

Primjena Hazen metode u klasifikaciji mora za kupanje

Vrček, Zrinka

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:194:952765>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Physics - PHYRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZA FIZIKU

Zrinka Vrček

**Primjena Hazen metode u klasifikaciji mora za
kupanje**

Diplomski rad

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZA FIZIKU

Diplomski studij Fizika
Smjer Fizika i znanost o okolišu

Zrinka Vrčec

**Primjena Hazen metode u klasifikaciji mora za
kupanje**

Diplomski rad

mentorica: doc. dr. sc. Diana Mance

komentorica: izv. prof. dr. sc. Darija Vukić Lušić

Rijeka, 2023.

SADRŽAJ

1	UVOD	4
1.1	Pravni okvir	6
1.1.1	Europska pravna regulativa	6
1.1.2	Hrvatska pravna regulativa	7
1.2	Revizija Direktive(2006/7/EC)	9
2	MATERIJALI I METODE	15
2.1	Statističke metode	15
2.1.1	Normalna raspodjela	16
2.1.2	Statistički testovi	17
2.1.3	Dvije metode klasifikacije kvalitete vode za kupanje	18
2.1.4	Parametrijska metoda	19
2.1.5	Hazen metoda	20
2.2	Obrada podataka	22
3	REZULTATI I RASPRAVA	25
3.1	Deskriptivna statistika	25
3.2	Razlike u klasifikaciji kvalitete mora	29
3.3	Kartografski prikaz rezultata	35
3.4	Korelacija	44
3.5	Procjena usporedivosti rezultata Passing-Bablok metodom	45

3.6 Procjena usporedivosti rezultata Bland-Altman metodom	47
4 ZAKLJUČAK	49
LITERATURA	50
POPIS SLIKA	53
POPIS TABLICA	55

SAŽETAK

U svrhu zaštite i poboljšanja kvalitete okoliša te zaštite zdravlja ljudi, Hrvatska je 2009. godine usvojila Direktivu o upravljanju kvalitetom vode za kupanje. Radi promjena u znanosti i korištenim tehnologijama, 2021. godine predložena je revizija Direktive 2006/EZ. Prema odredbama iz 2006. godine, ocjena kakvoće vode za kupanje određuje se računanjem percentila pomoću aritmetičke sredine i standardne devijacije. Ovime se pretpostavlja log - normalna raspodjela mikrobioloških parametara koja nije uvijek postignuta. Ranija istraživanja pokazala su da se neparametrijska Hazen metoda pokazala prikladnijom za računanje percentila. Ovaj način određivanja percentila primjenjuje se već u nekim državama, poput Australije i Novog Zelanda. Cilj ovog rada bio je usporediti postoji li statistički značajna razlika u ocjenama kakvoće mora za kupanje dobivenih računanjem percentila parametrijskom i Hazen metodom. Podaci o mikrobiološkoj kvaliteti mora za kupanje prikupljeni su na 317 plaža Primorsko-goranske županije, u razdoblju od 2009. do 2022. godine. Rezultati pokazuju značajan, ali mali efekt razlike. Najveći doprinos u razlici između metoda ima promjena kvalitete s "Izvrzne" ocjene na "Dobru" te u slučaju *E. coli* na "Zadovoljavajuću" ocjenu. Kod *E. coli*, značaj doprinos imaju i promjene iz "Zadovoljavajuće" u "Dobru" i "Nezadovoljavajuću" ocjenu. Hazen metoda daje više vrijednosti medijana, prisutno je veće raspršene podataka te se postižu više ekstremalne vrijednosti. Više je promjena vidljivo u smjeru pogoršanja pri korištenju Hazen metode. S obzirom na to da se ovdje radi o zdravlju kupaca, primjerenije bi bilo korištenje robusnije i konzervativne Hazen metode.

1 UVOD

Korištenje površinskih slatkih i slanih voda u rekreacijske svrhe ima dugu i bogatu povijest u Europi. Iako se u mitovima drevnih istočnjačkih civilizacija Mediterana pokazuje sklonost Europljana prema vodi i plivanju, od srednjovjekovnog razdoblja do 19. stoljeća većina zapadnih Europljana uopće nije plivala. Stanovništvo je ponovno počelo učiti plivati u školama, lječilištima i vojarnama tijekom 17. i 18. stoljeća, dok se masovno sudjelovanje u plivanju proširilo tek u 19. stoljeću. U kasnijem razdoblju, razvoj željeznica omogućio je milijunima stanovnika urbanih područja pristup obali i morskim odmaralištima. Od tada, popularnost kupanja u površinskim vodama raste, a danas ljudi plivaju u slobodno vrijeme, za rekreaciju te odlaze na odmor uz more, rijeke i jezera tijekom cijele godine [1].

U Europi, kao i u mnogim drugim dijelovima svijeta, kvaliteta obalnih voda, rijeka i jezera počela se smanjivati u 19. stoljeću kao rezultat rastućih gradova i razvoja industrije te ispuštanja neobrađene otpadne vode u okoliš. Tijekom 20. stoljeća, intenzivnija primjena pesticida i gnojiva na poljoprivrednim zemljištima dovela je do povećanja kemijskog onečišćenja voda. Prema aktualnim izvješćima, klimatske promjene značajno doprinose smanjenju kvalitete voda u Europi [1]. Primjerice, proces eutrofikacije, odnosno obogaćivanje vode hranjivim tvarima, dovodi do rasta alga, pri čemu vodeni ekosustavi mijenjaju boju u tamnozelenu i smeđu. Osim estetske prirode problema, smanjuje se količina kisika i stvaraju se hipoksična i anoksična područja ili "mrtve zone" u kojima aerobni život više ne može opstati [2].

Vodni resursi na području Europe izloženi su višestrukim pritiscima koji dovode do onečišćenja, stoga se od 1970 - ih godina uvode brojne ekološke politike s ciljem poboljšanja njihovog stanja. Jedna od ključnih politika implementirana je kroz Direktivu vijeća Europe o vodi za kupanje (*EU Bathing Water Directive*), uvedenu 1976. i ažuriranu 2006. godine. Glavni cilj navedene Direktive je očuvanje, zaštita i poboljšanje kvalitete okoliša te zaštita zdravlja ljudi [3]. Od tada, europske su zemlje ostvarile značajno poboljšanje kvalitete vode na kupalištima, utvrđena su nova mjesta za kupanje a na mjestima gdje nisu postignuti zadovoljavajući standardi kvalitete, kupanje je zabranjeno [1].

Sezona kupanja označava razdoblje za vrijeme kojeg se može očekivati velik broj kupača sukladno lokalnim običajima i propisima vezanim na kupanje te vremenskim uvjetima [3]. U Europi sezona kupanja obično traje od svibnja do rujna. Za to vrijeme, uzorci vode za kupanje se uzimaju i ispituju na bakterijske indikatorske pokazatelje, čije prisustvo ukazuje na fekalno onečišćenje,

iz sustava za odvodnju otpadnih voda ili životinjskog podrijetla (*Escherichia coli* i crijevni enterokok) [1]. Temeljem utvrđenih koncentracija ispitanih mikrobioloških pokazatelja, kakvoća mora za kupanje klasificira se u sljedeće četiri kategorije: 'izvrsna', 'dobra', 'zadovoljavajuća' ili 'nezadovoljavajuća' [4].

U listopadu 2021. godine Europska komisija otvorila je javnu raspravu o vodama za kupanje i predložila reviziju EU Direktive o vodi za kupanje 2006/7/EC.

1.1 Pravni okvir

Voda za kupanje označava sve slatke vode tekućice ili stajaćice ili dijelove istih, kao i morsku vodu, u kojoj je kupanje izričito dozvoljeno od strane nadležnih vlasti svake države članice, ili kupanje nije zabranjeno i tradicionalno ga prakticira veći broj kupaca [3].

1.1.1 Europska pravna regulativa

Direktiva vijeća 76/160/EEZ o kvaliteti vode za kupanje

Ovaj zakonodavni akt je bio jedan od prvih i najvažnijih elemenata Europske politike o vodama [5]. Ovim dokumentom definirane su granične vrijednosti fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara, a zemlje članice Europske zajednice obavezale su se na njihovo praćenje i zadržavanje unutar postavljenih granica [6]. Značajan porast u kakvoći vode za kupanje nakon primjene ove Direktive pokazao je da je primarni cilj Direktive postignut – poboljšanje razine zaštite javnog zdravlja. Propisano je 19 mikrobioloških i fizikalno - kemijskih parametara kvalitete, no većina se parametara nadzirala samo ako je postojala sumnja na njihovo prisustvo ili u slučaju iznenadnog pogoršanja kvalitete vode [5]. Parametri su se pratili na dvije razine (obvezujuća i preporučena), pri čemu je naglasak stavljen na dva mikrobiološka (ukupne i fekalne koliformne bakterije) i tri fizikalno-kemijska parametra (mineralna ulja, površinski aktivne tvari i fenoli) [6].

Europska komisija je 2001. godine započela proces revizije ovog starog zakonodavstva u svrhu povećanja rigoroznosti.

Direktiva 2006/7/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o upravljanju kvalitetom vode za kupanje

Znanstveni i tehnički napredak u razdoblju od tri desetljeća doveo je do potrebe izmjena Direktive 76/160/EEZ.

Revidirana Direktiva o vodama za kupanje (2006/7/EZ) Europske Unije stupila je na snagu 24. ožujka 2006. godine. Izrada se temeljila na aktualnim znanstvenim dokazima uz poseban naglasak na veće sudjelovanje javnosti. Izmjenama se od država članica EU zahtijeva da minimiziraju rizik za javno zdravlje u vodama za kupanje kroz strože standarde kakvoće mora, nove metode ispitivanja te poboljšan način upravljanja plažama [7].

Zatraženo je izvještavanje javnosti o rezultatima praćenja voda za kupanje te o mjerama upravljanja rizicima kako bi se izbjegle opasnosti po zdravlje, posebice u okviru predvidivog kratko-

ročnog onečišćenja ili izvanredne situacije.

Smatra se da mikrobiološko onečišćenje predstavlja najveći rizik za ljudsko zdravlje, stoga je praćenje devetnaest mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara svedeno na dva mikrobiološka parametra: *Escherichia coli* (koja zamjenjuje dotad praćene fekalne koliformne bakterije) i crijevni enterokoki (koji zamjenjuju dotad praćene fekalne streptokoke) smatraju se najspecifičnijim i najrobusnijim indikatorima fekalnog onečišćenja. Ukupne koliformne bakterije i enterovirusi uklonjeni su iz Direktive jer se u praksi nisu pokazali kao dovoljno specifični indikatori fekalnog onečišćenja. Smanjenje broja pokazatelja reduciralo je troškove i pojednostavilo postupak ispitivanja [6].

1.1.2 Hrvatska pravna regulativa

Obalno područje zauzima 30% površine Republike Hrvatske, stoga je očuvanje prirodnog bogatstva, morskog ekosustava i obalnog prostora temelj za stratešku orijentaciju prema održivom gospodarenju Jadranom [8]. Rezultati analize antropogenih i ekoloških čimbenika na razinu bakteriološkog onečišćenja kupališta u Primorsko - goranskoj županiji pokazali su da oborine utječu na salinitet i temperaturu morske vode i to zbog povećanog ispuštanja podzemnih voda koje donose onečišćenje tj. enterokoke i *E. coli*, u obalne vode za kupanje [9].

Republika Hrvatska jedna je od prvih zemalja Sredozemlja, i zemalja potpisnica Barcelonske konvencije, koja je započela sa sustavnim i kontinuiranim praćenjem kakvoće mora za kupanje 1989. godine. Program se tijekom vremena mijenjao, upotpunjavao i nadograđivao u skladu sa zahtjevima pravnih propisa i smjernica EU i Mediteranskog akcijskog plana [8].

Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96)

Program praćenja kakvoće mora na plažama u Republici Hrvatskoj provodio se od 1996. do kraja 2008. godine temeljem Uredbe o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96). Uredbom je bilo propisano utvrđivanje osnovnih meteoroloških uvjeta te vizualni pregled mora. (Tablica 2). Na mjestu uzorkovanja bilo je potrebno mjeriti temperaturu mora i pH vrijednost, a u laboratoriju su utvrđivani mikrobiološki pokazatelji. Ocjena se provodila prema propisanim граниčnim vrijednostima za mikrobiološke pokazatelje iz Uredbe i izražavala kao „odgovara“, odnosno „ne odgovara“ [10].

Tablica 1: Zahtjevi za kakvoću mora na morskoj plaži

Određivanje	Granična vrijednost
1. Vidljiva boja	prirodna
2. Prozirnost (metara)	minimum 2 (s obzirom na dubinu)
3. Vidljive plivajuće otpadne tvari	bez
4. Vidljive mineralne masnoće	odsutnost vidljive masne prevlake na površini vode
5. Suspendirane otpadne tvari	bez
6. Mutnoća (stupnjevi silikatne ljestvice)	20
7. pH*	8,0 ± 0,3
8. otopljeni kisik (O ₂ u % zasićenja)	70 - 120
9. Amonijak, mg/l N (dušik)	0,1
10. Ukupne koliformne bakterije u 100 ml	500 (u 80% uzoraka), 1000 (u 20% uzoraka)
11. Fekalne koliformne bakterije u 100 ml	100 (u 80% uzoraka), 200 (u 20% uzoraka)
12. Fekalni streptokoki u 100 ml	100 (u 80% uzoraka), 200 (u 20% uzoraka)
13. Enterovirusi** PFU***/l	0
14. Salmonelle** izolirane/l vode	0

* niže pH vrijednosti mogu se tolerirati ako je smanjen salinitet mora radi dotoka prirodne slatke vode

** ispitivanje se provodi u slučaju prisutnog onečišćenja ili epidemiološke pojave, a prema posebnoj odluci nadležnog organa za javno zdravstvo.

Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08)

Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) u primjeni se od 1. siječnja 2009. godine, temeljem Zakona o zaštiti okoliša (NN 110/07), s inkorporiranim zahtjevima Direktive 2006/07/EZ. U cilju postizanja propisanih standarda utvrđene su mjere upravljanja morem za kupanje. Mjere podrazumijevaju uspostavljanje vremenskog rasporeda (kalendar praćenja), praćenje i ocjenjivanje kakvoće mora za kupanje, određivanje i procjena uzroka onečišćenja, sprječavanje izloženosti kupaca onečišćenju, smanjenje rizika od onečišćenja, razvrstavanje mora za kupanje i uspostavljanje i održavanje profila mora za kupanje. Mikrobiološki pokazatelji koji se prate u moru su crijevni enterokoki i *Escherichia coli*. Prema rezultatima praćenja kakvoće mora određuje se pojedinačna, godišnja i konačna ocjena, temeljem graničnih vrijednosti mikrobioloških pokazatelja (tablica 2). Razvrstano more za kupanje prikazuje se na kartografskom prikazu obojenim kružnim simbolom (izvrsno – plavo, dobro – zeleno, zadovoljavajuće – žuto i nezadovoljavajuće – crveno). Prilikom uzorkovanja prate se i meteorološki uvjeti, temperatura i slanost mora te vidljivo onečišćenje.

Godišnja i konačna ocjena kakvoće mora za kupanje dobivaju se statističkim izračunom, na temelju 90-og, odnosno 95-og percentila podataka mjerenja, tijekom jedne sezone ispitivanja za godišnju ocjenu te četiri godine ispitivanja za konačnu ocjenu. Što je veći raspon vrijednosti koncentracije ispitivanih bakterijskih vrsta, to je veća nesigurnost zadržavanja istog razreda kvalitete, što predstavlja veći rizik od pojave bolesti za kupaoce [8].

Važno je napomenuti da su nacionalni kriteriji za ocjenu kakvoće mora za kupanje propisani Uredbom stroži u odnosu na kriterije za ocjenu skupa podataka iz Direktive.

Tablica 2: Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće mora iz Uredbe o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08)

STANDARDI ZA OCJENU KAKVOĆE MORA NAKON SVAKOG ISPITIVANJA

Pokazatelj	Kakvoća mora			Metoda ispitivanja
	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	
crijevni enterokoki (bik*/100 ml)	<60	61 - 100	101 - 200	HRN EN ISO 7899-1 ili HRN EN ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (bik*/100 ml)	< 100	101 - 200	201 - 300	HRN EN ISO 9308-1 ili HRN EN ISO 9308-3

*bik - broj izraslih kolonija

STANDARDI ZA OCJENU KAKVOĆE MORA NA KRAJU SEZONE KUPANJA I ZA PRETHODNE TRI SEZONE KUPANJA

Pokazatelj	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	Nezadovoljavajuća
crijevni enterokoki (bik*/100 ml)	$\leq 100^*$	$\leq 200^*$	$\leq 185^{**}$	$> 185^{**(2)}$
<i>Escherichia coli</i> (bik*/100 ml)	$\leq 150^*$	$\leq 300^*$	$\leq 300^{**}$	$> 300^{**(2)}$

(*) Temeljeno na vrijednosti 95-og percentila(1)

(**) Temeljeno na vrijednosti 90-og percentila (1)

(1) Temeljeno na log10 normalnoj raspodjeli koncentracija mikrobioloških pokazatelja, vrijednosti pojedinih percentila dobivaju se na sljedeći način:

- izračunavaju se logaritmi (log10) svih bakterijskih koncentracija (u slučaju nulnih vrijednosti koncentracija uzimaju se logaritamske vrijednosti koncentracija koje predstavljaju graničnu vrijednost detekcije korištene analitičke metode)
- izračunava se aritmetička sredina logaritmiranih vrijednosti koncentracija (μ)
- izračunava se standardna devijacija logaritamskih vrijednosti (σ)

1.2 Revizija Direktive(2006/7/EC)

Dana 28. listopada 2021. Europska komisija otvorila je savjetovanje s javnošću o vodama za kupanje. Predložena je revizija EU Direktive 2006/7/EC (*Bathing Water Directive* - BWD) kojoj je cilj osigurati zaštitu javnog zdravlja i okoliša. Najnoviji znanstveni i tehnološki razvoj ukazuju

da su u nekim područjima obuhvaćenima Direktivom moguća poboljšanja. Kako bi bila u suglasju s Europskim zelenim planom, Direktivu je potrebno uskladiti s novim ekološkim i klimatskim ambicijama [11]. Na raspravu je bila pozvana zainteresirana javnost, odnosno dionici koji su uključeni ili na koje utječe provedba Direktive o vodi za kupanje. Rasprava je trajala 12 tjedana te je završena 20. siječnja 2022. godine. Sudjelovati se moglo ispunjavanjem online upitnika. Primljeno je 388 važećih povratnih informacija, najveći broj od EU građana (57,22%) te javne vlasti (23,97%) [11].

U nastavku su navedene teme dionika o evaluaciji Direktive o vodi za kupanje.

Aktualni izazovi u vezi praćenja parametara

Potaknuto razvojem znanosti i politike od stupanja na snagu BWD predloženo je nekoliko promjena u odnosu na sadašnje zahtjeve praćenja. Dva glavna problema odnose se na broj prikupljenih uzoraka za praćenje fekalnih indikatorskih bakterija te definiranje okvira za praćenje i upravljanje cijanobakterijama.

Učestalost uzorkovanja – Direktiva o vodama za kupanje (BWD) zahtijeva najmanje četiri uzorka po sezoni kupanja, uključujući jedan uzet neposredno prije početka sezone. To znači najmanje jedan uzorak mjesečno tijekom sezone kupanja na mnogim mjestima. WHO je 2018. preporučio povećanje minimalnog godišnjeg broja uzoraka na 20 po sezoni kupanja. S učestalosti uzorkovanja od jednom mjesečno, procjenjuje se da je 15-20% kupališta potencijalno pogrešno ocijenjeno, što bi moglo ugroziti zdravlje kupaca. Mnoge države članice EU već na mnogim lokacijama provode češće uzorkovanje, uključujući lokacije izložene kratkoročnim onečišćenjima i lokacije s lošom kvalitetom vode. Dodatno pitanje je trajanje sezone kupanja: prema dostupnim podacima kupanje izvan ljetne sezone, uključujući kupanje tijekom cijele godine, sve je češća praksa u mnogim državama članicama, što ukazuje na potrebu za duljom sezonom kupanja barem na nekim mjestima. Dakle, u nekim slučajevim, broj uzoraka bi se mogao povećati produljenjem sezone kupanja.

Cvjetanje alga - U morskom okolišu dinoflagelati i dijatomeje prvenstveno su odgovorni za toksično cvjetanje alga; dok su u slatkoj vodi to je cijanobakterije. Ovi organizmi prirodni su dio okoliša, ali pod određenim uvjetima (osobito kada postoji preobilje hranjivih tvari) može doći do njihovog bujanja. Zahtijeva se provođenje vizualnog nadzora tamo gdje je identificirana mogućnost širenja i poduzimanje odgovarajućih mjera praćenja u slučaju da dođe do širenja i stvarnih ili vjerojatnih zdravstvenih rizika. WHO smjernice preporučuju da se uspostavi nova i zasebna klasifikacija i sustav upravljanja za slatkovodne cijanobakterije za lokacije na kojima je utvrđen rizik od cvje-

tanja cijanobakterija [12].

Pristup temeljen na procjeni rizika dodatnih parametara i polutanata

Smjernice WHO-a iz 2021. o kvaliteti vode za rekreaciju uvele su koncept planova sigurnosti vode za rekreaciju (engl. *Recreational Water Safety Plan*, RWSP) kao alat za procjenu i upravljanje rizicima povezanih s uporabom vode za rekreaciju. Procjena rizika u okviru RWSP razmatra sve potencijalne rizike koji utječu na lokaciju u skladu sa značajkama identificiranim u istraživanju i rangira ih prema vjerojatnosti pojave i težini štete. Temeljem prikupljenih podataka, može se izraditi strategija upravljanja rizikom, utvrđujući odgovarajuće kontrolne mjere za sprječavanje pojave ovih rizika kao i povezano operativno praćenje. To bi osiguralo da se napori praćenja i upravljanja usmjere tamo gdje je to najpotrebnije. Uz fekalne indikatorske bakterije obuhvaćene BWD-om, WHO je također identificirao dodatne mikrobiološke opasnosti. Drugi mikroorganizmi potencijalno opasni za zdravlje mogu biti prirodno prisutni (npr. ne-kolera *Vibrio* vrste, *Naegleria fowleri*) ili unesene iz drugih izvora osim fekalne kontaminacije (npr. leptospira iz urin glodavaca, *Staphylococcus aureus* sa tijela korisnika plaža, šistosome iz ptica domaćina). Neki prirodni patogeni su ubikvitarni i bit će široko rasprostranjeni u vodama (npr. *Pseudomonas aeruginosa*), ali na niskim ili ne-patogenim razinama. Na vjerojatnost njihove prisutnosti utjecat će lokalni čimbenici (npr. temperatura). Smjernice WHO-a iz 2021. napominju da se još uvijek ne može utvrditi odnos doze i odgovora za te opasnosti, stoga nisu navedene vrijednosti smjernica i ne preporučuje se sustavno praćenje. Umjesto toga, WHO preporučuje da pristup navedenim prijetnjama bude prilagođen za pojedino mjesto tako da ih se uključi u profil vode za kupanje i razmotri u procjeni rizika za RWSP. Kemikalije u vodi trenutačno nisu obuhvaćene BWD-om, već su obuhvaćene Direktivom o standardima kvalitete okoliša, Okvirnom direktivom o vodama i Direktivom o vodi za piće. Zbog raznolikosti kemikalija potencijalno prisutnih u vodi za kupanje i troškova koje bi praćenje svih njih iziskivalo, poželjnim se smatra pristup temeljen na riziku, prilagođen pojedinoj lokaciji. WHO-a predlaže primjenu „skrininga“ koncentracija koje ne smiju biti 20 puta veće od ograničenja za vodu za piće, na mjestima gdje početno istraživanje ukazuje na potencijalni rizik (npr. kamenolom ili rudarska jama, blizina industrijskog mjesta). Ako se ova smjernica ne zadovolji, razmatra se praćenje. Svjetska zdravstvena organizacija smatra pijesak na plaži relevantnim parametrom, s obzirom na to da može sadržavati enterokoke, kao i parazite, gljivice ili helminte, koji predstavljaju izravne rizike za ljudsko zdravlje, a također mogu biti uzrok kontaminacije putem difuznog onečišćenja vode za kupanje. Stoga, preporučuju da se pijesak na plažama treba uzeti u

obzir pri upravljanju kvalitetom vode u RWSP. Ukoliko je opravdano prema pristupu temeljenom na riziku, preporučuje se privremena smjernica za crijevne enterokoke od 60 CFU/g, a na europskim lokacijama 90 CFU/g za gljivice u pijesku. Estetski i štetni aspekti djelomično su pokriveni BWD-om, koji zahtijeva da se vode za kupanje pregledaju na "zagađenje kao što su ostaci smole, stakla, plastike, gume ili bilo kojeg drugog otpada", te da se poduzmu odgovarajuće mjere upravljanja. Međutim, takvi parametri nisu nužno uključeni u profil kupališta, a ne provodi se ni sustavno praćenje. WHO preporučuje da se uključe u procjenu sustava plaže i, ako je to opravdano procjenom rizika, da se provede operativno praćenje kako bi se usvojile relevantne mjere upravljanja. Za druge parametre, kao što su virusi, antimikrobna otpornost, lijekovi ili mikroplastika, dokazi još ne podupiru potrebu za dodatnom regulacijom. Potrebna su dodatna istraživanja kako bi se utvrdio njihov utjecaj na zdravlje ljudi u vodi za kupanje i definirale standardne analitičke metode i metode praćenja [12].

Kriterij za identifikaciju kupališta, uključujući javna sudjelovanja

Identifikacija mjesta za kupanje - Prema članku 1(3) BWD, voda za kupanje je 'svaki element površinske vode za koji nadležno tijelo očekuje kupanje velikog broja ljudi, a nije izrekla zabranu kupanja, odnosno izdala trajnu zabranu kupanja'. Članak 2.4. nadalje navodi da „veliki broj” znači „broj koji nadležno tijelo smatra velikim, s obzirom na trendove iz prošlosti ili bilo koju infrastrukturu ili objekte koji su osigurani, ili druge mjere poduzete za promicanje kupanja”. BWD stoga državama članicama daje značajnu diskreciju u definiranju „velikog broja” na nacionalnoj razini. Dokazi pokazuju da neke vode koje ispunjavaju zahtjeve BWD-a, države članice nisu identificirale kao vode za kupanje. Čini se da je to povezano s načinom na koji su države članice odredile koncept „velikog broja” i uporabom dodatnih kriterija za identifikaciju voda za kupanje. Osim toga, nekoliko država članica koristi druge kriterije pri identificiranju voda za kupanje, što može ograničiti broj identificiranih voda za kupanje. Određivanje mjesta za kupanje prema BWD-u potiče obveze praćenja i upravljanja. Čini se da financijski troškovi povezani s pravilnom provedbom Direktive igraju važnu ulogu u identifikaciji voda za kupanje u nekoliko država članica i ponekad mogu dovesti do smanjenja praćenja zbog političkih odluka.

Sudjelovanje javnosti - Članak 11. BWD-a zahtijeva od država članica poticanje sudjelovanja javnosti i daju prilike zainteresiranoj javnosti da sazna kako sudjelovati. Javnost ima mogućnost formulirati prijedloge, primjedbe ili pritužbe, posebno za uspostavu, pregled i ažuriranje popisa voda za kupanje – ali ne precizira kako bi to trebalo učiniti. Unatoč tome što u većini država na-

cionalni zakon zahtijeva da godišnji popis voda za kupanje bude predmet službene javne rasprave, u nekim je državama članicama priznat nedostatak lako dostupnih informacija i mogućnosti komentiranja, a neka su savjetovanja dobila mali broj komentara. Osim toga, u malom broju država članica, pokazano je da je javno savjetovanje bilo ograničeno na internetsku objavu godišnjeg popisa voda za kupanje, a informacija o mogućnosti da javnost podnese komentare nije uvijek bila lako dostupna [12].

Upravljanje kupalištima zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće kakvoće

U skladu s člankom 2. 7. (f)(i) BWD-a, identifikacija uzroka i djelovanje prema smanjenju rizika od onečišćenja dio su mjera upravljanja koje države članice moraju poduzeti u određenim okolnostima. Članak 5(3) BWD-a zahtijeva od država članica da „osiguraju da do kraja sezone kupanja 2015. sve vode za kupanje budu barem 'zadovoljavajuće'” kakvoće, kao i da “poduzmu realne i razmjerne mjere koje smatraju prikladnim u cilju povećanja broja vode za kupanje ocjenjenih „izvrsno” ili „dobro””. Članak 5.4. propisuje da kada su vode za kupanje klasificirane kao "nezadovoljavajuće", države članice moraju utvrditi uzroke i razloge nepostizanja statusa "zadovoljavajuće" kakvoće i poduzeti mjere za sprječavanje, smanjenje ili uklanjanje uzroka onečišćenja. U takvim slučajevima države članice osiguravaju da su uvjeti navedeni u članku 5.4. zadovoljeni, s učinkom od sljedeće sezone kupanja. Podaci država članica pokazuju da su se, iako je od 2006. godine smanjen i broj i udio voda za kupanje klasificiranih kao "nezadovoljavajuće", postavljeni cilj da su sva praćena mjesta do 2015. godine barem „zadovoljavajuće” kakvoće, nije postignut niti 2020. godine (posljednja godina za koju su podaci dostupni). Dok je provedba drugih dijelova zakonodavstva EU-a o vodama – kao što je Direktiva o pročišćavanju gradskih otpadnih voda – odigrala ključnu ulogu u ukupnom poboljšanju kvalitete vode za kupanje diljem EU-a, ovi podaci naglašavaju važnost posebnih mjera pod BWD-om usmjeren na sprječavanje rizika od onečišćenja, kako je predviđeno člankom 2.7.(i). Mjere koje države članice poduzimaju za ublažavanje onečišćenja voda za kupanje koje su ocjenjene kao nezadovoljavajuće često su nejasne i ponekad nedostatne. Prakse država članica znatno se razlikuju, a neke zemlje su napravile odmak od zahtjeva Direktive uspostavljanjem općih postupaka za mjere upravljanja prema BWD-u. U izvješću o usklađenosti za 2019. godinu navedeno je nekoliko primjera mjera za smanjenje onečišćenja na izvoru. Neki od njih (npr. u Nizozemskoj i Francuskoj) usmjereni su na neposredne probleme, kao što su sprječavanje i smanjenje onečišćenja smanjenjem broja ptica na lokaciji, davanje kanti za smeće i toaleta za korisnike plaže i ograničavanje pristupa stoke i drugih živ-

otinja vodi kako bi se smanjio morski otpad i količina ljudsko i životinjskog otpada u vodi za kupanje. Nadalje, kasniji razgovori s dionicima pokazali su da vodovodna poduzeća često doživljavaju BWD kao okidač za ulaganja u rješavanje lokalnih problema, posebno za rješavanje preljeva otpadnih voda [12].

Digitalizacija za bolje upravljanje i pristup informacijama

Države članice i dionici uvode digitalna rješenja za upravljanje vodama za kupanje, u područjima kao što je modeliranje kratkoročnih događaja onečišćenja i pružanje informacija javnosti.

Sustavi modeliranja - Modeliranje je pilotirano za kombinirane kanalske preljeve iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koji mogu dovesti do kratkoročnih onečišćenja na kupalištima. U drugoj vrsti modeliranja, istraživački projekti izgradili su sustave za mjesta za kupanje – uzimajući u obzir fizičke čimbenike kao što su oborine, vjetar i struje – za predviđanje kvalitete vode; što zatim može uključivati modeliranje za specifične rizike, kao što su cijanobakterije. Modeliranje je specifično za pojedino mjesto i obično zahtijeva intenzivno praćenje kako bi se osigurali relevantni podaci za sustave strojnog učenja. Jednom kada se uspostavi, modeliranje može raditi zajedno s praćenjem, može se praćenje smanjiti i optimizirati praćenje za kratkoročne događaje onečišćenja ili cvjetanje alga. Modeliranje bi se moglo povezati s podacima daljinskog istraživanja, na primjer za cvjetanje cijanobakterija.

Digitalizacija - Neke države članice, regije i lokalne vlasti prihvatile su nove digitalne metode, koristeći aplikacije i društvene medije za informiranje javnosti o kvaliteti vode. Ove metode podižu svijest javnosti. Štoviše, mogu se koristiti za prenošenje podataka kupcima u stvarnom vremenu – na primjer, upozoravajući ih na kratkoročna zagađenja ili cvjetanje cijanobakterija. Osim toga, sve države članice trenutno koriste internetske stranice za pružanje informacija o kvaliteti vode za kupanje; međutim, razina detalja i jednostavnost korištenja variraju. Iako nove digitalne metode komunikacije ne mogu zamijeniti tradicionalne metode – uključujući znakove na kupalištima – budući da su neki kupaci manje tehnički vješti, metode se mogu kombinirati, na primjer s QR kodovima na fizičkim znakovima koji vode zainteresirane kupce do detaljnih aplikacija ili web stranica [12].

2 MATERIJALI I METODE

2.1 Statističke metode

Statistika je matematička disciplina koja se bavi sakupljanjem, analizom i interpretacijom numeričkih informacija. Grana statistike koja se bavi uređivanjem prikupljenih, empirijskih podataka, njihovim grafičkim prikazivanjem i opisivanjem pomoću numeričkih vrijednosti naziva se deskriptivna statistika. Za opisivanje skupa podataka koriste se mjere centralne tendencije i mjere varijabilnosti (disperzije). Mjere centralne tendencije uključuju srednju vrijednost, medijan i mod. Mjere varijabilnosti uključuju standardnu devijaciju, minimalne i maksimalne vrijednosti varijabli, mjere asimetrije i raspon. Raspon varijacije numeričkog obilježja središnjih 50% članova niza zove se interkvartil, odnosno interkvartilni raspon je razlika između prvog i trećeg kvartila. Induktivna statistika bavi se metodama koje se zasnivaju na teoriji vjerojatnosti i koje omogućavaju da se donose zaključci o populaciji pomoću uzoraka iz populacije. Statistički skup ili populacija je svaki skup čiji su elementi jedinice kojima se mjeri (ispituje) jedno ili više svojstava. Svaki podskup populacije naziva se uzorkom. To je nepristran podskup populacije koji najbolje predstavlja cjelokupne podatke. Uzorak se koristi u statističkom testiranju kada je veličina populacije prevelika da bi svi članovi ili opažanja mogli biti uključeni u test. Jedan od pravaca u induktivnoj statistici je teorija testiranja statističkih hipoteza [13]. Jedan od najčešćih načina donošenja statističkog zaključka iz zadanih pretpostavki je statističko ispitivanje hipoteze. Testovima za ispitivanje nul hipoteze donose se statističke odluke o eksperimentalnih podacima. Statističko ponašanje skupa podataka smatra se valjanim ako nije protuslovno nul hipotezi. Statističkim testom ispituje se samo nul hipoteza koja se zatim odbacuje (i prihvaća se alternativna hipoteza) ili se ne može odbaciti. Odabir testa za procjenu statističke značajnosti razlike između dvije ili više skupina ovisi o tipu podataka s kojim se raspolaže, raspodjeli podataka te se uz ispunjene uvjete odabire jednostrani ili dvostrani test. Radi nesigurnosti uvode se dva koncepta induktivne statistike: pouzdanost (npr. interval pouzdanosti) i razina značajnosti. Razina značajnosti se može definirati kao vjerojatnost odluke o odbijanju nulte hipoteze kada je nulta hipoteza zapravo istinita (odluka poznata kao pogreška tipa I ili lažno pozitivna odluka). Često se koristi razina značajnosti od 5% , što empirijski odgovara razini pouzdanosti od 95% [14].

2.1.1 Normalna raspodjela

Gaussova, ili normalna, distribucija ustanovljen je model za karakterizaciju kvantitativne varijacije izvornih podataka. Normalna distribucija definirana je varijancom σ^2 i očekivanom vrijednosti μ . Gustoća raspodjele normalne distribucije je

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2.1)$$

Očekivana vrijednost daje informaciju o položaju vrha distribucije, dok varijanca upućuje na raspršenje podataka. Obično se pretpostavlja da centralni granični teorem objašnjava zašto su različite veličine koje nalazimo u prirodi približno normalno raspoređene [15].

Centralni granični teorem

Centralni granični teorem smatra se temeljnom teorijom u modernoj statistici. Općenito, centralni granični teoremi govore o uvjetima pod kojima niz funkcija distribucije standardiziranih suma slučajnih varijabli konvergira prema funkciji distribucije standardne normalne slučajne varijable. Bez ovog teorema ne bi postojali parametrijski testovi temeljeni na pretpostavci da podaci uzorka dolaze iz populacije s fiksnim parametrima koji određuju njezinu distribuciju vjerojatnosti. Zbog centralnog graničnog teorema, parametrijski testovi imaju veću statističku snagu od neparametrijskih testova, koji ne zahtijevaju pretpostavke distribucije vjerojatnosti [16]. Neka su X_1, X_2, \dots, X_n identične i jednako distribuirane slučajne varijable $E[X_i] = \mu < \infty$ i konačnom varijancom $0 < \text{Var}(X_i) = \sigma^2 < \infty$. Tada slučajna varijabla

$$Z_n = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n - n\mu}{\sqrt{n}\sigma} \quad (2.2)$$

konvergira u distribuciji prema standardnoj normalnoj slučajnoj varijabli kako n konvergira u beskonačnost, odnosno

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(Z_n \leq x) = \Phi(x), \quad \text{za svaki } x \in R \quad (2.3)$$

pri čemu je $\Phi(x)$ standardna normalna funkcija kumulativne distribucije [17].

Dakle, distribucija iz koje dolaze nasumične varijable x_i može biti bilo koja distribucija s očekivanom vrijednosti 0 i varijancom σ^2 iz čega se sumiranjem tih slučajnih varijabli dobiva slučajna varijabla koja se (u limesu) raspodjeljuje normalno. Odnosno, u slučaju dovoljno velikog uzorka,

srednja vrijednost uzorka približava se srednjoj vrijednosti populacije te se distribucija uzorka približava normalnoj. U većini slučajeva velikim uzorkom se smatra onaj veći od 30.

2.1.2 Statistički testovi

Pretpostavka parametrijske statistike je da se podaci raspodjeljuju po određenom tipu raspodjele (najčešće po normalnoj raspodjeli), temeljem čega se donose zaključci o parametrima raspodjele. Kod mnogih populacija, primjerice bioloških, podaci ne slijede Gaussovu raspodjelu, stoga se koriste metode neparametrijske statistike koji ne ovise o raspodjeli podataka. Za odabir metode važnisi koncepti robusnosti i snage statističkog testa. Neparametrijski testovi mogu obraditi vrlo male uzorke koji se ne raspodjeljuju normalnom raspodjelom, stoga su robusniji od svojih parametrijskih inačica. Snaga statističkog testa je vjerojatnost da će testom nul hipoteza biti odbačena, ako je alternativna hipoteza istinita (npr. da se neće napraviti pogreška tipa II ili lažno negativna pogreška). Vjerojatnost pogreške tipa II pada s pojačanjem snage statističkog testa. Zbog robusnosti, neparametrijski testovi obično imaju manju snagu testa, stoga je potrebno uzeti u obzir omjer snage i robusnosti te definirati intervale pouzdanosti kad god je to moguće [14].

Glavna prednost parametrijskih testova je u tome što su snažniji i precizniji od neparametrijskih testova, što znači da imaju veću šansu uočiti efekt ili razliku ako ona postoji. Također, omogućuju generalizaciju i predviđanja o populaciji na temelju podataka uzorka. Međutim, glavni nedostatak parametrijskih testova je da su osjetljivi na kršenja pretpostavki, kao što je normalnost. Glavna prednost neparametrijskih testova je ta što su robusniji i fleksibilniji od parametrijskih testova, što znači da mogu obraditi podatke koji su iskrivljeni, imaju odstupanja ili imaju različite skale ili mjerne jedinice. Također, ne zahtijevaju velike veličine uzorka ili nasumično uzorkovanje da bi bili valjani. Međutim, glavni nedostatak neparametrijskih testova je taj što su manje snažni i precizni od parametrijskih testova i ne dopuštaju procjenu parametara ili generalizaciju i predviđanja o populaciji na temelju podataka uzorka.

2.1.3 Dvije metode klasifikacije kvalitete vode za kupanje

U skladu s Direktivom 2006/07/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o upravljanju kakvoćom vode za kupanje, ocjena kakvoće dobiva se računanjem 90-og, odnosno 95-og percentila. Percentili su položajne vrijednosti koje uređeni niz dijele na ukupno 100 jednakih dijelova.

k -ti percentil P_k može se interpretirati na sljedeći način:

- prvih $k\%$ članova niza ima vrijednost manju ili jednaku P_k ,
- $(100 - k)\%$ članova niza ima vrijednost veću ili jednaku P_k .

Matematički nedovoljno precizno, ali intuitivno, može se reći da k -ti percentil P_k odvaja $k\%$ najmanjih članova niza, odnosno $(100 - k)\%$ najvećih članova niza. Prednost ovakve deskriptivne statistike je usporedba među članovima [18].

Računanje percentila ovisi o dvije pretpostavke:

1. podaci su normalno distribuirani
2. postoji vrlo malo cenzuriranih podataka (ispod granice detekcije)

U podacima koji sadrže informaciju o mikrobiološkim pokazateljima, prva pretpostavka je narušena jer broj bakterija u vodi ne slijedi normalnu distribuciju i podaci su asimetrični [19]. Ovom problemu se pristupa logaritamskom transformacijom, uz pretpostavku da je skup podataka log-normalno distribuiran. Uzorci se mjere u broju formiranih kolonija na 100 ml vode (bik/100 ml). Cenzuriranje se javlja kad je broj bakterija manji od granice detekcije. Ukoliko je detektirano 0 bik/100 ml, indikacija je da u uzorku nema prisutnih bakterija. Kako bi se to izbjeglo, često se opažanjima dodjeljuju neke vrijednosti. U promatranom slučaju, opaženim podacima sa vrijednošću 0, dodijeljena je vrijednost 3. Ovakva supstitucijska metoda pokazuje pristrane rezultate. Hazenova metoda ne zahtijeva normalnu raspodjelu čime je izbjegnuta potreba logaritamske transformacije te nije u tolikoj mjeri podložna cenzuriranim podacima na donjoj granici raspona [20]. Martinez i sur. [21] u svojoj studiji su pokazali da je log-normalnost bila postignuta u 59,6 % promatranih slučajeva, stoga su zaključili da bi neparametrijska metoda bila primjerenija jer sadrži konzervativniji pristup, dodatno osiguravajući zdravlje kupaca.

2.1.4 Parametrijska metoda

Za normalno distribuirane podatke, 95-i (ili 90-i) percentil može se izračunati pomoću aritmetičke sredine m i standardne devijacije s pomoću formule

$$P = m + sz \quad (2.4)$$

pri čemu je p vrijednost percentila, a z je z -vrijednost (engl. *z score*). z -vrijednost opisuje koliko standardnih devijacija određeno mjerenje leži iznad ili ispod prosjeka populacije (slika 2.1).

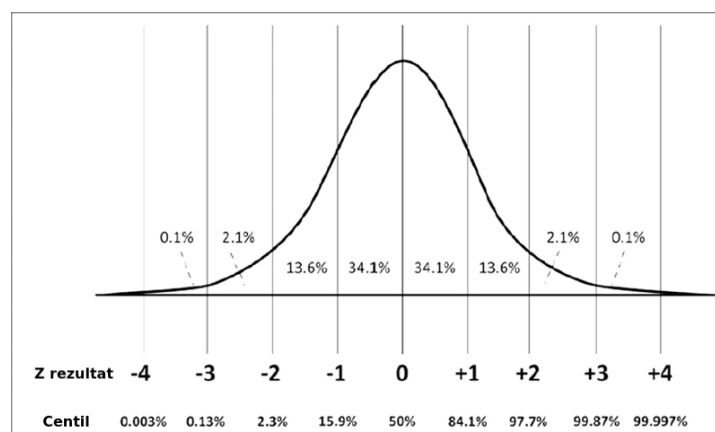
Računa se na sljedeći način:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.5)$$

pri čemu je x opaženo mjerenje, μ je srednja vrijednost i σ je standardna devijacija populacije. Z -vrijednost iznad prosjeka populacije imat će pozitivnu vrijednost, dok će z -vrijednost ispod prosjeka populacije imati negativnu vrijednost. Što je veće odstupanje z -vrijednosti od nule (u pozitivnom ili negativnom smjeru), veće je odstupanje od srednje vrijednosti [22]. Pomoću tablice z -vrijednosti određuje se kolika je površina ispod krivulje od traženog rezultata pa do kraja krivulje. Ukupnoj površini odgovara 100% ($P = 1$) pa brojevi odgovaraju vrijednostima od 0 do 0,5 (površina jedne strane Gaussove krivulje) [22]. Veličina površine ujedno znači i vjerojatnost. Shematski dijagram koji prikazuje odnos između z -vrijednosti i centila, gdje je parametar normalno distribuiran, prikazan je na slici 2.1. Pri ekstremnim vrijednostima (>3 standardne devijacije od srednje vrijednosti), centil ostaje prilično konstantan, ali z -vrijednost ostaje osjetljiva na promjene u mjerenjima. Vjerojatnost nasumičnog odabira rezultata između $-1,96$ i $+1,96$ standardnih devijacija od srednje vrijednosti je 95% (slika 2.1)). Ako postoji manje od 5% vjerojatnosti da opažena vrijednost bude odabrana nasumično, tada je to statistički značajan rezultat [22]. Za 90-i percentil z -vrijednost iznosi 1,282, a za 95-i percentil je 1,65.

Kako bi distribucija bila normalna, u skućaju pokazatelja mikrobiološkog onečišćenja, potrebno je provesti logaritamsku transformaciju na početnim podacima. Za dobivene logaritamske vrijednosti treba izračunati aritmetičku sredinu, standardnu devijaciju te se primijenom formule (2.4) dobiva logaritam percentila. Konačno, antilogaritmiranjem dobiva se vrijednost 90-og, odnosno 95-og

percentila [19].



Slika 2.1: Standardna normalna distribucija i z-vrijednost

2.1.5 Hazen metoda

Neparametrijske metode temelje se na rangiranju podataka uzlaznim redosljedom, nakon čega se, koristeći formulu, računaju točke koje daju traženi percentil. Postoji nekoliko neparametrijskih metoda koje daju različite vrijednosti percentila, ovisno o formuli za interpolaciju između točaka [21]. Hazenova metoda pokazala se kao najbolja neparametrijska procjena vrijednosti percentila. Dobila je ime po američkom inženjeru Allenu Hazenu. Hazen se bavio kontrolom poplava i pročišćavanjem vode i otpadnih voda. Poznat je po svom doprinosu hidraulici s Hazen-Williamsovom jednadžbom koja povezuje protok vode u cijevi s geometrijskim svojstvima cijevi i padom tlaka uzrokovanim trenjem. Računanje percentila Hazenovom metodom najviše se koristi u primjeni znanosti o vodi te se u Australiji i Novom Zelandu koristi kao standard u izvještavanju o kvaliteti vode za kupanje [23]. Ključan element po kojem se Hazenova metoda razlikuje od ostalih je način računanja ranga. Ovakav način računanja Hazen je predložio u radu *Storage to be Provided in Imponding Reservoirs for Municipal Water Supply* iz 1914. godine objavljenom u *Transactions of the American Society of Civil Engineers* [23]. Prikazom točaka na grafu potrebnih spremnika vode u ovisnosti o godinama od 1897 do 1911, poziciju m -tog člana u nizu od n članova izračunao je na način [23]:

$$P = \frac{2m - 1}{2n}$$

$$\rightarrow 2m = 2nP + 1 \quad (2.6)$$

$$\rightarrow m = nP + \frac{1}{2}$$

Zamijeni li se m sa r i P sa p , postupak računanja percentila Hazenovom metodom za klasifikaciju vode za kupanje je slijedeći:

1. Niz podataka s n članova X_i , $i = 1, \dots, n$ rangira se od najmanjeg do najvećeg pri čemu se dobiva set podataka Y_i , $i = 1, \dots, n$.
2. Potrebno je izračunati omjer $p = P/100$ pri čemu je P percentil koji se računa (npr. $P = 95$).
3. Vrijednost percentila ovisi o broju podataka. Skup se mora sastojati od najmanje 10 podataka što se provjerava prema uvjetu

$$n \geq \frac{1}{2(1-p)} \wedge n \geq \frac{1}{2p} \quad (2.7)$$

4. Ako je uvjet zadovoljen, računa se Hazenov rang

$$r_{Hazen} = 0.5 + pn \quad (2.8)$$

5. Ako je dobivena vrijednost cijeli broj, tada je $Y_{r_{Hazen}}$ vrijednost percentila. Najčešće to nije slučaj, stoga je potrebno interpolirati vrijednost između dvije točke

$$P = (1 - rf)Y_{r_i} + rfY_{r_{i+1}} \quad (2.9)$$

pri čemu je r_i cijeli dio broja r_{Hazen} , a rf decimalni dio.

2.2 Obrada podataka

U analizi su korišteni podaci o mikorbiološkoj kvaliteti mora za kupanje na plažama Primorsko-goranske županije. Uzorkovanje se provodilo na ukupno 317 lokacija u razdoblju od 2009. do 2022. godine. Uzorci morske vode prikupljeni su u sterilne boce od najmanje 250 ml i ispitani su unutar 6 sati. Uzorkovanje se provodilo svakih 14 dana u razdoblju od sredine svibnja do kraja rujna [9]. Uzorkovanje se provodilo redovno i ravnomjerno tijekom sezone kupanja s razmacima između uzorkovanja od najdulje mjesec dana [3].

Obrada podataka je napravljena u programskom jeziku R 4.3.1 [24], a interpretacija je provedena na razini značajnosti od 5 %. Podaci su pohranjeni u .xlsx datoteci te su razvrstani prema lokacijama i datumima prikupljanja. Za računanje percentila parametrijskom metodom, podaci su logaritmirani, nakon čega su izračunati 90-i, odnosno 95-i percentil prema formuli (2.4). Kako bi se odredila konačna ocjena, izračunata je srednja vrijednost percentila promatrane godine i njoj prethodne tri.

Kod računanja Hazenove metode provjeren je uvjet o dovoljnoj količini podataka, nakon čega se računalo koliko je podataka bilo prikupljeno na svakoj lokaciji po godini. Slijedilo je računanje 90-og i 95-og percentila kao što je opisano u poglavlju 2.2.5.

Za testiranje normalnosti korišten je Anderson-Darling test [25], dok je za procjenu statističke značajnosti razlike između dvije metode odabran je Wilcoxonov test sume rangova za zavisne uzorke [26]. Postavljena je H_0 hipoteza da ne postoji statistički značajna razlika između vrijednosti percentila računatih parametrijskom i Hazen metodom.

Dobiveni percentili klasificirani su prema standardima Direktive 2006/7/EC kako bi se odredila učestalost vrijednosti percentila za obje metode te naposljetku klasifikacija kakvoće mora za kupanje (tablica 2). Za grafički prikaz rezultata mjerenja, ocjene su usrednjene po godinama za gradove/općine Primorsko-goranske županije što je kartografski prikazano u poglavlju 3.3.

Hi- kvadrat test korišten je za usporedbu nezavisnih kvalitativnih podataka. Za usporedbu ocjena kakvoće mora dobivenih dvama različitim metodama korišten je McNemar test, a u slučaju više od dvije uspoređivane kategorije McNemar-Bowkerov test. Postavlja se pitanje što višestruko ispitivanje čini p vrijednosti. Čistom slučajnošću, uz pretpostavku neovisnosti testova, može doći do više rezultata značajnih na razini od 5% nego što to doista jest. To je zato što je "vjerojatnost" lažno pozitivnog rezultata tada preuveličana i jasno zahtijeva prilagodbu izvorne razine značajnosti jednog testa od 0,05. Drugim riječima, vjerojatnost opažanja lažno pozitivnog rezultata (tj.

pogreške tipa I) koju generiraju svi poduzeti testovi ne bi smjela prijeći razinu od 5%. Dakle, želi se izračunati snaga i veličina uzorka za McNemar-Bowkerov test simetrije kad je prisutno više zavisnih uzoraka. Nakon što je proveden test simetrije za uparenu tablicu kontingencije, korištenjem R paketa *rcompanion* [27] napravljena je *post-hoc* analiza po parovima da se vidi doprinosi li koji par promjene kategorija više u odnosu na ostale parove.

Ocjene su zatim, radi usporedbe metoda, podijeljene u kategorije "Poboljšana", "Pogoršana" i "Nepromijenjena" ocjena kvalitete vode za kupanje na čemu je proveden Hi- kvadrat test za nezavisne uzorke kako bi se provjerilo ovise li promjene u kategorijama o vrsti bakterije.

Za procjenu usporedivosti rezultata parametrijske i Hazen metode za računanje percentila korišteno je nekoliko statističkih metoda - korelacija, Bland-Altman metoda i Passing-Bablok metoda.

Za procjenu stupnja slaganja između parametrijske i Hazen metode, izračunat je neparametrijski Kendall Tau - b korelacijski koeficijent koji ne zahtjeva normalnu raspodjelu podataka. Kendallovim koeficijentom korelacije ranga procjenjuje se stupanj sličnosti između dva ranga dodijeljenih istom skupu podataka. Ovisi o broju inverzije parova potrebnih za transformaciju jednog poretka u drugi. Može se promatrati i kao koeficijent korelacije između dva skupa od $N \cdot (N - 1)$ binarnih vrijednosti gdje svaki skup predstavlja moguće parove pri čemu se dodjeljuje vrijednost 0 ako par nije prisutan i 1 ako je par prisutan [28]. Budući da se Kendallov koeficijent temelji na poretku, a ne na apsolutnim vrijednostima, manje je osjetljiv na izuzetke (eng. *outlier-e*).

Metode za računanje percentila su uspoređene primjenom Bland-Altmanove analize kako bi se odredilo u kojoj se mjeri razlikuju. Korištenjem R paketa *MKinfer* [29] dobiven je nepramaterijski Bland-Altman graf s egzaktnim intervalom pouzdanosti. Bland-Altmanov graf je prikaz srednjih vrijednosti svakog para mjerenja (vrijednost x) u odnosu na razliku između mjerenja (vrijednost y). Ako postoji slaganje, očekuje se da se vrijednosti grupiraju oko srednje vrijednosti razlika [30]. Bland-Altman 95% interval pouzdanosti srednje razlike pokazuje veličinu sustavne razlike. Ako linija jednakosti nije u intervalu, postoji značajna sustavna razlika, tj. druga metoda stalno podcjenjuje ili precjenjuje u odnosu na prvu. Interval pouzdanosti srednje razlike i granica dogovora opisuje moguću pogrešku u procjeni, zbog pogreške uzorkovanja. Što je veći broj uzoraka korištenih za procjenu razlike između metoda, to će interval biti uži.

U postupcima za statistički procjenu usporedbe metoda često postoji zahtjev na svojstva distribucije eksperimentalnih podataka koji u mnogo slučajeva nije ispunjen. Wolfgang Bablok i Heinrich Passing predložili su postupak evaluacije linearnom regresijom bez postavljanja uvjeta na distribu-

ciju uzorka i pogreške mjerenja. Passing-Bablok metoda zasniva se na prilagodbi parametara α i β linearne jednadžbe $y = \alpha + \beta \cdot x$ koristeći neparametrijsku metodu. Koeficijent β računa se uzimajući u obzir pomaknuti medijan svih nagiba pravaca između bilo koje dvije točke, zanemarujući pravce za koje su točke jednake ili je $\beta = -1$. Medijan je pomaknut ovisno o broju pravaca za koje je $\beta < 1$. Parametar α računa se kao $\alpha = \text{median}(y_i - \beta x_i)$. Za testiranje, koriste se dvije hipoteze. Prva hipoteza je da je $\beta = 1$. Kako bi se ta tvrdnja testirala, koristi se interval pouzdanosti za β . Hipoteza se prihvaća ako je vrijednost 1 uključena u interval pouzdanosti. Odbačena hipoteza za $\beta = 1$ pokazuje proporcionalnu razliku između dvije metode. Druga hipoteza koja se ispituje je $\alpha = 0$. Hipoteza se prihvaća ako interval pouzdanosti za α obuhvaća vrijednost 0. Ako je hipoteza odbačena, metode se razlikuju za konstantni iznos (eng. *bias*). Ako je prihvaćeno $\beta = 1$ i $\alpha = 0$, tada vrijedi da je $y^* = x^*$, odnosno metode su jednake [31]. Uvjeti za primjenu Passing-Bablok regresije su kontinuirana raspodjela podataka i linearna povezanost vrijednosti mjerenja dobivenih primjenom dvije analitičke metode [32]. Za dobivanje Passing-Bablok rezultata korišten je *Method Comparison Regression* paket [33].

3 REZULTATI I RASPRAVA

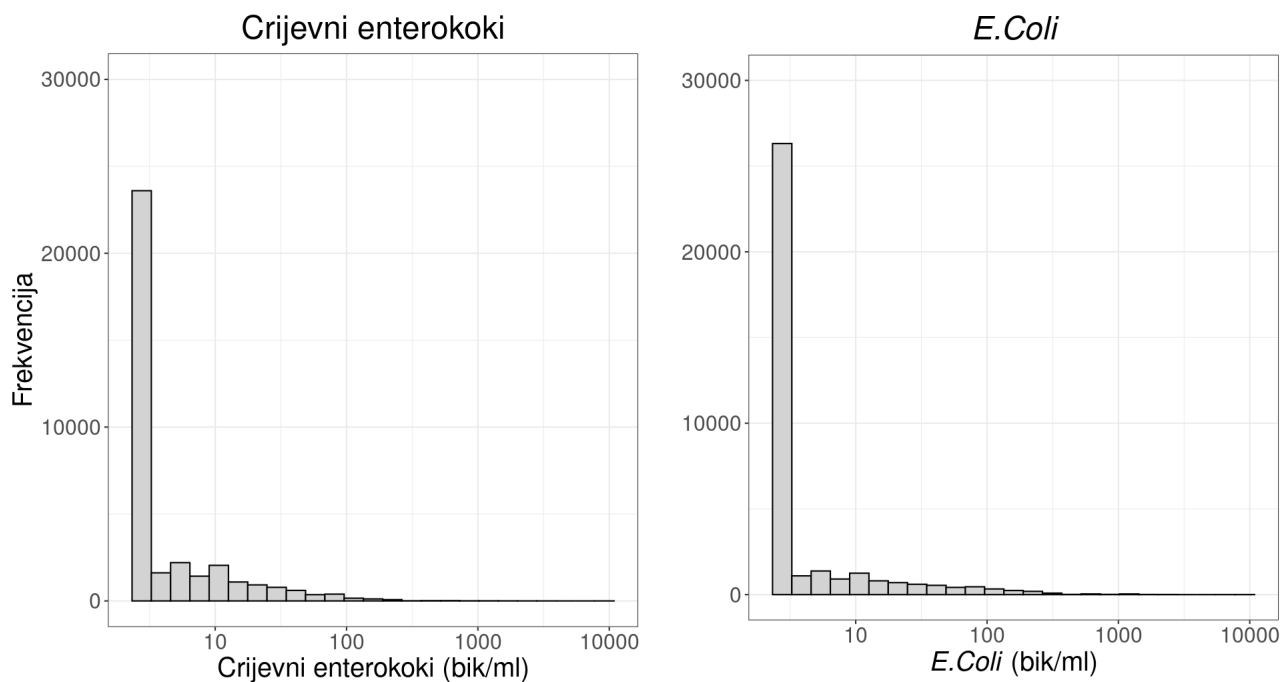
3.1 Deskriptivna statistika

Originalni podaci o koncentraciji ispitivanih mikrobioloških pokatatelja sastoje se od 35 454 mjerenja. Tablica 4 prikazuje glavne mjere deskriptivne statistike za broj crijevnih enterokoka i *E. coli* po mililitru uzorka.

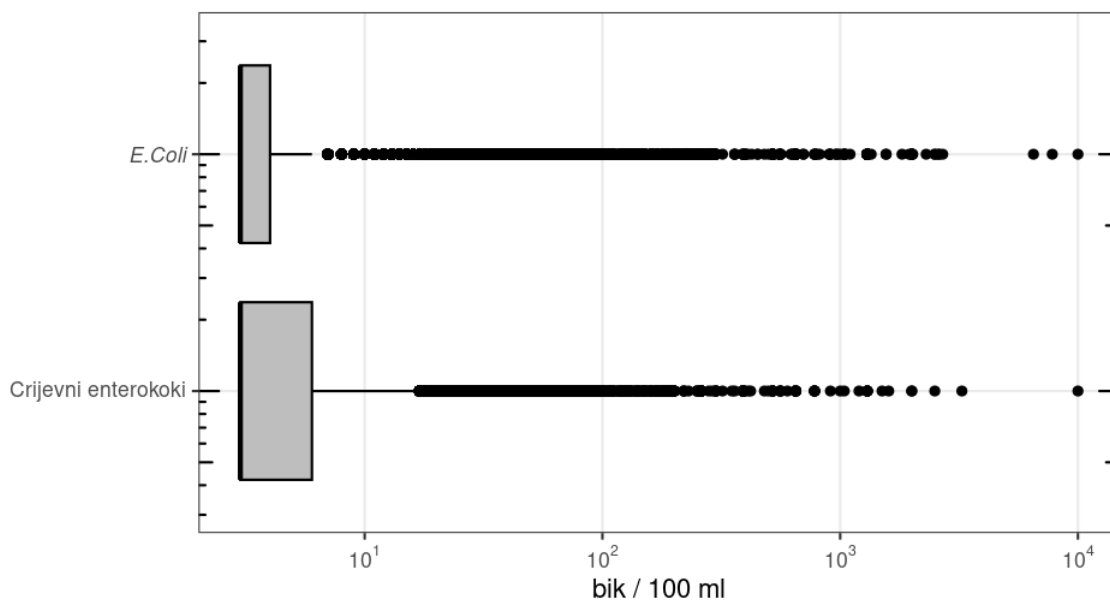
Tablica 4: Medijan, interkvartilni raspon, minimum i maximum crijevnih enterokoka i *E. coli*

	N	Medijan (bik / ml)	Interkvartilni raspon (bik / ml)	Min (bik / ml)	Max (bik / ml)
crijevni enterokoki	35454	3	3	3	10000
<i>E. coli</i>	35454	3	1	3	10000

Iz histograma (slika 3.2) se može pretpostaviti da raspodjela podataka neće slijediti Gaussovu distribuciju. Velika asimetrija distribucije vidljiva je i iz kutijastog dijagrama (slika 3.3) uz vidljivu prisutnost izuzetaka pri višim vrijednostima broja izraslih kolonija bakterija.



Slika 3.2: Histogram crijevnih enterokoka i *E. coli* (skala na ordinatnoj osi je logaritamska)



Slika 3.3: Kutijasti dijagram crijevnih enterokoka i *E. coli* (skala na ordinatnoj osi je logaritamska)

Nakon računanja 90-og i 95-og percentila parametrijskom i Hazen metodom, Anderson-Darling testom o normalnosti, dobivena je p vrijednost manja od $2,2 \cdot 10^{-16}$ za sva 4 slučaja (tablica 5). Očekivano je da rezultati neće slijediti normalnu raspodjelu jer se niti izvorna mjerenja ne raspodjeljuju normalno.

Tablica 5: Rezultati Anderson-Darling testa za crijevne enterokoke i *E. coli* - testna statistika A i p vrijednost.

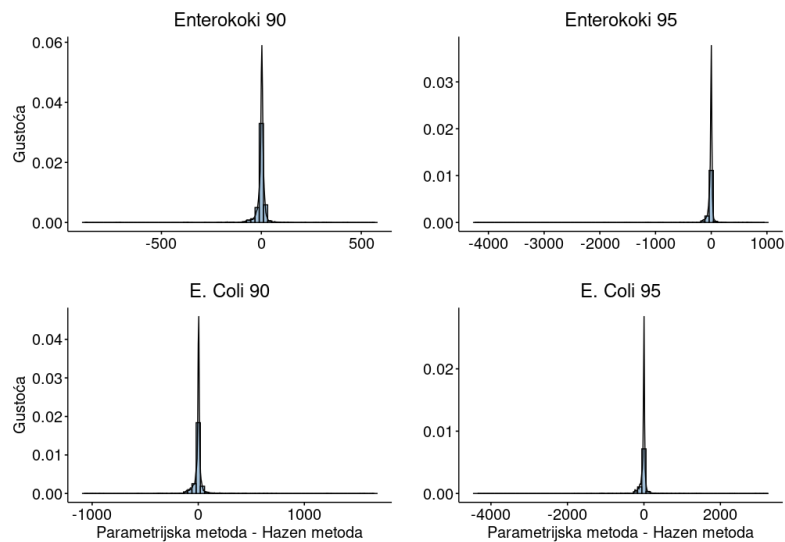
	Metoda	Percentil	A	p vrijednost
crijevni enterokoki	parametrijska	90-i	462,07	< 0,01
		95-i	507,4	< 0,01
	Hazen	90 -i	483,83	< 0,01
		95-i	567,07	< 0,01
<i>E. coli</i>	parametrijska	90-i	636,05	< 0,01
		95-i	672,8	< 0,01
	Hazen	90 -i	434,37	< 0,01
		95-i	473,85	< 0,01

Tablica 6: Medijan, interkvartilni raspon, minimum i maximum dobivenih percentila crijevnih enterokoka i *E. coli*

	Percentil	Metoda	Medijan (bik / 100 ml)	Interkvartilni raspon (bik / 100 ml)	Min (bik / 100 ml)	Max (bik / 100 ml)
crijevni enterokoki	90-i	parametrijska	12,12	13,81	3,00	748,54
		Hazen	9,50	18,50	1,50	1625,00
	95-i	parametrijska	15,98	20,87	3,00	1345,67
		Hazen	19,00	37,00	2,55	4500,00
<i>E. coli</i>	90-i	parametrijska	12,49	18,09	3,00	1880,19
		Hazen	8,50	30,50	1,50	1600,00
	95-i	parametrijska	17,07	29,62	3,00	3607,12
		Hazen	17,00	61,00	2,55	4500,00

Za određivanje je li razlika između rezultata dviju metoda statistički značajna, koristi se Wilcoxonov test sume rangova za zavisne uzorke. Uzorci su zavisni jer se računanje percentila provodi na istom skupu podataka. Wilcoxonov test sume rangova pretpostavlja da razlike parova zavisnih uzoraka budu simetrično raspodjeljenje oko medijana. Na slici 3.4 vidljivo je da se razlike raspodjeljuju približno simetrično, dakle može se koristiti Wilcoxonov test.

Prema rezultatima Wilcoxonovog testa sume rangova za zavisne uzorke (tablica 7.), medijan parametrijske metode značajno se razlikuje od medijana Hazen metode s p-vrijednošću < 0,0001. Veličina



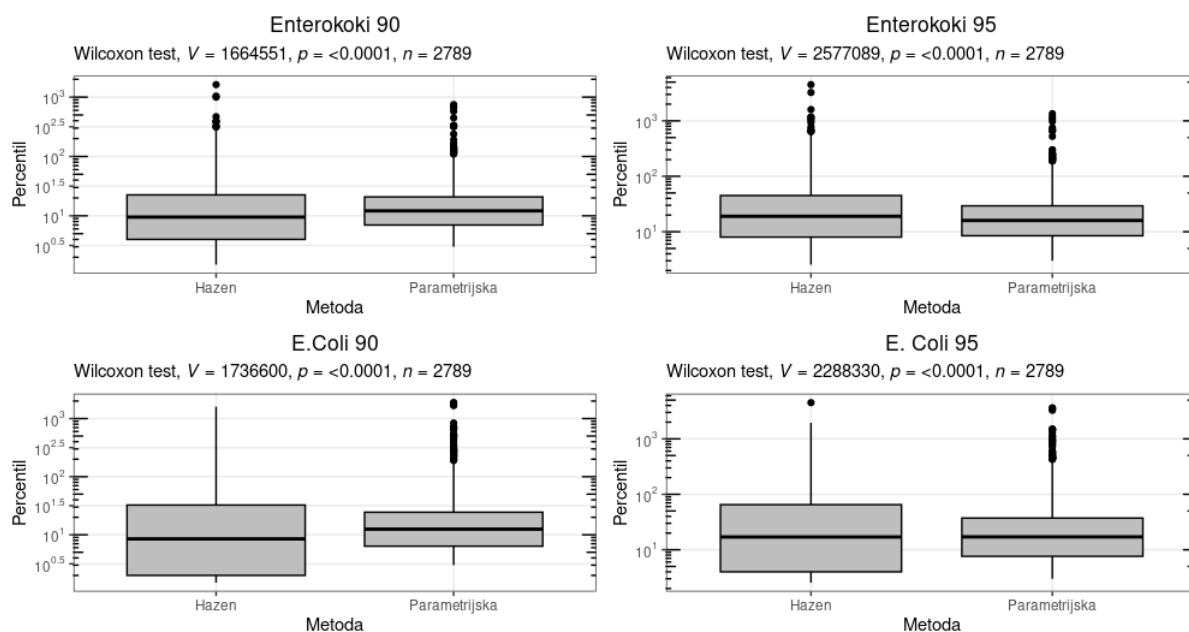
Slika 3.4: Razlike parova zavisnih uzoraka za 90-ti i 95-ti percentil enterokoka i *E. coli* izračunatih po parametrijskoj i Hazen metodi

učinka r je kvantitativna mjera opaženog efekta. Rezultati pokazuju da za oba percentila i obje bakterije vrijedi $0,1 < r < 0,3$, što se može interpretirati kao mali efekt. Efekti koji su trivijalno mali, ali statistički značajni, upozoravaju na mogućnost precjenjivanja opaženog efekta.

Tablica 7: Rezultati Wilcoxonovog testa usporedbe 90-tog i 95-tog percentila enterokoka i *E. coli* izračunatih parametrijskom i Hazen metodom

	Percentil	r	p
crijevni enterokoki	90-i	0,125	4,06e-11
	95-i	0,282	3,54e-50
<i>E. coli</i>	90-i	0,093	9,21e-7
	95-i	0,153	7,33e-16

Širina "okvira" kutijastog dijagrama (slika 3.5) prikazuje već opaženu veću varijabilnost Hazen metode, posebno za 95-i percentil. Vidljivo je prisustvo izuzetaka koji odgovaraju višim vrijednostima percentila.



Slika 3.5: Kutijasti dijagram 90-tog i 95-tog percentila enterokoka i *E. coli* izračunatih parametrijskom i Hazen metodom (skala na ordinatnoj osi je logaritamska).

3.2 Razlike u klasifikaciji kvalitete mora

Parametrijskom i Hazen metodom dobiveni su percentili iz kojih se mogu odrediti ocjene kvalitete vode za kupanje.

Rezultati su prikazani u tablicama kontingencije (tablice 8. i 9.) koje prikazuju marginalne i uvjetne frekvencijske distribucije. Ukupno je dodijeljeno 2789 ocjena. 97% ocjena crijevnih enterokoka spada u kategoriju "Izvršno" s parametrijskom metodom, dok 92% izvrsnih ocjena dodjeljeno Hazen metodom. "Dobra" ocjena dodjeljena je za 2% podataka parametrijskom i 6% podataka Hazen metodom. Iz tablice 8. je vidljivo da je 5% slučajeva dobilo ocjenu "Izvršno" parametrijskom metodom, dok je isto mjerenje Hazen metodom ocjenjeno kao "Dobro".

Najveća promjena vidljiva je kod računanja 95-og percentila *E. coli* (tablica 9). Parametrijskom metodom u kategoriju "Izvršna" spada 97% mjerenja, dok je Hazen metodom 92% ocjena u toj kategoriji, a 10% ocjena su "Dobra" i 5% "Zadovoljavajuća" kategorija.

Iz uvjetnih distribucija, vidljivo je da rezultati obje metode, za najveći broj mjerenja, spadaju u kategoriju "Izvršno". Navedeni rezultati grafički su prikazani na slici 3.6.

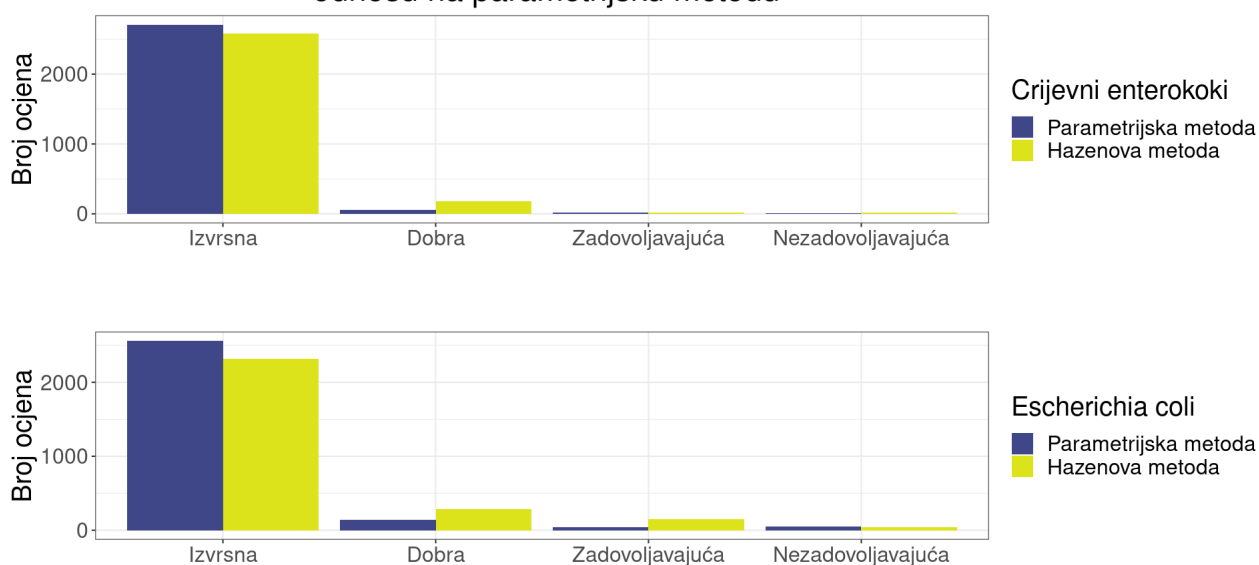
Tablica 8: Tablica kontingencije ocjena kakvoće vode dobivenih parametrijskom i neparametrijskom metodom za crijevne enterokoke

		Parametrijska metoda				Ukupno / N (%)
		Izvrсна / N (%)	Dobra / N (%)	Zadovoljavajuća / N (%)	Nezadovoljavajuća / N (%)	
Hazen metoda	Izvrсна / N (%)	2539 (91)	24 (0,9)	9 (0,3)	4 (0,1)	2576 (92)
	Dobra / N (%)	146 (5)	27 (1)	3 (0,1)	2 (0,07)	178 (6)
	Zadovoljavajuća / N (%)	11 (0,4)	2 (0,07)	1 (0,01)	0 (0)	14 (0,5)
	Nezadovoljavajuća / N (%)	10 (0,4)	3 (0,1)	2 (0,07)	6 (0,2)	21 (0,8)
	Ukupno / N (%)	2706 (97)	56 (2)	15 (0,5)	12 (0,4)	2789 (100)

Tablica 9: Tablica kontingencije ocjena kakvoće vode dobivenih parametrijskom i neparametrijskom metodom za *E. coli*

		Parametrijska metoda				Ukupno / N (%)
		Izvrсна / N (%)	Dobra / N (%)	Zadovoljavajuća / N (%)	Nezadovoljavajuća / N (%)	
Hazen metoda	Izvrсна / N (%)	2243 (80)	50 (1,8)	12 (0,4)	12 (0,4)	2317 (83)
	Dobra / N (%)	204 (7,3)	50 (1,8)	14 (0,5)	14 (0,5)	282 (10)
	Zadovoljavajuća / N (%)	98 (3,5)	31 (1,1)	11 (0,4)	12 (0,4)	152 (5)
	Nezadovoljavajuća / N (%)	12 (0,4)	9 (0,3)	2 (0,07)	15 (0,5)	38 (1)
	Ukupno / N (%)	2557 (92)	140 (5)	39 (1)	53 (2)	2789 (100)

Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih Hazenovom metodom u odnosu na parametrijsku metodu



Slika 3.6: Usporedba ocjena lokacija ocjenjenih parametrijskom i Hazen metodom.

Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika u udjelu pojedinih ocjena kakvoće mora za kupanje pri korištenju parametrijske, odnosno Hazen metode, proveden je McNemarov test. Za obje vrste mikrobioloških pokazatelja, p vrijednost dobivena McNemarovim testom manja je od 0.001 što je ispod 5% razine značajnosti (tablica 10). Rezultati pokazuju da postoji statistički značajna razlika između dodijeljenih ocjena parametrijskom metodom u odnosu na Hazen metodu.

Tablica 10: Rezultati McNemar testa usporedbe ocjena dobivenih korištenjem parametrijske i Hazen metode za računanje percentila

	χ^2	df	p
crijevni enterokoki	162,02	10	2,2e-16
<i>E. coli</i>	304,18	10	2,2e-16

„Post-hoc“ analizom pokazano je da za oba mikrobiološka pokazatelja značajan doprinos ima promjena iz kategorije "Izvrсна" u kategoriju "Dobra" ocjena kakvoće mora za kupanje ($p < 0,001$, tablica 11) . Za *E. coli*, značajan doprinos imaju i promjene iz kategorije "Izvrсна" u kategoriju "Zadovoljavajuća" ($p = 5,6e-16$), "Dobra" - "Zadovoljavajuća" ($p = 0,017$) i "Nezadovoljavajuća" - "Zadovoljavajuća" ($p = 0,016$) (tablica 11.).

Tablica 11: Rezultati „post-hoc“ analize rezultata McNemarovog testa za parametrijsku i Hazen metodu računanja percentila

Usporedba	crijevni enterokoki <i>E. coli</i>	
	p vrijednost	
Dobra - Izvrсна	1,69e-20	7,22e-22
Dobra - Nezadovoljavajuća	1,000	0,404
Dobra - Zadovoljavajuća	1,000	0,017
Izvrсна - Nezadovoljavajuća	0,181	1,000
Izvrсна - Zadovoljavajuća	0,823	5,3e-16
Nezadovoljavajuća - Zadovoljavajuća	0,480	0,016

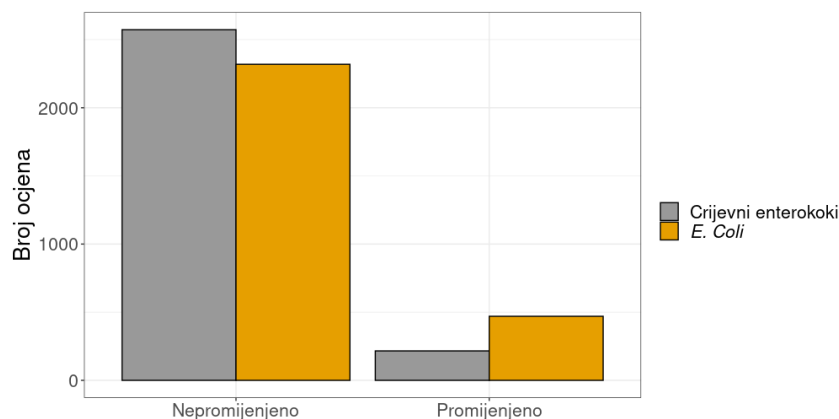
Dobivene ocjene razvrstane su na osnovu toga je li ocjena ostala nepromijenjena ili se promijenila nakon računanja percentila jednom ili drugom metodom.

Iz tablice 12. vidljivo je da je klasifikacija kvalitete vode ostala nepromijenjena za 92% ocjena crijevnih enterokoka i 83% ocjena *E. coli*.

Tablica 12: Tablica kontingencije kategorija ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom i Hazen metodom

	Nepromijenjeno N (%)	Promijenjeno N (%)
enterokoki	2573 (92)	216 (8)
<i>E. coli</i>	2319 (83)	470 (17)

Proveden je Hi - kvadrat test za nezavisne uzorke kojim je pokazano da postoji statistički značajna razlika u promjenama kategorije ocjena između crijevnih enterokoka i *E. coli* ($\chi^2 = 106,39$, $p < 0,001$). 17 % ocjena promijenjeno je u slučaju *E. coli* u usporedbi s 8 % kod crijevnih enterokoka. Odnos je vidljiv na slici 3.7



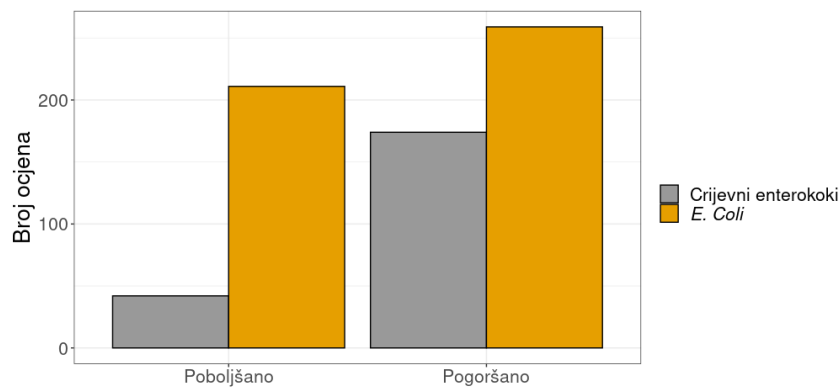
Slika 3.7: Broj nepromijenjenih i promijenjenih ocjena kakvoće mora pri korištenju Hazen metode u odnosu na parametrijsku.

Do promjene u kategoriji došlo je radi poboljšanja ili pogoršanja ocjene dane parametrijskom metodom u odnosu na Hazen metodu. Hi kvadrat testom pokazano je da postoji značajna razlika u poboljšanju/pogoršanju kategorije kakvoće vode između praćenih mikrobioloških pokazatelja ($\chi^2 = 142,76$, $p < 0,001$). Osim većih promjena, *E. coli* pokazuje približno ravnomjernu promjenu

poboljšanih i pogoršanih mjerenja u omjeru 45% naprema 55%, dok je kod crijevnih enterokoka preferirana promjena u smjeru pogoršanja koja čini 81% ukupnih promjena. Rezultati su prikazani u tablici 13. i na slici 3.8.

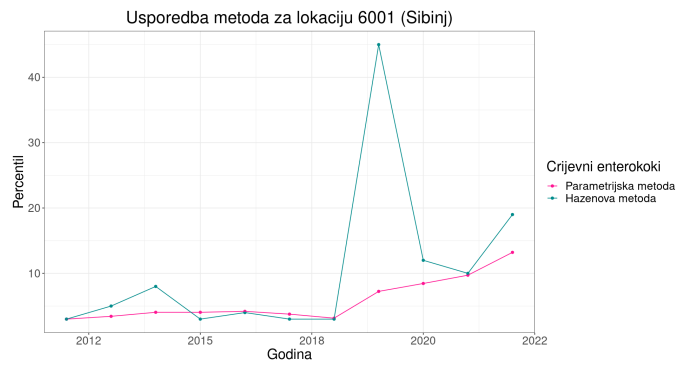
Tablica 13: Tablica kontingencije kategorija ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom i Hazen metodom

	Poboljšano N (%)	Pogoršano N (%)
enterokoki	42 (19)	174 (81)
<i>E. coli</i>	211 (45)	259 (55)

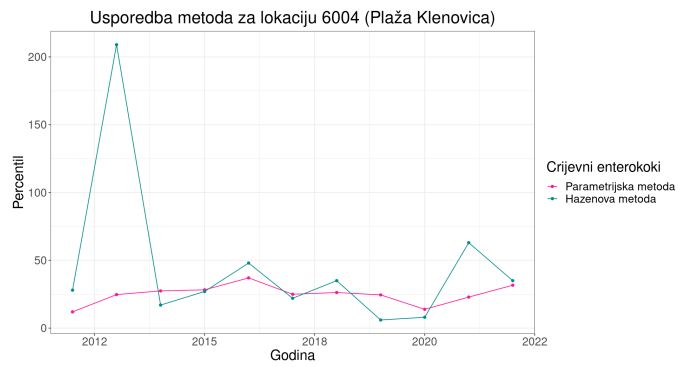


Slika 3.8: Broj pogoršanih i poboljšanih ocjena kakvoće mora pri korištenju Hazen metode u odnosu na parametrijsku.

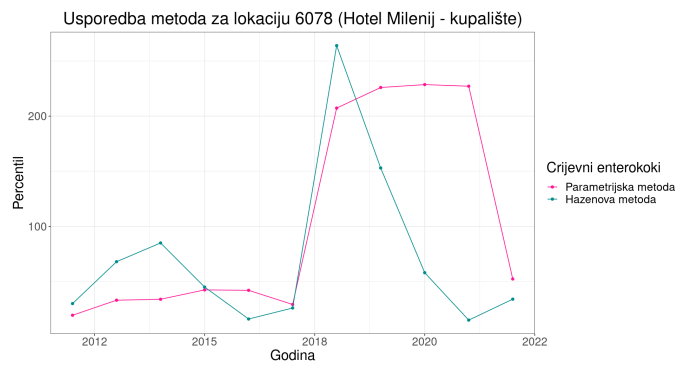
Na odabranim primjerima (lokacije Sibirj, Klenovica i hotel Milenij te 2018. godina, slika 3.9) vidljivo je da su Hazenovom metodom, u prisutnosti odstupanja, postignute veće vrijednosti percentila. Tome doprinosi način računanja konačne ocjene parametrijskom metodom, koja u obzir uzima i ocjene od prethodne tri godine. Utjecaj ekstremnih vrijednosti je smanjen računanjem aritmetičke sredine s nižim vrijednostima, no ostavljaju trag na kasnije vrijednosti što rezultira manjim promjenama u odnosu na Hazenovu metodu. U Hazenovoj metodi, ekstremi nemaju rezidualni efekt, što omogućuje postizanje većih vrijednosti maksimuma.



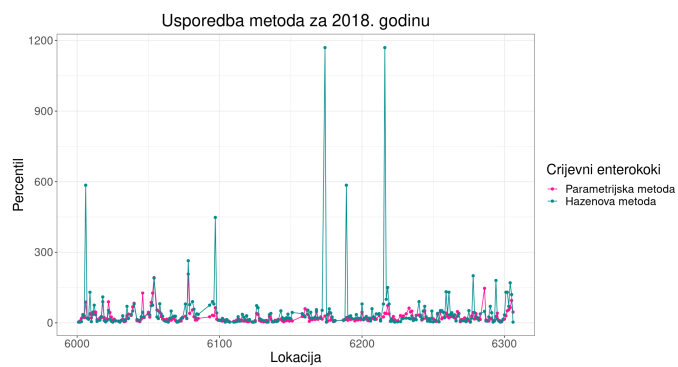
(a)



(b)



(c)



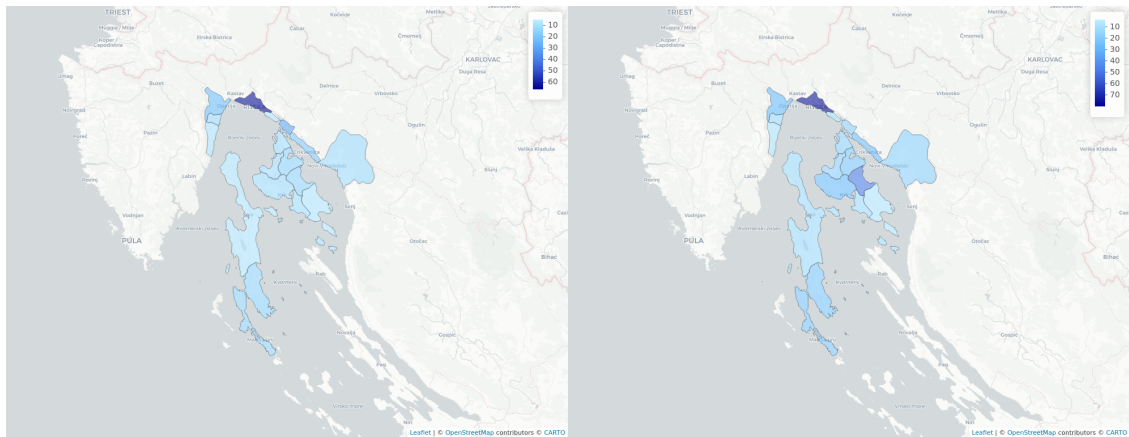
(d)

Slika 3.9: Primjeri usporedbe metoda

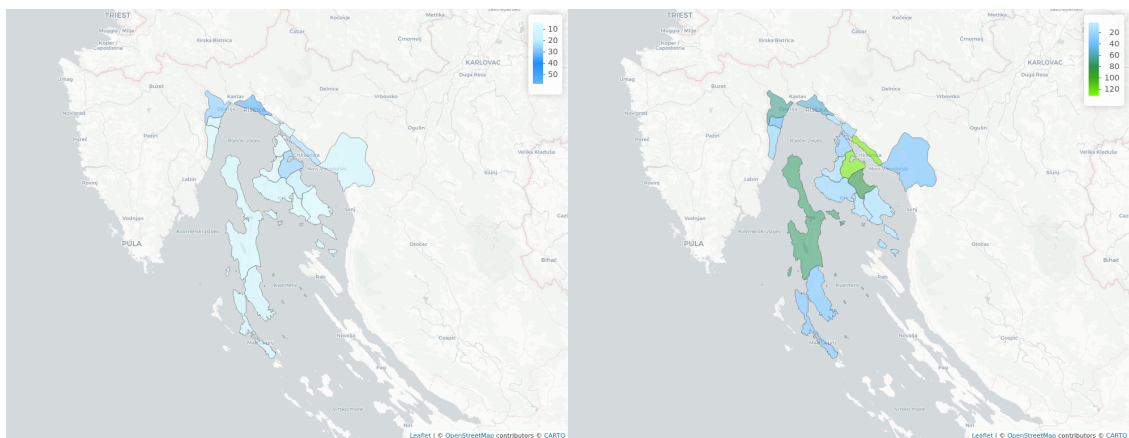
3.3 Kartografski prikaz rezultata

Digitalne karte (slike od 3.10 do 3.17) prikazuju vrijednosti percentila dobivenih parametrijskom i Hazen metodom, pri čemu boja označava ocjenu kvalitete mora za kupanje prema tablici 2. Podaci su usrednjeni po godinama za gradove/općine Primorsko-goranske županije.

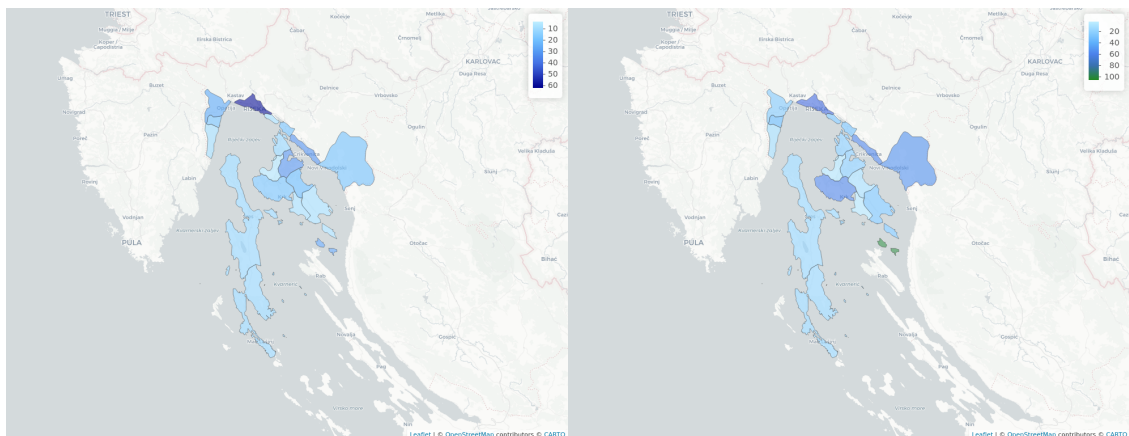
Vidljivo je da su, u većini slučajeva i kad postoji razlika, Hazen metodom dodijeljene lošije ocjene u odnosu na parametrijsku. Uglavnom se radi o "Izvrсноj"/"Dobroj" ocjeni, uz izuzetak *E. coli*, kad je 2016. godine grad Kostrena označen crveno. S obzirom na to da je prikaz napravljen usrednjavanjem ocjena po gradovima, ovdje se vjerojatno radi o izuzetku koji se tiče jedne plaže u gradu Kostreni 2016. godine.



(a) 2012

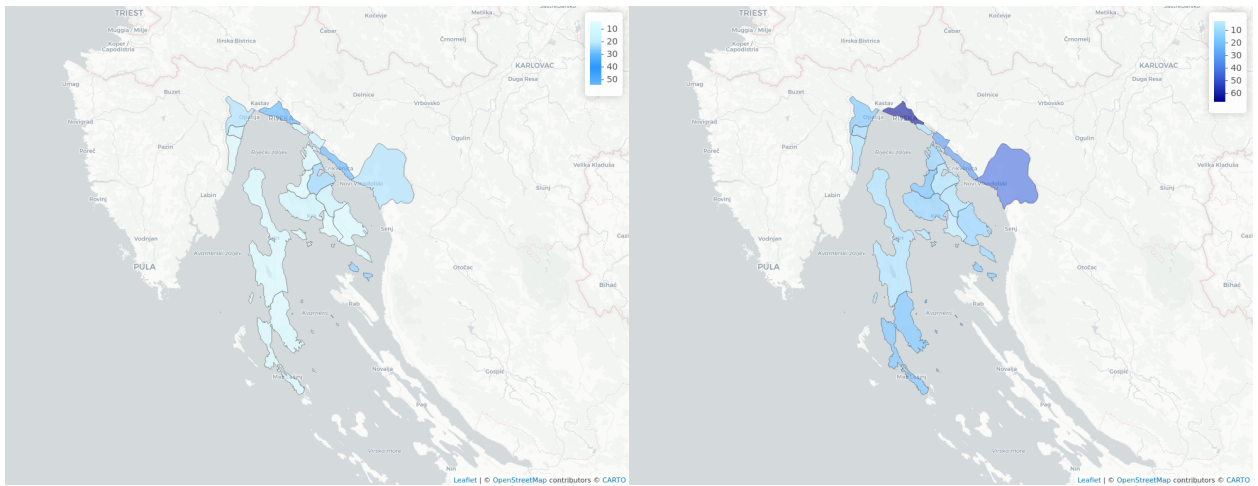


(b) 2013

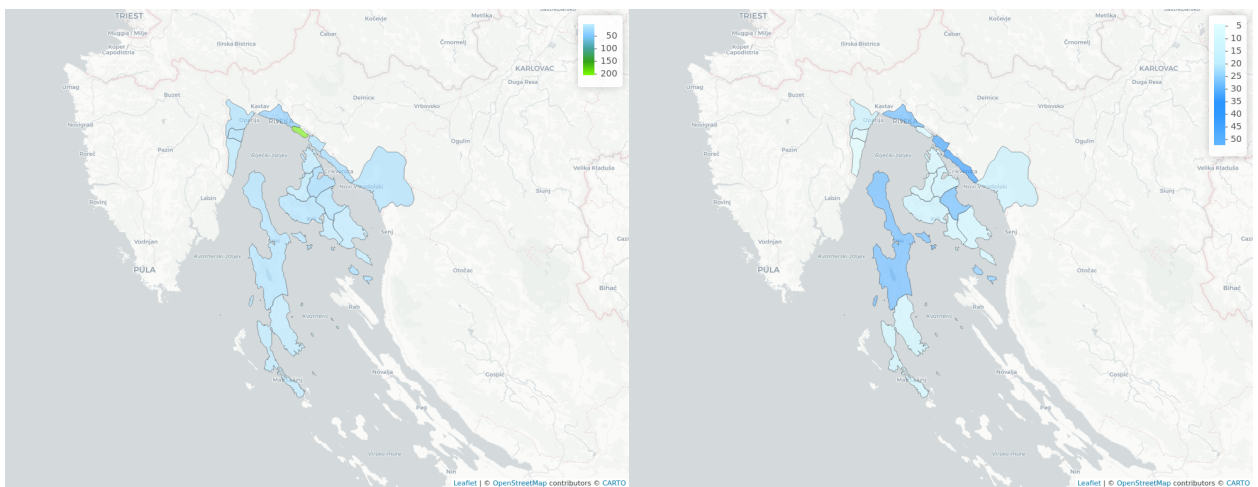


(c) 2014

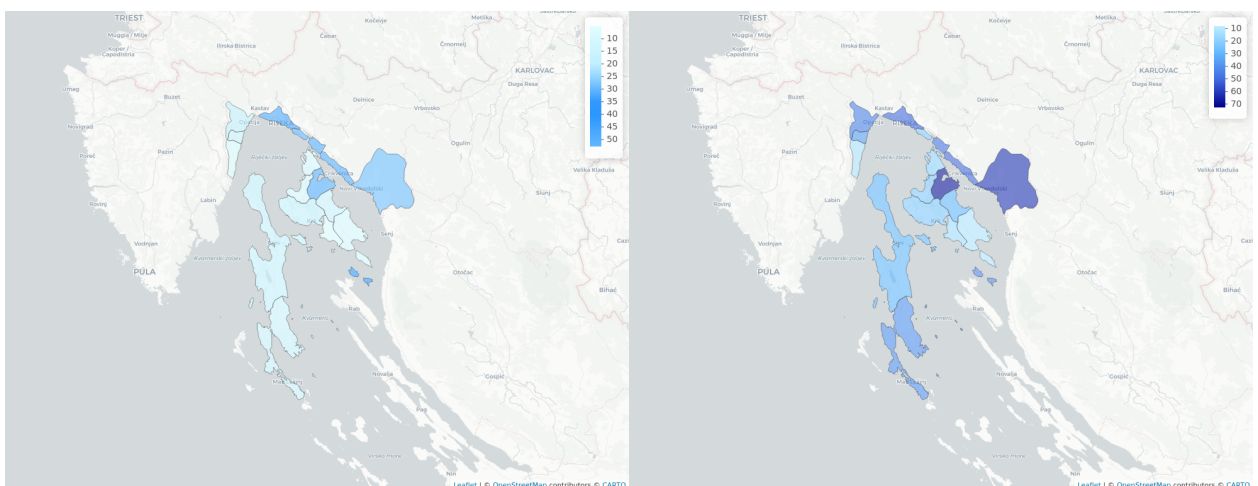
Slika 3.10: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2012. (a) do 2014. godine (c). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2015

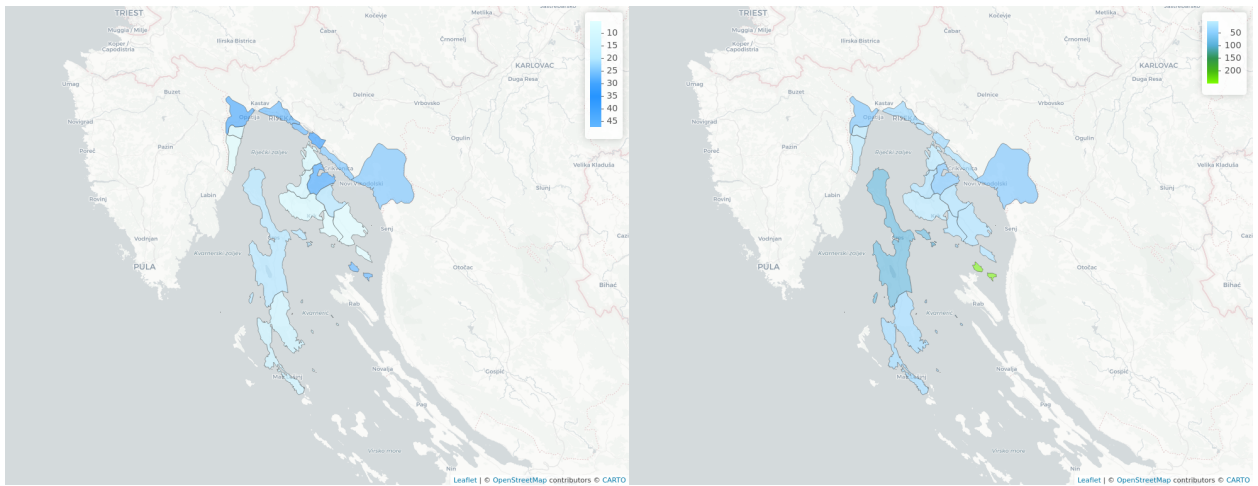


(b) 2016

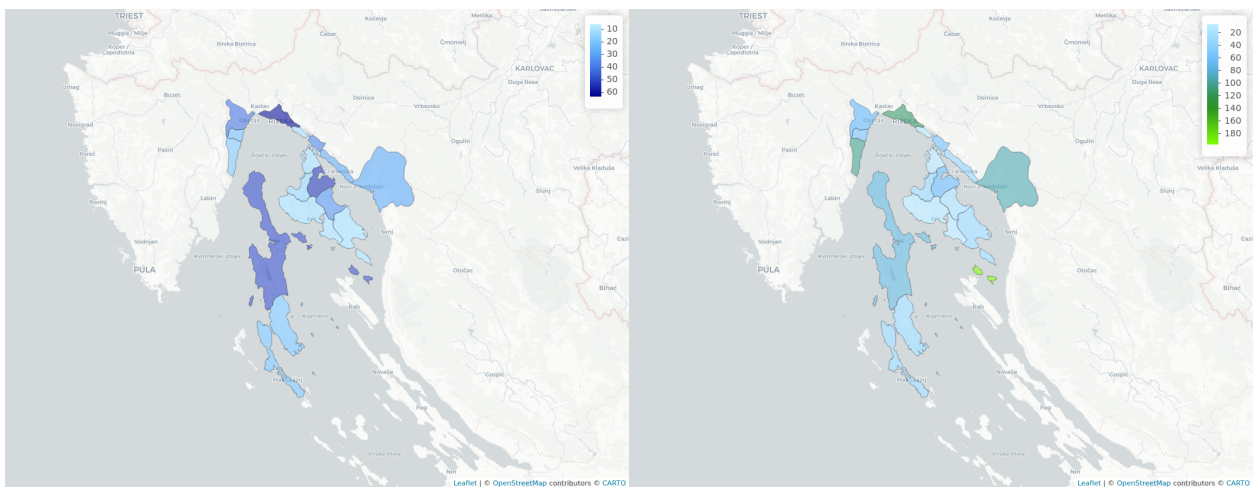


(c) 2017

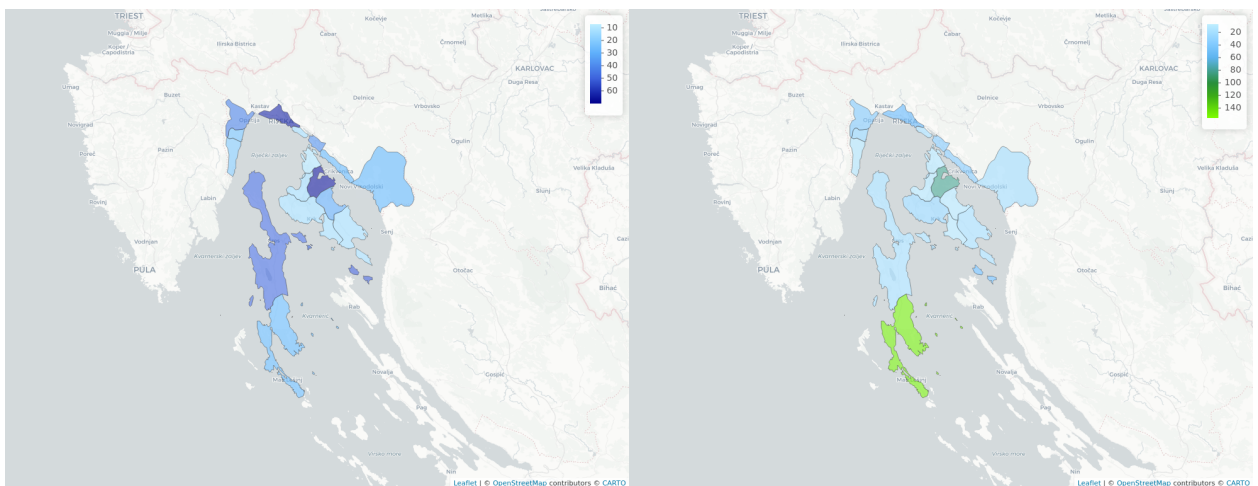
Slika 3.11: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2015. (d) do 2017. godine (f). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2018

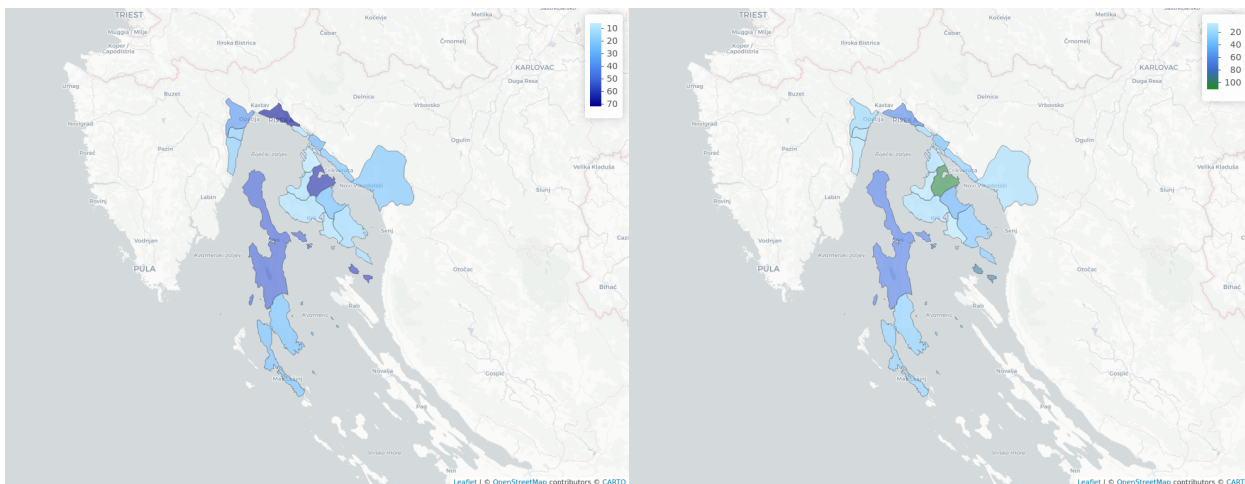


(b) 2019

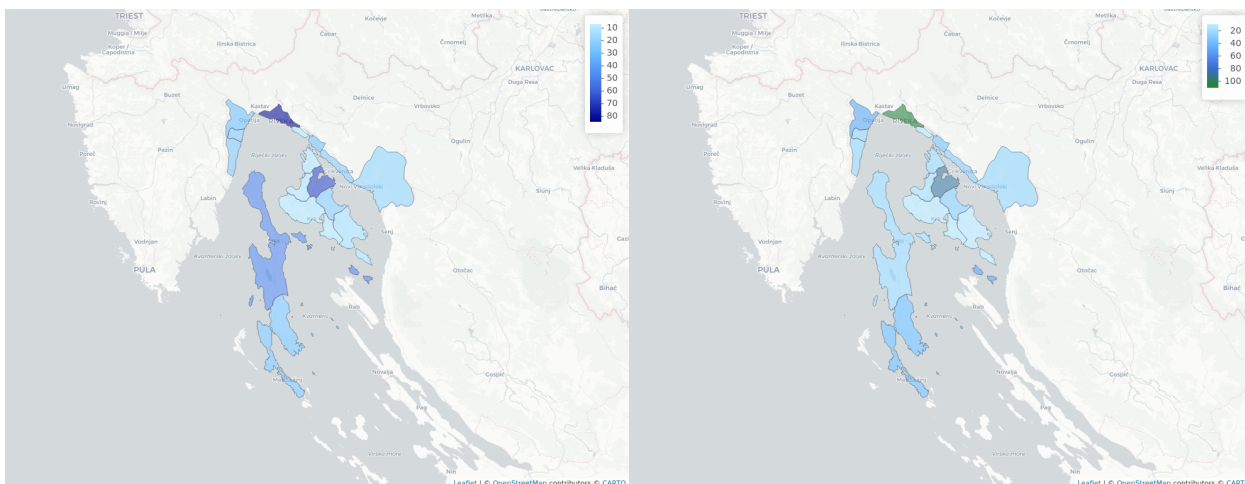


(c) 2020

Slika 3.12: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2018. (g) do 2020. godine (i). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.

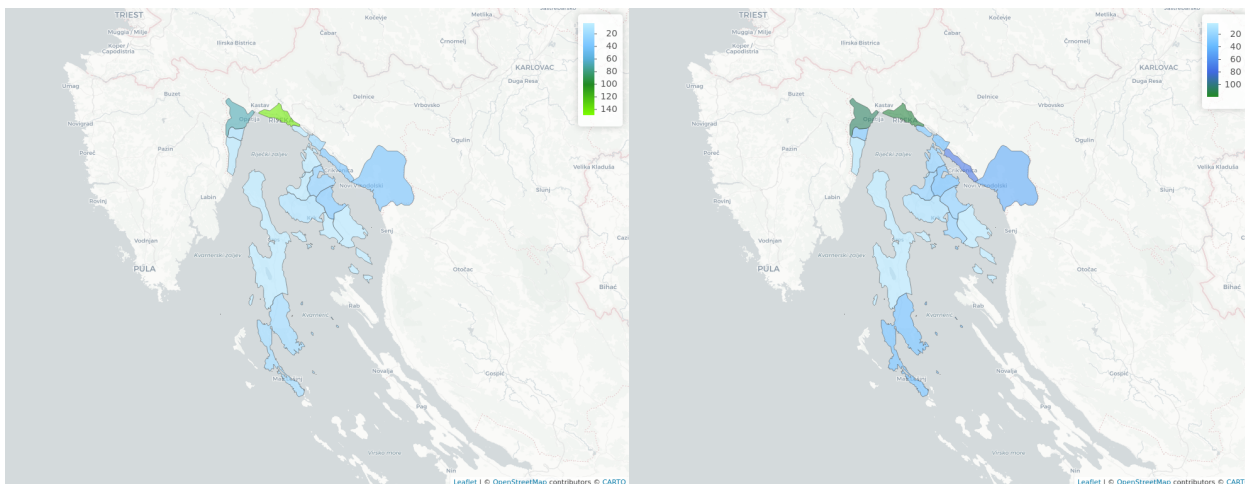


(a) 2021

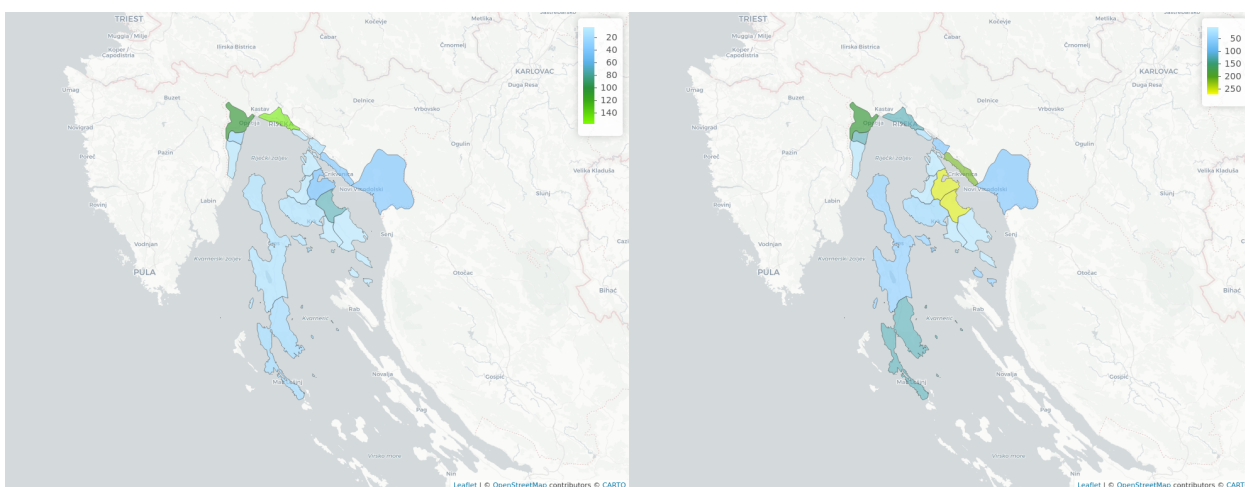


(b) 2022

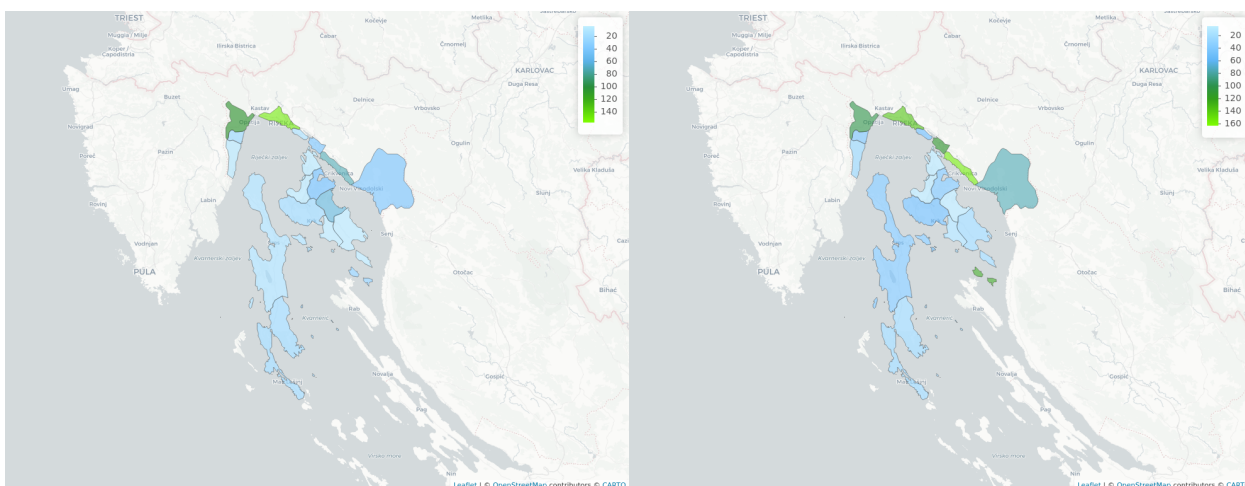
Slika 3.13: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2021. (j) do 2022. godine (k). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2012

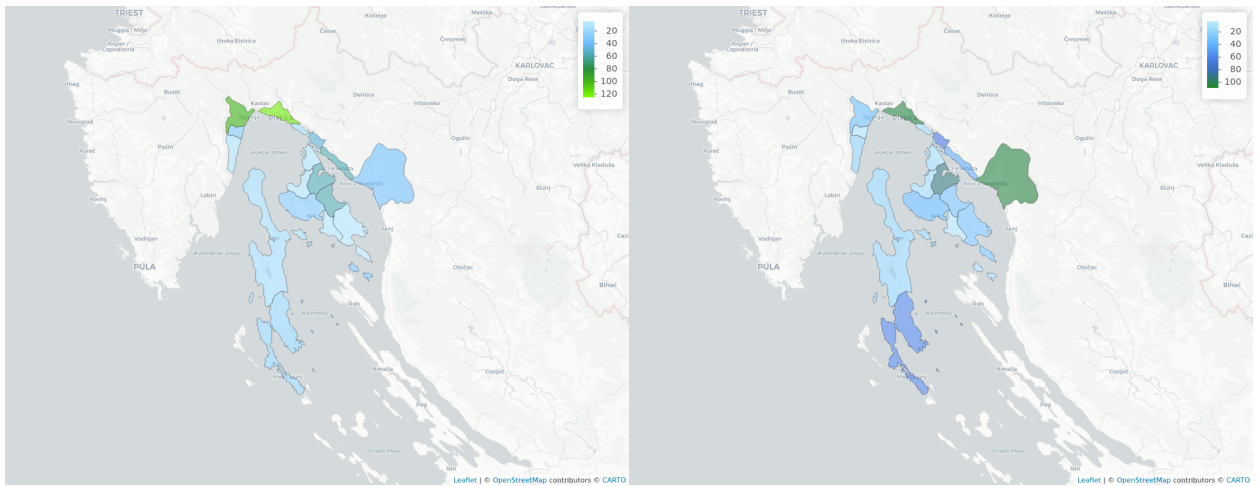


(b) 2013

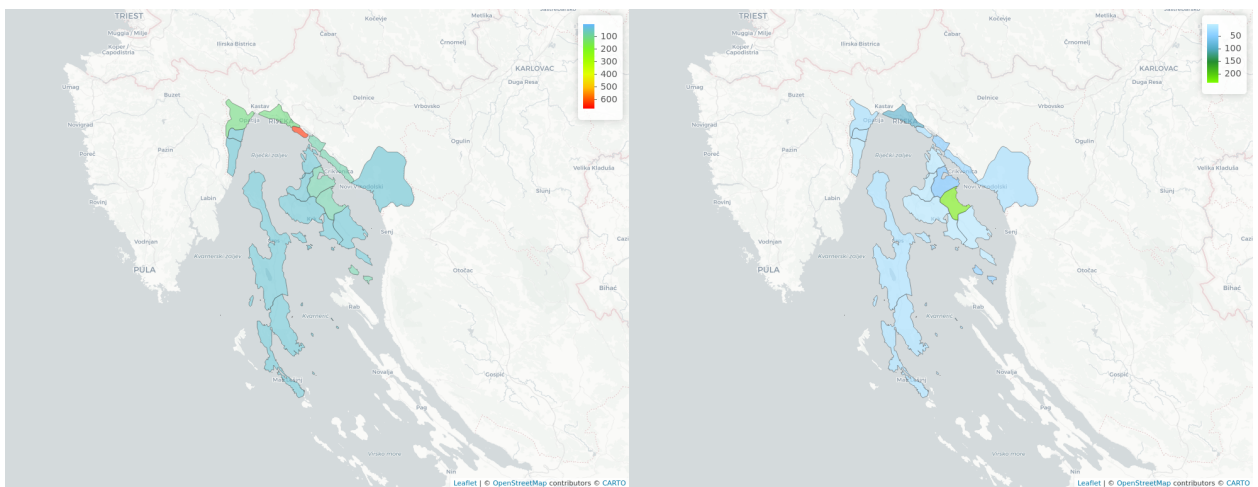


(c) 2014

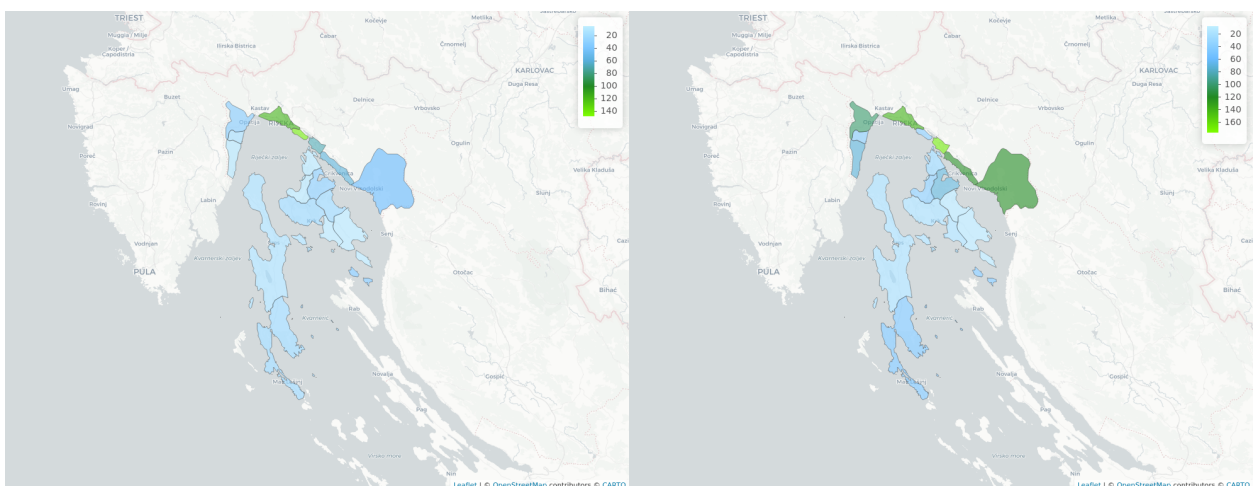
Slika 3.14: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za E. coli za period od 2012. (a) do 2014. godine (c). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2015

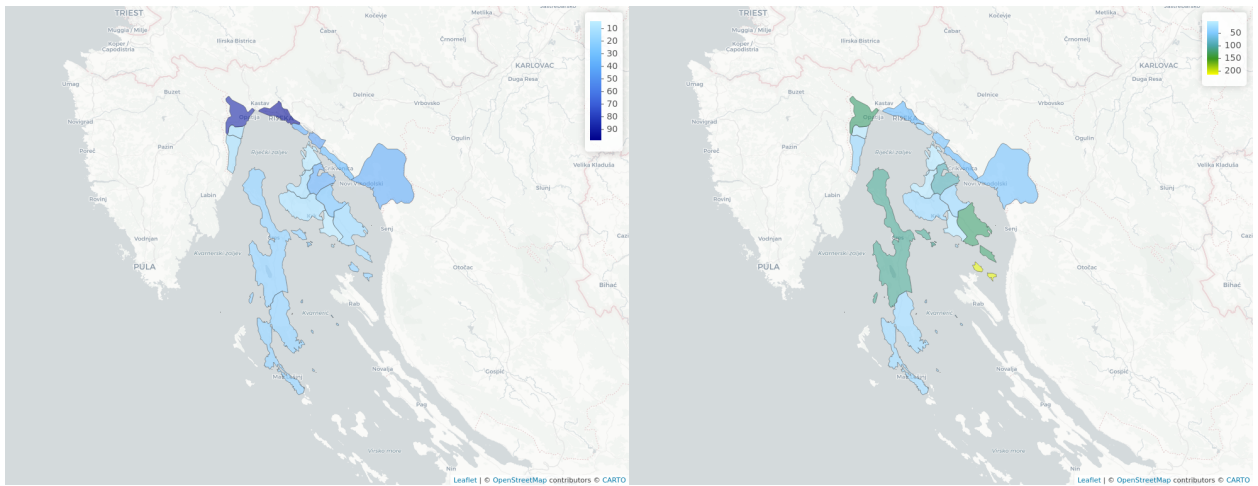


(b) 2016

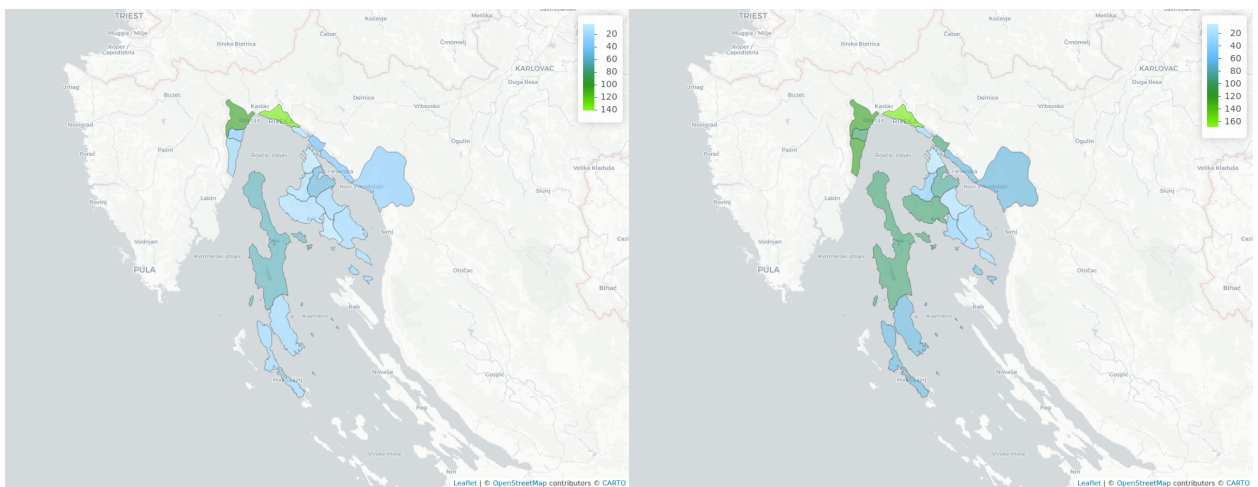


(c) 2017

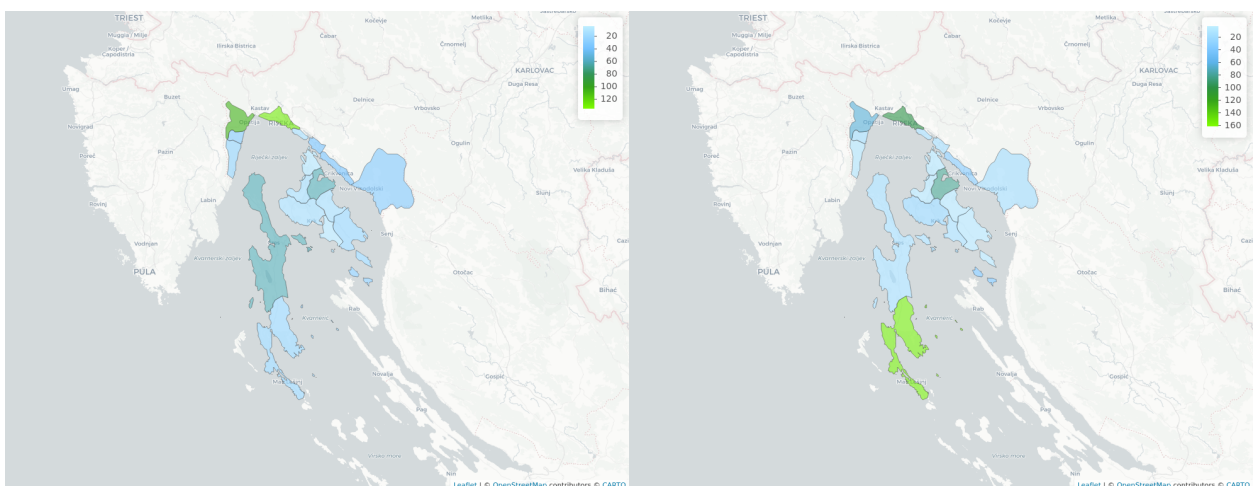
Slika 3.15: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za E. coli za period od 2015. (d) do 2017. godine (f). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2018

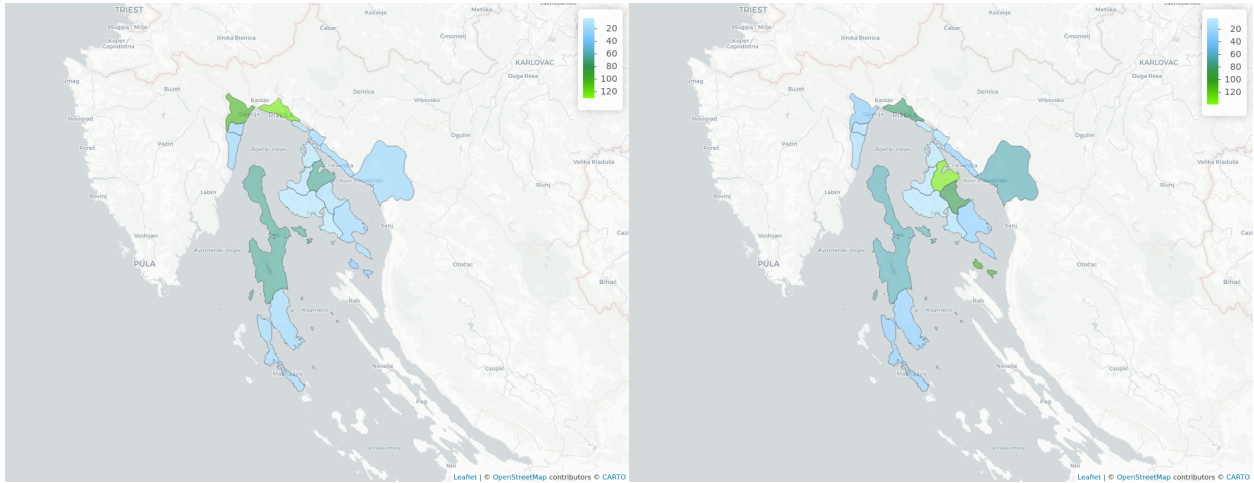


(b) 2019

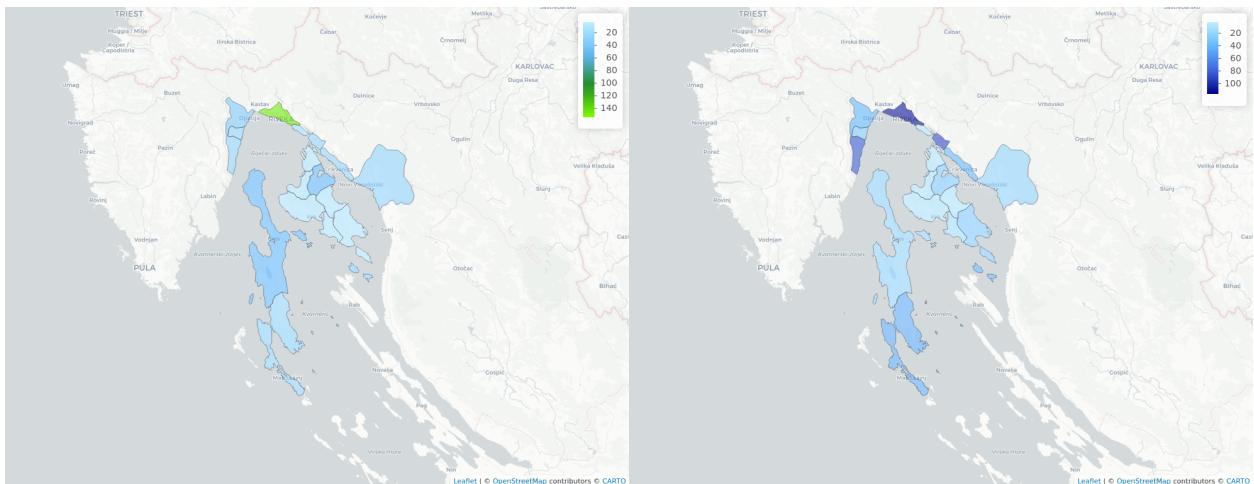


(c) 2020

Slika 3.16: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za E. coli za period od 2018. (g) do 2020. godine (i). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.



(a) 2021



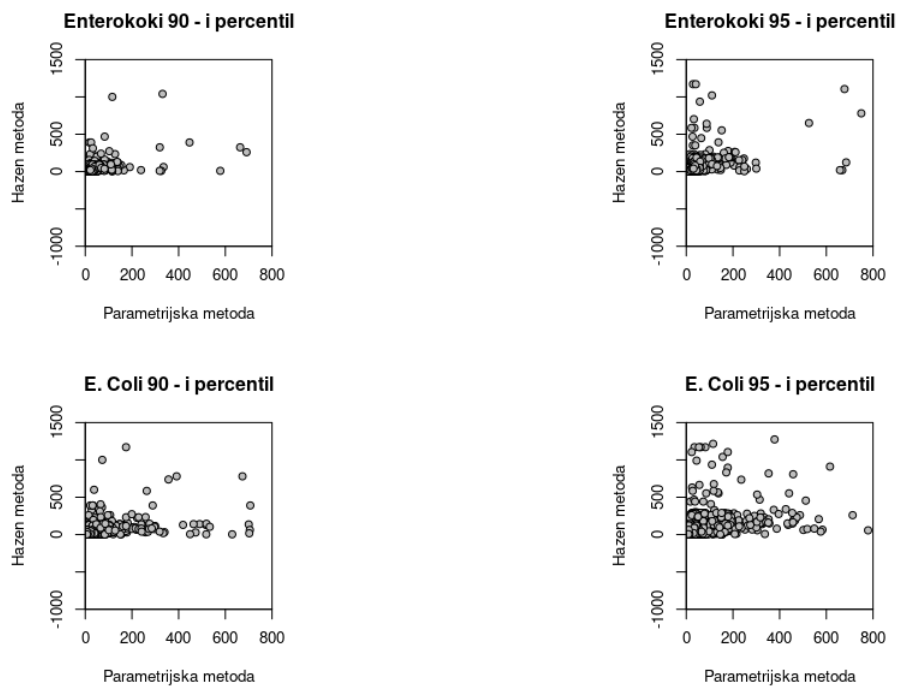
(b) 2022

Slika 3.17: Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za E. coli za period od 2021. (j) do 2022. godine (k). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.

3.4 Korelacija

Za procjenu stupnja slaganja između dviju kvantitativnih metoda mjerenja često se koriste studije korelacije i regresije.

Usporedba izračunatih percentila prikazana je na slici 3.18 tako da su rezultati dobiveni parametrijskom metodom na x osi, a neparametrijskom metodom na y osi.



Slika 3.18: Grafovi raspršenja za crijevne enterokoke i *E. coli*

Izračunati su Kendall - Tau - b koeficijenti (tablica 14.) s p vrijednostima manjim od 0,001%, što ukazuje na to da postoji značajna korelacija između parametrijske i Hazenove metode za računanje percentila. Dakle, pokazano je da su te dvije metode povezane, što je i očekivano jer su namijenjene mjerenju iste veličine.

Tablica 14: Rezultati Kendall - Tau testa korelacije između percentila dobivenih korištenjem parametrijske i Hazen metode

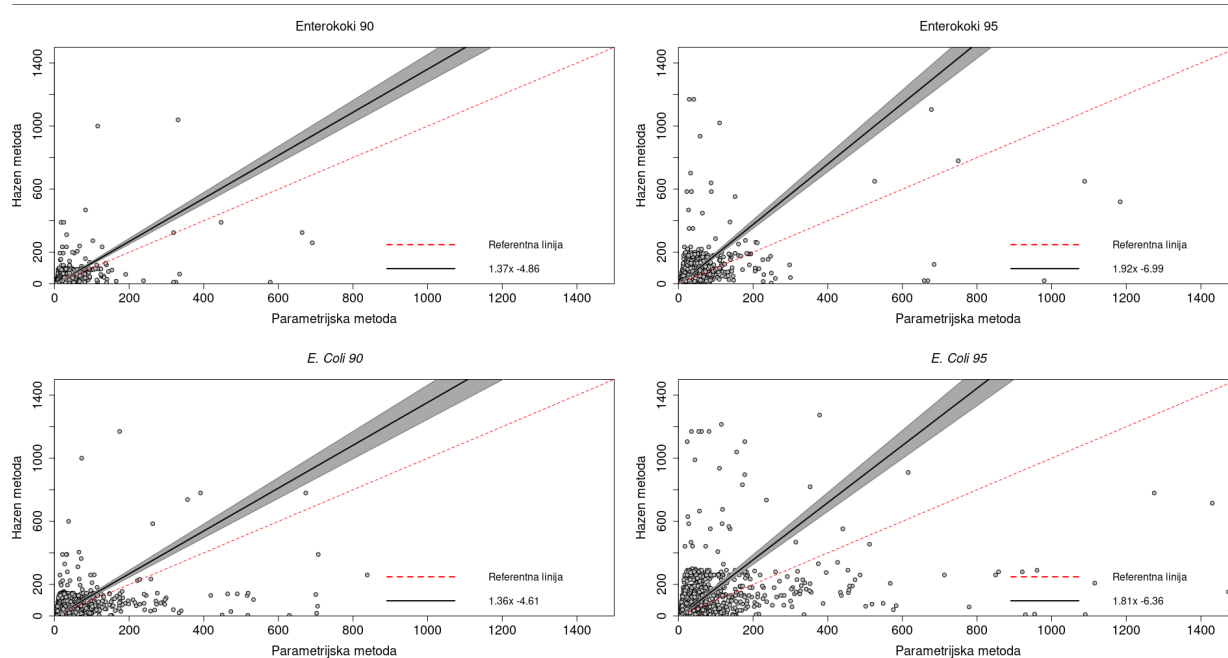
	Percentil	z	p	tau
crijevni enterokoki	90-i	39,9	< 0,01	0,5099
	95-i	39,768	< 0,01	0,5081
<i>E. coli</i>	90-i	38,848	< 0,01	0,5020
	95-i	38,552	< 0,01	0,4982

3.5 Procjena usporedivosti rezultata Passing-Bablok metodom

U analizi je korištena Passing-Bablok regresija za provjeru podudarnosti dviju metoda za računanje percentila. Rezultati su prikazani na točkastom grafu na kojem je vidljiv pravac regresije (slika 3.18) , te jednadžba pravca gdje vrijednost odsječka predstavlja konstantno, a vrijednost nagiba proporcionalno odstupanje u mjerenjima. U tablici 15. prikazani su koeficijenti dobiveni korištenjem Passing-Bablok metode.

Tablica 15: Tablica koeficijenata dobivenih Passing-Bablok metodom.

Vrsta bakterije		Vrijednost	Donja granica 95%	Gornja granica 95%
Crijevni enterokoki	Odsječak na y osi	- 4,85	- 5,50	- 4,27
	90-i percentil	Koeficijent smjera	1,37	1,28
<i>E. coli</i> 90-i percentil	Odsječak na y osi	- 4,61	- 5,32	- 3,94
	Koeficijent smjera	1,35	1,25	1,47
Crijevni enterokoki 95-i percentil	Odsječak na y osi	- 6,99	- 8,32	- 6,10
	Koeficijent smjera	1,92	1,80	2,06
<i>E. coli</i> 95-i percentil	Odsječak na y osi	- 6,36	- 7,84	- 5,33
	Koeficijent smjera	1,81	1,68	1,97



Slika 3.19: Passing-Bablok regresijska analiza za usporedbu parametrijske i Hazen metode računanja percentila za crijevne enterokoke i *E. coli*

Interval vrijednosti za odsječak na y osi ni u jednom slučaju ne sadrži vrijednost 0. Slično, koeficijenti smjera ne uključuju vrijednost 1. Rezultati upućuju na to da postoji značajna sistemska (konstantna) razlika između parametrijske i Hazen metode za računanje percentila.

Na dijagramu rasipanja (slika 3.19) crvenom iscrtkanom linijom označen je pravac funkcije identiteta ($y = x$), odnosno slučaj kada bi rezultati Hazen metode bili jednaki rezultatima parametrijske metode, dok je podebljanom sivom linijom prikazan pripadni regresijski pravac s jednadžbom.

Povećanjem vrijednosti percentila dobivenih parametrijskom metodom, Hazen metoda daje veću vrijednost percentila. Razlike su izraženije za 95-i percentil.

3.6 Procjena usporedivosti rezultata Bland-Altman metodom

Opažanja nisu definirana samo koeficijentima α i β , već postoje i reziduali, odnosno razlike opažene između vrijednosti nove metode y i odgovarajuće vrijednosti predviđene regresijskom jednadžbom za metodu x .

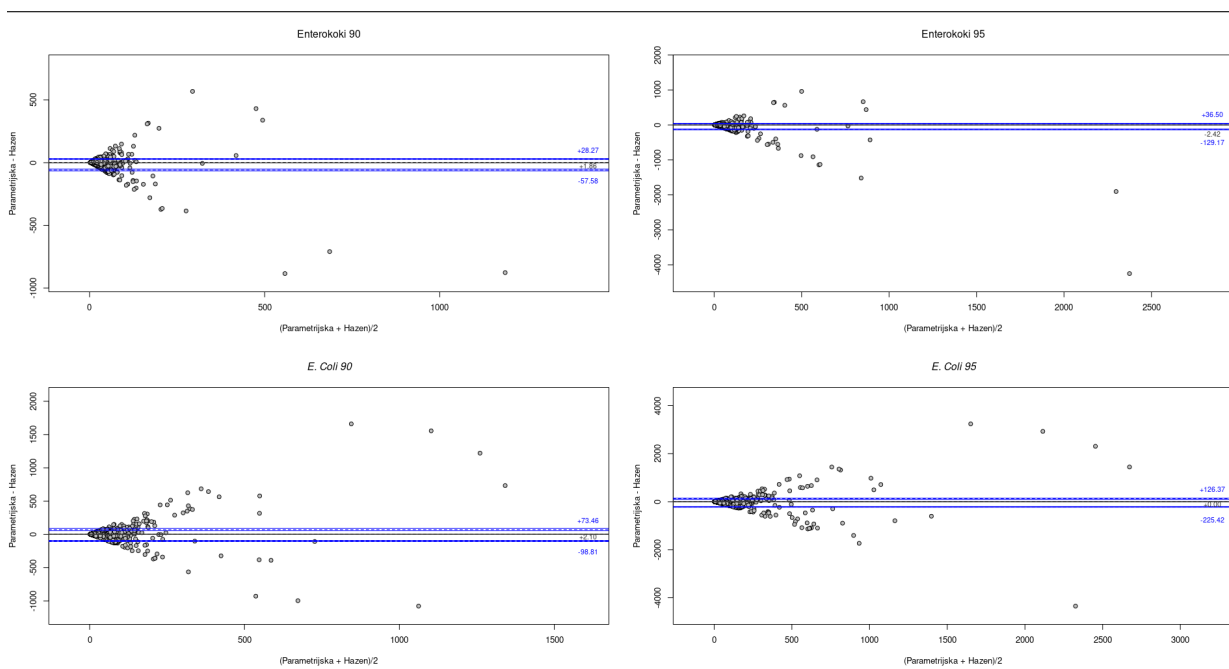
Za računanje razlika, može se koristiti Bland-Altman metoda. Analiza se temelji na kvantifikaciji slaganja između dva kvantitativna mjerenja proučavanjem srednje razlike i konstruiranjem granica slaganja [30]. U tablici 16. prikazane su dobivene razlike te gornja i donja granica slaganja s pripadnim intervalima pouzdanosti. Vidljivo je da je u sva četiri slučaja srednja razlika vrlo blizu nule. Pomak (eng. *bias*) je negativan jedino u slučaju 95-og percentila crijevnih enterokoka, gdje parametrijska metoda mjeri 2,42 jedinica manje od Hazenove. Hazenova metoda mjeri više za 90-i percentil. Medijan razlike metoda za računanje 95-og percentila *E. coli* gotovo je 0.

Bland-Altman grafovi (slika 3.20) predstavljaju svaku razliku između dviju uparenih metoda u odnosu na prosjek mjerenja. Razlike između parametrijske i Hazen metode ucrtane su u odnosu na medijan dviju metoda. Na grafu su vidljivi ekstremi i izuzetci prisutni pri višim vrijednostima srednje vrijednosti razlike metoda.

Klasične Bland–Altmanove granice sporazuma definiraju raspon unutar kojeg se očekuje približno 95% normalno raspodijeljenih razlika uparenih mjerenja. U slučajevima kada se razlike ne raspodjeljuju normalno, predloženo je korištenje 2.5% i 97.5% percentila kao neparametrijske granice sporazuma [34]. Raspon razlike između metoda manji je pri računanju 90-og percentila. Najveći raspon je za računanje 95-og percentila *E. coli* gdje rezultati parametrijske metode mogu biti 225,42 ispod ili 126,37 jedinica iznad Hazen metode. Bland-Altman graf ne kaže je li sporazum dovoljan ili prikladan za korištenje jedne ili druge metode, već kvantificira pristranost i raspon slaganja. Moguće je reći da pristranost nije značajna, jer je linija jednakosti unutar intervala pouzdanosti srednje razlike u sva 4 slučaja. Međutim, najbolji način da se koristi Bland-Altman dijagramski sustav bio bi definirati a priori granice maksimalnih prihvatljivih razlika (granice očekivanog dogovora), na temelju biološki i analitički relevantnih kriterija, a zatim dobiti statistiku da se vidi jesu li te granice prekoračene, ili ne [35].

Tablica 16: Tablica pomaka, gornje i donje granice slaganja i pripadni 95% intervali pouzdanosti usporedbe parametrijske i Hazen metode za računanje percentila.

Vrsta bakterije	Pomak (95% CI)	Donja granica (95% CI)	Gornja granica (95% CI)
Crijevni enterokoki 90-i percentil	+ 1,86 [-2,95 , -1,75]	-57,58 [-143,04 , -113,97]	+28,27 [32,23 , 44,60]
<i>E. coli</i> 90-i percentil	+ 2,10 [1,67 , 2,13]	-98,81 [-66,10 , -51,19]	+73,46 [25,33 , 33,11]
Crijevni enterokoki 95-i percentil	- 2,42 [-2,95 , -1,75]	-129,17 [-143,04 , -113,97]	36,50 [32,23 , 44,60]
<i>E. coli</i> 95-i percentil	+ 1,18E-13 [-0,27 , 0,14]	-225,42 [-232,65 , -200,09]	+126,37 [92,17 , 147,79]



Slika 3.20: Bland-Altman graf za usporedbu parametrijske i Hazen metode računanja percentila za crijevne enterokoke i *E. coli*

4 ZAKLJUČAK

Rezultati ovog rada pokazuju da postoji statistički značajna razlika između korištenja parametrijske i Hazen metode računanja percentila u svrhu određivanja ocjene kakvoće mora za kupanje. Pokazano je da razlici najviše doprinosi promjena iz kategorije "Izvrсна" ocjena u kategoriju "Dobra", odnosno u slučaju *E. coli* u kategoriju "Zadovoljavajuća" ocjena. Kod *E. coli*, značaj doprinos imaju i promjene iz "Zadovoljavajuće" u "Dobru" i "Nezadovoljavajuću" ocjenu. Klasifikacija kvalitete mora za kupanje ostala je nepromijenjena za 92% ocjena crijevnih enterokoka i 83% ocjena *E. coli*. Izuzetci pri visokim vrijednostima imaju velik utjecaj na razlike jer narušavaju pretpostavku o normalnosti korištenju u parametrijskoj metodi te omogućuju postizanje viših vrijednosti percentila pri korištenju Hazen metode. Osim većih promjena, *E. coli* pokazuje približno ravnomjernu promjenu poboljšanih i pogoršanih mjerenja, dok je kod crijevnih enterokoka više promjena u smjeru pogoršanja. Passing-Bablok metodom dobiveno je da postoji konstantna razlika, dok Bland-Altman metoda za usporedbu rezultata pokazuje da pristranost među metodama nije značajna. Rezultati Wilcoxonovog testa sume rangova pokazuju da je opaženi efekt mali, zbog čega je potrebno osvijestiti postojanje razlike, ali ju ne treba precijeniti. Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća o upravljanju kvalitetom vode donesena je sa svrhom zaštite zdravlja kupaca. Korištenjem strožih kriterija, odnosno robusnije metode može se omogućiti viši stupanj zaštite. Statistički točnija, ali manje praktična metoda, bilo bi računanje percentila ovisno o raspodjeli mjerenja. Prije obrade bi se trebala odrediti raspodjela podataka svakog mjerenja te bi se prema dobivenom rezultatu koristila prikladna metoda. Analiza podataka u sklopu ovog rada napravljena je samo za podatke kakvoće mora na plažama Primorsko-goranske županije, što bi se moglo upotpuniti mjerenjima ostalih priobalnih županija Republike Hrvatske.

LITERATURA

- [1] 2020 European Environment Agency. *Bathing water management in Europe: Successes and challenges*.
- [2] David M Harper et al. *Eutrophication of freshwaters*. Springer, 1992.
- [3] *Direktiva vijeća 76/160/EEZ od 8. prosinca 1975. o kvaliteti vode za kupanje*. SL, L 31, 5.2.1976., str. 1.-7.
- [4] Zeinab Bedri et al. “Evaluating a microbial water quality prediction model for beach management under the revised EU Bathing Water Directive”. *Journal of Environmental Management* 167 (2016), pp. 49–58.
- [5] Catarina R Mansilha et al. “Bathing waters: New directive, new standards, new quality approach”. *Marine pollution bulletin* 58.10 (2009), pp. 1562–1565.
- [6] Alen Fehir. “Kakvoća mora za kupanje te procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu morske vode na plažama zapadnog dijela grada Rijeke” (2012).
- [7] Darija Vukić Lušić et al. “Evaluation of equivalence between different methods for enumeration of fecal indicator bacteria before and after adoption of the new Bathing Water Directive and risk assessment of pollution”. *Marine pollution bulletin* 73.1 (2013), pp. 252–257.
- [8] “Nacionalno izvješće o kakvoći mora za kupanje u Republici Hrvatskoj u 2021. godini” (2021).
- [9] Diana Mance, Davor Mance, and Darija Vukić Lušić. “Environmental and anthropogenic factors affecting coastal bathing water quality: preliminary study for Primorje-Gorski Kotar County (Croatia)”. *Pomorstvo* 35.1 (2021), pp. 57–68.
- [10] *Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama*. SL, L 33/96, 25.04.1996.
- [11] *Bathing water quality – review of EU rules - Public consultation 2022*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12658-Bathing-water-quality-review-of-EU-rules/public-consultation_en. [pristupljeno 26.11.2022.]

- [12] *Summary of the stakeholder workshop on the evaluation of the Bathing Water Directive 29-30 November 2021*. <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/docs/Sesiones.pdf>. [pristupljeno 11.09.2023.]
- [13] Stephen Bernstein and Ruth Bernstein. *Schaum's outline of elements of statistics I: Descriptive statistics and probability*. McGraw Hill Professional, 1999.
- [14] Marius i Vladimir Bacarea Marusteri. "Kako odabrati pravi test za procjenu statističke značajnosti razlike između skupina?" *Biochemia Medica* 20.1 (2010), pp. 15–32.
- [15] Aidan Lyon. "Why are normal distributions normal?" *The British Journal for the Philosophy of Science* (2014).
- [16] Sang Gyu Kwak and Jong Hae Kim. "Central limit theorem: the cornerstone of modern statistics". *Korean journal of anesthesiology* 70.2 (2017), pp. 144–156.
- [17] *Central Limit Theorem*. https://www.probabilitycourse.com/chapter7/7_1_2_central_limit_theorem.php. [pristupljeno 11.09.2023.]
- [18] Poslovna statistika. "Kakvoća mora za kupanje te procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu morske vode na plažama zapadnog dijela grada Rijeke" (2010).
- [19] PR Hunter. "Does calculation of the 95th percentile of microbiological results offer any advantage over percentage exceedence in determining compliance with bathing water quality standards?" *Letters in Applied Microbiology* 34.4 (2002), pp. 283–286.
- [20] Raymond Chawla and Paul R Hunter. "Classification of bathing water quality based on the parametric calculation of percentiles is unsound". *Water Research* 39.18 (2005), pp. 4552–4558.
- [21] Iago López Martínez et al. "The European bathing water directive: application and consequences in quality monitoring programs". *Journal of Environmental Monitoring* 12.1 (2010), pp. 369–376.
- [22] Alexander E Curtis et al. "The mystery of the Z-score". *Aorta* 4.04 (2016), pp. 124–130.
- [23] *Hazen percentile*. <https://splashback.io/2021/05/hazen-percentile/>. [pristupljeno 10.07.2023.]
- [24] R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2021. URL: <https://www.R-project.org/>.

- [25] Juergen Gross and Uwe Ligges. *nortest: Tests for Normality*. R package version 1.0-4. 2015. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nortest>.
- [26] Alboukadel Kassambara. *rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests*. R package version 0.7.2. 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>.
- [27] Salvatore S. Mangiafico. *rcompanion: Functions to Support Extension Education Program Evaluation*. version 2.4.30. Rutgers Cooperative Extension. New Brunswick, New Jersey, 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=rcompanion/>.
- [28] Hervé Abdi. “The Kendall rank correlation coefficient”. *Encyclopedia of Measurement and Statistics*. Sage, Thousand Oaks, CA (2007), pp. 508–510.
- [29] Matthias Kohl. *MKinfer: Inferential Statistics*. English. R package version 1.1. 2023. URL: <https://www.stamats.de>.
- [30] *Bland Altman Analysis*. <https://real-statistics.com/reliability/interrater-reliability/bland-altman-analysis/bland-altman-plot/>. [pristupljeno 11.09.2023.]
- [31] H Passing and W Bablok. “A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods. Application of linear regression procedures for method comparison studies in clinical chemistry, Part I” (1983).
- [32] Lidija Bilic-Zulle. “Comparison of methods: Passing and Bablok regression”. *Biochemia medica* 21.1 (2011), pp. 49–52.
- [33] Sergej Potapov et al. *mcr: Method Comparison Regression*. R package version 1.3.2. 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=mcr>.
- [34] Maria E Frey, Hans C Petersen, and Oke Gerke. “Nonparametric limits of agreement for small to moderate sample sizes: A simulation study”. *Stats* 3.3 (2020), pp. 343–355.
- [35] Davide Giavarina. “Understanding bland altman analysis”. *Biochemia medica* 25.2 (2015), pp. 141–151.

POPIS SLIKA

2.1	Standardna normalna distribucija i z-vrijednost	20
3.2	Histogram crijevnih enterokoka i <i>E. coli</i> (skala na ordinatnoj osi je logaritamska) .	26
3.3	Kutijasti dijagram crijevnih enterokoka i <i>E. coli</i> (skala na ordinatnoj osi je logaritamska)	26
3.4	Razlike parova zavisnih uzoraka za 90-ti i 95-ti percentil enterokoka i <i>E. coli</i> izračunatih po parametrijskoj i Hazen metodi	28
3.5	Kutijasti dijagram 90-tog i 95-tog percentila enterokoka i <i>E. coli</i> izračunatih parametrijskom i Hazen metodom (skala na ordinatnoj osi je logaritamska).	29
3.6	Usporedba ocjena lokacija ocjenjenih parametrijskom i Hazen metodom.	30
3.7	Broj nepromijenjenih i promijenjenih ocjena kakvoće mora pri korištenju Hazen metode u odnosu na parametrijsku.	32
3.8	Broj pogoršanih i poboljšanih ocjena kakvoće mora pri korištenju Hazen metode u odnosu na parametrijsku.	33
3.9	Primjeri usporedbe metoda	34
3.10	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2012. (a) do 2014. godine (c). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	36
3.11	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2015. (d) do 2017. godine (f). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	37

3.12	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2018. (g) do 2020. godine (i). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	38
3.13	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za crijevne enterokoke za period od 2021. (j) do 2022. godine (k). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	39
3.14	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za <i>E. coli</i> za period od 2012. (a) do 2014. godine (c). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	40
3.15	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za <i>E. coli</i> za period od 2015. (d) do 2017. godine (f). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	41
3.16	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za <i>E. coli</i> za period od 2018. (g) do 2020. godine (i). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	42
3.17	Usporedba ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom (lijevo) i Hazen (desno) metodom za <i>E. coli</i> za period od 2021. (j) do 2022. godine (k). Boje predstavljaju ocjenu kvalitete mora prema tablici 2. Boje se odnose na kvalitetu mora koja teritorijalno pripada prikazanom gradu/općini.	43
3.18	Grafovi raspršenja za crijevne enterokoke i <i>E. coli</i>	44
3.19	Passing-Bablok regresijska analiza za usporedbu parametrijske i Hazen metode računanja percentila za crijevne enterokoke i <i>E. coli</i>	46

3.20	Bland-Altman graf za usporedbu parametrijske i Hazen metode računanja percentila za crijevne enterokoke i <i>E. coli</i>	48
------	--	----

POPIS TABLICA

1	Zahtjevi za kakvoću mora na morskoj plaži	8
2	Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće mora iz Uredbe o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08)	9
4	Medijan, interkvartilni raspon, minimum i maximum crijevnih enterokoka i <i>E. coli</i>	25
5	Rezultati Anderson-Darling testa za crijevne enterokoke i <i>E. coli</i> - testna statistika A i p vrijednost.	27
6	Medijan, interkvartilni raspon, minimum i maximum dobivenih percentila crijevnih enterokoka i <i>E. coli</i>	27
7	Rezultati Wilcoxonovog testa usporedbe 90-tog i 95-tog percentila enterokoka i <i>E. coli</i> izračunatih parametrijskom i Hazen metodom	28
8	Tablica kontingencije ocjena kakvoće vode dobivenih parametrijskom i neparametrijskom metodom za crijevne enterokoke	30
9	Tablica kontingencije ocjena kakvoće vode dobivenih parametrijskom i neparametrijskom metodom za <i>E. coli</i>	30
10	Rezultati McNemar testa usporedbe ocjena dobivenih korištenjem parametrijske i Hazen metode za računanje percentila	31
11	Rezultati „ <i>post-hoc</i> “ analize rezultata McNemarovog testa za parametrijsku i Hazen metodu računanja percentila	31
12	Tablica kontingencije kategorija ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom i Hazen metodom	32

13	Tablica kontingencije kategorija ocjena kakvoće mora dobivenih parametrijskom i Hazen metodom	33
14	Rezultati Kendall - Tau testa korelacije između percentila dobivenih korištenjem parametrijske i Hazen metode	45
15	Tablica koeficijenata dobivenih Passing-Bablok metodom.	45
16	Tablica pomaka, gornje i donje granice slaganja i pripadni 95% intervali pouzdanosti usporedbe parametrijske i Hazen metode za računanje percentila.	48