

Predstavnici porodice Chironomidae (Insecta, Diptera) kao indikatori onečišćenja

Jančula, Anja

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:879152>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek

PREDSTAVNICI PORODICE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) KAO
INDIKATORI ONEČIŠĆENJA

REPRESENTATIVES OF THE FAMILY CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) AS
INDICATORS OF POLLUTION

SEMINARSKI RAD

Anja Jančula
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Science)
Mentor: doc.dr.sc. Marija Ivković

Zagreb, 2020.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Biologija porodice Chironomidae | 2 |
| 3. Morfologija porodice Chironomidae..... | 4 |
| 4. Indikacija onečišćenja u obliku promjene broja jedinki | 6 |
| 5. Indikacija onečišćenja u obliku promjene strukture porodice..... | 7 |
| 6. Ostali načini indikacije onečišćenja | 10 |
| 7. Zaključak..... | 11 |
| 8. Literatura | 12 |
| 9. Sažetak | 14 |
| 10. Summary | 14 |

1. Uvod

Eutrofikacija u vodenim okolišima prvenstveno se događa zbog ljudskih aktivnosti kao što su poljoprivreda i industrija. Tada voda postaje bogata nutrijentima, ponajviše fosforom i dušikom, što uzrokuje povećanje biomase primarnih proizvođača. Porodica Chironomidae je jedna od glavnih predstavnika zajednice bentosa, te je veoma raznolika, brojna i široko rasprostranjena. Nekoliko istraživanja pokazalo je kako promjene u okolišu snažno djeluju na sastav porodice te na njihovu brojnost, što ih potencijalno čini indikatorima za onečišćenje, odnosno kandidatima za monitoring kvalitete vode te razine eutrofikacije jezera (Takahashi i sur., 2008). Uloga organske tvari kao primarnog izvora energije u vodenim okolišima opsežno je proučavana, s fokusom na odgovor vodenih kukaca na promjene u okolišu (Rosario i sur., 2002). Trenutno je porodica Chironomidae smatrana indikatorom loše kvalitete vode jer ih se često nalazi u većim količinama na takvim lokacijama. Međutim, porodica sadržava rodove s različitim fiziološkim i ekološkim osobinama te različitim tolerancijom na onečišćenje odnosno promjene u uvjetima okoliša. Unatoč tome što predstavljaju važan dio makrozoobentosa u većini slatkih voda, često se izbjegava korištenje ove porodice kao indikatora je je znanje o njihovoj taksonomiji veoma oskudno (Serra i sur., 2017).

2. Biologija porodice Chironomidae

Porodica Chironomidae je široko rasprostranjena i pripada redu dvokrilaca. Prisutni su u kopnenim i vodenim okolišima, a često su najbrojnija skupina kukaca u slatkim vodama. Geografski su najrasprostranjenija skupina kukaca s kompletnom preobrazbom. Izuzetno su dobro prilagodljivi na uvjete u zagađenim okolišima zbog fizioloških promjena te promjena u ponašanju. Procijenjeno je da bi porodica mogla sadržavati čak i do 15 000 vrsta zahvaljujući starosti skupine, relativno niskoj pokretljivosti koja je dovela do izolacije i evolucijskoj plastičnosti (Armitage i sur., 1995). Trenutno je opisano oko 8000 vrsta u preko 330 rodova i 10 potporodica (Marshall 2012). Većina vrsta u porodici pripada jednoj od 3 potporodice: Tanytopodinae, Chironominae i Orthoclaadiinae, a oni su većinom rasprostranjeni po cijelom svijetu. Životni ciklus sastoji se od 4 faze: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka (Oliver, 1971). Jaja budu položena u želatinozni matriks te broj jaja u jednoj masi varira od manje od 10 do nekoliko tisuća. Broj jaja također može varirati u zavisnosti od okolišnih uvjeta. Ženke polažu jaja na dno u blizini obale, a razvoj u ličinke traje nekoliko dana (Vallenduuk i Pillot, 2007). Jedna od karakterističnih osobina ove porodice su 4 stadija ličinke (uz iznimke) koje se lako međusobno razabiru po dužini i širini glave (Oliver, 1971). Ličinke koje nastanjuju tekuće vode u prvom stadiju veoma su aktivne, ostaju oko želatinoznog matriksa te prije nego što dođu do površine konzumiraju taj matriks. Ličinke su aktivne pod direktnim sunčevim svjetlom, međutim nije zabilježena pozitivna fototaksija (Ward i Cummins, 1978). U prvom stadiju ličinke koje nastanjuju stajaće vode pozitivno su fototaksične i žive planktonski dok ne nađu odgovarajuće stanište. Kad nađu mjesto za život grade "kućicu" od čestica iz substrata koje povezuju nitima proizvedenima u njihovim žlijezdama slinovnicama. Nastamba se razlikuje između rodova, te čak može biti drukčija i kod iste vrste ukoliko su drukčiji okolišni uvjeti. Ličinke obično prodiru nekoliko centimetara u substrat te se i u stajaćicama i tekućicama mekog dna oko 95 posto ličinki nalazi u prvih 10 centimetara. Ličinke se slobodno kreću na substratu, a često se nađu u struji toka te se mišljenja razlikuju događa li se to pasivno ili aktivno (Oliver, 1971). Pretpostavljeni razlozi su drukčiji, te neki smatraju da je razlog slučajan te da se životinje jednostavno ne drže dovoljno čvrsto za podlogu (Elliot, 1967), Dimond (1967) smatra da se neke životinje odvoje ako je populacija prevelika za stanište, odnosno ako nema dovoljno izvora hrane, kisika i sl., a Bay i sur. (1966) su zaključili da se ličinke povlače sa dna ako nema dovoljno kisika. Temperaturni raspon u kojem većina ličinki dovršava svoj razvoj je od 0 do 32°C, ali neke ličinke iz polarnih područja toleriraju temperature ispod 4°C, dok neke uspijevaju dovršiti svoj razvoj na temperaturama od 32 do 40°C. Većina vrsta živi u vodi koja

ima pH raspon od 6 do 8, ali postoje i neke vrste koje toleriraju vrijednosti od 5 do 9. PH ispod 4 može biti limitirajući faktor jer jako malo vrsti tolerira takve uvjete. Većina ličinki hrani se malim biljkama i životinjama te detritusom, međutim zabilježene su i karnivorne i parazitske vrste (Oliver, 1971). Trajanje različitih stadija ovisi o više čimbenika kao što su temperatura i količina dostupne hrane te je stoga to veoma varijabilna osobina koja može biti drukčija za jedinke koje nastanjuju čak i isto jezero. U drugom stadiju jedinke razvijaju gotove sve osobine karakteristične za odraslu jedinku, i morfološke i bihevioralne. Mnoge vrste prolaze stanje dijapauze u drugom, trećem ili četvrtom ličinačkom stadiju kako bi preživjele godišnje doba u kojima im uvjeti nisu povoljni. Jedinke u trećem i četvrtom stadiju nastavljaju rasti te nakon toga slijedi stadij kukuljice koji je relativno kratak, od par sati do par dana. Dizanje kukuljice na površinu i sam fiziološki proces izlaženja iz kukuljice su jedni od najopasnijih proces u životnom ciklusu jedinki porodice Chironomidae. Većina odraslih jedinki se ne hrani te je to dio života u kojem se odvija reprodukcija. Mnogim vrstima ova faza traje manje od jednog dana, a maksimum je 2 tjedna. Odraslim jedinkama je i glavni razlog letenja reprodukcija, odnosno parenje i polaganje jaja. Jedinkama nije potrebno da prelaze veće udaljenosti zbog pronalaska hrane, te su podaci o kretanju prilično oskudni iz razloga što nema dovoljno identifikacijskih ključeva za ženske jedinke. Lokacija rojenja je blizu mjesta emergencije kako bi ženke lakše pronašle mužjake (Vallenduuk i Pillot, 2007). Johnson (1969) je utvrdio da je disperzija veoma važna za kukce, pogotovo one koji obitavaju na promjenjivim staništima, kao što su vrste iz porodice Chironomidae. Ova činjenica stavlja pod sumnju tvrdnju da jedinke ove porodice lete samo zbog reprodukcije, međutim trenutno ništa nije sa sigurnošću dokazano. Broj generacija povezan je s vremenom potrebnim za razvoj; većina vrsti ima jednu generaciju po godini, dok neke imaju dvije ili tri. Rijetkim vrstama potrebno je dvije godine za razvoj, dok neke vrste manje veličine mogu imati tri ili više generacija po godini (Vallenduuk i Pillot, 2007).

3. Morfologija porodice Chironomidae

Iako su brojna skupina, postoje brojni problemi vezani uz njihovu sistematiku te se često proučavaju samo na razini skupine. Razlog tomu je izrazito homogena morfologija u svim stadijima te potreba za optičkim uvećanjem. Čak i prilikom promatranja egzuvija, razlika se vidi tek na uvećanju od oko 100 puta, a za ostalo je potrebno i više. Potreba za uvećanjem ne dolazi nužno od činjenice što su jedinke male, već i to što su razlike koje odvajaju vrste strukture mikroskopske. Ličinke s kojima se znanstvenici najčešće susreću su jedan od najvećih problema jer se mogu determinirati samo pomoću dobre mikroskopske opreme. Morfologija jajašaca se ne upotrebljava prilikom proučavanja porodice Chironomidae, međutim potrebno je napomenuti da su ona većinom posložena spiralno. Ličinke posjeduju dobro razvijenu, potpunu i neuvlačivu glavenu kapsulu s mandibulom koja se horizontalno pomiče, a tijelo je segmentirano i duguljasto (Slika 1.). Iako je većina istraživanja provedena na 4. stadiju ličinki i prijašnji stadiji imaju jednake karakteristike, ali su možda razvijene u drukčijim omjerima.



Slika 1. Ličinka vrste iz porodice Chironomidae (preuzeto sa <https://bugguide.net/node/view/271874/bgpage>)

Iako je stadij kukuljice kratak, u njemu se događaju najveće morfološke promjene u kojima se ličinka razvija u odraslu jedinku. Kukuljice su u obliku zareza, nabubrenog cefalotoraksa te su dorzoventralno spljoštene (Armitage i sur., 1995). Odrasle jedinke su dugačke od jednog do deset milimetara, uskih nogu i krila te primjerci muškog roda imaju peraste antene na glavi.

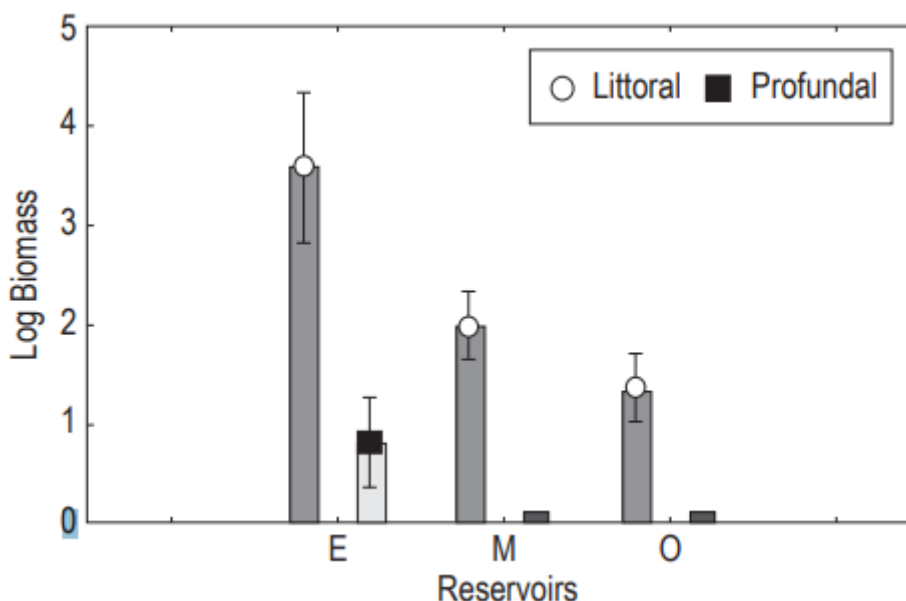
(Slika 2.) Često ih se zamjenjuje za komarce, međutim nemaju dugačko rilo te se ne mogu hraniti krvlju kao komarci (Hall, 2002).



Slika 2. Odrasla muška jedinka predstavnica porodice Chironomidae (preuzeto sa <https://genent.cals.ncsu.edu/insect-identification/order-diptera/family-chironomidae/>)

4. Indikacija onečišćenja u obliku promjene broja jedinki

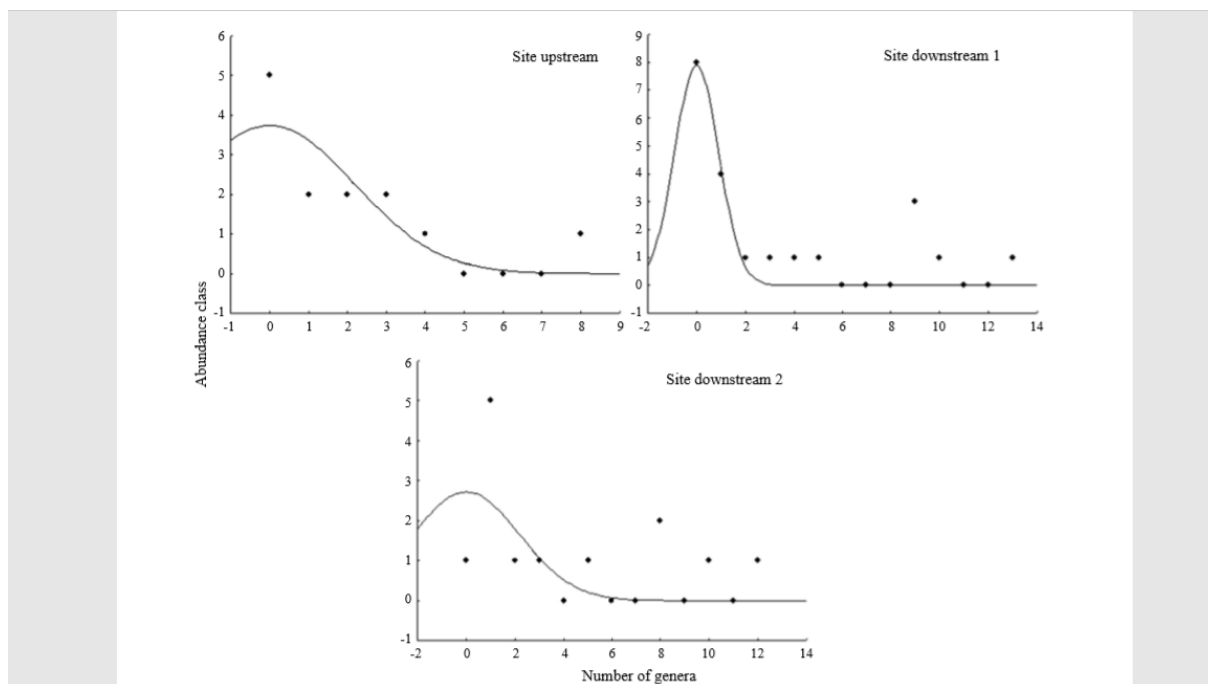
Rosario i sur. (2002) su proveli istraživanje u kojem je utvrđena povezanost obogaćivanja potoka organskim tvarima te povećanje biomase porodice Chironomidae. Uveli su gnojivo u vodeni sustav te utvrdili da se nakon 4 tjedna povećala gustoća jedinki 3 metra nizvodno od mjesta ispuštanja organskih tvari. U ovom slučaju sastav porodice u smislu zastupljenosti rodova nije se promijenio. Autori rada smatraju da je razlog ovakvim rezultatima taj da porodica Chironomidae ima veću toleranciju na organsko onečišćenje nego drugi vodeni kukci te da se tako može objasniti nedostatak drugih vrsta, odnosno povećanje gustoće Chironomida. Takahashi i sur. (2008) su uspoređivali sastav i biomasu ličinki porodice Chironomidae u tri rezervoara vode različitih trofičkih stanja: oligotrofno, mezotrofno i eutrofno. U rezervoaru s većom količinom organske tvari, odnosno s eutrofnim uvjetima, zabilježena je veća biomasa porodice Chironomidae (Slika 3.). Biomasu su većinom predstavljali rodovi *Chironomus* i *Goeldichironomus* čiji pripadnici imaju visoku toleranciju na nisku razinu kisika u vodi te su detrivori i velika količina detritusa, bilo biljnog ili životinjskog podrijetla, pogoduje im zbog veće količine dostupne hrane. Smatra se da bi jedan od razloga mogao biti i veća količina organske tvari u ulozi skloništa od predatora. U oligotrofnom rezervoaru najviše je bio zastupljen rod *Tanytarsus* koji ima prisutne male količine hemoglobina te iz tog razloga ne podnosi niske količine otopljenog kisika u vodi.



Slika 3. Biomasa porodice Chironomidae u 3 rezervoara; eutrofno, mezotrofno i oligotrofno

5. Indikacija onečišćenja u obliku promjene strukture porodice

Istraživanje na potoku Pennine u koji se ispuštaju otpadne vode od rudnika pokazalo je da mjesta s većom koncentracijom cinka podržavaju život manje vrsta pripadnika porodice Chironomidae. Također pokazalo se da različiti rodovi (pa čak i vrste) drukčije reagiraju na količinu cinka te su tako neke vrste pronađene samo na mjestima s umjerenom ili visokom koncentracijom cinka, a neke su pronađene na sve 3 lokacije (niska, srednja i visoka koncentracija). Iako je utvrđena povezanost između količine cinka i broja vrsta, nije pronađena veza između cinka i općenito biomase porodice (Armitage i Blackburn, 1985). U rijeci Moat Brook u Engleskoj nizvodno od mjesta ispuštanja kanalizacije došlo je do zamjene vrste *Polypedilum lateum* (Meigen, 1818) s vrstom *Chironomus riparius* (Wilhelm, 1804), što pokazuje direktnu promjenu strukturu unutar porodice kao posljedicu eutrofnog stanja vode. Istraživanje je provedeno tako da su se uspoređivala mjesta A i B, jedno uzvodno, a jedno nizvodno od mjesta ispuštanja kanalizacije. Lokacije su bile jednake po supstratu i brzini toka, te su stoga bile dobre za izoliranje utjecaja eutrofikacije na strukturu porodice Chironomidae. Zanimljivo je što na mjestu A uzvodno od mjesta ispusta nisu pronađene nikakve jedinke vrste *Chironomus riparius*. Također, *C. riparius*, nije bio brojniji od *P. laetum* u proljeće zbog svog životnog ciklusa, odnosno tada nema jajašaca koja su se razvila u ličinke. Na rezultatima ovog istraživanja može se zaključiti da bi se korist vrste *Chironomus riparius* kao indikatora onečišćenja trebala tražiti u ponašanju prilikom lijeganja jajašaca i sezonskim varijacijama u gustoći odraslih jedinki i vodenih stadija (ličinke) (Gower i Buckland, 1978). U Brazilu je provedeno slično istraživanje samo što je u ovom slučaju proučavana još jedna lokacija, dalje nizvodno od mjesta ispuštanja kanalizacije. Na mjestu bliže ispusta došlo je do povećanja biomase rodova *Chironomus*, *Thienemanniella*, *Rheotanytarsus* i *Polypedilum*, a ta promjena objašnjava se činjenicom da kad dođe do organskog onečišćenja količina otopljenog kisika u vodi pada, a ovi rodovi posjeduju hemoglobin koji im omogućuje održavanje aerobnog metabolizma. Na trećem mjestu, dalje nizvodno od onečišćenja, razlike nisu bile toliko velike jer je količina kisika već bila veća pa su neke vrste mogle normalno nastanjivati to područje onemogućavajući određenim rodovima porodice Chironomidae da čine veliki postotak makrozoobentosa (Slika 4.) (Simião-Ferreira, 2009).



Slika 4. Usporedba broja rodova porodice Chironomidae na 3 proučavane lokacije

Znanstvenici koji su proveli istraživanje u Australiji na močvarnim područjima su pak zaključili da su pripadnici porodice Chironomidae važniji kao indikatori onečišćenja prilikom proučavanja pojedinih rodova, a ne kao cijela porodica. Dok su pokušali razlučiti zagađene i nezagađene lokacije proučavajući porodicu, nisu došli do nikakvih korisnih rezultata. Međutim, oslanjajući se na prethodno iskustvo da su pojedini rodovi bolji indikatori onečišćenja Carew i sur. (2007) ustanovili su da npr. vrsta *Chironomus duplex* (Walker, 1856) tolerira onečišćenje sedimenta te visok salinitet, dok je vrsta *Chironomus februaryus* (Martin, 1966) osjetljivija na te faktore. Potrebno je biti pažljiv prilikom biranja određene vrste kao bioindikatora jer postoje vrste koje su osjetljive na onečišćenje, ali isto tako i na visok salinitet, pa nekad nije jasno koji je uzrok manje gustoće populacije na određenom području. Takav primjer je vrsta *Riethia stictoptera* (Kieffer, 1917). Autori naglašavaju da su potrebna daljnja istraživanja koja bi utvrdila koji još faktori utječu na gustoću jedinki porodice Chironomidae te na njihovu distribuciju. Također tvrde da je jedan od načina za utvrđivanje osjetljivosti neke vrste na onečišćenje proučavanje većeg broja kontaminiranih područja (Carew i sur., 2007). Rae (1989) je proučavajući distribuciju Chironomidae u rijeci Scioto došao do sličnog zaključka mnogo godina ranije, da različiti rodovi drukčije reagiraju na okolišne uvjete. Isto tako naglasio je kako je za indikaciju onečišćenja potrebno birati rodove koju su iznimno tolerantni ili netolerantni na organsko onečišćenje jer se tako eliminiraju preferencije svake vrste na različite okolišne uvjete i lakše je prebaciti fokus na onečišćenje. Primjer je rod *Chironomus* koji se pokazao kao

iznimno dobar indikator organskog onečišćenja. Autor, kao i mnogi drugi, naglašava potrebu za oprezom prilikom korištenja porodice Chironomidae u istraživanjima jer je identifikacija vrsta veoma teška te često i nemoguća (Rae, 1989). Zajednice jedinki porodice Chironomidae mogu biti indikatori lokaliziranih onečišćenja u inače oligotrofnom jezeru. Kada se promatraju zajedno s četinašima, mogu biti poprilično dobri faktori onečišćenja te je povećanje gustoće maločetinaša jedan od prvih znakova eutrofikacije jezera. Istraživanje u jezeru Winnipeg koje ima jednaku količinu otopljenog kisika na svim područjima, a različitu gustoću jedinki porodice Chironomidae na pojedinim lokacijama, utvrdilo je činjenicu da je primarni faktor distribucije Chironomidae dostupnost hrane. Količina kisika bitna je samo u jezerima koji su u stadiju napredne eutrofikacije. Za razumijevanje ekologije nekog područja svakako je bitno poznavati i druge vrste različitih zajednica te njihovu taksonomiju i zoogeografiju (Saether, 1979). U sjeveroistočnom Brazilu iz razvodnice pod utjecajem onečišćenja od rudarstva, obrade čelika i siječe eukaliptusa uzeto je 20 uzoraka koji su promatrajući faktore kao što su pH, količina otopljenog kisika, fosfora i dušika, podijeljeni po kvaliteti vode. Oni uzorci koji su se pokazali kao najonečišćeniji imali su malo rodova porodice Chironomidae, međutim bili su bogati rodom *Chironomus*, koji se u mnogim drugim istraživanjima pokazao kao dobar indikator onečišćenja i to u različitim ekosistemima. Potporodica Tanypodinae je pronađena u manjim količinama na lokacijama koje su proglašene eutrofnima, međutim ne dovoljno kako bi se na temelju ovog istraživanja proglasio osjetljivim na onečišćenje. Ovi rezultati potvrđuju i druga istraživanja koja govore kako se pripadnici porodice Chironomidae ne mogu u takvom obliku koristiti kao bioindikator te kako različiti rodovi imaju različite reakcije na organsko te ostali tip onečišćenja (Marques i sur., 1999).

6. Ostali načini indikacije onečišćenja

Serra i sur. (2017) su fokus svog istraživanja porodice Chironomidae kao indikatora onečišćenja prebacili na povezivanje osobina različitih rodova kao što su veličina jedinke, broj generacija po godini i prisutnost hemoglobina sa promjenom brojnosti tog roda na onečišćenim lokacijama. Područje istraživanja su bili mediteranski potoci, a prvo je utvrđena povećana biomasa jedinki porodice Chironomidae na onečišćenim područjima kao što su to i prijašnja istraživanja pokazala. Rodovi koji u svom životnom ciklusu posjeduju više od dva stadija hibernacije ili dijavauze bili su više zastupljeni u onečišćenim područjima. Ti stadiji omogućuju im preživljavanje ekstremnih uvjeta kao što su suša, temperaturni ekstremi ili nedostatak hrane. Na razini ekosistema, veća količina životinja u dormanciji rezultira u slabijoj sekundarnoj produkciji, što je potvrdio manji broj karnivornih predstavnika porodice Chironomidae te onih većeg tijela. Također su bili zastupljeniji i rodovi s dužim životnim ciklusom te s manje generacija godišnje, što je bilo suprotno očekivanjima. *Chironomus riparius* i *Cricotopus* su se pokazali tolerantnima na promijenjene uvjete u okolišu, te se *C. riparius* još prije koristio kao indikator onečišćenja kroz anatomske deformacije te kao indikator kontaminacije nekog područja metalom jer se u tom slučaju mijenja vrijeme potrebno za razvitak ličinke i koliko se jaja izlegne (Serra i sur., 2017). Vos i sur. (2004) primijetili su da detritus s visokim količinama dušika, fosfora, ugljika i masnih kiselina rezultira većim ličinkama. Kao mogućnost se smatra da bi detritus mogao biti determinirajući faktor u brojnosti i sastavu porodice Chironimidae, međutim ta poveznica treba daljnje istraživanje (Takahashi i sur., 2008).

7. Zaključak

Biomasa i struktura porodice Chironomidae predstavlja važan alat za determinaciju eutrofije nekog područja (Takahashi i sur., 2008). Primarni mehanizam odgovaran za distribuciju porodice je dostupnost hrane, a ne količina otopljenog kisika u vodi. Za otkrivanje područja onečišćenja također je dobra pomoć promjena omjera porodice Chironomidae i maločetinaša (Saether, 1979). Kombinacija proučavanja promjene strukture porodice te osobine različitih rodova pokazala se kao najboljom za korištenje porodice Chironomidae kao indikatora onečišćenja. Ove dvije karakteristike upotpunjuju jedna drugu te se nakon utvrđivanja osobina određenog roda mogu utvrditi promjene u načinu života kao direktna posljedica promjene eutrofije određenog područja odnosno, kao posljedica onečišćenja. Konačno, zbog povećane biomase porodice na onečišćenim područjima dobivenih ljudskim aktivnostima, promjene u njihovom životnom ciklusu mogu otkriti promjene u funkcioniranju ekosistema (Serra i sur., 2017).

8. Literatura

Armitage, P., Cranston, P.S. i Pinder, L.C.V. (1995) *The Chironomidae. The Biology and Ecology of Non-biting Midges*. Chapman & Hall, London, UK, str. 572.

Armitage P.D. i Blackburn J.H. (1985) Chironomidae in a Pennine stream system receiving mine drainage and organic enrichment. *Hydrobiologia* 121, 165-172.

Carew Melissa E., Pettigrove Vincent, Cox Renee L., i Hofmann Ary A. (2007) The response of Chironomidae to sediment pollution and other environmental characteristics in urban wetlands. *Freshwater Biology* 52, 2444-2462.

Cranston, P.S. i Martin, J. (1989) *Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian regions*. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawaii, str.1155.

Gower A.M. i Buckland P.J. (1978) Water quality and the occurrence of *Chironomus riparius* Meigen (Diptera: Chironomidae) in a stream receiving sewage effluent. *Freshwater Biology* 8, 153-164.

Hall Robert D. i Gerhardt Reid R. (2002) *Chironomidae (Chironomid midges)*. Medical and Veterinary Entomology, Academic Press, Cambridge, SAD, str.597.

Marques, M. M. G. S. M., Barbosa, F. A. R. i Callisto, M. (1999) Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil, *Revista Brasileira de Biologia* 59, 553-561.

Marshall S.A. (2012) *Flies. The Natural History and Diversity of Diptera*. A Firefly Book, Richmond Hill, Ontario, str. 616.

Oliver, D.R. (1971) Life history of the Chironomidae. *Annual review of entomology* 16, 211-230.

Rae John G. (1989) Chironomid Midges as Indicators of Organic Pollution in the Scioto River Basin. *Ohio Journal of Science* 89, 5-9.

Rosario R.B.D., Betts E. A. i Resh V. H. (2002) Cow manure in headwater streams: tracing aquatic insect responses to organic enrichment. *Journal of the North American Benthological Society* 21, 278-289.

Saether Ole A. (1979) Chironomid Communities as Water Quality Indicators. *Holarctic Ecology* 2, 65-74.

Serra Sónia R.Q., Graça Manuel A.S., Dolédec S. i Feio M. J. (2017) Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. *Environmental Monitoring and Assessment* 189, 1-16.

Simião-Ferreira Juliana, DeMarco jr Paulo, Mazão Gustavo R. i Carvalho Adriana R. (2009) Chironomidae Assemblage Structure in Relation to Organic Enrichment of an Aquatic Environment. *Neotropical Entomology* 38, 464-471.

Takahashi MA., Higuti J., Bagatini YM., Zviejkovski IP. i Velho LFM. (2008) Composition and biomass of larval chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia* 20, 5-13.

Vallenduuk Henk J. i Pillot Moller Henk K.M. (2007) Chironomidae Larvae General ecology and Tanypodidae. KNNV Publishing, Zeist, Nizozemska, str.144.

Ward G.M. i Cummins K.W. (1978) Life History and Growth Pattern of *Paratendipes albimanus* in a Michigan Headwater Stream. *Annals of the Entomological Society of America* 71, 272–284.

<https://bugguide.net/node/view/271874/bgpape>

<https://genent.cals.ncsu.edu/insect-identification/order-diptera/family-chironomidae/>

9. Sažetak

Porodica Chironomidae vodeni su kukci koji su prisutni po cijelom svijetu. Zbog njihove brojnosti te promjene u strukturi prilikom povećanja organske tvari u vodi dobri su kandidati za indikatore onečišćenja okoliša u kojima obitavaju. Znanje o njihovoj taksonomiji je oskudno te to predstavlja problem prilikom korištenja cijele porodice kao indikatora, prvenstveno zato što različiti rodovi u porodici drukčije reagiraju na promjene u okolišu, neki su osjetljivi na lošu kvalitetu vode, dok neki prevladavaju u takvim uvjetima.

U ovom radu izložena su različita istraživanja koje postoje na ovu temu, predstavljajući načine na koje jedinke porodice Chironomidae reagiraju na onečišćenje te analizu koliko su ti rezultati pouzdani.

Konačno, za korištenje jedinki porodice Chironomidae kao indikatora onečišćenja potrebno je uložiti vrijeme na istraživanje njihove taksonomije kako bi rezultati istraživanja bili precizniji.

10. Summary

The family Chironomidae are aquatic insects that are present all over the world. Due to their abundance and changes in structure during the increase of organic matter in water, they are good candidates for indicators of environmental pollution. Knowledge of their taxonomy is scarce and this is a problem when using the whole family as an indicator, primarily because different genera in the family react differently to changes in the environment, some are sensitive to poor water quality, while some prevail in such conditions.

This paper presents the various studies that exist on this topic, presenting the ways in which individuals of the Chironomidae family respond to pollution and analyzing how reliable these results are.

Finally, in order to use individuals of the Chironomidae family as indicators of pollution, it is necessary to invest time in researching their taxonomy in order for the research results to be more accurate.