



Töö koostaja: Tallinna Ülikooli Ökoloogia keskus

Valglate andmestiku loomine

Lõpparuanne

Töö tellija: Keskkonnaagentuur töövõtuleping 4-1/20/80

Töö põhitäitjad: Marko Vainu, Tiit Vaasma, Egert Vandel, Jaanus Terasmaa

Tallinn, 19.05.2021

Sisukord

1. Lähteülesanne	3
2. Valglapiiride modelleerimise metoodika	4
3. Valglapiiride modelleerimise detailne töökäik.....	21
4. Tulemused ja kokkuvõte.....	29
Kasutatud materjalid	30

1. Lähteülesanne

1.1. Vajadus

Täna hetkel puudub kogu Eesti vetevõrku kattev ametlik valglate ruumiandmestik. Hetkeseisuga on mitmesuguste nähtuste (vooluveekogud, kogumid, seirejaamad) jaoks koostatud erinevatel aegadel ja meetodikatel ning erinevatel detailsustel valglad, mis sageli on omavahelises kattuvuses. See omakorda raskendab valglate omavahelist kooskasutamist ning tekitab vigu nii arvutustes kui keskkonnanalüüsi tulemustes. Valglate mittesobivus on põhjustanud ka arusaamatusi rahvusvahelises aruandluses (nt. Helcomi koormusraportite seostamine koormusallikate piirkondadega).

Lisaks sõltuvad mitmed seadusjärgsed kitsendused (piiranguvöönd, ehituskeeluvöönd jm) veekogu valgla suurusest ning vastava kaasaegse ametliku andmestiku puudumisel lähtutakse sageli 1984. aasta andmetest, mis ei vasta tänapäevasele meetodikale.

1.2. Eesmärk

Modelleerida kogu Eestit kattev valglate Lidari-põhine ruumiline andmestik. Kaardikihid moodustatakse eraldi veekogudele (vooluveekogud ja seisuveekogud, hinnanguliselt 5500 veekogu objekti); pinnaveekogumitele (Keskkonnaministri määrus nr 19 (16.04.2020)) ning seirejaamadele (hinnanguliselt 120 objekti). Valimi objektidest esitab tellija.

Korrektuse tagamiseks luuakse valglate kodeerimissüsteem, mis arvestab vetevõrgu hierarhiat (alamvalglate kuuluvus peavalglasse) ning võimaldab hiljem uute valglate modelleerimisel tagada andmetes sarnast hierarhiat.

Modelleeritud ruumiandmestik kantakse tellija poolt EELIS-sse ning tehakse läbi ruumiandmete teenuste kättesaadavaks avalikkusele ja teistele infosüsteemidele.

1.3. Väljundtulemused

Töö tulemusena esitatakse tellijale tulemused alljärgnevas formaadis:

- 1) Kasutatud meetodikate kirjeldus elektroonilise aruandena (pdf, doc)
- 2) Juhendmaterjalid kasutatud meetodikate kordamiseks (vajadus tulevikus samadele meetodikatele põhinevalt luua täiendavaid valglate ruumikujusid)
- 3) Töö tulemusel loodud kaardikihid formaadis (valglate pindalised objektid; ettevalmistatud ja töödeldud kõrgusmudel; muud abikihid (*flowstream*, *flowdirection*))

Vastavalt töövõtulepingule peab töö vahearuanne sisaldama valglate modelleerimiseks kasutatava meetodika kirjeldust.

2. Valglapiiride modelleerimise metoodika

2.1. Sissejuhatus

Pinnaveevalglate piiride modelleerimise saab jagada kaheks etapiks. Esiteks, hüdroloogiliselt korrektse kõrgusmodeli ettevalmistamine ja teiseks, valglapiiride modelleerimine soovitud punktidesse hüdroloogiliselt korrektse kõrgusmodeli põhjal.

Hüdroloogiliselt korrektne kõrgusmodel on selline, kus ei esine looduses puuduvaid voolutakistusi, ega ka selliseid voolutakistusi, mida konkreetsest valglapiiride modelleerimise lähteülesandest tulenevalt ei soovita näha. Voolutakistuste all mõeldakse pinnavorme, mis ei võimalda vee edasist valgumist allavoolu. Tulenevalt LiDAR mõõdistamise spetsiifikast, jäävad voolusängidesse positiivsete läbimatute pinnavormidena näiteks vette kukkunud puud, truubid ja sillad, mille alt vesi tegelikult voolata saab. Sellised voolutakistused tuleb valglate modelleerimisel alati eemaldada.

Teist tüüpi voolutakistused on aga sulglohud, kuhu mööda kõrgusmodelit virtuaalselt voolav vesi pidama jääb. Põhjuseks asjaolu, et iga sellist sulglohu ümbritsev kõrgusmodeli piksel on sellest suurema kõrgusväärtusega. Modifitseerimata DEMi puhul tekitavad voolu katkemise ka sentimeetrisügavused „lohud“. Sellised mikrolohud on vaja hüdroloogiliselt korrektse kõrgusmodeli loomisel ilmselgelt täita, kuid subjektiivseks otsustamise kohaks on, kui sügavaid, kui suure ruumala või valglaga sulglohkusid mitte täita ning lugeda need hüdroloogiliselt korrektse kõrgusmodeli osadeks. Teoreetiliselt tekib iga sulglohu puhul teatud hetkest alates väljavool, kui sellesse koguneb piisaval hulgal vett. Pärismaailmas sellised teoreetilised olukorrad aga realistlike hüdrometeoroloogiliste ja geoloogiliste tingimuste korral sageli ei realiseeru. See tähendab, et sulglohu ei kogune kunagi nii palju vett, et sellest väljavool tekiks. Enne seda hetke vesi kas aurub või infiltreerub pinnasesse. Ülevoolu realiseerumine konkreetse sulglohu puhul on objektispetsiifiline, mistõttu rangelt võttes universaalseid parameetreid tegelike ja ebasulglohkude eristamiseks ei ole. Seetõttu ei ole ka praktikas võimalik luua absoluutselt reaalsusega kooskõlas olevat hüdroloogiliselt korrektset kõrgusmodelit. Otsus, milliseid sulglohke täita ja millised alles jätta, sõltub valglate modelleerimise eesmärgist ja soovitud lõpptulemusest. Seetõttu võib valglate modelleerimise tulemuseks olla mitu erinevat valglaku, mis kõik on teatud kontekstis õiged.

Käesolevas töös viidi valglapiiride modelleerimine läbi *ArcMap Advanced* (ehk *ArcInfo*) tarkvara ja selle hüdroloogilisteks analüüsideks mõeldud laiendust *ArcHydro* kasutades. Järgnevalt kirjeldatakse kasutatava metoodika samme esmalt kontseptuaalselt ja seejärel esitatakse samm-sammuline töökäik konkreetsete kasutatud tööriistade ja nende sätetega.

Modelleerimiseks kasutati järgnevat alusandmestikku:

1) Eesti territooriumil:

- a) Maa-ameti LiDAR-mõõdistamisel põhinev 5x5 m resolutsiooniga Eesti kõrgusmodel.
- b) Keskkonnaregistrisse (KKR) kantud vooluveekogude ruumikujud.
- c) Uuno Joala vooluveekogude nimestiku KKR koodiga, kuid Keskkonnaregistrisse kandmata vooluveekogude ruumikujud.
- d) Maaparandussüsteemide registrisse kantud eesvoolude ruumikujud.
- e) Valikuliselt Eesti Topograafia Andmekogusse (ETAK) kantud eelnevates andmestikes puuduvad vooluveekogud.
- f) Eesti Topograafia Andmekogusse (ETAK) kantud truupide ruumikujud.
- g) ETAKisse kantud sildade ruumikujud.
- h) Keskkonnaregistrisse kantud seisuveekogude ruumikujud.
- i) Kehtivate vooluveekogumite ruumikujud.
- j) Kehtivate seisuveekogumite ruumikujud.
- k) Hüdrokeemia ja Hüdromeetria seirejaamade ruumikujud.

2) Piiritagusel alal:

- l) ASTER v3 satelliitandmetel põhinev 1 kraadisekundilise resolutsiooniga kõrgusmodel.
- m) Maa-ameti baaskaardi piiritagune vetevõrk.
- n) Läti Keskkonna, Geoloogia ja Meteoroloogia Keskuse (LEGMC) Läti vooluveekogude ruumikujud.
- o) Open Street Mapi andmebaasi kantud vooluveekogude ruumikujud.

2.2 Hüdroloogiliselt korrektse DEMi loomine

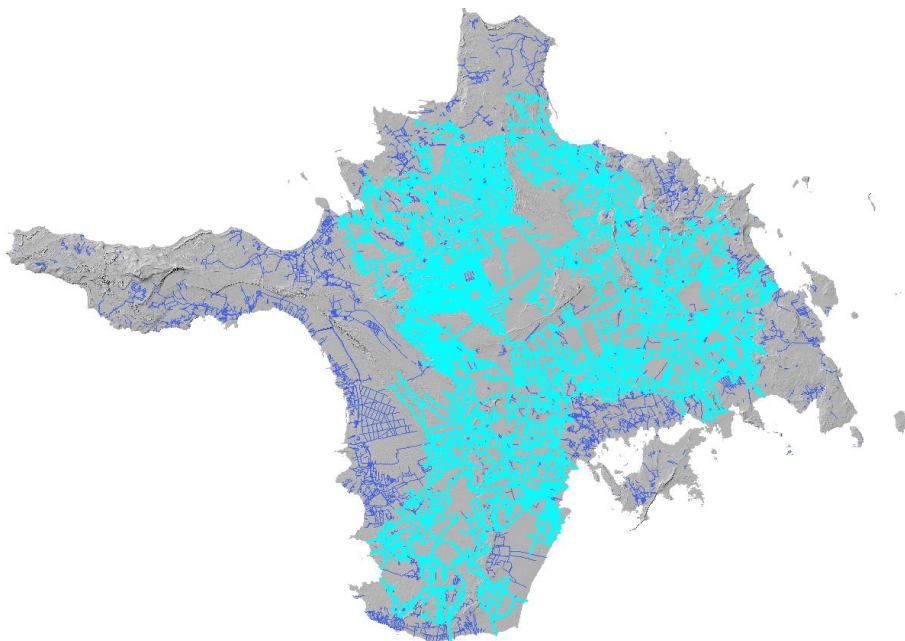
Üldine reegel on, et mida detailsem on valgapiiride modelleerimisel aluseks võetav kõrgusmodel, seda paremad on ka tulemused. Samas kasvab kõrgusmodeli täpsuse suurenemisega modelleerimiseks vajalik arvutusvõimsus ja arvutusteks kuluv aeg. Maa-amet on LiDAR-andmete põhjal loonud Eesti kohta nii 1x1, 5x5, 10x10 kui 25x25 m resolutsiooniga kõrgusmodelid. Lisaks juba olemasolevatele kõrgusmodelitele on võimalik automaatselt klassifitseeritud LiDAR-andmete põhjal luua ka ise ükskõik millise resolutsiooniga kõrgusmodelid. Käesolevas töös võeti modelleerimisel aluseks Maa-ameti 5x5 m resolutsiooniga kõrgusmodel (DEM). Olemasolevat kõrgusmodelit kasutati ise LiDAR-andmetest kõrgusmodeli loomise asemel, kuna nii on ajakasutus efektiivsem ja Maa-ameti valikus olevad resolutsioonid olid ülesande täitmiseks sobivad. Valik langes 5x5 m kõrgusmodelile, kuna kasutatavast arvutusvõimsusest tulenevalt ei oleks 1x1 m resolutsiooniga kõrgusmodeli järgi valglate modelleerimine olnud töö läbiviimiseks antud aja ja eelarve piires teostatav.

Põhjuselt, et mitmete Lõuna-Eesti jõgede valga ulatub ka Lätti ja Venemaale, oli vajalik valglate piiritlemiseks kasutada kõrgusandmeid laiemalt alalt, kui katavad Maa-ameti LiDAR-andmed. Selleks täiendati kõrgusandmeid ASTER v3 satelliitandmetel põhineva 1 kraadisekundilise resolutsiooniga kõrgusmodeliga, mis on kaardilehtede kaupa NASA EarthData portaalist tasuta allalaetav. Nende kõrgusandmete täpsusklass on küll oluliselt halvem, kui Maa-ameti andmetel, kuid paremad andmed puuduvad.

Kuna ka kogu Eesti 5x5 m resolutsiooniga DEMi korraga töötlemine ei olnud praktiliselt teostatav, siis jagati Maa-ameti ja ASTERi ühendandmetega DEM olemasolevate alamvesikondade piiride järgi tükideks ning korraga tehti arvutused ühe alamvesikonna piires. Peipsi alamvesikond jagati veel kaheks: Emajõe põhja ja lõuna poole jääv ala. Eraldi modelleeriti ka Läänesaarte vesikonda jäävad Saaremaa koos Muhu saarega ning Hiiumaa koos Vormsi saarega (viimane kuulub küll Matsalu alamvesikonda). Arvestati võimalusega, et ka praegused alamvesikondade piirid töö käigus korrigeeruvad, mistõttu lisati iga alamvesikonna polügoonile enne DEMist väljalõikamist piisav käsitsi digitud puhver. Piisavaks hinnati puhvrit siis, kui see ulatus naaber-alamvesikonnas olevate vooluveekogude ruumikujudest kaugemale.

Kuigi 5x5 m resolutsiooniga DEM on üldjoontes piisavalt täpne, et sellel kajastuks maastikul olev vooluvetevõrk, siis varem kirjeldatud põhjustel tuleb hüdroloogiliselt korrektse DEMi saamiseks teadaolev vooluvetevõrk DEMi sisse „kõrvetada“ (*DEM reconditioning*). See tähendab muuta voolujoonte all ja vahetus läheduses olevaid DEMi pikslite väärtusi meetreid DEMil olevast madalamaks, et need ei oleks mingil juhul kõrgemate kühmude poolt katkestatud. Kõrvetamiseks kasutati Keskkonnaregistrisse kantud vooluveekogude ruumikujusid, Uuno Joala vooluveekogude andmestiku ruumikujusid ja Maaparandussüsteemide registrisse kantud eesvoolude ruumikujusid. Kuna viimases kattuvad osad eesvoolud vooluveekogudega, siis kasutati ainult neid, millel ei ole Maaparandussüsteemide registris juures Keskkonnaregistri koodi. Kollektoreesvoolude puhul kõrvetati sisse vaid need, mis ühendasid maapealseid avatud eesvoolulõike, kuid kõrvale jäeti kollektoreesvooluna algavad lõigud. Selle otsuse eelduseks oli asjaolu, et kui maapinnal voolusängi ei ole, siis võib vesi valguda mööda pinda mujale kui kollektoreesvoolu suunas, kuid kui avatud eesvool suubub kollektoreesvoolu ja avaneb taas kusagil allavoolu, siis on need alad omavahel pinnavee voolamise suhtes ühendatud. Piiritaguse vooluvetevõrguna kasutati Läti puhul peamiselt LEGMC'ist saadud kahte kaardikihti. Kuna mõnda Eestist algavat vooluveekogu neil kihtidel aga ei olnud, siis nende täieliku kuju saamiseks täiendati andmeid Maa-ameti ajalooliste kaartide WMS-teenuses olevate NSVL-i topokaartide, Maa-ameti baaskaardi vetevõrgu ja Jana Seta kaardikirjastuse WMS-teenuses oleva Läti topokaardi abil. Venemaa jaoks kombineeriti andmed Maa-ameti baaskaardi vetevõrgu ja Open Street Mapi vooluvete võrgu põhjal. Samuti täiendati vooluveekogute kihti neid NSVL-i topokaartidelt digides.

Täielikum Eesti vooluveekogude ruumikujude andmestik on ETAKis, kuid selle kasutamist takistas ETAKi vooluveekogude ruumikujude iseloom. Nimelt pole ETAKi vooluveekogude andmestikus ühe vooluveekogu kohta ühte joonobjekti, vaid iga vooluveekogu koosneb paljudest lühikestest lõikudest. Kui need lõigud aga omavahel liitumiskohtadest automaatselt ühendada, tekivad sageli suured kraavivõrgustikud, mis ühendavad omavahel mitut jõgikonda. Näiteks Hiiumaal katab omavahel ühendatud ETAKi kraavivõrgustik suure osa saarest (Joonis 1).



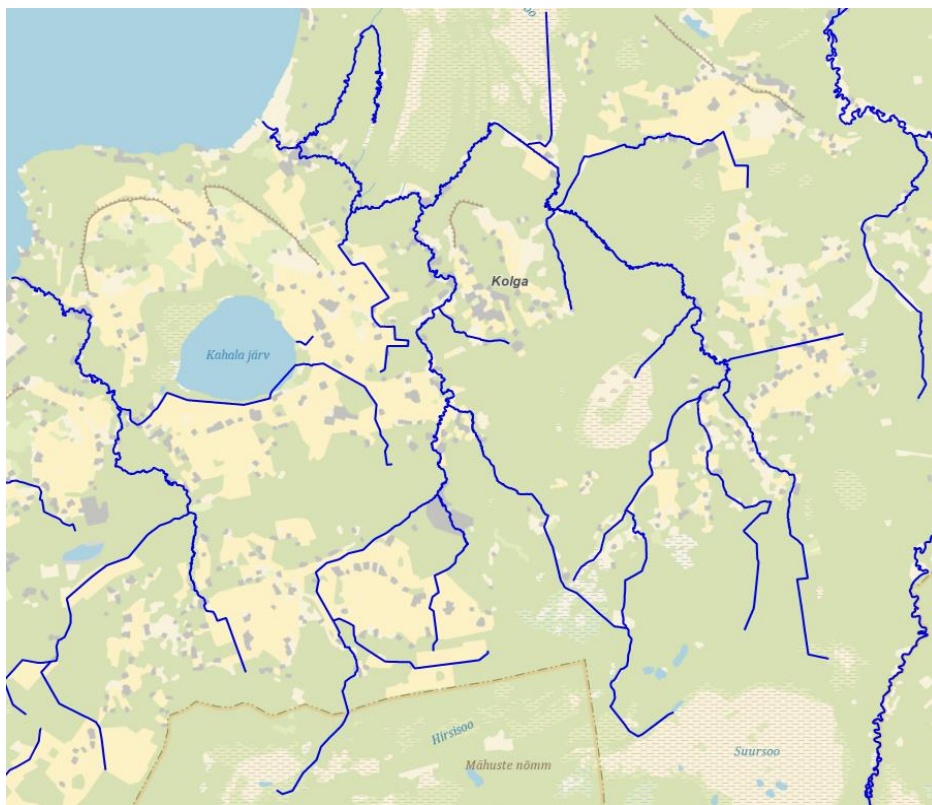
Joonis 1. Omavahel ühendatud ETAKi kraavivõrgustik Hiiumaal.

Sellise võrgustiku DEMi sissekõrvetamisel hakkavad modifitseeritud DEMil voolusooned kulgema ekslikult ning mõne jõe ülemjooks võib mööda sissekõrvetatud vooluvõrgustikku valguda teise jõe alamjooksu. Mistõttu on ka valglate modelleerimise tulemus vale. Korrektse tulemuse saaks juhul, kui ETAKi kraavivõrgustik oleks katkestatud nende kohtade pealt, kus veelahkmed tegelikkuses asuvad. Kuna aga ETAKi kraavide andmestik ei iseloomusta ainult kraave kui veekogusid, vaid eelkõige kraave kui negatiivseid piklikke pinnavorme, mille ühes otsas võib vesi valguda ühes suunas ja teises otsas teises suunas, siis on selle andmestiku kasutamine üle-eestilises valglate piiritlemiseks problemaatiline. See oleks võimalik, kui sellised suured kraavivõrgustikud ükshaaval ja käsitsi õigetes kohtades katki lõigata ja kraavide otsi piisavalt lühendada, et need sissekõrvetamisel kokku ei sulaks. Kuid sellise tegevuse läbiviimine terve Eesti kohta ei olnud käesoleva töö läbiviimiseks mõeldud aja ja eelarve piires teostatav. Pisteliselt lisati sissekõrvetatavate vooluveekogude kihile siiski ka ETAKi vooluveekogude kihil olevaid üheselt tõlgendatava voolusuunaga objekte, seda eelkõige järvede väljavoolude DEMi sissekõrvetamiseks, aga ka näiteks modelleeritud valglapiiride korrigeerimiseks, kui jäi silma, et esialgne tulemus lõikas märkimisväärselt suure osa veekogu tegelikust ja ETAKis oleva voolusoonega ühendatud valglast ära.

Seega piirduti vooluvete võrgustiku sissekõrvetamisel vaid nende andmestikega, kus selliseid üksteisest lahknevaid vooluveekogusid on piisavalt vähe, et iga sellist olukorda on võimalik eraldi eksperthinnangu põhjal lahendada. Kohti, kus KKRI, Joala nimestiku ja maaparanduse eesvoolude andmestiku põhjal peaks toimuma ühe vooluveekogu hargnemine kaheks, tuvastati sadakond. Poolsada nendest tunnistati kõrgusmudeli põhjal küsitavaks ning saadeti Maa-ametisse ülekontrollimisele. Maa-amet korrigeeris kõigis esitatud kohtades vooluveekogude ruumikujusid nii, et need enam kokku ei puutu. Keskkonnaagentuur viis muudatused sisse ka Keskkonnaregistrisse. Maaparanduse eesvoole puudutavate hargnemiskohtade osas konsulteeriti Põllumajandus- ja Toiduametiga. Alles jäi 47 hargnemiskohta, mille puhul ei olnud kättesaadavate kameraalsete andmete põhjal võimalik voolu hargnemist välistada. Selliseid olukordi esineb näiteks mitmel pool Tallinna joogiveehaardes, aga ka mujal (Joonised 2 ja 3). Vältimaks juhtumeid, et sissekõrvetatud vooluveekogudega DEMil hakkab hargnemiskohas vesi mingis ulatuses tagurpidi voolama, tekitati hargneva vooluveekogu ruumikujule hargnemispaika väike katkestus (ca 20 m laiune). Hiljem, modelleerimise etapis, piiritleti valglad hargnemiskohani ja harujõgede suudmetesse ning harujõe valglapolügoon liideti ühise lõigu valglapolügooniga kokku. On tõenäoline, et osadel juhtudel voolu lahknemist

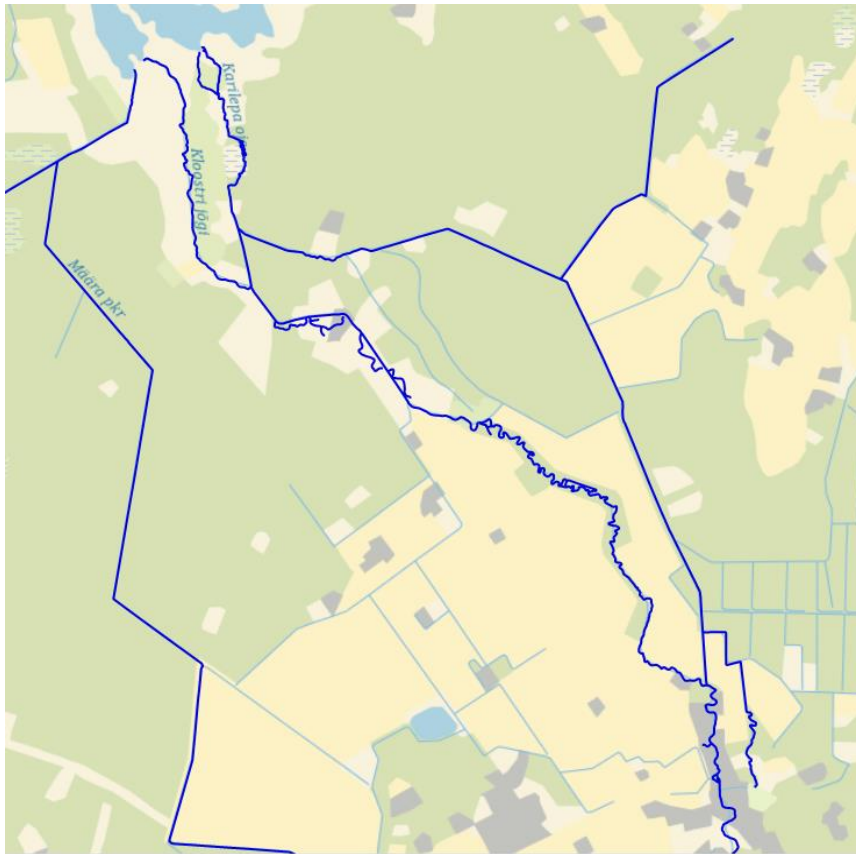
tegelikkuses siiski ei toimu ning jagatud valglaosad on tekitatud vääralt. Neid vigu oleks võimalik korrigeerida aga vaid dokumenteeritud välivaatluste põhjal, mida käesoleva töö raames ei olnud võimalik läbi viia.

Enne vooluvõrgustiku DEMi sissekõrvetamist kontrolliti üle ka kohad, kus üksteisest eraldatud vooluveekogude ruumikujud ulatusid teineteisele DEMi resolutsiooni arvestades liiga lähedale. Liiga lähedal tähendab olukorda, kus voolusängid sulaksid sissekõrvetamise tulemusena üksteisega kokku ja tekiks taaskord valesuunaline voolamine. Kuna kasutatud DEMi resolutsioon oli 5 m, siis kokkusulamise vältimiseks ei saanud vooluveekogude joonobjektid olla üksteisele lähemal kui 10 m. Kuna vooluveekogude sissekõrvetamisel muudetakse, lisaks otse joone all oleva piksli kõrgusväärtuse langetamisele, ka selle kõrval olevate pikslite kõrgusväärtusi, kindlustamaks vee valgumise voolusängi, käsitleti modelleerimistulemustele ohutu minimaalse joonobjektide kaugusena 20 m. Kui need asusid sellest lähemal, siis muudeti käsitsi vooluveekogude ruumikujude kulgu neis lõigus, et 20 m vahemaa oleks tagatud.

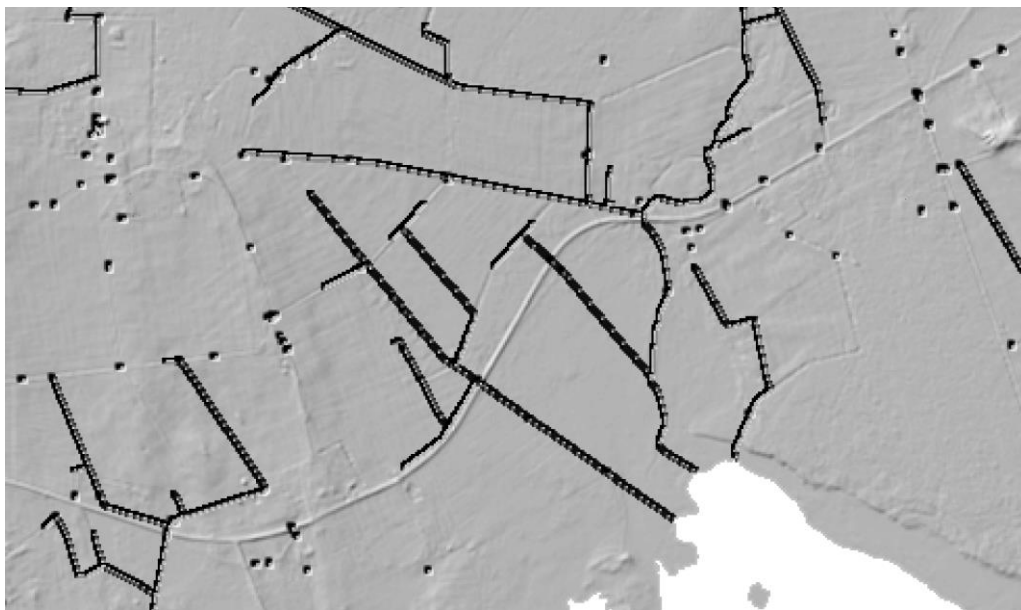


Joonis 2. Ühise ülemjooksuga vooluveekogud Pärlijõe jõgikonnas.

Teadaoleva vooluvete võrgustiku DEMi sissekõrvetamisega saab lahti neil voolusoontel olevatest kunstlikest voolutakistustest, kuid suur hulk kunstlikke voolutakistusi (truupe ja sildu) on ka väljaspool kõrvetamiseks kasutatavaid voolusooni. Kui ETAKi kraavivõrgustiku kasutamine valgate piiritlemisel on problemaatiline, siis ETAKi truupide ja sildade andmestikku sai sissekõrvetamiseks kasutada. Truupide kaardikiht on ETAKi veekogude paketi ja sillad on transpordi paketi liikluskorralduslike rajatiste polügoonide kaardikihil. Kõrvetamiseks kasutati vaid neid sildu ja truupe, mis ei asunud nendel voolusoontel, mis DEMi sisse kõrvetati. Protseduur oli sama voolusoonete sissekõrvetamisega, truupide ja sildade alla kõrvetati sisse auk, mis on ümbritsevast maapinnast madalam (Joonis 4). Selleks, et teha antud toiming kogu korraga töödeldavale DEMile ja tagamaks, et kõrvetamissügavus on voolutakistuse eemaldamiseks piisav, valiti kõrvetamissügavuseks ebarealistlikult suur väärtus – 25 m. Enne kõrvetamist pikendati kõiki ETAKi truupe 5 m võrra ning tekitati sildade ruumikujude ümber 5 m puhver, vastasel korral oleksid võinud sissekõrvetatud lohu servad jääda endiselt voolutakistuseks. DEMi töötlemise järgmistes etappides täideti sissekõrvetatud sulglohud ära tasemeni, et neist tekkis väljavool. Praktiliselt tähendab see, et modelleeritud veevool ei jäänud enam kinni näiteks maanteetammide nõlvale, vaid pääses maanteetammist sisselõigatud truubikoha kaudu läbi. Truupide pikendamine tõi kaasa ka olukordi, kus truubiga teetammile väga lähedal olevast teetammist tekkis ekslik läbimurre, kuid pisteline kontroll annab põhjust uskuda, et tänu pikendamisele on korrektsemalt piiritletud valglaosade pindala oluliselt suurem, kui selle tõttu tekitatud vigaste valglaosade pindala.



Joonis 3. Mitmekordselt ühendatud vooluveekogud Kloostri jõe jõgikonnas.

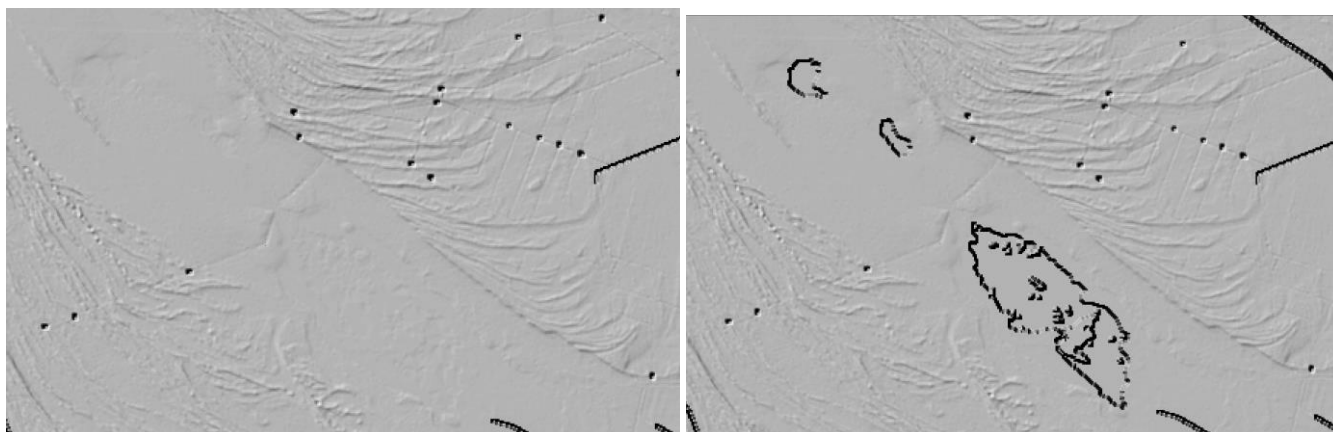


Joonis 4. DEMi sisse kõrvetatud vooluveekogud (piklikud objektid) ja truubid (väikesed lohud) Lõuna-Hiiumaal varjutuspildil. Näha on, kuidas nii vooluveekogude kui truupide sissekõrvetamine on maantetammi mitmest kohast vooluvetele läbitavaks muutnud.

Erikäsitus nõudis Tallinna veehaarde kanalite alt läbi kulgevad düükrid, kuna ArcGISis ei ole kahetasandilised vooluveekogud valgapiiride modelleerimisel võimalikud. Selliseid kahest suunast saabuaid ja kahte suunda liikuvaid vooluveekogude „ristmikke“ tõlgendatakse kui kolmest suunast kokkuvoolavaid ja ühte suunda väljavoolavaid objekte. Seega tuli tegelike voolusuundade säilitamiseks teha kanalite joonobjektidele düükrite asukohtades ca 40 m laiune katkestus (20 + 20 m) ning jätta düükrist läbiminev vooluveekogu tervikuks. Lisaks katkestuse tegemisele tuli katkestatud kanalilõigud määrata sulglohkudeks, et DEMi edasise töötluse käigus katkestused säiliks. Hiljem, kui valgapolügoonid olid modelleeritud nii katkestatud kanalilõikudele, kui nende alt

läbi kulgevatele vooluveekogudele, liideti kanalilõikude valglad üheks objektiks kokku. Kuna ETAKis on mitmed düükrid kaardistatud kui kanalisse suubuvad truubid, siis küsiti düükrite asukohad AS-ist Tallinna Vesi.

Lisaks eelpool kirjeldatud ebatäpsustele, pole LiDARi põhjal loodud DEMil korrektsed ka järvede veepinnad. Valglate modelleerimisel peavad järvede veepinnad olema tasased ja ümbritsevast maapinnast madalamad, kui eesmärgiks on ka nende järvede endi valglate modelleerimine. Kuna DEMil ei eristu maapind ja vesi ning ebatasase pinnaga järve käsitletakse kui lihtsalt suhteliselt ühtlast tasandikku, siis järve pinna ebatasasuse korral hakkavad sellel moodustuma voolu koondumise ja kogunemise kohad, mida aga tegelikkuses ei eksisteeri, sest tegelikkuses vesi mööda järvede pinda ei voola. Järvede kohale võivad DEMis olla moodustunud ka väikesed kuplid ning igal juhul ei ole tegemist negatiivsete pinnavormidega, nagu need pärismaailmas on. Kui eesmärgiks oleks vaid vooluveekogude valglate piiritlemine ja kõik sissekõrvetatavad voolujooned läbiksid ka järvi, siis DEMi ettevalmistamisel järvedele eraldi tähelepanu ei oleks vaja pöörata. Kuna käesolevas töös oli vaja valglad piiritleda ka järvedele, siis tuli ka need DEMi sisse kõrvetada (*Level DEM*) (Joonis 5). Ainult sellisel juhul oli hiljem valglate piiritlemise etapis võimalik määratleda terve järv objektiks, millele valglat modelleeritakse, ja saada tulemuseks valglad, mis hõlmavad tervet järve, mitte ainult ühte sektorit selle kaldaosast. Kui voolujoonte sissekõrvetamisel lähtuti kogu olemasolevast ja kasutatavast andmestikust, siis seisuveekogude sissekõrvetamisel piirduti ainult nendega, millele hiljem on vaja valglat modelleerida. Seega lähtuti DEMi ettevalmistamise selles etapis KAURiga kooskõlastatud nimekirjast valglavajadusega seisuveekogude kohta. Kasutati nende seisuveekogude ETAKi ruumikujusid.

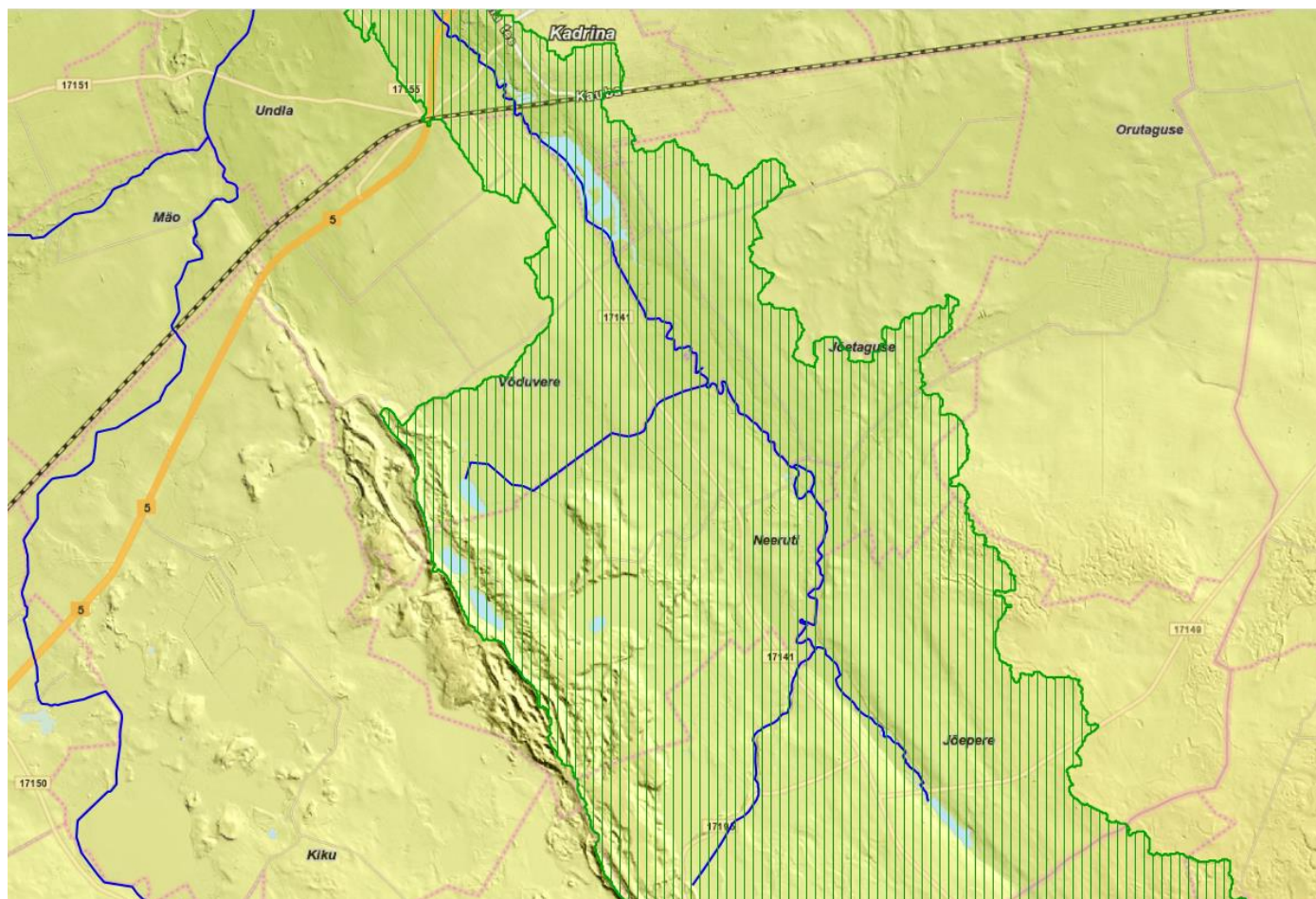


Joonis 5. DEMi varjutuspilt Hiiumaa keskosas enne Tihu järvede sissekõrvetamist (vasakul) ja pärast seda (paremal). Vasakpoolses variandis poleks võimalik järvedele valglaid modelleerida, kuna järvenõod DEMilt ei eristu, mistõttu ei ole modelleeritud voolusoontel ka kusagile koonduda.

Eelnevalt kirjeldatud menetluste tulemusena saadi DEM, kuhu on sisse kõrvetatud nii vooluveekogud, truubid, sillad (Joonis 4) kui vajalikud seisuveekogud. Järgnevalt täideti DEMil ebavajalikud sulglohud (*sink'id*), mis olid tekkinud nii nende tegevuste käigus, kui olid sellel olemas algusest peale. Nagu varem kirjeldatud, tekib valglate modelleerimise protseduuri sellest hetkest alates subjektiivsus. See tähendab, et tuleb otsustada, mida täita ja mida mitte. Kuna esialgu on DEMil sulglohe ja -lohukesi tohutult palju – mida suurem DEM ja väiksem resolutsioon seda rohkem (alamvesikondade kohta oli sulglohe sadades tuhandetes), siis on otstarbekas suurem osa neist automaatselt ära täita ehk teha eelselektioon (*prefill*). Selleks määrati sulgohkudele minimaalne valglat, millest väiksemaid täidetakse kõik ära. TLÜ ökoloogia keskuses on varem selleks piiriks kõige sagedamini määratud 10 000 m² ehk 1 ha. Piiri määramisel on oluline saavutada tasakaal selle vahel, et võimalikult suur osa ebavajalike lohke saaks täidetud, kuid ei täidetakse ära lohke, millele tegelikult tahetakse hiljem valglaid määrata. Antud miinimumpindala kasutati ka käesolevas töös.

Kuna suur hulk ebavajalike sulglohke jääb DEMile endiselt alles, siis järgmises etapis tuleb määrata sulglohud, mida tahetakse säilitada ja mis on vajalik ära täita. Siinkohal lahkes antud töös veekogumitele ja veekogudele valglate piiritlemise protseduur, järgmised hüdroloogiliselt korrektse DEMi loomise etapid tehti läbi kahes variandis ning lõpptulemuseks oli kaks erinevat hüdroloogiliselt korrektset DEMi – üks veekogumite ja teine veekogude valglate jaoks. Selle esmapilgul ebaloogilise sammu taga on tõsiasi, et nii veekogumite kui veekogude valglad peavad katma

kogu Eesti pinna ning neist võib välja jääda vaid nn. rannikuvalgla, millelt ühtegi vooluveekogu merre ei jõua. Kuna veekogumite hulgas on aga oluliselt vähem väljavooluta järvi, kui valgla modelleerimise vajadusega veekogude hulgas, siis peab ka nende väljavooluta järvede valgla saama osaks mõne veekogumi valglast. Järelikult peavad erinema ka DEMid, mille põhjal mõlemad valglad modelleeritakse. Kui veekogude DEMil peavad sulglohkudena alles jääma kõik väljavooluta järved, siis veekogumite DEMil tuleb need kõik ära täita ja sulglohkudena jäävad alles ainult väljavooluta seisuveekogumid ja karsti suubuvad jõed. Näiteks Loobu_1 veekogumi valglaste jäävad veekogumite valglate kihil Neeruti oosistikus asuvad umbjärved Neeruti Eesjärv, Tagajärv ja Sinijärv (Joonis 6). Kuid Loobu jõe kui veekogu valglaste ükski nendest ei jää, sest umbjärvedena puudub neil väljavool Loobu jõkke ning neile modelleeriti enda valgla. Seega on käesoleva töö käigus loodavad veekogude valglate kihid hüdroloogiliselt „korrektsemad“, kuna nende sisse jääb vähem alasid, millelt pinnavesi tegelikult mitte kunagi suublaveekogusse ei jõua. Veekogumite valglaste jääb, aga vastupidi, üsna palju alasid, millel tegelikult veekogumiks oleva veekoguga mingit hüdrooloogilist sidet ei ole. See side võib olla põhjavee kaudu, kuid sellise keerulise topograafiaga aladel, kus umbjärved üldjuhul levivad, põhjaveevalglate ja pinnaveevalglate piirid üldjuhul ei kattu.



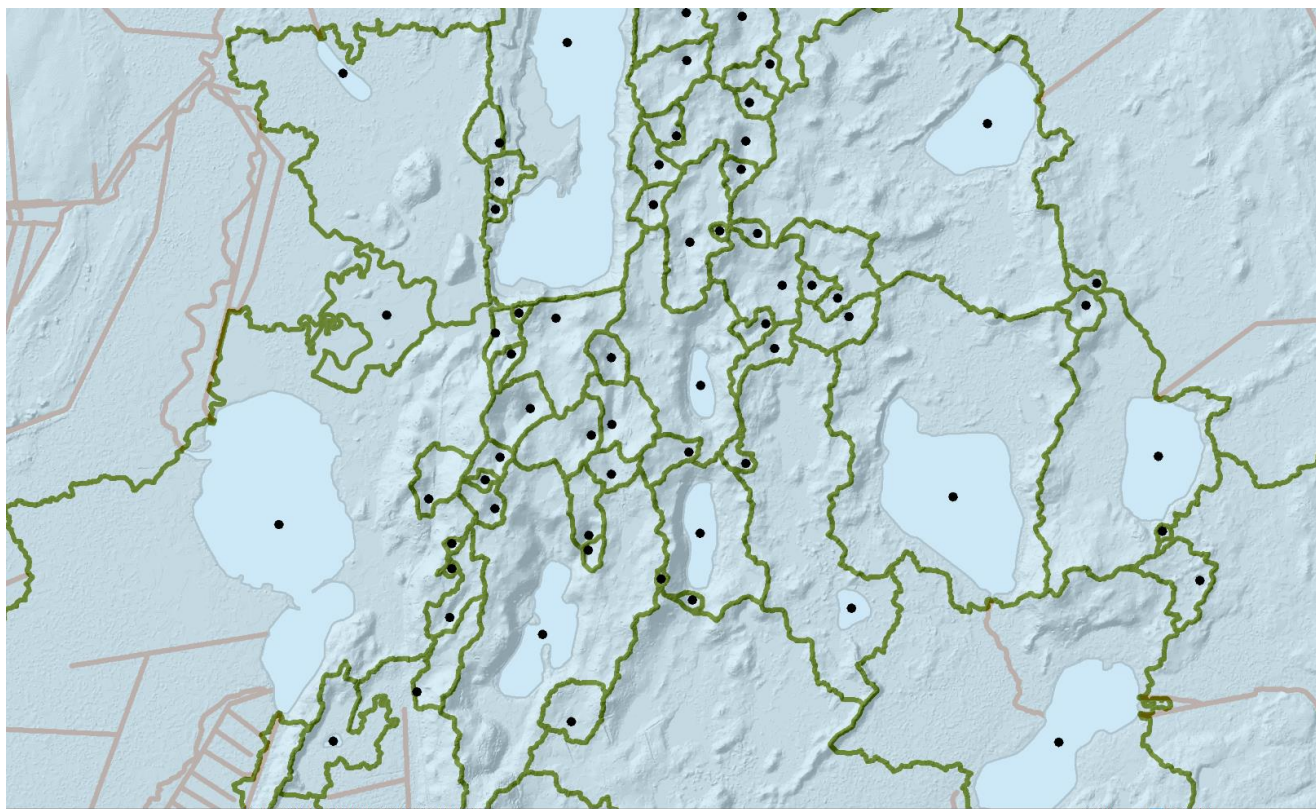
Joonis 6. Loobu_1 veekogumi olemasolev valgla (rohelise viirutusega) ja selle sisse Porkuni-Neeruti oosistikku jäävad umbjärved, millel tegelikult Loobu jõega pinnavee kaudu ühendust ei ole.

Kuna edasine kõrgusmodeli töötlus sõltus sellest, millised sulglohud jätta täitmata, siis oli käesolevas etapis vajalik teave selle kohta, millistel seisuveekogudel, millele valgla on vaja modelleerida, on väljavool ja millistel mitte. EELISes on küll seisuveekogude puhul vastav väli olemas ning seda on teatud määral ka täidetud, kuid sealne info ei ole lõpuni korrektne. Vastava andmestiku korrastamiseks vaadati läbi kõik valgla vajadusega seisuveekogud ning hinnati ETAKi andmete ning kahtlasematel juhtudel ka kõrgusmodeli järgi, kas veekogul on pinnavee väljavool või mitte. Umbjärveks määrati need, mille piirini (või kaldamärgalani) ei jõudnud ETAKis kaardistatud vooluveekogu ja mille voolusuund kõrgusmodeli järgi on eeldatavalt järvest välja. Lisaks lähtuti otsustamisel ka töö läbiviijate isiklikust teadmisest väljavoolude olemasolu või puudumise kohta ning sellele omistati kõrgem prioriteet kui ETAKi andmetele. Väljavoolujärvedeks määrati teises ringis ka need veekogud, mis asusid suurematel rannikumärgaladel, millele ei olnud kaardistatud väljavoolu, kuid mille valgla piir umbjärvena käsitlemisel kulges järvepolügooni piirist

paari piksli kaugusel ning interaktiivne voolutee (*flow path*) täidetud lohku dega DEMil (ehk veekogumite DEMil) väljus järvest samast kohast, kus valglapiir järve piirini ulatus ning kulges maastiku arvestades loogiliselt kas mere, allavoolu paikneva seisuveekogu või vooluveekogu suunas. Eeldati, et sellistel aladel paiknevatel järvedel võib esineda pinnavee hajus väljavool taimestiku vahel. Üldiselt on sellistel aladel paiknevate seisuveekogude kaldajoone piiritlemine niikuinii keeruline, kuna veekogud lähevad sujuvalt üle ülejutatud sooks, mistõttu pinnavee vool üle soola on vähemalt kõrgveeperioodil realsuses eksisteeriv nähtus. Umbjärvedeks jäeti aga rannikumärgaladel paiknevad veekogud, kus modelleeritud valglapiir asus kaldajoonest kümnete meetrite kaugusel, kuna kameraalsel teel polnud võimalik neid tulemusi kahtluse alla seada. Sisemaal rabades asuvate seisuveekogude puhul valglapiiri lähedust kaldajoonetele tõenäolise väljavoolu olemasolu indikaatorina ei arvestatud, kuna rabamassiivides on pinnavee osas suletud seisuveekogude leidumine tavaline. Kuna seisuveekogude määramine umbjärvedeks ja väljavoolujärvedeks tehti vaid kaardiandmete ja isikliku kogemuse põhjal, siis on võimalik, et tulemustes esineb vigu mõlemat pidi. Neid saab korrigeerida aga vaid välivaatluste tulemusel. Soovitav oleks selliste välivaatluste tulemused järeltulevatele põlvetele ka mingil kujul riiklikes andmebaasides (ETAK, KKR) talletada.

Lisaks järvedele määrati nii veekogumite kui veekogude DEMil allesjäävateks sulglohkudeks ka karsti suubuvad vooluveekogu(mi)d. Kuna EELISes vastavaid andmeid taaskord ei ole, siis tuvastati need käesoleva töö käigus. Sarnaselt järvedele määrati sulglohkudeks ainult need, millele hiljem modelleeriti ka valgla. Kuna töö tulemusena ei saanud tekkida alasid, mis ei kuulu ühegi valglapolügooni sisse, siis lühemate karsti suubuvate vooluveekogude puhul täideti kurisud DEMi silumise käigus ära. Nagu eelnevalt kirjeldatud, määrati mõlemal DEMil sulglohkudeks ka Tallinna joogiveehaarde düükrikohtades katkestatud kanalilõigud.

Korrektuse huvides tuleb mainida, et valglaid oleks võimalik modelleerida ning hüdrooloogiliselt oleks tulemus veel õigem ka nii, et täitmata jäävad peale umbjärvede ja karstijõgede ka sügavamad kuivad sulglohud (Joonis 7). Realsuses ei jõua ka nendesse valgub vesi pinnaveena mitte kunagi lähemal või kaugemal asuvasse veekogusse. Sellisel juhul tekiks Eestis aga kohati hulgaliselt pinda, mis ei kuulu ühegi veekogu valglasse, mis veeseaduse praktilise rakendamise mõttes ei oleks aga ilmselt vähemalt praegusel hetkel ilmselt aktsepteeritav.



Joonis 7. Kurtna mõhnastiku keskosa jaotus pinnaveevalglateks. Valglate modelleerimisel jäeti täitmata kõik sulglohud, mille täitesügavus on vähemalt 1 m. Punased jooned tähistavad vooluveekogusid, sinised polügoonid järvi, mustad punktid on voolu koondumise kohad ja rohelised jooned valglate piirid (Marko Vainu, publitseerimata andmed).

Täidetavate ja täitmata jäävate sulglohkude valimiseks tehti eelmise, sulglohkude eeltäitmise läbinud DEMiga (*prefill DEM*) läbi sulglohkude tuvastamise protseduur (*Sink Evaluation*). Selle tulemuseks oli kaardikiht sulglohkude asukohtade ja nende parameetritega (täitesügavus, ruumala, valgla). Umbjärvede kaardikihti kasutades selekteeriti välja need sulglohud, mille asukoht jäi umbjärvede polügoonide sisse ning need määrati allesjäävateks sulglohkudeks. Lisaks selekteeriti välja need sulglohud, mis lõikusid karsti suubuvate vooluveekogudega (ja Harju alamvesikonnas veehaarde katkestatud kanalilõikudega). Kuna nende piires oli tekkinud sulglohe üldjuhul mitu ning tegelikus suudmekurisuus ei pruukinud asuda neist ükski, siis täitmata jäeti neist kõige suudmepoolne. Valglapiiride modelleerimisel see rolli ei mängi, kus kohas täpselt „pikliku sulglohu“ kõige sügavam koht asub, kuna vool koondub niikuinii esmalt voolusängi ja sealt edasi selle kõige sügavamasse punkti. Seega ei hakatud kõrgusmudelit kunstlikult muutma selleks, et pinnavee väljavooluta vooluveekogude kõige sügavam punkt nende tegelikus suudmes asuks.

Allesjäetavate sulglohkude selekteerimisele järgnes sulglohkude täitmine (*fill*), võttes arvesse sulglohkude kaardikihi andmetabelis olevat tingimust nende allesjätmise või täitmise kohta. Kuna allesjäetavaid sulglohe oli veekogumite ja veekogude DEMidel erineval hulgal (mitme alamvesikonna puhul puudusid need veekogude DEMil üldse), siis viidi seda etappi läbi kaks korda. Tulemuseks oli kaks hüdroloogiliselt korrektset DEMi (Joonis 8), millel voolab vesi igas punktis kas DEMi serva kõige madalama kõrgusväärtusega punkti või mõnda DEMi allesjäetud sulglohu. Selleks, et saadud DEMide põhjal oleks võimalik valglaid modelleerida, tuli läbi viia veel mõned ettevalmistavad sammud, et tekitada korrektsed voolusuuna kaardikihid. Veekogude ja -kogumite DEMide erineva sulglohkude arvu tõttu tehti kõiki järgnevaid samme läbi kaks korda.



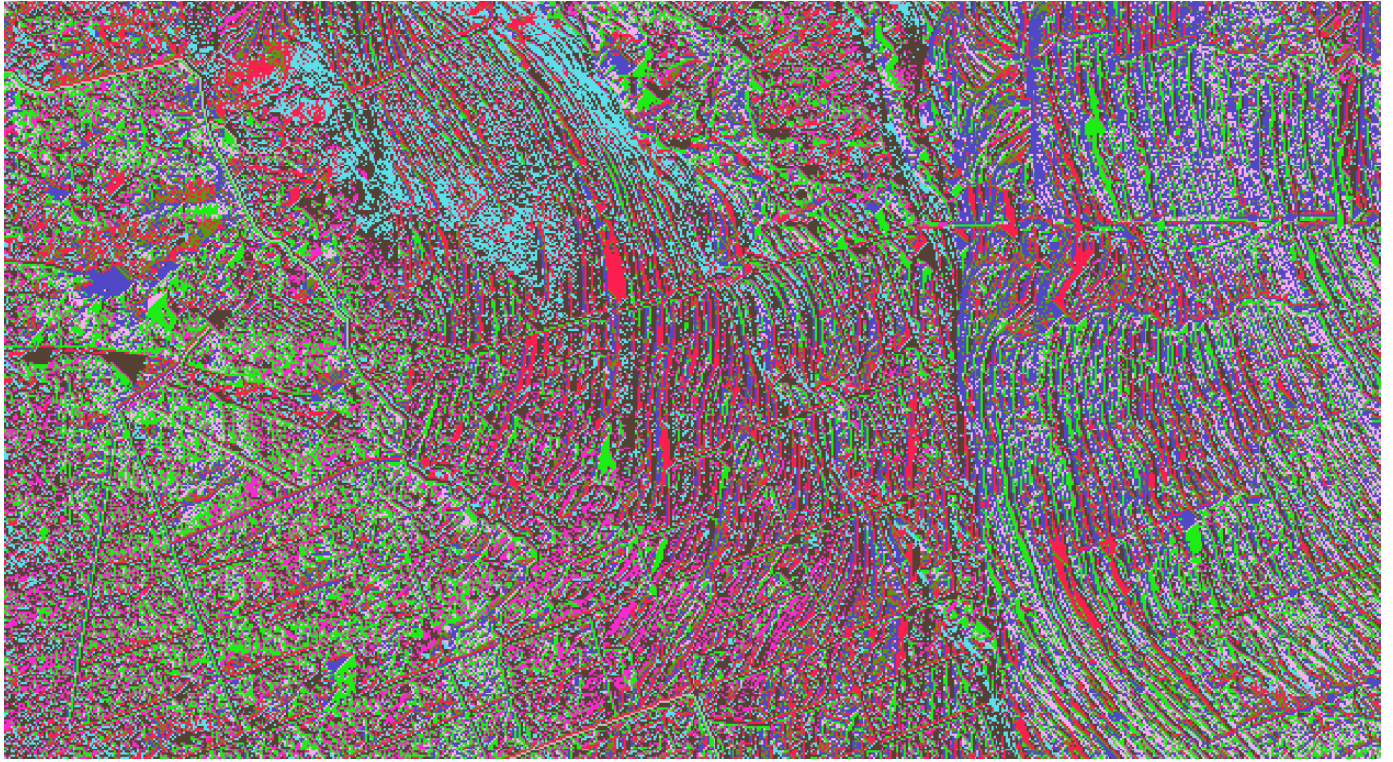


Joonis 8. Algse Maa-ameti DEMi varjutuspilt (üleval) ja hüdroloogiliselt korrektse DEMi varjutuspilt (all) Hiiumaa lõunaosas, samas kohas, kus joonisel 4. Näha on sissepõletatud voolusoonte võrgustik, mis tagab, et valglate modelleerimisel vesi neid samu voolusooni mööda liigub. Samuti on näha maanteetammi läbivad katkestused, mis on tekkinud joonisel 4 nähtavatesse sissekõrvetatud truubikohtadesse. Kõrvetamisel tekkinud sügavad augud on täidetud ära niipalju, et tekiks reaalne läbivool.

2.3. Voolusuuna kaardikihi loomine

Valglapiiride modelleerimiseks ei kasutata mitte DEMi ennast, vaid DEMi põhjal loodud voolusuundade kaardikihti, kus igal pikslil (käesoleva töö puhul endiselt 5x5 m resolutsioonis) on väärtus, mis näitab millisesse seda ümbritsevast kaheksast pikslist vesi kõige tõenäolisemalt voolab. Kõige tõenäolisem voolusuund määratakse pikslite keskpunktide kauguse ja kõrgusväärtuse vähenemise järgi. Seega igast pikslist voolab vesi selles suunas, kus lang on kõige suurem. Kuna antud töö käigus ettevalmistatud hüdroloogiliselt korrektsetes DEMides oli töö käigus tekitatud absoluutselt tasaseid alasid, kus sellisel viisil voolusuuna tuvastamine ei olnud võimalik (umbjärved ja läbi- või väljavooluga järved), siis oli läbivalt korrektse voolusuundade kihi ettevalmistamine mitme-etapiline ja eeldas abikihtide loomist.

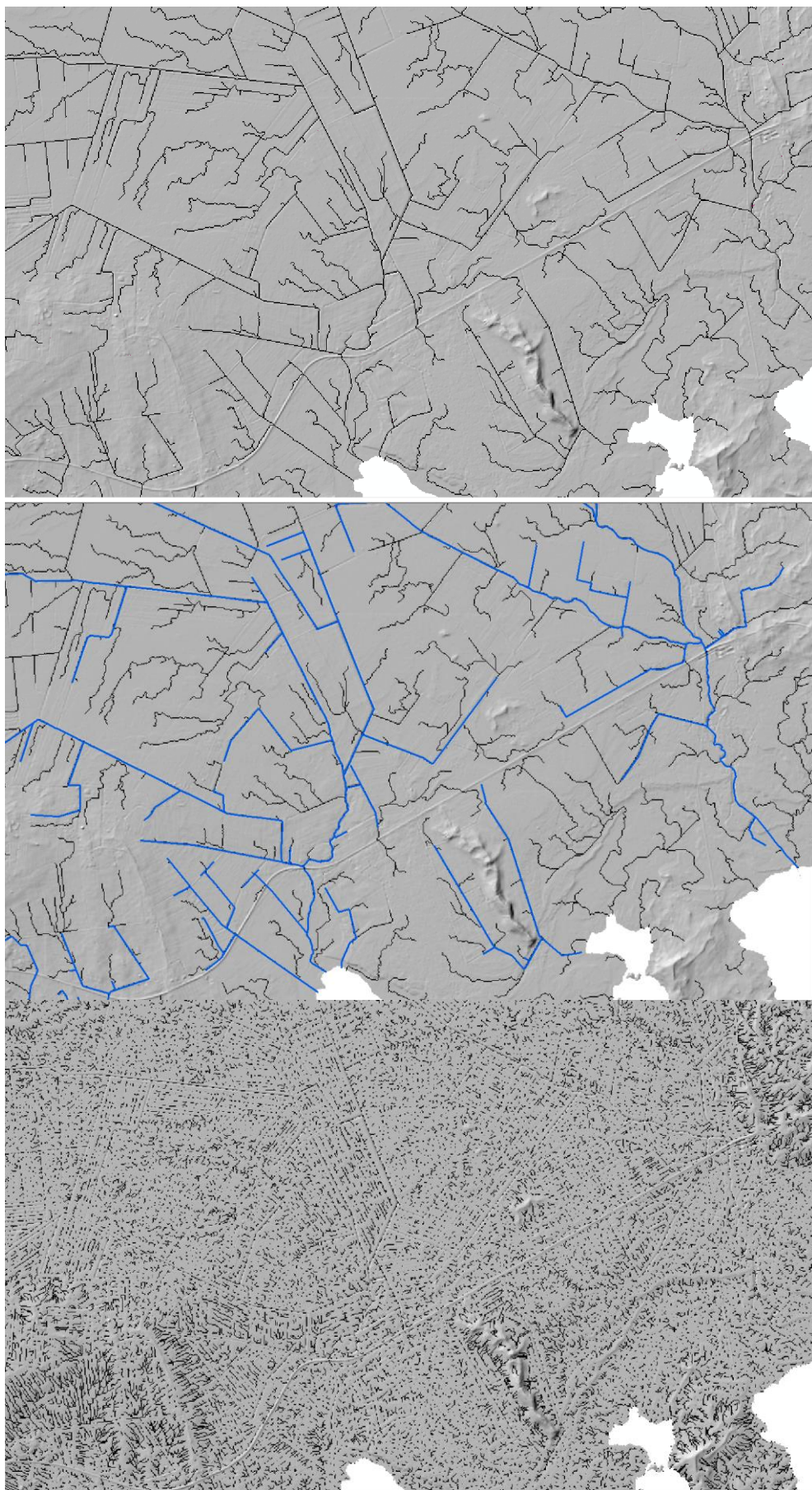
Esmalt loodi üldine voolusuuna kaardikiht hüdroloogiliselt korrektse DEMi põhjal (Joonis 9) (*flow direction*). Seejärel tekitati sulglohkude struktuuride kaardikihid, kus DEMi täitmiseks kasutatud vektorkujul sulglohkude kiht muudeti rasterkihtiks ning igasse tasase põhjaga sulglohku tekitati voolu koondumise punkt (nii vektor- kui rasterkujul). Nende põhjal sai korrigeerida loodud voolusuundade kaardikihi voolusuunid umbjärvede sees (*deranged flow direction*), et ka seal koonduks vool ühte punkti ja lõpuks valglate modelleerimisel oleks tulemuseks üks, tervet järve ümbritsev valgla.



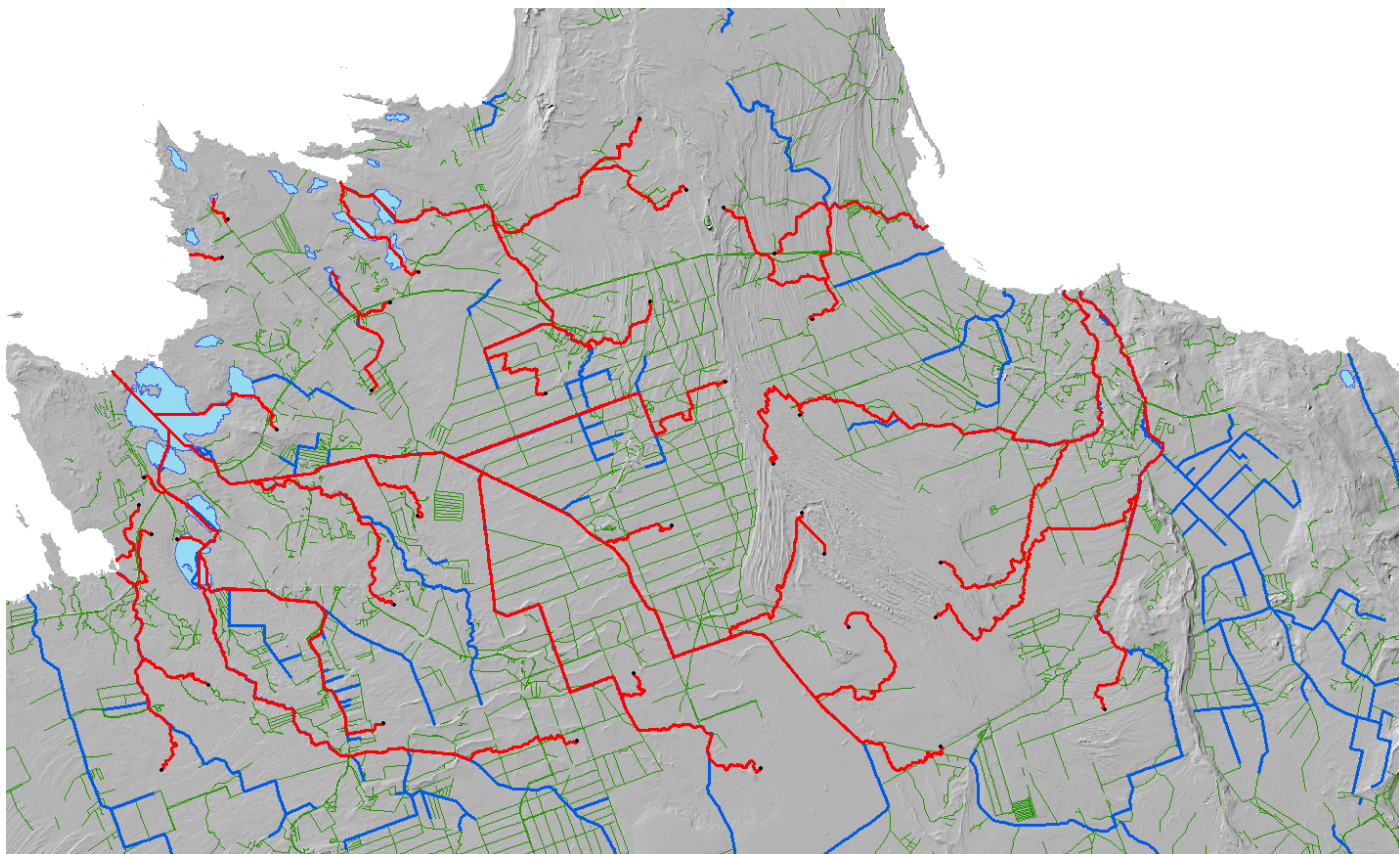
Joonis 9. Voolusuundade kaardikiht, kus kaheksa erineva värviga on kujutatud vee eelistatud voolusuunda igast pikslit.

Järgmisena korregeeriti voolusuundi väljavooluga järvedes, selleks et iga järve polügooni sees olevast pikslit voolaks vesi ühte järve sees olevasse sünteetilisse voolusoonda ning järgnev valgapiiride modelleerimine neile järvedele toimiks õigesti. Selleks tekitati esmalt sünteetiliste voolusoonte kaardikiht (*flow accumulation*), mis kujutab veevoolu koondumise sooni hüdroloogiliselt korrektse DEMi ja voolusuundade kaardikihi põhjal. See näitab, kuhu GIS-tarkvara arvab, et vesi maastikul voolab, mistõttu saab seda kasutada ka läbiviidud protseduuri kontrolliks (Joonis 10). Seejärel loodi teatud hulga pikslite vett koondavatest pikslitest (piiriks otsustati määrata 2000) sünteetiliste vooluveekogude kaardikiht (*stream*) ning kasutati seda väljavooluga järvedes voolusuundade korregeerimiseks.

Nende kahe korregeerimise tulemusena saadi soovitud voolusuundadega kaardikiht (*bowled flow direction*), millelt kontrolliti interaktiivsete voolusuundade tööriistaga (*Flow Path Tracing*), kas saadud tulemus vastab olemasolevale ettekujutusele vee liikumisest ning kas valgate modelleerimise tulemus saab olema usutav (Joonis 11).



Joonis 10. Modifitseeritud DEMi ja voolusuundade kaardikihi põhjal genereeritud sünteetilised voolusooned Hiiumaa lõunaosas (üleval) ja DEMi modifitseerimise protsessi alguses sisendina kasutatud vooluveekogud koos nendega (keskel). Võrdluseks sünteetiliste voolusoonete kaardikiht, mis on genereeritud Maa-ameti algse kõrgusmudeli põhjal (all). Kuna algsel DEMil on tohutult väikeseid sulglohke ja voolutakistusi, siis ühendatud voolusooni ei tekigi.



Joonis 11. Juhuslike kaardile märgitud punktide „tilgateekondade“ abil (Flow Path Tracing) saadud voolusuundade kaardikihi usutavuse kontrollimine. Mustad täpid tähistavad juhuslikult kaardile märgitud punkte; punased jooned teekonda, mida mööda nendesse punktidesse langenud veepiisk suubumiskohta jõudmiseks läbib; sinised jooned on teadaolev vooluvete võrgustik Keskkonnaregistri ja Maaparandussüsteemide registri põhjal ning rohelised jooned ETAKi vooluveekogud. Näha on, et tilgateekonnad jälgivad kõrgusmodeli töötlemisel sisendina kasutatud vooluveekogude joonobjekte hästi, vesi voolab loogiliselt sisse ja välja ka läbivoolujärvedes ning ainult sisse umbjärvedesse. Vähemalt üldjoontes sobivad tilgateekonnad ka ETAKi vooluveekogudega, kuigi on täheldada ka kõrvalekaldeid.

2.4. Valglate piiritlemine

Valglate piiritlemiseks on vaja korrektset voolusuundade kaardikihti ja lävendeid (*pour point*), millele valglad modelleeritakse. Lävendiks võivad olla nii punkt- kui pindobjektid ning nii vektor- kui rasterobjektid. Praktiline kogemus on näidanud, et rasterkujul lävendeid kasutades on valglate modelleerimise tööriista korrektne toimimine tõenäolisem. Veekogude DEMi põhjal loodi vooluveekogudele ja umbjärvedele valglad korraga, läbivoolujärvedele eraldi, kuna läbivoolujärvede valglad kattuvad osaliselt vooluveekogude valgatega. Seega oli üheks tulemuseks ülepinnaline valglate kaardikiht, millel on omavahel kattumatud vooluveekogude ja umbjärvede valglad. Teiseks tulemuseks oli läbivoolujärvede valglate kaardikiht, kus valglad on osaline kombinatsioon selle esimese kihi vooluveekogude valglatest. Kolmandaks tulemuseks oli veekogumite DEMi põhjal loodud veekogumite osavalglate kaardikiht.

Otsustamaks, millistele veekogudele antud töö käigus valglad piiritleda ja millistele mitte, lähtuti järgnevatest Keskkonnaagentuuriga kooskõlastatud kriteeriumitest:

Valglavajadusega vooluveekogud:

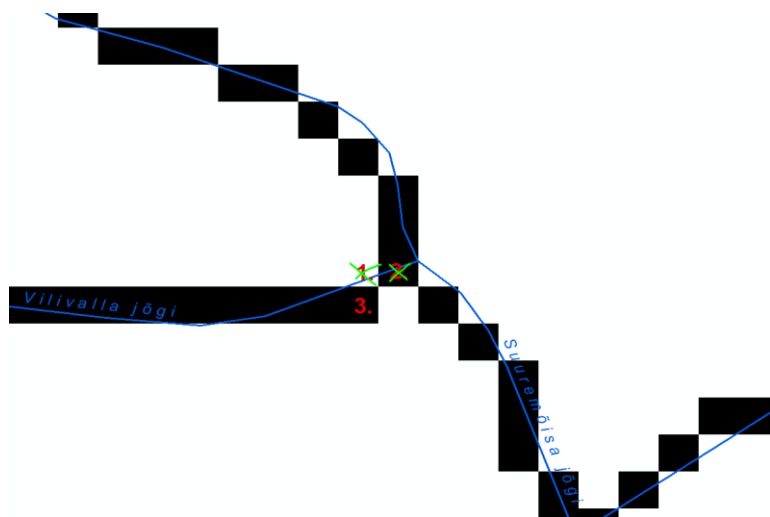
- 1) Keskkonnaregistrisse kantud vooluveekogud, mille pikkus on vähemalt 2,0 km.
- 2) Uuno Joala nimestiku põhjal loodud Keskkonnaregistri koodiga, kuid registrisse kandmata vooluveekogud, mille pikkus on vähemalt 4,0 km.

Valglavajadusega seisuveekogud:

1) Keskkonnaregistrisse kantud seisuveekogud, mille pindala on vähemalt 5,0 ha ning millel on olemas nimetus ja selles nimetuses ei kasutata täiendit „laugas“. Nimetuse puhul lähtuti Keskkonnaregistri, mitte ETAKi andmetest, kuna neis leidub mitmeid erinevusi.

2) Keskkonnaregistrisse kantud seisuveekogud, mille pindala on vahemikus 1,0 kuni 4,9 ha ning millel on olemas nimetus ja selles nimetuses ei kasutata täiendit „laugas“, juhul kui veekogule on EELISE andmetel omistatud loodusdirektiivi elupaigatüüp.

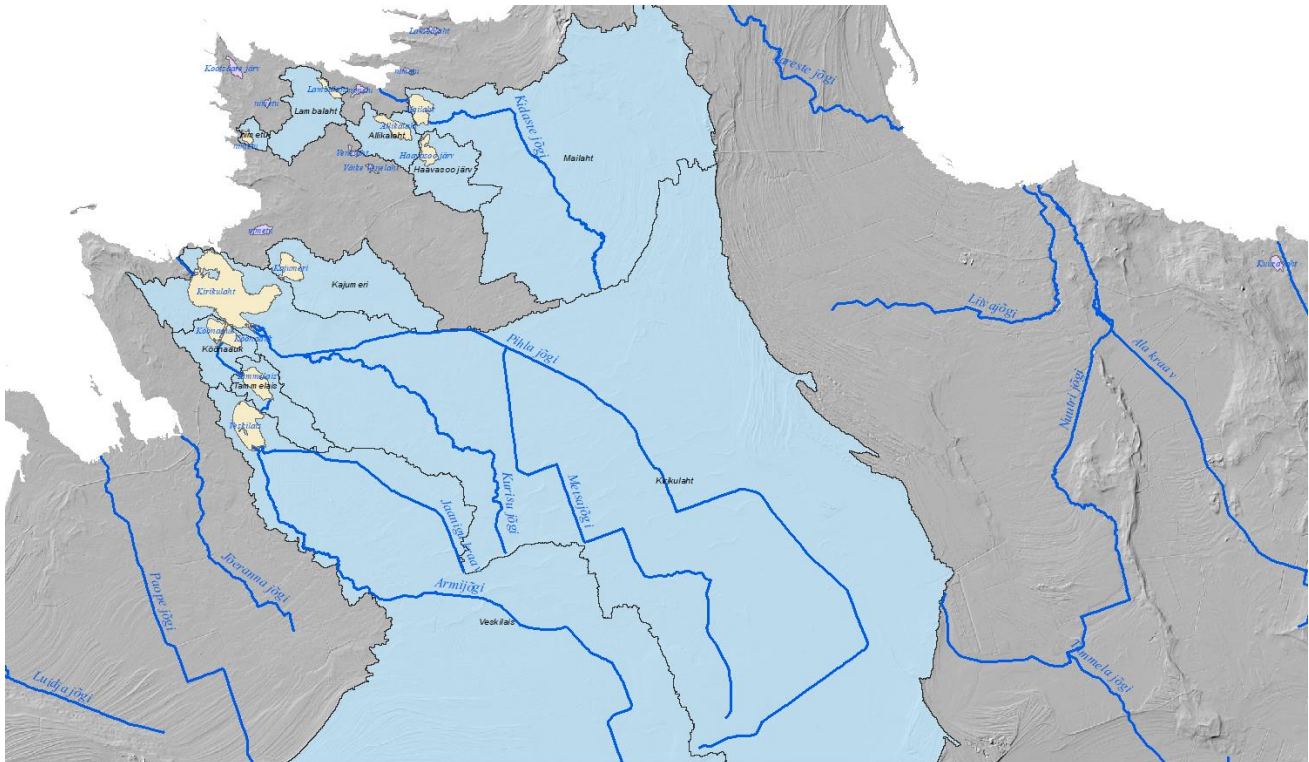
Vooluveekogude, mis vastasid käesoleva töö raames valglavajaduse kriteeriumitele, saadi valgate lävendid konverteerides joonobjektide käänupunktid (*vertex*) punktikihtiks ning kustutades käsitsi ära kõik punktid peale allavoolu suunas kõige viimase. Kustutamise puhul oli tegemist aeganõudva käsitööga, kuid paremat lahendust sellele ei suudetud välja mõelda. Igal juhul oli see kiirem, kui käsitsi kõigi vooluveekogude lõppu punktide tekitamine. Eelkõige Uuno Joala nimestiku põhjal loodud kaardikihtil olid mitmed vooluveekogud digitud vastuvoolu. Lisajõgede liitumiskohtades kontrolliti lävendite asukohad ükshaaval üle, et lävend asuks kindlalt lisajõe, mitte peajõe peal ega ka mitte peajõe lähemal kui 5 m, kuna vastasel korral oleks ühendatud valglapiiride modelleerimisel lisajõe ja peajõe alamjooksu valgla ekslikult üheks ning peajõe ülemjooksu valgla teiseks. Täiendavalt lisati lävendid neisse punktidesse, millest (nagu peatükis 2.2. kirjeldatud) ülesvoolu on kahel lahkneval vooluveekogul ühine valgla. Lävendipunktile lisati umbjärvede ja karsti suubuvate vooluveekogude lävendipunktid, milleks kasutati sulglohkude struktuuride kaardikihtide loomisel üheks tulemuseks olnud rasterkujul voolu koondumise punkte (*Sink Point*). Kuna nende järgi oli voolusuundade kaardikihti juba korrigeeritud, siis asusid need täpselt õiges kohas, et moodustuksid õiged umbjärvede valgate polügoonid. Kuna lävendid peavad asuma täpselt voolusuundade kaardikihi põhjal loodud sünteetiliste voolusoonte, mitte Keskkonnaregistri joonobjektide peal, snäpiti lävendipunktid pärast ülekontrollimist nende külge ja muudeti rastroiks (*Snap Pour Point*). Snäppimisraadiuseks oli 5 m ehk kasutatava rastri resolutsioon, et olla kindel, et lisajõgede lävendeid ei snäpitaks ikkagi peajõe sünteetiliste voolusoonte külge. Pärast snäppimist kontrolliti rastroiks muudetud lisajõgede lävendite asukohad veelkord üle ning vajadusel korrigeeriti (Joonis 12).



Joonis 12. Näide valedest ja õigest valgla modelleerimise lävendi asukohtadest. Valgla modelleerimise lävendipunkt ei tohi asuda pikslis nr. 1, kuna sünteetiliste voolusoonte kihi järgi „ei kogune“ sellesse pikslisse vett (see on valge), vaatamata sellele, et Keskkonnaregistri vooluveekogu joonobjekt sealt läbi läheb. Sünteetiliste voolusoonte kihi järgi voolab vesi pikslit nr. 3 otse pikslisse nr. 2. Seega, kui modelleerida valgla kasutades lävendina pikslit nr. 1, on tulemuseks vaid paari piksli suurune valgla. Lävendipunkt ei tohi asuda ka pikslis nr. 2, kuna sünteetiliste voolusoonte kihi järgi on piksel nr. 2 juba osa Suuremõisa jõest. Seega, paigutades lävendi sinna, modelleeritakse üks valgla Vilivalla jõe ja Suuremõisa jõe ülemjooksule ning teine valgla Suuremõisa jõe alamjooksule, pikslit nr. 2 allavoolu, kuigi eesmärk on modelleerida Vilivalla jõe valgla eraldi Suuremõisa jõe valglast. Vilivalla jõe valgla modelleerimiseks on õige lävendi asukoht piksel nr. 3. Kuna lävendi snäppimisel otsib tarkvara ümbruskonnast kõige rohkemate pikslite vett koondavat pikslit, siis märkides lävendi punkti nr. 1, snäpitakse see pikslisse nr. 2. nii, et õige tulemuse saavutab ainult juhul, kui soovitud lävendipunkt juba ise pikslisse nr. 3 märkida.

Veekogumite puhul lisati täiendavad lävendipunktid neile vooluveekogumitele, mis läbivad seisuveekogumiks nimetatud järvi. Kuna läbivooluga seisuveekogumi osavalgla ei saa kattuda vooluveekogumi osavalgla, siis tuli sellistel juhtudel piiritleda vooluveekogumi osavalgla enne seisuveekogumit (lisada sinna lävendipunkt) ja vooluveekogumi suudmes. Hiljem liideti enne ja pärast seisuveekogumit tekitatud valgla polügoonid üheks osavalgla kokku. Kuna veekogumite puhul modelleeriti valglad korraga nii voolveekogudele kui umb- ja väljavoolujärvedele, siis konverteeriti snäpitud punktlävendid polügoonideks, liideti saadud kihile juurde väljavoolujärvede polügoonid ning muudeti uueks rastiiks, kus olid esindatud kõigi veekogutüüpide lävendid.

18



Joonis 13. Läbivoolujärvede valglate modelleerimise tulemuse näide Hiiumaa põhjaosast. Järve valglaks on arvestatud kõigi sellesse voolavate Keskonnaregistri vooluveekogude valglad ja vahetu kaldavalgla, mistõttu võrreldes joonisel 12 nähtavate valglatega on need kohati suuremad ja kohati väiksemad. Nagu näha Veskilaisist Kirikulaheni ulatuva järvede aheliku puhul, piiritleti kasutatud meetodika järgi läbivoolujärve valgla esmalt kuni järgmise ülesvoolu asuva järveni. Põhjuseks asjaolu, et iga järv on määratud eraldi valgla modelleerimise lävendiks. Sellistes olukordades tuli moodustunud lahustükid järve kogu valgla leidmiseks käsitsi kombineerida.

Valglarastrite polügoonideks konverteerimise käigus tekib rohkelt mõne piksli suuruseid pisipolügoone. Põhjuseks on asjaolu, et rastril saab vesi voolata pikslist kõigisse seda ümbritsevasse pikslitesse, sh. sellega vaid nurkapidi kokkupuutuvatesse. Sellise rastri üheosaliseks polügooniks konverteerides eralduvad valgla servades olevad vaid nurkmiselt ühendatud pikslid eraldi polügoonideks. Antud töös liideti need käsitsi neid kõige suuremal määral ümbritseva valglapolügooni külge.

Vooluveekogude ja umbjävete valglate kihil olevatele polügoonidele määrati käsitsi nende suubumise järk ning järk suudmest alates. Esimene tähendab seda, et valgla, millesse ei suubu ühtegi teist valglat, sai suubumisjärku 1; valgla, kuhu suubub vähemalt üks 1. järku valgla, sai suubumisjärku 2 jne. Järk suudmest alates tähendab seda, et vooluveekogu, mis suubub merre või alamvesikonna kontekstis suublajärve (Peipsi, Võrtsjärv), sai järku 1, sellesse suubuv vooluveekogu järku 2 jne. Suubumise järku määramine oli vajalik esialgse väikestest tükidest koosnevate valglapolügoonide tervikvalglate kokkuliitmise lihtsustamiseks ja ülekontrollimiseks. Järk suudmest alates oli oluline aga valglate kodeerimise lihtsustamiseks. Tervikvalglate kokkuliitmise alustati valglatest, mille suubumise järk oli 1 ning need liideti kokku valglaga, millesse need suubuvad. Näiteks Anijala jõe valgla (järk 1) Saaremaal liideti kokku Oriküla jõe (järk 2) osavalglaga, saades nii tervikliku Oriküla jõe valgla. Oriküla jõe valgla liideti koos Tõllaurga jõe, Kandla oja ja Anepesa ojaga kokku Kärla jõe valgla külge (järk 3). See aga ühendati koos Pühajõe (mille külge olid liidetud Sõmera kraavi ja Marisoo jõe valglad), Kogula peakraavi, Randvere kraavi, Kortsisoo oja ja Irase jõe valglaga kokku Nasva jõe valglaks (järk 4).

Karsti suubuvate vooluveekogude puhul lähtuti valglate liitmisel kirjanduses leitavast informatsioonist nende vee allikadena avamise paikade kohta. Olukordades, kus karsti suubuv jõgi on moodustanud lubjakivides suhteliselt selgepiirilise „toru“ ja suurem osa veest väljub eeldatavalt ühel allikaalal, mis moodustab ühe vooluveekogu, liideti karsti suubuva vooluveekogu vastavatest allikatest toituva vooluveekogu valglaga – näiteks Anepesa oja Kärla jõe valglaga, Redu oja Keila jõe valglaga, Tammiku ja Koigi peakraavid Ambla jõe valglaga, Kuksema kraav Esna jõe

valgla ja jõe. Olukordades, mille puhul töö autoritel puudus vastav teadmine ühe väljavooluala kohta ning seda ei õnnestunud leida ka kirjandusest, jäid umbselt lõpevad vooluveekogud suuremate valglate külge liitmata – näiteks Ahujaani oja ja Aula peakraav. Selline käsitus lisab küll veel ühe võimaliku weakoha saadud valglapolügoonide reaalsusele vastavusele, kuid kõigi karsti suubuvate vooluveekogude isoleerituna käsitlemine pole veekaitseliselt kindlasti õigustatud. Karstiallikatest algavaid vooluveekogusid on Eestis jaotatud üsna juhuslikult iseseisvateks vooluveekogudeks ja karsti suubuvate veekogude jätkudeks. Näiteks Jõelähtme jõgi, Salajõgi, Kuivajõgi, Vääna jõgi kannavad ühte ja sama nimetust nii enne karsti suubumist kui ka pärast karstisüsteemist väljumist, isegi kui neeldumis- ja väljumiskoha vahe on mitmeid kilomeetreid. Samal ajal lõpevad lõigu alguses loetletud vooluveekogud karstikurisuga ning väljumiskohast algab uus vooluveekogu, kuigi hüdrooloogiliselt nad nendest teises loetelus olevatest ei erine. Seetõttu leiti olevat põhjendatud valglate liitmisel teadaolevast otsesest hüdrooloogilisest ühendusest ka lähtuda.

Sarnaselt käituti ka mõnede karstijärvikute valglatega. Üldjuhul karstijärvikud keskkonnaregistrisse seisuveekogudena kantud ei ole, kuid on mõningaid erandeid. Pindala ja loodusdirektiivi elupaigaks olemise kriteeriumitele vastanud keskkonnaregistrisse kantud karstijärvikuid käsitleti valglate modelleerimisel identselt teistele umbjärvedele. Kuid kui karstijärvikus neeldunud vee tõenäolised voolusuunad põhjaveekihis olid kirjanduse põhjal leitavad, siis liideti nende valglad vooluveekogude valglatega, kuhu vesi neist eeldatavalt jõudma peaks. Seega liideti Saksi järve valgla Valgejõe valgla (Vainu et al., 2019), samuti Võhmetu-Lemküla järvestikku kuuluvate Süssijärve ja Piisupi järve valglad (Eipre, 1981; Vainu et al., 2019). Samasse järvestikku kuuluvate Lemküla, Mardihansu ja Võhmetu järve valglad aga Loobu jõe valgla (Eipre, 1981; Vainu et al., 2019). Kirjeldatud liitmised tehti ka veekogumite osavalglate kihil.

Tervikvalglateks liideti kokku ka väljavoolujärvede valglapolügoonid ning veekogumite osavalglate polügoonid. Kuna veekogumite puhul on seni peetud vajalikuks hoida EELISes ka osavalglate polügoone, siis jäeti ka käesolevas töös veekogumite osavalglate kaardikiht alles. Seega kui vooluveekogude ja väljavoolujärvede puhul on töö tulemuseks vaid tervikvalglate kaardikihid, siis veekogumite puhul nii osa- kui tervikvalglate kihid. Kõigi nende kombineerimisel loodi ka uued alamvesikondade ja vesikondade kaardikihid.

Eelnevalt tuvastatud vooluveekogude hargnemiskohtades liideti ühised valglaosad kokku mõlema hargneva vooluveekogu valgla. Neis paigus tekkisid seega osaliselt kattuvad, kuid erinevatele vooluveekogudele kuuluvad valglaosad. Kuna Lõõdla järvel on kaardistatud kaks väljavoolu, mis kumbki voolavad erinevatesse alamvesikondadesse ning millest kummagi puhul polnud kameraalselt võimalik tuvastada, et see tegelikult järvest välja ei voola, siis arvestati ka Lõõdla järv oma valgla nii Peipsi kui Võrtsjärve alamvesikonda. Teada on ka, et Pärnu jõe ülemjooks on ühendatud Jägala jõega Purdi kanali kaudu, kuid konsulteerides AS-ga Tallinna Vesi, õnnestus teada saada, et nimetatud kanal olevat sisuliselt kinni kasvanud ning vool seal peaaegu puuduvat. Seetõttu otsustati seal valglate ja ka alamvesikondade kattuvus tekitamata jätta. Nagu ka varem rõhutatud, võivad need valglakattuvused olla mõnes kohas ekslikud, kuna looduses KKRI ja ETAKi kantud vooluveekogude hargnemist ei toimu, kuid neid võimalikke vigu ei ole võimalik korrigeerida ilma välivaatlusteta.

Seirejaamade valglad piiritleti eraldi etappidena ning omakorda piiritleti eraldi hüdromeetria- ja hüdrokeemiajaamade valglad. Mõlemal juhul võeti aluseks veekogude valglapiiride modelleerimiseks kasutatud suurema sulglohkude arvuga DEM. Valglapiiride modelleerimise lävenditeks olid KAURilt saadud jaamade asukohtade punktid, mis snäpiti lähima sünteetilise voolusoone külge. Kui jõe peal paikneb mitu seirejaama, siis oli esialgselt tulemuseks valgla ühest seirejaamast järgmiseni. Sarnaselt eelnevalt kirjeldatud valglatele, liideti ka seirejaamade valglad tervikvalglateks kokku. Valglatele liideti juurde ka karsti suubuvate vooluveekogude ja karstijärvikute valglad, nagu eelnevalt kirjeldatud veekogude valglate puhul.

2.5. Valgate kodeerimine

Vooluveekogude ja umbjärvade valglad kodeeriti hierarhiliselt nii, et ühte jõgikonda kuuluvad vooluveekogude valglad oleksid koodi alusel eristatavad. KAURiga kooskõlastatult töötati välja järgnev kodeerimissüsteem: alamvesikonna tunnus – peajõe KKR kood – esimese järgu lisajõe järjekorranumber suudmest lugedes – teise järgu lisajõe järjekorranumber – kolmanda järgu lisajõe järjekorranumber jne kuni üheksanda järguni. Käesolevas töös oli maksimaalne lisajõe järk peajõest alates kaheksas. Üheksas järk jäetakse nõ. reservi võimalike tulevikulisanduste jaoks. Näiteks Nuudsaku oja valgla kood on järgnev: 14_1123500_15_5_1_7_10_1_1_0. Kood tähendab järgmist: 14 – Pärnu alamvesikonna kood; 1123500 – Pärnu jõe, kui jõgikonna peajõe KKR kood; 15 – Navesti jõe valgla järjekorranumber Pärnu jõkke suubumisel viimase suudmest lugedes; 5 – Halliste jõe valgla järjekorranumber Navesti jõkke suubumisel viimase suudmest lugedes; 1 – Raudna jõe valgla järjekorranumber Halliste jõkke suubumisel viimase suudmest lugedes; 7 – Kõpu jõe valgla järjekorranumber Raudna jõkke suubumisel viimase suudmest lugedes; 10 – Vidva oja valgla järjekorranumber Kõpu jõkke suubumisel viimase suudmest lugedes; 1 – Tuhalaane oja valgla järjekorranumber Vidva oja suubumisel viimase suudmest lugedes; 1 – Nuudsaku oja valgla järjekorranumber Tuhalaane oja suubumisel viimase suudmest lugedes; 0 – reserv juhuks, kui mõnele Nuudsaku oja suubuvale kraavile soovitakse tulevikus eraldi valgla piiritleda.

KAURiga läbirääkimiste tulemusel otsustati väljavoolujärvede ja veekogumite valglaid vähemalt käesoleva töö raames mitte kodeerida. Vajadusel saab seda tulevikus teha analoogilise põhimõtte järgi, kuid paralleelsetes süsteemides.

3. Valglapiiride modelleerimise detailne töökäik

Kirjeldus algab punktist, kus modelleerimiseks kasutatavate veekogude ruumikujud on ettevalmistatud. See tähendab, et olemas on sissekõrvetamiseks kasutatav vooluveekogude kaardikiht, kus ei ole kattuvusi ega väärhargnemisi. Tõendatud või tõenäolistesse hargnemiskohtadesse on tekitatud ca 20 m katkestus ning vooluveekogude joonobjektid ei asu üheski punktis teisele joonobjektile ega ka seisuveekogu polügoonile lähemal kui 20 m. Karsti suubuvad või muul põhjusel modelleerimise jaoks väljavooluta vooluveekogud on atribuuditabeli põhjal eristatavad. Seisuveekogude kaardikihi atribuuditabelis on eristatavad umbjärved ja läbivoolujärved ning need on eksporditud kaheks eraldi kihiks „Umbjärved“ ja „Väljavoolujärved“. Olemas on ETAKi truupide ja sildade kaardikihid, voolu- ja seisuveekogumite kaardikihid (ka sellel on atribuuditabelis eristatavad umbjärved ja väljavoolujärved) ning algne 5x5 m resolutsiooniga DEM (algDEM). NB! Nii vooluveekogude kui truupide kaardikiht peavad olema .gdb formaadis, sest .shp formaadis on kaardikihi kõige esimese objekti FID = 0, see aga põhjustab olukorra, kus nende sissekõrvetamisel kõige esimest objekti ei arvestata. Järved ja sillad võivad olla .shp-formaadis, kuna neid kasutavad tööriistad ei ole tundlikud FID = 0 suhtes. Samuti peab installeeritud ja sisselülitatud *ArchHydro* laiendus.

- 1) Rasterandmete analüüsi üldseadete määramine –
ArcToolbox... - Environments... - Processing Extent: Extent “algDEM”, Snap Raster “algDEM”.
ArcToolbox... - Environments... - Raster Analysis: Cell Size “5”.
ArchHydro tööriistariba – ApUtilities – Set Target Locations – kõigil kolmel juhul tuleb määrata üks ja sama sobilik rasterandmete kaust ning vektorandmete geoandmebaas.
- 2) Vooluveekogudega kattuvate truupide kustutamine ETAKi truupide kihilt –
Selection by Location – Välja tuleb valida truubid, mis ei kattu vooluvete ruumikujudega (*are within the source layer feature*) ning ülejäänud kustutada. Sammu eesmärk on vähendada sissekõrvetatavate truupide hulka ja seega ka arvutusaega ning hiljem mõttetult tekitatud sulglohkude täitmise aega.
- 3) Truupide pikendamine –
ArcToolbox – Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Extend lines: Extend from “All”, Extend distance “5 m”. Sammu eesmärk on kindlustada, et truubid ka tegelikult teetammidest läbi kõrvetatud saaks. Tulemuseks kiht “Truubid_ext”, mis peab olema .gdb-fail, mitte .shp-fail.

- 4) Truupide kõrvetamine –
Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – DEM Reconditioning: Raw DEM “algDEM”, AGREE Stream “Truubid_ext”, Stream buffer “2”, Smooth drop “5”, Sharp drop “25”. Tulemuseks on kiht “Agree_truub”, kus truupide asukohad on varasemast 25 m allpool.
- 5) “Agree_truub” kihile vertikaalse projektsiooni määramine –
Data management – Projections and Transformations – Define Projection: Z Coordinate system “Estonia 1997”. Samm on vajalik, kuna järgnevalt kasutatav *Level DEM* tööriist annab suure tõenäosusega veateate ega toimeta lõpuni, kui selle sisendrastrile ei ole vertikaalset projektsiooni määratud.
- 6) Vooluveekogudega kattuvate sildade kustutamine ETAKi truupide kihilt –
Selection by Location – Välja tuleb valida sillad, mis ei kattu vooluvete ruumikujudega (intersect the source layer feature) ning ülejäänud kustutada. Sammu eesmärk on vähendada sissekõrvetatavate sildade hulka ja seega ka arvutusaega ning hiljem mõttetult tekitatud sulglohkude täitmise aega.
- 7) Sildade kihile puhvri tegemine –
Analysis Tools – Proximity – Buffer: Input “Sillad”, Distance “5 m”, Side type “Full”. Sarnaselt truupide pikendamisele on eesmärk tagada sildade tegelik teetammidest läbikõrvetamine. Tulemuseks kiht “Sillad_buf”.
- 8) Sildade kõrvetamine –
Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Level DEM. Esmalt tuleb “Sillad_buf” kihi andmetabelisse lisada veerg “FillElev” (short integer) ja arvutada sinna (*Field Calculator*) kõigile ridadele väärtuseks “-5”. *Raw DEM “Agree_truub”, Lake Polygon “Sillad_buf”, Fill Elevation “FillElev”, Fill Elevation Offset “0”.* Esimesel korral annab tööriist tõenäoliselt pärast lühikest töötamist veateate, kuid selle käivitamisel teist korda täpselt samade parameetritega, arvutab lõpuni. Tulemuseks on kiht “Level_sild”, kus kõigi sildade asukohtades on kõrgusväärtuseks -5 m. Kõrgusväärtuseks võib määrata ka millegi muu. Üleriigiliselt seda tehes on lihtsalt oluline, et DEMi igal pool langetatakse, mistõttu antud töös sai selleks valitud allpool merepinda asuv kõrgus, mida kindlasti kusagil päriselt olla ei saa. Kuna sillad on ETAKis pindobjektid, siis neid ei saa kõrvetada sama tööriistaga, nagu truupe ja vooluveekogusid.
- 9) Järvede kõrvetamine –
Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Level DEM. Sarnaselt sildadega, peab ka “Järved” kihi andmetabelis oleva veerg “FillElev”, väärtusega “-5”. *Raw DEM “Level_sild”, Lake Polygon “Järved”, Fill Elevation “FillElev”, Fill Elevation Offset “0”.* Tulemuseks on kiht, kus kõigi järvepolügoonide all olevatel pikslitel on kõrgusväärtus -5 m.
- 10) Tillukeste sulglohkude täitmine -
Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Sink Prescreening: Raw DEM “Level_sild”, Minimum drainage area... “10 000”. Tulemuseks kihid “PrefillDEM” ja “Sink”. Tööriist täidab kõik sulglohud, mille valgla on väiksem kui 10 000 m². Piir tuleb panna selline, et ei täidetaks ära sulglohke, millele hiljem tegelikult valglaid tahetakse teha. Tegemist on “Sink Evaluation”i kõrval kõige kauem arvutusaega võtva etapiga.
- 11) Vooluveekogude kõrvetamine –
Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – DEM Reconditioning: Raw DEM “PrefillDEM”, AGREE Stream “Vooluveekogud”, Stream buffer “2”, Smooth drop “5”, Sharp drop “25”. NB! Kiht “Vooluveekogud” peab olema .gdb-formaadis, muidu vooluveekogu, mille FID = 0 sisse ei kõrvetata. Tulemuseks on kiht “Agree_vool”. Antud töö jaoks üldjuhul piisas, kui *Sharp drop* oli “25”, kuid piiritaguste alade puhul tuli kasutada ka väärtust “75”, et vesi hakkaks voolama sealt, kus kulgesid vooluveekogude joonobjektid. Põhjuseks oli nii piiritaguse ala DEMi kui sealsete vooluveekogude ruumikujude ebatäpsus, mistõttu pidid sealsed vooluveekogud kohati läbistama ka DEMil olevaid mägesid. Indikatsiooni sellest, et vooluveekogude kõrvetamissügavus pole olnud piisav, saab siis, kui valmis valgapolügoonid lõikavad sissekõrvetatud vooluveekogusid.

Tavaliselt on vooluveekogude sissekõrvetamine *ArcHydro* juhendites kirjas varem teostatava etapina. Käesoleva töö raames liigutati see praktilistel kaalutlustel hilisemaks ka tillukeste sulglohkude täitmisest. Nimelt ilmneb pärast, kui valglad on valmis, üsna harva vigasid, mis on põhjustatud truupide või sildade sissekõrvetamisest ning väikeste sulglohkude täitmisest ei saa neid üldse tekkida. Enamik vigu on tingitud just vooluveekogude kõrvetamisest: kas on joonobjektid olnud üksteisele liiga lähedal, mõni oluline valgla kuju määrav vooluveekogu on algsest komplektist olnud puudu, lõigatud DEMi servast üle ulatuvad vooluveekogud hakkavad voolama valesse suunda vms. Seega on antud etappi vaja järjest korrigeeritava vooluveekogude kaardikihi põhjal läbi viia vähemalt kaks, kuid üldjuhul mitmeid ja mitmeid kordi, enne kui tulemuseks saadavad valglapolügoonid loogikaga kokku hakkavad langema. Seega on efektiivsemaks ajakasutuseks mõistlik antud etapp teostada võimalikult hilja, et kordama peaks võimalikult väheseid järgnevaid etappe. Kuna *Sink Prescreening* võttis kaua aega (Pärnu alamvesikonna puhul näiteks ca tunni), siis leiti, et otstarbekam on vooluveekogude kõrvetamine teha pärast seda. Kõrvetamise käigus lisandub küll tillukesi sulglohke juurde, kuid praktika näitas, et hilisem *Fill* tööriista arvutusaeg sellest oluliselt ei muutunud ning *Sink Selection* tööriista ei ole üldjuhul vaja pärast vooluveekogude kihil tehtavaid täiendusi ning nende uuesti kõrvetamist kasutada, vaid kasutada saab selle tööriistaga esimesel korral saadud kihte.

Edasised etapid erinevad sõltuvalt sellest, kas modelleeritakse valgate piire veekogumitele või umbjärvedele ja vooluveekogudele ning ka sellest, kas vastavas alamvesikonnas on väljavooluta veekogumeid.

Alamvesikonnad, kus pole väljavooluta veekogumeid (umbjärvi või karsti suubuvaid jõgesid):

12) Kõigi sulglohkude täitmine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Fill Sinks: DEM “Agree_vool”, Deranged Polygon “Null”, Fill Method “Fill All”. Tulemuseks kiht “filvkm”

Kuna ühtegi väljavooluta ala pole vaja eristada, siis võib kõik lohud täita.

13) Esialgsete voolusuundade määramine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Direction: Hydro DEM “filvkm”. Tulemuseks kiht “fdrvkm”.

14) Esialgsete sünteetiliste voolujoonte loomine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Accumulation: Flow Direction Grid “fdrvkm”. Tulemuseks kiht “facvkm”.

15) Rasterkujul vooluveekogude tekitamine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Stream Definition: Flow Accumulation Grid “facvkm”, Number of cells “2000”. Tulemuseks on kiht “strvkm”. Samm on vajalik järgmiseks etapiks, kuna seisuveekogudes voolusuundade korrigeerimise tööriist nõuab seda kihti. Vooluveekogu defineerivaks kokkuvoolavate pikslite piiriks võib panna ka midagi muud, oluline on, et iga väljavoolujärve sisse vähemalt üks sünteetiline vooluveekogu tekiks.

16) Voolusuundade korrigeerimine järvedes –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Adjust FDR in Lakes: Flow Direction Grid “fdrvkm”, Lake Polygon “Järved”, Stream Grid “strvkm”. Tulemuseks on kiht “bowlfdrvkm”. Võrreldes esialgse voolusuundade kihiga, on uuel kihil tagatud olukord, kus järve sees koonduvad kõik sünteetilised voolujooned ühte kesksesse voolujoonde.

17) Uute sünteetiliste voolujoonte loomine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Accumulation: Flow Direction Grid “bowlfdrvkm”. Tulemuseks kiht “facbowvkm”. Kuna eelmises etapis voolusuundi korrigeeriti, siis on vajalik uue voolujoonte kihi tekitamine, et edaspidi saaks valgate lävendipunkte märkida sinna, kus vool DEMil tegelikult koondub. Edasiseks kasutamiseks tuleks muuta saadud kihi sümboolikat nii, et see oleks *Classified* ning kõige väiksem klass 0–2000. See klass tuleb määrata läbipaistvaks, ülejäänud klassid mustaks.

- 18) Hüdroloogiliselt korrektne aluspind on ettevalmistatud. Tasub pisteliselt kontrollida, kas vesi voolab õigesti, eriti kohtades, kus juba eelnevalt on kahtlusi, kas vooluveekogude kõrvetamine õnnestus loodusoludele vastavalt. *Arc Hydro Tools tööriistariba – Flow Path Tracing*.

Valglate lävendipunktide (*pour point*) tekitamine:

- 19) Punktide tekitamine vooluveekogumite suudmetesse –
Data Management Tools – Features – Feature Vertices To Points: Input Features “Vooluveekogumid”, Point Type “End”. Tulemuseks kiht “Pour point_vkm”.
- 20) Liigsete punktide kustutamine ja õigesse kohta nihutamine “Pour point_vkm” kihil –
Liigsed punktid ehk need, mis ei asu kogumi lõpus, tuleb ära kustutada ning allesjäänud punktid nihutada “facbowvkm” kihil olevate kogumi lõppu kajastavate mustade pikslitega kattuma. Lisajõgede punktid tuleb nihutada vähemalt kahe musta “facbowvkm” piksli jagu peajõest eemale, siis on kindel, et valgla modelleeritakse lisajõeks olevale veekogumile, mitte peajõele kuni lisajõe suubumiseni. Veekogumid, mille nimetuses on “kraavini”, “jõeni”, “ojani” vms puhul tuleb jälgida, et lävendipunktid paikneksid vähemalt kahe piksli jagu ülesvoolu vastava kraavi, jõe, oja sünteetilise voolujoone (“facbowvkm” mustade pikslite) suubumiskohast. Kui on vooluveekogumeid, mis läbivad seisuveekogumeid, siis tuleb lisapunktid tekitada kohtadesse, kus vooluveekogumid seisuveekogumitesse suubuvad. Taaskord tuleb jälgida, et punktid ei satuks päris seisuveekogumi polügooni sisse, vaid vähemalt kahe musta “facbowvkm” piksli jagu sellest eemale.
- 21) Lävendipunktide snäppimine voolujoonte kihi külge ja rastriks muutmine –
Spatial Analyst – Hydrology – Snap Pour Point: Input “Pour point”, Input accumulation raster “facbowvkm”, Snap distance “5”. Tulemuseks rasterkiht “pourpointvkm”. Lävendipunktid muudetakse rastriks, mis kattuvad täpselt mustade “facbowvkm” kihil olevate pikslitega. Võib kontrollida, kas nii ka tegelikult on ning lävendipikslid ei tekkinud ikkagi mustade “facbowvkm” pikslite kõrvale või lisajõgede korral peajõe “facbowvkm” pikslite peale.
- 22) Lävendipikslite polügoonideks muutmine –
Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon: Input raster “pourpointvkm”, Simplify Polygons “No”. Tulemuseks kiht “Pourpoint_comb”. Samm on vajalik selleks, et järgnevalt oleks võimalik ühele kihile saada nii vooluveekogumite kui seisuveekogumite valglate lävendid. Kuna seisuveekogumid on polügoonidena, siis tuleb vooluveekogumite lävendipunktid viia samale kujule.
- 23) Pourpoint_comb kihile seisuveekogumite polügoonide kopeerimine –
Kihil “Seisuveekogumid” olevad objektid tuleb kopeerida kihile “Pourpoint_comb”.
- 24) Ühise lävendialade kihi rastriks konverteerimine –
Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster. Input Tulemuseks kiht “pourpcomb”. Põhimõtteliselt on võimalik valglate modelleerimisel kasutada ka vektorkujul objekte, mistõttu antud etapi võib vahele jätta, kuid praktiline kogemus on näidanud, et rasterkujul lävendikihi kasutamisel on suurem tõenäosus, et järgmises etapis valglat ka päriselt modelleeritakse.
- 25) Valglarastrite modelleerimine –
Spatial Analyst – Hydrology – Watershed: “Input flow direction raster “bowlfdrvkm”, Input pour point data “pourpcomb”. Tulemuseks on kiht “wsh_vkm”. Tuleb kontrollida, kas valglatid tuli sama palju, kui on valglatälendeid.
- 26) Valglarastrite muutmine polügoonideks –
Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon: Input raster “wsh_vkm”, Simplify Polygons “No”. Tulemuseks on kiht “Watersheds_vkm”. Esmalt tuleb kontrollida, kas igast lävendist ülesvoolu tekkis valglatpolügoon. Kui lävendipunkt oli “facbowvkm” kihi suhtes vale koha peal, siis sellest ülesvoolu polügooni ei tekkinud või on see väga väike. Vajadusel tuleb lävendi asukohta korrigeerida ning teha etapid alates nr. 21-st kõigi punktidega uuesti või protsessi kiirendamiseks selekteerida välja ainult need lävendid, mille valglat ei tulnud korrektselt välja ja teha vastavad sammud läbi vaid nendega. Valglate rastrist

polügoonideks muutmise tulemusel tekkinud üksikud, suuremate polügoonidega vaid nurkmiselt kokku puutuvad polügoonitükikesed tuleb liita neid kõige enam ümbritseva valglapolügooniga ning kõigist polügoonidest väljaspool asuvad tükid ära kustutada.

27) Valglapolügoonidele veekogumite andmete lisamine

Analysis Tools – Overlay – Spatial Join: Target Features “Watersheds_vkm”, Join Features “Vooluveekogumid”. Join Operation “Join one to one”, Match Operation “Have their centroid inside”
Tulemuseks on kiht “Watersheds_vkm_nimedega”. Kõik tekkinud seosed tuleb atribuuditabelist üle kontrollida ning valesti tekkinud või tekkimata seosed parandada. Seisuveekogumite nimetuste ja koodide lisamiseks võib teha veelkord *Spatial Join*’i, sedakorda kihiga “Seisuveekogumid” või kopeerida seisuveekogumite nimetused ja koodid käsitsi ümber.

Alamvesikonnad, kus on väljavooluta veekogumid (umbjärved või karsti suubuvad jõed):

12) Sulglohkude identifitseerimine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Sink Evaluation: DEM “Agree_vool”.
Tulemuseks kihid “SinkPoly” ja “SinkDA”. Saadud kihtidel on pärast väikeste sulglohkude täitmist DEMile alles jäänud sulglohkude polügoonid ja nende valglad.

13) Vajalike sulglohkude märkimine –

Select By Location – tuleb valida välja “SinkPoly” polügoonid, mis lõikavad (*intersect the source layer feature*) kihil “Seisuveekogumid” umbräärveks määratud polügoone. Seda on lihtsam teha, kui esmalt selekteerida kihil “Seisuveekogumid” umbräärveks määratud objektid ning märkida selekteerimisaknas linnukesega valik *Use selected features*. Välja valitud “SinkPoly” objektidel tuleb atribuuditabelis vaikimisi olemas olevasse veergu *IsSink* arvutada väärtus “1”. Sellega määratakse järgmise tööriista jaoks need sulglohud sellisteks, mida ei täideta ära. Kui alamvesikonnas on karsti suubuvaid veekogumeid, siis tuleb teha *Select By Location* teist korda, sedapuhku karsti suubuvate vooluveekogumitega. Kuna vastavate vooluveekogumitega lõikuvaid sulglohu polügoone on tõenäoliselt mitu, siis tuleb neist välja valida vaid üks ning määrata sellel “SinkPoly” atribuuditabelis *IsSink* väärtuseks “1”. Lõpptulemuseks peab “SinkPoly” kihi atribuuditabelis olema kõigil sulglohkudel (sh. Tallinna veehaarde düükrite kohal katkestatud kanalites asumatel ja vooluveekogumiks määramata, kuid siiski karsti suubumatel vooluveekogudel, millele vooluveekogude DEMi järgi valglad modelleeritakse), mida ei soovita täita, *IsSink* väärtuse lahtris “1”. Need objektid tuleb eksportida uude vektorkihti “SinkPolyextvkm”.

14) Ebavajalike sulglohkude täitmine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Fill Sinks: DEM “Agree_vool”, Deranged Polygon “Sinkpolyextvkm”, “Use IsSink Field “Yes”, Fill Method “Fill All”. Tulemuseks kiht “filvkm”. Erinevalt väljavooluta aladeta alamvesikondadest jäetakse nüüd eelnevalt määratud sulglohud DEMi alles.

15) Sulglohkude struktuuride tekitamine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Create Sink Structures: DEM “filvkm”, Draft Deranged Polygon “Sinkpolyextvkm”, Stream “Null”, Draft Sink Point “Null”. Väljundiks kihid “Sinkpolyextstrvkm”, “snkpolygrdvkm”, “SinkPoint_vkm” ja “snkpoingrdvkm”. Saadavad rastrikihid on hiljem vajalikud voolusuundade korrigeerimiseks sulglohkudes. Kihil “SinkPoint_vkm” olevaid objekte saab hiljem kasutada lävendipunktidenä. Kui tööriist mingil põhjusel ei raster- ega vektorkujul punktikihti ei teki ning tekitab kihid ainult polügoonide kohta, siis tuleb ise teha tühi “SinkPoint_vkm” kiht ning iga sulglohu polügooni sisse üks punkt tekitada. See kiht tuleb seejärel konverteerida rastriks, et oleks olemas ka “snkpoingrdvkm” kiht.

16) Esialgsete voolusuundade määramine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Direction: Hydro DEM “filvkm”. Tulemuseks kiht “fdrvkm”.

17) Voolusuundade korrigeerimine sulglohkudes –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Adjust FDR in Sinks: Flow Direction Grid “fdrvkm”, Sink Point Grid “snkpoingrdvkm”, Sink Polygon Grid “snkpolygrdvkm”. Tulemuseks on kiht “derfdrvkm”. Tööriist suunab

sulglohu polügoonide sees voolu ühte “snkpoingrdvkm” kihiga määratud punkti. See tagab hiljem valgate modelleerimise käigus, et terve sulglohu kohta on tulemuseks üks terviklik valgla.

18) Esialgsete sünteetiliste voolujoonte loomine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Accumulation: Flow Direction Grid “derfdrvkm”. Tulemuseks kiht “facvkm”.

19) Rasterkujul vooluveekogude tekitamine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Stream Definition: Flow Accumulation Grid “facvkm”, Number of cells “2000”. Tulemuseks on kiht “strvkm”. Samm on vajalik järgmiseks etapiks, kuna seisuveekogudes voolusuundade korrigeerimise tööriist nõuab seda kihti. Vooluveekogu defineerivaks kokkuvoolavate pikslite piiriks võib panna ka midagi muud, oluline on, et iga väljavoolujärve sisse vähemalt üks sünteetiline vooluveekogu tekiks.

20) Voolusuundade korrigeerimine järvedes –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Adjust FDR in Lakes: Flow Direction Grid “derfdrvkm”, Lake Polygon “Järved”, Stream Grid “strvkm”. Tulemuseks on kiht “bowlfdrvkm”. Võrreldes esialgse voolusuundade kihiga on uuel kihil tagatud olukord, kus järve sees koonduvad kõik sünteetilised voolujooned ühte kesksesse voolujoonde

21) Uute sünteetiliste voolujoonte loomine –

Arc Hydro Tools – Terrain Preprocessing – Flow Accumulation: Flow Direction Grid “bowlfdrvkm”. Tulemuseks kiht “facbowvkm”. Kuna eelmises etapis voolusuundi korrigeeriti, siis on vajalik uue voolujoonte kihi tekitamine, et edaspidi saaks valgate lävendipunkte märkida sinna, kus vool DEMil tegelikult koondub. Edasiseks kasutamiseks tuleks muuta saadud kihi sümbboolikat nii, et see oleks *Classified* ning kõige väiksem klass 0 – 2000. See klass tuleb määrata läbipaistvaks, ülejäänud klassid mustaks.

22) Hüdroloogiliselt korrektne aluspind on ettevalmistatud. Tasub pisteliselt kontrollida, kas vesi voolab õigesti, eriti kohtades, kus juba eelnevalt on kahtlusi, kas vooluveekogude kõrvetamine õnnestus loodusoludele vastavalt. *Arc Hydro Tools* tööriistariba – *Flow Path Tracing*

Valgate lävendipunktide (*pour point*) tekitamine:

23) Punktide tekitamine vooluveekogumite suudmetesse –

Data Management Tools – Features - Feature Vertices To Points: Input Features “Vooluveekogumid”, Point Type “End”. Tulemuseks kiht “Pour point_vkm”.

24) Liigsete punktide kustutamine ja õigesse kohta nihutamine “Pour point_vkm” kihil –

Liigsed punktid ehk need, mis ei asu kogumi lõpus, tuleb ära kustutada ning allesjäänud punktid nihutada “facbowvkm” kihil olevate kogumi lõppu kajastavate mustade pikslitega kattuma. Lisajõgede punktid tuleb nihutada vähemalt kahe musta “facbowvkm” piksli jagu peajõest eemale, siis on kindel, et valgla modelleeritakse lisajõeks olevale veekogumile, mitte peajõe kuni lisajõe suubumiseni. Veekogumite, mille nimetuses on “kraavini”, “jõeni”, “ojani” vms puhul tuleb jälgida, et lävendipunktid paikneksid vähemalt kahe piksli jagu ülesvoolu vastava kraavi, jõe, oja sünteetilise vooljoone (“facbowvkm” mustade pikslite) suubumiskohast. Kui on vooluveekogumeid, mis läbivad seisuveekogumeid, siis tuleb lisapunktid tekitada kohtadesse, kus vooluveekogumid seisuveekogumitesse suubuvad. Taaskord tuleb jälgida, et punktid ei satuks päris seisuveekogumi polügooni sisse, vaid vähemalt kahe musta “facbowvkm” piksli jagu sellest eemale.

25) “Pour point_vkm” kihile “SinkPoint_vkm” kihil olevate punktide kopeerimine –

Eesmärgiks on saada kõik lävendipunktid ühele kihile. Tuleb jälgida, et karsti suubuvatele vooluveekogumitele ei jääks kahte punkti – üks, mis asub veekogumi joonobjekti lõpus ja teine sulglohus. Alles tuleb jätta vaid sulglohus olev punkt, kuna sulglohkudes voolusuundade korrigeerimise tulemusena ei pruugi vesi seal karstilehtrisse koonduda. Valglapiiride modelleerimisel pole sellest aga vahet, kuna vesi koondub esmalt voolusängi, nagu ka looduses, ning alles seal kusagile ühte punkti.

- 26) Lävendipunktide snäppimine voolujoonte kihi külge ja rastriks muutmine –
Spatial Analyst – Hydrology – Snap Pour Point: Input “Pour point_vkm”, *Input accumulation raster* “facbowvkm”, *Snap distance* “5”. Tulemuseks rasterkiht “pourpointvkm”. Lävendipunktid muudetakse rastriks, mis kattuvad täpselt mustade “facbowvkm” kihil olevate pikslitega. Võib kontrollida, kas nii ka tegelikult on ning lävendipikslid ei tekkinud ikkagi mustade “facbowvkm” pikslite kõrvale või lisajõgede korral peajõe “facbowvkm” pikslite peale.
- 27) Lävendipikslite polügoonideks muutmine –
Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon: Input raster “pourpointvkm”, *Simplify Polygons* “No”. Tulemuseks kiht “Pourpoint_comb”. Samm on vajalik selleks, et järgnevalt oleks võimalik ühele kihile saada nii vooluveekogumite kui seisuveekogumite valgate lävendid. Kuna seisuveekogumid on polügoonidena, siis tuleb vooluveekogumite lävendipunktid viia samale kujule.
- 28) Pourpoint_comb kihile väljavooluga seisuveekogumite polügoonide kopeerimine –
Kihil “Seisuveekogumid” olevad väljavooluga objektid tuleb kopeerida kihile “Pourpoint_comb”.
- 29) Ühise lävendialade kihi rastriks konverteerimine –
Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster. Tulemuseks kiht “pourpcomb”. Põhimõtteliselt on võimalik valgate modelleerimisel kasutada ka vektorkujul objekte, mistõttu antud etapi võib vahele jätta, kuid praktiline kogemus on näidanud, et rasterkujul lävendikihi kasutamisel on suurem tõenäosus, et järgmises etapis valglad ka päriselt modelleeritakse.
- 30) Valglarastrite modelleerimine –
Spatial Analyst – Hydrology – Watershed: Input flow direction raster “bowlfdrvkm”, *Input pour point data* “pourpcomb”. Tulemuseks on kiht “wsh_vkm”. Tuleb kontrollida, kas valglaid tuli sama palju, kui on valglälävendeid.
- 31) Valglarastrite muutmine polügoonideks –
Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon: Input raster “wsh_vkm”, *Simplify Polygons* “No”. Tulemuseks on kiht “Watersheds_vkm”. Esmalt tuleb kontrollida, kas igast lävendist ülesvoolu tekkis valglapolügoon. Kui lävendipunkt oli “facbowvkm” kihi suhtes vale koha peal, siis sellest ülesvoolu polügooni ei tekkinud või on see väga väike. Vajadusel tuleb lävendi asukohta korrigeerida ning teha etapid alates nr. 25-st kõigi punktidega uuesti või protsessi kiirendamiseks selekteerida välja ainult need lävendid, mille valglad ei tulnud korrektselt välja ja teha vastavad sammud läbi vaid nendega. Valgate rastrist polügoonideks muutmise tulemusel tekkinud üksikud, suuremate polügoonidega vaid nurkmiselt kokku puutuvad polügoonitükikesed tuleb liita neid kõige enam ümbritseva valglapolügooniga ning kõigist polügoonidest väljaspool asuvad tükid ära kustutada.
- 32) Valglapolügoonidele veekogumite andmete lisamine –
Analysis Tools – Overlay – Spatial Join: Target Features “Watersheds”, *Join Features* “Vooluveekogumid”. *Join Operation* “Join one to one”, *Match Operation* “Have their centroid inside” Tulemuseks on kiht “Watersheds_nimedega”. Kõik tekkinud seosed tuleb atribuuditabelist üle kontrollida ning valesti tekkinud või tekkimata seosed parandada. Seisuveekogumite nimetuste ja koodide lisamiseks võib teha veelkord *Spatial Join*’i, sedakorda kihiga “Seisuveekogumid” või kopeerida seisuveekogumite nimetused ja koodid käsitsi ümber.

Rannikuveekogumid

Rannikuveekogumite valgate piiritlemiseks kasutatakse valglarastrite modelleerimise etapis samu “bowlfdrvkm” kihte, mida seisu- ja vooluveekogumite jaoks. Valgate piiritlemise lävendina *Input pour point data* ei kasutata aga mitte punkti- või polügoonikihte, vaid veekogumite maismaapoolsele piirile vastavaid joonobjekte sisaldavat kihti.

Vooluveekogud ja umbjärved:

Vooluveekogude ja umbjärvede valglate modelleerimiseks saab kasutada kõiki samu kihte, mis on valminud veekogumite valglate modelleerimisel väljavooluta kogumiteta alamvesikondades kuni punktini 11 (k. a.) ning väljavooluta kogumitega alamvesikondades kuni punktini 12 (k. a.). SinkPoly kihi uuesti kasutamiseks tuleb selle atribuuditabelis veeru *IsSink* väärtused lähtestada ehk arvutada sinna kõigile objektidele "0" ning edasi toimetada vastavalt punktile 13. Kuna vajalikeks sulglohkudeks tuleb märkida veekogumitest erinev hulk objekte ehk kõik need umbjärved ja karsti suubuvad vooluveekogud, millele valglapiire soovitakse modelleerida, siis sellest punktist edasi tekivad kõigi etappide tulemusena paralleelsed kihid, mis tuleb ümberkirjutamise vältimiseks nimetada erinevalt. Kui veekogumi kihtidel on lõpus "vkm", siis veekogukihtidel näiteks "vk". Nii, et esimene erinev kiht on "Sinkpolyextvk", kuid järgnev protseduur ise, kuni lävendipunktide tekitamiseni, on täpselt sama, nagu väljavooluta veekogumitega alamvesikondade valglapiiride modelleerimisel.

Punktini 32 jõudes tuleb saadud umbjärvede valglad üle kontrollida. Kui umbjärve valgla piir on tasastel ortofoto järgi veest küllastunud aladel (eelkõige rannikul) arvutatud mõnes punktis kuni 20 m kaugusele järvepolügooni piirist ning visuaalsel vaatlusel on võimalik, et järvest sellest küljest vesi välja voolab, olgugi et vooluveekogu pole põhikaardil ega ka ortofotol näha, ja täidetud vooluveekogumite DEMil on järvest *Flow Path Tracing* tööriista abil saadud väljavool samas suunas, siis tuleb need järved ümberklassifitseerida väljavoolujärvedeks ning modelleerimise protsess alates punktist 13 uuesti teha. Selleks tuleb esmalt kustutada umbjärvest väljavoolujärveks klassifitseeritud objektide sisse jäävad "SinkPolyextvk" polügoonid.

Valglate lävendipunktide (*pour point*) tekitamine:

23) Punktide tekitamine vooluveekogumite suudmetesse –

Data Management Tools – Features – Feature Vertices To Points: Input Features "Vooluveekogud", Point Type "End". Tulemuseks kiht "Pour point_vk".

24) Liigsete punktide kustutamine ja õigesse kohta nihutamine "Pour point_vk" kihil –

Liigsed punktid ehk need, mis ei asu veekogu lõpus, tuleb ära kustutada ning allesjäänud punktid nihutada "facbowvk" kihil olevate veekogu lõppu kajastavate mustade pikslitega kattuma. Lisajõgede punktid tuleb nihutada vähemalt kahe musta "facbowvk" piksli jagu peajõest eemale, siis on kindel, et valgla modelleeritakse lisajõeks olevale veekogule, mitte peajõe kuni lisajõe suubumiseni.

25) "Pour point_vk" kihile "SinkPoint_vk" kihil olevate punktide kopeerimine –

Eesmärgiks on saada kõik lävendipunktid ühele kihile. Tuleb jälgida, et karsti suubuvatele vooluveekogudele ei jääks kahte punkti – üks, mis asub vooluveekogu joonobjekti lõpus ja teine sulglohus. Alles tuleb jätta vaid sulglohus olev punkt, kuna sulglohkudes voolusuundade korrigeerimise tulemusena ei pruugi vesi seal karstilehtrisse koonduda. Valglapiiride modelleerimisel pole sellest aga vahet, kuna vesi koondub esmalt voolusängi, nagu ka looduses ning alles seal kusagile ühte punkti.

26) Lävendipunktide snäppimine voolujoonte kihi külge ja rastriks muutmine –

Spatial Analyst – Hydrology – Snap Pour Point: Input "Pour point_vk", Input accumulation raster "facbowvk", Snap distance "5". Tulemuseks rasterkiht "pourpointvk". Lävendipunktid muudetakse rastriks, mis kattuvad täpselt mustade "facbowvk" kihil olevate pikslitega. Võib kontrollida, kas nii ka tegelikult on ning lävendipikslid ei tekkinud ikkagi mustade "facbowvk" pikslite kõrvale või lisajõgede korral peajõe "facbowvk" pikslite peale.

27) Valglarastrite modelleerimine –

Spatial Analyst – Hydrology – Watershed: "Input flow direction raster "bowlfdrvk", Input pour point data "pourpointvk". Tulemuseks on kiht "wsh_vk". Tuleb kontrollida, kas valglaid tuli sama palju, kui on valglalävendeid.

28) Valglarastrite muutmine polügoonideks –

Conversion Tools – From Raster – Raster to Polygon: Input raster "wsh_vk", Simplify Polygons "No". Tulemuseks on kiht "Watersheds_vk". Esmalt tuleb kontrollida, kas igast lävendist ülesvoolu tekkis valglapolügoon. Kui lävendipunkt oli "facbowvkm" kihi suhtes vale koha peal, siis sellest ülesvoolu

polügooni ei tekkinud või on see väga väike. Vajadusel tuleb lävendi asukohta korrigeerida ning teha etapid alates nr. 26-st kõigi punktidega uuesti või protsessi kiirendamiseks selekteerida välja ainult lävendid, mille valglad ei tulnud korrektselt välja ja teha need sammud läbi vaid nendega. Valglate rastrist polügoonideks muutmise tulemusel tekkinud üksikud, suuremate polügoonidega vaid nurkmiselt kokku puutuvad polügoonitükikesed tuleb liita neid kõige enam ümbritseva valglapolügooniga ning kõigist polügoonidest väljaspool asuvad tükid ära kustutada.

29) Valglapolügoonidele veekogude andmete lisamine –

Analysis Tools – Overlay – Spatial Join: Target Features “Watersheds_vk”, Join Features “Vooluveekogud”. Join Operation “Join one to one”, Match Operation “Have their centroid inside” Tulemuseks on kiht “Watersheds_vk_nimedega”. Kõik tekkinud seosed tuleb atribuuditabelist üle kontrollida ning valesti tekkinud või tekkimata seosed parandada. Seisuveekogude puhul võib *Spatial Join*’i uuesti teha, kuid et see tekitab juurde uusi veerge ning nimetused ja tüübid ei lähe samadesse veergudesse, võib olla mõistlikum seisuveekogude andmed käsitsi ümber kopeerida.

Väljavoolujärved

Valglate modelemiseks kasutatakse sama “*bowlfdrvk*” kihti, mida kasutati vooluveekogude ja umbjärvede valglate modellemiseks. Lävendipunktide tekitamine on aga lihtsam ning seisneb vaid ühes etapis, milleks on järvepolügoonide rastriks konverteerimine.

Conversion Tools – To Raster – Polygon to Raster: Input Features “Väljavoolujärved”. Tulemuseks on kiht “*pourp_vj*”, mida kasutatakse järgnevalt *Watershed* tööriistas.

4. Tulemused ja kokkuvõte

Töö tulemusel valmis veekogumitele 743 osa- ja tervikvalglat, seega kokku 1486 polügooni. Valglat ei piiritletud ühele vooluveekogumile – Narva jõgi: kuiv säng, kuna see on suurema osa aastast kuiv. Narva jõe ja Peipsi veekogumitele piiritleti valglad kuni Eesti Vabariigi idapiirini, kuna vastavate valglate ulatus Venemaal on sedavõrd suur, et nende piiride usaldusväärsaks modellemiseks andmete kokkukogumine oleks ületanud käesoleva projekti mahtu. Vooluveekogudele ja umbjärvedele valmis 2757 tervikvalglapolügooni, mis kõik kodeeriti peatükis 2.5. kirjeldatud hierarhilise koodiga. Väljavoolujärvedele valmis 657, hüdrokeemia seirejaamadele 52 ning hüdromeetriaajamadele 56 tervikvalglapolügooni. Lisaks valmisid uued piirid ka kaheksale alamvesikonnale ja kolmele vesikonnale. Seega oli kogu töö tulemuseks 5019 üksteisega kooskõlas olevat polügooni.

Tegemist on seni kõige täielikuma ja kõige paremini tegelikkust kajastava pinnaveevalglate ruumiandmestikuga Eestis. Kuid siiski ei saa veel nentida, et see kajataks looduses toimuvat pinnavee liikumist täiuslikult. Kuna järvede valglate piiritlemisel kasutati miinimumpindalasid (viis või kaks hektarit), millest väiksematele valglaid ei eristatud, siis said väiksemate umbjärvede valglad osaks mõne kõrvalasuva järve või vooluveekogu valglast. Et nende järvede valglad on üldjuhul väga väikesed, siis ei tekkinud selle tulemusel olulisi vigu vooluveekogude valglate pindalades. Samas, kui mõne väikese umbjärve valga piiritleti kõrvalasuva miinimumpindala ületava umbjärve valgasse, võib selle umbjärve valglast oluline osa olla vale. Seega tuleb vastavat aspekti silmas pidada, kui töö tulemusel saadud valglapiiride põhjal näiteks selliste järvede koormusallikaid hindama hakatakse. Sellise spetsiifilise vajaduse tekkimisel tuleb valglate modellemise protseduur uuringualal detailsemalt läbi viia.

Töö tulemusel saadud valglapiirid on kooskõlas vooluvõrguga, mis kõrgusmodelisse sisse kõrvetati. See tähendab, et valglate piirid ei lähe üle nende vooluveekogude. Samas lõikavad need valglapiirid sageli ETAKis olevaid kraave, mida kõrgusmodelisse sisse ei kõrvetatud. Paljudel juhtudel pole see lõikamine tõenäoliselt vale, vaid ongi tegemist olukordadega, kus veelahe asub kraavi sees ning selle üks ots voolab ühele ja teine teisele poole. Teisalt on kindlasti ka olukordi, kus valga piir peaks kulgema nii, et see ei lõikaks kraavi läbi. Vaatamata aastakümnete pikkusele kaardistustegevusele puudub Eestis seni tsentraliseeritud teave selle kohta, kus suunas meie 150 000 kilomeetrisel ning inimtegevuse poolt väga oluliselt ümber kujundatud vooluvetevõrgustikus vesi voolab. Mõningatel juhtudel on

ka väiksemate vooluveekogude voolusuund Maa-ameti Põhikaardile küll noolega märgitud, kuid see info ei ole osa nende veekogude tarkandmetest ETAKis. Vooluveekogud, mis pole kantud keskkonnaregistrisse, ei ole praegu ETAKis tervikkujul eristatavad, vaid koosnevad lühikestest lõikudest ning puudub info millisel moel neid korrektsele voolusuunale vastavalt tuleks kokku liita. Vastavate andmete kogumine, avaldamine ning vooluveekogude ruumikujude korrigeerimine peab jätkuma, sest ükskõik, kui täpseks muutuvad kaugseirega kogutavad kõrgusandmed, ei ole tihedalt kraavitatud aladel ainult nende põhjal võimalik valglate piire korrektselt modelleerida. Seetõttu tuleb millalgi, kui väikeste vooluveekogude voolusuundade ja omavaheliste ühenduste kohta on olemas senisest rohkem infot, valglapiiride täpsustamise juurde taas tagasi tulla.

Kasutatud materjalid

Eipre, T. 1981. *Водные ресурсы закарстованной Пандивереской возвышенности Эстонии*. Ленинград, Гидрометеоиздат.

Vainu, M., Koit, O., Lode, E., Ploompuu, T., Terasmaa, J. & Ravis, R. 2019. *Põhjaveekogumite seosed maismaaökosüsteemide ja pinnaveekogudega, hüdrogeoloogilised mudelid ning seirevõrgu kujundamine*. Tallinn, Tallinna Ülikooli ökoloogia keskus.