

■ [www.sintef.no](http://www.sintef.no) ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Resepsjon: Sem Sælands vei 11  
Telefon: 73 59 72 00  
Telefaks: 73 59 72 50

[www.energy.sintef.no](http://www.energy.sintef.no)

Foretaksregisteret:  
NO 939 350 675 MVA

# TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

**Optimalisering av leveområdene for laks ved Sande i Surna, Møre og Romsdal**

SAKSBEARBEIDER(E)

Morten Stickler, Jo Halvard Halleraker, Hans-Petter Fjeldstad, Atle Harby

OPPDRAGSGIVER(E)

Statkraft SF

TR NR. <b>TR A5886</b>	DATO 2003-12-31	OPPDRAGSGIVER(E)S REF. Tormod Schei	PROSJEKTNR. 12X302.70
ELEKTRONISK ARKIVKODE 031021johh17931	PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Jo Halvard Halleraker <i>Jo Halvard Halleraker</i>	GRADERING Åpen	
ISBN NR. 82-594-2565-3	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Petter Støa <i>P. Støa</i>	OPPLAG      SIDER 14            35
AVDELING Energisystemer	BESØKSADRESSE Sem Sælands vei 11	LOKAL TELEFAKS 73 59 72 50	

**RESULTAT (sammendrag)**

Strømningsmodellen River 2D ble brukt til å simulere strømningsforholdene på en ca 1800 m lang strekning ved Sande i elva Surna ca 2,5 km ovenfor utløpet av kraftverket, i forbindelse med planlagte omgjøringer av elveløpet. Denne delen av Surna har hatt gjentatte problemer med isoppstuvning og flom i et område der elva i dag er vid og grunn. I forbindelse med en planlagt etablering av iskanal ved Sande i Surna har vi i dette prosjektet tilstrebet å optimalisere leveområdene (habitatet) for flest mulig livsstadier av laks. I prioritert rekkefølge har vi lagt følgende til grunn for våre optimaliseringer: 1) sommerhabitat for ungfisk av laks, 2) vinterhabitat for ungfisk av laks, 3) standplasser og gode vandringsforhold for voksen laks, samt å etablere og opprettholde gyteforhold på strekningen uten at dette skal føre til fortsatte isproblemer. Vi har fokusert på simuleringer av dybder og hastigheter ved tre ulike vannføringer, hhv 3, 7 og 12 m<sup>3</sup>/s. Substratforholdene er også kjent for å være en sentral parameter for laksefisk. Strekningen har i dag et variert tilbud av substrat, og de optimale steinstørrelsene finnes trolig i tilstrekkelige mengder på strekningen der det planlegges graving. Vi har derfor antatt at gunstig substratforhold skal kunne etableres i området.

Kulper og dypområder ved vannføringer under 10 m<sup>3</sup>/s er mangelvare i denne delen av Surna. Ved å etablere og opprettholde kulper på strekningen, variere dybden i kanalen og legge ut egnet substrat på riktig måte viser simuleringene i River 2D og HABITAT at de foreslåtte tiltak kan gi mer gunstige forhold for laks enn dagens forhold ved de fleste av de simulerte vannføringene. Erfaringer fra andre norske vassdrag er lagt til grunn for beskrivelse av hvilke fysiske forhold ungfisk av laks foretrekker (preferanser). Av de simulerte kanalutformingene gir vårt endelige forslag det gunstigste habitattilbudet ved alle de simulerte vannføringene både sommer og vinter. Det er like fullt en betydelig andel av arealet som har for høye vannhastigheter i forhold til det som trolig er gunstig for ungfisk av laks sommerstid. Ytterligere senkning av vannhastighetene kan oppnås ved å etablere nedsenkede terskler på strekningen der det skal etableres iskanal, men dette vil kunne gå utover dypåleens evne til å ta unna is. Korrekt utlegging av større stein på strømrrike steder vil også bedre situasjonen. Simuleringer i River 2D har identifisert områder som har potensiale for å være egnede gyteplasser mht vannhastigheter og Froudes tall. Modelleringen utpeker også områder som bør prioriteres til utforming av gyteplasser, spesielt de som er nært egnete standplasser (dypområder) for voksen fisk.

## STIKKORD

EGENVALGTE	Fiskehabitat	Modellering
	Laks	Surna

## **FORORD**

Dette prosjektet er en tilleggsundersøkelse tilknyttet fase I av prosjektet ”Bedre vannføring i Surna” på oppdrag for Statkraft SF. Datafangsten i dette prosjektet trekker veksler på alle tilgjengelige data SINTEF sitter på fra Surna. Jo H. Halleraker har vært prosjektleder, mens Morten Stickler, Håkon Sundt, Atle Harby og Hans-Petter Fjeldstad har vært prosjektmedarbeidere med amanuensis Knut Alfredsen ved NTNU som rådgiver. Vi har i prosjektet også drøftet utformingen av iskanalen og fått innspill fra Roar Lund og Hans Mack Berger ved NINA, som bl.a. har utført gytedefeltregistreringene og elektrofiske i Surna. Studentene Gundula Dangelmaier og Sigrun Birkeland har bidratt under feltarbeid. Vi har bygget videre på innmåling av profildata for strekningen som vi har mottatt fra Geir Hagen ved NVE region Midt.

Forside foto: Dønnemshølen sett oppover ved ca  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , 16.10.03. Fotograf: Jo H. Halleraker

## INNHALDSFORTEGNELSE

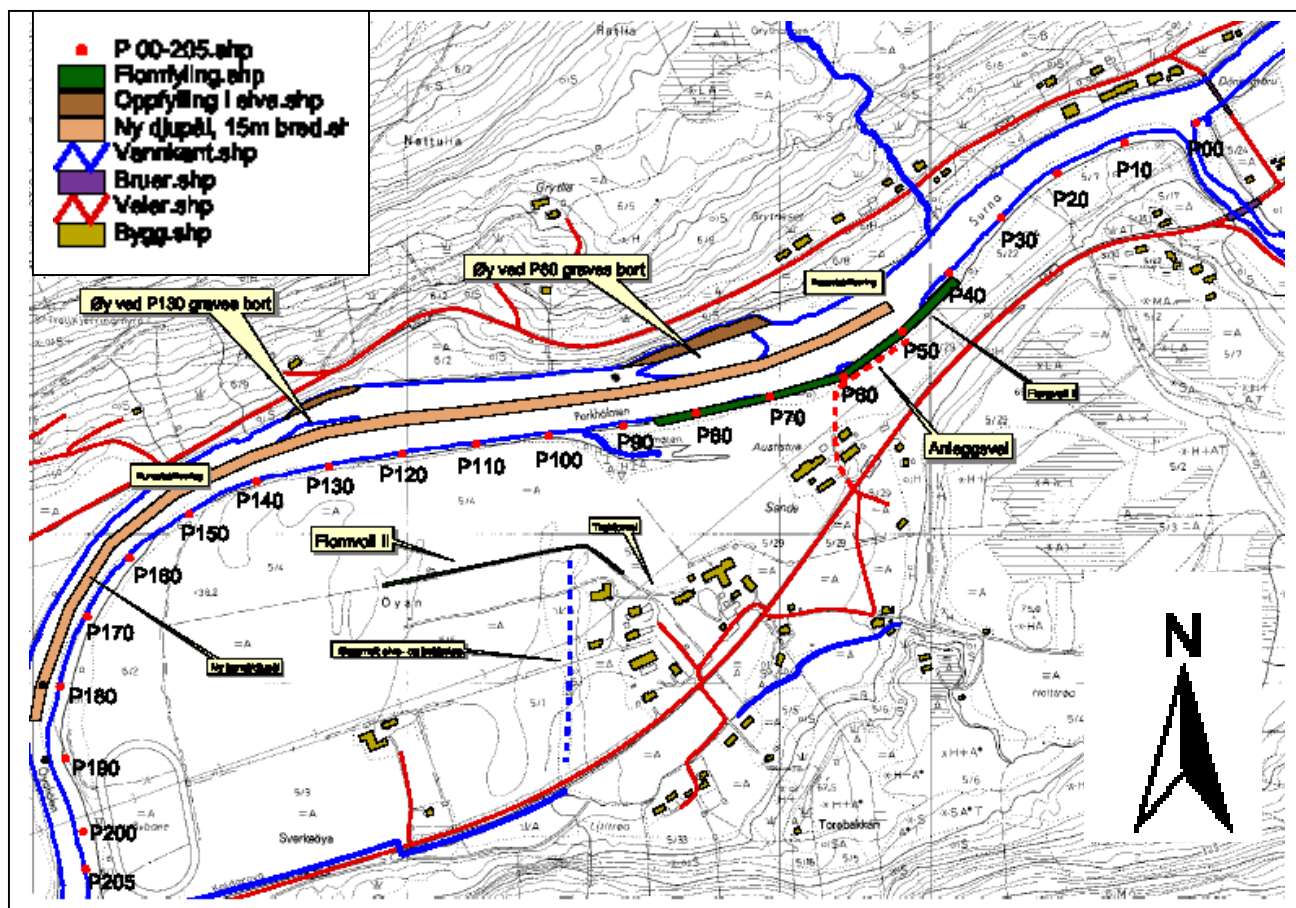
	Side
FORORD .....	2
1 INNLEDNING .....	4
1.1 SINTEF OG HABITATMODELLERING .....	4
1.2 SURNA.....	5
1.3 NVES TILTAKSFORSLAG FOR Å UNNGÅ ISPROBLEMER VED SANDE I SURNA.....	6
1.4 MÅL MED OPTIMALISERINGSPROSJEKTET .....	7
2 MODELLVERKTØY EGNET FOR HABITATMODELLERING .....	8
3 INNGANGSDATA OG ANVENDTE MODELLER.....	9
4 RESULTATER .....	13
4.1 SIMULERING AV DAGENS SITUASJON .....	13
4.2 SIMULERING AV NVE SITT UTGANGSFORSLAG TIL ISKANAL .....	16
4.3 OPTIMALISERING AV ISKANAL FOR LAKS .....	18
4.4 SIMULERING AV GYTEHABITAT FOR LAKSEFISK .....	21
5 DISKUSJON OG ANBEFALINGER.....	24
5.1 OPTIMALISERING AV LEVEOMRÅDENE FOR ULIKE LIVSSTADIER AV LAKS.....	24
5.2 HVOR NÆRT ER SIMULERINGENE VIRKELIGHETEN? .....	25
5.3 UTLEGGING AV SUBSTRATET.....	26
5.4 FYSISKE KONSEKVENSER AV HABITATJUSTERINGER .....	27
5.5 KONKLUSJONER.....	27
6 REFERANSER .....	29
VEDLEGG 1 .....	31
VEDLEGG 2 .....	32
VEDLEGG 3 .....	34
VEDLEGG 4 .....	35

# 1 INNLEDNING

## 1.1 SINTEF OG HABITATMODELLERING

SINTEF utfører for tiden prosjektet ”Bedre vannføring i Surna” på oppdrag for Statkraft SF. Prosjektet går ut på å optimalisere fiskeforhold og kraftproduksjon i Surna gjennom videreutvikling og anvendelse av simuleringsverktøy som kobler fysiske forhold i vassdraget mot biologiske parametere (habitat modellering). Ved å framskaffe og bruke gode stedege fiskebiologisk data, oppdatert kunnskap og moderne simuleringsmodeller skal prosjektet belyse effekten på laksefisk av dagens regulering av Surna og driftsmønster av Trollheim kraftverk.

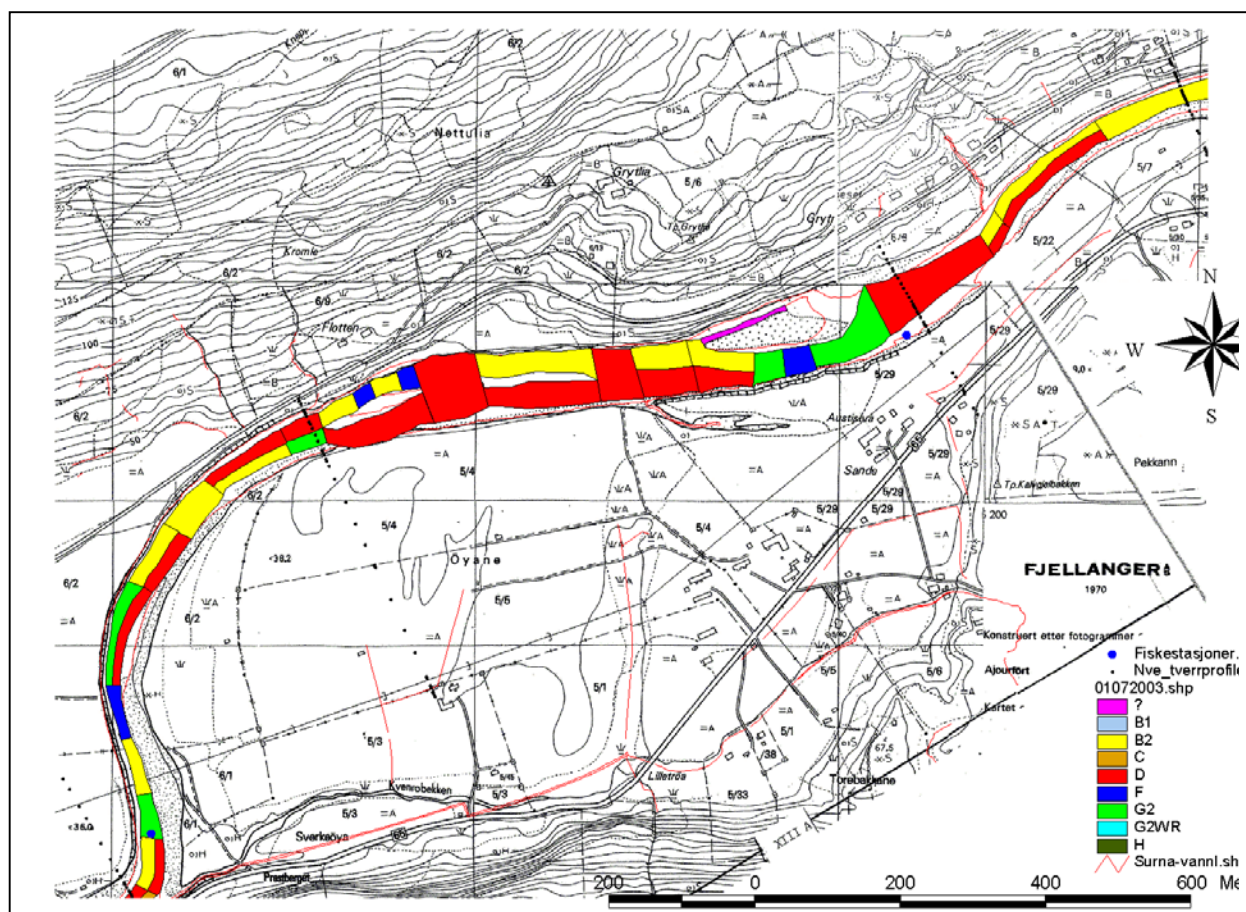
SINTEF har i flere andre vassdrag benyttet vassdragssimuleringer til å predikere og optimalisere habitatforbedrende tiltak for laksefisk. Habitatmodelleringer er tradisjonelt benyttet til å finne tilstrekkelig nivå på minstevannføring i reguleerte vassdrag.



**Figur 1.** Oversikt over Surna ved Sande, ca 2,5 km oppstrøms utløpet av Trollheim kraftstasjon. P10 – P205 viser innmålte fastpunkt, som viser starten på tverrprofiler oppmålt sommeren 2003 (NVE, 2003). NVEs utgangsforslag til plassering av den 15 meter breie djupålen er i tillegg vist fra P50 til forbi P180. De foreslår også at de to øyene på strekningen graves bort.

## 1.2 SURNA

Surna har vært påvirket av vassdragsregulering siden 1968. Trollheim kraftverk henter vann fra flere sidevassdrag på sørsiden av Surnadalen, og flere bekkeinntak overfører vann til det kunstige magasinet Follsjøen. Dette gir en redusert vannføring i Surna på strekningen samløp Rinna – Harang ved utløpet av Trollheim kraftverk. Vannføringen i sideelvene Folla, Rinna og Vindøla er redusert nedstrøms henholdsvis Follsjo og to bekkeinntak. Surna er det viktigste lakseførende vassdraget i Møre og Romsdal (Lund et al, 2003). Dette er et av flere vassdrag som i februar 2003 fikk status som nasjonalt laksevassdrag. En konsekvens av dette er at det vil bli prioritert å bedre forholdene for villaksen i vassdraget. I NOU (1999) fokuseres det bl.a. spesielt på biotopjusterende tiltak framfor fiskeutsettinger for å bedre villaksbestandene i regulerede vassdrag. I denne rapporten fokuserer vi på en delstrekning ved Sande i Surna, ca 2,5 km ovenfor utløpet av Trollheim kraftverk (Figur 1). I prosjektet "Bedre vannføring i Surna" har SINTEF og NTNU utarbeidet kart over elvetyper i Surna. Et utsnitt ved en lav vannføring er vist i Figur 2.



**Figur 2.** Elvetyperne ved Sande i Surna ved ca  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , kartlagt av SINTEF 1. juli 2003. Kodene for elvetyperne er forklart i tabell 1. Plasseringen av elektrofiskestasjonene nr 12 og 13 som Lund et al. (2003) ved NINA benytter for overvåking av ungfiskbestandene er vist som blå prikker.

## Hydrologien i Surna

Det eksisterer flere måleserier for vannføringsforholdene i Surna-vassdraget. Nå er det imidlertid kun målestasjonen Skjermo noe nedenfor utløpet av Trollheim kraftverk i hovedvassdraget som er operativ. I tillegg beregnes vannføringen gjennom kraftstasjonen basert på produksjonstall. Ved å trekke fra vannføringen gjennom kraftstasjonen kan vannføringen ovenfor kraftstasjonen i utgangspunktet finnes, som er det relevante for Sande i Surna. Basert på døgnverdier av vannføring ved Skjermo og i kraftstasjonen mottatt fra Statkraft fant vi for perioden 1. januar 1987 til 1. januar 2003 at vannføringene i Surna ovenfor Harang (kraftstasjonen) fordelte seg som følger; 25 prosentilen var  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , medianvannføringen var  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , midlere vannføringen  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  og 75 prosentilen var  $29 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dette gir en pekepinn på vannføringsforholdene på denne delen av Surna, men må bearbeides videre, noe som pågår i prosjektet "Bedre vannføring i Surna". Det er påvist usikkerheter i nøyaktigheten i disse vannføringsdataene som beregnes på denne måten, særlig ved lave vannføringer i restfeltet (dvs. oppstrøms utløpet av kraftstasjonen). I denne måleserien ble det beregnet en del dager med negative vannføringsverdier som er utelatt i utregningen, men disse dagene er typisk dager med variabel kraftverksdrift og lite resttilsig. Vi antar derfor at vannføringsforholdene på denne delen av Surna i praksis er noe lavere enn disse tallene viser.

Erichsen et al. (1998) har også beregnet restvannføringene i Surna ved utløpet av Folla (dvs. ved Sande) med simuleringsverktøy. Disse beregningene viste at tørre til middels våte år så var vannføringen under  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  i 31 uker hvert år, mens 22 uker under  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  i våte år. Lave vannføringer er vanligst i vinterhalvåret. Basert på simulerte og utregnede vannføringer i denne delen av Surna, så har vi konsentrert vår innsats om vannføringer mellom  $3$  og  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Tabell 1. Kategorier av elvetyper benyttet i Surna på flere ulike vannføringer (Svelle, 2003) og flere andre norske lakseelver bl.a. Vefsna (Harby, 2003).**

Type	Overflate	Helning	Vannhastighet	Vanndyp	Populært navn
<b>B1/2</b>	Glatt	Moderat	Hurtig ( $>0,5 \text{ m/s}$ )	(1) Dyp, (2) Grunn	Moderat blankstryk
<b>C</b>	Glatt	Moderat	Langsom ( $<0,5 \text{ m/s}$ )	Dyp ( $> 70 \text{ cm}$ )	Dyp kulp
<b>D</b>	Glatt	Moderat	Langsom	Grunn ( $<70 \text{ cm}$ )	Grunn kulp
<b>E</b>	Turbulent	Bratt	Hurtig	Dyp	Strie stryk
<b>F-H</b>	Turbulent	Bratt	Hurtig	Grunn	Stryk
<b>G1/2</b>	Turbulent	Moderat	Hurtig	(1) Dyp (2) Grunn	Turbulent stryk

### 1.3 NVES TILTAKSFORSLAG FOR Å UNNGÅ ISPROBLEMER VED SANDE I SURNA

Isproblemene ved Sande i Surna ble aktualisert sist vinter, da det i to episoder førte til betydelig oversvømmelse på denne delen av Surna. Det har imidlertid vært isganger i vassdraget både før og etter Trollheimreguleringen. Reguleringen innebærer redusert vannføring og noe endrede temperaturforhold på denne strekningen. Elvas transportevne er redusert ved at elva flere plasser er bred og grunn. Over tid har dette har ført til at elveløpet har stedvis blitt grunnere og fått økt tilgroing.



NVE har fått i oppdrag fra Statkraft SF å utarbeide en plan for hvordan tiltak ved Sande i Surna bør utformes for å sikre mot isgang og flom (NVE, 2003). Ved isgang kan grunne partier, øyer og vegetasjon hindre bevegelse og transport av ismasser. Trær langs elvebredden er også en effektiv hindring for videre bevegelse av ismassene. For å bedre på disse forholdene har NVE foreslått å lage en noe dypere kanal, i hovedsak i midtre del av det nåværende elveleiet, men tilpasset de lokale forhold. Den nye kanalen vil være 1350 m lang. For at ellevannet skal følge den nye kanalen mener NVE det er nødvendig å fjerne to øyer og fylle igjen visse partier av elva for å lede vannet i den planlagte kanalen. Overskuddsmassene fra utgravingen av den nye kanalen skal brukes til å bygge flomvoller.

**Betingelsene i NVEs utforming av ny djupål:** Helningen på den nye kanalen skal ikke være brattere enn dagens helning på elva. Beregninger fra NVE viser at ved en 15 m bred kanal vil vanddypet bli i størrelsesorden 0,3- 0,5 m ved vannføringer fra 5-10 m<sup>3</sup>/s, som er normale vintervannføringer. Kanalen skal ha kapasitet til å ta unna i størrelsesorden 20-30 m<sup>3</sup>/s vann før det resterende elveleiet etter hvert blir vanddekket. Den eksisterende elvebunnen utenfor kanalen vil være lagringsplass for ismasser og elvebreddene vil virke som hinder for ismassene. NVE ønsker derfor å midtstille djupålen i størst mulig grad.

Ved innløpet til kanalen må elvebunnen bunnstabiliseres over en lengde på ca 10 m med samfengt sprengt stein. Bunnstabiliseringen må gå langs hele tverrprofilet. Dette gjøres for å sikre innløpet til den nye kanalen mot erosjon og undergraving. Ved profil 150, hvor fallet i elva blir mindre, skal elvebunnen bunnstabiliseres på samme måte som ved profil 50.

Målsettingen er at vann og is som transporteres i vassdraget ved isgang følger kanalen slik at isen i større grad vil holde seg flytende enn ved strøm på en bredere og flat elvebunn. Dersom en oppnår å opprettholde en vannstrøm i kanalen, selv om den er redusert, vil oppdemning reduseres, og den konsentrerte vannstrømmen vil kunne gjenåpne innsnevret passasje i kanalen. NVE regner med noe fremtidig vedlikehold av tiltaket.

## **1.4 MÅL MED OPTIMALISERINGSPROSJEKTET**

Målet med dette prosjektet er å;

1. Modellere hydraulikk- og habitatforholdene før og etter endringer i elveleiet ved Sande i Surna i forbindelse med sikring mot isgang og flom i elva.
2. Foreslå utforming av djupål og elveleie for å optimalisere de fysiske forholdene for laks mht oppvekst-, gyteforhold og standplasser for voksenfisk på strekningen.



## **2 MODELLVERKTØY EGNET FOR HABITATMODELLERING**

I Norge er datamodellverktøy benyttet flere steder for å predikere og optimalisere habitatforbedrende tiltak (bl.a. Harby og Arnekleiv, 1994; Berger et al, 2001; Fjeldstad, 2001; Harby, 2001). Tidligere habitatmodelleringer av fysiske endringer på elvestrekninger i Norge er utført på kortere strekninger av noen hundre meters lengde. I 1993-94 ble Vassdragssimulatoren daværende delmodeller HEC-2, ELV og BIORIV brukt til simulering av fysiske forhold og virkninger på fiskehabitat.

Den todimensjonale strømningsmodellen River2D (R2D) (Steffler & Blackburn, 2002) er nå tatt i bruk parallelt med en videreutviklet versjon av modellen for fiskehabitat, HABITAT (Alfredsen, K. 1999). For å tilrettelegge data i R2D kan digitale kartdata behandles i Surfer (Golden Software, 1999). Utforming av endret topografi skjer ved bruk av Microsoft Excel. R2D er en todimensjonal hydraulisk strømningsmodell velegnet for å beregne bl.a. dybder, vannhastigheter, strømningsfordeling, skjærhastighet, Froudes tall m.m. I tillegg har R2D mulighet for habitatmodellering. Modellen baseres på bevaring av masse og bevegelsesmengde gjennom løsning av St. Venant likninger. Ved siden av å simulere normalstrømning i elver har R2D egne løsninger for overganger mellom overkritiske og underkritiske vannhastigheter og ulike is- og vannregimer. Modellen er mye brukt i Nord-Amerika, særlig koblet til habitatmodellering. På bakgrunn av funksjonalitetene i modellen og det varierte strømningsbildet ved Sande i Surna fant vi at dette var den mest egnede løsningen for simulering av det utvalgte området i Surna.

Av inngangsdata krever R2D topografiske data, ruhet på substratet, vannføring og oppstrøms/nedstrøms vannstand. Vannstand (vannlinje) over hele stasjonen og enkelte vannhastighetsmålinger brukes til kalibrering av modellen.

Modellen HABITAT leser resultater direkte fra R2D og kobler disse sammen med fiskens preferanser for dyp, vannhastigheter og substrat. Med preferanser menes hvilke fysiske forhold fisk faktisk foretrekker. HABITAT kan gi habitatkart, egnethetskurver og tidsserier som de viktigste resultatene. Habitatkart viser fordeling av gunstige, middels gunstige og ugunstige områder for fisk basert på overnevnt preferanser. Egnethetskurver viser hvor store områder av gunstige, middels gunstige (nøytrale) og ugunstige habitatforhold som finnes ved ulike vannføringer. Tidsserier av habitat viser hvordan det vanndekte arealet med gunstige, middels gunstige og ugunstige habitatforhold varierer over det utvalgte tidsrommet.

### 3 INNGANGSDATA OG ANVENDTE MODELLER

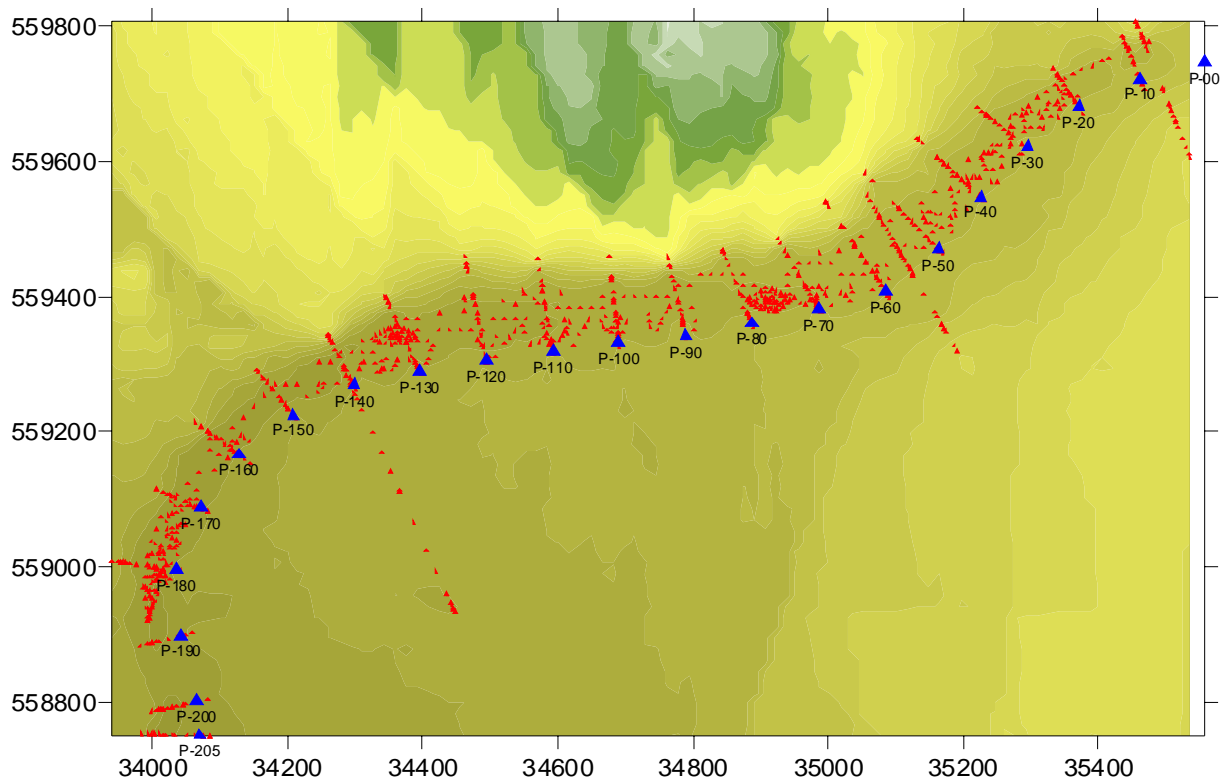
SINTEF har basert sine simuleringer på tverrprofildata innmålt av NVE (P10 til P205) sommeren 2003, samt ca 700 nye spredte punkter på strekningen (innmålt 16. oktober 2003). Totalt er det topografiske grunnlaget for modellen i underkant av 1000 punkt (Figur 3). Til bruk i modelleringsarbeidet ble det også målt vannlinje, utvalgte vannhastigheter og dybder samt kartlagt substratforholdene i grove trekk på strekningen. Vannføringen var ca 7 m<sup>3</sup>/s under feltarbeidet.

Gjennom programmet Surfer ble innsamlede data grafisk framstilt og bearbeidet. Sidekanalen på nordsiden av øya mellom P70 og P80 ble ikke innmålt, og dette strømningsarealet er utelatt i simuleringene. Dette fordi vanddypet ved de aktuelle vannføringene er neglisjerbare. Vannføringen fra sidekanalen er derfor inkludert i hovedstrømmen.. Figur 3 gir en oversikt over hvor de innsamlede punktene fordeler seg på strekningen.

Til simulering av aktuelt område ble data for følgende parametre tatt i bruk:

- topografiske punkt, xyz
- hastigheter, vannlinje
- generelle preferansedata for ungfisk av laks for sommer og vinterforhold
- gytepreferanser basert på målte fysiske parametre tilknyttet gytegroper registrert i Surna i november 2003

Topografiske punkt og vannlinje ble målt inn ved hjelp av tradisjonelt landmålingsutstyr. Ruhethet, definert som substratets grovhet i meter, ble målt på utvalgte steder ved hjelp av en forlenget stakk med centimetermål. Dette ble derimot ikke tatt i bruk grunnet for grov innmåling. Parameteren er satt til å være lik for samtlige simuleringer, hvilket betyr at modellene er sammenlignbare relativt sett. Hastighetsmålinger ble utført ved hjelp av Ott C2 mikroflynget, der hastigheten i m/s er beregnet basert på målinger i 40 sekunder.



**Figur 3: Oversikt over innmålte topografiske punkt (røde pkt) i reelle NGO koordinater for den modellerte strekningen. Blå trekant viser innmålt fastpunkt i hvert av NVE sine profiler.**

Resultater fra Surfer ble videre brukt som grunnlagsdata for simulering i R2D. Modellen er brukt til å illustrere dagens situasjon, og har vært utgangspunkt for simulering av ulike tiltak.

Vi har basert våre forslag på utforming av kanalen på følgende:

- optimalisere mht. habitat forholdene for ungfisk av laks 1) sommer og 2) vinter
- sikre standplasser for voksenfisk, både som refugium og som fiskeplasser
- sikre gytehabitat på denne strekningen
- tilstrebe et variert habitattilbud og om mulig kompensere for mulige tap av dypområder, som følge av den reduserte vannføring pga regulering.
- sikre bedre forhold for fisk samtidig som kanalen skal fungere som en iskanal.

Per i dag foreligger det ingen tilgjengelig fiskepreferanser for Surna, så vi har benyttet generelle preferanser fra andre norske elver (Harby et al., 1999 og Harby, 2003). I Tabell 2 og 3 er valgte preferanser gitt. Preferansene tar hensyn til tilgjengelig område (tilbud), og er vanligvis basert på dykkerobservasjoner. Preferansene brukt i dette prosjektet kan avvike noe fra stedegne preferanser.

**Tabell 2. Generelle sommerpreferanser for ungfisk av laks (> 7 cm) fra Harby (2003).**

Variabel	Gunstig	Nøytralt	Ugunstig
Vanndyp	20-100 cm	10-19 cm, 101-120 cm	< 10 cm, > 120 cm
Vannhastighet	20-50 cm/s	5-19 cm/s, 51-70 cm/s	< 5 cm/s, > 70 cm/s
Bunnmateriale	3-25 cm	25-38 cm	< 3 cm, > 38 cm

**Tabell 3. Generelle vinterpreferanser for ungfisk av laks, basert på Harby et al. (1999) og Heggenes og Fjeldstad (1999).**

Variabel	Gunstig	Nøytralt	Ugunstig
Vanndyp	40-80 cm	20-39 cm, > 81 cm	< 19 cm
Vannhastighet	< 15 cm/s	15-60 cm/s,	> 60 cm/s

I Habitat er det skilt mellom følgende tre klasser, som senere er vist på habitat kart:

1. Gunstig (merket blått)
2. Nøytralt (merket gult)
3. Ugunstig (merket rødt)

**Tabell 4. Kombinasjoner av hastighets- og dybde habitat er gjort som følger.**

	Variabel	Hastighet		
		Gunstig (G)	Nøytralt (N)	Ugunstig (U)
<b>Dyp</b>	<b>Gunstig</b>	G	G	U
	<b>Nøytralt</b>	G	N	U
	<b>Ugunstig</b>	U	U	U

Tabell 4 viser bl.a. at det kombinerte habitatet aldri beregnes til å være ”gunstig” dersom enten dyp eller hastighet er ”ugunstig”.

Forholdene for ungfisk av laks er modellert for både sommer og vinterpreferanser på 3, 7, 12 m<sup>3</sup>/s for følgende hovedutforminger av elveløpet:

1. Dagens elveforhold, basert på det målte topografiske grunnlaget vist i Figur 3 (steg I)
2. NVEs utgangsforslag til iskanal, dvs. 15 m bred midtstilt dypål, uten spesielle hensyn til laks, som vist i Figur 1 og vedlegg.
3. Flere varianter (steg III – VII) av elveutforming for å optimalisere forholdene for ulike livsstadier av laks, som beskrives nærmere kapittel 4.3 og vist i vedlegg.

Hvor på strekningen det kan forventes gode gyteforhold er videre simulert for den optimaliserte kanalutformingen, for å identifisere områder der det bør prioriteres å legge ut gytegrus. Disse simuleringene er basert på den relative fordelingen av gjennomsnittlige vannhastigheter, og vanndyp i 44 av gytegrupene som NINA identifiserte under gytefeltbefaring (Tabell 5). Innmålte gytegrupper er funnet både ovenfor og nedenfor Trollheim kraftverk. Vannføringen ovenfor kraftverket var ca 5,8 – 7,0 m<sup>3</sup>/s (10.-11. nov. 2003), og nedenfor kraftverket (ved Skjermo) 19,3 – 20,9 m<sup>3</sup>/s (12. – 13. nov. 2003) når gytefeltregistreringene pågikk. Vannføringen fra 15. oktober til 10. november 2003, som er antatt å være den mest aktive gyteperioden i Surna (R. Lund pers. kom) variert mye oppstrøms kraftverket; fra 4,5 – 232 m<sup>3</sup>/s, med 13,8 m<sup>3</sup>/s i medianverdi.

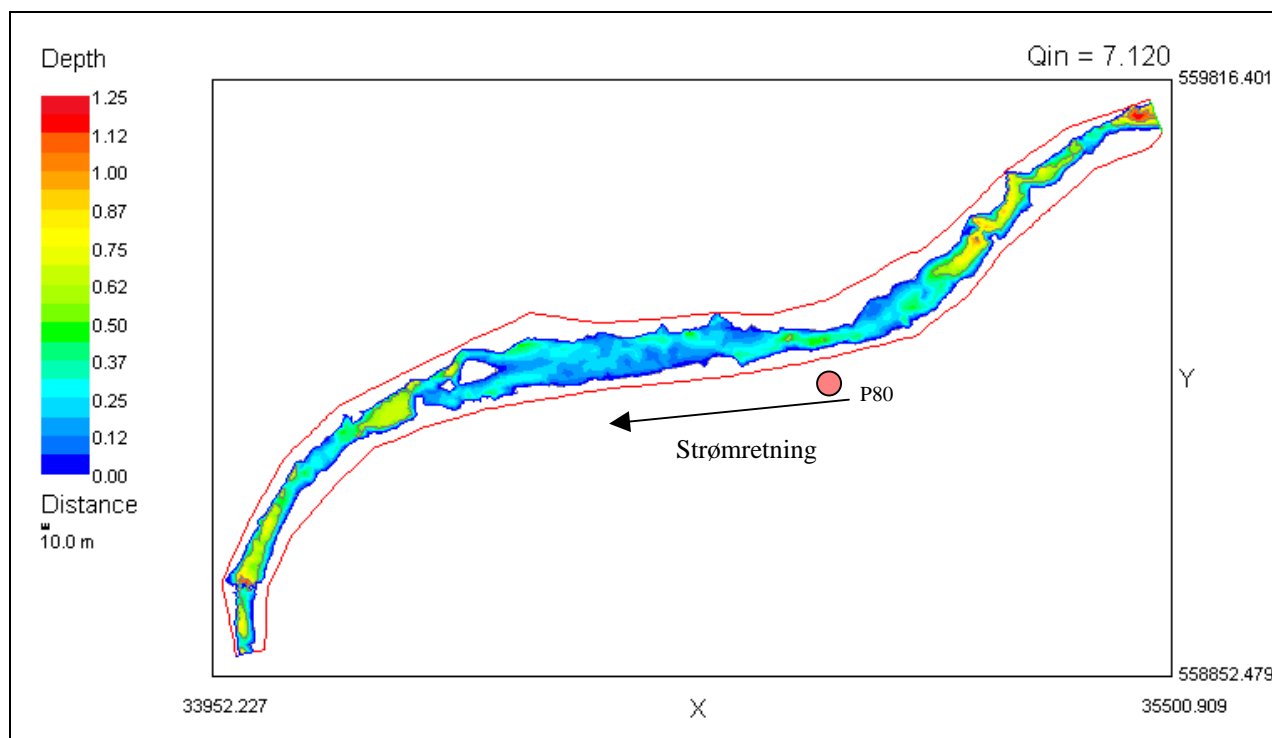
**Tabell 5. Fordelingen av gjennomsnittshastigheter og vanndyp i 44 gytegroper, målt i Surna 10.- 13. november 2003 (Birkeland, 2003).**

<b>Vannhastighet [m/s]</b>	<b>Ant groper</b>		<b>Vanndyp (cm)</b>	<b>Ant groper</b>
<0.11	0		<20	0
0.11-0.20	7		20-29	22
0.21-0.30	7		30-39	11
0.31-0.40	13		40-49	5
0.41-0.50	15		50-59	2
0.51-0.60	1		60-69	1
0.61-0.70	1		70-79	1
>0.7	0		80-89	1
			90-99	0
			100-109	1
			>110	0

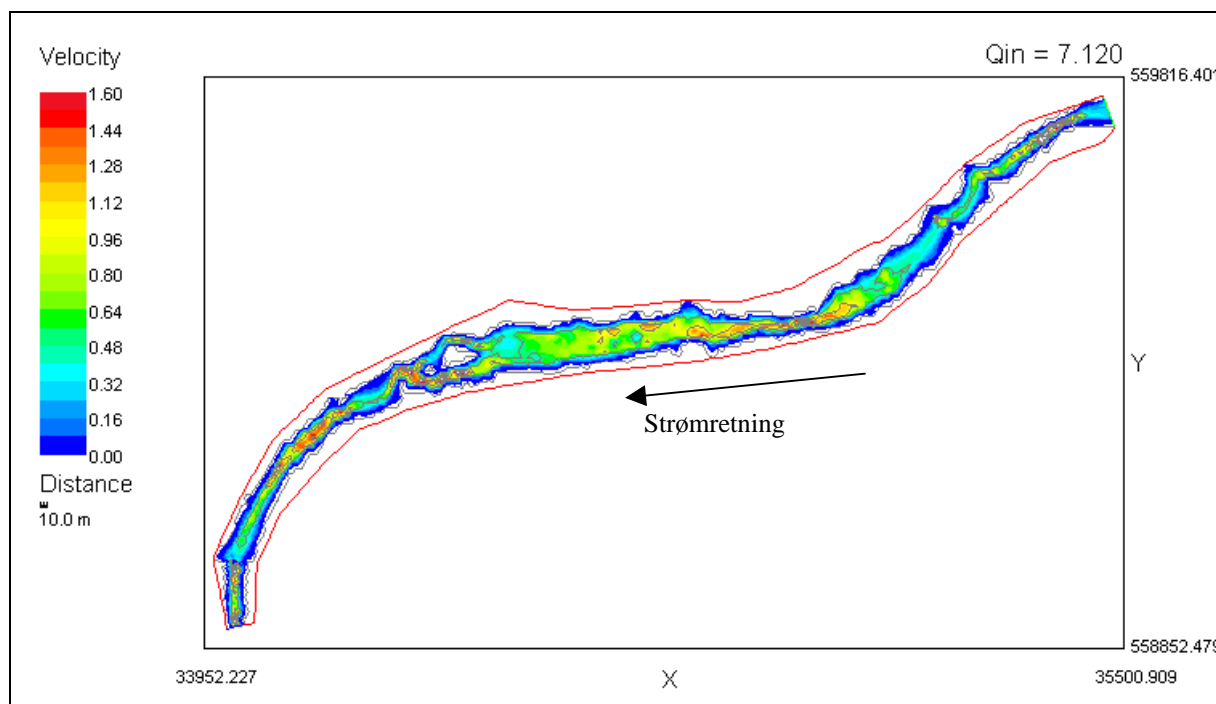
## 4 RESULTATER

### 4.1 SIMULERING AV DAGENS SITUASJON

Basert på de innsamlede topografiske punktene vist (Figur 3), innmålte vannlinjer og vannføring i øvre ende ble de hydrauliske forholdene på dagens elveløp simulert i River 2D ved 3, 7 og 12 m<sup>3</sup>/s. I figur 4 og 5 er det vist dybde og hastighetsfordeling ved 7 m<sup>3</sup>/s.



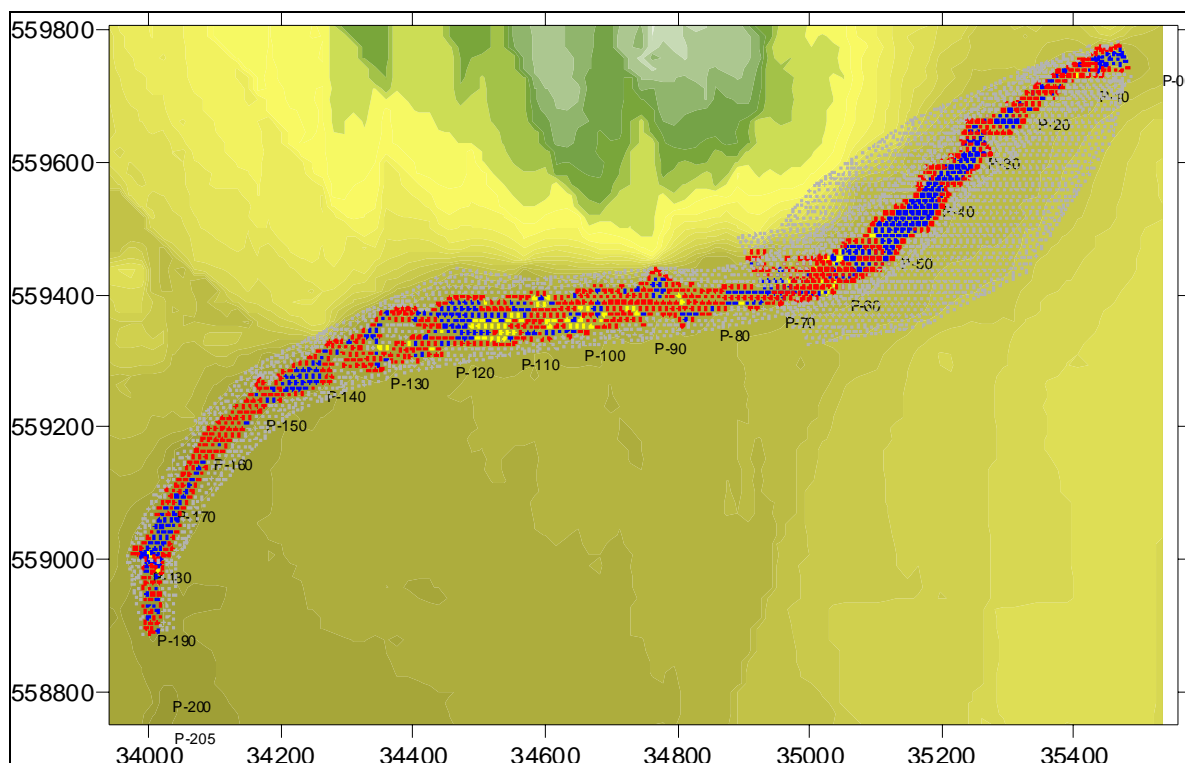
**Figur 4. Dybdefordelingen i meter ved 7 m<sup>3</sup>/s simulert i River 2D for dagens elveløp. Strekningen fra P10 (rett nedstrøms Folla) til P190 (rett nord for travbanen) ved Sande i Surna er modellert. Modellen er forenklet noe ved at vannføringen ikke er splittet på begge sider av den øverste øya ved P80.**



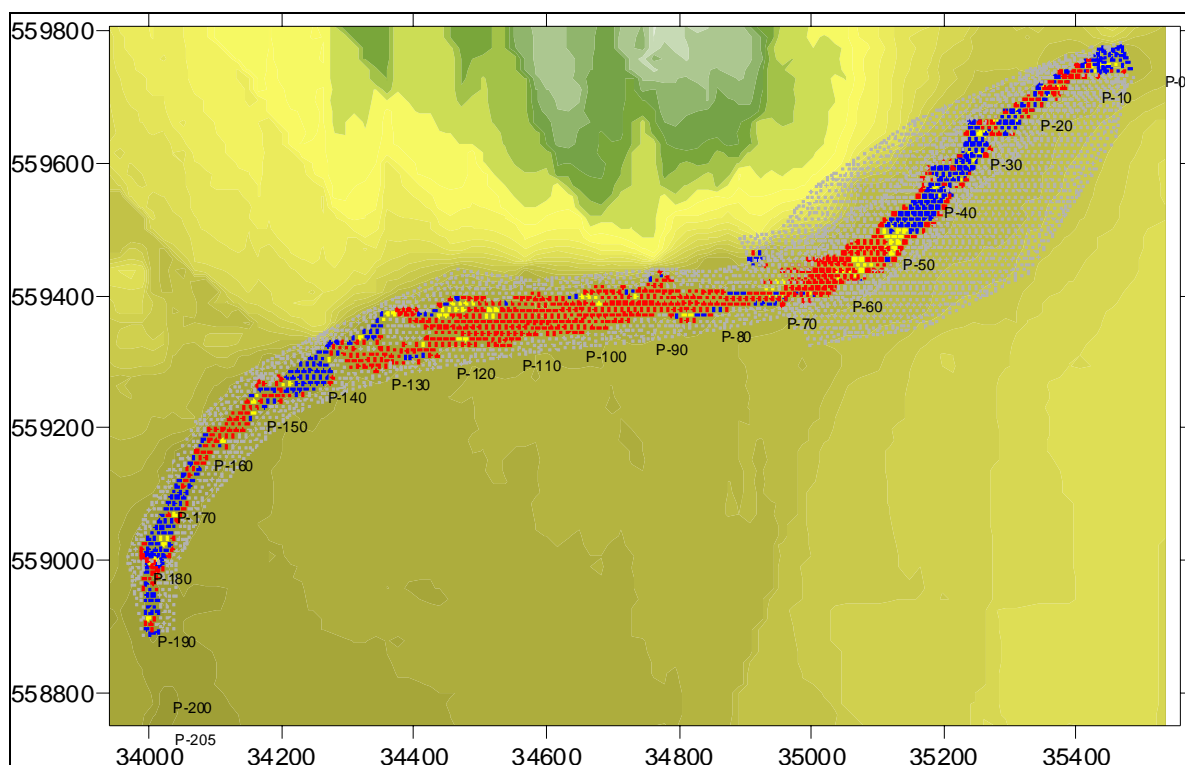
**Figur 5. Vannhastigheter i m/s ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  simulert i River 2D for dagens elveløp.**

Under feltarbeid ble enkelte hastigheter og dybder innmålt og posisjonsbestemt med totalstasjonen på samme dag som vannlinje, dvs. ved ca  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , på både øvre (ved P 20) og nedre del (ved P150) av strekningen. Kvaliteten fra modellen ble sammenlignet mot disse utvalgte målte dyp og vannhastigheter innenfor det modellerte området. I sammenligningen viste vi at modellen samsvarte bra med de få målte hastighetene ved P150. I øvre del avvek verdiene mye. Dette skyldes trolig både et komplisert strømbilde (mye stor stein), modellens måte å arbeide på, samt at modellen er basert på et glissent topografisk datagrunnlag. Sistnevnte innebærer at modellen ikke får med seg småskala endringer i strømningsforhold og topografi. Vi fant imidlertid at det simulerte strømningsbildet i Figur 5 sammenfaller tilfredsstillende med den tidligere kartleggingen av elvetyper på strekningen vist i Figur 2. Ideelt sett burde det vært utført mer kontrollmålinger, men nøyaktig modellering av de hydrauliske forholdene i dagens elv var heller ikke hovedmålet med dette prosjektet.





**Figur 6. Beregnede habitatforhold for kombinert vannhastighet og dyp for ungfisk av laks sommerstid ved 7 m<sup>3</sup>/s for dagens elveløp. Tabell 4 viser hvordan hastighets- og dybdehabitatet er kombinert. Blått = gunstig habitat, gult = nøytralt (middels gunstig), rødt = ugunstig, grått = tørre celler.**



**Figur 7. Beregnede habitatforhold for kombinert hastighet og dybder for ungfisk av laks vinterforhold ved 7 m<sup>3</sup>/s for dagens elveløp.**

Med preferanser som gitt i tabell 2 og 3 ble habitatforholdene simulert i HABITAT basert på de hydrauliske resultatene fra River 2D. Kart for kombinert dybde- og hastighetshabitatet er vist i Figur 6 for sommer og Figur 7 for vinter ved 7 m<sup>3</sup>/s. For sommerforhold er det største gunstige området i Dønnemshølsområdet (P30 – P50), som er i den delen som det ikke er planlagt noen endringer i elveløpet. Et annet gunstig område er oppstrøms den nedre øya ved mellom P110 og P120. For vinterforhold er det meste av strekningen fra ca P80 til P130 uegnet habitat ved både 3 og 7 m<sup>3</sup>/s. Selv ved lave vannføringer er det et stort vanndekt areal i dagens elveløp ved 3 m<sup>3</sup>/s sammenlignet med elveløpet etter foreslåtte endringer. Det er imidlertid relativt mye ugunstig habitat; 54 % og 37 % med uegnet dybdehabitat vinterstid ved henholdsvis 3 og 7 m<sup>3</sup>/s, og 50 – 69 % ugunstig hastighetsforhold sommerstid ved 3 – 12 m<sup>3</sup>/s (Tabell 6).

**Tabell 6. Andelen med gunstig, nøytralt og ugunstig sommer- og vinterhabitat for ungfisk av laks ved 3, 7 og 12 m<sup>3</sup>/s for dagens elv fra P10 til P190, fra simuleringer i River 2D og HABITAT basert på generelle preferanser fra Tabell 2 og Tabell 3.**

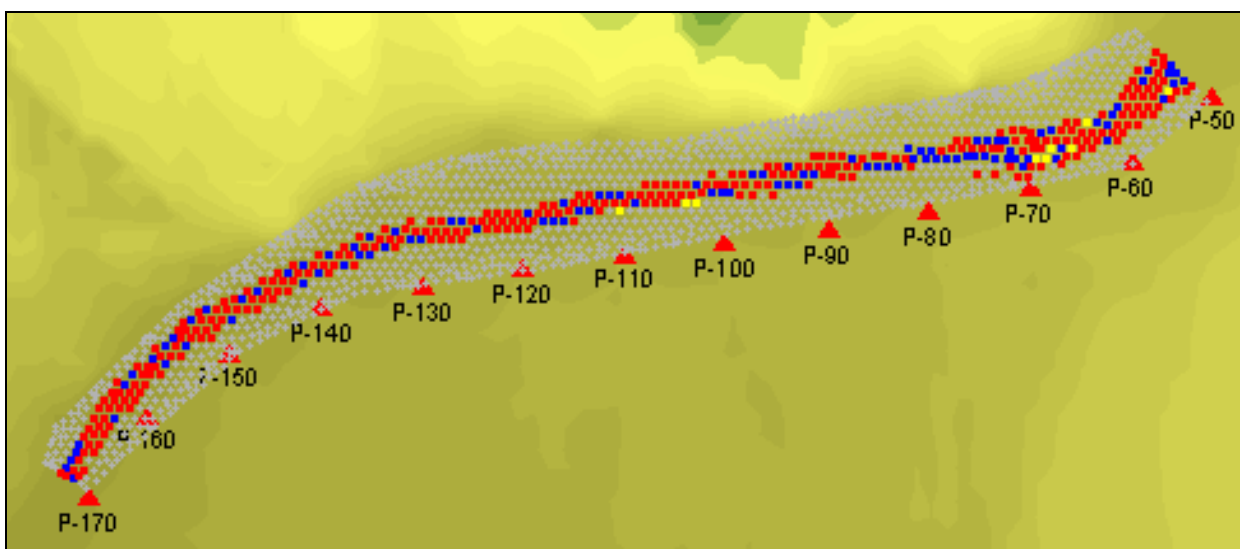
Simulert vannføring			3 m³/s		7 m³/s		12 m³/s	
			m²	%	m²	%	m²	%
Sommer	Gunstig	Dyp	36 138	46 %	55 226	62 %	70 143	74 %
		Hast	22 630	29 %	16 999	19 %	9 065	10 %
	Nøytralt	Dyp	24 102	31 %	21 370	24 %	16 202	17 %
		Hast	16 538	21 %	19 860	22 %	19 929	21 %
	Ugunstig	Dyp	18 356	23 %	11 896	13 %	8 629	9 %
		Hast	39 428	50 %	51 632	58 %	65 980	69 %
Vinter	Gunstig	Dyp	13 213	17 %	21 433	24 %	28 671	30 %
		Hast	35 466	45 %	32 559	37 %	32 672	34 %
	Nøytralt	Dyp	23 192	30 %	34 671	39 %	43 673	46 %
		Hast	30 113	38 %	25 753	29 %	16 752	18 %
	Ugunstig	Dyp	42 191	54 %	32 388	37 %	22 629	24 %
		Hast	13 017	17 %	30 179	34 %	45 549	48 %
Vanndekt areal			78 596	100 %	88 491	100 %	94 974	100 %

#### 4.2 SIMULERING AV NVE SITT UTGANGSFORSLAG TIL ISKANAL

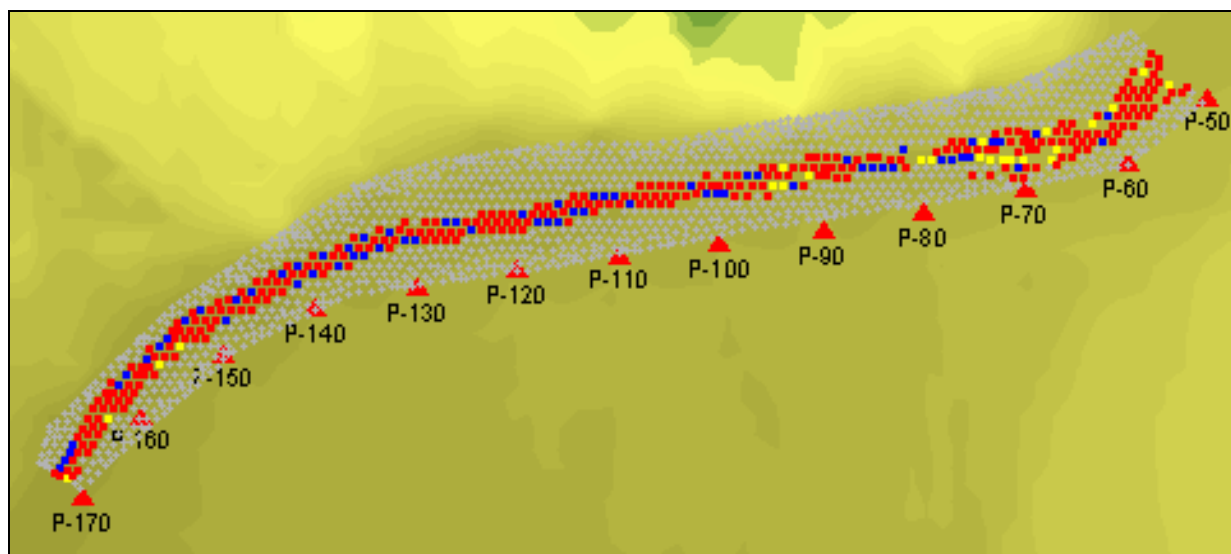
For å bedre elvas evne til å ta unna is, foreslo NVE i utgangspunktet å etablere en kanal med en dypål som etableres midt i elva fra P50 til P180. Basert på mottatte tverrprofil fra NVE har vi modellert denne elveutformingen uten hensyn til hva laksen foretrekker. Denne er utformet i en bredde på ca 15 meter, og med en helning på 1:3 i sidene. Dagens elvebunn er da senket med ca 50 cm og et kulpområde ved P130 er gravd igjen. Profilene og bunntopografi er vist i vedlegg 2.

Simulering av leveområder for ungfisk basert på preferansene i tabell 2 og 3 ble utført i programmet HABITAT for den delen av elva der det er planlagt endringer i elva.

Figur 8 viser at sommerhabitatforholdene for ungfisk av laks ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  trolig vil bli dårligere enn dagens elveløp med denne kanalutformingen. Områder med gunstig til nøytralt kombinert hastighet- og dybdehabitat blir spredt, mens det beste større området blir det som er uendret i Dønnemhølsområdet (dvs. P30 – P50 se Figur 6). Et mindre område med bedring i habitatforholdene er funnet mellom P70 og P80, sammenlignet med dagens forhold. Forverring er påvist i områdene P110 - P130 og P140 – P150, i tillegg til en betydelig nedgang i vanndekt areal. Det nøytrale habitatet er blitt borte ved P90 til P120.



**Figur 8. Habitatforhold for kombinert hastighet og dybder for ungfisk av laks sommerstid ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  for NVEs utgangsforslag til elveløp med 15 meter bred iskanal fra P50 til P170. Blått = gunstig habitat, gult = nøytralt (middels gunstig), rødt = ugunstig, grått = tørre celler.**



**Figur 9. Habitatforhold for kombinert hastighet og dybder for ungfisk av laks vinterstid ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  for NVEs forslag til elveløp med 15 meter bred iskanal fra P50 til P170.**

Vanndekt areal er beregnet til å bli betydelig redusert i forhold til dagens forhold. Nøytrale områder er forsvunnet ved P60 og P120. Av Figur 9 ser vi at ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  er det for vinterforhold lite sammenhengende eller større gunstige områder igjen slik det er i Figur 7, og et godt område nær P140 er forsvunnet. Ved  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  (ikke vist) framkommer det imidlertid mer sammenhengende gunstige områder mellom flere av profilene.

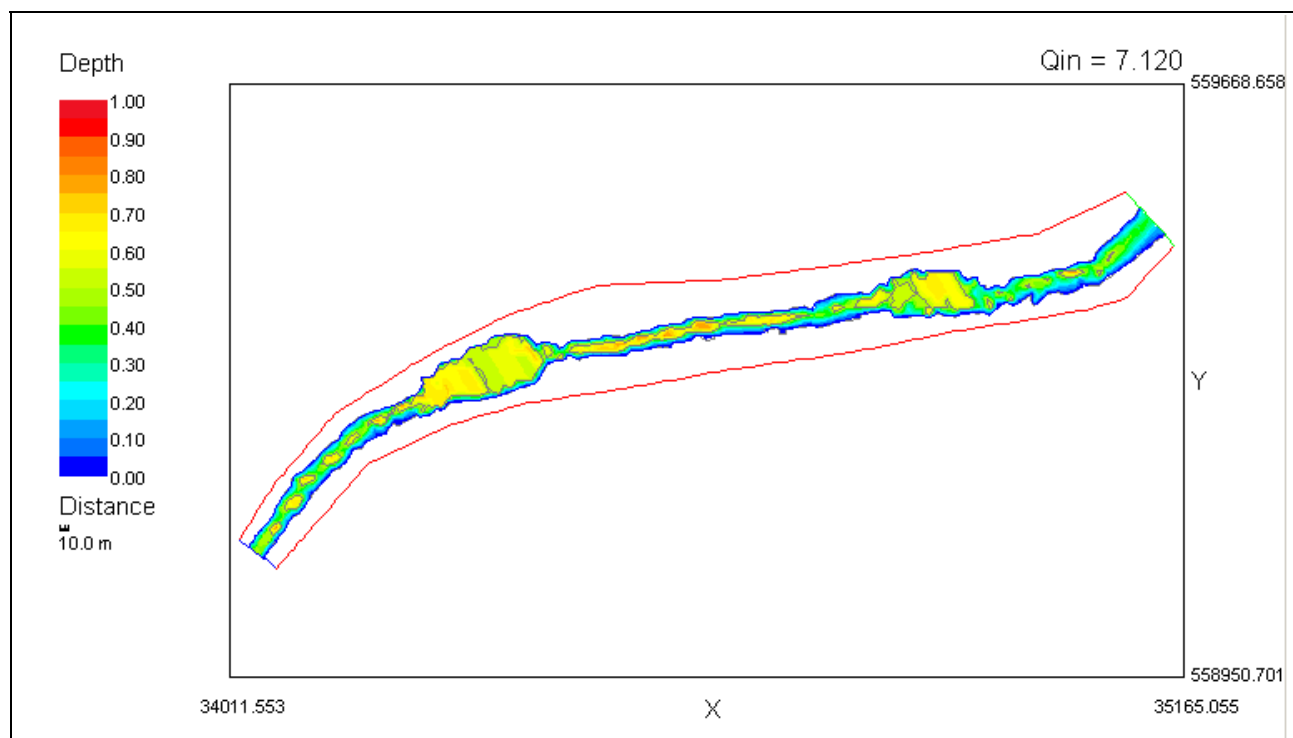
### 4.3 OPTIMALISERING AV ISKANAL FOR LAKS

Vi tok utgangspunkt i iskanalen vist i foregående kapittel, og forsøkte ulike justeringer av elveløpet for å komme fram til en mer optimal utforming for ulike livsstadier av laks. Følgende hovedendringer ble inkludert i modellen for å oppnå mer optimale forhold:

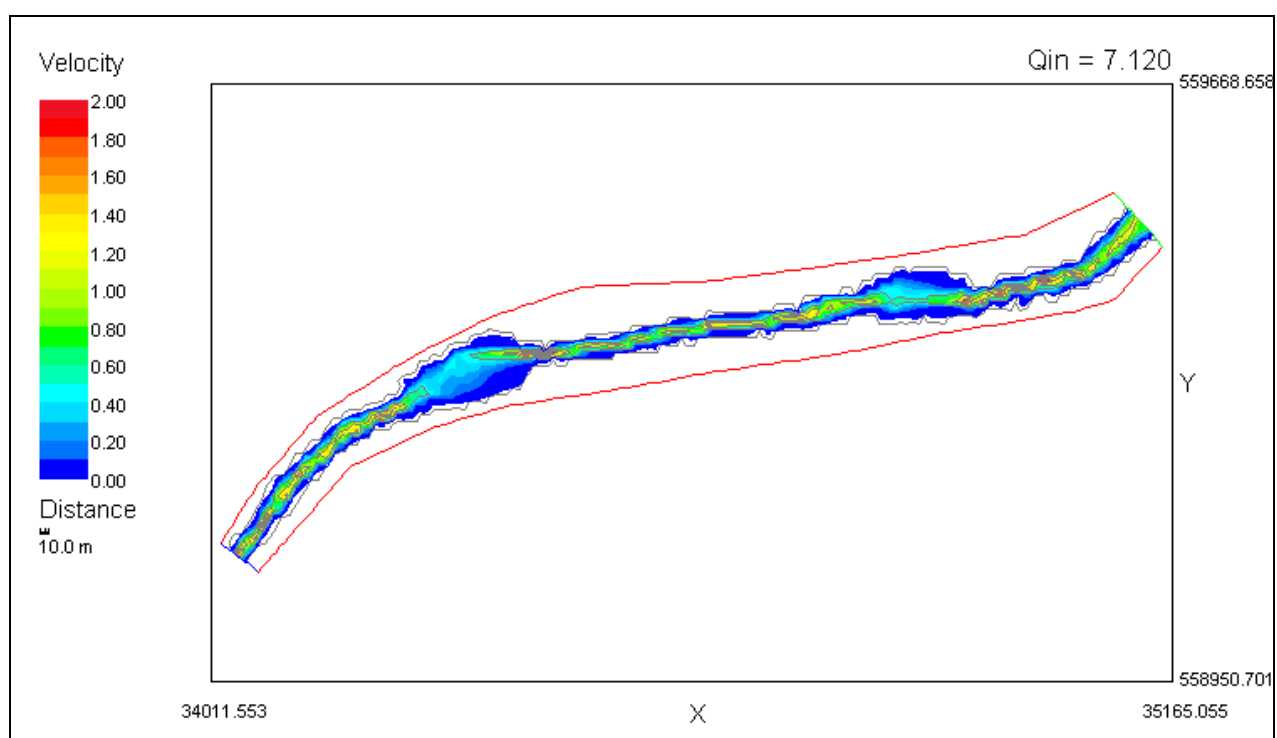
1. Etablering av to nye kulper, for å ha standplasser for voksen laks, og fiskbare områder
  - a. ved P70 - P80
  - b. utvide eksisterende kulp ved P130-P140
2. Senke midtpartiet av NVE's kanal med ca 50 cm i en bredde på ca 3 – 6 m på utvalgte steder. Dette for å sikre et mer variert habitat tilbud, og lette oppvandring av fisk.

Vannføring 3 , 7 og  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  ble simulert for ulike steg i prosessen mot å nå en mer optimal kanalutforming for laks. De første stegene i simuleringene viste en ytterligere nedgang i vanndekt areal og økte hastigheter, spesielt med hensyn på området mellom P-90 og P-120. I tillegg ga våre forslag til endring ingen merkbar påvirkning på områder med overganger underkritisk - overkritisk. Det viste seg derfor at vi måtte modifisere vårt utgangsforslag i flere steg enn det som ble presentert i NVE (2003). Resultatene av de ulike stegene og en kort beskrivelse av hvilke endringer som ble gjort er vist i vedlegg 1.

Problemene i de første stegene ble løst ved å utvide de to nyetablerte kulpene til å bli ca.  $100 \times 60 \text{ m}$  i tillegg til heving av bunnivå av dyprenna i enkelte partier med kritisk høye vannhastigheter i nedstrøms ende (P150-P170). Overganger mellom heving av bunnivå og dypål utførtes gradvis over en strekning på ca. 10-30 m for å unngå ”terskeeffekter”. På denne måten vil ikke en eventuell isgang bli stuvet opp på dette partiet. I tillegg er NVEs opprinnelige forslag til bunnivå i dette området bevart og ikke ytterligere hevet. Tiltaket ga en merkbar positiv endring, både med hensyn på hastighet og vanndekt areal. Figur 10 og Figur 11 viser beregningene av hvordan vannhastigheter og vanddyp fordeler seg ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  i den endelige utgaven av optimalisert kanal.



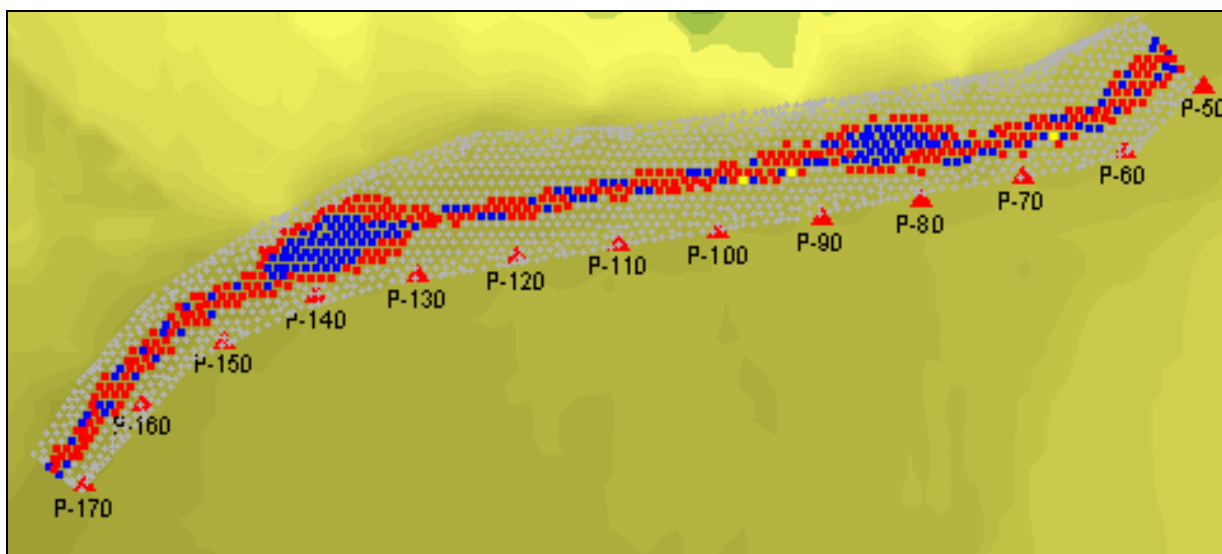
**Figur 10.** Dybdefordeling i meter ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  modellert i River 2D etter at kanalutforming er optimalisert for laks. Strekningen fra P50 til P170 er modellert.



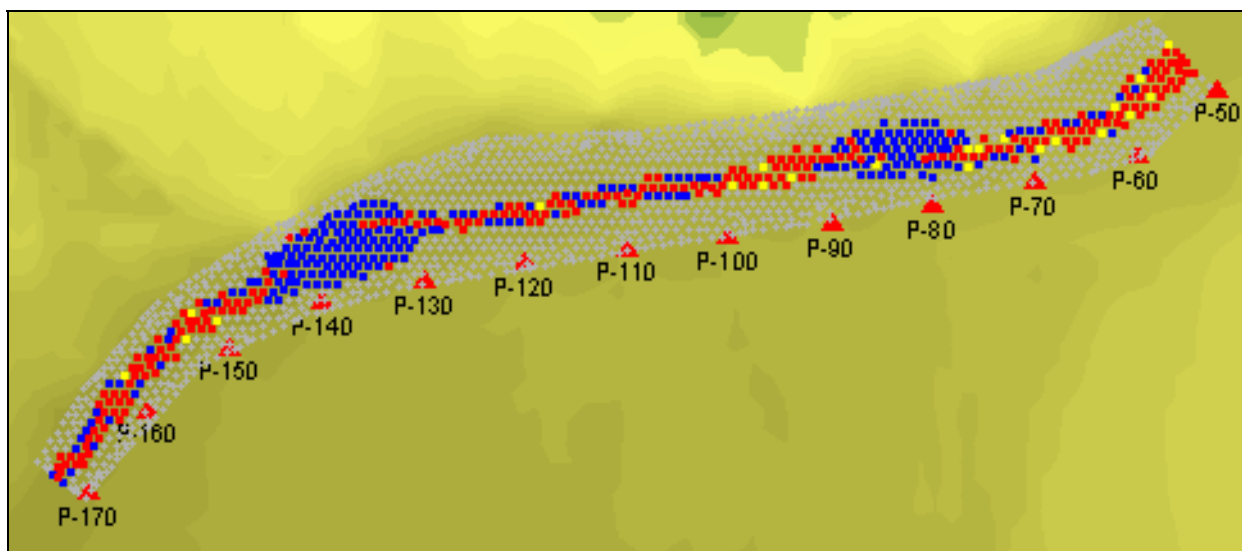
**Figur 11.** Hastighetsfordeling i meter per sekund ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  modellert i River 2D etter at kanalutforming er optimalisert for laks på strekningen P50 til P170.

## Habitatmodellering

Basert på preferanser i tabell 2 og 3 ble habitatsimuleringer for sommer og vinter utført på alle tre vannføringer for den optimaliserte kanalutformingen.



**Figur 12. Habitatforhold for kombinert hastighet og dybder for ungfisk av laks sommerstid ved 7 m<sup>3</sup>/s for optimalisert kanalutforming (steg VII) inkludert to kulper og variabel dybde på dypålen mellom P50 og P170. Blått = gunstig habitat, gult = nøytralt (middels gunstig), rødt = ugunstig, grått = tørre celler.**



**Figur 13. Habitatforhold for kombinert hastighet og dybder for ungfisk av laks vinterstid ved 7 m<sup>3</sup>/s for optimalisert kanalutforming (steg VII) mellom P50 og P170.**

Andel gunstig habitat som oppnås ved de ulike modellerte situasjonene av endret kanal er vist i Figur 12 og Figur 13. Figurene viser en økning i gunstige forhold for laks i forhold til en rein iskanal, spesielt med hensyn på sommer- og vinterhabitat for ungfisk av laks. For høye vannhastigheter er fremtredende mellom P90 og P120 ved vannføringer på 7 m<sup>3</sup>/s eller mer, som gir mye ugunstig kombinert habitat på denne delen. Ved 3 m<sup>3</sup>/s blir forholdene imidlertid mer optimale også her. Denne kanalutformingen gir en økning av gunstig habitat også ved 3 og 2 m<sup>3</sup>/s, men disse resultatene er kun presentert i Tabell 6. Den optimaliserte kanalutformingen

reduserer både andelen og flatearealet med ugunstig habitat for både sommer og vinterforhold i forhold til en rein iskanal.

**Tabell 7. Habitatarealer for ungfisk av laks på strekningen ved Sande der iskanal er planlagt (P50 - P170) ved 3, 7 og 12 m<sup>3</sup>/s for to utvalgte simulerte situasjonene. NVE = iskanal utformet uten optimalisering for laks, Steg VII= optimalisert kanalutforming for laks. Simuleringer er gjort i River 2D og HABITAT basert på generelle preferanser vist i tabell 2 og tabell 3. Tverrprofiler for disse to utformingene er vist bak i rapporten som vedlegg.**

		Sommerhabitat – ungfisk						Vinterhabitat - ungfisk						Sum
		Gunstig		Nøytralt		Ugunstig		Gunstig		Nøytralt		Ugunstig		areal
		m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>
<b>Simulering ved 3 m<sup>3</sup>/s</b>														
<b>NVE</b>	<b>Dyp</b>	18771	70 %	3640	14 %	4401	16 %	10767	40 %	8003	30 %	8041	30 %	26811
<b>Steg VII</b>	<b>Dyp</b>	27280	79 %	4108	12 %	3121	9 %	14310	41 %	12970	38 %	7229	21 %	34509
<b>NVE</b>	<b>Hast</b>	4665	17 %	6798	25 %	15348	57 %	14032	52 %	6915	26 %	5865	22 %	26811
<b>Steg VII</b>	<b>Hast</b>	6808	20 %	9573	28 %	18128	53 %	17759	51 %	11374	33 %	5376	16 %	34509
<b>Simulering ved 7 m<sup>3</sup>/s</b>														
<b>NVE</b>	<b>Dyp</b>	23340	74 %	3743	12 %	4395	14 %	14366	46 %	8975	29 %	8138	26 %	31478
<b>Steg VII</b>	<b>Dyp</b>	31790	82 %	3363	9 %	3553	9 %	23931	62 %	7859	20 %	6916	18 %	38706
<b>NVE</b>	<b>Hast</b>	3046	10 %	6171	20 %	22261	71 %	13963	44 %	4621	15 %	12894	41 %	31478
<b>Steg VII</b>	<b>Hast</b>	6789	18 %	7740	20 %	24177	62 %	17743	46 %	9935	26 %	11028	28 %	38706
<b>Simulering ved 12 m<sup>3</sup>/s</b>														
<b>NVE</b>	<b>Dyp</b>	26983	70 %	4949	13 %	6522	17 %	16477	43 %	10506	27 %	11472	30 %	38455
<b>Steg VII</b>	<b>Dyp</b>	34317	77 %	4006	9 %	6091	14 %	24873	56 %	9444	21 %	10098	23 %	44414
<b>NVE</b>	<b>Hast</b>	4498	12 %	6346	17 %	27610	72 %	14185	37 %	6240	16 %	18030	47 %	38455
<b>Steg VII</b>	<b>Hast</b>	5398	12 %	8793	20 %	30224	68 %	18304	41 %	8800	20 %	17311	39 %	44414

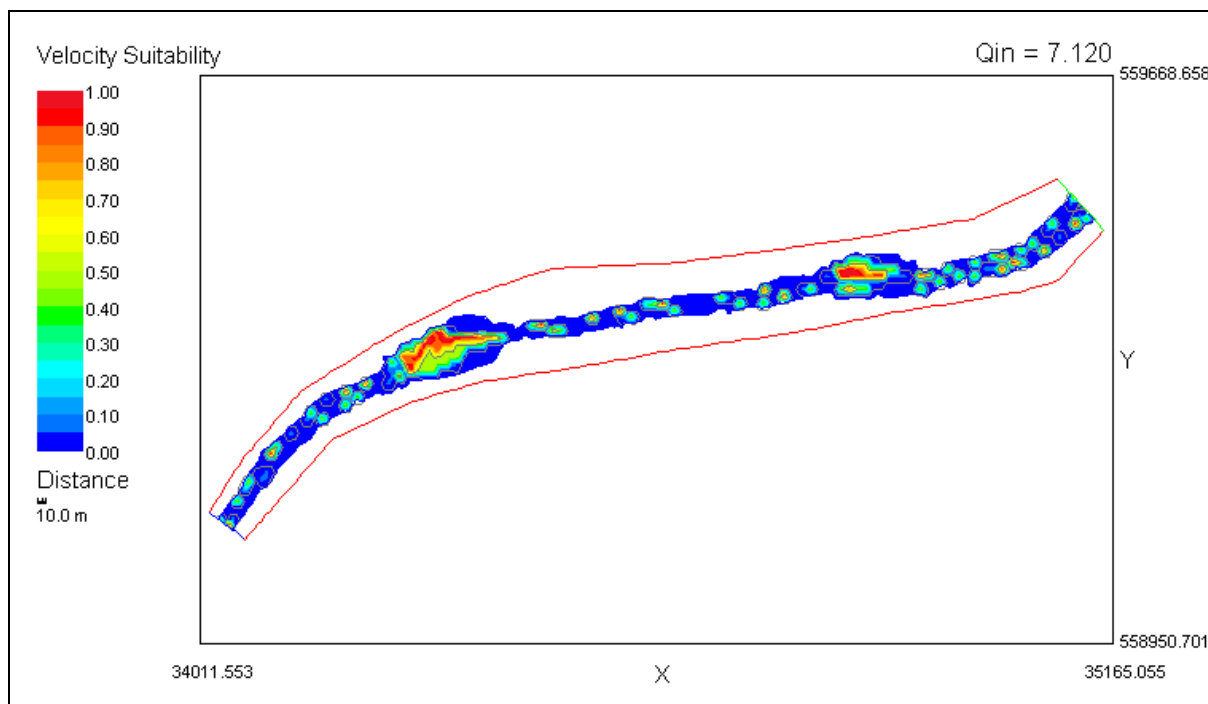
Tabell 6 og vedlegget viser at simuleringene i steg VII i vårt forslag til kanalutforming gir det største flatearealet med gunstig hastighets- og dybdehabitat både sommer og vinter ved alle de modellerte situasjonene og vannføringene. Steg VII gir også ca 15 % større vanndeckt areal mellom P50 til P170 enn den rene iskanalen som NVE foreslo i utgangspunktet, men mye mindre vanndeckt areal enn under dagens forhold.

#### 4.4 SIMULERING AV GYTEHABITAT FOR LAKSEFISK

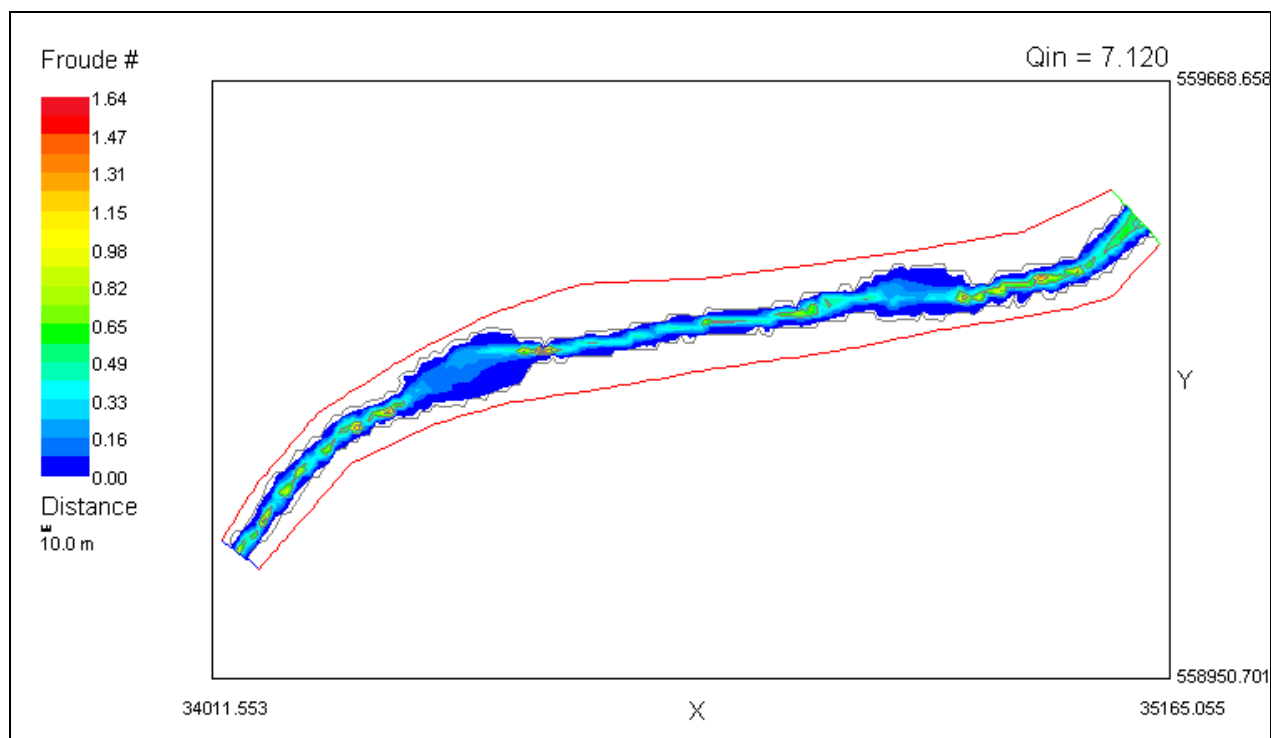
I løpet av prosjektperioden har vi samlet inn data om hvor og under hvilke fysiske forhold laks og sjøørret gyter i Surna. Dette er samlet inn for bl.a. å danne grunnlag for foreløpige gytepreferanser, for dermed å kunne kvantifisere hvor på strekningen det kan være potensial for å skape gyteplasser ved hjelp av modellverktøy. Vi har basert disse simuleringene på andelen gytegroper funnet innenfor bestemte hastighets- og dybdeintervaller under gytefeltregistreringene sammen med NINA i november 2003. I 44 av de totalt 89 gytegroperne som de fant har vi målt vannhastigheter, dybder og substratsammensetning i forkant, midten, på side, og bakkant av hver gytegrop. I Tabell 5 viser vi hvordan disse gropene fordelte seg innen hver dybde og hastighetsintervall. Som grunnlag for simuleringene av gytehabitat har vi så satt det intervallet med høyest



andel lik 1, og fordelt de andre intervallene som forholdstall i forhold til dette på en relativ skala fra 0 til 1. I Figur 14 vises hvor egnet hastighetsforholdene for gyting er ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  på strekningen. Vi mener dette kan gi en indikasjon på hvilke strekninger det kan forventes at gyting kan skje, forutsatt at dybder og substratforhold også er tilfredsstillende, og at de egnete områdene for gyting ikke ligger for langt fra egnede standplasser for voksen fisk.



**Figur 14. Hastighetsforhold for gyting av laks på en relativ skala (0-1) ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  fra P50 til P170 av den optimaliserte kanalutformingen simulert i River 2 D, basert på fordelingen av vannhastigheter i gytegrøper funnet i Surna november 2003. NB! Rødt = gunstig habitat, gult = nøytralt (middels gunstig), blått = ugunstig.**



**Figur 15. Fordeling av Froudes tall<sup>1</sup> for P50 til P70 av den optimaliserte kanalutformingen ved 7 m<sup>3</sup>/s. I henhold til undersøkelsen til Moir et al. (1998) så kan det forventes at områder med Froudes tall rundt 0,34 (lyseblått) kan egne seg som gyteplasser for laks.**

Moir et al (1998) utførte en undersøkelse i nordøst Skottland hvor de blant annet så på sammenhengen mellom Froudes tall og gyteområder for Atlantisk laks. De undersøkte 93 gytegroper over en periode på 30 år. Resultatene her viste at laks så ut til å foretrekke områder med verdier fra 0,2 til 0,5 med en gjennomsnittsverdi på 0,34. I Figur 15 har vi hentet ut et plott som viser fordeling av Froudes tall på den aktuelle strekningen i Surna. Ved å sammenligne figur 14 og 15, og legge ut egnet gytegrus på de områdene som innfrir egnet hastighetforhold og egnet Froudes tall er det trolig mulig å skape flere gode gyteplasser på strekningen der elva skal få ny kanalutforming.

<sup>1</sup> Froudes tall er et dimensjonløst tall, som angir forholdet mellom dyp og vannhastigheter. Froudes tall > 1 angir overkritisk strømming (Sæterbø et al., 1998).

## **5 DISKUSJON OG ANBEFALINGER**

### **5.1 OPTIMALISERING AV LEVEOMRÅDENE FOR ULIKE LIVSSTADIER AV LAKS**

I forbindelse med den planlagte etablering av iskanal ved Sande i Surna har vi i dette prosjektet tilstrebet å optimalisere leveområdene (habitatet) for flere livsstadier av laks. Dette er forsøkt oppnådd samtidig som elva skal produsere mindre is og la tilstrømmende is passere på denne strekningen. I prioritert rekkefølge har vi lagt følgende prioritering til grunn for våre optimaliseringer: 1) sommerhabitat for ungfisk av laks, 2) vinterhabitat for ungfisk av laks, 3) standplasser og gode vandringsforhold for voksen laks, samt etablere og opprettholde gyteforhold på strekningen uten at dette skal føre til fortsatte isproblemer. Vi har fokusert på simuleringer av dybder og hastigheter ved vannføringer på 3, 7 og 12 m<sup>3</sup>/s, som skulle dekke de mest representative vannføringene på denne strekningen.

Substratforholdene er også kjent for å være en sentral parameter for laksefisk. Strekningen har i dag et variert tilbud av substrat, og de optimale steinstørrelsene (jmf. tabell 2) finnes på strekningen der det planlegges graving. Vi har derfor antatt at gunstig substratforhold skal kunne etableres i området (se under).

Kulper og dypområder ved vannføringer under 12 m<sup>3</sup>/s er mangelvare i Surna mellom samløp Rinna og utløpet av Trollheim kraftstasjon, noe tidligere elvetypekartleggingen på ulike vannføringer har vist (Svelle, 2003). Andelen med dypområder har også endret seg etter at Surna ble regulert. Flere studier har fokusert på at dype områder i elver (bl.a. Vindøla i Surnavassdraget) er viktige habitat for laks og ørret (Bremset, 1999). Etablering av dypere områder på elvestrekninger som er brede og har mye stein som stikker opp, kan derfor betraktes som gunstige produksjonsområder for laksefisk. Fiskbare plasser er dessuten en mangelvare på denne delen av Surna, og det ble i 2002 innrapportert minimalt med fangst av laksefisk ovenfor Trollheim kraftstasjon (Lund et al, 2003). Mer dype områder vil ellers kunne lette oppgangen av voksen fisk, og bidra til at det blir et mer variert habitattilbud som også kan forventes å være gunstig for andre organsimer.

De mest vesentlige endringene vi foreslår er å etablere kulper og en ytterligere 3 - 6 meter forsenking i den planlagte iskanalen på deler av strekningen, med noe variabel dybde på hele den berørte strekningen. Kulpen mellom P130 og 140 mener vi bør opprettholdes og utvides. I tillegg vil både laks og ørret trolig være tjent med at det etableres en kulp nær P80, noe nedstrøms Dønnemshølen. Kulpene anbefales å ha en utstrekning på ca. 100 x 60 m. For økning av levetiden av kulpene bør disse steinsettes. Eksisterende kulp ligger tilknyttet til fjell mens den øvre bør etableres i forbindelse med planlagt steinforbygning (NVE forslag). Dette vil øke den hydrauliske variasjonen og følgelig virke positivt på fisken. På lave vannføringer vil fisken lettere kunne passere samtidig som dette kan virke som skjul i perioder. Senkningen vil ikke fungere som hinder ved en isgang eller flom, snarere tvert imot. Dybden til leire er imidlertid en ukartlagt faktor, som kan få uforutsette konsekvenser for hvordan den nye kanalutformingen kan bli.

Habitatmodelleringen viser at foreslått kanalutforming gir bedre forhold for laks enn en rein iskanal ved alle av de simulerte vannføringene. Av de simulerte kanalutformingene gir vår kanalutforming den gunstigste habitattilbudet ved alle de simulerte vannføringene både sommer og vinter. Det er like fullt en betydelig andel av arealet som trolig har for høye vannhastigheter i forhold til det som er gunstig for ungfisk av laks sommerstid. Dette vil slå enda sterkere ut for ungfisk av ørret. Ungfisk av ørret foretrekker vanligvis noe lavere vannhastighet enn ungfisk av laks (Bremset og Heggenes, 2001). Ytterligere senkning av vannhastighetene kan oppnås ved å etablere nedsenkede terskler på strekningen der det skal etableres iskanal, men dette vil kunne gå utover evnen til å ta unna is. For å sikre gode skjulmuligheter også for større fisk og dempe vel høye vannhastigheter på deler av strekningen anbefaler vi utlegging av ansamlinger av stor stein (< 50 cm) hver 20-30 meter midt i kanalen.

Det kan videre antas at den nye dypålen vil gi gode oppvandringsforhold på både høye og lave vannføringer. Dypålen vil også skape gode standplasser for voksen fisk og antas å gjøre strekningen mer egnet for fiske. Den nye kanalen vil også gi et økt hydraulisk mangfold ved denne "elv i elva", som er mer tilpasset det reduserte vannføringsmønsteret. Det er relativt tidkrevende å utføre habitatmodellering på mange ulike situasjoner på en såpass lang og kompleks elvestrekning som vi her har gjort. En ytterligere optimalisering av habitatforholdene antas å være mulig. Vanndekt areal blir betydelig redusert i forhold til dagens elveløp ved vannføringer mellom 3 og 12 m<sup>3</sup>/s. Dette er i utgangspunktet en nødvendig konsekvens av formålet med iskanalen, som er å konsentrere strømningsarealet og redusere potensialet for isdannelse.

## **5.2 HVOR NÆRT ER SIMULERINGENE VIRKELIGHETEN?**

Målet ved bruk av simuleringsmodeller er i denne sammenheng å skape en modell av strømningsforholdene som kan gi et helhetlig bilde av virkeligheten på ulike vannføringer. Kvaliteten på modellen er avhengig av innsamlede data for det aktuelle området, i dette tilfellet topografiske punkter, vannlinjer og hastighet/dybdefordelingen ved en vannføring. Til vår modell er det i alt ca. 1000 punkter fordelt på en 1800 meter lang elvestrekning. Dette er i underkant av hva man ønsker, men grunnet tid og kostnader er ytterligere feltarbeid ikke utført. Modellen gir derfor et helhetlig strømningsbilde og ikke en nøyaktig oppløsning av den hydrauliske situasjonen. Som eksempel vil modellerte hydrauliske beregninger være minst nøyaktige på lokaliteter hvor dekningen av innmålte topografiske punkter er minst, f. eks mellom P80 og P90 og P140 til P160. I Tabell 6 er det gitt arealverdier for dagens situasjon. Her er det viktig å merke seg at det er blitt utført en forenkling av dagens elveløp bl.a. ved å utelate det grunne sideløpet nord for øye ved P80. Modellen er godt i samsvar med målte vannhastigheter og dybder i nedre del av strekningen mens mer variabelt i øvre del for dagens elveløp. I øvre ende bryter stor stein vannflaten som skaper et mer komplisert strømbilde enn i nedre. Modellen er basert på et glissent topografisk datagrunnlag, noe som trolig innebærer at modellen ikke får med seg småskala endringer i strømningsforhold og dybdevariasjoner. Vi fant imidlertid at det simulerte strømningsbildet sammenfaller tilfredsstillende med den tidligere kartleggingen av elvetyper på strekningen.

Ideelt sett burde habitatmodelleringene vært utført basert på stedegne studier som viser habitatbruken til laks. Dette er relativt tidkrevende, og ikke vært mulig innenfor de tidsrammene i dette prosjektet. Vi har derfor her foretatt optimaliseringene av ungfiskhabitatet basert på erfaringer fra habitatbruk for ungfisk av laks fra flere andre norske elver (jmf. tabell 2 og 3). Gytesimuleringene er basert på stedegne målinger av et utvalg av årets gytegroper (jmf. tabell 4).

### 5.3 UTLEGGING AV SUBSTRATET

I dette prosjektet har vi fokusert på å optimalisere habitat tilbudet mht vannhastigheter og vannedyp ved vannføringer fra 3 – 7 – 12 m<sup>3</sup>/s, og vi har ikke kartlagt substratforholdene i detalj. Strekningen har et variert tilbud av ulike steinstørrelser, men det er også betydelig med finstoff innimellom steinene, som stedvis gir dårlig skjul for fisk. Hovedformålet med tiltaket ved Sande i Surna er å unngå/ redusere framtidige isproblemer forbi denne strekningen. Tiltaket innebærer betydelig masseforflytning.

**For ungfisk:** Vi anser det som gunstig at substratet skylles, og legges ut på en slik måte at mye av silt og den fineste sanda blir vasket bort. Dette vil gi økt skjul for ungfisk, noe som er sentralt for å optimalisere andelen med produktive ungfiskområder. Ved å legge ut rekker med større stein parallelt med strømreringen kan det skapes en selvrensende effekt. I tabell 2 er det angitt at gunstig bunnmateriale skal være fra 3 – 25 cm for ungfisk av laks sommerstid. Hovedpoenget med utvasking av finstoff er å framskaffe et variert (heterogent) tilbud av steinstørrelser. Vi anbefaler at det i anleggsperioden fokuseres på de områdene som er framhevet som gunstige i den optimaliserte kanalutformingen, og at det mest egnete stedegne bunnmaterialet legges ut her.

**For voksenfisk** er det ønskelig å fokusere på forholdene i de dypeste partiene. I dyprenna forslår vi at det legges ut ”reir” med større blokkstein (< 50 cm i høyde) hver 20 – 30 m for å gi gode skjulplasser. Disse antas å være sentrale ved lave vannføringer også for å få fisken til å vandre. Slike steingrupper vil virke som skjul og stoppesteder for fisk. Stor stein kan også gjøre at fordypningen vedlikeholdes naturlig pga erosjon rundt steinene.

**For gyting:** Gyting skjer i Surna hovedsakelig i siste halvdel av oktober (Lund et al, 2003). Gytegrus er sentralt for at laks og ørret vil gyte, nærhet til egnede standplasser for voksen fisk likeså (Birkeland, 2003). I Figur 14 har vi identifisert områder som har potensial for å være egnede gyteplasser mht vannhastigheter ved 7 m<sup>3</sup>/s. Våre intervaller med foretrukket vannhastigheter og dyp for gyting vist i Tabell 5, ligger noe under fordeling av hastigheter og dybder i gytegroper som Moir et al. (1998) fant for laks i elva Girnock Burn (Skottland) og fra litteraturen. Dette har trolig sammenheng med at våre målinger ble utført på lave vannføringer i forhold til vannføringene ved gytetidspunktet.

Vi anbefaler at de mest egnede områdene på strekningen (kombinasjon av Figur 15 og 16) som det skal graves iskanal blir prioritert til å utformes som gyteplasser. Her bør det legges ut gytegrus, helst i tilknytning til noe grovere materiale. Berger et al. (2001) har gitt klare praktiske råd for hvordan dette bør legges ut. Det vil være ønskelig å teste ut både sortert grus (1,8 – 10 cm) og samfengt grus for å se på gytesuksess.

## **5.4 FYSISKE KONSEKVENSER AV HABITATJUSTERINGER**

Bunnforhold og substratsammensetning forteller mye om de hydrologiske og hydrauliske forholdene i en elv gjennom året. I regulerte elver vil disse parametrene være vanskeligere å tyde fordi de ofte beskriver forholdene før regulering i sterkere grad enn forholdene etter regulering. Dette er en følge av at flommer og is ikke lenger preger elvebunnen og kantene på samme måte. I tillegg kan sedimenttilførselen ha endret seg i stor grad, typisk ved at tilførselen av grovt substrat er redusert. Dersom man endrer geometrien på eksisterende bunntopografi, eller endrer substratstørrelse, vil dette normalt endres tilbake til sine opprinnelige forhold dersom elva får jobbe og man ikke utfører tiltakene korrekt. Dette gjelder ikke like universelt i regulerte vassdrag, der eksempelvis redusert vannføring og sedimenttransport ikke har like stor fysisk påvirkning lenger. Her vil man ha grunn til å anta at erosjonen vil være redusert.

I forbindelse med habitatjusterende tiltak er man opptatt av at tiltakene ikke skal eroderes bort eller fylles av uønskede sedimenter. Ved utlegging av stein er det viktig å vurdere vannhastighetsforholdene rundt disse, og forhold for is. Vannhastighetene rundt steinene vil øke, slik at det vil bli økte erosjonskrefter på sidene. Normalt vil derfor steinene synke ned i substratet de er lagt i. Det er viktig at is ikke stanses opp av steinene, eller at isen flytter dem. Dersom man graver fordypninger i elvebunnen for å få et dypere habitat for fisk vil det normalt starte prosesser som fyller opp disse områdene med nye masser. For å forhindre dette er det viktig at man jevner ut topografien rundt tiltakene, slik at man unngår bratte gradienter som igjen skaper turbulens. Man bør også forstøtte med grovere masser, men man vil uansett ha fare for nedsilting og oppfylling av masser dersom det foregår sedimenttransport fra områdene ovenfor. I forbindelse med utlegging av gytegrus er det også viktig med slake gradienter både ovenfor og nedenfor, slik at de ikke eroderes vekk. Det er en generell fare for at tilførsel av finstoff vil redusere kvaliteten på gytesubstratet over tid, noe som gjør det viktig å skape jevnt gode vannhastigheter på slike lokaliteter over året. Erfaring viser at utlagt grus på riktige lokaliteter kan virke som gode gyteplasser i mange år (Berger et al., 2001).

## **5.5 KONKLUSJONER**

Av de simulerte kanalutformingene gir vårt forslag til kanalutforming den gunstigste habitatet ved alle de simulerte vannføringene både sommer og vinter, basert på generelle preferanser for ungfisk av laks. Det er like fullt en betydelig andel av arealet som har for høye gjennomsnittlige vannhastigheter i forhold til det som trolig er gunstig for ungfisk av laks. Ytterligere senkning av vannhastighetene kan oppnås ved å etablere nedsenkete terskler på strekningen der det skal etableres iskanal, men dette vil kunne gå utover evnen til å ta unna is. Korrekt utlegging av større steiner vil også kunne bli gunstige refugium for ungfisk på strømrrike områder.

Iskanalen vil også kunne bedre habitatforholdene for voksen laks på deler av strekningen, og simuleringene har identifisert områder som har potensial for å være egnede gyteplasser. Disse områdene bør bli prioritert ved at det legges ut gytegrus, helst i tilknytning til noe grovere materiale.

Denne strekningen av Surna har potensialet til å øke det produktive arealet for laks i forhold til dagens elveløp. Dette er i tråd med de anbefalinger som Villaksutvalget kom med i NOU (1999) om å utføre biotopjusterende tiltak framfor fiskeutsettinger.

Det er viktig at tiltakene overvåkes mht. både varighet over tid og biologisk respons. Dette for å sikre overførbarheten av slike tiltak dersom habitat justeringer skal utføres på større deler av Surna. Det er foreløpig få habitatjusteringer i Norge som først er modellert, og optimalisert vha. strømningsmodeller og grafiske hjelpemidler før de er utført. For å sjekke gyldigheten av slike prediktive modeller hadde det også vært ønskelig å teste modellerte verdier mot målte etter at tiltaket er utført. Ungfisktettheter før og etter tiltaket er også ønskelig å få sammenlignet, for å følge med på hvorvidt tiltaket i praksis bedrer forholdene for laks på strekningen. NINA har allerede to elfiskestasjoner innenfor det simulerte området som det kan tas utgangspunkt i (Lund et al., 2003).

Med det endelige forslaget (steg VII) til optimalisert kanalutforming for laks får fisken:

- ✓ flest m<sup>2</sup> med gunstig habitat for ungfisk av de foreslåtte kanalutformingene, både for sommer- og vinterforhold
- ✓ lite ugunstig dybdehabitat for ungfisk både i forhold til dagens elveløp og de andre forslagene til kanalutforming
- ✓ et mer variert habitattilbud enn en rein iskanal, med gytemuligheter og standplasser for voksen fisk
- ✓ betydelig redusert vanndekt areal og trolig mer ugunstige vannhastigheter enn dagens elv ved vannføringer mellom 3 og 7 m<sup>3</sup>/s på den berørte strekningen.



## 6 REFERANSER

Alfredsen, K. 1999. An object oriented framework for application development and integration in hydroinformatics. Doktor ingeniør avhandling. Institutt for vassbygging, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.

Berger, H. M., Lamberg, A., Flemming, I.A., Hindar, K. & Fjeldstad, H.-P. 2001. Etablering av gyteområder for sjøaure og laks i Gråelva i Stjørdal i Nord-Trøndelag 1999-2000. – NINA Oppdragsmelding 678:1-27.

Birkeland, S. 2003 Fysisk habitat for ungfisk av laks i Surna. Prosjektoppgave ved institutt for bygg og vannteknikk, NTNU.

Bremset, G. 1999. Young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) inhabiting the deep pool habitat, with special reference to their habitat use, habitat preferences and competitive interactions, Dr. scient oppgave ved Institutt for Zoologi, NTNU.

Bremset, G. og Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in Lotic environments. Nordic Journal Freshwater Research **75**: 127-142.

Fjeldstad, H.-P. 2001. Numerical modelling tools for predicting physical habitat adjustments. In: T. Taugbøl and J.H L'Abée-Lund (red.) Physical habitat restoration in canalised watercourses - possibilities and constraints. NVE Report 7-2001.

Golden Software 1999. Surfer Users's Manual, Colorado, USA.

Harby, A., Alfredsen, K., Erlandsen, A.H., Halleraker, J.H., Heggenes, J., Killingtveit, A., Lingaas, O., Saltveit, S.J. and Vaskinn, K.A. 1999. Methods and applications of fish Habitat modelling in Norway. *Presented at 3<sup>rd</sup> International Symposium on Ecohydraulics*, Salt Lake City, USA.

Harby A. and Heggenes J. 1995. HABITAT User's Manual. In Alfredsen K., Bakken T.H. and Killingtveit (editors).

Harby, A. and Arnekleiv, J.V. 1994. Biotope improvement analysis in the river Dalåa with the River System Simulator. *Proceedings, IAHR 1st International Symposium on Habitat Hydraulics*, Trondheim 18-20 August 1994: 513-520.

Harby, 2001. Simulering av Habitatforbedrende tiltak i Dalåa ved Nesheim, Nord-Trøndelag. SINTEF rapport TR A5485.

Harby, A. (red) 2003. Virkninger på laks og ørret av Muligheter Helgeland. Vassdragssimulatoren anvendt i Vefsna og Susna. SINTEF rapport TR A5884.

Heggenes, J. og Fjeldstad, H.P. 1999. Habitatvalg til laksunger og ørret i Stjørdalselva ved Gudå, Nord-Trøndelag, og modellerte konsekvenser av varierende vannføring ved lav temperatur. Rapport 191, Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), Universitetet i Oslo, Oslo.

Moir, H. J., Soulsby, C and Younson, A. 1998. Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. *Fisheries Management and Ecology*, 5: 241-254.

NOU 1999. Til laks åt alla kan ingen gjera.

NVE 2003. Notat om tiltak i vassdrag. Sikring mot isgang og flom mot Surna ved Sande m. vedlegg.

Olsen N.R.B. 2000. A three-dimensional numerical model of sediment movements in water intakes with multiblock option. Version 1.1 and 2.0 for OS/2 and Windows. User's Manual. Trondheim, Norway.

Olsen N.R.B. and Stokseth S. 1995. Three-dimensional Numerical Modelling of Water Flow in a River with Large Bed Roughness. *IAHR Journal of Hydraulic Research*, Vol 33, No. 4.

Lund R. A., Johnsen B. O., Hvidtsten B. O. 2002. Fiskeribiologiske undersøkelser i Surna. NINA oppdragsmelding nr 788.

Sundt, H. 2002. Analyse av Habitatforhold i Surna-vassdraget. Hovedoppgave våren 2002. Institutt for vassbygging, NTNU.

Steffler, P and Blackburn, J. 2002 University of Alberta. Introduction to Depth Averaged Modeling and User's Manual.

Svelle, K. 2003. Fysisk Habitat for fisk i Surna mellom Trollheim kraftverk og samløp Rinna, Rindal. Hovedoppgave ved Institutt for vann- og miljøteknikk Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Sæterbø, E, Syvertsen, L. og Tesaker, E. 1998. Vassdragshåndboka. Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø. Tapir forlag, Trondheim, Norge.

## VEDLEGG 1

Arealfordelingen av gunstig, nøytralt og ugunstig sommer og vinterhabitat i m<sup>2</sup> for ungfisk av laks på strekningen ved Sande (P50 - P1707) ved 7 m<sup>3</sup>/s for ulike kanalutforminger. NVE = iskanal utformet uten optimalisering for laks, Steg III-VII= ulike stadier av kanalutforming forsøkt tilpasset laks. Simuleringer er gjort i River 2D og HABITAT basert på generelle preferanser vist i tabell 2 og tabell 3.

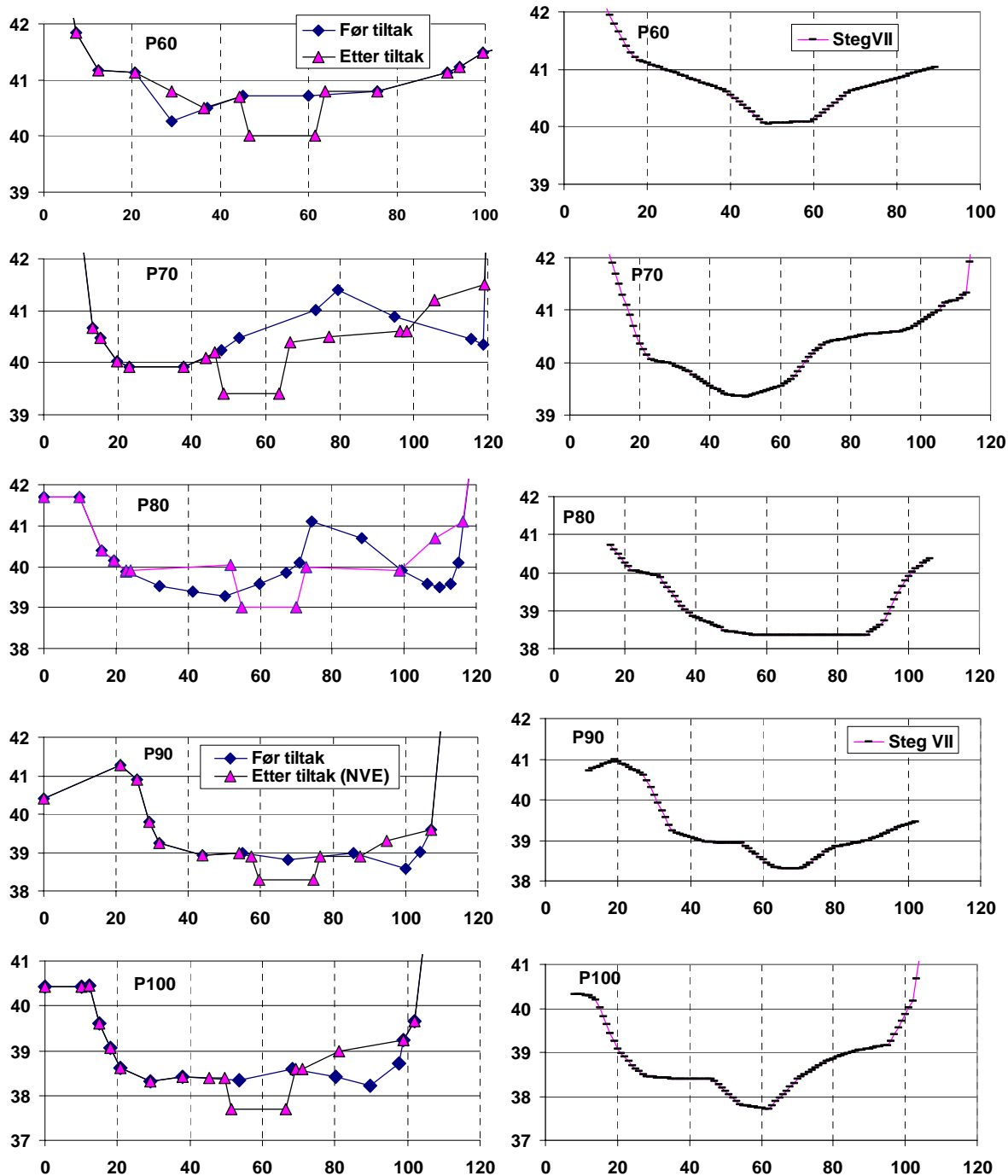
	Utforming	Sommerhabitat - ungfisk			Vinterhabitat - ungfisk			Sum areal (m <sup>2</sup> )
		Gunstig	Nøytral	Ugunstig	Gunstig	Nøytral	Ugunstig	
Hastighet	NVE	3046	6171	22261	13963	4621	12894	<b>31478</b>
	<b>Steg III</b>	3031	5331	22226	12892	4998	12698	<b>30587</b>
	<b>Steg IV</b>	4902	6087	19108	9797	7039	13262	<b>30097</b>
	<b>Steg V</b>	4178	6672	21553	10192	7010	15202	<b>32404</b>
	<b>Steg VI</b>	4127	6477	21747	10061	6796	15494	<b>32351</b>
	<b>Steg VII</b>	6789	7740	24177	17743	9935	11028	<b>38706</b>
Dybde	NVE	23340	3743	4395	14366	8975	8138	<b>31478</b>
	<b>Steg III</b>	20391	5345	4852	12531	8412	9645	<b>30587</b>
	<b>Steg IV</b>	17726	7577	4794	8420	12289	9388	<b>30097</b>
	<b>Steg V</b>	22430	4699	5275	11412	11107	9885	<b>32404</b>
	<b>Steg VI</b>	22614	4538	5199	12676	9947	9728	<b>32351</b>
	<b>Steg VII</b>	31790	3363	3553	23931	7859	6916	<b>38706</b>

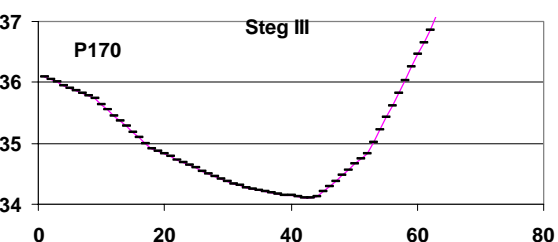
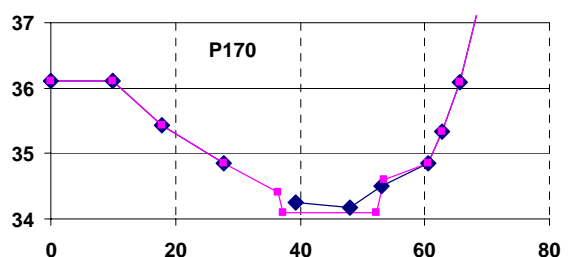
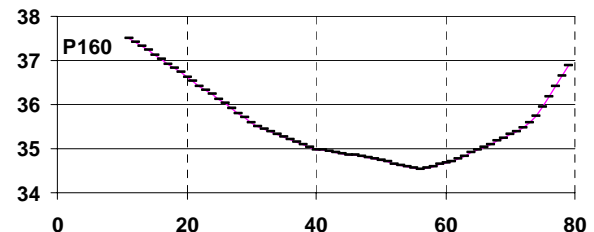
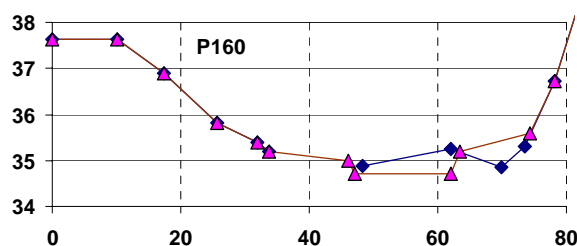
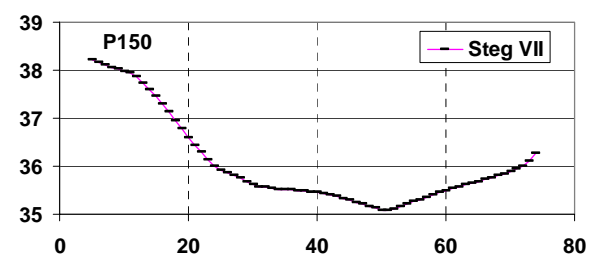
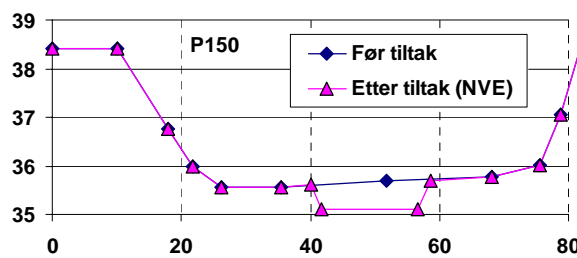
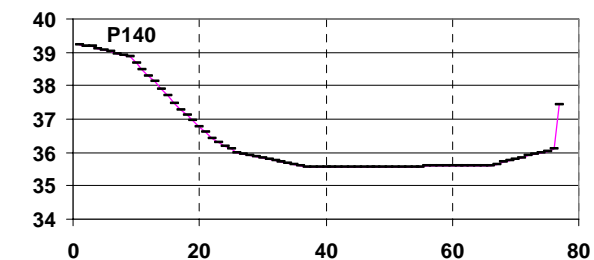
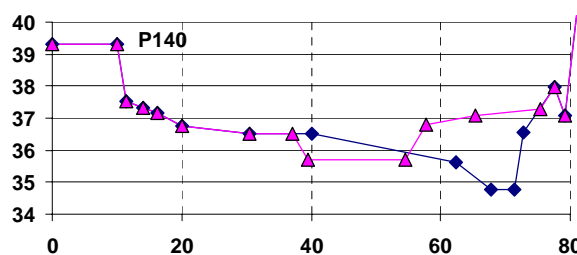
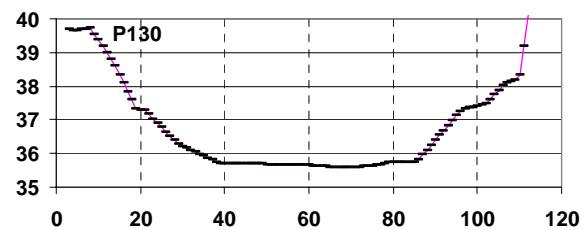
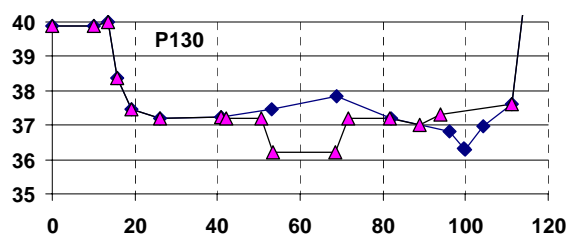
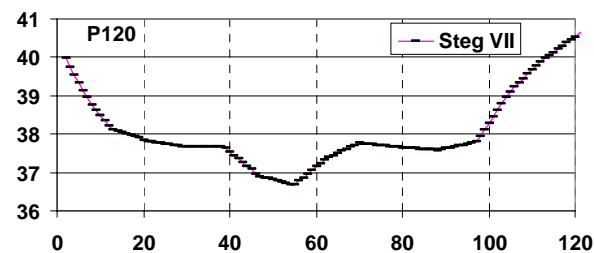
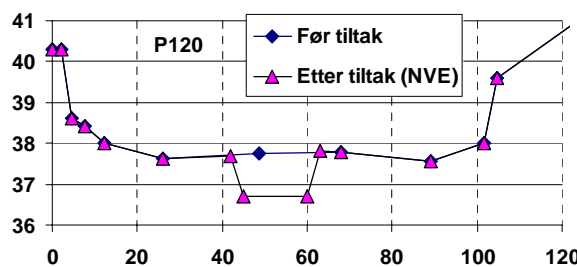
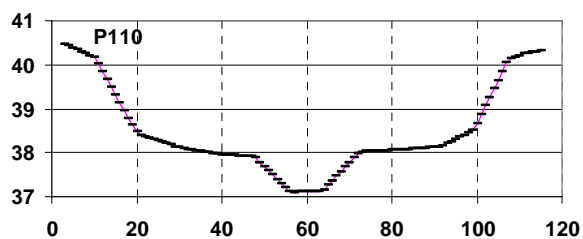
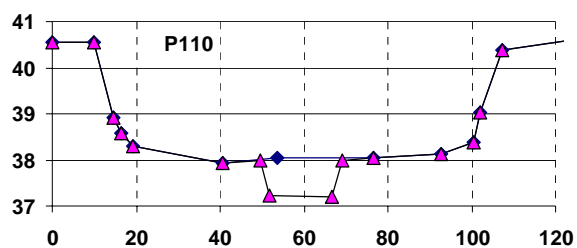
Kort beskrivelse av hvert kanalutforming som inngikk i optimaliseringsprosessen:

- NVE: Iskanal, uten hensyn til laks. 15 meter bred iskanal plassert midt i elveløpet, med gradvis start i P50 og gradvis slutt i P170
- Steg III: Utformet to mindre kulper samt ekstra fordypning av midtre del av iskanal i en bredde på ca 3-6 m.
- Steg IV: Tre kulper samt fordypning av iskanalen som ovenfor. Øvre kulp er utvidet. Heving av bunnen i enkelte områder med kritisk høye vannhastigheter
- Steg V: Variant av steg IV, men nå ytterligere utvidelse av øvre kulp og deling (grunt parti midt i kulpen) av nedre kulp
- Steg VI: Som over, men ytterligere heving av bunnen i kritiske områder, spesielt i nedre og midtre del
- Steg VII: Tok utgangspunkt i steg III, men utvidet de to eksisterende kulpene betraktelig. Nedre kulp er utvidet slik at denne strekker seg nedenfor eksisterende kulp. Hevet bunnen av dyprenna i enkelte områder med kritiske høye vannhastigheter nedstrøms P140.

## VEDLEGG 2

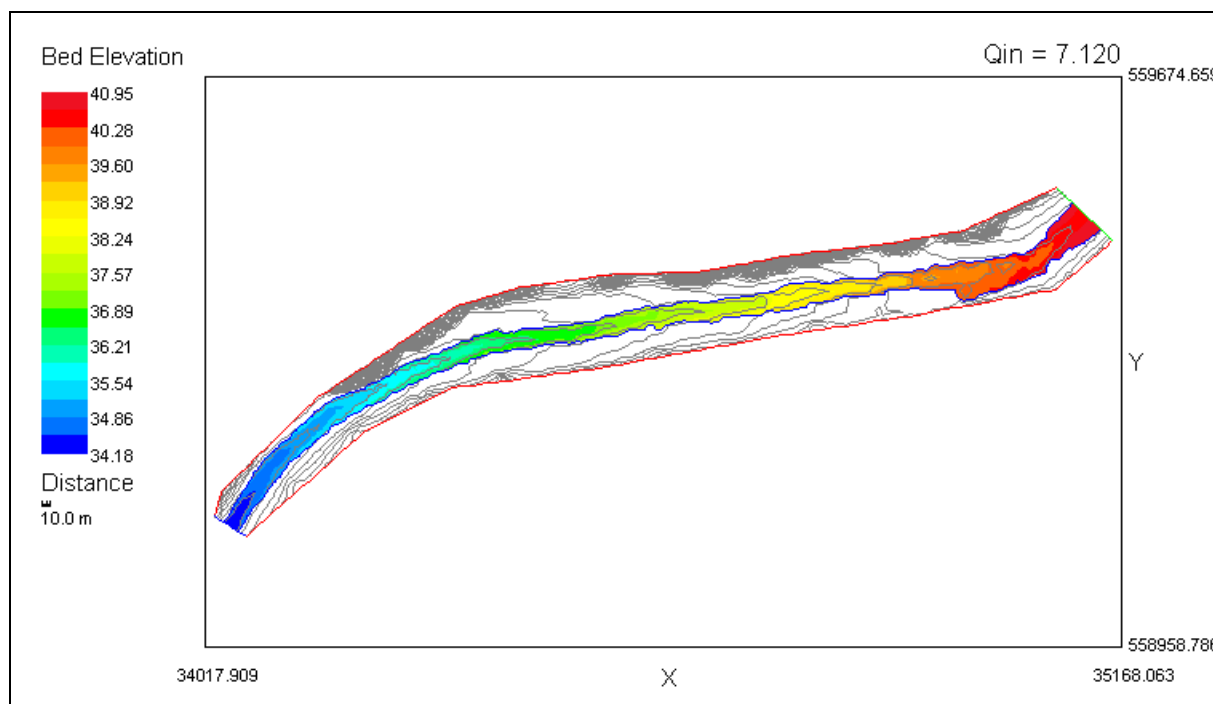
Profildata fra dagens elv på strekningen det foreslås etablering av iskanal. Profil nr (P60 – P160) henviser til tverrprofilene lokalisert i Figur 1. Kun profiler som det forslås endringer i er vist. Til venstre på hver side vises dagens elveprofil (innmålt av NVE sommeren 2003), og NVEs første utforming til iskanal. Til høyre vises profildata for kanalutformingen optimalisert for laks.



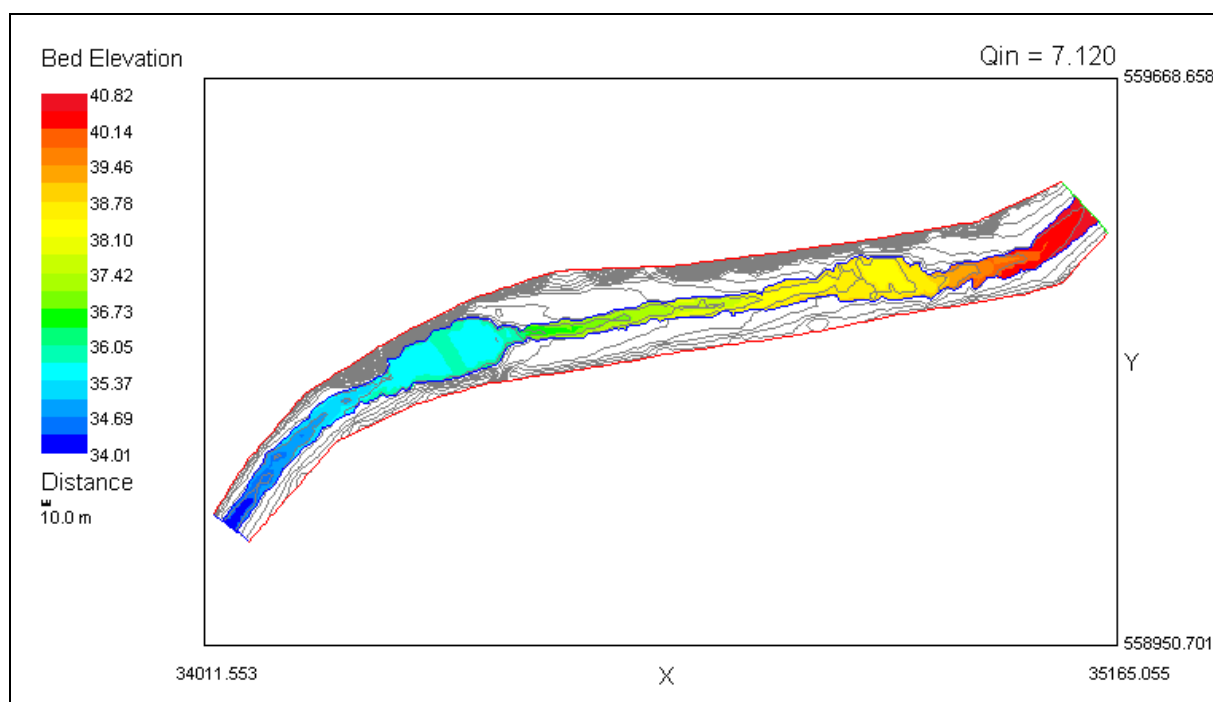


### VEDLEGG 3

Bunnivået i meter over havet fra P50 til P170 for den simulerte modellen av en rein iskanal (øverst) og den optimaliserte kanalutformingen for laks (steg VII – nederst). Det fargelagte arealet viser vanndekket areal ved  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ .



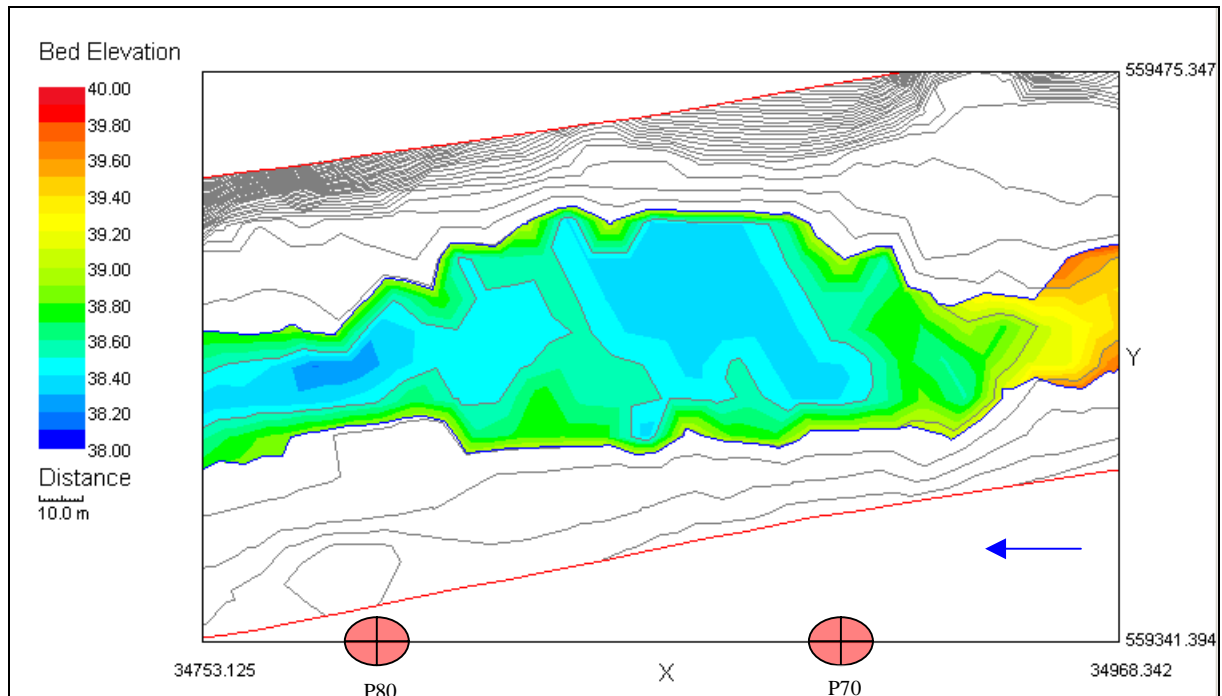
NVEs utgangsforslag til kanalutforming, som en rein iskanal uten hensyn til laks.



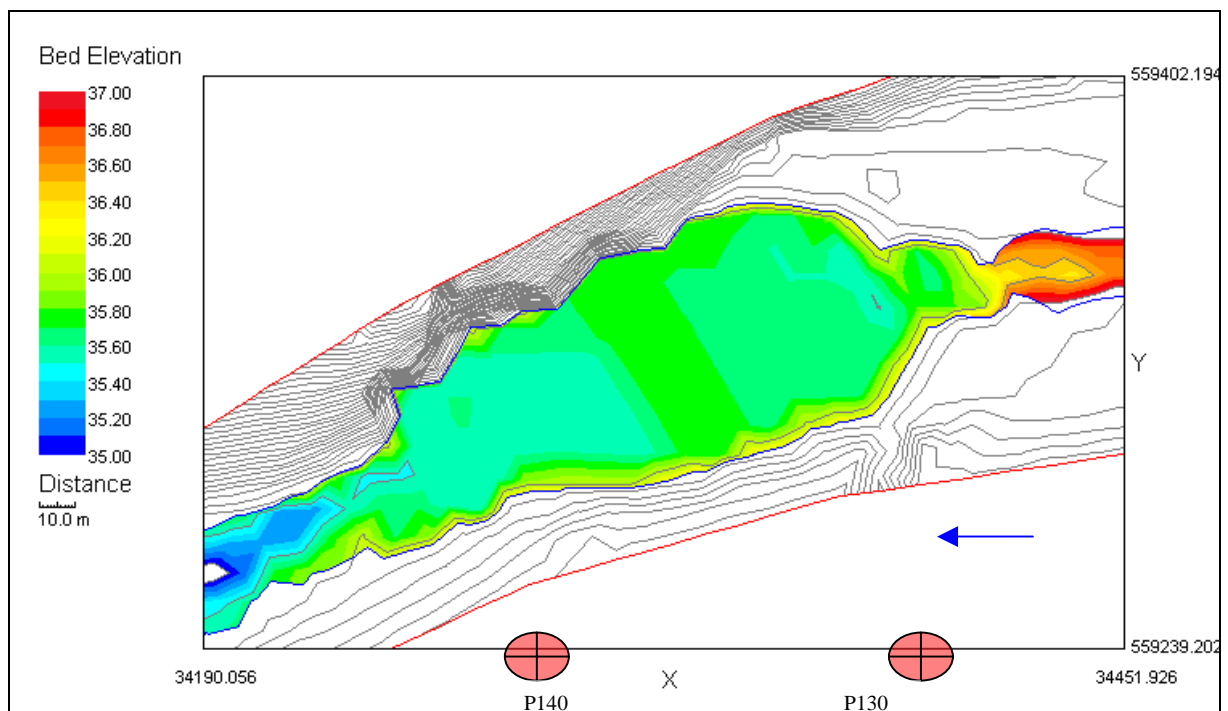
Kotekart som viser bunntopografien i det vanndekte arealet ved ca  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  for kanalutfomingen optimalisert for laks (steg VII) fra P50 til P170.

## VEDLEGG 4

Bunnivået i meter over havet for den simulerte modellen av øvre og nedre kulp i den optimaliserte kanalutformingen for laks (steg VII). Farget område viser vandekt areal.



Øvre kulp nær P70 og P80.



Nedre kulp. Utvidelse av eksisterende kulp.



**SINTEF Energi AS**  
SINTEF Energy Research

No-7465 Trondheim  
Telephone: + 47 73 59 72 00  
[energy.research@sintef.no](mailto:energy.research@sintef.no)  
[www.sintef.no/energy](http://www.sintef.no/energy)