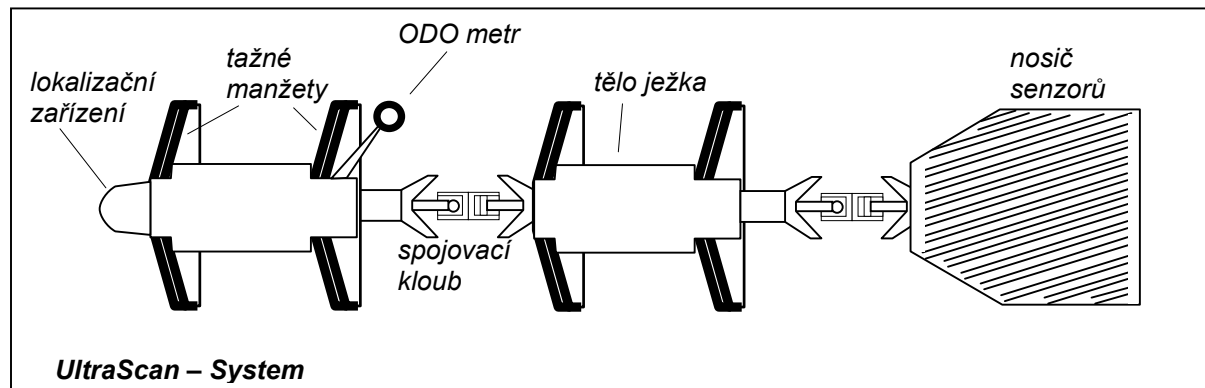


## Popis metody UltraScan používané při inspekci ropovodů

Metoda UltraScan pracuje na principu proměnlivosti rychlosti ultrazvukového signálu v různých prostředích (materiálech). Pro zařízení, kterým se vnitřní inspekce provádí, se vžil název inteligentní ježek (IJ).

Obrázek č. 1 – Ježkovací sestava UltraScan



**IJ** je soustava modulů nesoucích elektroniku, zdroje, senzory a vysílač. Moduly jsou spojeny pohyblivými klouby. **IJ** je v potrubí unášen dopravovaným médiem. Zařízení dokáže detekovat úbytky materiálu, laminace, vybouleniny či pleny a zřetelně rozpozná armatury, odbočky, návarky a některé opravy.

Součástí závěrečného vyhodnocení je seznam vad podle propočtové listiny MAOP (maximální operační tlak) a potrubní kniha, kde jsou číselně označeny jednotlivé roury tak, jak jsou položeny od vkládací po příjmovou komoru. Tím je dána možnost odkryvu konkrétního místa s velkou přesností.

Každý první běh je považován za referenční. Později se porovnává s následnými běhy plánovanými vždy po asi 4 – 5 letech. Smyslem těchto opakovaných běhů je možnost sledování případného vývoje vad. Registrují se také všechny technologické změny.

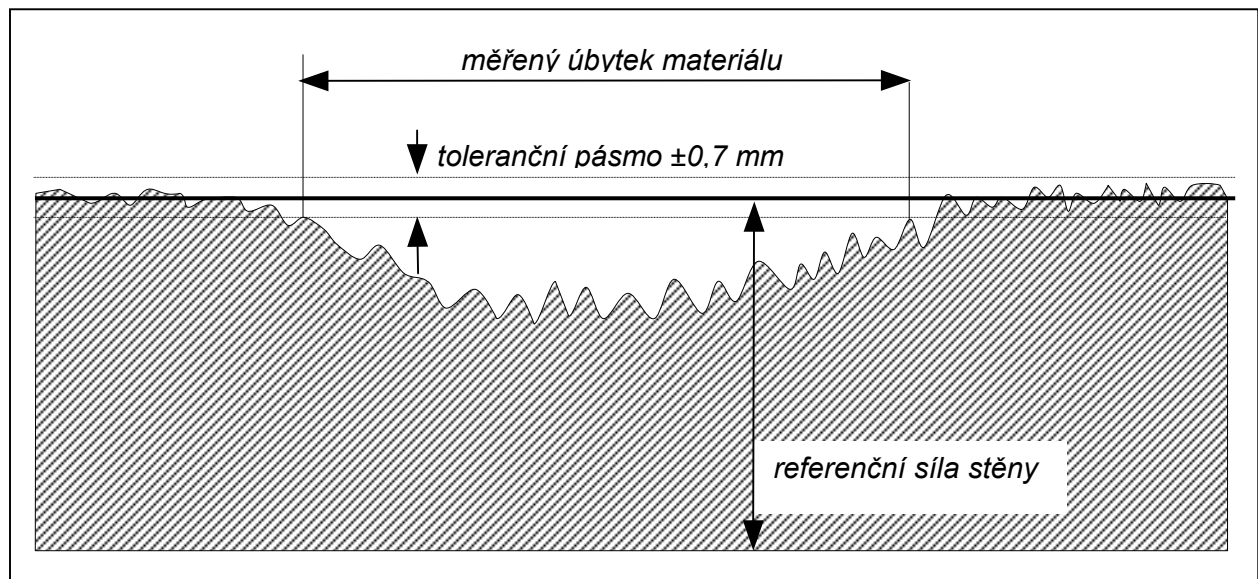
Při inspekčním běhu jsou data načítána do interní paměti. Jsou průběžně zpracovávána v kompresním módu a ukládána. Komprese se provádí z důvodu nelinearity nerovností v potrubí. Některá potrubí mají menší toleranční pásmo, naměřené hodnoty se téměř neliší – zde se uplatní komprese, data šetří místo v paměti. Jsou snímány dva základní údaje, a to síla stěny a vzdálenost senzoru od stěny.

Referenční hodnoty síly stěny a vzdálenosti senzoru od stěny jsou propočítávány kontinuálně během chodu **IJ**. Na základě průběžně nastavovaného tolerančního pásma jsou zaznamenané hodnoty uvedeny na právě platnou referenční hodnotu.

Hodnoty přísluší konkrétní toleranční oblasti (nejmenší jednotkou je délka trubky), viz obrázek č. 2.

Hodnoty naměřené vně tolerančního pásma jsou uloženy nezměněné s dosaženým rozlišením.

Obrázek č. 2 – Toleranční pásma



Zařízení UltraScan je vybaveno ODO metrem, který průběžně načítá vzdálenost. Pozici vady na obvodu určuje snímač, který definuje polohu vady ve 360° obvodu trubky. Přesnost načtených dat, vzhledem ke vzdálenosti, se zjišťuje pomocí stacionárních vysílačů (TBMS – Time Based Marker System), kdy přijímač v **IJ** přijme přesný časový impuls z vysílače – markeru, jehož poloha je s vysokou přesností zaměřena. Přesná znalost polohy se využívá později při vyhodnocování, kdy se neshodují vzdálenosti naměřené **IJ** s údaji geodetického zaměření.

Metoda UltraScan dokáže s vysokou přesností stanovit sílu stěny a jasně rozlišit externí a interní vady. Výsledky měření lze snadno odečíst z barevných diagramů.

Z inspekce je získán přehled o defektech, které lze rozdělit na vnitřní a vnější a na výrobní a provozní.

Při standardním nastavení **IJ** měří každý jednotlivý senzor s frekvencí 300 Hz. To znamená, že při rychlosti ježka 1 m/s v axiálním směru se provádí měření síly stěny každých 3,3 mm a že axiální rozložení měřených bodů je lineárně závislé na rychlosti.

#### Závislost na síle stěny

Až do 25 mm síly stěny je tolerance nepřesnosti 0,2 mm, při větších silách stěny do 50 mm je tolerance až 0,4 mm.

Pro ukládání do paměti ježka je standardně nastaven nejmenší úbytek na 0,4 mm. Důvodem je příliš nezátěžovat kapacitu paměti, která je k dispozici. Tato tolerance (nepřesnost) rovněž koresponduje s výrobní tolerancí.

### Technická data:

Počet senzorů	164 ks
Frekvence	300 Hz
Disponibilní průměry potrubí	200 – 700 mm
Nejmenší zaručená průchodnost	75 % jmenovitého průměru
Nejmenší rádius	3 D
Citlivost systému	3,3 x 3 mm; hloubka vady > 0,4 mm
Měření vzdálenosti	2 ks odometrických kol
Lokalizace IJ	nadzemní mobilní markery
Přesnost lokalizace	0,1 m od každého obvodového svaru
Dosah	Až 400 km
Životnost akumulátorů	500 h
Maximální provozní tlak	100 barů
Médium	Ropa

### Výsledky inspekčního běhu

Po vyjmutí ultrazvukového inspekčního ježka z příjmové komory je prověřena kvalita načtených dat. Je důležité, aby data byla použitelná pro vyhodnocení stavu potrubí. V případě neúplnosti dat, např. z důvodu málo vyčištěného potrubí, je nutno běh opakovat.

Prokáže-li datový test kompletnost údajů, jsou data uložena na CD a doručena do laboratoře firmy provádějící inspekci, kde jsou zpracována. Zákazník obdrží závěrečnou zprávu v tomto rozsahu:

- parametry běhu (datum, čas, rychlost proudění apod.)
- potrubní knihu (řazení trub včetně délek a síly stěn)
- seznam vad rozdělených do kategorií: úbytky materiálu, laminace, vybouleniny a ostatní
- markerovou listinu (všechny pozice, kde byly v terénu položeny stacionární vysílače)
- CD s grafickým vyobrazením celého úseku

Hodnocení stavu ropovodu se provádí na základě inspekčním ježkem zjištěných úbytků materiálu podle metodiky výpočtů daných normou ASME B31G.

Pro výpočet maximálního provozního tlaku (Maximal Operation Pressure – MAOP) jsou použity hodnoty rozměrů vad a provozního tlaku. Dodavatel inspekce zahrne výsledky výpočtů do sloupce v listině vad, která je součástí závěrečné zprávy.

Vyhodnocení, ve kterém je stanoven koeficient redukce tlaku vzhledem k únosnosti potrubí, je určující pro klasifikaci závažnosti vad a pro postupy oprav.

Vady vybrané k odkryvu a opravě se ještě individuálně vyhodnocují a zohledňují se tyto faktory:

- typ trubky, na které se vada nalézá
- blízkost svaru
- blízkost instalace

### Výpočet MAOP

redukovaný tlak  $P_{rd}$  je vypočítán podle následujícího vzorce:

$$\text{Vzorec č. 1} \quad P_{rd} = 1,1 \cdot p_{ld} \cdot \left[ \frac{1 - \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{Dpth}{t} \right)}{1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{Dpth}{t \cdot \sqrt{G \cdot G + 1}}} \right]$$

kde  $G$ :

$$\text{Vzorec č. 2} \quad G = 0,893 \cdot \left( \frac{Lnght}{\sqrt{Dt}} \right)$$

$Dpth$ (mm)	naměřená hloubka vady
$Lnght$ (mm)	naměřená délka vady
$D$ (mm)	nominální vnější průměr
$t$ (mm)	(a) nominální síla stěny podle údajů zákazníka (b) naměřená referenční síla stěny (c) naměřená referenční síla stěny v okolí vady
$P_{ld}$ (bar)	(a) lokální tlak podle údajů zákazníka (b) lokální tlak vypočítaný podle síly stěny

Koeficient redukce tlaku  $C_{pr}$  je vypočítán podle následujícího vzorce:

$$\text{Vzorec č. 3} \quad C_{pr} = \frac{P}{P_{rd}}$$

kde  $P$  (bar) (a) zadaný podle údajů zákazníka  
(b)  $P_{ld}$  vypočítaný s pomocí naměřené síly stěny a vlastností oceli

$P_{rd}$  (bar) snížený tlak vypočtený vzorcem č. 1

### Interpretace vad pomocí zobrazovacího programu

Pro zobrazení vady je použit software, který vytvoří barevný obrázek s rozlišením 640 x 350 bodů. Je použito 16 barev.

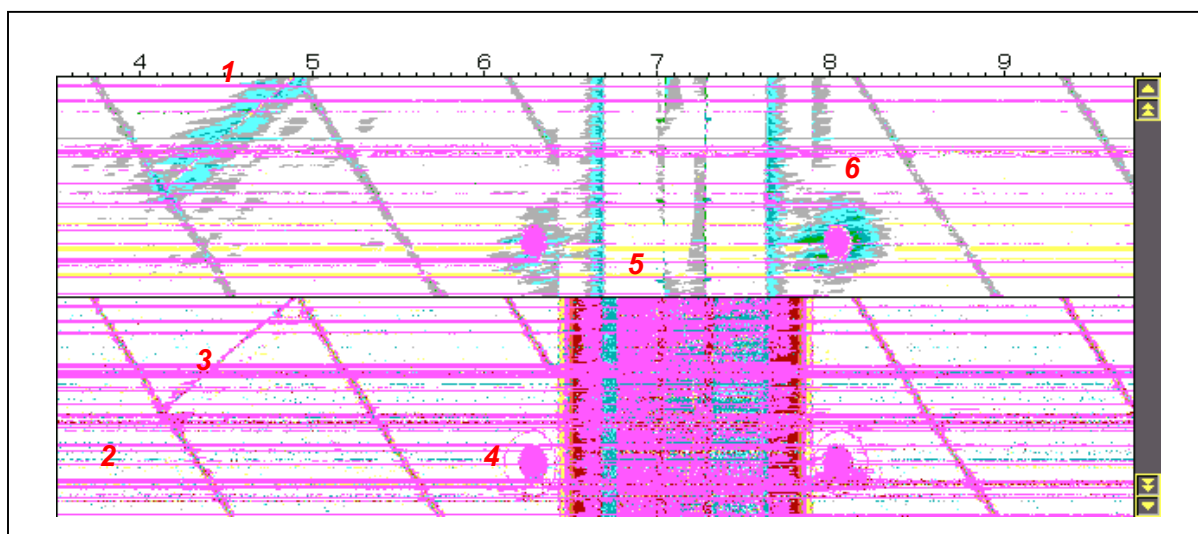
Vadu je možno zobrazit ve dvou základních zobrazeních:

- 3D zobrazení, tzv. C-Scan
- XY-zobrazení, tzv. B-Scan

C-Scan ukazuje průběžně potrubí v barevné škále, lze rozpoznat typ trubky, úbytky materiálu, laminace, instalace a svary. Slouží pro rychlý přehled.

B-Scan je určen k detailní analýze. Kromě části trubky zobrazené v barevné škále (část C-Scanu) umožňuje B-Scan axiální nebo radiální řez v jedné stopě.

Obrázek č. 3 – Příklad vyobrazení potrubí v C-Scanu

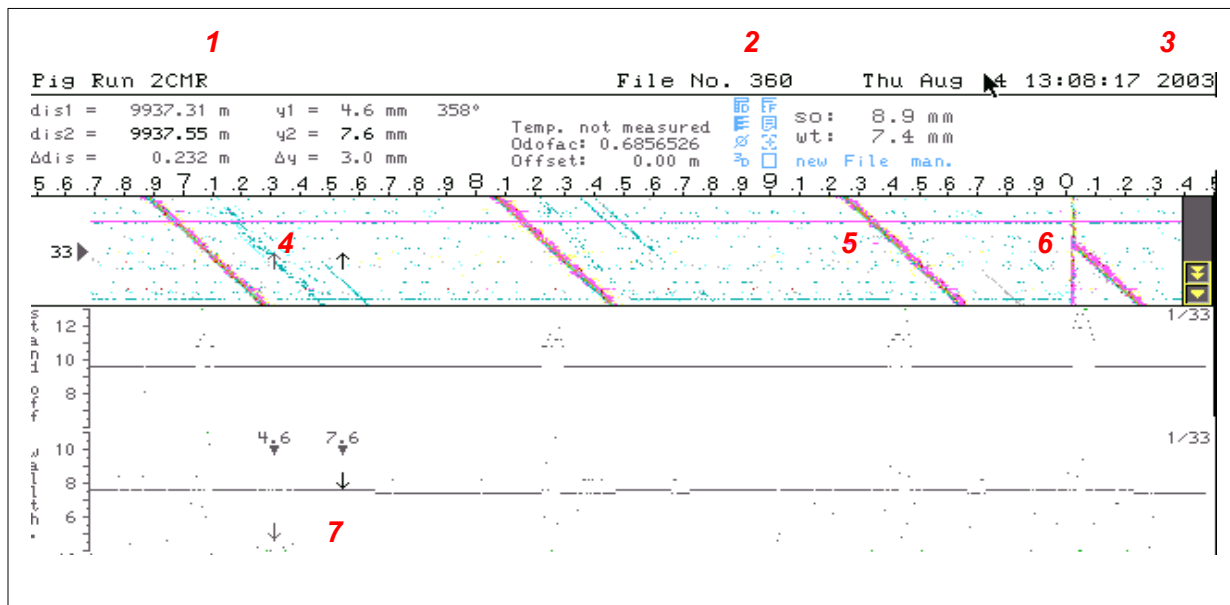


Vyhodnocení obrázku č. 3

Na obrázku je šestimetrový úsek potrubí s armaturou, která je překlenuta obchvatem DN 150. Plech použitý na výrobu spirálové trubky je ve vzdálenosti 1,5 m před armaturou spojen svařením. Na vyobrazeném úseku nejsou žádné vady. Barevné podélné pruhy znamenají, že několik senzorů ve chvíli měření neukazovalo (nejčastější příčinou bývá ucpání senzorů parafínem).

- 1 - stupnice v metrech
- 2 - spirálový svar
- 3 - svar spojující plech v pásu
- 4 - instalace By-passu s výztužným límcem
- 5 - trasová armatura (kulový ventil)
- 6 - obvodový svar, vevaření armatury do potrubí

Obrázek č. 4 – Příklad vyobrazení potrubí v B-Scanu

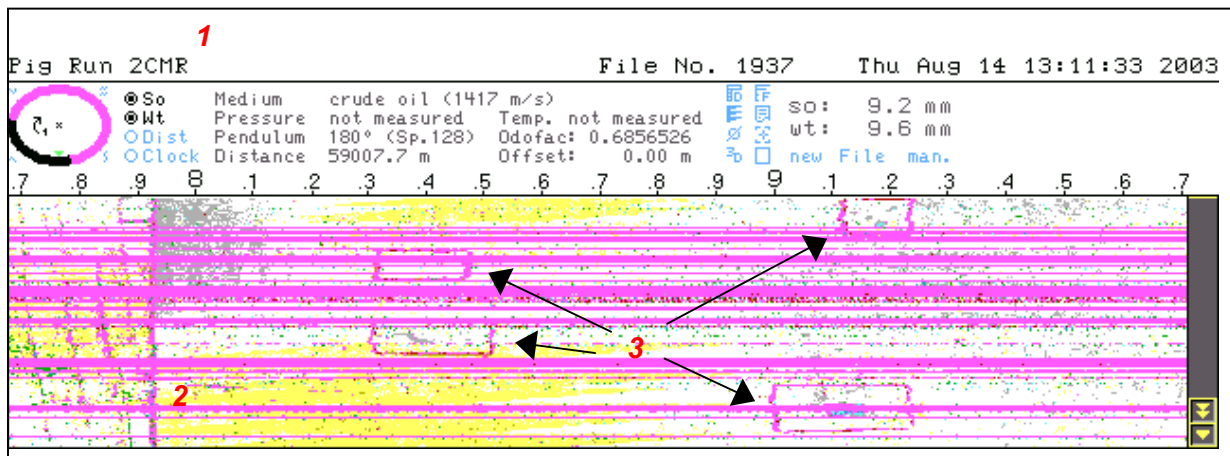


Vyhodnocení obrázku č. 4

Ve vzdálenosti 9940,03 m (6) od výstupní komory, na úseku 2 CMR (1) se nachází ve stěně potrubí o síle stěny 7,6 mm vada typu laminace (4) v pásu mimo tepelně ovlivněnou zónu. Laminace probíhá v jednom závitu paralelně se svarem (5). Nemá kontakt s vnitřním ani s vnějším povrchem.

- 1 - kód úseku ropovodu
- 2 - číslo vady (vztaženo k úseku)
- 3 - datum, kdy byl Scan otevřen a monitorován
- 4 - vada typu laminace
- 5 - svar spirálové trubky
- 6 - obvodový svar
- 7 - grafické vyobrazení průběhu laminace s údajem o hloubce ve stěně trubky

Obrázek č. 5

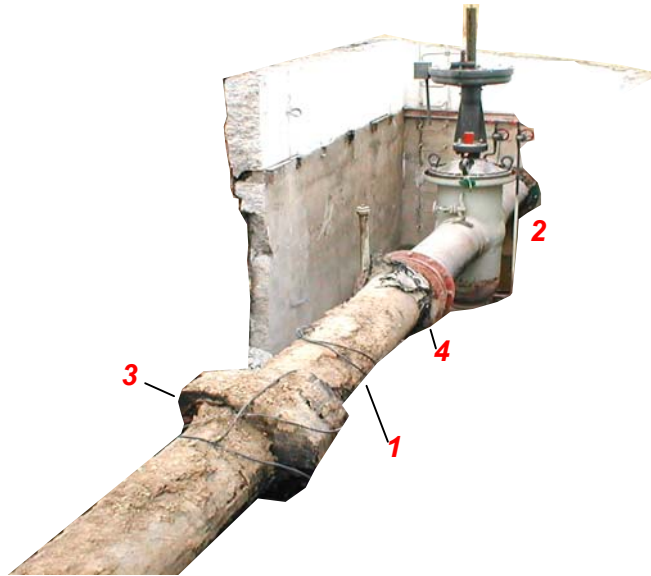


### Vyhodnocení obrázku č. 5

Zde je zřejmé vícenásobné přeplátování bezešvé trubky (2) obdélníkovými záplatami (3). Přeplátování leží 0,4 – 1,4 m od obvodového svaru (2) po toku. Přeplátování kryje vnější úbytek materiálu (nelze rozpoznat, zda se jedná o korozi). Záplaty jsou mezi 270° – 175° (21 – 5:30 hod).

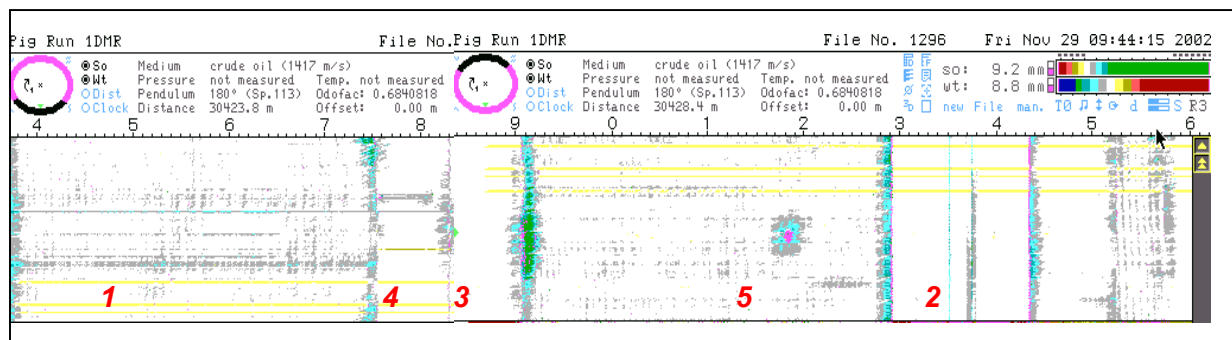
### Obrázek č. 6

- 1 - ropovod DN 500
- 2 - trasová armatura
- 3 - izolační spojka
- 4 - prostup (okno) do šachty



Na obrázku č. 6 je armaturní šachta s trasovou armaturou a izolační spojkou. Na obrázku č. 7 je tato sestava zobrazena grafickým programem. První dvě trubky jsou podélně svařené, ostatní bezešvé.

### Obrázek č. 7



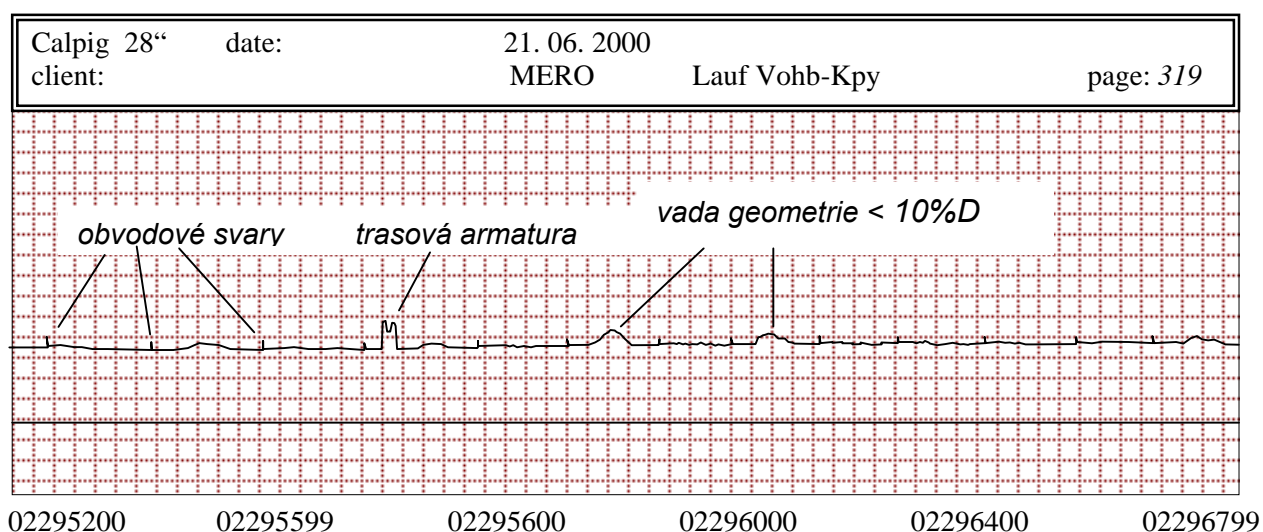
- 1 - ropovod DN 500
- 2 - trasová armatura
- 3 - izolační spojka
- 4 - doměrek
- 5 - instalace - spodový bod

## Popis metody CallScan používané při inspekci ropovodů

Jedná se o vnitřní inspekci zaměřenou na prověření kruhovitosti potrubí. Tato inspekce se provádí např. při sesuvu půdy v ochranném pásmu ropovodu, při zemních pracích v koridoru, případně objeví-li se nezdůvodnitelné propadliny v blízkosti potrubí. Zde je však nutno zvážit ekonomickou stránku, protože měření lze uskutečnit i zevně potrubí.

MERO ČR, a. s., provádí měření ovality mechanickým zařízením CallScan. Tento ježek má na korpusu nainstalovaná ramena, která těsně kopírují profil potrubí a snímají jeho geometrii. Údaje jsou ukládány do paměti přístroje. Načtená data se později vyhodnocují a výsledkem jsou informace o změně geometrie. Data jsou dobře interpretovatelná. Vybouleniny jdou výborně rozlišit a zařízení dokáže změřit délku mezi obvodovými svary a délku měřeného úseku (viz obrázek č. 8).

Obrázek č. 8



### Vyhodnocení obrázku č. 8

Na grafu je vidět čtrnáct trubek, za čtvrtou trubkou je do potrubí vevařena armatura. Na třetí a páté trubce za armaturou je zřejmá nevelká změna ovality potrubí. Po verifikaci tohoto místa s reportem inspekčního běhu UltraScan byly potvrzeny vybouleniny o průměru 50 mm a hloubce 30 – 35 mm.

### Doplňkové ježkovací metody

#### **Ježek únikový**

Dalším ježkem používaným v MERO ČR, a. s., je ježek únikový. Jedná se o zařízení s vestavěným citlivým mikrofonom, který dokáže zachytit zvuk média unikajícího trhlinou, je-li únik větší než 10 litrů za minutu. Ježek je vybaven i teploměrným čidlem (záznam teploty média je později vyhodnocen a slouží k určení velikosti dávky antidepresantů, zabraňujících gelovatění ropy, vstříkovaných na výstupní čerpací stanici do potrubí ropovodu) a měřičem vzdálenosti. MERO používá tuto kontrolní metodu těsnosti ropovodu na ropovodu IKL, a to jedenkrát měsíčně.

**Ucpávkový ježek**

*Tento ježek se používá v případě výřezů potrubí, kdy se volné konce potrubí po výřezu zazátkují tímto ježkem, navaří se nový doměrek a ježci jsou po opětném uvedení ropovodu do provozu vyjmuti z nejbližší komory po směru toku.*

**Kalibrační ježek**

*Před inspekčním během je důležité zjistit průchodnost potrubí. K tomuto účelu slouží kalibrační ježek. Má nainstalovanou kruhovitou desku z měkkého materiálu (nesmí uvíznout) o průměru 95 % světlosti potrubí. Po projetí trasou jsou na obvodu desky patrné změny v geometrii. Po vyhodnocení změn je přikročeno k dalším běhům dražších zařízení.*

*Podmínkou pro úspěšný běh inspekčního zařízení je potrubí zbavené úsad. Proto se pravidelně provádějí čisticí běhy na všech úsecích ropovodu. MERO ČR, a. s., používá po dlouhodobých zkušenostech tyto typy ježků: kartáčový, manžetový, magnetický a scalling.*

*Pravidelné kontroly a následné ošetření vad zaručuje vyšší bezpečnost provozu z hlediska vyloučení nekontrolovaného vývoje vad a následných možných úniků média.*