2. pielikums. Skudrupītes hidroloģiskie aprēķini projekta teritorijai C2.2

HIDROLOĢSKIE APRĒĶINI

Hidroloģiskie aprēķini veikti saskaņā ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 631 (23.08.2005.) „Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves". Hidroloģisko aprēķinu uzdevums bija noteikt novadtīkla elementu un būvju parametru noteikšanai nepieciešamos aprēķina caurplūdumus Q_{ap}.

Saskaņā ar LBN 224-05 ir šādi hidroloģisko aplēses lielumu noteikšanas metodes:

- matemātiskās statistikas metodes saskaņā ar tiešajiem hidrometriskajiem novērojumiem, ja projektējamā sateces baseinā ir veikti hidrometriskie novērojumi un ir pieejami dati ar vismaz 25 gadus ilgu nepārtrauktu novērojumu rindu;
- novērojumu rindu pagarināšanas statistiskās metodes, ja nepārtrauktu novērojumu rinda sateces baseinā ir īsāka par 25 gadiem;
- empīriskās formulas un izolīniju kartes, kas sastādītas, apkopojot Latvijā veiktos hidrometriskos novērojumus, ja projektējamā sateces baseinā novērojumi nav veikti.

Ņemot vērā, ka Slampes upes baseinam nav tieši hidrometriskie novērojumi, hidroloģiskajiem aprēķiniem tika izmantotas empīriskas sakarības un izolīniju kartes (kartogrammas), kuras atrodams LBN 224-05.

Veicot Skudrupītes hidroloģisko apstākļu novērtējumu pirms renaturalizācijas darbu veikšanas, tika ņemta vērā arī Slampes upes ietekme, jo Skudrupītes ieteka Slampes upē pie pavasaru palu dažādu varbūtību caurplūdumiem ir appludināta.

Skudrupītes upes hidroloģiskais raksturojums un aprēķini

Skudrupītes upe ir Lielupes baseina Slampes upes kreisā krasta pirmās pakāpes lielākā pieteka. Upes garums pēc ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatora (ŪSIK kods Nr. 3816222) ir 12 km, baseina laukums saskaņā ar ŪSIK ir 24.3 km^2. Skudrupītes kritums uz 12 km kopgarumu ir 22.8 m, kas ir vidēji ~ 1.9 m/km.

Skudrupītes fiziski ģeogrāfiskie faktori:

- Skudrupītes baseina laukums: A=24.3 km^2;
- Gada vidējais noteces slānis: R_{vid}=220 mm;
- Pavasaru palu noteces slānis ar 1% varbūtīgumu: $h_{1\%}$=180 mm;
- Kompleksais pavasara palu koeficients, kas atkarīgs no ūdens satura sniegā un sniega kušanas intensitātes: $k_{1\%}$=1.0;

- Gada nokrišņu summa Skudrupītes upes baseinā pēc izolīniju kartes: P_{vid}=633 mm;
- Noteces sadalījums pa mēnešiem:

1. tabula

Skudrupītes noteces sadalījums pa mēnešiem

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	V-X	IX-XI	Vidēji	KOPĀ
Bez korekcijas	32	27,5	26,5	39	60	53	83	88	76	83	57	41	433	216	55,27	633

- Vasaras pusgada vidējais noteces modulis $q_{v.v.}$=3.8 (l/s×km^2)
- Relatīvā mežu platība Skudrupītes upes baseinā: A_m=14%;
- Relatīvā purvu platība baseinā: A_p=31%;
- Vasaras – rudens plūdu noteces modulis: q_{200}=0.125 m^3/(s·km^2);
- Baseina sadalījums pa minimālās noteces ģeomorfoloģisko apstākļu grupām: R_1=100%;
- Vasaras pusgada mazūdens perioda minimālās noteces veidošanās klimatiskais koeficients: g=0.45;
- Pārejas koeficients $\lambda_{p\%}$ =0,85, nepieciešams vasaras – rudens plūdu maksimālā caurplūduma aprēķinam;
- Kompleksie koeficienti pavasara palu maksimālo caurplūdumu aprēķinu formulās:
    - $k_{0.1\%}$=1.35
    - $k_{1\%}$=1.30
    - $k_{2\%}$=0.88
    - $k_{5\%}$=0.74
    - $k_{10\%}$=0.63

Hidroloģiskie aprēķini veikti, lai noteiktu caurplūdumus pie šādiem pārsniegšanas parametriem (skat. 2.tabulu):

2. tabula

Hidroloģiskie lielumi ar uzdoto caurplūduma pārsniegšanas varbūtību.

Aprēķina gadījums un lieluma apzīmējums	Caurplūduma pārsniegšanas varbūtība, %	Aprēķina gadījumi
Pavasara palu maksimālais caurplūdums Q_{pp}...%	0,1%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reizi 1000 gados. Nepieciešams aprēķins, lai noteiktu ūdens noteces un līmeņu regulēšanas aizsprostu augstuma un novadbūves caurvades spējas.
	1%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 100 gados. Nepieciešams aprēķins, lai noteiktu ūdens noteces un līmeņu regulēšanas aizsprostu augstuma un novadbūves caurvades spējas, nepārplūstošu aizsargdambju augstumu aprēķinos, galveno A1 kategoriju autoceļu tiltu un caurteku caurvades spēju aprēķiniem, kā arī publiskās lietošanas stratēģiskās un reģionālās nozīmes dzelzceļu tiltu un caurteku caurvades spēju aprēķiniem.
	3%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 33 gados. Nepieciešamais aprēķins lauku (A4) ceļu, tiltu un caurteku caurvades caurplūduma noteikšanai.
	5%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 20 gados. Nepieciešamais aprēķins ūdens līmeņu savienošanas būvju caurvades spējas un augstuma noteikšanai, ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu, aizsargdambju nogāžu nostiprinājuma aprēķiniem, zivju migrācijas būvju caurvades spējas un augstuma aprēķiniem, lauku (A4 un A5) ceļu, tiltu un caurteku caurvades caurplūduma, ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu nostiprinājumu noteikšanai.
	10%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 10 gados. Nepieciešamais aprēķins ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu caurvades spējas noteikšanai apdzīvotās teritorijās un platībās, kuras izmanto tīrumiem un ganībām.
Vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums Q_{vp}...%	2%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 50 gados. Nepieciešamais aprēķins ūdensnoteku un novadgrāvju gultņu caurvades spējas pārbaude apdzīvotās teritorijās un platībās, kuras izmanto tīrumiem vai ganībām.
Vasaras pusgada vidējais caurplūdums Q_{vv}...%	50%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 2 gados. Nepieciešamais aprēķins drenu izteku atzīmju pārbaudei vai noteikšanai.
Diennakts maksimālo nokrišņu intensitāte $P_{max10\%}$	10%	Pārsniegšanas varbūtība, kas atkārtojas vienu reiz 10 gados. Nepieciešamais aprēķins virszemes noteces pieplūdes aprēķinam drenāžai.

Piezīmes: Atbilstoši Noteikumiem par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-05 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves". (MK noteikumi Nr.631/23.08.2005.)

Vispārīgā gadījumā aprēķina caurplūdumu Q_{ap}, m^3/s, izsaka:

$$Q_{ap} = q \times A, \quad (1)$$

kur:

q – noteces modulis, $m^3/(l/s \times km^2)$;
A – sateces baseina platība, km^2.

Noteces modulis q, un līdz ar to arī Q_{ap}, tiek izskaitļots ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību $p_{\%}$, kas atkarīgs no būves svarīguma pakāpes.

Skudrupītes baseina maksimālo caurplūdumu aprēķini

Skudrupītes maksimālais caurplūduma aprēķins ir atbildīgākais uzdevums upes hidroloģiskā novērtējuma procesā. Pavasara palu noteces gaita un maksimālais caurplūduma daudzums ir atkarīgs no baseina klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem. Aprēķinos būtiska nozīme ir ezeru un purvu ietekmei – šie dabas elementi uzkrāj pavasara palu ūdeņus un samazina maksimālā caurplūduma apjomus. Aprēķinot pavasara palus pēc empīriskajām metodēm, ņem vērā ne vien purvu un ezeru ietekmi, bet arī mežu ietekmi. Meži ar savu īpatnējo mikroklimatu samazina pavasaru palu noteci. Pavasaros mežos ir stabilāks temperatūras režīms, līdz ar to sniegs kūst lēnāk, turklāt, ziemas periodā mežā augsne ne vienmēr ir sasalusi, tāpēc tai ir labāka ūdens uzsūkšanas spēja.

Pavasara palu maksimālie caurplūdumi

Pavasara palu maksimālo caurplūdumu ar nepieciešamo nodrošinājumu p=1%, aprēķina pēc formulas:

$$Q_{1\%} = k_{1\%} \times \delta \times \delta_1 \times \delta_2 \times (A+1)^{-14}, \quad (2)$$

kur:

$Q_{1\%}$ – pavasara palu maksimālais caurplūdums ar pārsniegšanas varbūtīgumu 1%;

$k_{1\%}$ – kompleksais pavasara palu koeficients, kas atkarīgs no ūdens satura sniegā un sniega kušanas intensitātes, noteikts pēc MK-Nr.631, LBN 224-05, 2. pielikuma, 1. kartogrammas; aprēķiniem pieņemtais koeficienta $k_{1\%}$=1.0;

δ – ezeru ietekmes koeficients;

δ_1 – mežu ietekmes koeficients;

δ_2 – purvu ietekmes koeficients;

A – sateces baseina platība km^2.

Lai varētu aprēķināt pavasaru palu maksimālo caurplūdumu, pirms tam ir nepieciešams aprēķināt mežu ietekmes koeficientu (δ_1) un purvu ietekmes koeficientu (δ_2):

$$\delta = r_1 \times r_2 \ldots r_i \ldots r_{n-1} \ldots r_n, \quad (3)$$

kur,

r_i – i-tā ezera (ūdenstilpnes) ietekmes koeficients.

$$r_i = 1 - \frac{14{,}2 \times S_i^{0{,}855} \times A_i^{0{,}75}}{h_{1\%}^{0{,}5} \times A}, \quad (4)$$

kur,

A_i – sateces baseina laukums i-tai ūdenstilpei, km^2;

S_i – i-tās ūdenstilpes virsmas laukums, km^2;

$h_{1\%}$ – pavasara palu noteces slānis (mm) ar 1 % pārsniegšanas varbūtību;

A – sateces baseina laukums aprēķina vērumā, km^2.

Mežu ietekmes koeficientu δ_1 aprēķina pēc formulas:

$$\delta_1 = \frac{1}{(A_m+1)^{0.22}}, \quad (5)$$

kur:

A_m – relatīvā meža platība baseinā, %.

Purva ietekmes koeficientu δ_2 aprēķina pēc formulas:

$$\delta_2 = 1 - 0{,}5 \times \lg(0{,}1 \times A_p + 1), \quad (6)$$

kur :

A_p – relatīvā purvu platība baseinā, %.

Gan esošajā, gan arī plānotajā Skudrupītes sateces baseinā nav izteiktu virszemes ūdens objektu. Tomēr blakus esošajā augstajā purvā Skudrupītes kreisajā krastā ir plašas teritorijas ar ūdens lāmām (ezeriņiem), kas visi kopā veido apmēram 0,5 km^2 atklātu ūdens virsmu, kas var tikt pielīdzināta maziem ezeriņiem. Par cik šīs lāmas (ezeriņi) izvietojas vienkopus purva augstākajā daļā, tad aprēķiniem izmantots šo ūdenstilpju summārais ūdens spoguļa virsmas laukums (Si=0,46 km^2) un summārais to sateces baseina laukums (Ai=0,78 km^2). Tāpēc šajā gadījumā ezeru ietekmes koeficients (δ) būs vienāds ar visu mazo ezeriņu summāro ietekmes koeficientu (Σr_i). Savukārt, $h_{1\%}$ – pavasara palu noteces slānis (mm) ar 1 % pārsniegšanas varbūtību,

noteikts pēc MK-Nr.631, LBN 224-05, 2. pielikuma, 2. kartogrammas un aprēķiniem pieņemtā šī k koeficienta vērtība $k_{1\%}$=185;

$$\delta = \Sigma r_i = 1 - \frac{14{,}2 \times \Sigma S_i^{\,0{,}855} \times \Sigma A_i^{\,0{,}75}}{h_{1\%}^{\,0{,}5} \times A} r_i = 1 - \frac{14{,}2 \times 0{,}46^{0{,}855} \times 0{,}78^{0{,}75}}{185^{0{,}5} \times A} = 0{,}97 \text{ , (7)}$$

Saskaņā ar vienādojumu (5), mežu ietekmes koeficients δ_1 Skudrupītes baseinam būs:

$$\delta_1 = \frac{1}{(14+1)^{0{,}22}} = 0{,}55 \text{ ,} \qquad (8)$$

Savukārt no vienādojuma (6) izriet, ka purva ietekmes koeficientu δ_2 Skudrupītes baseinam ir vienāds ar:

$$\delta_2 = 1 - 0{,}5 \times \lg(0{,}1 \times 31 + 1) = 0.57, \qquad (9)$$

Izmantojot (8) un (9) aprēķinos iegūtos parametrus, var noteikt, ka pavasara palu maksimālo caurplūdumu ar nepieciešamo nodrošinājumu p=1%:

$$Q_{1\%} = 1 \times \delta \times \delta_1 \times \delta_2 \times (A+1)^{-14} = 4{,}71\ m^3/s.$$
(10)

Lai aprēķinātu pavasaru palu maksimālo caurplūdumu ar 2%, 5% un 10% nodrošinājumu, izmanto šādus pārejas koeficientus:

$Q_{2\%}$ – k=0.88,
$Q_{5\%}$ – k= 0.74,
$Q_{10\%}$ – k=0.63.

Veicot attiecīgus aprēķinus iegūtas sekojošas pavasara palu maksimālo caurplūdumu vērtības ar nodrošinājumu p=1%, p=5%, p=10%:

$Q_{2\%} = 4{,}71 \times 0.88 = 4.14\ m^3/s$,
(11)

$Q_{5\%} = 4{,}71 \times 0.74 = 3.49\ m^3/s$,
(12)

$Q_{10\%} = 4{,}71 \times 0.63 = 2{,}97\ m^3/s$.
(13)

Vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums

Lai aprēķinātu vasaras – rudens plūdu maksimālo caurplūdumu Q_{vp} ar 2% nodrošinājumu izmanto formulu:

$$Q_{vp} = q_{200} \times \frac{200}{(A+1)^{0{,}22}} \times \delta \times \delta_1 \times \delta_2 \times \lambda_{p\%} \times A,$$
(14)

kur:

Q_{vp} – vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums;

q_{200} – maksimālās noteces modulis ar pārsniegšanas varbūtīgumu p = 1%;

A – sateces baseina laukums;

$\lambda_{p\%}$ – pārejas koeficients ($\lambda_{2\%}$=0.85);

δ – ezeru ietekmes koeficients no iepriekšējā aprēķina pēc sakarības;

δ_1 – mežu ietekmes koeficients.

δ_2 – purvu ietekmes koeficients.

Pēc formulas (14) nosaka:

$$Q_{vp2\%} = 0{,}125 \times \frac{200}{(24{,}3+1)^{0{,}22}} \times 0{,}97 \times 0{,}55 \times 0{,}57 \times 0{,}85 \times A = 1{,}24,$$

(15)

Tātad, saskaņā ar aprēķinu (15), vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums Q_{vp} ar 2% nodrošinājumu ir 1,24 m^3/s.

Vasaras pusgada vidējais caurplūdums

Vasaras pusgada vidējo caurplūdumu iegūst pēc formulas:

$$Q_{vv} = q_{vv} \times A,$$

(16)

kur:

Q_{vv} – vasaras pusgada vidējais caurplūdums, m^3/s;

q_{vv} – vasaras pusgada vidējās noteces modulis noteikts pēc MK-Nr.631, LBN 224-05, 5. pielikums, kartogrammas un ir vienāds ar q_{vv}=4,5 l/(s×km^2);

A – sateces baseina laukums, 24,3 km^2.

Saskaņā ar vienādojumu (16) iegūstam:

$$Q_{vv} = 4{,}5 \times 24{,}3 = 0{,}092\ m^3/s,$$

(17)

Visi aprēķinātie caurplūdumi apkopoti 3.tabulā:

3.tabula

Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums Skudrupītei

Sateces baseina raksturojums			Kartogrammās noteiktie koeficienti			Aprēķinātie koeficienti				Varbū-tība, $p_{\%}$	Caurplū-dums, Q m^3/s
A, km^2	A_m, %	A_p, %	$k_{1\%}$	$h_{1\%}$, mm	q_{200}, $l/(s\times km^2)$	q_{vv}	δ	δ_1	δ_2		
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi											
24,3	14	31	1,00	180	0,125	3,8	0,97	0,55	0,57	1%	4,87
24,3	14	31	1,00	180	0,125	3,8	0,97	0,55	0,57	2%	4,14
24,3	14	31	1,00	180	0,125	3,8	0,97	0,55	0,57	5%	3,49
24,3	14	31	1,00	180	0,125	3,8	0,97	0,55	0,57	10%	2,97
Vasaras – rudens plūdu caurplūdums											
24,3					0,125		0,97	0,55	0,64	2%	1,24
Vasaras pusgada vidējie caurplūdumi											
24,3						3,8					0,09

HIDRAULISKIE APRĒĶINI

Ar hidrauliskajiem aprēķiniem pārbauda gultnes caurvades spēju Q_{sp} un pieņemto parametru pietiekamību maksimālo aplēses caurplūdumu Q_{ap} novadīšanai, gultnes noturību pret izskalošanos un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu Q_{vv} līmeņu atbilstību regulējošā tīkla prasībām.

Veicot Skudrupītes hidrauliskos aprēķinus ir būtiski apzināt, kādus caurplūdumus spēj vadīt cauri upes esošie gultnes parametri. Veicot iespējamo renaturalizācijas scenāriju aprēķinus, ir jāievēro Slampes upes palieņu pļavu appludinājuma ietekmi, jo tur regulāri stāvošie ūdeņi traucē novadīt Skudrupītes ūdeņus. Tāpat ieteikums veikt Skudrupītes renaturalizāciju tās lejtecē, jo tādējādi būtu iespējams izlīdzināt pastāvīgi zem ūdens esošās Slampes upes palieņu pļavas.

Hidroloģiskajā aprēķinā noteiktā maksimālā caurplūduma (Q_{apr}) novadīšanai jāizpildās vienādībai:

$$q \times A = Q_{apr.} \leq Q_{sp.} = v_{vid} \times \omega$$

(18)

kur:

q – noteces modulis, $m^3/(s\cdot km^2)$;

A – sateces baseina laukums, km^2;

Q_{apr} – aprēķina caurplūdums, kurš noteikts hidroloģiskajā aprēķinā, m^3/s;

Q_{sp} – gultnes caurvades spēja, m^3/s;

ω – straumes aktīvā šķērsgriezuma laukums m^2

$v_{vid.}$ – plūsmas vidējais ātrums, m/s.

Hidrauliskie aprēķini jāveic Skudrupītes upei pie katra slīpuma. Jāpiezīmē, ka uzdevumam nav tieša atrisinājuma un tāpēc tas meklējams pakāpeniskas tuvināšanas rezultātā, mainot ūdens dziļuma h vērtības. Šo aprēķinu veikšanai tika sagatavota speciāla programma, kas darbojas MS Office Excel vidē, ir viegli izmantojama un ļauj iegūt precīzu uzdevuma atrisinājumu.

Skudrupītes caurplūdes aprēķini pirms renaturalizācijas darbu veikšanas

Viens no uzdevumiem bija veikt Skudrupītes lejteces hidraulisko novērtējumu tās ietecei Slampes upē. Uzdevumu sarežģī tas apstāklis, ka Skudrupītes ietece Slampē notiek caur caurteku, kas ierīkota Slampes renaturalizācijas darbu laikā un tā būtiski ierobežo šīs upes ūdeņu atslodzi Slampē. Tāpēc Skudrupītes novērtējums šajā vietā ir veikts divos etapos:

1. noteikts Skudrupītes caurplūdums tās ietekas vietā Slampē, kāds tas būtu šajā vietā bez ierobežojošās caurtekas;
2. noteikta caurtekas caurvades spēja un tā salīdzināta to ar Skudrupītes caurplūdumu tās ietekā (skat. 1. att.).

1. Attēls. ***Skudrupītes caurplūduma aprēķina vieta***

Skudrupītes hidrauliskajam aprēķinam pirms renaturalizācijas darbu veikšanas uzmērītais upes gultnes slīpums bija i=1.9‰, gultnes dibena platums b=6.0m, gultnes nogāžu slīpuma koeficients m=1.5 un pieņemtais gultnes raupjuma koeficients n=0.045, ūdens slāņa piemērītais biezums h ir 0.76 m.

Straumes aktīvo šķērsgriezumu laukumu aprēķina pēc formulas:

$$\omega = (b + m \times h) \times h = (6 + 1{,}5 \times 0{,}76) \times 0{,}76 = 5{,}43,$$
(19)

kur:

b – grāvja pamatnes platums, m;

m – ūdens slāņa piemērītais biezums, m.

Aprēķina apslapēto perimetru:

$$\chi = \left(b + 2 \times h \times \sqrt{1 + m^2}\right) = \left(6 + 2 \times 0{,}76 \times \sqrt{1 + 1{,}5^2}\right) = 8{,}74\ m,$$
(20)

Aprēķina hidraulisko rādiusu:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{5{,}43}{8{,}74} = 0{,}62\ \mathrm{m}$$
(21)

Aprēķina Šezī koeficientu C:

$$C = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^y = \left(\frac{1}{0{,}045}\right) \times 0{,}62^{\frac{1}{6}} = 20{,}52\ m^{0{,}5/s}\ ,$$
(22)

kur:

y – saskaņā ar LBN 224-05ir vienāds ar 1/6;

n – pieņemtais raupjuma koeficients ir 0,045.

Aprēķina vienmērīgas plūsmas vidējo ātrumu:

$$v_{vid.} = C \times \sqrt{R} \times i = 20{,}52 \times \sqrt{0{,}62} \times 0{,}0019 = 0{,}70\ \mathrm{m/s},$$
(23)

kur:

i – gultnes pamatnes slīpums aprēķina vietā, i=1,9 ‰ vai 0,0019.

Aprēķina gultnes caurvades spēju:

$$Q_{sp} = \omega \times v_{vid.} = 5{,}43 \times 0{,}70 = 3{,}80\ m^3/s$$
(24)

Salīdzina:

$$Q_{pp10\%} = 2.97\frac{m^3}{s} < 3.80\frac{m^3}{s} = Q_{sp}\ ,$$
(25)

Nosaka aprēķina kļūdu:

$$Q_{pp10\%} - Q_{sp} = 3.80 - 2,97 = 0,83\ m_3/s,\ \text{jeb}\ 0,83/3,80 = 0,22\%$$

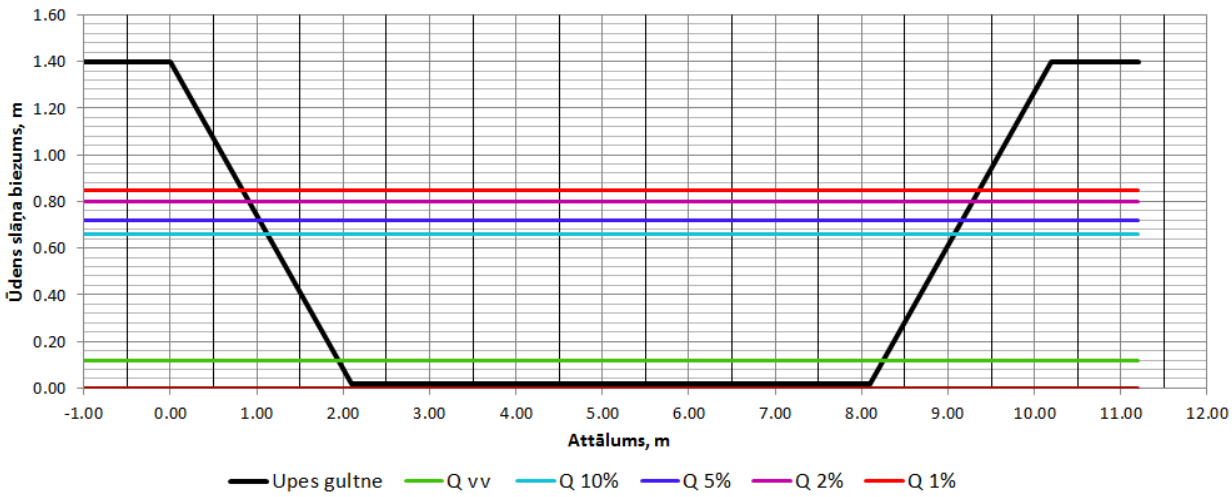
(26)

Šeit ir jāņem vērā tas, ka aprēķinos ir izmantots upes pamatnes slīpums konkrētajai vietai pirms Skudrupītes ietekas Slampē. Tā kā upei pamatnes slīpums visā tās garumā ir ļoti atšķirīgs, tādēļ, veicot hidrauliskos aprēķins citiem upes posmiem, šis apstāklis ir jāņem vērā. Hidrauliskā aprēķina rezultātu kopsavilkums Skudrupītes upes posmam pirms tās ietekas Slampē (bez caurtekas ietekmes) ir dots 4. tabulā.

4. tabula

Skudrupītes hidrauliskā aprēķina kopsavilkums pirms Slampes renaturalizācijas

Nr. Pk.	Q_{apr} m^3/s	h m	ω m^2	X m	R m	C $m^{0.5}/s$	v m/s	Q_{sp} m^3/s	Kļūda %
Skudrupītes posmā ar i=1,9‰; b = 6,0; m = 1,5; n = 0,045									
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi									
1.	$Q_{pp1\%}$ 4,71	0,85	6,18	9,05	0,68	20,84	0,75	4,64	0,02%
2.	$Q_{pp2\%}$ 4,14	0,80	5,76	8,88	0,65	20,68	0,73	4,20	0,01%
3.	$Q_{pp5\%}$ 3,49	0,74	5,10	8,60	0,59	20,35	0,68	3,47	0,01%
4.	$Q_{pp10\%}$ 2,97	0,66	4,61	8,38	0,55	20,11	0,65	3,00	0,01%
Skudrupītes upe posmā ar i=1,9‰; b = 6,0; m = 1,5; n = 0,045									
Vasaras pusgada vidējie caurplūdumi									
5.	Q_{vv} 0,09	0,08	0,49	6,29	0,08	14,59	0,18	0,09	0,06%



2. Attēls. ***Skudrupītes šķērsprofila shēma iztekā pirms Slampes upes pirms renaturalizācijas darbu veikšanas***

Otrā attēla shēmā norādītā šķērsprofila izveidei izmantoti parametri, kas doti 4. tabulā. Aprēķinu rezultāti ar caurplūduma pārsniegšanas varbūtību 50%; 10%; 5%; 2%; 1% ir attēloti shēmā ar līnijām. Kā redzams, pirms Slampes upes renaturalizācijas darbu veikšanas, Skudrupītes gultne pirms ieplūdes Slampes upē bija projektētā un veidota ar tādu šķērsprofilu un garenslīpumu, kas ļauj novadīt pavasara palu ūdeņus ar caurplūduma pārsniegšanas varbūtību 1%. Savukārt vasaras mazūdens periodā ūdens līmenis ir ļoti zems un aizņem mazu daļu no gultnes.

Taču pēc Slampes upes renaturalizācijas darbu veikšanas Skudrupītes ieplūde Slampes upē ir appludināta, kas ievērojami traucē Skudrupītei novadīt tās caurplūdumus. Šeit, pirmkārt, minams fakts, ka Skudrupīte pirms tās ietekas Slampē ir aizšķērsota ar caurteku, kuras caurvades spēja ir daudzreiz mazāka, kā Skudrupītes dabiskais caurplūdums šajā vietā.

Caurtekas diametrs šajā vietā ir 1 metrs. Pieņemot, ka palu laikā caurteka ir pilnībā zem ūdens, saskaņā ar caurteku dimensionēšanas tabulu var noteikt, ka tās caurvades spēja būs aptuveni 0,96 m^3/s, jeb noapaļojot –1 m^3/s, pie nosacījuma, ja šī caurteka nav aizsērējusi. No tā izriet, ka caurteka faktiski spēj nodrošināt Skudrupītes ilggadīgo vidējo caurplūdumu 0,17 m^3/s un arī nedaudz lielāku par to, bet tā nespēj novadīt palu ūdeņus, kas pārsniedz caurtekas caurvades spēju vairāk kā 3 reizes (skat. 4. tabulu).

Otrs iemesls, kas kavē Skudrupītes ūdeņu novadīšanu ir Slampes renaturalizētā gultne ar tās izmainīto caurvades spēju.

Līdzīgi hidroloģiskie aprēķini kā Skudrupītei, tika veikti arī Slampei pēc tās renaturalizācijas.

Slampes upei ir pieņemti sekojoši izejas parametri.

- Slampes upes sateces baseina laukums A=93,4 km^2;
- Meži sateces baseinā aizņem 25%;
- Purvi sateces baseinā aizņem 12%;
- Slampes upes baseinā atrodas Slampes ūdenskrātuve, kuras spoguļvirsmas laukums ir 0,116 km^2 un sateces baseina laukums 3,88 km^2.

Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums Slampei skatāms 5. tabulā.

5.tabula

Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums Slampes upei

Sateces baseina raksturojums			Kartogrammās noteiktie koeficienti			Aprēķinātie koeficienti				Varbū-tība, $p_{\%}$	Caurplū-dums, Q m^3/s
A, km^2	A_m, %	A_p, %	$k_{1\%}$	$h_{1\%}$, mm	q_{200}, $l/(s\times km^2)$	q_{vv}	δ	δ_1	δ_2		
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi											
93,4	25	31	1.00	180	0.125	3,7	0,99	0,49	0,76	1%	18,14
93,4	25	31	1.00	180	0.125	3,7	0,99	0,49	0,76	2%	15,96
93,4	25	31	1.00	180	0.125	3,7	0,99	0,49	0,76	5%	13,42
93,4	25	31	1.00	180	0.125	3,7	0,99	0,49	0,76	10%	11,43
Vasaras – rudens plūdu caurplūdums											
93,4					0.125		0,99	0,49	0,76	2%	4,30
Vasaras pusgada vidējie caurplūdumi											
93,4						3,7					0,35

Attiecīgi Slampei tiek aprēķināti arī hidrauliskie parametri. Izejas parametri Slampes atjaunotās gultnes hidrauliskajiem aprēķiniem ir sekojoši:

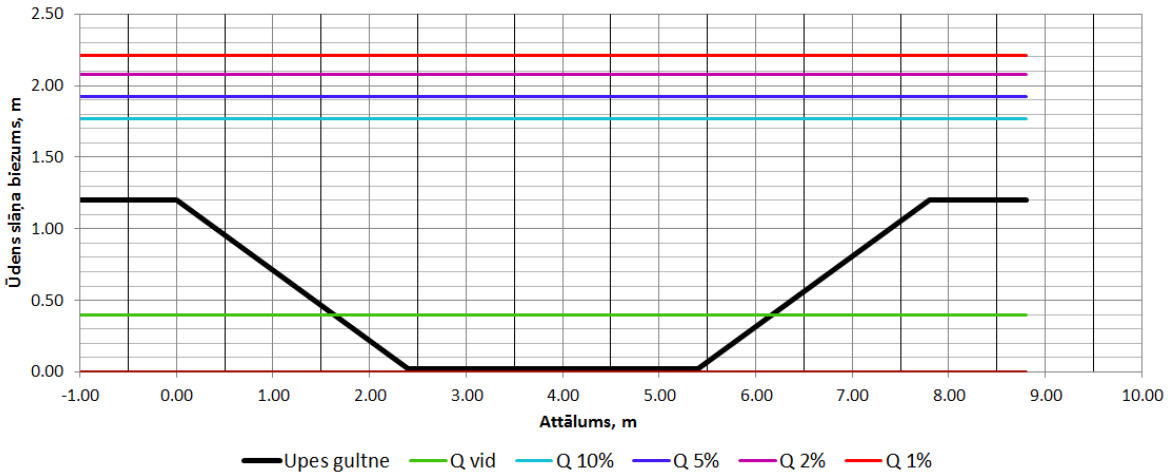
- b – gultnes dibena platums – vidēji 3,0 m;
- i – gultnes dibena slīpums i_{min}=0,8 ‰;
- m – nogāzes slīpuma rādītājs – 2,0;
- n – raupjuma koeficients 0,03;
- h – vidējais dziļums – 1,20 m.

Aprēķinātā Slampes upes atjaunotās gultnes caurvades spēja 1,2 m dziļai gultnei ir **5,12 m^3/s**. Kopsavilkums par Slampes plūdu maksimumu aprēķiniem skatāms 6. tabulā, bet Slampes renaturalizētā posma šķērsprofila shēma - 3. attēlā.

6. tabula

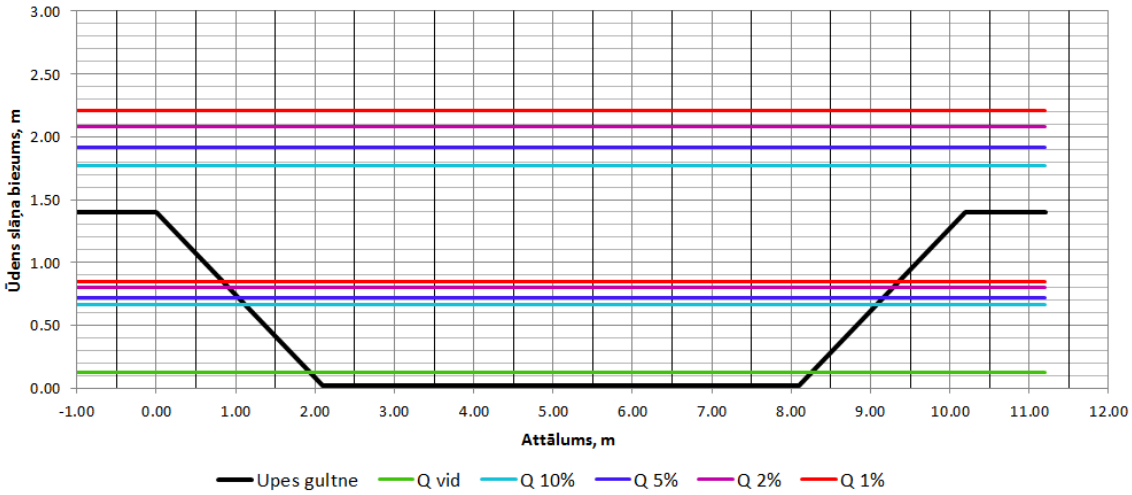
Skudrupītes hidrauliskā aprēķina kopsavilkums pirms Slampes renaturalizācijas

Nr. Pk.	Q_{apr} m^3/s	h m	ω m^2	X m	R m	C $m^{0.5}/s$	v m/s	Q_{sp} m^3/s	Kļūda %
Skudrupītes posmā ar i=1,9‰; b = 6,0; m = 1,5; n = 0,045									
Pavasara palu maksimālie caurplūdumi									
1.	$Q_{pp1\%}$ 18,14	2,21	16,40	12,88	1,27	34,69	1,11	18,20	0,00%
2.	$Q_{pp2\%}$ 15,96	2,08	14,89	12,30	1,21	34,41	1,07	15,93	0,00%
3.	$Q_{pp5\%}$ 13,42	1,92	13,13	11,59	1,13	34,02	1,02	13,39	0,00%
4.	$Q_{pp10\%}$ 11,43	1,77	11,58	8,38	1,06	33,66	0,98	11,35	0,01%
Skudrupītes upe posmā ar i=1,9‰; b = 6,0; m = 1,5; n = 0,045									
Vasaras pusgada vidējie caurplūdumi									
5.	Q_{vv} 0,35	0,40	1,57	4,79	0,32	27,57	0,44	0,67	0,03%



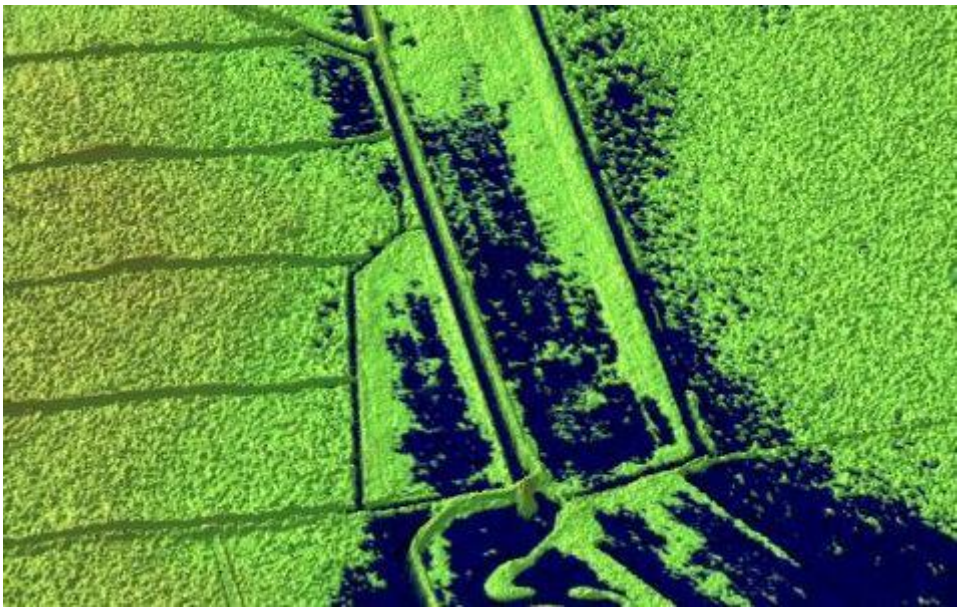
3. Attēls. ***Slampes renaturalizētā posma šķērsprofila shēma***

Šķērsprofilu aprēķinu shēmas Skudrupītei un Slampei pētījuma teritorijā praktiski atrodas blakus tāpēc ir pamatoti salīdzināt līmeņus vienā upē un otrajā, jo palu laikā abas upes mijiedarbojas. 4. attēlā ir dots šāds salīdzinājums, kur uz Skudrupītes profila ir uzlikti arī Slampes upes maksimālie palu līmeņi. No šī attēla redzams, ka palu stāvokli Skudrupītē papildu caurtekas ierobežotajai caurplūdei, var izraisīt arī līmeņa celšanās Slampē, kas ir svarīgs faktors, plānojot Skudrupītes gultnes renaturalizācijas pasākumus.



4. Attēls. ***Savietotā Skudrupītes un Slampes renaturalizētā posma palu maksimālo līmeņu šķērsprofila shēma***

Pēc empīriskiem aprēķiniem dažādas varbūtības pavasaru palu maksimālie caurplūduma līmeņi, vidēji appludina palieņu pļavas ~ 150 metru platā joslā. Pēc tā arī var secināt, ka Slampes upes ūdens līmeņu ietekme Skudrupītes lejteces posmā arī ir līdz ~150 metriem. Slampes upes ūdens līmeņi Skudrupītes upes līmeņus lejtecē vidēji paaugstina par 0.45 m līdz pat 0.9 m.



5. **Attēls.** ***Skudrupītes un Slampes renaturalizētā posma palu ietekmes teritorija pavasara caurplūdumam ar 10% pārsniegšanas varbūtību***

Apkopojot visu augstāk sacīto, var izdarīt divus sekojošus galvenos secinājumus:

1. Slampes upes gultnes renaturalizācijas projekts neparedzēja Skudrupītes iztaisnošanas laikā (veikta padomju laikā) ierīkotās caurtekas rekonstrukciju. Tāpēc arī pēc Slampes renaturalizācijas projekta realizēšanas Skudrupītes caurplūdes rādītāji caurtekā saglabājās iepriekšējā līmenī, kas ir vismaz trīs reizes

mazāki par reālajiem Skudrupītes caurplūdes rādītājiem. Tāpēc pavasara maksimālie caurplūdumi Skudrupītei šobrīd netiek nodrošināti. Caurteka kalpo kā aizsprosts, kurš neļauj ūdenim noplūst dabiskā veidā. Rezultātā tas veido mākslīgi radītu uzpludinājumu, kas saglabājas ne tikai pavasara palu periodā, bet arī pēc tam. Tas ir iemesls, kādēļ šajā vietā teritorija pārpurvojas.

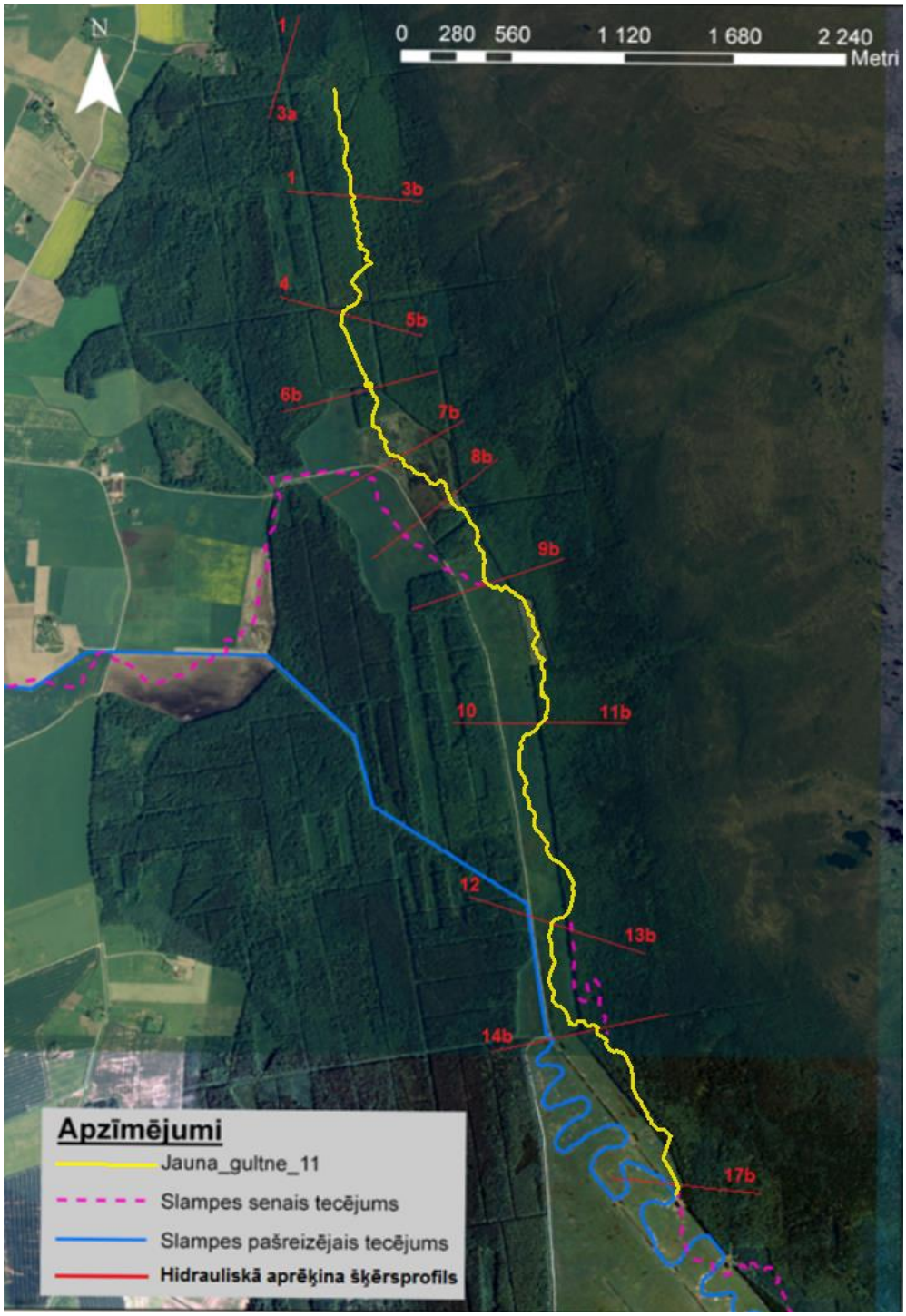
2. Aprēķinu rezultāti rāda, ka renaturalizētajam Slampes upes hidrotehniskajam risinājumam ir būtiska ietekme arī uz Skudrupītes hidroloģisko režīmu. It īpaši tas attiecas uz Skudrupītes lejteces posmu pie ietekas Slampes upē. Skudrupīte šajā vietā ir pilnībā atkarīga no Slampes upes hidroloģiskā režīma. Maksimālie pavasara pali praktiski visos to veidošanās varbūtības variantos ietekmē arī Skudrupīti tās lejas posmā, jo abas upes palu periodos ir hidrauliski saistītas.

Aprēķini ir veikti, pamatojoties uz Vides risinājumu institūta sagatavoto digitālās virsmas reljefa modeli, kas veidots, izmantojot lāzerskanēšanas (LIDAR) datus, kā arī pamatojoties uz pieejamo informāciju par Slampes upes renaturalizācijas projekta gaitu.

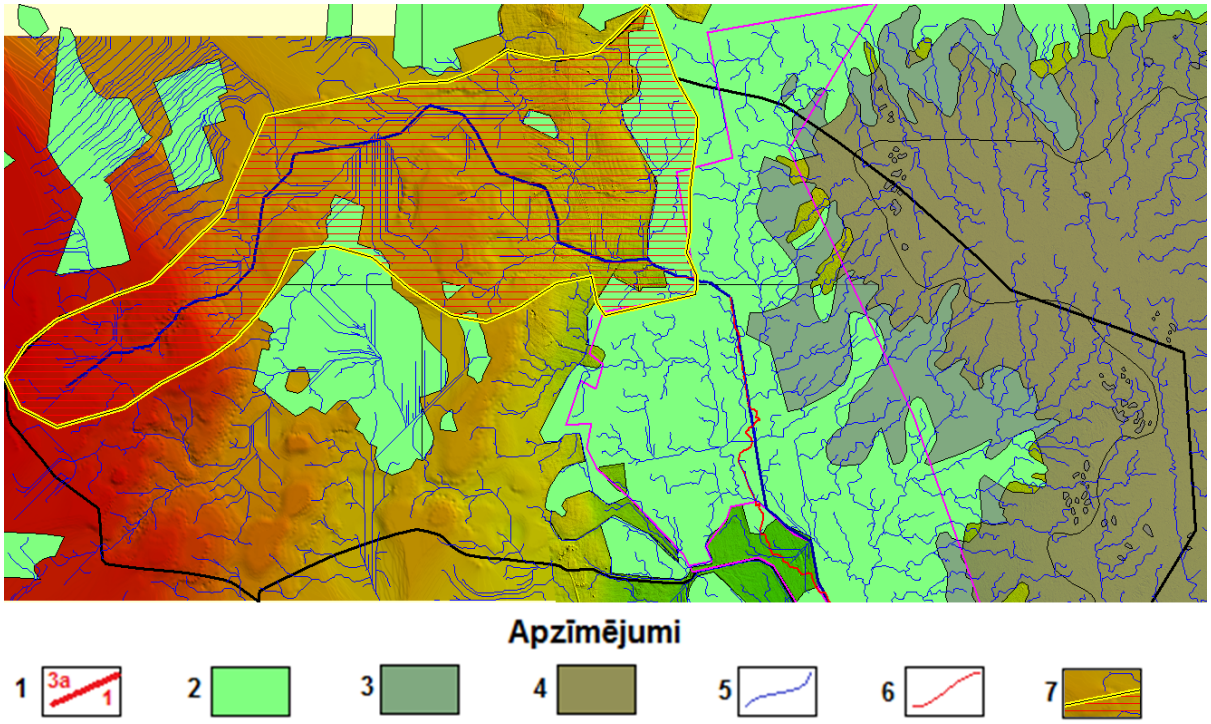
Skudrupītes caurplūdumu aprēķini pēc tās renaturalizācijas

Skudrupītes gultnes renaturalizācijas plānotais variants parādīts 6. attēlā . Viss upes gultnes renaturalizējamais posms sadalīts 17 daļās, kurām ir veikti caurplūdumu aprēķini 11 šķērsprofilos. Aprēķini veikti ar nolūku pārbaudīt plānotās gultnes caurvades spēju un novērtēt vai tiek nodrošināts biotopu atjaunošanai un saglabāšanai nepieciešamais mitruma režīms. Aprēķinos noteikt pavasara palu maksimums ar varbūtību 1%, 2%, 5% un 10%, kā arī ilggadīgais vidējais caurplūdums, vasaras – rudens plūdu maksimālais caurplūdums ar dažādu ikgadējo pārsniegšanas varbūtību, vasaras pusgada vidējais caurplūdums, kā arī katram posmam noteikt gultnes caurvades spēja.

Hidroloģiskajiem aprēķiniem nepieciešamie dati tika iegūti ar 3D virsmas modeļa palīdzību, kā arī, izmantojot dažāda veida kartogrāfisko materiālu. 7. attēlā skatāms piemērs 1-3a posma hidroloģisko aprēķina izejas datu iegūšanai, izmantojot 3D virsmas modeli un teritorijas mežu un purvu izplatības kartes. Detalizēta informācija par hidroloģiskajiem aprēķiniem ir dota Skudrupītes hidroloģiskā režīma atjaunošanas programmas 8. pielikumā.



6. Attēls. ***Skudrupītes renaturalizējamā posma caurplūdumu aprēķina profili***



Apzīmējumi: 1. Hidroloģisko aprēķinu profils; 2. mežu teritorija; 3. ar mežu klāta purva teritorija; 4. atklāta purva teritorija; 5. esošā Skudrupītes gultne; 6. renaturalizējamā Skudrupītes gultne; 7. aprēķina sateces baseina teritorija.

7. Attēls. ***Skudrupītes renaturalizējamā 1-3a posma izejas datu noteikšanas shēma***

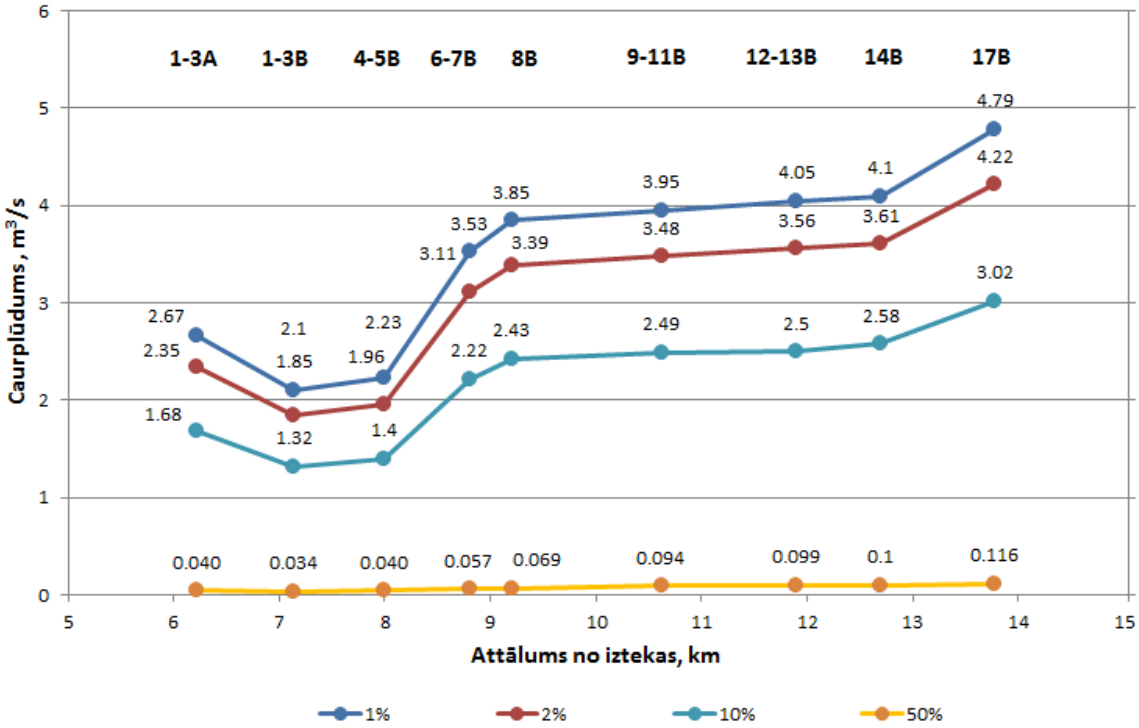
Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums visiem šķērsprofiliem skatāms 6. tabulā, bet 8. attēlā doti pavasara palu maksimālie caurplūdumi Skudrupītes renaturalizējamā posma garenprofilam.

6.tabula

Hidroloģisko aprēķinu kopsavilkums renaturalizējamajam Skudrupītes posmam

Aprēķina posms	**Caurplūdums, m^3/s**									
	Pavasaru palu maksimālais				Vasaras – rudens plūdu maksimālais				Ilggadīgais vidējais	Vasaras pusgada vidējais
	p=1 %	p=2 %	p=5 %	p=10 %	p=1 %	p=2 %	p=5 %	p=10 %		
1-3a	2,67	2,35	1,98	1,68	0,91	0,78	0,61	0,50	0,04	0,023
1-3b	2,10	1,85	1,55	1,32	0,78	0,66	0,52	0,43	0,06	0.034
4-5b	2,48	2,18	1,84	1,56	0,91	0,77	0,61	0,50	0,07	0,040
6-7b	3,53	3,11	2,61	2,22	1,22	0,96	0,82	0,67	0,10	0,057
8b	3,85	3,39	2,85	2,43	1,33	1,13	0,89	0,73	0,13	0,069

Aprēķina posms	Caurplūdums, m^3/s									
	Pavasaru palu maksimālais				Vasaras – rudens plūdu maksimālais				Ilggadīgais vidējais	Vasaras pusgada vidējais
	p=1 %	p=2 %	p=5 %	p=10 %	p=1 %	p=2 %	p=5 %	p=10 %		
9-11b	3,95	3,48	2,92	2,49	1,45	1,23	0,97	0,80	0,17	0,094
12-13b	4,05	3,56	3,00	2,55	1,50	1,28	1,01	0,83	0,18	0,099
14b	4,10	3,61	3,03	2,58	1,52	1,29	1,02	0,83	0,19	0,103
17b	4,79	4,22	3,54	3,02	1,72	1,46	1,15	0,94	0,21	0,12



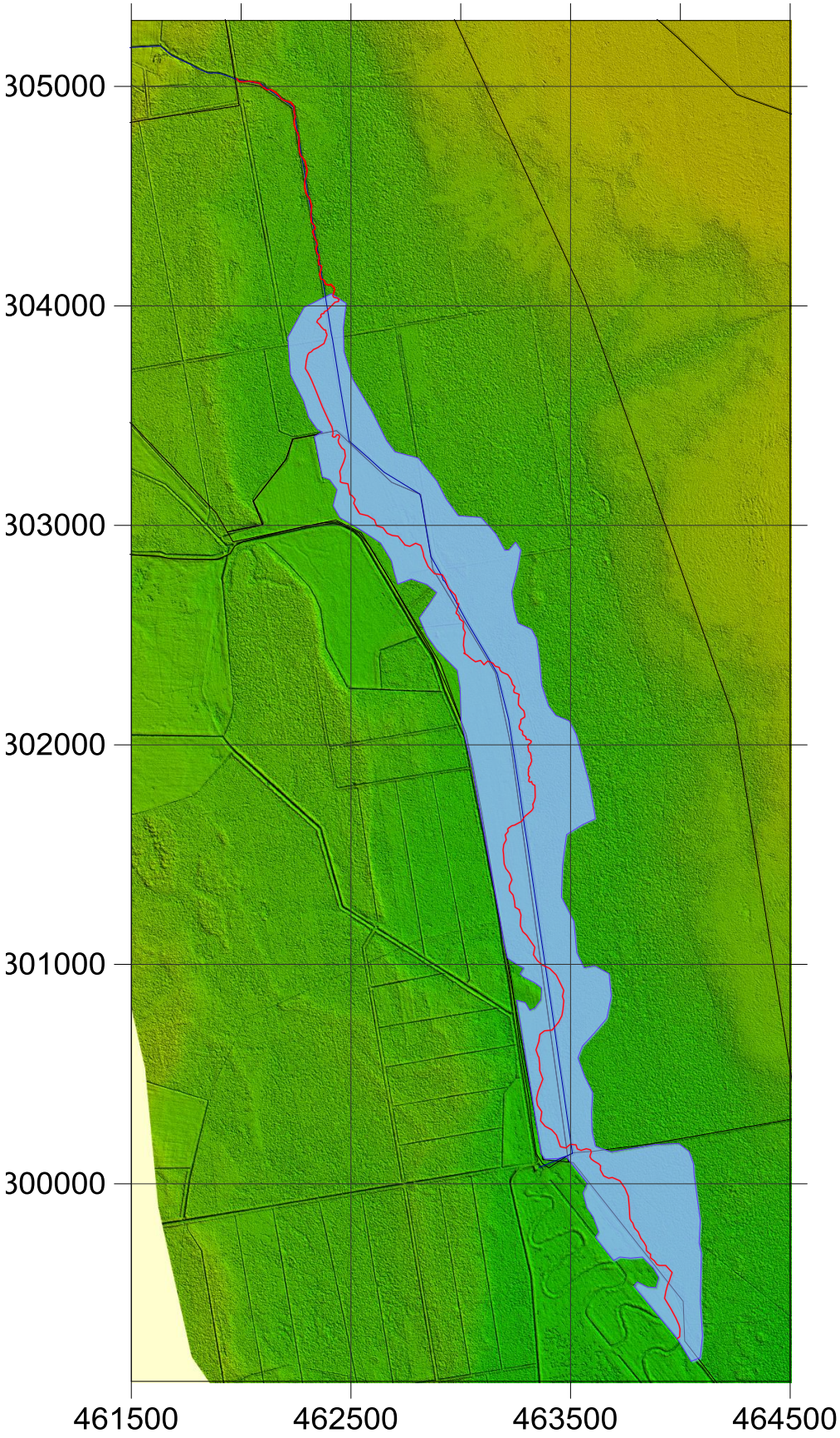
8. Attēls. ***Skudrupītes pavasara palu maksimālie caurplūdumi renaturalizējamā Skudrupītes posma garenprofilā***

Prognozētais pavasara palu applūdums renaturalizētajam Skudrupītes posmam skatāms 9. attēlā. Attēlā redzamais applūdums ir izrēķināts, izmantojot telpisko virsmas modeli, kā arī, pamatojoties uz upes gultnes hidrauliskajiem aprēķiniem. Tiek plānots, ka šāda palu situācija upē veidosies tika pavasarī, un iespējams, kādreiz arī lielu lietus gāžu laikā vasarā un rudenī. Vasarā ūdens līmenis atgriezīsies upes gultnē un pļavas atgūs mēreni mitrus līdz sausus apstākļus, nepieļaujot pļavu pārpurvošanos

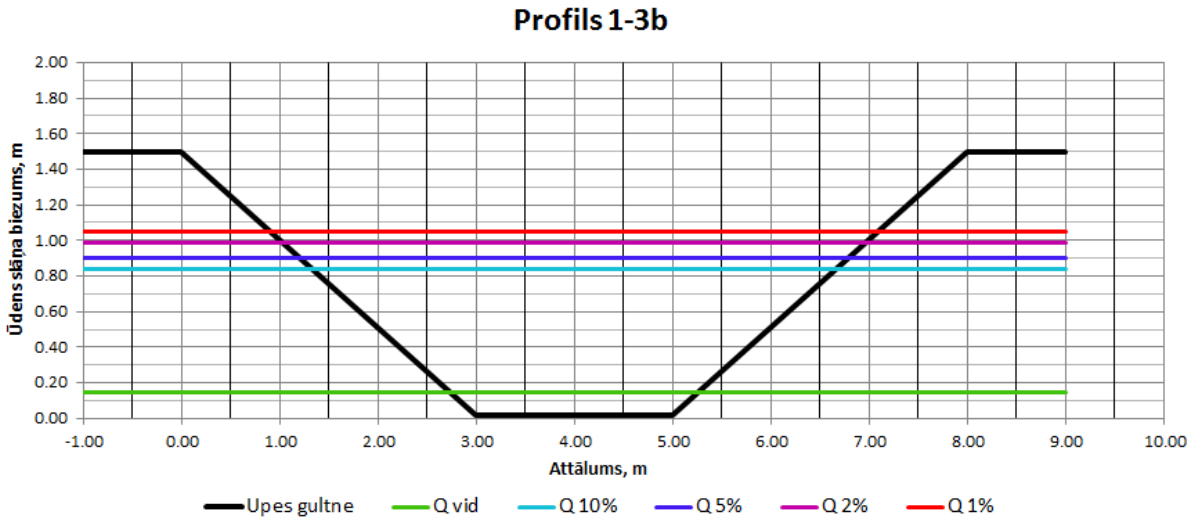
un aizaugšanu. Tādejādi tiks nodrošināti palieņu zālāju biotopu attīstībai nepieciešamie hidroloģiskā režīma apstākļi.

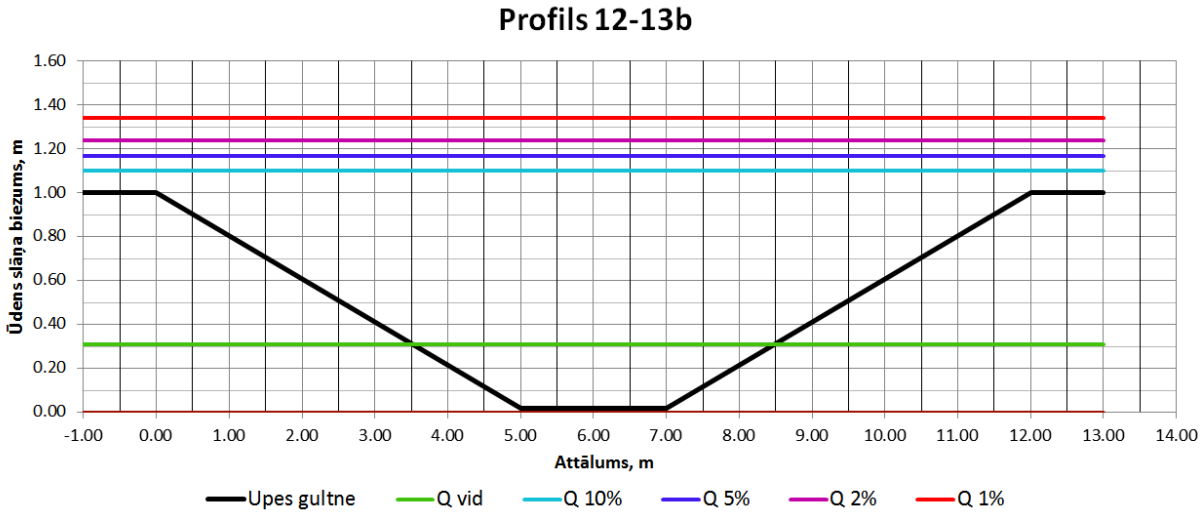
Minēto ilustrē divi caurplūdumu aprēķina profili Skudrupītes augšējam, atjaunojamajam posmam. Pirmajā gadījumā (profils 1-3b) upe tek pa mežu un tā šajā posmā netiek plānota applūšanai pavasaros, lai novērstu visus riskus, ka palu režīms ietekmē ārpus projekta teritorijas esošās zemes. Vietā, kur upe nonāk atklātā teritorijā, tās gultnes konfigurācija tiks izmainīta tādā veidā (profils 12 -13b), lai pavasaros palu ūdeņi varētu appludināt blakus esošās pļavas, un radīt palieņu zālāju biotopu attīstībai nepieciešamos mitruma apstākļus, kas arī ir viens no šī projekta pamatuzdevumiem.

Kopumā visam plānojamajam upes posmam ir sagatavoti 14 caurplūdumu aprēķina profili, kuros ir noteikta gan gultnes konfigurācija, gan arī sagaidāmie līmeņi upē visam gada griezumam. Profili skatāmi Skudrupītes hidroloģiskā režīma atjaunošanas programmas pielikumos (skatīt 8. pielikumu).



9. Attēls. ***Prognozētais pavasara palu applūdums renaturalizētajam Skudrupītes posmam***





10. **Attēls.** ***Aprēķinātie renaturalizējamās Skudrupītes gultnes caurplūdumi mežam (1-3b) un atklātai pļavu teritorijai (12-13b)***