

## En ny rörnorm- EN 13941

I Sverige gäller liksom i övriga Europa en standard för beräkning av fjärrvärmerör EN 13941:2009. Standarden är inte harmoniserad med tryckkärlsdirektivet (PED) och får endast tillämpas för ledningar i mark. I Sverige gäller överordnat AFS 2005:2. Standarden ger föreskrifter gällande beräkning, konstruktion och installation av förisolerade rör förlagda i mark.

Standarden ställer krav på beräkning av rör i tre avseenden:

1. Spänningar på grund av inre övertryck (Kraftstyrd belastning)  
Begränsningar anges inom «Limit state A» och är i princip samma som i RN 78.
2. Belastningar som härrör från upprepade påkänningar, «Utmattning».  
Begränsningen anges i «Limit stat B».  
Här gäller att:  
Huvudledningar skall klara 100 cykler.  
Fördelningsledningar skall klara 250 cykler.  
Servisledningar skall klara 1000 cykler.  
Varje cykel baseras på en temperaturändring om 110°C.
3. Belastningar som kan ge upphov till instabilitet eller buckling.  
(Rörelsestyrd belastning). Begränsningarna anges i «Limit state C».  
Rörledningarna delas in i tre projektklasser:

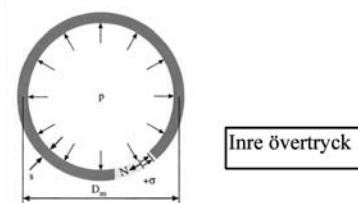
- Projektklass A (sekundäranläggningar)  
 Projektklass B (primäranläggningar med  $DN \leq 300$ )  
 Projektklass C (primäranläggningar med  $DN \geq 300$ )

Projektklass	Svetskontroll vid installationen	Säkerhetsfaktor utmattning	Dokumentation
A	> 5%	5	Generaliserad
B	> 10%	6,67	Generaliserad
C	> 20%	10	Specifik

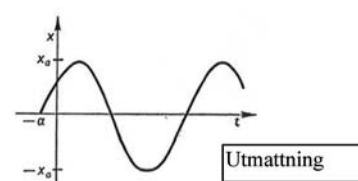
Den generaliserade dokumentationen kan vara företagsstandard eller tillverkarmanualer.

Den specifika dokumentationen skall innehålla:

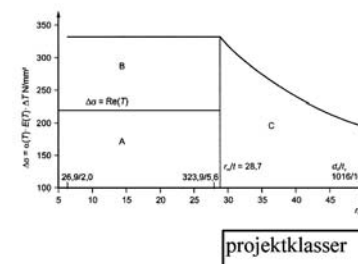
- Dimensionerade tryck och temperatur samt antalet förväntade cykler inklusive beräkningar enligt «Limit stat A-C».
- Rörledningsinformation såsom, ritningar, dimensioner, materialdata, installationsförutsättningar, relationsritningar.
- Kvalitetssäkring.



Inre övertryck



Utmattning



projektklasser

## Krafter, rörelser och expansionsslag

### Expansion

Då en nedgrävd fjärrvärmeledning utsätts för temperaturökning innebär detta att röret vill expandera.

Expansionen hindras av friktion som uppstår mellan rör som rör sig och den omgivande sanden (marken).

Denna friktion bygger upp en axiell spänning i röret och motverkar fri expansion.

Man får två olika zoner för fjärrvärmeröret:

1. Den del som är fast inspänd (kan finnas på mitten av en raksträcka) (zon 1).
2. Den del av röret som rör sig (finns i båda ändar av en raksträcka) (zon 2).

Spänningen i den fast inspända delen beror enbart på temperaturändringen från den temperatur som gällde då rörschakten fylldes. Kraften i röret blir spänningen multiplicerat med stålrorets tvärsnittsytta.

Den del av röret som rör sig benämns «*Friktionslängd*». Den fungerar som fixering för den inspända delen.

### Förspänning

För att bland annat begränsa spänningar och rörelser är det vanligt att rören värmeförspänns.

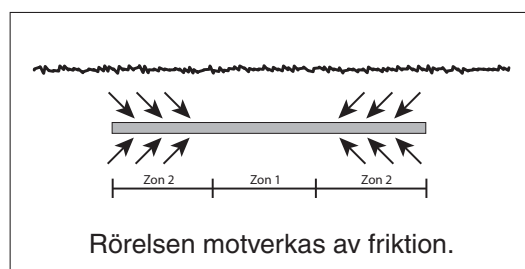
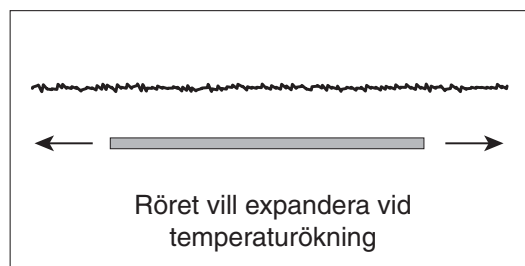
Detta innebär att man får tryckspänningar i röret vid höga temperaturer och dragspänningar vid låga temperaturer.

### Kallförläggning

Klena och medelgrova dimensioner kan kallförläggas. Detta innebär att man får extremt höga (men normmässigt acceptabla) axiella spänningar. Rörelserna i exempelvis en bøj kan bli upp till 4 gånger så stora som vid förspänning.

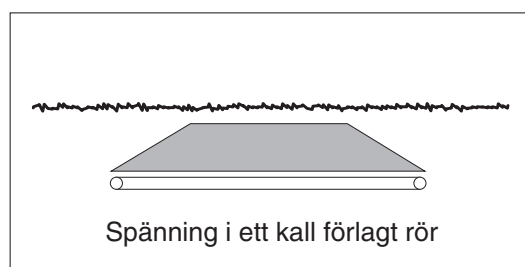
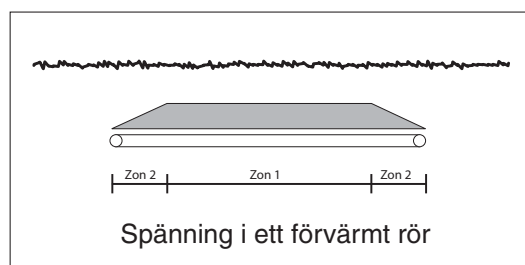
### Tabell över friktionslängder och rörelser

Tabell över friktionslängd och rörelser redovisas på nästa sida. Redovisade värden utgår från ett antal förutsättningar, som anges. Vid förändring av förutsättningarna förändras naturligtvis även angivna data.



$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$\sigma$  = Spänning  
 $E$  = Elasticitetsmodul  
 $\alpha$  = Längdutvidningskoefficient  
 $\Delta T$  = Temperaturändring



## Beräkningsförutsättningar

Max axiell spänning 150 Mpa för enkelrör (motsvarar  $\Delta T=60^{\circ}\text{C}$ )

Max axiell spänning 150+50 Mpa för dubbelrör (temperaturskillnad mellan fram- och returledning är  $40^{\circ}\text{C}$ , täckning 0,6 m. Bockningradie 3s. Antall fulla cykler: 1000 st för DN 25-65; 250 cykler för DN80-300; 100 cykler för DN 350-900.

Serie 1				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
25	956	36	13	0,7
32	1189	42	15	0,8
40	1192	48	18	1,0
50	1376	58	22	1,2
65	1565	65	24	1,6
80	1822	72	27	1,6
100	2359	81	30	1,9
125	2719	87	32	2,4
150	3102	102	38	2,9
200	4130	113	42	3,6
250	5584	116	43	4,2
300	6556	131	48	4,5
350	7524	125	46	5,0
400	8808	138	51	5,6
450	8958	153	56	6,5
500	10516	145	54	6,9
600	12252	163	60	8,2
700	15152	179	66	9,4
800	181216	188	70	10,4

Serie 2				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
25	1185	29	11	0,5
32	1365	36	13	0,7
40	1368	42	15	0,9
50	1556	52	19	1,2
65	1811	56	21	1,5
80	2075	64	24	1,5
100	2693	71	26	1,8
125	3064	77	28	2,2
150	3530	90	33	2,7
200	4749	98	36	3,4
250	6439	100	37	4,0
300	7449	115	43	4,2
350	8652	109	40	4,6
400	10201	119	44	5,2
450	10351	132	49	6,1
500	12211	125	46	6,4
600	14664	141	52	7,6
700	17568	154	57	8,7
800	20711	165	61	9,8

Serie 3				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
25	1361	26	9	0,6
32	1545	32	12	0,7
40	1548	37	14	0,9
50	1801	44	16	1,1
65	2063	50	18	1,4
80	2334	57	21	1,6
100	3038	63	23	1,7
125	3492	68	25	2,1
150	4049	78	29	2,5
200	5478	85	31	3,2
250	7326	88	33	3,7
300	8577	100	37	4,4
350	10045	94	35	4,8
400	11897	102	38	5,4
450	12046	113	42	5,6
500	14249	107	40	6,0
600	17080	121	45	7,1
700	20152	134	50	8,2
800	23466	145	54	9,2

Serie 4				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
25	1539	23	9	0,6
32	1784	28	10	0,7
40	1790	32	12	0,8
50	2062	39	14	1,0
65	2320	44	17	1,3
80	2654	50	19	1,4
100	3461	55	21	1,7
125	4005	59	22	2,0
150	4648	68	25	2,4
200	6204	75	28	3,0
250	8487	76	28	3,5
300	9950	86	32	3,9
350	11621	81	30	4,0
400	13843	88	33	4,5
450	13920	98	37	5,3
500	16612	92	34	5,8
600	19645	105	39	6,6
700	23012	117	44	7,7

Dubbel, standard				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
2*20	1550	23	9	0,4
2*25	1552	33	12	0,6
2*32	1805	36	14	0,9
2*40	1811	41	15	0,8
2*50	2338	45	17	1,1
2*65	2691	50	19	1,4
2*80	3058	56	21	1,4
2*100	4052	62	23	1,7
2*125	5445	57	21	1,9
2*150	6370	65	24	2,3
2*200	8544	71	27	2,9

Dubbel+				
Dimension	Friktionskraft N/m	Friktionslängd m	Rörelse mm	Längd L-slag mm
2*20	1805	20	8	0,4
2*25	1805	28	11	0,6
2*32	2319	28	11	0,7
2*40	2328	32	12	0,8
2*50	2675	39	15	1,0
2*65	3040	44	17	1,3
2*80	3402	51	19	1,3
2*100	4523	55	21	1,6
2*125	6234	49	18	1,8
2*150	7116	58	22	2,2

## Återfyllning med alternativa material

Nedan visas förslag till begränsningar och ritlinjer vid användning av alternativa återfyllnadsmaterial. Om grovkornigt material skall användas som kringfyllnadsmaterial kring kulvertrör krävs god kontroll av utförandet och stor försiktighet vid hantering av massorna för att inte skada rör och skarvar.

	Ej trafikbelastad yta	Trafikbelastad hårdgjord yta	Trafikbelastad ej hårdgjord yta
<b>Kommentar</b>	Ingen yttre belastning på rören	Ledningen antas ligga under den hårdgjorda ytans överbyggnad, dvs. i tidigare befintlig hårdt packa jord. Överbyggnaden fördelar ut trafiklasterna så punktlaster ej uppstår på rören.  Kringfyllnadsmaterialet ska kunna packas.	Risk för punktlast på rören då tillräcklig överbyggnad anta saknas.  Kringfyllnadsmaterialet ska kunna packas
<b>Friktionsfixerad sträcka</b>	Befintlig natur- och/eller krossmaterial med största kornstorlek 50 mm  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.	Befintliga natur- och/eller krossmaterial med största kornstorlek 50 mm  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.	Befintliga ej skarpkantiga naturmaterial med största kornstorlek 50 mm eller krossmaterial 4-32 mm  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.
<b>Expansionssträcka (axiell rörelse)</b>	Befintliga ej skarpkantiga naturmaterial med största kornstorlek 50 mm eller krossmaterial 4-32 mm.  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.	Befintliga ej skarpkantiga naturmaterial med största kornstorlek 50 mm eller krossmaterial 4-32 mm  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm.  Skarvar omges med nätmatta av polyeten.
<b>Expansionsanordning (radiell rörelse). För begränsad rörelse vid förvärmda system.</b>	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm.	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm +skumkuddar som tar upp den expansion som överstiger 20 mm.	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm.
<b>Expansionsanordning (radiell rörelse). För begränsad rörelse vid kallförlagda system.</b>	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm samt skumkuddar med tjocklek= minst lika med beräknad rörelse eller natur- och/eller krossmaterial med största kornstorlek 50 mm. Skumkuddar med tjocklek c:a 1,6 gånger den beräknade rörelsen.	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm samt skumkuddar med tjocklek= minst lika med beräknad rörelse eller natur- och/eller krossmaterial med största kornstorlek 50 mm. Skumkuddar med tjocklek c:a 1,6 gånger den beräknade rörelsen.	Ej skarpkantig rörgravsgrus enl. AMA tabell CEC/1 med största stenstorlek 32 mm samt skumkuddar med tjocklek= minst lika med beräknad rörelse eller natur- och/eller krossmaterial med största kornstorlek 50 mm. Skumkuddar med tjocklek c:a 1,6 gånger den beräknade rörelsen.

Nätmatta kan bytas ut mot sandfyllning kring muffar.

## Dimensionering av tryckfall för flexibla rör

### Erforderligt flöde

Varje anslutet hus har ett visst effektbehov vid dimensionerande temperatur.

Detta effektbehov tillsammans med tillgängligt temperaturfall bestämmer erforderligt flöde.

Ex. Effektbehov	Q	12kW.	
Temperaturfall	$\Delta T$	40°C	
Erforderligt flöde	m	258 kg/h	$m = Q \cdot 860 / \Delta T$

### Erforderlig dimension

För kopparrör se beräkningsdiagram 9:102

Med ett tryckfall om 1 mbar/m (10 mm vp/m) blir erforderlig dimension för ovan angivet exempel 18\*1 mm.

### Totalt tryckfall

Det tillgängliga tryckfallet delas upp på den längsta rörsträckningen från anslutningspunkten till den längst bort belägna fjärrvärmecentralen.

Ex: Snittryckfallet kan överslagsmässigt beräknas till 1 mbar/m.

Tryckfallet för anslutningsledningen (Kopparflex 18\*1) om den är 14 m blir  $2 \cdot 14 \cdot 1 = 28$  mbar

Högre tryckfall kan tas på anslutningsledningar belägna närmare anslutningspunkten.

Dock bör inte vattenhastigheten överstiga 2 m/s i ett kopparrör.

## Stålflex

Genomsnittstemperatur, vatten 80°C

Ytråhet  $\epsilon = 0.0016$  mm stålflex  
(1 mm vp = 9.81 Pa)

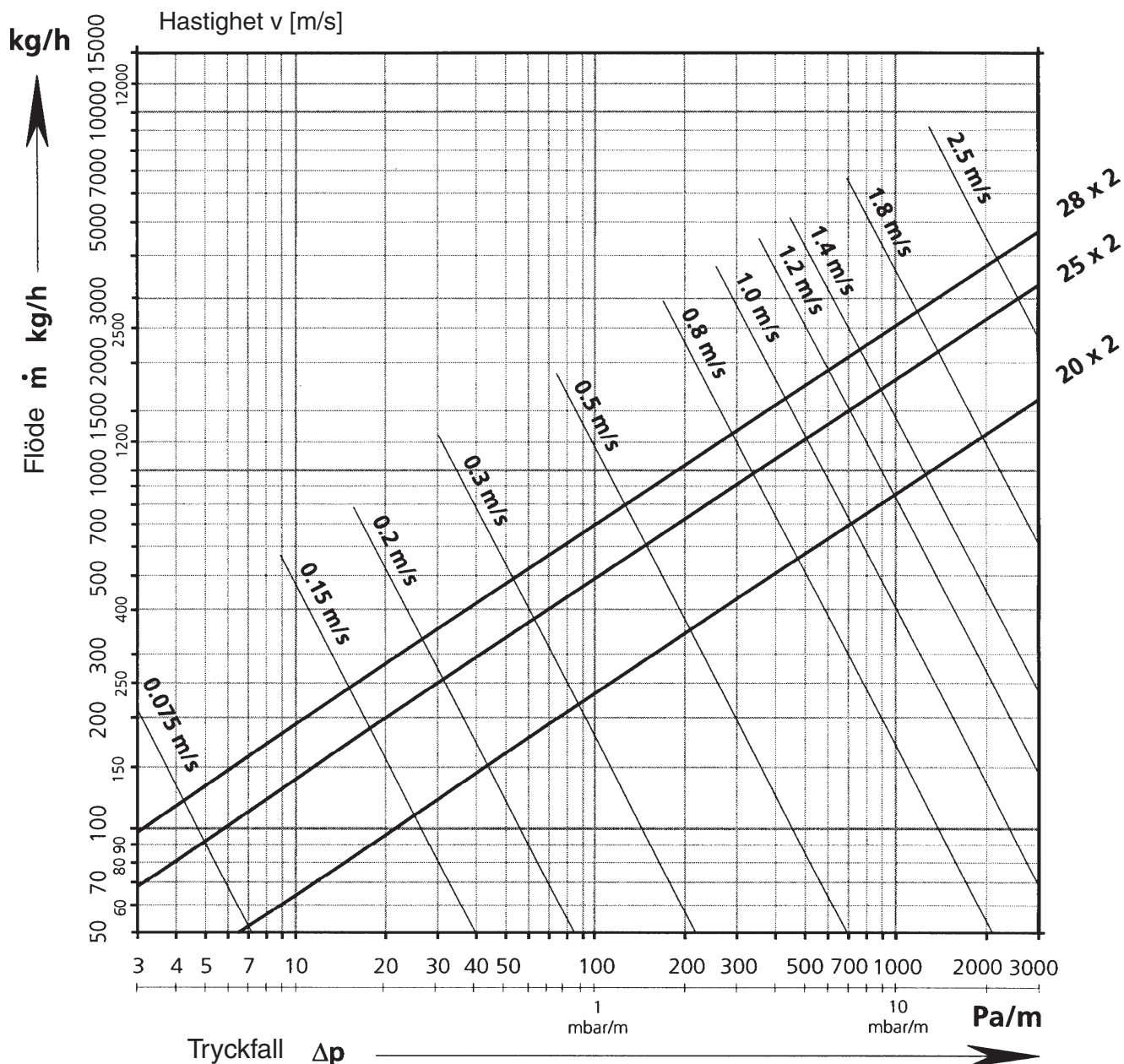
$$\dot{m} \approx \frac{Q \cdot 860}{\Delta T}$$

$\dot{m}$  = flöde i kg/h  
Q = effekt kW  
 $\Delta T$  = temperaturdifferens °C

Exempel: Effektbehov 30kW

$\Delta T = 40^\circ\text{C}$

$$\text{Erforderligt flöde} = \frac{30 \times 860}{40} = 645 \text{ kg/h}$$



## Kopparflex

Genomsnittstemperatur, vatten 80°C

Ytråhet  $\epsilon = 0.0015$  mm koppar

(1 mm vp = 9.81 Pa)

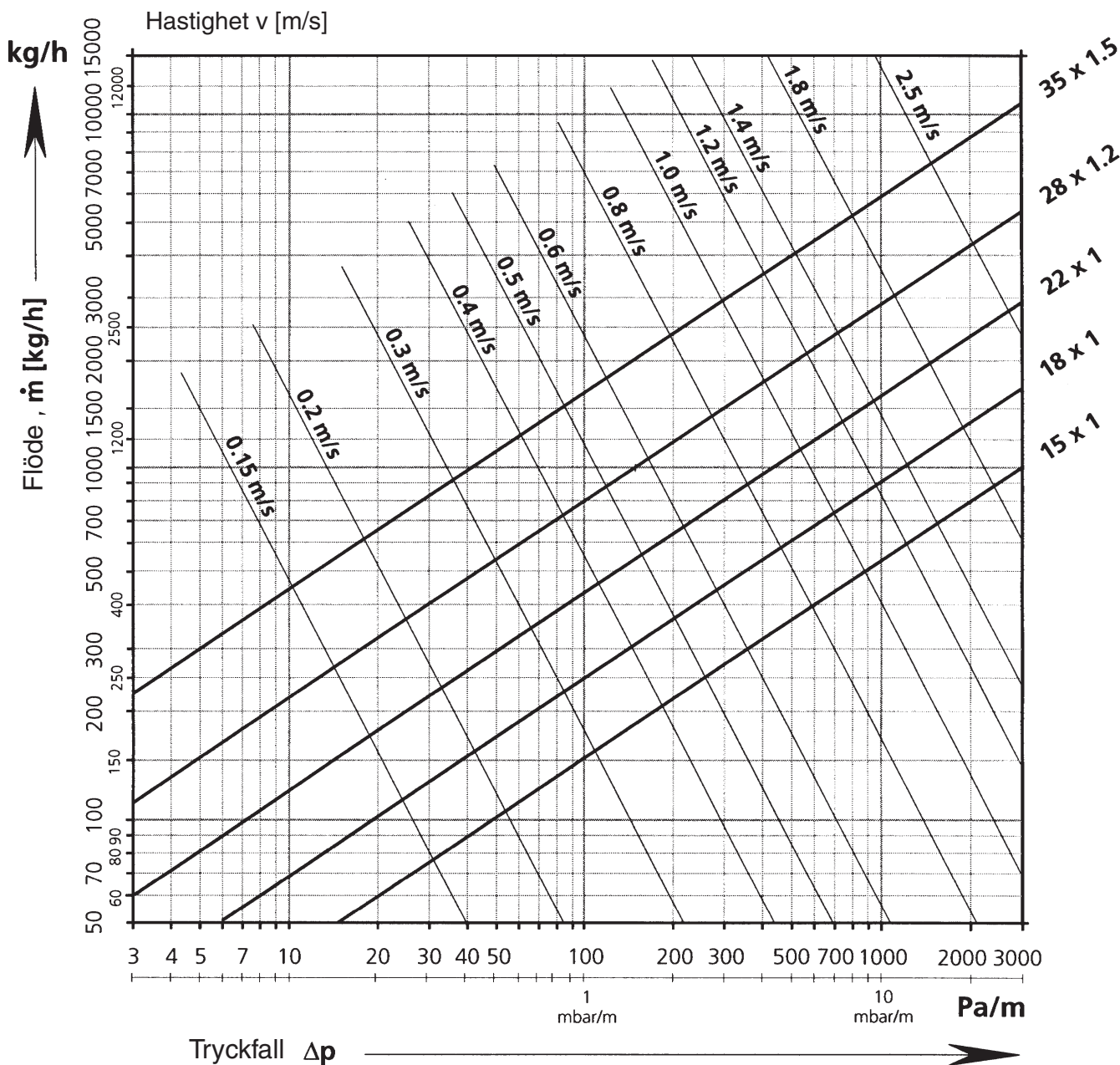
$$\dot{m} \approx \frac{Q \cdot 860}{\Delta T}$$

$\dot{m}$  = flöde i kg/h  
 Q = effekt kW  
 $\Delta T$  = temperaturdifferens °C

Exempel: Effektbehov 30kW

$\Delta T = 40^\circ\text{C}$

Erforderligt flöde =  $\frac{30 \times 860}{40} = 645$  kg/h



## Casaflex

Genomsnittstemperatur, vatten 80°C

Ytråhet  $\epsilon = 0.0016$  mm stålflex  
(1 mm vp = 9.81 Pa)

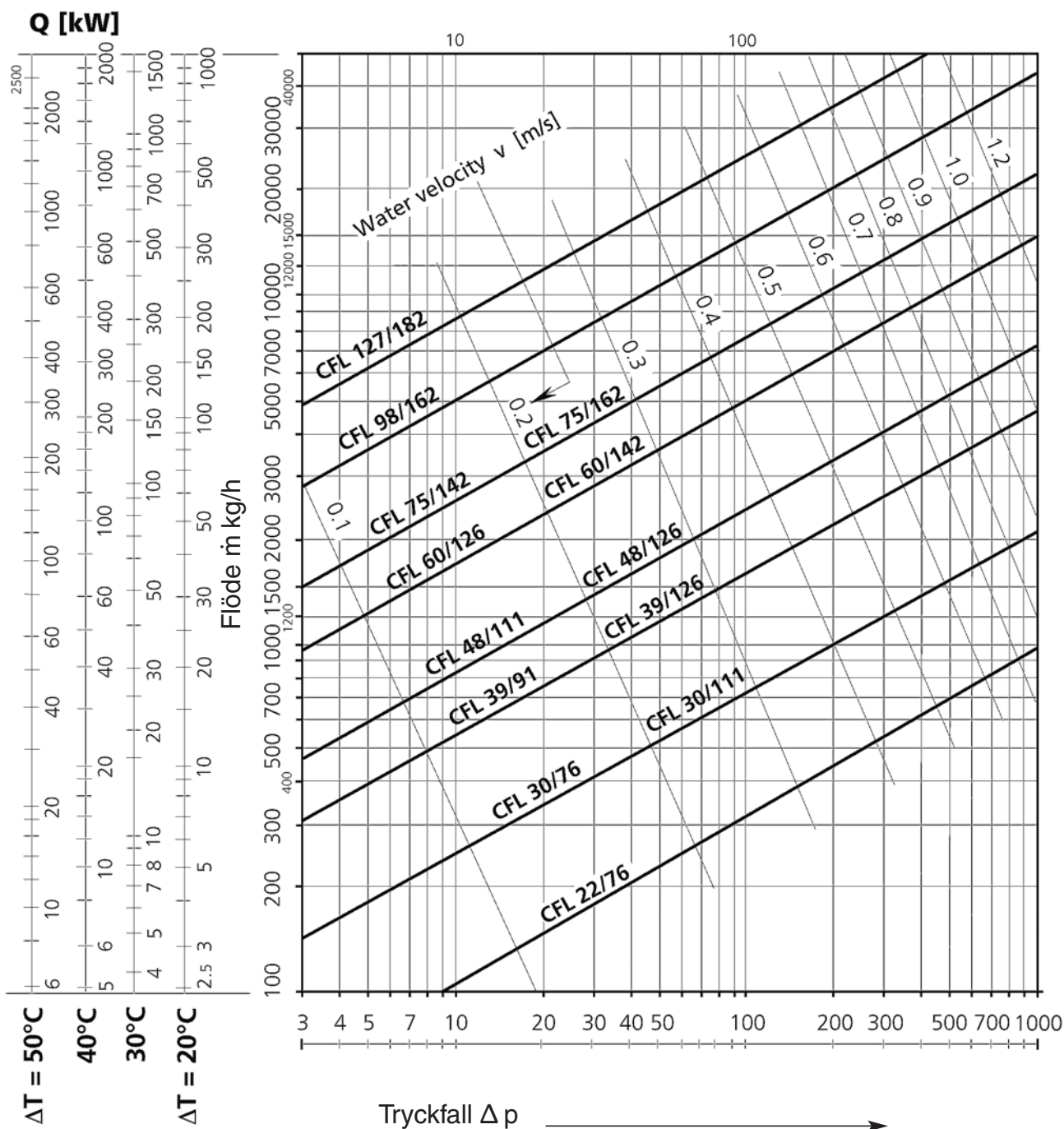
$$\dot{m} \approx \frac{Q \cdot 860}{\Delta T}$$

$\dot{m}$  = flöde i kg/h  
Q = effekt kW  
 $\Delta T$  = temperaturdifferens °C

Exempel: Effektbehov 30kW

$\Delta T = 40^\circ\text{C}$

$$\text{Erforderligt flöde} = \frac{30 \times 860}{40} = 645 \text{ kg/h}$$



## Värmeförluster

### Beräkningsförutsättningar för enkel- och dubbelrör

#### Lägningsförhållande

Fyllningshöjd	0,80 m	
Fritt avstånd mellan rör	0,20 m	Ø 110 ≤ Dy ≤ Ø 180
	0,25 m	Ø 200 ≤ Dy ≤ Ø 500
	0,30 m	Ø 630 ≤ Dy ≤ Ø 900

#### Mark

Värmeledningstal:  $\lambda_m = 1,5 \text{ W/m}^\circ \text{K}$

#### Isolering av PUR-skum

Värmeledningstal:  $\lambda_i = 0,026 \text{ W/m}^\circ \text{K}$

#### Temperatur, årsmedelvärde (primärsystem)

Framledningstemperatur:  $T_f = 85^\circ \text{C}$

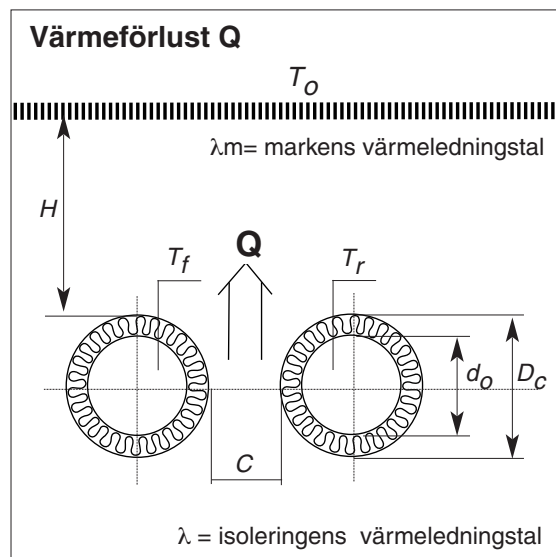
Returledningsreperatur:  $T_r = 55^\circ \text{C}$

Omgivningstemperatur:  $T_o = 5^\circ \text{C}$

$\Delta T = 65^\circ \text{C}$

$$\Delta T = \frac{T_f + T_r}{2} - T_o$$

om  $\Delta T$  ändras  $10^\circ$  påverkas förlusten med  $\frac{10}{65} = 15\%$



Värmeförlusterna för fjärrvarmerör i mark beror på:

1- Värmemotståndet i mark:  $R_m = \frac{1}{2\pi\lambda_m} \ln \left( \frac{4Z_c}{D_c} \right)$

2- Värmemotståndet i rörets isolering  $R_r = \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \left( \frac{D_{pur}}{d_o} \right)$

3- Påverkan mellan fram och returledning  $R_2 = \frac{1}{4\pi\lambda_s} \ln \left( 1 + \left( \frac{2Z_c}{C} \right)^2 \right)$

För beräkning se EN 13941

## Enkelrör

### Värmeförluster vid $\Delta T = 65^\circ\text{C}$ (avser fram och returledning)

DN	Serie 1		Serie 2		Serie 3		Serie 4	
	W/m	kWh/m.år	W/m	kWh/m.år	W/m	kWh/m.år	W(m	kWh/m.år
20			14,6	128	13,4	117	12,5	109
25	20,8	182	17,3	151	15,6	137	14,4	126
32	21,3	186	18,8	164	17,0	149	15,3	134
40	24,5	214	21,2	186	19,0	167	17,0	148
50	27,3	239	23,7	208	20,6	180	18,5	162
65	32,1	281	26,6	233	23,1	203	20,7	182
80	33,0	289	27,8	244	24,4	214	21,5	188
100	34,5	302	29,0	254	25,3	221	22,3	195
125	39,9	350	33,4	292	28,2	247	24,4	214
150	47,1	413	37,8	331	31,1	272	26,5	232
200	51,1	448	39,8	349	32,4	284	27,5	241
250	49,2	431	38,8	340	32,4	284	27,8	243
300	56,4	494	44,2	387	35,7	312	29,9	262
350	54,8	480	42,6	373	34,3	301	28,8	253
400	58,1	509	44,1	387	35,2	308	29,5	258
450	85,5	749	58,4	511	43,7	383	35,2	309
500	82,2	720	56,5	495	42,7	374	34,6	303
600	109,8	962	68,4	599	49,3	432	39,8	349
700	134,6	1179	77,7	681	55,8	488	44,8	392
800	152,0	1332	87,3	765	62,4	546		

## Dubbelrör

### Värmeförluster vid $\Delta T = 65^\circ\text{C}$

DN	STANDARD		DUBBEL+		DUBBEL++	
	W/m	kWh/m.år	W/m	kWh/m.år	W/m	kWh/m.år
2 x 20	10,1	88	8,9	78	8,1	71
2 x 25	13,2	116	11,2	97	9,9	87
2 x 32	14,6	128	12,2	107	10,8	95
2 x 40	16,6	145	14,3	125	12,4	109
2 x 50	16,4	144	13,8	121	12,2	107
2 x 65	20,2	177	16,3	143	13,7	120
2 x 80	22,8	200	17,8	156	14,6	128
2 x 100	22,9	201	17,4	152	14,4	126
2 x 125	20,8	182	16,7	146	13,6	119
2 x 150	25,6	224	19,7	173	16,1	141
2 x 200	30,5	267	21,8	191	17,3	152

Vid beräkning av värmeförbrukningen har dataprogrammet «Ekodim», EN 13941 och isolervärdet  $\lambda=0,026 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  använts, och hänsyn har tagits till att mantelrören expanderat 1%. Vid beräkning av framtida värmeförluster hänvisas till programmet «Ekodim».

## Värmeförluster flexrör

<b>Läggingsförhållande</b>	
Fyllningshöjd	0,6 m
Fritt avstånd mellan rör	0,1 m
<b>Mark</b>	
Värmeledningstal:	$\lambda_m = 1,5 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
<b>Isolering PUR skum</b>	
Värmeledningstal:	$\lambda_i = 0,024 \text{ W/m}^\circ\text{K}$

<b>Temperaturer, årsmedelvärde</b>		
	Primär-system	Sekundär-system
Framledningstemperatur	85°C	70°C
Returledningstemperatur	55°C	40°C
Omgivningstemperatur	5°C	5°C
$\Delta T$	65°C	50°C

$\lambda_i = 0,025 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  (gäller Casaflex).

### Värmeförluster, kopparflex, enkel

Dimension	Primärsystem W/m	kWh/m, år	Sekundärsystem W/m	kWh/m, år
22/91	13,4	118	10,3	90
28/91	16,1	141	12,4	108
35/91	19,7	172	15,1	133

### Värmeförluster, kopparflex, dubbel

2*15/91	7,4	64	5,7	50
2*18/91	9,3	81	7,2	63
2*22/91	11,5	101	8,9	78
2*28/91	14,9	130	11,5	101
2*18/110	7,5	66	5,8	51
2*22/110	8,7	76	6,7	59
2*28/110	10,2	89	7,8	68

### Värmeförluster, Stålflex, enkel

20/78	14,0	122	10,8	94
28/91	16,1	141	12,4	108

### Värmeförluster, Casaflex, enkel, Serie 1

22/ 91	12,6	110	9,7	85
30/ 91	15,8	138	12,2	107
39/111	16,9	148	13,0	114
48/111	21,8	191	16,8	147
60/126	24,0	210	18,5	162
75/142	29,4	258	22,6	198
98/162	37,1	324	28,6	250
127/202	40,5	354	31,2	273

### Värmeförluster, Casaflex, enkel, Serie 2

30/ 111	13,5	118	10,4	91
39/126	15,1	133	11,6	102
48/126	18,9	165	14,6	127
60/142	20,7	181	15,9	140
75/162	24,1	211	18,6	162
127/225	27,0	237	20,8	182

### Värmeförluster, Casaflex, dubbel

2*22/111	8,7	76	6,7	58
2*30/126	10,1	89	7,8	68
2*39/142	12,4	109	9,6	83
2*48/162	13,9	122	10,7	93
2*60/182	16,3	143	12,6	110

Värmeförlusterna ovan avser såväl fram- som returledning. Om  $\Delta T$  förändras påverkas värmeförlusterna linjärt.

**OBS!** Värmeförlusterna ökar med tiden för alla fjärrvärmrör. Rådfråga Powerpipe avseende optimering.