājumi	26
Izmantotā literatūra	27

Pārskata mērķis ir nodrošināt pamatinformāciju par Aģes upes sateces baseinā esošajiem potenciālajiem piesārņojuma riskiem no meža teritorijām. Šī informācija tālāk izmantojama jau konkrētākai zaļās infrastruktūras pasākumu un videi draudzīgu meža meliorācijas sistēmu elementu plānošanai, lai samazinātu augu barības vielu zudumus un transportu no meža teritorijām, kā arī demonstrētu šo pasākumu praktiskas pielietošanas iespējas.

Pārskatu sagatavoja Toms Štāls un Zane Lībiete, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava".

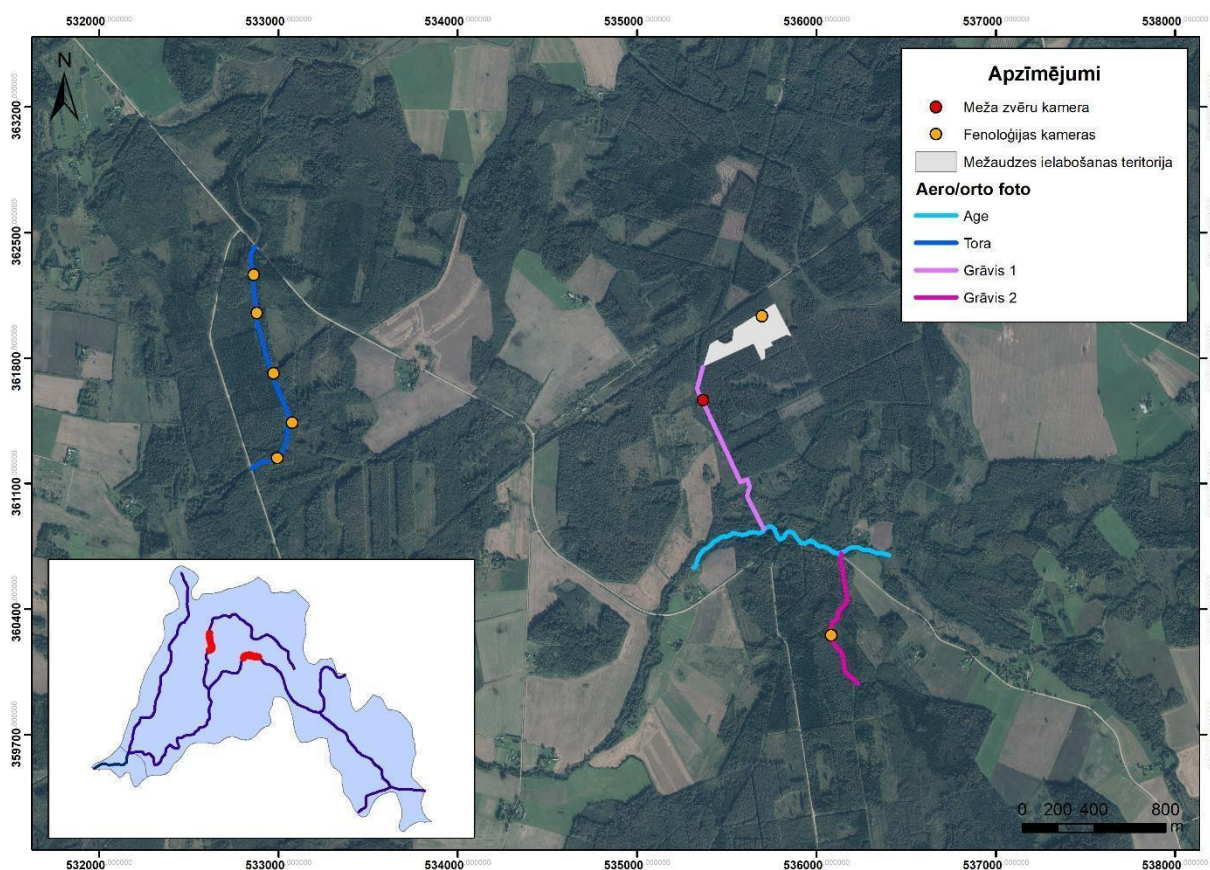
1. Aģes sateces baseins, iepriekšējie barības vielu ieneses pētījumi un GoodWater IP demonstrācijas platības

Aģes upes apakšbaseins atrodas Vidzemes rietumu daļā un ietilpst Gaujas upju baseinu apgabalā. Aģes upei ir 214 km² liels sateces baseins un tajā (kopējais garums 44 km) ietek Sudurga, Igate, Tora un Mazupīte, savukārt Aģes upe ietek Rīgas līcī (1.attēls). Atbilstoši Aizsargjoslu likumam (1997), virszemes ūdensobjekta aizsargjoslas platums gan Aģei, gan Torai ir ne mazāk kā 50 m plata josla katrā krastā.



Attēls 1. Aģes upes apakšbaseins.

Aptuveni kilometru no Aģes upes, priežu mežaudzē (kūdreņu augšanas apstākļos) 2018. gada februārī AS "Latvijas valsts meži" finansētās "Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programmas 2016.-2021. gadam" ietvaros aptuveni 5,5 ha lielā platībā mašinizēti ir izklaidēti koksnes pelni, lai uzlabotu mežaudzes augšanas apstākļus (2. att., Mežaudzes ielabošanas teritorija). Pētījuma ietvaros tiek sekots gan elementu koncentrācijām augsnes ūdenī, gan veikts ūdens kvalitātes monitorings un upes ekoloģiskās kvalitātes vērtējums gan augšpus, gan lejpus augsnes ielabošanas līdzekļu ieneses vietai (grāvja ietecei upē). Pēc augsnes ielabošanas tika konstatēts būtisks kopējā slāpekļa koncentrācijas palielinājums augsnes ūdenī, taču strautā slāpekļa koncentrācijas pieaugums netika konstatēts. Ūdensteces ekoloģiskās kvalitātes vērtējums augšpus un lejpus ielabošanas līdzekļu ieneses vietai liecināja, ka papildus barības vielu ienešana īstermiņā nav radījusi negatīvu ietekmi uz makrofītu sugu sastāvu un sastopamību, kā arī uz upes ekoloģisko kvalitāti. Arī ūdens bezmugurkaulnieku novērtējums neuzrādīja negatīvu augsnes ielabošanas ietekmi. (Lazdiņš, 2019). Tomēr teritorijas, kurās izmantoti mēslošanas līdzekļi, ir uzskatāmas par paaugstināta riska platībām, un, lai sekotu līdzi situācijas izmaiņām ilgākā laika posmā, ūdens kvalitātes monitorings šajā objektā turpinās GoodWater IP ietvaros.



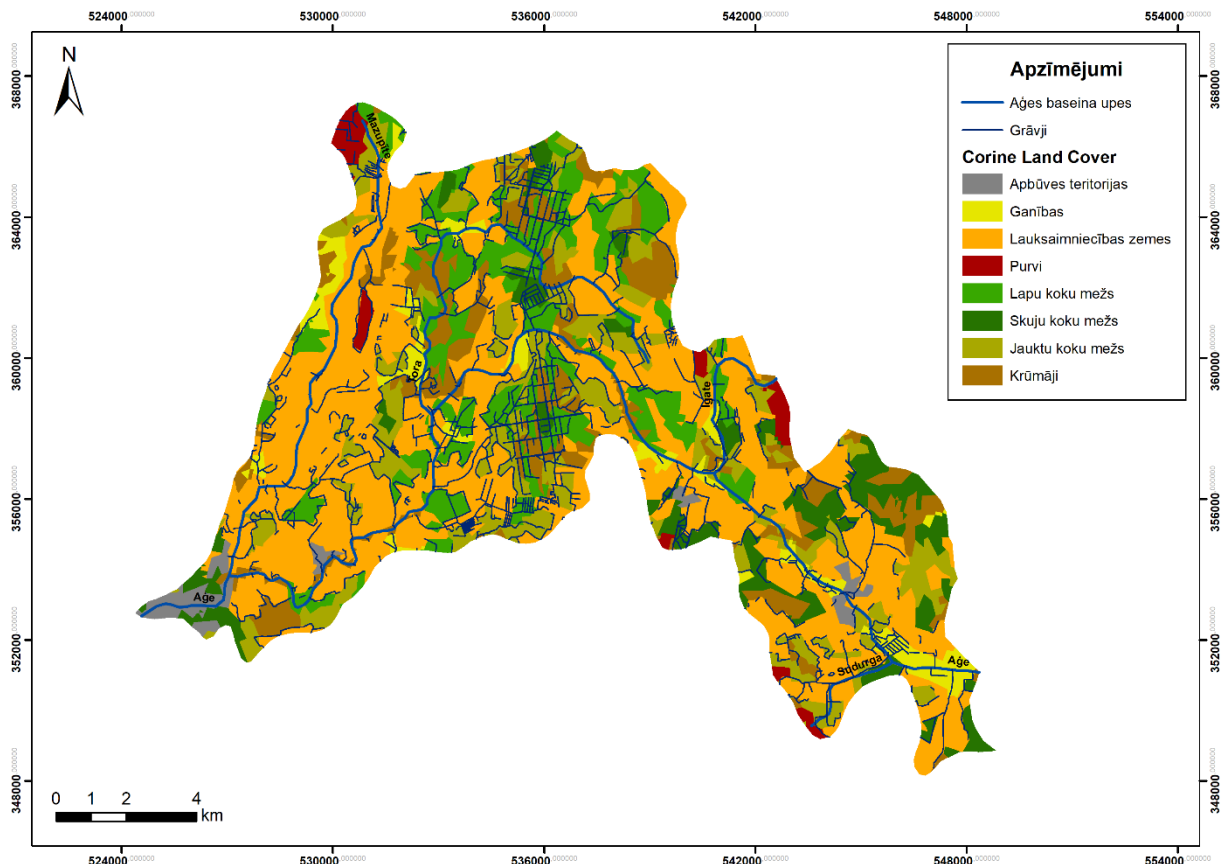
Attēls 2. Demonstrācijas teritorijas Aģes un Toras upju posmos.

GoodWater IP demonstrācijas teritorijas meža zemēs redzamas 2. attēlā. Vairāku lauka apsekojumu rezultātā, kuros piedalījās gan LVMI "Silava" zinātnieki, gan AS "LVM" un LVĢMC pārstāvji, GoodWater IP demonstrācijas objektu atrašanās vieta tika izvēlēta Aģes

upes vidusdaļā, kurā iekļaujas gan Toras upe, gan arī virszemes noteces grāvji. Pētījuma ietvaros kopš 2020. gada pavasara izvēlētajos ūdensteču posmos reizi mēnesī tiek veikti aerofoto uzņēmumi ar bezpilota lidaparātu (dronu) un aktuālās ortofoto kartes izstrāde, savukārt Toras upes posmā izveidotas vairākas fenoloģijas kameras, iekļaujot dažādus meža tipus, koka sastāvu un vecumu. Veiktie novērojumi ļaus labāk izprast dažādu koku sugu lomu nobiru veidošanā un aizsargjoslas ekoloģiskās funkcionalitātes nodrošināšanā.

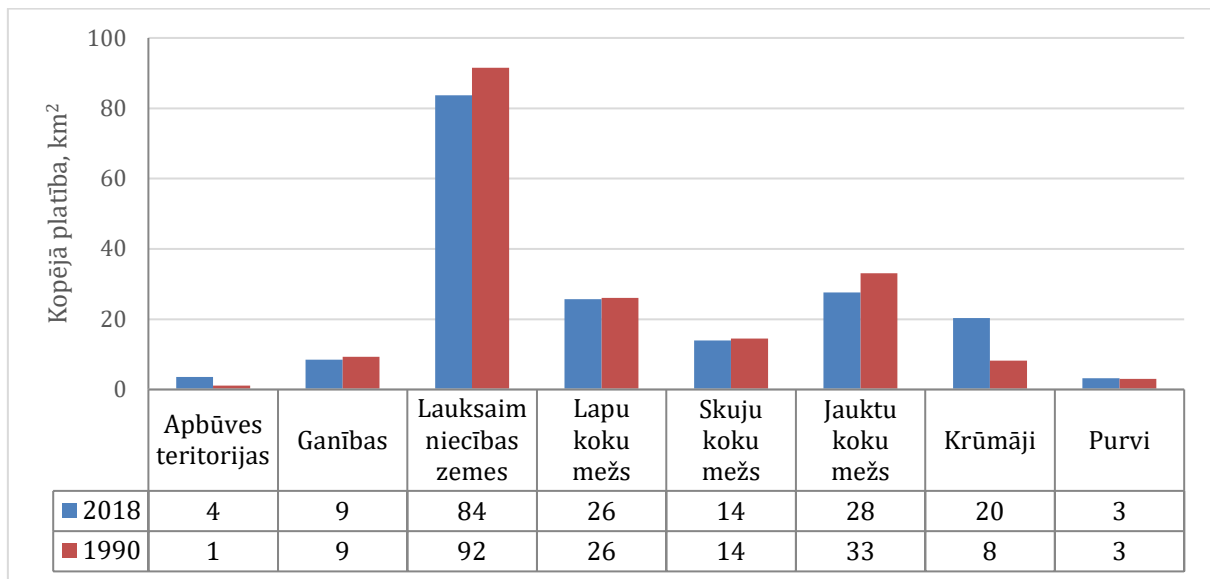
2. Zemes lietojuma veidi (*datu avots: Corine Land cover*)

Aģes upes apakšbaseina teritorijā pēc "Corine Land cover" datiem 2018. gadā visvairāk bija lauksaimniecības zemju (83 km^2), kas tiek izmantotas dažādiem mērķiem, nosedzot gandrīz pusi no kopējā Aģes upes baseina (45%). Otrs izplatītākais zemes lietojuma veids bija mežs (67 km^2 jeb 36%), no kopējā apjoma 14% ir lapu koku meži, 27,5% skuju koku meži un 20% jauktie meži. Krūmāji un aizaugušās lauksaimniecības zemes aizņēma 20 km^2 jeb 11%, savukārt ganības 4,5% un purvi nepilnus 2% no kopējās teritorijas (3.attēls). Meža platības vairāk koncentrējas sateces baseina vidusdaļā.



Attēls 3. Zemes seguma veidi Aģes upes apakšbaseinā pēc Corine Land Cover 2018. gada datiem. Dažādas aramzemju apakšgrupas apvienotas vienā grupā "Lauksaimniecības zemes", savukārt meža zemes attēlotas detalizētāk jeb četrās apakšgrupās

Kopš 1990. gada visbūtiskākās izmaiņas zemes seguma veidos saistītas ar lauksaimniecības zemju platību samazinājumu par aptuveni 10 km², savukārt krūmāju un aizaugušu lauksaimniecības zemju platība Aģes upes baseinā palielinājusies par 12 km². Lapu koku un skuju koku mežu platības ir līdzīgas, bet jauktu koku platība ir samazinājusies par 5 km². (4.attēls). Tomēr jāņem vērā, ka ievērojami pieaugušajā krūmāju kategorijā ir iekļauti arī izcirtumi un nelielus izmērus sasniegušas jaunaudzis. Iepriekš intensīvi apsaimniekotu lauksaimniecības zemju aizaugšana varētu būt viens no potenciālo ūdensobjektu piesārņojumu samazinošiem faktoriem saistībā ar mazāku mēslošanas līdzekļu apjomu un augsnes traucējumu (struktūras sajaukumu) mazināšanos.



Attēls 4. Zemes seguma veida izmaiņas Aģes upes apakšbaseinā no 1990. līdz 2018. gadam.

Šeit un turpmākajās apakšnodaļās salīdzinātas analizēto kategoriju platības sateces baseinā kopumā un 30 m platā joslā no ūdenstecēm (upēm), kā arī to procentuālais īpatsvars šajā joslā (% no kopējā visā sateces baseinā). 30 m no ūdensteces izvēlēti, atsaucoties uz WWF Sweden izstrādātā piekrastes joslu apsaimniekošanas plānošanas rīka "Blue Targeting" rekomendēto maksimālo piekrastes joslas platumu. Lai gan piekrastes joslas (platība pie ūdensobjekta, ieskaitot tā krastus, kura ietekmē ūdensobjekta ekoloģiju, hidroloģiju un/vai ūdens ķīmisko sastāvu) platums funkcionāli ir mainīgs gan viena ūdensobjekta krastos, gan starp dažādiem ūdensobjektiem (Ring et al. 2018), aprēķinos mēs izmantojam 30 m, kas iepriekš lietoti Interreg Baltijas jūras programmas projektu WAMBAF un WAMBAF ToolBox ietvaros izstrādātajā rīkā funkcionālas aizsargjoslas darbības nodrošināšanai (Henrikson, 2018).

Analizējot sīkāk platību sadalījumu pa zemes seguma veidiem, konstatējams, ka ūdensteces tiešā tuvumā atrodas relatīvi lielas ganību un apbūves platību teritorijas. Apbūves platībām, kas šajā teritorijā izvietojas gan Aģes upes lejtece (Skulte un Zvejniekiems), gan augštece (Lēdurga), var būt potenciāli negatīva ietekme uz ūdens kvalitāti. Klasifikācijā "apbūves teritorijas" ietver apdzīvotas teritorijas un industriālas platības kopumā, nevis atsevišķas ēkas.

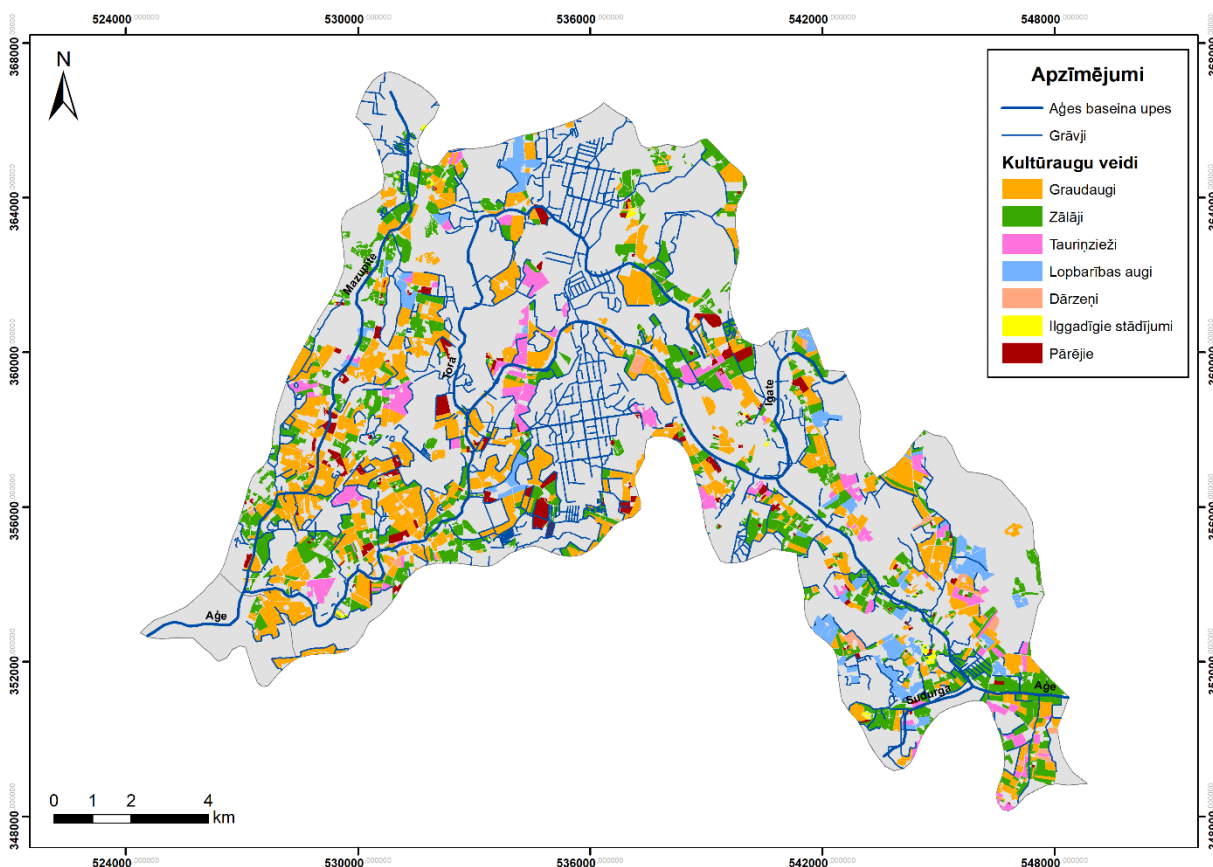
Tabula 1. Zemes seguma veidi Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

Zemes seguma veids	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Apbūves teritorijas	361	21	5,8	4,7
Ganības	852	61	7,2	13,8
Lauksaimniecības zemes	8371	175	2,1	39,5
Lapu koku meži	2567	64	2,5	14,5
Skuju koku meži	1395	15	1,1	3,4
Jauktu koku meži	2757	38	1,4	8,5

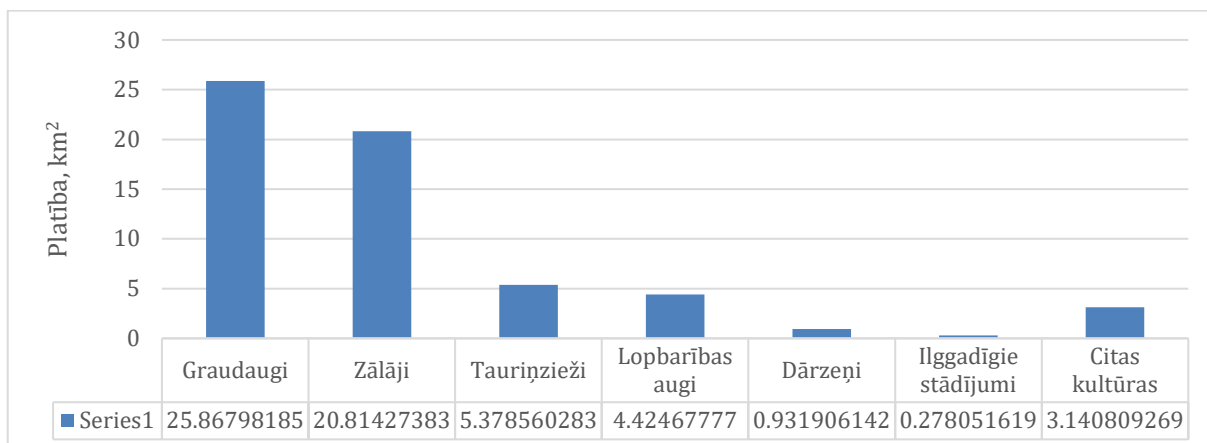
Zemes seguma veids	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Krūmāji	2035	66	3,2	14,9
Purvi	323	3	0,9	0,6

3. Lauksaimniecības zemju platības (*datu avots: Lauku atbalsta dienests*)

Lauksaimniecības zemju izvietojums Aģes upes baseinā ir fragmentēts, visvairāk tās koncentrējas rietumu daļā abpus Mazupītei un Aģes upes augšteces posmam, kā arī Aģes upes pašā lejtecē. Visizplatītākā lauksaimniecības kultūra ir dažāda veida graudaugi (kvieši, mieži, rudzi), kuri aizņem aptuveni 25 km² no baseina kopējās teritorijas, savukārt to īpatsvars attiecībā pret citām kultūrām ir 42%. Ievērojamu apjomu aizņem arī zālāji – attiecīgi 20 km² un 34%. Samērā bieži sastopami ir arī tauriņzieži un lopbarības augi (9% un 7%) (5., 6. attēls).



Attēls 5. Kultūraugu veidu izvietojums Aģes upes apakšbaseinā.



Attēls 6. Kultūraugu veidu sadalījums pēc kopējās platības Aģes upes apakšbaseinā.

Potenciālā ūdens piesārņojuma ar augu barības vielām (N, P, K) riska analīzei 2. tabulā apkopoti modelēti dati par N, P₂O₅ un K₂O ienesi augsnē ar minerālmēslojumu lauksaimniecības zemē Aģes upes baseinā, pieņemot, ka apskatītajā teritorijā augsne 2018. gadā ielabota atbilstoši Centrālās statistikas pārvaldes vidējiem datiem par minerālmēslojuma iestrādi lauksaimniecības kultūrām 2018. gadā. Sākotnējie modelētie barības vielu ieneses rezultāti norāda uz to, ka lielāko potenciālo ūdens piesārņojuma ar augu barības vielām risku varētu radīt graudaugu sējumi, kas Aģes upes baseinā platības ziņā aizņem lielāko lauksaimniecības zemes īpatsvaru (42%) un kuru audzēšanai Latvijā vidēji tiek izmantota relatīvi liela augu barības vielu ienese jeb minerālmēslojuma iestrāde (80 kg N ha⁻¹ gadā, 27 kg P₂O₅ ha⁻¹ gadā un 31 kg K₂O ha⁻¹ gadā) salīdzinot ar citām lauksaimniecības kultūrām (piemēram, lopbarības/zaļbarības kultūrām, kuru audzēšanai vidēji tiek ienests 12 kg N ha⁻¹ gadā, 4 kg P₂O₅ ha⁻¹ gadā un 5 kg K₂O ha⁻¹ gadā). Turklāt liela daļa graudaugu sējumu ir koncentrēta intensīvi meliorētajā sateces baseina rietumu daļā, kur meliorācijas sistēmas darbojas kā barības vielu transporta kanāli. Tomēr šeit ir ņemtas vērā vidējās vērtības. Izmantotā mēslojuma un augu aizsardzības līdzekļu daudzums dažādām kultūraugu grupām ievērojami atšķiras, kas var būtiski ietekmēt potenciālā piesārņojuma slodžu sadalījumu. Tāpat jāņem vērā, ka dažādas kultūraugu sugas barības vielas izmanto dažādā apjomā, ka arī notiek atmosfēras slāpekļa fiksācija tauriņziežu sējumos.

Tabula 2. Modelētā N, P un K ienese augsnē ar minerālmēslojumu lauksaimniecības zemē Aģes upes baseinā.

Kultūraugu veids	Kopējā kultūraugu platība Aģes upes baseinā, ha	N ienese*, t gadā	P ₂ O ₅ ienese*, t gadā	K ₂ O ienese*, t gadā
Graudaugi	2586,8	206,9	69,8	80,2
Zālāji	2081,4	25,0	8,3	10,4
Tauriņzieži	537,9	6,5	2,2	2,7
Lopbarības augi	442,5	5,3	1,8	2,2
Dārzeni	93,2	3,9	2,1	4,2
Ilggadīgie stādījumi	27,8	0,3	0,1	0,1
Citas kultūras	314,1	19,5	6,6	7,9

*N, P₂O₅ un K₂O ienese augsnē aprēķināta pieņemot, ka apskatītajā teritorijā augsne ielabota atbilstoši Centrālās statistikas pārvaldes datiem par minerālmēslojuma iestrādi lauksaimniecības kultūrām 2018. gadā.

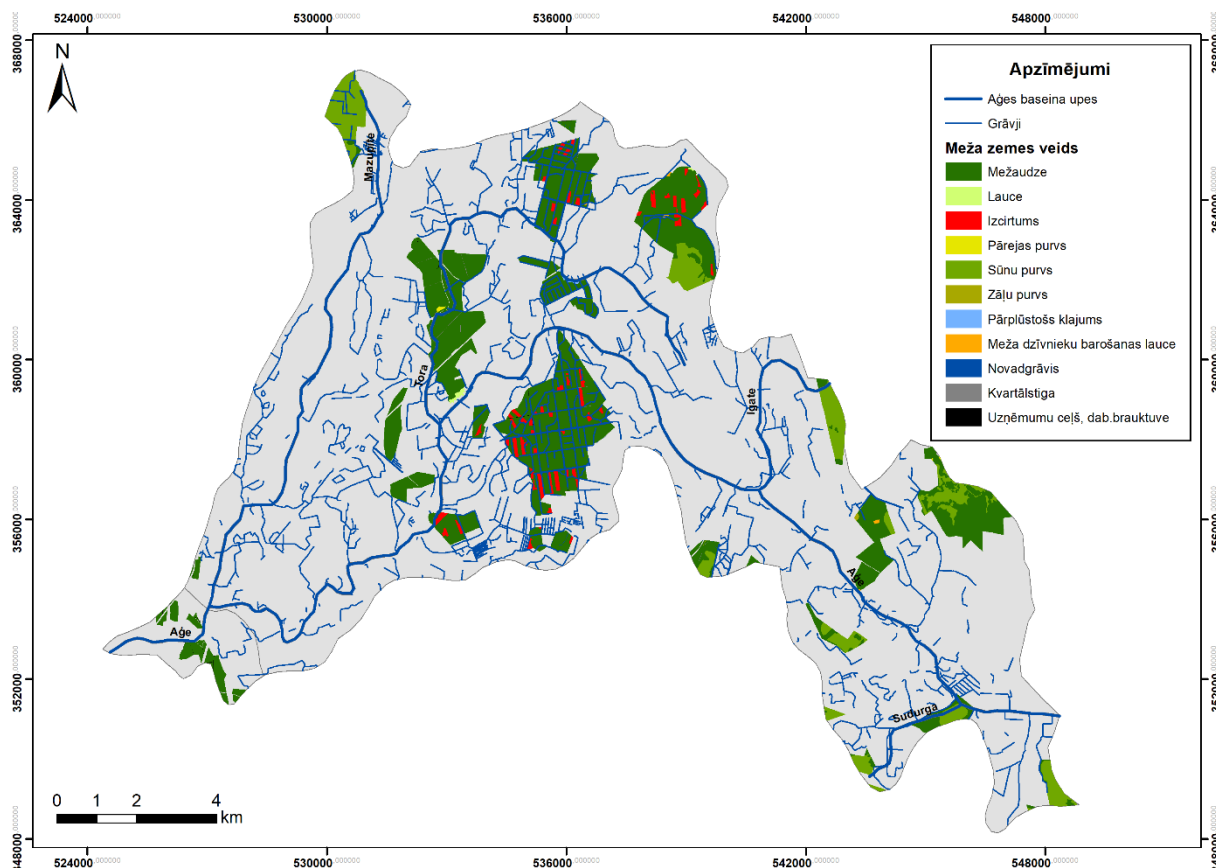
No lauksaimniecības kultūrām ūdenstece tiešā tuvumā procentuāli visvairāk atrodas zālāji un graudaugu kultūras, bet vismazāk – ilggadīgie stādījumi (3. tabula), tomēr, salīdzinot ar kopējo lauksaimniecības zemju platību visā sateces baseinā, visu lauksaimniecības kultūru aizņemtās platības 30 m joslā no ūdenstece ir visai niecīgas.

Tabula 3. Lauksaimniecības kultūru veidi Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

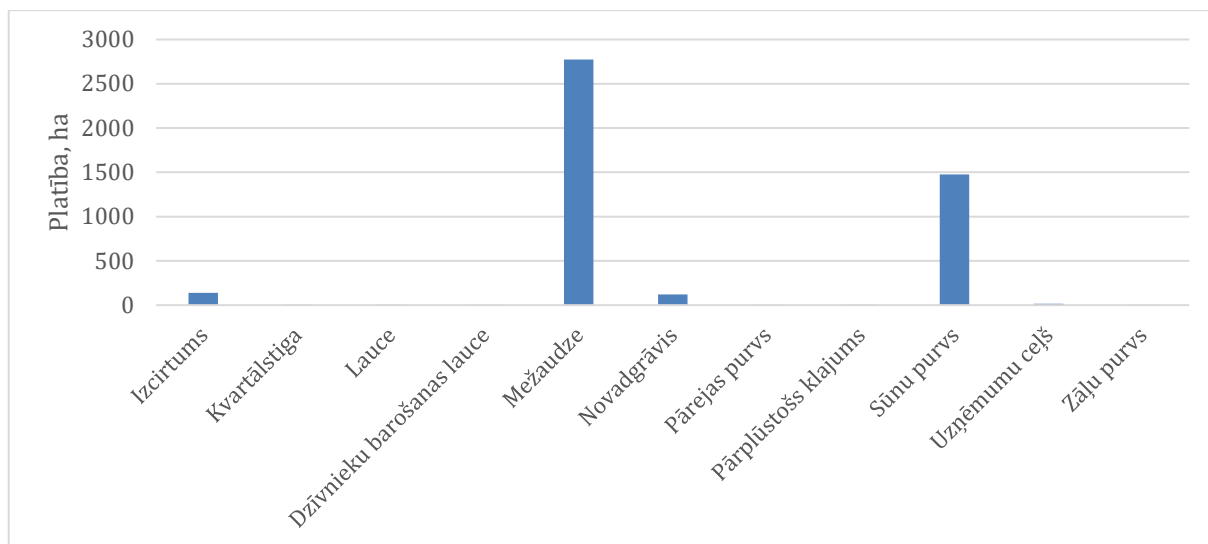
Lauksaimniecības kultūra	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Graudaugi	2586,8	36,9	1,4	8,3
Zālāji	2081,4	59,3	2,8	13,4
Tauriņzieži	537,9	5,9	1,1	1,3
Lopbarības augi	442,5	2,5	0,6	0,6
Dārzeni	93,2	0,2	0,2	0,1
Ilggadīgie stādījumi	27,8	0,0	0,0	0,0
Citas kultūras	314,1	4,8	1,5	1,1

4. Mežaudžu sadalījums pēc valdošās sugas, meža zemes veida, meža augšanas apstākļiem un vecuma AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajās meža zemēs (*datu avots: AS "Latvijas valsts meži"*)

No valsts meža zemēm Aģes upes baseinā visvairāk ir dažādu sugu un vecumu mežaudžu (2774 ha), lielu kopējo platību veido arī vairāki sūnu purvi (1478 ha). Trijos meža masīvos baseina centrālajā daļā ir aktīva saimnieciskā darbība, kur ir gan daudzas nelielas izcirtumu platības (kopā 140 ha), gan arī blīvs meliorācijas grāvju tīkls (122 ha) (7., 8. attēls).



Attēls 7. Valsts meža zemju veida sadalījums pēc kopējās platības Aģes upes apakšbaseinā.



Attēls 8. Valsts meža zemju veida sadalījums Aģes upes apakšbaseinā.

Meža zemes veids, kas visbiežāk sastopams ūdensteču tiešā tuvumā, ir applūstoši klajumi, kas paver potenciālas iespējas tādu dabai draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanai kā, piemēram, virszemes filtrācijas platības. Taču, neraugoties uz potenciāli labvēlīgo situāciju, zemes īpašumstrukturā mums šoreiz neļāva paredzēt šī pasākuma demonstrāciju projekta

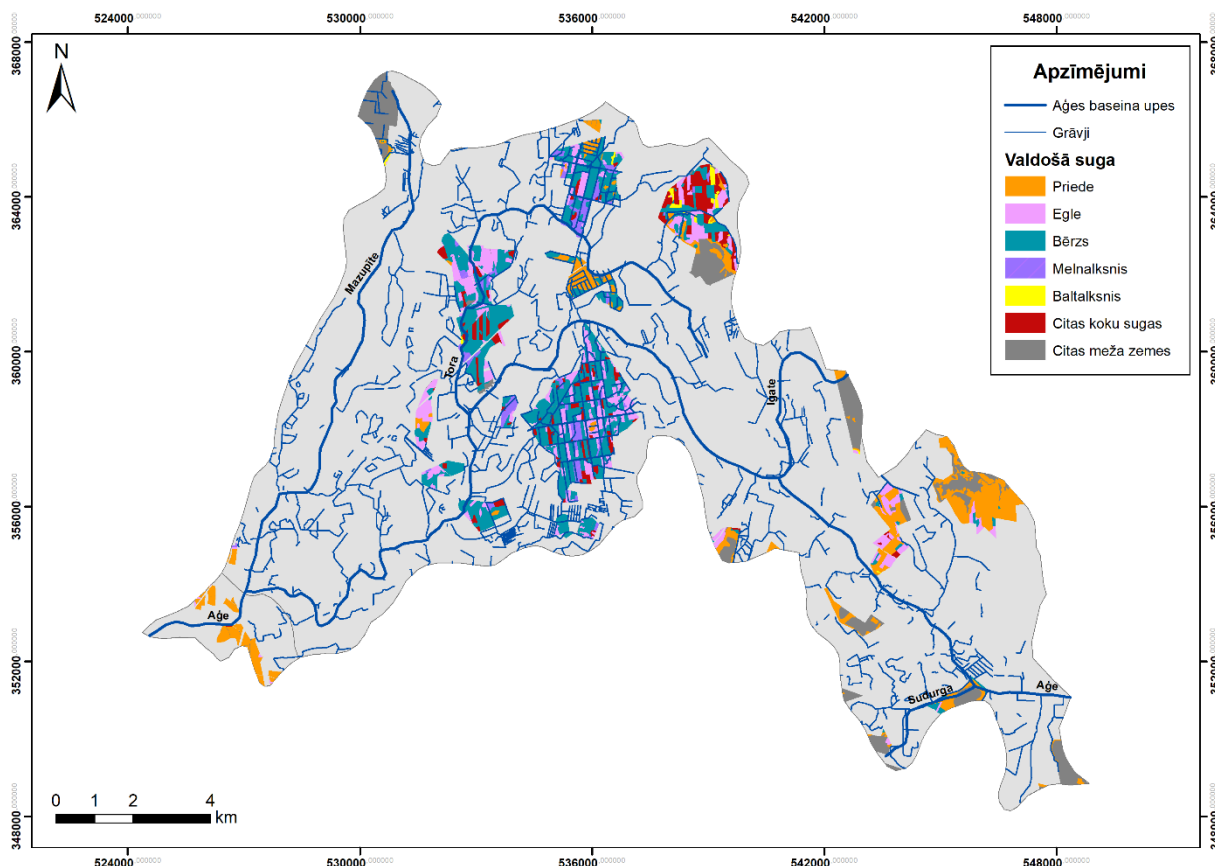
teritorijā, jo atbilstošā teritorija neatrodas valsts, bet uzņēmuma īpašumā. Upei pieguļošajā joslā vairāk kā 30 ha platību aizņem mežaudzes, maz sastopami izcirtumi un purvi.

Tabula 4. Valsts meža zemju veidi Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

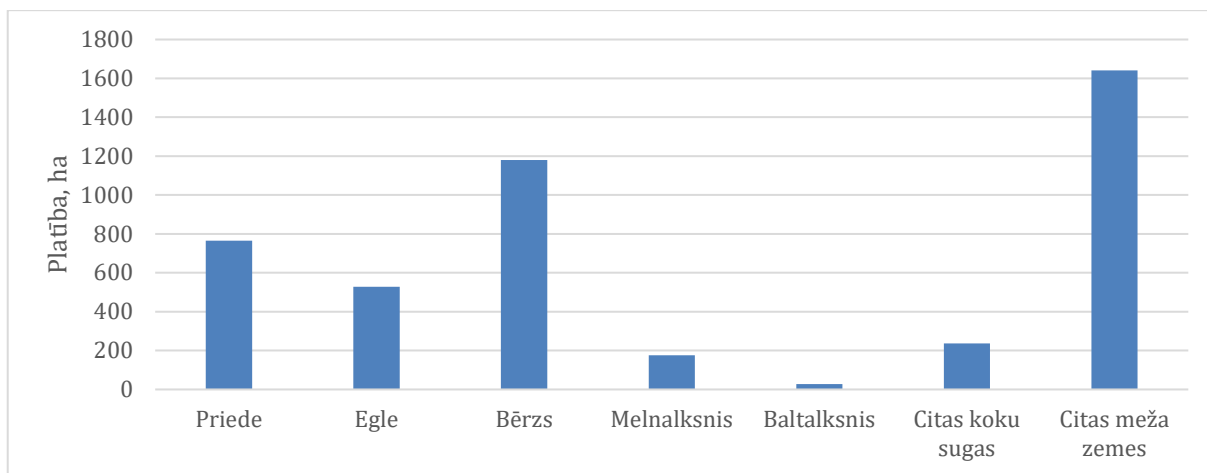
Meža zemes veids	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Izcirtums	140,1	0,7	0,5	0,1
Kvartālstīga	6,3	0,1	1,0	0,0
Lauce	5,9	0,0	0,0	0,0
Dzīvnieku barošanas lauce	3,4	0,0	1,3	0,0
Mežaudze	2774,3	31,9	1,1	7,2
Novadgrāvis	122,2	0,2	0,2	0,1
Pārejas purvs	2,4	0,0	0,1	0,0
Pārplūstošs klajums	6,4	2,0	31,7	0,5
Sūnu purvs	1477,8	7,2	0,5	1,6
Uzņēmumu ceļš	16,2	0,0	0,0	0,0
Zāļu purvs	1,6	0,0	0,0	0,0

Valdošās koku sugas mežaudzēs ir bērzs (26%), priede (17%), egļe (12%) un melnalksnis (4%), starp citām koku sugām visbiežāk sastopamās ir apses un oši (9., 10. attēls). Lielākās cita veida meža zemes veido aizaugušas purvu platības. Dažādu lapu koku un egļu mežaudzes galvenokārt ir izvietotas Aģes upes baseina centrālajā daļā vairākos atsevišķos vienlaidus meža masīvos, savukārt priede ir izvietota atsevišķos nelielos masīvos, kā arī purvu malās, kur koku augšanas apstākļi ir krietni nabadzīgāki.

Potenciāla ietekme uz ūdensobjektu piesārņojumu var būt baltalkšņa audzēm ūdensteču krastos, jo baltalksnis ir slāpekli piesaistoša suga, turklāt baltalkšņa kritalas, nonākot ūdenstecē, strauji sadalās, vienlaikus gan bagātinot ūdeni ar barības vielām, gan samazinot skābekļa saturu tajā (Urtāns A., pers.kom.). Uri et al (2011) norāda uz baltalkšņa augsni paskābinošo efektu – 14 gadu laikā augsnes virsējā slāņa pH baltalkšņa audzē pazeminājās par 1.3 vienībām. Aosaar (2012) minējis, ka ikgadējā nitrātu iznese no baltalkšņa audzēm ir 15 kg ha⁻¹ gadā. Nevar piekrist šī autora apgalvojumam, ka tā ir nenoīmīga. Šāda iznese ir pielīdzināma lauksaimniecības zemēm Latvijā – Jansons et al. (2011) norāda, ka laika periodā no 1994. līdz 2010. gadam vidējā kopējā slāpekļa iznese no sateces baseiniem lauksaimniecības zemēs svārstījusies no 5.5 līdz 14.6 kg ha⁻¹, bet no drenu kolektoriem no 4.6 līdz 17.9 kg ha⁻¹ gadā. Salīdzinājumam - iznese no intensīvi apsaimniekota mežaina sateces baseina Zalvītes strauta sateces baseinā gadā, kad teritorijā ievērojamās platībās tika veikta mežizstrāde, sasniedza tikai 2.4 kg ha⁻¹ gadā (Lībiete un citi, 2020). Ekosistēmas, kas potenciāli piesaista lielus biogēno elementu apjomus, nelabvēlīgos apstākļos (pārsvarā ar klimata pārmaiņām saistīto meteoroloģisko apstākļu izmaiņu rezultātā) var kļūt par šo elementu avotu un tādējādi radīt papildu riskus ūdeņu ekosistēmām. Tomēr Aģes upes sateces baseinā baltalkšņa audžu platības ir nelielas, kā arī tās neatrodas tiešā upju krastu tuvumā. Attiecīgi konkrētajā teritorijā šis nav uzskatāms par būtisku risku ūdens kvalitātei.



Attēls 9. Valdošo koku sugu sadalījums pēc kopējās platības Aģes upes apakšbaseinā (valsts mežos).

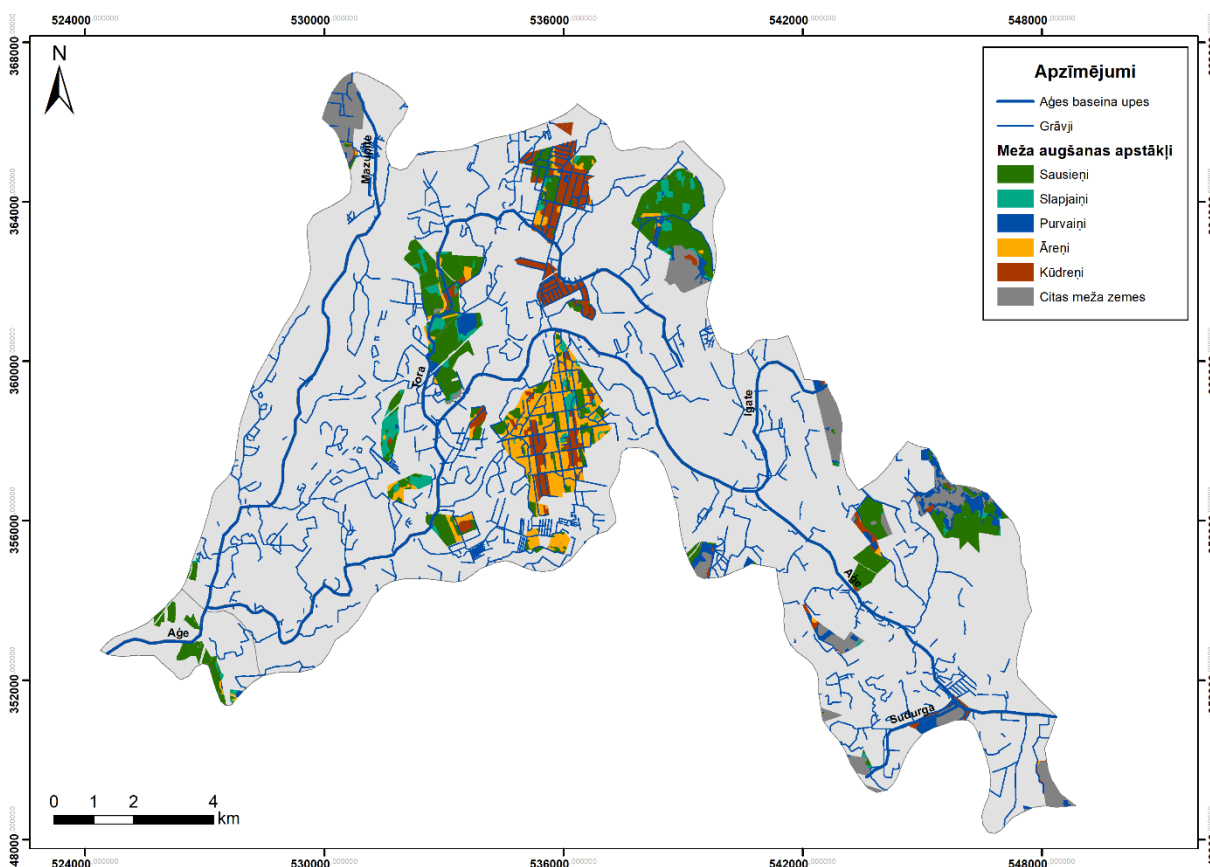


Attēls 10. Mežaudžu sadalījums pēc valdošajām koku sugām Aģes upes apakšbaseinā (valsts mežos).

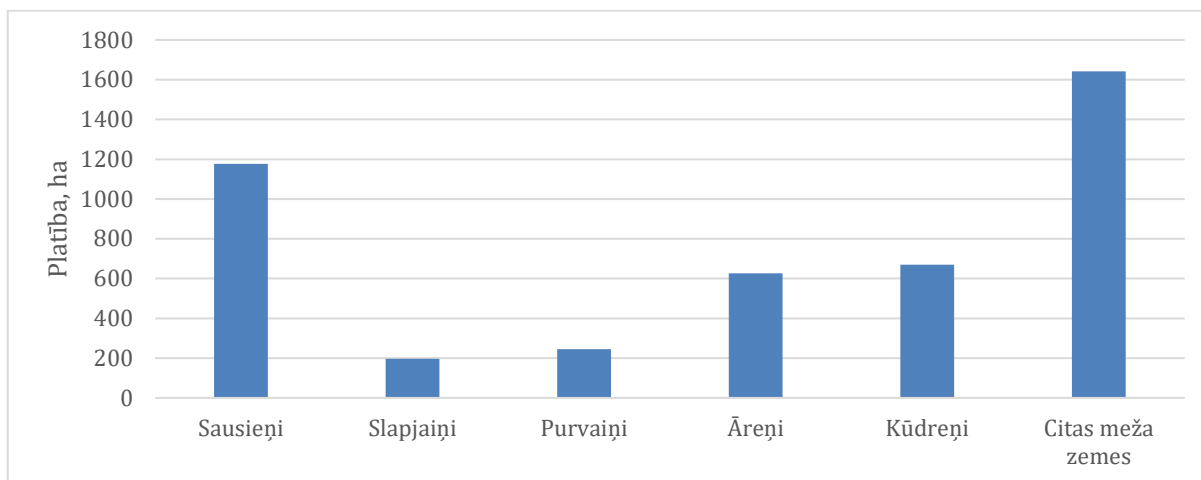
Tabula 5. Valdošās koku sugas valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

Valdošā suga	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Priede	765,2	5,8	0,8	1,3
Egle	528,1	3,0	0,6	0,7
Bērzs	1180,7	15,0	1,3	3,4
Melnalksnis	176,0	4,3	2,4	1,0
Baltalksnis	27,7	0,0	0,0	0,0
Citas koku sugas	237,3	4,4	1,9	1,0
Citas meža zemes	1641,6	9,6	0,6	2,2

Visbiežāk sastopamie meža augšanas apstākļi valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā ir sausieņi (1177 ha), kas ir izplatītākie vairākos meža masīvos. Meliorētos meža masīvos kūdreņi (670 ha) un āreņi (627 ha) aizņem līdzīgas platības, kūdreņi pārsvarā izvietoti sateces baseina ziemeļu daļā, bet āreņi – lielākoties viena masīva ietvaros centrālajā daļā. Purvaiņi (244 ha) un slapjaini (196 ha) galvenokārt izvietojas purvu malās un kā atsevišķas mežaudzes (11., 12. attēls).



Attēls 11. Meža augšanas apstākļu sadalījums valsts mežos pēc kopējās platības Aģes upes apakšbaseinā.



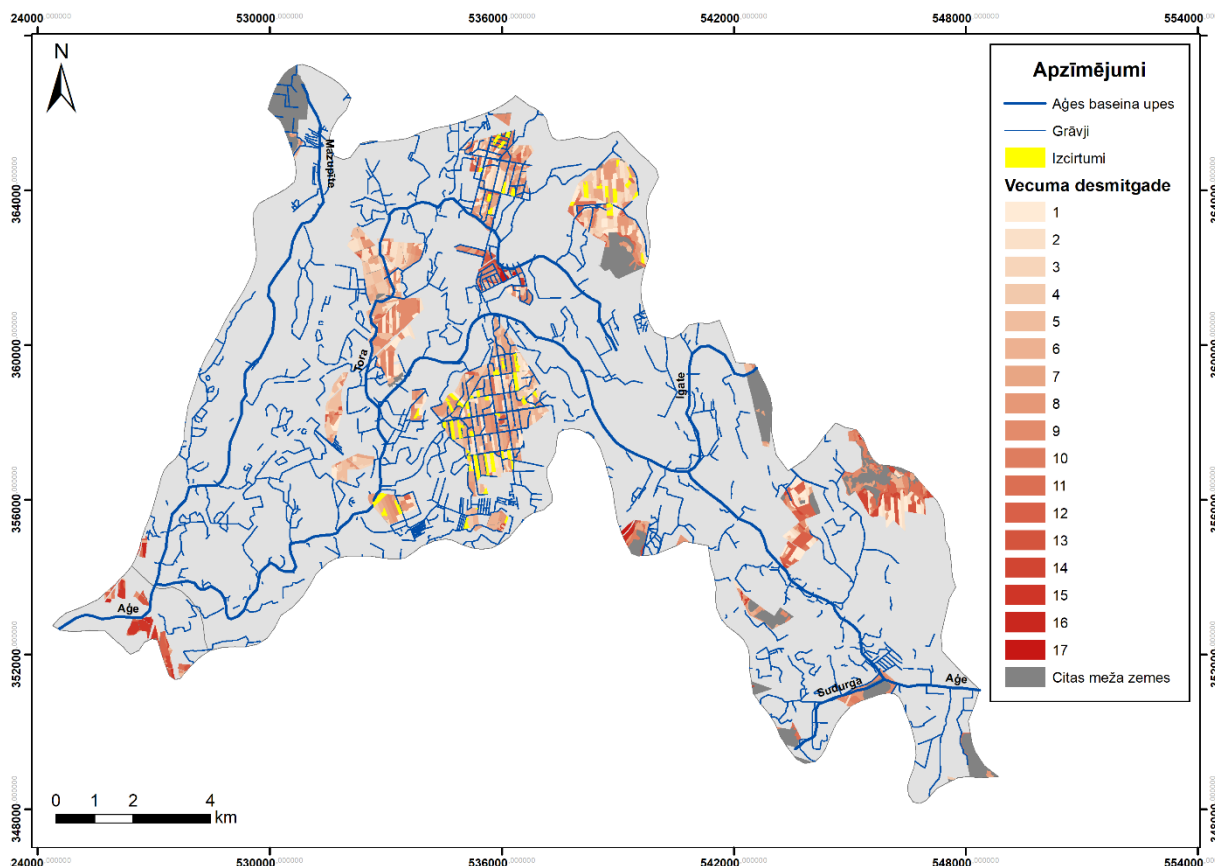
Attēls 12. Meža augšanas apstākļi Aģes upes apakšbaseinā.

Tiešā upes tuvumā ir samērā līdzīga pārmitro un intensīvi nosusināto (āreņi, kūdreņi) mežu platība (attiecīgi 9 ha un 9.9 ha). Tomēr tiešā upes tuvumā atrodas relatīvi neliels pārmitro un nosusināto mežu īpatsvars (no kopējās platības apakšbaseinā; attiecīgi 4% un 1.7%).

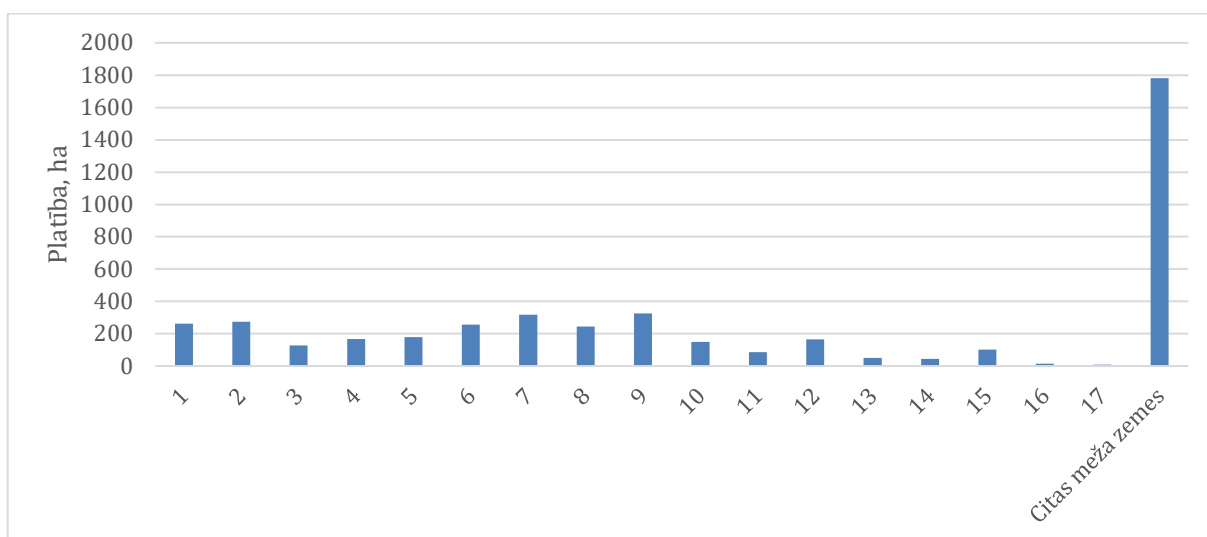
Tabula 6. Meža augšanas apstākļi valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

Meža augšanas apstākļi	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
Sausieņi	1177,2	13,7	1,2	3,1
Slapjaini	195,9	3,4	1,7	0,8
Purvaini	244,2	5,6	2,3	1,3
Āreņi	626,9	2,3	0,4	0,5
Kūdreņi	670,2	7,6	1,1	1,7
Citas meža zemes	1642,2	9,6	0,6	2,2

Meža masīvos, kuros ir blīvāks meliorācijas tīkls un notiek intensīvāka saimnieciskā darbība (lielāks izcirtumu īpatsvars), ir arī novērojams jaunāks koku vecums. Aģes upes apakšbaseinā mežaudzes visbiežāk ir vecumā no 50 līdz 100 gadiem, kā arī jaunaudzes (līdz 20 gadiem) (13., 14. attēls).



Attēls 13. Dažādu vecuma grupu mežaudžu izvietojums valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā.



Attēls 14. Mežaudžu vecuma grupu sadalījums pēc kopējās platības valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā.

Tabula 7. Mežaudžu vecuma grupas valsts mežos Aģes upes apakšbaseinā un 30 metru joslā no upēm.

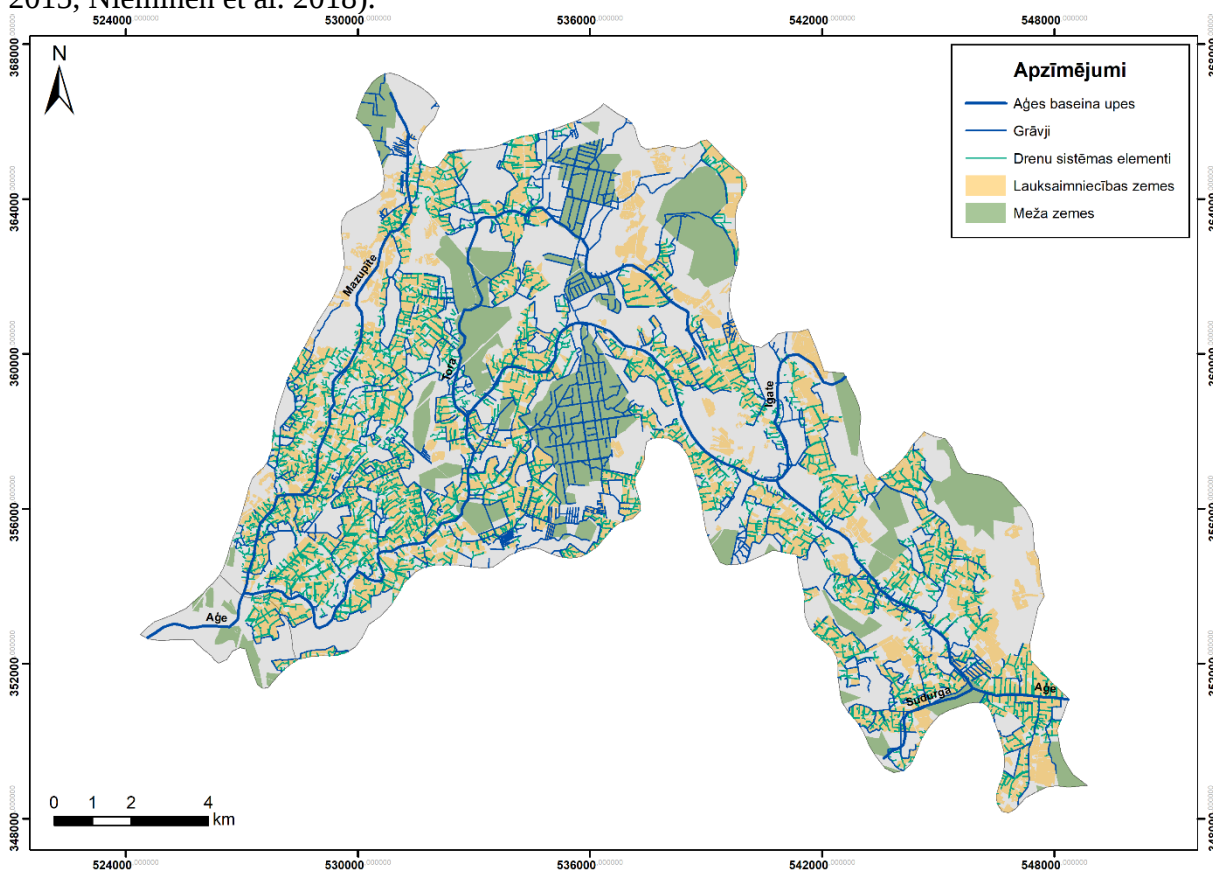
Vecuma desmitgade	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no upes, ha	30 m joslā no upes, % no konkrētās kategorijas kopējā sateces baseinā	% no visiem zemes seguma veidiem tieši 30 m joslā
1	262,7	3,5	1,3	0,8
2	273,2	3,3	1,2	0,7
3	127,6	0,6	0,5	0,1
4	167,0	1,6	1,0	0,4
5	179,5	3,7	2,1	0,8
6	255,4	1,3	0,5	0,3
7	318,2	5,1	1,6	1,1
8	244,9	3,1	1,3	0,7
9	326,0	8,4	2,6	1,9
10	149,1	0,9	0,6	0,2
11	85,9	0,0	0,0	0,0
12	165,0	0,3	0,2	0,1
13	50,6	0,0	0,0	0,0
14	43,9	0,1	0,3	0,0
15	101,4	0,0	0,0	0,0
16	15,1	0,0	0,0	0,0
17	8,8	0,0	0,0	0,0
Citas meža zemes	1782,3	10,3	0,6	2,3

5. Meliorācijas tīkls un reljefs (*datu avoti: Zemkopības ministrijas nekustamo īpašumu meliorācijas kadastrs un Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras digitālā augstuma modelis 10 metru izšķirtspējā*)

Meliorācijas tīkls (ūdens notekas un grāvji, drenu sistēmas elementi) ir īpaši izteikts Aģes upes lejtecē un lauksaimniecības zemēs gar Mazupīti, taču Aģes upes baseina teritoriju arī kopumā varētu raksturot kā intensīvi meliorētu. Grāvju tīkls ir gan lauksaimniecības zemēs, kurās tiek savākts ūdens galvenokārt no kolektoriem, gan arī vairākos meža masīvos Aģes upes baseina centrālajā daļā, kur nosusināšana veikta ar vaļējo grāvju tīklu. Meliorācijas grāvji izrakti arī vairākās purva platībās, sevišķi teritorijas Z daļā. Kopējais grāvju tīklu blīvums ir 2,26 km km⁻² (15. attēls). Blīvais meliorācijas tīkls palielina barības vielu izskalošanās un ar to saistīto ūdensteču piesārņojuma riskus, jo sevišķi periodos, kad tiek veikti meliorācijas sistēmu uzturēšanas darbi. Mežizstrāde un meža meliorācijas sistēmu atjaunošana ir darbības ar visaugstāko risku ūdens kvalitātei, raugoties no N un P izneses risku viedokļa (Ring et al. 2018). Nieminen et al. (2017) norāda uz ievērojamu suspendēto daļiņu satura palielināšanos grāvju ūdenī pēc meža meliorācijas sistēmu renovācijas, norādot, ka tas var pat pārsniegt 800 mg L⁻¹.

Vienā no mūsu pētījuma objektiem pirmajā gadā pēc renovācijas tika novērotas visai līdzīgas suspendēto daļiņu koncentrācijas (Kalvīte et al. 2018).

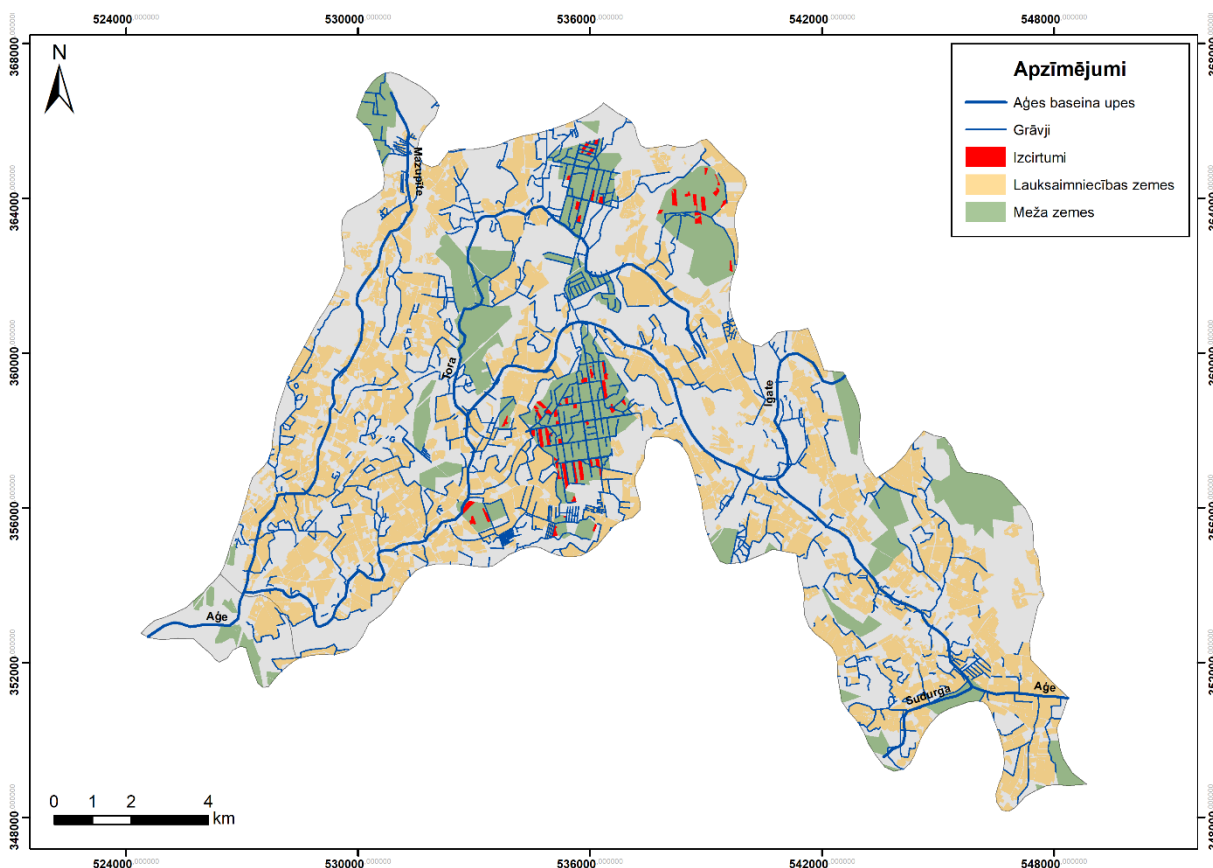
Zaļās infrastruktūras risinājumi un ūdens kvalitātes aizsardzības struktūras var ievērojami samazināt ūdens piesārņojuma riskus meža darbu laikā. Ziemeļvalstīs veikti pētījumi liecina, ka, piemēram, piekrastes aizsargjoslas spēj par 15-73% samazināt slāpekļa ienesi no blakus esošām izcirtumu platībām (Ahtiainen & Huttunen, 1999, Jacks & Norrström, 2004, Löfgren et al. 2009). Par ūdens kvalitātes struktūru efektivitāti un pielietošanu meža meliorācijas sistēmu renovācijā visvairāk pētījumu ir Somijā. Šīs struktūras ir ar atšķirīgām izmantošanas iespējām atšķirīgos apstākļos, taču vairāki autori (Marttila and Klöve 2010, Marttila et al. 2010, Nieminen et al. 2018) norāda, ka dambju sistēmas, kas kontrolē ūdens plūsmu grāvjos maksimālā caurplūduma apstākļos, varētu būt starp efektīvākajām un praktiski visērtāk pielietojamākajām struktūrām. Par visefektīvāko risinājumu no suspendēto vielu un barības elementu aizturēšanas viedokļa tiek uzskatītas virszemes filtrācijas platības, taču to izmantošanas iespējas praktiskajā mežsaimniecībā diemžēl ir ļoti ierobežotas (Nieminen et al. 2015, Nieminen et al. 2018).



Attēls 15. Grāvju un meliorācijas sistēmu izvietojums Aģes upes apakšbaseinā.

Izcirtumi Aģes upes baseinā AS "Latvijas valsts meži" meža zemēs galvenokārt ir koncentrēti trīs meža masīvos, divi no tiem ir intensīvi meliorēti ar vaļēju grāvju tīklu, un 20% no visām izcirtuma platībām atrodas tiešā meliorācijas grāvju tuvumā (16. attēls). Vienlaidus atjaunošanas cirte (normatīvajos aktos – kailcirte) ir starp mežsaimnieciskajām darbībām ar potenciāli būtisku ietekmi uz ūdeņu kvalitāti. Publicētie dati par barības vielu iznesi no

mežainiem sateces baseiniem mežizstrādes rezultātā gan ir visai atšķirīgi un lielā mērā atkarīgi no lokāliem augsnes, reljefa un citiem faktoriem, taču augsta platību hidroloģiskā konektivitāte, kas raksturīga arī demonstrācijas teritorijai, riskus palielina.

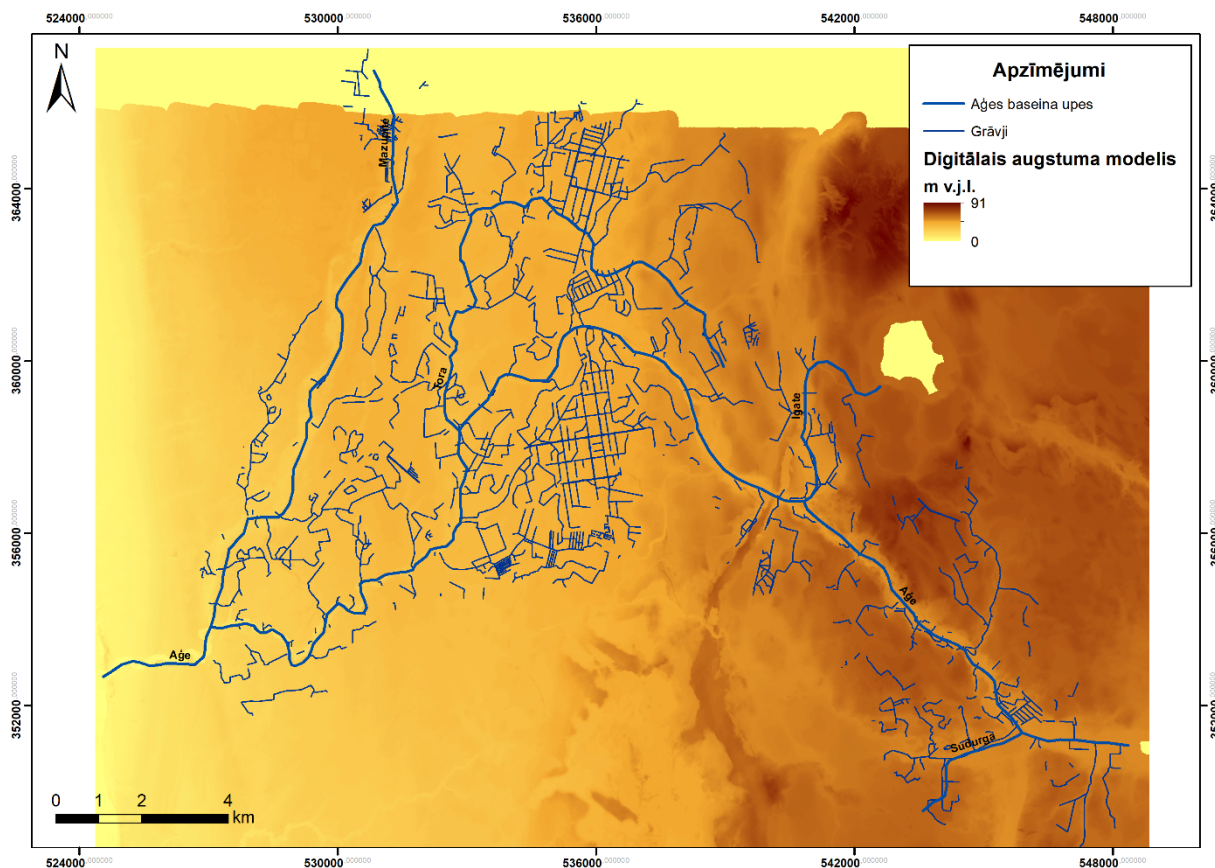


Attēls 16. Novadgrāvju un izcirtumu izvietojums Aģes upes apakšbaseinā.

Tabula 8. Izcirtumu platība sateces baseinā un 30 metru joslā no grāvjiem.

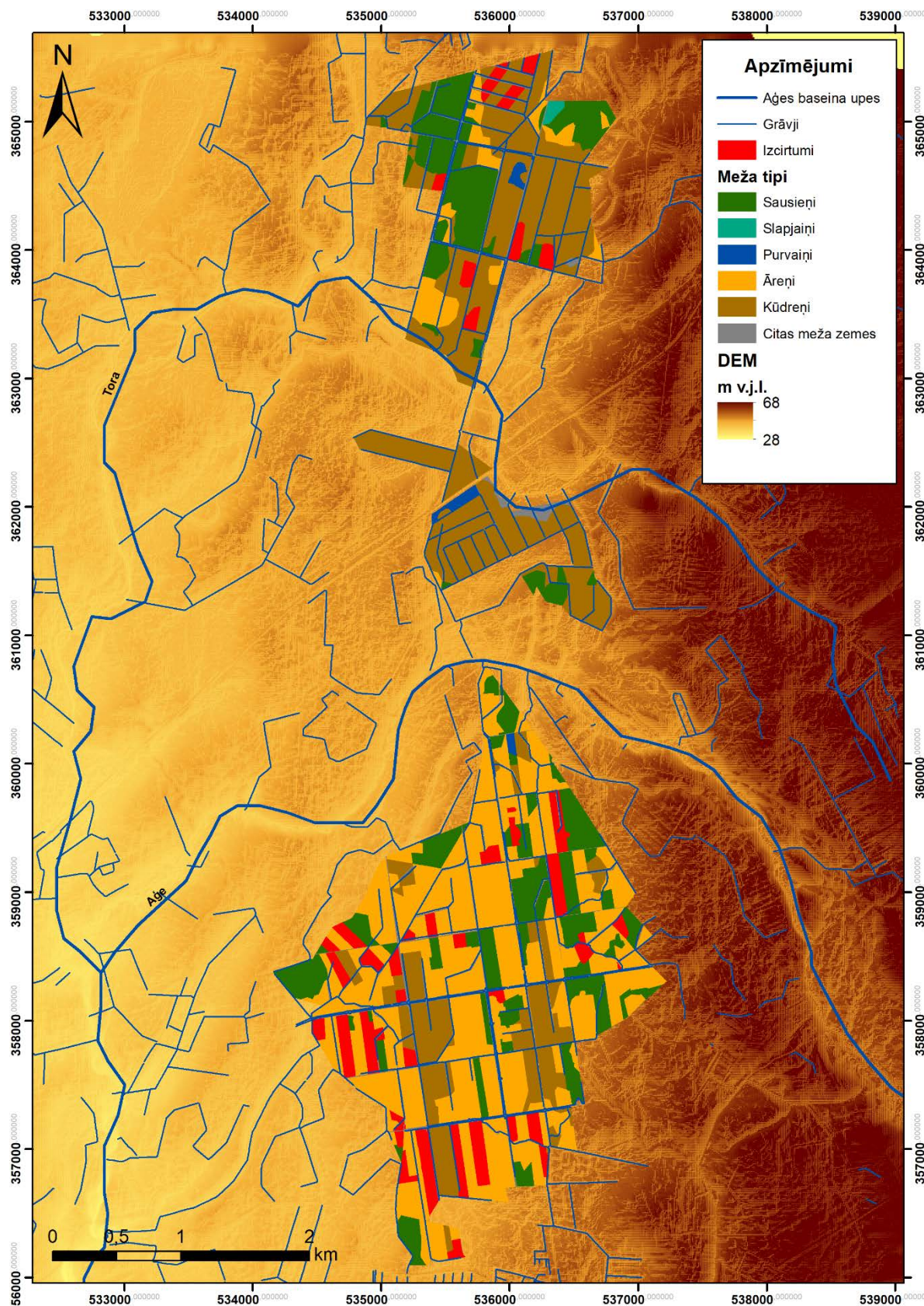
	Sateces baseinā kopumā, ha	30 m joslā no grāvjiem, ha	30 m joslā no grāvjiem, % no kopējā
Izcirtumi	140,1	28,2	20,1

Sateces baseina austrumu daļā (Aģes upes augšteces posmā) ir saposmots reljefs, augstākajās vietās pārsniedzot 80 m v.j.l., savukārt upes gultnes augstums ir ap 50 metriem. Aģes upes kritums augštecē ir ap 10 metriem, nav straujteču posmu un upes straume kopumā ir lēna. Šo iemeslu rezultātā sateces baseina augšdaļā ir izteiktāka virszemes notecē no apkārtējās teritorijas un ļoti augsta sedimentu akumulācija. Upes lejtecē starpība ar apkārtējo teritoriju izlīdzinās un augstums virs jūras līmeņa pakāpeniski samazinās – straumes ātrums Aģes upē palielinās, savukārt virszemes notecē kopējā balance palielinās, ko veido intensīvais meliorācijas tīkls (17. attēls) (A5 aktivitātes atskaite par izpētes darbu rezultātiem Aģē un Mergupē, 2020).

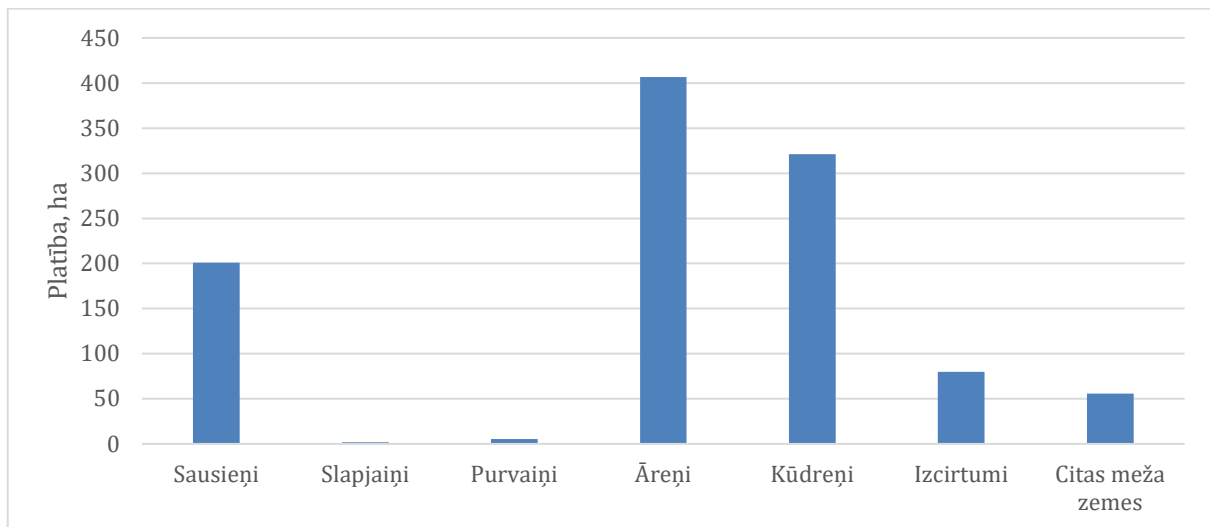


Attēls 17. Digitālais augstuma modelis.

Sateces baseinā ir trīs meža masīvi ar blīvu meliorācijas tīklu (18., 19. attēls). Šo trīs meža masīvu kopējā platība ir 9,9 km², savukārt grāvju tīkla kopējais garums tajos ir 94 km, kas veido novadgrāvju tīkla blīvumu 9,5 km km². Grāvju tīkla blīvums intensīvi nosusinātajos mežu masīvos ir ievērojami augstāks nekā sateces baseinā kopumā (attiecīgi 2,26 km km⁻²).



Attēls 18. Intensīvi meliorētās mežaudzes Aģes upes apakšbaseinā.



Attēls 19. Meža augšanas apstākļi intensīvi meliorētajos meža masīvos

Tabula 9. Meža augšanas apstākļi intensīvi meliorētajos valsts meža masīvos.

Meža augšanas apstākļi	Platība, hektāri
Sausieņi	201
Slapjaini	2
Purvaini	5
Āreņi	407
Kūdreņi	321
Izcirtumi	80
Citas meža zemes	56

Patlaban pirmie ūdens kvalitātes monitoringa rezultāti neliecina par palielinātām barības vielu iznesēm no demonstrācijas teritorijas. Nitrātu slāpekļa vidējā koncentrācija starp paraugu ņemšanas punktiem mežā svārstās no 0.1 līdz 0.75 mg L⁻¹, fosfātu fosfora koncentrācija – no 0,002 līdz 0.06 mg L⁻¹, bet suspendēto daļiņu koncentrācija – no 0.6 līdz 9.2 mg L⁻¹, izņemot paraugu ņemšanas vietu zem bebru dambja, kur vidējā suspendēto vielu koncentrācija paraugošanas periodā (kopš 2020. gada vasaras sākuma) sasniedz 68 mg L⁻¹. Tomēr jāņem vērā, ka pašlaik teritorijā netiek veikta intensīva mežsaimnieciska darbība, un jābūt gataviem novērst tās potenciālos riskus. Konkrēti vietas zaļās infrastruktūras risinājumu pārbaudei un videi draudzīgu meža meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanai tika izvēlētas ciešā sadarbībā ar AS "LVM" speciālistiem, kas pārzina konkrēto teritoriju un tās specifiku. Līdz ar to var uzskatīt, ka konkrētie demonstrācijai izvēlētie risinājumi un to atrašanās vietas ir kompromiss starp ideālo scenāriju, kas realitātē nav īstenojams, un reālajām iespējām. Sīkāk par konkrētu struktūru un pasākumu plānošanu aprakstīts citos dokumentos.

Secinājumi

- Iepriekš veiktie papildu barības vielu ieneses pētījumi mežaudzēs neuzrāda būtisku īstermiņa meža augšanas apstākļu uzlabošanas ietekmi uz slāpekļa koncentrācijām upē, taču secinājumu izdarīšanai nepieciešama garāka datu rinda. Šajā platībā tiek turpināts monitorings, saistot to ar GoodWater IP ietvaros plānotajiem pasākumiem zaļās infrastruktūras kvalitātes uzlabošanai un dabai draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu ierīkošanai;
- Aģes upes apakšbaseina teritorijā 2018. gadā dominēja dažāda veida lauksaimniecības zemes (45% no kopējā Aģes upes baseina) un meža zemes (36% no kopējā Aģes upes baseina). Visizplatītākās lauksaimniecības kultūras ir dažāda veida graudaugi (kvieši, mieži, rudzi), kuru īpatsvars attiecībā pret citām kultūrām ir 42%, un zālāji – attiecīgi 34%. Ievērojamu sateces baseina daļu aizņem arī meža zemes.
- Valdošās koku sugas AS "Latvijas valsts meži" mežaudzēs ir bērzs (26%), priede (17%), egļe (12%) un melnalkšnis (4%). Baltalkšņa audžu īpatsvars, kas varētu palielināt ūdensteču piesārņojuma risku, ir neliels, ūdenstecēm piegulošajās teritorijās baltalkšņa audžu nav. Lielu daļu no meža zemēm aizņem purvu platības. Seķu purvā (platība 110 ha jeb 1/3 no kopējām purvu platībām) tiek veikta kūdras ieguve. Pārējās purvu teritorijās saimnieciskā darbība netiek veikta;
- Teritorijā ir blīvs meliorācijas grāvju tīkls, tajā skaitā meža zemēs. Notece no meža meliorācijas sistēmas potenciāli var palielināt difūzo piesārņojumu gan to renovācijas gadījumā, gan tādā gadījumā, ja to tiešā tuvumā tiek veikta mežizstrāde, tādēļ tieši šīs teritorijas ir izvēlētas GoodWater IP pasākumu demonstrācijai meža zemēs.
- Analizējot datus par Aģes sateces baseinu un apsekojot teritoriju dabā, izraudzītas vietas demonstrācijas objektiem, kur plānoti sekojoši pasākumi: Aģes pietekas Toras piekrastes aizsargjoslas ekoloģiskās funkcionalitātes uzlabošana, veidojot kokaudzes struktūru aizsargjoslā, kā arī videi draudzīgu meliorācijas sistēmu elementu – sedimentācijas dīķa un maksimālās caurplūdes kontroles struktūras – ierīkošana uz meliorācijas grāvjiem. Šo demonstrācijas objektu atrašanās vietas sīkāk aprakstītas aktivitāšu A2.2. un A2.3. pārskatos.

Izmantotā literatūra

1. Ahtiainen, M., & Huttunen, P. 1999. Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environment Research* 4: 101-114
2. Aizsargjoslu likums. 1997. <https://likumi.lv/ta/id/42348-aizsargjoslu-likums>
3. Aosaar, J. 2012. The development and biomass production of grey alder stand on abandoned agricultural land in relation to nitrogen and carbon dynamics. PhD thesei. Tartu, 160 p.
4. Henrikson, L. 2018. Blue Targeting – Manual. How to do Blue Targeting for best management practice (BMP) for forestry along small streams. Swedish Forest Agency, EU Interreg project Water Management in Baltic Forests, WAMBAF. 15 pp., <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/projektwebbplatser/wambaf/riparian-forests/blue-targeting-manual/blue-targeting-manual.pdf>
5. Jacks, G., & Norrström, A.C. 2004. Hydrochemistry and hydrology of forest riparian wetlands. *Forest Ecology and Management* 196: 187-197
6. Jansons, V., Lagzdins, A., Berzina, L., Sudars, R., Abramenko, K. 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 Technical University 7: 54-64
7. Kalvīte, Z., Lībiete, Z., and Kļaviņš, I. 2019. The efficiency of forest drainage system sedimentation ponds in the context of water quality. *Proceedings of the 25th International Scientific Conference "Research for Rural Development 2019"*, 95-102
8. Lazdiņš A. 2019. Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam. Pārskats par 2018. gada rezultātiem. https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicacijas/Petijumi/koku-augšanas-apstaklu-uzlabosana_2018.pdf
9. Lībiete Z., Bārdule A., Jūrmalis, E., Donis, J., Kļaviņš, I., Kalvīte, Z., Gerra-Inohosa, L., Matisone, I. 2020. Mežsaimniecības ietekmes ainavu mēroga novērtējums uz meža un saistīto ekosistēmu regulējošo un uzturošo ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti - barības vielu apriti, ūdeņu ekoloģisko kvalitāti, bioloģiskajai daudzveidībai nozīmīgiem meža un ainavas struktūras elementiem. Pārskats par pētījuma "mežsaimniecības ietekme uz meža un saistīto ekosistēmu pakalpojumiem" 2020. gada rezultātiem. 241 lpp.
10. Löfgren, S., Ring, E., von Brömssen, C., Sørensen, R., & Högbom, L. 2009. Short-term effects of clear-cutting on the water chemistry of two boreal streams in northern Sweden: A paired catchment study. *Ambio* 38: 347-356
11. Marttila, H., and Kløve, B. 2010. Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological engineering* 36(7): 900–911.
12. Marttila, H., Vuori, K-M., Hökkä, H., Jämsen, L. and Kløve, B. 2010. Framework for designing and applying peak runoff control structures for peatland forestry conditions. *Forest Ecology and Management* 260(8): 1262–1273.
13. Nieminen, M., Kaila, A., Koskinen, M., Sarkkola, S., Fritze, H., Tuittila, E.-S., Nousiainen, H., Koivusalo, H., Laurén, A., Ilvesniemi, H., Vasander, H., and

- Sallantaus, T. 2015. Natural and Restored Wetland Buffers in Reducing Sediment and Nutrient Export from Forested Catchments: Finnish Experiences. In: J. Vymazal (ed.), *The Role of Natural and Constructed Wetlands in Nutrient Cycling and Retention on the Landscape*, 57-72
14. Nieminen, M., Palviainen, M., Sarkkola, S., Laurén, A., Marttila, H., & Finér, L. (2017). A synthesis of the impacts of ditch network maintenance on the quantity and quality of runoff from drained boreal peatland forests. *Ambio*, 47(5), 523–534
 15. Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A., and Finér, L. 2018. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio*, 47, 535-545.
 16. Ring, E., Andersson, E., Armolaitis, K., Eklöf, K., Finér, L., Gil, W., Glazko, Z., Janek, M., Lībiete, Z., Lode, E., Małek, S., and Piirainen, S. 2018. Good practices for forest buffers to improve surface water quality in the Baltic Sea region. Skogforsk rbetsrapport no. 995-2018, 59 pp.
 17. Uri, V., Lõhmus, K., Mander, Ü., Ostonen, I., Aosaar, J., Maddison, M., Helmisaari, H.-S., and Augustin, J. 2011. Long-term effects on the nitrogen budget of a short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) forest on abandoned agricultural land. *Ecological Engineering* 37 (6): 920-930.