

602

OPPDRAKSMELDING

Estimering av produksjon av
laksesmolt i norske vassdrag
ved hjelp av GIS

Lars Erikstad
Svein-Erik Storeid
Lars Petter Hansen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Estimering av produksjon av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS

Lars Erikstad
Svein-Erik Sloreid
Lars Petter Hansen

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig. Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a. Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project-Report

Serien presenter resultater fra begge instituttene prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelige på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problem eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgruppe.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Erikstad L., Sloreid S.E., og Hansen L.P. 1999. Estimering av produksjon av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS. - NINA oppdragsmelding 602: 1-10.

Oslo, august 1999

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1054-1

Rettighetshaver ©:

NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Grafisk produksjon:

Elisabeth Mølbach

Tegnekontoret NINA•NIKU

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Kopsisentralen AS

Opplag: 100

Trykt på miljøpapir

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7485 Trondheim

Tel.: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 15390

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver: Landbruksdepartementet

Referat

Erikstad, L., Sloreid, S.E. og Hansen, L.P. 1999. Estimering av produksjon av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS. - NINA Oppdragsmelding 602: 1-10.

Basert på eksisterende kartdata er smoltproduserende areal målt for 11 norske lakseelver. Med utgangspunkt i beregnet smoltproduksjon per arealenhet og arealet på lakseførende strekning er den totale potensielle smoltproduksjon beregnet. Kvaliteten på beregningene er avhengig av kunnskapsnivået om produksjon av smolt per arealenhet i hver enkelt elv. Modellen synes å gi rimelige resultater, men det er potensiale for en betydelig forbedring. Arbeidet viser at det er mulig å etablere modeller som kan forbedre både regional og lokal (den enkelte elv) forståelse av smoltproduksjonen. Dette vil kunne bli et viktig verktøy for forvaltningen av våre laksestammer.

Emneord: Smoltproduksjon, elvekartlegging, GIS

Lars Erikstad, Svein-Erik Sloreid og Lars Petter Hansen, NINA, Pb 736 Sentrum, 0105 Oslo

Abstract

Erikstad, L., Sloreid, S-E. & Hansen, L.P. Estimation of production of salmon smolt in Norwegian rivers using GIS. NINA Oppdragsmelding 602: 1-10.

Based on existing map data, smolt producing area was estimated in 11 Norwegian salmon rivers. Using estimated smolt production per unit of area, the total potential smolt production of each river was calculated. The quality of the estimates is dependent on the knowledge about smolt production per unit of area for each river. The model seems to yield reasonable results, but can be considerably improved. This work shows that it is possible to develop models that can improve both regional and local understanding of smolt production. This might be an important tool for the management of salmon stocks.

Key words: Smolt produksjon, river mapping, GIS

Lars Erikstad, Svein-Erik Sloreid og Lars Petter Hansen, NINA, Pb 736 Sentrum, 0105 Oslo

*NINA•NIKU, Biblioteket
Tungasletta 2, N - 7485 Trondheim*

Forord

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Landbruksdepartementet. Rapporten er en videreføring av et arbeid med å teste i hvilken grad data fra eksisterende kartverk kan benyttes for å beregne regionalt sammenlignbare oversikter over elveareal i norske lakselver, og om det ut fra samme datagrunnlag er mulig å klassifisere elvestrekninger i forhold til kvalitet for smoltproduksjon. Formålet med prosjektet har vært å teste ut dette i et antall norske elver og å se på muligheter videre til å utvikle denne tankegangen. Denne type regionale beregninger av fysiske elveparametre er ment å danne et viktig bidrag til framtidige modeller for smoltproduksjon i vassdragene.

Oslo, juni 1999

Lars P. Hansen
Prosjektleder

Innhold

Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	5
2 Materiale og metoder	5
2.1 GIS metode	5
2.2 Produksjon av laksesmolt	5
3 Resultater	6
4 Diskusjon og framtidsperspektiver	7
4.1 Korrigering av smoltproduserende areal	7
4.2 Korrigering av smoltproduksjon per arealenhet	8
5 Konklusjon	10
6 Litteratur	10

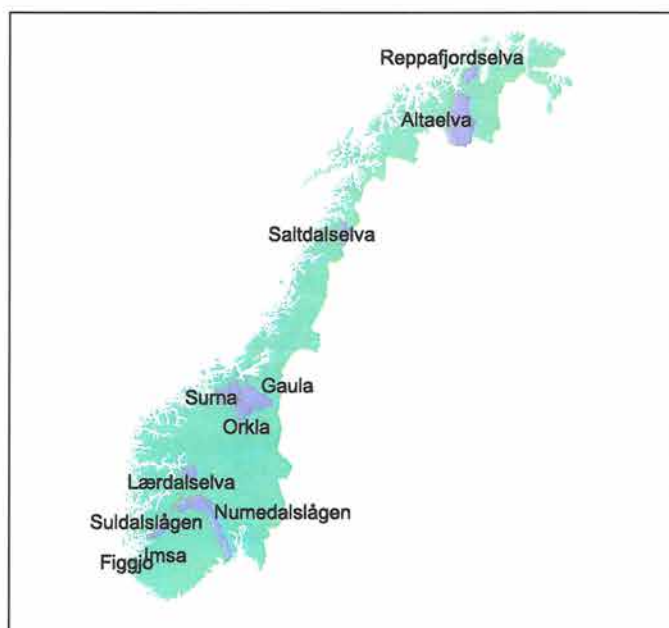
1 Innledning

For å kunne forvalte den atlantiske laksen i Norge er det av stor verdi å vite om den enkelte gytepopulasjonen er optimal. Dette innebærer at det må gytes nok egg for å produsere maksimalt med smolt. Videre må det stilles krav til gytebestandens genetiske sammensetning, og at gytefisker er spredt over hele det lakseproduserende området.

Den beste metoden for å undersøke om en bestand er optimal, er å etablere «stock-recruitment» sammenhenger. Man undersøker da forholdet mellom antall egg gytt og antall smolt produsert av de forskjellige eggårsklassene, men dette krever lange tidsserier med data. Det finnes få slike langtidsserier i de lakseproduserende land i Atlanteren, og kun en i Norge, nemlig fra NINAs forsøksvassdrag Imsa i Rogaland (Jonsson et al. 1998a).

I Norge finnes det laks i mellom 600 og 700 elver, og det er klart at det selv på lang sikt ikke vil være mulig å etablere optimale gytemål basert på «stock-recruitment data» i særlig mange vassdrag. Dette betyr at en må lete etter andre kriterier for å kunne tilnærme seg dette. En mulighet er å estimere produksjonen av smolt i de enkelte vassdrag. Dette kan gjøres ved telling av utvandrende smolt, slik det blir gjort i Imsa (Jonsson et al. 1998b) og Halselva i Talvik i Finnmark (Jensen 1996). En grovere metode er å estimere smoltproduksjonen ved merking av presmolt og deretter gjenfangst ved utvandring. Dette er utført i Orkla (Jensen 1996), Stjørdalselva (upublisert), Vardneselva i Troms (Berg 1977) og Kvasseheimsåna på Jæren (Hesthagen et al. 1986). Det er også mulig å få relativt grove estimater av smoltproduksjon ved beregning av tetthet av parr og presmolt. På grunn av store kostnader er det urimelig å tenke seg at man kan gjøre slike undersøkelser i alle norske vassdrag.

For å beregne totalt smoltproduksjonspotensiale i norske vassdrag kreves akseptable estimater av det smoltproduserende areal. Vi har tidligere vist at det er mulig å gjøre dette i Norge (Erikstad et al. 1998), og i denne rapporten presenterer vi foreløpige estimater av smoltproduksjonen i 11 norske vassdrag (Figur 1).



2 Materiale og metoder

2.1 GIS metode

I en innledende rapport (Erikstad et al. 1998) ble det påvist at data fra N50 serien ga gode og stabile arealestimater av de smoltproduserende strekninger i utvalgte lakseelver. I forhold til data fra økonomisk kartverk som er svært mye mer detaljerte er dataene fra N50 serien mer stabile (ikke så avhengig av en enkelt flyfotografering og vannføringer på dette tidspunkt) og svært mye billigere. Vi har derfor valgt å benytte N50 serien som kartgrunnlaget for arealberegningene.

N50 kartgrunnlag for de utvalgte elvene ble anskaffet fra Statens Kartverk. På dette oppløsningsnivået foreligger de største lakseførende elvene, spesielt de nedre deler, som polygoner som lar seg direkte arealberegne i alle standard GIS program. Elvestrekninger smalere enn 15 meter er i denne målestokken representert som linjer, f. eks deler av Figgjo, men disse vil som regel ha angitt en kategorisert elvebredde (ikke 100% gjennomført fra SK) som gir et gjennomsnittsmål for bredden på strekningen, noe som gir grunnlag for brukbare arealestimat. På bakgrunn av denne informasjonen og opplysninger om de lakseførende strekninger, ble arealet beregnet for samtlige vassdrag. I arealberegningene ble arealer som i kartdatabasen er definert som innsjøer og vann og som tørrfall utelatt. Sideelver ble også utelatt. Videre ble det for strekninger representert som linjer benyttet gjennomsnittstall for angitte breddekategori.

Vi ønsket videre å undersøke mulighetene for detaljstudier av elveløpet ved å benytte samme kartgrunnlag. Statens Kartverk's DTED modell (høydemodell) med 100x100m oppløsning, interpolert fra høydekotene fra N50 kartserien. Dette er den eneste landsdekkende modellen og vi har ikke hatt kapasitet og økonomi i dette prosjektet til å bygge opp egne høydemodeller ut fra f. eks ØK kart i målestokk 1:5000, med 5 m ekvidistanse.

2.2 Produksjon av laksesmolt

Det er lite informasjon om produksjon av laksesmolt i norske vassdrag, den eneste informasjonen er fra NINAs forsøkselv Imsa i Rogaland. Her har det vært registrering i nedgangsfella siden 1976, og den gjennomsnittlige produksjonen per 100 m² har blitt beregnet til 15 smolt per 100m² og år (Jonsson et al. 1998b). I tillegg beregnet Hesthagen et al (1986) at Kvasseheimsåna på Jæren produserte omtrent det samme antall. Denne undersøkelsen er imidlertid basert på data fra få år. Den årlige smoltproduksjonen i Orkla har blitt estimert siden 1983 (Jensen 1996). Dette arbeidet er basert på merking (finneklipping) av presmolt og gjenfangster av denne under utvandring. I denne tidsperioden ble det beregnet en gjennomsnittlig smoltproduksjon på 7 individer per 100 m² og år (variasjon mellom 4 og 11). Berg (1977) beregnet at det i Vardneselva på Senja i Troms ble produsert 2,9 smolt per arealenhet og år.

Figur 1. Oversikt over de vassdragene (kartet viser nedbørfeltene) som er med i denne undersøkelsen.

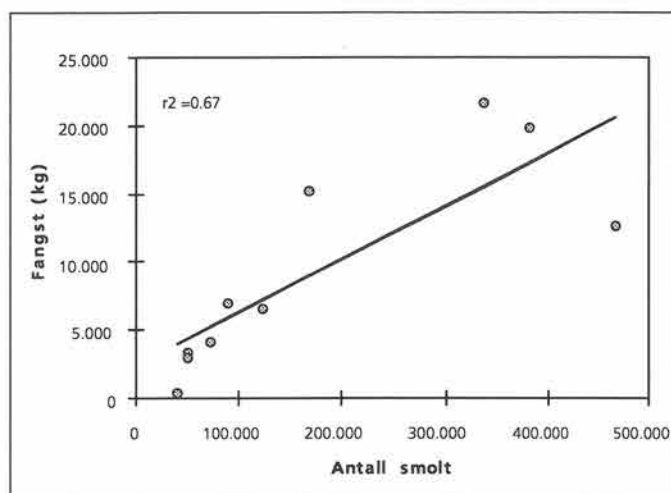
Disse data ble brukt til en foreløpig beregning og vurdering av den potensielle smoltproduksjonen i en del norske vassdrag. Det er betydelige problemer med å utvikle objektive kriterier for overføring av smoltestimater fra indekssvassdrag til andre vassdrag. Smoltproduksjonen avhenger av en rekke faktorer: først og fremst er den avhengig av hvor mange egg som er lagt, dessuten er tilgangen på optimalt laksehabitat for de forskjellige parrstadier viktig. Produktiviteten er avhengig av faktorer som temperatur, tilgang på næring, konkurranse med andre fiskearter osv. Dette vil påvirke veksten og derved smoltalder.

På det nåværende tidspunkt vil estimeringen av smoltproduksjonen i de forskjellige vassdrag være basert på en rekke antagelser, men disse er kvalifiserte etter diskusjoner med fiskeribiologer som har inngående kjennskap til de enkelte vassdrag. I Saltdalselva har vi stipulert en produksjon av 1,5 smolt per 100 m² og år. Dette er lavt, men elva er regulert og relativt kald. Repparfjordselva er også relativt kald, og her har vi satt potensiell produksjon til 2 smolt per arealenhet. I Altaelva, som er produktiv, men relativt kald, har vi antatt en produksjon på 3 smolt per arealenhet. Den samme verdien har vi stipulert for Suldalslågen. Selv om denne ligger i et gunstig klimatisk område er den regulert og har forsøringsproblemer. For tre betydelige lakseelver i Midt-Norge, Orkla, Gaula og Surna, har vi antatt smoltproduksjoner på henholdsvis 7, 5 og 4 per arealenhet. Verdien for Orkla er et estimat (Jensen 1996), Gaula er sannsynligvis noe mindre produktiv, delvis på grunn av at det i de nedre deler av vassdraget er stor turbiditet på vannet. Surna er regulert. Smoltproduksjonen i Lærdalselva er stipulert til 5 individer per 100 m² og år. Man skulle kanskje forvente at Numedalslågen var svært produktiv, men her er det flere arter ferskvannsfisk som er potensielle konkurrenter, så vi har for dette vassdraget satt smoltproduksjonen til 5 per arealenhet. Den aktuelle smoltproduksjonen i Imsa er 15 smolt per 100 m² og år (Jonsson et al. 1998). Dette er gjennomsnittsmålinger over mange år. Lignende tall har blitt beregnet for Kvasseheimsåna i det samme området (Hesthagen et al. 1986), og vi her derfor brukt dette tallet også for Figgjo.

3 Resultater

Tabell 1 viser det estimerte vannarealet, årlig smoltproduksjonspotensiale per arealenhet og estimert total smoltproduksjon. For eksempel ser vi at det lakseproduserende arealet for Altaelva er beregnet til ca 1.6 mill kvadratmeter, og med en smoltproduksjon på 3 individer per 100 m² og år, skulle den potensielle smoltproduksjonen bli ca. 170 000 individer per år. For å få en indikasjon på holdbarheten av smoltproduksjonsestimatene brukte vi den offisielle laksestatistikken til å beregne gjennomsnittlig fangst av laks i de aktuelle elvene de siste 20 år. Fangststatistikken gir et grovt bilde av produktiviteten av laks. I **figur 2** er beregnet produksjon av smolt plottet sammen med gjennomsnittlig fangst for 10 av elvene (det er ikke fangst av laks i Imsa), og det ble funnet en signifikant sammenheng mellom disse parameterene. Dette er en svært grov validering, men det kan imidlertid antydes at modellen gir rimelige resultater.

Figur 2. Estimert produksjon av smolt plottet mot gjennomsnittlig fangst av laks de siste 20 år ($r^2 = 0.67$; $p = 0.004$, $n = 10$).



Tabell 1. Foreløpige estimater av lakseførende areal, potensiell smoltproduksjon per 100 m² og år, total smoltproduksjon og gjennomsnittlig fangst de siste 20 år.

Vassdrag	Areal (m ²)	Smolt produksjon per 100 m ²	Total beregnet smolt produksjon	Fangst (kg)
Altaelva	5636918	3	169108	15252
Figgjo	480660	15	72099	4176
Gaula	6725297	5	336265	21663
Orkla	6677277	7	467409	12590
Imsa	12712	15	1907	Ingen fangst
Lærdalselva	1799922	5	89996	6986
Numedalslågen	7645377	5	382269	19868
Repparfjordselva	2463332	2	49267	3307
Saltelva	2671002	1.5	40065	366
Suldalslågen	1682614	3	50478	3009
Surna	3103479	4	124139	6607

4 Diskusjon og framtidsperspektiver

Selve produksjonsmodellen består av to hovedkomponenter:

- et arealestimat og
- et produksjonsestimat.

Modellen kan uttrykkes enkelt på formen

$$P_{\text{tot}} = (A-k) * (f * P_{\text{ind}})$$

hvor P_{tot} er elvens totalproduksjon av smolt, A er vannarealet og P_{ind} er smoltproduksjonen per arealenhet. k og f er korreksjonsfaktorer.

I enkleste form kan dette uttrykkes på formen $P_{\text{tot}} = A * P_b$, men dette forutsetter at produksjonen per arealenhet er kjent eller kan beregnes (P_b) og at elvearealet sammenfaller med det faktisk smoltproduserende arealet i elven. Smoltproduksjonsberegningene som er beskrevet i denne rapporten er gjort på denne forenklete måten. Vi vet at forutsetningene for denne forenklingen nødvendigvis ikke er tilstede. Alle deler av elvearealet produserer ikke smolt, eller like mye smolt. Beregningene av smoltproduksjon per arealenhet er ikke godt nok utviklet. P_b er beregnet ut fra sammenligning med elver der produksjonen er kjent og justert for ulike produksjonsforhold, særlig knyttet til ulike klimaforhold.

Det er derfor behov for å utvikle modellen med to faktorer, en for å korrigere produksjonsarealet med et fratrekk for areal som ikke er egnet for smoltproduksjon (k) og en for å korrigere estimatet for smoltproduksjonen per arealenhet (f):

- k er et arealmål for de deler av elvearealet som ikke produserer smolt. Dette gjelder i hovedsak svært stilleflytende deler av elven med fint bunnsstrat (finsand, silt og leire), eventuelt også svært raskflytende elvestrekninger uten løsmassesubstrat
- f er en korrigeringsfaktor som består av to komponenter:
 - f_1 - knyttet til klimavariasjoner som vanntemperatur, varighet av sommersesong, m.v.
 - f_2 - knyttet til gjennomsnittlig habitatkvalitet (både fysiske og biologiske) i de smoltproduserende deler av elven.

Det er verd å legge merke til at både i de foreløpige beregningene og ellers i litteraturen er det vanlig å ta utgangspunkt i kjente produksjonstall og basert på faglig skjønn, å transportere dette til elver der slike data ikke er kjent (P_b). For å redusere det subjektive elementet i denne prosessen, hadde det vært bedre å ta utgangspunkt i en standard produksjonsindeks (P_{ind}) og å korrigere denne med korrigeringsfaktorene f_1 og f_2 .

De videre utfordringene i å utvikle modellen vil dermed i første rekke dreie seg om å bestemme faktorene k og f_1 og f_2 i relasjon til P_{ind} for de aktuelle elvestrekningene. Videre vil det være helt sentralt systematisk å validere modellen basert på eksisterende kunnskap såvel som på ny innhenting av data.

4.1 Korrigerings av smoltproduserende areal

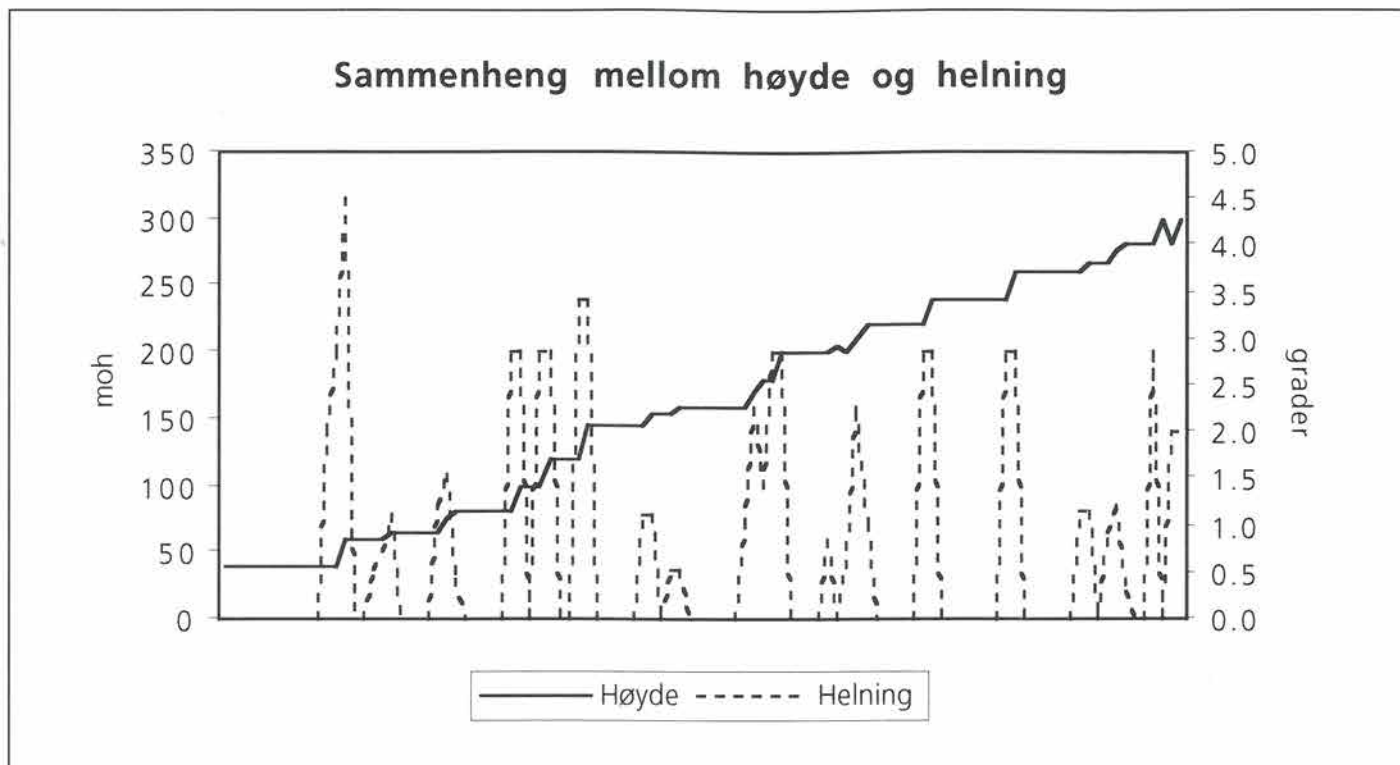
Det er ikke rimelig at alt elveareal er smoltproduserende. Dels vet vi at på grunn av produktivetsforhold og konkurranse med andre fiskearter vil smoltproduksjonen normalt være svært liten i stillestående vann med fint substrat, og dels vil det finnes strekninger av elven der strømmen er for stri for smoltproduksjon. Spørsmålet er hvordan vi basert på kartdata, kan avgrense det produktive arealet fra ikke-produktive områder. Ut fra en kartanalyse er det to viktige parametre som det er naturlig å ta utgangspunkt i:

- gradient
- elvebredde

Disse to parametrene er ikke uavhengige av hverandre. Elvebredden vil være en respons på vannføring og gradient i et gitt terreng. Begge parametrene inneholder imidlertid informasjon som kan være relevante. Gradienten kan i prinsippet regnes ut fra de topografiske kartenes koter, eller eksisterende digital høydemodell. Den eneste digitale høydemodell som er tilgjengelig over hele landet er Statens Kartverks 100X100 meters høydemodell. Denne er ekstrapolert fra de topografiske kartenes koter med en kvalitet som på ingen måte gir en jevn overflate (Erikstad 1998), men som har en sterk tendens til å produsere et trappetrinnsrelieff som ikke gir brukbare resultater i denne sammenheng (Figur 3, neste side). Selv med tilgang på de økonomiske kartenes høydekoter (5 meters ekvidistanse) kan nøyaktigheten bli i dårligste laget.

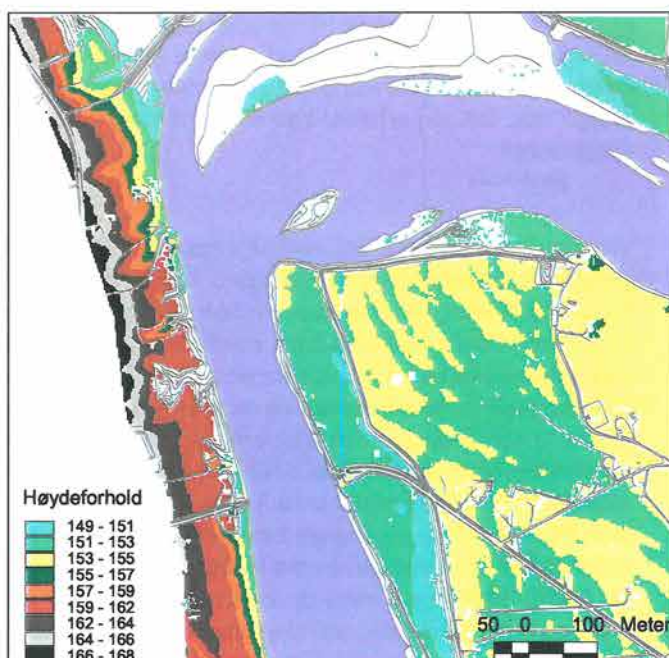
Det arbeides kontinuerlig med å fremskaffe bedre data, særlig langs elvestrekninger som er utsatt for flom (Berg 1998). Figur 4 (neste side) viser et eksempel på forbedrede data langs et mindre område ved Kirkenær i Hedmark fylke (Glomma). Datatettheten her er 5X5 m med en svært god høydenøyaktighet. Eksempelet viser at høydedataene her er gode nok til en detaljert modellering ikke bare av gradient, men også substrat. Elvebanker og leveer i elveløpet kommer klart fram, noe som gir gode opplysninger om habitattyper. Ulempen er imidlertid at datamengden blir svært stor. For det første vil ikke slik datakvalitet være regionalt dekkende og tilgjengelig på lang tid. For det andre vil mengden data som er nødvendig for regional analyse være så stor at arbeidet vil bli svært omfattende. Vi bør derfor søke modelleringsparametre som er mer grovskalige, men samtidig ta denne type finskalige data i bruk i valideringsarbeidet.

Vi gjorde derfor også et forsøk med utgangspunkt i bredden på de digitaliserte elvepolygonene fra N50 basen. Med en gitt vannføring for de enkelte elver, kan en anta at områder der polygonet er smalt vil strømforholdene være annerledes enn der polygonene er brede. Ved å dele elvestrengen inn i passende breddeklasser kan en få klassifisert elva i potensielt egnede og mindre egnede arealer. Figur 5 (side 9) viser arealet av den lakseførende delen av Gaula delt i breddeklasser målt som elveareal innen sirkler på 250 m i diameter. Arealet av de midlere bredder antas å være bedre egnet for smoltproduksjon enn de smalere og bredere områdene. I de bredere områdene antas strømhastighet å være lav og substratet for finkornet for optimal produksjon, mens de smalere områder er for strømsuttatt og derfor dårligere egnet for smoltproduksjon. Arealallet for midlere områder kan derfor muligens være bedre å bruke for



Figur 3. Høydeprofil og gradientmåling i lakseførende strekning av Gaula, basert på Statens kartverks 100x100 m høydedatabase. Legg merke til at datasettet ikke er i stand til å produsere tilstrekkelig detaljerte data for formålet. Resultatet er et høydeprofil med trappetrinnsmonster og abrupte hopp i gradient.

Figur 4. Høydemodell (5x5m) med stor høydenøyaktighet fra Kirkenær, Hedmark. Viser en liten del av Glomma. Legg merke til den bratte vestbredden og den slake østbredden med flomland og leveer, se også NVE 1998a. Kilde: Statens kartverk.



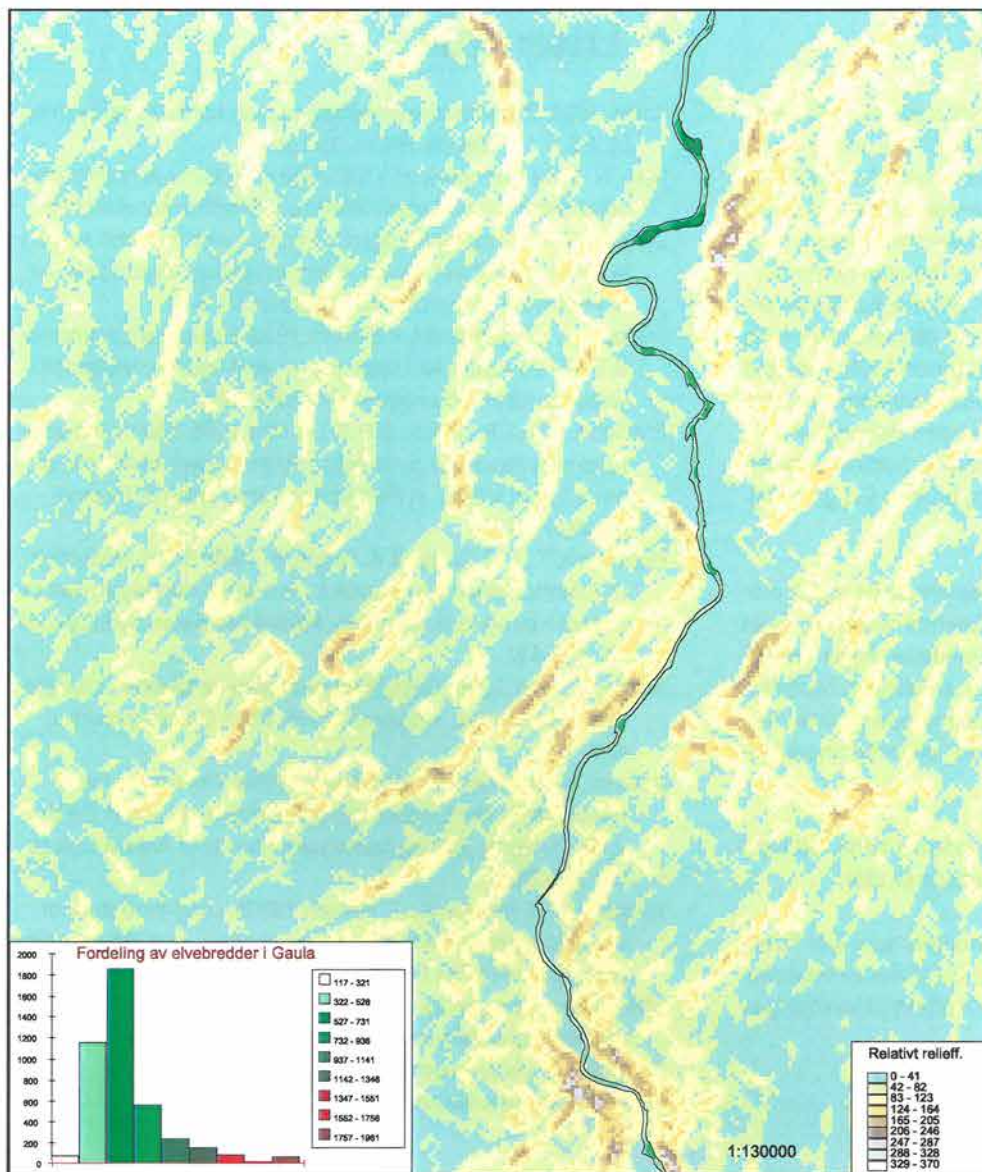
produksjonsberegninger. Ved å benytte dette arealtallet for Gaula ble årlig potensiell smoltproduksjon redusert med ca 10%. Det må understrekes at dette kun er et innledende forsøk og at de valgte breddeklasser ikke nødvendigvis er de gunstigste. Det vil her være nødvendig å utvikle en algoritme for den enkelte elv eller på regionsnivå der spesielt vannføringsdata vil være avgjørende for breddeklassifisering. Videre vil det være nødvendig etter en teoretisk beregning å kalibrere modellen i marken. Vi tror imidlertid at tilnærming etter denne tankegangen kan hjelpe oss videre i klassifisering av elveløpet, da en mer detaljert høydemodell for øyeblikket ikke er tilgjengelig.

4.2 Korrigerings av smoltproduksjon per arealenhet

Det er beregningene av smoltproduksjonen per arealenhet som representerer den største utfordringen videre. Det er også denne parameteren som representerer den største feilkilden i modellen (**Tabell 1**). Smoltproduksjonen varierer med en rekke faktorer som for eksempel temperaturen i elva, sommersesongens lengde, flomregime og generell habitatkvalitet, samt konkurranse og predasjon.

Strategien for å komme fram til mer sikre tall for den enkelte elv, vil dels omfatte detaljerte direkte undersøkelser av smoltproduksjonen (se innledningen) og dels gjennom forbedrede metoder for å dra nytte av kjente verdier fra enkelte elver ved beregning av verdien for elver der undersøkelser ikke er gjort.

Dels vil regional kunnskap om klima (temperatur, nedbør, sommersesongens lengde) sammen med en analyse av høydefordelingen i nedbørfeltet være nyttig for å bestemme den regionale komponenten (f_1). En slik beregning kan delvis erstattes, eventuelt



Figur 5. Utsnitt av den lakseførende del av Gaula. Intensiteten på grønnfargen angir antall elvepixler til stede i en løpende 250 meters sirkel som et mål på elvebredde. Statistikken for hele lakseførende del av elven (nede til venstre) fremkommer ved å måle verdien langs midtlinjen av elven. Bakgrunnen viser relativt relieff (variasjonsbredden i høydedataene) i løpende kvadratkilometersru-ter. Legg merke til at elvesletten i øvre del av kartutsnittet her kommer klart frem. Datagrunnlag: Statens Kartverk DTEP.

suppleres med direkte målinger av vanntemperatur, flomregime m.v. (NVE 1998b).

Det er dessuten behov for å finne korreksjonsfaktorer som knytter seg til forholdene i den enkelte elv. Denne vil dels være avhengig av biologiske faktorer som eksistensen av konkurrerende fiskearter og dels menneskelige faktorer som for eksempel vassdragsregulering. Videre vil vannkvaliteten være av betydning. Denne kan modelleres ut fra kunnskap om geologi, vegetasjonsfordeling samt graden av menneskelig påvirkning i vassdraget.

Fordelingen av ulike habitatkvaliteter vil også være interessant å studere i denne sammenheng i mer detalj enn det som er beskrevet tidligere.

Det er mulig å forbedre de rapporterte estimatene av smoltproduksjonen per arealenheter der man ikke har objektive observasjoner. Dette kan gjøres ved merking av presmolt og gjenfangst under utvandring. Dessuten foreligger det svært mye informasjon om tetthet av parr ved hjelp av elektrofiskeundersøkelser i mange vassdrag.

Denne informasjonen er svært spredt, men finnes hos Fylkesmen- nenes miljøvern-avdelinger, i Direktoratet for naturforvaltning, på våre universiteter, og på NINA og tilsvarende forskningsinstitusjo- ner. Det er et betydelig arbeid å sammenfatte denne informasjonen, men det kan være svært mye å hente ved å gjøre dette.

5 Konklusjon

Vi har vist at det er mulig å beregne det smoltproduserende areal i de fleste norske laksevassdrag, og at det i praksis er mulig å estimere potensiell smoltproduksjon for disse vassdrag. Men kvaliteten på estimatene vil være avhengig av kunnskapsnivået om produksjon av smolt per arealenhet og overføringsmetodikk mellom vassdrag. Overføringsmetodene kan utvikles ved å benytte fysiske variable fra de enkelte vassdrag og dessuten utnytte kunnskap om habitat, økologi og biodiversitet. Modeller er i dag under utvikling for å kunne gi prognoser om innsiget av laks (Anon 1998; Friedland et al. 1998). Disse modellene er basert på sammenhengen mellom marin dødelighet av laks og temperaturen i havet de første to månedene etter at smolten har forlatt elva. Skal slike modeller virke må man vite hvor mye smolt som vandrer ut, og bruk av GIS gir muligheter for å beregne dette.

En relativt enkel smoltproduksjonsmodell basert på beregnet produksjon per arealenhet og arealet på lakseførende strekning, synes å gi rimelige resultater. Størst usikkerhet i modellen ligger i metoden for å bestemme smoltproduksjonen per arealenhet. Modellen vil forbedres betraktelig ved å utvikle denne metoden videre. Ikke minst bør det være et mål å gjøre denne delen av beregningsarbeidet mindre subjektiv.

Det er også en viktig oppgave å validere modellen både ved hjelp av eksisterende laksedata og ved nye målrettede studier.

Arbeidet viser at det er mulig å etablere modeller som kan forbedre både regional og lokal (den enkelte elv) forståelse av smoltproduksjonen. Dette vil være et viktig bidrag i en effektiv forvaltning av laksestammene.

6 Litteratur

- Anon. 1998: Report of the working group on north Atlantic salmon. I.C.E.S. C.M. 1998/ACFM:15, 293 pp.
- Berg, H. 1998 Flomsonekart, - NVE, <http://webben.nve.no/hydrologi/maanedsoversikt/oversikt98/temaartikler/flomsonekart.htm>
- Berg, M. 1977: Tagging of migrating salmon smolts (*Salmo salar L.*) in the Vardnes River, Troms, Northern Norway. Report Institute of Freshwater Research, Drottningholm 56: 5-11.
- Erikstad, L., S.E. Storeid & L.P. Hansen 1998: Fysiske kartparametere til bruk i en modell for beregning av produksjon av laksesmolt i vassdrag. NINA Oppdragsmelding 533: 1-22.
- Friedland, K.D., L.P. Hansen & D.A. Dunkley 1998: Marine temperatures experienced by postsmolts and the survival of Atlantic salmon, *Salmo salar L.*, in the North sea area. Fisheries Oceanography 7: 22-34.
- Hesthagen, T., J.-O. Ousdal & A. Bergheim 1986: Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. Polskie Archiwum Hydrobiologii 33: 423-432.
- Jensen, A.J. red. 1996. Overvåking av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1995. NINA Oppdragsmelding 422: 1-51.
- Jonsson, N., B. Jonsson & L.P. Hansen 1998a: The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. Journal of Animal Ecology 67: 751-762.
- Jonsson, N., B. Jonsson & L.P. Hansen 1998b: Long-term study of the ecology of wild Atlantic salmon smolts in a small Norwegian river. Journal of Fish Biology 52: 638-650.
- NVE 1998 a. Flomsonekart Kirkenær. <http://webben.nve.no/hydrologi/maanedsoversikt/oversikt98/temaartikler/flomsonekart.htm>
- NVE 1998 b. Vanntemperatur. <http://webben.nve.no/hydrologi/vanntemp.htm>

ISSN 0805-4711
ISBN 82-426-1054-1

602

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

NINA Avd. for landskapsøkologi
Dronningens gt. 13
Postboks 736 Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00
Telefax: 23 35 50 01

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**