



LATVIJAS  
HIDROEKOLOĢIJAS  
INSTITŪTS

# REKOMENDĀCIJAS NEKTOBENTOSA UN ŽELEJVEIDA PLANKTONA UZSKAITEI

**Eiropas Savienības Eiropas Jūrlietu, zvejniecības  
un akvakultūras fonda finansēts projekts  
“Pētījumi zināšanu uzlabošanai par jūras vides  
stāvokli integrētās jūrlietu politikas ieviešanai”  
(NR 24-00-U1010801-000001)**

Līguma Nr. IL/58/2024 (12.06.2024)



Līdzfinansē  
Eiropas Savienība



Nacionālais  
attīstības plāns



Zemkopības ministrija



Lauku atbalsta dienests



Klimata un enerģētikas  
ministrija

Izpildītājs: Latvijas Hidroekoloģijas institūts

Rīga, 2025

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| ievads.....                                    | 2  |
| Nektobentoss - mizīdas.....                    | 2  |
| Želejveida planktonorganismi - medūzas.....    | 3  |
| 1.    Nektobentosa uzskaite .....              | 5  |
| 1.1.    Tradicionālās monitoringa metodes..... | 5  |
| 1.2.    Akustiskās metodes .....               | 5  |
| 1.3.    Optiskās metodes .....                 | 6  |
| 1.4.    Vides DNS analīze .....                | 8  |
| Secinājumi .....                               | 8  |
| 2.    Medūzu uzskaite .....                    | 10 |
| 2.1.    Paraugošana ar tīklu .....             | 10 |
| 2.2.    Zemūdens novērojumi.....               | 10 |
| 2.3.    Attālinātās novērošanas metodes .....  | 15 |
| Secinājumi .....                               | 16 |
| Izmantotās literatūras un avotu saraksts ..... | 18 |

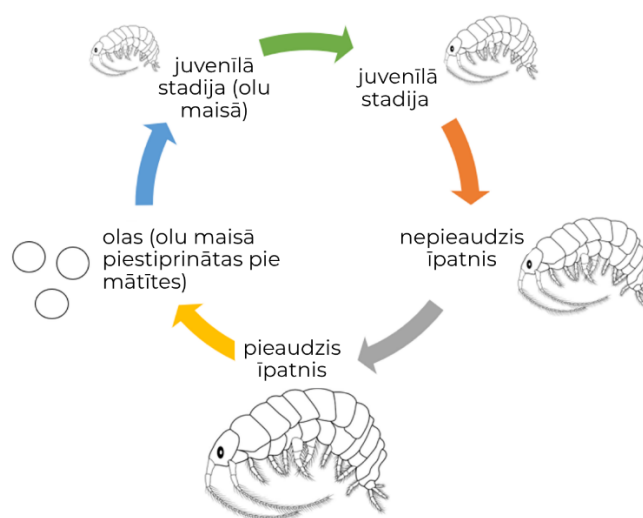
## IEVADS

Nektobentoss, konkrētāk Mysidae dzimtas organismi (mizīdas), un želejveida organismi (medūzas) ir nozīmīga ūdens ekosistēmu sastāvdaļa, kas nodrošina būtiskus barības tīkla procesus un enerģijas plūsmu starp bentisko un pelagisko vidi (Kiljunen et al. 2020; Stoltenberg et al. 2021). Tomēr to regulāra uzskaitē un monitorings līdz šim Baltijas jūrā nav ieviesta un, līdz ar to zināšanas par šīm divām grupām tiek iegūtas fragmentāri – projektu pētījumu veidā.

Arī līdz šim veiktie pētījumi Latvijas teritoriālajos ūdeņos lielākoties norāda uz barības tīkla funkcionēšanai svarīgu elementu datu iztrūkumu, tai skaitā nektobentosa (Līguma nr.IL/106/2017 projekta Noslēguma ziņojums. Kopsavilkums, 2022) un medūzas organismiem (Līguma nr.IL/106/2017 Noslēguma ziņojums. Barības ķēžu (D4) elementu apzināšana, 2022; Eglite et al. 2023). Šāds datu iztrūkums liedz barības tīkla procesus vērtēt visaptveroši, limitējot iespējas ieviest ekosistēmas pieeju ūdens resursu pārvaldībā un vides monitoringā.

## NEKTOBENTOSS - MIZĪDAS

Mizīdas (Mysida) ir nozīmīga sastāvdaļa ūdens ekosistēmās, īpaši piekrastes un estuāriju reģionos (Azeiteiro, Marques 1999). Mizīdu dzīves ciklā ir vairākas stadijas (1. attēls), bet lielākoties tās dzīvo, migrējot no piegrunts uz augstākiem ūdens slāņiem ik dienas.



**1.attēls. Mizīdu dzīves cikls. Attēls modificēts no Suhaimi et al. 2024.**

Ekoloģiski mizīdas ir būtiska trofiskā saite starp bentisko un pelagisko barības ķēdi (Oliveira et al. 2023). Tās, barojoties ar planktonu un detritu, nodrošina barības resursus augstākiem trofiskajiem līmeņiem, tostarp daudzu zivju sugu kāpuriem un jaunajām zivīm. Šādā veidā mizīdas veicina zivsaimniecībai nozīmīgu dzīvotņu produktivitāti un ekoloģisko stabilitāti (Beck et al. 2001). Latvijas ūdeņos mizīdas ir nozīmīgs barības avots tādām komerciāli nozīmīgām pelagiskajām zivīm kā reņģei un brētliņai (Viherluoto et al. 2000). Neraugoties uz šo ekoloģisko nozīmību, ilgtermiņa mizīdu monitorings pasaulē tiek veikts tikai atsevišķos reģionos. Piemēram, ASV Lielo ezeru reģionā ir izveidotas regulāras uzskaites programmas (Burlakova

et al. 2018). Tai pašā laikā, Ziemeļatlantijas šelfa jūrās un Baltijas jūrā šādas pieejas iztrūkst, un dati par mizīdu populācijām tiek iegūti tikai atsevišķu projektu ietvaros.

Mizīdu monitoringa ieviešanu apgrūtina arī tas, ka klasiskās HELCOM COMBINE rekomendācijās (HELCOM 2017) ietvertās paraugošanas metodes — piemēram, planktona tīkli vai bentiskie tvērēji — nav piemērotas mizīdu uzskaitēi, jo mizīdas veic gan vertikālas, gan sezonālas migrācijas, pulcējas lielos baros un tās spēj izvairīties no nelieliem paraugu ņemšanas rīkiem. Tā rezultātā mizīdu telpiskā un sezonālā dinamika Baltijas jūrā joprojām ir vāji izprasta.

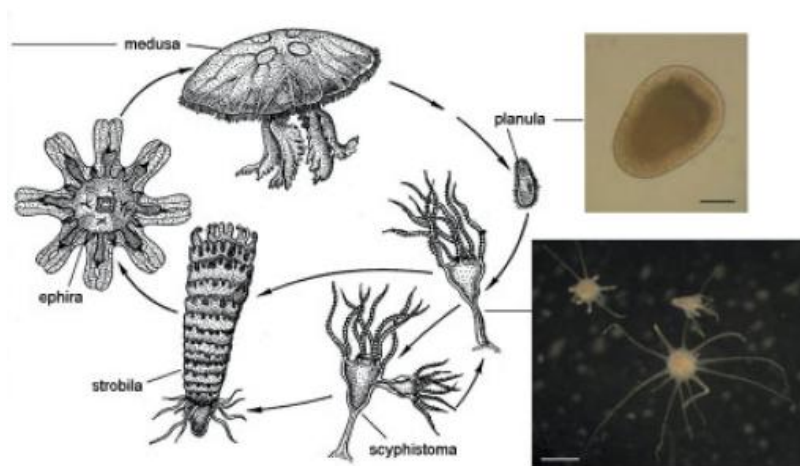
Baltijas jūrā lielākā daļa līdzšinējo pētījumu koncentrējušies uz mizīdu lomu barības tīklos — to barošanas (Viherluoto et al. 2000; Lehtiniemi et al. 2009), starpsugu attiecībām (Möllmann et al. 2004) un enerģijas pārnei (Tomczak et al. 2012). Tomēr trūkst kvantitatīvu datu par to sezonālajām un ilgtermiņa izmaiņām, lai varētu konkrēti aplēst ietekmes uz barības tīklu kopējiem procesiem, kas notiek Baltijas jūrā. Šis empīrisku datu trūkums apgrūtina dinamisko barības tīklu modeļu izstrādi un samazina pārliecību par ekosistēmas novērtējumu rezultātiem, jo nereti mizīdu biomasa un tās sezonāla mainība ir balstīta pieņēmumos (Tomczak et al. 2012; ICES 2024).

#### ŽELEJVEIDA PLANKTONORGANISMI - MEDŪZAS

Plašākā sabiedrībā ar jēdzienu “medūza” parasti saprot sfēriskus, želejveida dzīvniekus, kas novērojami peldam piekrastē vai tiek izskaloti pludmalē. Tomēr zinātniski “medūza” ir attīstības stadija ūdens organismiem no taksonomiski dažādām grupām, un medūzas stadija pilda šo dzīvnieku vairošanās un izplatīšanās funkcijas. Lielākoties paši par sevi tie ir sesīli organismi — piestiprināti pie cieta substrāta, kas pumpurojoties atdala sev ģenētiski identiskus meitasorganismus — medūzas (2.attēls). Medūzas ir daļa no želejveida planktonorganismu kopas.

Medūzu uzskaites datu nepieciešamība pēdējās desmitgadēs aktualizējusies visā pasaulē, jo ir novērota to šķietama vispārēja biomasas palielināšanās jūrās un okeānos, kā arī pieaudzis ziņojumu skaits par medūzu masveida savairošanās gadījumiem. Šādi notikumi var būtiski ietekmēt vietējo ekonomiku un sabiedrības labbūtību. Tomēr jāuzsver, ka joprojām pastāv atšķirīgi viedokļi par to, vai medūzu populācijas pasaules okeānos patiešām pieaug (Gibbons et al. 2016), un šī diskusija lielā mērā saistīta ar nepietiekamu datu apjomu un ilgtermiņa novērojumu trūkumu.

Lai noteiktu medūzu populāciju dinamiku galvenos iemeslus, nepieciešami ilgtermiņa novērojumi, kas analizējami kopā ar vides faktoriem un klimatiskajiem mainīgajiem (Condon et al. 2013). Zinātnieki arī norāda, ka medūzu sastopamība un biomasa var svārstīties 10–20 gadu ciklos, kas korelē ar Saules aktivitātes cikliem un tiem raksturīgām klimatiskām izpausmēm (Purcell 2012). Aplēstās klimata pārmaiņas kopumā rada bažas, jo tās var būtiski ietekmēt medūzu populāciju dinamiku nākotnē, atstājot ietekmi arī uz cilvēku dzīvi caur ekonomikas un vides aspektiem.



**2.attēls. Ausainās aurēlijas *Aurelia aurita* dzīves cikls (attēls no [Matveev et al. 2012](#)).**

Medūzu populāciju raksturojošie dati ir nozīmīgs papildinājums ekosistēmas pieejas īstenošanai vides pārvaldībā un vides stāvokļa novērtēšanā, uz ko norāda vairāki pasaulē izstrādātie jūras vides indikatori, piemēram, Vidusjūras reģionā un OSPAR teritorijā (piem., [McQuatters-Gollop et al. 2019](#)). Baltijas jūras monitoringa ietvaros neviena no iesaistītajām valstīm neveic medūzu sistemātisku uzskaiti, kā arī nav definētas vienotas medūzu uzskaites metodikas. Šādu datu un metodisku vadlīniju trūkums neļauj medūzu populācijas parametrus iekļaut vides novērtējumos un resursu pārvaldības procesā, lai gan tie būtu būtiski ilgspējības ekosistēmas pārvaldības kontekstā. Medūzu masveida savairošanās var negatīvi ietekmēt zveju, hidrobu vju darbību un tūrismu, kā arī rada barošanās konkurenci ar planktonēdājām zivīm, samazinot to labklājību un produktivitāti ([Purcell et al. 2007](#); [Purcell 2012](#)).

Baltijas jūrā mīt vairāki organismi, kuru dzīves ciklā ietverta medūzas stadija kā piemēram zarndobumaiņu tipa (Cnidaria) scifozoju klases sugas – ziemeļu cianeja *Cyanea capillata* un ausainā aurēlija *Aurelia aurita* ([Andersson et al. 2017](#)). Tomēr virzoties uz Baltijas jūras ziemeļu un austrumu daļu, no scifozoju klases sugām ir konstatēta tikai *A.aurita*, kas spēj izdzīvot arī zema sāļuma apstākļos. Latvijas teritoriālajos ūdeņos, t.i. Kurzemes piekrastē un Rīgas līcī, ir novērotas tikai *A. aurita* medūzas ([Labuce et al. 2024](#)).

*Aurelia aurita* ir sastopama visā Baltijas jūras teritorijā, un tā tiek uzskatīta par nozīmīgu pelaģiskā barības tīkla elementu, veidojot konkurenci plēsīgo zivju kāpuriem un planktonēdājzivīm, piemēram, reņģei. Tāpēc būtiski ir sekot līdzi *A.aurita* populācijas izmaiņām, lai pilnvērtīgi novērtētu reņģu kā komerciāli nozīmīga jūras resursa labklājību Latvijas ūdeņos. Jānorāda, ka Baltijas jūrā *A.aurita* nav neviena dabīgā ienaidnieka ([Andersson et al. 2017](#)), kas nostāda tās populācijas palielināšanās iespējas izdevīgākā pozīcijā nekā reņģu populāciju, kuru limitē zvejniecība. To pierāda arī globāla mēroga novērojumi par želejveida planktonorganismu, tai skaitā *A.aurita*, biomasas pieaugumu (piem., [Mills 2001](#); [Purcell 2005](#)).

## 1. NEKTOBENTOSA UZSKAITE

### 1.1. TRADICIONĀLĀS MONITORINGA METODES

Mizīdu ekoloģiskās īpatnības – to spēja migrēt gan horizontāli, gan vertikāli, kā arī izvairīties no neliela izmēra ūdens un grunts paraugu ņemšanas iekārtām (piemēram, WP-2 zooplanktona tīkls, Van Veen bentosa smēlētis) – būtiski apgrūtina mizīdu kvantitatīvu novērtēšanu pašreizējā jūras vides monitoringa ietvaros (Harris et al. 2000). Līdz ar to, īstenojot esošās jūras vides monitoringa programmas, reprezentatīvu mizīdu populāciju novērtējumu nav iespējams veikt ar šobrīd plaši izmantotajām metodēm.

Atsevišķās valstīs, piemēram, Somijā (SYKE 2025), šobrīd tiek veikti pilotpētījumi, kuros tiek testēta ihtioplanktona reisu izmantošana mizīdu kvantificēšanas nolūkā – apvienojot ihtioplanktona tralēšanu ar akustiskajām metodēm un vides DNS (eDNA) analīzēm. Šāda pieeja ļauj iegūt salīdzināmus datus gan par mizīdu klātbūtni, gan par to telpisko izplatību un potenciālo biomasu.

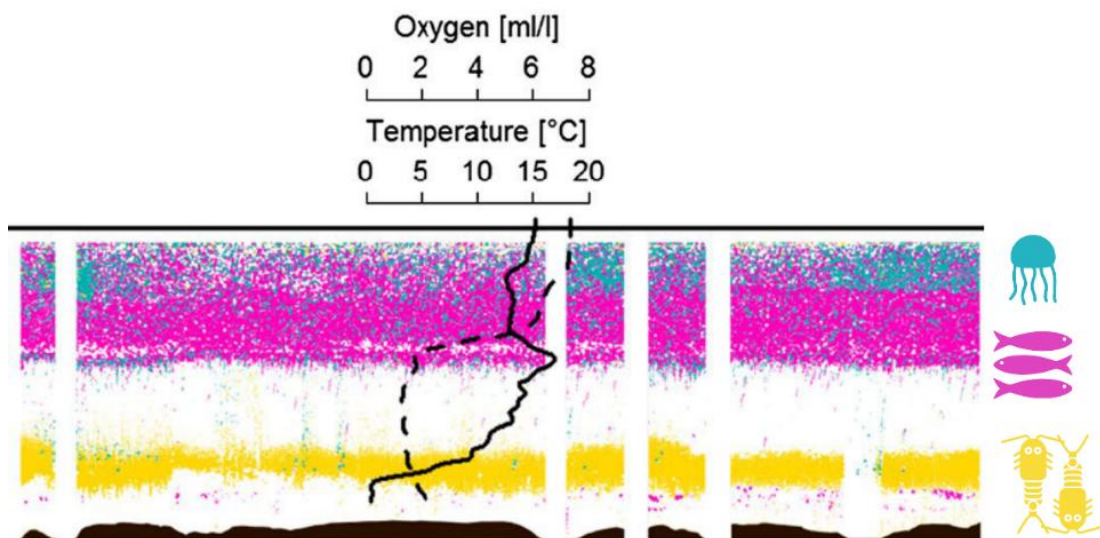
Latvijā ihtioplanktona monitoringu īsteno Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskais institūts "BIOR", tomēr publiski pieejama informācija par šajos reisos izmantoto metodiku un iegūtajiem novērojumiem līdz šim nav konstatēta, vien zināms, ka tā tiek veikta izmantojot pelaģisko tralēšanu.

### 1.2. AKUSTISKĀS METODES

Akustisko metožu priekšrocība ir iespēja nepārtraukti monitorēt lielas teritorijas un novērot organismu uzvedības dinamiku reāllaikā, tomēr tā nav veicama atrauti no tiešiem vides novērojumiem, jo akustisko datu interpretācija, vismaz algortima izstrādes procesā, prasa kalibrāciju ar dabas (in situ) paraugiem. Tāpat akustiskie dati un to apstrāde prasa ievērojamus datorresursus un speciālista daba laiku.

Neskatoties uz izaicinājumiem, akustiskās metodes tiek uzskatītas par daudzsoļām mizīdu populāciju novērtēšanā, jo tās ļauj veikt attālinātus plaša mēroga mērījumus, kā arī noteikt organismu sadalījumu vertikālajā un horizontālajā griezumā ūdens kolonnā, ko savukārt nespēj tradicionālās monitoringa metodes. Tomēr Baltijas jūrā akustisko metožu precizitāti ierobežo augsts suspendēto daļiņu daudzums ūdenī, kas traucē atstarotā signāla (backscatter) interpretāciju un rada augstu fona "troksni". Tas var gan maskēt mizīdu klātbūtni, gan radīt kļūdainus pozitīvus novērojumus (Foote & Stanton 2000). Šo iemeslu dēļ nepieciešama lokāla akustisko modeļu pielāgošana, lai efektīvi atfiltrētu traucējošos signālus un ņemtu vērā Baltijas jūras specifiskos hidroloģiskos un ekoloģiskos apstākļus.

Tomēr pētījumi rāda, ka, neskatoties uz sarežģītajiem Baltijas jūras ūdens optiskajiem apstākļiem, akustiskās metodes iespējams efektīvi izmantot arī šajā reģionā, lai novērtētu dažādu organismu – tostarp mizīdu – populāciju apjomu un dinamiku, ja tiek pielietota vairāku frekvenču kombinācija (3. attēls), iespējams gan, ka izmantojamās frekvences var atšķirties starp Baltijas jūras reģioniem.



3.attēls. Ehogramma, kas raksturo trīs frekvenču (70, 120, 200 kHz) izkļiedes novērojumus, kas kalibrēti ar *in situ* novērojumiem. Pētījums veikts Baltijas jūrā, Somu līcī. Dzeltētais slānis raksturo lielos airkājvēžus (galvenokārt, *Limnocalanus*) un mizīdas, rozā – zivis, zilais – medūzas *Aurelia aurita*. Nepārtrauktā līnija – skabekļa koncentrācija (Oxygen), ml/l, raustītā līnija – temperatūra (Temperature), C°. Attēls pielāgots no Webster et al. 2015.

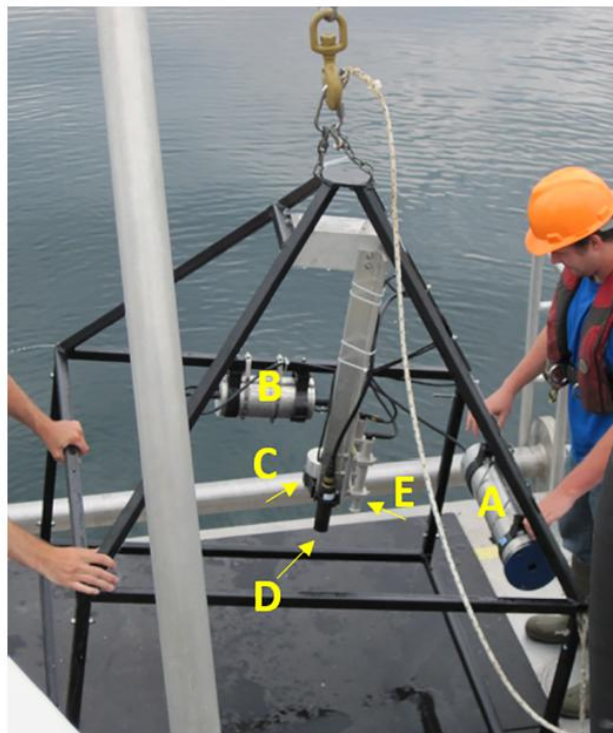
### 1.3. OPTISKĀS METODES

Optiskās metodes, piemēram, zemūdens video vai fotoattēlu uzņemšana biotopu kartēšanas laikā, ir noderīgas mizīdu un citu kustīgu organismu noteikšanai to dabiskajā vidē (O'Malley 2018). Šīs metodes ļauj dokumentēt individu uzvedību, baru struktūru un telpisko sadalījumu, neradot tiešu traucējumu organismiem.

Tomēr Baltijas jūras vide, līdzīgi kā aksutiskajām metodēm, rada būtiskus izaicinājumus optisko datu kvalitātei. Ūdens duļķainība, mainīgie gaismas apstākļi un augsta bioloģiskā produktivitāte bieži ierobežo redzamību un samazina attēlu interpretācijas precizitāti. Īpaši problemātiski tas ir pavasara un vasaras sezonās vai pēc lielām saldūdens ieplūdēm, kad ūdens kolonna kļūst neviendabīga un piepildīta ar brūnajiem upju ūdeņiem. Tādēļ optiskās metodes ir visefektīvākās skaidros, seklos ūdeņos, un tās ieteicams kombinēt ar citām metodēm, lai iegūtu salīdzināmus un reprezentatīvus rezultātus. Kā arī video materiālos ir neiespējami bez fiziska mēroga, piemēram, 0.5x0.5 m rāmja, kas redzams kadrā, noteikt aplūkoto ūdens tilpumu, un līdz ar to neiespējami novērtēt biomasu uz laukuma vai tilpuma vienību.

Amerikā veikts pētījums (O'Malley 2018), kur testēta zemūdens stacionāra kamera (4. attēls), ar mērķi uzskaitīt mizīdu populāciju. Kamera tika novietota 1.2x1.2 m lielā metāla rāmja virspusē. Kameras objektīvs, apgaismojums un lāzeri tika novietoti perpendikulāri ezera dibenam, aptuveni 0,5 m virs rāmja pamatnes. Pēc pievienošanas barošanas avotam, kamera, videoierakstītājs (DVR), apgaismojums un lāzeri automātiski ieslēdzās, un ieraksts sākās, turpinoties līdz baterijas izlādei vai manuālai atvienošanai pēc iekārtas izcelšanas. Rāmis tika

nolaists un pacelts, izmantojot virvi, kas piestiprināta rāmja augšpusē un savienota ar virszemes boju, kas nodrošināja iekārtas drošu izvietošanu un atgūšanu no ūdens.



**4.attēls. Kameru sistēma bentāles novērojumiem. A – tvertne akumulatoriem, B – tvertne cietajam diskam, C – sarkanā LED gaisma, D – video kamera, E – sarkanais lāzers. Rāmja pamatne 1.2x1.2m (attēls no [O'Malley 2018](#), foto autors: Maureen Walsh)**

Pētījuma rezultāti ([O'Malley 2018](#)) apstiprina, ka daļa mizīdu populācijas nemigrē vertikāli, līdz ar to ierobežojot to uztveršanu ar pelagiskajiem paraugu ievākšanas rīkiem (piemēram, WP-2 zooplanktona tīkls). Kā arī pētījumā konstatēts, ka bentosa vilkšanas tīkli nenovērtē mizīdu populācijas kopējo blīvumu, uzrādot būtiskas atšķirības no video novērojumiem. Video uzskaitē atsevišķos gadījumos uzrādīja līdz pat 43 reizes augstāku mizīdu blīvumu nekā bentosa vilkšanas rīki, sasniedzot pat vairāk nekā 2000 indivīdu uz kvadrātmetru.

Kopumā, O'Malley et al. (2018) pētījumā zinātnieku grupa secināja, ka zemūdens stacionārā kamera ir efektīva, tehniski vienkārša un uzticama metode mizīdu uzskaitē, kas ļauj novērot arī uzvedības īpatnības, piemēram, indivīdu paralēlu izvietošanos atbilstoši straumes virzienam. Kā arī sarkanās gaismas izmantošana neizraisīja mizīdu pievilināšanu, kas apliecina metodes neinvazīvo raksturu. Līdz ar to, attālinātā video metode var būt efektīva alternatīva tradicionālajām uzskaites metodēm, nodrošinot jaunas iespējas mizīdu populāciju un to indivīdu uzvedības izpētei, kā arī piedāvājot potenciālu turpmākai izmantošanai jūras vides monitoringa programmā.

#### 1.4. VIDES DNS ANALĪZE

Jaunākās pieejas mizīdu noteikšanā ietver vides DNS (eDNA) metodes, kas balstās uz organismu ģenētiskā materiāla noteikšanu ūdens paraugos. Šī metode ļauj identificēt sugu klātbūtni, neizmantojot tiešu organismu noķeršanu, un tā ir īpaši noderīga sugām ar fragmentētu vai migrējošu izplatību. eDNA priekšrocība ir augsta jutība un spēja detektēt zemu blīvumu populācijas, taču tās izmantošana mizīdu kvantitatīvai novērtēšanai joprojām ir izpētes stadijā. Nepieciešams pilnveidot metodes kalibrāciju, ņemot vērā, cik lielā mērā DNS daudzums ūdenī korelē ar reālo organismu skaitu.

Neskatoties uz to, eDNA tehnoloģijas attīstība kopā ar tradicionālo un akustisko metožu pilnveidi sniedz iespēju izveidot integrētu, daudzmetodisku monitoringa sistēmu, kas uzlabotu mizīdu populāciju novērtējuma precizitāti un salīdzināmību (Boss et al. 2022), kā arī ļautu novērtēt katras individuālās metodes un metožu kombināciju precizitāti un savstarpējo salīdzināmību.

Jāuzsver, ka eDNA metodes šobrīd aktīvi tiek pielietotas svešzemju sugu monitoringam, tai skaitā svešzemju mizīdu invāziju konstatēšanai (Mychek-Londer et al. 2019; Arbačiauskas et al. 2025). Šie pētījumi kopumā apliecina, ka eDNS analīze ir efektīvs rīks agrīnai invazīvo sugu noteikšanai un reto vietējo sugu izplatības kartēšanai, nodrošinot būtisku informāciju bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai un invazīvo sugu pārvaldībai.

#### SECINĀJUMI

Analizējot pieejamās metodes (1.tabula), redzams, ka neviena no metodēm atsevišķi nespēj pilnībā nodrošināt reprezentatīvu mizīdu un citu nektobentosa organismu novērtējumu, īpaši ņemot vērā šo organismu vertikālās un horizontālās migrācijas, kā arī planktonisko un bentisko dzīves posmu pārklāšanos.

Tradicionālās mehāniskās metodes (piemēram, bentosa tvērēji un tīkli) ir efektīvas specifiskos apstākļos, taču tām ir ierobežota iespēja aptvert visu nektobentosa dzīves telpu (pelaģiāle un bentāle). Savukārt optiskās un akustiskās metodes piedāvā iespēju iegūt plaša mēroga un augstas izšķirtspējas datus, bet prasa tehnisko pielāgošanu un kalibrāciju Baltijas jūras apstākļiem.

Integrēta, daudzmetodiska pieeja, kas apvieno mehāniskos, akustiskos, optiskos un/vai ģenētiskos (eDNS) novērojumus, būtu vispiemērotākā mizīdu un citu nektobentosa organismu uzskaitēi. Šāda pieeja ļautu gan uzlabot datu salīdzināmību, gan samazināt nenoteiktību barības tīklu un ekosistēmas modeļos, kā arī nodrošinātu iespēju ieviezt inovatīvas monitoringa tehnoloģijas valsts jūras vides novērojumu programmās.

1.tabula. Dažādu nektobentosa paraugošanas metožu salīdzinājums.

| Iekārta/Metode                                                          | Izmantošana ezeros un jūrās                                                              | Priekšrocības                                                                                                                    | Trūkumi                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bentosa vilkšanas rīks ( <i>benthic sled</i> )                          | Bieži izmantota                                                                          | Var darbināt manuāli, ļauj savākt paraugus, pārvelkot lielus transektus un iegūstot plašu paraugu laukumu; izmaksu ziņā efektīvs | Piemērots tikai gludām gruntīm; var aizķerties vai bojāties uz nelīdzena substrāta                                                          |
| Bentosa tvērējs ( <i>benthic grab</i> , piemēram, Van Veen, Ponar u.c.) | Bieži izmantots                                                                          | Var darbināt manuāli, izmaksu ziņā efektīvs                                                                                      | Neefektīvs uz cietiem substrātiem; neliela tvēruma atvere un paraugošanas laukums samazina iespēju konstatēt reti sastopamus organismus     |
| Tralēšana (ihtio planktons)                                             | Bieži izmantots                                                                          | Var apvienot ar jau šobrīd esošu monitoring – ihtio planktona uzskaiti.                                                          | Nepieciešams pielāgots kuģis                                                                                                                |
| Tālvadāms zemūdens aparāts (ROV)                                        | Nav plaši izmantots, specifiski par pētījumiem ar mērķi pētīt mizīdas – nav informācijas | Var nodrošināt detalizētus uzvedības novērojumus; var nodrošināt detalizētus uzvedības novērojumus;                              | Nepieciešams kabelis; ierobežots darbības dziļums; nepieciešama plaša attālu pēcapstrāde; apgaismojums var izraisīt organismu izvairīšanos; |
| Kamera, kas piestiprināta vilkšanas tīklam vai slīdei                   | Reti izmantots                                                                           | nodrošina iespēju tieši salīdzināt dažādas paraugošanas metodes                                                                  | nepieciešama plaša attālu pēcapstrāde; apgaismojums var izraisīt organismu izvairīšanos                                                     |
| Nirēju novērojumi                                                       | Reti izmantots                                                                           | Tiešā novērošana ļauj ātri iegūt rezultātus                                                                                      | Ierobežota ar seklūdens apstākļiem; nepieciešams apgaismojums, ja darbi veikti tumsā vai lielākā dziļumā                                    |

## 2. MEDŪZU UZSKAITE

### 2.1. PARAUGOŠANA AR TĪKLU

Planktona tīkli ir viena no senākajām metodēm planktonorganismu novērošanai. Baltijas jūras monitoringā izmanto zooplanktona tīklu WP-2, kura acs izmērs ir 100 µm, ļaujot novērot dažādas planktona grupas, tomēr pieaugušo medūzu uzskaitē (8-20 cm) tie nav efektīvi, jo iegūtie īpatņi nav reprezentatīvi populācijai kopumā. Medūzām raksturīga nevienmērīga izplatība ūdenī, kas var mainīties gan vertikāli, gan horizontāli, un lai iegūtu statistiski nozīmīgus rezultātus, nepieciešams liels paraugu skaits. Turklāt lielie īpatņi bieži tiek ievainoti tīklā un deformēti vai pat pilnībā izšķīst, kas ierobežo to uzskaiti (Graham et al. 2003). Tādēļ planktona tīkli vairāk piemēroti medūzu agrīno stadiju (kāpuru) novērošanai (Gutkowska et al. 2012). Šīs metodes priekšrocība ir vienkāršums un ātrums, taču paraugu kvalitāti ietekmē tīkla izmērs, vilkšanas ātrums un ūdens kustība, kas var samazināt kāpuru noķeršanas efektivitāti.

Tralēšana medūzu novērošanā bijusi viena no pirmajām izmantotajām metodēm līdztekus planktona tīklu izmantošanai, kas sastopama pētījumos jau kopš 1970. gada (Schneider et al. 1994). Un tralēšana ir piemērota tieši pieaugušo medūzu uzskaitē. Tralēšanai ir divi veidi – grunts tralēšana (*bottom trawling*) un pelaģiskā tralēšana (*midwater trawling*). Abos gadījumos tīkla konstrukciju jeb trali aiz sevis velk viens vai divi traleri – kuģi, kas piemēroti traļa vilkšanai un tā iekraušanai kuģī. Tā kā *A. aurita* medūzas pārsvarā uzturas ūdens kolonas virsējās 15 m, tad pelaģiskā tralēšana ir vispiemērotākā šo organismu uzskaitē jau no esošām metodēm monitoringa ietvaros. Pelaģiskā tralēšana tiek izmatota ihtioplanktonu monitoringā. Latvijā ihtioplanktona monitoringu īsteno Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskais institūts "BIOR", tomēr publiski pieejama detalizētā informācija par šajos reisos izmantoto metodiku un iegūtajiem novērojumiem līdz šim nav konstatēta.

Pētījumi apliecina, ka tralēšana ir efektīva un reprezentatīva pieaugušo medūzu uzskaitē, un tieši šādā veidā iegūti dati sniedz lielāko daļu līdzšinējo informāciju par medūzām (Aubert et al. 2018; Bastian et al. 2011; Lynam et al. 2004; Robinson et al. 2013). Tralēšanas trūkumi iezīmēti kā mazo īpatņu zudums un ierobežota vertikālās sadalījuma precizitāte hidrodinamiskā spiediena ietekmē (Aubert et al. 2018; Graham et al. 2003). Tāpēc visaptverošam novērtējumam ieteicams kombinēt tralēšanu ar citām metodēm, piemēram, planktona tīkliem vai pie traļa piestiprinātu zemūdens kameru (Aubert et al. 2018; Fey 2015). Tralēšana atsevišķi ir visefektīvākā metode, ja medūzu populācija ir reti sastopama un viendabīga, kā tas novērots Latvijas teritoriālajos ūdeņos, kur *A. aurita* medūzas parasti sastopama pieaugušo medūzu stadijā un neveido masveida populācijas.

### 2.2. ZEMŪDENS NOVĒROJUMI

Zemūdens filmēšana tiek izmantota medūzu novērošanai, lai noteiktu to izvietojumu ūdens kolonnā un novērtētu masveida grupu apjomu. Šī metode parasti tiek kombinēta ar citām – akustiskām (eholokāciju), niršanu vai automātiskās identifikācijas sistēmām, nodrošinot trīsdimensionālu un salīdzināmu datu ieguvu (Mano et al. 2019; Spencer et al. 2005).

Izšķir vertikālā un horizontālā kadra kameras. Vertikālās ir piemērotas masveida grupu un vertikālā sadalījuma novērtēšanai, bet ierobežotas telpiskā pārklājuma un laikietilpīguma dēļ. Horizontālās kameras nodrošina plašāku pārklājumu un piemērotas populācijas blīvuma novērtējumam, taču tām reprezentatīviem mērījumiem nepieciešama papildu aparātūra straumes un kustības stabilizācijai (Graham et al. 2003). Galvenie izaicinājumi ir attēlu apstrāde un identifikācija, tomēr jaunākās mašīnmācīšanās un mākslīgā intelekta sistēmas (piemēram, *Jellytoring*; Martin-Abadal et al. 2020) būtiski paaugstina precizitāti un samazina izmaksas. Jāuzsver, ka metodes efektivitāte ir atkarīga no optiskajiem zemūdens apstākļiem, proti, redzamības zem ūdens. Baltijas jūras duļķainība, tumšā krāsa un zemais gaismas daudzums šķietami ierobežo šo metožu pielietojumu. Līdz ar to Baltijas jūras apstākļos, piemērotākās ir zema apgaismojuma kameras. Papildinoši novērojumus iespējams veikt nirējiem, kuri manuāli uzskaita īpatņus vai izmanto personīgās zemūdens kameras. Šāda pieeja nodrošina *in situ* datu salīdzināšanu ar automatizētajām metodēm un palīdz validēt to precizitāti (Spencer et al. 2005).

Zemūdens video filmēšanas priekšrocība ir iespēja relatīvi ātri un vienkārši iegūt datus vietās jūrā, kur paraugu ievākšana ar citām metodēm ir apgrūtināta vai saistīta ar paaugstinātiem drošības riskiem, piemēram, lielākos dziļumos. Līdz šim zemūdens video filmēšana Baltijas jūrā pārsvarā izmantota bentisko biotopu apsekošanai un raksturošanai, taču tā varētu sniegt vērtīgu informāciju arī par ūdens virsējo slāni. Pilotpētījumā 2025.gada vasarā filmēšanas metodika tika pielāgota un izmēģināta pelaģisko organismu – Baltijas jūras Latvijas piekrastē visbiežāk sastopamā scifozoja ausainās aurēlijas *A. aurita* novērojumiem un kvantitatīvai uzskaitēi.

Tika izmēģinātas divu veidu zemūdens nolaižamās kameras - Rovbuilder (RB-100D) ar pulti vadāma kamera un Rovbuilder (RB-1CUVS) ar savu svaru grimstoša un bez manuālas vadīšanas funkcijas kamera, kas aprīkotas ar augstas izšķirtspējas (*Full HD*) videokamerām ar fiksētu fokusu. Ierīces aprīkotas ar 4 LED gaismekļiem, lai nodrošinātu apmierinošu apkārtējās vides redzamību zemūdens apstākļos. Ierīces tika nolaistas ūdenī no motorizēta kutera, un video ieraksts tika uzsākts nekavējoties, lai reģistrētu dziļuma intervālus, kuros medūzas novērojamas. Nolaīšanas ātrums tika uzturēts aptuveni  $0,2\text{--}0,3\text{ m s}^{-1}$ , kas nodrošināja vienmērīgu filmēšanu un mazināja ūdens turbulences ietekmi uz organismu sadalījumu un iegūstamo video kvalitāti. Katrā stacijā ieraksts ilga apmēram 3 minūtes, un iegūtie faili tika saglabāti ierīces datu nesējā turpmākai izmantošanai. Izmantotās kameras veidam nebija būtiskas ietekmes uz iegūtajiem video failiem, vienīgā atšķirība, ka ar pulti vadāmā kamera negrima tik vienmērīgi kā kamera bez vadīšanas funkcijas savukārt otrajai kamerai bija grūtāk noturēt vienmērīgu un lēnu grimšanu.

Iegūtajiem video materiāliem tika veikta izvērtēšana, lai novērtētu metodes piemērotību medūzu klātbūtnes un vertikālā sadalījuma noteikšanai ūdens kolonnā. Šis vērtējums parādīja, ka video fragmentēšana noteiktos laika intervālos un kadru izmantošana vizuālai indivīdu uzskaitēi potenciāli varētu būt izmantojama metode medūzu relatīvās sastopamības un vertikālā sadalījuma novērtēšanai (5.attēls).

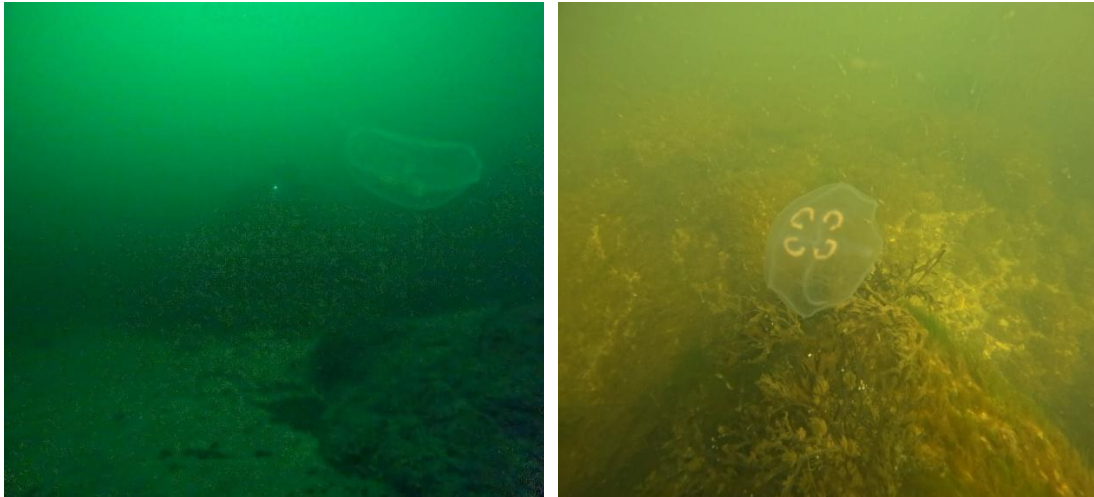


**5.attēls.** Kadrs ar četrām medūzām, kas fiksēts ar zemūdens video kameru 26 metru dziļumā piegrunts slānī. Veicot video ierakstu, tika veikta arī fotogrāfēšana un iegūts labas kvalitātes attēls.

Tomēr šī metode vēl jāvērtē un jāsalīdzina ar literatūrā aprakstītajām metodēm, īpaši izvērtējot tās efektivitāti, iespējamo pielietojumu medūzu kvantificēšanai un spēju sniegt ticamus datus par medūzu sastopamību noteiktā laikā un ūdens tilpumā. Pašreizējie rezultāti ir potenciāli izmantojami, taču vēl nav pieejams pietiekams datu daudzums, lai pilnībā apstiprinātu metodes piemērotību. Jāatzīmē arī, ka šie novērojumi tika kombinēti ar bentisko biotopu monitoringu. Tā kā ne vienmēr tika fiksēta medūzu klātbūtne ūdenī, tad iespējams, ka veicot medūzu novērojumus, lielāka vērtība jāpievērš tieši medūzu sezonālai sastopamībai.

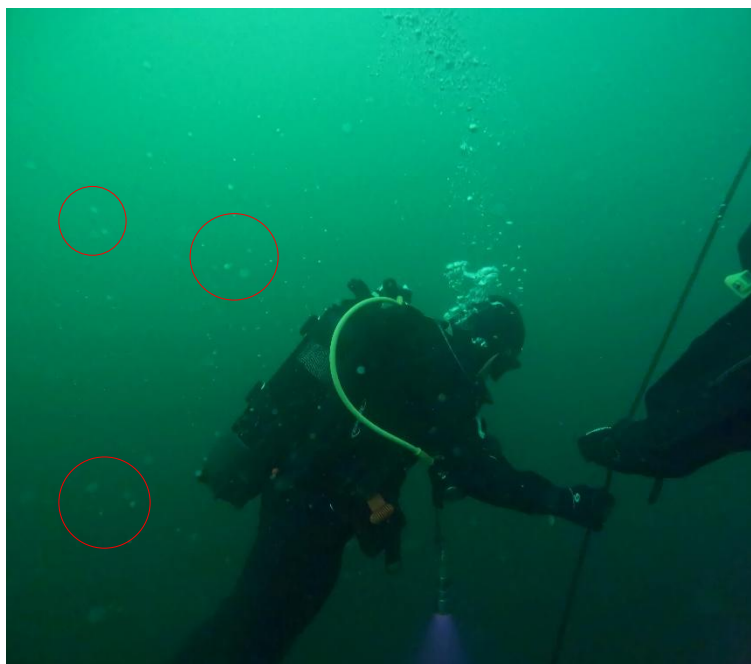
Medūzām raksturīga izteikta sezonālā sastopamība, ko apliecina Latvijas Hidroekoloģijas institūta jūras vides monitoringa reisu apkopotie nejaušie novērojumi (Labuce et al. 2024). Vidēji *A.aurita* medūzas visplašāk izplatītas augusta un septembra mēnešos, kad tās ir sastopamas visā Latvijas jūras teritorijā, lai gan novērojama ievērojama ikgadēja mainība. Piemēram, 2002. un 2019. gadā netika konstatēta neviena medūza. Tomēr skaidri iezīmējas telpiskās atšķirības — Kurzemes piekrastē medūzas parādās agrāk nekā Rīgas līcī, kas liecina, ka to ienākšana Latvijas ūdeņos ir saistīta ar straumju un dominējošo vēju ietekmi, iespējams, tās tiek atnestas no citiem Baltijas jūras reģioniem.

Papildus nolaižamās kameras pielietošanai testēta arī zinātniskās niršanas metode, kas nodrošina detalizētākus tiešos novērojumus un iespēju pētīt konkrētus ūdens slāņus, kuros medūzas var veidot lokālas agregācijas.



6.attēls. Ar zemūdens GoPro Hero 13 kameru iegūti attēli. Pa kreisi 25 m dziļumā, pa labi 2 m dziļumā.

Viens no nirējiem bija aprīkots ar rokas videokameru ar augstu izšķirtspēju, un niršanas laikā viņš nolaidās zem ūdens ar vidējo ātrumu aptuveni  $5\text{--}10\text{ m min}^{-1}$ , vienlaikus veicot apkārtnes filmēšanu savas redzamības robežās. Drošības nolūkos nolaišanās tika veikta vertikālā virzienā turoties pie kuģa enkura striķa. Šādā veidā tika iegūti nepārtraukti vizuālie ieraksti par medūzu klātbūtni un to iespējamo koncentrāciju dažādos ūdens slāņos (6.attēls). Tā kā kamera neveic dziļuma fiksēšanu un ierakstīšanu, šī metode ir ierobežota, lai iegūtu precīzus datus par medūzu sastopamības dziļumiem. Vēl viens šīs metodes trūkums ir nirēju izelpas laikā radītie burbuļi, kas veido apaļus vai ovālus objektus kadrā, kas reizēm atgādina medūzas un var tikt kļūdaini uzskatīti par tām (7.attēls).



7.attēls. Nirēja nolaišanās pa enkura striķi un video/foto fiksācija. Nirēju burbuļi izplatās apkārtējā vidē un maldinoši var tikt uztverti par medūzām, jo īpaši, ja tiek pielietotas automātiskās (mākslīgā intelekta) objektu atšķiršanas metodes.

2025. gada vasaras sezonā zemūdens video novērojumi Baltijas jūrā tika veikti monitoringa un citu projektu reisu ietvaros, aptverot jūniju un jūliju. Visbiežāk tika veikti piekrastes apsekojumi, kur dziļumu pētītās dziļumu zonas bija no 3-20m, bet bija iespēja izpētīt arī dziļākas zonas līdz 30m un seklākas piekrastes zonas 1-2 m dziļumā. Jūnija sākumā un vidū medūzas nebija sastopamas – video ierakstos nebija iespējams fiksēt nevienu individu. Šajā periodā medūzu populācija ūdens kolonnā vēl nebija attīstījusies līdz līmenim, kas ļautu reāli novērtēt to izplatību vai pielāgot metodoloģiju kvantitatīviem mērījumiem.

Jūlija reisos tika konstatēts neliels medūzu īpatsvars, tomēr to sastopamība joprojām bija ļoti zema – video ierakstos redzami tikai atsevišķi indivīdi. Visbiežāk tika konstatēts, ka medūzas sastopamas ūdens staba virsējā slānī 1-10 m dziļumā, bet daži indivīdi arī nogrimuši piegrunts slānī – pat 30 m dziļumā. Attiecībā uz piekrasti, kur tika veikti apsekojumi nirstot no krasta, tika konstatētas tikai dažas medūzas. Šādi video ar mazu skaitu indivīdu apgrūtināja metodes izstrādi un izmēģināšanu. Tāpat medūzu uzskaiti no video apgrūtināja video fragmentēšana (8.attēls) – iegūtie attēli zaudē kvalitāti un attiecīgā video uzņemšanas periodā medūzas iespējams kvalitatīvi saskaitīt tikai skatoties pilnu video ierakstu nevis izmantojot atsevišķus kadrus. Tika iegūts tikai ieskats par metodes piemērotību un tās potenciālu turpmākajiem pētījumiem. Tajā pašā laikā tika gūta vērtīga pieredze par optimālo kameru nolaišanas ātrumu, nirēju transektu organizāciju un vispārējās datu vākšanas stratēģijas piemērotību pelagisko organismu novērošanai.



8.attēls. Izgriezts kadrs no zemūdens video 10 m dziļumā fiksējot 3 medūzas vienā kadrā. Attēls uzskatāmi parāda uz kvalitātes ierobežojumiem šādi fragmentējot video.

### 2.3. ATTĀLINĀTĀS NOVĒROŠANAS METODES

Aerofoto un video uzņēmumi, kas iegūti no lidaparātiem, droniem vai satelītiem, pēdējā desmitgadē arvien biežāk tiek izmantoti ūdens monitoringa vajadzībām – krasta erozijas un aļģu ziedēšanas novērošanai, topobātimetrijas un Lidar mērījumiem, piesārņojuma seku novērtēšanai, kā arī ūdens dzīvnieku populāciju uzskaitēi ([Koparan et al. 2020](#); [Colefax et al. 2018](#); [Schaub et al. 2018](#)). Īpaši strauji attīstās dronu izmantošana, jo tie ļauj iegūt augstas izšķirtspējas attēlus īsā laikā, nodrošina pilota drošību un pieeju grūti sasniedzamām vietām. Droni ir efektīvi plašu teritoriju apsekošanai un neprasa sarežģītu apmācību salīdzinājumā ar kuģu izmantošanu ([Myrvold et al. 2020](#)).

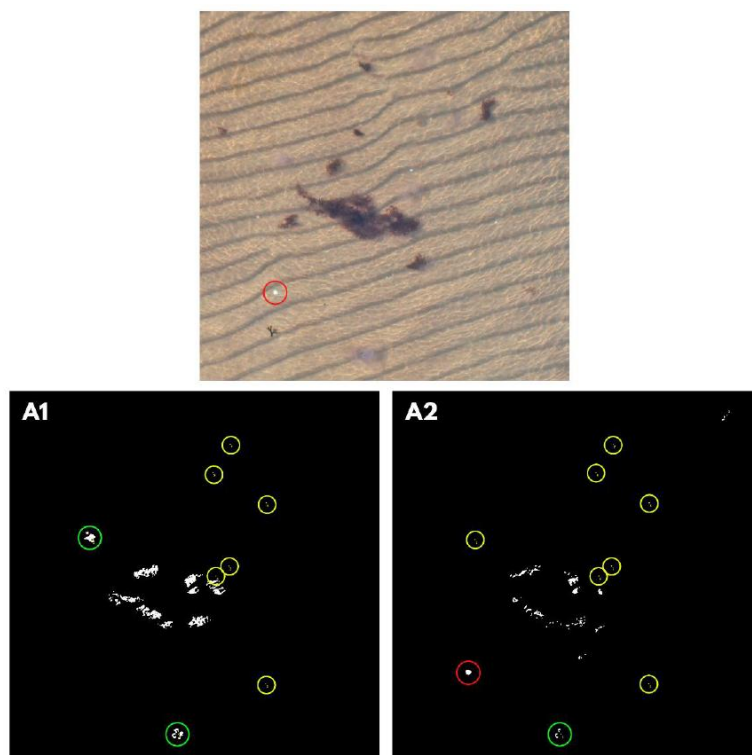
Dronu izmantošanu ierobežo valsts noteikumi par lidojumiem – nepieciešama reģistrācija, pilota sertifikācija un atļaujas darbam īpašajās ierobežotajās teritorijās (piemēram, ostu vai lidlauku tuvumā). Pieejamā informācija par ierobežojumiem redzama VAS “Latvijas gaisa satiksme” eUARV pārlūkā. Rīgas līča piekrastē noteikti augstuma un attāluma ierobežojumi, kas jāņem vērā dronu izmantošanas laikā pludmalēs un apdzīvotās vietās.

Medūzu pētījumos droni izmantoti galvenokārt masveida grupu identificēšanai un blīvuma novērtēšanai ([Aznar et al. 2017](#); [Kim et al. 2015](#); [Schaub et al. 2018](#)). Kanādas piekrastē, izmantojot *DJI Phantom 3 Pro* dronu, ar 12 megapikseļu (MP) kameru tika noteiktas *Aurelia* spp. grupas 50–150 m augstumā, papildus veicot planktona paraugšanu 10 m vertikālē ([Schaub et al. 2018](#)). Attēlu kvalitāte bija atkarīga no pikseļu izmēra un atspīduma no ūdens virsmas, ko ietekmēja apgaismojuma apstākļi.

Austrālijā un Dānijā veikti pētījumi ar zemākiem lidojuma augstumiem (7–10 m) un polarizētām lēcām, kas samazina atspīdumu un uzlabo caurspīdīgu medūzu noteikšanu (*Chironex fleckeri*, *Aurelia* spp.) ([Rowley et al. 2020](#); [Hamel et al. 2021](#)). Vienlaikus secināts, ka laikapstākļiem ir būtiska ietekme uz rezultātiem – mākoņainas dienas un bezvējš vai mērens vējš (<5–7 m/s) nodrošina labāko redzamību un attēlu kvalitāti ([Hamel et al. 2021](#); [Schaub et al. 2018](#)).

Kopumā droni uzskatāmi par efektīvu un drošu metodi medūzu novērošanai, īpaši seklūdeņu un piekrastes zonās, taču precīzu novērojumu nodrošināšanai nepieciešama meteoroloģisko un gaisa telpas ierobežojumu ievērošana, kā arī atbilstošu optisko filtru un sensora konfigurāciju izvēle, kā arī attēlu apstrādes algoritms.

Latvijas Hidroekoloģijas institūta uzraudzībā ir veikts pilotpētījums par iespējamo algoritmu izveidi, kopumā vērtējot drona attēlu potenciālu medūzu uzskaitēi ([Meikališa 2022](#)). Pētījumā izvērtētas dronu attēlu apstrādes iespējas medūzu novērošanai, izstrādāti un testēti divi objektu atpazīšanas algoritmi, identificējot to efektivitāti un galvenos izaicinājumus Rīgas līča apstākļos (9.attēls). Par optimālo uzņemšanas augstumu noteikti 5 m, jo virs šī augstuma medūzu atpazīšana kļūst sarežģīta. Droni ir piemēroti plašai un drošai novērojumu veikšanai, taču rezultātus būtiski ietekmē vides optiskās īpašības un laikapstākļi. Turpmāk nepieciešama algoritmu pilnveide, izmantojot mašīnmācīšanos un plašāku attēlu datubāzi, lai uzlabotu precizitāti un samazinātu kļūdaini atpazīto objektu skaitu.



9.attēls. Attēls ar izteiktu alģu kopu centrālajā daļā un vairākiem gaišiem objektiem uz gultnes. Abi algoritmi (A1, A2) saskaras ar grūtībām alģes radītā kontrasta apstrādē, identificējot to kā medūzu kopas. Otrais algoritms (A2) kā medūzu atpazinis arī lielāko gaišo gultnes objektu. Ar zaļu norādītas pareizi noteiktās medūzas, ar sarkanu nepareizi identificētais gultnes objekts, ar dzeltenu atrašanās vietas medūzām, kuras netika atpazītas. (3.8. attēls no Meikališa 2022)

Kā arī, kā aplūkots nektobentosa sadaļā – medūzas iespējams noteikt arī ar akustiskajām metodēm (2. attēls). Tomēr šādas pieejas attīstīšana prasa ehogrammas validēšanu ar vides *in situ* datiem, līdz ar to tā nav piemērojama viena pati, vismaz sākotnējās stadijās, kamēr tiek izstrādāts frekvenču algoritms un datu apstrāde.

#### SECINĀJUMI

Medūzu novērojumu metožu izvēle ir cieši saistīta ar to sezonālo un telpisko mainību. Rīgas līča apstākļos piemērotākā pieeja ir metožu kombinēšana – pelaģiskā tralēšana un zemūdens video novērojumi kvantitatīviem mērījumiem, bet droni un nirēji – kvalitatīvai verifikācijai un sezonālās sastopamības novērtējumam. Turpmākajos pētījumos ieteicams plānot speciālas ekspedīcijas medūzu sezonas maksimumā (augusts–septembris), kā arī attīstīt automatizētas attēlu analīzes metodes, kas pielāgotas Baltijas jūras optiskajiem apstākļiem.

2 .tabula. Dažādu medūzu paraugošanas metožu salīdzinājums

| Iekārta/Metode                              | Izmantošana ezeros un jūrās                                                                 | Priekšrocības                                                                                | Trūkumi                                                                                                       |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planktona tīkls                             | Bieži izmantoti zooplanktona novērojumiem; piemēroti <i>A.aurita</i> kāpuru stadiju izpētei | Vienkārša un ātra lietošana; izmaksu ziņā efektīva                                           | Pieaugušo medūzu uzskaitē nepiemērota; lieli īpatņi tiek ievainoti; rezultāti nav reprezentatīvi populācijai  |
| Pelaģiskā tralēšana                         | Lietderīga pieaugušo <i>A. aurita</i> uzskaitē                                              | Efektīva un reprezentatīva metode; iespējams izmantot esošajos ihtioplanktona monitoringos   | eprecīza vertikālajā sadalījumā; mazāki īpatņi izpeld cauri tīklam; nepieciešams pielāgots kuģis              |
| Zemūdens video (ROV vai nolaižamās kameras) | Izmēģināta pilotpētījumos Latvijas piekrastē                                                | Nodrošina tiešus novērojumus, arī grūti pieejamās vietās; piemērota vertikālajam sadalījumam | Ierobežota redzamība Baltijas apstākļos; nepieciešama pēcapstrāde; traucējoši fona objekti un gaismas trūkums |
| Nirēju novērojumi                           | Papildinoša metode                                                                          | Tieša uzskaitē un vizuāla verifikācija; var validēt automatizētās metodes                    | Ierobežots dziļums un ilgums; burbuļu radīti trokšņi un vizuālas kļūdas                                       |
| Droni (aerofoto/video)                      | Testēti Rīgas līcī                                                                          | Ātra, droša, plaša pārklājuma metode; augsta izšķirtspēja; piemērota seklūdeņiem             | Atkarīga no laikapstākļiem un optiskajiem apstākļiem; nepieciešamas atļaujas un pēcapstrāde                   |

## IZMANTOTĀS LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- Andersson A., Tamminen T., Lehtinen S., Jürgens K., Labrenz M., Viitasalo M. (2017) The pelagic food web. In: Snoeijs-Leijonmalm P., Schubert H., Radziejewska T. (eds) *Biological Oceanography of the Baltic Sea*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0668-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0668-2_8)
- Arbačiauskas K., Rybakovas A., Višinskienė G., Vaitonis G., Šidagytė-Copilas E. (2025) Assessing Local Distribution of Alien Ponto-Caspian Mysids in Lithuanian Waters, the Baltic Sea Basin: Do Sampling Method and Time Matter? *Diversity*. 17(5):307. <https://doi.org/10.3390/d17050307>
- Aubert, A., Antajan, E., Lynam, C., Pitois, S., Pliru, A., Vaz, S., Thibault, D. 2018. No more reason for ignoring gelatinous zooplankton in ecosystem assessment and marine management: Concrete cost-effective methodology during routine fishery trawl surveys. *Marine Policy*. 89, 100–108.
- Azeiteiro & Marques (1999). Temporal and spatial structure in the suprabenthic community of a shallow estuary (western Portugal: Mondego river estuary). *Acta Oecol*, 20(4), 333-342.
- Aznar, F., Pujol, M., & Rizo, R. (2017). A swarm behaviour for jellyfish bloom detection. *Ocean Engineering*, 134, 24-34. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.02.009>
- Bastian, T., Haberlin, D., Purcell, J.E., Hays, G.C., Davenport, J., McAllen, R., Doyle, T.K. 2011. Large-scale sampling reveals the spatio-temporal distributions of the jellyfish *Aurelia aurita* and *Cyanea capillata* in the Irish Sea. *Marine Biology*. 158, 2639–2652.
- Beck et al. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates: a better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *Bioscience*, 51(8), 633-641.
- Burlakova et al. (2018). US EPA Great Lakes National Program Office monitoring of the Laurentian Great Lakes: insights from 40 years of data collection. *J Great Lakes Res*, 44(4), 535-538.
- Colefax, A., Butcher, P., Kelaher, B. 2018. The potential for unmanned aerial vehicles (UAVs) to conduct marine fauna surveys in place of manned aircraft. *ICES Journal of Marine Science*. 75, 1–8.
- Condon, R. H., Duarte, C. M., Pitt, K. A., Robinson, K. L., Lucas, C. H., Sutherland, K. R., ... & Graham, W. M. (2013). Recurrent jellyfish blooms are a consequence of global oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), 1000-1005. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210920110>
- Eglite, E., Mohm, C. & Dierking, J. Stable isotope analysis in food web research: Systematic review and a vision for the future for the Baltic Sea macro-region. *Ambio* 52, 319–338 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01785-1>
- Fey, D.P. 2015. Size and growth rate differences of larval Baltic sprat *Sprattus sprattus* collected with bongo and MIK nets. *Journal of Fish Biology*. 86, 355–359.
- Foote & Stanton (2000). Acoustical methods. In: *ICES Zooplankton methodology manual*, pp. 223-258. Academic Press.
- Gibbons M. J. , Boero F., Brotz L. (2016) We should not assume that fishing jellyfish will solve our jellyfish problem, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 73, Issue 4, Pages 1012–1018, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv255>

- Graham, W.M., Martin, D.L., Martin, J.C. 2003. In situ quantification and analysis of large jellyfish using a novel video profiler. *Marine Ecology Progress Series*. 254, 129–140.
- Gutkowska, A., Paturej, E., Kowalska, E. 2012. Qualitative and quantitative methods for sampling zooplankton in shallow coastal estuaries. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 12, 253–263.
- Hamel, H., Lhoumeau, S., Wahlberg, M., Javidpour, J. 2021. Using Drones to Measure Jellyfish Density in Shallow Estuaries. *Journal of Marine Science and Engineering*. 9, 659.
- Harris et al. (Eds.). (2000). *ICES zooplankton methodology manual*. Elsevier.
- HELCOM (2017). *Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM*. <https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-guidelines/combine-manual>
- ICES (2024). Workshop on establishing a roadmap for possible conservation measures for herring in the Baltic (WKHERBAL). *ICES Scientific Reports*. 6:14. 46 pp
- Kim, H., Kim, D., Jung, S., Koo, J., Shin, J.-U., Myung, H. 2015. Development of a UAV-type jellyfish monitoring system using deep learning. 2015 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). 495–497.
- Kiljunen, M., Peltonen, H., Lehtiniemi, M., Uusitalo, L., Sinisalo, T., Norkko, J., ... & Karjalainen, J. (2020). Benthic-pelagic coupling and trophic relationships in northern Baltic Sea food webs. *Limnology and Oceanography*, 65(8), 1706–1722. <https://doi.org/10.1002/lno.11413>
- Koparan, C., Koc, A.B., Privette, C.V., Sawyer, C.B. 2020. Adaptive Water Sampling Device for Aerial Robots. *Drones*. 4–5.
- Labuce, A., Batare, L., Ikauniece, A. (2024) Spatiotemporal dataset on moon jellyfish *Aurelia aurita* incidental observations in the Gulf of Riga and Eastern Gotland Basin, Baltic Sea. *Data in Brief*, 56, 110880, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110880>
- Lehtiniemi et al. (2009). Winter food utilisation by sympatric mysids in the Baltic Sea, studied by combined gut content and stable isotope analyses. *Mar Biol*, 156(4), 619–628.
- Lynam, C.P., Hay, S.J., Brierley, A.S. 2004. Interannual variability in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation. *Limnology and Oceanography*. 49, 637–643.
- Mano, T., Guo, X., Fujii, N., Yoshie, N., Tsutsumi, E., Saito, R. 2019. Moon jellyfish aggregations observed by a scientific echo sounder and an underwater video camera and their relation to internal waves. *Journal of Oceanography*. 75, 359–374.
- Martin-Abadal, M., Ruiz-Frau, A., Hinz, H., Gonzalez-Cid, Y. 2020. Jellytoring: Real-Time Jellyfish Monitoring Based on Deep Learning Object Detection. *Sensors*. 20, 1708
- Matveev, I. V., Adonin, L. S., Shaposhnikova, T. G., & Podgornaya, O. I. (2012). *Aurelia aurita*—cnidarian with a prominent medusoid stage. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 318(1), 1–12. <https://doi.org/10.1002/jez.b.21440>
- McQuatters-Gollop A., et al. (2019) Plankton lifeforms as a biodiversity indicator for regional-scale assessment of pelagic habitats for policy. *Ecological Indicators*, 101, 913–925, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.010>

- Meikališa A.K. (2022) Bezpilota gaisa kuģu attēlu apstrādes iespējas medūzu *Aurelia aurita* kvantificēšanā Rīgas līcī. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte. <https://dspace.lu.lv/items/e3e4a027-333a-4571-a084-67b3082aae07>
- Mills, C. E. (2001). Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?. *Hydrobiologia*, 451(1-3), 55-68. <https://doi.org/10.1023/A:1011888006302>
- Möllmann, C. et al. (2004). Feeding ecology of central Baltic Sea herring and sprat. *J Fish Biol*, 65(6), 1563-1581.
- Mychek-Londer JG, Balasingham KD, Heath DD. (2020) Using environmental DNA metabarcoding to map invasive and native invertebrates in two Great Lakes tributaries. *Environmental DNA*.2:283–297. <https://doi.org/10.1002/edn3.56>
- Myrvold, K. M., & Dervo, B. K. (2019). Flight elevation and water clarity affect the utility of unmanned aerial vehicles in mapping stream substratum. <https://doi.org/10.1111/fme.12394>
- Oliveira et al. (2023). A review of the order mysida in marine ecosystems: what we know what is yet to be known. *Mar Environ Res*, 188, 106019.
- O'Malley, B. P., Dillon, R. A., Paddock, R. W., Hansson, S., & Stockwell, J. D. (2018). An underwater video system to assess abundance and behavior of epibenthic Mysis. *Limnology and Oceanography: Methods*, 16(12), 868-880. <https://doi.org/10.1002/lom3.10289>
- Purcell, J. E. (2005). Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review. Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(3), 461. <https://doi.org/10.1017/S0025315405011409>
- Purcell, J. E., Uye, S. I., & Lo, W. T. (2007). Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 153-174. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120709-142751>
- Purcell, J. E. (2012). Jellyfish and Ctenophore Blooms Coincide with Human Proliferations and Environmental Perturbations. *Annual Review of Marine Science*, 4, 209-235. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120709-142751>
- Robinson, K.L., Graham, W.M. 2013. Long-term change in the abundances of northern Gulf of Mexico scyphomedusae *Chrysaora* sp. and *Aurelia* spp. with links to climate variability. *Limnology and Oceanography*. 58, 235–253.
- Rowley, O.C., Courtney, R.L., Browning, S.A., Seymour, J.E. 2020. Bay watch: Using unmanned aerial vehicles (UAV's) to survey the box jellyfish *Chironex fleckeri*. *PLOS ONE*. 15, e0241410
- Schaub, J., Hunt, B. P., Pakhomov, E. A., Holmes, K., Lu, Y., & Quayle, L. (2018). Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to measure jellyfish aggregations. *Marine Ecology Progress Series*, 591, 29-36. <https://doi.org/10.3354/meps12414>
- Schneider, G., Behrends, G. 1994. Population dynamics and the trophic role of *Aurelia aurita* medusae in the Kiel Bight and western Baltic. *ICES Journal of Marine Science*. 51, 359–367.
- Spencer, M.L., Stoner, A.W., Ryer, C.H., Munk, J.E. 2005. A towed camera sled for estimating abundance of juvenile flatfishes and habitat characteristics: Comparison with beam trawls and divers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 64, 497–503.

Stoltenberg, I., Dierking, J., Müller-Navarra, D. C., & Javidpour, J. (2021). Review of jellyfish trophic interactions in the Baltic Sea. *Marine Biology Research*, 17(4), 311-326. <https://doi.org/10.1080/17451000.2021.1964532>

Suhaimi H, Abdul Rahman MI, Ashaari A, Ikhwanuddin M, Wan Rasdi N. (2024). Adaptation and potential culture of wild Amphipods and Mysids as potential live feed in aquaculture: a review. *PeerJ* 12:e17092 <https://doi.org/10.7717/peerj.17092>

SYKE, 2025. Mysid monitoring started on R/V Aranda. Available at: <https://www.finmari-infrastructure.fi/uutiset/mysid-monitoring-started-on-r-v-ara/> [viewed on 04.11.2025.]

Tomczak et al. (2012). Ecosystem flow dynamics in the Baltic Proper—Using a multi-trophic dataset as a basis for food–web modelling. *Ecol Modell*, 230, 123-147.

Viherluoto, M. et al. (2000). Food utilisation of pelagic mysids, *Mysis mixta* and *M. relicta*, during their growing season in the northern Baltic Sea. *Mar Biol*, 136(3), 553-559.

Webster, C.N., Hansson, S., Didrikas, T. et al. (2015). Stuck between a rock and a hard place: zooplankton vertical distribution and hypoxia in the Gulf of Finland, Baltic Sea. *Mar Biol* 162, 1429–1440. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2679-8>