

KONKURRENSEN MELLAN RÖDING, SIK OCH LAKE I VÄTTERN

*En djupdykning i tre konsumenters
födopreferenser. Två tidsperioder: 1964-1978
samt 2006-2011.*

INTERSPECIFIC COMPETITION BETWEEN ARCTIC CHARR, WHITEFISH AND BURBOT IN LAKE VÄTTERN

*Analyzing data from two periods: 1964-1978 and
2006-2011*

Examensarbete inom huvudområdet Biovetenskap
Grundnivå 30 Högskolepoäng
Vårterminen 2019

Författare
Oskar Norén
a14oskno@student.his.se

Handledare
Tomas Jonsson
tomas.jonsson@his.se

Examinator
Niclas Norrström
niclas.norrstrom@his.se

Institutionen för Biovetenskap
Högskolan i Skövde

Sammanfattning

Vättern innehåller Sveriges största och mest skyddsvärda bestånd av röding (*Salvelinus umbla*). Denna laxfisks populationskurva uppvisade länge en nedåtgående trend p.g.a. en mängd stressorer orsakade av människan. Trenden har nu vänt men för att minimera risken för en ny tillbakagång är det av vikt att kunskap om rödingen och dess interaktion med andra arter införskaffas. I denna rapport utreds dess konkurrenssituation gentemot två andra viktiga fiskar i Vättern, nämligen sik (*Coregonus maraena*) och lake (*lota lota*). Rödingens situation gentemot siken är extra intressant då dessa enligt skandinavisk erfarenhet har svårt att samexistera. Data över maginnehåll från två olika tidsperioder (1964-1978 och 2006-2011) analyserades. Konsumenterna delades in i storleks och årstidsklasser och mått på konkurrensen besvarades därefter kvantitativt med två olika index (Pianka och Laubmeier). Resultatet ger stöd för att mindre röding (<30 cm) var utsatt för anmärkningsvärd hård konkurrens från sik beträffande den äldre tidsperioden. Detta då båda arterna uppvisar slående liknande födopreferenser bl.a. i form av pungräka (*Mysis relicta*) och vitmärta (*Monoporeia affinis*). Med ökad storlek övergår rödingen till en mer piscivore diet och börjar då istället att konkurrera med laken. De fiskätande rödingarna konsumerar främst nors (*Osmerus eperlanus*) medan lakarna sprider fiskätandet på betydligt fler arter. Detta utmynnar i att konkurrensen mellan röding och lake i de flesta storleksklasser är påtagligt men inte överväldigande. Att dessa tre arter kan samexistera trots stark konkurrens i flertalet av storleksklasserna beror säkerligen delvis på det stora antalet aktörer i botten av födoväven i Vättern.

Abstract

Lake Vättern contains Sweden's most valuable population of arctic charr (*Salvelinus umbla*). The stock of this Salmonidae fish showed a negative trend for several decades but has now turned to a more positive one. To minimize the risk of a new backlash it is important to obtain knowledge about the arctic charr and its interaction with other species. The purpose of this paper is to investigate the interspecific competition between arctic charr and two other valuable species i.e. whitefish (*Coregonus maraena*) and burbot (*Lota lota*). Data of stomach contents from two periods (1964-1978 & 2006-2011) were analyzed. The consumers were divided into different groups with respect to size and season. The measure of the competition was then answered quantitatively with two indexes (Pianka & Laubmeier). The results support the conclusion that small charr (<30 cm) was exposed of remarkably tough competition from whitefish regarding the older period. This derives from the fact that these two species show a very similar diet including Opossum shrimp (*Mysis relicta*) and *Monoporeia affinis*. With increasing size charr turns to a more piscivore diet and begins to compete with burbot. The piscivorous charr consumes mostly smelt (*Osmerus eperlanus*) while burbot shows a more diverse behavior of its selection of fish species as a resource. The fact that these three species can coexist despite tough competition likely derives from the fact that Vättern's food web contains a lot of actors at the lower trophic levels.

Innehållsförteckning

Introduktion.....	1
Vättern.....	1
Röding.....	1
Sik.....	2
Lake.....	2
Ontogenetiskt nischskifte.....	2
Ingång.....	3
Frågeställningar:.....	3
Metod.....	3
Insamling.....	3
Indelningar av konsumenter.....	3
Grupperingar av föda.....	4
Analys.....	4
Resultat.....	6
Äldre tidsperioden.....	7
Nya tidsperioden.....	13
Har konkurrensen förändrats?.....	18
Diskussion.....	18
Diskussion-metod.....	18
Oidentifierade fiskrester.....	19
Felkällor.....	21
Tack.....	22
Referenser.....	23
Bilaga.....	25
Överlapsindex/likhetsindex.....	25

Introduktion

Vättern

Vättern är med en area på 1885 km² Europas sjätte största sjö. Det är en långsmal sjö belägen i södra Sverige och har medeldjup och maxdjup på 40 m/128 m (SMHI, 2009). Sjön är oligotrof och vattnet har förhållandevis lång utbyttestid (ca. 60 år). Detta innebär att Vättern är extra känsligt för föroreningar (Kvarnäs, 2001).

De senaste decennierna har Vättern som ekosystem varit utsatt för ett antal stressorer. B.l.a. så har medelvattentemperaturen de 60 senaste åren ökat med ca. två grader celsius (Jonsson & Setzer, 2015). Förändrad vattentemperatur är i sig problematiskt då arter är anpassade för ett visst temperaturspann men det kan också ge effekter i form av så kallade "trophic mismatches". Ökad temperatur kan t.ex. leda till att en fiskart får tidigare äggkläckning och att ynglen därmed missar "peaken" av föda i form av zooplankton (Jonsson & Setzer, 2015). Förutom en ökad temperatur så har fiskbestånden skördats hårt och den invasiva arten signalkräfta (*Pacifastacus leniusculus*) planterades in 1969 (för att ersätta en inhemsk kräftart som dog ut på 30-talet p.g.a. kräftpest). Till en början så verkade signalkräftan vara en bra ersättare till den originala varianten men på 90-talet sköt populationen i höjden och arten är nu en betydligt större pjäs i ekosystemet än vad som först avsågs med inplanteringen (Setzer, Norrgård & Jonsson, 2011).

Vättern inhyser ca 30 fiskarter och är en av de viktigaste sjöarna för yrkesfisket i Sverige. År 2015 låg Vättern i topp räknat per fångstvårde i SEK men har 2018 blivit nerpetad till tredjeplats (efter Väneren och Hjälmaran) (Havs och vattenmyndigheten 2019). En stor anledning till att så många fiskarter kan samexistera beror säkerligen delvis på att så många arter i form av glaciala relikter finns i botten av födoväven (Svärdson, Filipsson, Furst, Hanson & Nilsson, 1988 och Setzer & Jonsson, 2012).

I detta arbete görs en djupdykning på tre fiskars konkurrens gentemot varandra. Konkurrenten utreds genom att analysera arternas födoval. Detta görs genom analys av maginnehåll. Det bör nämnas att det finns andra sätt att ta reda på vad olika arter konsumerar, t.ex. genom så kallade "stabla isotoper-analyser". Något förenklat kan man säga att man då letar efter andelen av vissa specifika stabla isotoper i konsumentens vävnad och erhåller på så sätt information om vad den konsumerat. Fördelen med nämnda metod är att man kan se konsumentens matvanor över en längre tid. Nackdelen är att detaljkunskapen går förlorad då man inte kan se vilka specifika arter som konsumerats utan istället får reda på vilken trofisk nivå födan härrör ifrån (Palo, 1995). I denna rapport är det uteslutande traditionell maginnehållsanalys som datan härrör ifrån.

De tre fiskarterna som analyseras axlar alla tunga platser ur födovävssynpunkt men är också viktiga ur ett mer antropogent perspektiv då de alla mer eller mindre konsumeras av människan.

Röding

Rödingen (*Salvelinus umbla*) är en laxfisk som brukar betraktas lite som Vätterns guldkorn. Taxonomin kring den är inte helt oproblematiske. Tidigare särskildes det på flera olika arter av inhemska arter av röding i Sverige. I Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna (2012) urskiljs dock bara en inhemsk art av röding, (*S. alpinus*) även kallad fjällröding med två eller tre sympatriska former; storröding och fjällröding om två, storröding, större fjällröding och mindre fjällröding om tre. I detta arbete kommer termen "röding" att användas men det är av stor vikt att påpeka att det är den sympatriska formen storröding (*Salvelinus umbla*) som avses.

Rödingen i Vättern utgör landets enskilt största och mest skyddsvärda bestånd (Vätternvårdsförbundet. 2017). Dels är det en raritet om man jämför med andra svenska insjöar och dels fungerar den som apexpredator och axlar således en tung roll ur födovävssynpunkt

(Jonsson & Setzer, 2015). Rödingsbeståndet i Vättern har sedan 50-talet minskat radikalt. Orsakerna tros vara många men två viktiga orsaker som pekas ut är överfiske och klimatförändringar. Senaste tioårsperioden har man dock sett att beståndet har återhämtat sig kraftigt både genom provfiske och faktiskt fångst för yrkesfiskare. Nivåerna är långt ifrån de som var i mitten av förra seklet men trenden har i alla fall vänts och kurvan som tidigare sågs gå mot ett troligt utdöende är nu utbytt mot ett någorlunda starkt bestånd som tål ett fiskeuttag (Vätternvårdsförbundet, 2017). Rödingen brukar betraktas som en opportunist då den generellt har ett stort register för vad den kan tänkas konsumera men att den konsumerar det som det finns överflöd av för tillfället (Amundsen, 1995). De lite större storleksklasserna av röding är i regel piscivorer d.v.s. fiskätande (Artdatabanken, n.d.)

Sik

Siken (*Coregonus maraena*) pekas ofta ut som en konkurrent till rödingen. Detta då man har noterat i andra sjöar att siken ofta tränger undan rödingen (Svårdson et. al 1988). Ur den synvinkeln är Vättern någorlunda unik då samexistens mellan röding och sik existerar.

Sikarna i Vättern klassificerades tidigare som tre olika underarter av sik (storsik, sandsik och älvsik), detta har man dock frångått i de flesta studier då det är väldigt svårt att skilja på de olika underarterna (Vätternvårdsförbundet. 2017). I detta arbete kommer siken behandlas som en art. Siken fångades tidigare rikligt och var en viktig kommersiell fisk men fiskefångsten har sedan 70-talet minskat radikalt. Detta har troligen inte samma förklaring som för rödingen utan har andra orsaker. Siken har tidigare innehållit för höga halter av dioxiner och PCB och detta faktum kan ha etsat sig fast hos potentiella kunder och saluföringen av siken kan ha försvårats (Cantilla & Aune, 2012). Detta gör frågan ännu mer intressant ur ett förvaltningsperspektiv. SLU rekommenderar en ökning av sikfisket jämfört med 2015 års nivåer (Vätternvårdsförbundet. 2017) men om efterfrågan inte finns så är det naturligtvis svårt att styra sikfiskets upptag. Detta faktum vittnar om hur mångfacetterad situationen med sik är (och därmed också indirekt i relation till andra arter). Provfisken visar att trenden de senaste decennierna påminner om rödingens, d.v.s. en kraftig ökning av beståndet (Vätternvårdsförbundet. 2017).

Lake

Laken (*lota lota*) är en toppkonsument i Vättern. Det är den enda torskartade fisken i svenska sjövattnen. Nationellt klassas den som "nära hotad" sedan 2010 (Artdatabanken, 2018) men då den trivs i kalla djupa miljöer så utgör Vättern en passande miljö och beståndet är där livskraftigt. Fångsterna har ökat rejält det senaste decenniet (ofta som bifångst vid sikfiske) och även provfisket visar på en rejäl uppgång (Vätternvårdsförbundet. 2017).

Liksom för siken så rekommenderar SLU ett ökat upptag av lake jämfört med 2015 års nivåer (Vätternvårdsförbundet. 2017). Laken har dock inte samma tradition som kulinarisk råvara varpå liknande problematik gällande siken även infinner sig för laken.

Ontogenetiskt nischskifte

Fiskar tenderar att byta nisch i och med ökad storlek. Detta beteende benämns som "ontogenetiskt nischskifte" (Werner & Gilliam, 1984). En inte alltför ovanlig situation är att ynglen börjar som planktonätare för att vid ökad storlek övergå till större djur (exempelvis olika typer av kräftdjur) och slutligen som adulta individer övergå till en mer fiskbaserad diet. Detta gäller t.ex. för rödingen (Setzer & Jonsson, 2012). Därför är det inte särskilt meningsfullt att säga att art A konkurrerar med art B med sig och så mycket (om man inte har väldigt mycket data på hur många individer som befinner sig i de olika storleksstadierna och således kan vikta resultaten med hög träffsäkerhet). Mer meningsfullt (och betydligt enklare) är det att istället identifiera vilka

storleksklasser från art A som konkurrerar med vilka storleksklasser från art B. Intentionen med detta arbete är att besvara just sådana frågeställningar.

Ingång

Detta examensarbete tar avstamp i två robusta genomgångar av Vätterns ekosystem, nämligen "Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar" (Svärdson et al, 1988) samt "Stomach content analyses to investigate long-term changes in pelagic ecosystem" (Setzer & Jonsson, 2012). Den förstnämnda rapportens rådata har varit på vift men är numera återfunnen varför detta arbete kan skrivas. Båda rapporterna målar med bredare pensel över större delar av Vätterns ekosystem men i detta arbete så fokuserar vi på endast röding, sik och lake och försöker besvara konkurrensfrågan emellan dessa kvantitativt med två stycken Index.

Frågeställningar:

- Hur såg konkurrensen mellan röding, sik och lake ut på 60-70 talet? Vilka storleksklasser konkurrerade med varandra?
- Hur ser konkurrensen mellan röding sik och lake ut utifrån mer nutida data? Vilka storleksklasser konkurrerar med varandra?
- Har konkurrensen förändrats mellan de två tidsperioderna?

Metod

Insamling

Insamling av data avseende tre konsumenter: rödingar (*Salvelinus umbla*), sikar (*Coregonus maraena*) och lakar (*Lota lota*) från två olika tidsperioder har utförts. Den äldre tidsperioden utgörs av 1964-1978 medan den mer nutida är från perioden 2006-2011. Den äldre datan har inhämtats genom fotografering av magkort på SLU:s sötvattenslaboratorium i Stockholm. Konsumenternas maginnehåll för den äldre tidsperioden bestämdes av specialutbildad personal, oftast till art men ibland mer ospecifikt (Svärdsson et. al 1988). Maginnehållet anges i volymprocent. Den mera nutida datan härrör från rapporten "Stomach content analyses to investigate long-term changes in a pelagic ecosystem" (Setzer & Jonsson, 2012). Rådatan har erhållits från Malin Setzer. Metodiken för bestämning och uppskattning av maginnehållet stämmer väl överens med den äldre tidsperioden. Samtliga fiskar från båda perioderna är fångade vid icke strandnära lokaler i sjön Vättern. För en mer detaljerad beskrivning av metodiken gällande de mer nutida fiskarna se Setzer & Jonsson (2012).

Indelningar av konsumenter

Rödingarna, sikarna och lakarna har grupperats i följande storleksklasser:

- <200 mm
- 200-299 mm
- 300-399 mm
- 400-499 mm
- >500 mm

Årstiderna vinter och sommar har också använts då dieten skiftar substantiellt beroende på årstid. Sommar definieras här som perioden april-september medan övriga månader utgör vinter.

Grupperingar av föda

Följande födokategorier användes: 1. zooplankton, 2. taggmärsla (*Pallaseopsis quadrispinosa*), 3. vitmärsla (*Monoporeia affinis*), 4. sjösyrsa (*Gammaracanthus lacustris*), 5. pungräka (*Mysis relicta*), 6. ishavsgråsugga (*Saduria entomon*), 7. sötvattensgråsuggor (*Asellidae*), 8. musselkräftor (*Ostracoda*), 9. fåbortsmaskar (*Oligochaeta*), 10. fjädermyggselarver (*Chironomidae larvae*), 11. sländelarver (*Odonata larvae*), 12. terrestra insekter, 13. akvatiska insekter exkl. fjädermyggselarver & sländelarver, 14. mollusker (*Mollusca spp*), 15. spindeldjur (*Arachnida*), 16. siklöja (*Coregonus albula*), 17. simpor (*Cottidae*), 18. storspigg (*Gasterosteus aculeatus*), 19. nors (*Osmerus eperlanus*), 20. abborre (*Perca fluviatilis*), 21. gers (*Gymnocephalus cernuus*), 22. lake (*Lota lota*), 23. fiskrom, 24. Oidentifierade fiskrester, 25. oidentifierade kräftdjur.

Intentionen har varit att använda så snäva födogrupper som möjligt. Då magkorten den absoluta merparten av gångerna har bestämt födan till art så ska inte sådan detaljrikedom gå till spillo. Ibland är det dock oundvikligt att inte "zooma ut" en nivå. Detta gäller t.ex. gruppen "terrestra insekter". Allt som oftast har det stått "insektsrester" på magkorten och de få insekter som har artbestämts har fått finna sig i att bli placerade i sin klass (taxonomiskt) istället för art.

Fiskar som noterats med tomma magar har ej tagits med i analyserna i detta arbete. Vidare har bokförda "födogrupper" som grus, slam och växtdelar ej heller tagits med i analysen. En konsument vars mage innehöll 90 % fiskrom och 10 % växtdelar har således "omnoterats" som att den har konsumerat 100 % fiskrom (då grus, slam och växtdelar inte anses vara en födoresurs).

"Oidentifierade fiskrester" som konsumerats av röding och lake har fördelats proportionellt på de fiskarter respektive art konsumerat, en fraktion är beräknad på de äldre fiskarna och en fraktion är beräknad på de nya fiskarna. För sik finns "oidentifierade fiskrester" med som en egen födoresurs, detta då de inte konsumerat någon identifierbar fiskart och metoden som fungerar på röding och lake således inte kan appliceras på sik. I de fall födan noterats som *Amphipoda* har denna fördelats om proportionerligt på taggmärsla, vitmärsla och sjösyrsa. Detta då de är de artbestämda amphipoder fiskarna har konsumerat. Vid de tillfällen då artbestämningen varit tveksam och t.ex. följts av ett frågetecken eller ord som "troligen" har denna data behandlats restriktivt. En röding vars maginnehåll noterats som "100% fiskrester, troligen nors" har således initialt digitaliserats som 100% fiskrester för att i nästa steg fördelas ut på de artbestämda fiskarter rödingen har konsumerat. Insekter som på magkorten är noterade under "ytning" har hamnat i gruppen "terrestra insekter" och de insekter som är noterade under "bottendjur" har klassats som "akvatiska insekter".

Analys

Två stycken index har använts för att få fram graden av dietöverlapp. Dels Pianka's nischdietöverlappsindex (1973) samt Laubmeier et. al likhetsindex (2017). Formeln för det

$$\text{förstnämnda är: } O_{k,l} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{i,l} \times p_{i,k}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n p_{i,l}^2 \times \sum_{i=1}^n p_{i,k}^2}}$$

Där $O_{k,l}$ är dietöverlappet mellan art k och art l , baserat på andelen resurser av typ i som ingår i dieten hos art k respektive art l . Med andra ord, $p_{i,l}$ är andelen resurser av typ i som ingår i dieten hos art l och $p_{i,k}$ är andelen resurser av typ i som ingår i dieten hos art k , summerat över alla resurstyper i (från 1 till n). Ett Pianka's nischdietöverlappsindex som är 0 innebär ett obefintligt

dietöverlapp medan ett Pianka's nischdietöverlappsindex som är 1 motsvarar ett maximalt dietöverlapp (Pianka, 1974).

Som ett komplement till Pianka's index har en modifierad version av Laubmeier et. als likhetsindex använts. Det är ett index som egentligen är framtaget för att bedöma likhet i habitat användning men det fungerar i detta fall som ett mått på resursanvändning.

Den modifierade formeln ser ut på följande sätt:

$$v_{ij} = 1 - TV(\mu_i, \mu_j) = 1 - \sup_{\mathcal{A} \subset \Omega} |\mu_i(\mathcal{A}) - \mu_j(\mathcal{A})|,$$

Där v_{ij} är likheten i resursutnyttjande mellan art i och art j. $TV(\mu_i, \mu_j)$ ska läsas som den maximala skillnaden i resursutnyttjande μ_i och μ_j för art i och j. \mathcal{A} är en av födotyperna i uppsättningen Ω som utgörs av alla födotyperna. $\mu_i(\mathcal{A})$ representerar andelen av födotyp \mathcal{A} i dieten för art i och $\mu_j(\mathcal{A})$ är andelen av födotyp \mathcal{A} i dieten för art j.

$v_{ij} = 0$ innebär obefintlig likhet i resursutnyttjande och $v_{ij} = 1$ innebär ett maximalt dito (Laubmeier et al. 2017). För en mer detaljerad beskrivning se Laubmeier et al. (2017).

För att få fram mått på spridningen och därmed den statistiska tillförlitligheten av resultaten har en modell använts där dietöverlappsindexet/likhetsindexet tagits fram på individnivå. Således ställs alla individuella rödingar mot alla individuella sikar och lakar samt alla individuella sikar mot alla individuella lakar. Medelvärde, standardavvikelse samt 95 k.i. beräknas därefter från de erhållna dietöverlappsindexen/likhetsindexen. Dietöverlappsindex/likhetsindex i fall där storleksklass per årstid för någon eller båda fiskarter understiger tre individer redovisas inte.

Vid de tillfällen då datan beträffande storleksklass och årstid överlappar (11 tillfällen) för de nya och de gamla konsumenterna så har ett Mann-Whitney U-test utförts för att ta reda på om konkurrensen kan anses ha förändrats.

Resultat

I tabell 1 listas alla konsumenter vars maginnehåll analyserats. Notera att det är betydligt fler individer från den äldre perioden och att inga analyser över vinterhalvåret för de nya konsumenterna kan göras då ingen sådan data finns.

Tabell 1. Följande fiskar ingår i analysen.

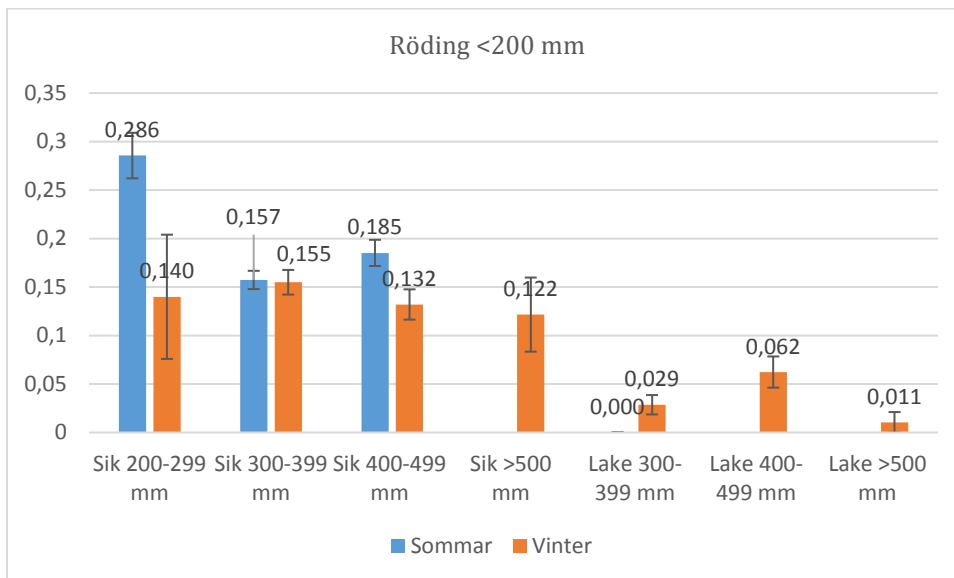
Art	Årstid	Storlekclass	Tidsperiod	Antal
Röding	Sommar	<200 mm	Gammal	22
Röding	Sommar	200-299 mm	Gammal	108
Röding	Sommar	300-399 mm	Gammal	256
Röding	Sommar	400-499 mm	Gammal	45
Sik	Sommar	200-299 mm	Gammal	13
Sik	Sommar	300-399 mm	Gammal	54
Sik	Sommar	400-499 mm	Gammal	28
Lake	Sommar	300-399 mm	Gammal	3
Röding	Vinter	<200 mm	Gammal	5
Röding	Vinter	200-299 mm	Gammal	31
Röding	Vinter	300-399 mm	Gammal	67
Röding	Vinter	400-499 mm	Gammal	21
Röding	Vinter	>500 mm	Gammal	3
Sik	Vinter	200-299 mm	Gammal	4
Sik	Vinter	300-399 mm	Gammal	109
Sik	Vinter	400-499 mm	Gammal	78
Sik	Vinter	>500 mm	Gammal	13
Lake	Vinter	300-399 mm	Gammal	36
Lake	Vinter	400-499 mm	Gammal	29
Lake	Vinter	>500 mm	Gammal	6
Röding	Sommar	300-399 mm	Ny	4
Röding	Sommar	400-499 mm	Ny	9
Röding	Sommar	>500 mm	Ny	44
Sik	Sommar	200-299 mm	Ny	31
Sik	Sommar	300-399 mm	Ny	56
Sik	Sommar	400-499 mm	Ny	9
Sik	Sommar	>500 mm	Ny	3
Lake	Sommar	200-299 mm	Ny	4
Lake	Sommar	300-399 mm	Ny	59
Lake	Sommar	400-499 mm	Ny	43
Lake	Sommar	>500 mm	Ny	17

Dietöverlapp

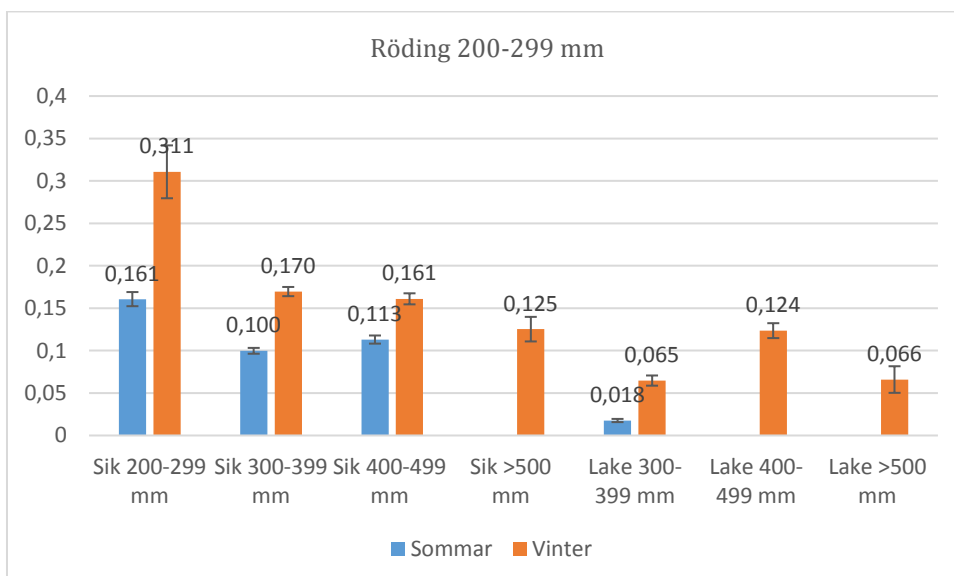
Här redovisas samtliga medelpiankavärden från båda tidsperioderna gällande rödingen i diagramform. Konkurrensen mellan sik och lake besvaras i bilaga 1. Både på förhand och med facit i hand så är rödingens konkurrenssituation med sik och lake mest intressant varför denna fokusering gjorts. För att det inte ska bli för plottrigt och/eller antalet redovisade figurer ska närma sig ∞ så har också valet att utesluta Laubmeiers likhetsindex gjorts i detta kapitel. Då det finns en stark korrelation (en korrelation som var svår att förutse) mellan de erhållna piankavärdena och de erhållna laubmeiervärdena så redovisas laubmeiervärdena endast i

bilagan. För samtliga figurer gäller faktumet att avsaknad av stapel och siffror innebär att ingen data finns. Avsaknad av stapel men 0,000 angivet i sifferform visar att data finns men att dietöverlappet är obefintligt. Förutom diagram över piankas medelvärde så visas också figurer över de olika storleksklassernas födoval.

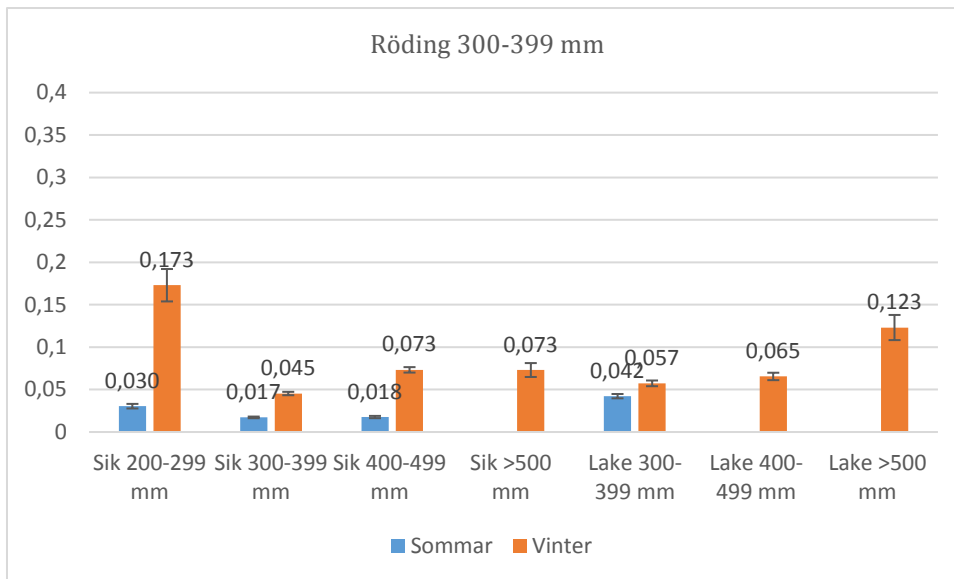
Äldre tidsperioden



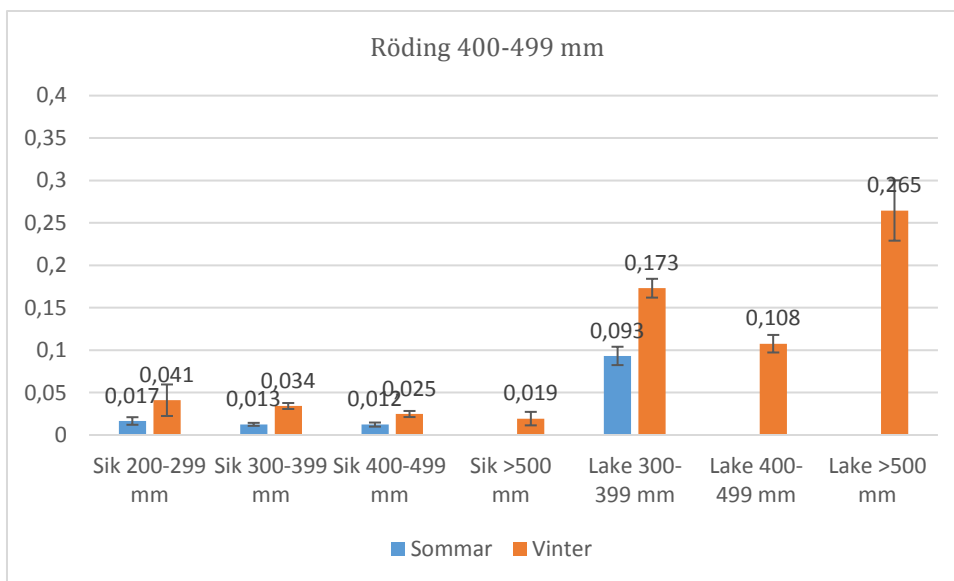
Figur 1. Dietöverlappet i form av pianka's medelvärde för röding i den minsta storleksklassen (<200mm) kontra sik och lake i samtliga storleksklasser. Felstaplarna anger standard error.



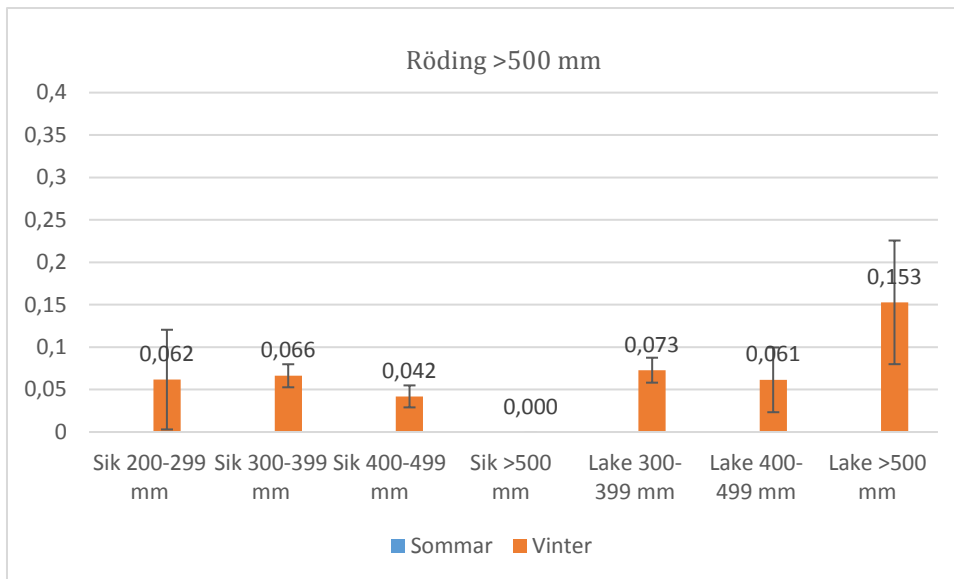
Figur 2. Dietöverlappet i form av pianka's medelvärde för röding i den näst minsta storleksklassen (200-299 mm) kontra sik och lake i samtliga storleksklasser. Felstaplarna anger standard error.



Figur 3. Dietöverlappet i form av pianka's medelvärde för röding i den mellersta storleksklassen (300-399 mm) kontra sik och lake i samtliga storleksklasser visas ovan. Felstaplarna anger standard error.



Figur 4. Dietöverlappet i form av pianka's medelvärde för röding i den näst största storleksklassen (400-499 mm) kontra sik och lake i samtliga storleksklasser visas ovan. Felstaplarna anger standard error.



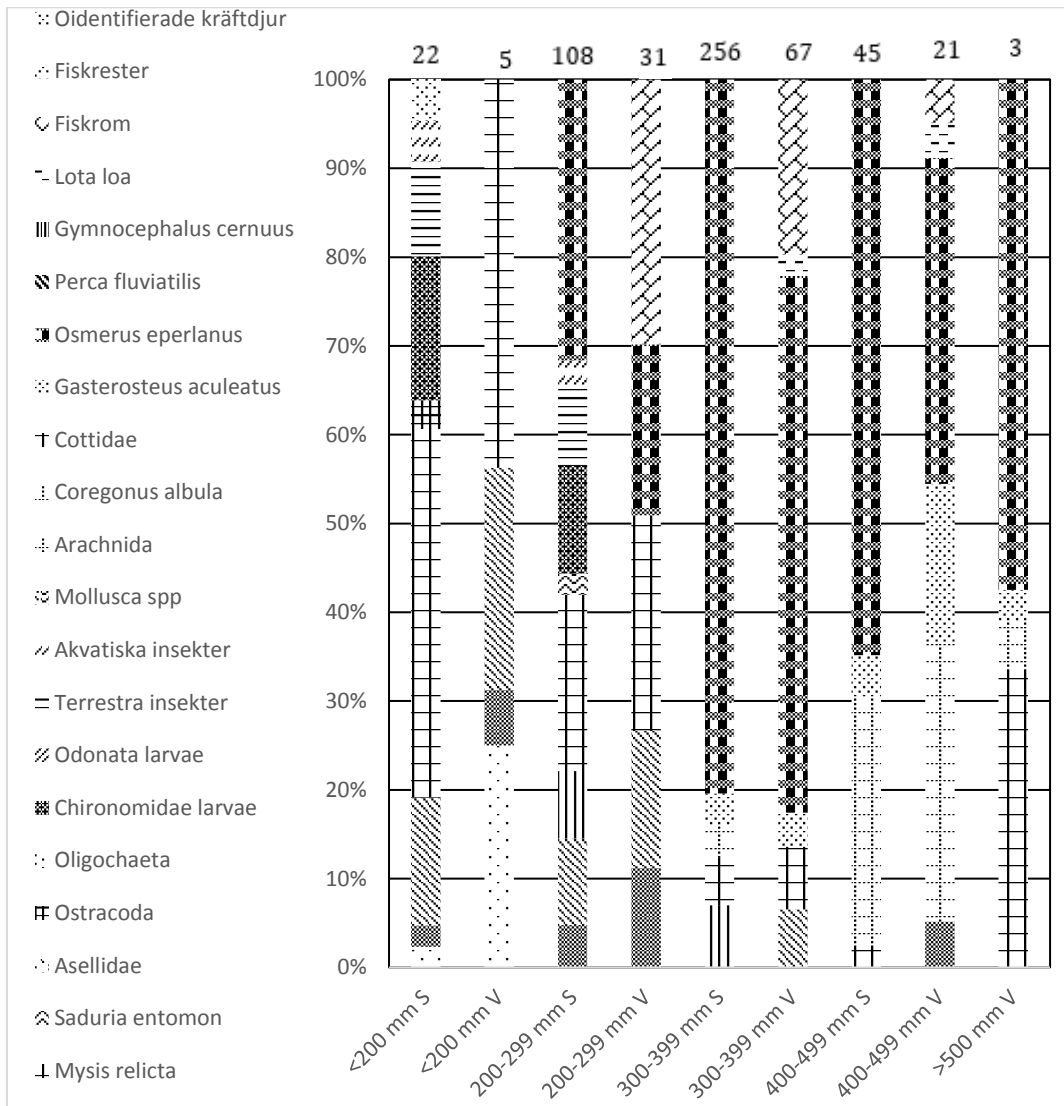
Figur 5. Dietöverlappet i form av pianka's medelvärde för röding i den största storleksklassen (>500 mm) kontra sik och lake i samtliga storleksklasser visas ovan. Felstaplarna anger standard error. Ingen data för sommarperioden finns för denna storleksklass och antalet rödingar i vinterklassen utgörs av endast tre individer.

Kommentarer avseende de äldre dietöverlappen

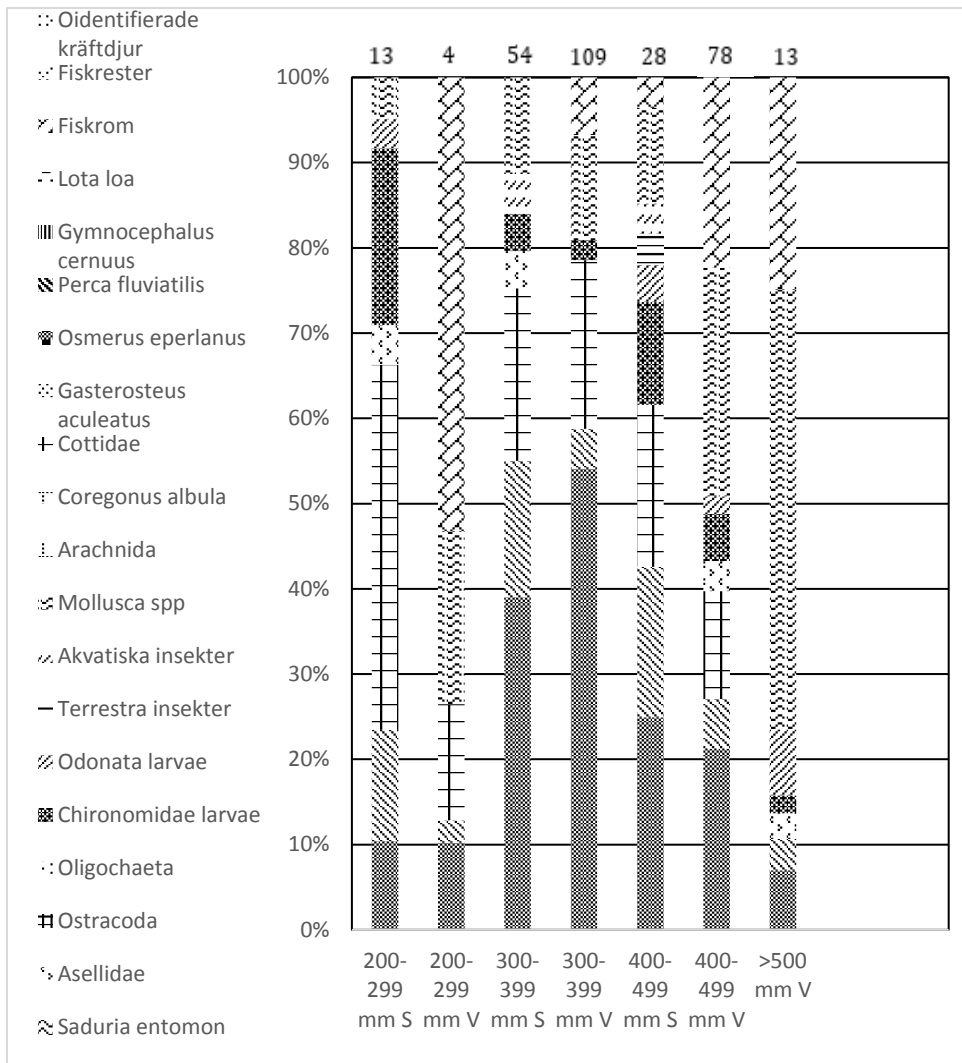
Det framgår tydligt att rödingen har ett kraftigt dietöverlapp med siken i de tidiga storleksklasserna (m.a.p. rödingen) för att sedan avta vid ökad storlek (figur 1-5). I respektive konsuments minsta storleksklass (röding <200 mm och sik 200-299 mm) sommartid ligger piankavärdet på 0,286 (figur 1). Dessa storleksklasser har väldigt lika födopreferenser, främst avseende pungräka (*Mysis relicta*) (41% vs 43%), vitmärsla (*Monoporeia affinis*) (14% vs 13%) och fjädermygglarver (*Chironomidae larvae*) (16% vs 21%) (figur 6 och 7). Mellan 30-40 cm infinner sig något av brytpunkt där konkurrensen med siken dyker rejält. Detta beror på att rödingen i stadierna som är större än 30 cm övergår till en mer fiskbaserad diet. Nors (*Osmerus eperlanus*) är den fiskart som mest konsumeras av samtliga rödingens storleksklasser (figur 6). Sikarnas diet får betraktas som mer stadig oavsett storlek. Kräftdjur bl.a. i form av taggmärsla (*Pallaseopsis quadrispinosa*) och pungräka (*Mysis relicta*) konsumeras friskt men också mollusker (*Mollusca spp*) och fiskrom (främst vintertid) utgör viktiga poster i sikens kostcirkel (figur 7). När dietöverlappet med siken avtar så blir rödingen mer benägen att konkurrera med laken (figur 4 och 5). Detta beror på att lake liksom röding äter mycket fisk. Laken uppvisar dock en större diversitet gällande valet av fiskföda och konsumerar mycket gers (*Gymnocephalus cernuus*), siklöja (*Coregonus albula*) och storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) (figur 8). Detta resulterar i att dietöverlappet med rödingen som främst konsumeras nors är påtagligt men inte överväldigande. Undantaget är då rödingen är 400-499 mm och laken >500 mm. I detta fall erhålls ett piankavärde på 0,265. Detta beror främst på att både rödingen och laken i dessa storleksklasser konsumeras mycket siklöja (figur 6 och 8).

Födoval äldre tidsperioden

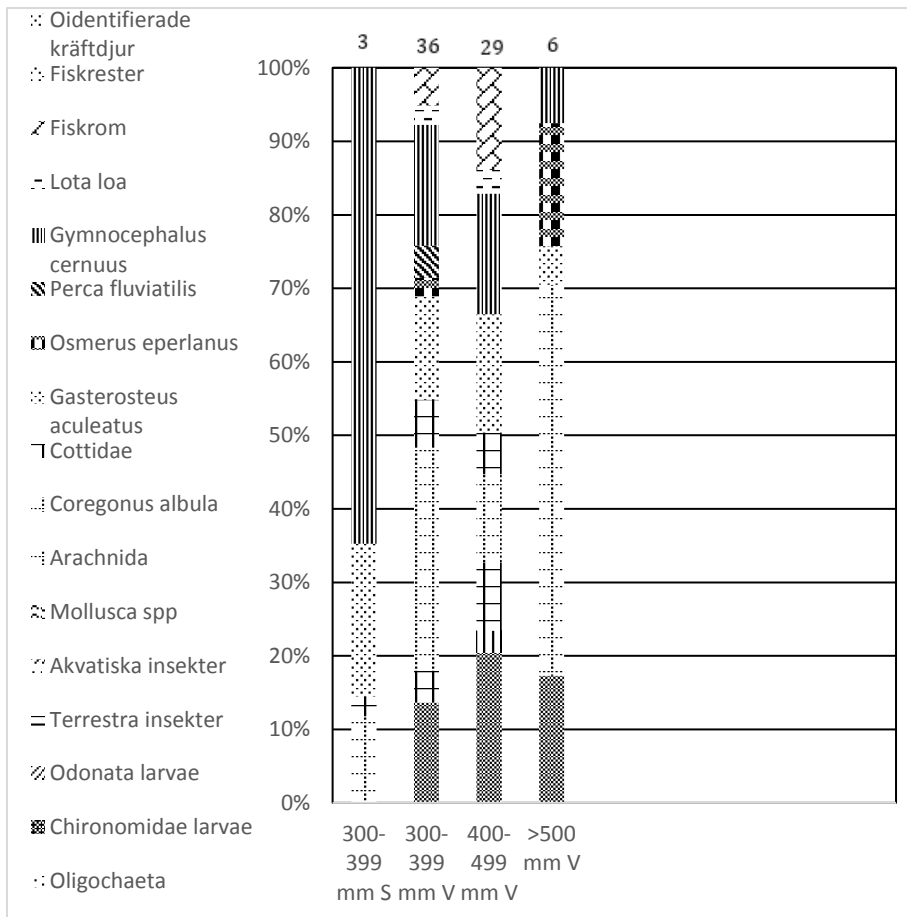
Här redovisas samtliga storleksklassers födoval från den äldre tidsperioden.



Figur 6. Visualisering över rödingens födoval i respektive storleksklass. S= sommar, V= Vinter. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.

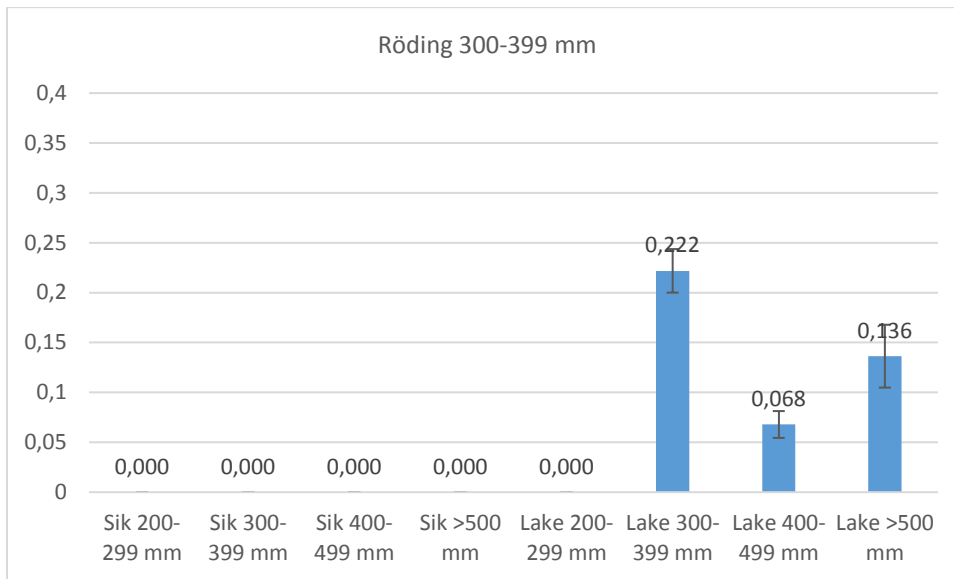


Figur 7. Visualisering över sikens födoval i respektive storleksklass. S= sommar, V= Vinter. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.

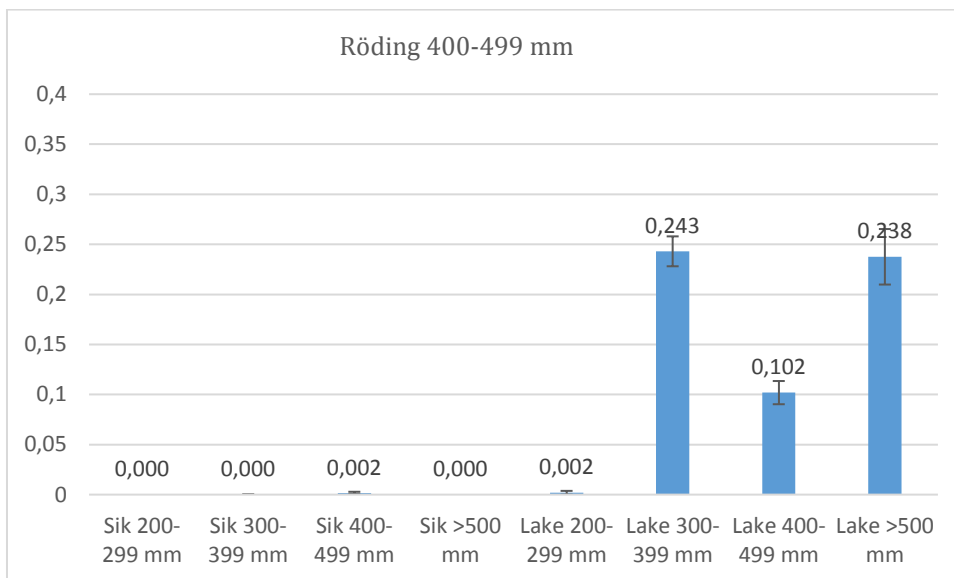


Figur 8. Visualisering över lakens födoval i respektive storleksklass. S= sommar, V= Vinter. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.

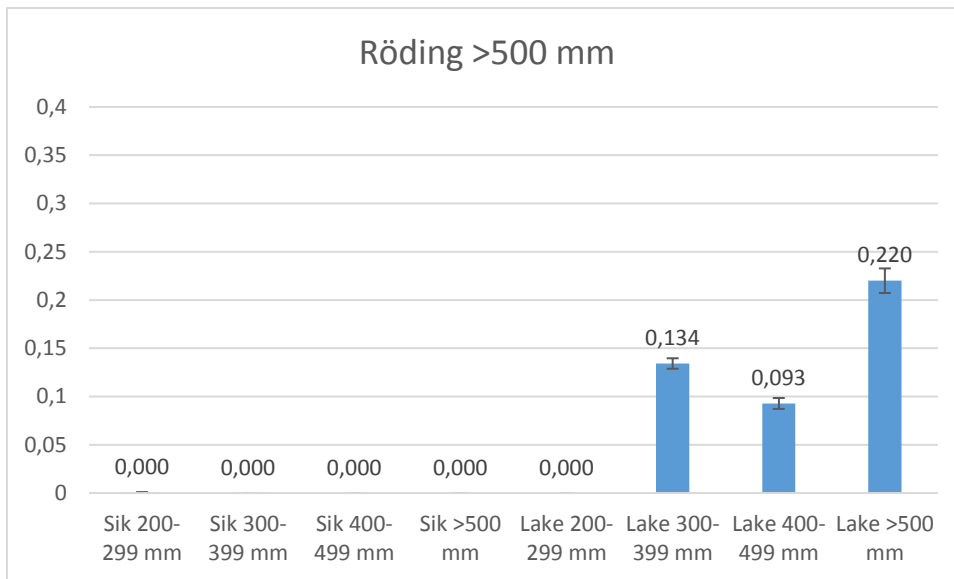
Nya tidsperioden



Figur 9. Dietöverlappet sommartid i form av pianka's medelvärde för röding i storleksklassen 300-399 mm kontra sik och lake i samtliga storleksklasser. Felstaplarna anger standard error.



Figur 10. Dietöverlappet sommartid i form av pianka's medelvärde för röding i storleksklassen 400-499 mm kontra sik och lake i samtliga storleksklasser. Felstaplarna anger standard error.



Figur 11. Dietöverlappet sommartid i form av pianka's medelvärde för röding i storleksklassen >500 mm kontra sik och lake i samtliga storleksklasser. Felstaplarna anger standard error.

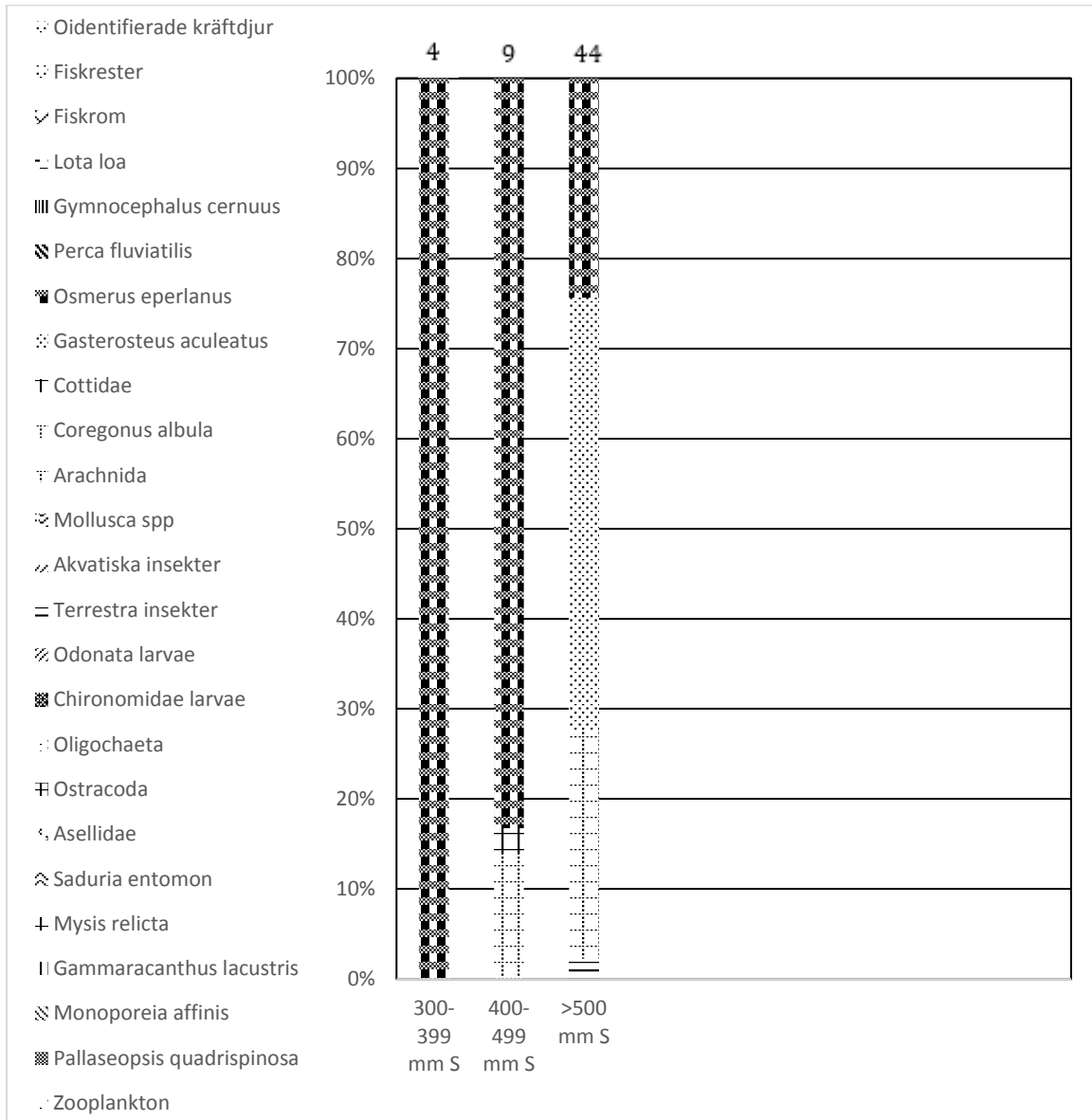
Kommentarer avseende den nya tidsperioden

Något dietöverlapp mellan röding och sik existerar inte i dessa storleksklasser sommartid (figur 9-11). Rödingen äter i princip endast fisk (figur 12) och den enda fiskföda som siken konsumerar består av "oidentifierbara fiskrester" (figur 13). Så även om piankavärdet är 0 bör man ha i åtanke att ett visst reellt dietöverlapp troligen föreligger.

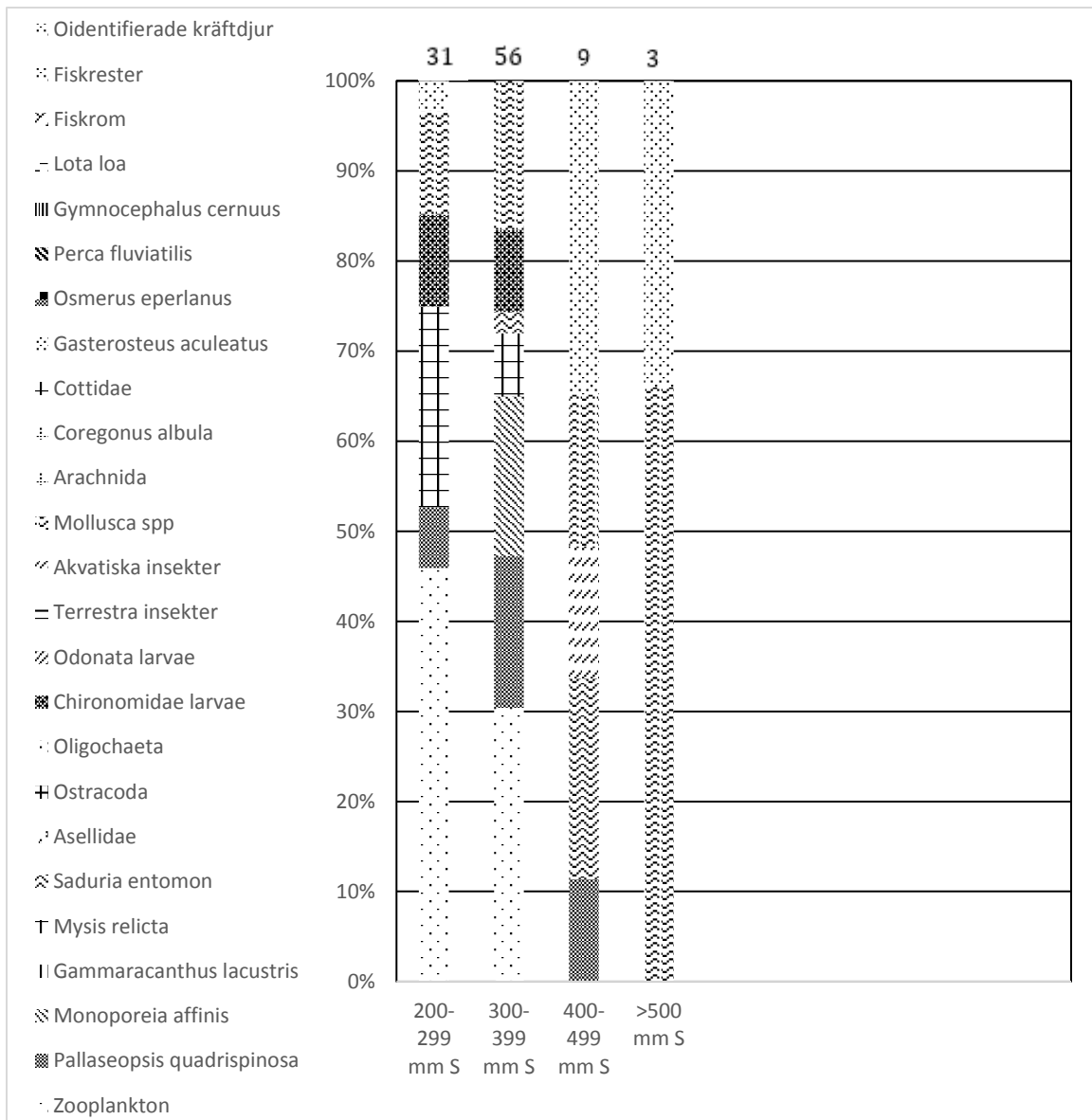
Istället så dietöverlappar rödingen substantiellt med laken (figur 9-11). Rödingar infångade under denna tidsperioden konsumerar i princip endast nors (*osmerus eperlanus*), siklöja (*Coregonus albula*) och storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) (figur 12). Laken konsumerar också en del fisk, b.la. siklöja (figur 14) som är den största bidragande orsaken till de höga dietöverlappen. Det är ändå ett förvånande högt piankavärde (0,22) gällande t.ex. röding >500 mm vs. lake >500 mm om man beaktar födopreferenserna visuellt (figur 12 och 14).

Födoval nya tidsperioden

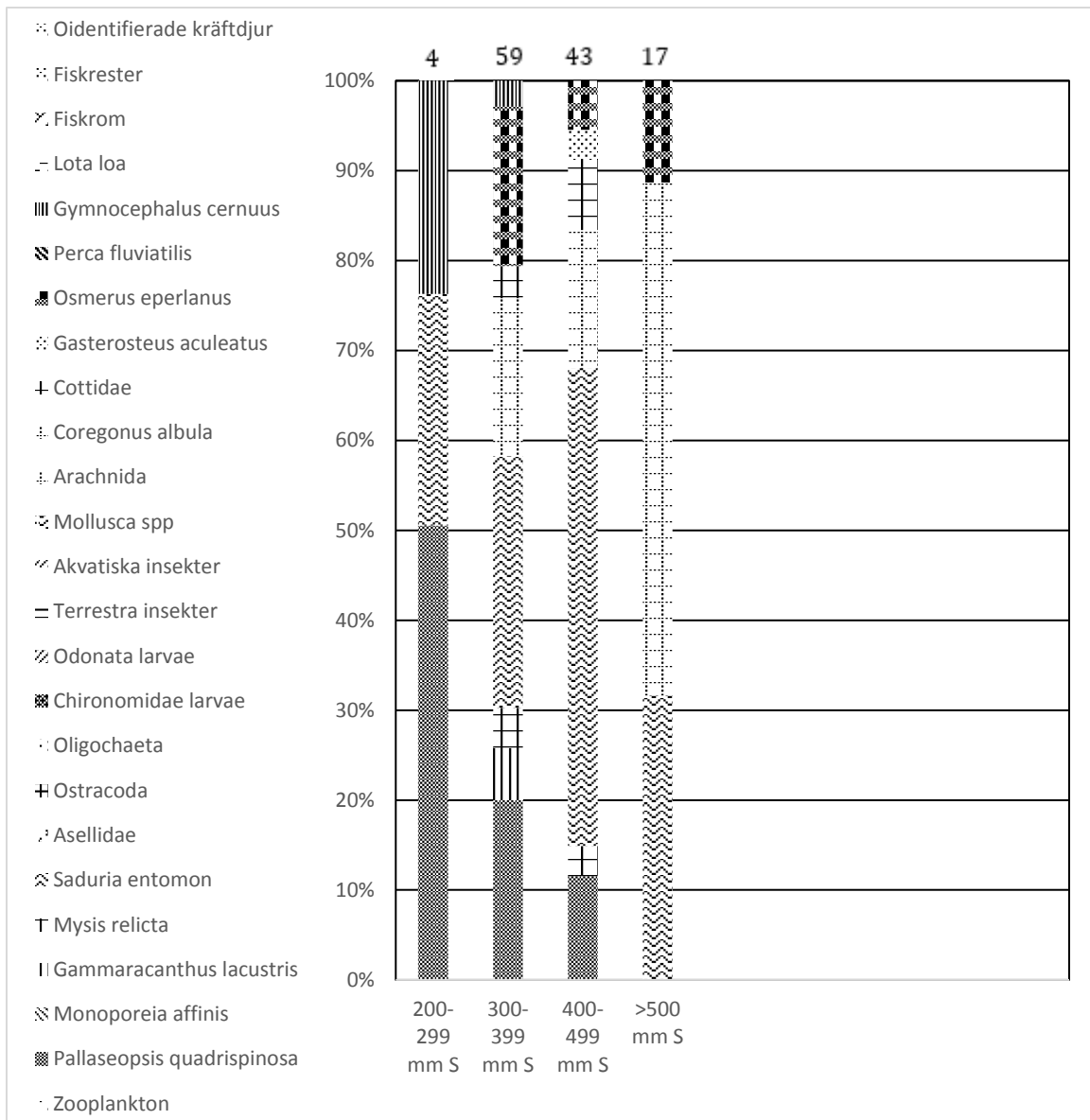
Här redovisas samtliga storleksklassers födoval från den nya tidsperioden.



Figur 12. Visualisering över rödingens födoval i respektive storleksklass. S= sommar. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.



Figur 13. Visualisering över sikens födoval i respektive storleksklass. S= sommar. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.



Figur 14. Visualisering över lakens födoval i respektive storleksklass. S= sommar. Ingen viktning görs beroende på hur full magen är. Alla individer i respektive storleksklass bidrar med lika stor andel. Siffran ovanpå staplarna anger hur många individer datan bygger på. Födogrupper som understiger 2% av respektive storleksklass redovisas inte.

Har konkurrensen förändrats?

För att ta reda på om konkurrensen kan anses ha förändrats mellan de båda tidsperioderna så har Mann Whitney-U-test utförts i de storleksklasser och årstidsklasser där överlappande data finns.

Tabell 2. Statistiska tester

Arter	Årstid	Storlekar (mm)		Antal piankavärden*	Medelvärde Pianka*	Mann whitney-U P-värde	Statistisk signifikans (gränsvärde 0,05)
Röding-Sik	S	300-399	400-499	7168	0,018	0,138	Nej
				36	0,000		
Röding-Sik	S	300-399	200-299	3328	0,030	0,001	Ja
				124	0,000		
Röding-Sik	S	300-399	300-399	13824	0,017	<0,001	Ja
				224	0,000		
Röding-Sik	S	400-499	300-399	2430	0,013	<0,001	Ja
				504	0,000		
Röding-Sik	S	400-499	400-499	1260	0,012	0,3	Nej
				81	0,002		
Röding-Sik	S	400-499	200-299	585	0,017	<0,001	Ja
				279	0,000		
Röding-Lake	S	300-399	300-399	768	0,042	0,172	Nej
				236	0,222		
Röding-Lake	S	400-499	300-399	135	0,093	0,002	Ja
				531	0,243		
Sik-Lake	S	200-299	300-399	39	0,000	0,001	Ja
				1829	0,033		
Sik-Lake	S	300-399	300-399	162	0,000	<0,001	Ja
				3304	0,067		
Sik-Lake	S	400-499	300-399	84	0,000	<0,001	Ja
				531	0,106		

*Det övre värdet är resultatet av de gamla storleksklasserna ställda emot varandra och det nedre värdet syftar på de nya storleksklasserna ställda emot varandra. S=sommar

Mann Whitney-testet ger stöd för att konkurrensen kan anses ha förändrats i åtta av elva st. Storleksklasser (tabell 2). Några av resultaten kan upplevas som kontraintuitiva. Exempelvis för röding i storleksklassen 300-399 mm mot Lake i storleksklassen 300-399 mm. Pianka's medelvärde går från 0,042 till 0,222 men erhåller ändå ett p-värde på "höga" 0,172. Samtidigt så går röding i storleksklassen 400-499 mm mot sik i storleksklassen 300-399 mm från 0,013 till 0,000 och det renderar i ett p-värde på <0,001. Resonemang om Mann Whitney-testets adekvans förs i diskussionsdelen.

Diskussion

Diskussion-metod

Innan diskussion om resultaten förs finns det några saker man bör vara medveten om. Som nämns i metoddelen så ställs alla individuella konsumenter mot varandra och medelvärde beräknas sedan. Detta får effekten att om pianka/laubmeiervärdet ska bli 1 så måste alla individer i båda storleksklasser som utreds konsumera exakt samma födogrupper och exakt samma fraktioner. Således är det av stor vikt att inte bara stirra sig blind på indexens värde utan också beakta den

visuella bilden över varje storleksklass konsumentvanor. Kombinerar man dessa så får man förutom ett mått på konkurrensen också ett mått på variationen inom respektive storleksklass. Höga indexvärden och en förhållandevis låg likhet i storleksklassernas figur över födopreferenser innebär således att variationen inom grupperna är förhållandevis låg (och tvärtom). Jag har laborerat lite med indexen och testat att ställa en rödingspopulation (storleksklass 200-299 mm) mot sig själv och erhåller då ett piankamedelvärde på ca. 0,3. Intuitivt kan man lätt tänka att en population som ställs mot sig själv bör resultera i ett indexvärde på 1. Så är alltså inte fallet och detta faktum kan inte nog accentueras.

En konsekvens av Pianka's formel är att indexets värde ökar med antalet födogrupper om det numerära överlappet i båda fallen är identiskt. Det får en något oönskad effekt då oidentifierade fiskrester och oidentifierade märkräftor (*amphipoda*) fördelas ut på de fiskarter/märkräftarter konsumenten ätit. En röding som ätit 100% oidentifierad fisk har alltså omnöterats som att den konsumerat en buffé av 5-6 fiskarter, något som troligen inte överensstämmer med verkligheten. Detta utmynnar i effekten att piankavärdet höjs marginellt på de konkurrenssituationerna där mycket oidentifierade fiskrester har konsumerats. Detta är den största anledningen till att Laubmeiers index har använts som komplement till Pianka. Den generella trenden (se bilaga 1) är att laubmeiervärdet i regel är lite lägre än piankavärdet. Med stor sannolikhet beror det faktumet på ovan nämnda förklaring.

Att fokus i rapporten ändå ligger på Piankavärdena och att Laubmeiervärdena endast presenteras i bilaga beror på att effekten som förklaras ovan upptäcktes förhållandevis sent och tidsbrist uppstod. Hade detta varit ett arbete som låg på en nivå högre än C-uppsats hade troligen en omvärdering av det skriftliga arbetet gjorts och fokuset hade lagts på Laubmeier's likhetsindex.

Oidentifierade fiskrester

Som nämns i metoden så finns "oidentifierade fiskrester" med som egen resurs när det gäller sik men inte gällande röding eller lake. Motivet till det förklaras också i metoden men jag vill påpeka att jag är medveten om att detta kan te sig problematiskt. De alternativ som funnits (t.ex. ha kvar oidentifierade fiskrester även för röding och lake) har stötts och blötts men slutsatsen jag landat i är att denna metod som används är den minst dåliga. Då siken konsumerat förhållandevis lite fisk så innebär det att den effekt som det får på resultatet är förhållandevis liten. Om siken hade konsumerat betydligt mer "oidentifierade fiskrester" hade troligtvis en omvärdering av födogrupperna gjorts.

Diskussion-Resultat-äldre tidsperioden

Som kan ses av figur ett så dietöverlappar rödingen i den minsta storleksklassen (<200 mm) kraftigt med siken i den minsta storleksklassen (200-299 mm). Om vi tar sommarperioden som exempel så ligger piankavärdet på 0,286. Om man sedan tittar konsumenternas födoval i dessa storleksklasser (figur nio och tio) så ser man att födopreferenserna är snarlika varandra. Med det höga dietöverlappsindexet och med beaktande av resonemanget som förs under "diskussion-metod" så kan man argumentera för att mellanartskonkurrensen i dessa storleksklasser är i nivå med inomartskonkurrensen.

Om vi fortsätter att betrakta figur 1 så ser vi att dietöverlappet mellan röding och sik minskar i takt med att siken växer. Siken äter fortfarande mycket kräftdjur men arten taggmärsla (*Pallaseopsis quadrispinosa*) ersätter pungräkan (*Mysis relicta*) som vanligaste födoval.

I och med att rödingen äter mer och mer fisk ju större den blir desto mer minskar dietöverlappet med siken. Ett visst överlapp kvarstår dock vintertid då båda arterna konsumerar en del fiskrom. Något som är anmärkningsvärt är att ingen fisk konsumeras av sikarna ens i de största storleksklasserna från den gamla tidsperioden. Generellt är det en sanning att sik övergår till en

mer fiskbaserad diet i och med ökad storlek (vätternvårdsförbundet, 2019) och mer nutida, opublicerad data visar att sikars diet i Vättern i storleksklass 450-550 mm består av ungefär 50% fisk (Sandström, 2019).

Då rödingens dietöverlapp med sik avtar så börjar den istället att överlappa med laken (figur 3-5). Det är föga överaskande då medelstora-stora rödingar och lakar främst är piscivorer. Rödingen är dock mer opportunistisk av sig och tenderar att hålla sig till den fiskföda som det för tillfället finns mycket av. Det stöds av magarna som analyserats i detta arbete (magkorten är markerade med datum och typ av nät, således kan man se att de rödingar som fångats i samma nät, samma dag ofta uppvisar snarlika födopreferenser. Detta redovisar jag inte kvantitativt utan endast i denna mera översiktliga beskrivning) men också andra studier har visat på detta (Johnson, 1980 & Amundsen 1995).

Diskussion-resultat-nya tidsperioden

För den nya tidsperioden så existerar inget dietöverlapp mellan röding och sik. Då konsumenterna från denna tidsperiod generellt är av större storlek än de från den tidiga tidsperioden så har vi i princip bara data över fiskätande röding. Den fisk som konsumeras av sik består av oidentifierade fiskrester så även om dietöverlappsindexen visar 0 så bör man vara medveten om att ett visst rellt dietöverlapp troligen föreligger. Rödingen överlappar istället substantiellt med lake från den nya tidsperioden. Det är i linje med förväntningarna då båda dessa arter vid större storlek mestadels konsumerar fisk. Att rödingen föredrar nors är också väntat då den utgjorde ca. 80% av bytesfisken (till individantal) som fanns i Vättern under denna period (Axenrot & Bergstrand, 2012). Rödingen är ju som nämnts tidigare en opportunist. Att röding och lake får höga dietöverlapp trots att den visuella bilden över födopreferenserna (figur 12 och 14) inte är slående lika varandra beror på att variationen inom storleksklasserna i dessa fall är förhållandevis liten.

Generellt bör man inte dra för stor växlar på dietöverlappen där storleksklasserna röding 300-399 mm, sik >500 mm och lake >500 mm ingår, detta då individantalet i dessa klasser är väldigt få.

Diskussion båda tidsperioderna

Som ses av tabell 1 så överlappar de båda tidsperioderna varandra mindre bra datamässigt. Den nya tidsperioden består av endast konsumenter infångade under sommartid och de är dessutom av större storlek. I några fall finns det dock data på båda tidsperioderna och i tabell 2 redovisas resultat från Mann Whitney-U-test för att ta reda på om konkurrensen kan anses ha förändrats. I 8/11 fall ger Mann Whitney- U-testet stöd för att så kan ha skett. I sju av dessa storleksklasserna så är medelvärdet för något av dietöverlappen 0. Detta innebär naturligtvis att samtliga delvärden från det dietöverlappet också är 0. Mann whitney U-test ragnordnar värdena från de båda grupperna emot varandra (utan att ta hänsyn till storleken på värdena) och är kanske inte optimalt att använda då den ena gruppens värde endast består av nollor. Därför kan man mer eller mindre ignorera Mann whitney U-testet där ett piangkavärde ökat från 0 till ett värde som är väldigt nära 0. Ett simpelt t-test hade inte heller varit lämpligt då mina indexvärden är långt ifrån normalfördelade. Återstår gör röding 400-499 mm vs lake 300-399 mm. Där går piangkavärdet från 0,093 till 0,243 och statistisk signifikans uppnås genom Mann-Whitney-U-testet. I detta fall består de äldre lakarna av endast av tre individer och med så få antal bör man vara försiktig med att påstå att konkurrensen förändrats även om testet ger stöd för det.

Sammanfattningsvis kan man säga att det är svårt att finna stöd för om konkurrensen förändrats. Mestadels beror det på att robusta överlappande data från båda tidsperioderna aldrig existerar.

Något som måste nämnas gällande båda tidsperioderna är att sikarnas magar gick från att innehålla noll andel djurplankton till en substantiell andel djurplankton i de två minsta storlekklasserna (mer än 30%, se figur 13). Det är en anmärkningsvärd skillnad. Om det beror på en reell förändring i födopreferens eller mer stokastiska faktorer är svårt att utröna. Nedbrytningshastigheter kan skifta och djurplankton bör tillhöra den typ av organism som bryts ned förhållandevis snabbt och kanske därför mindre sällan träffas på i magarna.

Diskussion Vättern som ekosystem

Även om ansatsen i detta arbete främst har varit att besvara konkurrenssituationen de tre arterna emellan så bör man belysa Vätterns födoväv på något sätt. Som ses av figurerna 6-8 och 12-13 så existerar det en stor mängd glaciala relikter i de olika konsumenternas magar. Pungräka (*Mysis relicta*), vitmärla (*Monoporeia affinis*), taggmärla (*Pallaseopsis quadrispinosa*), sjösyrsa (*Gammaracanthus lacustris*) och ishavsgråsugga (*Saduria entomon*) är alla populära födoval. Om man ska titta på någon annan stor sjö där motsvarigheter till de tre konsumenterna i detta arbete existerar så kan världens största sötvattenssjö, Lake superiour nämnas. Där finns kanadaröding (*Salvelinus namaycush*), Kiyi (*Coregonus kiyi*) och lake (*Lota lota*). Födoväven påminner om Vättern men i Lake superiour så axlar pungräkan en ännu större roll (Gamble, Hrabik, Stockwell & Yule, 2011). Vätterns födoväv har betydligt fler aktörer på samma trofiska nivå i och med att pungräkan "stöttas upp" av både vitmärla, taggmärla, sjösyrsa och ishavsgråsugga. Detta faktum borde innebära att ekosystemet Vättern är förhållandevis resilient mot stressorer.

Felkällor

Som alltid när man drar slutsatser från data bör man belysa potentiella svagheter. Några av felkällorna som sannolikt har effekt på resultaten är följande.

- Nedbrytningshastigheter av olika födogrupper skiftar sannolikt. Födoutyper med långsam nedbrytningshastighet kan således bli överrepresenterade som födoval.
- Ingen viktning görs beroende på hur fulla fiskmagarna var. Alla fiskars magar ger alltså samma tyngd.
- Dietöverlapp kan förekomma utan att det innebär konkurrens. Vättern är inte en liten pöl utan en stor, djup sjö där konsumenterna t.ex. kan ha olika djuppreferenser.

Etiska aspekter

När man använder sig av data där fiskar i vissa fall tas av daga för forskningssyfte så bör detta faktum naturligtvis kontempleras. Med detta gjort landar jag i slutsatsen att nettoeffekten i form av ökad kunskap vida överstiger den kostnad de olika fiskpopulationerna drabbas av. Den ickedigitaliserade datan i form av magkort hanterades varsamt på plats vid sötvattenslaboratoriet i Stockholm och återbördades till sin plats efter fotografering.

Slutord

På förhand var det mest intressanta att ta reda på hur konkurrensen mellan ung röding och sik ser ut/har sett ut. Resultaten gällande just den delen har varit tillfredsställande och frågorna har besvarats väl. Även om merparten av den analyserade datan är äldre än vad jag själv är så har arbetet varit både intressant och givande. Förhoppningsvis så tar någon annan över stafettpinnen och försöker utröna hur konkurrensen i de små storleksklasserna ser ut idag.

Tack

Stort tack till Tomas Jonsson som handlett mig på ett förträffligt sätt genom denna undervattensdjungel. Tack också till Malin Setzer och Alfred Sandström för bidragande av data, kunskap och engagemang. Slutligen vill jag tacka lille Basse och Johnny D för att ni är med mig i vått och torrt.

Referenser

- Amundsen, P.A., (1995). Feeding strategy of Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*): General Opportunist, but individual specialist. *Nordic J. Freshw. Res.* (1995) 71: 150-156
- Artdatabanken. Röding (sydsvenska bestånd). <https://artfakta.se/naturvard/taxon/salvelinus-alpinus-sydsvenska-best%C3%A5nd--100128>. Hämtad 2019-09-24
- Axenrot, T. & Bergstrand, E. (2012). Vätterns pelagiska fiskbestånd. Institutionen för Akvatiska resurser, SLU.
- Cantilla, T. & Aune, M., (2012) Dioxin- och PCB-halter i fisk och andra livsmedel 2000-2011. Livsmedelverket Rapport 21 2012
- Gamble, A., Hrabik, T., Stockwell, J. & Yule, D. (2011) Trophic connections in Lake Superior Part I: The offshore fish community. *Journal of Great Lakes Research* 37 (2011) 541-549
- Havs och Vattenmyndigheten (2016). Det yrkesmässiga fisket I sötvatten 2015. https://www.scb.se/contentassets/3726215fa1ae44a7b4b4a65fc866ad8f/jo1102_2015a01_sm_jo56sm1601.pdf. Hämtad 2019-09-27
- Havs och Vattenmyndigheten (2019). Det yrkesmässiga fisket I sötvatten 2018. https://www.scb.se/contentassets/2e0ae62c42f1426fa9d143e9a3e9e930/jo1102_2018a01_sm_jo56sm1901.pdf. Hämtad 2019-09-27
- Johnson, L., (1980) The arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Charrs. Salmonid fishes of the genus *Salvelinus* p15-98. Dr W Junk Publishers, the Hauge
- Jonsson, T. & Setzer, M. (2015). A freshwater predator hit twice by effects of warming across trophic levels. *Nat. Commun.* 6:5992 doi: 10.1038/ncomms6992
- Kvarnäs, H., (2001) Morphometry and Hydrology of the four Largest Lakes of Sweden, *Ambio* Vol. 30, No. 8, Dec. 2001
- Kullander, S.O., Nyman, L., Jilg, K. & Delling, B., 2012. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Laubmeier AN, Wootton K, Banks JE, Bommarco R, Curtsdotter A, Jonsson T, et al. (2018) From theory to experimental design— Quantifying a trait-based theory of predator-prey dynamics. *PLoS ONE* 13(4):e0195919. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195919>
- Palo, T. (1995). Atomer som budbärare. Fakta skog. Nr 3 1995. SLU
- Pianka, E. R. (1974). Niche Overlap and Diffuse Competition. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* Vol. 71, No. 5, pp. 2141-2145, May 1974.
- Sandström, A. (2019-05-25). Mailkonversation.
- Setzer, M. & Jonsson, T., (2012). Stomach content analyses to investigate long-term changes in pelagic ecosystem
- Setzer, M., Norrgård, J. R. & Jonsson, T. An invasive crayfish affects egg survival and the potential recovery of an endangered population of Arctic charr. *Freshwater Biol.* 56, 2543-2553 (2011).
- SMHI. (2018). Fakta om vättern. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-vattern-1.4730>. Hämtad 2019-09-27.

Svärdson, G., Filipsson, O., Furst, M., Hanson, M. & Nilsson, N. Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar. Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm No 15 [In Swedish] (Fiskeristyrelsens sötvattenslaboratorium, 1988).

Vätternvårdsförbundet. (2017). Förvaltningsplan fisk och fiske Vättern 2017-2022.. Rapport 127 från Vätternvårdsförbundet.

Vätternvårdsförbundet. (2019). Sik (*coregonus maraena*). <http://www.vattern.org/fisk-och-fiske/fisksamhallet/sik-coregonus-maraena/>. Hämtad 2019-09-25.

Werner, E., Gilliam, F. (1984). The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. Annual review of ecology and systematics, Volume 15 (1984), 393-425.

Bilaga

Överlappsindex/likhetsindex

Samtliga dietöverlappsindex/likhetsindex presenteras nedan.

Tabell 1: Konkurrens mellan röding och sik. Gamla konsumenter (1964-1978), sommar. Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,29±0,05	286	0,16±0,02	1188	0,19±0,03	616
Röding 200-299 mm	0,16±0,02	14041	0,10±0,01	5832	0,11±0,01	3024
Röding 300-399 mm	0,03±0,01	3328	0,02±0,00	13824	0,02±0,00	7168
Röding 400-499 mm	0,02±0,01	585	0,01±0,00	2430	0,01±0,00	1260

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 2: Konkurrens mellan röding och sik. Gamla konsumenter (1964-1978), sommar. Laubmeiers likhetsindex

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,24±0,04	286	0,13±0,04	1188	0,15±0,02	616
Röding 200-299 mm	0,13±0,01	14041	0,08±0,01	5832	0,09±0,01	3024
Röding 300-399 mm	0,03±0,00	3328	0,02±0,00	13824	0,01±0,00	7168
Röding 400-499 mm	0,02±0,01	585	0,01±0,00	2430	0,01±0,00	1260

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 3: Konkurrens mellan röding och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter. Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm		Sik >500 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	n	P, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,14±0,13	20	0,15±0,02	545	0,13±0,03	390	0,12±0,08	65
Röding 200-299 mm	0,31±0,06	124	0,17±0,01	3379	0,16±0,01	2418	0,13±0,03	403
Röding 300-399 mm	0,17±0,04	268	0,05±0,00	7303	0,07±0,01	5226	0,07±0,02	871
Röding 400-499 mm	0,04±0,04	84	0,03±0,01	2289	0,02±0,01	1638	0,02±0,02	273
Röding >500 mm	0,06±0,13	12	0,07±0,03	327	0,04±0,03	234	0,00±0,00	39

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 4: Konkurrens mellan röding och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter. Laubmeiers likhetsindex.

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm		Sik >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,11±0,10	20	0,13±0,02	545	0,12±0,03	390	0,11±0,07	65
Röding 200-299 mm	0,25±0,05	124	0,14±0,01	3379	0,13±0,01	2418	0,10±0,02	403
Röding 300-399 mm	0,14±0,03	268	0,04±0,00	7303	0,06±0,01	5226	0,06±0,01	871
Röding 400-499 mm	0,03±0,03	84	0,03±0,01	2289	0,02±0,01	1638	0,02±0,01	273
Röding >500 mm	0,04±0,09	12	0,06±0,03	327	0,04±0,03	234	0,00±0,00	39

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 5: Konkurrens mellan röding och lake, gamla (1964-1978) konsumenter, sommar. Piankas nisch-dietöverlappsindex.

	Lake 300-399 mm	
	P, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,00±0,00	66
Röding 200-299 mm	0,02±0,00	324
Röding 300-399 mm	0,04±0,00	768
Röding 400-499 mm	0,09±0,02	135

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 6: Konkurrens mellan röding och lake, gamla (1964-1978) konsumenter, sommar. Laubmeiers likhetsindex.

	Lake 300-399 mm	
	P, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,00±0,00	66
Röding 200-299 mm	0,03±0,01	324
Röding 300-399 mm	0,04±0,00	768
Röding 400-499 mm	0,08±0,02	135

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Tabell 7: Konkurrens mellan röding och lake, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter. Piankas nisch-dietöverlapsindex

	Lake 300-399 mm		Lake 400-499 mm		Lake >500 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,03±0,02	180	0,06±0,03	145	0,01±0,02	30
Röding 200-299 mm	0,06±0,01	1116	0,12±0,02	899	0,07±0,03	186
Röding 300-399 mm	0,06±0,01	2412	0,07±0,01	1943	0,12±0,03	402
Röding 400-499 mm	0,17±0,02	756	0,11±0,02	609	0,26±0,07	126
Röding >500 mm	0,07±0,03	108	0,06±0,08	87	0,15±0,15	18

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 8: Konkurrens mellan röding och lake, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter Laubmeiers likhetsindex

	Lake 300-399 mm		Lake 400-499 mm		Lake >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Röding <200 mm	0,02±0,02	180	0,05±0,02	145	0,01±0,02	30
Röding 200-299 mm	0,05±0,01	1116	0,10±0,01	899	0,06±0,03	186
Röding 300-399 mm	0,05±0,01	2412	0,05±0,01	1943	0,11±0,03	402
Röding 400-499 mm	0,15±0,02	756	0,09±0,02	609	0,24±0,07	126
Röding >500 mm	0,08±0,03	108	0,06±0,03	87	0,14±0,13	18

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Tabell 9: Konkurrens mellan lake och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, sommar. Piankas nisch-dietöverlapsindex

	Lake 300-399 mm	
	P, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,00±0,00	39
Sik 300-399 mm	0,00±0,00	162
Sik 400-499 mm	0,00±0,00	84

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 10: Konkurrens mellan lake och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, sommar. . Laubmeier's likhetsindex.

	Lake 300-399 mm	
	L, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,00±0,00	39
Sik 300-399 mm	0,00±0,00	162
Sik 400-499 mm	0,00±0,00	84

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Tabell 11: Konkurrens mellan lake och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter. Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Lake 300-399 mm		Lake 400-499 mm		Lake >500 mm	
	p, k.i. 95%	N	p, k.i. 95%	N	p, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,08±0,03	144	0,17±0,05	116	0,04±0,05	24
Sik 300-399 mm	0,10±0,01	3924	0,17±0,01	3161	0,10±0,02	654
Sik 400-499 mm	0,06±0,01	2808	0,11±0,01	2262	0,04±0,02	468
Sik >500 mm	0,03±0,01	468	0,08±0,02	377	0,02±0,03	78

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 12: Konkurrens mellan lake och sik, gamla (1964-1978) konsumenter, vinter. Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Lake 300-399 mm		Lake 400-499 mm		Lake >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,06±0,02	144	0,14±0,04	116	0,03±0,04	24
Sik 300-399 mm	0,08±0,01	3924	0,14±0,01	3161	0,09±0,02	654
Sik 400-499 mm	0,06±0,01	2808	0,10±0,01	2262	0,04±0,02	468
Sik >500 mm	0,02±0,01	468	0,06±0,02	377	0,02±0,02	78

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Nya konsumenter

Tabell 13: Konkurrens mellan röding och sik, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Röding 300-399 mm		Röding 400-499 mm		Röding >500 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,00±0,00	124	0,00±0,00	279	0,00±0,00	1364
Sik 300-399 mm	0,00±0,00	224	0,00±0,00	504	0,00±0,00	2464
Sik 400-499 mm	0,00±0,00	36	0,00±0,00	81	0,00±0,00	396
Sik >500 mm	0,00±0,00	12	0,00±0,00	27	0,00±0,00	132

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 14: Konkurrens mellan röding och sik, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Laubmeier's likhetsindex.

	Röding 300-399 mm		Röding 400-499 mm		Röding >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Sik 200-299 mm	0,00±0,00	124	0,00±0,00	279	0,00±0,00	1364
Sik 300-399 mm	0,00±0,00	224	0,00±0,00	504	0,00±0,00	2464
Sik 400-499 mm	0,00±0,00	36	0,00±0,00	81	0,00±0,00	396
Sik >500 mm	0,00±0,00	12	0,00±0,00	27	0,00±0,00	132

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Tabell 15: Konkurrens mellan röding och lake, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Piankas nisch-dietöverlappsindex

	Röding 300-399 mm		Röding 400-499 mm		Röding >500 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N
Lake 200-299 mm	0,00±0,00	8	0,00±0,00	36	0,00±0,00	176
Lake 300-399 mm	0,22±0,04	236	0,24±0,03	531	0,13±0,01	2596
Lake 400-499 mm	0,07±0,03	172	0,10±0,02	387	0,09±0,01	1892
Lake >500 mm	0,14±0,06	68	0,24±0,05	153	0,22±0,02	748

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 16: Konkurrens mellan röding och lake, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Laubmeier's likhetsindex.

	Röding 300-399 mm		Röding 400-499 mm		Röding >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Lake 200-299 mm	0,00±0,00	8	0,00±0,00	36	0,00±0,00	176
Lake 300-399 mm	0,17±0,04	236	0,19±0,02	531	0,11±0,01	2596
Lake 400-499 mm	0,05±0,02	172	0,08±0,02	387	0,08±0,01	1892
Lake >500 mm	0,11±0,06	68	0,18±0,05	153	0,18±0,02	748

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.

Tabell 17 Konkurrens mellan sik och lake, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Pianka's nisch-dietöverlappsindex

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm		Sik >500 mm	
	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N	P, k.i. 95%	N
Lake 200-299 mm	0,05±0,03	124	0,06±0,03	224	0,12±0,11	36	0,01±0,02	12
Lake 300-399 mm	0,03±0,01	1829	0,07±0,01	3304	0,11±0,02	531	0,01±0,01	177
Lake 400-499 mm	0,02±0,01	1333	0,05±0,01	2408	0,15±0,03	387	0,00±0,00	129
Lake >500 mm	0,01±0,00	527	0,02±0,01	952	0,08±0,04	153	0,00±0,01	51

P= pianka's medelvärde. Alla värden är avrundade till två decimaler.

Tabell 18: Konkurrens mellan sik och lake, nya (2006-2011) konsumenter, sommar Laubmeier's likhetsindex.

	Sik 200-299		Sik 300-399 mm		Sik 400-499 mm		Sik >500 mm	
	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N	L, k.i. 95%	N
Lake 200-299 mm	0,04±0,03	124	0,10±0,03	224	0,11±0,10	36	0,02±0,02	12
Lake 300-399 mm	0,03±0,01	1829	0,05±0,01	3304	0,08±0,02	531	0,03±0,00	177
Lake 400-499 mm	0,02±0,00	1333	0,04±0,01	2408	0,13±0,03	387	0,01±0,00	129
Lake >500 mm	0,00±0,00	527	0,01±0,00	952	0,07±0,04	153	0,00±0,00	51

L= Laubmeier's medelvärde. Alla värden avrundade till två decimaler.