Direktoratet for **naturforvaltning**

Slipp fisken fram!

Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner

DN Håndbok 22-2002



Slipp fisken fram!

Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner

Håndbok 22 - 2002
Utgiver:
Direktoratet for naturforvaltning
Februar 2002

Antall sider:
56

ISSN 0802-8370
ISBN 82-7072-443-2
TE 941

Emneord:
Kulvert, stikkrenne, fiskeoppgang, vandringshinder

Keywords:
Culvert, underground drain, running fish, obstacle to migration

Direktoratet for naturforvaltning
7485 Trondheim
Telefon 73 58 05 00
Telefaks: 73 58 05 01
http://www.dirnat.no

Refereres som:
Direktoratet for naturforvaltning, 2002. Slipp fisken fram! Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner. Håndbok 22-2002.

Foto forside:
Torger Wisth, NVE

Ekstrakt:
Kulverter og stikkrenner skaper ofte problemer for fiskens vandringsmuligheter. Dette medfører reduserte gytemuligheter for fisken, og dermed en negativ påvirkning på fiskebestandene.

Denne håndboka gir tiltakshavere råd om planlegging og utforming av kulverter og stikkrenner, slik at de ikke representerer noe hinder for fiskens vandring i vassdraget.

Abstract:
Culverts and underground drains often cause problems for migrating fish, reducing their opportunities for spawning and thereby having a negative impact on fish stocks.

This handbook gives advice on how culverts and underground drains can best be planned and constructed so as not to represent obstacles to fish migrating in watercourses.

Forord

Det finnes i dag mye litteratur om hvordan kulverter skal bygges for at de skal lede vannet under en veg eller jernbane uten at det oppstår skader som følge av oppstuving av vann og erosjon. Det har imidlertid i liten grad vært tatt hensyn til at fisk fortsatt skal kunne vandre opp og ned vassdraget. Mange av dagens kulverter og stikkrenner i vassdrag med vandrende fisk har derfor gitt problemer for fiskens vandringsmuligheter. Dette medfører reduserte gytemuligheter for fisken, og dermed en negativ påvirkning på fiskebestandene.

Denne håndboka gir råd om hvordan kulverter og stikkrenner skal utformes slik at de ikke representerer et hinder for fiskens vandring i vassdraget. I tillegg inneholder den omtale av saksgang og regelverk, fiskens generelle krav og egenskaper samt erfaringer på feltet fra inn- og utland.

DN anbefaler at håndboka blir et redskap for vegmyndigheter, Jernbaneverket, kommuner og skogbrukere under planlegging og utforming av kulverter og stikkrenner. For at håndboken skal komme til nytte, er det også viktig at rådene på sikt innarbeides i de utførende instansenes egen håndbøker.

Direktoratet for naturforvaltning står ansvarlig for denne håndboken som vi har kalt ”Slipp fisken fram – Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner”. Håndboka er utarbeidet på oppdrag fra direktoratet av Statkraft Grøner ved Per Ivar Bergan, Lars Jenssen og Aslaug T. Nastad med faglig bistand fra Kåre O. Myhre, Direktoratet for naturforvaltning.

Janne Sollie
Direktør

Trondheim februar 2002

Innhold

1 Innledning 5
- 1.1 Bakgrunn 5
- 1.2 Formål og metode 8

2 Saksgang og gjeldende regelverk 9
- 2.1 Kompensasjonstiltak og fiskefremmende tiltak 10
- 2.2 Lakse- og innlandsfiskloven 10
- 2.3 Vannressursloven og Vassdragsreguleringsloven 12
- 2.4 Plan- og bygningsloven 13
- 2.5 Formell framgangsmåte ved planlegging og bygging av fiskepassasjer 14

3 Fiskens generelle krav og egenskaper 16
- 3.1 Utbredelse og biologi 16
- 3.2 Svømmehastighet og temperatur 18
- 3.3 Vanndyp 19
- 3.4 Lys 19
- 3.5 Spranghøyde 19

4 Erfaringer fra inn- og utland 21
- 4.1 Omfanget av kulverter og eierforhold i Norge 21
- 4.2 Gode og dårlige løsninger 22
- 4.3 Nedre del av Verdalsvassdraget – et foregangseksempel 25

5 Råd ved planlegging og bygging av kulverter 27
- 5.1 Viktige hensyn ved planlegging av kulverter 27
- 5.2 Hvordan bør kulverten utformes for å sikre fiskeoppgang? 28
- 5.3 Løsning 1: Kulvert med "naturlig" elvebunn 29
  - 5.3.1 Når er løsningen egnet? 30
  - 5.3.2 Hvor stor må kulverten være? 33
  - 5.3.3 Bunnmaterialet i kulverten 33
- 5.4 Løsning 2: Horisontal kulvert 36
  - 5.4.1 Når er løsningen egnet? 37
  - 5.4.2 Hvor stor må kulverten være? 37
  - 5.4.3 Utforming 37
- 5.5 Løsning 3: Kontroll av strømningsforholdene i en vanlig kulvert 38
  - 5.5.1 Beregning av vannføringer for fiskeoppgang 39
  - 5.5.2 Beregning av vannhastighet og vanndyp 40
  - 5.5.3 Kontroll: Kan fisken svømme gjennom kulverten? 41
  - 5.5.4 Beregningseksempel 42
- 5.6 Løsning 4: Kulvert med kunstig ruhet 47
- 5.7 Løsning 5: Kulvert med terskler 48
- 5.8 Utforming av kulvertens utløp 49
- 5.9 Utforming av kulvertens innløp 53

6 Referanseliste 54

1 Innledning

Temaet fiskepassasjer kan for norske forhold deles inn i to klart adskilte undertema. Det ene undertemaet er fisketrapper. Disse bygges for å gjenskape eller forbedre fiskens vandringsmulighet. Det andre undertemaet er kulverter og stikkrenner (lukkede elve- eller bekkeløp under f eks veg eller jernbane). Disse bygges av andre samfunnshensyn enn fisk, og kan representere et problem for fiskens vandringsmuligheter. Det er denne problemstillingen som drøftes her. Det er i utgangspunktet ingen prinsipielle forskjeller på kulverter og stikkrenner, men begrepet stikkrenne benyttes vanligvis om slike konstruksjoner med små dimensjoner.

1.1 Bakgrunn

De aller fleste fiskearter har systematiske forflytninger mellom ulike leveområder gjennom livsløpet. Årsaken til vandringer hos fisk kan være gytevandring, næringsvandring eller andre former for vandring for å oppnå gunstigere livsbetingelser. Enkelte arter er kjent for å ha spesielt lange vandringer. Dette gjelder i første rekke laks, men også ørret, røye og harr kan vandre over betydelige avstander mellom beite- og gyteområde.

Disse artene er interessante i fritidsfiskesammenheng i Norge, og de har en vid geografisk utbredelse her i landet. Ørret er den mest utbredte arten i Norge. Laks finnes i de fleste vassdrag av en viss størrelse som har utløp i sjøen. Røye, som er den ferskvannsfiskarten som er utbredt lengst mot nord, finnes i de fleste norske kommuner, men mangler i enkelte områder på Østlandet, Sørlandet og Vestlandet. Harren har en østlig utbredelse i Norge, men er representert i grenseområdene fra sør i landet og nord til

Finnmark. Harr er utsatt for en sterk tilbakegang i Europa. Denne rapporten omhandler derfor kravene til fiskepassasjer beregnet for laks, ørret/ sjøørret, røye/ sjørøye og harr.

I naturlige vassdrag er det vanlig at også små bekker benyttes som gyteområder. Det er spesielt ørret som er flink til å utnytte de minste vassdragene. Dette gjelder både anadrome individer (sjøørret) og ferskvannsstasjonære individer. Når disse småvassdragene krysses av veg eller jernbane eller andre utbygginger, kan det bli vanskelig for fisken å opprettholde vandringsmønsteret dersom kryssingen av bekken blir gjort uten hensyn til fiskens krav. Dårlige kulvertløsninger har derfor forårsaket at mange gyte- og oppvekstområder ikke lenger er tilgjengelige for vandrende fisk.

I større vassdrag er det i første rekke demninger i forbindelse med vannkraftanlegg som har resultert i redusert vandringsmulighet for fisk. I slike situasjoner har det ofte blitt bygd fisketrapper for å opprettholde vandringsmuligheten. Dette temaet vil bli drøftet videre i en annen rapport fra Direktoratet for naturforvaltning (DN).

Tidligere arbeider

Utover 1990-tallet har problematiske kulverter til en viss grad blitt vurdert og prioritert regionalt gjennom de fylkesvise kultiveringsplanene for fisk. Disse har blitt utarbeidet i regi av fylkesmennene. Kultiveringsplanene inneholder prioriteringer av hvilke tiltak som skal/ bør gjennomføres, og de legger føringer for både fiskeutsettinger og bygging eller utbedringer av fiskepassasjer.

Dårlige kulvertløsninger blir ofte beskrevet som et problem for vandrende fisk, men det har ikke blitt gjennomført noen analyse av problemet i Norge. Det er heller ikke laget beskrivelser for hva som er kritisk ved bygging av nye kulverter eller hvilke løsninger som fungerer for norske forhold. Internasjonalt er det stor oppmerksomhet på dette temaet. Både i Storbritannia, Canada og i USA er det laget retningslinjer for hvordan kulverter skal være for å fungere under deres forhold med hensyn til fiskearter og klimatiske forhold. I nordisk sammenheng har det vært et samarbeid om problematikken gjennom Nordisk Ministerråd, og det ble avholdt et nordisk symposium om fiskepassasjer i Oslo i 1998. Resultatene derfra er publisert i DN-notat 1999-1.

Norske samferdselsmyndigheter ved Vegdirektoratet er involvert i et EU-program om faunapassasjer (COST Action 341: ”Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure”). Hovedfokus i det nevnte arbeidet er imidlertid vegenes barrierevirkning for vilt.

Vassdragshåndboka (Sæterbø, E., Syvertsen, L. og Tesaker E. 1998) ble utgitt av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) for å bedre sikkerheten i forhold til vassdragsanlegg samtidig som det tas miljøhensyn. Boka er forholdsvis grundig når det gjelder hydraulikk og tekniske krav til kulverter. Den foreslår også at det er en fordel med terskler i enkelte kulverter for å lette fiskeoppgangen. Boka gir imidlertid ingen råd i forhold til kritiske strømhastigheter, vanndybde med videre i forhold til hvilke arter som finnes i vassdraget og størrelsen på fisken.

Tidlig på 1990-tallet satset DN ressurser på utvikling av innlandsfisk og lokal fiskeforvaltning gjennom ”Innlandsfiskeprogrammet”. I forbindelse med dette arbeidet ble det utarbeidet en perm (Fiskepermen) med nyttige informasjoner som skulle bidra til å bedre kunnskapen til de ulike aktørene i fiskeforvaltningen. Permen inneholder blant annet et kapittel om fiskestell og kultivering som i grove trekk gir råd om hvordan man skal unngå at kulverter blir vandringshindre for fisk.

1.2 Formål og metode

Formålet med denne håndboka er å bidra til at kulverter skal fungere på en god måte for fisk. Dette skal oppnås ved at det på en lettfattelig måte gis råd om hvordan kulverter bør bygges under ulike forhold. Kulverter anlegges i hovedsak av vegmyndigheter, Jernbaneverket, kommuner og skogbrukere. **For at resultatene i denne håndboka skal komme til nytte, er det derfor viktig at resultatene på sikt også innarbeides i de utførende instansenes egne håndbøker.**

For å sikre at rådene som gis i denne håndboka bygger på alle de mest relevante parametere, er det benyttet ekspertise innen både konstruksjon og drift av fisketrapper, generell biologi og fiskebiologi, miljøforvaltning og vassdragshydraulikk.

For enkelte fiskepassasjer er det et mål at de skal fungere tilfredsstillende for fisk under alle forhold i den aktuelle tiden for oppvandring. Dette gjelder fiskepassasjer som ligger i vassdrag hvor det utøves fiske oppstrøms fiskepassasjen. I andre vassdrag er det godt nok at fiskepassasjen fungerer under normale eller noe høyere vannføringsforhold slik at fisken kan nå gyteplassene. For å unngå at tiltaket medfører strømhastigheter eller andre forhold som ikke tilfredsstiller den aktuelle artens krav, er det gjort en litteraturstudie for å finne grenseverdiene for svømmehastighet ved ulike temperatur og for ulik fiskestørrelse for de artene som omhandles i håndboka. Rådene for utforming av fiskepassasjer slik som beskrevet i kapittel 5 er derfor basert på erfaringer med funksjonaliteten til eksisterende anlegg, kjennskap til de aktuelle fiskeartenes egenskaper og krav, samt hydrologiske beregninger for ulike løsninger.

2 Saksgang og gjeldende regelverk

Regelverket som regulerer tiltak i vassdrag, er satt sammen av en rekke lover med tilhørende forskrifter. Det kan derfor være vanskelig å skaffe seg oversikt over hvilke tillatelser som er nødvendig for å gjennomføre ulike tiltak, og hvilke myndigheter som forvalter de ulike bestemmelsene.

De mest sentrale lovene som regulerer bygging av fiskepassasjer er:

- Lakse- og innlandsfiskloven (Lov om laksefisk og innlandsfisk mv av 15. mai 1992 nr. 47)
- Vannressursloven (Lov om vassdrag og grunnvann av 24. november 2000 nr. 82)
- Vassdragsreguleringsloven (Lov av 14. desember 1917 nr. 17 om vassdragsreguleringer)
- Plan- og bygningsloven (av 14. juni 1985 nr. 70)

I tilknytning til disse lovene er det vedtatt forskrifter som har betydning for etablering av fiskepassasjer i ulike sammenhenger. I tillegg må det ved gjennomføring av tiltak i vassdrag tas hensyn til kravene som stilles i blant annet Kulturminneloven, Jordloven, Skogloven og Forurensningsloven, slik at de verdiene som disse lovene skal beskytte ikke blir skadet. En oversikt over de sentrale bestemmelsene i de aktuelle lovene med tilhørende forskrifter er gitt i kapitlene 2.2 – 2.4. I kapittel 2.5 gis det råd om framgangsmåter for å innhente nødvendige tillatelser.

2.1 Kompensasjonstiltak og fiskefremmende tiltak

I hovedsak kan fiskepassasjene deles inn i tre grupper:

- Tiltak som etableres utelukkende for å bedre fiskens vandringsmulighet.
- Tiltak som gjennomføres for å kompensere for skade som er påført fiskestammene i vassdraget.
- Tiltak i vassdrag som gjennomføres av andre hensyn, og hvor tiltaket kan medføre problemer for fiskens vandringer dersom det ikke blir utført på en forsvarlig måte.

Selv om alle disse tiltakene i utgangspunktet må forholde seg til gjeldende lover og forskrifter, blir både saksgang og regelverk noe forskjellig. De rene fisketiltakene forholder seg hovedsakelig til Lakse- og innlandsfiskloven. Der en utbygger blir pålagt å bygge fiskepassasjer for å kompensere for skade som tiltaket medfører, vil imidlertid pålegget være nedfelt i vilkårene for tillatelsen etter f eks Vannressursloven eller Vassdragsreguleringsloven. Kryssing av vassdrag med veg eller jernbane, og andre lukkinger av vassdrag, vil hovedsakelig måtte forholde seg til Plan- og bygningsloven, Vannressursloven eller Lakse- og innlandsfiskloven. Hvilke bestemmelser som gjelder, vil bli gjennomgått i kapittel 2.2-2.4. Hvordan saksgangen er for de ulike sakstypene blir gjennomgått i kapittel 2.5.

2.2 Lakse- og innlandsfiskloven

Lakse- og innlandsfiskloven (Lov om laksefisk og innlandsfisk mv. av 15. mai 1992 nr. 47) erstattet den gamle Lov om laksefisket og innlandsfisket av 6. mars 1964. Mens den gamle loven i hovedsak gikk på fiskeutøvelse, har den nye loven hovedfokus på fiskebestandene og økologiske forhold.

Loven forvaltes av miljøvernmyndighetene (Miljøverndepartementet, Direktoratet for naturforvaltning og fylkesmennene) og kommunene. Både gjeldende forskriftsverk og hvilke myndigheter som har ansvar for å håndheve de ulike bestemmelsene, er i stadig forandring. I de senere årene har det vært en tendens til at mer myndighet er blitt delegert til lavere nivå. Dette innebærer at kommunene har fått stadig mer myndighet innen forvaltningen av ferskvannsfisk. Det diskuteres også hvorvidt myndigheten som i dag ligger til staten ved Fylkesmannen skal overføres til fylkeskommunen.

De bestemmelsene i Lakse- og innlandsfiskloven som har relevans for fiskepassasjer er §§ 7 og 10. Etter §7 har miljøvernmyndighetene hjemmel til å fastsette forskrift om at fysiske tiltak i vassdrag skal godkjennes, og at ulovlige tiltak kan forlanges fjernet på tiltakshavers regning. Bestemmelsen fastslår også at tiltak som krever godkjenning etter Vannressursloven ikke trenger tillatelse etter denne bestemmelsen når hensikten er annet enn det som angår fisken eller fisket direkte.

Lakse- og innlandsfisklovens § 10 omhandler kultiveringstiltak for fisk. Bestemmelsen slår fast at kultiveringstiltak krever tillatelse, og bestemmelsen er også en hjemmel for å fastsette forskrift(er) om dette.

For å konkretisere innholdet i §§ 7 og 10 i loven, fastsatte Miljøverndepartementet en egen forskrift om tekniske fiskekultiveringstiltak og inngrep i vassdrag, 18. desember 1992. Forskriftens § 1 fastslår at myndigheten til å gi tillatelser ligger til Fylkesmannen. Videre er det forbudt å gjøre tiltak i vassdrag *"som i påviselig grad forringer produksjonsmulighetene for fisk eller ander ferskvannsorganismer"*. Det blir presisert at denne bestemmelsen i forskrift hjemlet i Lakse- og innlandsfiskloven, ikke gjelder dersom saken har tillatelse etter vassdragslovgivningen (Vannressursloven og/ eller Vassdragsreguleringsloven).

I samme paragraf står det også at tekniske kultiveringstiltak som har til hensikt å forandre en arts utbredelse krever tillatelse fra Fylkesmannen. Denne bestemmelsen gjelder uavhengig av hvilke andre tillatelser som foreligger. Samlet innebærer dette at både tiltak som stenger eller hindrer fiskens gang, og bygging av spesielle fiskepassasjer krever tillatelse.

2.3 Vannressursloven og Vassdragsreguleringsloven

Vannressursloven (Lov 2000-11-24 nr 82: Lov om vassdrag og grunnvann) er den nyeste av lovene som regulerer tiltak i vassdrag. Loven erstattet den gamle Vassdragsloven av 1940. Den nye loven har som formål å sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann.

Loven forvaltes av Olje- og energidepartementet, men myndigheten er for de fleste bestemmelser delegert til NVE. Dette gjelder også for bygging av fiskepassasjer og kulverter. Unntak fra dette kan gjelde dersom bygging av fiskepassasjen blir pålagt med hjemmel i vilkårene for en egen konsesjon eller tillatelse (omtales under Vassdragsreguleringsloven).

Vannressurslovens § 8 slår fast at alle tiltak i vassdrag (med få unntak) krever tillatelse dersom tiltaket kan være til nevneverdig skade for noen allmenne interesser. Hensynet til fisk og fiske faller klart innenfor begrepet allmenne interesser i denne sammenheng. For enkelte vassdragstiltak kan det være vanskelig for tiltakshaver å avgjøre om et tiltak er til nevneverdig skade. Det er derfor utarbeidet en egen forskrift om konsesjons- og meldeplikt, og krav til innhold i søknader om tillatelse etter Vannressursloven. Forskriften er ennå ikke vedtatt. Av forskriften går det fram at en rekke definerte tiltak er meldepliktige til NVE. Hensikten med dette er at vassdragsmyndigheten ønsker å få vurdert alle disse tiltakene med hensyn til konsesjonsplikt. Meldingen skal sendes til NVE og fylles ut på fastsatt skjema.

Verken fiskepassasjer, fisketrapper eller kulverter er nevnt spesielt i listen over meldepliktige tiltak, men lukking av vassdrag over 25 meter skal alltid meldes. Det samme er tilfellet for all lukking i vernede vassdrag. Dette innebærer at all planlegging av kulverter i vernede vassdrag skal meldes til NVE for vurdering av konsesjonsplikt etter Vannressursloven.

Det er viktig å legge merke til at tiltaket kan være konsesjonspliktig selv om det ikke er meldepliktig etter forskriften. Som et eksempel kan nevnes at anleggelse av en kort kulvert i en sjøørretbekk, som ikke er en del av et vernet vassdrag, er konsesjonspliktig etter § 8 dersom den skaper problemer for oppvandrende gytefisk. Dette

gjelder selv om tiltaket ikke er meldepliktig etter forskriften. Når et tiltak er konsesjonspliktig i henhold til Vannressursloven, skal det sendes søknad til NVE med opplysninger i henhold til forskriftens § 4. NVE kan treffe avgjørelse om at et tiltak som må ha tillatelse etter Lakse- og innlandsfiskloven, §§ 7 eller 10, ikke trenger egen tillatelse etter Vannressursloven.

Vassdragsreguleringsloven (Lov av 14. desember 1917 nr. 17 om vassdragsreguleringer) regulerer all vannkraftutbygging som innbefatter etablering av reguleringsmagasin eller overføring av vann mellom vassdrag. Når det gis konsesjon i henhold til Vassdragsreguleringsloven, settes det visse vilkår for tillatelsen. I enkelte konsesjoner er det satt vilkår om at utbyggeren skal bekoste tiltak som letter oppgangsforholdene for fisk som kompensasjon for de skadene som utbyggingen har påført fiskebestandene. I andre konsesjoner er vilkårene mindre spesifikke, men inneholder en hjemmel for miljøforvaltningen til å pålegge tiltak som letter vandringene for fisk. Ved slike pålegg er det ikke nødvendig å innhente tillatelse etter Vannressurs- eller Lakse- og innlandsfiskloven.

2.4 Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77 (PBL) har som formål å legge til rette for at arealbruk og bebyggelse blir til størst mulig gavn for den enkelte og samfunnet. Dette skal skje gjennom arealplanlegging og krav til det enkelte byggetiltak. PBL inneholder bestemmelser om arealplanlegging, og myndigheten til å benytte bestemmelsene er i hovedsak lagt til kommunene. Det er derfor kommunenes formelle planer (kommuneplanens arealdel, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner) som legger føringer for hvilke tiltak som kan gjennomføres i et område.

Arealplanlegging (§ 20-4)
PBL gjelder både på land og i vassdrag. Grensen mellom land og vann i arealplansammenheng går ved gjennomsnittlig flomvannstand. Områder for særskilt bruk eller vern av vassdrag kan avsettes til blant annet ferdsel-, fiske-, natur- og friluftsområder. På landområder kan det derimot ikke skilles mellom de tre bruksområdene landbruk, natur og friluftsliv (LNF). Det mest vanlige for vassdragsområder er imidlertid at kommunene velger å la vassdragene inngå sammen

med landområder i LNF-områder. Det innebærer at byggetiltak, som er i tråd med et av formålene i LNF-områder, ikke er i strid med arealplanen og at det derfor ikke er nødvendig å søke om dispensasjon fra planen. Dette vil være tilfellet for fiskepassasjer i LNF-områder.

For områder inntil 100 meter fra vassdrag, har kommunene mulighet til å bestemme en strengere praksis og kontroll med byggetiltak. Kommunen kan i sin arealdel til kommuneplanen fastsette at det ikke skal kunne gjennomføres meldepliktige byggetiltak nærmere vassdraget enn 100 meter før området inngår i en regulerings- eller bebyggelsesplan.

Tiltak som krever søknad og tillatelse

Av lovens § 93 framgår det at oppføring av alle varige og midlertidige konstruksjoner og anlegg krever tillatelse. Det samme gjelder også for vesentlige terrenginngrep. Dersom tiltaket er i strid med gjeldende kommuneplan, må det også gis dispensasjon fra planen for at tiltaket skal kunne gjennomføres. Bestemmelsene i § 93 innebærer at kulverter som hovedregel må ha tillatelse fra kommunen. Unntak fra bestemmelsene i § 93 er blant annet gitt for veger som anlegges i forbindelse med skogsdrift. Dersom kulverten er gitt tillatelse etter vannressursloven, er det ikke nødvendig å søke om byggetillatelse.

2.5 Formell framgangsmåte ved planlegging og bygging av fiskepassasjer

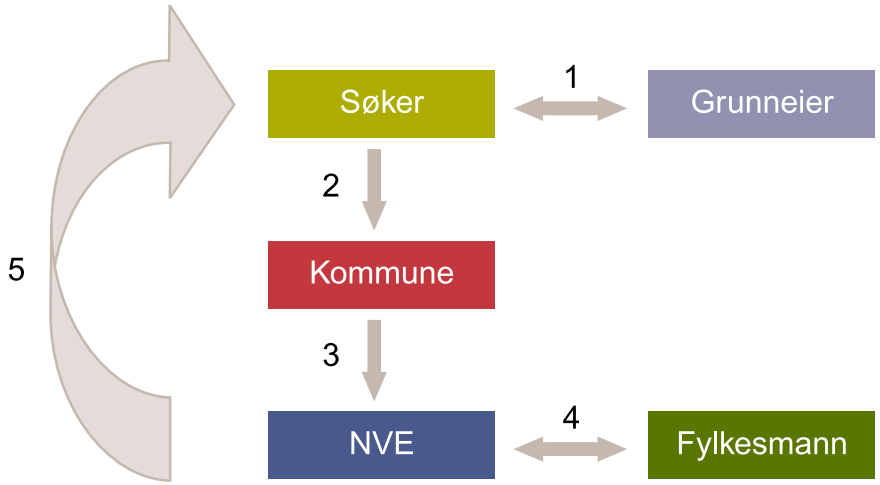
I saker der en part blir pålagt å gjøre tiltak for å opprettholde eller gjenskape vandringsmuligheten for fisk med hjemmel i en konsesjon, vil saksgangen være spesiell. I slike saker vil saksgangen bare foregå mellom påleggsmyndigheten (miljøforvaltningen eller vassdragsmyndighetene) og konsesjonæren som oftest er en energiprodusent.

Dersom det skal anlegges ny kulvert, hvor tiltaket ikke er hjemlet i en egen konsesjon, må tiltaket vurderes i forhold til både Vannressursloven, Lakse- og innlandsfiskloven eller Plan- og bygningsloven. NVE skal vurdere om tiltaket er til nevneverdig skade for allmenne interesser, Fylkesmannen vurderer spesielt behovet for å opprettholde eller gjenskape vandringsmulig-

heten. I tillegg gjør fylkesmannen en vurdering av andre miljøkonsekvenser av tiltaket.

Det er ikke etablert noen formell saksgang mellom de ulike forvaltningsmyndighetene når det gjelder tiltak i vassdrag. Samordningen mellom Fylkesmannen og NVE fungerer imidlertid godt. Når forholdet til grunneier er avklart, vil det mest hensiktsmessige være å sende en henvendelse til kommunen med en anmodning om at de videresender saken til NVE.

Kommunen vurderer tiltaket i forhold til gjeldende arealplaner og et vidt spekter av lokale interesser.



Figur 2.1 Anbefalt saksgang for vurdering av kulverter og stikkrenner.

3 Fiskens generelle krav og egenskaper

3.1 Utbredelse og biologi

Harr
Harren forekommer hovedsakelig i de østlige delene av Norge, med størst forekomst på Østlandet og i Finnmark. Den finnes også i enkelte vassdrag i Møre og Romsdal, Trøndelagsfylkene, Nordland og Troms. Harren trives best i rennende vann og er mest utbredt i elver med kaldt, oksygenrikt vann.

I motsetning til laks, ørret og røye, gyter harren om våren. Den blir kjønnsmoden ved 3-6 års alder. Kjønnsmoden harr som overvintrer i vatn og innsjøer, starter en kombinert gyte- og næringsvandring under isløsningen. I enkelte vassdrag vandrer harren over lange avstander i forbindelse med gytingen. Harren gyter på grunne partier i elver og bekker, gjerne på fin grusbunn.

Fysiske inngrep i forbindelse med kraftutbygging og flomsikring utgjør den største trusselen for harr i norske vassdrag. Harren står oppført på Bernkonvensjonens liste III. Artene på liste III kan bare utnyttes på en slik måte at bestandene ikke blir truet. Reguleringen kan skje ved fastsettelse av fredningstider, midlertidig eller lokale forbud mot utnyttelse og kontroll med innenlands handel.

Røye/sjørøye
Røya finnes i to hovedformer; stasjonær innlandsrøye og anadrom sjørøye. I de tre nordligste fylkene forekommer den både som stasjonær innlandsrøye og sjørøye, mens den i resten av landet stort sett er en ren ferskvannsfisk. Begge former for røye gyter i ferskvann. Stasjonær innlandsrøye foretrekker innsjøer som leveområde, men elvelevende bestander forekommer også, spesielt i Nord-Norge.

Sjørøya foretar årlige vandringer til de nære fjord- og kystområdene. Sjørøyas opphold i saltvann varer noen få uker, og både kjønnsmoden og umoden fisk foretar denne næringsvandringen etter at de har nådd en viss størrelse.

Røya gyter om høsten, fra midten av september til desember, avhengig av hvor i landet den befinner seg. I Sør-Norge gyter røya hovedsakelig i stillestående vann. I Nord-Norge er det også vanlig at røya gyter i bekker og elver.

Sjørøyebestanden er utryddet i fire vassdrag i Norge.

Laks
Laksen er en anadrom art som gyter og lever sine første år i ferskvann. Etter 2-5 år vandrer lakseungene (smolten) ut i sjøen og følger kyststrømmene ut i Norskehavet og Barentshavet på en lengre næringsvandring. Etter kjønnsmodning vender laksen tilbake til oppvekstelva for å gyte. Hvert laksevassdrag har sin egen lokale laksestamme. Laksen var opprinnelig tilstedeværende i de aller fleste elver langs Norskekysten fra Enningdalselva i sørøst, til Grense Jakobselv i nordøst.

Flere laksestammer har blitt utryddet fra elver på pga sur nedbør, lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* eller tørrlegging av vassdrag i forbindelse med vassdragsreguleringer. Til sammen er laksebestanden definert som utryddet fra 49 vassdrag.

Rømt oppdrettslaks utgjør også en trussel for villaksen i Norge. Gyting av oppdrettslaks i vassdragene kan føre til at de stedegne laksestammene endres genetisk og blir dårligere tilpasset sitt miljø. I tillegg bidrar oppdrettslaksen sterkt til spredning av laksesykdommer. Laksen er i likhet med harr oppført på Bernkonvensjonens liste III.

Laksens sjøopphold kan vare i flere år. Smålaks opp til tre kilo har vært et år i sjøen, mens de største individene har vært fire år i sjøen før de vandrer tilbake til elva for å gyte. Tidspunktet på året for oppvandring til ferskvann varierer fra forholdsvis mye. De første individene vender tilbake allerede i april-mai, mens hovedtyngden kommer i juni-juli. Det foregår også oppvandring ut over høsten helt fram mot gyting. Gytingen foregår i rennende vann, og da gjerne på substrat av grov grus. Laksen går sjelden opp i små bekker for å gyte. Gytetida strekker seg fra oktober til desember.

Ørret /sjøøret
I Norge forekommer sjøørreten i nær sagt alle kystvassdrag hvor det er mulig for fisken å vandre opp for å gyte. Til sammen 1238 hovedvassdrag har bestander av sjøørret. Innlandsstasjonær

ørret, dvs ørret som ikke vandrer til saltvann, er utbredt i hele landet, men er mindre utbredt på Østlandet hvor den møter sterk konkurranse fra mange andre fiskeslag. Sjøørret og innlandsørret er samme art, men sjøørretstammene benytter saltvann som oppvekstområde etter at de har nådd ca 15 cm lengde.

Ulike ørretbestander utviser svært stor variasjon i størrelse, kjønnsmodningstidspunkt, gyteadferd, fødevalg osv. I enkelte bestander er maksimalstørrelsen nede i 30 cm og 0,3 kg, mens den i andre kan være 100 cm og opp i 20 kg. Småvokste (dverger) og storvokste hanner kan opptre i samme bestand. Kjønnsmodning skjer ofte ved 3-4 års alder, mens ørreten i enkelte bestander ikke blir kjønnsmoden før den er opp mot 10 år. For å kunne vurdere om en kulvert vil være et vandringshinder for ørreten, kreves det derfor en viss kunnskap om de lokale fiskebestandene.

Ørreten gyter stort sett i rennende vann. Den er mer fleksibel enn laksen når det gjelder valg av gytested. Selv små bekker som er nær ved å tørke ut om sommeren, kan fungere ypperlig som gytebekker hvis vannstanden er tilstrekkelig i gytetiden.

Både innlandsørret og sjøørret blir utsatt for negative påvirkninger av menneskelig aktivitet. På Sørlandet er mange bestander av både innlands- og sjøørret utryddet, eller sterkt reduserte på grunn av forsuring av vassdrag. Spesielt mange sjøørretbestander har hatt store problemer med den økte mengden lakselus som følger med veksten i oppdrettsnæringen. Dette gjelder i første rekke på Vestlandet, men lakselus er også et stort problem i flere regioner lenger nord i landet. På grunn av ørretens evne til å utnytte de små bekkene til gyting, har de mange fysiske tiltakene i småvassdrag også gitt negative konsekvenser for ørret. De negative fysiske tiltakene er blant annet bekkelukking, erosjonssikring, jordvanning, kraftproduksjon og kulverter under veger og jernbane.

3.2 Svømmehastighet og temperatur

Fisk er vekselvarme, dvs. at kroppstemperaturen følger temperaturen i vannet. Dette har betydning for aktivitetsmønsteret til fisken. Generelt kan en si at aktivitetsnivået og yteevnen øker med økende temperatur opp til en øvre temperaturgrense (øvre optimaltemperatur). Ulike fiskearter har ulike

optimaltemperaturer. Blant de artene som vurderes i denne rapporten har røye den laveste optimaltemperaturen. Når temperaturen overstiger den øvre optimaltemperaturen, vil oksygen bli en begrensende faktor, og fiskens maksimale svømmeaktivitet vil minke med økende temperatur. For høye temperaturer medfører økt stress for fisken og gir også økt dødelighet. Laks blir utsatt for varmestress ved vanntemperaturer over ca. 18°C, med økt dødelighet som resultat (Hudson og Heikkila 1995).

Fisk kan opprettholde maksimal svømmehastighet i svært korte strekk om gangen. Slik svømming foregår anaerobt, dvs uten tilførsel av oksygen til muskulaturen. Stor fisk oppnår større maksimalhastighet enn små fisk, og laks oppnår større maksimalhastighet enn de andre norske ferskvannsartene. Etter laksen følger ørret, mens både harr og røye er noe svakere til å forsere mindre fosser og harde stryk.

3.3 Vanndyp

Erfaringer fra kulverter i Skottland viser at laksen er avhengig av en vanndybde på minst 0,3 m for å forsere kulverter, uansett lengde. Sjøørret og innlandsørret krever vanndyp på henholdsvis minst 0,15 m og 0,1 m, men dette er avhengig av størrelsen på fisken (jf tabell 3.1).

3.4 Lys

Erfaringer fra drift av fisketrapper i Norge, viser at belysning ikke har noen betydning for fiskens vandringsadferd. Den vandrer oppstrøms slike innretninger enten det er i stupende mørke eller i kunstig belysning. Det må antas at det samme vil gjelde for kulverter, selv om vi ikke kjenner til at det er gjort forsøk med dette.

3.5 Spranghøyde

Det er forskjeller mellom de ulike artene når det gjelder hoppeferdigheter. Det er også slik at store individer hopper høyere enn små individer. Dybden i kulpen nedenfor fossen er dessuten avgjørende for hvor godt ”fraspark” fisken får. Av de omtalte laksefiskene i denne håndboka, er laks i stand til å forsere de høyeste fallene. Det er kjent at stor laks kan klare loddrette fall på fem meter dersom det er tilstrekkelig dybde i kulpen nedstrøms fossen. Ørret kan også hoppe forholdsvis høyt, mens røye og harr ikke forserer høye fosser.

I fisketrappa i Målselvfossen er det imidlertid observert harr som klarer opp til 1 meter høye sprang. I forbindelse med kulverter kan bare et lite fall ved utløpet være nok til å hindre fisken i å passere (jf tabell 3.1).

De ulike fiskeartenes svømmeferdigheter, og evne og vilje til å passere kulverter er presentert i flere publikasjoner. Anbefalte grenseverdier for konstruksjon av kulverter varierer mye fra publikasjon til publikasjon. I anbefalingene som gis i denne rapporten (kap 5) har vi benyttet et skjønnsmessig utvalg av det som er erfaringer og anbefalinger fra andre land. I tabell 3.1 har vi valgt å gjengi en tabell som inngår i den offisielle skotske veilederen for bygging av kulverter. Det må understrekes at tabellen ikke angir tallverdier som anbefales som dimensjonerende i Skottland, men at den presenterer tallverdier for situasjoner som skaper problemer for oppvandrende fisk. I kapittel 5 i denne rapporten har vi fraveket disse verdiene på enkelte områder.

Tabell 3.1. Øvre grenseverdier for ulike egenskaper ved kulverter som ikke hindrer fiskeoppgang. (fra Scottish Executive Development Department: River Crossings and Migratory Fish, Design Guidance, 2001).

	Små stasjonær ørret (15 cm)	**Sjøørret (25-50 cm)**	**Smålaks (55 cm)**
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde <20 m (*)	1,25 m/s	1,6 m/s	2,5 m/s
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde 20-30 m (*)	1,0 m/s	1,5 m/s	2,0 m/s
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde > 30m (*)	0,8 m/s	1,25 m/s	1,75 m/s
Minste rørdiameter	0,3m	0,3m	0,5m
Minste vanndybde	0,1m	0,15m	0,3m
Maksimalt vannfall ved utløpet	0,2m	0,3m	0,3m
Minimum lysåpning i rist ved innløpet	0,05m	0,1m	0,2m

(*): gjennomsnittshastighet i tverrprofil

4 Erfaringer fra inn- og utland

4.1 Omfanget av kulverter og eierforhold i Norge

Det finnes ingen oversikt over hvor mange kulverter som er anlagt i tilknytning til vassdrag i Norge. Den beste oversikten finnes sannsynligvis hos Jernbaneverket. De har fullstendig oversikt over hvor de har kulverter under jernbanesporene. På Nordlandsbanen, inkludert strekningen Stjørdal-Storlien, er det hele 3387 kulverter og stikkrenner. Dette er likevel et lite antall sammenlignet med totalantallet. Hovedmengden er anlagt under veger av ulik størrelse og standard, og eierne til disse er Statens vegvesen, fylkeskommunene, kommunene og private. Det private vegnettet i Norge er svært omfattende, og antall kilometer skogsbilveg og traktorveger (95000 km) er høyere enn samlet lengde på det offentlige vegnettet (88000 km) (Landbruksdepartementet 1998).

Det finnes mye litteratur på hvordan en kulvert skal bygges for å fungere etter de målsettingene som gjelder for tiltaket. Målet med å bygge en kulvert er i de fleste tilfeller at vannet skal kunne passere fritt gjennom kulverten ved alle aktuelle vannføringer. Dette skal skje uten at det oppstår verken skadelige oppstuvninger av vann oppstrøms kulverten, eller skadelig erosjon nedstrøms kulverten. Tradisjonelt har det ved prosjektering av kulverter ikke blitt tatt hensyn til at fisk fortsatt skal kunne vandre opp og ned i vassdraget, og resultatet er at det har blitt etablert mange nye vandringshindre for fisk. Det finnes imidlertid ingen total oversikt over hvor stort problemet er, men mye tyder på at problemet har stor betydning. I de aktuelle etatenes retningslinjer for prosjektering av kulverter er det heller ikke gitt noen råd om hvordan man skal sikre seg at hensynet til vandrende fisk blir ivaretatt.

4.2 Gode og dårlige løsninger

Når veg eller jernbane skal krysse et vassdrag er det billigere å la vassdraget gå i en kulvert enn å bygge bru. Dette er den åpenbare årsaken til at det finnes så mange kulverter her i landet. Den miljømessige fordelen med bru er at elvebunnen beholdes, og at det ofte også blir mulig for landlevende dyr å trekke langs vassdraget uten å måtte krysse vegen.

Ved bygging av kulverter blir det ofte valgt miljømessig ugunstige løsninger, som hindrer fisken i å komme forbi, slik at den blir avskåret fra viktige gyteområder. En kulvert kan hindre fiskens vandring i ulik grad:

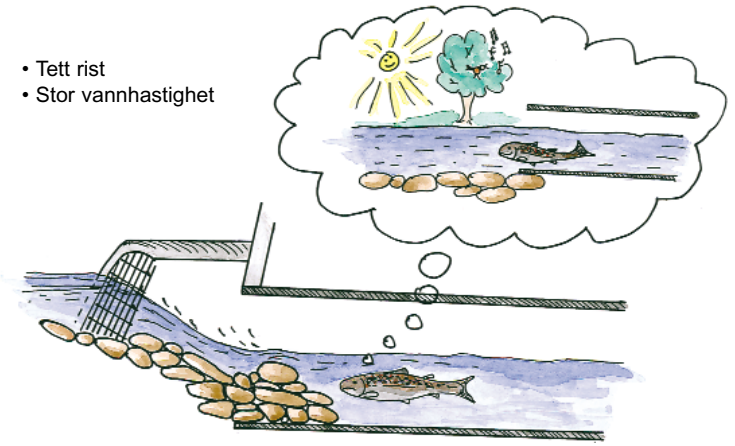
1. Fullstendig hinder, som stopper all fisk på vei opp vassdraget.
2. Midlertidig hinder, som stopper fisken i perioder. Kulverten kan f eks hindre fiskens gang i perioder med spesielt lav eller spesielt høy vannføring.
3. Delvis hinder, som stopper enkelte fisk, men som slipper andre forbi, f eks fordi stor vannhastighet hindrer svak fisk å nå gjennom kulverten, mens sterkere fisk greier å svømme mot strømmen.

Det er fire vanlige årsaker til at en kulvert stanser fiskens vandring (figur 4.1 og 4.2):

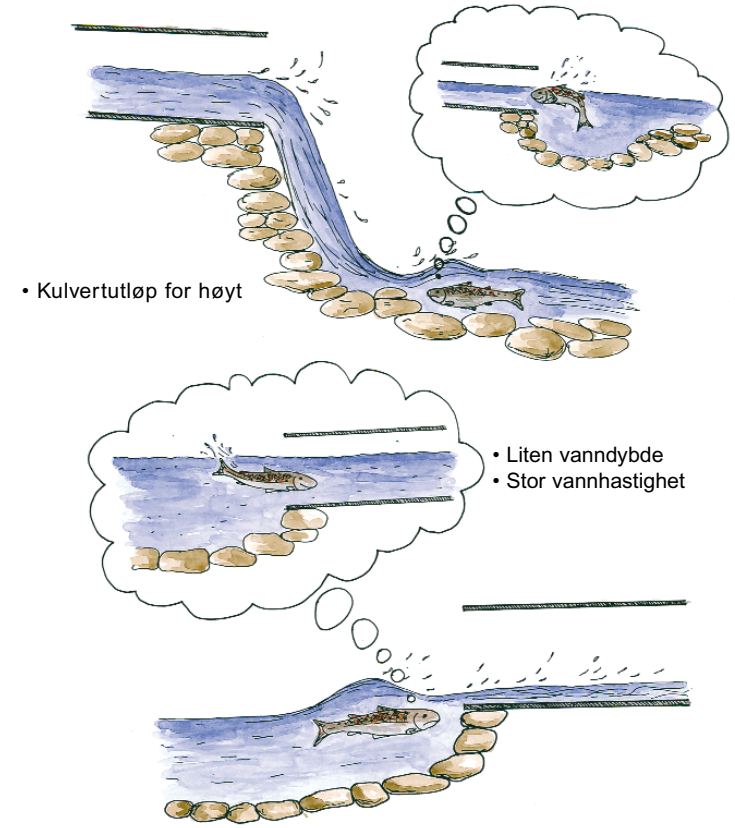
- Fall ved utløpet.
- For stor vannhastighet i kulverten.
- For lite vanndyp i kulverten.
- Rist foran innløpet.
- Gjentetting av innløpet.

I tillegg kan sterk turbulens (virvling) hindre fisken i å svømme gjennom kulverten. Det gjelder særlig fiskeyngel. Har kulverten for liten diameter, mindre enn ca 0.6 m, vil stor fisk nøle med å svømme inn i røret.

I mange kulverter er vannhastigheten for stor ved høye vannføringer. Dette er uheldig fordi det er ved høy vannføring at fisk søker oppover i de mindre vassdragene. Ved for høy vannhastighet kan ikke fisken svømme opp gjennom kulverten.



Figur 4.1 Rist foran innløpet til kulverter samler opp kvist og drivgods, og utgjør et effektivt vandringshinder.



Figur 4.2 Stort fall ved utløpet og stor vannhastighet gjennom kulverten er vanlige forekommende problemer.



Bilde 4.1 Rist som er satt foran innløpet til en kulvert under jernbanelinja. Bekken er sjøørretførende, men oppgangsforholdene har vært svært vanskelige. Det er nå prosjektert en ny kulvert på stedet, som skal ta hensyn til fiskeoppgangen.



Bilde 4.2 Kulvert med for høy vannhastighet. (FOTO TOM JACOBSEN)



Bilde 4.3 Kulvert hvor utløpet er for høyt til at fiske kan passere. (FOTO TOM JACOBSEN)

4.3 Nedre del av Verdalsvassdraget – et foregangseksempel

Verdalsvassdraget i Nord-Trøndelag har en solid bestand av laks og sjøørret. På de nederste 25 kilometerne av vassdraget munner det ut ca 30 små sidevassdrag med et potensiale for gyting og oppvekst av sjøørret. Det var kjent at oppgangsmulighetene i en del av disse var forringet på grunn av kulverter og stikkrenner som hadde en uheldig plassering eller utforming. Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) inngikk derfor i 1995 et samarbeid med den lokale jeger- og fiskeforening for å kartlegge og utbedre problemene. De 25 mest interessante bekkene ble befart og vurdert med hensyn til nødvendigheten av tiltak. Det ble konkludert med at det var behov for større eller mindre tiltak i 15 av disse bekkene. I åtte av de befarte bekkene var det behov for tiltak i eller ved kulverter for å gjenåpne ovenforliggende

strekninger for gyting og oppvekst av sjøørret. Det var stort sett utløpet av kulvertene som var problematiske i forhold fiskens vandringsmuligheter.

Ved noen kulverter ble det laget kulper ved utløpet slik av vannstanden ble hevet rett nedstrøms kulvertutløpet. I et tilfelle lå utløpet av kulverten flere meter for høyt til at fisken kunne vandre inn i kulverten. I dette tilfellet ble det bygd en fisketrapp av løsmasser for at fisken skulle kunne komme seg inn i kulverten. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag har gjennomført prøvefiske med elektrisk fiskeapparat i bekkene etter gjennomføring av tiltakene. Resultatene viste at tiltakene fungerte i alle bekkene med unntak av to, hvor det ikke ble funnet yngel av sjøørret. Et av tiltakene som ikke fungerte var den nevnte bekken hvor det ble bygd en fisketrapp av løsmasser. Ved stor vannføring ble fisketrappa skadet, og ved mindre vannføring forsvant vannet inn i løsmassene.



Bilde 4.4 Ved utløpet av denne kulverten i et lite sidevassdrag til Verdalselva, ble det laget en kulp slik at sjøørret lett kunne vandre inn i kulverten.

5 Råd ved planlegging og bygging av kulverter

Dette kapittelet beskriver hvordan hensynet til fisk kan ivaretas ved planlegging kulverter. Først gis det noen generelle råd om plassering av veg og kulvert. Etter det gjennomgås ulike løsninger for å sikre fiskeoppgang. Det er beskrevet løsninger både for kulvertens gjennomløp, og for innløpet og utløpet. Tradisjonell kulvertdimensjonering, f eks flom- og kapasitetsberegning, blir ikke beskrevet i denne håndboka.

5.1 Viktige hensyn ved planlegging av kulverter

Hensynet til fisk bør komme med i en tidlig fase av planleggingen, slik at man unngår løsninger som gir dårlige muligheter for fiskeoppgang. For å få et best mulig resultat er det mange hensyn å ta:

1. **Hvilke deler av vassdraget er fiskeførende?** Ved planlegging av elvekryssinger er det viktig å vite hvilke deler av vassdraget som fører fisk, og hvilke arter som finnes. Det kan man få opplyst ved å kontakte kommunen eller Fylkesmannens miljøvernavdeling.
2. **Plassering av vegen (trasévalg).** De fleste kulverter bygges der veg- eller jernbane krysser et vassdrag, og valg av trasé vil derfor ha stor betydning. Vegen bør legges slik at det blir færrest mulig kryssinger, og derved få potensielle vandringshindre.
3. **Plassering av elvekryssingen.** Elvekryssinger er ofte ikke til å unngå, men ved fornuftig valg av kryssingspunkt kan man unngå mange problemer. Følgende forhold bør vurderes:

- Kan man legge kryssingspunktet oppstrøms den fiskeførende delen av elva?
- Kan kryssingen plasseres på et sted i elva der det er enkelt å få til gode løsninger for fiskeoppgang?
- Kan kryssingen kombineres med andre hensyn, f eks en stor kulvert for gangveg, som gir en bedre totalløsning?

- Kommer kryssingspunktet i konflikt med særlig viktige deler av vassdraget, f eks gyteplasser?

4. **Bro eller kulvert?** Kryssing på bru kan foretas uten direkte inngrep i elveleiet, og på den måten unngår man mange av de forholdene som skaper problem for fisken. En bro vil vanligvis være dyrere enn en kulvert, men der det er vanskelig å få til fiskeoppgang gjennom en kulvert, bør bru vurderes som et alternativ. En bru vil også sikre passasje for dyr.
5. **Er tiltaket meldepliktig eller konsesjonspliktig?** Kapittel 2 beskriver saksgangen.
6. **Utforming av elvekryssingen.** Om man velger en elvekryssing med kulvert i den fiskeførende delen av et vassdrag, må kulverten utformes slik at den ikke hindrer fisken i å passere.

5.2 Hvordan bør kulverten utformes for å sikre fiskeoppgang?

Når en kulvert anlegges i den fiskeførende delen av elva, må den utformes slik at den ikke hindrer fisken i å passere. Hvordan det gjøres vil avhenge av flere forhold:

- Hvilke arter som skal passere.
- Kulvertens dimensjoner (tverrsnitt, lengde og helling).
- Hvilken type kulvert som benyttes.
- Vannføringen gjennom kulverten.

Denne håndboken beskriver fem ulike løsninger, som også er vist i figur 5.1. De fem løsningene er:

1. Kulvert med naturlig elvebunn.
2. Horisontal kulvert.
3. Vanlig kulvert der det gjennomføres kontroll av strømningsforholdene.
4. Kulvert med kunstig ruhet.
5. Kulvert med terskler.

Løsning 1 og 2 er enkle løsninger, som ikke krever mer beregning enn det som er vanlig for kulvertdimensjonering, og som gir gode forhold for fiskeoppgang. Løsning 1 eller 2 velges hvis ikke særlige forhold tilsier noe annet. Løsning 3 krever beregning av dimensjonerende vannføring for fiskeoppgang, og beregning av vannhastighet og vanndybde. Løsning 4 og 5 krever både beregning av dimensjonerende vannføring og beregning av ruhetselementer eller terskler. Løsning 4 og 5 anbefales ikke for nye kulverter, men kan brukes for å bedre forholdene i eksisterende kulverter.

Løsning 1 - 5 gjelder kulvertens gjennomløp (røret), men det er ofte utformingen av utløpet og innløpet som gjør kulverten til et vandringshinder. Utforming av utløp og innløp er beskrevet på slutten av dette kapitlet.

Når man har valgt en løsning, må man kontrollere at den også tilfredsstiller andre dimensjoneringskrav, f eks til flomavledning og bæreevne.

Ved all planlegging av kulverter er det viktig å kjenne til de typiske problemene som kulverter fører til. Kapittel 4.2 og figur 4.1 og 4.2 forklarer hvorfor kulverter ofte hindrer fiskens vandring.

5.3 Løsning 1: Kulvert med ”naturlig” elvebunn

Dette er den løsningen som gir best forhold for fisken, og som normalt bør velges. Hensikten med denne løsningen er å beholde den naturlige elvebunnen gjennom kulverten, eller å lage en kunstig bunn som er mest mulig lik den naturlige. Løsningen er vist på figur 5.1 og figur 5.2. Den naturlige elvebunnen reduserer vannhastigheten i forhold til ett glatt gjennomløp, og gir gode forhold for fiskeoppgang. Kulverten gis samme fall som det opprinnelige bekkeløpet. Løsningen krever vanligvis ikke beregninger av vannhastighet og vanndyp for å vise at forholdene for fisken er akseptable, men det kan være nødvendig å kontrollere stabiliteten til elvebunnen i kulverten.

Det er to utførelser som kan brukes for å få en naturlig bunn gjennom kulverten:

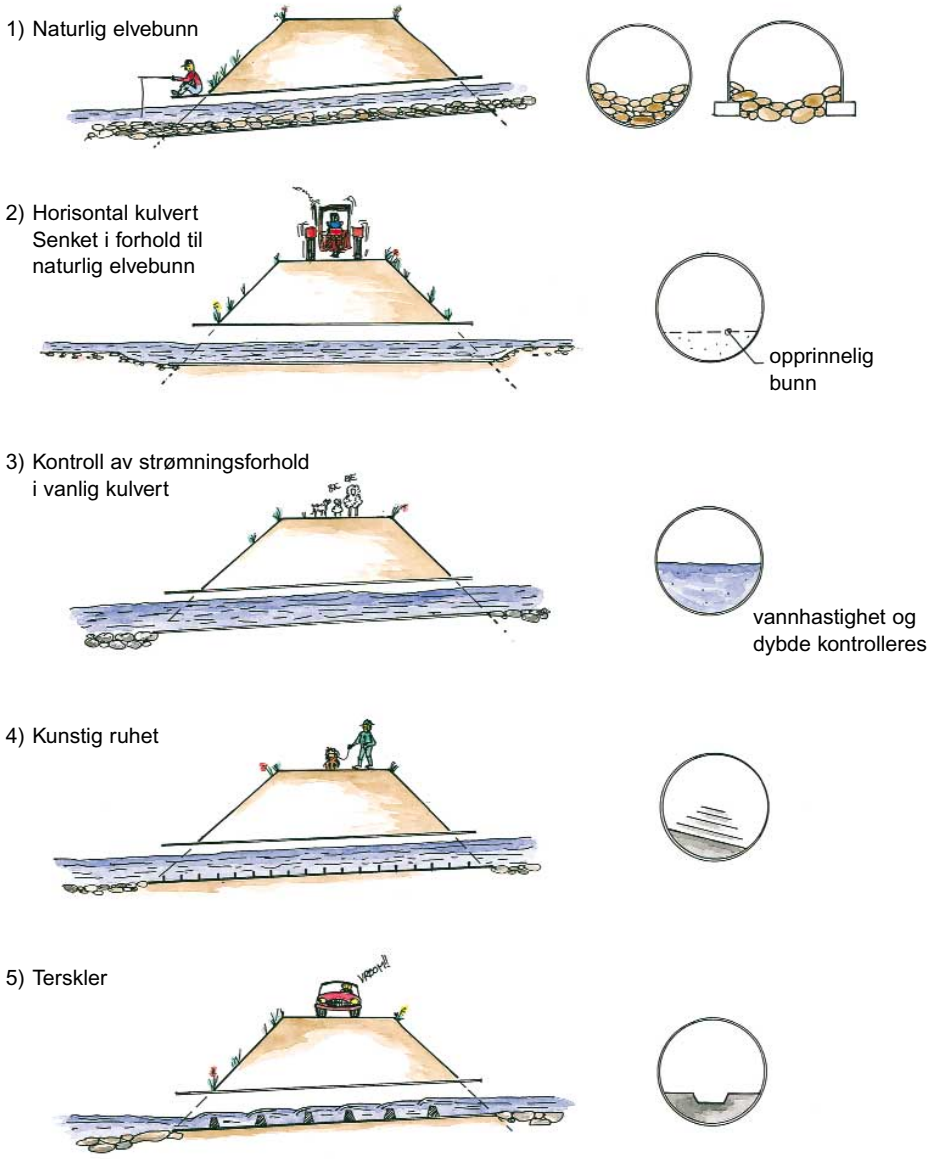
1. Vanlige kulvertrør som er delvis begravd i elveleiet, og der bunnen er fylt med elvegrus/stein.
2. Hvelvbuer uten bunn, som settes over det naturlige elveleiet.

Hvelvbuer uten bunn krever få eller ingen inngrep i bekkeløpet. De minste

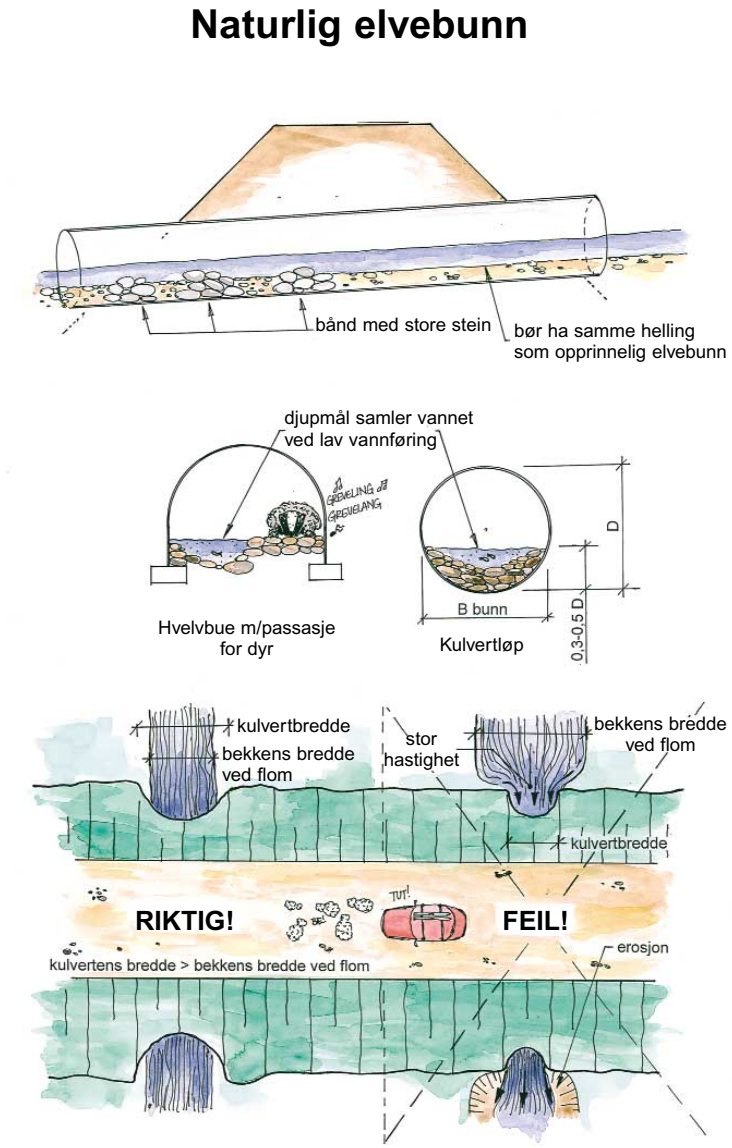
kan heises direkte på plass, mens større buer bare krever utgraving til fundament. Kulvertrør med elvebunn krever oppgraving av eksisterende bunn, og oppbygging av ny bunn i kulvertrøret.

5.3.1 Når er løsningen egnet?

De viktigste forholdene når man skal vurdere om denne løsningen er egnet, er bredden på bekkeløpet, og bekkens helling. "Fish passage design at road culverts" (Washington Department of Fish and Wildlife 1999) angir at løsningen kan brukes for bekker smalere enn ca 6 m (ved årsflom). For større bekker anbefales det å bygge en bru. Denne grensen er bare veiledende, og valget mellom bru, kulvert eller hvelvbuer må gjøres i hvert enkelt tilfelle. Bruer gir minst forstyrrelser i elveløpet, så rene miljøhensyn tilsier bruk av bru fremfor kulvert.



Figur 5.1 Fem alternative måte å anlegge kulverter på hvor det tas hensyn til fiskeoppgangen (se kapittel 5.2).



Figur 5.2 Prinsipper for kulvert med naturlig elvebunn. Denne løsningen er å foretrekke framfor tradisjonell kulvertløsning. Det er viktig med tilstrekkelig bredde på slike kulvertløsninger.

Dersom bekken har lite fall (S_0 <0.5%), og kulverten er relativt kort, kan løsningen med horisontal kulvert (kapittel 5.4) være tilstrekkelig.

5.3.2 Hvor stor må kulverten være?

Kulverten må være så bred at det dannes et naturlig bekkeløp inne i kulverten, og kulverten må ikke snevre inn bekken, selv under flom. Dette gir større dimensjoner enn vanlige kulvertløsninger. I "Fish Passage Design at Road Culverts" (Washington Department of Fish and Wildlife 1999) anbefales følgende minimumsbredde for bunnen i kulverten:

$$B_{bunn} = 1{,}2 \cdot B_{flom} + 0{,}6 \text{ m}$$

B_{bunn} er bunnbredde i kulverten
B_{flom} er bekkens bredde ved middelflom.

Det er flere årsaker til at det er nødvendig med stor bredde på kulverten:

1. Det er viktig at vannet kan flyte fritt gjennom kulverten under flom. Det betyr at kulverten bør være vesentlig bredere enn bekkeløpet. Er kulverten smalere enn det bekken er under flom, blir vannmassene presset sammen gjennom kulverten, slik at vannhastigheten øker. Det vil føre til utvasking av massene som danner bunnen i kulverten, og ødelegger mulighetene for fiskeoppgang. I hvelvbuer (uten bunn) kan erosjon undergrave fundamentene til buen dersom fundamentene står på løsmasser.
2. Av hensyn til mulighetene for fiskeoppgang må ikke vannhastigheten økes i forhold til det som er naturlig på strekningen. En innsnevring av bekken vil føre til at hastigheten øker.
3. Stor bredde på gjennomløpet gjør at det er små sjanser for at drivgods setter seg fast i kulverten.
4. Et stort gjennomløp sikrer også passasje for pattedyr, f eks oter.

For å kunne arbeide effektivt inne i røret bør ikke diameteren være mindre enn 1,8 m.

5.3.3 Bunnmaterialet i kulverten

For åpne hvelvbuer, der man kan beholde den naturlige elvebunnen, er det normalt ikke nødvendig med en ytterligere vurdering av bunnmaterialet

med tanke på fiskeoppgang, men man bør vurdere om elvebunnen er stabil under flom.

For kulvertrør, der det må etableres ny elvebunn inne i kulverten, er det flere forhold å ta hensyn til:

1. Bunnen bør være mest mulig lik den naturlige elvebunnen.
2. Bunnmaterialet må ha så liten porøsitet at vannet ikke blir borte mellom steinene når vannføringen er liten.
3. Bunnmaterialet må være stabilt.
4. Kulverten bør ikke legges med større fall enn det opprinnelige bekkeløpet.

Man bør lage en bunn som er mest mulig lik den naturlige, og det kan man gjøre ved å ta vare på de opprinnelige massene og bruke dem til å etablere en ny elvebunn. Dersom kulverten blir brattere enn det opprinnelige bekkeleiet øker erosjonsfaren. Da kan det bli nødvendig å erstatte de opprinnelige massene med grovere masser.

Ved plastring med grove masser kan det ofte bli så mye hulrom mellom steinene at alt vannet "forsvinner" ved liten vannføring. For å hindre det, må bunnmaterialet være velgradert, dvs at det inneholder tilstrekkelig mellomstore og små steiner til at hulrommene



Bilde 5.1 Bildet, som er tatt ved forholdsvis lav vannføring, viser kulverter med naturlig bunnsubstrat. Kulvertene fungerer godt i forhold til oppvandrende sjøørret.

fylles opp. Det kan man oppnå ved å blande forskjellige fraksjoner, f eks stein, grus og sand, og eventuelt noe silt/leire. Massene plasseres i kulverten og pakkes godt.

Massene plasseres slik at de mest mulig gjenskaper en naturlig elvebunn. Unngå å lage en glatt "brolegging" med stein. Plasser massene uregelmessig og la store steiner stikke opp med ujevne mellomrom. Lag en dypål gjennom kulverten. Den samler vannet, og når vannføringen er liten gir det større vanndybde og bedre forhold for fisken. I kanten av gjennomløpet kan det lages en terrasse som gir tørr passasje for dyr (figur 5.2).

Dersom kulverten er minst like brei som bekkeløpet er ved en vanlig flom, og dersom kulverten ikke er brattere enn det opprinnelige bekkeløpet, vil bunnmaterialet være stabilt for vanlige flommer. Stabiliteten til bunnmaterialet bør kontrolleres for større flommer.

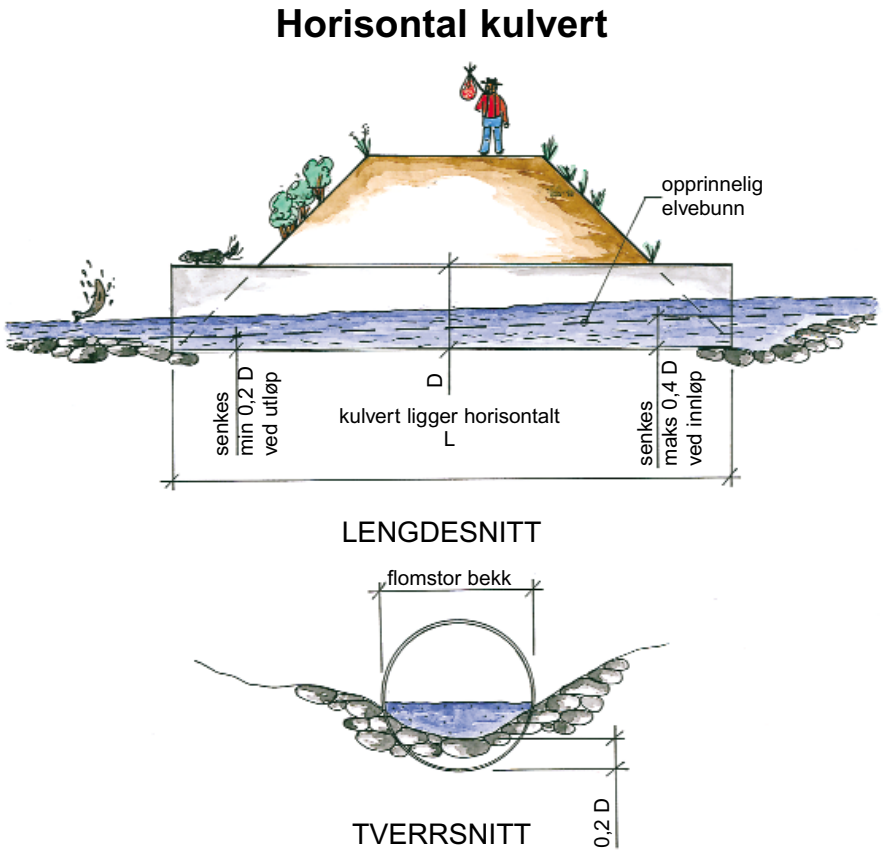
For å få tilstrekkelig bredde på bunnen fylles sirkulære kulverter opp 30 – 50 % av kulverthøyden. For andre tverrsnitt fylles kulverten opp slik at bredden på bunnen blir tilnærmet lik B_{bunn}. Tykkelsen på bunnlaget, H_{bunn}, bør være minst $2 \cdot d_{90}$, minimum 40 cm. (d_{90} er diameteren på de største steinene i bunnmaterialet, 90% er mindre). Det må fylles opp så mye bunnmateriale at det gir et lag som er motstandsdyktig mot flom, og som tåler betydelige endringer av bekkeløpet før bunnen av kulverten blir liggende bar.

Hvis bekken er bratt, eller hvis kulverten bygges brattere enn bekken, så må bunnmaterialet vurderes nøye. Når kulverten er brattere enn bekken vil grus og stein som elva tar med seg inn i kulverten ikke bli liggende. Bunnmateriale i kulverten som vaskes ut blir derfor ikke erstattet av materiale som kommer med bekken. Bunnmaterialet må derfor dimensjoneres slik at det blir liggende stabilt, også under flom. Dimensjonering av bunnmaterialet krever kunnskaper i hydrologi og hydraulikk, og blir ikke beskrevet her.

Utforming av innløp og utløp, som også er viktig, er beskrevet i kapittel 5.8 og 5.9.

5.4 Løsning 2: Horisontal kulvert

En enkel løsning, som kan brukes for bekker med lite fall, er å legge et horisontalt kulvertrør med bunnen godt under elvebunnen (fig 5.3). På den måten blir vannhastigheten lav og vanndybden stor nok til at fisken kan gå igjennom. Ofte fører den naturlige sediment-transporten i vassdraget til at bunnen i kulverten dekkes med elvegrus, noe som bedrer forholdene for fisken. Løsningen er enkel, og krever ikke beregning av vannhastighet og vanndybde.



Figur 5.3 Horisontal kulvertløsning. Denne løsningen sikrer tilstrekkelig vanndyp i små bekker når bunnen i kulverten legges godt under bunnen i bekken.

5.4.1 Når er løsningen egnet?

Løsningen er bare egnet der bekken har lite fall, anslagsvis $S_0 \leq 0.5\%$ (Washington Department of Fish and Wildlife 1999), men det er også avhengig av kulvertens lengde og diameter. Inne i kulvertrøret kan det etter hvert dannes en ny elvebunn med samme fall som den naturlige elvebunnen. Når kulverten ligger horisontalt betyr det at bunnen vil fylle mer av innløpet enn av utløpet (figur 5.3), noe som begrenser lengden av kulverten for et gitt fall på bekken. "Fish Passage Design at Road Culverts" (Washington Department of Fish and Wildlife 1999) anbefaler at utløpet plasseres 0.2•D under bunnen, og at innløpet ikke fylles høyere enn 0.4•D. Da begrenses kulvertlengden av uttrykket:

$$L \cdot S_0 < 0.2 \cdot D$$

Her er:
L = kulvertens lengde (m)
S_0 = bekkens naturlige fall (m/m)
D = kulvertens diameter/høyde (m)

I praksis betyr det at løsningen er begrenset til relativt korte kulverter i bekker med lite fall. Hvis vi har D = 1 m, og S_0 = 1%, så blir maksimal kulvertlengde 20 m. Kulvertlengden kan økes ved å bruke større rør.

5.4.2 Hvor stor må kulverten være?

For å hindre innsnevring av bekkeløpet, og derved erosjonsproblemer, bør kulverten ha en bredde, målt i nivå med elvebunnen ved utløpet, som er større enn bredden av bekken ved middelflom (se figur 5.3). For å redusere faren for tilstopping, og av hensyn til fiskeoppgang, må ikke diameteren være mindre enn 0.6 m. Det må gjøres en egen beregning av om kulverten har tilstrekkelig kapasitet til å ta unna dimensjonerende flom.

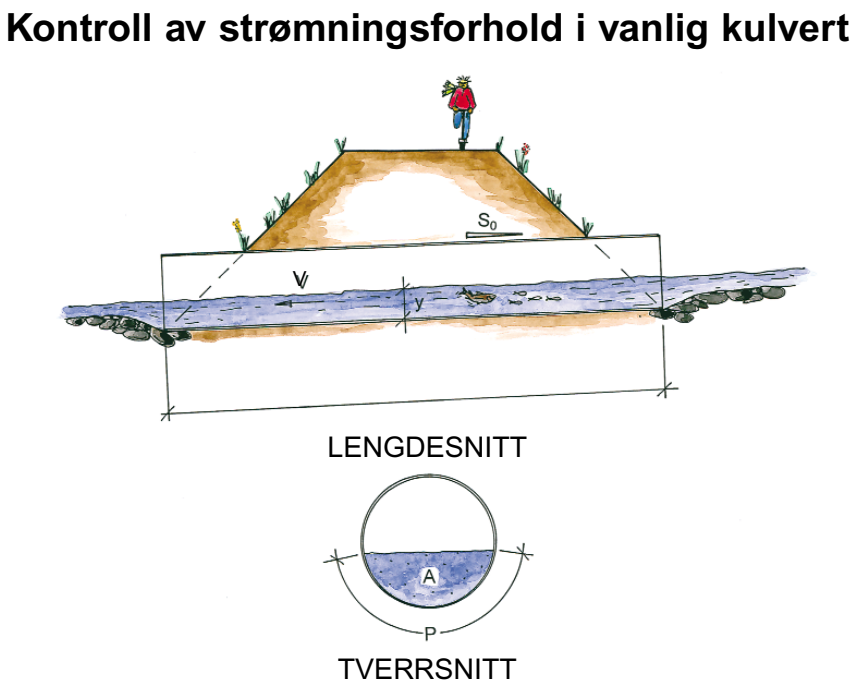
5.4.3 Utforming

Kulverten legges horisontalt. Ved utløpet senkes bunnen av kulvertrøret ca 0.2 D under eksisterende bunn. Her er D kulvertens diameter eller høyde. Ved innløpet bør den naturlige elvebunnen ikke være høyere enn 0.4 D.

5.5 Løsning 3: Kontroll av strømningsforholdene i en vanlig kulvert

Denne løsningen (figur 5.4) innebærer at man foretar en detaljert beregning av forholdene i kulverten, og kontrollerer at den ikke hindrer oppgang av fisk. Metoden krever kunnskaper i hydrologi og hydraulikk, og omfatter følgende trinn:

1. Innhent opplysninger om hvilke arter som skal sikres oppgang gjennom kulverten.
2. Beregn den minste- og største vannføring for fiskeoppgang.
3. Beregn vanndybden ved minste vannføring.
4. Beregn vannhastigheten ved største vannføring.
5. Kontroller at forholdene (vannstand og vanndybde) er slik at fisken kan passere kulverten.



Figur 5.4 Vanlig kulvert. Ved valg av en slik løsning må vannhastighet og vanndyp beregnes, for å være sikker på at forholdene blir tilfredsstillende for fisken.

5.5.1 Beregning av vannføringer for fiskeoppgang

Det er ikke hensiktsmessig å dimensjonere en kulvert for fiskeoppgang ved alle vannføringer, som flom og tørke, men den må dimensjoneres slik at fiskeoppgang er mulig i storparten av det tidsrommet fisken vandrer. Hvilke arter som er aktuelle, og i hvilke tidsrom de vandrer, kan man få opplysninger om hos kommunen eller hos Fylkesmannens miljøvernavdeling.

For den perioden fiskeoppgang er aktuell, hos oss er det vanligvis på høsten, må det beregnes en minste- og en største vannføring for fiskeoppgang. Den minste vannføringen brukes til å kontrollere at vanndybden i kulverten er tilstrekkelig for fiskeoppgang. Den største vannføringen brukes til å kontrollere at vannhastigheten ikke blir større enn at fisken kan svømme opp gjennom kulverten. Fisken bør ha mulighet for oppgang i 80 – 90% av den tiden som vandringen skjer. I praksis kan vi da sette:

$$Q_{90\%} < Q_{oppgang} < Q_{10\%}$$

Der:

1. $Q_{90\%}$ er vannføringen som overskrides i 90% av perioden for fiskeoppgang (lav vannføring) (m^3/s)
2. $Q_{10\%}$ er vannføringen som overskrides i 10% av perioden for fiskeoppgang (stor vannføring) (m^3/s)
3. $Q_{oppgang}$ er vannføringer som ikke hindrer fiskeoppgang (m^3/s)

$Q_{90\%}$ og $Q_{10\%}$ vil i hovedsak avhenge av størrelsen på feltet som drenerer til kulverten, og av klimaet (nedbørforholdene) på stedet. Pga store variasjoner mellom landsdelene, og innen hver landsdel, må det gjøres egne beregninger for hver kulvert. Beregningene må baseres på data fra nærliggende målestasjoner for vannføring, og bør utføres av personer med kunnskaper i hydrologi. Framgangsmåten blir ikke beskrevet i denne boka.

5.5.2 Beregning av vannhastighet og vanndyp

Når største og minste vannføring for fiskeoppgang er bestemt, er neste skritt å beregne hvilke vanndyp og –hastigheter det gir:

1. Største vannføring ($Q_{10\%}$) gir den største vannhastigheten som fisken må kunne svømme mot.
2. Minste vannføring ($Q_{90\%}$) gir det minste vanndypet som må være "dypt nok".

Beregning av vanndyp og -hastighet gjennom kulverten kalles "vannlinjeberegning" og krever gode kunnskaper i hydraulikk, og i praksis også et dataprogram. Men, ved å anta at kulverten har "normalstrømning" kan vannstanden beregnes ved hjelp av Mannings formel (under). Normalstrømning betyr at vannspeilet er parallelt med bunnen i kulverten, slik at dybden ikke varierer i kulvertens lengderetning. Det er en konservativ antagelse som vanligvis ikke vil gi større hastighet eller mindre dybde enn en vannlinjeberegning. En viktig forutsetning for denne antagelsen er at kulverten ikke har fall ved utløpet.

Mannings formel:

$$V = M \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2}$$

eller

$$Q = MAR^{2/3}S_0^{1/2}$$

Her er:

Q = vannføring (m^3/s)
V = vannhastighet (m/s)
M = Mannings-tall, som er et uttrykk for ruheten, se tabell 5.1 ($m^{1/3}/s$)
R = hydraulisk radius (se under) (m)
S_0 = kulvertens helling (m/m)

Hydraulisk radius R, er forholdet mellom vannfylt areal og våt omkrets (figur 5.4):

$$R = A/P$$

R = hydraulisk radius (m)
A = tverrsnittet av det strømmende vannet (m^2)
P = våt omkrets (m)

Kontinuitetslikningen gir sammenhengen mellom vannstand, vannhastighet og vannføring:

$$V = Q/A$$

V = vannhastighet (m/s)
Q = vannføring (m^3/s)
A = tverrsnittet av det strømmende vannet (m^2)

Tabell 5.1 viser noen typiske verdier for Mannings-tall. Mer detaljerte opplysninger finnes i mange bøker om hydraulikk, f eks i Vassdragshåndboka (Sæterbø med flere 1998) eller Open-Channel Hydraulics (Chow 1959).
Ved bruk av kontinuitetslikningen og Mannings formel kan vannstanden og vanndybden i kulverten beregnes. Det enkleste er ofte å løse likningene ved hjelp av kurver, eller i et regneark. Kurver for beregning av dybden kan man finne i forskjellige handbøker, f eks "Open Channel Hydraulics (Chow 1959). På slutten av dette avsnittet er det vist et eksempel på hvordan beregningene gjøres i et regneark.

5.5.3 Kontroll: Kan fisken svømme gjennom kulverten?

Når vannhastighet og –dybde er beregnet, må man vurdere om forholdene er akseptable for fiskeoppgang. Vannhastigheten må ikke være større enn at fisken kan svømme mot strømmen. Hvilken hastighet som er akseptabel vil avhenge av flere forhold, blant annet hvilken art det gjelder og hvor lang kulverten er. I tillegg må vannet være dypt nok til at fisken kommer fram. Tabell 5.2 viser forslag til dimensjonerende vannhastighet og –dybde for ulike arter.

For å redusere faren for tilstopping, og av hensyn til fiskeoppgang, bør ikke kulverten ha en diameter som er mindre enn 0.6 m. For å unngå at det dannes et fall ved utløpet, må bunnen av kulverten senkes minst 0.2 D under bunnen i bekken ved utløpet. Området ved utløpet må sikres mot erosjon.

Tabell 5.1 Mannings-tall for noen vanlige kulvertmaterialer

Materiale	Mannings-tall ($m^{1/3}/s$)
Korrugerte stålrør (Svalbardrør).	37 – 46
Betongrør	70 – 80
Plassstøpt betong	65 – 75
Plastrør	100

Tabell 5.2 Forslag til dimensjonerende hastighet og vanndybde for nye kulverter

	Små stasjonære ørret (15 cm)	**Sjøøret** (25-50 cm)	**Smålaks** (55 cm)
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde <20 m	1,1 m/s	1,4 m/s	2,2 m/s
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde 20-30 m	0,9 m/s	1,3 m/s	1,8 m/s
Maksimum vannhastighet for kulvertlengde > 30m	0,7 m/s	1,1 m/s	1,6 m/s
Minste vanndybde	0,15 m	0,2 m	0,3 m

Utforming av innløp og utløp er beskrevet i slutten av kapittelet.

5.5.4 Beregningseksempel

I forbindelse med omlegging av E6 syd for Trondheim, skal Storfiskbekken ledes under veien i en kulvert. Ut fra vanlige flom og kapasitetsberegninger er det foreslått en rørkulvert av betong med følgende dimensjoner:

- Diameter; D = 1.5 m
- Lengde; L = 23 m
- Helling; S_0 = 1/100
- Mannings-tall; M = 80 $m^{1/3}/s$
- Areal av nedbørfeltet; A_f = 5 km^2

Hvilke arter skal kulverten dimensjoneres for

Fylkesmannens miljøvernavdeling kontaktes, og kan opplyse følgende: Storfiskbekken er kjent som gytebekk for sjøørret. Sjøørreten går opp for å gyte i perioden 15. september til 15. oktober. Lengden på kjønnsmoden sjøørret som skal gyte i bekken varierer fra 40 - 70 cm.

Beregning av vannføring

Det er ingen målinger av vannføring i Storfiskbekken, men i Svarttjønnbekken, 20 km mot øst, er vannføringen målt siden 1971. Nedbørfeltet til Svarttjønnbekken er litt mindre enn til Storfiskbekken, nemlig 3.4 km^2. Fra avrenningskart (NVE 1987) finner vi at Svarttjønnbekken har ca 10% mer nedbør enn Storfiskbekken. Ved å ta vannføringen som er målt i Svarttjønnbekken og skalere den for å ta hensyn til forskjellen i feltstørrelse og nedbør, kan vi beregne vannføringen i Storfiskbekken. Figur 5.5 viser middelverdier for målt og skalert vannføring. Ved å undersøke vannføringen i Storfiskbekken i den perioden fisken går opp for å gyte, 15. september til 15. oktober, finner vi følgende dimensjonerende vannføring.

1. $Q_{90\%}$ = 0.03 m^3/s
2. $Q_{10\%}$ = 0.40 m^3/s

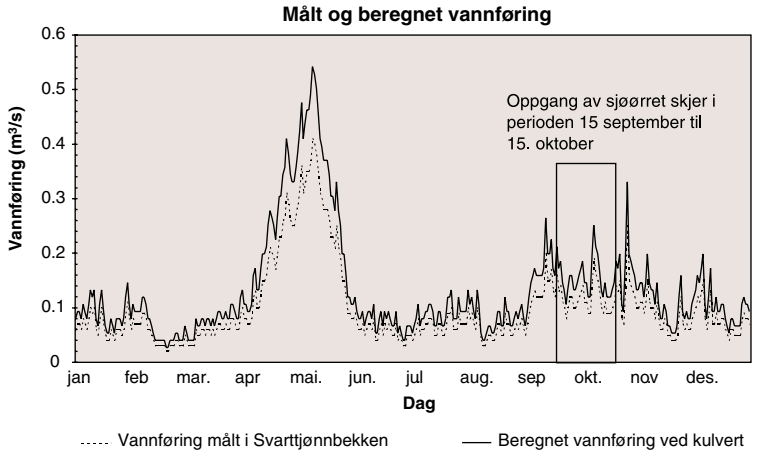
Vær oppmerksom på at $Q_{10\%}$ og $Q_{90\%}$ er beregnet fra mer detaljerte data enn figur 5.5, og derfor gir andre verdier.

Beregning av vanndyp og vannhastighet

Vi må kontrollere at vanndypet i kulverten er stort nok for den laveste vannføringen, og at hastigheten ikke blir for stor ved den største vannføringen. Ved å kombinere Mannings-formel og kontinuitetslikningen får vi:

$$Q = MAR^{2/3}S_0^{1/2}$$

Vannføringen Q, Mannings-tallet M og kulvertens fall S_o er allerede kjent. Strømningsarealet A, og hydraulisk radius R, avhenger bare av vanndybden y, som er eneste ukjente i uttrykket. Sammenhengen mellom y,



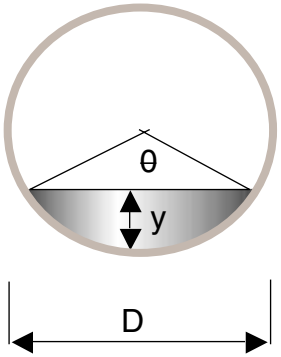
Figur 5.5 Beregning av vannføringen til Storfiskbekken.

R og A uttrykkes vanligvis ved hjelp av vinkelen θ. For en sirkulær kulvert gjelder følgende sammenhenger:

$$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2$$

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right)D$$

$$\theta = 2\cos^{-1}\left(1-2\frac{y}{D}\right)$$



Her er:

A = strømningsareal (m^2)
D = innvendig kulvertdiameter (m)
θ = åpningsvinkel (radianer)
y = største vanndyp i kulverten (m)

Håndregning med disse uttrykkene kan bli nokså tidkrevende, og derfor lønner det seg vanligvis å bruke et regneark eller kurver. Med regneark er det enklest å beregne vannføring og vannhastighet som funksjon av vanndybden. Tabell 5.3 og figur 5.6 viser beregningene for den kulverten som er foreslått.

Kontroll av hastighet og dybde
Vanndybde og hastighet må kontrolleres mot dimensjoneringskriteriene i tabell 5.2. For den minste vannføringen (0.03 m^3/s) blir vanndypet i kulverten ca 7 cm. Det er for lite til at fisken vil gå opp. Ved den største vannføringen (0.4 m^3/s) blir hastigheten 2.25 m/s. Sjøørret kan svømme fortere enn dette over korte strekninger, men denne kulverten er for lang til at en så høy hastighet kan tillates. Løsningen som er foreslått gir ikke akseptable forhold for fiskeoppgang.

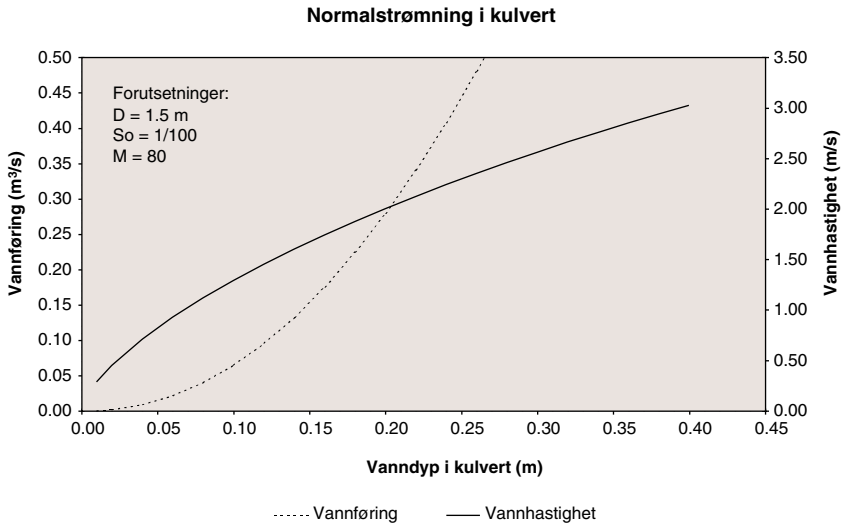
Alternativ løsning - korrugert stålrør
For å bedre forholdene kan kulverten legges med mindre fall, eller så må gjennomløpet gjøres ruere. Velger vi et korrugert stålrør (Svalbard-rør) med Mannings-tall = 40, framfor et betongrør, så blir dybde og hastighet som vist i figur 5.7.

Ved lav vannføring blir vanndybden 10 cm, som fremdeles er for lite.

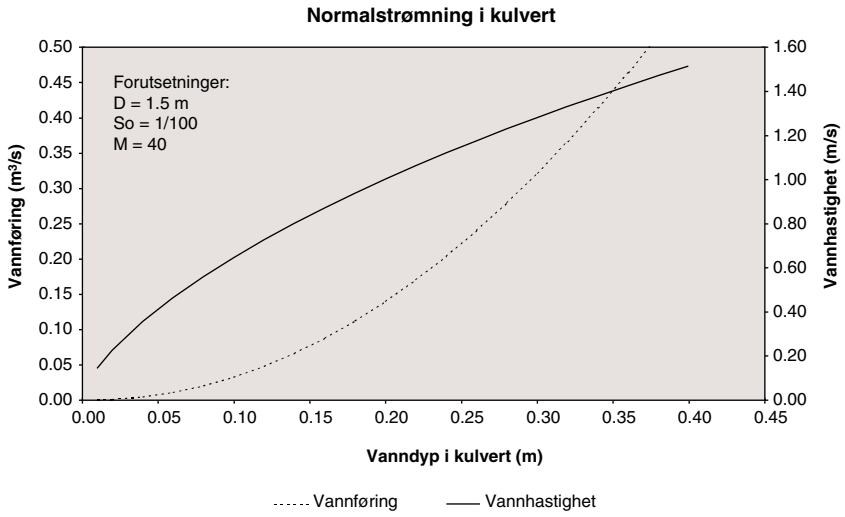
Tabell 5.3 Beregningsresultater

Vanndybde y (m)	Theta (åpningsvinkel) (radianer)	Strømningsareal A (m^2)	Våtperiferi P (m)	Hydraulisk-radius R (m)	Vannføring Q (m^3/s)	Vannhastighet V (m/s)
0.01	0.33	0.00	0.25	0.01	0.00	0.28
0.02	0.46	0.00	0.35	0.01	0.00	0.45
0.04	0.66	0.01	0.49	0.03	0.01	0.71
0.06	0.81	0.02	0.60	0.04	0.02	0.92
0.08	0.93	0.04	0.70	0.05	0.04	1.11
0.10	1.04	0.05	0.78	0.06	0.07	1.29
0.12	1.15	0.07	0.86	0.08	0.10	1.45
0.14	1.24	0.08	0.93	0.09	0.13	1.60
0.16	1.33	0.10	1.00	0.10	0.18	1.74
0.18	1.41	0.12	1.06	0.11	0.22	1.87
0.20	1.50	0.14	1.12	0.12	0.28	2.00
0.22	1.57	0.16	1.18	0.14	0.34	2.12
0.24	1.65	0.18	1.23	0.15	0.41	2.24
0.26	1.72	0.20	1.29	0.16	0.48	2.35
0.28	1.79	0.23	1.34	0.17	0.56	2.46
0.30	1.85	0.25	1.39	0.18	0.64	2.56
0.32	1.92	0.28	1.44	0.19	0.73	2.66
0.34	1.98	0.30	1.49	0.20	0.83	2.75
0.36	2.05	0.33	1.54	0.21	0.93	2.85
0.38	2.11	0.35	1.58	0.22	1.03	2.94
0.40	2.17	0.38	1.63	0.23	1.14	3.02

Vannhastigheten ved den største vannføringen er redusert til 1.4 m/s, som er akseptabelt. For å få tilstrekkelig vanndyp ved liten vannføring må kulvertens fall reduseres. En annen mulighet er å bygge kulp og terskel nedstrøms utløpet. Laveste punkt på terskelen, som bestemmer vannstanden ved lav vannføring, bør ikke legges lavere enn innløpet til kulverten.



Figur 5.6 Kurve for normalstrømning i kulverten.



Figur 5.7 Kurve for normalstrømning - løsning med korrugert stålrør.

5.6 Løsning 4: Kulvert med kunstig ruhet

Kulverter der vannhastigheten blir for høy for fiskeoppgang, kan utstyres med kunstig ruhet. Det bremser vannstrømmen i kulverten, slik at hastigheten avtar og vanndybden øker. Ruhetselementene virker samlet for å øke friksjonen mot vannstrømmen, i motsetning til kulverter med terskler, der hver terskel er en individuell "hydraulisk kontroll" som bestemmer vannstanden oppstrøms. Ved lave vannføringer vil ruhetselementene virke som terskler (kapittel 5.7).

Kunstig ruhet kan lages på mange måter, f eks ved å sette inn stålplater på tvers av vannstrømmen, eller ved å bolte fast treklosser (figur 5.1). For å gi gode strømningsforhold må ruhetselementene plasseres tett sammen.

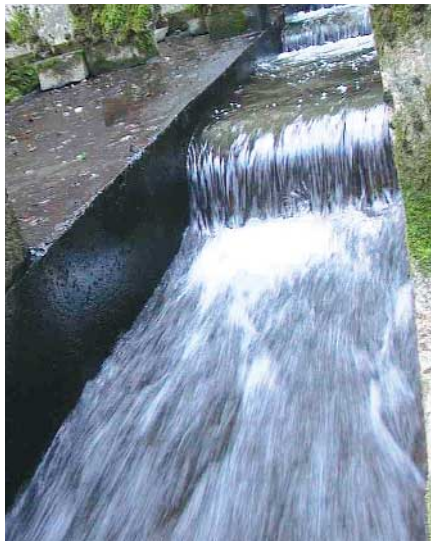
Kunstig ruhet frarådes i nye kulverter (Washington Department of Fish and Wildlife 1999, Baker og Votapka 1990) fordi:

1. Drivgods setter seg ofte fast i ruhetselementene.
2. Ruhetselementene blir ofte skadet, f eks av drivgods eller stein som går gjennom kulverten.
3. Innfesting av plater i stålkulverter, f eks ved sveising, ødelegger korrosjonsbeskyttelsen og reduserer levetiden for kulverten.
4. Fordi ruhetselementene er skjult og vanskelig tilgjengelig, blir de ikke vedlikeholdt.
5. Stein samler seg mellom ruhetselementene og "glatter ut" overflaten slik at hastigheten øker.
6. Den intense turbulensen som dannes rundt ruhetselementene hindrer små fisk å gå gjennom kulverten. Ruhetselementer er derfor en dårlig løsning der det forventes oppgang av yngel.
7. Forholdene for fiskeoppgang i kulverter med kunstig ruhet er dårlig dokumentert.

Norske erfaringer med bruk av kunstig ruhet har ikke vært tilgjengelige, men det er rimelig å forvente at de samme problemene som er nevnt over, også kan oppstå her i landet. Derfor anbefales ikke bruk av kunstig ruhet ved bygging av nye kulverter. Men, i eksisterende kulverter der fisken ikke kommer igjennom, så kan bruk av kunstig ruhet være den eneste muligheten for å gjøre forholdene bedre.

Beregning av kulverter med kunstig ruhet følger i prinsippet samme framgangsmåte som beskrevet i kapittel 5.5, men i tillegg må ruhetselementene (størrelse og avstand) dimensjoneres for å gi akseptabel vannhastighet og -dybde. Beregning av ruhetselementene er ikke behandlet her, men noe informasjon og ytterligere referanser, finnes i "Fish Passage Design at Road Culverts" (Washington Department of Fish and Wildlife 1999) og "Fish passage through culverts" (Baker og Votapka 1990).

5.7 Løsning 5: Kulvert med terskler



Bilde 5.2 Utløp av kulvert med terskler.

En løsning som er brukt i flere kulverter her i landet, er å bygge terskler i kulverten (figur 5.1 og bilde 5.2 og 5.3). Tersklene hever vannstanden på oppstrøms side, og gir et parti med stille vann der fisken kan hvile. Det er vanlig å utstyre tersklene med et lavt parti for å konsentrere vannstrømmen, særlig ved lav vannføring. Over terskelen kan vannhastigheten bli stor, og man må kontrollere at den ikke blir større enn at fisken kan svømme opp (tabell 5.2).

Selv om denne løsningen er brukt for flere kulverter i Norge, så er det, så vidt vi kjenner til, ikke foretatt noen systematisk kartlegging av erfaringene, verken når det gjelder fiskeoppgang eller praktiske driftserfaringer som tilstopping, skader på tersklene mm.

Det er flere ulemper med å bruke terskler i kulverter (Washington Department of Fish and Wildlife 1999, Baker og Votapka 1990):

1. Hydraulisk vil løsningen bare kunne tilpasses relativt små variasjoner i vannføring. Blir vannføringen for stor eller for liten, fungerer ikke systemet med terskler og stille områder som tiltenkt.
2. Tersklene er utsatt for skader.
3. Kulverter med terskler er utsatt for tilstopping og krever ekstra vedlikehold.



Bilde 5.3 Bygging av en kulvert med terskler der E6 krysser Årungselva i Akershus. (Bildet er utlånt av Bjørn Iuell, Vegdirektoratet).

5.8 Utforming av kulvertens utløp

Fall ved kulvertutløpet (figur 4.2) er en svært vanlig årsak til at fisken ikke kan passere kulverten. Selv stor fisk, som kan hoppe høyt under gode forhold, kan bli stanset av et beskjedent fall ved utløpet. Det er fordi vanndybden nedstrøms kulverten ofte er for liten til at fisken får tatt skikkelig "sats" før hoppet.

Det er vanligvis to årsaker til fall ved utløpet:

1. Kulverten er bygget med utløpet over bunnen i bekken.
2. Stor vannhastighet ut av kulverten fører til at det dannes en erosjonsgrop ved utløpet. Erosjonen senker bekken slik at utløpet blir "hengende i lufta".

Ved å ta noen enkle forholdsregler når kulverten bygges, kan man unngå at utløpet blir et problem for fisk:

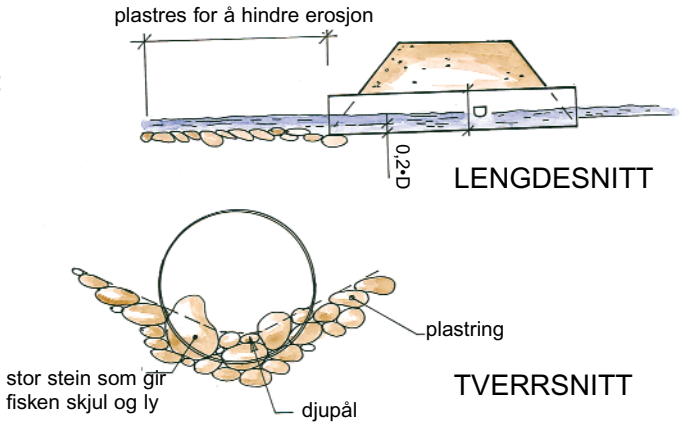
1. Senk bunn av utløpet 0.2D under opprinnelig bunn. Dette kan være tilstrekkelig der det er liten fare for erosjon ved utløpet. Om nødvendig plastres området nedstrøms utløpet for å hindre erosjon. Partiet som plastres skal ha en markert dypål, og gjøres mest mulig lik en naturlig bunn.
2. Anlegg en kulp ved utløpet med en terskel i nedstrøms ende av kulpen. Laveste punkt på terskelen legges godt over bunnen i kulverten. For å samle vannet, bør terskelen ha ett parti som er lavere enn resten av terskelen. Terskelen må være så solid, og ligge langt nok vekk fra kulvertutløpet til at den ikke blir skadet under flom. Terskelen kan lages av stein eller tømmer. Kulpen fungerer som en energidreper, og reduserer faren for graving. For å fungere som tiltenkt må kulpen være stor nok.
3. Om nødvendig plastres området nedstrøms kulpen for å hindre erosjon. Det plastrede partiet skal ha en markert dypål.

For dimensjonering av kulp, terskel og plastring henvises det til spesiallitteratur, f eks "Vassdragshandboka" (Sæterbø med flere, 1998) eller "Flomberegning og kulvertdimensjonering" (Berg med flere, 1992).

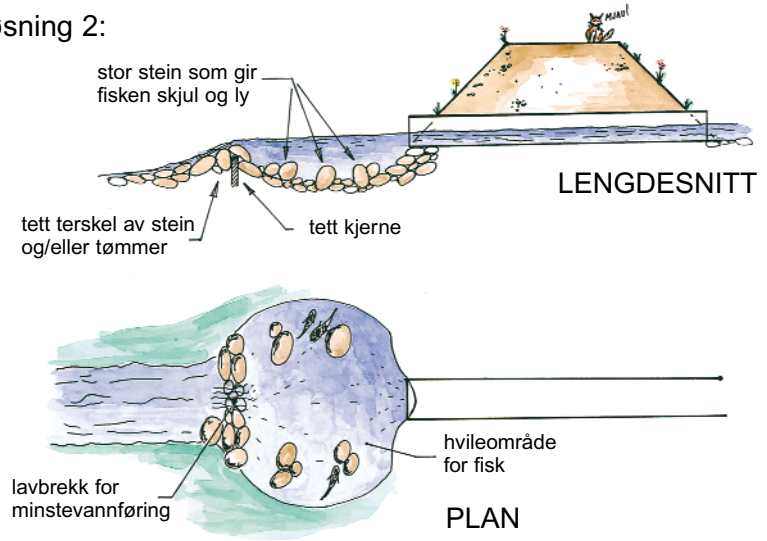
Bruk av utstøpning eller betongplater ved kulvertutløpet er en annen årsak til at fisken ikke kan passere. Den bratte og glatte betongplata gir lite vanndyp og stor vannhastighet, og sperrer effektivt for videre fiskeoppgang (bilde 5.4 og 5.5). Problemet unngås på samme måte som for fall ved utløpet; senk utløpet eller hev vannstanden nedstrøms (bilde 5.6).

Uløp

Løsning 1:



Løsning 2:



Figur 5.8 Utforming av utløp fra kulvert. Det er viktig at bunnforholdene ved utløpet av kulverten er slik at det ikke oppstår erosjon som senker bunnen.



Bilde 5.4 Utløp av kulvert som er umulig å forsere for fisk.



Bilde 5.5 Eksempel på kulvertutløp som hindrer fiskeoppgang på grunn av lav vanndybde.



Bilde 5.6 Samme kulvert som bilde 5.5 viser, etter vellykket utbedrings-/tilretteleggingstiltak. Arbeidet er utført og bekostet av Statens vegvesen Nord-Trøndelag.

5.9 Utforming av kulvertens innløp



Bilde 5.7 Innløp med rist som skaper et vandringshinder.

Ved innløpet er det særlig bruk av rister som fører til problem for fiskeoppgang. Risten samler alt som kommer drivene, og det tar ikke lang tid før en ugjennomtrengelig masse av kvister, gress og løv sperrer innløpet. Derfor bør man ikke bruke rist foran inntaket unntatt der det er helt nødvendig. Dersom rist blir brukt, må åpningen mellom stavene være så stor som mulig, minst 0.2 m, og risten må kontrolleres og renskes regelmessig. Hyppig rensk er særlig viktig i den tiden når fisken går opp for å gyte. Også innløp uten rist kan bli tilstoppet av drivgods og stein, og krever regelmessig tilsyn.

Innløpet utformes slik at vanndypet blir stort nok, og hastigheten lav. Det sikrer fisken en hvileplass etter svømmeturen gjennom kulverten, og motvirker at stein og drivgods pakker seg i innløpet. En grei måte å gjøre dette på er å anlegge en kulp ved kulvertinnløpet.

6 Referanseliste

Baker, C.O. og Votapka, P.E. 1990. Fish passage through culverts. Rapport nr. FHWA-FL-90-0006. USDA – Forest Service, Technology & Development Center, California.

Berg, A., Lunde. T., Mosevoll, G., 1992, Flomberegning og kulvertdimensjonering, Sintef NHL, Rapport STF60 A92101, 14.09.1992.

Chow, W. T., 1959, Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill International Editions, International edition, 1973.

Colavecchia, M., Katopodis, C., Goosney, R., Scruton, D.A, og McKinley, R.S. 1998. Measurement of burst swimming performance in wild Atlantic Salomon (Salmo salar L.) using digital telemetry. Regulated Rivers: Res. Mgmt. 14: 41-51.

Hudson, W.F. og Heikkila, Paul. A. 1995. Integrating public and private restoration strategies: Coquille River of Oregon. Side 235-252. I: Williams, J.E., Wood, C.A. og Dombeck, M.P. (red.). 1997. Watershed Restoration: Principles and Practices. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Jensen, A.J. 1999. Upstream migration of salmonid in relation to water temperature. I: DN-notat 1999-1. Foredrag fra Nordisk symposium om fiskepassasjer. Konferanse i Oslo 9.-11. september 1998.

Landbruksdepartementet, 1998. Nærings-, miljø- og samfunnsmessige sider ved skogbrukets vegbygging. Rapport.

NVE, 1987, Avrenningskart over Norge, Norges vassdrags- og energiverk, Trykt i Statens kartverk, 1987

Scottish Executive Consultations, 2001. River Crossings and Migratory Fish: Design Guidance. (Interntettutgave)

Sæterbø, E., Syvertsen, L., Tesaker, E.,1998, Vassdragshåndboka - Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø, Tapir Forlag

Eie, J.A., Brittain, J.E. og Eie, J.A. Biotopjusteringstiltak i vassdrag. NVE. Kraft og miljø nr. 21.

Washington Department of Fish and Wildlife, 2000, Fishway Guidelines for Washington State, (internettutgave), 25. april 1999.

Håndbok oversikt

1990		
1-1990	Håndbok i kalking av surt vann.	Utgått
1991		
2-1991	Uteinformasjon i naturvern-, friluftslivs- og kulturminneområder.	40,-
1993		
3-1993	Naturvennlig tilrettelegging for friluftsliv.	50,-
1994		
4-1994	Friluftslivsområder - sikring og forvaltning.	*erstattes av 16-2001*
5-1994	Gamle veger og vegfar. Bruk - vern - vedlikehold.	70,-
6-1994	Planlegging av grønnstruktur.	40,-
1995		
7-1995	Vern og forvaltning av naturvernområder.	Utgått
8-1995	Rettleiar i vassdragsplanlegging.	50,-
9-1995	Inngrep i vassdrag effekter og tiltak.	50,-
10-1995	Tilrettelegging for fritidsfiske.	75,-
1996		
11-1996	Viltkartlegging.	75,-
1997		
12-1997	Naturforvaltning i kommunene - en oppslagsbok.	100,-
1999		
13-1999	Kartlegging av naturtyper. Verdisetting av biologisk mangfold.	100,-
2000		
14-2000	Fjerning av ulovlige stengsel i strandsonen.	50,-
15-2000	Kartlegging av ferskvannslokaliteter. Internettutgave	
	11- revidert 2000 Viltkartlegging.	Internettutgave
2001		
16-2001	Friluftslivsområder – Offentlig sikring og forvaltning.	75,-
17-2001	Områdevern og forvaltning.	75,-
18-2001	Friluftsliv i konsekvensutredninger etter plan- og bygningsloven	100,-
19-2001	Kartlegging av marint biologisk mangfold	100,-
2002		
20-2002	Juss i strandsonen	100,-
21-2002	Kartlegging av strandsonen	100,-
22-2002	Slipp fisken fram! Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner	75,-

Utredning er utarbedidet av andre på oppdrag av DN eller i et samarbeid med DN. Innholdet har karakter av råd til DN.

Rapport er utarbeidet av DN, og gir uttrykk for direktoratets forslag eller standpunkter.

Notat er enklere oversikter, sammenstillinger, referater og lignende.

Håndbok gir veiledning og konkrete råd om forvaltning av naturen, som regel til bruk for lokale forvaltningsorganer

Temahefte gir en popularisert framstilling av et tema.

Mer info:
www.dirnat.no/publikasjoner

Direktoratet for naturforvaltning (DN) er det sentrale fagorganet for naturforvaltning i Norge. DN ble opprettet i 1985 og er underlagt Miljøverndepartementet.

Myndigheten til å forvalte naturressurser er gitt gjennom ulike lover og forskrifter. Utover lovbestemte oppgaver har direktoratet også ansvar for å identifisere, forebygge og løse miljøproblemer ved samarbeid, rådgivning og informasjon overfor andre myndigheter og grupper i befolkningen.

ISSN 0802-8370 ISBN 82-7072-443-2 TE 941 **NOK 75,-** Layout: Guri Jermstad Trykk: Heimdal Trykkeri

Direktoratet for
naturforvaltning

7485 Trondheim Telefon: 73 58 05 00 Telefaks: 73 58 05 01 www.dirnat.no