

Høringsutkast - Praktiske råd ved valg av ledningsmateriale

Innholdsfortegnelse

Innledning	2
Kapittel 1 – Tekniske og funksjonelle forhold	3
<i>Innvendig og utvendig miljø (korrosjon, begroing og erosjon).....</i>	<i>3</i>
<i>Grunnforhold, ledninger i grøft, undervannsledninger, ledninger over terreng.</i>	<i>4</i>
<i>Lastpåvirkning (vanntrykk, jordlast, trafikklast).....</i>	<i>5</i>
<i>Temperaturpåvirkning.....</i>	<i>6</i>
<i>Miljøpåvirkning/ Forurensset grunn</i>	<i>7</i>
<i>Trasefleksibilitet i linjeføring</i>	<i>8</i>
<i>Driftsspesifikke forhold</i>	<i>8</i>
<i>Topografi</i>	<i>9</i>
<i>Grøftefrie metoder</i>	<i>9</i>
<i>Store ledningsdimensjoner</i>	<i>9</i>
Kapittel 2 – Vurdering av ulike ledningsmaterialer egnethet.	11
Kapittel 3 - Fordeler og ulemper med de ulike rørmaterialene	15

Innledning

Denne veiledningen er utformet som en praktisk guide og gir konkrete råd om valg av rørmateriale basert på tekniske og funksjonelle forhold, som bruksområde, belastning, grunnforhold, driftsforhold og andre sentrale faktorer. Veiledningen tar ikke spesifikt hensyn til bærekraft og miljøpåvirkning. Det forutsettes at ledningsanleggene skal ha en levetid på minst 100 år.

I denne veiledningen fokuserer vi på følgende ledningsmaterialer som brukes for hovedledninger i Norge i dag:

RØRMATERIALE	FORKORTEELSE
Polyvinylklorid uten mykner	PVC-U
Polyetylen	PE
Polypropylen	PP
Glassfiberarmert plast	GRP
Duktilt støpejern	SJK
Stål	ST
Betong	BTG

Kapittel 1 gir en oversikt over relevante tekniske og funksjonelle forhold som bør vurderes ved valg av rørmaterialer. Det inneholder også eksempler og utdypninger som forklarer hvordan ulike forhold påvirker materialvalg. I kapittel 2 vurderes de ulike rørmaterialenes egnethet opp mot disse forholdene, mens kapittel 3 presenterer fordeler og ulemper ved de ulike rørmaterialene.

Kapittel 1 – Tekniske og funksjonelle forhold

Innvendig og utvendig miljø (korrosjon, begroing og erosjon)

Korrosjon

Aktuelle medium som transporteres er råvann, drikkevann, spillvann og overvann.

Det kjemiske miljøet i et behandlet drikkevann anses å være uproblematisk for alle rørmaterialer i nye rør og vil ikke medføre nevneverdig korrosjonsfare. Det er imidlertid viktig at det for rør av duktilt støpejern og stål velges riktig type sementmørtel for å oppnå en levetid på 100år.

Råvann kan skape utfordringer på grunn av mulig aggressivitet ved lav pH verdi. Innvendig betongliner på metalliske rør kan bli angrepet. Det samme har vært tilfelle med betongrør som transporterer surt vann. Stål og duktile støpejernsrør kan behandles innvendig med epoksy eller polyuretan, alternativt med mørtel av høyaluminatsement.

Duktile støpejernsrør, stål og betongrør krever på samme måte ekstra tiltak for å kunne transportere spillvann. Spesielt vil hydrogensulfid i avløpsvannet være aggressivt med hensyn til korrosjon på betong. Ved bruk av stålrør til transport av avløpsvann bør man anvende riktig stålkvalitet basert på avløpsvannets sammensetning og/eller grunnvannets kjemiske kvaliteter.

Betongrør kan gis en ekstra innvendig beskyttelse ved å påføre et belegg av epoksy eller tilsvarende.

Når man vurderer levetiden til et rørmateriale som skjøtes med muffert, må man også vurdere tetningsringens materiale og bestandighet. Tetningsringen vil bli utsatt både for innvendig og utvendig vannmiljø. Det er en generell oppfatning om at tetningsringen vil kunne begrense rørets levetid, og at det derfor må stilles krav også til disse elementene, for eksempel oljebestandig pakning for spillvannsrør, som er avgjørende der det kan forekomme innslag av oljeholdig avløpsvann.

Vann og avløpsledninger vil i mange tilfeller være utsatt for et aggressivt grunnvann/grunnforhold. Marin leire gir grunnlag for korrosjon pga. sulfatreduserende bakterier. Andre forhold som påvirker korrosjon er alunskifer, andre kisbergarter, sjøvann (klorider), lekkstrøm fra elektriske likestrømsanlegg (f.eks. trikkeskinner), galvanisk korrosjon.

I nærheten av høyspentlinjer og jernbaner kan lekkasjestrøm (vagabonderende) gi groptæring på metalliske rør med skade i korrosjonsbelegget.

Betong kan utsettes for mange typer av korrosjon:

- Utlutingskorrosjon
- Kjemisk korrosjon
- Sprengningskorrosjon
- Biologisk nedbryting

For metalliske rør vil korrosjonstypene være:

- Galvanisk korrosjon
- Elektrolytisk korrosjon
- Biokjemisk korrosjon (anaerobe bakterier)

Plastrør er ikke utsatt for korrosjon, verken innvendig eller utvendig. Dette gjør dem motstandsdyktige mot påvirkninger som lav pH, hydrogensulfid, sulfatreduserende bakterier, lekkstrøm og andre aggressive grunnforhold, som marin leire og alunskifer.

For mer informasjon om innvendig og utvendig korrosjon og korrosjonstiltak, henvises til Norsk Vann Rapport A274/2022 Korrosjonsbeskyttelse – erfaring og ny kunnskap og 173/2010 - Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør.

Begroing

Begroing på innvendige røroverflater kan medføre bakterievekst og redusert kapasitet. Det er dog ingen klar tendens til at noen materialer er bedre egnet enn andre i denne sammenheng.

Man må forvente at alle typer av ledninger må spyles (eventuelt renseplugg) med jevne mellomrom for å redusere trykktap og energikostnader samt unngå lukt og smak. Vannhastigheten bør begrenses til < 6 m/s ved normalt avløpsvann for å unngå slitasje på rørveggen som følge av erosjon.

Grunnforhold, ledninger i grøft, undervannsledninger, ledninger over terreng.

Dårlige grunnforhold

Tradisjonelle grøfter i sand, grus og morenemasser gir et godt fundamenteringsgrunnlag for alle typer ledninger. Dårlige grunnforhold med bløt leire, myr, blandingsjordarter vil kunne medføre setninger.

Når ledningene blir utsatt for ekstra belastning og krefter ved dårlige grunnforhold, bør en vurdere rørmaterialer med høyere ringstivhet, strekkfasthet og fleksibilitet. Her er det viktig også å ikke utsette røret for ytterligere tilleggsbelastninger på grunn av dårlig anleggsutførelse.

Undervannsledninger

Installasjon av ledninger under vann medfører tilleggsbelastninger som strøm- og bølgekrefter, samt dynamiske krefter under senkning av ledningen.

I slike anlegg har man tradisjonelt nesten utelukkende benyttet PE rør i VA-sammenheng. Stålrør (karbonstål) benyttes blant annet i olje og gass bransjen, men er bare benyttet i noen få VA-prosjekt i Norge, spesielt med høye trykk.

I noen tilfeller med enkle geometrisk traseer har rør av GRP og duktilt støpejern vært anvendt. PP kan benyttes på samme måte som PE, men har ikke fått samme anvendelse da rørprodusentene har valgt å satse på PE som trykkør.

Ledninger installert over terreng

Fremføring av ledninger over terreng (fundament og rørbruer) medfører krav til understøttelse av rør, samt beskyttelse mot påvirkninger fra vær, vind, påkjørsler mm. For alle rør gjelder forutsetning om at understøttelser må beregnes (c/c avstand) ut fra statiske kriterier.

Slike anlegg må i tillegg dimensjoneres spesielt for trykkrefter, termiske krefter og "bjelkelaster" forårsaket av vind, snø og egenvekt.

Normalt må rør som ikke kan tømmes, isoleres mot frost. Dette kan enten utføres med utvendig varerør og isolasjon med ekstrudert polystyren, eller i form av en beskyttelseskasse som fylles med isolasjonsmateriale. Samme løsninger benyttes når ledninger henges opp i broer eller installeres i kulverter / tunneller. Det finnes anlegg av PE der ledningen ligger direkte på terrenget i en nedsenket åpen grøft. Da må ledningen legges i kurver, slik at den kan ta opp ekspansjonen ved temperaturendringer.

Lastpåvirkning (vanntrykk, jordlast, trafikklast)

De fleste rørmaterialene vil tåle normale belastninger fra hydrauliske krefter, jordtrykk, temperaturkrefter og nyttelaster innenfor sitt bruksområde. Forskjellene kommer først frem når grensene tøyes. Ved høye trykk >20 bar vil noen materialer falle bort. Ved store grøftedyp >10 m får man en tilsvarende reduksjon i aktuelle rørmaterialer. Høye temperaturer >45°C gir samme virkning.

Ekstreme trafikklaste >50 tonns akseltrykk, f.eks. på lukkede industriområder, er også ekskluderende med hensyn på materialvalg. Rystelser fra sprenging, spunting og jordskjelv kan gi kritiske situasjoner for ikke-fleksible materialer. Stive rør som rør av duktilt støpejern og stål kan tåle slike krefter, men innvendig belegget kan bli skadet.

Innvendig trykk

Det innvendige trykket i ledningen skaper strekkspenninger i rørveggen i ringretningen. For helsveiste rør som PE og stål, vil det i tillegg oppstå spenninger i rørets lengderetning på grunn av tverrkontraksjonen.

Det finnes praktiske grenser for hvor tykkveggede rør det er mulig å produsere. Disse er igjen avhengig av diameteren. Høye trykk og store diametere favoriserer enkelte materialer.

Ved høye trykk i plastrør kan den varige tøyningen (dvs. økningen i diameteren) bli stor. For slike trykkrør må det derfor beregnes om stor langtids tøyning gir noen praktiske problemer (f. eks. skjøting av rør etter en reparasjon).

Utvendig jordtrykk og trafikkbelastning for fleksible rør.

Utvendige belastninger fra jordoverdekning og trafikklast skaper spenninger i rørveggen. Slike spenninger kan føre til ovalisering av ledningen og eventuelt bukling. Skulle ledningen i tillegg være utsatt for et undertrykk, kommer denne belastningen i tillegg. For tynnveggede rør kan en slik belastningssituasjon bli kritisk.

Buklingstrykket for et frittliggende fleksibelt rør uten sidestøtte kan beregnes.

Det samme gjelder når røret ligger i en normalt komprimert grøft med sidestøtte.

Det beregnede buklingstrykket må være større enn den utvendige belastningen fra jordtrykk, trafikkbelastning og hydraulisk undertrykk. Ved dype grøfter ($H > 5$ m) vil en slags broeffekt ("arching faktor") gjøre seg gjeldende. Det samme gjelder for smale grøfter < 5 m. Denne effekten vil redusere summen av jordlast og trafikklast i størrelsesorden 30 – 50 % avhengig av grøftebredde og grøftedyp.

Det hydrauliske undertrykket vil variere i området 0 – 0,01 Mpa og vil i hovedsak skyldes trykkstøt, ledningsbrudd eller uttak av brannvann.

For fleksible gravitasjonsrør vil det også være av interesse å undersøke ovaliseringen av røret som funksjon av den utvendige lasten. En vesentlig ovalisering kan medføre lekkasje i muffeskjøter lenge før rørene bukler.

Utvendig jordtrykk og trafikkbelastning for stive rør.

For stive rør, som f.eks. betongledninger, benyttes et annet formelgrunnlag for å sjekke om rørene har tilstrekkelig styrke til å motstå utvendige laster. I dette tilfellet antas røret å være stivere enn omfyllingsmassene og får minimal sidestøtte fra omkringliggende masser.

Her beregnes den maksimale spenningen i rørveggen ut fra bøyemomentet som påføres fra den utvendige belastningen. Spenningen fordeler seg gjennom rørveggen som strekkspenning innvendig og trykkspenning utvendig.

Spenningen i rørveggen må være mindre enn den dimensjonerende materialspenningen.

Alle rørmaterialene vil kunne tåle grøftedyp opp til ca. 5 m og trafikklast på 10 tonns akseltrykk med overdekning $\geq 1,5$ m forutsatt god installasjon med riktige masser og tilfredsstillende komprimering.

Temperaturpåvirkning

Temperaturkrefter vil kun være aktuelle å vurdere for helsveiste rør som PE og stål. For mufferør vil det ikke oppstå temperaturspenninger, siden rørene har bevegelsesfrihet i hver muffe.

Høye temperaturer vil redusere plastmaterialenes styrke og levetid, hvilket i praksis vil si at de vil tåle lavere vanntrykk og jordlast.

Metalliske materialer vil i liten grad påvirkes av temperatur, men pakningsmaterialet vil endre sine mekaniske egenskaper med økt temperatur og tid. Det må følgelig velges tetningsringer og flensepakninger som tåler de aktuelle temperaturene.

I VA-ledningene er det sjelden temperaturer høyere enn 30 °C. Enkelte kommuner steamer overvannsrør vinterstid for tining. Dette kan gi noe høyere temperaturer.

For praktiske formål kan alle ledningsmaterialene anvendes under 30 °C. Noen materialer som PVC og PP blir sprøere ved lave temperaturer. Denne utfordringen er størst i anleggsperioden på vinterstid. Det er også begrensninger på sveising av PE ledninger ved temperaturer <-10°C.

I driftssituasjoner vil sannsynlig temperaturintervall for VA ledninger ligge i området 0°C<T<20°C. I spesialtilfeller med industribedrifter tilknyttet avløpsnett kan man oppnå temperaturer opp mot 40-50°C. Her bør påslippsavtaler regulere hva som tillates. Høye temperaturer oppstår i avløpsrensaneanlegg med slambehandling basert på anaerob utråtning. Her kan rør bli utsatt for temperaturer >60 °C. Alle de aktuelle ledningsmaterialene vil tåle temperaturer opp mot 45 °C, men de termoplastiske materialene vil få redusert sine trykkegenskaper og levetid med økende temperatur.

Miljøpåvirkning/ Forurensset grunn

Det kjemiske og fysiske miljøet på utsiden av VA ledningene har store variasjoner, fra rent til ekstremt forurensset. Jorden forurenses når miljøgifter og andre uønskede stoffer slippes ut eller graves ned. Dette kan være gamle utslipp fra industri og annen næringsvirksomhet (bensinstasjoner ol), utlekking fra avfallsfyllinger, salt fra vegvedlikehold vinterstid og tungmetaller fra trafikk (bil, fly). I byområder vil man kunne finne forurensset grunn som skyldes menneskelig aktivitet.

Grunnvannet på sin side kan strømme i alle retninger og fordele kildeforurensing over større områder. Det er i første rekke miljøgifter, tungmetaller og petroliumsprodukter som gir grunn til bekymring. Myrmasse kan også gi uønsket smak på vannet.

I forurensset grunn vil det oppstå en konsentrasjonsforskjell mellom de kjemiske stoffene på utsiden av røret og de kjemiske stoffene på innsiden. Det er materialets diffusjonsegenskaper og godstykkelsen som begrenser transporten av forurensningen inn i røret. Det skal bemerkes at diffusjon er helt uavhengig av trykket i røret. Et høyt vanntrykk hindrer ikke diffusjon.

Diffusjon vil være en risikofaktor for alle plastmaterialene. GRP rør forbedres ved å benytte en annen resin enn polyester. PVC har brukbar tetthet mot diffusjon, men det stilles spørsmål om diffusjonstettheten til tetningsringene. PE-materialet har i utgangspunktet den laveste tettheten mot diffusjon. PE kan beskyttes ved å legge inn en diffusjonssperre. Denne kan være enten organisk eller metallisk (aluminiumsfolie). Betong vil ikke være diffusjonstett, men stål og støpejern vil ha gode egenskaper i denne sammenheng. I den totale vurderingen må man også inkludere gummimaterialet i tetningsringene til mufferrør. Tetningsringene kan ha lavere diffusjonstetthet enn rørveggen, men overflatearealene er små sammenliknet med den totale røroverflaten. Slike skjøter kan beskyttes ekstra med aluminiumsfolie og krympemuffer.

Mange har tatt til orde for å benytte diffusjonstette VA rør i urbane strøk. Man benytter "føre var" prinsippet og sier at dersom det ikke er forurensset i dag, vil det bli forurensset i fremtiden.

Diffusjon er i første rekke en risiko som bør vurderes ved små ledningsdimensjoner og liten vannføring. Det er rapportert f.eks. om stikkledninger (<50mm) av PE som har fått oljesmak på vannet.

For vannledninger er det smak og lukt som er hovedproblemet.

Duktile støpejernsrør vil være et godt alternativ med hensyn til diffusjon. Stålrør vil gi en 100 % god løsning.

Trasefleksibilitet i linjeføring

Vi står ofte ovenfor valget mellom å legge rørene i kurver eller benytte bend. Alle mufferrør kan ta en viss avvinkling i skjøten, men det finnes grenser for hvor stor vinkel som kan tolereres. Dette må også holdes opp mot fremtidige setninger i grunnen og tilleggsbevegelser både i horisontal og vertikal retning som følge av trykkrefter.

Mufferrør og stålrør har en begrenset mulighet for å tilpasse seg en kurvet trase. Korte rørlengder gir større fleksibilitet enn lengre rør, men resulterer i flere skjøter. PE og PP-ledninger vil her være klart overlegne med hensyn på fleksibilitet og kan legges i kurver med radier helt ned mot 30 til 60xD, avhengig av trykket. PE-ledninger kan leveres på kveil opp til dimensjon Ø180 mm.

Ved å legge rørene i kurver, vil man spare forankringsklosser. Dette er en fordel i områder hvor det er lite plass i grunnen i forhold til øvrig infrastruktur.

I noen tilfeller vil det være fordelaktig å benytte strekkfaste muffeløsninger, men disse gir som regel en større begrensning med hensyn på fleksibilitet.

Driftsspesifikke forhold

Ved tilpassing til annen infrastruktur i bakken, vil det kunne være en fordel med rørmaterialer som har et godt utvalg av deler, slik at man kan endre rørets linjeføring på korte strekninger der det er behov. Strekkfaste løsninger kan sees på som en fordel ved trykksatte ledninger.

I en driftsfase vil det være gunstig at rørene har stor mekanisk styrke (robusthet), da man kan forvente oppgraving for reparasjon av annen infrastruktur (nærføring med trykkrør). Normalt vil dette ikke være noe stort problem, da annen infrastruktur stort sett alltid vil ligge høyere i terrenget enn VA-ledningene, men det vil være eksempler på nærføringer hvor dette vil være aktuell problemstilling.

Det viktigste sett i forhold til øvrig infrastruktur er å sikre at det aldri blir eksplosivt brudd på VA ledningene, slik at kritisk infrastruktur skades. PVC er i denne sammenhengen mest utsatt. I helt spesielle tilfeller bør det vurderes bruk av varerør utenpå VA-ledningene.

Topografi

VA-ledninger installeres noen ganger i terreng med krevende topografi. Det kan være bratt terreng, store høydeforskjeller samt dype og grunne grøfter.

I bratt terreng må ledningene være strekkfaste og forankres. Det må støpes fundamenter for forankring. Grensen for bratte nedgravde ledninger (med minst 1 meter overdekning) er ca. 15° helning. Ved brattere terreng vil det være vanskelig å oppnå stabilitet i omfylling og gjenfyllingsmasser uten tiltak. Der ledningen ligger i skrånende terreng, vil man få påført strekkrefter i rørets lengderetning fra overfyllingsmassene når helningen overskrider $\alpha = 15^\circ$

Grøftefrie metoder

Vi vil ikke berøre strømpeforinger i denne sammenheng, men grøftefrie metoder beskrives i forhold til valg av ledningsmaterialer for de metoder hvor det ikke benyttes strømpeforinger. Aktuelle grøftefrie metoder for tradisjonelle ledningsmaterialer er:

- Styrt boring
- Utblokking
- Rørpressing / boring
- Inntrekking i eksisterende rør

Ved styrt boring og utblokking er PE det dominerende materialet. Strekkfaste duktile støpejernsrør med spesialmuffer har også blitt benyttet. Disse tar større trekkrefter og mulighet for å overskride tillatt vinkelendring i skjøtene.

Ved bruk av PE-rør i grøftefrie prosjekter anvendes normalt utvendig PP-kappe for å gi bedre beskyttelse mot ripedannelse. Noen produkter har benyttet utvendig PE-kappe, men dette har vist seg å fungere dårlig.

For rørpressing / boring vil stål være det klart dominerende materialet, men armerte betongrør anvendes i store dimensjoner. Til inntrekking i eksisterende rør eller i varerør kan alle strekkfaste løsninger benyttes, så lenge geometrien ligger innenfor de toleransene som gir vanntette ledninger i minst 100 år. Trykløse avløpsledninger må sikres mot oppdrift inne i varerøret.

Store ledningsdimensjoner

Man må være oppmerksom på at mange av ledningsmaterialene har begrensede diametere. Spesielt gjelder dette for trykkrør av PVC, PE og PP. For gravitasjonsrør finnes ikke tilsvarende begrensninger, da disse rørmaterialene kan anvendes i rør med konstruert rørvegg (f.eks. korrugerte rør). Det vil være en glidende overgang mellom trykk og maksimal diameter for alle termoplaster. Man må sjekke i hvert enkelt tilfelle hvilke maksimale

diametere som er tilgjengelige for de ulike materialene. For rør av PVC og PP er det også begrensninger med hensyn på gravitasjonsrør.

Kapittel 2 – Vurdering av ulike ledningsmaterialer egnethet.

I det etterfølgende vurderes hvert enkelt rørmateriale opp imot tekniske og funksjonelle hensyn som må vurderes. Tabell 1 gir en oversikt egnethet for trykløse rør, men tabell 2 gir en oversikt over egnethet for trykkrør. Rørmaterialets egnethet evalueres med følgende fargekoding:



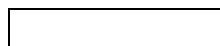
Egnet og rangeres i utgangspunktet foran de med gule observasjoner



Egnet, men krever tiltak / spesielle hensyn må tas



Uegnet eller anbefales ikke benyttet



Ikke relevant*

** For materialene PP og betong (forspente rør) har vi sett bort fra at disse rørene kan anvendes til trykkrør, da dette anvendelsesområdet er marginalt på nye anlegg i Norge i dag.*

Hvis det kreves spesielle hensyn eller ekstra tiltak, gis en tilleggs kommentar.

Vurderingen må også sees i sammenheng med tabellen over fordeler og ulemper ved de ulike rørmaterialene i kapittel 3.

TRYKKLØSE RØR

Rørmaterialenes egnethet med hensyn på:	PVC	PE	PP	GRP	SJK	ST	BTG
Innvendig og utvendig miljø							
Innvendig/utvendig miljø relatert til korrosjon, slitasje og begroing.	4)	6)	4)	4)	1),4)	1),2)	3),4)
Grunnforhold, ledninger i grøft, undervannsledninger, ledninger over terreng.							
Dårlige grunnforhold (setninger)	7),8)		7),8)	7),8)	7),8)	7),8)	7), 8)
Undervannsledninger			37)	9),10)	9),10), 38)	38),39)	
Ledninger installert over terreng (rørbruer og fundamenter)	11)	11),13)	11)			13)	12)
Lastpåvirkning							
Ekstern belastning med jordoverdekning < 5m samt trafikklast lik 10 tonns akseltrykk med en jordoverdekning ≥ 1,5m.							
Ekstern belastning med jordoverdekning mellom 5 og 10m samt trafikklast lik 50 tonns akseltrykk med en jordoverdekning ≥ 1,5m.				17)			16)
Ekstern belastning med jordoverdekning mellom 10 og 25m		16)		16),17)	16)	16)	16)
Temperaturpåvirkning							
Temperaturer i området 0°C<T<45°C.	19)	19)	19)				
Temperaturer T>45°C.			16)	20)			
Trasefleksibilitet i linjeføring							
Trasefleksibilitet (legging av rør i kurve)	18),24)		18),24)	24)	24)	24)	23),24)
Driftsspesifikke forhold							
Bruddskader som følge av nærgraving	26)		26)	26)			
Topografi							
Bratt terreng >15 °	31)		37)	29)	29), 30)		
Grøftefrie metoder							
Grøftefrie metoder			37)	35)	33),36)	32)	34)
Store dimensjoner							
Store diametere. Innvendig diameter >1200mm.	42)	42)	42)				

Tabell 1 - Egnethet for trykkløse rør

TRYKKRØR

Rørmaterialenes egnethet med hensyn på:	PVC	PE	PP	GRP	SJK	ST	BTG
Innvendig og utvendig miljø							
Innvendig/utvendig miljø relatert til korrosjon, slitasje og begroing.	4)	6)		4)	1),4)	1),2),5)	
Grunnforhold, ledninger i grøft, undervannsledninger, ledninger over terreng.							
Dårlige grunnforhold (setninger)	7),8)			7),8)	7),8)	7),8)	
Undervannsledninger				9),10)	9),10), 38)	38)	
Ledninger installert over terreng (rørbruer og fundamenter)	11)	11),13)				13)	
Lastpåvirkning							
Innvendig vanntrykk: p ≤ 25 bar	15)	14)					
Innvendig vanntrykk: p > 25 bar							
Ekstern belastning med jordoverdekning < 5m samt trafikklast lik 10 tonn akseltrykk med en jordoverdekning ≥ 1,5m.							
Ekstern belastning med jordoverdekning mellom 5 og 10m samt trafikklast lik 50 tonn akseltrykk med en jordoverdekning ≥ 1,5m.	16)			16),17)		16)	
Ekstern belastning med jordoverdekning mellom 10 og 25m		16)		16),17)	16)	16)	
Temperaturpåvirkning							
Temperaturer i området 0°C<T<45°C.	19)	19)					
Temperaturer T>45°C.				20)			
Miljøpåvirkning							
Installasjon i forurenset grunn for trykkrør (drikkevann)	22)	21)		20),22)	22)		
Trasefleksibilitet i linjeføring							
Trasefleksibilitet (legging av rør i kurve)	24)			24)	24)	25)	
Driftsspesifikke forhold							
Bruddskader som følge av nærgraving	26)			26)			
Skadepotensiale på annen infrastruktur ved ledningsbrudd	40)	27)					
Lyttetekniske forhold ved lekkasjesøk	28)	28)		28)			
Topografi							
Bratt terreng >15 °	41)			29)	29), 30)		
Grøftefrie metoder							
Grøftefrie metoder				35)	33),36)	32)	

Store dimensjoner							
Store diametre. Innvendig diameter >1200mm. Trykkledninger >16 bar.							

Tabell 2 - Egnethet for trykkrør

KOMMENTAR TIL TABELL 1 og 2:

- 1) Innvendig og utvendig belegg/korrosjonsbeskyttelse er nødvendig
- 2) Rustfri eller syrefast kvalitet anbefales for avløp
- 3) Spesielsement (sulfatresistent sement) anbefales ved spesielt korrosivt avløpsvann og aggressivt grunnvann
- 4) Tetningsringenes bestandighet mot aggressivt vann og grunnvann må avklares. Dette gjelder primært oljeholdig avløpsvann.
- 5) Katodisk beskyttelse med påtrykt spenning anbefales
- 6) Meget godt egnet ved store vannhastigheter og mye partikulært uorganisk materiale
- 7) Masseutskifting eller tilsvarende grunnforsterking er nødvendig
- 8) Tillatt avvinkling i skjøter må vurderes opp mot setningspotensialet i grunnen
- 9) Krever bruk av strekkfaste løsninger/sveiste løsninger
- 10) Avvinklingene i skjøtene må ligge innenfor leverandørens toleranser både i installasjonsfasen og i driftsfasen
- 11) Svekkes av sollys (UV-stråling)
- 12) Utsatt for miljøkrefter og mikrosprekker i underkant pga. bjelkelaster
- 13) Må dimensjoneres for temperaturkrefter
- 14) Maksimal utvendig diameter ved 25 bar er Ø450mm
- 15) Maksimalt tillatt trykk er 20 bar for diameter Ø250mm
- 16) Må dimensjoneres spesielt
- 17) Forutsetter SN klasse 10000 eller høyere.
- 18) Bruk av bend øker fleksibiliteten
- 19) Trykklassen må reduseres med økende temperatur
- 20) Spesielle resiner bør benyttes istedenfor polyester
- 21) Forutsetter diffusjonssperre integrert i røret mellom PE-medierør og PP kappe
- 22) Det må gjennomføres en risikovurdering og vurderes behov for diffusjonstetting av skjøtene
- 23) Korte rør gir fleksibilitet i linjeføring
- 24) Begrenses av tillatt vinkelendring i muffeskjøten
- 25) En viss avvinkling kan foretas i rørskjøten (f.eks. OV mufte for sveising), men bøyeradien for stålrør er tilnærmet 500·D
- 26) Mindre robust og mer ømfintlig for graveskader
- 27) Sveiste rør begrenser skadepotensialet
- 28) Det må tilrettelegges for lekkasjelytting/søk (hydrofoner, "smart ball").
- 29) Aktivering av strekkfaste skjøter nødvendig
- 30) Gunstig ved store høydeforskjeller
- 31) Forankring av muffer må vurderes
- 32) Rørpressing / boring
- 33) Noe brukt til styrt boring og utblokking, men krever større trekkrefter og er sårbar for geometriske kurver
- 34) Armerte betongrør for rørpressing/boring
- 35) Strekkfaste skjøter nødvendig, forutsetter spesialprodukt med biaksiale rør
- 36) Krever spesialrør med forsterkede muffer og strekkfasthet samt ekstra utvendig behandling
- 37) Forutsetter sveiste skjøter
- 38) Må gjøres tiltak i forhold til korrosjonsfare i sjøvann
- 39) Må benytte rustfrie rør eller syrefast rør i forbindelse med spillvann
- 40) Kritiske brudd ved store dimensjoner
- 41) Krever god planlegging og godt anleggsarbeid samt bruk av forankringe
- 42) Konstruerte rør kan benyttes.

Kapittel 3 - Fordeler og ulemper med de ulike rørmaterialene

I tabellene nedenfor har vi satt opp en oppsummering og oversikt over fordeler og ulemper ved de ulike rørmaterialene for de aktuelle materialene. Tabellene gjelder for både trykkrør og trykkløse rør.

Polyvinylklorid uten mykner (PVC-U)	
Fordeler	Ulemper
<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Lav vekt. ☐ Enkel skjøtemetode. ☐ Hydraulisk glatte rør. ☐ Motstandsdyktig mot korrosjon fra naturlige forekommende stoffer i avløpsvann og jord/ bergarter. ☐ God formbestandighet. ☐ Gunstig prismessig.	<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Sårbare ved punktlast og riper i rør. ☐ Redusert slagfasthet i kulde. ☐ Strenge krav til omfyllingsmasser og komprimering i grøft. ☐ Maksimal utvendig ledningsdiameter er 500 mm. ☐ Avgir CO₂, H₂O (vann) og saltsyregass (HCl) ved forbrenning» ☐ Ikke strekkfaste skjøter <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Egner seg dårlig ved bruk av lytteutstyr. ☐ Sårbare for gjentatte trykkstøt, spesielt undertrykk. ☐ Brudd i trykkrør gir lange sprekker og store lekkasjer. ☐ Tåler mindre ved nærgraving og skader

Tabell 3 - Fordeler og ulemper ved PVC

Polyetylen (PE)	
Fordeler	Ulemper
<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Lav vekt. ☐ Hydraulisk glatte rør. ☐ Motstandsdyktig mot korrosjon fra naturlige forekommende stoffer i avløpsvann og jord/ bergarter. ☐ Høy slagfasthet selv ved lave temperaturer. ☐ Strekkfaste skjøter ved speilsveising eller elektromuffesveising. ☐ Stor fleksibilitet som kan redusere behov for bøyd. ☐ God motstand mot slitasje ved transport av sand og grus. ☐ Tåler store deformasjoner før brudd. ☐ Kan benytte eksisterende steinfrie masser til fundament og omfylling (eventuelt med kappe). ☐ Kan lage spesialløsninger ☐ Avgir bare H₂O og CO₂ ved forbrenning <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Medfører at en kan benytte ett materiale på rør og deler fra og med kommunal forsyningsledning til og med privat stikkledning inn i hus.	<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Relativt stor termisk lengde-utvidelses-koeffisient gjør at man må ta hensyn til dette i prosjektering og ved installasjon. Dette løses ved å forankre PE-røret til strekkfaste punkter. ☐ Mer arbeidskrevende ved utførelse ved korte grøftelengder. ☐ Sveising/skjøting kan være problematisk på vinterstid (kaldere enn -10 °C). ☐ På grunn av lav langtids-E-modul egner materialet seg dårlig til trykkløse rør <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Egner seg dårlig ved bruk av lytteutstyr. ☐ Rørets evne til å tåle trykk reduseres med økende temperatur høyere enn 20°C. ☐ Maksimal ledningsdiameter begrenses av veggtykkelsen ☐ Mindre diffusjonstett uten sperre. Gjelder spesielt for mindre rør/dimensjoner. ☐ Stor tøyning. Kan være problem spesielt for store dimensjoner.

Tabell 4 - Fordeler og ulemper ved PE

Polypropylen (PP)	
Fordeler	Ulemper
<u>TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Lav vekt ☐ Enkel skjøtemetode. ☐ Hydraulisk glatte rør. ☐ Meget motstandsdyktige mot kjemikalier og korrosjon fra naturlige forekommende stoffer i avløpsvann og jord/ bergarter. ☐ Høy slagfasthet ved lave temperaturer. God fleksibilitet, sprekker svært sjelden ved slag. ☐ Tåler høye temperaturer bedre enn de andre termoplastmaterialene. ☐ Avgir bare H₂O og CO₂ ved forbrenning	<u>TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Større lengdeutvidelser ved temperaturendringer enn PVC-U rør, men mindre enn PE rør. ☐ Mindre bjelkestivhet (aksiell stivhet) enn rør av PVC-U, dvs. større fare for svanker etc. ☐ Strenge krav til omfyllingsmasser og komprimering i grøft.

Tabell 5 - Fordeler og ulemper ved PP

Glassfiberarmert plast (GRP)	
Fordeler	Ulemper
<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Hydraulisk glatte rør. ☐ Meget god kulde-bestandighet. ☐ Motstandsdyktig mot korrosjon fra naturlige forekommende stoffer i avløpsvann og jord/ bergarter. ☐ Motstandsdyktig mot UV-stråling. ☐ Gode langtidsegenskaper. ☐ Liten lengdeutvidelse ved temperaturendringer. ☐ Kan produseres i store dimensjoner og ønsket styrke. ☐ Høy E-modul	<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Sårbare ved punktlast. ☐ Tåler mindre ved nærgraving og skader. ☐ Kan skades ved slag og støt. ☐ Risiko for innskyving av pakning ved feil montering. ☐ Strenge krav til omfyllingsmasser og komprimering. ☐ Avgir styrengasser ved forbrenning. ☐ Kan være følsomme for skader pga. høytrykksspyling. <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Sårbare for undertrykk. Må dimensjoneres særskilt. ☐ Egner seg dårlig ved bruk av lytteutstyr.

Tabell 6 - Fordeler og ulemper ved GRP

DUKTILT STØPEJERN (SJK)	
Fordeler	Ulemper
<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Stor styrke. ☐ Tåler store overdekninger. ☐ Meget god kuldebestandighet. ☐ Stabile fysiske langtidsegenskaper. ☐ Lav temperaturutvidelseskoeffisient. ☐ Tåler høye temperaturer. ☐ Kan produseres i store dimensjoner. ☐ Diffusjonstett. ☐ Fordel ved lokalisering og lekkasjelytting. ☐ Små lekkasjer i utslitningsfasen <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Tåler høye trykk	<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Høy vekt. ☐ Overflaten på korrosjonsbeskyttelsen kan skades av slag og støt under installasjon. ☐ Mange varianter av muffeløsninger. ☐ Kan være krevende å velge riktig korrosjonsbeskyttelse. ☐ Utsatt for korrosjon i tilfelle av skader på overflater. ☐ Innvendig korrosjonsbeskyttelse kan bli skadet ved an boring og rystelser. ☐ Ovaliteter på spissenden kan skape problemer ved installasjon med hensyn på pakning og gir ekstra arbeid ved oppretting. ☐ På grunn av utvendig belegg stilles strenge krav til omfyllingsmasser og behandling under lagring og legging. <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Strekkfaste skjøter må aktiveres.

Tabell 7 - Fordeler og ulemper ved duktile støpejernsrør

STÅLRØR (ST)	
Fordeler	Ulemper
<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Stor styrke. ☐ Tåler store overdekninger. ☐ Meget god kuldebestandighet. ☐ Stabile fysiske langtidsegenskaper. ☐ Lav temperaturutvidelseskoeffisient. ☐ Tåler høye temperaturer. ☐ Kan produseres i store dimensjoner. ☐ Diffusjonstett. ☐ Fordel ved lokalisering og lekkasjelytting. ☐ Små lekkasjer i utslitningsfasen ☐ Enkelt å reparere/reparasjoner gir samme styrke som opprinnelig rør. ☐ Enkelt å korrosjonsbeskytte med påtrykt spenning. ☐ Enkelt å legge inn avgreninger samt lage spesialløsninger. ☐ Kan gjenvinnes til fullverdig produkt. <u>TRYKKRØR:</u> ☐ Tåler høye trykk	<u>FELLES TRYKKRØR/TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Høy vekt. ☐ Overflaten på korrosjonsbeskyttelsen kan skades av slag og støt under installasjon. ☐ Innvendig korrosjonsbeskyttelse kan skades under transport og installasjon. ☐ Innvendig og utvendig korrosjonsbeskyttelse må påføres etter skjøting. Dette produksjonstrinnet krever riktig forhold på anlegget for å bli bra. ☐ Mange varianter av materialet. ☐ Sveising tar ekstra tid og krever sertifisert personell. ☐ Røntgentesting av skjøter nødvendig.

Tabell 8 - Fordeler og ulemper ved stålrør

BETONGRØR (BTG)	
Fordeler	Ulemper
<u>TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Kan produseres i store dimensjoner. ☐ Tåler store utvendige belastninger. ☐ Tåler bedre graving nær ledningen ☐ Høy ringstivhet ☐ Meget god kuldebestandighet. ☐ Lav temperaturutvidelseskoeffisient. ☐ Kan omfylles i grøft med alle typer materialer. ☐ Gode verktøy for styrkeberegning. ☐ Tåler høye temperaturer.	<u>TRYKKLØSE RØR:</u> ☐ Stor tyngde. ☐ Risiko for innskyving av pakning ved feil montering. ☐ Utsatt for korrosjon i enkelte tilfeller. ☐ Mange skjøter. ☐ Flere skjøtesystemer ☐ Strengt krav til fundament.

Tabell 9 - Fordeler og ulemper ved betongrør