

Statsforvalteren i Innlandet

► **Lutufallet kraftverk**

Innsamling av smolt og utgytt fisk

Mulighetsstudie

Oppdragsnr.: 52107527 Dokumentnr.: 01 Versjon: J01 Dato: 2021-12-06



Oppdragsgiver: Statsforvalteren i Innlandet
Oppdragsgivers kontaktperson: Ola Hegge
Rådgiver: Norconsult AS, Sandvika
Oppdragsleder: Kjetil Sandem
Fagansvarlig: Kjetil Sandem (biologi), Håkon Bergsager (bygg)
Andre nøkkelpersoner: Lars Bendixby (biologi), Gunnar Solvang (hydraulikk/bygg), Tore Bekkestad (tegninger), Jon Olav Stranden (hydrologi)

J01	2021-12-06	For bruk	Kjetil Sandem Håkon Bergsager	Lars Bendixby Gunnar Solvang	Kjetil Sandem
B01	2021-12-01	Utkast til oppdragsgiver	Kjetil Sandem Håkon Bergsager	Lars Bendixby Gunnar Solvang	
A01	2021-11-10	A01			
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Dersom reetablering av Vänernlaks til norsk side av Klarälven/Trysilelva blir realisert, vil det være behov for et arrangement for innsamling av nedvandrende fisk for videre transport forbi kraftverk på svensk side (trap and transport). Norconsult AS er engasjert av Statsforvalteren i Innlandet til å gjennomføre en mulighetsstudie for innsamling av smolt og utgytt fisk ved Lutufallet kraftverk.

Innsamlingsmetodene som er vurdert kan deles inn i to hovedkategorier; selvstendige fangstinnretninger og fangstinnretninger ved kraftverk. Det er vurdert flere mulige alternativer som trolig vil variere stort både i kostnader og i fangsteffektivitet. Fordeler og ulemper med de ulike vurderte alternativene er presentert i tabell på neste side.

Alternativet som i denne innledende fasen er vurdert som mest egnet er etablering av ny β -inntaksrist inkludert fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk. Dette alternativet medfører betydelige investeringskostnader, men er vurdert som det mest effektive for all nedvandrende fisk i tillegg til stor grad av fleksibilitet i driftsfasen. I tillegg vil behovet for røkting/vedlikehold være langt mindre enn separate fangstinnretninger i den frie vannmassen.

For at den skisserte fiskeavlederen skal være effektiv ved totalvannføringer over kraftverkets slukeevne pluss vannføring i avleder vil det være helt essensielt at tapping av vann fra dammen slippes på en måte som er lite attraktiv for fisk. I praksis vil dette si at flomvann må slippes i dykket segmentluke.

Det er utarbeidet et grovt kostnadsestimat for tiltakene, og beløper seg til kr 58 480 000.-. Estimaten er relativt grovt ettersom det ikke har vært anledning til å utrede løsningen i detalj i dette mulighetsstudie, og kostnadene må vurderes deretter. Alle kostnader i estimaten er gitt i 2021-kr ekskludert MVA. Prisene er basert på tilsvarende prosjekter. Kostnader knyttet til produksjonstap under anleggsfasen er ikke medtatt, men vil være betydelige. De ulike prispostene er presentert i rapporten, mens detaljert kostnadsestimat finnes i vedlegg til rapporten.

Det presiseres at alternativet som er utredet i mulighetsstudien ikke nødvendigvis er den eneste aktuelle løsningen for å innsamle nedvandrende fisk i Trysilelva. Eksempelvis kan videre utredning av en løsning ved Sagnfossen kraftverk være aktuell å gjennomføre, likeledes utredning av en løsning med α -rist ved Lutufallet.

Alternativ		Vurdering
A1	Smolthjul/smoltskrue	+ Lav investeringskostnad + Påvirker ikke kraftproduksjon ÷ Lav fangsteffektivitet på smolt ÷ Antatt svært lav fangsteffektivitet på utgytt fisk
A2	Ruse	+ Lav investeringskostnad + Påvirker ikke kraftproduksjon ÷ Krever regelmessig røkting
A3	Wolf-felle i elva	+ Høy fangsteffektivitet hvis anlagt riktig ÷ Svært høy investeringskostnad ÷ Stor grad av usikkerhet om realisme for store vassdrag
B1/B2	Ny rist på eksisterende betonglensevegg og rist/felle montert på sektorluke eller separat avleder ved Lutufallet kraftverk	+ Benyttelse av eksisterende konstruksjoner kan være noe kostnadsbesparende ÷ Inntaksrist ikke i henhold til «best practice» for fiskevennlige inntak med effektiv fiskeavleder ÷ Produksjonstap i anleggsfase ÷ Vanskeligjør ny rist i kombinasjon med ny avleder pga plassbegrensning ÷ Svært usikkert om fangstinnretning (rist) er gjennomførbart i kombinasjon med eksisterende luke
B3	Ny β -inntaksrist og rist/Wolf-felle montert på eksisterende sektorluke ved Lutufallet kraftverk	+ Benyttelse av eksisterende konstruksjoner kan være noe kostnadsbesparende ÷ Produksjonstap i anleggsfase ÷ Svært usikkert om fangstinnretning (rist) er gjennomførbart i kombinasjon med eksisterende luke
B4	Ny β -inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk	+ Skreddersydd løsning etter veiledende prinsipper for fiskevennlige inntak med effektiv fiskeavleder + Effektiv for all nedvandrende fisk + Mindre ressurskrevende ifm røkting/drift enn ruser/feller ÷ Høy/svært høy investeringskostnad ÷ Produksjonstap i anleggsfase ÷ Behov for periodevis vannslipp utenom turbin også ved vannføringer under Q_{max} ÷ Behov for endret lukemanøvrering
B5	Ny α -inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk	+ Skreddersydd løsning etter veiledende prinsipper for fiskevennlige inntak med effektiv fiskeavleder + Effektiv for all nedvandrende fisk + Mindre ressurskrevende ifm røkting/drift enn ruser/feller ÷ Høy/svært høy investeringskostnad ÷ Produksjonstap i anleggsfase ÷ Behov for periodevis vannslipp utenom turbin også ved vannføringer under Q_{max} ÷ Behov for endret lukemanøvrering + Mulig mindre effektiv enn β -inntaksrist grunnet lokasjon ift. Damluker (attraksjonskraft)
B6	Ny inntaksrist og fiskeavleder med fangstinnretning ved Sagnfossen kraftverk	+ Skreddersydd løsning etter veiledende prinsipper for fiskevennlige inntak med effektiv fiskeavleder + Effektiv for all nedvandrende fisk + Mindre ressurskrevende ifm røkting/drift enn ruser/feller ÷ Høy investeringskostnad ÷ Produksjonstap i anleggsfase, men langt mindre enn ved Lutufallet ÷ Sannsynligvis mindre effektiv enn tilsvarende tiltak ved Lutufallet pga overflatetapping av flomvann

► Innhold

1	Innledning	7
2	Bakgrunn	8
2.1	Om vassdraget og Lutufallet kraftverk	8
2.1.1	<i>Generelt</i>	8
2.1.2	<i>Lutufallet Kraftverk</i>	10
2.2	Reetablering av Vänernlaks	13
3	Målfisk og tidspunkt for vandring	15
3.1	Smolt	15
3.2	Utgytt fisk	17
4	Hydrologi	18
5	Utredet løsning: ny β-inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk – alternativ B4	20
5.1	Generelt om prinsipper for fiskevennlige inntak	20
5.1.1	<i>Inntaksrist – vinkel og lysåpning</i>	20
5.1.2	<i>Vannhastighet foran inntaksrista</i>	21
5.1.3	<i>Fiskeavleder (overflateavleder)</i>	21
5.2	β -inntaksrist og ny fiskeavleder Lutufallet kraftverk	22
5.2.1	<i>Inntaksrist</i>	22
5.2.2	<i>Fiskeavleder</i>	22
5.2.3	<i>Utvidelse av fisketrapp</i>	26
5.2.4	<i>Gjennomføring av arbeidene</i>	26
5.2.5	<i>Forhold knyttet til eksisterende dam</i>	27
5.2.6	<i>Kostnadsestimat</i>	28
5.3	Lukemanøvrering	28
5.4	Muligheter for oppgradering av Lutufallet kraftverk	29
6	Øvrige vurderte alternativer	30
6.1	Selvstendige fangstinnretninger	30
6.1.1	<i>Smolthjul/smoltskrue – alternativ A1</i>	30
6.1.2	<i>Ruser – alternativ A2</i>	31
6.1.3	<i>Wolf-felle – alternativ A3</i>	32
6.1.4	<i>Ny inntaksrist på eksisterende betonglense – alternativ B1/B2</i>	32
6.1.5	<i>Fiskeavleder og fiskefelle ved sektorluke – alternativ B2/B3</i>	33
6.1.6	<i>Ny α-inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk – alternativ B5</i>	33
6.1.7	<i>Ny inntaksrist og fiskeavleder med fangstinnretning ved Sagnfossen kraftverk – alternativ B6</i>	34

7	Videre arbeid	35
8	Kilder	36

1 Innledning

Dersom reetablering av laks fra Vänern/Klarälven til norsk side blir realisert vil det være nødvendig å samle opp- og nedvandrende smolt og utgytt fisk oppstrøms Høljes kraftverk på svensk side av vassdraget. Statsforvalteren i Innlandet har sammen med regulant i utgangspunktet vurdert Lutufallet som den mest egna lokaliteten for å samle inn nedvandrende fisk. Imidlertid har det vært et uttrykt ønske om at en eventuell videre evaluering av mulige tiltak ikke begrenses til Lutufallet, men også omfatter omkringliggende elvearealer.

Norconsult AS er engasjert av Statsforvalteren i Innlandet til å gjennomføre en mulighetsstudie for innsamling av smolt og utgytt fisk. I utgangspunktet var avtalen å ha fokus på Lutufallet fordi denne plasseringen tidligere var ansett å være best egnet. Imidlertid har en vesentlig del av oppdraget med utarbeidelse av mulighetsstudien vært å vurdere også andre lokaliteter, herunder Sagnfossen kraftverk og elvearealer mellom Sagnfossen og Lutufallet. Denne utredningen skal gi svar på om det vurderes som gjennomførbart med et arrangement med tilstrekkelig fangsteffektivitet samt et grovt kostnadsestimat på et slikt tiltak.

I rapporten er det gitt en kort beskrivelse av vurderte løsninger, mens det er jobbet videre med kostnadsberegninger av ett spesifikt alternativ som foreløpig vurderes som det mest egna alternativet.

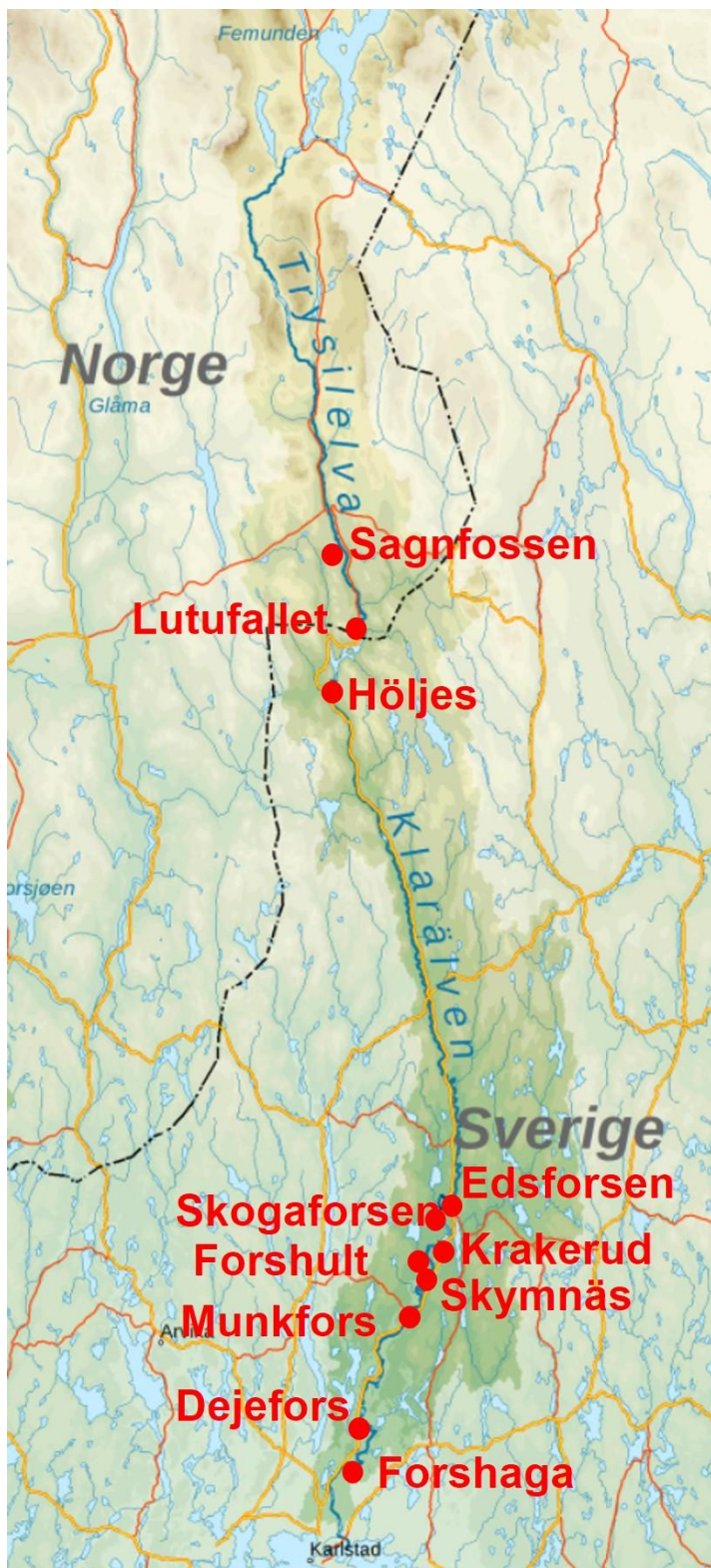
2 Bakgrunn

2.1 Om vassdraget og Lutufallet kraftverk

2.1.1 *Generelt*

Klarälven/Trysilelva/Femundselva er om lag 400 km lang fra Femunden til Vänern. Vänernlaksen er en genetisk særpreget relikv laksebestand, som tidligere var delt inn i fem ulike laksestammer basert på hvilke tilløpselver som ble benyttet som gyte- og oppvekstelv. I dag er gyte- og oppvekstområdene i hovedsak knyttet til de to større tilløpselvene Klarälven/Trysilelva/Femundselva («Klarälvlaks») og Gullspång («Gullspånglaks»).

Før utbygging av kraftverkene kunne Vänernlaksen og Vänernørreten vandre hele veien fra Vänern til Femunden, og var således en av de mest langtvandrende bestandene av ferskvannsstadionær laksefisk som man kjenner til. Gjennom 1900-tallet ble vassdraget mer og mer fragmentert som følge av vannkraftutbyggingen, og hovedvannstrengen består i dag av ni kraftverk på svensk side og to kraftverk på norsk side (figur 1 og tabell 1). Med utgangspunkt i historiske fangstdata er det antatt at dagens gytefiskbestand i Vänern utgjør om lag 5 % av det historiske antallet (før regulering av Klarälven). Dersom man kunne ha sammenlignet dagens gytefiskbestand med den historiske bestanden hadde trolig andelen vært enda lavere (Hedenskog, et al., 2015).



Figur 1. Kraftverk i Klärelven og Trysilelva, markert med rødt.

Tabell 1. Overordnet informasjon om de 11 kraftverkene fra Forshaga i sør til Sagnfossen i nord. Tabell hentet fra Hedenskog m.fl. (2015).

Sträcka	Avstånd (km)	Kraftverk	Färdigställt (år)	Utbyggnads- vattenføring idag (m ³ /s)	Netto- fallhöjd (m)	Effekt (MW)	Energi GWh/ år	Fiskvåg
Vänern - Forshaga	24	Forshaga	1912	130	5	4,9	38	Fiskvåg ombygd till fälla
Forshaga - Deje	13	Deje	1904	180	10,4	14,4	91	Fiskvåg utriven
Deje - Munkfors	38	Munkfors	1906	165	16,8	21,7	144	Fiskvåg utriven
Munkfors - Skymnäs	18,5	Skymnäs	1939	190	10,9	17	102	Nej
Skymnäs - Forshult	1,4	Forshult	1912	190	12,4	18,7	112	Fiskvåg utriven
Forshult - Krakerud	4,1	Krakerud	1921	165	11,4	14,6	96	Fiskvåg utriven
Krakerud - Skoga	9,3	Skoga	1943	170	9,7	13,4	76	Nej
Skoga - Edsforsen	2,7	Edsforsen	1948	165	7,4	9,4	50	Nej
Edsforsen - Höljes	140	Höljes	1961	170	88	132	521	Nej
Höljes - Lutufallet	15	Lutufallet	1965	120	14	14,4	52	Ja
Lutufallet - Sagnfossen	14,5	Sagnfossen	1943	75	9,5	6,2	32	Ja
	280,5				195,5	267	1339	

Noen hundretalls laks og ørret har gjennom 2000-tallet blitt transportert årlig fra fangstfelle i fisketrappa ved Forshaga kraftverk, til oppstrøms det åttende kraftverket regnet fra Vänern (Edsforsen) (Hedenskog, et al., 2015). Dette utgjør en strekning på ca. 70 km. Oppstrøms Edsforsen har fisken fri vandring opp til gyteområdene ved Syslebäck.

En studie utført i 2009 viste en smoltdødelighet på 84 % fra oppstrøms Edsforsen til nedstrøms Forshaga, forbi en strekning på 18 mil inkludert åtte kraftverk. Dette året gikk imidlertid lite vann i overløp forbi dammene i kraftverket, slik at det meste av smolten ble «tvunget» til å følge turbinvannet. Tilsvarende undersøkelser utført i 2013, med overløp i de fleste (seks) av kraftverkene, viste en dødelighet på 70 % forbi den samme strekningen. For utgytt fisk var dødeligheten langt høyere (98 %). Begge undersøkelsene viste at dødeligheten i all hovedsak var knyttet til vandring forbi kraftverkene, og ikke på elvestrekningene mellom kraftverkene. Basert på dette kan det antas at dødeligheten for utvandrende smolt i vassdraget historisk (før anleggelse av kraftverkene) har vært lav (Hedenskog, et al., 2015).

På grunn av påvirkninger av tømmerfløting og spesielt oppdemming av større arealer som følge av kraftverksutbyggingen har habitatkvalitetene i Klarälven blitt vesentlig forringet. Det er estimert at det på svensk side fortsatt er ca. 77 ha mer eller mindre sammenhengende elvearealer med gode gyte- og oppvekstområder. På norsk side mellom Sagnfossen og Femunden er tilsvarende gode produksjonsarealer estimert til ca. 560 ha, som utgjør 88 % av det totale elvearealet på strekningen. Inkluderer man elvearealer med middels gode habitatkvaliteter øker arealet til 750 ha på norsk side og 300 ha på svensk side (før eventuelle restaureringsprosjekter) (Hedenskog, et al., 2015).

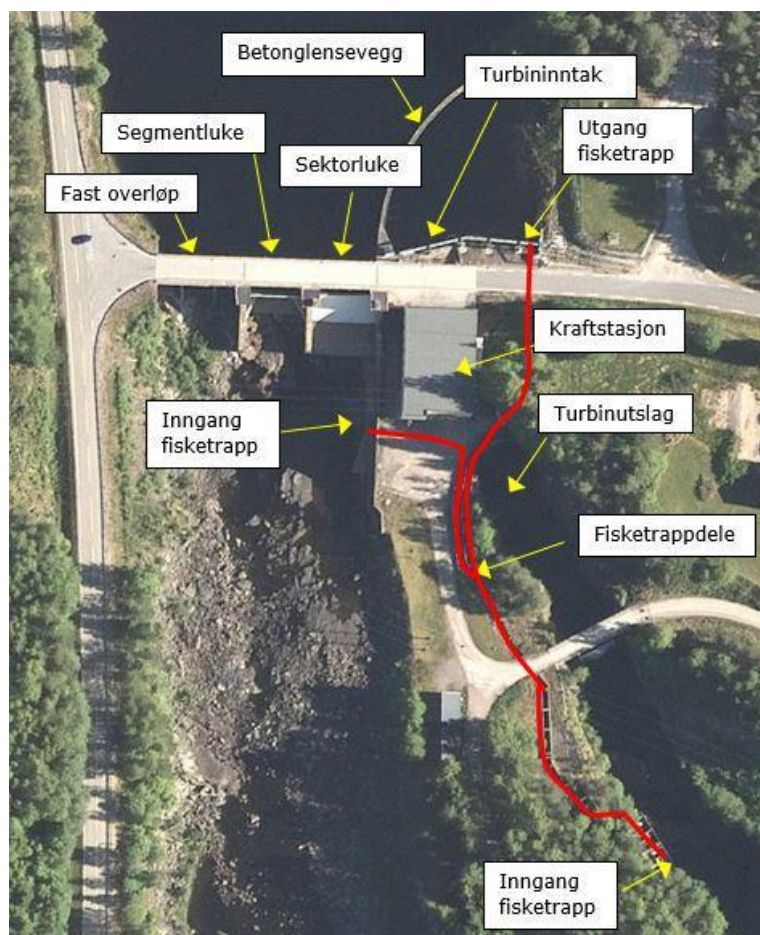
I tillegg til laks og ørret finnes en rekke andre fiskearter i vassdraget, som på hver sin måte har blitt mer eller mindre berørt av vannkraftreguleringen. I Klarälven er det registrert 24 arter, mens det på norsk side er registrert 12 arter. Av disse er harr og ørret de dominerende artene (Eidsiva, 2019).

2.1.2 Lutufallet Kraftverk

Lutufallet kraftverk er lokalisert i nedre deler av Trysilelva, om lag to kilometer fra svenskegrensa. Hoveddata for kraftverket og en figur som viser anlegget er presentert under.

Tabell 2: Hoveddata for Lutufallet kraftverk

Årsproduksjon	75 GWh
Installert effekt	14,7 MW
Slukeevne	120 m ³ /s
Turbintype	1 stk. Kaplan
Fallhøyde	14 m
Byggeår	1964
HRV	+318,00
Varegrind areal	Ca. 120 m ²
Varegrind lysåpning	84 mm



Figur 2. Oversikt over Lutufallet kraftverk med fisketrapp (rød), lensevegg, inntak og luker. Figur hentet fra Eidsiva (2019).

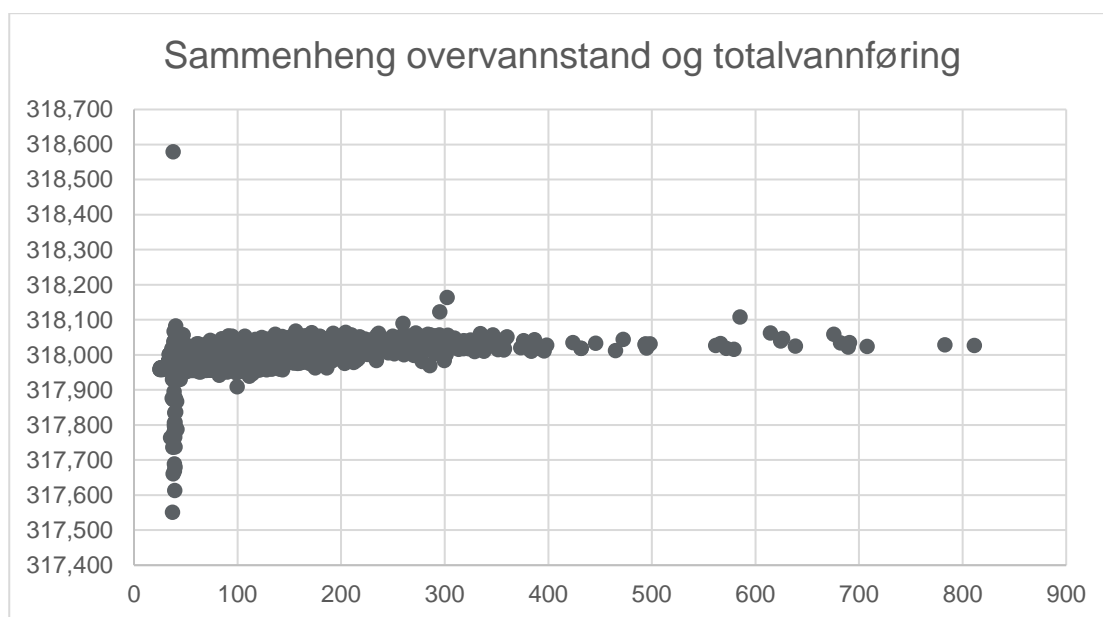
Kraftverksinntaket er plassert på østsiden av elva og er utformet med en tradisjonell inntaksrist med lysåpning på 87 mm. Oppstrøms inntaket er det anlagt ei betonglense som sørger for at drivgods og ev. drivende is ledes bort fra inntaket og mot lukene i dammen. Betonglensa er en betongdrager opplagt på 3 stk. søyler fundamentert på berg. Lensa stikker 1,5 m under HRV.

Avløpet til kraftverket går ut i en utsprengt kanal som møter hovedelva ca. 1 km nedstrøms dammen. I tilknytning til både avløpskanalen og elveløpet nedstrøms dammen er det anlagt fisketrapp (kulptrapp) som forbinder hhv avløpskanal og naturlig elveløp/flomløp med Trysilelva oppstrøms inntaket. Inntaket til fisketrappa (fiskeutgangen) ligger like øst for kraftverksinntaket og har ei luke for regulering av vannføring i trappa.

I dammen er to luker; en segmentluke midt på dammen (bunntapping) og en sektorluke på østre side av dammen (overflatetapping). I tillegg er det et fast overløp i vestre side av dammen på nivå med HRV. Kapasiteten til segmentluke og sektorluke er oppgitt til hhv 600 m³/s og 220 m³/s.

Slik lukene driftes i dag åpnes normalt segmentluka når vannføringen i elva overstiger slukeevnen til kraftverket (> 120 m³/s). Deretter åpnes sektorluka når det går ca. 50 m³/s i segmentluka, dvs. når det går en totalvannføring i elva på 170 m³/s. Sektorluka kan fjernåpnes, men ikke fjernlukkes. Segmentluka kan både lukkes og åpnes vha. fjernstyring.

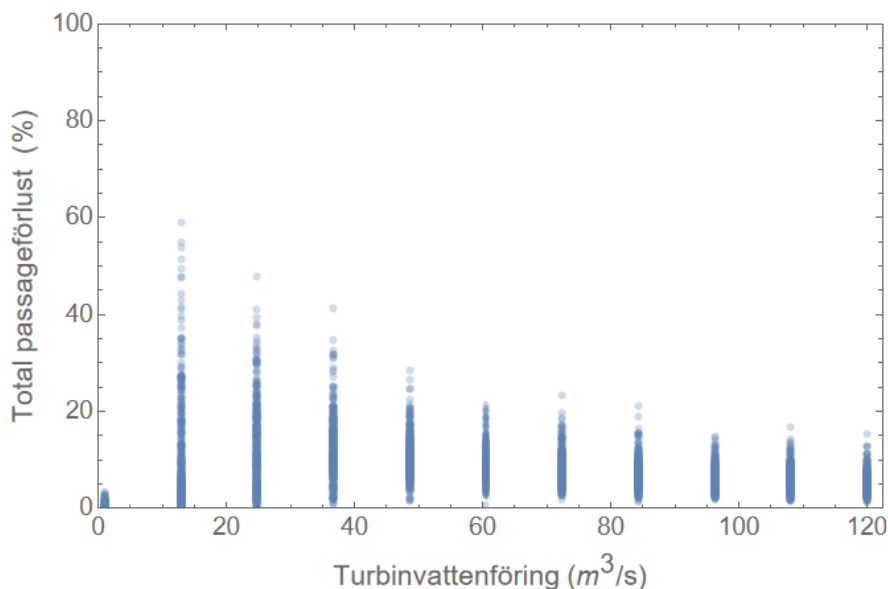
Historiske verdier for vannstand i magasinet fra 2011-2021 viser at vannstanden i magasinet varierer svært lite gjennom året og normalt ligger på nivå med HRV +/- 10 cm (figur 3). Dette skyldes sannsynligvis at lukene har betydelig kapasitet for avledning av flommer, samtidig som magasin vannstanden kan holdes omtrent på HRV.



Figur 3. Sammenheng mellom overvannstand (vannstand ved dam) og totalvannføringen i vassdraget. Figur er mottatt fra Trond Taugbøl i Hafslund Eco.

Nedvandrende fisk må i dag følge vannet som går igjennom turbinen i kraftverket eller lukene i dammen.

Det foreligger ingen kunnskap om nedvandringmønster forbi Lutufallet, slik at det er ukjent i hvor stor grad nedstrøms vandring skjer gjennom luker eller turbin. Eidsiva (2019) oppgir at det er grunn til å tro at mye av en eventuell nedvandring skjer via turbinen (Kaplan). Enkle simuleringer (Monte Carlo-simulering) viser at det trolig kan forventes en vesentlig overlevelse gjennom turbinen (figur 4 og tabell 3). Eksempelet viser direkte dødelighet for en fisk med 16 cm lengde (tilsvarende smoltstørrelse i Klarälven), gitt kaplanturbin, Q_{max}=120 m³/s og lysåpning inntaksrist på 87 mm. Øvrige turbinparametere som ligger til grunn i simuleringen er presentert i (Leonardsson, 2012). For utgytt fisk vil dødelighet imidlertid være langt høyere.



Figur 4. Grafisk fremstilling av teoretisk beregnet dødelighet for smolt (16 cm) gjennom turbinen ved Lutufallet kraftverk ved ulike turbinvannføringer, basert på 500 simuleringer.

Tabell 3. Tabellarisk fremstilling av teoretisk beregnet dødelighet for smolt (16 cm) gjennom turbinen ved Lutufallet kraftverket ved ulike turbinvannføringer.

Turbinvannføring (m ³ /s)	Beräknad passageförlust (%)		
	25:e percentilen	Median	75:e percentilen
1	0	0	1
13	2	5	11
25	6	11	17
37	8	11	15
49	8	10	13
60	7	9	11
72	6	8	9
84	5	7	8
96	5	6	7
108	4	6	7
120	4	5	6

2.2 Reetablering av Vänernlaks

Da Höljes kraftverk nært riksgrensen ble bygget på 1960-tallet markerte dette den definitive slutten på fiskevandring på norsk side. Transport av gytefisk i lastebil fra svensk til norsk side hadde pågått siden 1930-tallet, men senere studier viste at overlevelsen av utvandrende smolt og utgytt fisk var meget lav. Hovedgrunnen til dette ble vurdert å være vandringsforbi Höljesmagasinet og Höljes kraftverk. Det ble

vurdert at utbyggingen av fiskevennlige nedvandringsløsninger var vanskelig å gjennomføre, og transport av fisk fra svensk til norsk side opphørte dermed i 1988.

Våren 2010 ble planene om et norsk-svensk samarbeid for Vänerlaksen i Klarälven/Trysilelva/Femundelva løftet opp på et høyt politisk nivå. Bakgrunnen var at Vänerlaksen, som en av få europeiske bestander av ferskvannslaks, har fått kraftig reduserte gyte- og oppvekstområder som følge av vannkraftutbygginger både på svensk og norsk side. Det var politisk enighet mellom landene om at et samarbeid trengtes, og samarbeidsprogrammet Interreg Sverige – Norge så dermed dagens lys.

I perioden 2011-2014 ble det gjennomført om lag 30 større og mindre delprosjekter med fokus på Vänerlaksen samt andre arter og naturtyper i vassdragssystemet. Majoriteten av disse delprosjektene var knyttet til feltundersøkelser blant annet for å studere yngel- og smoltproduksjon, overlevelse forbi kraftverk, habitatkartlegginger og vurderinger av gytebestandsmål, genetikk, reguleringseffekter samt laksens betydning for sportsfiske.

På grunn av høy dødelighet ved nedvandring forbi kraftverkene, er på kort sikt «trap and transport» med lastebil eller pipeline mellom gitte kraftverk eneste rimelige alternativ for å øke overlevelse til smolt og utgytt fisk. Samarbeidsgruppen som har utarbeidet rapporten «Vänerlaxens fria gång» konkluderer imidlertid med at «*Lastebiltransporter har siden de ble innført på 1930- tallet dog vært en «temporær løsning», og bør på lengre sikt fases ut og erstattes med tilstrekkelig effektive fiskeveier, så vel opp- som nedstrøms».*

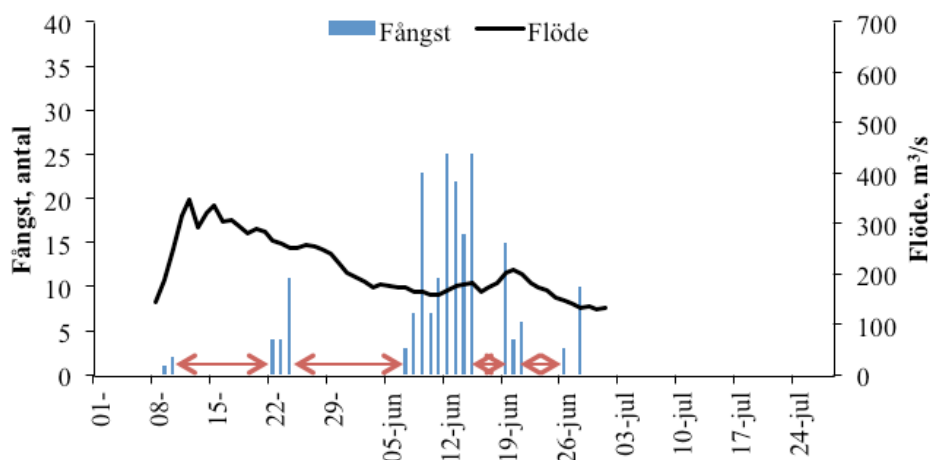
3 Målfisk og tidspunkt for vandring

Mållart for innsamling er begrenset til å gjelde laks, men i både smoltstadiet og for utgytt fisk inkludert vinterstøinger. Dette betyr at innsamlingsarrangementet både skal ta hensyn til utvandrende smolt og utvandrende utgytt fisk. Typisk for laks i større vassdrag har man tre konsentrerte perioder for utvandring, hhv. en periode om våren/forsommeren for smolt og to perioder for utgytt fisk, hhv. etter gyting på senhøsten og om våren for den andelen av gytefiskene som har valgt å overvintre i elva (vinterstøinger).

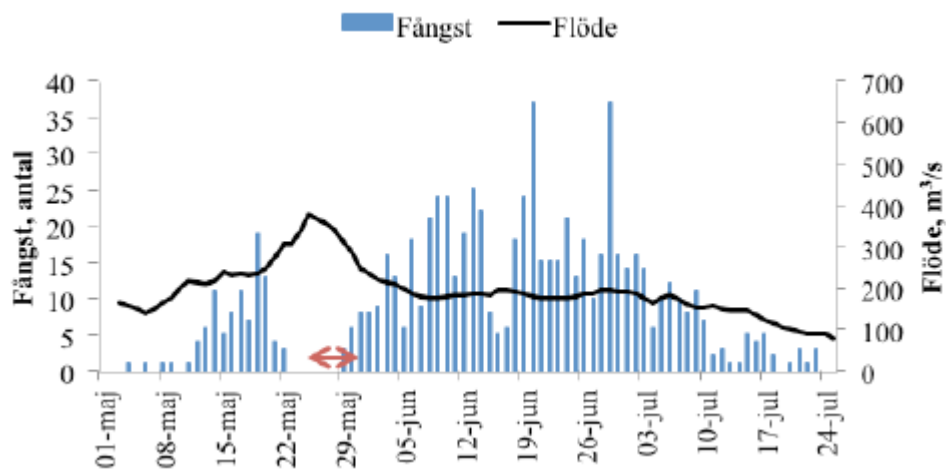
3.1 Smolt

Smoltstudier fra Klarälven har vist at smoltutvandringen kan pågå over lengre tid, ved at det i 2013 ble fanget smolt gjennom tre måneder og uten noe konsentrert topp (Bergman, et al., 2015). I 2012 ble det under rusefiske fra 8/5-1/7 fanget smolt frem til de siste dagene i juni (figur 5). I 2013 ble fiskeperioden økt til 84 dager, og det ble fanget mest fisk i perioden 10/5-10/7 (figur 6). I 2014 ble det fisket mellom 1/5-23/7, og mest fisk ble fanget i perioden 18-22/5 (figur 7).

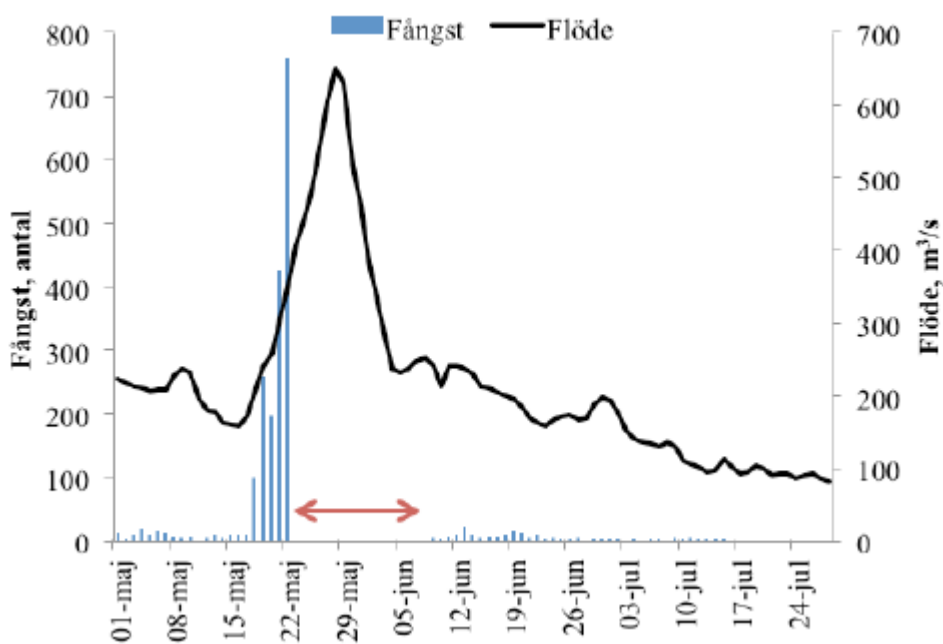
Ved samtlige undersøkelsesår var ikke rusen i drift ved de høyeste vannføringene, slik at det er hull i kunnskapsgrunnet om hvor stor andel av smolten som utvandrer ved slike flomepisoder.



Figur 5. Smoltfangst under rusefiske i 2012. Røde piler viser dager som rusen ikke var i vannet. Figur hentet fra Bergman m.fl. (2015).



Figur 6. Smoltfangst under rusefiske i 2013. Røde piler viser dager som rusen ikke var i vannet. Figur hentet fra Bergman m.fl. (2015).



Figur 7. Smoltfangst under rusefiske i 2014. Røde piler viser dager som rusen ikke var i vannet. Figur hentet fra Bergman m.fl. (2015).

Smoltfangstene i 2012, 2013 og 2014 viser at det var til dels store variasjoner mellom de ulike årene. Trolig vil mye av utvandringen foregå innenfor tidsintervallet 10. mai – 30. juni, men undersøkelsene fra 2013 viser at utvandringstiden kan foregå over lengre tid uten spesielle topper. Basert på dette bør en smoltfelle være operativ fra begynnelsen av mai til medio juli, forutsatt at utvandringstidspunktet forbi Lutufallet er sammenlignbart med smoltutvandringen ved Edebäck.

Oppsummert har undersøkelsene fra 2012, 2013 og 2014 i nedre deler av Klarälven vist at smoltutvandringen kan inntreffe over en relativt bred tidsperiode, noe som må hensyntas ved vurdering av når en fiskefelle bør/må være operativ. Basert på overnevnte undersøkelser vurderes det at fiskefella bør være operativ i perioden 1.mai – 20. juli hva angår smolt, selv om det er nærliggende å anta at mye av smolten vil vandre på høye vannføringer fra siste halvdel av mai til ut juni. Utvandringstidspunkt må imidlertid undersøkes nærmere i den aktuelle delen av vassdraget dersom prosjektet blir realisert, eksempelvis gjennom erfaringer fra de første driftsårene av innsamlingsarrangementet.

3.2 Utgytt fisk

Det ble utført telemetristudier av gytefisk i Klarälven i 2012 og 2013. Fisken ble fanget ved fiskefella i Forshaga og transportert til oppstrøms Edsforsen. Resultater herfra viste at den utgytte laksen startet nedvandringen både høst og vår, uten tydelige topper. I 2011-2012 foregikk vandringen fra oktober-november og mars-mai, mens den i 2012-2013 foregikk i november og april-mai.

Hva angår ørret ble det i samme studie merket 28 individer, hvorav 12 overlevde gytingen og startet på tilbakevandring. Av disse vandret 75 % samme høst, mens 25 % vandret om våren (Greenberg, et al., 2015).

Oppsummert bør en fiskefelle være operativ i to perioder for å hensynta nedvandrende utgytt fisk, senhøst fra 15.oktober-15. desember samt om våren 15.mars-31.mai.

4 Hydrologi

Det er utført hydrologiske modelleringer for å beregne gjennomsnittlig vannføring gjennom året samt varighetskurver for vannføring i gitte vandringsperioder. For beregningene er det benyttet skalert serie fra målepunkt Nybergsund i perioden 1991-2020. Denne er vurdert å gi bedre statistikk enn Lutufallet som har data kun i perioden 2012-2021.

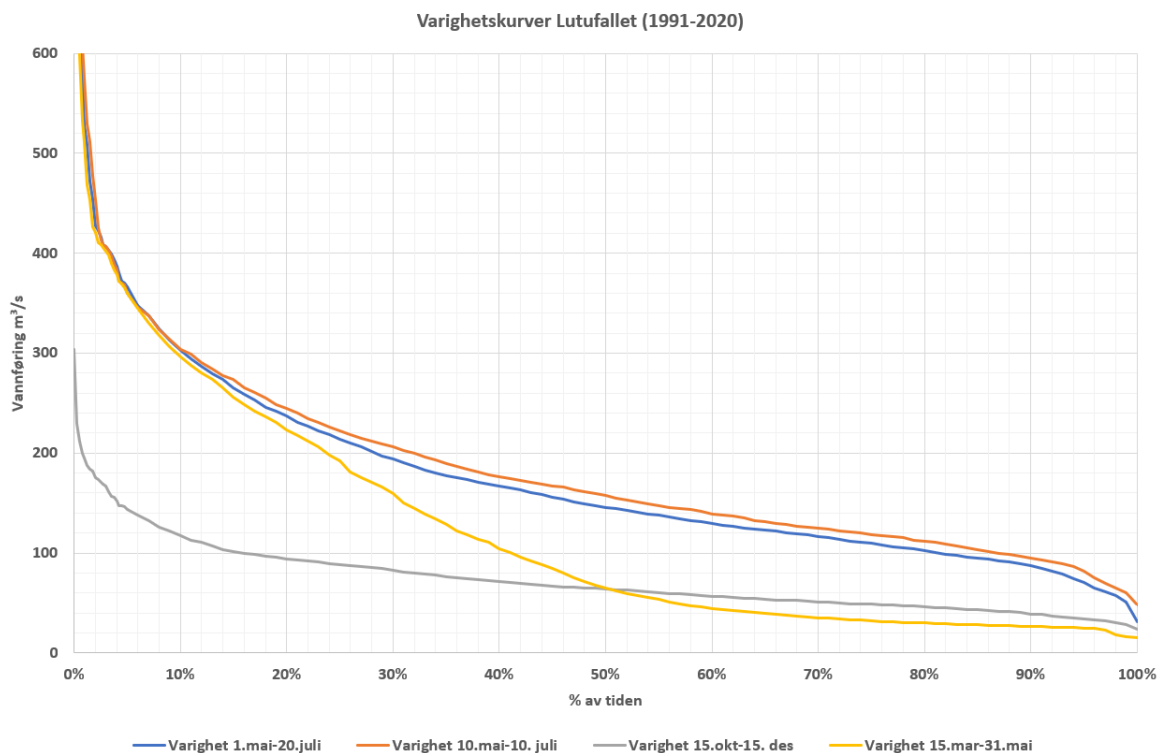
Periodene som er vist under må sees på som en pekepinn snarere enn en fasit for når nedvandring inntreffer, basert på et noe begrenset kunnskapsgrunnlag (tabell 4).

Tabell 4. Antatte perioder for nedvandring av smolt og utgytt fisk av laks og eventuelt ørret i Trysilelva/Klarälven.

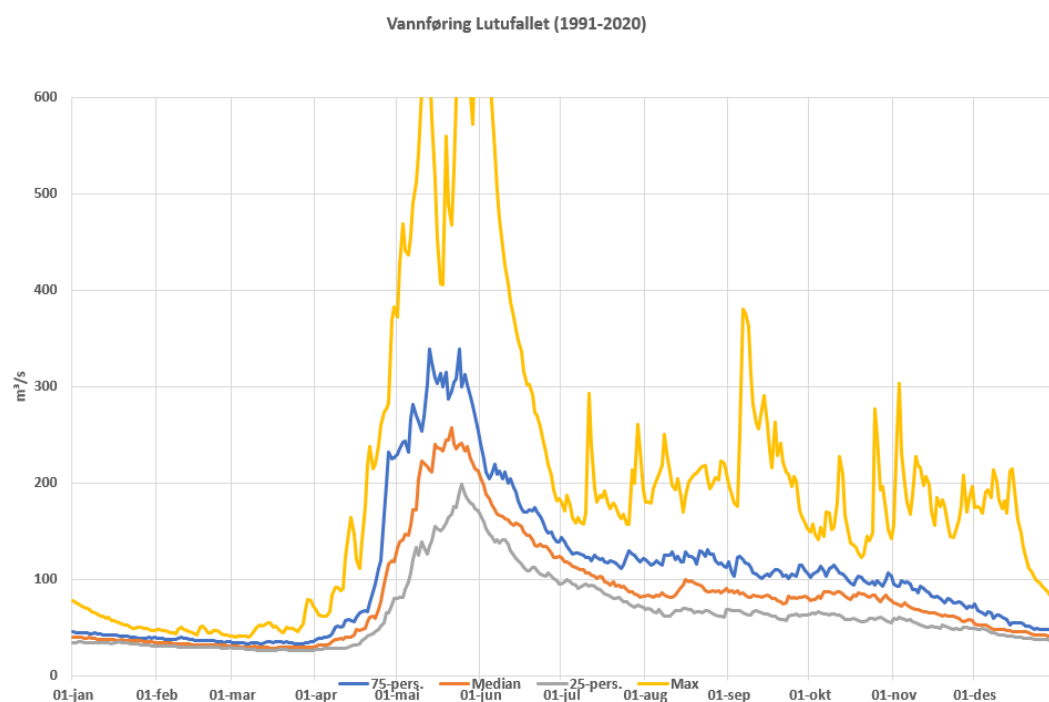
Type utvandring	Periode start – slutt	Periode topp
Smoltutvandring	1.mai – 20. juli	10. mai – 10. juli
Utvandring utgytt fisk	15.oktober – 15.desember	
Utvandring vinterstøinger	15.mars – 31.mai	

I antatt smoltutvandringsperiode og periode for utvandring av vinterstøinger vil vannføringen være over 300 m³/s i om lag 10 % av tiden (figur 8). Videre viser varighetskurven at det er overløp i Lutufallet i om lag 80 % av tiden i smoltutvandringsperioden, men at turbinvannføring utgjør over halvparten av totalvannføringen i over 80 % av tiden.

I perioden på senhøsten, når en del av den utgytte fisken vil nedvandre, er totalvannføringen over slukeevne i kun ca 10 % av tiden.



Figur 8. Varighetskurver for vannføring ved Lutufallet i antatte vandringsperioder for smolt og utgytt fisk, basert på tallmateriale fra perioden 1991-2020.



Figur 9. Beregna vannføringer ved Lutufallet gjennom året, basert på tallmateriale fra perioden 1991-2020

5 Utredet løsning: ny β -inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk – alternativ B4

5.1 Generelt om prinsipper for fiskevennlige inntak

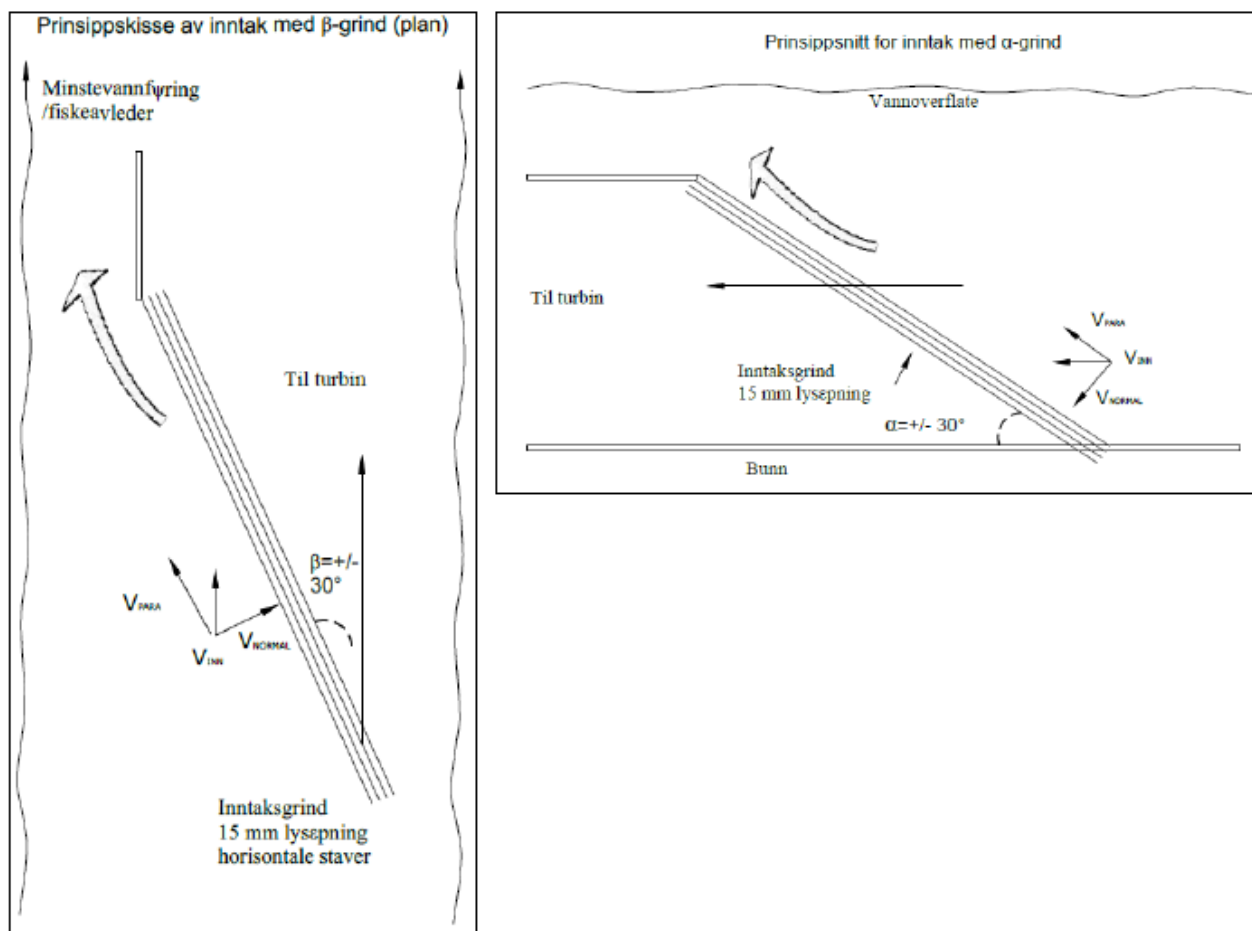
5.1.1 *Inntaksrist – vinkel og lysåpning*

Den eneste sikre måten å forhindre fisk i å svømme inn i inntaket er å ha inntaksrister med mindre lysåpning mellom grindstavene enn fiskens bredde. Det er noe varierende krav til varegrindas lysåpning i internasjonal litteratur. For å oppnå > 90 % effektivitet for nedvandrende smolt må vinkelen på rista være $\leq 35^\circ$ og lysåpning være ≤ 18 mm (Calles, et al., 2013). Pulg et al., (2018) oppgir således at maksimal lysåpning for å forhindre smolt i å vandre forbi inntaksrista er 15 mm. Vilråene som er stilt mtp lysåpning ved nyere tids kraftverk med krav til fiskevennlige inntak i Norge har i stor grad variert fra 10-15 mm.

Det er beskrevet og utprøvd en rekke teknikker for å styre fisk unna kraftverksinntak, enten ved fysiske eller adferdsmessige barrierer:

1. Varegrinder (mekaniske avledere)
 - a. Konvensjonelle grinder
 - b. Fisketilpassede grinder
 - i. α -grind
 - ii. β -grind
 - iii. β -grind av Louver-type (oppstuvningsgrind)
 - c. Andre typer av grinder og skjærmer
2. Ledearmer (Eng. Skimming walls)
3. Elektriske felter, luftbobler, lys og lyd (adferdsstyrende avledere)

Med hensyn på fisk oppnås den beste effekten med en vinkel på $\leq 30^\circ$, fordi kraften som går parallelt med grinden da blir dobbelt så stor som kraften som går mot grinden. Dette øker sannsynligheten for at fisken ledes av langs grinden i stedet for å klemmes mot den. To utforminger er særlig gunstige med hensyn på å lede fisk mot en trygg nedvandningsrute: α -rist der inntaksrista er vinklet fra bunnen, og β -rist der inntaksrista er vinklet i forhold til sidene. Prinsippkisser er vist i figur 10.



Figur 10. Prinsippskisse av inntaksgrind tilpasset for nedstrøms fiskevandring, med β -grind til venstre (sett i plan) og α -grind til venstre (sett fra siden). Pilene illustrerer vannhastighet og strømningsretning inn mot grinden, og vannhastighetene parallelt med og vinkelrett mot grinda. Figurene er omarbeidet etter (Calles, et al., 2013).

Fordi kraften parallelt med grinda blir større enn kraften vinkelrett mot grinda, vil drivgods lettere skli av grinda enten i grindas overkant (α -grind) eller i grindas nedstrøms ende (β -grind). Hvorvidt drivgods må fjernes manuelt eller spyles ut via fiskeavleder vil avhenge av valgt teknisk løsning og ellers stedsspesifikke forhold.

5.1.2 Vannhastighet foran inntaksrista

Vannhastigheten ved inntaksrista må ikke være høyere enn at fisk kan svømme aktivt og søke mot alternativ nedvandningsvei. For arter med dårlig svømmekapasitet er det oppgitt at denne ikke skal overstige 0,6 m/s (USFWS, 2017). Tilsvarende er det i norske veiledere beskrevet at vannhastigheten vinkelrett på rista ikke må overstige 0,5 m/s for å hensynta blant annet laks, ørret og ål (Pulg, et al., 2018). Tilsvarende grenseverdier er også oppgitt fra svenske veiledere (Calles, et al., 2013).

5.1.3 Fiskeavleder (overflateavleder)

Vannføring

For å få tilstrekkelig attraksjonsstrøm mot fiskeavleder bør vannføring i fiskeavleder utgjøre minst 5% av turbinvannføringen (USFWS, 2017). Litteraturen er imidlertid noe sprikende angående krav til andel vannføring i fiskeavleder, noe som trolig skyldes ulike stedsspesifikke forhold knyttet til strømningsmønster og generell lokalisering og utforming av avleder og inntaket for øvrig. Pulg et.al. (2018) oppgir at vannføring i fiskeavleder bør ligge i intervallet 2-10 % av totalvannføring, og at finmasket, skråstilt inntaksrist vil redusere behovet for vannmengde i avlederen.

Vannslipp som overflateslipp gjennom sektorluka antas å påvirke effektivitet til separat fiskeavleder nærmest uavhengig av vannføring i avlederen, da det uansett ikke vil kunne konstrueres en avleder som er i nærheten av kapasiteten til sektorluka. Tappemønster gjennom dammen i overløpssituasjoner vurderes derfor å være kritisk for fangsteffektiviteten uavhengig av vannføring i fiskeavleder (mer om dette i kapittel 5.3).

Utforming

Vannhastigheten mot avlederen bør være jevnt akselererende og ikke overstige 1 m/s per meter utløpskanal (Pulg, et al., 2018). Det er viktig å unngå bratte kanter slik at rask endring i akselerasjon unngås (USFWS, 2017). Dette oppnås best ved å anlegge en slakt skrånende bunn med avrundet form mot overløpet fremfor loddrett vegg.

For at avlederen også skal ha funksjon som oppsamlingsanordning for nedvandrende fisk må det installeres en finrist i avlederen som skiller fisk fra vannmassene og leder fisken via en oppsamlingsrenne til egne basseng.

5.2 β -inntaksrist og ny fiskeavleder Lutufallet kraftverk

5.2.1 *Inntaksrist*

Det foreslås å etablere en ny β -rist for inntaket som vil forhindre smolt og fisk å gå inn i kraftverksinntaket, og lede fisken til fiskeavlederen i enden av rista. Rista foreslås etablert ca. der betonglensa er i dag. Lysåpning i ny inntaksrist er foreslått til 15 mm.

Rista monteres på en betongkonstruksjon som forankres til berg bestående av fundament for rista, søyler, dekke og vegger. Rista dykkes ca. 1 m slik at frontveggen kan fungere som is-lense tilsvarende som betonglensa sin funksjon i dag. Det etableres et dekke over rista med grindrensker. I oppstrøms ende av rista etableres det tilkomst for å laste opp drivgods fra grindrenskeren med tilkomstvei over kulvert/bru ved fisketrappen.

For å etablere den nye betongkonstruksjonen for inntaksrista må eksisterende betonglense rives. I tillegg må fundamentet sannsynligvis sprenges ned for å oppnå tilstrekkelig areal på rista.

Den nye inntaksrista vil fungere som inntaksrist for kraftverket, og den gamle inntaksrista vil bli revet for å unngå unødvendig ekstra falltap for kraftverket.

Tegninger av utredet løsning (plan og snitt) finnes i vedlegg til rapporten.

5.2.2 *Fiskeavleder*

5.2.2.1 Avleder

Det foreslås å bygge en fiskeavleder i nedstrøms ende og umiddelbart inntil inntaksrista (se eksempel i figur 11). Vannstanden oppstrøms dammen holdes relativt jevn og fluktuerer ikke i takt med

vannføringsendringene. Dette medfører at en avleder med fast profil vil ha relativt lik vannføring uavhengig av totalvannføringen.

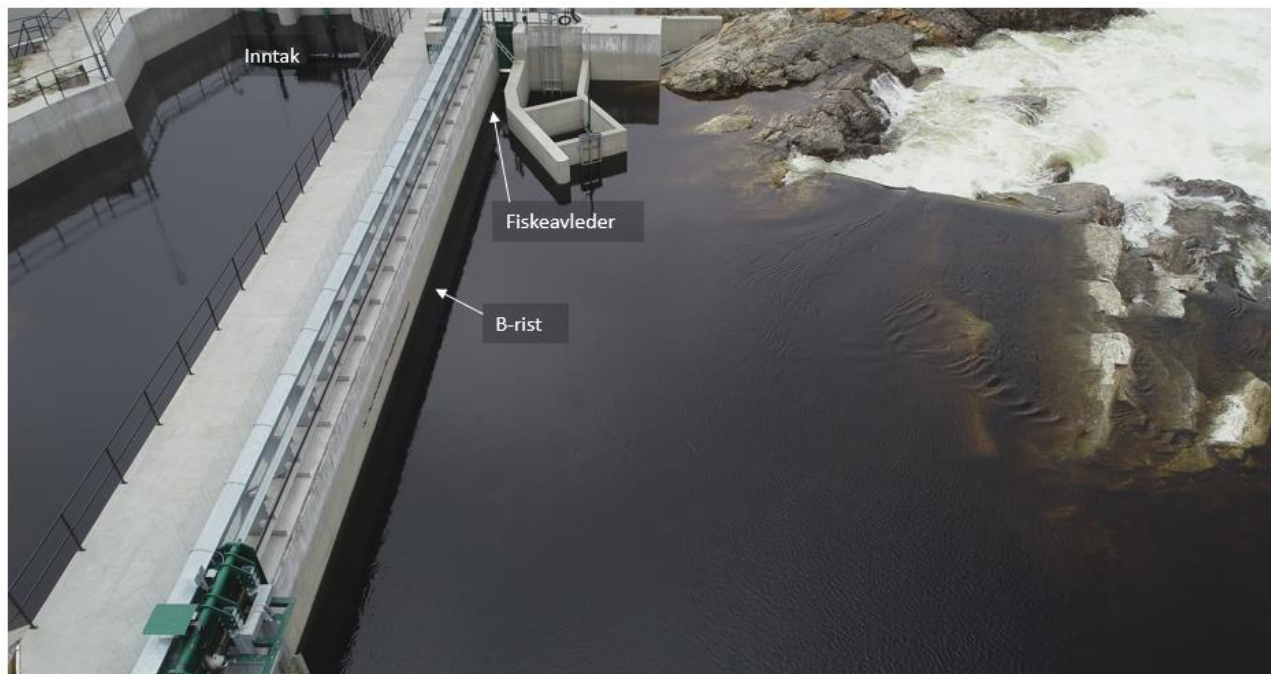
Ideelt sett bør avlederen bygges med justerbar luke for å kunne tilpasse vannføringen i avlederen, av to årsaker:

- Øke vannføring i avleder ved vannføringer over kraftverkets slukeevne
 - Øker attraksjonskraft mot avleder
 - Påvirker ikke kraftproduksjon
- Redusere vannføring i avleder i takt med fallende vannføring under kraftverkets slukeevne
 - Begrense produksjonstap grunnet vannslipp gjennom avleder
 - Muligheter for å tilpasse vannføring i avleder basert på driftserfaringer

Ulempene med lukestyrt avleder er at den hydrauliske tilpasningen er mer komplisert enn ved en støpt konstruksjon som kan tilpasses en gitt vannføring, i tillegg til at installering av luke er fordyrende.

Det er foreløpig antatt at fiskeavlederen blir med et fast overløp som kan stenges med et bjelkestengsel for vedlikehold av rista. Vannføring i avlederen er foreløpig satt lik ca. 3,5 m³/s som tilsvarer ca. 3 % av maksimal slukeevne til kraftverket. Dette antas å være tilstrekkelig til å kunne lede fisk fra inntaksrist til avleder, men det må antas at effektiviteten vil kunne reduseres ved totalvannføringer godt over kraftverkets slukeevne. Imidlertid vil dette i stor grad avhenge av lukemanøvrering i dammen (se kapittel 5.3).

I videre faser bør det vurderes om det er mer hensiktsmessig med en reguleringsluke som kan justere vannføringen i fiskeavlederen avhengig av vannføringen i kraftverket og i elva, også med hensyn til optimalisering av vannføring i forhold til tapt kraftproduksjon.



Figur 11. Eksempel på inntak ved skråstilt inntaksrist (β -rist) med fiskeavleder (Boenfoss kraftverk i Tovdalselva). Foto: Norconsult AS.

5.2.2.2 Rist i fiskefelle

Det er foreløpig lagt opp til en rist i to deler adskilt med en stålrinne for oppsamling av fisk. Rista vinkles svakt i tverretningen slik at fisk enklere finner veien ned i stålrinna. Rista utformes med rundstål og med lysåpning 10 mm.

Stålrinna vil lede fisken ned til oppsamlingsarrangementet, mens avløpsvannet fra fiskeavlederen vil gå i en egen avløpskanal og slippes ut i elveleiet nedstrøm sektorluka.

Tilsvarende konsept er anlagt i fiskeavlederen ved Herting kraftverk i Ätran (figur 12 og figur 13).



Figur 12. Finnist i fiskeavlederen ved Herting kraftverk i Ätran. Formålet med rista er å skille ut nedvandrende fisk fra vannet, ved at fisken sklir oppå rista ned i en oppsamlingsrenne som føres til et oppsamlingsbasseng. Foto: Norconsult Sverige.

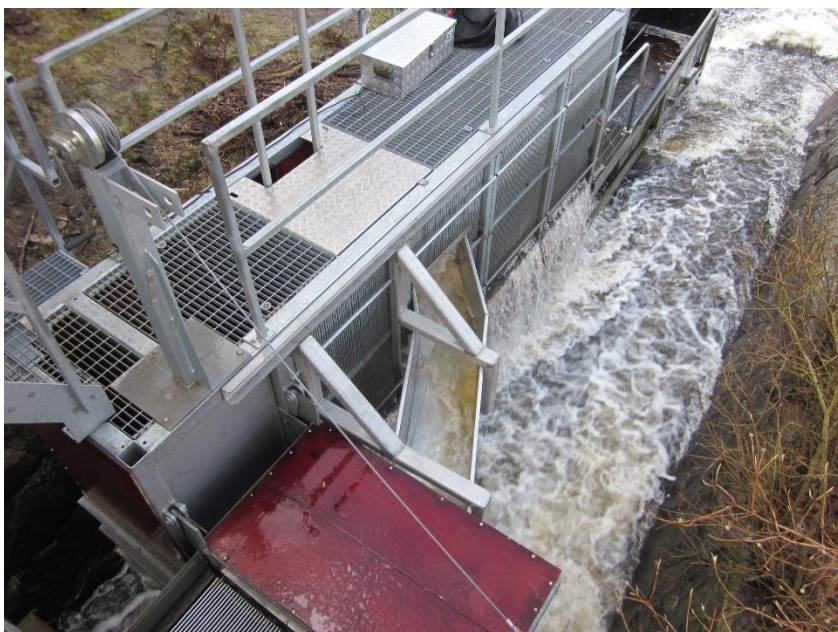


Figur 13. Finnist i fiskeavlederen ved Herting kraftverk i Ätran. Formålet med rista er å skille ut nedvandrende fisk fra vannet, ved at fisken sklir oppå rista ned i en oppsamlingsrenne som føres til et oppsamlingsbasseng. Foto: Norconsult Sverige.

5.2.2.3 Oppsamlingsarrangement

Stålrenna fra fiskefella renner inn i et basseng på nedstrøms side av dammen der fisken samles opp. Vannet som følger stålrenna, vil måtte gå i overløp fra bassenget gjennom noen rister og ut i avløpsrenna fra selve fiskeavlederen og videre ut på nedstrøms side av dammen ved sektorluka. En lignende løsning som på Herting kraftverk kan tenkes, der det er plattformer og rister for tilkomst og uttak av fiske, se figuren under.

Med den foreslåtte plasseringen av oppsamlingsarrangementet er det god tilkomst med for opplasting og transport av fisk.



Figur 14: Eksempel på oppsamlingsarrangement ved Herting kraftverk. Foto: Norconsult Sverige.

5.2.3 **Utvidelse av fisketrapp**

Som følge av at inntaksrista flyttes lengre ut i magasinet må fisketrappa som i dag kommer ut med dammen forlenges. Det foreslås i utgangspunktet fisketrappen forlenges med en kanal ut til det nye inntaket. Kanalen kan etableres ved utgraving i terrenget i elvebredden eller ved å fylle opp en fylling i bassenget nedstrøms inntaket. Det må etableres ei bru eller kulvert løsning for tilkomst over kanalen til oppsamlingsareal for grindrensker.

5.2.4 **Gjennomføring av arbeidene**

Gjennomføring av byggearbeidene vil til dels være komplisert da mye av arbeidene vil måtte foregå ute i elva og magasinet, samt at noen av arbeidene også mulig kan måtte utføres under vann (f.eks. riving og sprengning).

Tidsplanen for byggearbeidene vil også i stor grad påvirke verdien av tapt kraftproduksjon ved kraftverket ettersom kraftverket må være ute av drift under de meste av byggearbeidene.

Detaljert planlegging av vannhåndtering og fangdammer vil bli svært viktig i de videre faser av prosjektet for å finne optimal løsning med hensyn til gjennomføringen. Foreløpige tanker er presentert i etterfølgende kapitler.

5.2.4.1 Tidspunkt for gjennomføring av arbeidene

Vannføringsdata fra årene 1991-2020 ved Lutufallet (Se Figur 9) viser at 75% av vannføringen er under ca. 70 m³/s i perioden fra ca. 1. desember – 15. april (ca. 4,5 måneder). Det antas at byggearbeidene som skal foregå på vannsiden (i magasinet) må utføres i denne perioden og at det må etableres fangdam og forbiledning av vann i perioden arbeidene pågår.

Den tilgjengelige tiden for utførelse av arbeidene er kort slik at det kan være behov for å gjøre arbeidene over to sesonger. Det antas foreløpig at arbeidene må deles over to sesonger å ca. 4,5 måneder. I første sesong kan man se for seg at hovedaktivitetene med riving av eksisterende betonglense, sprengningsarbeider og etablering av fangdam kan utføres. Deretter settes kraftverket i drift igjen og driftes frem til neste sesong (da uten betonglense foran inntaket). I sesong to gjøres rivearbeider for fiskeavleder, samt bygging av nytt inntak med rist og etablering av fiskeavleder med bjelkestengsel. Arbeider nedstrøms bjelkestengselet kan sannsynligvis i hovedsak foregå mens kraftverket er i drift i sesong 1 eller 2.

5.2.4.2 Senking av magasinet og kraftverk ute av drift

Det regnes med at magasinet må senkes ned og kraftverket settes ut av drift i perioden der det pågår arbeider i magasinet, som foreløpig er antatt ca. 4,5 måneder i to sesonger, totalt ca. 9 måneder, men detaljert planlegging av arbeidene må sees nærmere på i videre faser av prosjektet.

5.2.4.3 Forbiledning av vann

Terskelen på segmentluka ligger på kote +310,00 og ved vannstand i magasinet på kote +312,00 vil man kunne avlede en vannføring på ca. 70 m³/s over terskelen når luka står fullt åpen.

5.2.4.4 Fangdam og vannulemper

Ettersom fangdammen er planlagt å så gjennom to sesonger antas det at den må bygges i betong og forankres til berg med bolter. Topp fangdam legges på ca. kote +312,00 slik at det er mulig å avlede vannføring opp til ca. 70 m³/s.

5.2.4.5 Forhold knyttet til tapt kraftproduksjon

Nedetid på kraftverk i forbindelse med bygging av ny inntaksrist og fiskeavleder vil medføre nedetid og tapt kraftproduksjon i perioden arbeidene pågår. Kostnad til dette vil være betydelig sammenlignet med byggekostnad for prosjektet og må vurderes nærmere sammen med kraftselskapet som eier og drifter anlegget.

I driftsperioden vil vannet som går i fiskeavlederen medføre tapt kraftproduksjon i kraftverket for de perioder der vannføringen i elva er lavere enn kapasiteten til fiskeavlederen og slukeevnen til kraftverket.

5.2.5 ***Forhold knyttet til eksisterende dam***

Det er ikke oppgitt hvilken bruddkonsekvensklasse dammen har. Det antas uansett at det vil være behov for å gjøre nærmere undersøkelser av stabilitet og styrke til lukepilaren ved sektorluka for å verifisere at denne ikke svekkes som følge av tiltakene. Dette må utføres i videre faser av prosjektet.

5.2.6 Kostnadsestimat

Det er utarbeidet et kostnadsestimat for tiltakene. Estimaten er relativt grovt ettersom det ikke har vært anledning til å utrede løsningen i detalj i dette mulighetsstudiet.

Kostnadsestimaten inneholder bygge- og anleggstekniske arbeider, mekaniske arbeider, samt byggeledelse og prosjektering. Det inneholder ikke kostnader forbundet med nedetid på kraftverk og tapte kraftinntekter i byggeperioden eller i driftsperioden etter at fiskeavlederen er satt i drift. Det på pekes at kostnadene forbundet med dette i byggeperioden vil være betydelige, og disse må vurderes nærmere sammen med eier av anlegget.

Alle kostnader i estimaten er gitt i 2021-kr ekskludert MVA. Prisene er basert på tilsvarende prosjekter.

Oppsummering av kostnadsestimaten er presentert i tabellen under, mens detaljert kostnadsestimat finnes i vedlegg til rapporten.

	Kostnad (kr. Eks. mva)
Etablering, drift og avvikling	18 645 600
Inntak	18 296 500
Fiskeavleder og fiskefelle	6 750 500
Forlenging av fisketrapp	529 000
Byggherrekostnader	6 633 240
Uforutsett	7 628 226
Totalsum avrundet nærmeste kr 10 000	58 480 000

5.3 Lukemanøvrering

For at den skisserte fiskeavlederen skal være effektiv ved totalvannføringer over kraftverkets slukeevne pluss vannføring i avleder ($120+4=124 \text{ m}^3/\text{s}$) vil det være helt essensielt at tapping av vann fra dammen slippes på en måte som er lite attraktiv for fisk. I praksis vil dette si at flomvann må slippes i dykket segmentluke. Dette har to fordeler, ved at den både er dykket samt at den er plassert lengst vekk fra inntaksrist og avleder. Ved høy vannføring i sektorluke (figur 15) er det svært sannsynlig at utvandrende fisk vil følge dette løpet forbi inntaksområdet og således ikke bli fanget. Dette vil medføre et endret manøvreringsregime i forhold til hvordan lukene driftes i dag, ved at segmentluka i hovedsak benyttes til flomavledning. Bruk av sektorluka bør begrenses til eventuelt forbispyling av drivgods i korte perioder samt ved svært høye flommer.



Figur 15. Spillvann sluppet som overflatevann gjennom sektorluke ved Lutufallet kraftverk. Det er antatt at utvandrende fisk i stor grad vil følge dette løpet ved vannslipp her.

5.4 Muligheter for oppgradering av Lutufallet kraftverk

Bygging av ny inntaksrist og avleder krever tørt arbeid med fangdam. Dersom det er behov for vedlikehold eller eventuelt ønsker om oppgradering av kraftverket kan dette tas i sammenheng med bygging av fiskevennlig inntak med fiskefelle. Eksempelvis vil økt slukeevne i kraftverket medføre økt effektivitet i fangst av nedvandrende smolt og således ha en miljømessig positiv effekt dersom tiltaket realiseres.

6 Øvrige vurderte alternativer

En rekke alternativer er vurdert på et overordnet nivå. Vurderte alternativer har alle den fellesnevneren at effektiviteten vil avta med økende vannføring i vassdraget. Tiltak som omhandler fangstinnretninger som er adskilt fra kraftverket vil ikke påvirkes av slippmønster gjennom turbin og over dam, men vil kunne være sensitive for høye vannhastigheter og drivgods under flomvannsepisoder. Tiltak som er knyttet til inntaket ved Lutufallet vil på sin side kunne få redusert effektivitet ved økende vannføring over dam, men trolig i relativt stor grad avhenge av om spillvann slippes som bunnvann (segmentluke) eller overflatevann (sektorluke) samt lukenes plassering i forhold til inntaksrist og fiskeavleder/fangstinnretning. Fast innsamlingsarrangement i tilknytning til kraftverket vil trolig også være vesentlig enklere å drifte over lengre tidsperioder enn for midlertidige innretninger som krever kontinuerlig røkting og utsetting.

Innsamlingsmetodene som er vurdert kan deles inn i to hovedkategorier; selvstendige fangstinnretninger og fangstinnretninger ved kraftverk:

- Selvstendige fangstinnretninger
 - Smoltskrue/smolthjul
 - Storruse/elveruse
 - Wolf-felle mellom Lutufallet og Sagnfossen
- Fangstinnretning ved eksisterende kraftverk
 - Ny rist på eksisterende betonglensevegg og rist/felle montert på sektorluke eller separat avleder ved Lutufallet kraftverk
 - Ny β -inntaksrist og rist/Wolf-felle montert på eksisterende sektorluke ved Lutufallet kraftverk
 - Ny α -inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk
 - Ny inntaksrist og fiskeavleder med fangstinnretning ved Sagnfossen kraftverk

Alternativer som inkluderer å gjøre inntaket ved Lutufallet kraftverk mer fiskevennlig vil ha en positiv bieffekt ved at tiltaket også vil favorisere harr og ørret. Det er kjent at begge disse artene kan foreta lange nærings- og gytevandring selv om de er elvestasjonære. Bygging av et innsamlingsarrangement for nedvandrende laks vil medføre store kostnader uavhengig av løsning og lokalitet, og det vurderes som svært positivt i et kost-nytte-perspektiv dersom løsningen også vil medføre forbedra forhold for den øvrige fiskefaunaen i vassdraget. Det er kjent at elvesegmentet nedstrøms Lutufallet er vesentlig forringet etter oppdemming av Höljesmagasinet, og at det er registrert svært lite oppvandrende fisk i trappa ved Lutufallet. Likevel anses altså en sikker toveis fiskevandring som positivt for fiskebestandene i vassdraget.

Basert på fiskefaglige og byggtekniske forhold er anleggelse av ny inntaksrist og ny fiskeavleder ved Lutufallet kraftverk vurdert som en egnet metode for å kunne innsamle nedvandrende smolt og utgytt fisk. Dette betyr imidlertid ikke at dette alternativet er vurdert som det eneste aktuelle alternativet. I kapittel 6.1 og **Error! Reference source not found.** gis en kort beskrivelse av vurderte alternativer som det ikke er valgt å se nærmere på i denne fasen av prosjektet. I kapittel 5 gis en nærmere beskrivelse av foreslått løsning.

6.1 Selvstendige fangstinnretninger

6.1.1 Smolthjul/smoltskrue – alternativ A1

Smoltskrue er en felletype som kun dekker en del av elvetverrsnittet og kun den øverste delen av vannsøylen, der åpningen er formet som en trakt med diameter på ca 1,5-2,5 meter (figur 16). Bruk av

ledegjerde oppstrøms trakten kan eventuelt øke fiskbart areal noe. Smoltskruen ankres til et bestemt punkt i elva, fortrinnsvis der man antar at utvandrende fisk vil passere. Fellen er egna på lokaliteter med relativt høy vannhastighet og brutt overflate, og helst i avsmalende partier av elva for økt effektivitet. Fellene er mest brukt i elver som er for store til at feller med gjerder/rist kan benyttes. Fordelen med smoltskrue eller andre flytende feller er at den er mindre utsatt for flomvannføringer enn ruser, samt at det er et rimelig alternativ sammenlignet med større konstruksjoner. Ulempen er at smoltskruen dekker et lite området både i horisontal- og i vertikalplanet, og det vil kreve mange feller dersom effektiviteten skal være tilstrekkelig. Eksempelvis ble det ved utprøving av smolthjul (skruvfelle) i nedre del av Klarälven i 2011 dokumentert en gjengfangst på utsatt smolt på kun 0,06 % (Bergman, et al., 2015). Generelt er det oppgitt at smoltskruer i større elver har en fangsteffektivitet på under 10% (Volkhardt, et al., 2007). Fellen vil trolig fungere enda dårligere på utgytt fisk, og anses ikke som noe fullgodt alternativ for oppsamling av fisk ved Lutufallet.



Figur 16. Smoltskrue ved Skårebron i Karlstad, 2011. Foto er hentet fra (Hedenskog, et al., 2015).

6.1.2 Ruser – alternativ A2

Ruser er egnet i stilleflytende elvepartier eller i stille vann. Fella er sensitiv for høy vannføring og mye driv. I studiene nevnt under var ikke rusene operative ved høye vannføringer på grunn av for høy vannhastighet.

I 2012 ble ruser benyttet for å samle inn smolt i Klarälven ved Edebäck. Det ble fanget 162 smolt i løpet av 25 dager, og effektiviteten ble beregnet til 17 % på bakgrunn av en gjenfangst på 19 smolt av totalt 109 merka individer. Tilsvarende ble effektiviteten i 2013 og 2014 beregnet til 19 og 7 % (Bergman, et al., 2015). På punktet der ruser var plassert er elva ca 210 meter bred. Det kan således forventes en noe høyere effektivitet med bruk av tilsvarende ruse på et smalere punkt. Egna områder oppstrøms Lutufallet har et elvetvernsnitt på om lag 80-100 meter.

Ruser vurderes som bedre egnet til å fange smolt enn for utgytt fisk, og vurderes således ikke som en godt egnet metode for å samle inn all nedvandrende fisk. I tillegg viser undersøkelser fra nedre deler av Klarälven relativt lav effektivitet. Ruser kan effektiviseres ved å øke arealet på ledegarn, men konstruksjonen blir dertil

mer sårbar for flomvannføringer og driv. Det vurderes som meget komplisert å drifte en ruse som skal dekke mye av elvetverrsnittet i perioder med høy vannføring og mye driv, og er derfor ikke vurdert mer inngående.

6.1.3 Wolf-felle – alternativ A3

Denne felletypen er heldekkende og kan dermed potensielt fange fisk uavhengig av hvor i elvetverrsnittet nedvandringen foregår. Fisken føres ut på en skråstilt rist hvor vannet siles ut, men hvor fisken seiler oppå risten grunnet kort avstand mellom spilene. I enden av rista sklir fisken ned i en oppsamlingsrenne. Lengde og bredde på rista vil være avgjørende for hvor mye vann som kan siles, og dermed være avgjørende for hvilke vannføringer fella vil være effektiv på. Det finnes enkelte eksempler på Wolf-feller i Norge, etablert i relativt små vassdrag (vannføring < 5 m³/s) der intensjonen er å fange all nedvandrende fisk. En av de mest kjente er fiskefella i elva Imsa der NINA har etablert egen forskningsstasjon. Å etablere en slik felle tvers over Trysilelva anses som et meget stort og komplisert tiltak, og er ikke vurdert videre i denne mulighetsstudien. Selve utsilingskonseptet for å skille nedvandrende fisk fra vannet er imidlertid vurdert benyttet i tilknytning til enten separat fiskeavleder eller på en av lukene ved Lutufallet kraftverk.

6.1.4 Ny inntaksrist på eksisterende betonglense – alternativ B1/B2

Den eksisterende betonglensa oppstrøms inntaket avsluttes i nedstrøms ende inntil sektorluka, slik at plasseringen fremstår ideell for å kunne «styre» fisken mot sektorluka (figur 17). Det er i tidligere rapport om vurderinger av vandringsløsninger ved Sagnfossen og Lutufallet beskrevet at etablering av finrist på den buformede betongkonstruksjonen vil være optimalt til å avlede nedvandrende fisk mot sektorluka (Eidsiva, 2019).

Betonglensa består av en betongdrager med buform som stikker 1,5 m under HRV fundamentert på 3 stk. sirkulære søyler ned til berg. På de originale byggetegningene av betonglensa er det indikert et bergnivå som gir et tilgjengelig strømningsareal på ca. 130 m² som kan benyttes til en ny inntaksrist. En inntaksrist på denne størrelsen vil gi en teoretisk gjennomsnittlig vannhastighet mot rista på ca. 1 m/s ved full slukeevne. Dette er det dobbelte av hva som er anbefalt som «best practice» i forbindelse med prosjektering av fiskevennlige kraftverksinntak. Det kan ikke utelukkes at avledningen fra rista mot avlederen (enten separat avleder B1 eller sektorluka B2) kan være effektiv selv ved slike vannhastigheter. Likefullt gir kombinasjonen av (for) høy vannhastighet mot rista samt atypisk vinkling på rista (som trolig vil medføre endra hydrauliske egenskaper mtp laminær strømretning) økt usikkerhet mtp effektiviteten til en slik innretning.

Det kreves i tillegg omfattende arbeid med lenseveggen utover installasjonen av ny inntaksrist. Blant annet vil det være behov for å øke bredden på toppen av lensa for å etablere ny grindrensker samt gangbane for personell. Det kan også være behov for å endre formen på søylene med hensyn til hydraulisk utforming. Tilstanden til betonglensa under vannoverflaten er ikke kjent, og det kan derfor også være noe usikkerhet med hensyn til hvor egnet konstruksjonen er for en ombygging.



Figur 17. Oversiktsfoto av inntaksområdet til Lutufallet kraftverk. Foto: Norconsult AS.

6.1.5 Fiskeavleder og fiskefelle ved sektorluke – alternativ B2/B3

Dersom fisken kunne ledes mot sektorluka ved hjelp av en ny inntaksrist foran kraftverket kunne man se for seg at sektorluka kunne benyttes som fiskeavleder til en fiskefelle plassert nedstrøms luka.

En ulempe med å bruke sektorluka som fiskeavleder er at man i perioder uten overløp risikerer å slippe mer vann enn nødvendig for fiskeavledning grunnet den store lengden på luka (15 m), som medfører at man må slippe en betydelig mengde vann for å få tilstrekkelig vannndybde over luka. I tillegg vil man måtte etablere en fiskefelle i nedstrøms ende av luka som må dekke hele lukeløpet. Det kan være utfordrende å dimensjonere en fiskefelle som skal fungere både som fiskefelle og tåle store flommer og drivgods som blir avledet fra magasinet. Det kan derfor være behov for å montere en heisbar fiskefelle mellom pilarene som heises bort i større flommer. Dette vil igjen medføre at det ikke er operativ felle i perioder som det må antas en betydelig smoltutvandring. Dette systemet vil bli komplisert å bygge og drifte, og ansees som mindre aktuelt sammenlignet med å etablere en separat fiskeavleder til side for dammen.

6.1.6 Ny α -inntaksrist og ny fiskeavleder med fangstinnretning ved Lutufallet kraftverk – alternativ B5

Basert på tegninger fra byggetiden kan det se ut til at det må gjøres ganske omfattende ombygningsarbeider på kraftverkstinntaket for å etablere en ny α -rist med fiskeavledere. En fordel med etablering av en α -rist i forhold til en β -rist ville ha vært dersom man kunne benyttet den eksisterende betonglensa som en del av en fangdam i byggetiden. Tegningene fra byggetiden viser imidlertid at en ny α -rist vil strekke seg oppstrøms den eksisterende betonglensa, slik at direkte gjenbruk av betonglensa som fangdam blir vanskelig.

Det utelukkes allikevel ikke at en løsning med α -rist kan være egnet, men dette må sees nærmere på i videre faser av prosjektet med hensyn til hva som er best i forhold til fiskevandring, anleggsteknisk gjennomføring og samlet kostnad sammenlignet med ny β -rist.

6.1.7 Ny inntaksrist og fiskeavleder med fangstinnretning ved Sagnfossen kraftverk – alternativ B6

Fangstinnretning ved Sagnfossen i stedet for Lutufallet er kun overfladisk diskutert i forbindelse med dette arbeidet. Prinsippene knyttet til ombygging av inntaket vil være tilsvarende som for Lutufallet, men med andre fordeler og ulemper.

En av de største fordelene ved å etablere tiltaket ved Sagnfossen vil være forhold knyttet til tapt kraftproduksjon i anleggsfasen med forberedning av vann, og i driftsfasen der vann slippes i fiskeavlederen. Årsproduksjonen i Sagnfossen er ca. 35 GWh som er ca. halvparten av årsproduksjonen i Lutufallet som er ca. 75 GWh. Det kan også være fordeler knyttet til vannhåndtering i byggeperioden og fangdam som er gunstigere ved Sagnfossen enn ved Lutufallet.

Den største ulempen ved å etablere tiltaket ved Sagnfossen ser tilsynelatende ut til å være lukene ved dammen, kombinert med kraftverkets lavere slukeevne, som medfører at det vil være svært vanskelig å samle fisken i flomvannsepisoder med (betydelig) overløp over dammen. Dette skyldes at all vannføring over dammen slippes som overflatetapping gjennom tre gummiluker med betydelig samlet lengde. For å konsentrere nedvandrende fisk til en adskilt nedvandningsvei kreves derfor trolig ombygging av dam/luker, da det må antas at mesteparten av fisken vil følge overflatevann gjennom gummilukene ved normale flomvannføringer (spesielt luka nærmest kraftverket).

Mandatet i dette mulighetsstudie har i hovedsak vært utredning av et alternativ til innsamling av fisk ved Lutufallet kraftverk, og en løsning ved Sagnfossen kraftverk er dermed ikke vurdert i detalj. Basert på vurderingene ovenfor utelukkes det ikke at en løsning ved Sagnfossen kan være like god eller bedre enn ved Lutufallet av hensyn til kostnader, men dette må sees nærmere på i videre faser før man konkluderer med hvilket alternativ man ønsker å ev. realisere.

7 Videre arbeid

I forbindelse med videre arbeid med prosjektet vil det være essensielt å gjøre en nærmere vurdering av kostnader forbundet med nedetid på kraftverk under bygging og verdien av tapt kraftproduksjon, da dette vil være betydelig sammenlignet med byggekostnadene.

Videre bør det gjøres en nærmere vurdering av om en løsning ved Sagnfossen kraftverk ev. kan være like god eller bedre med hensyn til den totale prosjektøkonomien.

Ved videre arbeid med den utredete løsningen ved Lutufallet kraftverk foreslås det at videre faser blant annet omfatter følgende aktiviteter:

- Innmåling av terreng og bergnivå i magasinet der tiltakene er planlagt med hensyn til videre detaljering og for å planlegge byggearbeider og fangdammer.
- Plassering og utforming av innløpet må optimaliseres slik at man tilfredsstiller krav til hastighetsøkning fra varegrinda til kritisk snitt. Dette vil kreve nærmere hydrauliske beregninger.
- Gjøre en nærmere vurdering av om en regulerbar luke til å justere vannføring i fiskeavlederen vil være gunstig både med hensyn til fiskevandring og med hensyn til tap av kraftinntekter i perioden fiskeavlederen er i drift.
- Utforming, plassering og rotasjon av pilarer og selve inntaket må optimalisere med hensyn på hydraulikk. Det vil være behov for å gjøre hydrauliske simuleringer av inntaket for å optimalisere dette.
- Dykking av varegrind må optimaliseres både med hensyn til omfanget av prosjektet og forhold knyttet til fiskevandring og is/drivgods.
- Nærmere prosjektering av forbiledning av vann i byggeperioden og fangdam må utføres i videre faser av prosjektet.
- Kartlegging med hensyn til miljøsanering og riving må utarbeides
- Nærmere vurdering av lukepilaren for sektorluka for å verifisere at denne ikke svekkes som følge av de foreslåtte tiltakene.

8 Kilder

Bergman, E, et al. 2015. *Produktion av vild laxsmolt i Klarälven*. s.l. : Karlstads Universitet. Lest i: Hedensskog m.fl. 2015. Vänerlaxens fria gång., 2015.

Calles, Olle, et al. 2013. *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenläggningar*. s.l. : Havs- och vattenmyndigheten. Rapport 2013:14, 2013.

Eidsiva. 2019. *Tiltaksplan for toveis fiskevandringar forbi Sagnfossen og Lutufallet i Trysilelva, Hedmark fylke*. s.l. : Eidsiva, 2019.

Gosset, C., et al. 2005. *Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant*. s.l. : River Research and Applications, 21 1095-1105, 2005.

Greenberg, L, et al. 2015. *Förbättrad nedströmspassage för vild laxfisk i Klarälven samt beteende hos utvandrande kelt (utlekt lax och öring)*. s.l. : Karlstads Universitet. Lest i: Hedensskog m.fl., 2015. Vänerlaxens fria gång. , 2015.

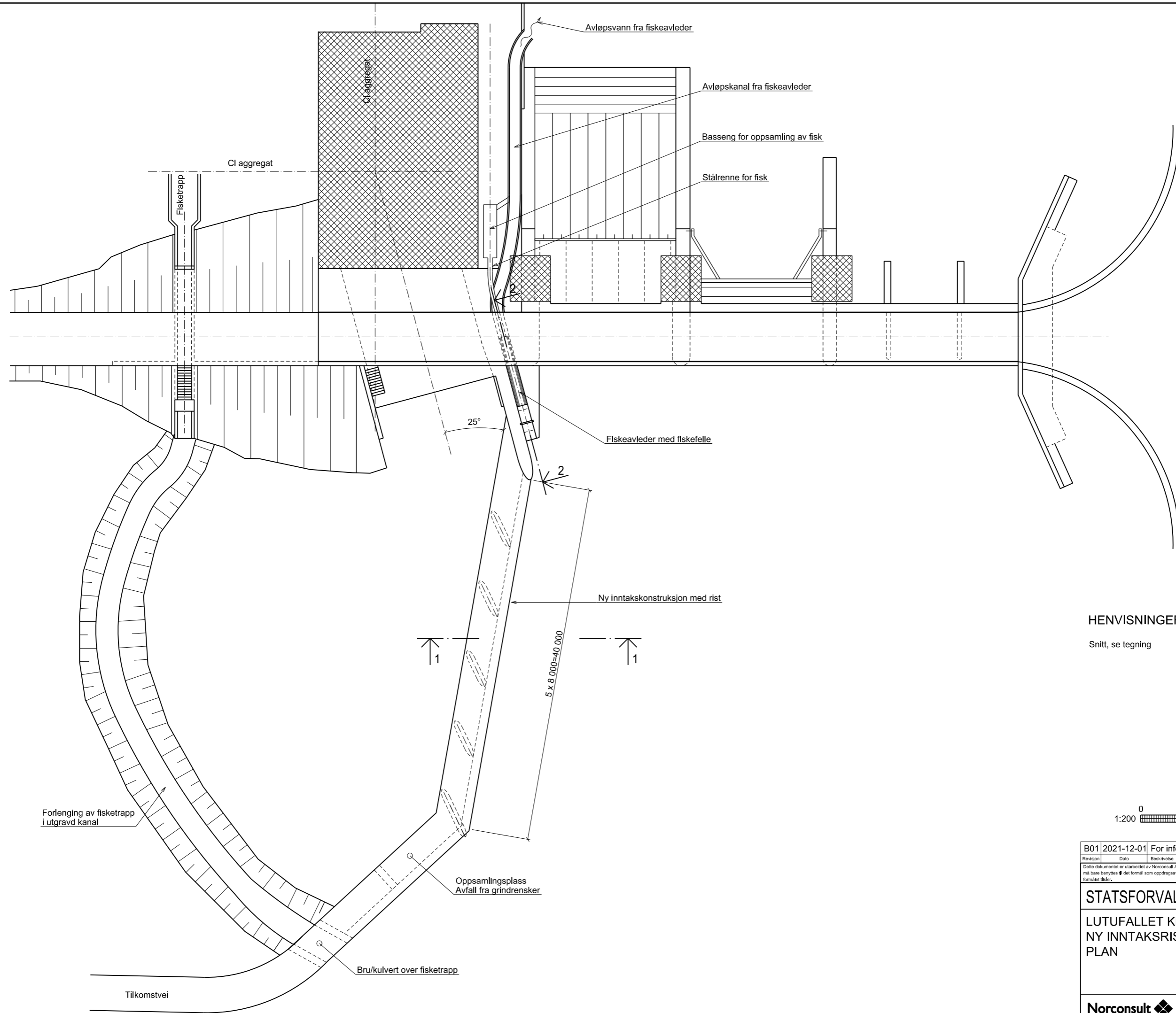
Hedensskog, M., Gustafsson, P. og Qvenild, T. 2015. *Vänerlaxens fria gång. Två länder, en älv. Ekologisk status och underlag till åtgärdsprogram for Klarälven, Trysilelva och Femundselva med biflöden*. s.l. : Länsstyrelsen i Värmlands län og Fylkesmannen i Hedmark, 2015.

Leonardsson, K. 2012. *Modellverktyg för beräkning av ålförluster vid vattenkraftverk*. s.l. : ELFORSK-rapport, 2012.

Pulg, U, et al. 2018. *Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker*. s.l. : Uni Research Miljø, 2018.

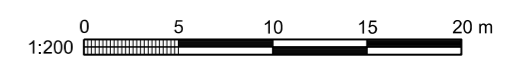
USFWS. 2017. *Fish Passage Engineering Design Criteria*. s.l. : U.S. Fish and Wildlife Service. USFWS, Northeast Region R5., 2017.

Volkhardt, G.C., et al. 2007. *Rotary Screw Traps and Inclined Plane Screen Traps*. s.l. : Salmonid field protocols handbook: techniques for assessing status and trends in salmon and trout populations, 13:235-266., 2007.



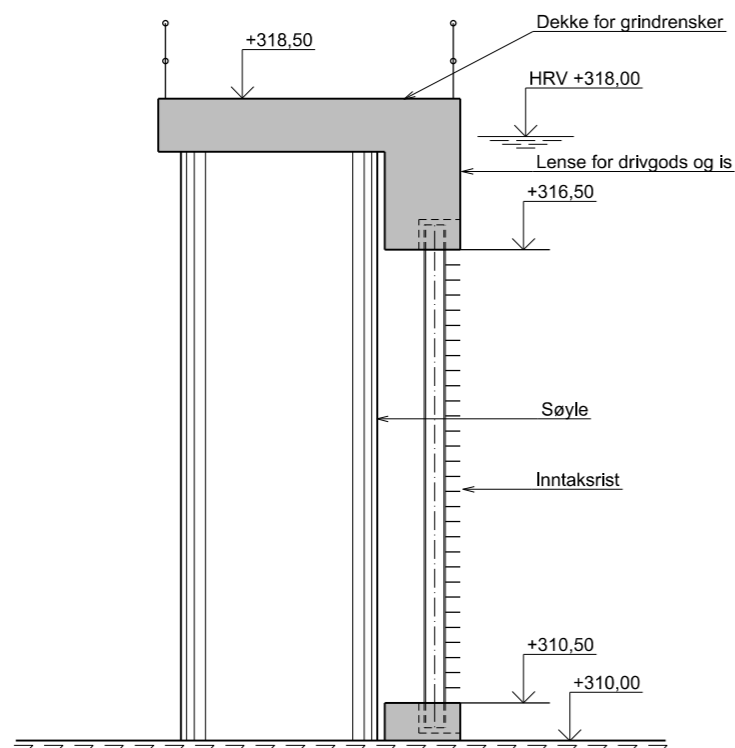
Tegningsnummer	Revisjon
B-01	B01

HENVISNINGER
 Snitt, se tegning B-02

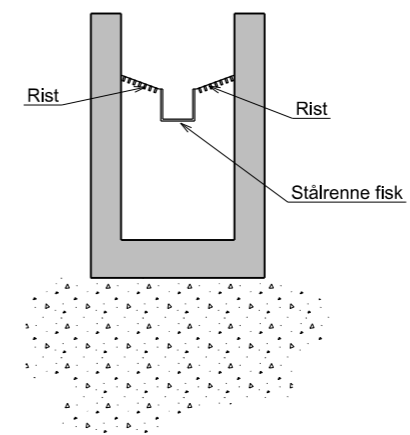


B01	2021-12-01	For informasjon/ kommentar	HaBer	KjSan	KjSan
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes i det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjengis på annen måte eller i større utstrekning enn formatet tillater.</small>					
STATSFORVALTEREN I INNLANDET					Målestokk (gjelder A1)
LUTUFALLET KRAFTVERK NY INNTAKSRIST OG FISKEFELLE PLAN					SOM VIST
Norconsult		Oppdragsnummer 52107527	Tegningsnummer B-01	Revisjon B01	

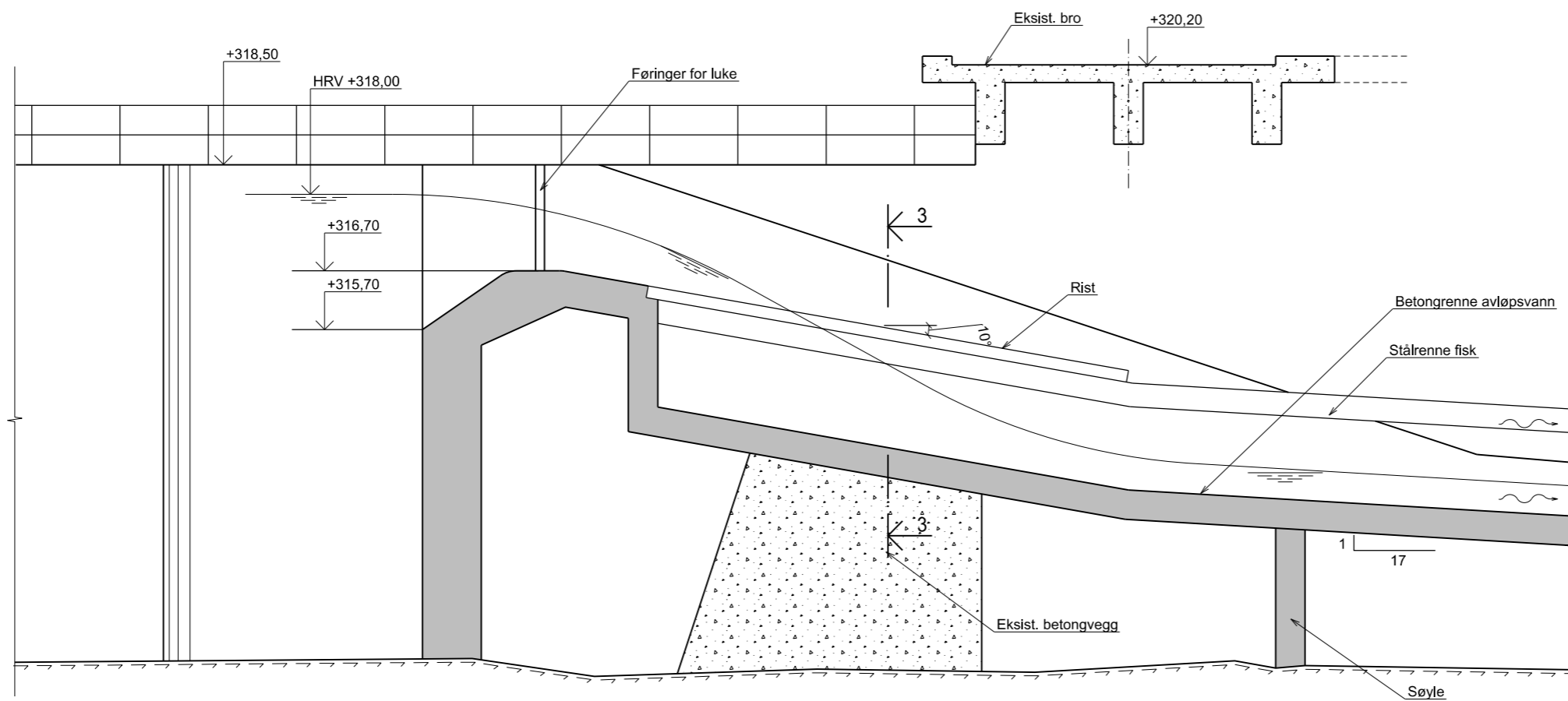
Oppdrag - M:\BilM\Konstruksjon\Ark\B-01.dgn - tbn - 01.12.21 - 13:59:52 - Mod: Ark - Ref: B-01.dgn; Dam_pkin.dgn; Dam_snit.dgn



Snitt 1-1 B-01



Snitt 3-3



Snitt 2-2 B-01

Tegningsnummer	Revisjon
B-02	B01

HENVISNINGER

Plan, se tegning B-01



B01	2021-12-01	For informasjon/ kommentar	HaBer	KjSan	KjSan
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

STATSFORVALTEREN I INNLANDET SOM VIST

LUTUFALLET KRAFTVERK
NY INNTAKSRIST OG FISKEFELLE
SNITT

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	52107527	B-02	B01

FISKEFELLE, LUTUFALLET KRAFTVERK		Dato	Utført	Fagkontroll		
Norconsult AS		2021-12-01	HaBer	GuSol		
Kostnadsoverslag bygg- og anleggstekniske arbeider						
Alle priser i NOK pr. 2021-12-01 eks. MVA						
Post	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Pris	Sum	Kommentar
1 Etablering, drift og avvikling					18 645 600	
	Rigg og drift av byggeplass	60	%		15 345 600	Av post 2-4
	Vannhåndtering i byggetid (pumping etc.)		RS	800 000	800 000	Ikke inkludert tapt kraftproduksjon
	Fangdam		RS	2 500 000	2 500 000	
2 Inntak					18 296 500	
	Rivearbeider		RS	1 500 000	1 500 000	
	Sprenging	800	m ³	800	640 000	
	Bolter i berg	100	stk	2 000	200 000	
	Betong	500	m ³	3 200	1 600 000	
	Armering	55 000	kg	30	1 650 000	
	Forskaling	1 200	m ²	1 600	1 920 000	
	Utlekking av fylling	2 000	m ³	500	1 000 000	
	Rekkverk	100	m	4 000	400 000	
	Inntaksrist		RS	4 000 000	4 000 000	
	Grindrensker		RS	2 500 000	2 500 000	
	Bru/kulvert over fisketrapp		RS	500 000	500 000	
	Uspesifisert	15	%	-	2 386 500	
3 Fiskeavleder og fiskefelle					6 750 500	
	Rivearbeider		RS	1 000 000	1 000 000	
	Bolter i berg	20	stk	2 000	40 000	
	Betong	300	m ³	3 200	960 000	
	Armering	35 000	kg	30	1 050 000	
	Forskaling	900	m ²	1 600	1 440 000	
	Rist i fiskeavleder	1 000	kg	300	300 000	
	Ståltrene		RS	200 000	200 000	
	Bjelkestengsel		RS	80 000	80 000	
	Trapper, stålrepos, gitterrister etc.		RS	300 000	300 000	
	Ny driftsbygning		RS	500 000	500 000	
	Uspesifisert	15	%		880 500	
4 Forlenging av fisketrapp					529 000	
	Graving inkl. avdekking	1 300	m ³	300	390 000	
	Utlekking av filter, erosjonshud og vekstjord	200	m ³	350	70 000	
	Uspesifisert	15	%		69 000	
5 Byggherrekostnader					6 633 240	
	Planlegging, admin, prosjektering, byggeledelse	15	%		6 633 240	Av post 1-5
	Sum alle arbeider				50 854 840	Av post 1-6
	Uforutsett	15	%		7 628 226	Av sum alle arbeider
Totalsum avrundet nærmeste kr 10 000					58 480 000	