



Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør



Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 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 «enklere» 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

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

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

Forsidefoto og de fleste øvrige foto: Saint Gobain Byggevarer AS, PAM Norge

Norsk Vann Rapport

Norsk Vann BA

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

Rapportnummer: 173 - 2010
ISBN 978-82-414-0310-1 ISSN 1504-9884 (trykt utgave) ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)
Dato: 19. september 2011
Antall sider (inkl. bilag): 55
Tilgjengelighet: Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel: Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør	
Forfatter(e): Gunnar Mosevoll, Jan Erik Oddevald, Dag B Tobiassen, Olav Nilssen, Per Rodney Pettersen, Martin Opdal og Trond Andersen	
Ekstrakt: Valg av riktig rørmateriale i forhold til aktuell anvendelse krever kunnskap om egenskapene til de ulike rørmaterialer. Forhold som er viktig å vurdere er grunnforhold, herunder korrosjonsfarlig grunn, belastningssituasjon, driftsmessige forhold, ønsket levetid med mer. Duktile støpejernsrør anses som meget robuste rør som ofte brukes i bymessige områder fordi de, sammen med stålrør, er de rør som best tåler belastning fra trafikk og graving i gatene, og de anses å ha lang levetid. Det har imidlertid vært brukt duktile støpejernsrør i korrosjonsutsatte områder og uten en god korrosjonsbeskyttelse. Levetiden har da blitt kort. Kunnskapen i dag er imidlertid mye bedre enn tidligere, og det finnes nå gode metoder for innvendig og utvendig korrosjonsbeskyttelse av rørene. Hovedhensikten med denne rapporten er å vurdere de aktuelle korrosjonsbeskyttelsene som finnes, og gi råd om hva slags grunnforhold og anvendelse disse egner seg for. Duktile støpejernrørs fysiske egenskaper er også behandlet. Det foregår for tiden en prosess fra produsenthold hvor man går ned i rørveggtykkelse, samtidig som K-klassene (veggtykkelsesklassene) er erstattet av en klassifisering etter trykkklasse, C-klasser. Ny europeisk standard har vært under revisjon i lengre tid, og ble vedtatt 1. september 2010 etter høringsrunde første halvår 2010. Denne er nå utgitt som norsk standard, NS-EN 545, 1. desember 2010. I tillegg er det gitt en kort historisk oversikt over utviklingen fra grått støpejern til dagens duktile støpejern.	
Emneord, norske: Vannforsyning Vannledningsnett Korrosjonsbeskyttelse Duktile støpejernsrør	Emneord, engelske: Water supply Water pipelines outside buildings Corrosion control (protection) Ductile iron pipes

Forord

Norsk Vanns materialgruppe har arbeidet med duktile støpejernsrør som hovedtema. Hensikten med dette arbeidet er å trekke lærdom av ulike erfaringer som er gjort med ulike rørmaterialer og løsninger, og gi praktiske råd om riktig bruk av rørmaterialer. Både fordeler og ulemper blir belyst.

De råd og anbefalinger som presenteres, bygger således på vurderinger som gruppen har kommet fram til i fellesskap, basert på kunnskap og erfaringer som de enkelte deltakere sitter inne med, med vekt på å få til sikre løsninger, som igjen gir lang levetid på rørene.

Produksjonsmetoder for støpejern har endret seg gjennom tidene. Fram til ca 1960-1965 var det hovedsakelig grått støpejern som ble brukt i Norge, men fra da av ble duktilt støpejern tatt i bruk. Duktilt er det engelske ordet for seigt.

Duktilt støpejern er vesentlig seigere enn grått støpejern, nesten som stål, og ansees som et meget sterkt rørmateriale.

Hovedproblemet med duktile støpejernsrør er korrosjon, og det har vært tilfeller der slike rør har fått alvorlige korrosjonsskader etter kort tid på grunn av kombinasjonen feil valg av korrosjonsbeskyttelse, aggressive grunnforhold og røff behandling under transport og legging.

Hovedhensikten med denne rapporten er å øke kunnskapen om valg av korrosjonsbeskyttelse for duktile støpejernsrør, slik at riktig kvalitet blir valgt. I tillegg omfatter rapporten også tema som håndtering, legging, anboringer, kvalitetsklasser med mer. Da arbeidet med rapporten startet opp var norsk standard, NS-EN 545, fra 2006 gjeldende, men denne har vært under revisjon, og ble implementert som norsk standard 1. desember 2010. I tidligere standarder har kvalitetsklassene vært angitt som veggtykkelsesklasser, K-klasser, mens standarden fra 1. desember 2010 kun opererer med trykkklasser, C-klasser.

Ved henvisninger til NS-EN 545 i rapporten, forholder vi oss til den gjeldende standard fra 1. desember 2010, dersom ikke annet er angitt.

For øvrig har vi ved henvisninger til øvrige standarder stort sett ikke påført utgivelsesår. Vi minner om at det alltid er den sist utgitte standard som gjelder.

Siden deltakerne i materialgruppa stort sett kommer fra bykommuner, er det lagt vekt på å velge robuste rør som "tåler en støyt", enten det er trafikkbelastninger, belastninger på grunn av frost, belastninger ved gravearbeider i nærheten av rørene eller andre uforutsette forhold.

Rapporten er utført som dugnadsarbeid der alle i materialgruppa har deltatt:

Dag Tobiassen, Kristiansand kommune (leder)

Gunnar Mosevoll, Skien kommune

Jan-Erik Oddevald, eget firma (tidligere Oslo kommune, VAV)

Olav Nilssen, Trondheim kommune

Martin Opdal, Bergen kommune

Per Rodney Pettersen, Oslo kommune, VAV

Selv om alle i materialgruppa har vist stort engasjement, vil vi spesielt takke Gunnar Mosevoll som må ansees som hovedforfatter av rapporten, og Jan Erik Oddevald.

Vi takker også den duktile støpejernsrørbransjen som har bidratt med teknisk informasjon og utvist stort engasjement ved gjennomføring av dette prosjektet!

Rapportnummer og årstall for rapporten ble tatt ut i 2010, og dette er beholdt, selv om vi har avventet utgivelsen av rapporten etter å ha tatt inn endringer i forhold til NS-EN 545 per 1. desember 2010.

Hamar, 19. september 2011

Trond Andersen, Prosjektleder Norsk Vann

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	5
English summary.....	7
1. Innledning	9
2. Historisk tilbakeblikk og grunnleggende egenskaper	10
2.1. Generelt tilbakeblikk	
2.2. Litt om egenskaper	
2.3. Korrosjonsbeskyttelse	11
2.3.1. Innvendig beskyttelse	11
2.3.2. Utvendig beskyttelse	
2.4. Grått støpejern	12
2.5. Duktilt støpejern	
3. Leverandører og produsenter av rør og rørdeler av duktilt støpejern	13
3.1. Produsenter	
3.2. Norske representanter	
4. Standarder og kvaliteter	14
4.1. Styrkeklasser	
4.2. Mekanisk styrke.....	
5. Allment om mekanisk styrke, korrosjon og krav til levetid.....	16
5.1. Krav til levetid	
5.2. Valg av rørveggtykkelse.....	16
5.2.1. Oversikt	
5.2.2. Mekanisk styrke	17
5.3. Korrosjon.....	18
6. Utvendig korrosjonsbeskyttelse av rør av duktilt støpejern	19
6.1. Utvendig korrosjon - oversikt	19
6.2. Aktuelle typer beskyttelse mot utvendig korrosjon	20
6.3. Utvendig belegg av sink og bitumen/alternativt sink og epoksy	21
6.4. Utvendig belegg av "aluzink" og epoksy.....	23
6.5. Utvendig belegg av sink og polyetylen (PE)	25
6.6. Utvendig belegg av sink og fiberarmert sementmørtel	28
6.7. Utvendig belegg av polyuretan (PUR)	30
7. Forslag til valg av innvendig korrosjonsbeskyttelse på vannledningsrør av duktilt støpejern.....	32
7.1. Innvendig korrosjon - oversikt.....	
7.2. Om innvendig korrosjonsbeskyttende belegg i rørledninger av duktilt støpejern	
7.3. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av sementmørtel.....	33
7.4. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av epoksy eller polyuretan	34
7.5. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av polyetylen.....	35
8. Anbefalt veggtykkelse og korrosjonsbeskyttelse for vannledninger av duktilt støpejern	36
8.1. Anbefalt veggtykkelse og trykklasser.....	36
8.2. Anbefalt korrosjonsbeskyttelse	39

9. Håndtering av rør	40
9.1. Transport, løfting, lagring	
9.2. Legging	
9.3. Reparasjoner av skader på utvendig belegg	41
9.4. Reparasjoner av skader på innvendig belegg	
9.5. Omfylling i grøft.....	
9.6. Anboringer.....	42
9.6.1. Generelt.....	
9.6.2. Erfaringer fra Oslo.....	
9.6.3. Anboring PE-belegg og andre relativt tynne belegg.....	
10. Bruk av duktile støpejernsrør ved renovering	43
11. Referanser	44
12. Vedlegg	45

Sammendrag

Duktile støpejernsrørs store styrke og høye ringstivhet er en viktig grunn til at disse rørene velges, og det er i hovedsak valg av riktig korrosjonsbeskyttelse som er utfordringen for duktile støpejernsrør.

Når det gjelder mekanisk styrke, så er duktile støpejernsrør motstandsdyktige mot alle normale belastninger som forekommer i grøfta, og de tåler vesentlig høyere innvendig trykk enn andre vanlig brukte rørmaterialer, med unntak av stålrør. Hovedgrunnen til at mange bykommuner velger duktilt støpejern, er at de ønsker et rør som tåler mer kritiske belastninger, som høy trafikkbelastning over tid, endringer i jordtrykk pga. frost, høyt innvendig trykk og trykkstøt.

I tillegg ønsker mange ekstra styrke i forhold til for eksempel støt på grunn av graving nær ledningen.

Et hull i et duktilt støpejernsrør vil vanligvis heller ikke medføre så store vannlekkasjer som brudd på rør av andre rørmaterialer, og dette er derfor et stort fortrinn i bymessige strøk/bygater eller i områder med ustabil grunn.

Mange kommuner ønsker stor ringstivhet på rørene, og siden denne er avhengig av rørveggtykkelsen i tredje potens, e^3 , er materialgruppa skeptiske til å redusere rørveggtykkelsen (e) vesentlig i forhold til dagens standard veggtykkelsesklasse K9.

Tidligere vurderte man en ekstra rørveggtykkelse som en ekstra sikkerhet mot korrosjon, men dette ansees ikke lenger som avgjørende. Dersom rørene ikke har den rette korrosjonsbeskyttelsen, eller at korrosjonsbeskyttelsen er skadet og røret ligger i aggressiv grunn, vil en ekstra veggtykkelse ikke kunne forlenge levetiden særlig mye.

Hovedgrunnen til at materialgruppa anbefaler å opprettholde veggtykkelse, er at rørene også skal kunne tåle ekstremlastninger som støt fra gravemaskinskuffe, spesielt i forhold til innvendig sementmørtelbelegg, samt at de skal tåle langvarige belastninger og støt fra trafikk.

Men viktigst for å sikre lang levetid er at rørene leveres med riktig korrosjonsbeskyttelse i forhold til grunnforhold (utvendig beskyttelse) eller vannkvalitet (innvendig beskyttelse).

For klassifisering av grunnforhold og vann som transporteres og som gir betingelser for korrosjon, vises det til kapittel 6 og 7 i rapporten. I kapittel 6 beskrives de aktuelle utvendige korrosjonsbeskyttelser, og i kapittel 7 beskrives de innvendige korrosjonsbeskyttelser relativt detaljert.

I kapittel 8 er det foretatt en oppsummering av anbefalte rørveggtykkelser og korrosjonsbeskyttelser. Anbefalingene bygger på dagens kunnskaper, erfaring og praktisk skjønn.

Som innvendig korrosjonsbeskyttelse ansees fortsatt sementmørtelbelegg som mest relevant. Det er imidlertid viktig å bruke rett type sement i mørtelen, avhengig av vannkvaliteten.

Høyovnslagsement egner seg for pH mellom 6,0 og 8,5.

Høyaluminatsement egner seg kun for pH mellom 4 og 7, og bør kun brukes for råvann pga. fare for utløsning av aluminium og nedbryting av sementbelegget. Høyaluminatsement brukes også i avløpsrør.

Standard Portlandsement anbefales ikke brukt.

Ellers er polyuretan (PUR/PUX) også aktuelt som innvendig korrosjonsbeskyttelse, selv om det stilles spørsmål om dokumentasjon av heft og langtidsholdbarhet.

Sinkbelegg med utenpåliggende polyetylenbelegg (PE-belegg) er egnet under alle grunnforhold, forutsatt at muffeskjøtene forsegles med PE-krympemuffe, se figur 1, og at eventuelle skader i belegget utbedres. Se vedlegg 1C, Sink og polyetylen (PE).



Figur 1. Eksempel på mufførør med PE-belegg og PE-krympemuffe

Fiberarmert sementmørtel, påført vått i vått utenpå epoksy, eller alternativt en sementmørtel tilsatt en plastemulsjon – begge med sinkbelegg utenpå støpejernet, egner seg under de fleste grunnforhold, med unntak av alunskifer. Men en ekstra beskyttelse kan være nødvendig under sjøvannstand eller i blandingsjordarter.

Grunnen til at det enten bør være et våtpåført epoksybelegg mellom sink og sementmørtel, eller en plastemulsjon i sementmørtelen, er å unngå en reaksjon mellom sink og sement. En reaksjon kan føre til gassutvikling som kan gi dårligere heft.

Aluzink (aluminium-sink-legering), 400 g/m², med epoksybelegg kan egne seg for de samme grunnforhold som belegg av sementmørtel, men det er noe mangelfull dokumentasjon for bruk ut over i godt drenerte masser.

Polyuretan (PUR /PUX) er lite brukt, og en har lite erfaring. Siden det på grunn av krav til heft ikke er sinkbelegg under, og at belegget kan skades under transport/håndtering, har vi vurdert egnetheten noe strengt.

Duktile støpejernsrør med sink (200 g/m²) og bitumenbelegg er kun egnet i godt drenerte masser, som pukk og grus.



Figur 2. Fra produksjon av duktile støpejernsrør

English summary

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

Address: Vangsvegen 143, N-2317 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norskvann.no
Website: www.norwegian-water.no / www.norskvann.no

Report no: 173 - 2010
Report title: Guidelines for practical use of ductile iron pipes
Date of issue: 2011.09.19
Number of pages: 55

Keywords: Water supply
Water pipelines outside buildings
Ductile iron pipes
Corrosion control (protection)

Author: Gunnar Mosevoll, Jan Erik Oddevald, Dag B Tobiassen, Olav Nilssen, Per Rodney Pettersen, Martin Opdal and Trond Andersen

ISBN: 978-82-414-0310-1
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-8802 (electronic edition)

Summary:

These guidelines have the focus on corrosion control of ductile iron pipes, but requirements to the wall thickness are also discussed.

The working group who has prepared these guidelines, represents different municipalities in Norway, and the goal has been to give practical advice for the use of ductile iron pipes in water supply.

In Norway rock trenches and combined soil/rock trenches are common. As embedment in such trenches crushed rock is used. Rock trenches involves few problems, except in areas with alum slate.

In Norway the recommended design lifetime for water mains are at least 100 years.

In urban areas ductile iron pipes are recommended both because of the mechanical strength itself (high ring stiffness and impact resistance) and small effects of leaks/failures.

Excavation work close to water pipes may damage the pipes.

During a lifetime of 100 years many such excavation works are expected.

50 years experience with ductile iron pipes with wall thickness in accordance to the K9 class has shown satisfactory ring stiffness and impact resistance.

For pipes specified according to the new C-classes we recommend to still use wall thicknesses equal or similar to K9.

In chapter 8.1 the major conclusions are summarised, and our recommendations are shown in two tables.

If the conditions in the trench are corrosive, it is important to have proper, external protection of the pipe. Increased wall thickness has no significant effect on the corrosion resistance.

Usual protection (until now) is coating of Zink and **Bitumen** or Epoxy. This type of protection is recommended for well drained embedment material (course sand, gravel, crushed rock).

Zink and **Polyethylene** (PE) are suitable for most all soil conditions, but it is important to have sufficient sealing of the joints, and to repair visible damage in the coating. When crushed rock (which have sharp edges) is used as embedment, it is recommended to increase the thickness of the PE coating, or to wrap geotextile/fibre cloth around the pipe.

A coating of Zink, wet Epoxy and **Cement mortar**, alternatively Zink and Cement mortar with plastic emulgator additive, is recommended for most soil conditions. An exception is trenches in alum slate. However, extra protection may also be necessary below sea level and in mixed soils.

Aluzink and **Epoxy** can be suitable for conditions similar to the Zink and Cement mortar, but we ask for better documentation for corrosion resistance in clay soils.

In Norway we have little experience with **Polyurethane** (PUR/PUX). The PUR coating may be vulnerable to damage during transport and handling. Because Zink is not used as extra protection, we find the corrosion resistance uncertain, due to the handling of the pipes.

Regarding internal protection of ductile iron pipes, we still consider cement mortar lining to be the most relevant protection. However, it is important to use the right type of cement, and to have good control of the hardening process, correct temperature and moisture.

Blast furnace slag cement is suitable for pH between 6 and 8,5. This type of cement is recommended for drinking water pipes in Norway.

High alumina cement is suitable for raw water with pH between 4 and 7, which is a common range for the raw water in Norwegian water works. This type of cement is also recommended for stormwater and sewage.

Cement mortars with **fly ash cement or a pozzolan cement** have satisfactory durability.

Standard Portland cement is not recommended.

Polyurethane (PUR/PUX) is also suitable for lining of water pipes. However, we ask for better documentation of long term durability.

In chapter 8.2 the major conclusions are summarised in two tables.

1. Innledning

Dessverre skjer det altfor ofte at det legges duktile støpejernsrør som er for dårlig korrosjonsbeskyttet i forhold til de massene/grunnforholdene de legges i, med det resultat at rørene får en betydelig kortere levetid enn forventet. Dette er unødvendig og kostnadskrevende fordi det finnes både kunnskap og gode løsninger.

Grått og duktilt støpejern har vært brukt som rørmateriale til vannforsyning i svært mange år med mange eksempler på at disse rørene har vist gode egenskaper, som igjen har gitt lange levetider, gjerne over 100 år. Samtidig har vi også sett eksempler på at duktile støpejernsrør har fått alvorlige korrosjonsskader i løpet av ganske få år.

Det er derfor svært viktig å bruke de duktile støpejernsrørene riktig, og velge riktig type korrosjonsbeskyttelse i forhold til hvilket ytre miljø rørene skal ligge i. Dersom vi greier å beskytte de duktile støpejernsrørene mot korrosjon, vil disse rørene ha tilnærmet "evig liv".

Duktile støpejernsrør som leveres i dag, er ganske bra beskyttet innvendig med sementmørtelbelegg, samtidig som vannbehandlingsanleggene i stadig flere vannverk leverer vann som er lite aggressivt overfor disse beleggene. Det stilles likevel spørsmål om levetiden for sementmørtelbelegg, og det arbeides derfor kontinuerlig med å øke levetiden.

Hovedutfordringen er imidlertid rørenes ytre korrosjonsbeskyttelse, eller riktig valg av utvendig beskyttelse i forhold til de massene som rørene legges i. For å velge riktig korrosjonsbeskyttelse er det avgjørende at en kjenner grunnforholdene som rørene skal legges i. Den prosjekterende må derfor gjøre de nødvendige undersøkelser for å fastlegge dette. De forholdene som en blant annet bør være oppmerksom på, er spesielt aggressive områder som alunskifer og andre sulfidholdige bergarter, marin leire, i overgangssone for grunnvannspeil, under grunnvannspeilet og ved blandede masser i grøften.

Når grunnforholdene er kartlagt, kan en velge riktig korrosjonsbeskyttelse av de duktile støpejernsrørene. Det vises til kapittel 6 for nærmere detaljer. Generelt vil vi si at det finnes gode løsninger for duktile støpejernsrør i alle grunnforhold, selv om det i spesielle tilfeller bør vurderes å bruke alternative løsninger/rørmaterialer.

Duktile støpejernsrør velges ofte i bymessige strøk fordi de ansees som meget robuste med hensyn til graving og annen aktivitet i gatene "de neste 100 år".

Skal rørene få den forventede levetid, er det viktig at de håndteres og legges riktig. Skader bør unngås, og dersom alvorlige skader forekommer, skal røret repareres eller brukes til mindre viktige formål.

Skader i korrosjonsbelegget skal utbedres før rørene legges.

Noen av anbefalingene i denne rapporten går lenger enn anbefalinger fra produsentene og kravene i NS-EN 545. Dette for å være på den sikre siden, spesielt sett i forhold til at forkortet levetid gir store ekstrakostnader.

I noen tilfeller bør de strengere anbefalingene motivere rørprodusenter til bedre dokumentasjon, særlig av egenskapene ved korrosjonsbeskyttelsen.

2. Historisk tilbakeblikk og grunnleggende egenskaper

Avsnittene under bygger i hovedsak på tidligere NORVAR (Norsk Vann) rapport 135/2004, men er noe omarbeidet/tilpasset i forhold til dagens situasjon.

2.1. Generelt tilbakeblikk

Rør har vært brukt for transport av vann siden før antikken, antakelig så langt tilbake som for 6500 år siden. Bambusrør ble brukt av kineserne, leirrør av grekerne og av Midtøstens sivilisasjoner. Romerne brukte både trerør og leirrør, utviklet blyrør, og produserte også omstøpte leirrør som var i stand til å tåle et moderat, indre trykk. Men de greide aldri å utvikle et stort trykkrør. Derfor ble de store, massive, murte akveduktene, som romertiden er så kjent for, bygget.

Det tok lang tid før man gjorde videre fremskritt i rørteknologien. Både bly- og trerør ble brukt i middelalderen, mest trerør på grunn av høye priser på bly. Naverborede trerør var fortsatt i bruk helt opp til begynnelsen av det 19. århundre, men som trykkrør hadde de vanligvis kun en gjennomsnittlig levetid på 20-30 år, og dette var lite tilfredsstillende. I Oslo (den gang Christiania) ble de siste naverborede trerør lagt i 1847. Det kan nevnes som en kuriositet at så sent som under siste verdenskrig bygde tyskerne en 5 km vannledning fra Grina vannverk som vannforsyning til Sola. Denne besto av trestaver som var surret sammen med stålarmering, og utvendig belagt med tjære. Det ble nok bygget mange slike i Norge både før og etter denne perioden. Blant annet kan nevnes en 1000 mm rørledning gjennom Østmarka i Oslo, som ble tatt ut av drift i 1970-årene.

Den første vannledningen av grått støpejern som vi kjenner til i Europa, ble lagt til Dillenburg (slott), Tyskland, ca 1455. Det første moderne rørmateriale, grått støpejern, ble utviklet som rørmateriale i Frankrike i det 17. århundre, i "Solkongen" Ludvig den 14. 's Versailles. Det var imidlertid ikke før med den industrielle revolusjon at støpejernsrørene utkonkurrerte trerørene.

I begynnelsen og midten av det 19. århundre ble det vanlig å bruke støpejernsrør i vannforsyningen. Det var horisontalt støpte rør i sandformer med muffe og spissende, og vanligvis blystøpte muffeskjøter. Men det har også vært brukt tjæredrev og kitt i muffene.

Teknologien for støpejern har gjennomgått en sterk utvikling de siste 150 år. Vertikal støping ble introdusert i 1870-80-årene, og fra midten av 1880-årene foregikk støpingen med støpeformene stående på en dreieskive. Dette førte både til en jevnere godstykkelse og større produksjon. Sentrifugalstøping ble introdusert i 1920-årene, først i sandformer og senere i vannkjølte metallkokiller.

Den halvstive blyskjøten ble erstattet med den fleksible gummiringskjøten mellom 1930 og 1950 (Tyskland).

Duktilt støpejern ble første gang fremstilt i 1948, og perioden 1956 til 1965 ble grått støpejern erstattet av duktilt støpejern som rørmateriale.

2.2. Litt om egenskaper

Støpejern har vært og er fremdeles et av de mest brukte rørmaterialer for overføring og distribusjon av drikkevann. Det er fortsatt en stor andel vannledningsrør av grått støpejern i drift, og disse er kun beskyttet mot korrosjon av et tynt lag steinkulltjære eller, i senere tid, bitumenbelegg. Det at så mange eldre og ganske ubeskyttede rør fortsatt er i drift, er et imponerende vitnesbyrd om materialets styrke og holdbarhet.

Likevel er det en kjent sak at støpejernsrør, grå som duktile, er utsatt for utvendig korrosjonsangrep i aggressiv grunn med lav spesifikk motstandsevne, <5000 ohm/cm, noe som opptrer i visse marine leirer og ved anaerobe forhold i leirer blandet med organisk materiale, samt i sjøvann (se kapittel 2.3).

Innvendig korrosjon oppstår ved lav pH (bløtt vann og/eller fritt CO₂).

Tross dette er det først i senere tid at det er full enighet blant produsenter og brukere om at duktile støpejernsrør trenger en bedre korrosjonsbeskyttelse som standard utførelse.

Både grått og duktilt støpejern består av ca 96% jern og ca 4% grafitt regnet i vektprosent. I volumprosent utgjør grafitten ca 15%, noe som gjør støpejern til et relativt "dødt" materiale, som demper lyd.

I grått støpejern ligger grafitten som flak i jernet, og disse grafittflakene gir opphav til sprekker eller kjerver i jernet. Dette gjør grått støpejern sprøtt, og kjennetegnes blant annet av såkalte tverrbrudd og utsprenge flak.

Ved produksjon av duktilt støpejern blir smelten umiddelbart før støping, og ved en temperatur på ca 1500°C, tilsatt magnesium, noe som forårsaker at grafitten danner kuler og ikke flak. Kjervene unngås, og støpejernet blir seigt som stål. For at dette skal skje, må temperaturen ligge innenfor et temperaturområde på ca 20°C. Dersom temperaturen på smelten ligger utenfor dette området, for høy eller for lav, gir dette fortsatt grått støpejern. Omsmelting av duktilt støpejern vil også gi grått støpejern, dersom det ikke på nytt tilføres magnesium ved riktig temperatur.

Duktilt, engelsk for seigt, støpejern blir også omtalt som seigjern eller kulegrafittjern.

2.3. Korrosjonsbeskyttelse

2.3.1. Innvendig beskyttelse

At sementslemming hadde en heldig virkning på støpejern med hensyn til korrosjon, var kjent fra Frankrike og USA allerede i slutten av 1840-årene, og ble i noen grad tatt i bruk både i Europa og USA.

Innvendig ble metoder for industriell påføring av sementmørtel, sentrifugalpåføring, utviklet i USA i 1920-årene, men ble i Europa ikke tatt allment i bruk før i 1960-1970 årene.

Ved riktig valg av sementtype ut fra drikkevannskvalitet, har det i alle fall fra produsenthold (inntil nylig) vært en utbredt oppfatning at problemet med innvendig korrosjon i duktile støpejernsrør er løst.

Det leveres i dag innvendig sementmørtelbelegg med "Standard Portlandsement", høyovnslaggsement, aluminatsement og pozzolansement med innblandet flyveaske fra kullfyrte energiverk. For drikkevann brukes hovedsakelig høyovnslaggsement, som har et høyt innhold av silisium.

Høyaluminatsement for drikkevannsledninger brukes ikke lenger, bortsett fra i enkelte råvannsledninger fram til vannbehandlingsanleggene. Ved den pH og det kalsiuminnhold som er vanlig i norsk drikkevann, er det fare for utluting av aluminium.

Dersom høyaluminatsement ikke herdes under helt riktige forhold, er det fare for at sementen etter en tid mister mye av fastheten.

Også pozzolansement og "Standard Portlandsement" kan anbefales, men da vanligvis med et beskyttelseslag av epoksy (seal-coat).

Påføringsmetode, kornstørrelser, vann-/sementforhold og herdingen av sementmørtelbelegget er også svært viktige parametere. Stikkordet er her ikke bare kjemisk resistens, men vel så mye lav permeabilitet overfor vann.

Bitumen anbefales ikke lenger brukt i kontakt med drikkevann på grunn av helsefare. I de senere årene tilbyr også noen rørprodusenter innvendig belegg av polyuretan, polypropylen eller epoksybelegg som alternativ til sementmørtelbelegg.

2.3.2. Utvendig beskyttelse

I mange år har den dominerende utvendige korrosjonsbeskyttelsen av duktile støpejernsrør vært begrenset til et relativt tynt bitumenbelegg (min 70 µm) i tillegg til sink.

Sinkbelegget er en fransk metode (tatt i bruk tidlig i 1960-årene), som besto i å påføre et lag med minimum 130 g/m^2 metallisk sink. Fra 1990-tallet har imidlertid de fleste produsentene levert rør med 200 g/m^2 , som nå også er kravet i NS-EN 545.

Det tilbys også et 400 g/m^2 metallisk belegg bestående av en sink-/aluminiumlegering (Aluzink; 85% sink og 15% aluminium) med et utenpåliggende epoksybelegg med tykkelse minimum $70 \mu\text{m}$, eller helst $100 \mu\text{m}$.

Metallbeleggets tykkelse angis som gram metall/ m^2 , fordi en god og kontinuerlig måling av beleggtykkelse er svært vanskelig. (for sink: $1 \mu\text{m}$ tilsvarer 7 g/m^2 .) Årsaken til dette er det duktile støpejernets meget ujevne overflate og den begrensede beleggtykkelsen. Ved kontroll av rørleveranser er det kun mulig å foreta en visuell bedømming av hvorvidt rørene er sinkbelagt eller ikke. Eventuelt kan det gjøres en forsiktig avskraping av utvendig bitumenbelegg eller epoksybelegg. Vanligvis er avskraping unødvendig, da det normalt er små skjønnhetsskader i overflaten grunnet transport/behandling, hvor dette kan observeres.

Selv om disse beleggene har vist gode resultater i mange tilfeller, trenger vi bedre løsninger i det som betegnes som korrosiv til sterkt korrosiv grunn, for eksempel marin leire og grunn med spesifikk motstandsevne $< 2500 \text{ ohm/cm}$, se ellers NS-EN 545, vedlegg D. Forskjellige termoplastbelegg som polyetylen (PE) og polyuretan (PUR) tilbys, men har det til felles at de er svært utsatt for transport- og behandlingsskader. De har heller ikke alltid et underliggende sinkbelegg.

Lav spesifikk motstandsevne i grunnen sier ikke noe entydig om faren for korrosjon. Grunnvannets pH-verdi, innhold av organisk stoff og oksygenforhold kan ha avgjørende betydning. Ved spesifikk motstandsevne $< 5000 \text{ ohm/cm}$ anbefales det å studere vedlegg D i NS-EN 545, som omtaler egenskapene til ulike former for korrosjonsbeskyttelse under vanskelige forhold.

2.4. Grått støpejern

Grått støpejern har vært i bruk i flere hundre år. Bruken økte på slutten av 1800-tallet, og vi har eksempler fra rør lagt før 1900 (ca. 1850-1860) som fortsatt er i drift både i Norge og i Europa.

Rør av grått støpejern var vanligvis dyppet i steinkulltjære eller varmtflytende bitumen, det vil si at de fikk både et innvendig og et utvendig belegg. Selv om grått støpejern er mer sprøtt enn duktilt støpejern, har gråjernsrør ofte vist seg å være noe bedre mot korrosjon enn duktile rør. Det er ulike teorier vedrørende dette, men blant annet har det vært fremhevet som gunstig at rørene har vært støpt i sandformer. Dessuten var rørveggtykkelsen nesten dobbelt så stor som for duktilt støpejern på grunn av grått støpejerns reduserte styrke.

I tillegg faller ikke korrosjonsproduktene av slik de gjør på duktilt støpejern.

I bymessige strøk hvor det ofte kan være komplisert å grave, kan det fortsatt være aktuelt å bruke 100 år gamle støpejernsrør som utgangspunkt for renovering. Med dagens "pipe-scanner"-teknikk kan det også være mulig å måle rørets gjenværende godstykkelse for å vurdere muligheter for renovering, enten innvendig belegg eller om det må trekkes inn et nytt rør med full styrke.

Et problem med grått støpejern er knollvekst på grunn av svak innvendig korrosjonsbeskyttelse. Dette reduserer den hydrauliske kapasiteten, og for de rørene som fortsatt er i bruk kan det være aktuelt med fjerning av knoller og så påføre sementmørtelbelegg eller andre belegg.

2.5. Duktilt støpejern

Duktilt støpejern ble første gang fremstilt i 1948 og ble tatt i bruk i Europa fra 1956. I Norge ble de tatt i bruk i begynnelsen av 1960-årene.

3. Leverandører og produsenter av rør og rørdeler av duktilt støpejern

3.1. Produsenter

Saint-Gobain, PAM, Frankrike:

Pont a Mousson, Lorraine, Frankrike

Saint-Gobain Gussrohr, Saarbrücken, Tyskland. (tidligere Hallbergerhütte)

Saint-Gobain, Santander, Spania

Duktus Rohrsysteme, Tyskland (tidligere Buderus Guss):

Duktus Rohrsysteme, Wetzlar, Tyskland

Duktus Rohrsysteme, Østerrike (tidligere Tyrolerwerke)

Eisenwerke Fried. Wilh. Duker, Laufach, Tyskland

- kun rørdeler

Sertubi Spa, Trieste, Italia

- kun rør

vonRoll hydro, Oensingen, Sveits

www.vonroll-hydro.ch

Dersom ikke annet er oppgitt produserer disse både rør og rørdeler

3.2. Norske representanter

Saint Gobain: Saint-Gobain Byggevarer AS, PAM Norge, Postboks 216 Alnabru, 0614 Oslo, www.pamline.no

Duktus Rohrsysteme: Brødrene Dahl, Brynsengveien 5, 0667 Oslo, www.dahl.no

Sertubi S.P.A: Ahlsell Norge As, Gamle Forusveg 53, 4033 Stavanger, www.ahlsell.no

I tillegg finnes det grossister/leverandører som ikke har eksklusiv avtale med produsentene over.

4. Standarder og kvaliteter

4.1. Styrkeklasser

Den første europeiske standarden for rør av duktilt støpejern NS-EN 545:(1994) /2/, som igjen bygger på den første ISO standarden, ISO 2531, 1974 (E) og senere utgaver av denne, definerer følgende størrelser for innvendig vanntrykk:

PFA	Tillatt driftstrykk (kontinuerlig)
PMA	Tillatt, maksimalt driftstrykk som ikke opptrer kontinuerlig, inkl. trykkstøt
PEA	Tillatt prøvetrykk
PN	Nominelt trykk

PFA = $(20 \cdot e \cdot R_m) / (D \cdot S_F)$ (bar), der:

e	= rørvægtykkelse	(mm)
R _m	= minimum strekkstyrke for duktilt støpejern	(MPa)
D	= midlere rørdiameter (DE - e)	(mm)
DE	= nominell, utvendig rørdiameter	(mm)
S _F	= sikkerhetsfaktor (her: 3,0)	

PMA: som PFA; men S_F = 2,5

Det vil si:

PMA = 1,2 · PFA

PEA = PMA + 5 bar

Beregning av rørvægtykkelse etter K-klasse (rørvægtykkelsesklasse):

I NS-EN 545:1994 beregnes nominell rørvægtykkelse **e** ut fra formelen:

e = K (0,5 + 0,001 DN) (mm), der:

DN = nominell rørdiameter (mm)

K = koeffisient for bestemmelse av **rørvægtykkelsesklasse**, som velges ut fra tallrekken 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ...

I NS-EN 545:1994 stilles det også krav til minimum nominell rørvægtykkelse og til toleranser.

For vannledninger ble det vanligvis brukt standard rørvægtykkelsesklasse K9. Enkelte kommuner har også brukt K10

I gjeldende utgave av NS-EN 545:2010 /3/ er det innført trykkklasser, C-klasser, som angir maks trykk som et rør skal tåle kontinuerlig, dvs. PFA.

For C40, som eksempel, er tillatt maksimalt kontinuerlig driftstrykk PFA = 40 bar.

Under er det vist eksempel på forskjell mellom veggtykkelse etter K-klasse K9 og C-klasse C40.

Tabell 1. Sammenligning av veggtykkelse for K9 og C40 rør

Nominell rørdiameter (mm)	DN 150	DN 250	DN 400
Veggtykkelsesklasse K9:			
Nominell veggtykkelse	6,0	6,8	8,1
Minimum veggtykkelse	4,7	5,2	6,4
Trykkklasse C40:			
Minimum veggtykkelse	3,0	3,9	6,0

I den nå gjeldende NS-EN 545: 2010, er det ikke lenger angitt eller stilt krav til nominell veggtykkelse.

4.2. Mekanisk styrke

Den mekaniske styrken til et trykkrør kan deles i:

- **Evnen til å tåle innvendig trykk**

Uttrykkes vanligvis som tillatt maks kontinuerlig driftstrykk, se PFA i kapittel 4.1, og NS-EN 545, vedlegg A.

- **Evnen til å tåle utvendig belastning (jordlast/trafikklast) i ringretning**

Uttrykkes gjerne som ringstivhet, se NS-EN 545, vedlegg C.

$$S = (E/12) \cdot (e/D)^3 \text{ (N/m}^2\text{), der:}$$

E = elastisitetsmodul for duktilt støpejern ($170 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$)

e = rørveggtykkelse

D = midlere rørdiameter

Ringstivheten for et duktilt støpejernsrør er meget høy:

DN 150 og K9 gir $SN = 480\,000 \text{ N/m}^2$ (480 kN/m²)

DN 150 og C64 gir $SN = 198\,209 \text{ N/m}^2$ (198 kN/m²)

Se NS-EN 545, vedlegg C.

- **Evnen til å tåle utvendig belastning i lengderetning**

Uttrykkes som stivhet i lengderetning, bjelkestivheten, se NS-EN 545, vedlegg B:

$$EI = E \cdot (\pi/64) \cdot (D_u^4 - D_i^4) \approx E \cdot (\pi/8) \cdot D_u^3 \cdot e \text{ (Nm}^2\text{), der:}$$

E = elastisitetsmodul for duktilt støpejern

D_u = utvendig rørdiameter

D_i = innvendig rørdiameter

e = rørveggtykkelse

Den tilnærmede formelen gjelder for rør der veggtykkelsen er liten i forhold til utvendig diameter. For duktile støpejernsrør er den tilnærmede formelen vanligvis god nok.

- **Evnen til å tåle utvendige, mekaniske støt**

Slike støt kan forårsakes av f.eks. en gravemaskins kuffe som støter borti røret ved graving nær røret.

Vanligvis uttrykkes evnen til å tåle slike støt som slagseigheten (materialets evne til å tåle et slag uten å sprekke). Slagseigheten måles på standardiserte måter, og den uttrykkes som en bestemt energimengde ved en gitt temperatur. Slagseigheten avtar med synkende temperatur og med økende slaghastighet. Et spisst slagverktøy gir lavere slagseighet enn et avrundet slagverktøy.

Et kraftig, mekanisk støt på utsiden av et duktilt støpejernsrør kan forårsake sprekker i det innvendige sementmørtelbelegget. Sementmørtelen kan sprekke uten at det blir varig deformasjon i rørveggen.

Maksimal tillatt ovalitet i et duktilt støpejernsrør med hensyn til oppsprekking av innvendig sementmørtelbelegg er i NS-EN 545 satt til 4 %, se vedlegg C, tabell C 1.

5. Allment om mekanisk styrke, korrosjon og krav til levetid

5.1. Krav til levetid

Levetiden til en vann- eller avløpsledning kan deles i:

- Innkjøring
- Vanlig drift
- Utsliting.

I **utslitingsfasen** øker hyppigheten av driftsforstyrrelser gradvis. Når sannsynligheten for driftsforstyrrelse blir for høy, bør ledningen fornyes. Jo større følger en driftsforstyrrelse vil medføre, desto viktigere er det å redusere sannsynligheten for driftsforstyrrelse.

Vanligste årsak til fornyelse av rørledninger av duktilt støpejern er korrosjonshull eller groptæring (engelsk: "pitting"). Slike hull vokser langsomt. Materialbrudd (sprø brudd) forekommer sjelden. Driftsforstyrrelser på vannledninger av duktilt støpejern har derfor vanligvis små følger.

I NS-EN 805 "Vannforsyning: Krav til systemer og komponenter utenfor bygninger" /4/ stilles det i pkt. 5.2 krav om levetid på minst 50 år.

Selv om denne europeiske normen er tatt i bruk som Norsk Standard, skal planlagt levetid for vannledninger settes til **minst 100 år**, noe som har vært vanlig praksis de siste 30 år. Dette kravet til minst 100 års levetid er også tatt inn i ny teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven (pbl).

Begrunnelse for valg av planlagt levetid på minst 100 år:

- Å øke den tekniske levetiden fra 50 til 100 år gir mindre enn 5 % tillegg i anleggskostnaden. Årsaken er at god korrosjonsbeskyttelse, gode omfyllingsmasser og god oppfølging av anleggsarbeidet koster lite. Denne økningen i levetid reduserer det gjennomsnittlige ressursforbruket med mer enn 40 %. I tillegg reduseres det samlede antallet driftsforstyrrelser (antallet utslitingsfaser i løpet av 100 år reduseres fra 2 til 1).
- Det er lite sannsynlig at den teknologiske utviklingen vil gi løsninger for transport og fordeling av vann som er vesentlig billigere og sikrere enn dagens rørledningsnett med dagens tekniske kvalitet på rør og rørmaterialer.

Viktige årsaker til valg av duktilt støpejern i vannledninger:

- Sprø brudd forekommer sjelden, dvs. liten fare for store lekkasjer som vokser raskt. Ledninger av duktilt støpejern egner seg derfor særlig godt der store lekkasjer vil kunne skape store problemer, for eksempel i sterkt trafikkerte gater.

Vannledninger av duktilt støpejern er, sammen med vannledninger av vanlig stål, karbonstål, de som best tåler graving nær ledningen.

5.2. Valg av rørvegtykkelse

5.2.1. Oversikt

Følgende forhold bidrar til valg av rørvegtykkelse for nedgravde rørledninger av duktilt støpejern:

- Innvendig vanntrykk
- Jordlast inklusive punktlaster
- Dynamisk belastninger (trafikklast og støt på grunn av graving nær ledningen)
- Korrosjon (innvendig og utvendig)
- Belastninger som skyldes frost, tele

5.2.2. Mekanisk styrke

Innvendig vanntrykk

Innvendig vanntrykk skaper i hovedsak strekkspenning i ringretningen i rørveggen. Duktilt støpejern er et seigt rørmateriale med høy, dimensjonerende spenning, se NS-EN 545, vedlegg A. Driftsvanntrykket i vannledninger er stort sett mindre enn 10 eller 16 bar, og det innvendige vanntrykket er derfor ikke dimensjonerende for veggtykkelsen til kommunale vannledninger av duktilt støpejern. Se ellers kapittel 4.1 og 4.2.

I rørdeler ved retningsforandringer er spenningstilstanden mer sammensatt enn i et rett rør, og i slike rørdeler kan det innvendige vanntrykket ved vanlig drift ha avgjørende virkning på kravet til veggtykkelse.

Utvendig jordtrykk og støt pga. graving nær ledningen

Utvendig jordtrykk tas opp som bøyemoment i ringretning i røret. Det stilles derfor krav til rørets ringstivhet, se kapittel 4.2.

Røret kan være ujevnt fundamentert slik at det langs røret oppstår punktlaster. For å unngå for store deformasjoner trengs stivhet i lengderetning, bjelkestivhet, se kapittel 4.2 og vedlegg B i NS-EN 545.

Det er forutsatt en brukstid på minst 100 år for en kommunal vannledning (se kapittel 5.1). I løpet av så lang tid som dette må en regne med graving flere ganger nær ledningen. Det er derfor en betydelig fare for støt fra en gravemaskinskuffe.

Rørets evne til å tåle disse lastene øker med rørets ringstivhet og bjelkestivhet. For et rør med en gitt, nominell diameter, **DN**, øker disse stivhetene betydelig med økende veggtykkelse, **e**.

Tabellen nedenfor gir eksempler på forskjellen i nominell veggtykkelse for K9 og C40 rør.

Minimum veggtykkelse (e) for rør med nominell diameter (DN) 150, 250 og 400 mm. Gjelder for veggtykkelsesklasse K9 i henhold til NS-EN 545 fra 2006 og trykkklasse C40 i henhold til NS-EN 545 fra 2010.

Tabell 2. Sammenligning av minimum veggtykkelse for K 9 og C40

DN mm	Minimum veggtykkelse	
	K9	C40
150	4,7 mm	3,0 mm
250	5,2 mm	3,9 mm
400	6,4 mm	6,0 mm

Ringstivheten er avhengig av e^3 , se kapittel 4.2 og tabell 1.

Eksempelvis vil et DN 150, C40-rør ha en ringstivhet som bare er 33 % av et K9-rør.

Denne store forskjellen er en viktig årsak til at mange velger rør tilsvarende klasse K9, selv om et C40-rør har mer enn tilstrekkelig styrke for det innvendige vanntrykket.

Forskjellen i ringstivhet avtar med økende rørdiameter. For eksempelvis DN 400 er ringstivheten for C40-rør om lag 62 % av ringstivheten for K9-rør.

Setninger langs rørledninger tas opp som bøyemoment i lengderetning. Tillatt bøyemoment er avhengig av ledningens stivhet i lengderetningen, bjelkestivheten, se kapittel 4.2. Den tilnærmede formelen for bjelkestivhet, EI, i kapittel 4.2 viser at bjelkestivheten er proporsjonal med rørveggtykkelsen, e . Rørveggtykkelsen har derfor vesentlig mindre betydning for **bjelkestivheten** enn for ringstivheten. Verdier for tillatt bøyemoment i lengderetning er gitt i NS-EN 545, vedlegg B.

5.3. Korrosjon

Betingelser for korrosjon /5, 6/:

- Elektrisk potensialforskjell langs rørveggen og pH i omgivelsene som gjør korrosjon mulig
- Tilstrekkelig, elektrisk ledningsevne i vannet inne i rørledningen eller i massene utenfor ledningen, samt god elektrisk kontakt mellom rørveggen og vannet/omfyllingsmassene
- Tilstrekkelig tilgang på fritt oksygen fram til rørveggen (dersom den aktuelle korrosjonsprosessen krever fritt oksygen)
- Duktilt støpejern kan korrodere uten tilgang på fritt oksygen. Slik korrosjon krever at bakteriers stoffskifte inngår i korrosjonsprosessen. Det betyr at forholdene nær rørveggen må være tilpasset bakterienes krav som karbonkilde, energikilde, pH osv. Sulfatreduserende bakterier kan inngå i slik korrosjon.

Rør av **ubeskyttet**, duktilt støpejern kan lett korrodere:

- **Innvendig:**

Vanlig, norsk drikkevann er korrosivt overfor duktilt støpejern ved:

- Lav nok pH og lavt nok innhold av kalsium
- Tilstrekkelig høy, elektrisk ledningsevne
- Tilstrekkelig høyt innhold av oksygen
- Avleiringer og begroing forårsaker forskjeller i oksygentilførselen til rørveggen, noe som kan skape en elektrisk potensialforskjell som er stor nok til å gi vesentlig korrosjon

- **Utvendig:**

Fuktige omfyllingsmasser med høy elektrisk ledningsevne og forskjeller i oksygentilførselen, som skaper elektrisk potensialforskjell langs rørveggen. Eksempler:

- Vekslede grunnvannstand
- Blandingsjord (f.eks. veksling mellom leire og fuktig sand)

- **Andre korrosive forhold:**

Marin leire med noe organisk stoff gir ved oksygenfrie forhold grunnlag for korrosjon på grunn av sulfatreduserende bakterier.

- Alunskifer (inneholder svovelkis, som gir sulfidkorrosjon på duktilt støpejern)
- Andre kisbergarter (bergarter som inneholder svovelkis, kobberkis og andre sulfider)
- Sjøvann (klorider øker den elektriske ledningsevnen)
- Lekkstrøm fra elektriske likestrømsanlegg (f.eks. sporvogn/trikk)
- Galvanisk korrosjon på grunn av kobberør som er tilkoplede duktile støpejernsrør (alvorlig korrosjon forutsetter god elektrisk kontakt mellom rørene og jord med god elektrisk ledningsevne)

Korrosjonsproduktene på duktilt støpejern er så løse at de i liten grad bremser ytterligere korrosjon (slik som grafittgitteret i grått støpejern). Videre har rør av grått støpejern gjerne en veggtykkelse om lag dobbelt så stor som rør av duktilt støpejern. **Selve veggtykkelsen i et rør av duktilt støpejern er så liten at den ved sterkt korrosive forhold betyr lite for motstanden mot gjennomtæring.**

Det er de korrosjonsbeskyttende beleggene inn- og utvendig som bestemmer levetiden ved slike forhold. Beleggene kan ha forskjellige egenskaper, og beleggtipe velges derfor ut fra de lokale grunnforhold eller vannkvalitet (se kapittel 6 og 7).

6. Utvendig korrosjonsbeskyttelse av rør av duktilt støpejern

6.1. Utvendig korrosjon - oversikt

Forholdene i jordmassene rundt en vannledning

Faren for utvendig korrosjon er avhengig av:

- Jordart / bergart
- Oksygenforhold
- Omfyllingsmasser
- pH / kalkinnhold
- Fuktighet i jorda / grunnvannstand
- Sjøvann

Avhengig av disse forholdene vil faren for utvendig korrosjon av ubeskyttet, duktilt støpejern variere fra **svært liten** til **svært stor**.

Korrosjonsforhold:

Sprekker i laget av jernoksid:

Ved produksjon av duktile støpejernsrør dannes jernoksid på røroverflaten. Under avkjølingen sprekker det tynne laget av jernoksid. Det vil da bli en elektrisk potensialforskjell mellom det tynne laget av jernoksid og det blottlagte jernet i sprekkene.

Fuktighet:

Korrosjonshastigheten avhenger av den elektriske ledningsevnen i omfyllingsmassene. Istedenfor ledningsevne brukes gjerne jordas motstand eller resistivitet, gitt i ohm/cm. I en godt drenert fjellgrøft eller i tørr sand er ledningsevnen så liten at det ikke blir nevneverdig korrosjon. Under grunnvannstanden kan ledningsevnen være svært stor, og her kan det derfor være stor fare for korrosjon.

I fjellgrøfter der røret ligger rett på fjellet, kan det være vanskelig å unngå vekselvis tørre og våte områder på rørveggen (som gir forskjeller i tilgangen av oksygen til rørveggen). I fjellgrøft bør det derfor for å sikre dreneringen brukes et fundament av drenerende puk med tykkelse 250-300 mm, selv om NS 3420 tillater fundamenttykkelse 150 mm for rør med diameter mindre enn DN 400.

Oksygenforhold:

I tett leire er det ikke tilgang på fri oksygen, og her kan korrosjonsfaren være liten. For hundre år siden var det vanlig å bruke håndstampet leire rundt røret med bruk av "jomfru", og det er gode erfaringer fra slike anlegg.

Marin leire inneholder alltid litt sulfat. Hvis leira blir forurensset av organisk stoff, kan det likevel bli alvorlig korrosjon (pga. sulfatreduserende bakterier). Det organiske stoffet kan komme fra markoverflaten langs grøfta dersom massene blandes, eller fra "skolinger" og lignende av tre.

I blandingsjordarter (f. eks. leire med høyt innhold av organisk stoff) kan det være store variasjoner i oksygeninnholdet i jorda. Disse variasjonene kan skape store, elektriske potensialforskjeller langs rørledningen. Dette øker faren for alvorlig korrosjon.

pH og kalkinnhold i jorda:

Er kalkinnholdet i jorda stort, kan pH i jorda bli så høy at faren for korrosjon blir liten. I de fleste norske jordarter er kalkinnholdet lavt.

Aggressive bergarter:

Enkelte bergarter, f.eks. alunskifer, inneholder betydelige mengder svovelkis.

Svovelkisen kan gi alvorlig sulfidkorrosjon på duktile støpejernsrør. Andre bergarter med innhold av sulfidmineraler kan også gi korrosjon.

Vann fra grøfter i alunskifer har gjerne lav pH og kan skade livet i nærliggende, små vassdrag. Det er flere aktuelle tiltak for å redusere vannsiget fra slike grøfter. En metode

er å erstatte pukk med leire som fundament og omfyllingsmasse. Rør av duktilt støpejern har tilstrekkelig stivhet for bruk av leire som fundament og omfyllingsmasse. I alunskifer må det brukes duktile støpejernsrør med PE-belegg eller plastrør.

Sjøvann:

Sjøvann har høy elektrisk ledningsevne, noe som øker faren for alvorlig korrosjon av duktilt støpejern. I tillegg øker kloridinnholdet faren for alvorlig korrosjon. Sjøvann har pH om lag 8,5, og det reduserer faren for korrosjon av sink (ved pH om lag 8,5 felles ut $\text{Zn}(\text{OH})_2$, som er tungt løselig og beskytter mot videre korrosjon). Den høye pH i sjøvann kan derfor beskytte sinkbelegget på rør av duktilt støpejern.

6.2. Aktuelle typer beskyttelse mot utvendig korrosjon

Tiltakene mot utvendig korrosjon kan deles i følgende grupper:

- Belegg som hindrer tilgang av oksygen og fuktighet
- Belegg som gir katodisk vern av duktilt støpejern
- Belegg som passiverer duktilt støpejern

Utvendige belegg som hindrer tilgang av oksygen og fuktighet:

- Belegg av polyuretan (PUR), tykkelse 1–2 mm
- Belegg av polyetylen, 200 g Zn/m^2 + PE. Vanlig tykkelse for PE-C er 1,8 til 3,5 mm, og for PE-D: 2,5 til 4,0 mm. Tykkelse av belegg avhenger av nominell diameter. Laget med sink gir katodisk vern i tilfelle PE-belegget skades.

Utvendige belegg som gir katodisk vern av duktilt støpejern:

- 200 g Zn/m^2 + bitumen eller epoksy med minimum beleggetykkelse 70 μm
- 400 g "Aluzink"/ m^2 , 85 % Zn og 15 % Al, + epoksy, beleggetykkelse 70–100 μm

Utvendig belegg som passiverer duktilt støpejern:

- Fiberarmert sementmørtel, sementtype høyovnslaggsement armert med PP-fibre, alternativt glassfiber:
200 g Zn/m^2 + fiberarmert sementmørtel, beleggetykkelse 5 mm)
Mellom sinkbelegget og sementmørtelen brukes et tynt lag med to-komponent epoksy hvorpå sementmørtelen påføres vått på vått.
Alternativt blandes det inn en plastemulsjon i sementmørtelen.
Begge utførelser er for at det ikke skal oppstå en reaksjon mellom sink og sement, noe som kan føre til gassdannelse og dårlig heft.
Sinkbelegget gir katodisk vern i tilfelle sementmørtelbelegget skades.

Belegg ut over sink og bitumen/epoksy er det ikke krav til i NS-EN 545 /3/. Samtlige typer belegg er likevel nevnt i standarden, se vedlegg D.

For noen av beleggene er det egne standarder.

6.3. Utvendig belegg av sink og bitumen/alternativt sink og epoksy

6.3.1. Spesifikasjon:

- Belegg av sink, 200 g Zn/m², nærmest rørveggen (1 µm tilsvarer 7 g/m²)
- Belegg av bitumen, alternativt epoksy ytterst, minimum tykkelse 70 µm

Belegget er standardisert i NS-EN 545 /3/ punkt 4.5.

Av markedsmessige grunner vil dette røret trolig bli erstattet av rør med utvendig belegg av aluzink og epoksy, jfr. kapittel 6.4.



Figur 4. Duktilt støpejernsrør med utvendig belegg av sink og bitumen

6.3.2. Hovedvirkning:

Det samlede belegget endrer ikke korrosjonstilstanden fra aktiv til passiv.

Sink:

- Sink hindrer at det duktile støpejernet kommer i direkte kontakt med vann, oksygen og omfyllingsmasser.
- På sink i luft dannes sinkkarbonat, som beskytter sinken noe mot korrosjon.
- Hvis pH i jorda er lavere enn 7,5 - 8,0, løses sink ut:
 - jo lavere pH, desto større utløsning
- Jo større elektrisk ledningsevne i jorda, desto raskere utløsning.
- Sink gir lokal, katodisk korrosjonsbeskyttelse (mot små skader i belegget). Små riper i sinkbelegget fylles med forholdsvis stabile korrosjonsprodukter av sink og jern.

Bitumen/epoksy:

- Bitumen eller alternativt epoksybelegget begrenser kontakten mellom sink på den ene siden og vann, oksygen og omfyllingsmasser på den andre siden. Det vil si at utløsningen av sink bremses noe.
- Beleggene er på grunn av den begrensede tykkelsen ikke tett, slik at avstanden mellom anode og katode på støpejernet begrenses. Dette motvirker at potensialforskjellen i en korrosjonscelle blir for stor.

Men samlet blir likevel belegget såpass tett at transporten av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen bremses noe. Mengden sink er så stor at det katodiske vernet under gitte forutsetninger kan vare i en planlagt levetid på minst 100 år.

6.3.3. Tilleggsvirkning:

- Ingen

6.3.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/forlenger levetiden til belegget

- Forsiktig håndtering av rørene.
- I NS 3420-F:2008, kapittel FS 3.1, tabell F13, stilles det krav til "minste tykkelse på nedre fundament ved ulike rørdiametre og ulike grunnforhold":

Tabell 3. Krav til **minimum** fundamenttykkelse.

DN	Grunnforhold og minimum fundamenttykkelse	
	Løsmassegrøft	Fjellgrøft
DN < 400	150 mm *	150 mm *
400 ≤ DN ≤ 1200	200 mm	300 mm
1200 < DN ≤ 2000	250 mm	400 mm

* I fjellgrøft anbefales likevel at fundamentet av pukk er minst 250 mm tykt, slik at hele rørveggen holder seg tørr.

I leirgrøft anbefales det at omfyllingsmassen og fundamentet av pukk/grus er så tykt (min. 250 mm) at leire ikke kommer i kontakt med røret, og for at røret skal holde seg tørt. Det skal brukes fiberduk for å skille pukk/grus og leire.

Krav til fiberduk er gitt i kapittel 6.4.

6.3.5. Bruksområde:

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg for:

Rør i godt drenerte masser:

- God og jevn oksygentilgang hindrer at det danner seg små og kraftige korrosjons-celler pga. forskjeller i oksygeninnhold langs rørveggen.
- Vanninnholdet er så lavt at jordas elektriske ledningsevne er så lav at transporten av ioner selv i små korrosjonsceller blir for liten til å gi vesentlig korrosjon.
- Det er svært viktig grøfta dreneres, slik at det ikke staves opp vann i omfyllingsmassene. Denne løsningen **krever** derfor nøyaktig planlegging og bygging, særlig i leirholdige masser.

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg **ikke** for:

Rør med marin leire som omfyllingsmasse:

- Ingen oksygentilgang og høyt nok innhold av sulfat og organisk stoff, gir livsbetingelser for sulfatreduserende bakterier.
- Den elektriske ledningsevne i fuktig, marin leire er høy nok til at det kan dannes korrosjonsceller typisk for sulfatreduserende bakterier.

Rør under grunnvannstand eller under sjøvannstand:

- Den elektriske ledningsevnen i jorda er så stor at selv små korrosjonsceller kan gi kraftig korrosjon.

Andre grunnforhold:

- Andre grunnforhold ikke egnet for denne korrosjonsbeskyttelsen er beskrevet i NS-EN 545, vedlegg D, kapittel D.2. Er blant annet ikke egnet i grunn med alunskifer.

6.3.6. Referanser:

Belegget er standardisert i NS-EN 545.

Videre henvises det til produsentenes produktkataloger.

6.4. Utvendig belegg av "aluzink" og epoksy

6.4.1. Spesifikasjon:

- Belegg av en blanding av sink og aluminium ($400 \text{ g aluzink/m}^2$ - 85 % sink og 15 % aluminium) nærmest rørveggen av duktilt støpejern ($1 \text{ } \mu\text{m}$ tilsvarer 7 g/m^2)
- Belegg av epoksy (min tykkelse $70 \text{ } \mu\text{m}$ - legges utenpå belegget av aluzink).
I praksis brukes ofte $100 \text{ } \mu\text{m}$ tykkelse.

Belegget er ikke standardisert, men det er beskrevet i NS-EN 545 /3/, vedlegg D.

6.4.2. Hovedvirkning:

- Det samlede belegget endrer ikke korrosjonstilstanden fra aktiv til passiv.

Aluzink:

- Aluzink-belegget hindrer at det duktile støpejernet kommer i direkte kontakt med vann, oksygen og omfyllingsmasser.
- På sink i luft dannes sinkkarbonat, som beskytter sink noe mot korrosjon. På aluminium i luft dannes aluminiumsoksid, som beskytter aluminium noe mot korrosjon.
- Hvis pH i jorda er lavere enn 7,5 - 8,0, løses sink ut:
 - jo lavere pH, desto større utløsning
 - jo større elektrisk ledningsevne i jorda, desto raskere utløsning.
- Sink gir lokal, katodisk korrosjonsbeskyttelse (mot små skader i belegget). Små riper i sinkbelegget fylles med forholdsvis stabile korrosjonsprodukter av sink og jern.

Epoksy:

- Epoksybelegget begrenser kontakten mellom sink og aluminium på den ene siden og vann, oksygen og omfyllingsmasser på den andre siden. På denne måten bremses utløsningen av sink og aluminium vesentlig.
- Epoksybelegget er på grunn av den valgte beleggetykkelsen ikke tett, slik at avstanden mellom anode og katode på det duktile støpejernet begrenses - slik at også potensialforskjellen i en korrosjonscelle begrenses.
- Men samlet blir belegget likevel såpass tett at transporten av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen bremses noe. I tillegg gir sink + aluminium et katodisk vern av det duktile støpejernet. Mengden sink + aluminium er så stor at det katodiske vernet under gitte forutsetninger kan sikre en planlagt levetid på minimum 100 år.

6.4.3. Tilleggsvirkning:

- Ingen

6.4.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/ forlenger levetiden til belegget:

- Forsiktig håndtering av rørene

6.4.5. Bruksområde:

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg for:

Rør i godt drenerte masser:

- God og jevn oksygentilgang hindrer at det dannes seg små og kraftige korrosjonsceller pga. forskjeller i oksygeninnhold langs rørveggen
- Vanninnholdet er så lavt at jordas elektriske ledningsevne blir så lav at transporten av ioner selv i små korrosjonsceller blir for liten til å gi vesentlig korrosjon

Rør med tørr, marin leire som omfyllingsmasse:

I vanlige grøfter i marin leire har vi gjerne følgende forhold:

- Ingen oksygentilgang
- Høyt nok innhold av sulfat
- Noe organisk stoff (fra matjordlag i toppen av grøfta)

Slike forhold gir livsbetingelser for sulfatreduserende bakterier. Sulfatreduserende bakterier kan gi alvorlig korrosjon, men all korrosjon er avhengig av fuktighet.

Eksempler på leire med lavt innhold av fuktighet:

- Tørrskorpeleire
- Leire i tettbygde områder der dreneringene for bygningene ligger vesentlig lavere enn ledningen av duktilt støpejern

Denne korrosjonsbeskyttelsen er så god at den her trolig vil beskytte rørledningen i minst 100 år. Dette er en tolkning av feltforsøk beskrevet i /9,10/.

Grunnforhold der korrosjonsbeskyttelsen kan være tilfredsstillende:

Rør med fuktig, marin leire som omfyllingsmasse:

- Ingen oksygentilgang og høyt nok innhold av sulfat og organisk stoff, gir livsbetingelser for sulfatreducerende bakterier.
- Den elektriske ledningsevnen i fuktig, marin leire er trolig høy nok for korrosjonsceller typisk for anaerobe bakterier.

Dokumentasjonen av virkningen av denne korrosjonsbeskyttelsen i fuktig leire med pH lavere enn 7,5 er ikke tilfredsstillende. Denne påstanden bygger på en tolkning av feltforsøk beskrevet i /9,10/.

Rør under grunnvannstand eller under sjøvannstand:

- Den elektriske ledningsevnen i jorda er så stor at selv små korrosjonsceller kan gi kraftig korrosjon
- NS-EN 545, vedlegg D, punkt D.2.2, anbefaler ikke denne korrosjonsbeskyttelsen brukt på rørledninger under sjøvannstand når den elektriske motstanden i jorda er mindre enn 500 ohm/cm.
Den høye pH-verdien i sjøvann (om lag 8,5) kan imidlertid føre til at det dannes et beskyttende hydroksydelegg på aluzinken (reduserer faren for korrosjon).
Feltforsøk beskrevet i /9,10/ kan muligens tolkes på denne måten.
- Feltforsøkene beskrevet i /9,10/ kan muligens tolkes slik at det er vesentlig fare for korrosjon på rørledninger som ligger under grunnvannstand

Rør i fuktige blandingsjordarter (leire eller sand med høyt innhold av organisk stoff):

- Her er det fare for anaerobe forhold og sulfatreducerende bakterier
- Etter hvert som laget av aluzink tæres bort, er det fare for alvorlig korrosjon

Dokumentasjonen av virkningen av denne korrosjonsbeskyttelsen ved slike grunnforhold er ikke tilfredsstillende.

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg ikke for:

Rør i grunn med alunskifer:

- Vanligvis ikke egnet. Dette gjelder også i grunn av andre sulfidholdige bergarter.
- Nedbryting av laget med aluzink og epoksy kan forebygges på flere måter:
 - Vikling av flere lag med tett "korrosjonstape", for eksempel PE-tape, utenpå røret. Vikles med 50% overlapp (dvs. dobbelt lag) og løs polyetylenstrømpe, tykkelse minimum 200 µm, trukket utenpå det "tapede" røret og "tapet" fast.

Andre grunnforhold:

Andre grunnforhold som ikke er egnet for denne korrosjonsbeskyttelsen, er beskrevet i NS-EN 545, vedlegg D, kapittel D.2.2:

- Sur, torvholdig jord
- Avfallsfyllinger med tærende masser

6.4.6. Referanser:

NS-EN 545, vedlegg D

Produktkatalog fra Saint-Gobain, PAM, se: www.pamline.no

9. NOUALL, GÉRARD: "A new coating for ductile iron pipes based on Zinc-Aluminium 85-15 alloy", 3R International(40) Heft 2 – 3/2001

10. CHRYSTIE-LOWE, DAVID: "Review of the Development of the "PAM Natural" Corrosion Protection System for Ductile Iron Pipe" Pipeline Development Ltd., Salford, England, 2002

6.5. Utvendig belegg av sink og polyetylen (PE)

6.5.1. Spesifikasjon

- Belegg av sink (200 g Zn/m^2) nærmest rørveggen av duktilt støpejern
- Belegg av et klebende materiale utenpå sinklaget (kleber)
- Belegg av polyetylen ytterst.
Polyetylenbelegget leveres i to tykkelser:
PE-C: Vanlig tykkelse tykkelse 1,8 til 3,5 mm, avhengig av DN
PE-D: Øket tykkelse tykkelse 2,5 til 4,0 mm, avhengig av DN

Polyetylenbelegget er standardisert, se NS-EN 14628 /8/.

Belegget er beskrevet i NS-EN 545 /3/ vedlegg D

NS-EN 14628:2006 beskriver også PE-beskyttelse uten et lag av sink mellom røret og PE-belegget:

- PE-A: Vanlig tykkelse tykkelse 1,8 til 3,5 mm, avhengig av DN
- PE-B: Øket tykkelse tykkelse 2,5 til 4,0 mm, avhengig av DN

Det må imidlertid være et belegg av klebende plastmateriale utenpå støpejernsrøret på grunn av kravet til heft. Denne beskyttelsen uten sink anbefales ikke brukt, eventuelt anbefales det i tillegg fiberduk rundt røret ved knuste masser, fiberduk klasse 5, 400 g/m^2 .



Figur 5. Ekstruder for påføring av PE-belegg på duktilt støpejernsrør. Støpejernsrør som er varmt og påført sinkbelegg kommer inn på høyre side. Ut av ekstruderen (på venstre side) krympes PE-belegg på røret.

6.5.2. Hovedvirkning

Det samlede belegget endrer ikke korrosjonstilstanden fra aktiv til passiv.

Sink:

- Sinken hindrer at det duktile støpejernet kommer i direkte kontakt med vann, oksygen og omfyllingsmasser.
- På sink i luft dannes sinkkarbonat; som beskytter sinken noe mot korrosjon.
- Hvis pH i jorda er lavere enn 7,5 - 8,0, løses sink ut:
 - jo lavere pH, desto større utløsning
 - jo større elektrisk ledningsevne i jorda, desto raskere utløsning

Sink gir lokal, katodisk korrosjonsbeskyttelse mot små skader i belegget. Små riper i sinkbelegget fylles med forholdsvis stabile korrosjonsprodukter av sink og jern.

Polyetylen (PE):

- PE-belegget er så tykt og tett at selv i jord med god elektrisk ledningsevne hindres transport av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen.
- Hvis det oppstår en stor eller flere mindre skader i PE-belegget, kan det dannes en korrosjonscelle, for eksempel pga. forskjell i oksygentilgang langs rørveggen. Har omfyllingsmassen god nok ledningsevne, kan det etter hvert bli alvorlig korrosjonsskade. Sinkbelegget vil hindre at små skader fører til alvorlig korrosjon.

Ved store skader i PE-belegget gir sinkbelegget bare en kortvarig utsettelse av korrosjonsskade.

- God korrosjonsbeskyttelse i rørskjøtene krever bruk av krympeplast i muffeskjøtene. Samlet gir disse beleggene en god korrosjonsbeskyttelse, forutsatt at PE-belegget ikke får store skader. Det har vist seg at krympeplasten lett kan skades i overgangen mellom muffe og rør, og det anbefales derfor å legge minst to lag fiberduk utenpå muffeskjøtene.

Det er viktig at alle skader på rørene repareres før rørene monteres, og at en ikke utsetter rørene for skader under legging og komprimering. Bruk av fiberduk vil i stor grad hindre dette.

6.5.3. Tilleggsvirkning

- Ingen

6.5.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/forlenger levetiden til belegget

- PE-belegget må være så tykt at innholdet av antioksidanter blir stort nok for å dekke behovet i hele den planlagte levetiden
- Jo tykkere PE-belegget er, desto større blir sikkerheten mot skader ved graving nær røret
- Bruk av egnede omfyllingsmasser
- Omhylling med fiberduk
- Forsiktig håndtering av rørene
- Utbedring av skader i PE-belegget ved legging



Figur 6. Duktile støpejernsrør med sink og utvendig PE-belegg brukt i grøft med alunskifer

6.5.5. Bruksområde

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg for:

Rør i godt drenerte masser:

"Overdimensjonert" beskyttelse.

Rør med marin leire som omfyllingsmasse:

Hindrer transport av ioner fram til rørveggen.

Rør under grunnvannstand eller under sjøvannstand:

Hindrer transport av ioner fram til rørveggen.

Rør i grunn med alunskifer eller andre sulfidholdige bergarter:

Hindrer transport av ioner fram til rørveggen. Det bør vurderes 1-2 lag med korrosjonsbeskyttende tape i tillegg. Tapen vikles med 50% overlapp. For å hindre forurensning til vassdrag bør det vurderes leire som fundament og omfyllingsmasse.

Rør i grunn/omfyllingsmasse med store forskjeller i oksygentilgang (for eksempel ved varierende grunnvannstand i ledningssonen):

Hindrer transport av ioner fram til rørveggen.

Rør under høyspentledninger, jernbane, sporvogn og anlegg med påførte spenninger, både parallellføringer og kryssinger.

Anbefalte, knuste omfyllingsmasser og fiberduk rundt røret:

Største nominelle kornstørrelser for fundament og omfyllingsmasser for duktile støpejernsrør i henhold til NS 3420 er hhv. 32 og 22 mm for velgraderte og ensgraderte masser.

For å unngå at duktile støpejernsrør med utvendig belegget av PE, klasse C eller D, dvs. rør med sink, skal skades vesentlig av skarpkantete knuste omfyllingsmasser, anbefales i denne rapporten:

Normale forhold med hensyn til korrosjon:

Pukk 8-16 mm: - Minimum klasse PE-C

Pukk 16-32 mm: - Klasse PE-D eller PE-C med fiberduk rundt røret

Forhøyet sikkerhet mot korrosjon:

Pukk 8-16 mm: - Klasse PE-D, eller

- Klasse PE-C med fiberduk rundt røret

Graderingene er nærmere beskrevet i NS 3420-F, Tillegg C (informativt) om sammenheng mellom sortering, betegnelse og bruksområde.

Krav til fiberduk:

Det er vanlig å bruke fiberduk klasse 5, 400 g/m².

Fiberduk er nærmere beskrevet i:

- NS 3420-G, kapittel GU5 Filter av geosynteter
- Statens Vegvesens håndbok 018 Vegbygging, kapittel 5 Vegfundament

6.5.6. Korrosjonsbeskyttelsen egner seg *ikke* for:

- Rør i omfyllingsmasser som kan skade PE-belegget. (Så lenge belegget ikke er skadet, er det liten fare for korrosjon, se NS-EN 545, vedlegg D, kapittel D.2.3.)
- Ser vi bort fra rør i godt drenerte masser, kan selv små skader i belegget føre til korrosjonsskader. Omfyllingsmasse som skader belegget, tillates derfor ikke. Se valg av omfyllingsmasser ovenfor.

6.5.7. Referanser

NS-EN 14628 og NS-EN 545

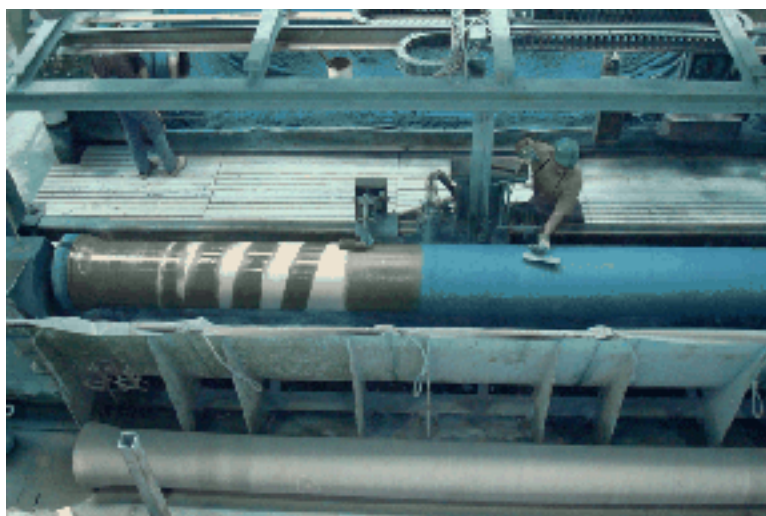
6.6. Utvendig belegg av sink og fiberarmert sementmørtel

6.6.1. Spesifikasjon:

- Belegg av sink (200 g Zn/m^2) nærmest rørveggen av duktilt støpejern
- Belegg av fiberarmert sementmørtel ytterst, tykkelse 5 mm
- Fiberarmering i sementmørtelen, PP-fiber, alternativt glassfiber

Mellom sink og sementmørtel er det enten et lag av epoksy, pålagt vått i vått, eller mørtelen er tilsatt en plastemulsjon for å hindre en reaksjon mellom sink og sement. Epoksybelegget sikrer også god heft. Utenpå sementbelegget vikler én av produsentene et PE-nett som forsterkning.

Belegget av fiberarmert sementmørtel er standardisert, se NS-EN 15542/11/.



Figur 7. Duktilt støpejernsrør med sinkbelegg, epoksy og sementmørtel

6.6.2. Hovedvirkning:

Det samlede belegget endrer korrosjonstilstanden fra aktiv til passiv. Det skyldes at:

- Belegget er ikke så tett at det på lang sikt hindrer at fuktighet kan trenge inn til det duktile støpejernet.
- I sementmørtelen er pH høy (i nye rør om lag 12,5). Dette sikrer $\text{pH} > 9$ inne ved det duktile støpejernet, slik at det duktile støpejernet passiveres (som stålarmeringen i betong).
- I sjøvann må pH inne ved det duktile støpejernet være vesentlig høyere enn 9 for å oppnå passiv korrosjonstilstand (pga. høyt innhold av klorider i sjøvann).

6.6.3. Tilleggsvirkning:

Sink:

- Sink gir lokal, katodisk korrosjonsbeskyttelse (mot små skader i sementmørtelbelegget).
- På sink i luft dannes sinkkarbonat, som beskytter sinken noe mot korrosjon.
- Hvis pH i jorda er lavere enn 7,5 - 8,0, løses sink ut:
 - jo lavere pH, desto større utløsning
 - jo større ledningsevne i jorda, desto raskere utløsning.

Muffeskjøtene skal beskyttes enten med en elastisk gummimuffe som tres over skjøtene pluss to ganger omvikling med fiberduk for å hindre at skarpe steiner skader gummimuffen, eller med krympeplast som beskyttes på samme måte. Valg av utførelse med gummimuffe eller krympeplast avhenger av rørdiameter samt utetemperatur og omgivelser. Plassforhold under røret kan gjøre det vanskelig å varme opp undersiden av

krympemuffen, og gummimuffe er vanskelig å håndtere ved sterk kulde. Oslo kommune har derfor likestilt gummi- og krympemuffe, og i tillegg to lag med fiberduk utenpå.

Sementmørtel:

- Belegget av sementmørtel er ikke helt tett, slik at avstanden mellom anode og katode begrenses. Dette motvirker at potensialforskjellen i en korrosjonscelle blir for høy.
- Belegget er imidlertid tilstrekkelig tykt og tett slik at selv i jord med god elektrisk ledningsevne bremses transporten av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen

Sink/epoksy/ement eller sink/ementmørtelbelegget blir såpass tett at transporten av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen hindres vesentlig. I tillegg sørger sementmørtelen for at det duktile støpejernnet passiveres.

6.6.4. Tiltak som kan forlenge levetiden til belegget:

CO₂ trenger inn i sementmørtelen og danner CaCO₃. Dette medfører at pH synker, og etter hvert mister sementmørtelen evnen til passivering av det duktile støpejernnet. Et lag med epoksy utenpå sementmørtelen hindrer at vesentlige mengder CO₂ trenger inn i sementmørtelen. Et slikt epoksybelegg er imidlertid ikke krevet i standarden.

6.6.5. Bruksområde:

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg for:

Rør i godt drenerte masser:

- "Overdimensjonert" beskyttelse.

Rør med marin leire som omfyllingsmasse:

- Høy pH i belegget hindrer korrosjon. Begrenser sterkt transport av ioner fram til rørveggen.

Rør under grunnvannstand:

- Høy pH i belegget hindrer korrosjon. Begrenser sterkt transport av ioner fram til rørveggen.

Rør i grunn med omfyllingsmasser med store forskjeller i oksygentilgang (for eksempel i grunn med varierende grunnvannstand i ledningssonen):

- Høy pH i belegget hindrer korrosjon. Hindrer transport av ioner fram til rørveggen.

Rør under sjøvannstand:

- Pga. høyt kloridinnhold i sjøvann blir virkningen av høy pH i sementmørtelen redusert.

Sementmørtelbelegg kan likevel brukes under sjøvannstand, forutsatt at den beskyttes særskilt - for eksempel med tykk, utvendig maling (bitumen, epoksy eller tilsvarende). Muffeskjøtene beskyttes som beskrevet i punkt 6.6.3.

Grovkornet og skarpkantet omfyllingsmasse:

Grovkornet og skarpkantet omfyllingsmasse tåles (kornstørrelse inntil 65 mm).

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg ikke for:

Rør i grunn med alunskifer:

- Alunskifer tærer på sementmørtelbelegget, og derfor anbefales i stedet PE-belegg brukt

Det samme gjelder for andre sulfidholdige bergarter.

Skal likevel belegg av sementmørtel brukes, må dette beskyttes særskilt - for eksempel med tykk, utvendig maling (bitumen, epoksy eller tilsvarende) og 1-2 lag med "korrosjonstape", viklet med 50% overlapp.

6.6.6. Referanser:

NS-EN 15542 og NS-EN 545

6.7. Utvendig belegg av polyuretan (PUR)

6.7.1. Spesifikasjon

Belegg av polyuretan, tykkelse vanligvis 1 eller 2 mm (dvs. ett eller to lag). NS-EN 15189 krever minimum tykkelse større enn 0,7 mm, og en produsent opererer med tykkelse 900 eller 1800 μm (0,9 eller 1,8 mm) - det vil si ett eller to lag.

Denne typen polyuretan er en herdeplast.

Produsentene forkorter polyuretan vanligvis med PUR, én produsent bruker PUX som produsentnavn.

Ingen av produsentene tilbyr sink mellom plastbelegget og rørveggen. Dette skyldes kravet til tilstrekkelig heft. Rørveggen skal imidlertid sandblåses til SA 2,5 før plastbelegget påføres for å oppnå tilstrekkelig heft til støpejernet. Denne beskyttelsen er ikke standardisert i NS-EN 545 /3/, men den er nevnt i standarden, vedlegg D. Selve belegget er standardisert i NS-EN 15189 /7/.



Figur 8. Duktile støpejernsrør med utvendig belegg av polyuretan

6.7.2. Hovedvirkning

Polyuretan:

- PUR-belegget er så tykt og tett at selv i jord med god elektrisk ledningsevne hindres transport av ioner og eventuell oksygen fram til rørveggen.
- Hvis det oppstår skader i PUR-belegget, kan det dannes en korrosjonscelle, for eksempel på grunn av forskjell i oksygentilgang langs rørveggen. Har omfyllingsmassen god nok ledningsevne, kan det etter hvert bli alvorlig korrosjonsskade.
- God korrosjonsbeskyttelse i muffeskjøtene krever vanligvis omhylling med krympeplast e.l. Dette må beskyttes med dobbelt lag av fiberduk utenpå muffeskjøtene. Kappede rør er mest utsatt for korrosjon i en skjøt.
- Det er ønskelig med bedre dokumentasjon av langtidsholdbarhet for dette belegget.

6.7.3. Tilleggsvirkning:

- Ingen

6.7.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/ forlenger levetiden til belegget:

- Det hylles fiberduk om rørledningen slik at eventuelle skarpkantete steiner o.l. ikke skader belegget. Minst ett lag med god overlapp på toppen av røret anbefales. Det er vanlig å bruke geotekstil/fiberduk av klasse 5 (400 g/m²). Geotekstil/fiberduk er nærmere beskrevet i:
 - NS 3420-G, kapittel GU5, Filter av geosynteter
 - Statens Vegvesens håndbok 018 Vegbygging, kapittel 5 Vegfundament
- Forsiktig håndtering av rørene
- Reparasjon av skader ved legging

6.7.5. Bruksområde:

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg for:

Rør i godt drenerte masser:

- God drenering reduserer faren for korrosjon
- Tilfredsstillende dersom omfyllingsmassen ikke skader belegget. Sand eller grus med kornstørrelse < 8 mm er derfor egnet som omfyllingsmasse.

Rør med marin leire som omfyllingsmasse:

- Belegget hindrer transport av ioner fram til rørveggen.
- Marin leire inneholder vanligvis ikke materiale som skader belegget. Hvis belegget likevel skades, er det fare for korrosjon.

Korrosjonsbeskyttelsen egner seg **ikke** for:

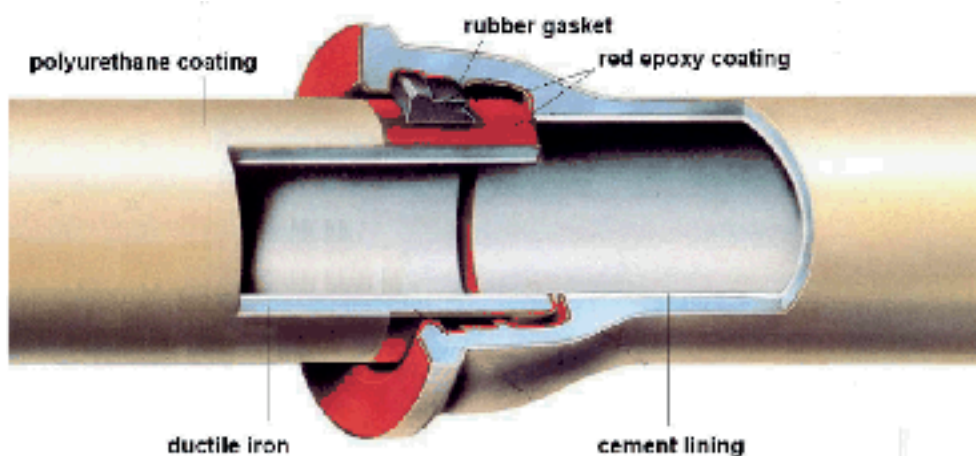
Rør i omfyllingsmasser som skader PUR-belegget:

- Skarpkantede masser (knuste masser, pukk, grus) med kornstørrelse > 8 mm kan skade belegget. Dersom det brukes fiberduk rundt rørledningen, kan pukk 8-16 mm brukes. Se egen beskrivelse av fiberduk ovenfor.

Forhold der en skade på belegget kan føre til alvorlig korrosjon:

- Rør under grunnvannstand eller under sjøvannstand
- Rør i grunn med alunskifer eller andre bergarter med innhold av sulfid
- Rør i grunn eller med omfyllingsmasse med store forskjeller i oksygentilgang (for eksempel i grunn med varierende grunnvannstand i ledningssonen)

Så lenge belegget ikke er skadet, er det liten fare for korrosjon, se NS-EN 545, vedlegg D, kapittel D.2.3.



Figur 9. Duktilt støpejernsrør med utvendig polyuretanbelegg og innvendig sementmørtelbelegg

6.7.6. Referanser:

NS-EN 15189, Ductile iron pipes, fittings and accessories. External polyurethane coating for pipes. Requirements and test methods.

Produktkatalogen fra von Roll-Hydro, se www.vonroll-hydro.ch

Produktkatalogen fra Saint Gobain, PAM, se www.pamline.no

Utvendig belegg av polyuretan er standardisert i NS-EN 15189: Ductile iron pipes, fittings and accessories. External polyurethane coating for pipes. Requirements and test methods.

7. Innvendig korrosjonsbeskyttelse på vannledningsrør av duktilt støpejern

7.1. Innvendig korrosjon - oversikt

Forholdene inne i en vannledning:

Det meste av fordelingsnettene er dimensjonert for brannslukking; noe som medfører at vannhastigheten i fordelingsnettene vanligvis er mindre enn 0,1 m/s. Da vann av drikkevannskvalitet alltid inneholder litt partikler og litt løst organisk stoff, blir det avleiringer og groe i fordelingsnettene. Rutinemessig spyling av ledningsnettene motvirker at det bygges opp store avleiringer, men avleiring og groe kan ikke forebygges fullstendig. Vanlig vann av drikkevannskvalitet har vanligvis pH mellom 7 og 8, og oksygeninnholdet er alltid høyt.

Korrosjonsforhold:

- Ved produksjon av duktile støpejernsrør dannes jernoksid på røroverflaten. Under avkjølingen sprekker det tynne laget av jernoksid. Det vil da bli en elektrisk potensialforskjell mellom det tynne laget av jernoksid og det blottlagte jernet i sprekken.
- Avleiring og groe gir forskjell i oksygentilførsel til rørveggen, noe som kan skape ytterligere, elektriske potensialforskjeller langs rørveggen.
- pH 7 - 8 gjør korrosjon mulig
- Vannets elektriske ledningsevne er stor nok for innvendig korrosjon.

Vannbehandling kan redusere innvendig korrosjon av dårlig beskyttede støpejernsrør, både grå og duktile.

Aktuelle metoder /6/:

- Alkalisering av vannet (justering av pH og alkalitet)
- Tilsetning av vannglass (natriumsilikat) til vannet
- Fjerning av partikler (som kan gi avleiringer)
- Fjerning av lett nedbrytbart organisk stoff (som kan gi groe på rørveggen)

Oppsummering:

- Vannledningsrør av ubeskyttet, duktilt støpejern vil ruste innvendig, og slike rør skal derfor alltid ha et innvendig korrosjonsbeskyttende belegg.
- Vannbehandling kan redusere korrosjonshastigheten vesentlig.

7.2. Om innvendig korrosjonsbeskyttende belegg i rørledninger av duktilt støpejern

For å unngå innvendig korrosjon i rørledninger av duktilt støpejern er to typer korrosjonsbeskyttende belegg aktuelle:

Innvendig sementmørtelbelegg som hever pH ved rørveggen til minst 9:

Jernoverflaten vil da bli passivert, slik at korrosjon ikke er mulig.

Fersk sementmørtel har pH om lag 12,5, og et belegg av sementmørtel vil derfor hindre korrosjon.

Innvendig plastbelegg som hindrer transport av ioner og oksygen til rørveggen

Aktuelle plastbelegg:

- Epoksy (to-komponent herdeplast)
- Polyuretan (her: to-komponent herdeplast)
- Polyetylen

Innvendig belegg av epoksy er ikke vanlig handelsvare, og dette belegget er ikke kommentert i rapporten. Innvendig belegg av polyetylen tilbys nå for én rørtype. Komponentene til herdeplast består av forholdsvis små molekyllkjeder som kan gi næring til mikroorganismer. Det er derfor viktig at det etter herdingen ikke er uherdede rester av de to komponentene. Men i praksis er det neppe mulig å oppnå 100% herding).

7.3. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av sementmørtel

7.3.1. Spesifikasjon:

Se NS-EN 545, avsnitt 4.5 /3

7.3.2. Hovedvirkning:

Kalsium i sementmørtelen sørger for at $pH > 9$, dvs. at det duktile støpejernet er passivt, og kan ikke korrodere.

7.3.3. Tilleggsvirkning:

Når det duktile støpejernsrøret tas i bruk, er pH i sementmørtelen om lag 12,5. Siden vanlig, norsk drikkevann har en pH på 7,5 - 8,2, vil kalsium gradvis løses ut fra sementmørtelen. pH i sementmørtelen synker derfor gradvis.

Også etter at pH ved rørveggen er blitt lavere enn 9, vil sementmørtelen ha en viss beskyttende virkning. Det skyldes at sementmørtelen ennå en tid vil være så tett at transport av oksygen og ioner inn til rørveggen av duktilt støpejern bremses.

7.3.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/forlenger levetiden til sementmørtelbelegget

Valg av sementmørtel:

- Sementmørtel med høyt innhold av silisium bremser nedbrytningen av mørtelen. Såkalt høyovn slaggsement har et høyere innhold av silisium og et lavere innhold av kalsium enn vanlig Portlandsement. Høyovnsagg er gjerne aske fra produksjon av jern og stål.
- Vanlig "Standard Portlandsement" har lavt innhold av silisium og høyt innhold av kalsium, og skal derfor ikke brukes.
- Høyaluminatsement kan føre til forhøyet innhold av aluminium i drikkevannet, og er ikke egnet for vann med høyt innhold av kalsium og høy pH . Vann filtrert gjennom marmorsand vil vanligvis ha for høyt innhold av kalsium, og denne typen sement er dårlig egnet i mange norske vannverk.
- For **råvann med lav pH** , som typisk kan være rør fra vannkilde til vannbehandlingsanlegg, egner sementmørtel av høyaluminatsement seg best. Mørtel med denne sementtypen krever særlig nøyaktig herding. Vann med lav pH har vanligvis lavt innhold av kalsium.
- Flyveaskesement fra kullfyrte kraftverk har bedre bestandighet enn vanlig Portlandsement.
- Pozzolan er et silisiumholdig materiale som forbedrer flere av sementmørtelens egenskaper; slik at bestandigheten blir bedre.
- Sementmørtelen skal ikke ha skadelig virkning på vannkvaliteten, se NS-EN 805 Vannforsyning – Krav til systemer og komponenter utenfor bygninger.

Vannbehandling:

Tilsetning av kalsium:

For å begrense utlutingen av kalsium i sementmørtelen bør behandlet vann tilfredsstille følgende krav:

- pH : $> 7,5$ (7,8 - 8,2 kan være et egnet variasjonsområde)
- Alkalitet: 0,6 - 1,0 mmol/liter
- Kalsiuminnhold: 10 - 20 mg Ca/liter

Tilsetning av vannglass (natriumsilikat) ser ut til å beskytte sementmørtelbelegget. Det skyldes at det felles ut et tynt belegget med silikat på overflaten av sementmørtelen.

Kommentarer:

Erfaringer med sementmørtelforinger:

I Norge ble sementmørtelforing for alvor tatt i bruk i perioden 1965 til 1975. Mørtel med alle typer sement nevnt ovenfor er brukt. Sement med **høyt silisiuminnhold** er best

egnet i Norge. Undersøkelser utført de siste årene viser imidlertid **svakheter** også med denne typen sementmørtel /12/ dersom vannet ikke er behandlet og justert. Herding under dårlig kontroll av temperatur og fuktighet kan også gi svak sementmørtel. Det er bindemiddelet i sementen som vaskes ut, og sementmørtelen mister fastheten. Samtidig synker pH raskt. Erfaringene veksler imidlertid fra meget gode til dårlige, og er mest basert på dårlig utherdet sementmørtel, vanlig i 1960/1970-årene.

Tidligere var herdingen av sementmørtelen ikke under fullgod kontroll. I dag skjer den første delen av herdingen i egne **herdekammer**, som sikrer riktig temperatur og fuktighet. Bruk av herdekammer gir derfor tilfredsstillende herding av sementmørtelen. Dagens sementmørtelbelegg regnes derfor å gi god nok korrosjonsbeskyttelse.

Det er imidlertid et stort spørsmål om tidligere års sementmørtelbelegg, uten bruk av herdekammer, gir god nok korrosjonsbeskyttelse i 100 år.

Epoksy har god heft på sementmørtel, og det er sannsynlig at et tynt lag med **epoksy** utenpå sementmørtelbelegget, engelsk: "seal coat", vil forlenge levetiden til sementmørtelen vesentlig. Ut fra erfaringer med bitumen som innvendig beskyttelse av asbestsementrør vil et tynt lag av epoksy forlenge levetiden til mer enn 100 år. Sementmørtel + epoksy gir vesentlig lengre levetid enn sementmørtel alene eller epoksy alene. Bruken av "Seal Coat" har i mange år vært standard i USA, og nå også i England.

7.3.5. Referanser:

NS-EN 545

7.4. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av epoksy eller polyuretan

7.4.1. Spesifikasjon:

Innvendig belegg av polyuretan, tykkelse vanligvis 1-2 mm.

Denne typen polyuretan er en herdeplast. Produsentene forkorter polyuretan med PUR.

Denne beskyttelsen er ikke standardisert i NS-EN 545 /3/, men den er nevnt i vedlegg D.

Det henvises til produktkatalogene fra de enkelte rørprodusenter.



Figur 10. Innvendig belegg av polyuretan (PUR)

7.4.2. Hovedvirkning:

Belegget hindrer vann og oksygen å trenge inn til det duktile støpejernet.

Belegget er tynt (vanlig tykkelse < 2 mm).

Når epoksy legges på like etter at røret er produsert, vil heften være god. Men for polyuretan er sandblåsing til SA 2,5 vanligvis nødvendig for å oppnå tilstrekkelig heft.

I forhold til ønsket levetid på minst 100 år er dagens erfaring på noen få ti-år heller kort. Det er derfor knyttet betydelig usikkerhet til levetiden for disse typene korrosjonsbeskyttende belegg.

Det er ønskelig med bedre dokumentasjon av beleggenes langtids holdbarhet.

7.4.3. Tilleggsvirkning:

- Ingen

7.4.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/forlenger levetiden til belegget:

Drikkevannskvaliteten har neppe vesentlig betydning for levetiden til dette belegget.

7.4.5. Referanser:

Produktkatalogen fra von Roll-Hydro, se www.vonroll-hydro.ch

Produktkatalogen fra Saint Gobain, se www.pamline.no

7.5. Innvendig korrosjonsbeskyttende belegg av polyetylen

7.5.1. Spesifikasjon

Innvendig belegg av polyetylen med nominell tykkelse om lag 0,5 mm. Det er bare registrert ett rørprodukt med denne typen innvendig beskyttelse, og det innvendige belegget er ikke tilsatt fargestoff.

7.5.2. Hovedvirkning

Belegget hindrer vann og oksygen i å trenge inn til det duktile støpejernet. Belegget er tynt (om lag 0,5 mm). Polyetylen er en termoplast som krever et minimum innhold av antioksydanter for å unngå nedbrytning i løpet av vanlig levetid. Antioksydantene er lagret inne i plasten og vandrer mot plastoverflaten på vannsiden, der antioksidanter forbrukes sakte. Jo lavere vanntemperatur, desto saktere forbrukes antioksydantene.

Erfaringene med så tynne belegg av polyetylen i vannrør er knapp, og det er vanskelig å vurdere belegget ut fra en ønsket levetid på 100 år.

Det er ønskelig med bedre dokumentasjon av beleggets langtids holdbarhet.

7.5.3. Tilleggsvirkning

Ingen.

7.5.4. Tiltak som sikrer planlagt levetid/forlenger levetiden til belegget

Drikkevannskvaliteten har neppe vesentlig betydning for levetiden til dette belegget. For å unngå at sollys skader belegget nær rørendene, anbefales det at rørene lagres med lokk i begge ender.

7.5.5. Referanser

Produktkatalogen fra Saint Gobain/PAM, se www.pamline.no.

Polyetylenbelegget har produktnavnet "Ductan".

8. Anbefalt veggtykkelse og korrosjonsbeskyttelse for vannledninger av duktilt støpejern

8.1. Anbefalt veggtykkelse og trykklasser

Viktige årsaker til valg av duktilt støpejern i vannledninger (se kapittel 5.1):

- Sprø brudd forekommer sjelden, det vil si liten fare for store lekkasjer som vokser raskt. Ledninger av duktilt støpejern egner seg derfor særlig godt der store lekkasjer skaper store problemer, for eksempel i sterkt trafikkerte gater.
- Ledninger av duktilt støpejern og vanlig ulegert stål (karbonstål) tåler best graving nær ledningen.
- Tåler godt jordtrykk/setninger på grunn av frost

Selve veggtykkelsen til et rør av duktilt støpejern ved sterkt korrosive forhold betyr lite for motstanden mot gjennomtæring.

Kommunale gater og veger er imidlertid ofte "evigvarende anleggsplasser", og det er derfor nødvendig at det velges rør med tilstrekkelig veggtykkelse og ringstivhet.

Videre er høy ringstivhet nødvendig for at utvendige mekaniske støt og belastninger ikke skal medføre sprekker i sementmørtelbelegget.

Det er vanlig å velge rør av duktilt støpejern der en trenger rør med vesentlig større mekanisk styrke enn rør av plast.

Det er gode erfaringer med rør med veggtykkelse svarende til K9 etter gammel standard, og vi finner derfor ingen grunn til å velge vesentlig mindre veggtykkelse enn dette.

For at veggtykkelsen ikke skal være vesentlig mindre enn svarende til K9 og K10, anbefales følgende trykklasser (PFA) i bymessige områder:

Tabell 4. Norsk Vanns materialgruppes anbefalte trykklasser og tilhørende minimum rørveggtykkelser for ulike rørdimensjoner sammenlignet med K9 og K10

DN	Anbefalt trykkklasse	e_{min} , for anbefalt trykkklasse	e_{min} , for K9	e_{min} , for K10
	Bar	mm	mm	mm
≤100	Class 64 / C64	4,0	4,7	4,7
125	Class 64 / C64	4,0	4,7	4,8
150	Class 64 / C64	4,0	4,7	5,0
200	Class 64 / C64	5,0	4,8	5,5
250	Class 50 / C50	4,8	5,2	5,9
300	Class 50 / C50	5,7	5,6	6,4
350	Class 50 / C50	6,6	6,0	6,8
400	Class 50 / C50	7,5	6,4	7,3
450	Class 40 / C40	6,8	6,8	7,7
500	Class 40 / C40	7,5	7,2	8,2
600	Class 40 / C40	8,9	8,0	9,1
700	Class 40 / C40	10,4	8,8	10,0
800	Class 40 / C40	11,9	9,6	10,9
900	Class 30 / C30	10,0	10,4	11,8
1000	Class 30 / C30	11,1	11,2	12,7
1100	Class 30 / C30	12,2	12,0	13,6
1200	Class 30 / C30	13,4	12,8	14,5
1400	Class 30 / C30	15,5	14,4	16,3
1500	Class 30 / C30	16,6	15,2	17,2
1600	Class 25 / C25	14,8	16,0	18,1
1800	Class 25 / C25	16,6	17,6	19,9
2000	Class 25 / C25	18,4	19,2	21,7

Vår anbefaling legger til grunn at et mer robust rør i større grad gir en sikrere drift og gir større sikkerhet for at tilstrekkelig levetid (100 år) oppnås.

Anbefalingen begrunnes også med at rørkostnadene utgjør en relativt liten andel av de totale grøftekostnader, selv om selve rørkostnaden vil øke noe.

Som en ser innebærer anbefalingen at vi i noen tilfeller går noe ned på veggtykkelse i forhold til K9 (kompromiss), men stort sett er veggtykkelsen tilnærmet lik verdien for K9.

Det kan tilføyes at for store rørdimensjoner er det viktig at ringstivheten er tilstrekkelig, men for de minste dimensjonene kan tilstrekkelig bjelkestivhet være av betydning, spesielt ved setninger/dårlige grunnforhold.

Det kan også tilføyes at i de tilfeller der støpejernsrør brukes for inntrekking i eksisterende rør, bør godstykkelsen være minst 5 mm, eller tilsvarende K9, på grunn av sveiselarve og mekanisk styrke i strekkfast løsning.

For en mer omfattende oversikt over trykklasser og minimum veggtykkelser, sammenlignet med tidligere veggtykkelsesklasser K9 og K10, vises det til tabell 6 under.

Tabell 5, Oversikt over minimum veggtykkelse for trykklasser i henhold til NS-EN 545, sammenlignet med tidligere rørveggtykkelsesklasser.

Uthevet skrift med gråtonebakgrunn er Norsk Vanns materialgruppes anbefaling, mens uthevet skrift uten gråtonebakgrunn er standardens forslag til "standardvalg".

	Minimum veggtykkelse (e)								
	Trykkklasse							Veggtykkelsesklasse	
	C20	C25	C30	C40	C50	C64	C100	K9	K10
≤100				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
125				3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	4,8
150				3,0	3,5	4,0	5,9	4,7	5,0
200				3,1	3,9	5,0	7,7	4,8	5,5
250				3,9	4,8	6,1	9,5	5,2	5,9
300				4,6	5,7	7,3	11,2	5,6	6,4
350			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0	6,0	6,8
400			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8	6,4	7,3
450			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6	6,8	7,7
500			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	7,2	8,2
600			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	8,0	9,1
700		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5		8,8	10,0
800		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8		9,6	10,9
900		8,4	10,0	13,3	16,6			10,4	11,8
1000		9,3	11,1	14,8	18,4			11,2	12,7
1100	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2			12,0	13,6
1200	8,9	11,9	13,3	17,7	22,0			12,8	14,5
1400	10,4	12,9	15,5					14,4	16,3
1500	11,1	13,9	16,6					15,2	17,2
1600	11,9	14,8	17,7					16,0	18,1
1800	13,3	16,6	19,9					17,6	19,9
2000	14,8	18,4	22,1					19,2	21,7

Som en ser av tabellen ligger Norsk Vanns anbefaling stort sett en eller to klasser høyere enn det "standardvalget" som NS-EN 545 anbefaler, spesielt for de mindre dimensjonene.

For dimensjon 1600 til 2000 sammenfaller "standardvalget" med vår anbefaling.

Standardens anbefaling er ikke begrunnet, og det er derfor uklart hva som ligger til grunn for anbefalingen.

Det kan også nevnes at det i den tyske standarden (DIN EN 545: 2010) er tatt inn en tabell (informativt nasjonalt vedlegg, tabell NA.1), som viser de trykklasser som tilsvarer de tidligere veggtykkelsesklasser K7, K8, K9 og K10.

Det ser ut til at denne tyske tabellen også bygger på kompromissløsninger, tilsvarende Norsk Vanns anbefaling, men generelt er Norsk Vanns anbefaling noe strengere (med unntak av DN 100, der DIN-standardens anbefaler C100).

I forbindelse med vår anbefaling i tabell 4 og 5 er det lagt til grunn at det gjelder i bymessige områder. Selv om det generelt er fordelaktig med en standardisering av rørkvaliteter i en kommune eller innenfor et område, bør trykkklasse kunne vurderes i forhold til anvendelse, grunnforhold og belastningsforhold med videre.

8.2. Anbefalt korrosjonsbeskyttelse

Anbefalingene i tabellene nedenfor gir et sammendrag av anbefalingene fra kapittel 5-7.

Tegnforklaring for tabellene:

+++ Meget godt	- Dårlig
++ Middels godt	-- Meget dårlig
+ Nokså godt	

Tabell 7. Anbefalt utvendig korrosjonsbeskyttelse

Utvendig korrosjonsbeskyttelse	Grunnforhold					
	Godt drenerte masser	Marin leire	Under grunnvannstand	Under sjøvannstand	Alunskifer	Blandingsjordarter
Sink + bitumen	+++	--	--	--	--	--
Aluzink + epoksy	+++	++ *	+ *	+ *	-	+ *
Sink + PE	+++	+++	++	++ **	+	++
Fiberarmert sementmørtel + sink + epoksy, eller plastemulsjon i mørtelen	+++	+++	++	++ ****	-- ***	++ *****
PUR ***** (PUX)	++	+	-	-	--	-

*) Dokumentasjon av korrosjonsegenskapene er noe mangelfull.

**) Sårbar for rifter og inntrenging av kloridioner

***) Ubeskyttet sementmørtelbelegg vil tæres bort ved kontakt med alunskifer. Eventuelt epoksybelegg på sementmørtelbelegget vil bare delvis beskytte mot alunskifer.

****) Ekstra beskyttelse kan være nødvendig mot inntrenging av kloridioner.

*****) Ekstra beskyttelse kan være nødvendig, særlig i sure jordarter.

*****) Vurderingen er litt streng pga. begrenset bruk og kjennskap. PUX er et produsentnavn på utvendig polyuretanbelegg (PAM/Saint Gobain)

Tabell 8. Anbefalt innvendig korrosjonsbeskyttelse

Innvendig korrosjonsbeskyttelse	Drikkevannskvalitet *	
	pH < 7 Alkalitet < 0,1 mmol/liter Kalsium: < 1 mg Ca/l	pH: 7,8 – 8,2 Alkalitet: 0,8 – 1,0 mmol/liter Kalsium: 15 – 20 mg Ca/l
Høyovnslagsement	+	++ **
Høyaluminatsement	++	--
Portlandsement	--	-
PUR / PUX	+	+ ***

*) Så sant tilsetting av vannglass gir tilstrekkelig utfelling av silikat, stiller ikke vann med vannglass særskilte krav til de innvendige beleggene.

**) I de senere årene har det vært en betydelig forbedring av kvaliteten på sementmørtelbelegget (blant annet pga. bruk av kontrollerte herdekammer).

***) Det er ønskelig med bedre dokumentasjon av langtids holdbarhet og heft.

9. Håndtering av rør

Det henvises til fabrikantenes anvisninger for nærmere detaljer. Under gir vi råd om noen viktige forhold som bør vektlegges.

9.1. Transport, løfting, lagring

Fra fabrikk kommer rørene i bunter opp til DN 350. Større rør kommer enkeltvis. Rørene fraktes vanligvis med skip, tog eller lastebil, og det blir ofte flere løfteoperasjoner før rørene ankommer anleggsplass. Det er derfor viktig at rørene håndteres med forsiktighet under lasting/lossing. Det er viktig at en unngår slag og gnisning mot lasteplan og sidestøtter, og spesielt at hivet settes forsiktig ned på lagringsplass. Det skal kun brukes sertifisert løfteutstyr. Tekstilstropper legges rundt bunt eller rør. Strammebåndene rundt buntene er ikke dimensjonert for buntens vekt!

Ved lagring skal rørene legges på strø minimum 98 mm x 98 mm og ikke direkte på terreng, og rørene skal sikres med trapesformede kiler på minimum det nederste rørlaget når de stables enkeltvis, pyramidestabling. Ved pyramidestabling orienteres muffeendene i motsatt retning av underliggende lag, men unngå for mange lag (tenk sikkerhet og redusert skaderisiko!). Ved lagring av flere rør oppå hverandre er det begrensninger i antall rør, avhengig av rørdiameter.

For lagring av tetningsringer skal en unngå å ta disse ut av emballasjen før bruk, samt unngå lagring i sollys eller høye temperaturer. Ved temperaturer lavere enn +10 °C skal tetningsringene varmes opp i et oppvarmet rom før bruk.

For løfting av rør finnes det godkjente løfteskroer med beskyttende belegg som kan tres inn i endene av røret, en for muffeende og en for spissende. Alternativt kan det brukes en flat tekstilstropp som plasseres i tyngdepunktet av røret og som sikres mot glidning. Stålvaier og kjetting skal ikke brukes, da disse vil skade det utvendige belegget.

9.2. Legging

Det skal brukes godkjent leggeverktøy for aktuell rørdiameter ved sammentrekking av rør.

Kapping av rør:

- Merk røret vinkelrett på senterlinjen der det skal kappes
- Sjekk at ytre diameter tilfredsstiller kravene i tabell fra fabrikant (Maks. tillatt, ytre diameter + 1mm)
 - For $DN \leq 300$ kan et mufferrør kuttes maksimalt 4 m fra spissenden for 6 m rørlengder
 - For $DN > 300$ bør det bestilles såkalte kalibrerte rør som er kontrollmålt for å kunne kappes inntil 2/3 av byggelengde målt fra spissenden.
- Vinkelsliper med diamantskive eller steinskive anbefales brukt (husk verneutstyr!)
- Spissenden skal fases for å unngå skader på eller forskyvning av tetningsring. Se på et rør som ikke er kappet for utførelse av fas, eller velg utførelse etter mål fra rørprodusent.
- Reparer beskyttelsesbelegget i snittflaten i henhold til fabrikantens anvisning. Vanligvis med "sprøytesink" og bitumen eller epoksy, avhengig av krav til korrosjonsbeskyttelse.

Montering:

- Rengjør muffe, spissende og tetningsring
- Monter tetningsringen
- Sjekk at tetningsringen ligger på plass i sporet hele veien rundt
- Om ikke innsettingsdybden er merket fra fabrikk, eller ved rørkapp: sett merke tilsvarende innvendig muffedybde minus 10 mm. Kontroller avfasingen på spissenden.
- Påfør glidemiddel på tetningsringen og spissenden fram til merket
- Før spissenden inn til merket dybde med monteringsverktøy (for ferdigmerkede rør mellom de to strekene). Sjekk under montasjen at senterlinjene faller sammen.

- Kontroller ved bruk av søker at tetningsringen har samme avstand fra muffeenden i hele rørets omkrets.

For øvrig vises til generell praksis ved legging av rør mht. fundament, omfylling, HMS osv.

9.3. Reparasjoner av skader på utvendig belegg

Siden det finnes ulike typer belegg gir vi bare noen generelle forhold ved fremgangsmåte. Kontakt fabrikant/leverandør for nøyaktige anvisninger og angivelse av riktig type reparasjonsmateriell/reparasjonsmasse og utførelse:

- Det er viktig at overflaten på skadestedet børstes ren for urenheter og fuktighet
- Fjern ødelagt og løst belegg
- Bruk gassbrenner for å tørke og varme opp overflaten til "håndvarmt", dvs. 50-60°C
- Påfør zink med sprayboks
- Påfør belegg i riktig tykkelse (bruk kryssende penselstrøk ved påføring av "maling").

Ved reparasjon av skader i PE-belegg er prosedyren noe mer omfattende:

- Fjern ødelagt og løst belegg
- Rens og tørk såret
- Varm sårflaten ("håndvarmt", dvs. 50-60°C)
- Legg på PE-reparasjonslapp
- Varm lappen med gassbrenner (forsiktig slik at den ikke skades) til den skifter farge
- Press lappen ned med egnet redskap, for eksempel rulle slik at all luft presses ut (husk hansker!)

9.4. Reparasjoner av skader på innvendig belegg

Det er viktig at alle skader repareres, og det finnes muligheter for å reparere skader. Siden det finnes ulike reparasjonsmetoder, er det viktig å følge leverandørens anbefalinger!

9.5. Omfylling i grøft

Det er viktig å unngå skader i det utvendige belegget for å unngå at rørene blir utsatt for korrosjon. I mange europeiske land legges eksempelvis rørene ofte i sandige masser som er skånsomme mot rørene, mens vi i Norge bruker knuste skarpkantede grøftemasser. Produsentene er derfor restriktive mht. hvor grove masser som kan brukes, og anbefaler i noen tilfeller bruk av fiberduk rundt rørene dersom det brukes grove og skarpe omfyllingsmasser.

Anbefalinger om hva som bør tillates av kornstørrelse vil variere fra belegg til belegg, men ut fra kapittel 6 kan vi oppsummere følgende fra materialgruppas anbefalinger:

- Polyetylen (PE):
8-16 mm for klasse PE-C
Se for øvrig punkt 6.5 for nærmere detaljer.
- Polyuretan:
Maks 8 mm kornstørrelse for skarpe knuste masser. Legg eventuelt ett lag fiberduk ved kornstørrelse opp til 16 mm.
- Sementmørtelbelegg:
Tåler grovkornet omfyllingsmasse opp til 65 mm.
- Sink og bitumen: 8-22 mm
- Aluzink og epoksy: 8-22 mm

9.6. Anboringer

9.6.1. Generelt

Materialgruppa har ikke gått nærmere inn på bruken av anboringsklammer for de ulike korrosjonsbeskyttelsene. Innvendig sementmørtelforing har vært brukt i mange år, og de mest aktuelle utvendige korrosjonsbeskyttelsene ansees ikke å være vesensforskjellige fra det som tidligere har vært kjent i bransjen. Imidlertid er utvendig sementmørtelforing en spesiell utfordring, og Oslo kommune, VAV, har utført praktiske forsøk med 4 ulike anboringsklammer. Erfaringer fra disse forsøkene er oppsummert under.

Et anboringspunkt vil uansett god utførelse representere et svakhetspunkt med hensyn til korrosjon og lekkasjer. Det anbefales derfor å bruke låsbar bajonettilkobling eller rørdeler med muffeskjøter og gjenget avstikker der dette er mulig eller planlagt. Det bør også i større grad vurderes å samle tilkobling av stikkledninger i kummer dersom ikke avstanden til tilkoblingspunktene blir for stor.

9.6.2. Erfaringer fra Oslo

I forbindelse med bruk av duktile støpejernsrør med utvendig sementmørtelbelegg ble det igangsatt en utprøving av aktuelle klammer for anboring på disse.

Basert på invitasjon utlyst på Oslo kommunes anskaffelsesportal ble 4 leverandører (alle som hadde anmodet om å få være med) invitert til å delta i utprøvingen.

Utprøvingen fant sted på VAVs sentrallager på Veitvet i juni og juli 2007.

Det ble besluttet å sette opp en rigg bestående av 2 x 6 meters rørlengder, produsert av henholdsvis Saint Gobain Gussrohr (tidligere Hallbergerhütte) og Duktus Rohrsysteme (tidligere Buderus Guss).

Leverandørene fikk 2 timer til presentasjon og montering av sine anboringsklammer. Prøverigg ble påsatt nett-trykk varierende mellom 7-8 bar i 8 uker, med jevnlig inspeksjon.

Etter testperioden ble anboringspunktene inspisert fra innsiden med videokamera. Anboringsklammerne ble deretter vurdert etter følgende kriterier:

- Produktkvalitet
- Driftssikkerhet
- Monteringsvennlighet/ anboringsverktøy
- Tetthet
- Overflatebehandling
- Vanninntrengning mellom sinkbelegget og sementmørtelbelegget

Etter utprøvingen anses 2 produkter som likeverdige og godkjente for bruk i VAV.

Dette er:

Kongsberg-Esco med "EWE 9157" og Vulkan Smith med "243 Hawlinger".

Begge de godkjente produktene bruker for øvrig samme fabrikat av tetningshylse som føres inn i anboringshullet, hvor ekspanderende gummi tetter godt både mot snittflaten i det duktile støpejernsrøret og mot snittflaten i det utvendige sementmørtelbelegget. Dette for å forebygge korrosjon i rørets snittflate og lekkasje i det utvendige sementmørtelbeleggets snittflate.

De to andre produktene som ble testet, anbefales ikke brukt til denne type rør, da det utvendige sementmørtelbelegget måtte fjernes, og de ikke tettet godt nok verken mot snittflaten i anboringshullet i det duktile støpejernrøret eller snittflaten i sementmørtelbelegget utvendig på røret. De hindret derved heller ikke korrosjon og gjentetting av anboringshullet.

9.6.3. Anboring PE-belegg og andre relativt tynne belegg

Generelt anbefales det brukt hylse som tetter mot flaten i hullet i rørveggen.

10. Bruk av duktile støpejernsrør ved renovering

I de tilfeller der eksisterende rør skal rehabiliteres ved inntrekking av nytt rør, har det hittil vært mest vanlig å trekke inn et nytt PE-rør. I senere tid har det imidlertid, blant annet i Tyskland, blitt mer og mer vanlig å trekke inn nye duktile støpejernsrør. Det brukes da duktile støpejernsrør med utvendig sementmørtelbelegg og med sveiselarve på spissenden for å sikre strekkfaste skjøter ved inntrekkingen. Ved eventuelt rørkapp (av rør som inngår i inntrekkingsprosessen) er det mulig å sveise på en ny sveiselarve, men til dette kreves spesialkompetanse og sveising innendørs i oppvarmet rom ca. 20°C.

Selv om inntrekking av duktile støpejernsrør foreløpig ikke er tatt i bruk på så mange anlegg i Norge, viser vi noen bilder fra et "pilotanlegg" på Hamar utført i mai 2009.

Metoden går ut på å blokke ut eksisterende rør på tilsvarende måte som ved bruk av PE-rør. Rørene trekkes inn i eksisterende rør med spissenden først. Sveiselarven og en splittet eller elastisk låsering sikrer strekkfasthet i skjøtene. Muffeskjøtene forsegles med en gummimuffe eller en PE-krympemuffe, og utenpå rørmuffen settes det på en metallplatekon (aluminium) for å lette inntrekkingen og ikke skade gummimuffen eller PE-krympemuffen.



*Figur 11.
Spissenden av et duktilt støpejernsrør med sveiselarve fra fabrikk, og med bitumenbelegg (nærmest). Lenger inn på røret er det vist at det også er mulig å sveise på ny sveiselarve; sementmørtelbelegget er fjernet, sinkbelegget er slipt bort der det skal legges på sveiselarve. Ny sveiselarve er påbegynt (venstre side av røret). (Røret kan nå kappes.)*



*Figur 13.
Bildet over viser montering av nytt rør som skal låses fast til det allerede inntrukne røret. Legg merke til gummimuffen på det nye røret som skal trekkes inn og som skal trekkes over rørmuffeskjøten, og den koniske beskyttelseskappen i aluminium ved muffen på røret som allerede er trukket inn, og som skal plasseres over rørmuffe og gummimuffe (alternativt PE-krympemuffe) for å lette inntrekkingen av det nye røret.*



Figur 12: Klar for inntrekking av første rør!

11.Referanser

Under er det angitt utgivelsesår for omtalte norske standarder ved utgivelsestidspunkt for denne rapporten. Det tas forbehold om at det kan eller vil bli utgitt reviderte utgaver av disse standarder.

I henvisninger i teksten til rapporten er det ikke henvist til utgivelsesår.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at det ved utarbeidelse av rapporten er tatt utgangspunkt i NS-EN 545:2010.

1. Oddevald, Jan-Erik, Hansen, Arve, Vannledningsrør i Norge, NORVAR-rapport 135-2004, Norsk vann og avløp, Hamar 2004
2. NS-EN 545-1994, Vannledninger: Rør, rørdeler og tilbehør av duktilt støpejern og deres sammenføyninger, Krav og prøvingsmetoder, Norges standardiseringsforbund, Oslo 1995.
(Første gjeldende NS-EN standard, er erstattet av tilsvarende standard fra 2006.)
3. NS-EN 545-2010, Vannledninger: Rør, rørdeler og tilbehør av duktilt støpejern og deres sammenføyninger, Krav og prøvingsmetoder, Standard Norge, Oslo 2010.
(Dette er gjeldende standard per desember 2010.)
4. NS-EN 805-2000, Vannforsyning; Krav til systemer og komponenter utenfor bygninger, Standard Norge, Oslo 2007
5. Gautefall, Olav, Utvendig korrosjon på vannledninger, PTV-rapport 19, NTNFs prosjekt for transport av vann, utarbeidet ved SINTEF – Forskningscenteret for cement og betong ved NTH, Trondheim 1982
6. Broo, Anne Elfsström, Berghult, Bo, Hedberg Torsten, Dricksvatten och korrosjon – en handbok för vattenverken, Rapport 2000-09, Svenskt vatten, Stockholm 2000
7. NS-EN 15189:2006, Ductile iron pipes, fittings and accessories. External polyurethane coating for pipes. Requirements and test methods. CEN European Committee for Standardization
8. NS-EN 14628-2005, Rør, rørdeler og tilbehør av duktilt støpejern, Utvendig polyetylenbelegg for rør, Krav og prøvingsmetoder, Standard Norge, Oslo 2005
9. NOUALL, Gérard: A new coating for ductile iron pipes based on Zinc-Aluminium 85-15 alloy, 3R International(40) Heft 2 – 3/2001
10. Chrystie-Lowe, David: Review of the Development of the "PAM Natural" Corrosion Protection System for Ductile Iron Pipe, Pipeline Development Ltd., Salford, England 2002
11. NS-EN 15542-2008, Rør av duktilt støpejern, rørdeler og tilbehør, Utvendig sementmørtelbelegg for rør, Krav og prøvingsmetoder, Standard Norge, Oslo 2008
12. Sægrov, Sveinung, Testing av sementmørtel- og epoksybelegg for vannledninger, Rapport SINTEF bygg og infrastruktur - Vann og miljø, Trondheim 2008
13. VA/Miljø-blad nr 16; Kravspesifikasjon for duktile støpejernsrør

Det vises ellers til datablad fra produsenter

12. Vedlegg

Reparasjoner av skader eller skjønnhetsfeil på ulike utvendige belegg for korrosjonsbeskyttelse av duktile støpejernsrør

Vedleggene gir generelle praktiske råd for reparasjon av utvendige belegg, basert på kunnskap og erfaringer.

Siden utførelse kan variere fra produsent til produsent, og det hele tiden skjer en produktutvikling, vil vi presisere at produsentenes anvisninger skal følges.

Generell tilføyelse:

Ved bruk av løsemidler som aceton anbefales personlig verneutstyr og at utførelse av arbeidet skjer i henhold til HMS-datablad. Eksempelvis er aceton svært flyktig og meget brannfarlig, og det er viktig med beskyttelsestiltak (hansker, unngå kontakt med øyne), god utlufting med videre.

Vedleggene er utarbeidet av Jan Erik Oddevald.

Vedlegg 1A: Sink og bitumen

Vedlegg 1B: Alusink og epoksy

Vedlegg 1C: Sink og polyetylen

Vedlegg 1D: Sink, epoksy og sementmørtel

Vedlegg 1E: Polyuretan

Vedlegg 1F: Epoksy på rørdeler og ventiler

Vedlegg 1A

Sink og bitumen

Korrosjonsbeskyttende belegg bestående av metallisk sink, tykkelse 200 g/m², med et utvendig dekkjikt bestående av et 70 µm tykt bitumenbelegg, etter DIN 30674, del 3, og NS-EN 545.

Området som skal repareres gjøres først rent med en "lofri" klut/fille. Ikke bruk pussegarn ("twist"). Eventuelt kan rødsprit eller aceton brukes til å fukte fillen om dette er nødvendig.

I den kalde årstiden må området som skal repareres, varmes og tørkes opp med en gassflamme, bruk kun raske kontinuerlige bevegelser, slik at ikke belegget beskadiges.

Når rim og fuktighet er fjernet og reparasjonsstedet er rent og lett oppvarmet til ca. 50-60° C, "godt håndvarmt", påføres den av produsenten medsendte og anbefalt brukte bitumenmalingen.

Malingen påføres med kost, "radiatorkost" anbefales. Bruk krysspåførte malingsstrøk og sørg for god overlapping med det originale bitumenbelegget.

Det originale bitumenbelegget er ca. 1/10 millimeter tykt, og det nye bitumenbelegget som påføres med kost, vil på grunn av påføringsmetoden være vesentlig tykkere enn dette, slik at reparasjonen ikke er dårligere enn det originale bitumenbelegget.

Skulle sinkbelegget også være skadet - se etter korrosjonsprodukter - anbefales det å sprute på 98-99% ren sink ved hjelp av en sprayboks etter at skadestedet er rengjort og eventuell rust er fjernet med en stålbørste. På samme måte som man "grunner" lakkskader på en bil. Følg sprayboksens bruksanvisning for påføringen.

Etter at sinkbelegget er tørket (følg sprayboksens anbefalinger om tørketid), varmes skadestedet opp på ny og påføres så bitumenbelegget. Dersom røret oppvarmes som beskrevet ovenfor (forsiktig bruk av gassflamme), vil reparasjonsstedet være tilstrekkelig tørt til at røret vanligvis kan legges ned i grøften nesten umiddelbart. Vurder dette ut fra vær, temperatur og stedlige leggeførhold.

NB! Reparasjoner skal utføres rett før rørene legges på plass i grøften, slik at ikke nye skader oppstår på de nyreparerte rørene ved videre transport og behandling.

TIPS:

Hold bitumenmalingen varm, romtemperert, ved å sette originalspannet med bitumenmalingen ned i et varmt vannbad. Fyll opp malingsboksene med den ønskede mengde bitumenmaling fra det oppvarmede spannet, og sett dette tilbake i vannbadet slik at bitumenmalingen holder seg varm.

Vannbadet kan for eksempel varmes opp ved hjelp av en gassboks-brenner eller en parafinbrenner. Vær oppmerksom på at en gassboks-brenner kan miste effekten ved lave utetemperaturer fordi den flytende gassen i boksen da ikke fordampes.

Vedlegg 1B

Alusink og epoksy

Korrosjonsbeskyttende belegg bestående av et metallisk alusinkbelegg (85% sink og 15% aluminium) tykkelse 400 g/m², og med et utvendig dekskjikt av to-komponent epoksy, minimum tykkelse 70 um.

Produsentbetegnelse fra Saint-Gobain/PAM er "Natural" og fra Buderus "Zinkplus".

Området som skal repareres gjøres først rent med en "lofri" klut/fille. Ikke bruk pussegarn ("twist"). Eventuelt kan rødsprit eller aceton brukes til å fukte fillen om dette er nødvendig. Aceton er også nødvendig for å rengjøre maleredskapene for epoksy.

I den kalde årstiden må området som skal repareres varmes og tørkes opp med en gassflamme, bruk kun raske kontinuerlige bevegelser, slik at ikke epoksybelegget beskadiges.

Når rim og fuktighet er fjernet og reparasjonsstedet er rent og lett oppvarmet til ca. 50-60° C, "godt håndvarmt", påføres den av produsenten medsendte og anbefalt brukte 2-komponent epoksymalingen. En god korrosjonsbeskyttende enkomponent skipsmaling for utvendig bruk på skipsskrog kan også brukes. Se vedlegg 1F. Malingen påføres med kost, "radiatorkost" anbefales. Bruk krysspåførte malingsstrøk og sørg for god overlapping med det originale epoksybelegget.

Det originale epoksybelegget er ca. 1/10 millimeter tykt, og det nye epoksybelegget som påføres med kost, vil pga. påføringsmetoden være vesentlig tykkere enn dette, slik at reparasjonen ikke er dårligere enn det originale epoksybelegget.

Skulle sinkbelegget også være skadet - se etter korrosjonsprodukter - anbefales det å sprute på 98-99% ren sink ved hjelp av en sprayboks etter at skadestedet er rengjort og eventuell rust er fjernet med en stålbørste. På samme måte som man "grunner" lakkskader på en bil. Følg sprayboksens bruksanvisning for påføringen.

Etter at sinkbelegget er tørket (følg sprayboksens anbefalinger om tørketid), varmes skadestedet opp på nytt og påføres så epoksybelegget. Dersom røret oppvarmes som beskrevet ovenfor (forsiktig bruk av gassflamme), vil reparasjonsstedet være tilstrekkelig tørt til at røret vanligvis kan legges ned i grøften nesten umiddelbart. Vurder dette ut fra vær, temperatur og stedlige leggeførhold.

NB! Reparasjoner skal utføres rett før rørene legges på plass i grøften, slik at ikke nye skader oppstår på de nyreparerte rørene ved videre transport og behandling.

TIPS: Hold epoksymalingen varm, romtemperert, ved å sette spannet med epoksymalingen ned i et varmt vannbad. Fyll opp malingsboksene med den ønskede mengde epoksymaling fra det oppvarmede spannet, og sett dette tilbake i vannbadet slik at epoksymalingen holder seg varm. Vannbadet kan for eksempel varmes opp ved hjelp av en gassboks-brenner eller en parafinbrenner. Vær oppmerksom på at en gassboks-brenner kan miste effekten ved lave utetemperaturer fordi den flytende gassen i boksen da ikke fordamper.

Vedlegg 1C

Sink og polyetylen (PE)

Korrosjonsbeskyttende belegg bestående av et metallisk sinksjikt, tykkelse 200 g/m², en "kleber" og et polyetylenbelegg med standard tykkelse 1,8 - 3,5 mm (PE-C), eller med øket tykkelse 2,5 - 4,0 mm (PE-D). Tykkelse varierer med DN. Produsert etter NS-EN 14628.

1. Generelt

1.1 Alternative PE-belegg uten zink.

Rørprodusentene leverer også PE-belegg uten sink, type A eller B dersom brukeren skulle ønske dette, men dette anbefales ikke brukt. PE-A er da med standard PE-tykkelse (1,8-3,5 mm) og PE-B med øket PE-tykkelse (2,5-4,0 mm).

2. Utførelser

2.0 Generelt

Alle skader på det utvendige PE-belegget skal repareres eller utbedres.

NB! Reparasjoner skal utføres rett før rørene legges på plass i grøften, slik at ikke nye skader oppstår på de nyreparerte rørene, ved videre transport og behandling.

Skadeområdet som skal repareres, gjøres først rent med en "lofri" klut/ fille. Ikke bruk pussegarn ("twist"). Eventuelt kan rødsprit eller aceton brukes til å fukte fillen om dette er nødvendig. Aceton er også nødvendig for å rengjøre maleredskapene for epoksy.

Bruk av gassflamme for å fjerne fuktighet, rim, snø og is i den kalde årstiden må utføres med kontinuerlige og raske bevegelser, og med stor forsiktighet, slik at ikke PE-belegget oppvarmes unødvendig mye, og derved beskadiges eller ødelegges.

2.1 Type skader

Det skilles mellom to typer skader:

- Skader i PE-belegget som ikke er gjennomgående, og som ikke går helt inn til sinkbelegget eller det duktile støpejernet
- Skader i PE-belegget som er gjennomgående, og som går helt inn til sinkbelegget eller det duktile støpejernet

2.2 Skader i PE-belegget som ikke er gjennomgående

Slike skader kan repareres med et reparasjonssett, for eksempel av fabrikat "Raychem", type "PERP MELT STIKK" som er et polyetylen (PE) sveise-/smeltemateriale levert i form av en stav.

Skadestedet og området omkring skadestedet rengjøres med kniv, skrape eller stålborste og løse deler av belegget fjernes sammen med skarpe kanter og fremmede materialer som skitt, rust, olje, fett og fuktighet. Til slutt vaskes det med aceton. Se Fig.1. Skadestedet forvarmes så med en gassflamme og med kontinuerlige og raske bevegelser til PE-overflaten når en temperatur på ca. 50-60° C, godt "håndvarmt". Se Fig. 2.

Staven med PE-smeltematerialet holdes så ned mot skadestedet, og varmes opp i den nedre enden mot røret med gassflammen til materialet blir helt mykt og smelter. Materialet spres så utover hele skadestedet og inn på den ubeskadigede delen av belegget, overlapping, i tilstrekkelig tykkelse. Se Fig. 3 og Fig. 4.

Når materialet har stivnet og blitt hardt, skrapes området med en egnet skrape slik at reparasjonsstedet får en overflate som er jevn med den originale PE-overflaten. Se Fig. 5.

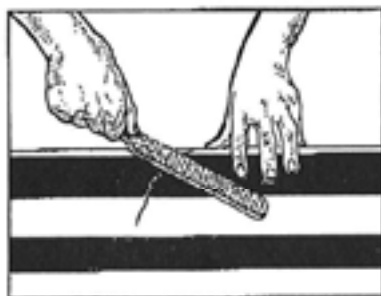


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

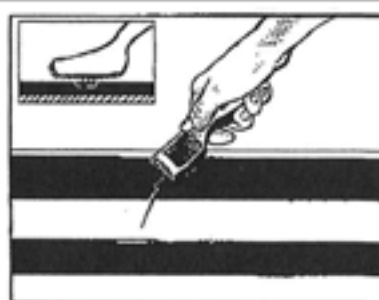


Fig. 5.

2.3 Skader i PE-belegget. og som er gjennomgående

Til utbedring eller reparasjon av slike gjennomgående skader på PE-belegget, anbefales det å bruke et reparasjonssett som for eksempel av fabrikat Raychem, type "PERP-KIT". Reparasjonssettet består av en bruksanvisning, en PE-lapp, en tetningsmasse og et slipebånd (et tekstilforsterket sandpapirbånd). For utførelsen av reparasjonsarbeidet, følg den medfølgende bruksanvisningen til settet.

Rester av det originale PE-belegget på reparasjonsstedet trengs vanligvis ikke å fjernes, men løse deler og skarpe kanter skal fjernes. Vanligvis ved hjelp av en kniv, en skrape, en stålbørste eller liknende. Se Fig. 6.

Skadestedet slipes for hånd med det i reparasjonssettet medfølgende slipebåndet og rengjøres deretter med aceton. Se Fig. 7.

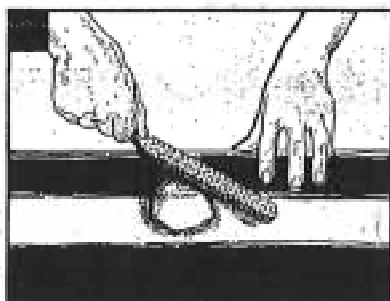


Fig. 6.

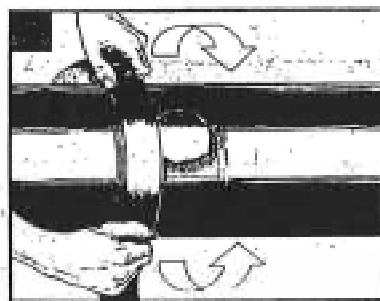
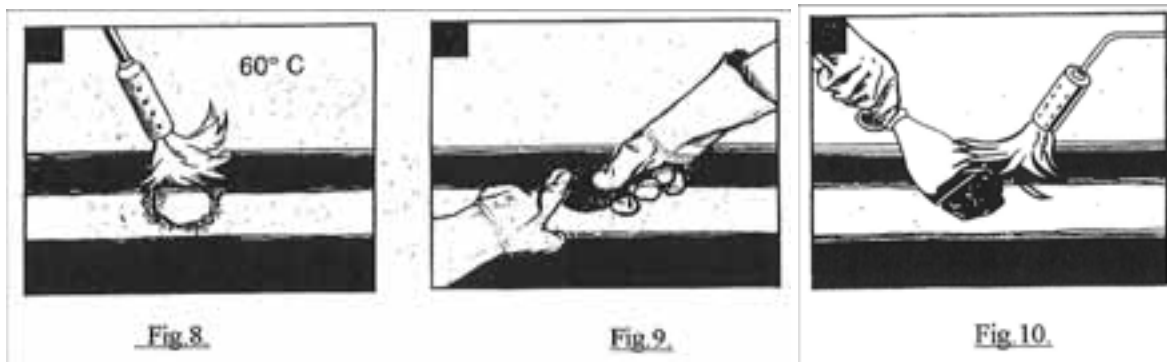


Fig. 7.

Er også sinkbelegget skadet, slik at korrosjonsprodukter er tilstede, fjernes disse med stålbørste eller skrape, og det påføres 98-99% ren sink ved hjelp av sprayboks.

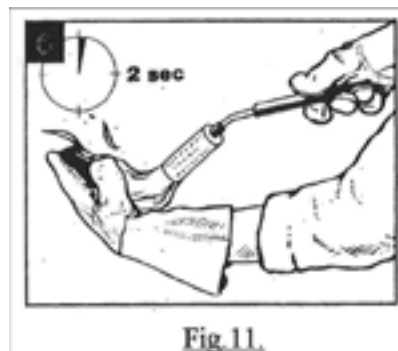
Skadestedet varmes så opp forsiktig med raske og kontinuerlige bevegelser med en gassflamme til overflaten er "godt håndvarm", ca. 50-60° C. Gassflammen skal være gul ytterst, og kontaktpunktet med objektet som skal varmes opp skal være i overgangen mellom blå og gul flamme. Se Fig.8.

"Hullet", skaden i PE-belegget, fylles så med den i reparasjonsettet medsendte tetningsmassen. Denne jevnes så ut med den øvrige utvendige røroverflaten. Bruk av gassflammen kan være til hjelp ved påføring og utjevning av tetningsmassen. Se Fig. 9 og Fig. 10.

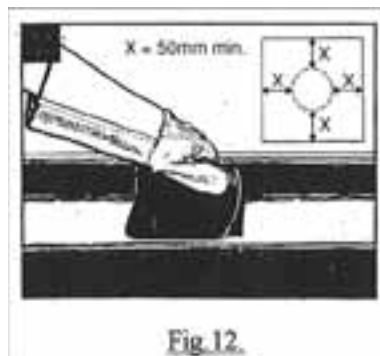


Den tilpassede PE-lappen varmes så forsiktig opp med gassflammen på den siden som skal legges inn mot røret, altså siden uten påskrift, til den skifter farge. Gassflammen holdes i rask og kontinuerlig bevegelse.

Oppvarmingen tar vanligvis ca. 2 sekunder. PE-lappen kan under oppvarmingen holdes i hånden, ved hjelp av en varmebestandig beskyttelseshanske, som for eksempel en sveisehanske. Se Fig. 11.



PE-lappen skal være tilstrekkelig stor slik at den på alle sider er minst 50 mm større enn selve skadestedet. Lappen kan om ønskes tilpasses med saks eller med en kniv. Se Fig. 12.



PE-lappen plasseres så på skadestedet med den oppvarmede siden ned og varmes så videre forsiktig opp på yttersiden, mens det samtidig presses på med hånden fra midten og ut mot ytterkantene, slik at det ikke oppstår luftblærer og derved dårlig vedheft. Se Fig.12 ovenfor, Fig. 13 og Fig.14.



OBS! Under oppvarmingen er det viktig at gassflammen beveges raskt og holdes i konstant bevegelse for å unngå at det brennes hull i lappen. Dersom det kommer en hvitaktig røyk fra lappen, er den allerede overopphetet, og gassflammen må fjernes øyeblikkelig. Området må så få tid til å kjøle seg litt ned før man jobber videre. Sjekk at det ikke allerede har oppstått hull i PE-lappen.

NB! Skader i PE-belegget, men som ikke er gjennomgående, se punkt 2.2., kan om ønskes selvfølgelig også repareres med et "PERP" reparasjonsett.

2.3 Begrensninger i størrelsen av skadde områder ved bruk av "PERP" reparasjonsett:

Nominell rørdiameter	Anbefalt maks størrelse på skadeområdet
DN<250	100 x 100 mm
DN< 700	150 x 150 mm
DN= 750	300 x 300 mm

For reparasjon av arealmessig større skadesteder på PE-belegget enn det som er oppført her, eller for større rørdiameter, anbefales det å bruke en standard PE-krympemuffe eller et krympebånd.

For utførelse ved bruk av krympemuffe eller krympebånd, se leggeinstruksjonsveiledningen "LEGGETEKNIKK DUKTILE STØPEJERNSRØR. Mufferør med utvendig polyetylen, PE-belegg", punktene 4 og 5.

3. Leverandører av PE-reparasjonsett og PE-krympeprodukter

Leverandørene og/eller produsentene av de PE-belagte støpejernsrørene Trelleborg-Forsheda (BATEK) Spydeberg.

Vedlegg 1D

Sink, epoksy og sementmørtel

Korrosjonsbeskyttende belegg bestående av et metallisk sinksjikt, tykkelse 200 g/m², et to-komponent epoksysjikt eller alternativt en plastemulsjon tilsatt sementmørtelen, og et sementmørtelbelegg, tykkelse 5 mm.

Sementmørtelbelegget er armert med PP-fiber eller glassfiber, og utvendig kan det være med eller uten et påviklet polyetylen armeringsnett. Det kan også være påført et utvendig epoksysjikt dersom dette brukes av fabrikanten.

Produseres i henhold til NS-EN 15542.

Generelt

Alle skader på det utvendige sementmørtelbelegget skal utbedres på følgende måte før rørene legges og overfylles.

NB! Reparasjoner skal utføres rett før rørene legges på plass i grøften, slik at ikke nye skader oppstår på de nyreparerte rørene ved videre transport og behandling.

Småskader

Grunne avskrapninger eller sår på det utvendige sementmørtelbelegget på mufferrørene som ikke er gjennomgående, og mindre sår inn til zinkbelegget på det duktile støpejernet, kan utbedres ved å påføre et rikelig og godt dekkende bitumenbelegg med malekost.

Bruk den samme bitumenmaling som er beregnet for utbedring av "skjønnhetsfeil" på det vanlige bitumenbelegget på standard mufferrør.

Bruk krysspåførte malingsstrøk og sørg for god overlapping med det ubeskadigede originale sementmørtelbelegget rundt skadestedet.

Større skader

Ved gjennomgående større sår og ved avskalling av flak på sementmørtelbelegget, skal utbedringer kun foretas med det av rørprodusenten medsendte reparasjonssett og i henhold til den tilhørende utførelsesanvisning.

Reparasjonssettet består av en sement-/sandblanding, en vann-/kjemikalieblanding og et armeringsnett ("gassbind").

Disse 2 blandningene blandes sammen og man får en sparkelmasselignende mørtel.

Mørtelen kan om ønskelig, men avhengig av temperaturen på arbeidsstedet hvor skadene skal utbedres, tynnes med vann.

- Skadestedene på sementmørtelbelegget rengjøres, og eventuelle løse deler av sementmørtelbelegget fjernes.
- Skulle sinkbelegget også være skadet, noe som kan skje, men som skjer meget sjeldent, anbefales det å sprute på 98-99% ren sink ved hjelp av en sprayboks. På samme måte som man "grunner" lakkskader på en bil. Skadestedet gjøres da først rent og eventuell rust og korrosjonsprodukter børstes bort med en stålbørste. Gassflamme kan brukes med forsiktighet for å forvarme skadestedet. Etter at sinkbelegget har tørket, følg sprayboksens anbefalinger om tørketid, og påfør så reparasjonsmørtelen.
- Skadestedet og sementmørtelen rundt fuktes først med vann for å hindre en for rask opptørring av reparasjonsmørtelen og sparkles deretter med reparasjonsmørtelen.
- På skadesteder som er større enn håndflaten, må disse etter at de er ferdigsparklet, armeres med det i reparasjonssettet vedlagte armeringsnettet, "gassbindet".

- Ved arbeidstemperaturer høyere enn + 5 °C er det utvendig sementmørtelbelagte muffeøret klart for legging allerede 5 minutter etter at skadene er utbedret.
- Ved utetemperaturer lavere enn + 5 ° C, eller ved minusgrader, anbefales det å utføre reparasjonsarbeidene enten innendørs i et oppvarmet lokale, dersom dette er praktisk mulig, eller i et oppvarmet telt på anleggsstedet.
- Generelt bør tørketiden for reparasjonsmørtelen som pålegges skadestedet, økes ved lave utetemperaturer dersom reparasjonsarbeidene utføres på anleggsstedet og utendørs.

Vedlegg 1E

Polyuretan (PUR/PUX)

Korrosjonsbeskyttende belegg bestående av et påsprøytet polyuretanbelegg med tykkelse 900 µm (0,9 mm), minimum 700 µm. Alternativt leveres dobbelt tykkelse 1800 µm (1,8 mm). Rørendene; spissenden og innvendig muffe er påsprøytet et 2-komponent epoksybelegg.

1. Skadestedet og området rundt gjøres først rent med en "lofri" klut/fille. Ikke bruk pussegarn ("twist"). Eventuelt kan rødsprit eller aceton brukes til å fukte fillen om dette er nødvendig.
2. Renskjær skadestedet med en kniv eller en tapetkniv og fjern alle løse deler av polyuretanbelegget som ikke lenger hefter til det duktile støpejernet.
3. Oksidasjons- og korrosjonsprodukter på støpejernsoverflaten fjernes med en vanlig malerskrape og/eller en stålbørste. Eventuelt kan et grovt sandpapir brukes. Samtidig skal polyuretanbeleggets overflate rundt skadestedet rubbes opp.
4. Når dette er gjort, rengjøres skadeområdet på samme måte som beskrevet i punkt 1. Den duktile støpejernsoverflaten påføres 98-99 % ren sink med en sprayboks.
5. I den kalde årstiden må området som skal repareres, varmes og tørkes opp med en gassflamme. Bruk kun raske kontinuerlige bevegelser, slik at ikke polyuretanbelegget skades. Uansett årstiden skal skadestedet varmes opp til ca. 50-60° C, "godt håndvarmt", umiddelbart før nytt belegg påføres.
6. Bland malingen og herderen, som er medsendt i reparasjonsettet, dvs. like deler maling og herder. Bland bare små mengder av gangen. Blandingen er brukbar i ca. 30 min. ved temperaturer opp til + 40° C.
7. Blandingen som oppnås opptrer som en sparkelmasse og skal da også legges ut på skadestedet og inn på det opprubbete, ubeskadigede belegget, overlapp ca. 50 mm, med en vanlig sparkel.
8. Det anbefales å forsterke reparasjonen utvendig med en tekstilforsterket tape, når polymerisasjonsprosessen i sparkelmassen er godt i gang, dvs. når sparkelmassen er berøringstørr.
9. Reparasjonen av polyuretanbelegget kan utføres utendørs også i den kalde årstid, men innendørs er å foretrekke ved slike forhold, dersom dette i praksis er mulig. Ellers bruk telt og oppvarming.
10. **NB!** Reparasjonen skal utføres rett før rørene legges på plass i grøften, slik at ikke nye skader oppstår på de nyreparerte rørene ved videre transport og behandling.
11. Sparkel og utstyr kan rengjøres med aceton.

TIPS: Hold den ferdigblandede polyuretansparkelmassen varm, romtemperert, som for eksempel ved å sette boksen som den to-komponente sparkelmassen blandes i, ned i et varmt vannbad. Ved avbrudd eller behov, sett den tilbake i vannbadet, slik at den holder seg varm. Vannbadet kan for eksempel varmes opp ved hjelp av en gassboks-brenner eller en parafin-/lampeoljebrenner. Vær oppmerksom på at en gassboks-brenner kan miste effekten ved lave utetemperaturer, fordi den flytende gassen i boksen da ikke fordampes.

Vedlegg 1F

Epoksy på rørdeler og ventiler

Korrosjonsbeskyttende belegg på støpejernsrørdeler og ventiler bestående av en elektrostatisk varmpåført pulverepoksy med minimum tykkelse 250 µm.

1. Skadestedet og området rundt gjøres først rent med en "lofri" klut/fille. Ikke bruk pussegarn, ("twist"). Eventuelt kan rødsprit eller aceton brukes til å fukte fillen om dette er nødvendig.
2. I den kalde årstiden må området som skal repareres, varmes og tørkes opp med en gassflamme. Bruk kun raske, kontinuerlige bevegelser slik at ikke epoksybelegget skades.
3. Renskjær skadestedet med en kniv eller en tapetkniv og fjern alle løse deler av epoksybelegget som ikke lenger hefter til det duktile støpejernet.
4. Oksidasjons- og korrosjonsprodukter på støpejernsoverflaten fjernes med en vanlig maleskrape og/eller en stålborste.
5. Skadestedet rengjøres så med rødsprit eller aceton på samme måte som beskrevet i punkt 1, og varmes så opp til ca. 50-60 ° C, "godt håndvarmt", på samme måte som beskrevet i punkt 2.
6. Skadestedet påføres så ved hjelp av en sprayboks et sinkbelegg, helst minst 98-99 % sink, på samme måte som man grunner lakkskader på en bil. Følg sprayboksens bruksanvisning for påføringen og tørketiden.
7. Skadestedet varmes så på nytt opp til ca. 50-60 ° C som beskrevet i punkt 5, og den medsendte to-komponent epoksymalingen påføres med kost, radiatorkost anbefales. Bruk krysspåførte malingsstrøk og sørg for god overlapping med det originale epoksybelegget.

På grunn av at reparasjonen består både av sink og epoksy, og at påføringsmetoden for epoksy med kost gir en større tykkelse på belegget enn det originale, vil man kunne forvente at reparasjonen egentlig er minst like god eller bedre enn det originale belegget som dessuten også kun består av epoksy.

Først røres komponentene opp separat og blandes så i forholdet A+B, deretter røres de godt sammen.

TIPS: Ikke bland for store mengder av gangen. Brukstil ca. 3 timer ved 24 ° C, lengre ved lavere temperaturer. Hold den ferdigblandede to-komponentepoksyen varm, romtemperert, som for eksempel ved å sette boksen ned i et varmt vannbad. Vannbadet kan for eksempel varmes opp ved hjelp av en gassboks-brenner eller en parafin/ lampeoljebrenner. Vær oppmerksom på at en gassbrenner kan miste effekten ved lave utetemperaturer, fordi den flytende gassen i boksen da ikke fordampes. Rengjøring av malerredskaper gjøres med aceton.

Epoksymaling som anbefales brukt:

Fabrikkat: STAR Carboline.

Benevnelse: Carboguard 891.

Type: To-komponent modifisert epoksyamin.

Egenskaper: Tykkfilm-maling med høyt tørrstoffinnhold og høy glans.

Farge: RAL 1517.

Godkjent for drikkevann av "Folkehelsa".

Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam
21. NORVAR's årsberetning 1991
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Status-beskrivelse og forslag til videre arbeid (*Utgått*)
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontroll-håndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk
- 23d. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring
- 23e. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved vannbehandlingsanlegg
- 23f. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg
- 23g. Interkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalen kloakkrenseanlegg
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel fra Nedre Eiker kommune
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam
26. Installering av gassmotor for strømproduksjon ved rensesanlegg
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved rensesanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt
29. Regnvannsoverløp
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren (*Utgått*)
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter (*Utgått*)
32. Bruk av statiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finrister
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier (*Utgått*)
36. Filter som hygienisk barriere
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning
38. NORVAR-prosjekter 1992/93 (*Utgått*)
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget rensesanlegg (*Utgått*)
40. Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover
41. Metri-tel. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune (*Utgått*)
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminium-klorid høsten 1993 Kartlegging av slam- slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll
47. Strategidokument for industrikontroll
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg (*Erstattet av 178/10*)
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok (*Erstattet av 145/05*)
51. Slambehandling
52. Bruk av slam i jordbruket
53. Bruk av slam på grøntarealer
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder (*Erstattet av 145/05*)
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkenes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder
58. Karbonatisering på alkaliske filter
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt rensesanlegg
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett
63. Mal for godkjenning av vannverk
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett
66. EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren
67. Filter som hygienisk barriere - fase 3
68. Korrosjonskontroll ved Stange vannverk
69. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finrister
70. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder
71. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemethode ved utslipp til gode sjøresipienter
72. Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren
73. Etablering av NORVARs VA-infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy (*Utgått*)
74. Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport - 5. Utgave Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken (*Erstattet av 133/03*)
75. NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren. (*Erstattet av 133/03*)
76. Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger. (*Erstattet av 150/07*)
77. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt
78. Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere
79. Informasjonssystem fordrikkevann, forprosjekt
80. Sjekkliste/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
81. Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
82. Veileder for prøvetaking av avløpsvann
83. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering (*Erstattet av 145/05*)
84. Forfall og fornyelse av ledningsnett
85. Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken
86. Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
87. Kalsiumkarbonatfiltre for korrosjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser
88. Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
89. VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov
90. Actiflo-prosjektet ved Flesland ra
91. Vurdering av "slamfabrikk" for Østfold
92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner
95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
97. Slamforbrenning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov

99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
 100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
 101. Status og strategi for VA-opplæringen
 102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
 103. Returstrømmer i rensesanlegg. Karakterisering og håndtering
 104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
 105. Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
 106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på rensesanlegg/mal for rapportering
 107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave
 108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
 109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
 110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
 111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
 112. Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
 113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
 114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
 115. Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
 116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
 117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134/03*)
 118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (*Erstattet av 138/04*)
 119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
 120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
 121. Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
 122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
 123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
 124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
 125. Mal for forenklet VA-norm
 126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
 127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
 128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
 129. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
 130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
 131. Effektivisering av avløpssektoren
 132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
 133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
 134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Oppdateres årlig på www.norskvann.no*)
 135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
 136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
 137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (*erstattet av 181/2011*)
 138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
 139. Erfaringar med kloring og UV-stråling av drikkevatt
 140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
 141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
 142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
 143. Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløst vannledning ved arbeid på ledningsnettet
 144. Veiledning i overvannshåndtering (*Erstattet av 162/08*)
 145. Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
 146. Bærekraftig vedlikehold. Betrakninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
 147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
 148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
 149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
 150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
 151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
 152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
 153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
 154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
 155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
 156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
 157. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
 158. Termoplastrør i Norge – før og nå
 159. Håndbok i kildeopsporing i avløpssystemet
 160. Driftserfaringer med membranfiltrering
 161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
 162. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
 163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
 164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
 165. Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
 166. Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske rensesanlegg
 167. Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
 168. Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
 169. Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
 170. Veileder til god desinfeksjonspraksis
 171. Erfaringer med lekkasjekontroll
 172. Trykktap i avløpsnett
 173. Veiledning for bruk av støpejernsrør
 174. Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
 175. Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan E-læring og samlinger
 176. Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
 177. Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
 178. Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
 179. Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
 180. Fjernavlesning av vannmålere
 181. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
 182. Prøvetaking av avløpsvann og slam
 183. Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
 184. Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
 - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
 - B3: Kvalitetshveving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
 - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
 - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
 - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
 - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
 - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
 - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
 - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
 - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
 - B12: Drikkevatt i media
 - B13: Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
 - B14: Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
 - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnettet
 - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer
 - C4: Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, rensesanlegg og avfallsbehandling
 - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning
 - C6: I veien for hverandre - Samordning av rør og kabler i veigrunnen
 - C7: Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet
- De mest aktuelle rapportene ligger som PDF-filer på www.norskvann.no**



- 💧 Norsk Vann er en ikke-kommersiell interesseorganisasjon for vann- og avløpssektoren (VA-sektoren). Organisasjonen skal bidra til å oppfylle visjonen om rent vann ved å sikre VA-sektoren funksjonelle rammevilkår og legge til rette for kunnskapsutvikling og kunnskapsdeling.
- 💧 Norsk Vann eies av norske kommuner, kommunalt eide VA-selskaper, kommunenes driftsassistanser for VA og noen private andelsvannverk. Norsk Vann representerer ca 360 kommuner med over 95 % av landets innbyggere. Virksomheten finansieres i hovedsak gjennom kontingenter fra medlemmene.
- 💧 Norsk Vann styres av eierne gjennom årsmøtet og av et styre sammensatt av representanter fra eierne.

- 💧 I Norsk Vanns prosjektsystem gjennomføres hvert år prosjekter for ca. 6 mill. kroner
- 💧 Det er praktiske og aktuelle spørsmål innenfor vann- og avløp som utredes
- 💧 Deltakerne foreslår prosjekter, styrer gjennomføringen og får full tilgang til alle resultater

