

**Pasūtītājs**

Rēzeknes novada pašvaldība,  
reģistrācijas Nr.90009112679,  
Adrese: Atbrīvošanas aleja 95,  
Rēzekne, LV-4601

**Izpildītājs**

SIA "Limnoloģijas institūts",  
reģistrācijas Nr. 41503024872,  
Adrese: Vienības ielā 13,  
Daugavpils, LV-5401

## Hidroakustisko pētījumi Rāznas ezerā un zivju resursu izvērtējums



profesors  Artūrs Škute

Daugavpils, 2010

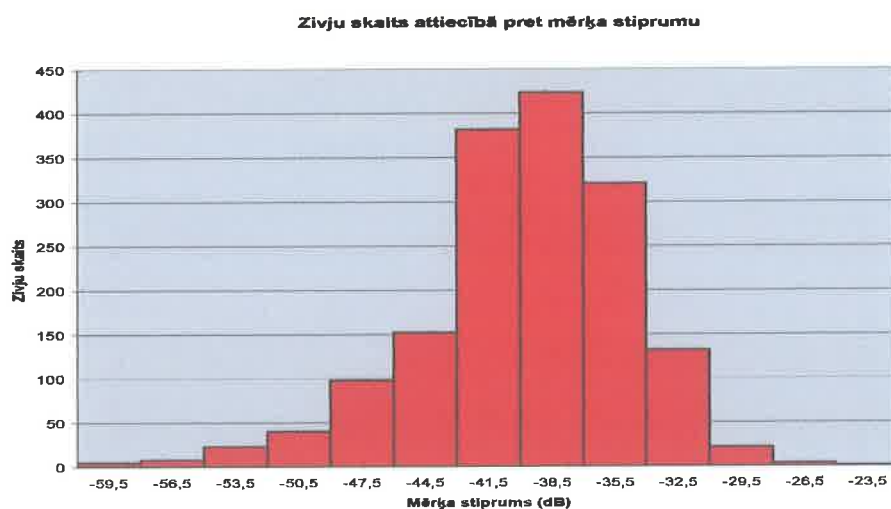
## Kopsavilkums

Rāznas ezera Rietumu daļā ir izmēros lielāko zivju īpatsvars, bet Austrumu daļā – mazāko. Zivju vertikālais izvietojums ezera centrālajā daļā nakts stundās ir vienmērīgs. Vidējais zivju blīvums ezerā 5 zivis/ m<sup>3</sup>. Šenona daudzveidības indeksa svārstībām Rāznas ezerā ir peridisks raksturs. Iegūto modeli var izmantot īslaicīgām (3-5 gadi) ihtiocenozes daudzveidības prognozēm Rāznas ezerā.

## Hidroakustiskie pētījumi

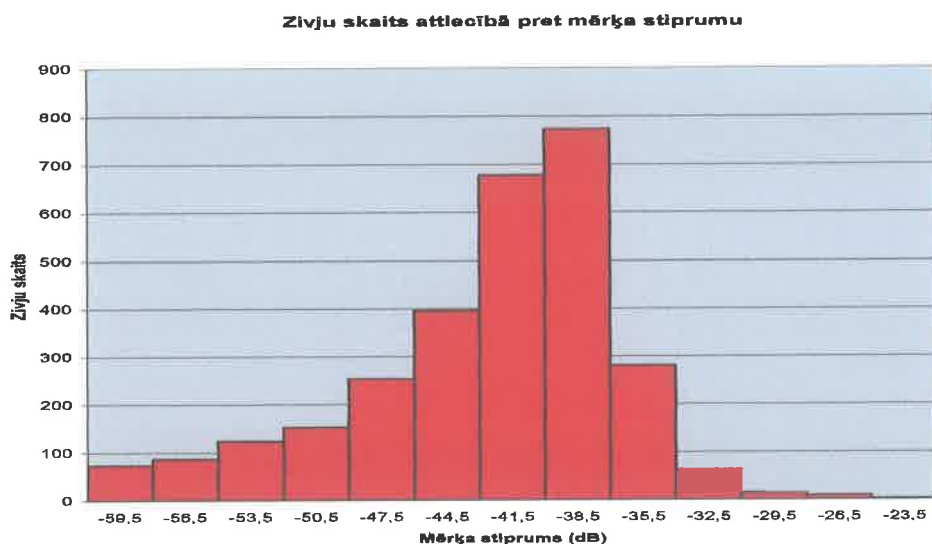
Pētījums tika veikts Rāznas ezerā 2010.gada 17. – 18.augustā četrās ezera vietās. Vienā vietā pl. 13:00, 19:00, 01:00 un 07:00. Pārējās vietās tikai dienā no pl.10:00 līdz 15:00. Transektu kopgarums 12 km. Pētījumā tika izmantots šķeltā stara eholots Biosonic DT-X ar frekvenci 200 kHz un 6,6° leņķi.

Analizējot zivju izmēra grupu sastopamības biežumu dažādās ezera vietās tika salīdzinātas hidroakustisko mērķu stipruma (-dB) frekvences. Konstatēta atšķirība starp ezera austrumu un rietumu daļām (1. un 2.attēls).

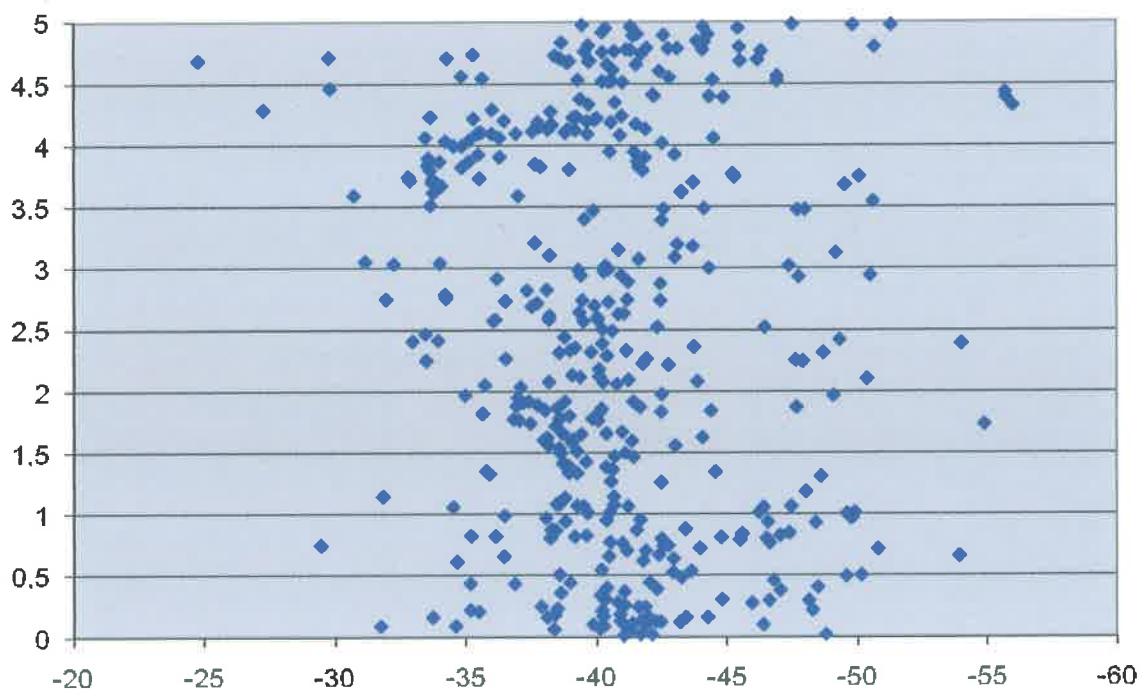


### 1.attēls Zivju sastopamības biežums (frekvence) atkarībā no mērķa stipruma (TS) Rāznas ezera Rietumu daļā

Interesanti atzīmēt, ka abos gadījumos pie mērķa stipruma -38,5 dB tiek sasniegta maksimālā frekvence (zivju sastopamības biežums). Neskatoties uz šo līdzību abās ezera daļās ir vērojama atšķirīga datu asimetrija: Rāznas ezera Rietumu daļā - lielāko izmēra grupu virzienā, bet Austrumu daļā – mazāko zivju izmēru virzienā. Tas liecina par samērā stabiliu ihtiocenozu ezera Rietumu daļā un dinamiskiem procesiem Rāznas ezera Austrumu daļā. Līdzīgu rezultātu ieguva S.Brents ar līdzautoriem (Brandt at al 1991), veicot planktofāgo zivju uzskaiti ar hidroakustisko metodi Mičiganas ezerā (ASV).



**2.attēls** Zivju sastopamības biežums (frekvence) atkarībā no mērķa stipruma (TS) Rāznas ezera Austrumu daļā

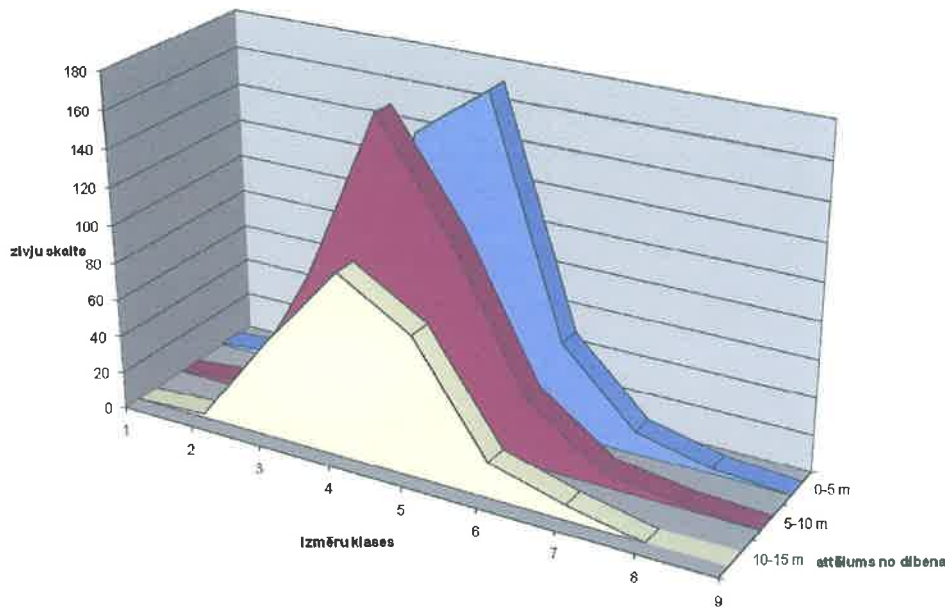


**3.attēls** Zivju vertikālais izvietojums Rāznas ezera centrālajā daļā 18.08.2010. pl.01:00. Y – mērķa stiprums (-dB), X – attālums no ezera dibena

Analizējot zivju vertikālo izvietojumu tika konstatēts samērā vienmērīgs zivju izvietojums nakts laikā (3.attēls).

Ezeros zivju blīvums un izplatība variē sezonāli vai atkarībā no diennakts laika, kā arī variē pēc tā kādu ietekmi atstāj abiotiskie, biotiskie un e faktori, kā, piemēram,

temperatūras, skābekļa koncentrācijas un plēsēju un upuru vertikālās izkliedes. (Lucas et al. 2002) Tāpat, zivis ir sastopamas nogabalos, kur ir lielākas barības rezerves tipiski masveidīgi izkļiedējas dienas laikā, bet īpaši aktīvi to dara naktī. (Appenzeller, Leggett 1992). Tāpēc precīzus datus par zivju krājumiem Rāzns ezera var iegūt tikai veicot sezonālus pētījumus. Vidējais zivju blīvums ezerā 5 zivis/ m<sup>3</sup>. Zivju vertikālais izvietojuma sadalījums ezera dziļākajā vietā ir tuvs normālajam, ar nelielu asimetriju, kas pie ezera dibena un virspuses ir pretēji vērsta (4.attēls).



**4.attēls** Zivju vertikālais izvietojums Rāzns ezera dziļākajā vietā

#### **Ihtiocenozes daudzveidības dinamikas izvērtējums Rāzns ezerā**

Traucējošas ietekmes uz ūdenstilpi var izraisīt ihtiocenozes sugu skaita un dominejošā kompleksa izmaiņas, ko parasti atspoguļo cenozes struktūras integrālie indeksi. Daudzi pētījumi ir veltīti ihtiocenozes struktūras analīzei, lai pamatojoties uz to novērtētu ūdeņu ekosistēmas statusu (Wang et al., 2000; Wang et al., 2006). Ihtioloģiskā literatūrā ir sastopami darbi, kas analizē dažādu vides faktoru (arī antropogēno) ietekmi uz ihtiocenozes daudzveidību un struktūru (Barbour & Brown, 1974; Жаков, 1984; Irz et al., 2002). Parasti šajos darbos netiek analizēta daudzveidības dinamika. Tomēr, dinamiskie procesi, kas norit ihtiocenozes struktūrā labi atspoguļo šīs sistēmas iekšējās īpašības (Терещенко и др., 2004). Ihtiocenozes daudzveidības dinamikas likumsakarību noskaidrošana ūdenstilpēs, kas pakļautas intensīvai antropogēnai ietekmei paplašina mūsu

zināšanas par saldūdeņu ihtiocenožu funkcionēšanu un to spēju pretoties negatīvām izmaiņām.

Rāznas ezers ir to nedaudzo ezeru skaitā, kas tika pētīts vēl pagājušā gadsimta 50-tajos un 60-tajos gados. Pēc hidroķīmiskajiem rādītājiem (Пэр, Школьников, 1955) ezers tika ieskaitīts augstieņu ezeru grupā. Tiem raksturīgs neliels organisko vielu daudzums ūdenī, maza mineralizācijas pakāpe, neliela krāsainība un liela caurredzamība.

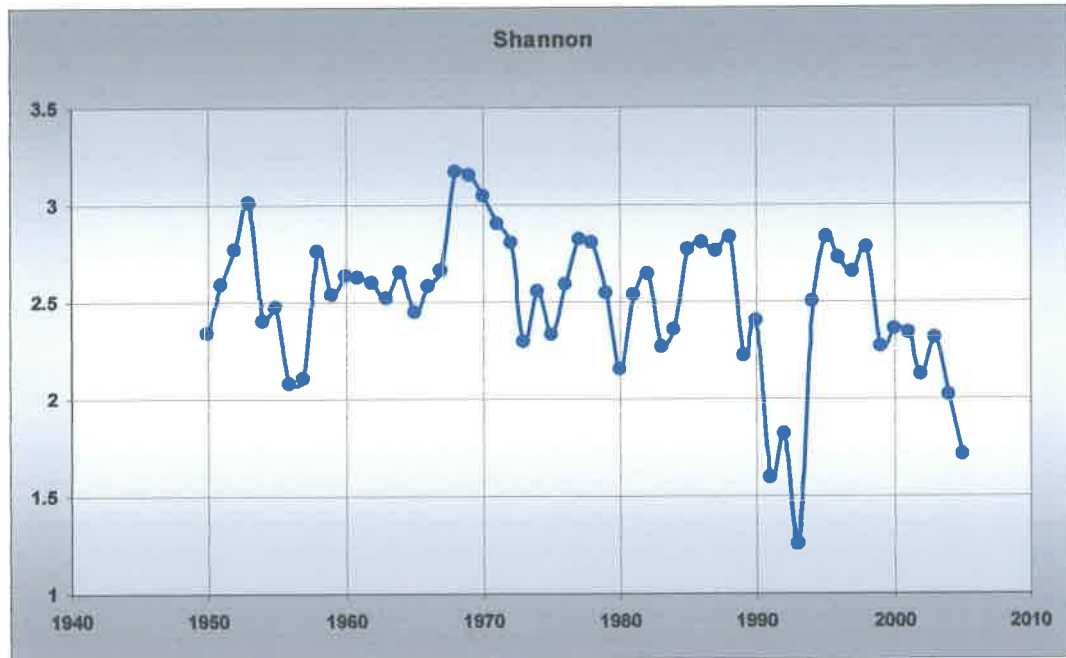
Rāznas ezera hidroķīmiskie pētījumi atsākās pēc gandrīz 40 gadiem 90-to gadu sākumā. Šo pētījuma autori (Промысловые запасы..., 1989; Zinātniskais pamatojums..., 1991) atzīmē Rāznas ezera mineralizācijas paaugstināšanos 1,5 reizes, kā arī slāpekļa (īpaši  $\text{NH}_4$ ) un fosfora koncentrācijas pieaugumu. Kā nepārprotami piesārņojuma avoti tiek norādītas Dukstigala un Rošču fermas. Kūtsmēslus saturošie virszemes noteces ūdeņi regulāri ieplūst ezerā. Par ezera stāvokļa pasliktināšanos liecina arī ūdens caurredzamības samazināšanās.

1997.-1999. gados Rāznas ezera pētījumus veica Daugavpils Pedagoģiskās universitātes Ekoloģijas laboratorija (Working out Recommendations..., 1997; Rāznas dabas..., 1999). Salīdzinot ar deviņdesmito gadu sākuma datiem (Zinātniskais pamatojums..., 1991) tika konstatēta organiskā piesārņojuma samazināšanās, kas visdrīzāk ir saistīta ar ezera sateces baseinā esošo liellopu un cūku fermu likvidāciju, un strauju lauksaimnieciskās intensitātes kritumu. Par ūdens kvalitātes uzlabošanos liecina ķīmiskā skābekļa patēriņa ( $\text{KSP}_{\text{Mn}}$ ) samazināšanās ūdens paraugos. 1989.-1990. gadu vasarā  $\text{KSP}_{\text{Mn}}$  svāstījās atsevišķās ezera vietās no 11 līdz pat 46 mg/l, kas neapšaubāmi liecināja par ļoti augstu piesārņotības līmeni. Pēc mūsu datiem (Rāznas dabas..., 1999) deviņdesmito gadu beigās šis rādītājs samazinājās un parasti nepārsniedza 7-9 mg/l, kaut arī Dukstigala līcī tas joprojām vēl bija ļoti augsts – 14 mg/l. Konstatēta ievērojama (8 reizes) nitrītu samazināšanās ūdenī praktiski visās paraugu ņemšanas vietās, salīdzinot ar 90-to gadu sākuma datiem.

Neskatoties uz to, ka iepriekšējo gadu pētījumi ir diezgan fragmentāri un to rezultāti dažreiz grūti salīdzināmi atšķirīgo metodiku un paraugošanas vietu un laika izvēles dēļ, tie tomēr dod zināmu priekšstatu par Rāznas ezera attīstības tendencēm. Līdzšinējie Rāznas ezera pētījumu dati rāda, ka ezera ūdens kvalitāte jūtami pasliktinājās pagājušā gadsimta 70-80-tajos gados. Lielā mērā tā ir saistīta ar cūku un liellopu fermu ierīkošanu ezera pamatbaseinā. Deviņdesmito gadu beigās ezera hidroķīmiskie rādītāji sāka uzlaboties.

Minētās ezera ūdens ķīmiskā sastava izmaiņas nevarēja neietekmēt ezera ihtiofaunu. Par materiālu analīzei tika izmantoti rūpnieciskās nozvejas dati laika posmā no 1950. līdz 2005.gadam. Jāatzīmē, ka nozvejas dati atspoguļo izmaiņas ihtiocenozes struktūrā ar

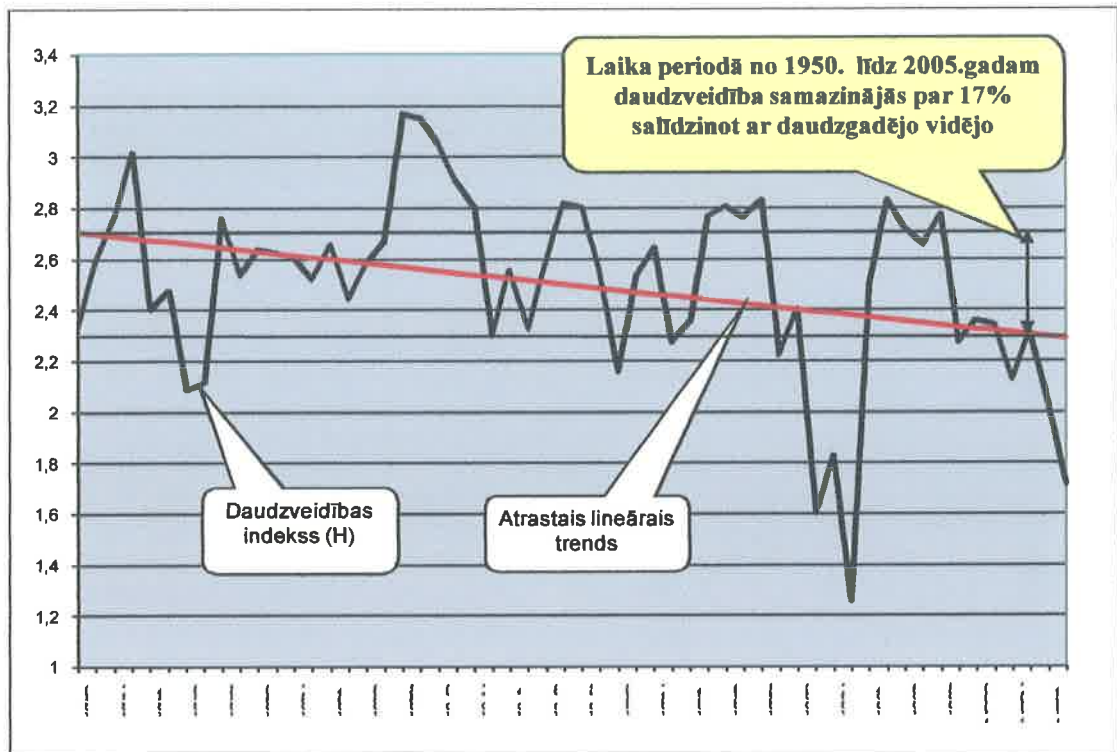
vismaz 3 – 5 gadu novēlošanos, atkarībā no zivju vecuma, kad tās pirmo reizi parādās nozvejā. Sugu skaits nozvejā svārstījās no 6 līdz 16 un vidēji bija 13. Kaut arī kopējais zivju sugu skaits ezerā sasniedz 27 (Промысловые запасы..., 1989) un retās sugas nekad neparādās rūpnieciskās nozvejas datos, tomēr, mazskaitlisko zivju sugu ieguldījuma analīze rāda, ka šīs informācijas zaudēšana spēj izraisīt daudzveidības indeksa kļūdu ne lielāku par 15% (Терещенко, 2005).



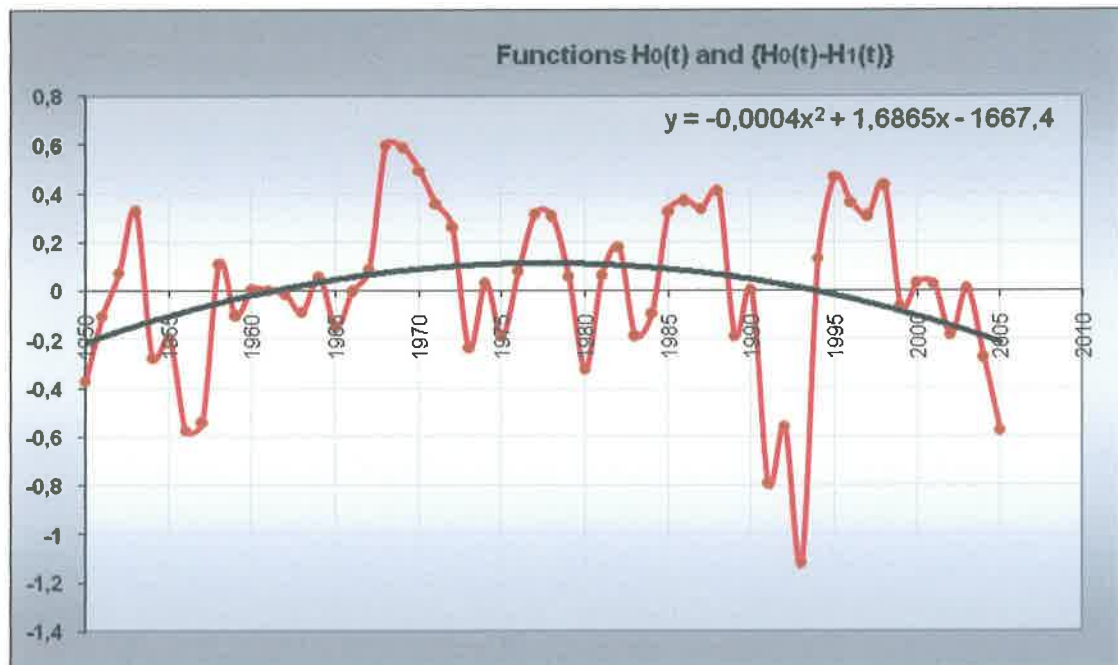
**5.attēls** Šenona daudzveidības indeksa svārstības Rāznas ezerā (rūpnieciskās nozvejas dati).

Sugu daudzuma un īpatņu skaita aprakstīšanai izmantots K.Šenona daudzveidības indekss (H) (Shannon, 1948):  $H = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ , kur  $p_i$  ir i-tās sugas daļa nozvejā, bet N – kopējais sugu skaits nozvejā. Dotais indekss tiek plaši pielietots ekoloģijā un uzskatāms par optimālu dažādu hierarhisku līmeņu daudzveidības informācijas additivitātes dēļ (Pielou, 1977). Tika izmantots arī relatīvās organizācijas indekss (R), kas pēc savas būtības ir dominēšanas indekss (Clark & Evans, 1954):  $R = 1 - H / (\log_2 N)$ , jo vienmērīga sugu sadalījuma gadījumā tas ir vienāds ar nulli, bet superdominantās sugas klātbūtnē tas tuvojas vienam.

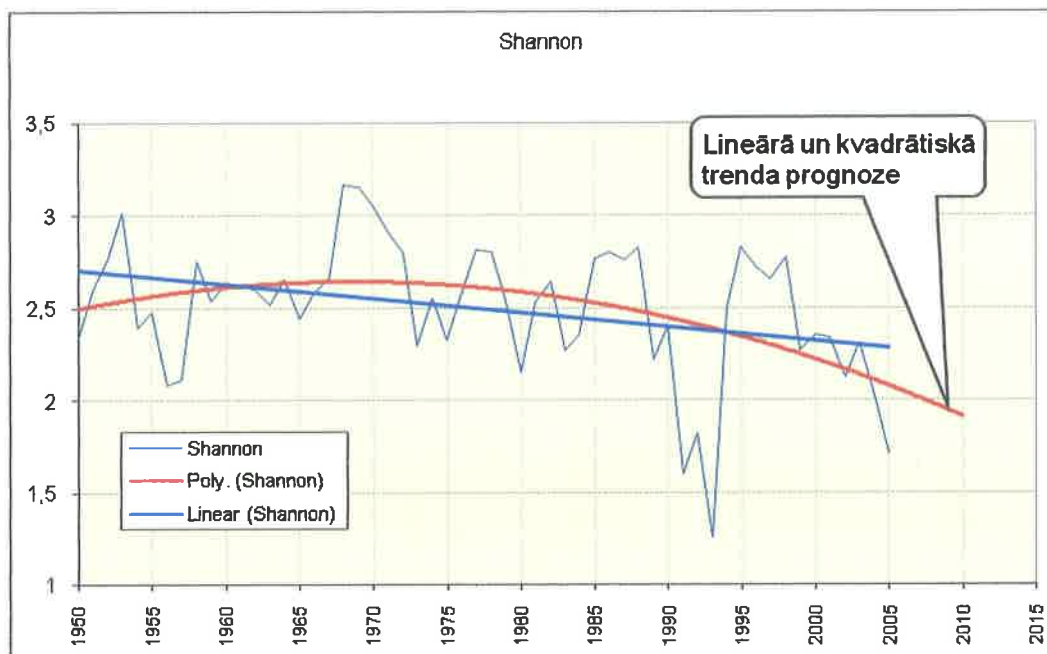
Apskatītajā periodā daudzveidības indekss (H) svārstījās no 1,3 1993. gadā līdz 3,2 1968. gadā un vidēji bija 2,5 (5.attēls). Laika periodā no 1950. Līdz 2005.gadam ir vērojams izteikts lineārais trends, kuru var aprakstīt ar sekojošu vienādojumu:  $H_1(t) = a_0 + a_1 \cdot t$  (6.attēls).



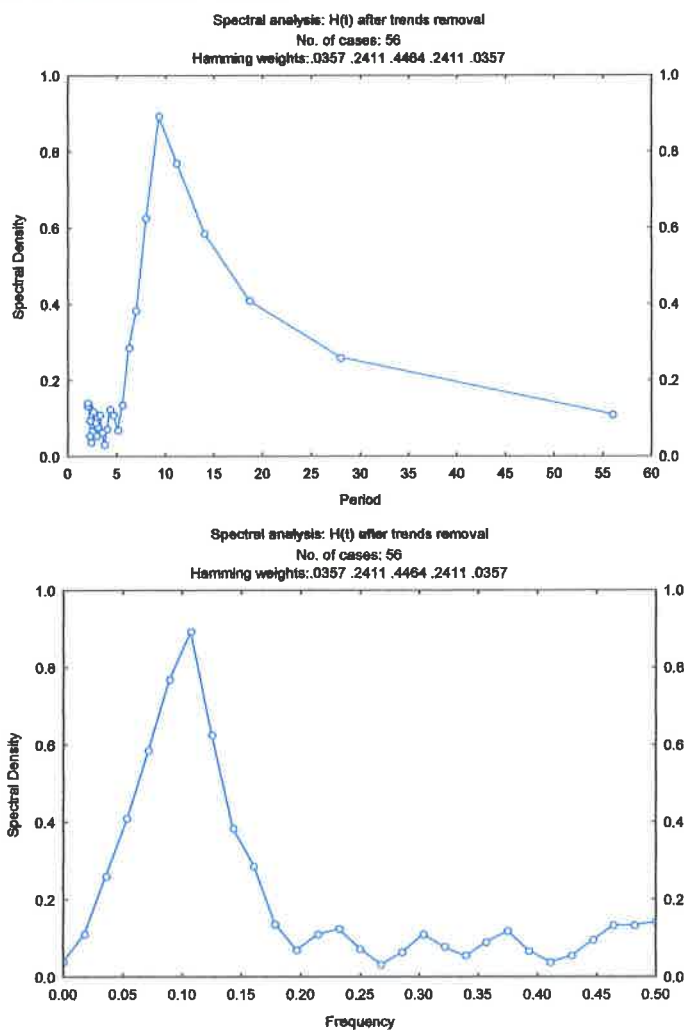
6.attēls Daudzveidības indeksa lineārais trends  $H_1(T) = a_0 + a_1 * t = 15,128 - 0,00765 * t$



7.attēls Daudzveidības indeksa kvadrātiskais trends.



8.attēls Lineārais un kvadrātiskais trendi.



9.attēls Daudzveidības dinamikas spektrālā analīze izmantojo Heminga (Hamming 1962) metodi.



Statistiskā analīze norāda uz iespējamu kvadrātisko trendu (7.attēls). Abi trendi norāda uz bioloģiskās daudzveidības samazināšanos Rāznas ezera ihtocenozē (8.attēls). Biogēno elementu (N,P) koncentrācijas pieaugums ūdenstilpēs izraisa eitrofikāciju un likumsakarīgas izmaiņas visos ekosistēmas trofiskos līmeņos. Ihtiocenozē lielas gara cikla formas nomaina sīkas īsa cikla formas, palielinās planktofāgu skaits, lašveidīgās zivis nomaina sīgas, pēc tam salakas, vēlāk asari un karpveidīgās zivis (Colby et al., 1972). Gadījumā, ja biogēno elementu pieplūde samazinās, ihtiocenozes bioloģiskā daudzveidība pieaug (Gerdeaux et al., 2006).

Viecot daudzveidības indeksa atlikušās komponentes  $H_{rest}(t)$  spektrālo analīzi tika konstatēta periodiskums ar frekvenci 0,107, kas apmēram atbilst 9,3 gadu periodam (9.attēls).

Tātad, daudzveidības indeksa (H) statistiskā analīze liecina, ka funkciju  $H(t)$  veido trīs komponentes:

1) Patstāvīgā komponente,

$$Aver(H)=2,4967 \quad (1.1)$$

lineārais trends,

$$H_1(t) = a_0 + a_1 * t = 15,128 - 0,00765 * t \quad (1.2)$$

un kvadrātiskais trends.

$$H_2(t) = -0,0004264262 * t^2 + 1,6865 * t - 1667,4 \quad (1.3)$$

2) Periodiskā komponente ar periodu 9,33 gadi (frekvence 0,107)

$$H_3(t) = 0,225 * \sin(2 * \pi * 0,107 * t + 1,312) \quad (2)$$

3) „Atlikums” – nejauša komponente

$$H_e(t) = e(t) \quad (3)$$

Tādejādi funkcijas  $H(t)$  determinētais modelis izskatās sekojoši:

$$H_d(t) = H_1(t) + H_2(t) = 2,4967 + 15,128 - 0,00765 * t - 0,0004264262 * t^2 + 1,6865 * t - 1667,4 + 0,225 * \sin(2 * \pi * 0,107 * t + 1,312)$$

Iegūto modeli var izmantot Islaicīgām (3-5 gadi) ihtiocenozes daudzveidības prognozēm Rāznas ezerā .

## Literatūra

1. Appenzeller A.R., Leggett W.C., 1992. Bias in hydroacoustic estimates of fish abundance due to acoustic shadowing: evidence from day-night surveys of vertically migrating fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49, 2179–2189.
2. Barbour C .D. & J. H. Brown. 1974. Fish species diversity in lakes. *American Naturalist*, 108: 473-489.
3. Brandt S.B., Mason D.M., Patrick E.V., Argyle R.L., Wells L., Unger P.A., Stewart D.J., 1991. Acoustic measures of the abundance and size of pelagic planktivores in Lake Michigan. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48, 894–908.
4. Clark P., Evans F. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35, 445-453.
5. Colby P.J., Spangler G.R., Hurley D.A. and McCombie A.M. 1972. Effects of eutrophication on salmid communities in oligotrophic lakes, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29, pp. 975–983.
6. Edelstein-Keshet L. 2005. *Mathematical Models in Biology (Classics in Applied Mathematics)*. Society for Industrial and Applied Mathematics. 586 p.
7. Gerdeaux D., Annevillea O., Heftib D. 2006. Fishery changes during re-oligotrophication in 11 peri-alpine Swiss and French lakes over the past 30 years. *Acta Oecologica*. Volume 30, Issue 2, Pages 161-167
8. Humming R. 1962. *Numerical Methods for Scientists and Engineers*, McGraw-Hill
9. Irz P., Laurent A., Messad S., Pronier O., Argillier C. 2002. Influence of site characteristics on fish community patterns in French reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish* 11 (2), 123–136.
10. Lucas M. C., Walker L., Mercer T., Kubecka J., 2002. A review of fish behaviours likely to influence acoustic fish stock assessment in shallow temperate rivers and lakes. R&D Technical Report W2-063/TR/1, Environment Agency, Bristol, UK.
11. Murray J. 2007. *Mathematical Biology: I. An Introduction (Interdisciplinary Applied Mathematics)*. Springer. 551 p.
12. Pielou E. C. 1977. *Mathematical ecology*. Wiley, New York, 385.
13. Rāznas dabas parka izveidošana, 1999.LVAF 1998.17.08. Nr144 Atskaite, Daugavpils
14. Shannon C.E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October,
15. Strogatz S. 2001. *Non-linear Dynamics and Chaos: With applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering*, Perseus Books, 498 p.

16. Wang L., Lyons J., Kanehi P., 2006. Habitat and fish responses to multiple agricultural best management practices in a warm water stream. *Journal of the American Water Resources Association* 42 (4), 1047–1062.
17. Wang L., Lyons J., Kanehi P., Bannerman R., Emmons E. 2000. Watershed urbanization and changes in fish communities in Southeastern Wisconsin streams. *Journal of the American Water Resources Association* 36 (5), 1173–1189.
18. Working out Recommendations for Functional Zoning of Lake Razna Water Drainage Basin, RSS Report 599/1997, Daugavpils, 1997
19. Zinātniskais pamatojums un priekšlikumi Rāznas ezera un apkārtnes aizsardzībai, LR Vides aizsardzības komitejas pētījumu centrs, Rīga, 1991.
20. Жаков Л. А. 1984. Формирование и структура рыбного населения озёр Северо-Запада СССР. М.: Наука, 144 с.
21. Промысловые запасы и допустимый вылов в оз. Разнас на 1990 и 1991 годы. БалтНИИРХ. Рига, 1989.
22. Пэр Ф.Л., Школьников К.Л. 1955. Гидрохимическая характеристика промысловых озер Латвийской ССР. В кн.: Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР I.
23. Терещенко В.Г., Трифонова О.В., Терещенко Л.И. 2004. Формирование структуры рыбного населения водохранилища при интродукции новых видов рыб с первых лет его существования. *Вопр. Ихтиол.*, N 5, с.619-634.
24. Терещенко В.Г. 2005. Динамика рыбного населения озер и водохранилищ России и сопредельных стран. Автореферат, Санкт-Петербург, 49 с.