



Rokasgrāmata ūdens kvalitātes aizsardzības struktūru izveidošanai meža meliorācijas sistēmu rekonstrukcijas laikā un ūdens aizturēšanai mežā

Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen,
Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander,
Edward Pierzgalski, Eva Ring un Ulf Sikström (Zane Lībiete, tulkojums)

Rokasgrāmata ūdens kvalitātes aizsardzības struktūru izveidošanai meža meliorācijas sistēmu rekonstrukcijas laikā un ūdens aizturēšanai mežā

Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen,
Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander,
Edward Pierzgalski, Eva Ring un Ulf Sikström (Zane Lībiete, tulkojums)



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

WAMBAF Tool Box

Autori: Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen, Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilē Čiuldienē, Zane Lībiete, Anja Lomander, Edward Pierzgalski, Eva Ring un Ulf Sikström
Publicētājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Publicēšanas gads: 2021
Vāks: Ilze Pauliņa
Tulkojums: Zane Lībiete

Kopsavilkums

Leena Finér¹⁾, Laura Härkönen^{2,3)}, Juha Jämsén⁴⁾, Samuli Joensuu²⁾, Antti Leinonen⁴⁾, Elisabet Andersson⁵⁾, Anneli Ågren⁶⁾, Dovilė Čiuldienė⁷⁾, Zane Lībiete⁸⁾, Anja Lomander⁵⁾, Edward Pierzgałski⁹⁾, Eva Ring¹⁰⁾ un Ulf Sikström¹⁰⁾

¹⁾ Somijas Dabas resursu institūts (Luke), Somija

²⁾ Tapio Oy, Somija

³⁾ Somijas Vides institūts (SYKE), Somija

⁴⁾ Somijas Meža centrs, Somija

⁵⁾ Zviedrijas Meža aģentūra, Zviedrija

⁶⁾ Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitāte (SLU), Zviedrija

⁷⁾ Lietuvas Lauksaimniecības un mežsaimniecības centrs (LRCAF), Lietuva

⁸⁾ Latvijas Valsts Mežzinātnes institūts "Silava", Latvija

⁹⁾ Meža pētniecības institūts (IBL), Polija

¹⁰⁾ Zviedrijas Meža pētniecības institūts (Skogforsk), Zviedrija

Meža meliorācijas sistēmu (MMS) renovācija tiek veikta, lai saglabātu vai uzlabotu koku augšanu. MMS renovācija ietver darbības, kuru mērķis ir meliorācijas uzlabošana gadījumos, kad augsts gruntsūdens līmenis negatīvi ietekmē koku augšanu. MMS renovācijai jābūt finansiāli pamatotai, un jāsamazina tās negatīvā ietekme uz ūdens kvalitāti. Veicot MMS renovācijas nepieciešamības izvērtējumu, jāņem vērā ūdens aizsardzības prasības. Šajā rokasgrāmatā ir apkopotas tehniskās instrukcijas ūdens aizsardzības struktūru izveidošanai, kā arī uzskaitīti nepieciešamie materiāli, un tā ir angļu versijas tulkojums (Finér et al. 2020). Visas struktūras detalizētāk ir aprakstītas "Labas prakses piemēros meliorācijas sistēmu apsaimniekošanai, lai aizsargātu ūdens kvalitāti" (Finér et al. 2018). Šo ūdens aizsardzības struktūru mērķis ir samazināt suspendēto cieta daļiņu, slāpekļa (N) un fosfora (P) transportu uz ūdenstecēm MMS renovācijas laikā un pēc tās. Papildus meliorācijas sistēmu renovācijā izmantoto struktūru aprakstam rokasgrāmatā doti piemēri arī struktūrām, kas tiek izmantotas, lai aizturētu ūdenī meža ainavās. Jāuzsver, ka klimata pārmaiņu dēļ ūdens aizturēšanas nepieciešamība mežā nākotnē aktualizēsies.

Priekšvārds

Šī rokasgrāmata ir sagatavota ES Interreg Baltijas jūras programmas projekta WAMBAF Tool Box ietvaros, kas tika īstenots no 2019. gada aprīļa līdz 2021. gada februārim. WAMBAF ToolBox turpina WAMBAF (Water Management in Baltic Forests – Ūdens apsaimniekošana Baltijas mežos) projektu, kas tika īstenots no 2016. gada marta līdz 2019. gada februārim, lai risinātu ar meža apsaimniekošanas ietekmi uz ūdens kvalitāti saistītās problēmas Baltijas jūras reģionā. 1.3.1. un 1.3.5. apakšnodaļu pirmās versijas autors ir Antti Leinonen, 1.3.2. un 1.3.6. apakšnodaļu autori ir Laura Härkönen un Samuli Joensuu, bet 1.3.4. apakšnodaļas autors ir Juha Jämsén. 2. nodaļu par ūdens aizturēšanu mežā sarakstījis Edward Pierzgałski. Leena Finér rediģēja un apkopēja rokasgrāmatu, un rakstīšanā piedalījās visi līdzautori. Šis dokuments ir oriģinālās versijas (Finér et al. 2020) tulkojums latviešu valodā.

Atslēgvārdi: gultnes dambis, grāvju tīrīšana, maksimālās caurplūdes kontrole, kūdras augsne, atjaunota mitrzone, nosēdīķis, sedimentācijas bedrīte, sedimentācijas dīķis, netīrīts grāvis, ūdens aizsardzība, ūdens aizture, virszemes filtrācijas platība

Saturs

1. Ūdens aizsardzība meža meliorācijas sistēmu uzturēšanā	6
1.1. Ievads	6
1.2. Ūdens aizsardzības struktūru plānošana	6
1.2.1. MMS renovācijas nepieciešamības novērtēšana	6
1.2.2. Platības kartēšana	7
1.2.3. Ūdens aizsardzības struktūru plānošana.....	9
1.2.4. Darbību plānošana un skaidrošana	9
1.3. Ūdens aizsardzības struktūras renovējamajā meliorācijas sistēmā	9
1.3.1. Netīrīti grāvji un grāvju posmi	10
1.3.2. Sedimentācijas bedrītes	11
1.3.3. Gultnes dambji	12
1.3.4. Maksimālās caurplūdes kontroles struktūras	14
1.3.5. Virszemes filtrācijas platības	19
1.3.6. Sedimentācijas dīķi.....	22
2. Kontrolētā nosusināšana un ūdens aizture mežā	27
2.1. Ievads	27
2.2. Dambju struktūras	27
2.2.1. Pastāvīgas dambju struktūras	27
2.2.2. Dambju struktūras ar ūdens līmeņa kontroli	29
2.2.3. Ūdens uzkrāšanas dīķi	30
2.2.4. Nosusinātu kūdras augšņu un mitrzemju hidroloģijas atjaunošana	32
Terminu saraksts	34
Atsauces	36
1. pielikums Plūsmas diagramma MMS renovācijas piemērotības izvērtēšanai	37

1. Ūdens aizsardzība meža meliorācijas sistēmu uzturēšanā

1.1. Ievads

Meža meliorācijas sistēmu (MMS) uzturēšanas galvenais mērķis ir saglabāt vai uzlabot meža augšanas tempu. MMS uzturēšanai jābūt finansiāli pamatotai, tāpat arī jāsamazina tās potenciāli negatīvā ietekme uz ūdens kvalitāti; jau plānojot MMS renovāciju, uzmanība jāpievērš ūdens aizsardzībai. MMS renovācijas nepieciešamību iespējams novērtēt vairākos soļos, kas apkopoti 1. pielikumā un detalizētāk aprakstīti Finér et al. (2018).

Šajā rokasgrāmatā ir apkopotas tehniskās instrukcijas un informācija par materiāliem, kas nepieciešami ūdens aizsardzības struktūru izveidošanai. Šīs struktūras detalizētāk aprakstītas Finér et al. (2018). Baltijas jūras reģionā šo ūdens aizsardzības struktūru mērķis ir samazināt suspendēto cieto daļiņu (SD), slāpekļa (N) un fosfora (P) transportu uz ūdensobjektiem MMS renovācijas laikā un pēc tās.

Veicot MMS renovāciju, jāievēro atbilstošie normatīvie akti, kā arī sertificētos mežos – atbilstošās sertifikācijas prasības.

Mēs ceram, ka šī rokasgrāmata būs noderīga Baltijas jūras reģiona meža un vides apsaimniekotāju ikdienas darbā, un to varēs izmantot arī citi, kas iesaistīti MMS renovācijas praktisko darbu veikšanā. Izmantotās terminoloģijas skaidrojums atrodams rokasgrāmatas beigās.

1.2. Ūdens aizsardzības struktūru plānošana

Ūdens kvalitātes uzturēšana, samazinot SD un barības elementu transportu no meliorētām meža platībām, kur tiek veikta MMS renovācija, iespējama vairākos veidos. Tas īstenojams, 1) kontrolējot nosusināšanas intensitāti, t.i., pārtīrāmo grāvju (un nepieciešamības gadījumā jaunu grāvju esošajā sistēmā) garumu, kā arī šo grāvju dziļumu, platumu un nogāžu slīpumu; 2) samazinot ūdens plūsmas ātrumu un erozīvo spēku grāvjos, un 3) uztverot SD un barības vielas pirms to nonākšanas ūdensobjektos. Kopumā ir ļoti svarīgi novērst eroziju, jo erodētā materiāla uztveršana un imobilizācija ir ļoti sarežģīta. Nosusināšanas intensitāti, ūdens plūsmas ātrumu un erozīvo spēku iespējams kontrolēt, atstājot dažus grāvjus vai atsevišķas grāvju sekcijas netīrītas un izvairoties no grāvju padziļināšanas. Ūdens plūsmas ātrumu un erodējošo spēku var samazināt arī ar gultnes dambjiem un maksimālās caurplūdes kontroles (MCK) sistēmām, turklāt MCK sistēmas kombinācijā ar sedimentācijas bedrītēm un baseiniem var uztvert SD un tajās saistītās barības vielas. Arī virszemes filtrācijas platības var uztvert barības vielas. Platībās, kur tiek veikta MMS renovācija, iespēju robežās jāizmanto vairākas ūdens aizsardzības struktūras un paņēmieni. Plānojot ūdens aizsardzību, īpaša piesardzība jāievēro platībās, kur drenāžas ūdeņi tiek ievadīti jutīgā vai ekoloģiski īpaši vērtīgā ūdensobjektā. Plānošanas procesam jāietver 1.2.1–1.2.4. apakšnodaļās aprakstītie soļi. Lai gan soļi "MMS renovācijas nepieciešamības novērtēšana" un meliorētās platības "kartēšana" ir daļēji integrēti process, jo katrs no tiem ir atkarīgs no Informācijas, ko satur otrs, tālāk tie aprakstīti atsevišķās apakšnodaļās.

1.2.1. MMS renovācijas nepieciešamības novērtēšana

Ir svarīgi rūpīgi izvērtēt MMS renovācijas nepieciešamību. Tā būtu veicama tikai platībās, kur tā ir ekonomiski pamatota, un ir sagaidāms, ka MMS renovācija saglabās vai uzlabos koku augšanas gaitu. 1. pielikumā tiek piedāvāta plūsmas diagramma lēmumu pieņemšanas atbalstam. Detalizēta informācija, kā veikt izvērtējumu un pieņemt lēmumu, atrodama Finér et al. (2018).

Tiek uzskatīts, ka gruntsūdens līmenim nosusinātās platībās veģetācijas sezonas otrajā pusē būtu jābūt vismaz 35–40 cm zem zemes virsmas, lai koki labi augtu (Finér et al. 2018 un attiecīgās atsauces). Tādēļ augstāks gruntsūdens līmenis var norādīt uz MMS renovācijas nepieciešamību.

1.2.2. Platības kartēšana

Sateces baseins un ūdensteču izvietojums

Topogrāfiskajā kartē atzīmējiet *visu sateces baseinu*, kurā atrodas teritorija, kuras MMS paredzēts renovēt (1. att.). Tas izdarāms, piemēram, izmantojot esošās hidrogrāfiskā tīkla un grāvju kartes vai arī ar digitālo rīku palīdzību. Kad ir identificēta kopīgā sateces baseina platība, kurā atrodas MMS, tiek atzīmētas *visu ūdensteču un grāvju atrašanās vietas*. Tam var izmantot pieejamos ĢIS rīkus, kartes, vecos meliorācijas plānus un aerofoto ainas. Grāvju darbības efektivitāti nepieciešams pārbaudīt dabā. Turklāt jānovērtē drenāžas ūdeņus uztverošie ūdensobjekti un to nepieciešamība pēc aizsardzības.

Susinātājgrāvju un novadgrāvju izvietojums

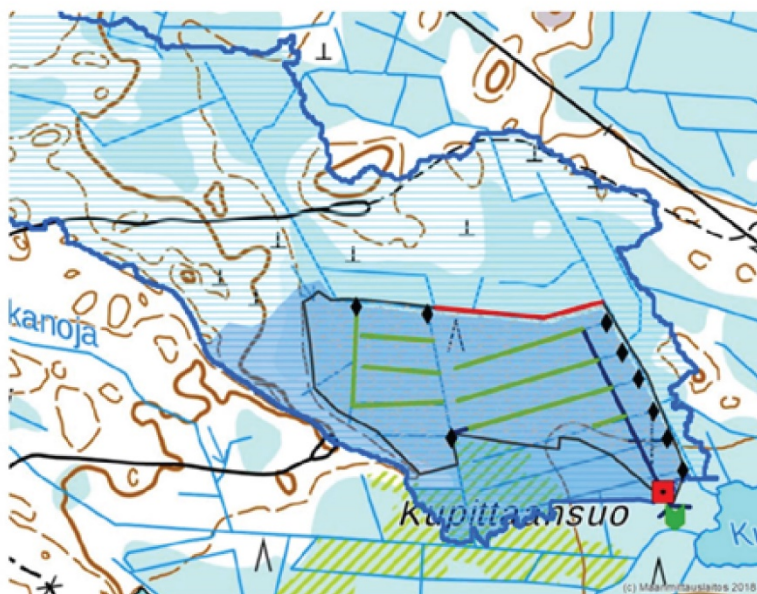
Lai plānotu ūdens aizsardzības struktūru veidu, skaitu un izvietojumu, esošie grāvju jāsadala divās kategorijās: *susinātājgrāvji un novadgrāvji* (1. att.). Susinātājgrāvju mērķis ir pazemināt gruntsūdens līmeni to tiešā tuvumā. Novadgrāvji uztver ūdeni no susinātājgrāvjiem, tādējādi uzturot to nosusinošās funkcijas, un transportē to prom no meliorētās platības. MMS platībā var būt arī *kontūrgrāvji*, kuru funkcija ir aizturēt no augstākām sateces baseina vietām ieplūstošo ūdeni un neļaut tam nonākt MMS platībā. Uz ūdens aizsardzības struktūrām jānovada tikai ūdens no reāli renovētās MMS.

Grāvju savstarpējais attālums un virziens

Nosakiet atsevišķu *grāvju baseinu robežas un grāvju kritumu visā to garumā, kā arī augsnes tipu un tekstūru grāvju gultnēs un nogāzēs* (skat. tabulu terminu skaidrojošajā sadaļā zemāk). Šī informācija ir nepieciešama MMS renovācijas un ūdens aizsardzības pasākumu plānošanai. Augsnes tips ir jāprecizē objektā uz vietas, jo esošo augsnes karšu izšķirtspēja var būt nepietiekama. Piemēram, ja grāvja kritums ir lielāks nekā rekomendētais lielums, erozijas risks būtiski palielinās. Turklāt platības lielums, kādu grāvji spēj efektīvi nosusināt, ir atkarīgs no *augšnes hidrauliskās konduktivitātes*, t.i., *augšnes spējas pārvadīt ūdeni*.

Somijas apstākļos nosusināšana efektīvi darbojas aptuveni 20–25 m platā joslā uz abām grāvja pusēm. Somijā, ja grāvju savstarpējais attālums ir lielāks par 80 m un papildu grāvju rakšana nav iespējama, ir ieteicams atturēties no meža meliorācijas sistēmu atjaunošanas, jo tās ietekme uz koku augšanu visticamāk nebūs pietiekama. Latvijā ir atšķirīga hidroģeoloģiskā situācija, un pie mums pozitīvs meliorācijas efekts ir vērojams pie lielākiem grāvju savstarpējiem attālumiem, tādēļ lēmumu pieņemšanā ieteicams vadīties no spēkā esošajiem normatīviem. Atsevišķu izolētu grāvju uzturēšana parasti nav ieteicama, jo to efektivitāte ir vērojama tikai tiešā to tuvumā, turklāt bieži tie atrodas vietās, kur to mērķis ir ūdens novadīšana no lielas platības, kas savukārt var palielināt erozijas risku. No otras puses, ja šādi grāvji spēj efektīvi transportēt lielus ūdens apjomus, tie parasti saglabā labu ūdens novadīšanas kapacitāti arī pēc sākotnējās meliorācijas.

Jāņem vērā arī *grāvju virziens*: ja grāvji renovējamajā platībā ir izvietoti paralēli virsmas slīpumam (t.i., perpendikulāri izolīnijām), to meliorācijas efekts nav optimāls, un maksimālā caurplūduma apstākļos var palielināties erozija. Lai saglabātu optimālu nosusināšanas efektu un samazinātu erozijas riskus, grāvji jāizvieto perpendikulāri galvenajam slīpumam, un grāvja garuma gradientam būtu jābūt robežās starp 0.2–0.5%. Ja esošās sistēmas ietvaros šādus rādītājus ir problemātiski sasniegt, ņemot vērā meliorācijas efektivitāti un erozijas riskus, apsveriet MMS renovācijas vispārējo lietderību šajā platībā.



Struktūras un grāvji

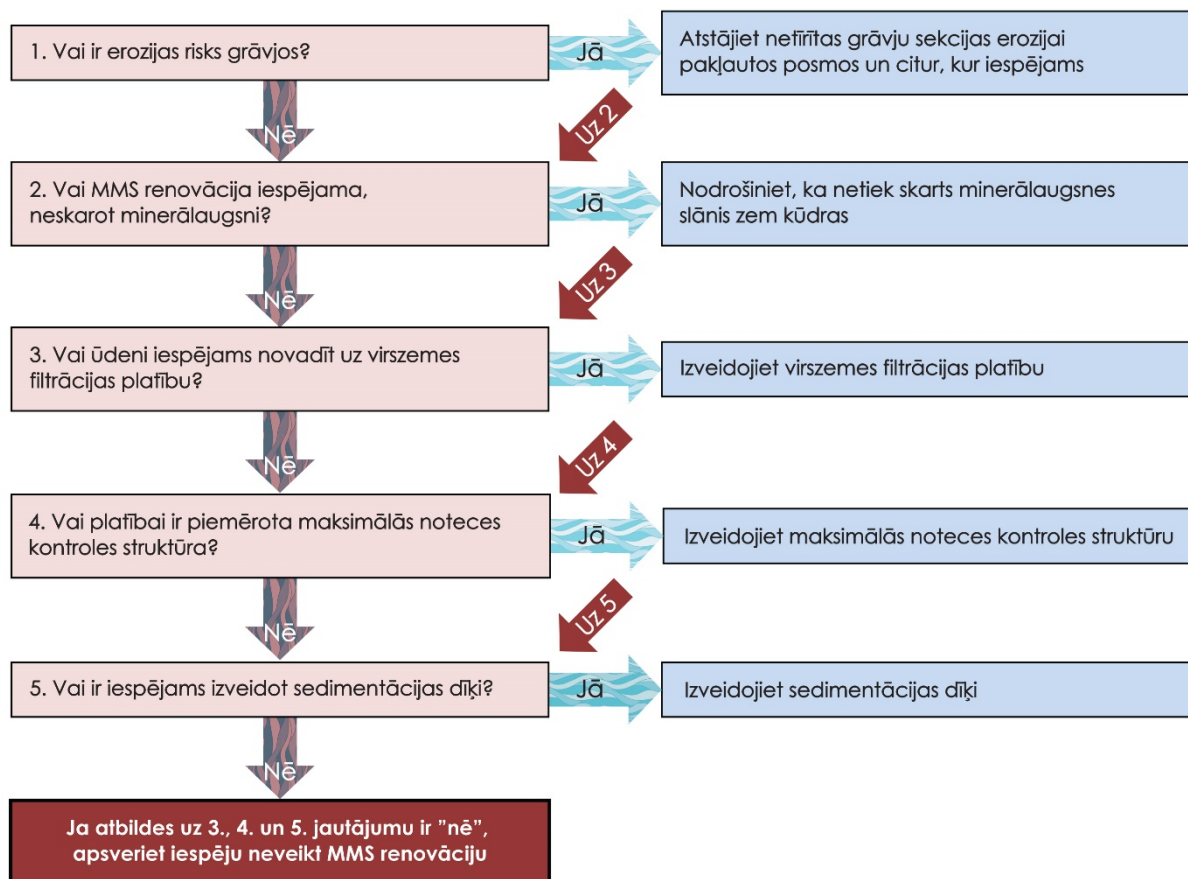
- | | | | |
|---|-------------------------------|---|---|
|  | Virszemes filtrācijas platība |  | Kontūrgrāvis |
|  | Sedimentācijas dīķis |  | Meža atjaunošanas platība un meliorācijas sistēma |
|  | Nosprostots grāvis |  | Meliorācijas sistēmas baseins pēc MMS renovācijas |
|  | Savācējgrāvis |  | Sākotnējā baseina platība |
|  | Novadgrāvis | | |

1. attēls. Augšējā karte rāda sateces baseinu (ar zilu līniju) Somijas dienvidu daļā. Šī baseina iekšienē atrodas Kupittaansuo meža meliorācijas sistēmas renovācijas un mežizstrādes platība (melnā punktotā līnija). Apakšējā kartē šī teritorija redzama tuvinājumā. Dažādi grāvju veidi un ūdens aizsardzības struktūras atzīmētas ar simboliem. Kartes: National Land Survey of Finland un Antti Leinonen.

1.2.3. Ūdens aizsardzības struktūru plānošana

2. attēlā redzama plūsmu diagramma secīgai ūdens aizsardzības struktūru plānošanai un izvēlei.

Ūdens kvalitātes aizsardzības plānošana



2. attēls. Plūsmu diagramma secīgai ūdens aizsardzības struktūru plānošanai platībās, kur MMS renovācija atzīta par efektīvu. No: Finér et al. (2018).

1.2.4. Darbību plānošana un skaidrošana

Pārtīrāmos grāvjus, kā arī ūdens aizsardzības struktūru veidu un atrašanās vietas vēlams atzīmēt MMS plānā (1. att.). Plānam kopā ar skaidrām darba instrukcijām jābūt pieejamam tehnikas operatoriem jau pirms darbu sākuma. Vispārējais princips ir vispirms izveidot ūdens aizsardzības struktūras, kurām jāaiztur erodētais sediments. Jāizvairās veikt MMS renovācijas darbības palielinātās ūdens plūsmas apstākļos. Ja teritorijā paredzēta arī koksnes ieguve, tad ir racionāli plānot šīs darbības vienā un tajā pašā laikā; koki, kas aug grāvju malās un potenciāli traucē renovācijas darbiem, novācamai mežizstrādes laikā. Tāpat arī MMS renovācijas laikā ir izvācamas mežizstrādes laikā grāvjos nonākušās ciršanas atliekas.

1.3. Ūdens aizsardzības struktūras renovējamajā meliorācijas sistēmā

Turpmākajās apakšnodaļās (1.3.1.–1.3.6.) doti tehniskie norādījumi un informācija par materiāliem, kas vajadzīgi aprakstīto ūdens aizsardzības struktūru izbūvei. Skaidrotas arī katras struktūras funkcijas, kā arī monitoringa un uzturēšanas pasākumi, kas vajadzīgi, lai nodrošinātu struktūru optimālu darbību.

Mūsu zināšanas par netīrītu grāvju un grāvju posmu, sedimentācijas baseinu un bedrīšu un gultnes dambju efektivitāti N, P un SD transporta samazināšanā pamatā ir balstītas praktiskajā pieredzē. Ir arī vairāki eksperimentālie pētījumi, kas demonstrē maksimālās caurplūdes kontroles struktūru, virszemes filtrācijas platību un sedimentācijas dīķu efektivitāti ūdens kvalitātes aizsardzībā (skat. Finér et al. 2018 un Nieminen et al. 2018 un atsauces).

1.3.1. Netīrīti grāvji un grāvju posmi

Funkcija

Lai izvairītos no erozijas un suspendēto daļiņu transporta uz promteku, ir būtiski kritiski izvērtēt reālo renovācijas nepieciešamību katrā atsevišķā grāvī. Lai nodrošinātu efektīvu meliorācijas efektu ar minimālu iejaukšanos, ir iespējams atstāt dažus netīrītus grāvjus un/vai to posmus atjaunojamajā grāvju sistēmā (3. att.). Šādu netīrītu grāvju un to sekciju funkcija ir ūdens plūsmas ātruma samazināšana, kas samazina arī suspendēto daļiņu transportu.



3. attēls. Susinātājgrāvja (pa kreisi) un novadgrāvja (pa labi) piemēri platībās Zviedrijā, kur pirmreizējā meliorācija bijusi efektīva. Daži grāvju posmi ir atstāti netīrīti, un ik pa 100–200 m ir izraktas sedimentācijas bedrītes. Foto: Bo Leijon.

Novietojums

Lai novērtētu individuālu grāvju renovācijas nepieciešamību, ir lietderīgs to dalījums susinātājgrāvjos un novadgrāvjos (skat. 1.2.2. apakšnodaļu un 1. att.). Nosacījumi abām kategorijām doti zemāk.

Susinātājgrāvji:

- Ja gruntsūdens līmenis pirms renovācijas 20–25 m attālumā no grāvja atrodas dziļāk par 35–40 cm, apsveriet iespēju to atstāt netīrītu.
- Atstājiet netīrītas grāvju sekcijas posmos, kur kritums pārsniedz aptuveni 0.5% vai arī kur grāvju gultnē vai nogāzēs redzamas erozijas pazīmes.
- Netīrītās sekcijas garumam vajadzētu būt vismaz 10 m, pretējā gadījumā to var aizskalot.
- Apsveriet netīrīto sekciju atstāšanu pirms susinātājgrāvja savienošanas ar novadgrāvi.
- Ņemiet vērā, ka netīrītas sekcijas atstāšana var paaugstināt ūdens līmeni grāvī un lokāli ietekmēt gruntsūdens līmeni un koku augšanu.
- Lai samazinātu erozijas risku meliorācijas grāvjos, meliorācijas grāvjos nevajadzētu ievadīt ūdeni no platībām, kas ir ārpus konkrētās meliorācijas sistēmas (ceļa grāvjiem, lauksaimniecības grāvjiem, veciem grāvjiem ārpus renovējamās MMS).

Novadgrāvji:

- Ūdens plūsma novadgrāvjos parasti ir lielāka nekā susinātājgrāvjos, tādēļ tajos ir arī augstāks erozijas risks.
- Tā kā nepieciešamais meliorācijas efekts parasti tiek sasniegts ar susinātājgrāvjiem, novadgrāvjus būtu ieteicams iespēju robežās nepārtīrīt, sevišķi tādēļ, ka novadgrāvjos ir ievērojami lielāks erozijas risks. Īpaša piesardzība būtu jāievēro gadījumos, kad novadgrāvis transportē ūdeni cauri nosusinātai teritorijai. Ja novadgrāvjus nav iespējams atstāt netīrītus, ieteicams renovēt tikai tos posmus, kas nepieciešami grāvju funkcionēšanai un gruntsūdens līmeņa noturēšanai 35–40 cm dziļumā veģetācijas sezonas laikā. Tomēr gadījumos, kad grāvju kritums ir ļoti neliels, no pārtīrīšanas izvairīties nav iespējams.
- Sniega kušanas periodā un stipru lietusgāžu laikā novadgrāvjos ir pieļaujama ūdens līmeņa īslaicīga paaugstināšanās, kas neietekmē koku augšanu nosusinātajā platībā.
- Lai identificētu novadgrāvjus, iespējams izmantot dažādas ĢIS datu kopas, kas parāda plūsmu uzkrāšanos un virzienu. Latvijā grāvju kategorijas jau ir definētas meliorācijas plānos.

1.3.2. Sedimentācijas bedrītes

Funkcija un novietojums

Sedimentācijas bedrītes ir meliorācijas grāvju padziļinājumi (4. att.). Tās tiek Materiāli un konstrukcija Sedimentācijas bedrītes var aizturēt rupjākās augsnes daļiņas MMS renovācijas laikā un pirms tās. Tā kā sedimentācijas bedrītes ir nelielas, to kapacitāte ir ierobežota, un aizturētais materiāls var tikt aizskalots, jo sevišķi palielinātas ūdens plūsmas apstākļos. Tādēļ to ierīkošanas lietderība rūpīgi jāizvērtē jau pirms darbu uzsākšanas.

Materiāli un konstrukcija

Īpaši materiāli nav nepieciešami. Sedimentācijas bedrītes tiek raktas ar ekskavatoru.

Monitorings un uzturēšana

Nav nepieciešams monitorings un uzturēšana. Sedimentācijas bedrītes var uztvert augsnes daļiņas, kas rodas MMS renovācijas darbu rezultātā.



4. attēls. Sedimentācijas bedrītes meliorācijas grāvjos Zviedrijas dienvidu daļā. Foto: Eva Ring (pa kreisi) un Anja Lomander (pa labi).

1.3.3. Gultnes dambji

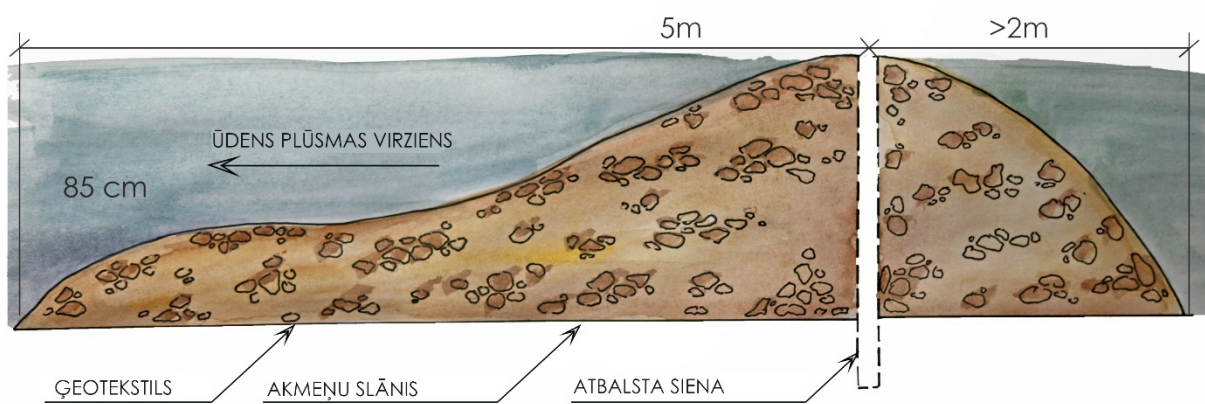
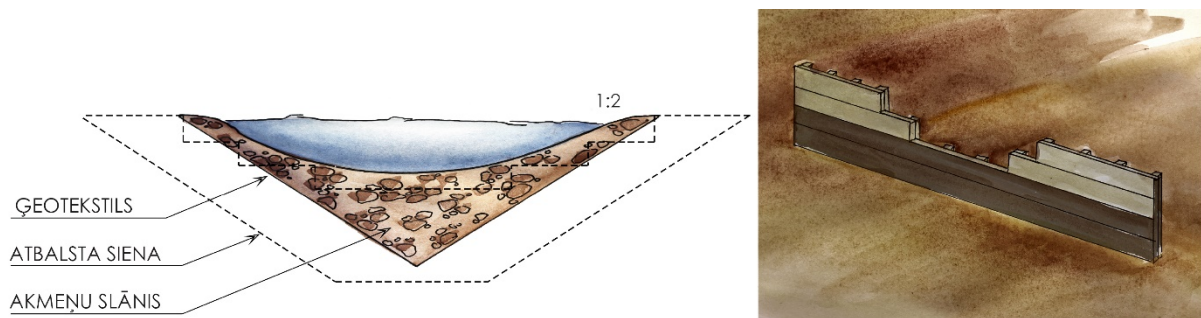
Funkcija un novietojums

Gultnes dambju izveides mērķis ir grāvja gultnes garenslīpuma samazināšana. Rezultātā samazinās arī ūdens plūsmas ātrums, kas nozīmē mazāku erozijas risku un labākas iespējas erodētajam materiālam nosēties grāvja dibenā, novēršot tā tālāku transportu. Dambjus veido, novadgrāvju gultnē novietojot akmeņus, kokmateriālus vai citus materiālus (5. att.).

Gultnes dambjus parasti izmanto grāvjos, kas atrodas erozijai pakļautās platībās. Ūdens plūsmas ātrumu grāvjos var samazināt arī ar netīrītām grāvju sekcijām (skat. 1.3.1. apakšnodaļu). Turklāt MMS renovācijas darbu laikā iespējams izveidot pagaidu dambjus, kas samazina ūdens plūsmas ātrumu. Tie pēc renovācijas darbu beigām ir aizvācami.

Ierīkošana

Grāvjos, kur ūdens plūsmas ātrums ir neliels, gultnes dambi iespējams izveidot izmantojot filtra audumu un akmeņus vai arī šķembu slāni. Grāvjos, kur ūdens plūsmas ātrums ir liels, vajadzīga arī atbalsta siena (5. un 6. att.). To var veidot no spundētiem dēļiem vai ūdensizturīga saplākšņa.



5. attēls. Gultnes dambja šķērsriezums mērogā 1:2 (augšā pa kreisi) un garengriezums (apakšā), kā arī atbalsta siena pirms akmeņu krāvuma izveides (augšā pa labi). Attēli: Ilze Pauliņa.



6. attēls. Kreisajā pusē gultnes dambis darbībā. Foto: Leena Finér. Labajā pusē atbalsta sienas konstrukcijas process: tā tiek novietota gultnes dambja vidusdaļā, kur paredzams vislielākais ūdens plūsmas ātrums. Foto: Matti Seppälä.

Gultnes dambji jāveido vasaras sausajā periodā. Lai izvairītos no tehnikas radītajiem augsnes bojājumiem, ir ieteicams konstrukcijai nepieciešamos akmeņus nogādāt būvniecības vietā jau ziemā, kamēr zeme sasalusi. Izmantotajiem akmeņiem un šķembām jābūt rupjiem (200–400 mm izmērā).

Materiāla veids un izmēri jāizvēlas, ņemot vērā ūdens plūsmas ātrumu grāvī, lai ūdens plūsma neizskalotu konstrukcijas materiālu.

Gultnes dambja konstrukcijas soļi ir sekojoši:

- Vispirms jāizrok slīpa siena dambim.
- Pēc tam gultnes dambja vidū šķērsām grāvja gultnei jāizveido atbalsta siena tādā veidā, lai tās apakšējā daļa sasniegtu minerālaugzni, kas mazāk pakļauta erozijai, un lai sienas malas būtu pietiekami tālu ārpus grāvja malām.
- Tālāk uz grāvja gultnes un malām, kā arī uz atbalsta sienas tiek uzklāts filtrējošais materiāls, kura loksnes izvietojamas perpendikulāri grāvja virzienam. Ja tiek izmantotas vairākas loksnes, tās novietojamas viena uz otras tā, ka pa straumi augstāk esošās loksnes mala vienmēr atrodas virs pa straumi zemāk esošās loksnes malas. Virs pa straumi visaugstāk esošās loksnes tiek izrakta aptuveni 50 cm plata mala perpendikulāri grāvja dibenam, lai novērstu ūdens plūsmas nonākšanu zem dambja.
- Izmantojot ekskavatoru, virs filtrējošā materiāla un nedaudz arī zem dambja novieto akmeņu un šķembu slāni.

Materiāli

- Darbam vajadzīgs ekskavators.
- Spundēti dēļi vai ūdensizturīgs saplāksnis (ja nepieciešama atbalsta siena).
- Filtrējošais materiāls.
- Akmeņi vai šķembas (izmērā 200–400 mm).

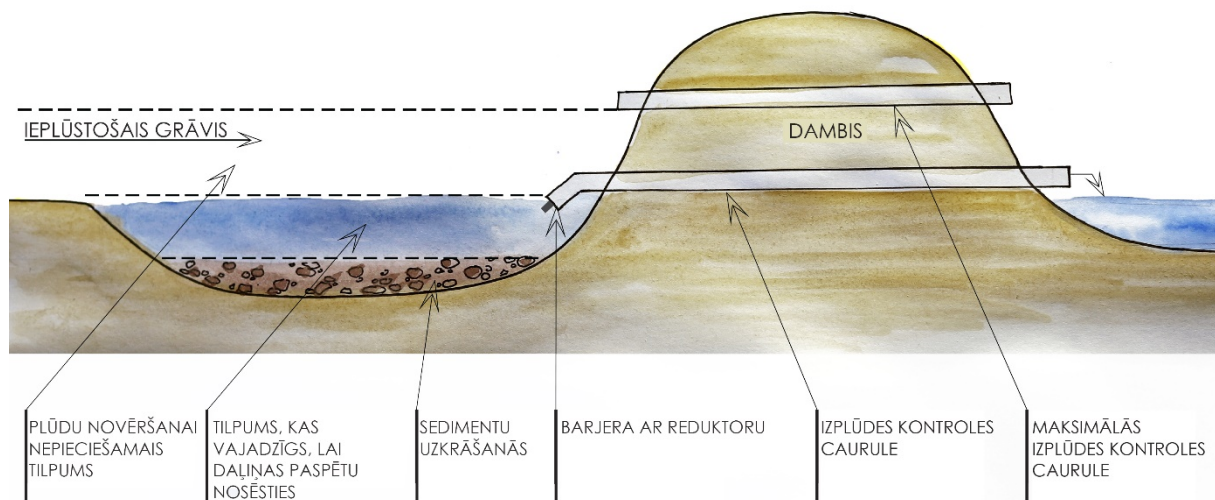
Monitorings un uzturēšana

Konstrukcijas beigās jāpārlicinās par gultnes dambja adekvātu funkcionēšanu.

1.3.4. Maksimālās caurplūdes kontroles struktūras

Funkcija

Maksimālās caurplūdes kontroles struktūras (MCK struktūras) Tiek izmantotas, lai novērstu un/vai samazinātu augsnes eroziju MMS renovācijas platībās. (7. att.). Tās arī veicina erodēto suspendēto daļiņu sedimentēšanos grāvju dibenā vai sistēmā izvietotajās ūdens aizsardzības struktūrās. MCK struktūru mērķis ir samazināt ūdens plūsmas ātrumu sistēmas augšdaļā maksimālās noteces periodos, tajā pašā laikā neietekmējot koku augšanu un platības nosusināšanu (7. un 8. att.). MCK struktūras vidēji aiztur 61% suspendēto cieta daļiņu, 45% no kopējā slāpekļa un 47% no kopējā fosfora, ko transportē ūdens plūsma, bet maksimālās noteces periodos šī aizture var būt pat tuva 90% (Marttila 2010).



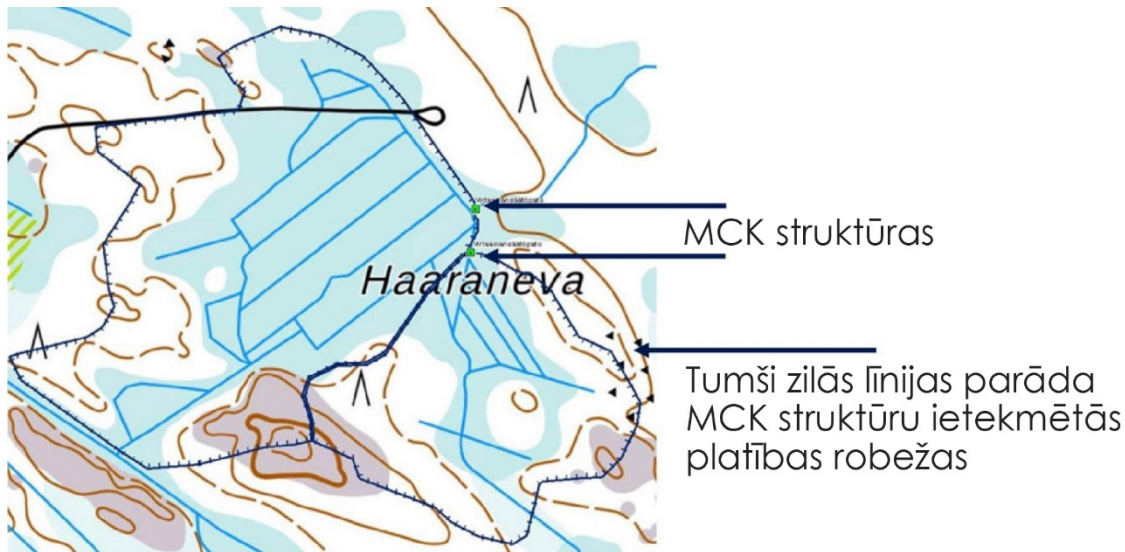
7. attēls. Maksimālās caurplūdes kontroles struktūra. Apakšējā kontroles caurule ir novietota līmenī, kas vajadzīgs pietiekamai meža platības nosusināšanai sistēmas augštecē. Šis līmenis parasti ir tas pats, kas grāvja dibena līmenis (attēlā pa kreisi). Augšējā caurule ir ierīkota 30–40 cm zem apkārtējās platības zemes virsmas līmeņa. Caurules jāievieto piesardzīgi: neļaujiet ūdenim plūst tām apkārt, jo tas var izraisīt paša dambja eroziju. Attēls: Ilze Pauliņa.



8. attēls. Maksimālās caurplūdes kontroles struktūras divās WAMBAF demonstrācijas platībās. Pievērsiet uzmanību abām redzamajām caurulēm Tobo demonstrācijas platībā Zviedrijas centrālajā daļā (pa kreisi). Foto: Lars Högbom. Vengasojā, Somijas centrālajā daļā, patlaban ir redzama augšējā caurule, kontroles caurulei pievienotais reduktors atrodas zem ūdens (pa labi). Foto: Leena Finér.

Novietojums

MCK struktūras iesaka izmantot grāvju tīklos, kur tās var ietekmēt lielāko renovējamo grāvju daļu. Potenciālo MCK struktūras ierīkošanas vietu var plānot, izmantojot 3D virsmas modeļus, augsnes profila datus, kā arī informāciju par zemes izmantošanu un esošo grāvju novietojumu. Struktūras potenciālo ietekmi iespējams novērtēt, izmantojot ĢIS rīkus. Vislabākais efekts parasti ir panākams kolektoros un to krustojšanās punktos (9. att.).



9. attēls. Haaraneva grāvju renovācijas platība Somijas centrālajā daļā. Grāvju sistēmas lejtecē izvietotas divas MCK struktūras (ar bultām). Somijas Nacionālā zemes apsekojuma karte, ko papildinājis Juha Jämsén.

Ierīkošana

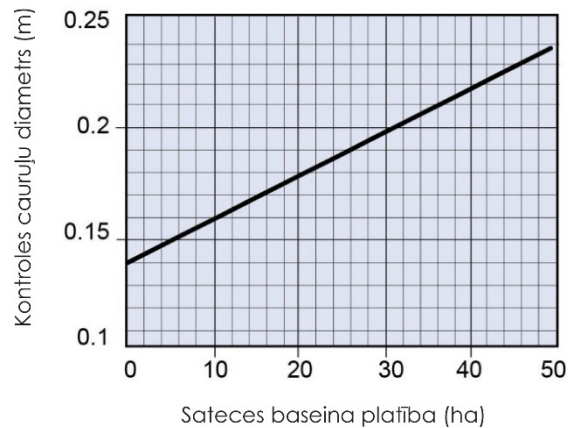
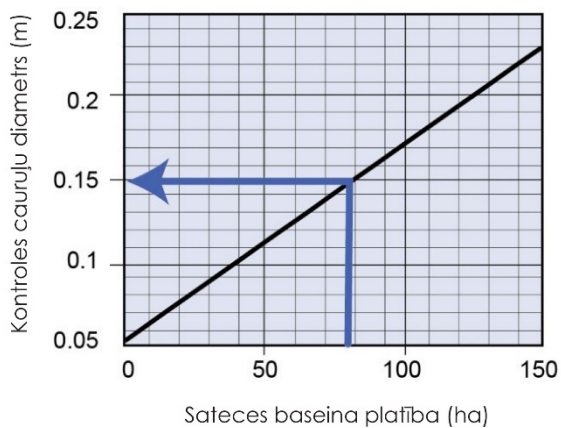
Lai noteiktu MCK struktūru dimensijas, nepieciešama informācija par sateces baseina platību augšpus struktūras, struktūrā nonākošās noteces apjomu un tās spēju novadīt ūdenī.

- Baseina platību var noteikt pēc kartes vai izmantojot digitālos rīkus.
- Noteces apjoma aprēķinam var izmantot nomogrammas un aprēķinu rīkus (skat. 1.3.6. apakšnodaļu un Marttila 2010).

MCK struktūras dimensijas ir atkarīgas no nepieciešamā aizdambēšanas efekta: mērķis ir samazināt ūdens plūsmu maksimālās noteces periodos, nepasliktinot koku augšanu. Tādēļ nepieciešams zināt instalējamo cauruļu drenāžas kapacitāti. Cauruļu ūdens novadīšanas kapacitāti iespējams noteikt, izmantojot caurulēm specifiskus vienādojumus (Marttila 2010). MCK cauruļu nepieciešamo diametru var noteikt tieši, izmantojot nomogrammas, kas izstrādātas Somijas centrālajai daļai (10. att.). Lai šīs nomogrammas izmantotu citos reģionos, cauruļu diametri jāpielāgo vietējam noteces apjomam.

MCK struktūra tiek izveidota ar ekskavatoru pirms renovācijas darbu sākšanas (11. att.). Dambja izveidošanai izmanto augsnes materiālu, kas atrodams uz vietas.

Ja uz vietas esošā augsne ir pakļauta straujai erozijai vai sala izcilāšanai, MCK struktūras ierīkošanai nepieciešamo materiālu var transportēt no citurienes. Pārplūdes caurulē tiek izmantota barjera, lai novērstu liela izmēra augsnes daļiņu nokļūšanu caurulē un tās aizdambēšanu (12. att.). Parasti ir nepieciešams adapteris, lai samazinātu caurules diametru līdz vajadzīgajām dimensijām (10. att.).



10. attēls. Nomogrammas pārplūdes cauruļu diametra noteikšanai MCK struktūrās Somijā (Marttila 2010). Kreisajā pusē redzamā tiek izmantota lieliem baseiniem, kur augšpus struktūrai ir nenosusinātas platības. Labās pusēs nomogramma tiek izmantota baseinos, kur nosusināta ir visa platība, vai platībās, kur arī lejpus struktūras ir dambji. Zilā līnija parāda, kā lietot nomogrammu lielos baseinos. Piemērā baseina kopplatība ir 80 ha, un, atbilstoši nomogrammai, kontroles caurules diametram jābūt 0.15 m.

a)



Sedimentācijas dīķis
augšpus dambja

b)



Izplūdes kontroles
caurule ar barjeru

c)



Caurules malas tiek
rūpīgi noblīvētas ar
augšņi, lai viss ūdens
tecētu pa cauruli

d)



Gatavā MCK struktūra

11. attēls. MCK struktūras ierīkošanas soļi: a) vispirms virs struktūras tiek ierīkots sedimentācijas dīķis; b) pēc tam tiek ievietota pārplūdes kontroles caurule; c) dambja siena gar cauruli tiek noblīvēta ar kūdru; d) konstrukcija ir pabeigta un darbojas. Pievēršiet uzmanību, ka šajā gadījumā nav ierīkota augšējā pārplūdes caurule. Foto: Juha Jämsén.



Barjeras galā
izveidotais reduktors

12. attēls. Barjera ar reduktoru. Attēlā redzamās barjeras leņķis ir 45 grādi, bet tas var būt arī 90 grādi, jo tādas barjeras varētu būt plašāk pieejamas. Foto: Juha Jämsén.

Materiāli

- Caurules: minimālais garums 6 m, ārējais diametrs vismaz 200 mm.
- Barjeras, kas paredzētas, lai caurules gals augšpus konstrukcijas atrastos zem ūdens, lai būtu vajadzīgā plūsma, un lai caurule netiktu bloķēta (12. att.). Barjeras iespējams pasūtīt no cauruļu ražotāja vai nopirkt gatavas.
- Reduktori, ko pievieno barjerai, lai samazinātu cauruli līdz vēlamajam diametram (10. un 12. att.). Reduktoru var izveidot arī, uzmontējot caurulei vāku ar atbilstoša diametra caurumu.

Konstrukcijas laikā jāievēro:

- Barjerai cieši jāpieguļ pie caurules.
- Starp pārplūdes caurules galu augšpus dambim un dīķa dibenu jāatstāj vismaz 60 cm attālums.
- Caurules jāievieto horizontāli, neatstājot zem tām, piemēram, akmeņus. Dambja siena, vēlams, no kūdras, stingri jānoblīvē ap caurulēm, lai novērstu ūdens pārvietošanos ārpus tām.
- Dambja augstumam jābūt 10-30 cm virs apkārtējās zemes virsmas, un tas stingri jānoblīvē, lai novērstu ūdens plūšanu garām dambim maksimālās plūsmas apstākļos. Priekšroka dodama kūdrai; jāizvairās no smalkas struktūras augsnes izmantošanas.
- Dambja malām jābūt slīpām un stingri noblīvētām.

Monitorings un uzturēšana

Pastāv risks, ka MMS renovācijas laikā caurules tiks nobloķētas, kad tiek atbrīvotas un kopā ar ūdeni pārvietojas kūdras un augsnes daļiņas. Tādēļ MCK struktūras darbība MMS renovācijas laikā un pēc tās jāuzrauga. Turklāt rekomendējams pārbaudīt iekārtu un pārlicināties par tās darbību pirmajā pavasarī pēc renovācijas veikšanas un pēc plūdiem. Parasti ir pietiekami, ja tiek pārbaudīta ūdens plūsma un caurules atbrīvotas no tās bloķējošiem priekšmetiem.

1.3.5. Virszemes filtrācijas platības

Funkcija

Virszemes filtrācijas platības sadala ūdens plūsmu no grāvjiem un novada to uz mitrzemi pirms ietekas ūdenstecē vai ūdenstilpē (13. att.). Virszemes filtrācijas platību iespējams izveidot, nosprostojot novadgrāvi. Suspendētās daļiņas aiztur veģetācija, un, ja ūdens plūsma ir pietiekami lēna, veģetācija paspēj uzņemt arī daļu no ūdenī izšķīdušajām barības vielām. Lai nodrošinātu pietiekamu funkcionalitāti, virszemes filtrācijas platībai jāaizņem vismaz 0.5–1% no baseina platības. Labvēlīgos apstākļos kūdrā un veģetācijā var tikt piesaistīts liels suspendēto daļiņu un ar tām saistīto barības vielu apjoms (Nieminen et al. 2015). *Virszemes filtrācijas platības ir viena no visefektīvākajām ūdens aizsardzības struktūrām, tādēļ tās ieteicams izmantot, kur vien iespējams.*

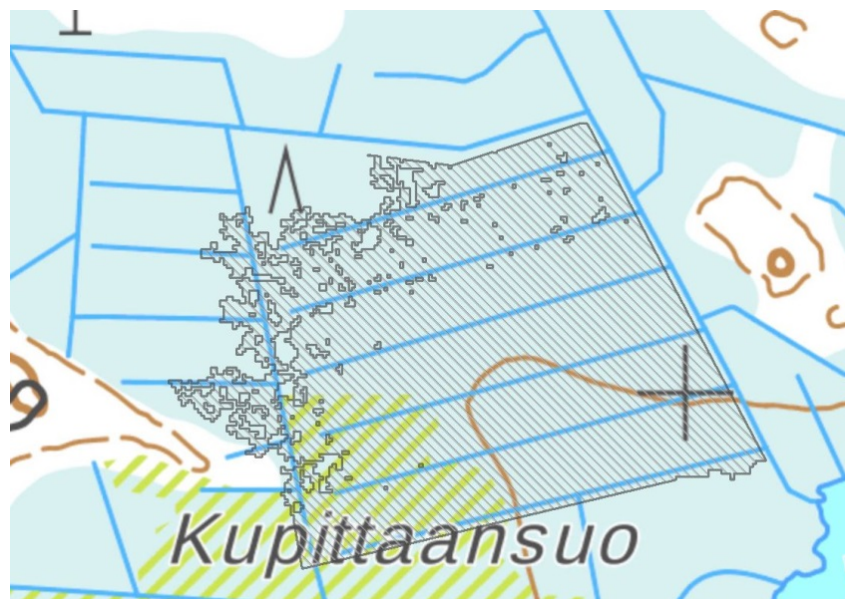
Novietojums

Plānojot virszemes filtrācijas platības, ir vajadzīga precīza informācija par to potenciālās vietas topogrāfiju un augstumu, lai saprastu, vai plānotās struktūras ierīkošana vispār ir iespējama. Virszemes filtrācijas platības paaugstina gruntsūdens līmeni grāvju tīklā (14. att.). Tādēļ šis risinājums nav izmantojams līdzenās platībās, jo tajās tas var izraisīt applūšanu, kam ir negatīva ietekme uz koku augšanu. Ideālas vietas virszemes filtrācijas platībām ir atklātas vai reti apmežojušās mitrzes, kur augstais gruntsūdens līmenis nerada ekonomiskus zaudējumus koku augšanas pasliktināšanās dēļ.

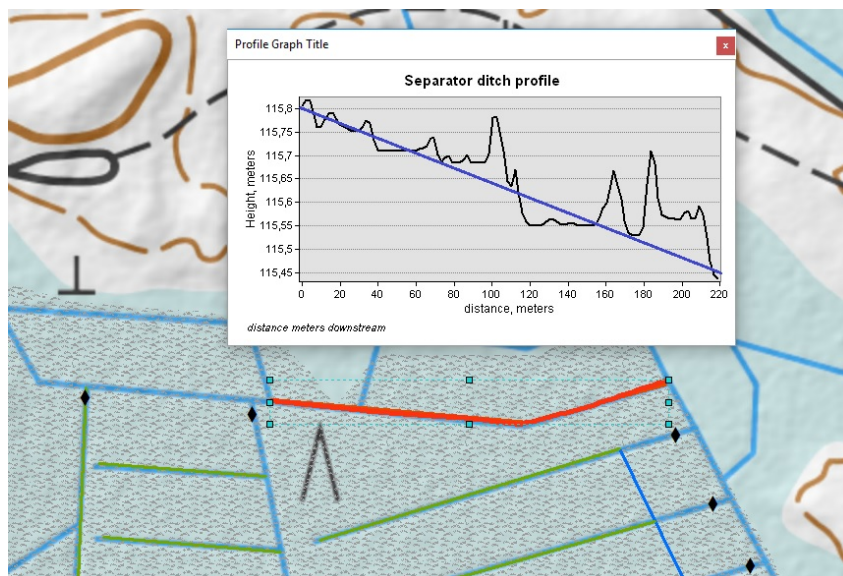
Pirms tiek izvēlēta vieta, kur tiks nosprostots novadgrāvis, rūpīgi jāizvērtē arī seklā grāvja pacēlums, kas tiks izmantots, lai ūdenī novadītu uz filtrācijas platību. Sākotnējo analīzi iespējams veikt attālināti, izmantojot digitālās virsmas modeļus un grāvju profilu aprēķina rīku (15. att.), lai precīzi ieplānotu lauka darbus virszemes filtrācijas lauka izveidei paredzētajās platībās. Pēdējie mērījumi pacēlumam un nosprostojuma vietas un jauno grāvju vietas izvēlei veicami dabā ar nivelieri.



13. attēls. Virszemes filtrācijas platība Somijas centrālajā daļā (pa kreisi). Ūdens no meliorācijas sistēmas tiek novadīts dabiskajā purvā (pa labi). Foto: Antti Leinonen.



14. attēls. Attēlā parādīta platība, kurā virszemes filtrācijas lauka izveides ietekmē tiek ietekmēts gruntsūdens līmenis (iesvītrots) Kupittaansuo MMS renovācijas objektā Somijas dienvidos. Kartes: National Land Survey of Finland un Juha Jämsén un Antti Leinonen.



15. attēls. Grāvju profilu aprēķina rīka izmantošanas piemērs grāvja krituma vizualizēšanai Kupittaansuo MMS renovācijas objektā. Attēli: National Land Survey of Finland un Antti Leinonen.

Ierīkošana

Virszemes filtrācijas platību var ierīkot, nosprostojojot novadgrāvi ar grunti no renovējamās platības vai arī ar citu materiālu (piemēram, balļķiem, ģeotekstilu), un tādējādi novadot ūdens plūsmu uz mitrzemi (16. att.). Vislabākais materiāls šim nolūkam ir nesadalījusies kūdra. Rupja minerālaugsne, kā arī smalkāka minerālaugsne, kura satur rupjas daļiņas, nav piemērota, jo caur to ūdens viegli filtrējas. Lai nosprostojums būtu pietiekami izturīgs, nobloķētās sekcijas garumam jābūt vismaz desmit metrus garam, un augsne rūpīgi jānoblietē. Ja ir liels ūdens plūsmas ātrums, nostiprināšanai var izmantot ģeotekstilu. Augsne nosprostotajā daļā pakāpeniski nosēdīsies, tāpēc nosprostojumam jābūt vismaz pusmetru augstākam par apkārtējo zemes virsmas līmeni.

Virszemes
filtrācijas
platība



Jauns dakšveida
grāvis



Nefīrīts grāvis

16. attēls. Jauns dakšveidā (Y) izrakts grāvis, kas paredzēts ūdens plūsmas novadīšanai uz virszemes filtrācijas platību Somijā (pa kreisi) un nefīrta grāvja daļa (pa labi). Foto: Eva Ring.

Atkarībā no reljefa jaunu seklo grāvi iespējams izrakt arī pašā filtrācijas platībā tās sākumā (16. att.). Svarīgi, lai ūdens plūsmas izkliede būtu vienmērīga visā platībā, to iespējams nodrošināt ar seklu dakšveida grāvi, kas ūdeni novada vienmērīgi. Vienmērīgs plūsmas sadalījums palielinās laiku, kurā

izgulsnēsies suspendētās daļiņas un tiks uzņemtas barības vielas. Lai novērstu eroziju un suspendēto daļiņu transportu prom no filtrācijas platības, ir svarīgi nenovadīt visu ūdeni uz vienu punktu, jo sevišķi, ja ūdens plūsmas ātrums ir liels. Īpaša uzmanība un sevišķi rūpīga plānošana vajadzīga gadījumos, kad filtrācijas lauks uztver ūdeni no platības, kas pārsniedz 50 ha.

Materiāli

Grāvju nosprostošanai tiek izmantota augsnes no renovācijas platības. Vajadzības gadījumā iespējams izmantot arī baļķus un ģeotekstilus.

Monitorings un uzturēšana

Pēc konstruēšanas jāpārbauda, vai ūdens plūsma ir sadalīta vienmērīgi, un nepieciešamības gadījumā jāveic attiecīgi pielāgojumi.

1.3.6. Sedimentācijas dīķi

Funkcija

Sedimentācijas dīķu funkcija balstās uz to spēju samazināt ieplūstošās ūdens plūsmas ātrumu, tādējādi veicinot suspendēto cieto daļiņu sedimentāciju dīķa dibenā (17. att.). Sedimentācijas dīķi var samazināt suspendēto daļiņu un tām piesaistīto barības elementu transportu, bet ne izšķīdušo barības vielu transportu. Sedimentācijas dīķi visefektīvākie ir platībās, kur grāvju gultnes materiāls ir grants vai rupja smilts. Šādās platībās sedimentācijas dīķi var aizturēt 30–50% (maksimāli 60–70%) ūdenī esošo suspendēto daļiņu (Joensuu et al. 1999).

Ūdens kvalitātes aizsardzību MMS renovācijas platībās nevajadzētu balstīt tikai uz sedimentācijas baseiniem, bet ieteicams izmantot visus piemērotos paņēmienus, kas samazina eroziju. Sedimentācijas dīķus nevajadzētu izvēlēties kā primāro metodi, it īpaši platībās ar biezu kūdras slāni, kur grāvju gultne nesniedzas līdz minerālaugsnei. Sedimentācijas dīķi neaiztur erodētu kūdras. Turklāt sedimentācijas dīķus nemaz nevajadzētu izmantot tādos gadījumos, kad gultnes materiāls ir māls, jo tas slikti sedimentējas. Sedimentācijas dīķu efektivitāti iespējams paaugstināt, tos kombinējot ar maksimālās caurplūdes kontroles struktūru, virszemes filtrācijas platību, vai arī ievadot ūdeni no tā netīrītā grāvī ar apaugumu.



17. attēls. Kreisajā pusē no jauna izveidots sedimentācijas dīķis Latvijā (foto: Zane Lībiete); labajā pusē 20 gadus vecs sedimentācijas dīķis Somijas centrālajā daļā (foto: Tommi Tenhola).

Novietojums

Sedimentācijas dīķa izmēru nosaka, ņemot vērā tajā ieplūstošā ūdens daudzumu. Dīķi plānojot, jāpatur prātā, ka tam nevajadzētu būt pārāk lielam un sarežģīti izveidojamam. Sateces baseinam, no kura sedimentācijas dīķī tiek novadīts ūdens, nevajadzētu būt lielākam par 40–50 ha. Tas nozīmē, ka lielās

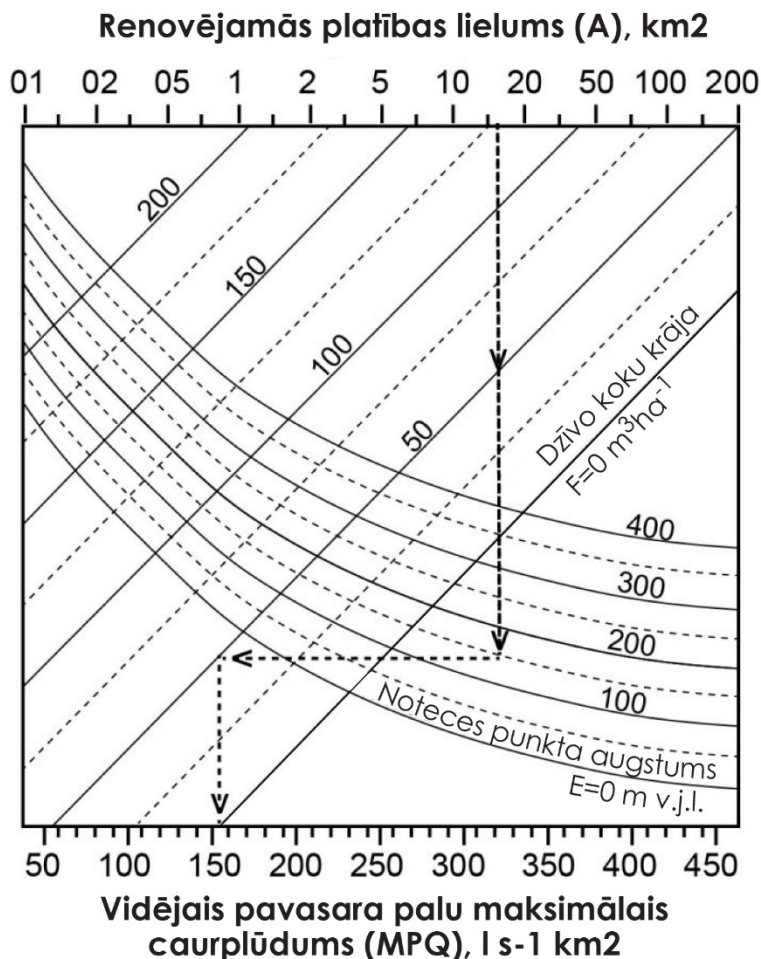
platībās jāveido vairāki mazāki dīķi, nevis viens liels pie galvenās noteces. Turklāt sedimentācijas dīķī ūdens ievadāms tikai no vienas puses, t.i., to nenovieto vairāku grāvju krustpunktā.

Plānojot sedimentācijas dīķu novietojumu, papildus ieplūstošā ūdens daudzumam jāņem vērā arī augsnes tips. Sedimentācijas dīķiem priekšroka dodama platībās, kur augsne sastāv no grants vai rupjām smiltīm.

Sedimentācijas dīķus nekonstruē regulāri applūstošās platībās, kā arī tādās vietās, kur tajos regulāri varētu ieplūst ūdens no platībām, kas ir ārpus renovētās teritorijas.

Izveidošana

Sedimentācijas dīķa dimensijas ir atkarīgas no tajā ieplūstošā ūdens daudzuma. Dimensiju aprēķins jāsāk ar vidējā pavasara palu maksimālā caurplūduma (MPQ) aplēsi, kas ir vienāds ar vidējo augstāko dienas noteci normālā gada laikā (aprēķinātu ilgstošā laika periodā, piemēram 30 gadu laikā). Somijā vidējais pavasara palu maksimālais caurplūdums tiek aprēķināts, izmantojot vienādojumus, kas izstrādāti, pamatojoties uz pētījumiem mazos mežainos sateces baseinos (Seuna 1983; 18. att.). Maksimālā pavasara palu caurplūduma izmantošana ir pamatota, jo lielākā daļa suspendēto daļiņu transporta notiek tieši pavasarī.



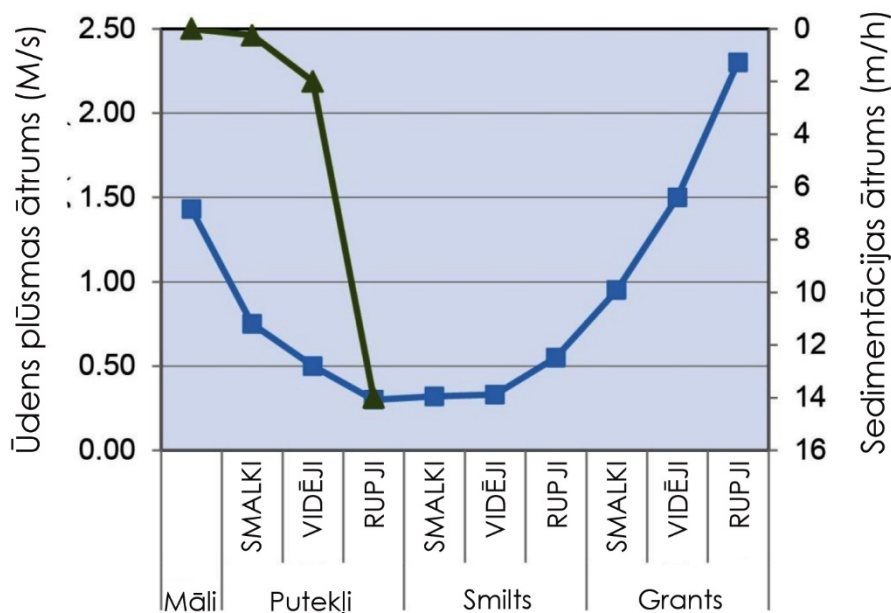
18. attēls. Nomogramma vidējā pavasara palu maksimālā caurplūduma (MPQ) noteikšanai. $Q = 113A^{-1/3} + 0.34E - 1.9F + 158$ (Seuna 1983). MPQ tiek definēts kā lielākais noteces apjoms, kas konstatēts sniega kušanas periodā. Nomogramma izstrādāta, pamatojoties uz vairāk kā 10 gadus ilga monitoring datiem 37 nelielos sateces baseinos dažādās Somijas vietās. Piemērs (punktotā līnija ar bultiņām) rāda, ka renovējamajā platībā MPQ ir vienāds ar 155 mm (platības izmērs (A) ir 16 km², noteces punkta augstums v.j.l. (E) ir 150 m, bet vidējā kokaudžu krāja (F) ir 50 m³ha⁻¹. Modificēts attēls no: Seuna (1983).

Sedimentācijas dīķim nepieciešamās dimensijas parasti tiek aprēķinātas, balstoties uz rupju putekļu daļiņu nosēšanās ātrumu, t.i., tādu daļiņu nosēšanās ātrumu, kuru izmērs >0.02 mm. Šis ātrums ir 1 m/h (19. att.). Dīķa virsmas laukumu aprēķina atbilstoši šim nosēšanās ātrumam un prognozētajam noteces apjomam uz dīķi, izmantojot sakarību Q/A (m/h). Jāpatur prātā, ka rupjās putekļu daļiņas un smiltis nereti satur arī smalkākas daļiņas, kas nenosēžas. Sedimentācijas dīķis spēj aizturēt daļiņas, kuru nosēšanās ātrums ir vienāds vai lielāks nekā aprēķinātā notece ($Q \text{ m}^3/\text{h}$), dalīta ar dīķa virsmas platību (A, m^2). MPQ (l/s/ha) var izmantot, lai aprēķinātu noteci Q ($Q = \text{MPQ} \times a / 1000 \times 3600$), kur a ir uz sedimentācijas dīķi attiecināmā sateces baseina platība, 1000 ir pārrēķina koeficients no litriem uz kubikmetriem un 3600 ir pārrēķina koeficients no sekundēm uz stundām. Jāņem vērā arī tas, ka sedimentācijas dīķa platība ir atkarīga no nogāžu slīpuma un no ūdens līmeņa aprēķinu brīdī.

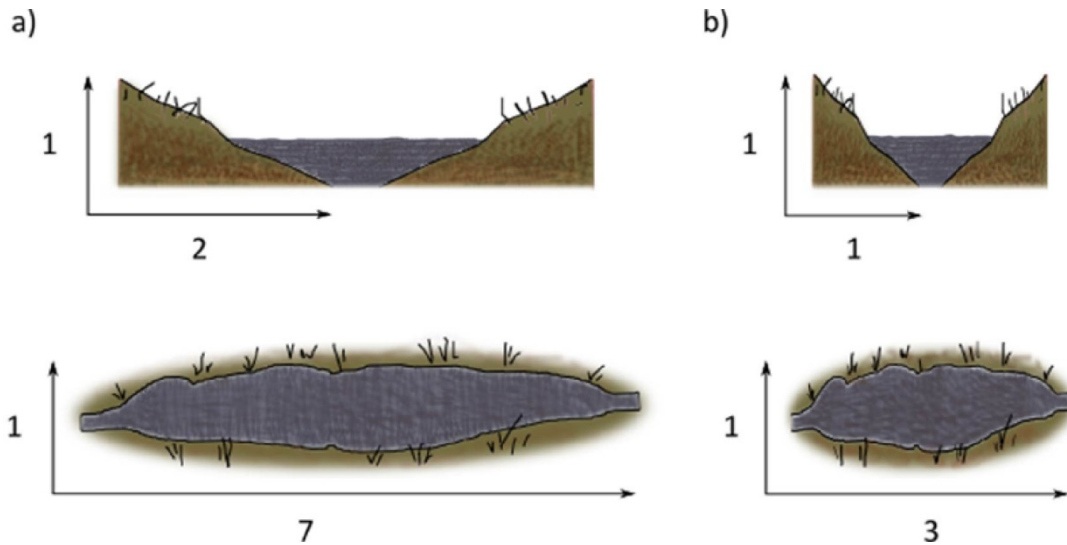
Turklāt, nosakot sedimentācijas dīķa dimensijas, tiek ņemts vērā arī maksimālais straumes ātrums, kāds pieļauj rupjo putekļu daļiņu izgulsnēšanos. Izgulsnēšanos traucē turbulence, tāpēc, lai to novērstu, pieļaujamais straumes ātrums dīķī nepārsniedz 1–2 m/s. Dīķim jāizvairās veidot asus stūrus, un tam pakāpeniski jāpadziļinās virzienā uz augšteci, lai samazinātu turbulenci.

Sliekšņa izveidošana dīķa lejtecē uzlabo tā efektivitāti, paildzinot ūdens uzturēšanās ilgumu dīķī. Kur iespējams, tiek rekomendēta maksimālās noteces kontroles struktūras izveidošana.

Sedimentācija dīķī ir iespējama tikai tur, kur ūdens nogādā erodēto materiālu. Tādēļ attiecībai starp dīķa platumu un garumu jābūt 1:3–1:7, lai nodrošinātu vienmērīgu plūsmas izplatīšanos (20. att.). Izvēloties nogāžu slīpumu, jāņem vērā augsnes tips un dīķa dziļums. Ja augsnē dominē smalks un viegli erodējams materiāls, nogāžu slīpumam jābūt maksimāli 1:2 (20. att.). Ja materiāls ir nesadalījusies kūdra, nogāzes var būt stāvākas, tomēr tām jābūt tādām, lai no dīķa varētu izklūt tur iekritušie dzīvnieki. No dīķa izraktā grunts jānovieto pietiekamā attālumā, lai tā nevarētu izraisīt krastu noslīdēšanu un nenokļūtu atpakaļ dīķī. Grunts materiāla nodrošināšanai un izlīdzināšanai jāparedz platība, kas 2–3 reizes pārsniedz paša dīķa platību. Teritorijās, kur uzturas cilvēki, apsveriet dīķa iezogšanu.



19. attēls. Ūdens plūsmas ātruma ietekme uz dažāda izmēra augsnes daļiņu transportu un sedimentāciju (skat. tabulu terminu skaidrojuma sadaļā beigās). Zilā līnija parāda, kāds ūdens plūsmas ātrums vajadzīgs, lai daļiņa sāktu pārvietoties, tumši zaļā līnija rāda sedimentācijas ātrumu stāvošā ūdenī.



20. attēls. Shematisks nogāžu šķērssgriezums (augšā) un virsskats (apakšā) diviem sedimentācijas dīķiem. Kreisajā pusē dīķis platībā, kur augsne viegli erodējas (a; nogāzes slīpums 1:2 un platuma/garuma attiecība 1:7), bet labajā – dīķis platībā, kur augsne nav pakļauta erozijai (b; nogāzes slīpums 1:1 un platuma/garuma attiecība 1:3). Attēls: Laura Härkönen.

Svarīgi arī iepļānot, kas notiks tad, kad dīķis aizpildīsies ar erodēto materiālu: jo vairāk tas būs aizpildīts, jo mazāk efektīvi darbosies. Viegli erodējamas augsnes daļiņas dīķi aizpildīs īsā laikā. Lai nodrošinātu maksimālu tā funkcionēšanu un uzturēšanu, dīķim jābūt dziļākam augštecē, kur tas ar erodēto materiālu aizpildās straujāk.

Materiāli

Sedimentācijas dīķus izveido ar ekskavatoru, parasti no apkārtnē esošajiem materiāliem. Sliekšņa/dambja konstruēšana aprakstīta 1.3.3. apakšnodaļā, bet maksimālās caurplūdes kontroles struktūras konstruēšana – 1.3.4. apakšnodaļā.

Monitorings un uzturēšana

Sedimentācijas dīķi jāierīko tur, kur tie ir viegli pieejami tīrīšanai, jo tas, cik lielā mērā tie ir aizpildīti, ietekmē dīķu efektivitāti. Putekļu daļiņu sedimentācija samazinās jau labu laiku pirms dīķis ir pilnīgi aizpildīts ar sedimentu, un tādējādi dīķis var pat kļūt par suspendēto daļiņu avotu. Tādēļ sedimentācijas process dīķi ir regulāri jāuzrauga. Tomēr arī pārtīrīšana var izraisīt suspendēto daļiņu iznesi, tādēļ pārtīrīšanas nepieciešamība rūpīgi jāizvērtē. Veci, ar veģetāciju aizauguši sedimentācijas dīķi vairs nav jāpārtīra, jo tie var funkcionēt kā mākslīgas mitrzemes (21. att.).



21. attēls. 20 gadus vecs sedimentācijas dīķis Somijā, kas aizaudzis ar veģetāciju un funkcionē kā maza mitrzeme.
Foto: Tommi Tenhola.

2. Kontrolētā nosusināšana un ūdens aizture mežā

2.1. Ievads

Bez teritorijām, kur MMS paredzētas tikai liekā ūdens novadīšanai, ir arī tādas meža platības, kurām nosusināšana vajadzīga tikai periodiski, vai arī kurās periodiski vajadzīgs ūdeni saglabāt. Prognozētās klimata pārmaiņas var izraisīt ūdens trūkumu un palielināt nepieciešamību mežā ūdeni aizturēt. Ilgstoši periodi bez nokrišņiem var novest pie noteces samazināšanās upēs un gruntsūdens līmeņa pazemināšanās, kā rezultātā savukārt samazināsies arī augsnes mitrums. Gaisa temperatūras paaugstināšanās veicina transpirāciju un evaporāciju no augsnes un ūdens. Turklāt siltās ziemās sniegs nokūst agrāk, un tādējādi samazinās ūdens resursu pieejamība veģetācijas sezonas sākumā. Visi šie faktori jau izraisa ūdens trūkumu Baltijas jūras reģiona dienvidu daļā.

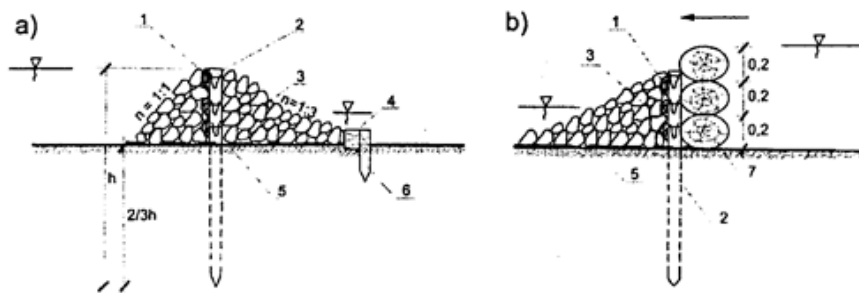
Grāvju tīkls novada lieko ūdeni no pārmitrām meža platībām. Tomēr, ja meliorācijas sistēmā nav struktūru noteces regulēšanai, tā var izraisīt platības pārlietu nosusināšanu un ūdens deficītu sausuma periodu laikā. Tas iespējams, piemēram, tādā gadījumā, ja gruntsūdens līmeni regulē koku evapotranspirācija, un meliorācija vairs nav nepieciešama, bet grāvju sistēma joprojām funkcionē (tāpat kā, teiksim, atjaunošanas fāzē, kad mitruma regulācija bija nepieciešama). Arī Baltijas jūras dienvidu daļā meži periodiski applūst vai īslaicīgi paaugstinās gruntsūdens līmenis, taču šādas situācijas ir daudz retākas nekā sausums. Tādēļ klimatiskajos apstākļos, kam raksturīgs gan pārlietu liels mitrums, gan sausuma periodi, grāvjiem būtu jābūt ar duālu funkciju, proti, jāstrādā gan kā nosusināšanas, gan kā apūdeņošanas sistēmām, kas var palēnināt vai apturēt ūdens plūsmu prom no sateces baseina. Šim nolūkam tiek izmantotas divu veidu dambju struktūras, kas vai nu uztur konstantu ūdens līmeni, vai arī to regulē atbilstoši nepieciešamībai grāvjos un ūdenstecēs. Šīs struktūras, kuras tiek izmantotas Polijā, ir aprakstītas turpmākajās apakšnodalās. Dambju struktūras ir iepriekš aprakstītas 1.3.3. apakšnodalā, taču saistībā ar to funkciju samazināt suspendēto daļiņu transportu uz ūdensobjektiem. Plānojot ūdens aiztures struktūras, ir jāņem vērā to ietekme uz erozijas procesiem un bioloģisko daudzveidību, tuklāt jāievēro arī attiecīgās normatīvo aktu prasības un sertificētos mežos – arī sertifikācijas standarti.

2.2. Dambju struktūras

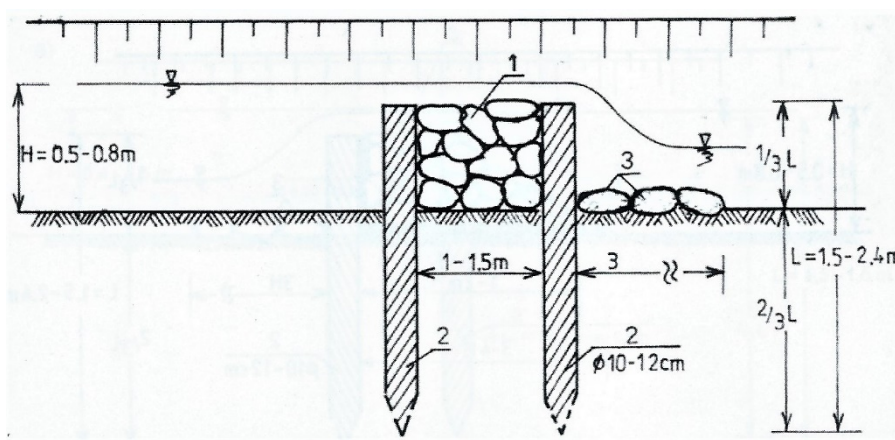
2.2.1. Pastāvīgas dambju struktūras

Pastāvīgas dambju struktūras ir sliekšņi (22.–24. att.), kas veido barjeru ūdenstecē vai grāvī un paaugstina ūdens līmeni virs tās. Šāds risinājums dažās situācijās ir ieteicams (piemēram, mitrās teritorijās), jo tām nav nepieciešama regulāra uzturēšana. Gadījumos, kad nav vēlama strauja organiskās vielas sadalīšanās, sliekšņi grāvjos vai ūdenstecēs tiek izmantoti, lai uzturēti konstantu gruntsūdens līmeni.

Meža platībās sliekšņus parasti veido no koka vai akmeņiem, vai arī kombinējot abus šos materiālus, kopā ar koka konstrukciju, kuras mērķis ir nepieļaut ūdens līmeņa pazemināšanos zem konkrēta līmeņa. Parasti tiek izmantoti zemi (10–50 cm) sliekšņi; sliekšņa augstums ir pielāgojams konkrētajai situācijai. Vispārīgā gadījumā pieņemami ir sliekšņi, kuru ugstums nepārsniedz 25 cm, lai gan dažām zivju sugām tie var būt grūti pārvarami. Ūdens dzīvnieku pārvietošanos iespējams nodrošināt, konstruējot “dabai tuvus” zivju ceļus (25. un 26. att.). No augsnes veidota sliekšņa piemērs redzams 27. attēlā.



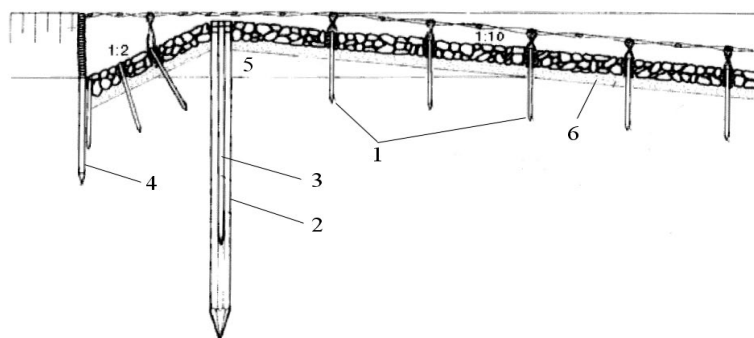
22. attēls. Sliekšņu varianti. Materiāls: a) koks un akmeņi; b) koka baļķi un akmeņi. 1 – koka dēlis, 2 – koka pāļi, 3 – akmeņi, 4 – koka sija, 5 – ģeotekstils, 6 – neliels pāļis, 7 – koka baļķis, h – baļķa garums. Attēli: Jēdryka.



23. attēls. No koka dēļiem un akmeņiem veidoti sliekšņi: 1 un 3 – akmeņi, 2 – koka pāļi. Attēls: Waldemar Mioduszewski.



24. attēls. No koka veidots sliekšnis. Foto: Andrzej Ryś.



25. attēls. Šķērsgriezums sliekšnim, kas savienots ar “šautenes tipa” zivju ceļu. 1 – koka mietiņi (1 m garumā), 2 – koka siena, 3 – pāji (0.2 m diametrā), 4 – koka mietiņi (1.3 m gari), 5 – māls, 6 – ģeotekstila paklājs. Attēls: Stepaniuk.



26. attēls. Sliekšņi ar zivju ceļiem (“dabai tuva” konstrukcija). Tiem ir rupja virsma, un tie izvietoti šķērsām visam upes platumam ar iespējami lēzenu slīpumu, lai kompensētu līmeņu starpību. Foto: Andrzej Ryś.

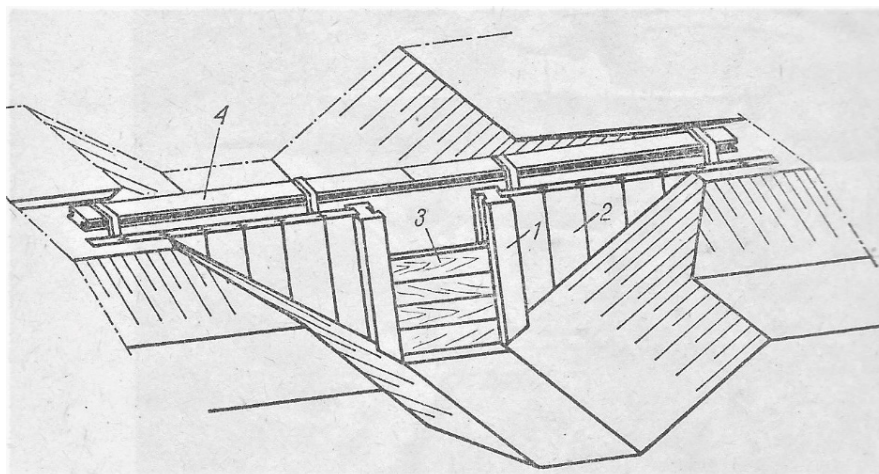


27. attēls. No akmeņiem un koka pāri upes gultnei konstruēts dambis, kas pārklāts ar augsni. Foto: Andrzej Ryś.

2.2.2. Dambju struktūras ar ūdens līmeņa kontroli

Lai palielinātu gruntsūdens uzkrāšanos sateces baseinā un jo sevišķi lai paaugstinātu gruntsūdens līmeni sausuma periodu laikā, ūdens noteces regulēšanai iespējams izmantot meliorācijas sistēmas,

kas aprīkotas ar iekārtām periodiskai ūdens plūsmas nosprostošanai (kontrolētā drenāža). Šim nolūkam parasti izmanto slūžas (28. un 29. att.). Slūžu spēja aizturēt ūdenī pamatā ir atkarīga no tā, cik ātri ūdens no ūdensteces/grāvja infiltrējas augsnē. Reizēm var būt ieteicams izmantot slūžas, lai veicinātu lietus ūdens infiltrāciju (caur ūdensteču/grāvju nogāzēm un gultni). Tomēr ir nepieciešama piesardzība, jo atsevišķos apstākļos tas var izraisīt pārmērīgu infiltrāciju un tai sekojošu platības izžūšanu. Dažās situācijās pozitīvu efektu iespējams sasniegt, nedaudz izmainot grāvja plūsmas virzienu un pagarinot nosusināšanas tīklu, jo abu šo faktoru kombinācija samazina ūdens plūsmas ātrumu.



28. attēls. Nelielas koka slūžas uz meliorācijas grāvja: 1 – balķi, 2 – siena, 3 – dēji ūdens līmeņa kontrolei, 4 – tiltiņš struktūras uzturēšanai. Attēls: Zygmunt Rytel.



29. attēls. Slūžas uz ūdensteces ūdens līmeņa regulēšanai. Foto: Michał Wróbel.

2.2.3. Ūdens uzkrāšanas dīķi

Dīķi (rezervuāri) tiek izmantoti, lai palielinātu ūdens aizturi mežā (30.–33. att.). Mežā ierīkoti rezervuāri parasti ir ar nelielu platību (mazāki par hektāru līdz maksimāli dažiem hektāriem, parasti nepārsniedzot 5 ha). Dimensiju aplēsēm un rezervuāru ierīkošanai pamatā jābūt hidroloģiskajiem aprēķiniem, kas parāda: (i) iespēju piepildīt rezervuāru ar virszemes noteces ūdeņiem no sateces baseina (vai dažos gadījumos arī ar gruntsūdeni un nokrišņu ūdeni), un (ii) rezervuāra spēju veikt tā funkcijas. Rezervuāra ietekme būs atkarīga no tā izmēra, novietojuma ainavā, hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, dabiskās vides ap to un iedabstājošā ūdens kvalitātes. Neraugoties uz to, ka rezervuāri spēj

uzkrāt relatīvi nelielus ūdens apjomus, un to ietekme uz mežu var būt ierobežota, tie veic arī citas nozīmīgas ekoloģiskas funkcijas, piemēram, tie veido atklātas ūdens platības mežos, nodrošina dzīvotnes un vairošanās vietas putniem, abiniekiem un citiem dzīvniekiem, kā arī regulē meža mikroklimatu. Pieņemot lēmumu par struktūras veidu, jāņem vērā ietekmes uz vidi novērtējuma rezultāti. Jo sevišķi jāizvērtē, vai būs iespējams paplašināt rezervuāru ārpus ūdensteces gultnes; šāds risinājums varētu palīdzēt ekoloģisko koridoru uzturēšanā.

Reservuāra atrašanās vieta jāizvēlas tā, lai tam būtu adekvāta ūdens pieplūde, un lai zemes virsmas īpatnības neapgrūtinātu un nesadārdzinātu konstrukciju. Atkarībā no rezervuāra funkcijām konstrukcijas procesā jāņem vērā sekojoši faktori: ūdens pieejamība meža dzīvniekiem, pieejamība transportam ugunsdzēsības un apūdeņošanas vajadzībām (piemēram, kokaudzētavām). Ja plānotais rezervuārs varētu būt nozīmīga dzīvotne putniem, tad iepļānojamas saliņas. Reservuāra formai jābūt dabiskai, un tas jāintegrē apkārtējā ainavā. Plānojot struktūras, jācenšas pēc iespējas samazināt nepieciešamību pēc uzturēšanas darbiem nākotnē. Ja ir plānota rezervuāra izmantošana tūrisma vajadzībām, jāparedz nepieciešamība pēc attiecīgās infrastruktūras un jānovērtē ūdens kvalitāte. Jāņem vērā, ka lielākam skaitam nelielu dīķu var būt lielāka ekoloģiska ietekme nekā dažiem lieliem rezervuāriem.



30. attēls. Nelieli ūdens rezervuāri kalnu apvidū Polijā Foto: Michał Wróbel.



31. attēls. Ūdens rezervuāri mežainos līdzenumos Polijā. Foto: Andrzej Stolarek.



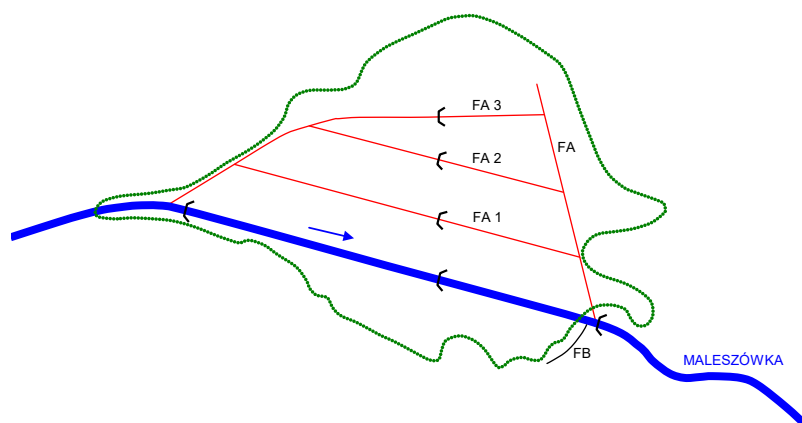
32. attēls. Sieta sliekšnis rezervuāra notecē Polijā. Foto: Edward Pierzgalski.



33. attēls. Ūdens noteci no rezervuāriem kontrolējošās hidrauliskās struktūras. Foto: Michał Wróbel.

2.2.4. Nosusinātu kūdras augšņu un mitrzemju hidroloģijas atjaunošana

Nosusinātu kūdras augšņu un mitrzemju hidroloģijas atjaunošana ir nozīmīga ūdens aiztūrei mežos. Atjaunošana vērsta uz to, lai izlīdzinātu periodiski pārāk lielu vai pārāk mazu ūdens apjomu mitrzemes apkārtnē vai pat visā sateces baseinā, ja mitrzeme ir pietiekami liela. Mitrzemes ir nozīmīgas arī bioloģiskajai daudzveidībai. Lai sāktos vēlamā veģetācijas sukcesija, gruntsūdens līmenis jāuztur 20–40 cm dziļumā no zemes virsmas atkarībā no konkrētās dzīvotnes. 34. un 35. attēlā redzami piemēri mitrzemju atjaunošanai, ierīkojot slūžas uz meliorācijas grāvjiem, lai apturētu ūdens plūsmu.



34. attēls. Mitrzeme Polijā, kur gruntsūdens līmeņa regulēšanai tiek izmantotas vairākas slūžas. Ar zaļu līniju parādīta mitrzemes robeža, ar zilu – upe Malaszówka, ar sarkanu – meliorācijas grāvji, bet melnās svītriņas parāda slūžu atrašanās vietas.



35. attēls. Mitrzeme pirms (pa kreisi) un pēc (pa labi) atjaunošanas. Foto: Katarzyna Winiczenko.

Terminu saraksts

Gultnes dambis ir no akmeņiem un koka veidota struktūra, ko novieto novadgrāvī, lai samazinātu ūdens plūsmas ātrumu un veicinātu erodētā materiāla sedimentāciju. Skat. 1.3.3. apakšnodaļu.

Novadgrāvis savāc ūdeni no susinātājgrāvjiem un transportē to uz promteku.

Savācējgrāvji savāc ūdeni no meliorātās platības, pazemina tajā gruntsūdens līmeni un novada ūdeni uz novadgrāvi.

MMS renovācija ir aktivitāšu kopums meža augšanas saglabāšanai vai uzlabošanai, kas sastāv no esošo grāvju pārtīrīšanas un vajadzības gadījumā arī papildu grāvju rakšanas.

Dakšveida grāvis ir grāvis, kas izveidots dakšas formā, lai sadalītu ūdens plūsmu un novadītu to uz virszemes filtrācijas platību.

Pāļi ir lieli koka mieti, kas izmantojami izturīgas sienas izveidošanai šķērsām pāri grāvim vai ūdenstecei.

Maksimālās caurplūdes kontroles struktūra tiek veidota no dambja un caurulēm, kas samazina ūdens plūsmu no renovētās platības periodos, kad ir palielināta ūdens plūsma, tādējādi samazinot eroziju un erodēto daļiņu un tajās saistīto barības vielu transportu uz ūdenstecēm. Skat. 1.3.4. apakšnodaļu.

“Šautenes tipa” zivju ceļš ir struktūra, kas vienlaicīgi pilda gan sliekšņa funkciju, veicinot neerozīvu ūdens plūsmu uz lejteci, gan nodrošina iespēju pārvietoties zivīm.

Sedimentācijas bedrītes ir paplatinātas grāvju sekcijas (1–2 m³), kur ūdens plūst cauri lielākam šķērsprofilam, tādējādi samazinot plūsmas ātrumu. Sedimentācijas bedrīšu mērķis ir erodēto grunts daļiņu uztveršana, lai novērstu to transportu uz ūdensobjektiem lejtecē. Skat. 1.3.2. apakšnodaļu.

Sedimentācijas dīķi tiek veidoti vietās, kur meliorācijas sistēmas ūdeņi ieplūst promtekā. Plūstot cauri lielākam šķērsprofilam, tiek samazināts ūdens plūsmas ātrums un veicināta erodēto augšnes daļiņu nosēšanās, kas novērš to transportu uz ūdensobjektiem. Skat. 1.3.6. apakšnodaļu.

Kontūrgrāvis norobežo meliorācijas sistēmas un novērš to, ka renovētajā MMS nokļūst ūdeņi no teritorijas ārpus tās.

Sliekšnis ir zema struktūra šķērsām grāvja vai upes gultnei, kuras mērķis ir pastāvīga ūdens līmeņa paaugstināšana. Mežā parasti tiek veidoti koka vai koka un akmens sliekšņi.

Slūžas ir atvērums, ko iespējams regulēt, lai atļautu vai nobloķētu ūdens plūsmu grāvī vai upē. Šo struktūru izmanto, lai nekontrolētu meliorāciju pārveidotu kontrolētā.

Augsnes tips:

Tabula. Augsnes grupas un daļiņu izmēri atbilstoši Starptautiskajam Standartam ISO 14688-1:2017 Ģeotehniskās analīzes un testēšana – Augsnes identifikācija un klasificēšana – 1. Daļa: Identifikācija un apraksts.

Augsnes grupa	Daļiņu izmēru frakcijas	Daļiņu izmēru amplitūda, mm
Ļoti rupja augsne	Lieli akmeņi	>630
	Vidēji lieli akmeņi	>200 līdz ≤630
	Nelieli akmeņi	>63 līdz ≤200
Rupja augsne	Grants	>2.0 līdz ≤63
	Rupja grants	>20 līdz ≤63
	Vidēji rupja grants	>6.3 līdz ≤20
	Smalka grants	>2.0 līdz ≤6.3
	Smilts	>0.063 līdz ≤2.0
	Rupja smilts	>0.63 līdz ≤2.0
Smalka augsne	Vidēji rupja smilts	>0.20 līdz ≤0.63
	Smalka smilts	>0.063 līdz ≤0.20
	Putekļi	>0.002 līdz ≤0.063
	Rupji putekļi	>0.02 līdz ≤0.063
	Vidēji rupji putekļi	>0.0063 līdz ≤0.02
	Smalki putekļi	>0.002 līdz ≤0.0063
	Māls	≤0.002

Meniķi ir hidrotehniskas konstrukcijas ūdens līmeņa pazemināšanai plūdu laikā.

Netīrīti grāvji un netīrīti grāvju posmi ir grāvju sekcijas, kas netiek pārtīrītas, lai samazinātu ūdens plūsmas ātrumu tajās, tādējādi samazinot eroziju un veicinot erodēto augsnes daļiņu uztveršanu. Skat. 1.3.1. apakšnodaļu.

Virszemes filtrācijas platības ir dabiskas vai atjaunotas mitrzemes, kurās tiek novadīts ūdens no meliorācijas sistēmas pirms tā ieplūdes promtekā. Virszemes filtrācijas platības aiztur suspendētās daļiņas un barības vielas, kas tiek transportētas no MMS renovācijas platībām. To rekomendētais izmērs ir 0.5–1% no sateces baseina platības. Skat. 1.3.5. apakšnodaļu.

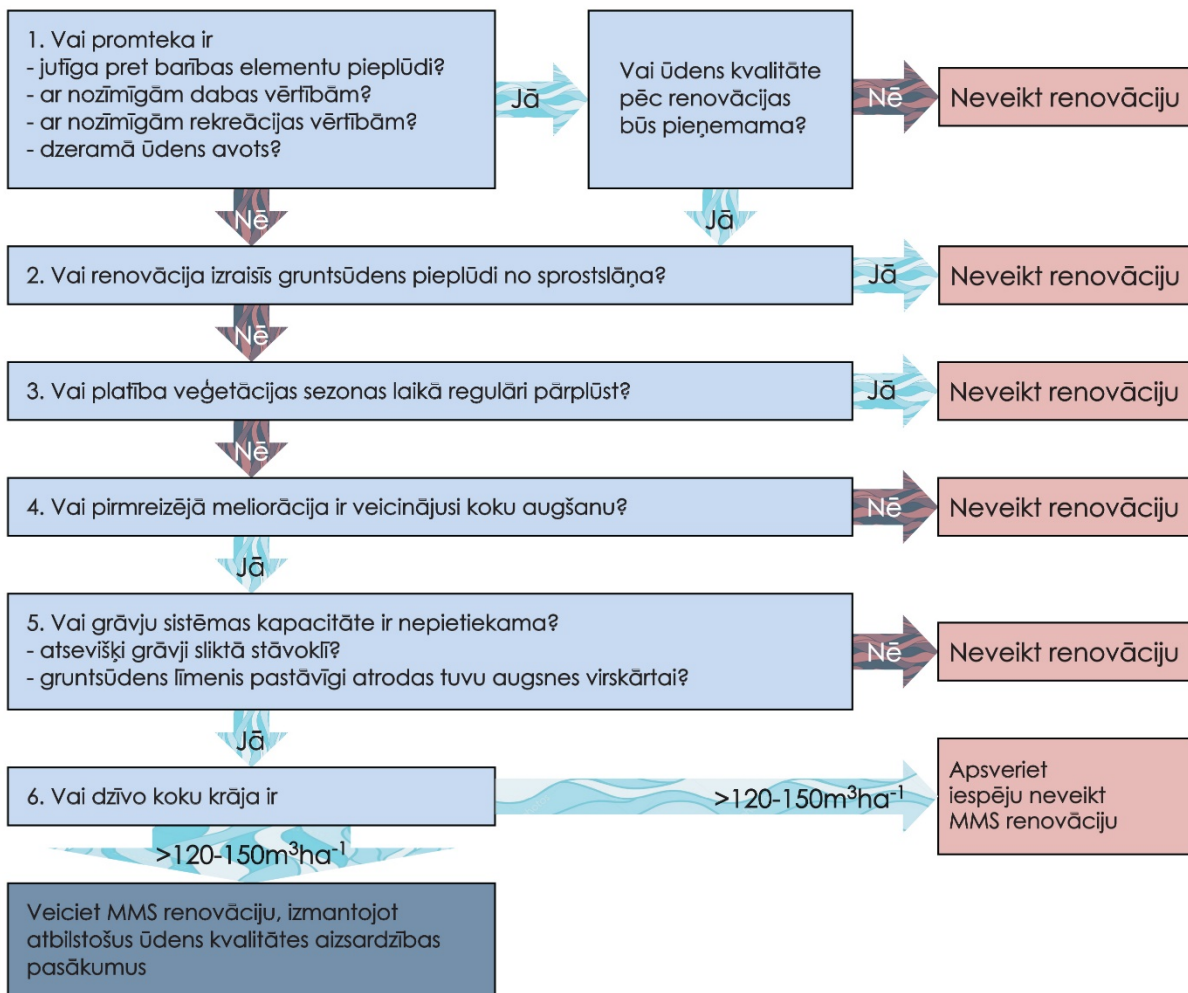
Atsauces

- FAO. 2002. FAO/DVWK: Fish passes – Design, dimensions and monitoring. Rome. 119 p.
- Finér, L., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lode, E., Nieminen, M., Pierzgalski, E., Ring, E., Strand, L. & Sikström, U. 2018. WAMBAF – Good Practices for Ditch Network Maintenance to Protect Water Quality in the Baltic Sea Region. *Natural resources and bioeconomy studies* 25/2018. 35 p. Natural Resources Institute Finland. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542099/luke_luobio_25_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Finér, L., Härkönen, L., Jämsén, J., Joensuu, S., Leinonen, A., Andersson, E., Ågren, A., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lomander, A., Pierzgalski, E., Ring, E. & Sikström, U. 2020. Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests. *Natural resources and bioeconomy studies* 66/2020: 37 p.
- International Standard ISO 14688-1:2017 Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil. Part 1.
- Joensuu, S., Ahti, E. & Vuollekoski, M. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. *Boreal Environmental Research* 4: 343–355.
- Marttila, H. 2010. Managing erosion, sediment transport and water quality in drained peatlands. *Acta Universita Ouluensis*. C 375.
- Nieminen, M., Kaila, A., Koskinen, M., Sarkkola, S., Fritze, H., Tuittila, E-S., Nousiainen, H., Koivusalo, H., Laurén, A., Ilvesniemi, H., Vasander, H. & Sallantausta, T. 2015. Natural and restored wetland buffers in reducing sediment and nutrient export from forested catchment: Finnish experiences. In: Vymazal, J. (ed.) *The role of natural and constructed wetlands in nutrient cycling and retention on the landscape*. p. 57–72. Springer, Switzerland.
- Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A. & Finér, L. 2018. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio* 47: 535–545. [Doi.org/10.1007_s13280-018-1047-6](https://doi.org/10.1007_s13280-018-1047-6).
- Seuna, P. 1983. Small basins – a tool in scientific and operational hydrology. Publications of the Water Research Institute 51. Helsinki 61 p.

1. pielikums

Plūsmas diagramma MMS renovācijas piemērotības izvērtēšanai

Veikt vai neveikt MMS renovāciju?



36. attēls. Plūsmas diagramma, ko iespējams izmantot, lai novērtētu MMS renovācijas piemērotību. Detaļas skat. pārskatā “WAMBAF – Labā prakse meliorācijas sistēmu uzturēšanai” (Finér et al. 2018).