

Norsk Vann

Rapport



233 | 2018

Veiledning for bruk av betongrør og kummer



Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.
Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enkler» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no



Prosjektresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjektresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Videre salg/ formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Rapporten er skrevet for å øke kunnskapen om materialtekniske egenskaper for betongrør og hva en bør vurdere med hensyn til grunnforhold, styrke i forhold til belastningsforhold, driftsmessige forhold, levetid og riktig utførelse. Historisk utvikling når det gjelder kvalitet og produsenter og aktuelle standarder er omtalt. For både betongrør og betongkummer er også forhold som tetthet, hydrauliske forhold, bestandighet og produktinformasjon behandlet nærmere.

Betongrør brukes ofte ved større rørdimensjoner, ofte som overvannsrør eller varerør. Ofte kan det være snakk om stor overdekning, eksempelvis i veifyllinger, eller liten overdekning i områder med trafikkbelastninger.

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norskvann.no
Internettadresse: norskvann.no

Rapportens tittel

Veiledning for bruk av betongrør og kummer

Forfatter(e)

Kjell Lauritz Keseler
Ivar Johan Urke
Petter Hauge

Rapportnummer: 233/2018

ISBN 978-82-414-0409-2 (trykt utgave)

ISBN 978-82-414-0410-8 (elektronisk utg.)

ISSN 1504-9884 (trykt utgave)

ISSN 1890-9248 (elektronisk utgave)

Emneord, norsk

Betongrør, betongkummer, armerte- og uarmerte rør, betongkvalitet, trykkfasthet, bestandighet, ruhet, kvalitetskrav, tetningsringer, Kontrollrådet.

Emneord, engelsk

Concrete pipes, concrete manholes, reinforced and unarmed concrete pipes, quality, durability, internal roughness, quality requirements, seal rings.

Forord



Hensikten med rapporten er å øke kunnskapen om betong som materiale og bruken av betongrør i ulike kvaliteter og anvendelser. Betongkummer er også omhandlet, men kun som del av et transportsystem der betongrør inngår. Målet med prosjektet har vært å øke kunnskapen om materialegenskaper og bruk av betongrør.

Rapporten inngår i en serie av rørmateriale rapporter, der rapport 173; «Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør» ble utgitt i 2010, og en omfattende rapport om plastrør (rapport 232) utgitt våren 2018. I tillegg kommer det en rapport - «Valg av rørmateriale - praktiske råd» i løpet av høsten 2018. Den skal gi praktiske råd ved valg av rørmateriale og er basert de øvrige rapportene om rørmaterialer (støpejern, plast og betong).

Rapporten som foreligger bygger på arbeid utført i 2016 og 2017. Norconsult har vært engasjert som rådgiver for gjennomføring av prosjektet, med følgende medarbeidere:

Gisle H. Fagerlid, oppdragsleder (oppstartsfasen)
Petter Hauge, oppdragsmedarbeider
Ivar Urke, spesialrådgiver
Kjell L. Keseler, senior oppdragsmedarbeider
Trond Andersen fra Norsk Vann har vært prosjektleder, og Arnhild Krogh fra Norsk Vann har vært assisterende prosjektleder.

Styringsgruppen for prosjektet har bestått av følgende personer:

Martin Opdal,
Bergen kommune
Dag Tobiassen,
Kristiansand kommune
Bjørn Zimmer Jacobsen,
Stavanger kommune
Terje Skaug, Oslo kommune,
VAV (oppstartsfasen)
Elisabeth Hovda,
Oslo kommune, VAV
(avslutningsfasen).

En referansegruppe har bidratt med verdifulle innspill til prosjektet og rapporten:

Gunnar Mosevoll, Skien kommune
Olav Nilssen, Trondheim kommune
Eivind Åsnes, Oslo kommune, VAV
Terje Reiersen, Basal
Odd Sverre Hunsbeth, Østraadt Rør Gruppen (ØRG)

Som grunnlag for rapporten er det sendt ut spørreskjema til aktuelle kommuner, og de to rørgruppene har lagt ned betydelig arbeid og medvirket til et godt resultat!

Norsk Vann vil takke alle medvirkende for et godt samarbeid!
Vi håper at rapporten vil være en nyttig veileder for kommuner, rådgivere og entreprenører!

Hamar, mai 2018
Trond Andersen, Norsk Vann

Sammendrag

Bakgrunn og mål

Hovedintensjonen med denne rapporten er å gi en innføring i betongens materialegenskaper, samt betongens fordeler og ulemper som materiale for rør og kummer i VA-anlegg. I tillegg vil rapporten gi en veiledning i oppbygging av et VA-anlegg ved bruk av rør og kummer i betong.

Målsettingen er å utarbeide en helhetlig rapport som tar for seg betongmaterialets viktigste egenskaper, bruk, anleggsutførelse og HMS-forhold i forbindelse med avløpsledninger og kummer i betong, basert på de produkter som finnes på markedet i dag. Det vil si, rapporten skal veilede eier, prosjekterende og utførende i riktig bruk av betongrør og kummer for å oppnå et best mulig resultat.

Rapporten henvender seg til flere interessenter, men skal primært være en veileder for følgende målgrupper:

- Kommunale og statlige etater
- Prosjekterende
- Entreprenører

Utbyggingen av avløpsnettet i Norge hadde en betydelig økning i perioden fra 1950-tallet til 1970-tallet. Frem til slutten av denne perioden utgjorde avløpsledninger i betong om lag 90 % av den samlede mengde avløpsledninger. Mot slutten av 1960-tallet økte andelen avløpsrør av andre materialer.

Resultater fra forskning på betongavløpsledninger produsert i Norge viser at det var en betydelig forbedring av rørenes styrkeegenskaper fra slutten av 1940-tallet og frem mot i dag.

Den positive trenden og utviklingen av betongrørproduksjonen, med økte krav til standardisering og styrke i tillegg til økt kunnskap om betongteknologi og anleggsutførelse, har ført til at rørstyrke og bestandighet for betongrør i dag er langt bedre enn tidligere. Det er sjelden at det er materialet i betongrørene som er årsak til feil og skader for anlegg bygget etter 1970.

Leverandører

Det var tidligere varierende kvalitet på betongproduktene. Dette førte til et behov for en organisering av bransjen for å kunne stille strengere kvalitetskrav til produsentene.

Som et resultat av strengere kvalitetskrav, har flere små enkeltstående produsenter enten slått seg sammen med andre, eller avsluttet produksjonen. Dermed har det blitt færre, men større produsenter. Disse har igjen organisert seg i bransjeorganisasjoner/grupper som i dag teller kun to: Østraadt Rør Gruppen AS og Basal AS.

Siden 1970-tallet har også Kontrollrådet (opprinnelig «Kontrollrådet for betongprodukter»), som er den norske kontroll- og godkjenningssystemet på bl.a. betongområdet, kontrollert, godkjent og sertifisert betongrørprodusenter.

English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norsk vann.no
Website: www.norsk vann.no

Report no: 233/2018
Report title: Guidelines for use of concrete pipes
Date of issue: May 2018

Author: Petter Hauge, Ivar Johan Urke and Kjell Lauritz Keseler, Norconsultl

ISBN 978-82-414-0422-1 (printed edition)
ISBN 978-82-414-0423-8 (electronic edition)
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-9248 (electronic edition)

Summary

The main goal for this guideline is to increase the knowledge of concrete as material, the properties of concrete pipes and proper use of, and construction of, concrete pipes. HSE is also included, based on the products of concrete pipes and manholes on the market today. By using the proper products and do the construction well, the best result may be achieved.

The guideline may be of interest for several:

- Representatives from the builder organization (often technical staff from the municipalities)
- Consultants/planners
- Contractors/entrepreneurs

The building of sewer and storm water pipes increased in the period from 1950 to 1970, and at the end of this

period concrete pipes had a market share of 90%. After that the use of other pipe material increased, but concrete pipes are still used, especially at large diameters.

In 1968 "Kontrollrådet for betongprodukter" was established (now "Kontrollrådet"), to control the quality of concrete products (independent, 3rd part control). The stricter quality requirements led to fewer producers, and to the creation of producer organizations. Today there are two producer organizations; Basal and Østraadt Rør Gruppen.

The quality has increased during the years, and you seldom find damages or failures on concrete pipes produced after 1970.

Innhold

Forkortelser, begreper og definisjoner	8	6. Anbefalinger vedrørende betongkvalitet og tetthetskrav	32
1. Innledning	9	6.1. Tetthetskrav til rør	32
1.1. Bakgrunn og mål	9	6.2. Tetthetskrav til kummer	32
1.1.1. Bakgrunn for rapportarbeidet	9	6.3. Valg av betongkvalitet	33
1.1.2. Mål	9	7. Utførelse av VA-anlegg i betong	34
1.1.3. Målgruppe	9	7.1. Mottakskontroll	34
1.2. Historisk tilbakeblikk - kum og ledningsteknologi	9	7.1.1. Mottakskontroll for rør	34
2. Leverandører, produksjon og markedsutvikling	11	7.1.2. Mottakskontroll for kummer	34
2.1. Produsentoversikt	11	7.2. Transport, håndtering/løfting, lagring	35
2.2. Produksjons- og produktutvikling	11	7.3. Bygging av ledningsanlegg av betong	36
3. Standarder, veiledere og rapporter	13	7.3.1. Grøftetverrsnittets oppbygging	36
3.1. Nasjonale standarder for produksjon av betongrør og -kummer	13	7.3.2. Legging og montering av rør	38
3.2. Nasjonale standarder, veiledere og rapporter som omfatter tema legging/montering av betongrør og -kummer	14	7.3.3. Tilknytninger til hovedledninger uten kum	39
4. Betongkvalitet og materialeegenskaper	15	7.3.4. Montering av kummer og kumgrupper	40
4.1. Betongens materialeegenskaper	15	7.4. Kontroll av anleggsutførelse	43
4.2. Kvalitetskontroll	17	7.4.1. Anleggskontroll	43
5. Betongrør og betongkummer	19	7.4.2. Tetthetskontroll	43
5.1. Generelt om betongrør og betongkummer	19	7.4.3. Rørinspeksjon	44
5.2. Styrke/belastning	19	7.4.4. Mest vanlige feil ved anleggsutførelse	44
5.2.1. Dimensjonerende laster	19	7.5. Drift og vedlikehold	44
5.2.2. Rørstyrke	21	7.5.1. Tilstopping	44
5.2.3. Kumstyrke	22	7.5.2. Spyling	44
5.3. Tetthet	22	7.5.3. Adkomst til ledning, minikummer	44
5.3.1. Tetthet for rør	22	8. Referanser	45
5.3.2. Tetthet for kummer	23	VEDLEGG 1	
5.4. Hydrauliske forhold, ruhetsfaktor/k-verdi	23	Eksempler på feil og skader på rør	46
5.4.1. Hydrauliske egenskaper for rør	23	VEDLEGG 2	
5.4.2. Hydrauliske egenskaper for kummer	24	Eksempler på feil og skader på kummer	47
5.5. Bestandighet og levetid	24	Tidligere utgitte rapporter	51
5.5.1. Utlutningskorrosjon	24		
5.5.2. Svovelsyrekorrosjon	25		
5.5.3. Sprengningskorrosjon	25		
5.5.4. Armeringskorrosjon	25		
5.5.5. Alkalireaksjoner	25		
5.5.6. Tiltak mot aggressive forhold for betongrør og kummer	26		
5.5.7. Mekanisk slitasje	26		
5.6. Produktinformasjon	27		
5.6.1. Rør	27		
5.6.2. Kummer	28		
5.7. Oversiktstabell for armerte og uarmerte betongrør	31		

Forkortelser, begreper og definisjoner

Betongrør, armert og uarmert:

Rør bygget i betongmateriale som har sement som hovedbindemiddel og leveres som muffe- og falsrør (se kap. 5.6.1). Armerte betongrør er rør med innstøpt stålarmering i tverrsnittet. Dette for å kunne ta opp større strekkrefter enn betongrør uten stålarmering (uarmerte betongrør).

Normalt er det størrelsen på betongrøret som avgjør om det skal armeres eller ikke. Normalt armeres rør med dimensjon DN600 og oppover.

Falsskjøt:

Skjøt med fals hvor spissenden og muffeenden har samme utvendige diameter.

Muffeskjøt:

Skjøt med muffe hvor muffeenden har større utvendig diameter enn spissenden for å oppnå en sterkere skjøt.

N-skjøt/NS-skjøt:

Skjøt med not og fjær.

IG - Innstøpt gummitetningsring:

Forkortelsen brukes i sammenheng med en spesiell type betongrør og -kummer som har innstøpt tetningsring i rørets/kummens muffeende, for å skape en tett sammenføyning mellom rør og kumdelere uten at tetningsringen forskyves eller faller ut. Alternativ til ig-rør/ig-kum er kummer/rør med løs gummitetningsring som potensielt kan forskyves, eller plasseres feil.

(I rapporten brukes konsekvent tetningsring i stedet for pakning der det er snakk om mufferskjøt.

(I rørsammenheng benyttes pakning om tetting mellom flenser.)

Kumdimensjon:

Angis som innvendig diameter i mm.

Rørdimensjon betongrør:

Angis som innvendig diameter i mm.

T-merking av rør og kummer:

Rør eller kum produsert etter krav i hhv. NS 3121 og NS 3139 og som således tilfredsstiller standardenes krav til tetthet skal T-merkes.

VA - vann og avløp:

Forkortelsen brukes flere ganger i forskjellige kombinasjoner med VA-nettverk og VA-anlegg som omtaler vann- og avløpsrør og kummer eller et anlegg i en nettverforbindelse.

AF-ledning: Avløp fellesledning for spillvann og overvann

SP-ledning: Spillvannsledning

OV-ledning: Overvannsledning

VL-ledning: Vannledning

1. Innledning

1.1. Bakgrunn og mål

1.0.1. Bakgrunn for rapportarbeidet

Hovedintensjonen med denne rapporten er å gi en innføring i betongens materialegenskaper, samt betongens fordeler og ulemper som materiale for rør og kummer i VA-anlegg. I tillegg vil rapporten gi en veiledning i oppbygging av et VA-anlegg ved bruk av rør og kummer i betong.

Betong er et godt kjent og mye anvendt materiale i vann- og avløpsnettverk over hele verden, og det finnes mange produsenter av betongrør og -kummer både innenlands og utenlands. Betong har i lang tid blitt og blir fortsatt brukt som et svært viktig byggemateriale i VA-anlegg i Norge. I dag benyttes betong i stor grad som materiale i alle typer kummer for vann, spillvann og overvann, mens det som rørmateriale benyttes til avløpsrør generelt, og spesielt til overvannsledninger i større dimensjoner, samt kulverter og varerør. Store rørdimensjoner benyttes ofte som fordrøyningsanlegg for overvann og fellesavløp. Betongrør brukes fortsatt også til spillvann i mange kommuner i Norge.

1.0.2. Mål

Målsettingen er å utarbeide en helhetlig rapport som tar for seg betongmaterialets viktigste egenskaper, bruk, anleggsutførelse og HMS-forhold i forbindelse med avløpsledninger og kummer i betong, basert på de produkter som finnes på markedet i dag. Det vil si, rapporten skal veilede eier/byggherre, prosjekterende og utførende i riktig bruk av betongrør og -kummer for å oppnå et best mulig resultat.

1.0.3. Målgruppe

Rapporten henvender seg til flere interessenter, men skal primært være en veileder for følgende målgrupper:

- 1) Kommunale og statlige etater (byggherre)
- 2) Prosjekterende
- 3) Entreprenører

1.2. Historisk tilbakeblikk – kum og ledningsteknologi

I 2017 var den totale lengden kommunale avløpsledninger i Norge stipulert til 55 700 km. Andelen spillvannsledninger var 37 400 km, av dette var 7 000 km felles avløpsledninger. Overvannsledningene utgjør 18 300 km av den totale lengden (kilde: SSB). På begynnelsen av 1990-tallet var andelen betong-avløpsledninger i Norge stipulert til å være om lag 22 000 km. Utbyggingen av avløpsnett i Norge hadde et betydelig oppsving i perioden fra 1950- til 1970-tallet, og frem til slutten av denne perioden utgjorde avløpsledninger i betong om lag 90 % av den samlede mengde avløpsledninger. Mot slutten av 1960-tallet økte andelen avløpsrør av andre materialer (kilde: Sægrov, NTNU).

Etterfølgende historiske tilbakeblikk fra Bergen illustrerer oppstarten av fabrikkproduserte betongrør i Norge:

Kloakkutbyggingen i siste del av 1800 tallet var «fremdeles» preget av mangel på systematikk. I 1914 kom Vann- og Kloakkvæsenets sjef, Ralph Wilson, med følgende hjertesukk om hvordan etaten tidligere hadde arbeidet:

«De kloakanlæg som blev utført i 1870 – 80 og delvis 90 aarene, har ikke været anlagt med fornøden planmæssighed, hvad der har medført kostbare omlægninger i den efterfølgende tid».

Hovedkloakkene bestod på den tid av tørrmurte renner. De tørrmurte kloakkene var utette, ble tilstoppet av avfall og førte til stank i tørt vær og oversvømmelser i regnvær.

I 1898 begynte Kloakkvæsenet arbeidet med den første store samlekanalen av sement. I den nye kloakken ble det i hovedsak brukt sementrør med et eggformet tverrsnitt med en innvendig høyde på 1,20 m og en bredde på 0,80 m. Rørene var produsert lokalt hos Vestlandske Cementstøberi.

Etterfølgende bilder (neste side) er fra 1914 og viser produksjon og testing av betongrør (FOTO: Bergen byarkiv 1914)



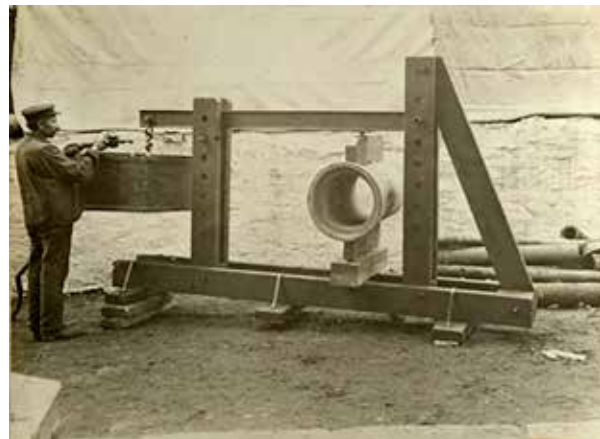
Figur 1: Produksjon av eggformede rør og utføring med keramiske fliser.

Resultater fra forskning på betongavløpsledninger produsert i Norge viser at det var en betydelig forbedring av rørenes styrkeegenskaper fra slutten av 1940-tallet og frem mot i dag (kilde: Sægrov, NTNU). Det har i perioder vært varierende kvalitet som følge av forskjellig nivå på produksjonsteknikken på ulike fabrikker og bruk av ulike produksjonsstandarder. Som følge av en organisering av betongbransjen, med strengere krav til standardisering av rutiner og prosesser, i tillegg til en forbedring av produksjonsteknikken, har kvaliteten på rørene etter hvert økt.

På grunn av lav kvalitet på betongrør produsert før 1965, vil disse, i kombinasjon med dårlig utført anleggsarbeid, ikke kunne tåle normal utvendig belastning fra overdekning og trafikk. Under de nevnte forhold er de større ledningsdimensjonene fra denne perioden spesielt utsatt.

En stor andel av betongrør produsert før 1975 har lav kvalitet i forhold til tetthet, og er spesielt utsatt for nedbrytning og sprekker på grunn av porøs betong og underdimensjonert (for tynn) rørvegg.

Feilhyppigheten på betongrør fra tidligere perioder kan oppsummeres med at ledninger lagt før 1960-tallet har ti ganger så ofte feil som rør lagt på 1980-tallet og senere. Hovedgrunnen til rørskadene er utvendig belastning. Utvendig belastning var skadeårsak i 60 % av tilfellene. Betongrør lagt tidlig på 1970-tallet har langt oftere feil på skjøter enn andre typer rørfeil sammenliknet med tidligere perioder.



Figur 2: Fullskala testing av rør.

Manglende kunnskap om god anleggsutførelse for betongrør, i tillegg til lave krav til betongproduksjon, resulterte i porøs betong og lav bruddlaststyrke. Derfor har mange anlegg fra 1960-tallet lav sikkerhet for overbelastning og stor fare for feil og skader på rør. Rørstyrken og stabiliteten i disse rørene har etter hvert også blitt ytterligere redusert som følge av mekanisk slitasje og kjemisk nedbrytning av betongen.

Den positive utviklingen av betongrørproduksjonen, med økte krav til standardisering og styrke i tillegg til økt kunnskap om betongteknologi og anleggsutførelse, har ført til at rørstyrke og bestandighet for betongrør i dag er mye bedre enn tidligere. Det er sjelden at det er materialet i betongrørene som er årsak til feil og skader for anlegg bygget etter 1970 (kilde: Sægrov, NTNU).

2. Leverandører, produksjon og markedsutvikling

2.1. Produsentoversikt

Det har vært lang tradisjon for betongproduksjon i Norge, og mange produsenter av betongrør og kummer. Som det også ble nevnt i det historiske tilbakeblikket (kapittel 1.2), har det tidligere vært varierende kvalitet på betongproduktene. Dette førte til et behov for en organisering av bransjen for å kunne stille strengere kvalitetskrav til produsentene. Som et resultat av strengere kvalitetskrav, har flere små enkeltstående produsenter enten slått seg sammen med andre, eller avsluttet produksjonen. Dermed har det blitt færre, men større produsenter. Disse har igjen organisert seg i bransjeorganisasjoner/grupper som i dag teller kun to: Østraadt Rør Gruppen AS og Basal AS.

Siden 70-tallet har også Kontrollrådet (opprinnelig Kontrollrådet for betongprodukter), som er den norske kontroll- og godkjenningsordningen for bl.a. betongprodukter, kontrollert, godkjent og sertifisert betongrørsprodusenter.

I tabellen nedenfor er det vist en oversikt over produsenter av betongrør og -kummer som per i dag er sertifisert av Kontrollrådet. For ytterligere informasjon om Kontrollrådet og dets virke henvises til kap. 4.2. For å sikre en best mulig kvalitet anbefales det sterkt å velge sertifiserte betongprodusenter for alle leveranser av betongrør og kummer.

Tabell 1. Oversikt over betongprodusenter sertifisert av Kontrollrådet iht. NS3121 og NS3139, per 2017.

Foretak som er godkjent eller sertifisert av Kontrollrådet	
Organisering:	Produksjonsbedrift:
Østraadt Rør Gruppen AS	Skarpnes Rør AS
	Østraadt Rør AS
BASAL AS	Beisfjord Sementvarefabrikk AS
	Brødrene Ulvestad Cementvarefabrikk AS
	Førde Sementvare AS
	Holmen Betong AS
	Jaro AS
	Loe Rørprodukter AS
	Loe Rørprodukter Nord AS
	Midt-Norsk Betong Mosjøen AS
	Midt-Norsk Betong Verdal AS
	NOBI Askøy AS
	Skjæveland Cementstøperi
	Syltosen Betong AS
	Ølen Betong AS
Østfold Betongprodukter AS	

2.2. Produksjons- og produktutvikling

Produksjonsteknisk utvikling

Betongrør produseres i dag av en relativt tørr betongblanding i helautomatiske støpemaskiner, hvor produktene tas ut av støpeformene umiddelbart etter utstøping. Det kreves derfor en spesielt god sammensetning av delmaterialer i betongen for at rørene skal overholde toleransekravene etter nasjonale standarder. Den maskinelle støpingen foregår under trykk med vibrering slik at betongen blir «flytende» og dermed pakkes tett sammen i støpeformen slik at det oppnås så høy kvalitet som mulig. Betongkvaliteten er betydelig forbedret over de siste 30 til 40 årene. Årsaken til den økte kvaliteten skyldes forbedret støpeteknikk ved blant annet bruk av vibrering og nye støpemaskiner, i tillegg til at oppmåling og blanding av betongens delmaterialer har blitt automatisert. Sement, vann og tilslag (sand/grus) måles og blandes automatisk i fabrikkens blandestasjon for et likt resultat hver gang. Prosessen kontrolleres fra

datastyrt enheter, slik at betongsammensetningen registreres og dokumenteres kontinuerlig, og tilpasses fortløpende ved behov.

De norske betongprodusentene stiller også strengere krav til tilslagsprodusentene enn tidligere, og kvaliteten på dette er også forbedret.

En oppsummering av endringer i betongrørets egenskaper de siste 30 årene:

- Betongtrykkfastheten har blitt mer enn doblet.
- v/c- tallet har blitt redusert fra 0,7 til rundt 0,4.
- C₃A-innholdet (aluminater) i standardsementen er redusert fra 10 til 7 %, noe som øker sulfatmotstand.
- Produksjonsutstyret er forbedret, noe som resulterer i blant annet bedre komprimering av betongen.
- Bedre kontroll og tetthetsprøving hos leverandør.

Produktutvikling

En tendens i produktutviklingen er at det brukes stadig større betongrør til overvannshåndtering. Ekstremvær og strengere dimensjoneringskriterier med bruk av klimafaktor har påvirket denne tendensen. En annen tendens er at det har kommet på markedet flere nye produkter i form av spesialtilpassede kummer og konstruksjoner, kfr. kap. 5.6 Produktinformasjon.

Krav til gode arbeidsforhold nede i kummer og gode forhold for montering og demontering av rørdeler har også ført til produksjon av stadig større prefabrikkerte kummer.

Utviklingen av betongrør og kumdelere til fordrøyningsmagasiner har vært et positivt bidrag til overvannshåndteringen. Systemene gir en tett konstruksjon som også er robust mot lastpåvirkning, og på grunn av konstruksjonens egenvekt reduserer man oppdriftsproblemer.

Som et eksempel på utviklingen i form av økning i rørdiameter, er Norges første rørstrekning med prefabrikkert DN 3000 betongrør bygget. Rørstrekningen går langs E6 i Melhus i Sør-Trøndelag. Et rør med diameter 3 meter under vei ansees av Statens vegvesen som en brukonstruksjon, og det stilles dermed langt strengere krav til en slik rørkonstruksjon enn en vanlig betongrørskonstruksjon med mindre diameter.



Figur 3. Nytt DN 3000 betongrør langs E6 i Melhus (Foto: Loe Rørprodukter)

Markedsutvikling

I den senere tid har større vegprosjekter vært et økende marked for bruk av betongrør. Overvannshåndtering og behov for store dimensjoner dominerer etterspørselsbildet. Markedsutviklingen har flyttet tyngdepunktet fra bruk av betong til alle formål i avløpshåndteringen over mot hovedsakelig overvannshåndtering.

For mindre rørdimensjoner, under ca. 300-400 mm og spesielt for spillvann, er markedet i stor grad overtatt av plastmaterialer. Økt fokus i betongbransjen på kvalitet,

styrke og tetthet har imidlertid ført til at det fortsatt benyttes betongrør også på mindre dimensjoner for både overvann og også til en viss grad for spillvann.

Nye og bedre produksjonsmetoder har ført til at det nå blir produsert flere spesialprodukter i betong, som f.eks. flere rørprofiler, spesialprodukter for overvannshåndtering, komplette vannkummer med rørrangement og forankringer, samt avløpskummer med skreddersydde renneløsninger og kombinasjoner etter bestilling.

Samfunnsperspektiv og miljøkrav

Miljøkravene for betongprodusentene har blitt stadig strengere. Mange bedrifter legger stor vekt på god miljøprofil og legger opp til å følge alle krav i standarden NS-EN ISO 14001:2015 «Ledelsessystemer for miljø – Spesifikasjon med veiledning».

Betong er bygget opp av naturbaserte materialer, og alle delmaterialene i et betongrør eller kum kan resirkuleres og gjenbrukes slik at en unngår uheldig transport og avfallshåndtering.

Betongrør er en selv bærende konstruksjon med svært stor iboende trykkfasthet. Det vil si at betongrør ikke er like avhengig av massene over fundamentnivå for å oppnå tilsiktet styrke (ref. kap. 7.3.1). I tillegg kan betongrør omfylles med grove masser (D maks 120) som gir god kvalitet og en stabil ledningsgrøft. I tillegg kan en i stor grad gjenbruke stedlige masser i gjenfyllingen over et betongrør hvor kravet til maks steinstørrelse er 300 mm, min 30 cm over topp rør. Dette øker muligheten for å gjenbruke masser fra anlegget, noe som normalt resulterer i økonomiske og miljømessige besparelser. Borttransport av oppgravde masser, samt utvinning/transport av nye omfyllingsmasser til anlegget vil bli redusert. Disse fordelene er først og fremst knyttet til ettrørsgrofter (og spesielt veianlegg).

Byggherren kan be betongvareprodusenten om å dokumentere miljøforhold.

Den mest vanlige måten å dokumentere LCA på er ved bruk av EPD (Environmental Product Declaration) som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt, eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte. Kravene til hvordan en EPD skal lages, er spesifisert i ISO-standard 14025 Environmental Labels and Declarations Type III.

Ved utarbeidelse av LCA og miljøprofil for betongprodukter finnes det på markedet EPD-programvare for slike analyser (Ref. samarbeidet Østfoldforskningen, Betongelementforeningen, Fabeko og Basal).

3. Standarder, veiledere og rapporter

Dette kapitlet er en oversikt over de viktigste nasjonale standarder, veiledere og rapporter som gjelder for produksjon av betongrør og -kummer, og for utførelse av betongrørssystemer.

3.1. Nasjonale standarder for produksjon av betongrør og -kummer

NS 3121:2003 /A1:2010	Rør og rørdeler av betong - Uarmert, stålfiberarmert og armert betong.
NS 3139:2003 /A1:2010	Kummer av betong - Uarmert, stålfiberarmert og armert betong.
NS-EN 1916:2002 /AC:2008	Rør og rørdeler av uarmert betong, stålfiberarmert betong og armert betong
NS-EN 1917:2002 /AC:2008	Nedstigningskummer og inspeksjonskummer av uarmert betong, stålfiberarmert betong og armert betong. <i>NS 3121 og NS 3139 er basert på hhv. NS-EN 1916 og NS-EN 1917. Generelt setter de nasjonale standardene utfyllende og strengere krav enn EN-standardene. Dette er nærmere forklart i innledningen til NS-standardene.</i>
NS-EN 206:2013+ A1:2016+NA:2017	<i>Følgende standard setter krav til selve betongens kvalitet og egenskaper (og refereres til fra NS 3121, NS 3139, NS-EN 1916 og NS-EN 1917):</i> Betong. Spesifikasjoner, egenskaper, framstilling og samsvar
NS-EN 681-1:1996	<i>Følgende standard er relevant for tetningsringer i betongrør:</i> Elastomere pakninger - Krav til materialer for pakninger i rørskjøter for vann- og avløpsinstallasjoner - Del 1: Vulkanisert gummi

3.2. Nasjonale standarder, veiledere og rapporter som omfatter tema legging/montering av betongrør og -kummer

Nasjonale standarder:

NS 3420-U:2016	Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del U: Rørinstallasjoner, og del F: Grunnarbeider - Del 1.
NS-EN 1610:2015	Utførelse og prøving av avløpsledninger
NS-EN 476:2011 NS 3458: 2004	Generelle krav til komponenter brukt i avløpsledninger Komprimering - Krav og utførelse

Norsk Vann rapporter

NV 193 - 2012	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA transportsystemer
NV 172 - 2009	Trykktap i avløpsnett
NV 124 - 2002	Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger

VA-Miljøblader:

VA-MB 1	Kum med prefabrikkert bunn
VA-MB 2	Renovering av kum
VA-MB 6	Grøftutførelse stive rør
VA-MB 9	Rørgjennomføring i betongkum
VA-MB 14	Kravspesifikasjon for betong avløpsrør
VA-MB 24	Tetthetsprøving av trykløse ledninger
VA-MB 30	Valg av rørmateriale
VA-MB 31	Sikkerhet i kummer
VA-MB 32	Montering av kumramme og lokk
VA-MB 33	Tilknytting stikkledning til hovedavløpsledning
VA-MB 48	Slamavskiller
VA-MB 63	Tetthetsprøving av kum
VA-MB 79	Dimensjonering av avløpsledninger. Selvreising
VA-MB 104	Fordrøyning av overvann
VA-MB 112	Kumsikkerhet - Dimensjonering prefabrikkert vannkum
VA-MB 117	Gatesandfang

Veiledninger:

SVV N200 (Statens vegvesen)	Håndbok N200 - Vegbygging, Kap. 4 Grøfter, kummer og rør
BASAL/Østraadt Rør	Det henvises generelt til produsentenes egne veiledere for utførelse av ledningsanlegg

4. Betongkvalitet og materialeegenskaper

4.1. Betongens materialeegenskaper

Hovedbestanddelene i betong er vann, sement og tilslag. Det er kvaliteten og sammensetningen av disse som bestemmer betongens materialeegenskaper.

På grunn av varierende kvalitet på betongrør og -kummer benyttet tidligere, er det viktig å ta utgangspunkt i dagens produkter når kvalitet og funksjonsdyktighet skal vurderes. Dagens produkter, som er utviklet med moderne produksjonsteknologi og optimal betongsammensetning, har betydelig bedre kvalitet enn for 30 – 40 år siden både når det gjelder tetthet, styrke, skjøter og bestandighet mot aggressive stoffer.

De viktigste faktorene som påvirker betongens egenskaper er:

- Forholdet mellom tilsatt vann og sement (v/c-tallet) i betongblandingen. Dette forholdet bestemmer i stor grad betongens styrke. Jo lavere andelen vann i forhold til sement er, jo sterkere blir betongen, inntil et visst punkt.
- Betongens tetthet (permeabilitet) er et mål på andelen og størrelsen på porene i betongen. Har betongen få og små porer har betongen større tetthet mot vanngjennomtrengning, og den har større slitestyrke mot mekanisk erosjon og kjemisk korrosjon.

- Tilslagetets kvalitet og sammensetning. Tilslaget må ha tilstrekkelig fasthet og ha en korngradering som gjør at små korn fyller hulrommene mellom større korn.
- Kvaliteten på tilsatt sement
- Kontrollerte og gode herdeforhold

Sement består normalt i all hovedsak av kalkstein med tilsatt mindre mengder av andre mineraler som for eksempel silisium, jern og aluminium. Krav til sementen som benyttes i betongrør og kummer i dag skal tilfredsstillende krav definert i NS-EN 206 og dens nasjonale tillegg.

- Kravet til kvalitet på betong for rør og kummer er spesifisert i hhv. NS 3121 og NS 3139. Disse standardene definerer to typer betongkvalitet: Bestandighetsklasse M40 og M45, hvor M40 har høyest bestandighet/kvalitet. I Norge benyttes også en produsentdefinert kvalitet, med noe bedre bestandighet, som har fått betegnelsen **Max Kvalitet**. Denne betongkvaliteten er ikke knyttet til krav i NS, eller NS-EN, men tilfredsstiller de strengeste kravene i de relevante standardene. Standardene NS-EN 1916 og NS-EN 1917 beskriver kun bestandighetsklasse M45.

Tabell 2: Oversikt over de mest sentrale krav til betongkvalitet fra NS/EN og produsentstandarden Max Kvalitet

Kravsettende betongegenskap	NS-EN 1916	NS-EN 1917	NS 3121 M40/M45	NS 3139 M40/M45	Max Kvalitet, ¹⁾
Vann/semantinhold (v/c), maks	0,45		0,40/0,45	0,40/0,45	0,40
Vannabsorpsjon, maks %	6		5/6	5/6	3
Kloridion innhold, armert, maks %	0,4		0,2/0,4	0,2/0,4	0,2
Kloridion innhold, uarmert, maks %	1		1,0/1,0	1,0/1,0	1
Betongens styrke, min. Mpa (N/mm ²)	40		³⁾	40	⁴⁾
Tilsetningsstoffer	²⁾		²⁾	²⁾	3 % silikastøv, ²⁾

1) **Max Kvalitet** tilfredsstiller kravene til M40 i NS3121 og NS 3139. I tillegg setter produsenten egne krav for å øke kvaliteten. (Produkter med dokumentert vannabsorpsjon på maks. 3 % kan i praksis anses som likeverdig med **Max Kvalitet**)

2) Skal generelt ikke forringe betongens bestandighet eller krav til egenskaper (oppfylle krav i NS-EN 206-1) Maks Kvalitet skal inneholde tilsetningsstoffet flytmiddel, f.eks. 1–1,5% ViscoCrete, Mighty, eller tilsvarende.

3) Krav til trykkfasthet ikke angitt spesifikt. Kun produktets krav til bruddlast iht. relevant standard gjelder.

4) Krav til trykkfasthet ikke angitt, men Max Kvalitet har 15 – 30 % høyere trykkfasthet enn standard betong, og følgelig høyere bruddlast.

Betong med betegnelse **Max Kvalitet** er blant annet tilsatt 3 % silikastøv, noe som gir en tettere betong med mindre porøsitet enn betong av standard kvalitet. Dette fører igjen til at betongen har mindre vannabsorpsjon (maks. 3 %), som videre innebærer at betongen har økt motstand mot korrosjon. Betong med **Max Kvalitet** vil ha betydelig lengre levetid i et aggressivt miljø enn betong med standard kvalitet. Det primære kravet for denne betongkvaliteten er maks. 3 % vannabsorpsjon. Denne

egenskapen kan også oppnås med andre metoder og/eller tilsetninger enn det som benyttes for **Max Kvalitet**.

Hos norske produsenter benyttes i dag kun betong som tilfredsstiller bestandighetsklasse M40, eller bedre. Noen betongprodusenter standardiserer en del av sin produksjon, f.eks. alle rør/deler og bunnseksjoner for kummer, på bruk av betong med **Max kvalitet**. Dersom man ønsker at det skal leveres en betong med spesifisert, eller ekstra god bestandighet, må dette spesifiseres

ved bestilling. Man kan da spesifisere f.eks. bestandighetsklasse M40, eller *Max Kvalitet*, eller tilsvarende. For spesielt aggressive forhold, med ekstra behov for bestandighet, vil det være mulig å få levert betong med ytterligere forbedrede egenskaper, f.eks. ytterligere økt innhold av silikastøv, hvilket blant annet øker bestandigheten, fasthet/tetthet, og forbedrer motstanden mot sulfat- og nitratangrep (f.eks. sulfatresistent betong).

På grunn av generelt økte miljøkrav i samfunnet er det også i betongindustrien utviklet mer miljøvennlige sementer, f.eks. *FA-sement* og *Miljøsementer*. Dette er nok en trend som vil fortsette. Utviklingen av nye sementtyper vil også medføre endrede krav til betongens sammensetning og behov for tilsetningsstoffer i framtiden.

Betongens kvalitet bedømmes etter styrke og bestandighet. Det er flere faktorer som innvirker på disse egenskapene.

Betongens styrke:

I produksjonsstandardene for rør og kummer stilles det ikke direkte krav til betongens trykkfasthet. Det stilles krav til betongens sammensetning og minimumskrav til bruddstyrke iht. spesifiserte prøvemethoder, se kap. 5.2.2 og 5.2.3 og Figur 8. Bruddstyrken for betongprodukter avhenger imidlertid av trykkfasthet, armering og dens utførelse.

Ved en riktig sammensetning av delmaterialer og best mulig produksjon/bearbeiding av betongen, oppnår man et tett og homogent resultat med høy trykkfasthet. Erfaring viser at dagens betongrør og kummer i praksis blir produsert med en trykkfasthet som ligger på B55 eller høyere. B55 angir at betongen har en sylindrefasthet (trykkfasthet) på 55 N/mm². Plass-støpte bunnseksjoner blir ofte spesifisert med B35, eventuelt B45 og bestandighetsklasse M45. Se første kulepunkt under.

En økning av trykkfastheten gir både bedre bruddstyrke og bedre bestandighet. For betong betegner trykkfastheten prøvefastheten i betongen etter 28 døgn. Imidlertid stopper ikke utviklingen av betongfastheten etter 28 døgn. Hydratiseringen, reaksjonen mellom sementen og vannet, fortsetter lenge etterpå avhengig av temperatur og fuktighet. Dette gir økende fasthet og tetthet.

Bestandighet:

De norske produksjonsstandardene for betongrør og betongkummer, NS 3121 og NS 3139, definerer to bestandighetsklasser:

- M45: Produkter som tilfredsstiller kravene i denne bestandighetsklassen kan benyttes i fuktige omgivelser og noe aggressive miljøer
- M40: Produkter som tilfredsstiller kravene i denne bestandighetsklassen kan benyttes i meget aggressive miljøer

NS-EN 1916 og NS-EN 1917 beskriver kun bestandighetsklasse M45. En økning av bestandighetsklasse (f.eks. fra M45 til M40) oppnås ved å redusere v/c-forholdet, redusere kloridinnholdet og redusere vannabsorpsjon i betongen. Nærmere beskrivelse og krav til bestandighetsklasser finnes i NS-EN 206 «Betong. Spesifikasjoner, egenskaper, framstilling og samsvar». Det anbefales generelt å legge M40 til grunn dersom miljøet er krevende eller om man ikke kjenner miljøet godt nok. Kan det derimot bekreftes ikke-aggressivt miljø, bør M45 være tilstrekkelig. Til hjelp ved denne klassifiseringen kan eventuelt eksponeringsklasser også benyttes, kfr. NS-EN 206, tabell NA.15 «Valg av bestandighetsklasse, avhengig av eksponeringsklasse», og tabell 1 «Eksponeringsklasser for miljøpåvirkning».

Mer om betongens bestandighet mot ytre påvirkning er beskrevet under kap. 5.5.

Vann/sement-forhold (v/c-tall):

v/c-tallet er et forholdstall som uttrykker vektforholdet mellom vann og sement i betongblandingen, og anvendes som en proporsjonerings- og kvalitetsparameter. Betongens trykkfasthet er avhengig av betongens v/c tall, og det er en direkte sammenheng mellom v/c-tallet og betongens permeabilitet/tetthet. Betongens permeabilitet beskriver evnen til å motstå væskeinntrenging/vannabsorpsjon. Jo lavere permeabiliteten er, jo mindre væskeinntrenging/vannabsorpsjon blir det i materialet. Dette er en avgjørende egenskap med tanke på motstandsdyktighet mot slitasje og aggressive kjemiske stoffer. For å opprettholde en høy trykkfasthet arbeider betongindustrien generelt med vannfattige blandinger, det vil si lavt v/c-tall. Det opereres med betong som ikke inneholder mer vann enn hva som er nødvendig for at de kjemiske reaksjonene kan finne sted, og for at betongmassene lar seg støpe ut til det aktuelle formålet. Dagens v/c tall ligger normalt i underkant av 0,40 for norskproduserte rør og kummer av betong. Krav til v/c-forhold for bestandighetsklassene M45 og M40 er på hhv. maks. 0,45 og 0,40. Det skal imidlertid anmerkes at dersom v/c forholdet blir for lavt, vil herdeprosessen (hydratiseringen) svekkes og produktet oppnår ikke tilsiktet styrke. Ved lavt v/c-forhold er det svært viktig at produktet blir beskyttet mot uttørking under herdeprosessen. Dette er et forhold som det er viktig at betongprodusentene har et sterkt fokus på.

Kloridinnhold:

Betongens bestandighet øker med redusert mengde kloridioner, Cl⁻, som finnes i betongen. Det tillates betydelig mindre kloridinnhold for armerte betongelementer enn uarmerte. Krav til maksimalt innhold av kloridioner for bestandighetsklasse M45 og M40 er oppgitt i NS 3121/3139.

Vannabsorpsjon:

Krav til vannabsorpsjon for bestandighetsklasse M45 og M40 er som følger:

- M45: skal ikke overstige 6 % per masse i tørr tilstand.
- M40: skal ikke overstige 5 % per masse i tørr tilstand.

Vannabsorpsjon testes ved at et prøvelegeme dykkes ned i vann i 24 timer, veies og tørkes ned til konstant vekt. Vannabsorpsjon er definert som differansen mellom prøvelegemets masse i våt vekt og tørr vekt, uttrykt per masse av det tørre prøvelegemet, kfr. NS 3121, tillegg F.

Tilslag:

Tilslaget utgjør den største vekt- og volumandelen i ferdig betong. For å oppnå en god betong må tilslaget ha god fasthet, ha god korngradering, ikke reagere med omgivelsene og ikke inneholde stoffer (over ett visst nivå) som påvirker betongen på en negativ måte eller kan angripe eventuell armering. Tilslaget som benyttes skal være godkjent iht. NS-EN 12620.

Termiske egenskaper:

Varmeutvidelseskoeffisienten til betong er relativt liten. Det betyr at ekspansjon/kontraksjon på grunn av temperaturvariasjoner er små. Siden betongen har samme funksjon som et varmemagasin, vil effekten av raske temperaturendringer i omgivelsene under legging og drift utjevnes. Den lineære utvidelseskoeffisienten for betong settes gjerne lik $0,00001^{\circ}\text{C}^{-1}$ (ca. tilsvarende som for stål/armering) Betongrøret beholder sine egenskaper også ved lave temperaturer. Dette er en god egenskap for rørmaterialer for bruk i Norge, da rørlegging også må foregå på vinterstid.

4.2. Kvalitetskontroll

Kvalitetskontroll for produksjon av rør og kummer av betong utføres, i tillegg til betongprodusentenes egenkontroll, av et eksternt organ ved navn Kontrollrådet. Kontrollrådet utfører sertifisering av blant annet betongprodusenter. Alle som produserer og leverer betongrør og kummer i henhold til NS 3121 og 3139 og er godkjente av Kontrollrådet, har rett til å merke sine produkter med «blått-flagg»-logo (kontrollrådets eget symbol).

Kontrollrådet (opprinnelig «Kontrollrådet for betongprodukter») ble etablert i 1967 med formål å drive en godkjenningsordning for produsenter av ferdigbetong, betongvarer og betongelementer. Etableringen av Kontrollrådet skjedde i et samarbeid mellom bransjeforeningene på området samt Kommunal- og arbeidsdepartementet. Grunnlaget for ordningen ble etablert gjennom en egen forskrift utgitt av departementet med krav om at produsenter av angitte produkter måtte ha en godkjenning av Kontrollrådet for lovlig å kunne omsette produktene sine på det norske markedet.

Denne forskriften er senere blitt erstattet av Byggproduktforskriften (Forskrift om dokumentasjon av byggevarer). Disse endringene, med norsk tilpasning til EUs regelverk gjennom EØS-avtalen, gjør at hoveddelen av Kontrollrådets virksomhet i dag bygger på felles europeiske, harmoniserte produktstandarder.

Et av de områdene Kontrollrådet startet med ved oppstart i 1967 var kommunalvarer, og da spesielt rør og kummer av betong. Ved oppstarten i 1967 var det registrert 216 produsenter på dette området i Norge, noe som 25 år senere var redusert til 68, og i dag er det omkring 20.

Sertifiseringen av disse produsentene foregår i dag med grunnlag i NS 3121 for betongrør og NS 3139 for betongkummer. I tillegg kommer egne produsentspesifikasjoner der standardene ikke har krav. Begge disse norske standardene er bygget på to harmoniserte europeiske produktstandarder, EN 1916 og EN 1917. Da disse to europeiske standardene ikke omfatter alle aktuelle produkter og dimensjoner som benyttes i Norge, er de supplert med de norske standardene og produsentspesifikasjoner. De europeiske standardene inneholder i stor grad rene funksjonskrav og ikke detaljkrav til for eksempel utforming av skjøter. Disse kan da variere med den løsningen som er valgt av produsenten.

Ved sine revisjoner ute hos produsentene følger Kontrollrådet opp at den enkelte produsent har fulgt opp sitt produksjonskontrollsystem i samsvar med kravene. Dette omfatter systemelementer som mottakskontroll av råmaterialer, prosesskontroll, ferdigvarekontroll, merking, lagring og håndtering av produkter med avvik. I

tillegg tas det ved revisjon ut ferdige produkter for kontroll av egenskaper.

Selv om antall produsenter er kraftig redusert siden starten, er produksjonsvolumet i dag blitt høyere gjennom stadige investeringer i nytt og rasjonelt produksjonsutstyr. Dette har gjort at Kontrollrådet i dag ser få problemer med kvaliteten på det som leveres i forhold til spesifiserte krav.

Mer informasjon om Kontrollrådet og dets virksomhet er å finne på www.kontrollbetong.no. Her finnes også en oversikt over hvilke produsenter som er sertifisert og for hvilke produkter. Godkjente produsenter per dato er opplistet under kap. 2.1 (kilde: Kontrollrådet).



Figur 4: Kontrollrådets logo med «blått flagg»

5. Betongrør og betongkummer

5.1. Generelt om betongrør og betongkummer

Det har i mange år blitt produsert betongrør i Norge. Og slik det nevnes i kapittel 1.2 var det først etter 1970-tallet at man så en betydelig forbedring i kvaliteten og styrken i betongrørene. I tillegg til manglende kunnskap om anleggsutførelse ser man svært varierende kvalitet på betongavløpsrør fra perioden før 1970-tallet. Forbedringen i kvaliteten skyldes i stor grad utvikling innen betongteknologi og utvikling av spesifiserte krav til kvalitet i forhold til styrke og tetthet. På grunn av denne utvikling i betongbransjen de siste 30–40 årene har betongens kvalitet økt betydelig. Større fokus på miljøkrav i forhold til rensing av avløpsvannet og tetthet på transportsystemer har igjen ført til betraktelig strengere kvalitetskrav også for betongrør og kummer.

For dagens produksjon av betongrør (og kummer) er følgende punkter sentrale, og vil bli behandlet videre i påfølgende kapitler:

- 1) Styrke/belastning
Røret må ha tilstrekkelig styrke til å oppta indre og ytre belastninger
- 2) Tetthet
Hvert enkelt rør skal hindre utlekking av overvann og spillvann, samt innlekking av grunnvann

- 3) Hydrauliske forhold
Røret skal ha hensiktsmessig ruhet/gjennomstrømningskapasitet og evne til selvrensing
- 4) Bestandighet
Røret må være motstandsdyktig mot mekanisk slitasje og erosjon, samt kjemiske og termiske påvirkninger. Tilfredsstillende levetid.
- 10) Produktsortiment
Det må forefinnes tilstrekkelig dimensjoner, rørdeler og tilhørende elementer slik at et komplett system kan bygges opp, men også tilstrekkelig med løsninger for overganger/grensesnitt mot andre materialer og utførelser.

Vann- og avløpskummer dekker en rekke viktige funksjoner. Hovedoppgaven er blant annet å gi adkomst for kontroll, vedlikehold og overvåking av ledningssystemet. I tillegg plasseres kummer i knekkpunkter på ledninger for å få mest mulig rette rørføringer mellom kummer. For vannledninger dekker også kummer behovet for betjening av armatur som stengeventiler, brannventiler, luften-, tømme- og spyleventiler. Tilgang for lekkasjelytting, videoinspeksjon, fornying av ledning og/eller armatur, etc.

5.2. Styrke/belastning

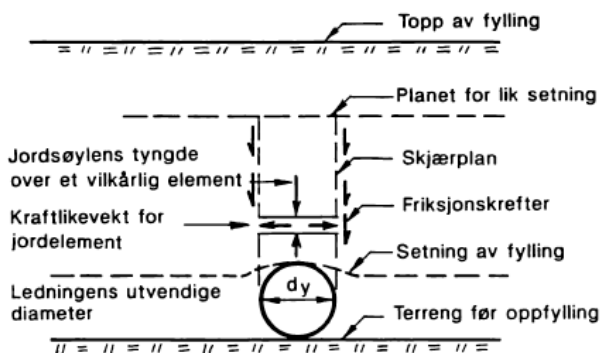
5.1.1. Dimensjonerende laster

Lastene som normalt må tas opp av en rørledning kan deles opp i to: 1) Jordlast, som opptrer avhengig av leggedybden, og 2) Trafikklast som vil påvirke rør lagt under trafikkert vei med overdekning mindre enn ca. 2 m.

Jordlast

Jordlasten er et direkte resultat av tyngden og densiteten av massene som ligger over røret (i fylling). Jordlasten øker med dybden på overdekningen. Dette er vist på Figur 7.

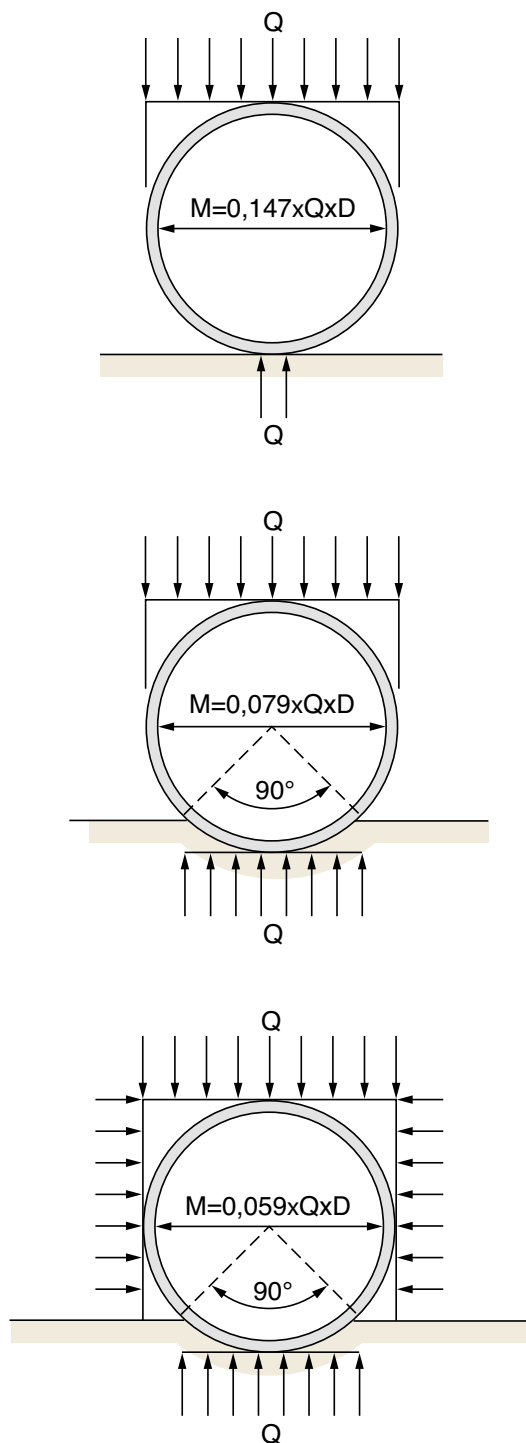
Betongrøret kan bære lasten av massene over røret uten større lastreduserende bidrag fra omfyllingen på begge sider av røret. Dersom det oppstår setninger i omfyllingen på siden av røret, vil det medføre en tilleggslast på røret. Denne tilleggslasten skyldes i hovedsak friksjon mellom massene over røret og massene på siden av røret som på den måten omfordeler vekten av massene slik at røret belastes mer enn om det ikke hadde vært setning ved siden av røret.



Figur 5: Skjærspenningsfordeling i massene over et betongrør ved setninger (kilde: Sæggrov, NTNU)

Størrelsen på denne tilleggslasten vil være avhengig av hvor store setningene ved siden av røret er. Det er derfor viktig for belastningen på røret at omfyllingsmassene rundt og på siden av røret utføres mest mulig stabilt/setningsfritt. Krav til komprimering av sidefylling/omfyllingsmasser omhandles under kap. 7.3. Stive rør vil sprekke ved overbelastning, fleksible rør vil deformeres.

Forskningsresultat viser at dersom massene ikke er forskriftsmessig komprimert, kan belastningen på stive rør, pga. ytre laster, øke med opptil 60 %. Ved forskriftsmessig komprimering av omfyllingen øker belastningen med ca. 15 %. (kilde: A.P. Moser og Sægrov, NTNU)



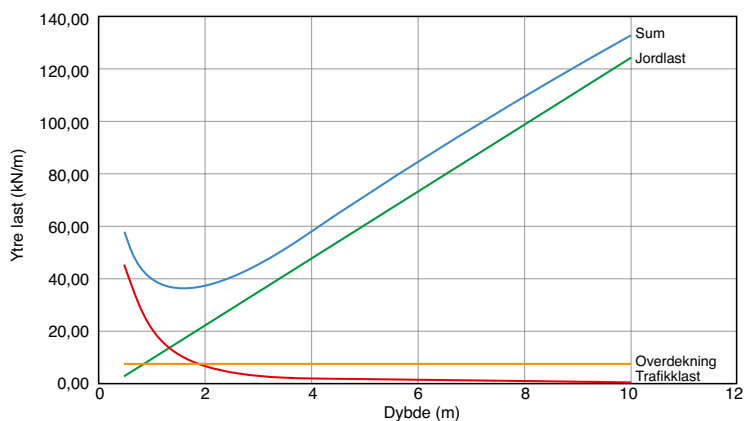
Figur 6: Moment i rørvegg som følge av lastfordeling (Q =påført stripelast) (kilde: Norsk Vann)

Lastpåvirkning fra massene over røret fører til et moment i rørveggen (se Figur 6). Spenningen i rørveggen som følge av momentet kan sammenliknes med rørets kapasitet til å ta opp strekkspenninger. Som Figur 6 illustrerer, og som tidligere nevnt, har utførelsen av rørlaggingen stor betydning for spenningen i rørveggen. Reaksjonskraften blir størst når røret ligger på et hardt fundament og kontaktflaten dermed er liten (Figur 6 øverste rør). En slik situasjon kan i verste fall medføre langsgående «avlastningssprekker» i røret. Når fundamentet er løsgjort, støttes ledningen av en større flate mot fundamentet, noe som gir betydelig lavere moment (Figur 6 midtre rør). Det laveste momentet oppnås imidlertid ved god fundamentering av massene rundt røret, både under og på sidene (Figur 6 nederste rør).

Trafikklast

Mens jordlasten øker med økt overdekning, avtar trafikklasten ved økt overdekning, som vist i fig 7. Trafikklasten beregnes vanligvis etter en dimensjonerende aksellast i henhold til Vegdirektoratets internrapport nr.1521 «Dimensjonerende laster og prøvelaster for betongrør til vegkonstruksjoner». (Kilde: Vegdirektoratet).

Normalt dimensjoneres betongrør for en aksellast på 260 kN. Denne lasten er sammensatt av en nominell/statisk aksellast på 130 kN, uforutsette laster på 20 kN (sikkerhetsmargin) og en støtlast på 110 kN. Avhengig av om røret er armert, uarmert, eller utsatt for ugunstig belastning dimensjoneres det med en sikkerhetsfaktor varierende mellom 1,5 og 2,0. Dersom det er anleggsdrift med anleggsmaskiner med større aksellast og/eller anleggsvei som forårsaker større støtlasttillegg, kan belastningen bli vesentlig større, og spesielle forholdsregler må tas. Tiltak kan for eksempel være at rørstyrken økes, bruk av avlastingsplater (krever opplegg på faste masser på begge sider av røret), eller at overdekningen



Figur 7: Jord- og trafikklast på rør (kilde: Norsk Vann)

økes midlertidig under anleggsperioden. Ved bruk av elastiske plater, f.eks. EPS, må imidlertid platens trykkfasthet kontrolleres mot overdekningen slik at tilsiktet deformasjon oppnås. (EPS er en «stiv» skumplast med viskoelastiske egenskaper.)

5.1.2. Rørstyrke

Betong er et stivt materiale, og utgjør derved en stiv selv bærende konstruksjon.

For å dokumentere betongrørens styrke, blir rørene testet etter «linjelast metoden». Ved prøving skal rørene motstå en belastning som bestemmes av rørdimensjon og overdekning. Men det er viktig å merke seg at denne metoden utsetter rørene for en vesentlig større belastning enn hva rørene blir utsatt for i grøften. Test av sirkulære rørs bruddstyrke utføres iht. NS 3121:2003, tabell 6 for uarmerte rør, og tabell 7 for armerte rør. Dersom overdekning ikke blir spesifisert ved bestilling, dimensjoneres og leveres standard rør normalt for 4,0 m overdekning. Testmetode se Figur 8 nedenfor.

NS 3121 oppgir minste bruddlastkrav for betongrør, og angir en overdekning over topp rør varierende fra 0,5-10 meter for veilast. *Dersom rørene utsettes for større laster,*

for eksempel jernbane, flyplass eller kaianlegg, eller ved større overdekning enn 10 m, må rørene dimensjoneres spesielt.

Største overdekning over topp rør er oppgitt i NS 3121 for uarmerte rør og armerte rør i hhv. tabell 6 og tabell 7. Ved ekstra stor belastning, f.eks. ved overdekning større enn 15-20 m, vil det være aktuelt å gjennomføre tiltak i forbindelse med installasjon. F.eks. kan EPS plater, eller tilsvarende, legges over betongrøret for å redusere belastningen på selve røret. Belastningen på røret kan reduseres vesentlig dersom det benyttes EPS plater. For ytterligere detaljer om dette se Statens vegvesens håndbok V220 «Geoteknikk i vegbygging». (Kilde: Statens vegvesen).

Betongrørets styrke ligger i dets evne til å ta opp stort utvendig trykk. Et uarmert betongrør er dermed lite egnet til å ta opp strekk. For å øke rørets evne til å ta opp strekk når lastene på røret blir store og fordelingen er lite ideell (kfr. Figur 6 venstre rør), må betongrøret armeres. Betongrøret armeres normalt med armeringsringer, typisk symmetrisk armering se Figur 9.



Figur 8: Test av bruddstyrke for betongrør (foto: Østraadt Rør Gruppen AS)



Figur 9: Typisk symmetrisk armering av falsrør

Betongrør produseres som oftest uten armering opptil 600 mm og med armering fra 600 mm og oppover. For de større dimensjonene (> 1200 mm) leveres betongrør normalt med asymmetrisk armering for bedre å kunne ta opp kreftene fra ytre laster.

5.1.3. Kumstyrke

I likhet med rør utsettes også kummer for belastninger som stiller krav til materialet. Krefter kummer utsettes for er blant annet jordlast, trafikklast, innvendig og utvendig vanntrykk og eventuelt forankringskreftene fra vannledning. Kummer blir produsert med samme betongkvalitet og produksjonsteknologi som rør, og renneløpene vil normalt oppnå en større slitestyrke enn en plasstøpt løsning. Siden retningsforandring på et ledningsstrekke ofte blir tatt i en kum, er det også her de største mekaniske belastningene forekommer, enten som slitasje i en avløpsrenne ved vinkelending, eller som påført last ved forankring av avvinkling på trykkledning. Ved produksjon av prefabrickerte bunnseksjoner med ferdige renner, eller løsninger med forankring av vannledninger, må relevante dimensjoneringskriterier legges til grunn. Ved prefabrikasjon vil dette kunne utføres innendørs under kontrollerte forhold og med de beste forutsetninger for et godt resultat.

Standard kummer iht. NS 3139 er dimensjonert for å kunne benyttes i trafikkert vei med en maksimal dybde på 6 meter. Kumringer skal motstå en prøvelast på 30-40 kN/m for diametere fra 1000 mm til 3000 mm, iht. tabell 5 i NS 3139. Testmetoden er lik som for rør vist i Figur 8. Kjegler og topplater skal kunne motstå en vertikal last på minimum 300 kN. Bunnseksjoner skal kunne motstå en oppadrettet punktlast på minimum 100 kN (iht. NS 3139 kap. 4.3.6.2 Endring 8, 2010). *Dersom kummen er dypere enn 6 meter, eller utsettes for større laster, må kummen dimensjoneres spesielt.*

Prefabrickert vannkum er en komplett løsning for montering direkte i grøft, hvor alle rørdeler og armatur er montert og testet for opptredende laster. Standard forankringskonsoller kan normalt ikke benyttes i kombinertkummer da disse forutsetter en standard kumbunn uten utsparinger for renner, eller andre svekkelser. Opptredende lastgrunnlag som vannkummene anbefales testet for, er fastsatt i VA-miljøblad nr. 112, og gjelder ledningsdimensjoner fra 100 - 400 mm og 16 bars driftstrykk.

5.3. Tetthet

Tetthet i skjøter er hovedsakelig avhengig av tetningsringens egenskaper, men også betongens overflate som tetter mot tetningsringen. Denne skal være uten porer eller skader som påvirker tettheten. Det blir benyttet i prinsipp to typer tetningsringer: Innstøpte tetningsringer (ig) og løse tetningsringer. Krav til tetningsringer er gitt i NS-EN 681-1.

På markedet i dag finnes to kategorier når det gjelder tetthet:

Rør og kumelementer uten T-merke (Produsenten gir ingen tetthetsgaranti)

Rør og kumelementer med T-merke (Produsenten gir tetthetsgaranti. Rørene er tette iht. kravene i NS 3121/ NS 3139 og merket iht. standardene)

Rørledning og kummer i grøft kan testes for tetthet enten sammen, eller separat.

Tetthetskrav for trykkløse rørsystemer i grøft er fastlagt i NS-EN 1610 og NS 3420, og gjelder både anlegg for spillvann og overvann.

5.1.4. Tetthet for rør

For å hindre inn- og utlekking av vann fra betongrør stilles det krav til det enkelte rørs tetthet og hele ledningsanleggets tetthet.

For å oppnå tilstrekkelig tetting ved bruk av tetningsring i skjøtene, er toleransekravene til muffe og spissende strenge.

Fabrikktesting av rør av betong og enkeltskjøter skal utføres iht. NS 3121, dette gjelder både for integrerte og løse tetningsringer. Dersom denne kontrollen er utført og bestått, skal rørene merkes «T».

I følge produktkataloger leveres det både T-merkede og ikke T-merkede rør. Et rør som ikke er T-merket kan ikke anses for å være tett. Mangel på T-merking kan ha flere årsaker, men vil i enkelhet være et rør som ikke er tetthetstestet iht. NS 3121.

Dersom det stilles krav til tetthet for et rørsystem, skal kun T-merkede rør benyttes. Det anbefales generelt at det benyttes T-merkede rør. Rør som ikke er T-merkede bør kun benyttes der innlekking er akseptabelt.

Alle rør produsert etter NS 3121 skal være produsert innenfor et spesifisert regime for tetthetskontroll og være T-merket. Røret vil være typegodkjent og produksjonen underlagt løpende kontroll basert på stikkprøver etter et mønster spesifisert i NS 3121.

Krav til tetthetsprøving i NS 3121 kan oppsummeres som følger:

- Kap. 4.3.7 definerer at ved prøving (etter tillegg E) skal et element, eller en skjørt ikke vise tegn til lekkasje eller skade i løpet av prøvetiden. Fuktflækker på overflaten anses ikke som lekkasje. Elementer med veggtykkelse større enn 125 mm skal ikke tetthetsprøves. Rør og rørdeler som tilfredsstiller disse kravene, skal merkes T. (T-merking er kun nevnt i NS 3121 og ikke i et krav i NS-EN 1916)
- Tillegg E definerer krav til prøving av vanntetthet av elementer og skjøter. Prøving utføres ved at det settes på et trykk på 5,0 m vannsøyle (0,5 bar) over 15 min, med og uten avvinkling i skjørt og med tverrlast.
- Tillegg H. Det defineres to prøvingsregimer: Typeprøving og løpende prøving. Typeprøving er prøving som alle nye produkter skal gjennomgå før typegodkjenning og sertifisert produksjon av nytt produkt. Løpende kontroll er oppfølgende kontroll av typegodkjente produkter. Tabell H.1 definerer minste krav til tetthetsprøving av produkter for typegodkjenning og minstekrav til løpende kontroll. Tabell H.2 definerer omfang av prøving av skjøter.
- Tillegg I, definerer hyppigheten av kontroll nærmere

Dette innebærer at selv om et spesifikt rør er T-merket, vil ikke nødvendigvis akkurat dette røret være trykktestet.

For tetthetsprøving av rørsystemer i grøft, se kap. 7.4.2.

5.1.5. Tetthet for kummer

Det er viktig at tetthetskrav også vurderes for kummer, da følgene av å bruke utette kummer kan bli betydelige, særlig i områder med høy grunnvannstand. Grøfter vil ofte fungere som en vannvei, og i slike tilfeller vil en utett kum kunne lekke inn store mengder med overflatevann, som igjen kan bli videreført til renseanlegg og gi overbelastning som resultat. Ved bruk av innstøpte tetningsringer, økt godstykkelse og T-merking, kan betongprodusenter tilby kummer med gode tetthetsegenskaper. Dette er kummer som under gitte forutsetninger normalt kan forventes å forbli tørre innvendig i mange år. Kummer med innstøpt gummitetningsring (ig-kummer) har fordeler med tanke på tetthet, spesielt ved at man eliminerer risikoen for feilmontering av tetningsringen.

På lik linje med tetthetstesting av rør iht. NS 3121 gjelder for kumelementer at når disse er produsert etter NS 3139, skal de være tetthetstestet iht. standarden og skal da merkes med «T».

For tetthetsprøving av kummer i grøft, se kap. 7.4.2.

5.4. Hydrauliske forhold, ruhetsfaktor/k-verdi

5.1.6. Hydrauliske egenskaper for rør

Dimensjonerende vannmengder angis som oftest av byggherren eller byggherrens rådgiver.

Ledningens evne til å transportere vann vil i hovedsak påvirkes av ledningsdimensjonen, ledningsfall og ledningens ruhet. Ledningens ruhet blir over tid påvirket av mediet som ledningen transporterer.

I praksis vil den aktuelle ruheten bli bestemt av graden av sedimentering av sand og grus i røret og/eller dannelse av film eller belegg på innsiden av røret.

Friksjonstap er definert som tap på grunn av friksjon mellom vannet og rørveggen, mens singulærtap er definert som tap på grunn av endring i strømningsforholdene pga. bend, kummer osv. Siden friksjonstap vanligvis er vesentlig større enn singulærtap, kan

sistnevnte oftest inkluderes i friksjonstapet ved å velge en tilstrekkelig høy ruhetsfaktor for rørledningen.

Valg av rørets totalruhet bør være gjenstand for en lokal vurdering i hvert enkelt tilfelle. Rørets ruhet vil også endre seg over tid da rørene med tiden sannsynligvis vil få begroing, korrosjon og sedimentering som gjør at hydraulisk motstand vil bli betydelig høyere enn da røret var nytt. Det må derfor tas hensyn til fremtidig utvikling av rørets ruhet ved dimensjonering av et selvfallsanlegg for avløp.

K-verdi er rørets absolutte hydrauliske ruhet, og angis vanligvis i millimeter (mm).

Et nytt og ubrukt rett enkeltrør har en k-verdi på ca. 0,2 – 0,5 mm når det leveres fra produsent.

Det er gjort en rekke studier av k-verdi i ledninger og nedsatt selvrensing som har sammenheng med valgte materialer. Noe av dette er samlet i en hovedoppgave ved NTNU som ble utført i 2006, og Norsk Vanns lærebok. Eksempel på dette er vist i tabellen under.

Materiale	Hastighet < 1m/s	Hastighet > 1m/s	
		Spillvannsførende	Separat regnvann (overvann)
Betong	k = 3,0	k = 1,5	k = 0,6
Plast	k = 1,5	k = 0,6	k = 0,6

Tabell 3: k-verdi for rør ved lik hastighet

Denne studien viser at ledningsfallet har stor påvirkning ved bestemmelse av rørets k-verdi.

For vurderinger av k-verdi i avløpsledninger henvises også til Norsk Vann rapport 172/2009 «Trykktap i avløpsnett».

Et annet eksempel for bestemmelse av k-verdier er hentet fra «Vann og avløpsteknikk» (Norsk Vann) som angir følgende k-verdier for betongrør:

- Rett ledningsstrekning uten tilknytninger og bend: k = 1,0 mm
- Ledningsstrekning med tilknytninger og bend: k = 1,5 mm

5.5. Bestandighet og levetid

Betongrørets og kummens bestandighet henger tett sammen med betongkvaliteten. Desto tettere og mindre porøs betongen er, desto mindre utsatt er betongen for kjemisk og mekanisk slitasje.

Betongrør og kummer er generelt forholdsvis lite utsatt for kjemisk slitasje da spillvann fra husholdninger og overvann fra gater og veier normalt er lite aggressivt. I tillegg har bedre komprimeringsutstyr og økt fokus på betongsammensetning resultert i at dagens betongrør og kummer i liten grad blir påvirket av kjemisk korrosjon. Betongrør og kummer kan imidlertid bli utsatt for både kjemisk korrosjon og mekanisk slitasje. Kjemisk nedbrytning kan skje ved generelt korrosivt miljø/lav pH, ved påvirkning av noen kjemikalier og i sulfatholdig grunn.

Typiske slitasjeformer som har innvirkning på betongrørets og delvis også kummens levetid kan deles inn i:

Det er med andre ord vanskelig å angi annet enn veiledende verdier for k-verdi. Hvert enkelt tilfelle krever spesiell vurdering.

5.1.7. Hydrauliske egenskaper for kummer

Renneløpskummer er knutepunkter som sikrer tilgjengelighet i ledningsnettet, og det er viktig at disse har en hensiktsmessig utførelse. Mangelfull utførelse kan føre til avleiringer og økt singulærtap. For å sikre gode hydrauliske egenskaper er det viktig at det tas hensyn til god utforming av renneløpene, spesielt med full rennehøyde, og at kurveradien ikke blir for liten. Dersom flere sideløp tilknyttes samme kum, er det en fordel at motstående sideløp sideforskyves i forhold til hverandre. Høye sideløp, med bunn over eller i øvre del av hovedløpet, vil bidra til å øke hovedløpets vannføringskapasitet. Rennehøyden i kummen bør være minst like stor som rørdimensjonen til det utgående røret. Dersom det er store retningsendringer og høy hastighet, bør rennehøyden økes ytterligere. Fallet gjennom kum bør være tilnærmet lik fallet på rørestrekket ved rett gjennomløp. Ved retningsendring på hovedløpet er det gunstig om fallet gjennom kummen kan økes noe slik at singulærtapet forårsaket av avvinklingen blir kompensert. Maksimal avvinkling mellom innløp og utløp i en rennekum bør aldri være over 90°, fortrinnsvis maksimalt 45°. Dette for å unngå dårlig hydraulikk og unødig stort singulærtap.

- Kjemisk korrosjon
 - Utlutningskorrosjon
 - Svovelsyrekorrosjon
 - Sprengingskorrosjon
 - Armeringskorrosjon
 - Alkaliereaksjon
- Mekanisk slitasje og erosjon

5.1.8. Utlutningskorrosjon

Utlutningskorrosjon betegner prosessen hvor sementens bindestoff, kalsiumhydroksyd, oppløses og vaskes ut. Dette kan skje i bløtt vann, og særlig i kombinasjon med CO₂. Konsekvensen av denne prosessen er at rørets ytterste sjikt blir angrepet, noe som resulterer i at rørets styrke reduseres tilsvarende. Kombinasjonen av bløtt vann og CO₂ forekommer ofte i avløpsvann, men normalt i så små konsentrasjoner at betongrør av god kvalitet ikke blir skadet. På eldre ledninger er det imidlertid registrert skader på områder med porøs

betong. Betongledninger med høy porøsitet kan brytes ned med en hastighet på 0,1 - 0,2 mm/år. Dersom betongen er tett, vil kun rørets overflate bli angrepet og skadene blir derfor neglisjerbare. Dagens betongrør med v/c-tall lik 0,35 - 0,4 og god komprimering vil ha lite kapillærporer, og vil derfor normalt motstå utlutning.

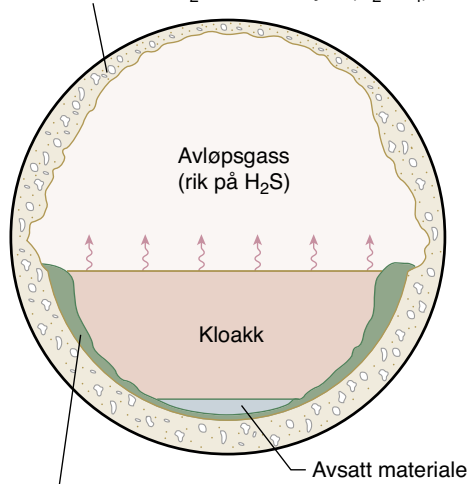
5.1.9. Svovelsyrekorrosjon

Svovelsyrekorrosjon oppstår i spillvannsledninger hvor lang oppholdstid og mangel på oksygen har ført til anaerobe forhold. Tilførsel av avløpsvann fra slamavskillere, septikktanker, ledninger med dårlig selvrens og utløp fra pumpeledninger for spillvann med lang oppholdstid, medfører risiko for slik korrosjon. Slike forhold fører til angrep på betong og en rekke andre materialer i hele ledningsnett. På grunn av dette bør anaerobe forhold i ledningssystemet unngås dersom det er mulig. For å unngå anaerobe forhold må anlegget prosjekteres riktig. I henhold til blant annet NS-EN 752-3 skal selvfallsledninger ventileres tilstrekkelig mot omgivelsene ved at det sørges for fri passasje for luft gjennom systemet.

Svovelsyrekorrosjon kan også forekomme på utsiden av røret og kummen som følge av sulfidholdige masser. Et eksempel på dette er alunskifer som det finnes mye av flere steder i Norge. Betong er også lite motstandsdyktig mot sterke syrer som for eksempel kan bli tilført ledningsnett ved et uhell.

Den beste beskyttelsen mot alvorlig svovelsyrekorrosjon er å påføre betongoverflaten et beskyttende belegg, f.eks. epoxy.

Kondens som inneholder aerobe bakterier. Disse omdanner H_2S til svovelsyre (H_2SO_4)



Slamaktig belegg som kan inneholde store mengder anaerobe bakterier. Disse omdanner svovelforbindelser i avløpsvannet til bl.a. H_2S .

Figur 10: Svovelsyrekorrosjon på avløpsledninger (kilde: Norsk Vann)

5.1.10. Sprengningskorrosjon

I områder hvor det forekommer alunskifer kan betongrør og kummer utsettes for angrep fra naturlige aggressive grunnforhold. Sulfat og nitratkrystaller har svellende egenskaper i reaksjon med betong, og ved inntrengning i betongen vil dette føre til svelling/sprengning av overflaten. For å hindre denne prosessen må det benyttes tilsetningsstoffer i betongen. Tidligere var det vanlig å benytte såkalt sulfatresistent sement i rørproduksjonen for slike forhold. Nyere FoU-prosjekter har vist at bruk av sement med flyveaske/silikastøv i kombinasjon med høy materialtetthet har god motstand mot påvirkning fra f.eks. sulfater, se nedenfor.

5.1.11. Armeringskorrosjon

Større rør er vanligvis armerte. Armerte rør kan bli utsatt for armeringskorrosjon. Denne prosessen går ut på at armeringen i betongen rustet og dermed utvider seg slik at betongen sprenges i stykker. Armeringskorrosjon er svært lite utbredt på nyere rør og kummer, og skjer raskest ved porøs betong. Undersøkelser viser at armeringskorrosjon ikke bør oppstå de første 100 årene på rør av god betong framstilt i moderne prosesser og med riktig overdekning over armeringen. Krav til minimum overdekning for armering i rør, kumringer og kjegler er 15 mm i h.h.t. NS 3121 og NS 3139. For alle andre kumelementer er kravet 20 mm. En annen viktig faktor for å beskytte mot armeringskorrosjon er at betongens naturlig høye alkalitet (og normal $pH > 12,5$) ikke blir nedbrutt. Dette kan bli nedbrutt ved karbonatisering (CO_2 i luft reagerer med betongen) og hvis betongen har for høyt innhold av klorider. Dersom betongens pH kommer under 10, beskyttes ikke armeringen lenger mot korrosjon. Rør brukt til veiformål vil kunne være noe mer utsatt for armeringskorrosjon enn andre, siden de kan bli utsatt for avrenning etter salting. Saltingen vil kunne medføre risiko for kloridangrep på røret. Produsentene hevder imidlertid at dette i praksis ikke er et problem når det gjelder nedbrytning av dagens rør og kummer av betong.

5.1.12. Alkalireaksjoner

Betong er et alkalisk materiale. Alkaliene i betongen kommer hovedsakelig fra sementen (i form av kalium og natriumoksider). Blir alkalinitivået for høyt, vil enkelte tilslag (reaktive bergarter, i Norge oftest kvartsholdige) reagere dersom konstruksjonen er fuktbelastet (over 80 % relativ fuktighet). Det dannes en gel som er ekspanderende og kan forårsake rissdannelser og sprekker i betongen.

I bunnen av avløpsrør er det som regel alltid nok fuktighet til å kunne få i gang en alkalireaksjon.

Tiltak for å hindre alkalireaksjoner vil være å ikke benytte reaktivt tilslag, benytte en sement som ikke har spesielt høy alkalimengde og holde fuktnivået i betongkonstruksjonen under 80 %.

I praksis er alkalitet i sement og tilslag forholdsvis kontrollerbart. Dette er også et forhold som følges opp av Kontrollrådet ved revisjon av produsentene.

5.1.13. Tiltak mot aggressive forhold for betongrør og kummer

Angrepstypene nevnt ovenfor vil i praksis opptre forholdsvis sjelden. Det er likevel viktig å vurdere risikoen under prosjektering ved blant annet å foreta vann- eller jordanalyser i de tilfeller man er usikker. Fordi angrepsmekanismene varierer med de ulike eksponeringer foreligger det ingen generell og enkel metode for å klassifisere behovet for betongens kjemiske bestandighet. Det vil derfor være mest hensiktsmessig å vurdere analyseresultater mot erfaringstall eller grenseverdier for de ulike miljøer som måtte foreligge utvendig og/eller innvendig i røret. Dersom konsentrasjonen av aggressive stoffer overstiger anbefalt grenseverdi, må det gjennomføres tiltak for å øke bestandigheten for rør og kummer.

De enkleste og mest vanlige tiltakene vil være:

- Tilpassing av betongens sammensetning, som for eksempel:
 - Redusert v/c-forhold
 - Sulfatresistent sement (SR-sement)
 - Tilsetningsmaterialer (pozzolaner), for eksempel: silika, flyveaske, eller slagg.

Der miljølastene er store er en kombinasjon av pozzolantilsetning og vannreducerende tilsetningsstoffer et effektivt tiltak for å øke bestandigheten.

I revidert standard NS-EN 206:2013+NA:2017 pkt. NA.5.3.2 (901) «Krav til bindemiddel i sulfatholdige miljøer» er det kommet inn en tabell som viser forskjellige sementtyper og tilsetningsstoffer som tilfredsstiller de forskjellige sulfatmotstandsklasser. Disse betongreseptene vil da kunne erstatte tradisjonell sulfatresistent sement. (Tradisjonell sulfatresistent sement, SR-sement, har en svakhet som medfører at den har noe redusert fasthet.)

Andre muligheter for å motvirke aggressive forhold er:

- Påføring av beskyttende belegg (coating), med f.eks. følgende materialer:
 - Epoxy
 - Latex
- Disse kan påføres på forskjellige måter, for eksempel ved sprøyting, dypping eller påstrykning (med malerull).
- Faststøping av beskyttende folie (lining). Denne prosessen er en del av rørproduksjonen og gir en tett overflate som sveises med overlapp i rørskjøtene.

5.1.14. Mekanisk slitasje

Når sand transporteres i ledningssystemet, utsettes betongrør for slitasje. Graden av slitasje er direkte avhengig av sandmengde, vannhastighet og betongkvalitet. Områder hvor det registreres slitasje er i bend, og der det skjer en retningsforandring. Rette rørslekninger utsettes normalt ikke for nevneverdig slitasje. Størst slitasje blir imidlertid registrert lokalt nedstrøms rørskjøter, hvor det kan samles sand/sedimenter og oppstå en form for turbulens med lokal økning av vannhastigheten. Det er påvist at slitasjen vil bli større ved økt spalteåpning. Ved normal og liten spalteåpning vil slitasjen normalt være svært liten.

Dagens betong er en tett og motstandsdyktig betong med trykkfasthet på rundt 55 MPa og et v/c-tall på 0,35 - 0,40. Av den grunn er mekanisk slitasje i betongrør og kummer normalt ingen livsbegrensende faktor. Det er likevel viktig at sand ikke skal inn i ledninger, men tas ut i riktig dimensjonerte og vedlikeholdte sandfang. I tillegg til økt risiko for mekanisk slitasje kan sand i ledninger forårsake innsnevring eller andre driftsproblemer på ledningen og dermed medføre økte driftsutgifter både på ledninger og renseanlegg.

5.6. Produktinformasjon

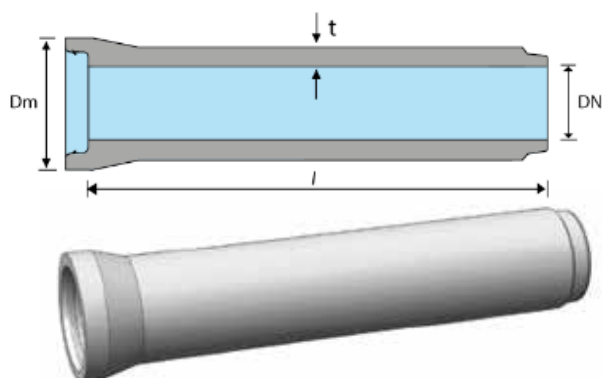
Sortimentet av standard produkter varierer fra leverandør til leverandør. For utfyllende og oppdatert rørsortiment henvises det til produktkataloger fra sertifiserte norske rørleverandører, se kap. 2.1.

Nedenfor er de mest vanlige typer rør og kummer som er å finne som standard sortiment hos norske betongvareprodusenter per i dag kort beskrevet.

5.1.15. Rør

Mufferør

Et mufferør er normalt et uarmert rør som produseres med minste dimensjon DN 150 og opp til DN 400. Mufferøret karakteriseres med at utvendig diameter er utvidet ved muffen. Røret leveres normalt i lengder på 1,5 - 2,0 m og med ig-tetningsring. I dimensjoner mindre enn DN 300 produseres det kun mufferør. Dette på grunn av at muffens utvendige diameter må økes for å gi tilstrekkelig materialtykkelse til å oppnå en sterk muffeskjøt for små dimensjoner.

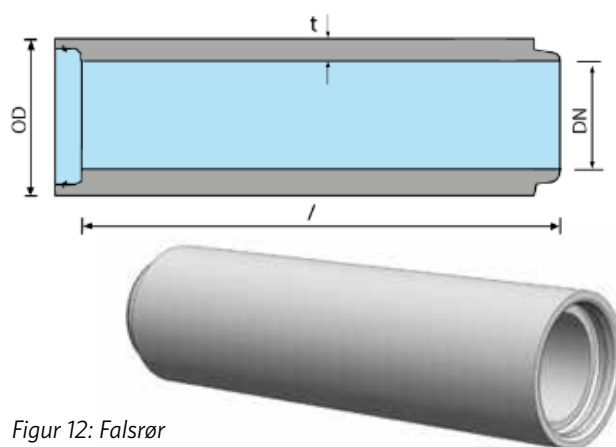


Figur 11: Mufferør

Falsrør

Falsrør produseres både som armerte og uarmerte rør. Rør med DN 600 og mindre leveres som standard uarmerte. Rør med DN 800 og større leveres som standard armerte. Falsrøret har lik utvendig diameter langs hele rørlengden. Falsrøret leveres primært med ig-tetningsring og normalt i dimensjon DN 300 til DN 2400, men kan på bestilling produseres større, opptil ca. DN 3000. Standardlengder varierer mellom 1,0 m og ca. 2,25 m. DN 1200 - DN 2000 finnes også med løs tetningsring.

I tillegg til noe forenklet produksjon er en av fordelene ved falsrøret at det letter leggingen mot fundamentet ved at det har en plan underside i hele rørets lengde.



Figur 12: Falsrør

Spesialrør

Rør med ikke-sirkulære tverrsnitt

Andre spesielle typer rør innenfor betongrørprodusentenes standardsortiment er f.eks. *Flume*, produsert av Østraadt Rør Gruppen, og *Q-Max* og *Q-Max V*, produsert av Basal. Disse rørene har ikke et sirkulært vått tverrsnitt, men en oval form og/eller en mindre renne langs bunn av røret. Hensikten med denne løsningen er at røret i tillegg til å kunne håndtere tidvis store vannmengder også opprettholder selvrensing av røret under lave vannmengder.

Disse rørtypene kan være gode løsninger når store vannskyll, som gir tilstrekkelig selvrens for rørdimensjonen, forekommer sjelden, eller ved lite fall på rørstrekningen.



Figur 13: Rør med ikke-sirkulære tverrsnitt (fra toppen: Flume, V-rør og eggeformet)

Maulprofil

Maulprofilrøret er utformet for å kunne ha et stort tverrsnitt uten at det bygger for mye i høyden.



Figur 14: Maulprofilrør (Leveres, men produseres ikke i Norge)

Pressrør

For bruk i forbindelse med rørpressing/microtunneling finnes det rør som er spesielt forsterket i rørvegg og rørskjøt for å motstå de store kreftene røret vil bli utsatt for under pressing. Røret skjøtes med stålmansjett som vist i Figur 15. Det er viktig å fokusere på krav til stålmansjettens kvalitet, da denne kan leveres i flere materialkvaliteter.



Figur 15: Pressrør med stålmansjett (Leveres, men produseres normalt ikke i Norge)

Rørdeler

Av rørdeler i betong som er å finne i produsentenes standardsortiment kan følgende nevnes:

- Bend, korte og lange (noe begrenset utvalg, men 5 grader bend lages i alle dimensjoner. Kapping og liming av bend med valgt avvinkling er mulig på bestilling, men medfører noe dårlig hydraulikk og redusert robusthet)
- Grennrør/skrårør (begrenset utvalg)
- Spissvendere
- Dimensjonsoverganger (begrenset utvalg)
- Propper

5.1.16. Kummer

Kumringer og kumdeler

I hovedsak skilles det mellom standard kummer iht. NS 3139 med løse tetningsringer, ig-kummer med innstøpt tetningsring og økt styrke (tykkere vegg) og T-merkede kumdeler.

I standard sortimentet for kumdeler finnes det pre-fabrikerte deler opp til en diameter på 3000 mm for standard elementer og 2000 mm for ig-elementer. Dette omfatter kumringer med og uten bunn, mellomdekke, overgangsplater, symmetriske og asymmetriske kjegler, justeringsringer og betonglokk. Maks. dimensjon for de ulike elementtypene varierer noe.

Støpejernslokk og -ramme leveres av egne produsenter av støpejernsgods.



Figur 16: Oppbygging av typisk kum

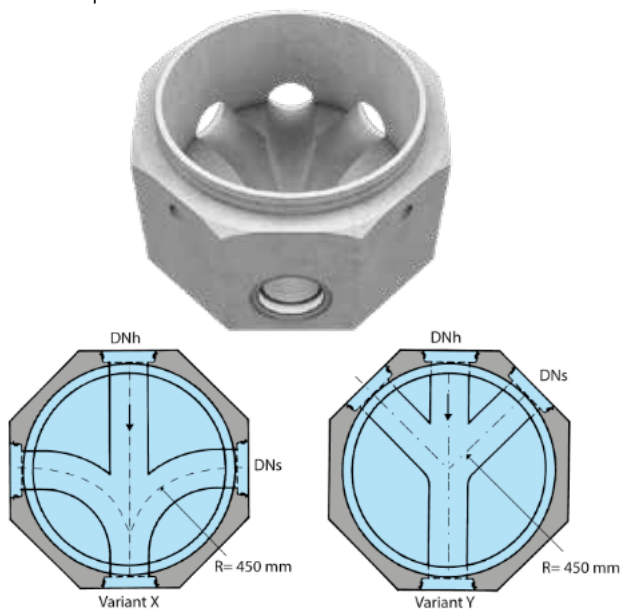
Prefabrikkerte rennekummer

Det finnes flere typer rennekummer med forskjellige bunnseksjoner i standardsortimentet til betongprodusentene. Alternativene varierer fra faste renneløp i betong eller plast, til avvinklede renneløp hvor produsentene støper et tilpasset renneløp etter behov. Dersom det benyttes kummer med flere renneløp enn de som blir tatt i bruk, bør disse forblendes, fortrinnsvis på en slik måte at det ikke dannes bakevjer med stillestående spillvann. Standard kumbunner leveres normalt med fall gjennom kummen. For hydrauliske egenskaper i renner, se kap. 5.4.2.

BUNNSEKSJONER I BETONG FOR MINDRE DIMENSJONER OG SIDELØP

Disse har som regel et hovedløp og to sideløp med innløpsvinkler på 45°, eller 90°. 90° bør om mulig unngås på grunn av at det har vært dårlige erfaringer med hensyn til avleiringer og at det gir noe redusert hydraulikk. Bunnseksjonen har en indre diameter på DN 1000 og er opp mot 1 m høy. Bunnseksjonene i DN 1000 kan skjøtes med overgangsplater til DN 1200 for å få bedre plass i kummen.

Hovedløpet har dimensjon fra DN 150 til DN 400 (90° leveres kun opp til og med DN 300)
Sideløpene har mindre, eller like stor dimensjon som hovedløpet.

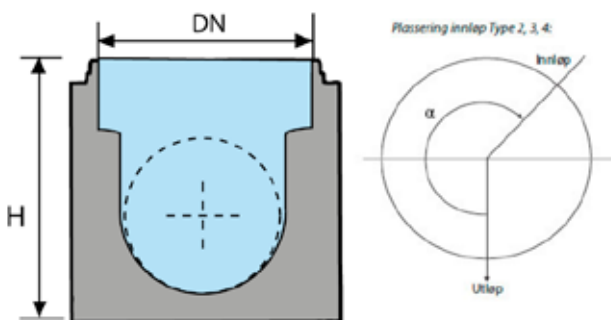
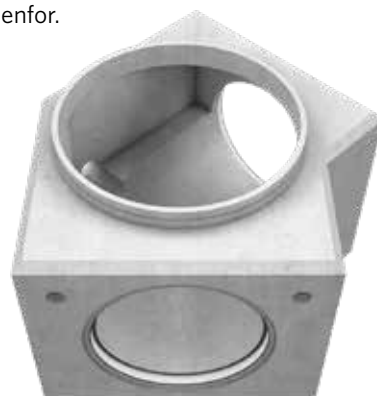


Figur 17: Bunnseksjoner i betong for mindre dimensjoner og sideløp (90° sideløp bør unngås om mulig)

BUNNSEKSJONER I BETONG FOR STORE RØRDIMENSJONER

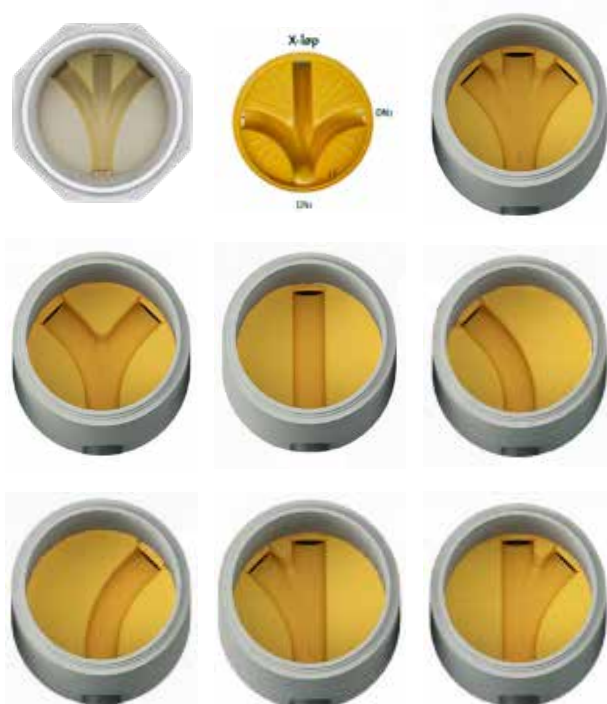
I standardsortimentet finnes det bunnseksjoner med kumringer fra DN 1000 og opp til DN 1600. Disse bunnseksjonene har normalt ett hovedløp, men enkelte produsenter tilbyr også mindre sideløp. Rennekummer større enn DN 1600 må normalt spesialbestilles eller plasstøpes.

Bunnseksjoner med DN 1000 kumring kan ikke ha større dimensjon på hovedrenneløp enn DN 800, men bunnseksjoner med større kumringer kan ha like stor dimensjon på hovedløpet som kumdimensjon, opp til DN 1600. Avvinklingen kan utføres som vist på figurene over, og vil alltid maksimalt variere mellom $90^\circ < \alpha < 270^\circ$, se fig nedenfor.



Figur 18: Bunnseksjoner i betong for store rørdimensjoner

Premod PP og Optikum er bunnseksjoner produsert med helstøpt plastrenne for tilpassing mot rørsystem av plastmaterialer. Overgangsmuffene ved innløp og utløp er tilpasset rør av materiale PVC og PP i dimensjoner fra og med DN 160 til og med DN 315. Disse typene rennekummer produseres som nedstigbare i dimensjon 1000 (og kan tilpasses 1200 kumringer) i faste vinkler med Y-løp (45°) og X-løp (90°). Produseres også som inspeksjonskum 650. Renna gjennom kummen er bygget med 1-2% fall for god hydraulisk kapasitet. Tidligere ble tersing og forblendingsskjold benyttet for å blinde ubrukte renneløp. Nå leveres kummer i så mange standard varianter at renneløp i stor grad kan tilpasses uten behov for tersing/forblending av overskytende løp.



Figur 19: Oversikt tilgjengelige bunnseksjoner med plastbunn. Tilgjengelige kumdiametre varierer, normalt DN1000 og DN650 (90° sideløp bør unngås om mulig)

BUNNSEKSJONER MED SPESIALTILPASSET RENNELØP

Renneløp med spesialtilpasninger som ulike inn- og utløpshøyder, varierende antall innløp og avvinkling er krevende å produsere, og må i mange tilfelle plaststøpes eller støpes for hånd hos betongprodusentene. Enkelte produsenter har derimot startet med industriproduksjon av spesialtilpassede renneløpskummer for å kunne



Figur 20: Eksempler på spesialutførelser/muligheter for skreddersydde kummer. (Basals «Briljant»)

rasjonalisere denne produksjonsprosessen. Produksjonen gjøres ved at en støpeform/renneforskaling freses ut av et plastmateriale og tilpasses hvert enkelt tilfelles unike behov for inn- og utløpshøyder, avvinklinger, fall og rørdimensjon etc. Bunnseksjonen støpes deretter med den spesialtilpassede støpeformen og kan monteres med overgangsmuffer til alle typer rørmateriale. Eksempel på dette er Briljant fra Basal.

Prefabrikerte vannkummer

Prefabrikerte bunnseksjoner for vannkummer med opplegg for forankringskonsoll av støpejern har blitt en del av betongprodusentenes standardsortiment og gir en komplett løsning for direkte installasjon i grøft. For å dimensjonere en trygg og godt fungerende prefabrikkert vannkum, kan VA-Miljøblad 112 «Kumsikkerhet – Dimensjonering prefabrikkert vannkum» legges til grunn. Dette miljøbladet har som formål å gi kravspesifikasjoner for prefabrikerte vannkummer og veilede byggherre og prosjekterende til sikker dimensjonering og valg av løsning. Miljøbladet legger kun PN16 (prøvetrykk 21 bar) til grunn for sine styrkeberegninger. De fleste ledningssystemer i Norge har imidlertid et driftstrykk på under 10 bar (prøvetrykk 15 bar). Dette innebærer at kummene i de fleste tilfeller vil være betydelig overdimensjonerte.

VA-Miljøblad nr. 112, som er et supplement til blad nr. 1 «Kum med prefabrikkert bunn», gir spesifikasjonskrav for kummer med vannledningsdimensjoner, armatur og rørdeler fra DN 100 til og med DN 400. Dette gjøres ved inndeling i forskjellige styrkeklasser. **Kummer som har større ledningsdimensjoner enn dette, skal prosjekteres og dimensjoneres for hvert enkelt tilfelle.**

Bladet dekker kun tilfeller med rett gjennomløp og flensekryss/T-rør eller ventilkryss/ventil-T. Avvinkling/bend i kum inngår ikke. Drenering av kum utføres ved kjerneboring og pakning. Fall mot drenering på slike kummer mangler.



Figur 21: Typisk prefabrikkert vannkum

Bruk av prefabrikerte totalløsninger, f.eks. vannkummer, som beskrevet i VA-Miljøblad 112, medfører noen begrensninger i forhold til plasstøpte kummer. Med plasstøpte kummer er det større muligheter for å tilpasse kummen til eksisterende ledninger og spesifikke forhold på stedet.

Andre typer kummer

Andre prefabrikerte kumtyper, som normalt leveres som standard sortiment, er bl.a.:

- Sandfang
- Infiltrasjonssandfang
- Fordrøyningskummer
- Flushkum
- Infiltrasjonskum
- Inntakskum
- Inspeksjonskummer (liten diameter)
- Slamavskillere
- Fettavskillere
- Oljeutskillere
- Pumpekummer/pumpesumper

5.7. Oversiktstabell for armerte og uarmerte betongrør

Tabell 4: Oversiktstabell over produserte rør i henhold til NS3121 og standard sortiment fra produsent (November 2017)

Nominell størrelse (DN)			Vegg- tykkelse t [mm]*	Byggelengde l [mm]**	Tillatt avvik innv. diame- ter [mm]*	Minste anbefalte overdekning [m]**	Største tillate overdekning [m]*
Uarmerte rør		Armerte rør					
Mufferør	Falsrør	Falsrør					
100			29		± 5		15
125			30				12
150			33	500 / 1000	± 5	0,5	10
200			37	500/1000/1500	± 5	0,5	8
250			45	500/1000/1500/2000	± 5	0,5	7
300			53	500/2000	± 5	0,5	6
	300		90	1000/2000/2250	± 5	0,5	12
400			63	1000/2000	± 6	0,5	5
	400		85	1000/2000/2250	± 6	0,5	7
	500		90	1000/2000/2250	± 7	0,5	6
	600		94	1000/2000/2250	± 8	0,5	4
		600	94	1000/2000/2250	± 8	0,5	4***
		800	98	1000/2000/2250	± 10	0,5	4***
		1000	115	1000/2000/2250	± 12	0,5	4***
		1200	136	1000/2000/2250	± 14	0,5	4***
		1400	156	1000/2000/2250	± 15	0,5	4***
		1600	176	1000/2000/2250	± 15	0,5	4***
		1800	200	2000	± 15	0,5	4***
		2000	215	1500	± 15	0,5	4***
		2400	250	1500	± 15	0,5	3***
		3000	320	1750		På forespørsel	

* Krav iht. NS 3121

** Selges som standard sortiment fra produsent

*** Rør med større overdekning må spesialbestilles. Overdekning må oppgis ved bestilling, men rør med inntil 3 eller 4 m maks overdekning er normalt standard lagervare (merk at overdekning på standard lagervare kan variere). Det kan spesialbestilles rør for opptil 10 m overdekning i dimensjonsområde DN 600-DN 2000 i henhold til NS 3121.

Alle betongrør på det norske markedet produseres etter NS 3121, med betongkvalitet M40 (eller bedre), og etter de tekniske krav som tilsvarer rør med T-merking.

6. Anbefalinger vedrørende betongkvalitet og tetthetskrav

I tabellene nedenfor gis det anbefalinger til valg av betongrør og -kummer i forhold til hvilke krav som stilles til tetthet, og hvilken betongkvalitet som er nødvendig ved ulike eksponeringsforhold.

6.1. Tetthetskrav til rør

Den totale tettheten til et rørstrekk vil avhenge av både rørskjøten og selve rørets tetthet. Tettheten til selve røret vil avhenge av betongens tetthet og rørets veggtykkelse. Tettheten til rørskjøten vil avhenge av selve tetningsringen, monteringen av tetningsringen, samt av spissendens og muffens nøyaktighet (toleranse) og overflate (porefrihet). For ig-rør er tetningsringen integrert i røret. For rør med løs glidetetningsring må tetningsringen monteres i grøfta.

NS 3121 stiller samme krav til tetthet for rør med eller uten integrert tetningsring. Dvs. at skjøter med glide-tetningsring og skjøter med ig-tetningsring, etter NS

3121, skal være produsert under samme krav til tetthet, og vil i prinsipp framstå som like tette.

I tabellen nedenfor har vi imidlertid gitt ig-rør en ekstra fordel når det gjelder tetthet siden risiko for feilmontering av tetningsring i grøfta ikke er til stede.

Forklaring til tegnbruk

+++	Meget godt egnet
++	Godt egnet
+	Egnet
-	Anbefales ikke

Tabell 5: Rørvalg avhengig av krav til tetthet

Krav til tetthet	Rør etter NS3121 med løs glidetetningsring T-merket	Rør etter NS3121 med løs glidetetningsring ikke T-merket	IG	IG-T
Ingen krav til tetthet	+++	+++	+++	+++
Lite krav til tetthet	+++	++	+++	+++
Normalt/høyt krav til tetthet	++	-	++	+++
Høyt/ekstra høyt krav til tetthet	-	-	-	++

6.2. Tetthetskrav til kummer

Når det gjelder den totale tettheten til kummer, så vil det i tillegg til selve kummen være fokus på kumhals og lokk. Lokk og rammer er ikke tema i denne rapporten, men det skal nevnes at kumhals med falsskjøl vil gi vesentlig bedre tetthet enn bruk av NS-ringer med not og fjær. Dersom det stilles krav til tetthet i kumhalsen, anbefales bruk av falsskjøter i de tilfeller der dette er tilgjengelig.

Tettheten til selve kumelementene vil avhenge av betongens tetthet og veggtykkelsen. Tettheten til skjøten vil avhenge av selve tetningsringen, monteringen av tetningsringen, samt av spissendens og muffens nøyaktighet (toleranse) og overflate (porefrihet). For ig-kummer er tetningsringen integrert i kumelementet.

For kumelementer med løs glidetetningsring må tetningsringen monteres i grøfta.

NS 3139 stiller samme krav til tetthet til kumelementer med eller uten integrert tetningsring. Dvs. at skjøter med glide-tetningsring og skjøter med ig-tetningsring, etter NS 3139, skal være produsert under samme krav til tetthet og vil i prinsipp framstå som like tette.

I tabellen nedenfor har vi imidlertid gitt kumelementer med ig-tetningsring en ekstra fordel når det gjelder tetthet. Dette pga. at risiko for feilmontering av tetningsring i grøfta ikke er til stede og at elementene har noe større veggtykkelse.

Tabell 6: Valg av kumelementer avhengig av krav til tetthet

Krav til tetthet	Kumringer etter NS 3139 med løs glidetetningsring, T-merket	Kumringer etter NS 3139 med løs glidetetningsring, ikke T-merket	IG	IG-T
Ingen krav til tetthet	+++	+++	+++	+++
Lite krav til tetthet	+++	++	+++	+++
Normalt/høyt krav til tetthet	++	-	++	+++
Høyt/ekstra høyt krav til tetthet ¹⁾	-	-	-	++

1) Enkelte produsenter kan levere spesialkummer med tetthetsgaranti strengere enn NS 3139

6.3. Valg av betongkvalitet

Dersom man ikke spesifiserer ønsket betongkvalitet ved bestilling, så vil man i Norge normalt få M40 eller bedre både for rør og kumelementer. Dersom det er normalt til meget aggressive bruksområder, vil det normalt ikke være behov for å spesifisere betongkvaliteten ved bestilling. Ved særdeles aggressive bruksområder, eller

spesialtilfeller bør man vurdere nærmere hvilken betongkvalitet som vil være tilstrekkelig bestandig. I spesialtilfeller kan det være aktuelt med spesielle tiltak som f.eks. å legge et belegg av annet bestandig materiale på betongoverflaten.

Tabell 7: Valg av betongkvalitet i forhold til eksponeringsforhold/bruksområde

Miljø produktet kan bli eksponert for:	M45	M40	Max Kvalitet el. tilsvarende	Sulfatresistent betong 1)	Merknader
Normalt aggressive bruksområder	++	++	++	++	
Meget aggressive bruksområder, f.eks. liten-moderat eksponering av sulfater	-	+	++	++	
Særdeles aggressive bruksområder, alunskifer	-	-	+	++	
Særdeles aggressive bruksområder, diverse spesialtilfeller	-	-	-	-	Krever spesiell vurdering/tiltak

Sulfatresistent betong oppnås ved bruk av sulfatresistent bindemiddel, eller annen godkjent tilsetning (kfr. NS-EN 206:2013+NA:2017, tabell NA.13)

7. Utførelse av VA-anlegg i betong

Dette kapittelet skal veilede bruker og kommune fra mottak av betongprodukt til legging/bygging av et godt og velfungerende VA-anlegg.

7.1. Mottakskontroll

Mottakskontroll på anleggsstedet for å bekrefte at leveransen er i henhold til bestilling og fri for skader og mangler er avgjørende for et godt kvalitetsmessig prosjektresultat. Betongprodukter er solide, men sårbare for slagskader, spesielt på utsatte steder. Transport-skader fra produsent til anleggsplass er derfor alltid en reell risiko. For å unngå skader er det viktig at det benyttes riktig laste- og losseutstyr.

Godkjenningskriterier for skader på rør og kummer er ikke klart definert i gjeldende standarder. Det vil ofte forekomme et visst omfang av skader på større leveranser, f.eks. i form av slagskader/avskallinger i muffe og spissende på rør og kummer. Dersom det avdekkes skader, kan det være et tegn på at røret/kumringen har vært utsatt for hard behandling, og ekstra kontroll bør utføres. Små skader vil ikke ha noe å si for kvalitet og tetthet. Større skader bør resultere i retur av varen. Mindre og reparerbare skader kan eventuelt utbedres på stedet. Vurdering av grensetilfellene kan være tema for diskusjon.

Generelt skal et rør eller et kumelement være fri for skader eller uregelmessigheter som kan virke ugunstig på tetthet, styrke eller nedsatt levetid. Når det gjelder porer og ujevnheter i overflaten, tillates en maksimal dybde på 6 mm med maksimal diameter 15 mm, forutsatt at det ikke går ut over tetthet, styrke eller holdbarhet. Kfr. NS 3121 og NS 3139 kap. 4.3.2.

Eksempler på vanlige skader på rør og kumelementer er vist i vedlegg 1 og 2.

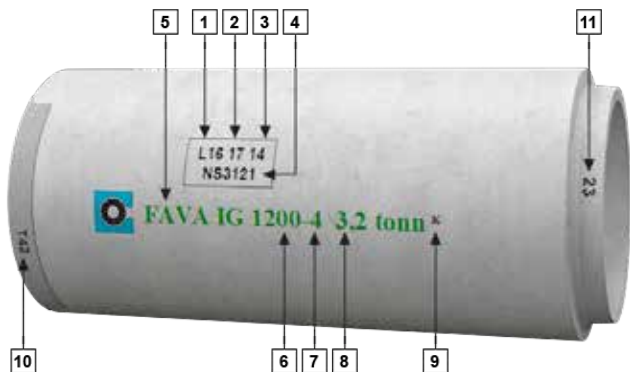
7.1.1. Mottakskontroll for rør

Ved mottak av betongrør skal mottaker visuelt kontrollere at disse er i samsvar med bestilling og uten skader. For kommunale anlegg vil kommunene ofte ha lokale krav og retningslinjer for mottak av betongprodukter. Viktige punkter som bør gjennomføres i en mottakskontroll er som følger:

- Korrekt antall og vare iht. bestilling
- Kontroller spesielt spissende og muffe
- Kontroller overdekningsklasse
- Kontroller for støpereir/separasjon
- Kontroller overflater for riss og skader
- Kontroller spesielt innvendig overflate for rør (ruhet)
- Kontroller tetningsringer
- Kontroller løfteanker (før løfting)
- Kontroller merking
- Eventuelt armeringsoverdekning (med håndholdt måleapparat)

Det skal alltid kvitteres for mottatte produkter. Skadede produkter bør returneres umiddelbart.

Merking av betongrør og rørdeler skal utføres iht. NS 3121, kap. 8.



- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1 Østraadt Rør identitetsnummer | 7 Overdekning |
| 2 Produksjonsuke | 8 Vekt |
| 3 Produksjonsår | 9 Kontrollrådets logo |
| 4 Anvendt produktstandard | 10 Egenkontroll tetthet |
| 5 Produktangivelse | 11 Egenkontroll spissmål |
| 6 Dimensjon | |

Grønn stempelfarge angir max kvalitet

Svart stempelfarge angir standard kvalitet

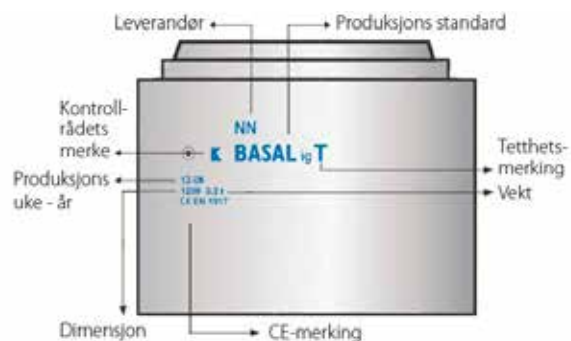
Figur 22: Eksempel på merking av rør (fra Østraadt)

7.1.2. Mottakskontroll for kummer

Ved mottak av betongkummer skal mottaker visuelt kontrollere at disse er i samsvar med bestilling og uten skader. For kommunale anlegg vil kommunene ofte ha lokale krav og retningslinjer for mottak av betongprodukter.

Viktige punkter som bør gjennomføres i en mottakskontroll for kummer er tilsvarende som for rør, se kap. 7.1.1.

Merking av kumelementer skal utføres iht. NS 3139, kap. 8.



Figur 23: Eksempel på merking av kumelement (fra Basal)

7.2. Transport, håndtering/løfting, lagring

Hvordan betongelementene skal transporteres, løftes, lagres og legges/monteres angis av produsenten i monteringsanvisningen.

Varemottak

God planlegging av anleggsgjennomføringen inklusive bestilling/varemottak bør utføres slik at man unngår unødvendig mellomagring av varene før installasjon. For å unngå unødvendig intertransport/lagring kan det være aktuelt at betongleverandøren leverer varene på strategiske steder langs «grøftekanten» forutsatt tilstrekkelig kjøreadkomst. Ved mottak av produktene er det viktig at det gjennomføres en grundig mottaks-kontroll, som beskrevet nærmere under kap 7.1.

Lagring

Lagring og stabling av rør og kummer må gjøres på et underlag som er egnet til dette. Dette medfører at underlaget må være plant, stabilt og ha tilstrekkelig bæreevne. For å sikre at produktene går fri av terreng og at de ikke fryser fast i bakken vintertid, bør man også bruke mellomlegg av gummi eller tre mellom produktene og underlaget. Det bør også brukes et mellomlegg mellom produktene for å hindre kontakt mellom betong og betong.

Under stabling av produktene bør det også tas hensyn til produktets form og hvordan stablingen bør utføres på best mulig måte. Ved stabling av mufferrør bør annet hvert lag endesnus slik at muffene stikker utenfor rørstammen. Også ved stabling av falsrør bør annet-hvert lag endesnus. Kumringer skal lagres stående.

Ved lagring og stabling av kummer og rør må en alltid sikre mot utrasing, og stabelavslutningen må derfor alltid sikres forsvarlig slik at utrasing ikke kan forekomme.

Løfting

For å enkelt kunne løfte og montere rør og kummer anbefales det å benytte løfte- og monteringsmetoder som anbefalt av produsent. Alle falsrør og kumelementer er normalt utstyrt med løfteankre tilpasset dette. Det anbefales at det anvendes godkjent løfteutstyr ved all håndtering for å unngå skader. Innstøpte ankere som skal anvendes til løfting, må kontrolleres spesielt før løft.

- Løfteanker skal være fast innstøpt uten skader
- Løfteanker skal ikke være løst
- Ankerhode skal kun kobles til løfteanker uten hinder

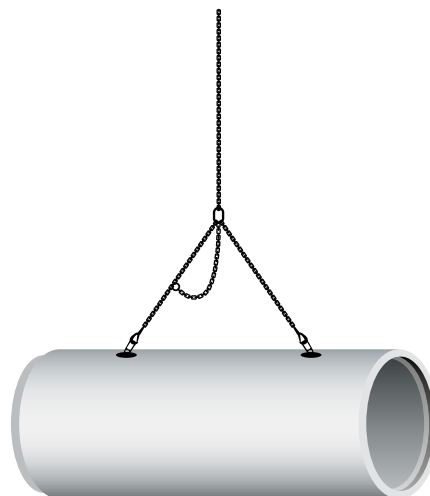


Figur 24: Eksempel på korrekt løfteanker (for rør og kummer)



Figur 25: Feste av løftekrok til løfteanker

Løfteankrene blir innstøpt i alle falsrør og kumringer på fabrikken, og er tilpasset et løfte- og monteringsverktøy bestående av tre kjettingdeler. De to korteste kjettingene er like lange og festes til røret ved ren løfting, med røret i horisontal posisjon, se Figur 26. Det er viktig at kjettingskrevets toppvinkel ikke er større enn 60 grader, noe som oppnås ved at kjettingene i kjettingskrevet er like lange eller lengre enn avstanden mellom løfteankrene.



Figur 26: Løfting av betongrør

For kummer anvendes normalt en todelt løftkjetting, som vist på Figur 27, et monteringsverktøy som er lett og enkelt i bruk.

Figur 27: Løfting av bunnseksjon i betong



7.3. Bygging av ledningsanlegg av betong

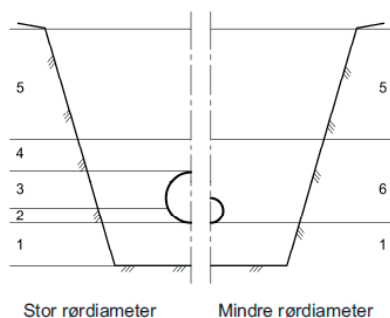
Nedenfor beskrives fundament, omfylling og gjenfylling for grøft for ett betongrør av varierende dimensjon. Dersom det er flere rør av ulike materialer i felles grøft, vil det være det røret som har strengest krav til maks. kornstørrelse som bestemmer korngraderingen for hele grøfta. Det er oftest ikke hensiktsmessig å bruke flere masser med flere korngraderinger i omfyllingen. I felles grøfter ender det oftest opp med at standard grøftepukk blir benyttet både i fundament og omfylling.

Utførelse av grøfter for betongrør vil i prinsipp være lik som for øvrige rørmaterialer, men det kan stilles egne, lempede krav i forhold til maks. kornstørrelse for fundament, omfylling og gjenfylling.

Nedenfor belyses hovedpunktene for utførelse av grøfter med stive rør og de spesielle kravene som vil gjelde i forhold til betongrør. For legging av stive rør generelt henvises det til VA-Miljøblad nr. 6 «Grøfteutførelse stive rør».

7.1.3. Grøftetverrsnittets oppbygging

Grøftetverrsnittet bygges opp avhengig av størrelsen på rør, antall rør, plassering i tverrsnittet og type masser/avstivning. Avstand fra rør til grøftkant avhenger av graveskråning og vil være størst ved vertikale grøftesider



- Tegnforklaring**
- 1 (Nedre) fundament
 - 2 Øvre fundament (store rørdiameter)
 - 3 Sidefylling
 - 4 Beskyttelseslag
 - 5 Gjenfylling
 - 6 Omfylling

Figur 28: En typisk ledningsgrøft med inndeling i soner for utførelse

på grunn av tilgang til å utføre en fast og god sidefylling, spesielt mot rørets nedre kvartssirkel. Betongrør har noe større veggtykkelse enn f.eks. plastrør og vil derfor medføre litt bredere grøfter.

For avstander mellom rør og grøftkant henvises det til anbefalinger i VA Miljøblad nr.6 «Grøfteutførelse stive rør» og NS-EN 1610.

Bunnforsterkning

Det er viktig at grøfta utføres slik at setninger og svanker ikke oppstår. Dette ivaretas ved å sikre et godt og stabilt fundament for ledningen. Det må utføres utkilinger ved overgang mellom faste/harde og løse masser og det må foretas masseutskifting ved forekomster av for bløte masser. Der et normalt ledningsfundament ikke er tilstrekkelig til å fordele belastningene til underliggende masser, eller om grøftebunn er for bløt til at rørene kan installeres på en forsvarlig måte, må grøftebunnen forsterkes. Forsterkningen blir oftest gjennomført som masseutskifting med grøftepukk, eller grovere masser, samt geotekstil/geonett. I noen tilfeller må ytterligere tiltak utføres.

Disse forholdene vil mer eller mindre være viktige for alle typer rør, men er spesielt viktig for uarmerte betongrør som er sårbare for bøyemomenter i lengderetningen.

Fundament

Fundament for rør kan generelt deles inn i nedre fundament og øvre fundament. Øvre fundament blir normalt ikke benyttet i forbindelse med betongrør, men ved store rørdimensjoner og sammenfallende høy belastning vil det selv for betongrør være av betydning at støtten på nedre kvartssirkel (øvre fundament) blir utført med støttende og stabile masser. Dette gjelder spesielt ved bruk av stedlige masser til omfylling.

Fundamentet utgjør en viktig del av grøftetverrsnittet, og mange ledningsfeil skyldes dårlig utførelse av fundamentet. Krav til fundamentets tykkelse varierer med grunnforhold og rørdimensjon, men som et generelt krav skal fundamentet ha en minimumstykkelse på 150 mm under røret og minimum 100 mm under

muffen dersom denne har større utvendig diameter enn selve røret. Det stilles også krav til at fundamentet skal komprimeres. Dersom fundamentet består av ensgradert pukk skal komprimeringen skje med minst en passering med vibrostamper, vibroplate, lett stålvalse eller liknende. Øverste tredjedel av komprimert fundament skal imidlertid rakes, eller eventuelt være løst utlagt slik at man sikrer best mulig kontaktflate mot røret i hele dets lengde.

Tabell 8: Anbefalte fundamenttykkelser for alle rørmaterialer avhengig av grunnforhold og rørdiameter (NS 3420 F, tabell F13)

Nominell rørdiameter (mm)	Normale grunnforhold (mm)	Harde grunnforhold, f.eks. berg eller betong (mm)
DN < 400	150	150
400 ≤ DN ≤ 1200	200	300
1200 ≤ DN ≤ 2000	250	400

Maksimal tillatt steinstørrelse i fundamentmassene er vist i Tabell 9. Dersom grøftegrunnen består av komprimerbare masser med god bæreevne og største steinstørrelse mindre enn vist i tabellen, er masseutskiftning i fundamentsonen ofte ikke nødvendig for rørets del. Består grøften av for eksempel hard eller meget fast morene, silt, leire, eller fjell bør massene skiftes ut og et nytt fundament bør legges ved bruk av tiltransporterte friksjonsmasser. Geotekstil skal brukes der det er nødvendig for å hindre sammenblanding av fine og grove masser.

Tabell 9: Anbefalte maksimale kornstørrelser i fundament for betongrør (NS 3420 F, utdrag fra tabell F11)

Rørtype	Nominell rørdiameter (mm)	Største nominelle kornstr. (mm)	
		Velgraderte masser	Ensgraderte masser
Betongrør	DN < 400	32	22
	DN ≥ 400	53	32

Sidefylling og beskyttelseslag (omfylling)

Sidefyllingen er den delen av omfyllingsmassene som støtter (og styrker) røret på sidene, spesielt på nedre halvsirkel. I og med at betongrør har stor ringstivhet vil ikke støtte fra sidefyllingen ha så stor betydning som for rør med lav ringstivhet. Men jo større rørdiameteren er, jo viktigere vil det bli med god støtte mot rørets nedre halvsirkel, kfr. også tekst vedrørende øvre fundament under kap. «Fundament» ovenfor.

Sidefyllingen regnes fra topp fundament og opp til topp rør. Beskyttelseslaget regnes fra topp rør og opp til underkant av gjenfyllingen. Som navnet sier er beskyttelseslaget sin primære funksjon å beskytte røret mot større stein som oftest forekommer, eller blir benyttet i gjenfyllingen. Tykkelsen på beskyttelseslaget settes vanligvis til 300 mm over topp rør. Tykkelsen vi ha betydning for hvor stor stein som er forsvarlig å benytte i gjenfyllingen. Generelt vil man kunne ha større stein i gjenfyllingen dersom beskyttelseslaget er tykkere. Mer om dette under avsnitt om gjenfylling. Største tillatte steinstørrelse for både sidefyllingen og beskyttelseslaget er som vist i tabell 6.

For betongrør med DN ≥ 400 settes maksimal steinstørrelse til 120 mm. På grunn av noe bedre stabilitet ved bruk av grov stein enn ved fine masser, kan steinfraksjon 20-120 mm benyttes. Bruk av maksimal steinstørrelse på 120 mm gjør det også mer aktuelt å gjenbruke stedlige sorterte masser rundt betongrør, spesielt i tilfeller hvor rørene ligger utenfor vei, hvor det oftest ikke stilles krav til bruk av klassifiserte masser. Stedlige masser for gjenbruk bør imidlertid være godt egnet dersom det skal være økonomisk lønnsomt å sortere på grøftekanten. Dersom ledningen ligger under trafikkert område, eller andre områder hvor det stilles strenge krav til at overflaten skal være setningsfri, bør det velges tilkjørte komprimerbare masser i hele grøftetverrsnittet. Sonen rett over røret skal for øvrig ikke komprimeres. Bruk av grovere tilkjørte masser er normalt også rimeligere enn finere masser.

Tabell 10: Anbefalte maksimale kornstørrelser for sidefylling og beskyttelseslag (omfylling) for betongrør (NS 3420 F, tabell F12)

Rørtype	Nominell rørdiameter (mm)	Største nominelle kornstørrelse* (mm)
Betongrør	DN < 400	64
	DN ≥ 400	120
Stål- og støpejernsrør		32

*Dersom ikke rørleverandøren stiller andre krav

Overdekning

Rørets overdekning regnes fra topp rør til terrengoverflaten. Det anbefales generelt minimum 0,5 m overdekning over alle betongrør i ferdig vei. Hva røret tåler av overdekning vil avhenge av rørets produksjonsnorm og dimensjon. Betongrør er dimensjonert for belastningstilfeller relatert til overdekningen. For mufferrør vil tillatt overdekning normalt være fra 0,5 m til 10 m avhengig av rørdimensjon. Tillatt overdekning for falsrør vil være avhengig av om røret er armert eller ikke, og dernest av armeringsmengden. Falsrørene dimensjoneres og

armeres i henhold til spesifikasjon av høyden på overdekningen. Tabell 7 i NS 3121 angir overdekning fra 0,5 til 10 m for falsrør. Overdekningen må angis ved bestilling av rør. Mufferør og falsrør for spesielt store overdekninger eller belastninger (utover det som er spesifisert i NS 3121) kan leveres på bestilling.

Gjenfylling av grøfter

Krav til utførelse av gjenfyllingen vil avhenge av bruken og krav til overflaten. I veier og arealer som dimensjoneres for trafikklast vil minimalisering av setninger være første prioritet. Da benyttes vanligvis knuste masser som kult 20-120 mm, eller tilsvarende, eventuelt sprengt stein med krav til maksimal steinstørrelse. I henhold til Vegnormalene i Håndbok N200 kan det benyttes stein med maksimum diameter lik ledningens beskyttelseslag, dvs. normalt 300 mm. Ifølge NS 3420:2008, F Del 1, oppgis maks steinstørrelse (Dmaks) i gjenfylling til 0,5 m for gjenfylling som skal komprimeres. Det stilles spørsmålstegn ved denne bestemmelsen som et generelt krav.

Ifølge betongrørprodusentene er rørene generelt robuste nok til å kunne tillate en maksimal steinstørrelse i gjenfyllingen på 0,5 m, men da under forutsetning av at gjenfyllingen utføres med normal forsiktighet (f.eks. at en stein med denne størrelsen ikke blir sluppet direkte ned fra stor høyde direkte på beskyttelseslaget). Dersom man sammenholder krav til lagtykkelse for komprimering og krav til maksimal steinstørrelse med tanke på beskyttelse av røret, vil maksimal steinstørrelse i gjenfylling for betongrør generelt være hensiktsmessig å sette til 300 mm. Dersom det skulle foreligge spesielle behov for å benytte Dmaks 0,5 m i gjenfyllingen, vil det eventuelt være aktuelt å tillate benyttet høyere opp i gjenfyllingen, og ikke umiddelbart over rørets beskyttelseslag.

Dersom gjenfyllingsmassene skal være setningsfrie, må de komprimeres. Graden av komprimering er avhengig av kravet til setningsfrihet på terrengoverflaten. Ved komprimering er det krav til at største tverrmål for stein ikke skal overstige 2/3 av lagtykkelsen. Komprimering og krav til overdekning på rør før komprimering er gitt i NS 3458:2004, tabell 2 og 5.

Gjenfyllingsmassene må vurderes i hvert enkelt tilfelle om det er fare for teledannelse og overflatens krav til setningsfrihet. Utenfor trafikkbelastede arealer som veier og plasser, vil det ofte være gunstig å benytte stedlige masser. Ved bruk av stedlige masser vil det være massenes innhold av stor stein som bestemmer grensesnittet mot ledningen og dens beskyttelseslag. Mot betongrør vil behovet for utsortering av stor stein

bli mindre enn f.eks. plastrør som har strengere krav til maks steinstørrelse i forhold til tykkelsen på beskyttelseslaget (Dmaks. = 1/3 av avstanden mellom røret og til steinen iht. NPG)

7.1.4. Legging og montering av rør

Gummitetningsringer i rørskjøter

For å sikre tette skjøter og for at skjøtene skal kunne oppta eventuell lastoverføring mellom rørene, skal betongrør monteres med gummitetningsringer i rørskjøtene. Gummitetningsringen skal også gjøre skjøtene fleksible slik at de kan ta opp vinkelendringer på grunn av forskyvninger og setninger i grunnen. Selv for rør hvor det ikke er behov for helt tette skjøter, er det viktig at rørene monteres med gummitetningsringer da det kan være risiko for knusning i skjøtene dersom det tillates direkte betongkontakt.

Det finnes som tidligere nevnt to kategorier tetningsringer: Løse tetningsringer og faststøpte tetningsringer integrert i muffen. Dagens gummitetningsringer, glidetetningsringer, er lette å montere riktig, har stor tetningsflate mot betongrøret, og gir dermed stor sikkerhet for en tett skjøt.

Rørmontering

Før montering av rør med innstøpt tetningsring er det viktig å gjennomføre en del forberedelser. Spissende og muffer må rengjøres. Spesielt må tetningsringsleiet kontrolleres nøye for skader og feil. All emballasje rundt røret må fjernes, for eksempel isoporen for ig-tetningsringene. Spissenden må smøres med f.eks. Forsheda glidemiddel, eller tilsvarende.

Ved montering av rør med løse tetningsringer, settes tetningsringen på spissenden, inntil resesskanten. Ved bruk av løs tetningsring er det viktig at det kontrolleres at riktig tetningsringsdimensjon anvendes og at strekket i tetningsringen utjevnes under montering.

Ved legging av mufferør begynner man vanligvis fra den laveste enden av grøften med muffen pekende oppover, mot fallet. For at rørstammen og muffen skal få jevnt anlegg mot fundamentet må det graves ut for muffen. Spissenden sentreres i muffen før sammentrekning og trekkes sammen ved bruk av riktig monteringsverktøy, jekkejetting (for små rør) eller maskinelt utstyr, se Figur 29. Gravemaskinskuffen skal ikke benyttes! Eventuell vinkelendring i skjøt utføres etter at rørene er sammentrukket. Etter rørleggingen må det kontrolleres om rørene er riktig montert. Dette gjøres bl.a. ved å sjekke innstikk i muffen ved å måle utvendig gap mellom spissende og muffer for falsrør. For mufferør måles

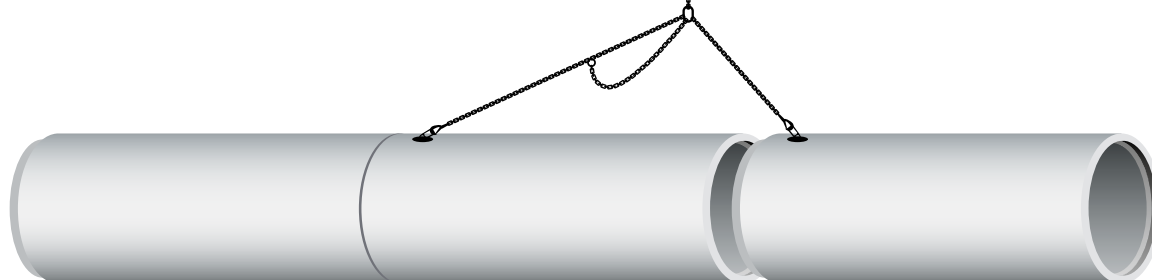
innvendig gap, eller man markerer og måler innstikkslengden. Gap skal være iht. leverandørens anvisning. Maks. og min. verdier skal kunne oppgis av leverandøren. Maksimal avvinkling i skjøter må også overholdes i forhold til leverandørens og prosjekterendes anvisninger. Maksimal tillatt avvinkling for de mindre rørdimensjonene (opp til DN 300) er normalt ca. 3,0° og for de større rørene (DN 1200-DN 2000) ca. 1,0-0,6°. Det anbefales imidlertid at rørene blir prosjektert og lagt med noe mindre avvinkling. Maksimalt ca. 50 % av anbefalt maks. tillatt avvinkling for store rør og 75 % for små rør. Dette for at man skal sikre å ha noe å gå på i forhold til senere bevegelse pga. setninger etc. og noe margin i forbindelse med leggenøyaktighet.



Figur 29: Leggeverktøy for mufferrør og falsrør, «Pipelifter»

Ved legging og montering av falsrør bør det benyttes et tredelt løfte- og monteringsverktøy, som vist nedenfor. Dette verktøyet er utstyrt med to like lange kjettinger som brukes til løfting og transport, og en tredje kjetting som er litt lengre og som brukes til å trekke sammen rør. Det første røret heises ned i grøften og legges på plass ved bruk av verktøyet. Deretter heises det neste røret inntil det tidligere lagte røret. Ved å koble fra kjettingen nærmest muffen (og hekte den fast i løftekroken), og så koble monteringskjettingen (den lengste) til løfteankeret ved spissenden på foregående rør, kan man med et jevnt drag oppover trekke det nye røret på plass uten at foregående rør forskyves, se Figur 30. Se også Figur 26 kap. 7.2 for ren løfting av røret.

Figur 30: Montering av falsrør med monteringskjetting



7.1.5. Tilknytninger til hovedledninger uten kum

For betongrør er utvalget av grenrør begrenset, spesielt for store dimensjoner. Tilknytning av større sideledninger utføres med rennekummer. For mindre ledninger anbefales det generelt at tilknytninger også utføres til kum, eller ved montering av grenrør. Dersom det ikke er mulig eller hensiktsmessig å benytte et grenrør i betong, kan det benyttes andre metoder. Tilknytning av mindre dimensjoner, stikkledninger, sandfangledninger etc. til hovedledninger kan utføres ved hulltaking og diverse pakningsløsninger. Aktuelle løsninger er:

- Kjerneboring med standardløsninger, type Polva sadelgren eller tilsvarende (se Figur 31). Finnes i flere utgaver. Kjenetegnes ved at de har en stopper som hindrer at stikkledningen kan komme for langt inn i hovedledningen. Leveres normalt i en utgave for hovedledninger opp til ca. DN 300 - 400 med stikkledninger DN 110 - 160, og i en utgave for større hovedledninger for stikkledninger DN 110 - 160.
- Kjerneboring og standard pakning type AR, eller tilsvarende (se Figur 32). Kan utføres i tilnærmet alle dimensjoner. Fare ved denne løsningen er at grenrøret kan komme for langt inn i hovedledningen og hindre vanngjennomstrømningen (innstikkende rør). Det finnes imidlertid på markedet en klave i PE som kan monteres på stikkledningen for å kontrollere innstikkslengden, se Figur 34.
- Sadelgren i PVC, klassisk utgave med 45° gren, mye benyttet tidligere (se Figur 33), festes med strammebånd rundt røret. Leveres normalt for hovedledninger opp til ca. DN 300 - 400 og stikkledninger DN 110 - 160.



Figur 31: Rørtilknytning, type sadelgren og type rett, standardløsninger med 90° tilknytning



Figur 32: Rørtilknytning, ved kjerneboring og pakning, med 90° tilknytning



Figur 33: Rørtilknytning med sadelgren, klassisk, med 45° gren



Figur 34: Rørstopper for kontroll av innstikkslengde

De kjerneborede løsningene bores 90° på hovedledningen og vil ikke få en ren 45° tilknytning som ved et grenrør. Ofte settes det inn et 45° kortbend direkte inn i pakningen, eller i den borede grenløsningen som har 90° tilknytning, (Figur 31 og Figur 32).

Før boring på eldre ledninger må ledningens tilstand vurderes. Det anbefales generelt kun boring på skadefrie rør produsert etter ca. 1980 iht. de nye standardene. Rørinspeksjon bør gjennomføres før boring. Det bør generelt ikke bores med større bordiameter enn 230 mm for rør mindre enn DN 800. For DN 800 og større kan det bores med bordiameter opp til 300 mm. Boring

på mufferrør og rør mindre enn DN 300 anbefales ikke. Rørprodusentens anbefalinger bør følges.

Ved kjerneboring i armerte rør vil armeringen bli blottlagt i det gjennomborede snittet. For å redusere korrosjon på armeringen, bør blottlagt armering beskyttes dersom den ikke tettes av tetningsringen.

For tilknytning til eksisterende betongledninger, dersom dimensjon på stikkledningen er større enn ca. DN 160 - 200, og/eller hovedledningen er for liten til at det kan utføres kjerneboring med tilstrekkelig dimensjon, kan grenrør i PVC/PP monteres ved at hovedledningen kappes og skjøtes med PVC-rør. Standardutvalget av grenrør og rørdeler for PVC/PP i mindre dimensjoner er noe bedre enn for betong. Denne løsningen kan også benyttes dersom stikkledningen har stor vannføring i forhold til hovedledningen, og det ønskes en best mulig hydraulisk vannstrøm med 45° tilknytning. Dette kan være en aktuell løsning for tilknytninger til hovedledninger opp til DN 400-500. Se Figur 35.



Figur 35: Skjøting av eksisterende betongrør med PVC/PP og grenrør

7.1.6. Montering av kummer og kumgrupper

Montering av kum

Kontroll og klargjøring av kummer og skjøt/tetningsring utføres etter samme rutiner som beskrevet for rør. Til fundamentet brukes friksjonsmasser med maks steinstørrelse 53 mm, og massene avrettes og komprimeres til normal komprimering iht. NS 3458, tilsvarende som fundament for rør.

Når fundamentet for kummen er klargjort, monteres det en spissvender i det siste rørets mufte, og bunnseksjonen sentreres på spissvenderen. Den videre monteringen av kummen skjer ved at kumdelene heises over underliggende del, sentreres og senkes forsiktig ned. Normalt vil kumdelenes vekt være tilstrekkelig til å sikre en god sammenføyning av skjøten. For å hindre telehiv av kumringer anbefales det å fylle godt drenerende masser rundt klummen, maks steinstørrelse 120 - 150 mm.

For å kunne utføre nødvendige arbeider i en kum er det nødvendig med et minimum av plass i kummen. Nedstigningskummer defineres som kummer med diameter > DN 1000. Flere ledningseiere setter krav til minimum diameter 1200 mm for nedstigningskummer for avløp og minimum 1400 mm for vannkum på hovedledning.

Oppdrift

På grunn av vekten er betongkummer i liten grad utsatt for oppdrift. Likevel er det viktig å vurdere oppdrifts-faren, spesielt dersom grunnvannstanden er høy. Særlig dype kummer, eller pumpesumper i kombinasjon med høy grunnvannsstand eller flomsituasjoner, kan medføre at en må sikre konstruksjonen mot oppdrift. Tilfeller med høy grunnvannstand og store kumdimensjoner kan eventuelt kreve ekstra bunnarmering. For at bunnseksjonen i større grad skal forankres til grunnen, og for å øke tyngden, har normalt Ig-kummer en utvendig fals i form av en forlengelse av bunnplaten.

Kumhals, overgang mellom kjegle/topplate og lokk

Justeringsringer i kumhals kan ofte bli påvirket av sideveis krefter. Dersom NS-skjøter med not og fjær benyttes, bør det i hver skjøt monteres støttering i stål/aluminium for å få en stabil kumhals. I de senere år er det kommet i produksjon justeringsringer med falsskjøt. Disse er stabile sideveis og støttering er ikke nødvendig.

Kumhals, og spesielt øverste justeringsring, er ekstra utsatt for skade, spesielt i anleggsfasen. For å redusere risikoen for dette kan et grovt flettverkstau mellom toppring og lokkramme monteres midlertidig («Flette-lise»). En bedre løsning, som også gir permanent beskyttelse av toppring/kumhals, er å benytte toppring, «dempering», av plastmateriale som har en viss elastisitet.

Rørgjennomføringer og tilknytning til kum

Rørgjennomføringer og tilknytninger til kum kan utføres på flere forskjellige måter. De beste løsningene oppnås ved bruk av standardiserte løsninger.

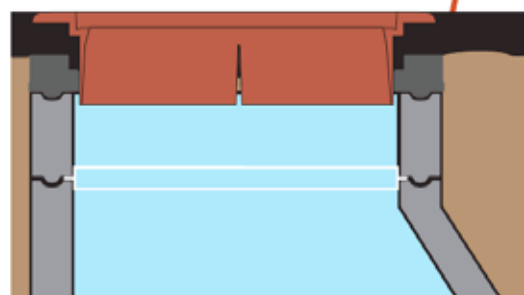
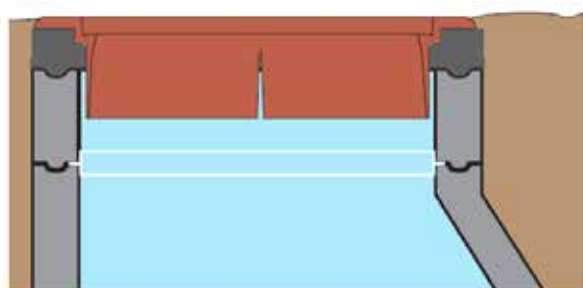
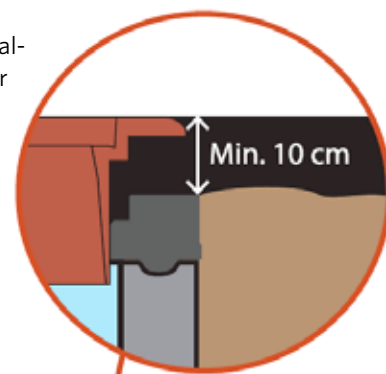
Tilknytninger

For kumtilknytning med betongrør, i alle dimensjoner, leveres det standardiserte kummer utstyrt med muffe tilpasset spissenden på røret. Dette er normalt skjøter med innstøpt tetningsring, med tilsvarende egenskaper som skjøtene på røret. For at det skal sikres samme betongkvalitet i hele kummen, produseres bunnseksjonene inklusive tilknytningssmuffen i en operasjon, dvs. ved monolittisk støp.

For plastrør i mindre dimensjoner (opp til ca. DN 315) finnes det standardiserte renneløpskummer i betong. Disse bunnseksjonene er utstyrt med innstøpte plastrenner som har plastmuffe for alle tilknytninger til kummen. Muffene er tilpasset plastrør PVC/PP etter NS-EN 12201. For korrugerte rør finnes det derimot ingen standardløsninger for tilknytninger til prefabrikerte bunnseksjoner.

Tilknytting for plastrør i større dimensjoner og korrugerte rør har ikke standardiserte løsninger, og må som regel spesialtilpasses. En vilkårlig innstøping av plastrør og rørdeler i betongkummer kan gi varierende kvalitet, spesielt med hensyn til tetthet. Dette på grunn av plastmaterialets betydelig større temperaturutvidelseskoeffisient. Innstøping av slike rørdeler bør eventuelt utføres med kassestøp og ekstra utvendig tetningsring, eventuelt injeksjonsslange rundt rørdelen slik at man har mulighet til å injisere tettemiddel for å sikre tilstrekkelig tetthet der det er behov.

Ved systemproduksjon av spesialtilpassede kumbunner, systemer tilsvarende Basal Brilljant, kan muffe som er identisk med muffen til rørtypen som benyttes, støptes inn i kummen. På denne måten kan det benyttes samme tilknytningsskjøt/tetningsring i kum som på rørene som benyttes.



Figur 36: Oppbygging av kumhals med justeringsringer, dempering (i plast) og ramme/lokk. Utførelse i anleggsperioden (venstre) og i permanent drift (høyre)

Rørgjennomføringer

Med rørgjennomføringer menes her rene veggjennomføringer i kumringen, hvor det ikke er snakk om tilknytning til renner. I slike tilfeller benyttes det kjerneboring og en gummipakning som er egnet for typen rør som benyttes. Det blir ikke benyttet betongrør til veggjennomføringer, oftest plast eller duktilt støpejern. Pigging for hulltaking i kummer anbefales ikke. Rørgjennomføringer med pakninger i kumringer for ulike rørmaterialer og funksjon kan kategoriseres som følger:

- For gjennomføringer i kumvegg med rør i PVC, PP eller PE, for kabler eller selvfølgelig (innføringer i sandfang, drenering av kummer, etc.) benyttes normalt AR pakning, eller tilsvarende, se Figur 37.
- For gjennomføringer for stikkledninger for vann (ofte i PE-materiale) benyttes kompakte pakninger type AR, eller tilsvarende, se Figur 37.
- For hovedvannledninger, trykkledninger (støpejern, PE eller PVC) og hvor det kreves toleranser i forhold til sentrisk montering i det kjerneborede hullet, benyttes normalt pakning type «kombipakning» se Figur 38.
- For gjennomføringer med ekstra krav til god tetting, kan det benyttes pakninger som komprimeres ved stramming av klemringer el., se Figur 39.
- For korrugerte rør (x-stream og Pragma etc) finnes det ingen gode eller standardiserte borepakninger for veggjennomføringer i kum.

Rørgjennomføringer med forankring:

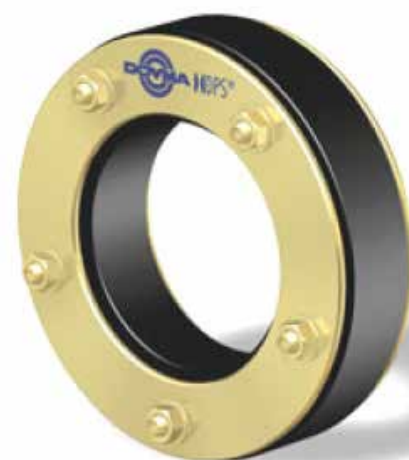
Standard kumringer er ikke dimensjonert for forankring av vannledning i kumvegg. Eventuell utførelse med forankringer i kumvegg må spesialbestilles. Dimensjonering og armering må utføres iht. krefter som beregnes av prosjekterende. Firkantkummer kan også produseres på fabrikk, men størrelsen vil være begrenset pga. vekt og transport. All forankring av krefter må utføres ved løsninger som kan dokumenteres. For vannkum bygd opp med prefabrikkerte kumelementer bør forankring normalt utføres med standardiserte/sertifiserte konsoll-løsninger av støpejern forankret i kumbunn. Se kapittel 5.6.2 for mer info om prefabrikkerte vannkummer.



Figur 37: Kumgjennomføring med kompakt pakning, type AR



Figur 38: Kumgjennomføring med fleksibel pakning, type Kombipakning



Figur 39: Pakning for kumgjennomføring med ekstra krav til tetthet, (type Doyma).

7.4. Kontroll av anleggsutførelse

7.1.7. Anleggskontroll

Anleggskontrollen skal sørge for at rør og kummer kommer uskadd på plass i grøfta. I og med at betongprodukter er utsatt for slagskader ved uforsiktig håndtering, vil anleggskontrollen være minst like viktig som mottakskontrollen.

Utover formell kontroll som kreves av plan- og bygningsmyndigheter i forbindelse med søknadspliktige anlegg, bør anleggskontrollen mer spesifikt fokusere på kontroll for å sikre den tekniske kvaliteten på ledningsanlegget. Enkelte større kommuner har egne systemer med spesifikke kontrollpunkter og skjemaer som skal benyttes.

Nedenfor er opplistet punkter for anleggskontroll. Enkelte er spesielt rettet mot betongrør og kummer, men flere er mer eller mindre generelle for ledningsanlegg:

- Slag/håndteringsskader ved intern transport
- Stabilt og komprimert fundament (maks steinstørrelse)
- Håndteringsskader i forbindelse med lasting og lossing (bruk av riktig løfteutstyr)
- Riktig legging (bruk av riktig monteringsverktøy, klargjøring, rengjøring av muffe/spissende, muffesprenging)
- Sidefylling og beskyttelseslag (maks steinstørrelse, riktig komprimering)
- Gjenfylling (maks steinstørrelse)
- Stikkledningstilknytninger (innstikkende rør, hydraulikk)
- Kummer (muffe i kumvegg, montering, gummi-pakning, igjenfylling)
- Tetthet, rengjøring, rørinnspeksjon (se egne kapitler nedenfor)

7.1.8. Tetthetskontroll

Ledningsanlegg skal tilfredsstillte tetthetskravene i NS 3420/NS-EN 1610. T-merkede rør skal brukes der det er krav til tette ledninger. Før tetthetskontrollen kan gjennomføres må det utføres nøye planlegging og forberedelser. Anlegget som skal tetthetsprøves må seksjoneres slik at tetthetsprøvingen utføres i hensiktsmessige enheter. Alle åpne ender må tettes slik at man får en tett enhet som kan prøves. Dette er generelt en utfordring, spesielt ved reetablering av eksisterende anlegg hvor drift på anlegget og tilkomst til stikkledninger for tetting oftest er krevende. Dette, samt utfordringer ved sikring av kumtopper ved prøving, er

årsaken til at tetthetsprøving for selvfallsanlegg ofte ikke blir utført i praksis. Tetthetsprøving for endelig godkjenning skal utføres etter at ledninger og kummer er gjenfylt. Generelt anbefales trykkprøving av rør med luft, og kummer med vann.

Tetthetsprøving av rør

Utføres etter ovenfor nevnte standarder og som sammenfattet i VA-Miljøblad nr 24. Kan utføres enten med luft eller vann, men luft blir vanligvis benyttet. For luft er det normert for prøving med 0,1–2,0 m vannsøyle. 1,0 m blir vanligvis benyttet.

NS-EN 1610 beskriver og setter krav til tetthetsprøving for rør ved prøving i grøft. Det kan prøves med luft eller vann etter nærmere spesifisering eller anbefalinger. Lekkasjen ved tetthetsprøving med vann for rørsystemer (ekskl. nedstigningskummer og inspeksjonskummer) skal ikke være større enn 0,15 liter per m² innvendig overflate over en prøvetid på 30 minutter. Prøvetrykket målt ved innvendig topp rør skal minimum være 10 kPa (1 m vannsøyle) og maksimum 50 kPa (5 m vannsøyle). Prøving av enkeltskjøter kan normalt godtas for rørsledninger som er større enn DN 1000, se NS-EN 1610. Iht. NS 3420 skal trykkløse rør med DN over 1000 mm prøves med undertrykk (på grunn av eksplosjonseffekten ved luftprøving av store volumer), se NS 3420 UU1.11.

Tetthetsprøving av kummer

Utføres etter ovenfor nevnte standarder og som sammenfattet i VA-Miljøblad nr 63. Kan utføres enten med luft eller vann, men prøving av kummer med luft vurderes som risikofylt på grunn av eksplosjonseffekten hvor topplater eller lokk kan bli «blåst av». For prøving med luft er det derfor reduserte krav til trykk, avhengig av kummens diameter. NS-EN 1610:2015 anbefaler ikke prøving med luft for kummer med større diameter enn 1,25 m.

NS-EN 1610 gir premisser for tetthetsnivå for kummer ved prøving i grøft. Prøvetrykket målt ved kummens topp skal minimum være 0,1 og maksimum 0,5 meter vannsøyle. Lekkasjen ved tetthetsprøving med vann skal ikke være større enn 0,4 liter per m² innvendig overflate i 30 minutter. Det er naturlig at kravene for tetthet er forskjellig (noe redusert) for kum i forhold til rør, da rør er eksponert for både innlekking og utlekking, mens en kum normalt bare er utsatt for innlekking. Innlekking vil kun være en fare i de tilfeller man har grunnvann som ligger over kumbunn.

7.1.9. Rørinspeksjon

Den viktigste etterkontrollen, av alle typer selvfallsledninger, er rørinspeksjon som blir dokumentert med en rapport og et video-opptak av ledningsanlegget. Rørinspeksjon er godt egnet til å dokumentere blant annet følgende feil i nyanlegg:

- Skader på rørvegg (armeringskorrosjon, sprekker, innlekking)
- Tetningsringsfeil (tetningsring klemmt inn i rørtverrsnittet)
- Feil i rørskjøter (lengdeforskjøvet skjøt)
- Svanker/ujevnt fall
- Feil på tilkoplinger av stikkledninger (innstukket rør, etc.)

7.1.10. Mest vanlige feil ved anleggsutførelse

I forbindelse med intern transport på anlegget og montering av rør og kummer i grøft i senere tid, er følgende feil oftest registrert:

- Skade på rør (slagskader på spissende og muffe)
- Tetningsringsfeil ved løse tetningsringer
- Muffesprenging
- Feil innstikklengde i muffe (for stor eller for liten spalteåpning)
- Tetthetsprøving ikke utført

7.5. Drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold av avløpsledninger vil normalt bestå av å sørge for at ledningen har tilstrekkelig kapasitet og ikke gjenleires over tid eller tilstoppes. Videre må dette følges opp med nødvendige tiltak, samt utførelse av eventuelle reparasjoner grunnet ekstern mekanisk belastning. Når ledningen begynner å nærme seg sin levetid, kan det være aktuelt med levetidsforlengende tiltak som f.eks. innføring av strømppe. Det er utviklet flere gode metoder for dette som egner seg godt for betongrør.

7.1.11. Tilstopping

Det største driftsproblemet i forbindelse med avløpsledninger av betong har vist seg å være tilstoppinger. Tilstopping skjer i hovedsak der en tilknyttet ledning er ført for langt inn i hovedledningen og dermed reduserer rørtverrsnittet. For å unngå dette problemet har det blitt utviklet tilknytninger (sadelgren) med stoppekant som stopper tilknyttet rør på rett sted, i flukt med hovedrørets innervegg, eller noe før.

7.1.12. Spyling

For rengjøring av avløpsledninger er spyling med høyt trykk det viktigste tiltaket. Et ledningsnett bør normalt spyles etter behov eller med jevne mellomrom. Det er da av vesentlig betydning at ledningsnettet er motstandsdyktig mot vanntrykket fra spyledysen. Ved spyling utsettes rørveggen for store mekaniske belastninger fra vanntrykket. Belastningen er særlig stor ved rørskjøter (kanter) og der ledningen ligger i krapp kurve, eller ved tilknytninger til hovedledningen. Dagens betongrør motstår normalt høytrykkspyling med god margin.

7.1.13. Adkomst til ledning, minikummer

For tilstrekkelig adkomst for vedlikehold av ledningsnettet er det avgjørende med kummer på riktig sted og med riktig utforming. For å sikre tilfredsstillende adkomst for spyling, slamsuging og rørinspeksjon stilles det krav til at kumrenner i bunnseksjonen skal ha en åpen renne på minimum 400 mm. De ulike kommuner har forskjellige krav til kumdimensjoner og kumavstander. Ofte kreves minimum annenhver kum utført som nedstigningskum og stake-/spylekum, og eventuelt minimumskrav til diameter på 600 mm for stake-/spylekummer. Kummer kan utføres i betong eller plast.

8. Referanser

«*Kommunalt avløp*» Statistisk sentralbyrå: publisert 26. juni 2017,

link: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/vil-ta-160-ar-a-skifte-ut-det-kommunale-spillvannsnett>

«*Vann og avløpsteknikk*» **Hallvard Ødegaard, Norsk Vann**

«*Buried pipe design*» **A.P. Moser**

«*Tilstand og tilstandsendringer for betongavløpsledninger*» **Sveinung Sægrov, NTNU**

«*Geoteknikk I veibygging*» **Statens Vegvesen Håndbok V220**

«*Dimensjonerende laster og prøvelaster for betongrør til vegkonstruksjoner*» Vegdirektoratet Intern rapport; 1521

Rapporten bygger også på bidrag fra:

Kontrollrådet

Kommuner i styrings- og referansegruppen

Østraadt Rør Gruppen AS

Basal AS

«*God betong er bestandig*» **Norcem**

NS 3121:2003 /A1:2010 - *Rør og rørdeler av betong - Uarmert, stålfiberarmert og armert betong*

NS 3139:2003 /A1:2010 - *Kummer av betong - Uarmert, stålfiberarmert og armert betong*

NS-EN 1916:2002 /AC:2008 - *Rør og rørdeler av uarmert betong, stålfiberarmert betong og armert betong*

NS-EN 1917:2002 /AC:2008 - *Nedstigningskummer og inspeksjonskummer av uarmert betong, stålfiberarmert betong og armert betong*

NS 3420-F:2008/AC:2010 - *Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del F: Grunnarbeider*

NS 3420-U:2016 - *Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del U: Rørinstallasjoner*

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017 - *Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar*

VEDLEGG 1

Eksempler på feil og skader på rør:

Bilder er hentet fra heftet «Mottakskontroll» av Østraadt Rør Gruppen

Porer i forkant av gummitetningsring på IG-rør:



Liten skade



Stor skade

Transportskade på muffe-ende for rør:



Mindre skade



Større skade

Transportskade på spiss-ende for rør:



Mindre skade

VEDLEGG 2

Eksempler på feil og skader på kummer:

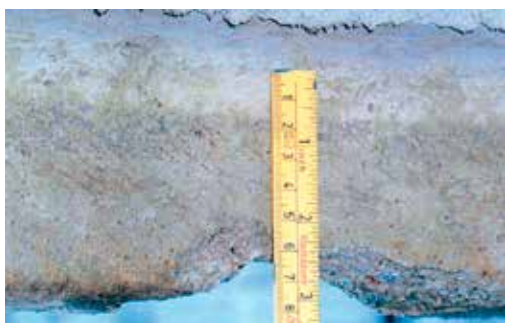
Bilder er hentet fra hefte «Mottakskontroll» av Østraadt Rør Gruppen

Skade på spiss-ende for kummer:



Mindre skade

Transportskade på muffe-ende for kummer:



Mindre skade



Stor skade

Transportskade på spiss-ende for kummer:



Mindre skade



Stor skade

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2018	239	Beregning av bærekraftig lekkasjenivå	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp	142	NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet				
	238	Informasjonssikkerhet og skybaserte tjenester	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren	B2	PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.				
	234	Rørinspeksjon av hovedledninger for vann og avløp	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene	C3	Samarbeid om økt bruk av avløps slam på grøntarealer				
	232	Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå minst 100 års levetid?	C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet						
2017	231	NOMiNOR: Natural Organic Matter in drinking waters within the Nordic Region	2010	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg	2004	141	Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp		
	230	NOMiNOR: Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann		177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status		140	NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt		
	229	Sikring av vannforsyning mot tilskjete uønskede hendelser		176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene		139	Erfaringar med kloring og UV-stråling av drikkevann		
	228	Tilførsel av industrielt avløpsvann		175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger		138	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave		
2016	227	Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg	174	Hygienisering av avløps slam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting	137	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (Erstattet av 181/2011)	2003	133	IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning	
	226	Tømming av slam	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør	136	Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?		132	Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR	
	225	Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt	135	Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller		131	Effektivisering av avløpssektoren	
	224	Eierskap til stikkledninger	B13	Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.	134	VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av boken Vann- og avløpsrett (2010) og nettportalen va-jus.no)		130	Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg	
2015	222	Dokumentasjon av utslipp fra avløpsnettet	2009	172	Trykktap i avløpsnett	129	Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger	2002	128	Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
	221	Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder		171	Erfaringer med lekkasjekontroll	C1	Sårbarhet i vannforsyningen		127	Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene – en samarbeidsmodell
	B21	Utvikling av studietilbud i bachelor i vann- og miljøteknikk		170	Veileder til god desinfeksjonspraksis	126	Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie		125	Mal for forenklet VA-norm
	B20	Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk		169	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2	124	Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1		123	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter (Utgått)
2014	220	Kritiske ledninger for vann og avløp – klassifisering og tiltaks vurdering	168	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg	2008	167	Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier	2001	119	Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
	219	Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen	166	Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg		166	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren		118	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (Erstattet av 138/04)
	218	Vann til brannsløkking og sprinkleranlegg	165	Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata		165	Norm for tagkoding i VA-anlegg		117	VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av 134/03)
	217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov	B12	Drikkevann i media		164	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann		116	Scenarier for VA-sektoren år 2010
2013	216	Finansieringsbehov i vannbransjen 2016-2040	2007	163	Veiledning for innhentning og evaluering av tilbud på analyseoppdrag	163	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren	2000	115	Pumping av avløps slam. Pumpetyper, erfaringer og tips
	215	Tilbakestrømssikring – veiledning til vannverkseiere		162	Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering	162	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren		114	Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
	214	Forslag til ny sektorlov for vann tjenester		161	Helsemessig sikkert vannledningsnett	161	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)		113	Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
	213	Sikkerhetsstyring for vannbransjen		160	Driftserfaringer med membranfiltrering	160	Datafylt – Klassifisering av avløpsledninger		112	Erfaringer med nye rensløsninger for mindre utslipp
2012	212	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg	159	Håndbok i kildesporing i avløps systemet	B8	Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren	2006	111	Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune	
	211	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann	158	Termoplastrør i Norge – før og nå	B7	Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring		110	Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg	
	210	Veiledning for praktisering av selvkost	B11	Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler	B6	Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk		109	Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen	
	209	Veiledning i mikrobiell barriere analyse	B10	Vannkilden som hygienisk barriere	B5	Utslipp fra bilvaskehaller		108	Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater	
2011	208	Stikkledninger – ansvar og teknisk utforming	2006	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene	B4	Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.	107	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave	
	207	Biostabilitet i drikkevannsnnett		C6	I veien for hverandre – Samordning av rør og kabler i veigrunnen	B3	Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag	106	Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering	
	206	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene		157	Organiske miljøgifter i norsk avløps slam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07	C5	Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen – veiledning	105	Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg	
	205	Åpne flomveger i bebygde områder		156	Veiledning for oljeutskilleranlegg	C4	Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling	104	Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999	
2010	204	Fra driftsassistanser til regionale vannassistanser	2005	155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren	145	Inspeksjonsmanual for avløps systemer. Del 1 – Ledninger			
	203	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline		154	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren	144	Veiledning i overvannshåndtering (Erstattet av 162/08)			
	202	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline		153	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren	143	Kartlegging av mulig helse risiko for abonnenter berørt av trykkløst vannledning ved arbeid på ledningsnett			
	201	Anskaffelser i vannbransjen		152	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren					



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no