

123/2002

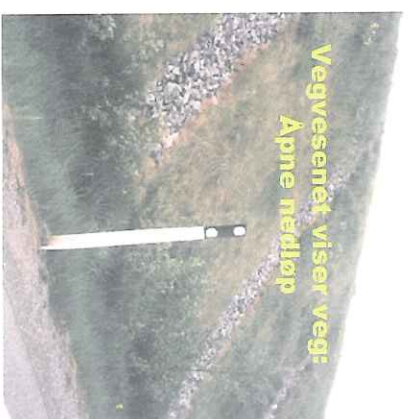
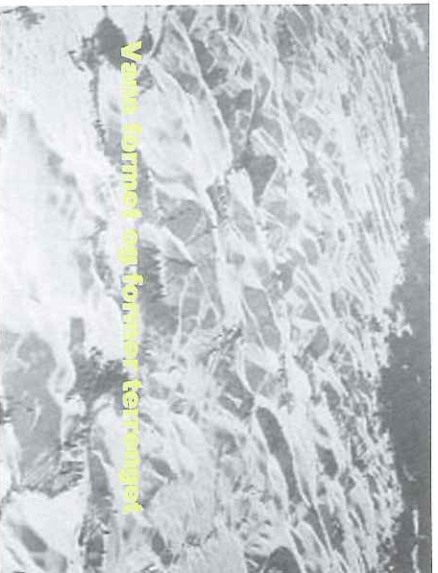
ITTF RAPPORT

**Bedre hydrotekniske løsninger
Nedløpskummer og utløp**

Av
Einar Vigerust og
Jarle T. Bjerkholt

ITF- rapport 123/2002

Bedre hydrotekniske løsninger Nedløpskummer og utløp



2v

Einar Vigerust og Jarle T. Bjerkholt

Postadresse:	Boks 5065, 1432 ÅS	DATO:	19.03.2002
Besøksadr.:	TF-kvartalet, ÅS-NLH		
Telefon:	Ekspedisjon: 64 94 87 00		
	Saksbehandler: 64 94 87 78		
Telefaks:	64 94 88 10		

Sammenhang

Denne rapporten er basert på undersøkelser i Nannestad kommune på Romerike i Akershus fylke. Undersøkelsene har gått over en periode på 10 år. Det er prøvd ulike typer nedløpskummer, både i nyanlegg og metoder for rehabilitering. I alt er det samlet erfaringer fra ca 80 prøvekummer som har vært i drift i 5 - 8 år. Samtidig er det gjort studier av dreneringsutløp og gjort forsøk med ulike måter å sikre disse bedre på. Undersøkelsen gir et godt bilde av hvilke opplegg som synes å fungere best.

Hydrotekniske installasjoner er utsatt for skader. Årsakene til alvorlige skader på anleggene er flere. Som helhet utgjør drenerforhold og vern mot erosjon og ras store utfordringer under de jord- og terrengforholdene vi har i leirjordsområdene. Resultatene viser at det er vanskelig å hindre graving rundt kummer og ved utløp i kupert leirjordsområder, og at et kontinuerlig vedlikehold av anleggene er viktig. Årsakssammenhengene er komplekse og det er vanskelig å gi entydige råd om rehabilitering og nyanlegg.

I rapporten er det presentert en rekke løsninger – noen nye, noen modifiseringer av gamle – på reparasjon og nyanlegg av kummer og utløp fra dreneringssystemer.

Summary

This report is based on a project that was conducted in Nannestad community in the county of Akershus in Norway. Various types of drainage inlets, intakes and outlets were tested. More than eighty inlets and intakes for surface water were included in the project and were followed-up over a period of five to eight years. In the project period, which lasted for ten years, various outlet constructions were also tested. The project emphasised special on methods to secure these constructions from being damaged by erosion.

In the report different solutions on how to construct intakes, and inlets for surface water and outlets for drainage water from agricultural land are presented.

Stikkord: Drenering, kummer, utløp

Tilgjengelighet: **Åpen**

Key words: Drainage, Surface water intake, drainage water outlet

Oppdragsgiver:

Statens landbruksforvaltning

v/Johan Kollerud

Rapport tittel: Bedre hydrotekniske løsninger -
Nedløpskummer og utløp

Rapport nr.: 123/2002

Oppdragsgivers referanse:

Prosjekt nr.:

Jarle T. Bjerkholt

Forfatter/saksbehandler: Einar Vigerust, Jarle T. Bjerkholt

Godkjent av:

Oddvar G. Lindholm

Antall sider + bilag: 24

ISSN nr: 0805 - 7257

Forord

Prosjektet ”Bedre hydrotekniske løsninger” er finansiert av Landbruksdepartementet. Forvaltingsansvaret for prosjektet ble seinere overtatt av Statens landbruksforvaltning.

Målsætningen for prosjektet var å presentere veiledning om nedløpskummer og utløp på grunnlag av prosjektene ”Kulturlandskap i leirjordsområder” (4) og ”Sikrere hydrotekniske anlegg i jordbruket” (1), begge utført i Nannestad. Det nye prosjektet skulle sammenfatte veiledninger basert på de omfattende utprøvinger av ulike hydrotekniske anlegg gjennom ca 10 år.

Rapporten legger vekt på å få fram nyere praktisk erfaring og faglig kunnskap innen feltet, inklusiv rettleidninger fra andre etater som Statens Vegvesen (3).

Det er nå stor risiko for forfall av mange hydrotekniske anlegg, spesielt gjelder det innen de kupert leirjordsområdene. Graving rundt nedløpskummer og utløp forringer omfattende investeringer i hydrotekniske anlegg og representerer samtidig et stort og økende jordtap med betydelig forurensning. Godt vedlikehold er en stor oppgave.

På 1970- og 1980-tallet utga Landbruksdepartementet mange ulike typetegninger innen fagfeltet ”Kulturteknikk”, disse er fortsatt en god basis for nyanlegg og rehabilitering. Typetegningene kan bestilles ved å henvende seg til Institutt for tekniske fag ved Norges landbrukskøleskole. Fagområdet har imidlertid utviklet seg en del siden typetegningene ble utgitt, og denne rapporten er et forsøk på å skissere oppdatert løsninger for noen kritiske hydrotekniske installasjoner.

Underdirektør Ragnar Mjælde i Landbruksdepartementet og rådgiver Johan Kollerud i Statens landbruksforvaltning har vært sentral i koordineringen av oppgaven. Nå avdøde Peder Hove, førstemannuensis ved Institutt for tekniske fag, NLH, var en viktig leverandør av idéer for det allsidige utprøvningsprogrammet i Nannestad. Rådgivende ingeniør Roar Finnsrud, i firmaet JoFi, ga verdifulle råd om løsninger brukt utenfor jordbruket.

Et godt og nært samarbeid med gårdbrukerne og entreprenørene Hans Ringnes, Bjørn Haga og Mauritz Sendstad gjennom mange år har vært viktig for å installere og prøve ut nye løsninger. De har også vært viktige diskusjonspartnere og har bidratt med mange gode innspill. De faglige drøftingene i løpet av prosjektperioden har ført til at disse aktive maskinførerne de siste par årene har satt i gang et sett med nye utprøvinger.

Framover nå er det et behov for å koordinere en brei praktisk prøving av de løsningene man har kommet fram til gjennom dette prosjektet. Det kan gi grunnlag for bedre veiledning. Det er behov for best mulig vern om investert kapital, kulturland og vassdrag.

Rapporten er skrevet av Einar Vigerust og Jarle T. Bjerkholt. Vigerust er tidligere forsker ved Institutt for jord- og vannfag ved Norges landbrukskøleskole og har vært leder for dette prosjektet. Bjerkholt er førstemannuensis i hydroteknikk ved Institutt for tekniske fag også ved Norges landbrukskøleskole.

Flyfotoet (øverst til venstre) på rapportens titelside er utlånt av Akershus fylkesmuseum

Innhold

Forord.....	1
Innledning.....	3
Sideblikk fra veien.....	4
Vedlikehold og alternative løsninger for nedløpskummer.....	4
Rehabilitering av betongkummer.....	4
Grune kummer.....	5
Kummer må ha tett bunn.....	6
Isdannelse i grøft ved innløp til kum.....	6
Vannstrømmer langs ledninger.....	6
Kaldluftstrømmer i ledningsnett.....	7
Dype kummer.....	8
Nye betongkummer.....	9
Prefabrikerte kummer.....	9
Rørkummer.....	10
Rørkum som avlastning for kritiske, dype kummer.....	11
Terrengforming eller voller.....	12
Ettersyn og vedlikehold.....	13
Utløp fra jordbruksarealer.....	14
Eksempler på utløp med "omvendt filter".....	15
Frostskader på utløp.....	17
Åpne nedløp.....	18
Utløp i forhold til bekke- eller elveløp.....	20
Konklusjoner fra undersøkelsene og faglige råd.....	21
Nedløpskummer.....	21
Utløp og nedløp.....	21
Litteratur.....	22

Innledning

Gode dreingssystem var en viktig basis for omlegging og intensivering av jordbruket de siste 50 år. Investeringene i hydrotekniske tiltak var store i kupert leirjordsområder, bl a ved bakkeplanering. Stort sett blir vannet ledet bort på forsvarlige måter, og viktige målsetninger har blitt nådd. Undersøkelsene viser at behovet for rehabilitering av dreneringsanleggene i de kupert leirjordsområdene er store.

Rapporten er basert på undersøkelser i Nannestad på Romerike gjennom 10 år. Samtidig er faglig hydrologisk kunnskap og praktisk erfaring gjennom lang tid utnyttet. Resultatene viser at det er vanskelig å hindre graving rundt kummer og ved utløp i kupert leirjordsområder. Det er flere årsaker til skader og det er vanskelig å gi entydige råd om rehabilitering og nyanlegg.



Foto: William Warner

Kupert leirjordsareal i Nannestad. I hellende terreng med tett jord renner vann raskt til nedløpskummer der det lett graver. I ravineene på bildet var det høsten 2000 store jordras i de bratte skråningene.

Avrenningen fra dyrka jord må ledes ned bratte og ustabile raviner. Bekker skjifer stadig løp og undergraver sidene.

Siltirik jord med lavt stein og grusinnhold, som dominerer i området er særlig utsatt for erosjon.

Jordtap fra naturlige raviner

Konsekvensene

Undersøkelse, blant annet i Nannestad, viser at jordtapene fra naturlige raviner er langt større enn fra utsatte jordbruksarealer. Omfanget av skadene tiltar med tida. Krater utvider seg raskt rundt kummer eller utløp. Det er et stort behov for vedlikehold og rehabilitering. Det oppstår lett krater rundt kummer og utløp. Derfor er et fall av de hydrotekniske anleggene alvorlige. Gradvis reduseres eller forringes kulturljorda og forurensningen av vassdrag tiltar.

Praktisk prøving av kummer og utløp

I Nannestad er det prøvd ulike typer nedløpskummer, både nyanlegg og metoder for rehabilitering. I alt er det samlet erfaringer fra ca 80 prøvekummer som har vært i drift i 5 - 8 år. Samtidig er det gjort studier av drensutløp. Ved befaringer har mange fagfolk gitt råd om opplegg. Mange av tiltakene som ble prøvd, var mindre vellykket. Som helhet viste det hvilke opplegg som synes å fungere best. Årsakene til alvorlige skader er flere. Som helhet utgjør drenforhold og vern mot erosjon og ras store utfordringer under disse jord- og terrengforholdene.

Lokale forsøkeller

Hvor utsatt de hydrotekniske anlegg er for skader avhenger i stor grad av lokale forhold. I flatere leirjordsområder med moderat innhold av silt og mer stein og grus i jorda er en langt mindre utsatt for skader på kummer, nedløp og utløp. Små forsøkeller i naturgitte forhold eller i utføring av kummer og utløp kan være avgjørende for hvorvidt skader oppstår.

- * Med store høydeforskjeller får vannet stor fart og evne til å grave rundt kummer, langs nedløp og utløp
- * Siltirik jord med lavt stein og grusinnhold gjør jorda rundt kummer og langs nedløp særlig ustabil
- * Det er stort behov for undersøkelser, praktisk prøving og informasjon, som regelmessig oppdateres

Sideblikk fra veien

Mens jordbruket med tida har fått mindre økonomisk evne til vedlikehold - når det mest trengs -, blir sikringsiltak langs store veinlegg stadig bedre. Statens Vegvesen bruker i stigende grad åpne, steinsatte nedløp i veiskråninger. De har kunnskap og erfaringer som bør utnyttes. Kontrasten mellom jordbruk og veivesen er slående spesielt i ei så kupert bygd som Nannestad.



En liten veiskjæring, like syd for det mest kupert terrenget i Nannestad, er meget godt sikret med steinsatte nedløp i tillegg til godt grasdekke. Som en kontrast er jordbruksarealene i området meget dårlig sikret mot erosjon.

Vedlikehold og alternative løsninger for nedløpskummer

Graving rundt nedløpskummer er et stort problem og årsak til store jordtap.

Ved undersøkelser i Nannestad er det prøvd ulike måter å reparere slike skader på. De pågikk fra 1992 til våren 2001. Det omfatter reparasjon eller nyanlegg av ca 50 betongkummer. Det er meget vanskelig å sikre seg mot graving rundt kummer. Mange løsninger for rehabilitering var mislykket, for flere kummer oppsto ny graving etter noen år. Det har gitt et stort erfaringsmateriale. Veiledningen bør justeres ettersom mer erfaring samles. Skissene som er vist angir bare prinsippene uten vekt på ulike kumformer.

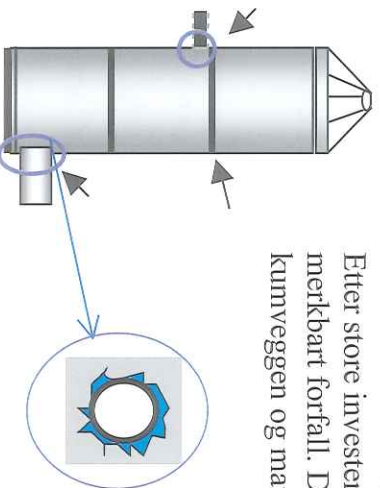


Utette kummer er viktigste årsak til graving. Problemet er størst i kupert terreng etter planering, og på siltrik jord fattig på stein og grus.

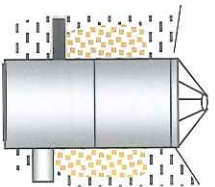
Det er også prøvd nesten 30 rørkummer av plast med ulik utforming. Alt tyder på at de fortjener å bli brukt og kan tilpasses forholdene på stedet. Prefabrikkerte nedløps- og koplingskummer har også viktige fordeler.

Rehabilitering av betongkummer

Etter store investeringer i hydrotekniske tiltak for 15-40 år siden, er det nå et merkbart forfall. Den viktigste årsaken til graving rundt kummer er åpninger i kumveggen og manglende filter rundt kummene.

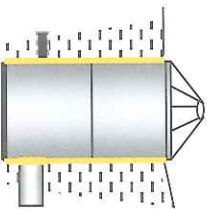


Svarte piler viser kritiske steder for inntrenging av jordblanda vann. Skissen til høyre viser rørinnløp i kumvegg. Blått felt viser åpninger rundt rør som ofte ikke er tett, eller tettingen har vært utført ufullstendig eller den er brukt i stykker av tele.



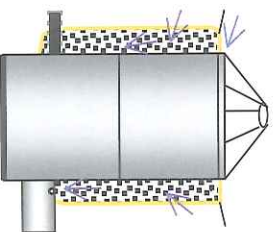
Grunne kummer

Undersøkelsene la vekt på billige løsninger. Kummer bør være drenert, ellers kan de "flyte opp" i vannmetta jord. De fleste kummer har innløp av drensledning(er), nok til å sikre slik dreneringen. Ulike typer filter som sagflis, bark, trefberslam, halm og grus ble fylt rundt kummene som skissen viser. Filteret skal holde jordpartikler tilbake. Halm som filtermaterial hadde kortvarig virkning. Et tykt lag med sagflis hadde god virkning inntil 5 - 6 år avhengig av kummens tilstand. Filterlag ble kombinert med tetting av uønskede åpninger i kumveggen. Etter hvert trengte jordpartikler inn i filterlaget. Organisk materiale brytes ned over tid og gradvis ble de ulike filtertypene dårligere. Etter hvert oppstod det også graving rundt kummene igjen.



Omfanget av teleløft er for lite klarlagt

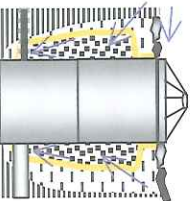
Bruk av fiberduk synes å være en sikker filterløsning. De fleste kummene består av 2 kunninger. Øvre kunning kan forskyves av tele eller jordarbeiding, det kan oppstå små åpninger mellom ringene. I hvilken grad tele kan være en årsak til løft av kunninger har disse undersøkelsene ikke gitt svar på. Med falsskjøt og fiberduk er en vesentlig bedre sikret enn tidligere, da skjøter med not/fgær dominerte. Fiberduk rundt kumveggen hindrer at jordpartikler følger med vannet inn i kummen. *På alle figurer har fiberduken gul farge.* Filterduken må slutte godt til kumveggen og det må tettes godt rundt åpninger i kummen for inn- og utløpsledninger. Fiberduk blir gradvis tett. Den er likevel en god sperre for innløp av jordblanda vann. Dette er en rimelig og god løsning både for nyanlegg og reparasjoner.



Fiberduk gul farge i figurene

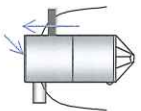
En sikker løsning er bruk av puk, eller grov grus rundt kummen med fiberduk ytterst. Den hindrer at jordpartikler trenger inn i grusfilteret. Duken må slutte godt til kumvegg og rørledninger nede, oppe tres duken inn under kjelelista. Små åpninger ved inn- eller utløpsledninger nede i kummen sikrer drenering. Åpningene må være mindre enn kornstørrelsen av puk eller grus. grus som filter rundt drensrør, ideelle kornstørrelse oppgis til 1,25 ganger større enn slisseåpning eller hull. Fiberduk, klasse 2, som filter anbefales (3).

Pukk eller grov grus hindrer teleløft og setning av grunnene rundt kummen. Pukk eller grus fylt helt opp til kumkant ser ut til å lede overvann i unødige grad langs yttersiden av kummen. Fiberduken øverst blir gradvis tett, det reduserer mengden av sigevann langs yttersiden av kummen. Stein rundt toppen av kummen reduserer faren både for graving og at vegetasjon tetter kjelelista.



Et jordlag over "sekken" med fiberduk og puk sikrer at overvann mest mulig renner inn i kumåpningen. Om en velger grus, må innholdet av finpartikler være lavt.

- * Overflatevann - skal ha fritt løp til kumåpning
- * Fiberduk hindrer transport av partikler med sigevann
- * Pukk lag leder sigevannet til kontrollert åpning og hindrer telehiv

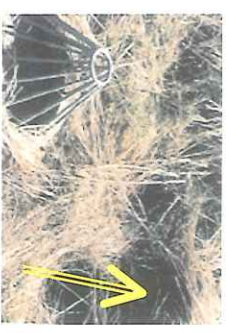


Kummer må ha tett bunn

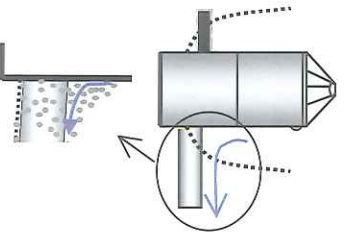
Kummer må ha tett bunn ellers trenger vann med jord opp gjennom bunnen. De må stå på et godt fundament så de ikke siger eller beveger seg på annen måte. Kummer som ikke er tilstrekkelig godt fundamentert kan raskt bli problemkummer.

Isdannelse i grøft ved innløp til kum

I flere tilfelle oppsto graving med jordhull få meter fra selve kummen. Det skyldes brudd på dremsledning nær kummen. I kalde perioder er vannstrømmen liten, det dannes en ispropp i rørenden nær kummen. Kaldluftstrømmer i bunneleningen er en viktig årsak. Om våren sprenger vanntrykket hull på dremsledningen. Gradvis utvikler det seg til et krater rundt kummen.



Graving etter skada dremsgrøft 2 m fra kum



Vann siger lett langs kumvegg og ledninger



Botemidler mot graving langs ledninger

Vannstrømmer langs ledninger

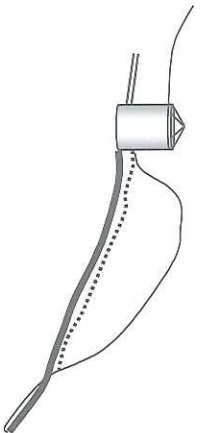
Vann siger langs kum og ledninger. Der vann finner åpninger, oppstår lett varige baner. Jordpartikler rives med og åpningene blir etter hvert større, skadeomfanget akselererer. Risikoen for slik skade er størst langs korte ledninger og er særlig stor i bratte skrånninger.

Oppgravd leirjord som tørker blir klumpete. Ved gjenfylling av grøfter er jorda forholdsvis åpen slik at vannet raskt skylles ned. Gradvis slemmes jorda til, setter seg og blir tettere. Forsenkningen rundt kummen blir større enn forutsatt, dermed blir vannsaget langs kumvegg eller utløpsledning stort. Små forskjeller i utføring av arbeidet, jordart etc kan være avgjørende for om graving oppstår. Startfasen er viktig for hvordan varige baner for vannet utvikles.

Det er viktig å hindre at vannet tar uønska veier. Det er anbefalt å bruke en form for *massesperre* mot vannstrøm langs ledninger, *tilhenningsmansjett* er antydnet på skissen. Det var anbefalt å bruke krager av butylgummi, de er nå vanskelig å skaffe. Det er mulig å lage slik massesperre av fiberduk eller armert plastfolie, den må slutte godt til røret og formes vertikalt. *Norsk Standard nr 3420 - H (2)* antyder bruk av "*leirpropper*". Homogen, tett leire harpakkes lagvis langs utløpsrøret, i en lengder på minst 2 m noen steder langs ledningen. Siltrik leire er ikke egna til dette formålet, men er bedre enn en løs gjenfylling av utløpsgrøfter.

I mange tilfelle er det oppstått "tunneler" rundt utløpsledninger fra kummer fordi vann siger langs kum og ledning. En er spesielt utsatt i bratte utløp og der avstanden til utløp eller neste kum er kort. Vannet tar andre baner enn planlagt. Mange av problemkummene i prosjektet lå i jordekant med nedløp i en bratt ravineskråning. Her bryter ofte vannet gjennom vollen med store

graveskader som resultat. Årsaken til dette er som regel at det har strømmet vann langs røret. Resultatene av undersøkelsene viser at det er svært viktig å forebygge denne form for skader.



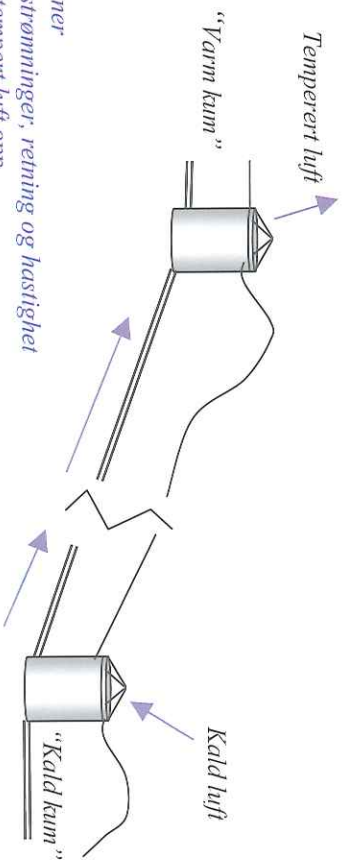
Vannstrømmer langs ledninger medfører graving rundt kummer og langs utløpsledninger. Verst er det langs korte ledninger og i bratt terreng.

Kaldluftstrømmer i ledningsnett

Skissen under viser luftstrømmer i kaldt vær, *skorsteinseffekt*. Kald luft suges inn gjennom utløp eller lavliggende kummer, hvor frostskadene er mest vanlig. Tele er en viktig årsak til forfall av hydrotekniske anlegg.

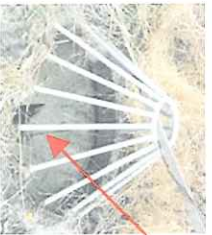


Røykpatroner klarer luftstrømninger, reining og hastighet. Her trakk temperert luft opp gjennom en "varm kum".

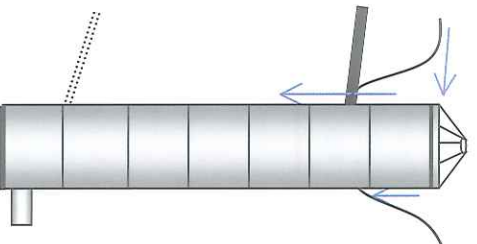


Skorsteinseffekten øker med stigende høydeforskjeller og er størst i kaldt vær. Temperaturen i jorda nær kumveggen i kalde perioder kan være under frysepunktet til mer enn 2 m dybde. Tining langs kumvegg slømmer opp jord som siger langs kumvegg til små åpninger.

Det har vært anbefalt å innsnevre kumåpning, mye brukt er filterduk med en *kryss-skiært åpning*. På kalde vinterdager ble det regelmessige utført temperaturmålinger i mange kummer. Minskert kumåpning påvirket ikke temperaturen i kummene, derimot økte faren for tiletting.



Kalde luftstrømmer i ledningsnettet er en viktig årsak til skader på kummer og utløp. Innsnevring av kumåpningene har liten virkning.



Dype kummer

Dype kummer med kritiske åpninger langt nede er kostbare å reparere. I prosjektet ble det ikke utført reparasjoner lenger ned enn til grøftedypt (dette på grunn av kostnadene ved slike reparasjoner). Slike grunne inngrep hjalp lite når den viktigste årsak til gravingen lå dypere. På planerte arealer kan det forekomme over 10 m dype kummer. Hver skjøt av ringene *kan* ha åpninger. De eldre kummene hadde ofte not/fjør skjøter, de er mindre stødige enn kummer med fäls-skjøt. Planering eller setninger av masse kan ha gitt små, men kritiske forskyvninger av slike kumsøyler. Vann siger ned ofte langs kumvegg, en tendens som lett forsterkes med tida.

Kostnadene ved reparasjon øker sterkt særlig ved dybder over 4-5m. *Det anbefales å legge fiberduk rundt kumveggen.* Graving under grøftenivå gir gradvis setning av masse. Derfor bør grøfteinnløp flyttes ned til urørt grunn, som antydnet med stippla linje på figuren

Store planeringsfelt omfatter ofte mange dype kummer. Opplegg for rehabilitering må gjøres ut fra en helhetsvurdering for tilstanden til flere kummer. Ett alternativ er å legge et nytt dreussystem ved normal grøftedybde. Tilstanden til hver av kummene må vurderes. Dersom *en* har store skader, eller om bunnledningen ovenfor er skadet et sted, kan den nærmeste kummen ovenfor nyttes som *stige-kum*. Herfra legges nytt dreussystem i normal dybde til utløpet eller til den første kummen nedenfor som er intakt.

*En må i dybden
for å løse
dyptgående
problemer*

Gode råd er dyre

En mulig løsning for en dyp kum med store problemer er å bruke et pukklag rundt kummen ned til grøfteinnløp. Det må sikres med fiberduk omkring og hull for nedløp av sigevann. En membran eller dobbel fiberduk i bunnen vil hindre at sigevann ovenfra trenger videre nedover. Tilsvarende beskrives seinere en løsning med sidekum av plastrør.

Mange skader på bunnledninger skyldes sviktende dype nedløpskummer.

Nye betongkummer

Spesialborra hull
med pakning

For nye betongkummer kan en få spesialboret hull, kjerneboring, for inn- og utløpsåpninger med tette borpakninger, pris ca kr 600 - 1000 per hull inklusive pakning. En slik løsningen som stopper vannet fra å trenge inn i kummen langs røret i gjennomføringen hindrer graving. Ferdigborede hull krever ofte ekstra arbeid for god tilpassing av inn- og utløpsledninger. Yttersiden av kummen bør dekkes med fiberduk. Innløp av grøfteledning sikrer drenering av kummen.



Grusfilteret (uten fiberduk) svikter - jorda forsvam

Konklusjoner for betongkummer:

- * De må være drenert slik at jorda omkring ikke står vannmetta
- * Kummer skal være så tette at jord ikke trenger inn. De to kravene er vanskelig oppgave å forene, særlig på telettsatt, siltrik jord.
- * Fiberduk som slutter godt til kumveggen er den primære løsningen.
- * Der det er stor risiko for frostskafer bør det brukes filter av pukk eller grov grus med fiberduk ytterst mot jorda og med kontrollert innløp for sigevann.

Prefabrikkerte kummer



Lett, bærbart
plastkum med
opplegg for
kopling

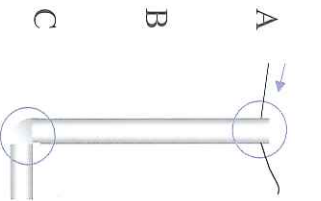
Generelt er plast et gunstigere og smidigere materiale for kummer enn betong. Fjeldhammer Brug markedsfører en drems- og koplingskum av PEH. Den er ca 150 cm høy og lett. Lengden av stigerøret tilpasses behovet på stedet i forhold til terreng. Det skjæres åpning for tilkopling av ulike standard rørdimensjoner, tilpassingen er god slik at lekkasje ikke oppstår. Etter beskrivelsen bør bunnsesjonen settes ned i sand. Rundt kummen skal det fylles med puk, sand eller grus, det hindrer teleløft. En slik kum har fungert godt i Nannestad i 7 år, den var ikke utsatt for skade eller graving. *Tilkopla grøfteledning drenerer kummen, det er viktig for å hindre at kummen flyter opp.*

Den lille toppkjeglen tettes lett til av halmrester som fraktes med overflatevann eller av grasvekst rundt kummen. Kumtoppen er svak skades lett av redskap og lite synlig. Det anbefales å legge en kjeleglerist over og å sette opp en markør.

Prefabrikkerte drenerings- og koplingskummer er et godt alternativ til betongkummer.

Rørkummer

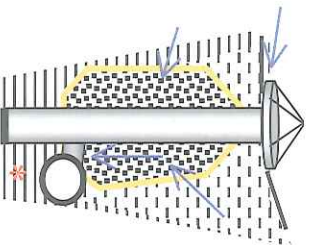
I USA er rørkummer av stål mye brukt. Kummene utstyres med stigerør ca 1 m over bakkenivå, det gjør dem lett synlige. I Nannestad er det prøvd 25 - 30 rørkummer med ulike utforming. Skissen viser prinsippet slik det ble brukt i undersøkelsene:



- Nedløp. I prosjektet ble det brukt stigerør over bakkenivå med huller for nedløp og sikret mot tiletting ved "bur" av hønsenetting.
- Nedløpsrøret kan være utsatt for telehiv, mest gjelder det korrugerte rør. I flere kummer ble det lagt et lag grunnmurpapp rundt nedløpsrøret for å hindre teleløft. Grus eller sand rundt nedløpsrøret er et alternativt sikrings tiltak. Det vil også hindre jordsetning etter oppgraving.
- Overgang mellom nedløpsrør og ledning. Tette *standardkoplinger* er best, men utvalget er begrenset. I mange tilfelle må en derfor lage skjøter. God tilpassing er lettere enn for betongkummer. Skjøter krever ekstra sikring med solid filter av bestandig materiale. Skjøtene er svake overfor strekk ved teleløft eller oppfylling i vannmetta jord.

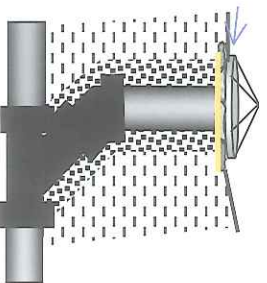
Rørkummer - det 3. alternativ

Det ble lagt vekt på å prøve enkle og fleksible løsninger. Nedløpsåpningen beskyttes best av en kjeleglerist, som er robust og har god utforming for å hindre tiltetting. Under kjeleglerista bør det være stein og fiberduk, det vil også hindre vekst som tetter nedløpet. Delene i en rørkum henger lite sammen, større eller mindre forskyvninger kan derfor oppstå.

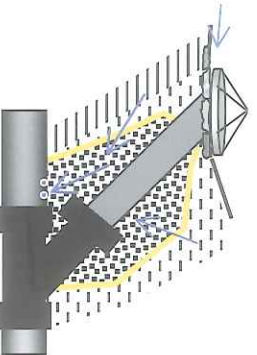


Figuren til venstre viser sidekopling av rørkum til et utløpsrør. Her er det åpning for innløp av sigevann gjennom et pukklag. Fiberduk hindrer transport av partikler. Pukklaget leder bort overskuddsvann, det reduserer risiko for teleløft eller oppfylling og dermed forskyvninger av sammenføyninger.

For at en slik rørkum skal ha god forankring er røret satt dypere enn avløpet. *Bakken under (markert med * på tegningen)* det korte avløpsrøret må være *urrørt* og fast. Eventuelt må det fylles med sand som ikke komprimeres. Bunnen av slike rørkummer bør tettes med, armert plast, mørtel eller lignende.



Denne rørkummen med grenrør og bend 45° med pakninger ble etablert i høsten 1992 og har fungert godt, uten tegn til graving. Det var lagt et tykt gruslag rundt kummen. Undersøkelse høsten 2000 viste ingen tegn til teleskade. *Gruslaget hindret jordsetning rundt kummen.*



Skrårør er en alternativ utforming som kan være anvendelig. Foreløpig vet en for lite om tele kan få tak til å bryte den opp det skrå nedløpet. Mye tyder på at plastrmaterialer tåler en viss bending av teleløft. Gruslag rundt det skråsiderøret vil hindre heterogen tele.

Med grenrør og bend kan drengsgrøfter koples til utløpsledninger like ved en rørkum. Det reduserer risiko for ispropp og skade ved grøfteinnløp i kum. Drenering av rørkummen gir sikkerhet mot oppfylling.

I undersøkelsene ble bare en rørkum sikret med grusfylling, fiberduk ble ikke brukt. Begge deler gir en sikkerhet. Bare 3 av 30 rørkummer viste tegn til teleløft (eventuelt oppfylling), men for noen kummer har det trolig oppstått åpninger i koplinger som ligger i telenivå. Et par rørkummer med sidekopling har tettet.

*Fiberduk rundt
rørskjøter
- uten pukklag*

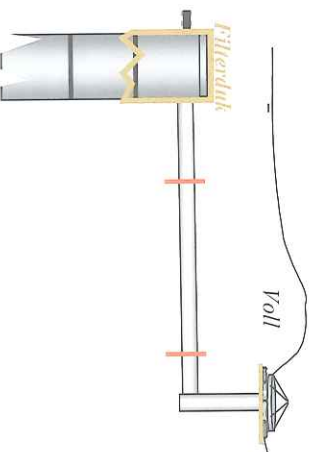
Ved å surre fiberduk rundt skjøter av rørkummer vil en trolig hindre at det oppstår åpninger ved at rørdeler bindes sammen, mens duken hindrer innløp av jordpartikler. Dermed kan en slippe å bruke puk eller grus. En slik løsning er rimelig, det må legges vekt på nøyaktig utføring. De siste 2 år er det etablert flere rørkummer, det vil gi ytterligere erfaringer.

Det største problemet med rørkummer oppsto nær bratte nedløp, idet overvannet trengte ned utvendig langs nedløpsrør og utløpsledning. Dette er samme problem som for betongkummer.

Rørkummene er utført med rørdiameter fra 150 til 400 millimeter. Stor dimensjon er nødvendig der grøfteledninger skal ledes inn i kum.

Rørkum som avlastning for kritiske, dype kummer

I prosjektet er det prøvd å lage avlastingskum f.eks 6 m (en rørlengde) oppstrøms dype kummer med vedvarende problemer. Den avblendakummen sikres med lokk og filterduk. Skissen viser en av løsningene som er brukt.



Graving rundt dype kummer skyldes lekkasjer, ofte gjennom hull dypere ned, slike kummer er godt drenert. Kratre rundt kummer samler mye vann og øker mengden av sigevann ned langs kumveggen, resultatet er økende jordtap. For to slike avlastingskummer som er prøvd har det oppstått graving langs rørtledningen, mellom kummene. Resultatet har blitt graving rundt hovedkummen. En eller 2 tiletningsemansjetter koplet på ledningen vil hindre en slik vannstrøm. Det er behov for nærmere utprøving for å klarlegge

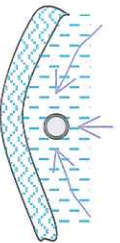
Noen fordeler og ulemper samt anbefalinger ved bruk av rørkummer er satt opp i den gule rammen nedenfor. Det er viktig at kummene dimensjoneres etter de vannmengdene de skal ta inn.

Konklusjoner og anbefalinger for bruk av rørkummer:

- + Rørkummer er fleksible og rimelige i anlegg
 - + Det er forholdsvis enkelt å grave de opp for reparasjon
 - + Som helhet var rørkummer sikre mot graving eller oppfrost
 - De er lite tilgjengelige for inspeksjon og spyling
 - Uten standard koplinger må en være svært omhyggelig med at alle skytøler er godt tilpasset og med tetting eller bruk av filter/fiberduk rundt alle kritiske punkter. Det binder rørdelene sammen
 - Stigerøret bør nå ca 5 cm over bakkenivå. Nedløpet bør dekkes av kjeleglerist med duk og steinseting under.
 - Grus rundt stigerøret, evt i kombinasjon med fiberduk, reduserer fare for teleløft og jordsknetting. Få kummer viste tegn til teleløft. Viktigste årsak til skade på rørkummer var utette koplinger og materialtransport med vannstrøm langs stigerør og utløpsledninger
- Rørkummer fortjener å bli brukt, i første omgang som supplement*

Behov for mer praktisk prøving

Terrengforming eller voller er vannets



Drenerings kritiske punkt -for gjennomløp og graving

Terrengforming eller voller

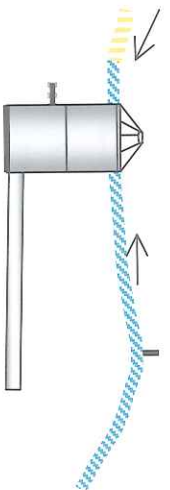
Kummene må plasseres lavt i terrenget, som i et traue, slik at alt overflatevann raskt får nedløp. Terrengforming er den beste løsningen for å sikre dette. Solide voller er et alternativ. I alt for mange tilfelle renner vannet forbi og fører til overbelastning av neste kum. Når vannet renner forbi en kum får det renne lenger på overflaten og får dermed større fart. Større fart på vannet gjør at vannet har mer energi til å grave. I forhold til overløpet bør terrengforhøyningen eller vollen være minimum 50 cm. Med enkle midler kan alvorlige problemer unngås.

De nederste kummene på jorden på overgang til en bratt skråning er særlig utsatte for vannets graving. Mengdene både av drensvann og overflatevann er store. Virkningen av kalde luftstrømmer og dermed frostfare er større enn for kummer høyere i terrenget. Det oppstår lett graving langs nedløpsledningen, som lett forplanter seg til nederste kummen. I raviner er utløp ofte årsaken til jordras fordi vannet fra utløpet ofte får grave og dermed forårsake ras. For å gi mest mulig jordbruksareal er mange kummer plassert altfor nær jordekant. Vannmetta eller omgravd jord gir ikke nok hold mot utglidning. Gradvis flyttes jordekanten innover. Det bør være en solid jordbank nedenfor den siste kummen, med en avstand på 5 - 10 m til jordekant. Som skissen antyder bør et felt rundt og utenfor kummen være permanent grasdekket for bedre stabilitet. Dette feltet må ikke jordarbeides,

Kumm på kanten

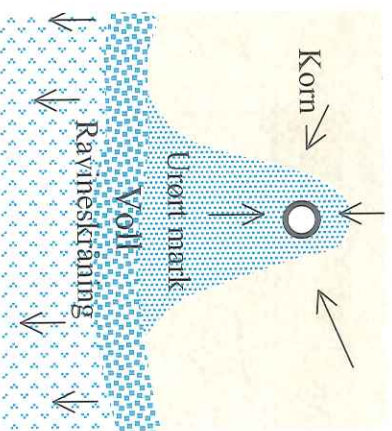


men bør slås for å holde ugraset nede. En slik løsning stabiliserer jorda nedenfor siste kumm.



Solid jordbanke på overgang til skråning

Grasmark stabiliserer kritiske punkter



Terrengforming eller voller er forutseningen for at kummene skal fange alt overvann og lede det trygt bort fra arealer.

Ettersyn og vedlikehold

De hydrotekniske anleggene har stort sett fungert godt. De har muligjort fullverdig drift av store jordbruksarealer. De var grunnlaget for forsvartlig bakkeplanering. Selv om erosjonen fra jordbruksarealer har økt på grunn av planering, skapte tiltaket totalt sett bedre jordstabilitet i landskapet. Etter hvert som anleggene blir eldre, blir det et merkbart økende behov for vedlikehold eller fornying.

Systematisk vedlikehold nødvendig

Misløykta tiltak er bortkastet penger

Informasjon nødvendig

Godt utførte anlegg gir normalt små kostnader til vedlikehold. Mangelfulle anlegg fungerer dårlig og har derfor store kostnader til vedlikehold. Det er enkelt å fylle igjen krater rundt kummer, men det utsetter problemet og gir store jordtap. Årsaken til skader må være utgangspunkt for reparasjoner. Erfaringer fra Nannestad og andre leirjordsområder tyder på at stor påkostninger blir nødvendig for å unngå et dramatisk forfall av dreinessystemene. Det er et stort behov for informasjon om ettersyn og vedlikehold av hydrotekniske anlegg i jordbruket. Planleggere, gårdbrukere og maskinførere som utfører arbeidene, er viktige målgrupper.

For å være i stand til å handle raskt og effektivt når det oppstår alvorlige problemer med hydrotekniske anlegg, som eksempel brudd på eller tilfetting av bunnelledning, blir det stigende behov for beredskapsplaner. De må inneholde beskrivelser av aktuelle tiltak ved akutte hendelser. Store planerings- eller senkings tiltak er mange ti-talls år gamle. I seinere tid har en fått viktige forvarslar på at anleggene begynner å svikt. Utarbeiding av beredskapsplaner vil være en nyttig gjennomgang av anleggene og de problemer som kan oppstå.

Uten intakte nedløpskummer

svikter et viktig vern av vassdrag og kulturljord i kupert leirjordsområder

Utløp fra jordbruksarealer

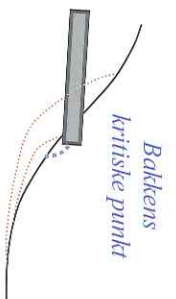


Utløp fra drenering er særlig vanskelig i kupert landskap. Ofte må overvann og dreneervann ledes ned til vassdrag, til dels gjennom bratte skråninger. En kan skille mellom *nedløp* og *utløp*. Ravineier er fra før rasutsatte, steinfattig grunn har lite vern mot rennende vann.

Gradvís eter fliker av raviner seg lenger inn på dyrka arealer.

En rørkam som 6 år tidligere ble plassert inne på jorden, står her på kanten av stuper. Vollen bak kammen ble gjennomgravd av en vannstrøm langs nedløpsledning. Skadene ble ikke reparert og det har forårsaket ras.

Avløpet fra jordbruksarealer øker problemet. Det er vanskelig, ofte ugjørlig å føre drenesledninger helt ned til bekk eller elv. Planering, oppdyrking og endra driftsformer gjør at dette problemet tiltar vesentlig.

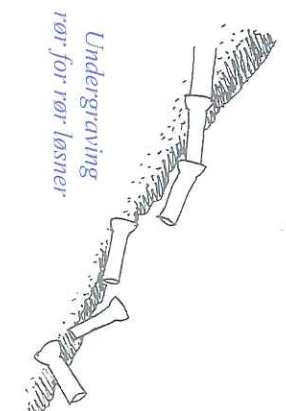


Mange dreneutløp ender i skråninger, vannet graver, rasfaren akselererer. Vann finner lett vei langs ledninger i bratte utløp. Denne risikoen kan reduseres ved å pakke jorda rundt ledningen ved anlegg eller ved manskjetter som massesperre, foreløpig markedsføres ikke disse for de mest aktuelle typer rør til jordbruksformål. Ledningene bør ikke legges i daldrag, der er risikoen for graving særlig stor. I bratte skråninger er det behov for strekkfaste koplinger av rørledningene, som ellers med tida vil gli fra hverandre. Bildet viser en kopling som er røket mens en ledning er slitt i stykker.



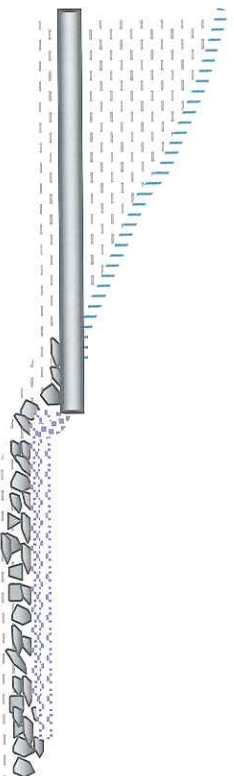
I ravineskråningene langs elva Leira ser en mange steder løse, blottlagte ledninger. Vannet renner utenfor og graver.

Bildet til høyre viser trær som er undergravet av utløp i skråninger langs elva Leira. Dette er en farlig utvikling. Utløp fra jordbruket er likevel bare en av årsakene til ras i bratte raviner.



Tidligere ble utløp av drengsgrøfter avsluttet med sementtrør. De fleste bunnsledningene ved planeringer besto av sementtrør av 1 eller 2 m lengde. Ved undergraving tipper enden på siste rør ned og vann strømmer ut gjennom skjorten ovenfor. Rør etter rør faller ned, dette fører til en stor økning i jordtapet og til hydrotekniske anlegg som ikke fungerer godt.

I skråninger får vannet stor fart i utløpet av ledninger. For å hindre sterk gravning må ”energien drepes” av flat og steinsatt grunn. Her er det nødvendig å bruke sprengstein som ikke ruller i sterke vannstrømmer. Det er ønskelig med en liten oppdemming ved utløpet, helst med en oppdemming av vannet.

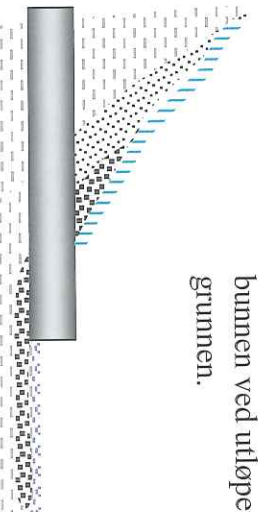


Eksempler på utløp med ”omvendt filter”

Eksempel A. Bunnledningen består av sementrør 60 cm diameter og lengde 2 m. Utløprøret ytterst ble bøydd ned fordi vannet gravde. Ved rehabilitering ble de 3 ytre sementrørene erstattet med 6 m plastledning. Samtidig ble det lagt på grus og stein, størrelse 2 - 10 cm, rundt ytre del av utløpet, som lengdesnittet viser. Et slikt ”omvendt filter” skal holde jordpartikler tilbake mens vannsig i grunnen får avløp.

Lengdesnitt:

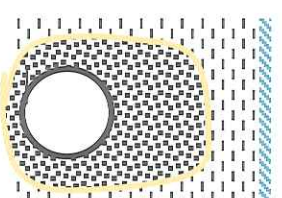
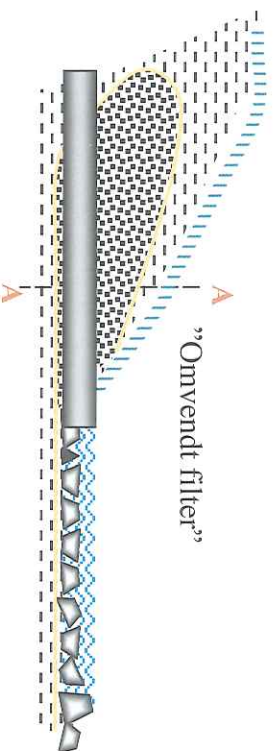
4 år etter rehabilitering er nivået for bekkeløpet senket ca 50 cm. Det skyldes gravning rundt utløpet og i bekkeløpet. Det har skjedd til tross for at bekken er nokså flat. Grov sprengstein med filterduk under i bunnen ved utløpet ville stabilisert grunnen.



Ved planering ble en bekk lagt i rør. Bildet viser plastledning i utløpet med de utrangsjerte betongrør på siden.



Eksempel B. Det var her utløp for 2 bunneledninger og en samlegroft. Rehabilitering var nødvendig etter sterk graving. Det ble gjort for utprøving høsten 1997. Skissene og bildene viser opplegget for ”omvendt filter”. I groftløpet er det lagt fiberduk som omslutter pukkestein, kornstørrelse 5 - 10 cm. I bunnen av bekken rundt utløpet av rørene ble det lagt grov sprengstein. Den har større evne enn rund stein til å motstå rulling med vannstrømmen. Det er formet en liten dam nærmest utløpet. Årlige observasjoner av utløpet, seinst våren 2001, viste ingen forandringer rundt utløpet eller i bekken.



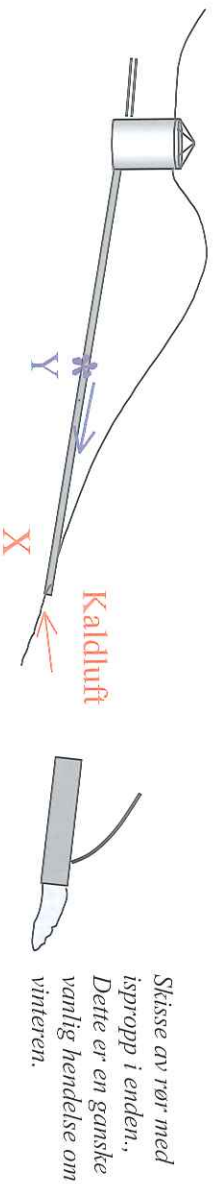
Bildene og skissene viser samme utløp, med 3 lehtninger. Den samla kostnaden for denne løsningen var ca kr 30 000.

Alt tyder på at sprengstein i bekkeløpet og pukke inklusiv fiberduk rundt utløpsrør må til for å sikre utsatte utløp.

Omvendt filter og steinsetting av utløpet er en meget god løsning på et betydelig problem

Frostskader på utløp

Undersøkelser i Nannestad viste at det oppstod kraftige luftstrømmer i ledninger som hadde åpne forbindelser til kummer eller utløp. Denne skorsteinsvirkningen er særlig kraftig i sterk kulde. Alt tyder på at dette er en viktig årsak til skader på utløpene.



Skissen over viser et vanlig utløp nederst på en planering. I kulde vil kald luft suges opp gjennom utløpet på grunn av trykkforskjellene øverst og nederst i rørgaten (skorsteinsvirkning). Ytterst i ledningen kan det dannes en ispropp (X) når vanntransporten samtidig er lav. I vårløsningen oppstår stort trykk. I rørskjøter f.eks av 6 m plastledning (Y) kan vannet sprengte hull, kraftige ”fontener” kan oppstå. Mange observasjoner tyder på at dette er en vanlig årsak til skader. Dette skjer på en tid av året det er lite eller intet tilsyn med anleggene, og det kan oppstå store skader.

For å redusere skorsteinsvirkningen anbefaler Statens Veivesen å bruke ”gardiner av plaststrimler” i inn- og utløp av kulverter, eller at kulvertledningen ”brytes opp” med noen grøfter.

I undersøkelsene i Nannestad ga ikke sterk innsnevring av inn- og utløp med ”sjalusi” særlig mindre luftstrøm eller endring av temperaturer i bunnledning med stor høydeforskjell. ”Vannlås” i utløpet til bekk er en kostbar løsning og meget vanskelig å sikre mot frostskaade.

Det er et alternativ å legge dobbelt utløpsrør for den siste rørlengden før utløpet via grenrør. Vannstrømmen i kalde perioder er så liten at begge utløpene neppe sperres av is.

Kaldluftstrømmer, skorsteinsvirkning, er en viktig årsak til skader på utløp som har tilknytning til kummer eller andre innløp. Rene grøfteutløp gir ikke slik gjennomtrekk.

Apne nedløp

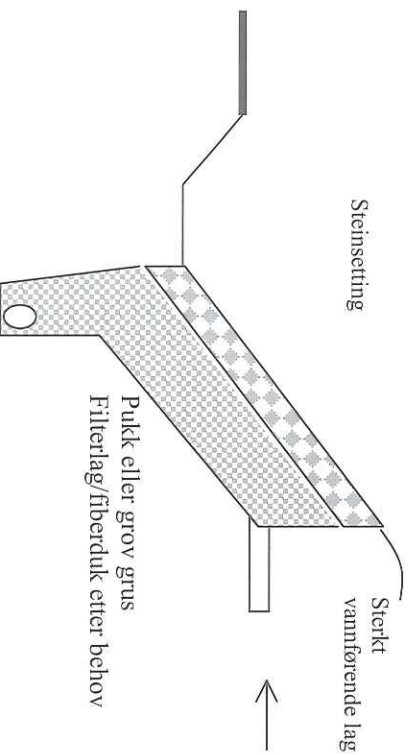


Statens vegvesen sikrer utløp med steinsetting. Bildet til høyre viser utløp høyt opppe i en leirskråning, nedløpet til bekken er ”plastrer” med sprengstein. Løsningen er aktuell for kritiske nedløp fra jordbruksarealer. Risikoen for gjenising av utløpsrøret er stort.

Bildet til venstre: viser utløp som er godt sikret med grov stein. Utløpet fortsetter nedover en bakke, (antydnet på bildet), det har oppstått graving under de store steinene, underlag av fiberduk ville hindret slik skader.



Utløp som ender i skråninger undergraver og fører til ras. Selv forholdsvis flate utløp bør steinsettes, helst med sprengstein. Fiberduk som underlag gir ekstra sikring. I skråninger med lukka nedløp oppstår lett graving på grunn av vannstrømmer utvendig langs ledningen.



Skissen ovenfor er hentet fra “Håndbok 018”, Vegbygging fra Statens Vegvesen, 1999. Her vises tverrsnitt av nedløpsgrøft i bratt sideskråning der det kommer ut store vannmengder i grunnen.

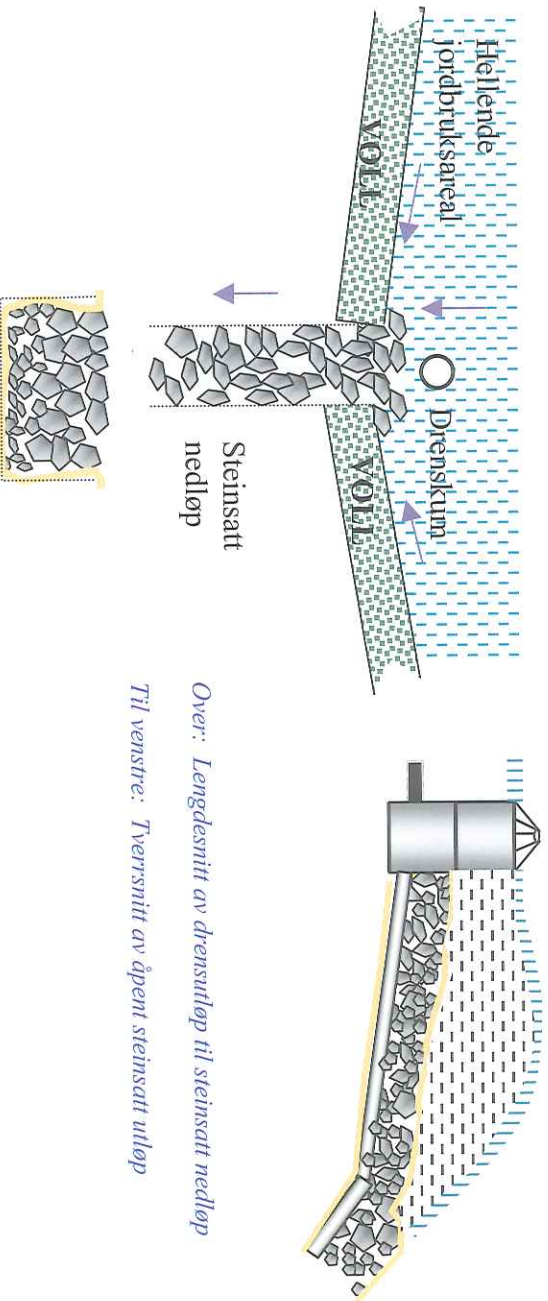
“Avstanden mellom skråningsdren kan være 4 - 6 m, avhengig av blant annet jordart. Grøftebredde ca 0,5 m”

En løsning som veivesenet har brukt langs E-6 i Ås, antyder utføring av åpne nedløp for vann fra utsatte jordbruksarealer:



Overflatevann fra et lite jordbruksareal fanges opp av jordvoll fra to sider og vannet ledes ned en bratt bakkeskråning. Steimrena er ca 2 m brei og 60 cm dyp. Det svarer til 1,2 m³ stein per m grøft. Størrelsen av stein varierte fra ca 20 til 100 cm. Det var tydelig graving mellom de store steinene. Bunnen eller sidene var ikke dekket av fiberduk noe som trolig ville hindret graving.

Følgende skisser antyder en løsning for åpne nedløp:



Bunn og sider av nedløpsgrøfta bør sikres med fiberduk, (gul farge på skissen). Med 60 cm bredde og 40 cm dybde vil det gå 0,24 m³ stein per m grøft. Lokale forhold påvirker de totale kostnadene med arbeid, frakt, anlegg. Grovt kan den utgiftene til stein anslås til 100 kr per m åpen grøft. Ved små og slakke utløp kan tverrsnittet av grøfta være lang mindre.

I en åpen nedløpsgrøft legges først fiberduk langs bunn og sider. Den bør legges løst med noen folder, blir den for stram ved påfylling av sprengstein, kan duken lett bli gjennomhullet. Skissen antyder 2 steinstørrelser, størrelse 5-10 cm under og 20 - 30 cm sprengstein over. Finkorna pukl i bunnen bremses vannstrømmen mer enn grov stein. Mindre kornstørrelser langs bunnen er også mer skånsomme overfor fiberduken. Bruk av 2 kornstørrelser kompliserer arbeidet og øker kostnaden. Det er viktig å bruke sprengstein som motstår transport ved rulling nedover.

*Veivesenet viser veg:
Åpne vannveger
Åpne nedløp*

Dannelse av ispropper i utløp er et stort problem. Skissen ovenfor antyder en utløpsledning som ender i steindekket grøft, den er samtidig overdekket med

Kan utløp i
steinsatt grøft
hindre gjenising i
enden av
ledning??

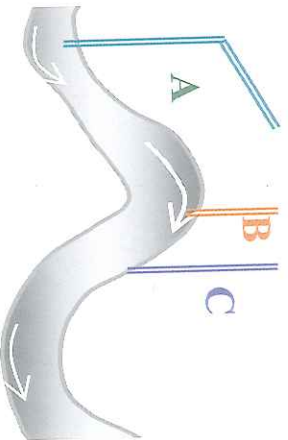
Behov for fortsatt
praktisk prøving
- og formvet
informasjon

fiberduk et stykke nedover. Det er håp om at løsningen kan hindre ising i utløpet av ledningen. I ledninger med lite fall nær utløpet renner vannet særlig sakte og disse er dermed mer utsatt for ising. Mer fall ved utløpet gjør at ledningen tømmes raskere. Hvor mye dette betyr i praksis er likevel usikkert. Generelt er skorsteinseffekten størst i ledningsnett med store høydeforskjeller. I tillegg kan det bli sterk ising i steinsatte nedløp. Risikoene er likevel vesentlig mindre enn for lukka nedløp i bratte skråninger.

Det er behov for ytterlige undersøkelser om hvordan slike løsninger skal dimensjoneres og utformes for å fungere tilfredsstillende. Det er et stort behov for å skaffe erfaringer fra praktisk bruk av slike løsninger.

Med åpne nedløp unngås de store problemene som kan oppstå med utløp i bratte skråninger. Det betyr en viktig hydroteknisk omlegging, spesielt i kupert leirjordsområder. Det er stort behov for mer praktisk utprøving

Utløp i forhold til bekke- eller elveløp



Elver og bekker graver i ytersvinger. Deres løp er avgjørende for hvor det vil grave eller rase i framtida. Skissen viser 3 alternativer for et utløp. Utløp B kan undergraves og skades raskt, utløp C er utsatt på lengre sikt ettersom bekkeløpet endres. Utløp A anbefales fordi vannkanten her er godt beskyttet.

Elve- eller bekkeløpet på stedet for utløp bør steinsettes, opp til nivået for flomvann, for å unngå graving og skader på utløpet. Enkelte steder kan det være aktuelt å rette ut et uheldige bekeleie og plastre det med sprengstein helst som ”omvendt filter” med filterduk nærmest jordbanken, deretter grus eller fin pukk og sprengstein ytterst langs vannflaten.

Åpne eller lukka utløp bør ikke munne ut der bekk eller elv lett undergraver grunnen

Konklusjoner fra undersøkelsene og faglige råd

Fagfolk på
befaring
søker årsaken



- ### Nedløpskummer
- Kummer bør være drenert, ellers kan de "flyte opp".
 - Labile jordarter gir lett telehiv, som kan skade kummer. Kaldluftstrømmer er en viktig årsak til dette.
 - Fiberduk langs kummevegg filtrerer fra partikler og hindrer gravning.
 - Et pukklag rundt sikrer at sigevann trenger ned. Det bør sikres med fiberduk ytterst for å unngå at jord trenger inn.
 - Jordhull rundt kummer gir mulighet for stort vannlager, det øker mengden av sigevann og faren for gravning. Oppslemma jord passerer selv små åpninger.
 - Dype kummer etter planering er utsatte for skader, og rehabilitering kostbart.
 - Prefabrikkerte kopplings- og drenskummer har noen fordeler framfor betongkummer.
 - Alternative løsninger med rørkummer av plast er beskrevet.

Utløp og nedløp

- Utløp i helling er undergraver grunnene og fører til jordras.
- Vann siger lett langs ytter siden av ledninger i bratte skråninger, det fører til gravning og ras.
- "Omvendt filter" rundt utløp er en gunstig løsning. Grovkorna materiale i kombinasjon med fiberduk slipper vann ut mens jordpartikler holdes tilbake. Bekkeleie ved utløpet bør Steinsettes.
- Kaldluftstrømmer øker faren for telehiv eller gjenising av utløpsrør. Frost er en viktig årsak til skader på utløp.
- Åpne nedløp i bratte skråninger er aktuelle løsninger. Nedløpsgrøft dekkes med fiberduk og fylles med eller sprengstein.



Utløp undergraves,
ravin er oppstått

Et drencsystem er som en ubåt, lite synes på overflaten, men havari er skyldnesvangert

Det er stort behov for etter-syn og vedlikehold av hydrotekniske anlegg. Et forfall av kummer, bunnledninger og utløp reduserer arealverdien og gir stor forurenning. Utsatt vedlikehold fører til kostbar rehabilitering.

Litteratur

1. Njøs, A. og Slyngstad, B. 1999. Sikrere og rimeligere hydrotekniske anlegg i jordbruket. Rapport nr 57/99. Landbruksdepartementet/Jordforsk
2. Norsk Standard nr 3420-H. 1999
3. Statens Vegvesen. 1999 "Håndbok 018", Vegbygging.
4. Vigerust, E. 1996. Kulturlandskap i leirfjordsområder. Hovedrapport ISSN 08-03-1304

