



**Connecting
Markets**



Kalibrace potrubí po výstavbě

Ing. Miroslav Tichý, NET4GAS s. r. o.

Ing. Václav Herman, NET4GAS s. r. o.

Ing. Martin Stukbauer, CEPS a. s.

Základní důvody kalibrace potrubí

Ověření kvality provedení stavby

- nekvalitní práce při svařování plynovodu
- nedostatečná úprava dna výkopu a provedení podsypu nebo obsypu
- nesprávná pokládka
- nedostatky při výrobě ohybů
- mimotoleranční komponenty (T-kusy, IS, armatury)



Cíle provádění kalibrace

- zjistit, zda je potrubí průchodné pro standardní čisticí, ale i elektronické inspekční písky
- zjistit, zda v potrubí nejsou zabudovány díly s nestandardním vnitřním průměrem
- zjistit, zda v potrubí nejsou zabudovány díly s nestandardní ovalitou (může být způsobena výrobou, montáží a pokládkou)
- zjistit, zda v potrubí nejsou místní imperfekce, zejména boule vzniklé nedodržením technologických postupů při manipulaci a pokládce

Kalibrační deska



- levná metoda
- nepřesná orientační informace

Geometrická inspekce



- drahá metoda
- přesné informace o typu i lokalitě

Použitý kalibrační píst je obdobou obousměrného pístu osazeného vodicími, tažnými a distančními disky obvykle vyrobenými z polyuretanu. Osazení disků je středově souměrné, sestavy jsou tedy vůči sobě otočeny.



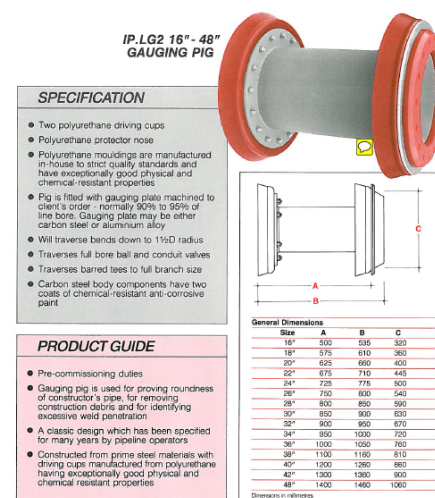
- jednoduchá metoda
- průkazné stanovení průchodnosti
- nedokáže lokalizovat imperfekce
- cestou se otáčí
- použití pro „předkalibraci“ (menší deskou se ověří průchodnost před kalibrací pomocí elektronického nástroje)

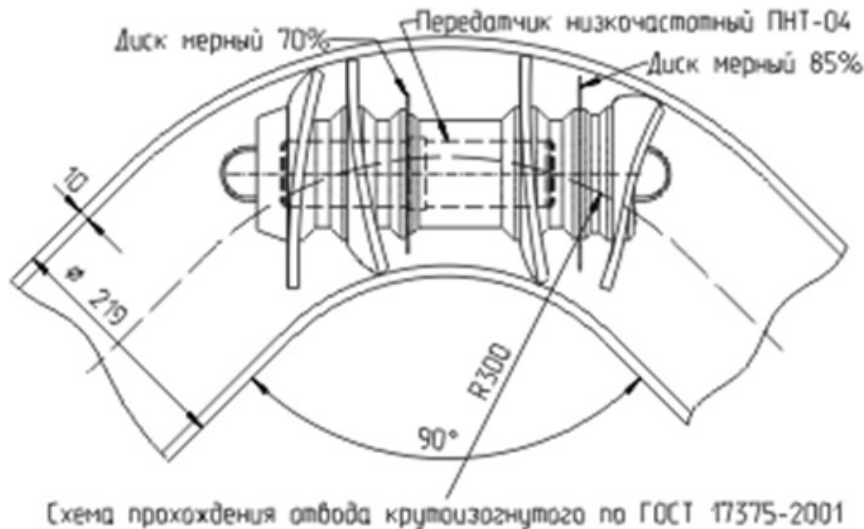
Mezi disky

- Deska je umístěna mezi zadní těsnicí disky, podmínkou je dostatek místa mezi disky. Deska je chráněna vodícím diskem a je sevřena mezi dostatečně silné distanční disky. Nejprůzračnější umístění.
- Výhodou tohoto uspořádání je, že deska je sestavou manžet držena co nejbližší ose potrubí, ze které se příliš nevzdálí ani v prudkých ohybech potrubí.

Nově někteří výrobci pístů osazují kalibrační desku *před sestavu zadních manžet*, kde nedochází ke kontaktu se zdeformovaným těsnicím diskem.

V poslední době se začalo prosazovat osazení kalibrační desky se shodnou sestavou předních a zadních manžet. Ježek je koncipován jako jednosměrný. Tato sestava má umožnit přesnější vedení kalibrační desky osou potrubí a zároveň vytvořit prostor pro deformaci disků.

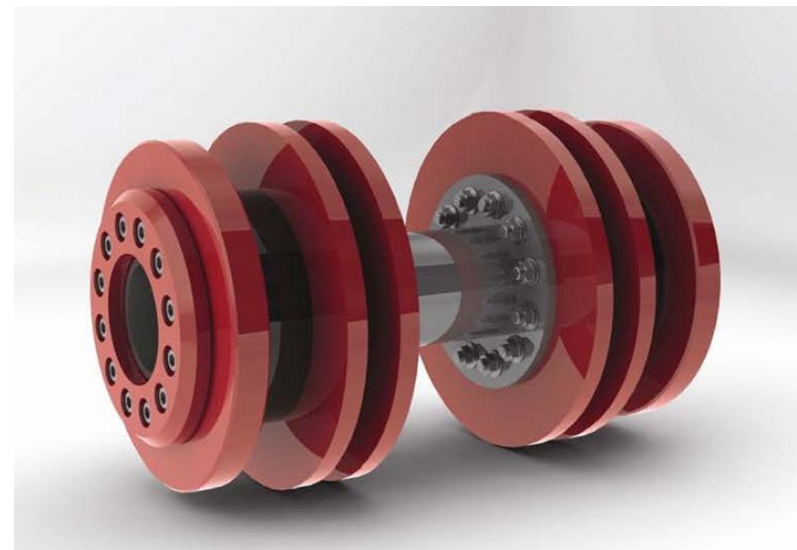




Z ruských zdrojů –
průchod ohybem
R/D 1,5 – obdobně se
chová píst i ve větších
poloměrech, i když
méně výrazně

Z obrázku je zřejmé, že
někdy používané nesené
umístění desky za pístem
není vhodné

Typický obousměrný píst,
kalibrační deska se montuje
místo 3. tažného disku



Ve středu pístu

Protože u ohybů menších poloměrů hrozí poškození desky jejím „vysunutím“, není vhodné použití u plynovodů s ohyby menšími než 10 D.

Vlečená

Platí totéž, co pro umístění ve středu pístu – z geometrie je jasné, že možné poškození v malých poloměrech ohybů (potažmo použitý průměr) je závislé na vyložení.

Deska je v tomto případě méně ohrožena vytlačnými nečistotami.



Různé použití desky na pístu



Doplnění kalibračního pístu elektronikou

Osazení pístu např. **modulem PDL** (Pipeline Data Logger) umožní dílčí vylepšení výsledků.

PDL je záznamové zařízení, které v průběhu kalibrace ukládá data

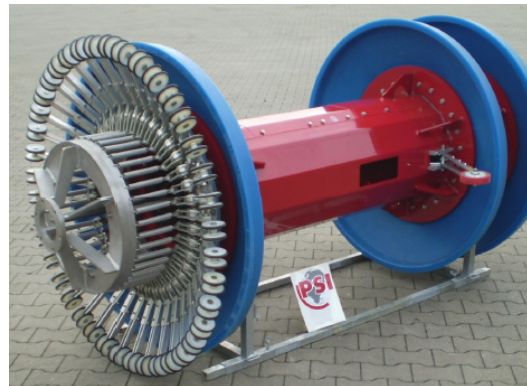
- **čas průchodu** – umožní základní, byť nepřesné, určení polohy pístu při objevení imperfekce
- **zrychlení** – lze usuzovat na imperfekce
- **otáčení pístu**
- **teplota**
- **rozdíl tlaku před a za pístem**
- při jednotlivých **imperfekcích** je (z polohy pístu) též možno odhadnout, o jaké se jedná
- polohu lze upřesnit detailní analýzou záznamu a srovnáním s kladečským deníkem



Geometrická inspekce pomocí kalibračního nástroje Caliper pig

Přesná metoda pomocí elektronického měřicího pístu, kalibrace tímto nástrojem se stává stále častěji součástí přejímky plynovodu

- průkazné stanovení průchodnosti
- přesná lokalizace imperfekce
- určení typu imperfekce
- výsledky lze zobrazit ve 3D prezentaci
- existují různé druhy s méně nebo více zaznamenávanými kanály



- Kalibraci je možno zodpovědně provést po dokonalém vyčištění potrubí. Konstrukce přijímací komory má umožnit pneumatické dobrzdění pístu. (Barel komory má být jen o málo většího průměru, aby po minutí odvzdušňovací armatury či armatur byl píst aerodynamicky zabrzděn.)
- Pokud je použita neuzavřená komora (lapač), musí být takové konstrukce, aby nemohlo dojít k poškození kalibrační desky.
- Startovací komora musí být takové konstrukce, aby se deska nepoškodila již při odjezdu pístu z komory, například na redukci komory.
- Před lapací komorou a ve svaru nebo spojení plynovod–komora nesmí být ve směru kalibrace převýšení, které by zbrzdilo píst, který by byl po zvýšení tlaku „vystřelen“ do komory.



- Zdroj vzduchu musí být vhodného výkonu, za ideální rychlost pro kalibraci je považována průměrná rychlost 0,3–0,5 m/s.
 - Příliš velká rychlost pohybu pístu vede k velkým odstředivým silám v ohybech.
 - Vlivem tření dochází k ohřevu manžet o stěnu trubky, které při vysokých rychlostech (běžně lze dosáhnout i 50–100 m/s) způsobuje tání polyuretanu a ztrátu těsnosti pístu v potrubí.
- Při dlouhých nebo členitých úsecích dochází k trhavému pohybu pístu potrubím, kdy ježek poskakuje potrubím vlivem topologie úseku, často doplněné o změny síly stěny.
- Pokud se v úseku nachází několik továrních ohybů lze pravděpodobnou úspěšnost kalibrace zvýšit vhodnou volbou směru kalibrace – zařazením ohybů na začátek úseku, kdy ježek jede nejplynuleji.
- Plynulost pohybu je možno řídit tlakem před pístem.

- U větších dimenzí je to také otázka bezpečnosti obsluhy provádějící kalibraci. Držením protitlaku se zmenšuje velikost skoků ježka, neboť nárůst tlaku před ježkem je větší než při atmosférickém tlaku, a tím je ježek dříve a častěji brzděn. Tak se kalibrace stává plynulejší.
- Protitlak lze v úseku požadovat od počátku kalibrace, kompromisní řešení je nechat protitlak v úseku vygenerovat během postupu kalibrace.
- Standardně se kalibrace provádí bez drženého protitlaku. V případě zjištěných problémů (deformace desky) se opakovaná kalibrace provádí s protitlakem. Toto opatření obvykle vyžaduje změnu technologického postupu.



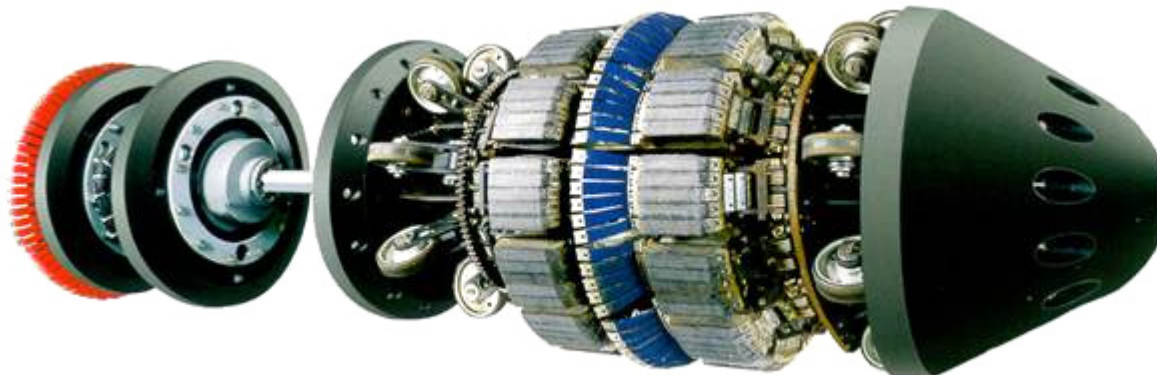
Zásadním problémem uvedené jednoduché metody průkazu průchodnosti je správné stanovení rozměru desky, což není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát.

Při stanovení velikosti (průměru) desky musíme též zohlednit důvody, proč jsou výše uvedené cíle kalibrace důležité.

- průchodnost inspekčního pístu
- snížení přepravní kapacity
- přípustné lokální imperfekce
- omezení pevnostních parametrů
- kvalita komponent a výstavby

Průchodnost inspekčního pístu

- V potrubí se nesmí vyskytnout takové zúžení nebo geometrické odchylky, které by znemožnily provést provozní čištění, výchozí nebo periodické inspekce elektronickými nástroji.
- Průchodnost je prvotním a velmi důležitým důvodem kalibrace. Náklady spojené s vyjmutím „zaseklého“ inteligentního pístu jsou nemalé, zejména proto, že inspekce je obvykle prováděna na zprovozněném plynovodu.
- Také případné poškození inspekčního nástroje znamená nemalé náklady.



Průchodnost inspekčního pístu – požadavek

		síla stěny pro 73,5 bar kat. C					armatura	průměr desky			vodící disk	požadavky inspekce		
DN	NPS	skutečný průměr	L360NB	L415NB	L485NB	Di min	koule dle API 6D	L360NB	L415NB	L485NB		PII	Rosen	BG
—	—	Φ [mm]	t [mm]	t [mm]	t [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]	Φ [mm]
300	12"	323,9	8,8			306	303	290			220	n/y	n/y	270
350	14"	368,3	8,8			351	334	334			250	n/y	n/y	n/y
400	16"	406,4	8,8			389	385	371			320	n/y	n/y	n/y
500	20"	508	11	10		486	487	466	468		400	456	480	452
500	21"	530	11	10		508	neuvádí	488	490			n/y	465	n/y
600	24"	610	14,2	12,5		582	538	560	563		500	n/y	n/y	n/y
700	28"	711	16	14,2		679	684	655	659		590	624	657	623
800	32"	813	17,5	16		778	779	752	755		670	714	n/y	726
900	36"	914		25,2	23,0	864	874		836	841	760	801	n/y	820
1000	40"	1016		18,7	16,1	979	976		949	954	860	888	n/y	903
1200	48"	1219		22,3	19,2	1174	1166		1141	1147	1060	1070	n/y	1110
1400	56"	1422		25,9	22,3	1370	1360		1333	1340	1235	1274	n/y	n/y

Snížení přepravní kapacity

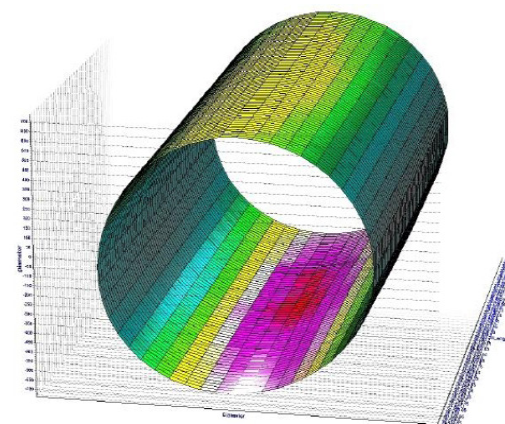
- Je možným, ale obvykle ne příliš zajímavým důvodem, protože hledáme lokální vady, které vzhledem k ojedinělému výskytu a malému snížení průchozí plochy nemohou kapacitu potrubí významně ovlivnit.
- I značné překročení tolerancí nemůže významně ovlivnit kapacitu plynovodu (tlakovou diferenci mezi začátkem a koncem plynovodu).

Omezení pevnostních parametrů

- Deformace při výrobě ohybů, pokládce a zásypu mohou ovlivnit pevnostní parametry plynovodu.
- Distribuce napětí nemusí být rovnoměrná a může dojít k plastickým deformacím převyšujícím povolenou mez. Jedná se především o výrazné překročení povolené ovality a případné „zlomy“ trubky u trubek s vysokou štíhlostí.

Přípustné lokální imperfekce

- Lokální imperfekce „boule“ jsou jedny z nejnebezpečnějších vad vzniklých při výstavbě. Nejčastěji se vyskytují v poloze okolo 6, případně 12 hodin (mohou být ale i jinde). Vzniknou obvykle vytlačení kamenů, zmrzlých hrud a podobně při pokládce potrubí do nedostatečně provedeného podsypu nebo zásypu.
- Mohou se projevit až po letech, vadou izolace a korozním narušením. Mohou vést až k porušení integrity potrubí.



Kvalita komponent

- Kontrolovat kvalitu komponent prostřednictvím geometrické inspekce je sice možné ve smyslu nevyhovujících rozměrů nebo úchylek od požadovaných hodnot, ale není to zásadním přínosem.
- Předchozí kroky kontroly kvality a dodávek musí zabezpečit, aby takovéto díly vůbec nebyly převzaty, natož zabudovány do plynovodu.



Velikost kalibrační desky, nepodkročitelný průměr

- existuje řada vzorců pro výpočet průměru kalibrační desky založených *na skutečném nejmenším průměru* použitém v potrubí (nejmenší průměr trubek, ohybů, tvarovek, armatur)
 - bez odečtení nebo s odečtením tolerancí průměru a tloušťky stěny
 - bez odečtení nebo s odečtením a vlivu ovality
- založené *na jmenovitém průměru*
 - tolerance a ovality se sčítají nebo nesčítají

Pro plynovody v ČR platí dle TPG 702 04

$$D = 0,98 D_i - 10 \text{ [mm]}$$

kde D_i je nejmenší vnitřní průměr potrubí, přičemž ovalita a tolerance tloušťky stěny se neuvažuje. Tolerance na průměr trubky se nezmiňuje.

Průměr se použije i pro vyhodnocení běhu kalibračního el. nástroje.

*Pozn.: Provozovatelé neplynovodních potrubí určují velikost desky jako 95 % DN, tedy jmenovitého průměru. Pro DN 500 je to tedy $0,95 * 500 = 475 \text{ mm}$.*

Výpočet kalibrační desky podle TPG 702 04 (odchylky podle ČSN EN 10 208)

D	t	Di	0,98 Di	0,98 – 10	vůle mezi deskou a stěnou	odchylka t	Dit	vůle mezi deskou a stěnou	Di ovalita 5%	vůle mezi deskou a stěnou
114,3	4,0	106,3	104,2	94,2	6,1	5,0	104,3	5,1	103,6	4,7
168,3	5,0	158,3	155,1	145,1	6,6	6,0	156,3	5,6	154,3	4,6
219,1	6,3	206,5	202,4	192,4	7,1	7,3	204,5	6,1	201,3	4,5
323,9	7,1	309,7	303,5	293,5	8,1	8,1	307,7	7,1	302,0	4,2
508,0	8,0	492,0	482,2	472,2	9,9	9,0	490	8,9	479,7	3,8
711,0	10,0	691,0	677,2	667,2	11,9	11,0	689	10,9	673,7	3,3
1016,0	12,5	991,0	971,2	961,2	14,9	13,5	989	13,9	966,2	2,5

Příklady s jednou započítanou odchylkou. Ovalita u velkých dimenzí tlačí volný prostor úplně k nule. Pokud tam bude trubka se silnější stěnou než je nominální, nelze tento způsob kalibrace vůbec provádět.

Minimální průměr potrubí

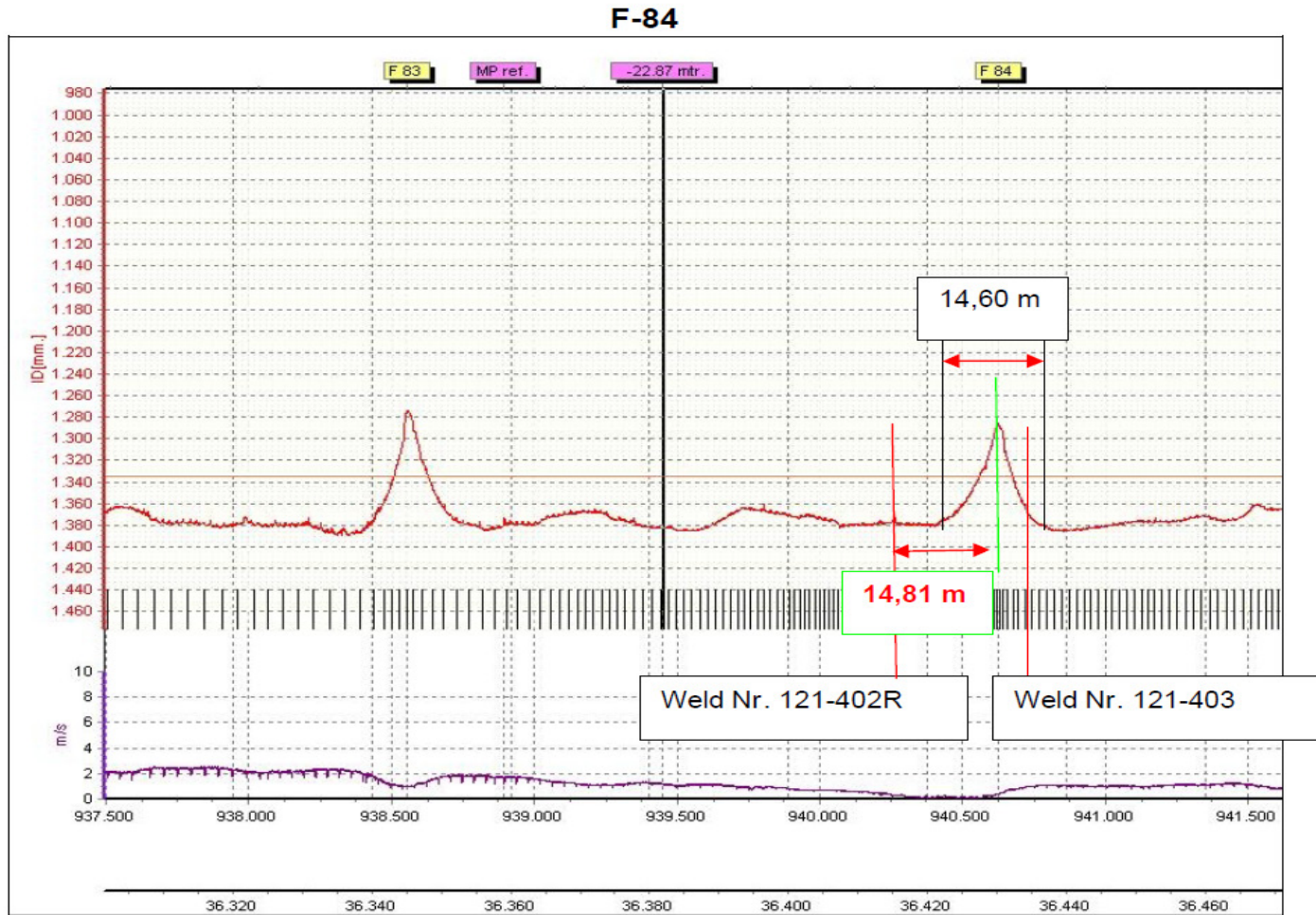
- **Parametrem** rozhodujícím o velikosti kalibrační desky je v tomto případě jednoznačně pouze vnitřní průměr potrubí. **Faktorů**, které je nutné zohlednit, je však poněkud více.
- Nutno zohlednit výjimky pro tolerance (síla stěny, ovalita, průměr).
- Pozornost je nutno věnovat T-kusům a továrním ohybům, které jsou v projektech dokládány samostatným pevnostním výpočtem. Ty mohou být dodány s takovou silou stěny, že prakticky znemožní kalibraci.
- Norma umožňuje redukci u T-kusů až na 0,8 DN.
- K těmto skutečnostem je nutno přihlédnout již při projektování plynovodu.
- Pozor na opotřebené disky kalibračního pístu.

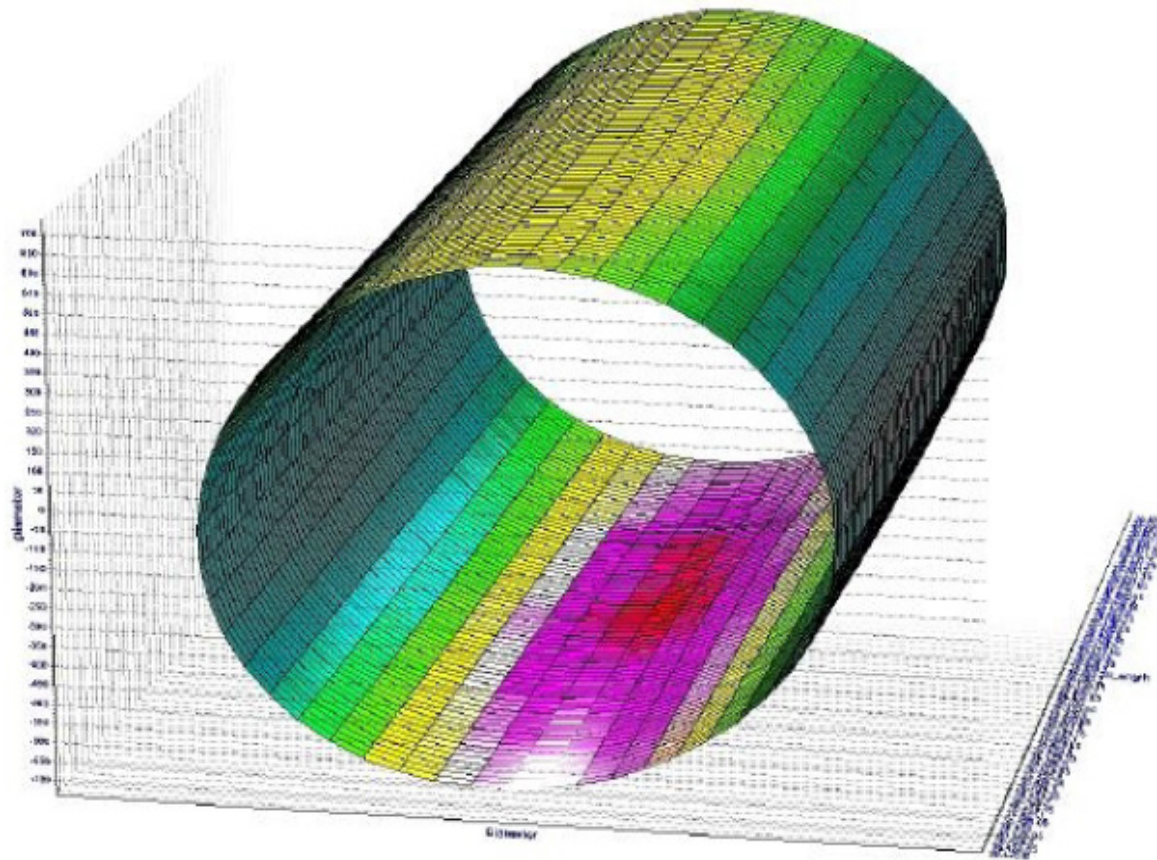


*Ve směrnici **Merkblatt 1060** VdTÜV je uveden shodný vzorec s doplněním, že je tento průměr relativně velký a není ho možno ve všech případech dodržet, u potrubí do DN 200 a u potrubí s D_i větších než 0,025 není kalibrace nutná. Naopak u potrubí větších než DN 500 je doporučen běh geometrického pístu pro lokalizaci případných imperfekcí. Jako důvod nedodržení je uváděno zabudování armatur, vnitřního obložení, a především kolen (ohyby do R/D 5–10) Předchozí kroky kontroly kvality a dodávek musí zabezpečit, aby takovéto díly vůbec nebyly převzaty, natož zabudovány do plynovodu*

- Vyhodnocení kalibrace provádí pracovník provozovatele, který má s touto činností zkušenosti a má pravomoci k rozhodnutí o následných krocích. Nelze jednoznačně stanovit pravidla a postupy při zjištění poškození kalibrační desky.
- Pracovník musí mít k dispozici příslušnou dokumentaci, především kladečský deník, zákres úseku, výškový profil a všechny záznamy o průběhu kalibrace.
- Obvyklým krokem po vyhodnocení kalibrační desky jako poškozené je opakovaný průjezd s deskou původní velikosti, nebo snížené velikosti, podle typu a velikosti poškození a údajů zejména o vedení trasy.
- Výpis a nástroje pro vizualizaci výsledků geometrické inspekce dávají pracovníkovi názorné a jasné podklady pro rozhodnutí.

- Pro objektivní vyhodnocení je důležitým údajem poloměr ohybů použitých v trase. Možné je též nasazení sady desek různých průměrů na jednom nosiči.
- Pozornost je nutno věnovat především podezřením na vady geometrie nazývané „boule“ a postupovat individuálně.
- **Nejnebezpečnější poruchou** je mimo neprůchodnosti též lokální imperfekce. Při výskytu poškození ve spodní či horní části je vždy nutno místo lokalizovat a odkopat zásyp pro zjištění skutečného stavu věci
- Zejména u delších plynovodů větších dimenzí by měla být samozřejmá geometrická inspekce elektronickým Caliper pístem.





No.	P. No.	Date/Time	Distance (mtr.)	Speed m/s	Remaining [ID mm]	Feature designation
1	2	15-08-2012 17:03:43	0,48	0,01	1382,87	Launcher
2	2	15-08-2012 17:15:15	81,1	0,42	1373,53	Change of Wallthickness 18 to 21,5 mm
3	2	15-08-2012 17:16:51	98,14	0,31	1371,32	Change of Wallthickness 21,5 to 25,5 mm
4	3	15-08-2012 17:33:30	272,11	1,21	1332,35	Vibration
5	3	15-08-2012 17:36:24	302,74	1,57	1343,17	Vibration
6	3	15-08-2012 17:43:57	373,77	0,97	1356,97	Vibration
7	3	15-08-2012 17:51:19	448,4	1	1331,2	Vibration
8	3	15-08-2012 18:02:10	553,3	2,61	1371,93	Change of Wallthickness 25,5 to 21,5 mm
9	3	15-08-2012 18:03:39	569,57	1,98	1371,44	Change of Wallthickness 21,5 to 18 mm
10	3	15-08-2012 18:49:28	1029,97	0,03	1316,34	Ovt on Bend 4,77%; SBL 10°; R.No.107bv10445; P.12
11	5	15-08-2012 20:31:25	2021,34	0,17	1354,93	Bend SBR 45°; P.No.C11000461; P.9
12	5	15-08-2012 20:31:41	2038,22	2,15	1341,65	Bend SBR 7.2°; P.No.40928; P.9
13	5	15-08-2012 21:08:32	2440,18	0,51	1290,41	Ovality 6.21%; P.No.107bv10188; P.7
14	7	15-08-2012 23:45:13	4118,23	0,77	1350,5	Bend SAG 22.5°; P.No.C11000371; P.No.3
15	8	16-08-2012 01:06:49	4898,96	0,21	1385,55	Receiver

Number	Log distance (m)	Up weld distance (m)	Feature type	Feature identification	Comment	Location	Length (mm)	Width (mm)	Clock (h:m)	Nominal t (mm)
7530	12719,1	9,2	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,0%, SW area	EXT	2051	355	5,38	18,00
9140	15487,2	3,8	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW+FB area	EXT	3004	474	5,12	18,00
12400	20853,4	7,5	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,0%, FB area	EXT	775	307	5,35	25,50
12770	21373,1	10,8	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,3%	EXT	1139	366	5,41	25,50
13630	22793,0	11,7	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW area	EXT	2045	386	5,22	18,00
14630	24551,6	12,6	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,2%, SW+FB area	EXT	697	365	5,28	18,00
15260	25646,3	13,3	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,6%, SW area	EXT	1509	376	5,2	18,00
15770	26548,7	7,3	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW+FB area	EXT	2450	391	5,1	18,00
18560	31259,7	15,1	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,4%, SW area	EXT	1755	371	5,25	18,00
18970	31957,2	8,9	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,2%, SW+FB area	EXT	2292	348	5,31	18,00
18990	31989,8	4,8	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,4%, SW area	EXT	1132	433	5,2	18,00
23260	39238,4	1,4	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 3,0%, GW area	EXT	1045	462	5,07	21,50
23380	39423,5	7,8	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 3,5%, SW area	EXT	1262	434	5,18	18,00
23400	39459,7	7,4	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW area	EXT	1667	461	5,38	18,00
24970	42299,4	0,0	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW+GW area	EXT	1323	379	5,28	18,00
25980	44137,7	16,5	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,2%, SW+GW area	EXT	793	273	5,31	18,00
26800	45527,7	9,9	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 3,4%, FB area	EXT	900	451	5,23	18,00
26990	45859,0	6,6	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,0%, SW area	EXT	480	339	5,25	18,00
27110	46086,9	17,2	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,2%, GW area	EXT	1074	328	5,37	18,00
27660	46990,7	5,8	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,4%, SW area	EXT	1393	376	5,06	18,00
27670	47014,1	10,9	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW area	EXT	842	279	5,31	18,00
27950	47513,2	8,6	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, SW area	EXT	915	376	5,31	18,00
28410	48310,8	3,5	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,7%	EXT	712	393	5,24	18,00
28520	48508,6	6,7	Anomaly	Dent	MaxIDRed: 2,1%, FB area	EXT	1436	393	5,29	21,50

jiný způsob předání výsledků



Connecting Markets



**Děkujeme za kalibrovanou
pozornost**

