

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA

**MŪSDIENU GULTNES PROCESI GAUJAS POSMĀ VALMIERA-STRENČI.
BAKALaura DARBS**

Autors: Roberts Georgs Fimbauers

Stud. Apl. rf13003

Darba vadītājs: Dr. geol. Māris Krievāns

RĪGA 2016

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbā ‘‘Mūsdienu gultnes procesi Gaujā posmā Valmiera – Strenči’’ ir analizēti šajā upes posmā notiekošie gultnes procesi – it īpaši meandrēšana. Šo procesu izpēte un izpratne ir svarīga, jo šie procesi Latvijā nav pētīti pēdējo gadu laikā un mūsdienās pieejamās tehnoloģijas šādus pētījumus padara vieglākus un samazina nepieciešamību pēc ilgtermiņa stacionārajiem pētījumiem.

Bakalaura darba projekta mērķis ir izpētīt mūsdienu upju gultnes procesus, kas novērojami Gaujā posmā starp Strenčiem un Valmieru. Lai šo mērķi sasniegtu darba autors ir analizējis informāciju par gultņu procesiem kopumā un it īpaši Gaujā.

Pētāmā teritorija ir Gaujas upes posms starp Strenču un Valmieras pilsētām. Iegūtie rezultāti parāda, ka Gaujā notiekošos procesus ietekmē ļoti daudzi faktori. Bakalaura darbs sastāv no pētāmās teritorijas fizioģeogrāfiskā un ģeoloģiskā apskata, literatūras apskata par mūsdienu gultnes procesiem, iepriekšējo pētījumu apskata, materiālu un metožu apraksta, pētījuma rezultātu apkopojuma un pielikumiem.

Atslēgvārdi: Gauja, gultņu procesi, meandrs, digitalizācija

ABSTRACT

Bachelors work “ Present-day channel processes in the River Gauja section Valmiera-Strenči” looks at channel processes, that are happening in this section, especially meandering. Understanding of these processes is important because coasts are actively used by humans and these processes in Latvia recently have not been studied and modern technologies give the ability to do studies easier and without use of long lasting stationary studies.

The aim of Bachelor paper is to explore present-day channel processes in river Gauja section between Strenči and Valmiera. To achieve this aim the author has analysed information about channel processes and data and information about channel proceses that are happening in river Gauja.

The study area is river section of river Gauja between towns of Strenči and Valmiera. Results show that processes in river Gauja are influenced by many factors. The work consists of physiogeographic and geologic description of study area, literature review of present-day channel processes, review of earlier studies, the study of materials and description of the methods, the summary of results and appendix.

Key words: Gauja, channel processes, meander, digitalisation

SATURS

IEVADS.....	5
1. PĒTĪJUMU TERITORIJAS FIZIOĢEOGRĀFISKAIS APRAKSTS.....	7
2. GAUJAS IELEJAS ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE	11
3. IEPRIEKŠĒJIE PĒTĪJUMI GAUJAS IELEJAS KRASTOS	13
4. MŪSDIENU UPJU GULTNES PROCESU RAKSTUROJUMS	17
5. MATERIĀLI UN METODEDES	22
6. PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA	24
SECINĀJUMI.....	35
PATEICĪBAS.....	37
IZMATOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	38
PIELIKUMI.....	41

IEVADS

Bakalaura darbs ‘‘Mūsdienu gultnes procesi Gaujā posmā Valmiera – Strenči’’ veltīts Gaujā notiekošajiem gultnes procesiem, kuri pēdējo gadu laikā nav tikuši pētīti. Pēdējie pētījumi par šo tēmu ir veikti laika posmā no 1975 līdz 1983. gadam brīvi meandrējošajās līdzenumu upēs- Misā, Tumšupē, Ogrē, Aiviekstē, Gaujā, Pededzē un Daugavā. Mūsdienās notiek ļoti strauja tehnoloģiju attīstība un ir iespējams iegūt samērā precīzu informāciju par upju gultnes izmaiņām izmantojot dažāda vecuma ortofoto kartes un apstrādājot tās ĢIS vidē. Kas samazina nepieciešamību pēc ilgstošiem stacionāriem pētījumiem.

Par pētījuma teritoriju tika izvēlēts Gaujas posms starp Strenču tiltu un Valmieras centra tiltu, kurā labi atainojas dažādi upju gultnes procesi. Šajā posmā novērojama gan gultnes meandrēšana, gan piegultnes sēru un salu pārveidošanās. G. Eberhards savus pētījumus par Gauju ir veicis galvenokārt upes lejteces un vidusteces posmos starp Gaujienu un Abula ieteku Gaujā un Gaujas Nacionālā parka teritoriju.

Bakalaura darbs balstās uz metodoloģiskās un teorētiskās zinātniskās literatūras studijās iegūtajām atziņām par upēm un tajās notiekošajiem gultnes procesiem.

Bakalaura darba mērķis ir izpētīt mūsdienu upju gultnes procesus, kas novērojami Gaujā posmā starp Strenčiem un Valmieru un tos ietekmējošos faktorus. Lai sasniegtu mērķi, ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

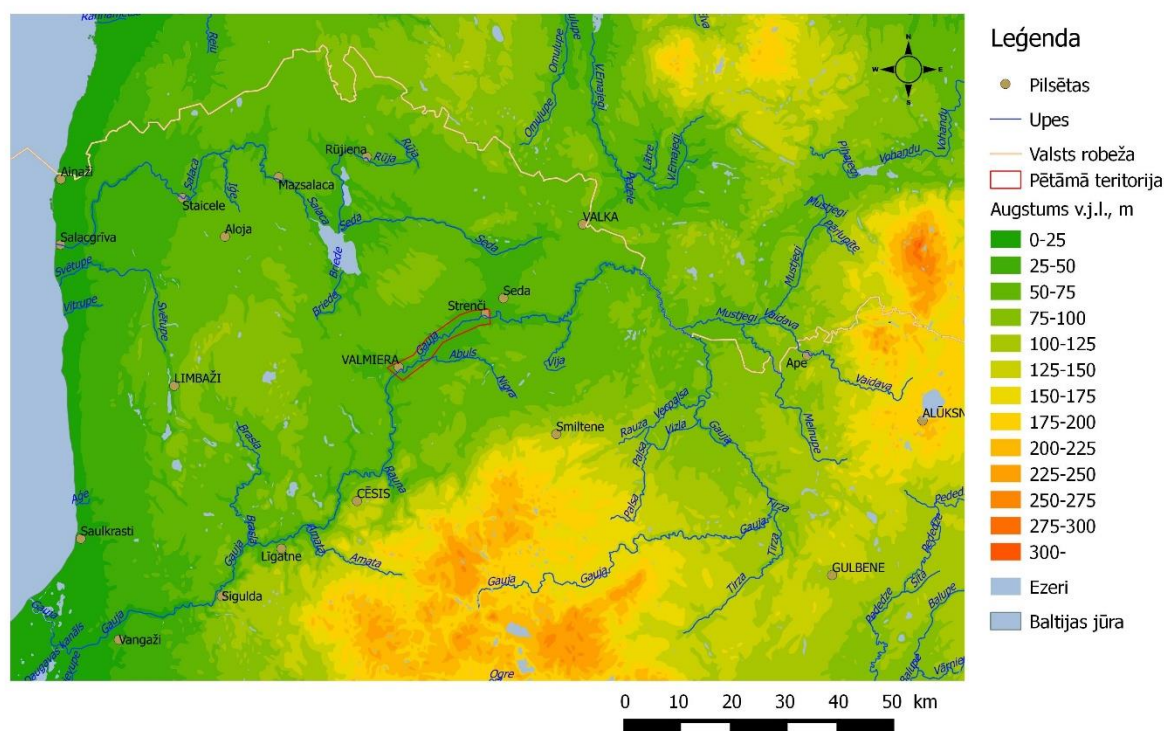
1. Analizēt zinātnisko literatūru par upēm, to gultņu procesiem, tos ietekmējošajiem faktoriem, kā arī pētāmo teritoriju un iepriekšējajiem pētījumiem;
2. Iegūt datus par Gaujas upes gultnes mainību no dažāda vecuma ortofoto un citiem kartogrāfiskajiem materiāliem;
3. Apstrādāt iegūtos datus ar kartogrāfijas metodēm
4. Analizēt un secināt kādi procesi vērojami pētāmajā teritorijā, kas tos ietekmē un kāda ir to ietekme uz apkārtni.

Pētījumu iespējams iedalīt trīs daļās: literatūras analīze, kamerālie un lauka darbi un iegūto rezultātu interpretācija. Literatūras analīzē četrās nodaļās sniegts ieskats par pētāmās teritorijas fizioģeogrāfisko un ģeoloģisko uzbūvi, mūsdienu gultņu procesiem un agrākajiem pētījumiem Gaujas ielejā. Kamerālajos darbos iegūti un apkopoti kartogrāfiskie dati par Gaujas gultnes izmaiņām izmantojot topogrāfisko karti un ortofotokartes. Lauka darbos apsekota pētāmā teritorija un veikta fotofiksācija. Iegūto rezultātu interpretācija- darba veikšanas laikā iegūtie rezultāti analizēti, interpretēti un atspoguļoti.

Bakalaura darbs sastāv no ievada, piecām nodaļām, materiāliem un metodēm, izmantotās literatūras avotiem, pielikumiem. Darba apjoms 40 lapaspuses. Tajā ir ietverta 1. tabula un 14. attēli.

1. PĒTĪJUMU TERITORIJAS FIZIOĢEOGRĀFISKAIS APRAKSTS

Pētāmā teritorija atrodas Latvijas ziemeļu daļā starp Strenčiem un Valmieru (skat 1. attēlu). Gauja pētāmajā teritorijā tek pa Ziemeļvidzemes zemienes Sedas līdzenumu, Starp Rencēnu un Trikātas pacēlumiem. Gaujas pētāmā posma garums ir aptuveni 30 km (Fizioģeogrāfiskā karte, bez dat.). Pētāmā teritorija ietilpst Sedas līdzenuma un Vidusgaujas zemienes dabas apvidos (LVGD Dabas apvidi, bez dat.). Šajā posmā Gauja tek cauri Strenču, Beverīnas un Burtnieku novadiem, kā arī Valmieras pilsētai (Novadu karte, 2009).



1.1 attēls Pētāmās teritorijas atrašanās vieta (izstrādājis autors, izmantojot SIA Envirotech GIS Latvija 10.0, 2016)

Gaujas vidējais noteces apjoms ir aptuveni $2,2 \text{ km}^3$ un 560 tūkstoši tonnu dažāda veida sanesu gadā, kas ir lielāks nekā pārējām Latvijas upēm (Āboltiņš u.c. 1995). Upe tek pa irdeniem alūvija nogulumiem (LVGD kvartārģeoloģija, bez dat). Gaujai šajā posmā ir izteikti stāvi, viegli brūkoši krasti. Tas ir galvenais cēlonis lielajai ūdens duļķainībai. Diennakts ūdens caurplūdums Gaujā svārstās no 6 kubikmetriem sekundē mazūdens periodā- ziemā līdz pat 800 kubikmetriem sekundē palu laikā. Straumes ātrums mazūdens periodā ir 0,2 - 0,4 m/sek. , vietām 0,6 - 0,8 m/sek. , bet palu laikā - 2-3 m/sek. Upe aizsalst decembra vidū - decembra beigās. Ledus uzlūst parasti marta beigās. Līdz ar to gadā aptuveni 100 dienu upe ir klāta ar

ledu, bet aptuveni 230 dienu - brīva no ledus. Dažādos upes posmos ledus biezums ziemā vidēji sasniedz 20 - 45 cm. Intensīvā pazemes ūdeņu pieplūšana Gaujā samazina ledus segas biezumu dažādos tās posmos, turpretī vasarā pazemes ūdeņi ievērojami pazemina ūdens temperatūru. Līdz ar to Gaujā ir zemāka ūdens temperatūra nekā parējās lielākajās upēs Latvijā (Āboltiņš u.c. 1995).

Gauja šķērso pārsvarā smilšu limnoglaciālos līdzenumus. Ielejas platums no 1,5 km posma sākumā, kas pakāpeniski palielinās līdz 2 km, bet Strenču apkārtnē ezerveida paplašinājumā sasniedz 3,5 km. Dziļums neliels un tas ir 7- 15 m (Āboltiņš, 1971).

Strenču apkārtnē izdalāmas trīs virspalu terases, kas tālāk izsekojamas līdz pat upes lejtecei. Atrodama arī labi noformējusies paliene (Āboltiņš, 1971).

Trešā virspalu terase, kuras augstums ir 7- 7,5 m (absolūtais augstums 47,5 – 48,5 m), izsekojama, sākot no Vijas. Aptuveni līdz Strenčiem tā labi attīstīta upes kreisajā krastā, tās platums sasniedz 1,5 – 2 km. Upes labajā krasta sastopami tikai atsevišķi šauri fragmenti, neieskaitot Strenčus, kur terase paplašinās no 0,5 – 1 km. Ievērojami sliktāk terase saglabājusies posma lejasdaļā, kur tā atklājas tikai šauru fragmentu veidā, kas ir 12 – 12,5 m virs upes līmeņa (absolūtais augst. 43,5 -44 m). Terases virsma gandrīz pilnīgi gluda, tikai retumis mitri purvaini padziļinājumi. Dažviet sastopamas kāpas. Cokolu terase, kur par cokolu kalpo morēnas nogulumi, glaciofluviālā grants un smiltis, glaciolimniskie māli, aleirīti un aleirītiskā smilts (Āboltiņš, 1971).

Gultņu alūvija lielums ievērojami izmainās, atkarībā no nogulām, ko satur terašu cokoli. Piemēram, pirms Strenčiem, kur par cokolu kalpo morēnu noguumi un glaciofluviālā smilts, gultnes fācija ir rupjgraudaina, bet Strenču rajonā pie Krāčiem, kur cokolā atrodas glaciolimniskie māli, aleirīti un aleirītiskā smilts, gultnes fācija pārstāvēta ar smalku, retāk vidēji smalku smilti (Āboltiņš, 1971).

Otrā virspalu terase no trešās atdalās Strenču apkārtnē un ir izsekojama līdz pat šī aprakstītā posma beigām. Sākumā tā ir pārstāvēta kā maigi izstiepti fragmenti, kas saplūst ar trešo terasi upes kreisajā krastā, un salīdzinoši šaurākā, slīpākā labajā krastā. Jau 4 km zemāk, pie Sīmanēniem šie fragmenti saplūst un veido cokolveidīgu terasi, kuras platums kreisajā krastā sasniedz 600 m. Labajā krastā vērojami tikai šauri (150 m) terašu laukumiņi. Terases augstums tās parādīšanās rajonā 10,5 – 11 m (abs. augst. 42,5 – 43 m), bet pie Abula ietekas Gaujā 10,5 – 11,5 m abs. augst. 41,5 - 42 m). Terases virsma līdzena ar nelielu ieslīpumu (Āboltiņš, 1971).

Otrās terases alūvijs daudz neatšķiras trešās. Vietām, kur tiek izskalots morēnas cokols, tā pamatnē sastopami laukakmeņi un lieli oļi. Alūvija biezums terases parādīšanās vietā ir 1,5 – 2 m, bet pie Abula ietekas tas sasniedz 3,5 – 5 m (Āboltiņš, 1971).

Pirmā virspalu terase izsekojama reizēm te kreisā, te labajā krastā, bet reizēm, kā pie Strenčiem, tā ir izteikta abos upes krastos. Platums mainās no 50 – 200 m līdz 300 – 400 m, bet atsevišķos gadījumos sasniedz 1 km. Šajā terasē lielākoties atrodas Strenču pilsēta. Zemāk tā atīstīta vājāk. Tā ievērojami sašaurinās Gaujas krāčainajā posmā un tālāk sastopama vien atsevišķu segmentu veidā, kuru platums 50- 200 m. Šīs terases augstums mainās visa posma garumā, kur pirms Strenčiem tas ir 5,0 – 6,0 (abs. augst. 52,5 – 51,5 m), krāču posmā tas ir 7,5 – 8 m (abs. augst. 44 – 44,5 m), bet zem krācēm - 8 m (abs. augst. 39,5 – 40,5 m), bet posma leasdaļā 6 – 6,5 m (abs. augst. ~37 m) terases virsma saposmota ar vecupēm atsevišķos masīvos, kas faktiski parādās kā dažādu ģenerāciju segmenti. Vecupes parasti nav piepildītas ar nogulumiem, dažās vecupēs ūdens virsma ir brīva (Āboltiņš, 1971).

Loti savdabīgs ir terašu raksturs Gaujas krāčainajā posmā. Šeit terašu pamatā ir morēnas nogulumi. Alūvija biezums pakāpeniski samazinās, un vidējā krāču daļā ir tikai 2,5 – 3 m. Paliene nogulu fācijas pārstāv smalka un sīkgraudaina smilts ar slāņojumu, kas sastāv no organiskām vielām. Gultņu fācijas biezums 0,7 m, kam raksturīga smalka un smalkgraudaina smilts ar oļiem un laukakmeņiem (Āboltiņš, 1971).

Visā posmā, izņemot krāču daļu, novērojama divdaļīga segmenttipa paliene. Tās augstums parasti ir 3,0 – 4,5 m, platums – līdz 1 km (Āboltiņš, 1971). Paliene šajā posmā atšķiras ar to, ka tās virsma nav līdzena. Visur sastopamas palienes krēpes, kas paceļas 1 – 2 m augstuma virs palienes līmeņa. Var izsekot daudzajām palienes vecupēm, kas tikai daļēji pildītas ar nogulām. Daudzas no tām pilnūdens palu laika kalpo, kā savdabīgas piedurknes un kanāli, lai izlaistu palu ūdeņus. Tā rezultātā, tās bieži atkal padziļinās, un to krastos veidojas otrreizēji (aplīktie) vaļņi (Āboltiņš, 1971).

Paliēņu šķērsgrīzumā labi atdiferencējas paliēņu un gultņu alūvija fācijas. Palienes fācijai raksturīga smalka-, vidēja - un lielgraudaina smilts, dažreiz grants ar nelielu oļu piejaukumu. Paliēņu un gultņu fāciju kontakts ir nevienmērīgs un nepastāvīgs. Smilšu krepju šķērsgrīzumos (bijušos piegultņu vaļņos) fāciju kontakts ir paaugstināts par 0,5 – 1 m virs vidējā ūdens līmeņa, bet daudzajos pazeminājumos un iegruvumos nolaižas zem tā (Āboltiņš, 1971).

Vecupju nogulās pārstāvēts slāņojums ar aleirītisku smilšmālu un oļiem, kas satur sadalījušos organisko materiālu, kā arī smalkgraudainu, dūņainu smilti un kūdru. Alūvija biezums 8 – 10 m (Āboltiņš, 1971).

2. GAUJAS IELEJAS ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE

Gaujas ielejā atšķirībā no apkārt esošās teritorijas ģeoloģiskā uzbūve ir sarežģīta un visai daudzveidīga. Ļoti daudzveidīgie Gaujas uzbūves ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie apstākļi liecina par tās formēšanās sarežģīto vēsturi.

Pētāmajā teritorijā Kristāliskais pamatklintājs iegul tikai aptuveni 350 līdz 400 metru dziļumā. Kas ir viena no visseklākajām vietām Latvijā. Visseklāk pamatklintājs atrodas pētāmās teritorijas ziemeļu daļā, bet Gaujai plūstot dienvidrietumu virzienā, tā dziļums pakāpeniski palielinās un pie Valmieras tas sasniedz jau 400 metru dziļumu (pamatklintāja virsma, bez dat.).

Virs pamatklintāja atrodas pirmskvartāra nogulumu iešu sega, kuras virspusē atsedzās burtnieku svītas smilšakmeņi (LVGD Pirmskvartāra bez dat.). Viduslatvijas zemienes lielākā daļa atrodas pamatiežu virsmas pazeminājumā. Pati Gauja arī tek pa pazeminājumu ne tikai mūsdienu zemes virsā, bet arī pirmskvartāra virsmā. Nedaudz uz ZA no Valmieras pētāmajā teritorijā Pirmskvartāra virsma atrodas tikai 28 metrus virs jūras līmeņa, kamēr apkārt esošajās teritorijās tā atrodas pat vairāk nekā 40 metru virs jūras līmeņa (LVGD Zemkvartāra, bez dat.).

Kvartāra nogulumu segu Ap Valmieru galvenokārt veido Vislas apledojuuma veidotie morēnas nogulumi, bet virzoties pa straumi uz augšu tie pāriet baseina nogulumos un pārējā pētāmās teritorijas daļā dominē glaciolimniskie nogulumi ar mālu un aleirītiem. Pati upe tek pa irdeniem alūvijs nogulumiežiem (LVGD kvartārģeoloģija, bez dat). Alūvijs veido glaciofluviālā grants un smiltis, glaciolimniskie māli, aleirīti un aleirītiskā smilts. Gaujas gultne šajā posmā ir līkumaina, tajā ir daudz sēkļu un dzelmju. Tomēr daudzviet ir saglabāties rupjgraudainais materiāls kur pamatnē sastopami laukakmeņi un lieli oļi, it īpaši posmā no Strenčiem līdz Krāčiem (Āboltiņš, 1971). Daudzās vietās izveidojušās krāces. Krasti lielākoties ir samērā stāvi un visai viegli izskalojami. Izskaloto, smilšaino krastu tuvumā veidojas sēres (Eberhards 2013).

Lielākā daļa Baltijas reljefa pētnieku atzīst, ka pamatiežu virsas galveno elementu izvietojumu tieši atspoguļo tagadējās virsas reljefs, kas izveidojies pēc pēdējā apledojuuma atkāpšanās. Upes daudzās vietās tek pa labi izveidotām ielejām, kuru plašums neatbilst upes pašreizējās noteces lielumam. Dienvidigaunijas, Latvijas un it sevišķi Lietuvas pašreizējais hidrogrāfiskais tīkls daudzās vietās nesakrīt ar seno pirmskvartāra tīklu (Eberhards, 2013).

Daudzi atklātie senie iegrauzumi pamatiežos ir nepilnīgi pārklāti ar jaunākiem nogulumiem. Tie izsekojami reljefā kā ielejveidīgi padziļinājumi, kurus pārveidojuši ledāja

kušanas ūdeņi, vai pēcleduslaikmeta upes. Līdz ar to seno iegrauzumu ietekme uz tagadējā upju tīkla rašanos ir galvenokārt izpaudusies kā komplicētas ģenēzes negatīvas reljefa formas, kuru rašanos un saglabāšanos ietekmēja tas, ka zem tām atadās vēl senāki iegrauzumi pamatiežu virsmā. Gauja ir visai labs paraugs tam, it īpaši posmā no Valmieras līdz pat Baltezera kanālam (Eberhards, 2013).

Gaujas upes terases, izņemot, krāču posmu, ir akumulatīvas (Āboltiņš, 1971). Nogulu fācijas palienēs ir smalkas, smalkgraudainas, retāk vidēji graudainas mālaines smiltis. Gultņu fācijām raksturīga vidēja, un lielgraudaina smiltis, grants un oļi. Alūvija biezums ir 7 – 9 m , neskaitot krāces (Āboltiņš, 1971).

3. IEPRIEKŠĒJIE PĒTĪJUMI GAUJAS IELEJAS KRASTOS

Pagājušā gadsimta ģeoloģiskajā literatūrā vairākkārt pieminēta Gaujas ieleja galvenokārt sakarā ar devona nogulumiem, kas vairākkārt atsedzas ielejas krastos. Pagājušā gadsimta ģeoloģiskajā literatūrā vairākkārt pieminēta Gaujas ieleja sakarā ar devona nogulumu, kas vairākkārt atsedzas ielejas krastos. Gaujas ielejas ģeomorfoloģijas jautājumus pirmo reizi skāra Hausens 1913. gadā, saskaņā ar to, Gaujas ielejas rašanos saistīja ar ledāju kušanas ūdeņu iedarbību (Hausen,1913a,b). Izveidojusies ledāja malā milzīga straume tecējusi Zemgales līdzenuma virzienā. Pieņemsim, ka ielejas tālākā formēšanās saistīta ar noteci no pirms ledāja baseina, kas atradies rajonā Strenči – Valmiera (Āboltiņš, 1971). Tādās pašās domās par ielejas formēšanos ir Krievāns, ka tālākais ielejas attīstības etaps tiek saistīts ar piedēja baseina, kas atradies Strenču – Valmieras apkārtņē, noplūšanu. (Krievāns,2015). Tikusi izveidota kvartāra nogulumu karte, kurā parādīts, kā nogulumu veidojušies. G. Hausens ielejas veidošanos saistīja ar erozijas terasēm posmā starp Cēsīm un Līgatni, kas ir izkusušo ūdeņu straumju pēdas (Hausen,1913a,b). Tālāko Gaujas ielejas veidošanos noteica Baltijas jūras līmeņa svārstības (Āboltiņš,1971).

Dažas fragmentāras ziņas par Gaujas dažu ielejas posmu un baseinu kopumā veidošanos un morfoloģiju parādījās 20.- 30. gados. Tika rakstīts par upju un gravu attīstības periodu veicis Vinters 1926. gadā. Mēģināts kartēt Latvijas kvartāru, apzināt oļu un grants atradnes (Lancmanis, 1924). Tika apzināta Gaujas ielejas Siguldas, Allažu, Inčukalna un Lejasciema apkārtnē(Lancmanis, 1924, 1926) Tieši Gauju un ģeoloģijas jautājumus pētīja Ašmanis (1930), kurš tuvāk apskatīja Cēsu apkārtnes ģeoloģiju (1935). Ramans, pievērsās Latvijas rajonēšanai (1935) un deva savu ieguldījumu informācijas tapšanai, kura iekļauta Konversācijas vārdnīcā (1931). Lejasciema kāpu jautājumus risināja Kučers (1936). Leduslaikmetu un pēclepuslaikmetu Latvijā aprakstīja Zāns, 1937, kurš izklāstījis arī glaciālo skrambu un frikciju parādības Latvijas pamatiežos, pētījis osus un citus diluviālos veidojumus (1933) (Āboltiņš, 1971).

E. Kraus, 1930, uzskata, ka ielejas lielais dziļums ir noticis ledāja kušanas straumju iedarbības laikā, kad noticis neotektoniskais teritorijas pacēlums, kas būtībā ir glacioizostatiskā pacelšanās (Kraus, 1930).

Vairākkārtīgi par Gaujas ielejas morfoloģiju un attīstību rakstījis Saule – Sleinis , 1937, un Sleinis, 1933, 1935, un pēc viņa sprieduma Gaujas ielejas, tā upju Amatas, Vaives, Tirzas, Raunas, Lisas, ieleju dažu posmu veidošanās notikusi pakāpeniski ledāja malai atkāpjoties. Pētījis tieši kvartāru Gaujas baseinā (Sleinis, 1933). Upes ielejas posma formēšanās no

Valmieras līdz Murjāņiem, pēc viņa domām, noritēja vairākos etapos. Pirmajā izveidojās atsevišķas izolētas ielejas daļas, kuras izveidoja ledāju kušans ūdeņi tieši pie ledāja malas. Lielie ielejas izliekumi, acīm redzami, liecina par ledajā malas izliekumu. Aprakstījis Vidzemes Centrālās augstienes morēnas (Sleinis, 1935). Viņš pievērsās Gaujas senlejas jautājumiem (Sleinis, 1940). Vēlāk, kad notecēja Strenču baseina ūdeņi uz Zemgales pusi, notika šo posmu savienošanās. Gaujas ielejā pie Valmieras izdalītas divas terases, kuru augstums ir 10- 13 m virs upes līmeņa, kas izsekojamas līdz Cēsīm, kas radušies notekot ledāju kušanas ūdeņiem (Āboltiņš,1971).

Liela nozīme, lai izzinātu dažu Gaujas ielejas posmu uzbūvi, bijuši V. Pērkona, 1937, pētījumiem. Pirmo reizi parādās Gaujas ielejas šķērsriezumi pie Siguldas, Valmieras, Murjāņiem (Pērkons, 1947), kas uzskatāmi parāda, līdz pat 45m zem jūras līmeņa, dziļu apraktu ieleju, kas aizpildīta ar limnoglaciālajiem un fluviālajiem nogulumiem. Pēdējā pēc savām aprisēm pilnīgi sakrīt ar pašreizējo. Morēnas iztrūkums, pēc V. Pērkona domām, liecina par to, ka tā radusies vienā no pēcdeduslaikmeta posmiem, kad notika ledusbaseina kušanas ūdeņu notece, kad šīs erozijas bāze atradās dažus desmitus metrus zem pašreizējā jūras līmeņa. Sekojošā vēlākā ledusbaseina transgresija bija tā, kas noteica iztrādātās upes ielejas aizpildīšanu ar slokšņu māliem (Āboltiņš,1971).

Dažas ziņas par Gaujas vidusdaļas un lejasdaļas uzbūvi un attīstību savāca J. Sleinis, K. Cukermanis un M. Majore. Tā, piemēram, M. Majore, 1952, posmā no Valmieras līdz ietekai līcī izdala trīs virspalu terases un palieni. Otrā un trešā terases var saistīt ar Baltijas ledus ezera krasta līnijas stadijām (Krievāns, 2015).

Veselu rindu ziņas par upju ielejas morfoloģiju un attīstību parādās E. F. Grīnberga un V. G. Uļsta 1957. gada monogrāfijās, kas veltītas Latvijas PSR krasta izpētes vēsturei. Grīnberga darbā noteikts, ka Baltijas ledus ezera krasti sakrīt ar upes terasēm, kuru augstums ir attiecīgi 17 un 14 m virs jūras līmeņa (Āboltiņš,1971).

20. gadsimta 60. gados tikuši publicēti dati par trešās virspalu terases vecumu (Ābolkalns u.c., 1960). Tiek norādīts uz ceturtās virspalu terases esamību. Ābolkalns, Majore, Stelle norāda, ka kopumā ir četras virspalu terases, bet trešās virspalu terases veidošanās laika interpretācijā viņi pievienojās Majoras 1952. gadā izteiktajam) viedoklim (Krievāns, 2015).

Dažas kopējās atziņas par Gaujas ielejas neotektoniskām un mūsdienu formēšanās kustībām iztirzāti M.I.Kovaļevska 1959, 1961, A.B.Basalikas 1961. un J. A.Mešķerjakova 1961. darbos. Tā, piemēram, cokolu palienes esamību dažos upes posmos (pie Sikšņiem) un augsta gultņu un palieņu alūvija fāciju kontakta atrašanās (pie Dures), pēc Mešķerjakova domām, liecina par gultnes iegraušanos mūsdienu Ziemeļaustrumu Latvijas pacelšanās rezultātā (Āboltiņš,1971).

Dati par dažu ielejas posmu uzbūvi pēdējos gados tikuši ievērojami papildināti pēc ģeoloģiskajiem darbiem, ko realizēja LPSR Ministru Padomes Ģeoloģijas pārvalde (Āboltiņš, 1971).

Gaujas izpētē liela nozīme ir bijusi Ojāra Āboltiņa pētījumiem. Viņš mēģināja noskaidrot upes izcelsmi, veidošanos un attīstību. Izzināt, kādi ir bijuši šīs attīstības etapi. Deva Gaujas baseina ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko raksturojumu. Gaujas ielejas morfoloģisko uzbūvi izklāstīja Gauju sadalot trīs posmos: Augšgaujas, Vidusgaujas, Lejasgaujas posmos. Aprakstīja Gaujas ielejas attīstības vēsturi un dažas tās veidošanās īpatnības. Vairākkārt atgriezies pie terašu veidošanās un uzbūves problēmām. Diemžēl tikai nedaudz pieskāries mūsdienu eroziju – akumulatīvo procesu īpatnību izpaušmēm (Āboltiņš, 1971, Āboltiņš, Eniņš, 1979).

O. Āboltiņa pētīt Gaujas morfoloģisko raksturu saskārās ar grūti izskaidrojamo vairākpakāpju terašu esamību, kas viņam licis pievēsties padziļinātai tieši Gaujas senielejas izpētei (Āboltiņš, Eniņš, 1979). Viņš atklāja paleoiegrauzumu pamatiežos, kas lika viņam pārdefinēt Gaujas ieleju par Gaujas senieleju, jo atklājums lika domāt, ka upe tek par pirms Gaujas radušos veidojumu – ieleju. Diemžēl aktīvākie pētījumi notikuši Gaujas Nacionālā parka teritorijā, sākot no Jumaras ietekas Gaujā, nedaudz skarot Valmieras pilsētas teritoriju, bet maz ievērojot Valmieras Stāvos krastus. Vairākkārt tiek uzsvērts, ka senieleja sākas no Abula ietekas (Āboltiņš, Eniņš, 1979), bet labais krasts un tās ieteka pie Ķelderlejas nav tikusi pamanīta, kaut arī tās krastā ir pamanāms neliels smilšakmens atsegums.

Vislielāko pienesumu Gaujas, ka arī citu upju ielejām un to veidošanos devis Guntis Eberhards. Viņš savā darbā runā par gultni, tās veidošanos, un izmaiņām, hidroloģisko režīmu. Par straumi un tās ietekmi uz upes gultni. Svarīgākais, ka ir izpētījis krastu izskalošanos un uzskalošanos, un apstākļus, kas to veicina. Atklāja, ka Gaujas senieleja kļūst arvien dziļāka (Eberhards, 1991). Grāmatas anotācijā rakstīts: „Grāmatā pirmo reizi sniegts plašāks paleoģeogrāfisks un ģeoloģisks ieskats par Gauju un tās ūdeņos norisošajiem procesiem, par to, kā gadu tūkstos un pēdējos gadu desmitos mainījusies tās gultne, krasti un salas. Stāstīts par Gauju kā senu satiksmes ceļu un robežupi, par senām pārceļtuvēm un brasliem, līču, atvaru un salu nosaukumiem..” (Eberhards, 1991, 2. lpp). „Upju ieleju veidošanās un mūsdienu gultnes procesi Dienvidaustrumu Baltijā” ir monogrāfija, kas ir ilggadīgu pētījumu rezultātu apkopojums, Eberharda mūža darbs. Tajā aprakstīti upju tīkli, upju ielejas, terases tajās, kā arī to veidošanās un izmaiņas, kā arī, protams, gultņu procesi mūsdienās.

Laika posmā no 1964. līdz 1984. gadam speciāli izveidotos brīvi meandrējošos Gaujas un citu upju palieņu segmentu stacionāros tika veikti ikgadēji pētījumi ar mērķi noskaidrot krastu erozijas raksturu un intensitāti atkarībā no hidroloģiskajiem apstākļiem konkrētos gados, krastu augstuma, ģeoloģiskās uzbūves un dabiskās veģetācijas klātbūtnes. Stacionāros visu 100

līdz 800 metu garo meandru fronšu garumā tika izveidoti garengriezumi, kas deva iespēju izskaidrot nevienmērīgo krastu noskalošanu un atkāpšanos. Atkarībā no krasta ģeoloģiskās uzbūves īpatnībām (Eberhards, 2013).

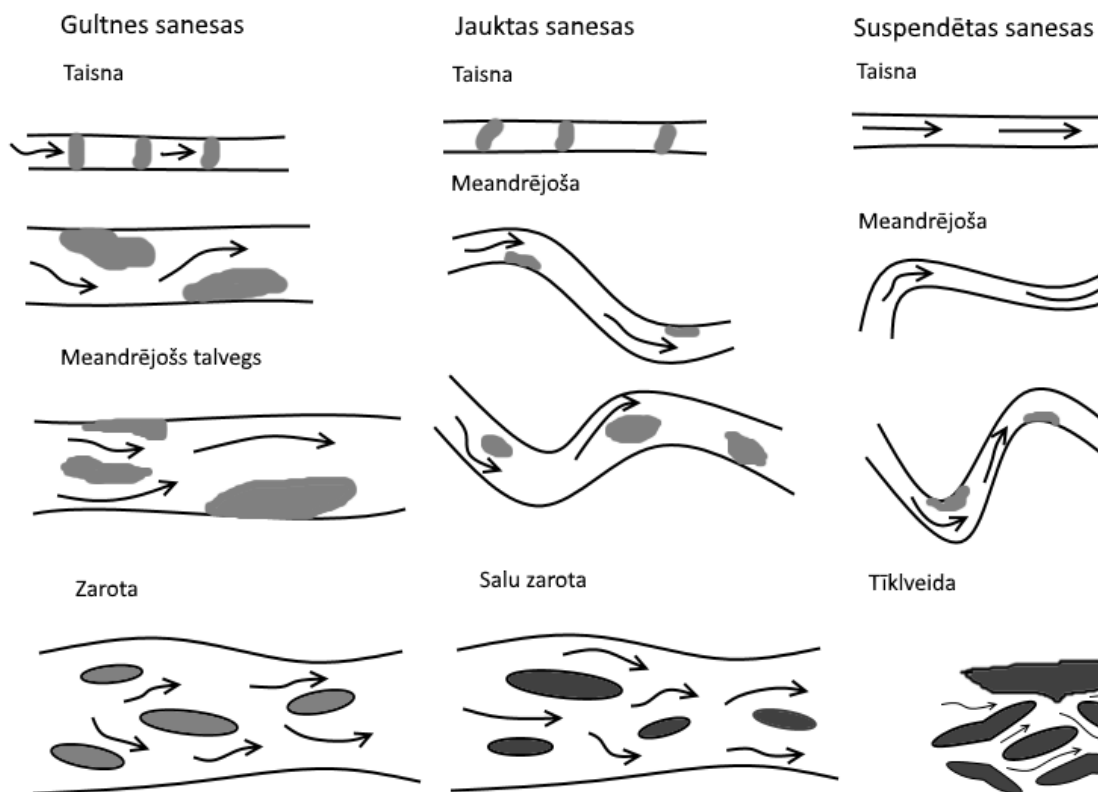
Atsevišķu brīvi meandrējošu Latvija lielāko upju, tai skaitā Gaujas, gultņu izmaiņu noskaidrošanai visa iepriekšējā gadsimta laikā tika izmantoti pagājušā gadsimta sākumā veikti gultņu uzmērīšanas plānu un aerofoto uzņēmumi (1964 - 1968). Izmantojot šos datus aprēķināti vidējie meandru gareniskās un sānu erozijas ātrumi (Eberhards, 2013).

O. Āboltiņš 1969. un 1971. gadā veicis palieņu un terašu alūvija biezuma, zemalūvija gultnes augstuma un palu līmeņu izmaiņu izvērtējumu (Eberhards, 2013).

4. MŪSDIENU UPJU GULTNES PROCESU RAKSTUROJUMS

Upes ir pastāvīgas dabiskas ūdensteces, kas tek no augstākas uz zemāku vietu pa dabisku gultni. Upes gultne ir garš un šaurs padziļinājums zemes virsā, kas ir ielejas zemākā daļa, pa kuru visu gadu tek upe. Pa gultni upe pastāvīgi vai periodiski transportē vai nogulda tajā sanesas. Lielāko daļu gada ūdens atrodas tikai upes gultnē (Huggett, 2011, Ancāne, 2000).

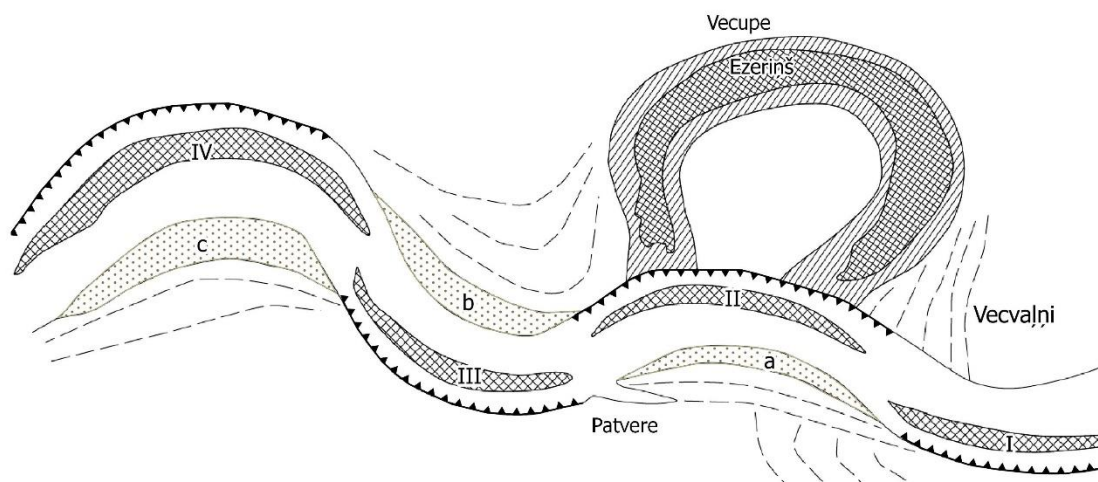
Aluviālās gultnes veidojas nogulumos, kas ir tikuši un tiek transportēti tekot ūdenim. Tās ļoti variē atkarībā no klimata, reljefa un ģeoloģiskās uzbūves. Tām raksturīgākie pamattipi (skatīt 4.1. att.) ir saistīti ar nogulumu izmēru, tam samazinoties samazinās arī gultnes stabilitāte (Huggett, 2011).



4.1. attēls. Aluviālās gultnes pamattipi (Autors, pēc Huggett, 2011)

Taisnas gultnes ir dabā reti vērojamas, galvenokārt V formas ielejās. Līdzenās ielejās taisnas gultnes gandrīz noteikti ir mākslīgi veidotas. Turklāt pat taisnās gultnēs talvegs (pūsmas dziļākā daļa (Anderson, 2010)) pārvietojas no viena krasta uz otru (Huggett, 2011).

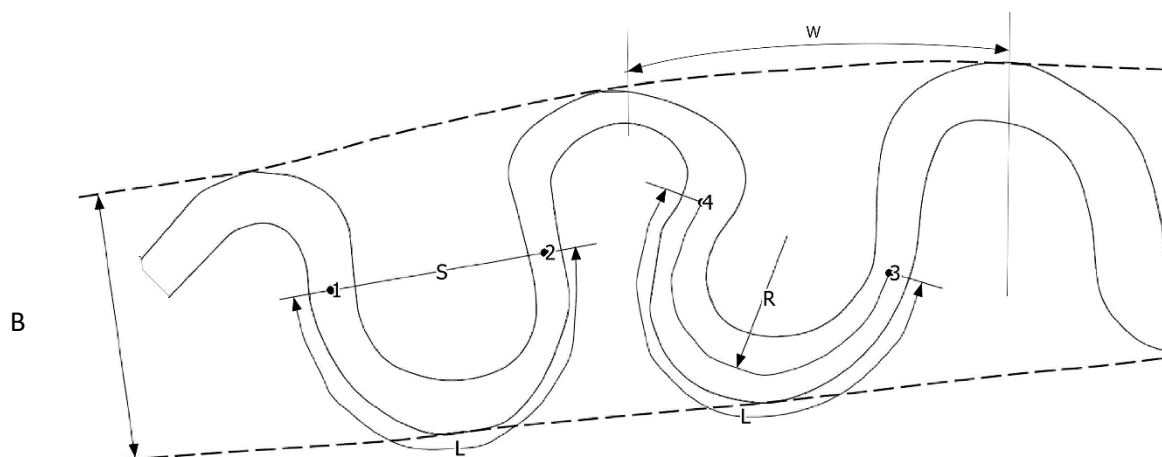
Zarotas gultnes sadalās vairākās izveidojušos salu vai sēru dēļ. Zarotas gultnes veidojas gadījumos, kas straumei ir augsta plūsmas enerģija, sanesas no nogāzēm, ledājiem un pietekām gultnē nonāk lielā daudzumā un galvenokārt tiek pārvietotas kā gultnes sanesas, krastus veido viegli erodējams materiāls, kas atļauj plūsmai relatīvi viegli veikt sānu eroziju. Kā arī, ja gultni veido grants vai rupjāks materiāls (Huggett, 2011).



4.2. attēls. **Upes gultnes galvenie elementi** (Autors, pēc Āboltiņš, 1991)

Apzīmējumi: a, b, c – Piegultnes sēres, I, II, III, IV - iedzelmes

Tomēr biežāk sastopamas ir meandrējošas gultnes (Anderson, 2010). Robeža starp taisnu un meandrējošu gultni tiek definēta ar meandrēšanas (līkumainības) koeficientu 1,5. Tas tiek aprēķināts izdalot gultnes garumu ar ielejas garumu. Meandri veidojas ūdens plūsmai erodējot izliekto kastu un akumulēto materiālu izgulsnē ieliektajā kastā (Huggett, 2011). Tā veidojas arī iedzelmes un piegultnes sēres skatīt (4.2. att.). Šīs erozijas un akumulācijas rezultātā upes loki visu laiku pakāpeniski maina savus izmērus un ataršanās vietu, bet tas nenotiek bezgalīgi (Ancāne, 2000). Meandrus raksturo dažādi morfoloģiskie parametri (skatīt 4.3. att.).



4.3. attēls. Meandru raksturīgākie elementi elementi (Autors, pēc Huggett, 2011)

Apzīmējumi: 1, 2, 3, 4 – Šķēršņi, L – meandra loka garums, S- meandra solis, R- meandra loka rādiuss, W- meandra viļņa garums B- Meandra amplitūda (meandrēšanas joslas platums)

Dabiskie meandri gan reti ir perfekti simetriski un regulāri un ir ļoti mainīgi, tomēr neskatoties uz to lielākajai daļai gultņu attiecības starp parametriem ir līdzīgas: Upes meandrēšanas joslas platums ir aptuveni 10 reizes lielāks nekā gultnes platums un 5 reizes lielāks nekā meandra loka vidējais rādiuss (Huggett, 2011). Palielinoties upes meandra rādiusam samazinās arī upes garenkritums. Zūd upes straumes spēja transportēt sanesas, bet meandra kakla tuvumā notiek pazemes ūdens plūsmas pastiprināšanās. Pavasara palu vai uzplūdu laikā var notikt meandra kakla pārraušana un upes gultnes iztaisnošanās. Pēc meandra kakla pārraušanas palielinās upes garenkritums un līdz ar to straumes ātrums, kas sākotnēji pārrāvuma vietā izsauc lokālu un īslaicīgu gultnes izskalošanu, bet pa straumi uz leju var radīt pat nelielu zarošanos.

G. Eberharda veiktie septiņus gadus ilgie pētījumi no 1975. līdz 1983. gadam viņam deva iespēju izšķirt piecus upju ieliektu krastu erozijas tipus un vienu ierobežoti sastopamu tipu. Pirmie četri raksturīgi zemiem un brīvi meandrējošiem upju krastiem, piektais augstiem un sestais zemiem un vidēji augstiem krastiem. Pirmajam tipam raksturīga vienmērīga noskalošanās visā erozijas joslas garumā. Veidojas gandrīz izlīdzināta vai sīkorbota krasta kontūra. Otrais krastu eroziju tips raksturīgs upēm ar palienēm, kurām ir labi izteikta divdaļīga alūvija uzbūve. Izmaiņas šajos karstos notiek galvenokārt palu laikā. Trešajam tipam laika gaitā raksturīgs sarežģītāks un nevienmērīgāks ieliektā krasta atkāpšanās process visā meandra

garumā. Veidojas terasēta nogāze, bet krants iegūst dziļrobotu izskatu. Ceturtais upju ieliekto krastu erozijas tips atšķiras ar nevienmērīgu nogāzes augšdaļas un apakšdaļas noskalošanu, kā rezultātā veidojas kāpļaina terasveidīga nogāze. Piektais erozijas tips saistīts ar 10 līdz 30 m augstiem meandru stāvkrastiem, kur upe erodē vecāku terašu nogulumus. To atkāpšanās notiek pavasara palu, vai vasaras-rudens plūdu laikā. Veidojas visumā izlīdzināta stāvkrasta augšmalas kontūra ar nelieliem ierobiem. Sestais upju ieliekto krastu erozijas tips raksturīgs lielo upju lejtecēm, kur to krastus veido jūras vai eolie smilšu nogulumi (Eberhards, 2013).

Meandru pārvietošanos nosaka vairāku faktoru kopums, no kuriem noteicošie ir ielejas un gultnes ģeoloģiski ģeomorfoloģiskā uzbūve un upes hidroloģiskais režīms. Brīvie meandri savā attīstība iziet vairākas stadijas. Pirmā no tām ir lēzenu segmenta tipa meandru deformācija, kas notiek galvenokārt noskalojot izliektā krasta augšējo spārnu un ieliektā krasta lejas spārnu, kas sekmē meandra pārvietošanos pa ieleju uz leju meandrēšanas joslas robežās (Eberhards, 2013). Otrajā stadijā Vienlaikus ar meandra pārvietošanos uz leju notiek arī meandra pārvietošanās uz sāniem, bet trešajā stadijā meandra deformēšanās sasniedz maksimālos lielumus. Meandrs saglabājot savu pārvietošanos aktīvi izliecas uz ieliektā krasta pusi, noskalošanas zonai pārvietojoties uz augšu attiecībā pret meandra virsotni un ģeometrisko asi. Ceturtā stadija sākas, kad tiek pārsniegti kritiskie meandra loka garuma un soļa attiecību parametri. Tālākie tā attīstības virzieni var būt dažādi. Bet tā konkrēto attīstības virzienu ietekmē blakus esošo meandru attīstība (Eberhards, 2013). O. Āboltiņa veiktais palienu un terašu alūvija biezuma, zemalūvija gultnes augstuma un palu līmeņu izmaiņu izvērtējums parādīja, ka Gauja turpina iegrauzties dziļumā, saglabājoties brīvai upes meandrēšanai.

Valmieras Stāvos krastus definēju, kā Gaujas stāvkrastu, kas sākās netālu no Daliņu mājām, kur Gaujā redzams liels laukakmens, kuru var ievērot arī ortofoto kartē, līdz stāvkrasta beigām tā garums ir 645 m, bet mērot līdz palienei 788 m .

Pirmais un galvenais stāvo krastu nobrukšanas iemesls ir Gaujas upes ūdeņu iedarbība. Ūdens straume, kas stāvkrasta pusē ir visspecīgākā, veido šajā pusē vislielāko dziļumu. Pēc G. Eberharda aptuvenām aplēsēm upes dziļums šādu krastu piekāpjē var sasniegt 8 m dziļumu (Eberhards, 1991).

Krasts ir smilšains, viegli sacementēts, un līdz ar to viegli noskalojas. Ziemā Gauja aizsalst un sasalst arī krasts, līdz ar to šis ir mierīgākais periods pēc rudens lietavām. Pavasaris turpretī ir aktīvākais krasta nobrukšanas laiks. Atkūstot stāvkrastam, un pa Gauju plūstošajiem ledus gabaliem beržoties gar krastu notiek nogrūvumi. Nozīmīgu ieguldījumu tajā, saprotams, dod augstais ūdenslīmenis upē. Augsnes erozija, plaisas krastā, kā arī vēja erozija arī ietekmē krastu, nopūšot augus no krasta, un palīdzot kokiem ātrāk iekrist Gaujā.

Stāvo krastu meandram ir izteikti asa forma, šeit vērojami ledus sastrēgumi, kā arī tie ir ģeoloģiski viegli grūstoši irdenu smilšu slāņi, kas caurausti ar mālu slāņiem. Gaujas Stāvais krasts lēnām atkāpjas un tiek noskalots visā garumā, bet vietām 20 – 50 metru posmos, process notiek strauji (Eberhards, 1991).

5. MATERIĀLI UN METODEDES

Lai iegūtu ieskatu pētījuma teorētiskajā daļā, tika izmantota literatūras analīzes metode ar kuras palīdzību tika analizēta pieejamā publicētā un nepublicētā literatūra par upju gultņu procesiem, to veidiem un izplatību, un šos procesus ietekmējošajiem faktoriem.. Kā arī tika apkopota publicētā un nepublicētā literatūra par Gaujas ieleju, tās fizioģeogrāfiju, ģeoloģisko uzbūvi, it īpaši tās posmu no Strenčiem līdz Valmierai, kā arī par iepriekš veiktajiem ģeoloģiskajiem un ģeomorfoloģiskajiem pētījumiem Gaujas ielejā.

Veicot pētījumu ļoti svarīga ir piemērotas pētījumu vietas izvēle. Pētījuma vieta tika izvēlēta tādēļ, lai veiksmīgi varētu sasniegt darbā izvirzīto mērķi, kā arī tādēļ, ka mūsdienu gultnes procesi šim posmam nav pētīti kopš 1984. gada. Un arī tādēļ, ka tajā atklājas samērā daudz dažādi upju gultnes procesi.

Bakalaura darbā tika veikta Gaujas posma starp Strenčiem un Valmieru digitalizācija izmantojot LU ĢZZF WMS serverī pieejamos karšu slāņi. Tika izmantoti ortofoto karšu slāņi, sākot ar pirmo etapu un beidzot ar pēdējo pieejamo, kas šobrīd ir 5. etaps, kā arī topogrāfiskās kartes mērogā 1:10000. Digitalizācijas darbi tika veikti izmantojot QuantumGIS programmu QGIS 2.12.1- Lyon. Tika iegūti dati no Latvijas vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra par Gaujas ūdenslīmeņiem ortofoto uzņemšanas brīdī, kā arī, kad ir tikuši novēroti vis lielākie palī.

Pēcāk salīdzinot iegūtos rezultātus izmantojot kartogrāfiskās metodes tika noteikts tas, kādā veidā ir mainījusies Gaujas upes gultne šajā upes posmā. Vai ir notikusi meandru pārvietošanās, kādā veidā un vai meandri laika gaitā ir izmainījuši savu formu. Izmantojot orofoto tika izvērtēts arī krasta un piegultnes sēru izmaiņas. Kā arī izveidota karte vietām, kur sagaidāmas būtiskākās izmaiņas. Visas izveidotās kartes ir izveidotas izmantojot programmu QGIS 2.12.1- Lyon. Kā arī tika pielietota Envirotech vektordatu bāze GIS Latvia 10.0.

Bakalaura darba ietvaros arī tika veikta pētāmās teritorijas apsekošana, un fotofiksācija.

Bakalaura darba izstrādei tika izmantoti šādi materiāli:

- Zinātniskā literatūra par mūsdienu upju gultņu procesiem;
- Publicētā un nepublicētā informācija par Gauju, tajā notiekošajiem gultņu procesiem un iepriekšējiem pētījumiem par tiem;
- LU ĢZZF WMS pieejamie ortofoto materiāli (1. līdz 5. etaps);
- Citi kartogrāfiskie materiāli no LU WMS servera;
- LVĢMC arhīvā pieejamie dati par ūdenslīmeni Valmieras hidroģeoloģiskajā stacijā.

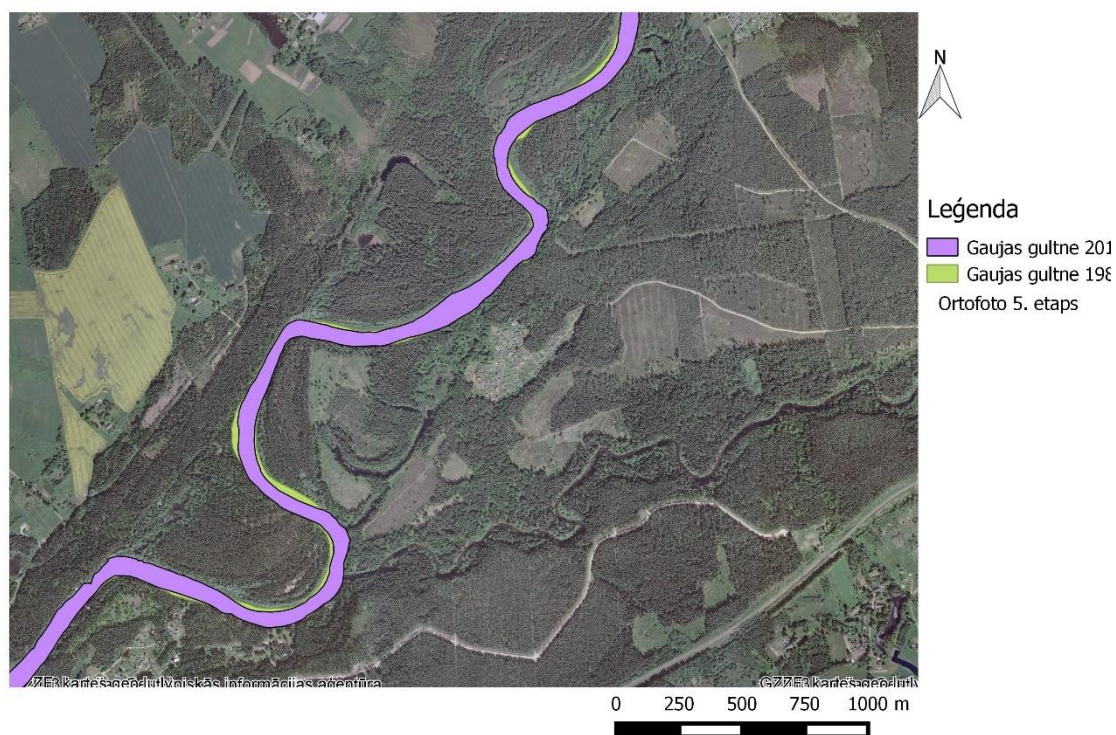
Bakalaura darba izstrādē tika izmantotas šādas metodes:

- Literatūras, informācijas un iegūto datu analīze
- Tālīzpētes metodes
- Kartogrāfiskās metodes

6. PĒTĪJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Darba gaitā tika digitalizēta topogrāfiskā karte mērogā 1:10000, kā arī dažāda laika ortofoto kartes. Digitalizēšanas rezultātā tika iegūti kartogrāfiski dati par Gaujas gultnes pārvietošanos. Gauja ir ļoti līkumaina upe un pētāmajā teritorijā tā met aptuveni 28 lielākus vai mazākus līkumus. Ir visai grūti noteikt precīzu līkumu skaitu, jo dažviet upe tikai nedaudz ieliecas – kas vēsta par tikai topošu meandru. Gauja pētāmajā teritorijā ir brīvi meandrējoša upe, tikai divās vietās pirms un vienā pēc Abula ietekas Gaujā tā ietiecas ielejas pamatkrastā – kur līdz ar to tā ir uzskatāma par ierobežoti meandrējošu upi.

Kopumā redzamās Gaujas gultnes izmaiņas nav īpaši lielas un kopskatā apskatot pētāmo upes posmu gultnes izmaiņas nav saskatāmas. Tomēr, ja šo Gaujas posmu apskata detālāk (skat. 6.1. att.) var saskatīt izmaiņas.

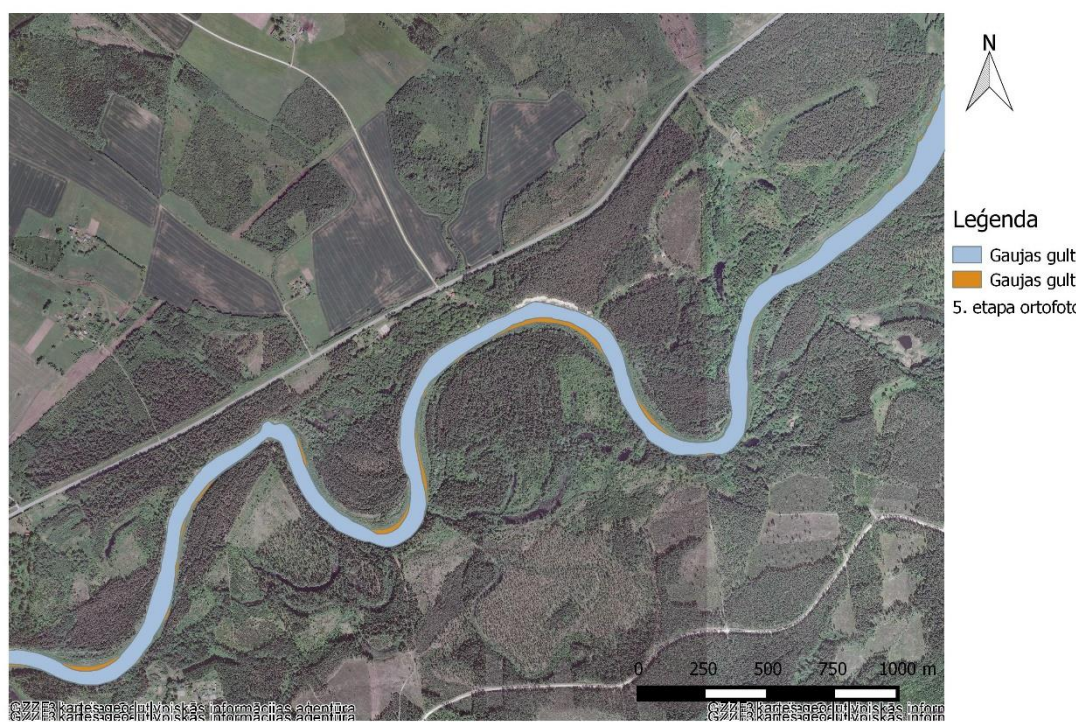


6.1. attēls. **Gaujas gultnes izmaiņas salīdzinot topogrāfisko karti un jaunāko ortofoto karti**
(Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5 un TOPO 10K, 2016)

Šīs izmaiņas salīdzinot 1988. gadu, kura situācija ir attēlota topogrāfiskajā kartē un 2015. gadu, kurā uzņemts 5. Ortofoto etaps šajā teritorijā, nav ļoti lielas un atšķirās dažādiem meandriem. Tas varētu būt skaidrojams ar visai lēnajām Gaujas gultnes izmaiņām. Gultnes meandrēšana ir lēns un pakāpenisks process, tāpēc krasas izmaiņas ir novērojamas tikai pēc salīdzinoši ilga laika. Meandri ir pārvietojusies gan gareniski, gan pa straumi uz leju. Izmaiņas šo 27. gadu laikā nav ļoti lielas – maksimāli nedaudz vairāk nekā 20 metri, kas ir ievērojami

mazāk kā 1 metrs gadā, un visai sakrīt ar 1977. līdz 1984. gada G. Eberharda stacionārajiem novērojumiem, kuru laikā tika novērots, ka lielām upēm, kā Gaujai krastu izmaiņu ārtumi vidēji sasniedz 0,5- 1 m gadā (Eberhards, 2013).

Ir saskatāms arī tas, ka meandri pa ieleju uz leju pārvietojas ātrāk, nekā uz sāniem. Tas ir pat labāk saskatāms, ja tiek salīdzināti 1. un 5. etapa ortofoto, jo tajos meandru pārvietošanās sēriski ir mazāk redzama (skat. 6.2. attēlu).



6.2. attēls. Gaujas gultnes izmaiņas salīdzinot 1. un 5. etapa ortofoto karti (Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5 un Ortofoto 1, 2016)

Spēcīga brīva meandrēšana posmā no Strenčiem līdz Valmierai, kā arī daudz kur citur lielā mērā ir atkarīga no zemienes ģeoloģiskās uzbūves. Upes dziļuma un sānu erozijas ietekmē rodas sanesumi gultnē, tā tiek veicināta tās pārvietošanās. Ļoti lielu ietekmi uz krastu izskalošanos un uzskalošanos rada tieši pavasara pali un vasaras- rudens uzplūdi. Nozīmīgs ir ūdens līmenis – jo augstāks tas ir, jo lielākas izmaiņas ir novērojamas (Kasvi, 2014). Tas samērā labi atainojas arī Šajā upes posmā, jo salas un sēres visai spēcīgi atšķiras starp trešo un ceturto ortofoto kartēšanas etapu - pat vairāk nekā starp pirmo un trešo. Kas ir skaidrojams ar to, ka 2011. gada pavasarī bija vērojams ļoti augsts pavasara palu ūdens līmenis – maksimāli 457 cm virs Valmieras hidroloģiskās stacijas nulles atzīmes. Krastu izskalošanās parasti notiek meandru ieliektajos krastos.

Praktiski netika novērota krastu izskalošanās Gaujas upes taisnajos posmos. Spriežot pēc kartes (6.5. attēls), gan ka no Strenčiem līdz Puriņu mājām Gaujas gultne kopš 1988. gada ir

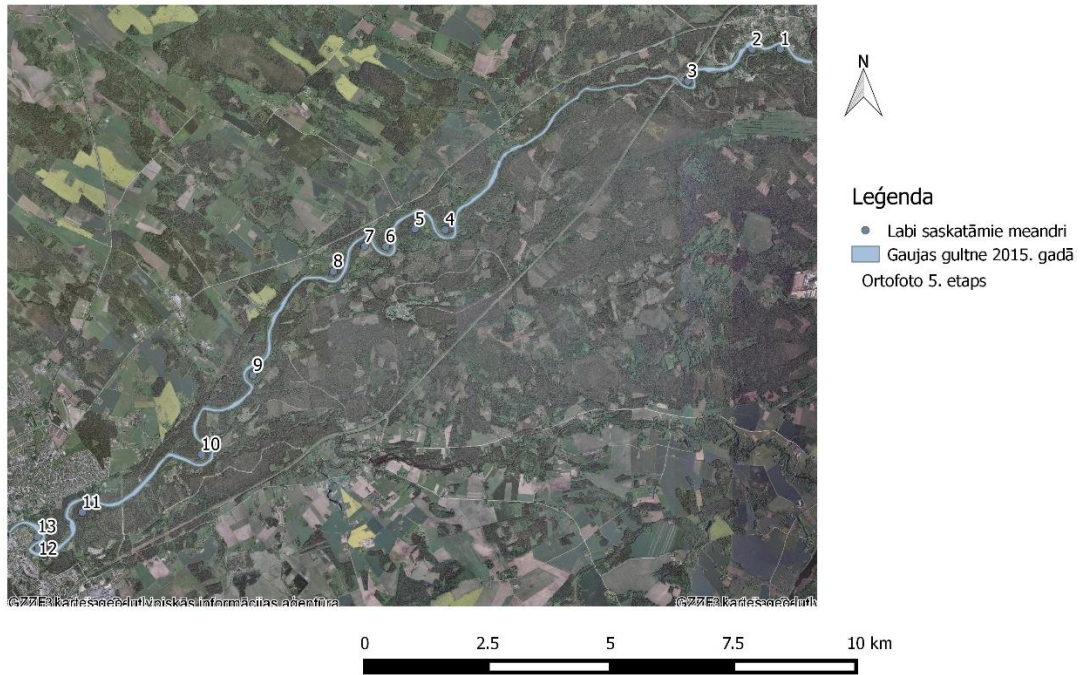
pārvietojusies aptuveni 19 metrus uz ziemeļiem, kas gan nešķiet ticami, jo ja salīdzina 1998. gada gultni ar 2015. gada gultni, tā praktiski nav mainījusies. No tā varētu domāt, ka gultne ir pārvietojusies laika posmā no 1988. līdz 1998. gadam, bet cits iemesls tam varētu būt – sagrozījums kartē. Tā, kā topogrāfiskā karte ir zīmēta citā koordinātu tīklā, šis sagrozījums varētu būt radies koordinātu tīkla atšķirības dēļ, vai arī ģeoreferencēšanas rezultātā. Uz to norāda tas, ka gultnes forma šajā posmā praktiski nav mainījusies un šī neparastā nesakritība šķietami sākas uz karšu lapu savienojuma.

Tika veikta arī izteiktu meandru loku rādiusu noteikšana brīvi meandrējošajiem meandriem (skat. 6.3. attēlu un 6.1. tabulu). Pēc iegūtajiem rezultātiem ir iespējams saskatīt, ka meandru loku rādiusi pētāmajā Gaujas upes posmā savstarpēji ir ļoti atšķirīgi, tie bieži vien nav simetriski un nebūt nav regulāri. Līdz ar to loku rādiusu precīza izmērīšana ir visai sarežģīta. Pētāmajā teritorijā izvēlētajā laika posmā (kopš 1988. gada) meandru loku rādiusi nav būtiski izmainījušies. Paskatoties uz vecupēm, var redzēt, gan, ka meandru loku rādiusi ir redzami pieauguši, kas varētu būt skaidrojams ar lielāku noteci Gaujā- klimata pārmaiņu un cilvēka darbības rezultātā.

6.1.tabula

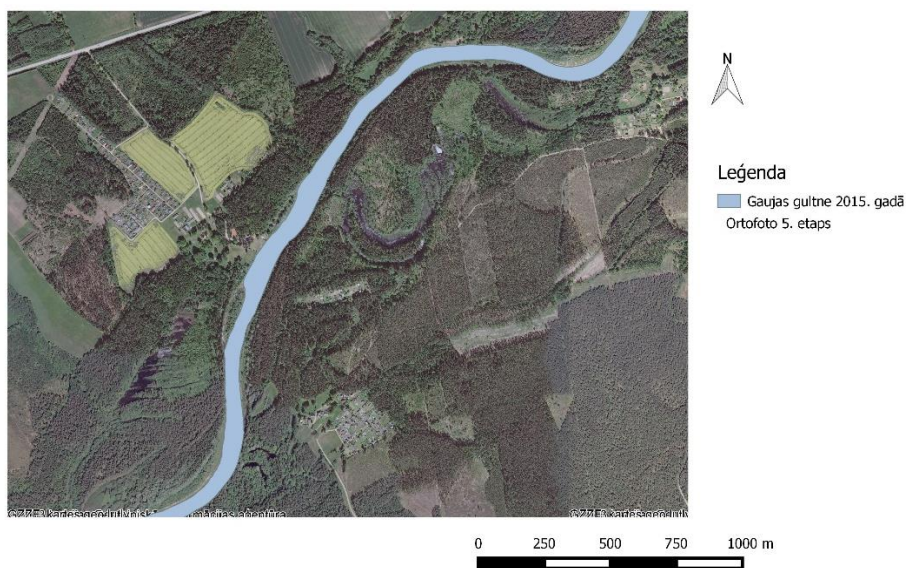
Pētāmajā teritorijā esošo labi saskatāmo meandru loku rādiusi (izstrādājis autors, 2016.)

Meandra nr. kartē	Meandra loka rādiuss, m
1	120
2	120
3	110
4	180
5	270
6	170
7	110
8	130
9	145
10	220
11	250
12	100
13	80



6.3. attēls. **Izteiktie brīvi meandrējošie Gaujas meandri** (Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5, 2016)

Gultnē novērojamas salas un sēkli visos ortofoto un arī topogrāfiskajā kartē. Jāpiemin, ka ne salas veidojas upes izskalojamam materiālam nogulsņējoties upes dibenā, šim materiālam uzkrājoties var izveidoties vidussēre. Pētāmajā teritorijā dažās vietās salas, kuras atrodas pie krasta šķietami vairs nav salas, bet ir pievienojušās krastam, kas redzams ne tikai otrā un trešā ortofoto etapā, kur ūdenslīmenis ir attiecīgi 2 un 10 cm zem Valmieras hidroloģisko novērojumu stacijas nulles līmeņa, bet arī piektajā, kur ūdenslīmenis ir virs stacijas nulles līmeņa (LVĢMC, 2016).



6.4. attēls. **Gaujas upes taisnais posms starp Sīmanēnu un Lielaušu mājām** (Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5, 2016)

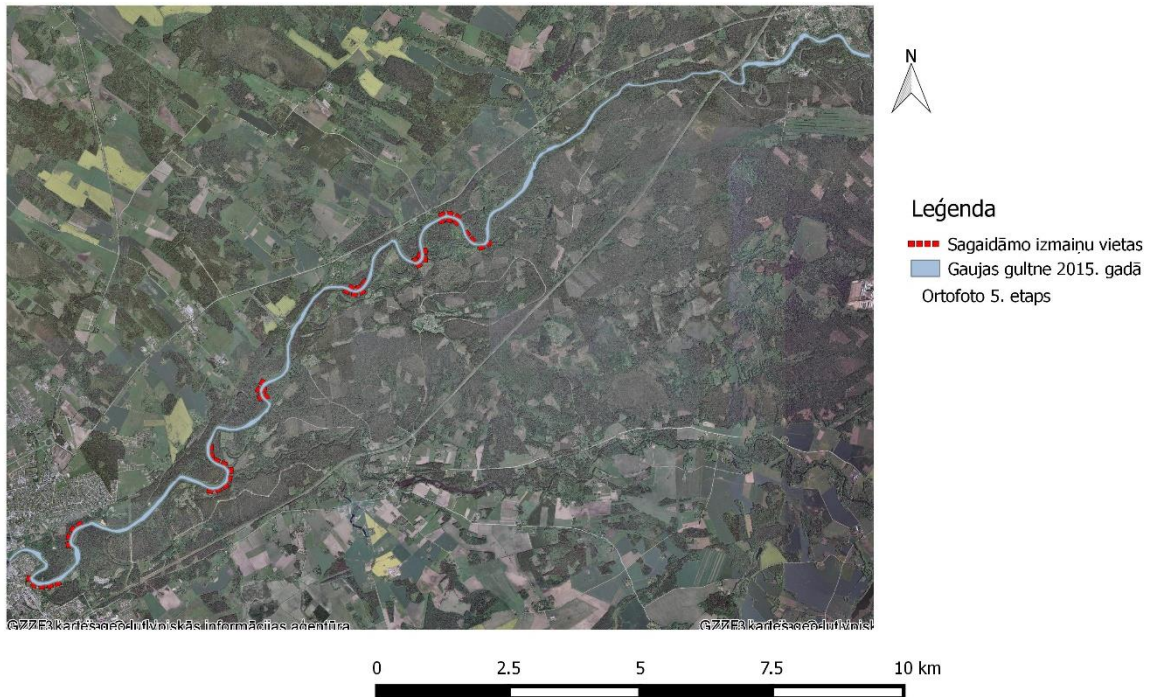
Visai labi redzams, ka gultnes taisnums dažās pētāmās teritorijas vietās ir pagaidu parādība, par ko liecina liels daudzums pamesto meandru, kas liecina, ka arī šim posmam bija raksturīga meandrēšana (skat. 6.4 .attēlu).

Tajā pašā laikā posmā lejup pa straumi no Strenčiem līdz Krāču mājām upes posms ir samērā taisns, bet nav novērojama agrāka meandrēšana, ti. nav saskatāmas vecupes (skat. 6.5. attēlu). Tieši zem krācēm gultnē novērojama izteiktāka akumulācija – formējās sēres un upe šķeļas piedurknēs. Tomēr tas raksturīgs tikai nelielam upes gultnes posmam tieši aiz krācēm. Parasti upes gultnē ir novērojama visai precīza sēkļu un sēru mija. Agrāk tas bijis izteiktāks, bet šobrīd daļa salu jau praktiski ir pievienojušās krastam. Gaujas upes vidējais dziļums šajā posmā ir 4 – 5 m, bet sēkļos 0,7 – 1,5 m (Āboltiņš, 1971). Gaujā notiek dziļumerozija jeb iegrauššanās. Gauja 68 gados iegrauzusies pa 60 cm, bet vidējais (aritmētiskais) iegrauššanās ātrums ap 7 – 8 mm gadā (Eberhards, 1991).



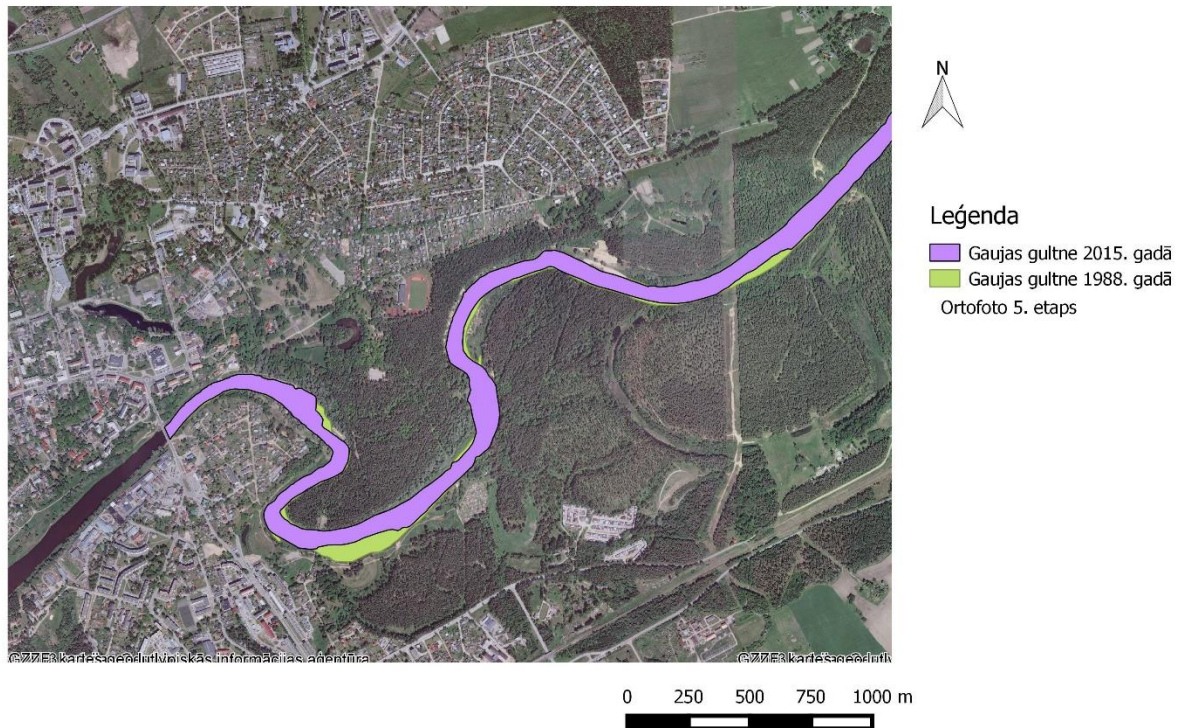
6.5. attēls. Gaujas upes taisnais posms starp Dzelzceļa tiltu pie strenčiem un Krāču mājām
(Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5 un TOPO 10K, 2016)

Izmantojot izzīmētās upju gultnes un analizējot to izmaiņas ir iespējams veikt arī sagaidāmo izmaiņu prognozēšanu (skat. 6.6. attēlu).



6.6. attēls. **Vieta, kur sagaidāmas būtiskākās izmaiņas** (Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZFF WMS Ortofoto 5, ortofoto 1 un TOPO 10K, 2016)

Vispēcīgākās izmaiņas turpmākajā nākotnē ir gaidāmas vairākos pētāmās teritorijas posmos. Ievērojamas izmaiņas nākotnē sagaidāmas Valmierā pie vanšu tilta (6.8 attēls), kur notiek izliektā krasta erozija. Gauja meandrē tieši pilsētas teritorijā. Pilsēta tieši pēc šī meandra izveidojusi savu logo, kurš atbilst manis aprakstītajiem meandriem, kur notiek un arī notiks aktīva krastu atkāpšanās. Īpaši labi tas redams pie Valmieras Vanšu tilta. Pēdējos gados šeit notiek šī krasta noskalošana, un tā notiks arī nākotnē, kur Gauja virzīsies arvien vairāk Pauku Priežu pļavai, kas ir palienes pļava, virzienā. Būtiski pieaugs krasta stāvums (6.7. attēls).



6.7. attēls. **Gultnes izmaiņas Valmieras teritorijā** (Izstrādājis autors izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5, un TOPO 10K, 2016)

Aiz Vanšu tilta, kur arī notiek krasta atkāpšanās Gauja jau noskalo dambi, kas aiztur upes virzību uz vecupes pusi, kura daļēji jau ir aizbērtā un aizdambēta. Palu ūdeņi bīstami apdraud palienē esošās ēkas, kas atrodas Ūdens ielā, kuru adreses ir Ūdens iela 10 un Ūdens iela 17. Gauja cenšas izlauzties Mazās stacijas ielas virzienā, ko notur vienīgi dambji. Tā mēģina ieplūst pilsētā arī pa Tālavas ielu. Būtībā apdraudēts ir viss Krāču kakts, ko glābj liels uzdambējums, kaut apbūve aiz dambja ir tikai nedaudz augstāka par palienes augstumu. Mans pētījums parāda, ka meandra loks virzīsies Stacijas ielas un Mazās stacijas ielu virzienā. Būtībā tā ir meandru josla, kurā atrodas vecie meandri jeb vecupes, kuras antropogēnās iedarbības rezultātā tikušas samazinātas. Vecupes teritorijas tiek saimnieciski izmantotas, ir apbūvētas. Šeit sagaidāmas būtiskas izmaiņas, kas apdraud Vanšu tiltu un ap tiltu esošās teritorijas, visu meandru joslu šajā rajonā, kā arī Gaujas stāvajos krastos, kur arī notiek krasta erozija (6.9. attēls),



6.8. attēls. Gaujas izliektais krasts pie Vanšu tilta Valmierā (Autora foto, 2016)

turpretim Gaujas stāvo krastu pretējā pusē notiek samērā strauja nogulumu uzkrāšanās (1. pielikums). Gaujas stāvajos krastos pie Valmieras galvenokārt ir sastopamas vecas priedes retāk divdesmitgadīgi ozoliņi un lieli bērzi, agrāk šeit bija vērojams arī pamežs, bet pilsētas un krasta apsaimniekotāji to ir izcirtuši. Šāda veida apauguma krastu izskalošana un atkāpšanās notiek sarežģīti un nevienmērīgi.

Raksturīga iezīme – dziļrobotas krasta kontūras veidošanās. Izdarītie specialie pētījumi (1975.- 1985.)parādīja, ka tieši lielie koki un krūmi ir tie, kas sekmē lielus lokveidīgus krasta iebrukumus, šādu krēslveidīgu ierobu garums var sasniegt 20 – 40 m, bet dziļums krasta virzienā pat 4 – 8 m, reizēm līdz 20 m (Eberhards, 1991).



6.9. attēls. Gaujas stāvie krasti (Autora foto, 2016)

20. gadsimta 70. un 80. gados notika lielo koku apzāģēšana gar brūkošajiem krastiem (Rūsa, 2016), kura šajā gadsimtā vairs nenotiek līdz ar to rodas lielāku ierobu nogrurvumi. 2011. gada lielo palu rezultātā izveidojās vismaz 5 lieli ierobi. Šobrīd visa Stāvo krastu piekāje ir pilna ar kritušajiem kokiem, kas kalpo gan kā atbalsts krastam, gan kā eroziju pastiprinošs faktors (2. pielikums). Pie stavkrasta ir ļoti daudz atvari. Tie sevišķi izteiksmīgi ir pavasarī palu laikā. Tas nozīmē, ka upes dibens ir ļoti bedrains. Šeit, kā jau minēju, ir ļoti daudz upē sarituši koki. 2011. Gada decembrī krastā bija desmit lieli ierobi, kur redzami nogazušies 62 lieli koki, no tiem 50 lielas priedes. Labais krasts ir ļoti dziļš un ļoti bīstams peldēšanai, kur turpretīm otrs krasts ir ļoti sekls un lēzens.

Nākamajos gados tik būtiska krēslveida ierobu veidošanās vairs nenotiek, bet notiek nogrurvumi abpus šiem ierobiem. Krasti visstraujāk tiek noardīti pavasara palu ūdens līmeņa pacelšanās laikā, kad ūdens līmenis sasniedz savu maksimumu, paceļas līdz kraujas malai un sāk applūst paliene. Veidojas paskalojamie krasti, kuri ne tikai draud iegāzties upē, bet arī iegāžas straumē. Gar krastu esošas taciņas ir ļoti nedrošas, smiltis zem tām ir nobrukušas, atlikušas tikai pārkares, kas turās tikai uz zāļu un koku saknēm (Eberhards, 1991).

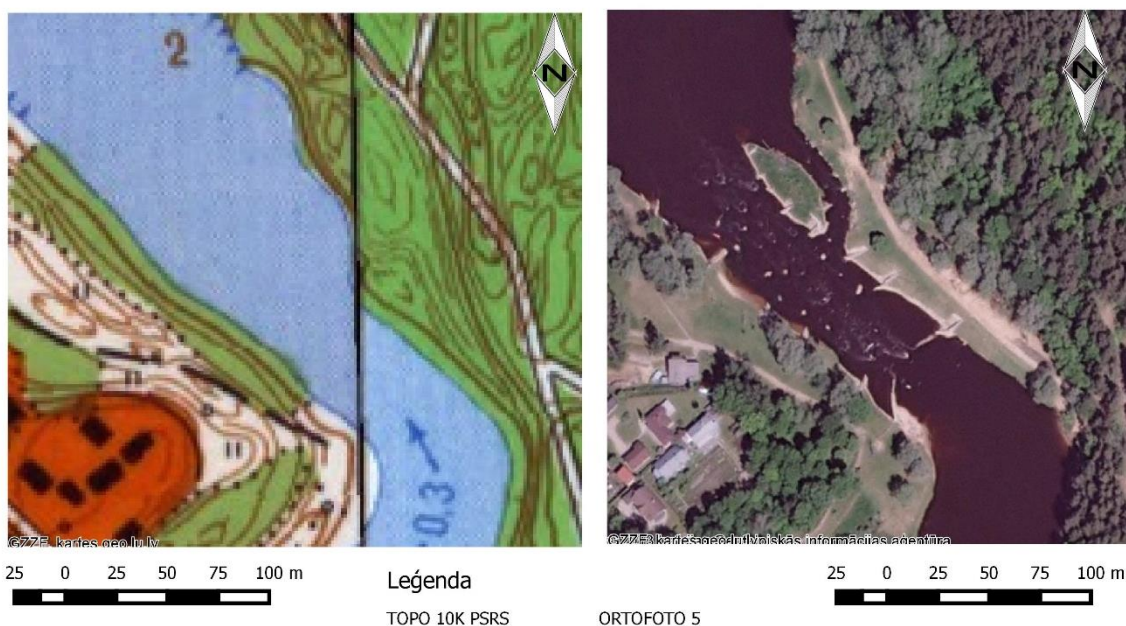
G. Eberhards veicis pētījumus par krastu nobrukšanas intensitāti. Krasti tikpat ka netiek noskaloti, ja palu līmenis paceļas tikai par 2 – 2,5 m. Tas sevišķi raksturīgs bija laikā no 1964.-1975. gadam, arī 1984. un 1987. gados. Strauja krastu izskalošana notiek, ja palos ūdens līmenis paceļas 3,5 – 4 m. Sevišķi augsts tas bijis 1931 un 1956. gados, kad līmenis pārsniedza 5 metrus (Eberhards, 1991). Valmieras Stāvajos krastos 2011. gadā, kad ūdens līmenis palos bija virs 4,5 m pacēlies, bija vietas, kur krasts atkāpās par 10 metriem. Svarīgi ir izprast un ievērot, ka šādu

krastu intensīva izskalošana, kas izraisa nobrukšanu sākas tieši upes dibenā. Šis process notiek 3- 6 m dziļumā, kur straume iegrauzas krasta kraujas zemūdens piekāvē. Tieši tur tiek izgauzti ierobi vispirms.

Vēl nesen tika uzskatīts, ka krastu nobrukšanu sekmē cilvēku iedarbība, bet G. Eberhards speciālajos ilggadejos pētījumos precīzi izmērīja un parādīja, ka antropogēnā iedarbība uz Gauja krastu atkāpšanos ir nebūtiska, niecīga. (Eberhards, 1991)

Valmieras Stāvo krastu atkāpšanās ir dažādu krasta erozijas faktoru kopums, jo bez krasta noskalošanas šeit veidojas arī noslīdeņi, jo krastu caurvij aptuveni 1 m biezs māla slānis stāvkrasta augšējā daļā 1,5 m zem augsnes un smilšu kārtas. Šādu noslīdeņu gabali vērojami vietās, kur nav nobrukumu. Šobrīd Valmieras Stāvie krasti tiek aktīvi apsaimniekoti, tiek savākti atkritumi, izveidota „Sajūtu taka”, un cilvēki, staigājot, noslīdeņus ir izbrādājuši un izšķaidījuši.

Ievērojama krasta atkāpšanās sagaidāma arī ap Abula ieteku Gaujā. Savukārt nozīmīga krasta augšana notiek nedaudz pa straumi uz augšu no Abula ietekas (1. pielikums). Ievērojama meandra pārvietošanās sagaidāma arī pie Gaujmaļu mājām dārziņu kooperatīva Gaujasmala virzienā. -gluži tāpat gaidāma meandra, kas atrodas uz dienvidiem no Pistoles mājām pārvietošanās lejup pa straumi un uz dienvidiem. Gaujas meandra, kurš atrodas AZA virzienā no Pistoles mājām pārvietošanās gaidāma aptuveni ziemeļu virzienā. Kā pēdējā vieta, kur ir gaidāma meandra pārvietošanās ir meandrs pie Deduma upītes ietekas Gaujā, bet no Krāčiem līdz Strenčiem īpaši straujas izmaiņas nav gaidāmas, jo to neatļauj ģeoloģiskā uzbūve.



6.10. attēls. Kazu krāces 1988 un 2015 gadā (izstrādājis autors, izmantojot LU ĢZZF WMS Ortofoto 5 un TOPO 10K, 2016)

Kaut arī cilvēka ietekme uz stāvo krastu nobrukšanu ir minimāla, tomēr ir arī vietas, kur cilvēka ietekme ir atstājusi redzamas pēdas. Kā piemēru var minēt Kazu krāces Valmierā, kur apskatot topogrāfisko karti un ortofoto uzņēmumus (skat. 6.10. attēlu) var skaidri saskatīt cilvēka darbības pēdas. Šajā vietā ir izveidota smaiļošanas trase, kuras viens no elementiem ir saliņa, kā arī vairāki aizdambējumi, kas ļoti spēcīgi izmaina upes straumi un līdz ar to gultnē notiekošos procesus. Pirms un pēc krācēm, pat pie zemiem ūdenslīmeņiem ir vērojami ļoti plati upes posmi, kas saistīti ar krācēm, kā vietējo erozijas bāzi. Šajā līkumā upe arī ļoti strauji erode krastu, bet tas visu laiku tiek mākslīgi atjaunots, līdz ar to meandrēšana arī šeit nenotiek brīvi.

SECINĀJUMI

Bakalaura darbā tika analizēti Gaujā notiekošie fluviālie procesi un tos ietekmējošie faktori. Darba gaitā, balstoties uz iegūto rezultātu interpretāciju un analīzi, tika secināts, ka:

1. Gaujā notiekošos gultnes procesus ļoti spēcīgi ietekmē gultnes ģeoloģiskā uzbūve. Ļoti spēcīgu ietekmi uz fluviālajiem procesiem rada klimatiskie apstākļi, it īpaši palu un plūdu ūdens līmeņi, kā arī to ilgums un daudzi citi apstākļi. Līdz ar to vienādas formas un izmēra meandros vienā un tajā pašā laika posmā krastu izskalošana un citi procesi var norisināties atšķirīgi.

2. Gauja gluži kā lielākā daļa upju meandrē neregulāri, meandru forma, izmēri un izskats ir atkarīgi no ļoti daudziem faktoriem, līdz ar to meandru morfoloģisko parametru noteikšana un izmaiņu atrašana ir samērā apgrūtināta

3. Gaujas posmā starp Valmieru un Strenčiem notiekošie gultnes procesi nenorisinās ātri, bet piemērotos apstākļos pat viena gada laikā ir iespējamās visai nozīmīgas gultnes izmaiņas. Tā kā Gaujai šeit ir raksturīgi mežaini krasti, tad kratu atkāpšanās norisinās nevienmērīgi un samērā sarežģīti.

4. Nozīmīgākās izmaiņas Gaujas upes gultnē ir sagaidāmas lejup pa straumi no Krāčiem, kur beidzas "Strenču krāces" līdz pat Valmierai. Galvenokārt tieši meandru izliektajos un ieliektajos krastos. Kur notiek vai nu krastu uzskalošanās vai izskalošanās.

5. Salu skaits Gaujā ir mainīgs un dažviet piekrastē esošās salas dažādu procesu ietekmē atkal, vai no jauna pievienojas krastam. Salas ir nelielas un ar kārkliem apaugušas. Tās pavasaros applūst un līdz ar to dzīvošanai vai jebkāda veida saimnieciskai darbībai ir grūti pielietojamas.

6. Gaujas platums šajā posmā īpaši nav mainījies un dažviet salām pievienojoties palienei, pat sašaurinājusies, no kā var secināt, ka Gaujas gultne šajā posmā nemainās, vai pat dažās vietās padziļinās.

7. Gaujas stāvie krasti, kas ir viena no šobrīd visaktīvāk izmantotākajām vietām Gaujas krastā augšup pa straumi no Valmieras nobrūk regulāri, bet nogrūvumu izmērs un laiks, kad notiks nogrūvums ir ļoti grūti prognozējams, kā rezultātā pieaugušais apmeklētāju skaits var radīt draudus apmeklētājiem un labiekārtotajai infrastruktūrai- taciņām.

8. Gaujas posms no Strenčiem līdz Krāču mājām ir ļoti krāčains un pēc savas ģeoloģiskās uzbūves atšķiras no pārējā posma. Šis posms vēsturiski ir ļoti maz

mainījies, kas liecina par to, ka šī posma gultni veidojošie ieži ir grūtāk erodējami. No tā var secināt, ka straujas izmaiņas šajā posmā arī nākotnē nav gaidāmas.

9. Cilvēka ietekme Gaujas stāvo krastu eroziju ir neliela, bet pie Kazu krācēm cilvēka ietekme ir spēcīgi jūtama. Šajā vietā cilvēks jau ir spēcīgi izmainījis upes gultni, un ja pašvaldība vēlas arī nākotnē saglabāt šo vietu tādu, kāda tā ir šobrīd, tad tai var nākties atjaunot izliekto krastu pirms Kazu krācēm katru gadu.

PATEICĪBAS

Darba autors vēlas izsīteikt pateicību darba vadītājam Dr. geol. Mārim Krievānam par par sniegtajiem padomiem un konsultācijām darba izstrādē.

Kā arī darba autors izsaka lielu paldies Eduardam Ivaram Fimbaueram, kas palīdzēja bakalaura darbā veikt foto fiksāciju un Judītei Rūsai par atsaucību intervijā.

IZMATOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

Publicētā literatūra

- Ancāne, I. 2000. *Dabas ģeogrāfija skaidrojošā vārdnīca*. Rīga, Izdevniecība Zvaigzne ABC
- Anderson, R. S., Anderson, S. P. 2010. *Geomorphology: the mechanics and chemistry of landscapes*. Cambridge University Press 651 lpp.
- André, R. 2003. *River processes : an introduction to fluvial dynamics* New York : Distributed in the United States by Oxford University Press
- Āboltiņš, O.P., 1971. *Razvitije dolini reki Gauja [Gaujas ielejas attīstība]*, Zinātne, Rīga, pp. 105
- Āboltiņš O., Eniņš, G. 1979. *Gaujas senieleja*. Rīga, izdevniecība Liesma, 135 lpp.
- Āboltiņš O., Eniņš, G., Konstants Z. Eberhards G. 1995. Gauja. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 2. sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 98.
- Ābolkalns, J., Majore, M., Stelle, V. 1960. *Driasa floras atliekas Gaujas ielejas trešās virspalu terases nogulumos*. Latvijas PSR ZA Vēstis, 8 (157), lpp. 99-107.
- Eberhards, G. 1978. *Fluviālā ģeomorfoloģija : mācību līdzeklis* Rīga : P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte
- Eberhards, G. 1991 *Mums ir tikai viena Gauja* Rīga : zinātne 111. lpp.
- Eberhards, G. 2013 *Upju ieleju veidošanās un mūsdienu gultnes procesi dienvidaustrumu Baltijā* Rīga : LU Akadēmiskais apgāds
- Kasvi, E. et al. 2014 Sub-bend scale flow–sediment interaction of meander bends — A combined approach of field observations, close-range remote sensing and computational modelling *Geomorphology*. Volume 238, 119–134
- Hausen, H. 1913a. *Materialien zur Kenntnis der Pleistozänen Bildungen in den Russischen Ostseeländern*. Helsingfors, 181 p.
- Hausen, H. 1913b. *Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernements in der Quartärzeit*. Sällskapet för Finlands geografi, Helsingfors, 142 p.
- Huggett, R.J. 2011. *Fundamentals of geomorphology*, 3rd edition. Routledge Fundamentals of Physical Geography, 536 p.
- Krauss, E. 1930. Zemes garozas svārstīšanās Latvijā (Erdkrusttenschwankungen in Lettland). *Ģeogrāfiski raksti*, II, lpp. 79 - 91.
- Lancmanis, Z. 1924. *Siguldas un apkārtnes vadonis*. Latvju rakstnieku un žurnālistu arodbiedrība, Rīga, 30 lpp.
- Lancmanis, Z. 1926. Mālu pes Terešku grantskosa. *Daba*, Nr. 112, lpp.10-14

Sleinis, I. 1933. Kwartārs Gaujas baseinā. Grām.: *Raksti par Gauju*. Izglītības ministrijas skolu muzeja "Gaujas izstādes" izd., Rīga, lpp. 8-27.

Sleinis, I. 1935. Vidzemes centrālās augstienes morēnas. *Ģeogrāfiski raksti*, V, lpp. 85-104.

Sleinis, I. 1940. Gaujas senleja. *Latvijas vilnis*, Nr. 9, lpp. 20-21.

Interneta resursi

LVĢMC, 2016 *Datu meklēšana* VSIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs"

Sk. 08.05.2016. Pieejams: <http://www.meteo.lv/hidrologija-datu-meklesana/?nid=466>

Atsauce tekstā (LVĢMC, 2016)

Nepublicētie materiāli

Krievāns, M. 2015. *HIDROGRĀFISKĀ TĪKLA VEIDOŠANĀS LEJAS GAUJAS SENIELEJAI PIEGUĻOŠAJĀ TERITORIJĀ VĒLĀ VISLAS APLEDOJUMA DEGLACIĀCIJAS LAIKĀ*:

disertācija. Rīga, LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Rūsa, J. 2016. Intervija. Valmiera, 8.maijā.

Kartogrāfiskais materiāls

Fizioģeogrāfiskā karte. M 1: 1 200000. 2011. Turlajs, J. (galv. red.) *Latvijas ģeogrāfijas atlants*. Rīga, Karšu izdevniecība Jāņa sēta. 10-11.

LVGD Dabas apvidi Valsts Ģeoloģijas Dienesta Dabas apvidu karšu mozaīka mērogā 1:500 000 LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

(LVGD Kwartargeoloģija) Valsts Ģeoloģijas Dienesta Kwartāra nogulumu karšu mozaīka mērogā 1:200 000. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

(LVGD Pirmskvartāra) Valsts Ģeoloģijas Dienesta Pirmskvartāra nogulumu karšu mozaīka mērogā 1:200 000. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

(LVGD Zemkvartāra) Valsts Ģeoloģijas Dienesta Zemkvartāra virsmas reljefa karšu mozaīka mērogā 1:500 000. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

Novadu karte, 2009. Karšu izdevniecības Jāņa Sēta Latvijas Republikas administratīvais iedalījums mērogā 1:400 000 LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 1. LĢIA Latvijas 1. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 2. LĢIA Latvijas 2. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 4. LĢIA Latvijas 4. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Pieejams

<http://kartes.geo.lu.lv>

ORTOFOTO 5. LĢIA Latvijas 5. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Pieejams

<http://kartes.geo.lu.lv>

Pamatklintāja virsma 500k Pamatklintāja virsmas karte mērogā 1:500 000 LU ĢZZF WMS.

Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv>

TOPO 10K PSRS. Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 42. un 63. gada koordinātu sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka mērogā 1:10 000. LU ĢZZF WMS. Pieejams:

<http://kartes.geo.lu.lv>

PIELIKUMI

1. pielikums – **Nogulumu uzkrāšanās Gaujas ielektajā krastā fotofiksācijas** (autora foto, 2016)– 31, 33. lpp.
2. Pielikums *3. attēls* **Gaujas izliektajā krastā iekritušie koki** (Autora foto, 2016)- 32. lpp

Nogulumu uzkrāšanās Gaujas ielektajā krastā fotofiksācijas



1. *Attēls* Nogulumu uzkrāšanās ielektajā krastā pie Gaujas stāvjiem krastiem (Autors, 2016)



2. *Attēls* Nogulumu uzkrāšanās ielektajā krastā pirms Abula ietekas Gaujā (Autors, 2016)



3. attēls Gaujas izliektajā krastā iekritušie koki (Autora foto, 2016)