

Anvisningar för projekt- ering och utförande av markförlagda självfalls- ledningar av plast

(Plaströrsanvisningar)



Svenskt Vatten

Anvisningar för projekt- ering och utförande av markförlagda självfalls- ledningar av plast

(Plaströrsanvisningar)



Svenskt Vatten

Svenskt Vatten påtar sig inget ansvar för eventuella felaktigheter, tryckfel eller felaktig användning av denna publikation.

Copyright: Svenskt Vatten AB, 2005

Framsidesbild: Rörläggning, NPG

Illustrationer: NPG

Grafisk form: Victoria Björk, Svenskt Vatten

Tryck: Elanders Gotab

Utgåva: 1, oktober 2005

ISSN nr: 1651-4947

Förord

Föreliggande publikation P92, *Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast*, ersätter publikationen VAV P70 (1992).

Sveriges Plastförbund, numera Nordiska Plaströrgruppen, NPG, gav 1988 i en särskild rapport, *SPF Teknisk rapport 01, Markavloppsrör av styv PVC och PE*, alternativa anvisningar till VAV P70 och till fältprovningens anvisningarna i VAV P50. I föreliggande publikation har de alternativa anvisningarna i SPF 01 nu kunnat samordnas med anvisningarna i de tidigare publikationerna VAV P50 och VAV P70.

Provning av plaströr sker enligt de nya fältprovningens anvisningarna i P91 medan läggingsanvisningar m.m. ges i denna publikation. NPG har därför beslutat att inte revidera *SPF teknisk rapport 01*, eftersom aktuell text i dessa hänseenden ges i Svenskt Vattens publikationer P91 och P92.

För användning av rör av plast inom Vägverkets verksamhetsområde hänvisas till aktuell utgåva av ATB VÄG. Banverket har under år 2003 givit ut *Trummor och rörledningar för järnvägsanläggning*, BVF.585.18.

Svenskt Vatten rekommenderar sina medlemmar att acceptera projektering och utförande enligt P92 för användning till kommunala avloppsledningar inom angivet användningsområde, förutsatt att angivna tillämpningsanvisningarna i denna publikation följs.

Läggingsanvisningarna har sammanställts av Dan Ekbäck på uppdrag av Svenskt Vatten. Svenskt Vatten ansvarar för innehållet i dessa anvisningar. Bilaga 1, *Monteringsanvisningar*, samt bilaga 2, *Transport och lagring* har utarbetats av NPG. NPG svarar också för innehållet i bilaga 3, *Dimensionering av plaströr*, vilken har sammanställts av Jan Molin, JM Geokonsult AB.

Referensgruppen för projektet har bestått av Per Jansson, Svenska Wavin AB, Kjell Johansson, Pipelife AB, Nicke Johansson, 3VA AB, Gösta Kallin, Uponor AB samt Holger Malmsten, NPG. I referensgruppen har också ingått Hans Bäckman och Nils Lindblad, Svenskt Vatten AB, vilka också har svarat för slutredigeringen av publikationen.

Stockholm i oktober 2005
Svenskt Vatten AB

Innehåll

Förord	3
1 Läsanvisningar	7
2 Bakgrund	7
2.1 Rörtyper.....	7
2.2 Ledningsbädd och kringfyllning....	7
2.3 Allmänt om läggning.....	8
3 Läggingsanvisningar	9
3.1 Användningsområde	9
3.2 Temperaturområden	9
3.3 Tillåtna fyllningshöjder	9

4 Beskrivningstexter för rörledningar	11
5 Kvalitetskontroll	12
Litteratur	13
Bilaga 1: Monteringsanvisningar	14
Bilaga 2: Transport och lagring	15
Bilaga 3: Dimensionering av plaströr ...	17

1. Läsanvisningar

Publikationen är uppdelad i en anvisningsdel benämnd "Lägningsanvisningar" och en bilagedel.

Texten i anvisningsdelen beskriver hur läggningen skall utföras. De texter som blir bindande i de fall anvisningarna i denna publikation åberopas i ett avtal mellan en beställare och en entreprenör, är tryckta mot vit bakgrund.

Råd och kommentarer som inte blir bindande är tryckta mot tonad bakgrund.

I bilaga 3 redovisas den teoretiska bakgrunden till texterna i anvisningsdelen.

2. Bakgrund

2.1 Rörtyper

Föreliggande anvisningar behandlar rörledningar av plaströr för självfallsledningar i konventionell ledningsgrav med utförande enligt Anläggnings AMA 98 med avseende på schakt och fyllning m.m. Anvisningarna ger användningsområdet för rör av plast enligt följande:

- SS-EN 1401-1 Plaströrssystem – Rör och rördelar av PVC-U för självfallsledningar i byggnad och mark – Del 1: Specifikationer för rör, rördelar och systemet.
- SS 3403 Plaströr – Rör och rördelar av PE för självfallsledningar i byggnad och i mark – Mått och allmänna tekniska data. Utg 1 1986. Denna standard kommer att ersättas av SS-EN 12666-1 PE Rör och rördelar för självfallsledningar i mark.
- SS-EN 1852-1 Plaströr – Rör och rördelar av PP för självfallsledningar i byggnad och i mark – Del 1: Specifikationer för plaströrssystem.
- SS-EN 1852-1/A1 Tillägg till PP rör och rördelar.
- SS 3622 Plaströr – Rör och skarvmuff av glasfiberarmerad esterplast för självfallsledningar – Mått och tekniska specifikationer. Utg 1, 1990
- Rör och rördelar som är utförda och provade enligt av Kontrollrådet för plaströr, KP-rådet, godtagen fabriksnorm eller motsvarande. För brunnar av plast gäller att de skall uppfylla fordringarna enligt av Kontrollrådet för plaströr, KP-rådet, godtagen fabriksnorm eller motsvarande.

Observera att CE-märkning, i de fall sådan förekommer, inte innebär någon form av teknisk kvalitetsmärkning.

Rör av PVC, PE och PP indelas i styvhetsklasserna (SN) 2kPa, 4kPa samt 8kPa. Rören benämns SN 2, SN 4 och SN 8.

Rör av GAP indelas i styvhetsklasserna (SN) 1,25kPa, 2,5kPa, 5kPa samt 10kPa. Rören benämns SN 1250, SN 2500, SN 5000 samt SN 10000. (I standarden SS 3622 för GAP-rör används enheten Pa, medan i de aktuella standarderna för PVC-rör, PE-rör och PP-rör används enheten kPa.)

Normalsortimentet på den svenska marknaden är för:

- rör av PVC, PE och PP styvhetsklass SN 8,
- rör av GAP styvhetsklass SN 10000

Föreliggande anvisningar behandlar endast rör av styvhetsklasserna SN 8 (rör av PVC, PE och PP) samt SN 10000 (rör av GAP).

2.2 Ledningsbädd och kringfyllning

Ledningsbädd

Anläggnings AMA 98 föreskriver att ledningsbädd skall packas samt att fyllning och packning av ledningsbädd och nedre del av berörd kringfyllning, den s.k. stödpackningszonen, skall utföras så att jämn fördelning och utbredning av upplagstrycket erhålls mellan ledningen och underlaget. Anläggnings AMA 98 anvisar därvid två tillvägagångssätt: Ledningsbädden kan antingen packas före rörläggningen, på traditionellt sätt- dvs. på det sätt som angavs i Mark AMA 83, eller indirekt, efter rörläggningen, genom packning i stödpackningszonen i samband med packning av kringfyllningen.

Kringfyllning

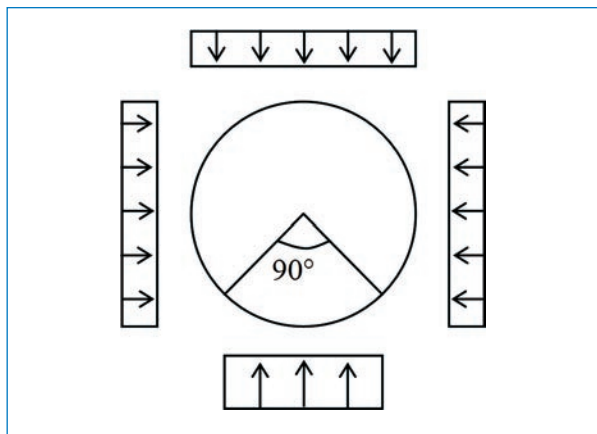
Anläggnings AMA 98 föreskriver kringfyllning med material av typ 2, 3B eller 4, tabell CE/1 samt att till fyllning som skall packas inte får användas lös lera eller flytbenägen jord med för packning olämplig vattenkvot.

Vid användning av material typ 4 krävs en relativ hög säkerhetsfaktor med avseende på materialegenskaperna. Om material typ 4 exkluderas som alternativt material för kringfyllningen kan en lägre säkerhetsfaktor tillämpas med avseende på materialegenskaperna. Eftersom packningsbara jordar inom materialtyp 4 är mycket ovanliga i Sverige görs i normalfallet ingen ekonomisk förlust genom borttagande av materialtyp 4 som alternativt material. Därmed kan en större tillåten fyllningshöjd utnyttjas än vad som eljest skulle ha varit fallet, utan att tillåtna deformationsgränser enligt tabell 3.1 överskrids.

Dessa förhållanden ligger till grund för de värden på tillåtna fyllningshöjder som redovisas i läggingsanvisningarna, tabell 3.1 på sidan 10.

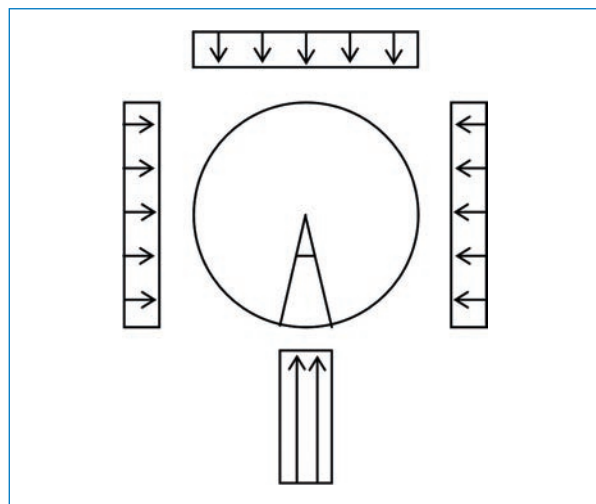
2.3 Allmänt om läggning

Det är särskilt viktigt att korrekt läggningsresultat enligt AMA uppnås i de fall ledningens hållfasthet helt eller nästan helt tas i anspråk på det sätt som inträffar när ledningen ligger mycket djupt, nära största tillåtna läggningsdjup.



Figur 2.1. Upplagsreaktion vid korrekt läggning enligt Mark AMA 83 eller Anläggnings AMA 98.

Om man misslyckas att säkra jämn uppläggning blir läggningen jämförbar med läggning av rör på styvt underlag enligt figur 2.2. Detta ger en linjelast i botten på rören som ger en förhöjd momentpåkning och deformation jämfört med läggning med jämnt upplag under rören. Värdet på den s.k. bäddfaktorn B_f , se tabell 5.4 i bilaga 3, kan bli 4 å 5 % i stället för de 1 å 2 % som kan förväntas vid korrekt läggning.



Figur 2.2. Upplagsreaktion vid misslyckad läggning. Så kallad linjelast uppkommer.

Värdet för minsta tillåten fyllningshöjd enligt tabell 3.2 på sidan 10 i anvisningarna påverkas inte i lika hög grad av lastfördelningen under röret. Vid lastfallet grund förläggning under trafikyta är det i första hand punktlaster från trafiken som är av intresse.

Det har visat sig att den jämna fördelningen och utbredningen av upplagstrycket mellan ledningen och underlaget vid läggning av plaströr ofta är enklare att åstadkomma med indirekt packning av ledningsbädden än med traditionell packning av ledningsbädden före rörläggningen. Om det av andra skäl inte är viktigt att ledningsbädden packas före rörläggningen rekommenderas därför att ledningsbädden packas genom indirekt packning i den s.k. stödpackningszonen efter rörläggningen. Denna kompletterande precisering av AMAs motsvarande föreskrift förs in i beskrivningen på det sätt som visas på sidan 10.

3. Läggningsanvisningar

3.1 Användningsområde

Rörledning av plast, enligt de specifikationer som anges i avsnittet ”Bakgrund”, kan användas som markförlagd avloppsledning för självfall, med de förutsättningar som ges i detta avsnitt.

Föreliggande anvisningar anger tillåtna fyllningshöjder vid utförande enligt Anläggnings AMA 98. När så erfordras kan utförandet preciseras, t.ex. på sätt som framgår av RA98 Anläggning. I avsnitt 4 nedan redovisas sådana preciseringar och hur de kan föras in i en beskrivning i anslutning till Anläggnings AMA 98.

3.2 Temperaturområden

Temperaturen på det transporterade vattnet vid kontinuerlig drift får inte överstiga +45 °C. Enstaka kortvariga temperaturhöjningar upp till +60 °C kan tillåtas för rör av GAP, och upp till +95 °C för rör av PVC och PE, samt upp till +100 °C för rör av PP.

3.3 Tillåtna fyllningshöjder

För att i tabellerna 3.1 och 3.2 nedan angivna fyllningshöjder skall tillåtas förutsätts att schakt och fyllning sker enligt aktuella avsnitt i Anläggnings AMA 98 samt att kompletterande åtgärder avseende markförstärkning, skydd mot frysning, skydd mot materialseparation m.m. vidtas där sådana åtgärder krävs för att stabilt underlag och tillfredsställande sidostöd för ledningen skall erhållas.

Dimensionerande lastfall består av *grundlast* och *ytlast*.

För *grundlasten* gäller följande:

- karakteristisk tunghet (kvot av tyngd och volym) hos jord 20 kN/m³,
- grundvattenytan är belägen under ledningen
- ledningen är vattenfylld.

För *ytlast*er gäller följande:

Ytlast 1: ekvivalentlast typ 1 och typ 2 enligt BRO 94

Ytlast 2: jämnt utbredd last av 4 kPa och last av renhållningsfordon enligt BRO 94. Axellasterna skall dock sättas till 80 respektive 160 kN i stället för 40 respektive 80 kN. Lastytan för punktlaster ingående i axellasten på 160 kN är en rektangel med sidorna 0,2 m i längdriktningen och 0,6 m i tvärriktningen. Centrumavståndet mellan lasttytorna för denna axel är 1,4 m.

Ytlast 3: jämnt utbredd last av 4 kPa

Lastfallen består av grundlasten och ytlast enligt följande:

Lastfall 1: Grundlast + ytlast 1

Lastfall 2: Grundlast + ytlast 2

Lastfall 3: Grundlast + ytlast 3

Ovan redovisade lastfall kan normalt tillämpas enligt följande:

Lastfall 1: Gator och andra ytor med normal trafikbelastning

Lastfall 2: Gång- och cykelvägar, parkmark och dylikt

Lastfall 3: Ytor där motorfordonstrafik helt kan uteslutas, naturmark och dylikt

Tabellerna 3.1 och 3.2 visar största respektive minsta tillåtna fyllningshöjder för rör av PVC, PE och PP i styvhetsklassen SN 8 (ringstyvhet 8 kPa) samt för rör av GAP i styvhetsklassen SN 10000 (ringstyvhet 10 kPa).

Värdena på de största fyllningshöjder som anges i tabell 3.1 gäller, med de förutsättningar som anges i detta avsnitt, vid förläggning i grav eller bank, motsvarande PBB RÖRLEDNINGAR I LEDNINGSGRAV enligt Anläggnings AMA 98. Härvid kan förutsättas att rörledningarnas deformation kommer att uppgå till högst de värden som anges i tabell 3.3, vilka är krav på färdigt produktionsresultat enligt Anläggnings AMA 98

Med fyllningshöjd avses avståndet mellan rörs hjässa, inte muff, och färdig fyllnings överyta.

Tabell 3.1. Största tillåtna fyllningshöjd i meter för rör av PVC, PE och PP i styvhetsklassen SN 8 samt för rör av GAP i styvhetsklassen SN 10000.

Packad kringfyllning, samtliga lastfall		
Materialtyp	2, 3B	4
Största fyllningshöjd, m	6	2,5

Om grundvattenytan är belägen över ledningen reduceras största tillåtna fyllningshöjden i tabell 3.1 med 0,3 m.

För läggningdjup större än 2,5 m gäller att kringfyllningsmaterial ur grupp 4 enligt tabell CE/4 i Anläggnings AMA 98 inte får användas.

Tabell 3.2. Minsta tillåtna fyllningshöjd i meter för rör av PVC, PE, och PP i styvhetsklassen SN 8, samt för rör av GAP i styvhetsklassen SN 10000.

Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3
0,8	0,6	—*

* Får bestämmas från fall till fall. Värdet 0,3 m på tillåten fyllningshöjd kan användas om annat värde inte visas vara mer tillämpligt.

Tabell 3.3. Tillåten deformation i procent för ledning av plaströr.

PVC	PE	PP	GAP
6	7	7	0,05D/s**

** D= rörs medeldiameter, s= rörs godstjocklek
Toleransklass avrundas till närmaste heltal.

I tabell 3.3 angivna värden motsvarar toleransklass A enligt Svenskt Vattens P91 (tidigare VAV P50). För toleransklass C gäller, jämfört med tabell 3.3, två procentenheter högre värden för PVC, PE och PP. För GAP gäller 0,08D/s.

Förslag till beskrivningstexter

CEC.21 Ledningsbädd för rörledning

Bädd för ledning av plaströr skall packas indirekt genom packning i stödpackningszon efter rörläggning, varvid packning av bädd skall utföras i samband med packning av kringfyllningen enligt avsnitt CEC.31.

CEC.31 Kringfyllning för rörledning

Kringfyllning för ledning av plaströr skall utföras med material av typ 2 eller 3B, tabell CE/1. Kringfyllning av krossmaterial eller sand behöver inte packas kring översta ledning i de fall packning inte är föreskriven för resterande fyllning enligt avsnitt CEC.41.

För användning inom Vägverkets verksamhetsområde gäller andra tillåtna fyllningshöjder enligt aktuell utgåva av ATB VÄG. För användning vid järnvägar inom Banverkets verksamhetsområde hänvisas till Banverkets publikation BVH 585.18 *Trummor och rörledningar för järnvägsanläggning*.

I den tidigare VAV P70 och i SPF 01 gavs vissa anvisningar rörande kornstorlek i ledningsbädd och kringfyllning, varierande mellan 22 mm (bädd och kringfyllning, små rördimensioner) och 45 mm (bädd och kringfyllning, stora rördimensioner) (SPF 01) respektive 10 % av ledningens nominella dimension (kringfyllning) (VAV P70). Anläggnings AMA ger den generella föreskriften max 32 mm, vilket referensgruppen bedömt vara tillfyllest för markavloppsrör av plast.

I såväl SPF 01 som VAV P70 förekommer kravet att kringfyllning inte får innehålla lerklumpar större än 60 mm. Kravet torde följa av Anläggnings AMAs föreskrift att "Fyllning skall utföras med jord med homogen struktur..." och behöver därför inte kompletteras i detta avseende med föreskriftstext i beskrivning.

4. Beskrivningstexter för rörledningar

I beskrivning upprättad i anslutning till Anläggnings AMA 98 återopas aktuell kod och rubrik i avsnittet *PBB.52 Ledning av plaströr, avloppsrör* då plaströr för självfallsledning i ledningsgrav skall föreskrivas. I RA 98 Anläggning anges att styvhetsklass och fogmetod skall föreskrivas.

Beskrivningstexten skall kompletteras med aktuell standard och andra aktuella uppgifter i de fall texten i Anläggnings AMA behöver kompletteras. (Nedan angivna standarder m.m. avser läget hösten 2005.)

Förslag till beskrivningstext

(som kompletteras av beskrivningsförfattaren, vid ”....”, med aktuella krav på dimension och styvhetsklass)

PBB. 5211 Ledning av PVC-rör, standardiserade markavloppsrör

Rör och rördelar skall uppfylla krav enligt SS-EN 1401-1 och vara verifierade enligt gällande INSTA SBC 1401-1 : 1998 eller motsvarande

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

PBB. 5212 Ledning av PVC-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

PBB. 5213 Ledning av PE-rör, standardiserade markavloppsrör

(SS 3403 kommer att ersättas av SS-EN 12666-1 och då skall rör och rördelar vara verifierade enligt gällande INSTA SBC 12666-1 eller motsvarande)

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

PBB. 5214 Ledning av PE-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör

Rör skall vara tillverkade av PE 100 material

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

PBB. 5215 Ledning av PP-rör, standardiserade markavloppsrör

Rör och rördelar skall uppfylla krav enligt SS-EN 1852-1 och/eller SS-EN 1852-1/A1 och vara verifierade enligt gällande INSTA SBC 1852-1 : 1997 eller motsvarande

PBB. 5216 Ledning av PP-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

PBB. 52171 Ledning av GAP-rör, standardiserade markavloppsrör

Dimension, Dy ... mm

Styvhetsklass SN ...

Skarvmuff skall vara ...

5. Kvalitetskontroll

De krav som ställs på standardiserade och fabriks-specifika rör och rördelar, se exempel i P92, punkt 4, skall verifieras ”genom bestyrkande av opartiskt kontrollorgan, s.k. tredjepartsförsäkran, på grundval av dokumenterad egenkontroll enligt av kontrollorganet fastställt förfarande, första typprovning och besiktning av tillverkningsstället samt fortlöpande övervakning genom kontrollorganets försorg.”

Detta innebär kvalitetskontroll enligt Nivå 1 enligt AnläggningsAMAs rubrik YE.

Med ”opartiskt kontrollorgan” avses i Anläggnings AMA 98 bland annat organ som ackrediterats av SWEDAC eller av SWEDACs avtalspart.

I Anläggnings AMA 98 anges för ”fabrikatspecifika” markavloppsrör och rördelar av PVC, PE och PP att utförande och provning skall vara enligt av Kontrollrådet för plaströr, KP-rådet, godtagen verksnorm eller motsvarande.

Svenskt Vatten rekommenderar att brukaren försäkras sig om att leverans sker med ovannämnda kontrollkrav. Observera att detta inte sker med automatik vid referens till AnläggningsAMA 98, eftersom det där under rubrik PB-.52 förutsätts kvalitetskontroll endast efter nivå 3 enligt rubrik YE.

I P92 förutsätts kvalitetskontroll efter nivå 1.

Litteratur

Svenskt Vatten P91 (2005). *Anvisningar för provning i fält av avloppsledningar för självfall.*

Svensk Byggtjänst (1999). *Anläggnings AMA 98.*

Vägverket (2005). *ATB VÄG 2005 Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion*, Publikation 2005:112.

Vägverket (2004.) *BRO 2004, Allmän teknisk beskrivning för broar*. Publikation 2004:56.

Banverket (1999). *Handbok BVH 583.10, Banverkets ändringar och tillägg till Vägverkets BRO 94, BV BRO*, Utgåva 5.

Banverket (2003). *BVH 585.18 Trummor och rörledningar för järnvägsanläggning.*

Bilaga 1: Monteringsanvisningar

Avvinkling

Avvinklingar skall ske med fabrikstillverkade böjar. Om behov finns kan respektive rörtillverkare tillverka böjar även i andra gradtal än de standardiserade.

Kapning

Kapning av rör sker med fintandad såg, varefter kanten avjämnas (gradas) med fil eller kniv.

OBS! Kapning skall ske vinkelrätt. Kontrollera också alltid eventuella anvisningar från rörtillverkaren.

Fasning och gradning

Olika muff- och tätningsringskonstruktioner kräver olika fasningsvinkel på spetsänden. Från fabrik levereras alla rör och rördelar med fasade spetsändar. För vissa tätningsringskonstruktioner räcker det emellertid med gradning av spetsänden, vilket kan vara aktuellt t ex vid kapning av rör.

Om man är osäker på vad som krävs för att säker fogning skall kunna ske, kontakta respektive rörtillverkare eller fasa spetsänden.

Kvalitet hos tätningsringar

Rör och delar levereras som standard med tätningsringar enligt SS-EN 681-1. Vid transport av oljebemängt avloppsvatten eller vid förläggning i oljebemängd mark, kan oljebeständiga tätningsringar av gummikvalitet enligt SS-EN 681-1 normalt levereras mot beställning.

Temperaturtålighet

Slagsegheten hos plaströr minskar med lägre temperatur, hur mycket beror på vilket plastmaterial röret är tillverkat av. PE-rör och PP-rör har fortfarande god slagseghet vid temperaturer under - 20 °C. Däremot får PVC-rör en reducerad slagseghet redan vid temperaturer under 0 °C.

Närmare upplysningar kan erhållas från respektive rörtillverkare.

Fogning av rör och rördelar

Fogning med tätningsring

Rengör och kontrollera noggrant att inte skador uppkommit på muff, tätningsringsspår, tätningsring och spetsände.

Stryk smörjmedel på rörets spetsände, eller om strukturväggsrör används, på insida muff. Tätningsringar kan också förses med ett tunt lager smörjmedel för att underlätta monteringen.

OBS! Vid användning av spraysmörjmedel finns risk att detta tränger ned under tätningsringen (gäller ej fastsittande tätningsringar).

Kontrollera också alltid eventuella anvisningar från rörtillverkaren.

Använd endast rörfabrikantens kontrollerade och godkända smörjmedel, eftersom dessa är anpassade till den kopplingsteknik som rekommenderas, till de materialkvaliteter som används samt till de yrkeshygieniska krav som gäller. Använd aldrig fett, mineraloljor, koncentrerat diskmedel eller liknande.

Silikonsmörjmedel skall endast användas vid tätningar med teleskopisk funktion.

Skjut under lätt vridning in spetsänden i muffen till insticksmarkeringen. Se till att spetsänden förs rakt in utan avvinkling. Fogning kan ske för hand, alternativt med hjälp av plank och spett. Grävmaskin skall inte användas.

Svetsfogning

Fogning av rör och rördelar av PE och PP kan ske med stumsvetsning eller elektromuffsvetsning. Svetsning får endast utföras av personer med erforderlig kunskap om svetsning (svetskurser i stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-rör anordnas bland annat av Svenskt Vatten och NPG).

Svetsarbetet skall utföras enligt tillverkarnas anvisningar.

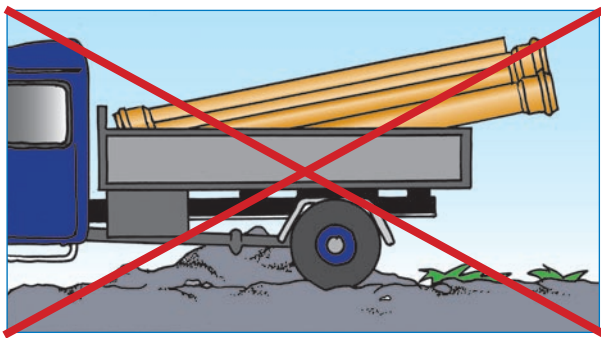
Extrudersvetsning kan vid behov utföras av personal från rörtillverkaren.

Bilaga 2: Transport och lagring

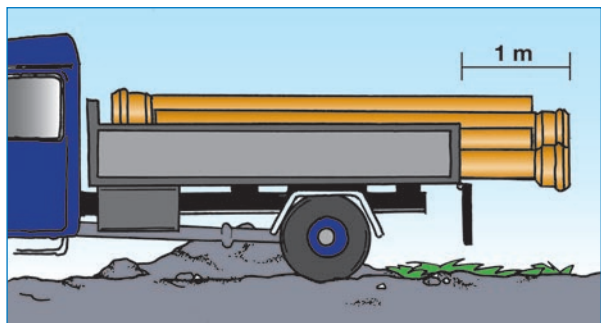
Transport

Allmänt

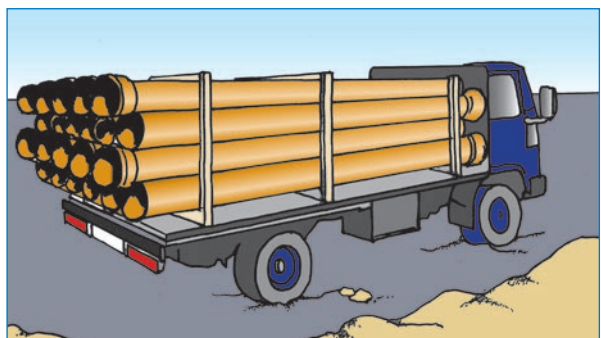
Rör och rördelar transporteras säkrast i sina fabriksförpackningar. Om rörbuntarna delas, se till att rören inte glider mot vassa kanter eller föremål, figur B2.1 samt att muffarna ligger förskjutna enligt figur B2.2. Max utskjutande längd får vara 1 m då rören ej är fabriksbuntade. För fabriksbuntade rör gäller att även den längst bak belägna träbuntrammen skall vila på flaket, figur B2.3.



Figur B2.1.



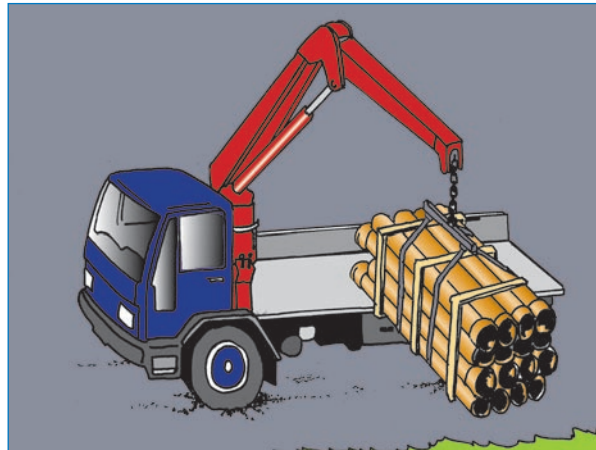
Figur B2.2.



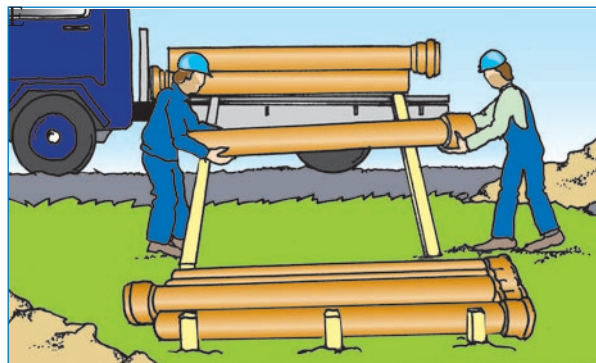
Figur B2.3.

Lossning

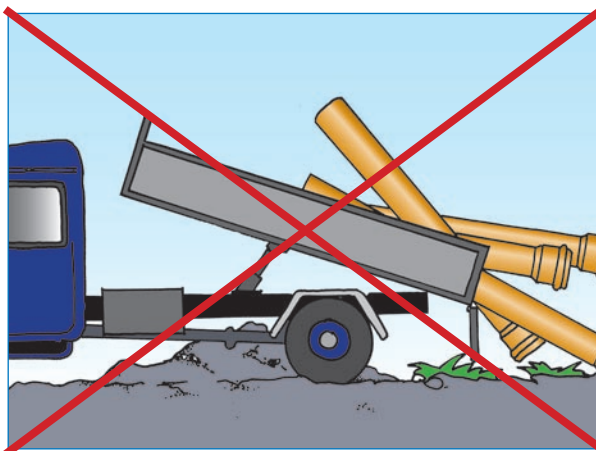
Vid lossning av storbuntar används med fördel kran samt lyftstroppar, alternativt gaffeltruck, figur B2.4. Vid lossning för hand sker detta enligt figur B2.5. Rör och rördelar får under inga förhållanden tippas av, figur B2.6



Figur B2.4.



Figur B2.5.

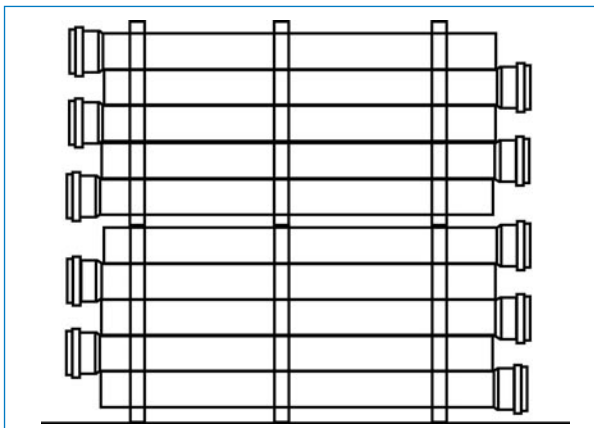


Figur B2.6.

Lagring

Allmänt

Rör lagras på jämnt underlag, med minst två uppslagsplank c-c max 1,5m. Maximal staplingshöjd är ca 2,5 m i välordnat upplag. Träbuntsramarna på den övre bunten skall vara placerade på de undre, så att lasten inte går ner på rören utan fördelas ner på den undre ramen, figur B2.7.



Figur B2.7.

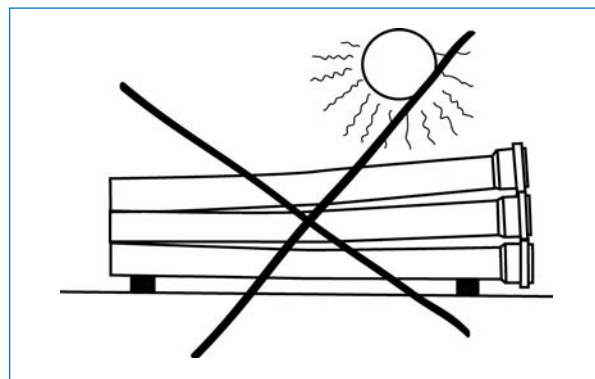
Solblekning-långtidslagring

På solrika platser kan man efter lång utomhuslagring se en blekning av färgen på rören. Orsaken är att råvaran från början är vit och kommer fram när det

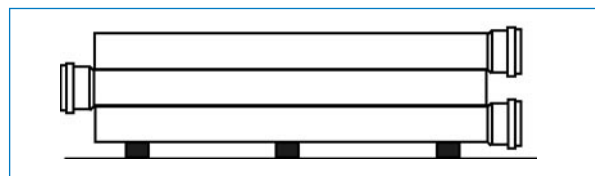
rödbruna färgpigmentet på rörets yta bleks. Solblekta rör har dock bibehållen funktion.

”Solbelastning” kan också, vid dåligt upplag, göra att rören kröks. Detta undviks om tillräckligt antal rörstöd används och muffarna inte läggs på varandra, figur B2.8 och B2.9.

Vid längre utomhuslagring skall gummiringarna skyddas mot solljus för att inte riskera att torka ut.



Figur B2.8.



Figur B2.9.

Bilaga 3: Dimensionering av plaströr

Hållfasthetsdimensionering av plaströr för självfallsledningar i mark

Malmö 2005-06-29
JM Geokonsult AB

Jan Molin

1	INLEDNING	3
2	ALLMÄNNA BERÄKNINGSPRINCIPER	4
2.1	Allmänt.....	4
2.2	Partialkoefficientmetoden.....	4
2.2.1	Allmänt.....	4
2.2.2	Laster.....	5
2.2.3	Materialegenskaper.....	5
3	JORDLAST	6
4	TRAFIKLAST	8
5	DEFORMATION	12
5.1	Deformation av belastning.....	12
5.2	Medeldeformation efter läggning	17
5.3	Maximaldeformation efter läggning	18
5.4	Långtidsdeformation.....	20
5.5	Tillåten deformation	21
6	BUCKLING	21
7	REFERENSER	23

1 Inledning

Under 1960- och 70-talen bedrevs ett omfattande utredningsarbete angående hållfastheten hos plaströr i jord. Dessa undersökningar bedrevs inte minst i Sverige och Norden, där arbetet samordnades i en samnordisk utvärderingsgrupp, vars resultat redovisades i ett antal seminarier under perioden 1968-1980. Rapporter från det sista i denna serie av seminarier, NUVG 80; redovisas i /1/.

Under 1980-talet genomfördes i Sverige ytterligare en rad undersökningar, främst bestående av uppföljande fältundersökningar på verkliga ledningar. Resultatet av dessa undersökningar redovisades i rapport utgiven av Byggforskningsrådet, och i uppsatser vid internationella konferenser angående markförlagda ledningar, se litteraturreferenser i kap 7.

Ovan beskrivna undersökningar ledde fram till en dimensioneringsmetod för plaströr i mark som tillämpats i Sverige och som redovisas i /2/, VAV P70.

Ett stort utredningsarbete har under 1990-talet utförts i ett sameuropeiskt forskningsarbete kallat TEPPFA-projektet, /3/. I detta projekt har sammanställts ett stort antal undersökningsresultat från mätningar i fält i ett flertal länder samt har genomförts omfattande egna undersökningar i ett särskilt anlagt försöksfält i Holland. Fältresultaten har jämförts med beräkningar enligt de dimensioneringsanvisningar som tillämpas i olika europeiska länder. Detta arbete har lett fram till slutsatsen att den dimensioneringsmetod som används i Sverige ger god överensstämmelse med de resultat som uppmätts på försöksledningarna i fält. Dock visar undersökningarna också att en viss modifiering av de i metoden ingående parametrarna bör göras. Sådana korrigeringar i beräkningsmetoden har nu gjorts och redovisas i föreliggande handling.

I Sverige har belastningar på vägar och järnvägar uppdaterats sedan anvisningarna i VAV P70 skrevs. I föreliggande utgåva har beaktats de laster som anges i /4/ för vägar och i /5/ och /6/ för järnvägar. Dessutom har dimensioneringsmetoden anpassats till de principer som gäller för partialkoefficientmetoden enligt /7/.

Den här beskrivna dimensioneringsmetoden, som bedöms kunna användas för normala fall av dimensionering av plaströr för självfallsledningar i jord, bygger på en analytisk beräkningsmodell kompletterad med empiriska koefficienter och moduler avstämda mot resultat från fält- och laboratorieundersökningar på rör i jord. Hänsynstagande till de variationer som praktiskt uppstår i en rörgrav vad gäller såväl rörgravens geometri, återfyllningens egenskaper som arbetsutförandet har därigenom i möjligaste mån kunnat inarbetas i metoden. Angivna materialparametrar, såsom modulvärdena för omgivande jord, är således semiempiriska och kan endast användas för den valda beräkningsmodellen.

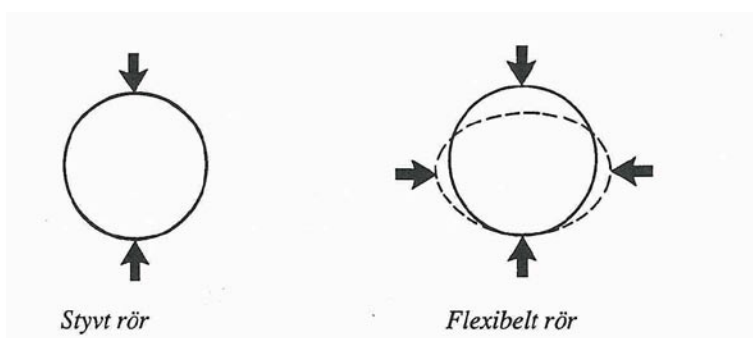
För andra beräkningsmodeller, exempelvis numerisk dimensionering med finit elementmodell, måste jordmoduler och andra parametrar som uppfyller kraven för den aktuella metoden användas.

2 Allmänna beräkningsprinciper

2.1 Allmänt

Ett rör i mark utsätts för belastning av jord, grundvatten och trafik. Röret och omgivande jord utgör tillsammans den bärande konstruktionsenheten och dess verkningsätt är starkt beroende av styvhetsförhållandet mellan rör och jord. Om exempelvis rörets styvhet är stor i förhållande till jordens kommer röret i stor utsträckning att bära lasten utan nämnvärd samverkan med jorden.

Ett flexibelt rör har stor brottdeformation vilket möjliggör en effektiv samverkan med omgivande jordfyllning. Genom rörets deformation minskar den vertikala belastningen på röret samtidigt som rörets bärförmåga ökar genom det horisontella jordtryck som uppstår mot rörets sidor. Ett flexibelt rör skall således ur konstruktiv synvinkel deformeras i mark för att effektiv samverkan med omgivande fyllning skall kunna uppstå. Förhållandet illustreras i *figur 2.1*. Plaströr och plåttrummor är exempel på flexibla rör.



Figur 2.1 Principillustration av styvt respektive flexibelt rör i jord.

2.2 Partialkoefficientmetoden

2.2.1 Allmänt

Dimensionering skall utföras enligt de principer som gäller för partialkoefficientmetoden enligt /7/, BKR 94. Vid dimensionering enligt denna metod beaktas säkerhetskraven med hjälp av särskilda partialkoefficienter vid bestämning av lasteffekter och bärförmåga. Dimensionerande bärförmåga skall påvisas vara minst lika stor som dimensionerande bärförmåga såväl i brottgränstillstånd som i bruksgränstillstånd.

Osäkerheter i laster och materialparametrar beaktas med hjälp av partialkoefficienterna γ_f och γ_m medan osäkerheten i dimensioneringsmetoden beaktas med hjälp av partialkoefficienten γ_{Rd} . Värderna för partialkoefficienterna γ_f och γ_m redovisas i relevanta avsnitt nedan.

Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras uppkomma vid brott i en byggnadsverksdel, skall byggnadsverksdelen hänföras till någon av säkerhetsklasserna 1, 2 eller 3. I säkerhetsklass 1 är risken liten för allvarliga personskador och i säkerhetsklass 3 är risken stor. Vid dimensionering med partialkoefficientmetoden i

brottgränstillstånd, kollaps genom materialbrott eller buckling, skall säkerhetsklassen beaktas med hjälp av partialkoefficienten γ_n enligt följande:

Säkerhetsklass 1 $\gamma_n = 1,0$

Säkerhetsklass 2 $\gamma_n = 1,1$

Säkerhetsklass 3 $\gamma_n = 1,2$

Ledningar i vägar skall enligt /4/ hänföras till säkerhetsklass 2.

I bruksgränstillstånd sätts γ_f , γ_m och γ_n normalt lika med 1,0. Deformationsberäkning utförs normalt för bruksgränstillstånd.

I det följande används index k för karaktäristiskt värde och index d för dimensionerande värde på last och materialegenskaper.

2.2.2 Laster

För last gäller följande dimensionerande värde:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_k \quad (2.1)$$

där

F_d = dimensionerande last

γ_f = partialkoefficient för last

F_k = karaktäristiskt eller vanligt värde för last

Partialkoefficienten γ_f skall ges följande värde i brottgränstillstånd:

Egenvikt av jord och grundvatten $\gamma_f = 1,0$

Trafiklast $\gamma_f = 1,3$

I bruksgränstillstånd sätts $\gamma_f = 1,0$ för samtliga laster.

2.2.3 Materialegenskaper

För rörmaterialets hållfasthets- och deformationsegenskaper gäller enligt /7/ att det karaktäristiska värdet skall väljas som den nedre 5-procentsfraktilen av värden bestämda genom provning då de påverkar bärförmågan. För deformationsegenskaper som inte påverkar bärförmågan väljs 50-procentsfraktilen.

Karaktäristiskt värde för en geoteknisk egenskap hos fyllning och jord bestäms normalt som dess medelvärde. Karaktäristiskt värde för en materialegenskap får även bestämmas genom försiktigt val med ledning av dokumenterad erfarenhet.

Dimensionerande värde för en materialegenskap bestäms enligt följande:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m \gamma_n} \quad (2.2)$$

där

f_d = dimensionerande materialegenskap

f_k = karaktäristiskt värde för materialegenskap

γ_m = partialkoefficient som beaktar osäkerheten vid bestämning av materialegenskapen och, om annat ej anges, osäkerheten i beräkningsmodellen

γ_n = partialkoefficient som beaktar säkerhetsklassen

Värden på partialkoefficienterna γ_n och γ_m anges i *tabell 2.1*.

Tabell 2.1 Värden på partialkoefficienterna γ_m och γ_n i bruksgränstillstånd och i brottgränstillstånd

	Bruksgränstillstånd (Deformation)		Brottgränstillstånd (Buckling)	
	γ_n	γ_m	γ_n	γ_m
Rörstyvhet	1,0	1,0	1,1	1,5
Jordmodul	1,0	1,0	1,1	1,5

3 Jordlast

Den vertikala jordlasten på rör i mark beräknas traditionellt enligt teori för grav- respektive bankfallet. Vid läggning i smal grav uppstår upphängningskrafter mellan fyllningen i rörgraven och rörgravens sidor som minskar belastningen på röret. I bankfallet sker för ett styvt rör en sättning i fyllningen vid sidan av röret som medför en ökad belastning på röret. Ökningens storlek beror på förhållandet mellan rörets och jordens styvhet. Ju mer eftergivlig rörhjässan är ju mindre blir lastökningen på röret. Vid lika deformation hos röret och i fyllningen vid sidan av röret blir lastökningen noll och lasten på röret lika med tyngden av jordpelaren över röret.

Karaktäristisk jordlast på ett rör kan beräknas enligt följande:

$$q_{jk} = C \gamma H \text{ kN/m}^2 \quad (3.1)$$

där

q_{jk} = karaktäristisk vertikal jordlast, kN/m²

C = lastfaktor som tar hänsyn till styvhetsförhållandet mellan rör och jord

γ = tunghet hos jorden ovan rörhjässan, kN/m³

H = fyllningshöjd ovan rörhjässan, m

Lastfaktorn C beräknas enligt följande:

$$C = \frac{5 + 3n}{(1 + n) \cdot (3 + n)} \quad (3.2)$$

$$n = \frac{1}{96S}$$

$$S = \frac{SN}{E'_s}$$

$$SN = \frac{EI}{(1 - \nu^2) \cdot D^3}$$

där

SN = rörets ringstyvhets, kN/m²

E'_s = kringfyllningens sekantmodul, kN/m²

EI = rörväggens styvhets, kNm²/m

D = rörets medeldiameter, m

ν = Poissons tal för rörmaterialet

För ett styvt rör i bank, ett lastfall som normalt är dimensionerande, kan vertikaltrycket av jordlast enligt ekv. (3.1) förenklas till följande:

$$q_{jsk} = \frac{5}{3} \cdot \gamma \cdot H \quad \text{kN/m}^2 \quad (3.3)$$

För ett flexibelt rör kan lastfaktorn C bli mindre än 1. Dock bör mindre värde än $C = 1,0$ ej användas vid dimensionering. För ett sådant rör får således vertikaltrycket av jordlast följande värde:

$$q_{jfk} = \gamma \cdot H \quad \text{kN/m}^2 \quad (3.4)$$

För vägöverbyggnad används tungheten 20 kN/m³ och för övrig återfyllning 19 kN/m³ om annat ej anges. Under grundvattenytan skall jordens effektiva tunghet användas, vanligen 11 kN/m³.

Förekommande grundvatten ger upphov till ett medelvattentryck mot röret enligt följande:

$$q_w = 10 \cdot (H - H_w + 0,5 \cdot D_y) \quad \text{kN/m}^2 \quad (3.5)$$

där

H = fyllningshöjd ovan rörhjässan, m

H_w = avstånd mellan markyta och grundvattenyta, m

D_y = rörets ytterdiameter, m

Vid beräkning av deformation och påkänningar i plaströr skall normalt antas att grundvattenytan ligger lägre än röret. Vid beräkning av säkerheten mot buckling blir däremot högsta möjliga grundvattenläge dimensionerande.

4 Trafiklast

Väglast

I Sverige anges i Vägverkets anvisningar för vägar /4/, ATB VÄG 2003, att ekvivalentlast typ 1 och typ 2 är de trafiklaster som skall ligga till grund för dimensionering av ledningar och trummor i körbana och vägren. De två lastfallen definieras enligt följande:

Ekvivalentlast typ 1

Tre axellaster om 250 kN med axelavstånden 1,5 m och 6,0 m samt en jämnt utbredd last 4 kPa över ett körfält. Angränsande körfält belastas samtidigt med tre axellaster om 170 kN med axelavstånden 1,5 m och 6,0 m. Axellasterna är fördelade på två hjullaster med centrumavståndet 2,0 m och hjulens lastytor är 0,6 • 0,2 m. Axellasterna är placerade centriskt i respektive körfält. Båda körfälten belastas dessutom av en jämnt fördelad last på 4 kN/m². Dynamiskt tillskott ingår i lasterna.

Ekvivalentlast typ 2

En axellast om 310 kN i ett körfält och en axellast om 210 kN i angränsande körfält. Axellasterna är fördelade på två hjullaster med centrumavståndet 2,0 m och lastytorna 0,6 • 0,2 m. Axellasterna är placerade centriskt i respektive körfält med bredden 3,0 m. Dynamiskt tillskott ingår i lasterna.

Enligt /4/ skall säkerhetsklass 2 tillämpas vid dimensionering av rör och trummor i körbana och vägren.

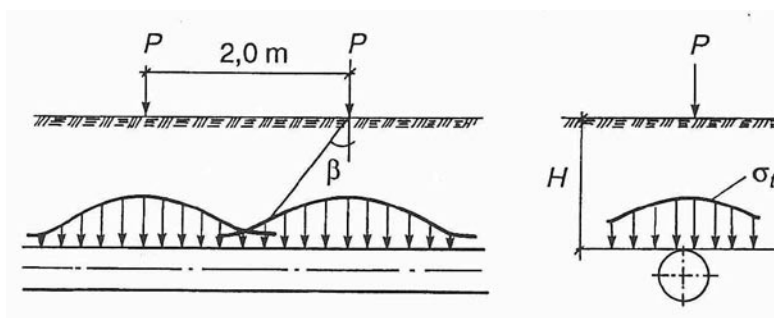
Beräkning av lastspridningen i mark kan utföras enligt Boussinesq's teori. För en punktlast P på markytan beräknas vertikalspänningen σ_z i en punkt på djupet H under markytan enligt följande:

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot H^2} \cdot \cos^5 \beta \quad \text{kN/m}^2 \quad (4.1)$$

där

β = vinkeln mellan vertikalen och en linje genom den punkt i vilken spänningen beräknas.

Spänningsfördelningen av trafiklast på ett rör i mark visas i *figur 4.1*.



Figur 4.1 Principiell fördelning av vertikalspänningen orsakad av trafiklast

Belastningsytans storlek, $0,6 \cdot 0,2$ m, har en viss betydelse för lastspridningen vid små fyllningshöjder. Felet blir dock ej särskilt stort om hjullasterna betraktas som punktlaster vid beräkningen enligt ekv (4.1).

Spänningarna i mark fördelas ojämnt över röret och dimensionerande tryck väljs vanligen som medeltrycket q_{tm} över en horisontalprojektion med längden L i rörets längdriktning.

För styva rör väljs normalt längden $L=1,0$ m. För flexibla rör bedöms dock detta ge en alltför gynnsam bild vid små fyllningshöjder då lastfördelningen är alltför ojämn för att medelvärdesbildning över längden $1,0$ m ska kunna anses vara motiverad. Längden L föreslås därför väljas enligt följande:

$$L = \begin{cases} H & \text{för } H < 1,0 \text{ m} \\ 1,0 \text{ m} & \text{för } H \geq 1,0 \text{ m} \end{cases}$$

där

H = fyllningshöjden, m

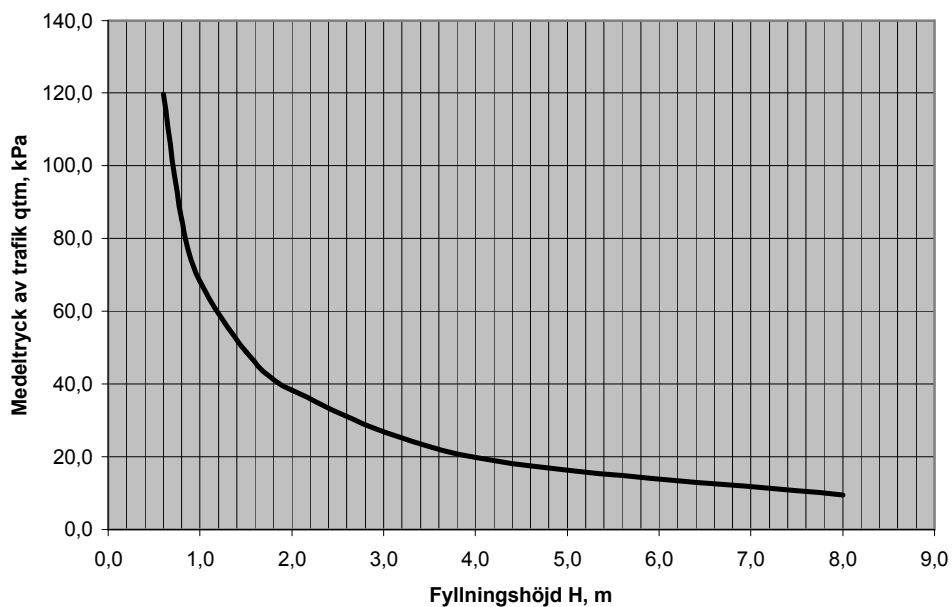
I figur 4.2 visas beräknade¹ medeltryck för ekvivalentlast typ 1 och typ 2.

De redovisade kurvorna gäller strikt endast för rör med liten diameter. Vid ökad rördiameter blir tryckfördelningen alltmer ojämnt fördelad i tvärled vilket medför att medeltrycket över röret blir mindre än det som redovisas i figur 4.2. Å andra sidan har den ojämnare tryckfördelningen en ogynnsam inverkan på rördeformation och påkänningar i ringled. Eftersom dessa båda effekter tenderar att ta ut varandra kan för normala fall de angivna medeltrycken i figur 4.2 användas vid beräkning även av rör med stora diametrar enligt angivna metoder redovisade i denna skrift. Vid höga krav på beräkningsnoggrannhet vid små fyllningshöjder måste dock mer detaljerade analyser utföras.

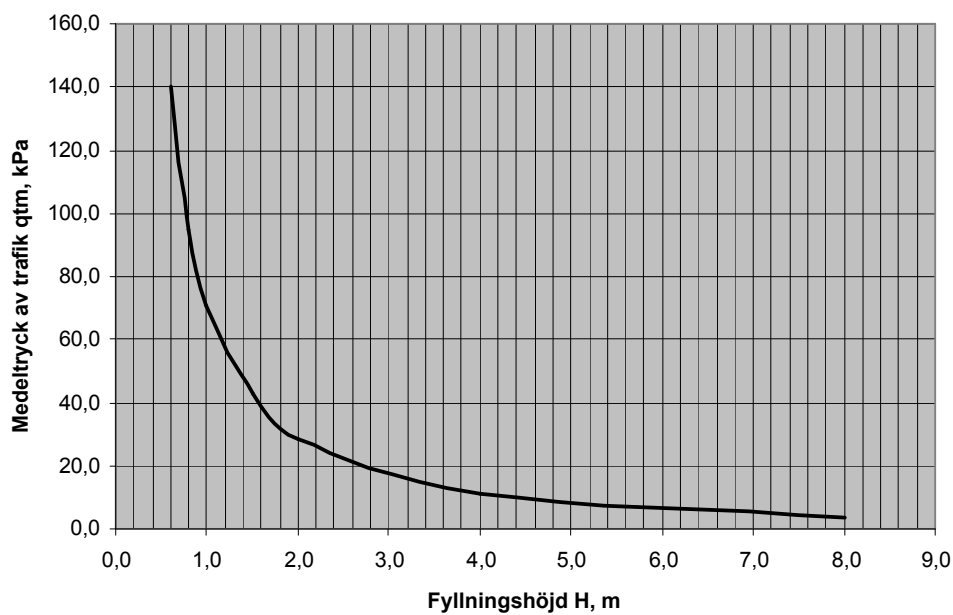
¹

Beräkning av medeltrycken av trafiklast har utförts av tekn dr Bo S Malmberg, SWECO VBB Malmö. Beräkningarna har genomförts i matematikprogrammet Mathcad.

Ekvivalentlast typ 1



Ekvivalentlast typ 2



Figur 4.2 Medeltryck på rör i mark orsakat av trafiklast, ekvivalentlast typ 1 respektive typ 2.

I de angivna trafiklasterna för väg och järnväg ingår dynamiskt tillskott. Vid stor fyllningshöjd minskar detta något men enligt undersökningar vid KTH, /8/, är denna minskning betydligt mindre än vad som förutsatts i tidigare anvisningar, t ex i /12/.

Reduktionsfaktorn r_d kan enligt KTHs utredning beräknas enligt följande:

$$\begin{aligned} r_d &= 1,0 & H < 2,0 \text{ m} \\ r_d &= 1,1 - 0,05 H & 2,0 \leq H \leq 6,0 \text{ m} \\ r_d &= 0,8 & H > 6,0 \text{ m} \end{aligned}$$

Samma reduktionsfaktor föreslås här gälla även för järnvägslasterna.

Rörets styvhet kan ibland ge upphov till en lastkoncentration över röret, /10/. Denna effekt kan exempelvis beaktas med hjälp av lastfaktorn C som tar hänsyn till styvhetsförhållandet mellan rör och jord. Karaktäristisk trafiklast på en rörledning i mark kan då beräknas enligt följande:

$$q_{ik} = r_d \cdot C \cdot q_{tm} \text{ kN/m}^2 \quad (4.2)$$

där

r_d = reduktionsfaktor för dynamiskt tillskott

C = lastfaktor med hänsyn tagen till styvhetsförhållandet mellan rör och jord enligt ekv (3.2). Villkor $C = 1.0$.

q_{tm} = medelspänningen av trafik, kPa

Järnvägslast

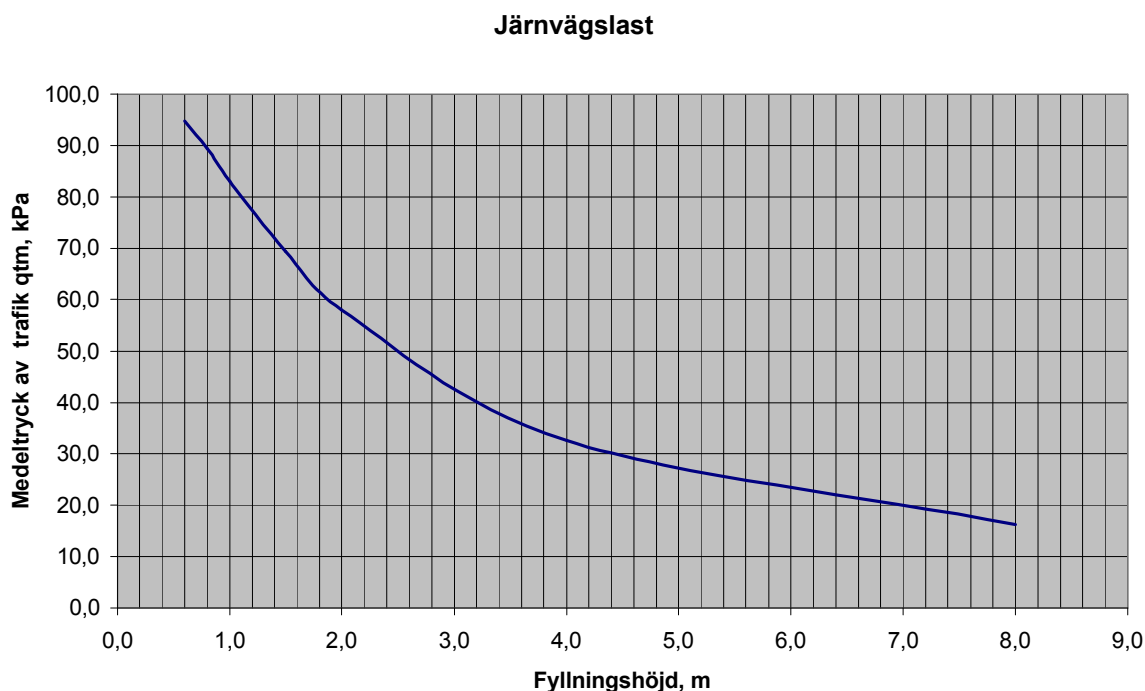
Under järnvägar dimensioneras rör för de karaktäristiska laster som anges i /5/, Banverkets föreskrift BVF 585.12. Vanligen dimensioneras rör och trummor för geoteknisk lastklass 30/10, se /6/. Geoteknisk lastklass 30/10 består av linjelastrer 225 kN/m med längden 6,4 m. På båda sidor om denna last verkar linjelastrer 120 kN/m med oändlig längd. Vid dubbelspår verkar på angränsande spår samtidigt linjelastrer 60 kN/m. I dessa laster ingår dynamiskt tillskott med 20 %. Trafiklasterna fördelas på 2,5 m bredd.

I figur 4.3 redovisas beräknat¹ medeltryck q_{tm} under järnväg. Beroende på belastningsgeometrin kommer trycket att i stort sett vara oberoende av rördiametern varför den angivna kurvan gäller för samtliga rördiametrar. På samma sätt som vid vägtrafiklast gäller dock att mer detaljerade analyser måste göras vid små fyllningshöjder om kraven på beräkningsnoggrannheten är särskilt höga.

Karaktäristisk trafiklast beräknas enligt ekv (4.2) med hjälp av värden ur figur 4.3.

¹

Beräkning av medeltrycken av trafiklast har utförts av tekn dr Bo S Malmberg, SWECO VBB Malmö. Beräkningarna har genomförts i matematikprogrammet Mathcad



Figur 4.3 Medeltryck på rör i mark orsakat av järnvägslast, BVF 585.12, geoteknisk lastklass 30/10.

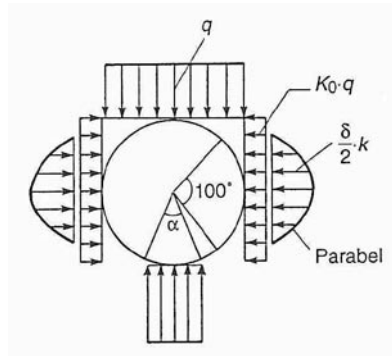
5 Deformation

5.1 Deformation av belastning

För ett flexibelt rör är förmågan att tåla deformation i ringled en förutsättning för den samverkan med omgivande fyllning som är nödvändig för rörets bärförmåga i jord. Rördeformation orsakad av jord- och trafiklaster är en funktion av lasternas storlek, rörets styvhet och den omgivande fyllningens fasthet. Följande principiella samband gäller:

$$\text{Rördeformation} = \frac{\text{Last}}{\text{Rörstyvhet} + \text{Jordstyvhet}}$$

I figur 5.1 visas den jordtrycksfördelning som ligger till grund för den teoretiska beräkningen av rördeformation orsakad av jord- och trafiklaster.



Figur 5.1 Jordtrycksfördelning runt ett flexibelt rör i mark.
Deformationen d i horisontalled kan i detta sammanhang sättas ungefär lika med deformationen i vertikalled. Den horisontella bäddmodulen, k , är en funktion av jordens E -modul och bestämmer tillsammans med deformationen det horisontella jordtryckets storlek. Övriga storheter definieras i texten.

Följande uttryck gäller för rördeformationen baserad på jordtrycksfördelningen i figur 5.1:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_q = q_d \cdot \frac{C \cdot b_1 - 0,083 \cdot K_0}{8 \cdot SN_d + 0,061 \cdot E'_d} \quad (5.1)$$

där

q_d = dimensionerande last, kN/m^2

C = lastfaktor

b_1 = koefficient beroende på upplagsvinkeln

$b_1 = 0,083$ för $\alpha = 180^\circ$

$b_1 = 0,096$ för $\alpha = 90^\circ$

K_0 = jordtryckskoefficient, vald till 0,5 i beräkningsmodellen enl fig 5.1

$SN_d = \left(\frac{EI}{(1-\nu^2) \cdot D^3} \right)_d$ = dimensionerande ringstyvhet för röret, kN/m^2

$E'_d = \frac{E'_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m}$ = dimensionerande jordmodul, kN/m^2

Det horisontella jordtrycket mot röret har i beräkningsmodellen delats upp i två delar, en del som är oberoende av rördeformationen och som representeras av jordtryckskoefficienten K_0 och en del som är beroende av rörets deformation från cirkulär till oval form. Jordtryckskoefficienten K_0 kan således i denna mening beskrivas som en vilojordtryckskoefficient (ofta beräknad enligt uttrycket $K_0 = 1 - \sin \varphi$, där φ är den inre friktionsvinkeln för kringfyllningen). För friktionsvinkeln 30° blir $K_0 = 0,5$. För packad friktionsjord är friktionsvinkeln normalt större än 30° vilket minskar värdet på K_0 . I samband med att

kringsfyllningen utförs sker en viss horisontell hoptryckning av röret. Vid fortsatt återfyllning över röret sker dock en vertikal hoptryckning av röret som medför en ökning av det horisontella jordtrycket. $K_0 = 0,5$ har därför valts som ett rimligt värde på jordtrycks-koefficienten för odeformerat rör vid användning av beräkningsmodellen enligt figur 5.1.

För beräkning av rörets deformation orsakad av jordlast omedelbart efter läggning skall sekantmodulen för omgivande jord vid aktuell fyllningshöjd användas medan tangentmodulen används för beräkning av deformation orsakad av trafiklast. I vanliga fall blir kringfyllningens deformationsegenskaper avgörande för valet av moduler. Vid stor rördimension och smal rörgrav kan dock jordlagren i rörgravsväggarna ha en viss inverkan på modulernas storlek. Särskild utredning av dessa förhållanden kan erfordras vid läggning i mycket lös jord, exempelvis lös lera eller organisk jord.

Under 70- och 80-talen utfördes i Norden omfattande undersökningar av plaströr i mark. Dessa undersökningar omfattade såväl bestämning av modulerna för kringfyllningen genom kompressionsförsök i ödometer och cylinderapparat som deformationsmätningar på rör i jord (se exempelvis /9/ och /10/). Modulvärdena bestämdes därvid som sekant- och tangentvärden från belastningskurvans primära del vid kompressionsförsöken, d v s den del som erhålls vid första pålastningen från noll och uppåt. Denna utvärdering ansågs bäst efterlikna förhållandena för ett rör i mark direkt efter avslutad återfyllning och efter första belastning av dimensionerande trafiklast. Detta betraktelsesätt har också använts vid utvärderingen av deformationsmätningarna på rör i mark och ligger till grund för den här föreslagna metoden för beräkning av rördeformation orsakad av jord- och trafiklast kort tid efter läggning. Detta tillvägagångssätt leder till lägre modulvärden än de som vanligen används vid sättningsberäkningar för byggnader och anläggningar. Beräkningsmetoden har nu modifierats med ledning av resultaten från de omfattande undersökningar som genomförts i Europa under 1990-talet i det s k TEPPFA-projektet, se /3/.

Karaktäristiskt värde på tangentmodulen för friktionsjord föreslås beräknas enligt följande förenklade, approximativa uttryck:

$$E'_{tk} = a + b \cdot H \quad \text{kN/m}^2 \quad (5.2)$$

där a och b är parametrar och H är fyllningshöjden i meter.

Vid bestämning av modulen enligt ekv. (5.2) skall värdet på fyllningshöjden H begränsas till maximalt 6 m. Vid större fyllningshöjd insätts värdet 6 m.

Parametrarna a och b ges värden enligt *tabell 5.1*.

Tabell 5.1 Värden för parametrarna a och b för bestämning av karaktäristiskt värde på tangentmodulen för kringfyllning av friktionsjord samt värden för koefficienten κ_s för bestämning av sekantmodulen.

Packning	Packningsgrad		a kN/m ²	b kN/m ³	κ_s
	Mod. Proctor	Std. Proctor			
Särskilt god packning av kringfyllningen ¹⁾	>93 %	>98 %	1400	1300	0,65
Packning av kringfyllning enligt AMA 98	=90 %	=95 %	1200	1100	0,65
Endast packning av stödpackningszonen enligt AMA 98	=85 %	=90 %	1000	830	0,6
Ingen packning	=80 %	=85 %	800	550	0,55

¹⁾ Packning utförs enligt särskild specifikation

Sekantmodulen för jorden kan beräknas enligt följande:

$$E'_{sk} = \kappa_s \cdot E'_{tk} \quad \text{kN/m}^2 \quad (5.3)$$

där

$$E'_{sk} = \text{fyllningens sekantmodul, kN/m}^2$$

κ_s = koefficient enligt *tabell 5.1* vid normalt förekommande fyllningshöjder och trafiklasters.

Beräkning av rördeformation av jordlast skall alltid göras med lägsta förekommande nivå för grundvattenytan. Normalt antas då att den kan ligga under rörets nivå. Vid beräkning av rördeformation av trafik och vid bucklingsberäkning blir emellertid högsta förekommande nivå för grundvattenytan dimensionerande eftersom jordmodulen minskar med stigande grundvattennivå. Då grundvattenytan ligger över röret skall ovan angivna moduler multipliceras med en reduktionsfaktor κ_w enligt följande uttryck:

$$\kappa_w = 0.4 \cdot H_w/H + 0.6 \quad (5.4)$$

där

κ_w = reduktionsfaktor vid högt grundvattenstånd

H_w = avstånd mellan markyta och grundvattenyta, m

H = fyllningshöjd, m

I vägar och gator kan antas normalt att högsta grundvattennivå sammanfaller med dräneringsnivån för vägöverbyggnaden.

Om kringfyllning utförs med lera kan stora avvikelser från den antagna jordtrycksfördelningen mot röret uppkomma och därmed också avvikelser från den föreslagna beräkningsmodellen. Det angivna uttrycket för deformation kan dock användas om ett försiktigt valt värde på modulen används. Här föreslås att $E'_{tk} = 200 \text{ kN/m}^2$ används vid kringfyllning med lös lera (odränerad skjuvhållfasthet $< 50 \text{ kN/m}^2$).

Om fast lera, exempelvis torrskorpelera eller stenfri lermorän, används som kringfyllning måste den före återfyllning sönderdelas till partiklar mindre än ca 30 mm. Enstaka lerklumpar upp till 60 mm kan dock få förekomma jämnt fördelade i fyllningen. Leran måste bearbetas omsorgsfullt till en homogen struktur med lämpligt packningsredskap och med små lagertjocklekar. Denna typ av kringfyllning måste utföras enligt särskild utförandeanvisning och med skärpt kontroll. Erfarenheterna med kringfyllning av fast lera är begränsad men utförda mätningar tyder på att värden i storleksordningen 500 à 2000 kN/m^2 kan erhållas på jordmodulen E'_{tk} för packad, fast lera förutsatt att jordlagren i rörgravsväggarna är fasta och att packning sker vid lämplig vattenkvot i materialet.

Värdet på jordmodulen E'_{tk} varierar för friktionsjord generellt sett med tryckförhållandena i jorden vid sidan av röret. Här har valts ett linjärt samband mellan modulen vertikalktrycket i jorden. Modulen varierar enligt detta antagande således linjärt med fyllningshöjden enligt ekv. 5.2 i ytor utan trafiklast. Under trafikytor påverkas vertikalktrycket i jorden emellertid inte bara av jordens egentygnd utan också av trafiklasterna. Det är därför rimligt att även den vertikala tryckökning som orsakas av trafiklast beaktas vid bestämning av jordmodul för beräkning av den del av deformationen som orsakas av trafiklast. Den principiella tryckfördelningen av trafiklast över röret visas i *figur 4.1* och här antas att jordmodulen för fyllningen vid sidan av röret påverkas av tryckförhållandena i fyllningen vid sidan av röret inom 1 à 2 rördiametrar från rörväggen. Detta kan approximativt göras genom att medeltrycket av trafiklast enligt *figur 4.2* multipliceras med en reduktionsfaktor α enligt följande:

$$\alpha = \frac{q_2}{q_1}$$

där

q_1 = vertikalktryck av trafiklast rakt över rörhjässan, kN/m^2

q_2 = vertikalktryck av trafiklast på avståndet D från närmaste rörvägg, kN/m^2

Vertikalktrycken beräknas på rörhjässans nivå.

Det tillägg ΔH som skall göras till fyllningshöjden för bestämning av E'_{tk} enligt ekv 5.2 beräknas enligt följande:

$$\Delta H = \frac{\alpha \cdot q_{tm}}{\gamma}, \quad \text{m}$$

I *tabell 5.2* redovisas värden på ΔH för några olika fyllningshöjder och rördiametrar med $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ för fyllningens tunghet.

Tabell 5.2 Tillägg ΔH till fyllningshöjden för bestämning av jordmodulen E'_{tk} enligt ekv 5.2 vid inverkan av trafiklast.

Fyllningshöjd, m	Rördiameter, mm	Tillägg, ΔH m
1,0	100	3,6
	300	2,3
	600	0,8
	1000	0
1,5	100	2,5
	300	2,3
	600	1,7
	1000	0,4
2,0	100	2,0
	300	1,9
	600	1,6
	1000	0,6
4,0	100	1,0
	300	1,0
	600	0,9
	1000	0,7
6,0	100	0,8
	300	0,8
	600	0,8
	1000	0,7

För bestämning av E'_{tk} för ett rör med ytterdiametern $D = 300$ mm och med fyllningshöjden 1,0 m insätts exempelvis den ekvivalenta fyllningshöjden $1,0 + 2,3 = 3,3$ m i ekv 5.2 vid beräkning av rördeformation orsakad av trafiklast under väg.

5.2 Medeldeformation efter läggning

Resultaten från ett stort antal deformationsmätningar på ledningar i fält visar att medeldeformationen inte enbart är en funktion av belastning av jord och trafik utan att den också i hög grad påverkas av åtgärder under läggningsskedet. En viss negativ deformation, d v s en förlängning av den vertikala diametern, inträffar ofta i samband med påförande och packning av kringfyllningen vid sidan av röret. Denna deformation är gynnsam och bidrar till att minska slutdeformation hos röret.

En ökning av den beräknade deformationen kan uppstå genom exempelvis packning med tungt packningsredskap nära rörhjässan eller genom ett oförsiktigt påförande av fyllningsmaterialet. Vidare kan placering av ledningen på en hylla utschaktad i en fast

rörgravsvägg medföra att tilläggs-laster uppstår på grund av sättningar i fyllningen vid sidan av röret. Dessa sättningar kan ge oberäknade deformationstillskott hos röret. Effekten av dessa och liknande händelser kan beaktas genom den s k installationsfaktorn enligt följande:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_m = \left(\frac{\delta}{D}\right)_q + I_f$$

där

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_q = \text{deformation av last enligt ekv (5.1)}$$

I_f = installationsfaktor

Efter analys av ett stort antal mätningar på ledningar i fält föreslås dimensionerande värden för installationsfaktorn I_f enligt *tabell 5.3* för ledningar med kringfyllning av friktionsjord.

Tabell 5.3 Dimensionerande värden på installationsfaktorn I_f vid kringfyllning med friktionsjord.

Läggningsutförande	Installationsfaktor I_f %	
	Ledning i rörgrav utan hylla	Ledning på hylla i rörgrav i fast jord
Packning av kringfyllning enligt AMA 98	1,0	2,0
Ingen packning	3,0	4,0

Vid särskilt ogynnsamma förhållanden visar analyser av de mätningar som redovisas i /3/ att större värden på installationsfaktorn än de ovan angivna kan förekomma. Så har exempelvis varit fallet vidläggning i jordbruksmark där packning av resterande återfyllning i ledningsgraven skett genom längsgående överfart med tung traktor vid liten fyllningshöjd. Utan packning av kringfyllningen har då värden upp till 5,0 % uppmätts för installationsfaktorn I_f .

För kringfyllning med lös lera har värden mellan 2 % och 5 % uppmätts för installationsfaktorn I_f och värdet är starkt beroende av arbetsutförandet.

5.3 Maximaldeformation efter läggning

Deformationsmätningar på flexibla ledningar i fält visar normalt att deformationen längs ledningen varierar på ett till synes slumpmässigt sätt. Denna variation beror främst på

variationer i utförandet av återfyllning och packning samt variationer i ledningsbäddens jämnhet längs ledningen. För att beräkna den maximala deformationen hos en ledning måste således ett tillägg göras till medeldeformationen. Detta tillägg, som till sin natur är oberoende av belastningens storlek, benämns här bäddfaktor och föreslås med ledning av analys av ett stort antal fältmätningar ges dimensionerande värden enligt *tabell 5.4*.

Tabell 5.4 Dimensionerande värden för bäddfaktorn B_f vid olika lägningsförhållanden.

Lägningsutförande	Bäddfaktor B_f %	
	Rörstyvhets SN ca 4 kN/m ²	Rörstyvhets SN =8 kN/m ²
Packning av kringfyllning enligt AMA 98 eller bättre		
Väl avjämnad och ytuppluckrad ledningsbädd	1	1
Normal ledningsbädd	2	1,5
Endast packning av stödpackningszonen enligt AMA 98		
Väl avjämnad och ytuppluckrad ledningsbädd	1,5	1
Normal ledningsbädd	3	2
Ingen packning		
Väl avjämnad och ytuppluckrad ledningsbädd	2,5	2
Normal ledningsbädd	5	3,5

För kringfyllning med lera kan bäddfaktorn variera mellan 3 och 6 % där de högre värdena gäller vid ojämn ledningsbädd och återfyllning med lera med ojämn fasthet.

Den maximala deformationen hos en rörledning kan nu beräknas enligt följande:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_M = \left(\frac{\delta}{D}\right)_q + I_f + B_f \quad (5.5)$$

De angivna värdena för B_f gäller för relativt slanka rör, d v s rör med rörstyvhets i intervallet 4 å 8 kN/m². Vid ökad styvhet hos röret sker i större omfattning en utjämnning av lokala ojämnheter i ledningsbädd och kringfyllning vilket minskar bäddfaktorn B_f . Omvänt gäller också att slankare rör kan medföra högre värden på bäddfaktorn B_f .

5.4 Långtidsdeformation

Rördeformationen för ett flexibelt rör ökar normalt med tiden, vilket beror på flera faktorer. Sålunda dröjer det en viss tid innan maximal jordlast utbildats vilket sker i takt med att en viss omlagring av kringfyllningen äger rum. Inverkan av trafiklast och grundvattensrörelser påskyndar i hög grad denna process.

Samstämmiga resultat från fältmätningar på rörledningar i mark visar att trafiklastens inverkan på rördeformationerna minskar med tiden. Detta gäller såväl deformationer vid belastning som kvarstående deformationer utan belastning av trafiklast. Deformationsökningen upphör normalt efter 1-3 år då kringfyllningen stabiliserats i en stabil lagring. Tiden tills ett stabilt tillstånd uppnåtts varierar bl a med trafikintensiteten. Ju intensivare trafik desto kortare blir denna tid.

Beräkning av långtidsdeformationen kan göras på flera sätt. Det kan antingen ske genom att ett direkt tillägg görs till korttidsdeformationen eller genom att den del av deformationen som orsakas av belastning räknas upp genom multiplikation med en förstöringsfaktor. I båda fallen måste den ursprungliga packningsgraden hos kringfyllningen beaktas. Detta sker automatiskt om deformationen orsakad av belastning läggs till grund för beräkning av långtidsdeformationen varför denna metod föreslås användas. Installationsfaktorn I_f och bäddfaktorn B_f är parametrar som till sin natur är oberoende av tiden.

Följande uttryck erhålls för maximaldeformationens långtidsvärde:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_{ML} = \left(\frac{\delta}{D}\right)_{qL} + I_f + B_f \quad (5.6)$$

där

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_{qL} = \text{långtidsdeformation orsakad av jord och trafiklast}$$

Enligt utförda fältmätningar kan långtidsdeformationen orsakad av jord- och trafiklast beräknas enligt följande:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_{qL} = (1,5 \text{ à } 2) \cdot \left(\frac{\delta}{D}\right)_q \quad (5.7)$$

Enligt Janson, /11/, kan ringstyvhets korttidsvärde användas för beräkning av långtidsdeformationen vid kringfyllning av friktionsjord. Skälet för detta är att deformationsökningen till stor del sker som en ackumulering av kvarstående deformationer efter trafikbelastning som ju är en korttidslast. Endast i mycket lös jord eller vid kringfyllning med lös lera måste rörmateriallets krypning beaktas och ringstyvhets långtidsvärde användas vid beräkning av långtidsdeformationen. Ringstyvhets långtidsvärde kan beräknas genom multiplikation av korttidsvärdet med faktorn 0,25 för PE och PP samt med 0,4 för PVC och GAP.

5.5 Tillåten deformation

Bestämning av tillåtet värde för rördeformationen skall göras med beaktande av tillåtna töjningar och spänningar i rörväggen, risken för kollaps samt risken för fogläckage och minskad hydraulisk kapacitet i ledningen. Ett omfattande utredningsarbete under 1970- och 1980-talen ledde fram till slutsatsen att töjning i rörväggen ej blir begränsande för deformationen för normenliga släta avloppsrör av PVC, PE och PP. Med hänsyn till risken för fogläckage och nedsatt funktion i övrigt bör tillåten deformation efter lång tid dock ej överstiga 15 %.

För rör av GAP kan dock töjningen i rörväggen, ε , bli begränsande för rördeformationen. Sålunda bör i normalfallet töjningen 0,3 à 0,5 % inte överskridas. Såvida annat ej genom provning påvisats gälla för ett specifikt rör kan töjningsgränsen 0,5 % användas under förutsättning att kravet på rörets deformerbarhet vid provning i svavelsyra (strain corrosion test) uppfylls enligt SS 3622 respektive SS 3623. Sambandet mellan töjning och rördeformation kan överslagsmässigt beräknas ur följande uttryck:

$$\varepsilon = 6 \cdot \left(\frac{\delta}{D} \right) \cdot \left(\frac{s}{D} \right) \quad (5.8)$$

där

s = rörväggens tjocklek

Deformationen efter läggning och återfyllning är ett bra mått på läggningsarbetets kvalitet. För att säkerställa ett gott arbetsutförande begränsas ofta den maximalt tillåtna korttidsdeformationen till lägre värden än vad som är motiverat ur enbart funktions- och hållfasthetssynpunkt.

6 Buckling

Vid högt utvändigt tryck kan röret kollapsa genom buckling. För ett rör i luft eller vatten kan bucklingstrycket beräknas enligt följande uttryck:

$$q_b = 24 \cdot SN \quad \text{kN/m}^2 \quad (6.1)$$

där

SN = rörets ringstyvhet, kN/m^2

I jord kommer den omgivande jorden att verka uppstyvande på röret och medföra att buckling sker i ett mer komplicerat mönster än vad som är fallet i luft eller vatten, vilket ökar bucklingstrycket. Detta kan för ett rör i fast jord beräknas enligt följande:

$$q_b = 5,65 \sqrt{E'_t \cdot SN}, \text{ kN/m}^2 \quad \text{gäller om } E'_t = 36 \cdot SN \quad (6.2)$$

där

E'_t = kringfyllningens tangentmodul, kN/m^2

I lös jord kommer förhållandena mer att likna dem som gäller i luft och vatten och bucklingstrycket kan då beräknas enligt följande:

$$q_b = 24 \cdot SN + 0,67 \cdot E'_t, \text{ kN/m}^2 \quad \text{gäller om } E'_t < 36 \cdot SN, \quad (6.3)$$

Kontroll av säkerhet mot buckling, som är ett brottgränstillstånd, sker med följande dimensionerande belastning:

$$q_d = q_{jd} + q_{td} + q_{wd}, \text{ kN/m}^2 \quad (6.4)$$

där

$q_{jd} = \gamma_f q_{jk}$ = vertikalt jordtryck beräknat vid högsta förekommande grundvattennivå, kN/m^2 $\gamma_f = 1,0$

$q_{td} = \gamma_f q_{tk}$ = dimensionerande tryck av trafikklaster, kN/m^2 $\gamma_f = 1,3$

$q_{wd} = \gamma_f q_{wk}$ = grundvattentryck vid högsta förekommande grundvattennivå, kN/m^2 , $\gamma_f = 1,0$

En ovalitet eller deformation hos röret påverkar bucklingstrycket negativt. Detta kan för ett rör i fast jord beaktas genom att det teoretiska bucklingstrycket enligt ekv (5.2) och ekv (5.2) multipliceras med en reduktionsfaktor β enligt följande:

$$\beta = \left(1 - 3 \frac{\delta}{D}\right) \quad (6.5)$$

I luft eller vatten och i lös jord blir reduktionen för bucklingstrycket på grund av en initial-ovalitet hos röret väsentligt större än i fast jord. Som exempel kan anges att reduktionsfaktorn β i luft eller vatten kan beräknas till 0,65 och 0,5 vid initialovaliteterna 1 % respektive 3 %.

Tillfredsställande säkerhet mot kollaps genom buckling är säkerställd om följande villkor är uppfyllt:

$$q_d \leq \frac{\beta \cdot q_{bd}}{\gamma_{Rd}} \text{ kN/m}^2 \quad (6.6)$$

där

q_{bd} = dimensionerande bucklingstryck, kN/m^2 , beräknat enligt ekv (6.1), ekv (6.2) eller ekv (6.3) med dimensionerande värden för rörstyvheten SN_d och tangentmodulen E'_{td} .

γ_{Rd} = partialkoefficient för osäkerhet i beräkningsmetoden

Dimensionerande värden för rörstyvheten och tangentmodulen beräknas enligt ekv (2.2) med värden på partialkoefficienterna γ_n och γ_m enligt *tabell 2.1*. Som karaktäristiska värden på kringfyllningens tangentmodul används även i bucklingsberäkningen de värden som anges för deformationsberäkningarna i kapitel 5.2.

För partialkoefficienten γ_{Rd} används värdet =1,5 för rör i jord vid beräkning av bucklingstrycket enligt ekv (6.2) eller ekv (6.3) och γ_{Rd} =2,0 för rör i luft eller vatten vid beräkning av bucklingstrycket enligt ekv (6.1).

För plaster sker vid konstant belastning en ökning av deformationen med tiden på grund av krypning. Detta kan också uttryckas som att rörets styvhet är tidsberoende och avtar med tiden vid konstant belastning. Buckling av ett rör i fast jord har emellertid ett förhållandevis snabbt förlopp varför rörets korttidsstyvhet normalt skall användas vid beräkning av bucklingssäkerheten även om bucklingen inträffar först efter lång tid. Vid läggning i lös jord liksom i luft eller vatten sker emellertid buckling i ellipsform genom en långsam deformationsökning, krypbuckling, där rörets långtidsstyvhet skall användas vid beräkning av bucklingstrycket.

7 Referenser

- /1/ NUVG 80, 1980: Expertseminarium 12-13 februari 1980 i Vedbaek, Danmark. Nordiska utvärderingsgruppen för plaströr. Sveriges Plastförbund, Stockholm.
- /2/ VAV P70, 1992: Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, Publikation VAV P70, november 1992, Stockholm.
- /3/ Alferink, F J M, 1999: The design of buried thermoplastic pipes. The European Plastic Pipe and Fitting Association. Report, 1999-03-01, Brussels
- /4/ ATB VÄG 2005: Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. Publ 2005:112, Vägverket, Borlänge.
- /5/ BVF 585.12, 2000: Lastförutsättningar för geokonstruktioner. Banverket, Borlänge.
- /6/ BVF 585.18, 2003: Trummor och rörledningar, geoteknik. Banverket, Borlänge
- /7/ BKR, 2003: Regelsamling för konstruktion – Boverkets konstruktionsregler, BKR, byggnadsverkslagen och byggnadsverksförordningen, 2003. Boverket, Karlskrona.
- /8/ Pettersson L, Sundquist H, 2002: Dimensionering av rörbroar. Rapport 58, Brobyggnad 2000, utgåva 2, 2002, KTH, Stockholm.
- /9/ Molin J, 1970: Rapport angående kompressionsförsök i cylinderapparat med olika kringfyllningsmaterial. Rapport från Seminarium II:B i Helsingfors 6-7 April 1970, bilaga 3:1. Nordiska markrörkommittéernas utvärderingsgrupp, Sveriges Plastförbund, Stockholm.
- /10/ Molin J, 1981: Plaströr i leriga jordarter. Rapport R61:1981, Byggeforskningsrådet, Stockholm.

- /11/ Janson L-E, 2003: Plastic pipes for water supply and sewage disposal, 4th edition, 2003, Borealis, Stockholm.
- /12/ Eggwertz S, 1982: Trafiklast på rörledning med jordöverfyllning. Publikation VAV P43, Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen, Stockholm.

Fler litteraturhänvisningar finns i /2/.

Anteckningar

[illegible]

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Svenskt Vattens skrifter beställs via:

www.svensktvatten.se

Svenskt Vattens distribution

Box 262

591 23 Motala

© Svenskt Vatten AB

ISSN nr: 1651-4947

Svenskt Vatten P92

2005-10 • 2500 ex



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se