

094

# oppdragsmelding

## Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge

Trygve Hesthagen  
Lars P. Hansen



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

# Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge

Trygve Hesthagen  
Lars P. Hansen

Trygve Hesthagen & Lars Petter Hansen

Tap av laks i forsurede lakseelver i Norge

NINA Oppdragsmelding 094: 1 – 12

Trondheim, Desember 1991

ISSN: 0802 – 4103

ISBN: 82-426-0170-4

Klassifisering av publikasjonen:  
Forsurede vassdrag – tap av laks

Copyright (C) NINA  
Norsk institutt for naturforskning

Siteres fritt med kildeangivelse

Opplag: 200

Adresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim

## Forord

Denne undersøkelsen er finansiert av Direktoratet for Naturforvaltning. Vi vil takke Dag Matzow (Aust-Agder), Ørnulf Haralstad (Vest-Agder), Jostein Nordland og Espen Enge (Rogaland) og Øivind Vasshaug (Hordaland) for diverse opplysninger om de undersøkte elvene. Takk også til Ole Wiggo Røstad (Norges Landbrukshøyskole) som laget dataprogrammet til arealberegning og til Helen Guldseth (NINA) for teknisk assistanse ved arealberegningen av de undersøkte elvene.

Trondheim, oktober 1991

Trygve Hesthagen

Lars Petter Hansen

## Referat

Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Tap av laks i forsurede lakse-elver i Norge. – NINA Oppdragsmelding 0094: 1–12.

Det årlige tapet av laks i Norge på grunn av sur nedbør ble beregnet på grunnlag av tilgjengelig oppvekstareal fra 1:5000 kart ved hjelp av et databasert digitaliseringsbord, anslått smoltproduksjon, overlevelse fra smolt til voksen og gjennomsnittsvekt av voksen fisk. I alt er 25 elver vurdert til å ha tapt sine laksebestander totalt eller er nær utryddelse på grunn av forsuring. Den totale smoltproduserende strekning i disse elvene ble beregnet til 340.6 km, og dette tilsvarer et oppvekstareal på 2044.8 hektar. Av dette utgjør arealet av elvene i Agderfylkene hele 1654 hektar (80%). Beregningene bygger på en antatt smoltproduksjon på 3 og 6 individer pr. 100 m<sup>2</sup>, en overlevelse fra smolt til voksen fisk på 15 og 25%, og en gjennomsnittsvekt hos voksen fisk på 3.75 kg. Den totale årlige mengden laks som går tapt på grunn av sur nedbør ble på grunnlag av disse verdiene beregnet til å være mellom 92.016 og 306.720 individer, tilsvarende fra 345 til 1150 tonn laksekjøtt.

Emneord: Forsurede vassdrag, arealberegning, tap av laks

Trygve Hesthagen og Lars Petter Hansen, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungasletta 2, N-7004 Trondheim

# 1 Innledning

Forsuringen av norske vassdrag har resultert i store skader på våre fiskebestander både i innsjøer og lakseførende vassdrag (Overrein m.fl. 1980). I Mandalselva og Kvina i Vest-Agder ble det i perioden 1911–1921 rapportert om flere episoder med betydelig fiskedød av voksen laks (Jensen & Snekvik 1972). I Rogaland ble det observert død laks og aure i flere elver i 1920 (Huitfeldt-Kaas 1922). På samme tid ble også de første problemene med dødelighet på egg og nyklekt lakseyngel registret i klekkerier på Sørlandet, og dette ble satt i sammenheng med surt vann (Dahl 1927). Men det var imidlertid ikke før på 1950-tallet at forsuringen og tapene av fiskebestandene på Sørlandet ble relatert til langtransporterte forurensninger (Dannevig 1959).

Laksen har vist seg å være svært ømfintlig for eksponering til surt og aluminiumsrikt vann (Leivestad m.fl. 1976, Muniz 1981, Rosseland & Skogheim 1986, Hesthagen 1989). Basert på opplysninger fra Miljøvernavdelingene i de enkelte fylker, laksestatistikk og vannkjemiske data, har vi registrert at laksen har gått tapt eller er nær utryddelse i 25 elver (figur 1.1). De fleste av disse elvene har lave pH-verdier ( $< 5.0$ ), lavt ioneinnhold ( $< 1.2$  mg Ca/l), lav alkalinitet ( $< 3.0$   $\mu\text{ekv/l}$ ) og høyt innhold av labilt aluminium ( $> 30$   $\mu\text{g/l}$ ), tabell 1.1. Se også Henriksen m. fl. (1981) og Henriksen (1982).

Det har hittil ikke vært foretatt noen kvantitativ beregning av hvor mye laks som årlig tapes i Norge på grunn av forsuring. Fangststatistikken for endel av våre lakseelver er riktignok tilgjengelig allerede fra 1876 (Dahl & Dahl 1942, Anon. 1970), men disse registreringene har vist seg å underestimere mengden oppfisket laks sterkt (Nordland 1978, Gjøvik 1981). Vi ville derfor med utgangspunkt i størrelsen av det potensielle oppvekstområdet for laks i de enkelte elvene beregne laksetapet på grunnlag litteraturdata av smoltproduksjon, overlevelse i sjøen fra smolt til voksen individ, og størrelsen på denne fisken (se også Hesthagen & Hansen 1991).

# 2 Beregnet tap av laks

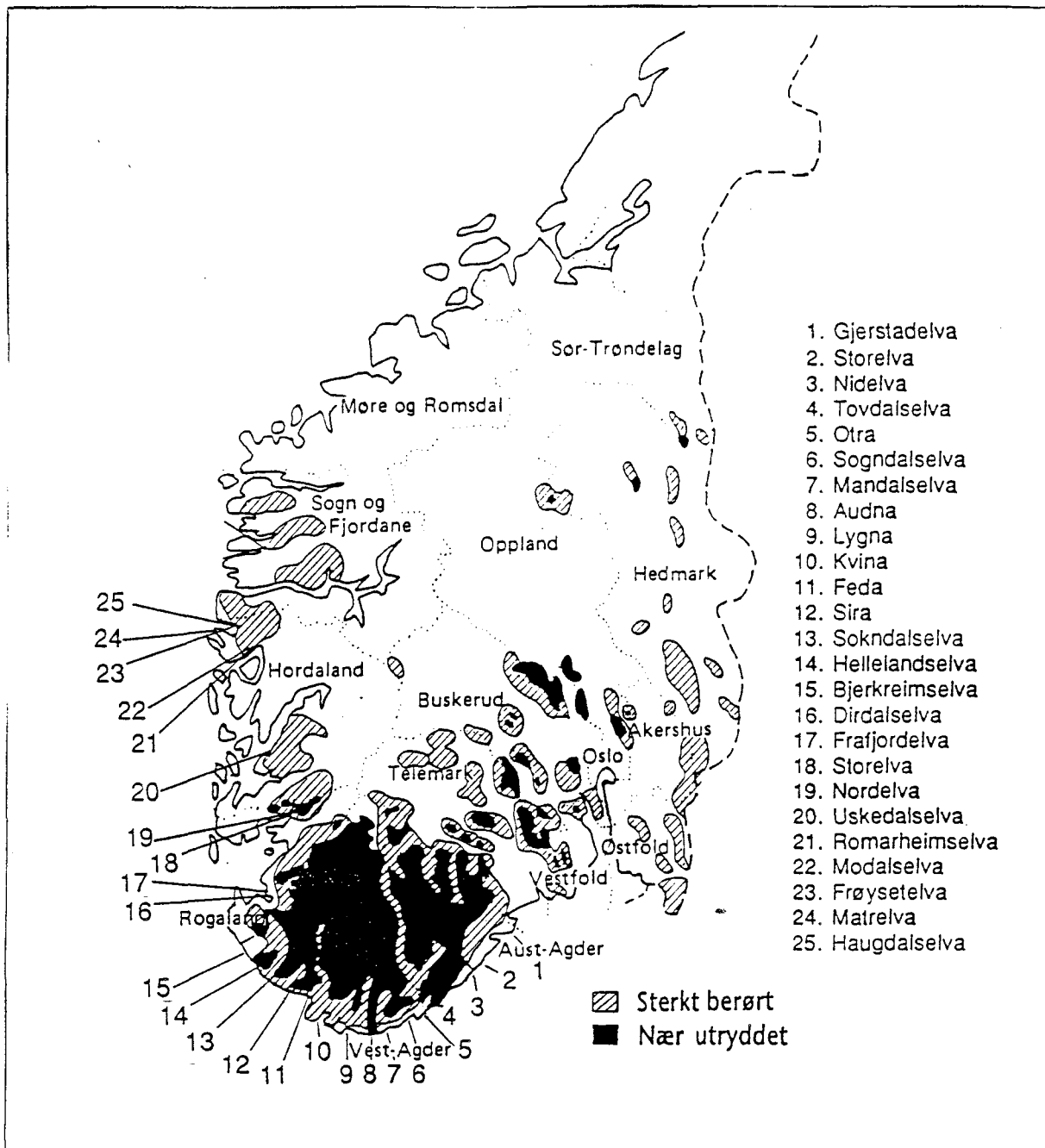
Arealberegningen ble foretatt fra kart i målestokk 1:5000 ved hjelp av et dataprogram basert på registreringer ved hjelp av et digitaliseringsbord.

Det foreligger ingen data om smoltproduksjon i de berørte elvene før forsuring, og vi må derfor bygge våre beregninger på resultater fra andre elver. I Norge foreligger det slike data fra fire elver (tabell 2.1.). Både Kvasseheimsåna og Imsa (Rogaland) vurderes som elver med høy fiskeproduksjon på grunn av gjødselavrenning fra jordbruket. Smoltproduksjonen i disse to elvene er henholdsvis 15.8 og 15.4 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (Hesthagen m.fl. 1986, Hansen & Jonsson, upubl.). I Orkla i Sør-Trøndelag er den gjennomsnittlige smoltproduksjon beregnet til 6.1 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (Hvidsten & Ugedal 1991), mens tilsvarende verdi for Vardneselva i Troms er 2.9 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (Berg 1977).

Tabell 2.1 Beregnet smoltproduksjon pr. 100 m<sup>2</sup> i fire norske lakseelver. I parentes antall år dataene bygger på.

Elv	Antall pr. 100 m <sup>2</sup>	Referanse
Kvasseheimsåna	15.4 ( 1)	Hesthagen m.fl. (1986)
Imsa	15.4 (13)	Hansen & Jonsson (upubl.)
Orkla	6.1 ( 6)	Hvidsten & Ugedal (1991)
Vardneselva	2.9 ( 8)	Berg (1977)

Generelt varierer produksjonen av smolt mellom 1–10 individer pr. 100 m<sup>2</sup>, avhengig av produktivitet og smoltalder (Symons 1979). Laksen i både Kvasseheimsåna og Imsa har lav smoltalder, vesentlig to år (Hesthagen m.fl. 1986, Jonsson m.fl. 1990). Smoltalderen øker med økende breddegrad, og i Orkla har den gjennomsnittlige smoltalderen variert fra fra 3.3 til 4.1 år (Hesthagen & Garnås 1984). Det er derfor grunn til å anta



Figur 1.  
 Lokalisering av elver med tapte laksebestander i Norge. Områder med skader på innlandsfiskebestander på grunn av sur nedbør er angitt. (Kart etter Sevaldrud & Muniz 1980, Hesthagen m.fl. 1989)

Tabell 1.1. Enkelte vannkjemiske parametre i elver med tapte laksebestander vist som gjennomsnitt (x) med min- og max-verdier i parentes. N = antall prøver. Referanse angitt til høyre i tabellen refererer seg til følgende: 1: SFT-1988 (NIVAs overvåkingselver), 2: Jonsson & Blakar 1988 (NINA - Elveserien), 3: Lande & Grande 1986, 4: Hebnæs 1983, 5: Data fra Miljøvern avdelingen i Hordaland (Øivind Vasshaug personlig meddelelse), 6: Tom Hansen, Matre Havbruksstasjon, Havforskningsinstituttet.  
\* Antall prøver fra Matreelva: pH (N=53), Ca=Ca0 (N=46), alk (N=31), labilt Al (N=23).

Elver	pH x (min-max)	Ca mg/l x (min-max)	Alkalinitet µekv/l x (min-max)	Labilt Al µg/l x (min-max)	N	Ref.
Gjerstadelva	5.50(5.20-6.20)	1.90(1.60-2.60)	8.5(0.6-30.4)	39.9(22.0-124.0)	23	1
Storelva (Stornes)	5.67(4.43-6.21)	1.98(1.78-2.20)	14.0(5-37)	-	10	2
Nidelva (Rykene)	5.05(4.79-5.38)	1.01(0.88-1.21)	1.0(0.0-10.0)	-	51	2
Tovdalselva	4.90(4.77-5.20)	0.93(0.79-1.11)	0.01(-)	147.0(87.0-200.0)	15	1
Otra (Steinfoss)	5.34(4.61-5.79)	0.95(0.87-1.09)	0.03(0.013-0.05)	-	3	3
Sogndalselva	5.59(4.49-6.21)	2.46(1.35-3.71)	20.0(0-58)	-	24	2
Mandalselva	4.89(4.71-5.52)	0.71(0.58-0.93)	2.65(0.006-5.29)	129.0(45-159)	19	1
Audna (Nyajordet)	5.25(4.82-6.36)	1.71(1.31-2.83)	-	-	2	2
Lygna	5.05(4.68-5.79)	1.05(0.65-1.85)	7.65(0.006-20.7)	119.0(34.0-172.0)	17	1
Kvina	4.99(4.61-5.38)	1.17(0.65-4.30)	1.0(0.0-11.0)	-	10	2
Feda (1984)	5.07(4.73-6.01)	1.19(0.95-2.04)	-	-	10	2
Sira (Åna Sira)	4.96(4.81-5.95)	0.60(0.40-1.37)	0.0	-	24	2
Sokndalselva	4.90(4.82-5.06)	0.91(0.85-1.01)	0.0	-	12	2
Hellelandselva	5.28(4.94-6.07)	0.97(0.64-1.26)	5.0(0-32.0)	-	19	2
Bjerkreimsåna	5.73(5.34-6.38)	1.13(0.84-2.00)	8.53(0.006-27.2)	26.7(5.0-70.0)	18	1
Dirdalselva	5.43(4.98-6.06)	0.79(0.46-1.44)	2.66(0.006-12.0)	50.7(5.0-148.6)	16	1
Frafjordelva	5.15(5.03-5.30)	0.48(0.40-0.65)	2.0(0.0-4.0)	-	4	2
Nordelva (1983)	5.60(5.09-5.94)	0.96(0.34-1.90)	-	-	12	2
Uskedalselva	5.61(5.19-6.15)	0.86(0.51-1.51)	0.01(-0.028)	84.0(66.0-103.0)	19	4
Romarheimselva	5.00(4.93-5.08)	0.12(0.10-0.14)	<0.02	-	5	5
Modalselva	5.43(5.24-5.59)	0.37(0.21-0.51)	0.12(0.006-1.65)	33.3(4.0-68.0)	18	1
Frøyssetelva	4.84(4.76-4.91)	0.29(0.17-0.45)	<0.02	-	7	5
Matreelva	5.13(4.85-5.50)	0.59(0.03-1.10)	0.024(0.004-0.079)	62.6(30.0-114.0)	*	6
Haugdalselva	5.04(4.98-5.08)	0.18(0.09-0.27)	<0.02	-	5	5

Tabell 2.2 Elver hvor laksen har gått tapt på grunn av forsuring med angivelse av lakseførende strekning, elveareal, innsjøareal og stedsangivelse med UTM-referanse for hvor langt laksen gikk i de enkelte elvene. AA = Aust-Agder, VA = Vest-Agder, R = Rogaland, H = Hordaland

Fylke	Elv	Elve- strekning (km)	Elve- areal (ha)	Innsjø- areal (ha)	Stedsangivelse	UTM- referanse	Kartblad
AA	Gjerstadelva	2.9	11.7	425.9	Gjerstadvatn	NL 020 271	1612 (1)
	Storelva	5.1	11.5	158.2	Fosstveit	ML 945 004	1612 (1)
	Nidelva	30.9	320.2	0.0	Bøylefoss	MK 835 953	1612 (3)
	Tovdalselva	24.4	189.2	614.2	Hauglandsfoss	MK 655 954	1512 (2)
VA	Otra	14.1	190.3	0.0	Vigelandfossen	MK 388 575	1511 (4)
	Sogndalselva	30.4	62.9	0.0	Underåsen	MK 272 537	1511 (3)
	Mandalselva	43.8	418.0	198.2	Kavfossen	MK 140 780	1411 (1)
	Audna	38.5	154.2	246.7	Stedjan	MK 050 725	1411 (1)
	Lygna	19.7	123.3	0.0	Kvåsfossen	LK 939 598	1411 (4)
	Kvina	12.4	138.1	0.0	Rafossen	LK 805 713	1311 (1)
	Feda	2.3	11.1	0.0	Høylandsfoss	LK 724 628	1311 (1)
	Sira	0.3	0.9	0.0	Åna Sira	LK 505 645	1311 (4)
R	Sokndalselva	11.8	36.2	0.0	1)		
	Hellelandselva	19.1	89.2	66.9	2)		
	Bjerkreimselva	25.0	122.6	266.4	Skjæveland (3)	LL 314 057	1212 (2)
	Dirdalselva	10.8	31.5	10.8	Giljajuvet	LL 430 199	1312 (4)
	Frafjordelva	5.1	17.6	29.3	Bradland	LL 489 258	1312 (4)
	Storelva	8.1	28.4	0.0	Grenvastøl	LM 573 157	1314 (3)
	Nordelva	1.3	3.3	0.0			
H	Uskedalselva	10.0	12.5	0.0	Fjellandsvatn	LM 302 424	1214 (1)
	Romarheimselva	6.0	12.0	3.5	Olsbotn	LN 160 457	1216 (4)
	Modalselva	8.0	32.0	0.0	Almelifossen	LN 317 487	1216 (1)
	Frøysetelva	2.1	4.9	91.1	Hindefossen	KN 972 534	1116 (1)
	Matreelva (to løp)	4.2	8.5	5.0	Brydalsfossen	LN 168 570	1216 (4)
	Haugdalselva	4.3	15.3	0.0	Storemyr	LN 107 495	1216 (4)
Totalt		340.6	2 044.8	2 116.2			

- 1) Steinsvassdraget (LK 435 747, 1311 (4))  
 Myssavassdraget (LK 448 743, 1311 (4))  
 Blåfjellvassdraget (LK 441 707, 1311 (4))  
 Barstadvassdraget (LK 423 722, 1311 (4))
- 2) Øgreifossen (LK 284 863, 1211 (1))  
 Nese (LK 297 899, 1212 (2))
- 3) Laksen kan gå helt til Indre Vinjavatn (LL 391 153, 1312 (3))



at laksesmolten i elvene på Sørlandet i hovedsak var 2–3 år ved utvandring til sjøen. Smoltproduksjon i elver med tilsvarende smoltalder varierer fra 1.1–7.3 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (Baglinière & Champigneulle 1986, Mills 1986, 1989). Vi finner det derfor rimelig at smoltproduksjonen i de berørte vassdragene ville ha vært mellom 3 og 6 individer pr. 100 m<sup>2</sup> hvis vassdragene ikke hadde vært forsuret. Vi har brukt disse verdiene som henholdsvis laveste og høyeste verdi i den videre analyse.

Overlevelse av laksen fra smoltstadiet til voksen vil variere for ulike laksestammer. Ved merkeforsøk med villsmolt (Carlin merker) fra Imsa har gjenfangstprosenten variert fra 5 til 15 % (Hansen 1988a, unpubl. data). Det er imidlertid observert en merkedødelighet hos villsmolt på hele 60% (Hansen 1988b). En ytterligere feilkilde er at ikke alle merker blir rapportert. Følgelig er de observerte gjenfangstene betydelig underestimert sammenliknet med den reelle overlevelsen. Jensen (1981) antydte en overlevelse av villsmolt i Imsa til å være mellom 20 og 30%. I dette arbeidet har vi valgt å basere analysen på to verdier; 15 og 25% overlevelse fra smolt til voksen.

Ved fastsettelse av størrelsen på voksen fisk (ved tilbakevandring til elva) har vi benyttet den offisielle fangststatistikken. Den gjennomsnittlige vekten av laks fanget i Norge i perioden 1981–1986 var 3.75 kg.

De 25 elvene representerer en total elvestrekning på 340.6 km, og oppvekstarealet for anadrom laksefisk tilsvarer 2044.8 hektar (tabell 2.2.). Arealmessig utgjør elvene i Agder den største andelen med hele 80% (1654 hektar). Mandalselva har en lakseførende strekning på 43.8 km (418 hektar), og er den største elven på Sørlandet. I tillegg til elvearealet er det også i mange vassdrag et betydelig innsjøareal på den lakseførende strekningen. Totalt utgjør dette et areal på hele 2116.2 hektar hvorav 614.2 hektar utgjøres av Tovdalsvassdraget. Innsjøarealet er imidlertid ikke tatt med i beregningene av laksetapet.

Basert på de ovenfornevnte forutsetninger, kan det potensielle tapet av smolt i de 25 elvene beregnes til mellom 613.440 og 1.226.880 individer årlig (tabell 2.3.). Dette gir et tap på mellom 92.016 og 306.720 voksne individer som tilsvarer mellom 345–1150 tonn laksekjøtt.

*Tabell 2.3 Beregnet tap av laks i norske lakseelver på grunn av sur nedbør uttrykt i antall smolt og vekt av voksen fisk, basert på en produksjon av smolt på 3 og 6 individer pr. 100 m<sup>2</sup> og ved en overlevelse på 15 og 25 % fra smolt til voksen fisk.*

Smolt pr. 100 m <sup>2</sup>	Smolt- tap	15% overlevelse		25 % overlevelse	
		Antall	Vekt (t)	Antall	Vekt (t)
3	613.440	92.016	345	153.360	575
6	1226.880	184.032	690	306.720	1150

### 3 Diskusjon

Beregningene av det årlige tapet av voksen laks i de undersøkte elvene basert på smoltproduksjon og overlevelse fra smolt til voksen viste store variasjoner (345 – 1150 tonn). Med det er også grunn til å forvente at det potensielle tapet kan variere mellom disse ekstremverdiene fordi det er store årlige naturlige variasjoner i både smoltproduksjon og overlevelse. Følgelig kan det i enkelte år med svært gunstige produksjonsforhold og høy overlevelse ha vært et potensiale som nærmer seg den høyeste verdien som ble beregnet.

*Tabell 3.1 Gjennomsnittlig rapportert fangst (kg) av laks i perioden 1876–1885, og høyeste årlige fangst registrert før 1900 for laks i 17 elver som nå har tapt sine laksebestander. Tilsvarende fangststatistikk finnes ikke for de 8 andre elvene oppgitt i tabell 1.*

Elv	Gj.snittlig fangst 1876–1885	Høyeste årlig fangst før 1900
Gjerstadelva	446	700
Storelva	48	48
Nidelva	6 583	12 500
Tovdalselva	9 652	17 422
Otra	4 354	10 980
Mandalselva	18 498	34 709
Audna	3 424	6 730
Lygna	1 011	1 500
Kvina	9 041	16 443
Feda	305	350
Sokndalselva	2 492	4 393
Hellelandselva	293	385
Bjerkreimselva	4 791	5 716
Dirdalselva	44	63
Frafjordelva	647	647
Matreelva	128	300
Frøysetelva	142	200
Sum	61 899	113 086

Det foreligger laksestatistikk fra før århundreskiftet fra 17 av de 25 elvene som omfattes av denne undersøkelsen (tabell 3.1.). En summering av de

gjennomsnittlige fangstene fra disse elvene for perioden 1876–1885, gir 62 tonn, mens største årlige fangst før 1900 var 113 tonn.

Vi vet at den offisielle laksestatistikken underestimerer den reelle fangsten. I perioden før 1900 var det et betydelig fiske etter laks i sjøen, hovedsaklig basert på kilenøter. I denne perioden ble i følge laksestatistikken 67.8% av den totale laksefangsten i Norge tatt i sjøen. Hvis disse 17 laksestammene ble fanget i sjøen i samme forhold, kan oppfisket kvantum laks i disse elvene beregnes til ca. 193 tonn. Det er vanskelig å angi hvor unøyaktig den offisielle laksestatistikken var den gangen, men nyere undersøkelser tyder på at den ikke-rapporterte fangsten idag er minst like stor som den rapporterte (Gjøvik 1981, Nordland 1981). Dersom en tar utgangspunkt i dette, kan en anslå det årlige tapet til fiskeriene (både i sjø og ferskvann) til nær 400 tonn. I tillegg kommer den delen av bestanden i elvene som ikke ble fanget, og som utgjorde gytebestanden. Innsamlingen av den offisielle fangststatistikken ble igangsatt i 1876, og en må anta at kvaliteten på fangstopp-gavene var dårligere på den tiden sammenliknet med dagens registreringer. Derfor er det ikke urimelig å anta at de ikke-rapporterte fangstene var større enn de som ble rapportert.

Ut fra fangststatistikken, er det grunn til å tro at forsuringseffekter på laksebestandene i sørlandselvene startet allerede i slutten av forrige århundre (Hesthagen & Larsen 1987, Hesthagen & Hansen 1991). Beregnet utslipp av soveldioksyd i Europa basert på forbruk av fossilt brensel var allerede relativt høyt før århundreskiftet på grunn av den industrielle revolusjonen (Dovland & Semb 1980). Med den lave bufferkapasiteten som mange av disse elvene har (Heriksen m. fl. 1981), må en anta at forsuringen startet relativt tidlig. Episoder med fiskedød tidlig på 1900 tallet (Jensen & Snekvik 1972), tyder også på at dette var tilfelle. Laksebestandene i sørlandselvene kunne derfor allerede ha vært påvirket av forsuring før 1900. Følgelig behøver ikke fangststatistikken fra denne perioden å være noe fullgodt mål på mengden laks før forsuringen startet.

Arealberegningene som ble foretatt i forbindelse med denne undersøkelsen omfattes bare av hovedelvene. I mange vassdrag forekommer det imidlertid sideelver/bekker som kan ha hatt betydning for lakseproduksjonen (cf. Matzow m.fl. 1990). Mulig betydning av produksjon av laksunger i innsjøer er heller ikke vurdert. Innsjøarealet i vassdragene var større enn det totale elvearealet, og disse innsjøene kan delvis ha vært utnyttet til oppvekstområder for lakseunger og dermed bidratt til smoltproduksjonen. I Norge er det gjort få undersøkelser som dokumenterer habitatbruk hos lakseunger i innsjøer. I Vangsvatnet (Vossevassdraget) er det imidlertid vist at lakseunger utnytter bunnære områder (Haraldstad m. fl. 1983). Utsettingsforsøk med lakseyngel i en innsjø i Finnmark resulterte i betydelig produksjon av smolt (Berg 1969). Det samme var også tilfelle ved utsetting av laksunger i en sjø i nedslagsfeltet til Imsa i Rogaland (Hansen 1987). Utsettingsforsøk også i andre land har vist at innsjøer kan produsere betydelig mengder laks (Sinha & Evans 1969, Havey m.fl. 1973, Rimmer & Power 1978). Men problemet er at laksen i liten grad vandrer ut av systemet som smolt eller gjør dette til galt tidspunkt, noe som resulterer i svært lav overlevelse til voksen (Hansen 1987). I to grunne innsjøer på Newfoundland ble tettheten av lakseunger beregnet til henholdsvis 55 og 63 individ pr. hektar (Pepper m. fl. 1985). Laksen i disse innsjøene syntes å være lokalt tilpasset å utnytte mindre innsjøer. Vi kan derfor ikke se bort fra at også innsjøer i den lakseførende del av vassdragene kan ha betydning for smoltproduksjonen også i Norge.

Denne rapporten omhandler bare de elvene hvor laksen er helt utdødd eller meget sterkt truet av utryddelse. I tillegg kommer de elvene hvor laksen er truet av forsuring (Sivertsen 1989, Anon. 1990). Imidlertid gjelder dette relativt små elver med et fangstutbytte som er lite sammenliknet med det i de største elvene på Sørlandet.

# Litteratur

- Anon. 1970. Fiske etter laks og sjøørret 1876–1968. – Statistisk Sentralbyrå.
- Anon. 1990. Handlingsplan for levende genbank, 1990–91. Strakstiltak for truede laksestammer. – Direktoratet for naturforvaltning. Notat 7/1990, 32 s.
- Baglinière J.L. & Champigneulle, A. 1986. Population estimates of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, as indices of smolt production in the R. Scorff, Brittany. – J. Fish Biol. 29: 467–482.
- Berg, M. 1969. Utsetting av laksyngel i vatn og tjern. – Fisk og Fiskestell Nr 4. 63 s.
- Berg M. 1977. Tagging of migrating salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the Vardnes River, Troms, Northern Norway. – Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 56: 5–11.
- Dahl, K. 1927. The effect of acid water on trout fry. Salmon and Trout Magazine 46: 35–43.
- Dahl, K. & Dahl, E. 1942. Norges lakseelver. Deres utbytte i tabeller og grafer. – Landbruksdepartementet, Fiskerikontoret.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragenes surhet og på fiskebestanden. – Jeger og Fisker 3: 116–118.
- Dovland, H. & Semb, A. 1980. Atmospheric transport of pollutants. – I Drabløs, D. & Tollan, A. Ecological impact of acid precipitation. Proceeding of an International Conference in Sandefjord, Norway. SNSF-project, s. 14–21.
- Gjøvik, J.A. 1981. Undersøkelser av lakse- og sjøaurefisket i Gaula og Driva 1979 og 1980. – Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskerikonsulentene i Midt-Norge.
- Hansen, L.P. 1987. Growth, migration and survival of lake reared juvenile anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* L. – Fauna norv. Ser. A 8: 29–34.
- Hansen, L.P. 1988a. Status of exploitation of Atlantic salmon in Norway. – I Mills, D.E. & Piggins, D.J., red. Atlantic salmon: planning for the future. Croom Helm, London and Sydney, Timber Press, Portland, Oregon. s. 143–161.
- Hansen, L.P. 1988b. Effects of Carlintagging and finclipping on survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released as smolts. – Aquaculture 70: 391–394.
- Haraldstad, Ø., Ballestad, M., Gravem, F.R., Hindar, K., Jonsson, B., Matzow, D., Schei, T.A., Synnes, K., Sættem, L.M. 1983. Vosseprosjektet. Ferskvannsökologisk forskning i Vossevassdraget 1972–1982. – Vosseprosjektet, Zool. inst., Univ. i Oslo. Rapport nr. 11.
- Havey, K.A. og Andrews, P.S. 1973. Population dynamics of hatchery reared landlocked salmon, *Salmo salar*, at Schodic Lake, Maine. – Trans. Am. Fish. Soc.: 728–737.
- Henriksen, A. 1982. Preacidification pH-values in Norwegian rivers and lakes. – Norsk Institutt for vannforskning, Acid Rain Research Report 3/82, 24 s.
- Henriksen, A., Snekvik, E. & Volden, R. 1981. Changes in pH for 38 different watersheds during the period 1965–1979. – Statens Forurensningstilsyn, Rapport 2/81, 49 s.
- Hebnes, K. 1983. En vannkjemisk og fiskeribiologisk undersøkelse av Uskedalselva. – Fagoppgave i fiskeforvaltning, Statens Skogskole, Evenstad, 46 s.
- Hesthagen, T. 1989. Episodic fish kills in an acidified salmon river in southwestern Norway. – Fisheries 14: 10–17.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1984. Smolt age and size of Atlantic salmon *Salmo salar* L. and sea trout *Salmo trutta* L. in a Norwegian river. – Fauna norv. Ser. A 5 : 46–49.
- Hesthagen, T., Ousdal, J.-O. & Bergheim, A. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. – Polish Arch. Hydrobiol. 33: 423–432.
- Hesthagen, T. & Larsen, B. M. 1987. Acidification and Atlantic salmon in Norway. – ICES, C.M. 1987/M: 28, 19 s.
- Hesthagen, T., Berger, H.M., Larsen, B.M., Hansen, L.P., Blakar, I., Sevaldrud, I.H., Enge, E., Fjeld, E., Hegge, O., Strand, R. & Tysse, O. 1989. The effects of acid precipitation on freshwater fish in Norway. – I Longhurst, J.W.S., red., Acid Deposition: Sources, Effects and Controls. – British Library, Science Reference and Information Service and Technical Communications, s. 117–142.

- Hesthagen, T. & Hansen, L.P. 1991. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway due to acidification. - Aquacult. and Fish. Manage. 22: 85-91.
- Huitfeldt - Kaas, H. 1922. Om aarsaken til massedød av laks og ørret i Frafjordelven, Helleelven og Dirdalselven i Ryfylke høsten 1920. - Norsk Jæger Fiskefor. Tidsskr. (1/2): 37-44.
- Hvidsten, N.A. & Ugedal, O. 1991. Increased densities of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Orkla, Norway, after regulation for hydro-power production. - Trans. Am. Fish. Soc. Symp. 10: 219-225.
- Jensen, K.W. 1981. Survival estimates of wild smolts of Atlantic salmon from River Imsa, SW Norway. - ICES, C.M. 1981/M:14.
- Jensen, K.W. & Snekvik, E. 1972. Low pH levels wipe out salmon and trout in southern Norway. Ambio 1: 223-225.
- Jonsson, N. & Blakar, I.A. 1988. Kjemisk overvåking av norske vassdrag. - Direktoratet for naturforvaltning - Fiskeforskningen, Rapport Nr.3/1988, 72 s.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990. Partial segregation in timing of migration of different aged Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Animal Behaviour 40: 313-321.
- Lande, A. & Grande, M. 1986. Otra. Tiltaksorientert overvåking. - Statens forurensningstilsyn, Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 249/86, 40 s.
- Leivestad, H., Hendrey, G., Muniz, I.P. & Snekvik, E. 1976. Effects of acid precipitation on freshwater organisms. - I Brække, F.H., red. Impact of acid precipitation on forest and freshwater ecosystems in Norway, SNSF-prosjekt, Fagrapport 6/76, s. 87-111.
- Matzow, D., Simonsen, J.H. & Valland, N. 1990. Registrering av sjøørretvassdrag i Aust-Agder 1988-1989. - Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvern avdelingen. Rapport 5/1990, 66 s.
- Mills, D.H. 1986. The biology of Scottish salmon. I Jenkins, D. & Shearer, W.M. red. The status of the Atlantic salmon in Scotland. - ITE symposium no. 15, Banchory Research Station, 13 and 14 February 1985. Institute of Terrestrial Ecology, Abbots Ripton, s. 10-19.
- Mills, D. 1989. Ecology and management of Atlantic salmon. - London, New York, Chapman and Hall, 351 s.
- Muniz, I.P. 1981. Acidification and the Norwegian salmon. SNSF-project FA 120/80. - I Acid rain and the Atlantic salmon. Proceeding of a conference, 22-23 November 1980, International Atlantic Salmon Foundation, Special Publication Series 10: 65-72.
- Nordland, J. 1981. 10 års verna vassdrag i Vest-Norge. Vikedals-vassdraget. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Fiskerikonsulentent i Vest-Norge, 42 s.
- Overrein, L.N., Seip, H.M. & Tollan, A. 1980. Acid precipitation-effects on forest and fish. - SNSF-prosjektet, Fagrapport 19/80, 175 s.
- Pepper, V.A., Oliver, N.P. & Blundon, R. 1985. Juvenile anadromous Atlantic salmon of three lakes of Newfoundland. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 70: 733-753.
- Rimmer, D.M. & Power, G. 1978. Rearing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fishless lakes of the Matamek River system, Quebec. - The Can. Field - Nat. 92: 1-9.
- Rosseland, B.O & Skogheim, O.K. 1986. Acidic soft water and neutralization: Effects on fish physiology, fish toxicology and fish populations. - Dr. grad, Universitetet i Oslo.
- Sevaldud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfisket i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1979. - SNSF-prosjektet IR 77/80, 95 s.
- Statens forurensningstilsyn (SFT). 1988. Statlig program for forurensningsovervåking. - Rapport 333/88, 242 s.
- Sinha, V.R.P. & Evans, H. 1969. Salmon rearing in mountain tarns. The scales and growth of the fish of Llynau Dymogydd, Teyrn and Cilan. - J. Fish Biol. 1: 285-294.
- Sivertsen, A. 1989. Forsuringstruede anadrome laksebestander og aktuelle mottiltak. - NINA Utredning 10, 28 s.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.

094

nina  
oppdrags-  
melding

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0170-4

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel. (07) 58 05 00