

ULTRALJUDSPROVNING
MED TELETTESTMETODEN –
UTVÄRDERING AV FÄLTFÖRSÖK PÅ FJÄRRVÄRMERÖR



Rapport | 2006:2

ULTRALJUDSPROVNING MED
TELETTESTMETODEN
UTVÄRDERING AV FÄLTFÖRSÖK PÅ FJÄRRVÄRMERÖR

Rapport | 2006:2

ISSN 1401-9264
© 2006 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr 06-8

Sammanfattning

Under 2004 utfördes fältförsök med Teletestmetoden i tre olika fjärrvärmenät i Göteborg (Göteborgs Energi), Stockholm (Fortum Värme) och Uppsala (Vattenfall Värme Uppsala). Teletestmetoden är en variant av ultraljudsprovning med längre räckvidd, upp till 30 meter. Avsikten med fältförsöken var att utvärdera om metoden är tillämpbar i fjärrvärmenät. Mätningar utfördes på tre olika typer av betongkulvertar; mineralullisolering, polyurethanisolering samt cellbetong. Totalt utfördes mätningar på fem stycken rörsträckor, samtliga var i drift när mätningarna utfördes. Mätresultaten för tre av dessa utvärderades i samband med friläggning av rören under våren och hösten 2005.

Fältförsöken har visat att Teletestmetoden kan användas för att *statusbestäm*a fjärrvärmerör med avseende på korrosionsskador. Dock är metoden ej att rekommendera som läcksökningsmetod. Metallografiska undersökningar har visat att läckagearean *kan* vara relativt liten och därmed riskerar att ej upptäckas av Teletestmetoden. Räckvidden för mätningarna har varit ca 10 – 15 meter. Detta är kortare än normalt och har orsakats av att rören var spiralsvetsade. Bälgar visade sig absorbera så mycket energi från ultraljudssignalen att de satte stopp för mätningen.

Signalbilden från fjärrvärmesystemet är komplex och att fler mätningar skulle behövas för att samla erfarenheter. T.ex. behövs fler mätningar för att undersöka hur stora utslagen i signalen från Teletest ska vara för att medföra rekommendation av utbyte av fjärrvärmerören.

Vi önskar framföra vårt varma tack till alla de som deltagit i projektet och Svensk Fjärrvärme.

Annika Glas
Göran Sund

Det Norske Veritas

Innehållsförteckning

1.	Inledning	5
2.	Beskrivning av Teletestmetoden	5
3.	Omfattning av fältförsök	8
4.	Labdemo	9
5.	Genomförande och mätresultat	9
5.1	Vattenfall Uppsala	9
5.1.1.	Sköldungagatan	9
5.1.2.	Tiundagatan	11
5.2.	Fortum Värme	12
5.1.1	Rinkeby	12
5.1.2	Lunda industriområde	13
5.3.	Göteborg	15
6.	Utvärdering av mätresultat	17
6.1.	Vattenfall Uppsala	17
6.1.1.	Visuell inspektion	17
6.1.2	Metallografisk undersökning	18
6.2.	Fortum värme – Stockholm	22
6.2.1.	Visuell inspektion	22
6.2.2.	Metallografisk undersökning	25
6.3.	Göteborg Energi	30
6.3.1.	Visuell inspektion	30
6.3.2.	Metallografisk undersökning	30
7.	Sammanställning av mätresultat	34
8.	Slutsats och diskussion	36
8.1.	Metoden	36
8.2.	Metodens begränsningar	36
8.3.	Korrosionsmekanismer	37
9.	Rekommendationer	38
10.	Förslag till fortsatta insatser	38
11.	Referenser	39
12.	Revisionsförteckning	39

Bilaga 1 Stockholm – Rinkeby.....	40
Bilaga 2 Stockholm – Lunda Industriområde	44
Bilaga 3 Uppsala – Sköldungagatan	48
Bilaga 4 Uppsala – Tiundagatan	52
Bilaga 5 Göteborg.....	56

1. Inledning

Teletestmetoden är en variant av Ultraljudsprovning med längre räckvidd, upp till 30 meter. Metoden, vilken har utvecklats av TWI (Welding Institute) i England, är ett verktyg för att upptäcka lokal korrosion.

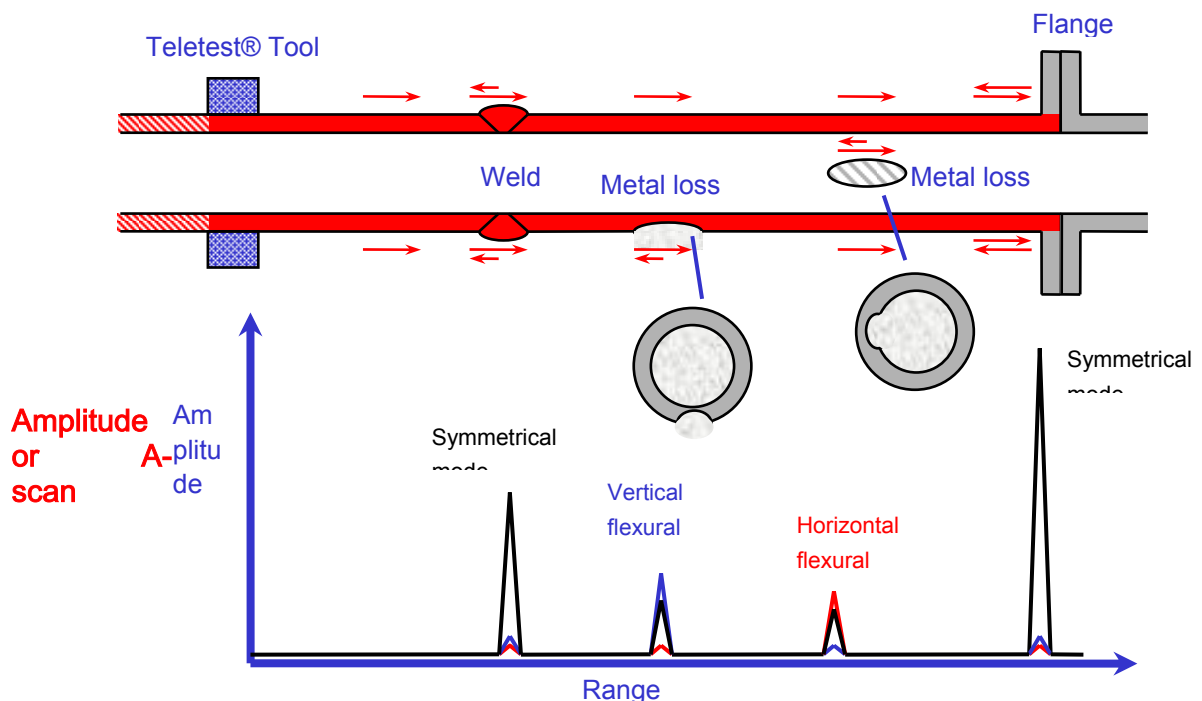
Under 2004 genomfördes fältförsök med Teletestmetoden i tre olika fjärrvärmenät i Sverige. Avsikten med fältförsöken var att utvärdera huruvida metoden är tillämpbar för att upptäcka korrosionsskador i fjärrvärmenät. Resultatet av fältförsöken redovisas i denna rapport.

2. Beskrivning av Teletestmetoden

Teletestmetoden tillämpas kommersiellt i flera länder över hela världen, främst inom petrokemisk industri. En vanlig tillämpning är inspektion av pipelines.

Vid inspektion med Teletestmetoden behöver rörets isolering endast avlägsnas lokalt, på det ställe där utrustningen fästs. Inspektion kan göras upp till 30 m i båda riktningarna från mätpunkten. Metoden är lämplig för rör med diametrar mellan 50 och 1200 mm och vägg tjocklek upp till 40 mm. Temperaturen på mediet får ej överstiga 125 °C.

Bild 1 Principiell skiss för Teletestmetoden

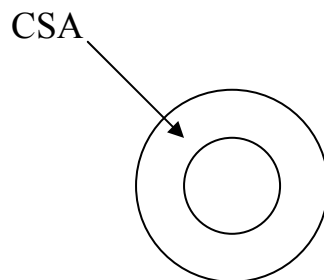


Teletestmetoden bygger på att en ultraljudsvåg skickas iväg från en sändare längs med röret. Denna reflekteras vid flänsar eller dylikt och studsar tillbaka till mottagaren. Flänsar sätter därmed stopp för mätningen och förekomst av dessa begränsar därmed räckvidden. När ljudvågen träffar på svetsar och defekter sker en spridning av ljudet. En principiell skiss för ultraljudsvågen ges i Bild 1 ovan. Teletestmetoden kan

använda två olika typer av moder för ljudvågen; *Torsional* eller *Longitudinal*. Val av mode görs baserat på geometri och dimension för det aktuella röret.

Detekterbarheten för defekter definieras som 9 % av CSA (Cross Sectional Area), vilket innebär 9 % av rörväggens tvärsnittsarea. Detta innebär att defektens tvärsnittsarea = *djup* x bredd, ska överstiga 9 % av rörets tvärsnittsarea. En förklaring av CSA ges i Bild 2 nedan. I detta exempel är detekterbarheten 109 mm². Notera att 9 % av CSA anger detekterbarheten med 90 % konfidensintervall, vilket innebär att även defekter under 9 % av CSA kan identifieras (men med lägre sannolikhet). Den lägsta nivån för detekterbarhet är 3 % av CSA, men generellt rapporteras ej så små defekter pga. den stora osäkerheten. Sammantaget innebär detta att ju större rör, desto större måste defekterna vara för att upptäckas. TWI uppger att lägsta *möjliga* detekterbarhet är 50 mm², vilket är lägre än den garanterade detekterbarheten i exemplet nedan.

Bild 2 Definition av CSA



$$CSA = A_y - A_i$$

$$CSA = \pi/4 * (D_y^2 - D_i^2)$$

Exempel:

$$DN 100, D_y = 114 \text{ mm}$$

$$\rightarrow CSA = 1215 \text{ mm}^2$$

$$\text{Detekterbarhet } 9 \% = 109 \text{ mm}^2$$

Verktyget består av ett ringförband med sändare och mottagare som appliceras på röret. För att verktyget ska kunna användas krävs ett fritt utrymme om **minst** 75 mm, i djupled, runt hela rörets omkrets. Bredden varierar med rörets storlek, ju större rör desto bredare ringförband. Typiskt krävs ett arbetsutrymme om minst 1 meter. Ett exempel på monterat ringförband visas i Bild 3 nedan.

Bild 3 Teletestverktyg monterat på fjärrvärmerör



3. Omfattning av fältförsök

Under 2004 utfördes fältförsök i tre olika fjärrvärmenät i Göteborg (Göteborgs Energi), Stockholm (Fortum Värme) och Uppsala (Vattenfall Värme Uppsala). Tekniska detaljer för försöken redovisas i Tabell 1 nedan. Samtliga mätningar utfördes med instrument för *Longitudinal* mode.

Totalt utfördes mätningar på fem stycken rörsträckor. Samtliga rör var i drift när mätningarna utfördes. Mätresultaten för tre av dessa utvärderades i samband med friläggning av rören (vid planerade utbyten). För de andra två rörsträckorna kunde ingen utvärdering göras eftersom friläggning ej utfördes.

Tabell 1 **Tekniska data för fältförsöken**

Tidpunkt	Företag	Mät- platser	Mät- punkter	Rördiameter (mm)	Isolering	Geometri
Maj 2004	Göteborgs Energi	1	2	100	mineralull	Kammare
Oktober 2004	Vattenfall Uppsala	2	8*	200**	mineralull	Grävt hål i gatan
Oktober 2004	Fortum Värme	2	8*	200/400**	Polyurethan/ cellbetong	Grävt hål i gatan

* Mätningar utfördes i båda riktningar (framåt/bakåt) från verktygets placering samt på både fram- och returledning.

** Spiralsvetsade rör

4. Labdemo

Innan fältförsöken utfördes under hösten 2004, utförde TWI en demonstration för DNV i juni. Demonstrationen utgjordes av två delar:

1. Provning av ett 6 m långt rör, Ø100mm, med fabricerade defekter. Testet utfördes i labmiljö.
2. Provning av ett 11 m långt fjärrvärmerör, Ø700mm, med verkliga korrosionsskador. Röret var uppgrävt och frilagt på backen.

Resultatet av demon var gott, samtliga defekter kunde identifieras i labförsöket. Provningen på det uppgrävda fjärrvärmeröret visade också god överensstämmelse med de verkliga korrosionsskadorna. En fullständig redovisning av resultatet av demon framgår av /1/.

5. Genomförande och mätresultat

En redovisning av fältförsöken på de olika orterna görs nedan. För alla avståndsangivelser observera följande:

Angivna positioner i scanningkurvorna anges alltid relativt vald *referenspunkt*, som kan vara en svets på röret eller en fast punkt i omgivningen, t.ex. en lyktstolpe. Mätningens räckvidd anges alltid gentemot *Teletestverktygets* placering. Med räckvidd avses det giltiga mätområdet, dvs. inom vilket defekter säkert kan identifieras och *särskiljas* från bakgrundsbruset. Detta innebär att större föremål på röret, t.ex. svetsar och rörförgreningar kan vara möjliga att urskilja även utanför den giltiga räckvidden. Generellt för alla scanningkurvor gäller att det första utslaget vid ca 0 - 1 meter ej är något giltigt mätvärde utan utgör startsignalen, som brukar betecknas ”dead zone”.

För klassning av defektstorlek enligt scanningkurvorna har följande översättning använts:

Minor = mindre
Moderate = måttlig
Major = stor

5.1 Vattenfall Uppsala

Mätningarna utfördes på två olika platser i Uppsala; Sköldungagatan respektive Tiundagatan. Resultatet från mätningarna framgår av avsnitten nedan. Redovisningen bygger på uppgifter i /3/.

5.1.1. Sköldungagatan

Mätningar utfördes på Ø200-ledning med isolering av mineralull. Mätningarna utfördes från en ca 3 meter bred grop i gatan. Vattenfalls egen bedömning av dessa ledningar var att de var i dåligt skick. Placering av verktyget framgår av Bild 4 nedan. Testriktning är markerat med pil i bilden. Som referens valdes en lyktstolpe i vägkorsningen bakom (västerut) den grävda gropen. Avståndet mellan verktygets placering och lyktstolpen var ca 4 meter.

Bild 4 Monterat Teletestverktyg på fjärrvärmerör på Sköldungagatan, Uppsala

Scanningar (mätresultat) för de 4 olika mätpunkterna redovisas i Bilaga 3. En generell iakttagelse var att störningar förekom i signalen på grund av spridning som orsakas av spiralsvetsarna. Typisk räckvidd vid mätningarna var ca 10 - 15 meter.

Returledning

Scanningkurvan för mätningen framåt, österut, visas i Bild 1 i Bilaga 3. Den giltiga räckvidden var ca 14 meter. Vid 6,8 meter, efter den första svetsen, identifierades en defekt som klassades som stor och låg över 9 % rapporteringsnivån. Även ett par mindre defekter, identifierades vid ca 7,5 – 8 meter.

Vid mätningen bakåt, västerut identifierades två större defekter i närhet en av de två första svetsarna. Scanningkurvan visas i Bild 2 i Bilaga 3. I området efter den andra svetsen vid -5,5 till -8,5 meter förekommer det ett antal reflektioner i mätsignalen, men dessa tolkades ej som korrosionsskador. Mätningens räckvidd var ca 14 meter.

Framledning

Scanningkurvan för mätningen framåt, österut, visas i Bild 3 i Bilaga 3. Två stycken kraftiga defekter, över 9 % rapporteringsnivån, identifierades i anslutning till den första svetsen vid ca 7 meter. Bakom den andra svetsen uppkommer en störning i signalen vid ca 13 meter. Denna störning kommer troligen från spiralsvetsarna. Giltig räckvidd för mätningen var ca 9 meter.

Vid mätningen bakåt, västerut, identifierades en mindre defekt vid ca +1 meter i anslutning till den första svetsen. Denna låg under 9 % rapporteringsnivån. Efter den andra svetsen vid ca -4,5 meter identifierades en större defekt, som låg över 9 % rapporteringsnivån. Scanningkurvan visas i Bild 4 i Bilaga 3. Mätningens giltiga räckvidd var ca 9 meter.

5.1.2. Tiundagatan

Mätningar utfördes på Ø200-ledning med isolering av mineralull, från en ca 3 meter bred grop i gatan. Vattenfalls bedömning av dessa ledningar var att de var i gott skick. Placering av instrumentet visas i Bild 5, nedan. Testriktning är markerat med pil i Bilden. Som referens valdes en lyktstolpe placerad ca 6 meter framför (söderut) den grävda gropen.

Scanningar (mätresultat) för de 4 olika mätpunkterna redovisas i Bilaga 4. Generellt identifierades inga signifikanta defekter vid mätningarna. Några mindre defekter påvisades, men dessa låg långt under 9 % rapporteringsnivån. Typisk räckvidd vid mätningarna var ca 10 - 15 meter.

Bild 5 Montering av Teletestverktyg på fjärrvärmerör på Tiundagatan, Uppsala



Returledning

Scanningkurvan för mätningen framåt, söderut, framgår av Bild 1 i Bilaga 4. Endast en mindre defekt, under 9 % rapporteringsnivån, identifierades i anslutning till den andra svetsen vid ca 0,1 meter. Även en del andra signaler lokaliserades längs med röret, men dessa identifierades ej som defekter utan andra föremål, t ex bälgar. Vid tidpunkten för mätningen var det okänt om det förekom sådana föremål inom rörsträckan. Mätningens giltiga räckvidd var ca 15 meter.

Vid mätningen bakåt, norrut, identifierades endast två mindre defekter, som låg långt under 9 % rapporteringsnivån, se Bild 2 i Bilaga 4. Mätningens giltiga räckvidd var ca 10 meter.

Framledning

Scanningkurvan för mätningen framåt, söderut, visas i Bild 3 i Bilaga 4. Inga defekter identifierades i denna mätning. Giltig räckvidd för mätningen var ca 14 meter. Dock kunde en igensvetsad rörände observeras vid ca 20 meter. Denna avståndsangivelse verifierades stämma överens med verklig placering.

Inga defekter identifierades vid mätningen bakåt, norrut. Scanningkurvan visas i Bild 4, Bilaga 4. Den giltiga räckvidden var ca 16 meter. Dock kunde en grenledning urskiljas vid -30 meter, vilket sammanföll med placeringen av en kammare längre ned på gatan.

5.2. Fortum Värme

Mätningar utfördes på två olika rörsträckor, förlagda i Rinkeby respektive Lunda industriområde. Resultatet för respektive område framgår av avsnitten nedan. Redovisningen bygger på uppgifter i /2/.

5.1.1 Rinkeby

Mätningarna utfördes på Ø400-ledning i cellbetong. Ett ca 2 meter brett hål hade gjorts i betonglådan för att möjliggöra mätningen. Mätningar utfördes i totalt 4 punkter, framåt och bakåt på respektive fram- och returledning. Placering av verktyget visas i Bild 6. Testriktning är markerat med pil i bilden.

Bild 6 Monterat Teletestverktyg på fjärrvärmerör i Rinkeby, Stockholm



Det var känt att en läcka fanns i detta område. Läckan hittades ej vid den utförda mätningen, men flera misstänkta korrosionsskador påvisades för båda rören. Typisk räckvidd för mätningarna var ca 15 meter.

Rören frilades under hösten 2004, så att ovasidan kunde inspekteras, men inga korrosionsskador var synliga från ovasidan. På grund av omfattningen av reparationsarbetet sköts utbyte av rören upp till hösten 2005. På grund av ett missförstånd så märktes endast returledningen upp innan utbytet. Framledningen sparades, men märktes ej upp och någon säker utvärdering av mätresultatet har därför inte kunnat göras för denna.

Scanningar (mätresultat) för de 4 olika mätpunkterna redovisas i Bilaga 1. Som referenspunkt för mätningarna valdes en svets placerad ca 1,5 meter bakom verktyget. Observera att alla avståndsangivelser i bilderna är angivna relativt referenssvetsen.

Returledning

Mätningen framåt, uppåt backen, påvisade 3 mindre defekter mellan 15 -18 meter från referenspunkten. Dessa var placerade på vardera sidan om kammaren, vars rörförgreningar kunde urskiljas i form av en dubbel topp i signalen. Scanningkurvan visas i Bild 1 i Bilaga 1. Av denna framgår att defekterna ligger under 9 % rapporteringsnivån, men de har ändå identifierats som defekter. Mätningens räckvidd var 18 meter.

Scanningkurvan för mätningen uppåt backen visas i Bild 2 i Bilaga 1. Flera mindre defekter påvisades utspridda över röret. En av defekterna klassades som måttlig och låg över 9 % rapporteringsnivån. Även en reducering identifierades vid ca 12 meter i form av en dubbel topp i mätsignalen. Mätningens räckvidd var 17,4 meter.

Framledning

Scanningkurvan för mätningen framåt, uppåt backen visas i Bild 3 i Bilaga 1. Två områden med defekter påvisades vid ca 4 – 5,5 respektive 9 – 11 meter. Dessa defekter ligger över 9 % rapporteringsnivå. Mätningens räckvidd var 11 meter.

Scanningkurvan för mätningen bakåt, nedåt backe visas i Bild 4 i Bilaga 1. Två kraftiga defekter, med marginal över 9 % rapporteringsnivån, påvisades vid 12 respektive 13 meter. Förutom detta identifierades en dubbel topp vid 6 meter som tolkades vara en reducering. Vid friläggning av rörsträckan visade det sig dock att reduceringen var placerad vid 12 m. Någon orsak till utslaget vid 6 meter kunde ej observeras från ovansidan. Orsaken till utslaget kunde inte heller identifieras vid rörbytet under hösten 2005, eftersom framledningen ej märktes upp. Den troligaste förklaringen är att det fanns en lagning eller stödplåt i detta område.

Vid 16 meter noterades en kraftig topp som tolkades vara en temperaturkompensator (bälg), vilket var känt att det skulle finnas i rörsträckan. Bälgen släckte ut signalen och räckvidden för mätningen blev därmed 16 meter.

5.1.2 Lunda industriområde

Mätningarna utfördes på en Ø200-ledning med isolering av polyurethan. En läcka hade tidigare upptäckts på en grenledning i området. Mätningen utfördes från en grävd grop i gatan. Placering av verktyget visas i Bild 7 nedan. Testriktning är markerat med pil i bilden.

Scanningar (mätresultat) för de 4 olika mätpunkterna redovisas i Bilaga 2. Som referenspunkt för mätningarna valdes en svets på röret. Svetsens placering var ca 0,3 meter *bakom* verktyget för returledningen och ca 0,3 meter *framför* verktyget för framledningen. Typisk räckvidd för mätningarna var ca 15 meter.

Bild 7 Monterat Teletestverktyg på fjärrvärmerör i Lunda industriområde, Stockholm.



Returledning

I riktning framåt, österut, identifierades flera mindre defekter fördelade längs med röret. Alla defekter klassades som mindre och ligger under 9 % rapporteringsnivån. Scanningkurvan visas i Bild 1, Bilaga 2. Räckvidden för mätningen var 14 meter. Dock noterades en dubbel topp i signalen vid 19,4 meter, vilket identifierades som en rörförgrening. Vid tidpunkten för mätningen var det ej känt om en förgrening var placerad i detta område.

Scanningkurvan för mätningen bakåt, västerut, framgår av Bild 2 i Bilaga 2. Tre stycken mindre defekter identifierades längs med röret. Samtliga klassades som mindre defekter och låg under 9% rapporteringsnivån. Mätningens räckvidd var 16 meter. Dock noterades en dubbel topp i signalen vid 18,4 meter, vilket identifierades som en rörförgrening. Denna förgrening bedömdes, av Fortums personal, stämma överens med placeringen av en grenledning till en fastighet i området.

Framledning

I riktning framåt, österut, identifierades endast en defekt som låg under 9 % rapporteringsnivån och klassades som mindre. Scanningkurvan visas i Bild 3 i Bilaga 2. Mätningens räckvidd var ca 12 meter.

Scanningkurvan för mätningen bakåt, västerut visas i Bild 4 i Bilaga 2. Mätningens räckvidd var ca 16 meter. Tre stycken defekter detekterades inom denna sträcka, varav två stycken klassades som måttlig och låg över 9 % rapporteringsnivån. Utanför mätningens räckvidd detekterades även en rörförgrening vid 19,7 meter samt en grupp av defekter mellan 16,2 – 18,6 meter.

5.3. Göteborg

Mätningar utfördes på Ø100-ledning med isolering av mineralull, från en kammare, se Bild 8 nedan. Det var trångt om utrymme, vilket försvårade monteringen av Teletestverktyget. Avståndet mellan verktyget och bakomliggande rörböj måste vara minst 0,5 meter för att undvika störningar i mätsignalen. Därför krävdes det att isoleringen avlägsnades ca 1 meter in i kulverten och verktyget monterades inne i denna, se Bild 9.

Bild 8 Mätning från kammare i Göteborg



Bild 9 Teletestinstrumentet placerades inne i kulverten, efter att isoleringen hade avlägsnats.



Det var känt att det fanns en läcka på ett av rören. Scanningar från mätningarna på de båda rören visas i Bild 1 och 2 i Bilaga 5. Signalen var mycket brusig och några säkra defekter kunde inte urskiljas. Räckvidd för mätningarna angavs, av TWI, vara 18 meter för framledning och 23 meter för returledning. Det kan dock ifrågasättas om detta är den giltiga räckvidden, eftersom några defekter ej kunde särskiljas från bakgrundsbruset.

Resultatet av testet var misslyckat eftersom mätsignalen ej kunde tolkas. Den förklaring som TWI gav till händelsen var att kontakten mellan röryta och Teletestverktyg var för dåligt. Detta härleddes till svårigheten att montera verktyget i det trånga utrymmet i kammaren.

6. Utvärdering av mätresultat

I samband med friläggning under våren/sommaren 2005 inspekterades fjärrvärmerören från Vattenfall och Fortum med avseende på korrosionsskador. Ett par rörbitar med större korrosionsskador kapades ut för metallografisk undersökning i DNV's laboratorium.

6.1. Vattenfall Uppsala

6.1.1. Visuell inspektion

Rörsträckan från Tiundagatan har ej varit tillgänglig för visuell inspektion i samband med friläggning och någon utvärdering av mätresultaten kan därför inte göras.

Rörsträckan på Sköldungagatan frilades i maj 2005. Några av de uppgrävda rören visas i Bild 10. Vid visuell inspektion av rören konstaterades att den del som mätningen har utförts på var i *relativt* gott skick. Rören var främst angripna av ytlig korrosion, med bitvis lite större angrepp, medan skyddsmålningen var intakt på andra ställen. De frilagda rören inspekterades med avseende på om detekterade korrosionsskador enligt Teletest sammanföll med korrosionsskador i praktiken. En generell bedömning av mätresultaten är att Teletest har identifierat defekter i anslutning till rörstöd. Dessa områden uppvisade också i praktiken korrosionsskador, dock var dessa som regel relativt ytliga.

Bild 10 Frilagda fjärrvärmerör från Sköldungagatan, Uppsala. Dessa är huvudsakligen angripna av ytrost, med lokalt större angrepp. På en del ställen fanns skyddsmålningen kvar.



6.1.2 Metallografisk undersökning

Sex stycken rörbitar kapades ut från områden där Teletest hade påvisat defekter, *då dessa sammanföll* med större korrosionsangrepp. Dessa rörbitar undersöktes noggrannare i DNVs laboratorium. I tre punkter, benämnda nr 1, nr 5 och nr 6, observerades kraftigare korrosionsangrepp. Nr 1 motsvarar position +6,8 m på kall returledning, riktning framåt. Nr 5 motsvarar position +7,8 m på varm framledning, riktning framåt och nr 6 motsvarar position +1 m på varm framledning, riktning bakåt. Korrosionsskadorna för punkt nr 1 och 6 visas i Bild 11 och 12. I övriga punkter; nr 2, 3 och 4, observerades också korrosionsangrepp, men dessa var ytligare.

Korrosionsangreppen utgjordes av allmän korrosion, med några lokala punktangrepp. Några tecken på spaltkorrosion har ej observerats. Korrosionen var visserligen kraftigare vid några av rörstöden, men hade en utbredning som är mycket större än rörstödens anliggningsyta. Dessutom var inte korrosionsangreppen särskilt djupa, vilket indikerar en långsam tillväxt. Karakteristiskt för spaltkorrosion är att angreppen tillväxer mycket snabbare jämfört med korrosion på en fri yta.

Bild 11 Punkt nr1 kall returledning +6,8 m, riktning framåt



Bild 12 Punkt nr 6 varm framledning + 1m, riktning bakåt

Då den kraftiga rostbeläggningen slipades bort på röret i punkt nr 1 framträdde en samling med små frätgropar, se Bild 13a. Även för punkt nr 5 och 6 påvisades en samling frätgropar efter att rostbeläggningen hade slipats bort, se Bild 13b. Dessa var dock mindre jämfört med för punkt nr 1.

Bild 13a Bild 13a Mät punkt nr 1. Vid slipning av rostbeläggning framträdde ett stort antal frätgropar, se markering med pil.

Bild 13b Mätpunkt nr 5. Mindre frätgropar framträdde efter att rostskiktet hade slipats bort.



Ett tvärsnitt togs ut från Punkt nr 1 för metallografisk undersökning. Provbiten bakades in i bakelit följt av slipning polering och etsning i 5 % Nital. Provet undersöktes i ljusoptiskt mikroskop. Två ”större” frätgropar fanns i detta tvärsnitt, med djup mellan 0,4 – 0,6 mm och den största var ca 4 mm bred. Utöver dessa fanns ett antal små frätgropar med djup ca 10 µm. En av de större frätgroparna visas i oetsat tillstånd i Bild 14. I Bild 15 visas en bit av samma frätgrop i högre förstoring och med materialets mikrostruktur frametsad. Mikrostrukturen består av ferrit och perlit och är normal för lågkolhaltiga kolstål.

Punktangreppen är små och skulle troligen inte leda till genomläckage på flera år. Dock beror detta naturligtvis på omgivande miljö. Om det läcker in vatten med hög salthalt, orsakat av t.ex. vägsalter, så förväntas en högre korrosionshastighet.

Bild 14 x25 Frätgrop på rörets utsida, med djup mellan 0,4 – 0,6 mm.

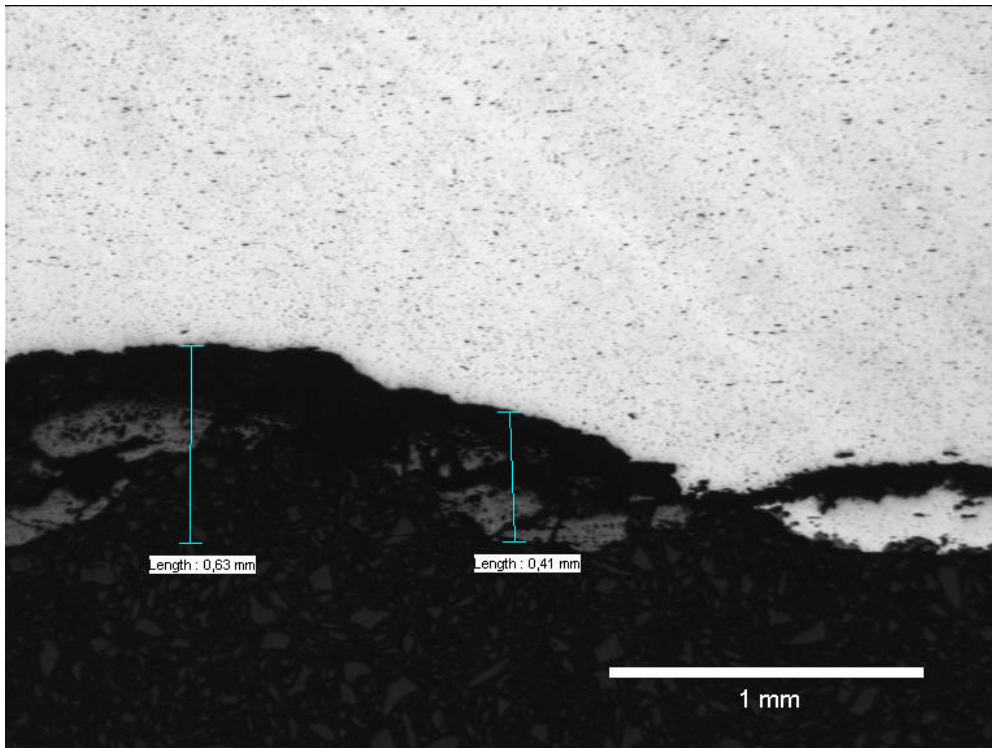
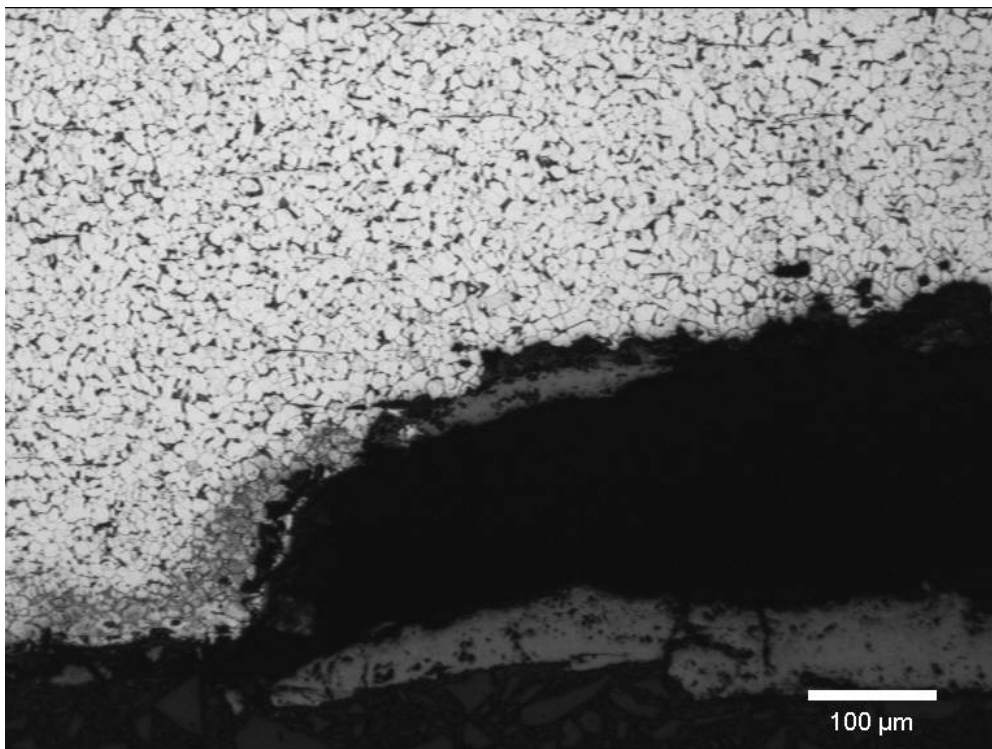


Bild 15 x100 En bit av frätgropen i Bild 14 i etsat tillstånd. Materialets mikrostruktur är normal och består av ferrit och perlit.



Tjockleksmätningar utfördes på de utkapade rörbitarna för att undersöka hur mycket gods som har förbrukats via allmän korrosion. Nominell godstjocklek mättes upp i ett område där skyddsmålingen kvarstod. Denna visade mätvärden mellan 4,02 – 4,08. Baserat på detta bedöms nominell godstjocklek vara 4,0 mm (mätosäkerheten i instrumentet är ca 0,1 – 0,2 mm).

Tjockleksmätningarna utfördes i det värsta området för respektive rörprov nr 1 – 5. Resultatet sammanställs i Tabell 2 nedan.

Tabell 2 Resultat från tjockleksmätningar

Rörprov	Tjocklek (mm)	Kommentar
Nr 1	3.96; 3.86; 3.92	Liten godsfortunning
Nr 2	3.92; 3.85; 3.83	Liten godsfortunning
Nr 3	3.92; 3.95; 3.92	Liten godsfortunning
Nr 4	4.00; 4.02; 4.04; 4.14; 4.09	Ingen godsfortunning
Nr 5	3.9; 3.85; 3.95; 3.97; 3.89	Liten godsfortunning

Observera att tjockleken i botten på frätgroparna ej kan mätas upp. Det förekommer alltså frätgropar i punkt nr 4 trots att ingen godsfortunning har mätts upp

Korrosionsangreppen på de frilagda rören var generellt ytliga, med lokalt större angrepp vid en del rörstöd. Detta indikerar att korrosionen har startat genom inläckage av förorenat vatten i anslutning till ett eller flera rörstöd. Skarvarna i betongkulverten är belägna i anslutning till rörstöden. Sättningar i marken kan ge upphov till sprickor i skarvarna och därmed inläckage av vatten.

Beräkning av CSA (tvärsnittsarea)

Detekterbarheten för korrosionsskador är 9 % av rörets tvärsnittsarea (CSA). Det undersökta röret är ett 200-rör med $t = 4.5\text{ mm}$ och $D_y = 219\text{ mm}$. Detta ger $CSA = \pi/4 * (219^2 - 210^2) = 3032\text{ mm}^2$. Den garanterade detekterbarheten, 9% av CSA, blir 273 mm^2 , vilket motsvarar en mycket stor korrosionsskada. Den lägsta detekterbara nivån, 3 % av CSA, blir 91 mm^2 .

Generellt är det svårt att beräkna CSA för den typ av korrosion som förekom i dessa rör, eftersom korrosionen var ytlig och större punktangrepp saknades. En beräkning för punkt nr 1 nedan illustrerar detta:

Frätgroparna hade ett djup mellan 0,4 -0,6 mm. Detta ger $CSA = 4 \times 0,5 = 2\text{ mm}^2$, vilket är långt under detekterbarhetsnivån. Dock förekommer ett stort antal frätgropar inom en liten yta. Uppskattningsvis förekom minst 100 - 200 små frätgropar i det angripna området i punkt nr 1. Det bidrar till ett sammanlagt CSA på ca 200 - 400 mm^2 , vilket ligger i nivå med detekterbarhetsgränsen.

6.2. Fortum värme – Stockholm

6.2.1. Visuell inspektion

Rörsträckan i Lunda industriområde är ej planerad att grävas upp inom de närmaste åren och någon utvärdering av mätresultaten kan därför inte göras.

Utbytet av rörsträckan i Rinkeby blev uppskjutet till november 2005. På grund av ett missförstånd blev endast returledningen uppmärkt så att den kunde identifieras och inspekteras. Framledningen sparades men var ej uppmärkt och någon säker identifikation av rörbitarna kunde därmed inte göras. Hela returledningen i riktning framåt, uppåt backe hade frilagts och var tillgänglig för inspektion, medan endast de första 11 metrarna var frilagda i riktning bakåt, nedåt backe.

De frilagda rören inspekterades med avseende på om indikationerna enligt Teletest sammanföll med verkliga korrosionsskador.

Framledning

Större delen av framledningen var i mycket dåligt skick, se Bild 16. Kraftiga korrosionsskador förekom längs större delen av rörsträckan, se exempel i Bild 17. Enligt Fortum fanns det en läcka precis framför kammaren, på rörsträckan i riktning framåt, uppåt backen. Rörens kondition stämmer väl överens med mätkurvan för framledningen i riktning framåt, uppåt backe, som påvisade flera områden med större indikationer. Några bitar av framledningen var i bättre kondition och hade endast sporadiska och ytliga angrepp. Detta stämmer väl överens med mätkurvan för framledningen i riktning bakåt, nedåt backe, som ej påvisade några indikationer. Detta är en trolig tolkning, men den kan ej verifieras eftersom rörens inbördes ordning ej var markerad.

Bild 16 Frilagd framledning från Rinkeby, Stockholm. Rören är i dålig kondition och djupare korrosionsangrepp förekommer i flera områden på rören.



Bild 17 Kraftig korrosionsskada på framledning från Rinkeby, Stockholm.



Returledning

Vid visuell inspektion konstaterades att större delen av returledningen var i *hyfsat* skick. Generellt var korrosionen ytlig och korrosionsskador förekom endast lokalt och var då relativt kraftiga.

Läckan på returledningen var belägen ca 2 meter framför referenssvetsen i riktning bakåt, nedåt backen. Teletest identifierade inte den läckan. I övrigt stämmer Teletestmätningen väl överens med rörets status, enligt punkterna nedan:

- Mindre indikation vid -6,5 m i riktning bakåt, nedåt backe, sammanföll med större korrosionsskada.
- Medel indikation vid -11 m i riktning bakåt, nedåt backe sammanföll med stödplåt som var fastsvetsad på röret. En korrosionsskada fanns i denna stödplåt, se Bild 18 nedan.
- Mindre indikationer vid +16 – 18 m, efter kammaren i riktning framåt, uppåt backe. I detta område fanns en läcka enligt Fortum. Detta var dock ej verifierbart pga. att rörbiten vid kammaren ej hade sparats.

Bild 18 Korrosionsskada i stödplåt på returledning i riktning bakåt, nedåt backe.



Sammanfattningsvis så har Teletestmetoden visat sig fungera för statusbedömning av rören i Rinkeby. TWI bedömde att framledningen var i sämst skick, eftersom denna uppvisade flest indikationer. Detta visade sig stämma med verkligheten då rören grävdes upp. Läckan på returledningen hittades ej, men detta beror på att defektens tvärsnittsarea låg långt under detekterbarhetsnivån, se avsnitt 6.2.2.

6.2.2. Metallografisk undersökning

Två stycken rörbitar kapades ut från returledningen. Provbit nr 1 togs ut från området med läckan vid -2 m och Provbit nr 2 från korrosionsskadan vid -6,5 m, i riktning bakåt, nedåt backe.

Läckan i Provbit 1 utgjordes av ett litet men djupt korrosionsangrepp, se Bild 19. I Provbit 2 var korrosionsangreppet större, ca 70x140 mm, men grundare se Bild 20.

Bild 19 Läckage vid -2 m på returledning i riktning bakåt, nedåt backe.



Bild 20 Större korrosionsskada vid -6,5 m på returledning i riktning bakåt, nedåt backe.



Tjockleksmätningar utfördes på de två provbitarna, resultatet visas i Tabell 3. Godstjockleken mättes upp till 4,85 – 5,0 mm i ett oangripet område på röret och nominell godstjocklek bedöms därmed vara 5,0 mm.

Tabell 3 Resultat från tjockleksmätningar på provbitar från returledning

Provbit	Tjocklek (mm)	Område
Nr 1	3.65; 3.60; 2.5	Korrosionsskada
Nr 1	4.95; 4.97; 5.0	Oangripet område
Nr 2	4.48; 4.47; 4.79; 4.52	Korrosionsskada
Nr 2	4.85; 4.86; 4.87; 4.90	Oangripet område

Ett tvärsnitt togs ut från Provbit 1 för metallografisk undersökning. Tvärsnittet togs precis intill själva läckan, som var litet som ett knappnålshuvud, se markering med pil i Bild 21 nedan. Tvärsnittet göts in i bakelit följt av slipning, polering och etsning i 5 % Nital.

Bild 21 Provbit nr 1. Själva läckagearean var liten som ett knappnålshuvud och fanns under "kanten" vid pilen.

Provet undersöktes i ljusoptiskt mikroskop. Ett makrofoto av tvärsnittet visas i Bild 22. Frätgropen var ca 35 mm bred och större delen av godset hade avverkats. Ena sida av frätgropen var täckt med ett tjockt lager korrosionsprodukter (rost). Läckan (botten på frätgropen) var endast ett par mm bred, se Bild 23. Det syns tydligt att korrosionsangreppet har tillväxt från utsidan. Mikrostrukturen bestod av ferrit och perlit/bainit och är normal för lågkolhaltiga stål. På rörets insida förekom flera små punktangrepp i anslutning till läckan, se Bild 24. Dessa angrepp var relativt grunda, ca 60 – 70 µm. Angreppen har högst sannolikt uppkommit efter att frätgropen har växt igenom rörväggen och beror troligen på att förorenat vatten från utsidan har läckt in vid stillestånd i systemet. Vidare kan syre lösas in i fjärrvärmevattnet, via den öppna frätgropen, och ge upphov till korrosion. Detta fenomen med invändiga angrepp i anslutning till genomgående frätgropar har observerats tidigare vid metallografisk undersökning av skadade fjärrvärmerör /4/.

Bild 22 Makrofoto av tvärsnitt, Provbit 1. Frätgropen är ca 35 mm bred och har växt igenom nästan hela rörväggen.



Bild 23 Botten på frätgrop, ca 2 mm bred.

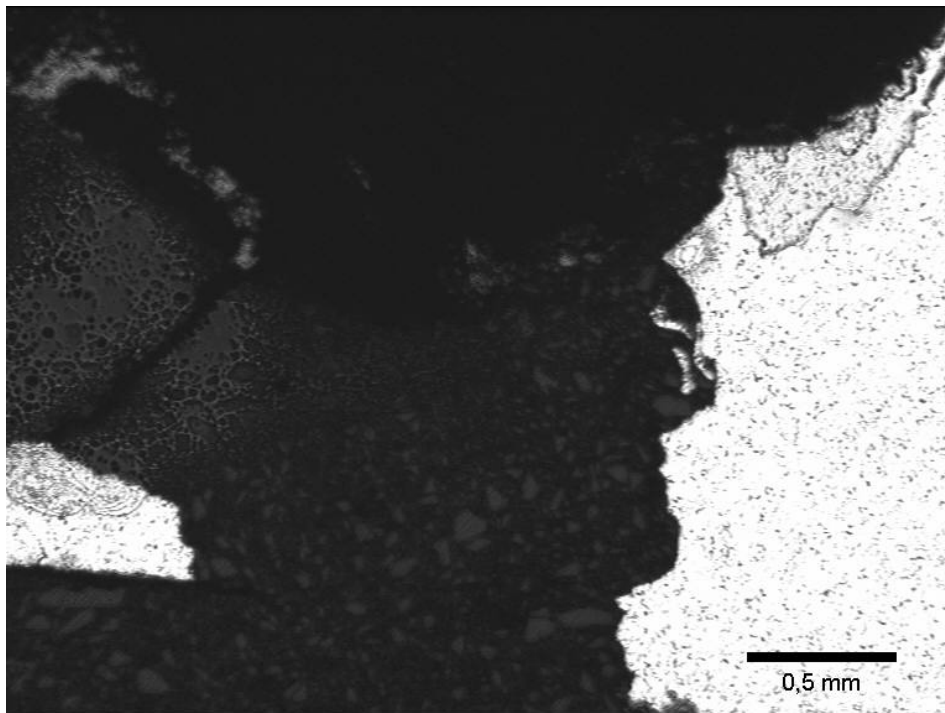
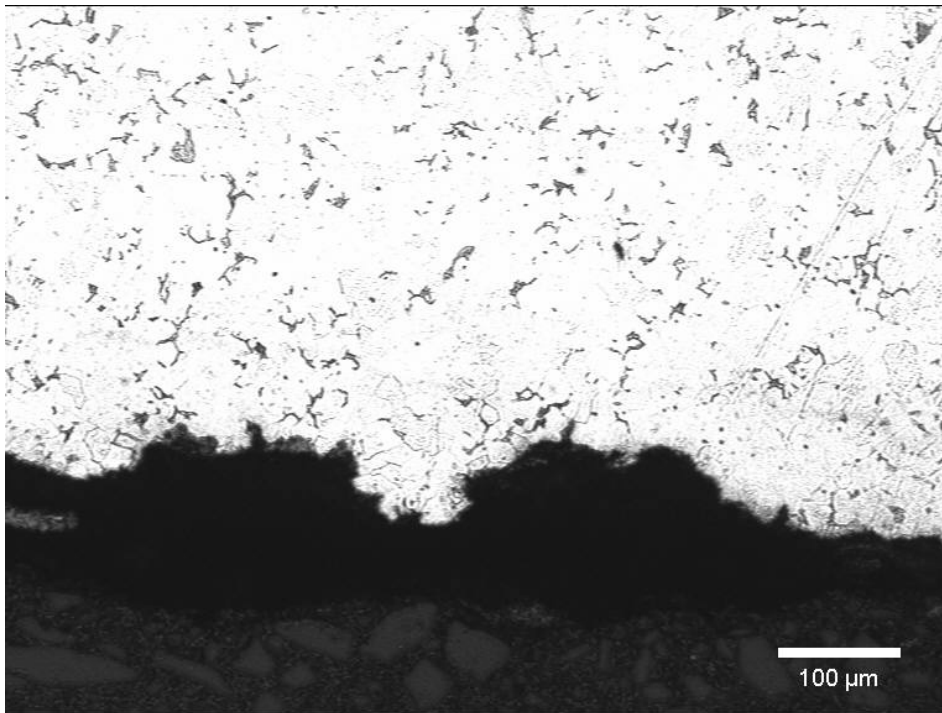


Bild 24 Invändig korrosion i anslutning till läckan. Frätgroparna är ca 60 – 70 µm djupa och täckta med korrosionsprodukter (rödrost).



Beräkning av CSA (tvärsnittsarea)

Detekterbarheten för korrosionsskador är 9 % av rörets tvärsnittsarea (CSA). Det undersökta röret är ett 400-rör med $t = 5\text{ mm}$ och $D_y = 450\text{ mm}$. Detta ger $CSA = \pi/4 * (450^2 - 440^2) = 6990\text{ mm}^2$. Den garanterade detekterbarheten, 9 % av CSA, blir 629 mm^2 , vilket motsvarar en mycket stor korrosionsskada. Den lägsta detekterbara nivån, 3 % av CSA, blir 210 mm^2 .

För Provbit 1 beräknas CSA baserat på tvärsnittets dimensioner. Läckans bredd i rörets radiella led var ca 35 mm. Baserat på tvärsnittet i Bild 22 bedöms medelavverkningen vara ca 3 mm. Detta ger $CSA = 35 \times 3 = 105\text{ mm}^2$, vilket ligger under både 9 % och 3 % detekteringsnivån.

För Provbit 2 är det svårare att beräkna CSA. Korrosionsangreppen består av många små frätgropar. Korrosionsskadans utbredning mättes upp till ca $140 \times 70\text{ mm}$, där måttet i omkretsled är 70 mm. Baserat på godstjockleksmätningarna bedöms medelavverkningen vara 0,5 mm. Detta ger $CSA = 70 \times 0,5 = 35\text{ mm}^2$. Detta är också långt under detekterbarhetsnivån. Denna beräkning tar dock ej hänsyn till djupare frätgropar i ytan, eftersom dessa ej kan mätas upp med godstjockleksmätare. Om CSA för tvärsnittsgroparna läggs till detta värde på samma sätt som i avsnitt 6.1.2, erhålls ett större CSA. Uppskattningsvis finns det minst 100 frätgropar med en tvärsnittsarea på 2 mm^2 . Detta ger ett sammanlagt CSA för korrosionsangreppet på ca $35 + 100 \times 2 = 235\text{ mm}^2$. Detta CSA hamnar över 3 % detekterbarhetsnivån, men under 9 % nivån.

CSA för Provbit 2 är större än för Provbit 1 och det är troligen därför som Teletest detekterade nr 2, men ej nr 1. Notera också att läckan i Provbit 1 har varit klamrad med ett metallband under ca 1 år. Metallbandet kan ge upphov till spaltkorrosion på röret då vatten tränger in mellan rör och metallband. Korrosionsskadan var troligen ännu mindre vid mätfallet.

6.3. Göteborg Energi

6.3.1. Visuell inspektion

Den aktuella rörsträckan frilades i samband med reparationer, ca 2 veckor efter den utförda mätningen. Läckan identifierades på framledningen, ca 20 meter från mätpunkten. Detta ligger utanför räckvidden, 18 meter, på den utförda Teletestmätningen. En bit av den frilagda rörsträckan visas i Bild 25, med läckan till vänster i bilden. Båda rören var angripna av kraftig korrosion. Även en sekundär läcka på en sidoleddning identifierades ca 6 meter från mätpunkten.

Bild 25 Utgrävning av det läckande röret i Göteborg. Läckan finns till vänster i bilden.



6.3.2. Metallografisk undersökning

En bit av det läckande röret kapades ut för metallografisk undersökning i lab. Hela röret var angripet av kraftig korrosion. Något tydligt läckage kunde inte identifieras, men läckan bedömdes vara belägen under ett tjockt lager med rost, vid pilen i Bild 26. Detta område hade en area på ca $50 \times 40 = 200 \text{ mm}^2$.

Bild 26 Utkapad rörbit som innehåller läckan, vilken är markerad med pil. Hela röret är angripet av kraftig korrosion.



Ett tvärsnitt togs ut från området vid pilen. Tvärsnittet omfattar endast halva läckagearean och var ca 25 mm brett. Provbitten bakades in i bakelit, följt av slipning och polering samt etsning i 5 % Nital. Därefter undersöktes provet i ljusoptiskt mikroskop.

Ett makrofoto av provbiten visas i Bild 27. Frätgropen har växt nästan rakt igenom hela godset och det syns tydligt att frätgropen har tillväxt från rörets utsida. I Bild 28 visas botten på frätgropen. Materialets mikrostruktur är normal och består av ferrit och perlit. Kvarstående godstjocklek är som lägst ca 0,12 mm. Bedömningen är ändå att denna frätgrop gav upphov till läckaget, men att genombrott av rörväggen har skett i ett annat tvärsnitt. I botten av frätgropen är röret även angripet av korrosion på *insidan*, se pilen i Bild 28. Ytterligare ett korrosionsangrepp fanns intill frätgropen på rörets insida. Frätgropen var ca 0,2 mm djup, se Bild 29. Även dessa frätgropar har sannolikt uppkommit efter att den utvändiga frätgropen har växt igenom rörväggen (se avsnitt 6.1.1).

Bild 27 Makrofoto av tvärsnitt från läckage-området. Frätgropen är ca 25 mm bred och har växt igenom nästan hela rörväggen.



Bild 28 Botten på frätgrop som har tillväxt från utsidan. Kvarstående godstjocklek är som lägst ca 0,12 mm. Rörets insida är beläget överst i bilden. Röret har även angripits av invändig korrosion, se pil.

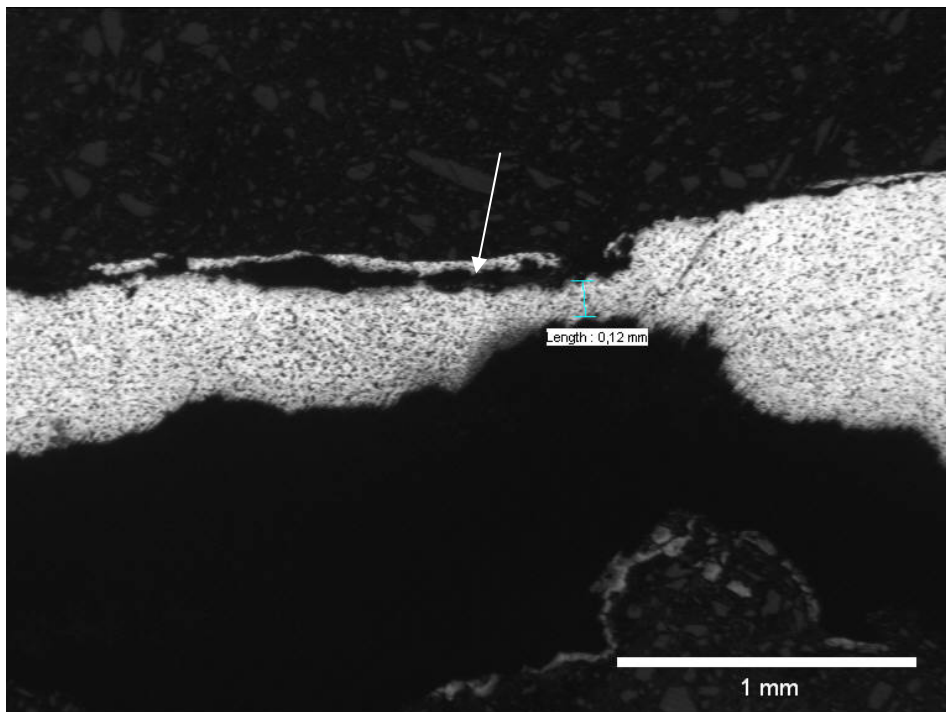
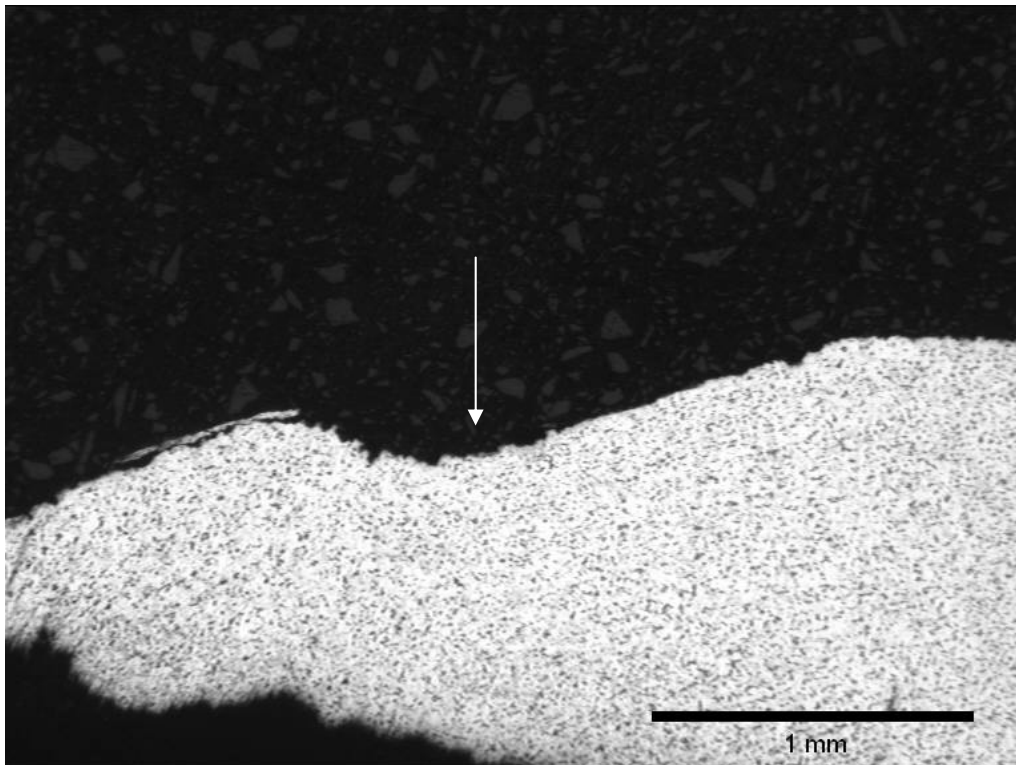


Bild 29 x25 Frätgrop på rörets insida, ca 0,2 mm djup, i anslutning till den genomgående frätgropen från utsidan.



Beräkning av CSA (tvärsnittsarea)

Det undersökta röret är ett 100-rör med $t = 3.6$ mm och $D_y = 114$ mm. Detta ger $CSA = \pi/4 * (114^2 - 106.8^2) = 1215$ mm². Den garanterade detekterbarheten, 9% av CSA, blir 109 mm². Den lägsta detekterbara nivån, 3% av CSA, blir 36.5 mm².

Området med läckan hade dimensionerna $b = 50$ mm och $l = 40$ mm. Baserat på det undersökta tvärsnittet bedöms medelavverkningen (på djupet) vara ca 2,5 mm. Detta ger $CSA = 50 \times 2,5 = 125$ mm², vilket innebär att frätgropen är en signifikant detekterbar defekt med Teletest-metoden. Att den ej detekterades i praktiken beror på att den låg utanför mätningens räckvidd.

7. Sammanställning av mätresultat

I tabell 4 och 5 nedan redovisas en sammanställning av mätresultatens överensstämmelse med verkliga korrosionsskador, för fältförsöken i Uppsala och Stockholm.

Tabell 4 Fjärrvärmerör från Sköldungagatan, Vattenfall Uppsala

Punkt	Prov nr	Teletest indikation	Verklig korrosionsskada	Kommentar
Retur, FW +6,8 m	1	Ja, måttlig	Ja, kraftiga punktangrepp under tjockt oxidskal	Vid rörstöd
Retur, FW + 7-8 m	-	Ja, mindre	Ja, men endast ytlig korrosion	-
Retur, FW +12,5 m	2	Nej, men litet utslag i signal	Ja, men endast ytlig korrosion.	-
Retur, FW + 7-8 m	-	Ja, mindre	Ja, men endast ytlig korrosion	-
Retur, BW +1 m	-	Ja, stor	Ja, men endast ytlig korrosion	Trolig inverkan av rörstöd
Retur, BW -4 m	3	Ja, stor	Ja, men endast ytlig korrosion	Vid rörstöd
Retur, BW -10 m	4	Ja, måttlig	Ja, men endast ytlig korrosion	Vid rörstöd. Isolering hade bränt fast
Fram, FW +7-8 m	5	Ja, måttlig	Ja, grunda punktangrepp under tjockt oxidskal	Vid rörstöd
Fram, BW +1 m	6	Ja, mindre	Ja, punktangrepp under tjockt oxidskal	Isolering hade bränt fast
Fram, BW -4,5 m	-	Ja, mindre	Ja, men endast ytlig korrosion	Vid rörstöd

BW = Backward, FW = Forward (enligt TWIs beteckningar)

Tabellen visar att korrosion har funnits i samtliga områden där Teletestmetoden har påvisat indikationer. För punkt Retur, BW +1 m är det dock troligt att rörstödet har förstärkt mätsignalen. Korrosionsskadans storlek är inte i paritet med det stora utslaget i mätsignalen.

Tabell 5 Fjärrvärmerör från Rinkeby, Fortum

Punkt	Prov nr	Teletest indikation	Verklig korrosionsskada	Kommentar
Retur, BW -2m	1	Nej	Ja, läckan.	CSA under detekterbarhetsnivå (3 %)
Retur, BW -6.5 m	2	Ja, mindre	Ja, stort och grunt angrepp	Grund defekt, CSA<9 %
Retur, BW -11 m	-	Ja, måttlig	Ja, korrosionsskada i svetsad stödplåt	Troligen detekterades stödplåten, ej korrosionsskadan
Retur, BW -15 m	-	Ja, måttlig	Okänt, ej utgrävt.	-
Retur, FW +15.8 m	-	Ja, mindre	Okänt, rörbit ej sparad	Indikation vid kammare
Retur, FW +16.8, +18 m	-	Ja, mindre	Ja. Läckan fanns precis efter kammaren.	Ej helt säker utvärdering pga. rörbit ej sparad
Fram, FW +4-5,5 m	-	Ja, grupp av indikationer	Ja, stora korrosionsskador	Ej helt säker utvärdering pga. rörbit ej uppmärkt
Fram, FW +9 – 11 m	-	Ja, grupp av indikationer	Ja, stora korrosionsskador	Ej helt säker utvärdering pga. rörbit ej uppmärkt
Fram, BW -12 m	-	Ja, stor	Okänt, rörbit ej sparad	-
Fram, BW -12 m	-	Ja, stor	Okänt, rörbit ej sparad	-

BW = Backward, FW = Forward (enligt TWIs beteckningar)

Tabellen visar att korrosionsskador har funnits i de områden där Teletestmetoden har påvisat indikationer. Dock identifierades inte läckan i punkt Retur, BW -2 m. Detta beror på att läckans tvärsnittsarea låg under detekterbarhetsnivån (< 3% av CSA).

8. Slutsats och diskussion

8.1. Metoden

Generellt visar de utförda fältförsöken att Teletestmetoden kan användas för en *statusbestämning* av fjärrvärmerör. Både för fallen Uppsala – Sköldungagatan och Fortum – Rinkeby påvisade mätningarna ett antal defekter och dessa rör visade sig i verkligheten vara utsatta för korrosionsskador. Teletestmetoden är dock *ingen läcksökningsmetod*. Det är möjligt att man kan missa läckor vid mätningarna, om läckagearean är för liten (understiger 9% av CSA). Detta visade sig vara fallet för Fortum, Rinkeby.

Resultaten från Fortum – Rinkeby har varit tydliga, kraftiga korrosionsskador har förekommit i områden där Teletest har påvisat defekter. Resultaten från Uppsala har varit svårare att utvärdera eftersom korrosionsskadorna generellt har varit ytliga och förekommit i anslutning till rörstöd. Mätningarna visade dock att man kan särskilja korrosionsskador från eventuella signaler från rörstöden. Detta är tydligt eftersom mätningarna vid Tiundagatan endast gav utslag för något enstaka rörstöd, medan mätningarna från Sköldungagatan gav utslag vid de flesta rörstöden. Vid Tiundagatan bedömdes rören vara i gott skick (vilket dock ej har kunnat verifieras) medan rören från Sköldungagatan var angripna av korrosion i anslutning till rörstöden. Det finns dock tecken på att något rörstöd har förstärkt signalen och förväxlat med korrosionsskador. Detta gäller för Uppsala – Sköldungagatan, returledning BW +1 m. Den ytliga korrosionsskadan motsvarar ej det starka utslaget i mätsignalen.

Fördelen med Teletestmetoden är att den kan användas för att hitta korrosionsskador *innan* dessa leder till läckage. Om vatten läcker in i en betongkulvert ger det generellt upphov till flera korrosionsskador längs med en rörsträcka. Genom att söka efter områden med godsfortunning kan svaga punkter upptäckas och röret kan bytas ut innan det leder till läckage. Visserligen finns det risk för att ”mindre” korrosionsangrepp, dvs. med liten tvärsnittsarea (CSA), missas på samma sätt som för läckan i Stockholm, Rinkeby. Men man hade utfört en statusbedömning med Teletestmetoden innan läckan inträffade, så hade övriga korrosionsangrepp på rörledningen sannolikt motiverat ett utbyte.

8.2. Metodens begränsningar

Defekter måste vara väldigt stora för att identifieras med hjälp av Teletestmetoden, 9 % av CSA blir ett mycket högt värde för större rör. Dock visar mätningarna att mycket mindre defekter, ner mot 3% av CSA, kan upptäckas i praktiken. Defekter som har klassats som mindre har i praktiken visat sig utgöras av ganska stora korrosionsskador. Antalet korrosionsskador i de rör som sparades för utvärdering har dock varit få, varför det är svårt att göra någon säker koppling mellan verklig defektstorlek och klassning enligt Teletest.

Vid de utförda fältförsöken visade det sig att spiralsvetsarna i rören orsakar mycket brus som interfererar med mätsignalen och därmed sänker räckvidden. Detta medförde att räckvidden vid mätningarna typiskt var 10 – 15 meter, som bäst 18 meter för fallet Fortum – Rinkeby. Fältförsöken visade dock att mätningar i cellbetong är fullt möjligt, ingen märkbar dämpning av mätsignalen observerades.

Teletestmätningarna hos Fortum i Stockholm, visade att bälgar absorberar så mycket energi att signalen släcks ut *efter* denna. Därmed sätter bälgar stopp för mätningen. Även sidoförgreningar absorberar energi från mätsignalen och sänker räckvidden. Om

dessa är tillräckligt stora finns det risk för att mätsignalen släcks ut, särskilt om förgreningen är placerad långt från mätpunkten eftersom signalen redan är försvagad här.

Det visade sig förekomma avvikande geometrier, såsom lagningar och stödplåtar på rörsträckorna både för Fortum och Vattenfall Uppsala. Dessa lagningar gav utslag som defekter med Teletestmetoden. Metoden känner bara av skillnader i godstjocklek och kan således inte skilja på lagningar och verkliga korrosionsskador. Det krävs således att personalen har god kännedom om rörens utformning för att undvika att lagningar etc. förväxlas med korrosionsskador.

Ett fältförsök utfördes, utanför detta projekt, i Finland. Rören var spiralsvetsade och separatisolerade med mineralull. Räckvidden vid dessa mätningar var bättre än vid de Svenska mätningarna, typiskt 20 – 30 meter. Orsaken till detta var att Torsional mode användes vid dessa mätningar istället för Longitudinal mode. Räckvidden är generellt bättre för Torsional mode, men mätnoggrannheten kan vara sämre. Vidare visade fältförsöket att mätningar från kammare kan vara svårt att genomföra. I detta fall innehöll kammaren många rörförgreningar, vilket gjorde att instrumentet var svårt att montera. Vidare fanns en svag böj på rörledningen precis vid utloppet. Denna rörböj hade en liten vinkel, men var ändå tillräckligt för att störa mätsignalen så mycket att mätningen misslyckades. Teletestinstrumentet erfordrar en rak rörsträcka på minst 2 -4 meter i början av rörsträckan för att en stabil mätsignal skall erhållas.

För närvarande arbetar TWI, på uppdrag från petroleumindustrin, med att förlänga Teletest-metodens räckvidd. Målet med arbetet är att uppnå en giltig räckvidd på ca 100 meter.

8.3. Korrosionsmekanismer

De metallografiska undersökningarna har visat att samtliga korrosionsskador har startat från utsidan. För de båda läckorna i Göteborg och Stockholm, Rinkeby har läckagearean varit relativt liten. Korrosionsangreppen på de frilagda rören i Uppsala var generellt ytliga, med lokalt större angrepp vid en del röstöd. Detta indikerar att korrosionen har startat genom inläckage av förorenat vatten i anslutning till ett eller flera röstöd. Skarvarna i betongkulverten är belägna i anslutning till röstöden. Sättningar i marken kan ge upphov till sprickor i skarvarna och därmed inläckage av vatten.

9. Rekommendationer

Utförda fältförsök i Sverige och Finland visar att det är svårt att utföra mätningar från kammare. Detta beror dels på att utrymmet i kammaren oftast är litet samt att dessa ofta innehåller flera rörböjar, påstickledningar och ventiler. Dessa medför svårigheter att skapa en stabil mätsignal och riskerar därför att spolia mätningen.

Ultraljudsvågen som alstras med Teletestmetoden är beroende av en inledningsvis rak rörsträcka, utan rörböjar etc. Det rekommenderas därför att fortsatta mätningar utförs från grävda gropar i marken.

Fjärrvärmesystem är komplexa och innehåller bälgar, reduceringar och grenledningar. Bälgar stoppar signalen helt, medan grenledningar absorberar energi och försvagar signalen. Noggrann planering av mätpunkter krävs därför för att optimera Teletestmetodens räckvidd. En mätpunkt förläggs lämpligen mitt emellan två bälgar, för att möjliggöra mätningar i båda riktningar från Teletestverktygets placering.

10. Förslag till fortsatta insatser

De utförda fältförsöken visar att Teletestmetoden i grunden fungerar för att detektera korrosionsskador och göra en *statusbestämning* för fjärrvärmerör. Dock visar dessa att signalbilden från fjärrvärmesystemet är komplex och att fler mätningar skulle behövas för att samla erfarenheter. T.ex. behövs fler mätningar för att undersöka hur stora utslagen i signalen från Teletest ska vara för att medföra rekommendation av utbyte av fjärrvärmerören.

Lämpligen utförs fortsatta mätningar i områden där det är känt att man brukar ha korrosionsskador, t.ex. i vägkorsningar och järnvägs korsningar. Teletestmetoden kan då användas för att verifiera korrosionsskadorna och motivera en investering för utbyte av fjärrvärmerören.

11. Referenser

- /1/ Plant Integrity Ltd – Report 0425/1/04. Demonstration of the Teletest Long Range Ultrasonic System
- /2/ Plant Integrity Ltd – Report LC0458/1/04. Demonstration of the Teletest Long Range Ultrasonic Testing Method for Examination of Hot Water Pipes in District Heating Systems. Fortum Värme.
- /3/ Plant Integrity Ltd – Report LC0458/2/04. Demonstration of the Teletest Long Range Ultrasonic Testing Method for Examination of Hot Water Pipes in District Heating Systems. Vattenfall Uppsala.
- /4/ DNV Teknisk Rapport 50000326-1. AB Fortum Värme smss, skadeutredning på fjärrvärmerör.

12. Revisionsförteckning

Rev 0 Första utgåvan

Bilaga 1 Stockholm – Rinkeby

Bild 1 Returledning – framåt, uppåt backe.

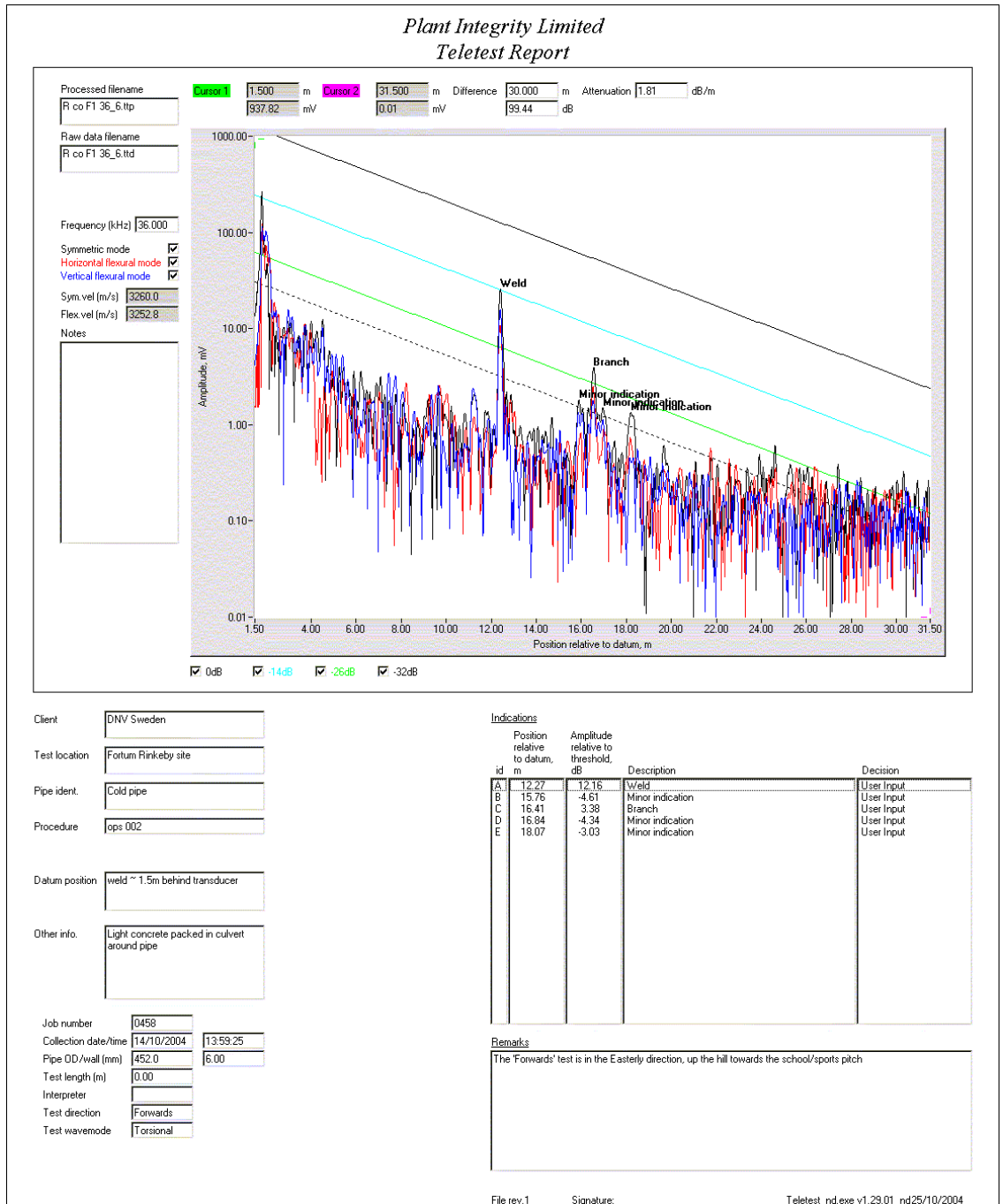


Bild 2 Returledning – bakåt, nedåt backe

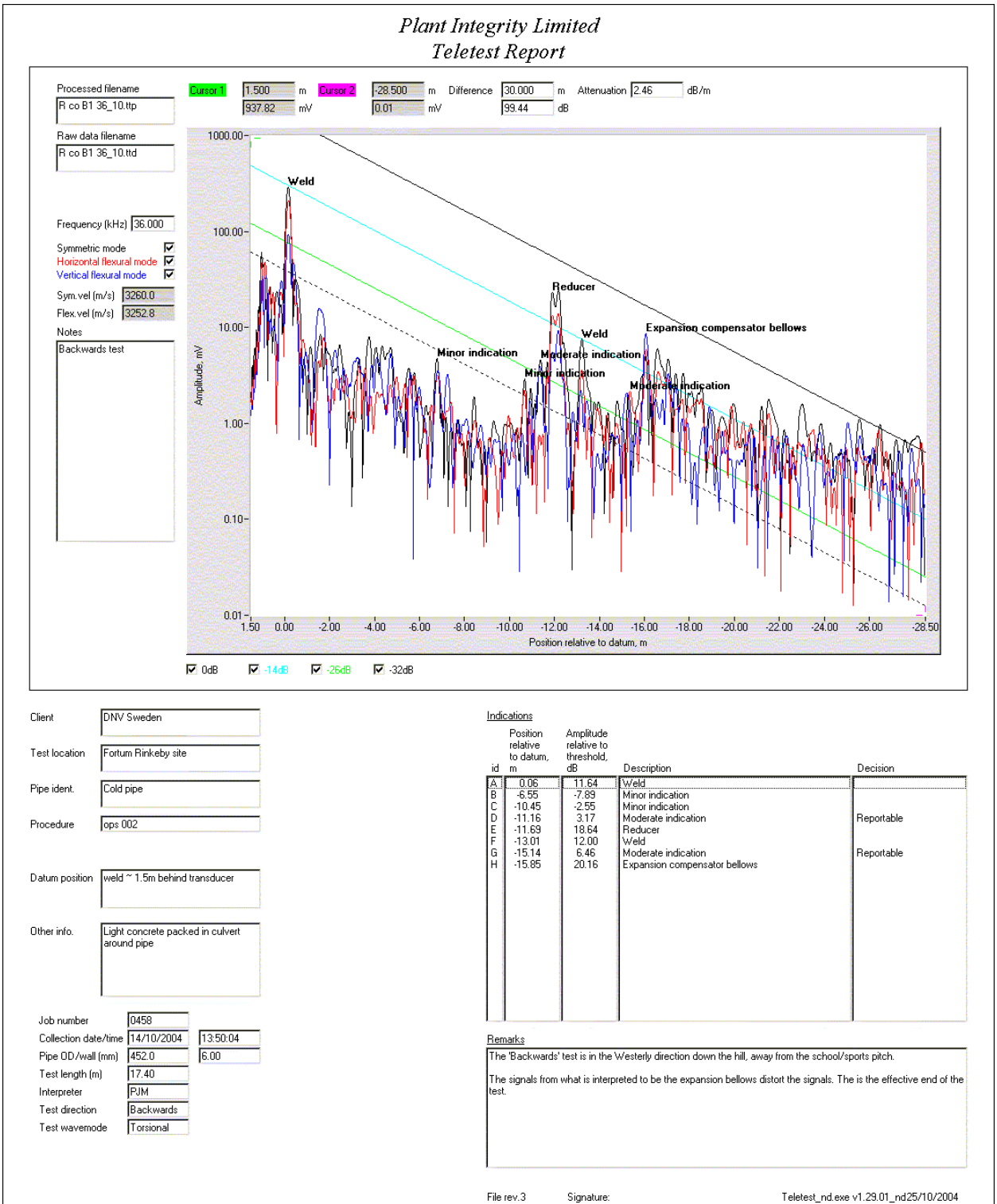


Bild 3 Framledning – framåt, uppåt backe.

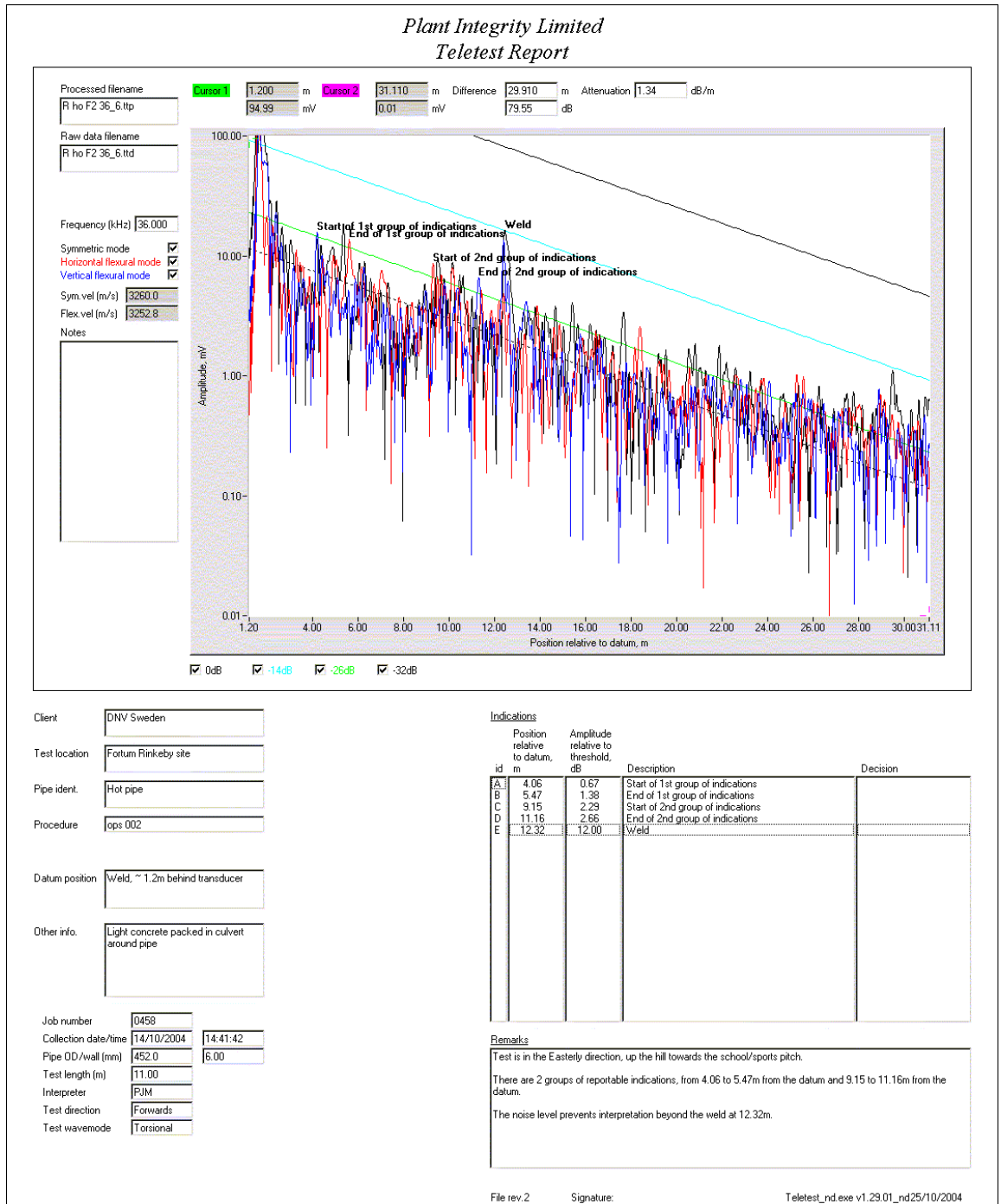
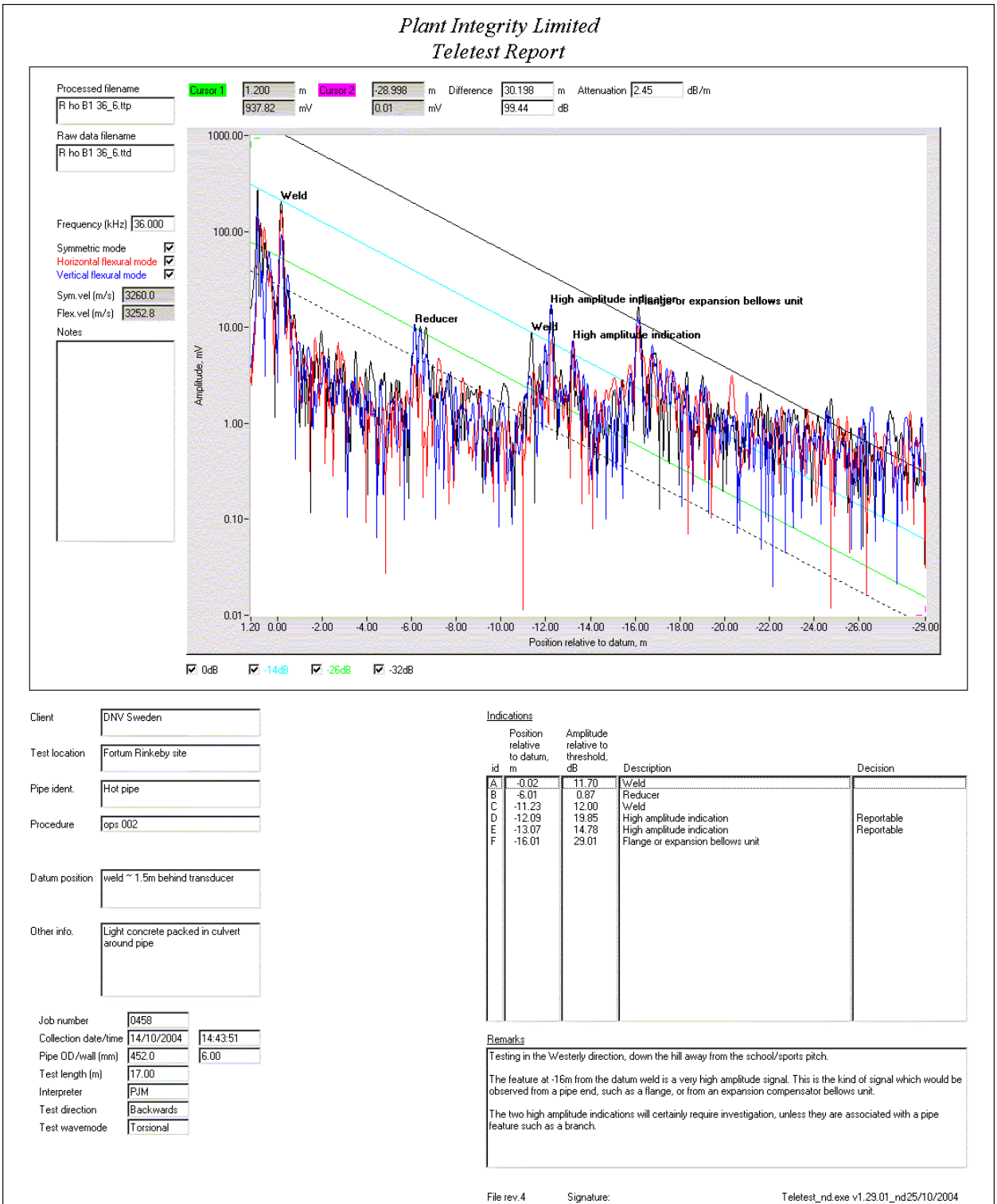


Bild 4 Framledning – bakåt, nedåt backe



Bilaga 2 Stockholm – Lunda Industriområde

Bild 1 Returledning, framåt – riktning öster

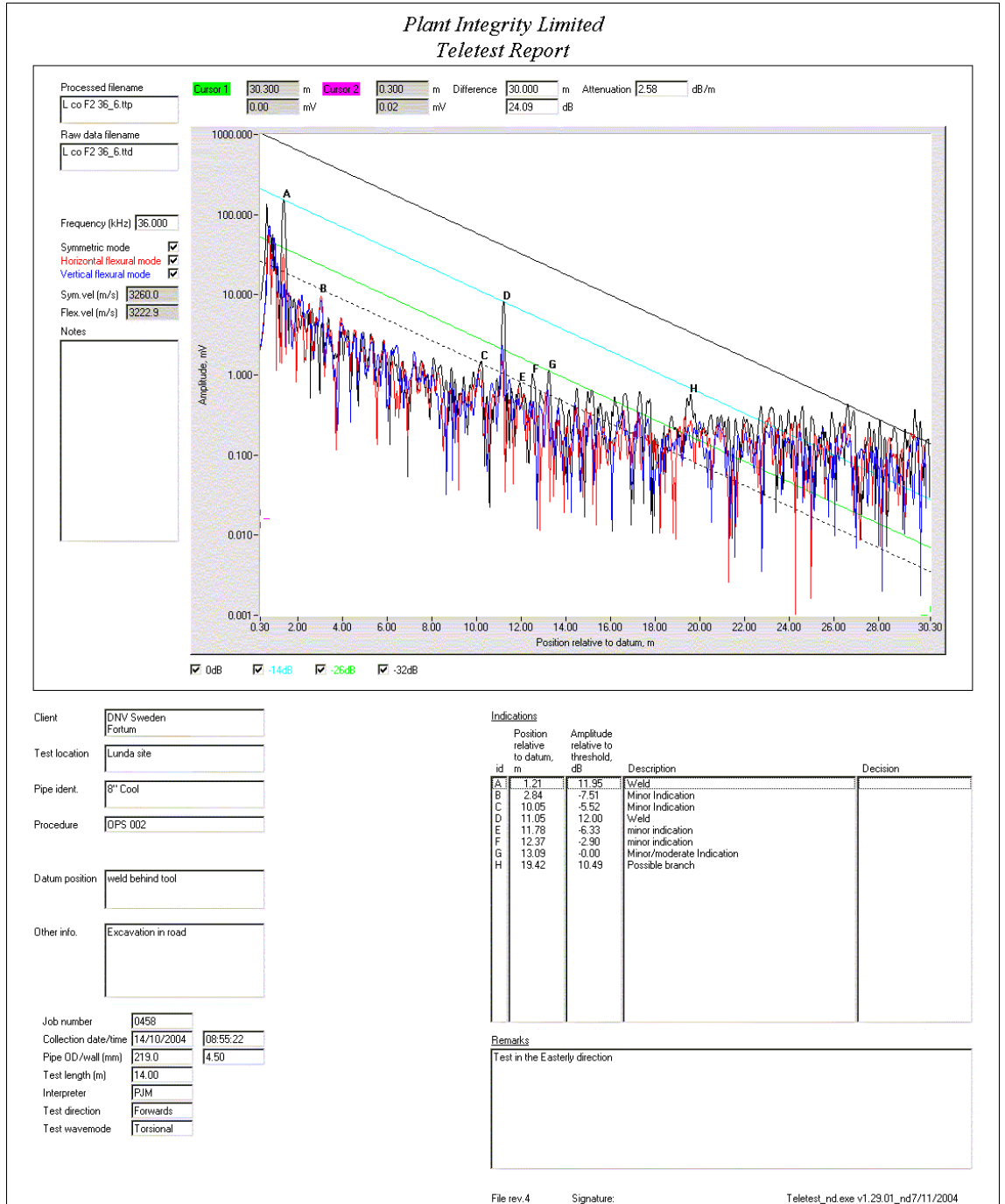


Bild 2 Returledning, bakåt – riktning väster

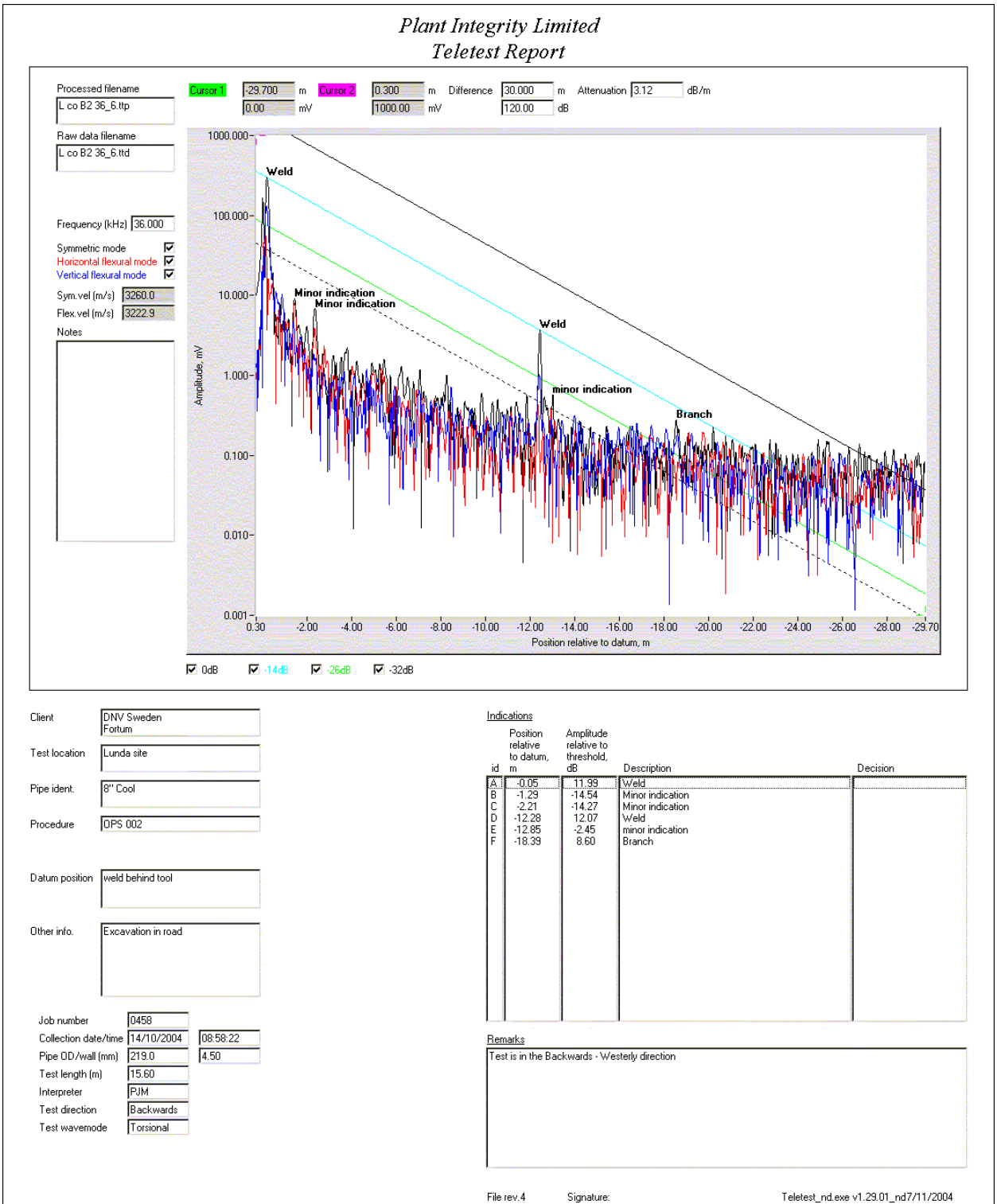


Bild 3 Framledning, framåt – riktning öster

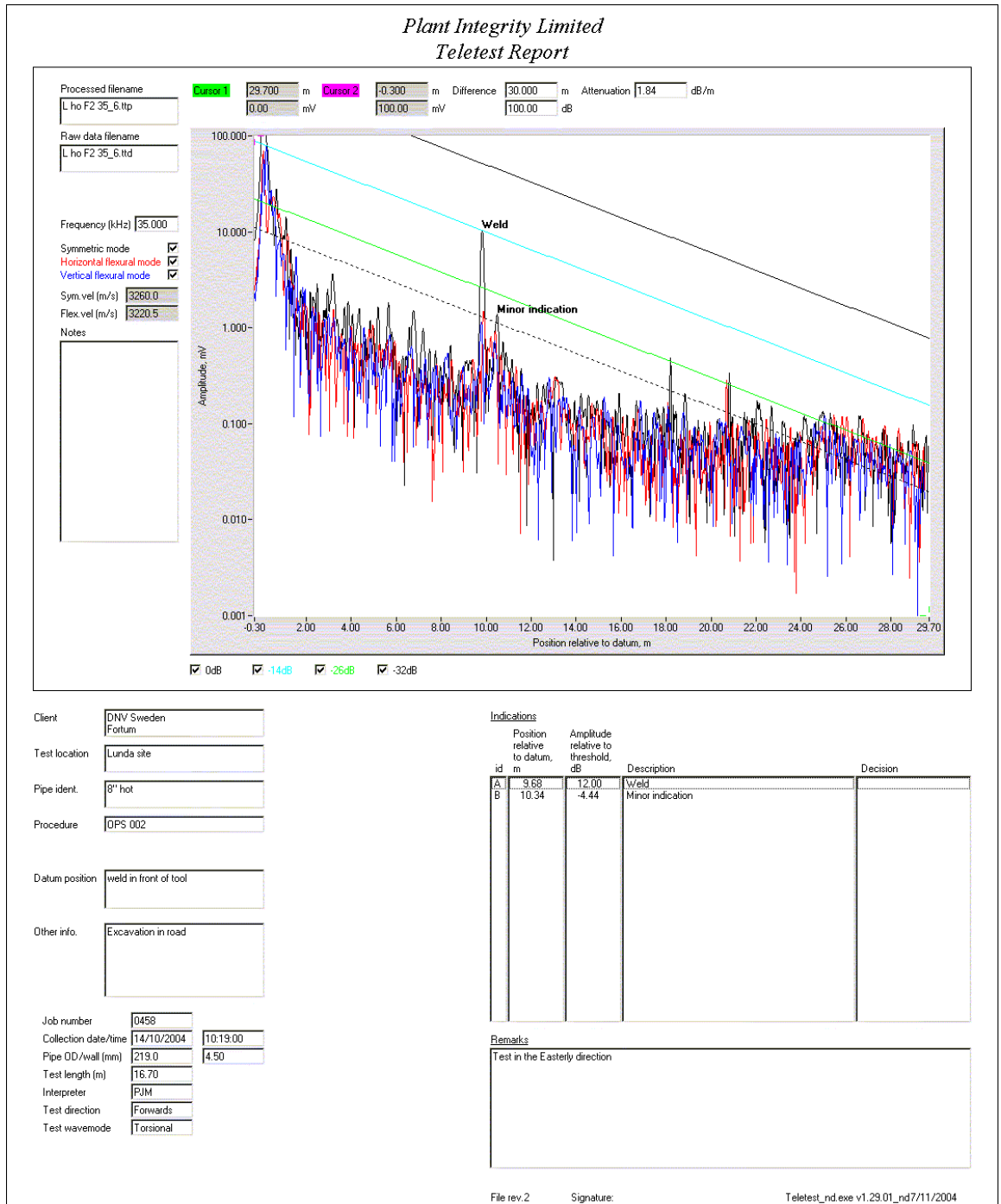
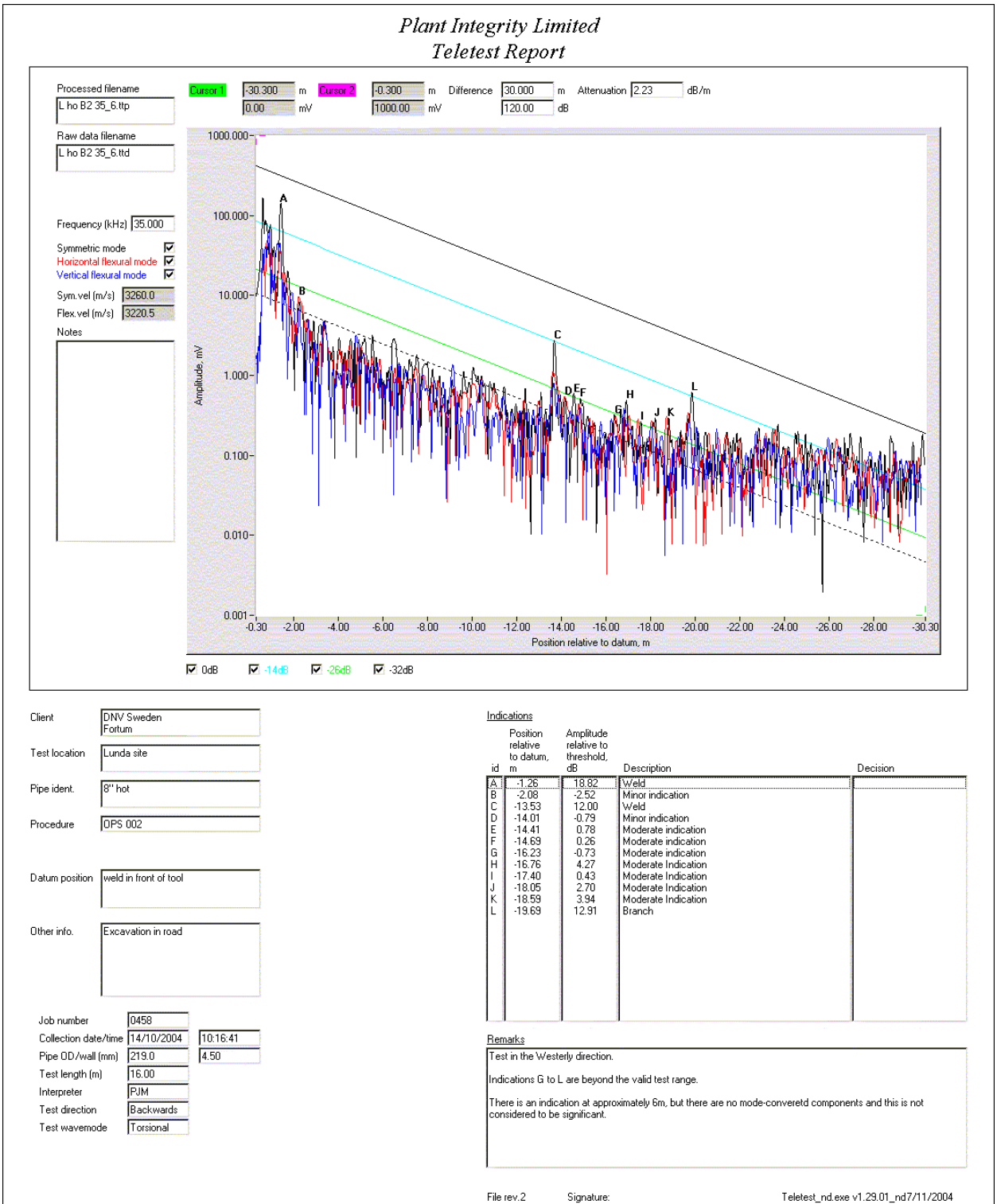


Bild 4 Framledning, bakåt – riktning väster.



Bilaga 3 Uppsala – Sköldungagatan

Bild 1 Returledning, framåt – riktning öster

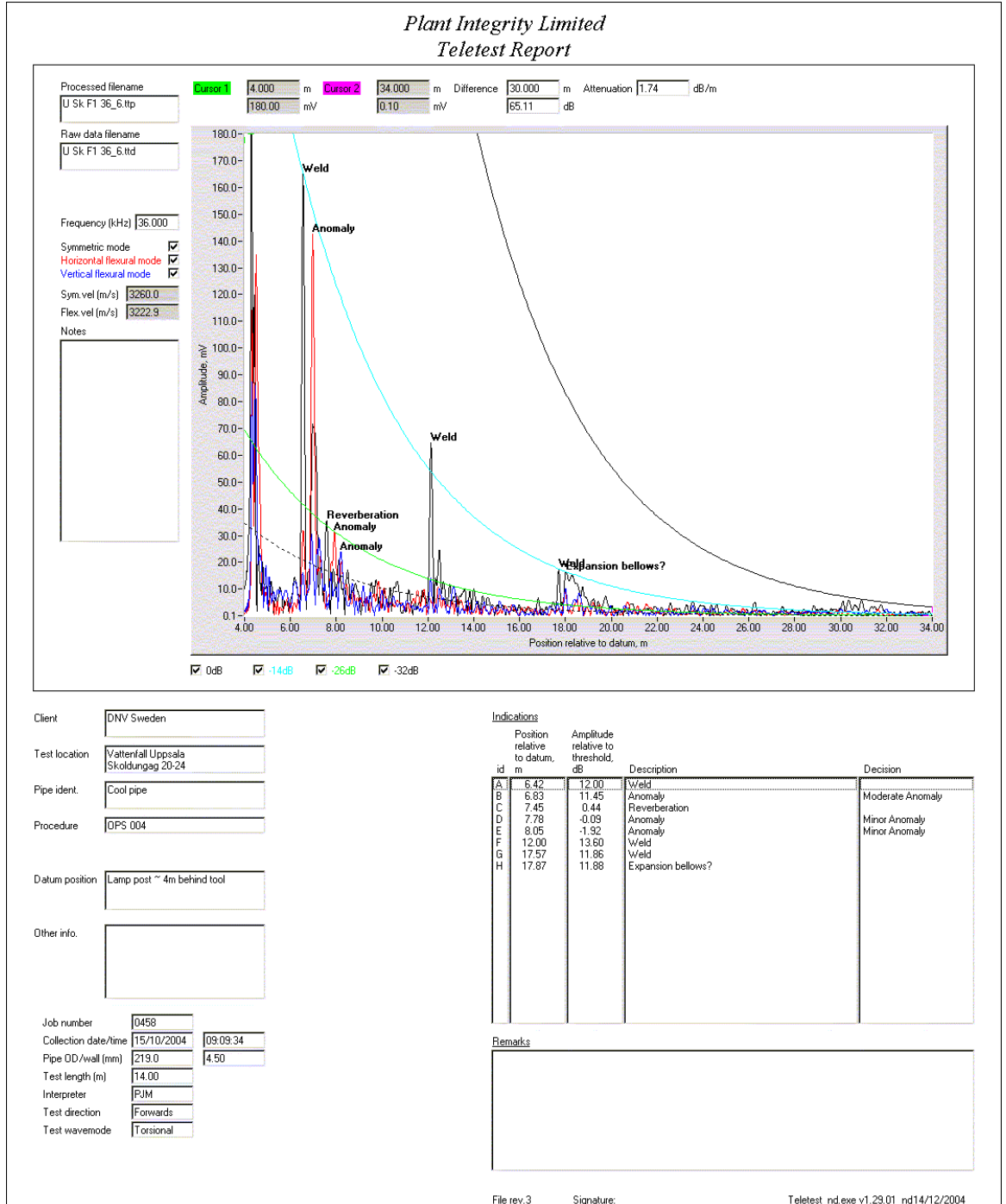


Bild 3 Framledning, framåt – riktning öster

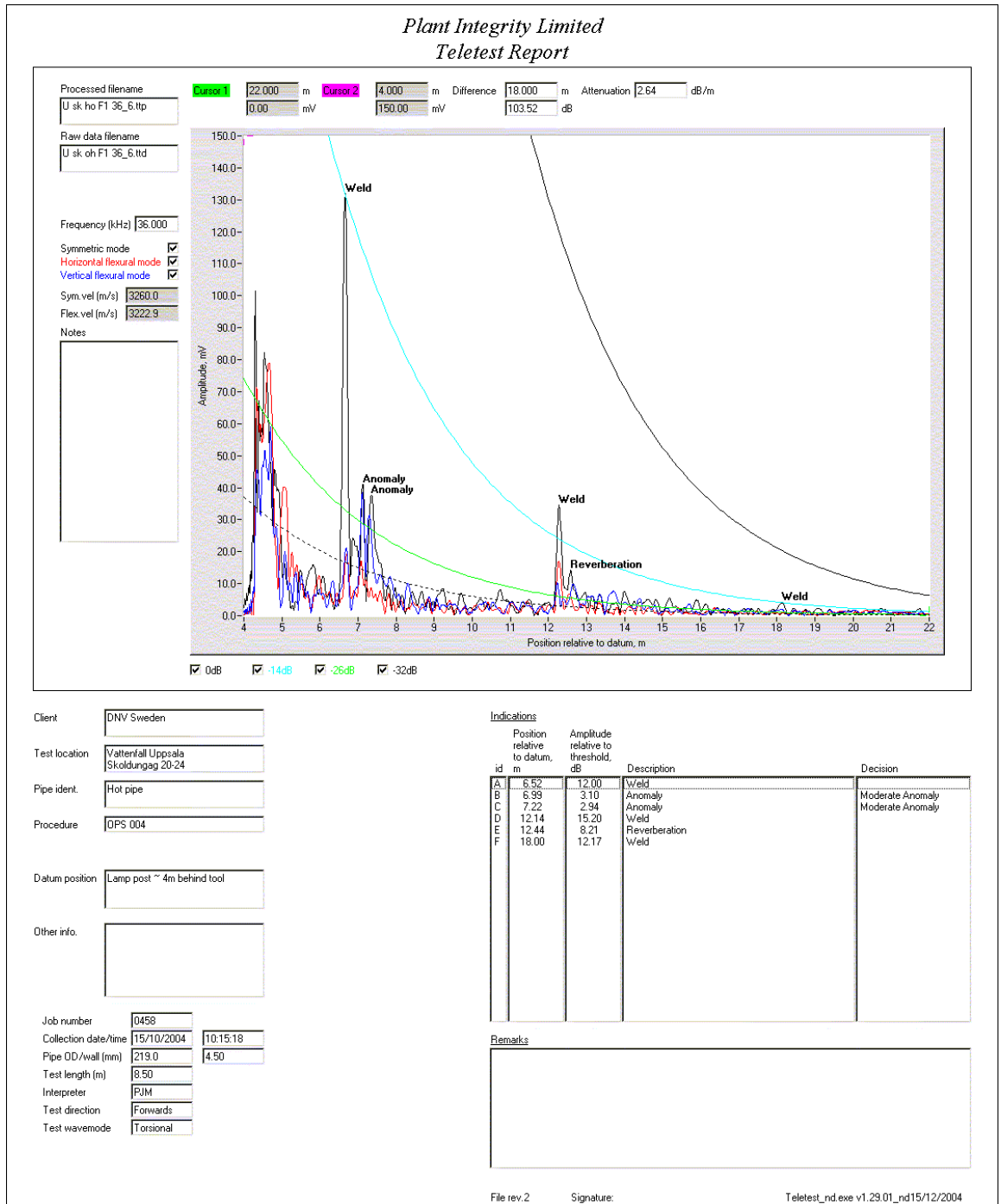
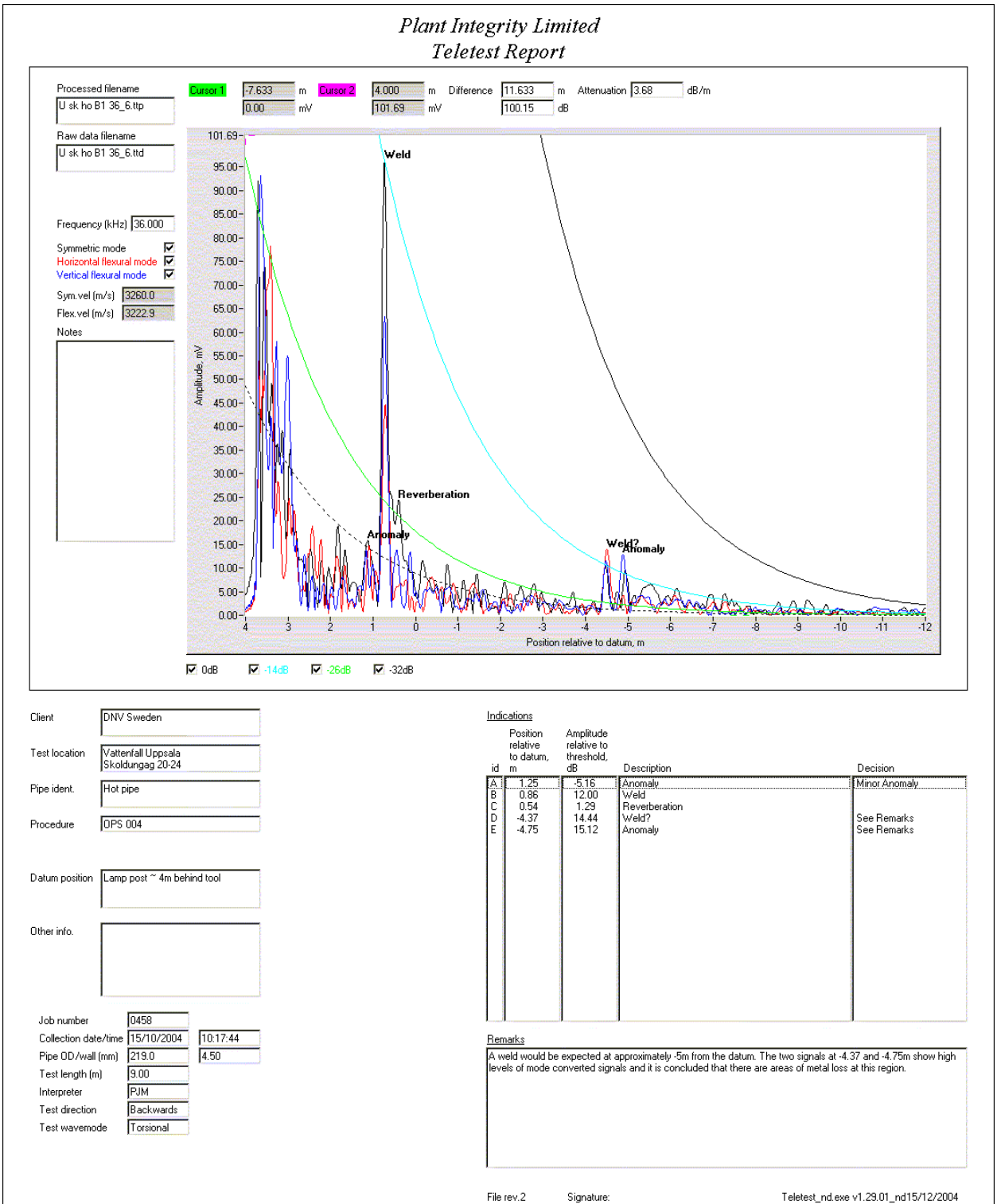


Bild 4 Framledning, bakåt – riktning väster



Bilaga 4 Uppsala – Tiundagatan

Bild 1 Returledning, framåt – riktning söder

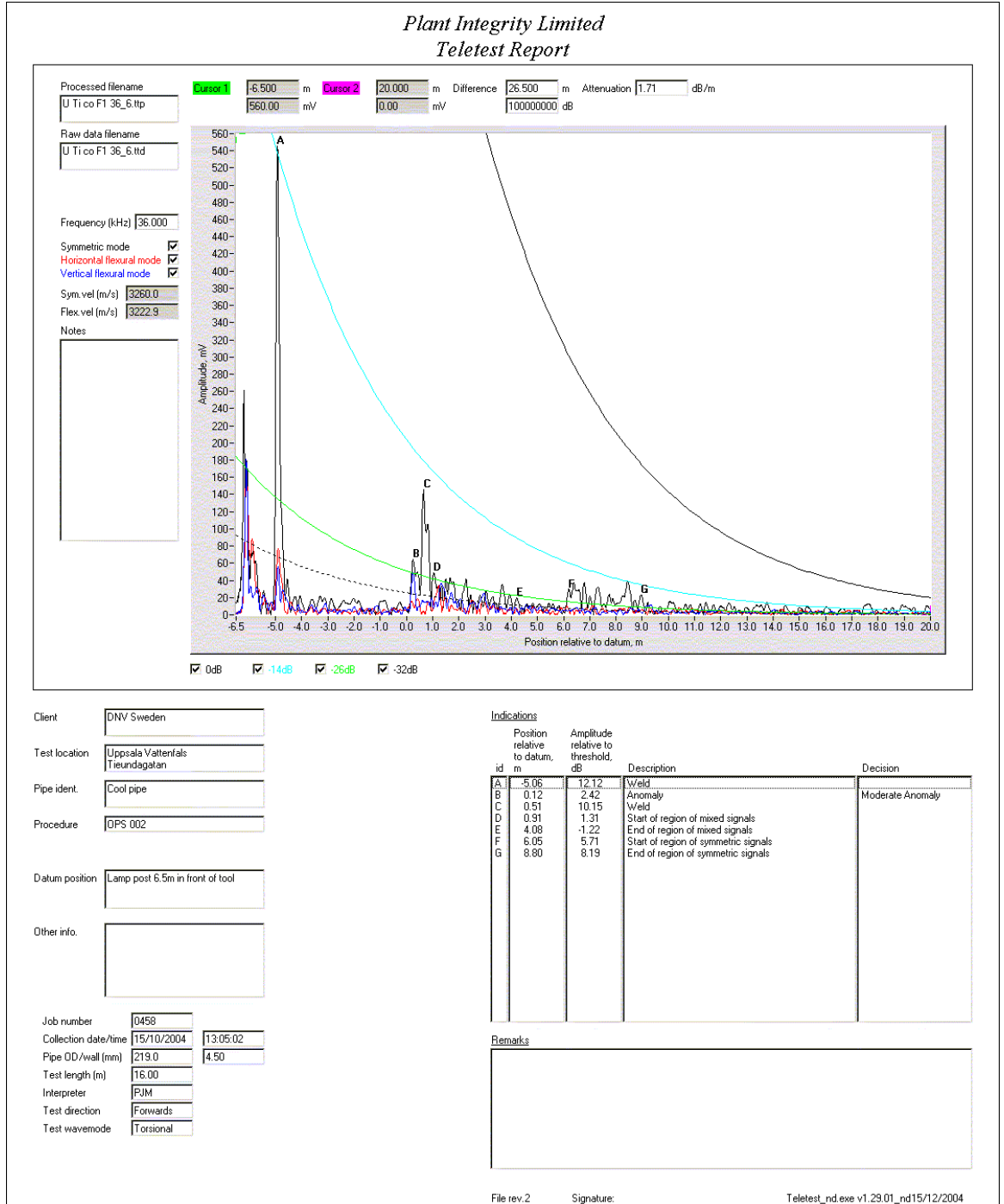


Bild 2 Returledning, bakåt – riktning norr

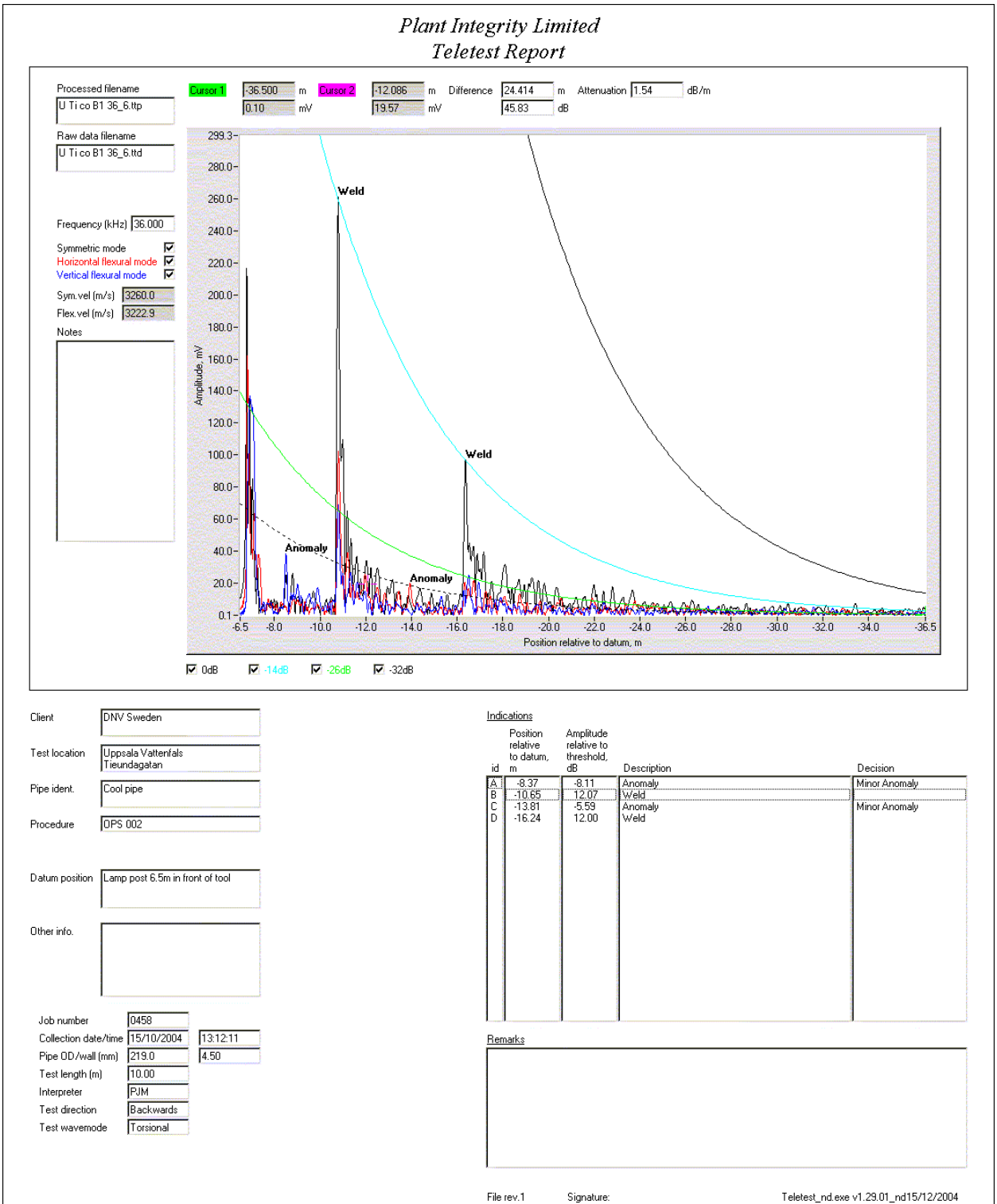


Bild 3 Framledning, framåt – riktning söder

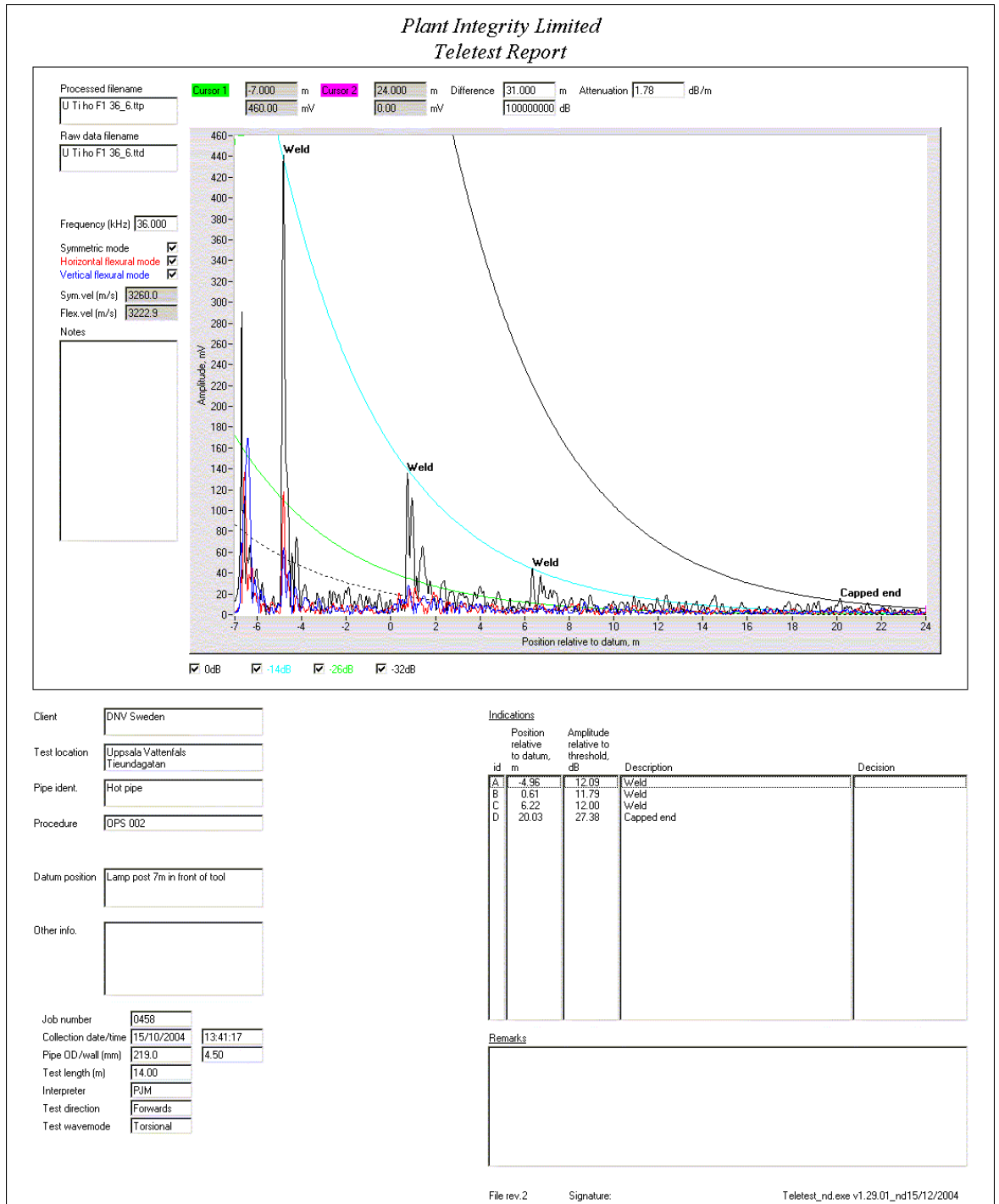
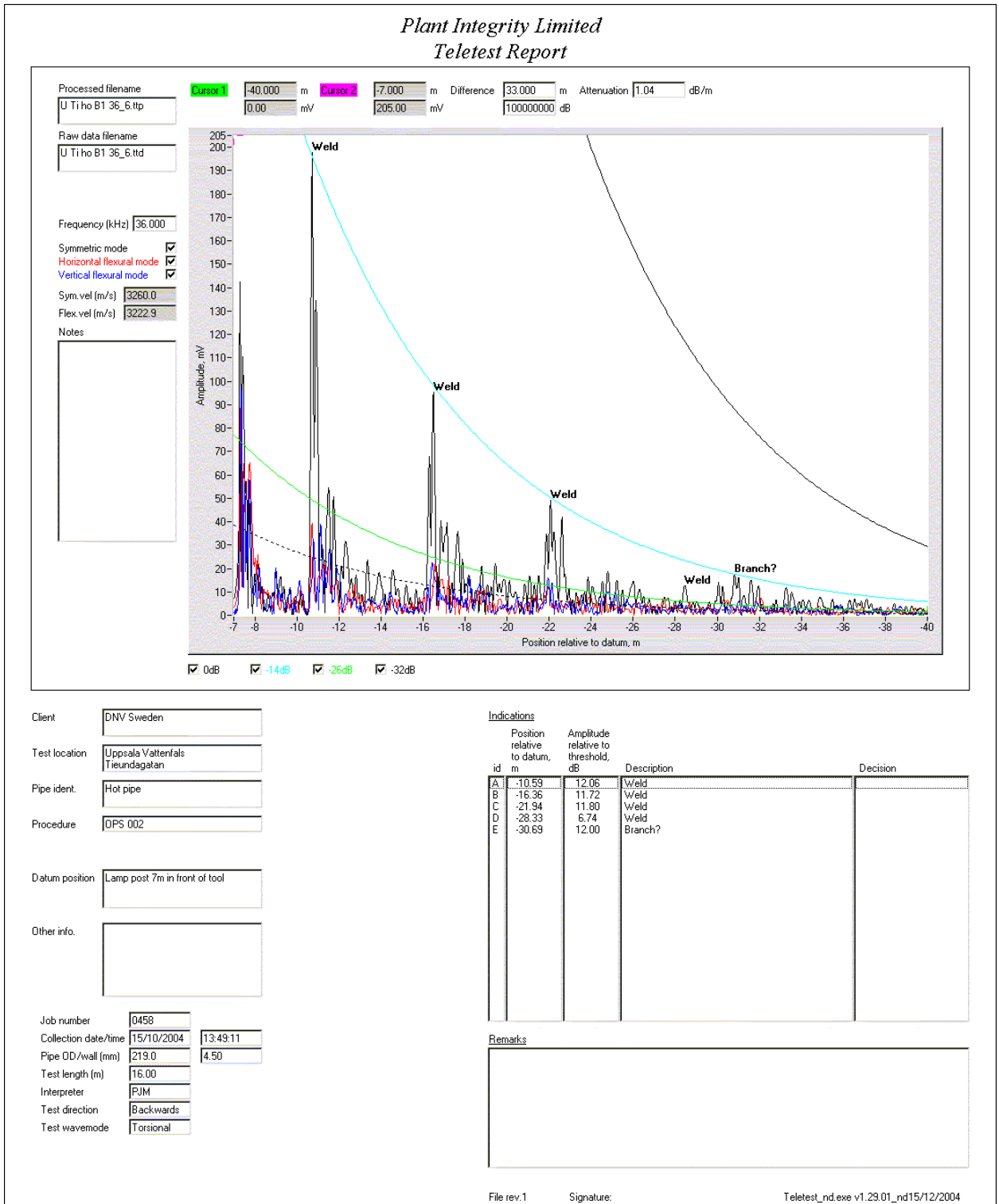


Bild 4 Framledning, bakåt – riktning norr



Bilaga 5 Göteborg

Figur 1 Returledning

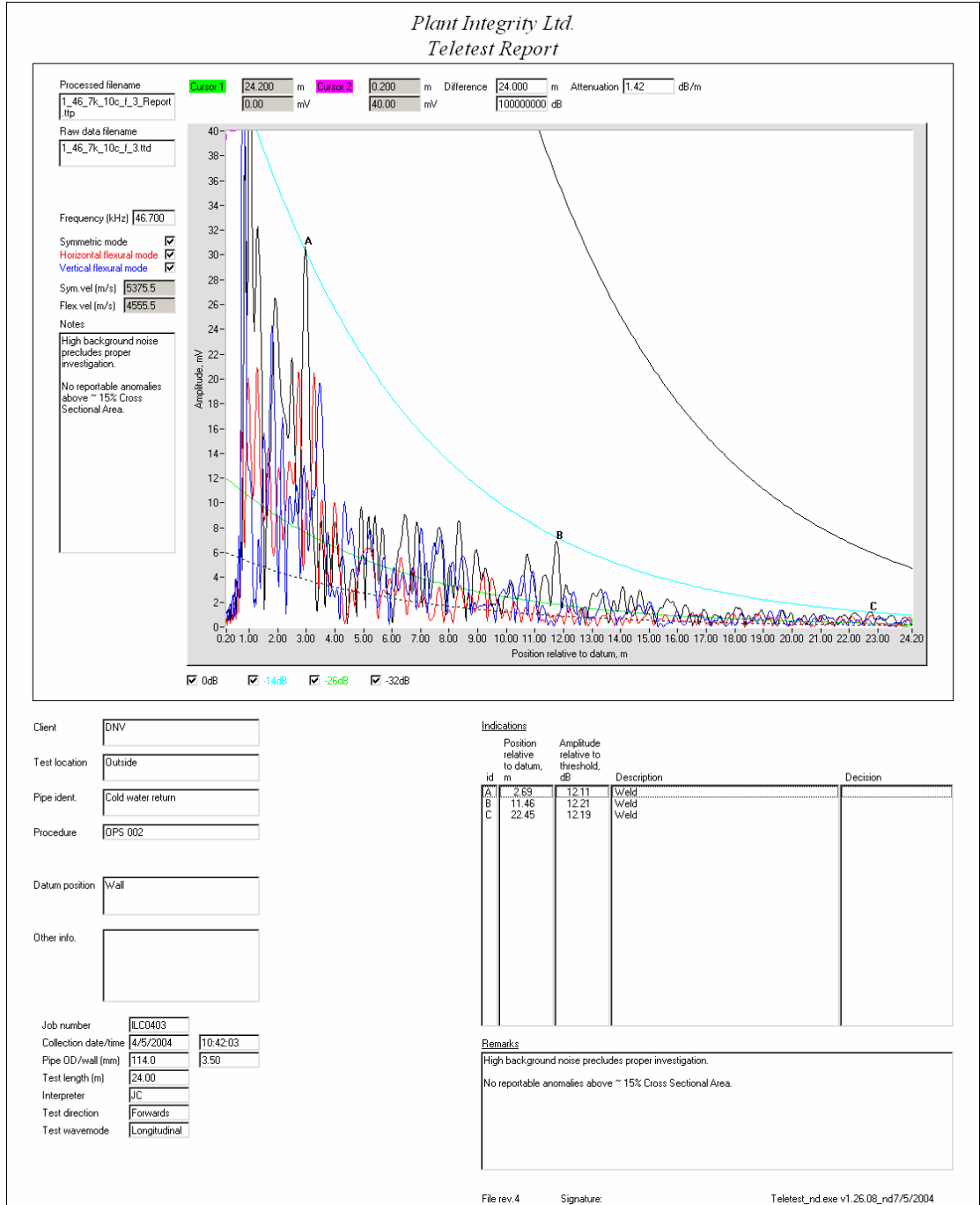
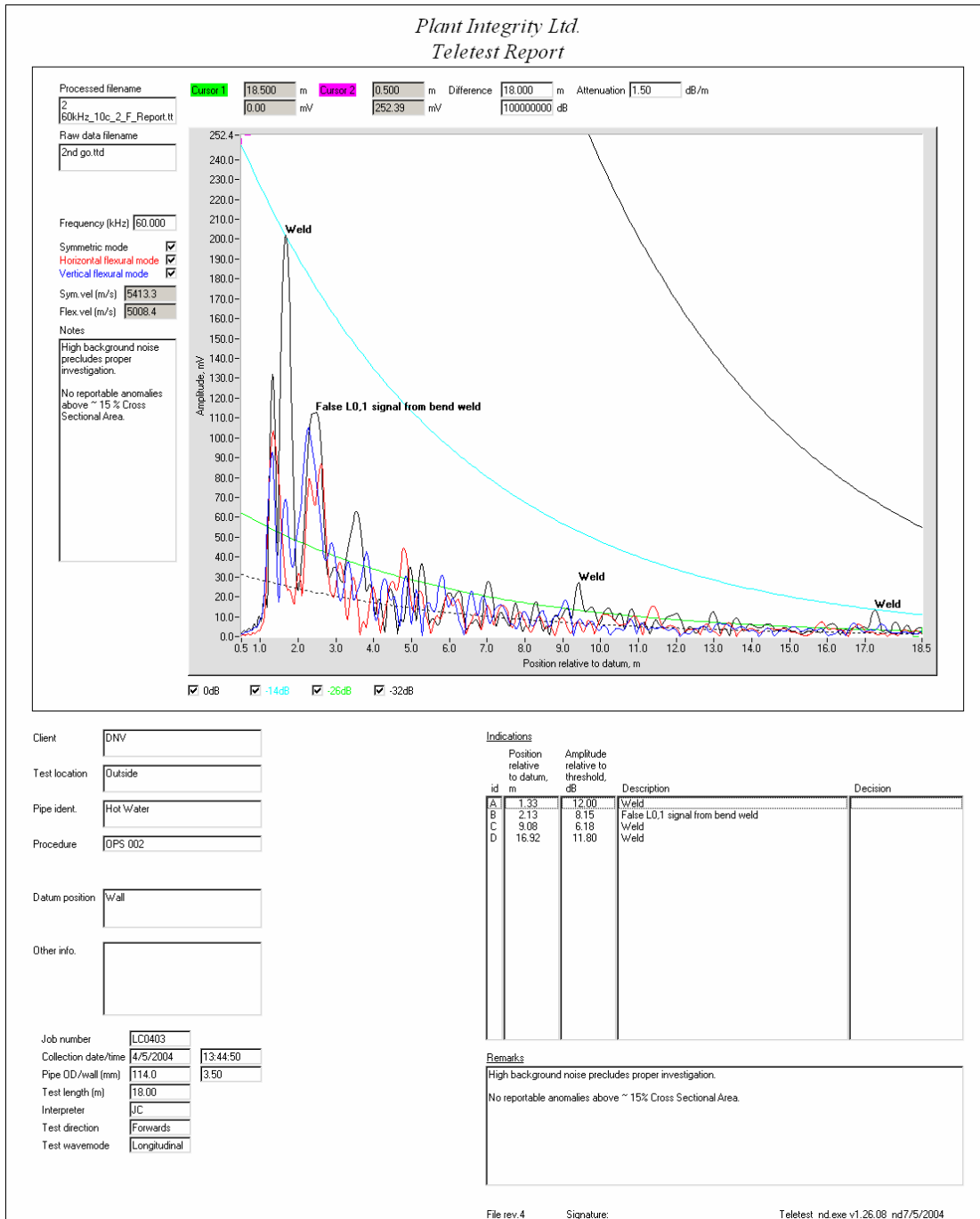


Bild 2 Framledning



Fjärrvärme och fjärrkyla skapar effektiva och miljöanpassade energilösningar som tar tillvara resurser som annars går förlorade, och ger kunden enkel, trygg och bekväm värme och kyla.



Svensk Fjärrvärme • 101 53 Stockholm • Telefon 08-677 25 50 • Fax 08-677 25 55
Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr. • E-post: kontakt@svenskfjarrvarme.se
www.svenskfjarrvarme.se