

1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet beskriver forhold som er kritiske for utforming av bekkeinntak og ristarrangement, både med tanke på hydraulisk kapasitet og ettersyn/rensk.

2 BEGRENSNINGER

Bladet begrenser seg til bekkeinntak med innløpskontroll hvor hovedrøret (kulvert, stikkrenne) er sirkulært med diameter opp til 2 m. Ved innløpskontroll har kun innløpets størrelse og utforming betydning for kapasiteten.

3 FUNKSJONSKRAV

Bekkeinntak skal:

- ikke være til fare for folk eller dyr.
- ikke hindre fiskens fire gang.
- ha tilstrekkelig kapasitet til å ta unna dimensjonerende flom.
- være driftssikre.
- ha teknisk levetid på minst 100 år (tåle jordtrykk og andre belastninger, være bestandig mot tæring fra vann og grus).
- i minst mulig grad forandre det naturlige drens-systemet (vannstand, vannføring, fall, grunnvannsnivå, erosjon).

For å oppfylle disse kravene må man vurdere eventuelle tiltak oppstrøms bekkeinntaket, utforming av inntaket, vurdere bruk av fangrist og rist, velge hensiktsmessig hovedrør og vurdere erosjonssikring ved utløpet.

4 LØSNINGER

4.1 GENERELLE MOMENTER VED DIMENSJONERING AV BEKKEINNTAK

For å kunne dimensjonere bekkeinntak må dimensjonerende tilrenning fra nedbørfeltet beregnes. Det henvises til /1/, /2/, /6/ og Norges Vassdrags- og Energidirektorat.

Bekkeinntak kan deles inn i tre typer:

- Utstikkende rørende (uten frontmur).
- Prefabrikkert frontmur/vingemur; brukes gjerne på mindre rør/stikkrenner.
- Plassbygde bekkeinntak; brukes ved spesielle forhold og ved store hovedrør.

Ved store anlegg samt små anlegg med store konsekvenser ved overbelastning, må graden av forsikring mot oversvømmelse vurderes nøye. Der menneskeliv ikke er i fare, bør kostnadene ved å bygge anlegg for stor vannføring, som opptrer sjelden, vurderes i forhold til kostnadene ved anlegg, drift, vedlikehold og skadene ved oversvømmelse.

I vassdrag med store konsekvenser ved oversvømmelse hvis inntak eller hovedrør (stikkrenne, kulvert) tilstoppes, må det være alternative flomveier som tar unna vannet.

Bekkeinntak bør utformes slik at det faller naturlig inn i landskapet, og etableres i eksisterende, naturlige vannveger.

4.2 FORENKLET DIMENSJONERING AV INNTAK - MINSTEDIMENSJONER

Når dimensjoner på eksisterende anlegg kan legges til grunn, nedbørfeltet er lite og konsekvensene ved underdimensjonering er små, kan forenklet dimensjonering brukes. Dette forutsetter god kjennskap til lokale forhold. Vær klar over at snauhogst, grøfting, omlegging av bekker og lignende fører til økt avrenning.

Inntaksrist foran innløpet: Se kapittel 4.5.

Tabell 1: Anbefalt minstedimensjon (innvendig må i mm) for stikkrenner /2/.

Vegtype	Minstedimensjon (innvendig diameter)	
	Uten kummer	Med kummer
Hovedveg, samleveg	600 mm	400 mm
Adkomstveg, gang/sykkelveg	400 mm	400 mm
Avkjørsler	300 mm	300 mm

4.3 DIMENSJONERING AV BEKKEINNTAK MED INNLØPSKONTROLL

For bekkeinntak med innløpskontroll er kapasiteten på bekkelukkingen bestemt av forhold ved innløpet, diameter og utforming. Forutsetningen er at det er friskeilstrømning gjennom røret, dvs at den lukkede delen av røret og utløpet ikke er neddykket.

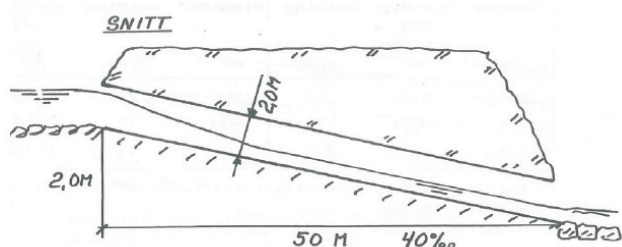
Friksjon og fall på hovedrøret viser seg å ha liten

Utarbeidet	oktober 2004	Interconsult ASA	Revidert:		
------------	--------------	------------------	-----------	--	--

innvirkning på kapasiteten, fordi røret oftest bare går halvfullt når vannstanden står over toppen av innløpet.

Figur 1 viser at innløpet utgjør en innsnevring av bekkeløpet. Vannet bremses opp og vannstanden stiger foran innløpet. Gjennom røret renner vannet lett, vannhastigheten øker og vanddybden går ned. Inntaket har innløpskontroll.

Ved dimensjonering med innløpskontroll, i henhold til /1/, settes vannstanden ved innløpet (IV) lik innvendig, topp rør (D), dvs. $IV/D \leq 1,0$. Da er det frispelstrømning gjennom hovedrøret. I virkeligheten har inntaket en reservekapasitet på 15-20%, idet hovedrøret først dykkes når $IV/D \geq 1,2$.



Figur 1: Eksempel på kulvert med innløpskontroll.

Tabell 2: Overslagsberegning av kapasitet (l/s) til sirkulære hovedrør ved ulik utforming av inntak og IV/D 1,0 dvs. bekkeinntak med innløpskontroll /1/.

Innløps- utforming	Diameter (mm)				
	300	400	500	600	800
A	67	135	232	361	726
B	57	117	204	320	652
C	72	145	252	395	803
D	65	133	231	363	740
E	65	132	228	357	723
	1000	1200	1400	1600	2000
A	1247	1940	2818	3895	
B	1133	1780	2607	3628	
C	1391	2180	3190	4430	
D	1280	2020	2960	4120	
E	1250	1954	2851	3956	

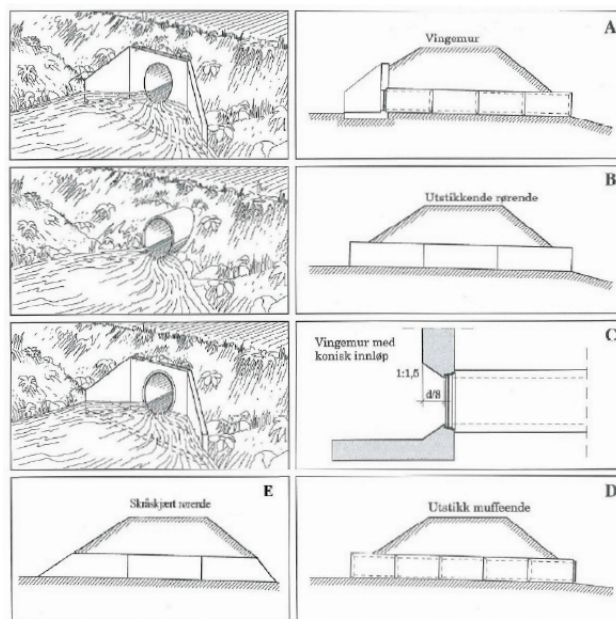
- A Frontmur, ca. vinkelrett på rørets lengdeakse, rett rør. (Utforming tilsvarende A og med vingemurer gir ikke vesentlig kapasitetsøkning for rørformede kulverter).
- B Utstikkende rørende, spissende.
- C Vingemur med konisk innløp 1:1,5.
- D Tilsvarende "B", men med utstikkende mufteende.
- E Rørende skråskåret/ formet etter helningen på grøfteskråningen.

Hvor stor helningen på hovedrøret bør være for å oppnå selvrensing går fram av tabell 3.

Ved vannhastighet på 2-3 m/s vil partikler opp til 50-100 mm vaskes vekk ved utløpet. Tabell 3 viser maksimalt fall på hovedrøret før det er aktuelt å utføre erosjonstiltak ved utløpet. Om erosjonssikring se kapittel 4.9.

Ved vannhastighet over 6-8 m/s er det fare for rørsiltasje i hovedrøret pga. sand og grus som

gnisser mot rørgodset. Tabell 3 viser anbefalt maksimale helning før vesentlig rørsiltasje oppstår.



Betongprodukter nr. 4-93.

Tabell 3: Anbefalte fall for sirkulære hovedrør ut i fra krav til selvrensing, anleggsteknisk utførelse, erosjonssikring og rørsiltasje. /1/ og /2/.

Rørmateriale	Diameter (mm)	Fall (‰)		
		Min ¹⁾	Maks ²⁾	Maks ³⁾
Betong	300	9	15	190
	400	7	15	120
	600	6	10-15	100
	800	5,5	5-10	90
	1400	5	0-5	70
	2000	4	0-5	60
Plast	300	9	15	170
	400	7	15	110
	600	6	5-10	70
	800	5	5-10	60
	1400	4	0-5	40
	2000	4	0-5	25
Korrugert stål	1000	20		20
	1400	18		20
	2000	16		20

1) Min. fall ut fra krav til innløpskontroll og selvrensing.

2) Maksimalt fall mht. fare for erosjon nedstrøms.

Sikring er som regel nødvendig. For tiltak se kap. 4.9.

3) Maksimalt fall pga. fare for rørsiltasje

Tabell 3 gjelder ikke når:

- hovedrør har mindre fall enn det som tabellen angir som minste fall.
- utløp er helt eller delvis dykket.
- den lukkede delen av hovedrøret noe sted er dykket.
- hovedrøret ikke har sirkulært tverrsnitt.

Særskilt dimensjonering bør i disse tilfellene utføres. Det henvises til /1/.

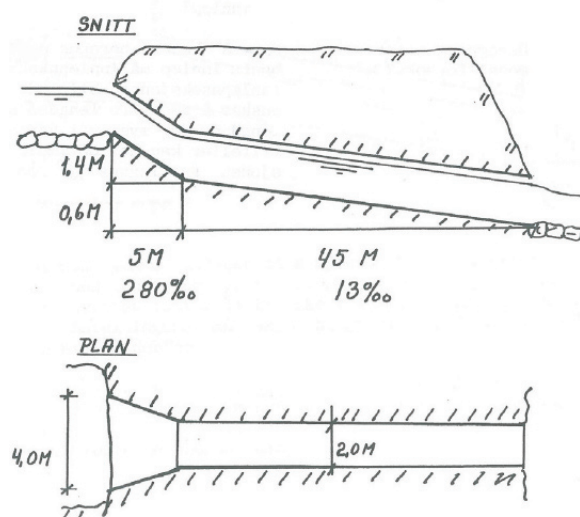
4.4 SPESIALUTFORMING AV INNTAK MED INNLØPSKONTROLL

Innløpet er vanligvis flaskehalsen. Når innløpet går fullt, vil hovedrøret ikke være fullt. Store og lange hovedrør og tilfeller med kompliserte strømningsforhold bør skreddersys for å utnytte kapasiteten til hovedrøret best mulig. Inntaket kan bygges med traktformet, bratt innløp (akselesjonsone) ved bruk av for eksempel overgangsrør, konisk ring eller plasstøpt trakt. Forsøk viser at kapasiteten da kan økes med 50-100% /1/.

Tabell 4: Kapasitet (l/s) ved ulike typer koniske innløp med innløpskontroll og gitt rørfall /1/.

Dimensjon innløp/ hoveddel (mm)	Betongrør M=80 ¹⁾		Plastrør M=100 ¹⁾	
	10 ‰ (l/s)	15 ‰ (l/s)	7,5 ‰ (l/s)	10 ‰ (l/s)
500/300	85	110	90	110
600/400	190	240	200	235
800/500	350	430	365	420
1000/600	565	695	585	675

Spesialutforming av innløp er mest aktuelt der hovedrøret er over 800 mm. I tillegg der hovedrøret er lengre enn 40-50 m med fall over 10‰ /1/.



Figur 3: Eksempel på kulvert med bratt innløp og slakk hoveddel /1/.

For å få størst mulig kapasitet er det viktig at alle kanter på inntaket avrundes.

4.5 INNTAKSRIST (VAREGRIND)

Inntaksrist brukes for å hindre drukningsulykker. I tillegg må trær, planker og lignende holdes tilbake av rist for å unngå tilstopping av hovedrøret.

Inntaksrist brukes helst ved:

- utløp som er dykket eller hvor den lukkede strekningen noe sted er dykket.

- farlige forhold i eller nedstrøms den lukkede delen av hovedrøret.
- liten risiko for skader ved oversvømmelse av risten, dvs ved liten vannføring og i spredt bebygde strøk.
- langt hovedrør (>50 m).
- lett adkomst for rensk med maskin.

Der vanlig inntaksrist ikke kan tillates av hensyn til kapasitet, eller der konsekvensene er store ved oversvømmelse pga. tett inntak, kan inntaksrist erstattes av 1-2 fangrister som plasseres noe oppstrøms (se kap. 4.8):

Fangrister kan være aktuelt der det:

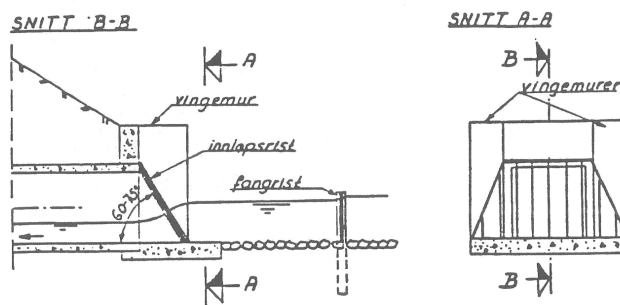
- ikke er fare for at store gjenstander setter seg fast i hovedløpet.
- vanskelig adkomst for å renske inntaksrist.
- kort hovedrør (<50 m).

Hvis ingen av kriteriene er til stede for at inntaksrist eller fangrist bør brukes, kan rist sløyfes helt når:

- hovedrøret er kort (<50 m).
- skråninger i kanal er slakk (Det er lett å klatre opp av vannet).

4.5.1 STÅENDE RIST

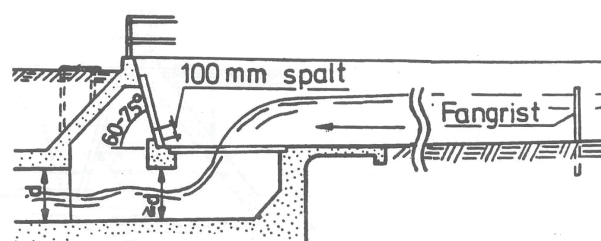
Billig løsning som er mye brukt der det er lite fall. Vertikal rist krever regelmessig tilsyn og rutiner for rensk ved kraftig regnvær. Enkel å renske. Går lett tett nær bunnen og det kan bli en dam foran innløpet. En åpen spalte på 100-150 mm under rista bedrer forholdene.



Figur 4: Inntak med stående rist /1/.

4.5.2 KOMBINASJON AV LIGGENDE OG STÅENDE RIST

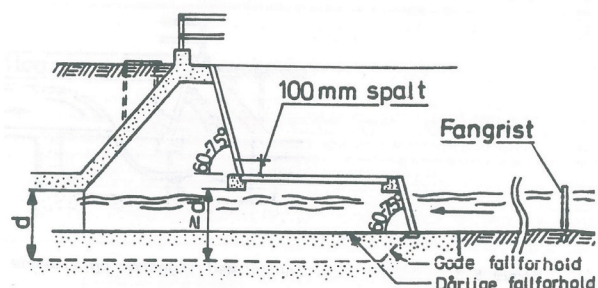
Større inntak med tilgjengelig fall. Horisontal rist som har den fordelen at vannet vil spyle og renske rista. Lett å renske og krever mindre ettersyn. Ulempen er at steiner kan kile seg fast.



Figur 5: Inntak med liggende og stående rist /4/.

4.5.3 KOMBINASJON AV LAV, STÅENDE RIST OG LIGGENDE/STÅENDE RIST

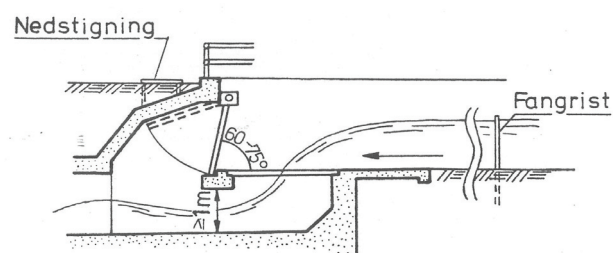
Brukes for små inntak ved dårlig fall. Lett å ren-ske. Dam dannes foran lav, stående rist.



Figur 6: Inntak med lav, stående rist og liggende/stående rist /4/.

4.5.4 KOMBINASJON AV SVINGBAR, STÅENDE RIST OG LIGGENDE RIST

Inntaksrister som beskrevet under 4.5.2 og 4.5.3 kan utføres med svingrist. Sløyfer spalt etter liggende rist. Gir stor sikkerhet mot oversvømmelser. Fare for at store gjenstander hindrer at svingrist lukker. Fare for tilstopping nedstrøms i kulvert.



Figur 7: Inntak med svingbar, stående rist og liggende rist /4/.

4.5.5 KOMBINASJON AV LAV, STÅENDE RIST OG LIGGENDE RIST

Ved små inntak sløyfes ofte stående rist etter liggende rist. Se figur 8.

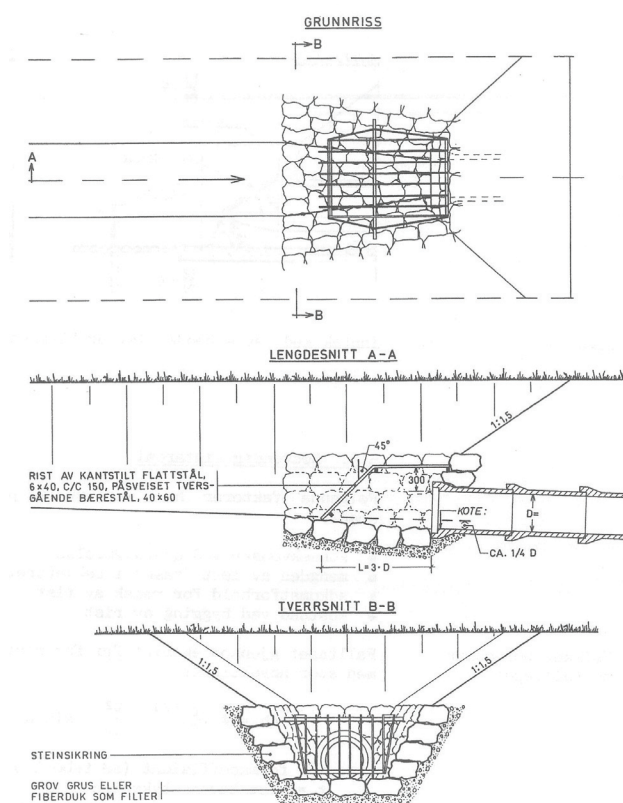
4.5.6 RISTAREAL

Grener, løv, plastposer og lignende kan føre til hel eller delvis tilstopping av inntaksrist. Inntakskapasiteten går tilsvarende ned.

Inntaksrist krever derfor regelmessig tilsyn og rensk. Hvor stort ristarealet bør være kommer an på konsekvensen ved oversvømmelse, mengde løst materiale i bekkefare, adkomstforhold for rensk av rist og kostnad ved bygging av rist /1/.

Tabell 5: Anbefalt ristareal i forhold til hovedrørets innvendige areal. Kilde delvis /3/.

Diameter hovedrør (mm)	Ristareal
300 - 600	8-10 x areal av hovedrør
800 - 1100	ca 7 x areal av hovedrør
≥ 1200	ned mot 3 x areal av hovedrør



Figur 8: Murt inntak med rist. Landbruksdepartementet typetegning TL/I 1d 1983.

4.5.7 REGLER FOR UTFORMING AV INNTAKSRIST

For å hindre barn, slippe løv/kvister gjennom og forenkle rensk, bør inntaksristen konstrueres etter disse kriteriene /1/:

- Rist må enkelt kunne fjernes.
- Fri lysåpning mellom riststavene bør være minst 100 mm. I områder med barn bør avstanden være 100-200 mm.
- Fri åpning på 100-200 mm mellom rist og bunn i inntaket.
- Tverravstivere vinkelrett på stavene må ikke forekomme bortsett fra ved opplagrene og ved spalte.
- Fast stående rist bør utformes med 100 mm høy spalte nærmest liggende rist. Liggende rist kan med fordel være hengslet/ dreibar.
- Større rister bør seksjoneres for å lette håndteringen.
- Alt stål skal varmforsinkes etter sammensveising. Skruer og bolter skal også være varmforsinket.
- I større bekker med høy vannhastighet og

- Fast stående rist bør utformes med 100 mm høy spalte nærmest liggende rist. Liggende rist kan med fordel være hengslet/ dreibar.
- Større rister bør seksjoneres for å lette håndteringen.
- Alt stål skal varmforsinkes etter sammensveising. Skruer og bolter skal også være varmforsinket.
- I større bekker med høy vannhastighet og elver må en vurdere om det er fare for at barn kan bli sugd fast på inntaksristen. Må i så fall vurdere bruk av ledere, stiger etc for å komme seg opp fra risten, eller bruke horisontal rist.

4.6 FRONTMUR

Behovet for og utforming av frontmur evt. med vinger (vingemur) er avhengig av vannføringen og plasseringen av hovedrøret i forhold til terrenget.

Evnen til å lede vannet inn i hovedløpet er tilnærmet likeverdig for frontmur med og uten vinger.

Frontmur må slutte godt til fyllingsskråning, grøftebunn og sideskråning. Hvis det er fare for undervasking, kan en løsning være spunt i framkant av frontmur i 0,5-1,0 m dybde og ca 1,0 m ut til hver side for frontmuren. Tetting med lite permeable masser rundt rør og plastring av bekkeløpet foran innløpet, gir også god sikring mot erosjon.

Tørrmur kan være en god løsning. Pukken bak tørrmuren bør være grov (100-200 mm) for å hindre utvasking. Bruk av fiberduk mot eksisterende masser er akuttelt.

Inntakskum/ fallkum kan brukes der hovedrøret må legges dypt under veg. Kummen kan være plasstøpt eller murt av stein, betongblokk, nettingkurv etc.

4.7 MATERIALVALG OG MONTERING

Materialvalg for hovedrøret omtales ikke i dette bladet. Det henvises til VA/Miljø-bladene nr. 10 - 16. Riktig montasje av inntak og hovedrør har mye å si for levetiden. Tele og setninger kan forringe levetiden til anlegget. Bløte masser må fjernes og erstattes med friksjonsmasser. Frostsikring vurderes i hvert enkelt tilfelle.

4.8 TILTAK OPPSTRØMS BEKKE-INNTAK

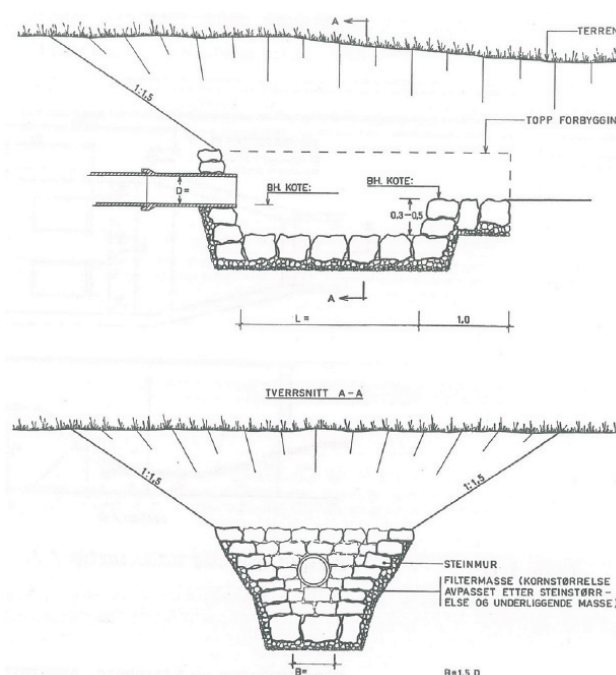
Man bør foreta minst mulig med bekken oppstrøms. Trær, busker og torv beholdes nær bekkeløpet for å redusere erosjonsfaren.

Der det er fare for utvasking og transport av stor mengder løsmasser må bekkebunn og -sidene forsterkes ved plastring med stein eller i enkelte tilfeller med støpt plate. En annen løsning er å bygge en fangdam foran innløpet for å samle opp massene. Nyttan av en fangdam må vurderes opp mot faren for at barn kan forulykke hvis de faller uti. Det kan være aktuelt å sikre fangdam med gjerde.

Der bekk fører med seg store gjenstander som steiner, stubber, trær etc., bør fangrist (grovrust) vurderes for å redusere faren for tilstopping av inntaket. 1-2 fangrister plasseres da noe oppstrøms inntaket. De må kunne gå helt eller delvis tette. Bekkeleiet må utformes slik at vannet kan strømme over fangristene uten at det skaper problemer. I fangrister er fri lysåpning ca. 0,5 meter. Fangrist kan lages av profilstål eller trykkimpregnerte stolper som rammes ned. Jernbaneskinner er ofte brukt.

4.9 EROSJONSSIKRING AV UTLØP

Hensikten med erosjonssikring av utløpet er å sikre mot utgraving og setninger, gi mulighet for vedlikehold, sikre oppgang av fisk og hindre at vannhastigheten og -retningen skader tilstøtende areal. Det vises til maks fall i tabell 3. Aktuelle tiltak er plastring med stein, nedsetting av kumring med bunn eller støping av energidreper. Se for øvrig /1/. Erosjonssikring kan kombineres med å lage til en liten kulp for å sikre fiskens frie gang oppstrøms, jfr. /7/.



Figur 9: Sikring av utløp med steingrop. Landbruksdepartementet typetegning TL/S 1a 1975.

Utløp i fyllingsfot kan godt ligge 30-50 cm over terreng for å hindre gjentetting og kjøving. Er det vandrende fisk må fallhøyden mellom vannstand i kulp og bunn rør ikke blir for stor, samt at det for å hindre hulrom bør benyttes velgraderte masser jfr. /1/.

Kulvert diameter (mm)	Typisk vannhastighet ved utløp med fall 5-50 ‰ (m/s)	Tiltak ved utløp
300-600	1,5-4	Lettere plastring eller betongkum
600-1000	2-6	Tyngre steinsetting, se figur 9
1000-2000	2,5-8	Spesielle energidreper

Tabell 6: Veiledning i erosjonssikring av plast- og betongrør. Kilde delvis /1/ og /8/.

Høyest vannhastighet oppstår ved størst fall.

Tabell 6 viser at vannhastigheten er større enn hva ørret klarer å forsure. I vassdrag med vandrende fisk må det iverksettes tiltak for å redusere vannhastigheten gjennom kulverten. Det henvises til /8/.

4.10 FISKENS FRIE VANDRING OPPSTRØMS

Tiltak mht. hensynet til fisk i vassdraget er beskrevet i /7/ og /8/.

4.11 LOVERKET

Vassressursloven, med tilhørende veileder, regulerer alle arbeider i vassdrag med årssikker vannføring. Tiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade eller ulempe i vassdraget /2/ og /6/.

Loven sier noe om hvilke tiltak i vassdrag som er konsesjonspliktige og om måten en går fram på ved vurdering av om en del nærmere angitte tiltak trenger konsesjon.

NVE eller fylkeskommunen kan opplyse om det er konsesjonsplikt.

Plan- og bygningsloven omfatter alle varige og midlertidige konstruksjoner og anlegg som påvirker arealbruken, herunder vassdrag og tiltak i vassdrag.

Lakse- og innlandsfiskeloven slår fast at fysiske tiltak i vassdrag skal godkjennes med unntak av de som kommer inn under Vassressursloven.

4.12 SJEKKLISTE FOR PROSJEKTERING AV BEKKEINNTAK

Sjekklista gir ikke svar på hvilken løsning som er optimal, men er ment å være et hjelpemiddel for å unngå klare feil under planleggingen. Lista er ikke uttømmende. Delvis kilde er /3/.

Sjekkpunkt	J	N	Merknad
Behov for bekkelukking/ -inntak kritisk vurdert			
Behov for bekkelukking/ -inntak kritisk vurdert			

Dimensjonerende flom (tilrenning) beregnet ut i fra relevante grunnlagsdata			
Det er lagt til grunn innløpskontroll ved beregning av kapasiteten til inntaket, kfr. unntak kap. 4.6.			
Kommer bekken oppstrøms tilnærmet rett inn på inntaket eller må det iverksettes tiltak for å lede vannet inn mot inntaket			
Er det behov for masseutskifting under inntaksarrangement og hovedrør			
Er det fare for isdannelse i inn- og utløp			
Alternativ flomveg hvis inntak går tett er vurdert og analysert			
Ved store konsekvenser foreligger det rutiner for ettersyn og rensk av inntak og alternativ flomveg			
Inntaket er vurdert sikret mot erosjon ved plastring eller støping			
Utløpet er vurdert sikret mot erosjon ved plastring, kum eller støping av energidreper			
Behovet for fangrist eller fangdam oppstrøms inntaket er kritisk vurdert			
Adkomst for gravemaskin eller lignende for rensk av rist			
Behovet for rist foran inntaket er kritisk vurdert			
Fri lysåpning mellom riststavene er over 100 mm			
Fri åpning mellom rist og bunn i inntaket er minst 150-200 mm			
Tverravstivere vinkelrett på riststavene bare ved opplager og spalt			
Avstand mellom fast, stående rist og liggende rist er minst 100 mm			
Alt stål varmforsinket etter sammensveising. Skruer og bolter varmforsinket			
Barnesikring av inntaksarrangement vurdert. Maks 150 mm lysåpning mellom riststavene			
Ristene er enkle å fjerne i nødsituasjon			
Riststavlengde uten avstivning skal være under 2 m			
Forholdet ristareal/ kulvertareal er beregnet og vurdert			
Traktformet inntak med akselerasjonssone er vurdert			
Behovet for inngjerding er vurdert			

Henvisninger:	Utarbeidet:	Oktober 2004	Interconsult ASA
/1/	SINTEF NHL: Rapport nr. STF60 A92101, Flomberegning og kulvertdimensjonering, september 1992	Revidert:	
/2/	Statens vegvesen: Håndbok nr 018, Vegbygging, juni 2004	/6/	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE): Veileder nr 1/2002, Behandling etter vassressursloven m.v. av vassdragstiltak og tiltak som kan påvirke vassdrag og grunnvann
/3/	Trondheim kommune: M 02.13 og S 02.13 Bekkeinntak/ bekkelukking	/7/	Direktoratet for naturforvaltning: Håndbok 22-2002: Slipp fisken fram! Fiskens vandringmulighet gjennom kulverter og stikkrenner
/4/	Oslo kommune: Norm 325, F107 B Bekk- og elveinntak, 1.4.1976	/8/	NVE: Vassdragshåndboka, 1998
/5/	Gunnar Mosevoll: TEKNA-kurs, Vann i by: Dreneringssystem for veier og gate	/9/	Larry W. Mays: Stormwater Collection Systems Design Handbook.2001