

3. Installation

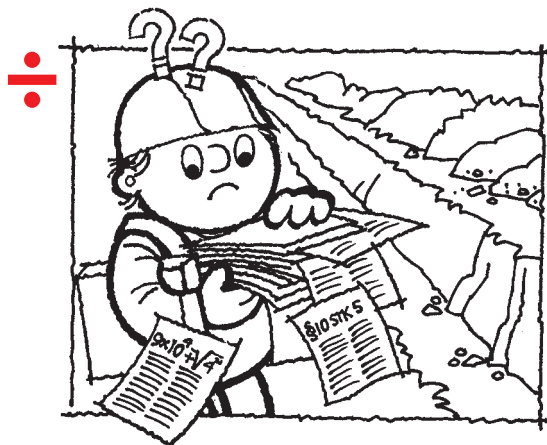
Dette kapitel gennemgår installation af ledninger, idet der startes med transport, håndtering og modtagekontrol af produkter. Herefter følger afsnit om etablering af ledningsgrav, om ledningslægning og omkringfyldning samt til sidst kontrolmetoder. Der henvises desuden til **DS 475** omkring generelle krav til etablering af ledningsanlæg i jord.

Ved korrekt projektering og valg af produkter i plast er det muligt at etablere ledningssystemer, der opfylder alle de krav, som bygherrer stiller for at sikre en lang levetid for de store investeringer, som foretages i nyanlæg og fornyelse af eksisterende ledningsanlæg. Samtidig kan opfyldes krav om mindst mulig påvirkning af miljøet og færrest mulige udgifter til drift og vedligeholdelse i den samlede levetid.

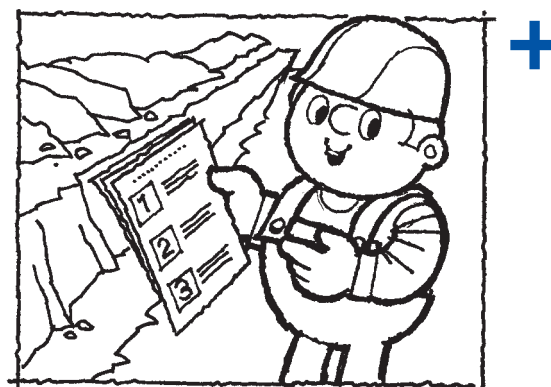
En meget væsentlig faktor for at opnå optimale anlæg er desuden, at ledningssystemerne installeres korrekt. Det er derfor yderst vigtigt, at entreprenøren får de rette beskrivelser og betingelser samt tid og økonomi til at udføre arbejdet korrekt samt anvender medarbejdere med viden og erfaring om ledningsanlæg, så der ikke indbygges fejl i installationsfasen. Fejl, der vil betyde, at den forventede levetid ikke opnås, samt at der opstår unødvendige drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for bygherren.



Figur 3.1: Projektmaterialiet skal vise det nødvendige og det vigtige, hvorfor korte og præcise beskrivelser bør kombineres med entreprenørens erfaringer.



Store, tunge beskrivelser fremmer sjældent et godt projekt.



Man kommer meget længere med korte, præcise beskrivelser kombineret med entreprenørens og rørlæggerens faglige kunnen.

3.1 Transport af produkter

På- og aflæsning samt transport er de første vigtige faktorer for at sikre kvaliteten af den endelige installation.

3.1.1. Pålæsning

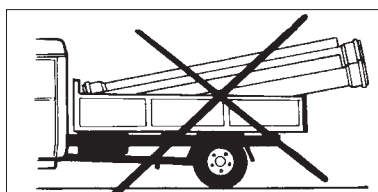
Pålæsning kan ske med truck eller mobilkran. Hvis der anvendes truck, skal det sikres, at gafflerne er fri for grater, som kan ridse rørene. Hvis der anvendes kran, skal det sikres, at rørene løftes med minimum 2 stropper med en indbyrdes passende afstand, så rørene ikke bøjes unødigt.

3.1.2 Transport og aflæsning

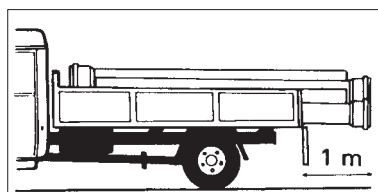
Rør og formstykker bør opbevares og transporteres i emballagen fra producenten så tæt til ledningsgraven som muligt.

Aflæsning skal ske på en sådan måde, at rør og formstykker ikke udsættes for skadelig påvirkning. Kæder og stålwire må under ingen omstændigheder bruges til aflæsning. Ingen produkter må under nogen omstændigheder tippes af. Rørbundter og løse rør samt kasser med formstykker og brønde skal stables på et plant og solidt underlag. Løse rør bør lægges i rammer, så rørene ikke ridses eller muffeformerer, jf. videre om Håndtering og Lagring afsnit 3.8.2 og 3.8.3.

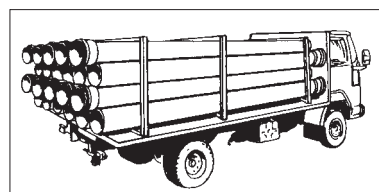
Figur 3.2: Vejledning i transport og aflæsning af rør.



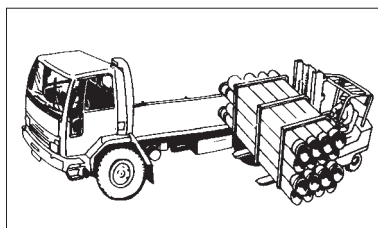
Rør og formstykker transporteres sikrest i fabriksemballagen. Hvis rørbundterne skal deles, sørg da for, at rørene ikke beskadiges af skarpe kanter og genstande.



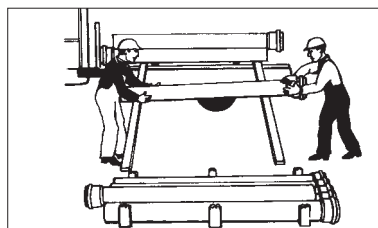
Mufferne skal ligge forskudt som vist. Rørene må max hænge 1 m ud over kanten af laddet, når rørene ikke er bundtet fra fabrikken.



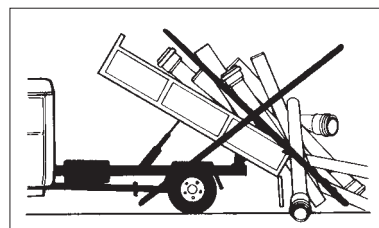
For fabriksbundtede rør gælder, at den bageste træramme skal hvile på bilens lad.



Ved aflæsning af rør i trærammer skal anvendes kran samt løftestropper af tekstil. Alternativt anvendes gaffeltruck.



Manuel aflæsning skal foregå som vist.



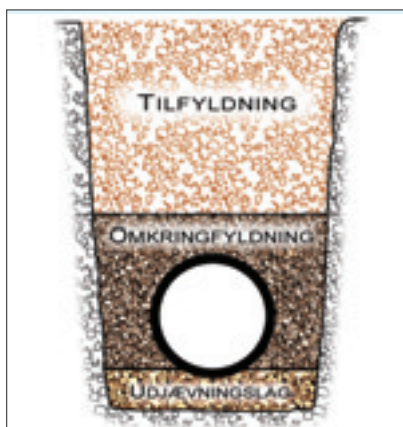
Rør og forstykker må **under ingen** omstændigheder tippes af!



3.2 Ledningsgraven

Ledninger placeres således, at de ikke medfører skadelige påvirkninger på andre ledninger eller konstruktioner og anlæg, og således at disse heller ikke påfører de nye ledninger nogen skade. Med hensyn til afstande mellem ledninger, hensyn til andre konstruktioner og anlæg, afmærkning af ledninger samt trafikforhold og afstivning henvises til **DS 475** og **DS 415**.

Figur 3.3: Normalt tværsnit i en ledningsgrav.



3.2.1 Gravbredde

Ledningsgraven skal i almindelighed gøres så smal som muligt, ikke alene af økonomiske grunde, men i høj grad også af hensyn til belastningen på rørene. Gravens bundbredde skal dog være tilstrækkelig stor til, at arbejdet i forbindelse med lægning af ledningen samt det efterfølgende tilfyldnings- og komprimeringsarbejde kan udføres korrekt og svarende til forudsætningerne ved den statiske beregning af ledninger. Se afsnit 2.2.2 Statische beregninger.

Ledningsgravens bredde skal også tage hensyn til eventuel grundforstærkning.

Gravbredden bør for rørdimensioner mindre end 400 mm være ydre diameter + 40 cm. For dimensioner > 400 mm bør gravbredden være ydre diameter + 70 cm. Har ledningsgravens sider et anlæg på mindre end 60° med vandret, bør gravbredden altid kun være ydre diameter + 40 cm. Øges gravbredden, skal komprimeringen være mere omhyggelig for at undgå ekstra belastning på rørene.

Oplukningsbredden i befæstede arealer og graveprofilen skal i øvrigt fastlægges på grundlag af de udførte forundersøgelser i forbindelse med projekteringen.

3.2.2 Gravdybde

Ledningsgravens dybde bestemmes ud fra det projekterede bundniveau og den tillægsdybde, der er betinget af udjævningslag og eventuel grundforstærkning. Hvis der ikke udføres grundforstærkning, skal maskinmæssig gravning ophøre, inden gravemaskinens skovl når ledningsgravens endelige dybde, medmindre der fx anvendes specialskovl med glat skær. Finafretning bør altid udføres med håndkraft.

Ledningsgravens bund skal være helt fast og jævn, da der kan dannes lunger ved bløde områder og ujævnheder under ledningen, når der tilfyldes og komprimeres over ledningen. Der skal ske en grundig inspektion for disse forhold før udlægning af udjævningslag.

Når der graves i vejarealer eller arealer, der støder umiddelbart op til vejarealer, skal ledningsgraven udformes og udføres på en sådan måde, at underminering og sætninger af vejarealer undgås. I kohæsionsjord kan anlæg på ledningsgraven eventuelt udelades ved dybder mindre end 1,7 m.

Hvis en ledningsgrav er dybere end projekteret, og justering er påkrævet, skal materialet, som lægges tilbage i ledningsgraven komprimeres således, at materialetransport til den omkringliggende jord ikke finder sted.

Er det ikke muligt at indbygge det eksisterende materiale, hvis det fx ikke kan komprimeres, eller der er forekomster af vand i ledningsgraven, kan justeringen foretages med andet materiale. Dette kræver dog, at materialetransport forhindres, hvilket eventuelt kan løses ved hjælp af geonet.

3.2.3 Grundforstærkning

Ledningsgravens bund skal udføres med grundforstærkning, hvis jordbundsundersøgelser og oplysninger om rørenes belastning viser, at bunden ikke er bæredygtig, herunder blødbundsområder, op-



blødt bund i graven samt ved stenet bund og ved forurenede jord. Grundforstærkning udføres også, hvis der fejlagtigt er gravet for dybt. Udjævningslaget, som rørene lægges på, anses ikke for at være en grundforstærkning.

Grundforstærkning kan udføres ved, at der efter udgravning forstærkes med et stabilt lag af egnet grus eller singelsmakadam, der komprimeres i lag af højst 0,3 m tykkelse (svarende til ca. 0,2 m i fast mål). Anvendes singels, skal det sikres, at udjævningslaget ikke forsvinder, fx ved afdækning af singels med geonet.

Grundforstærkning kan om nødvendigt udføres som pælefundering eller kan erstattes med ophængning af ledningen. Dette kræver en speciel beregning af ledningens belastning og bæreevne, hvilket kan gennemføres af de enkelte producenters serviceafdeling. Ved overgangen fra pælefundering eller ophængning til normal fundering udføres en egnet overgangskonstruktion.

Ved trykledninger kan sammensvejt ledning eventuelt erstatte opbygning af en grundforstærkning. Ledningen fuldsvejses ved hjælp af enten el-muffer eller stuksvejsning, således at den fremstår som en hel længde uden „samlinger“.

Ledningen fastgøres i hver sin ende af et bygværk, og den vil herefter kunne følge jordens bevægelser.

Ved valg af ledningsmateriale skal det sikres, at materialet er i stand til at optage eventuelle sætninger. Ved eventuel opdriftsikring skal der anvendes ballastklodser.

3.2.4 Oplukning af befæstede arealer

Oplukning af befæstede arealer omfatter optagning og oplæg af fortovsfliser, brostensbelægning mv. for senere retablering samt opbrydning og bortkørsel af asfalt- og betonbelægninger.

Bredde på oplukning udføres efter **DS 475's** standardgraveprofiler for befæstede arealer som vist på figurerne. Der henvises desuden til den stedlige vejmyndighed for lokale regler.



Uafstivet grav.



Afstivet grav.

Ved asfaltbelægning i tykkelse større end 30 mm må oplukning kun ske efter forudgående gennemskæring eller fræsning i den fulde lagtykkelse. Ved asfaltbelægning tyndere end 30 mm anvendes anden oplukningsmetode. For at arbejdet med retablering af ledningsgrave kan blive så let og godt udført som muligt, skal rendekanterne være intakte. De må ikke være løftet eller undermineret, og de skal stå lodrette og lige. Ved stor gravbredde og ved tykke belægninger bør kanterne aftrappes.

Oplukning af asfaltbelægning sker ved at lave to spor i ledningsgravens bredde, hvorefter asfalten fjernes med en rendegraver, gravemaskine eller med håndkraft. Sporene skal altid være så dybe, at de går helt igennem asfalten. Gennemskæring af asfalt skal, dersom den resulterer i spor med større bredde end 10 mm, foretages inden for det afspærrede arbejdsareal.



De langsgående spor kan fx udføres ved skæring med faste eller roterende skæreknive/-skiver eller fræsning i fuld bredde med eller uden forudgående opvarmning. Hugning med tryklufbsbor bør ikke anvendes.

Udføres oplukningen ved hugning med mejsel og/eller spade eller ved skæring med fast kniv/tal-lerkenskæring, er det vanskeligt at overholde kravene til rendekanterne.

Ved skæring med roterende blad eller fræsning opnås et rent og pænt snit, samtidig med at skæresmuldet bliver liggende i skærerenden, hvilket bl.a. betyder, at trafikken ikke generes af opskæringen, samt at arbejdet kan udføres på tidspunkter, hvor det er mest belejligt.

3.2.5 Udjævningslag

Rørene lægges på et udjævningslag, der skal beskytte rørene mod ujævnheder og sikre, at rørene får en ensartet og jævn understøtning.

Udjævningslagets tykkelse afhænger af rørtypen og fremspringet på mufferne. Fremspringet skal kunne graves ned i udjævningslaget således, at røret får en linieunderstøtning.

Materialer til udjævningslag bør opfylde følgende krav:

- kornstørrelse over 16 mm må ikke forekomme
- indholdet af korn mellem 8 og 16 mm må højst være 10%
- materialet må ikke være frossent
- skarp flint eller tilsvarende materiale må ikke anvendes

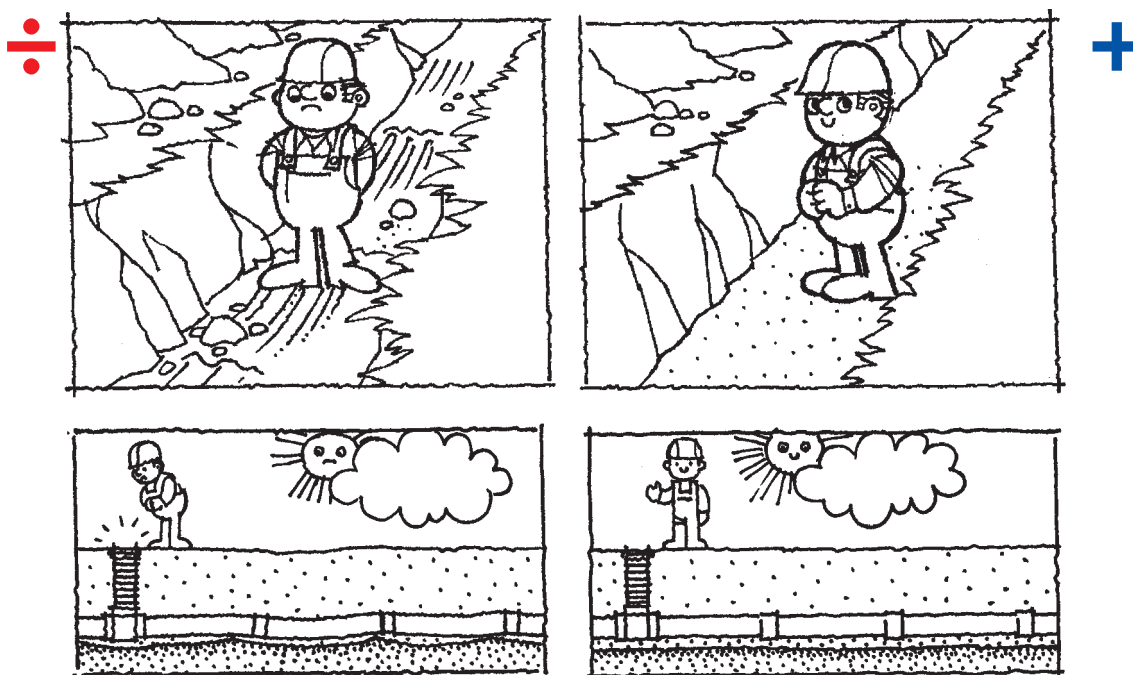
Hvis den eksisterende jord opfylder ovenstående krav, kan man undlade at grave ud til udjævningslag.

Udjævningslaget skal ikke komprimeres, før rørene lægges. Omkring muffesamlingerne holdes ledningen fri af udjævningslaget.

Udjævningslaget må ikke lægges på frossen jord, hvorfor ledningsgravens bund beskyttes i koldt vejr. Sne og is, som findes på ledningsgravens bund, samt sten, der kan give anledning til punktbelastninger, skal fjernes, inden udjævningslaget udlægges.

Hvis der forekommer vand i rørgraven, kan vandet bortskaffes ved, at der under udjævningslaget udlægges et lag sten. For at sikre, at udjævningslaget ikke transporteres ned i stenlaget, skal de to lag adskilles med geonet.

Figur 3.4: Bunden i ledningsgraven skal være fast og jævnt afrettet. Et korrekt udjævningslag sikrer, at ledningen ligger godt, inden omkringfyldningen begynder. Et mangelfuldt udjævningslag er ofte starten til lunker.



3.3 Ledningslægning

Rørene skal lægges og fastholdes, således at deres beliggenhed bevares i forhold til de linier og fald, der er angivet i projektet. Dette gælder især, hvor der er mulighed for opdrift og under tilfyldning og komprimering. Ledninger skal desuden i nødvendigt omfang sikres ved kørsel med tungt entreprenørudstyr mv. på byggepladsen (fx køreplader).

Ved trykledninger kan kræfter ved især retningsændringer og forgreninger optages i forankringer, bagstøbninger eller trækfaste samlinger. Metoderne kan også anvendes ved gravitationsledninger med stort fald.

Beregninger for forankringer og opdrift omtales i henholdsvis afsnit 2.2.3 og 2.2.4 i kapitel 2.

Kræfter, som opstår på grund af vands tryk, temperatur og hastighed, skal kunne optages af rørene eller deres omgivelser uden at medføre skader på rør og samlinger. Rørene kan bøjes ved lægningen, såfremt de ikke derved udsættes for påvirkninger, der er større end de tilladte. Bøjede rør skal fastholdes således, at samlingerne ikke udsættes for tværbelastning.

Om afstivning henvises til **DS 475**.

Tabel 3.1: Minimum bøjningsradius for forskellige plastrør ved installation.

	PE 80	PE 100	PVC-U	PP
Teoretisk minimum bøjningsradius ved 5-20° C	25 · dy	25 · dy	300 · dy	100 · dy
Kontrol af minimum bøjningsradius under installation	≤ 8% deformation af dy	≤ 8% deformation af dy	≤ 2° afvinkling i muffe	≤ 2° afvinkling i muffe

dy er plastrørets nominelle udvendige diameter.

3.3.1 Lægningsnøjagtighed

Såfremt der ikke er forlangt andet fra bygherres side, må ledningers placering i sideretningen intetsteds afvige mere end 0,20 m fra placeringen ifølge projektet.

Ved visse rørtyper kan der forekomme krumninger. I sådanne tilfælde skal der under installationen tages højde for dette ved at lægge rørene således, at krumningen forekommer sideværts. Da ledningen skal ligge mireret, må disse krumninger ikke forekomme i dybden, da dette kan medvirke til luncker. Anvendelse af korte længder (max. 3 m) reducerer en eventuel sideværts forskydning.

Afløbsledningers placering i dybden må intetsteds afvige mere end 0,3 m fra placeringen ifølge projektet.

Afløbsledningers fald I_v , målt på en strækning af mindst 10 m skal ligge inden for følgende grænser, hvor I_p er faldet i promille ifølge projektet:

$$I_p - 1 \leq I_v \leq I_p + 1$$

Bagfald accepteres ikke.



3.4 Samlingsmetoder og anvendelse

Samling af plastrør kan foregå ved hjælp af følgende samlingsmetoder:

- Samling med tætningsring
- Elektrosvajsning
- Stuksvejsning
- Ekstrudersvejsning
- Mekanisk samling



En **samling med tætningsring** er en samling, der består af en muffe og en spidsende. Tætningsringen kan enten være fastsiddende i muffen eller kan leveres som en løs ring, der monteres i muffen eller på spidsenden. Tæthed opnås, når tætningsringen komprimeres mellem muffe og spidsende.

Ved samling i ledningsgraven holdes spidsende og muffe fri for sand. Der anvendes glidemiddel, hvor dette er foreskrevet af producenten. Spidsenden skubbes lige ind i muffen. Trykkes spidsenden skævt ind, kan der komme spændinger i samlingen.



Ved **elektrosvajsning** anvendes PE-formstykker med indbyggede varmeelementer i form af en metalspiral til samling af PE-rør. Muffen skubbes ind over spidsenden, og en svejsetransformator tilsluttes og fører strøm gennem metalspiralen. Strømmen får metalspiralen til at smelte plastmaterialet, hvorved sammensvejsningen sker. Metoden kan anvendes på rør og formstykker, som alene har spidsende. Endvidere findes der forskellige formstykker med indbyggede varmeelementer.



Stuksvejsning er en teknik, der anvendes til samling af PE-rør med en diameter større end 50 mm. Rørenderne bliver spændt fast i en speciel stuksvejsmaskine, hvorefter de bliver høvlet rene og parallelle ved hjælp af en elektrisk rørhøvl. Derefter opvarmes rørenderne ved hjælp af et termostatstyret, teflonbelagt varmespejl placeret mellem de to rørender. Når rørenderne er tilstrækkeligt smeltet, fjernes spejlet, og rørenderne presses sammen, indtil de er kølet ned igen. Stuksvejsprocessen frembringer en svejsevulst både ud- og indvendigt i røret. Såvel udvendig som indvendig svejsevulst kan fjernes med specialværktøj, hvis dette ønskes.

Både ved stuksvejsning og elmuffesvejsning opnås trækfaste samlinger, hvorfor bagstøbning ikke er nødvendig. Vær derimod opmærksom på, at man nu har ét langt rør, så stort set hele rørstrækningens sammentrækning og udvidelse som følge af temperaturændringer vil udløses ved ikke-trækfaste overgange. Det er derfor vigtigt, at røret fikses ved ikke-trækfaste overgange.

Stuksvejsning og elmuffesvejsning anvendes typisk ved installationer med indvendigt tryk og bør kun udføres af svejsere med svejsecertifikat for disse svejsemetoder.

Der henvises til de enkelte producenters vejledninger eller deres tekniske serviceafdelinger om svejseparametre og godkendelse af svejsninger.

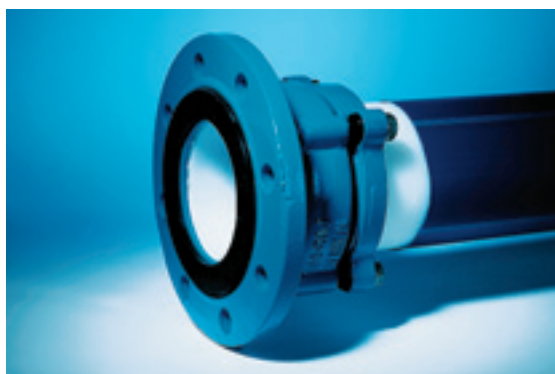


Ekstrudersvejsning er en samlingsmetode, hvor to emner sammensvejses ved tilførsel af nyt materiale. Ekstrudersvejsning anvendes til sammensvejsning af letvægtsrør og fremstilling af specielle formstykker, brønde mv. og kan udføres både på fabrik og i marken (in situ).

Anvendelsesområdet er typisk gravitation. Svejsningen bør udføres af svejsere med svejsecertifikat for denne svejsemetode.

Mekanisk samling (kompressionsfittings) er en skruesamling, hvor tætheden opnås ved, at en tætningsring komprimeres mellem røret og forskruningen.

Der henvises til de enkelte producenters vejledninger eller deres tekniske serviceafdelinger om, hvornår der bør anvendes støttebøsninger.



3.4.1 Samling af plastrør med andre rørmaterialer

Ved overgang fra et materiale til et andet skal benyttes de overgange og metoder, som er foreskrevet for de pågældende systemer. Flere af disse er VA-godkendte, men i visse tilfælde kan det være nødvendigt at anvende utraditionelle metoder. Det skal altid sikres, at alle funktionskrav til en god samling tilgodeses.

Retnings- og dimensionsændringer foretages sædvanligvis i brønde. Er rensningsmulighederne tilgodeset, kan retningsændringer og bøjning foretages på ledningen. Det skal dog nævnes, at mange bygherrer ønsker placeret en brønd på de steder, hvor der forekommer retnings- og dimensionsændringer.

I øvrigt henvises til de enkelte producenters sortiment eller deres tekniske serviceafdeling.



3.4.2 Plastbrønde i områder med grundvand

Når der installeres fleksible plastbrønde, er det afgørende for brøndens funktion og levetid, at valg og komprimering af omkringfyldningen sker som projekteret. Brønden kan dermed modstå de belastninger, som den påføres i form af jordtryk og trafik.

I områder, hvor brøndene derudover udsættes for grundvandstryk, er der specielt to forhold, som skal undersøges:

- Deformation af brøndbunden - baseret på kort- og langtidsberegninger suppleret med praktiske afprøvninger, hvor brønden har været udsat for varierende grundvandstryk.
- Opdrift af brønden - brøndens evne til at modstå opdrift er afhængig af den udvendige overflades ruhed (friktion), omkringfyldningsmaterialets uensformighedstal og komprimering.

Der henvises til de enkelte producenters vejledninger eller deres tekniske serviceafdelinger for deres anvisninger i sætning af brønde, afslutning ved terræn og andre specielle forhold.





3.5 Omkringfyldning og tilfyldning

Omkringfyldningen skal sikre, at ledningen opnår tilstrækkelig støtte på alle sider, og at alle belastninger kan overføres uden skadelige punktpåvirkninger.



Omkringfyldningen foretages umiddelbart efter, at lægningen af ledningen er kontrolleret og godkendt. Omkringfyldningen skal fortsættes til mindst 0,15 m over ledningstop.

Omkringfyldningen skal udføres således, at ledningen ikke skades eller forskubbes. Endvidere skal udlægning og komprimering kunne udføres sådan, at der opnås friktion mod gravens sider i hele lagets højde.

Efterfølgende vejledning gælder for at sikre ledninger tilstrækkelige lægningsforhold. Vejmyndigheders krav kan være mere omfattende.

3.5.1 Jordbundsforhold og omkringfyldningsmateriale

Inden der foretages valg af specielt materiale til omkringfyldning og tilfyldning samt metode til komprimering, er det afgørende at fastlægge, hvilken jordtype installationen vil blive udført i.

Såfremt der forekommer forskellige jordtyper i forbindelse med ledningsgraven, skal det tydeligt fremgå af projektbeskrivelsen, hvor og i hvilken udstrækning den enkelte jordtype er forudsat.

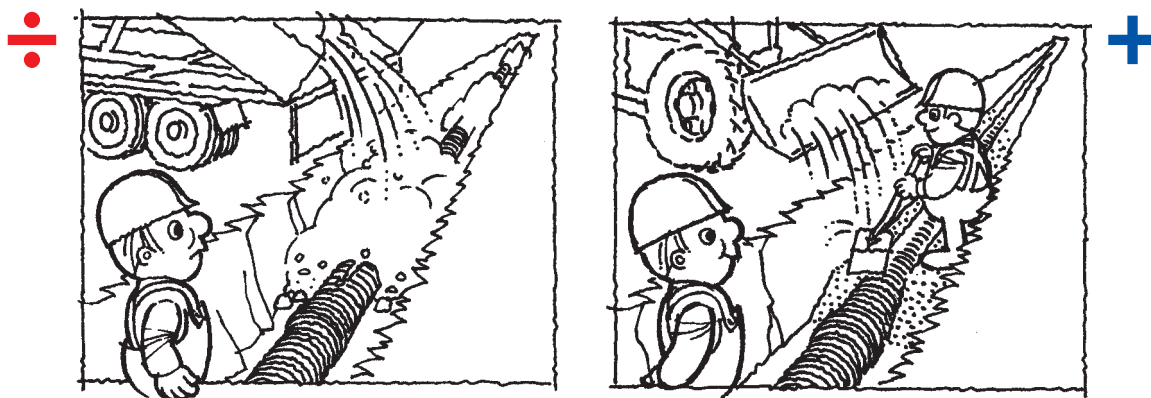
Mange jordtyper egner sig til såvel omkringfyldning som tilfyldning. Det opgravede materiale vil derfor i mange tilfælde kunne genanvendes, jf. efterfølgende om genanvendelse af opgravet jord.

De følgende anbefalinger er baseret på den jordklassificering, der anvendes i **DS/ENV 1046 annex A** inkl. bearbejdning og tilføjelser vedrørende egnethed under danske forhold.

Under danske forhold vil jorden inden for sædvanlige lægningsdybder for ledningsanlæg meget ofte være istidsaflejringer enten i form af morænemateriale (blanding af forskellige kornstørrelser) eller vandaflejret materiale, der er karakteriseret ved kun at indeholde relativt få kornstørrelser (fx mellemkornet sand, silt m.m.).

Geotekniske betegnes materialerne altid efter deres fremtrædende egenskaber, eksempelvis kan moræneler godt bestå af 85% korn i silt-/sand- og grusfraktionerne og kun 15% ler. Alligevel er materialet primært kohæsivt.

Figur 3.5: Omkringfyldning skal fyldes jævnt ned og jævnes ud, ikke fyldes voldsomt ned.



3.5.2 Komprimering af omkringfyldning og tilfyldning

En plastledning arbejder hele tiden sammen med omkringfyldningen og den øvrige jord omkring den. Røret er fleksibelt og er dimensioneret, således at dette samarbejde kan foregå, uden at røret overbelastes. På denne måde kan en plastledning klare de sætninger og omlejringer, som kommer i ledningsgraven, jf. endvidere om den statiske beregning, deformation og komprimeringsklasser i afsnit 2.2.2.

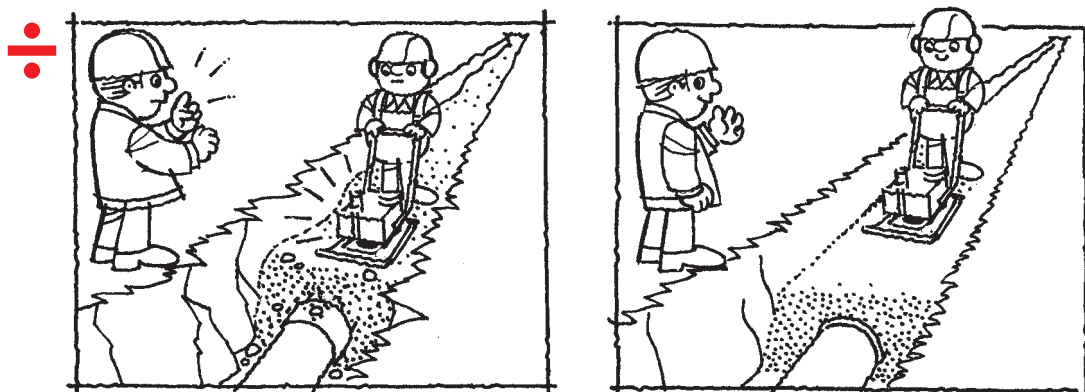
Komprimering i ledningsgraven sker ikke blot af hensyn til rørene. En utilstrækkelig komprimering vil fx betyde skader og væsentlige driftsudgifter for vejen og fortovet over ledningsgraven i takt med, at omkringfyldningen sætter sig.

Der kan være specielle krav til tilfyldning fra vejmyndighederne.

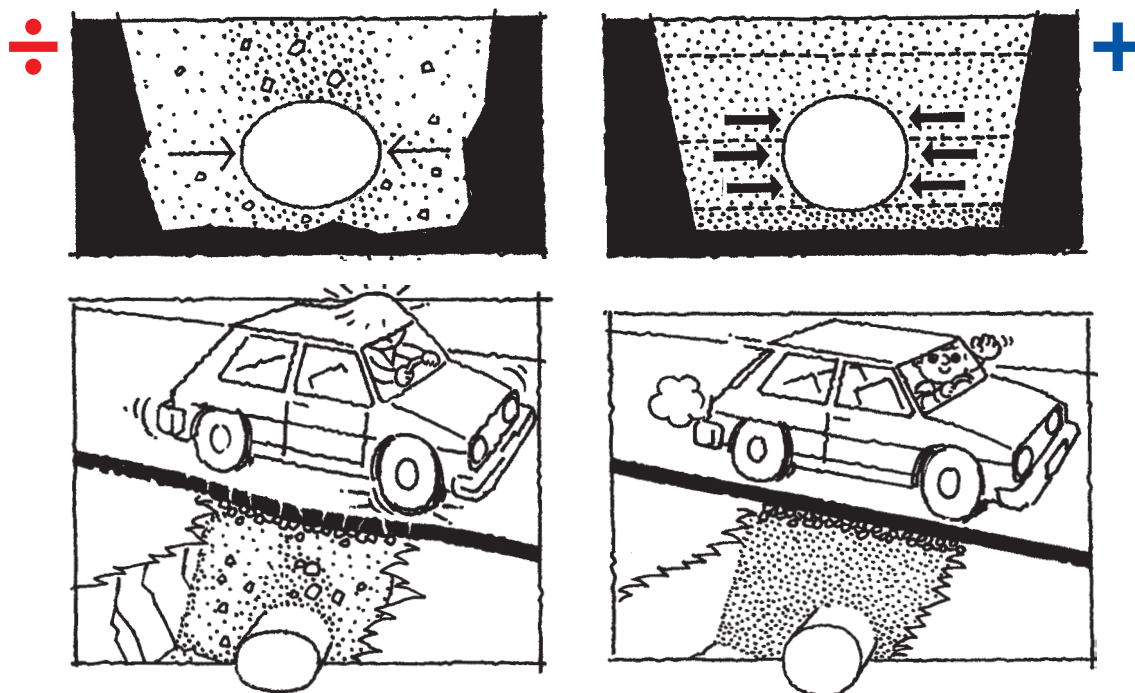
Når et rør er mere fleksibelt end den omkringliggende jord, optager jorden den betydeligste del af belastningen. Herved undgås overbelastning, som kan medføre brud på røret.

På grund af fleksibiliteten vil plastrøret deformeres under lægningen. Størrelsen af deformationen afgøres i langt de fleste tilfælde alene af komprimeringen af sand og jord omkring røret. Jo mere fast den omkringliggende sand/jord er komprimeret, jo større belastning kan plastrøret påføres, uden at deformationen øges.

Figur 3.6: Den gode komprimering starter med, at sandet trædes sammen langs ledningen. Derefter komprimeres der på siden, så der etableres sidestøtte. Endelig komprimeres over toppen. Begge steder komprimeres i lag af 15-20 cm.



Figur 3.7: Med den rigtige omkringfyldning og komprimering kan en plastledning klare de sætninger og omlejringer, som kommer i ledningsgraven.



Komprimeringen er kategoriseret i forskellige klasser H (høj), N (normal), M (moderat) eller U (uegnet). Sammenhængen med komprimeringsgrader er vist i tabel 3.2 og kontrolleres ved isotopmåling.

Ved store rør håndkomprimeres de nederste lag inderst langs røret. For store rør henvises i øvrigt til "Store kloakledninger - drift, reovering og nyetablering"/18/.

Tabel 3.2: Sammenhæng mellem karakterisering af komprimeringsgrader, Standard Proctor, kontrolleret ved isotopmåling.

Kategori	Komprimeringsgrad [%]	
	Friktionsjord	Kohæsionsjord
H (høj)	> 98	> 95
N (normal)	95 - 98	93 - 95
M (moderat)	90 - 94	87 - 92
U ("uegnet")	< 90	< 87



Jordkategori	Jordklasse	Jordtype	Sortering	Betegnelser	Komprimering	Komprimeringsudstyr									
						Håndstamper 15 kg Lagtykkelse	Vibrationsstamper 40-70 kg Lagtykkelse	Pladevibrator 20-200 kg Lagtykkelse	Pladevibrator 200-600 kg Lagtykkelse	Vibratortromle 15-40 kN Lagtykkelse	Vibratortromle 40-70 kN Lagtykkelse	Fårefodstromle 30-70 kN Lagtykkelse	Kompactor Lagtykkelse		
Grus	1a	Friktionsmateriale	Velsorteret U <2 Blandet 2 <U <5 Usorteret U >5	Singels Nødder Æfter Perler Filtergrus 2-60 mm	>98% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m			
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Sand	1b	Friktionsmateriale	Velsorteret Blandet 2 <U <5 Usorteret u>5	Leret grus 10-15% silt/ler Leret grus 10-15% silt/ler Leret grus 10-15% silt/ler SAND	>98% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m			
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Morænegrus	2a	Friktionsmateriale	Usorteret grus, leret	Leret grus 10-15% silt/ler	>98% SP	Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Morænesand	2b	Friktionsmateriale	Usorteret grus, leret	Leret grus 10-15% silt/ler	>98% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m			
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Moræne ler	3	Friktions-/kohæsionsjord	Gruset Sandet Siltet	Moræne ler, gruset >15% ler Moræne ler, gruset >15% ler Moræne ler, gruset >15% ler	Friktionsjord 95-98% SP Kohæsionsjord 93-95% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Moræne ler	4	Kohæsionsjord	Almindelig Fedt	Moræne ler, gruset >35% ler Moræne ler, gruset >35% ler	93-95% SP 87-92% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Silt/ler	5	Kohæsionsjord	Velsorteret d <0,06 Almindelig d <0,002	Ler, siltet Silt. Leret <40% ler	<87% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
Ler	6	Kohæsionsjord	Fedt	Ler, fedt >40% ler	<87% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
							Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				
	7				<87% SP		Ja 0,2 m	Ja 0,2 m	Ja 0,4 m	Ja 0,4 m	Ja 0,6 m				

Tabel 3.3: Vejledende sammenhæng mellem jordklasser og anvendeligt komprimeringsudstyr.

Fordrætningen for at anvende tabel 3.3 er en minimum jorddækning på 0,8 m.

Maksimal stenstørrelse i omkringfyldning er 1/10 af rørets udvendige diameter, dog max. 64 mm.

Omkringfyldningsmaterialet må ikke indeholde skarp flint eller tilsvarende materiale.



Såfremt der ønskes den højst opnåelige komprimering af jordarterne (se tabel 3.3 med jordklassificering), skal der med de angivne lagtykkelser forventes ca. 4 overkørsler med komprimeringsudstyret.

Eksempel:

De foranstående tabeller 3.2 og 3.3 kan anvendes ved, at der i tabel 3.2 findes den givne jordtypes egnethed og behov for komprimering ved anvendelse som omkringfyldning, fx morænesand, jord-

klasse 2b, som skal komprimeres højt eller normalt.

I tabel 3.2 aflæses hvilken komprimeringsgrad, der kan opnås med henholdsvis høj eller normal komprimering, og i tabel 3.3 hvilke komprimeringsudstyr og lagtykkelser, der kan anvendes for jordklasse 2b.

3.6 Genanvendelse af opgravet materiale

Miljømæssigt og økonomisk vil det ofte være en fordel at genanvende den opgravede jord.

Som udgangspunkt vil den opgravede jord kunne genanvendes som omkring- og tilfyldningsmateriale, idet såvel friktions- som kohæsionsjord kan anvendes.

Det er dog en forudsætning, at jorden kan indbygges og opnå de i projektet krævede komprimeringsgrader.

Kohæsionsjord vil i udgangspunktet medføre større deformationer end friktionsjord.

Maksimal stenstørrelse i omkringfyldningen er 1/10 af rørdiameter, dog maksimalt 64 mm.

Det anbefales, at der udføres skærpet tilsyn under installationen.

Afhængig af det aktuelle projekt, kan det være aktuelt at udføre en referenceinstallation. En referenceinstallation er en installation over en kortere strækning, hvor den opgravede jord tilfyldes og komprimeres med de til rådighed værende maskiner og komprimeringsudstyr.

For eksempel kan entreprenøren installere en strækning på 50-100 m. Det sker med byggepladsens personer og maskiner samt den opgravede jord og med den fremgangsmåde, tilsynet og entreprenøren har valgt.

Umiddelbart efter færdig tilfyldning og komprimering af ledningsgraven udføres deformationsmåling med en fast tolk/slæbedorn, afdrejet, så den passer med den deformationsprocent, som er fastsat tilladt for ledningen. Se figur 3.11, afsnit 3.8.6:

Eksempel på slæbedorn. Kan tolken/slæbedornen trækkes igennem ledningen, betyder dette, at omkringfyldningen, arbejdsgangen og komprimeringsmetoden er i orden.

Herefter kan det besluttes at fortsætte (igangsætte) det videre arbejde med projektet med de i referenceinstallationen fastlagte materialer, arbejdsgange og rutiner, idet lægningsmetode og komprimering er blevet nøje beskrevet under udførelsen af referenceinstallationen. Herved sikres, at den samlede installation bliver ensartet og korrekt.

Der henvises endvidere til afsnit 2.2.2 Statistiske beregninger om E-moduler for forskellige omkringfyldninger.



3.7 Installation under specielle forhold

De eksempler, der er nævnt og refereret til i de forudgående afsnit, er optimale forhold for ledningsanlæg og installation af disse. Der forekommer ofte situationer, hvor forholdene er anderledes end beskrevet, eller der bliver brug for andre metoder. Dette afsnit vil omhandle nogle af disse situationer.

3.7.1 Dyb smal udgravning

Er ledningen projekteret dybt og under vanskelige trafikale forhold, fx i indre by gælder der de samme forhold som en almindelig ledningsgrav. Det kan dog i disse tilfælde være svært at etablere ledningsgraven som foreskrevet. Ofte bruges der gravekasser, hvor pladsen er meget trang. Ved brug af gravekasser er det vigtigt, at sikkerhedsforskrifterne følges nøje.

Når der skal komprimeres op omkring ledningen, er det vigtigt, at dette gøres gradvist, mens gravekassen langsomt trækkes op. Opmærksomheden skal rettes mod det område, hvor siden af gravekassen har stået. Her er det vigtigt, at også dette område bliver komprimeret ordentligt op, således at der ikke sker materialetransport hverken nedad eller til siderne.



3.7.2 Grundvand i og omkring ledningsgraven

Ledninger, der er projekteret dybt, tæt på vådområder og hvor grundvandet står højt, giver anledning til, at der skal tages ekstra forholdsregler i forbindelse med anlæg af ledningsgraven. Der skal ske en kontrolleret bortledning af vandet i bunden af ledningsgraven. Dette kan gøres ved, at der under afretningslaget lægges et drænlag, der kan lede vandet til en evt. pumpeump. Dette drænlag adskilles fra afretningslaget med geonet, således at der ikke sker materialetransport til dette drænlag. Der henvises til afsnit 2.2.4 Opdrift.

3.8 Kontrol på byggepladsen

Modtagekontrol er kontrol på byggepladsen af de faktisk leverede produkter. Håndtering og lagring på byggepladsen skal foregå på en sådan måde, at rør og formstykker ikke udsættes for skadelig påvirkning.

3.8.1 Modtagekontrol

Det er vigtigt at foretage en modtagekontrol, når materialerne leveres på byggepladsen, da ansvaret for materialerne normalt overgår til modtageren ved leveringen. Til dette kan anvendes eksempel på kontrolskema som vist i fig. 3.9.

Omfanget af kontrol og kontrolpunkter kan være som vist i figur 3.8 for de forskellige materialer. Her er med ✓ vist de vigtigste kontroller for de enkelte rørtyper.

Omkring kontrolpunkterne gælder, at mærkning, ridser og ovalitet skal være i overensstemmelse med de aktuelle standarders krav for de enkelte rørtyper og -materialer.

- Med hensyn til ridser gælder for PE, at der ved design og produktion af røret er taget højde for en dybde på 10% af godstykkelsen. Skarpe ridser må ikke forekomme, skal bortskræbes.
- Solblegning af rør er en nedbrydning af farvepigmentet i overfladen og har derfor kun visuel betydning. Erfaringer viser, at udendørs lagring også over længere tidsrum på vore breddegrader ikke har betydning for rørens styrke.
- Krumninger på lange rør kan ikke undgås, specielt ikke i varme perioder. Derfor skal der tages hensyn til krumninger ved lægningen, jf. afsnit 3.3.1 Lægningsnøjagtighed.
- Flydesøm på formstykker er en visuel markering fra formværktøjets samling og kan ikke undgås. Dette har ingen betydning for styrke og funktion.

Oplysning om de enkelte aktuelle standarder kan fås ved henvendelse til producenterens tekniske serviceafdelinger.

Figur 3.8: Eksempel på skema til modtagekontrol af plastprodukter.

Kontrolskema til modtagekontrol						
		GRAVITATION			TRYK	
Kontrolpunkt		PVC-U	PP	PE	PVC-U	PE
✓ = Kontrol bør udføres	Mærkning	✓	✓	✓	✓	✓
	Ridser	x	x	x	x	✓
	Ovalitet	x	✓	x	x	✓
x = Kontrol kan udføres	Gummiringe	✓	✓	x	✓	x
	Afpropning	x	x	x	✓	✓

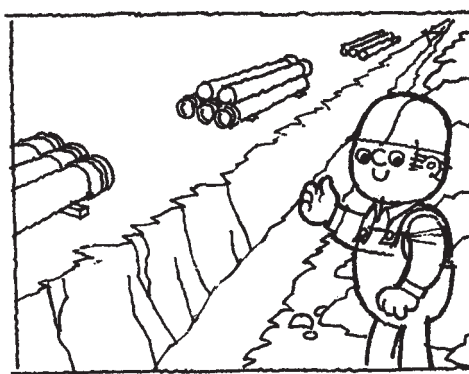
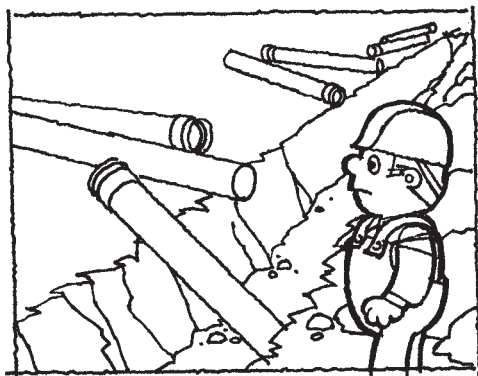


Figur 3.9: Eksempel på skema til generel modtagekontrol.

Modtagekontrol - Rør, brønde, formstykker					
Projektnavn:		Projekt nr.:			
Skema nr.:	Følgeseddel nr.:	Dato:	Side: /		
Leverandør:					
Mærkning:	Nordic Poly Mark (NPM):	DS-mærke:	VA-godk.:		
Rørsystem:					
Brønde og formstykker:	PP:	PE:	PVC-U		
Ledninger:					
Dimension mm:					
Tryktrin: SDR					
Ringstivhed: SN					
Brønde og formstykker:					
Dimension mm:					
Tryktrin: SDR					
Ringstivhed: SN					
Skader:					
	Ledninger		Brønde/formstykker		
	Ja	Nej	Ja	Nej	
Revner:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kasseres.
Ridser:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Max 10% af godstykkelse.
Ovalitet:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Max 1-2% af udvendig diameter.
Misfarvninger:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solblegning accepteres, for andet kontakt leverandør.
Samlingsmateriale:	_____				
Øvrige skader:	_____				
Bemærkninger:					
Sted:			Dato:		



Figur 3.10: Rør, formstykker og brønde skal sikres en korrekt håndtering og lagring på byggepladsen.



3.8.2 Håndtering

Ved enhver aflæsning og transport er der risiko for, at produkterne beskadiges. Derfor må det tilstræbes, at materialerne skal transporteres så lidt som muligt på byggepladsen, inden de er på deres endelige plads. Det optimale er, at materialerne leveres så tæt på anvendelsesstedet som muligt.

For at undgå skadelige påvirkninger på rør og formstykker ved håndtering bør følgende sikres:

- at de ikke tippes fra vogn
- at der ved af- og pålæsning samt flytning af rørbundter og rørruller med kran anvendes remme af tekstil eller lignende
- at de ikke slæbes hen over jord eller andet underlag, som kan beskadige dem
- at der altid anvendes egnet transportmateriel
- at de ikke kommer i berøring med skarpe kanter
- at de oprullede rør ikke vrides under håndteringen
- at rør og formstykker af PVC-U håndteres med forsigtighed ved temperaturer under frysepunktet.

3.8.3 Lagring

Ved oplagring af materialer skal det sikres, at adgangsvej og oplagingsplads er anlagt således, at transport med lastbiler kan finde sted. Oplagingspladsen bør være forberedt til modtagelse af produkter, d.v.s. rammer til løse rør, et plant underlag til opbevaring af bundter samt paller til opbevaring af formstykker mv.

Ved lagring af rør og formstykker skal det sikres, at disse ikke deformeres, og at de i øvrigt ikke udsættes for skadelige påvirkninger.

Man skal med hensyn til solekspnering af sorte PE-rør være opmærksom på den krumning, der kan opstå på rørene som følge af ensidig opvarmning.

Rør og formstykker opbevares længst muligt i den emballage, som fabrikken/producenten har leveret. Rørbundter og løse rør opbevares på en plan og jævn bund. Løse rør stables således, at de ikke hviler på mufferne.

For især rør til vandforsyning er det vigtigt at sikre, at afproninger er intakte i hele perioden fra modtagelse af rørene til lægning.

For mere information om håndtering og lagring henvises til **DS 430** og **DS 475**.



3.8.4 Slutkontrol

I forbindelse med godkendelse af ledningsanlæg er det op til den enkelte ledningsejer at fastlægge, hvilke krav som skal være opfyldt, herunder fx hvilke observationer som skal accepteres ved den afsluttende TV-inspektion.

For de pt. aktuelle rørtyper på markedet kan fx anvendes følgende acceptkriterier, ligesom der henvises til producenternes dokumentation af, hvorledes fx korrekte rørsamlinger ser ud. Se også TV-inspektion afsnit 3.8.9, samt om deformationsmåling i afsnit 3.8.6.

Tabel 3.5: Acceptkriterier for de pt. aktuelle plast-rørssystemer på markedet med hensyn til rørens gennemsnitlige levetid, styrke, tæthed samt hydrauliske kapacitet.

Observation ved TV-inspektion	Der accepteres
RB	Ingen
KO	Ingen
DE*	PVC-U: 8% PE og PP: 9%
FS (Å)	FS 1 (Å) ved ribberør FS 2 (Å) når åbning skyldes skydemuffer, overgangsstykker og lignende
IS	Ingen
RØ	Ingen
VA	10%, dog ikke vand som indikerer lunke

*) Deformation ved ibrugtagning svarende til deformation ved installation plus ovalitet fra produktion (korttidsdeformation), jf. afsnit 2.2.2 Statistiske beregninger og om deformationsmåling i afsnit 3.8.6. DE indikerer kvaliteten af installationsarbejdet.

Forhold omkring fald er omtalt i afsnit 3.8.8 og komprimering i afsnit 2.2.2 og 3.5.2.

3.8.5 Kontrolmetoder under og efter installation

Der skal under hele arbejdet med installationen ske en kontrol af, at det udførte ledningsanlæg svarer til projektet, herunder at alle stillede krav er opfyldt. Herved sikres, at det samlede anlægs planlagte funktion og levetid opnås.

Væsentlige kontrolpunkter er:

- Jordbundsforhold og grundvandsforhold.
- Placering af ledninger og brønde.
- Koter og fald.
- Samling af rør, formstykker og brønde.
- Udjævningslag, omkringfyldning og komprimering.
- Tilslutningspunkter (fx at der ikke er fejltilslutninger i et separatsystem).

Tidligere i kapitlet er beskrevet modtagekontrol af produkter på byggepladsen og referenceinstallationer med henblik på korrekt omkringfyldning og komprimering, og der er via figurer givet eksempler på korrekt og ikke-korrekt udførelse. Endvidere henvises til kontrolniveauer og kontroller i **DS 475**.

I det følgende omtales aktuelle kontrolmetoder.

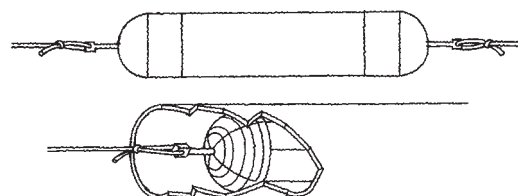
3.8.6 Deformationsmålinger

Deformationsmåling foretages umiddelbart efter afsluttet installation. I de tilfælde, hvor manuel måling af deformationer direkte i røret ikke er mulig, kan målingen foretages ved hjælp af fx en fast tolk/slæbedorn. Slæbedornen er normalt fremstillet til den aktuelle ledningsdimension og svarende til den tilladelige deformation, se den efterfølgende tabel.

Deformationsmåling skal gennemføres i en renspulet ledning, så aflejringer ikke har indflydelse på måleresultatet. Anvendes andet måleudstyr end en slæbedorn, skal der foreligge dokumentation for, at måleudstyret er kalibreret, herunder dets målenøjagtighed ved den aktuelle diameter.

Det skal bemærkes, at TV-inspektion med den nuværende teknologi ikke er anvendelig til måling af deformationer.

Figur 3.11: Eksempel på slæbedorn.



Den endelige deformation opnås efter 1-3 år, hvor deformationen typisk er korttidsdeformationen + 2-3%, jf. mere om dette i afsnit 2.2.2 Statistiske beregninger.

3.8.7 Komprimeringskontrol

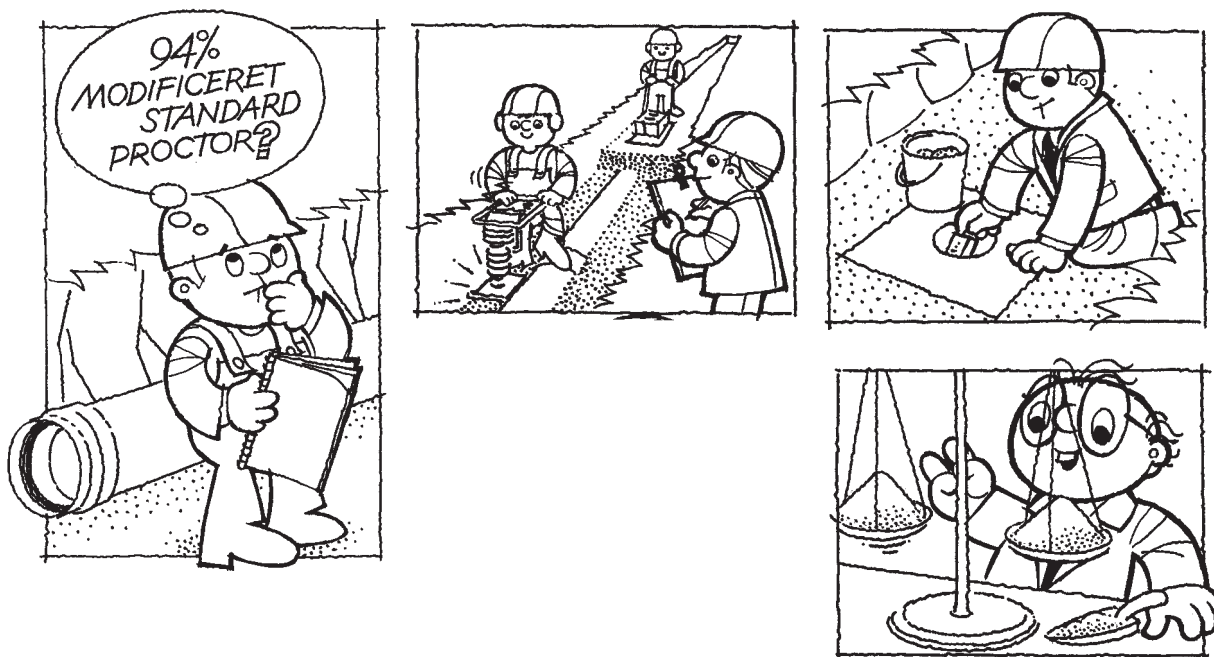
Komprimeringskontrol vil sige måling af komprimeringsgraden (udtrykt i en Proctor-værdi).

Proctor-forsøg er det forsøg, der anvendes, når det skal vurderes, om en jord, der løsnes og flyttes, igen kan trykkes sammen (komprimeres), således at den bliver tæt og fast sammenlignet med en

standard komprimering af samme materiale målt i et laboratorium.

Der findes forskellige metoder til udførelse af komprimeringskontrol. Blandt de mest anvendte er visuel kontrol, sandefterfyldningsmetoden og isotopmetoden, hvor kun de to sidste kan anvendes, når der stilles krav om efterfølgende dokumentation.

Figur 3.12: Komprimering og komprimeringskontrol med sandefterfyldningsmetoden.



3.8.8 Faldmåling

Faldmåling foretages i dag mest med en hydrostatisk faldmåler. Målingen foregår ved, at man fra en computer på terræn fører en væskefyldt slange ind i røret. For enden af slangen er der monteret en tryktransducer, som bliver udsat for et stigende væsketryk, jo dybere transduceren kommer ned.

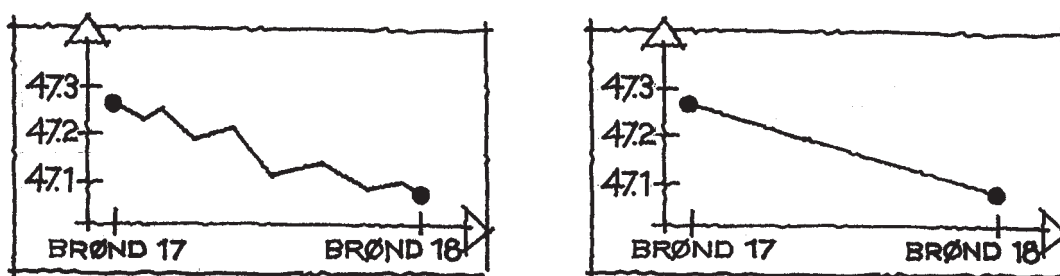
Transduceren sender et signal op til computeren, som hele tiden beregner, hvor transduceren befinder sig i forhold til et i forvejen defineret nulpunkt.

Derved kan der udarbejdes et længdeprofil og et målebogsblad, som viser faldforholdene.

En anden mulighed for faldmåling er et TV-kamera med indbygget hældningsindikator.

Faldmåling skal gennemføres i en renspulet ledning, så aflejringer ikke har indflydelse på måleresultatet. Der skal foreligge dokumentation for, at måleudstyret er kalibreret, herunder dets målenøjagtighed.

Figur 3.13: En måling af længdeprofilen viser, om ledningen ligger korrekt, og med korrekt fald.



3.8.9 TV-inspektion

TV-inspektion er den metode, der giver flest oplysninger om en lednings tilstand, da der kan konstateres fx revner, brud, forskudte samlinger, indtrængende samlingsmateriale, rødder, afsætninger, aflejringer og fremmedlegemer.

TV-inspektion er ikke en målemetode, hvorfor observationer af især lunger og deformationer kan være forbundet med en betydelig usikkerhed.



De større kameraer er selvkørende på hjul og kan være udstyret med satellitkamera, der kan skydes op i en stikledning fra hovedledningen. Desuden kan de drejes vertikalt og horisontalt samt panorere og zoome. De mindste kameraer indføres manuelt i ledningerne. Flere af disse kameraer har i dag mange muligheder for zoom mv.

Kameraerne er tilsluttet en printer, og der leveres en god dokumentation for ledningens tilstand. Resultatet lagres på digitale medier.

Når en bygherre får udført en TV-inspektion af et nyanlæg, får han en rapport, der beskriver det, operatøren har set under inspektionen. TV-rapporten indeholder en registrering og ikke en vurdering af tilstanden af ledningen eller af årsagen til den enkelte observation. TV-rapporter beror på operatørens visuelle bedømmelse, og en kritisk vurdering af rapporten er anbefalelsesværdig. Denne må foretages af bygherren selv og dennes rådgivere.

Tabel 3.6: Eksempel på acceptkriterier for plastledninger med henvisning til observationer ved TV-inspektion og deformationsmåling.

Observation ved TV-inspektion	Der accepteres
RB	Ingen
OB	Ingen
DE	DE 1 < 5%
FS (F)	Ingen
FS (Å)	FS 1 (Å) ved ribberør FS 2 (Å), når åbning skyldes skydemuffer, overgangsstykker og lignende
IS	Ingen
PR	Kun efter aftale
RØ	Ingen
IN	Ingen
AF	AF 1 (mindre aflejringer der skyldes ibrugtagning)
VA	10%, dog ikke vand som indikerer lunger
FO	Ingen
GR	GR 0
PH	Ingen
PB	PB 1
RE	RE 0, med mindre der er godkendt retningsafvigelse

Rapporteres der lunger eller deformationer, og skal der gennemføres større foranstaltninger i den anledning, og specielt hvis en anden part skal stå til regnskab for lunger/deformationer, bør der følges op med en faldmåling/deformationsmåling for at sikre det bedst mulige beslutningsgrundlag, jf. de foregående afsnit om disse målemetoder.

For TV-inspektionsfirmaer findes der en kontrolordning DTVK, Danske TV-inspektionsfirmaers Kontrolordning, som blandt andet sikrer medlemmernes uddannelse og ved stikprøver kontrollerer kvaliteten af det udførte arbejde. "Fotomanualen - TV-inspektion af afløbsledninger"/10/.

I denne manual findes forklaringer på de faglige forkortelser, der er anvendt i tabel 3.5 og 3.6

I det følgende gives en kort beskrivelse af punktdeformation og åbne samlinger ved TV-inspektion:



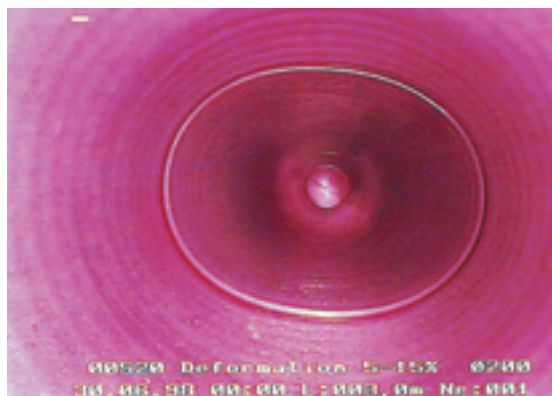
Punktdeformationer

Punktdeformationer på et rørsystem installeret med et omkringfyldningsmateriale (tilført jord eller genbrugsjord), der opfylder kravene i tabel 2.11, vil ikke give anledning til overbelastning af rørmaterialet eller reduktion af levetiden. Punktdeformationens størrelse skal ligge inden for de tilladelige middeldeformationer på henholdsvis 8 og 9% (se afsnit 3.8.4 Slutkontrol)

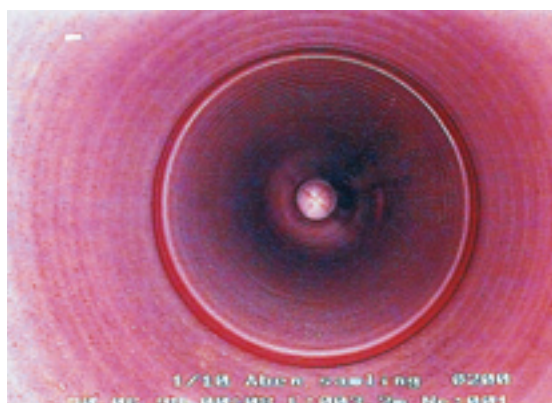
Punktdeformationer kan opstå ved installationen, hvor en sten eller en hård lerklump ligger direkte på røret. Ved en TV-inspektion vil den samme numeriske deformation se forskellig ud afhængig af rørtype.

På et ribberør vil en punktbelastning ses som et enkelt punkt, hvorimod den på et glat rør vil ses som en mere langstrakt udbredelse.

Punktbelastninger vil som regel ikke give anledning til udbedring af røret, da spændingen i rørvæggen efter et stykke tid vil udlignes. Plastrør er designet således, at de min. kan tåle 30% deformation ved korttidstest, så årsagen kan i langt de fleste tilfælde fjernes uden udskiftning af røret.



5% < deformation < 15%



FS (Å)

Åbne samlinger

Åbne samlinger kan opstå, hvis to rør ikke skubbes korrekt sammen, eller hvis der anvendes to rør med forskellig indstikslængde/muffedybde.

Et korrekt samlet ribberør kan imidlertid fremstå som en FS (Å).

Åbne samlinger er tætte, men ved store godstykker og store diametre kan der, afhængig af samlingens udformning, ske turbulens og aflejring i mindre omfang. Er der her en stor spalte (FS 2-3 (Å)), kan der være risiko for, at større dele i afløbsvandet sætter sig fast.

3.8.10 Tæthedsprøvning

Tæthedsprøvning kan enten foretages før eller efter ledningsgravens endelige tilfyldning.

Prøvningen skal udføres under konstante temperaturforhold. Ledninger, som ikke er dækket af jord, må derfor beskyttes mod temperaturvariationer under hele prøvningen. Direkte solstråling på ledningen må ikke forekomme.

Ledninger tættes i hver ende af prøvningsstrækningen og ved alle afgreninger. Brønde tættes ved brøndtop og i alle ind- og udløb. Dette sker så tæt som muligt ved brøndvæg, men dog således, at samlingen mellem rør og brønd indgår i prøvningen.

Alle de i systemet indgående dele skal være sikret på en sådan måde - og alle tætninger skal have en sådan udførelse - at de ikke forskyder sig under prøvningen. Derefter udføres selve prøvningen med vand eller luft efter de foreskrevne betingelser.

Der skelnes imellem tæthedsprøvning af gravitationsledninger og trykledninger.

Gravitationsledninger

Tæthedsprøvning foretages ofte i henhold til **DS 455**, skærpet kontrolniveau, hvorfor der her gives et eksempel på en udførelse af tæthedsprøvning med luft efter **DS 455**, samt eksempel på en prøve-rapport. Der henvises til **DS 455** for opdeling i prøvepartier etc. samt for krav mv. ved andre kontrolniveauer.

I alle ledningens tilløb og afløb monteres en slutprop. Alle stikledninger skal således være gravet fri, så afpropning er mulig. Som slutprop anvendes en gummibold. De to bolde i hver sin ende af prøvestrækningen er forsynet med studse til oppumpning af bolden og til påfyldning af luft ind i ledningen.

Ledningen skal afprøves med et overtryk på 10 kPa.

Ved grundvandsspejl over ledningen skal overtrykket i ledningen være 10 kPa over ledningen. Dvs. ved X meter grundvand over ledningens midte skal

prøvningstrykket være $10 \text{ kPa} + X \cdot 1 \text{ kPa}$ (X ind-sættes i meter).

Prøvningstrykket må af sikkerhedsmæssige grunde ikke overstige 30 kPa. Over dette tryk skal prøven udføres med vand.

Prøvningsperiodens længde kan findes af formlen: $t = 19 \cdot d^{1,5}$, hvor t er tiden i minutter og d er den indvendige diameter i meter.

Indgår forskellige diametre i en prøvning, beregnes prøvetiden ved en vægtning af diametre og længder, se **DS 455**.

Tabel 3.7: Prøvningsperiodens længde afhængig af ledningens diameter.

Dimension mm	Prøvetid
Ø 110	0 min. 38 sek.
Ø 160	1 min. 07 sek.
Ø 200	1 min. 33 sek.
Ø 250	2 min. 10 sek.
Ø 315	3 min. 05 sek.
Ø 400	4 min. 24 sek.
Ø 500	6 min. 09 sek.

En plastledning godkendes efter **DS 455** i skærpet kontrolniveau, hvis der i denne prøvningsperiode højst konstateres et trykfald på 1 kPa (10 kPa er 1 meter vandsøjle).

Prøverapporten kan fx udformes som vist i figuren på næste side.



Figur 3.14: Eksempel på prøverapport fra tæthedsprøvning af gravitationsledning.

Tæthedsprøvning udført efter DS 455						
Udført for:				Udført af:		
Sted:				Dato:		
Vejrforhold				Dimension.:		
Længde:				Materiale:		
Brønd opstrøms	Brønd nedstrøms	Vandspejl over rør	Prøvetid sek	Starttryk Mbar	Sluttryk Mbar	Trykfald Mbar
Særlige forhold: (F.eks. antal stik)						
Ledningen godkendt <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej						

Trykledninger

Tæthedsprøvning af trykledninger udføres med afspærring og fyldning af et begrænset ledningsafsnit med vand. Ledningsafsnittet skal være vandfyldt i 2 timer før selve prøvningen (konditionering af ledningen).

Den følgende metode baserer sig på **SFS 3115:E**, som er en meget anvendt finsk standard ved tæthedsprøvning af trykledninger.

Vandtemperaturen bør være ca. 20°C. Ledningsafsnittet bør vælges således, at trykforskellen mellem det højeste og laveste punkt ikke overstiger 100 kPa (10 mVS).

Ved selve prøvningen påføres ledningsafsnittet et indre overtryk svarende til ledningens nominelle tryk. Dette tryk skal vedligeholdes i 2 timer ved påfyldning af vand.

Trykket øges derefter til 1,3 x det nominelle tryk. Dette tryk vedligeholdes i 2 timer ved påfyldning af vand.

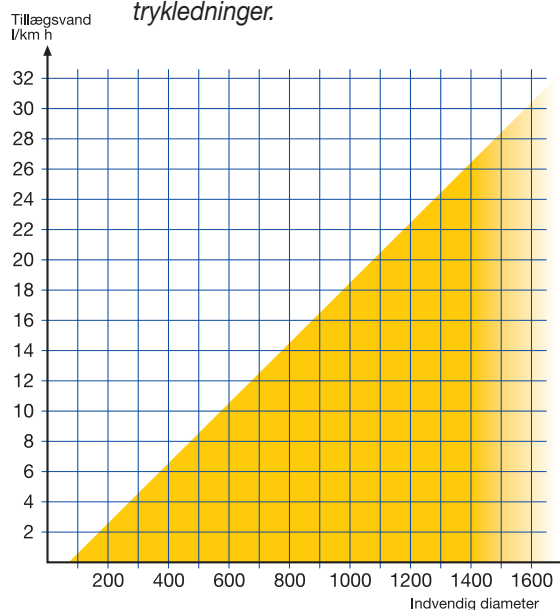
Trykket sænkes til det nominelle tryk. Efter 1 time måles den vandmængde, som evt. behøves for at få trykket op på det nominelle tryk.

Ledningsafsnittets tæthed afgøres ved tæthedsprøvningens slutning, når det konstateres, hvor meget vand der er nødvendigt for at opretholde det

nominelle tryk. Det evt. ekstra vandbehov (tillægsvand) omregnes til liter pr. km og time. Det opnåede resultat indsættes i skemaet "Prøverapport for Tæthedsprøvning" figur 3.16. Tæthedsprøvningen er godkendt, såfremt punktet ligger neden for (i det gule felt) den tegnede kurve i figur 3.15.

Rørender, bøjninger og afgreninger bør fikseres på forsvarlig vis, idet der er tale om store kræfter ved prøvetrykket på 1,3 x rørets nominelle tryk. Det høje tryk samt evt. luftlommer i ledningen kan udgøre en risiko, hvorfor særlige foranstaltninger kan være nødvendige. Det påhviler bygherren at sørge for de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger.

Figur 3.15: Godkendelse af tæthedsprøvning for trykledninger.



Figur 3.16: Eksempel på prøverapport fra tæthedsprøvning af trykledning.

Prøverapport fra Tæthedsprøvning

Kunde:		Projekt:	
Sags nr.:	ID-nr.:	Dato:	Initialer:
Sted:			
Rørdimension:		Prøveledningens længde:	
Bemærkninger:			

Testfase	Klokkeslet	Tidsforløb	Tryk kp/cm ²	Vandmængde
Fyldes med vand				
Trykstabilisering				
Trykstabilisering				
Trykstabilisering				
Opnå tryk til 1,3 · PN				
Trykvedligeholdelse				
Trykvedligeholdelse				
Trykvedligeholdelse				
Trykvedligeholdelse				
Måling af tillægsvandmængde				

Rørsektionen opfylder opfylder ikke standardkravene

Tillægsnoter:

/ -

Dato	Prøvemester	Kundens repræsentant	Bygherrens repræsentant
------	-------------	----------------------	-------------------------

Kundens accept:		Dato:	Initialer:
Retur/Udfyldt:	Nyt ID-nr.:	Dato:	Initialer:

