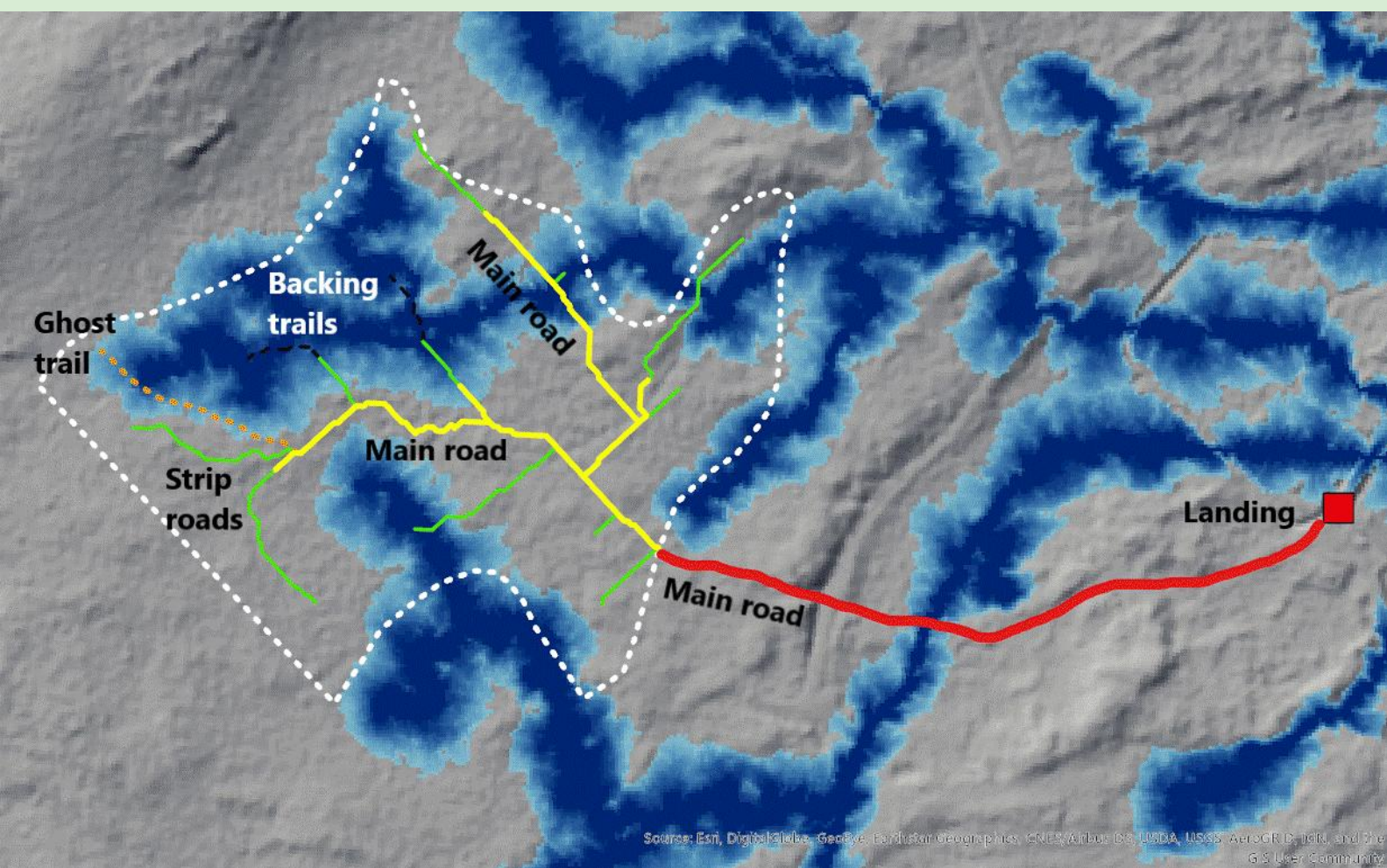


# Ceļvedis mitro vietu karšu izmantošanai mežsaimniecībā



Mitro vietu karšu izmantošana var palīdzēt plānot pieejas ceļu tīklu, krautuvju vietas, ūdensteču šķērsojumus un nepieciešamību aizsargāt augsni mežizstrādes laikā.

Šī ir karte, veidota Zviedrijas Meža aģentūrā. This wet area map is a depth-to-water map provided by the Swedish Forest Agency, superimposed on the hillshade of a 3D model of the land surface. DTW © Swedish Forest Agency, Elevation data, grid 2+ © The Swedish mapping, cadastral and land registration authority.

# Kopsavilkums

Mitro vietu kartes norāda upēm un ezeriem tuvu mitro platību atrašanās vietas. Augsnes mitrumu modelē, izmantojot topogrāfiskos datus. Dažādi modeļi ir pamatā kartēm, kas atšķiras pēc savas precizitātes, tomēr tās visas iekļauj daudz lielāku skaitu ūdensteču nekā parastās kartes, kurās bieži iztrūkst tieši mazas upītes ar pieguļošām mitrām platībām. Šis ceļvedis parāda, kā mitro vietu kartes ir izmantojamas praktiskajā mežsaimniecībā Baltijas jūras reģionā, lai uzlabotu vides plānošanu. Šis dokuments ir paredzēts mežsaimniecības plānotājiem, apakšuzņēmējiem, privātajiem meža īpašniekiem un mežkopības un pārvaldes darbiniekiem.

## Summary

Wet area maps indicate the location of wet areas adjacent to streams and lakes. Soil wetness is modelled primarily using topographic data. Different models result in maps that differ in accuracy, but they all include a much larger proportion of the watercourses than conventional maps, in particular smaller streams with adjacent wet areas. This guide illustrates how wet area maps can be used for practical forestry in the Baltic Sea region to improve environmental planning. This guide is intended for forestry planners, contractors, machine operators, private forest owners, and forestry and authority employees.



### WAMBAF Tool Box

Pārskata sagatavošanu finansējis Eiropas Reģionālais attīstības fonds.



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
skogforsk@skogforsk.se  
skogforsk.se

©Skogforsk 2020 ISSN 1404-305X

# Ievads

Šis ceļvedis parāda, kā mitro vietu kartes var tikt izmantotas praktiskajā mežsaimniecībā Baltijas jūras reģionā, lai uzlabotu vides plānošanu. Tas paredzēts mežsaimniecības plānotājiem, apakšuzņēmējiem, meža tehnikas operatoriem, privātajiem meža īpašniekiem, mežkopības un pārvaldes darbiniekiem. Pamatā ir Zviedrijā un Somijā iegūtā praktiskā pieredze šo karšu izmantošanā, zinātniskie pētījumi un ekspertu vērtējums. Sniegtas arī rekomendācijas tālākai izziņai.

Pirms jebkādu ieteikto pasākumu ieviešanas ir ļoti būtiski nodrošināt, lai tie būtu savietojami ar nacionālo likumdošanu, citiem regulējumiem un meža sertifikācijas standartiem.

Šis ceļvedis ir izveidots kā ES Interreg Baltijas jūras programmas projekta WAMBAF Tool Box rezultāts. (<https://www.skogsstyrelsen.se/en/wambaf/>), kas tika īstenots no 2019. gada 1. Augusta līdz 2021. gada 31. janvārim.

Autori izsaka sirsnīgu pateicību Marjo Ahola, Jonas Amrén, Joakim Gustafsson, Antti Leinonen, Jonny Lundgren, Per Norbäck, Magnus Olofsson and Tobias Wegebros par dalīšanos ar zināšanām un pieredzi un mūsu kolēģiem WAMBAF Tool Box projektā par vērtīgajiem komentāriem.

Karšu dati iegūti no:

Elevation data, grid 2+ © The Swedish mapping, cadastral and land registration authority (Att. 3C, 3D, 8, 10, 15, 20C-F, 22, 26 un 30)

GSD-Property Map, Vector © The Swedish mapping, cadastral and land registration authority (Att. 20D un 21)

GSD-Property Map, Combined raster © The Swedish mapping, cadastral and land registration authority (Att. 3A, 20B, 29A un 29C)

DTW © Swedish Forest Agency (Att. 2, 4, 7, 8, 15 un 29B)

DTW © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences (Att. 3A-D, 20E, 25 un 26)

MLWAM © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences (Att. 20F, 28 un 29C)

Orthophoto © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences (Att. 3B, 3D, 20A, 21, 23, 25 un 28)

Orthophoto © 2019 Esri and its licensors. All rights reserved (Att. 4)

Flow accumulation © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences (Att. 10 un 30C)

Stream networks © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences (Att. 23)

2020. gada jūnijs

Eva Ring (Skogforsk), Anneli Ågren (SLU), Isabelle Bergkvist (Skogforsk), Leena Finér (LUKE), Fredrik Johansson (Skogforsk) & Lars Högbom (Skogforsk)

Tulkojums latviski: Zane Lībiete, Jānis Ivanovs

# Saturs

Kopsavilkums .....	2
Summary.....	2
Ievads .....	3
Noderīgs rīks praktiskajai mežsaimniecībai .....	5
Desmit piemēri mitro vietu karšu izmantošanai mežsaimniecībā .....	8
Mitro vietu kartes mežsaimniecisko darbību plānošanai un īstenošanai .....	15
No parastām kartēm uz mitro vietu kartēm .....	22
GRUNTSŪDENS DZIĻUMA KARTES .....	27
MAŠĪNMĀCĪBAS ĢENERĒTAS MITRO VIETU KARTES .....	29
UZLABOTA PRECIZITĀTE .....	31
MITRO VIETU KARŠU ZINĀMIE IEROBEŽOJUMI .....	32
Mežsaimniecības profesionāļu praktiskās atsauksmes par mitro vietu kartēm Zviedrijā un Somijā .....	34
PROFESIONĀĻU KOMENTĀRI .....	34
Vairāk informācijas .....	36

# Noderīgs rīks praktiskajai mežsaimniecībai

Meža zemes aizņem 30 līdz 50 procentus no Baltijas jūras valstu platības, un tajās atrodas daudzi ezeri un ūdensteces. Mežsaimniecība reģionā ir ļoti nozīmīga, bet vienlaikus ir svarīgi aizsargāt ūdens ekosistēmas no mežsaimniecības potenciāli negatīvās ietekmes. Šo negatīvo ietekmi iespējams mazināt vai novērst, rūpīgi plānojot mežsaimniecības pasākumus (1. att.).

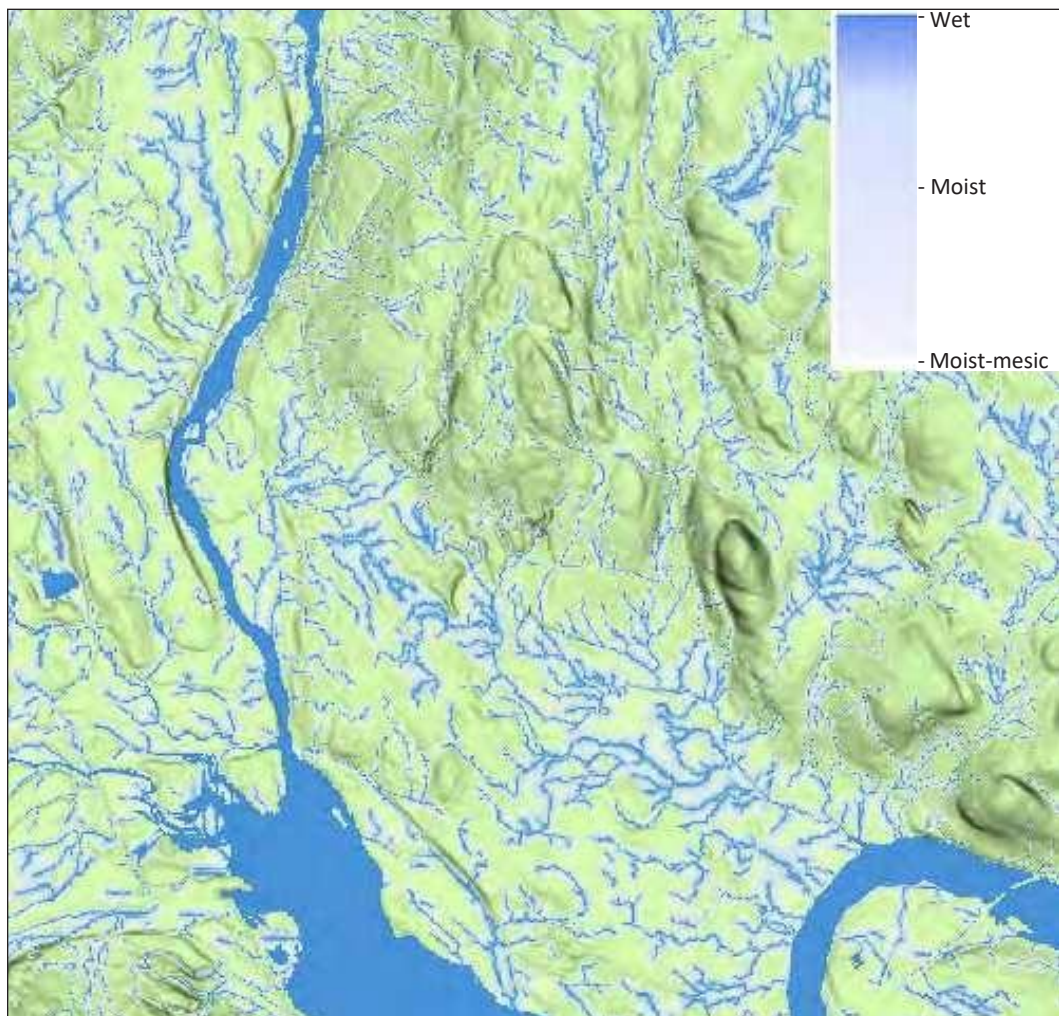


1.att. Avotu un mazo upīšu aizsardzība meža zemēs ir svarīga, jo tās ir daudz jutīgākas pret mežsaimniecības radīto ietekmi nekā lielās upes un ezeri. Piemēram, mežtehnikas atstātās rīses var būtiski palielināt erodētās augsnes nonākšanu ūdenstecē, negatīvi ietekmējot ūdenī mītošos organismus. Foto: E. Ring

Mitro vietu kartes ir relatīvi jauns karšu veids, kas norāda upēm un ezeriem blakus esošo mitro platību atrašanās vietu. Tās parāda arī mazās upītes, kuras bieži parastajās kartēs nav redzamas. Mitrās platības ir būtiskas ūdens kvalitātes kontekstā, un šīs kartes jau pierādījušas sevi kā noderīgs resurss ūdeni, augsni un bioloģisko daudzveidību saudzējošas mežsaimniecības plānošanai un īstenošanai.

Ir vairāki mitro vietu karšu veidi. Viens no tiem ir gruntsūdens dziļuma (GDz) kartes, kas jau aptuveni sešus gadus tiek izmantotas praktiskajā mežsaimniecībā Zviedrijā. Tās tiek ģenerētas, modelējot gruntsūdens līmeni ainavā. Mašīnmācības augsnes mitruma (MMAM) kartes patlaban tiek izstrādātas Zviedrijā, Somijā, Latvijā un Polijā. Abu veidu kartes uzrāda ūdensobjektiem tuvu esošās mitrās platības, bet atšķiras to precizitāte konkrētām teritorijām. Pašlaik Baltijas jūras reģionā GDz kartes tiek izmantotas praktiskajā mežsaimniecībā Zviedrijā un Somijā.

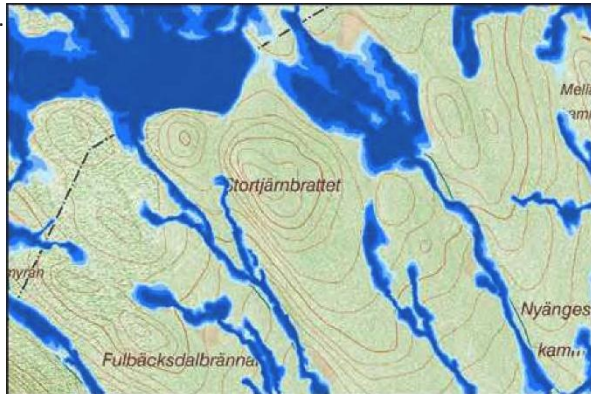
GDz kartēs dažāda mitruma līmeņa augsnes tiek attēlotas ar dažādu toņu zilo krāsu. Tumši zilās krāsā rāda, kur modelētais gruntsūdens līmenis atrodas vien dažus decimetrus no zemes virskārtas, un indicē slapjas augsnes (2. att.). Gaiši zilā krāsā rāda, kur gruntsūdens līmenis atrodas līdz metra dziļumā, un indicē mitras augsnes. Zviedrijas GDz kartēs tumši zilā krāsā rāda arī ūdensteces un ezerus, ko iespējams identificēt, pievienojot attiecīgos karšu slāņus. Daudzas mazās upes parastajās topogrāfiskajās kartēs nav redzamas.



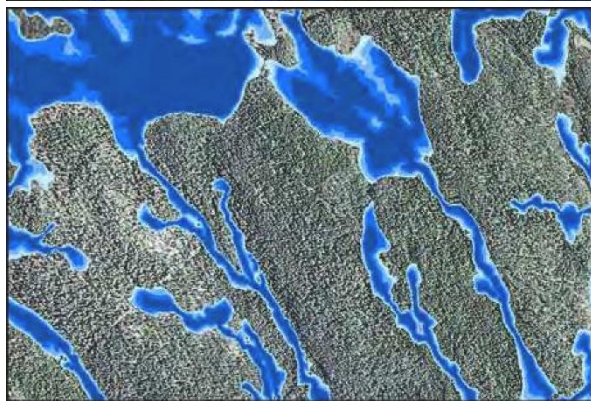
2.att. GDz karte teritorijai Zviedrijā, kas rāda upēm un ezeriem tuvās mitrās vietas. Mitruma palielināšanos rāda krāsas toņa maiņa no gaiši uz tumši zilu. Šī karte ņemta no Zviedrijas Meža aģentūras mājas lapas (<https://www.skogsstyrelsen.se/sjalvservice/karttjanster/skogliga-grunddata/>) 2020. gada 23. martā, leģenda tulkota angļiski.

Informāciju no vairākām digitālām kartēm ir viegli kombinēt, piemēram, izmainot slāņu caurspīdīgumu (3. att.). Dažādus karšu slāņus iespējams arī aktivizēt un deaktivizēt.

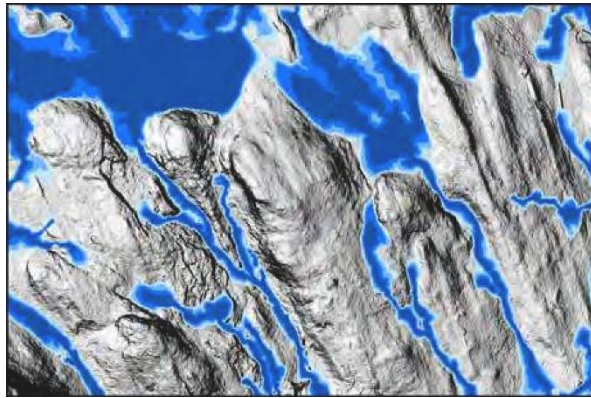
3A. Mitro vietu karte uz topogrāfiskās kartes.



3B. Mitro vietu karte uz ortofoto, kas rāda mežu.



3C. Mitro vietu karte uz virsmas reljefa digitālā modeļa (zemes virsmas 3D modelis).



3D. Mitro vietu kartes un ortofoto caurspīdīgi slāņi uz digitālā virsmas modeļa.



3.att. A-D. Mitro vietu kartes dažādos veidos. Karšu slāņus iespējams kombinēt vai aplūkot atsevišķi, pēc nepieciešamības.

# Desmit piemēri mitro vietu karšu izmantošanai mežsaimniecībā

Mitro vietu kartes iespējams izmantot, plānojot un īstenojot mežsaimnieciskās darbības upju un ezeru tiešā tuvumā, lai izvairītos no ilgstošiem augsnes un ūdens ekosistēmu bojājumiem un ekonomiski neidevīgiem meža darbu pārtraukumiem. Piemēram, tās var izmantot, lai:

- 1) sniegtu pārskatu par ūdensteču tīklu;
- 2) identificētu mazākās upītes;
- 3) plānotu pievešanas ceļu tīklu;
- 4) atrastu piemērotu vietu upju šķērsošanai;
- 5) izvērtētu ciršanas atlieku klājuma nepieciešamību grunts nostiprināšanai;
- 6) ieplānotu aizsargjoslas gar ūdensobjektiem;
- 7) blakus ūdensobjektiem identificētu mitras platības ar bagātīgu augu valsti;
- 8) aizsargātu piekrastes joslu no mēslošanas un augsnes sagatavošanas;
- 9) izvairītos no nejaušas upju šķērsošanas;
- 10) identificētu pacilu veidošanai piemērotas platības.

Piemēri parādīti 4.-13. attēlā.



**4.att. Ūdensteču tīkla pārskats – 1.piemērs.** Mitro vietu karte sniedz priekšstatu par ūdensteču tīklu ne vien saimnieciskās darbības veikšanas vietā, bet arī augšpus un lejpus tās (piemērā teritorija Zviedrijas dienvidu-centrālajā daļā). Šī informācija ir noderīga, plānojot ūdens aizsardzību, piemēram, meliorācijas sistēmu renovācijas darbu laikā, kad palielinās erodēto augsnes daļiņu transports pa straumi uz leju.





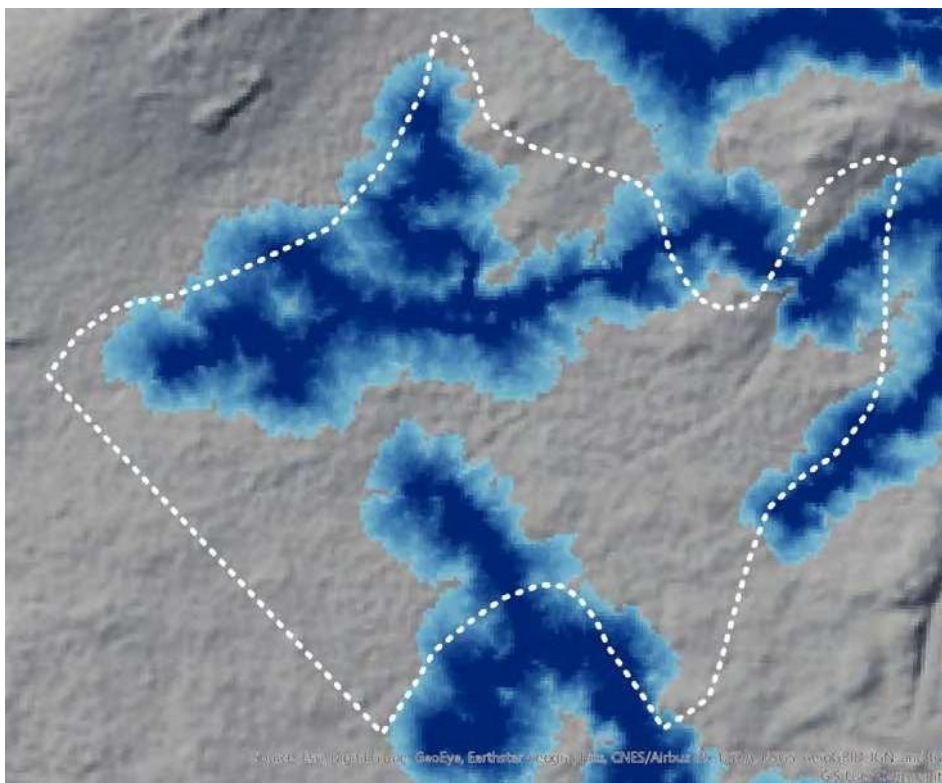
**5. att. Mazo upīšu identifikācija – 2. piemērs.** Mitro vietu kartes norāda mazāku ūdensteču atrašanās vietu, kas bieži iztrūkst parastajās kartēs. Šo upīšu atrašanās vietu zināt ir būtiski, lai tās aizsargātu, piemēram, no šķērsošanas ar meža tehniku, bet arī, lai saglabātu vai veidotu piekrastes joslas ar augstu ekoloģisko funkcionalitāti. Foto: E. Ring



**6. att. Pievešanas ceļu tīkla plānošana – 3. piemērs.** Sākotnējo pievešanas ceļu plānu iespējams izveidot birojā, izmantojot mitro vietu karti. Transporta ceļi būtu jāieplāno ārpus zili iekrāsotajām platībām, lai samazinātu risu veidošanās risku. Platība jāapseko arī dabā, lai apstiprinātu sastādīto plānu. Šajā fotoattēlā transporta pārvietošanās mitrajās, sūnām apaugušajās platībās var izraisīt risu veidošanos, kas augsta ūdens līmeņa apstākļos darbojas kā transporta kanāli augsnes daļiņām uz ūdensteci. Foto: E. Ring



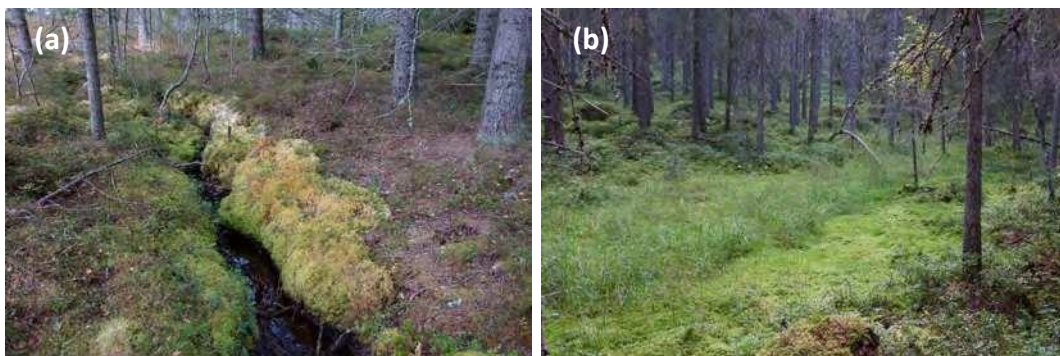
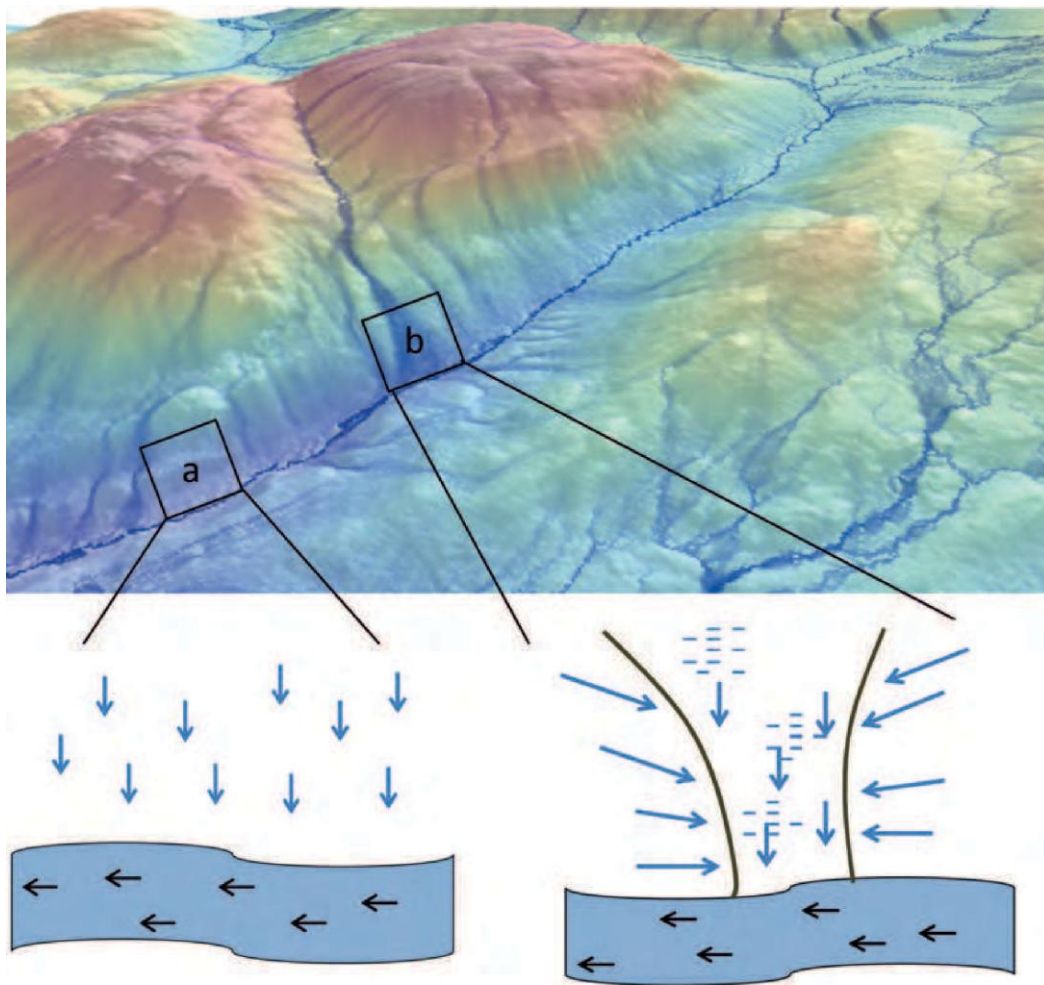
**7.att. Upju šķērsošanai piemērotu vietu atrašana – 4. piemērs.** Kad nav iespējams izvairīties no upes šķērsošanas, mitro vietu kartes jau birojā var izmantot piemērotāko vietu atrašanai šķērsojumam. Tās ir vietas, kur ūdenstecei pieguļošā zilā zona ir šaura. Izvēlētas vietas piemērotība pēc tam jāpārbauda dabā pirms darbu uzsākšanas.



**8. att. Novērtēšana, kur augsnes aizsardzībai nepieciešams ciršanas atlieku klājums – 5. piemērs.** Mitro vietu karti var izmantot, lai identificētu vietas, kur grunts aizsardzībai jāizmanto ciršanas atlieku klājums. Tāpat arī iespējams saprast, ko kurienes šīs ciršanas atliekas vislabāk ņemt (pelēkās zonas). Tomēr jāņem vērā, ka mitrās platības samazinās un palielinās atkarībā no laikapstākļiem.



**9. att. Aizsargjoslas plānošana gar upēm un ezeriem - 6. piemērs.** Mitro vietu kartes var būt noderīgas mainīga platuma aizsargjoslu plānošanai, kas iekļautu jutīgas mitras vietas. Jāņem vērā arī citi faktori, piemēram, pietiekams noēnojums, lapu nobiru ienese, mirušās koksnes nodrošinājums un citas vēlamās aizsargjoslas funkcijas. Ņemiet vērā, ka dažās Baltijas jūras reģiona valstīs aizsargjoslu platumu nosaka likumdošana. Foto: E. Ring



**10. att. Mitru platību ar bagātīgu augu valsti identificēšana – 7. piemērs.** Gruntsūdens parasti ieplūst upē, kā vienkāršoti parādīts (a). Tomēr reizēm tas koncentrējas specifiskās vietās pirms nonākšanas ūdenstecē, kā vienkāršoti parādīts (b). Boreālajos mežos platībās, kur koncentrējas gruntsūdens izplūde, parasti atrodama atšķirīga un sugām bagātāka augu valsts nekā tur, kur gruntsūdens izplūst vienmērīgi (a). Šajās vietās ir arī auglīgākas augsnes un neproporcionāli liela ietekme uz ūdens kvalitāti ūdenstecē. Mitro vietu karte var noderēt šādu platību identificācijai, lai tās iekļautu aizsargjoslā un pasargātu no mežizstrādes tehnikas ietekmes. Ilustrācija adaptēta no Laudon et al. (2016), foto: E. Ring.



**11. att. Piekrastes joslas aizsardzība no mēslošanas un augsnes sagatavošanas – 8. piemērs.** Mitro vietu kartes var izmantot, lai identificētu kritiskās zonas gar ūdensobjektiem, kur būtu jāizvairās no mēslošanas līdzekļu izmantošanas un augsnes sagatavošanas. Jāpatur prātā, ka ūdensteču tīkls mainās ūdens plūsmas apjoma ietekmē. Tādēļ iespējams ģenerēt mitro vietu kartes ar dažādiem ūdensteču tīkla sākumpunktiem, kas parāda gan slapjus, gan sausus apstākļus (skat. 23., 25. un 26. att.). Foto: E. Ring



**12. att. Izvairšanās no nejaušas ūdensteču šķērsošanas - 9. piemērs.** No nejaušas ūdensteču šķērsošanas iespējams izvairīties, ja ir zināmas to atrašanās vietas. Mazas upītes var būt grūti pamanāmas, ja zeme ir apsnigusi vai arī ja mežizstrāde notiek naktī. Foto: S. Tegelmo

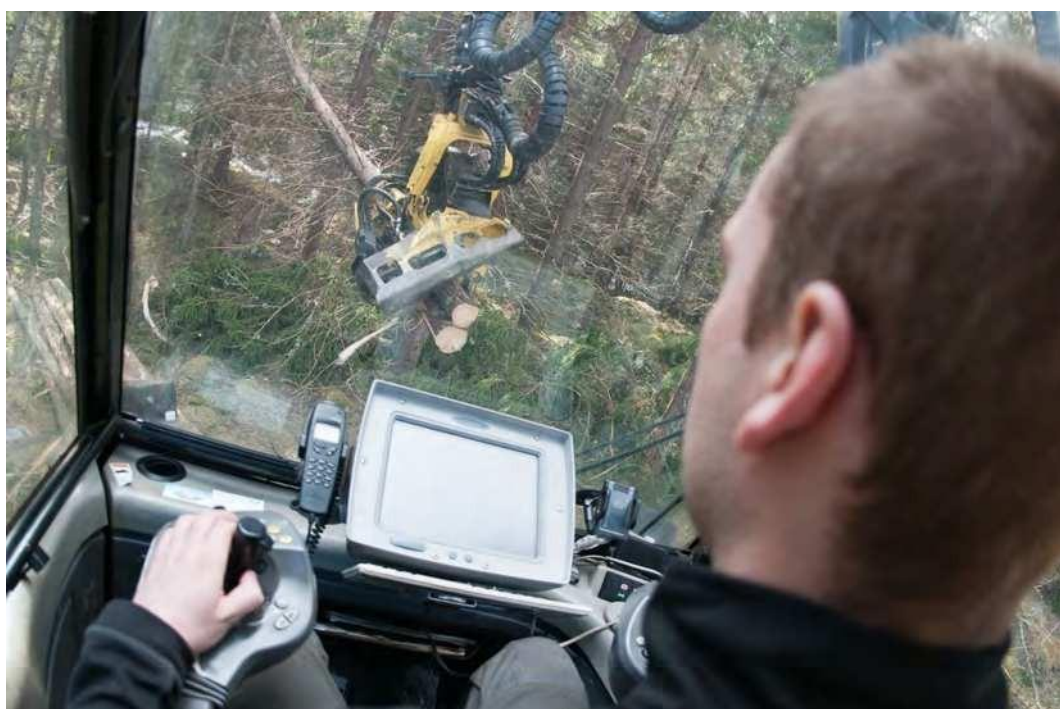


**13. att. Pacilu veidošanai piemērotu platību identifikācija – 10. piemērs.** Ja mitro vietu karte rāda, ka liela atjaunojamā nogabala daļa ir mitra, ieteicams apsvērt augsnes sagatavošanu, veidojot pacilas.

## Mitro vietu kartes mežsaimniecisko darbību plānošanai un īstenošanai

Mitro vietu kartes var izmantot darbu plānošanai gan birojā, gan dabā, kā arī darbu veikšanas laikā. Tās ir noderīgas lauka apsekojumu laikā, kā arī darbību veikšanas laikā, jo sevišķi, ja meža tehnikas atrašanās vietu ir iespējams identificēt reālā laikā (14. att.). Šādā gadījumā tehnikas operators visu laiku var sekot mašīnas atrašanās vietai attiecībā pret kartē identificētajām mitrajām platībām. Mitro vietu kartes arī atvieglo plānošanu apstākļos, kad zemi sedz sniega sega.

**Pēc sākotnējās plānošanas telpās noteikti vajadzīgs teritorijas apsekojums dabā, lai pārbaudītu un precizētu robežas, plānoto pievešanas ceļu atrašanās vietas, ūdensteču šķērsojumus, aizsargjoslas u.c.**



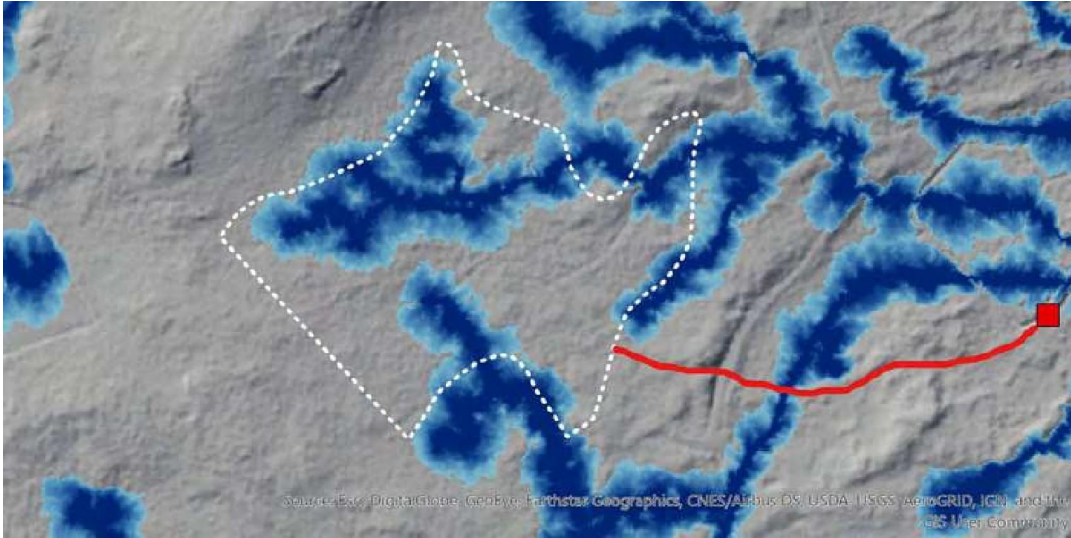
14. att. Sekot līdzi meža tehnikas atrašanās vietai attiecībā pret mitrajām teritorijām reāllaikā ir ļoti noderīgi, lai izvairītos no jutīgu platību šķērsošanas. Foto: E. Viklund

### **Mežizstrāde — kopšana un galvenā cirte**

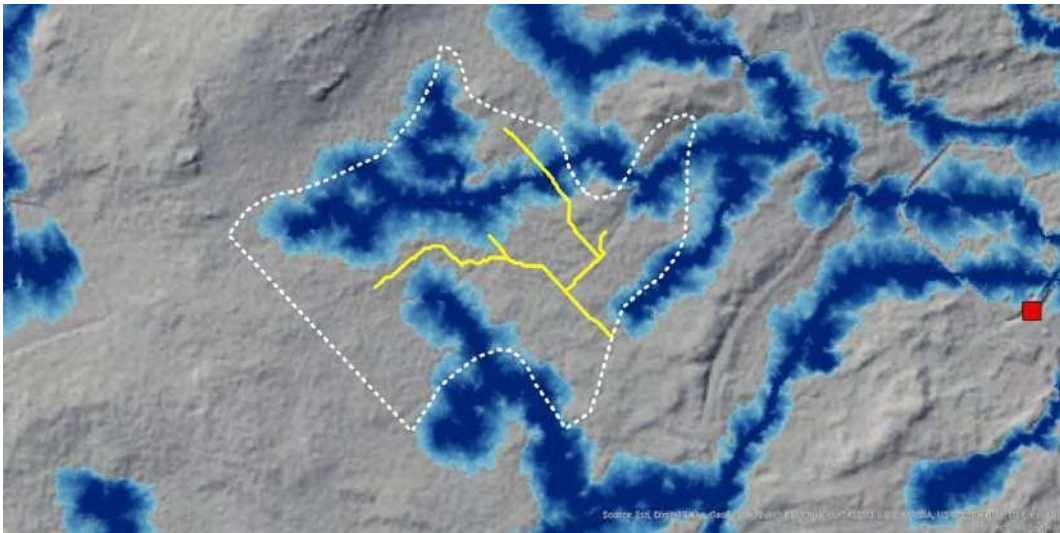
Mitro vietu kartes var palīdzēt plānot pievešanas ceļu tīklu, krautuvju atrašanās vietas, ūdensteču šķērsojumus un nepieciešamību nostiprināt augsni, veicot galveno cirti (15. att.). Mitro vietu karte var būt noderīga arī, plānojot bioloģiskās daudzveidības aizsardzības pasākumus, piemērm, aizsargjoslas.

Kopšanas cirti ir potenciāli grūtāk plānot nekā galveno cirti fiksētā attāluma starp pievešanas ceļiem dēļ. Plānojot kopšanu, mitro vietu kartes var būt noderīgas potenciālu problēmvietau identificēšanai jau pirms darbu uzsākšanas.

## Ceļu tīkla plānošana galvenajā cirtē – piemērs mitro vietu kartes izmantošanai

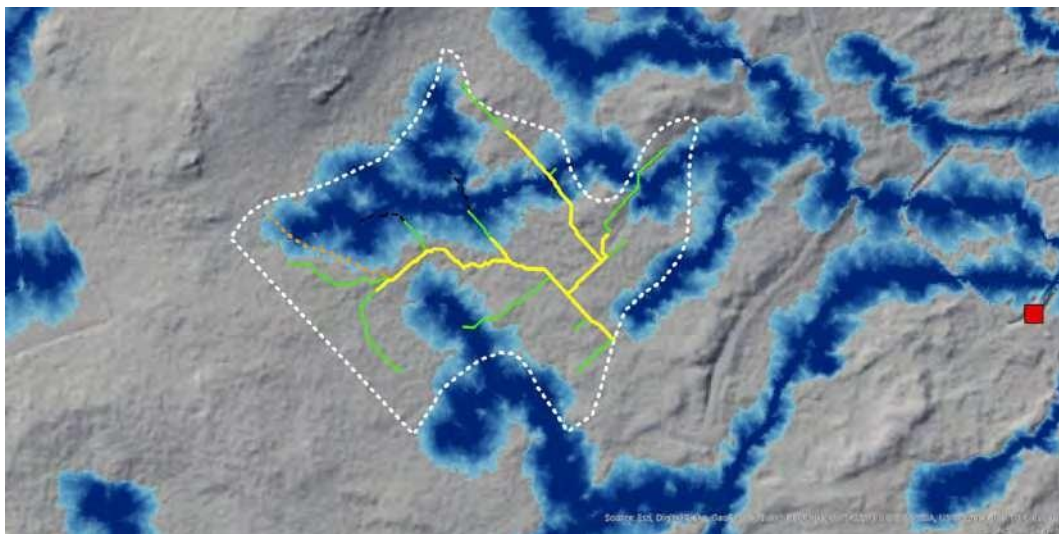


**15A. Galvenais ceļš no cirsma uz krautuvi.** Kokmateriāli jātransportē no cirsma uz krautuvi (sarkanais kvadrāts), un no mitras platības šķērsošanas var neizdoties izvairīties. Tādēļ jāatrod piemērota vieta, t.i., tāda vieta, kur slapjā zonā ir šaura un nogāze nav pārāk stāva. Jāņem vērā arī transportēšanas attālums un topogrāfija, lai atrastu īsāko ceļu ar piemērotiem grunts apstākļiem. Apstākļi jāpārbauda dabā, un ceļu novietojums nepieciešamības gadījumā jāpielāgo.



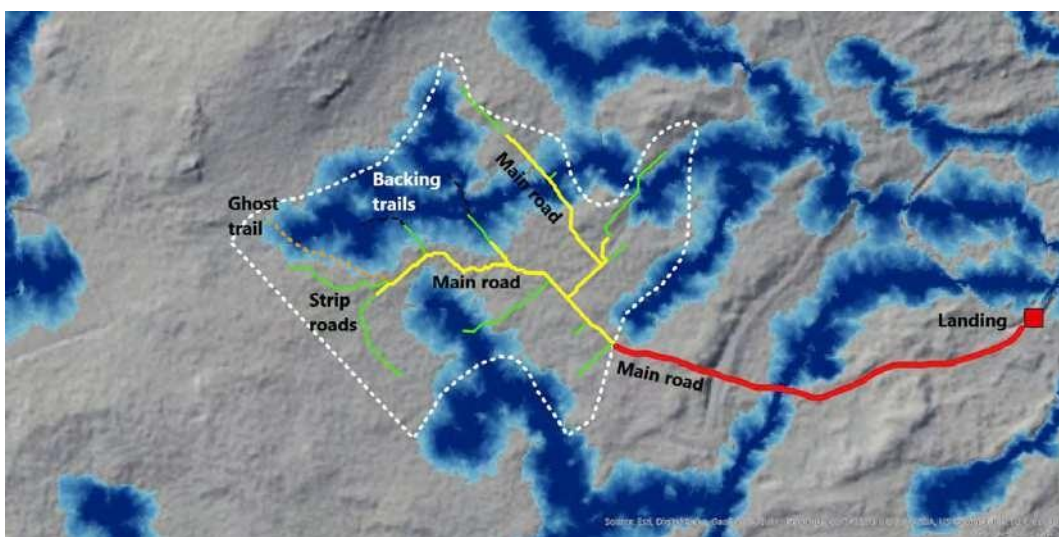
**15B. Maģistrālo pievešanas ceļu tīkls cirtmā.** Pievešanas ceļu tīkls jāplāno atbilstoši piedevamās koksnes apjomam un sadalījumam. Katram segmentam jāspēj nodrošināt nestspēja vajadzīgo transportēšanas reižu skaitu. Pievešanas ceļi iespēju robežās tiek izvietoti ārpus mitrajām platībām un pastiprināti ar ciršanas atliekām. Apstākļi tiek pārbaudīti uz vietas dabā, nepieciešamības gadījumā ceļu novietojums pielāgots un paredzēti papildu augsnes aizsardzības pasākumi, ja nepieciešams.





**15C. Tehnoloģiskie koridori, hārvestera ceļi (ghost trails) un papildu koridori (backing trails).**

Tehnoloģisko koridoru (zaļās līnijas) un hārvestera ceļu (oranžā pārtrauktā līnija) atrašanās vietas parasti tiek plānotas uz vietas cirsmā, par pamatu ņemot maģistrālo pievešanas ceļu tīklu un lauka apstākļos veiktās atzīmes. Ciršanas atliekas brunts pastiprināšanai tiek izmantotas visās tumši zilajās platībās un citur, kur nepieciešams. Hārvestera ceļu pāri mitrajai platībai izmanto tikai hārvesters, kas nozāģētos kokus novieto blakus esošajās sausākajās vietās. Forvarders tad var tos savākt, neiebraucot slapjajās teritorijās. Lai samazinātu ietekmi uz augsni, forvarders var arī izmantot papildu koridorus (melnās pārtrauktās līnijas), iebrūcēt tajos bez kravas un sākot uzkraušanu no ceļa beigām, izvairoties kraut pilnu kravu. To papildina ceļā uz krautuvi.



**15D. Viss pievešanas ceļu tīkls (Landing – krautuve, main road – maģistrālais pievešanas ceļš, strip roads – tehnoloģiskie koridori, ghost trail – hārvestera ceļš, backing trails – papildu koridori).** Augsnes nestspēja laikapstākļu ietekmē var strauji pasliktināties, tādēļ nepārtraukti jāpielāgojas pašreizējiem apstākļiem.

15A-D att. Piemērā izmantotā mitro vietu karte ir GDz karte, ko nodrošina Zviedrijas meža aģentūra. Mitro vietu slānis novietots uz 3D zemes virsmas modeļa.

## Meža atjaunošana

Ja vienlaidu atjaunošanas cirtes laikā netiek saglabāta aizsargjosla (16. att.), ir vēl citi pasākumi, ko īstenot, lai aizsargātu vai uzlabotu ūdens kvalitāti. Mitro vietu karti var izmantot, lai identificētu platības, kur nevajadzētu veikt augsnes sagatavošanu un stādīt skuju kokus, piemēram, mitrās vietas upju un ezeru krastos (16. att.). Lapukoku dabiskās atjaunošanās veicināšana šajās platībās palielinās lapukoku īpatsvaru audzē an veidos labu pamatu nākotnes aizsargjoslai.



16. att. Izvairīšanās no augsnes sagatavošanas un tehnikas pārvietošanās mitrajās platībās blakus ūdensobjektiem, atbilstoši mitro vietu kartēm, palīdzēs aizsargāt virszemes ūdeņus no palielinātas erodētās augsnes daļiņu ieneses. Turklāt izvairīšanās stādīt skuju kokus mitrajās vietās veicinās lapukoku ieviešanos gar upēm vai ezeriem, radot labvēlīgākus apstākļus ūdenī mītošajiem organismiem. Foto: E. Ring

### Jaunaudžu kopšana

Mitrās platībās viegli atjaunojas lapu koki, un tajās, piemēram, ūdensobjektu krastos, ir vieglāk nodrošināt augstu lapukoku īpatsvaru (17. att.). Mitro vietu karte var palīdzēt identificēt šādas teritorijas, kur jaunaudžu kopšanas laikā būtu atstājams vairāk lapu koku. Lapu koku nobiras ūdens organismiem nodrošina augstākas kvalitātes barību nekā skujukoku skuju.



17. att. Mitro vietu karti var izmantot, lai identificētu mitras teritorijas upju un ezeru krastos, kur vērtīgi saglabāt lielāk lapukoku īpatsvaru. Foto: E. Ring

## Meža ceļi

Mitro vietu kartes var izmantot, lai plānotu piemērotas vietas jaunu meža ceļu savienojumiem ar jau esošiem, piemēram, lai izvairītos no platībām ar zemu grunts nestspēju vai nevajadzīgu ūdensteču šķērsošanu (18. att.). Ceļu būve un ceļa grāvju uzturēšana atsedz minerālaugsni, kas var erodēt un palielināt augsnes daļiņu nonākšanu ūdenī. Ceļa grāvjus nevajadzētu nepastarpināti ievadīt ūdenstecēs. Savienojumu, kā arī caurteku plānošanai mitro vietu kartes ir ērti izmantojamas.



18. att. Meža ceļa būve ir nepieciešama, piemēram, ja blakus esošajos nogabalos drīz paredzēta mežizstrāde. Sākotnējo meža ceļu izvietojumu var plānot, izmantojot mitro vietu kartes. Foto: E. Ring

## Mēslošana

Mēslošanas līdzekli nedrīkst izkaisīt ūdensobjektos vai platībās, kas cieši hidroloģiski savienotas ar blakus esošajām upēm un ezeriem (19. att.). Lai aizsargātu upes un ezerus no tiešas mēslošanas ietekmes, mitro vietu kartes var izmantot to platību identifikācijai, kur mēslošanas līdzekli kaisīt nedrīkst (ņemiet vērā, ka mēslošanu bieži regulē likumdošana, vadlīnijas un sertifikācijas standarti). Tehnikas atrašanās vietas identifikācija reāllaikā operatoram palīdzēs izkliedēt mēslošanas līdzekli tikai tur, kur paredzēts.



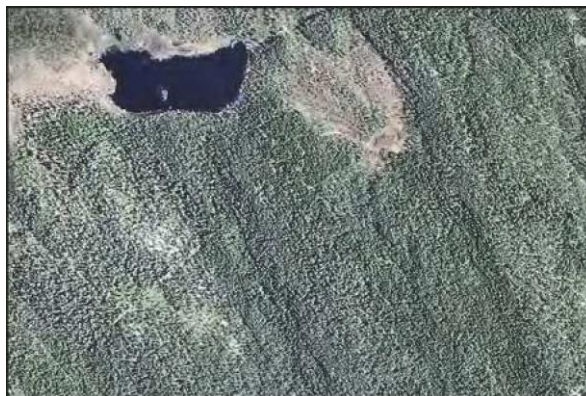
19. att. Traktors, kas izkliedē mēslošanas līdzekli uz minerālaugsnes augošā skujukoku audzē. Foto: D. Malm

# No parastām kartēm uz mitro vietu kartēm

Tehnoloģiskā attīstība pēdējās desmitgadēs ir sniegusi iespēju apkopot un apstrādāt lielas datu kopas. Tā rezultātā ir radušās jaunas metodes karšu veidošanai. Šajā sadaļā īsi aprakstīta gruntsūdens dziļuma (GDz) un mašīnmācības augsnes mitruma (MMAM) karšu attīstība un īpašības, lai palīdzētu interpretēt to sniegto informāciju (20. att.).

## No aerofoto līdz mašīnmācībai – īss pārskats

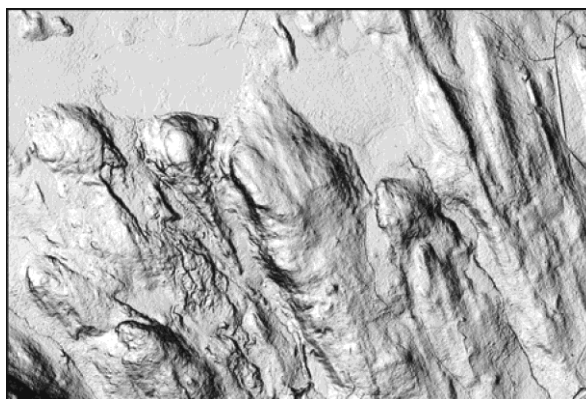
20A. Aerofoto



20B. Parasta karte

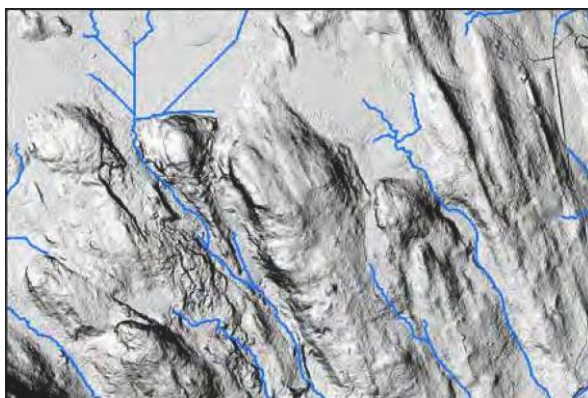


20C. 3D zemes virsmas modelis no Lidar mērījumiem



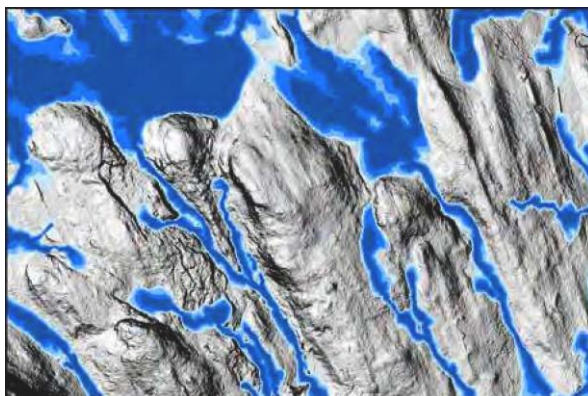
20D. Ūdensteču tīkls, kas veidots no 3D modeļa

Šī karte rāda visas upītes, pat vismazākās. Tās veido tīklu, un, ietekot ezerā, veido kopēju tīklu.



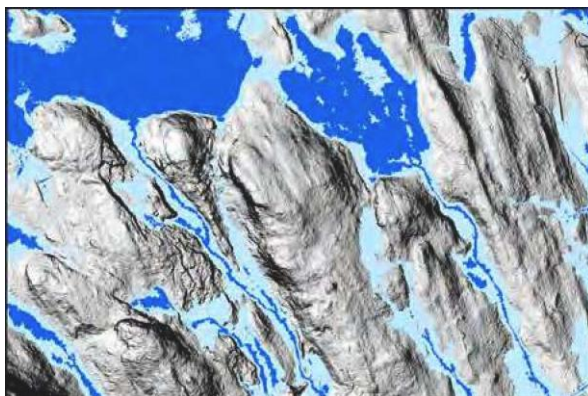
20E. GDz karte

GDz kartes tiek ģenerētas, modelējot gruntsūdens dziļumu ainavā, izmantojot ūdensteču tīklu un ezeru slāni.



20F. MMAM karte

Šī mitro vietu karte ir ģenerēta, izmantojot mašīnmācības metodes, kombinējot informāciju no dažādām kartēm un lauka datiem vienā kartē, kas rāda augsnes mitrumu .



---

20A-F att. Karšu, kas rāda mitrās vietas, ezerus un upes, attīstības kopsavilkums. Kartes rāda Krycklan sateces baseinu Zviedrijas ziemeļos.

### Parastās kartes neparāda daudzas mazās upes un mitrās vietas

Parastajās kartēs mazās upītes un mitrās platības mežos bieži vien netiek parādītas, daļēji tāpēc, ka tās ir sarežģīti identificēt zem koku vainagiem gan aerofoto ainās, gan lauka apstākļos (21. att.).

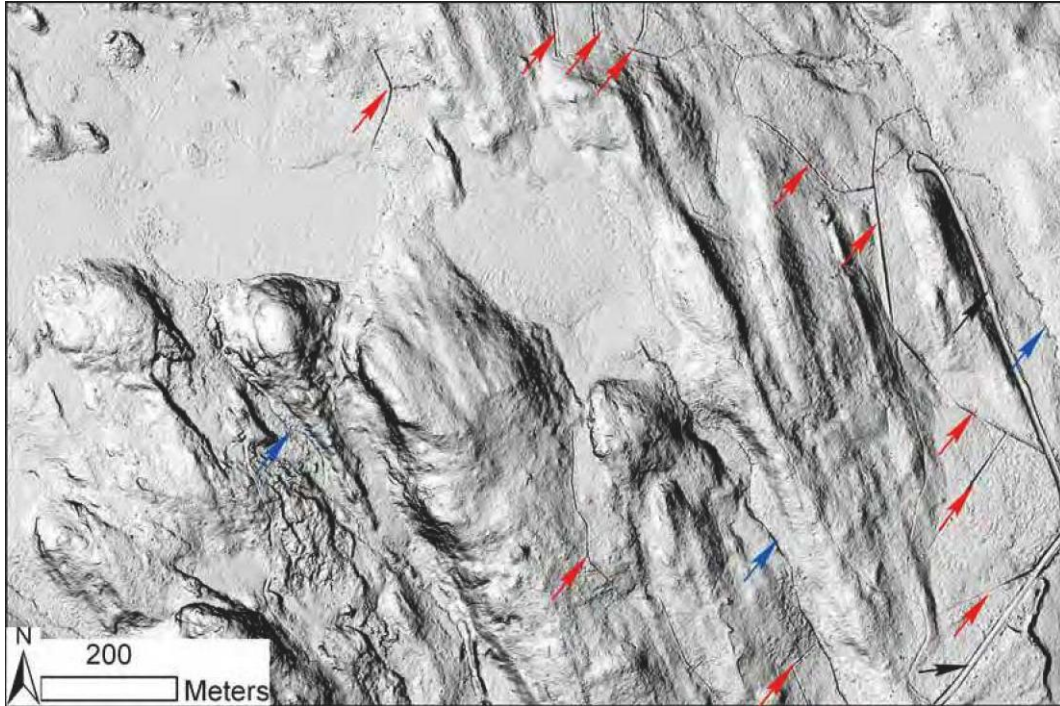


21. att. Zviedrijas meža aerofoto, kur redzamas upes un ezeri no parastā karšu slāņa.



### Lidar mērījumus var izmantot zemes reljefa attēlošanai

Daudzas teritorijas ir skenētas ar Lidar (light detection and ranging), kas tiek veikts no lidmašīnas, izmantojot lāzertehnoloģiju. No ģenerētajiem datu punktu mākoņiem iespējams izveidot augstas izšķirtspējas 3D ainavas modeļus, kas parāda arī nelielas ainavas iezīmes. Piemēram, upīšu gultnes, grāvjus un ceļus, pat zem koku vainagiem (22. att.).



22. att. Augstas izšķirtspējas zemes virsmas modelis, kas ģenerēts no Lidar datiem (tā pati teritorija, kas iepriekšējā attēlā). Tas parāda ceļus (melnās bultiņas), mazās ūdenstece (zilās bultiņas) un grāvjus (sarkanās bultiņas), kas aerofoto nebija redzami.

## Ūdensteču tīkls ir visprecīzākais, ja ģenerēts no zemes virsmas 3D modeļa

Parastās kartes parāda lielāko ūdensteču tīklu, ko iespējams identificēt aerofotoattēlos, bet patiesībā ļoti lielu daļu no hidroloģiskā tīkla veido tieši mazās ūdensteces. Šīs mazās upītes parastajās kartēs visbiežāk neparādās, jo tās traucē ieraudzīt koku lapotne. Tomēr, izmantojot no Lidar mērījumiem ģenerētus 3D virsmas modeļus, ir iespējams modelēt ūdens plūsmas un ūdensteču tīklu, kas iekļauj arī mazās upītes (23. att.). Ūdensteču tīkla biezums ir atkarīgs no izvēlēta sateces baseina lieluma, pie kura sākas virszemes ūdens plūsma. 23. attēlā atainota situācija pie 10ha un 2ha liela sateces baseina sliekšņa.

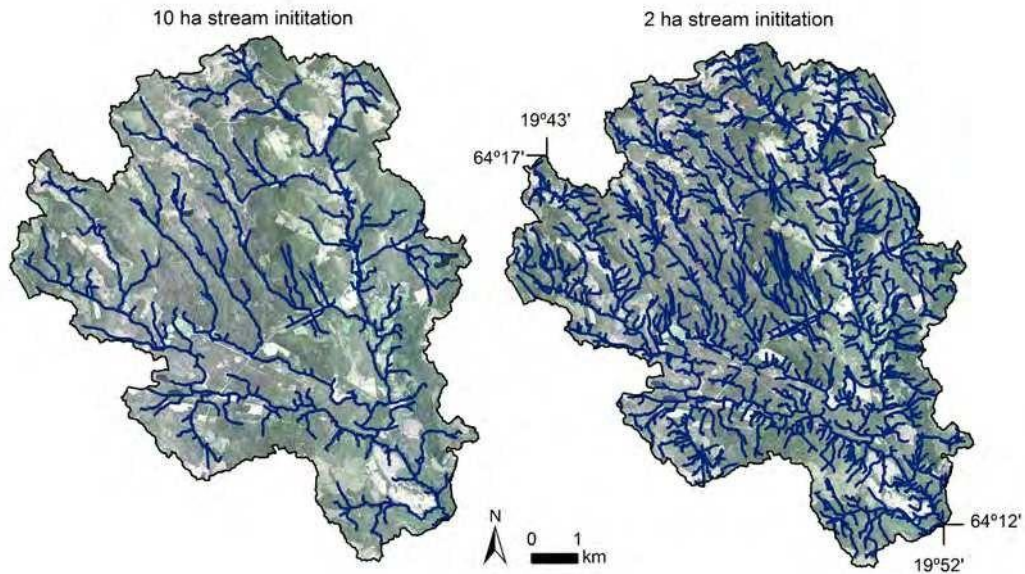
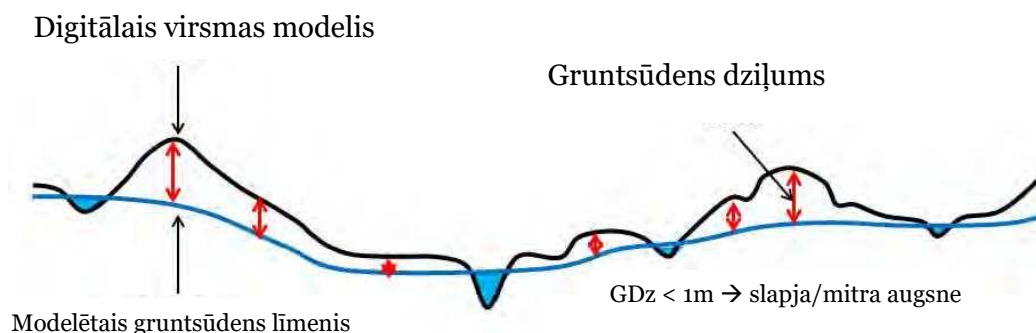


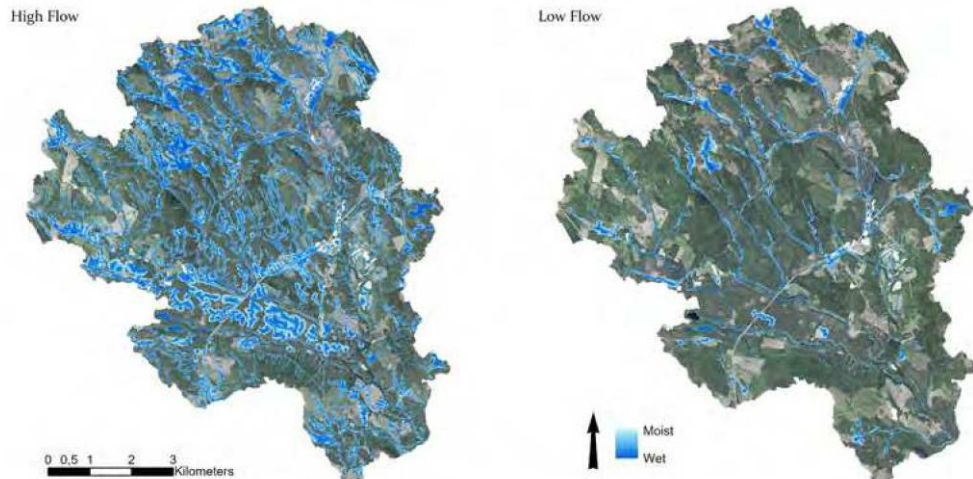
Fig. 23. Divas ūdensteču tīkla kartes Krycklan sateces baseinā, Zviedrijas ziemeļos. Kreisajā pusē: ūdensteču tīkls, kas ģenerēts ar sliekšni, sākot no 10 ha. Labajā pusē: ūdensteču tīkls, kas ģenerēts ar sliekšni, sākot no 2 ha.

## GRUNTSŪDENS DZIĻUMA KARTES

### GDz kartes rāda modelēto gruntsūdens līmeni

Tiklīdz ir izveidots pilnīgāks ūdensteču tīkls (23. att.), ir iespējams modelēt gruntsūdens līmeni ainavā (24. att.) un aprēķināt dziļumu no zemes virsmas līdz modelētajam gruntsūdens līmenim. To sauc par gruntsūdens dziļuma (GDz) indeksu. Ja gruntsūdens līmenis ir tuvu zemes virsmai, augsne ir mitra, ja tas ir tālu no zemes virsmas, augsne ir sausa. Papildus lielām, labi redzamām mitrziem, ko rāda arī parastās kartes, GDz kartes rāda arī slapjās un mitrās vietas upju un ezeru piekrastes joslās. GDz karti veido, definējot divas sliekšņvērtības: sateces baseina lielumu, pie kura sākas virszemes notecē un GDz indeksu. Pirmais sliekšnis norāda, kur ainavā ūdensteces sākas (23. att.). Tā vērtība atšķiras atkarībā no reģiona, augsnes, topogrāfijas un klimata. Ja visai valstij tiktu izmantota viena vērtība, rezultāts būtu kartes, kas vietām rāda pārāk mitrus, bet vietām – pārāk sausus apstākļus. Otrs sliekšnis nosaka modelēto gruntsūdens līmeņa dziļumu; parasti augsnes, kurās gruntsūdens līmenis ir seklāks par 1m, tiek apzīmētas kā mitras. GDz kartēs platības ar zemu GDz indeksu ( $<1$ ) tiek atzīmētas zilā krāsā (25. att.). Tumši zilas teritorijas rāda, kur gruntsūdens līmenis ir pavisam tuvu augsnes virskārtai, indicējot slapjas augsnes. Gaiši zila krāsa norāda uz mitrām augsnēm, kur gruntsūdens līmenis ir apmēram metra dziļumā.

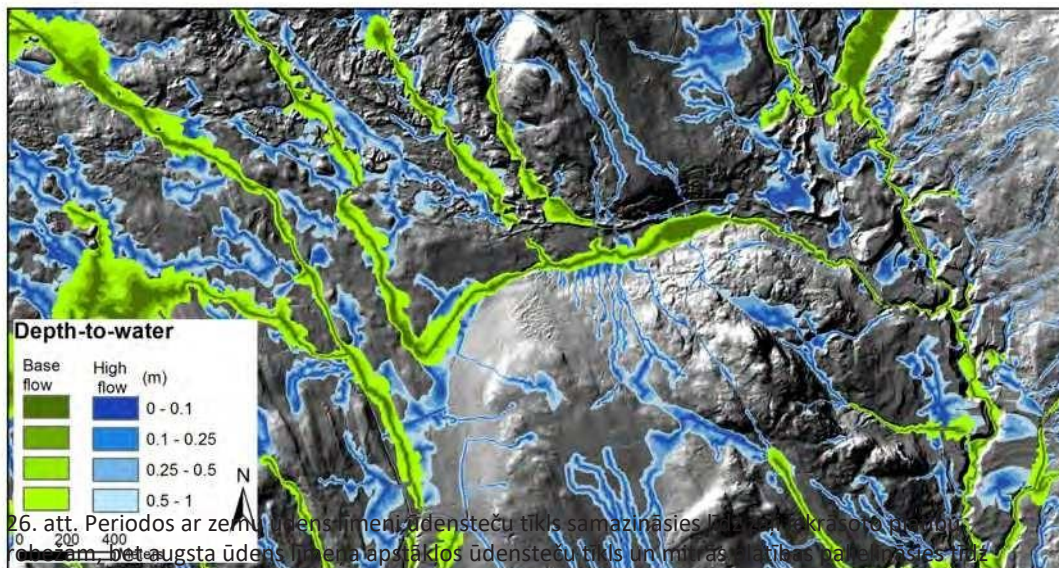




25. att. GDz kartes ūdensteču tīklam Krycklan sateces baseinā augsta (pa kreisi) un zema (pa labi) ūdens līmeņa apstākļos. Ilustrācija: William Lidberg.

### GDz kartes var parādīt gan augsta, gan zema ūdens līmeņa apstākļus

Ūdensteču tīkls palielinās un samazinās atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem (25. att.), un GDz kartes var izmantot, lai raksturotu šo sezonālo variāciju (26. att.). Zaļās platības parāda vietas, kas ir mitras zema ūdens līmeņa apstākļos, un zilās platības parāda vietas, kas pārplūst augsta ūdens līmeņa apstākļos. Zaļās un zilās teritorijas ir tās, kurās jāizvairās no augsnes bojājumiem, lai aizsargātu netālu esošās upes un ezerus no palielinātas erodētās augsnes, bīstamo vielu un barības vielu ieneses. Tomēr, atkarībā no vietējiem apstākļiem, piemēram, augsnes tipa, var būt jāaizsargā pat lielāka platība. Lai gan kartes sniedz būtisku informāciju, platība ir jāapsēko arī dabā.



26. att. Periodos ar zemu ūdens līmeni ūdensteču tīkls samazināsies, bet ar augsta ūdens līmeņa apstākļos ūdensteču tīkls un mitras platības palielināsies. Tās teritorijām, kas marķētas zilā krāsā.

## MAŠINMĀCĪBAS ĢENERĒTAS MITRO VIETU KARTES

Mašīnmācības augsnes mitruma (MMAM) kartes ZPēdējā laikā mitro vietu kartes tiek attīstītas tālāk, izmantojot mašīnmācību. Lai adaptētu kartes dažādiem reģioniem ar dažādām augsnēm, topogrāfiju un klimatu, tiek ģenerētas daudzas kartes ar dažādiem slietņiem, ko pēc tam izmanto kopā ar lauka datiem, lai "trenētu" datoru automātiski kombinēt informāciju vienā kartē. Pašlaik šāda karte izstrādāta tikai Zviedrijai. Zviedrijas MMAM karte tika ģenerēta, apvienojot informāciju no 28 kartēm un izmantojot augsnes datus no 20 000 parauglaukumiem Zviedrijas Meža statistiskās inventarizācijas tīklā (27. att.). Pirms modeļa "trenēšanas" piecas augsnes mitruma klases tika kombinētas trijās klasēs nelielā novērojumu skaita dēļ ļoti sauso un ļoti slapjo augšņu grupā. Modelis tika "trenēts" klasificēt katru pikseli vienā no trijām klasēm: sauss-vidēji mitrs, vidēji mitrs-mitrs un mitrs-slapjš (28. att.).

MMAM kartes modelē vidējos mitruma apstākļus un ņem vērā lokālo klimatu, augsnes, topogrāfiju utt. Tādējādi mitro vietu novietojums tiek ģenerēts precīzāk, salīdzinot ar GDz kartēm.



27. att. MMAM karte Zviedrijai tika izveidota, kombinējot informāciju no 28 kartēm un izmantojot augsnes datus no 20 000 Meža statistiskās inventarizācijas laukumiem. Attēlā parādītas šo laukumu atrašanās vietas. Ilustrācija: Lidberg et al. (2020).

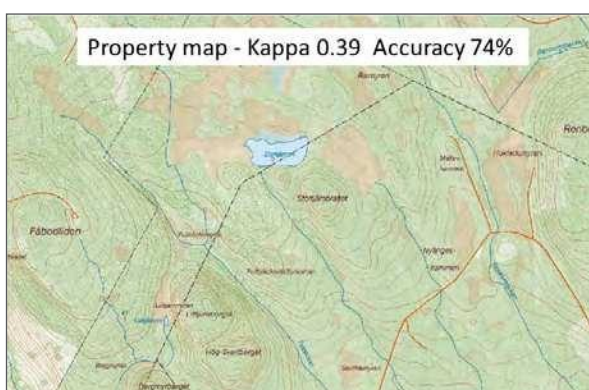


28. att. Šī MMAM karte rāda trīs augsnes mitruma klases: sausa-vidēji mitra (caurspīdīgs slānis, redzams ortofoto), vidēji mitra-mitra (gaiši zils) un mitra-slapja (tumši zils).

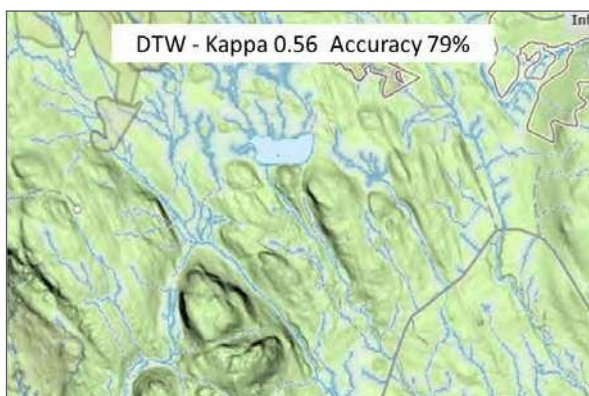
## UZLABOTA PRECIZITĀTE

Mitro vietu kartes parāda hidroloģisko tīklu labāk nekā iepriekšējās topogrāfiskās kartes. Salīdzinot dažādus karšu veidus ar lauka datiem, iespējams aprēķināt indeksu, kas parāda, cik precīza ir konkrētā karte. Mēs izmantojam vispārējo precizitāti vai precizitāti un kapa koeficienta vērtības (Kohena kapa indeksu), lai novērtētu karšu veikspēju (29. att.): kapa vērtība 1 un 100% precizitāte parādītu kartes un lauka situācijas perfektu sakritību.

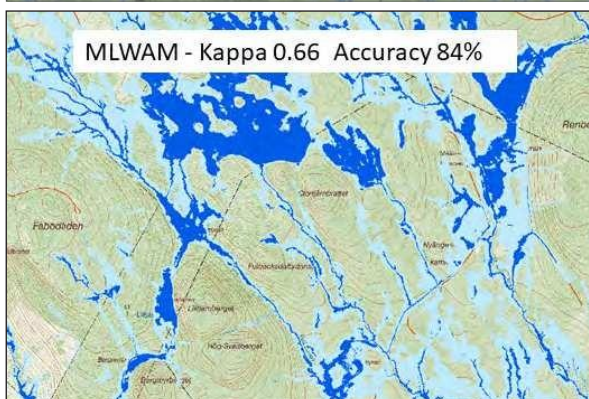
- 29A. Topogrāfiskās kartes (1: 12 500) tiek veidotas no ortofoto un rāda lielos purvus un mitrzemes. Daudzas mazās mitrzemes un piekrastes joslas zem koku vainagiem paliek nekartētas.



- 29B. Salīdzinot ar topogrāfiskajām kartēm, GDz karšu veikspēja ir acīmredzami labāka, ar augstāku kapa indeksu un precizitātes vērtībām. Ir redzamas mazās upītes un mitrās augsnes blakus upēm un ezeriem, lai gan dažas mitrzemes paliek nekartētas. Dažos reģionos GDz karte var arī klasificēt augsni kā pārāk sausu vai pārāk mitru.



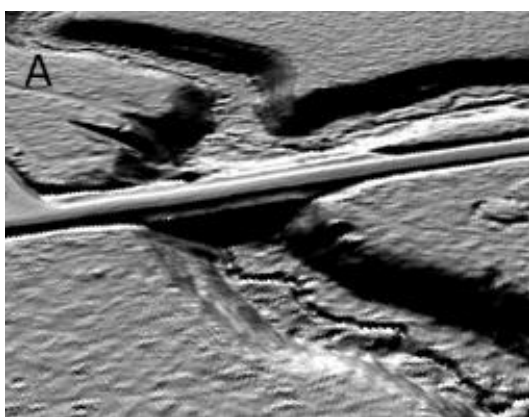
- 29C. Mašīnmācība var uzlabot mitro vietu karšu veikspēju. Pašlaik šādas kartes izveidotas tikai Zviedrijā. Šajā kartē redzamas gan mitrzemes, gan piekrastes joslas, un tās iespējams pielāgot reģioniem ar dažādu topogrāfiju, augsni un klimatu. Pašlaik šī ir visprecīzākā karte, un drīz vien tā būs brīvi pieejama.



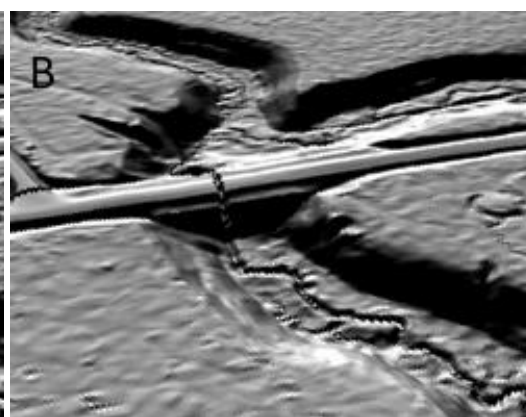
29A-C. att. Pārskats, kā laika gaitā uzlabojusies karšu precizitāte. Kapa indeksa un precizitātes aprēķinu vajadzībām kartes tika iedalītas divās mitruma kategorijās, bet šeit redzamas oriģinālās kartes.

## MITRO VIETU KARŠU ZINĀMIE IEROBEŽOJUMI

Lai gan digitālās mitro vietu kartes ir precīzākas nekā parastās kartes, tās tomēr nav nevainojamas. 80% precizitāte nozīmē, ka 20% gadījumu sastopamas kļūdas. Šīs kļūdas parasti rodas ceļu tuvumā. 3D virsmas modeli ceļš tiek uzverts kā mākslīgs aizsprosts, lai gan realitātē ūdenstece plūst pa caurteku vai zem tilta. Šo problēmu iespējams risināt, automātiski procesējot 3D zemes virsmas modeli ĢIS programmās (30. att.). Lai gan šis risinājums strādā vairumā gadījumu, kā redzams 30. attēlā, var rasties kļūdas tajos gadījumos, kad visu tiltu un caurteku atrašanās vietas nav zināmas. Cits kļūdu avots saistīts ar ūdenstece sāksnās sliekšņa izvēli (23. att.). Izvēloties nepareizu sliekšni, platības, kas atrodas augštecē, t.i., ap mazākajām upītēm, kartē var tikt klasificētas kā pārāk sausas vai pārāk slapjas. Tādēļ situācija jāpārbauda dabā.



30A. Zemes virsmas 3D modelī ceļš darbojas kā mākslīgs aizsprosts.



30B. Automātiski procesējot modeli, izmantojot "breaching" funkciju, ūdeni iespējams novadīt pāri ceļam.



30C. Pēc tam ceļš vairs netraucē plūsmai, un ūdenstece turpina plūst.

30A-C. att. Apstrādājot zemes virsmas 3D modeli, tiek nodrošināta ūdens plūsma digitālajā ainavā. Ceļi parasti atrodas augstāk par blakos esošajām teritorijām, tādēļ var tikt uzverti kā aizsprosti. Šajā piemērā tika izmantota "breaching" funkcija, lai nodrošinātu ūdens plūsmu.



## Mitro vietu kartes Baltijas jūras reģionā

- GDz kartes pirmo reizi izveidotas Kanādā, Ņūbrunsvikas Universitātē (<https://blogs.unb.ca/afrc-research-highlights/2019/05/wet-areas-mapping.php>).
- Baltijas jūras reģionā GDz karšu izmantošana praktiskajā mežsaimniecībā sākās Zviedrijā 2014. gadā.
- 2016. gadā Zviedrijas Meža aģentūra sagatavoja GDz kartes visai valstij.
- ES Interreg projekta WAMBAF Tool Box ietvaros 2020. gadā mitro vietu kartes izveidotas visai Somijas teritorijai, darbs pie kartēm turpinās Latvijā un Polijā.
- No 2015. līdz 2019. gadam Zviedrijā, Zviedrijas Lauksaimniecības universitātē darbs tika attīstīts tālāk, izmantojot mašīnmācību. (<http://www.slu.se/mfk/>)
- MMAM kartes Zviedrija tiks sagatavotas 2020.-2021. gada laikā.
- WAMBAF Tool Box projekta ietvaros notiek sagatavošanās MMAM karšu izveidošanai Somijā, Latvijā un Polijā.

# Mežsaimniecības profesionāļu praktiskās atsauksmes par mitro vietu kartēm Zviedrijā un Somijā

GDz kartes praktiskajā mežsaimniecībā Zviedrijā un Somijā tiek izmantotas jau kādu laiku. Lai iegūtu informāciju par to praktisko pielietojumu, 2019. un 2020. gadā tika intervēti astoņi mežsaimniecības darbinieki, kas jau vairākus gadus ir izmantojuši GDz kartes, – kontraktori, plānotāji, tehnikas operatori un plānošanas eksperti. Pārsvārā respondenti minēja, ka tās izmantojuši galvenajā cirtē un kopšanā. Visi novērtēja GDz kartes visumā pozitīvi un kā noderīgas darbam. Tomēr dažās vietās tās tika raksturotas kā nepietiekami precīzas, seišķi kūdras augsnēs un plakana reljefa apstākļos.

Mežsaimniecības darbinieki kartes izmantoja gan plānošanai, gan arī mežsaimniecisko darbu laikā. Piemēram, mežtehnikas operators kartes izmantoja, lai novērtētu, vai ciršanas atliekas būtu izvācamas vai izmantojamas grunts pastiprināšanai. Kartes tika izmantotas pievešanas ceļu tīkla plānošanai, ūdensteču šķērsojuma vietas izvēlei, krautuves novietojuma izvēlei, dabas aizsardzības pasākumu plānošanai un vienkāršu un sarežģītu cirsmu identifikācijai.

GDz karšu ieviešana tika raksturota kā plānošanu atvieglojošs pasākums, kas ļauj plānošanu uzsākt agrāk, jau pirms mežizstrādes. Arī plānošana dabā bija efektīvāka, kad platības ar zemu nestspēju jau iepriekš bija identificētas GDz kartē.

Lai kartes uzlabotu, profesionāļi ieteica iekļaut tajās informāciju par hidroloģiju, augsnes tipu, kokaudzi, audzes vecumu, audzes robežām, sakņu biomasu un topogrāfiju. Tika ieteikts iekļaut arī informāciju par vietējiem laikapstākļiem.

Plašāka atgriezeniskā saite no intervijām sniegta zemāk. Citātus tulkoja un rediģēja autori.

## PROFESIONĀĻU KOMENTĀRI

### Piemēri GDz karšu izmantošanai

“Ka es atbraucu uz cirsmu, es ieslēdzu GDz karti un paskatos uz nogāžu slīpumiem. Es bieži pārslēdzos star portofoto un GDz karti.”

“Kad saņemu instrukcijas cirsmas izstrādei, es ieslēdzu GDz karti un paskatos uz topogrāfiju. Tas sniedz labu priekšstatu.”

“Es ieslēdzu GDz karti, pirms dodos plānot cirsmu dabā. Es apmeklēju cirsmu un pārlicinos, vai GDz karte ir pareiza. Reizēm es ņemu līdz karti papīra formā, bet bieži es to paturu tikai prātā. Kad esmu atpakaļ birojā, es precizēju karti, lai būtu drošs, ka tehnikas operatoriem ir pieejama informācija.”

“Es cenšos izvairīties no mitrajām vietām, cik vien tas ir iespējams. Es cenšos izvietot maģistrālos pievešanas ceļus augstākajās reljefa vietās, un krustojumus tur, kur mitrā teritorija pie upes ir visšaurākā.”

“Es neplānoju mežizstrādi zilajās platībās vai cieši blakus tām.”

“Ka des plānoju darbus, es ieslēdzu GDz karti un iezīmēju maģistrālos pievešanas ceļus šķērsojumus u.c. Tehnikas operatori izmanto šīs kartes. Es apmeklēju cirsmu un marķēju pievešanas ceļus dabā, kā arī izmantoju augsnes zondi, lai apstiprinātu izvēli vajadzības gadījumā. Es nedomāju, ka plānot iespējams tikai no biroja. Lauka apsekojums ir vajadzīgs labam rezultātam.”

“Birojā es veicu sākotnējo plānošanu. Tas dodos dabā, kur salīdzinu GDz kartes informāciju ar reālo situāciju. Es pievēršu uzmanību meža tipam, zemeszemes veģetācijai un platības topogrāfijai. Krautuves netiek plānotas tumši zilajās platībās. Galvenie pievešanas ceļi netiek plānoti zilajās platībās, un, ja tajās tomēr jāierīko ceļi, tie tiek izmantoti tikai vienreiz.”

### **Ja kartē ir zilās platības – ko jūs darāt?**

“Iespējami maz tehnikas pārvietošanās tajās. Ciršanas atlieku izmantošana grunts nostiprināšanai.”

“Nebraukt zilajās platībās. Ja nepieciešams tās šķērsot, atrodu piemērotu vietu.”

“Visas zilās platības netiek izslēgtas no transporta tīkla, bet tad tajās ierīkotie ceļi tiek izmantoti mazā intensitātē vai nostiprināti.”

“Ja forvarderam jāsavāc kokmateriāli, tas pa šo ceļu pārvietojas tikai vienreiz.”

### **Jūsu padoms kādam, kas sāk izmantot mitro vietu kartes**

“Iemācīties, kā lietot karti lauka apstākļos un salīdzināt karti ar dabā esošo situāciju.”

“Vienkārši sākt lietot, ar pārliecību. Tās ir noderīgas lauka darbu fokusēšanai uz potenciālajiem ”karstajiem punktiem”.”

“Pārbaudīt zaļās un pelēkās platības, lai atrastu labāko ceļu tīkla novietojumu. Ja jāšķērso zilā platība, attālumam jābūt iespējami mazam.”

“Veltīt laiku maģistrālo pievešanas ceļu izvietojumam, lai tiem būtu iespējams pieslēgt īsus papildu koridorus, ja zeme ir slapja.”

“Ieskatīties kartē pirms izstrādes, jo plānošanā bieži ir neprecizitātes.”

“Viena un tā pati norāde GDz kartē var nozīmēt dažādas lietas dažādos augsnes tipos. Svarīgi ir kalibrēt savu kartes interpretāciju dažādās augsnēs, bieži veicot lauka apsekojumus.”

“Nepaļauties tikai uz karti. Bet arī neapmeklēt dabā platības, kas no kartes viegli interpretējamas.”

“Censties braukt tikai pa reljefa augstākajām vietām un izvairīties no zilajām platībām.”

## Vairāk informācijas

- Ågren, A.M., Lidberg, W. & Ring, E. 2015. Mapping temporal dynamics in a forest stream network—implications for riparian forest management. *Forests* 6, 2982-3001.
- Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. & Laudon, H. 2014. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 334, 74-84.
- Laudon, H., Kuglerová, L., Sponseller, R.A., Futter, M., Nordin, A., Bishop, K., Lundmark, T., Egnell, G. & Ågren, A.M. 2016. The role of biogeochemical hotspots, landscape heterogeneity, and hydrological connectivity for minimizing forestry effects on water quality. *Ambio* 45, 152-162.
- Lidberg, W., Nilsson, M. & Ågren, A. 2020. Using machine learning to generate high-resolution wet area maps for planning forest management: A study in a boreal forest landscape. *Ambio* 49, 475-486.
- Ring, E., Andersson, E., Armolaitis, K., Eklöf, K., Finér, L., Gil, W., Glazko, Z., Janek, M., Lībiete, Z., Lode, E., Malek, S. & Piirainen, S. 2018. Good practices for forest buffers to improve surface water quality in the Baltic Sea region. *Skogforsk Arbetsrapport* 995.



Vairāk informācijas par to, kā aizsargāt ūdeni meža darbu laikā atrodams You Tube. Mācību filma "Traceless" sniedz piemērus mitro vietu karšu praktiskai izmantošanai: [: https://www.youtube.com/watch?v=xauLNORS4m0](https://www.youtube.com/watch?v=xauLNORS4m0). Filma "Forest and water" paskaidro, kā mežsaimniecība var ietekmēt ūdeni, un kā izvairīties no negatīvas ietekmes: [: https://www.youtube.com/watch?v=GuhLnBJAGlg](https://www.youtube.com/watch?v=GuhLnBJAGlg). Foto: L. Högbom