

Roger Berglund

Utformning bergtunnlar Etapp 11



TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Vapen och skydd

147 25 Tumba

FOI-R--0915--SE

September 2003

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

Roger Berglund

Utformning bergtunnlar Etapp 11

Vapen och Skydd
147 25 Tumba

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Vapen och skydd 147 25 Tumba	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0915--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 5. Bekämpning	
	Månad, år September 2003	Projektnummer E2352
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 53 Skydd och anläggningsteknik	
Författare/redaktör Roger Berglund	Projektledare Anders Carlberg	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmaktens högkvarter, KRI MTRL anlägg	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Utförning bergtunnlar Etapp 11		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>För att studera luftstötvågsutbredningen i ett tunnelsystem påbörjades ett projekt 1995 med försök i full- och modellskala. Fullskaleförsöken har utförts i en bergtunnel på Älvdalens skjutfält. I denna etapp (Etapp 11) studerades stötvågutbredning över areaförändringar. Areaförändringarna var skapade genom att koppla samman rördelar av olika dimensioner och montera dem i barriären i befintligt tunnelsystem. Dimensioner som användes var 940, 600 och 310 mm diameter. Både raka övergångar och en meters övergångar användes vid både areaminskningar och areaökningar.</p> <p>Dessa försök genomfördes endast som fullskaleförsök. Som laddning användes 125 respektive 625 kg Anolit på olika avstånd från barriären.</p>		
Nyckelord Bergtunnlar, luftstötvåg, komplexa geometrier, fortifikation, experiment, barriärer		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 150 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency	Report number, ISRN FOI-R--0915--SE	Report type Technical report
Weapons and Protection SE-147 25 Tumba	Programme Areas 5. Combat	
	Month year September 2003	Project no. E2352
	General Research Areas 5. Commissioned Research	
	Subcategories 53 Protection and Fortification	
Author/s (editor/s) Roger Berglund	Project manager Anders Carlberg	
	Approved by	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces Headquarters	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Design of Rock Tunnels Phase 11		
Abstract (not more than 200 words) In order to study the propagation of blast wave in tunnel systems, a project started 1995 with tests in full scale and model scale. The full-scale test has been performed in a rock tunnel at the shooting range in Älvdalen. In this phase (11) the effect of changes in tunnel areas were studied. The area changes were created by connecting steel pipes with different diameters and install them in the barrier in the existing tunnel system. The diameter used were 940, 600 and 310 mm. Both sharp and 1 meters transitions were use in both in decreasing and increasing the diameter. In this phase, only full-scale tests were performed. A charge of 125 or 625 kg of ANFO were detonated at different distances from the barrier.		
Keywords Rock tunnels, air blast, complex geometry's, fortification, experiments, barriers		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 150 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
BAKGRUND	7
FULLSKALEFÖRSÖK	9
<i>Förberedelse inför försöken</i>	9
<i>Försöksprogram</i>	9
<i>Instrumentering</i>	11
<i>Sprängmedel</i>	15
<i>Iakttagelser efter försök</i>	15
RESULTAT	17
<i>Allmänt om utvärdering</i>	17
<i>Inkommande väg</i>	17
<i>Raka rör</i>	20
<i>Areaökningar</i>	25
<i>Areaminskningar</i>	32
<i>Raka övergångar</i>	42
<i>Övriga tunneln</i>	50
TIDIGARE ETAPPER	52
REFERENSER	55
REGISTRERINGAR	57
<i>Test 02: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Areaökning</i>	57
<i>Test 04: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Areaökning</i>	66
<i>Test 06: avstånd 10 m, 625 kg Anolit - Areaökning</i>	75
<i>Test 07: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Raka rör</i>	84
<i>Test 08: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Raka rör</i>	93
<i>Test 09: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Raka övergångar</i>	101
<i>Test 10: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Raka övergångar</i>	109
<i>Test 12: avstånd 10 m, 625 kg Anolit - Raka övergångar</i>	116
<i>Test 13: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Areaminskning</i>	122
<i>Test 14: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Areaminskning</i>	129
<i>Test 15: avstånd 10 m, 625 kg Anolit - Areaminskning</i>	136
<i>Test 16: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Areaminskning</i>	142
<i>Test 17: avstånd 10 m, 625 kg Anolit - Areaminskning</i>	145
APPENDIX	149

Bakgrund

FOA/FOI har sedan 1995 deltagit i projekt benämnt ”Utformning av bergtunnlar” där stötvågsutbredning studerats i ett tunnelsystem som successivt byggts ut i olika etapper. Fullskaleförsöken har utförts i en bergtunnel belägen på Älvdalens skjutfält. Till tidigare etapper har datorsimuleringar och modellförsök genomförts parallellt med huvudförsöken. De tidigare 10 etapperna redovisas i separata rapporter [1-9]. En schematisk sammanfattning kan läsas i kapitlet ”Tidigare etapper”.

Syftet med försöksserierna har varit att studera om skydd av diverse utrustning och personer, mot detonationer i anslutning till en tunnel, kan uppnås utan portar eller barriärer i tunneln. Ytterligare ett syfte är att öka förståelsen och förbättra förutsägelsen av stötvågens utbredning och styrka.

Under 2001-2002 genomfördes etapp 9 och 10, där en barriär med variabel öppning, 0-9 m², användes för att se inverkan av olika öppningar i barriären i övriga tunneldelar samt undersöka förhållandena bakom barriären.

Under 2003 genomfördes etapp 11 där rörbitar med olika dimensioner kombinerades ihop så att tryck och vågutbredning kunde analyseras för olika areaförändringar.

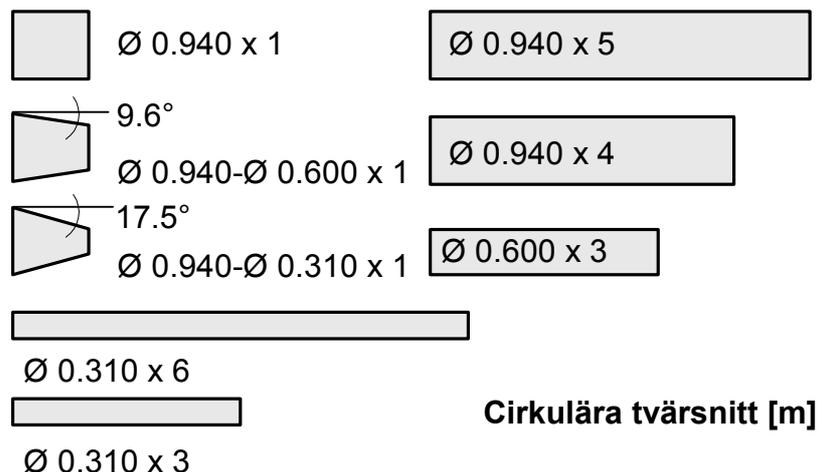
I denna rapport presenteras försöksgenomförande och vissa resultat. En mer ingående analys av registreringarna genomförs av Carl Bro och redovisas i en separat rapport.

Fullskaleförsök

Förberedelse inför försöken

Skadorna på den högra (utifrån sett) sidan av förskärningen efter etapp 10 var så allvarliga att den delvis fick rekonstrueras inför den nya etappen.

Inför etapp 11 konstruerades ett flertal rördelar som ihopsatta kunde skapa två olika försökuppställningar parallellt. Både för areaminskningar och areaökningar. Se Figur 1.

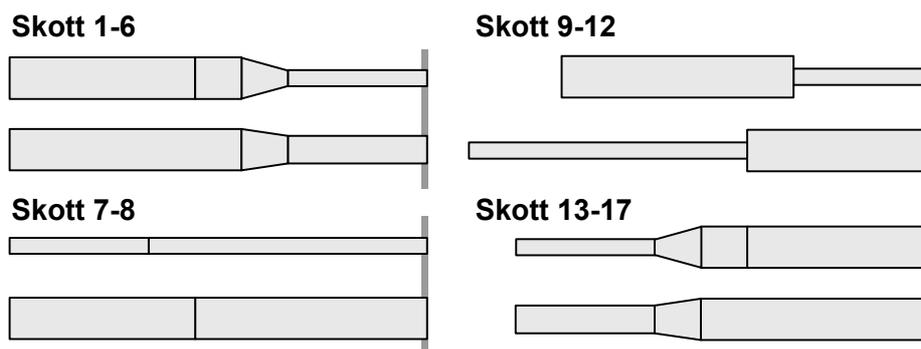


Figur 1. De olika rördelarna.

Försöksprogram

Såsom vid tidigare etapper användes laddningar av Prillit (nu Anolit). Laddningsmängden var 125 kg eller 625 kg. Säckarna travades ovanpå ett 60 cm högt "frigolitbord". De placerades på - 2, 5 respektive 10 m avstånd från tunnelmynningen.

I Figur 2 visas de olika rör kombinationerna som användes.



Figur 2. Försökuppställningar.



Figur 3. Alla rördelar innan de lyfts in bakom barriären.

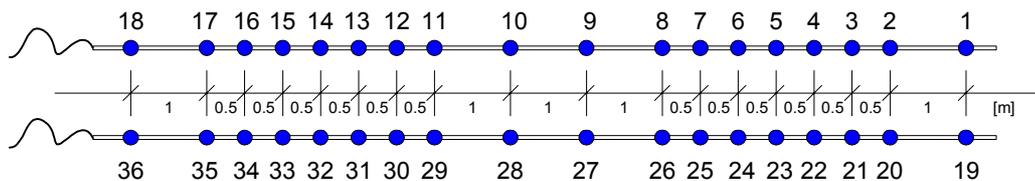
Försöksprogrammet presenteras i sin helhet i Tabell 1.

Tabell 1. Sammanfattning av försöken vid etapp 11.

Skott	Laddning (Anolit)	Avstånd [m]	Ingångs- diameter [mm]	Utgångs- diameter [mm]	Datum	Anmärkning
1	125	5	310	940	03-05-26	Batteribortfall på 101-118, Förstärkare till P16 dog, P08 borta.
2	125	5	310	940	06-05-27	
3	125	5	310	940	03-05-27	
4	125	-2	310	940	03-05-27	
5	125	-2	310	940	03-05-27	
6	625	10	310	310	03-05-27	
7	125	5	310	310	03-06-05	
8	125	-2	310	310	03-06-05	
9	125	5	940	310	03-06-17	Rak Övergång
10	125	-2	940	310	03-06-17	RÖ
11	625	10	940	310	03-06-17	RÖ, många givare överstyrda
12	625	10	940	310	03-06-18	RÖ
13	125	5	940	310	03-06-26	
14	125	-2	940	310	03-06-26	
15	625	10	940	310	03-06-26	
16	125	5	940	310	03-06-27	Endast bakkant, 109 med liv bakkant
17	625	10	940	310	03-06-27	Endast bakkant, 109 med liv bakkant

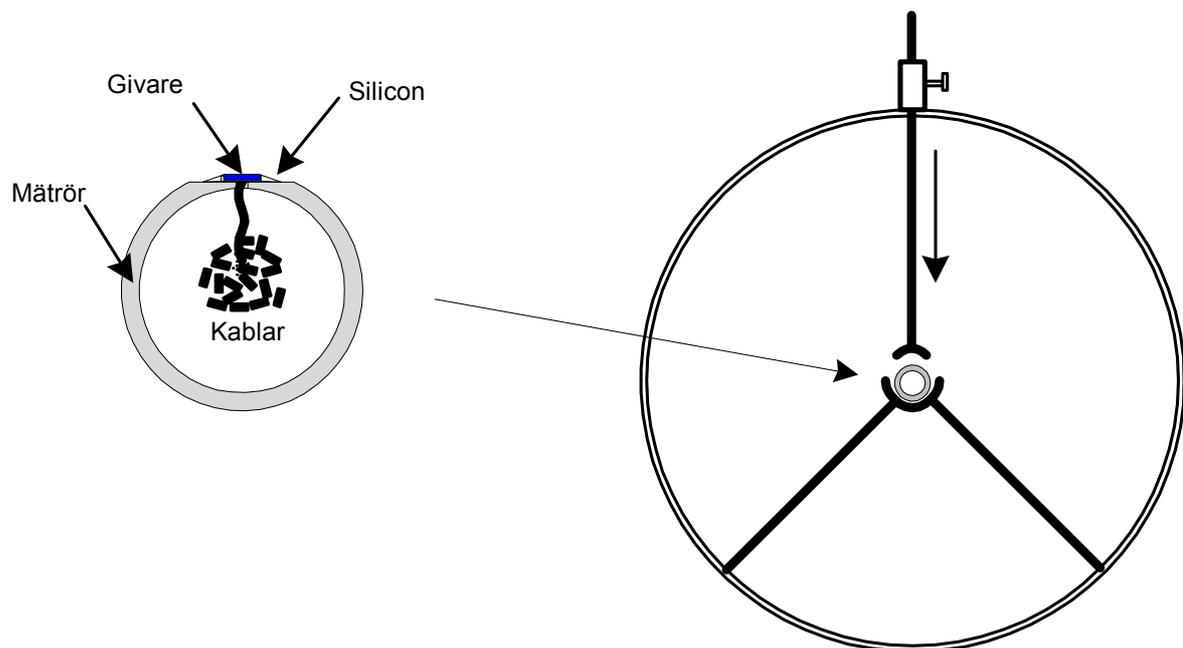
Instrumentering

Två likadana 12 m långa mätrör användes. Diametern var 30 mm. På röret frästes spår ned för montering av tryckgivarna. Givarna placerades för att mäta side-on trycket centrisk i de stora rören. Bakom varje givare borrades också ett hål in i röret för att dra kabeln vidare. Montaget med långa tunna fyrledade kablar i 12 meter långa rör gjorde att det var mycket svårt och tidsödande att ersätta en givare som gått sönder. Se Figur 4. Givarnas infästning mot stången med silikongummi gjorde att givarna blev extra känsliga. Se Figur 5. På varje rör monterades 18 st. Kulitegivare av typen LQ-125-21SG med en känslighet på 49 mV/MPa. Se appendix. Givarna matades med 10.0 V och signalen förstärktes 100 ggr med hjälp av en operationsförstärkare modell AD620AN. Se appendix. För att registrera signalerna användes två st. 16 kanaliga Nicolet Vision system. Den maximala samplingshastigheten på 100 kHz med ett analogt filter på 20 kHz användes.



Figur 4. Mätstängerna.

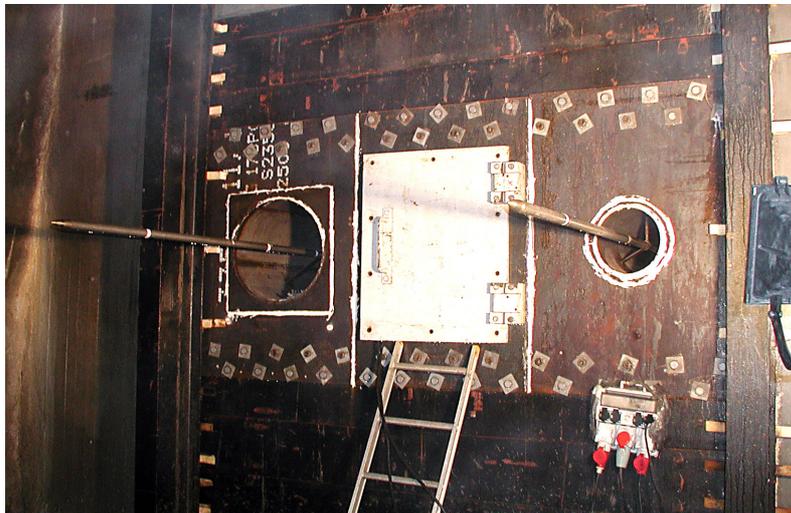
De båda stängerna monterades sedan centrisk i de stora rören på 4 st. stöd jämnt fördelade. Stöden bestod tre ”ben” varav det övre var justerbart. Se Figur 5. Givare 101 och 119 placerades 1 m framför röröppningen och 102 och 120 i liv med öppningen. Se Figur 7.



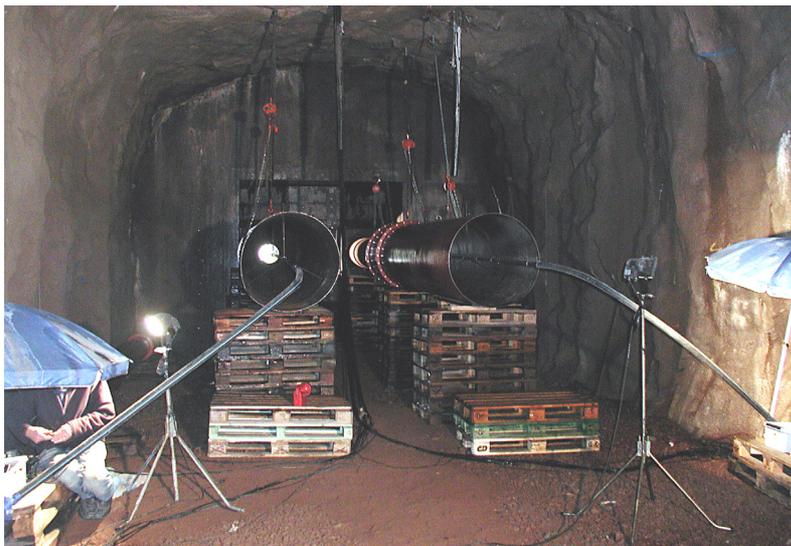
Figur 5. Givarmontage och stångfixering.



Figur 6. Anslutning av givarna till förstärkarna.

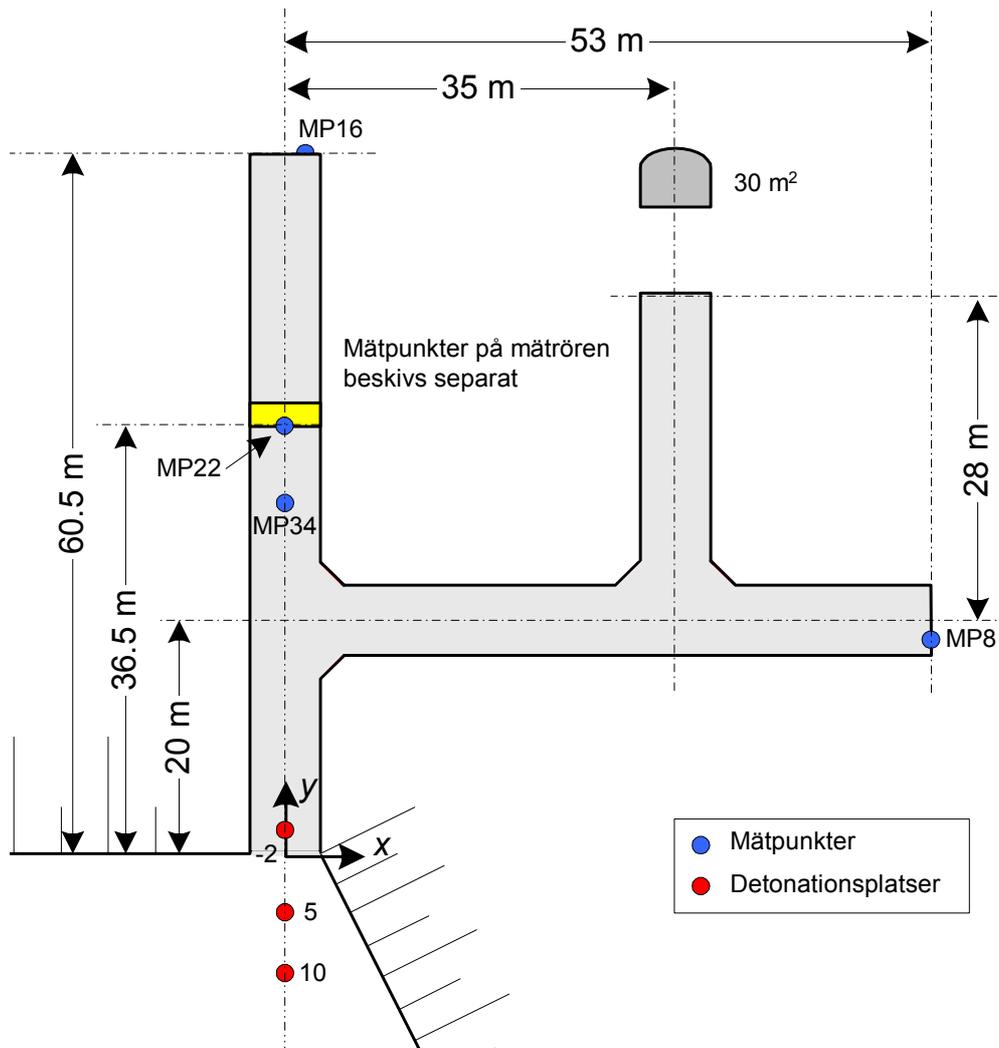


Figur 7. Mätstängerna vid försök 1-6.

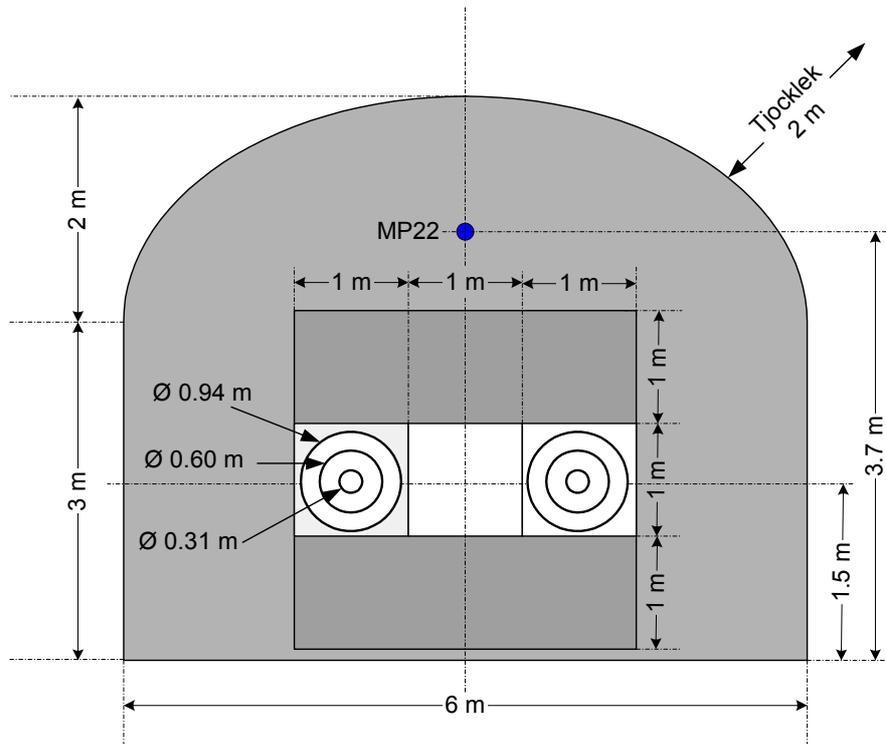


Figur 8. Rören från baksidan vid försök 1-6.

Förutom givarna på mätstängerna har fyra givare från tidigare försök används P34, P22, P8 och P16. Givarna med placering sammanfattas i Tabell 2. Tvärsektion av barriären och en plan över tunnelsystemet visas i Figur 9 och Figur 10.



Figur 9. Plan över tunnelsystemet.



Figur 10. Tvärsektion av barriären.

Tabell 2. Sammanfattning av givare med placering.

Givare	Typ	Serie nr	x	y	h	Anmärkning
34	PCB 113M66 Side-on	3658	0	30	0.5	"Lollipop"
Barriär			---	36.5+2		
8	PCB 113A24 Reflektion	12553	53	18	1.5	
16	PCB 113A24 Reflektion	8781	2	60.5	1.5	
22	PCB 113A24 Reflektion	11628	0	36.5	3.7	
101	LQ-125-21SG	581	± 1.5	35.5	1.5	Trasig -14
102	LQ-125-21SG	585	± 1.5	36.5	1.5	
103	LQ-125-21SG	569	± 1.5	37.0	1.5	
104	LQ-125-21SG	586	± 1.5	37.5	1.5	
105	LQ-125-21SG	588	± 1.5	38.0	1.5	
106	LQ-125-21SG	565	± 1.5	38.5	1.5	
107	LQ-125-21SG	568	± 1.5	39.0	1.5	Trasig
108	LQ-125-21SG	580	± 1.5	39.5	1.5	
109	LQ-125-21SG	576	± 1.5	40.5	1.5	
110	LQ-125-21SG	578	± 1.5	41.5	1.5	
111	LQ-125-21SG	582	± 1.5	42.5	1.5	
112	LQ-125-21SG	566	± 1.5	43.0	1.5	Slö+trasig -14
113	LQ-125-21SG	570	± 1.5	43.5	1.5	
114	LQ-125-21SG	579	± 1.5	44.0	1.5	Trasig
115	LQ-125-21SG	571	± 1.5	44.5	1.5	Trasig -12
116	LQ-125-21SG	572	± 1.5	45.0	1.5	
117	LQ-125-21SG	584	± 1.5	45.5	1.5	Trasig
118	LQ-125-21SG	583	± 1.5	46.5	1.5	
119	LQ-125-21SG	554	± 1.5	35.5	1.5	Trasig -11
120	LQ-125-21SG	574	± 1.5	36.5	1.5	
121	LQ-125-21SG	564	± 1.5	37.0	1.5	
122	LQ-125-21SG	575	± 1.5	37.5	1.5	
123	LQ-125-21SG	577	± 1.5	38.0	1.5	Trasig -10
124	LQ-125-21SG	573	± 1.5	38.5	1.5	Trasig
125	LQ-125-21SG	546	± 1.5	39.0	1.5	
126	LQ-125-21SG	548	± 1.5	39.5	1.5	
127	LQ-125-21SG	547	± 1.5	40.5	1.5	Trasig
128	LQ-125-21SG	542	± 1.5	41.5	1.5	
129	LQ-125-21SG	545	± 1.5	42.5	1.5	Trasig
130	LQ-125-21SG	540	± 1.5	43.0	1.5	Trasig -7
131	LQ-125-21SG	544	± 1.5	43.5	1.5	Trasig -9
132	LQ-125-21SG	553	± 1.5	44.0	1.5	
133	LQ-125-21SG	555	± 1.5	44.5	1.5	
134	LQ-125-21SG	556	± 1.5	45.0	1.5	
135	LQ-125-21SG	551	± 1.5	45.5	1.5	Trasig -7
136	LQ-125-21SG	552	± 1.5	46.5	1.5	Trasig -14

Sprängmedel

Vid försöken användes Anolit som är DynoNobels nya namn på deras standard ANFO sprängmedel, tidigare benämnt Prillit. Det består av en granulerad blandning av ammoniumnitrat och 6 % dieselolja. Det används vanligen för laddningar i torra borrhål. Prillit levereras i säckar om 25 kg. Anolit har en TNT ekvivalent på 0.8.

Tekniska data för Anolit

Densitet	800 kg/m ³
Energi innehåll	4.0 MJ/kg
Detonations hastighet	~ 3 000 m/s



Figur 11. 625 kg Anolit 10 m från öppningen.

lakttagelser efter försök

När stötvågen möter barriären och passerar mätstängerna skakar hela systemet till. Barriären trycks inåt men svänger sedan tillbaka. Detta gör att mätstängerna efter skott ibland kan vara förskjutna ur sitt ursprungliga läge. Det antas dock att under den första intressanta delen av förloppet är mätstången i sitt tänkta läge. Den för givarna ogästvänliga miljön med fukt, kyla och höga tryck gjorde att flera givare efterhand slutade att fungera.

Resultat

Allmänt om utvärdering

Endast en del av försöken är här utvärderade här. En del av försöken är upprepade och visar god repeterbarhet så att endast en av varje typ är redovisad. De presenterade försöken är: Test 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 eller 12, 13, 14, 15, 16 och 17.

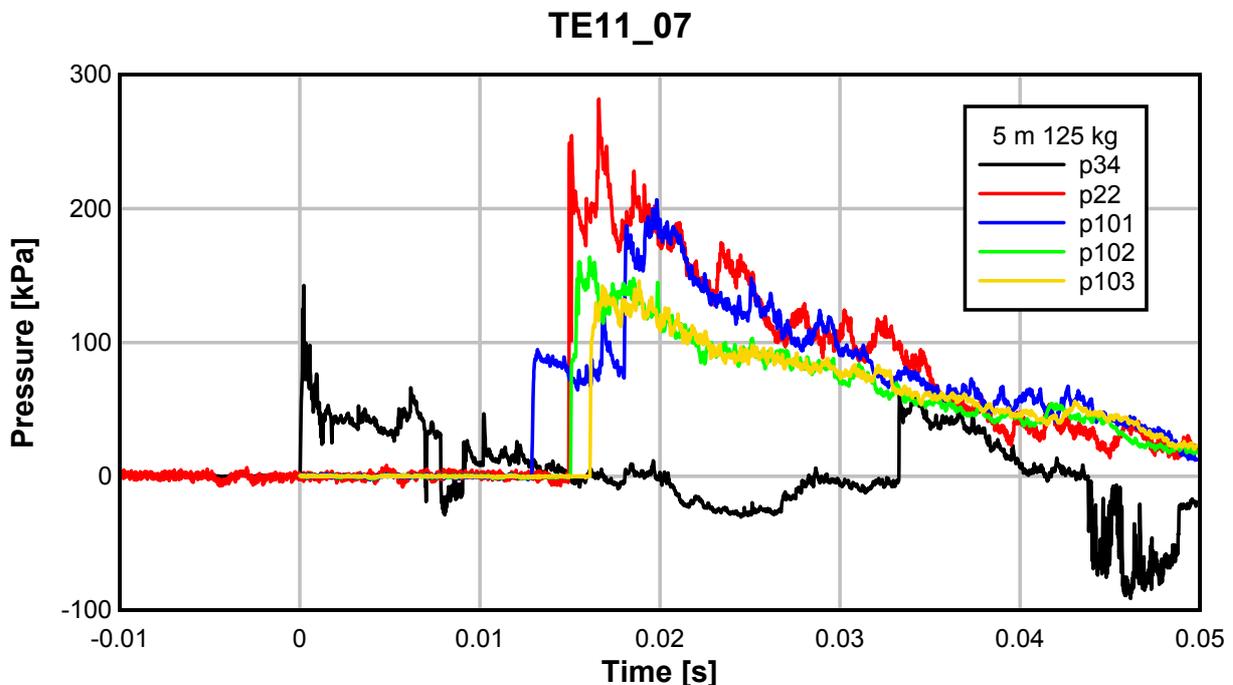
Huvudsyftet med försöket är att visa effekten av olika areaförändringar. Huvudvikten är lagd på tryckförändringar. Vid utvärderingen av maximalt värde har värdena tagits utan ytterligare filtrering. Alla signaler har vid behov nollinjejusterats. Vid inloppet till rören har påspädning noterats vilket skapar ett högre tryck. Vid försöken med areaminskningar har även den reflekterande vågen ett maximum. Vid övergången till en mindre area är det troligt att givarna inte mäter ett rent side-on tryck utan även mer direkta tryck vilket gör maximala trycket svårtolkat.

Tryckets utbredningshastighet har även beräknats i de olika rördelarna.

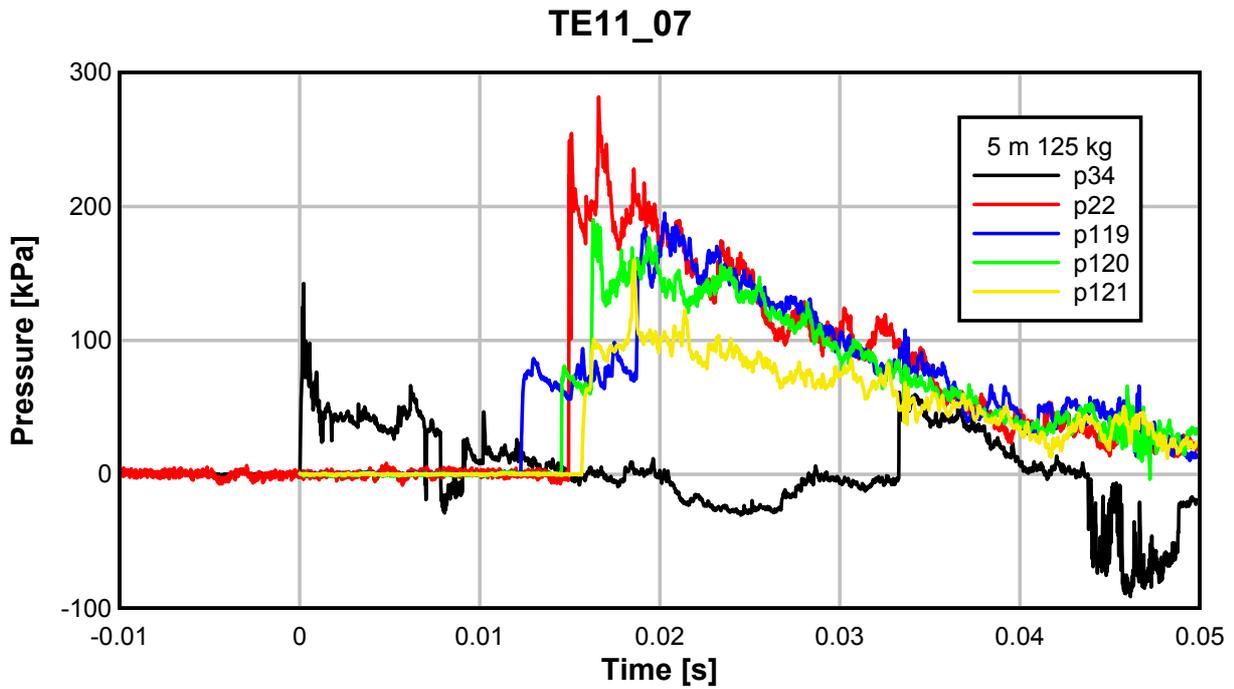
Den för givarna ”ogästvänliga” miljön gjorde att flera givare efter hand slutade att fungera. Det kunde bero på fysisk skada eller t ex fukt. En del givare kunde fixas inför nästa skott men en del gav upp för gott. En viss gråzon uppstod också innan givaren gick sönder varför man bör granska signalerna noga. I den kommande utvärderingen inleds varje försöksserie med en figur där rör och givare visas. En blå givare är ok. En grön kan vara tveksam och en röd är obrukbar. En tabell över givarnas ”hälsa” sammanfattar detta i slutet på kapitlet. Se Tabell 15.

Inkommande våg

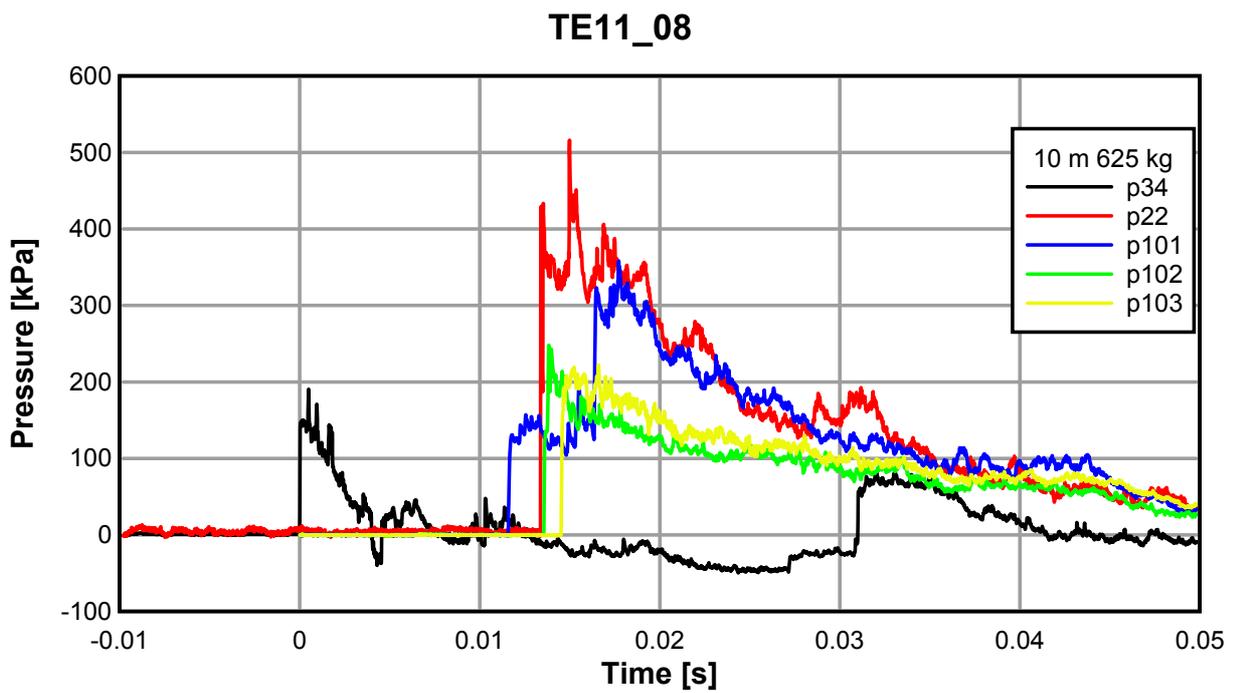
Följande figurer (12-15) visar hur tryckvågen förändras på sin väg in i röret. Trycket en bit in verkar var någonting mellan reflektionstrycket och side-on trycket.



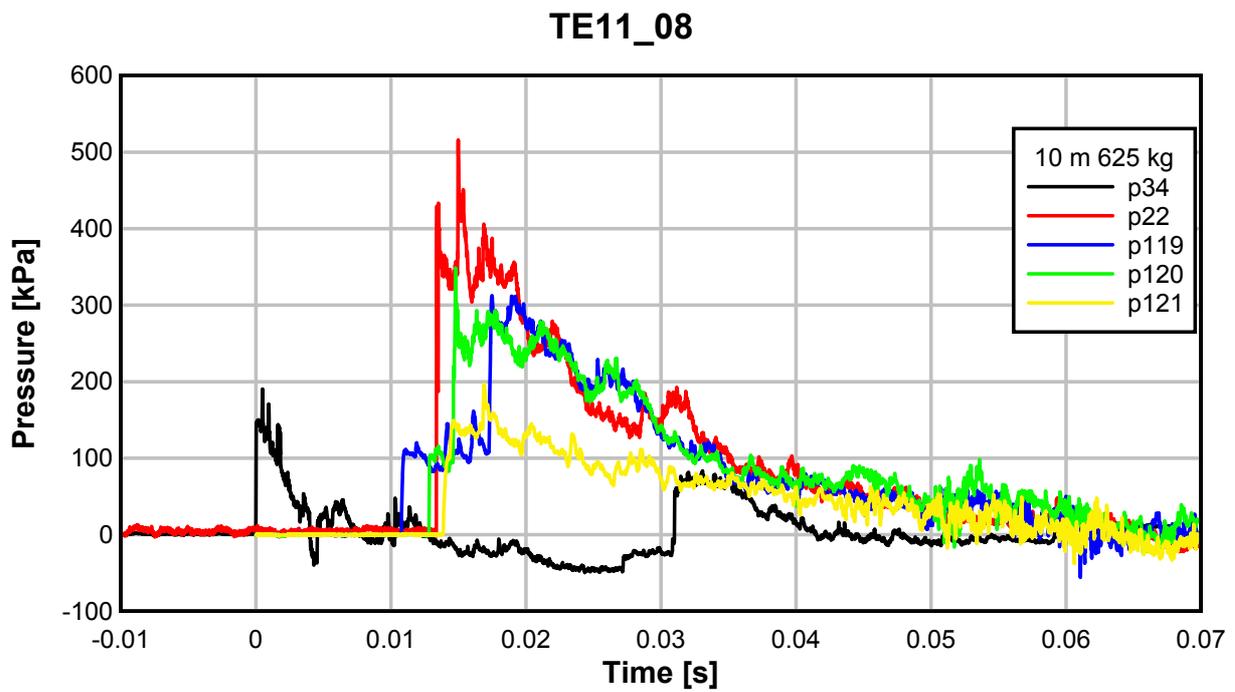
Figur 12. Illustration av vilken tryckvågen förändras under ingången till 310 röret, 5 m.



Figur 13. Illustration av vilken tryckvågen förändras under ingången till 940 röret, 5 m.



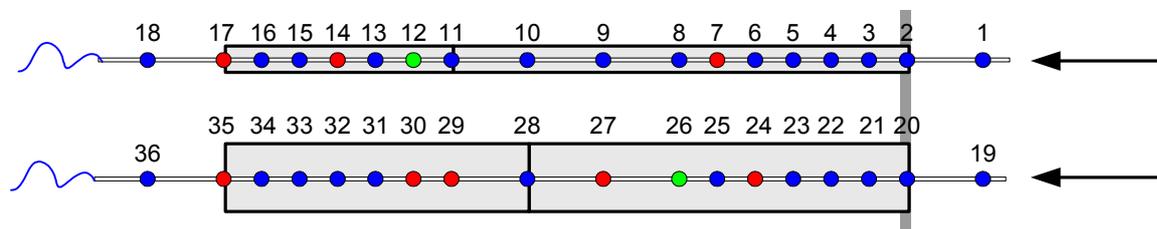
Figur 14. Illustration av vilken tryckvågen förändras under ingången till 310 röret, 10 m.



Figur 15. Illustration av vilken tryckvågen förändras under ingången till 940 röret, 10 m.

Raka rör

Vid test 7 och 8 testades hur vågen beter sig vid utbredning i ett rakt rör. En genomsnittlig hastighet togs fram genom att förbinda vågornas ankomsttid med en rät linje. Se Figur 17. På liknade sätt är förlusterna framtagna. Som Tabell 3 visar är förlusterna större vid högre hastigheter och smalare rör.



Figur 16. Uppställning för raka rör

Tabell 3. Hastigheter och förluster i raka rör

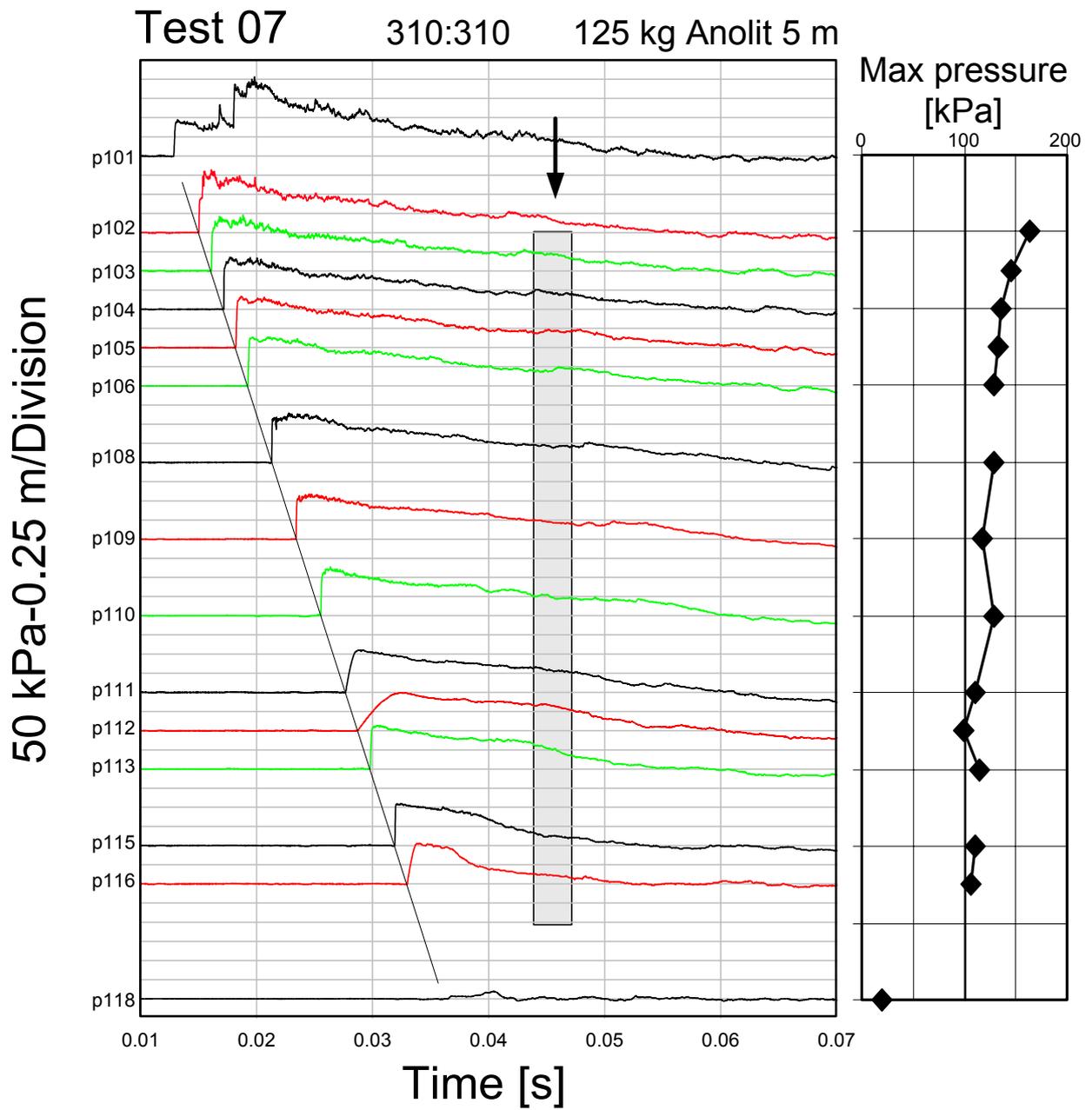
Rör [mm]	Belastn. [kg] [m]	Test	Hastighet [m/s]	Förlust [kPa/m]
310	125/5	07	475	4.5
310	125/-2	08	538	7.9
940	125/5	07	450	2.3
940	125/-2	08	525	3.2

Tabell 4. Maximalt tryck i 310-röret [kPa]

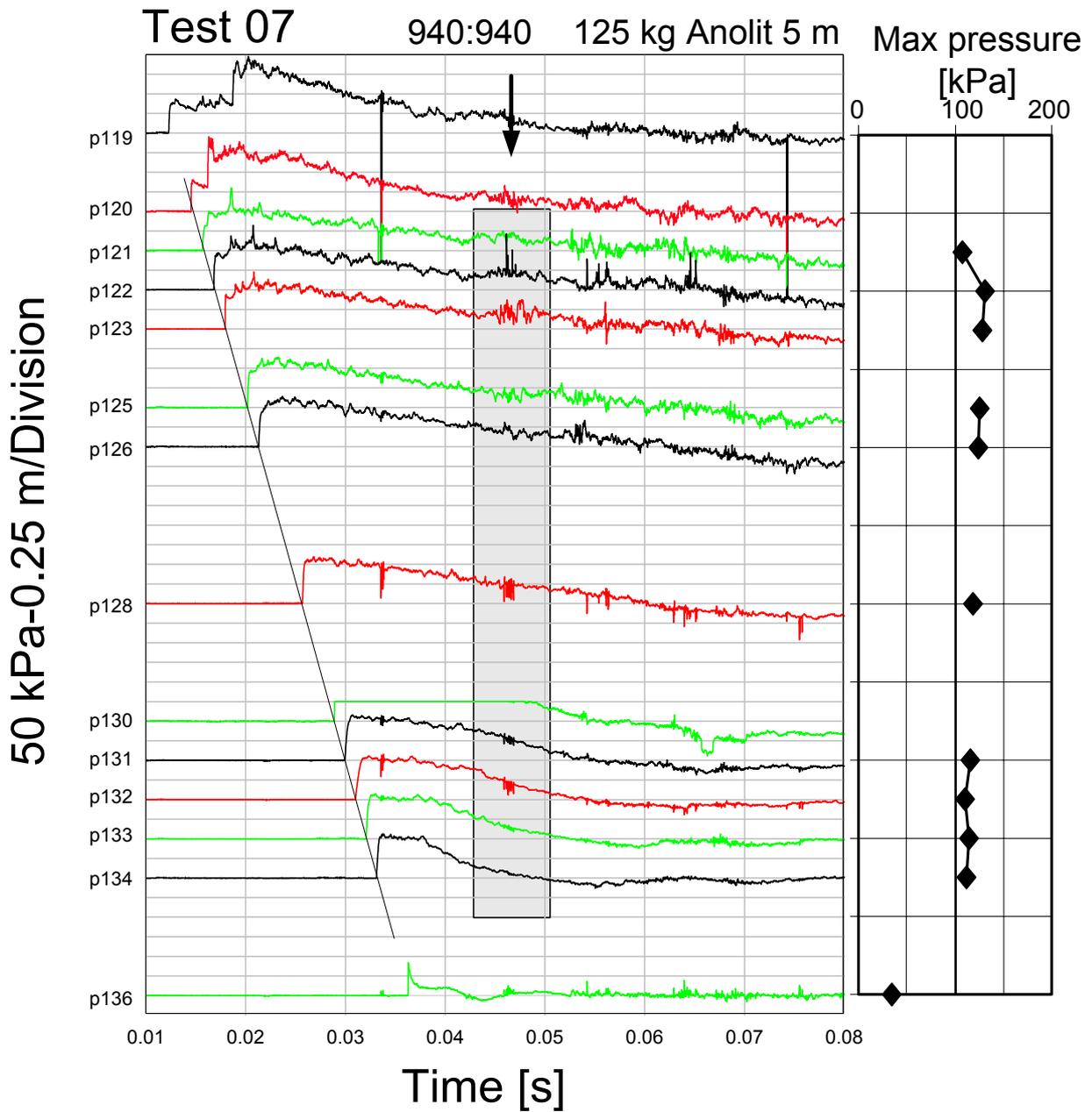
Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	6.5	7	8	8.5	10
	101	102	103	104	105	106	108	109	110	111	112	113	115	116	118
Test 7	95/207	163	146	135	133	129	128	117	128	111	99	114	110	106	20
Test 8	130/258	249	218	210	206	505	189	178	191	160	142	161	157	167	26

Tabell 5. Maximalt tryck i 940-röret [kPa]

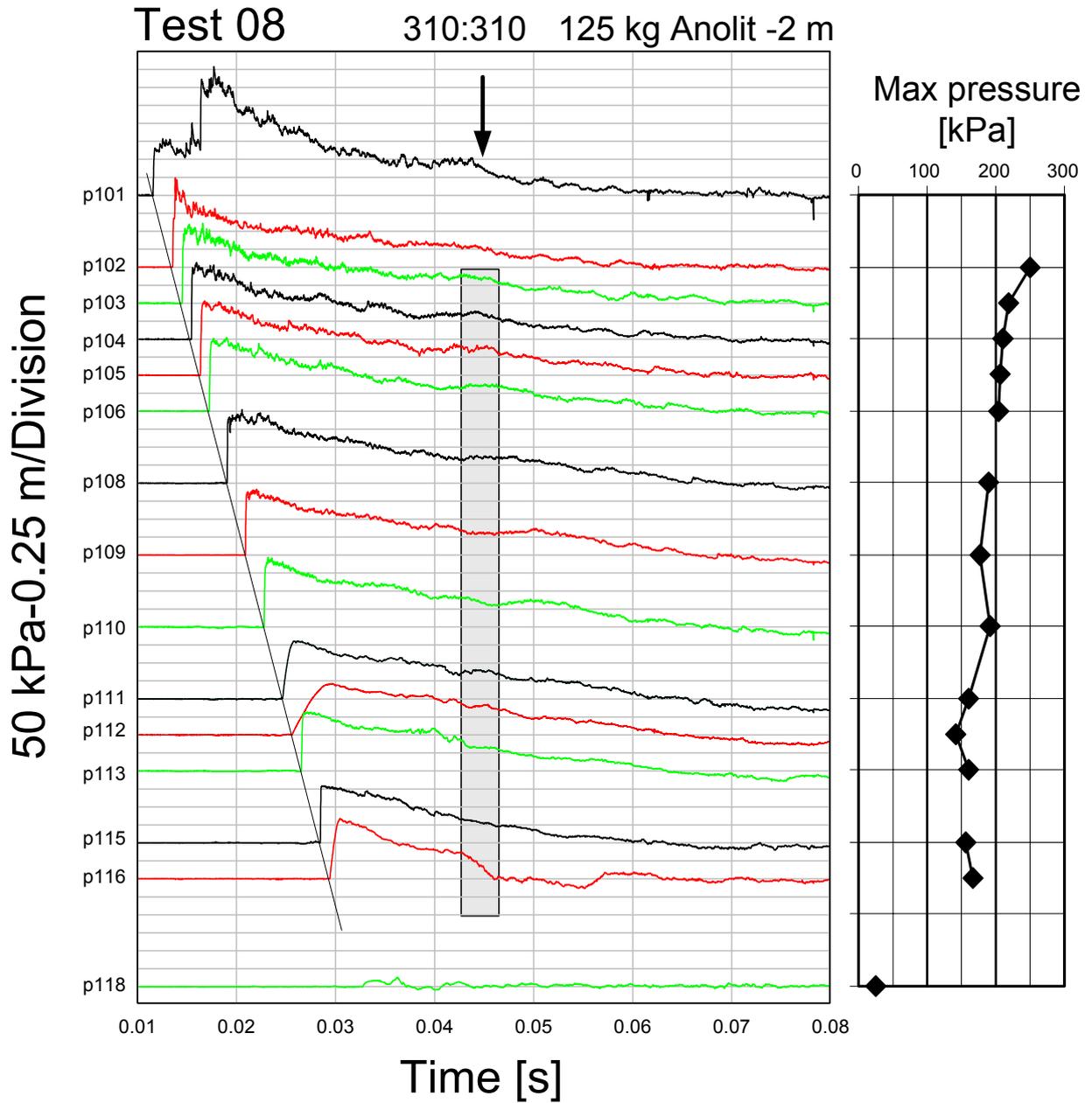
Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2.5	3	5	7	7.5	8	8.5	10
	119	120	121	122	123	125	126	128	131	132	133	134	136
Test 7	75/195	81/190	107	131	128	125	124	118	116	110	114	112	35
Test 8	112/313	104/348	153	166	170	185	-	174	171	164	173	162	123



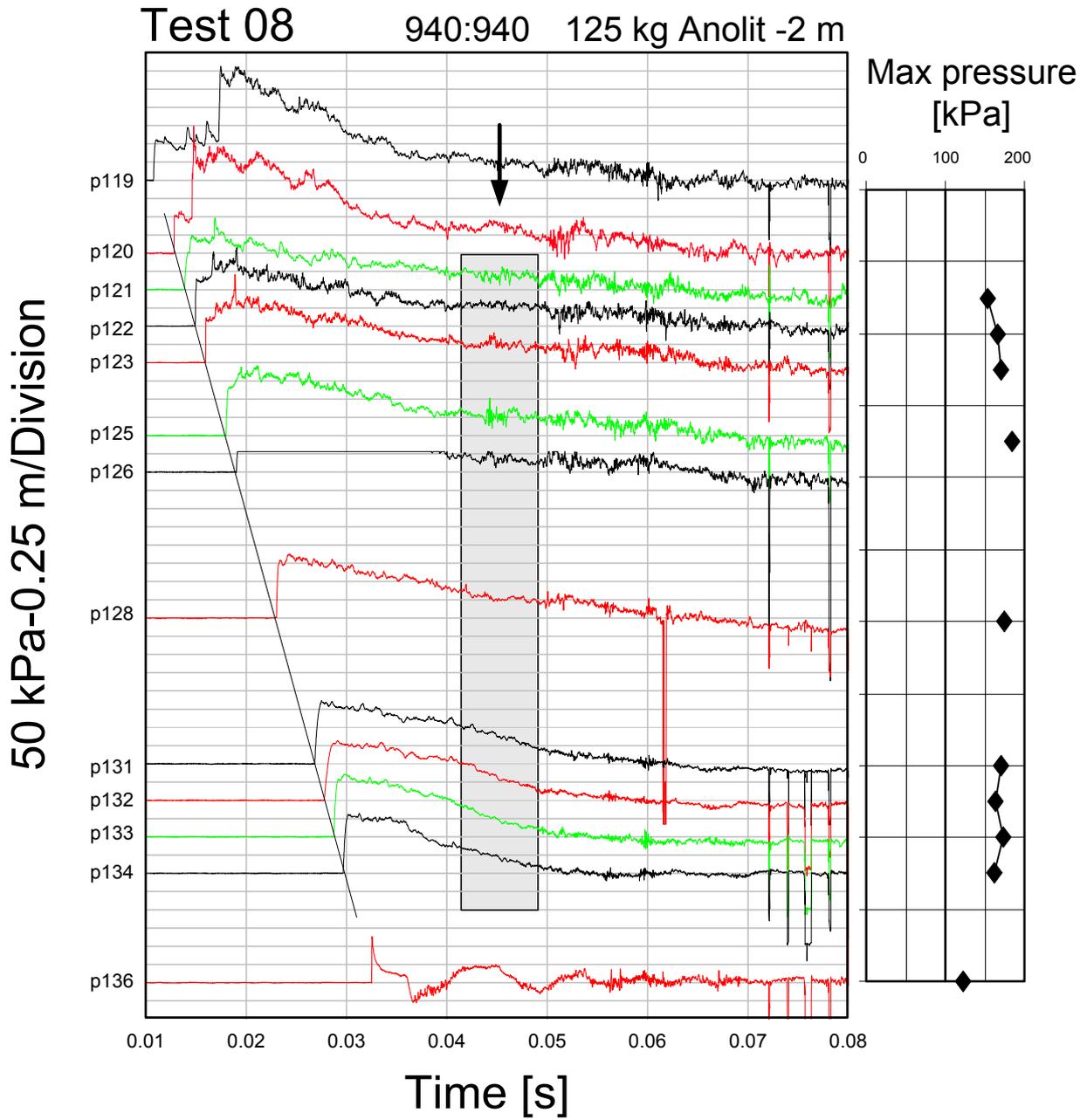
Figur 17. Tryckfördelning i 310 röret vid test 7.



Figur 18. Tryckfördelning i 940 röret vid test 7.



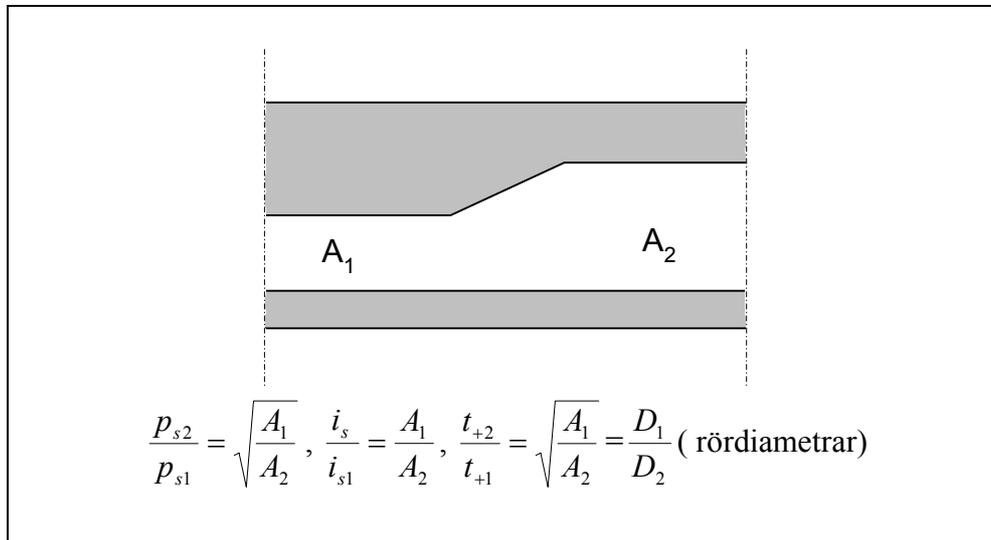
Figur 19. Tryckfördelning i 310 röret vid test 8.



Figur 20. Tryckfördelning i 940 röret vid test 8.

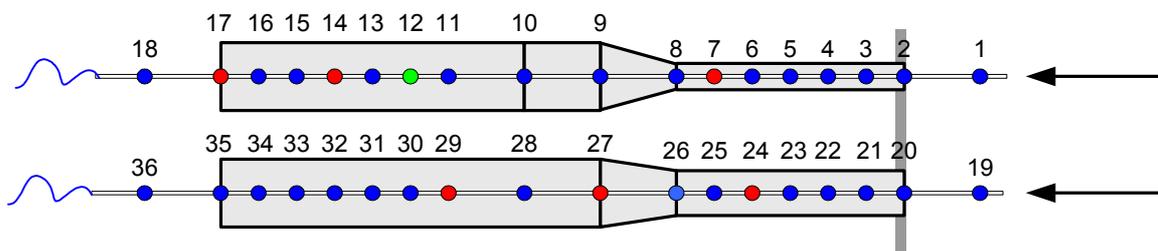
Areaökningar

Vid test 1 och 6 testades hur vågen beter sig vid utbredning över en areaökning. Hastigheterna är framtagna på liknande sätt som för raka rör med den skillnaden att hastigheten i en rördel antas konstant vilket ger två hastigheter. På liknade sätt har trycken p_{s1} och p_{s2} tagits. Som tidigare visats avtar trycket även i ett rakt rör. Trycken är här enkla medelvärden över de olika rördelarna. Enligt FortH del 2 Bild 4:42 gäller följande:



$$\frac{p_{s2}}{p_{s1}} = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}, \quad \frac{i_s}{i_{s1}} = \frac{A_1}{A_2}, \quad \frac{t_{+2}}{t_{+1}} = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} = \frac{D_1}{D_2} \text{ (rördiametrar)}$$

Överensstämmelsen med FortH är tämligen bra.



Figur 21. Uppställning för areaökningar.

Tabell 6. Hastigheter och reduktioner vid areaökningar.

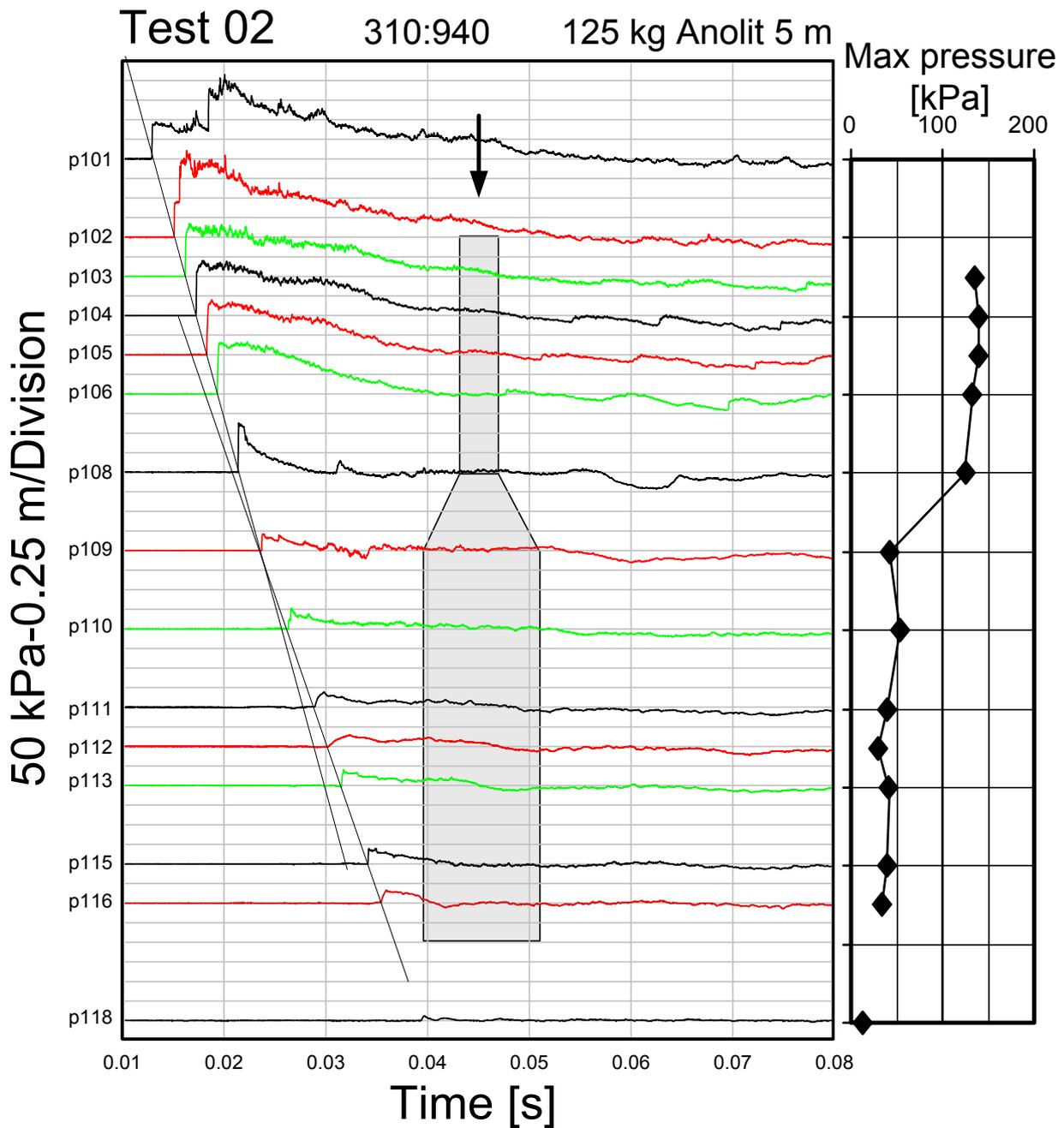
Rör [mm]	Belastn. [kg] [m]	Test	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	p_{s1} [kPa]	p_{s2} [kPa]	p_{s2}/p_{s1} [-]	D_1/D_2 [-]
310->940	125/5	02	425	375	135	40	0.30	0.33
310->940	125/-2	04	550	412	210	50	0.24	0.33
310->940	625/10	06	600	425	315	75	0.24	0.33
600->940	125/5	02	438	425	125	75	0.60	0.64
600->940	125/-2	04	475	450	200	100	0.50	0.64
600->940	625/10	06	563	525	275	150	0.55	0.64

Tabell 7. Maximalt tryck i 310->940-röret vid areaökning [kPa]

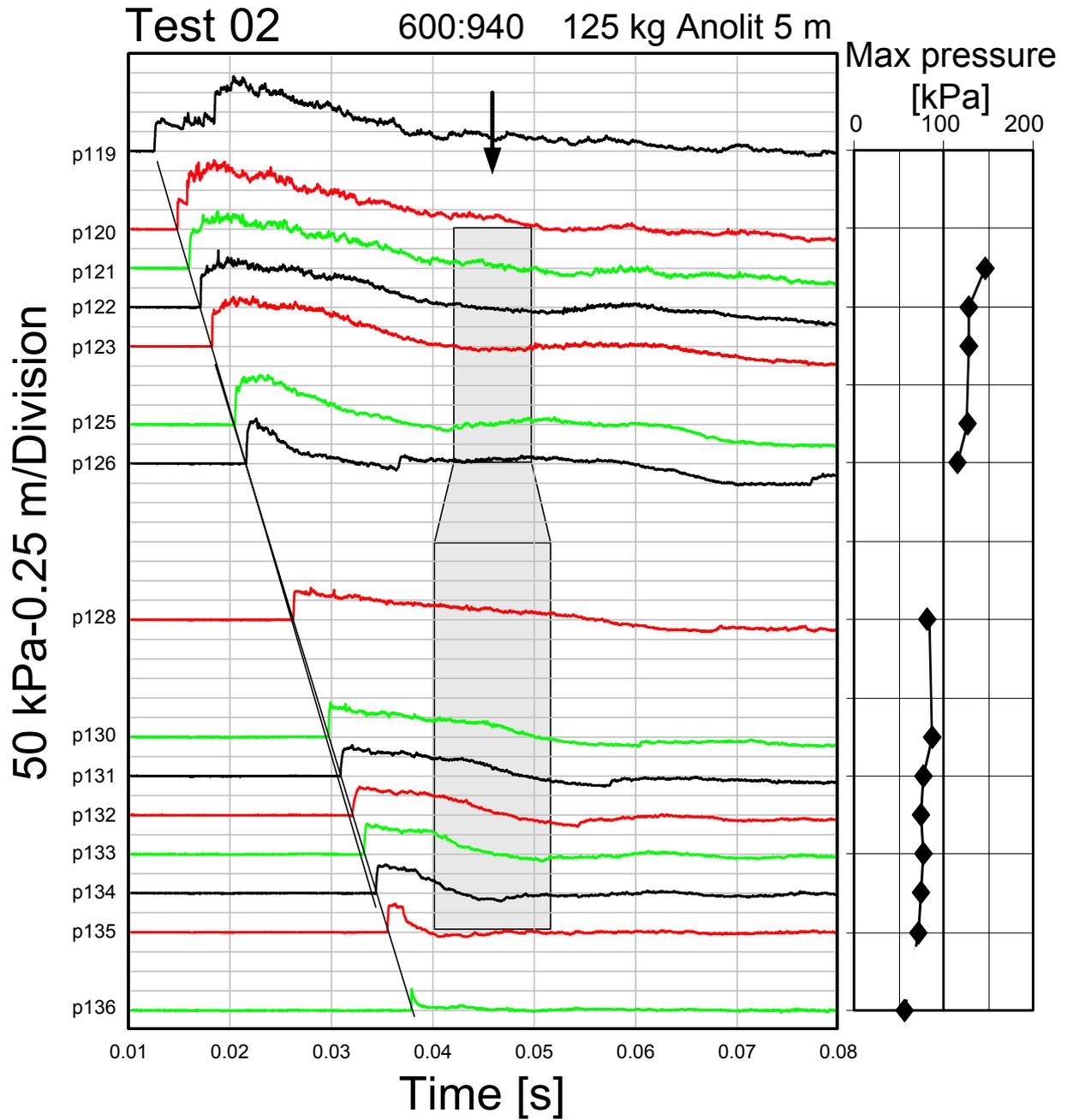
Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	6.5	7	8	8.5	10
	101	102	103	104	105	106	108	109	110	111	112	113	115	116	118
Test 2	94/215	92/22	135	140	140	133	125	42	53	39	30	41	40	34	12
Test 4	168/356	447	195	240	225	221	201	71	83	58	41	57	61	47	16
Test 6	230/661	201/687	244	332	320	326	282	103	122	80	53	82	93	64	22

Tabell 8. Maximalt tryck i 600->940-röret vid areaökning [kPa]

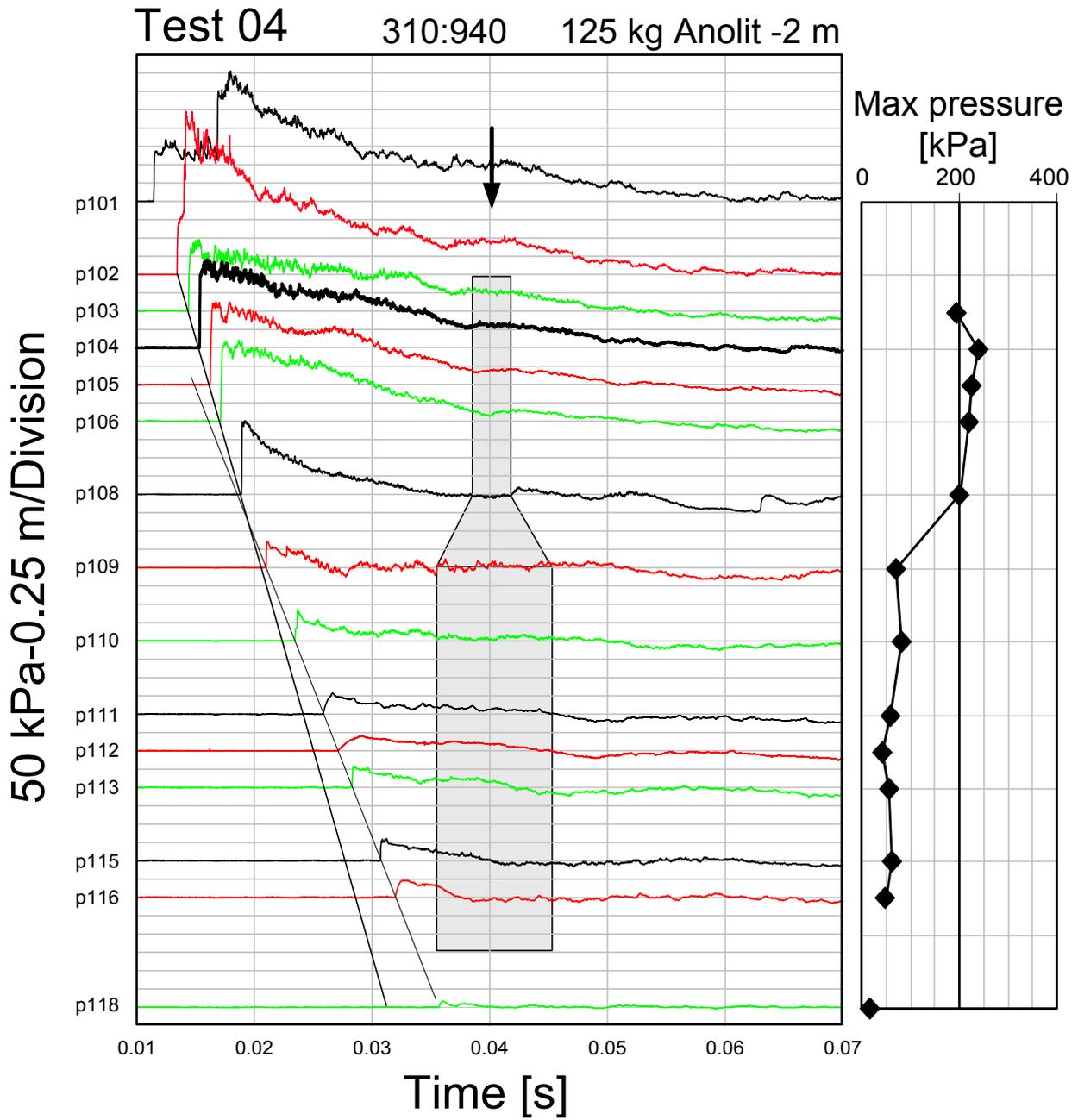
Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	5	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10
	119	120	121	122	123	124	125	126	128	130	131	132	133	134	135	136
Test 2	83/192	49/177	146	128	128	-	127	116	82	88	78	74	78	74	72	56
Test 4	119/340	268	-	191	205	209	-	173	131	133	119	-	99	109	109	72
Test 6	182/636	167/545	460	298	316	-	297	267	172	185	179	157	165	155	155	108



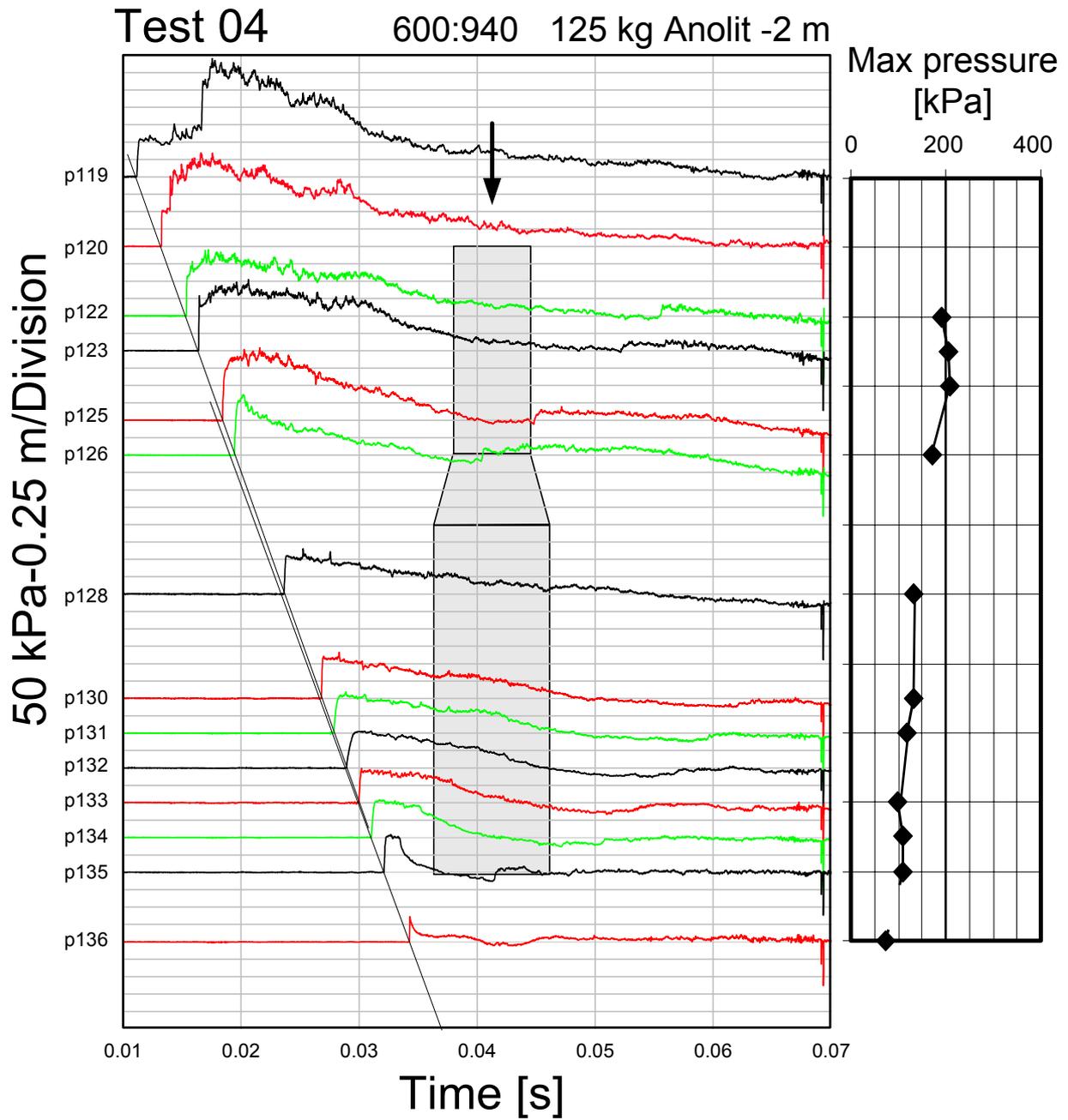
Figur 22. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 2.



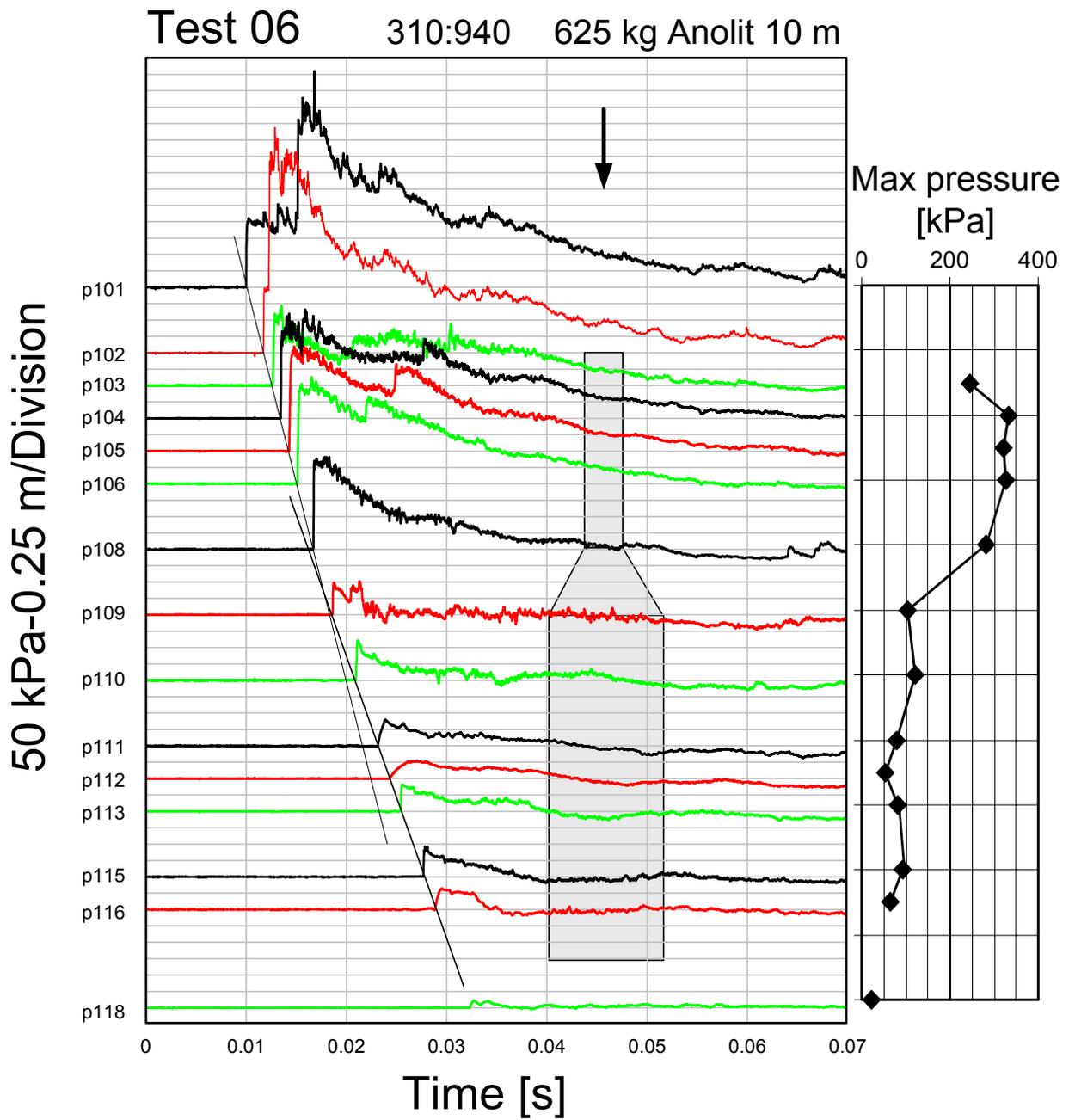
Figur 23. Tryckfördelning i 600->940 röret vid test 2.



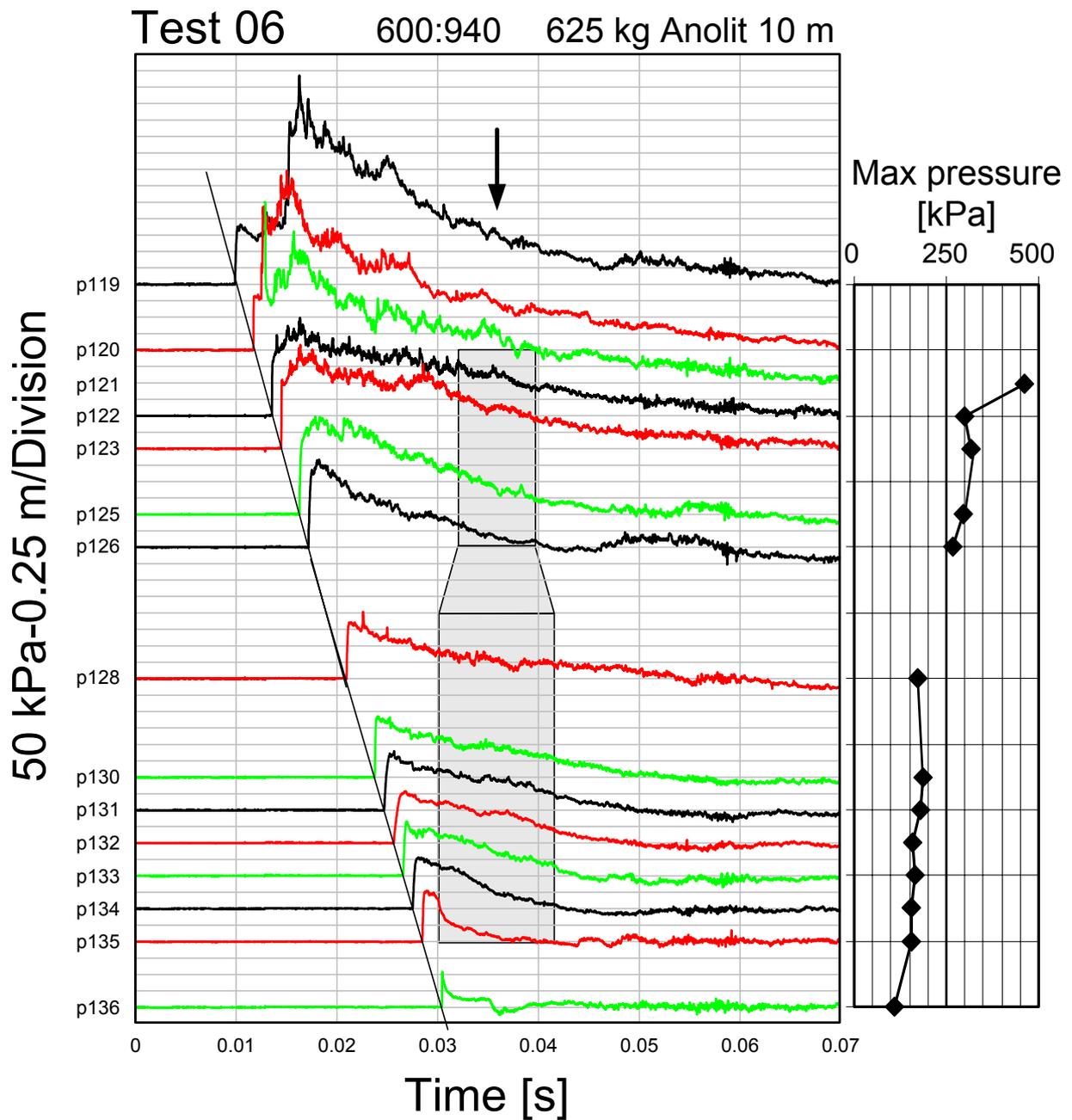
Figur 24. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 4.



Figur 25. Tryckfördelning i 600->940 röret vid test 4.



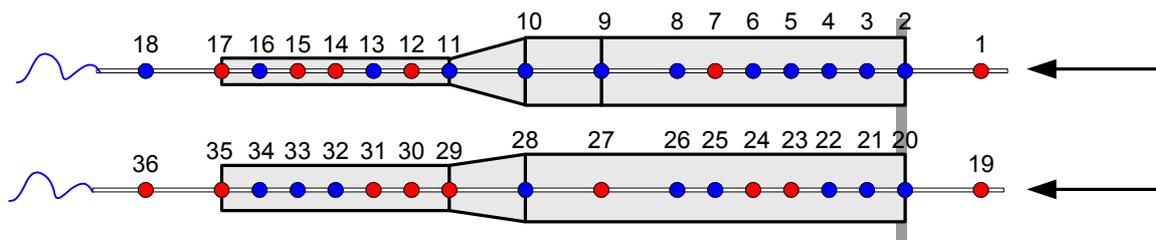
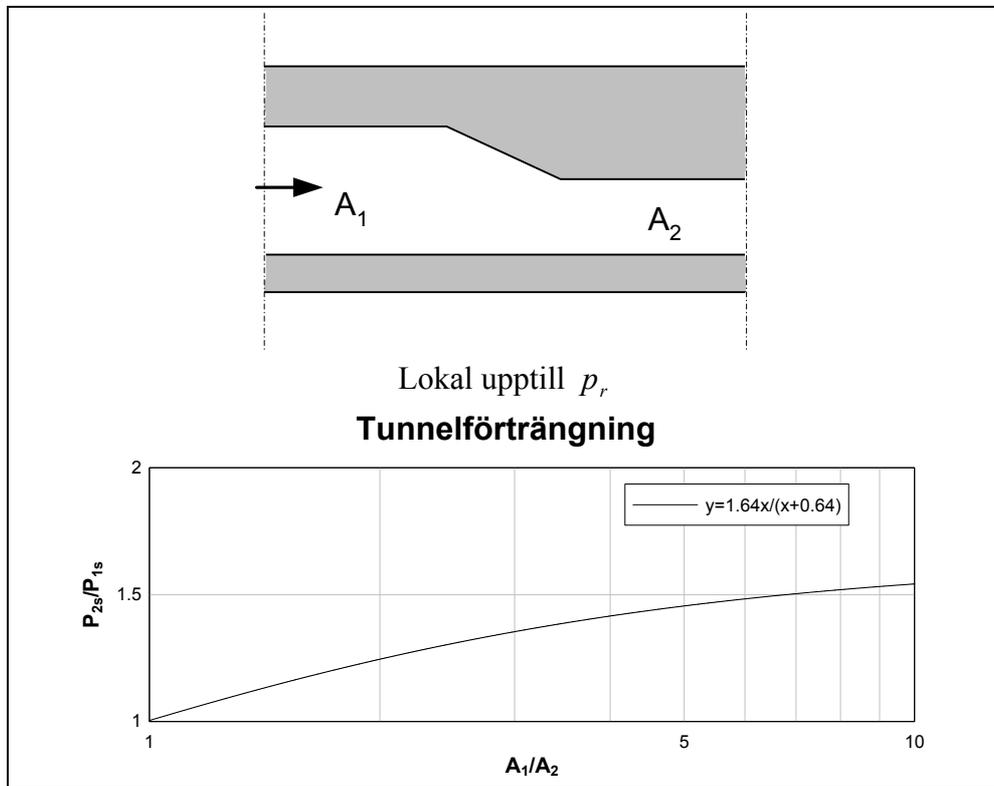
Figur 26. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 6.



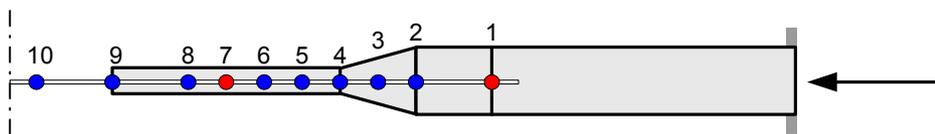
Figur 27. Tryckfördelning i 600->940 röret vid test 6.

Areaminskningar

Vid test 13 och 17 testades hur vågen beter sig vid utbredning över en areaminskning. En stor skillnad mot tidigare försök är att areaminskningen resulterar i en reflekterad våg. Bildandet av den reflekterade vågen och nivån på trycket i det tunnare röret påverkas starkt av hur övergångszonen ser ut. Övergångszonerna är 1 meter med en vinkel på 9.6 ° eller 17.5°. Se Figur 30. I nästa kapitel testas raka övergångar. 90°. Enligt FortH del 2 Bild 4:43 gäller följande:



Figur 28. Uppställning för areaminskningar



Figur 29. Uppställning vid kompletterande areaminskning.

Zonen runt övergången är mycket störd. Trycket ökar p.g.a. areaminskningen men givarnas placering gör att de troligen inte mäter ett side-on tryck.

Tabell 9. Hastigheter och reduktioner vid areaminskning.

Rör [mm]	Belastn. [kg] [m]	Test	v ₁ [m/s]	v ₂ [m/s]	P _{s1} [kPa]	P _{s2} [kPa]	P _{s2} /P _{s1} [-]	P _{s2} /P _{s1} Enligt FortH [-]
940->310	125/5	13	463	663	148			1.5
940->310	125/5*	16		600		227	1.5	1.5
940->310	125/-2	14	525	650	316	546	1.7	1.5
940->310	625/10	15	600	750	489	716	1.5	1.5
940->310	625/10*	17		775		508	1.0	1.5
940->600	125/5	13	463	525	212	164	0.77	1.3
940->600	125/-2	14	488	563	314	254	0.81	1.3
940->600	625/10	15	550	650	186	366	2.0	1.3

* Kompletterande skott.

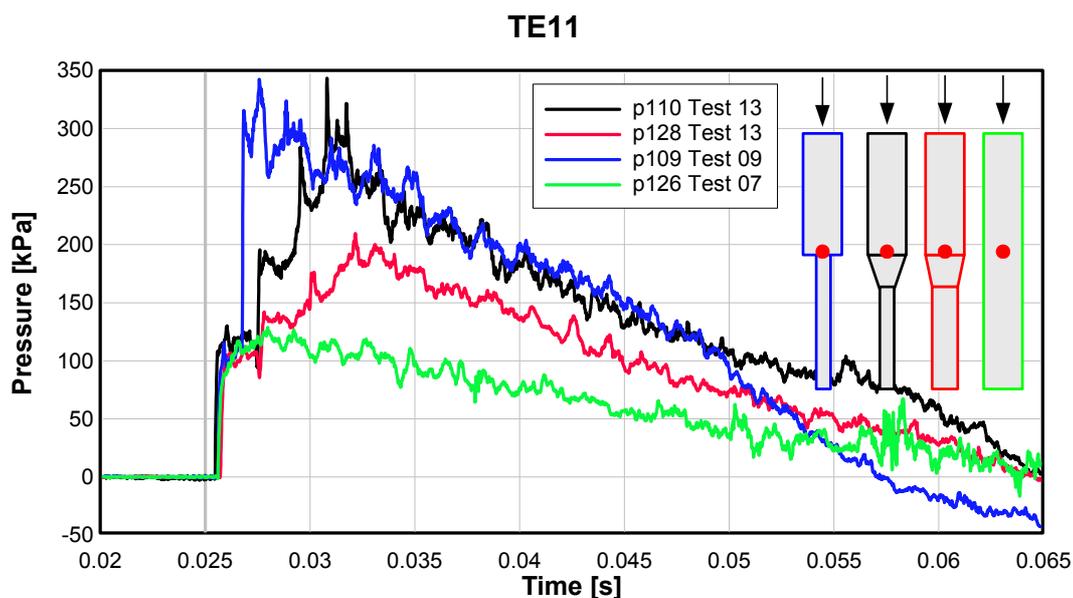
Tabell 10. Maximalt tryck i 9400->310-röret vid areaminskning [kPa]

Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	6.5	7	8	8.5	10
	101	102	103	104	105	106	108	109	110	111	112	113	115	116	118
Test 13	154/257	97/252	139/283	182/303	105/208	167/334	101/250	194/491	130/243	603	201	336	89	305	47
Test 14	-	444/335	375/483	416/407	214/329	317/407	210/442	357/816	191/565	921	-	456	187	-	58
Test 15	-	912/559	169/-	735/740	353/535	573/788	295/634	141/251	257/864	1409	-	537*	-	716	5
Test 16	-	122/372	137/237	908	306	135	239	114	29						
Test 17	-	261/905	221/450	1362	730	324	470	234	72						

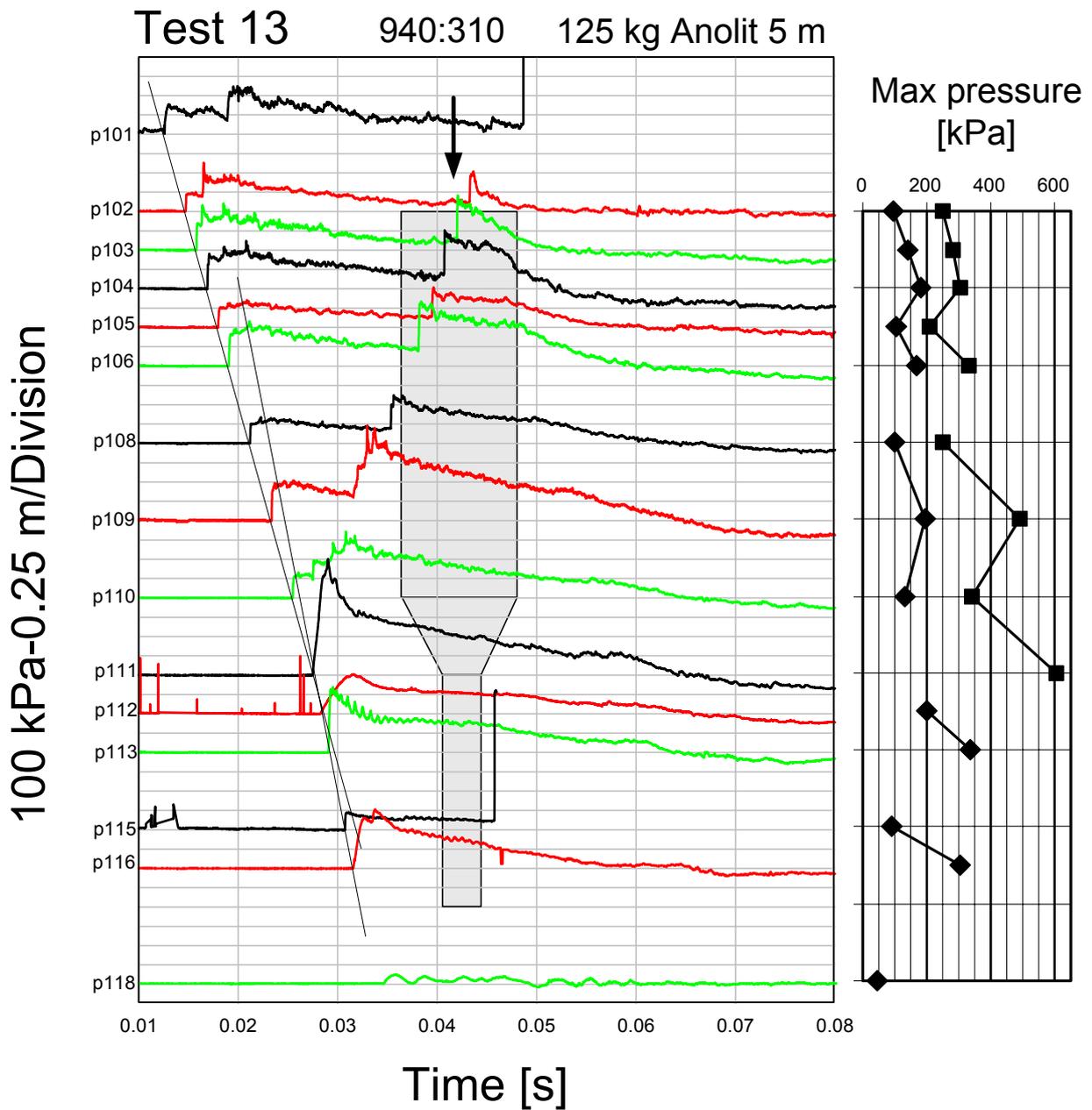
* Överstyr, 16-17 andra avstånd.

Tabell 11. Maximalt tryck i 940->600-röret vid areaminskning [kPa]

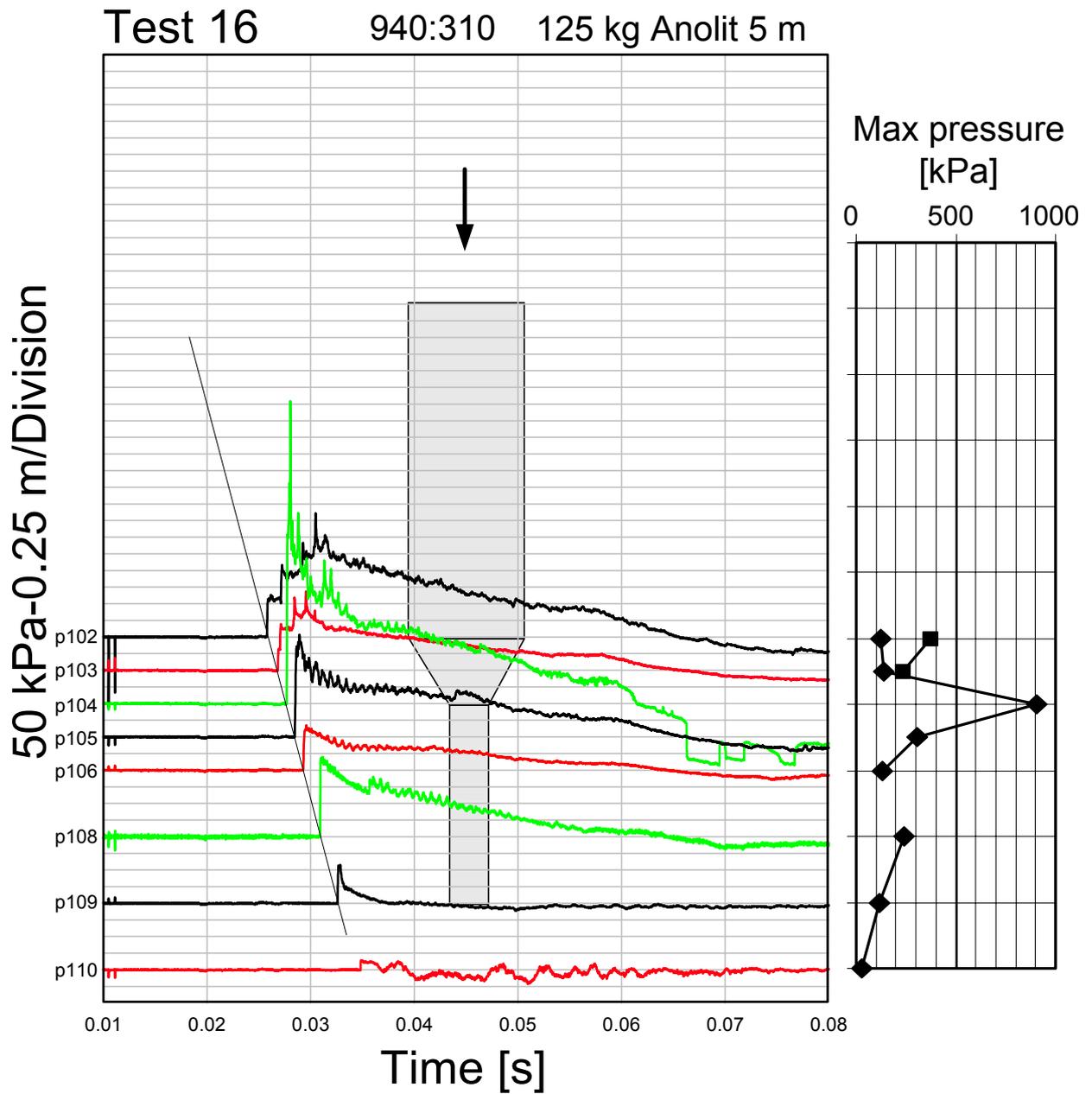
Avstånd Givare	-1	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	5	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10
	119	120	121	122	123	124	125	126	128	130	131	132	133	134	135	136
Test 13	-	261/183	135/91	148/124	-	-	2018/234	207/234	209	-	-	163	162	166	-	55
Test 14	-	531/350	180/190	253/278	-	-	323/391	305/391	159/366	-	-	246	244	272	-	-
Test 15	-	236/494	-	224/347	-	-	130/253	141/173	249/549	-	-	350	340	409	-	-



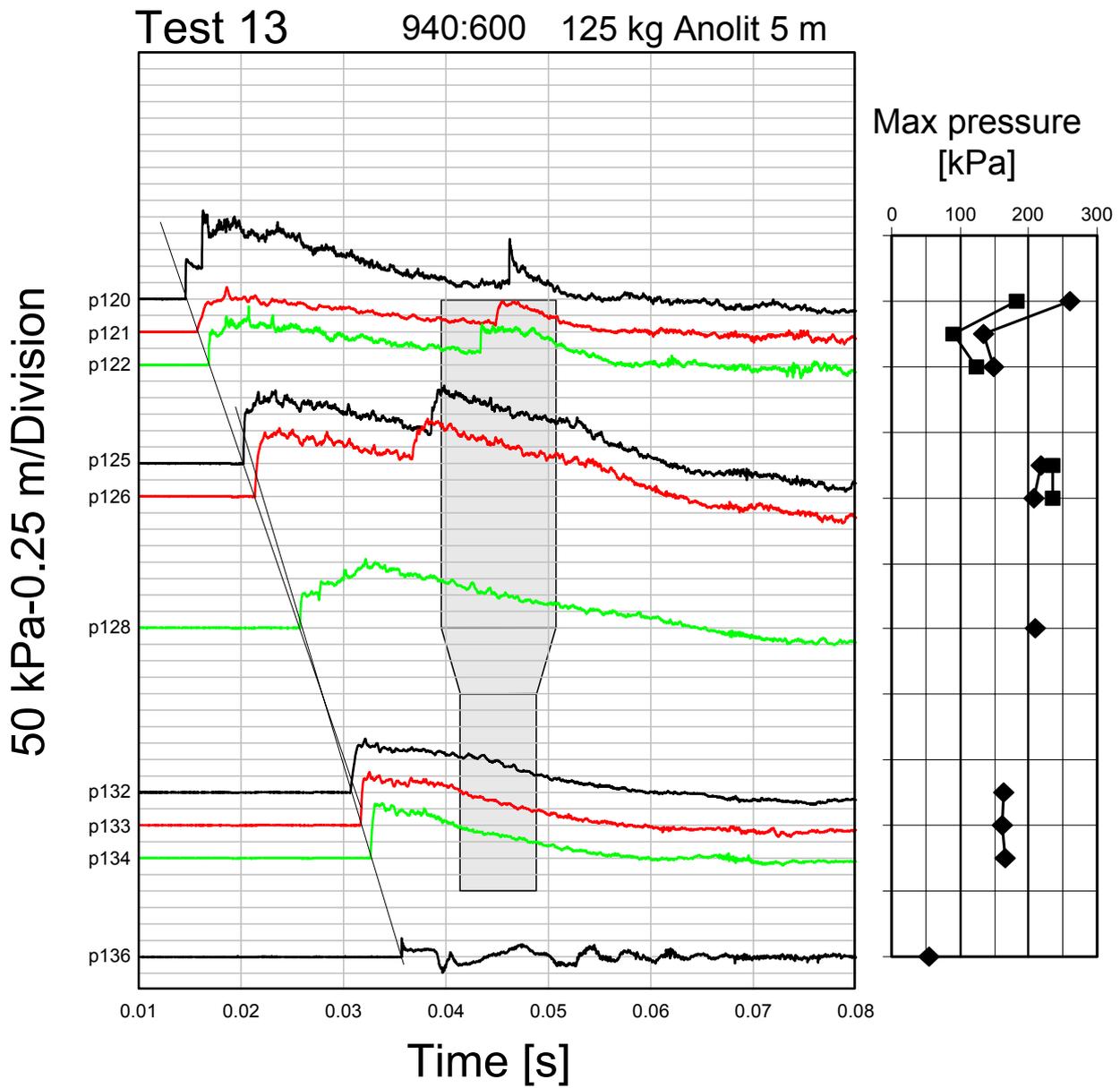
Figur 30. Betydelsen av vinkeln på förträngningen. Givarna är placerade i början på areaminskningen.



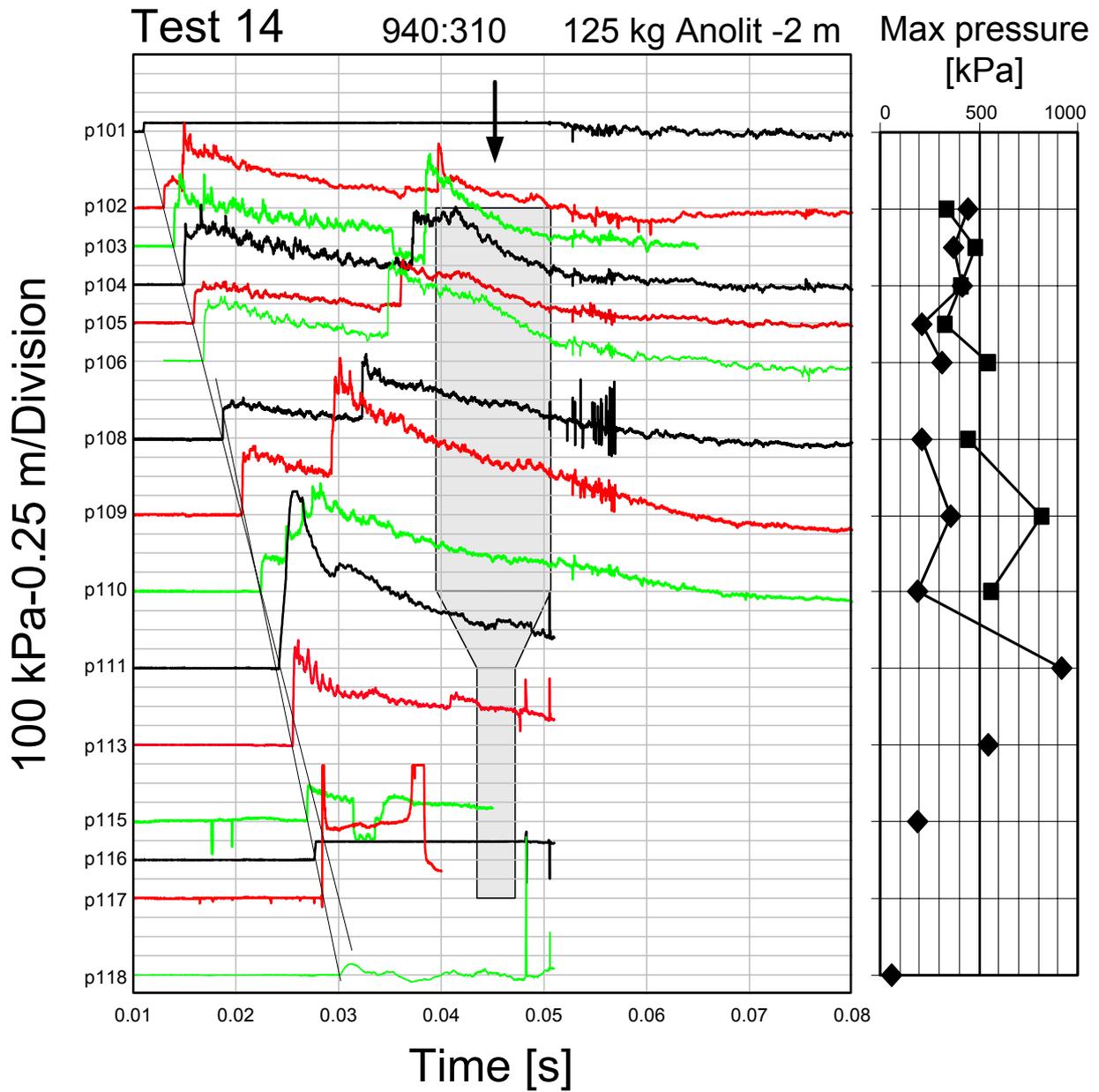
Figur 31. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 13.



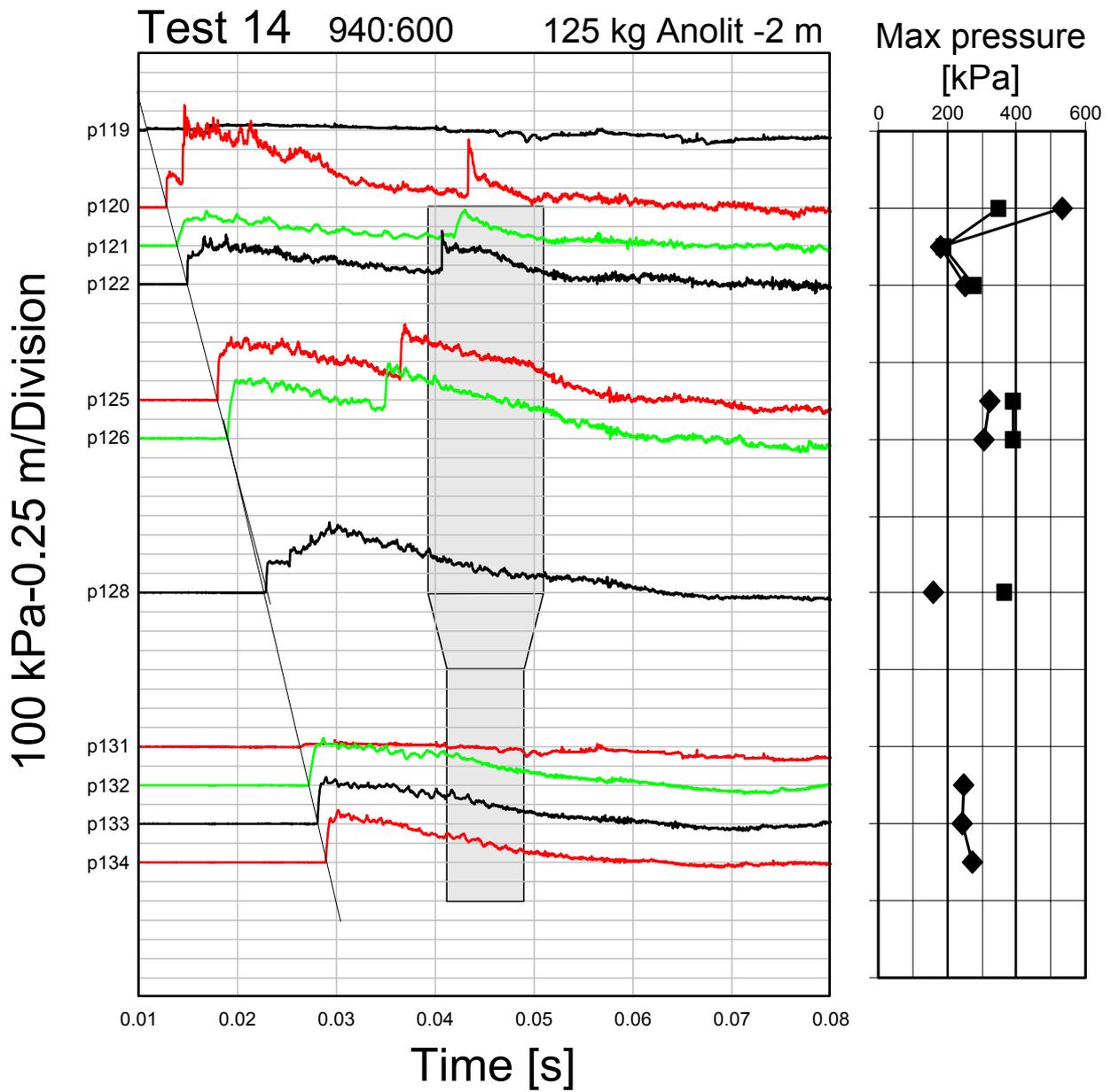
Figur 32. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 16.



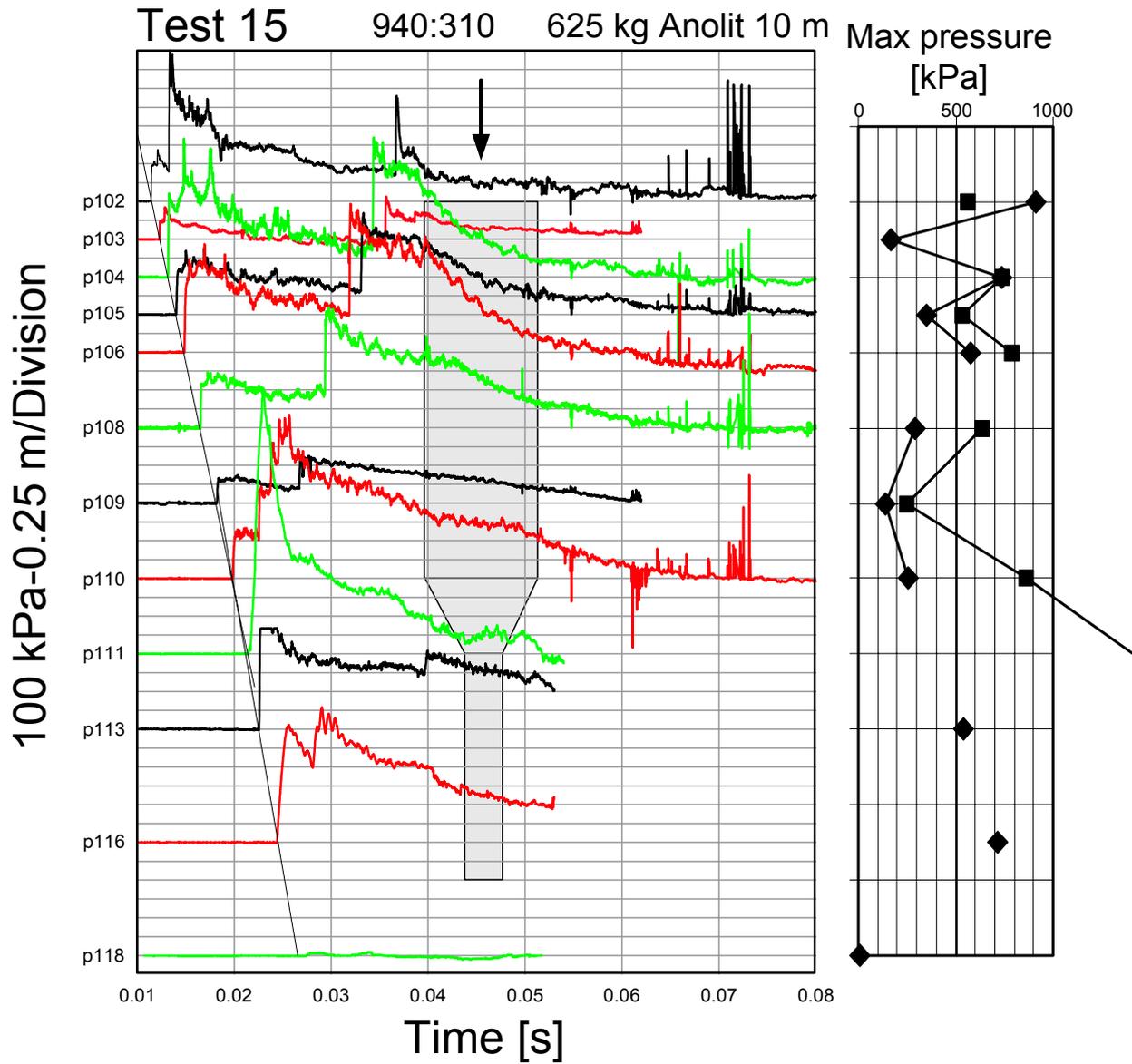
Figur 33. Tryckfördelning i 940->600 röret vid test 13.



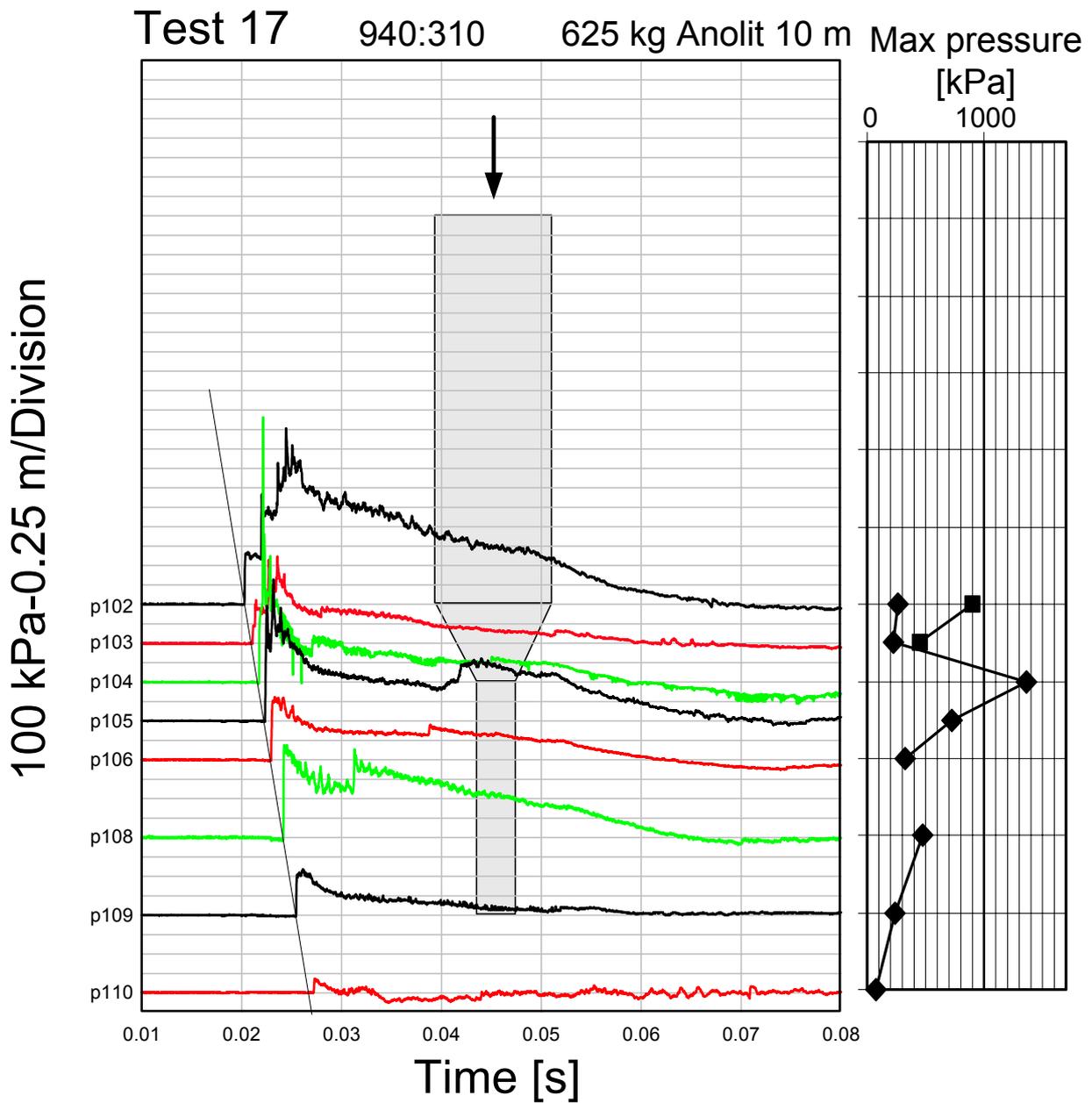
Figur 34. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 14.



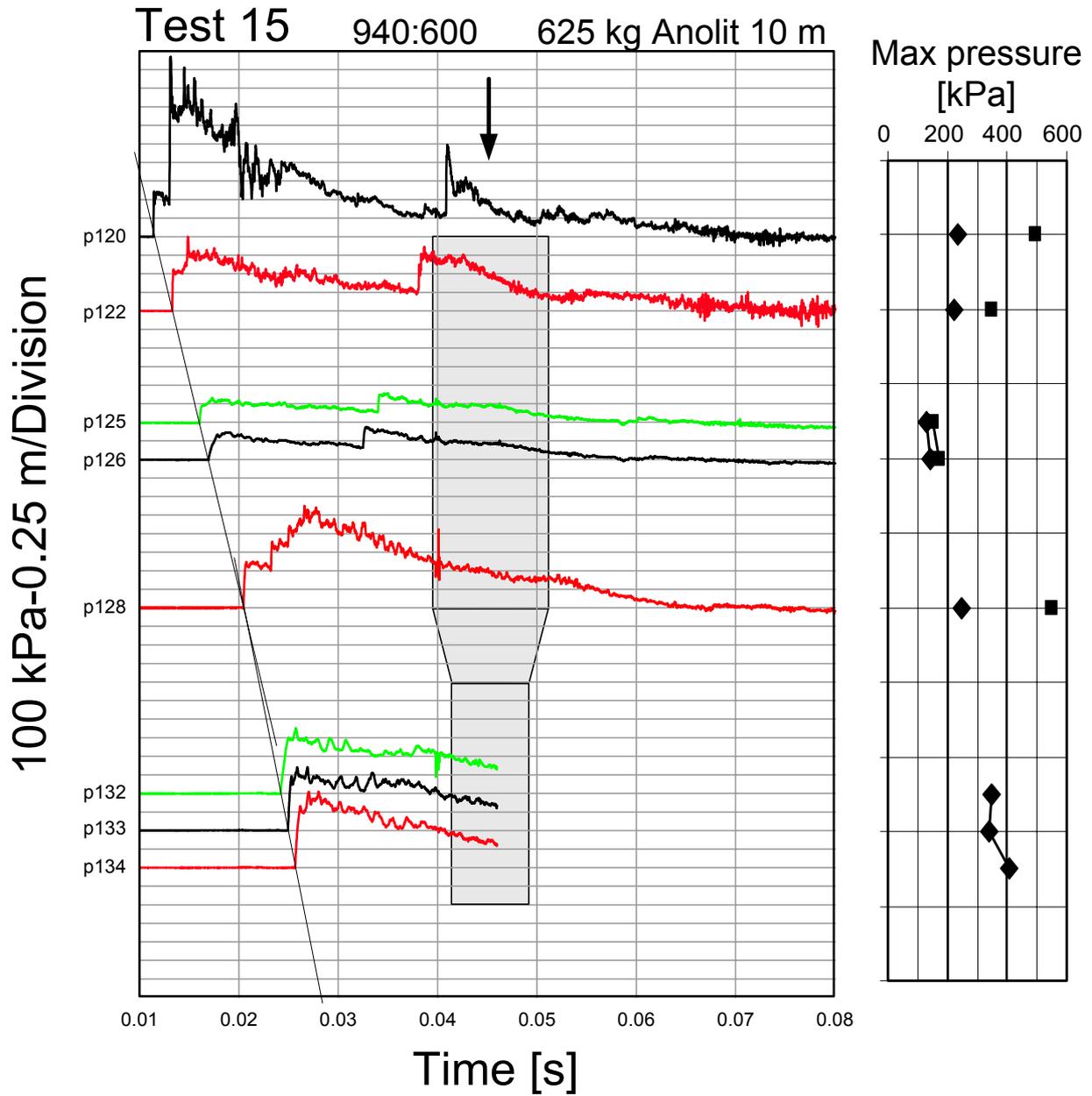
Figur 35. Tryckfördelning i 940->600 röret vid test 14.



Figur 36. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 15.



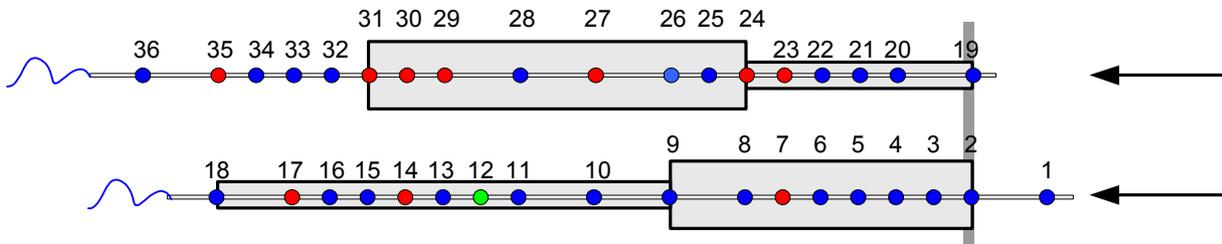
Figur 37. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 17.



Figur 38. Tryckfördelning i 940->600 röret vid test 15.

Raka övergångar

Vid test 9 och 12 testades hur vågen beter sig vid utbredning över en areaminskning eller areaökning med raka övergångar. Här testades bara 940 och 310 rören. Den kvadratiska övergångsskivan var ca 1x1m och fick delas på diagonalen för att den skulle gå att få in bakom barriären. Vid areaminskningen fås en kraftig och distinkt reflektion mot den plana ytan. Detta gjorde att vid -2 och 10 m försöken gick skruvförbanden sönder. I och med detta ”öppnades” en glipa i diagonalen.



Figur 39. Uppställning raka övergångar

Tabell 12. Hastigheter och tryckförändringar vid raka övergångar.

Rör [mm]	Belastn. [kg] [m]	Test	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	p_{s1} [kPa]	p_{s2} [kPa]	p_{s2}/p_{s1} [-]	p_{s2}/p_{s1} Enl ForthH[-]
310-940	125/5	09	475	388	139	50	0.35	0.33
310-940	125/-2	10	500	400	220	67	0.30	0.33
310-940	625/10	12	475	400	304	97	0.32	0.33
940-310	125/5	09	425	550	140	183	1.3	1.53
940-310	125/-2	10	475	575	231	271	1.17	1.53
940-310	625/10	12	525	613	350	350	1	1.53

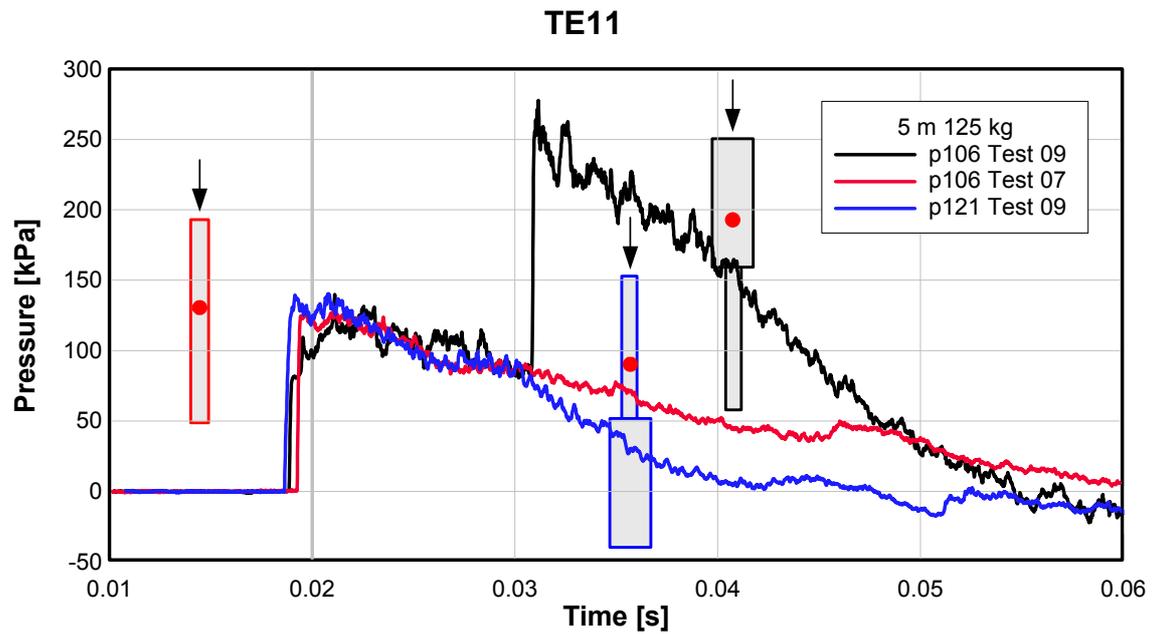
Tabell 13. Maximalt tryck i 940->310-röret vid areaminskning [kPa].

Avstånd Givare	-1 101	0 102	0.5 103	1 104	1.5 105	2 106	3 108	4 109	5 110	6 111	6.5 112	7 113	8 115	8.5 116	10 118
Test 9	88/193	235/262	210/334	157/242	156/255	139/278	131/347	115/342	206	190	172	183	185	162	189
Test 10	130/243	121/388	229/536	-	267/446	222/444	208/561	-	299	-	271	269	277	237	-
Test 12	-	588/601	-	-	346/648	337/678	368/822	670	442	-	329	346	-	283	-

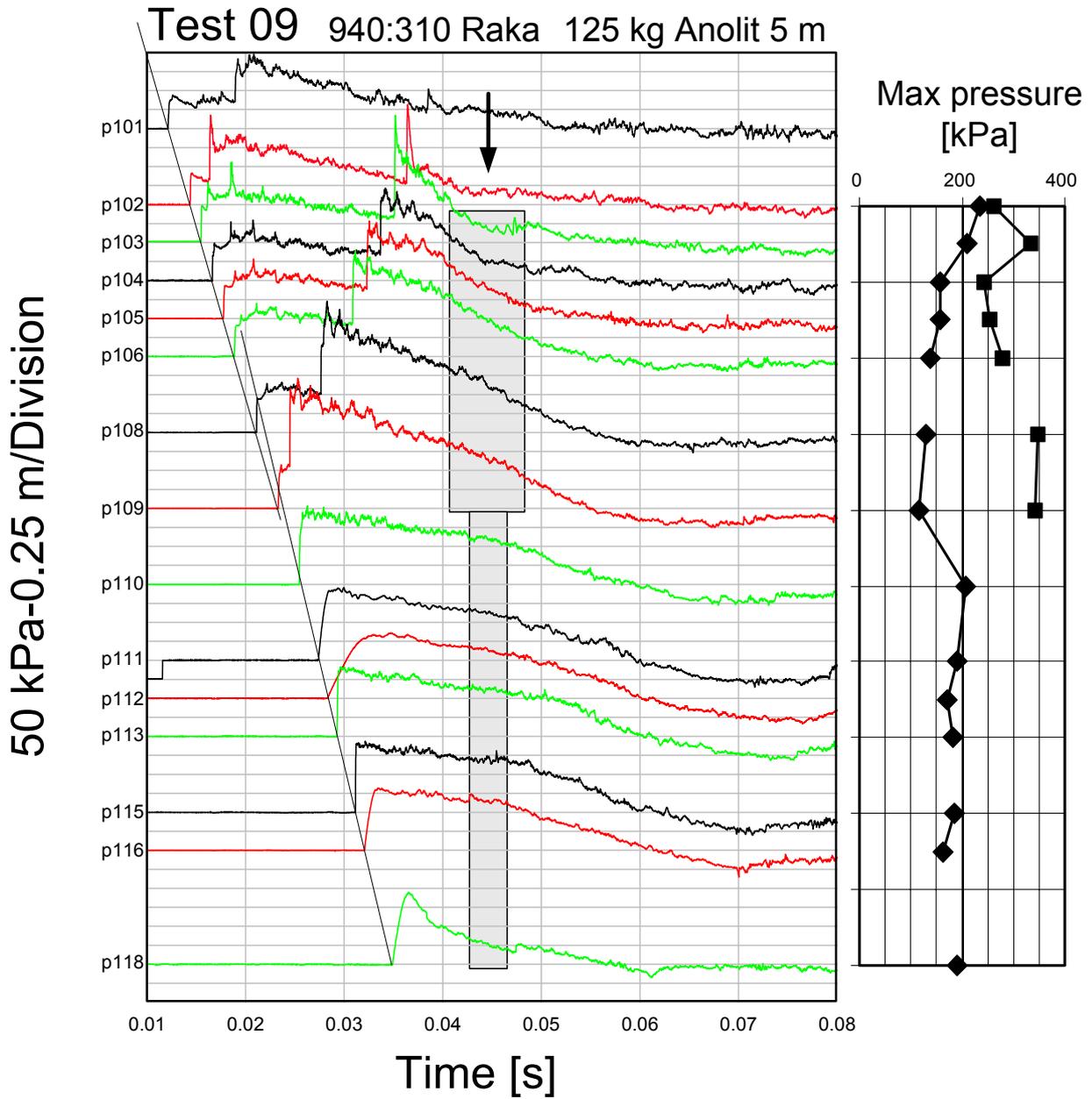
Tabell 14. Maximalt tryck i 310->940-röret vid areaökning [kPa].

Avstånd Givare	-1 119	0 120	0.5 121	1 122	1.5 123	2 124	2.5 125	3 126	5 128	7.5 132	8 133	8.5 134	9 135	10 136
Test 9	93	146	139	136	136	-	45	-	55	30	24	14	-	6
Test 10	374	234	214	212	-	-	53/119	-	67	39	28	18	-	11
Test 12	-	316	301	294	128	-	-	72	97	60	41	27	-	14

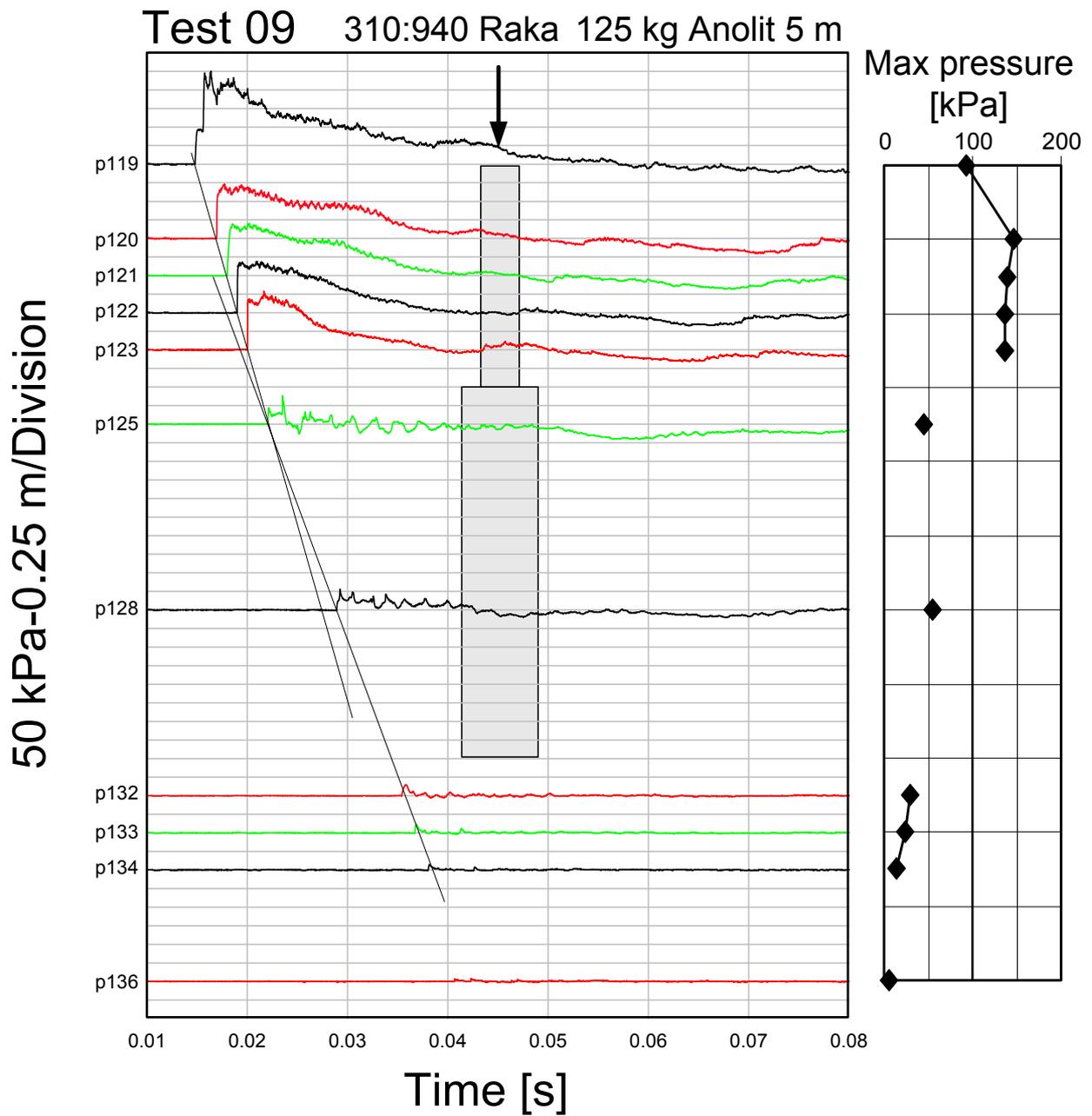
I Figur 40 förtydligas uppkomsten av den reflekterade vågen men också den förtunnings våg som på motsvarande sätt uppkommer vid en areaökning. Givarna i figuren sitter ca 2 m från area ändringen.



Figur 40. Illustration av reflektion och avlastningseffekter mot rak övergång.

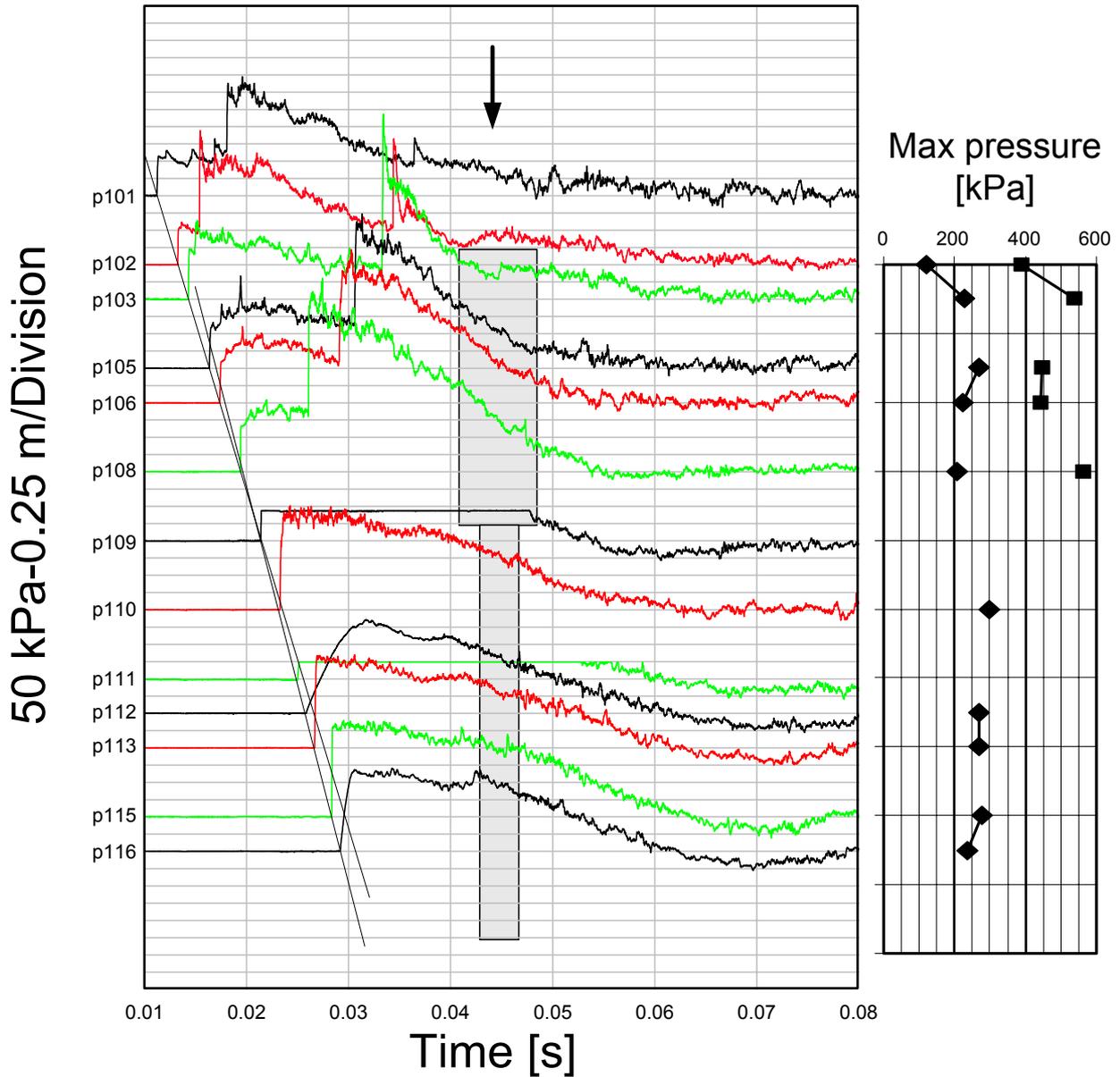


Figur 41. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 9. Rak övergång.

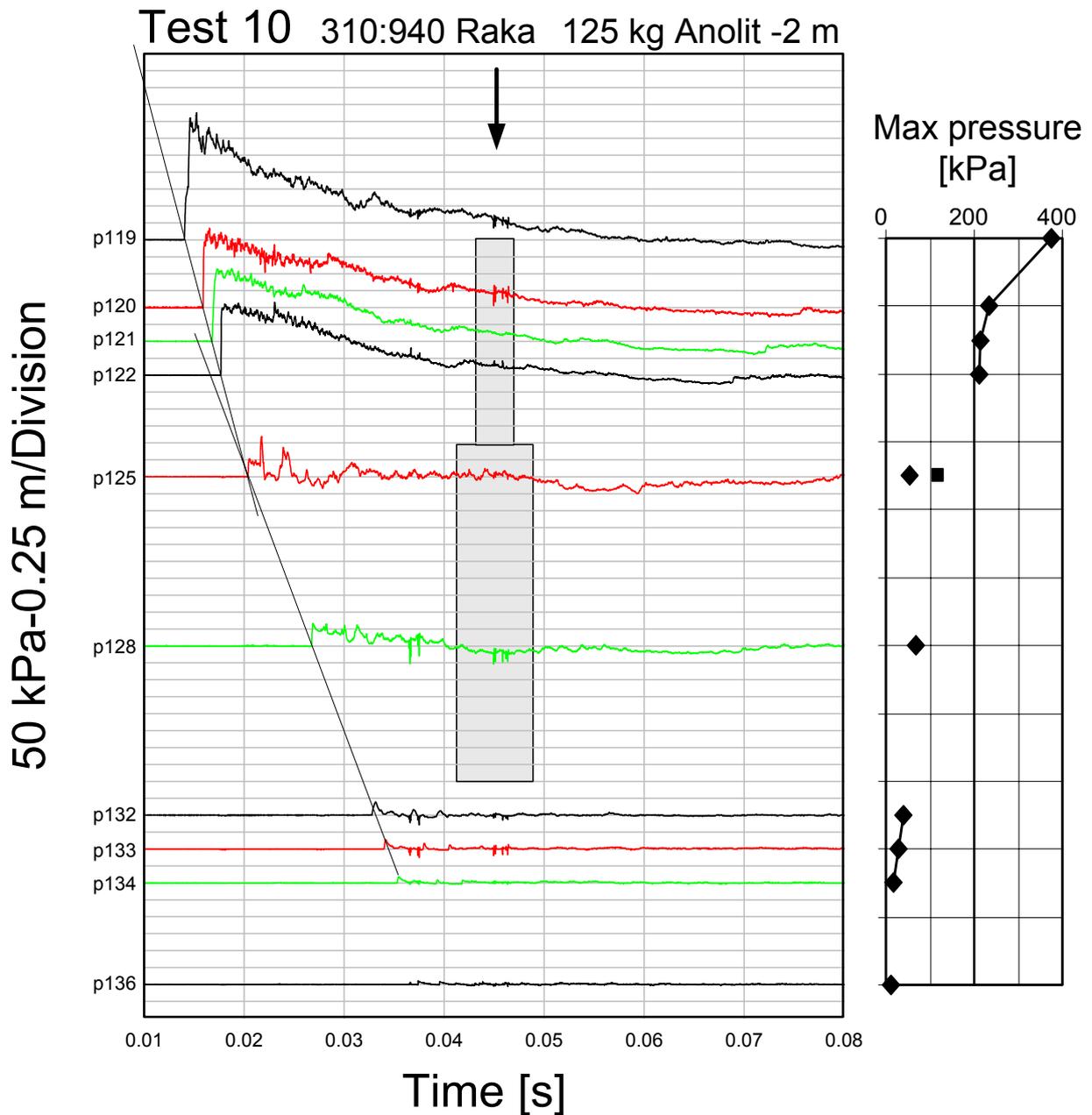


Figur 42. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 9. Rak övergång.

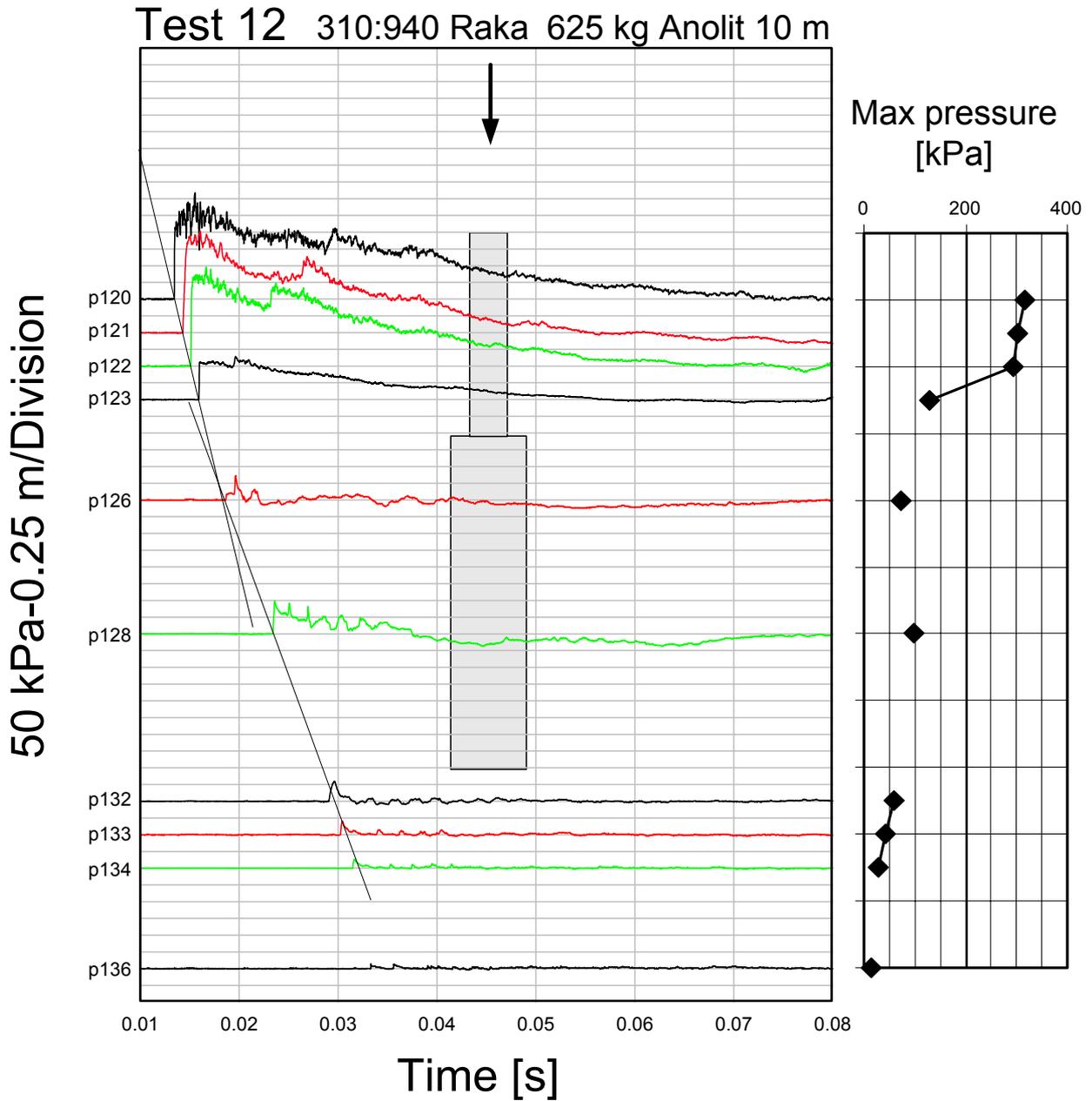
Test 10 940:310 Raka 125 kg Anolit -2 m



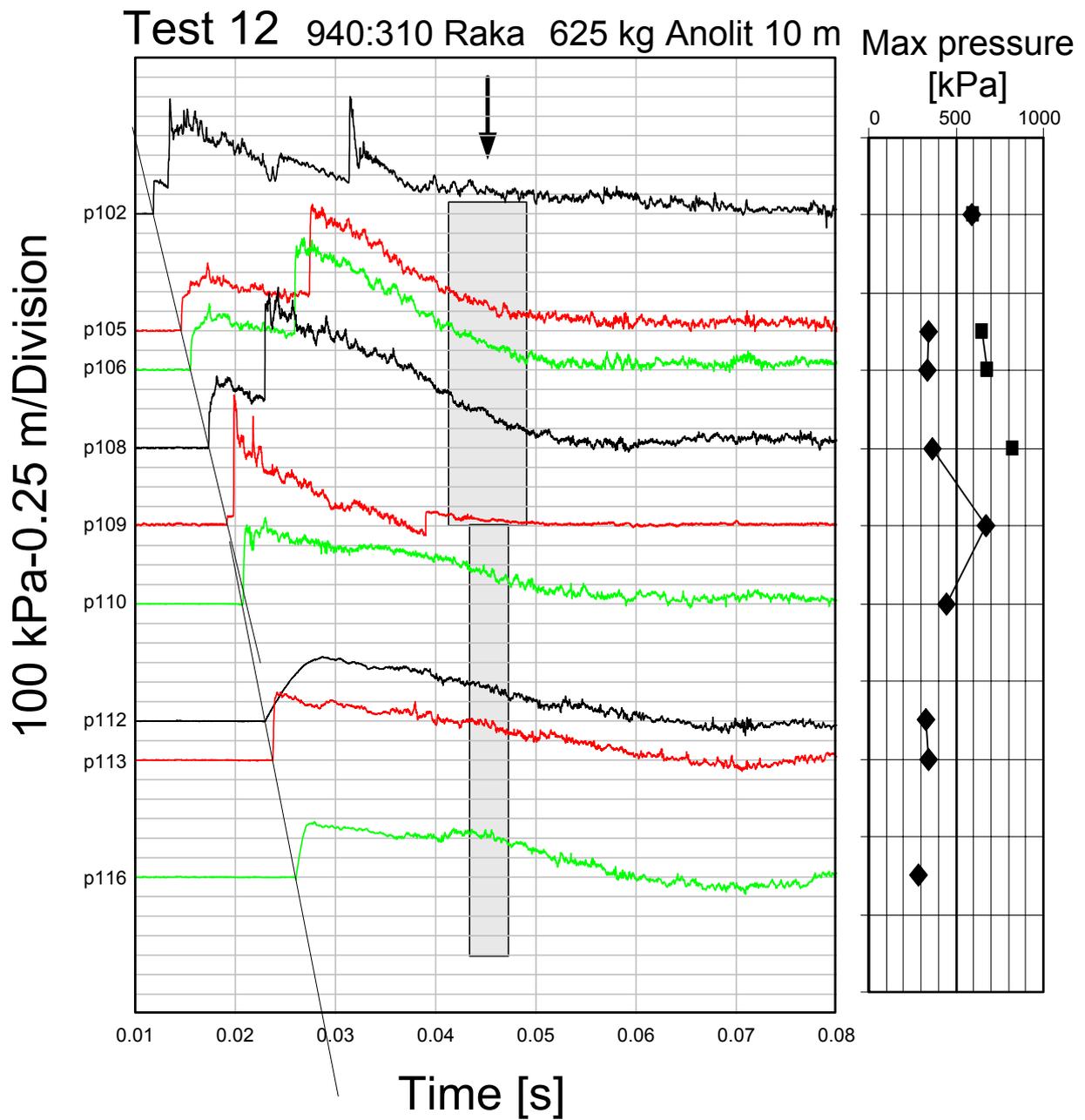
Figur 43. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 10. Rak övergång.



Figur 44. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 10. Rak övergång.



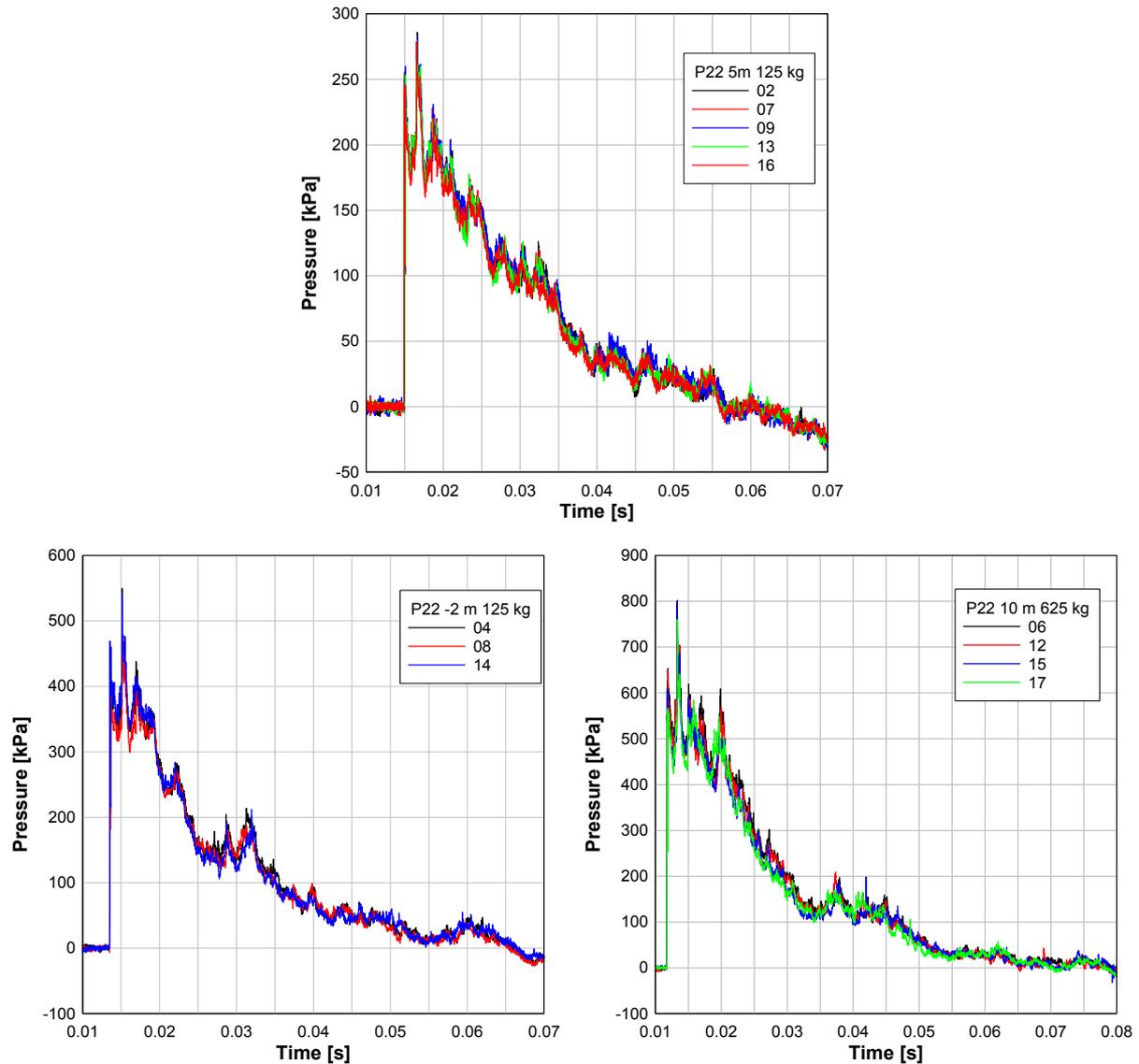
Figur 45. Tryckfördelning i 310->940 röret vid test 12. Rak övergång.



Figur 46. Tryckfördelning i 940->310 röret vid test 12. Rak övergång.

Övriga tunneln

Mätningarna i övriga tunneldelarna visar inte på några nyheter utan överensstämmer väl med tidigare etapper. I denna etapp användes bara P34, P22, P8 och P16.



Figur 47. Exempel på den goda repeterbarheten. Samtliga använda försök. Givare P22 på barriären.

Tabell 15. Utveckling av givarnas status.

Givare/Test	2	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
34				?						x				
22														
8														
16														
101									x		o	x	x	x
102														
103								o	x			x		
104								o	x					
105								o						
106								o						
107	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
108								o						
109							o	o				x		
110														
111							o		x				n	n
112	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	x	x	n	n
113												o	n	n
114	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
115								o	x	?	?	x	n	n
116											o		n	n
117	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	?	x	n	n
118							x	o	x				n	n
119								x	x	x	x	x	n	n
120													n	n
121			x									x	n	n
122													n	n
123							x	x	?	x	x	x	n	n
124	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
125								x	x			?	n	n
126					o	x	x					?	n	n
127	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
128													n	n
129	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
130				o	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
131						x	x	x	x	x	x	x	n	n
132													n	n
133													n	n
134													n	n
135				x	x	x	x	x	x	x	x	x	n	n
136											x	x	n	n

x = trasig

o = överstyrd

s = slow start, trög uppgång

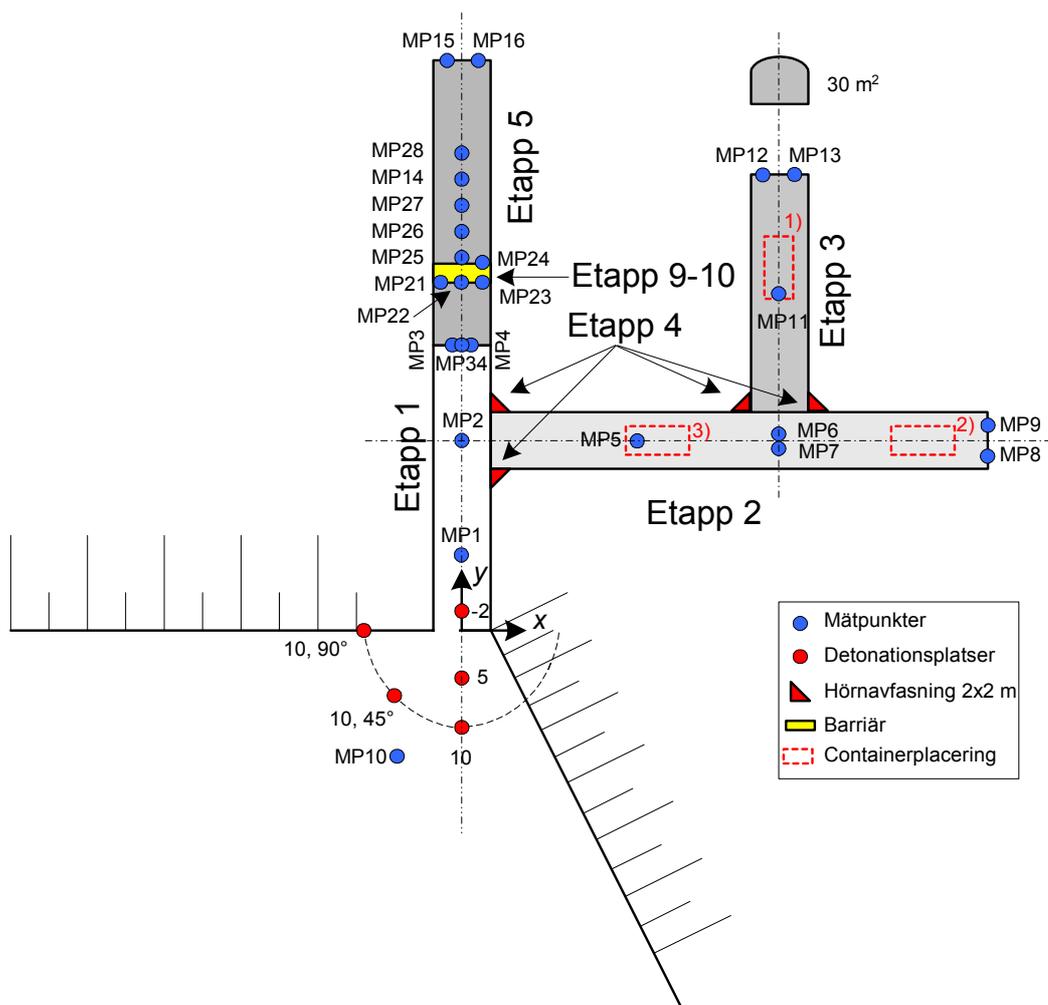
n = ej med

? = suspekt

Tidigare etapper

Tabell 16. Sammanfattning av tidigare genomförda etapper

Etapp	År	Geometri/försökstyp	Variabler	Givare
1	1995	30 m rak tunnel	Detonationsplats och storlek	1, 2, 3, 4
2	1996	50 m ny tunnel t.h.	Detonationsplats och storlek	Etapp 1+ 5, 6, 7, 8, 9, 10
3	1996	25 m ny tunnel t.v.	Detonationsplats och storlek	Etapp 2+11, 12, 13 ej 6
4	1997	Avfasning av hörn	Detonationsplats och storlek	Etapp 3
5	1997	Förlängning av huvudtunnel med 30 m	Detonationsplats och storlek	1, 2, 34, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
6	1998	Tester utanför tunneln	Infrastruktur som skydd: vägg, slänt, viadukt	
7	1998	Inverkan av container	Detonationsplats, storlek och container placering	5, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, C1-C5
8	1999	Olika typer av laddningar	Laddningens form, riktning och avstånd	1, 2, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16
9	2001	Barriär	Detonationsplats, storlek och öppningsstorlek i barriären	34, 5, 8, 13, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 14, 28
10	2002	Barriär	Detonationsplats, storlek och öppningsstorlek i barriären	34, 5, 8, 13, 14, 16, 22, 25, 26, 26a, 26b, 26c, 27-33



Figur 48. Översikt över försöksplats.

Tabell 17. Översikt över givare i alla etapper

Givare	Typ	x	y	h	Anmärkning
1	Side-on	0	10	0	
2	Side-on	0	20	0	
3	Reflektion	-2	30	1.5	
4	Reflektion	2	30	1.5	
34	Side-on	0	30	0.5	”Lollipop” fr o m etapp 9
Barriär		-----	36.5+2		
5	Side-on	18	20	0.5	“Lollipop”
6	Side-on	33	20	0	
7	Side-on	33	20	0.5	“Lollipop”
8	Reflektion	53	18	1.5	
9	Reflektion	53	22	1.5	
10	Side-on			0.5	“Lollipop”
11	Side-on	33	35.5	0.5	“Lollipop”
12	Reflektion	31	48	1.5	
13	Reflektion	35	48	1.5	
14	Side-on	0	46.95	0 och 1.5	I etapp 9 på balk
15	Reflektion	-2	60.5	1.5	
16	Reflektion	2	60.5	1.5	
21	Reflektion	-2.25	36.5	1.5	
22	Reflektion	0	36.5	3.7	
23	Reflektion	2.25	36.5	1.5	
24	Reflektion	2.25	38.5	1.5	Baksidan barriären
25	Side-on	0	38.7	1.5	På balk
26	Side-on	0	41.45	1.5	På balk
26a	Side-on	-0.69	41.45	1.5	På balk Etapp 10
26b	Side-on	-1.19	41.45	1.5	På balk Etapp 10
26c	Side-on	1.69	41.45	1.5	På balk Etapp 10
27	Side-on	0	44.20	1.5	På balk
28	Side-on	0	49.7	1.5	På balk
29	Side-on	-0.22	39.0	~1.7	På balk Etapp 10
30	Side-on	-0.22	39.5	~1.7	På balk Etapp 10
31	Side-on	-0.54	38.9	~1.7	På balk Etapp 10
32	Side-on	-0.89	39.25	~1.7	På balk Etapp 10
33	Side-on	-1.24	39.6	~1.7	På balk Etapp 10
C1	Side-on				Mitt framsida container
C2	Side-on				Mitt höger långsida container
C3	Side-on				Mitt vänster långsida container
C4	Side-on				Mitt baksida container
C5	Side-on				Mitt tak container
101, 119	Side	± 1.5	35.5	1.5	Mätrör
102, 120	Side	± 1.5	36.5	1.5	Mätrör
103, 121	Side	± 1.5	37.0	1.5	Mätrör
104, 122	Side	± 1.5	37.5	1.5	Mätrör
105, 123	Side	± 1.5	38.0	1.5	Mätrör
106, 124	Side	± 1.5	38.5	1.5	Mätrör
107, 125	Side	± 1.5	39.0	1.5	Mätrör
108, 126	Side	± 1.5	39.5	1.5	Mätrör
109, 127	Side	± 1.5	40.5	1.5	Mätrör
110, 128	Side	± 1.5	41.5	1.5	Mätrör
111, 129	Side	± 1.5	42.5	1.5	Mätrör
112, 130	Side	± 1.5	43.0	1.5	Mätrör
113, 131	Side	± 1.5	43.5	1.5	Mätrör
114, 132	Side	± 1.5	44.0	1.5	Mätrör
115, 133	Side	± 1.5	44.5	1.5	Mätrör
116, 134	Side	± 1.5	45.0	1.5	Mätrör
117, 135	Side	± 1.5	45.5	1.5	Mätrör
118, 136	Side	± 1.5	46.5	1.5	Mätrör

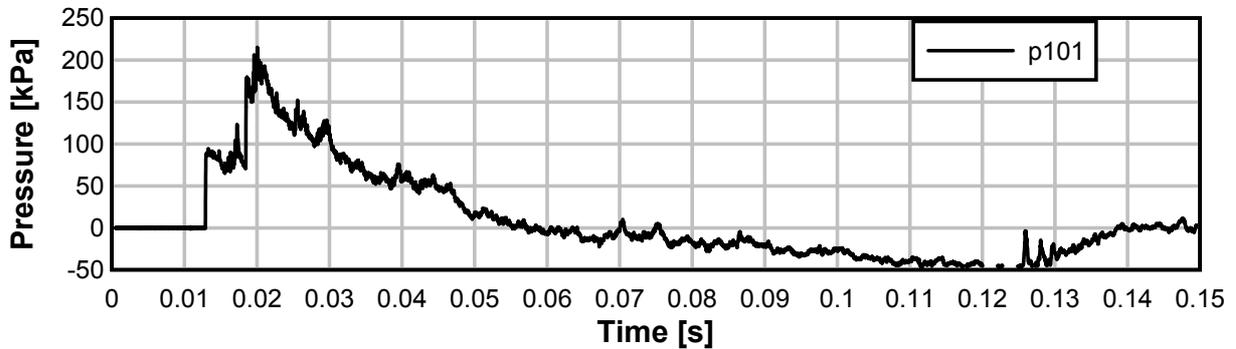
Referenser

- [1] Carlberg Anders, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 1*, FOA-D—96-0023-2.6—SE, Februari 1996
- [2] Carlberg Anders, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 2 och 3*, FOA-R—97-00467-311_SE, Mars 1997
- [3] Carlberg Anders, Eriksson Siwert, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 4*, FOA-R—99-01030-311—SE, Februari 1999
- [4] Carlberg Anders, Eriksson Siwert, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 5*, FOA-R—99-01197-311—SE, Augusti 1999
- [5] Carlberg Anders, Eriksson Siwert, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 6*, Kommande FOI rapport
- [6] Carlberg Anders, Eriksson Siwert, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 7*, FOA-R—00-01420-311—SE, Januari 2000
- [7] Berglund Roger, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 8*, FOI-R—0872—SE, Maj 2003
- [8] Berglund Roger, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 9*, FOI-R—04211—SE, Februari 2002
- [9] Berglund Roger, *Utförning av bergtunnlar. Etapp 10*, FOI-R—0873—SE, Augusti 2003
- [10] *FortH, Fortifikationshandbok del 2*, M7747-707122. 1991 års utgåva

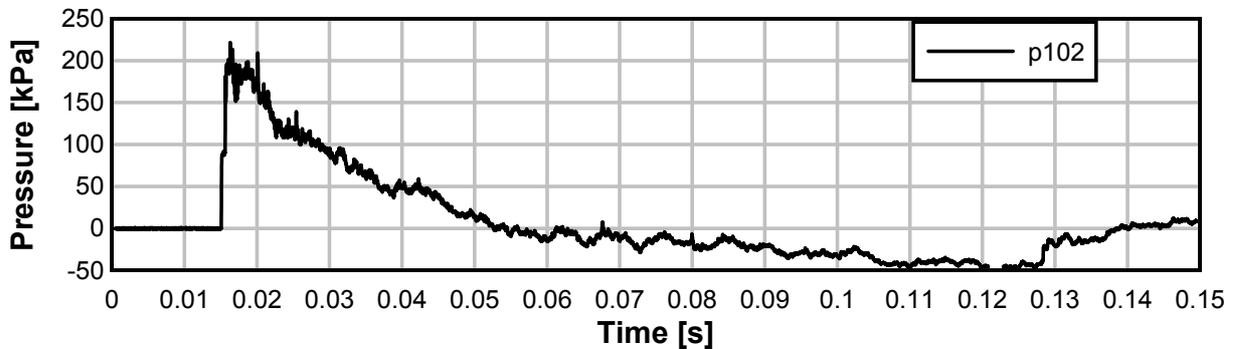
Registreringar

Test 02: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Areaökning

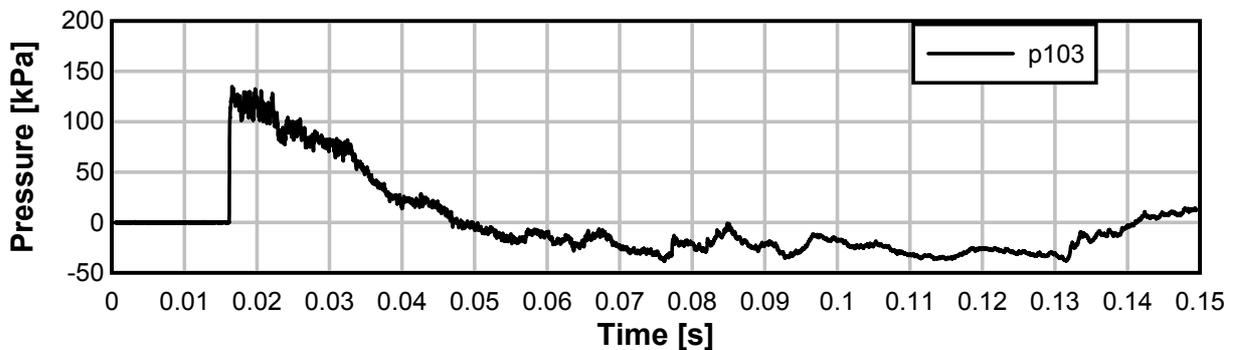
TE11_02



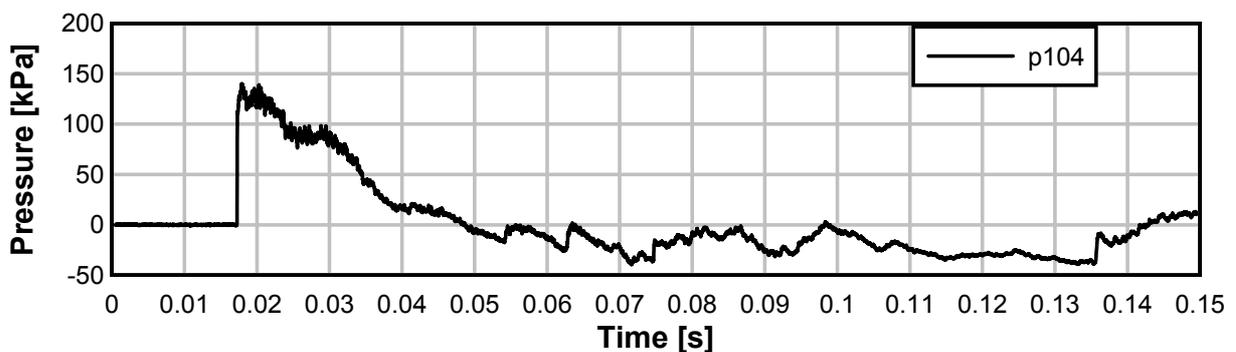
TE11_02



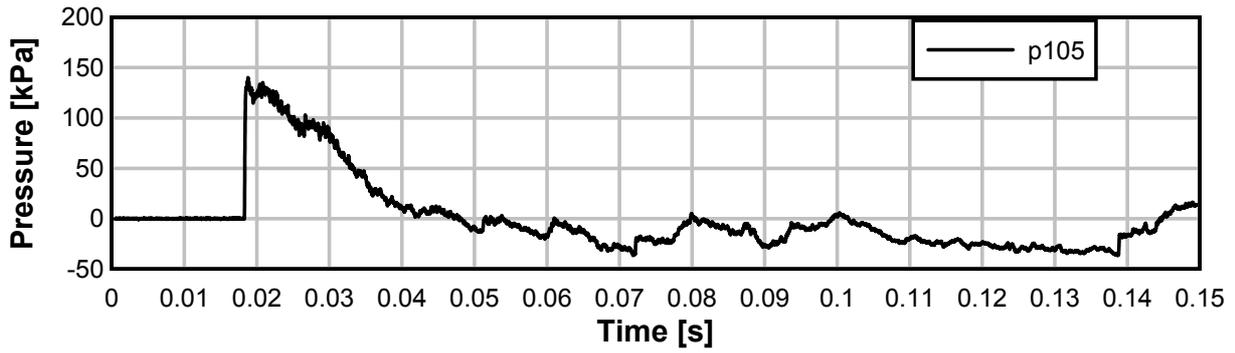
TE11_02



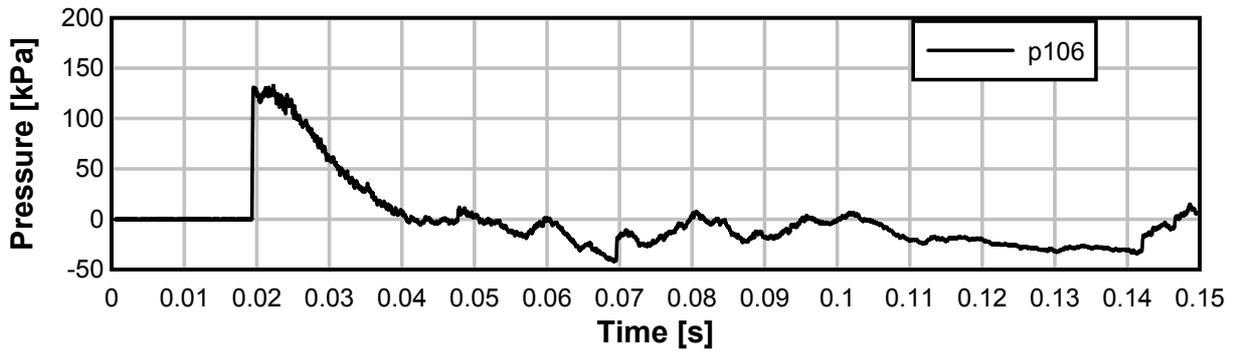
TE11_02



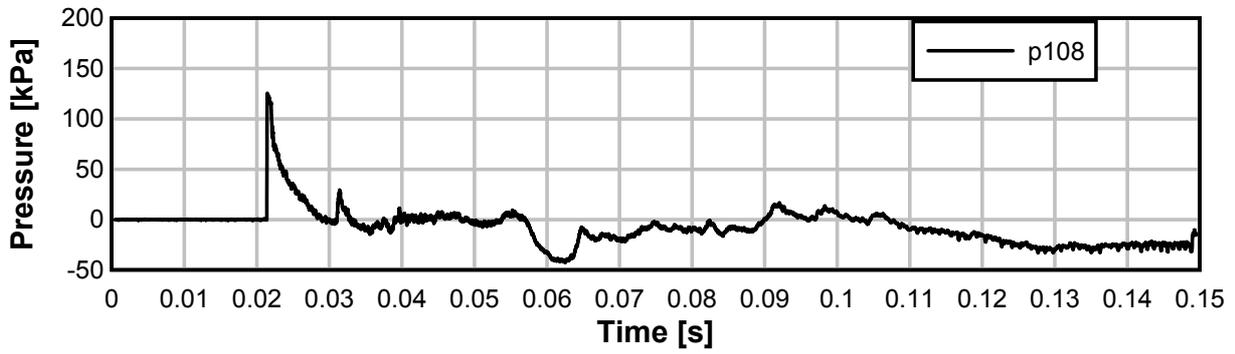
TE11_02



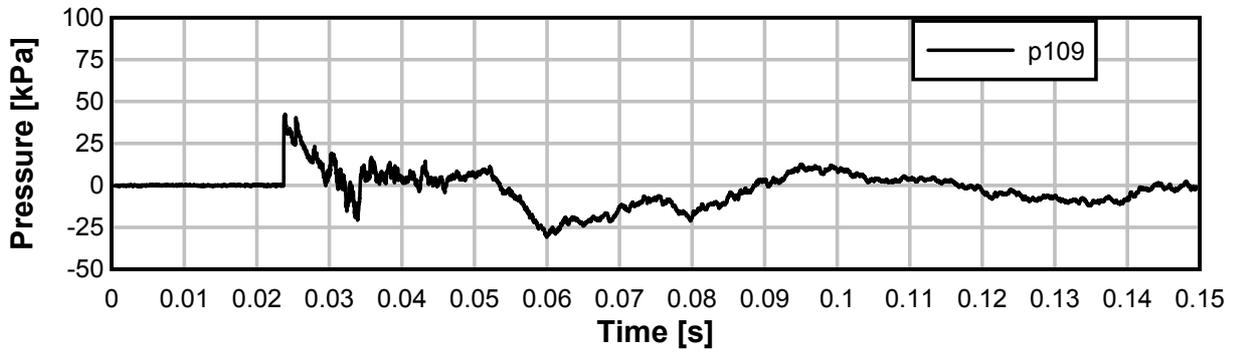
TE11_02



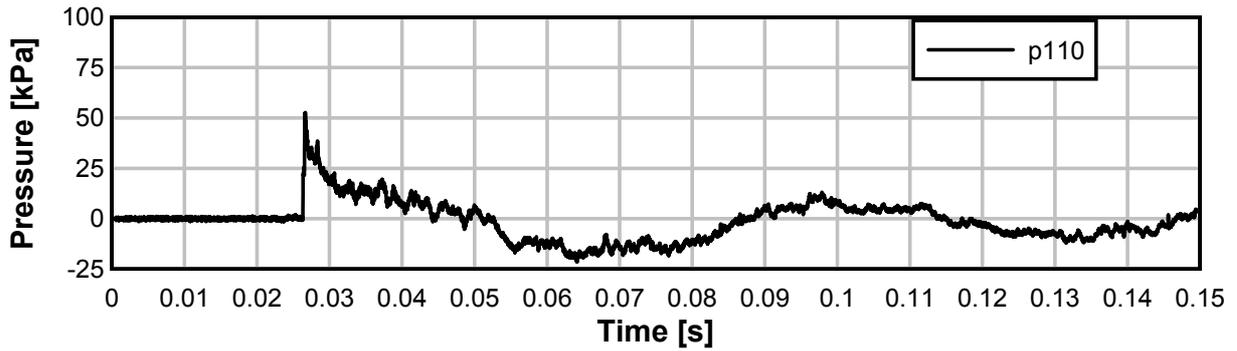
TE11_02



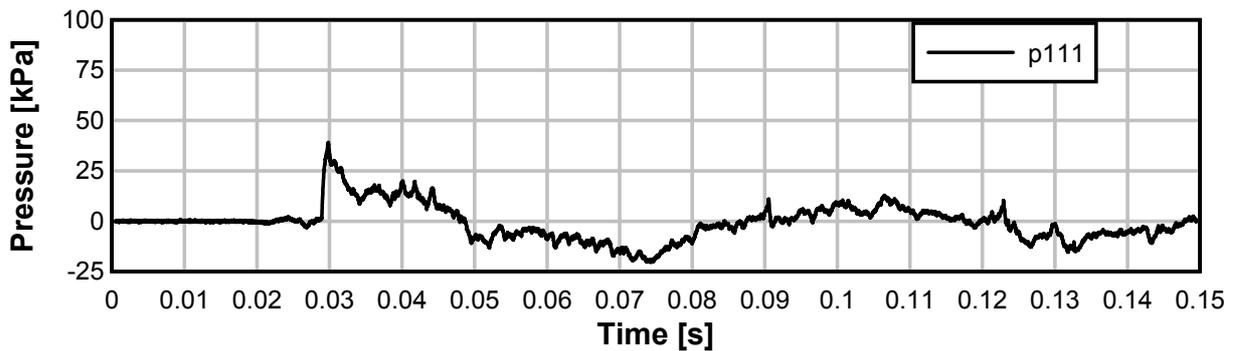
TE11_02



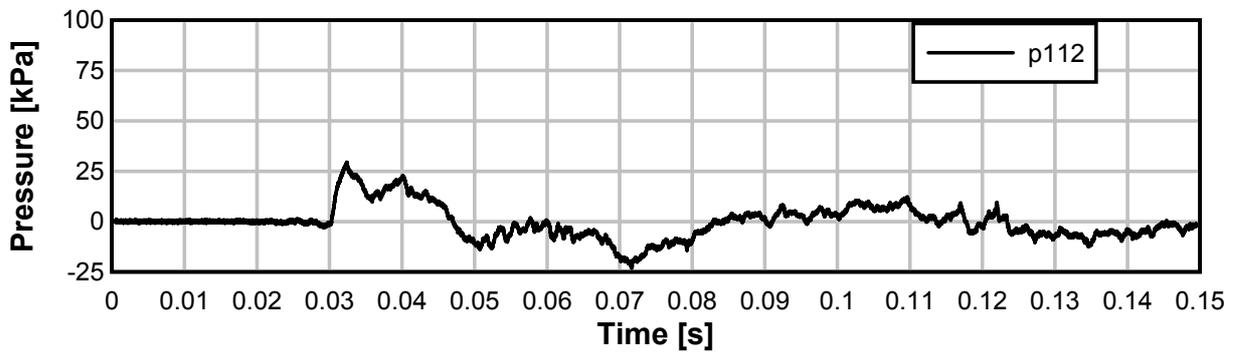
TE11_02



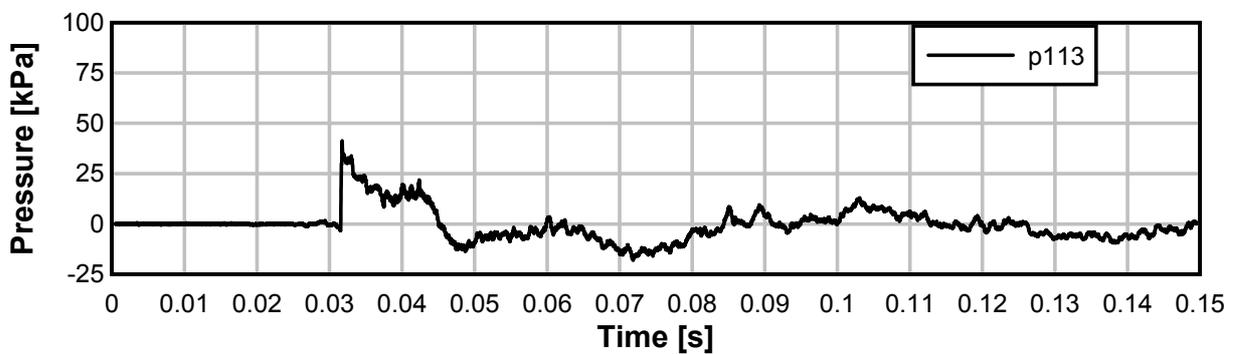
TE11_02



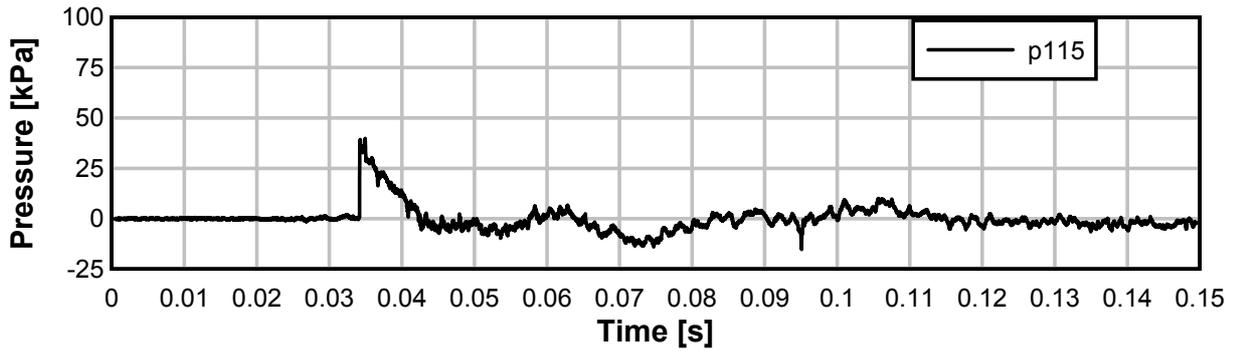
TE11_02



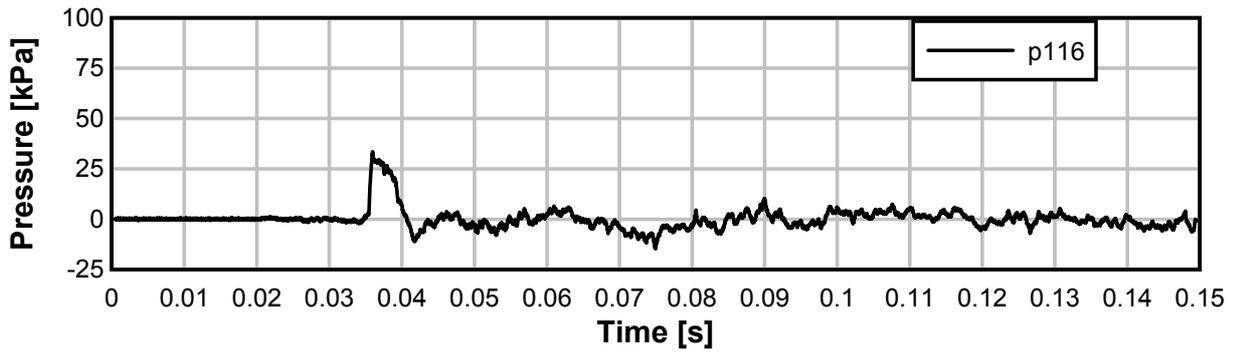
TE11_02



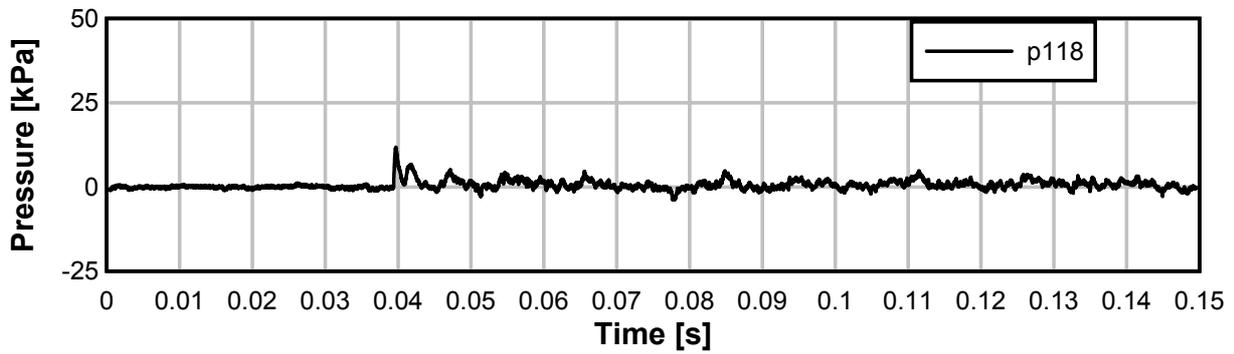
TE11_02



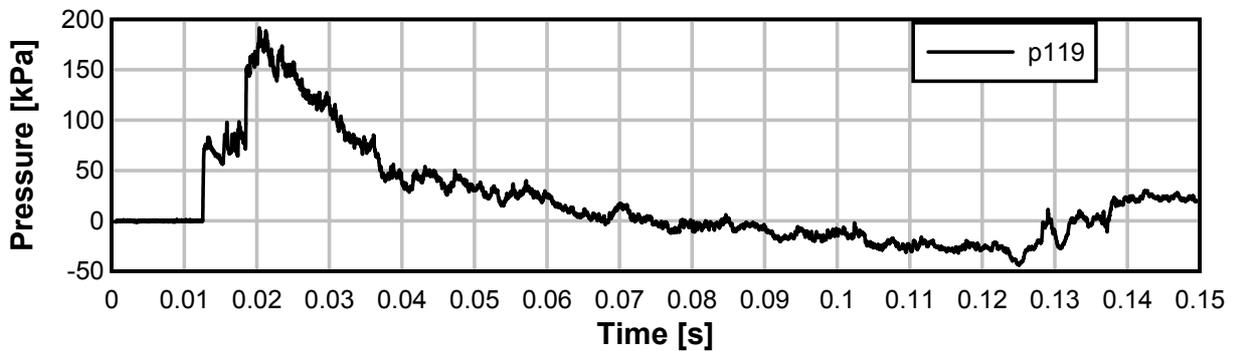
TE11_02



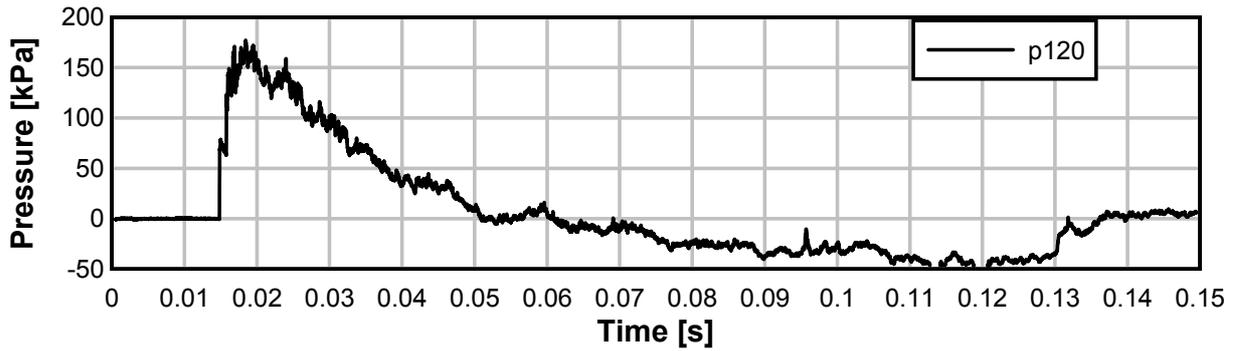
TE11_02



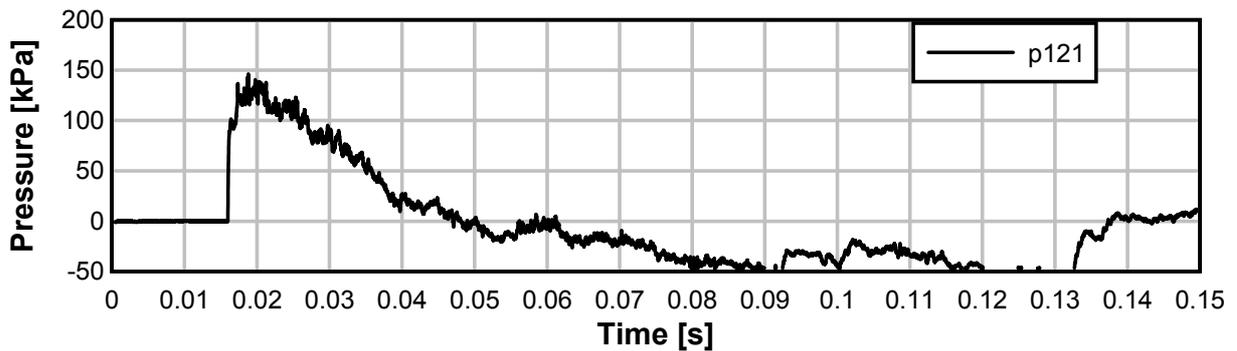
TE11_02



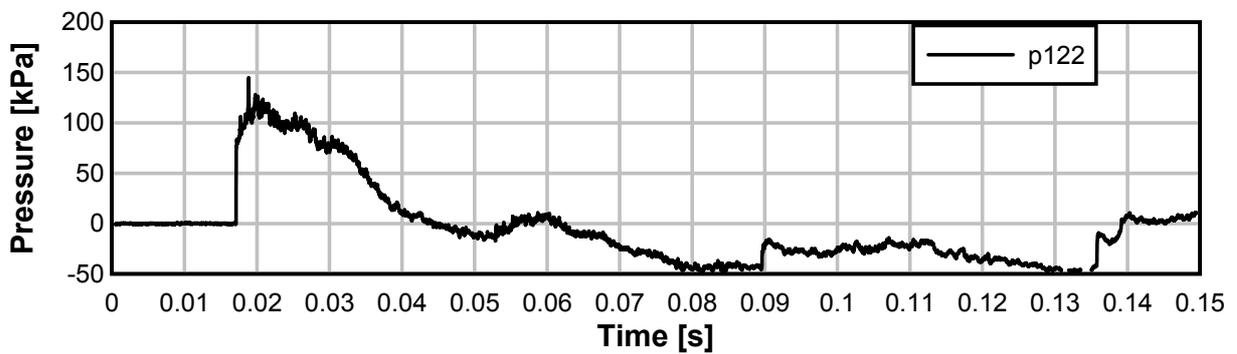
TE11_02



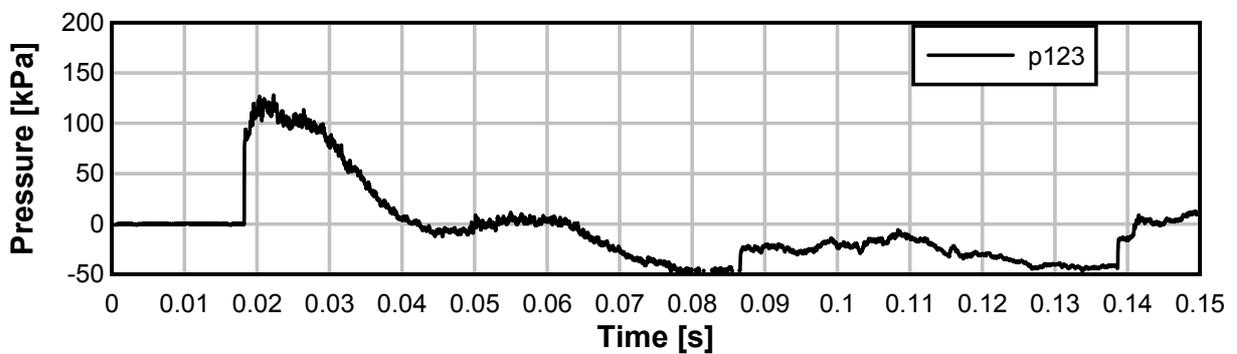
TE11_02



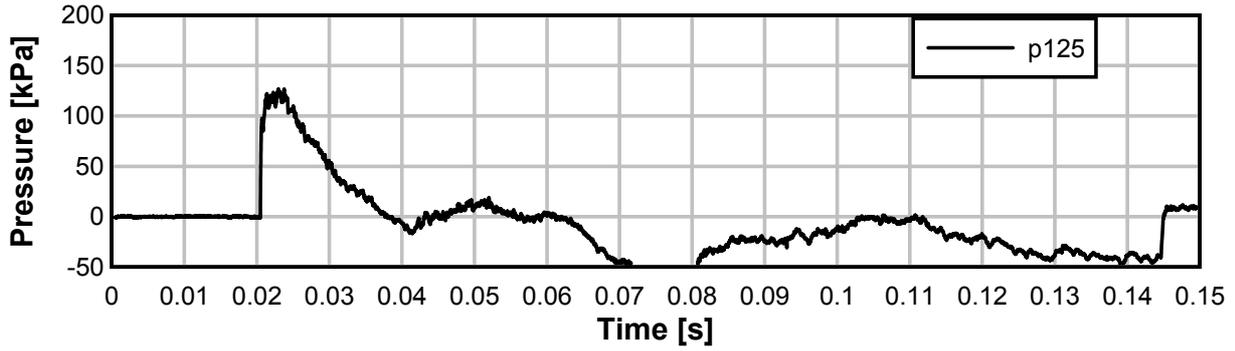
TE11_02



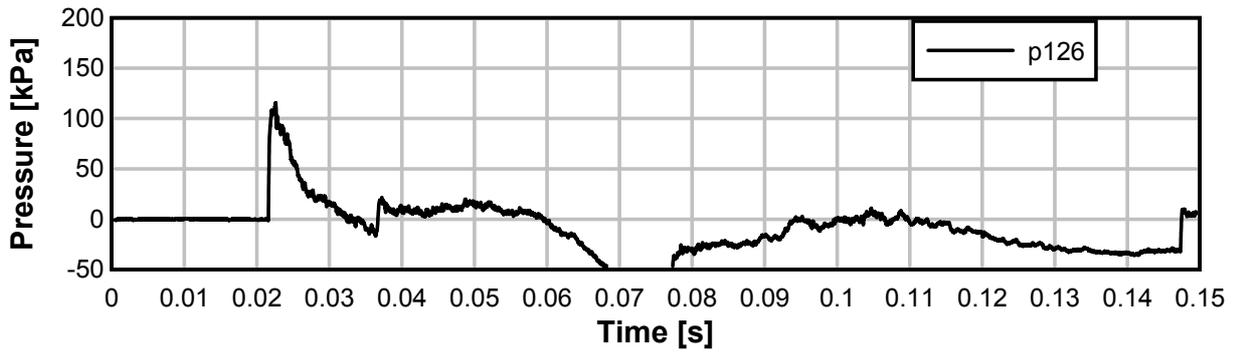
TE11_02



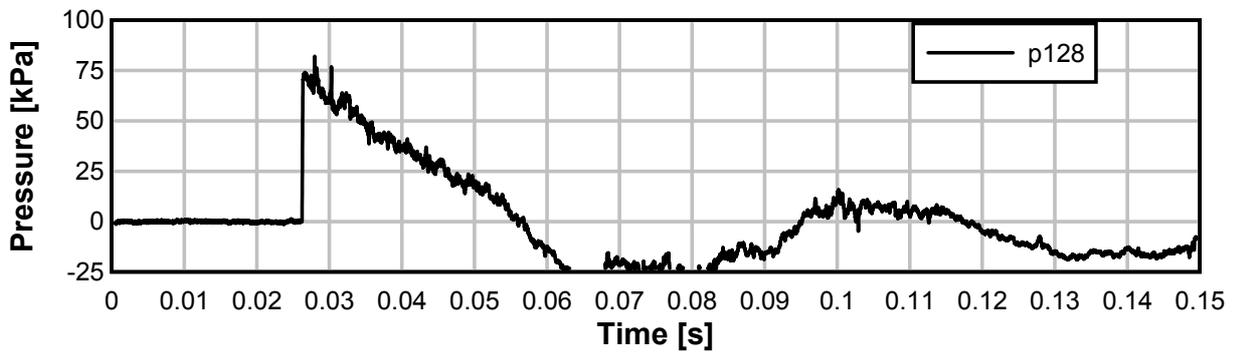
TE11_02



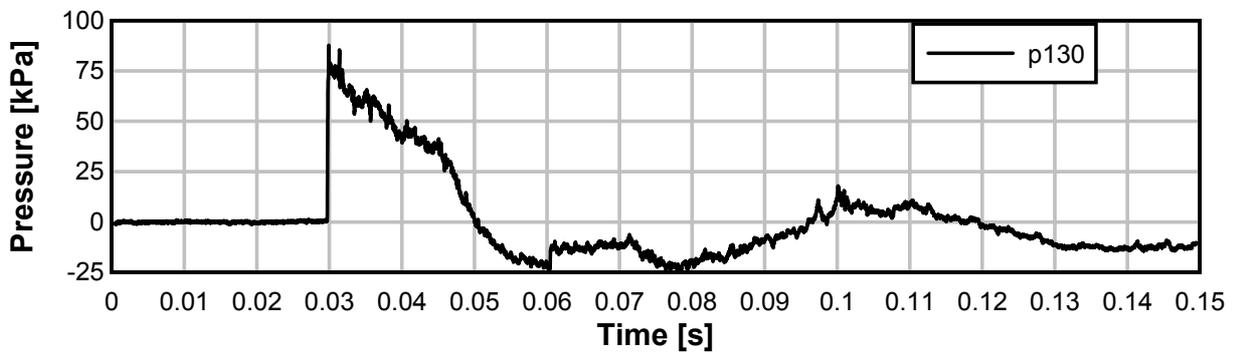
TE11_02



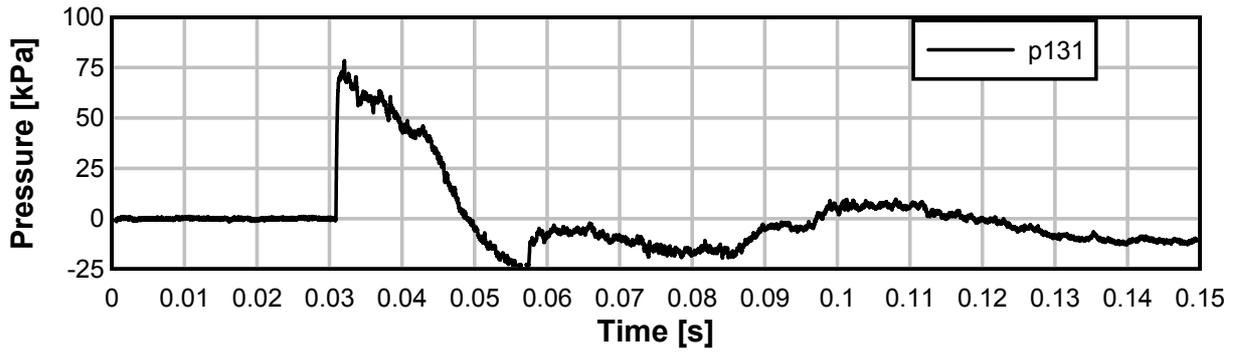
TE11_02



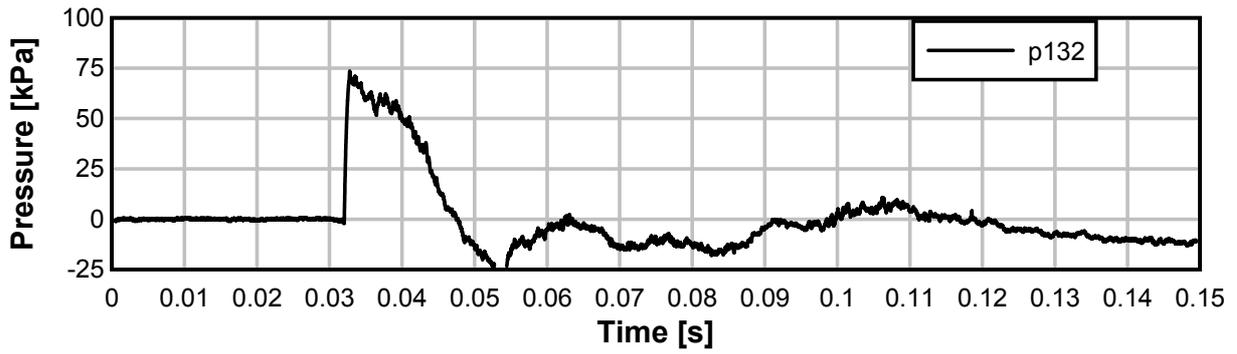
TE11_02



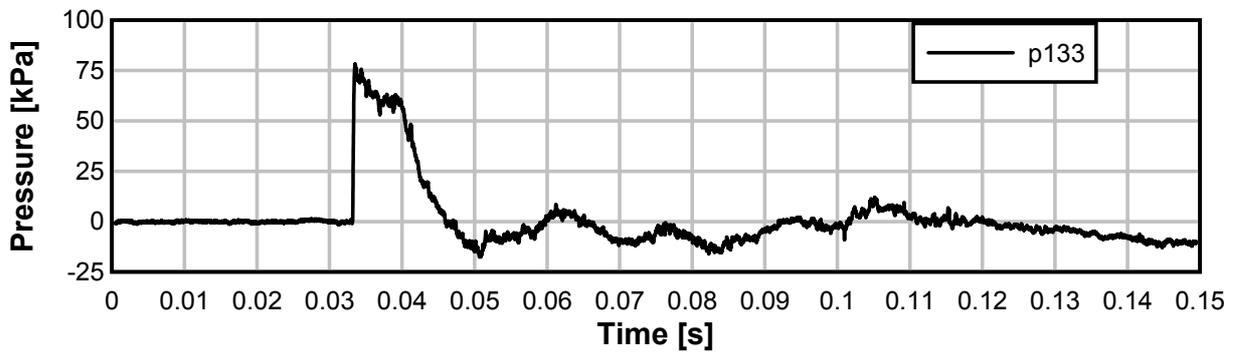
TE11_02



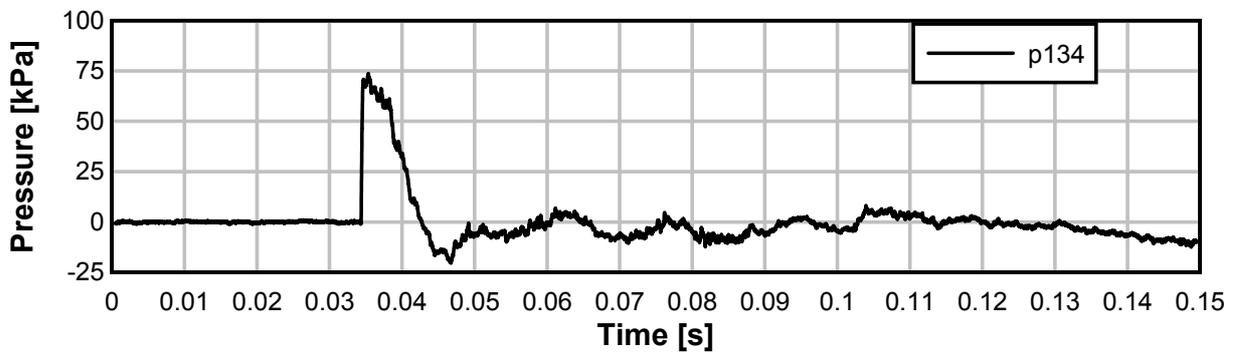
TE11_02



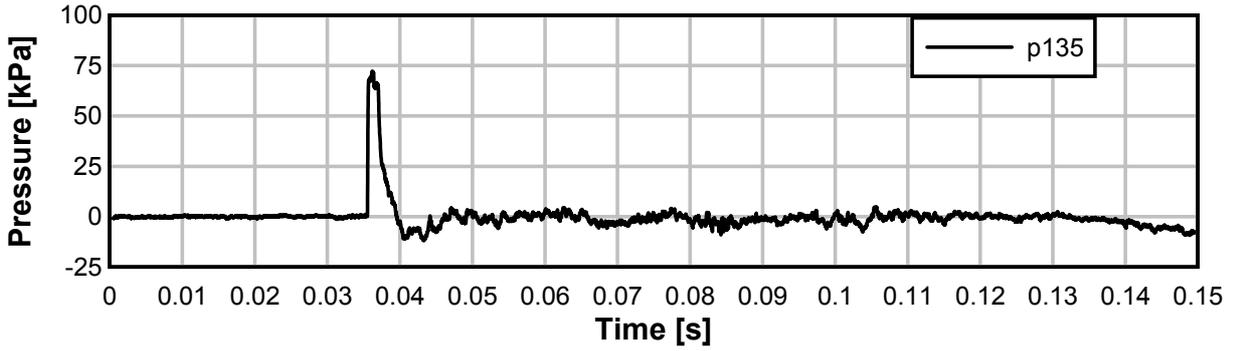
TE11_02



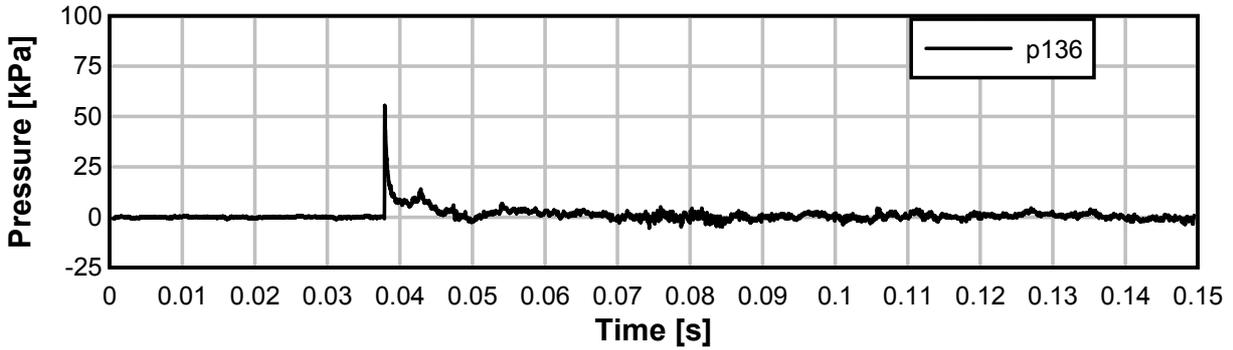
TE11_02



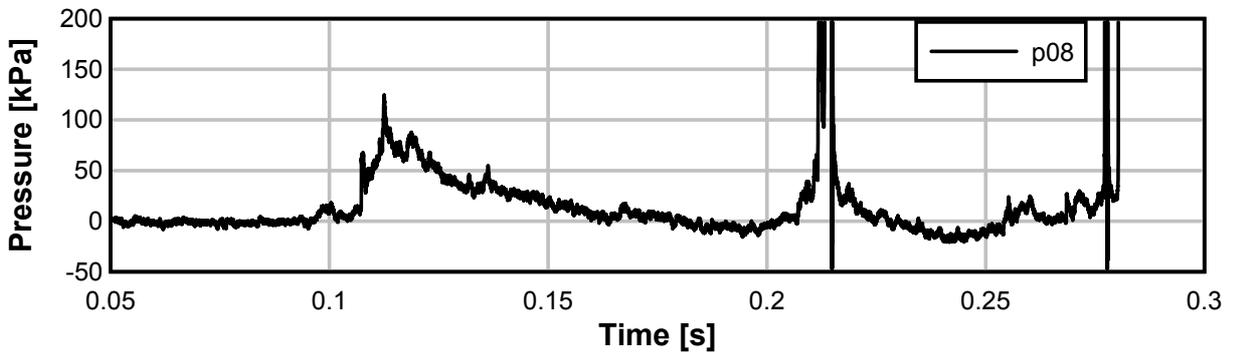
TE11_02



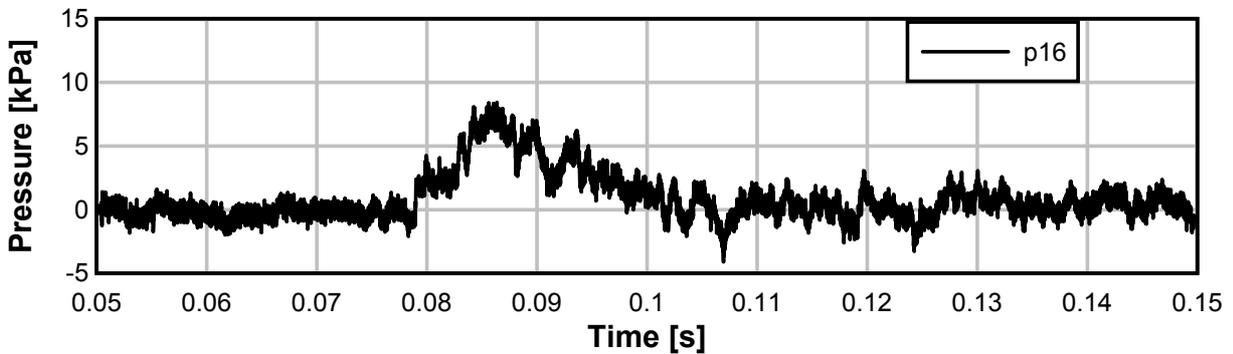
TE11_02



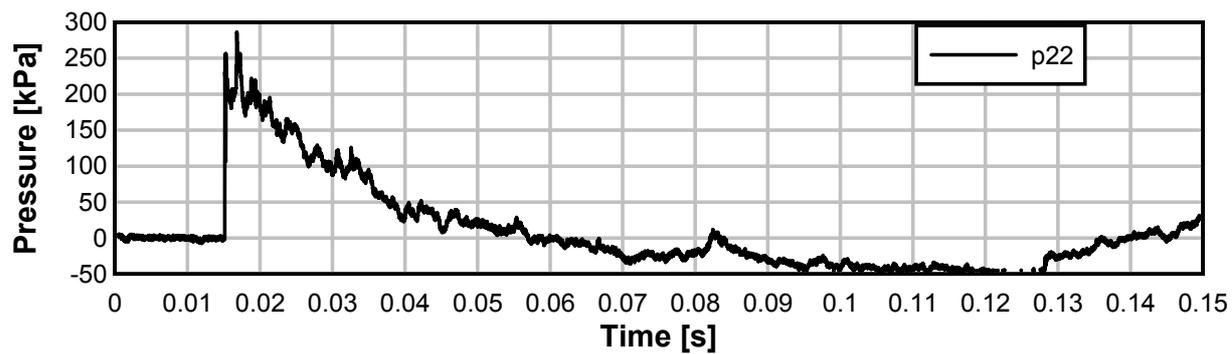
TE11_02



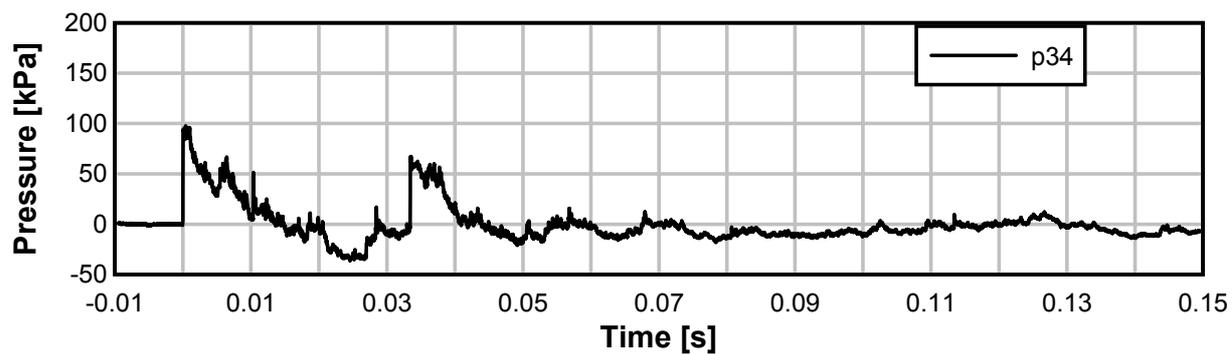
TE11_02



TE11_02

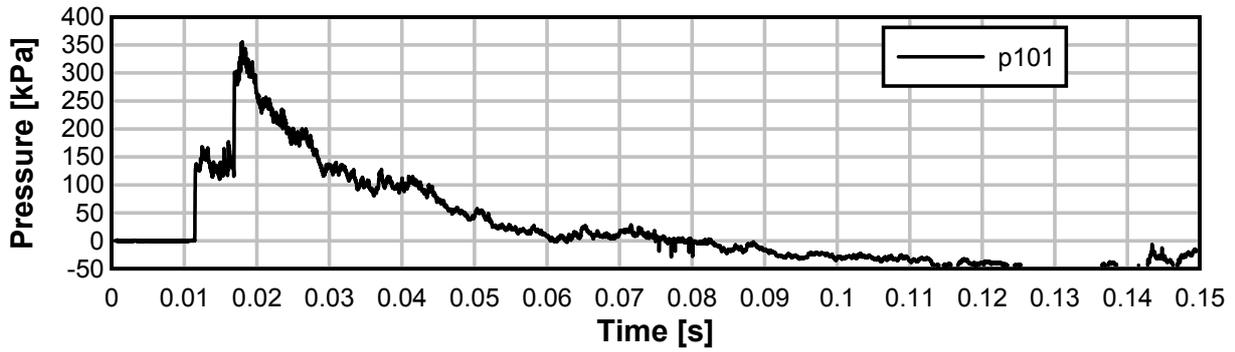


TE11_02

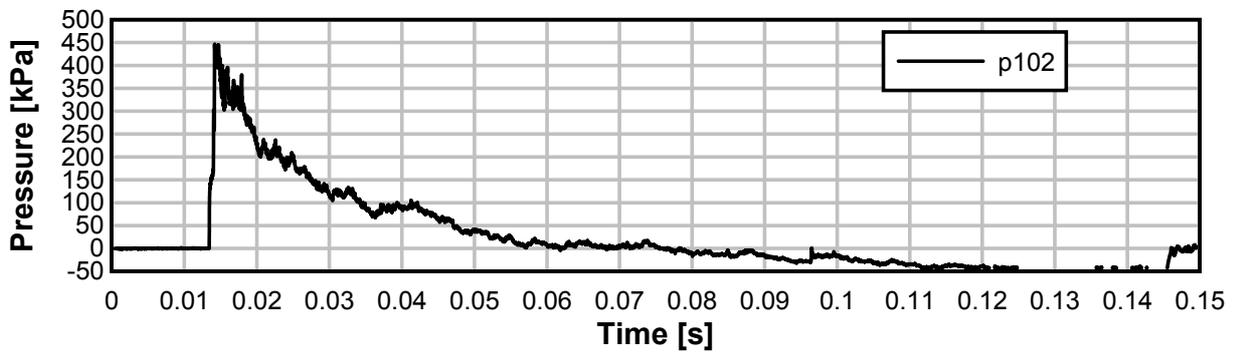


Test 04: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Areaökning

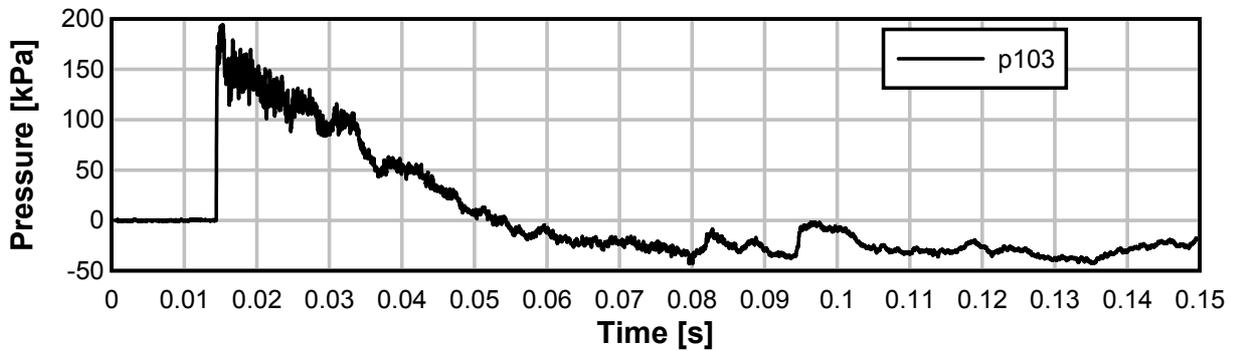
TE11_04



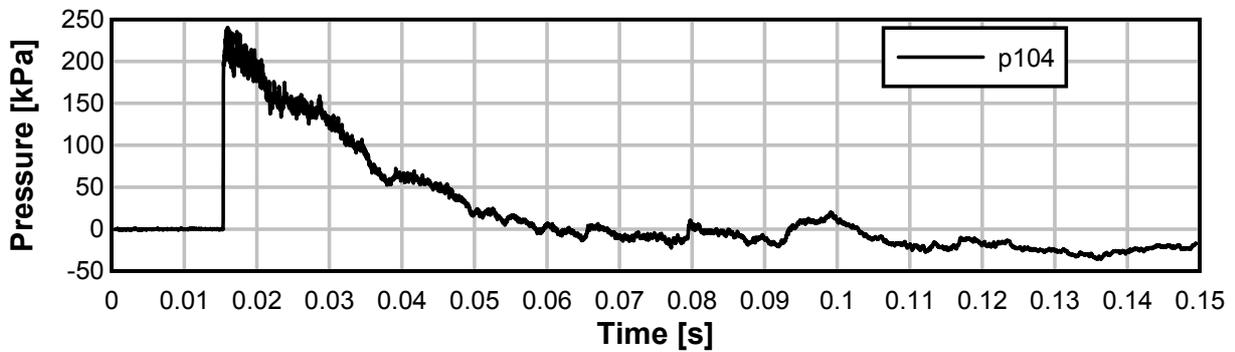
TE11_04



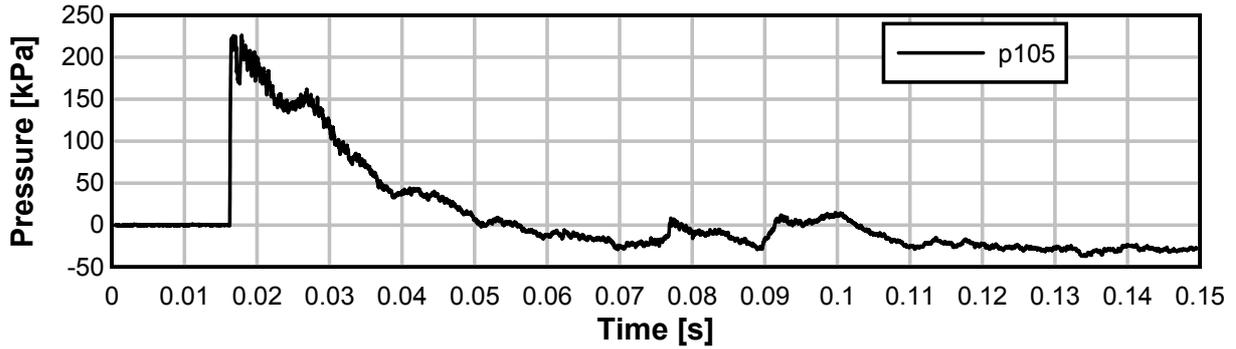
TE11_04



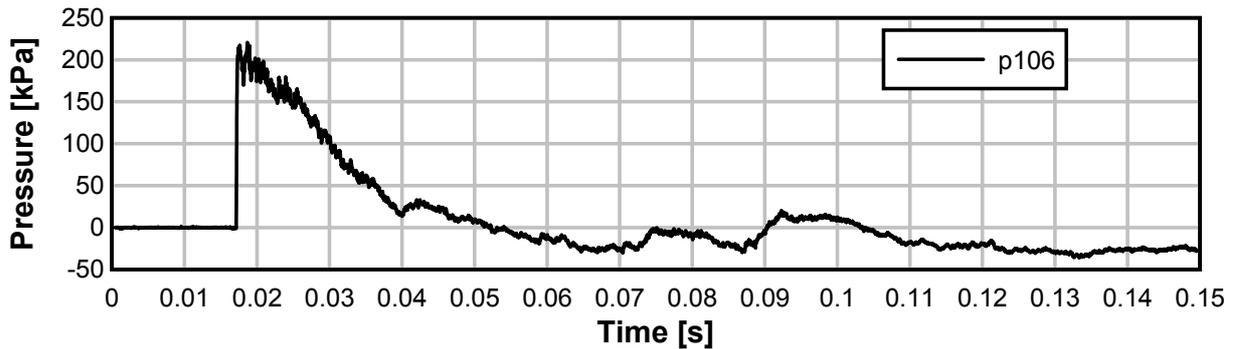
TE11_04



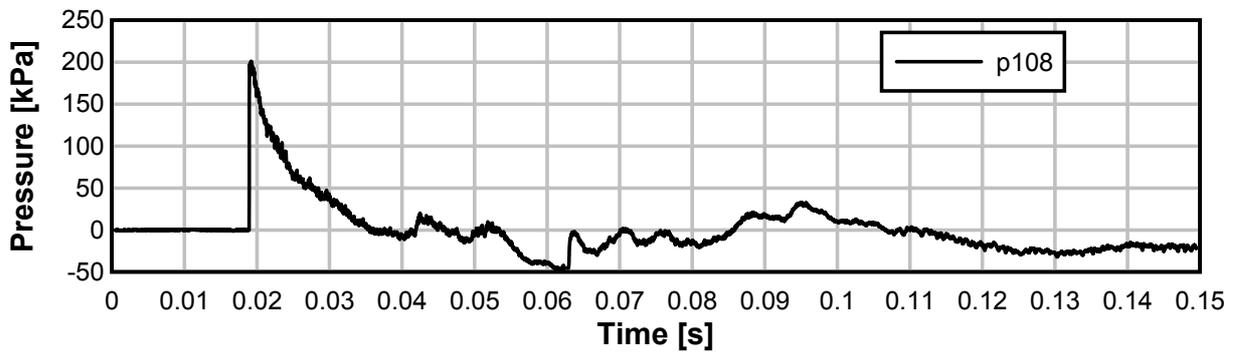
TE11_04



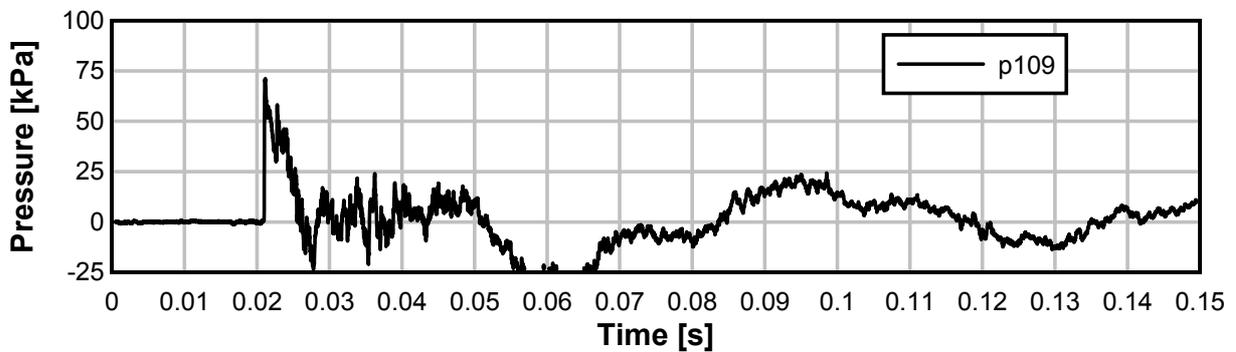
TE11_04



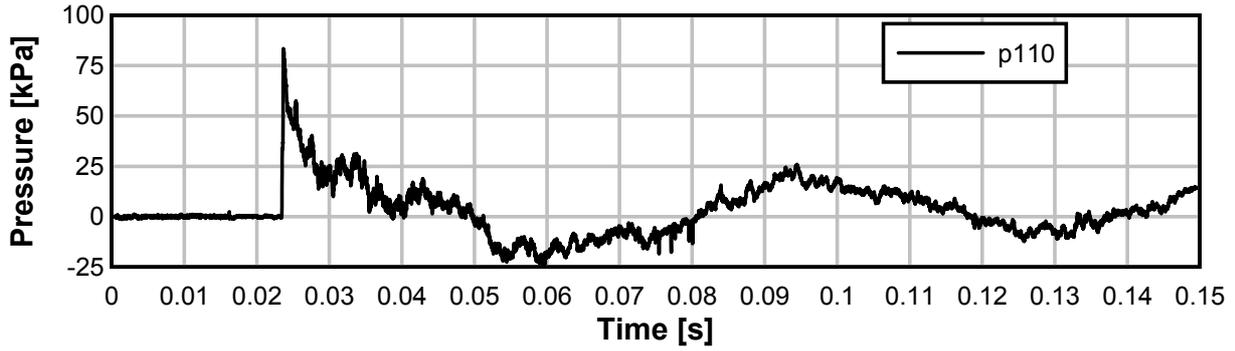
TE11_04



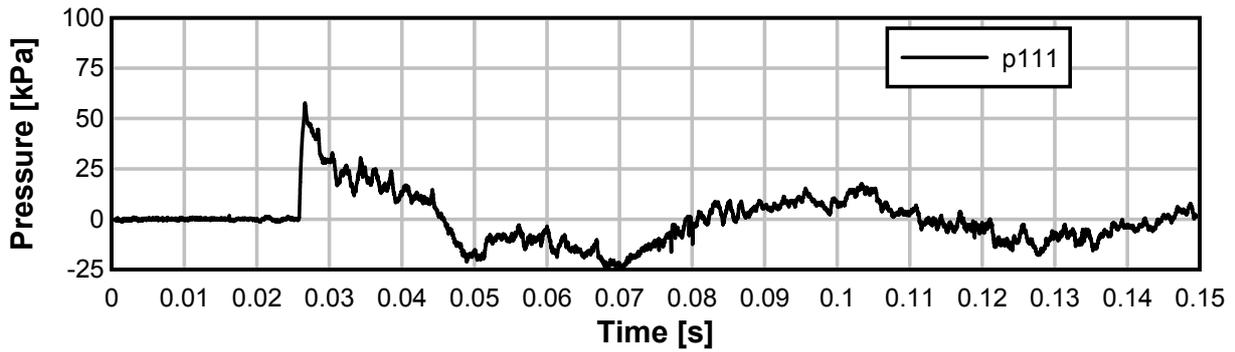
TE11_04



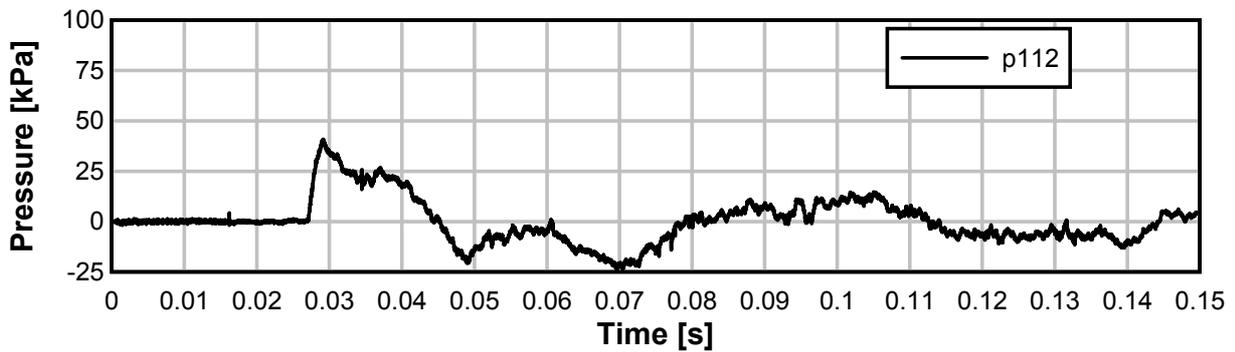
TE11_04



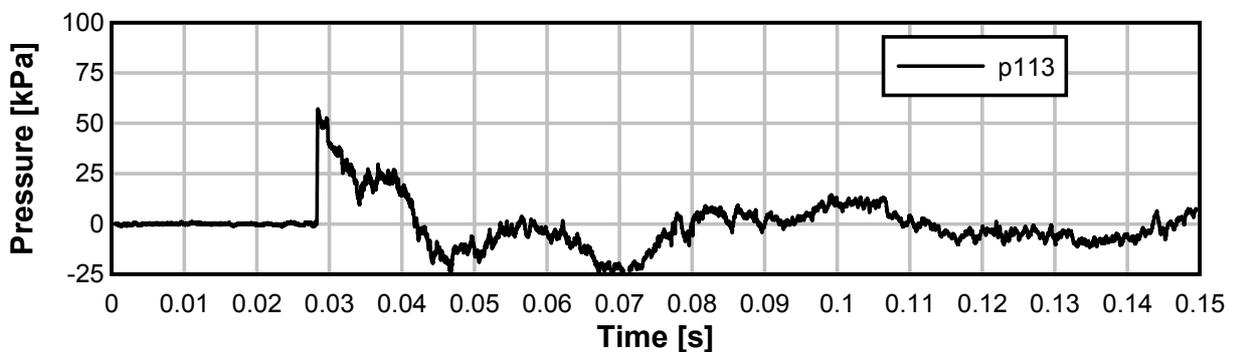
TE11_04



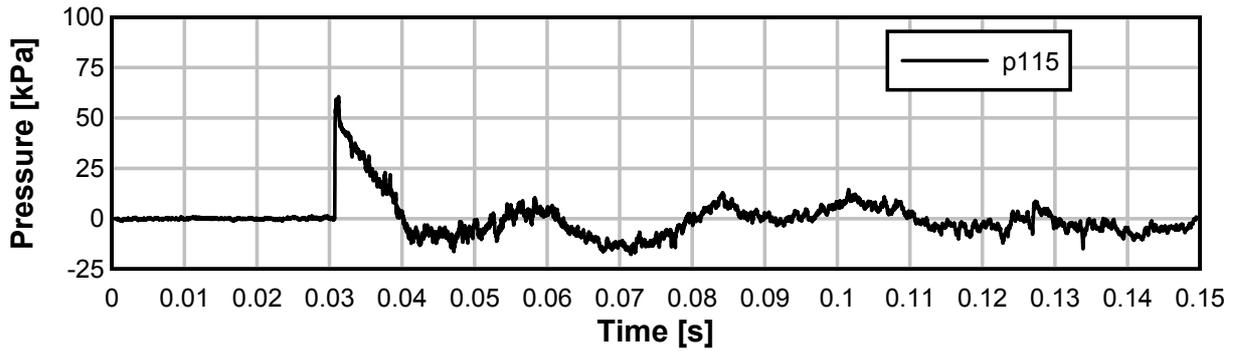
TE11_04



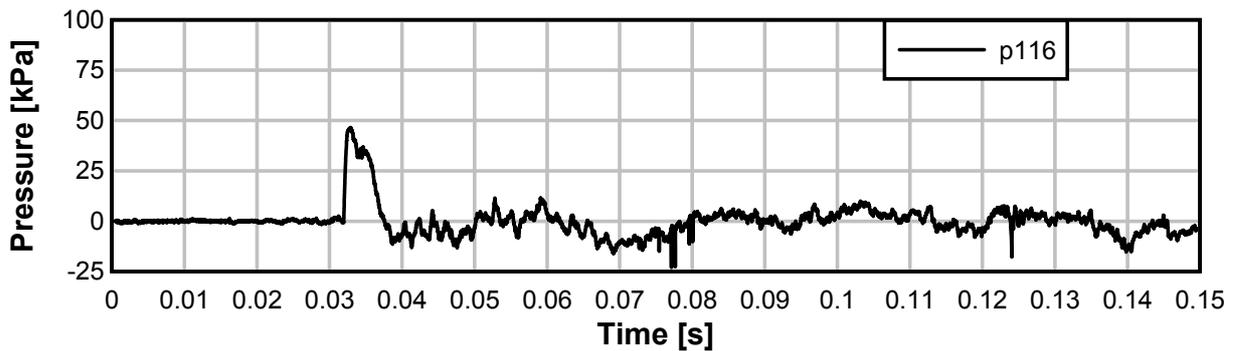
TE11_04



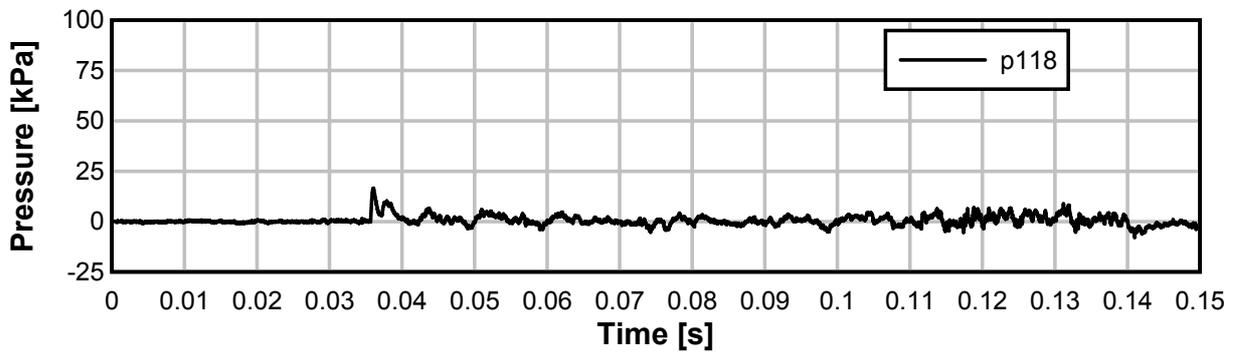
TE11_04



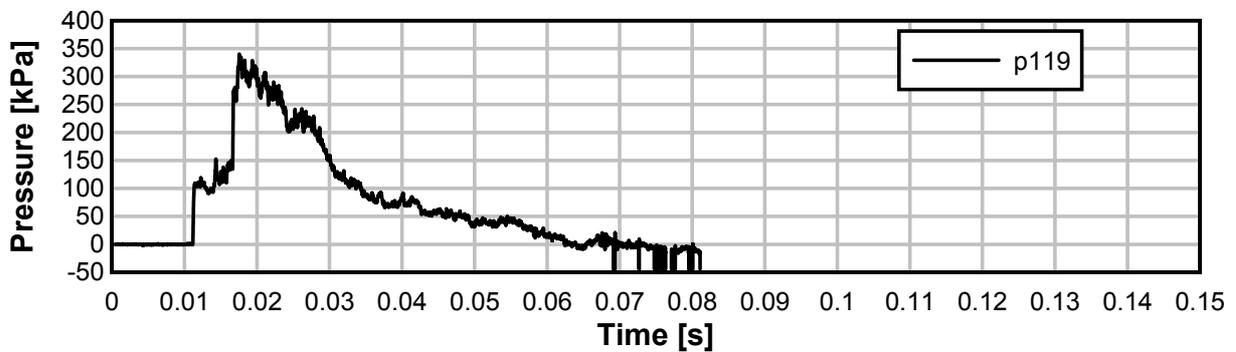
TE11_04



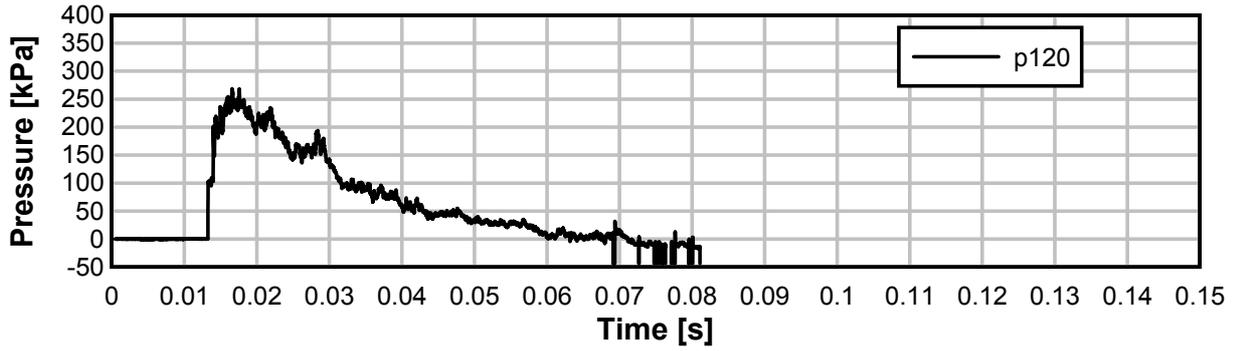
TE11_04



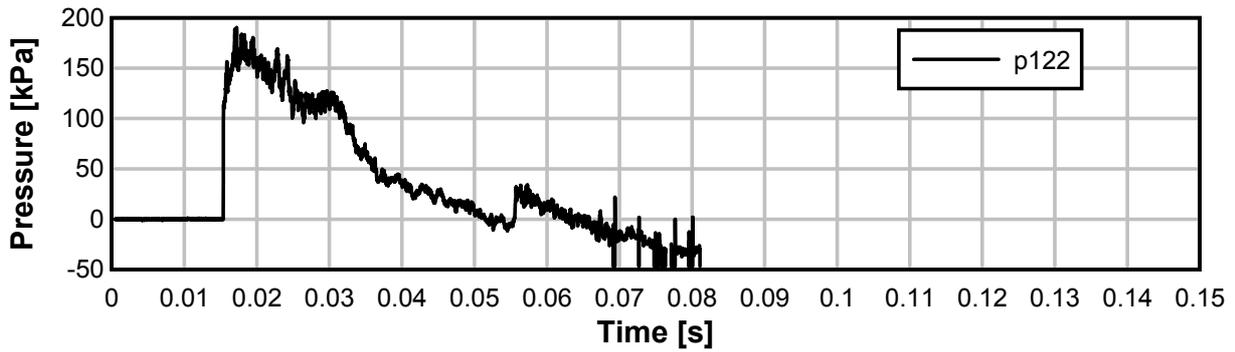
TE11_04



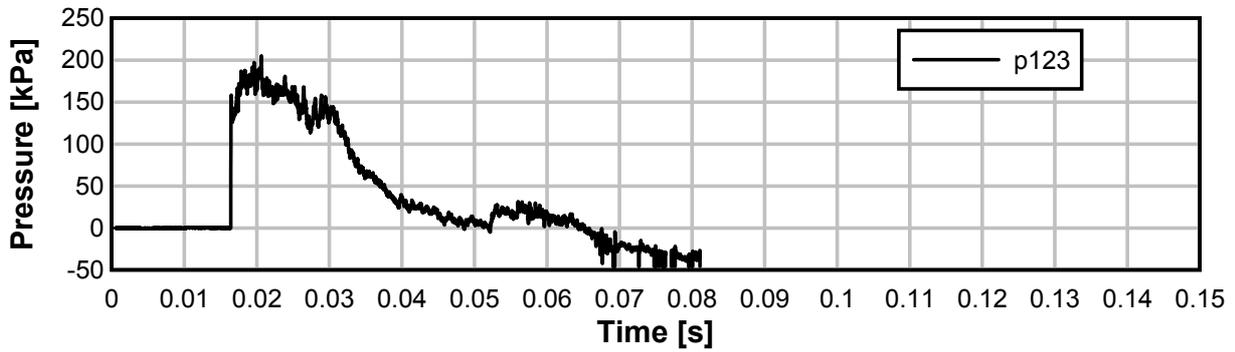
TE11_04



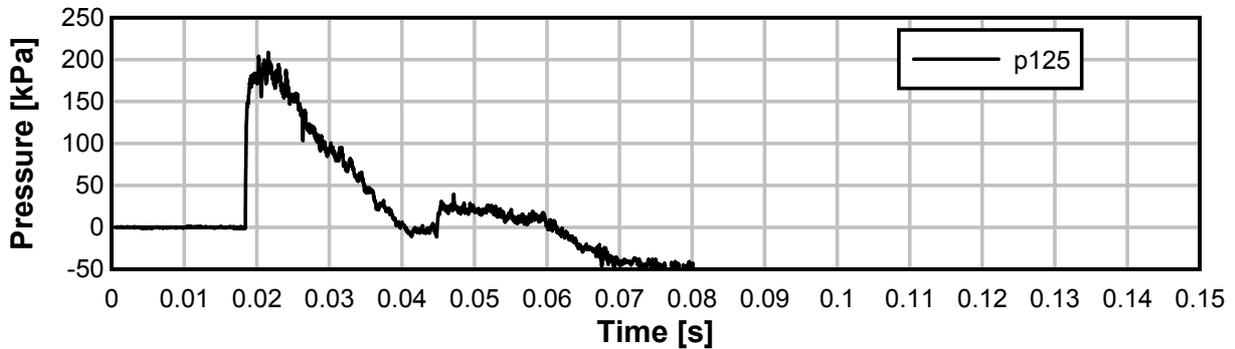
TE11_04



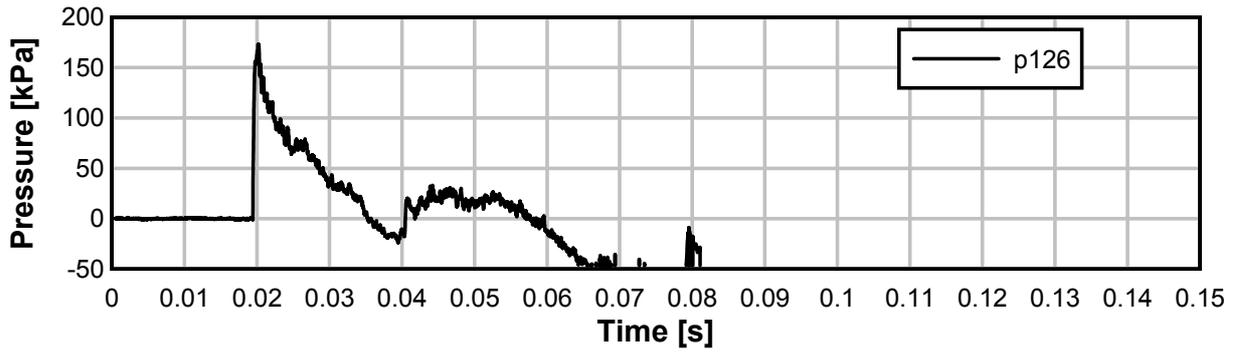
TE11_04



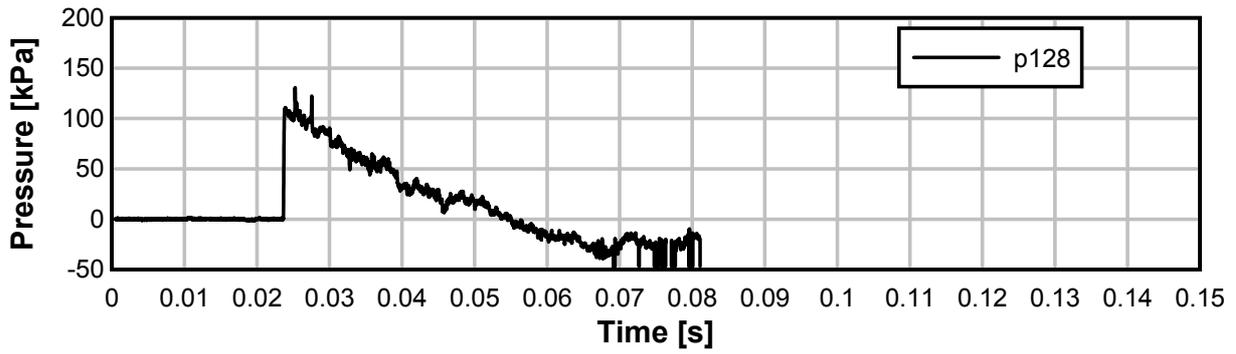
TE11_04



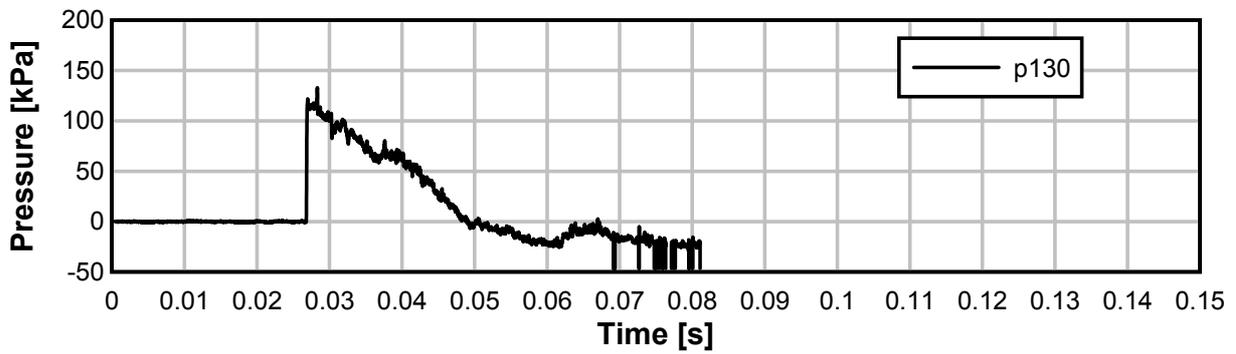
TE11_04



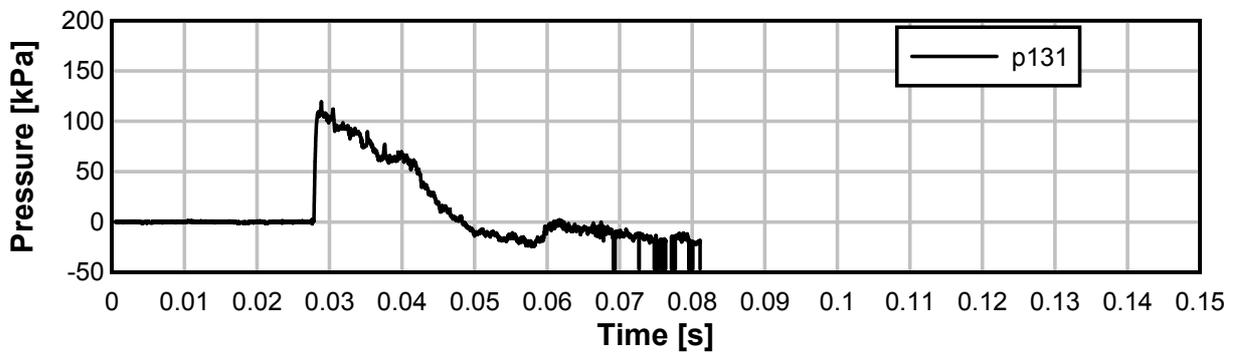
TE11_04



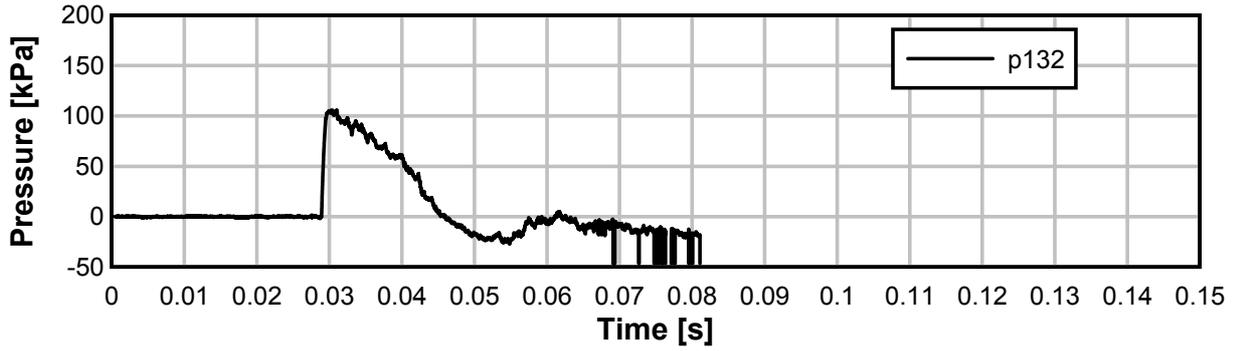
TE11_04



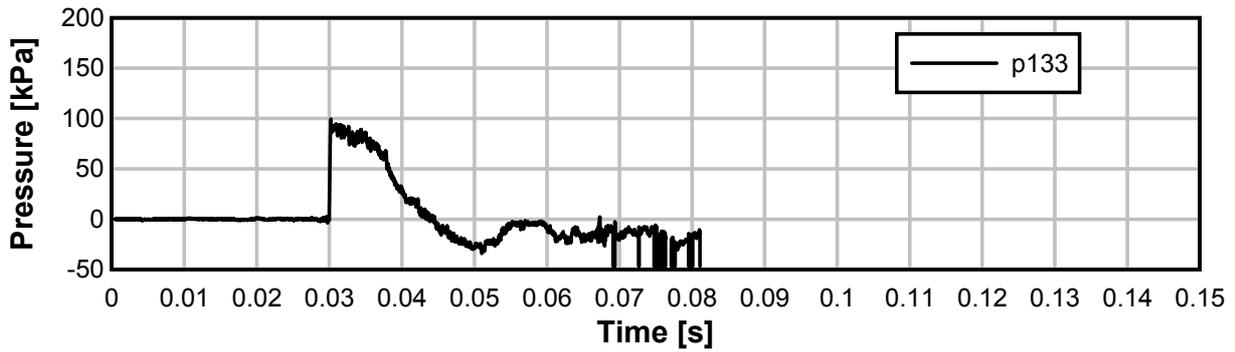
TE11_04



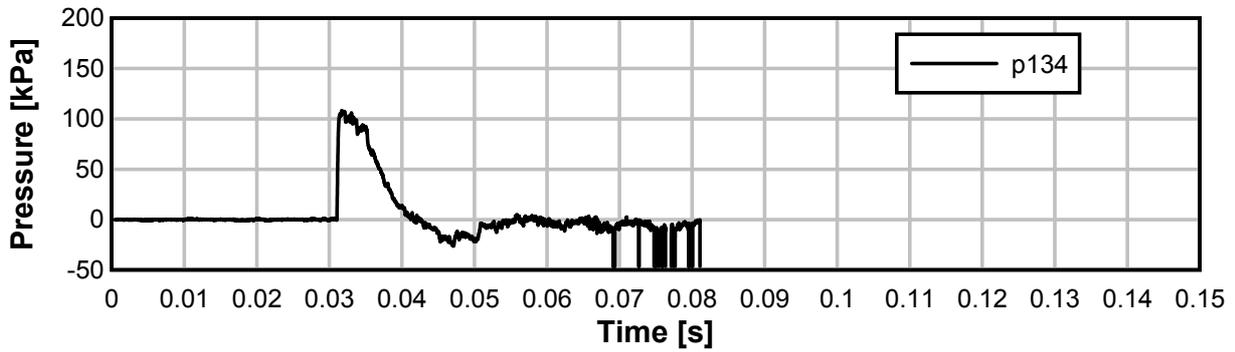
TE11_04



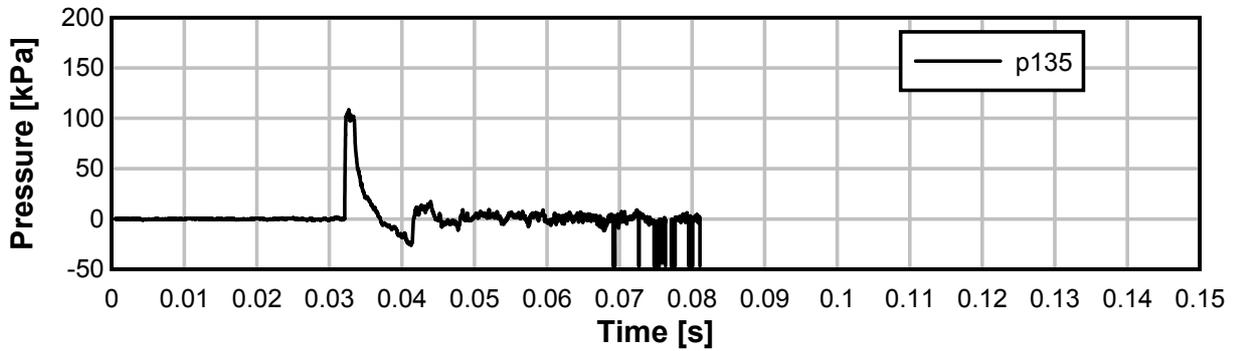
TE11_04



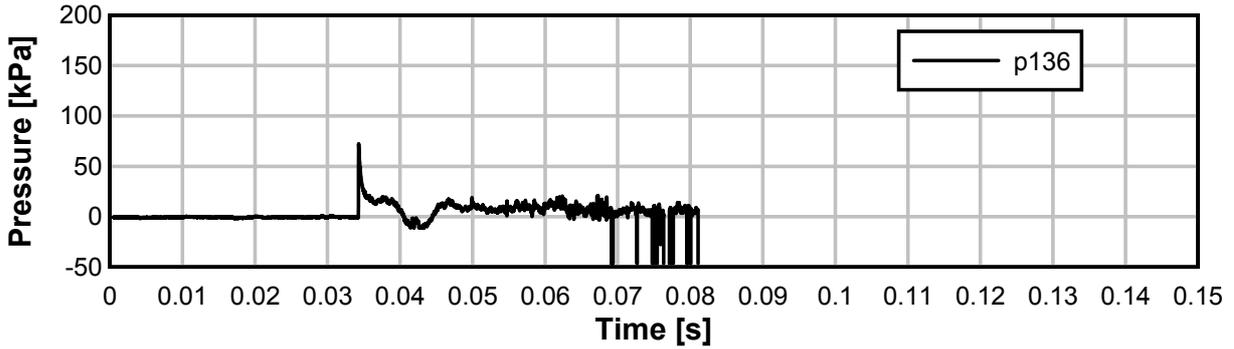
TE11_04



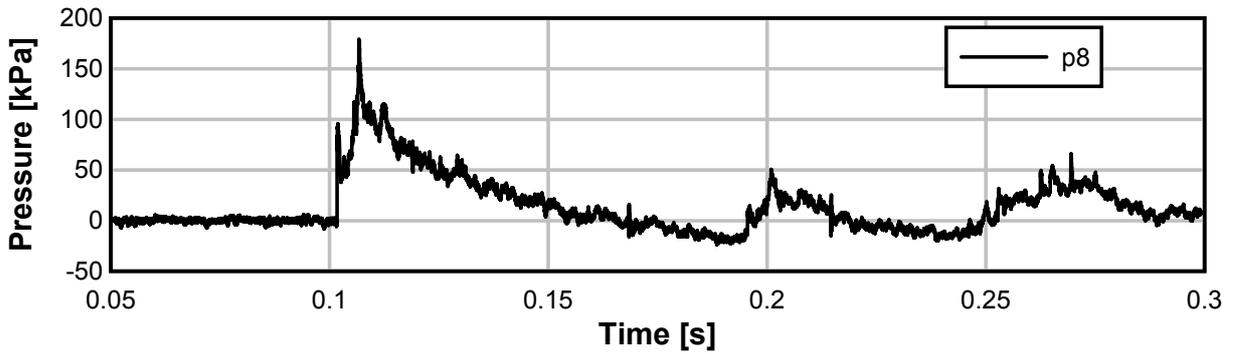
TE11_04



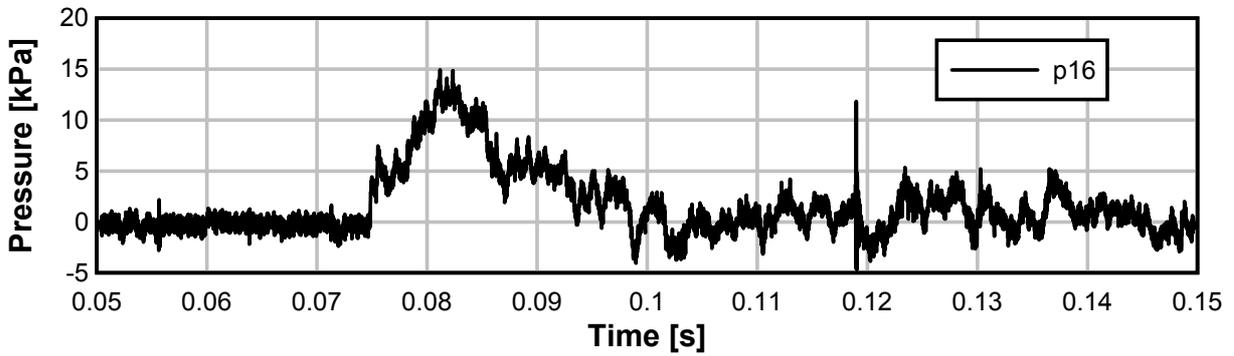
TE11_04



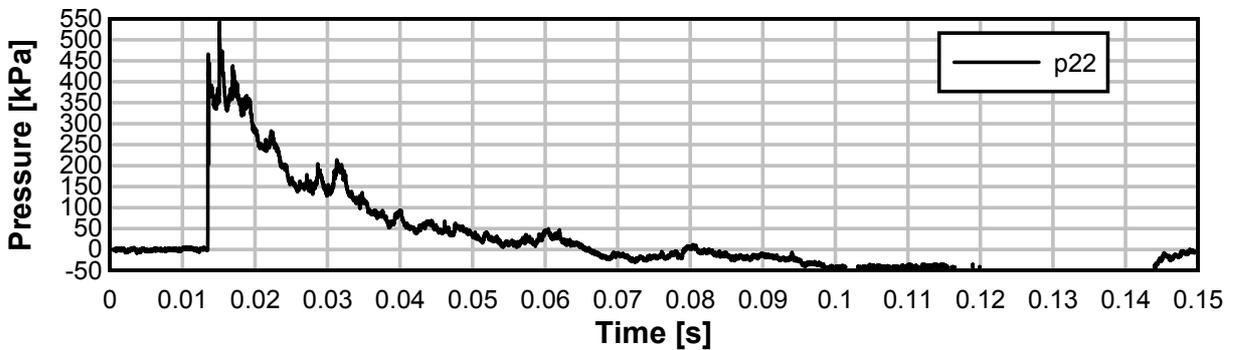
TE11_04



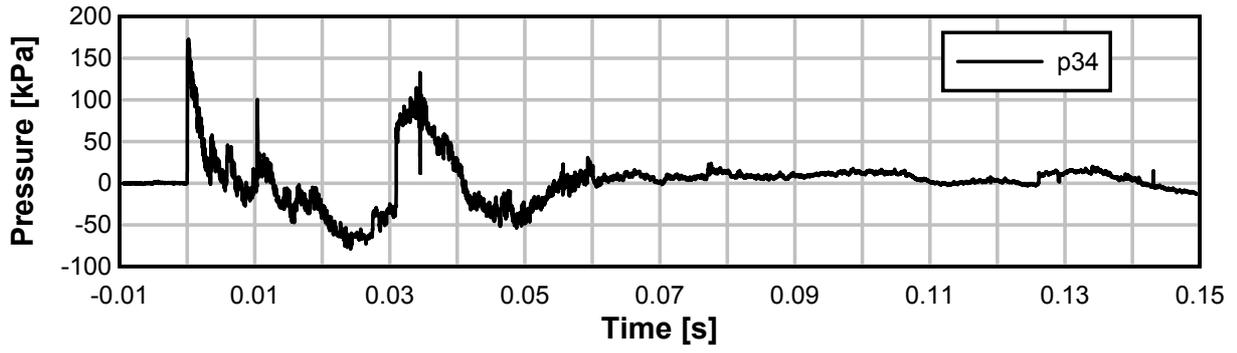
TE11_04

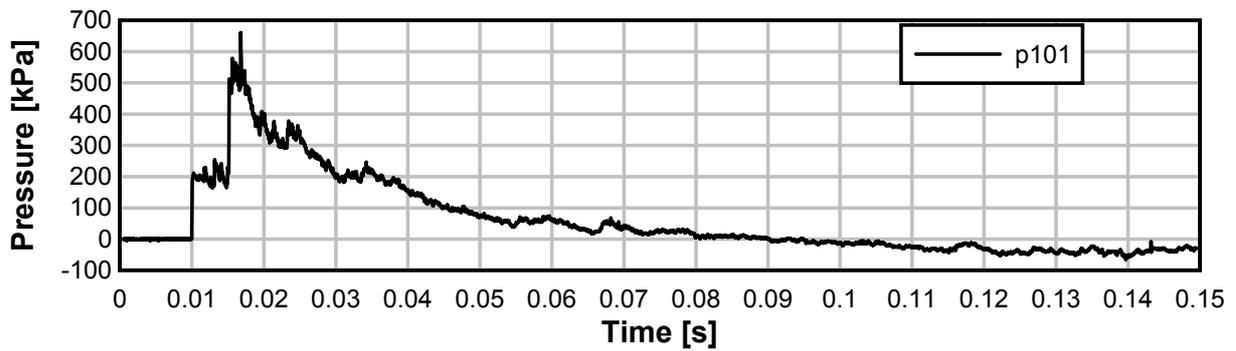
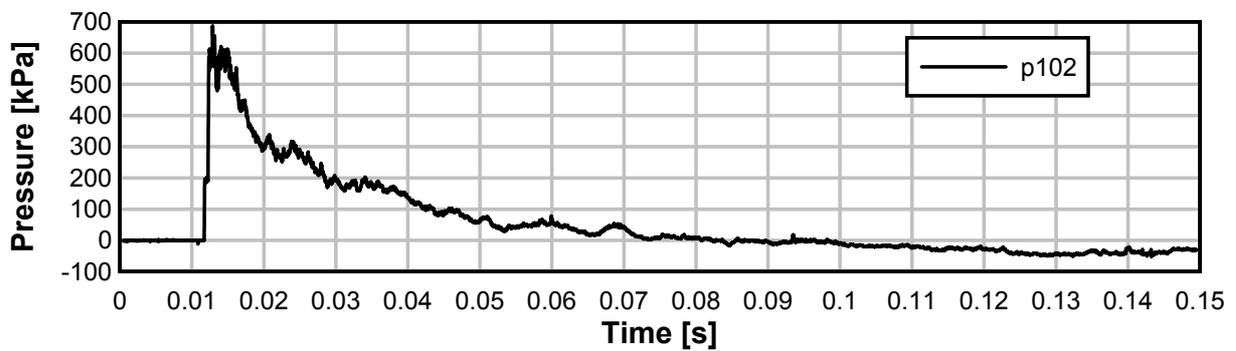
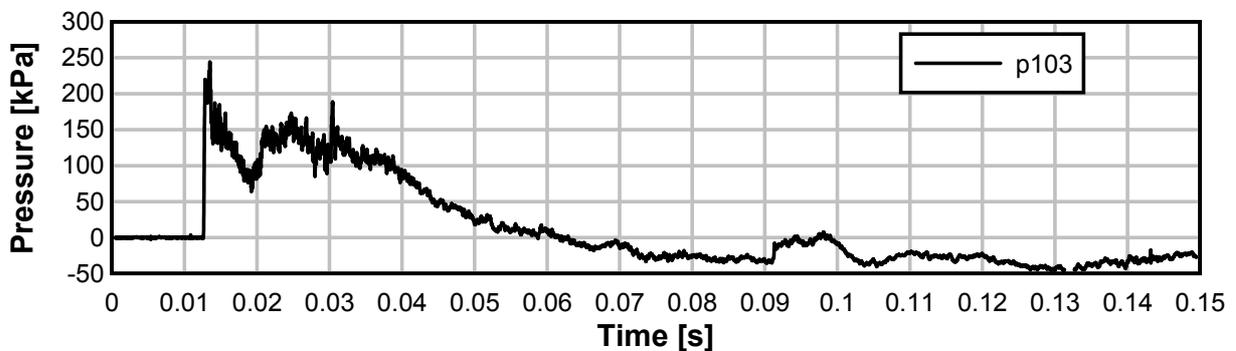
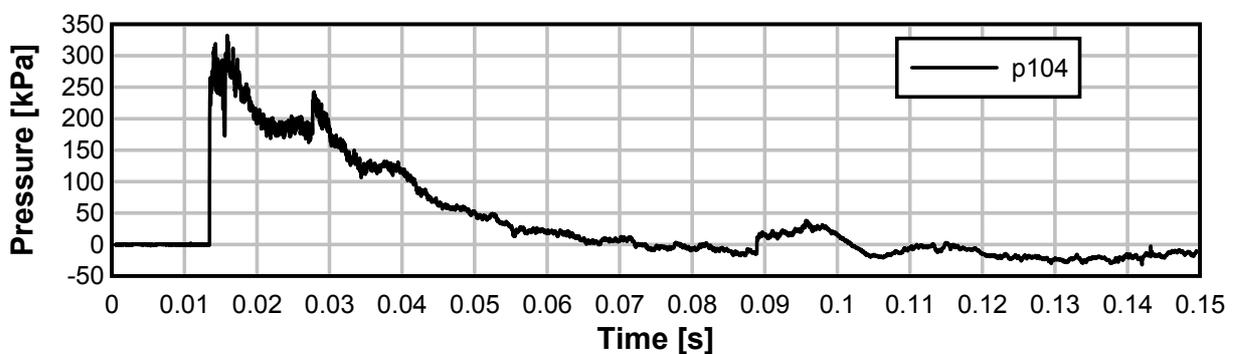


TE11_04

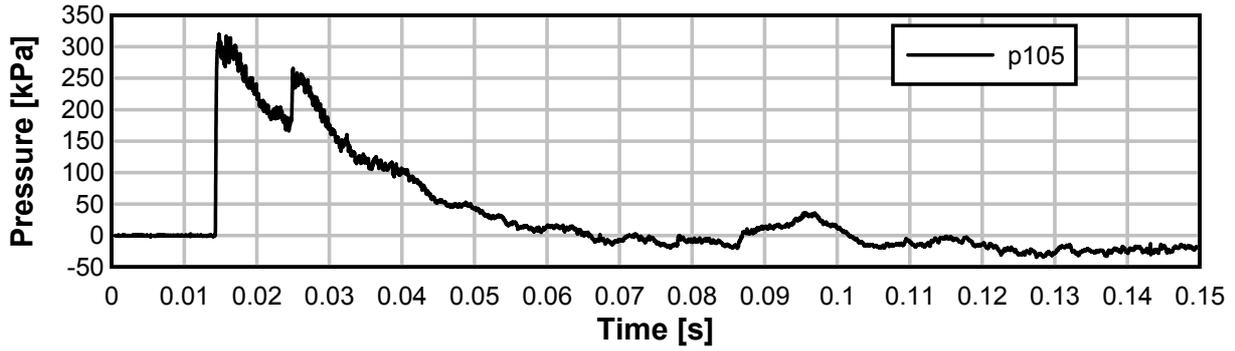


TE11_04

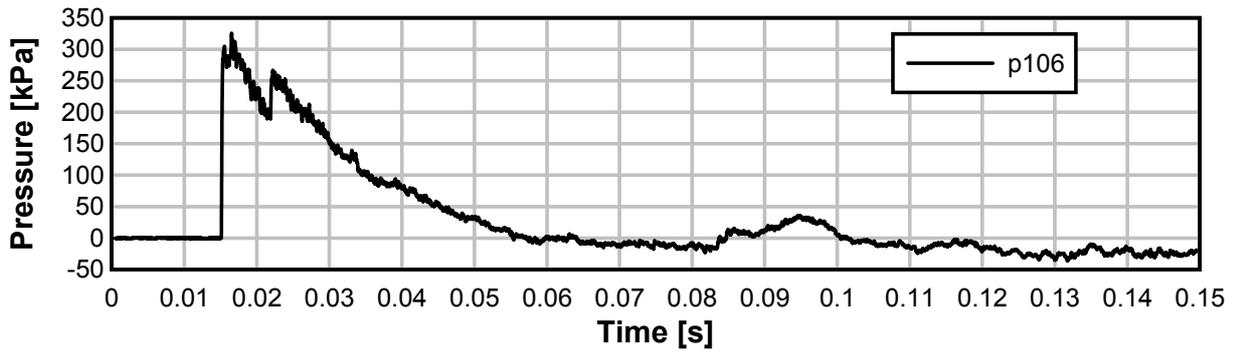


Test 06: avstånd 10 m, 625 kg Anolit - Areaökning**TE11_06****TE11_06****TE11_06****TE11_06**

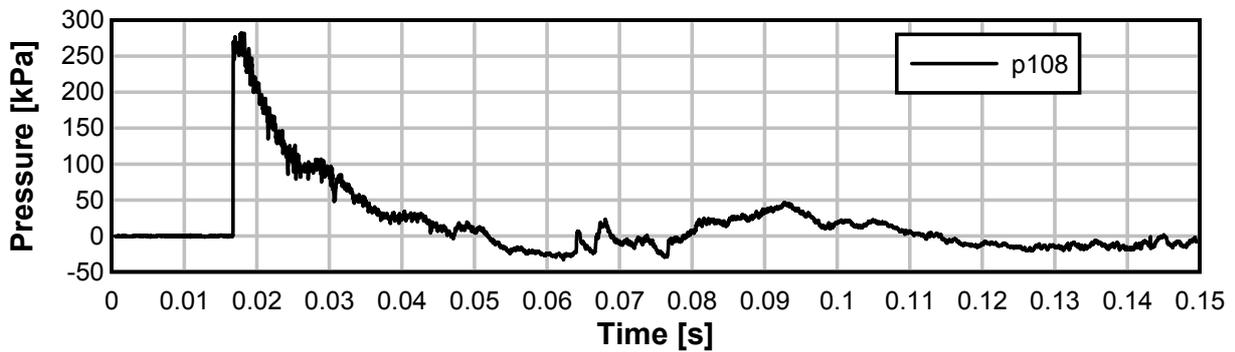
TE11_06



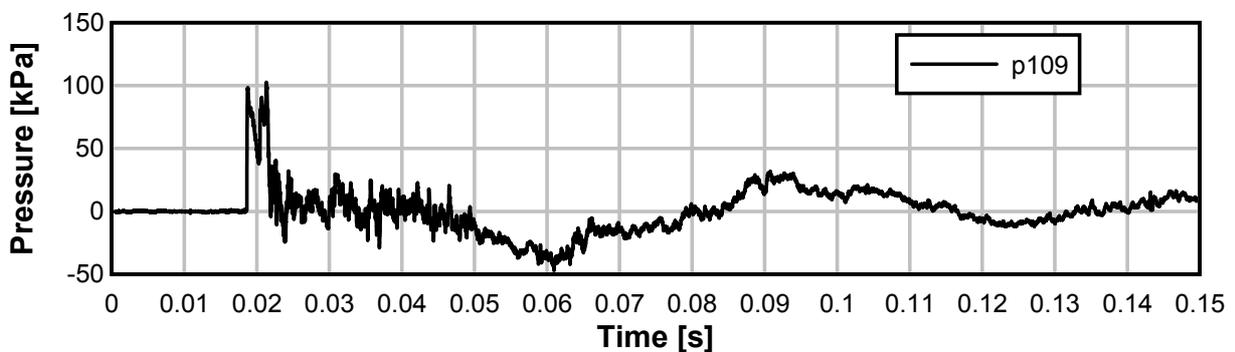
TE11_06



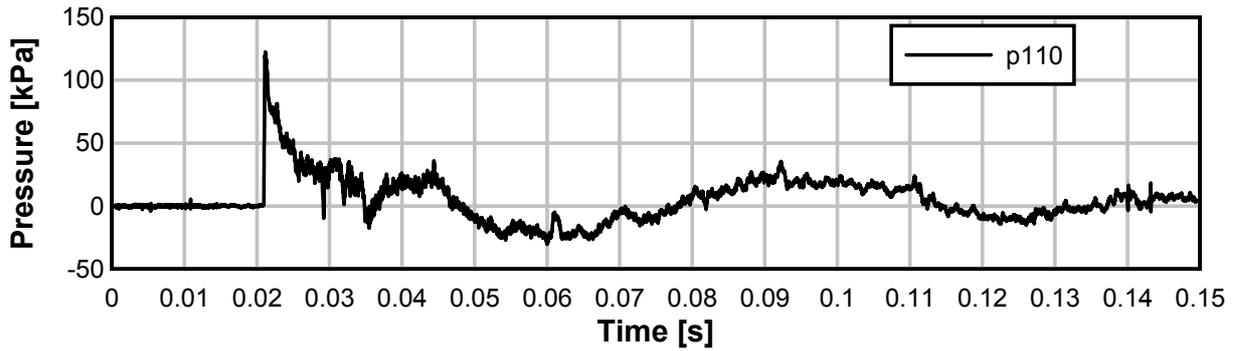
TE11_06



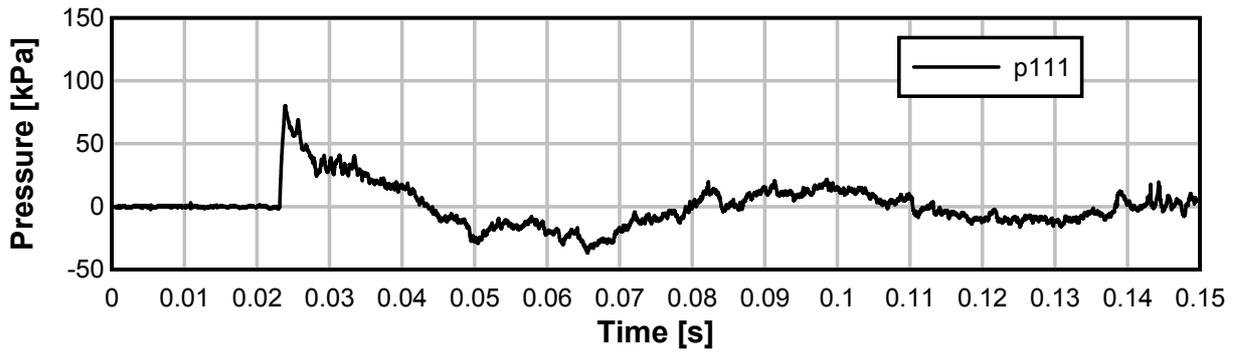
TE11_06



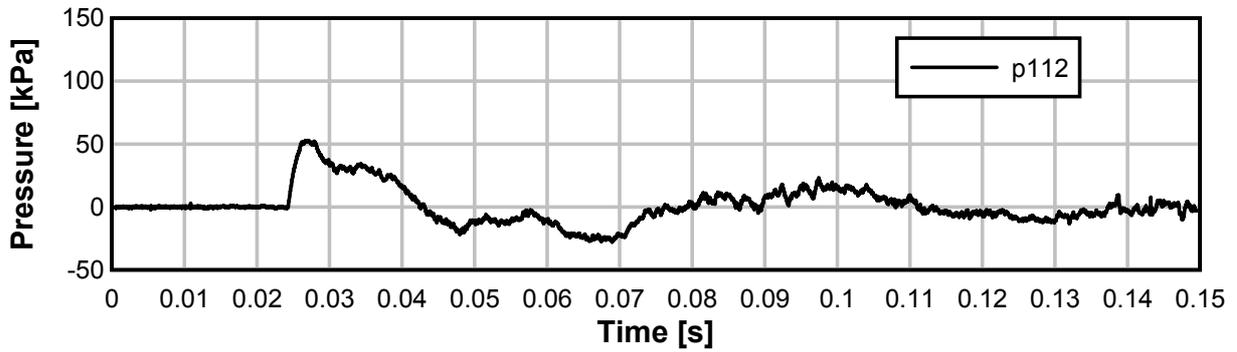
TE11_06



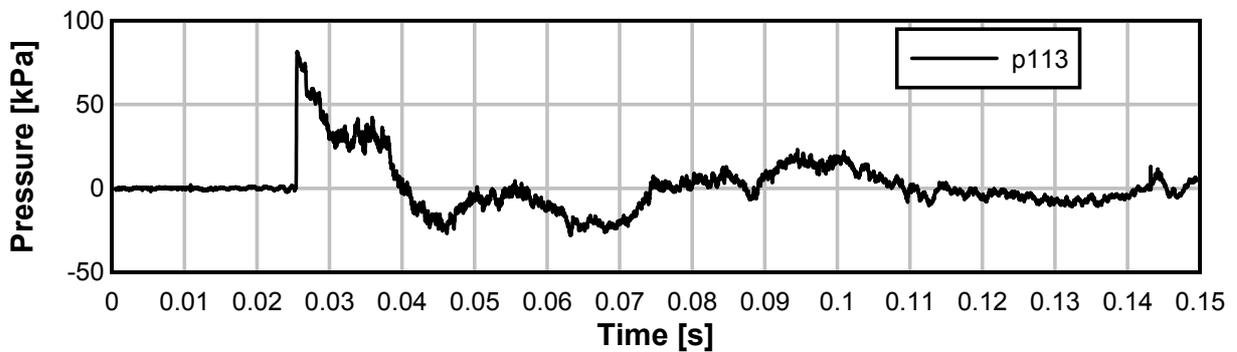
TE11_06



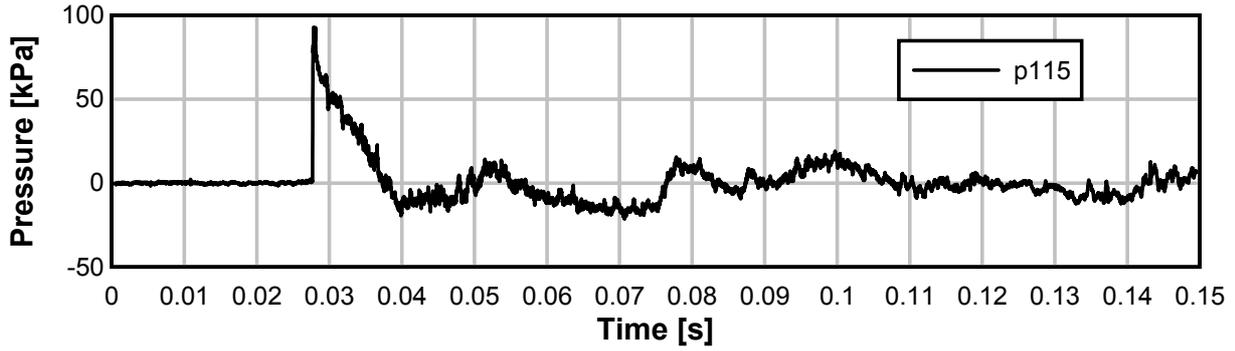
TE11_06



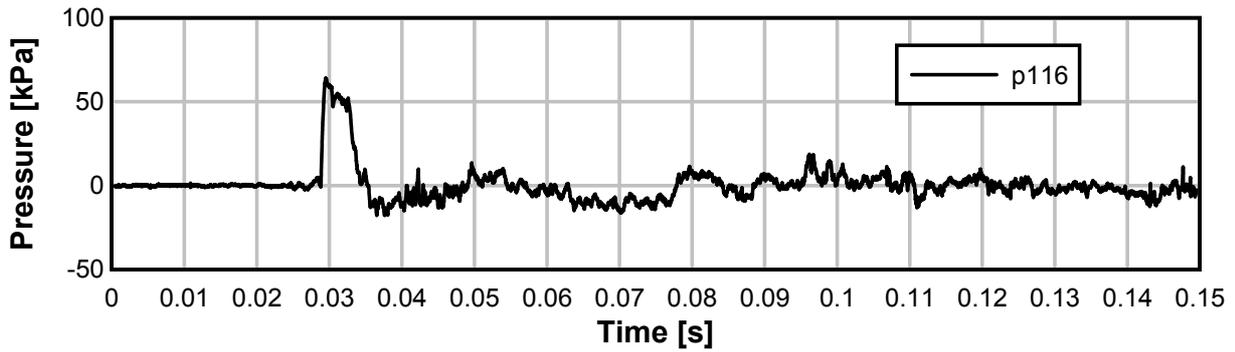
TE11_06



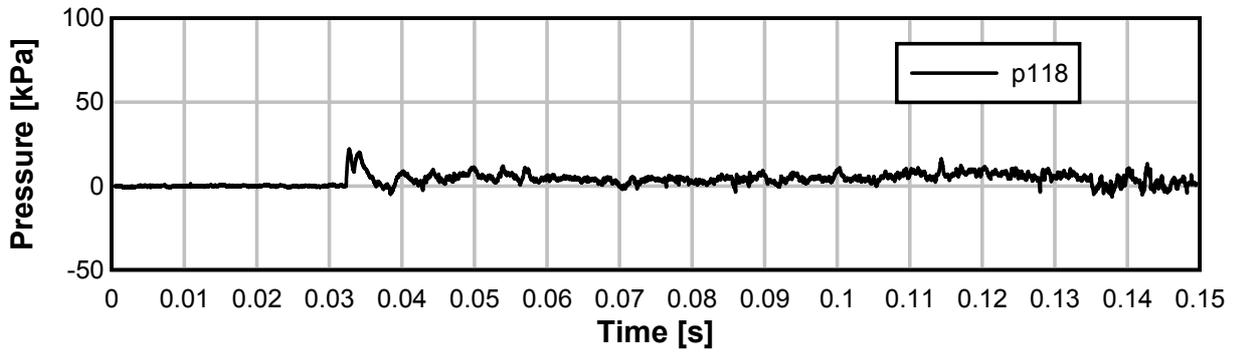
TE11_06



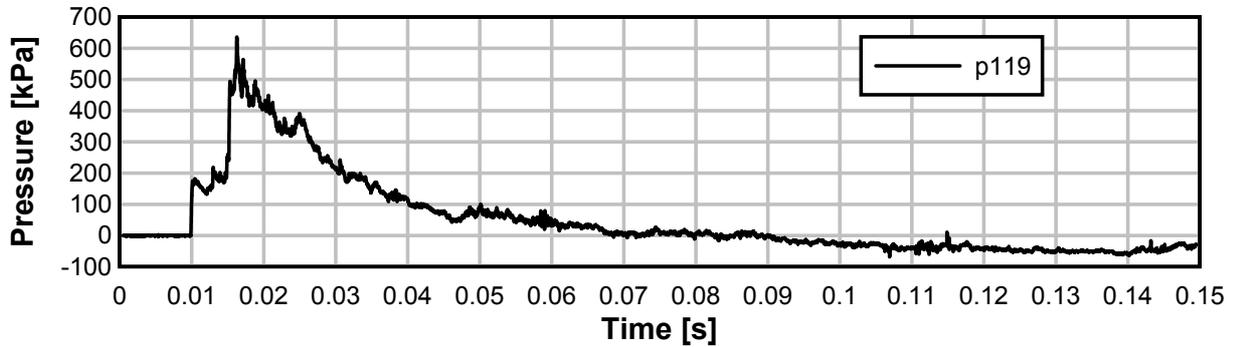
TE11_06



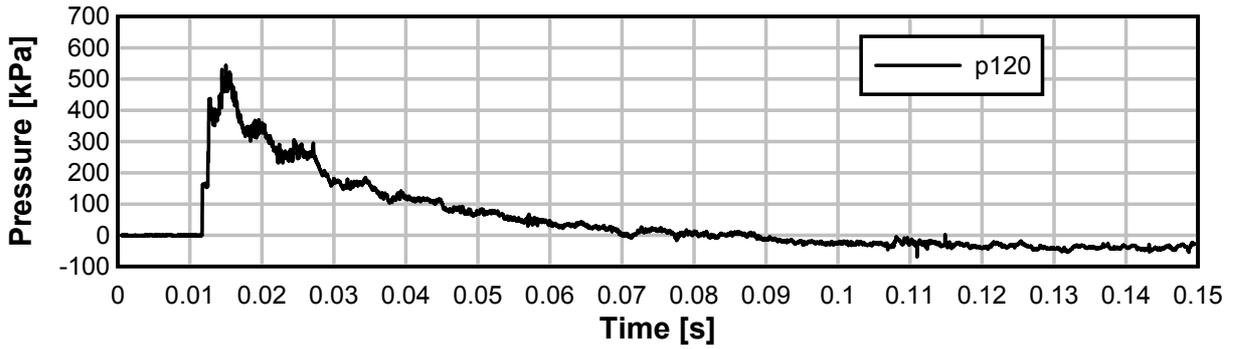
TE11_06



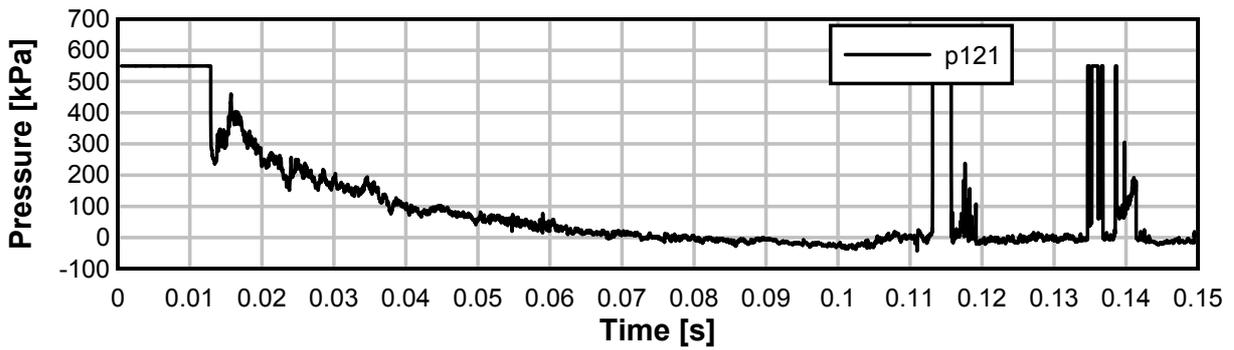
TE11_06



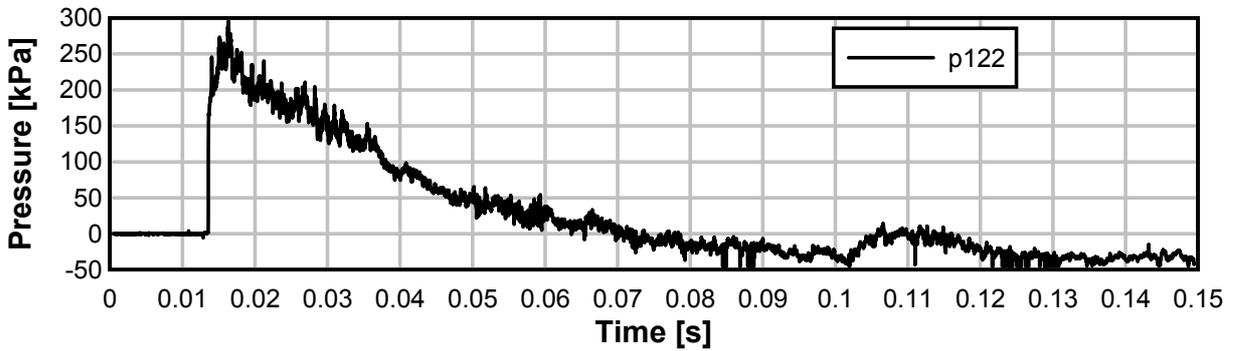
TE11_06



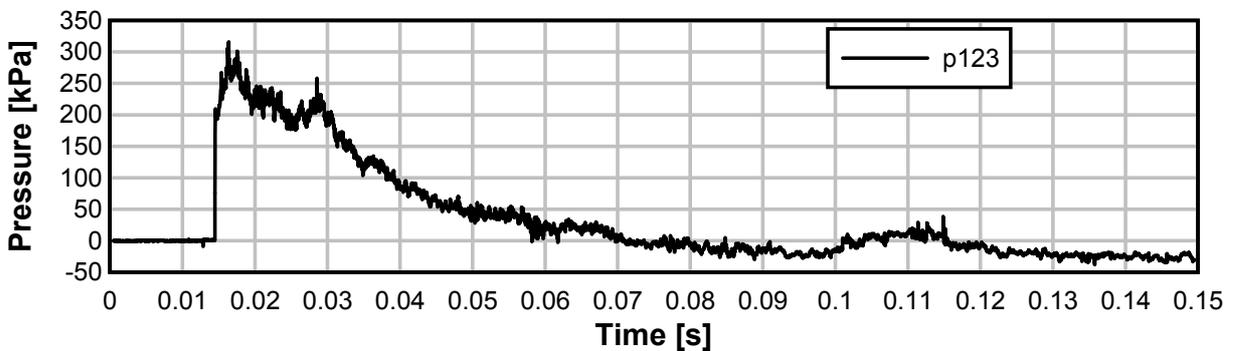
TE11_06



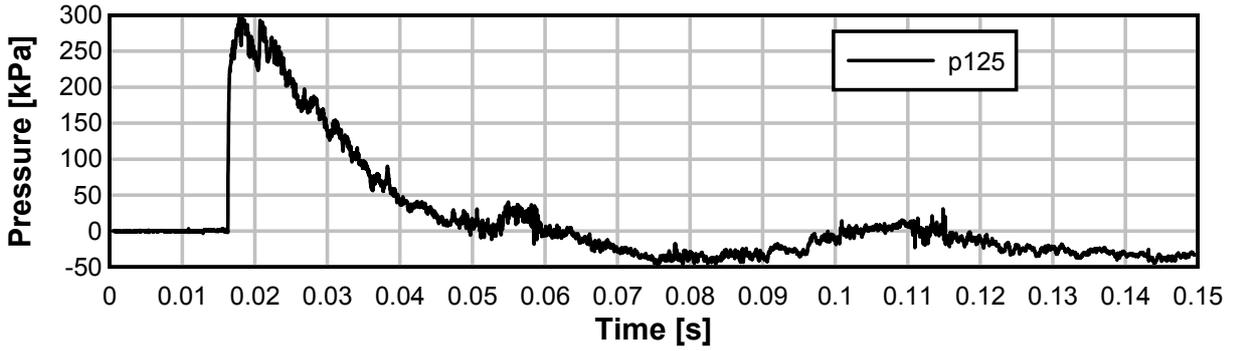
TE11_06



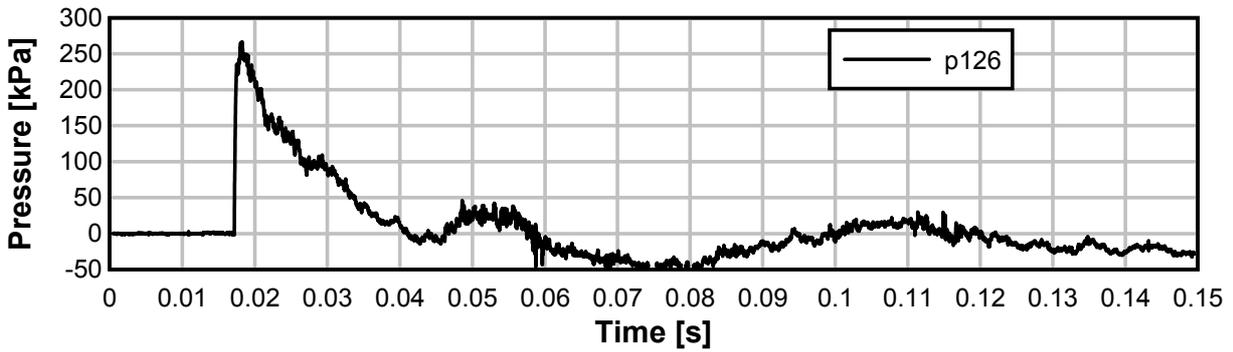
TE11_06



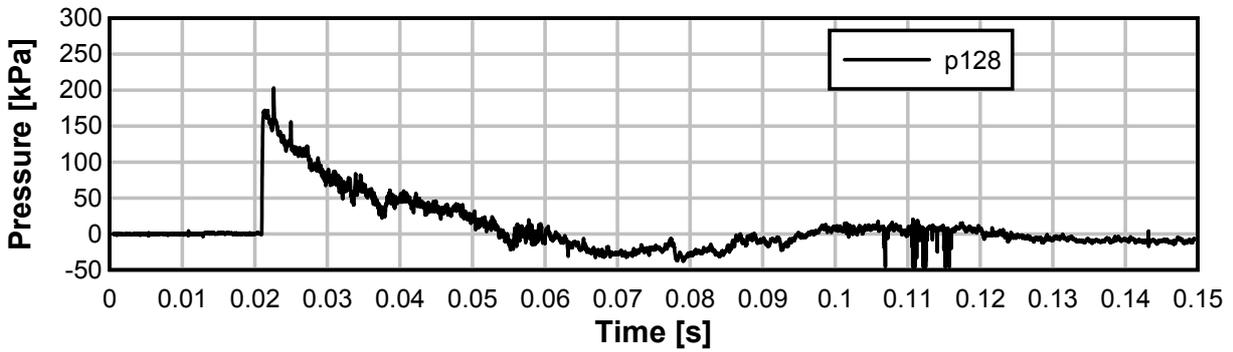
TE11_06



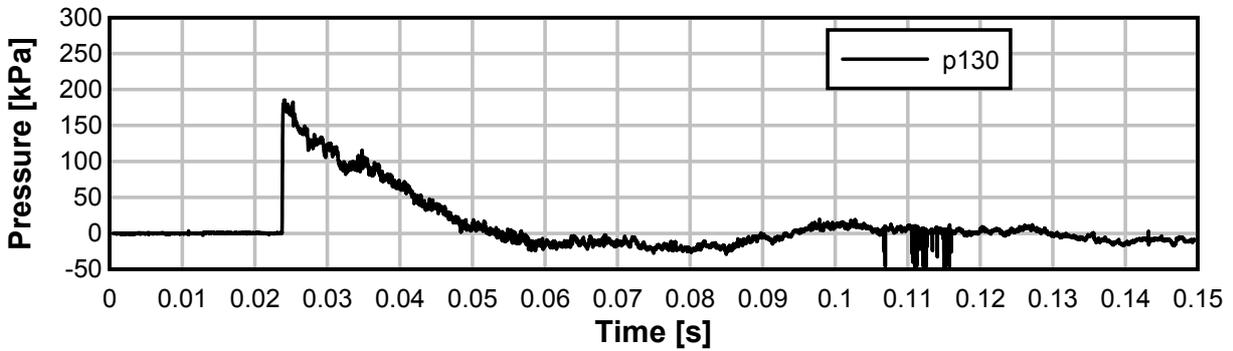
TE11_06



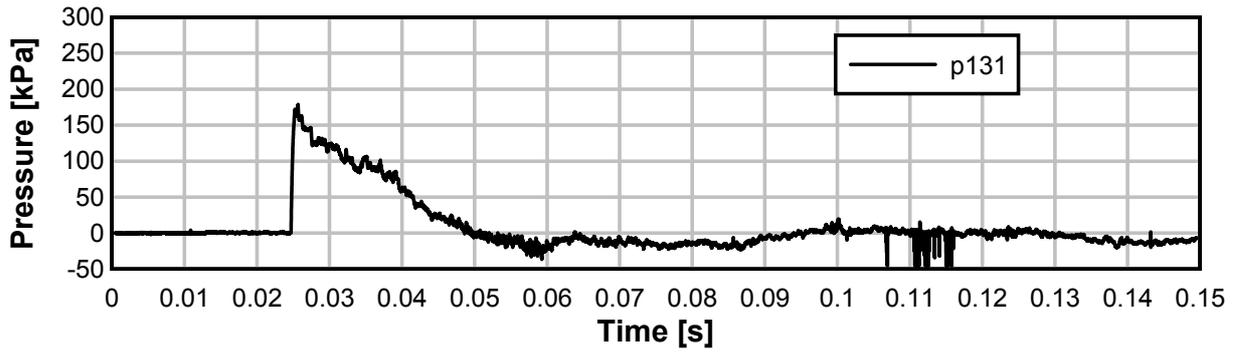
TE11_06



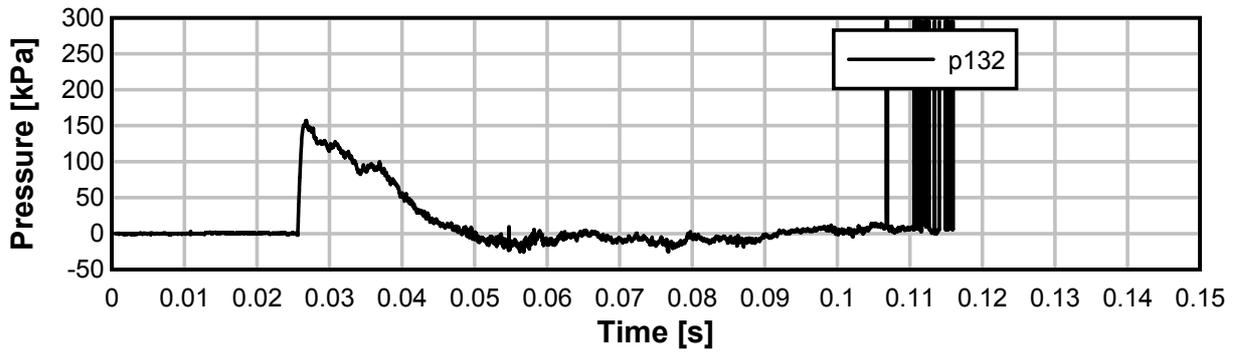
TE11_06



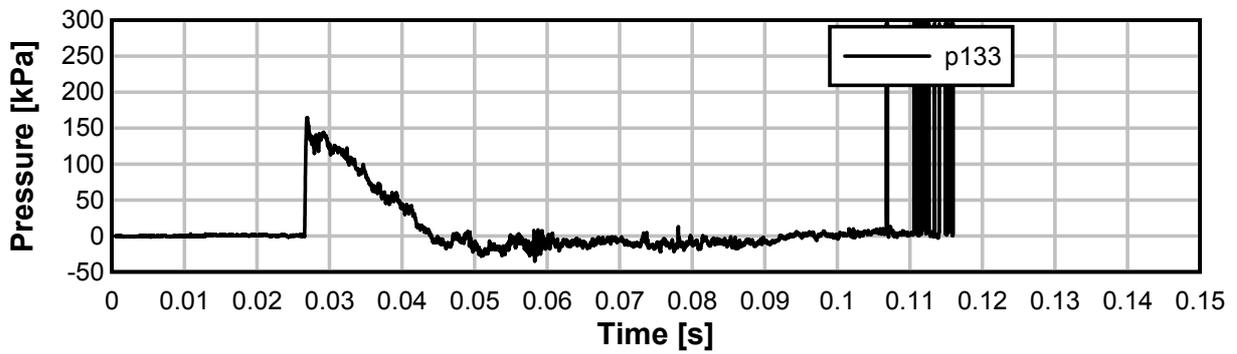
TE11_06



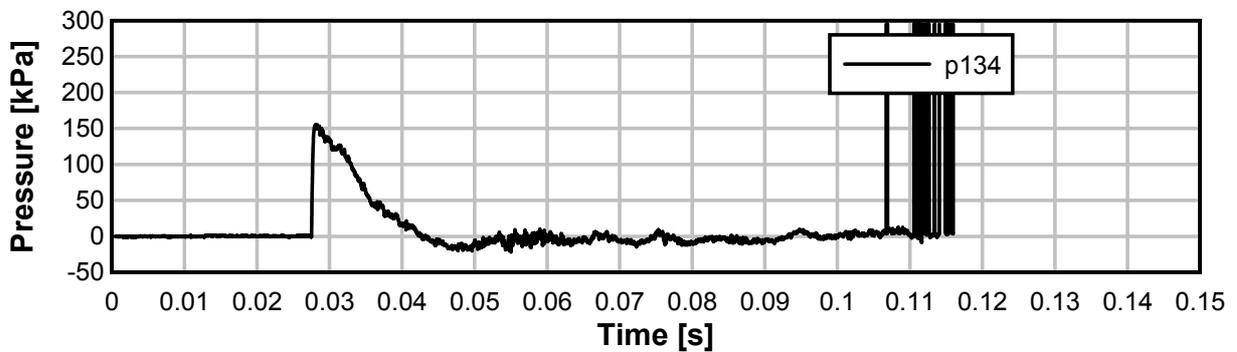
TE11_06



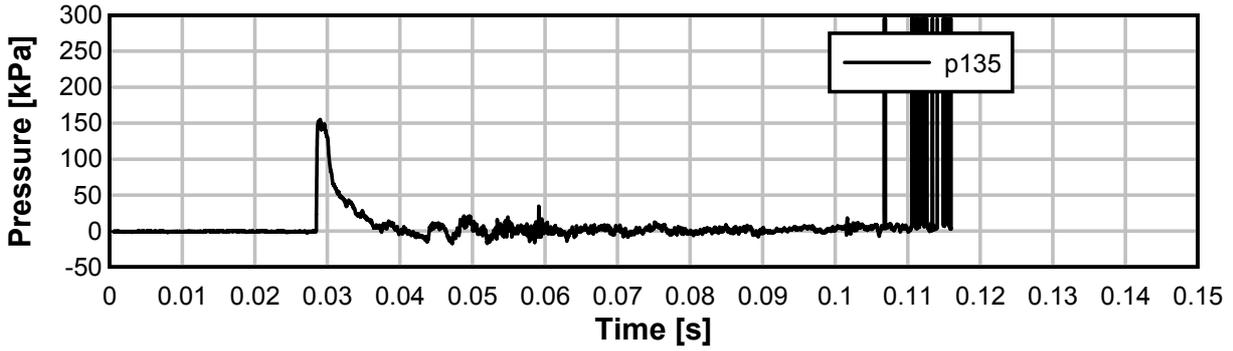
TE11_06



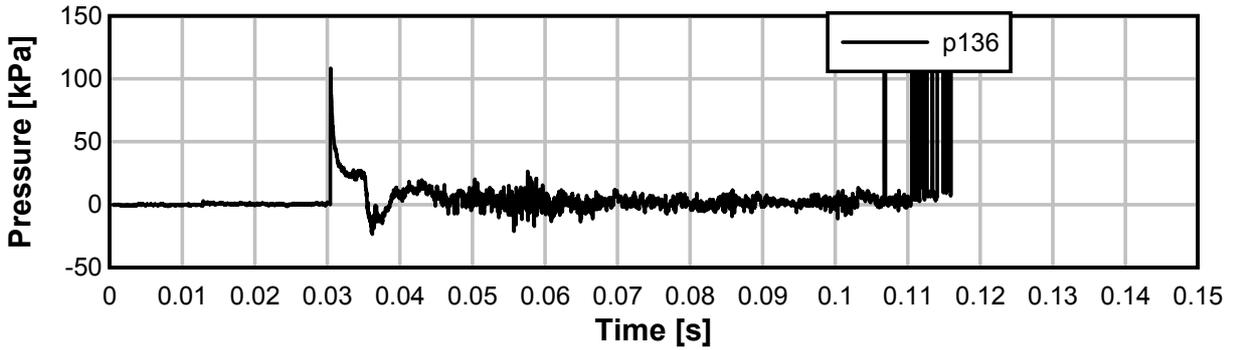
TE11_06



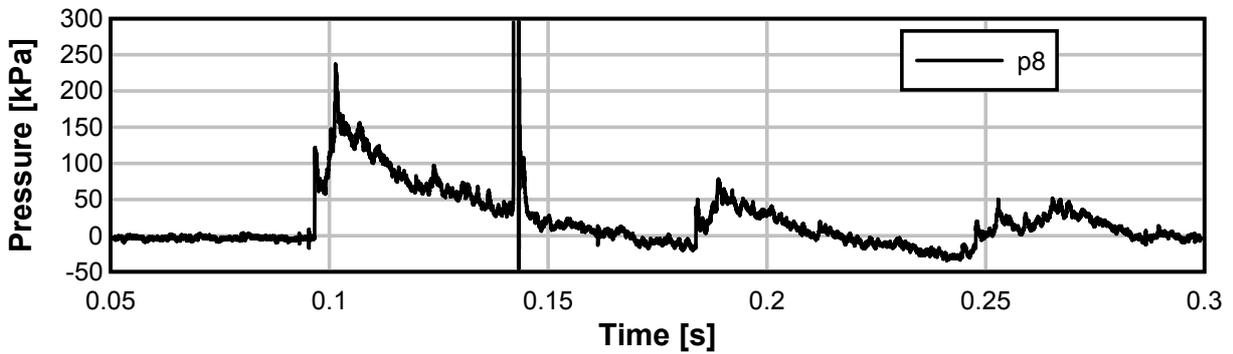
TE11_06



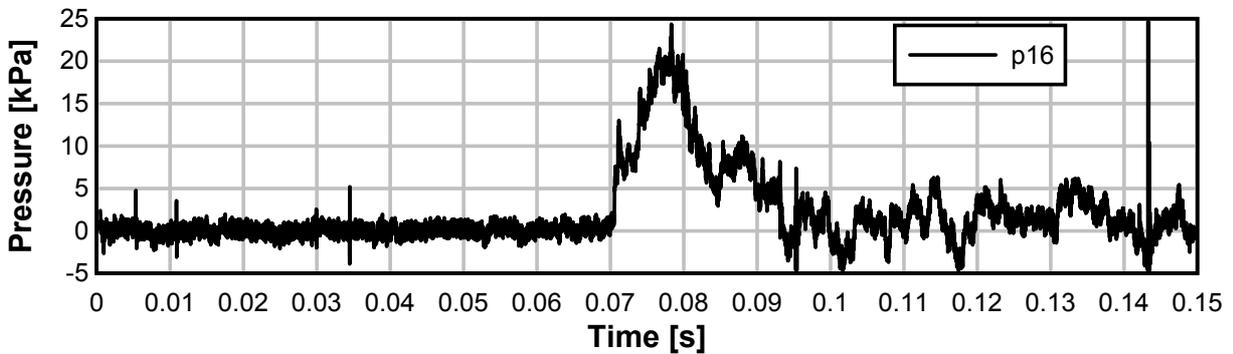
TE11_06



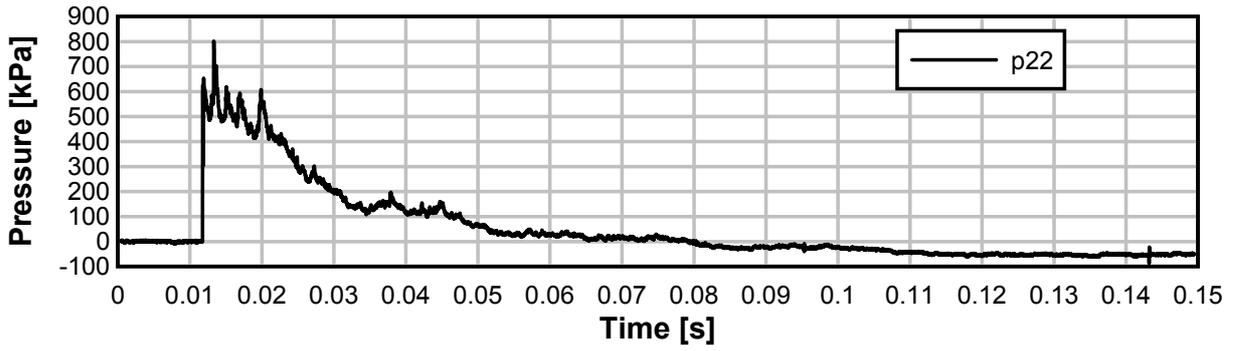
TE11_06



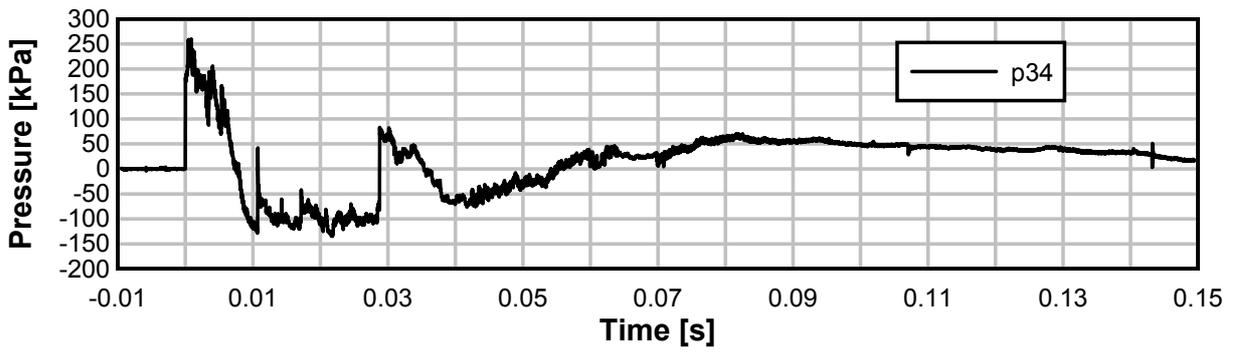
TE11_06



TE11_06

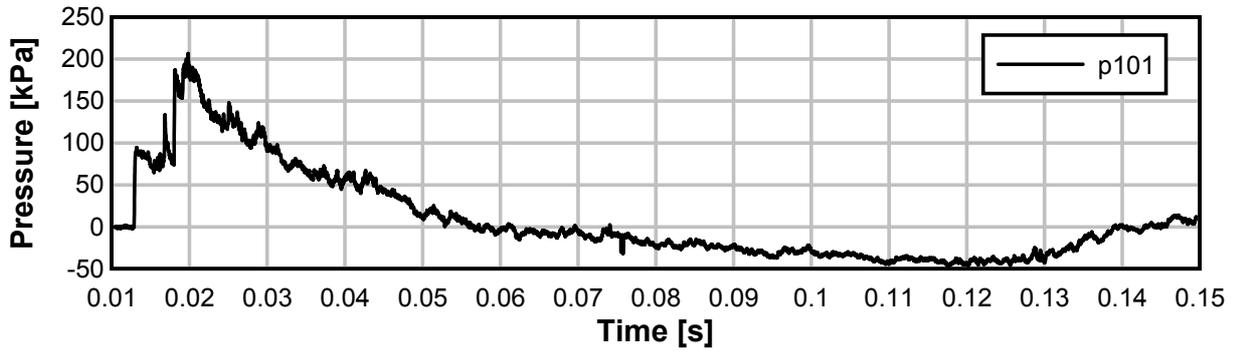


TE11_06

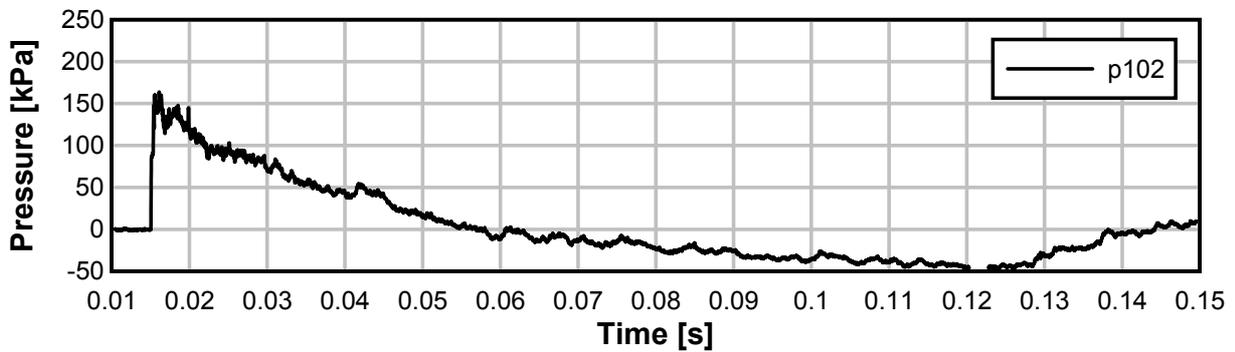


Test 07: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Raka rör

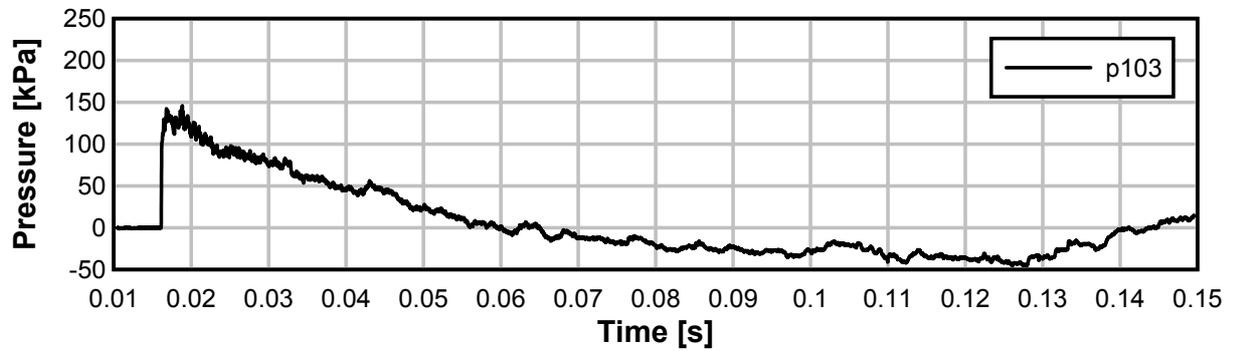
TE11_07



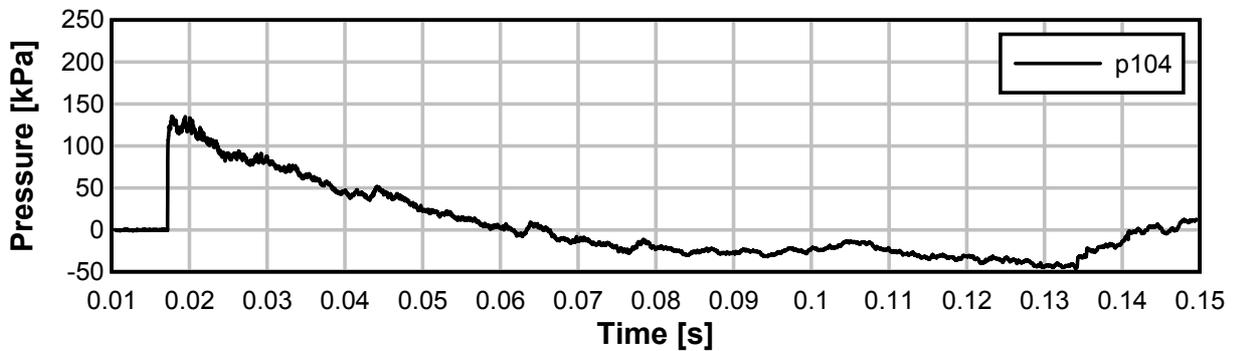
TE11_07



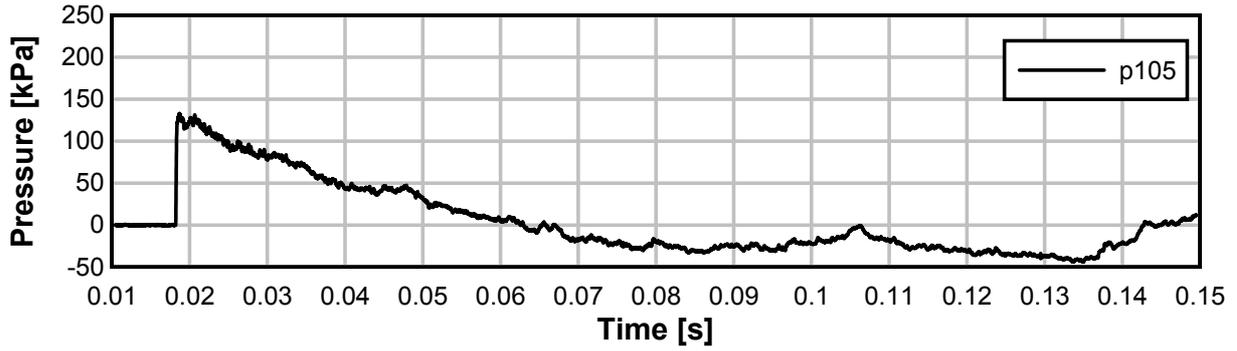
TE11_07



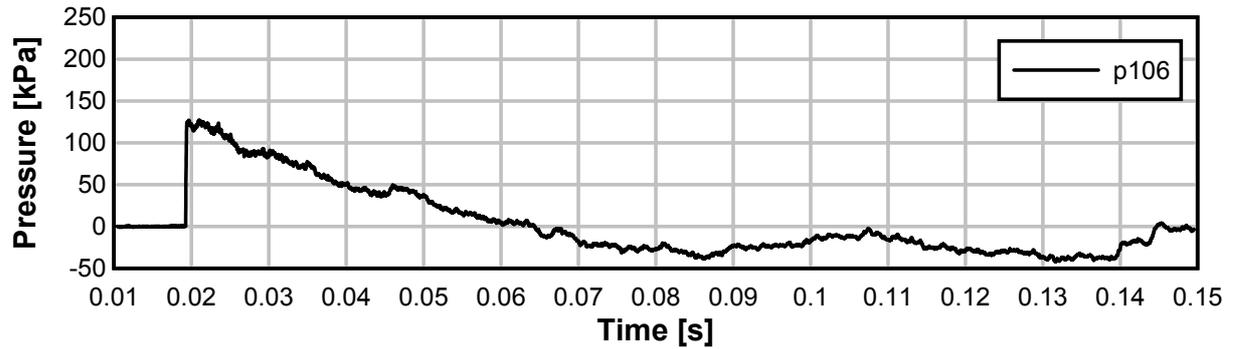
TE11_07



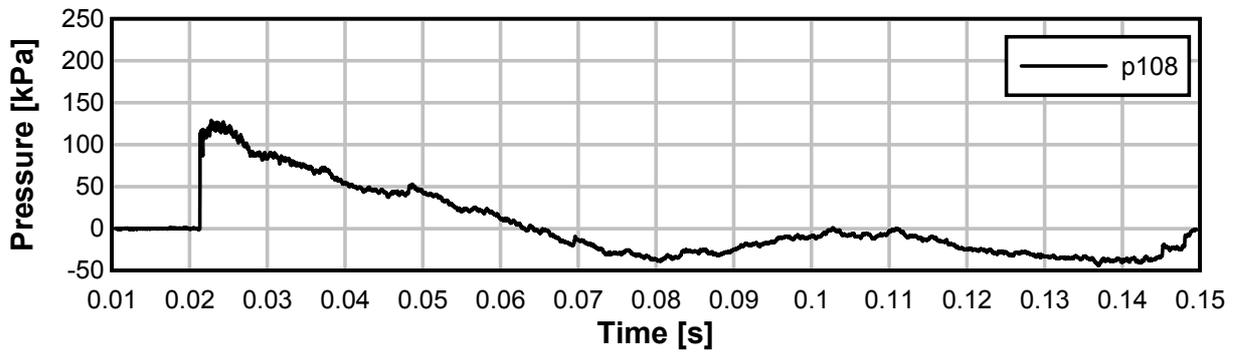
TE11_07



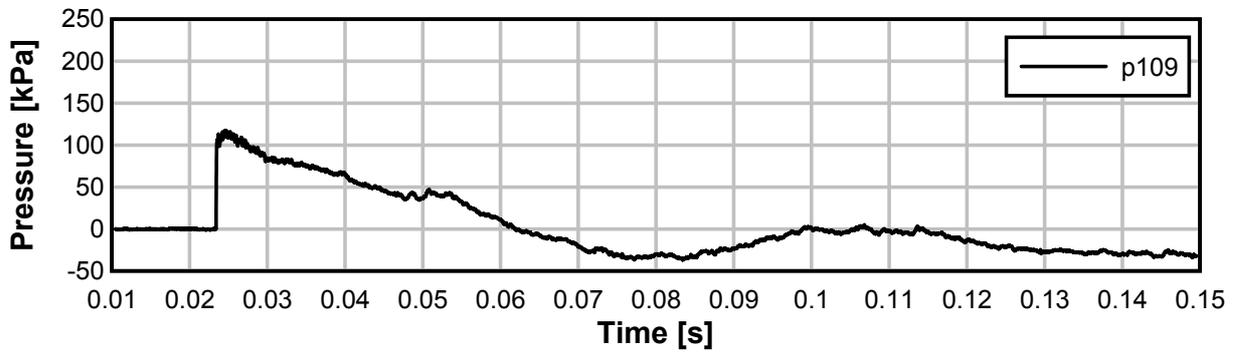
TE11_07



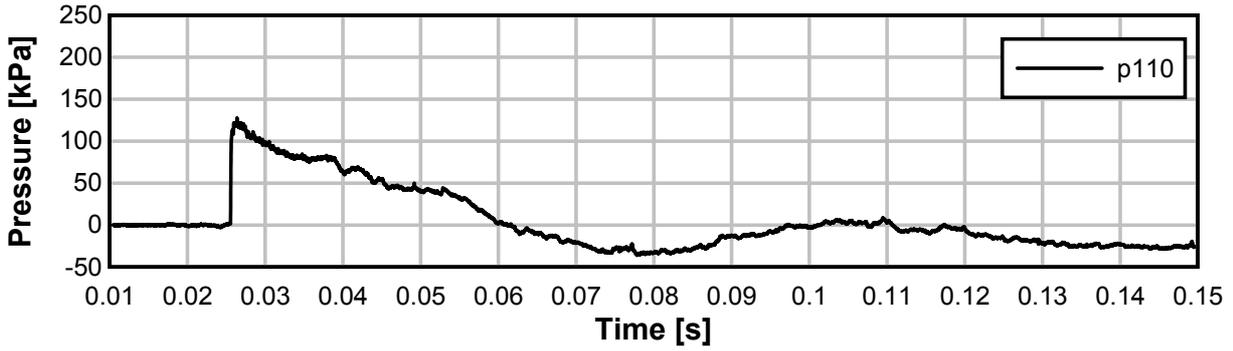
TE11_07



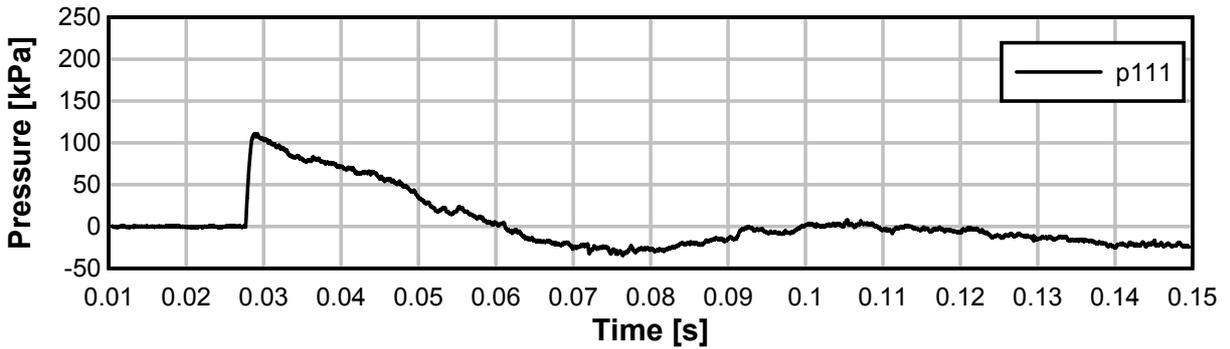
TE11_07



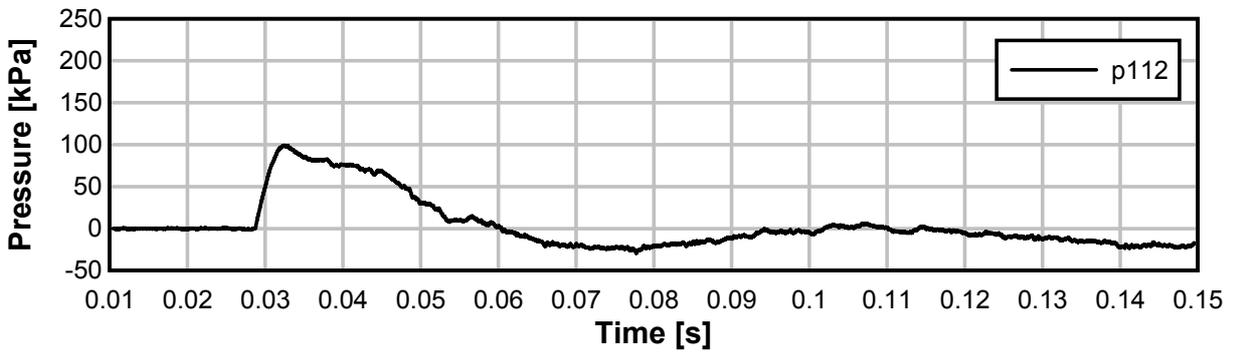
TE11_07



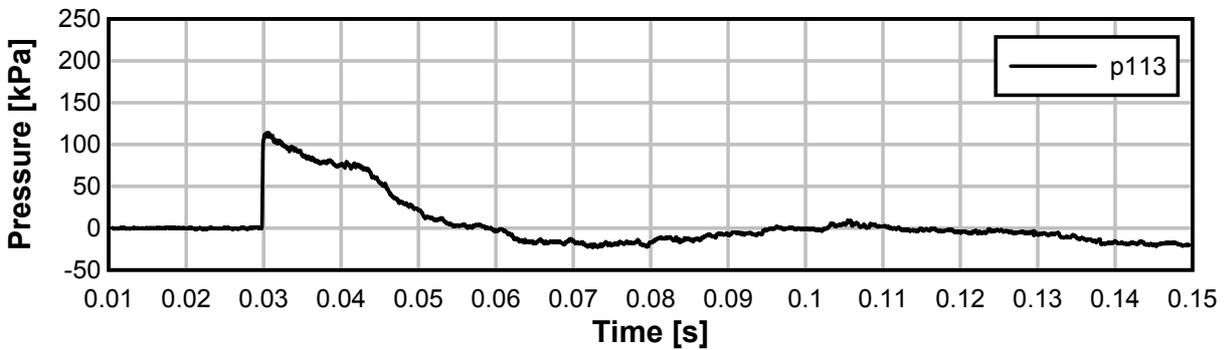
TE11_07



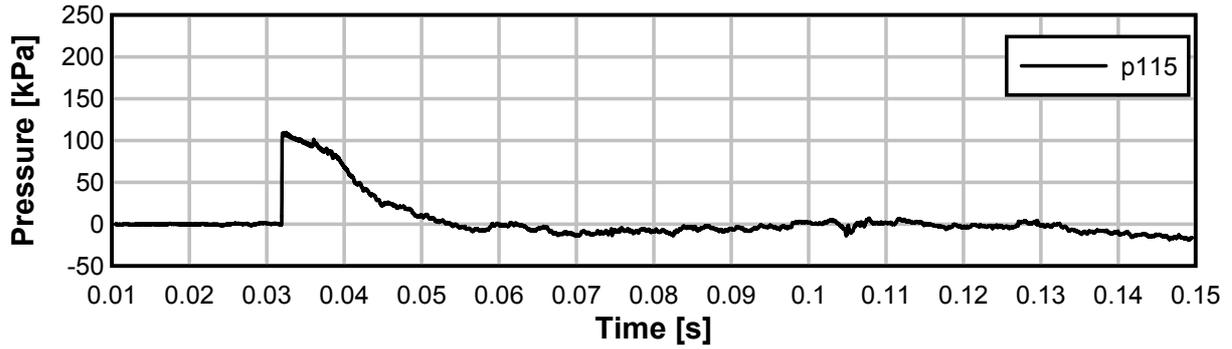
TE11_07



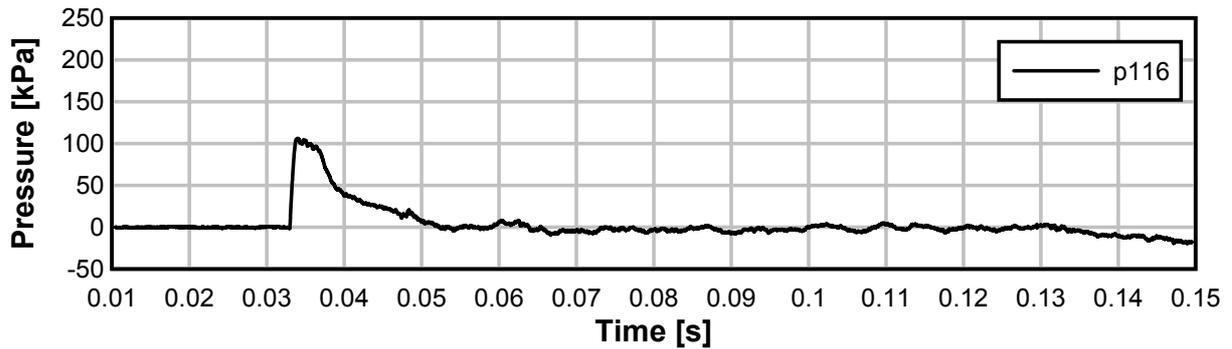
TE11_07



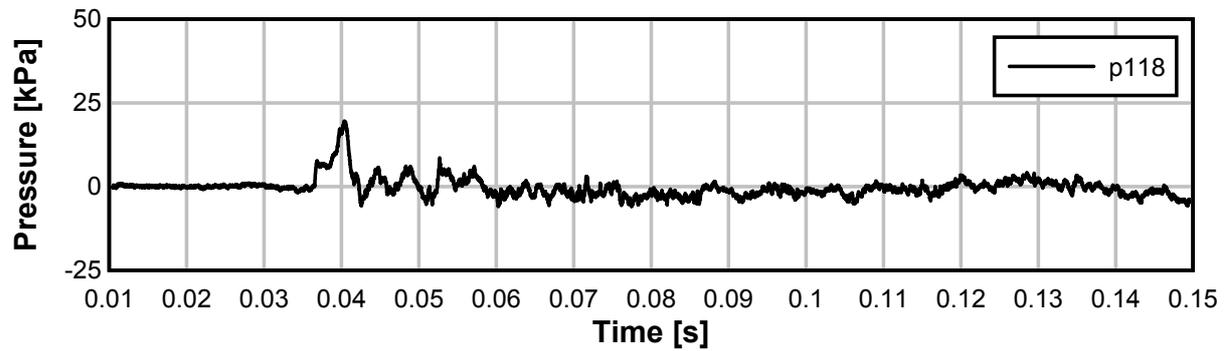
TE11_07



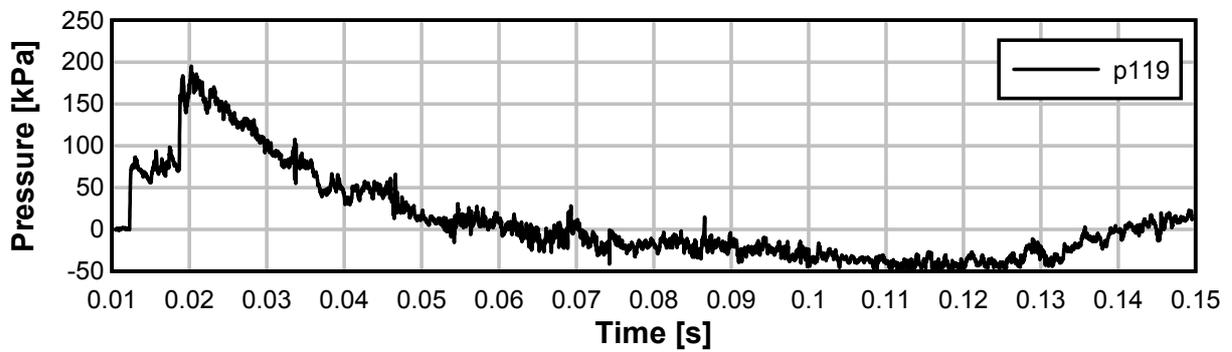
TE11_07



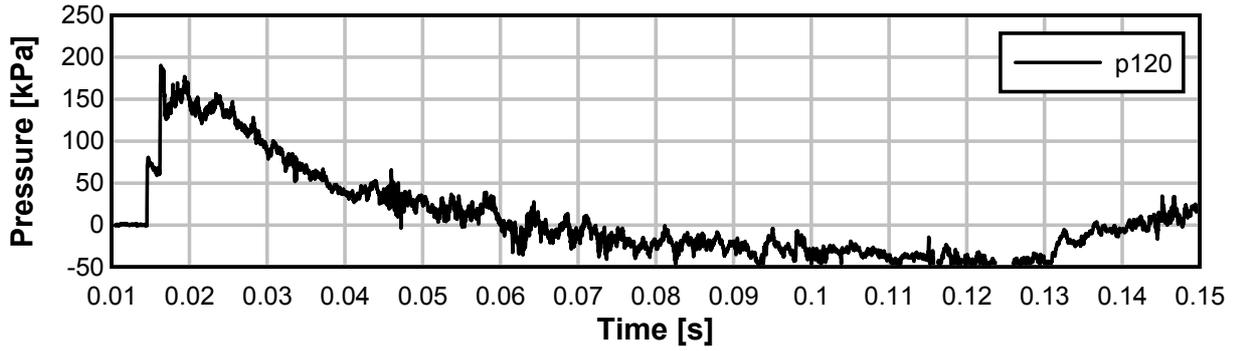
TE11_07



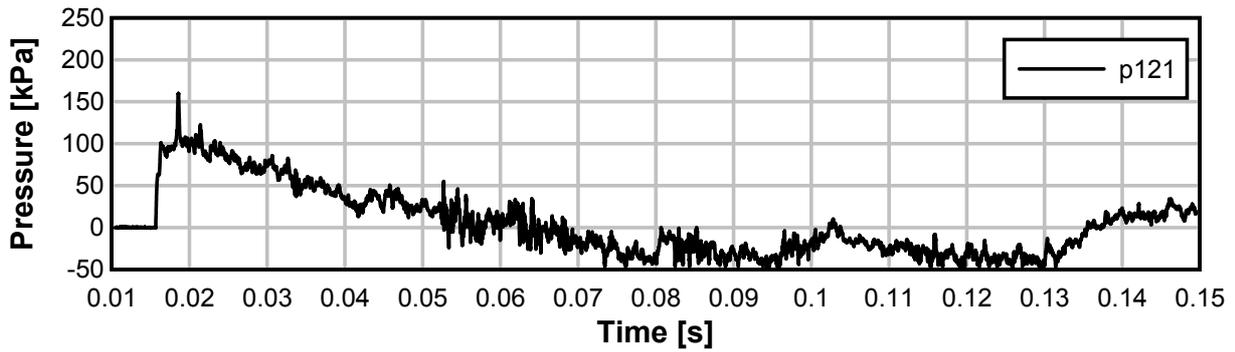
TE11_07



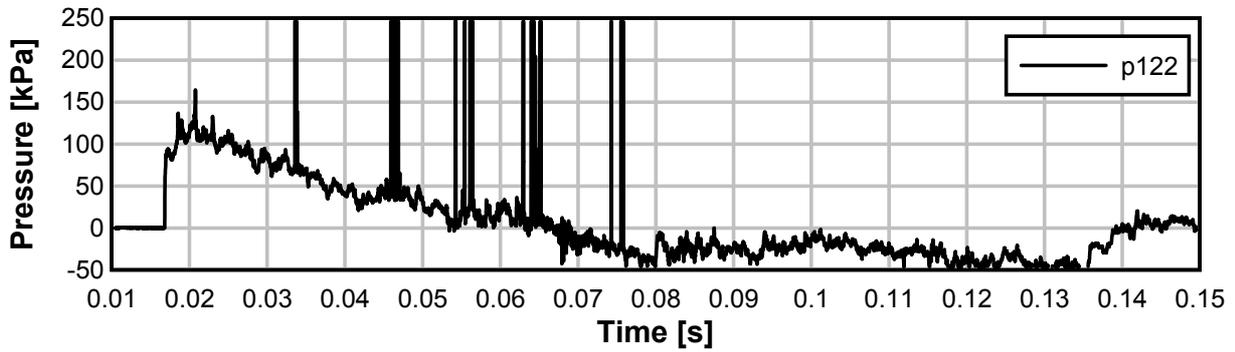
TE11_07



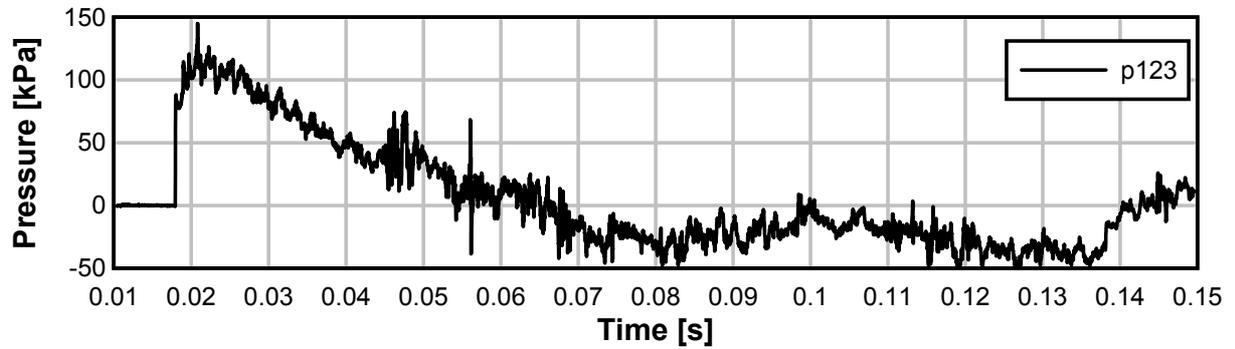
TE11_07



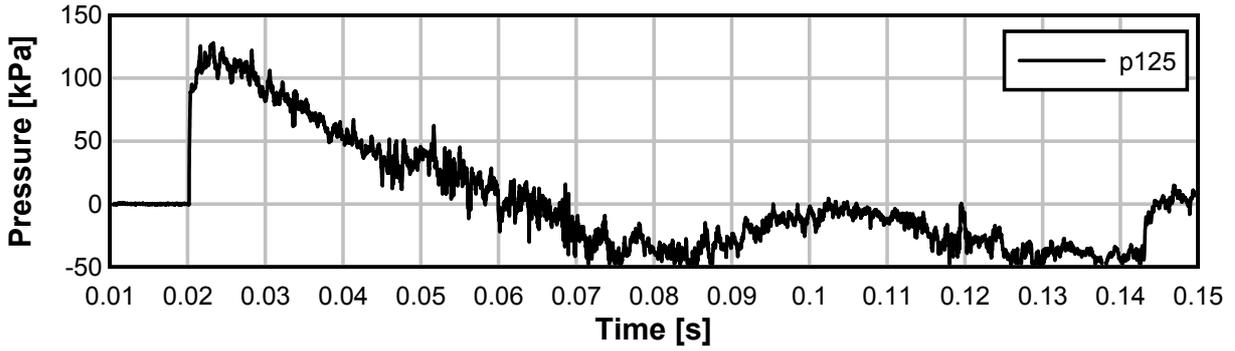
TE11_07



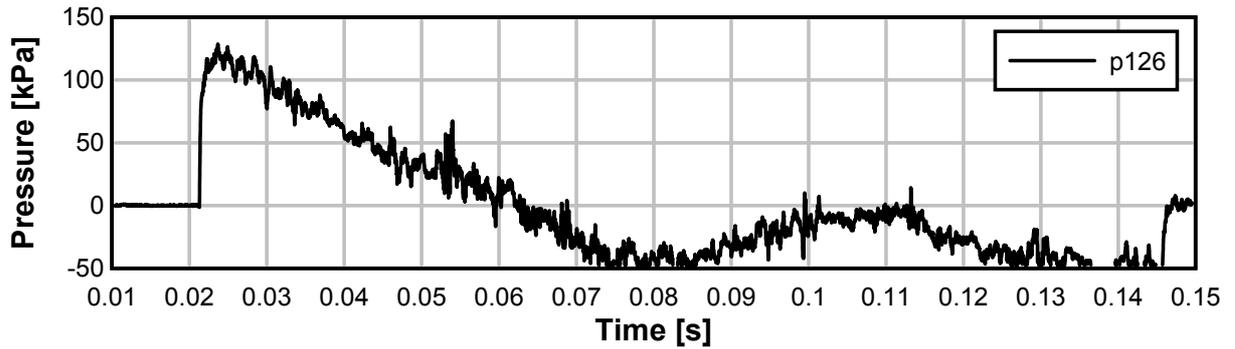
TE11_07



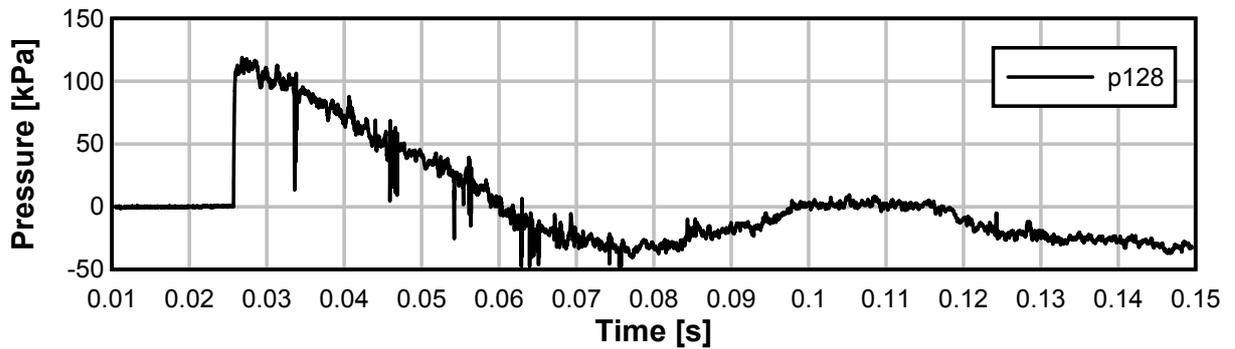
TE11_07



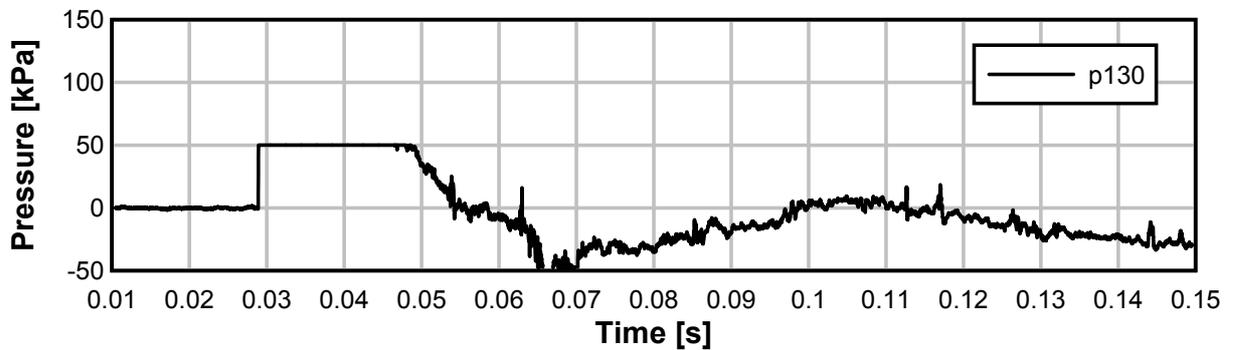
TE11_07



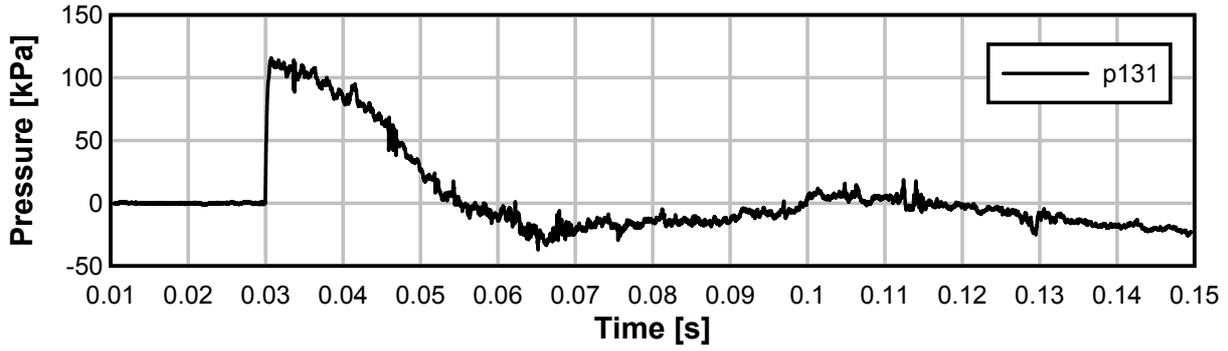
TE11_07



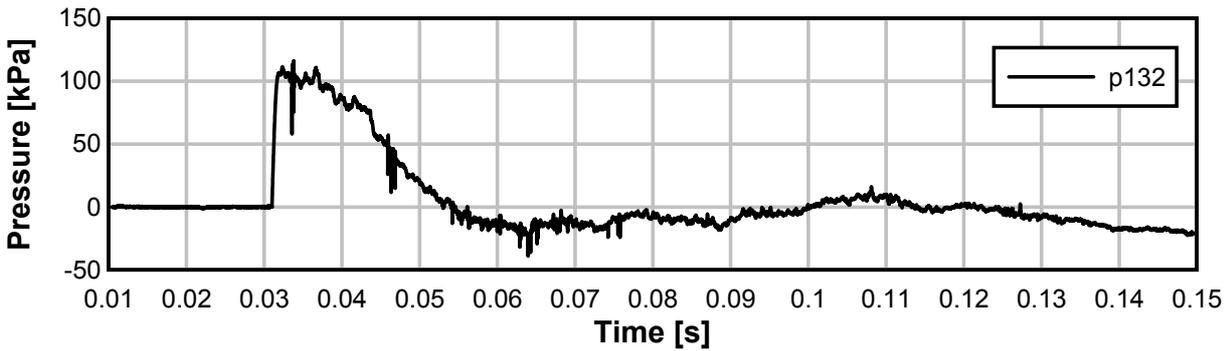
TE11_07



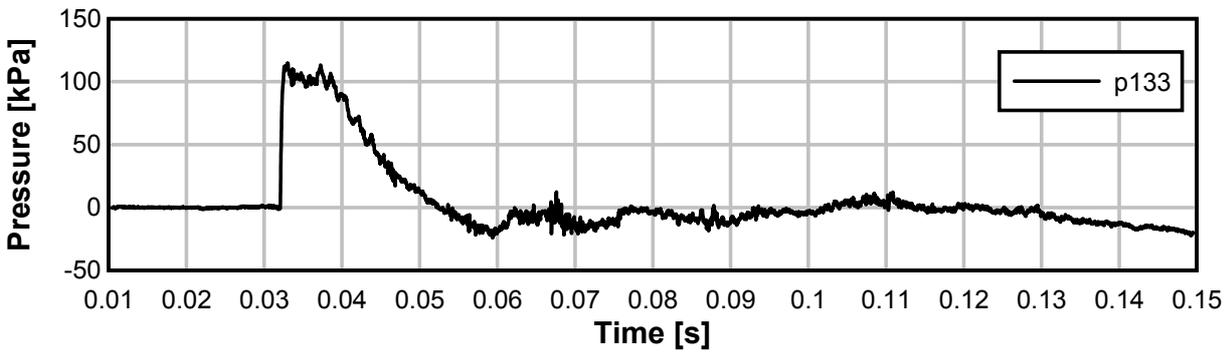
TE11_07



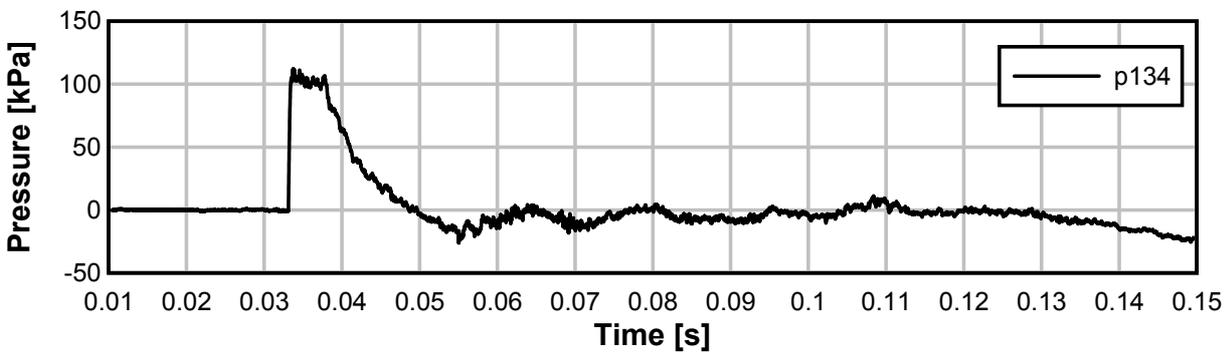
TE11_07



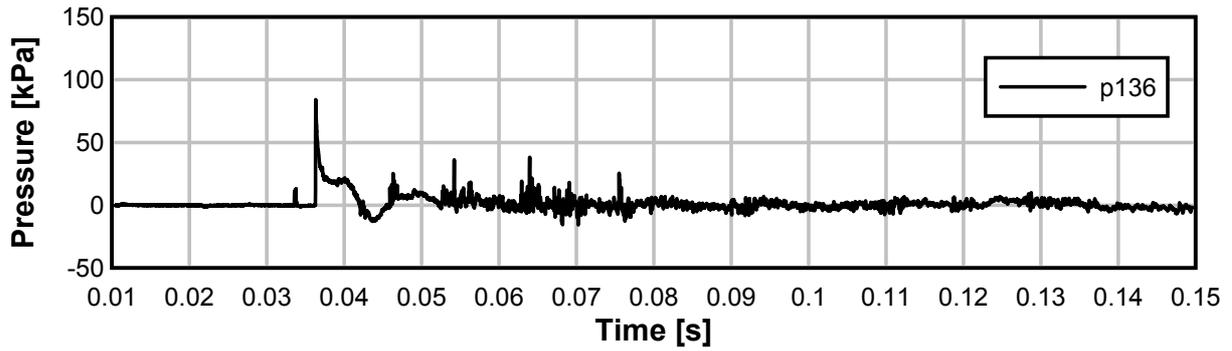
TE11_07



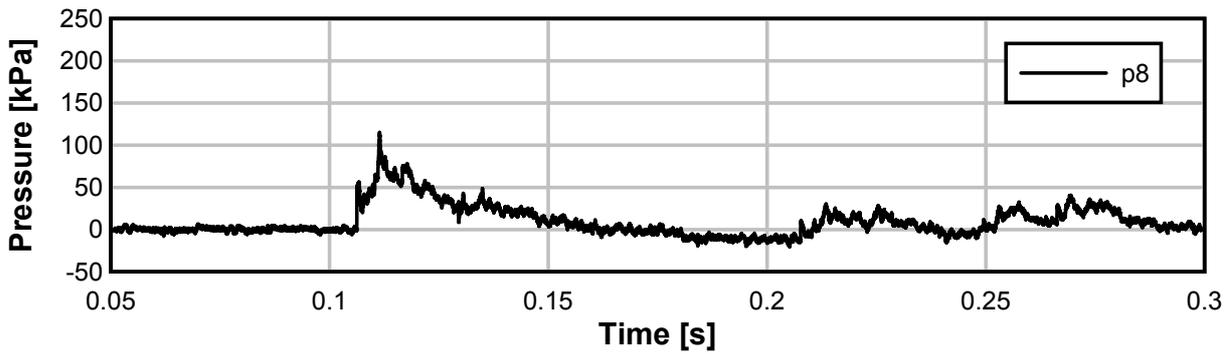
TE11_07



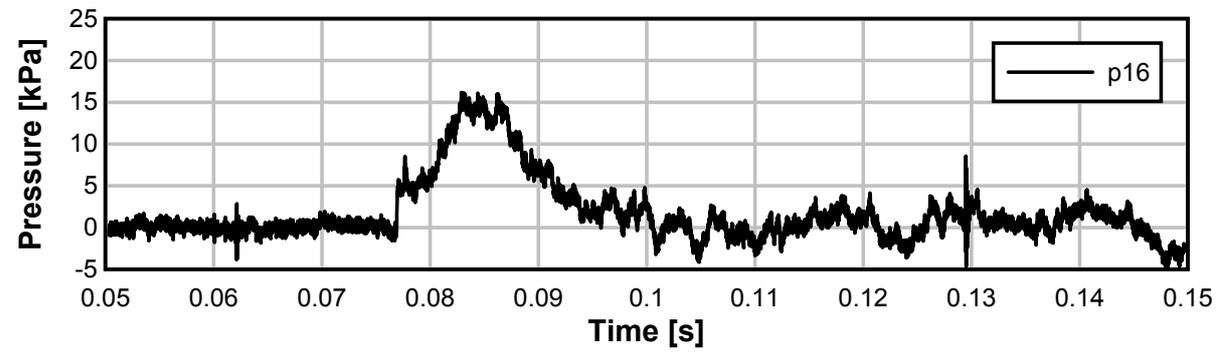
TE11_07



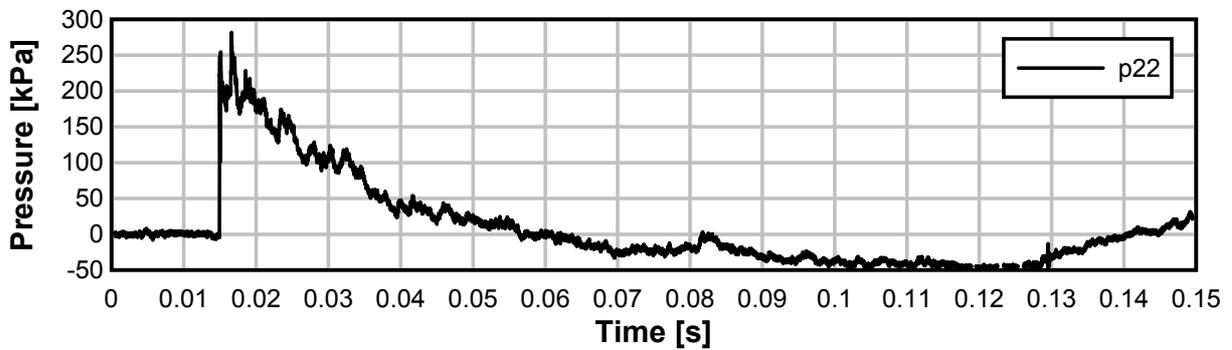
TE11_07



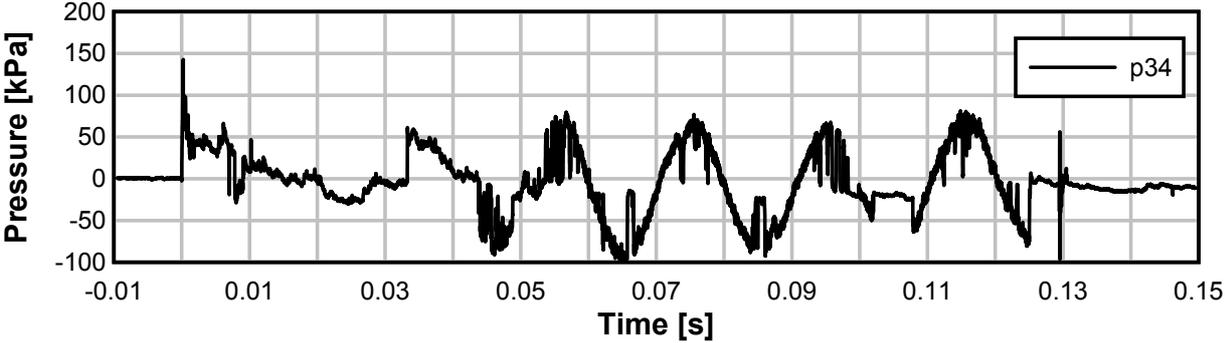
TE11_07

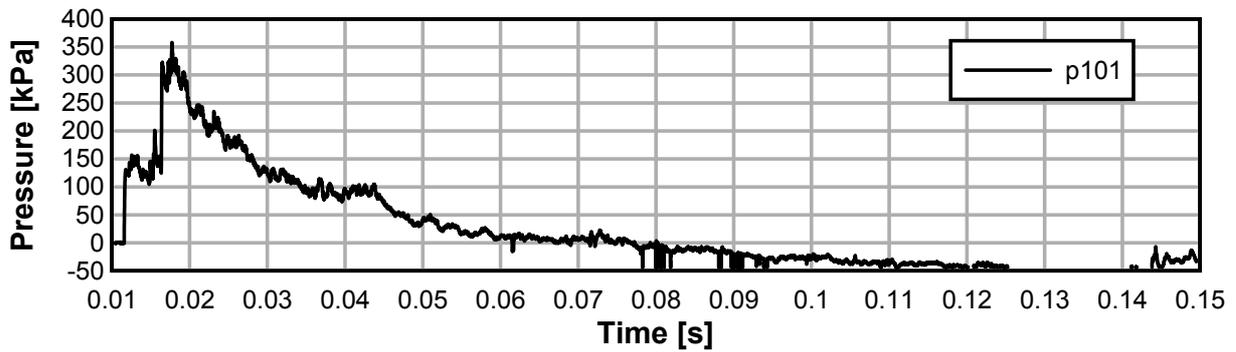
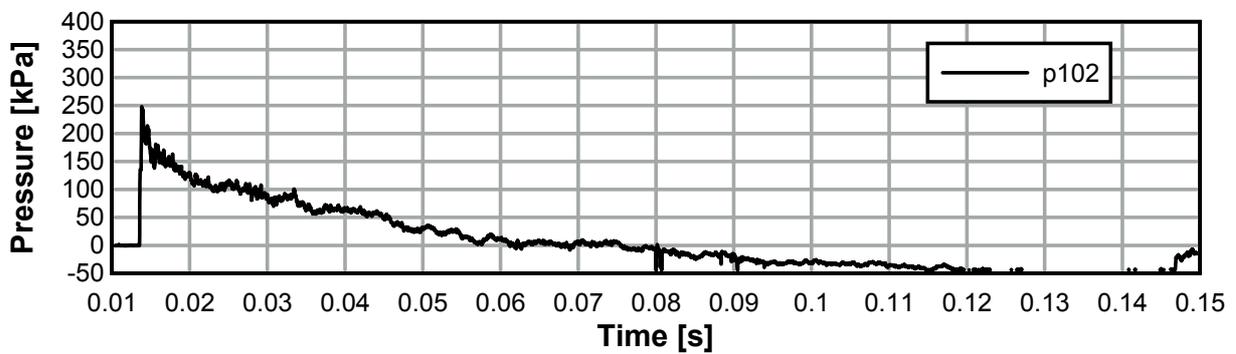
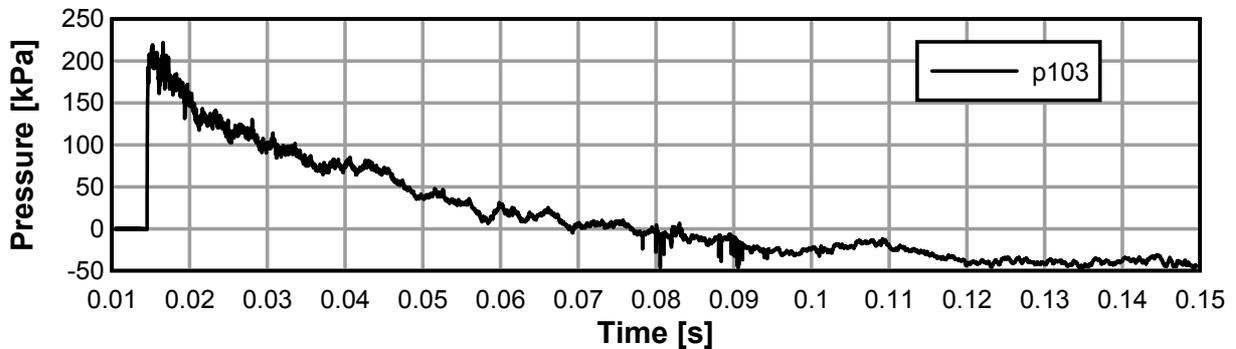
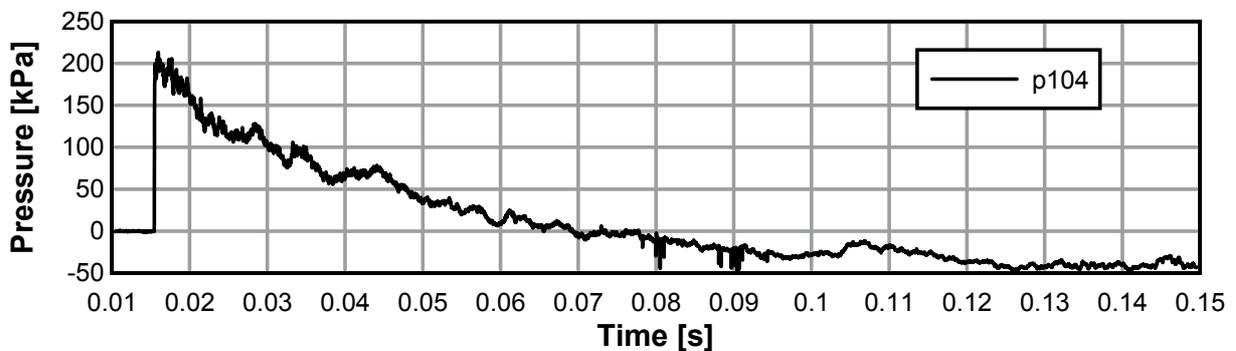


TE11_07

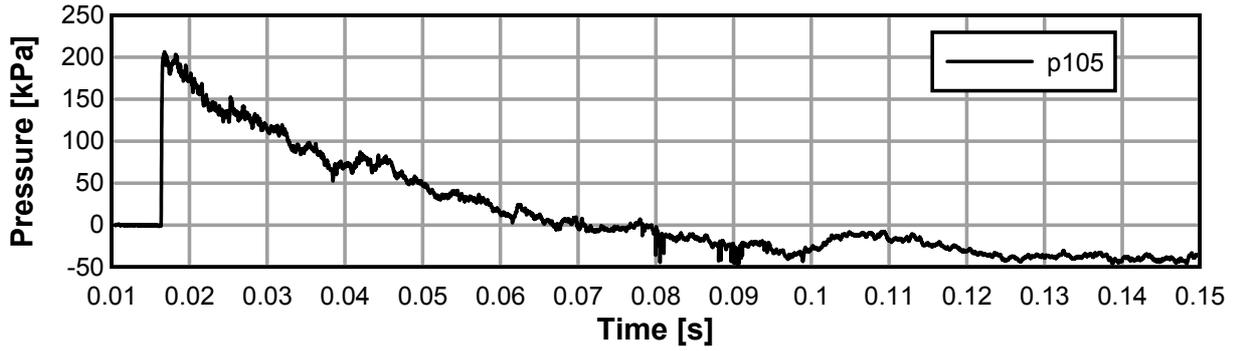


TE11_07

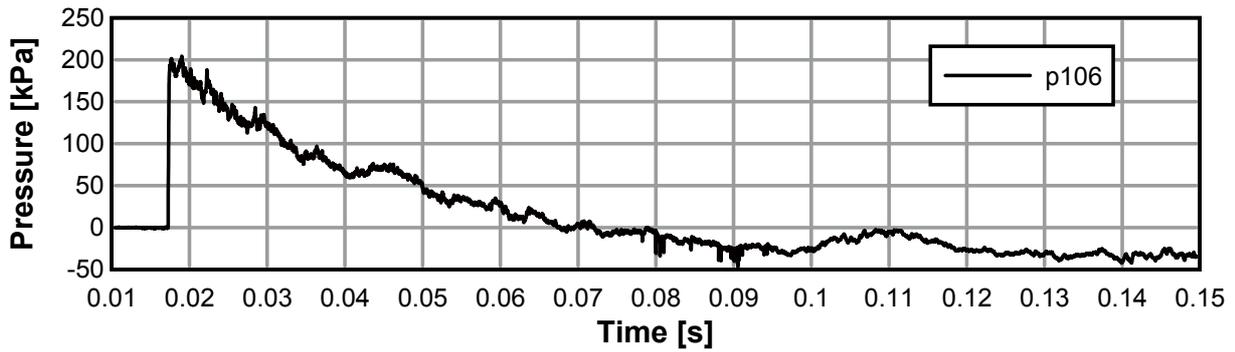


Test 08: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Raka rör**TE11_08****TE11_08****TE11_08****TE11_08**

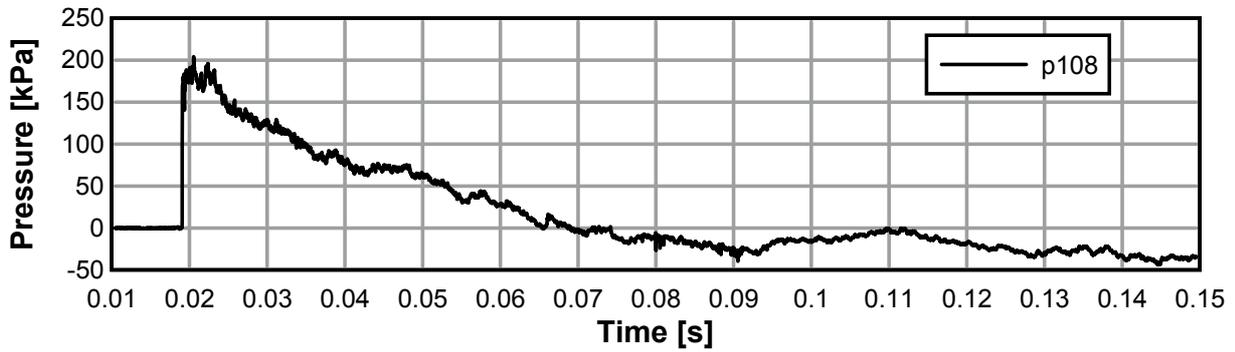
TE11_08



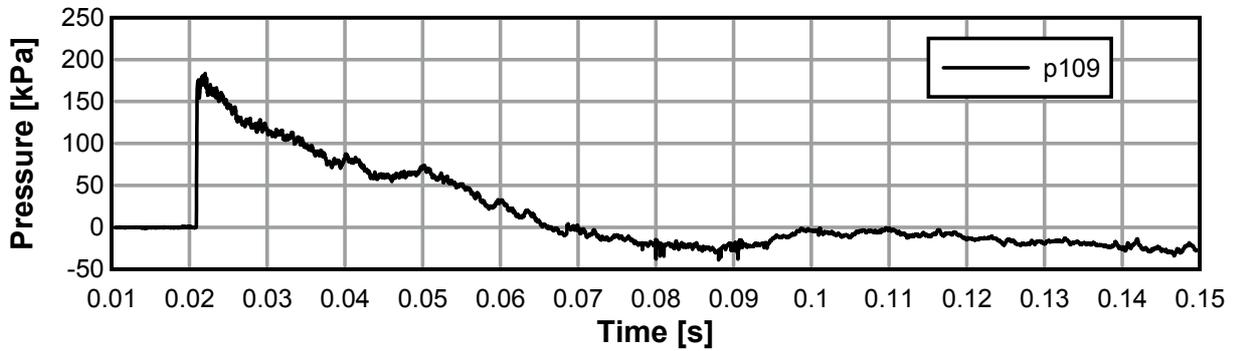
TE11_08



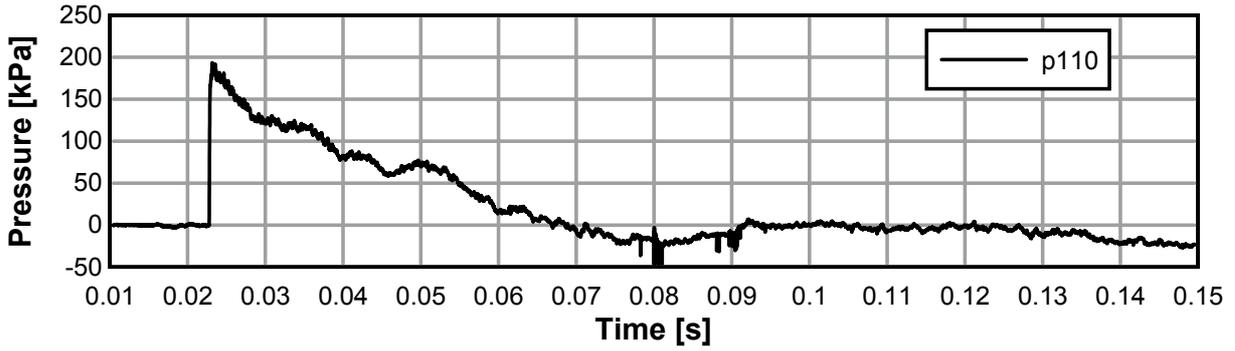
TE11_08



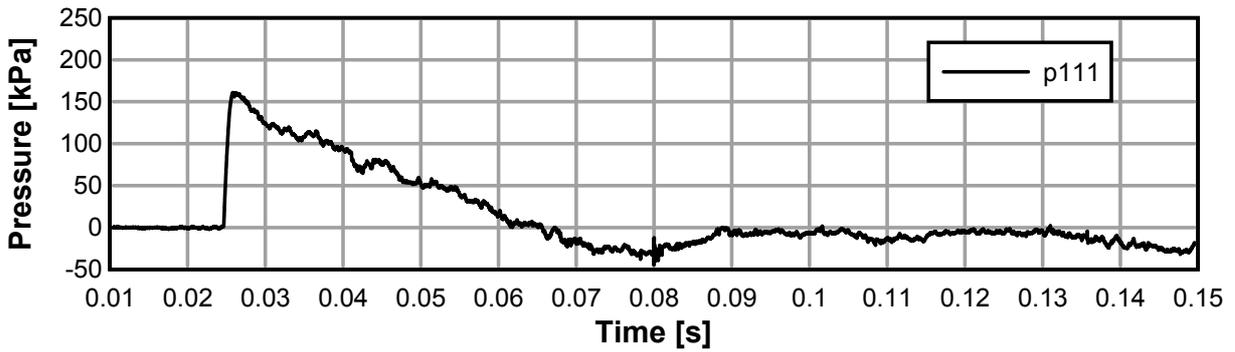
TE11_08



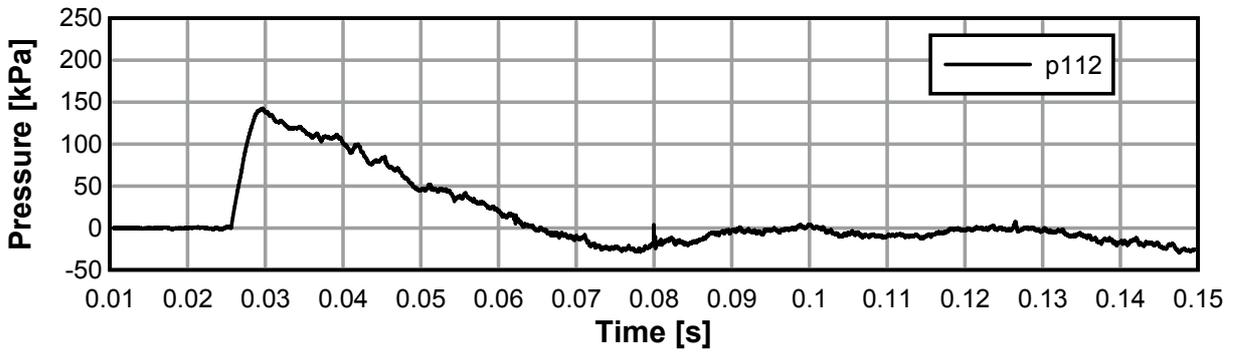
TE11_08



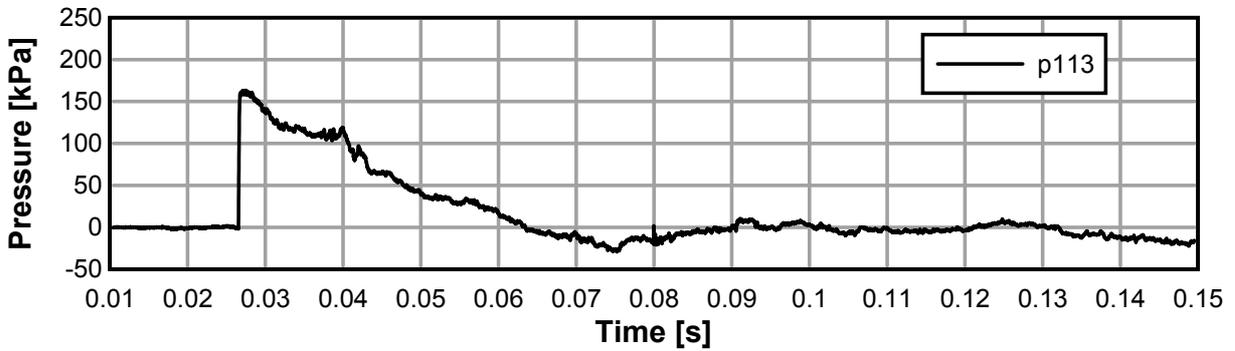
TE11_08



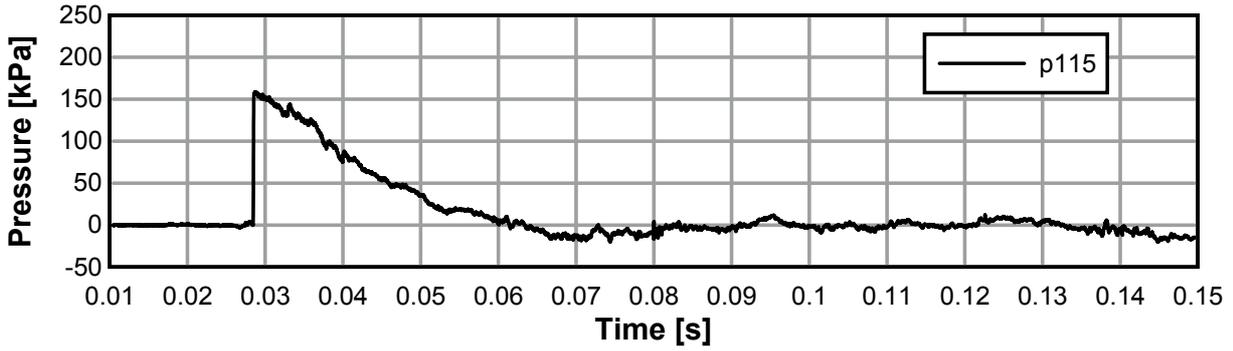
TE11_08



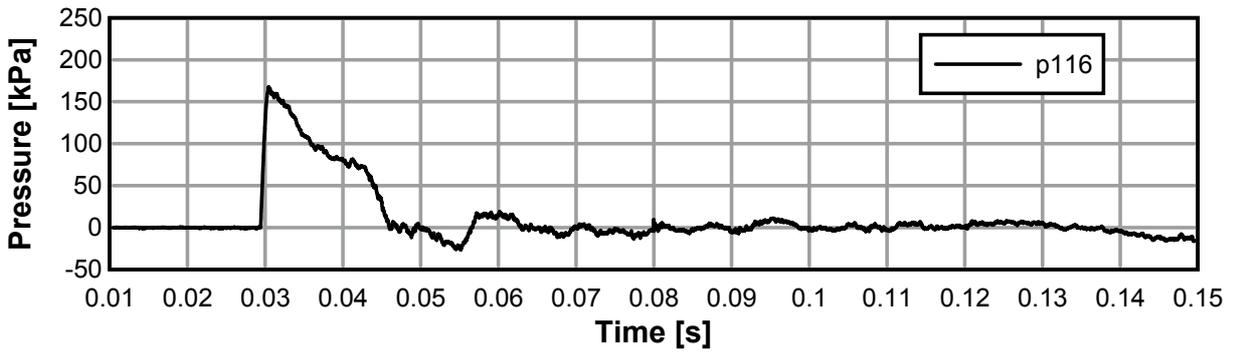
TE11_08



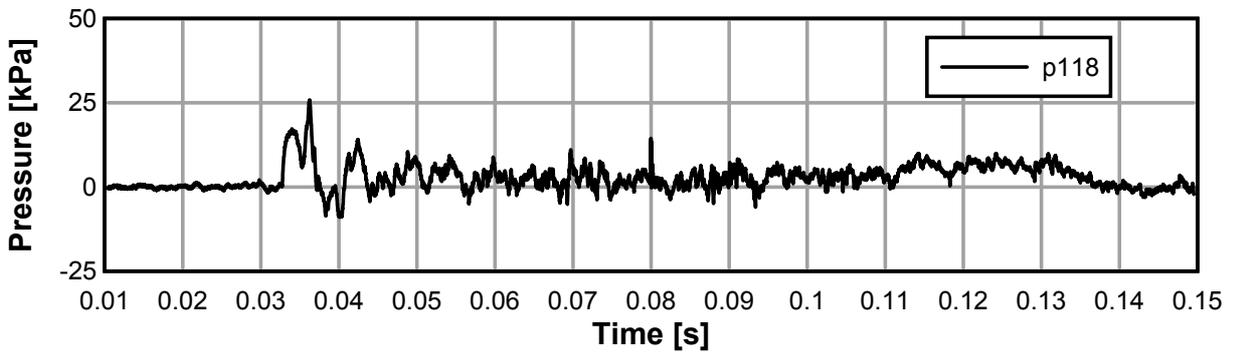
TE11_08



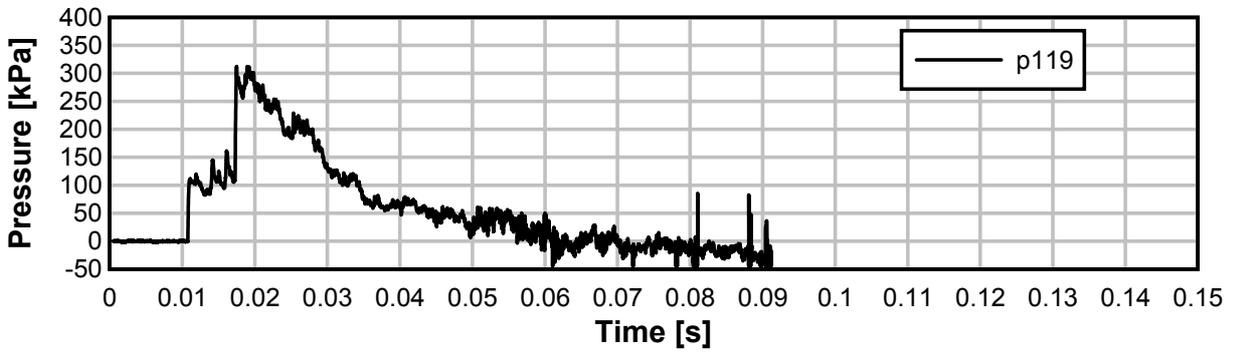
TE11_08



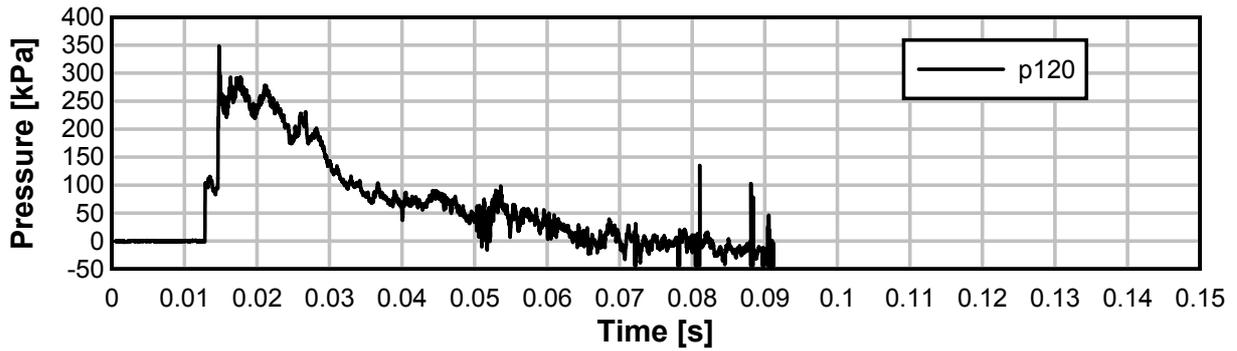
TE11_08



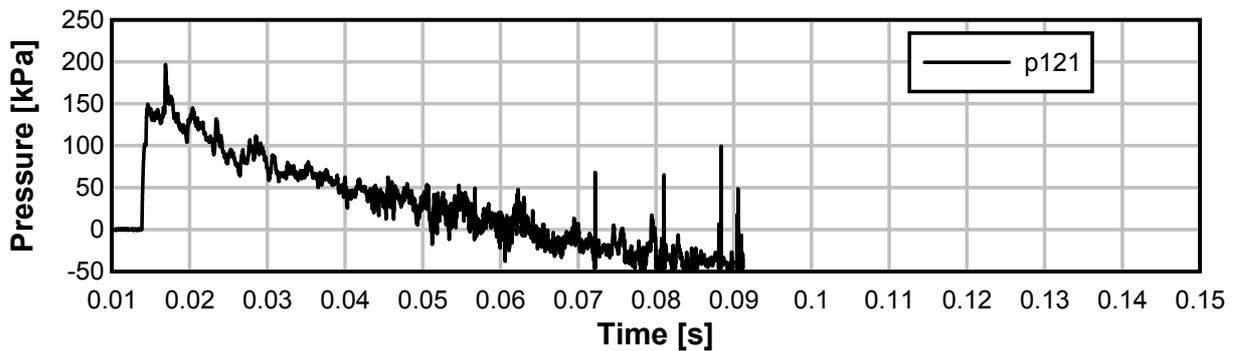
TE11_08



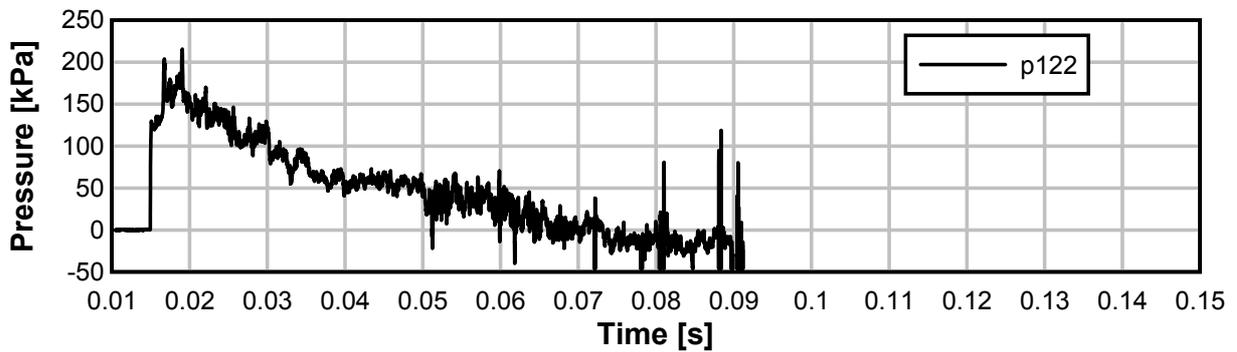
TE11_08



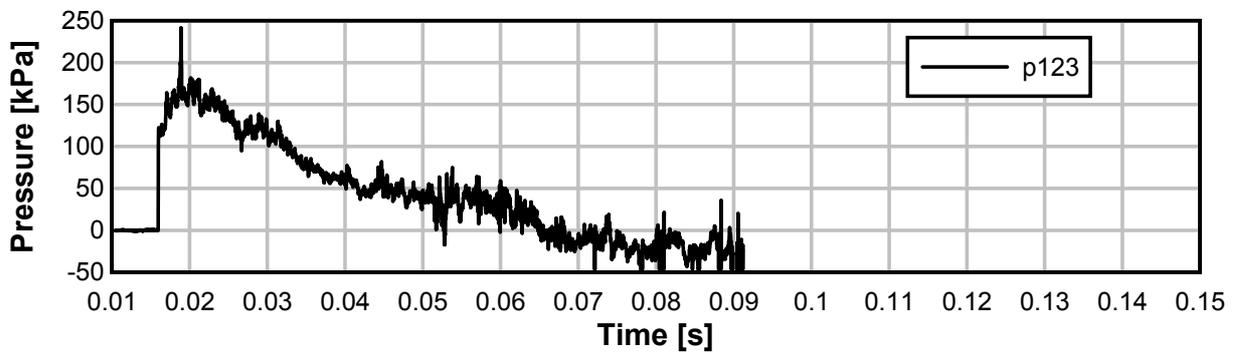
TE11_08



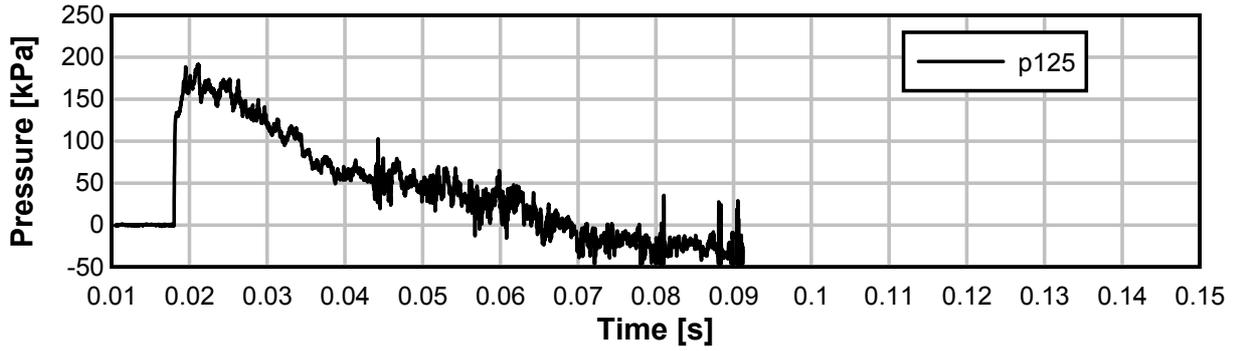
TE11_08



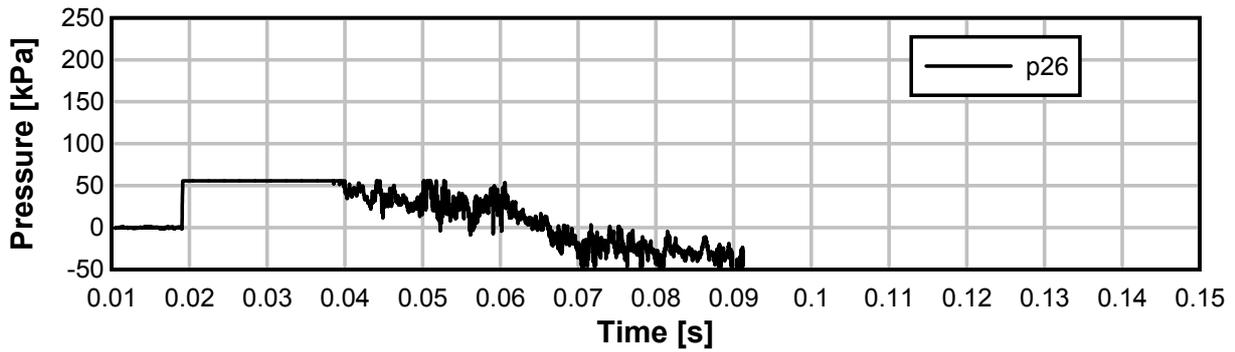
TE11_08



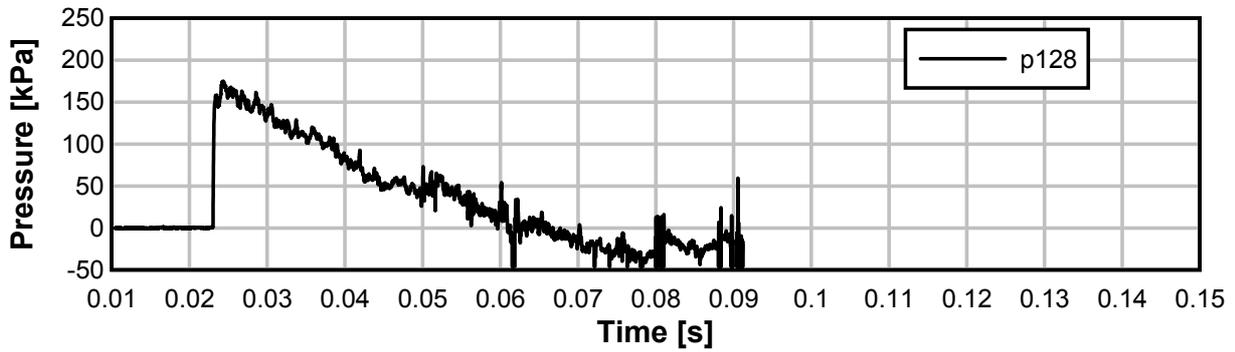
TE11_08



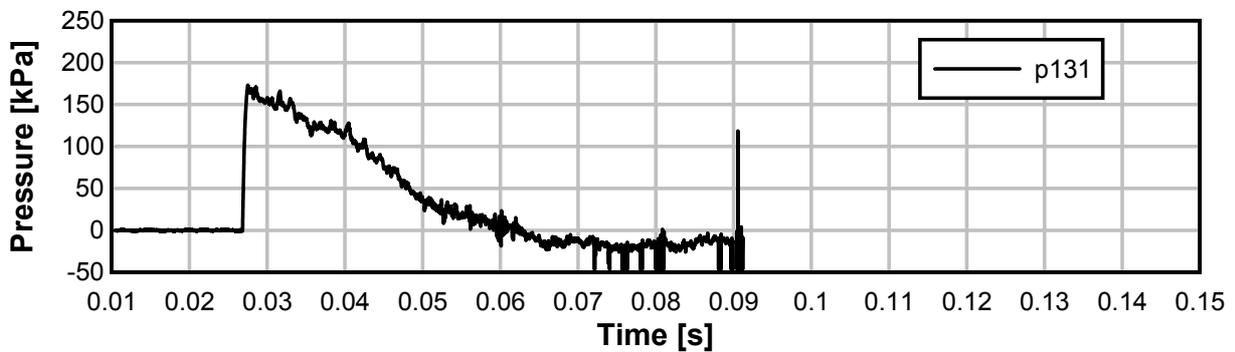
TE11_08



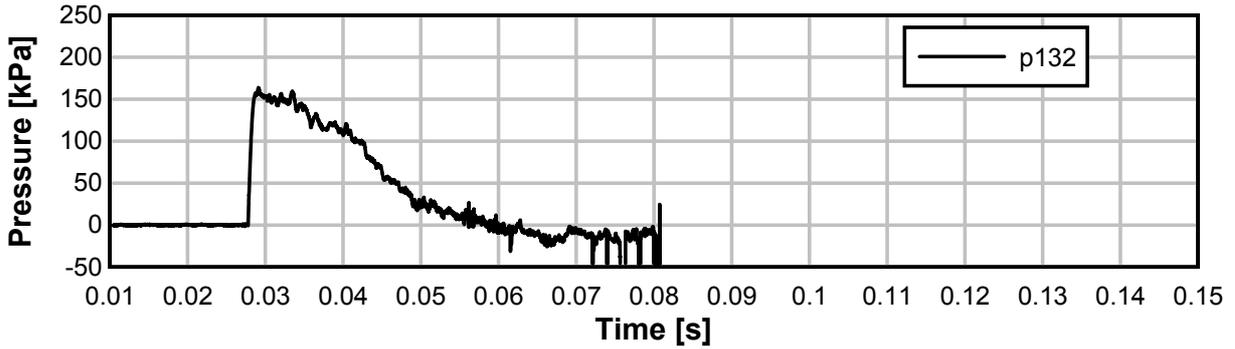
TE11_08



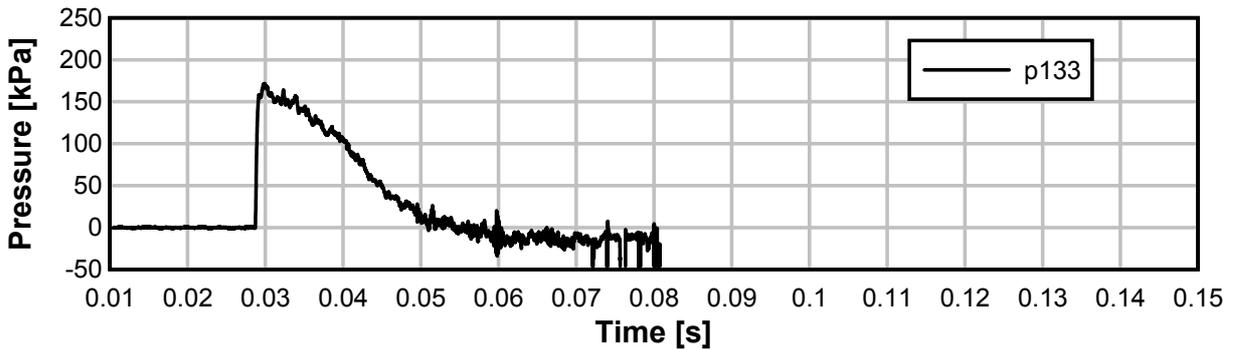
TE11_08



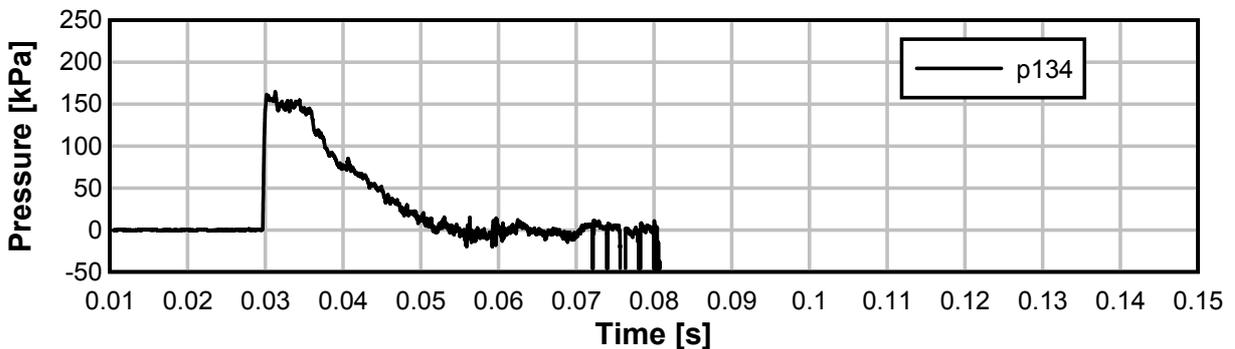
TE11_08



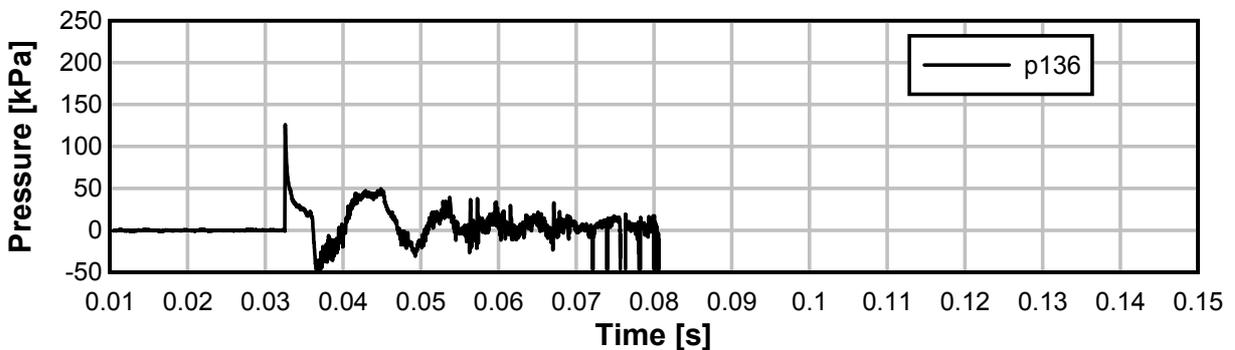
TE11_08



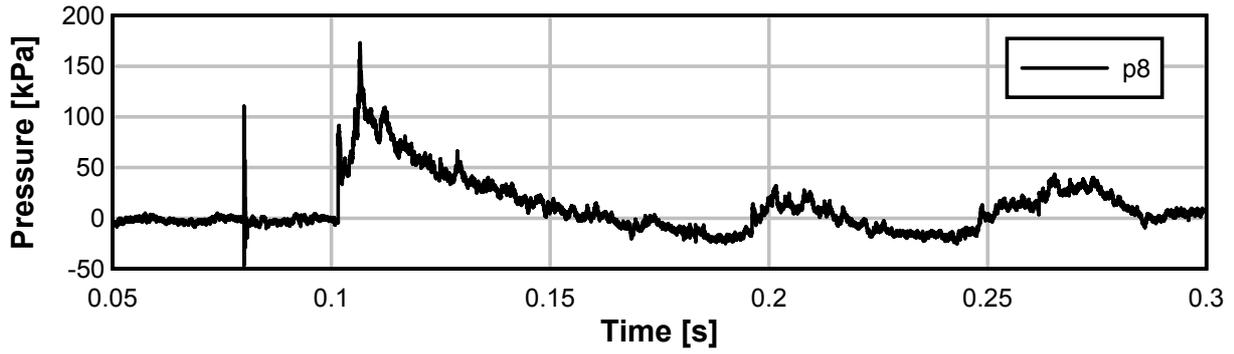
TE11_08



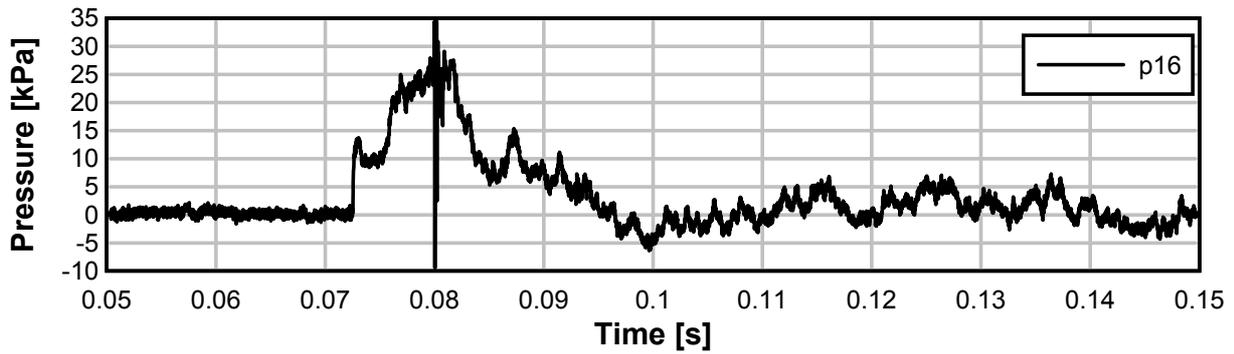
TE11_08



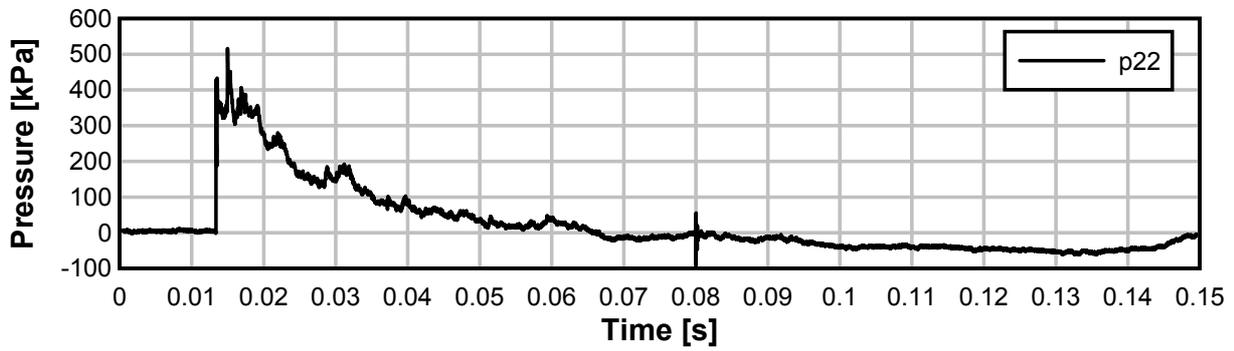
TE11_08



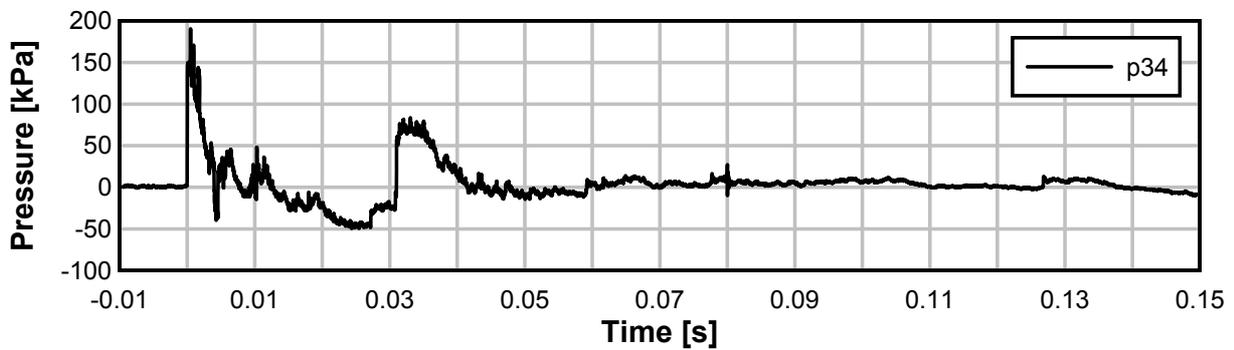
TE11_08

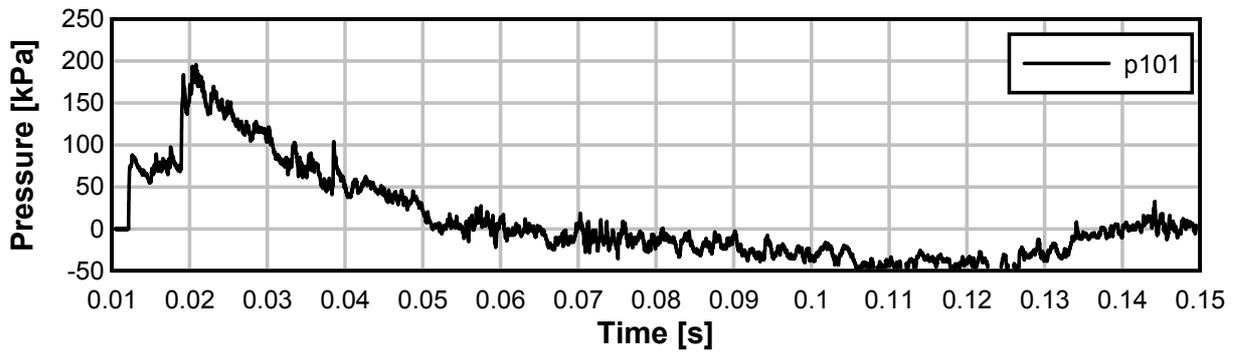
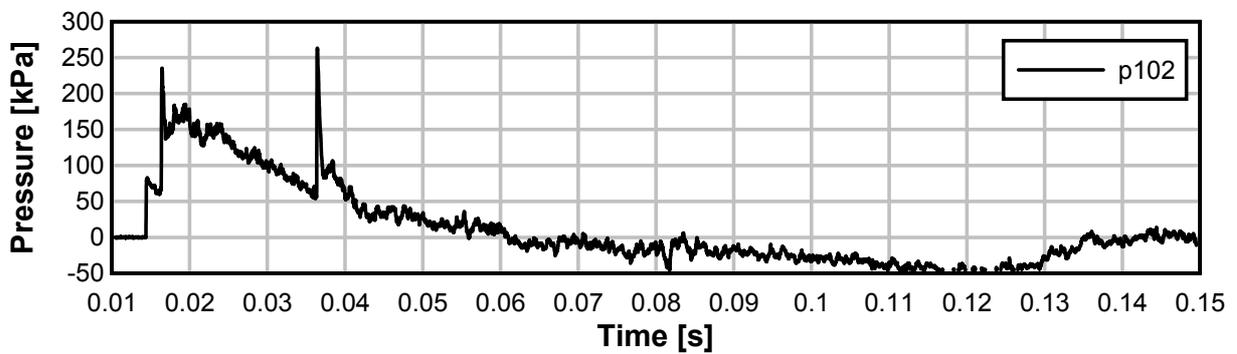
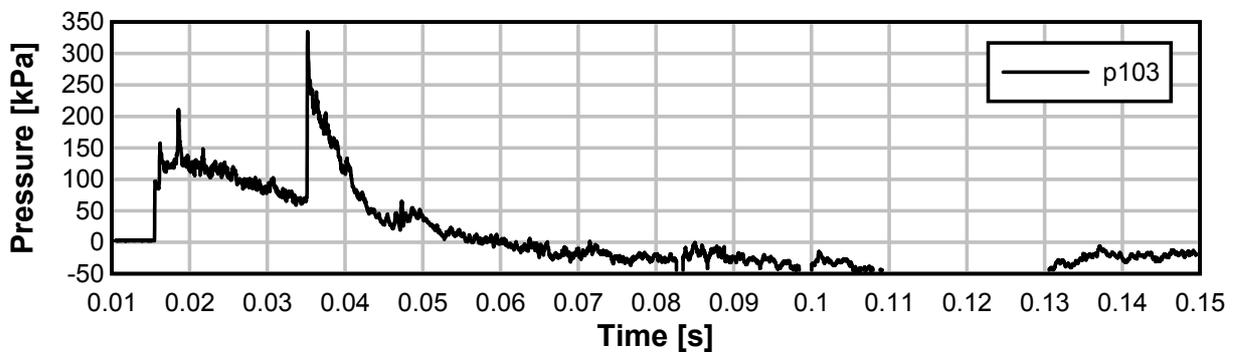
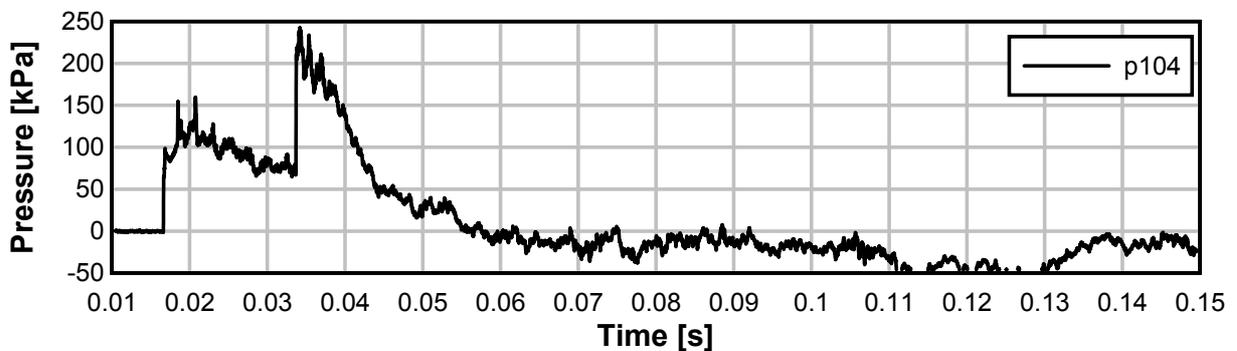


TE11_08

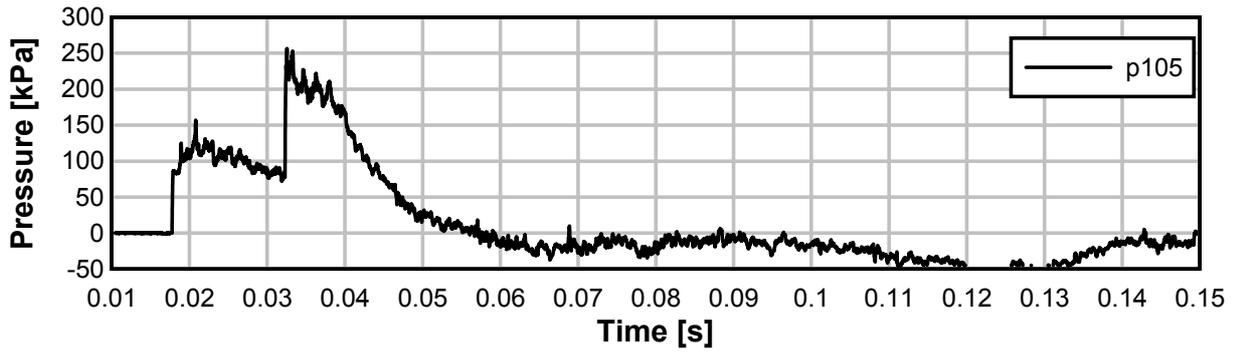


TE11_08

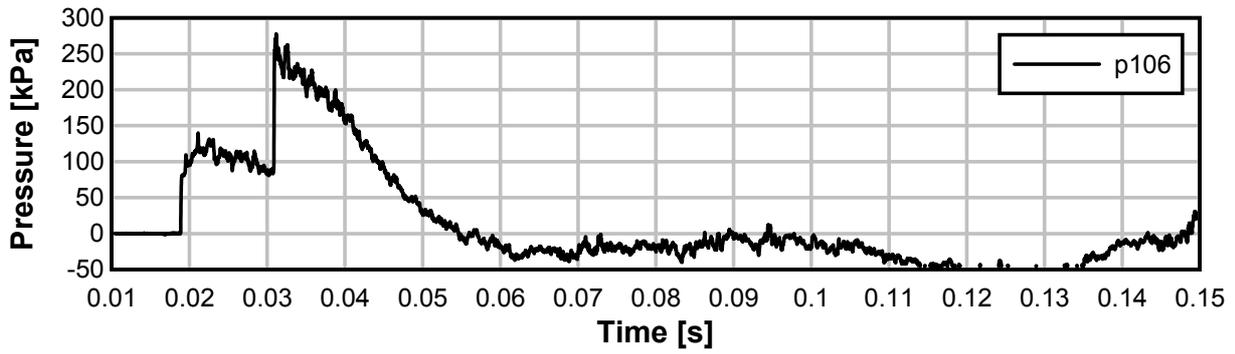


Test 09: avstånd 5 m, 125 kg Anolit – Raka övergångar**TE11_09****TE11_09****TE11_09****TE11_09**

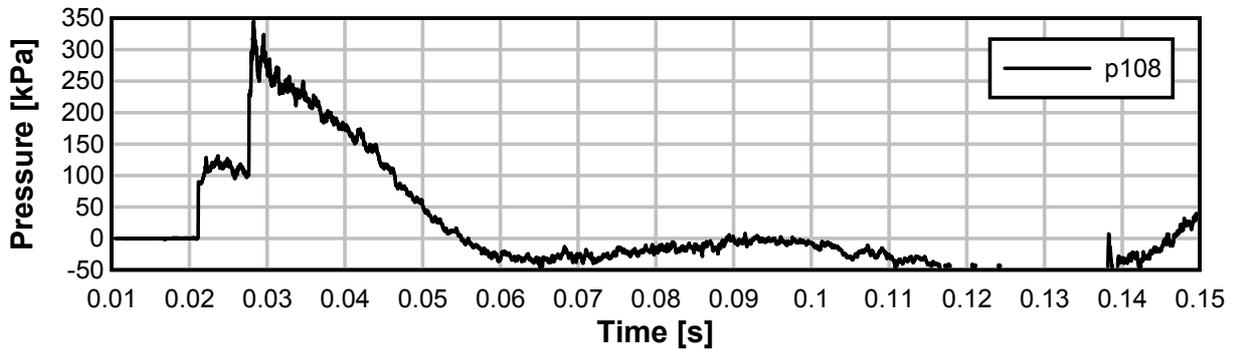
TE11_09



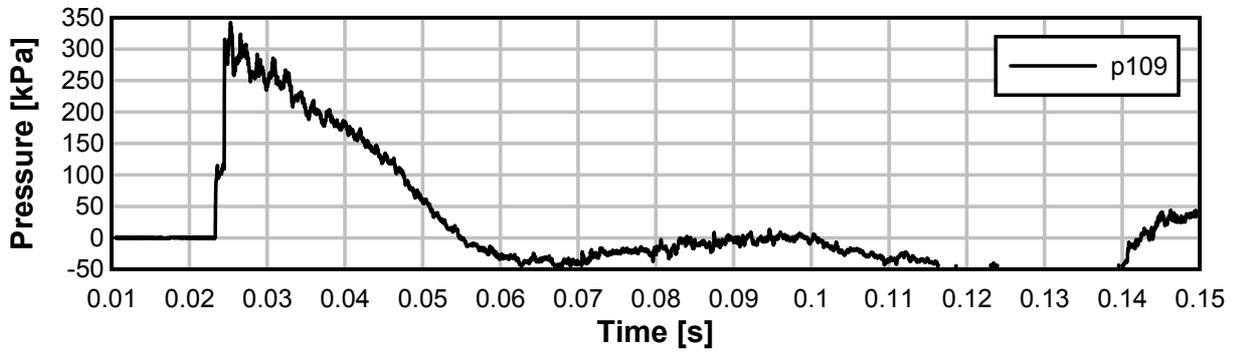
TE11_09



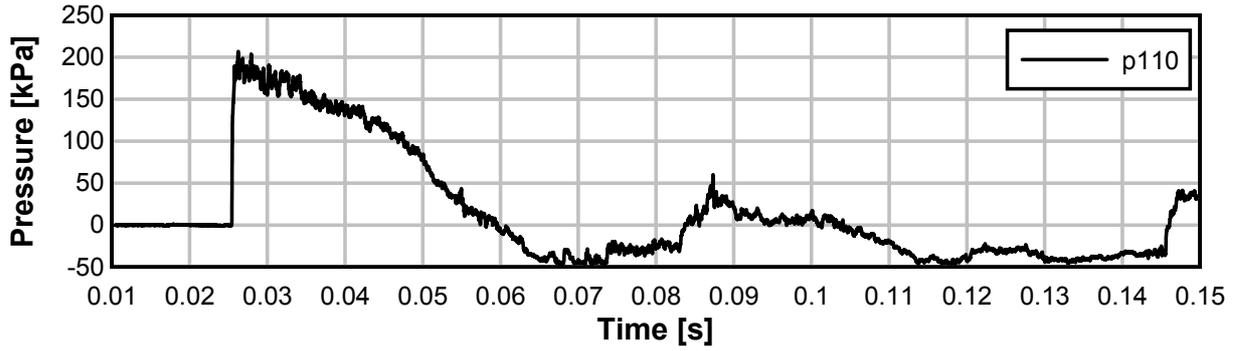
TE11_09



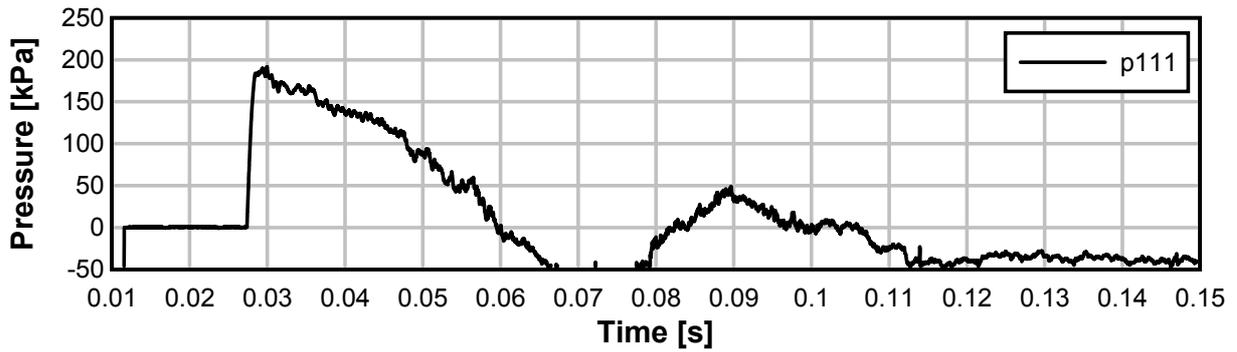
TE11_09



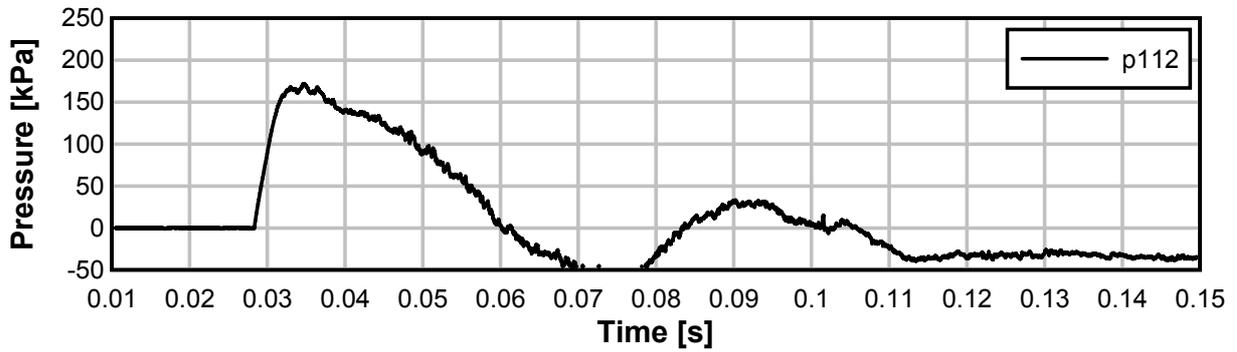
TE11_09



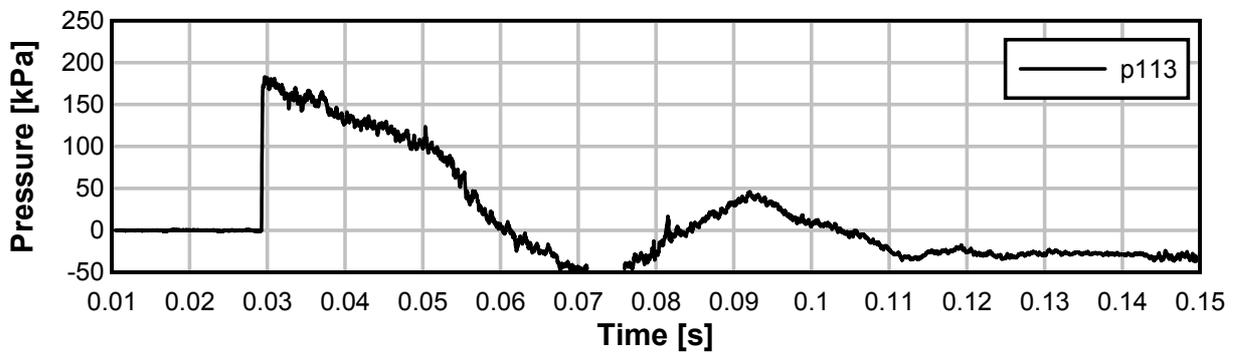
TE11_09



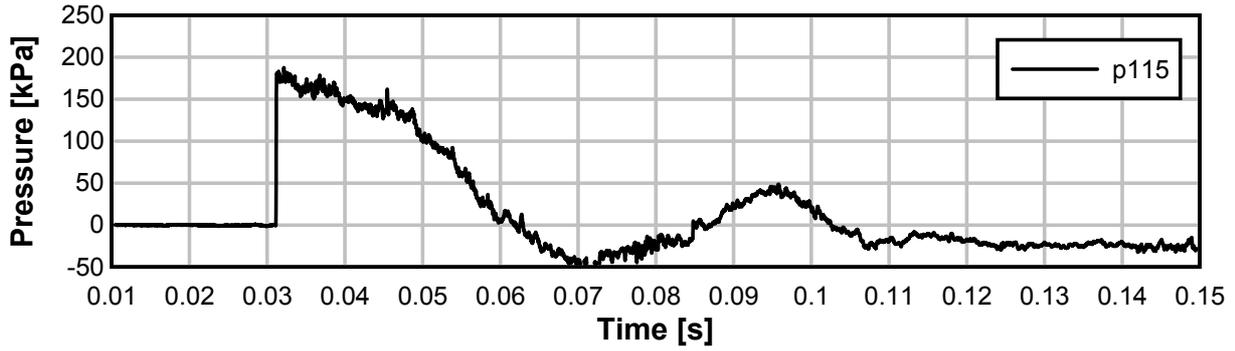
TE11_09



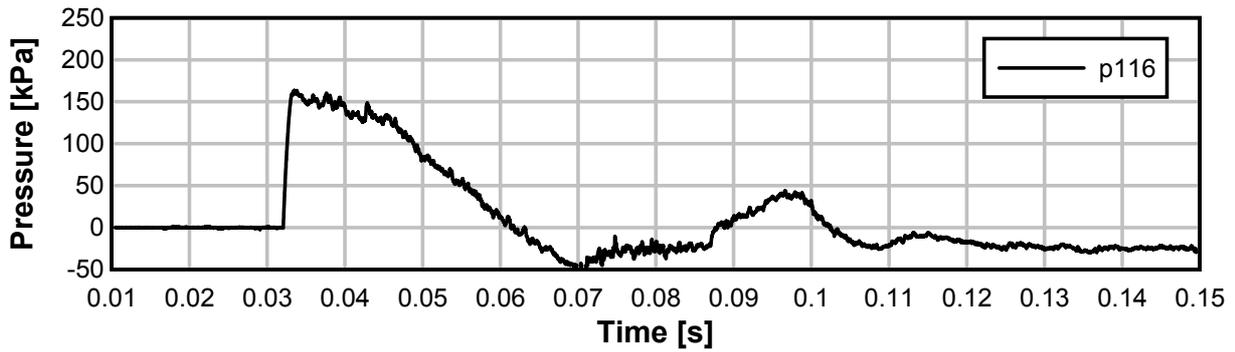
TE11_09



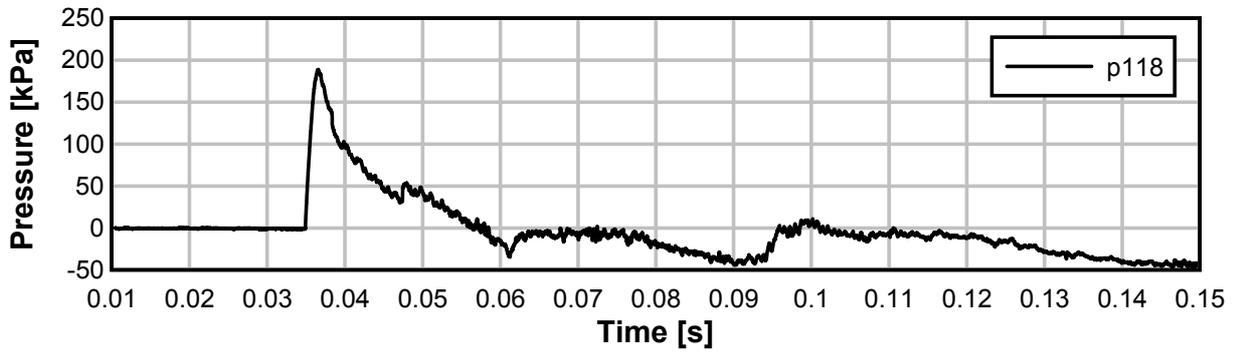
TE11_09



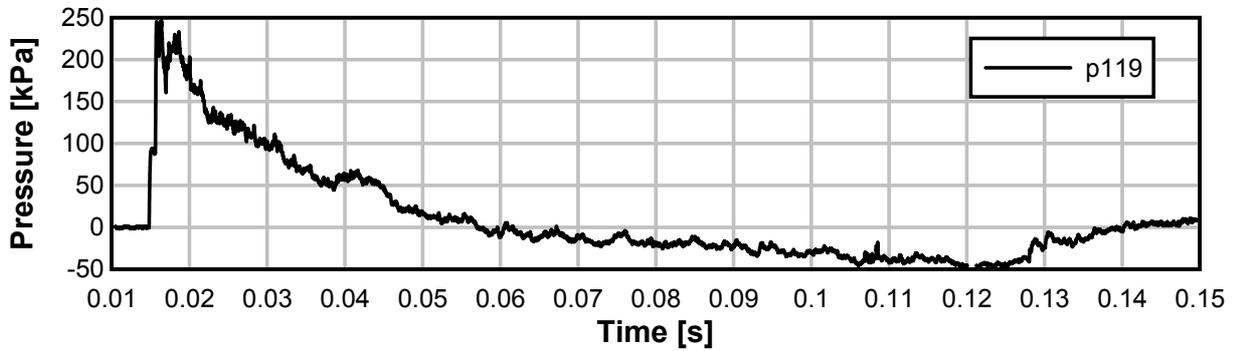
TE11_09



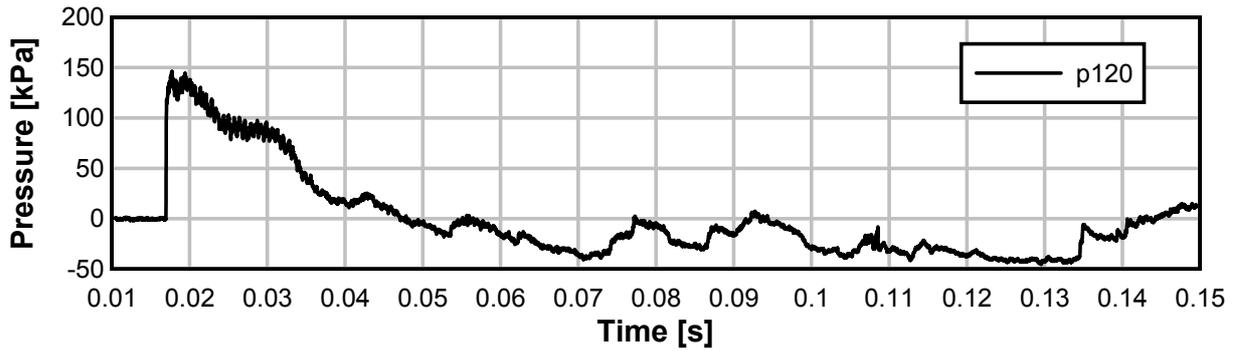
TE11_09



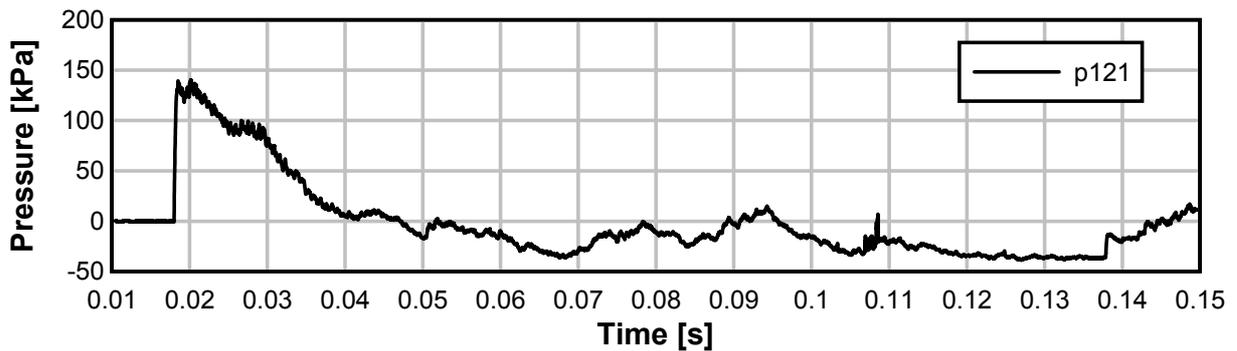
TE11_09



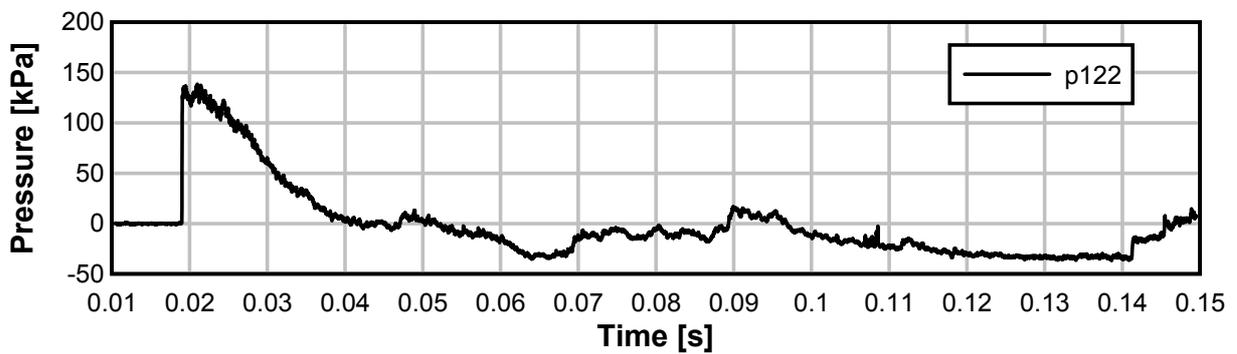
TE11_09



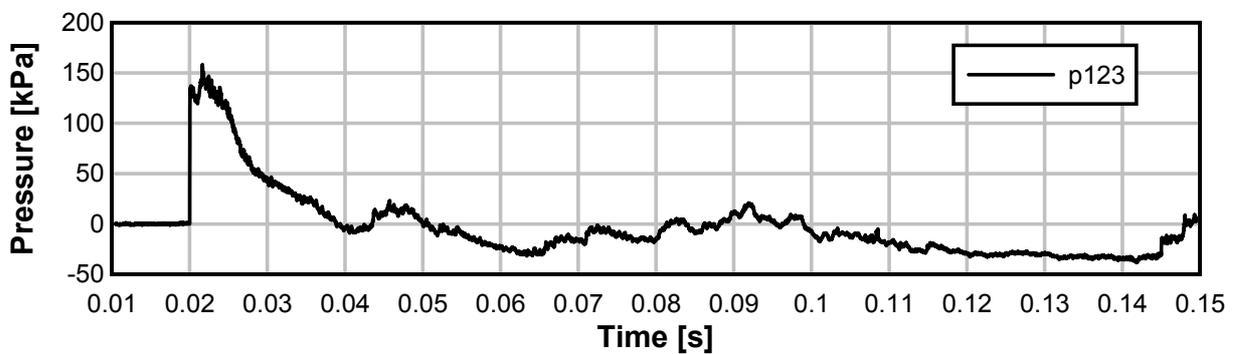
TE11_09



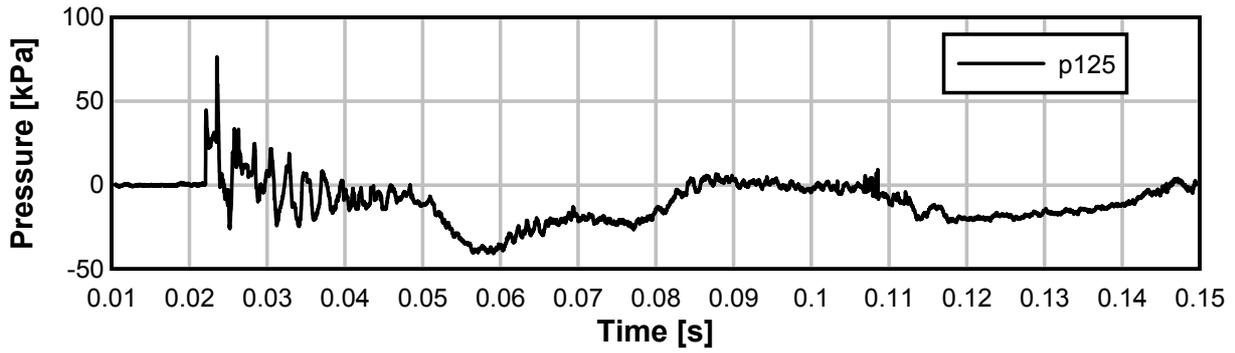
TE11_09



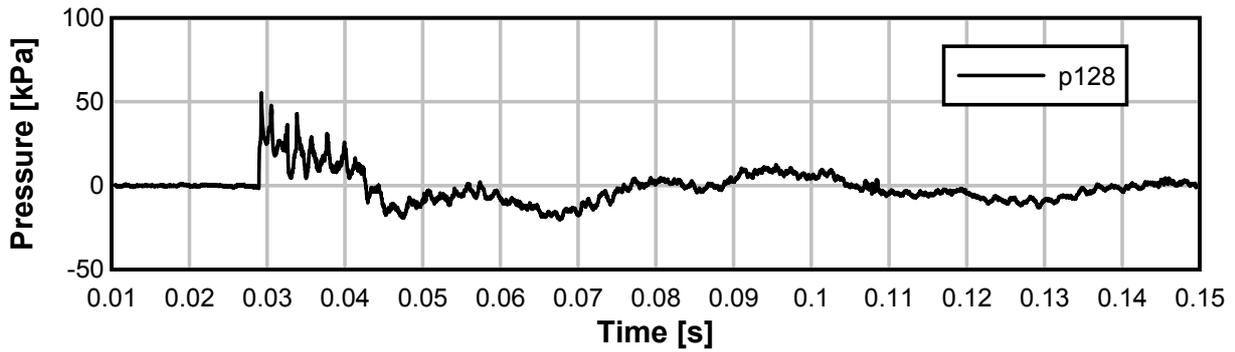
TE11_09



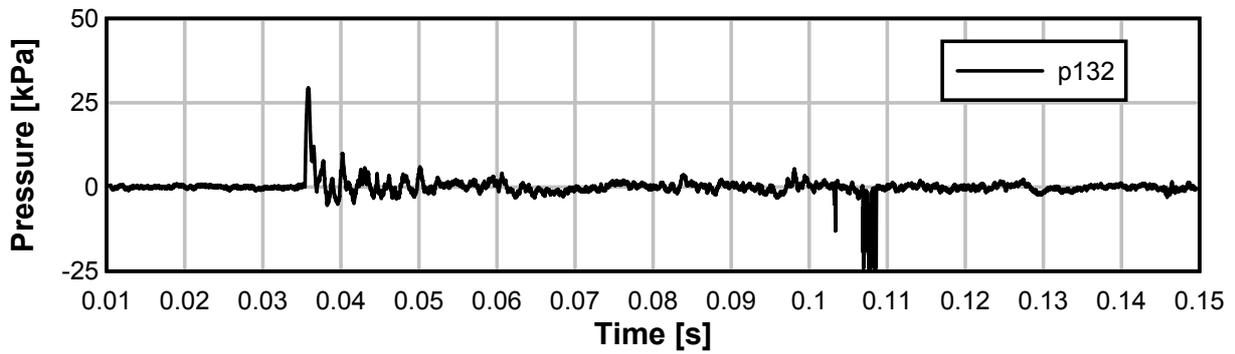
TE11_09



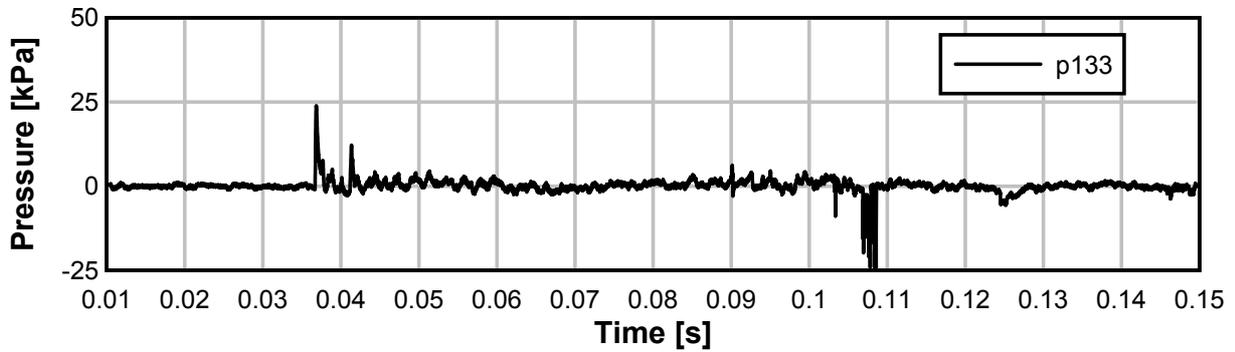
TE11_09



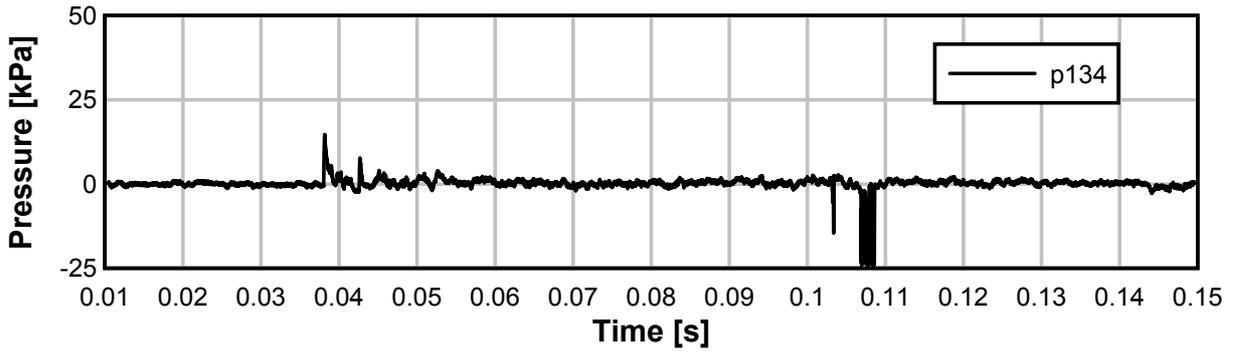
TE11_09



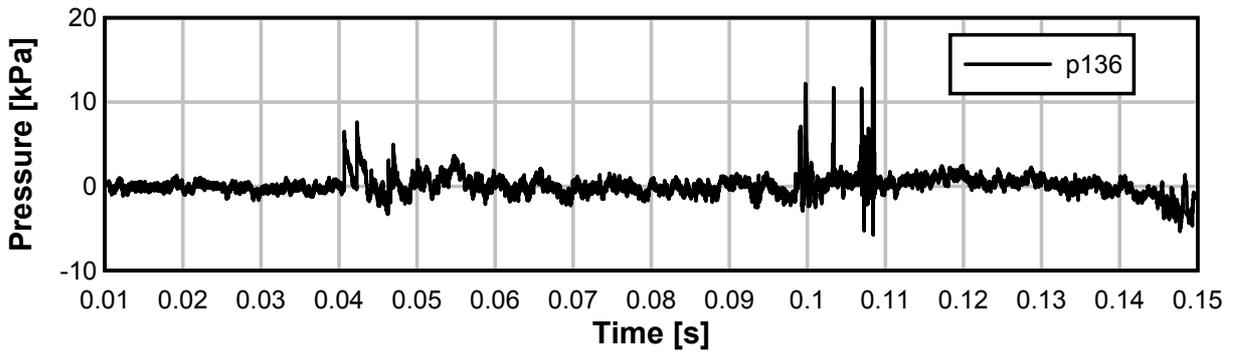
TE11_09



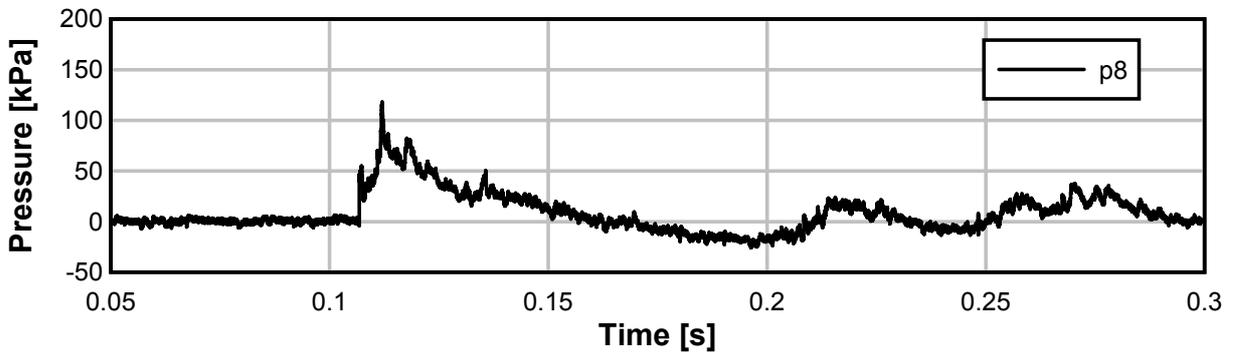
TE11_09



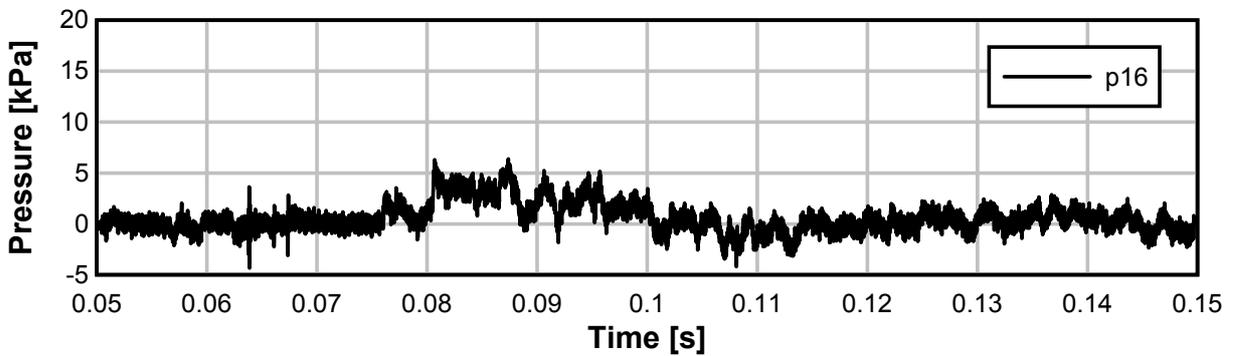
TE11_09



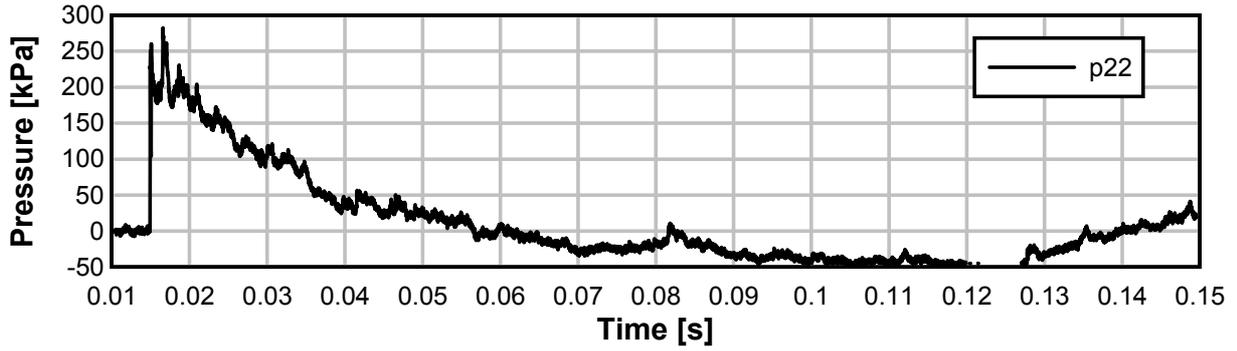
TE11_09



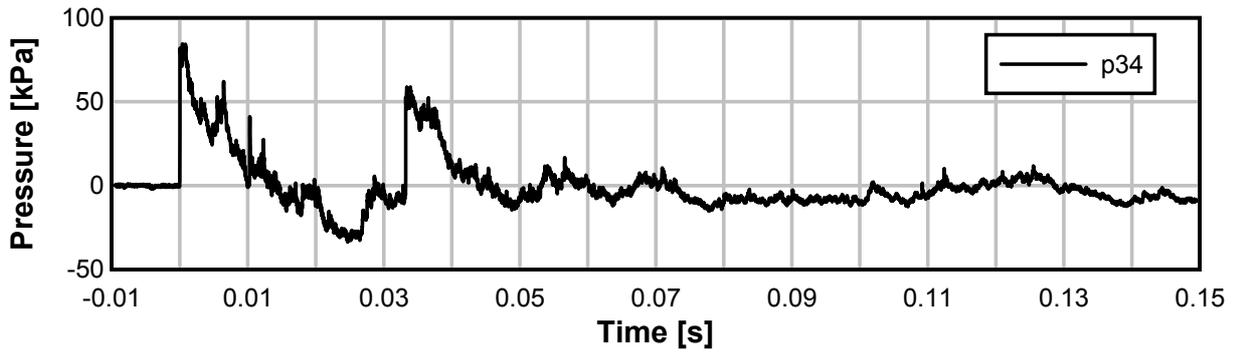
TE11_09

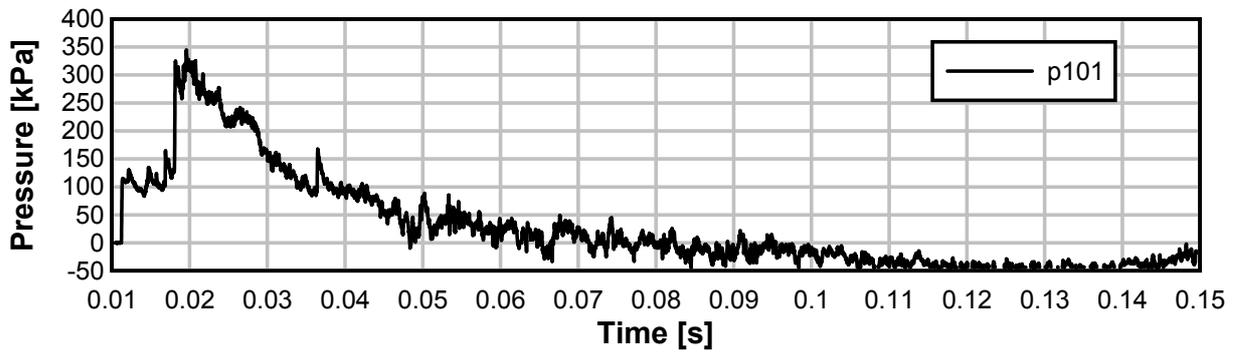
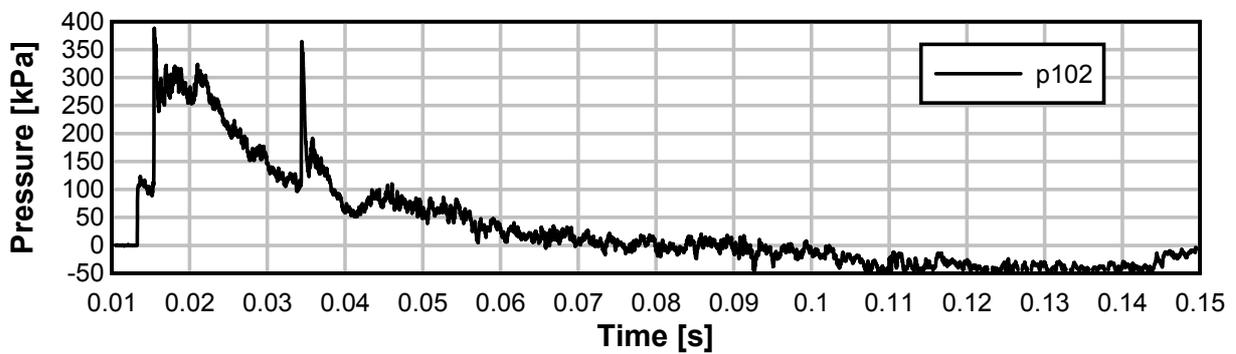
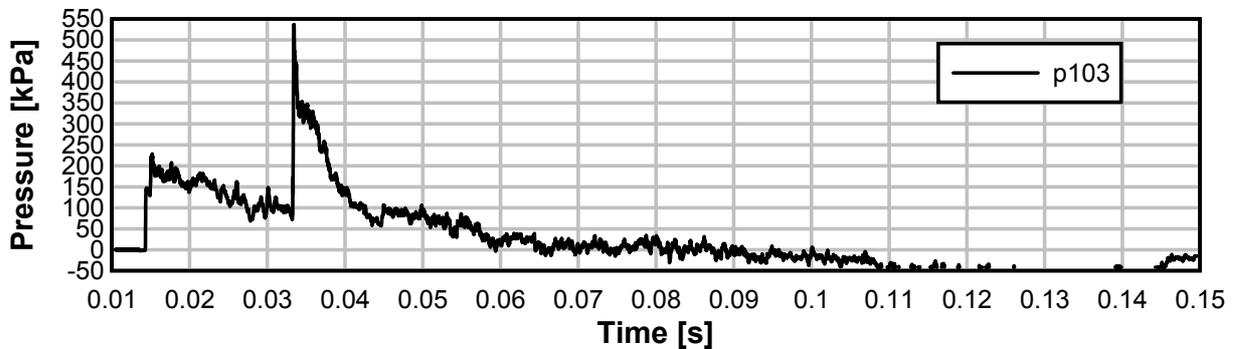
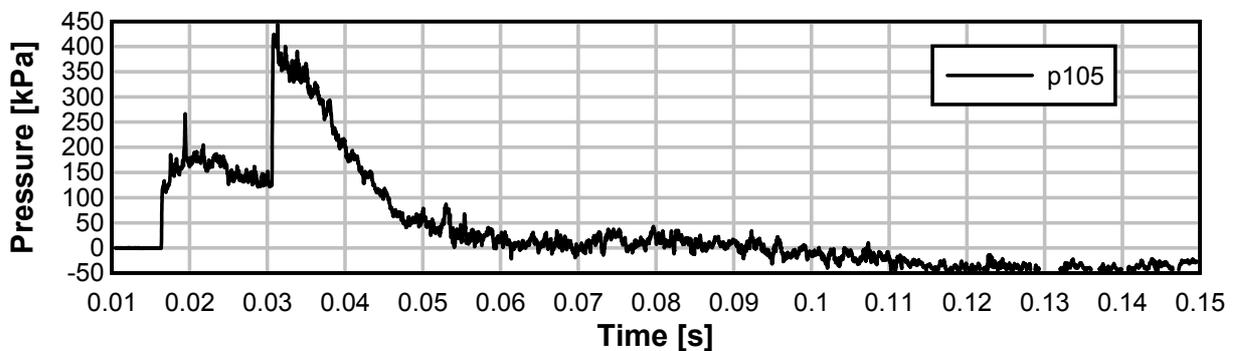


TE11_09

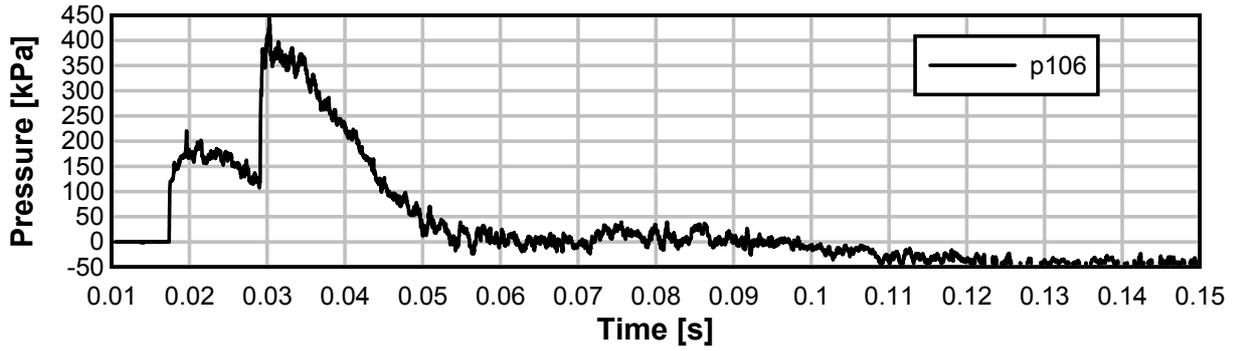


TE11_09

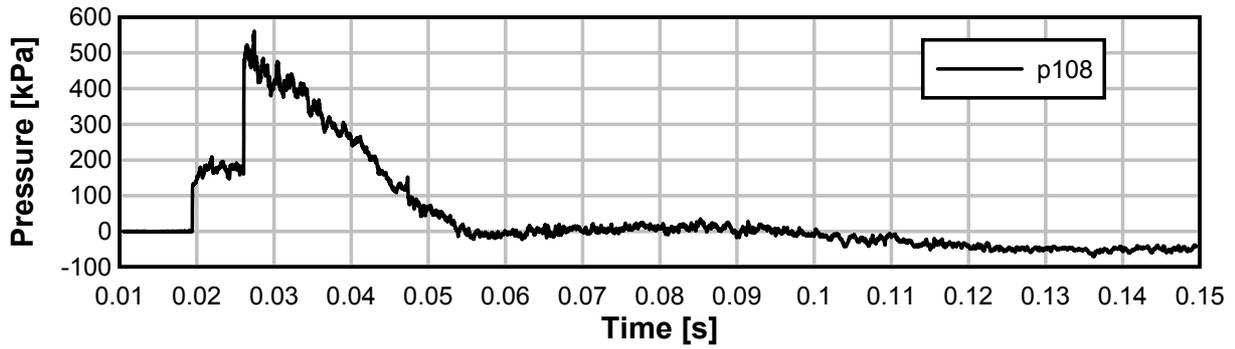


Test 10: avstånd -2 m, 125 kg Anolit – Raka övergångar**TE11_10****TE11_10****TE11_10****TE11_10**

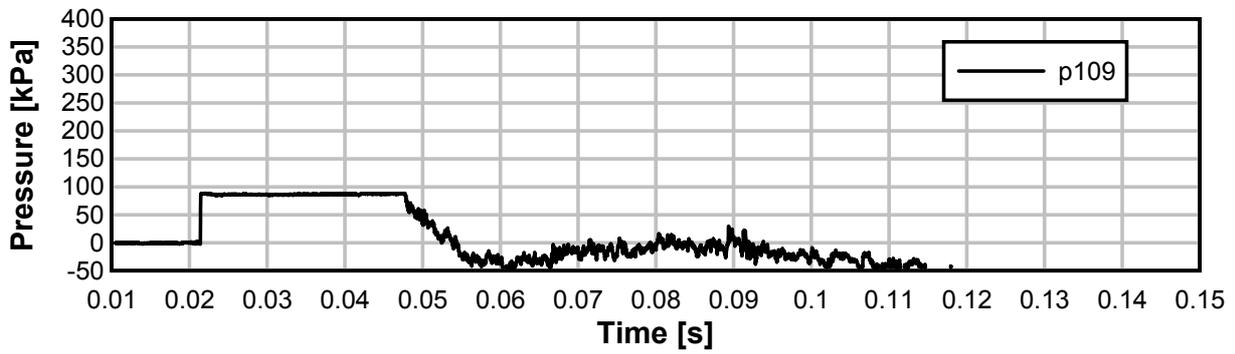
TE11_10



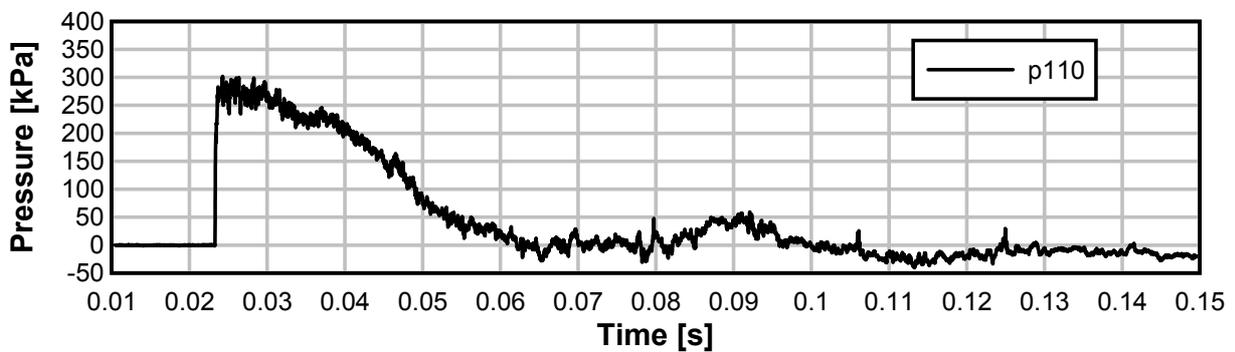
TE11_10



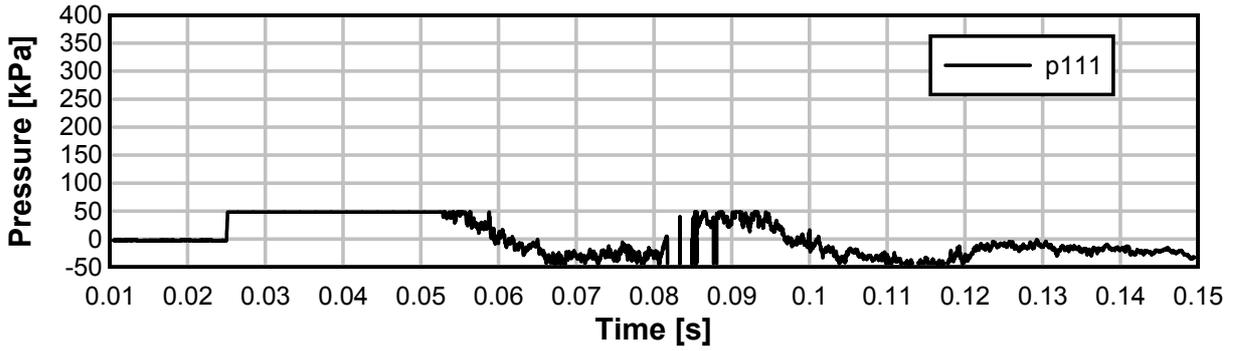
TE11_10



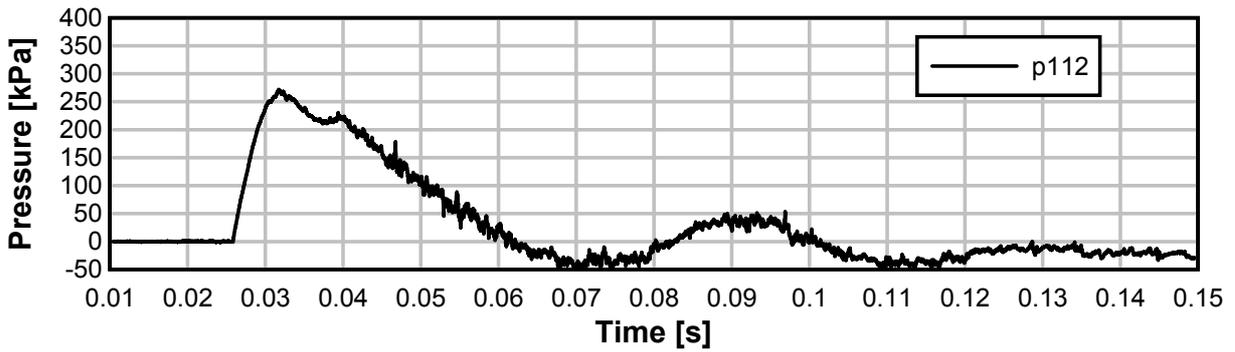
TE11_10



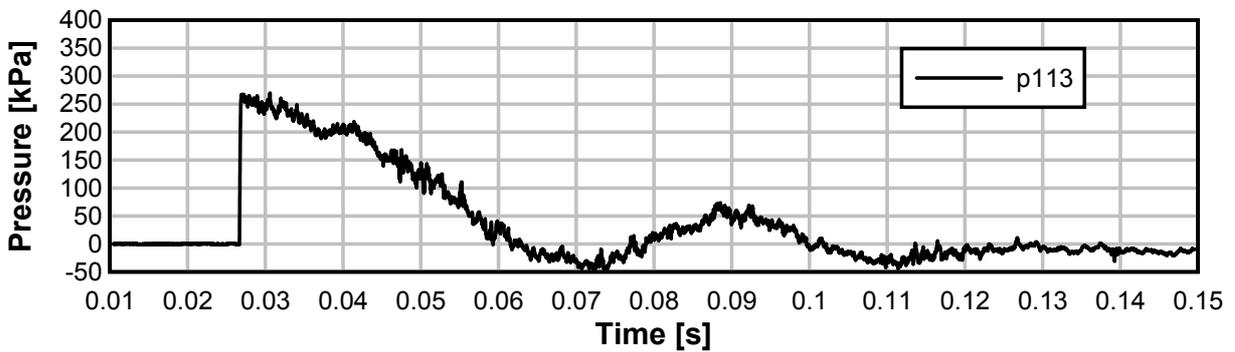
TE11_10



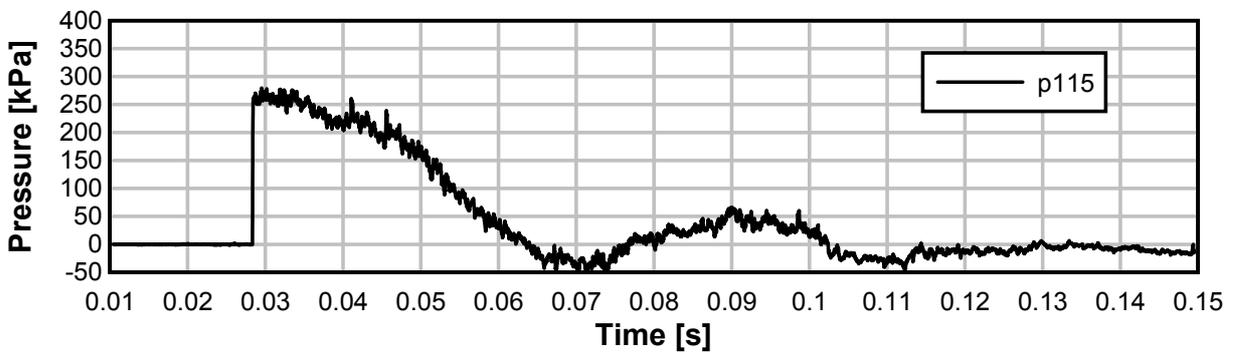
TE11_10



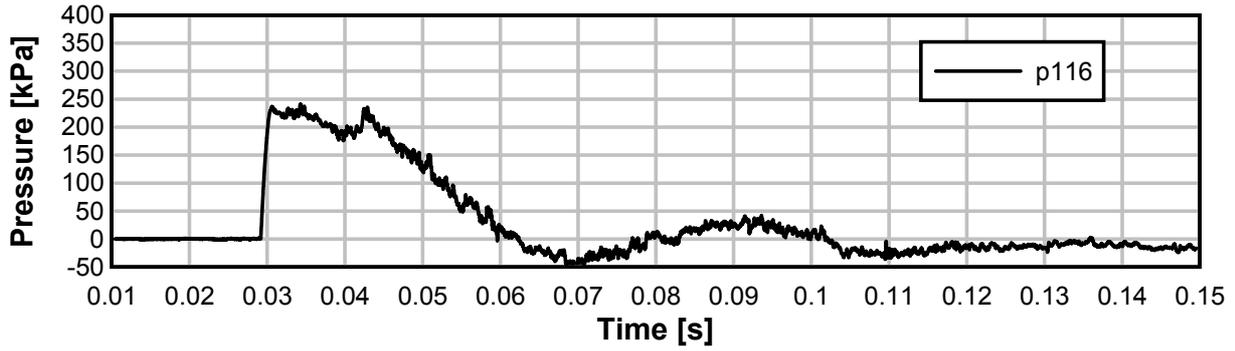
TE11_10



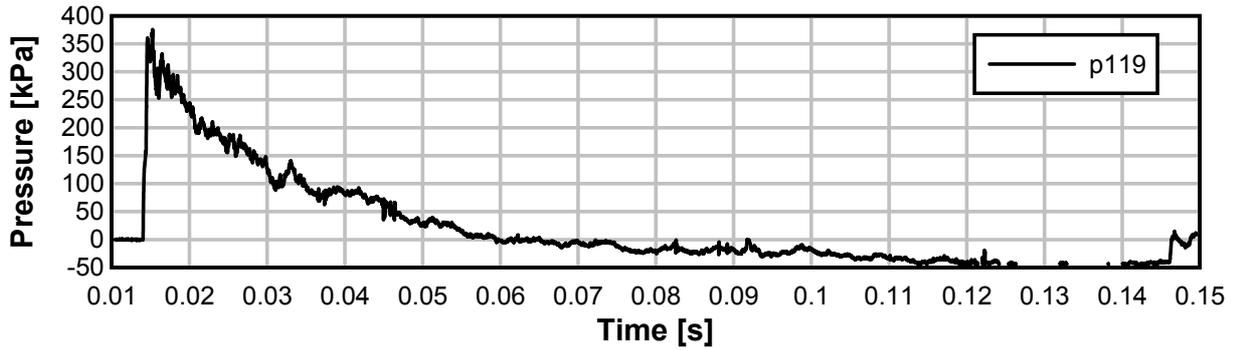
TE11_10



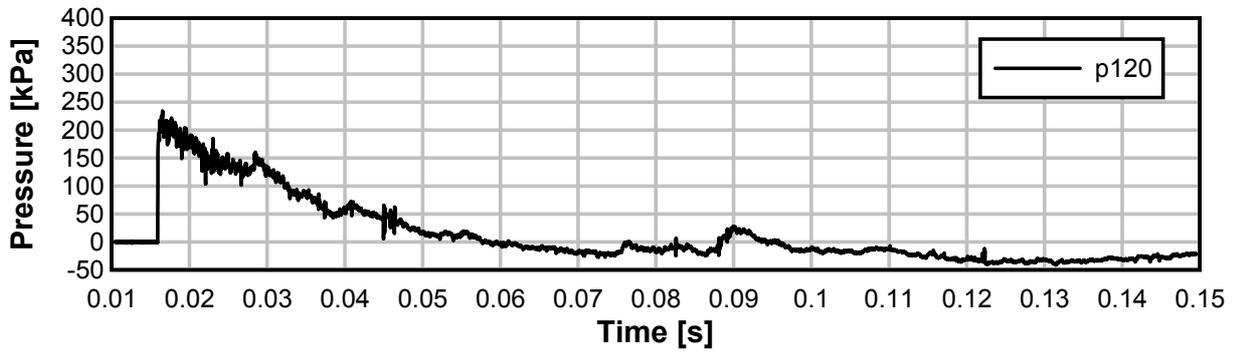
TE11_10



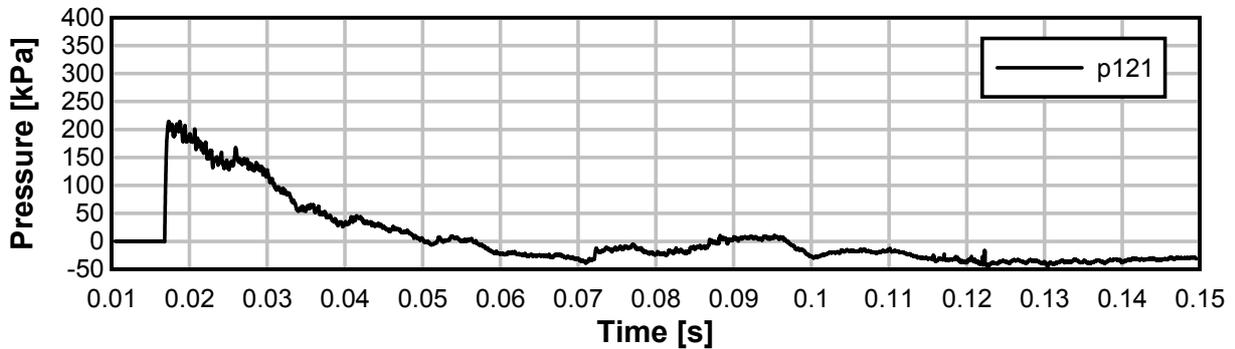
TE11_10



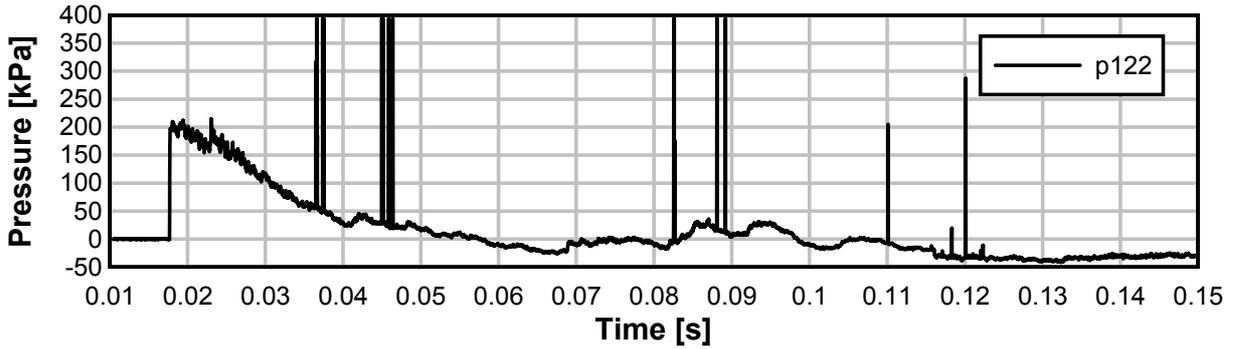
TE11_10



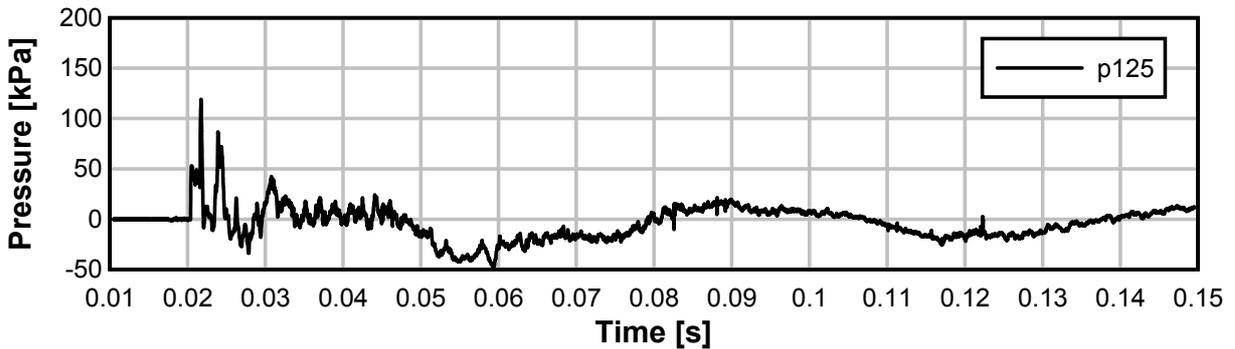
TE11_10



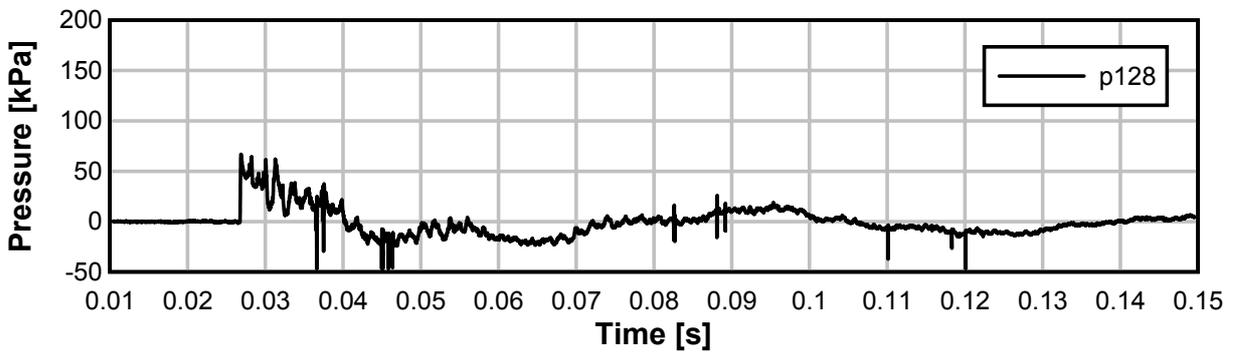
TE11_10



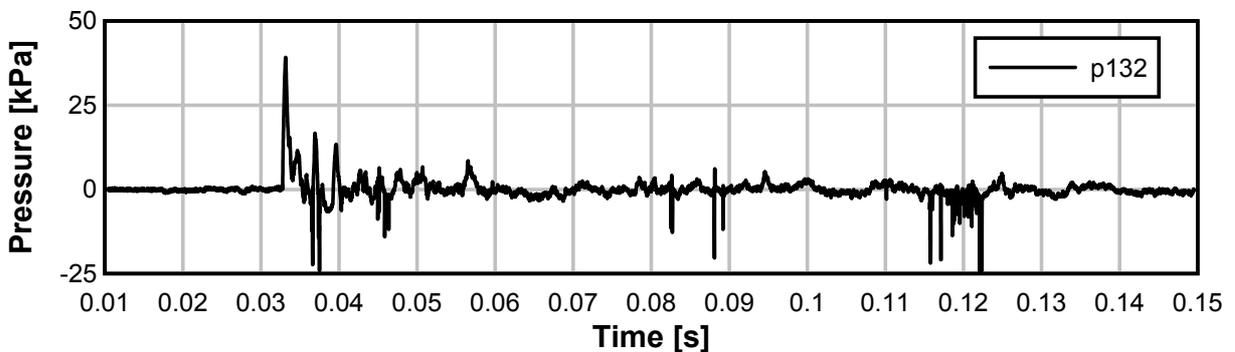
TE11_10



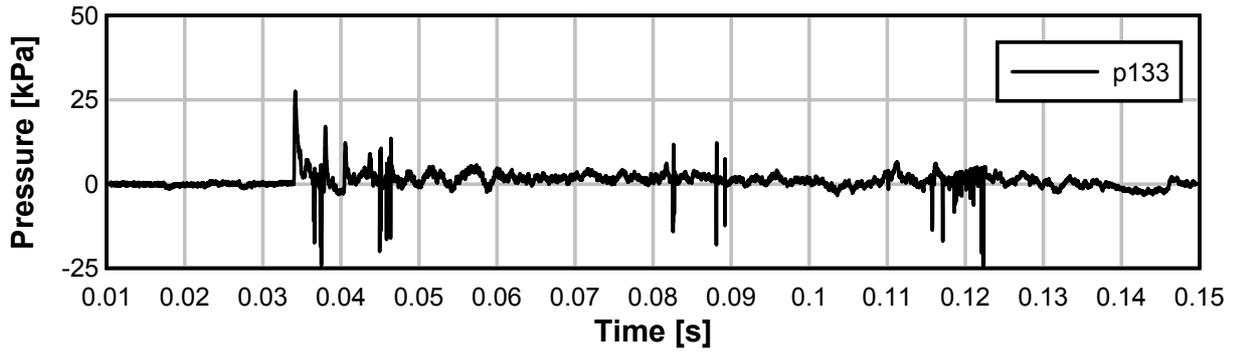
TE11_10



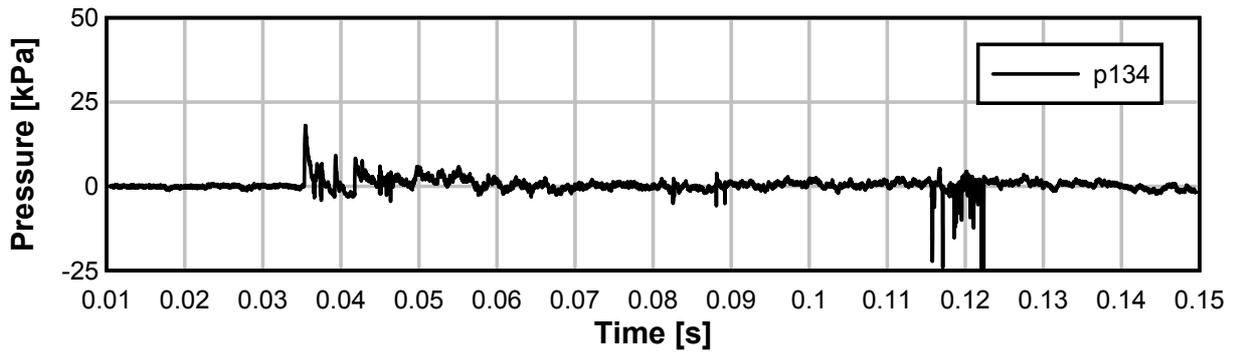
TE11_10



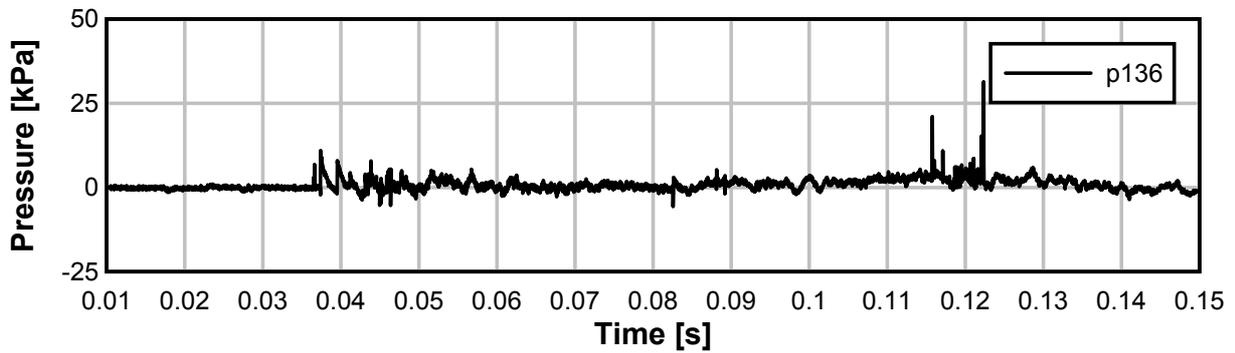
TE11_10



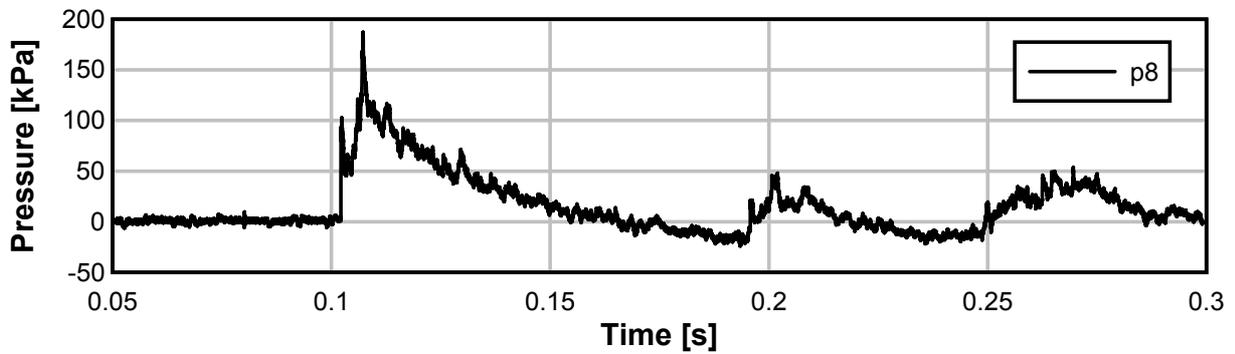
TE11_10



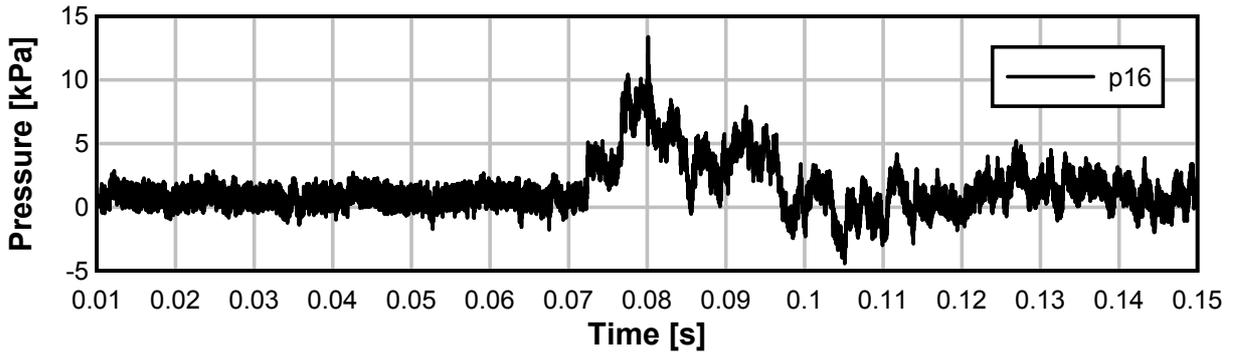
TE11_10



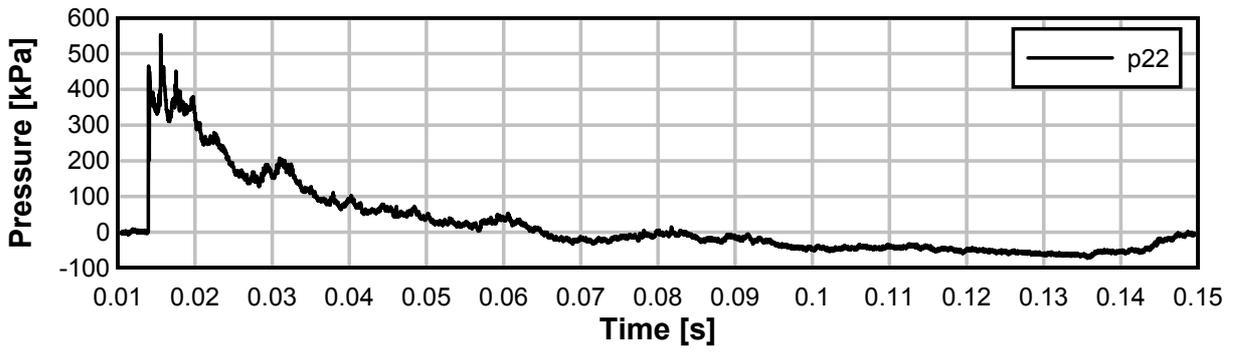
TE11_10



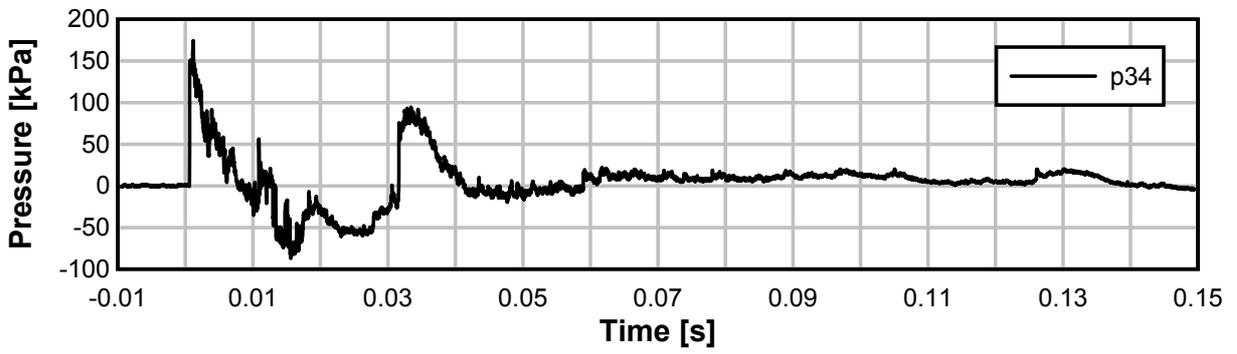
TE11_10



TE11_10

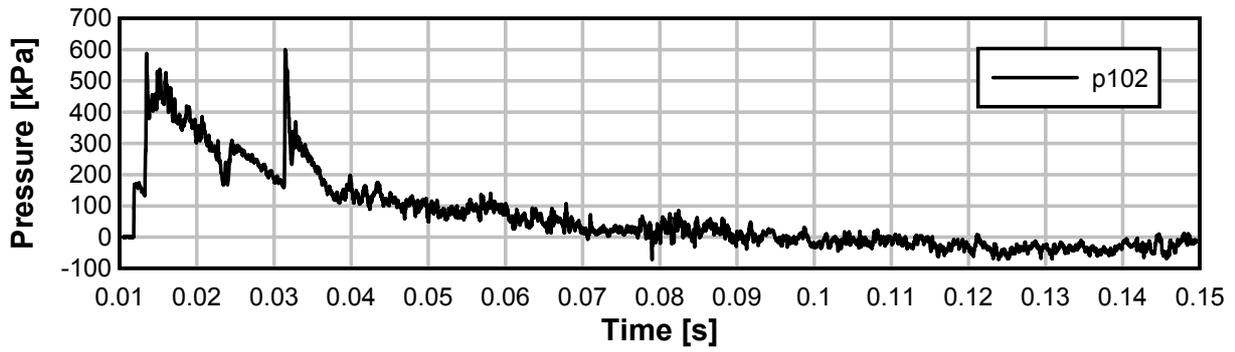


TE11_10

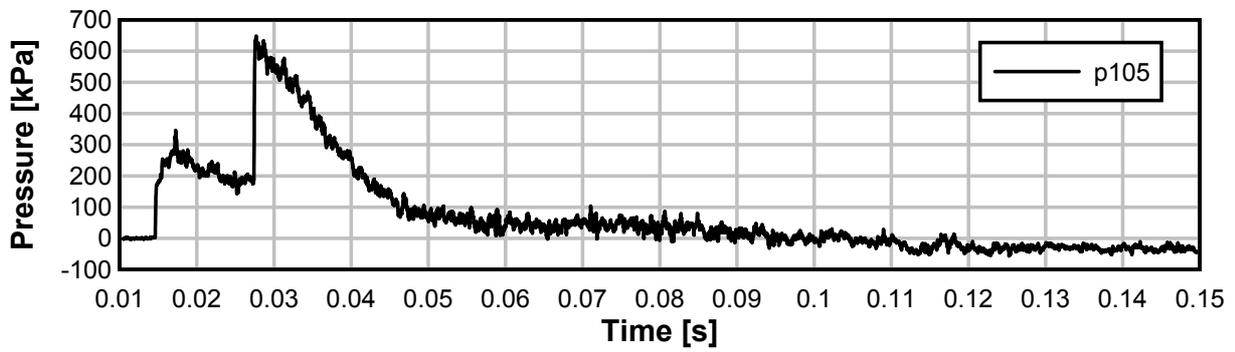


Test 12: avstånd 10 m, 625 kg Anolit – Raka övergångar

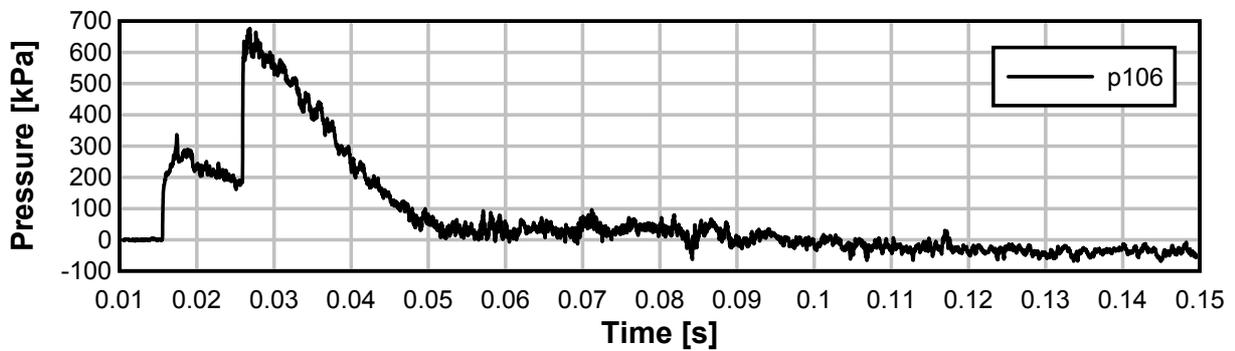
TE11_12



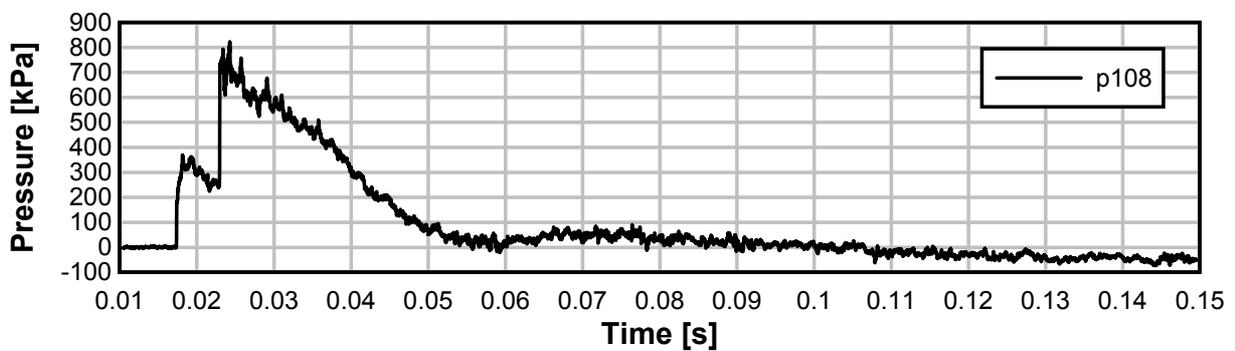
TE11_12



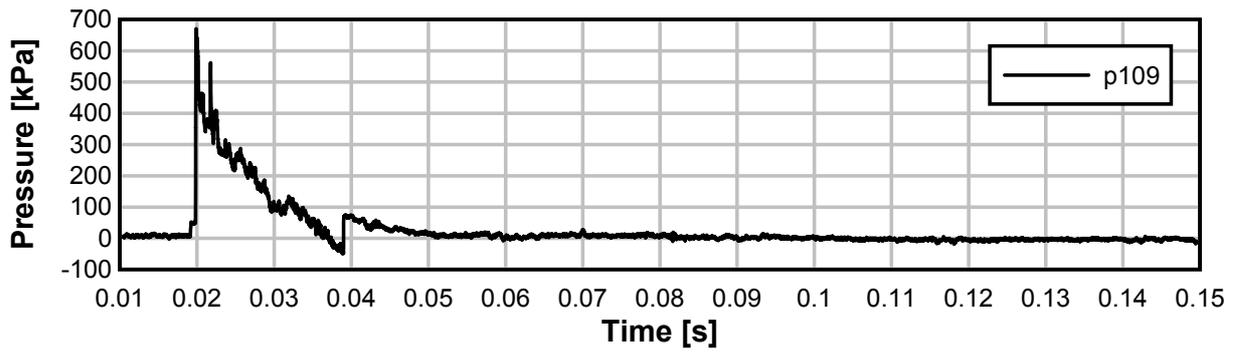
TE11_12



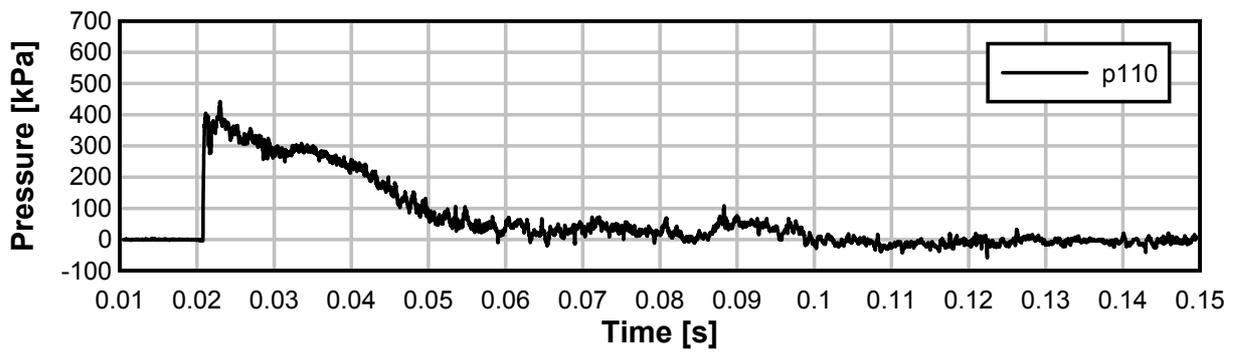
TE11_12



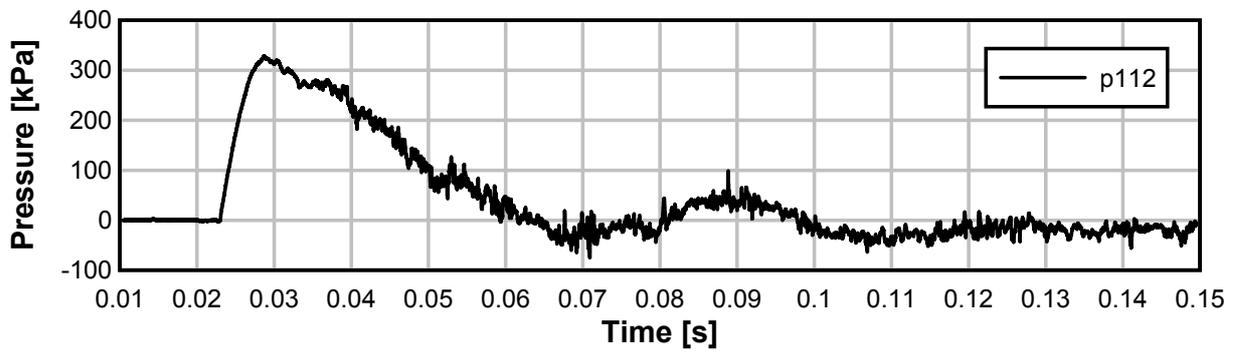
TE11_12



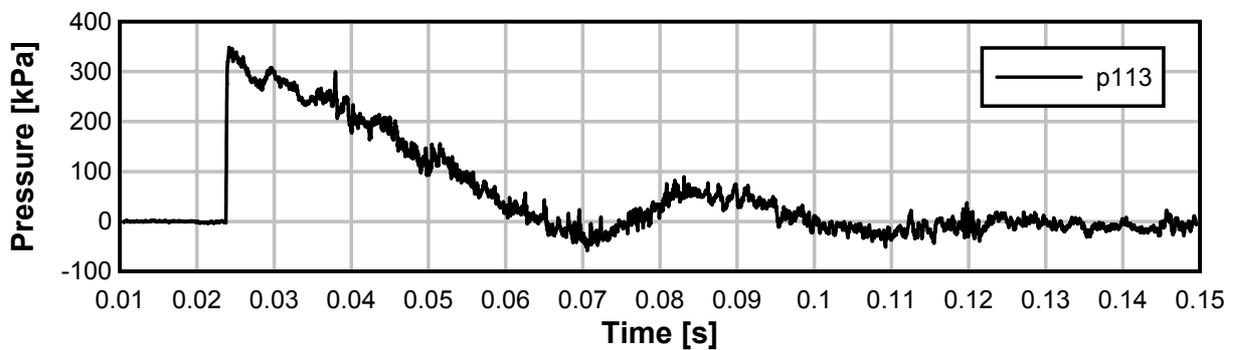
TE11_12



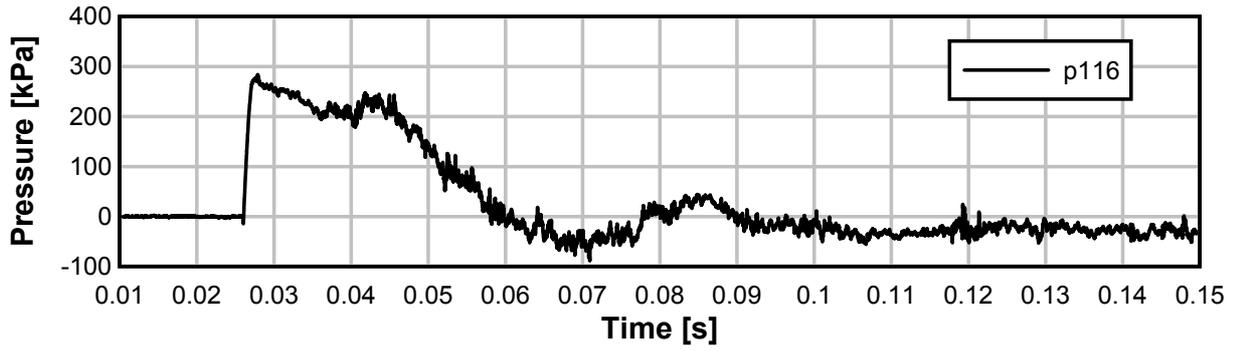
TE11_12



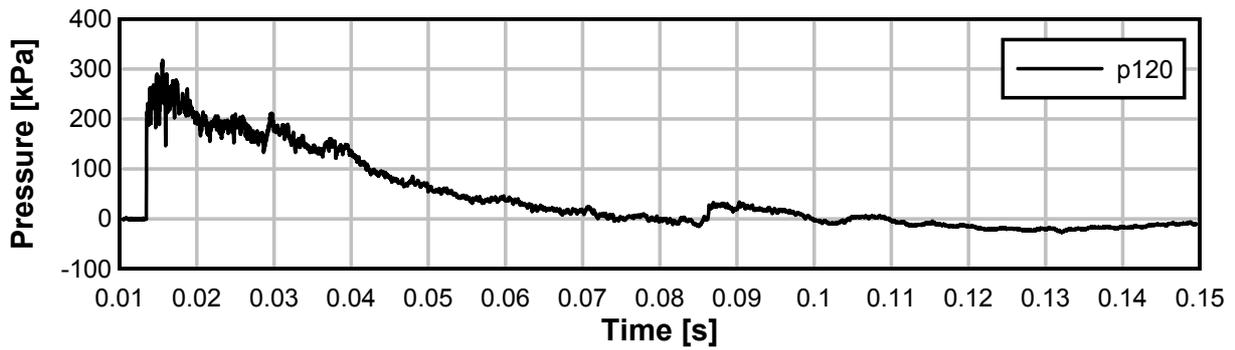
TE11_12



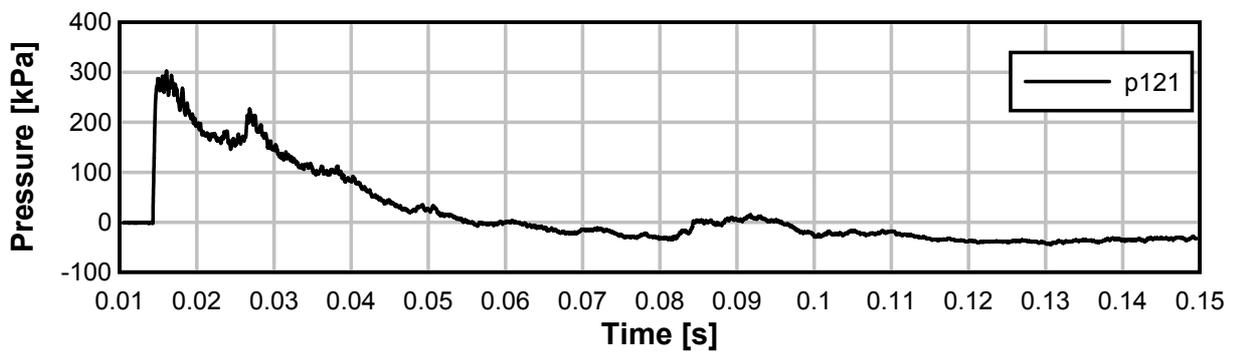
TE11_12



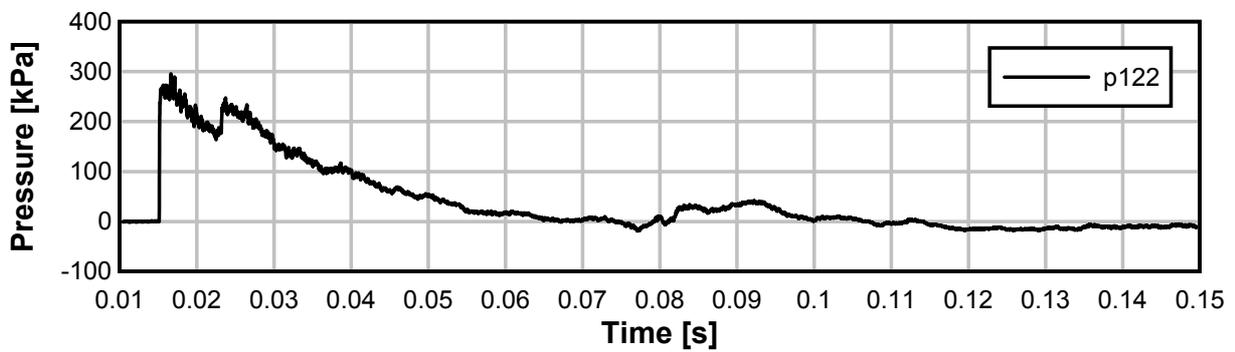
TE11_12



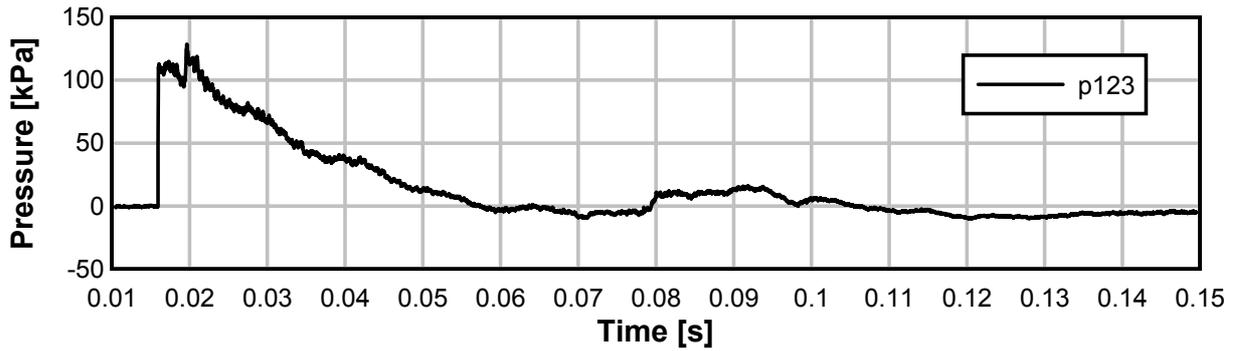
TE11_12



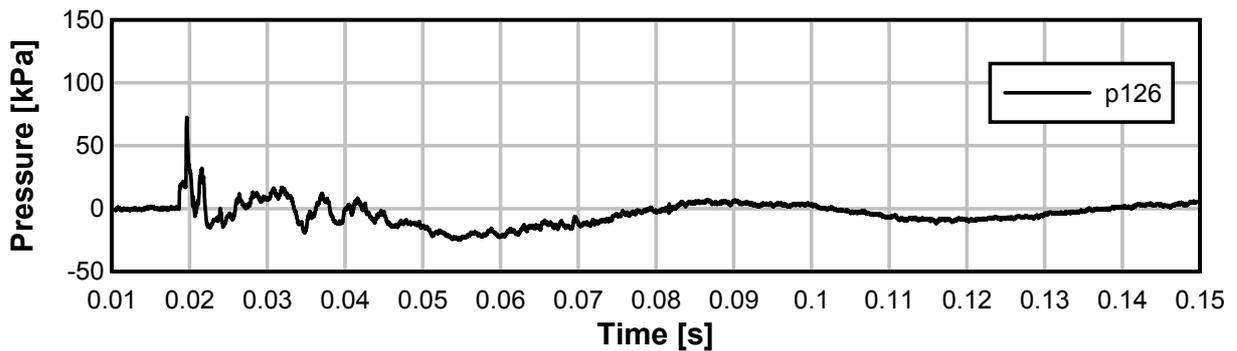
TE11_12



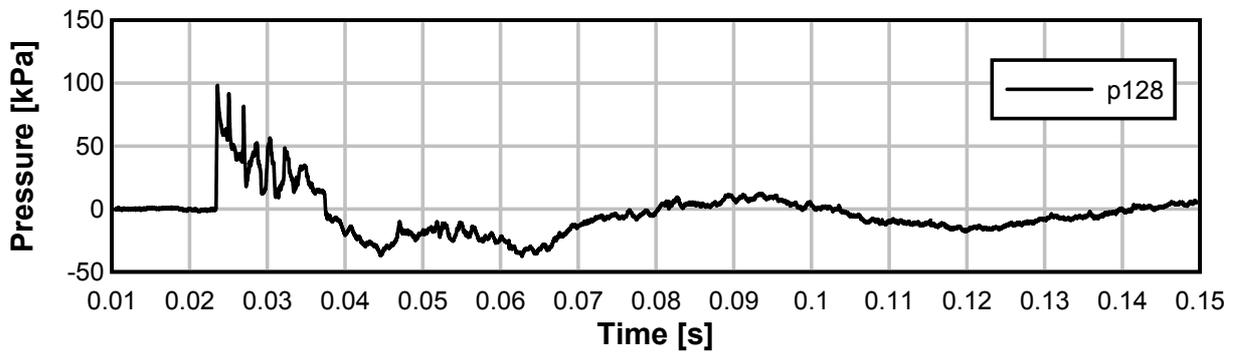
TE11_12



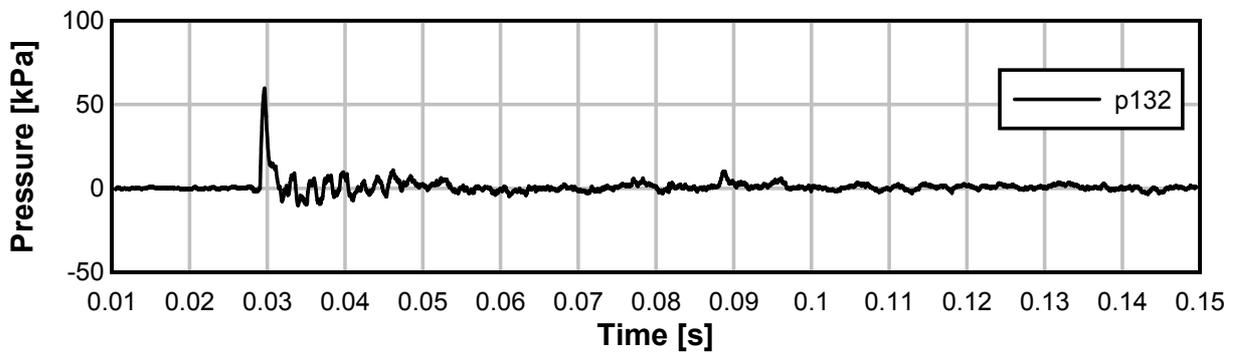
TE11_12



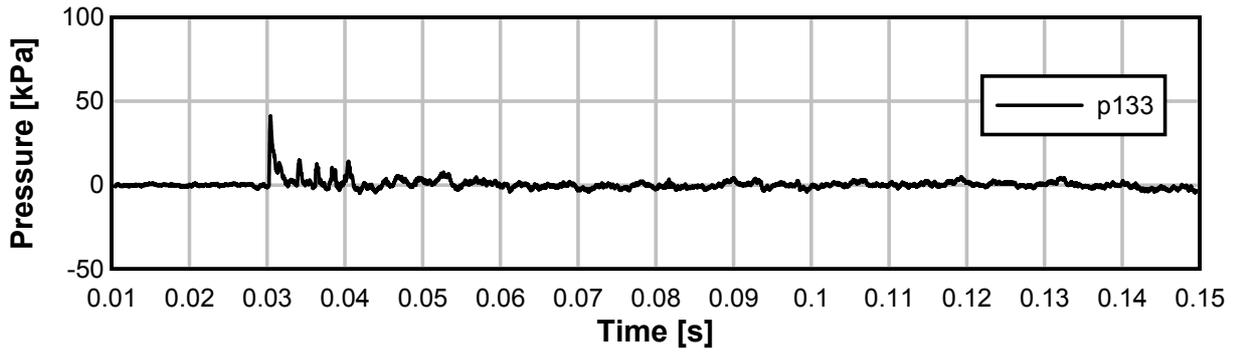
TE11_12



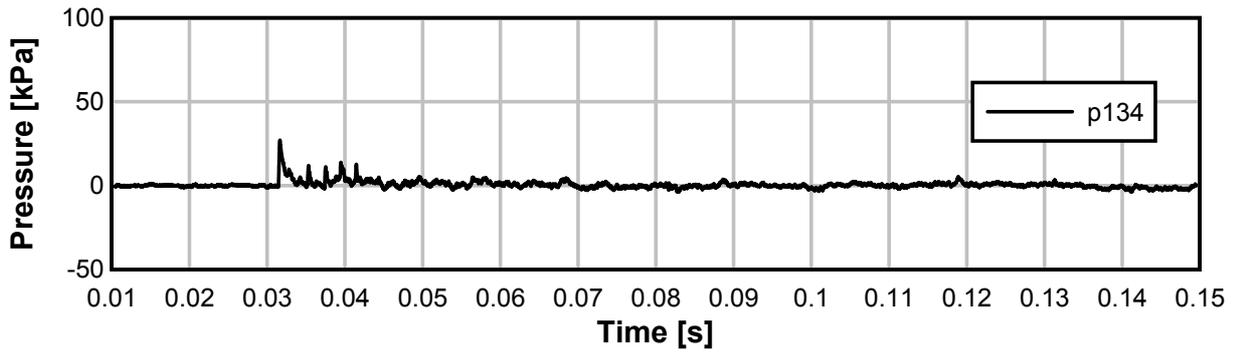
TE11_12



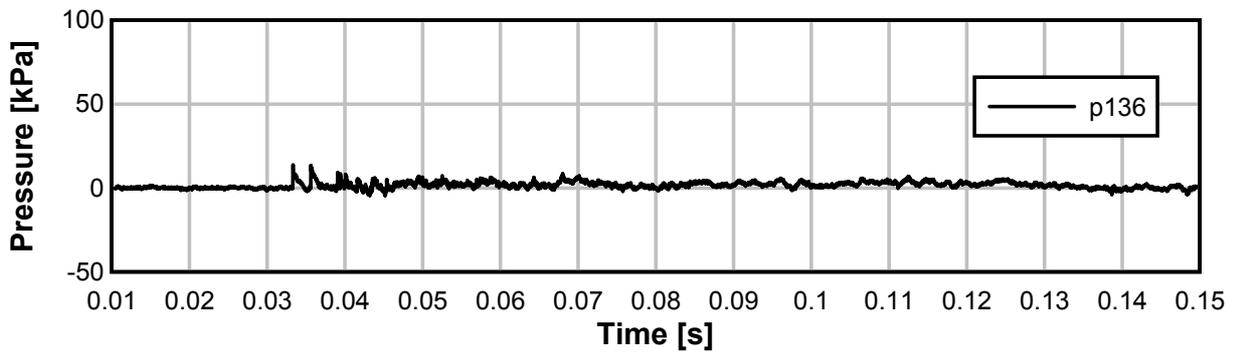
TE11_12



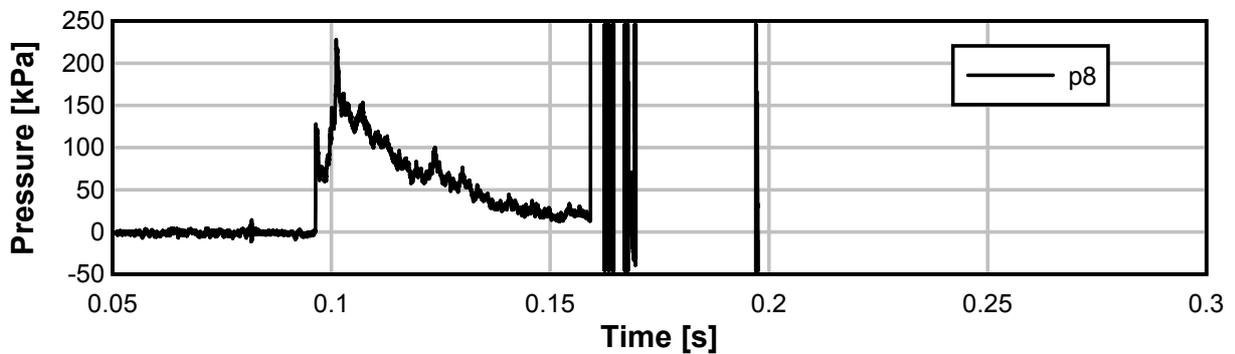
TE11_12



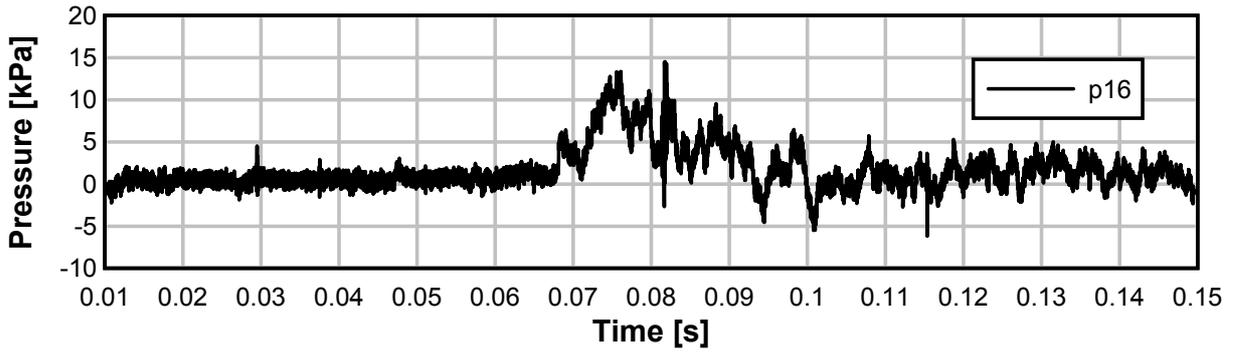
TE11_12



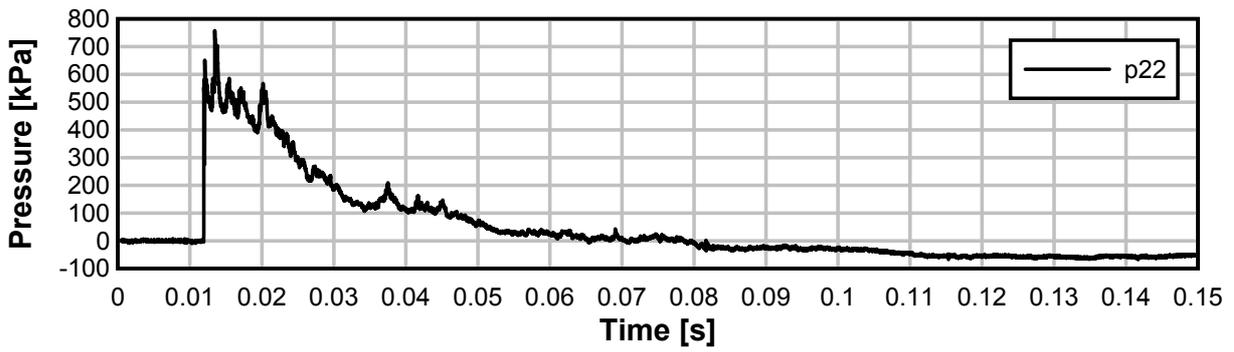
TE11_12



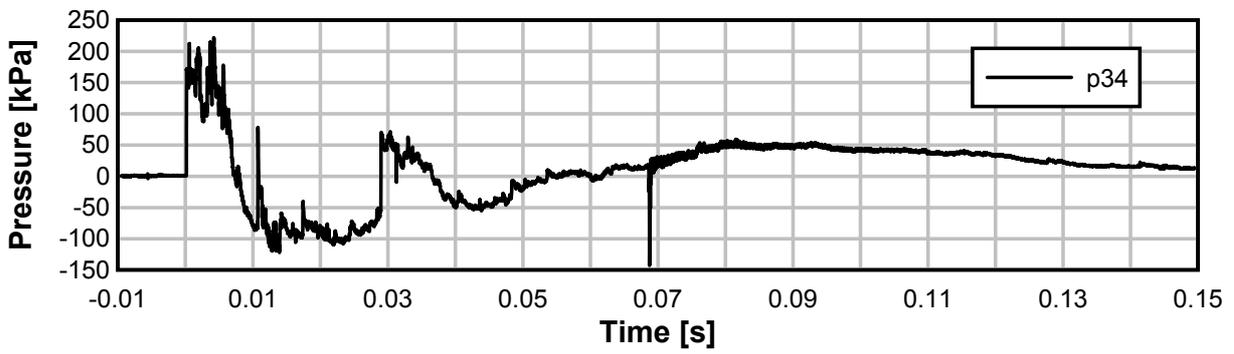
TE11_12



TE11_12

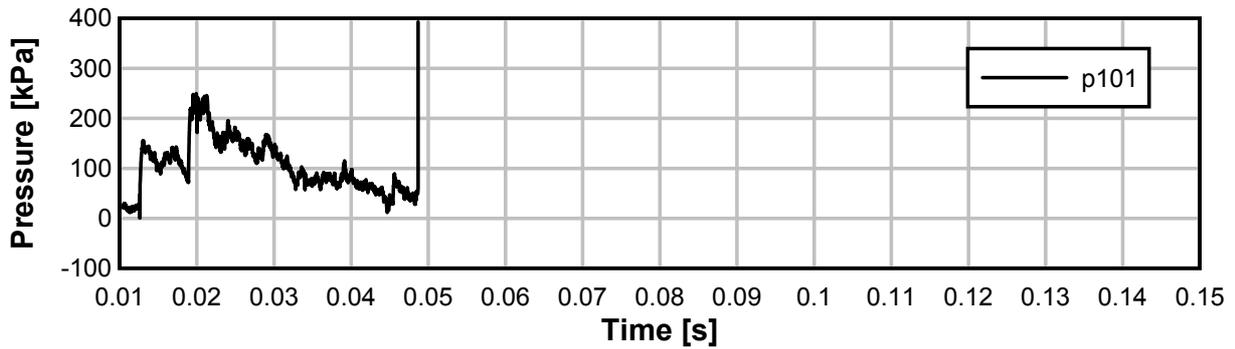


TE11_12

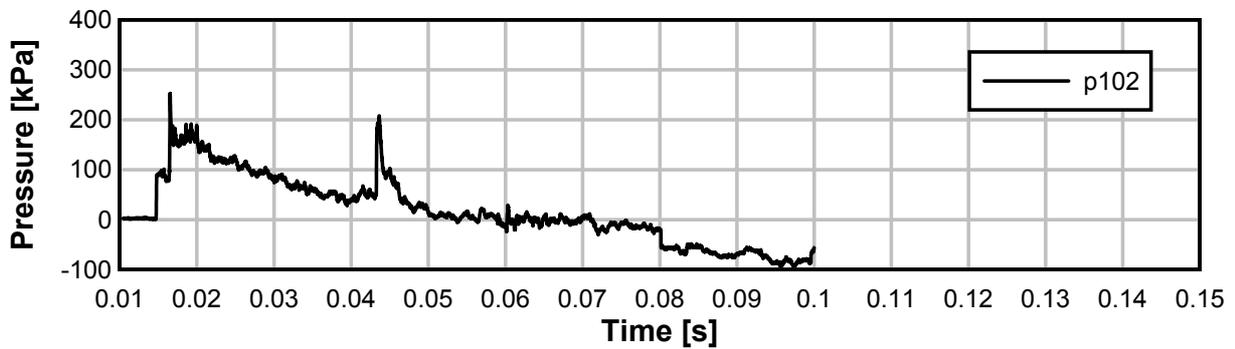


Test 13: avstånd 5 m, 125 kg Anolit - Areaminskning

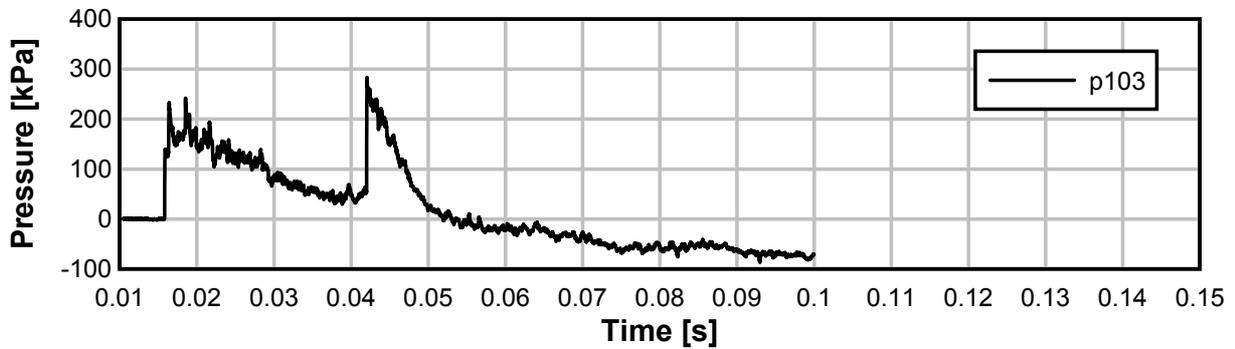
TE11_13



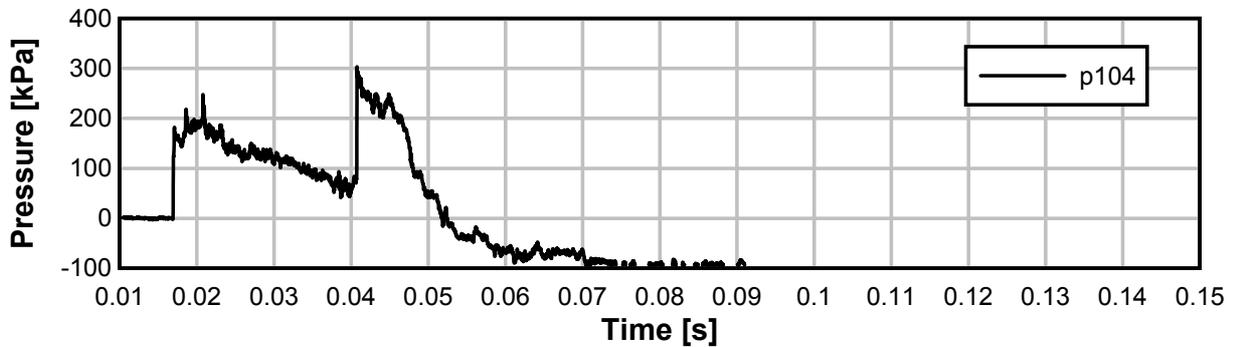
TE11_13



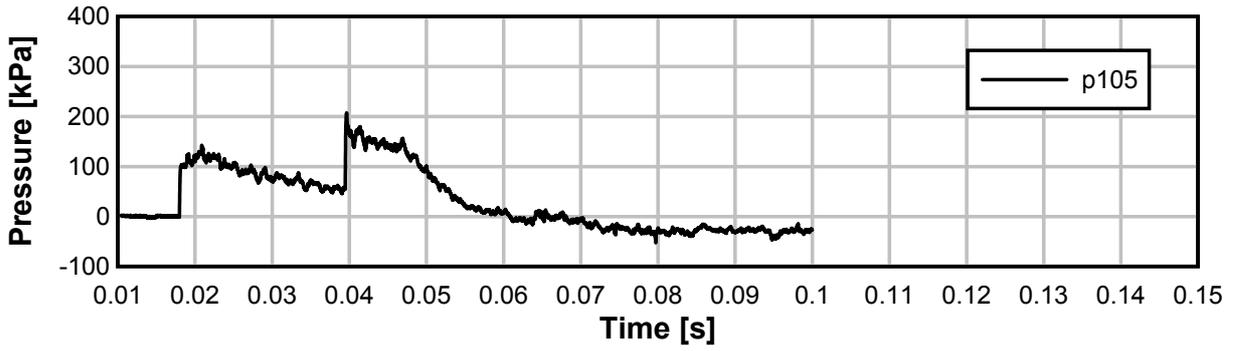
TE11_13



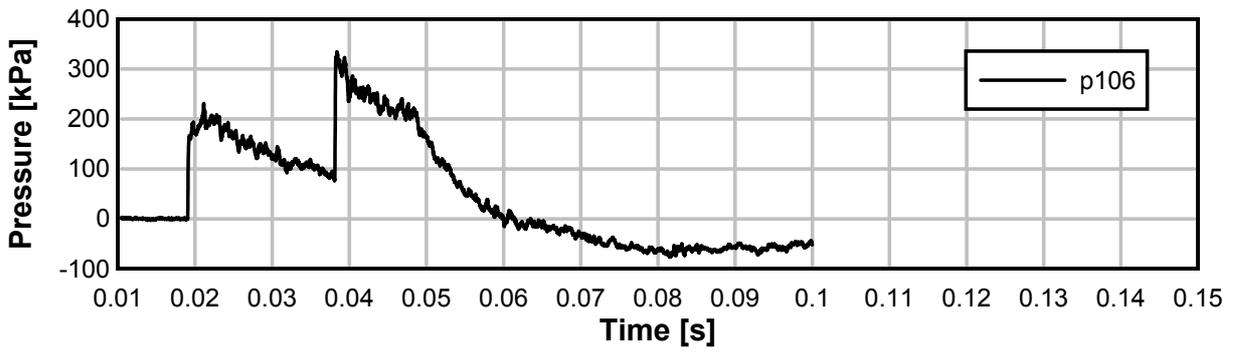
TE11_13



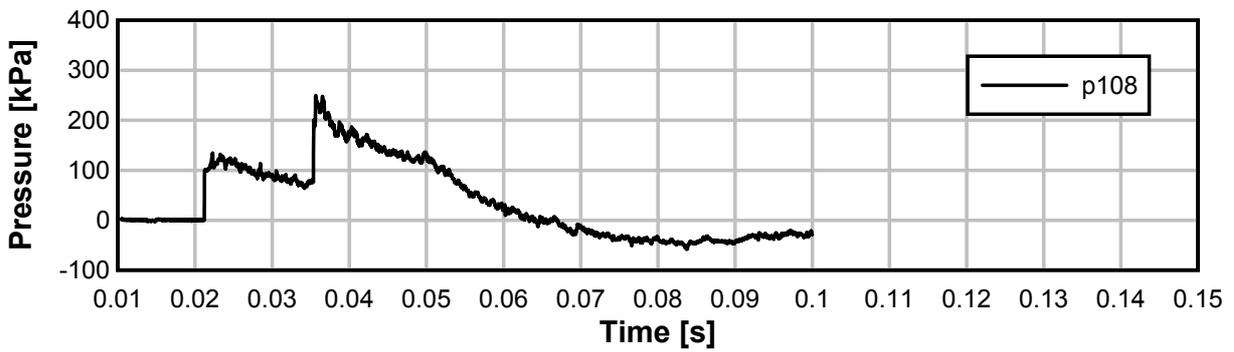
TE11_13



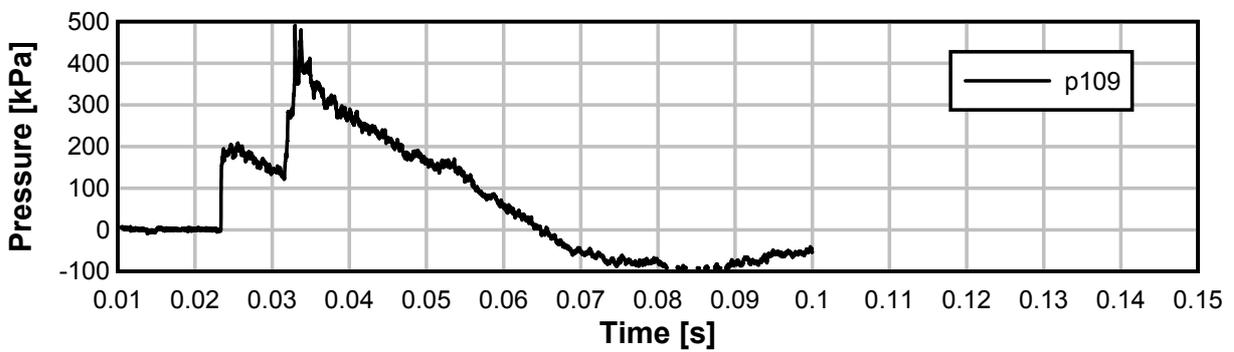
TE11_13



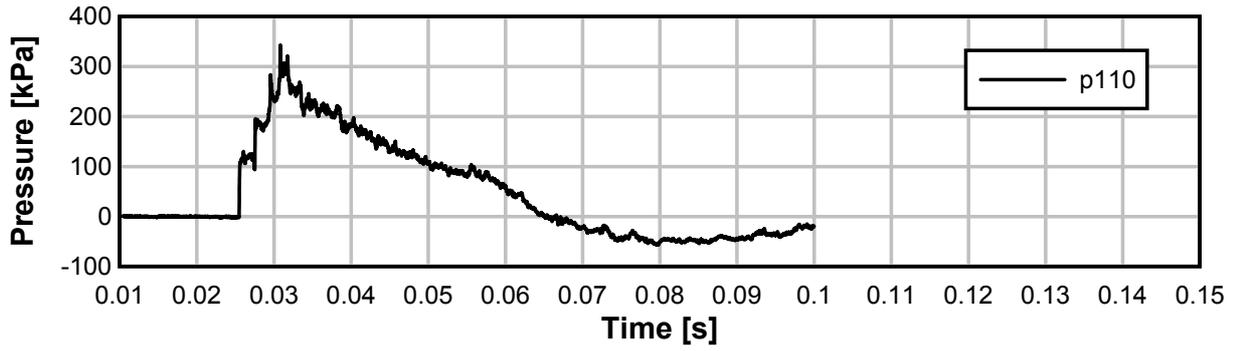
TE11_13



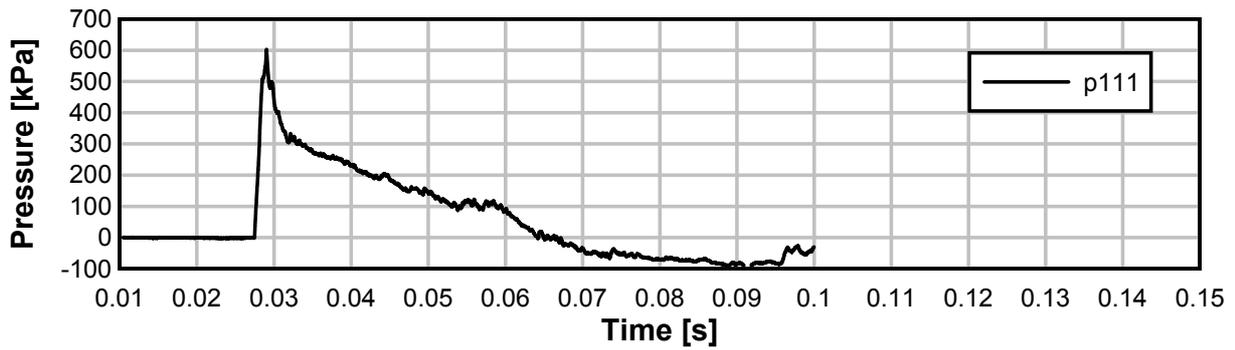
TE11_13



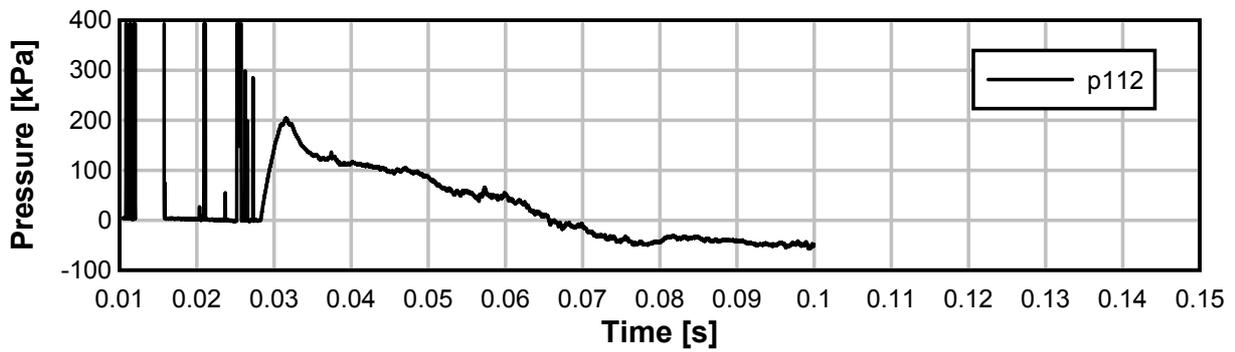
TE11_13



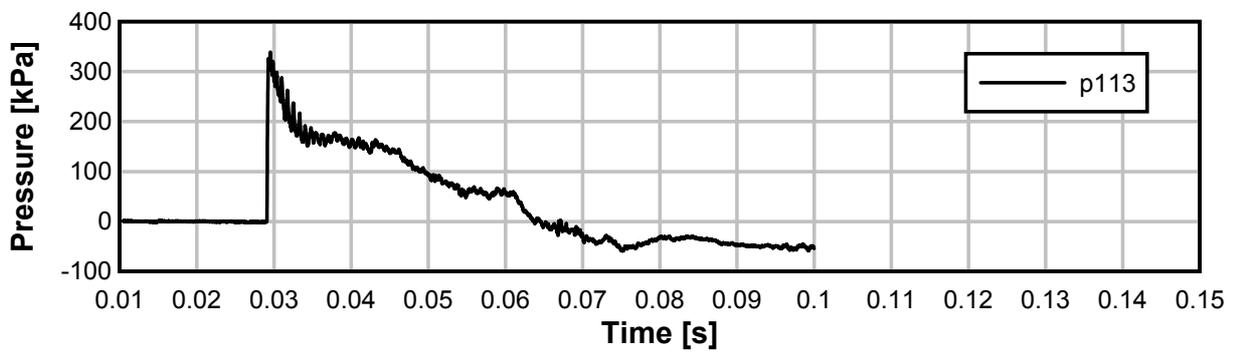
TE11_13



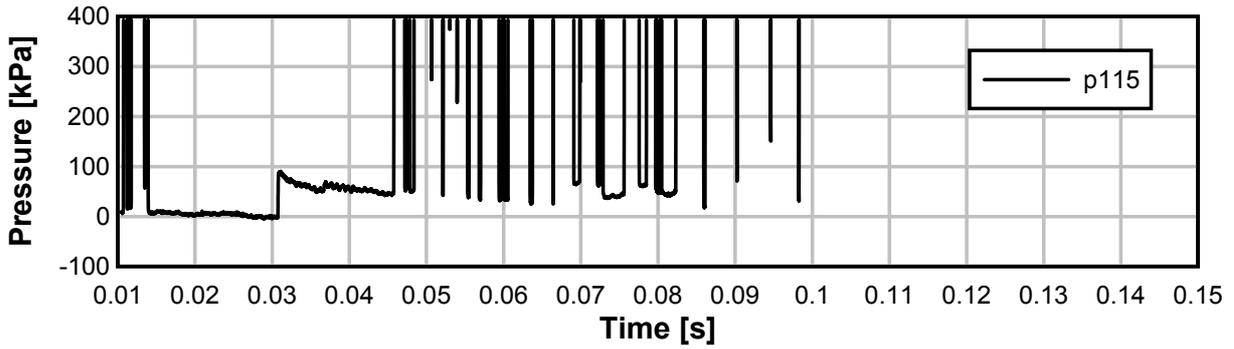
TE11_13



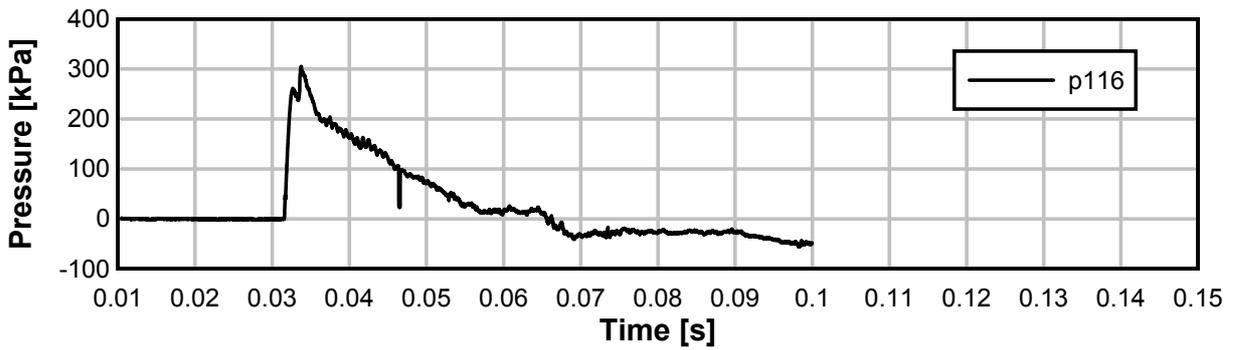
TE11_13



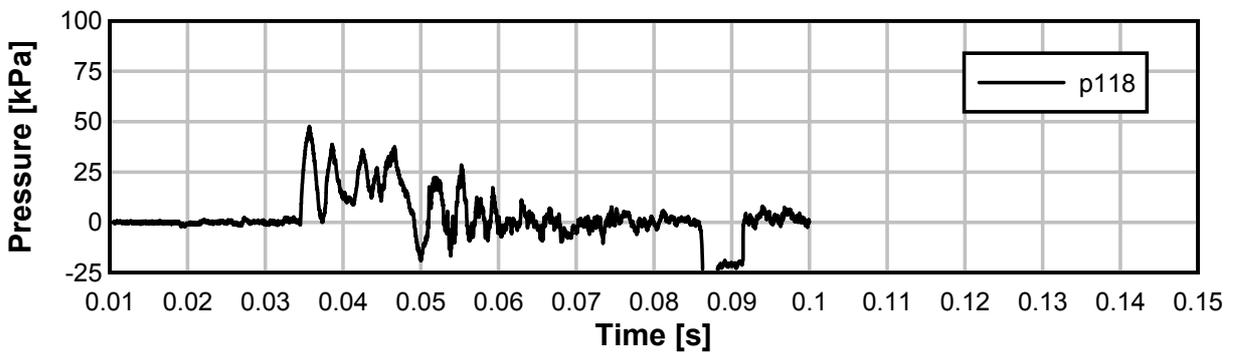
TE11_13



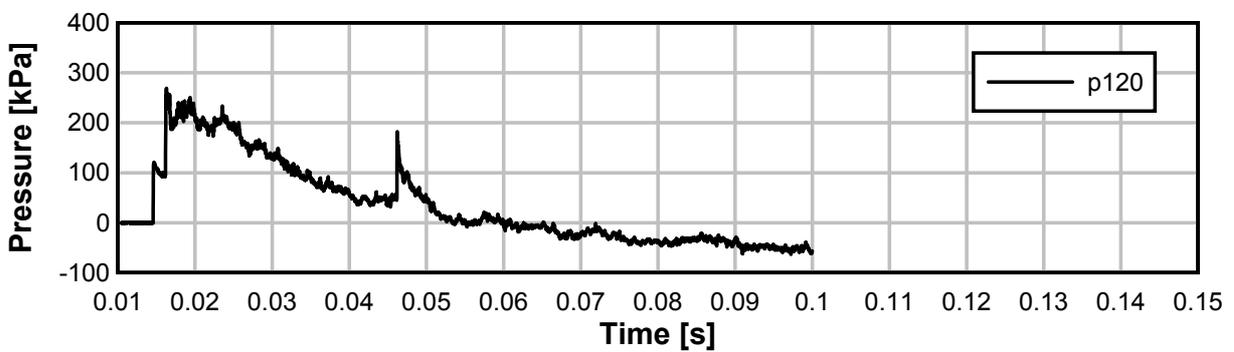
TE11_13



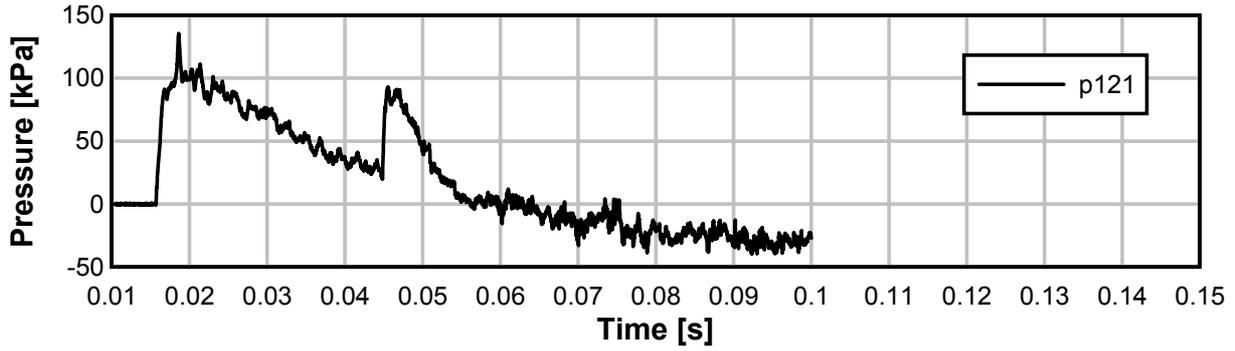
TE11_13



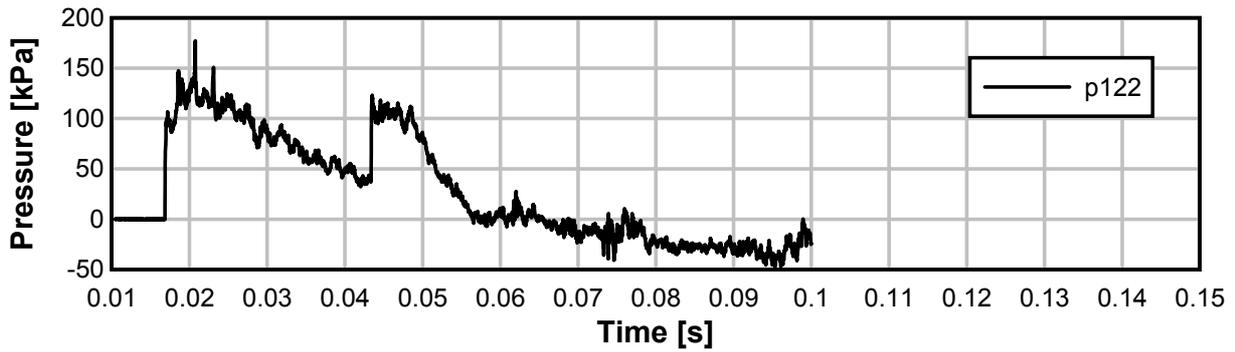
TE11_13



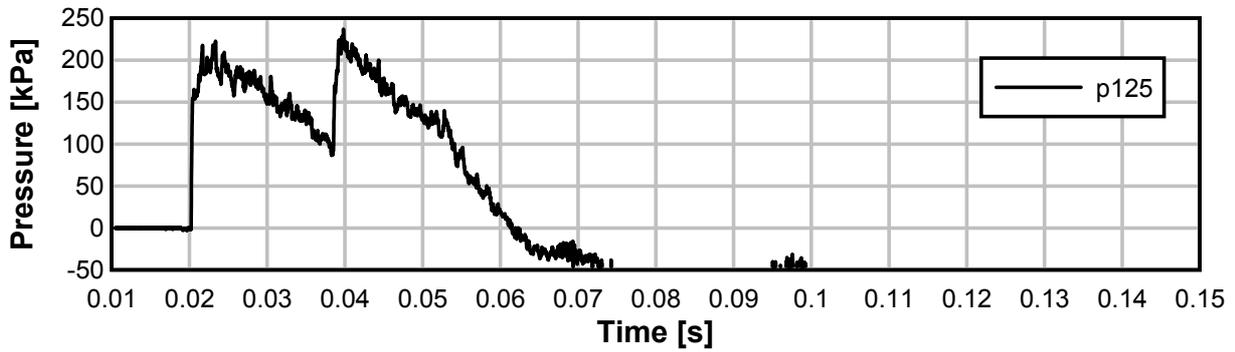
TE11_13



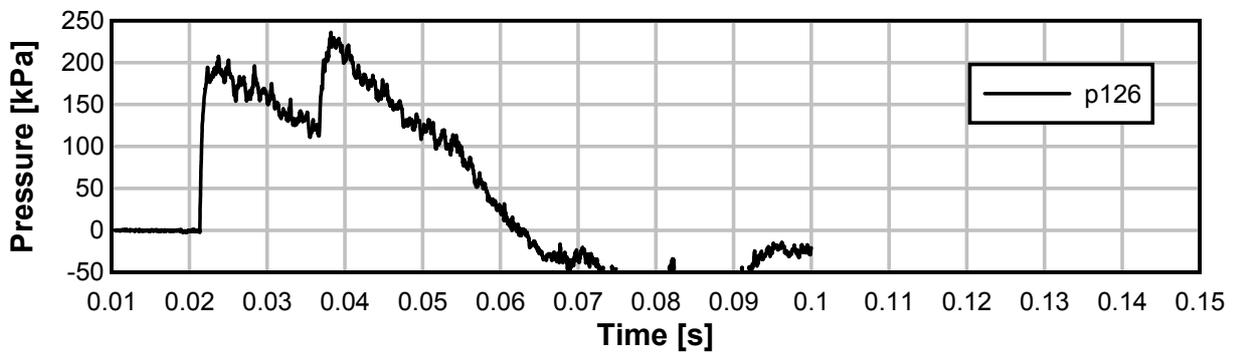
TE11_13



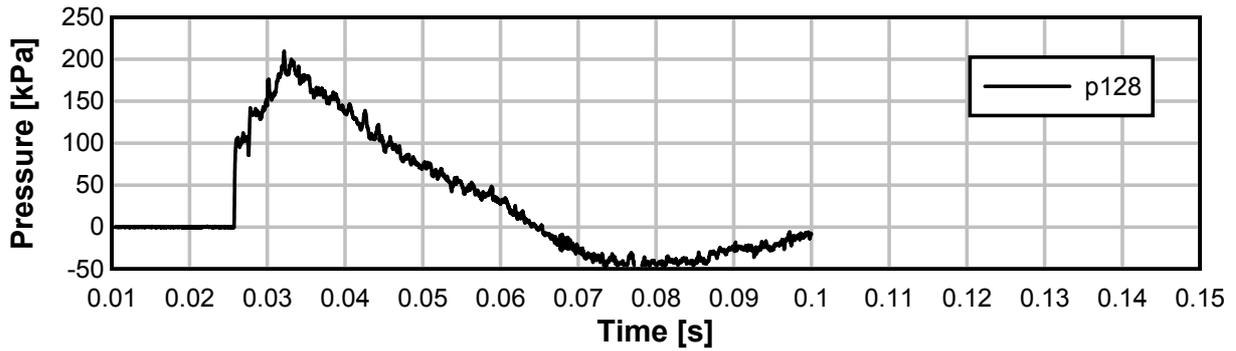
TE11_13



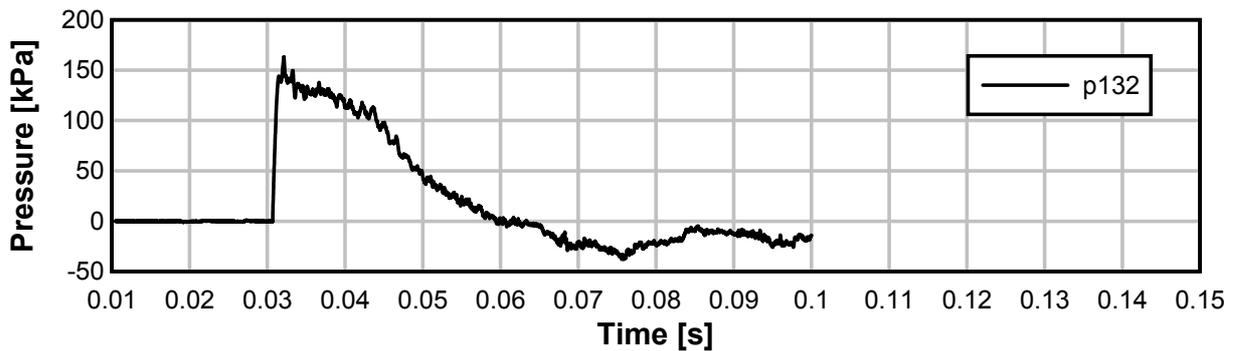
TE11_13



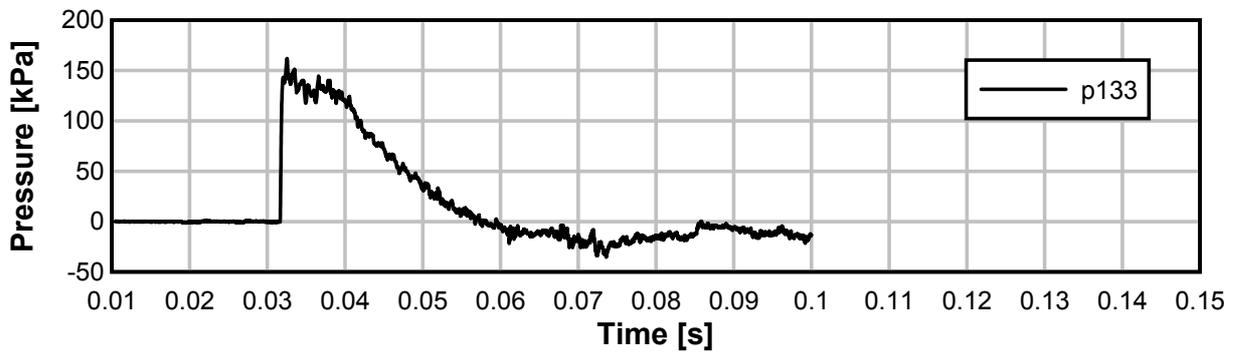
TE11_13



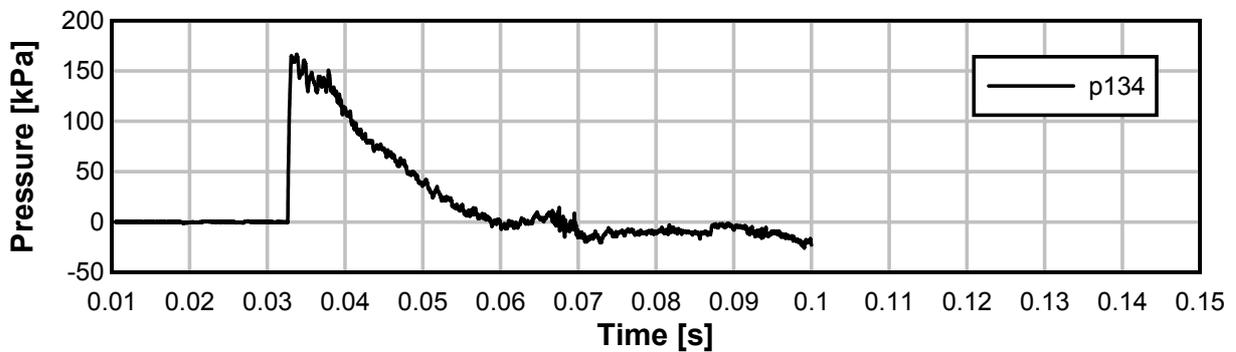
TE11_13



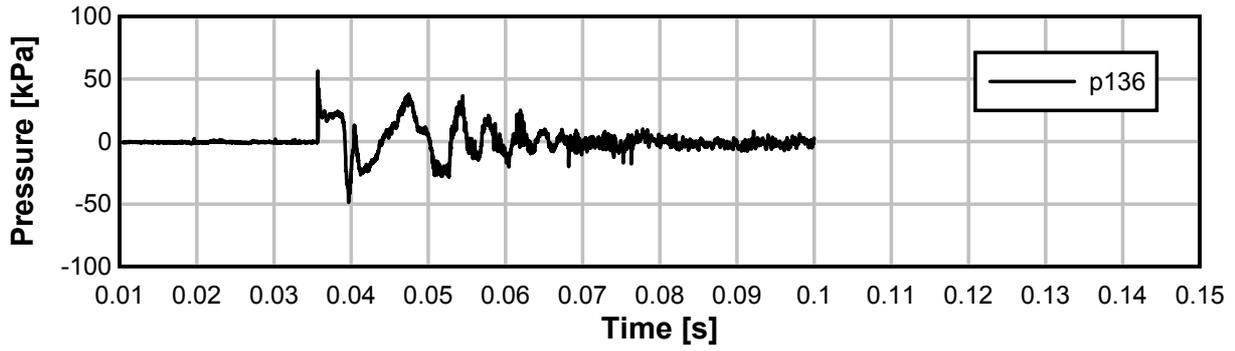
TE11_13



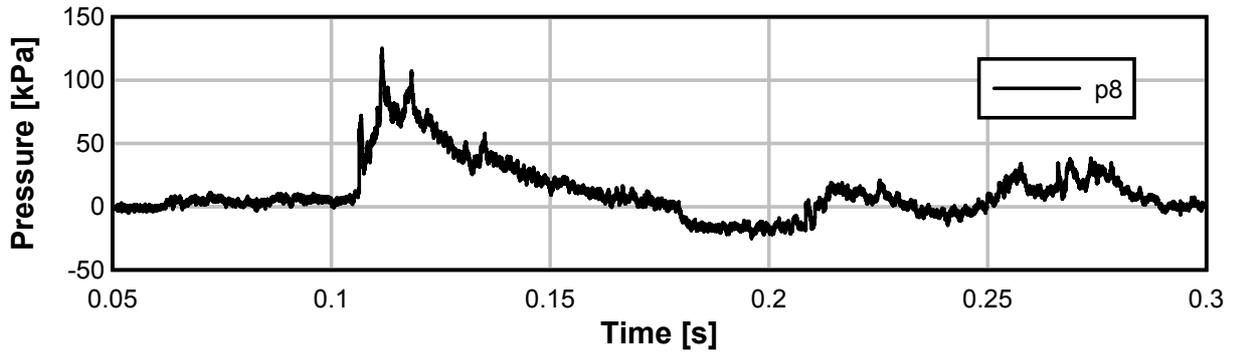
TE11_13



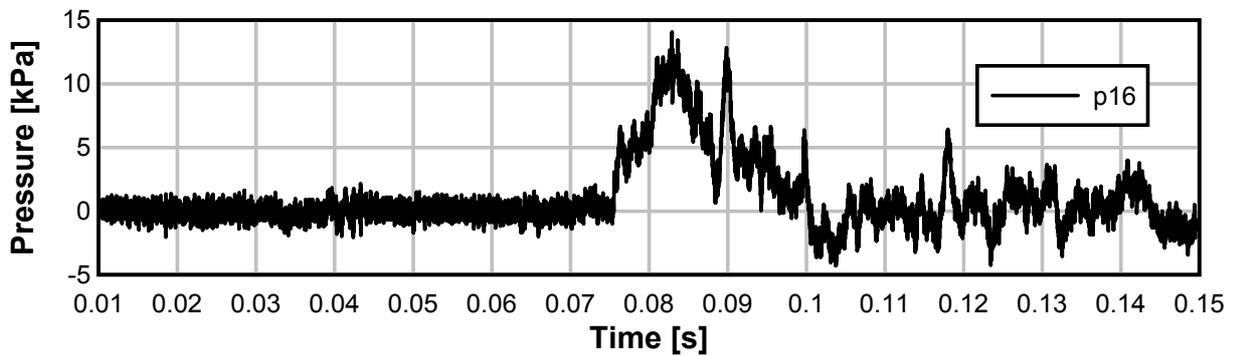
TE11_13



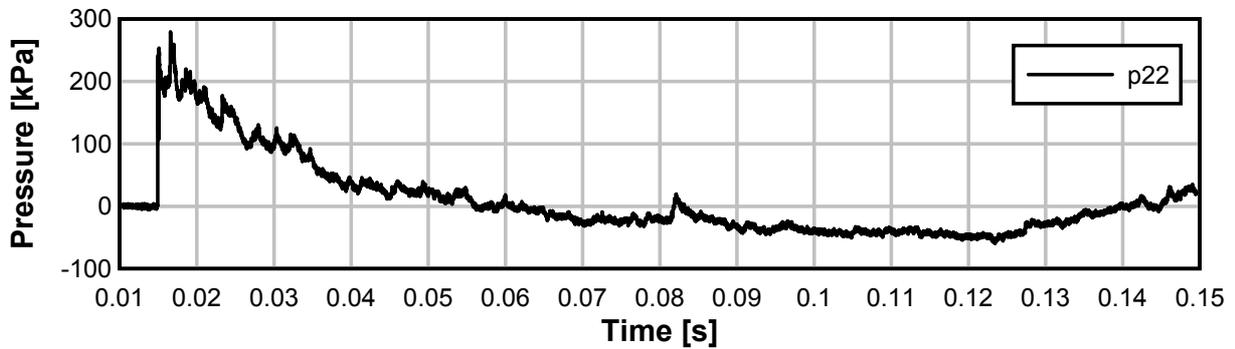
TE11_13



TE11_13

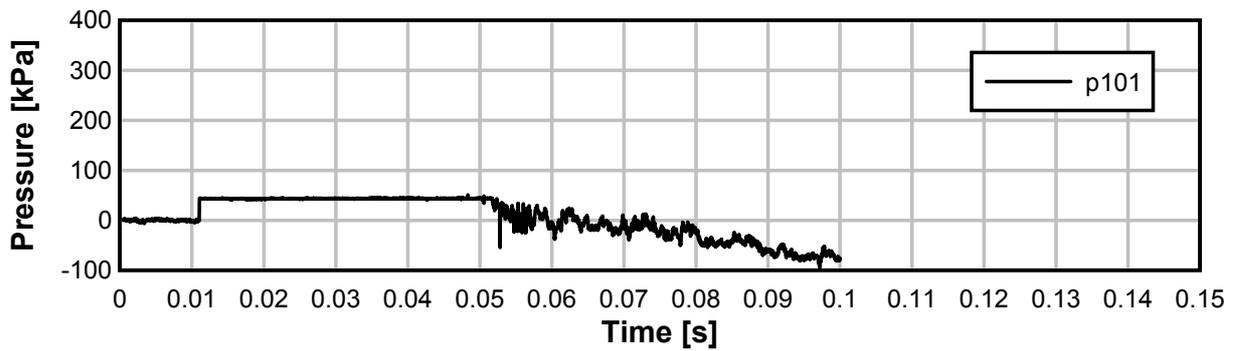


TE11_13

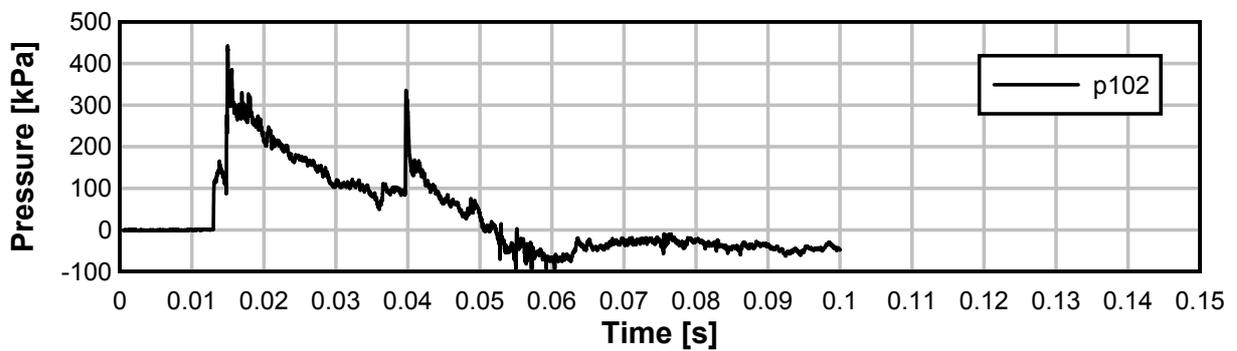


Test 14: avstånd -2 m, 125 kg Anolit - Areaminskning

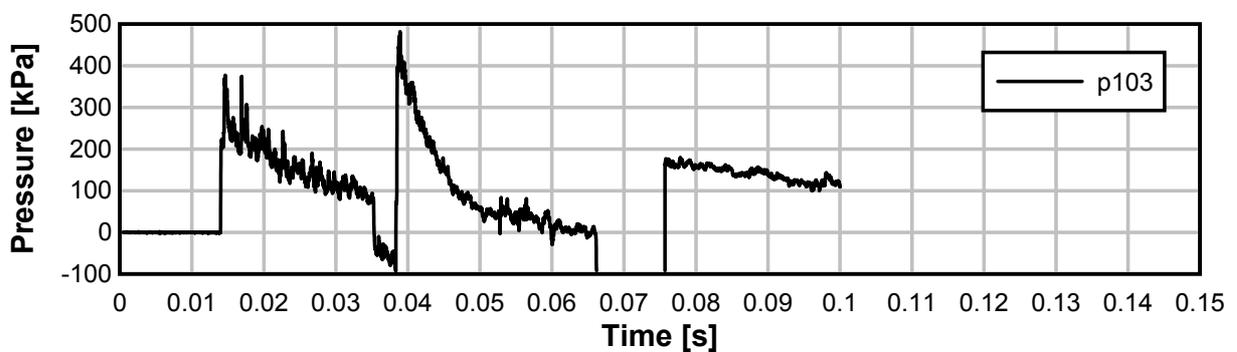
TE11_14



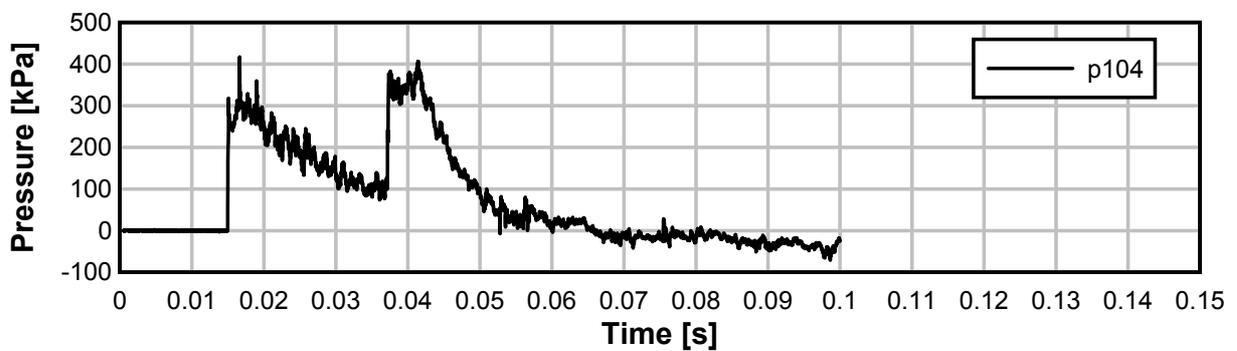
TE11_14



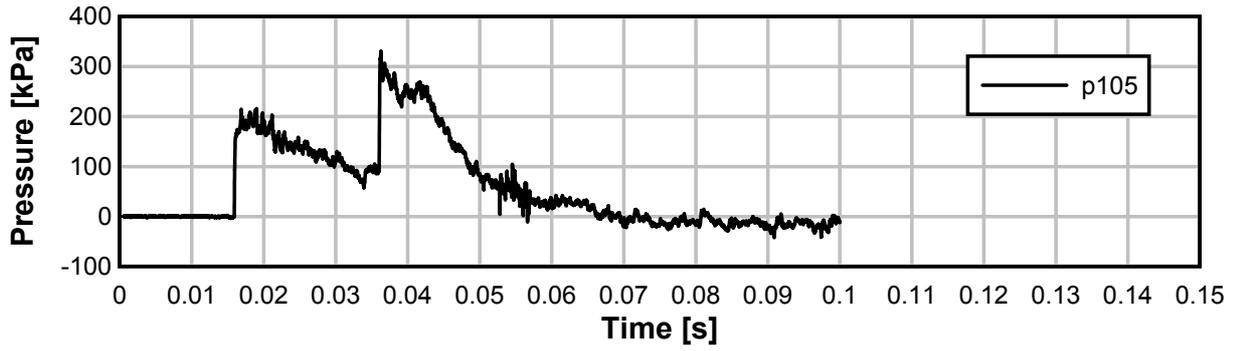
TE11_14



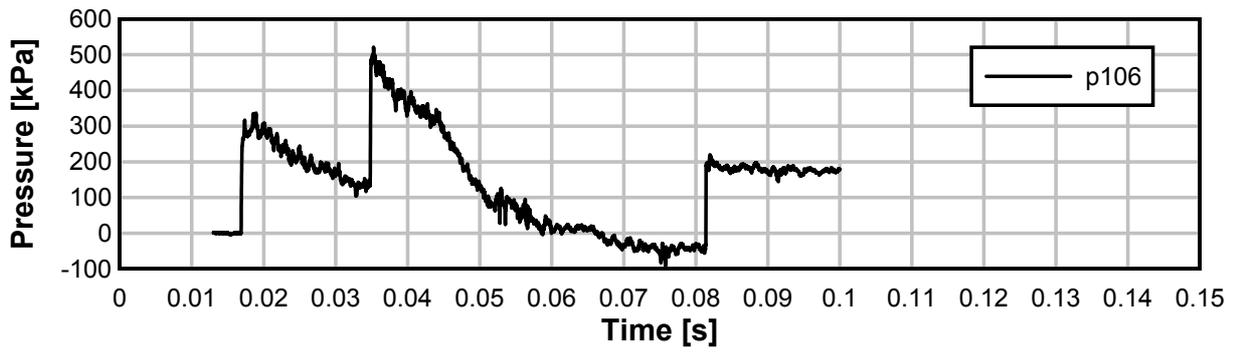
TE11_14



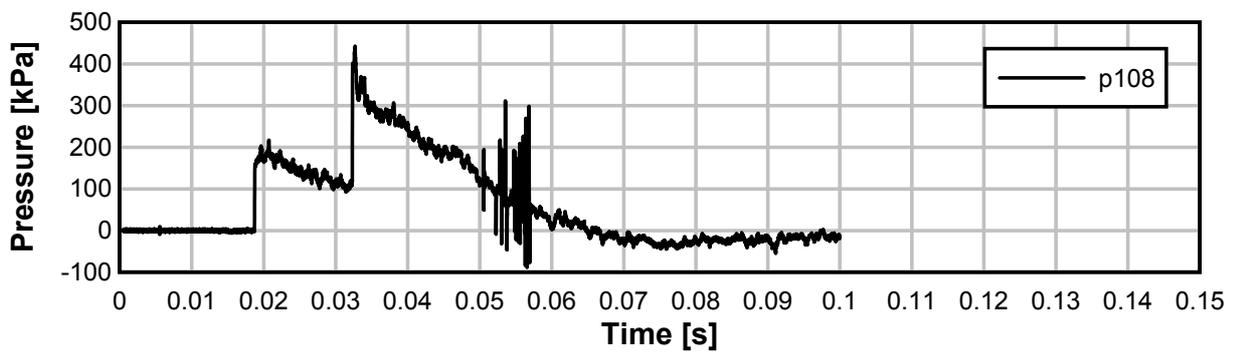
TE11_14



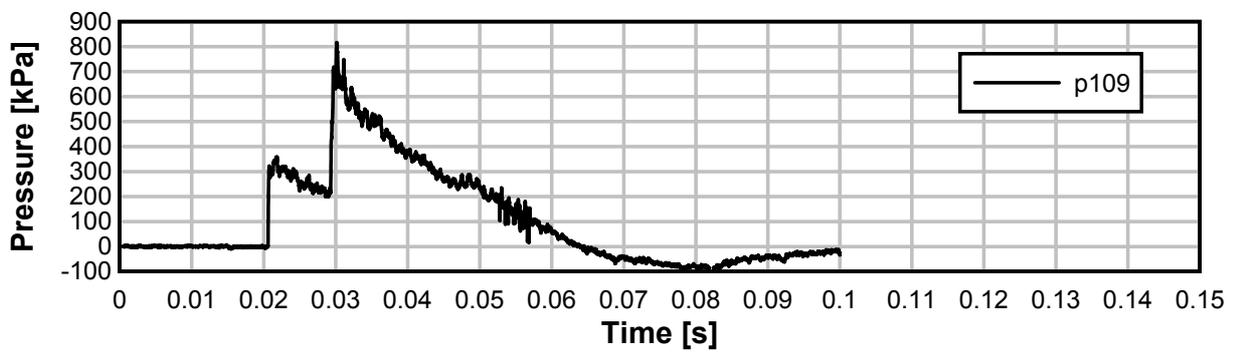
TE11_14



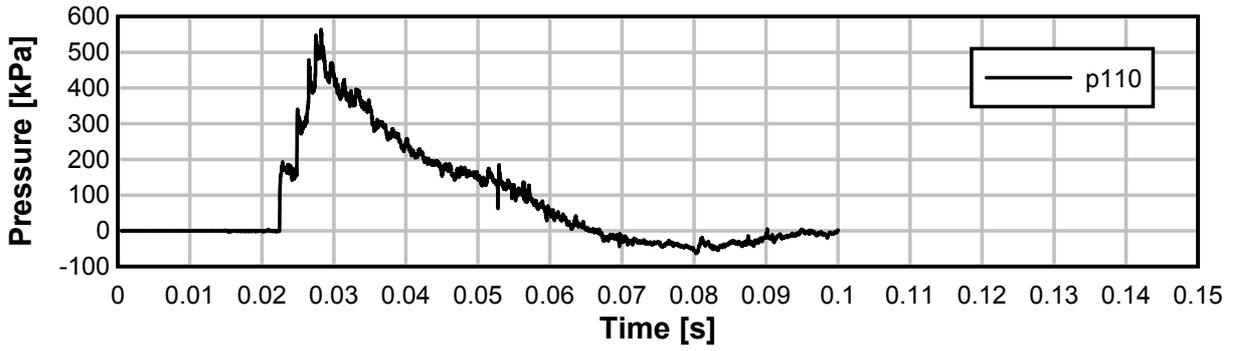
TE11_14



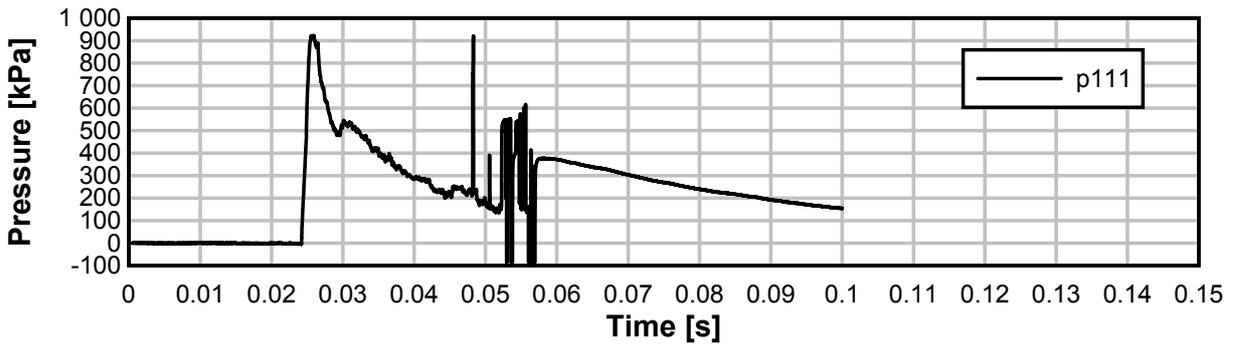
TE11_14



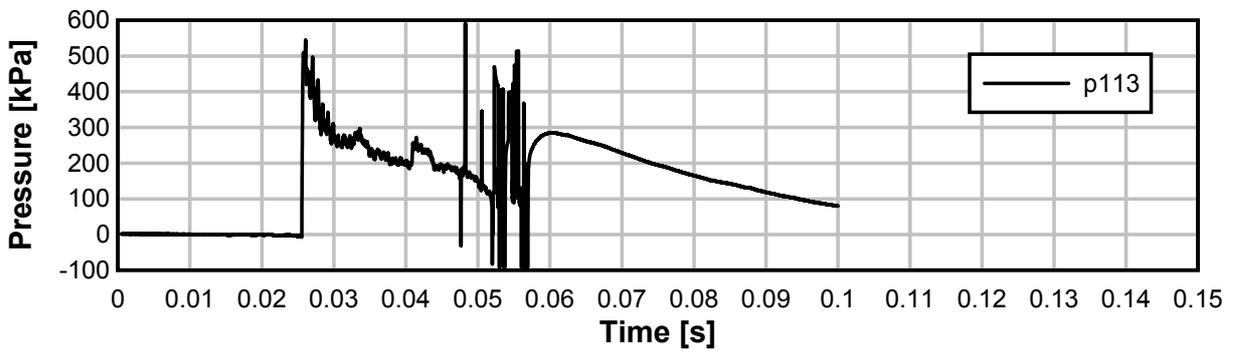
TE11_14



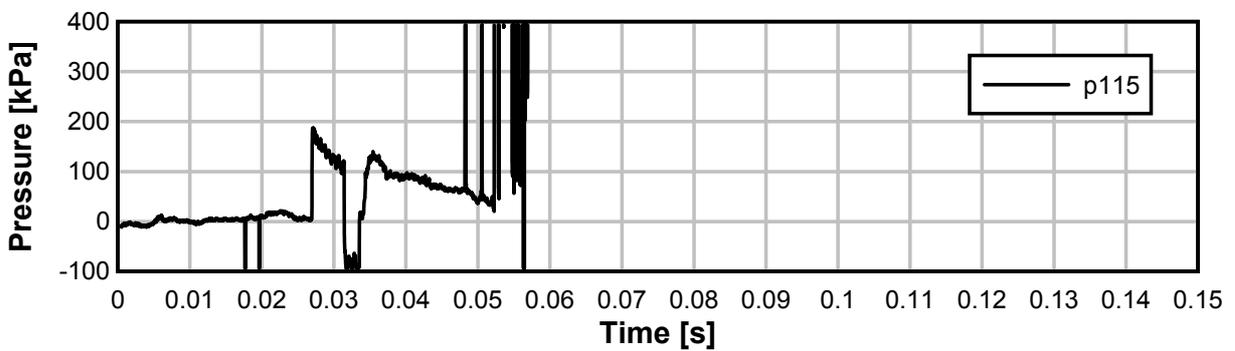
TE11_14



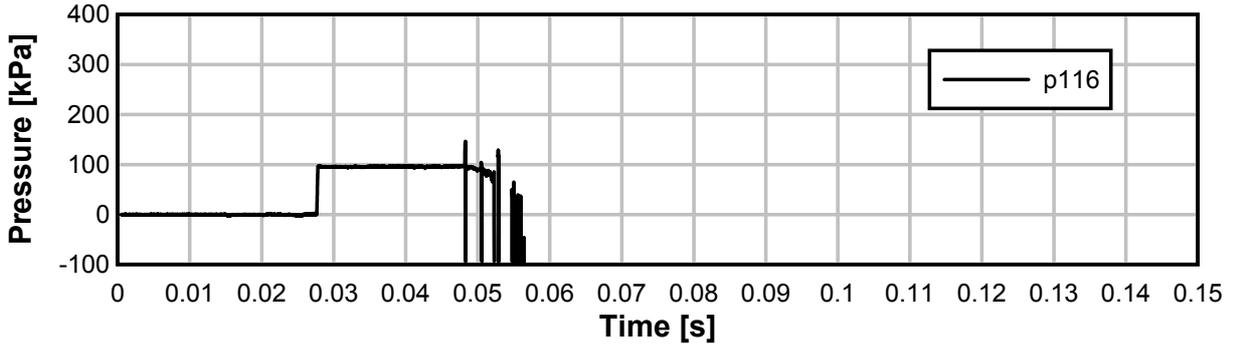
TE11_14



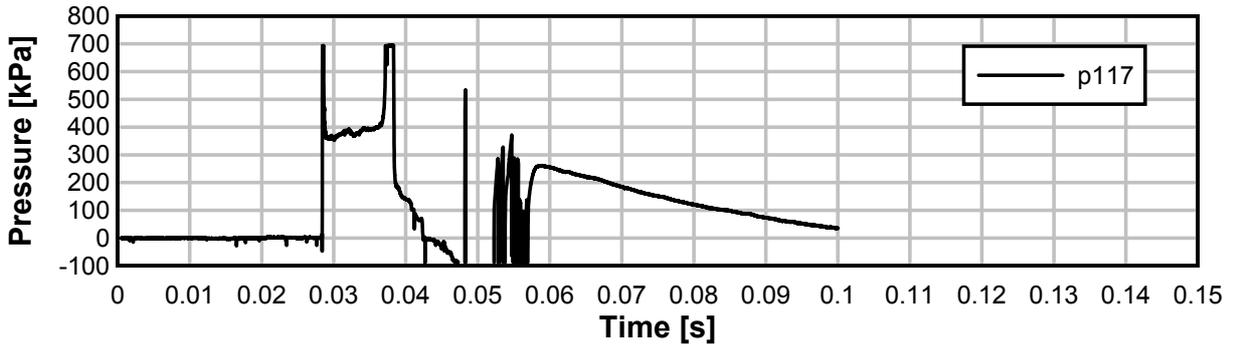
TE11_14



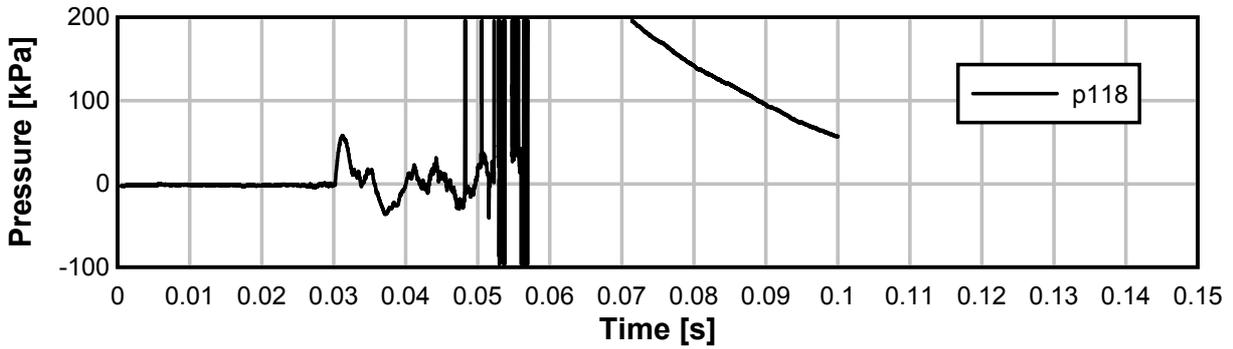
TE11_14



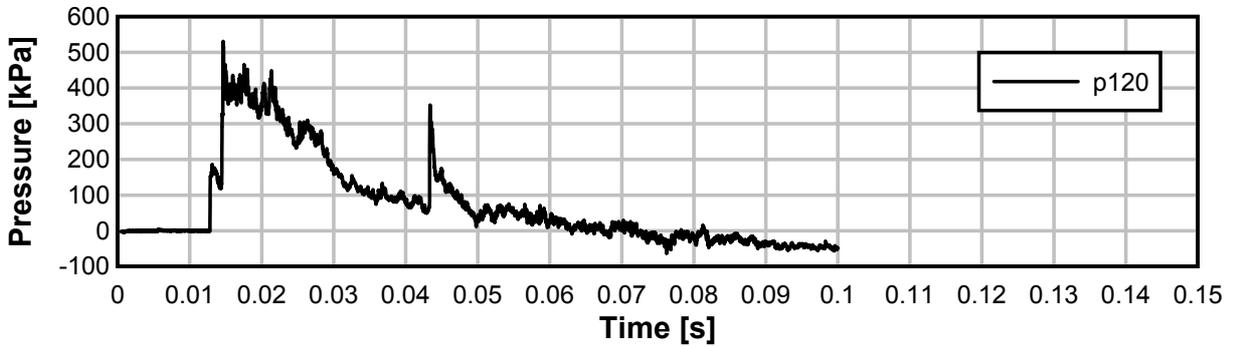
TE11_14



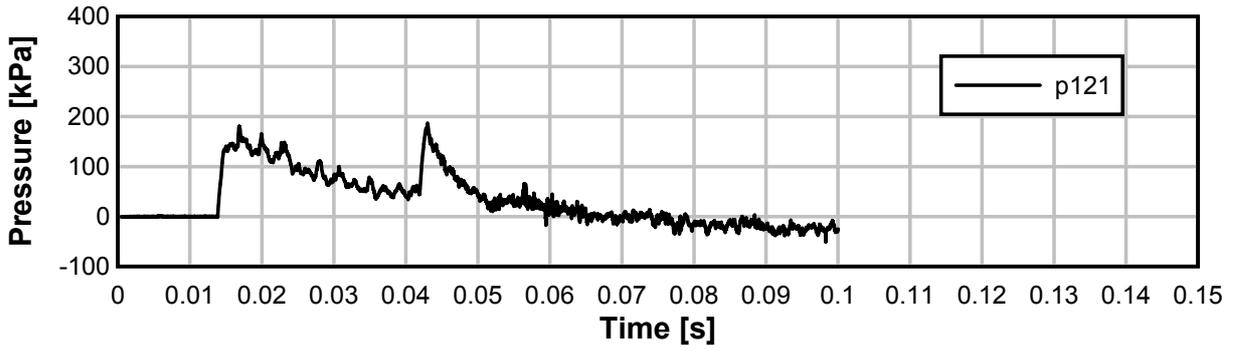
TE11_14



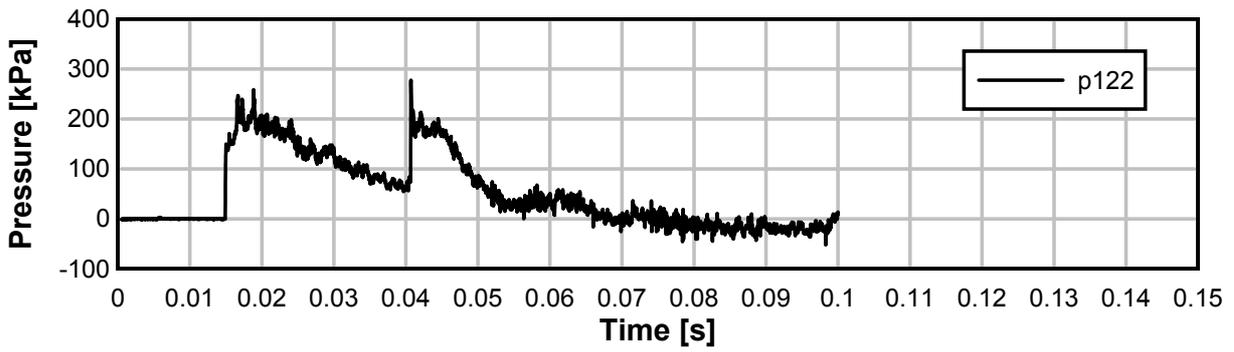
TE11_14



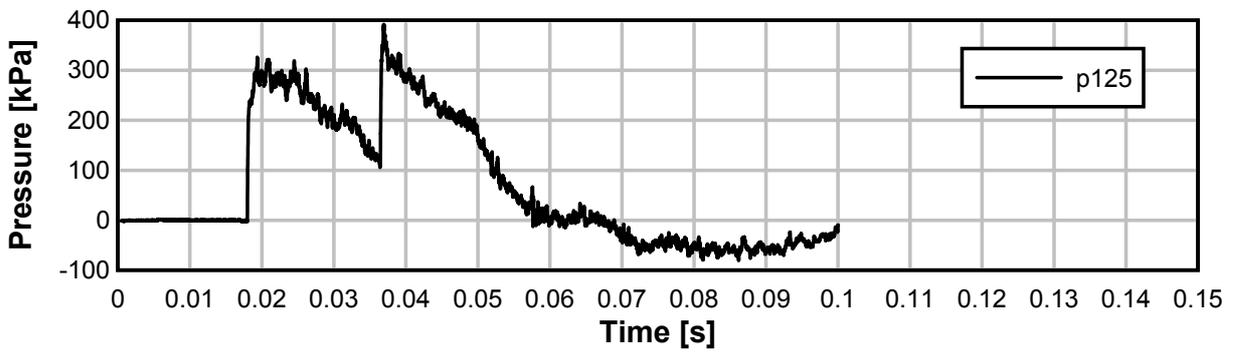
TE11_14



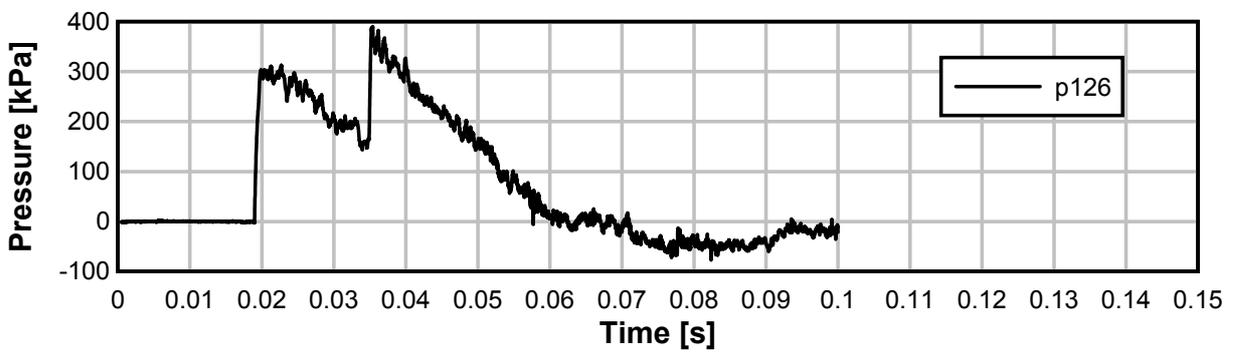
TE11_14



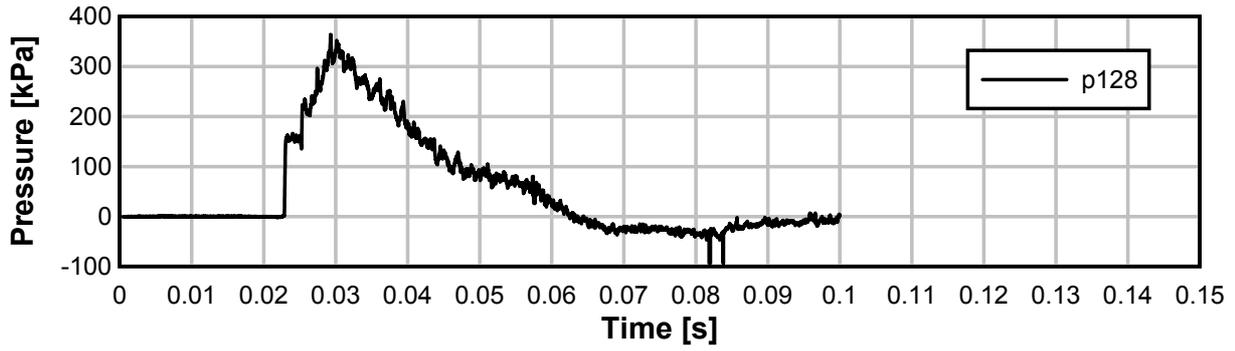
TE11_14



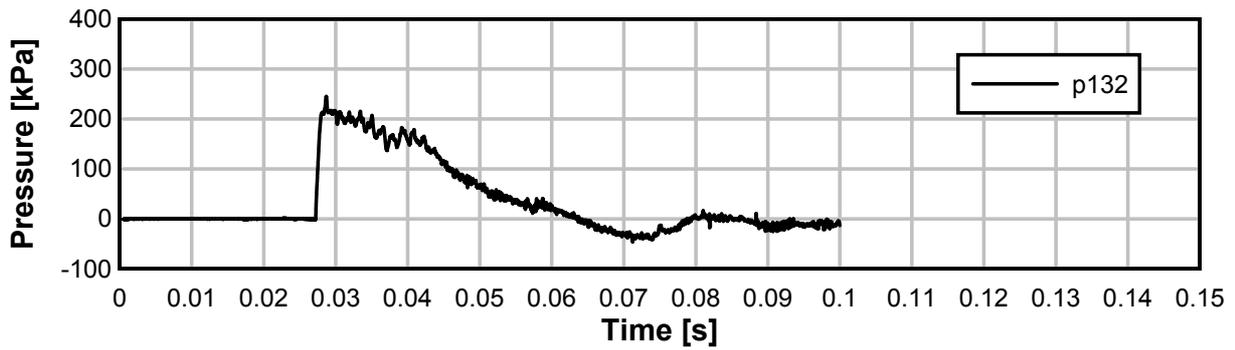
TE11_14



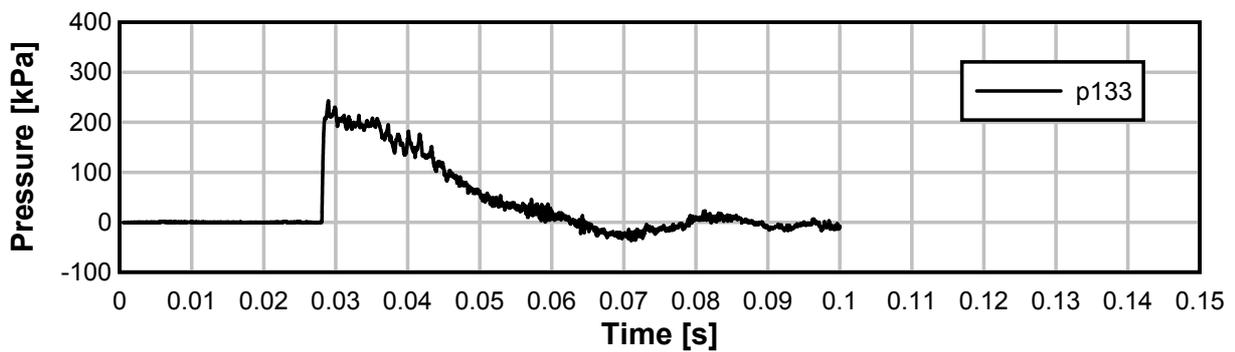
TE11_14



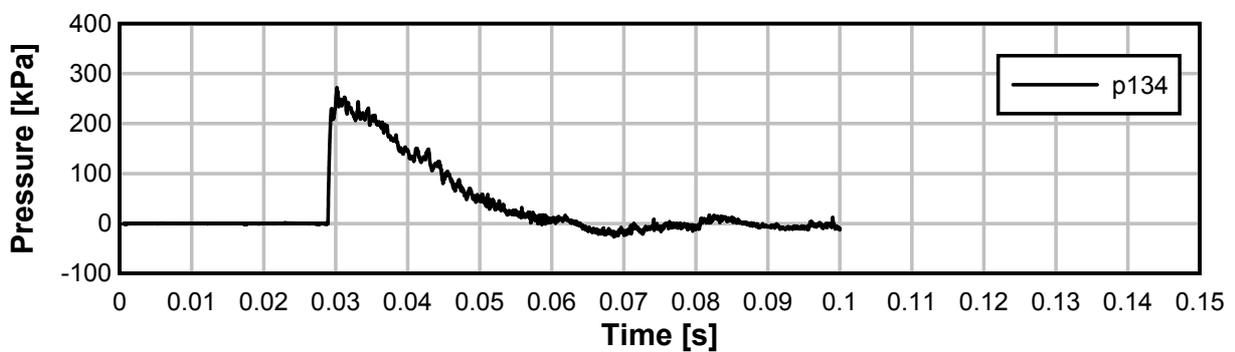
TE11_14



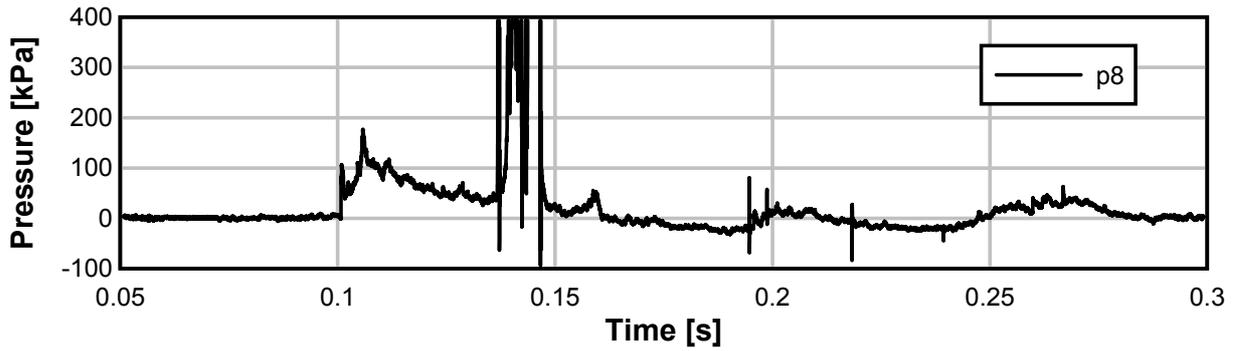
TE11_14



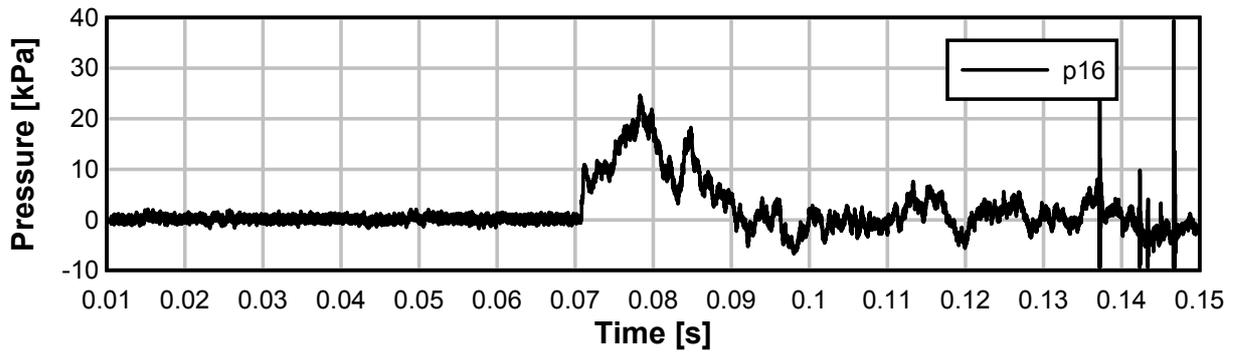
TE11_14



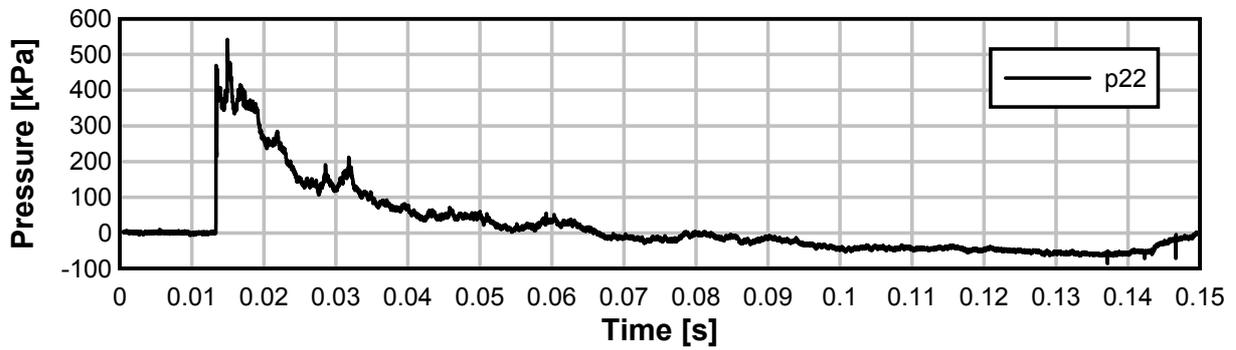
TE11_14



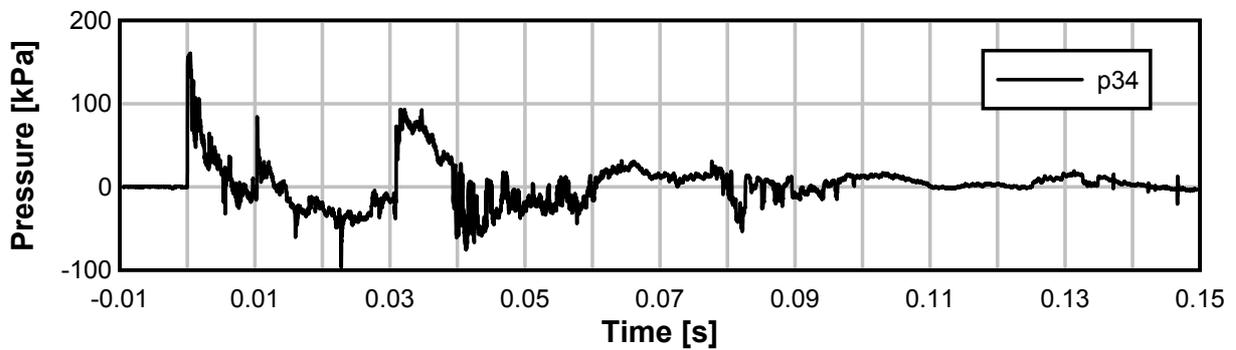
TE11_14



TE11_14

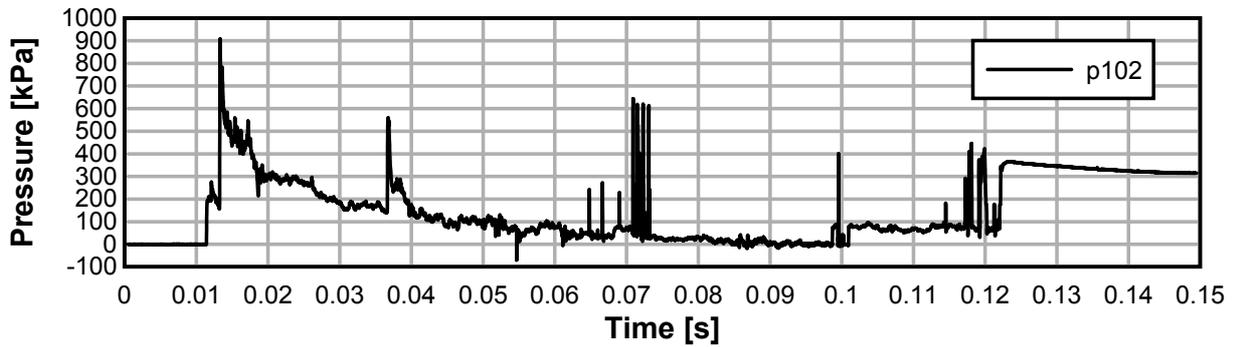


TE11_14

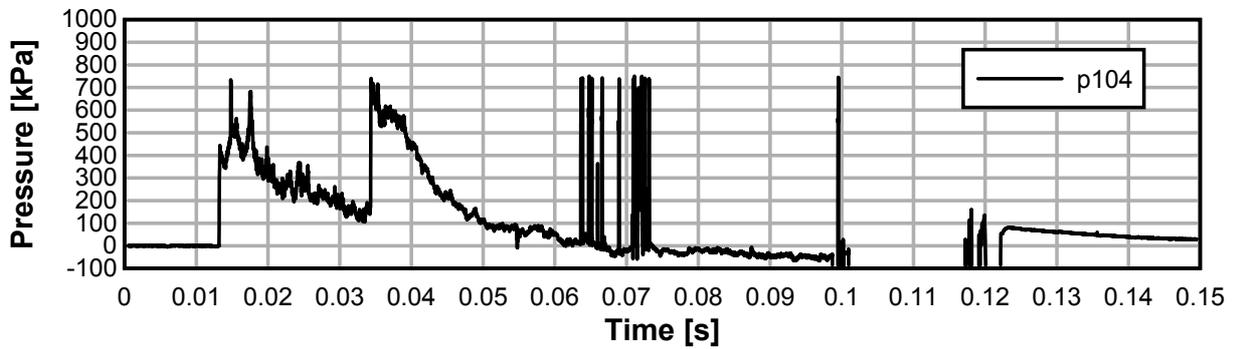


Test 15: avstånd 10 m, 625 kg Anolit – Areaminskning

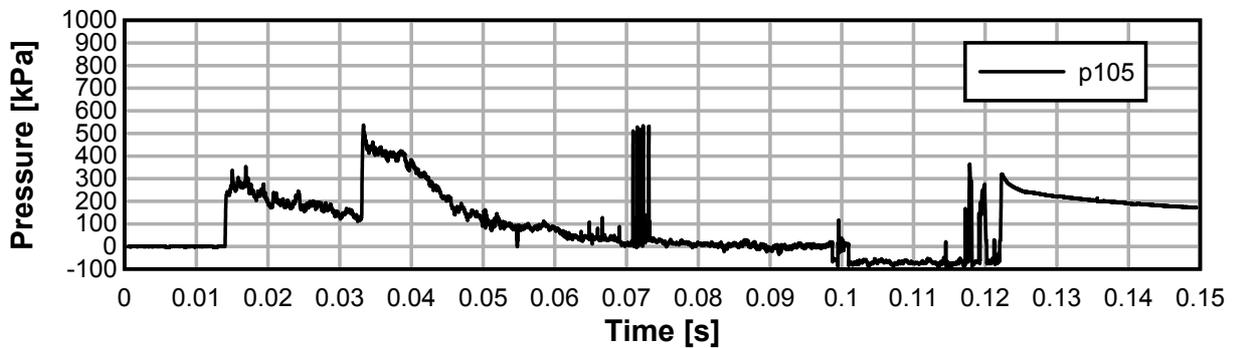
TE11_15



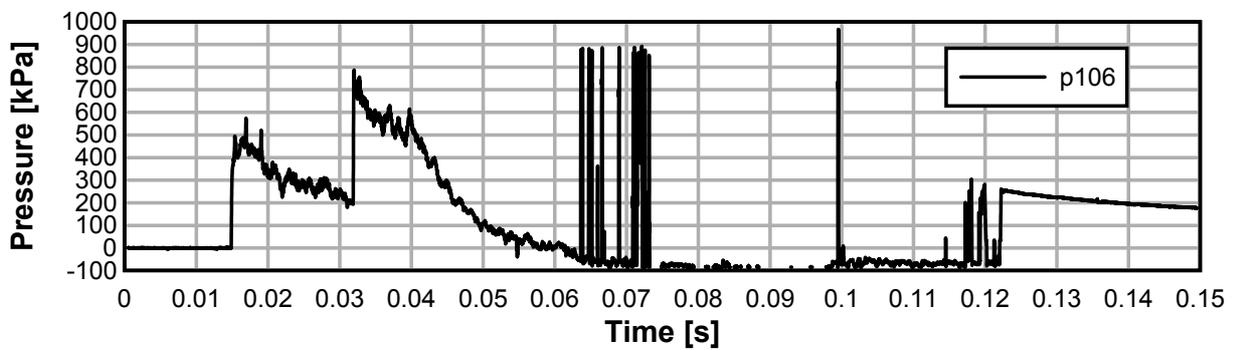
TE11_15



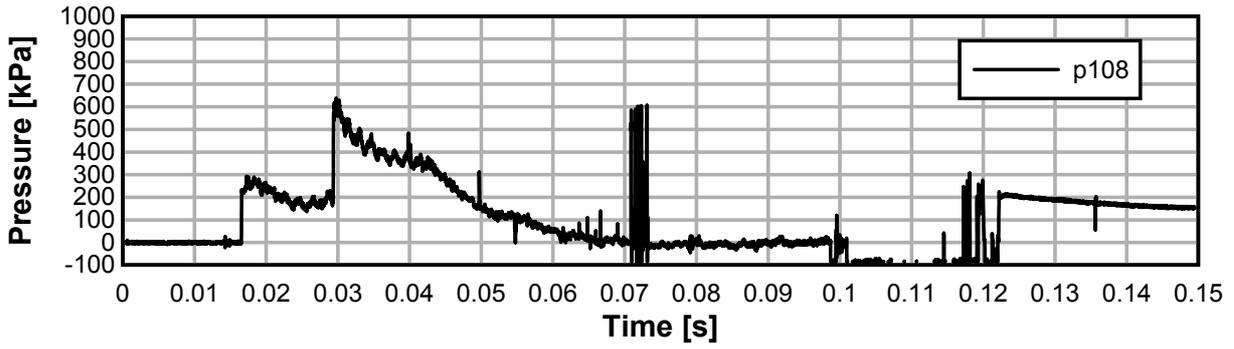
TE11_15



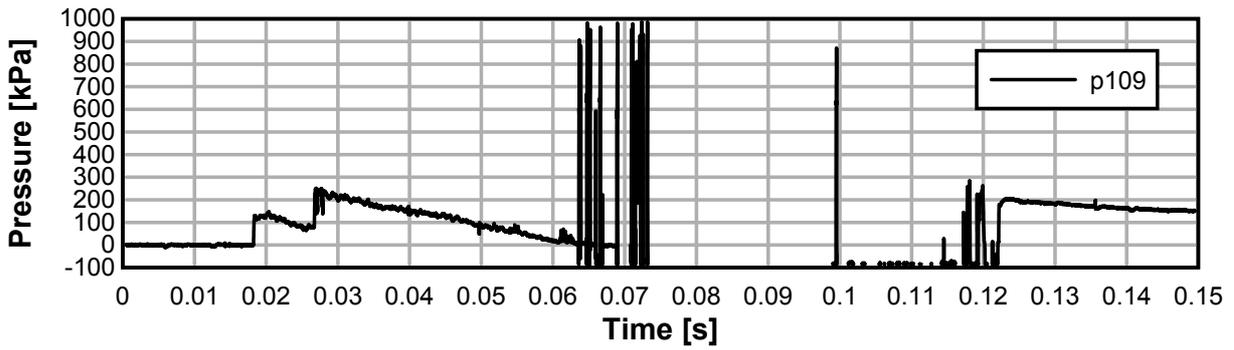
TE11_15



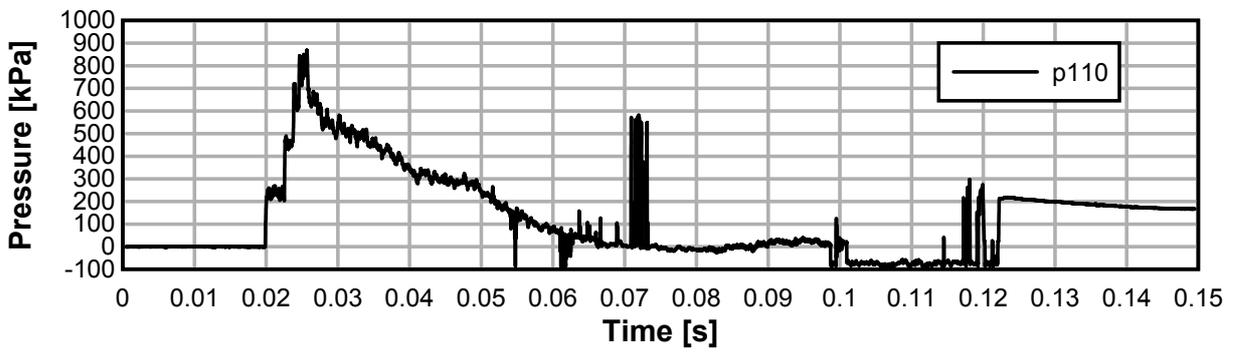
TE11_15



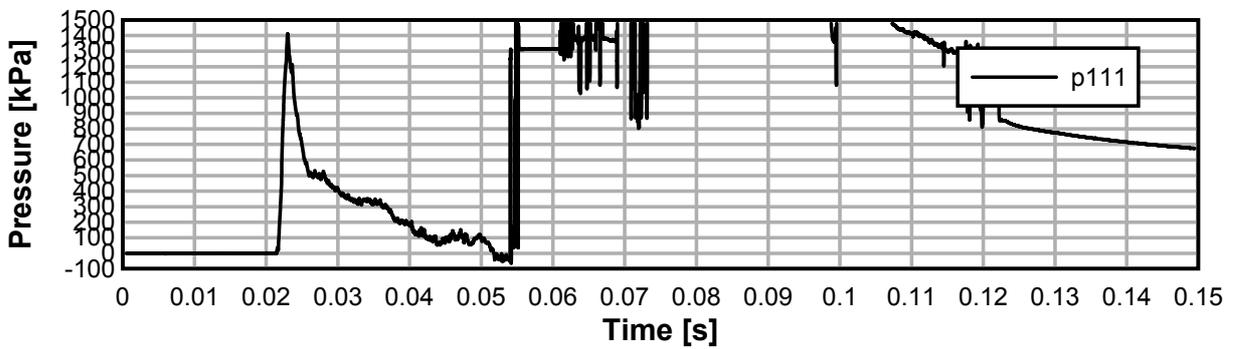
TE11_15



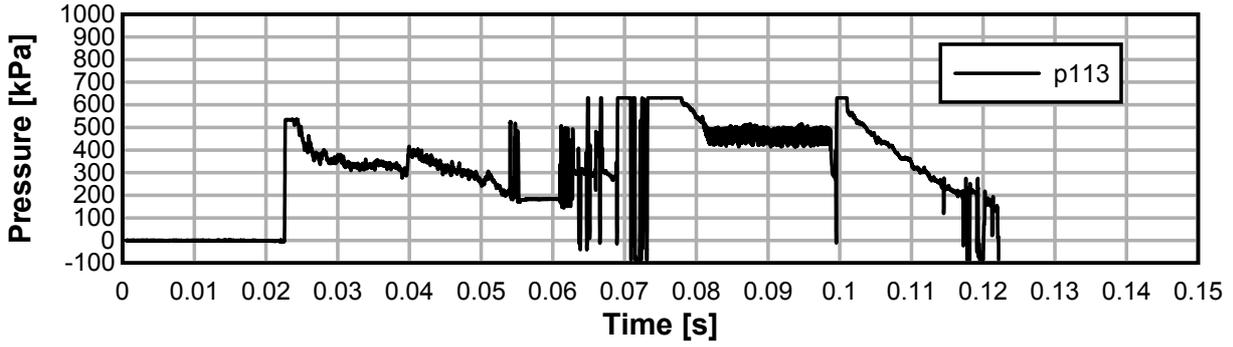
TE11_15



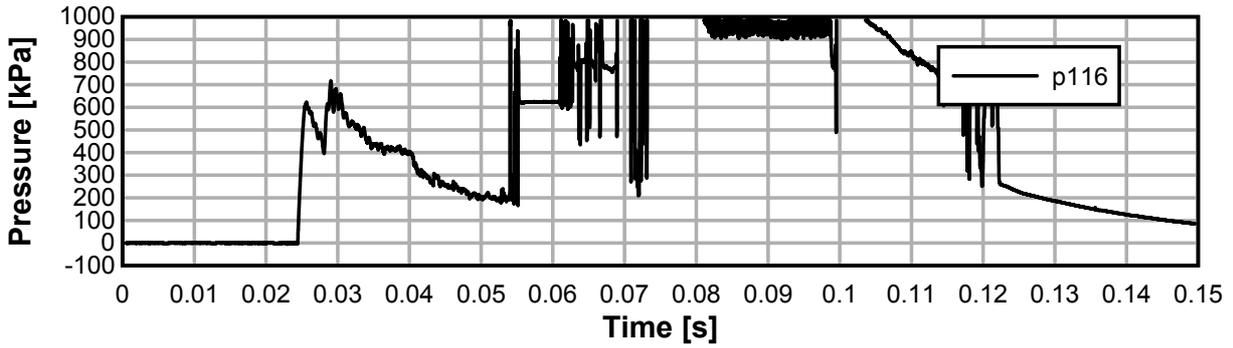
TE11_15



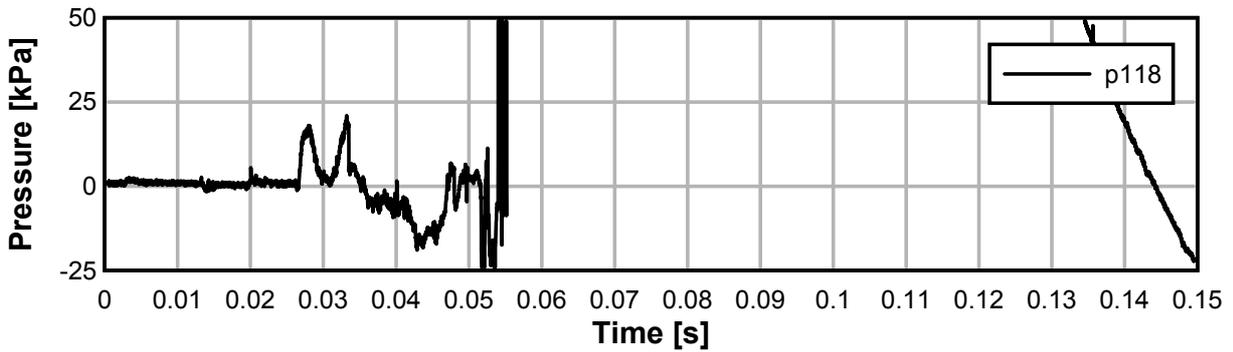
TE11_15



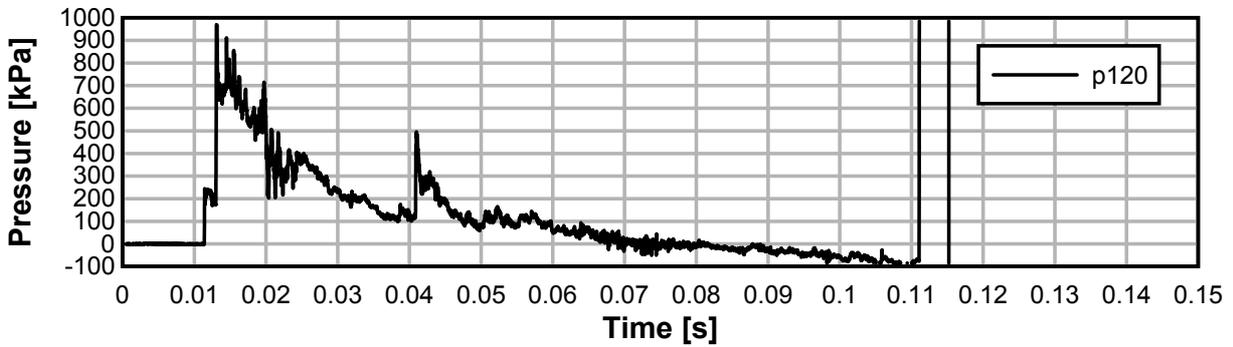
TE11_15



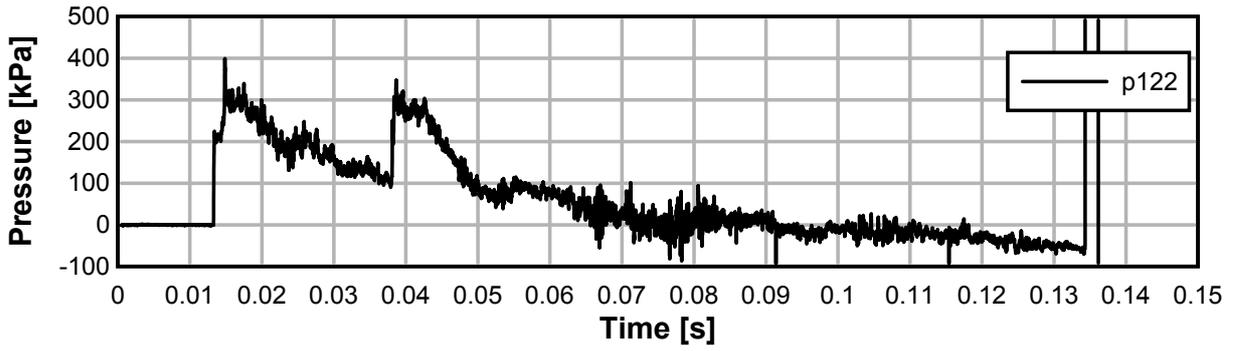
TE11_15



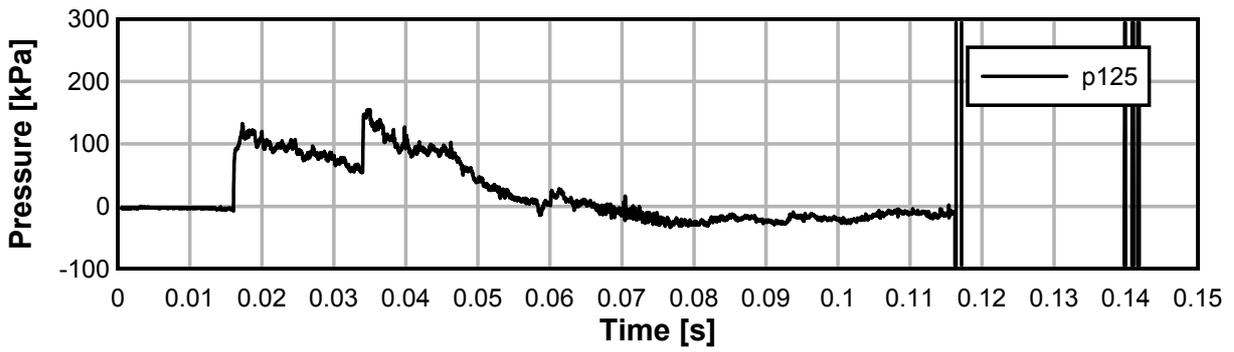
TE11_15



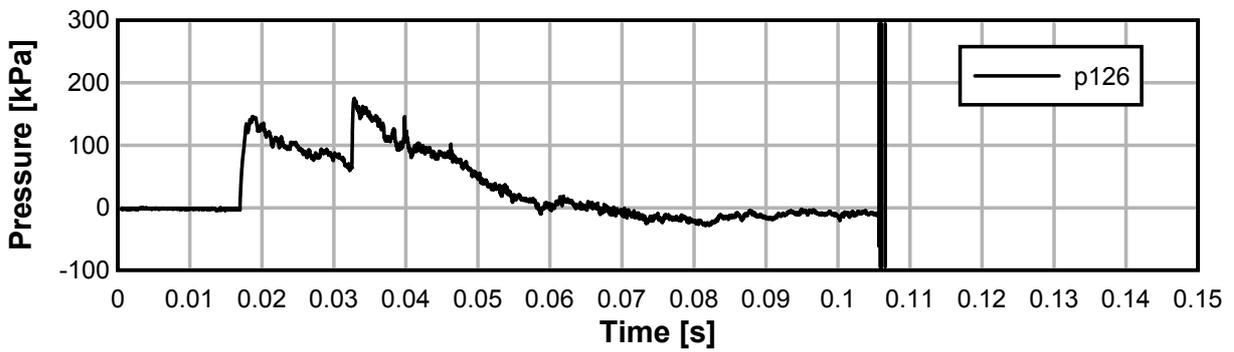
TE11_15



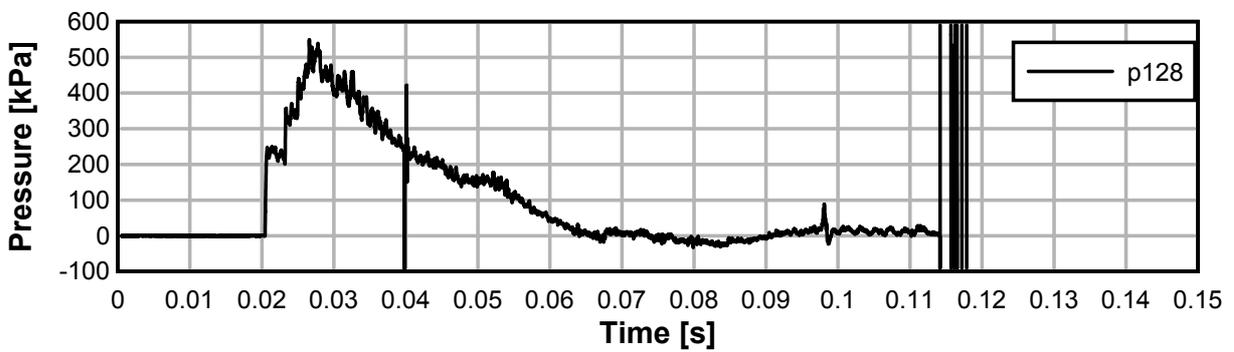
TE11_15



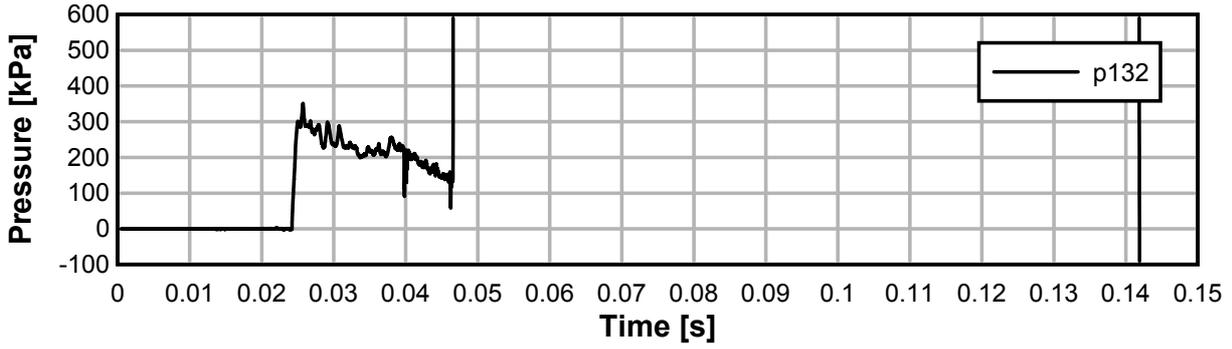
TE11_15



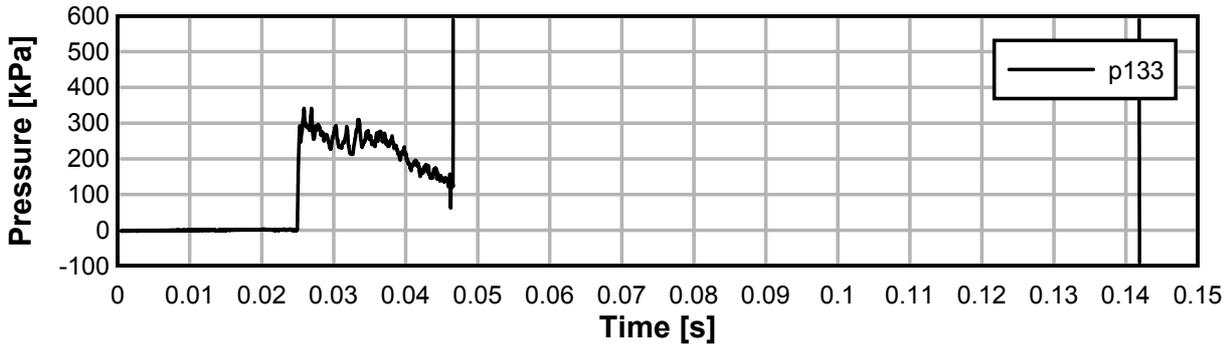
TE11_15



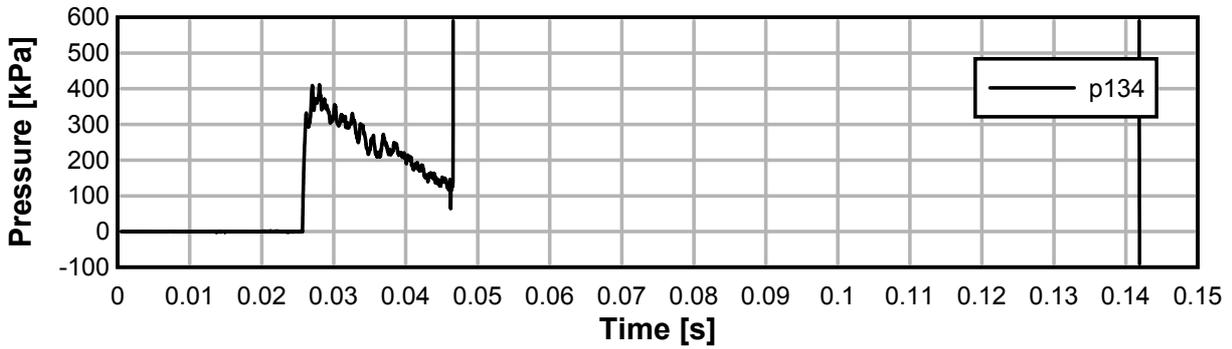
TE11_15



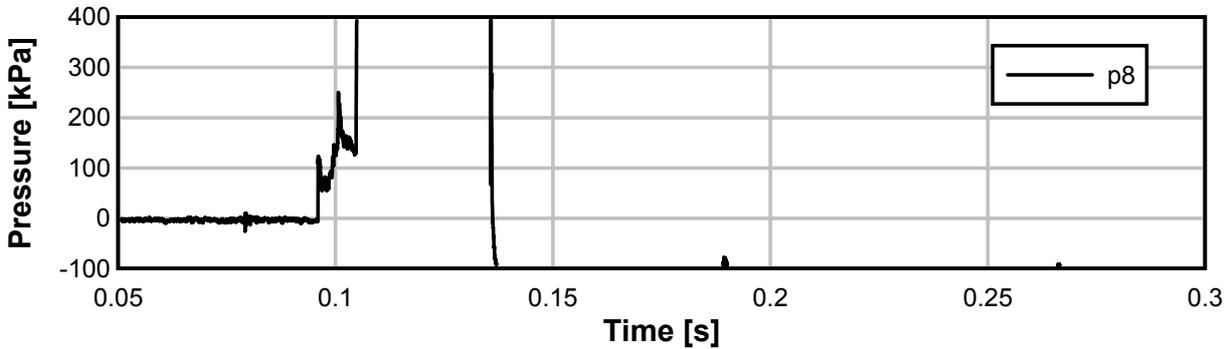
TE11_15



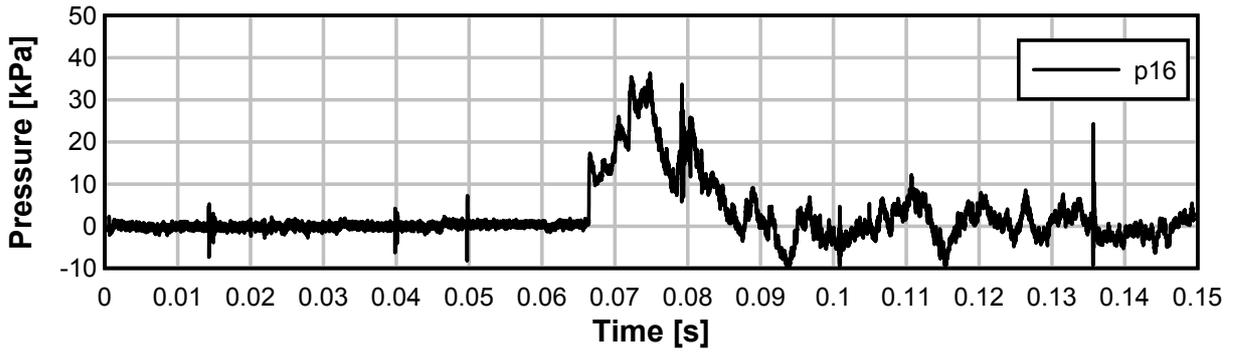
TE11_15



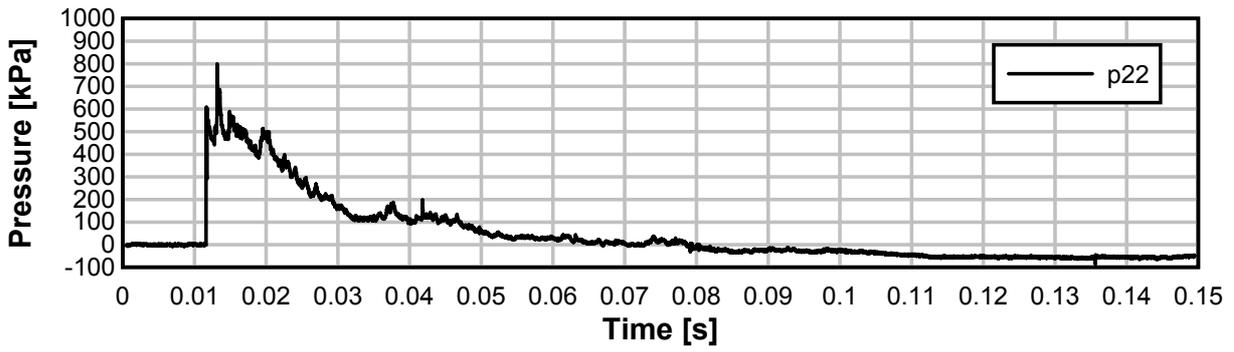
TE11_15



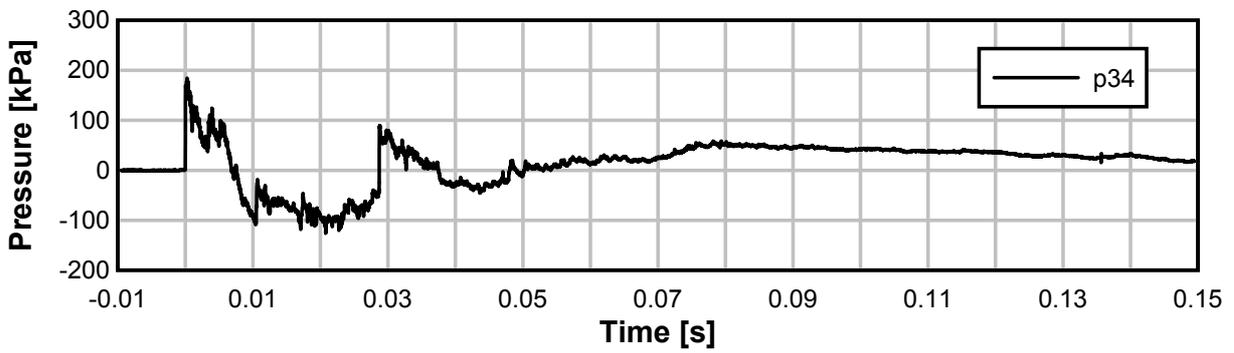
TE11_15



TE11_15

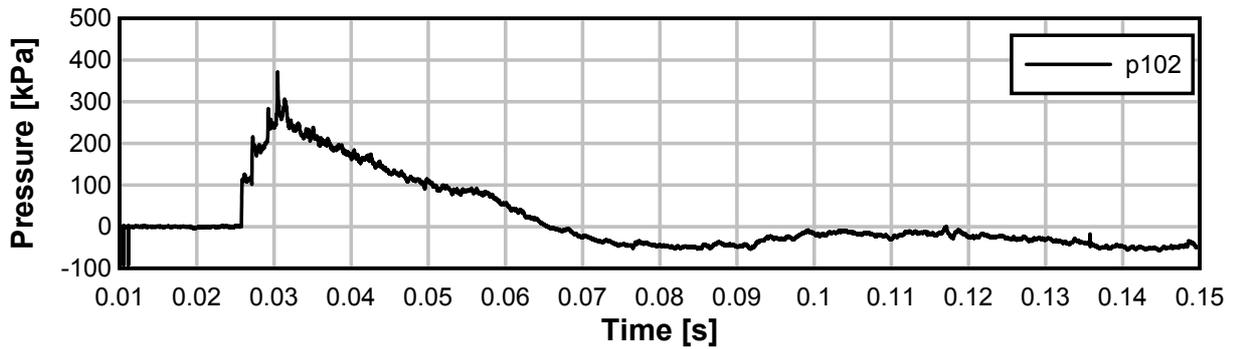


TE11_15

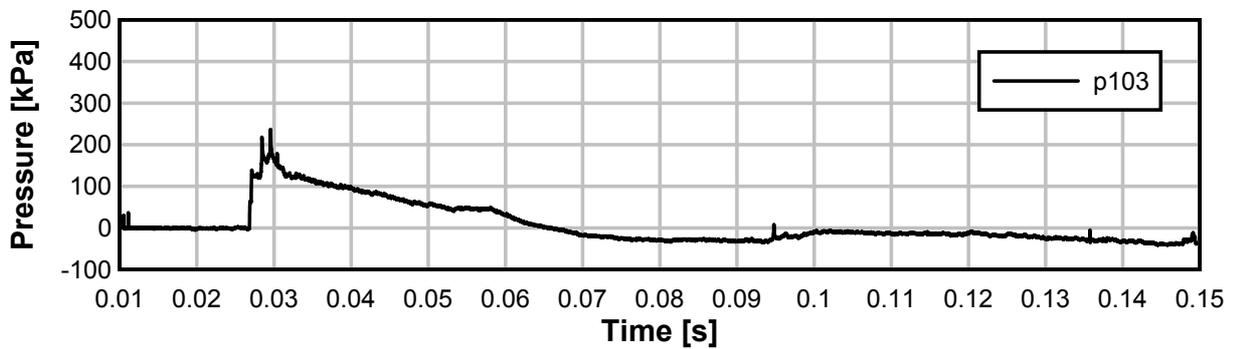


Test 16: avstånd 5 m, 125 kg Anolit – Areaminskning

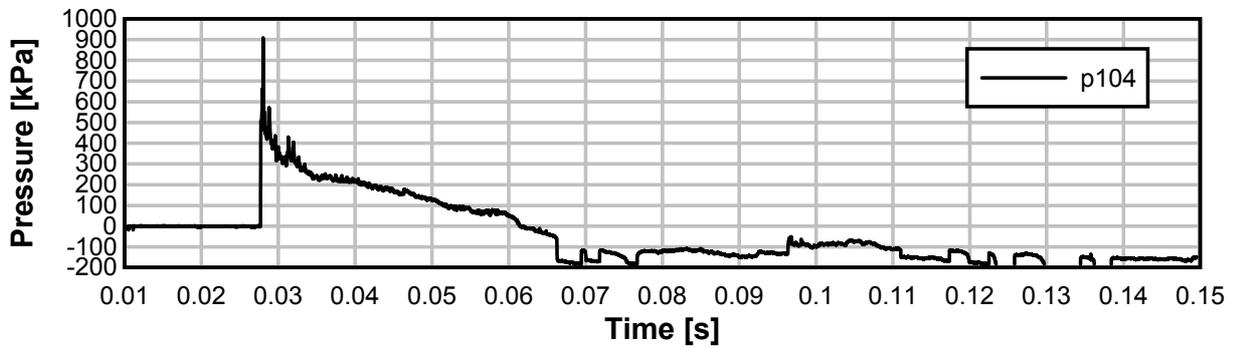
TE11_16



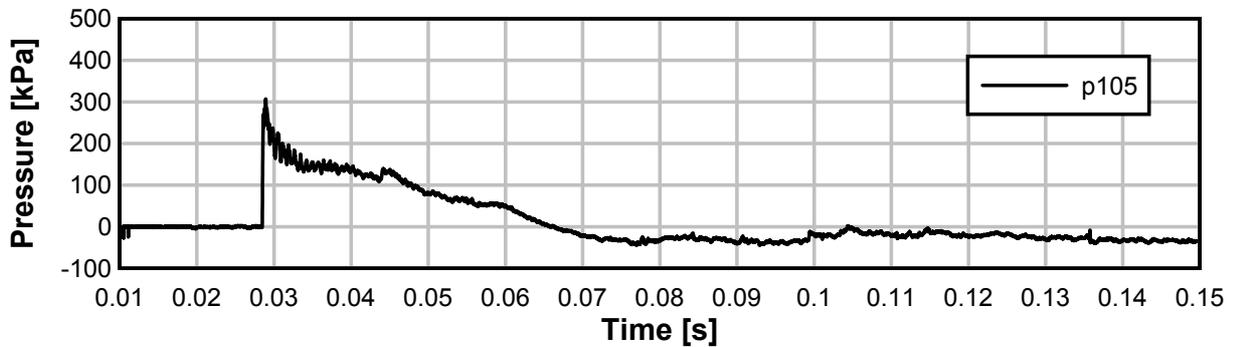
TE11_16



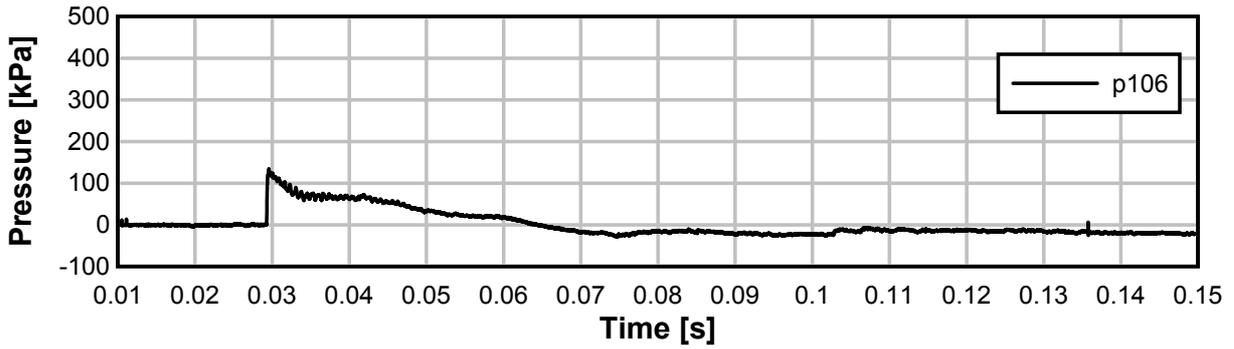
TE11_16



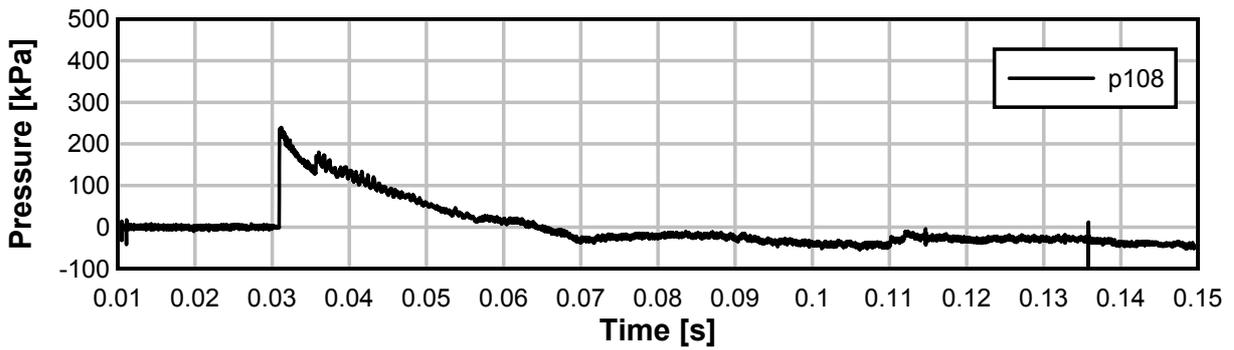
TE11_16



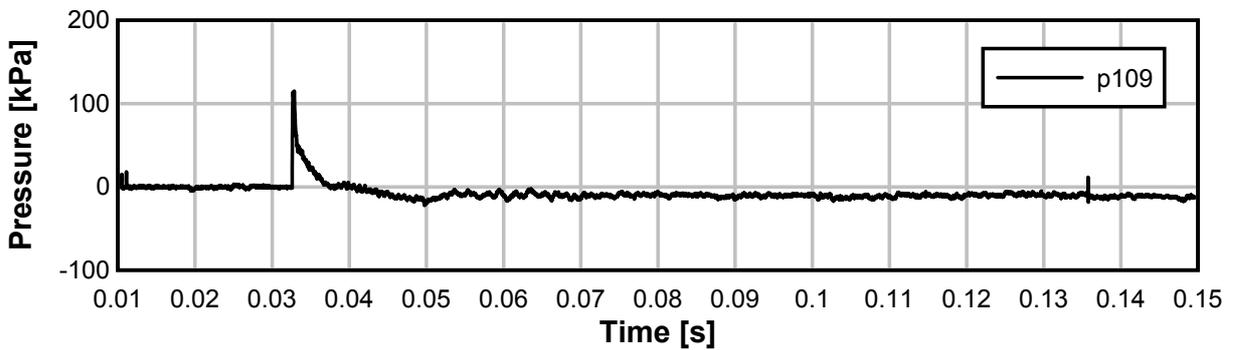
TE11_16



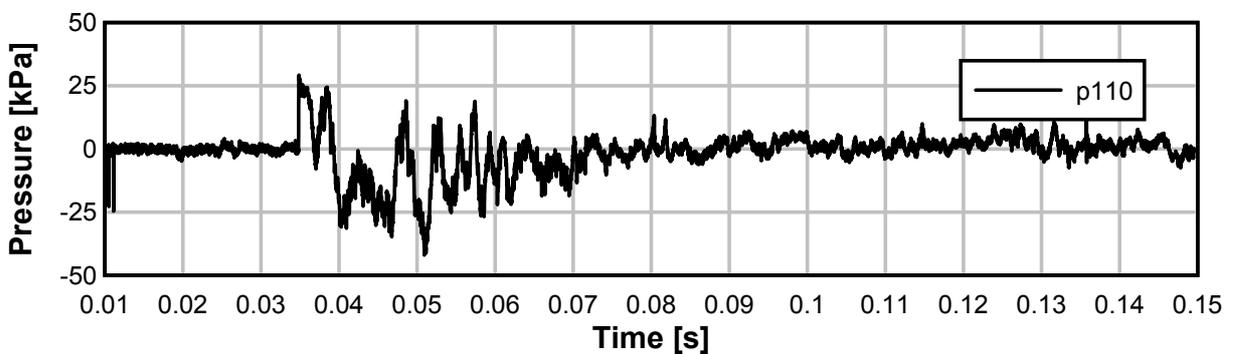
TE11_16



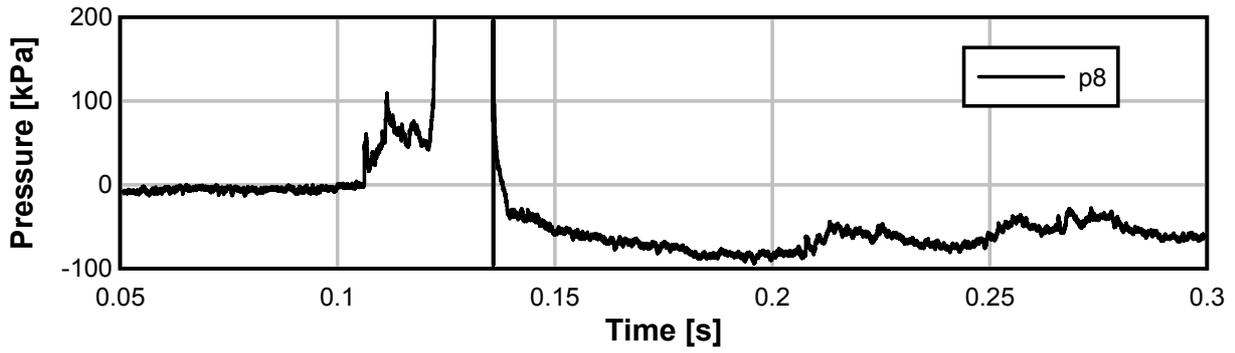
TE11_16



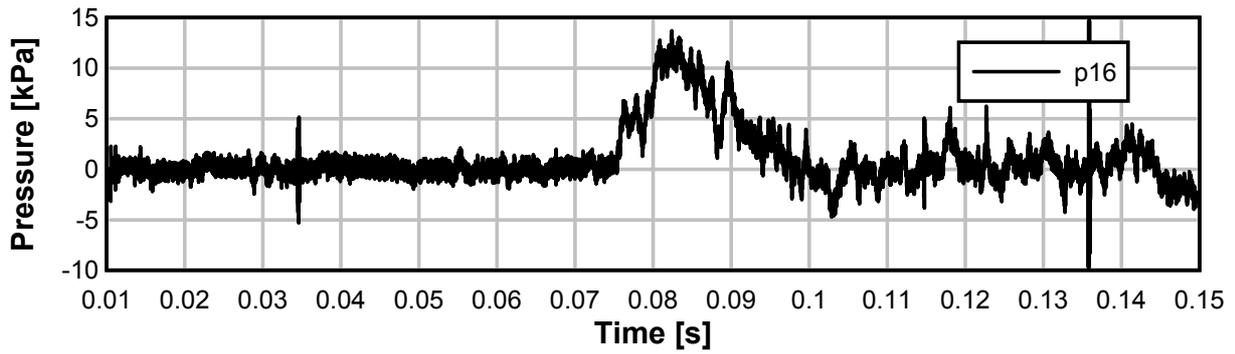
TE11_16



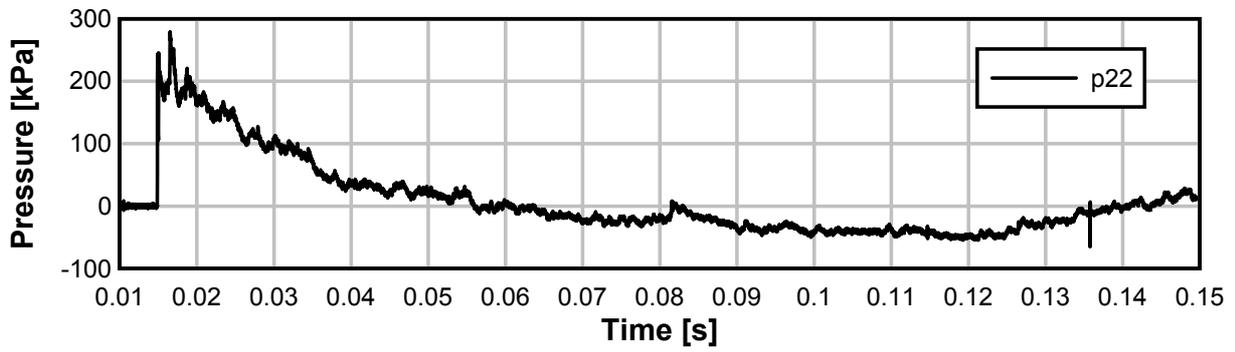
TE11_16



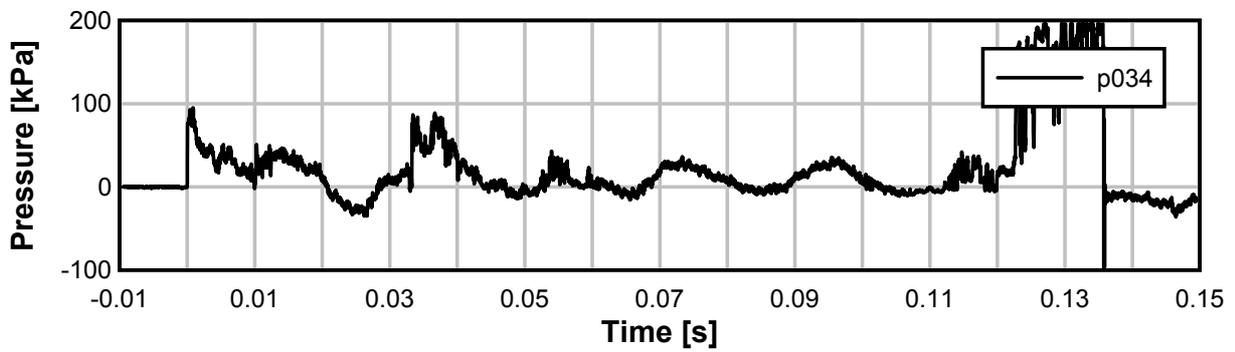
TE11_16



TE11_16

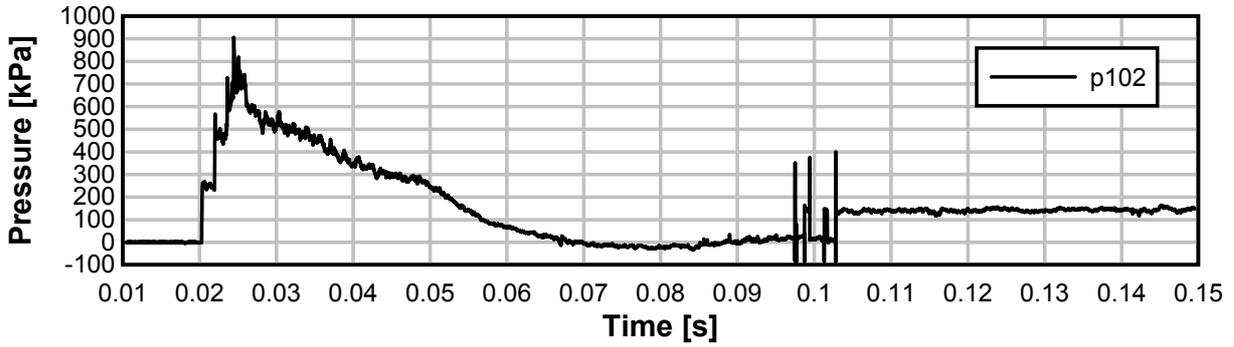


TE11_16

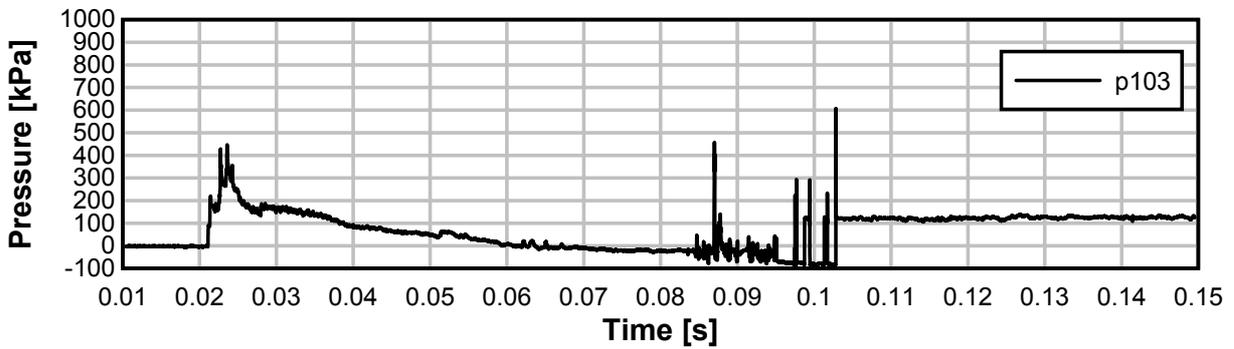


Test 17: avstånd 10 m, 625 kg Anolit -Areaminskning

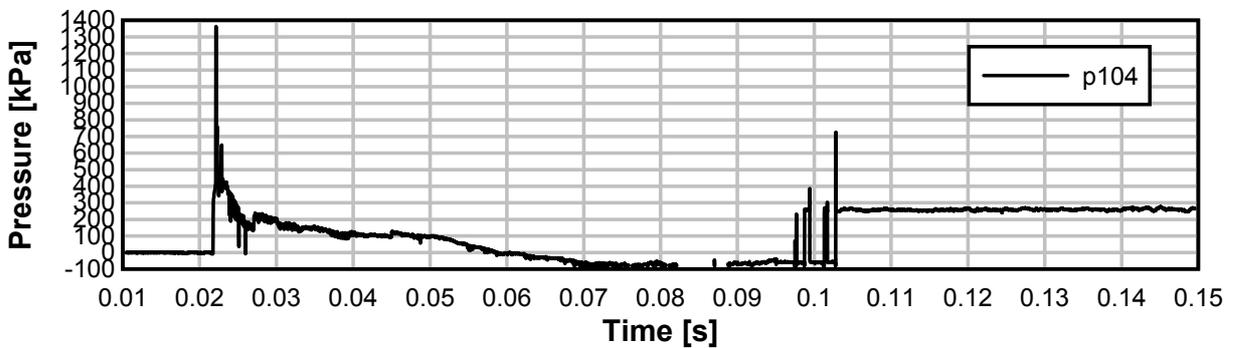
TE11_17



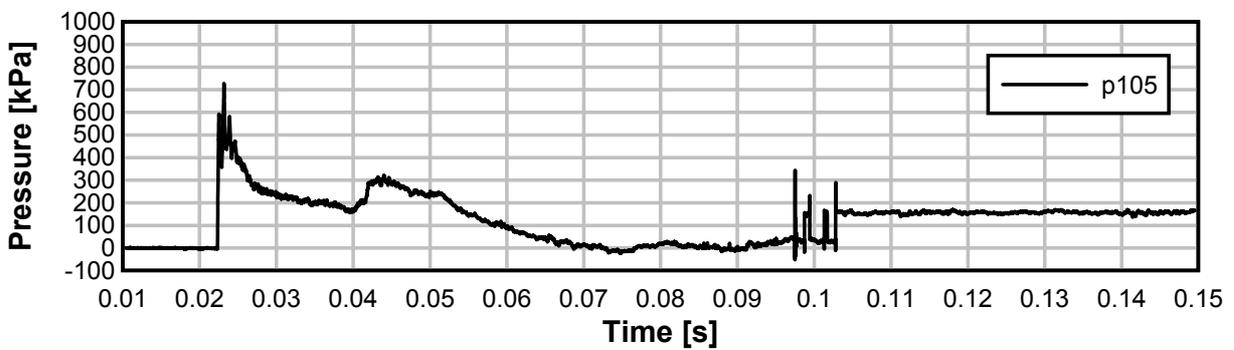
TE11_17



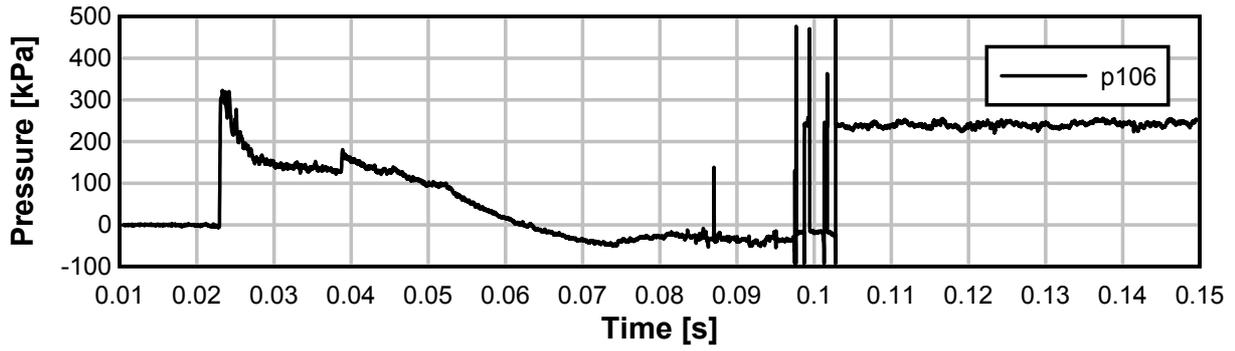
TE11_17



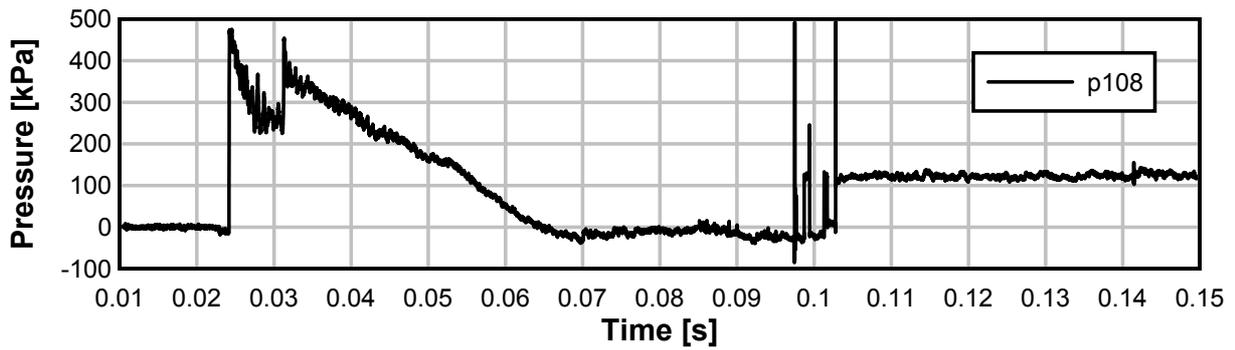
TE11_17



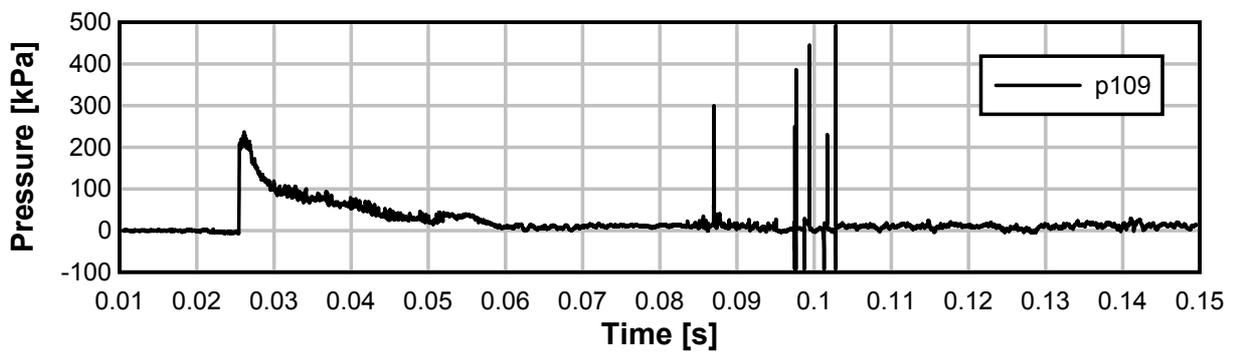
TE11_17



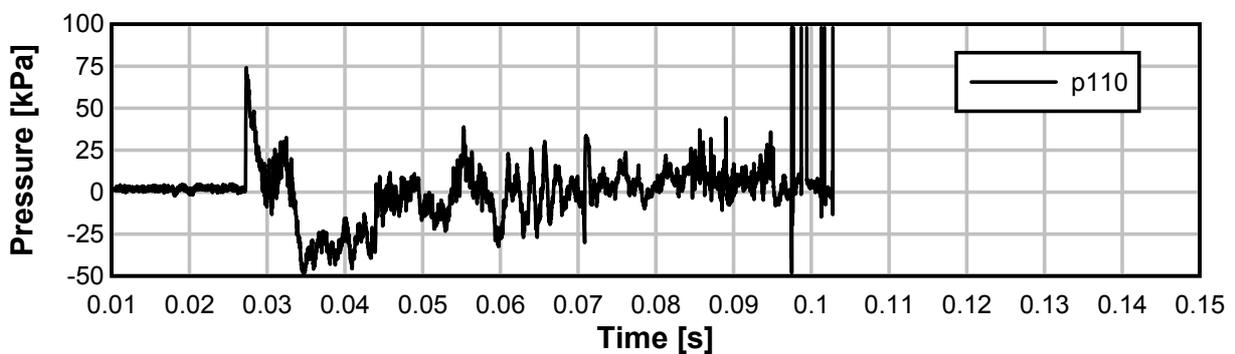
TE11_17



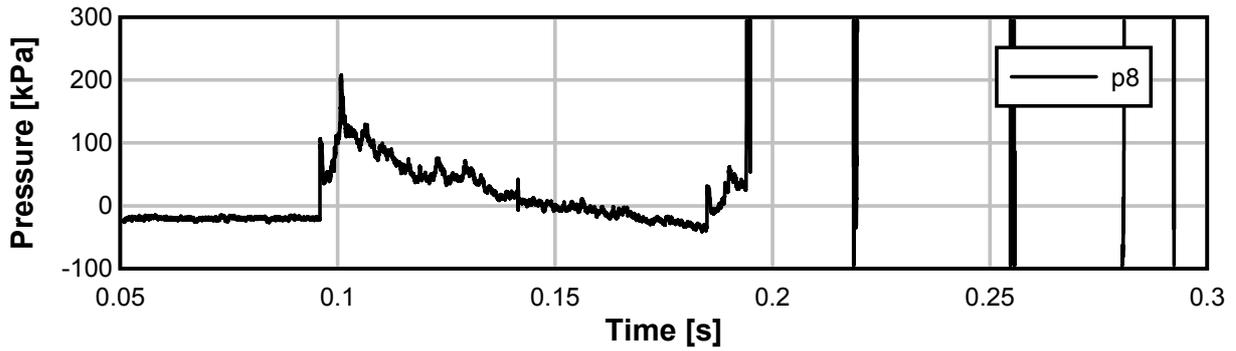
TE11_17



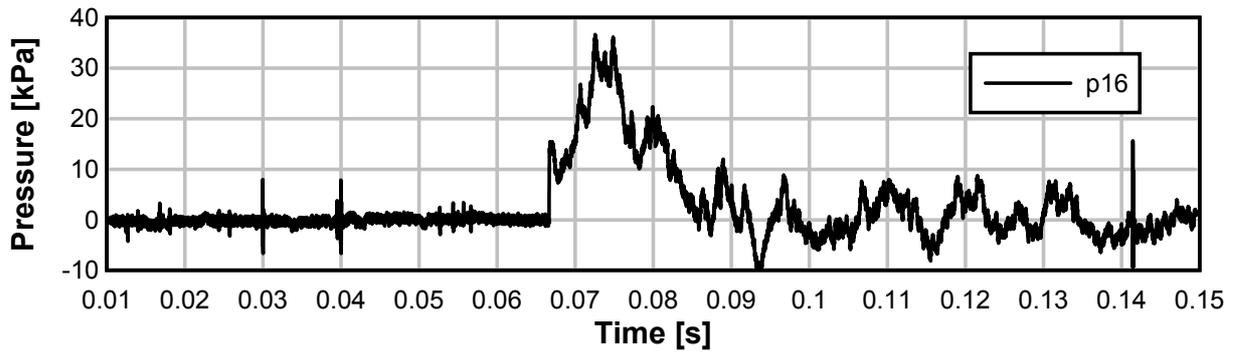
TE11_17



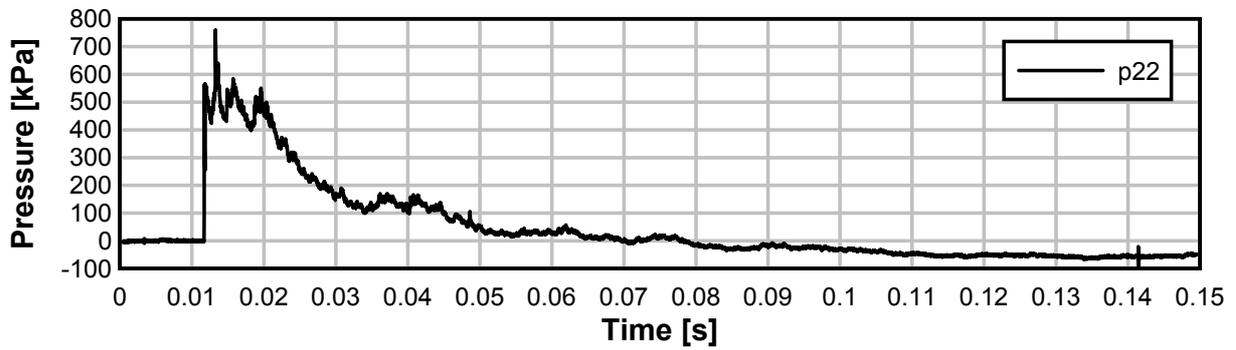
TE11_17



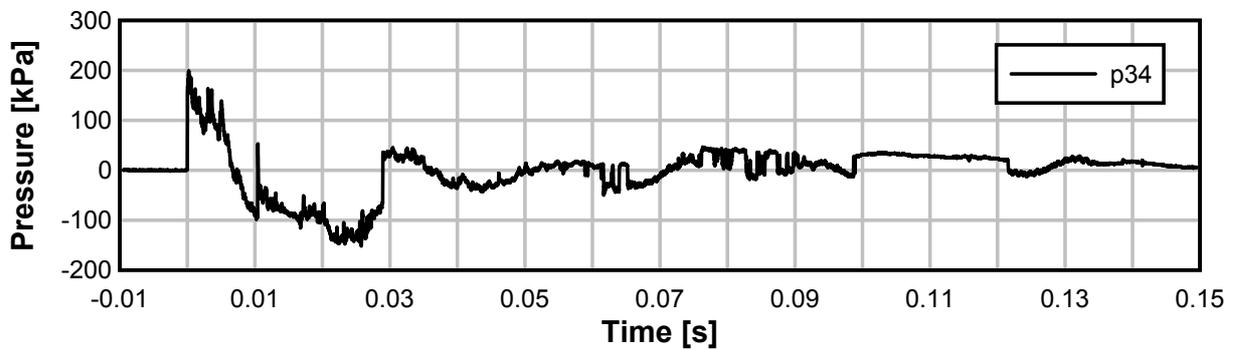
TE11_17



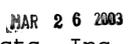
TE11_17



TE11_17



Appendix

		
CALIBRATION CERTIFICATE		
Model No: LQ-125-21BARSG	Serial No: 6798-8-580	
Customer: FOI	P.O.: 806638	
STANDARD ELECTRICAL CONNECTIONS: X		SPECIAL CONNECTIONS:
RED +Input	GREEN +Output	
BLACK -Input	WHITE -Output	
TEST CONDITIONS:		
Rated pressure: 21 BAR SG	Operational Mode: SEALED GAGE	
Maximum Pressure: 42 BAR SG		
Maximum Reference Pressure: N.A.		
Tested At: 10.00 VDC Excitation	Maximum Excitation: 15.00 VDC	
CALIBRATION		
Sensitivity: 4.878mV/BAR SG		
Zero Pressure Output: <+/-5MV		
Compensated Temperature Range: 25 DEG.C to 80 DEG.C		
Output Impedance: 1051 Ohms	Input Impedance: 2586 Ohms	
B SCREEN		
RTV		
CABLE LENGTH:12 METERS RIBBON CABLE		
REMARKS:		
QUALITY ASSURANCE: calibration traceable to NIST		
Pressure Source Id#: PG103	Model#: PCS 400	
Traceable to NIST		
Tested by: H. SHAH	Inspected by: 	
Date: 03/25/2003	Date: 	
The calibration of Kulite Semiconductor Products, Inc. Instrumentation is in conformance with ISO 10012		
<small>KULITE SEMICONDUCTOR PRODUCTS, INC. • One Willow Tree Road • Leonia, New Jersey 07605 • Tel: 201 461-0900 • Fax: 201 461-0990 • http://www.kulite.com UNITED KINGDOM • KULITE SENSORS LTD. • Kulite House, Stroudley Road, Kingsland Business Park, Basingstoke, Hants. RG24 0UG England • Tel: 256 461646/7 • Fax: 256 479 510 • Email: kuliteukltd@msn.com GERMANY • KULITE SEMI-CONDUCTOR, GmbH • Postfach 1527 • D-65705 Hofheim/TS Germany • Tel: 6192 29000 • Fax: 6192 290090 • http://www.kulite.de FRANCE • KULITE INTERNATIONAL SARL • 119, boulevard de Stalingrad, 69100 Villeurbanne, France • Tel: 4.7243.0077 • Fax: 4.7244.0093 • Email: kulite@wanadoo.fr THE NETHERLANDS • KULITE BENELUX B.V. • Postbus 21 • 2260 AA Leidschendam, The Netherlands • Tel: 703177222 • Fax: 703272879 • Email: kulite@secumatic.nl</small>		

P-122 Rev. 12/98

AD 620	
Strömsnål instrumentförstärkare Fabrikat Analog Devices Kretsen är internt konfigurerad som en klassisk instrumentförstärkare med tre operationsförstärkare. Förstärkningen justeras med hjälp av ett motstånd.	
Matningsspänning:	±2,3 till ±18 V
Strömförbrukning:	1,3 mA max
Offsetspänning:	125 µV max
Offsetdrift:	15 µV/°C max
Förstärkning:	1 till 1000 ggr
Brus:	9 nV/√Hz typ
Slewrate:	1,2 V/µs typ
Settling time:	15 µs typ vid G=1 till 100
CMRR:	110 dB min vid G=100
Bandbredd:	120 kHz typ vid G=100
Temperaturområde:	-40 till +85 °C

