

# PM

## angående behovet av stödblock för tryckledningar av polyeten

---

Limhamn 2008-11-27  
JM Geokonsult AB

Jan Molin

## 1 Inledning

Ledningar i mark utsätts för påverkan av laster av olika slag - laster orsakade av jord, trafik och grundvatten samt laster orsakade av inre tryck och temperaturförändringar. De förstnämnda dominerar för självfallsledningarna medan de senare ofta är dimensionerande för tryckledningar, exempelvis ledningar för dricksvatten eller gas.

Självfallsledningarna är huvudsakligen belastade med radiella laster vilket medför att axiella påkänningar och rörelser blir tämligen små.

I tryckledningar orsakar det inre trycket axiella krafter i ledningen vid böjar, dimensionsförändringar och ventiler. Temperaturförändringar i ledningen leder till längdförändringar eller temperaturpåkänningar beroende på ledningens rörelsemöjligheter. Vid förhindrad längdutvidgning uppstår också axialkrafter i röret på grund av förhindrad tvärkontraktion.

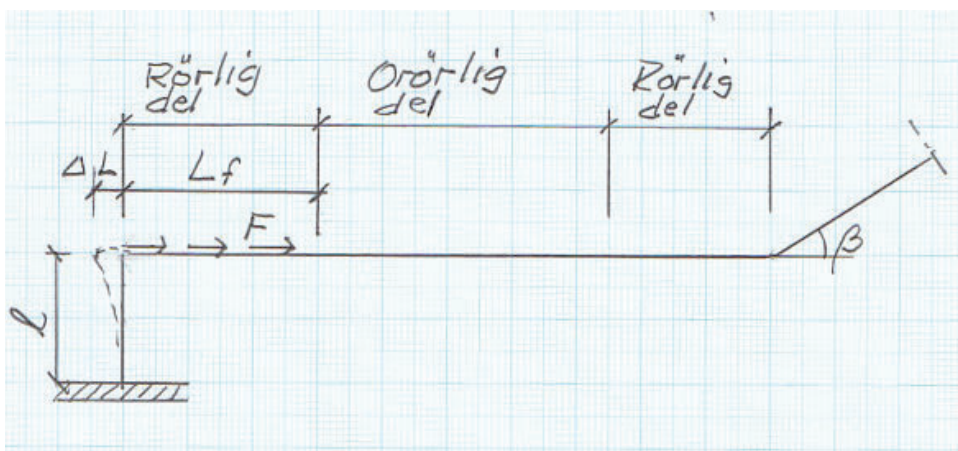
I en ledning där fogarna mellan de enskilda rören **inte kan** överföra axiella krafter, t.ex. rör med gummiringstättade muffkopplingar, måste förekommande krafter balanseras med hjälp av yttre stödkonstruktioner i de punkter där krafterna uppstår.

I en ledning som **kan** överföra axiella krafter, såsom ledningar av stål eller PE med svetsade fogar eller flänskopplingar, sker kraftupptagningen i första hand med axiella krafter i ledningen.

I denna utredning kommer grundläggande samband mellan axiella laster, inre tryck och temperaturvariationer i ledningen att belysas och behovet av lastupptagande stödblock att värderas för PE-ledningar med svetsfogar eller flänskopplingar.

## 2 Krafter och rörelser i en markförlagd tryckledning

Axiella krafter och rörelser i en markförlagd tryckledning orsakas av det inre trycket och av temperaturförändringar i rörväggen. I ledningen uppstår friktionskrafter mellan ledning och jord längs de delar som är rörliga, d.v.s. delar nära en böj eller en fri ände. I *figur 1* visas en systemskiss för den beräkningsmodell som använts i denna utredning.



Figur 1 Förenklad beräkningsmodell

### Inre tryck

I ledningar med fogar som kan överföra krafter mellan de enskilda rören, exempelvis svetsade fogar, kan krökkrafter och andra axiella krafter tas upp som axiella dragkrafter i ledningen och behovet av stödblock kan till stor del elimineras. Den axiella dragkraften i ledningen nära en krök kan beräknas enligt följande:

$$N = p * \pi * Ri^2 \quad (1)$$

där  $p$ = inre tryck  
 $Ri$ = invändig rörradie

Det inre trycket orsakar att röret sväller i ringled vilket i sin tur medför en hopdragning i axialled. Storleken på denna hopdragning, tvärkontraktion, bestäms av Poissons tal för rörmaterialet.

För en ledning vars ena ände är fri att röra sig kan den fria ändens rörelse i axiell riktning beräknas enligt följande med beaktande av såväl axialkraften enligt ek. (1) som tvärkontraktionen men utan hänsyn tagen till eventuella friktionskrafter längs längden  $L$ :

$$\Delta Lp = L * \frac{p * Ri}{E * t} \left( \frac{Ri}{2 * Rm} - \nu \right) \quad (2)$$

Där  $\Delta Lp$ = axiell rörelse  
 $L$ = längd för rörlig del av ledningen  
 $E$ = rörmaterialets E-modul  
 $t$ = rörets vägg tjocklek  
 $Rm$ = rörets medelradie  
 $\nu$ = Poissons tal för rörmaterialet

Om ledningen är fixerad med förankringsblock nära en böj kan kraften mot förankringsblocket beräknas enligt följande förutsatt att ledningen är obruten (fogarna kan överföra krafter) på ömse sidor om förankringen:

$$Np = 2 * p * \pi * Ri * Rm * \left( \frac{Ri}{2 * Rm} - \nu \right) \quad (3)$$

Den axiella kraften mot ett förankringsblock placerat vid övergången från PE-ledning med svetsade fogar till ledning av annan typ med icke dragsäkra fogar, kan också beräknas med ekv. (3), men då utgår den första termen inom parentes.

### Temperaturdifferens

Av temperaturändring i röret uppstår följande rörelser vid en fri rörände:

$$\Delta Lt = \alpha * \Delta T * L \quad (4)$$

där  $\alpha$ = längdutvidgningskoefficient för rörmaterialet  
 $\Delta T$ = temperaturdifferens i rörväggen

Vid helt förhindrad rörelse uppstår i ledningen en axiell kraft som kan beräknas enligt följande:

$$NT = \alpha * \Delta T * E * 2 * \pi * Rm * t \quad (5)$$

$NT$  är också den axiella kraft av temperaturändring som verkar mot ett eventuellt stödblock.

Temperaturdifferensen i rörväggen avser primärt skillnaden mellan aktuell temperatur och temperaturen vid återfyllningstillfället. Om aktuell temperatur är högre än temperaturen vid återfyllningstillfället är den positiv i beräkningarna och ger en längdökning i ledningen.

#### Axiella friktionskrafter

Rörelserna i en PE-ledning med svetsade fogar ger upphov till friktionskrafter mellan rör och omgivande fyllning längs den rörliga delen av ledningen, se *figur 1*. Dessa friktionskrafter kommer att begränsa rörelsens storlek och minska förskjutningen  $\Delta L$ . Friktionskrafternas storlek är beroende av jordtrycket mot rörväggen och friktionskoefficienten mellan rörvägg och omgivande jord.

Om det effektiva jordtrycket mot ledningen antas vara lika med överlagringstrycket vid rörhjässan och att medeljordtrycket runt röret antas vara lika med överlagringstrycket vid rörhjässan kan friktionskraften per meter ledning beräknas enligt följande:

$$F = \mu * \gamma * H * \pi * 2 * Ry \quad (6)$$

där

$F$ = friktionskraft per meter ledning

$\mu$ = friktionskoefficient

$\gamma$ = fyllningens effektiva densitet

$H$ = fyllningshöjd ovan rörhjässan

$Ry$ = rörets ytterradi

#### Samlad inverkan av tryck, temperatur och friktion

Den samlade inverkan av inre tryck och temperaturändring leder till följande uttryck för friktionslängden  $L_f$ , d.v.s. längden på den rörliga delen av ledningen närmast en fri rörände, om friktionskrafternas bromsande effekt beaktas:

$$L_f = \frac{A}{F} \left[ E * \alpha * \Delta T + \sigma r * \left( \frac{Ri}{2 * Rm} - \nu \right) \right] \quad (7)$$

Där  $\sigma r = \frac{p * Ri}{t}$  = ringspänning av inre tryck

$$A = 2 * \pi * Rm * t = \text{rörväggens tvärsnittsytta}$$

Den axiella förskjutningen  $\Delta L$  vid den rörliga ledningsdelens ände beräknas enligt följande:

$$\Delta L = \frac{L_f}{2 * E} * \left[ E * \alpha * \Delta T + \sigma r * \left( \frac{Ri}{2 * Rm} - \nu \right) \right] \quad (8)$$

Ledningens rörelse vid böjarna orsakar ett horisontalt "passivt" jordtryck som minskar rörelsens storlek. Denna effekt beaktas inte i ovanstående uttryck

### Horisontalt jordtryck vid böjar

Beräkning av rörelser och jordtryck vid samverkan mellan konstruktion och jord görs bäst med hjälp av ett FEM-baserat beräkningsprogram. Det har dock inte ingått i denna utredning att genomföra sådana beräkningar.

Som underlag för ingenjörsmässiga överväganden har istället överslagsberäkningar av mobiliserat "passivt" jordtryck vid böjar utförts. Dessa beräkningar har baserats på antagen bäddmodul för jorden (principerna redovisas i /3/). Vid beräkningarna har följande förenklade antaganden gjorts:

- "passivt" horisontalt jordtryck mot ledningen vid en avvinkling antas verka på en yta med höjden  $D_y$  (rörets ytterdiameter) och längden  $5 \cdot D_y$  med centrum mitt för böjen. En del av anslutande ledningsdelar antas således samverka med böjen.
- den axiella kraften i ledningen antas vara lika med temperaturkraften i orörlig ledningsdel

Den aktiva förskjutningskraften  $T$  mot jorden i kröken beräknas enligt följande:

$$T = \alpha * \Delta T * E * 4 * \pi * R_m * t * \sin \frac{\beta}{2} \quad (9)$$

där  $\beta =$  avvinkling

Det mobiliserade "passiva" jordtrycket  $qh$  blir då:

$$qh = T / (20 * R_y^2) \quad (10)$$

Den förskjutning  $y$  vinkelrätt mot belastningsytan som erfordras för att mobilisera det "passiva" trycket  $qh$  kan uppskattas med hjälp av en bäddmodul. Följande samband råder:

$$y = \frac{qh}{k} \quad (11)$$

där  $k =$  bäddmodul

För en rektangulär belastningsyta med sidförhållandet 1:5 kan enligt /3/ bäddmodulen beräknas enligt följande:

$$k = 0.3 * k_o * (H + R_y) * 0.52 / (2 * R_y) \quad (12)$$

Värdet på koefficienten  $k_o$  varierar för en friktionsjord mellan 4 och 59 MN/m<sup>3</sup> beroende på fyllningens relativa lagringstäthet och grundvattenytans läge.

### **Skänkellängd $l$ vid väggenomföring**

Vid väggenomföring där ledningen viker av in mot väggen såsom visa i *figur 1* kommer det att uppstå axiella böjpåkänningar i rörväggen. Storleken på dessa är beroende av rördimension och skänkellängd, d.v.s. avståndet mellan den sista böjen och den i sidled orörliga väggenomföringen. Följande samband råder mellan skänkellängden  $l$ , axiell tilläggsböjpåkänning i rörväggen,  $\Delta \sigma_a$ , och förskjutningen  $\Delta L$  vinkelrätt mot ledningen vid den närmaste böjen:

$$l = \left( \frac{3 \cdot E \cdot \Delta L \cdot R_y}{\Delta \sigma a} \right)^{0.5} \quad (13)$$

Vid val av tillåten tilläggsböjpåkning ska beaktas att PE-ledningen kan vara ansluten till rörled av annat material, t.ex. stål, via en flänskoppling och att denna kan vara begränsande för den tillåtna böjpåkningen.

Beräkning av tillåten skänkellängd föreslås ske genom insättning av  $\Delta L$  enligt ekv (8), d.v.s. med beaktande av full axiell friktion längs den rörliga delen av ledningen men utan hänsyn till mothållande horisontalt jordtryck vid böjen.

## 3 Beräkningar

### 3.1 Valda parametervärden

Som stöd för de anläggningstekniska rekommendationerna har vägledande beräkningar utförts med ovan redovisade samband. Som framgått ovan är dessa i några fall av mycket översiktlig karaktär.

Beräkningarna har i princip utförts för bruksgränstillstånd vilket innebär att de valda parametervärdena bedöms vara representativa karakteristiska värden.

#### 3.1.1 Laster

##### Inre tryck

$$p = 1,3 \text{ MPa}$$

Vid beräkningarna har valts att som inre tryck använda rörets tryckklass ökat med 30 %.

##### Temperaturvariation

$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$

Temperaturen i rörledningen beror på många olika faktorer, exempelvis temperaturen på ingående vatten, marktemperaturen på ledningsnivån, de termiska egenskaperna hos den omgivande jorden, ledningsdimensionen, vattenhastigheten i ledningen m.m. Den temperaturvariation som valts i dessa beräkningar är typisk för en stor vattenledning i Malmö mellan vattenverket och tätorten. För en råvattenledning från en ytvattentäkt kan en annan temperaturvariation vara mer aktuell. Typiskt för ledningstemperaturen är dock att den varierar mycket långsamt förutsatt att de försiktighetsmått som anbefalls i kap 4 om temperaturanpassning mellan ledning och omgivande mark under installationen efterlevs.

##### Jordtryck mot ledning

Beräkning av friktionskraften mellan rör och fyllning har utförts för fyllningshöjden 1,5 m. Vid beräkningarna har antagits att grundvattenytan står 0,5 m under markytan och att effektiv densitet hos återfyllningen är  $18 \text{ kN/m}^3$  ovan grundvattenytan och  $8 \text{ kN/m}^3$  under grundvattenytan

### 3.1.2 Materialparametrar

#### E-modul

$$E = 500 \text{ MPa}$$

E-modulen har stor betydelse för temperaturkrafterna i ledningen. För PE är belastningstid, töjningens storlek och temperaturen avgörande för valet av E-modulen. Vid ledningstemperaturer mellan +5°C och +15°C blir töjningen orsakad av temperaturändringar vid förhindrad rörelse av storleksordningen 0,2 %, vilket är en för PE liten töjning. Vid beräkning av temperaturkrafterna i ledningen har värdet på E-modulen valts med tanke på att temperaturen i vattenledningar i mark normalt ligger en bit under 20°C.

#### Längdutvidgningskoefficient

$$\alpha = 0.00017 \quad 1/^\circ\text{C}$$

#### Tvärkontraktionstal (Poissons tal)

$$\nu = 0,45$$

#### Friktionskoefficient mellan rör och fyllning

$$\mu = 0.4$$

Värdet på friktionskoefficienten har valts som ett medelvärde i det spann som rekommenderas i /1/ för fjärrvärmeledningar med plasthölje. Där anges att friktionskoefficienten kan variera mellan 0,2 och 0,6, värden som också registrerats vid mätningar på sådana ledningar i bl.a. Lund och Linköping /2/ och /4/.

#### Bäddmodul

$$k_o = 18 \text{ MN/m}^3$$

Bäddmodulen har använts för illustration av samspelet mellan rörelser och jordtryck vid böjarna. Det valda värdet gäller för kringfyllning av friktionsjord med medelfast relativ lagringstäthet och med grundvattenytan belägen något över rörhjässan.

### 3.2 Beräkningsresultat

#### Rörlig ledningslängd och förskjutning vid fri ände

I *tabell 1* redovisas beräknade längder  $L_f$  för rörlig del av ledningen närmast en ände med rörelsemöjlighet samt den beräknade ändförskjutningen  $\Delta L$  i axiell riktning. Beräkningsresultatet motsvarar närmast förhållandena vid 90-gradersböjen i *figur 1*. I beräkningarna har ett mothållande horisontalt jordtryck mot böjen försumrats.

Samtliga beräkningar har genomförts för dimensionsklass SDR 17.

Tabell 1 Beräknad rörlig längd och axiell rörelse vid fri ledningsände.

Rördimension	Rörlig längd $L_f$ , m	Axiell rörelse $\Delta L$ , mm
DN 110	1,0	1,0
DN 200	1,7	1,8
DN 400	3,5	3,5
DN 630	5,6	5,8

En genomgång av beräkningarna visar att temperaturpåverkan står för 80-90 % av de beräknade förskjutningarna. En ökning av temperaturdifferensen från 10 till 20°C skulle i stort sett fördubbla den rörliga längden  $L_f$  och rörelsen  $\Delta L$  skulle bli fyra gånger så stora som värdena i *tabell 1*. Temperaturförhållandena i ledningen har således stor betydelse för krafter och rörelser vid böjar och stödblock.

En annan viktig faktor är friktionskoefficienten mellan rör och fyllning. Om, denna sänks från 0,4 till 0,2 ökar de i *tabell 1* angivna värden för såväl den rörliga längden som förskjutningarna till det dubbla.

#### Mothållande jordtryck vid böjar

Överslagsberäkningar har utförts av det mothållande "passiva" jordtrycket och den sidorörelse  $y$  vinkelrätt mot böjen som erfordras för att detta jordtryck ska uppstå enligt ekv. (11). Resultatet redovisas i *tabell 2*.

Tabell 2 Mothållande horisontalt jordtryck och tillhörande sidorörelse vid böjar

Dimension	Avvinkling, $\beta$ grader	Sidorörelse vid böj, $y$ mm	Hor. jordtryck, $q_h$ , kPa
DN 110	15	0,2	8
	30	0,4	16
	45	0,6	23
	90	1,1	42
DN 200	15	0,4	8
	30	0,7	15
	45	1,1	23
	90	2,0	42
DN 400	15	0,7	7
	30	1,5	15
	45	2,2	23
	90	4,0	42
DN 630	15	1,2	8
	30	2,3	15
	45	3,4	23
	90	6,3	42



Det beräknade horisontella jordtrycket är det tryck som behövs för att balansera den maximala förskjutningskraften vid en böj. Den övre gränsen för detta jordtryck utgörs av fullt passivt jordtryck,  $q_p$ :

$$q_p = K_p * \gamma * H \quad (14)$$

där  $K_p$  = passiv jordtryckskoefficient

Värdet på den passiva jordtryckskoefficienten kan variera mellan ca 3 och ca 6 beroende på jordart, packningsgrad och förhållandet mellan fyllningshöjd och rördiameter. Med de förutsättningar som använts vid beräkningarna i denna utredning kan således fullt passivt jordtryck beräknas ligga mellan 50 och 100 kPa. De erforderliga horisontala jordtrycken enligt *tabell 2* ligger således under de fullt utvecklade passiva jordtrycken för böjar med upp till 45 graders avvinkling. Vid större avvinkling närmar sig jordtrycken det fullt passiva jordtrycket.

Sidorörelsen för ledningen vid böjen har förutsatts ske i bisektrisens riktning vilket kommer att ske för det fall att ledningen har samma karaktär på båda sidor om böjen. Följande geometriska samband gäller då mellan ledningsändarnas axiella förskjutning  $\Delta L$  och böjens sidorörelse  $y$ :

$$\Delta L = y * \sin \frac{\beta}{2} \quad (15)$$

I *tabell 3* redovisas de axiella längdändringar som motsvaras av de sidorörelser som erfordras för att de mothållande jordtryck som visas *tabell 2* ska uppstå.

*Tabell 3 Sammanställning av beräknade rörelser vid böjar.*

Dimension	Avvinkling $\beta$ , grader	Sidorörelse vid böj $y$ , enligt ekv. (11) mm	Axiell rörelse vid böj $\Delta L$ , enligt ekv. (15) mm	Axiell rörelse vid fri rörände, ( <i>tabell 2</i> ) mm
DN 110	15	0,2	0,03	1,0
	30	0,4	0,1	
	45	0,6	0,2	
	90	1,1	0,8	
DN 200	15	0,4	0,05	1,8
	30	0,7	0,2	
	45	1,1	0,4	
	90	2,0	1,4	
DN 400	15	0,7	0,09	3,5
	30	1,5	0,4	
	45	2,2	0,8	
	90	4,0	2,8	
DN 630	15	1,2	0,16	5,8
	30	2,3	0,6	
	45	3,4	1,3	
	90	6,3	4,5	

Den axiella rörelsen vid fri rörände har beräknats utan hänsyn till inverkan av mothållande jordtryck mot böjen. Som framgår av *tabell 3* överstiger denna rörelse med god marginal den som erfordras för att fullt mothållande jordtryck ska utbildas vid böjar med avvinkling upp till 45 grader. Detta innebär att sidorörelsen hos rörböjar med upp till 45 graders avvinkling kan förväntas bli tillräcklig stor för att erforderligt mothållande jordtryck ska kunna mobiliseras. Rörelserna för hos dessa böjar kan därför förväntas bli små.

För böjar med större avvinkling än 45 grader blir det mothållande horisontala jordtrycket högre och närmar sig det fullt passiva jordtrycket och rörelserna blir också större. Temperatur- och tryckvariationer i ledningen kan i kombination med grundvattenpåverkan i dessa fall medföra viss risk för oönskade förskjutningar genom plastiska deformationer och omlagringar i kringfyllningen runt ledningen.

#### Skänkellängd vid vägg genomföring

I *tabell 4* visas de enligt ekv. (13) beräknade värdena för minsta tillåten skänkellängd  $l$  för två olika värden på tillåten axiell tilläggspåkänning  $\Delta\sigma_a$ , 1,0 resp 2,0 kPa. Beräkningarna är gjorda med temperaturdifferensen 10 °C och för rör med dimensionsklass SDR 17.

*Tabell 4 Beräknade minsta tillåtna skänkellängder*

Dimension	Minsta skänkellängd $l$ , m	
	$\Delta\sigma_a = 1,0$ MPa	$\Delta\sigma_a = 2,0$ MPa
DN 110	0,47	0,33
DN 200	0,85	0,6
DN 400	1,70	1,2
DN 630	2,69	1,9

Om temperaturdifferensen skiljer sig från det använda värdet 10 °C kan de i *tabell 4* angivna värdena multipliceras med faktorn  $KT = \Delta T/10$ , där  $\Delta T$  är den aktuella temperaturdifferensen.

De valda värdena på tillåten tilläggspåkänning  $\Delta\sigma_a$  ska sättas i relation till värdet på dimensioneringsvärdet för axiell påkänning, som för PE 100 med svetsfaktor 0,8 är 6,4 MPa. Med inverkan av full temperaturdifferens och inre tryck blir den beräknade maximala dragpåkänningen i rörväggen vid vägg genomföringen  $0,5 \cdot 8,0 + 10 \cdot 0,00017 \cdot 500 + 1,0 = 5,85$  MPa om tilläggspåkänningen  $\Delta\sigma_a = 1,0$  MPa tillåts.

Minsta tillåtna skänkellängder föreslås väljas i enligt med värdena i kolumnen för  $\Delta\sigma_a = 1,0$  MPa i *tabell 4*. Vid vägg genomföringen blir då beräknad maximal dragpåkänning i rörväggen av inre tryck och temperaturdifferens mindre än tillåtet värde.

## 4 Rekommendationer

### 4.1 När behövs stödblock?

I en tryckledning uppstår axiella krafter och rörelser som orsakas av det inre trycket och av temperaturvariationer i ledningen. I en PE-ledning utförd med svetsade fogar, eller andra fogar med motsvarande förmåga att kunna överföra axiella krafter mellan enskilda rör, balanseras krafter från böjar och ventiler internt i ledningssystemet eller överförs via friktion till omgivande jord. Rörelserna i ledningssystemet blir i allmänhet små och orsakas främst av varierande temperatur i ledningen. Dock krävs förankringar eller stabiliserande åtgärder för vissa delar av ledningen. I *tabell 5* redovisas de åtgärder som erfordras för olika fall.

Tabell 5 Beskrivning av erforderliga åtgärder för en tryckledning av PE.

Fall	Beskrivning	Åtgärd
A	De delar av ledningen som inte beskrivs i fall B till	Inga förankringar erfordras.
B	Anslutning av PE-ledning mot annan rörtyp som inte har dragsäkra fogar.	<p>PE-ledningens ände måste förankras med axiellt stödblock.</p> <p>Stödblocket dimensioneras normalt för inverkan av inre tryck och maximal temperaturändring. Stödskraften <math>N</math> beräknas enligt följande:</p> $N = -2 * \nu * p * \pi * Ri * Rm + \alpha * \Delta T * E * 2 * \pi * Rm * t \quad \text{kN}$ <p>Temperaturdifferensen <math>\Delta T</math> kan vara såväl positiv som negativ. Störst kraft uppstår när den är negativ. Temperaturdifferensen väljs med hänsyn till ledningens karaktär och skall avspegla temperaturvariationen i ledningen under driftskedet och under installationsperioden.</p>
C	Böjar	<p>Böjar med avvinkling &gt;10 grader stabiliseras med kringfyllning av friktionsjord som packas väl.</p> <p>Böjar i jord rekommenderas utföras med högst ca 45 graders avvinkling för att rörelserna ska bli små.</p> <p><i>Kringfyllningen med packad friktionsjord utförs på sträckan <math>5xDy</math> (= ytterdiametern) på vardera sidan om böjen.</i></p>

D	T-rör	<p>T-rör och anslutande grenledning av PE kringfylls med friktionsjord som packas väl.</p> <p><i>Packad kringfyllning utförs för grenledningen på sträckan 10xDy (grenledningens ytterdiameter) från T-röret.</i></p> <p><i>I sällsynta fall (t.ex. vid anslutning av en ny grenledning till en befintlig ledning vars rör och/eller kopplingar inte tål någon ytterligare sidoblastning) kan avlastande åtgärd behövas för grenledningen. Åtgärden anpassas till den aktuella situationen.</i></p>										
E	Ventil.	<p>Normalt behövs ingen förankring för axiell ventilkraft för ventil placerad på PE-ledning.</p>										
F	Väggenomföring	<p>Vattentät väggenomföring rekommenderas bli utförd med ingjutningsrör av stål med flänskoppling mot PE-ledningen.</p> <p>Väggenomföringen dimensioneras för axialkraft i enlighet med fall B.</p> <p><i>Anslutningen mot väggenomföringen måste utformas på sådant sätt att tilläggs påkänningarna i flänskopplingen blir så små som möjligt. Detta kan exempelvis ske genom att ledningen ansluts vinkelrätt mot väggen och att avståndet till den närmast liggande böjen med avvinkling &gt;10 grader inte blir mindre än vad som anges i nedanstående tabell (gäller SDR 17, PE100)</i></p> <table border="1" data-bbox="833 1422 1394 1809"> <thead> <tr> <th><i>Dimension</i></th> <th><i>Minsta avstånd mellan vägg och böj &gt;10 grader m</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>DN 110</i></td> <td><i>0,5</i></td> </tr> <tr> <td><i>DN 200</i></td> <td><i>0,9</i></td> </tr> <tr> <td><i>DN 400</i></td> <td><i>1,7</i></td> </tr> <tr> <td><i>DN 630</i></td> <td><i>2,7</i></td> </tr> </tbody> </table>	<i>Dimension</i>	<i>Minsta avstånd mellan vägg och böj &gt;10 grader m</i>	<i>DN 110</i>	<i>0,5</i>	<i>DN 200</i>	<i>0,9</i>	<i>DN 400</i>	<i>1,7</i>	<i>DN 630</i>	<i>2,7</i>
<i>Dimension</i>	<i>Minsta avstånd mellan vägg och böj &gt;10 grader m</i>											
<i>DN 110</i>	<i>0,5</i>											
<i>DN 200</i>	<i>0,9</i>											
<i>DN 400</i>	<i>1,7</i>											
<i>DN 630</i>	<i>2,7</i>											
G	Dimensionsändring	<p>Dimensionsändring på en PE-ledning behöver inte förankras.</p>										

## 4.2 Minsta avstånd till känsliga anläggningar under mark

En PE-ledning i mark ger vid böjarna upphov till ökning av det horisontala jordtrycket. Jordtrycksökningen är dock begränsad till området närmast intill böjen och det kan därför finnas anledning att undvika att placera böjar omedelbart intill förekommande andra markförlagda anläggningar som skulle kunna ta skada av ett förhöjt horisontalt jordtryck. Ett säkerhetsavstånd på  $5 \times D_y$  (ytterdiametern) kan normalt användas. På detta avstånd från böjen är jordtrycksökningen försumbar.

Om man vill undvika att ett högt horisontalt jordtryck uppstår vid en böj kan den kläs med en mjuk mineralullsskiva eller liknande. Stabilisering av röret måste emellertid då ske genom att de båda anslutande rörändarna kringfylls med friktionsjord som packas väl minst på en sträcka av  $10 \times D_y$  (rörets ytterdiameter) närmast rörböjen.

I skredkänsliga områden eller vid slänter med rasrisk kan kraften från en närliggande ledning lagd i radie eller utförd med böjar behöva beaktas vid beräkning av släntstabiliteten.

## 4.3 Temperaturutjämning vid installationstillfället

För att minska krafter och rörelser i samband med installationen bör vid installationstillfället eftersträvas att ledningen har ungefär den temperatur som då råder jorden på läggningsnivån. Detta är särskilt viktigt för den sista montageskarven som sammankopplar större ledningslängder eller ansluter mot en fast förankring. Temperaturutjämningen bör ske med så liten last som möjligt på ledningen. Den bör vara täckt men inte fullt återfylld på en så lång sträcka som möjligt närmast fogen så att temperaturspänningarna vid hopkopplingen blir små.

## **1 Referenser**

- /1/ Dansk Ingeniörförenings norm: Fordelningsledningar til fjernvarme. 1. Udgave, juli 1982. Dansk standard DS448. Teknisk Forlag, København
- /2/ D Olofsson-J Molin-K Bergendorff, 1982: Friktionsfixerad fjärrvärmeledning. Fältmätningar i Lund. Rapport R84:1982, Byggeforskningsrådet.
- /3/ Förankring av markförlagda tryckledningar, 1979. Publikation VAV P41, Svenska Vatten och avloppsverksföreningen.
- /4/ J Molin, 1994: Rapport angående utvärdering av mätningar utförda på FV-ledning DN 300/500 i Lasarettsgatan, Linköping. Projekt nr 92343, VBB VIAK, Malmö.
- /5/ J Molin-G Bergström, 1996: Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar. Svenska Fjärrvärmeföreningen, projekt nr H3-306.
- /6/ J Molin-G Bergström-S Nilsson-B Jensson, 1997: Beräkning av rörelser för markförlagda kulvertar utan expansionsanordning. Projekt nr 12040032, VBB VIAK, Malmö