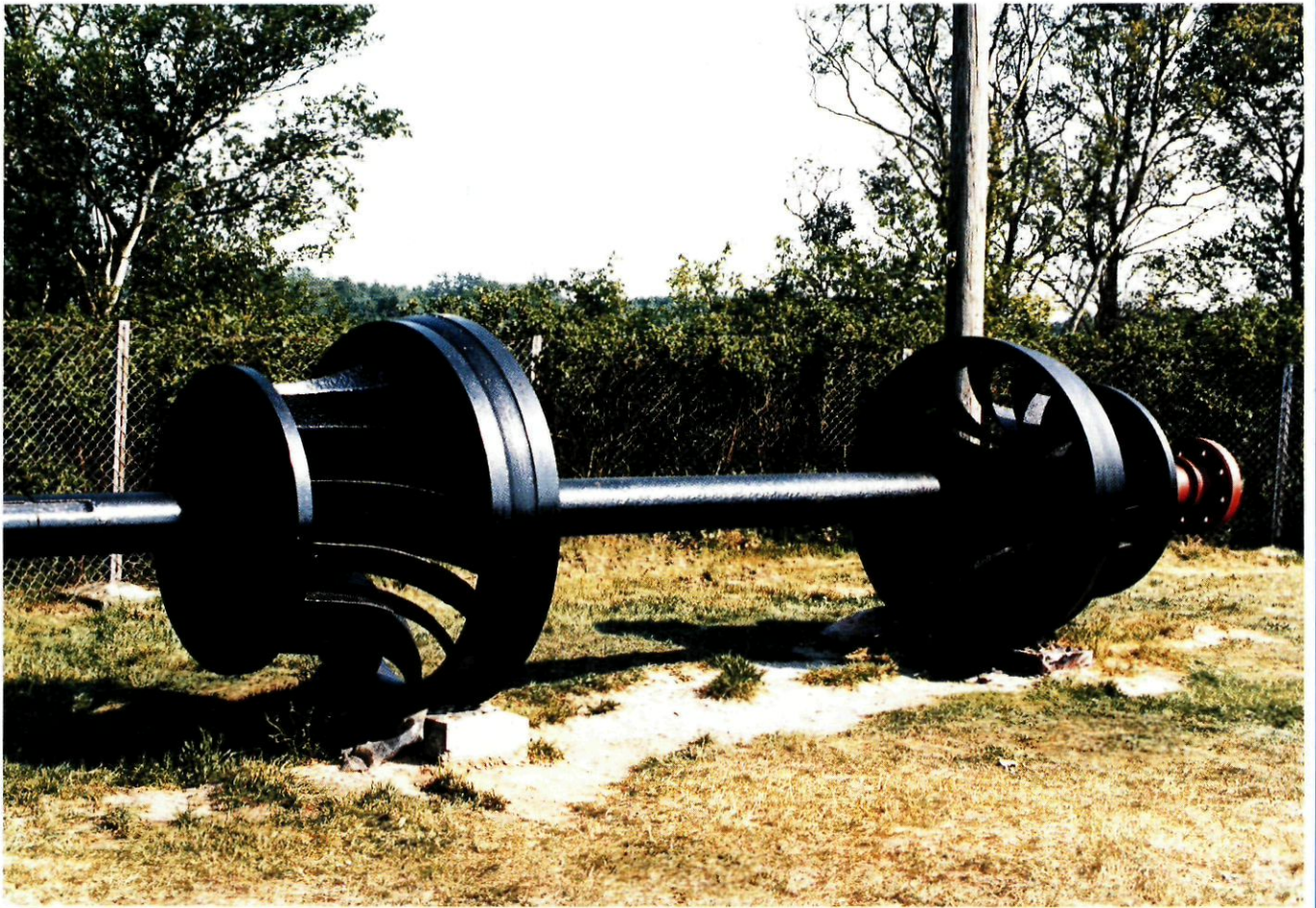


Århus, Viborg og Vejle Amtskommune

Gudenåkomitèen — Rapport nr. 15



**FISKENES PASSAGE GENNEM
TURBINEANLÆG I GUDENÅEN**

FISKENES PASSAGE GENNEM TURBINEANLÆG I GUDENÅEN



Udarbejdet for Gudenåkomitéen
af Hansen & Wegner I/S, Skjern
Sagsbehandler: Rådg. biolog Søren Berg

REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Gudenåkomiteen, c/o Århus amtskommune, Lyseng Alle 1, 8270 Højbjerg.

Titel: FISKENES PASSAGE GENNEM TURBINEANLÆG I GUDENAEN.

Forfatter: Søren Berg, Hansen & Wegner I/S, Søndergade 9, 6900 Skjern.

Resume: Rapporten omhandler forsøg med gennemslipning af ål (*Anguilla anguilla* (L.)) og ørred (*Salmo trutta* L.) gennem turbineanlæggene i Gudenåens hovedløb, d.v.s. ved Gudenåcentralen, Silkeborg Papirfabrik, Ry Mølle, Vilholt Mølle og Vestbirk Kraftværk.

Til forsøgene blev anvendt ål i blankålstørrelse (30-60 cm), ørred i smoltstørrelse (10-18 cm) og ørred i voksenstørrelse (38-45 cm, ved Ry Mølle dog regnbueørred (*Salmo gairdneri* R.) i størrelsen 20-25 cm).

Turbineanlæggene ved Ry Mølle og Vilholt Mølle skader kun fisk i meget ringe omfang, mens de øvrige anlæg skader en uacceptabel del af de fisk, der passerer med vandet gennem turbinerne.

Resultaterne peger i retning af, at langsomt kørende Francis turbiner (under 100 omdr./minut) med lav faldhøjde ikke synes at udgøre nogen hindring for nedstrøms trækende fisk, hvorimod hurtigt kørende Francis turbiner (over 200 omdr./minut) og Kaplan turbiner skader et betydeligt antal fisk.

Emneord: Vandløb, turbiner, ål, ørred, skadeprocent.

English Title: PASSAGE OF FISH THROUGH TURBINES IN THE RIVER GUDENA.

Summary: The study deals with the passage of eel (*Anguilla anguilla* (L.)) and brown trout (*Salmo trutta* L.) through the turbines of the largest stream of Denmark, Gudenå, e.g. four electric power stations: Gudenåcentralen, Ry Mølle, Vilholt Mølle and Vestbirk kraftværk and one paper mill, Silkeborg Papirfabrik.

For the experiment were used silver eels (30-60 cm), smolts (10-18 cm) and brown trouts (38-45 cm), at Ry Mølle were used rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) (20-25 cm).

Only a small part of the fish are injured by the turbines of Ry Mølle and Vilholt Mølle, whereas the other turbines injured an unacceptable high part of the fish passing through.

The results indicate that fish migrating down stream, are not obstructed by slowly (< 100 r.p.m.) rotating Francis turbines with a low drop. Fastly rotating Francis turbines (> 200 r.p.m.) and Kaplan turbines injure a considerable amount of fish.

Key Words: Stream, turbines, eel, trout, injure.

Format: A4

Sideantal: 26 sider tekst + 9 sider med fotos.

Oplag: 500

ISBN: 87-7295-216-4

Tryk: Jelling Bogtrykkeri A/S

Forsidefoto: Dobbelt løbehjul fra Gudenåcentralens Francis turbiner.

Bagsidefoto: Nærbillede af et løbehjul. Man ser tydeligt de enkelte skovlblade.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	side 1
2. Fremgangsmåde	3
2.1 Forsøgsmaterialet	3
2.2 Grader af beskadigelse	4
2.3 Forsøget ved de enkelte turbineanlæg	6
Gudenåcentralen	6
Silkeborg papirfabrik	9
Ry Mølle	10
Vilholt Mølle	11
Vestbirk Vandkraftanlæg	12
3. Resultater	14
3.1 Genfangster og skader	14
3.2 Størrelsen af de genfangne fisk	15
3.3 Graden af beskadigelse	16
3.4 Et tidligere forsøg ved Ry Mølle	17
4. Diskussion	17
4.1 Genfangster og skader	17
4.2 Størrelsen af de genfangne fisk	20
4.3 Graden af beskadigelse	20
4.4 Turbineanlæggene og den vilde fiskefauna	21
5. Sammenfatning	23
6. Litteratur	25
Bilag: Fotoserie fra forsøgene	

I . INDLEDNING

Udnyttelse af vandkraft i Danmark finder i dag hovedsagelig sted i form af turbinedrift til elektricitetsfremstilling. Der findes over 40 vandkraftanlæg /16/ i drift hvoraf de fem ligger ved Gudenåens hovedløb. Nævnt nedstrøms fra drejer det sig om Gudenåcentralen, Silkeborg Papirfabriks turbineanlæg, Ry Mølle, Vilholt Mølle og Vestbirk Vandkraftværk, (fig. 1).

Et generelt krav i de recipientkvalitetsplaner der i dag gælder for Gudenåen, er kravet om passagemulighed for fisk ved alle opstemninger, opstrøms som nedstrøms. Gudenåkomiteen har derfor ønsket at undersøge i hvor stor udstrækning nedstrøms vandring hindres af de nævnte fem vandkraftanlæg, eller med andre ord i hvor stor udstrækning recipientkvalitetsplanernes krav er opfyldt.

Der er derfor i januar 1988 blevet rettet henvendelse til rådg. biologer HANSEN & WEGNER I/S, Skjern om at udføre en sådan undersøgelse.

Undersøgelsen er rettet mod to vigtige fiskearter i vore vandløb, ål (*Anguilla anguilla* (L.)) og ørred (*Salmo trutta* L.). For begge vedkommende omfatter deres livscyklus en nedstrøms vandring i vandløbet. Ål vandrer ved kønsmodning mod havet og ørred vandrer som ungfisk samt efter gydning til en nedstrøms vandløbsstrækning, en sø eller havet. I den henseende kan ørred sammenlignes med flere andre laksefiskearter.

De følgende, som på forskellig måde har været involveret i forsøgene, skal takkes for deres hjælp uden hvilken, forsøgene ikke kunne være gennemført:

Medhjælperne fra Aarhus, Viborg og Vejle amter

Dambruger Peder Ebbesen, Hårkær dambrug

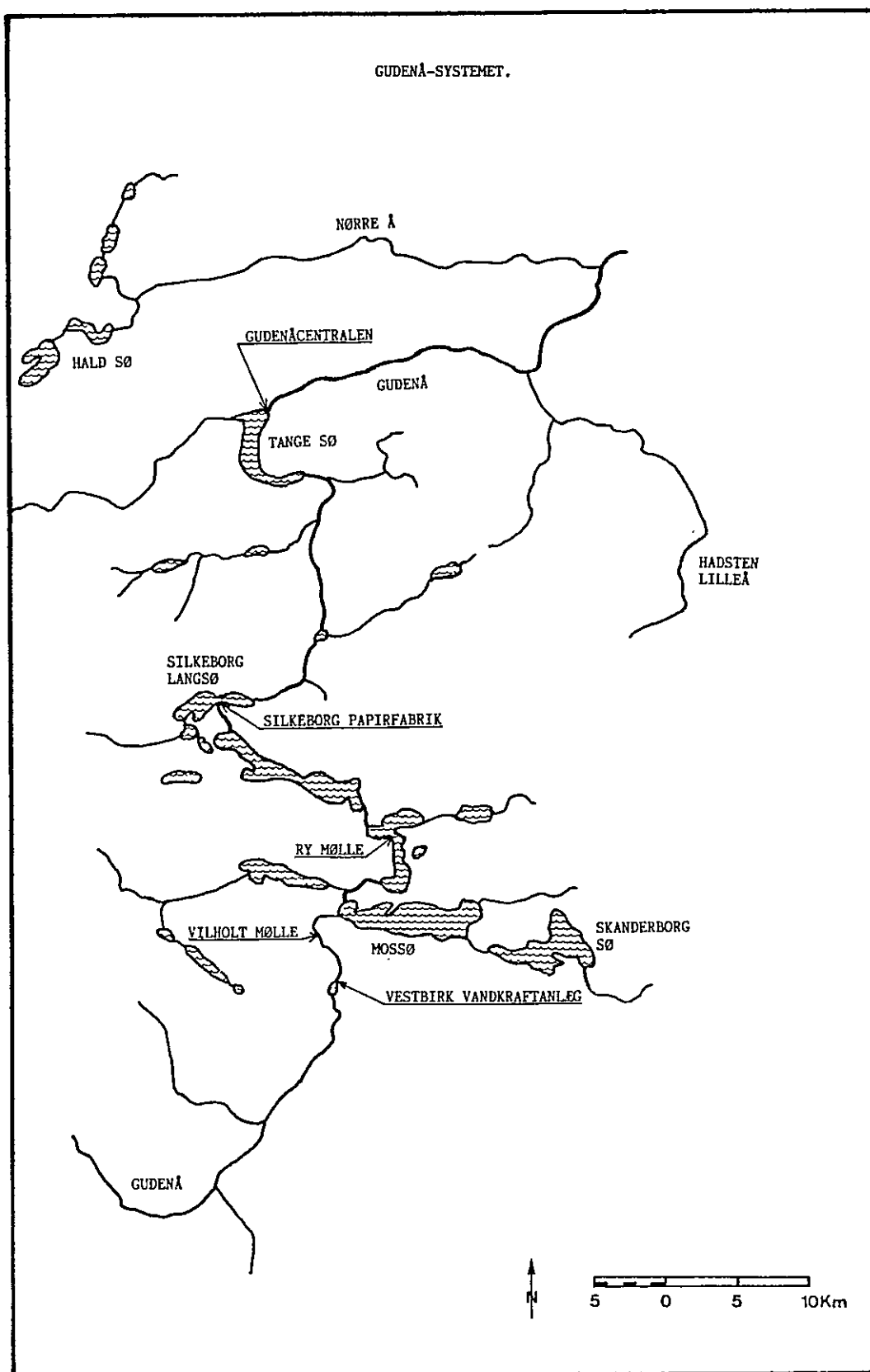
Fiskeeksportør Henning Brasen, Hemmet

Vodbinder Jørgen Nielsen, Velling

Biolog Gert Holdensgaard, Brusgaard

Ferskvandsøkologisk Institut, Silkeborg

og sidst, men ikke mindst ejerne af og personalet ved de fem turbineanlæg.



Figur 1. Kort over Gudenå-systemet med placering af de fem turbineanlæg.

II FREMGANGSMÅDE

Undersøgelsen er udført efter samme retningslinier, som forsøg udført så tidligt som i 1930'erne af biologen C. V. Otterstrøm /1/. Her blev forsøgsfisk sendt gennem en turbine og opsamlet efter passage, hvorefter skader på fiskene blev registreret.

Der er i denne undersøgelse udført forsøg med tre grupper af fisk: ål i blankålstørrelse, ørred i ungfiske- eller smoltstørrelse og ørred i voksen størrelse (væsentlig større end ungfisk).

2.1 FORSØGSMATERIALET

Forsøgsfiskene

Det var planlagt at bruge 100 ål, 200 smolt og 40 voksne ørreder pr. forsøg. På grund af dødsfald blandt fiskene, blev antallet reduceret i nogle af forsøgene.

Alle forsøgsfiskene blev, i forsøgsperioden, holdt i tanke på Ferskvandsøkologisk Institut i Silkeborg og transporteret ud til de enkelte forsøg i Instituttets fisketransporter. Fiskene var alle 100 % fodertomme på forsøgstidspunktet.

Fiskene udvalgte så den naturlige spredning i størrelse indenfor hver af de tre grupper blev efterlignet. I figur 2, 3 og 4 ses størrelsesfordelingen indenfor hver gruppe, målt på et tilfældigt udtaget prøve. Alle længder er totallængde.

Gennemsnitsstørrelsen for ålene var 41.7 cm (30 - 59 cm, fig. 2). I en naturlig bestand af blankål i Brede å er gennemsnitsstørrelsen fundet til 40.8 cm (31 - 84 cm) /2/. Det er således kun i den øverste ende af størrelsesfordelingen, forsøgsfiskene afviger fra en naturlig bestand. Ålene til forsøgene stammede fra Ringkøbing fjord, fanget i bundgarn ved erhvervsfiskeri.

Ved ørred af smoltstørrelse blev gennemsnitsstørrelsen fundet til 14.8 cm (10 - 18 cm, fig. 3), som kan sammenlignes med størrelsen på naturlig smolt fra Brandstrup bæk, et mindre tilløb til Gudenåen. Her er gennemsnitslængden ca 13 cm (8 - 21 cm) /3/. I 1984 blev gennemsnitslængden af smolt, der passere Gudenåcentralen, målt til 16.4 cm. /15/.

For voksen ørred fandtes gennemsnitsstørrelsen til 41.6 cm (38 - 48 cm, fig. 4). For denne gruppe er størrelsesvariationen i naturen imidlertid meget større. For havørred vil variationen således ofte være fra 25 - 90 cm. Alle ørreder stammer fra Hårkær Dambrug ved Hoven.

Påfyldningsrør

For at sikre, at forsøgsfiskene virkelig kom igennem turbinen, blev der i alle forsøg benyttet et PVC kloakrør

som påfyldningsrør. Røret, 6 m langt og 160 mm i diameter, blev i alle forsøg stukket ned i vandet i indløbskammeret, så det pegede direkte mod indløbet i en turbine i en afstand af 1 - 2 m.

Net til genfangst

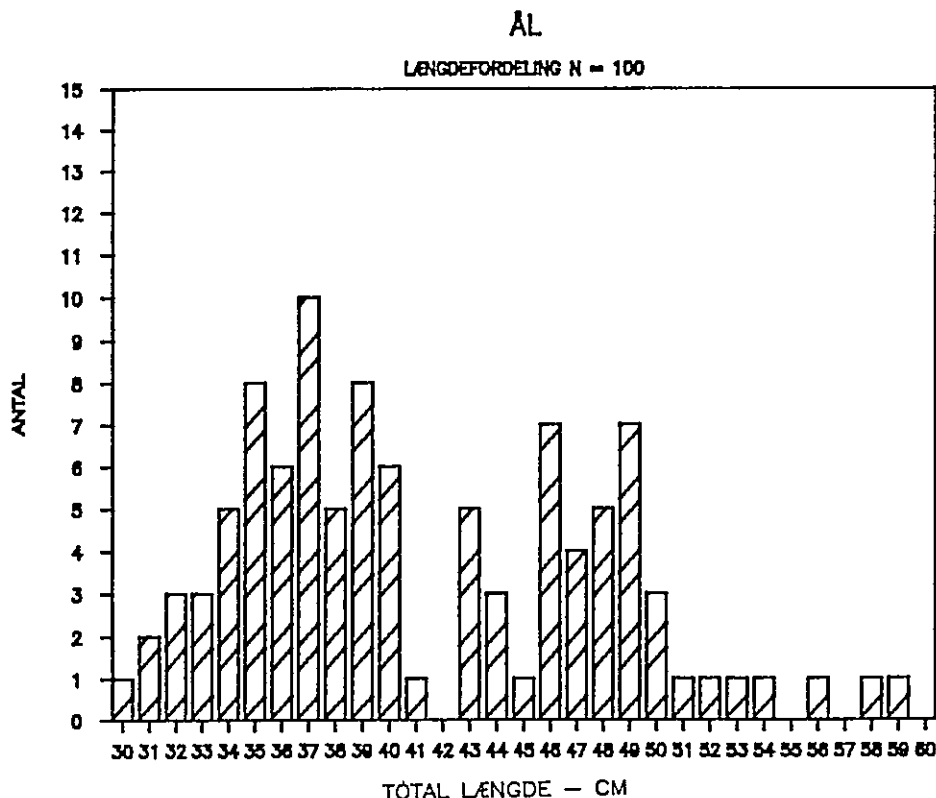
Nettet til genfangst af forsøgsfiskene var dimensioneret, så det kunne bruges til alle fem forsøg (se foto nr.1, bilag). Nettet var tragtformet, 16.5 m langt og ved tragtens åbning 20 m i omkreds. Abningen var forsynet med line hele vejen rundt. For hver meter var der påsat øjer (at sammenligne med gardinringe). Nettypen var nr. 5 flettet, knudløs nylon med 10 mm maskestørrelse. Før tragtens spids var der indsat en kalv hængt op i 3 bambusringe. Efter kalven reduceredes maskestørrelsen til 8 mm. Spidsen af nettet var ca. 2 m i omkreds og lukket med en rimpesnor.

Træramme

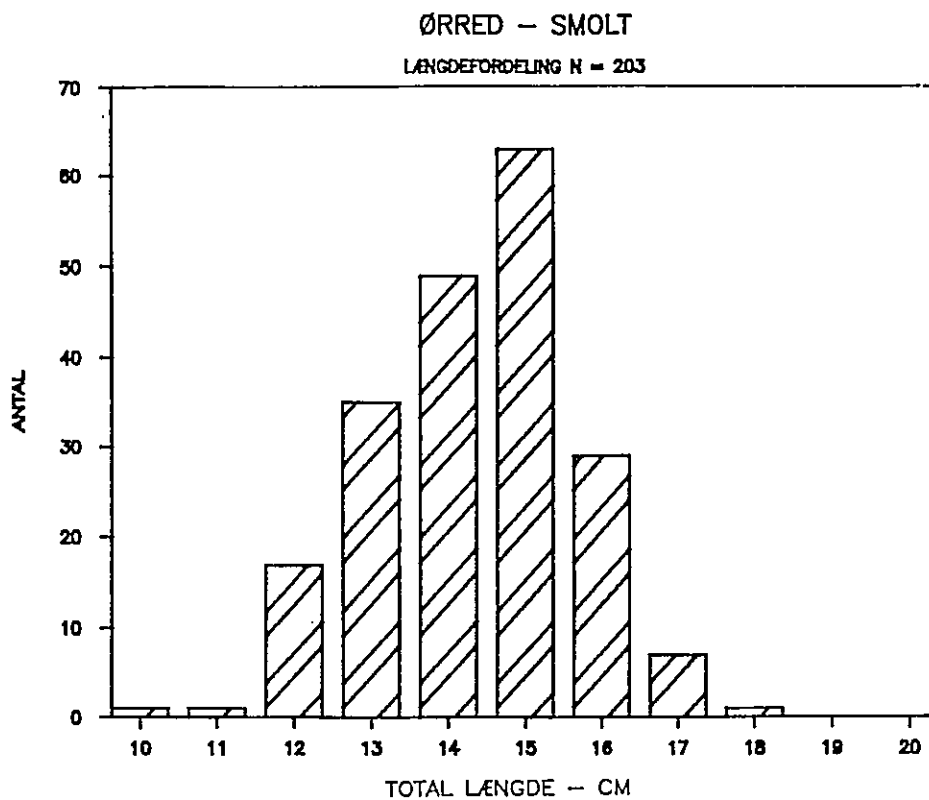
Ved flere forsøg blev fangstnettet fæstet på en træramme, som blev sænket ned foran udstrømningsåbningen fra turbinen. Rammen blev konstrueret af 4x4 tommer tømmer som opstandere og 5x5 tommer tømmer som over- og underligger.

2.2 GRADER AF BESKADIGELSE

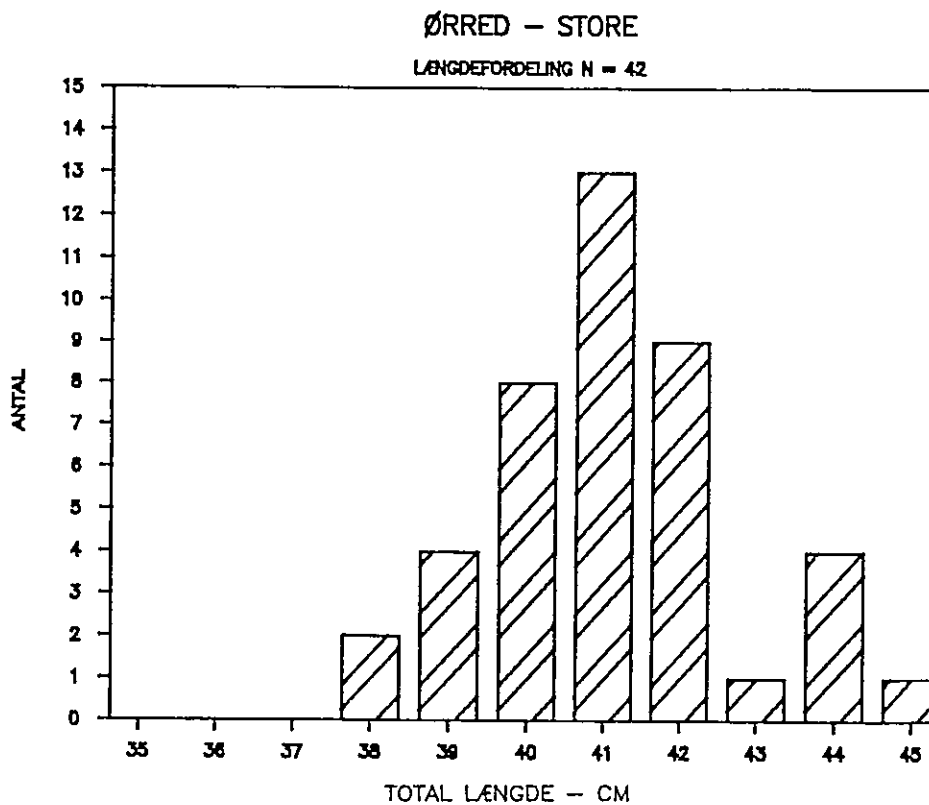
Graden af beskadigelse er blevet undersøgt ud fra en vurdering af om den beskadigede fisk kunne overleve. Alle fisk med åbne sår eller endnu større skader er regnet for svært kvæstede og ude af stand til at overleve.



Figur 2. Størrelsesfordeling af ål til forsøgene. Målt på en tilfældigt udtaget prøve.



Figur 3. Størrelsesfordelingen af ørred-smolt til forsøgene. Målt på en tilfældigt udtaget prøve.



Figur 4. Størrelsesfordeling af store (voksne) ørreder til forsøgene. Målt på en tilfældigt udtaget prøve.

2.3 FORSØGET VED DE ENKELTE TURBINEANLÆG

Der følger nu dels en teknisk beskrivelse af hvert af de fem anlæg dels en beskrivelse af forsøgsforløbet i hvert enkelt tilfælde. Fælles for alle fem anlæg er at de normalt benytter den fulde vandmængde i åen, undtagen vand til en fisketrappe (Gudenåcentralen og Silkeborg Papirfabrik). I tabel 1 er samlet nogle vigtige tekniske data om de fem anlæg.

Anlæg	Max fald- højde /meter	Omdrejninger /minut	Løbehjuls diameter /meter	Løbehjuls max fart km/timen
Gudenå- centralen (F)	9.0	214	1.20	48.3
Silkeborg Papirfabrik (K)	2.3	107	2.30	46.4
Ry Mølle (F)	1.55	72	ca 2.0	ca 27.1
Vilholt Mølle (F)	2.70	94	1.20	21.3
Vestbirk Vandkraftværk (F)	9.5	375	0.78	55.1

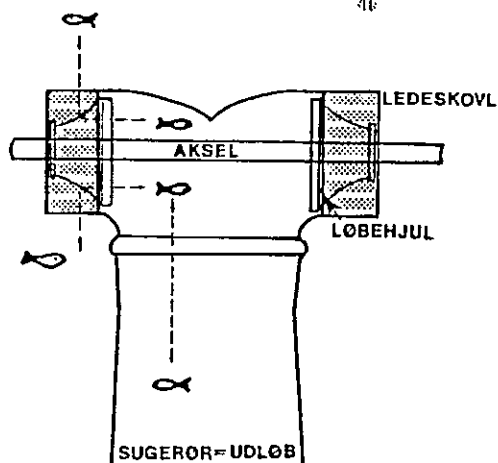
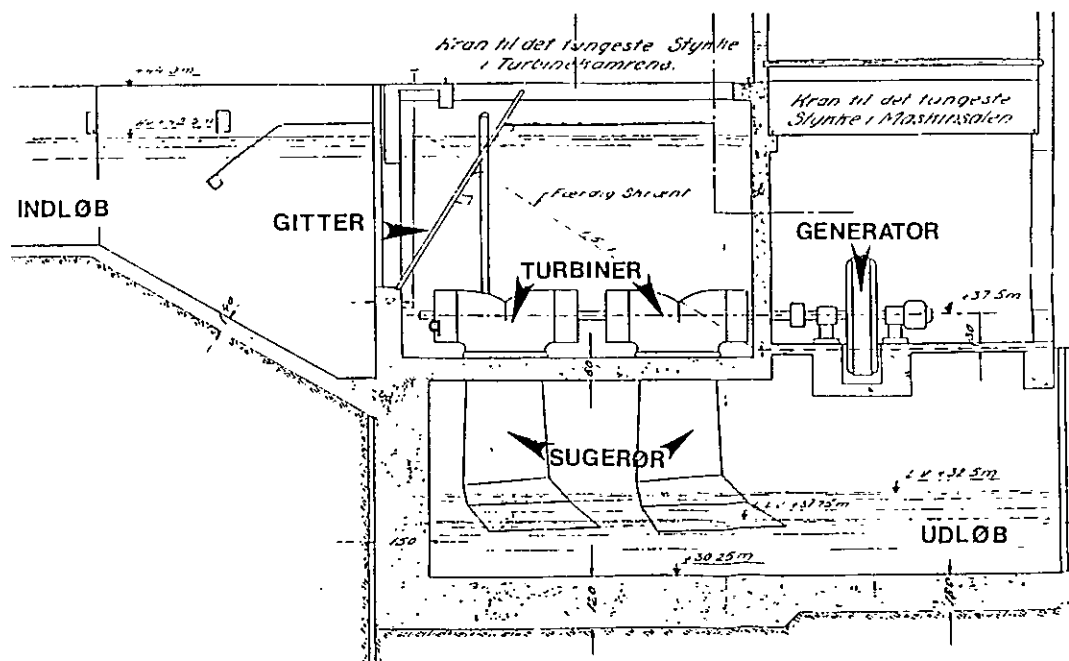
Tabel 1. Nogle vigtige tekniske data fra de fem elkraftanlæg. Ved løbehjuls max fart forstås omkredsens hastighed. (F)= Francis - turbiner. (K)=Kaplan - turbine.

GUDENÅCENTRALEN VED TANGE

Teknisk beskrivelse

Anlægget består af tre sæt turbiner af Francis - typen, og er teknisk magen til Vestbirk Vandkraftanlæg (fig. 5).

Hvert sæt består af to dobbelte turbiner på en vandret liggende aksel (fig. 5) I det ene sæt (som blev brugt til forsøget) kan den ene dobbeltturbine gå alene. De to løbehjul (forsidefoto) i hver turbine er 1.20 m i diameter og har 16 skovlblade. Under drift gør de 214 omdrejninger/min. Vandet ledes ind til løbehjulet gennem en krans af indstillelige ledeskovle.



Figur 5. Længdesnit gennem Vestbirk Vandkraftværk. Man ser et turbinekammer med to dobbeltturbiner med hver sit sugerør, der stikker ned i bagvandet i udstrømningsåbningen. Akslen fra turbinerne går gennem væggen ind til generatoren i generatorhallen. I udsnit ses en turbin med passagevej for fisk gennem ledeskovle og løbehjul.

Omdrejningstallet på en turbin er bestemt af turbinens konstruktion og altid det samme under drift. Den effekt turbinen udvikler er bestemt af den vandmængde, der via ledeskovlene strømmer gennem turbinen. Jo mere elektricitet generatoren skal producere, jo sværere er den at drive rundt, og det bestemmer hvor meget vand, der skal ledes gennem turbinen. Omdrejningstallet er altså uafhængigt af vandforbruget.

Indløbskamrene over turbinerne er ca. 5 m dybe. Foran kamrene findes en afgitring bestående af en rist med 20 mm tremmeafstand. En opmåling af risten foretaget i 1984 viste dog at tremmeafstanden svinger fra 20-36 mm. med et gennemsnit på 29.4 mm. /15/. Herudover findes der en lysspærring, der skal lede nedtrækkende fisk i retning af fisketrappen. Den synes dog ikke at virke efter hensigten /15/.

Udløbet fra hver dobbeltturbin består af et tragtformet rør (kaldet et sugerør, da der skabes vacuum i røret), der når ned under vandspejlet i bagvandet under anlægget. Røret har anseelige dimensioner: ved munden 3.6 m i diameter og 11.3 m i omkreds. Sugereørene fra to dobbelt-

turbiner udmunder i deres eget udstrømningsrum, som er 20.65 m langt, 5.30 m bredt og ca. 4 m højt (over vand-spejlet). Mellem sugerørene og væggen er der 0.85 m i hver side.

Faldhøjden ved anlægget er ca. 9.0 m, som dog varierer med årstiden. Hver turbine udvikler mellem 1500 og 2150 HK afhængig af faldhøjden.

Ved Gudenåcentralen findes en fisketrappe af modstrøms-typen.

Forsøgets forløb

Forsøget blev udført den 16 maj 1988 fra kl. 9 - 17. Indledningsvis blev alle turbiner standset for at sænke vandstanden nedstrøms værket. Herved blev det lettere at arbejde inde i udstrømningsrummet ved sugerøret.

Fangstnettet blev nu monteret omkring sugerøret på den turbine, der skulle bruges til forsøget. Gennem øjerne på nettets forkant blev der trukket et reb, som herefter kunne spændes omkring sugerøret (se foto nr. 2). Montagen foregik fra en jolle og en kano, da vanddybden under sugerørene er mellem 3 og 4 m. Kanoen var nødvendig, da den var smal nok til at kunne komme gennem passagen mellem sugerøret og udstrømningsrummets væg og om bag røret. Montagen var meget vanskelig og tog ca. 2 ½ time.

Efter montagen blev forsøgsturbinen startet på lavest mulige belastning (6 m³/sek) for at se, hvordan nettet opførte sig, når der var vandtryk på. Denne prøve forløb fint.

Herefter blev påfyldningsrøret monteret. I trædækket over indstrømningsrummet blev røret sænket ned gennem en inspektionsluke til det rørte ved ledeskovlene, derefter hævet ca 1 m og fasttspændt med reb.

Alt var nu klart til selve forsøget, og forsøgsfiskene blev bragt i position, ialt 80 ål, 200 ørreder i smoltstørrelse og 28 ørred i voksenstørrelse. Forsøgsturbinen blev startet og sat til at køre med normal belastning (8 m³/sek). Det svarer til en åbning mellem hver ledeskovl på ca. 8 cm. Så snart turbinen kørte med fuld drift, blev fiskene holdt i påfyldningsrøret, smolt først, herefter ål og voksen ørred sammen. Påfyldningen tog ca. 10 min. Efter yderligere 5 min. blev turbinen standset og påfyldningsrøret fjernet.

Fangstnettet blev nu røgtet hurtigst muligt, hvorved hovedparten af genfangsterne blev samlet. Mens de blev optalt, blev fangstposen afmonteret på en måde, der sikrede at evt. fisk, der befandt sig foran kalven i posen, ikke undslap. Det gav nogle flere genfangster. Fangstposen blev inspiceret og fundet intakt.

Efter oprydning afsluttedes forsøget.

SILKEBORG PAPIRFABRIK

Teknisk beskrivelse

Anlægget består af en turbine af Kaplan - typen. På denne turbinetype kan såvel ledeskovle som skovlbladene på løbehjulet reguleres. Turbinen står på højkant og virker på samme måde som en propel i et rør.

Løbehjulet har en diameter på 2.3 m, 4 skovlblade og kører med 107 omdrejninger/min.

Afgitringen foran værket består af flere gitre. Foruden en permanent rist med 65 mm tremmeafstand findes et spærregitter af 12 - 13 mm trådvæv, der i perioden 1. maj til 1. okt. sænkes ned foran risten i tidsrummet 18.00 - 06.00. Imens skal der gives frivand gennem en fisketrappe, der er af kammertypen.

Der findes ikke, som på Francis - turbinerne på Gudenåcentralen, sugerør ved udløbet af turbinen. Udstrømningsåbningen består af en i maskinhuset støbt tunnel, der ligger under bagvandets vandspejl.

Faldhøjden varierer mellem 1.7 og 2.3 m. Maksimal ydelse er 375 HK. Til brug ved inspektion af turbinen findes der stigbord ved både indløbet og bagvandssiden.

Forsøgets forløb

Forsøget blev udført den 17. maj 1988 fra kl. 9 - 17. Se fotos nr. 3 - 9.

En træramme i målene 5.53 x 3.30 m blev tømret på stedet, hvorefter turbinen blev standset. Netposen fæstedes til rammen med kroge, og ved hjælp af en gaffeltruck fra papirfabrikken sænkedes rammen ned i falserne til bagvandsstigbordene. Et stigbord, der består af træbeklædt jern, blev lagt ovenpå rammen for at overvinde opdriften i træet og for at sikre, at rammen lå tæt mod bunden i udstrømningsåbningen.

Turbinen startedes for at prøve fangstnettet, der holdt fint. Fra selve turbinen og hen til trærammen var der en afstand på ca. 11 m.

Herefter blev påfyldningsrøret monteret. På grund af anlæggets opbygning var det ikke muligt at få røret til at pege direkte mod turbinen. Det mandede ud ca. 1.5 m under ledeskovlens niveau i 2 - 3 meters afstand. Ikke nogen ideel placering, men den eneste mulige.

Før monteringen af påfyldningsrøret var forsøgsfiskene blevet hentet. Til forsøget blev der brugt i alt 80 ål, 200 ørred i smoltstørrelse og 30 voksen ørred.

Turbinen havde kørt under monteringen af røret og alt var således klar til selve forsøget. Først blev smoltene hældt på og derefter ål og store ørreder sammen. Påfyldningen tog ca. 10 min. Under og efter påfyldningen blev der hældt vand i påfyldningsrøret for at sikre, at fiskene ikke blev stående i røret. Herefter kørte turbinen i ydeligere 10 min., hvorefter fangstnettet blev

røgtet. Under røgtningen blev turbinen holdt i gang for at undgå, at uskadte fisk skulle svømme ud af nettet igen og ind i udstrømningsåbningen.

Da mængden af genfangster umiddelbart så lille ud, blev der elektrofisket i det åbne vand mellem udstrømningsåbningen og netrammen. Det kunne iagttages, hvordan der stod adskillige uskadte smolt i vandstrømmen. Turbinen blev kørt ned på tomgang, og netrammen blev ved hjælp af gaffeltrucken hævet op af vandet. Imens blev der fortsat elektrofisket foran netrammen for at forhindre fisk i at svømme ud af nettet.

Resultatet blev herefter talt op og efter oprydning blev forsøget afsluttet.

RY MØLLE

Teknisk beskrivelse

Anlægget består af to Francis - turbiner. Turbinerne står ved siden af hinanden og kan benyttes enkeltvis. Indstrømningskamrene er separate.

Modsat Gudenåcentralen drejer løbehjulene vandret og akslerne står lodret (en vertikal Francis - turbine). Hvert løbehjul er ca. 2 m i diameter og løber med 72 omdrejninger/min. Hver turbine udvikler ca. 60 HK. Faldhøjden varierer mellem 1.35 m og 1.55 m.

Afgitringen foran indstrømningsåbningerne består af to riste med hhv. 60 og 80 mm. tremmeafstand. Ristene sidder med ca. 2 m's mellemrum umiddelbart opstrøms maskinhuset. Der findes ingen fisketrappe, men en fungerende ålekiste.

Der er ikke noget egentligt sugerør på turbinerne. Udstrømningsåbningerne fra de to turbiner er støbt i maskinhuset. Ved husvæggen er hver åbning ca. 4 meter bred og 1.8 m høj. Overkanten af åbningerne ligger under bagvandets vandspejl. Underkanten af åbningerne synes at være krum, og bunden ud for huset er belagt med store kampesten helt ind til husvæggen. Midt i hver åbning står en betonpille indfældet i muren.

Der er ikke nogen platform bag maskinhuset som ved Silkeborg Papirfabrik. Muren på maskinhuset fortsætter direkte ned i bagvandet (se fotos nr. 10 - 11).

Forsøgets forløb

Forsøget blev udført den 18. maj 1988 kl. 9 - 15.

Det var planlagt, at den træramme, der var brugt ved Silkeborg Papirfabrik, skulle benyttes uændret med samme montering af netposen. På grund af maskinhusets form skulle trærammen samles inde på bredden nedenfor anlægget, sejles hen til maskinhuset og rejses på højkant ved bygningens væg.

Rammen blev samlet og sejlet hen til husvæggen. Her viste

det sig imidlertid at være umuligt at rejse den op på højkant på grund af det meget usikre fæste, der er i en båd. Flere forsøg på, ved hjælp af trosser, at trække rammen på højkant mislykkedes også.

Efter flere timers forgæves forsøg på at få rammen på plads blev forsøget afbrudt og forsøgsfiskene, der stod klar i transportvogn, returneredes til opbevaringsstankene.

Om tidligere undersøgelser af fiskepassage ved Ry Mølle er refereret i afsnit 3.4.

VILHOLT MØLLE

Teknisk beskrivelse

Anlægget består af to enkelte Francis - turbiner. Som ved Ry Mølle er de vertikalt placeret. Turbinerne står bag hinanden og kan benyttes uafhængigt. Indløbskamrene er forbundet i serie. På grund af konstruktionsmæssige fejl ved udstrømningsåbningen fra de to turbiner er det normalt kun den forreste turbine, der er i drift.

Afgitringen foran anlægget består af en rist med 80 mm tremmeafstand. Der er ingen fisketrappe.

Turbinerne med deres krans af ledeskovle står på en ca. 1 m høj sokkel i indløbskamrene. Som ved Ry har turbinerne ikke noget egentligt sugerør som afløb. Vandet løber fra turbinen gennem soklen og direkte ud i udstrømningsåbningen.

Løbehjulet på hver turbine er 1.2 m i diameter og har 11 skovlblade. Åbningen mellem skovlbladene er på 25 cm ved akslen, stigende til 40 cm ved omkredsen. Omdrejningshastigheden er 94 omdrejninger/min. Der er 20 ledeskovle og åbningen mellem hver ledeskovl er ca. 10 cm. Mellem de faststående ledeskovle og det roterende løbehjul er der et ret stort rumfang. Skovlbladene drejer således ikke tæt forbi ledeskovlene.

Udstrømningsåbningen udmunder ved maskinhusets væg, hvor der findes en ca. ½ m bred betonkant på hver side af åbningen. I hver betonkant er der en ca. 70 cm dyb fals. Åbningen er ca 4 m bred og 2 m høj. Fra den turbine, der normalt er i drift, og til husets væg er der en afstand på ca. 4 m.

Anlægget råder over en faldhøjde på 2.40 - 2.70 m. Det maksimale vandforbrug er 5.4 m³/sek ved 2.70 m's faldhøjde.

Forsøgets forløb

Forsøget blev udført den 20. maj 1988 fra kl. 10 - 17.

Først blev trærammen fra Silkeborg Papirfabrik tilpasset dimensionerne på anlægget. Efter, at turbinen var stoppet, blev rammen rejst på højkant og båret ud på en midlertidig bro, der var lagt over udstrømningsåbningen.

Mens rammen blev sænket på plads, blev netposen monteret på de samme kroge som tidligere. Rammen passede fint i åbningen og sad godt i de to false i betonkanterne på hver side af åbningen (se foto nr. 12). Rammen sluttede tæt til bunden.

Åbningen på netposen var for stor, og det overskydende net blev samlet og rimpet sammen midt på overliggeren, der befandt sig et stykke over vandspejlet.

Nettet stod meget fint i vandstrømmen under prøvekørslen. Turbinen blev atter standset, og påfyldningsrøret monteret ved hjælp af reb. Det blev placeret ind igennem afgitringen ved indløbet og mundede ud ca. 2 meter fra ledeskovlene i niveau med disse. Røret var for langt, og en afskåret ende blev brugt til at lave en tragt af.

Selve forsøget blev opdelt i to faser, der hver især efterlignede vandføringen og dermed den normale turbine-drift på to årstider. Dels eftersommeren hvor blankålene trækker nedstrøms, og dels foråret hvor smolt og voksne ørreder trækker.

Til forsøget blev der i alt benyttet 200 smolt, 41 voksne ørreder og 100 ål. På grund af det mislykkede forsøg ved Ry Mølle kunne antallet af fisk sættes op til det planlagte antal.

Første forsøg: 55 % af fuld effekt (eftersommer situationen). Alene blev hældt i påfyldningsrøret og der skylledes efter med vand. Herefter kørte turbinen i ¼ time og nettet blev røgtet.

Andet forsøg: 75 % af fuld effekt svarende til hele vandføringen, som var det nærmeste vi kunne komme forårs-situationen (100 %). Ørreder i smoltstørrelse påfyldtes og der blev skyllet efter med vand. Desværre havde ilt-anlægget på transportvognen svigtet og de voksne ørreder var derfor døde. Forsøget blev gennemført alligevel med de døde fisk til sidst.

Påhældningen af ørreder varede i ca. 20 min. og efter ydeligere 10 min's drift blev turbinen standset og netrammen løftet, hvorefter der blev røgtet. Mange af fiskene var ikke drevet ned i enden af netposen, men det så ud til, at alle fisk, der var gået gennem turbinen, befandt sig inde i nettet.

Resultatet blev talt op og efter oprydning var forsøget slut.

VESTBIRK VANDKRAFTANLÆG

Teknisk beskrivelse

Konstruktionsmæssigt er anlægget opbygget på samme måde som Gudenåcentralen (fig. 5 og foto nr. 13 - 17), men har kun to sæt dobbelt turbiner af Francis - typen. I det ene sæt kan den ene dobbeltturbine køre alene.

Løbehjulet i hver turbine er 78 cm i diameter og har 16

Løbehjulet i hver turbine er 78 cm i diameter og har 16 skovlblade. Hastigheden er 375 omdrejninger/min. Der er 16 ledeskovle på hver turbine. Ledeskovlenes maximale åbning er 10 cm. På hver af de to aksler udvikles der 900 HK ved 9 m's faldhøjde.

Ved anlægget er der en max. faldhøjde på 9.5 m. Vanddybden i turbinekamrene er 6 m, sugerørens længde er ca. 4 m og diameteren er 3.5 m ved munden. De to udstrømningsrum er hver ca. 23 m lange, 5 m brede og 4 m høje. I den ene side af hvert udstrømningsrum går en løbebro i hele rummets længde.

Afgitringen foran anlægget er meget tæt, ristens tremmeafstand er kun 10 mm. Der findes ingen fisketræppe.

Forsøgets forløb

Forsøget blev udført den 19. maj 1988 fra kl. 9 - 17.

Turbinerne i den side af anlægget, der blev brugt til forsøget blev standset dagen før. De andre turbiner på værket kørte under hele forsøget. På grundlag af erfaringerne fra forsøget ved Gudenåcentralen udførtes forsøget efter samme recept.

Fangstnettet blev monteret omkring sugerøret på den bageste dobbeltturbine. En tværgående støttebjælke på sugerøret hindrede at nettet kunne placeres så forkanten var over vandspejlet hele vejen rundt om røret, men nettet var langt over rørets munding (ca. 75 cm) og sluttede tæt.

Herefter blev påfyldningsrøret monteret med reb i indløbskammeret. Dækket over kamrene består af bjælker, hvoraf en blev fjernet. Røret blev stukket 5 m ned i kammeret og fastspændt i en stilling, så munden pegede direkte mod ledeskovlene i den ene ende af forsøgsturbinen. Afstand til ledeskovlene ca. 80 cm.

Turbinen blev som sædvanlig prøvekört for at se, hvordan nettet klarede vandtrykket. Testen gik fint. Turbinen blev holdt körende og selve forsøget startet.

Forsøgsfiskene, der stod klar i transportvogn, bestod i alt af 200 smolt, 40 voksne ørreder og 100 ål.

Først påfyldtes de voksne ørreder og derefter smolt. Påfyldningen tog ca. 10 min, og der blev skyllet efter med vand for at sikre, at alle fisk kom ud af røret. Herefter blev det forsøgt at rögte fangstnettet, mens turbinen var i drift. Det måtte dog opgives, da vandstrømmen var for stærk. Derfor blev også ålene påfyldt og efter ½ time blev turbinen stoppet.

Netposen afmonteredes uden forsøg på at rögte den. Et reb blev bundet om nettet så tæt på munden som muligt. Nettet blev forsigtigt fjernet fra sugerøret, så eventuelle fisk ved munden af nettet ikke undslap.

Resultatet af forsøget blev optalt (se fotos nr. 15 - 16), og der afsluttedes med oprydning.

III RESULTATER

3.1 GENFANGSTER OG SKADER

Resultaterne af genfangst- og skadesprocenter for de fire gennemførte forsøg ses i tabel 2.

Genfangstprocenter

Genfangstprocenterne (tabel 2) ligger generelt over 64 procent. Kun for voksne ørreder og ål fra Silkeborg Papirfabrik er resultatet meget mindre (3.3 og 11.3 %) og for ål fra Vilholt Mølle 42.0 %.

Anlæg	A: Genfangstprocent			B: Skadeprocent		
	Ørred-smolt	Ørred-voksen	Ål	Ørred-smolt	Ørred-voksen	Ål
Gudenå-centralen (F)	(203) 100.0	(1,8) 64.3	(58) 72.5	(3) 1.5	(6) 33.3	(12) 20.7
Silkeborg Papirfabrik (K)	(162) 81.0	(1) 3.3	(9) 11.3	(22) 13.6	(1) -	(2) 22.2
Vilholt Mølle (F)	(188) 94.0	(35) 87.5	(42) 42.0	(0) 0.0	(1) 2.9	(2) 4.8
Vestbirk Vandkraftværk (F)	(172) 86.0	(32) 80.0	(64) 64.0	(36) 20.6	(30) 93.8	(21) 32.8

Tabel 2. Genfangst- og skadeprocenter for de fire gennemslusningsforsøg. Tal i parentes angiver antal fisk.

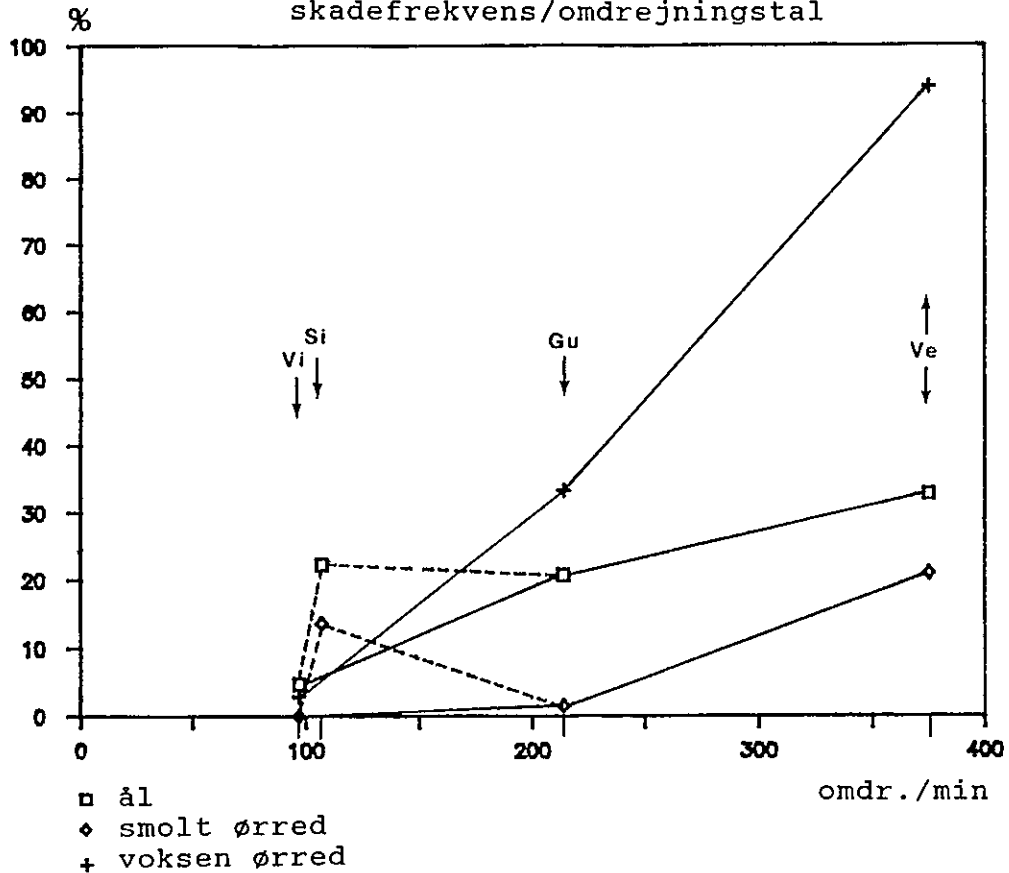
Skadesprocenter

Skadesprocenterne ligger for ørreder i smoltstørrelse mellem 0.0 og 20.9 % og for ørreder i voksenstørrelse mellem 2.9 og 93.8 %, altså mere spredt og på et højere niveau. For ål er der fundet skadeprocenter mellem 4.8 og 32.8 % - tal, som ikke umiddelbart er sammenlignelige med tallene for de to ørred - typer.

Skadesprocenterne, som de fremgår af tabel 2, er i fig. 6 sammenlignet med omdrejningshastighederne (fra tabel 1) for de forskellige anlæg. Udelades Silkeborg Papirfabrik (107 omd/min, kaplan - turbine) ses en tydelig lineær sammenhæng mellem omdrejningshastigheden og skadesprocenten på Francis - turbiner. Jo højere omdrejningstal jo flere skader.

Af figur 6 ses endvidere, at Kaplan - turbiner skader flere ål og smolt end Francis - turbiner med samme eller højere omdrejningstal. Forskellen i skadesfrekvens mellem voksne ørreder og smolt fremgår tydeligt af fig. 6.

TURBINER I GUDENAEN
skadefrekvens/omdrejningstal



Figur 6. Sammenhæng mellem skadefrekvens og omdrejningstal for fire turbineanlæg i Gudenaen. Vi = Vilholt, Si = Silkeborg, Gu = Gudenaecentralen, Ve = Vestbirk.

3.2 STØRRELSEN AF DE GENFANGNE FISK

For at undersøge om en bestemt størrelse af forsøgsfisk enten genfanges eller skades hyppigere end andre størrelser, er gennemsnitsstørrelserne ved genfangst vist i tabel 3.

Gennemsnitsstørrelsen ved udsætning var som tidligere nævnt 41,7 cm for ål, 41,8 cm for voksne ørreder og 14,8 cm for smolt.

Det ses, at afvigelser mellem gennemsnitsstørrelse ved udsætning og genfangst (tabel 3) af uskadede fisk er små ved store antal genfangster og store ved små antal. På samme måde forholder det sig med gennemsnitsstørrelsen på beskadigede, men hele, fisk.

Afvigelserne svinger tilfældigt mellem at være positive og negative, og kun ved antal på 20 eller derunder finder man afvigelser på mere end 2 cm fra gennemsnitsstørrelsen ved udsætning. Disse store afvigelser findes desuden kun ved ål, der havde langt den største størrelsesspredning af forsøgsfiskene (fig 2).

Anlæg	Ørred-smolt		Ørred-voksen		Ål	
	Uskadte	Skadte	Uskadte	Skadte	Uskadte	Skadte
Gudenå- centralen (F)	(203) 14.8	(3) 16.5	(12) 43.2	-	(46) 41.8	(12) 38.3
Silkeborg Papirfabrik (K)	(140) 14.4	(20) 14.0	-	(1) 40.0	(7) 32.5	(2) 40.5
Vilholt Mølle (F)	-	-	-	-	(40) 42.4	(2) 49.5
Vestbirk Vandkraftværk (F)	(136) 14.5	(36) 13.4	(2) 40.0	-	(43) 40.1	(21) 43.0

Tabel 3. Gennemsnitslængden i cm af genfangne forsøgsfisk fra fire turbiner. Kun hele fisk er målt. - angiver, at ingen genfangster er målt. Tal i parentes viser det antal fisk, gennemsnittet baserer sig på.

3.3 GRADEN AF BESKADIGELSE

For smolt og ål er ca. 1/3 af de beskadigede fisk vurderet til at kunne overleve (tabel 4). For voksen ørred kun 5 %. Der fandtes ingen forskel mellem fordelingen af småskrammer og svære kvæstelser fra anlæg til anlæg.

På grund af fangstnettets udformning blev de fleste ørreder kvalt i nettet, eller de døde efterfølgende under røgtningen og opmålingen. Det var derfor ikke muligt at undersøge, hvorvidt ørreder med svage skrammer virkelig kunne have overlevet.

Alene kunne derimod holdes i live, og de blev efter flere af forsøgene opbevaret i 6 - 8 timer. I det tidsrum viste ål med småskrammer ingen tegn på svaghed.

Skadegrad	Ørred-smolt	Ørred-voksen	Ål
Små- skrammer	19 (31 %)	2 (5 %)	14 (27 %)
Svære kvæstelser	42 (69 %)	38 (95 %)	37 (73 %)
I alt	61	40	51

Tabel 4. Graden af skadernes omfang (i samtlige forsøg) indenfor de tre grupper af fisk. Alle åbne sår m. m. er regnet som en svær skade. Tabeller omfatter kun beskadigede fisk.

3.4 ET TIDLIGERE FORSØG VED RY MØLLE

På grund af det fejlslagne forsøg ved Ry Mølle, vil resultaterne af et gennemslusningsforsøg udført ved møl-
len i 1950 blive refereret /4/.

Forsøget udførtes den 19. - 21. juni 1950. Til forsøget blev anvendt 51 Bækørreder (10-15 cm), 52 regnbueørreder (20-25 cm) og 26 mellemstore blankål.

Forsøgsfiskene blev hældt i åen ovenfor turbinen på en ikke nærmere beskrevet måde. I en netpose opstillet i åen nedstrøms anlægget genfangedes i løbet af 1½ døgn 19 bækørreder, 23 regnbueørreder og 1 ål. Desuden fangedes en hel del ål og to ørreder (smolt) der ikke hørte til forsøget.

Samtlige genfangne fisk var uskadte også de, der ikke hørte til forsøget, men som med stor sandsynlighed var passeret gennem turbinen.

IV DISKUSSION

Udnyttelse af vandkraft til elektricitetsfremstilling er naturligt nok langt mere udbredt i bjergrige lande end i Danmark. Spørgsmålet om fiskenes passage af turbiner har da også været genstand for flere undersøgelser ved mange forskellige turbinetyper.

Foruden de undersøgelser der er udført her i Danmark /1/,/4/,/5/,/6/ kan der således nævnes flere udenlandske /7/,/8/,/9/,/10/,/11/,/12/,/13/,/14/ af såvel ældre som nyere dato.

Mange af de udenlandske undersøgelser er imidlertid svære at sammenligne med danske forhold, da der er tale om meget store turbineanlæg, nogle med over hundrede meters faldhøjde.

4.1 GENFANGSTER OG SKADER

Genfangstprocenter

I de fleste forsøg har genfangstprocenten været tilfredsstillende for alle typer fisk (tabel 2), og resultaterne vil være behæftet med små usikkerheder. Kun ved Silkeborg Papirfabrik var genfangstprocenterne for voksen ørreder og til dels også for ål så små, at resultatet må tages med forbehold.

For to af de undersøgte anlæg, Gudenåcentralen og Vestbirk, er det vurderet ud fra den metode fangstnettet blev monteret på, at alle fisk, der har passeret en turbine, er genfanget. Der var ingen mulighed for fisk at undgå at havne i nettet. De fisk, der ikke er genfanget, må derfor være blevet tilbage i turbinekammeret og kan betragtes som ude af forsøget.

Ved Silkeborg Papirfabrik og Vilholt Mølle blev nettet som tidligere nævnt monteret på en træramme, der blev sat for munden af udstrømningsåbningen. Der har altså været en vis afstand fra selve turbinen og hen til nettet. I Silkeborg ca. 11 m og ved Vilholt ca. 4 m. Her har der været en mulighed for at en uskadt fisk, efter at have passeret turbinen, kunne stå i vandstrømmen og undgå genfangst. Det har netop været et stort problem ved tidligere undersøgelser /1/. Optælles kun fiskene i nettet overvurderes skadesprocenten.

Ved Vilholt vurderes det ud fra resultaterne for de voksne ørreder, der jo var døde inden de blev holdt gennem anlægget, at alle fisk, der har passeret turbinen, er endt i nettet. Afstanden til nettet var også relativt kort, og vandstrømmen i udstrømningsåbningen meget stærk.

I modsætning hertil står Silkeborg Papirfabrik hvor der ligefrem blev iagttaget smolt i vandstrømmen foran nettets munding. Der er derfor mulighed for, at skadesprocenterne herfra er overvurderet. Skadesprocenten for smolt vil dog kun falde fra 13.6 % (tabel 2) til 11.0 %, hvis man regner med, at alle 200 smolt er gået gennem turbinen. Den dårlige placering af påfyldningsrøret bærer utvivlsomt noget af skylden for de lave genfangstprocenter for voksne ørreder og ål.

Påfyldningsrøret

Det rør, der blev brugt til at fylde fisk ned igennem, er utvivlsomt hovedårsagen til de meget fine genfangstprocenter, der er opnået i forsøget. Røret sikrede nemlig, at fiskene kom ud i vandet så tæt på turbinerne, at flest mulig fisk straks blev grebet af den stærke strøm tæt ved en turbine og passerede denne.

To årsager gjorde, at denne procedure blev valgt. For det første for at gøre tidsrammen for hvert forsøg tilpas kort. Uden røret ville forsøgsfiskene med lethed kunne opholde sig i indstrømsrummet i dagevis. Eventuelt kunne de være undsluppet opstrøms. Tidsrammen for hvert forsøg ville herved være udvidet betydeligt og genfangstprocenten ville evt. alligevel være blevet mindre.

For det andet for at gøre den tid, fangstposen skulle være i drift så kort som mulig. Det er meget svært at holde et net i drift i et vandløb i længere tid på grund af den tilstopning af nettet, der sker, når plantedele m. m. fanges. Brud på fangstposen kunne let være blevet resultatet.

Den fejl, der kan ligge i at bruge røret, er, at fiskene måske ikke har nærmet sig turbinen på samme måde som en vild fisk, der trækker ned af vandløbet. Fejlen vurderes dog til at være lille set i forhold til fordelene ved røret.

Skadeprocenter

Når man konstruerer vandkraftturbiner er der en række tekniske forhold, der må rette sig efter vandløbet og

omgivelsernes form. Herunder betyder faldhøjden meget for hvilken turbinetype, man vælger og med hvilket omdrejningstal turbinen skal køre.

Kaplan - turbiner

Den mest effektive turbine ved lav faldhøjde er Kaplan - turbiner, som er mere moderne og har en større udnyttelsesgrad end Francis - turbiner. Trods det er kun et af de tre anlæg, der har lav faldhøjde udstyret med Kaplan turbine (tabel 1). Det skyldes formentlig anlæggenes alder.

En undersøgelse af en Kaplan - turbine i Tyskland resulterede i en skadesfrekvens på mellem 25 - 50 % dødelige skader på ål ved 83.4 omdrejninger/min /13/. For ørreder i smoltstørrelse fandt man ved en undersøgelse i USA skadesprocenter omkring 10 % på et anlæg med 85.7 omdrejninger/min /10/.

De udenlandske resultater der er refereret her svarer godt overens med resultaterne fra Silkeborg, der viste 13.6 % for ørred - smolt og 22.2 % for ål. En tidligere undersøgelse ved anlægget viste derimod kun 1 % skader for smolt og 20 % for ål /1/. På trods af den usikkerhed, der er på resultaterne fra Silkeborg Papirfabrik, må Kaplan - turbiner generelt vurderes til at være hårdere ved fisk end Francis - turbiner. Også selv om de kører med lavt omdrejningstal. Forklaringen kan, i hvert fald delvis, ligge i den meget store diameter, løbehjulet på Kaplan - turbinen i Silkeborg har. Det giver en, i forhold til omdrejningstallet, meget høj løbehjuls max. fart (tabel 1).

Francis - turbiner

Ser man på de anlæg, der har Francis - turbiner, er det tydeligt, at omdrejningstallet (tabel 1) er størst på de anlæg, der råder over den største faldhøjde. Der synes også at være tendens til at vælge en mindre diameter på løbehjulet ved anlæg med stor omdrejningshastighed.

Kører Francis - turbiner med tilstrækkelig lav hastighed (<100 omd./min.) vil skader være en sjældenhed, som resultatet fra Vilholt (tabel 2) og Ry /4/ viser. Ved anlæg med højere omdrejningshastighed stiger skadesfrekvensen voldsomt, især for voksne ørreder og til dels også for ål. For ørred - smolt stiger skadesfrekvensen først alvorligt ved omdrejningstal over 200 omd./min.

Tidligere undersøgelser ved Gudenåcentralen har fundet skadeprocenter for smolt på 3 % /1/ og 2 % /15/. Ved Vestbirk er der fundet skadeprocenter for smolt på 27 % og for ål på 40 %.

Udenlandske undersøgelser på anlæg med Francis - turbiner viser meget forskellige resultater. I en ældre undersøgelse fra England anslås tabet til at være ca. 4 % for laks - smolt på et anlæg med en faldhøjde på 31 m og et omdrejningstal på 214 omd./min /8/. I et andet tilfælde finder en undersøgelse i USA skadesfrekvens for smolt (steelhead og chinooklaks) helt op til 60 % på en turbine med 138.5 omd./min /11/. Når resultaterne ikke er

ens, kan det sandsynligvis tilskrives forskelle ved anlæggene. Det beskrevne anlæg i USA har faldhøjde på over 100 m og løbehjul med diameter på 4.5 m, hvilket giver en løbehjuls max fart på ca. 120 km/time.

4.2 STØRRELSEN AF DE GENFANGNE FISK

Ud fra undersøgelse af gennemsnitsstørrelser på genfangne fisk må det konkluderes, at der ikke var en bestemt størrelse af fiskene, der blev fanget oftere end andre. Forsøgene som sådan eller genfangsten var med andre ord ikke selektiv.

Der er i undersøgelsen heller ikke noget, der peger på en skæv skadesfordeling på forskellige størrelser fisk indenfor den enkelte gruppe. Mellem de to grupper af ørreder er der derimod, som tidligere omtalt stor forskel.

For ålenes vedkommende konkluderes det, i undersøgelsen fra 1930'erne at store ål (42 - 61 cm) skades mere end små ål (33 - 47 cm) /1/. Dette synes ikke at blive bekræftet i denne undersøgelse. Den i tabel 3 viste forskel i gennemsnitsstørrelse på uskadede og beskadigede ål skyldes sikkert mere de små antal end en egentlig forskel i størrelse på de ål, der skades.

4.3 GRADEN AF BESKADIGELSE

I denne undersøgelse er der registreret to forskellige, typiske skader. Åbne snitsår eller total overskæring på den ene side og ridser eller overfladiske slag på den anden. Der synes ikke at være nogen forskel mellem de to turbinetyper i undersøgelsen.

Arsagen til de to typer skader er ikke umiddelbart oplagt, men det virker mest sandsynligt, at skaderne opstår ved, at fisken enten rammer kanten af et skovlblad (og får åbne sår) eller fladen (og får småskrammer). Graden af skaden afgøres herefter af i hvor stor afstand fra akslen på løbehjulet, fisken rammer. Denne afstand afgør jo, hvor hurtigt skovlbladet bevæger sig. Da mest vand og dermed flest fisk bevæger sig gennem turbinen langt fra akslen, vil der, som tabel 4 viser, være flest svære skader. Især blandt de store ørreder, der ikke kan passere tæt ved akslen, hvor pladsen er mest trang (se bagsidefoto).

I en tysk undersøgelse af en Kaplan - turbine konkluderer forfatteren, at der findes to typiske former for skader /13/. Enten kommer fisken i klemme mellem et skovlblad og turbinevæggen og får et åbent sår, eller også rammes fisken af kanten på bladet og får slået rygsøjlen over uden, at der er åbne sår.

En enkelt observation i overensstemmelse med den tyske undersøgelse er sket i denne undersøgelse. Ved Silkeborg Papirfabrik blev der fanget en stor ål (84 cm), der ikke hørte til forsøget. Den havde knækket rygsøjlen lige bag hovedet uden, at skindet var ødelagt.

Forklaringen med, at fiskene kommer i klemme mellem skovlblad og væg på Kaplan - turbinen, synes dog ikke sandsynlig. Det er helt sikkert ikke tilfældet ved Francis - turbiner, hvor skovlbladene ikke er i berøring med turbinens væg (se for- og bagsidefoto).

Trykændringer

Når vandet løber gennem en turbine sker der nogle meget store trykændringer i løbet af ganske få sekunder. Hvor store trykændringerne er, afhænger af faldhøjden.

Spørgsmålet om hvorvidt fisk skades af sådanne trykændringer er blevet undersøgt i England /7/. Ved forsøg i en tryktank blev ørreder udsat for gradvis trykstigning til 6 atmosfæres tryk fulgt af et meget pludseligt trykfald til ± 0.5 atm. Herefter tilbage til normalt tryk. Disse trykændringer efterlignede de ændringer, der sker i et turbineanlæg med ca. 50 m's faldhøjde.

Resultatet af forsøget var at ingen af forsøgsfiskene tog skade af trykændringerne. De så ud til at være i god stand straks efter trykændringerne, og ved dissektion blev der ikke konstateret indre kvæstelser.

4.4 TURBINEANLÆGGENE OG DEN VILDE FISKEFAUNA

Som nævnt i indledningen er et generelt krav i de recipientkvalitetsplaner, der gælder for Gudenåen, at der er fri bevægelighed for vildfisk i åen. Med baggrund i denne bestemmelse følger en vurdering af de enkelte turbineanlæg.

I lov om ferskvandsfiskeri af 1965 omtales turbineanlæg i kapitel 4 og 9.

Opstrøms vandring

Fælles for alle fem værker er, at de spærrer for opstrøms vandring i kraft af deres opstemninger. Ved de to anlæg, hvor der er etableret fisketrapper, Gudenåcentralen og Silkeborg Papirfabrik, er denne hindring søgt afhjulpet. For de resterende tre består spærringen fortsat, og etablering af fisketrapper vil være et nødvendigt skridt til afhjælpning af spærringseffekten. En bedre løsning er imidlertid et egentligt omløb med stryg, hvis det er muligt.

Der findes ved alle fem anlæg opstrøms passagemulighed for glasål og sætteål i form af ålepasser.

Nedstrøms vandring

For nedstrøms vandring med den eventuelle passage gennem turbineanlæggene kan der ikke peges på en fælles løsning, der er ideel for alle fem anlæg.

Vilholt Mølle og Ry Mølle

For disse to anlæg viser resultaterne af de udførte forsøg, at fisk kun i meget ringe omfang eller slet ikke

skades af at passere gennem turbinerne. Det vil derfor sandsynligvis gøre mere skade end gavn at spærre for fiskepassage gennem turbinerne, da fiskene let vil ende i det spærrede indløb til turbinen og herfra ikke kunne finde videre.

Ved evt. etablering af fisketrappe eller omløb ved de to møller bør det derfor nøje overvejes, om ikke der fortsat skal være fri passage gennem turbinerne.

Gudenåcentralen

Her gælder det, at smolt kun i ringe omfang skades, hvorimod både ål og voksne ørreder skades i et uacceptabelt omfang. Anlægget bør derfor sikres mod at ål og voksne ørreder kan passere turbinerne.

Den afgitring der i dag findes (20-36 mm tremmeafstand) sikrer imod, at voksne ørreder over 33 cm. kan passere gennem turbinerne, men er for grov til at holde blankål ude. Etableres der en tættere afgitring end i dag, vil også smolt være forhindret i at passere turbinerne. I givet fald bør omløbsforholdene bedres på en måde, der sikrer, at både smolt og blankål (samt naturligvis også voksne ørreder) med lethed finder omløbet. Det er ikke tilfældet med den nuværende fisketrappe og lysspærring.

Silkeborg Papirfabrik

Her er skadefrekvenserne (tabel 2) så store, at der bør laves en afgitring, der forhindrer enhver passage af fisk gennem turbinen. Opstemningens form giver mulighed for at sikre en god omledning af fisk.

Som et minimum kunne driften af det nuværende spærrenet udvides til også at gælde april måned for at sikre, at smolt ikke går gennem turbinen.

Vestbirk Vandkraftværk

Anlægget har en meget tæt afgitring (10 mm tremmeafstand) der effektivt sikrer mod at fisk passerer turbinerne. Afgitringen er lavet for at sikre driften af turbinerne, da især store ål let bliver viklet omkring skovlbladene på løbehjulene, hvilket giver effekttab.

Da anlægget ikke har fisketrappe og samtidig bruger hele vandføringen, udgør det altså en totalspærring af åen.

Der er to muligheder for at skabe passage ved anlægget. Enten bygges der en fisketrappe tæt ved værket. Eller også, som en bedre løsning, laves der et omløb i det gamle åleje, kombineret med stryg eller fisketrappe.

Den sidste løsning vil kræve, at der laves en afgitring af hovedkanalen (ved enden af hoveddæmningen) ved indløbet til de to nederste stemmesøer, for at forhindre fisk i at trække ind i den blindgyde, de to nederste stemmesøer (sammen med spærringen ved turbinerne) udgør.

V SAMMENFATNING

1. Den foreliggende rapport omhandler en undersøgelse af den nedstrøms fiskepassage gennem fem turbineanlæg i Gudenåens hovedløb: Gudenåcentralen ved Tange, Silkeborg Papirfabriks turbineanlæg, Ry Mølle, Vilholt Mølle og Vestbirk Vandkraftværk. Passagemulighederne er blevet undersøgt ved at sende forsøgsfisk gennem turbinerne, genfange og undersøge for skader opstået ved passagen.
2. Tre grupper af forsøgsfisk er blevet anvendt. Al i blankålstørrelse (30-60 cm), ørred i smolt - størrelse (10-18 cm) og ørred i voksenstørrelse (38-45 cm). De tre grupper repræsenterer hver et vigtigt trin i de to fiskearters livscyklus. Et trin, som indebærer en nedstrøms vandring i et vandløb.
3. Forsøgene lykkedes tilfredsstillende ved fire af anlæggene. Ry mølle blev ikke undersøgt, men et ældre forsøg ved møllen belyser forholdene rimeligt.
4. Genfangstprocenterne lå generelt over 64 % og kan betegnes som tilfredsstillende.

Der blev ikke fundet nogen forskel på gennemsnitsstørrelsen på fiskene før udsætning og ved genfangst. Der fandtes heller ikke forskel mellem størrelsen på beskadigede og uskadede fisk.

5. Skadefrekvensen afhænger tilsyneladende af hvilken turbinetype, der er installeret. Francis - turbiner er mest skånsomme ved fiskene, Kaplan turbiner skader flere fisk.

Den omdrejningshastighed den enkelte turbine er konstrueret til at køre med, betyder meget for, hvor mange fisk der skades.

Francis - turbiner med et omdrejningstal under 100 omd./min skader kun ganske få fisk. Ved 214 omd./min skades 1.5 % smolt, 33.3 % voksne ørreder og 20.7 % ål. Ved 375 omd./min skades 20.9 % smolt 93.8 % voksne ørreder og 32.8 % ål.

Kaplan - turbiner skader 13.6 % smolt og 22.2 % ål ved et omdrejningstal på 107 omd./min (I dette forsøg er der ingen resultat for voksne ørreder).

66 % af skaderne blev bedømt til at være dødelige for smolt og ål. For voksne ørreder var tallet 95 %.

Hvor hårdt en fisk skades synes at afhænge af, hvordan den rammer skovlbladene på turbinens løbehjul.

6. Sammenfattende kan det konkluderes, at de undersøgelser, der er gennemført ved Gudenåens turbineanlæg, ikke giver grundlag for med sikkerhed at betegne bestemte typer anlæg som uskadelige. Hertil kræves undersøgelser ved flere anlæg.

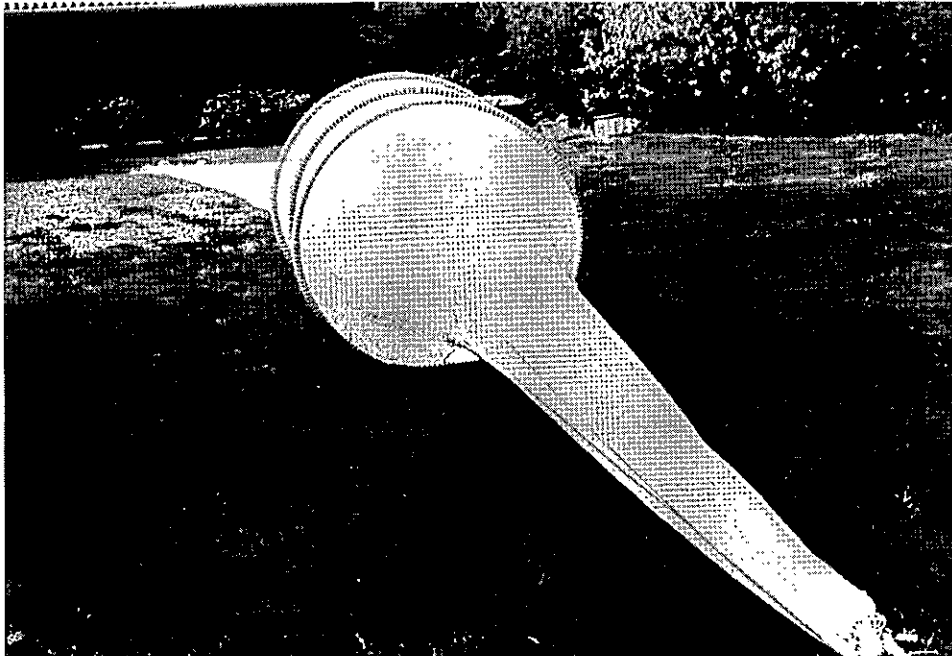
Resultaterne fra Gudenåen peger dog i retning af, at langsomt kørende Francis - turbiner (under 100 omd./min) med lav faldhøjde ikke synes at udgøre nogen hindring for nedstrøms trækkende fisk, hvorimod hurtigt kørende Francis - turbiner (over 200 omd./min) og Kaplan turbiner skader et betydeligt antal fisk.

Ved de turbiner i Gudenåen, der skader mange fisk, bør det sikres, at fiskene under vandring i vandløbet har gode muligheder for at passerer udenom. De tabstal der er registreret, må siges at medføre en alvorlig skade på bestandene.

VI LITTERATUR

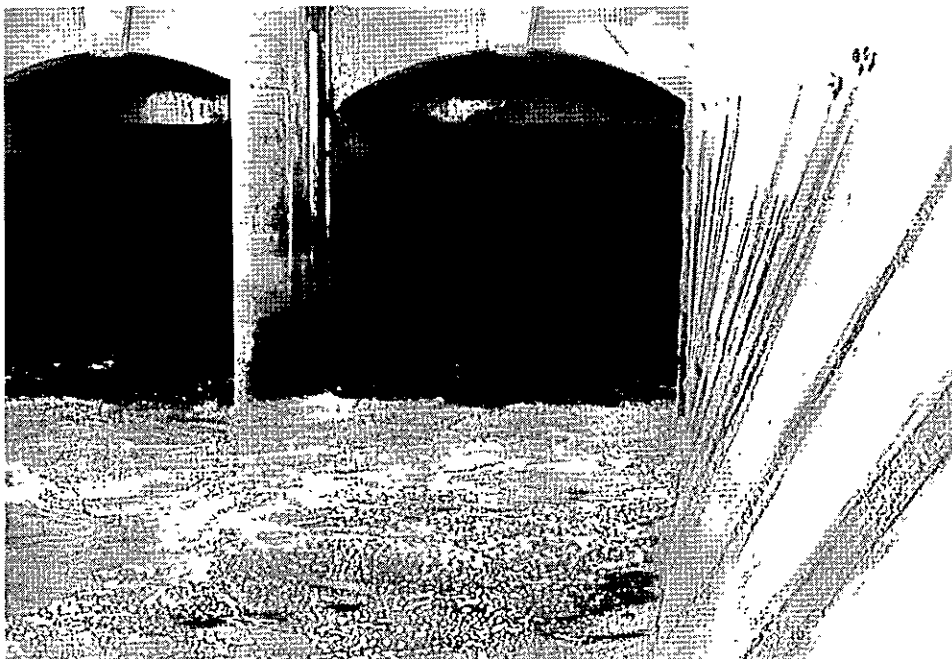
- /1/ Otterstrøm, C. V. 1936. Turbinerne og de nedvandrende ungfisk af laks og ørred (samt aal). III. Sportfiskeren 1936, nr. 12 , 131-142.
- /2/ Rasmussen, G. 1983. Recent investigations on the populationdynamics of eels (*Anguilla anguilla* L.) in some danish streams. Proc. 3rd Brit. Freshw. Fish. Conf. Liverpool 1983.
- /3/ Rasmussen, G. 1986. The population dynamics of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to year-class size. Pol. Arch. Hydrobiol. 33, 489 - 508.
- /4/ Rasmussen, C. J., 1950. Sag 688, Gudenå. Ry Mølle. Turbineforsøg. Brev fra Dansk Biologisk Station til Fiskeriministeriet 28/6 1950.
- /5/ Otterstrøm, C. V., 1932. Turbinerne og de nedvandrende ungfisk af laks og ørred. I. Sportsfiskeren 1932, nr. 1.
- /6/ Otterstrøm, C. V., 1932. Turbinerne og de nedvandrende ungfisk af laks og ørred.II. Sportsfiskeren 1932, nr. 7, 74-79.
- /7/ Alm, G., 1927. Fisk och turbiner. Svensk Fiskeritidskrift 36. årg., nr. 5, 129-136.
- /8/ Calderwood, W. L., 1935. Passage of smolts through turbines. Experiments at a power house. Salmon and Trout Magazine nr. 81, 303-318.
- /9/ Calderwood, C. L., 1945. Passage of smolts through turbines. Effect of high pressures. Salmon and Trout Magazine nr. 115, 214-221.
- /10/ Schoeneman, D. E., Pressey, R. T. & Junge, C. O., 1961. Mortalities of Downstream Migrant Salmon at McNary Dam. Trans. Am. Fish. Soc. 90(1), 58-72.
- /11/ Cramer, F. K. & Oligher, R. C., 1964. Passing Fish Through Hydraulic Turbines. Trans. Am. Fish. Soc. 93(2), 243-259.
- /12/ Gloss, S. P. & Wahl, J. R., 1983. Mortality of Juvenile Salmonids Passing through Ossberger Crossflow Turbines at Small-Scale Hydroelectric Sites. Trans. Am. Fish. Soc. 112, 194-200.
- /13/ Berg, R., 1985. Investigations on injuries of migrating eels caused by Kaplan turbines. EIFAC Working Party on Eel, Perpignan 1985.

- /14/ Monten, E, 1985. Fish and Turbines. Vattenfall. Stockholm 1985.
- /15/ Nielsen, J., 1985. Havørreden i Gudenåen. Gudenåkomiteen, rapport nr. 3, 105 PP.
- /16/ J.J. 1987. Vandkraft og Danmark: Ve - Information dec. 1987, side 6-10



1

Fangstnettet set fra spidsen.



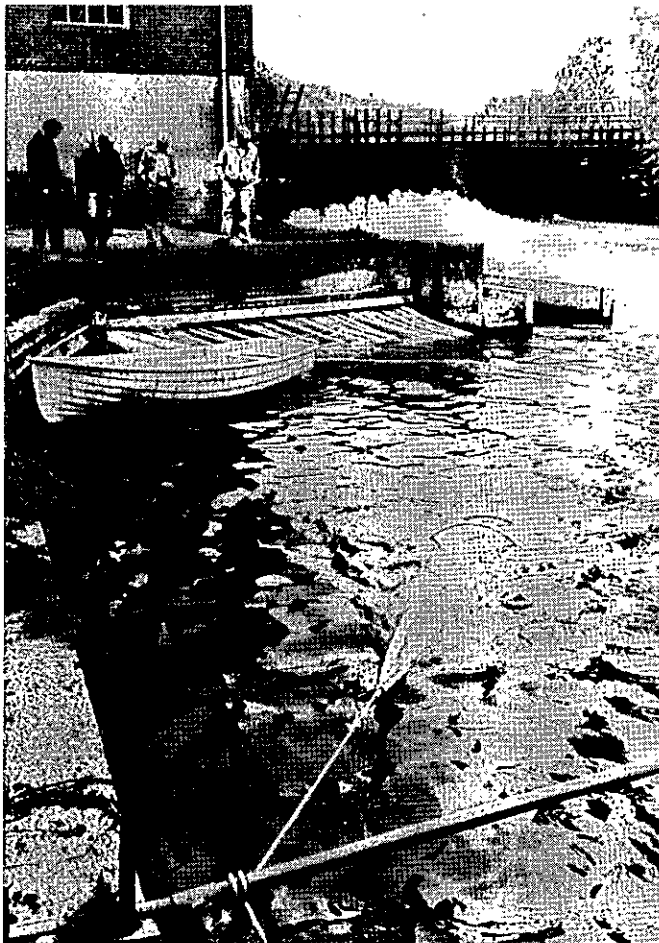
2

Gudenåcentralen: Fangstnettet monteret omkring sugerøret.



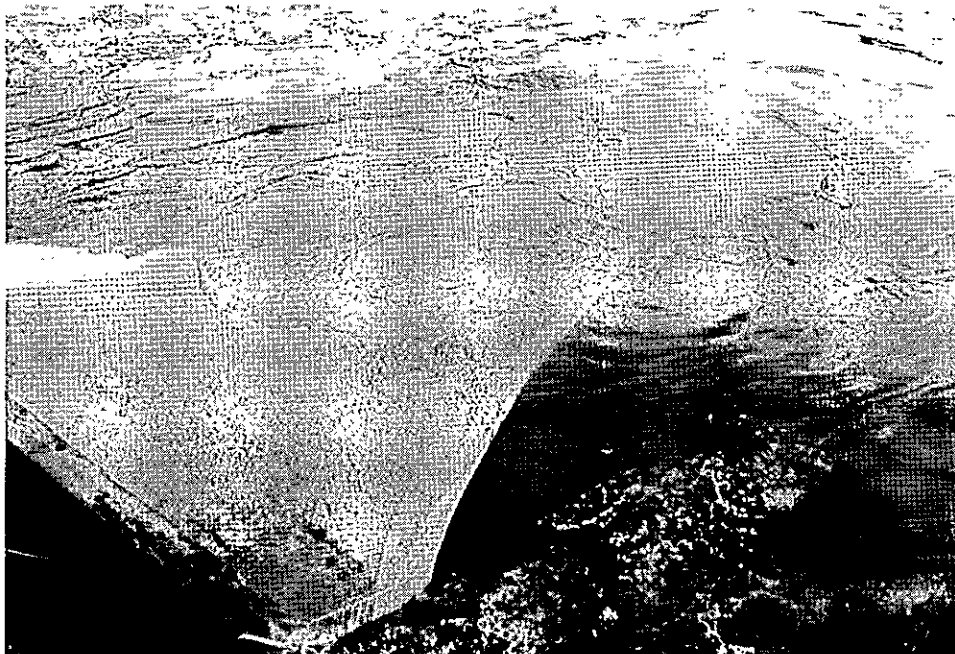
3

Silkeborg: Fangstnettet på træramme klar til at blive sænket ned på plads.



4

Silkeborg: Fangstnettet er på plads. I baggrunden maskinhuset og frivandsslusen.



Silkeborg: Fangstnettet med vandtryk på.



Silkeborg: Ål klar til forsøget.



Silkeborg: Der hældes smolt i påfyldningsrøret.



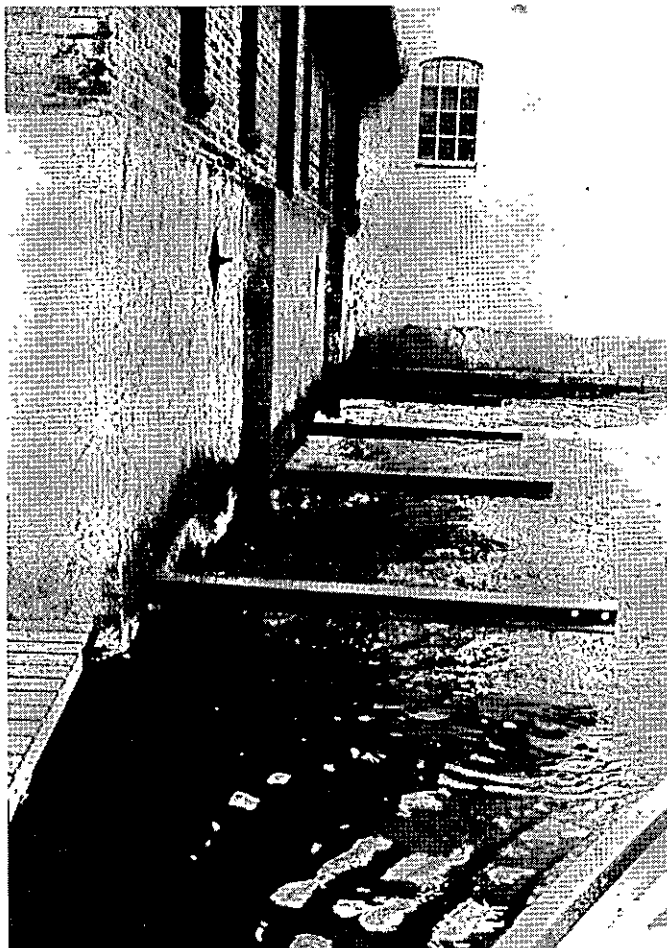
Silkeborg: Der hældes voksen ørred i røret, enkeltvis med hovedet forrest.



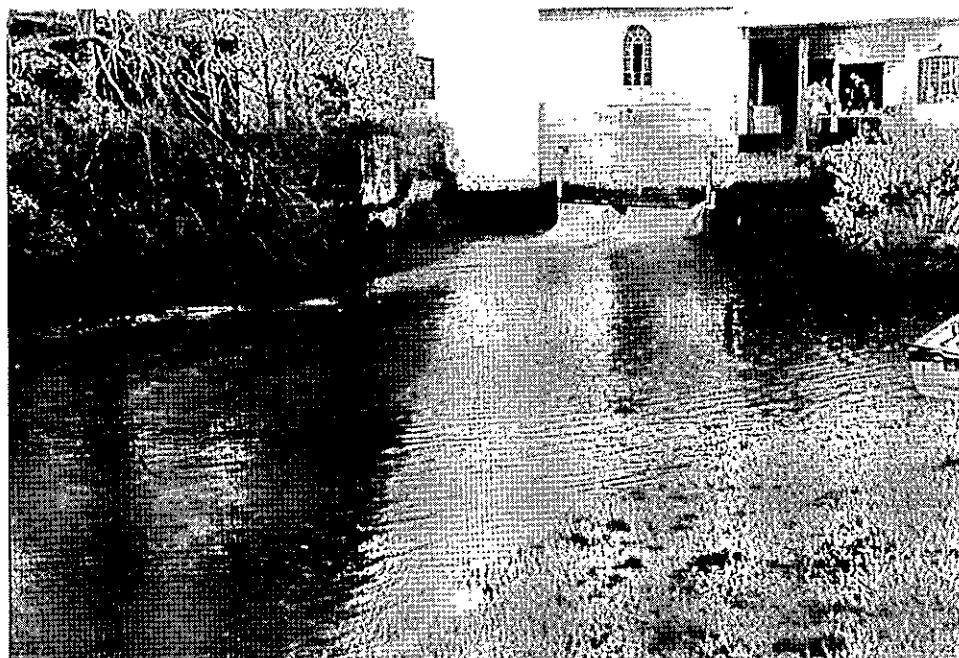
Silkeborg: Fangstposen røgtes.



Ry Mølle: Maskinhuset set fra bagvandssiden.



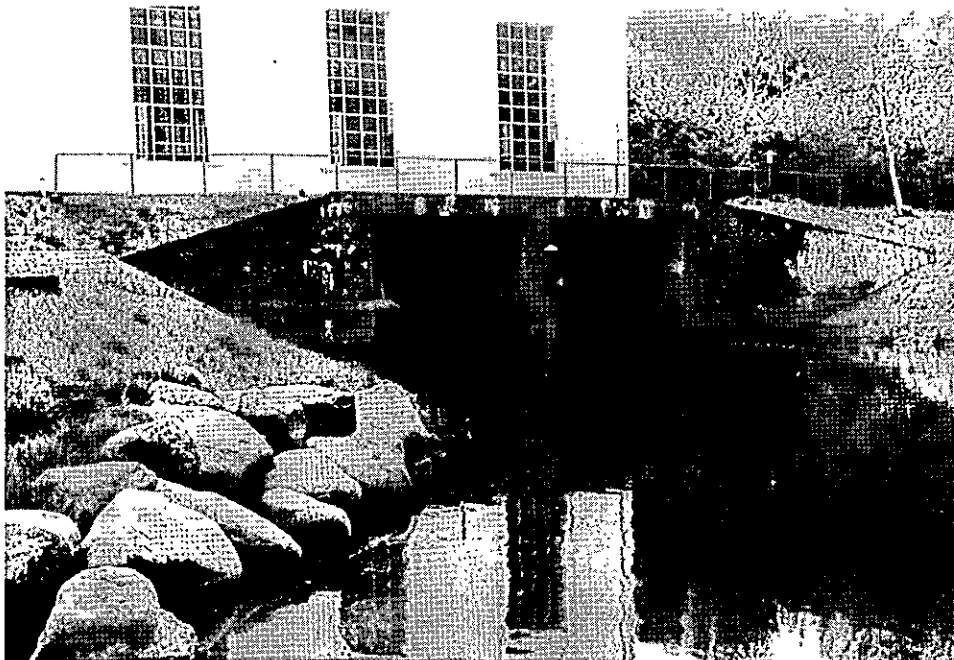
Ry Mølle: Maskinhusets væg med udstørningsåbninger.



Vilholt: Fangstposen monteret på udstørningsåbningen.



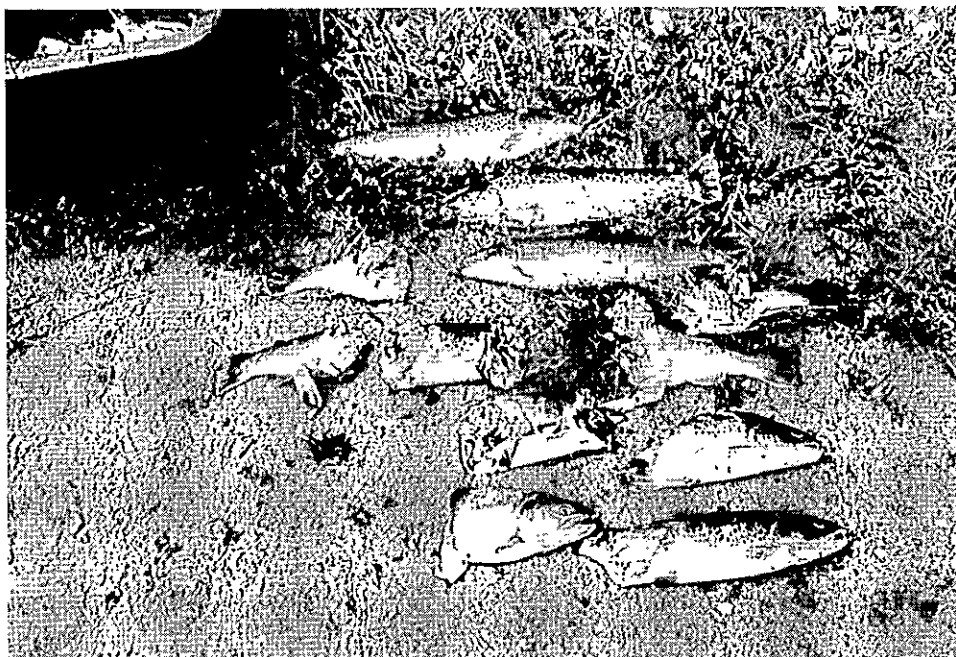
Vestbirk: Anlægget fra indløbssiden.



Vestbirk: Munden af udstrømningsåbningerne.



Vestbirk: Der hældes ål i påfyldningsrøret.



Vestbirk: Beskadede og uskadede voksne ørreder.



Vestbirk: Knuste voksne ørreder.

