

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

Naturhistorisk museum

Rapport nr. 282 – 2010

ISSN 0333-161x

# Laksungers bruk av bunnsubstrat: Eksperimentelle studier

Åge Brabrand, Gunnbjørn Bremset og  
Jan Heggenes



**Universitetet i Oslo**

**Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI),  
Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo.**

Postadresse: Boks 1172, Blindern, 0318 Oslo

Besøksadresse: Zoologisk Museum, Sarsgt. 1, 0562 Oslo.

Tlf. 22 85 17 60.

Telefax 22 85 18 37

**<http://www.nhm.uio.no/zoomus/lfi/index.html>**

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ble opprettet i 1969. Laboratoriet skal drive oppdragsforskning på fagområdet ferskvannøkologi, og har spesiell kompetanse på bunndyr og fisk (laks, ørret, sik, abborfisk og karpefisk ).

For tiden har laboratoriet oppdrag i forbindelse med:

- Vassdragsreguleringer
- Vassdragskjønn
- Eutrofiering
- Vassdragsovervåking
- Biotopforbedring
- Fiskeforsterkning

Lønn og drift dekkes av de enkelte oppdragsgivere. Arbeidsgiver er Universitetet i Oslo. LFI-Oslo har idag følgende personale:

Forskere:                    cand. real. Åge Brabrand  
                                  dr. philos John E. Brittain  
                                  cand. scient. Trond Bremnes  
                                  Professor II dr. philos Jan Heggenes  
                                  1. amanuensis: cand. real. Svein Jakob Saltveit (leder)

Avdelingsingeniør:    Henning Pavels

Utover laboratoriets faste stab dekkes øvrige tjenester av engasjert personale, eller ved kontakt med annet personale ved Universitetet i Oslo.

Resultater fra undersøkelsene presenteres i egen rapportserie. Forespørsler om rapporter rettes direkte til laboratoriet. Sitat av resultater er ønskelig dersom rapporten refereres. Anvendelse av primærdata til videre publisering ansees som begrenset, og kan eventuelt bare gjøres etter avtale med laboratoriet.

# Laksungers bruk av bunnsubstrat: Eksperimentelle studier

Åge Brabrand, Gunnbjørn Bremset  
og Jan Heggenes

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske,  
Naturhistorisk museum, Zoologisk museum,  
Universitetet i Oslo, Boks 1172 Blindern,  
0318 Oslo



## Forord

Denne rapporten dokumenterer eksperimentelle feltforsøk som omhandler laksungers forflytning mellom åpen vannfase og inn i substrat. Laksungenes aktive bruk av substrat i bunnen eller i bredden har stor betydning når det planlegges kjemisk behandling ifb. *Gyrodactylus salaris*. I de senere år er det antatt at mislykkete behandlinger kan henge sammen med at laksunger kan overleve inne i bredden eller nede i bunnen, gjerne i grunnvannsområder der det vanskelig kan skje god innblanding.

Vi har valgt å benytte årsunger av laks som hovedgruppe i forsøkene. Årsaken er denne aldersgruppen er mest tallrik og har størst potensiale for å bevege seg ned i bunnsubstratet. Dette har gitt spesielle utfordringer på de metoder som det har vært mulig å benytte. Vi anser de gjennomførte forsøkene som en del av et utviklingsarbeid også på metodikk.

Den foreliggende rapport er gjennomført som et fellesprosjekt mellom Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, og Norsk institutt for naturforskning (NINA). Forsøkene er gjennomført med NIVA som oppdragsgiver, og med Atle Hindar som oppdragsgivers kontaktperson.

Det rettes en stor takk til Morten Merkesdal, Bærum kommune, som har bidratt med årsunger av laks og lån av diverse utstyr, i tillegg til gode råd om vassdraget. Steinar Torgersen GPA, Ski, har vært svært behjelpelig med å finne rørløsninger underveis.

Oslo 25. okt. 2010

Åge Brabrand

## Innhold

1. Innledning.....	7
2. Mål .....	9
3. Metodikk .....	10
1.1 Rør .....	10
1.2 Forsøk.....	11
1.3 Fisk .....	11
1.4 Eksperimentelt oppsett .....	12
4. Resultater.....	13
1.5 Årsunger i juni, horisontal vandring.....	13
1.6 Årsunger og ettåringer i september, horisontal vandring .....	18
1.7 Årsunger i november, horisontal vandring .....	20
1.8 Årsunger i november, vertikal vandring.....	22
5. Diskusjon.....	23
6. Oppsummering .....	24
7. Referanser.....	25

## 1. Innledning

Habitatbruk og atferd hos laks *Salmo salar* og aure *Salmo trutta* er viktig, fordi det kan regulere bestandene (Milner et al. 2002), og fordi det kan påvirkes både positivt (restaurering, tiltak) og negativt (tekniske inngrep, arealdisponering) av menneskelig aktivitet. Den generelle habitatbruken til ungfisk er relativt godt oppsummert i senere år (Heggenes et al. 1999, Bremset og Heggenes 2001, Armstrong et al. 2003, Klemetsen et al. 2003). Det er vel kjent at bunnssubstrat (partikkelstørrelse, fordeling) er en viktig habitatvariabel, fordi den gir skjul (vannhastigheter, predatorer, intraspesifikk konkurranse) og næring. Særlig ved lave temperaturer (om vinteren) bruker ungfisken substratet aktivt, noe vi kan se indirekte ved at fisken forsvinner ned i substratet, særlig på dagtid (Fraser et al. 1993, Heggenes et al. 1993, Bremset 2000). Ved høyere temperaturer vet vi lite om hvor aktiv denne bruken er, selv om det er indikasjoner på at ungfisk under spesielle forhold kan være substratsøkende også ved forholdsvis høye vanntemperaturer (Fraser et al. 1995).

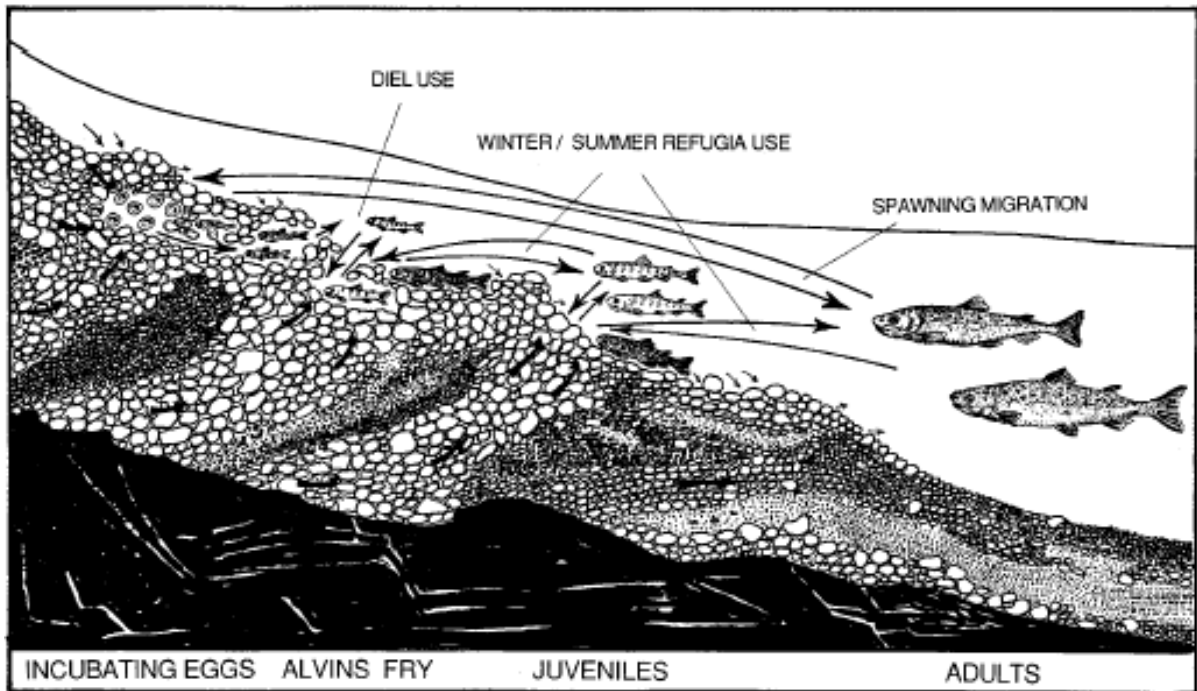
Det er forholdsvis mye kunnskap om atferd og substratbruk hos elvelevende laksefisk, men det er lite kunnskap om hvordan ungfisken effektivt bruker og oppholder seg nede i substratet. Det gjelder for eksempel når på døgnet og året, hvor hyppig, hvor lenge, hvor dypt fisken går ned i bunnen eller inn i bredden, og hvordan ulike faktorer påvirker dette, herunder ulike typer substrat, størrelse, tetthet og tilstand til fisken, og ulike stressfaktorer i miljøet (se litteraturgjennomgang av Heggenes et al. 2010).

Miljøstress kan påvirke atferd og habitatbruk, men dette er også mindre kjent. En svært viktig stressfaktor for vekselvarme organismer som fisk er vanntemperatur (for eksempel lave høst- og vintertemperaturer, høye sommertemperaturer, fysiologisk optimale temperaturer). Tilførsel av grunnvann påvirker i første rekke vanntemperatur og vannkjemi, og vil derfor ha stor betydning for både atferd, habitatbruk og overlevelse hos ungfisk av laks og aure, men uten at vi vet mye om dette. Utover ungfiskstadiet kan grunnvann ha betydning for egg, larver og voksen fisk (Fig. 1, Tab. 1).

Laksefisk kan bruke grunnvann aktivt særlig på to måter (Tab. 1, Power et al. 1999):

- i) til skjul/overlevelse
- ii) til gyting

Vi ønsker spesielt å fokusere på atferdsmessig effektiv bruk av substrat til skjul og overlevelse. Dette kan ha stor betydning for overlevelse hos ungfisk generelt og spesielt i ekstremisituasjoner, inklusive menneskeskapt stress-situasjoner. Det er kjent at laksefisk kan bruke grunnvann som refugieområder (e.g. Torgersen et al. 1999, Douglas 2006, Boxall et al. 2008) særlig ved ekstreme temperaturer. Fisk kan søke seg ned mot grunnvann i substratet for å unngå høye sommertemperaturer i ellevannet. Om vinteren bruker laksefisk substratet mer aktivt i forbindelse med døgnforflytninger (Heggenes et al. 1993), og fisk kan også vandre relativt lange avstander (km) for å overvintre i grunnvannspåvirkete og dermed stabile vinterhabitater (for eksempel Brown 1999). Isforhold er viktig for vinterhabitat (Roussell et al. 2004, Stickler 2008).



Figur 1. Skjematisk framstilling av betydningen som grunnvannspåvirkete områder har på ulike livsstadier hos laks. Figuren er hentet fra Power et al. (1999).

Tabell 1. Betydningen av grunnvann for fisk (etter Power et al. 1999)

Grunnvannets rolle	Høst/vinter	Sommer/høst
Minimum vannføring	Isfritt vann, habitat, vandring i en sesong med svært liten vannføring	Fritt vann, habitat, vandring i tørkeperioder
Modererer temperatur	Forhindrer eller forsinker isdannelse. Habitater med >0 °C. Is tykkelse og isgang.	Demper daglige temperatur variasjoner, forhindrer ekstremtemperaturer, senere avkjøling om høsten
Vannkvalitet	Løste uorganiske ioner, organiske næringsstoffer, O <sub>2</sub> ,	Opprettholder jevnere produktivitet, stimulerer makrofytter.
Refugier	Bestemmer størrelse og kvalitet på vinterhabitat. Påvirker mortalitet, bestemmer bæreevne?	Forhindrer letal temperatur. Bestemmer bæreevne i tørre perioder?



Om sommeren kan laksefisk også bruke grunnvann aktivt for å holde en bestemt trivselstemperatur, som er høyere eller lavere enn temperaturen i elvevannet (Fig. 1, Tab.1). Dette gjør at fisken optimaliserer energiforbruket. Telemetriundersøkelser på regnbueaure og bekkerøye har vist at fisken om sommeren ved aktivt å bruke grunnvann, kan holde en kroppstemperatur flere grader lavere enn elvevannet (Baird og Krueger 2003), noe som kan gi en energigevinst på 10-20 %.

Selv om det også i Norge har vært lite fokus på hvor effektivt ungfisk bruker substrat og grunnvannshabitater, for eksempel hvor ofte og hvor mye, hvor dypt, når på dagen og når på året, har undersøkelser i vassdrag som Skibotnelva, Steinkjervassdraget, Rauma og Lærdalselva, vist at store deler av lakseførende strekning er kraftig påvirket av grunnvannstilsig, og at frambruddssoner kan være områder hvor det også finnes unger av laksefisk (Koestler og Brabrand 2001, Brabrand et al. 2005).

Kunnskap om laksefisk sin bruk av substrat og grunnvann har generell forsknings- og forvaltningsinteresse. Spesielt synes dette i økende grad å fremtre som en avgjørende viktig faktor i forbindelse med kjemisk behandling av elver mot *Gyrodactylus salaris*. Det er ukjent om *G. salaris* kan påvirke vertens atferd mtp. opphold nede i substratet. Dersom ungfisk i perioder oppholder seg i substratet og i grunnvannshabitater, vil disse individene kunne unngå å bli påvirket av kjemisk behandling (rotenon eller surt aluminium). I Skibotnelva er det for eksempel funnet ungfisk av sjørøye i sideløp som er rene grunnvannsoppkommer (Brabrand et al. 2005). Nye undersøkelser har vist at sjørøye kan være langtidsvert for *Gyrodactylus salaris*, og at en elvebestand av sjørøye kan opprettholde infeksjoner over flere uker og måneder (Knutsen et al. 2004).

## 2. Mål

Formålet med dette prosjektet er å undersøke laksungenes effektive bruk av substrat som habitat.

Generelt, og for planlegging av utryddingstiltak spesielt, er det nødvendig med grunnleggende kunnskap om atferd og habitatbruk, spesielt substratbruken, til laksunger og andre viktige vertsfisk for *Gyrodactylus salaris* i tid og rom. Spesielt viktig er forflytninger hos ungfisk horisontalt (mellom vassdragsområder og mellom elvestreng og elvebredd) og vertikalt (mellom vannmasser og bunns substrat). Fiskens forflytning inn i substratet kan, men ikke nødvendigvis, medføre at fisken beveger seg inn i grunnvannsområder, og derved inn i refugier i forbindelse med kjemisk behandling. Uansett vil forflytning inn i substratet, enten det er innmating av grunnvann eller ikke, medføre betydelig større sannsynlighet for at fisken unngår å bli eksponert for kjemisk behandling.

Vi har konsentrert virksomheten om *årsunger* av laks fordi **i**) årsunger er kohorten med flest individer i vassdraget, **ii**) de har på grunn av sin kroppsstørrelse størst evne til å vandre inn i substratet (bunn eller bredd) og er den størrelsesgruppen som bruker substratet mest, **iii**) årsunger er påvist å være betydelig infisert i vassdrag med *Gyrodactylus salaris*.

### 3. Metodikk

Det er valgt å benytte metodikk som baserer seg på feltforsøk med rør (Fig. 2) og med direkte observasjon vha. dykker under selve forsøket, og med observasjon av fiskens posisjon etter avsluttet forsøk.

#### 1.1 Rør

Det ble benyttet gjennomsiktige doble rør. Det ytre røret hadde en total lengde på 100 cm og en diameter på 16 cm. Det indre røret besto av fem separate enheter á 20 cm, med en diameter på 14 cm. Disse fem enhetene kunne derved tres inn i det ytre røret (Fig. 2).

I forsøkene ble tre av enhetene fylt med ønsket substrat, mens to ikke hadde substrat, dvs. var gjennomsiktige. De fem enhetene ble plassert inne i det sammenhengende ytre røret, slik at det var en gjennomsiktig enhet i hver ende, mens de tre i midten hadde substrat (Fig. 2). Substratet ble holdt på plass i hver enhet vha. metallnetting (kyllingnetting) med maskevidde 40 mm. Hver ende av hele konstruksjonen ble lukket med fin duk (maskevidde 2 mm) og slangeklemme. De samme rørene ble benyttet både for å undersøke horisontal (rørene lå horisontalt) og vertikal vandring (rørene sto vertikalt).



*Figur 2. Forsøksoppsett for undersøkelse av laksungenes bruk av bunnsubstrat. I hvert av de tre rørene på 100 cm, diameter 16 cm, er det fem seksjoner á 20 cm, diameter 14 cm, hvorav de tre i midten hadde substrat, mens de to i hver ende ikke hadde substrat. Ved forsøksstart ble fisk plassert i endeseksjonene.*

## 1.2 Forsøk

Ved forsøksstart ble fisk plassert i øvre, nedre eller begge de gjennomsiktige enhetene i hver ende. Fisk kunne dermed fritt bevege seg fra de gjennomsiktige enhetene og inn i enhetene med substrat eller velge å bli stående i de gjennomsiktige enhetene. Under forsøk med horisontal vandring ble rørene lagt i elv med naturlig elvevann, strøm og lysklima. Vannhastighetene målt ved innløpet og utløpet av rørene var 2-5 cm s<sup>-1</sup>. Vi antar derfor at vannhastigheten i rørene var lavere enn 5 cm s<sup>-1</sup>.

Fisk ble observert av dykker på faste tidspunkter under feltforsøkene i juni og september. Etter pilottester ble observasjon satt til hvert 15. minutt i en periode på to timer. Det ble benyttet tre replikater i hvert eksperiment. Pilot-testene viste at fisk nærmest umiddelbart kunne velge å søke inn i substratet, og at det deretter var små, men kontinuerlige forflytninger mellom gjennomsiktige enheter og substratholdige enheter, og likedan forflytninger mellom enheter med substrat.

Etter avslutning av forsøket ble rørene hevet forsiktig i horisontal stilling slik at vann kunne renne ut i begge ender. På land ble duken i hver ende fjernet, enhetene tatt separat ut, og antall fisk i hver enhet ble talt opp. Ved siste forsøksserie i november ble kun denne observasjonsmetoden benyttet.

Ved forsøk med vertikal vandring i substratet og med simulert grunnvannssig nedenfra, ble rørene stilt vertikalt, med vannstrøm ført inn i nedre klare seksjon gjennom rørventil i nedre endestykke. Vann strømmet da med ønsket hastighet opp gjennom konstruksjonen (tre seksjoner med substrat), opp i øvre klare seksjon og deretter ut gjennom duk festet med slangeklemme.

Fisk ble plassert i den øvre klare seksjonen. Alle seksjoner, med unntak av øvre klare seksjon, ble kledd med sort plast. Som ved de horisontale forsøkene, ble seksjonen etter avsluttet forsøk forsiktig tømt for vann, seksjonene tatt ut og fiskens posisjon bestemt.

Til eksperimentene benyttet vi to ulike substratstørrelser, hhv. 16-22 mm og 24-60 mm iht. norsk standard for sortering av løsmasser (NS 3474 pkt. 2.2) levert fra Svelviksand avd. Hurum.

## 1.3 Fisk

Det ble gjennomført forsøk både i juni, september og november 2010, for å få to forskjellige størrelsesgrupper av laksunger. Begge forsøksgruppene besto av årsunger (0+), som hadde gjennomsnittslengde på henholdsvis 28,3 mm ± 1,02 (SD) og 51,7 mm ± 3,68, Fig. 3 og Fig. 4). I september ble det også gjennomført forsøk med ettårs laksunger (1+), Fig. 4. Gjennomsnittslengden på ettåringene var 84,6 mm ± 7,63.

Til forsøkene i juni ble det benyttet startforet (og utsetningsklare) laksunger av stedegen stamme fra anlegget i Sandvikselva. I september og november ble det benyttet laksunger som ble fanget skånsomt med elektrisk fiskeapparat ovenfor anadrom strekning. Denne laksen var satt ut i juni, og all 0+ laks benyttet var derfor i utgangspunktet fra samme anlegg. Fisken ble akklimatisert ett døgn før forsøk ble igangsatt. Det var ingen dødelighet på fisk i denne perioden.

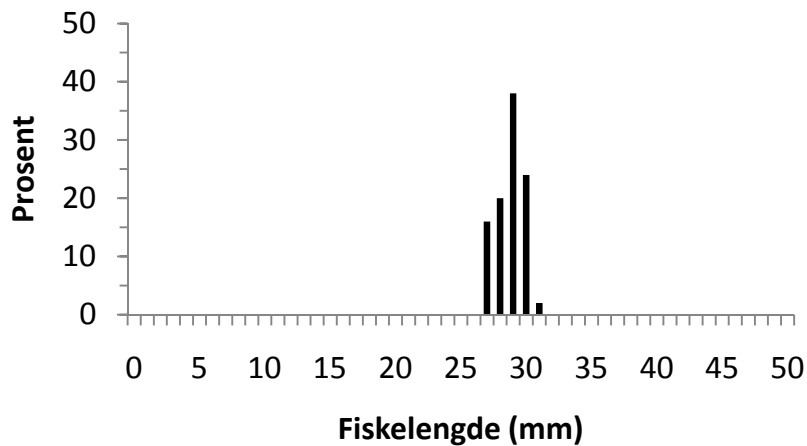
### 1.4 Eksperimentelt oppsett

Det eksperimentelle oppsettet kontrollerte for fiskestørrelse, substratstørrelse og bevegelsesretning. For alle forsøk er det gjennomført tre replikater, Tab. 2.

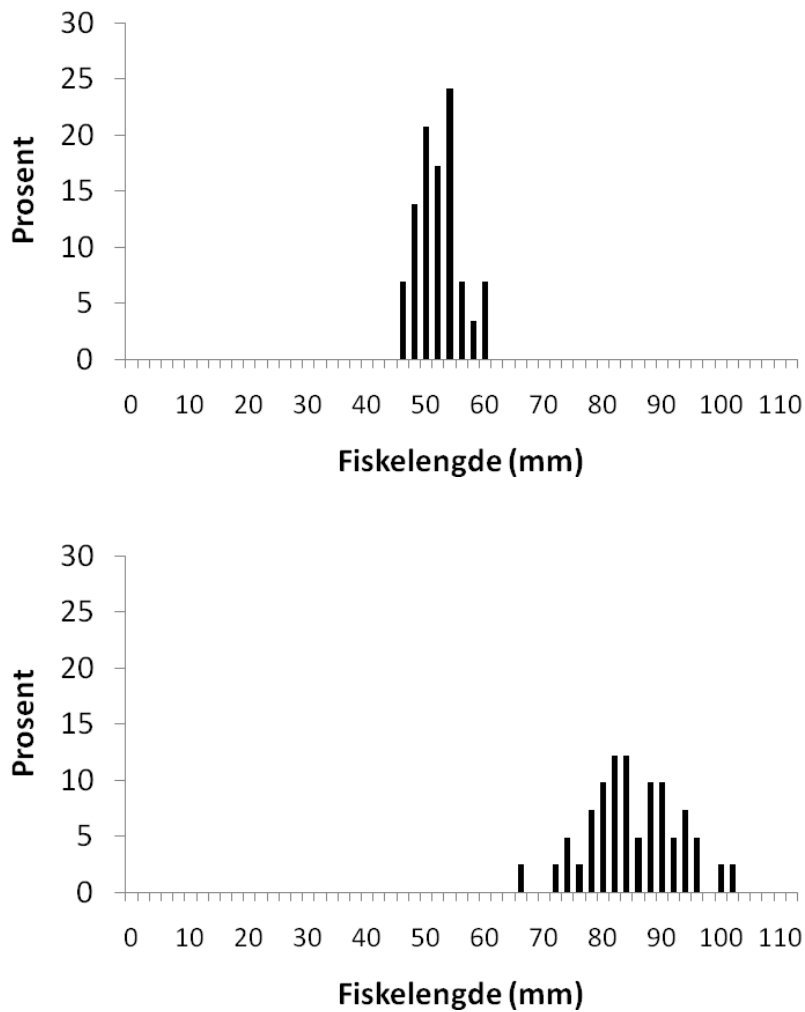
Tabell 2. Forsøk gjennomført med laksunger og vandring i substrat.

Eksperiment	Tid	Alder	Antall fisk	Oppe - nede	Substrat (mm)	Antall replikat
1 Horisontalt	Juni	0+	40	20 - 20	24-60	3
2 Horisontalt	Juni	0+	40	0 - 40	24-60	3
3 Horisontalt	Juni	0+	40	40 - 0	24-60	3
4 Horisontalt	Juni	0+	40	20 - 20	16-22	3
5 Horisontalt	Sept.	0+	30	15 - 15	24-60	3
6 Horisontalt	Sept.	1+	20	10 - 10	24-60	3
7 Horisontalt	Nov.	0+	30	30 - 0	24-60	3
8 Horisontalt	Nov.	0+	30	0 - 30	24-60	3
9 Vertikalt	Nov.	0+	30	30 - 0	24-60	3

For årsunger og med substrat 24-60, er det gjennomført forsøk der fisk er plassert i klar nedre enhet (KlartNedstr), i bare øvre enhet (KlarOppst) og samtidig i begge ender (KlartNedstr. + KlarOppst) (Eksp. 1, 2, 3, 5, 7 og 8, se Tabell 2). For årsunger i substrat 16-22 og, med 1+ med 24-60, er det gjennomført forsøk med plassering av fisk i hver ende (Eksp. 4 og 6). For vertikal vandring ble det plassert årsunger i øvre ende (KlarOppst, Eksp. 9).



Figur 3. Prosentvis lengdefordeling av laksunger benyttet i substratforsøk i juni 2010.



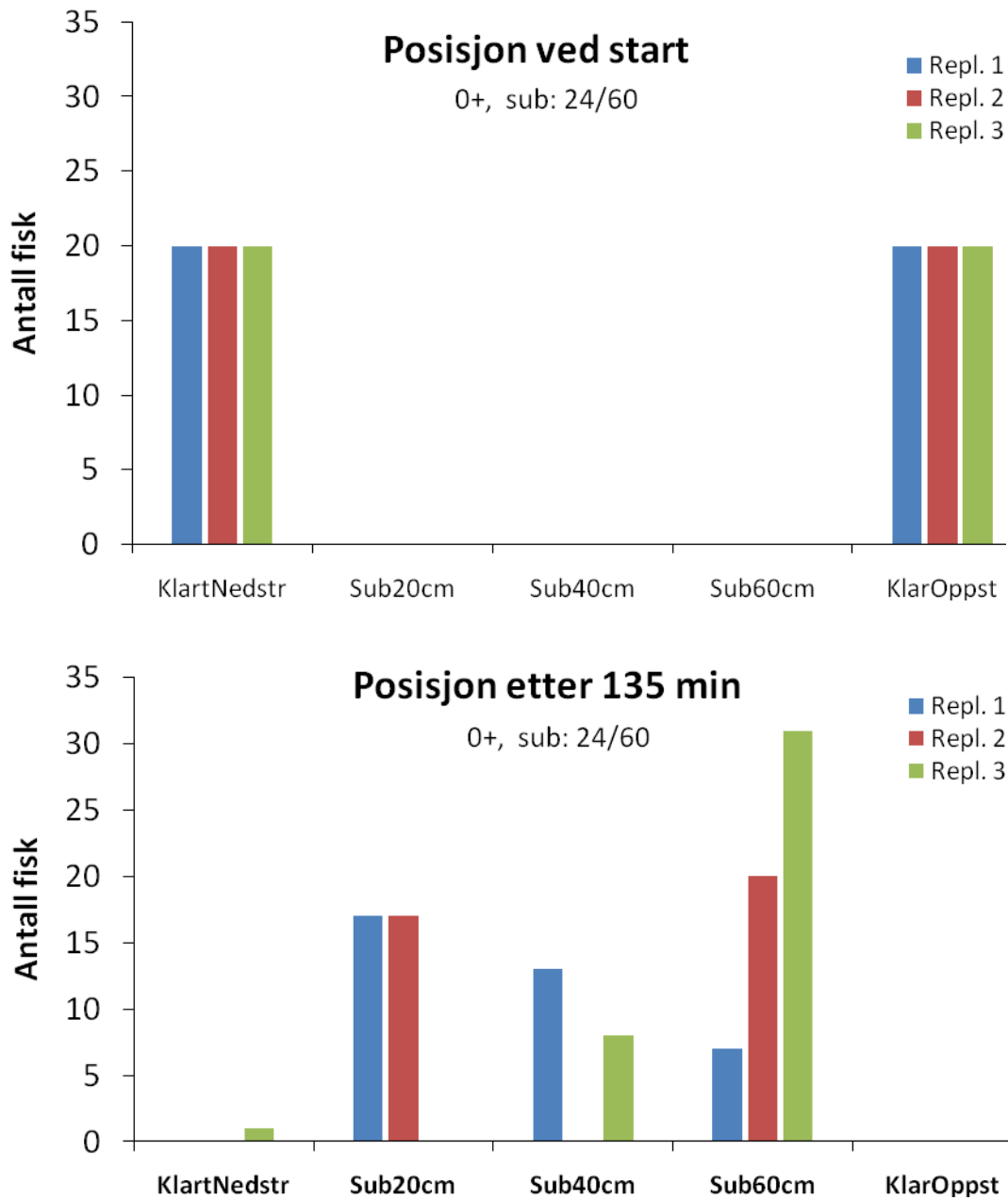
Figur 4. Prosentvis lengdefordeling av laksunger (0+ og 1+) benyttet i substratforsøk i september 2010.

## 4. Resultater

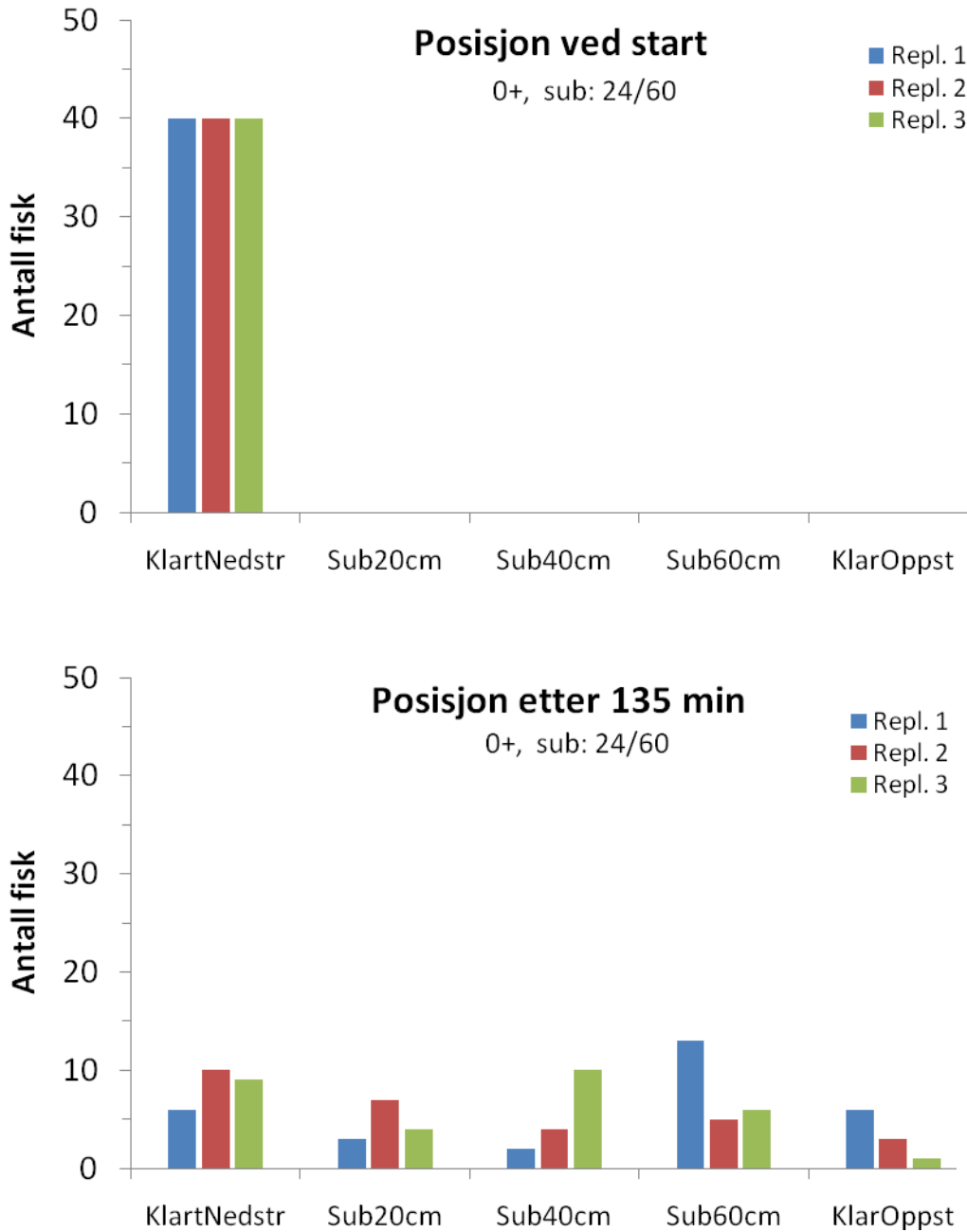
For oversiktens skyld er det valgt kun å presentere fiskens startposisjon, dvs. fiskens plassering ved hver enkelt forsøksstart, og fiskens sluttposisjon etter 135 minutter.

### 1.5 Årsunger i juni, horisontal vandring

For årsunger i juni var hovedmønsteret at fisk ble funnet i alle substratenheter, enten fisk hadde startposisjon i begge ender, eller i øvre eller nedre ende. Fisk plassert i begge ender viste klar preferanse for å søke inn i substratet (Fig. 5), og kun ett individ ble funnet i den ene enheten uten substrat etter 135 min.

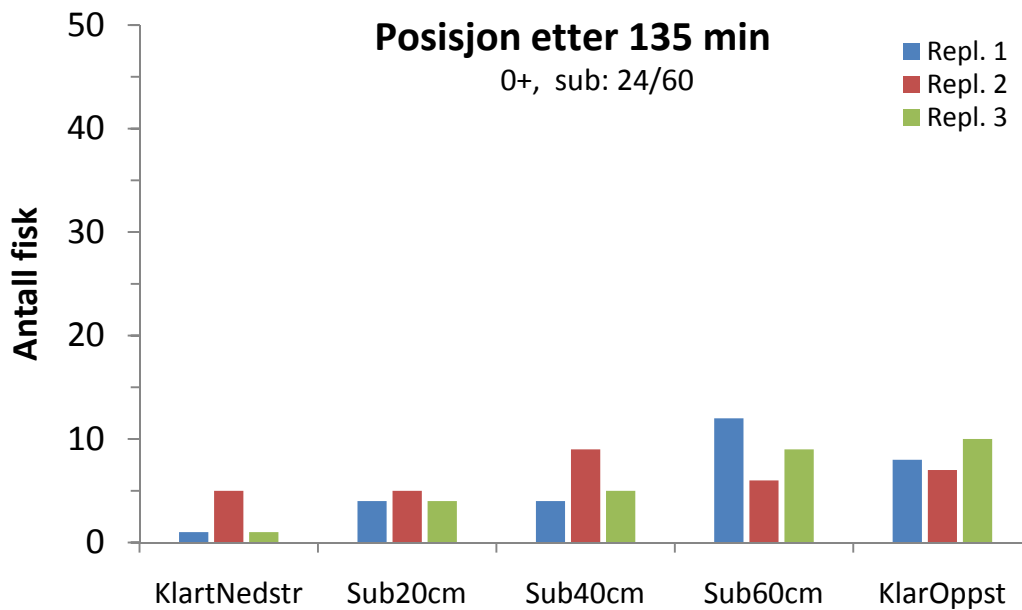
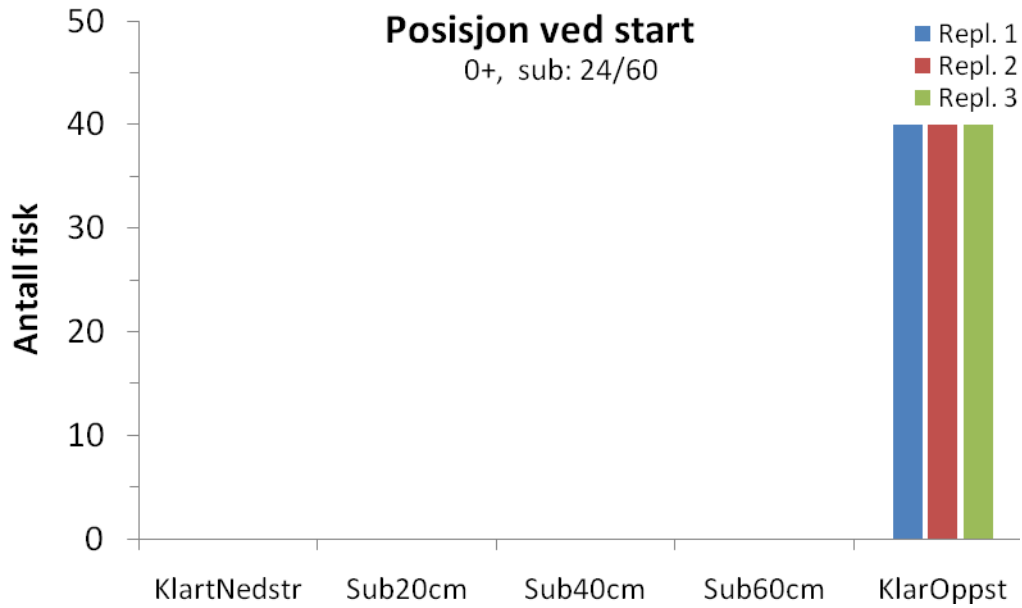


Figur 5. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i juni 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 20 årsunger av laks i hver ende av forsøksoppstillingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 1).



Figur 6. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i juni 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 40 årsunger av laks i nedre ende av forsøksoppsettet, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 2).

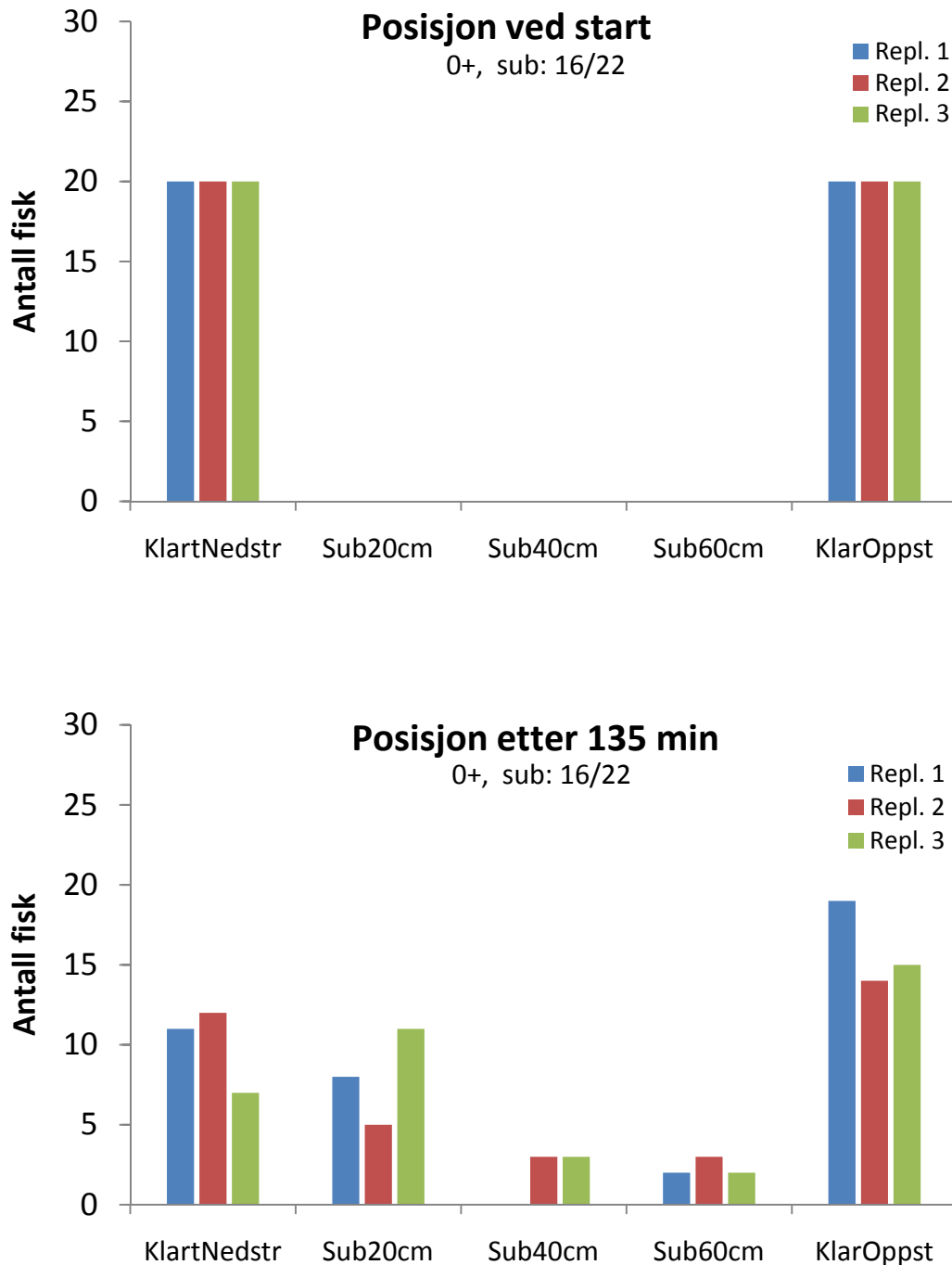
Fisk plassert i enten øvre eller nedre del uten substrat ble også gjenfunnet i alle enheter med og uten substrat (Fig. 6 og Fig. 7). Det var en svak tendens til at fisk plassert i nedre klare del hadde større tendens til å vandre langt inn i substratet enn fisk plassert i øvre del.



Figur 7. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i juni 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 40 årsunger av laks i øvre ende av forsøksoppsettingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 3).



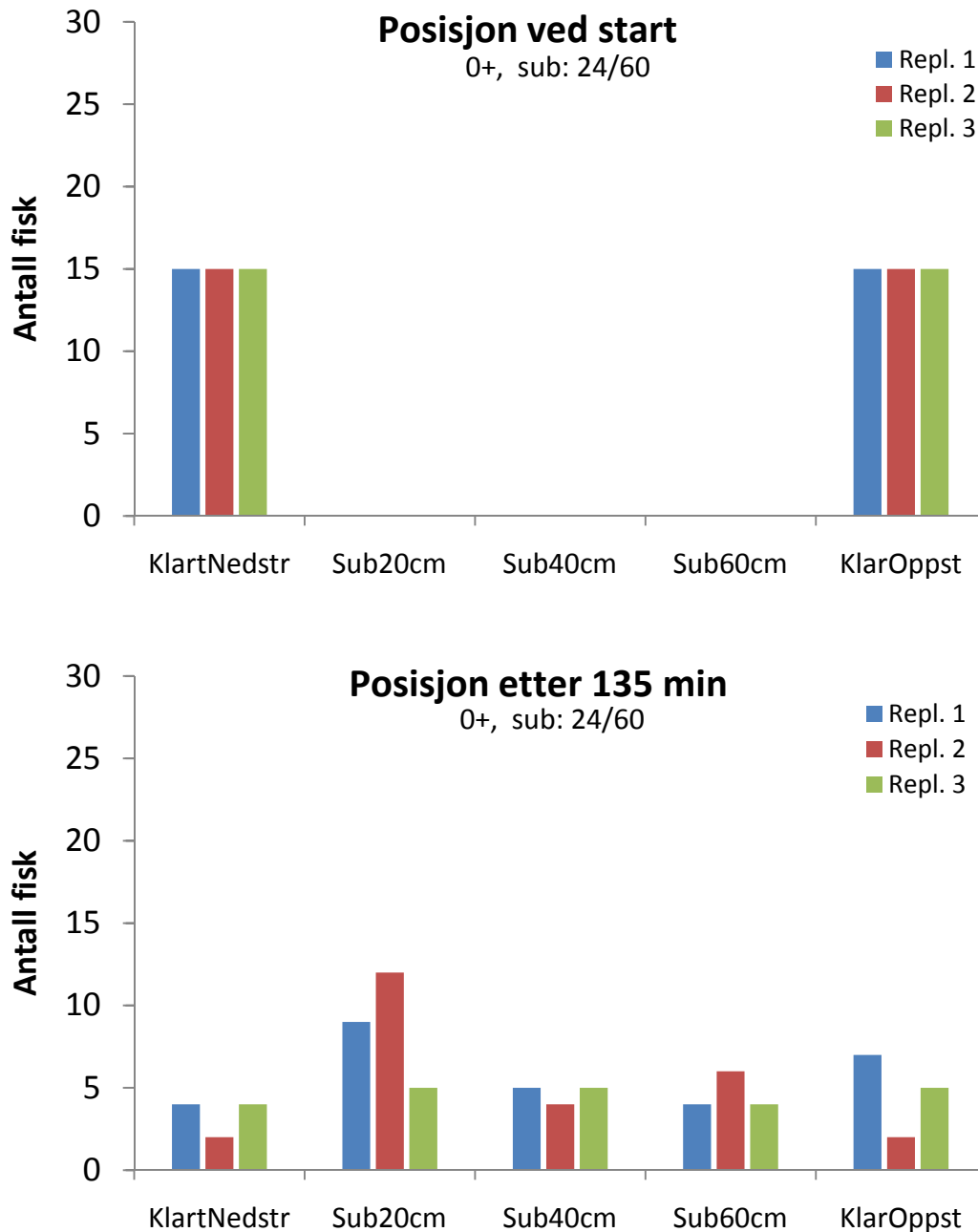
For årsunger plassert med substrat 16-22 var det også klar innvandring inn i substratet. Også her er det en økt tendens til å vandre mer inn i substratet for fisk plassert i nedre ende, sammenliknet med fisk plassert i øvre (Fig. 8). Mens antall fisk i øvre ende fortsatt var relativt høyt, var antall fisk i nedre ende betydelig redusert.



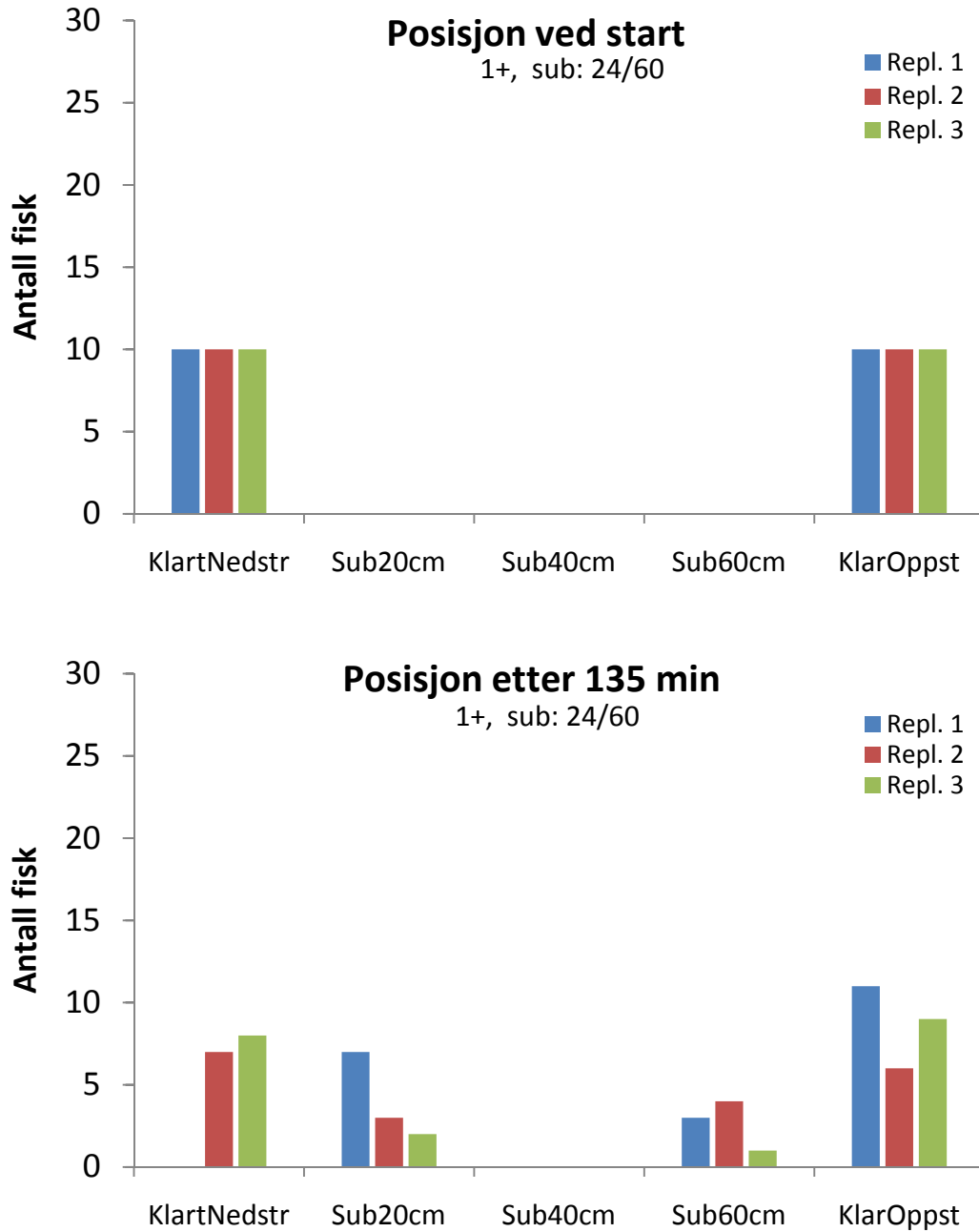
Figur 8. Fiskens posisjon i substrat 16-22 mm i juni 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 20 årsunger av laks i hver ende av forsøksoppstillingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 4).

### 1.6 Årsunger og ettåringer i september, horisontal vandring

For årsunger var det også i september en klar tendens til å vandre inn i substrat 24-60, og for fisk plassert både i øvre og nedre ende (Fig. 9). For de klart større ettåringene (1+) som ble eksponert for samme substrat, var det mindre tendens til å gå i substrat, og fisk ble ikke funnet i den midterste substratenheten (Fig. 10). Det må likevel presiseres at ettåringene tydeligvis kunne vandre inn i denne substratkategorien.



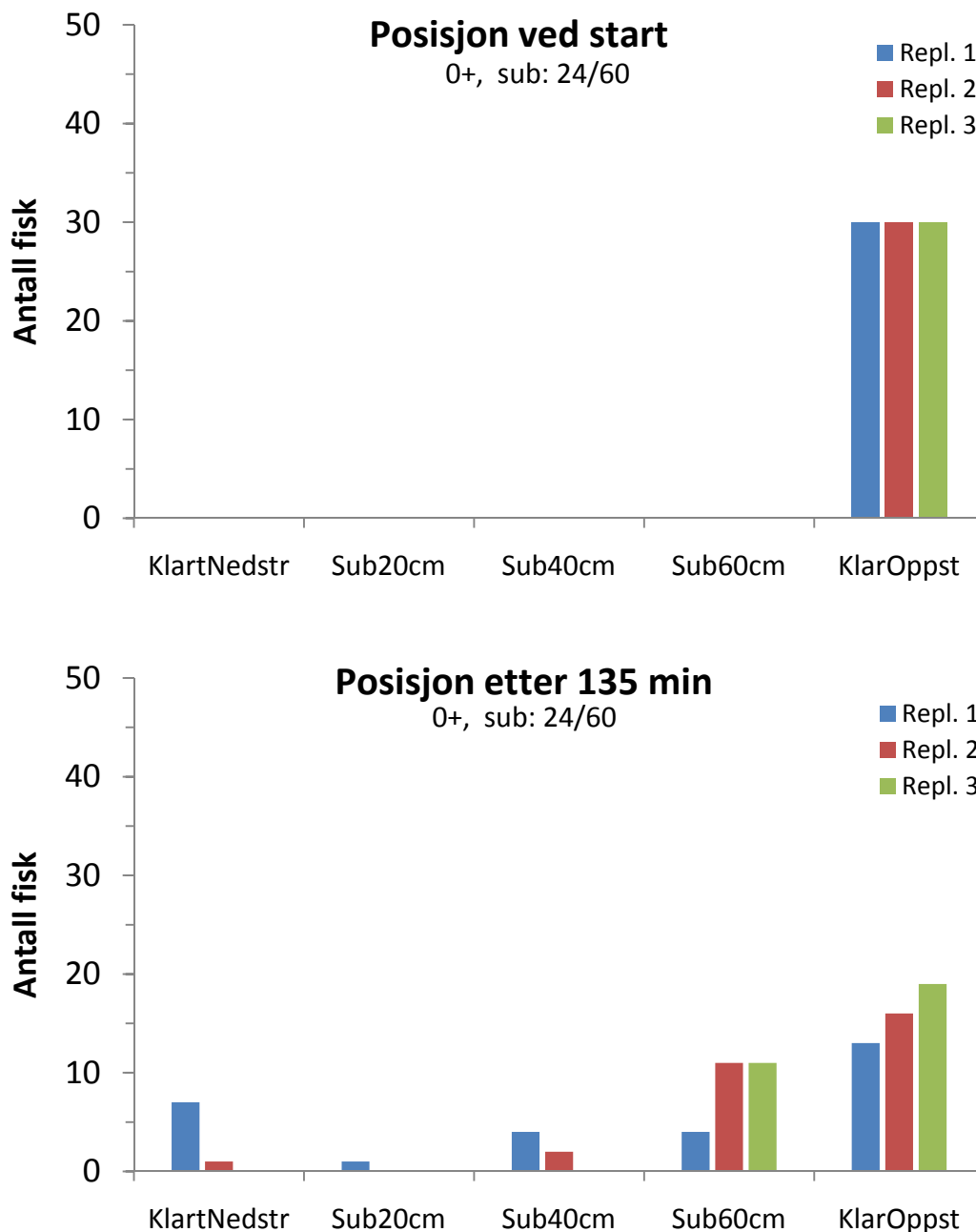
Figur 9. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i september 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 15 årsunger av laks i hver ende av forsøksoppstillingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 5).



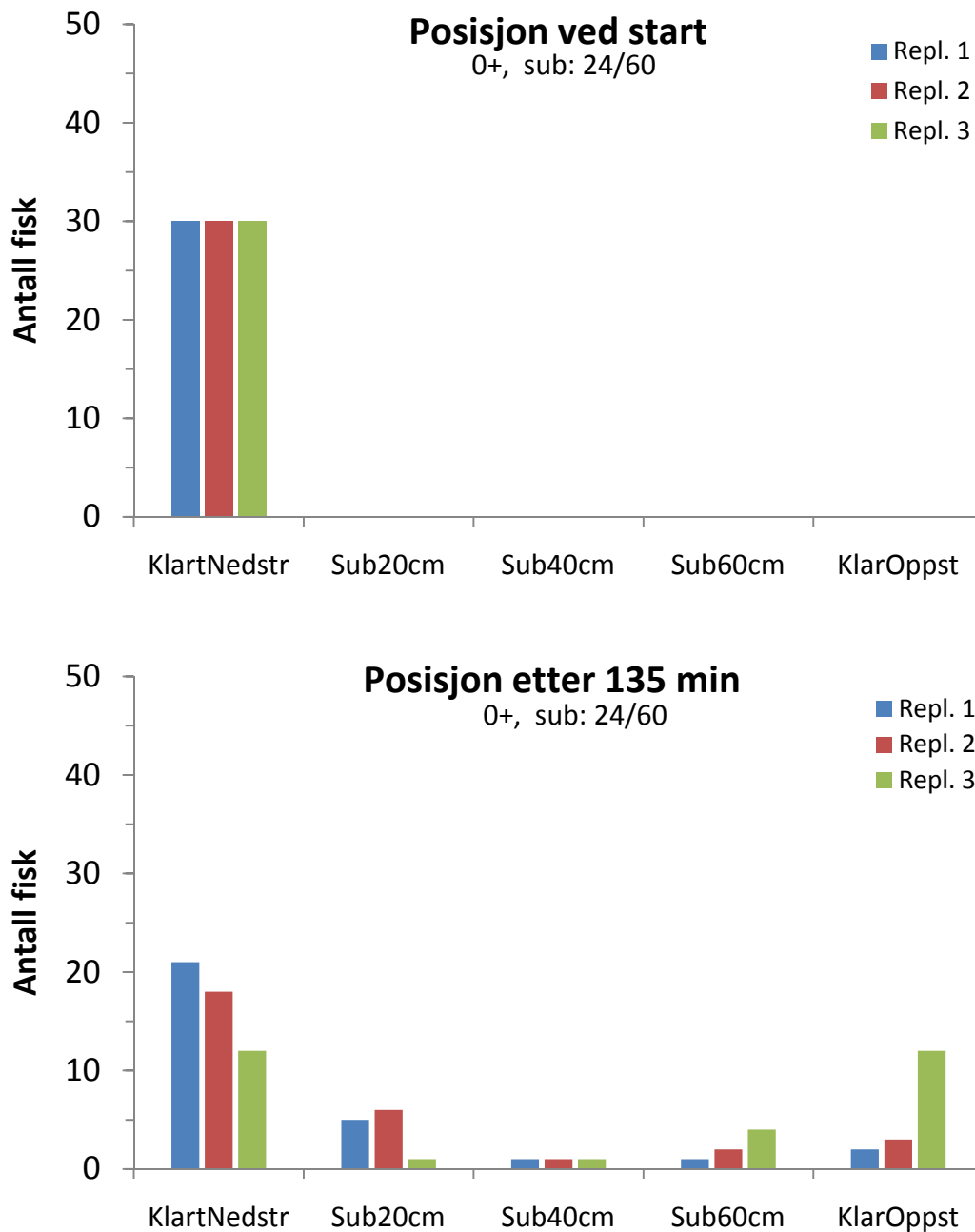
Figur 10. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i september 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 10 ind. ett år gamle (1+) laksunger i hver ende av forsøksoppsettingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 6).

### 1.7 Årsunger i november, horisontal vandring

Årsunger plassert i enten øvre eller nedre del hadde også ved lav temperatur klar tendens til å vandre inn i substratet (Fig.11, Fig. 12), og det ble funnet 0+ laks i alle substratenhetene. I begge tilfelle ble det også påvist fisk i motsatte klare ende av utgangsposisjonen. Det var også her en tendens til mer vandring motstrøms enn medstrøms.



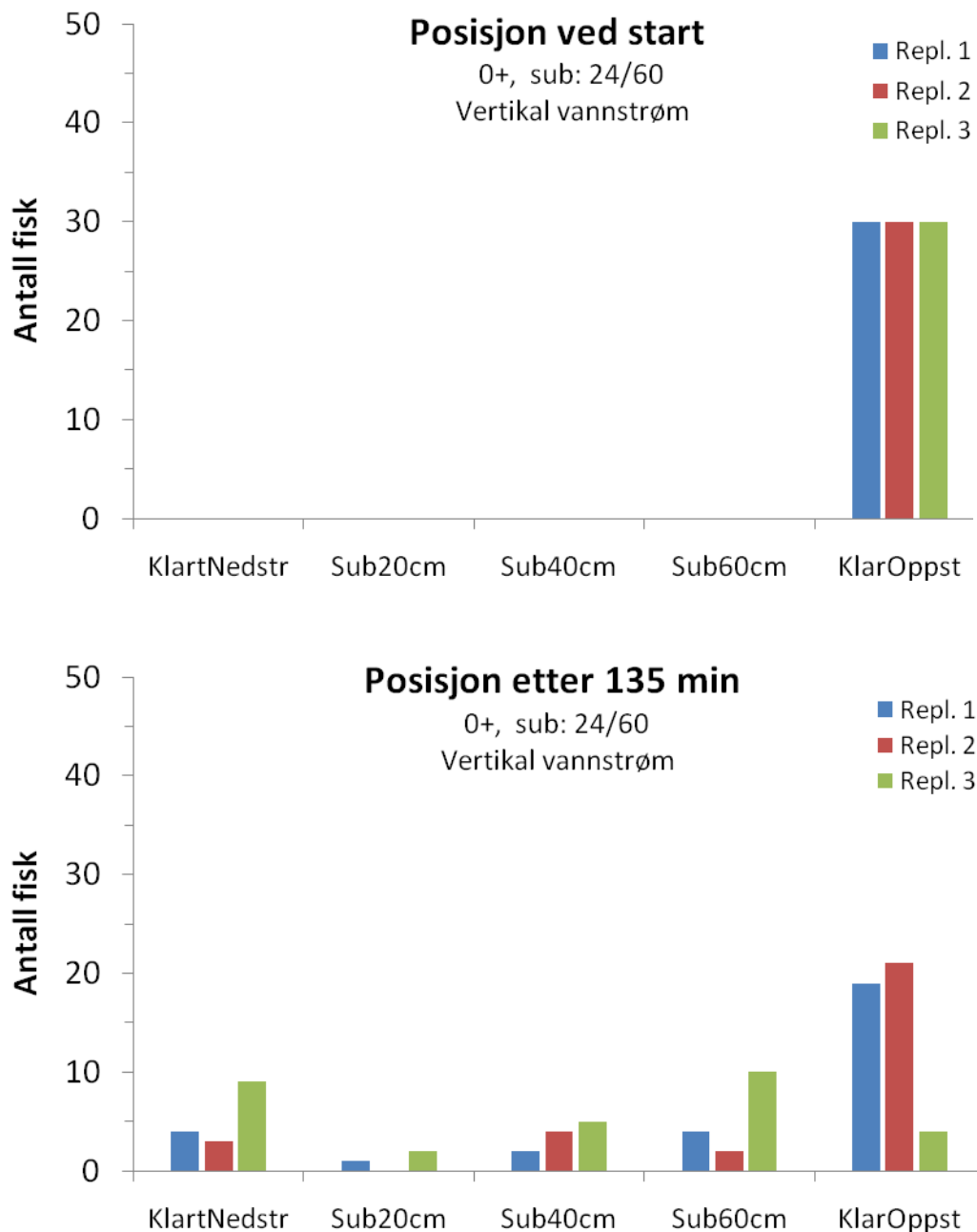
Figur 11. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i november 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 30 årsunger av laks i øvre ende av forsøksoppsettingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 7).



Figur 12. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i november 2010 ved horisontal vandring. Forsøksstart med plassering av 30 årsunger av laks i nedre ende av forsøksoppsettingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 8).

### 1.8 Årsunger i november, vertikal vandring

Forsøk med vertikal vandring ned i substratet, og med vannstrøm nedenfra og opp gjennom substratet, viste at årsunger vandret motstrøm ned gjennom substratet, Fig. 13. Det var relativt stor variasjon mellom de tre replikatene, men for alle tre ble det påvist laksunger stående i alle eller de fleste seksjonene med substrat, og for alle hadde laksunger vandret gjennom 60 cm substrat og ned i KlartNedstr.



Figur 13. Fiskens posisjon i substrat 24-60 mm i november 2010 ved vertikal vandring med simulert vann nedenfra. Forsøksstart med plassering av 30 årsunger av laks i øvre del av forsøksoppstillingen, og sluttposisjoner etter eksperimentell periode på 135 minutter (eksperiment 9).

## 5. Diskusjon

Bunnsubstratet er en viktig habitat faktor for ungfisk hos laksefisk, fordi opphold i substratet gir skjul (vannhastigheter, predatorer og konkurranse) og næring (Fraser et al. 1993, Heggenes et al. 1993, Heggenes et al. 1999, Bremset 2000, Bremset og Heggenes 2001, Armstrong et al. 2003). Samtidig er det lite kunnskap om hvordan, under hvilke forhold og hvor mye ungfisk bruker substratet, ikke minst om hvordan ulike typer miljøstress kan påvirke fiskens bruk av substratet (se litteraturgjennomgang av Heggenes et al. 2010).

De forsøkene som her er gjennomført, viser at 0+ laksunger (juni: 28,3 mm  $\pm$  1,02 (SD) og september: 51,7 mm  $\pm$  3,68) og 1+ laksunger (september: 84,6 mm  $\pm$  7,63) aktivt bruker substratet under de gitte forsøksbetingelsene. For begge gruppene refordelte fisken seg ganske raskt etter innsetting i vannfasen i enden av rørene, dvs. innen ca 30 min, men viste deretter en ganske stabil romlig fordeling. Det ble imidlertid fortsatt observert aktiv vandring av enkeltindivider både inne i substratet og mellom vannfasen og substratet. Dette gjaldt både ved medstrøms og motstrøms vandring. Hovedmønsteret i romlig fordeling var likevel gitt etter ca 30 min.

Dykkerobservasjoner dokumenterte at fisk raskt forsvant fra vannfasen i de klare endeseksjonene. De måtte da nødvendigvis befinne seg i substratseksjonene. Samtidig ble det under selve forsøkene bare gjort få observasjoner av fisk i substratseksjonene gjennom de gjennomslittige rørene. Årsaken var selvsagt at bare få av de fiskene som var i substratseksjonene befant seg nær veggen. De fleste befant seg inne i selve substratet. Ved avsluttet forsøk ble seksjonene tømt for vann, og alle fiskenes posisjon kunne da bestemmes.

En relativt stor andel av de fiskene som gjennom hele forsøket befant seg i de klare endeseksjonene, valgte å oppholde seg i selve overgangen mot første substratseksjon. Flere hadde typisk posisjon for næringsopptak.

Mulighetene for innvandring i substratet er helt avhengig av partikkelstørrelsen, der fravær av sand og fin grus gir de nødvendige hulrom. Laksungers generelle krav til vannhastighet i naturlig habitat tilsier relativt grovt substrat med lite finmateriale i hulrommene. Der det også er grunnvannsfram-brudd, vil hulrom kunne opprettholdes langt ned i bunnen eller inn i bredden. Vi var likevel overrasket over fiskens evne til å forflytte seg relativt langt gjennom substratet, selv i substrat med små hulrom i forhold til fiskens størrelse. Der årsunger ble plassert i den ene enden av oppsettet og med substrat 24-60 mm, kunne vi med sikkerhet fastslå at noen laksunger i alle forsøkene hadde vandret gjennom 60 cm substrat. For årsunger med substrat 16-22 mm var forsøksbetingelsen slik at vi bare kunne fastslå at de hadde vandret gjennom mer enn 20 cm substrat, og for 1+ laksunger kunne vi fastslå vandring gjennom opptil 20 cm substrat med partikkelstørrelse 24-60 mm.

De forsøkene som hittil er gjennomført, har fokusert på betydning av substrat- og fiskestørrelse. Videre systematiske undersøkelser av hvordan ulike habitat og miljøstress faktorer påvirker substratbruken, for eksempel sesong, dag/natt, strømretning og strømhastighet, predasjonsrisiko, kjemikalier, *Gyrodactylus*-infeksjon, vil gi ny kunnskap. Forsøkene har til nå ikke undersøkt temperaturgradient. I så måte vil de reflektere horisontal vandring inn i bunnen der det er kupert bunn, eller inn i elvebredden, men med elvevann med samme temperatur. Et av forsøkene (eksperiment 9) vil reflektere vertikal vandring, dvs. ned i elvebunnen, men også her ved en og samme temperatur.

Vi kan derfor ikke angi vandringsutfall under eksperimentelle betingelser der det er temperaturgradienter eller markerte kontraster i vanntemperatur, slik det er målt i bunn og bredd i flere elver der grunnvannskilder møter elvevannet (Brabrand et al. 2005). En temperaturgradient (inn i bredd og ned i bunn) vil oppstå der det er grunnvannsframbrudd, og vi må anta at dette vil påvirke den romlige fordelingen og hvordan fisken bruker substratet. Der grunnvann møter elvevann, vil både ha en romlig variasjon (knyttet til der det er kilder og til lagdeling av substrat) og den vil ha en variasjon over tid (variasjon i avrenning fra kildene og vannføringen i elva). Dette vil øke habitatvariasjonen, og i seg selv sannsynligvis øke kompleksiteten i fiskens bruk av substratet.

## 6. Oppsummering

- Det ble gjennomført eksperimentelle studier på laksungers (0+ og 1+) aktive bruk av substrat. Eksperimentene ble gjennomført i Sandvikselva med naturlig lysregime på dagtid. Det ble benyttet startforet stedegen stamme av laks fra anlegg i juni, mens i september og november ble det benyttet laks fanget med elektrisk fiskeapparat ovenfor anadrom strekning i september og november. Denne laksen var satt ut i juni, og all 0+ laks benyttet var derfor i utgangspunktet fra samme anlegg.
- Hver forsøksenhet besto av fem mindre røreheter (GPA-rør transparent) á lengde 20 cm, diameter 14 cm, liggende i et ytre større rør, lengde 100 cm, diameter 16 cm. De mindre rørehetene i hver ende var uten substrat, mens de tre enhetene i midten ble fylt med substrat, hhv. 16-22 mm og 24-60 mm i ulike forsøk, karakterisert som hhv. hasselnøtt og valnøtt/ plomme størrelse. Fisk ble plassert i endeenhetene, enten i nedre enhet, i øvre enhet eller i begge. Fisk kunne da vandre fra de klare endeenhetene og inn i substratet.
- For å simulere horisontal vandringsmulighet, for eksempel inn i elvebredd/forbygning, ble rørene lagt horisontalt i elv. For å simulere mulig vandring ned i bunnen i grunnvannsområder, ble rørene stilt vertikalt med vannstrøm nedenfra gjennom rørventil og opp gjennom seksjonene med overløp over øvre seksjon.
- Dykkerobservasjoner ved horisontal plassering av rør ble gjennomført hvert 15. minutt. Antall fisk i de gjennomsiktige endeenhetene ble notert, likeledes de enkelte fiskene som var inne i substratet og som kunne observeres gjennom rørveggene. Posisjonen ble notert. Opplegget ga stabil horisontal fordeling av fisk ca 30 min etter forsøksstart, og fordelingen var ikke vesentlig forskjellig etter dette (inntil 24 timer). Basert på pilotstudier ble det valgt en standard forsøksperiode på 135 minutt. Da ble enhetene tatt ut og fiskens plassering notert.
- Under de gitte forsøksbetingelser vandret årsunger av laks horisontalt inn i substrat med diameter 24-60 mm i juni, september og november, dvs. ved temperaturer på hhv. ca 10 °C, 8 °C og 3 °C, og med økende fiskestørrelse fra 28,3 mm ± 1,02 (SD) til 51,7 mm ± 3,68. Innvandringen til substrat må angis som betydelig.
- Forsøkene viste at årsunger kunne bevege seg gjennom 60 cm substrat med diameter 24-60 mm i både juni, september og november.
- Forsøk i juni med fisk plassert i begge ender viste at årsunger i substrat med diameter 16-22 mm kunne bevege seg horisontalt gjennom mer enn 20 cm substrat.



- Laksunger i aldersgruppe 1+, dvs. lengde 70-95 mm, kunne også bevege seg horisontalt i substratkategori 24-60 mm, men forsøkene viste mindre vandring her enn for årsunger.
- Laksunger i aldersgruppene 0+ og 1+ vandret horisontalt både motstrøms og medstrøms, men det var en tendens til at laksungene vandret mer motstrøms gjennom substratet.
- Laksunger i aldersgruppen 0+ vandret vertikalt og motstrøms ned gjennom substratet, og laksunger ble funnet i alle substratseksjonene. Ved vertikal vannhastighet på 0,5-1,0 cm s<sup>-1</sup> vandret 10-30 % av individene gjennom 60 cm substrat 24-60, mens 30-87 % befant seg i substratet ved forsøkslutt.

## 7. Referanser

- Armstrong, J.D., Kemp, P.S., Kennedy, G.J.A., Ladle, M. and Milner, N.J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62, 143-170.
- Baird, O.E. and Krueger, C.C. 2003. Behavioral thermoregulation of brook and rainbow trout: comparison of summer habitat use in an Adirondack River, New York. *Transactions of the American Fisheries Society* 132, 1194-1206.
- Boxall, G. D., Giannico, G. R. and Li, H. W. 2008. Landscape topography and the distribution of Lahontan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*) in a high desert stream. *Environmental Biology of Fishes* 82, 71-84, doi:10.1007/s10641-007-9254-1.
- Brabrand, Å., Koestler, A.G. og Hørstad, A. S. 2005. Grunnvannstilførsel til Skibotnelva, Rauma, Driva, Vefsna og Lærdalselva som mulig årsak til overlevelse av laksunger ved rotenonbehandling. Laboratorium for ferskvannsbiologi og innlandsfiske, Zoologisk museum, Oslo, Rapport nr. 236-2005, 37 sider.
- Bremset, G. 2000. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 59, 163-179.
- Bremset, G. and Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in lotic environments. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75, 127-142.
- Brown, R.S. 1999. Fall and early winter movements in cutthroat trout, *Oncorhynchus clarki*, in relation to water temperature and ice conditions in Dutch Creek, Alberta. *Environmental Biology of Fishes* 56, 359-368.
- Douglas, T. 2006. Review of groundwater-salmon interactions in British Columbia. Report Watershed Watch Salmon Foundation, Vancouver, Canada.
- Fraser, N.H.C., Metcalfe, N.B. and Thorpe, J.E. 1993. Temperature-dependent switch between diurnal and nocturnal foraging in salmon. *Proceeding of the Royal Society of London Series B* 252, 132-139.
- Fraser, N.H.C., Heggenes, J., Metcalfe, N.B. and Thorpe, J.E. 1995. Low summer temperatures cause juvenile Atlantic salmon to become nocturnal. *Canadian Journal of Zoology* 73, 446-451.
- Heggenes J., Krog O.M.W., Lindås O.R., Dokk J.G. and Bremnes T. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62, 295-308.
- Heggenes J., Baglinière J.L. and Cunjak R.A. 1999. Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in heterogeneous streams. *Ecology of Freshwater Fish* 8, 1-21.

- Klemetsen, A., Amundsen, A., Dempson, P.A., Jonsson, J.B., Jonsson, B., O'Connell, N. and Mortensen, M.F. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of freshwater fish* 12, 1-59
- Knudsen, R., Rikardsen, A., Kristoffersen, R., Sandring, S. og Siikavoupio, S. 2004. Registreringer av *Gyrodactylus* spp. i fiskesamfunnet i Signaldalselva og Kitdalselva i Troms 2003. NINA Oppdragsmelding 817, 24 sider.
- Koestler, A. og Brabrand, Å. 2001. Grunnvann som mulig årsak til mislykkede rotenonbehandling. *Vann* 1, 29-35.
- Milner, N.J., Elliott, J.M., Armstrong, J.D., Gardiner, J., Welton J.S. and Ladle, M. 2002. The natural control of salmon and trout populations in streams. *Fisheries Research* 62, 111-125.
- Power, G., Brown, R.S. and Imhof, J.G. 1999. Groundwater and fish - insights from northern North America. *Hydrological Processes* 13, 401-422.
- Roussell, J-M., Cunjak, R.A., Newbury, R., Cissie, D. and Haro, A. 2004. Movement and habitat use by PIT-tagged Atlantic salmon parr in early winter: the influence of anchor ice. *Freshwater Biology* 49, 1026-1035.
- Torgersen, C.E., Price, D.M., Li, H.W. and McIntosh, B.A. 1999. Multiscale thermal refugia and stream habitat associations of Chinook salmon in Northeastern Oregon. *Ecological Applications* 9, 301-319.