

▶ Spänningsanalys av ångledningar.

Av Ronny Åkerberg Design Review



IPIRG-1 Experiment 1,3-7
Pipe System Single-Frequency
Surface Crack Experiment
July 25, 1990

► Skillnader i volym.

- Ett kilogram vatten, 100°C har en volym ≈ 1 liter
- Ett kilogram ånga, 100 °C har en volym $\approx 1\,673$ liter

Vattnet expanderar

ca **1700** ggr



► Spänningsanalys av ångledningar

- **Historik**

- Många av de ångledningar som finns ute i industrin idag är beräknade och tillverkade för kanske 40, 50 år sedan i vissa fall kanske till och med mer.
- Enligt den tidens beräkningsnorm tog man inte hänsyn till skillnaden när det gällde hållfastheten mellan ett rör och andra rördelar när det gällde kraft och rörelsestyrda laster enda undantaget var böjar. (Den så kallade metod 1 enligt senare benämning).



Spänningsförhøjningsfaktorer

- I samband med att RN-78 kom så infördes något som kallades Sverigemetod 2. Istället för att bara titta på böjar och rårör gjordes en sammanställning på hur man skulle räkna fram en koefficient k_1 (spänningsförhøjningsfaktor) på alla typer av rördelar samt även en del svetsar som sedan användes i beräkningsformlerna.

Tabell 9-2 a och b

Detalj	Typ av rördel	h	Koefficient k	Koefficient k_1	Figur
1	Rörböj, se anm 1 och 2	$\frac{s_{\text{nom}} \cdot R}{r_n}$	$\frac{1,65}{h}$	$\frac{0,9}{h^{2/3}}$	
2	Segmentsvetsad rörböj med segmentlängd $L < r_n (1 + \tan \theta)$, se anm 1 och 2	$\frac{L \cdot s_{\text{nom}} \cdot \cot \theta}{2 r_n}$	$\frac{1,5}{h^{2/3}}$	$\frac{0,8}{h^{2/3}}$	
3	Segmentsvetsad rörböj med segmentlängd $L \geq r_n (1 + \tan \theta)$ eller med rundsvets, se anm 1 och 3	$\frac{s_{\text{nom}} (1 + \cot \theta)}{2 r_n}$	$\frac{1,5}{h^{2/3}}$	$\frac{0,9}{h^{2/3}}$	
4	Avstickare utan lokal förstärkning av huvudröret, se anm 1	$\frac{h}{n}$	1	$\frac{0,8}{h^{2/3}}$	
		$4,4 \frac{s_h}{r_n}$	1	$\frac{0,9}{h^{2/3}}$	
		$3,5 \frac{s_h}{r_n}$	1	$\frac{0,8}{h^{2/3}}$	

Tem. A102 B01-1

Weldotel

- 5 Uåknagning eller avstickare med radie i övergången mellan huvudrör och avstickare, se anm 1

$$\left(\frac{r_0}{r_n}\right)^{3/2} \cdot \frac{r_n - R_0}{r_n \cdot \frac{1}{2}} \cdot 1 \quad \frac{0,8}{h^{2/3}}$$

- 6 Avstickare med lokalt tjockare huvudrör, se anm 1

$$L < \frac{d_0}{2} + 1,8 \sqrt{D_y \cdot s_y} \quad \left(\frac{s_h + s_y}{r_n - d_0^{3/2}}\right)^{5/2} \cdot 1 \quad \frac{0,8}{h^{2/3}}$$

$$L \geq \frac{d_0}{2} + 1,8 \sqrt{D_y \cdot s_y} \quad \frac{s_y^{5/2}}{r_n \cdot s_h^{3/2}} \cdot 1 \quad \frac{0,9}{h^{2/3}}$$

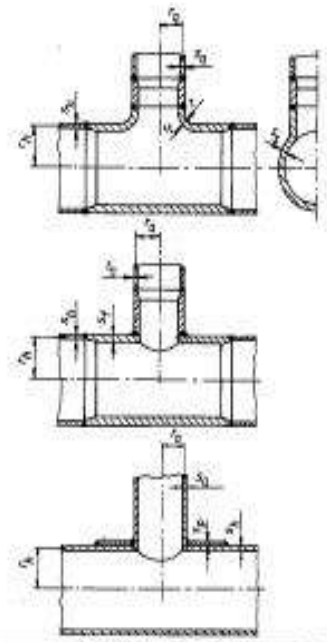
- 7 Avstickare med plåttförstärkning, se anm 1 och 4

$$\left(\frac{s_h + s_p}{r_n}\right)^{5/2} \cdot 1 \quad \frac{0,8}{h^{2/3}}$$

Beräknings (detalj 4-7):

r = hållradie
 r_n = masticarens medelradie $= \frac{d_0 - s_n}{2}$
 R_0 = effektiv radie $= r + r_n$
 r_h = huvudrörets medelradie $= \frac{D_0 - s_h}{2}$
 s_h = avstickarens nominella godstjocklek

s_h = huvudrörets nominella godstjocklek
 s_e = effektiv godstjocklek $= (s_h + s_n)$
 s_r = godstjocklek i hållradien (se detalj 5)
 s_n = godstjocklek i huvudrörets sida mitt för avstickarens (se detalj 5)
 s_y = godstjocklek i lokalt tjockare huvudrör
 s_p = plåttförstärkningens tjocklek



Spänningsförhøjningsfaktorer

101

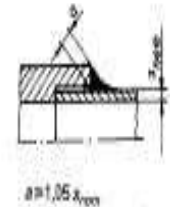
Tabell 9-2 / och k_1

Detalj	Typ av rörelse	h	Koefficient k	Koefficient k_1	Figur
8	Stumsvets $s_{nom} > 4,5$ mm och $\delta/s_{nom} \leq 0,1$ $s_{nom} \leq 4,5$ mm eller $\delta/s_{nom} > 0,1$	1	1,0 1,8 (Omsvetsen klippt jämn på in- och ut- sidan får dock vär- det 1,0 användas)		
9	Stumsvets vid godstjockleks- skilnad enligt avsnitt 11.2.2	1	$1,3 + 0,023 \cdot \frac{D_y}{s_{nom}} + 3,6 \cdot \frac{\delta}{s_{nom}}$ dock max 1,9		
10	Källsvets (instickssvets)	1	2,1		

- 11 Konkav källsvets (insticks-
svets) med jämn övergång
till rört (småtdicken
(tillåtna))

1

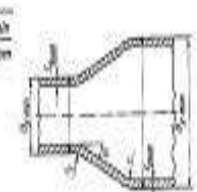
1,3



- 12 Koniskt övergångsstycke med
definierade hålkälar r och
 r_s som uppfyller 6.3.2.3
Se anm 1 och 5

1

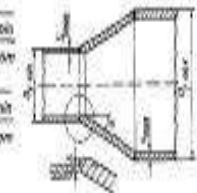
$0,5 + 0,01 \cdot a \sqrt{\frac{D_{ymn}}{\delta_{1nom}}}$
dock max 2,0



- 13 Koniskt övergångsstycke
(utan hålkälar, se anm 1 och 5)
 $s_{1nom} > 4,5$ mm och $\delta/s_{1nom} \leq 0,1$
 $s_{1nom} \leq 4,5$ mm eller $\delta/s_{1nom} > 0,1$

1

$0,9 + 0,012 \cdot a \sqrt{\frac{D_{ymn}}{\delta_{1nom}}}$
 $1,25 + 0,023 \cdot a \sqrt{\frac{D_{ymn}}{\delta_{1nom}}}$
dock min 1,8



- 14 Gångförband eller anslutning
till gångfläns

1

2,3

Beteckningar (detalj 12-13):

 D_{ymn}, D_{ymax} - α se avsnitt 6.3 s_{1nom} = nominell godstjocklek i det mindre anslutande rört s_{2nom} = nominell godstjocklek i det större anslutande rört δ = skilnad i modeträns på ömse sidor om svetslinje

101

Reduktionsfaktor

- Förutom detta infördes även en reduktionsfaktor f med vilken man tog hänsyn till utmattning beroende på antalet cykler som rörledningen utsattes för.

Reduktionsfaktorn f är beroende av ekvivalenta antalet cykler N_E av totalt rörelseomfång δ enligt tabell 9:1.

Tabell 9:1 Reduktionsfaktorn f

N_E	f
– 7 000	1,0
7 000– 14 000	0,9
14 000– 22 000	0,8
22 000– 45 000	0,7
45 000–100 000	0,6
100 000–	0,5

► Spänningsanalys av rörledningar

- **Beräkning**

- De äldre rörledningarna är beräknade för hand och med hjälp av nomogram vilket innebar att man valde ut ett antal ställen som man misstänkte var högt påkända och räknade på dessa. Risker med detta var att vissa högt påkända delar kanske inte blev beräknade och därmed tillräckligt förstärkta.



Spänningsanalys av ångledningar

- Många av ångledningarna jobbar med höga temperaturer vilket innebär att de hamnar i krypområdet vilket gör att tillåtna beräkningsspänningar baserades på 100 000 timmars värden.
- Vilket ger vid kontinuerlig drift ca.12 års drifttid.
- Många av ångledningarna som är i drift idag har 4 – 5 så lång driftstid, vilket borde innebära att risken för krypskador är betydande.
- Vid högt påkända ställen är risken störst att krypskador uppkommer och provning och undersökning borde därför i första hand inriktas mot dessa.

Spänningsanalys av ångledningar

Besiktning

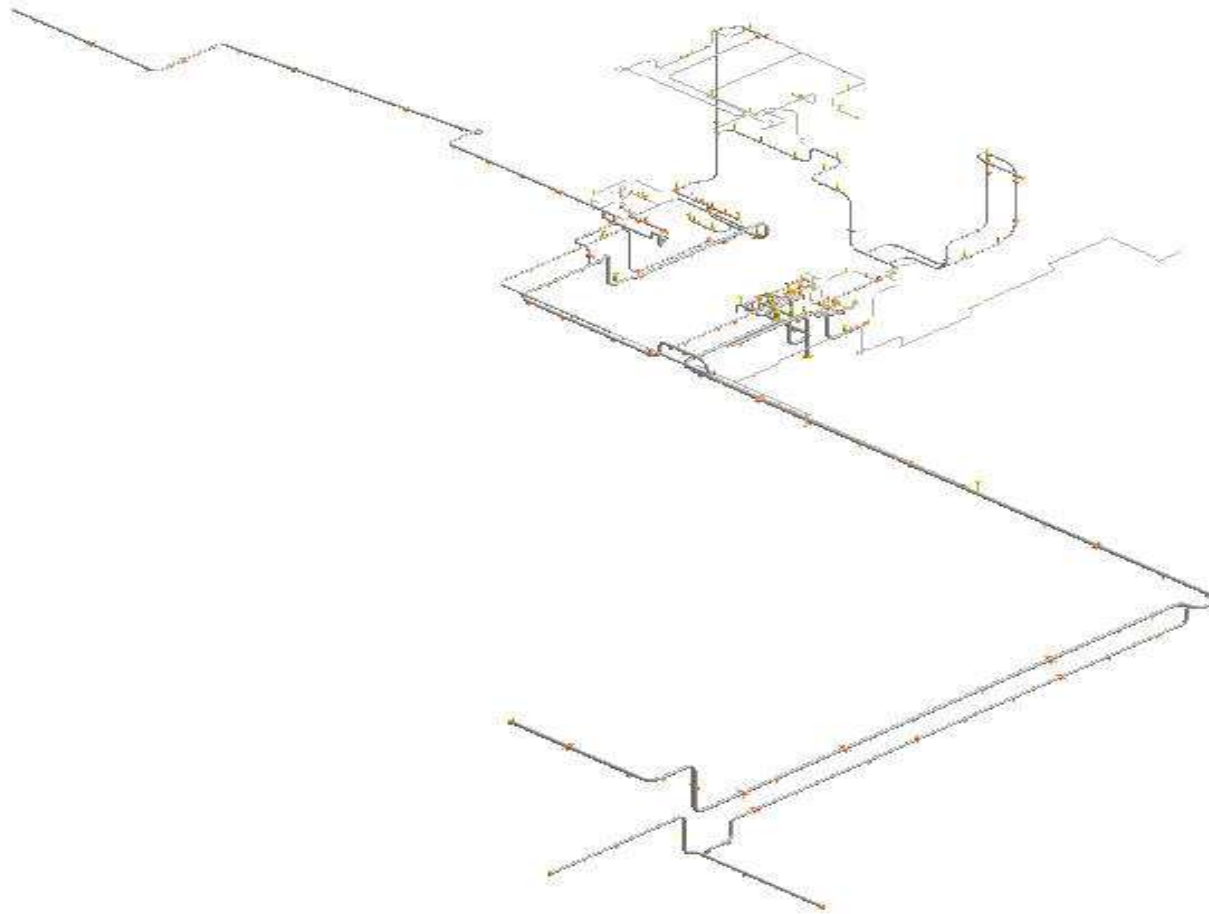
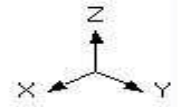
- Enligt AFS 2005:3 så skall en rörledning i klass A besiktigas vart sjätte år.
In och utvändig undersökning skall utföras i den omfattning som erfordras för att man skall kunna bedöma att det inte finns defekter eller omständigheter som är ogynnsamma för säkerheten.
- Ovanstående är ord och inga visor. Ett tryckkärl är väl en sak men en rörledning. Vart börjar man? En rörledning som kan vara flera hundra meter lång med en massa avstick och som dessutom kan vara väldigt svåråtkomlig att kontrollera.
- Det är ju i princip omöjligt att bedöma vart kontrollen skall göras utifrån vad man kan se med blotta ögat, vad som händer är väl att man ganska naturligt väljer de ställen där man kanske har haft problem med skador eller T-stycken eller rördelar som sitter bra till.

► Spänningsanalys av ångledning

- **Rekommendation**

- Ett bra sätt som vi varmt rekommenderar är att göra en analys med hjälp av ett rörberäkningsprogram för att hitta kritiska punkter.
- .
- Vi på beräkning har gjort detta hos en del av våra kunder vilket har underlättat för dessa att hitta rätt ställen för kontroll. Detta har även inneburit en trygghet för kunden att veta att man har gjort det man kan för att få en trygg ångledning eller ångnät.
- Ytterligare fördelar är att för att kunna göra en riktig bedömning av vart de stora spänningarna finns, måste man ut och kontrollera på plats hur väl isometrierna stämmer med verkligheten. Under tiden från det att ledningen byggdes tills idag kan det hänt mycket. Avstick, ventiler, stöd, fjäderupphängningar som tillkommit eller försvunnit. Fjädrar som efter lång och trogen tjänst har tappat sin spänst och inte alls fungerar som det var tänkt o.sv..

► Översikt ånganläggning med hög-, mellan- och lågtrycksånga



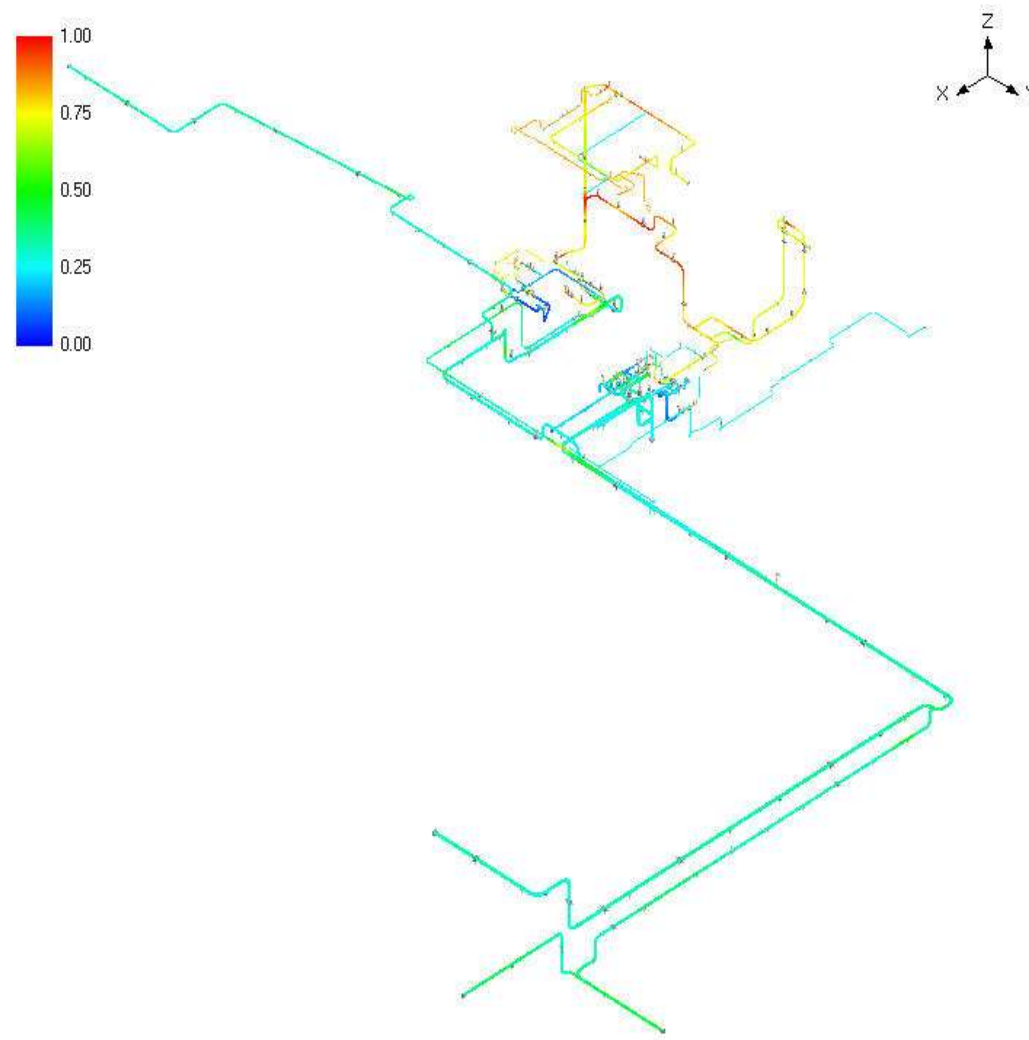
Resultat efter analys: Sorterade spänningar

Caepipe : Swedish (1978) Code compliance (Sorted stresses) - ...

File Results View Options Window Help

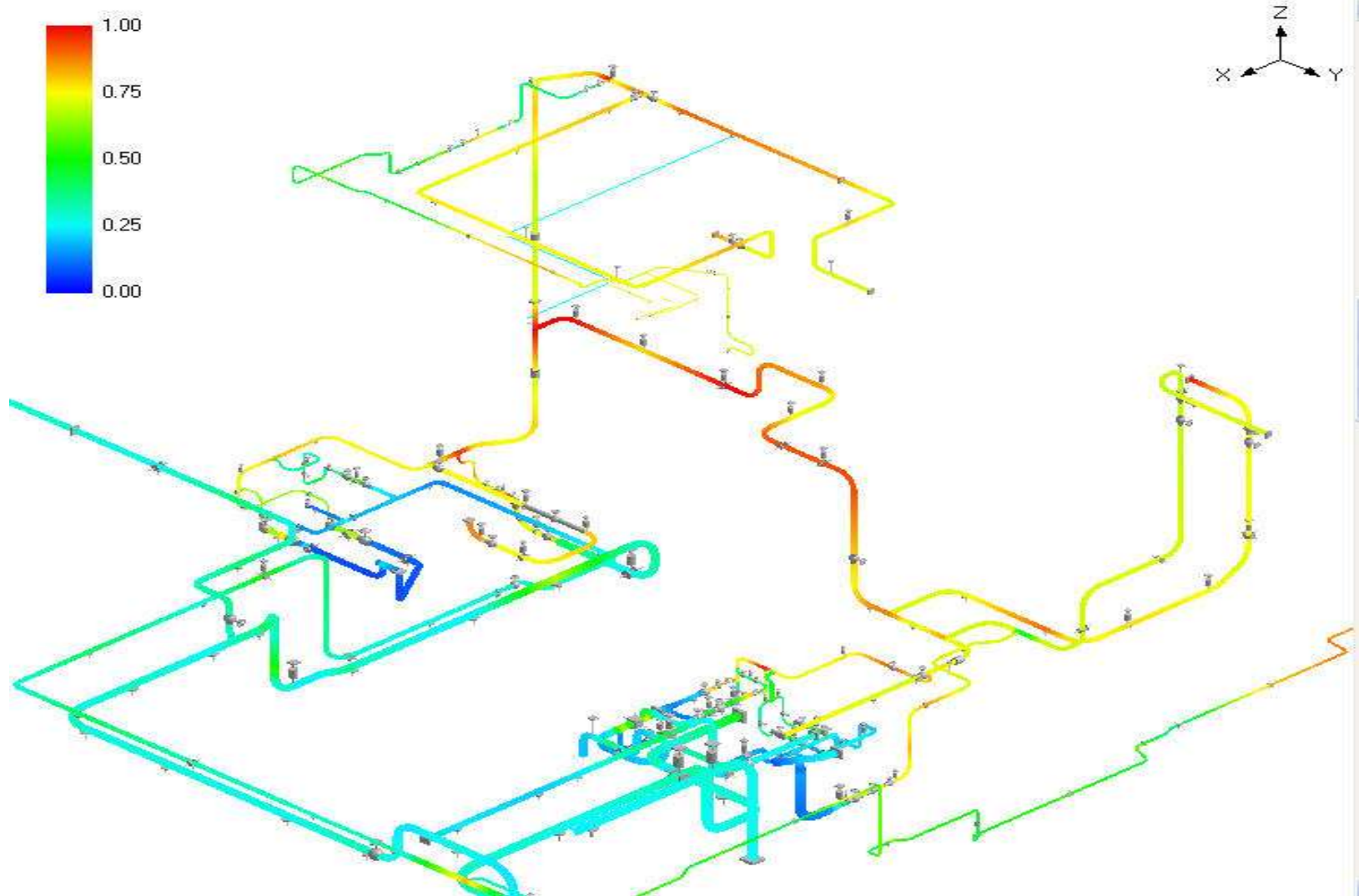
#	Sustained (9.37)				Expansion (9.39)				Expansion (9.40)			
	Node	SL (MPa)	SH (MPa)	SL SH	Node	SE (MPa)	SR (MPa)	SE SR	Node	SL+SE (MPa)	SH+SR (MPa)	SL+SE SH+SR
1	490	178.6	102.6	1.74	1520	449.2	168.8	2.66	1520	485.4	290.0	1.67
2	485	146.6	102.6	1.43	5010	396.0	163.8	2.42	3040	415.0	257.5	1.61
3	480B	123.6	102.6	1.20	1900	369.2	163.8	2.25	5010	430.1	300.5	1.43
4	580	123.3	102.6	1.20	3040	321.4	154.9	2.07	1900	396.3	300.5	1.32
5	450	120.2	102.6	1.17	3010	252.8	154.9	1.63	3060	336.7	257.5	1.31
6	480A	117.5	102.6	1.14	3060	250.6	154.9	1.62	3010	335.0	257.5	1.30
7	7580	111.1	102.6	1.08	250	241.2	154.9	1.56	250	332.0	257.5	1.29
8	470	108.4	102.6	1.06	695	237.3	156.3	1.52	3025	340.6	267.1	1.28
9	1100A	107.9	102.6	1.05	790	234.8	154.9	1.52	7580	305.0	257.5	1.18
10	3025	113.0	110.8	1.02	3820	234.5	154.9	1.51	790	303.6	257.5	1.18
11	440B	104.2	102.6	1.02	3025	227.5	156.3	1.46	3820	292.1	257.5	1.13
12	8030	103.4	102.6	1.01	4540B	256.5	179.0	1.43	695	297.3	267.1	1.11
13	2436	102.7	102.6	1.00	9170	228.0	163.8	1.39	3020A	285.4	257.5	1.11
14	1170	99.92	102.6	0.97	4550A	242.7	179.0	1.36	6020B	273.6	257.5	1.06
15	630	99.16	102.6	0.97	4540A	241.3	179.0	1.35	3020B	273.0	257.5	1.06
16	2440	98.42	102.6	0.96	4530B	240.9	179.0	1.35	6030A	272.5	257.5	1.06
17	2400A	97.50	102.6	0.95	3020A	206.4	154.9	1.33	6030B	267.0	257.5	1.04
18	300B	95.82	102.6	0.93	778	200.9	154.9	1.30	6020A	265.7	257.5	1.03
19	8080	95.07	102.6	0.93	6020B	199.5	154.9	1.29	778	264.1	257.5	1.03
20	370	94.98	102.6	0.93	3020B	198.8	154.9	1.28	3022B	263.9	257.5	1.02
21	300A	94.64	102.6	0.92	6030A	198.7	154.9	1.28	3022A	263.5	257.5	1.02
22	310	94.60	102.6	0.92	4330	229.4	179.0	1.28	490	263.3	257.5	1.02
23	380A	94.49	102.6	0.92	780	198.3	154.9	1.28	780	262.5	257.5	1.02
24	7530	93.93	102.6	0.92	7580	193.9	154.9	1.25	3370	271.6	267.1	1.02
25	3040	93.61	102.6	0.91	6020A	193.2	154.9	1.25	4540B	277.5	290.0	0.96
26	440A	93.30	102.6	0.91	6030B	193.1	154.9	1.25	3607	245.2	257.5	0.95
27	430B	93.25	102.6	0.91	4550B	212.9	179.0	1.19	4330	273.3	290.0	0.94

- Vi börjar att titta på kraftstyrda spänningar d.v.s. spänningar på grund av egenvikt, stöдавstånd, felaktiga fjädrar eller fel förspänningar.

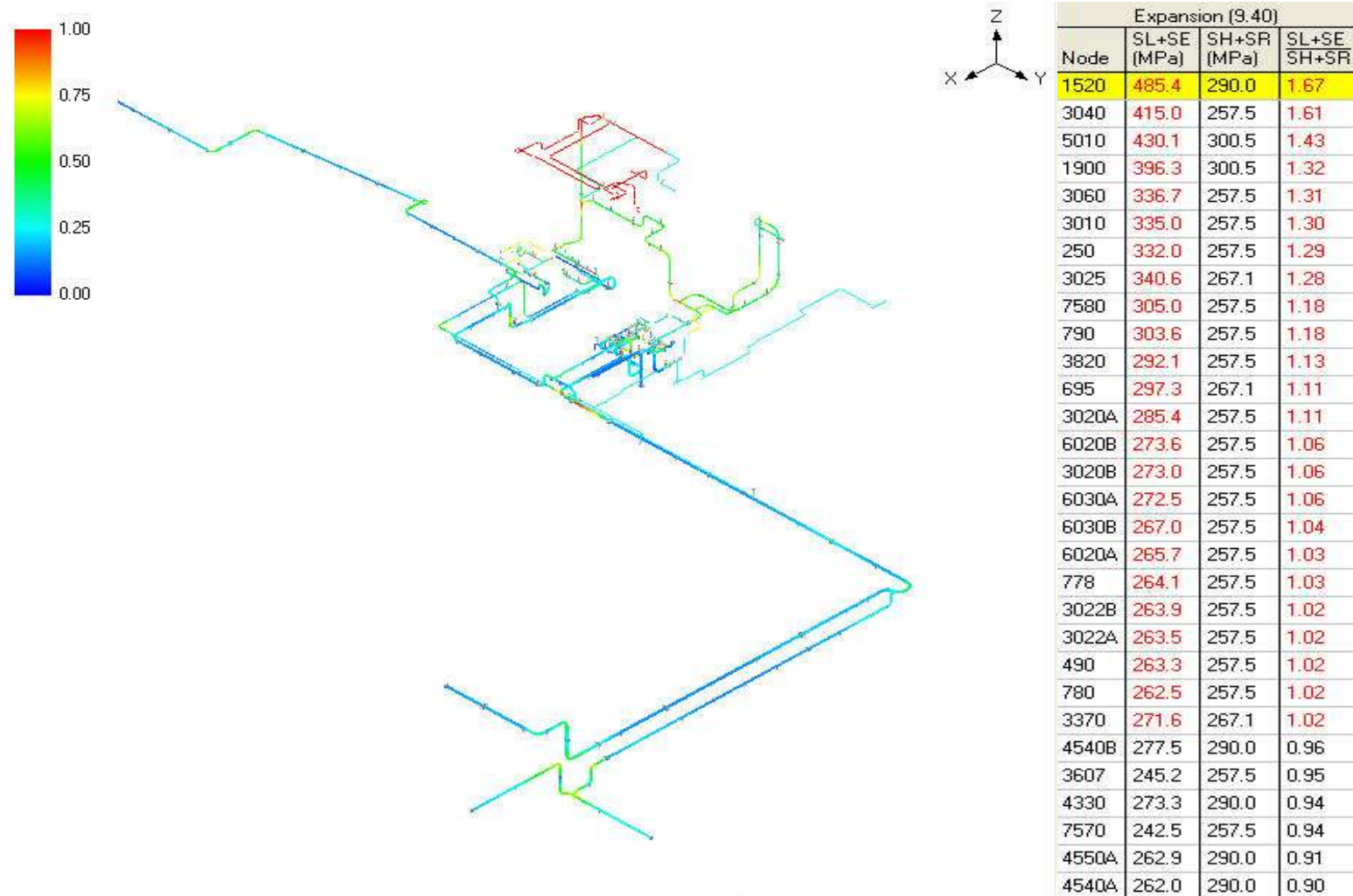


#	Sustained (9.37)			
	Node	SL (MPa)	SH (MPa)	SL SH
1	490	178.6	102.6	1.74
2	485	146.6	102.6	1.43
3	480B	123.6	102.6	1.20
4	580	123.3	102.6	1.20
5	450	120.2	102.6	1.17
6	480A	117.5	102.6	1.14
7	7580	111.1	102.6	1.08
8	470	108.4	102.6	1.06
9	1100A	107.9	102.6	1.05
10	3025	113.0	110.8	1.02
11	440B	104.2	102.6	1.02
12	8030	103.4	102.6	1.01
13	2436	102.7	102.6	1.00
14	1170	99.92	102.6	0.97
15	630	99.16	102.6	0.97
16	2440	98.42	102.6	0.96
17	2400A	97.50	102.6	0.95
18	300B	95.82	102.6	0.93
19	8080	95.07	102.6	0.93
20	370	94.98	102.6	0.93
21	300A	94.64	102.6	0.92
22	310	94.60	102.6	0.92
23	380A	94.49	102.6	0.92
24	7530	93.93	102.6	0.92
25	3040	93.61	102.6	0.91
26	440A	93.30	102.6	0.91
27	430B	93.25	102.6	0.91
28	3080	93.14	102.6	0.91

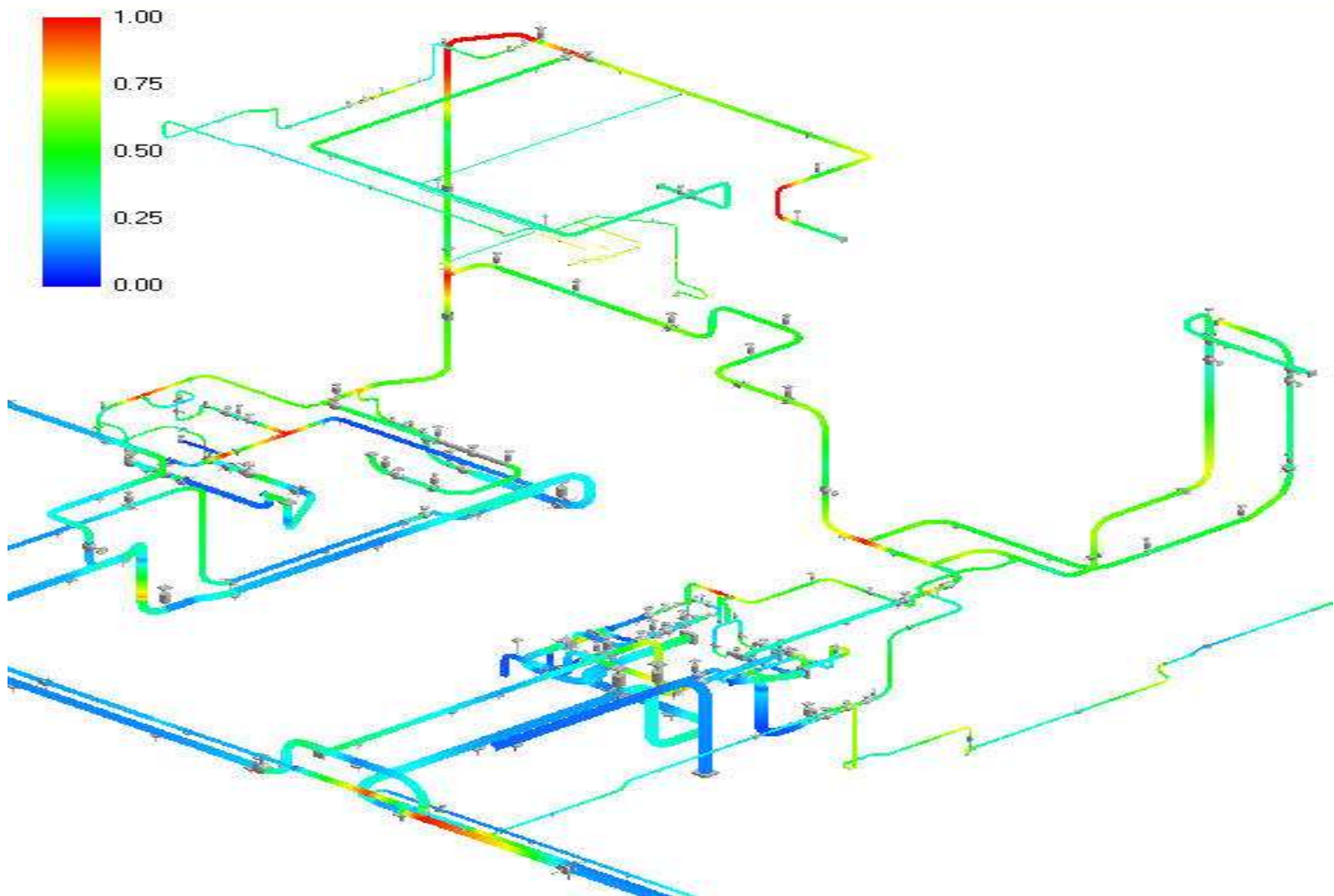
Kraftstyrda spänningar



► **Rörelsestyrda spänningar d.v.s. sådana spänningar som orsakas av expansionen av rörledningen.**



► Rörelsestyrda spänningar



▶ TRUST & QUALITY www.inspecta.com