



# **Havørredsmoltenes vandring i nedre Gudenå og Randers Fjord 2020**

December 2020



## Forord

Tak

Vi ønsker at takke de lokale lystfiskerforeninger, kommuner, Danmarks Sportsfiskerforbund samt disses repræsentanter i arbejdsgruppen "Havørreden tilbage til Gudenåen" for samarbejdet omkring dette projekt. Derudover skal rettes en stor tak til DTU Aquas fiskeriteknikere Andreas Svarer, Jørgen Skole Mikkelsen og Jes Dolby for deres store bidrag i forbindelse med feltarbejdet, samt DTU Aquas fiskeplejekonsulent Jan Nielsen, som deltager i ovennævnte arbejdsgruppe.

Silkeborg, december 2020

Kim Aarestrup, Kim Birnie-Gauvin, Hugo Flávio og Martin Lykke Kristensen



## Indhold

Sammenfatning .....	4
<b>1. Indledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Materialer og Metoder .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater .....</b>	<b>12</b>
3.1 Overlevelse .....	12
3.2 Overlevelse i forhold til tidligere undersøgelser .....	13
3.3 Vandringshastighed.....	14
3.4 Vandringshastigheder sammenlignet med tidligere undersøgelser.....	15
3.5 Døgnadfærd .....	15
3.6 Timing af udvandring.....	17
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>19</b>
4.1 Overlevelse .....	19
4.2 Overlevelse i forhold til tidligere undersøgelser .....	20
4.3 Vandringshastighed.....	21
4.4 Vandringshastigheder sammenlignet med tidligere undersøgelser.....	21
4.5 Døgnadfærd .....	22
4.6 Timing af udvandring.....	22
<b>5. Konklusion .....</b>	<b>22</b>
Referencer.....	24
<b>6. Bilag 1 .....</b>	<b>26</b>

## Sammenfatning

Denne rapport beskriver resultaterne fra projektet Smoltrack Gudenå, der har til formål at undersøge havørredsmolts vandring gennem nedre Gudenå og Randers Fjord. Den nedre del af Gudenåen har i mange år været et godt havørredvandløb, leveringsdygtigt i et stort antal havørreder til et godt lystfiskeri i selve åen, samt videre ud i Randers Fjord og de indre danske farvande.

I de senere år er fangsterne af havørred faldet drastisk, og det har været spekuleret i årsagerne. Nærværende projekt blev derfor igangsat for at undersøge smolt-adfærd og -overlevelse under nedvandringen i Gudenåen. Et stort tab af smolt kan være en flaskehals for havørredbestandens størrelse. Projektet er et samarbejde mellem DTU Aqua og arbejdsgruppen "Havørreden tilbage til Gudenåen", hvor kommunerne og lystfiskerforeningerne i den nedre Gudenå deltager sammen med Danmarks Sportsfiskerforbund.

Der blev i alt fanget og mærket 150 "vilde" smolt med individuelt kodede akustiske sendere. Mærkernes kode blev registreret, når smoltene passerede et netværk af lyttestationer opstillet i selve åen og i fjorden. Fiskene blev mærket i to grupper, en i den øverste del neden for spærringen ved Gudenåcentralen (Skibelund Bæk og Møbækken) og en i den mellemste del (Hadsten Lilleå). Fiskene blev fanget og mærket i perioden 23-26. marts 2020.

Data fra smoltenes vandring viser, at overlevelsen ned gennem Gudenåen og ud gennem Randers Fjord var relativt høj. Således overlevede godt 74% af de mærkede smolt fra de tre vandløb hele vandringen gennem Gudenåen og Randers Fjord til Udbyhøj. Generelt var overlevelsen lavest i den yderste, brede del af fjorden.

I forhold til tidligere undersøgelser, hvor der kun blev mærket smolt fra Lilleåen 2003 og 2005 fandt nærværende undersøgelse ingen statistisk signifikant forskel i overlevelsen (76,5 % i 2020, 76,7 % i 2005 og 80,6 % i 2003). Der ses heller ingen signifikant forskel i overlevelsen på strækningen fra Langå til Randers (96,3 % i 2020 vs. 100 % i 2005 og 96,8 % i 2003), hvor det ellers har været foreslået at etableringen af VMPII vådområdeprojekter i perioden 2007-2012 kan være årsag til en lavere overlevelse. Med forbehold for eventuel årsvariation, er der altså ikke noget der tyder på, at nedgangen i ørredbestanden i Gudenåen skyldes etableringen af disse vådområder.

De fleste smolt som gennemførte turen fra mærkningsstedet og ud til fjorden, gjorde dette i løbet af 4-7 uger efter mærkningen. Hovedparten af udtrækket til fjorden fandt sted i perioden 5 – 25. maj. Den sidste fisk blev registreret i undersøgelsen den 18. juni (ved Udbyhøj).

Generelt bidrager undersøgelsen med værdifuld viden om havørredsmolts adfærd i Gudenåen og Randers Fjord. Det anbefales at undersøgelsen gentages i 2021 for at sikre et bedre datagrundlag og reducere risikoen for at en eventuel årsvariation har påvirket resultaterne. Dermed opnås mere sikre resultater før eventuelle forvaltningstiltag diskuteres. Hvis en gentagelse af undersøgelsen viser en tilsvarende god smoltoverlevelse på vandringen ned igennem Gudenåen og Randers Fjord, må det vurderes som usandsynligt, at tilbagegangen for havørredbestanden i Gudenåen kan forklares med høj dødelighed på de vandrende smolt fra havørredens gydevandløb til Kattegat.



(i)

## 1. Indledning

Gudenåen er Danmarks længste vandløb. Åen er kendt for sit gode havørredfiskeri på strækningen nedstrøms Gudenåcentralen, og denne del af åen er et meget populært mål blandt lystfiskere. Opstrøms Gudenåcentralen er der meget få havørred på grund af dårlige passageforhold ved Gudenåcentralen og Tange reservoiret og derfor stort set intet havørred fiskeri (Koed et al 1996; Jepsen et al 1998). Den nedre Gudenås status som godt havørredvandløb skyldes primært fri passage for vandrefisk, samt gode produktive tilløb på strækningen, med Hadsten Lilleå som det absolut vigtigste, set i forhold til antal producerede havørreder.

Havørredens (*Salmo trutta*) livscyklus begynder i ferskvand. De voksne fisk gyder deres æg i lavvandede hurtigstrømmende vandløb med grusbund. Her klækker æggene, og ungfisken vokser op i løbet af de næste 1-3 år, indtil de med en størrelse på 8-25 cm smoltificerer og påbegynder en migration mod havet som såkaldte smolt i løbet af foråret (Koed et al. 1997; Aarestrup 2001). Smoltmigrationen er et kritisk stadie i fiskenes livscyklus, og er af stor betydning for, om den lokale bestand får succes (Elliott, 1994; Crisp, 2000; Jonsson og Jonsson, 2009). Ørredens kondition og størrelse er af betydning for migrationstidspunktet, og hurtigvoksende smolt migrerer typisk i en ung alder og lille størrelse, mens langsomt voksende smolt typisk migrerer nogle år senere men til gengæld som større fisk (Økland et al. 1993). De største fisk migrerer generelt tidligst på sæsonen, mens de lidt mindre fisk typisk kommer senere på foråret (Bohlin et al. 1993; Bohlin et al. 1995). Der kan være stor forskel på smoltenes overlevelse alt efter hvilke forhold, der møder fiskene, når de begiver sig ud på vandringen igennem vandløb, fjord- og havområder. Prædatorer, for eksempel skarv og sæl, kan potentielt gøre stor skade på bestanden af laksefisk, hvis de er til stede ved vandløbenes munding (Koed et al. 2006), ligesom undersøgelser har vist, at smolt, der vandrer ind i søer og reservoirer, har en voldsomt forøget dødelighed (Jepsen et al 1998; Schwinn et al 2017).

I de seneste 10-20 år er lystfiskeriet efter havørred i den nedre del af Gudenåen blevet gradvist dårligere, og der har været spekuleret i årsagerne, uden at der dog er kommet nogen afklaring. Det har bl.a. været foreslået, at etableringen af vådengsprojekter opstrøms for Randers har medført en forøget smoltdødelighed sammen med en generel stigning i skarvbestanden i området (Nielsen 2019). En hypotese har også været, at der er sket en forøget dødelighed under havopholdet og/eller en stigende prædation fra f.eks. oddere på ungfisk i havørredens gydevandløb. Uden specifikke undersøgelser forbliver det dog kun teorier. DTU Aqua igangsatte derfor en undersøgelse af tæthederne af ungfisk i tilløbene til den nedre Gudenå og tilløb til Randers Fjord med det formål at undersøge udviklingen over tid. Sammenligningen viste, at bestandene af ørredyngel fra gydning er faldet betydeligt i tilløbene til Gudenåen nedstrøms Tange (Christensen & Mikkelsen 2020), men steget i tilløbene til Randers Fjord (Holm 2020). Disse resultater tyder på, at udfordringen er lokal og kan være koncentreret om, hvad der sker i den nedre Gudenå med tilløb og i den første del af Randers Fjord. Næste skridt vil derfor naturligt

være at undersøge i hvor stort omfang, smoltene overlever vandringen ned gennem åen og fjorden. Denne strækning blev undersøgt i 2003 og 2005 med smolt, der var mærket i Hadsten Lilleå inden etableringen af vådengsprojekterne (<https://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/haslev-vaerum-enge/>). Undersøgelserne fra 2003 og 2005 kan således bruges som sammenligningsgrundlag for den nærværende undersøgelse til at afklare om etableringen af vådområder i 2007-2012 har forårsaget øget smoltdødelighed i den nedre del af Gudenåen. Undersøgelser har vist, at smoltvandringen ofte fungerer som en såkaldt flaskehals for laksebestandes størrelse (Thorstad et al 2012). Som smolt har fiskene overlevet den tæthedsafhængige dødelighed, der normalt finder sted blandt ungfiskenes i gyde og opvækstvandløbene (Rasmussen et al 2016). Et eventuelt stort tab af smolt vil derfor umiddelbart direkte udmønte sig i en lavere opgang af voksne havørred de følgende år.

Smoltenes vandring og overlevelse kan følges ved hjælp af akustisk telemetri, hvor fiskene mærkes med elektroniske mærker, der udsender lydsignaler. Lydsignalerne fra de mærkede fisk kan opfanges af lyttestationer, som er opstillet på strategiske steder i åen og fjorden. På den måde kan man få data om ørredernes migration gennem fjorden (f.eks. deres hastighed eller døgnrytme), og samtidig se hvor mange, der forlader den. Ved at opsætte lyttestationer på strategiske steder kan forsøgsområdet deles ind i mindre dele, hvor det kan være særligt interessant at følge fiskenes vandring, herunder områder, hvor man har formodninger om forhøjet tab af smolt. Håbet er således, at undersøgelsen kan hjælpe med at give en bedre forståelse af smoltenes vandring og de forskellige områders betydning for ørrederne. Hvis nedgangen i Gudenåens ørredbestand relaterer sig til reduceret overlevelse hos smoltene, mens disse trækker ud gennem åen og Randers Fjord, kan undersøgelserne derved identificere udfordringer, som eventuelt kan udbedres med henblik på at fremme bestanden i Gudenåen.

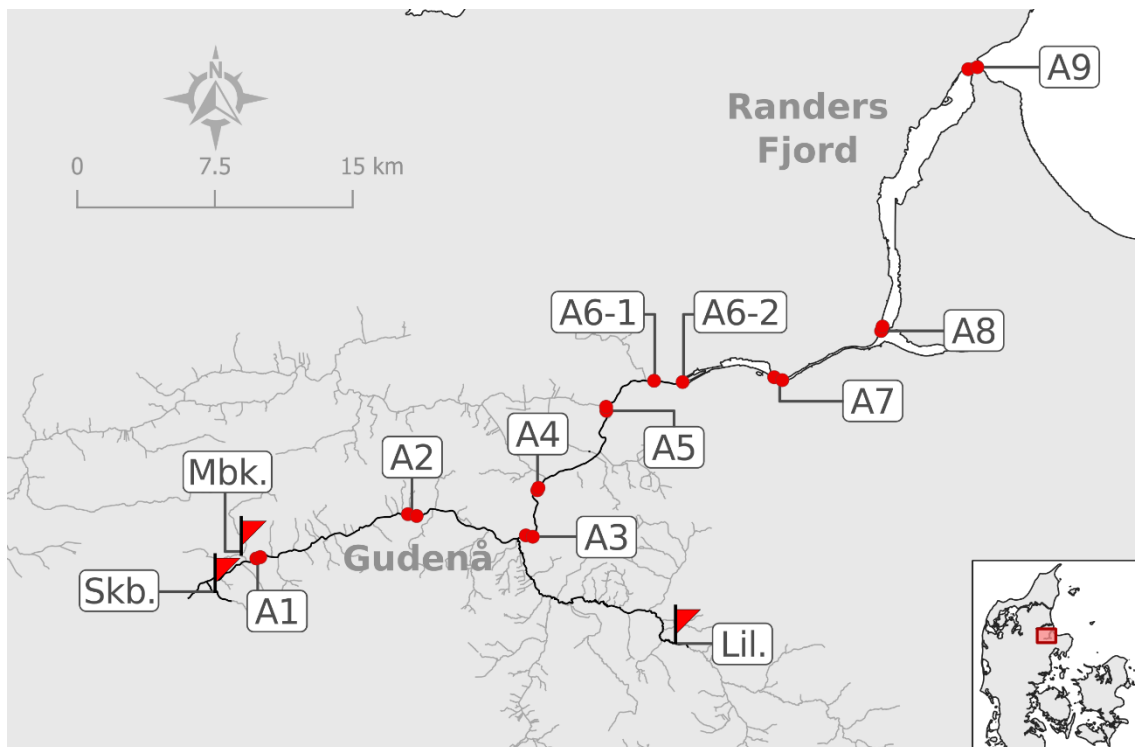
## 2. Materialer og Metoder

Gudenåen udspringer i Tinnet Krat og er med sine ca. 160 km Danmarks længste vandløb. Fra sit udspring løber åen mod nordøst til den 38 km lange, østvendte Randers Fjord der munder ud i Kattegat. I forhold til anadrome laksefisk, som gyder i ferskvand og lever en del af livet i saltvand, er det kun de nederste 37 km inkl. tilløb, der er interessante, da Tangeværkets spærring og den opstrøms beliggende Tange Sø forhindrer selvreproduktion opstrøms. Smoltundersøgelsen er derfor begrænset til denne nedre del.

### **Lyttestationer:**

19 hydrofoner (lyttestationer) blev opstillet fra Bjerringbro ud til Udbyhøj på strategisk udvalgte steder, så det var muligt at se, om fiskene havde passeret forbi. Lyttestationerne blev grupperet, så forsøgsområdet blev inddelt i otte delområder (Figur 1). Lyttestationerne var af mærket

Thelma TBR700 (<https://www.thelmabiotel.com/receivers/tbr-700/>) som kan detektere de anvendte mærker på en afstand på cirka 350 meter. Lyttestationerne blev placeret ved smalle områder i fjorden på en måde, så fiskene ikke kunne passere gennem dette område uden at blive detekteret. Derved var det muligt at afgøre, hvilken delstrækning fiskene havde opholdt sig på, samt hvor længe de havde opholdt sig der.



Figur 1. Kort over undersøgelsesområdet. Skb., Mb. og Lil, viser udsætningspositionerne for de mærkede fisk i henholdsvis Skibelund Bæk, Møbækken og Lilleåen. A1 – A9 viser placeringen af de enkelte grupper af lyttestationer, som bruges til at registrere passerende fisk. De enkelte områders lokale navne fremgår af Bilag 1.

Lyttestationerne var alle opstillet og klar den 20. marts 2020, og de blev efterfølgende regelmæssigt tømt for data. Lyttestationerne sidder under en bøjle (ca. 40 cm) og er forankret med et synk på bunden. Bøjlen består af en vage med et gult flag med navn og telefonnummer, samt en hvid flyder (Figur 2). Lyttestationen er ekstra sikret med en garnkugle i tilfælde af evt. påsejling af bøjlen. I den ydre del af fjorden blev stationerne monteret på de faststøbte sejlrødemærker (Figur 2). På tre af stationerne (ved Bjerringbro, opstrøms Randers og ved Udbyhøj) var der yderligere monteret eksterne temperaturloggere. Lyttestationerne bliver typisk opstillet i grupper af mindst to for dels at sikre mod datatab, dels at kunne sikre en så høj detektion som muligt. Mærkerne fungerer ved at udsende en individuel ID kode, så man kan kende forskel på fiskene





(koden udsendes med variabel frekvens hvert 30-90. sekund). Hvis fisken passerer lyttestationerne for hurtigt eller stationernes rækkevidde er for kort, kan fisken med mærket have passeret lyttestationerne, inden mærket har nået at sende en ny ID-kode. Forsøget blev afsluttet den 26. juni 2020, hvor lyttestationerne blev hjemtaget og afladet for data. Den 25. og 26. juni blev der tillige pejlet efter sendere manuelt igennem hele forsøgstrækningen for at identificere eventuelle mærker, der stadig befandt sig på forsøgstrækningen.



Figur 2. Lyttestationerne blev placeret med et synk på bunden, bundet til en hvid vage og forsynes med navn og telefonnummer (eksempel i øverste billede) eller fastgjort på de faststøbte sejlrendemærker i fjorden (eksempel i nederste billede) fotos: Jes Dolby.

Systemet fungerede fortrinligt, og effektiviteten af de 9 grupper af lyttestationer var i de fleste tilfælde 100 % (dvs. at alle mærkede fisk blev registreret), med den laveste effektivitet på 97,5%. Effektiviteten af de enkelte grupper kan ses i Bilag 1.

## Mærkning af smolt:

Smoltene til mærkning blev elektrofisket i vandløbet af en erfaren fiskeritekniker fra DTU Aqua, mellem den 23. og 26. marts. Efter fangst blev smoltene direkte overført til et kar med frisk vandløbsvand. Kun fisk med en længde på minimum 15 cm med fremskreden smoltificering og sølvfarvning blev udvalgt til mærkning. Dette sker for at sikre, at fiskene var store nok til at bære mærket uden gener samt for at opnå, at den størst mulige andel af de mærkede smolt vandrede nedstrøms efter mærkningen.

75 smolt blev mærket i Hadsten Lilleå, 19 smolt i Skibelund Bæk samt 56 smolt i Møbækken. Alle fisk blev mærket med et Thelma Biotel 7,3 mm akustisk telemetrimærke (7.3mm diameter, 17mm lang, 1.1g i vand - [www.thelmabiotel.com/index.php?pagelid=558](http://www.thelmabiotel.com/index.php?pagelid=558)). Mærkerne udsender deres ID hvert 30-90. sekund, hvilket bliver opfanget af lyttestationer hvis de er inden for rækkevidde. Mærkerne sender med en styrke på 139 dB re 1 uPa ved 1 m, hvilket giver en forventet rækkevidde på ca. 350 meter i roligt vejr. Den fabriksgaranterede batterilevetid for denne type telemetrimærke var 113 dage, mens den forventede batterilevetid var 189 dage. Der var derfor fabriksgaranti for, at mærkerne sendte indtil 22. juli, mens de forventedes at sende indtil 9. oktober.

Mærkningen foregik ved, at fiskene blev bedøvet i en benzokain opløsning (300 ppm), indtil vejtrækningen blev langsom og irregulær (normalt  $3 \pm 2$  minutter). Herefter blev fiskene målt, vejret og fotograferet, inden en erfaren fiskekirurg indopererede det elektroniske mærke i bughulen på fisken i overensstemmelse med retningslinjerne beskrevet i tilladelse 2017-15-0201-01164 fra Dyreforsøgstilsynet. Fisken blev placeret med bugen op, og mærket blev indsat gennem et maksimum 0,5 cm langt snit, som efterfølgende blev lukket med 1-2 sting (5-0 Vicryl absorbable sutures, Ethicon). Et lille stykke af fedtfinnen samt ganske få skæl blev indsamlet fra hver fisk (til eventuelle senere alders- og genetiske analyser), inden fisken blev lagt til opvågning i friskt vand til opvågning. Selve operationen varede 1-2 minutter, og efter fuldstændig opvågning blev fisken genudsat. Den samlede procedure fra opfiskning til genudsætning varede 10-20 minutter. Alle fisk blev udsat tæt på deres fangststedet. Længde og vægt-data for de mærkede fisk kan ses i tabel 1.

Tabel 1. Oversigt over de mærkede fisks antal (N), længde og vægt med standardafvigelse i parentes, fordelt på gruppe.

	N	Gns. længde (cm)	Gns. vægt (g)
Skibelund	19	16,9 (1,3)	44,6 (9,9)
Møbækken	56	16,4 (0,9)	38,6 (6,4)
Lilleå	75	16,7 (1,0)	40,5 (7,2)

## Analysér

Data blev downloadet fra lyttestationerne og gemt i en samlet database. Til den videre analyse blev åen og fjorden betragtet som inddelt i de otte områder vist i figur 1. En registrering af en fisk ved en lyttestation blev tolket som, at fisken havde passeret lyttestationen. Fiskenes migrationshastighed blev beregnet som den kortest mulige vej afstand mellem to lyttestation-positioner delt med den tid, der var gået mellem registreringen på de to lyttestationer. Alle analyser er gennemført i programmet R ([www.r-project.com](http://www.r-project.com)) med softwarepakken actel (Flavio 2020), et program der er målrettet denne type telemetri-undersøgelser. Data fra akustisk telemetri indeholder nogle gange fejlkoder (det kan være andre koder end dem, der er brugt, eller koder der er detekteret, før fisken er sat ud). Disse fejlkoder skal sorteres ud på en standardiseret og reproducerbar måde, inden man påbegynder analyserne. Actel laver netop en sådan sortering og producerer herefter et overblik og initiale analyser over hovedresultaterne. Disse resultater kan så yderligere bearbejdes i forhold til det brugerbehov, der findes.

En generaliseret lineær model (GLM) med Bernoulli distribution (logit link function) blev brugt for at teste om sandsynligheden for overlevelse i 2020 var korreleret med udsætningssted og smolt-længde (målt ved A9) i 2020 for smolt, der blev registreret i Gudenåen. Tre GLM'er med en Gamma distribution (logit link function) blev anvendt for at undersøge effekten af år (2003, 2005 og 2020) på vandringshastigheden på 3 sammenlignelige strækninger (A3 – A6.2, A6.2 - A8 og A8 – A9). Mardia–Watson–Wheeler tests blev brugt til sammenligning af forskelle i ankomsttid (som et udtryk for døgnvandringen) i 2020 ved henholdsvis A1, A8 og A9.

## 3. Resultater

### 3.1 Overlevelse

Størsteparten af smoltene i undersøgelsen vandrede helt til Udbyhøj (tabel 2). Den samlede overlevelse for de fisk, der indgik i undersøgelsen, var således ca. 70 %. Hvis der kun regnes med fisk, som er registreret på mindst en station i Gudenåen, og som derfor med sikkerhed har bevæget sig nedstrøms efter mærkningen, så er den samlede overlevelse på 74 % (se næste afsnit).

Sammenlagt forsvandt der 10 fisk inden de første registreringer på lyttestationerne: En enkelt fisk fra Møbækken blev ikke registreret, og i Lilleåen blev 66 fisk registreret ud af de 75 mærkede. I forhold til en direkte sammenligning af vandringen i Gudenåen mellem grupperne og med tidligere undersøgelser er det den mest relevante fremgangsmåde ikke at medtage ikke-registrerede fisk i analyserne. Disse korrigerede tal er også vist i tabel 2.

Overlevelsen på de enkelte delstrækninger i Gudenåen ned til Randers viser generelt en god overlevelse. Der forsvinder dog ca. 10 % af fiskene fra Møbækken, inden de når Langå. Både relativt og antalmæssigt forsvinder der flere smolt fra Randers og ud mod Dronningborg Bredning end i Gudenåen. På den efterfølgende strækning efter Dronningborg Bredning til Uggelhuse er tabet igen meget lille. Der forsvinder relativt flest smolt i den ydre brede del af fjorden fra Uggelhuse til Udbyhøj. Statistisk set var der ingen signifikant forskel på gruppernes overlevelse ud af fjorden (GLM:  $\chi^2 = 0.833$ ,  $p = 0.659$ ) eller i forhold til længde (GLM:  $\chi^2 = 2.076$ ,  $p = 0.150$ ).

Tabel 2. Registrering i procent af de enkelte grupper af akustisk mærkede smolt (antal i parentes) fordelt ned gennem Gudenåen og ud gennem Randers Fjord 2020.

Gruppe	Antal										
	mærkede	A1	A2	A3	A4	A5	A6-1	A6-2	A7	A8	A9
Skibelund	100 (19)	100 (19)	100 (19)	100 (19)	100 (19)	94,7 (18)	94,7 (18)	89,5 (17)	84,2 (16)	84,2 (16)	73,7 (14)
Møbækken	100 (56)	98,2 (55)	91,1 (51)	89,3 (50)	89,3 (50)	89,3 (50)	87,5 (49)	87,5 (49)	76,8 (43)	76,8 (43)	69,6 (39)
Møbækken*	100 (55)	100 (55)	92,7 (51)	90,9 (50)	90,9 (50)	90,9 (50)	89,1 (49)	89,1 (49)	78,2 (43)	78,2 (43)	70,9 (39)
Lilleå	100 (75)	-	-	88,0 (66)	88,0 (66)	86,7 (65)	86,7 (65)	85,3 (64)	78,8 (59)	77,3 (58)	68,0 (51)
Lilleå*	100 (66)	-	-	100 (66)	100 (66)	98,5 (65)	98,5 (65)	97,0 (64)	89,4 (59)	87,9 (58)	77,3 (51)
Samlet (ikke korrigeret)	<b>100</b> <b>(150)</b>	<b>99,3</b> <b>(149)</b>	<b>96,7</b> <b>(145)</b>	<b>90,7</b> <b>(135)</b>	<b>90,7</b> <b>(135)</b>	<b>89,3</b> <b>(133)</b>	<b>88,7</b> <b>(132)</b>	<b>87,3</b> <b>(130)</b>	<b>79,3</b> <b>(118)</b>	<b>78,7</b> <b>(117)</b>	<b>69,3</b> <b>(104)</b>

\* Tal korrigeret for fisk, der ikke nåede den første lyttestation. I Skibelund nåede alle fiskene frem til den første lyttestation i Gudenåen, og tallene er derfor ikke korrigeret.

### 3.2 Overlevelse i forhold til tidligere undersøgelser

I tabel 3 ses en sammenligning af undersøgelserne i 2003 og 2005 med undersøgelsen i 2020. I 2003 og 2005 var der kun placeret lyttestationer ved Lilleåens udløb (A3), Randers (A6.2), Uggelhuse (A8) og Udbyhøj (A9), og det er derfor kun muligt at sammenligne med disse stationer. Tallene viser, at der kun er meget små forskelle på den generelle overlevelse ud af fjorden. Der er dog en tendens til et lidt større tab i 2020 fra Randers til Uggelhuse, men antallet af fisk er så lille, at det kan skyldes tilfældigheder. Forskellen bliver dog udjævnet i den ydre del af fjorden således, at der ikke er forskel på overlevelsen ud af fjorden i 2003/2005

sammenlignet med 2020. Der er således ingen statistisk signifikant forskel imellem smolt dødelighederne på strækningen fra Lilleåens udløb til Udbyhøj imellem årene (GLM:  $\chi^2 = 0.798$ ,  $p = 0.671$ ).

Tabel 3. Sammenligning af overlevelsen i % ved 2020-undersøgelsen og undersøgelserne i 2003 og 2005 (antal i parentes). Kun fisk der er registreret ved A3 (Lyttestationer umiddelbart nedstrøms Lilleåens udløb i Gudenåen) er medtaget. A6.2 = Randers, A8 = Uggelhuse og A9 = Udbyhøj

Gruppe	A3	A6.2	A8	A9
Lilleå 2020	100 (133)	96,3 (130)	86,7 (117)	77,0 (104)
Lilleå 2003	100 (31)	96,8 (30)	93,5 (29)	80,6 (25)
Lilleå 2005	100 (30)	100 (30)	90,0 (27)	76,7 (23)

### 3.3 Vandringshastighed

Vandringshastighederne i 2020 varierede fra knap 3 km/døgn i den ydre del af fjorden til 44 km/døgn på strækningen fra Lilleåens udløb ned til Væth (tabel 4). Generelt ses de højeste vandringshastigheder i Gudenåen, med en del lavere vandringshastigheder i fjorden. Hastigheden er lavere fra Randers til enden af Dronningborg Bredning, men stiger så derfra ud mod Uggelhuse. I den yderste del af fjorden fra Uggelhuse til Udbyhøj har fiskene den laveste vandringshastighed. De fleste fisk forlader fjorden i perioden fra 5 – 25. maj, mens den sidste registrering i fjorden (ved Udbyhøj) er den 18. juni.

Tabel 4. Sammenligning af vandringshastigheder, km/døgn (+/- SD), på de forskellige strækninger smoltene har passeret. A2-hastigheden er hastigheden af passerende smolt beregnet mellem A1 og A2, A3 beregnet mellem A2 og A3 osv.

	A1*	A2	A3*	A4	A5	A6-1	A6-2	A7	A8	A9
2020	-	28,19 (23,35)	35,93 (25,22)	43,53 (22,84)	35,6 (22,92)	31,56 (19,96)	17,41 (19,22)	11,3 (10,96)	18,36 (20,03)	2,89 (3,74)

\* Fisk der har første registrering på disse lyttestationer er udeladt (fordi hastigheden fra udsætning til første lyttestation ikke er sammenlignelig med hastigheden mellem to lyttestationer).

### 3.4 Vandringshastigheder sammenlignet med tidligere undersøgelser

Tabel 5 giver et overblik over vandringshastighederne fra Lilleåen til Uggelhuse i 2020 i forhold til undersøgelserne i 2003 og 2005. Mønsteret fra 2003 og 2005 gentager sig i 2020, selv om vandringshastighederne generelt var lavere i 2020 end ved de to tidligere undersøgelser. Den højeste vandringshastighed findes i selve Gudenåens løb ned til Randers, falder fra Randers ud til Uggelhuse og er lavest i den yderste del af fjorden fra Uggelhuse til Udbyhøj.

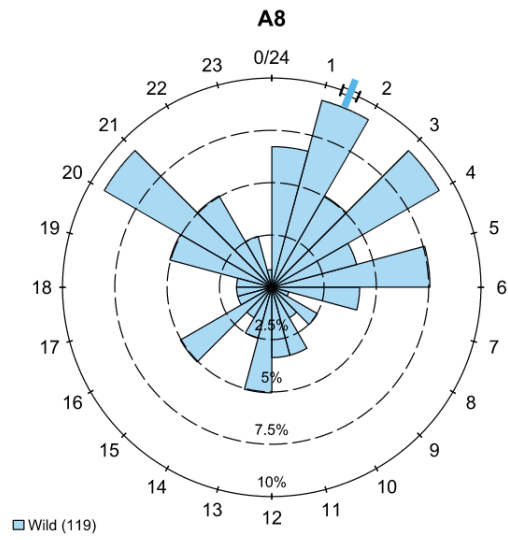
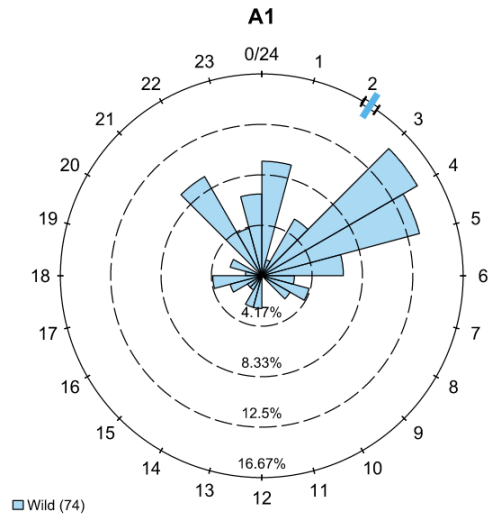
Tabel 5. Vandringshastigheder (+/- SD) fra undersøgelserne i henholdsvis 2003, 2005 og 2020. Alle hastigheder er i km/døgn.

Gruppe	A3 til A6.2	A6.2 til A8	A8 til A9
Lilleaa2020*	17,55 (15,65)	7,82 (7,58)	2,88 (3,74)
Lilleå 2003	32,96 (12,67)	15,48 (9,92)	3,18 (5,05)
Lilleå 2005	32,47 (19,22)	13,96 (9,26)	4,95 (6,15)

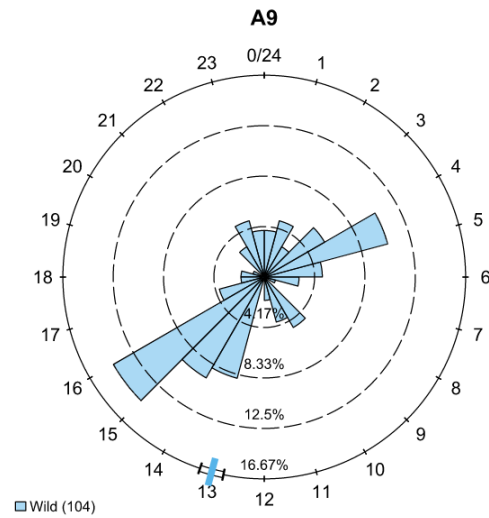
Vandringshastigheden var signifikant lavere i 2020 på strækningerne fra Langå til Randers (A3 – A6.2) og fra Randers til Uggelhuse (A6.2 – A8) end i 2020 (A3 til A6-2 GLM:  $\chi^2 = 26.664$ ,  $p = 1.622e-06$  og A6-2 til A8 GLM:  $\chi^2 = 20.814$ ,  $p = 3.023e-05$ ). Der var ingen signifikant forskel på vandringshastigheden mellem A8 og A9 imellem årene.

### 3.5 Døgnadfærd

Der var signifikant forskel på tidspunktet for ankomsttid mellem stationerne A1 – A7, A8 og A9 ( $W(4) = 16.459$ ,  $p = 0.002$ ). Smoltene var mest aktive om natten, med en gennemsnitlig passagetid omkring kl. 2.00 for stationerne fra Bjerringbro til Randers Øst (stationer 1 – 7) ( $\bar{x}A1 = 02:10$ ). Ved Uggelhuse er natadfærden mindre dominerende, dog med en gennemsnitlig passagetid om natten ( $\bar{x}A1 = 02:10$ ,  $\bar{x}A8 = 01:18$ ), mens dagadfærd var dominerende ved Udbyhøj ( $\bar{x}A9 = 13:01$ ). Et par eksempler er vist i figur 3.



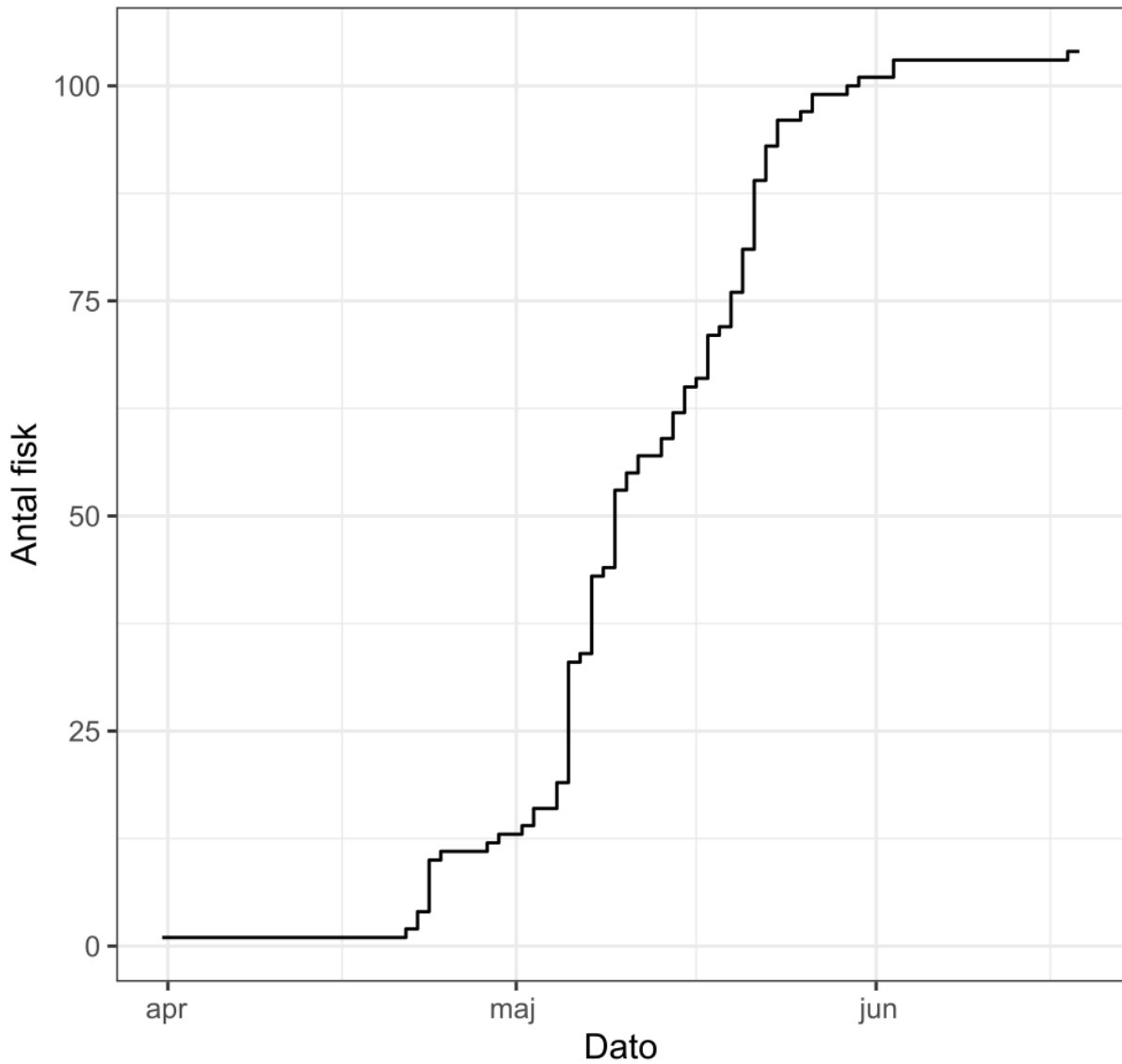




Figur 3. Tid for første registrering af vandrende smolt ved henholdsvis Bjerringbro (A1), Uggeluse (A8) og Udbyhøj (A9).

### 3.6 Timing af udvandring

Figur 4 viser et såkaldt "kumulativt" plot over fiskenes vandring i forhold til tid, hvor man ud for en dato kan se, hvor stor en andel af de smolt, der fandt forbi Udbyhøj, havde passeret på datoen. Som det ses, forlader den første fisk fjorden i sidste halvdel af april, mens hovedudtrækket foregår fra den 5 – 25. maj. Den sidste af de smolt, der passerede forbi Udbyhøj, forlod fjorden den 18. juni.



Figur 4. Kumulativt udtræk af akustisk mærkede smolt ved Udbyhøj i forhold til dato. Hovedparten af fiskene blev registreret ved Udbyhøj i maj, og sidste fisk blev registreret den 18 juni.

## 4. Diskussion

Generelt kørte undersøgelsen i 2020 uden problemer. Alle lyttestationer fungerede med høj effektivitet, og ingen lyttestationer forsvandt i forbindelse med undersøgelsen. Undersøgelserne i 2003 og 2005 var ligeledes stabile og pålidelige. Der var lavet en aftale med lokale lystfiskere om at holde øje med lyttestationer og bøjler igennem perioden for at sikre mindst muligt tab af lyttestationerne og give mulighed for at rette på dem i tilfælde af, at de flyttede sig. Der var kun en enkelt melding fra lystfiskerne om noget muligt usædvanligt i forbindelse med lyttestationerne, men det blev checket og havde ingen betydning for resultatet. Samtidig vandrede en stor andel af smoltene og indgik således i de sammenlignelige data, både imellem udsætningsgrupperne i 2020 samt de tidligere undersøgelser. Data er således pålidelige i forhold til undersøgelsens formål.

### 4.1 Overlevelse

Overlevelsen i 2020 var god, med en samlet overlevelse ud forbi Udbyhøj på ca. 70 % af alle de mærkede fisk. Sammenlagt blev 10 smolt ikke registreret efter mærkningen, hvoraf de ni var fra Lilleåen. Dette er dog ikke overraskende, dels fordi det er den største gruppe af smolt, dels fordi fiskene blev fanget et godt stykke oppe i Lilleåen ved elfiskeri. Fiskene havde således en vis distance at vandre, inden de når Gudenåen, med en heraf følgende risiko for prædation fra fiskeædende rovdyr. Det kan heller ikke udelukkes, at nogle få fisk enten ikke vandrede eller stoppede vandringsen inden udløbet i Gudenåen, og er blevet stationære i Lilleåen. Smolt mærket ved elfiskeri er også tidligere vist ikke at vandre alle sammen (Aarestrup et al 2002). I forhold til undersøgelsens formål og sammenligning med tidligere undersøgelser er det mere relevant alene at opgøre overlevelsen på fisk, der er registreret på mindst en lyttestation i Gudenåen. Det mest relevante tal for smolt, der indgår i denne undersøgelse, er derfor de 74 smolt fra de øvre grupper ved Bjerringbro og de 67 smolt fra Lilleåen. Når der korrigeres for de 10 smolt som ikke vandrede, ender den samlede overlevelse ud af fjorden på 74 %. Dette er væsentligt højere end i Limfjorden, hvor ca. 20 % vandrer ud af fjorden (Kristensen et al 2018). Det er uklart hvad denne forskel skyldes, men fiskene skal vandre længere igennem Limfjorden, og Kristensen et al. (2018) angiver mulig prædation som en af årsagerne.

Resultaterne viser et mønster med relativt stor overlevelse i Gudenåen. I forhold til tidligere er der i nærværende undersøgelse inddraget en gruppe smolt, der blev mærket ved Bjerringbro. Disse fisk skal vandre betydeligt længere for at nå Randers Fjord, og det er derfor relevant at undersøge det ekstra smolttab, der sker som følge af den ekstra vandring (fra Bjerringbro til Langå). Af de 74 smolt, der blev registreret ved Bjerringbro, blev 69 fisk registreret ved Langå. Tabet på strækningen er således på ca. 7%. Den samlede

overlevelse ud af fjorden for denne gruppe er dog ikke signifikant forskellig fra de tilsvarende fisk fra Lilleåen, på trods af den længere vandring. I Karup Å fandt Kristensen et al. (2018) en samlet ikke korrigeret overlevelse ud af åen på 84 % (en samlet distance på 31 km). De tilsvarende ikke korrigerede tal i Gudenåen 2020 ligger i samme størrelsesorden med 87-90 % overlevelse til Randers.

#### 4.2 Overlevelse i forhold til tidligere undersøgelser

Ovenævnte forhold gælder ligeledes for sammenligningen mellem 2020 og de tidligere undersøgelser i 2003 og 2005. De mest relevante fisk at sammenligne med er netop dem, der er registreret i Gudenåen umiddelbart nedstrøms Lilleåens udløb. Konklusionen på den sammenligning er, at overlevelsen ud af fjorden ikke er forskellig mellem undersøgelserne i 2020 og 2003/2005. Både relativt og antalsmæssigt forsvinder der flest smolt i den ydre del af fjorden i alle undersøgelserne. Dette er ikke overraskende, idet fiskene opholder sig her i længst tid inden udvandring i Kattegat og sandsynligvis også fouragerer i yderfjorden.

Det ser dog ud til, at der i 2020 er et lidt større tab på strækningen fra Randers og ud til Uggelhuse end tidligere. Det øgede tab er svært at konkludere på, da talmaterialet er spinkelt, og undersøgelsen ikke er designet til specifikt at undersøge årsager til tabet. Særligt interessant er det, at overlevelsen er stort set identisk på strækningen fra Langå til Randers. Her er der siden undersøgelserne i 2003/2005 blevet etableret en række vådområder, og det har været foreslået, at søerne kunne være en del af forklaringen på nedgangen af ørredbestanden i Gudenåen. Det er veldokumenteret, at søer (og herunder VMPII søer) kan være en stor udfordring for vandrefiskene, hvis fiskene skal vandre igennem søerne (Jepsen et al 1998; Schwinn et al 2017). Bedømt ud fra resultaterne i Gudenåen 2020 ser dette dog ikke ud til direkte at være tilfældet ved VMPII søerne opstrøms for Randers, som også er indrettet til at skulle minimere en sådan dødelighed.

Det kan ikke helt afvises, at enkelte fisk fortsat er i live i fjorden efter undersøgelsens afslutning uden at være blevet registreret som en fisk, der forlader fjorden. Eventuelle ikke detekterede fisk, der fortsat måtte være i live i fjorden, vil bevirke at overlevelsen er underestimeret. Denne sandsynlighed vurderes dog som værende meget lille og understøttes af, at ingen fisk er registreret på nogen lyttestationer, efter at den sidste fisk blev registreret ved Udbyhøj den 18. juni. I forhold til de tidligere undersøgelser i 2003 og 2005 er problemstillingen den samme. Samtidig vil det under alle omstændigheder være meget få fisk, så det vurderes, at det ikke har nogen betydning for resultaterne og sammenligningen med tidligere undersøgelser.

### 4.3 Vandringshastighed

Smoltenes vandringshastigheder i 2020 varierer fra knap 3 km/døgn i den ydre del af fjorden til knap 44 km/døgn på strækningen fra Lilleåens udløb til Væth (tabel 4), med de største vandringshastigheder i selve Gudenåen. Vandringshastigheden er lavere fra Randers til enden af Dronningborg Bredning, for så at stige ud mod Uggelhuse. I den yderste del af fjorden fra Uggelhuse til Udbyhøj har fiskene den laveste vandringshastighed. Den høje hastighed i selve Gudenåen er ikke overraskende, idet der her er en kontinuert vandstrøm, der fører fiskene mod fjorden. I fjorden er der generelt en vandbevægelse mod Udbyhøj, men tidevandet bevirker, at vandet også bevæger sig i den modsatte retning et par gange i døgn. Den lave vandringshastighed fra Uggelhuse til Udbyhøj skyldes formentlig, at fjorden her bliver væsentligt bredere med en langsommere vandstrøm til følge, ligesom fjorden her mere har karakter af hav. Det kan derfor forventes, at fiskene i et vist omfang begynder at fouragere. Forskellen i vandringshastighed fra Randers ud til enden af Dronningborg Bredning, i forhold til den næste strækning fra Dronningborg Bredning til Uggelhuse, kan muligvis skyldes den lavere strømhastighed, der forventes i den noget bredere Dronningborg Bredning. Det kan heller ikke udelukkes, at forhold i Randers Havn har betydning. På basis af registreringer på lyttestationerne ser det ud til at, nogle af smoltene opholder sig relativt længe i dette område. Mulige forklaringer på den længere opholdstid kunne være ændrede strømforhold i havneområdet eller belysning om natten (Riley et al 2012). En eventuel forsinkelse i et område kan øge risikoen for at blive præderet af fiskeædende prædatorer. Undersøgelsen er som før nævnt ikke designet til at give detaljeret information om fiskenes adfærd og skæbne i de enkelte områder, men det kan overvejes om opfølgende undersøgelser skal undersøge dette forhold nærmere. I forhold til andre undersøgelser er vandringshastighederne sammenlignelige. Smolt der vandrede ud af Limfjorden havde en hastighed på 2,76 km/døgn (Kristensen et al 2018), hvilket ligger tæt på hastighederne i den ydre brede del af Randers Fjord. Limfjorden er også bred på en stor del af strækningen, så det er ikke overraskende at vandringshastighederne er af samme størrelsesorden. Undersøgelsen i Limfjorden giver ikke mulighed for at måle hastigheden i åen, da der ikke var lyttestationer i selve åen.

### 4.4 Vandringshastigheder sammenlignet med tidligere undersøgelser

Undersøgelserne af vandringshastighed i 2003 og 2005 viser det samme overordnede mønster. Den højeste vandringshastighed findes i selve Gudenåens forløb til Randers, falder fra Randers til Uggelhuse og er lavest i den yderste del af fjorden fra Uggelhuse til Udbyhøj. Generelt er vandringshastighederne i Gudenåen og Randers Fjord ud til Uggelhuse lavere end tidligere. Det kan ikke afklares hvad dette skyldes på baggrund af denne undersøgelse. Det skyldes muligvis årsvariationer (f.eks. timing i forhold til vandføringen)

eller ændringer i forholdene på åstrækningerne (for eksempel i form af lavere vandhastighed) eller ændringer i havneområdet og Dronningborg Bredning (f.eks. ændring af strømforhold eller belysning af vandet om natten).

#### **4.5 Døgnadfærd**

Fiskene er fortrinsvis nataktive i selve Gudenåen, og denne adfærd skifter gradvist mod Udbyhøj, hvor de fleste fisk registreres om dagen. Dette mønster er velkendt og er også set tidligere i Randers Fjord. Vurderingen er, at fiskene i højere grad begynder at fouragere, når de når den ydre del af fjorden, og derfor bliver den deciderede natvandring mindre udtalt. Samtidig er tidevandets indflydelse også en faktor, der kan påvirke vandringen, og denne er uafhængig af døgnvariation.

#### **4.6 Timing af udvandring**

De mærkede smolt begynder at forlade fjorden i sidste halvdel af april, med hovedudvandringen i perioden 5. – 25. maj. Der er ganske få fisk tilbage den 1. juni og den sidste registreres den 18. juni (figur 4). Herefter er der ingen registreringer på lyttestationer i resten af undersøgelsesperioden, hvilket indikerer, at alle fisk har forladt fjorden. Dette udtræksmønster er også observeret i de tidligere undersøgelser i 2003/2005, hvilket indikerer at alle smolt fra Gudenåen forlader Randers Fjord ud i Kattegat.

### **5. Konklusion**

Denne undersøgelse har undersøgt vandringen af ørredsmolt gennem Gudenåen og Randers Fjord, med særlig fokus på at finde eventuelle flaskehalse for fiskenes overlevelse, herunder ved passage af de etablerede VMPII område opstrøms Randers. Overlevelsen af vandrende smolt ud af fjorden var på ca. 74 %, hvilket vurderes at være en relativt god overlevelse. En sammenligning med undersøgelser i 2003/2005, som blev lavet inden etableringen af VMPII områderne i 2007-2012, viste ingen forskelle på overlevelsen, hverken overordnet, ud af fjorden eller på den specifikke strækning opstrøms Randers. Både overlevelsen og selve udtræksmønsteret i 2020 minder således i høj grad om, hvad der er fundet ved de tidligere undersøgelser. Det anbefales at gentage undersøgelsen for at opnå en større sikkerhed for vurderingerne samt for at tage højde for eventuel årsvariation. Hvis en gentagelse af undersøgelsen viser en tilsvarende god smoltoverlevelse på vandringen ned igennem Gudenåen og Randers Fjord, må det vurderes som



usandsynligt at tilbagegangen for havørredbestanden i Gudenåen kan forklares med høj dødelighed på de vandrende smolt fra havørredens gydevandløb til Kattegat.

## Referencer

- Aarestrup, K. 2001. Factors affecting the migration of anadromous Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Sea Trout (*Salmo trutta*). Ph.d. afhandling, Aalborg Universitet
- Aarestrup, K., Nielsen, C., Koed, A. 2002. Net ground speed of downstream migrating radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) smolts in relation to environmental factors. *Aquatic Telemetry*: 95-102
- Bohlin, T., Dellefors, C. og Faremo, U. 1993. Timing of Sea-Run Brown Trout (*Salmo trutta*) Migration: Effects of Climatic Variation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50:1132-1136
- Bohlin, T., Dellefors, C. og Faremo, U. 1995. Date of smolt migration depends on body-size but not age in wild sea-run brown trout. *Journal of Fish Biology*, 49:157-164
- Hans-Jørn A. Christensen, H.-J.A. og J.S. Mikkelsen, 2020. Plan for fiskepleje i Gudenåen, delområde 3. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 74.
- Crisp, D. T. 2000. *Trout and Salmon Ecology, Conservation and Rehabilitation*. Blackwell Science
- Elliott, J. M. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. *Transactions of the American Fisheries Society*, Volume 123, Issue 6
- Holm, M.K. 2020. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til Randers Fjord. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 78.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371, 347-353.  
<https://doi.org/10.1023/A:1017047527478>
- Jonsson, B., Jonsson, N. 2009. Review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology* 75, 2381-2447
- Nielsen, J. 2019. Fiskeribiologisk vurdering af havørredbestanden i Gudenåen med tilløb. Notat fra DTU Aqua, 25. juni 2019, 27 pp.





Flávio, Hugo (2020). *actel: Acoustic Telemetry Data Analysis*. R package version 1.1.1. <https://github.com/hugomflavio/actel>

Koed, A., Baktoft, H., Bak, B.D. 2006. Causes of mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) smolts in a restored river and its estuary. *River Res Appl* 22:69-78

Koed, A., Rasmussen, G., Holdensgaard, G. & Pedersen, C. 1999. Tangetrappen 1994-95. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-Rapport nr. 8-96.

Kristensen, M. L., Birnie-Gauvin, K., and Aarestrup, K. 2018. Routes and survival of anadromous brown trout *Salmo trutta* L. post-smolts during early marine migration through a Danish fjord system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 209: 102–109.

Rasmussen, G. (2016). Population dynamics of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.), recruitment, mortality, biological production smolt yield in two Danish streams. In: *The Brown Trout Salmo trutta L.: Biology, Ecology and Management*, Chapter 14.

Riley, W.D., Bendall, B., Ives, M.J., Edmonds, N.J. & Maxwell, D.L. 2012. Street lighting disrupts the diel migratory pattern of wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts leaving their natal stream. *Aquaculture* 330–333, 74-81.

Schwinn, M., Aarestrup, K., Baktoft, H & Koed, K. 2017. Survival of Migrating Sea Trout (*Salmo trutta*) Smolts During Their Passage of an Artificial Lake in a Danish Lowland Stream  
*River Research and Applications* 33 (4), 558-566.

Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H., & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: Behaviour and survival during the smolt and initial postsmolt migration. *Journal of Fish Biology*, 81, 500–542. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03370.x>

Økland, F., Jonsson, B., Jensen, A. J. og Hansen L. P. 1993. Is there a Threshold Size Regulating Seaward Migration of Brown Trout and Atlantic Salmon. *Journal of Fish Biology* 42:541-550

## 6. Bilag 1

### Effektiviteten af Arrays

**NB:** Disse værdier inkluderer de enkelte effektivitet estimater.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6-1	A6-2	A7	A8	A9
	Bjerring- bro	UI- strup	Langå	Væth	Flad- bro	Ran- ders Vest1	Ran- ders Vest2	Ran- ders øst	Uggel- huse	Udby- høj
Effici- ency	100%	100%	10%	98,5%	99,2%	100%	99,2%	97,5%	100%	99,9%