

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Geograafia osakond

**Kaardi animeerimise protsess Põhjasõja lahingute dünaamilise
kujutamise näitel**

Daniel Henri Trump

Juhendaja: PhD Kiira Mõisja

Kaasjuhendaja: PhD Enn Küng

Tartu 2023

Annotatsioon

Animeeritud kaart Põhjasõjast

Bakalaureusetöö eesmärk on koostada animeeritud kaart Põhjasõjast Eesti- ja Liivimaal ning testida erinevate animeerimistarkvarade võimalusi. Aluskaart koostati ArcGIS Pro-ga, staatilised leppemärgid loodi Adobe Illustrator-is, dünaamilised leppemärgid ja animatsioon loodi Adobe After Effects-is. Töö tulemusena valmis dünaamiline kaart, kus on kujutatud Põhjasõjas osalenud riikide sõjakäike, lahinguid ja piiramisi. Animatsioon on võimalik kasutada õppematerjalina ning täiendada interaktiivsete lahendustega. Töö käigus selgus, et animeerimiseks sobib Adobe After Effects paremini kui ArcGIS Pro.

Märksõnad: kartograafia, animatsioon, ajalookaardid, ArcGIS, digitaalkartograafia, Põhjasõda

CERCS kood: P510 Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia

Abstract

Animated map about the Great Northern War

The main aim of this bachelor's thesis is to create an animated map of the military events in Estonia and Livonia during the Great Northern War. Another aim is to test different animation programs and choose the most optimal one. The base of the map was created in ArcGIS Pro and the static symbols in Adobe Illustrator. Adobe After Effects was used for the animation process and as a result, an animation of the military routes, sieges and battles was created. After Effects was proven to be more suitable for map animation than ArcGIS Pro. The animation is suitable for use as a study material and can also be further improved.

Keywords: cartography, animation, historical maps, ArcGIS, digital cartography, Great Northern War

CERCS code: P510 Physical geography, geomorphology, pedology, cartography, climatology

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. Teoreetiline ülevaade	6
1.1 Ajalooline GIS	6
1.2 Animeeritud kaartide ajalugu.....	8
1.3 Animeeritud kaartide liigid ja eripära	9
2. Ülevaade Põhjasõjast	13
3. Andmed ja meetodika	15
3.1. Andmed.....	15
3.2. Kaardi koostamine	15
3.2.1. Kaardi sisuline koostamine	15
3.2.2. Andmete kogumine ja töötlemine.....	16
3.2.3. Kompositsiooni loomine	17
3.2.4. Leppemärkide süsteemi väljatöötamine.....	17
3.3. Animeerimine	19
4. Tulemused	21
5. Arutelu	24
KOKKUVÕTE	25
Summary	26
TÄNUAVALDUSED	28
KASUTATUD KIRJANDUS	29
LISAD	32
Lisa 1.....	32
Lisa 2.....	35

SISSEJUHATUS

Animeeritud kaartide ajalugu ulatub 1930. aastatesse, kuid hakkas tõsisemalt hoogu koguma 20. sajandi keskpaigas, kui kartograafid hakkasid otsima digitaalseid lahendusi kaartide animeerimiseks (Cauvin *et al.*, 2010). Tänapäeva arvutid võimaldavad luua ja vaadata väga detailseid videoid, mistõttu on nii sotsiaalmeedias kui televisioonis aina rohkem näha dünaamilisi kaarte.

Animeeritud kaartide eelis staatiliste ees on muu hulgas efektiivsem protsesside kujutamine – kaardile kantud animatsioonide abil on võimalik näidata, kuidas ja missuguse kiirusega on mingi protsess kulgenud (Harrower *et al.*, 2008). Seetõttu kasutatakse animeeritud kaarte erinevate geopoliitiliste ja ajalooliste muutuste või sündmuste kujutamiseks, samuti haiguste leviku illustreerimiseks.

Lisaks teadustöödele kasutatakse animeeritud kaarte ka haridus- ja meelelahutusvaldkonnas. Erinevad meediaplatformid ja muud tehnoloogilised lahendused võimaldavad maailmasündmusi väga kiiresti jagada, mistõttu on populaarsust kogumas aktuaalsete geopoliitiliste konfliktide kujutamine dünaamilistel kaartidel. Eriti palju avaldatakse neid Youtube'i veebikeskkonnas, kuhu on kanali loonud nii uudisteportaalid kui vabakutselised sisuloojad. Nii on avaldatud hulganisti videoid Vene-Ukraina sõjas toimuvatest lahingutest ja nende tulemusel nihkuvatest piiridest. Geopoliitilisi animeeritud kaarte kasutavad oma videotes näiteks CaspianReport ja Good Times Bad Times kanalid ning Vox uudisteportaal YouTube'is.

Arvestades, et ka Eesti ajalugu on aastasadade jooksul mõjutanud erinevad sõjalised konfliktid, on geopoliitilistel kaartidel eri kooliastmetes õppematerjalina oluline roll. Sõjakäike ja piiride muutumist kujutavaid kaarte kasutatakse nii põhi-, kesk- kui kõrgkoolides ning seda valdavalt staatilisel kujul, näiteks õpikutes ja slaidiesitlustes. Mida enam ajaloos tagasi minna, seda väiksemaks muutub mingit sündmust käsitlevate erinevate ajalooallikate hulk, mistõttu on eriti oluline, et õppematerjalide koostamisel keskendutaks ka kaugemate minevikusündmuste uurimisele. Seetõttu otsustati uurimistöös käsitleda Eesti ajaloos olulist sündmust – 18. sajandi alguses toimunud Põhjasõda. Selle ajaperioodi kohta on loodud erinevaid staatilisi kaarte, millest osa on trükitud ka põhi- ja keskastme ajalooõpikutes. Peamiselt kujutavad need sõjakäike ja riigipiiride muutumist.

Toetamaks õppematerjali mitmekesisemaks muutmist, on uurimistöö eesmärk luua Põhjasõja ajalis-ruumilist kulgu Eesti- ja Liivimaal kajastav animeeritud kaart. Lisaks töö peaesmärgile on autori soov uurida animeeritud kaartide kujundamise eripära, testida erinevate tarkvarade animeerimisvõimalusi ning valida nende hulgast kõige sobivam.

Töö koosneb kahest sisulisest osast: 1) kaardi sisu koostamine, mis seisnes Põhjasõja kulgu kajastavate oluliste sündmuste tuvastamises; 2) kaardi tehniline koostamine, mis seisnes leppemärkide süsteemi koostamises ning animeerimises.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Ajalooline GIS

Ajalooline GIS (ingl k *historical GIS* või HGIS) kujutab endast geoinfosüsteemide kasutamist ajaloolise informatsiooni töötlemiseks ja kujutamiseks. Ajalooline GIS aitab paremini uurida ja kajastada protsesside ja sündmuste kulgemist ruumis ajalises järjepidevuses. Eraldi valdkonnana hakkas HGIS hoogsalt arenema 21. sajandi alguses. HGIS-i kasutatakse näiteks vanade kaartide digitaliseerimiseks ning koordinaatimiseks, et ajaloolist informatsiooni oleks võimalik vaadata ja analüüsida koos tänapäevase ruumiinfoga (Knowles, 2008). Vanade kaartide abil on võimalik taastada ajalooliste haldusüksuste piire, samuti on ajalooliste andmete, nagu näiteks rahvaloenduste ja kirikuraamatute põhjal võimalik luua uusi kaarte.

HGIS-i meetodeid on kasutatud ka Eesti teadustöodes. Eesti Maaülikooli professorid Martti Veldi ja Simon Bell (2019) on uurinud ja üles täheldanud Tartumaal asunud Laeva sovhoosi ajaloo ja maakasutuse erinevate 20. sajandi kaartide abil. Töö käigus uuriti Kursi ja Äksi valdade ja mõisate kaarte (pärit alates 1900. aastast), 1930datel ja 40datel koostatud Eesti vabariigi topograafilisi ja katastrikaarte, Tartu rajooni (1960) ja Laeva sovhoosi (1979) põllumajanduslikke kaarte ning Nõukogude Eesti topograafilist kaarti (1989), mis kõik tuli analüüsi tarbeks koordinaatida. Ajaloolise lisakonteksti saamiseks uuriti Eesti Rahvusarhiivi andmeid ühis- ja riigimajandite kohta. Töö tulemusena valmis põhjalik ülevaade Laeva sovhoosist (Veldi *et al.*, 2019), samuti sai tänu vanade kaartide uurimisele teha järeldusi sovhooside ja kolhooside kohta üleüldiselt.

Erinevad allikad võivad ajaloosündmuseid, eriti sõdu, kajastada erinevalt. Bakalaureusetöö kirjutamise ajal aktuaalne Vene-Ukraina sõda ilmestab seda eriti hästi – kaardid, mida Venemaa meedias sõja alguspäevil näidati, kujutasid hõivatud alasid hoopis suuremalt, kui need tegelikult olid (vt joonis 1).

How far have Russian troops advanced?



Joonis 1. 13-16.03.2022 Vene-Ukraina sõja rindejoonte ja hõivatud territooriumite kujutamine BBC ja Riafan.ru kaartidel. Allikas: Lviv Now koduleht.

Kuigi tavapärased kirjalikud allikad annavad ajalooliste sündmuste kohta üsna täpset infot, on paremaks ruumiliseks arusaamaks tarvis uurida ka erinevaid kaarte. Shimizu ja Fuze (2003) on leidnud, et sõjasündmuste, eeskätt lahingute ja vallutuste kohta on mõistlik uurida kõikide sõtta kaasatud osapoolte koostatud või tellitud kaarte, nägemaks juhtunut võimalikult objektiivselt. GIS-lahendused võimaldavad aga eri osapoolte ja eriti ka kaugemate ajaloosündmuste puhul eri perioodidest või allikatest pärit kaarte kõrvutada, tuvastamaks toimunud muutusi nii ajas kui ka ruumis ning tõsta seeläbi oluliselt ajalooliste kaartide väärtust (Shimizu *et al.*, 2003). Üheks ajaloolise GIS-i väljundiks on dünaamilised ajalookaardid, mida kasutatakse õppetöös ning ruumisuhete analüüsimiseks ja tajumiseks.

1.2 Animeeritud kaartide ajalugu

Animeeritud kaarte hakati laialdasemalt looma enne 20. sajandi keskpaika, ajendatuna filmikunsti ja -tehnoloogia arengust. Kuna sel perioodil viljeleti manuaalkartograafiat, siis joonistati iga animatsioonis esinev kaart käsitsi nagu multifilmis iga kaadergi. Üheks esimeseks laiemalt tuntud animeeritud kaardiks võib pidada 1940. aastal Disney studio loodud animatsiooni, mis kujutas Saksamaa rünnakut Poola vastu 1939. aastal (Cauvin *et al.*, 2010).

Kansase ülikooli professorid Campbell ja Egbert (Campbell *et al.*, 1990) on täheldanud, et animeeritud kaartide varasemat arengut takistas nende suur ressursimahukus, geograafia osakondade halb rahastus ja probleemid animeeritud kaartide levitamisega. Kassetid ja kettad olid küll võimalusteks, kuid nõudsid vaatamiseks spetsiaalseid lisaseadmeid.

1950ndatel hakkas aga animeerimise valdkond kartograafias suurele töömahule vaatamata jõudsalt arenema. Sel perioodil leiti, et geograafiliste nähtuste kujutusviisid animeeritud kaartidel on senini kaardistamata (Cauvin *et al.*, 2010). Esimeseks oluliseks verstapostiks animeeritud kartograafia arengus loetakse Ameerika teadlase Norman Throweri (1959) avaldatud teadustööd „Animated Cartography“. Olulise tulemusena toodi töös välja paberkaardi puudused just ajaliste muutuste kujutamises.

1970ndateks hakati animeeritud kaartide loomiseks kasutama abivahendina arvutit ning juba 80date keskpaigaks koostati esimesed kaardid, kus kogu töö oli tehtud arvutitega. Täisdigitaalsete animeeritud kaartide loomine hakkas laialdasemalt levima aga alles 21. sajandi

alguses. Arvutipõhiste animatsioonide kasvu põhjusteks saab pidada odavamast ja võimsamast tehnoloogiast ning mugavat internetis levitamist (Cauvin *et al.*, 2010).

Geograafiaprofessorid Mark Harrower ja Sara Fabrikant (2008) on leidnud, et animeeritud kaartide loomist toetav tehnoloogia on arenenud kiiremini kui teooria, millele dünaamiliste kaartide loomine tugineb. Animatsiooni efektiivsus sõltub suuresti kognitiivpsühholoogiast – sellest, kuidas vaatajad eri elemente tajuvad ning kui palju teadmisi nad omandada suudavad. Oma teadustöö tulemusena rõhutavad Harrower ja Fabrikant, et nii nagu staatilisi kaarte luuakse teatud reeglite järgi, peaks ka kaartide animeerimisel järgima kindlaid põhimõtteid, tagamaks vaatajale hea ja informeeriv kogemus. Teadustöös viitavad autorid ka Fabrikanti (2005) koostatud juhisteid, mis toetavad edukat geovisualiseerimist. Muu hulgas pakub Fabrikant välja kognitiivse psühholoogiaga seotud eksperimente, mille käigus uuritakse, kui palju informatsiooni kaardi vaataja omandada suudab. Selliste katsete puhul on võimalik osalejale eri tüüpi kaarte näidata ning hiljem tema silmade liikumise põhjal analüüsida, mis täpsemalt tema tähelepanu püüab. Nii on võimalik välja selgitada näiteks seda, milline kaardi vahetamise stiil konkreetse animatsiooni puhul vaataja kõige edukamalt teavet omandab (Fabrikant, 2005).

1.3 Animeeritud kaartide liigid ja eripära

Kartograafias tuntakse kahte põhilist animatsiooni liiki – ajaline ja mitteaajaline animatsioon (Harrower *et al.*, 2008). Neist esimene kujutab endast sündmuste esitamist kronoloogilises järjekorras ning selle abil on võimalik illustreerida näiteks rahvastiku kasvu ja metsatulekahjude levikut ajas. Mitteaajaline animatsioon võimaldab liikuda mööda maastikku – animatsiooni käigus muudetakse paiku ning nende suurendusastmeid. Mitteaajalist animatsiooni kasutatakse muu hulgas selleks, et liikuda nn linnulennul üle linna või 3D-maestiku.

Dünaamiliste kaartide leppemärkide muutujad jagatakse tavaliselt 3 rühma (Cauvin *et al.*, 2010): 1) aeg (kas leppemärk muutub ajas), 2) ruum (kas leppemärk liigub ruumis) ja 3) atribuudid (kas muutuvad leppemärgi omadused nagu suurus ja värv). Cauvin jt (2010) on välja toonud kaks leppemärgi muutjatega seotud paradoksi. Esiteks on ruumilised muutused seotud ajaliste muutustega, mistõttu ei eksisteeri nähtust, mis liigub ruumis, aga mitte ajas. Teiseks pole võimalik, et muutuvad leppemärgi ruumisuhed, aga mitte omadused, kuna objekti asukoht on juba ise atribuut.

Leppemärgi muutujate alusel saab aga animeeritud kaardid jagada nelja rühma (Cauvin *et al.*, 2010): protsessianimatsioon (ingl k *process animation*), ajaseeria animatsioon (*time series animation*) ning ajaline ja mitteaajaline temaatiline animatsioon (vastavalt *temporal thematic animation* ja *a-temporal thematic animation*).

Protsessianimatsiooni käigus muutuvad aeg, leppemärgi asukoht ja omadused. Leppemärkidel on protsessianimatsioonis lisaks asukohale ka kindel trajektoor, mis aga teistes animatsiooniliikides puudub. Selle meetodiga on võimalik kaardil kujutada objekti pidevat liikumist, näiteks erinevate liiklusvahendite marsruute ajas (Cauvin *et al.*, 2010; Lobbe, 2003).

Ajaseeria animatsiooni puhul on nii aluskaart kui ka objektid sellel staatilised, kuid aeg muutub. Erinevaid nähtusi tähistavad leppemärgid ilmuvad kaardile või muutuvad nähtamatuks vastavalt toimunud sündmusele (Cauvin *et al.*, 2010). Ühendkuningriikide ettevõtte Esri UK (i.a.) on loonud tuumaplahvatusi kujutava dünaamilise kaardi, kuhu on kantud andmed ajavahemikus 1945-2016. Aja möödudes ilmuvad maailmakaardile plahvatusi tähistavad leppemärgid (kas siis sõjategevuseks, relvade arendamiseks või muul põhjusel õhatud tuumalõhkekehad), mis püsivad kogu edasise animatsiooni käigus. Animatsiooni lõpuks saab kasutaja ülevaate kõikidest teadaolevatest taotluslikest tuumaplahvatustest kujutatud ajaperioodi kestel (Esri UK koduleht, i.a.). Cauvin jt. (2010) on ajaseeria animatsiooni näidetena välja toonud veel maavärinate toimumispaikade ja bussiliinide avamise kujutamise kaardil.

Ajaline temaatiline animatsioon sarnaneb ajaseeria animatsiooniga – aeg muutub ning nähtused ei liigu ruumis (Cauvin *et al.*, 2010). Erinevus on aga see, et muutuvad nähtuste omadused, näiteks nende suurus või värvi intensiivsus. Nii võib kaardil kuvatava punktobjekti suurus ajas muutuda, näitamaks looduskatastroofi intensiivsust või nakatunud inimeste arvu.

Mitteaajalist temaatilist animatsiooni eristab ajalisest aja staatilisus (Cauvin *et al.*, 2010). Selle meetodi abil on võimalik võrrelda erinevate nähtuste ruumilist jaotumist – näiteks mingil kindlal kellaajal avatud asutused ja nende külastajate arv, mida tähistav leppemärk on sõltuvalt klientide hulgast suurem/väiksem või tumedam/heledam.

Animeeritud kaartidel kasutatavad leppemärgid on üldiselt dünaamilised, mistõttu ei saa neid kartograafias kirjeldada ainult tavaliste visuaalsete muutujatega, mida kasutatakse staatilistel kaartidel. Seetõttu on muutujaid aja jooksul (seda peamiselt 1990datel) juurde loodud, et

dünaamilisi leppemärke kirjeldada. Enamik neist loodi 1990-datel (MacEachren, 2004; Polma, 2007; Cauvin *et al.*, 2010):

1. kuvamise hetk (*display date*) – hetk, mil muutus kaardis toimub;
2. kestus (*duration*) – aeg, mille kestel kaardis muudatusi ei toimu;
3. muutuse määr (*rate of change*) – kaardis toimuvate muudatuste hulk kaardis;
4. sagedus (*frequency*) – muutuste hulk ajaühikus;
5. järjekord (*order*) – kaadrite järjestus animatsioonis.
6. sünkronisatsioon (*synchronization*) – sündmuste kooskõla erinevate ajahetkede vahel..

Kasutusvõimalustest lähtudes jagatakse dünaamilised kaardid passiivseteks ehk esituslikeks ja interaktiivseteks (Lobbe, 2003). Esitusliku kaardi puhul on vaatleja võimalused piiratud ning sõltuvad suuresti meediumist, mille kaudu kaarti esitatakse. Videoformaadis kaarti saab pausile panna ning edasi kerida, kuid GIF-formaadis faili või näiteks slaidiesitlusel kuvatava kaardi puhul ei pruugi see võimalik olla. Sõltuvalt esitusprogrammist saab kasutaja ka animatsiooni esituskiirust muuta.

Interaktiivsed kaardid võimaldavad kasutajale aga rohkem kontrolli – sõltuvalt kaardist saab vaataja teatud huviobjekte suurendada või vähendada ning kaardikihte ja leppemärke vastavalt oma soovile sisse ja välja lülitada. Seetõttu toimivad interaktiivsed kaardid õppematerjalina edukamalt, kuna kasutajal on võimalik vähendada ebaolulisest informatsioonist tulenevat kognitiivset laadungit (ingl k *cognitive load*) ning keskenduda vaid sellele, mis tema jaoks vajalik on (Lobbe, 2003).

Harrower ja Fabrikant (2008) on animeeritud kaartide peamise piiranguna välja toonud eelpool mainitud kognitiivse laadungi. See tähendab, et edastatavat informatsiooni on liiga palju ning inimene ei suuda seda kõike korraga jälgida, mis aga pärsib teadmiste omandamist. Kognitiivne laadung võib olla tingitud erksatest ja omavahel kokkusobimatutest värvidest, leppemärkide liiga kiirest liikumisest või helidest, mis pole ekraanil toimuvaga kooskõlas. Kognitiivset laadungit aitab vähendada eelpool mainitud interaktiivsus (Harrower *et al.*, 2008), mis võimaldab kasutajal liikuda endale sobivas tempos ning kuvada just seda informatsiooni, mis temal mingisuguse eesmärgi (üldjuhul teadmiste omandamise) saavutamiseks tarvis on.

Dünaamilisi kaarte on sarnaselt filmidele võimalik ka helindada. Mõnel juhul võib heli (näiteks kaardil toimuva pealelugemine või teemakohane muusika) informatsiooni omandamist soosida. Dublaaž on eriti kasulik nägemispuudega inimestele ning võib aidata neil luua

ruumisuhteid ja neid analüüsida (Krygier, 1994). Helid võivad toetada ka puudeta inimesi, luues animatsioonile temaatilise atmosfääri, mis aitab kujutatavale keskenduda, ning juhtides kasutaja tähelepanu olulistele sündmustele, vähendamaks kognitiivset laadungit (Cauvin *et al.*, 2010).

Krygier (1994) on animatsioonides kasutatavate helidena nimetanud ka realistlikud (n-ö päriselus kuuldavad helid) ja abstraktsed helid (mis ei vasta päriselus kuuldavatele helidele). Helide võimalikeks muutujateks on muu hulgas helitugevus, pikkus, tämber ja kõrgus.

2. Ülevaade Põhjasõjast

Bakalaureusetöö tulemusena valminud animeeritud kaardil on kujutatud Põhjasõja käiku. Põhjasõda, mis toimus aastatel 1700-1721, on Eesti ajaloos pöördepunkt, kuna selle tagajärjel kaotas Rootsi kuningriik oma valdused Baltikumis ning Eesti läks Venemaa koosseisu (Kujala, 2000; Karonen, 2008). Sellega lõppes Eesti ajaloos periood, mida tuntakse „kuldse Rootsi ajana“. Põhjasõja aastatesse jäi ka suur katkuperiood ning ikaldus, mille tagajärjel kahanes Eesti rahvastik 2/3 võrra (Frandsen, 2010; Küng, 2021).

Vähe teada on fakt, et 1708. ja 1709. aastal küüditasid venelased Tartu ja Narva elanikkonna Sise-Venemaale, Ustjugi ja Kaasanisse, kusjuures Alulinna ja Valga elanikud küüditati juba varem (Küng, 2021).

Eesti aladel toimus sõjategevus aastatel 1700–1710, mistõttu on kaardil kujutatud vaid seda ajaperioodi. Põhjasõjas oli palju osalejaid, kuid Eesti aladel olid esindatud ainult Rootsi, Moskva tsaaririik ehk Venemaa ja Saksimaa. Sõjaväed olid 17.–18. sajandil mitmekesised – lahinguväljal olid esindatud nii jala-, ratsa- kui kahurivägi (Küng, 2021; Laur *et al.*, 2003). 50 aastat enne Põhjasõja algust oli Rootsi kuningas Gustav II Adolf esmakordselt rakendanud n-ö tule ja liikumise taktikat, mis on tänapäevani sõjategevuses kasutuses (ka Eesti kaitseväes). See manööver võimaldas rootslastel olla lahinguväljal edukad, vaatamata nende arvulisest vähemusest (Nolan, 2006).

Põhjasõda on Eestis uurinud ja sellest kirjutanud uurimistöo kaasjuhendaja Enn Küng, samuti Heldur Palli, Kalle Kroon ning Margus Laidre. Kroonikaid kirjutasid Põhjasõjast näiteks Christian Kelchi ja Otto Fabian von Wrangell (Laidla, 2011).

Põhjasõda algas 1700. aasta 12. veebruaril Saksi vägede üllatusrännakuga Riiale. Moskva tsaaririik liitus sõjaga 20. augustil ning sügise alguseks piirasid nad juba Narvat. Sellele vastuseks tuli Rootsi kuningas Karl XII isiklikult Eesti- ja Liivimaad kaitsma ning suutis tõrjuda nii venelased kui saksid, kuigi tema väed olid vastaste omadest kordades väiksemad. Pärast seda liikus Karl XII oma vägedega Poola, mille tagajärjel jäi Eestit ja Liivimaad kaitsma ainult paar tuhat meest. Murdepunktiks Eesti- ja Liivimaal toimunud sõjategevuses võib pidada Hummuli lahingut 1702. aastal, kui rootslaste väliarmee hävitati täielikult. Pärast seda ei suutnud rootslased enam vastupanu osutada. Venelaste rüüsteretked oli tihedad ja kestsid praktiliselt sõja lõpuni. 1704. aastal, pärast Tartu, Narva ja Ivangorodi hõivamist, ei julgenud venelased rohkem vallutusretki ette võtta, kuna kartsid Rootsi vasturünnakut, mida aga ei

tulnudki. 1705–1708 toimusid seetõttu peaausjalikult venelaste rüüsteretked. 1709. aastal vallutasid venelased Riia ning 1710. aastal Tallinn, kohalik aadelkond alistus ja vandus truudust Moskva tsaar Peeter I-le (Küing, 2021).

3. Andmed ja metoodika

3.1. Andmed

Kaardi sisu koostamisel kasutati „Eesti ajalugu IV” (2003) õpikut ning professor Enn Küngi (2021) käsikirja „Suur Põhjasõda ja Eesti”. Kaardi andmestik pärineb erinevatest allikatest: raamatud “Eesti teedevõrgu kujunemine” (2005), „Eesti ajalugu IV” (2003) ja „Ajaloos atlas gümnaasiumile” (2000) ning kaardid „Geometrisk Afritning öfwer Hertigdömmet Lifland” (1702) (Mollerus, 1702), „Eesti rootsi valduses, a. 1700.” (Osta.ee keskkond). Copernicuse satelliidi kõrgusmudel 90-meetrise pikslisuurusega saadi OpenTopography kodulehelt (OpenTopography.org) ning jõgede, järvede ja mere andmekiht Tartu Ülikooli geograafiaosakonna kartograafiakursuse õppematerjalidest (kartograafia kursuse Moodle'i kursus).

3.2. Kaardi koostamine

Kaart koostati etappides: sisu koostamine, andmete kogumine, andmete töötlemine, kompositsiooni loomine, leppemärkide süsteemi väljatöötamine ja animeerimine.

3.2.1. Kaardi sisuline koostamine

Kaardi sisu koostamisel konsulteeriti Tartu Ülikooli ajaloo- ja arheoloogiainstituudi kaasprofessor Enn Küngiga, kes on põhjalikult uurinud nii Eesti kui Rootsi ajalugu. Kaardil esitatav sisuline informatsioon jagati kahte rühma: 1) info, mida näidatakse staatiliselt ja 2) info, mis esitatakse kaardil animeeritult. Staatilisena kujutatakse riigipiire, animeeritult olulisi teid ja asulaid, sõjakäike ja lahingupaiku. Ka aluskaart on dünaamiline, sest lahingupiirkondi näidatakse animatsioonil suurendatult.

Oluliste kohtadena on kaardil välja toodud peamised garnisonilinnad nagu Tallinn, Riia, Kuressaare, Pärnu, Tartu, Valmiera ja Cēsis. Oluliste sündmustena kajastuvad suuremad piiramised ja murrangulisemad lahingud, nende seas Riia, Narva ja Tartu piiramised ning Narva, Riia, Erastvere ja Hummuli lahingud. Samuti on kaardil kujutatud olulisemad maismaaning merevägede liikumised ja suuremates lahingutes kantud kaotused.

Sõja olulisimateks sündmusteks võib pidada Narva lahingut, kus venelased oma arvulisest ülekaalust hoolimata kaotasid, Hummuli lahingut, mille tagajärjel rootslaste armee Eestis

purustati, ning Riia piiramist ja lahingut. Seetõttu on neile sündmustele animatsioonis ka rohkem tähelepanu pühendatud – lahingus osalenute arv, mis kahaneb vastavalt langenute hulga.

3.2.2. Andmete kogumine ja töötlemine

Andmete kogumise etapis hangiti erinevatest allikatest kaardi koostamiseks vajalik andmestik. Nende allikate põhjal koostati ESRI ArcPro tarkvara abil kaardi kihid andmete sisestamiseks, korrastamiseks, haldamiseks ja koordinaatsüsteemide ühtseks muutmiseks (tabel 1).

Tabel 1. Tööks kasutatud andmestik

Kiht	Töötlus	Koolu- tamine	Allikas
Reljeef	Koordinaatsüsteem muudeti	Ei	Opentopography.org Copernicus 90m
Meri	Muutmata	Ei	TÜ geograafia osakonna kartograafia kursus (Mõisja, 2021)
Riigid	Digimine	Jah	„Eesti rootsi valduses 1700" (Osta.ee portaal, autor teadmata)
Järved	$\geq 7 \text{ km}^2$	Ei	TÜ geograafia osakonna kartograafia kursus
Jõed	$\geq 80 \text{ km}$, digiti	Ei	TÜ geograafia osakonna kartograafia kursus
Peateed	Muudeti ning digiti	Jah	„Eesti teedevõrgu kujunemine" (Raid, 2005), „Geometrisk Afritning öfwer Hertigdömmet Lifland" (Mollerus, 1702)
Asulad	Digimine	Ei	„Suur Põhjasõda ja Eesti" (Küng, 2021), „Eesti ajalugu IV" (Laur <i>et al.</i> , 2003), „Ajaloos atlas gümnaasiumile" (Lepik, 2000)
Lahingud	Digimine	Ei	„Suur Põhjasõda ja Eesti", „Eesti ajalugu IV", „Ajaloos atlas gümnaasiumile"
Piiratud	Digimine	Ei	„Suur Põhjasõda ja Eesti", „Eesti ajalugu IV", „Ajaloos atlas gümnaasiumile"
Vägede liikumised	Digimine	Ei	„Suur Põhjasõda ja Eesti", „Eesti ajalugu IV", „Ajaloos atlas gümnaasiumile"

Andmete töötlemiseks ning puuduvate andmete sisestamiseks kasutati samuti ESRI ArcPro tarkvara. ArcPro-s kujundati kaardi tööversioon, mille käigus määrati kihtide järjekord ja esialgsed leppemärgid. Tarkvara kasutati ka digitaliseeritud paberkaartide koolutamiseks, et neilt vajalikke nähtuseid digida. Üheks tööetapiks oli TÜ kartograafiakursuselt saadud andmete üldistamine, mille käigus tehti jõgede seast valik suuruse ja pikkuse järgi ja järvede seast valik pindala järgi.

Omaette tööks oli kõrgusmudeli stiliseerimine, mille käigus muudeti aluskaart efektsamaks pseudo-3D tehnika abil. Pseudo-3D ehk 2,5D tehnikast on oma bakalaureusetöös põgusa ülevaate andnud Katerina Kuznetsova (2013), tuues ühe strateegiana välja pinnatekstuure, gradientide ja varjutuste kasutamise. Animeeritud kaardil kujutatud kõrgusmudelile on lisatud gradient ja kõrgusmudeli üldistatud versiooni põhjal loodud varjutus, mis loob parema ruumilise taju Eesti pinnavormidest. Ajastutruuma välimuse jaoks lisati kaardile beežikas pärgamenditekstuur.

3.2.3. Kompositsiooni loomine

Esialgse kaardikompositsiooni koostamine on kaardi valmistamise esimeseks sammuks (Mõisja, 2019). Klassikalistest komponentidest lisati kaardile pealkiri, aluskaardile mõõtkava (lisa 1, joonis 1) ning legend. Animeerimisel lisandus eraldi komponendina tekstikast parasjagu kaadris kujutatavate sündmuste selgitamiseks. Erinevalt klassikalisest kaardist, kus autor ja väljaandmise aasta lisatakse kaardile, kasutati Põhjasõja animatsioonis selleks ainult video algust ja lõppu. Kuna tegemist on esitusliku kaardiga, siis eraldi animeerimise juhtimise komponente ei lisatud.

3.2.4. Leppemärkide süsteemi väljatöötamine

Leppemärgid annavad informatsiooni edasi visuaalsete atribuutidega, millest peamised muutujad on kuju, suurus, värv ja orienteeritus. Visuaalsete muutujate hulk sõltub sellest, kas nähtust kujutatakse kaardil punkti, joone või pinnana. Leppemärkide süsteemseks kujutamiseks on vaja kõikidele kaardil kujutatud nähtustele määrata geomeetriatüüp, omadused ning visuaalsed muutujad (Mõisja, 2019).

Animeeritud kaardil on kasutatud kahte tüüpi leppemärke – staatilised ja dünaamilised. Animeerimiseks lisati igale dünaamilisele märgile animeerimise viis (tabel 2). Märkidel, mida ei animeeritud, märgiti viisiks staatiline.

Leppemärgid loodi Adobe Illustrator programmiga. Adobe Illustrator on vektorgraafikaga töötamiseks mõeldud tarkvara, mis võimaldab luua erinevaid joonistusi ja ikoone. Illustrator valiti leppemärkide kujundamiseks seetõttu, et programmil on Esri ArcGIS Pro laiend, mille abil saab kaardikihte kiiresti ühest programmist teise tõsta ja seeläbi testida valminud leppemärkide sobivust kaardiga. Dünaamilisi joonleppemärke oli efektiivsem kujundada

animeerimisprogrammis, milleks valiti Adobe After Effects. Lahingut ja garnisonlinna kujutavad punktleppemärgi kujundamise aluseks võeti ajalooõpikutes kasutatud vastavad leppemärgid, mille põhjal kujundati isiklikud variandid. Mereväe leppemärk kujundati tolle aja laeva piltide põhjal.

Tabel 2. Kaardi leppemärkide visuaalsed muutujad ja animeerimise viis

Nähtus	Geomeetria	Omadus	Visuaalne muutuja	Animeerimise viis
Asula	punkt	2 klassi kindlustatuse astme järgi: garnison, asula	kuju, värv, suurus	mitteajaline ilmumine (algkaadris)
Lahingupaik	punkt	1 klass	kuju	ajaline ilmumine koos tekstiga
Piiramine	punkt	1 klass	kuju	ajaline ilmumine koos tekstiga
Vägede liikumine	punkt	liik, eristatud mere- ja maavägi	kuju	ajaline liikumine koos teksti ilmumisega
		kuuluvus, eristatud 3 riigi väed: Rootsi, Saksi, Vene	värv	ajaline liikumine lipu järel
	joon	kuuluvus, eristatud 3 riigi väed: Rootsi, Saksi, Vene	muster, värv	ajaline liikumine
Jõed	joon	1 klass	värv (sama rannajoonega) ja laius (iseloomulik klassikalisele kartograafiale – lähtmes kitsam, suudmes laiem)	staatiline
Rannajoon	joon	1 klass	värv	staatiline
Riigipiir	joon	2 klassi Moskva tsaaririigi ja Rzeczpospolita piir ning Moskva tsaaririigi ja Rootsi kuningriigi piir	värv	staatiline

Teed	joon	1 klass	värv	mitteajaline ilmumine (algkaadris)
Riik	pind	eristatakse Rootsi kuningriik, Rzeczpospolita, Moskva tsaaririik	värv	staatiline
Meri, järv	pind	1 klass	värv	staatiline
Reljeef	pind	8 kõrguse väärtusvahemikku	värv (vanadele paberkaartidele iseloomulik tonaalsus), hajutatud varjutus	staatiline

3.3. Animeerimine

Põhjasõja animeerimiseks valiti protsessianimatsiooni (Cauvin *et al.*, 2010) liik. Animeerimist alustati ArcGIS Pro programmis, kuid üsna pea selgus, et tarkvara on animeerimiseks liiga piiratud (näiteks ei toiminud eelvaade) ja aeglane. Seetõttu otsustati animeerimiseks kasutada Adobe After Effects-i.

After Effects on liikuvgraafika tarkvara, mida kasutatakse palju filminduses ja televisioonis järeltöötluse lisamiseks videotele. Programmis saab koostada erinevaid graafilisi elemente, neid animeerida ja videotele efekte lisada (American Graphics Institute).

Sarnaselt filmidega tuleb ka animeerimisel määrata ära kaadrid, nende kuvamise hetk, kestus ja neil toimuvate muutuste määr, sagedus ja järjekord (MacEachren, 2004; Polma, 2007; Cauvin *et al.*, 2010). Sidusa animatsiooni loomiseks veenduti, et sõjategevust kujutavate kaadrite järjestus vastaks päriselus juhtunule ning et ekraanile ilmuv tekst oleks sündmustega sünkroonis.

Animeerimise esimese sammuna imporditi Adobe Illustrator-is töödeldud kaardikihid ja loodud leppemärgid After Effects-i. See protsess on lihtne, kuna programmid on mõeldud koos töötama. Pärast seda valiti esimene kaader, mis toimiks animatsiooni sissejuhatusena. Sellel kaadril kujutati kogu Eesti- ja Liivimaa ning seda ümbritsevat ala, et vaatajal tekiks arusaam ruumisuhetest ja kujutatavast alast. Kogu olulist infot ei kujutatud korraga, vähendamaks informatsiooni üleküllust.

Selleks, et Adobe After Effects kiiremini ja tõhusamalt töötaks, kujutati kaardi esimesed kümme sekundit suure lahutusvõimega (5760 x 3240 pikslit). Nii ei pidanud programm vektorandmeid pidevalt rasterandmeteks ümber muutma, kuna Adobe After Effects on peamiselt rastertötluseks mõeldud. Pärast seda oli animeerimine kiirem, kuna ülejäänud animatsioon loodi sisuliselt kaardipildile, mis oli piisavalt kõrge lahutusvõimega, et seda vastavalt stseenile suurendada saaks.

Tegevus jaotati viie mitteaajalise tegevuspaiga vahel, millel omakorda kujutati kokku 20 ajalist episoodi. Tegevuskaadrid valiti kogutud andmete põhjal, et kaardil oleks näha just olulisimaid sündmuseid, aga säiliks ka ruumitaju. Näiteks oleks saanud kujutada kõiki sündmuseid sisse suurendatult, jälitades liikuvat nähtust, kuid siis oleks kaduma läinud ruumitaju ning oleks raske aru saada, kus parasjagu tegevus toimub. Viimane kaader kujutab kõiki eelnevaid tegevusi, et anda vaatajale toimunust ülevaade. Sündmuste kestvuse puhul arvestati seda, et lugeja jõuaks rahulikult jälgida kaardil toimuvat protsessi ning lugeda selgitavat teksti.

Animeerimise käigus muudeti Adobe Illustrator-is loodud staatilised leppemärgid After Effects-is dünaamilisteks. Sõjasündmused järjestati ning määrati neile kaardile ilmumise aeg. Tegevuse ajastust ja liikumiskiirust hinnati animeerimisprotsessi käigus pidevalt ning kohendati, et animatsiooni oleks lihtsam jälgida. Ajastusest parema ülevaate saamiseks renderdati iga tegevuskaadri loomise järel parasjagu valmisolevast kaardist video ning vaadati see korduvalt läbi, et leida võimalikke vigu (näiteks liiga pikad pausid või raskesti jälgitavad muutused). Teadaolevast ajaloolisest informatsioonist sõltuvalt paigutati sõjaretkede teekond kas tole aja peamiste teede võrgustikule või n-ö kõrvalteedele, mida kaardil kujutatud ei ole. Iga sõjas osalenud riigi teekonnale määrati eraldi värv, et neid oleks teineteisest lihtsam eristada, ning kujundati lipp, mis sõjaretke juhtis. Sihtkohad (piiramised ja lahingupaigad) määrati Põhjasõja käsikirjale tuginedes.





Kogu protsessi vältel jälgiti, et mitme sündmuse kuvamishetk ei langeks kokku, vältimaks vaataja tähelepanu hajumist eri elementide vahel. Muutused ajastati nii, et need oleks sujuvad, üksteisega sünkroonis ning lihtsasti jälgitavad. Olulisi sündmusi kuvatakse kaardil kauem, et vaatajal oleks võimalik toimuvat kirjeldav tekst läbi lugeda.








4. Tulemused

Uurimuse tulemusena valmis animeeritud Põhjasõja kaart, mis kajastab sündmusi Eesti ja Liivimaa aladel. Animatsioon on MP4-formaadis ning asub DataDoi keskkonnas (lisa 2). Animatsioon kestab 4 minutit ja 14 sekundit.

Leppemärkide kujundamisel osutus kõige raskemaks ja ajanõudlikumaks ülesandeks piiramise ja asulate leppemärkide loomine. Ajaloolise stiili hoidmiseks tuli leida õiged värvikombinatsioonid, mis poleks kaardipõhja paletiga vastuolus, kuid ei jääks ülejäänud elementide kõrval raskesti märgatavaks. Samuti jälgiti, et leppemärgid ei muutuks liiga detailseks, mis nõudis aga palju katsetamist ja kaardipõhjaga võrdlemist. Rohkelt aega kulus ka reljeefile värvide leidmisele, kuna eesmärk oli luua animatsioon, mis meenutaks Põhjasõja-aegseid pärgamendikaarte. Selleks tuli valida värvid, mis tooksid kõrgemad ja madalamad piirkonnad esile ning sobiksid ka pärgamendiefektiga. Et kaardil kujutatud reljeef oleks vastavuses tegelikkusega, tuli kõrgusmudel jagada kaheksasse klassi, mille üleminekuastmed sätestati manuaalselt. Kõige kiiremini valmisid lippude ja lahingu leppemärgid. Kujundatud leppemärkide parameetrid on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Kaardil kasutatud teemakihtide leppemärkide kujundus

Nähtus	Liik	Kuju	Suurus aluskaardil	Värv (RGB)
Asula	Garnisonilinn		Kõrgus: 5.7 mm Laius: 8 mm	Täitevärv (95, 69, 67) Serva värv (35, 32, 32) Lisavärv (57, 46, 45)
	Asula		Kõrgus: 2.9 mm Laius: 4.2 mm	Täitevärv (79, 78, 81) Lisavärv (149, 145, 128)
Lipp	Rootsi kuningriigi lipp		Kõrgus: 26.7 mm Laius: 36.5 mm	Põhivärv (34, 50, 103) Lisavärv (255, 201, 14)
	Moskva tsaaririigi lipp		Kõrgus: 26.7 mm Laius: 36.5 mm	Ülevalt esimene värv (252, 253, 250) Teine värv (25, 71, 151)

				Kolmas värv (237, 48, 38)
	Saksimaa lipp		Kõrgus: 26.7 mm Laius: 36.5 mm	Ülevalt esimene värv (35, 32, 32) Teine värv (255, 201, 14)
Marsruudid	Rootsi kuningriigi teekond		Laius: 0.8 mm	Servavärv (59, 66, 108)
	Moskva tsaaririigi teekond		Laius: 0.8 mm	Servavärv (77, 84, 58)
	Saksimaa teekond		Laius: 0.8 mm	Servavärv (39, 34, 18)
Lahing	Lahingupaik		Kõrgus: 18 mm Laius: 18 mm	Täitevärv (35, 32, 32)
Piiramine	Piiramisrõngas		Kõrgus: 14.3 mm Laius: 14.3 mm	Servavärv (74, 18, 22)
Merevägi	Laev		Kõrgus: 8.3 mm Laius: 11 mm	Kerevärv (144, 102, 72) Lisavärv (219, 211, 216) Servavärv (59, 40, 20)

Animeerimisprotsessi käigus ilmnes, et ArcGIS Pro asemel on dünaamiliste kaartide loomiseks mõistlikum kasutada Adobe After Effects-i. ArcGIS Pro-s oli dünaamiliste joonobjektide animeerimine keerukas, videotöötlus võttis väga palju aega (kümne sekundi pikkuse animatsiooni töötlemisele kulus umbes kümme minutit) ning tulemusena saadud animatsiooni kvaliteet oli madal.

Olenemata eelistest ArcGIS Pro ees esines probleeme ka After Effects-i kasutamisel. Peamiseks takistuseks oli vähese võimsusega arvuti – on selge, et kaheksa gigabaidi suurune muutmälu ei ole After Effects-i sujuvaks töötamiseks piisav. Programm hangus videotöötluse käigus korduvalt ning mõnel korral sulgus sootuks, ilma et tehtud muudatused salvestuksid. See aga muutis animeerimise protsessi kordades pikemaks, kui see paremate tehniliste omadustega arvuti puhul olla võiks.

Keeruline oli ka Adobe After Effects-i eripärade tundma õppimine, kuna programmi rohkeid võimalusi oli esialgu raske hoomata. Lisaks sellele ei olnud probleemide esinemisel tihti arusaadav, mis tõrke põhjustada võis. Seetõttu tuli vahepeal ühte sammu palju korrata, et saada soovitud ja toimiv tulemus. Raskusi valmistas ka ise animatsiooni kiiruse hindamine, kuna korduvalt sama kaadreid vaadates kadus ära kiirusetaju. Hindamaks, kas animatsioon toetab kaardilt edukat teabe omandamist, esitati kaarti kogu animeerimisprotsessi vältel mitu korda juhendajatele ja mitteekspertidele, kelle tagasiside tulemusena selgus mitu viga (näiteks liiga kiired tekstimuutused ja teksti puudumine teatud hetkedel).

Lõpuks valmis animatsioon, kus oli viis tegevuskaadrit ja kaks ülevaatekaadrit (lisa 1). Mitteajalisi kaadreid loodi seitse, millest kaks kujutasid kogu ala ning ülejäänud konkreetse lahingutegevuse piirkonda (lisa 1). Animatsioonile lisati ka lõpukaader, millel on kuvatud tekst Põhjasõja edasiste sündmuste kohta.

Bakalaureusetöö autor soovib kaartide animeerimisega alustajatel kõigepealt välja selgitada, millist tüüpi animatsiooni nad luua soovivad, ning kontrollida tööks kasutatava arvuti tehnilisi omadusi. Selle põhjal on võimalik hinnata, missugune animeerimisprogramm selle ülesande jaoks kõige sobivam oleks. Pärast sobiva programmi leidmist on mõistlik tutvuda valitud tarkvara õppematerjalide ning teiste animeeritud kaartidega. Kogu tööprotsessi vältel tuleks tugineda dünaamiliste kaartide loomise teooriale.

5. Arutelu

Animeeritud kaarte saab efektiivselt õppematerjalina kasutada, kuid nagu ilmneb dünaamiliste kaartide teooriast ning bakalaureusetöö käigust, esineb nende loomisel palju probleeme ja takistusi.

Dünaamiliste kaartide loomine on väga keeruline ja aeganõudev. Bakalaureusetöö tarbeks tuli kasutada mitut eri programmi (Adobe Illustrator, Adobe After Effects ja Esri ArcGIS Pro). ArcGIS Pro võimaldab ka animeerimist, kuid töö käigus selgus üsna pea, et tarkvara võimalused on Adobe After Effects-iga võrreldes väga piiratud.

Mitme erineva programmi kasutamisega ühes animatsiooni tootmise protsessis võivad aga kaasnedä mitmesugused tehnilised probleemid. Näiteks ei pruugi andmed ühest programmist teise importimisel korrektselt üle tulla, mille tagajärjena võib juhtuda, et kaardikihid on vales järjestuses ning olulised elemendid peidetud või vales vormingus.

Erinevate tarkvarade kasutamiseks on tarvis ka erinevaid oskuseid ja teadmisi, mille omandamiseks võib algajal animeerijal väga palju aega kuluda, mis võib mõne ülesande (nagu näiteks bakalaureusetöö) puhul otsustavaks takistuseks saada. Ka riistvara puhul võib probleeme esineda – kiireks ja sujuvaks animeerimiseks on tarvis suure võimsusega arvutit, vastasel juhul on kaardi loomise protsess aeglane või isegi võimatu.

Töö tulemusena valminud kaarti on võimalik teooriale tuginedes edasi arendada. Animatsioonile võib lisada helid, mis juhiks vaataja tähelepanu konkreetsele tegevusele (näiteks musketipaugud, mis märgivad kaardil kujutatavat lahingut). Kognitiivse laadungi vähendamiseks saab subtiitrite asemel dubleerimist kasutada, et vaataja ei peaks oma pilku kaardil toimuva ja tegevuse kirjelduse vahel liigutama. Pealelugemine toetaks ka nägemispuudega inimesi, võimaldades neil heli abil teavet omandada.

Valminud dünaamilist kaarti on edaspidi võimalik kasutada õppematerjalina üldise ülevaate saamiseks Põhjasõja sündmustest nii klassiruumis (näiteks põhi- ja keskastme ajalootundides) kui kodus. Animatsiooni põhjal on võimalik luua ka interaktiivne kaart, mis oleks õppematerjalina veel efektiivsem kui esituslik kaart. Nii võiks kasutajal olla võimalik kaardikihte sisse- ja välja lülitada, keskendumaks vaid nendele elementidele, mida vaataja ise oluliseks peab.

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö tulemusena valmis Eesti- ja Liivimaa aladel toimunud Põhjasõja sündmusi kujutav dünaamiline kaart. Animatsioonis kajastuvad Moskva Tsaaririigi, Rootsi Kuningriigi ja Saksimaa sõjategevus, sh sõjaretked, piiramised, lahingud ja vallutused. Sõjakäigud on kujutatud dünaamiliste joonleppemärkidega ning erinevad üksteisest värvi poolest. Kogu retke juhib joonleppemärgi ees liikuv riigilipp. Punktleppemärkidega on tähistatud olulisemad asulad, lahingud ja piiramised. Animatsiooni toetamiseks on kaardi allosas kuvatud tekstikast, millel muutub tekst sünkroonis samal ajal kaardil kuvatava sündmusega.

Kaardipõhi loodi Esri ArcGIS Pro programmis ning staatilised leppemärgid Adobe Illustrator-is. Need andmed imporditi After Effects-i, kus kaart animeeriti. Animatsiooni tarbeks loodi dünaamilised leppemärgid, mis illustreerivad Põhjasõja sündmuseid. Kaart on esituslik, mis tähendab, et kasutajal on sõltuvalt esitusprogrammist võimalik animatsiooni peatada ning seda edasi ja tagasi kerida.

Animeerimise käigus jõuti järeldusele, et kuigi Esri ArcGIS Pro programmiga on võimalik kaardianimatsioone luua, ei ole sellise ülesande jaoks piisavalt võimekas, mistõttu on mõistlikum kasutada After Effects-i. After Effects pakub kasutajale rohkem võimalusi, kuid nõuab seetõttu ka põhjalikke teadmisi ja oskusi. Lisaks sellele on programmi edukaks kasutamiseks tarvis võimekat arvutit, eriti muutmälu osas, vastasel juhul muutub animeerimisprotsess väga aeglaseks.

Valminud kaarti on võimalik kasutada õppematerjalina nii põhi- kui keskkoolis ning lisaks eraldiseisva videona esitamisele on võimalik see lisada slaidiesitlustele. Animatsioonile pääseb ligi DataDOI keskkonnas (lisa 2).

THE PROCESS OF MAP ANIMATION ABOUT THE GREAT NORTHERN WAR IN ESTONIA AND LIVONIA

Daniel Henri Trump

Summary

The first animated maps were produced in the first half of the 20th century. They were hand-drawn frame-by-frame and then sequenced to form an animation (similarly to how cartoons were made). As technological possibilities developed, the creation and distribution of animated maps became faster and easier. Nowadays, animated maps can be seen on television, social media and even lecture materials.

The advantage of animated maps is the possibility to better depict processes in space and time. Therefore, they can be used to illustrate the spread of infections or wildfire, traffic and weather.

One aim of this bachelor's thesis was to create an animated map that shows the sieges and battles of the Great Northern War in Estonia and Livonia. Another aim was to explore and compare different animation softwares and choose the most optimal one.

The necessary data for the map was acquired from the books *Estonian History IV* and *The Development of the Estonian Road Network*, a 1702 map of Livonia and a map depicting Livonia in 1700. The Copernicus Digital Elevation Model with a pixel size of 90 meters was acquired from the webpage of OpenTopography and the map layers of rivers, lakes and the Baltic Sea were acquired from the study materials of the University of Tartu cartography course.

Before the animation process, the base of map was created in ArcGIS Pro, containing the territory of Estonia and Livonia and parts of the Tsardom of Russia and Polish–Lithuanian Commonwealth. Static symbols (garrison towns, settlements, sieges, battles, flags and boats) were created in Adobe Illustrator and then imported to Adobe After Effects along with the base map. In After Effects, the static symbols were animated. Military routes were animated in different colours corresponding to the participant countries. Flags were added to the trajectories which collided in different battle locations, indicated by siege and battle symbols. Casualties were shown with numbers that decreased as a result of the battle.

In the animation, the frame moves between important events of the Great Northern War. A textbox is shown on the lower side of the map, providing the viewer with (temporal) information about the events. Although the war ended in 1721, only the events from 1700 to 1710 are shown as there were no further military activities in the map area after that.

During the animation process, it was revealed that although ArcGIS Pro can be used for animation, it is not as effective as Adobe After Effects as the options are quite limited. Using After Effects resulted in a smooth and coherent animation.

However, Adobe After Effects has a steep learning curve. The program also requires a powerful computer. The laptop used for animating the map had 8 gigabytes of RAM which was proved to be insufficient for fast animation. The program froze and crashed multiple times during the process of animating. To overcome this issue, a 10-second video of the base map was created in high resolution and then paused for further animation.

During the whole process, emphasis was put on reducing cognitive load. The events were shown one at a time so that the viewer would not have to focus on too many elements at once.

As a result of this bachelor's thesis, a presentational animated map of the Great Northern War in Estonia and Livonia was created. Depending on the medium that the animation is played on, the video can be paused, forwarded and rewinded. Therefore, the map can function as an informative study material.

The map can still be improved. A voice-over can be added to further reduce the cognitive load (as the viewer would not have to switch focus between the events shown on the map and the text describing them) and help people with impaired vision understand the context of the map. The animation can also be made more interactive so that the viewer could view one layer at a time. That way, the map would be more effective in terms of studying as the viewer could focus on what they consider most important.

TÄNUAVALDUSED

Autor soovib tänada oma juhendajaid Kiira Mõisjat ja Enn Künge toetuse ja põhjaliku tagasiside eest ning oma venda Ingmar Trumpi tehnilise abi ja nõuannete eest.

KASUTATUD KIRJANDUS

American Graphics Institute 2023. What is After Effects?, <https://www.agitraining.com/adobe/after-effects/classes/what-is-after-effects> (viimati

vaadatud 25.05.2023)

Cauvin, C., Escobar, F., Serradj, A. (2010). *New Approaches in Thematic Cartography*. London: ISTE. DOI: 10.1002/9781118558010.

Campbell, C. S., Egbert, S. (1990). Animated cartography: Thirty years of scratching the surface, *Cartographica* 27(2), 24-46.

Eesti rootsi valduses, a. 1700. (kaart, autor teadmata). *Osta.ee müügiportaal*, <https://www.osta.ee/ew-aegne-kaart-eesti-rootsi-valduses-a-1700-167504585.html> (viimati

vaadatud 25.10.2022)

Esri UK. Nuclear detonations since 1945, <https://www.arcgis.com/apps/Time/index.html?appid=b8540a8a2500472c8037bdd2a35c4be0>

(viimati vaadatud 25.05.2023)

Fabrikant, S.I. (2005). *Towards an Understanding in Geovisualization with Dynamic Displays: Issues and Prospects*. California: University of Santa Barbara.

Frandsen, K-E. (2010). *The Last Plague in the Baltic Region, 1709–1713*. Kopenhagen: Museum Tusculanum Press.

Harrower, M., Fabrikant, S. (2008). *The Role of Map Animation in Geographic Visualization*. Zurich: University of Zurich. DOI: <https://doi.org/10.5167/uzh-8979>

Karonen, P. (2008). *Coping with Peace After a Debacle*. *Scandinavian Journal of History*, 33:3, 203–225, DOI: 10.1080/03468750802038785

Knowles, A-K., Hillier, A. (2008). *Placing History. How Maps, Spacial Data, and GIS Are Changing Historical Scholarship*. California: ESRI Press.

Krygier, J. B. (1994). Chapter 8 – Sound and Geographic Visualization, *Modern Cartography Series*, 2, 149–166. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-042415-6.50015-6>

Kujala, A. (2000). The Breakdown of a Society: Finland in the Great Northern War 1700-1714, *Scandinavian Journal of History*, 25(1–2), 69–86, DOI: 10.1080/03468750050115591

Kuznetsova, K. (2013). Kasutajate kaardieelistuste väljaselgitamine kooliõpilaste näitel. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, geograafia õppekava.

Küing, E. (2021). Suur Põhjasõda ja Eesti (käsikiri; peatükk ilmumisel raamatust „Eesti sõjaajalugu II“).

Laidla, J. (2011). Sõja mõjust ajalookirjutusele varauusaegsel Eesti-, Liivi- ja Kuramaal. *Tartu Ülikooli ajaloo küsimused*, 39. DOI: <https://doi.org/10.15157/tyak.v0i39.634>

Laur, M., Tannberg, T., Piirimäe, H. (2003). *Eesti ajalugu IV. Põhjasõjast pärisorjuse kaotamiseni*. Tartu: Ilmamaa.

Lepik, L. (2000). *Eesti haldusjaotus Rootsi ajal. Põhjasõda 1700-1721*. Ajaloo atlas gümnaasiumile. Tartu: Regio

Lobbe, A. (2003). Classification and Application of Cartographic Animation. *The Professional Geographer*, 55(3), 318-328, DOI: <https://doi.org/10.1111/0033-0124.5503016>

Lviv Now, 2022. Which Map of Hostilities Does Putin's Propaganda Present to Russians. Comparison to the Reality, https://tvoemisto.tv/en/news/which_map_of_hostilities_does_putins_propaganda_present_to_russians_comparison_to_the_reality_129415.html (viimati vaadatud 23.05.2023)

MacEachren, A.M. (2004). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. New York: The Guilford Press.

Mollerus, A. (1702). *Geometrisk Afritning öfwer Hertigdömmet Lifland*, https://www.ra.ee/kaardid/index.php/et/map/view?id=19060&_xr=eNo1zUsKgDAQA9C7zAVs%252FYDEIUcZ7FAL%252FnCqG%252FHu1t%252FukRDCsDgCTMOoXihsDRp5yVR47frW7Tx14ig1JUjnNd60JjmoaOS4%252FeXCXj5akxc3K9A%252Bzu6Ph6DPPF0MPPntG%252BQgSfl5XpZJLE0%253D (viimati vaadatud 14.04.2023)

Mõisja, K. (2019). Kaardi kujundamine. *Roosaare, J., Mõisja, K., Aunap R. Geoinformaatika: õpik kõrgkoolidele*. (584-618) Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

Mõisja, K. (2021). Kartograafia kursuse materjalid. Moodle'i keskkond.

Neftchi, S. [CaspianReport]. Youtube'i kanal, <https://www.youtube.com/@CaspianReport/videos> (viimati vaadatud 25.05.2023)

Nolan, C. J. (2006). *The Age of Wars of Religion, 1000-1650: An Encyclopedia of Global Warfare and Civilization*, 1. köide (lk 374). London: Greenwood Press

Raid, T. (2005). *Eesti teedevõrgu kujunemine*. Tallinn: Punnpaap

Shimizu, E., Fuze, T. (2003). Rubber-sheeting of Historical Maps in GIS and its Application to Landscape Visualization of Old-time Cities: Focusing on Tokyo of the Past. *Proceedings of the 8th international conference on computers in urban planning and urban management*. 11(1), http://planner.t.u-tokyo.ac.jp/archive/member/fuse/rubber_sheeting.pdf (viimati vaadatud 23.10.2022)

Thrower, N.J.W. (1959), ANIMATED CARTOGRAPHY. *The Professional Geographer*, 11, 9-12. https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1959.116_9.x

Veldi, M., Bell, S. (2019). Historical GIS: application of map-based biography to the Laeva sovkhos/state farm, Estonia. *SHS Web of Conferences* 63, 7001. EDP Sciences. DOI: 10.1051/shsconf/201963070001

Vox [Vox]. YouTube'i kanal, <https://www.youtube.com/@Vox/videos> (viimati vaadatud 25.05.2023)

Walas, H. [Good Times Bad Times]. Youtube'i kanal, <https://www.youtube.com/@GoodTimesBadTimes/videos> (viimati vaadatud 16.05.2023)

LISAD

Lisa 1.



Joonis 1. Esimene stseen: Animatsiooni sissejuhatus.



Joonis 2. Teine stseen: Riia piiramine.



Joonis 3. Kolmas stseen: Narva lahing.



Joonis 4. Neljas stseen: Riia lahing.



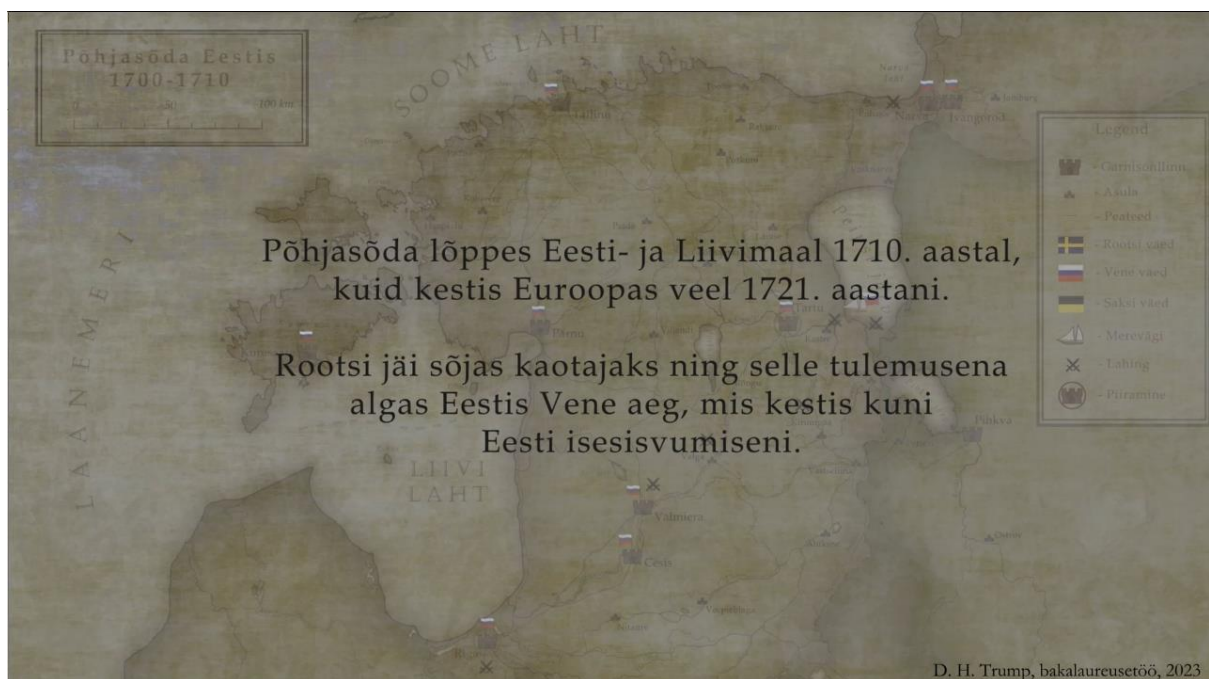
Joonis 5. Viies stseen: Hummuli lahing.



Joonis 6. Kuues stseen: 1703. aasta rüüsteretk.



Joonis 7. Seitsmes stseen: Tallinna alistumine.



Joonis 8. Animatsiooni lõpp.

Lisa 2.

Animeeritud kaart Põhjasõjast Eesti- ja Liivimaa aladel: [link](#).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Daniel Henri Trump,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Kaardi animeerimise protsess Põhjasõja lahingute dünaamilise kujutamise näitel,

mille juhendajad on Kiira Mõisja ja Enn Küng,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Daniel Henri Trump

29.05.2023