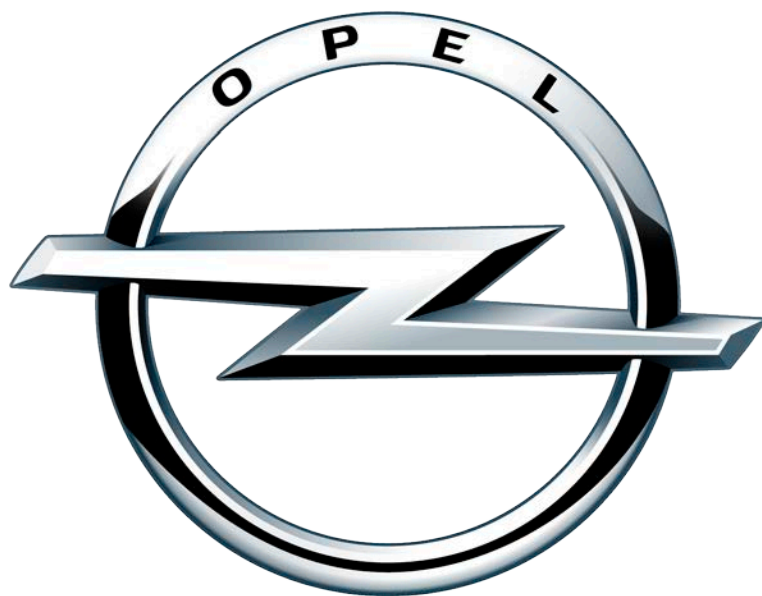


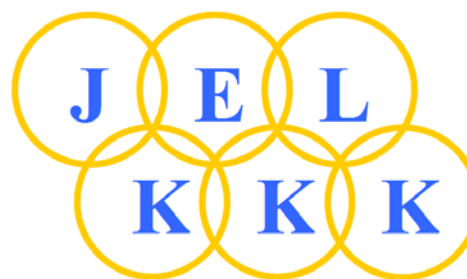


Wir leben Autos.



**SZÉCHENYI ISTVÁN
EGYETEM**

GYŐR



**Járműipari,
Elektronikai,
Logisztikai**

Kooperációs Kutató Központ

Közreműködők

- Kutatás vezetők:
 - GM-PTH:
 - Kenyeres Gyula
 - Szunyog Zoltán
 - Universitas Győr Nonprofit Kft (JEL-KKK):
 - Czinege Imre
- Projekt vezetők:
 - GM-PTH:
 - Mesics Bertold
 - Universitas Győr Nonprofit Kft (JEL-KKK):
 - Csizmazia Ferencné
- Közreműködők:
 - Kozma István (SZE)
 - Antal Attila (SZE)



Feladat:

A feszítőgörgő zaj forrásának feltárása, lehetőségek elemzése a zaj megszüntetésére

1. A feszítőgörgő zaj feltárása (90%)

- feszítőgörgők (3-5 darab) roncsolásmentes (pl. ipari CT) vizsgálata.
- feszítőgörgő belső mozgó részeinek és az azokat körülvevő alkatrészek távolságának vizsgálata, belső alkatrész összeütközések elemzése
- ütközési nyomok vizsgálata

2. Lehetőségek elemzése a zaj megszüntetésére (10%)

- javaslatok tervezési változtatásokra, amelyek kiküszöbölik a fellépő zajt
- javaslatok szerelési folyamat változtatásokra (amennyiben lehetséges), amelyek mellett nem lép fel a zaj

Időterv

Projekt indítás: 2010. május hó

1. fázis:

– Vizsgálatok

- Minták megérkezése: 2011. május 18.

- Minták vizsgálata: 2011. május-június

– A kapott eredmények előzetes értékelése: 2011. június

2. fázis:

– Vizsgálatok :

- További minták vizsgálata: 2011. július-szeptember

– Értékelés, javaslatok

- 2011. október 31.



A feszítőgörgők ipari CT vizsgálata

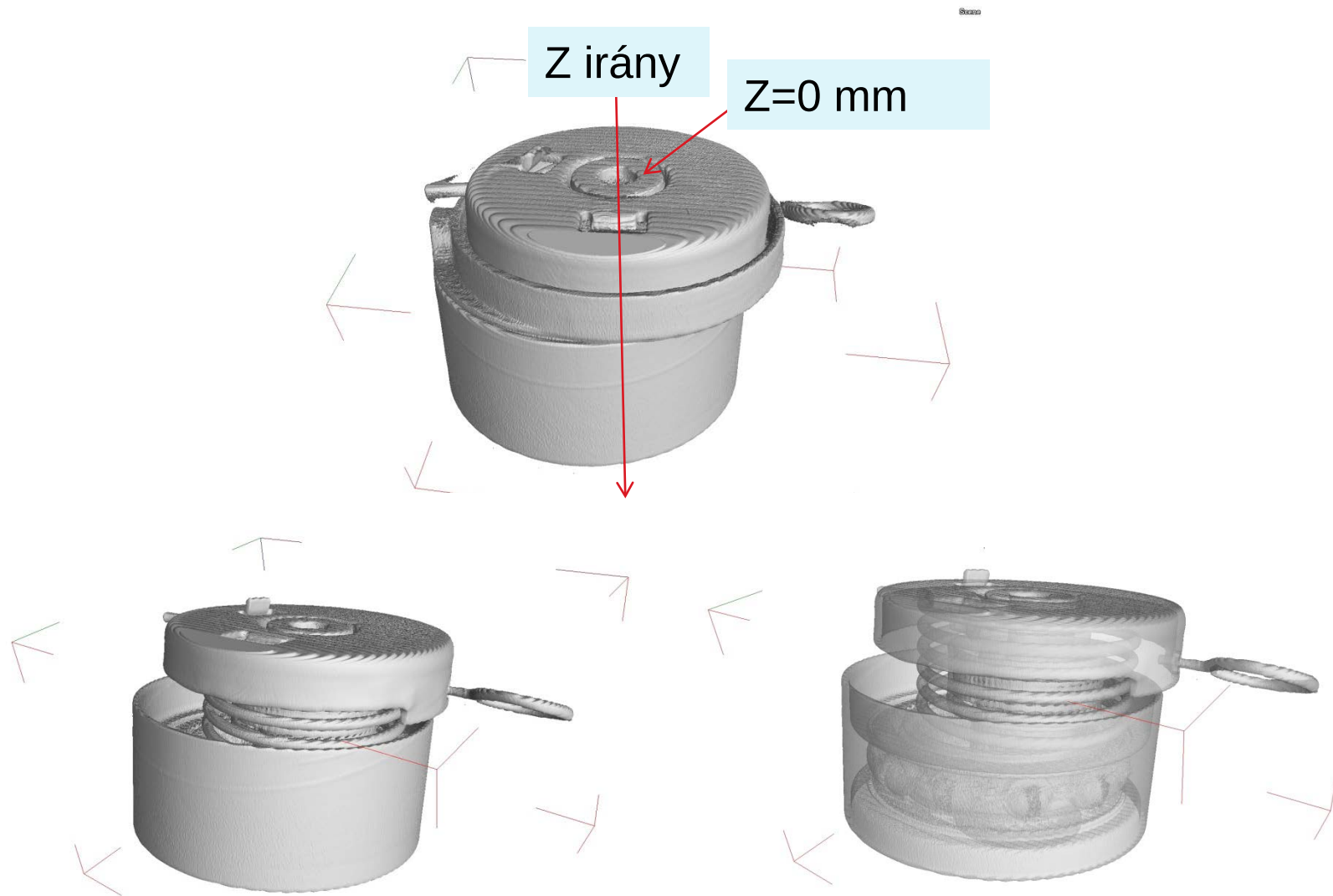


- A feszítőgörgők (10 db jó (OK) és 7 db zajos (NOK) roncsolásmentes vizsgálata:
 - YXLON Y CT Modular ipari CT berendezés
 - Zeiss Discovery V 20 sztereomikroszkóp

A feszítőgörgők ipari CT vizsgálata

- A vizsgálatok célja: a feszítőgörgő belső mozgó részeinek és az azokat körülvevő alkatrészek távolságának vizsgálata, belső alkatrész összeütközések elemzése volt
- Ennek érdekében a berendezés 450 kV-os makrofókuszu röntgencsővét használtuk
- A darabokról 0,5 mm-es lépesenként rétegfelvételek készültek amiből összeállításra került a 3D modell

A feszítőgörgők ipari CT vizsgálata

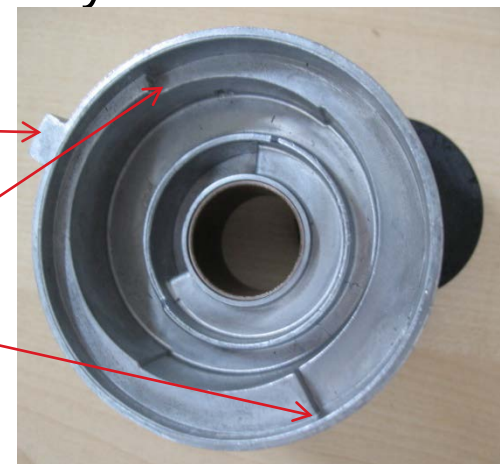


CT rétegfelvételek Z irányban

- Z irányú mozgó kép

A feszítőgörgők ipari CT vizsgálata

- Az összehasonlítás szempontjai:
 - Lehetséges érintkezési pontok kiválasztása Z irányban
 - $Z = 3,6 \text{ mm}$
 - $Z = 11 \text{ mm}$
 - $Z = 19,33 \text{ mm}$
 - $Z = 25,3 \text{ mm}$
(rugó kivezetés helye)
 - $Z = 29 \text{ mm}$
(a rugórögztítő műanyag betét helyzete)



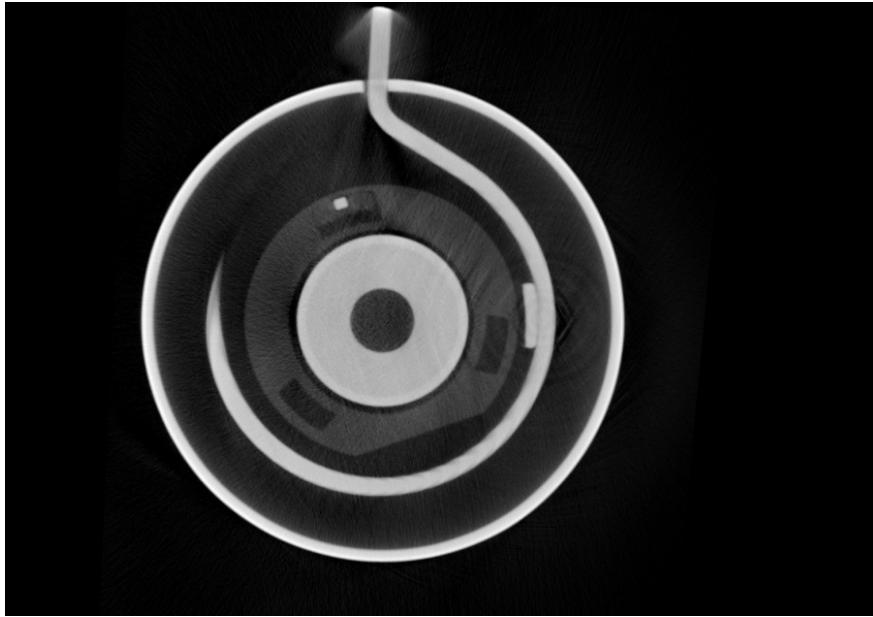
Az összehasonlítás a következő helyzetekben történt:

- Feszített eredeti állapot (A pozíció)
- Közbenső helyzet (B pozíció)
- Kiengedett állapot (C pozíció)

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

A pozíció (feszített eredeti állapot)

Z= 3,6 mm



OK

Eltérés nem mérhető

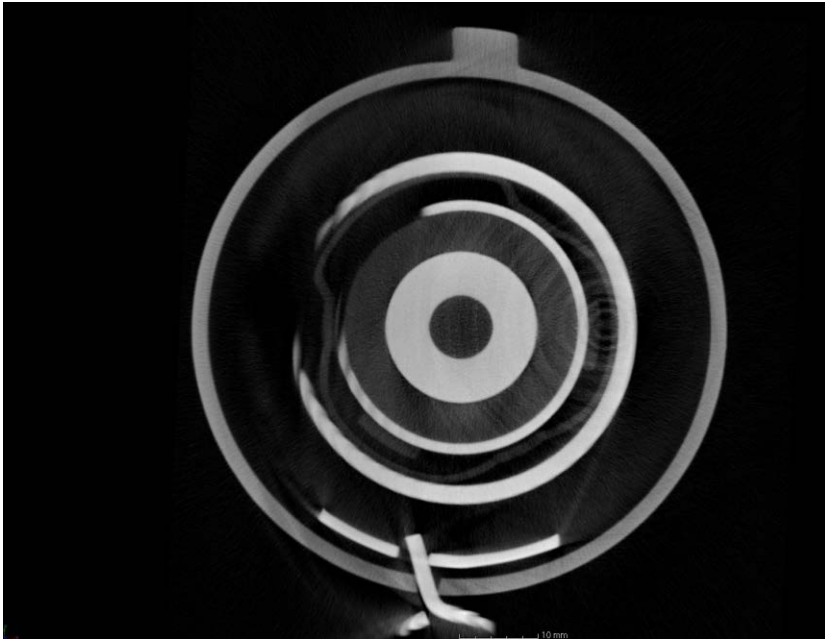


NOK

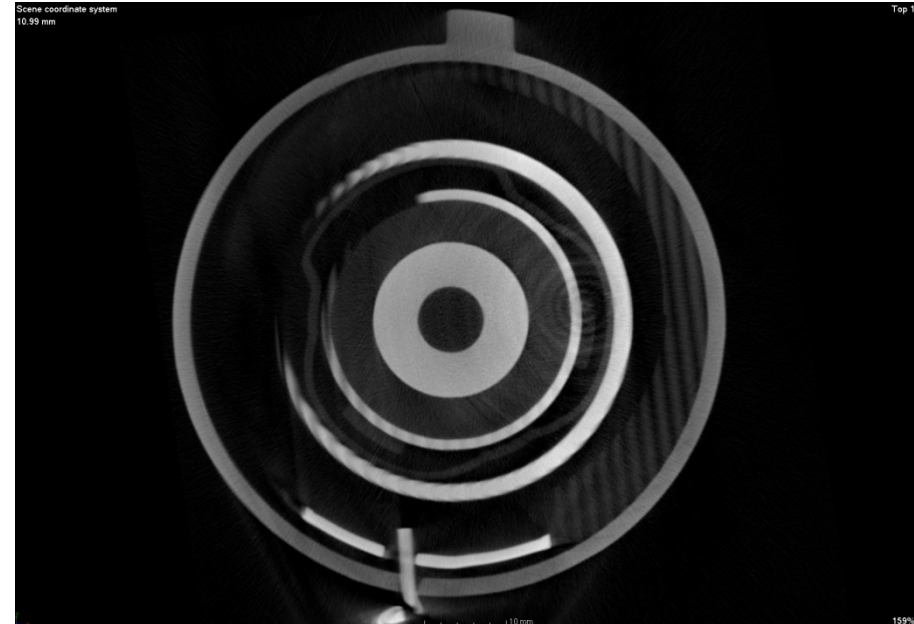
A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

A pozíció (feszített eredeti állapot)

Z= 11 mm



OK
Eltérés nem mérhető

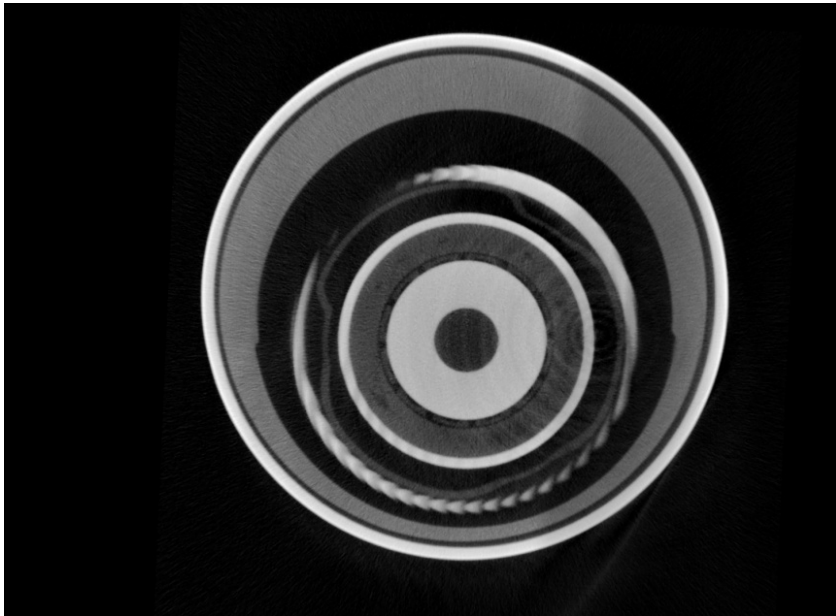


NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

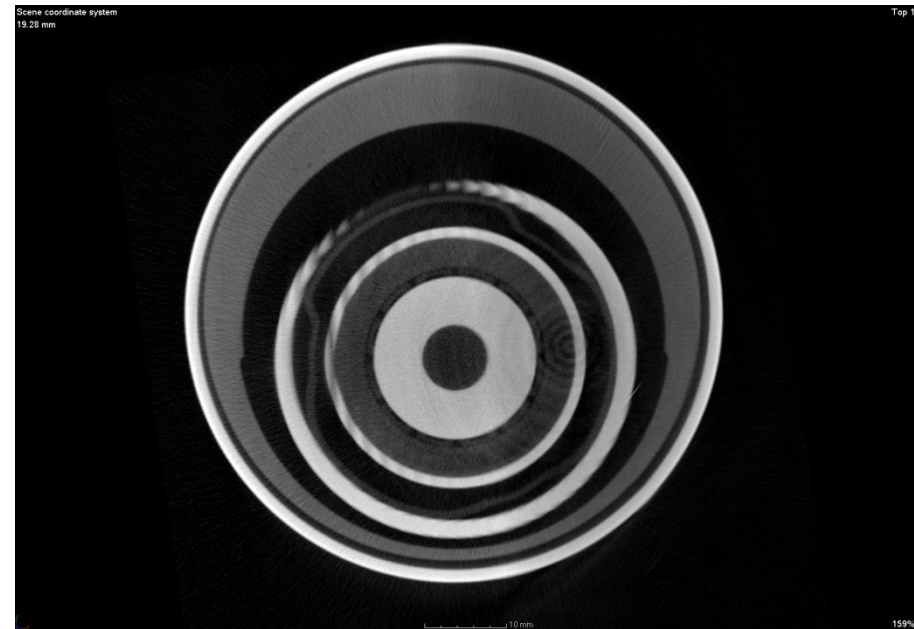
A pozíció (feszített eredeti állapot)

Z= 19,33 mm



OK

Eltérés nem mérhető

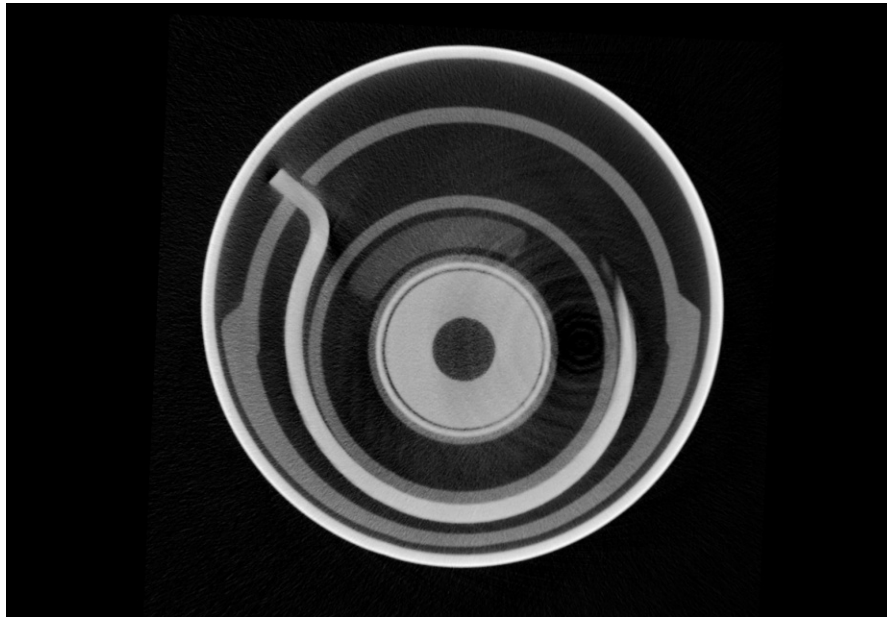


NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

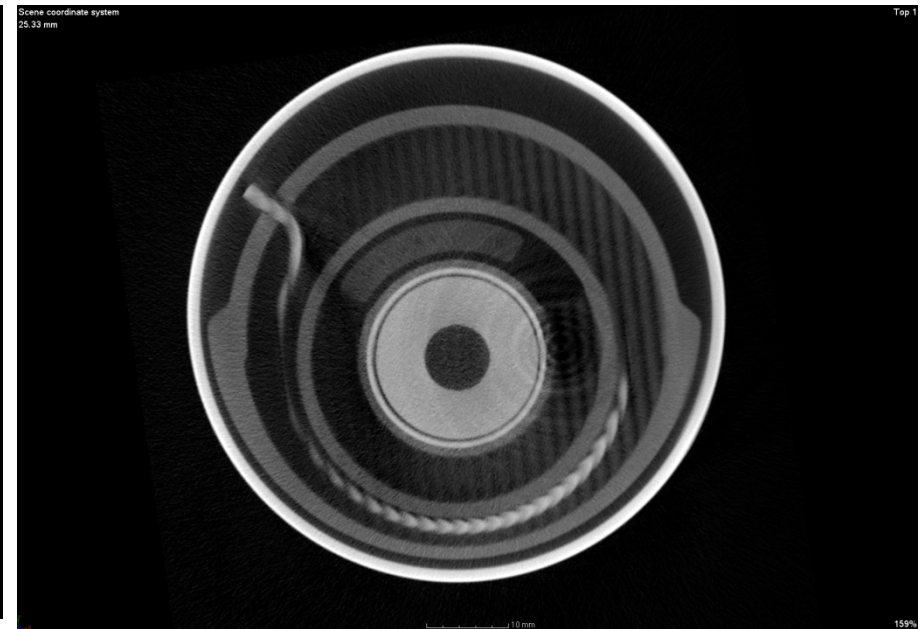
A pozíció (feszített eredeti állapot)

Z= 25,3 mm



OK

Eltérés nem mérhető

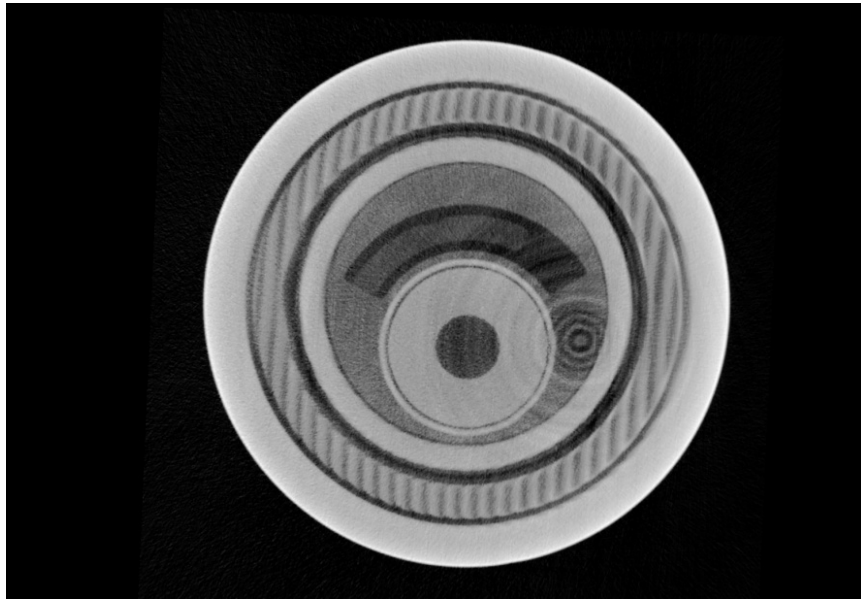


NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

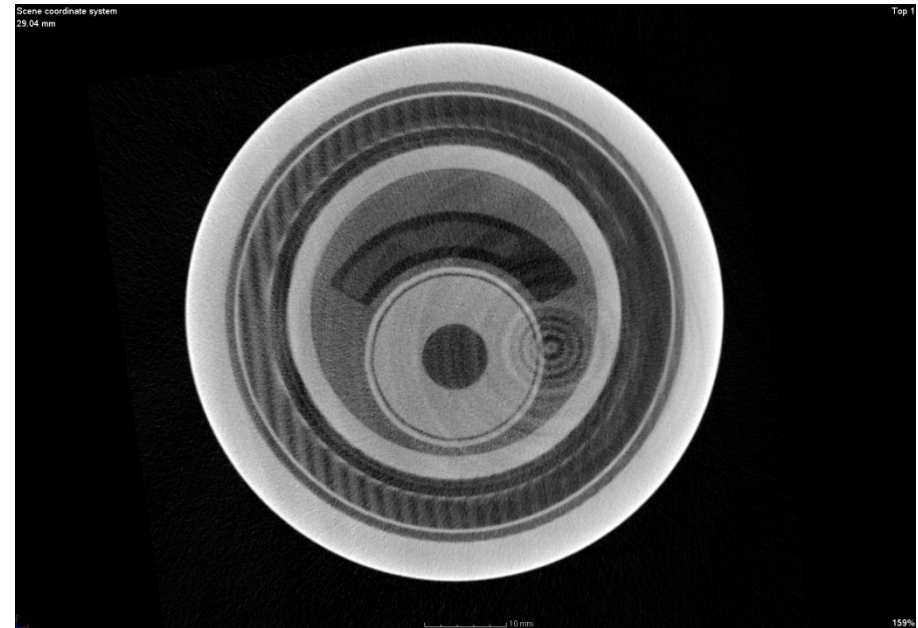
A pozíció (feszített eredeti állapot)

Z= 29 mm



OK

Eltérés nem mérhető



NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

B pozíció (közbenső állapot)
 $Z = 3,6 \text{ mm}$



OK
Eltérés nem mérhető

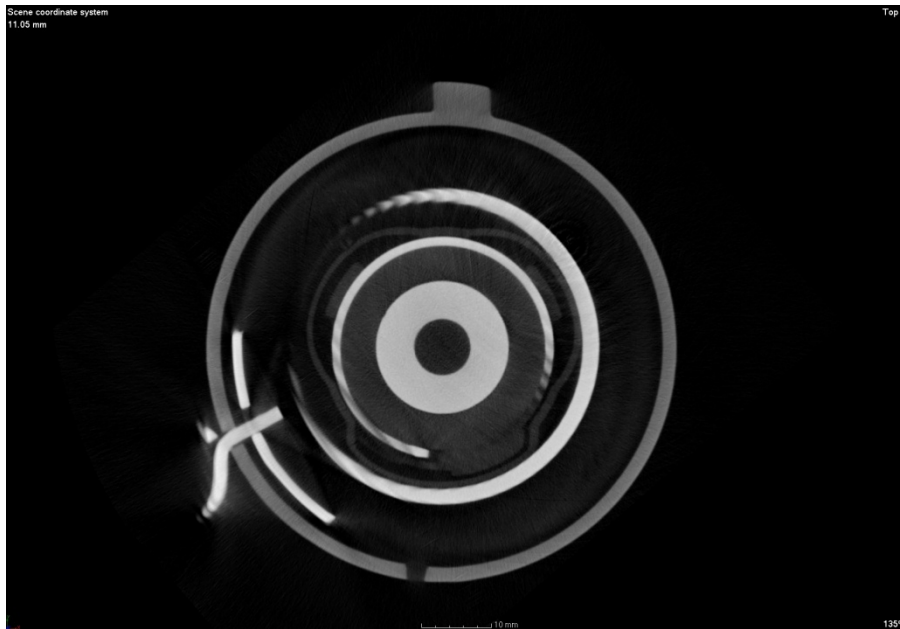


NOK

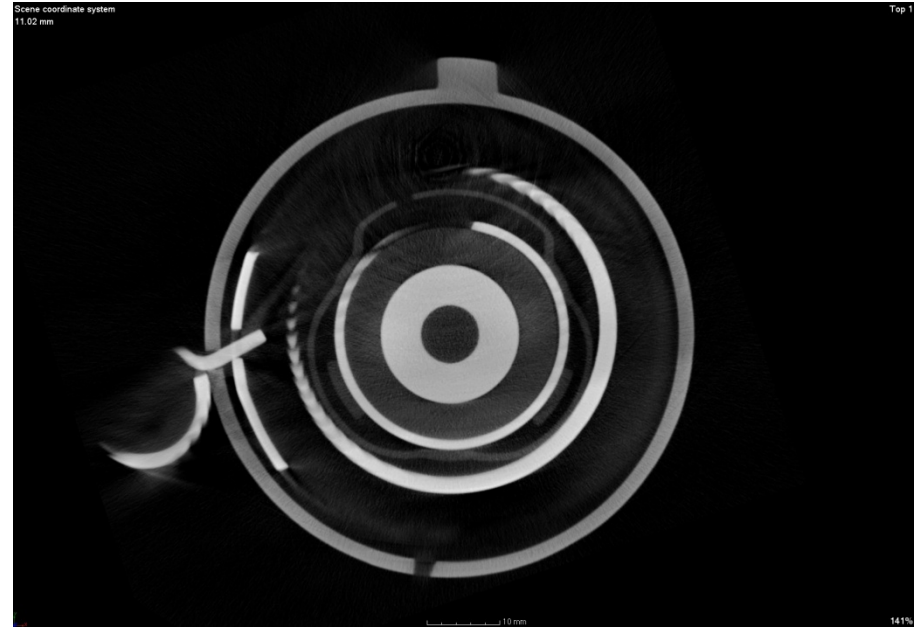
A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

B pozíció (közbenső állapot)

Z= 11 mm



OK
Eltérés nem mérhető



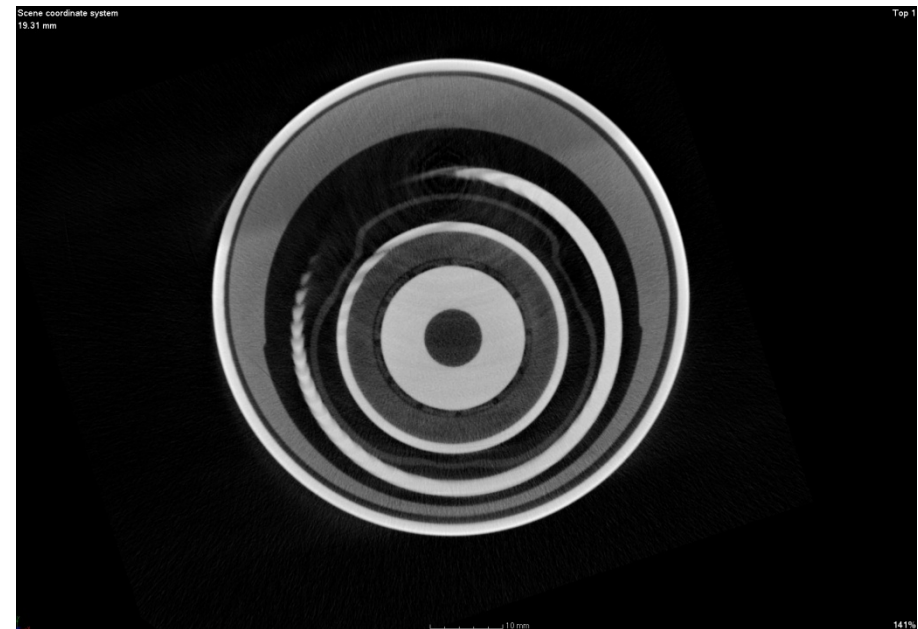
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

B pozíció (közbenső állapot)
Z= 19,33 mm



OK
Eltérés nem mérhető



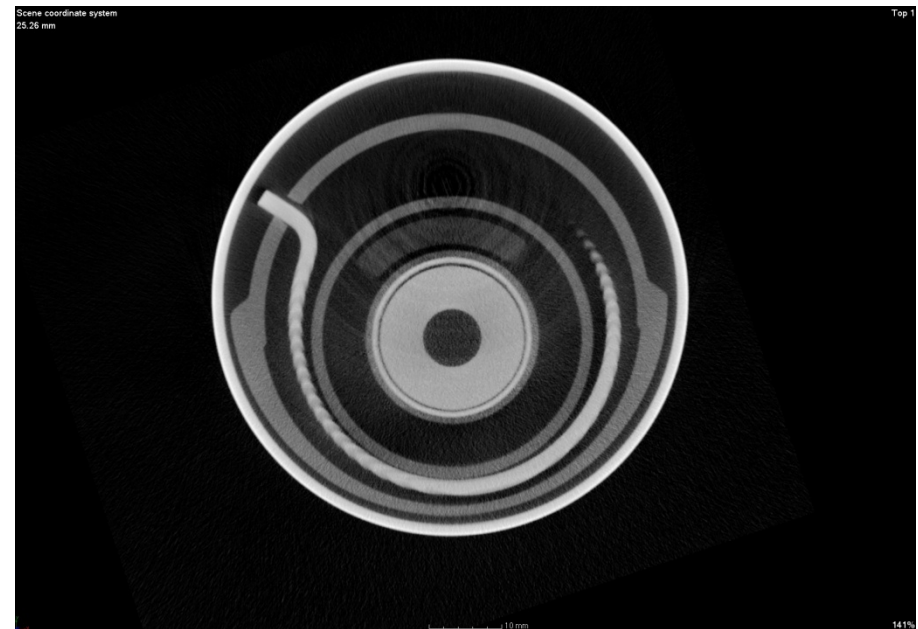
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

B pozíció (közbenső állapot)
Z= 25,3 mm



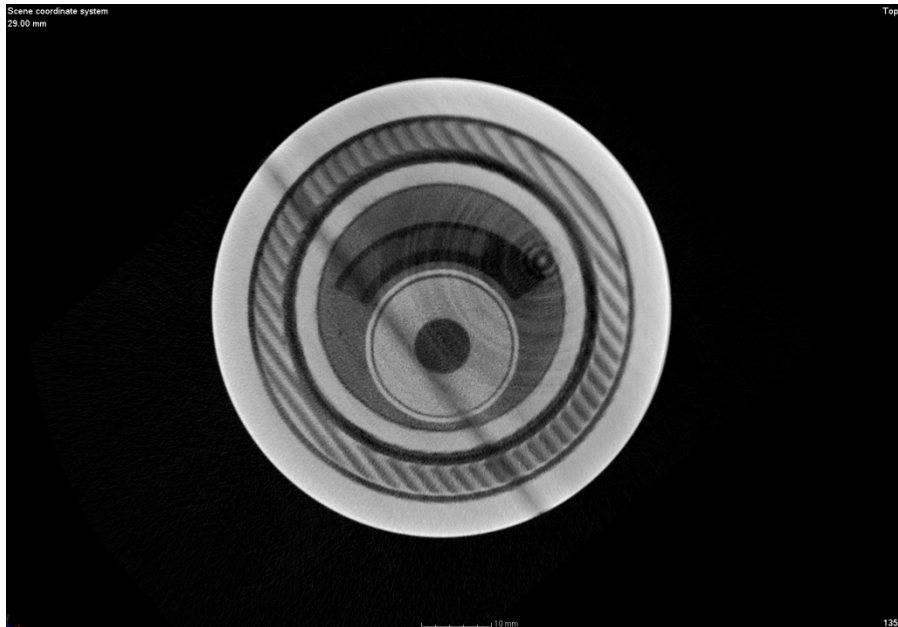
OK
Eltérés nem mérhető



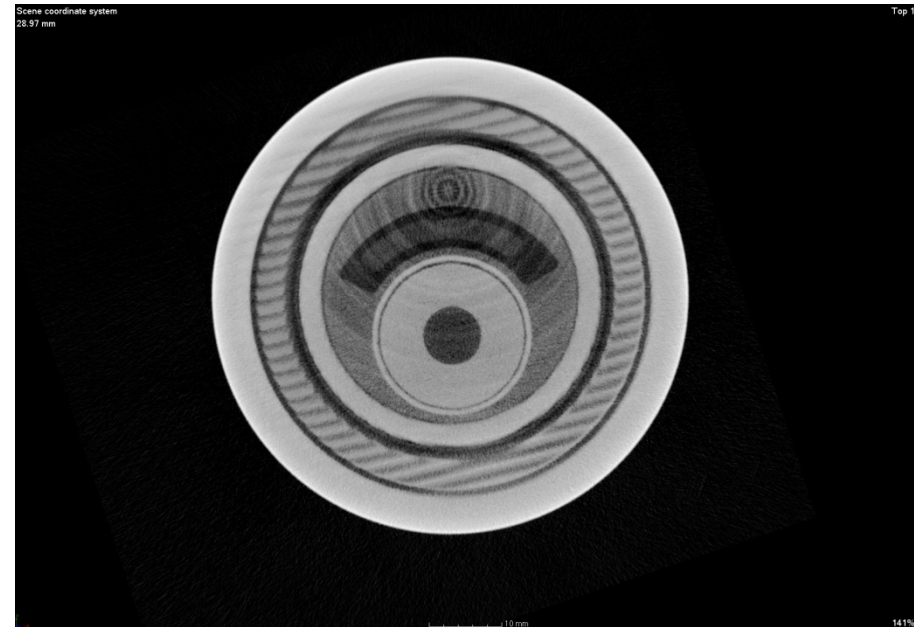
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

B pozíció (közbenső állapot)
Z= 29 mm



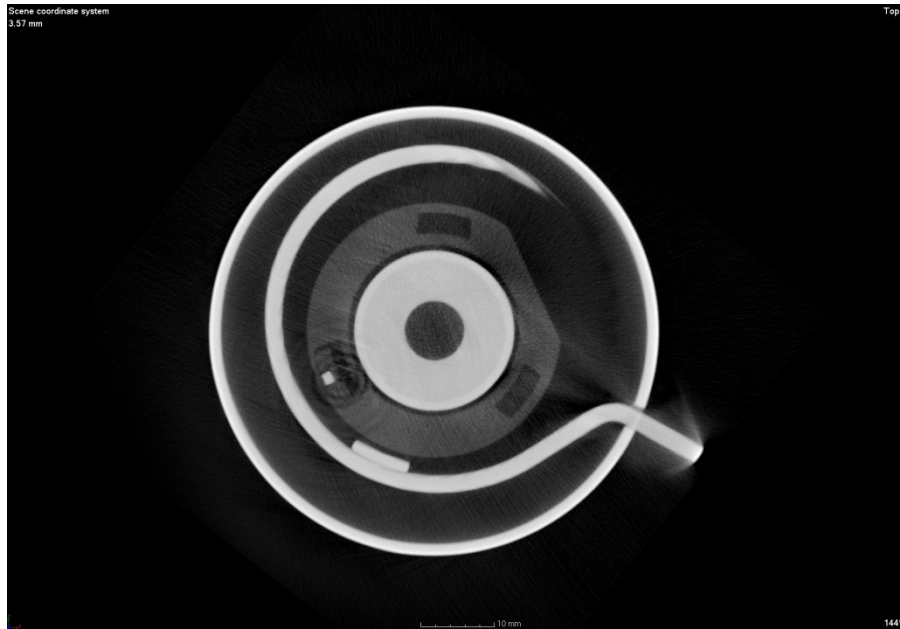
OK
Eltérés nem mérhető



NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

C pozíció (kiengedett állapot)
Z= 3,6 mm



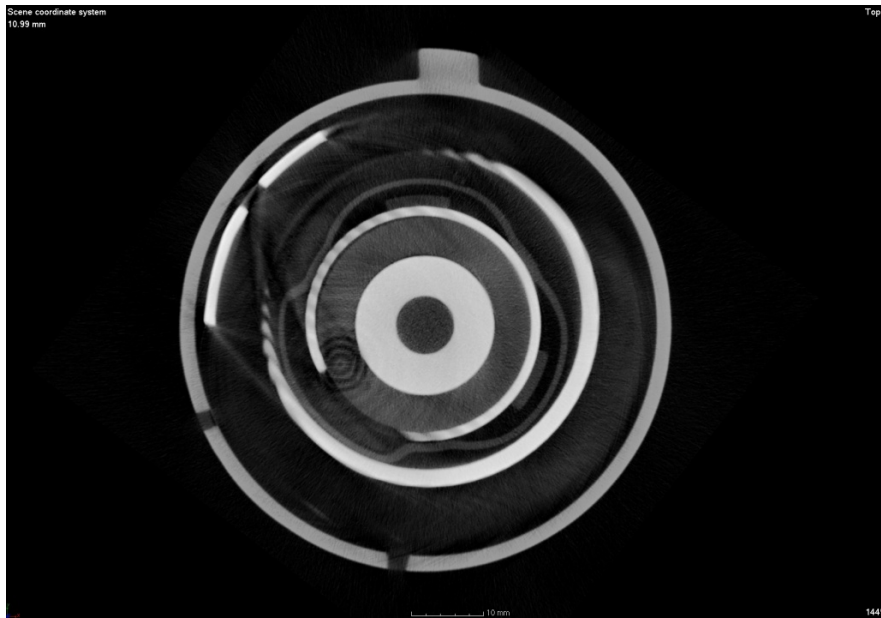
OK
Eltérés nem mérhető



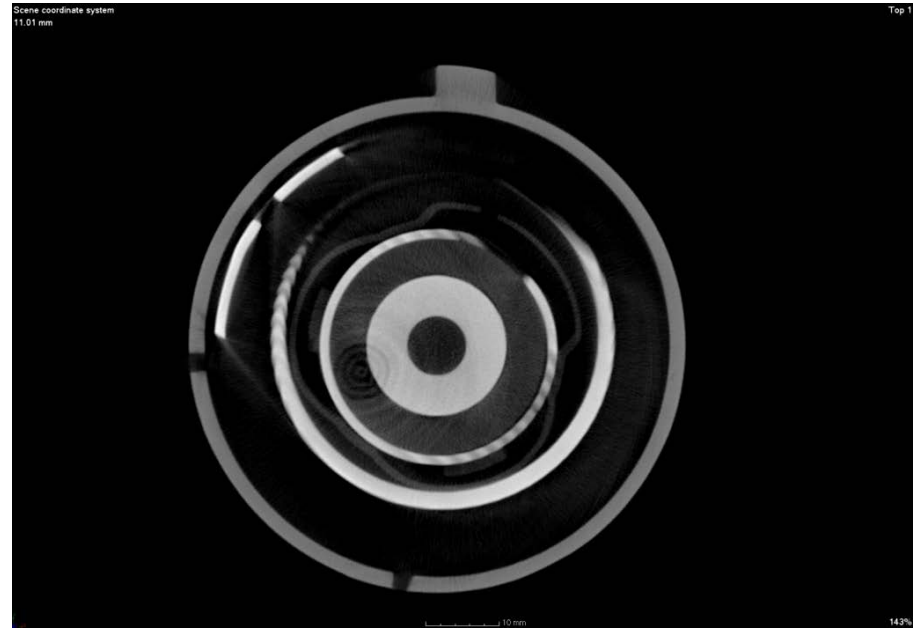
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

C pozíció (kiengedett állapot)
Z= 11 mm



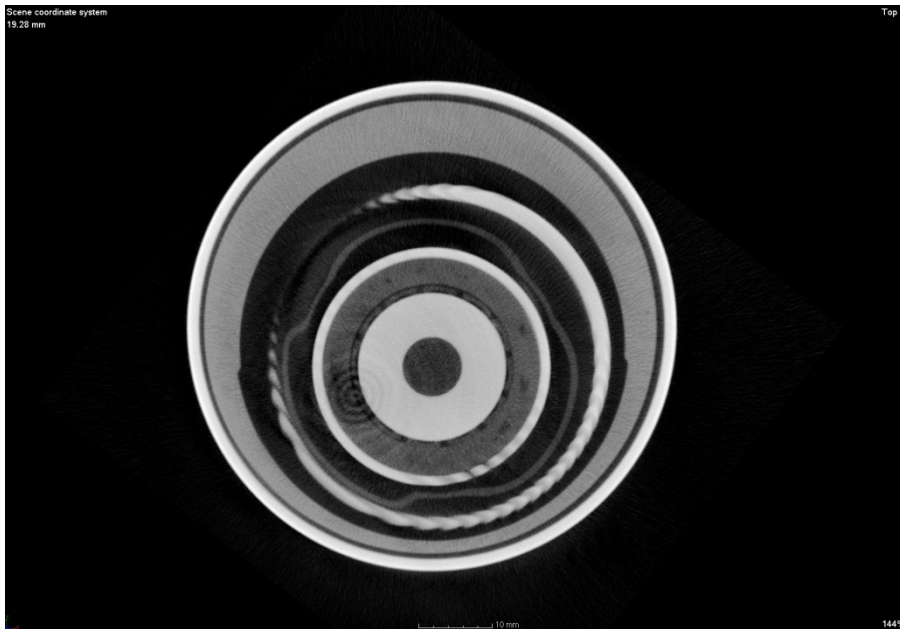
OK
Eltérés nem mérhető



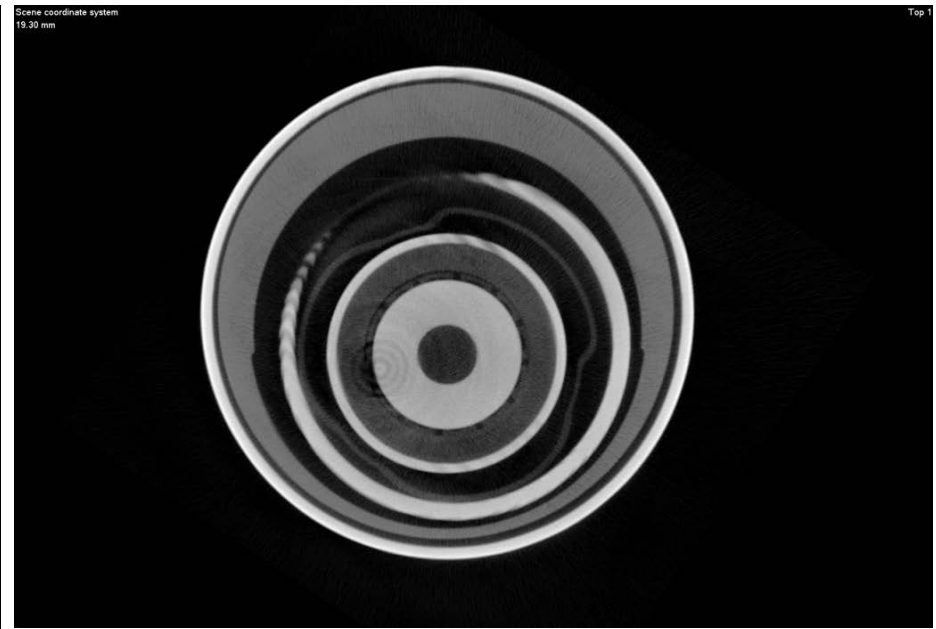
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

C pozíció (kiengedett állapot)
Z= 19,33 mm



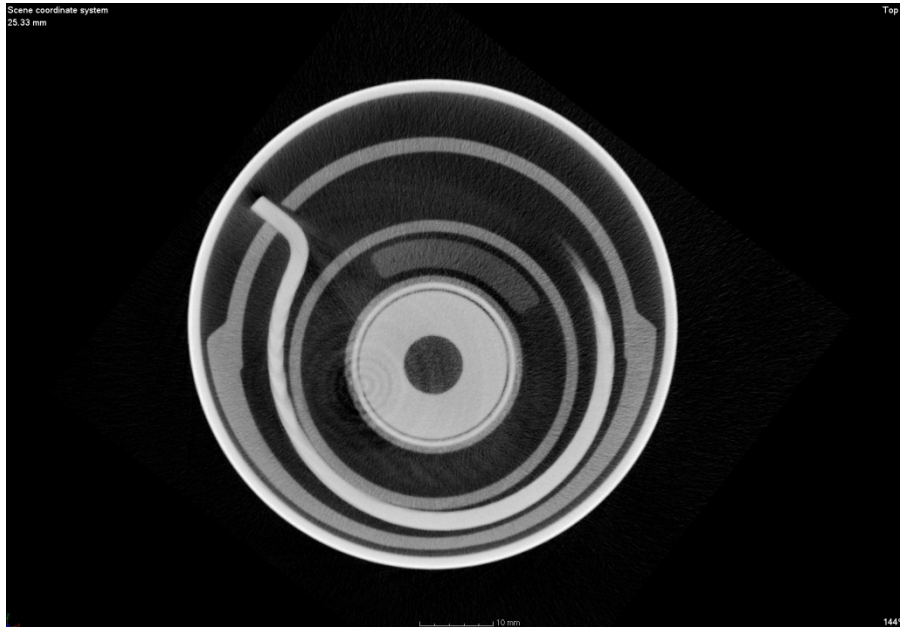
OK
Eltérés nem mérhető



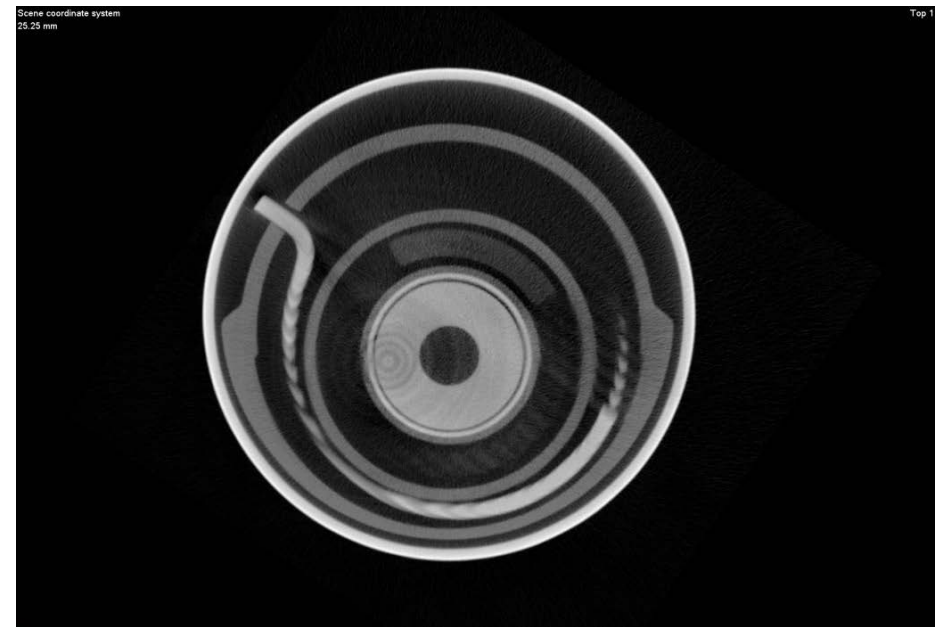
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

C pozíció (kiengedett állapot)
Z= 25,3 mm



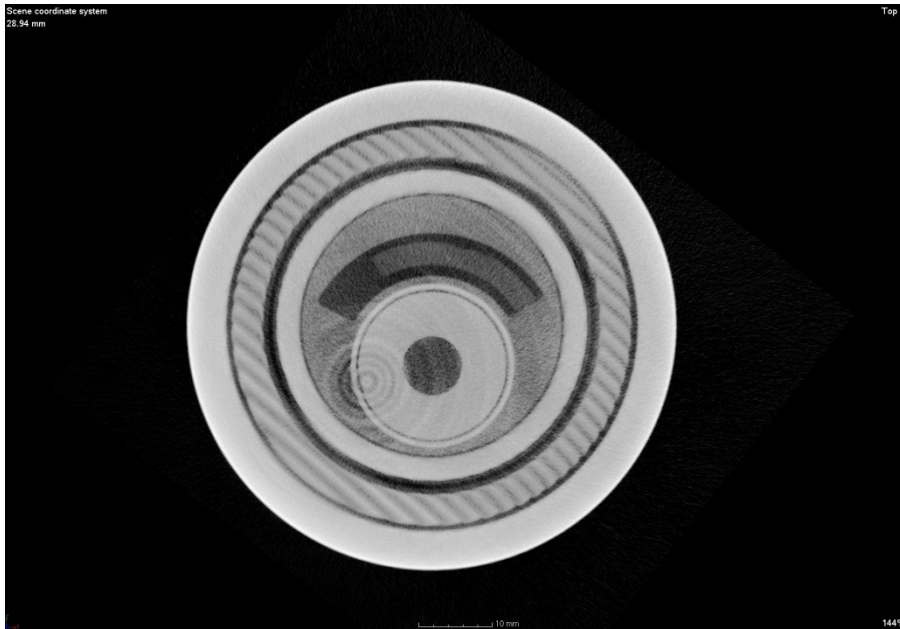
OK
Eltérés nem mérhető



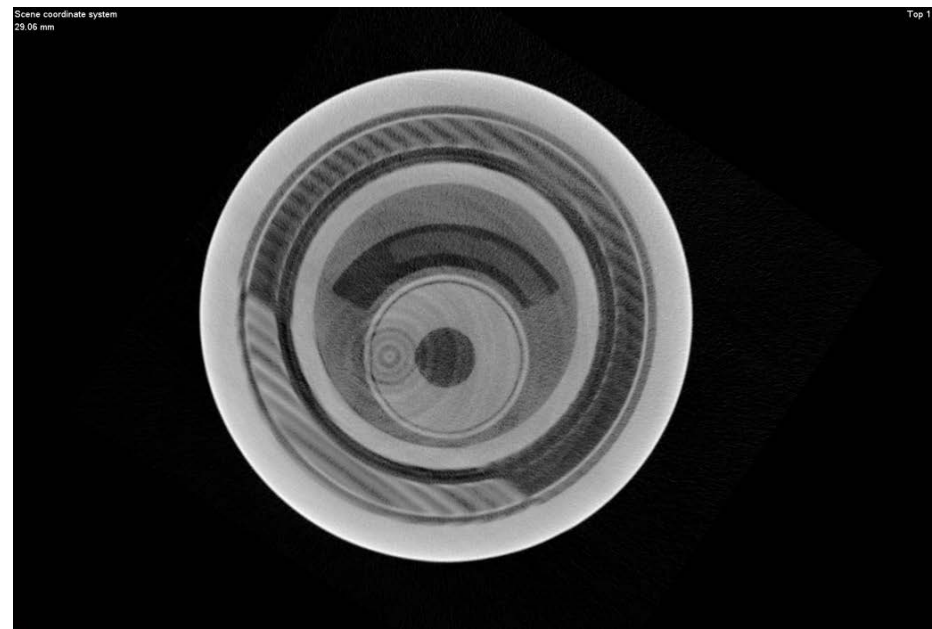
NOK

A feszítőgörgő belső mozgó részeinek vizsgálata

C pozíció (kiengedett állapot)
Z= 29 mm



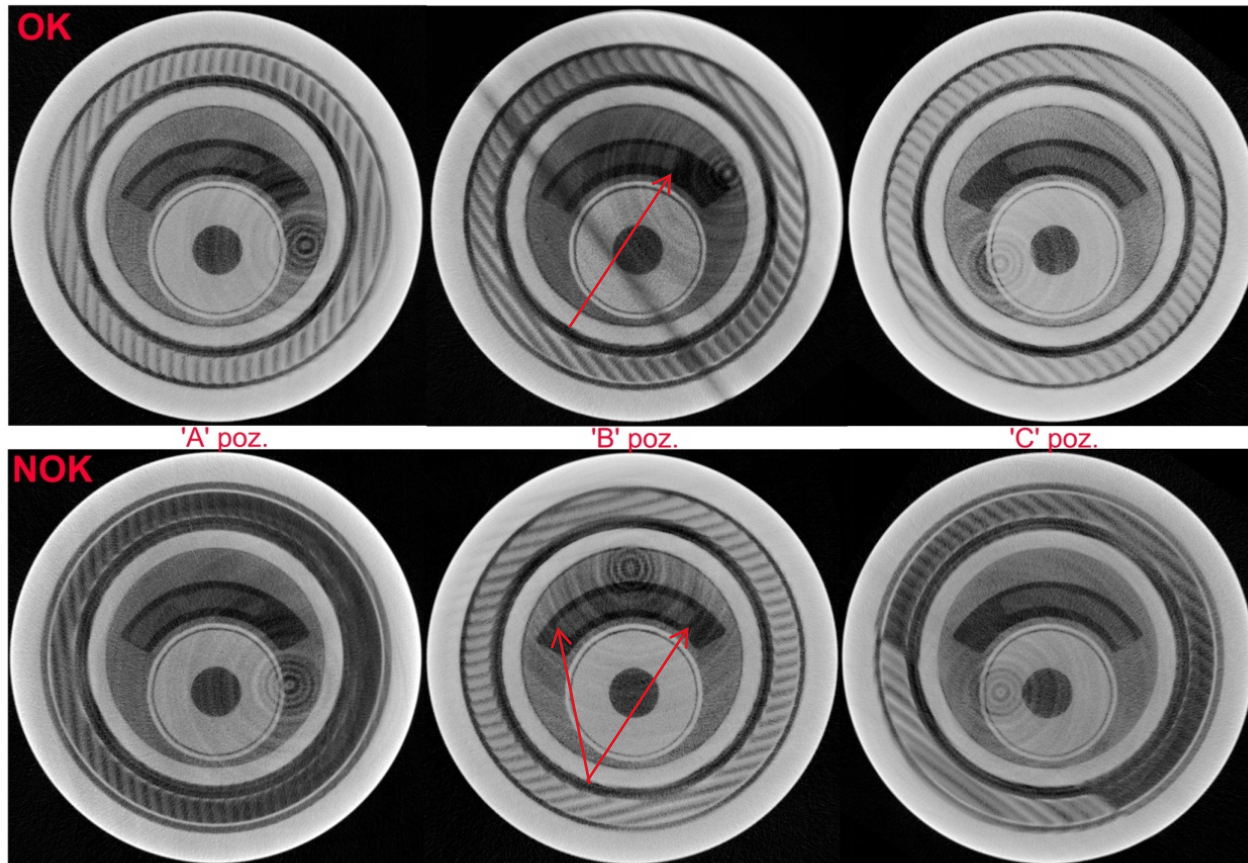
OK
Eltérés nem mérhető



NOK

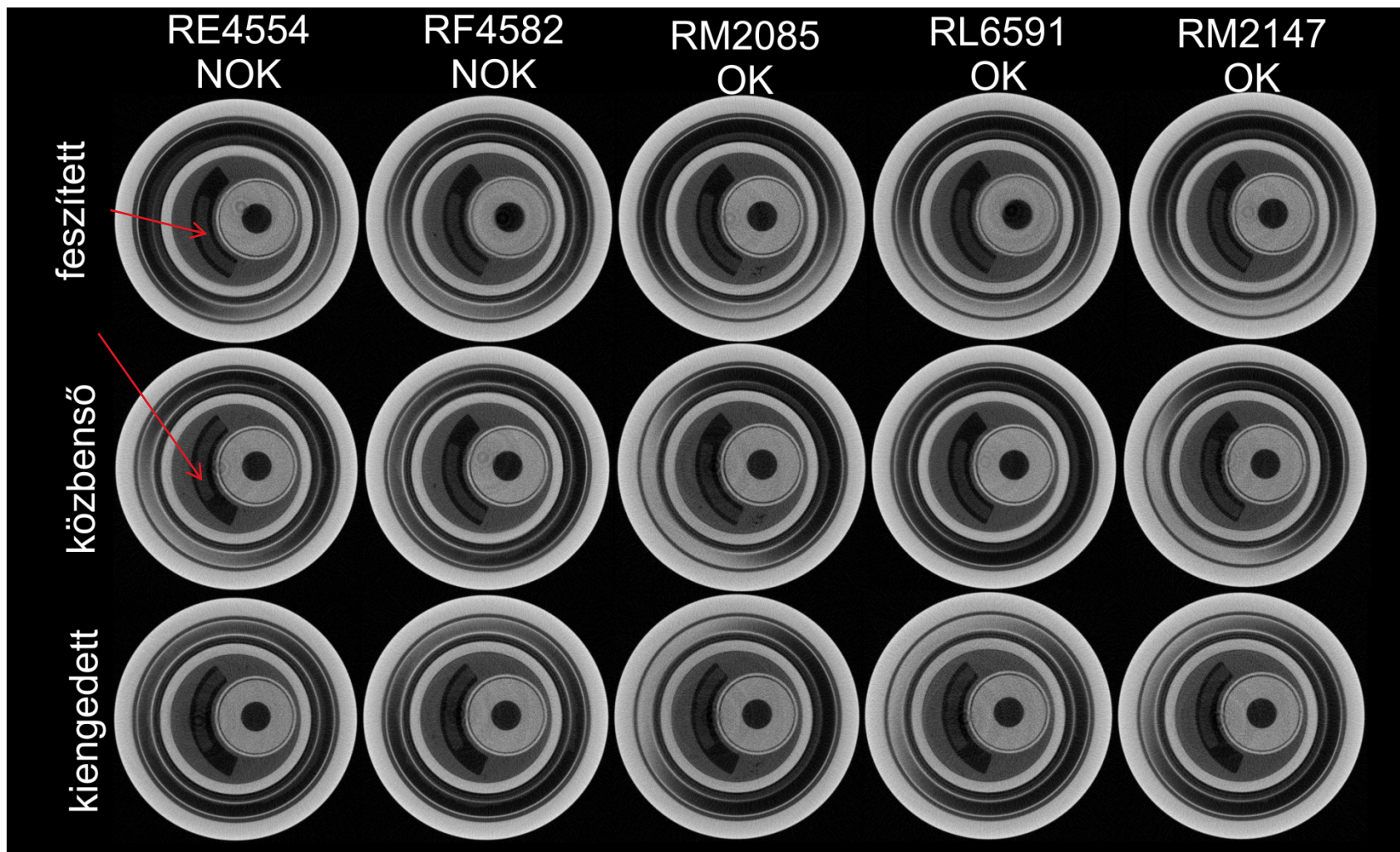
Összehasonlítás X irányú metszeten

A , B és C pozícióban



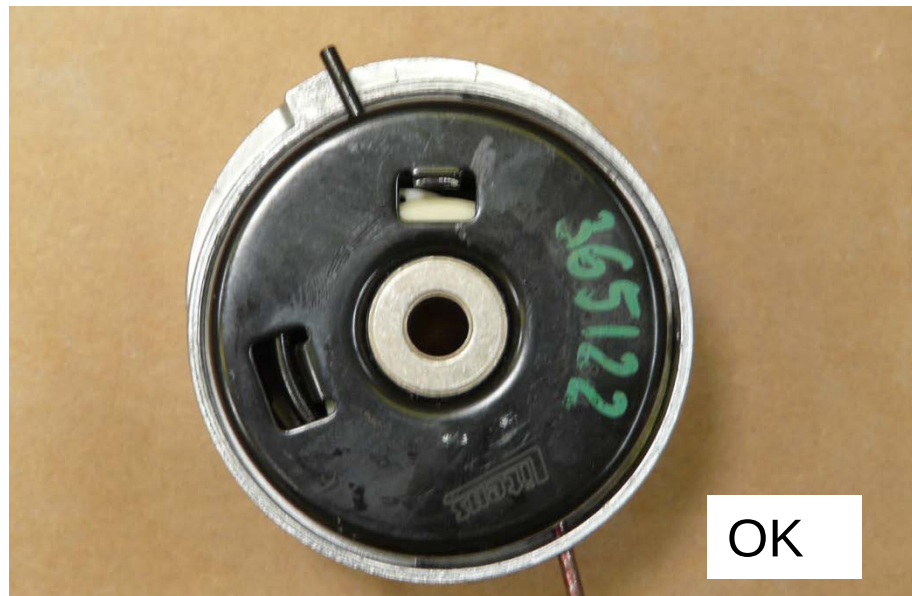
- A pozíciók között eltérés, hogy a rugórögzítő műanyag alkatrész a jó darabnál nem mozdul, míg a zajos darabnál igen

Feszítőgörgő pozíciók összehasonlítása



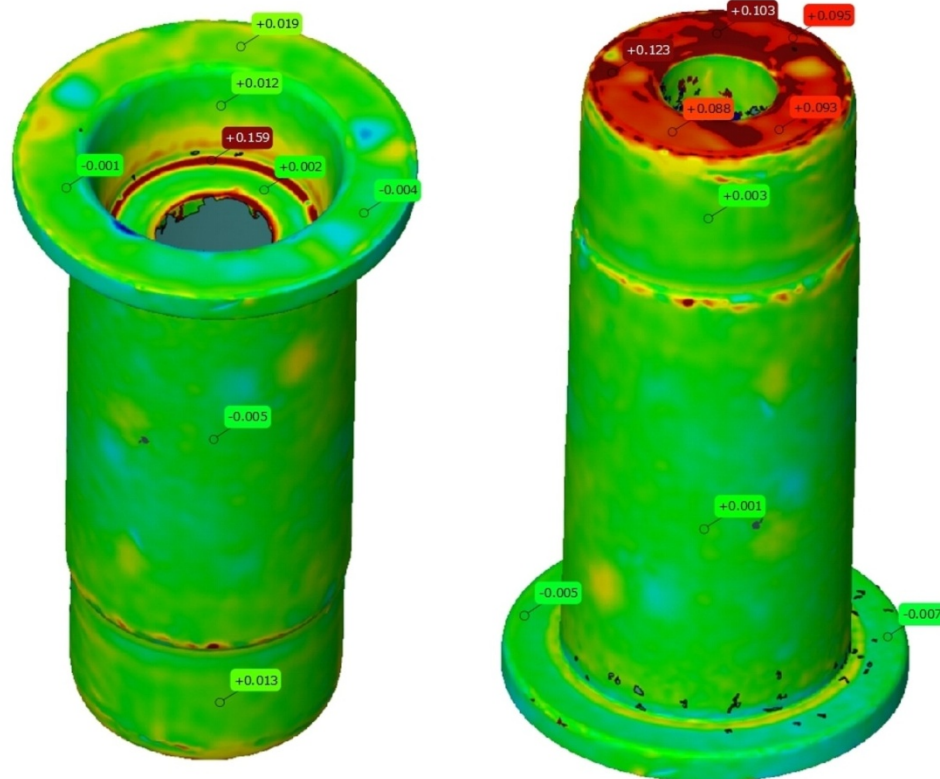
- Az RE 4554 NOK darab kivételével a többi helyzete az A, B és C pozícióban azonos, nincs eltérés az OK és NOK darabok között

A feszítőgörgőket az OK és NOK darabokat a további összehasonlító vizsgálatok lehetőségeinek érdekében szétszedtük



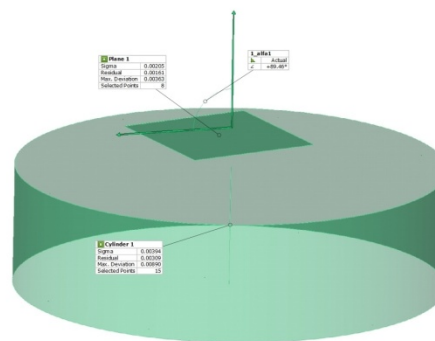
GOM műszerrel végzett összehasonlító vizsgálatok

RM2085 (OK) - RE4554 (NOK) tengely
összehasonlító elemzése

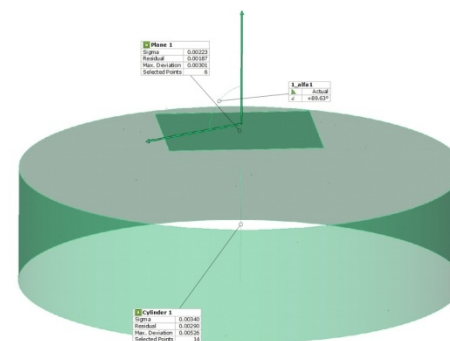


Az OK és NOK
tengely között
csak a
hosszméretben
van minimális
eltérés

GOM műszerrel végzett összehasonlító vizsgálatok



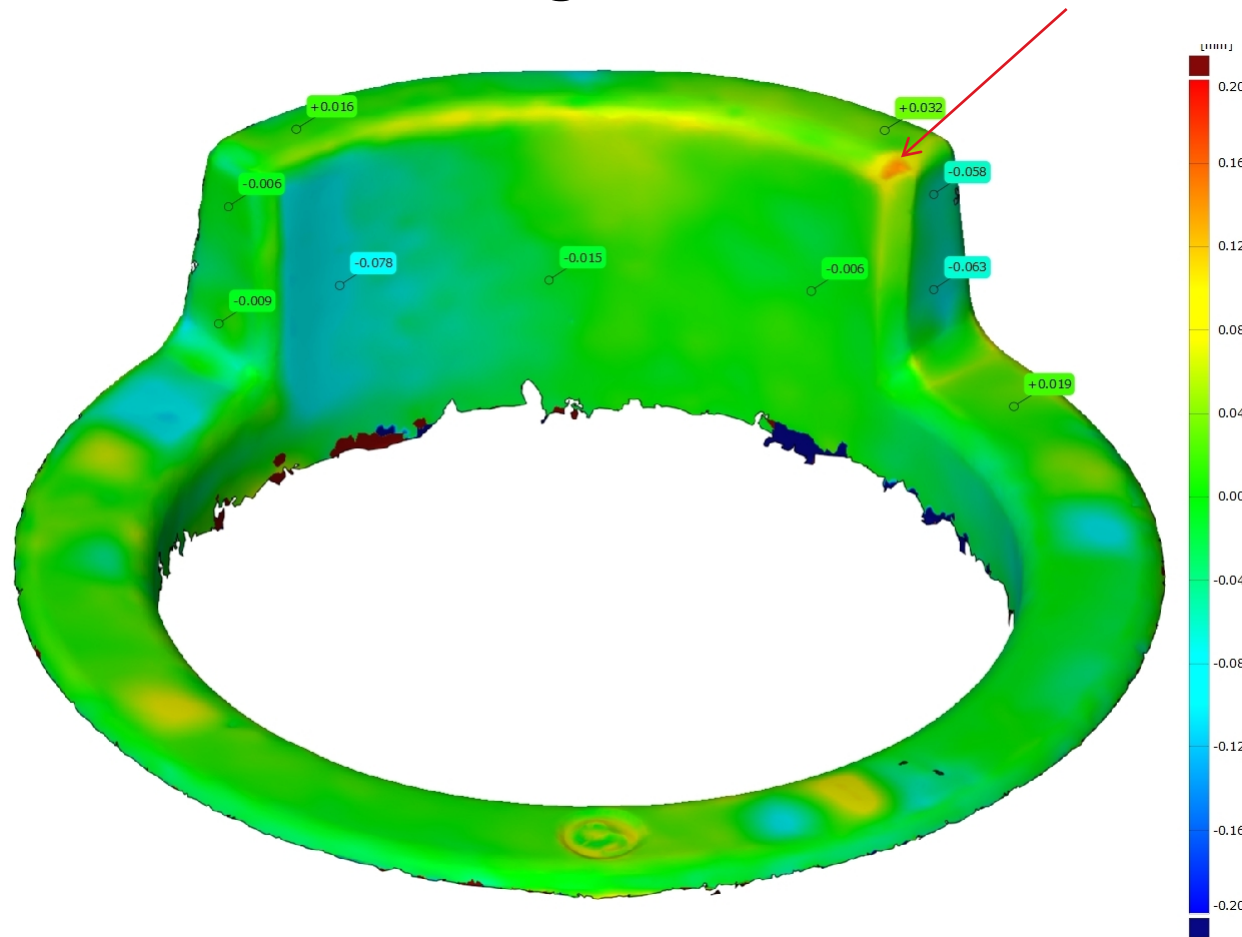
RM2085 - OK
alfa: 89,46



RE4554 - NOK
alfa: 89,63

Az OK és NOK darabok mindegyike eltér a 90° -tól

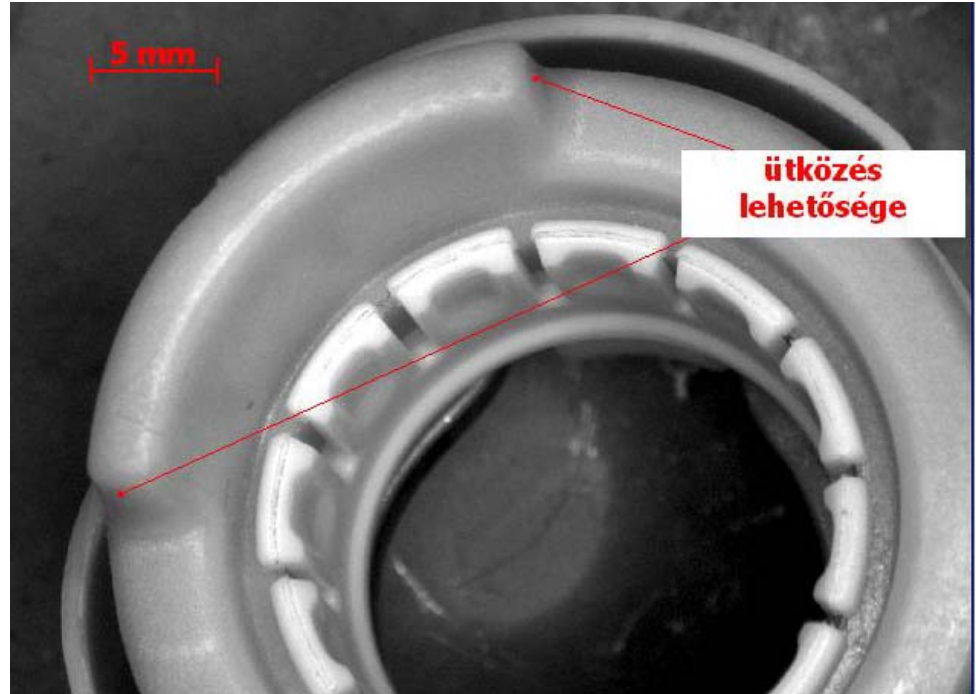
GOM műszerrel végzett összehasonlító vizsgálatok



Az OK és NOK darabok pontjai egymásra vannak helyezve. A darabok képét a tengelyre merőlegesen levágtuk. A két darab gyakorlatilag azonos

Ütközési lehetőségek vizsgálata

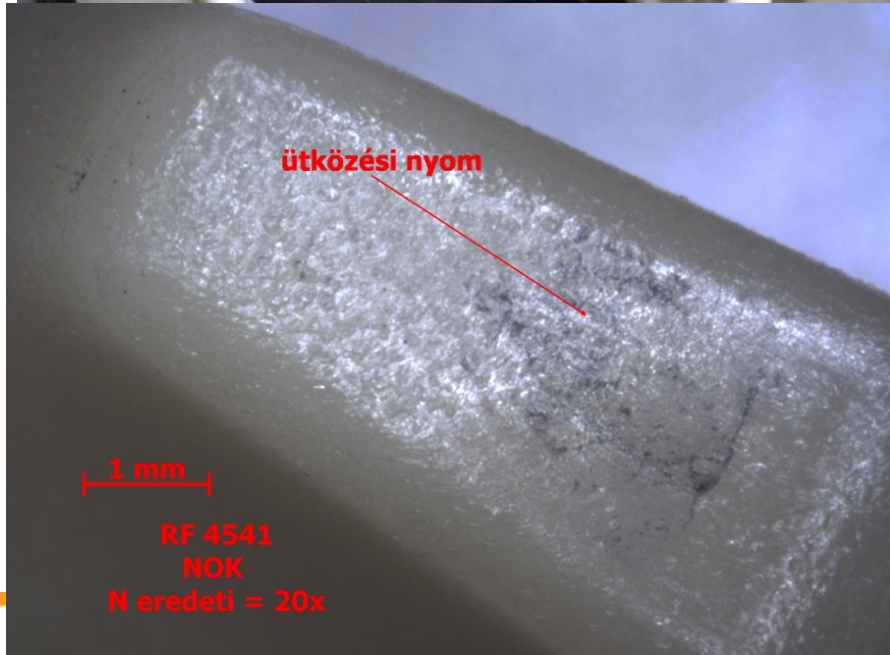
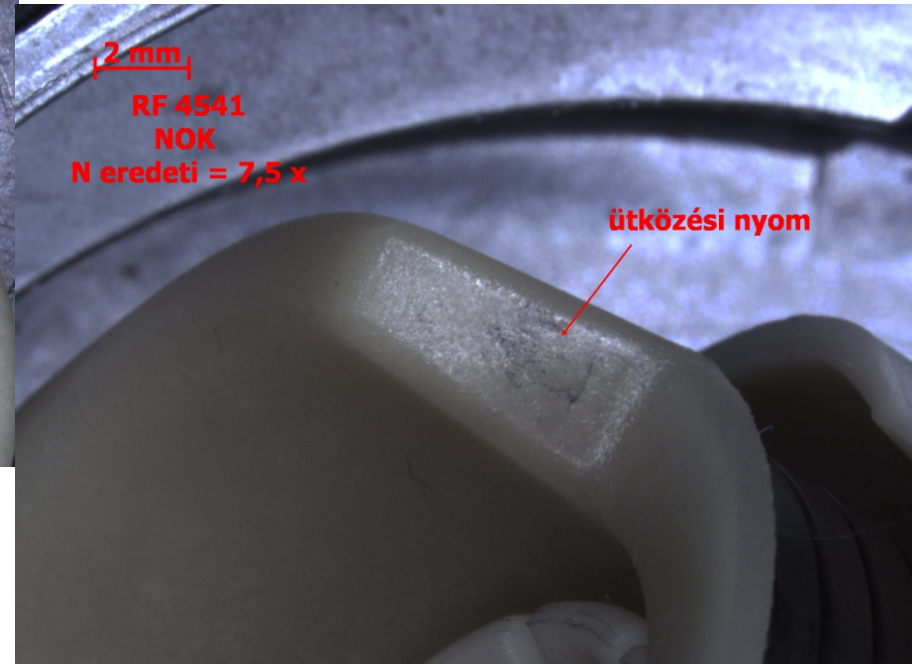
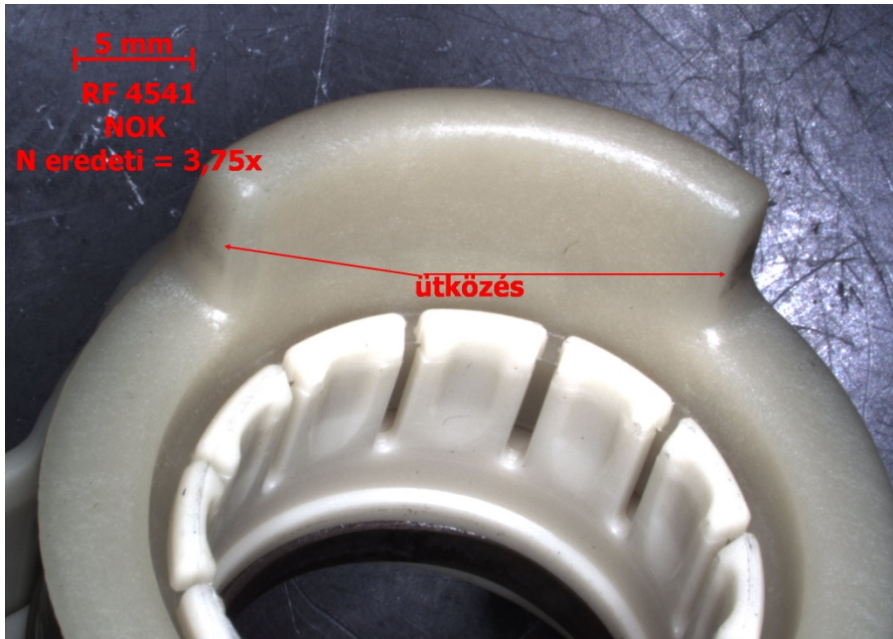
OK darab



Sérülés nincs

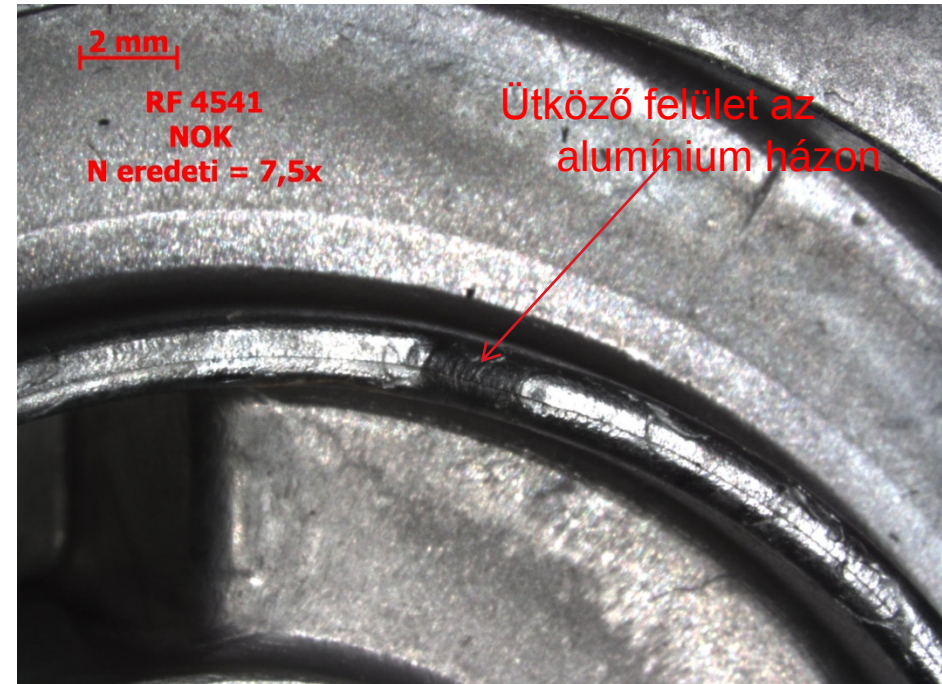
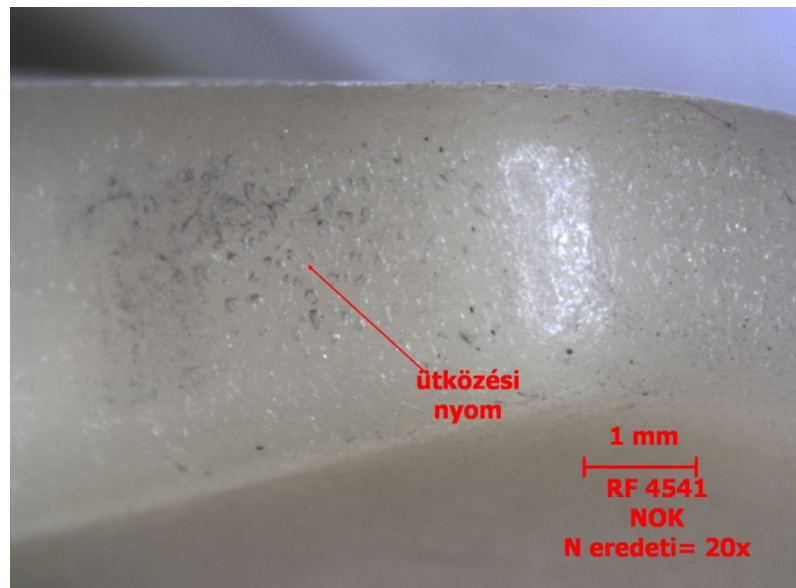
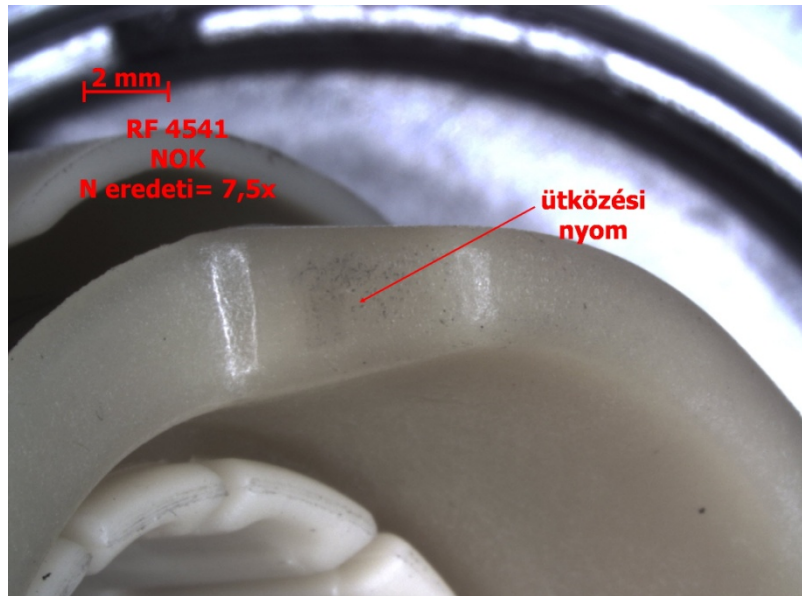
- Az elmozduló elem az alumínium háznak ütközve zajt okozhat
- A továbbiakban vizsgáltuk az esetleges ütközések következményét

RF 4541 NOK



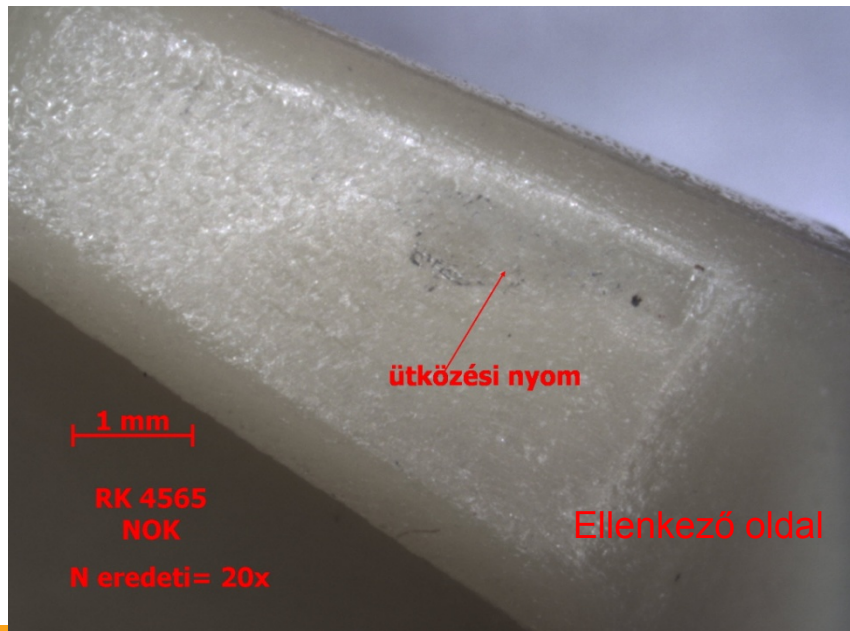
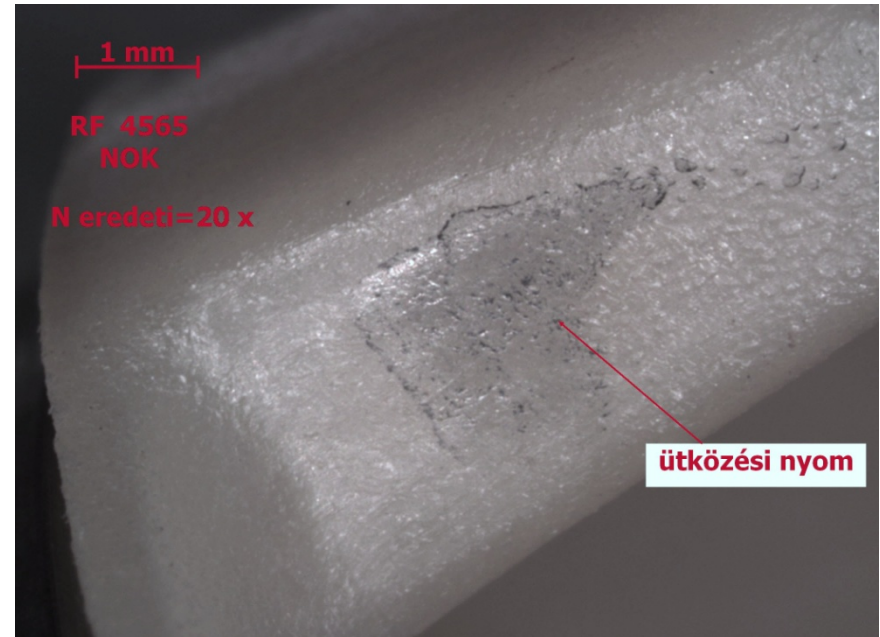
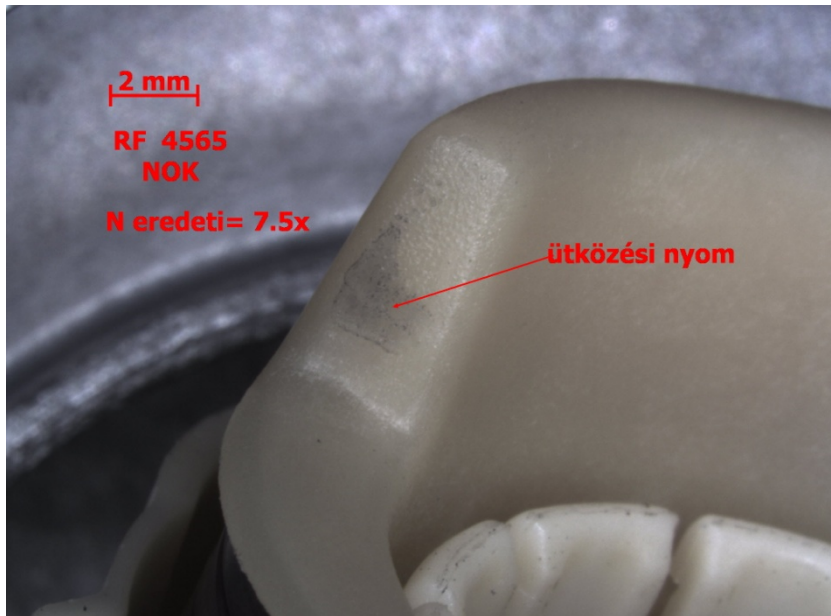
- A jelzett felületen a sötét színű rész „felkenődött” alumínium

RF 4541 NOK



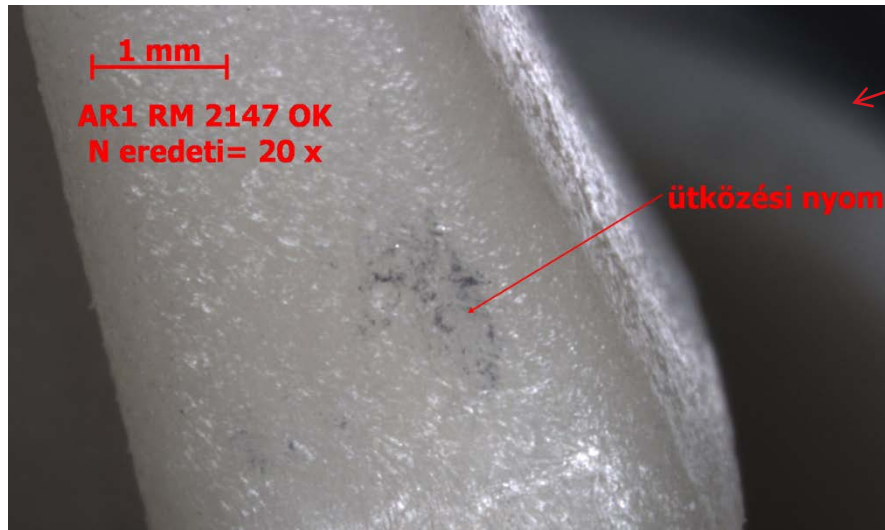
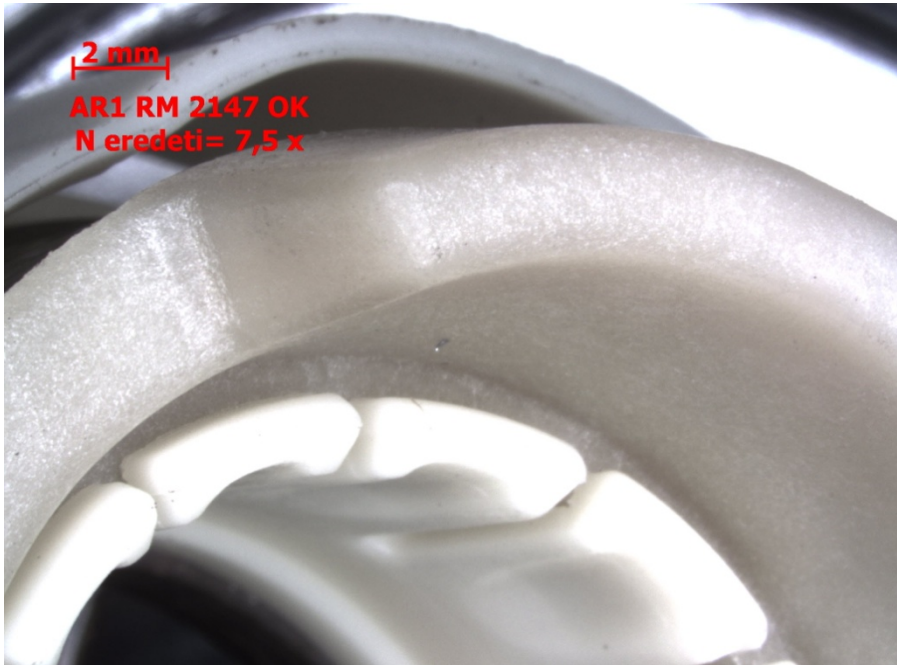
- Az ellenkező oldalon is található sötét színű rész, minimális „felkenődött” alumínium

RF 4565 NOK



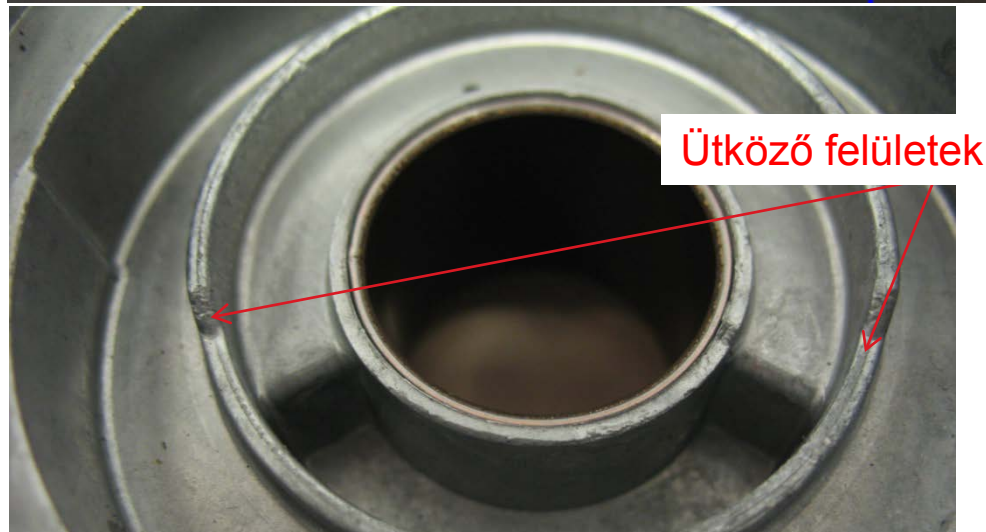
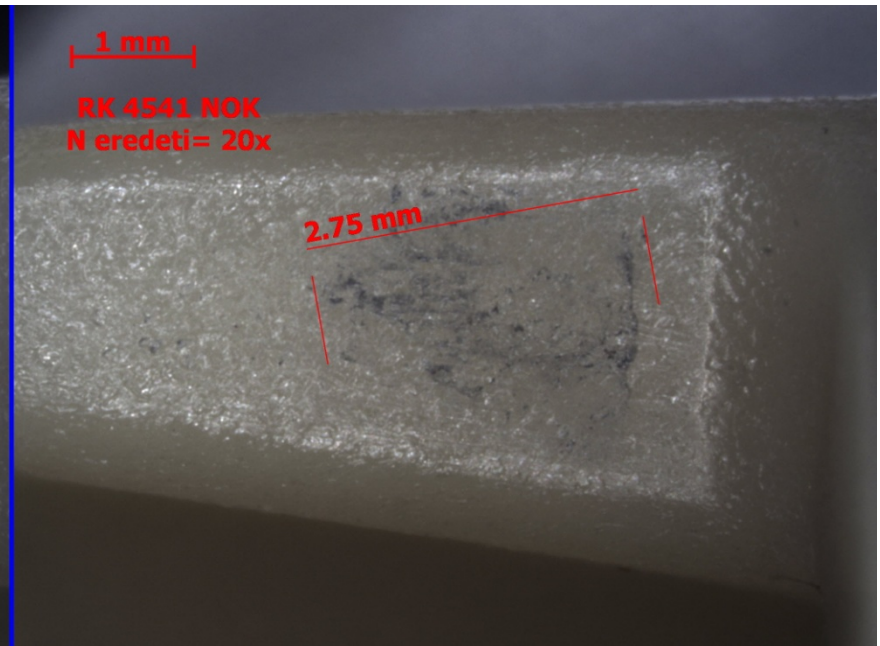
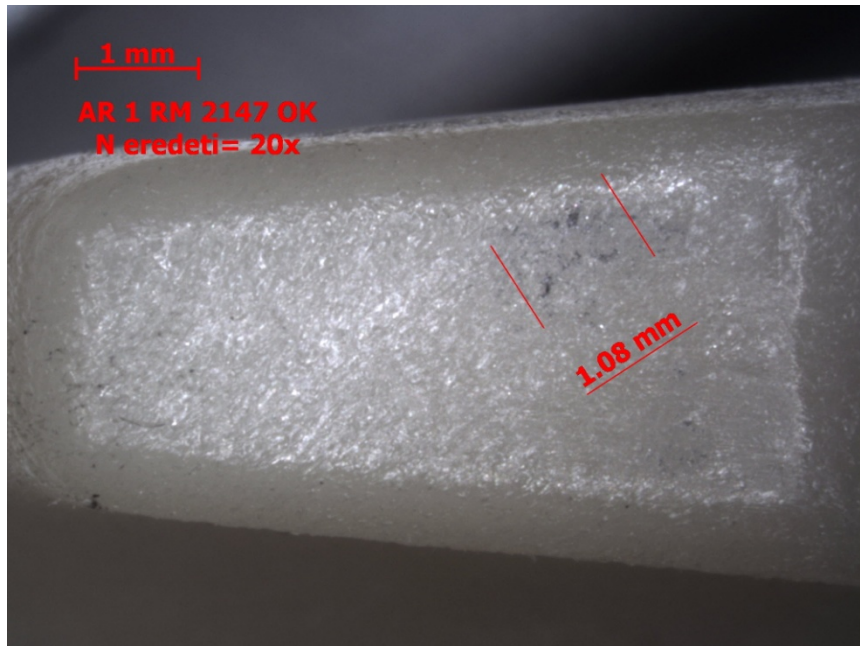
- A jelzett felületen viszonylag nagy területen megfigyelhető a sötét színű „felkenődött” alumínium

AR1 RM 2147 OK



A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy az egyik oldalon nincs, a másik oldalon pedig minimális ütközési nyom látható

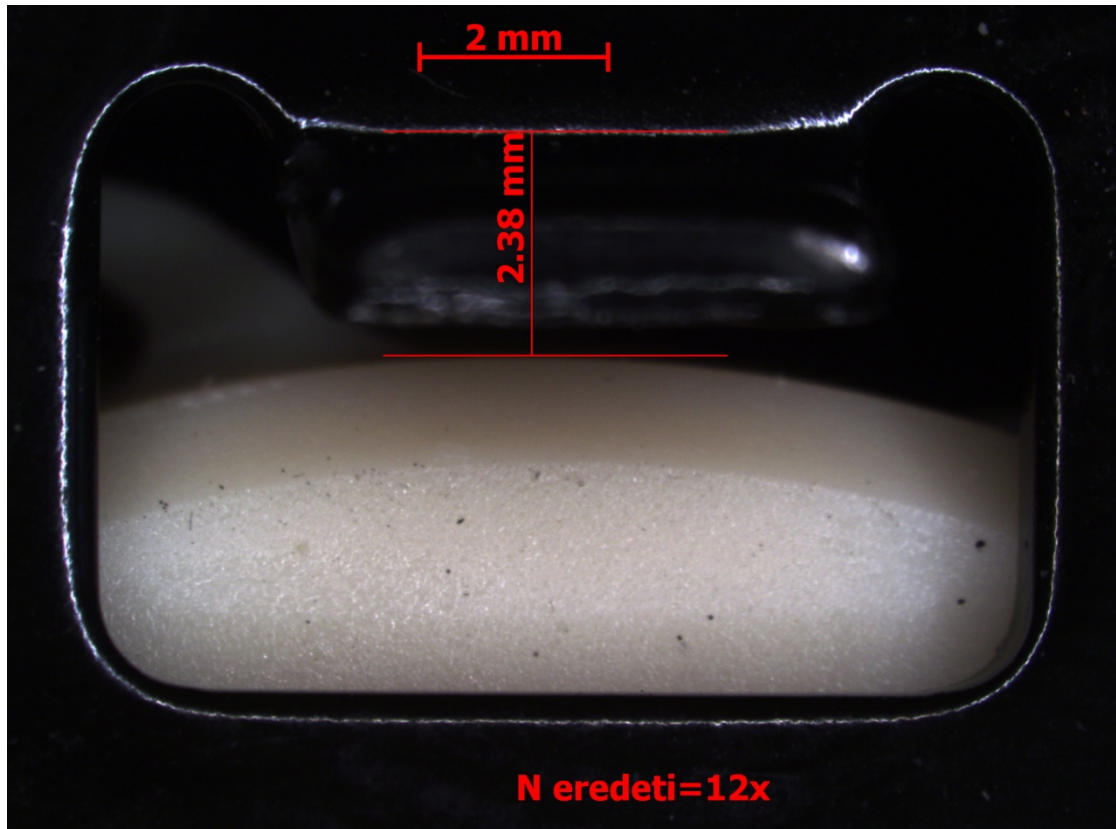
Ok és NOK darab összehasonlítása



- Megállapítható, hogy az OK darabokon az ütközésből eredő nyom mérete kevesebb, mint 40 %-a a NOK darabénak továbbá „sűrűsége” és mélysége lényegesen kisebb

Sztereomikroszkópos összehasonlító vizsgálatok

A rugórögztítő elem helyzetének összehasonlítása



- A mérések az első fázisban 1 db jó és a rendelkezésre álló 6 db zajos darab esetében történtek a képen látható módon.

Sztereomikroszkópos összehasonlító vizsgálatok

A rugórögztítő elem helyzetének összehasonlítása (júniusi mérések)

	OK	NOK (zajos)					
Jelzés	Jó	RF4541	RF4565	RF 4644	R1	Jel nélk 6	Jel nélk 2
Mért érték [mm]	2,76	2,45	2,61	2,35	2,38	2,48	2,48

Zajos átlag érték: 2,46 mm

Jó: 2,76 mm

A zajos feszítőgörgők esetében mért érték a jó görgőhöz képest 0,3 mm-rel kisebb volt. Mivel az első fázisban csak 1 db jó görgő állt rendelkezésünkre, és ez nem tette lehetővé statisztika készítését a második ütemben a mérést további feszítőgörgőkre is kiterjesztettük.

Sztereomikroszkópos összehasonlító vizsgálatok

A rugórögzítő elem helyzetének összehasonlítása (kiegészítve jó darabokkal)

Jelzés	Minősítés	Mért érték [mm]	Megjegyzés
RF4541	zajos	2,45	Júliusi szállítás
RF4565		2,61	
RF4644		2,35	
R1		2,38	
Jel nélkül 6		2,48	
Jel nélkül 2		2,48	
RF4554		2,63	
RF4582		2,48	
	Átlag	2,48	
Jó	megfelelő	2,76	Júliusi szállítás
RL7243		2,7	
RL8743		2,6	
RL8688		2,64	
RL6591		2,52	
AR1 RM2147		2,52	
RL9050		2,66	
AR2 RM2085		2,6	
RJ7579		2,52	
RL6578		2,49	
RM0236		2,58	
	Átlag	2,6	

Zajos átlag érték: 2,48 mm

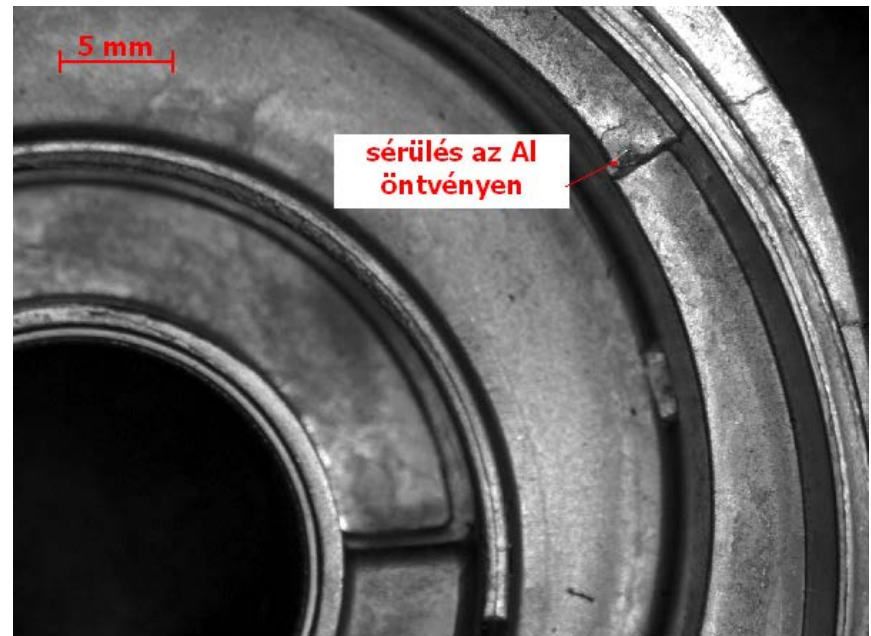
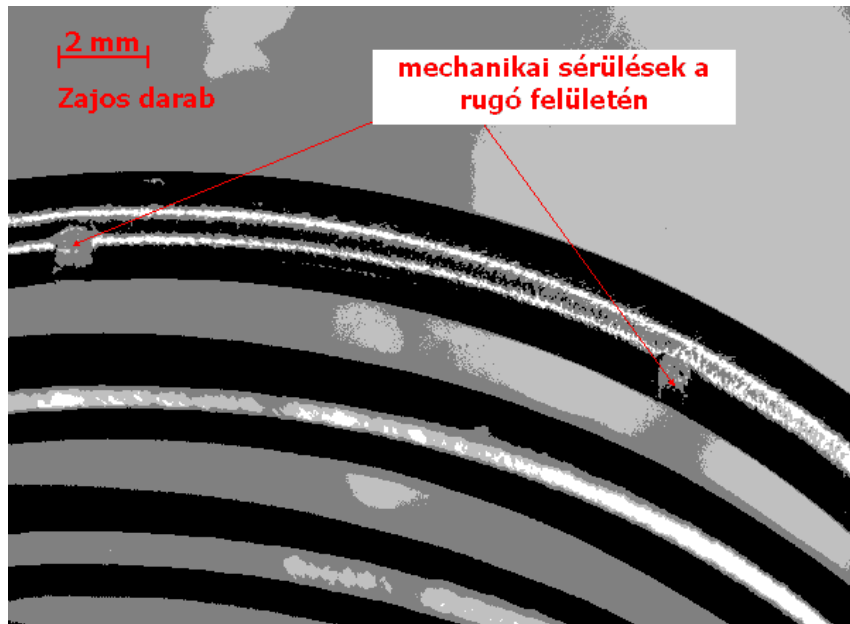
Jó: 2,60 mm

A sztereomikroszkópos vizsgálatból levonható következtetések

1. A mérések 8 db zajos (NOK) és 11 db jó (OK) feszítőgörgőn történtek
2. A NOK feszítőgörgőkön mért átlagérték 2,48 mm, míg az OK darabokon 2,6 mm.
Megjegyzés:
 - A NOK darabok között a 2,48 mm átlag esetében volt 2 db 2,61 és 2,63 mm érték,
 - az OK daraboknál a 2,6 mm átlag esetében 1 db 2,49, és 3 db 2,52 mm
3. Megállapítható, hogy a rugórögztítő elem műanyag betét helyzetében a mért 19 db alapján nem mutatható ki egyértelmű különbség az OK és NOK darabok között.



Felületi sérülések vizsgálata



A sérülések eredete nem deríthető ki, keletkezhetnek a beszerelés előtt is!

A geometriai eltérések összehasonlításának összefoglalása, következtések levonása (1)

1. A feszítőgörgők belső mozgó részeinek és az azokat körülvevő alkatrészek távolságának röntgen (CT), GOM és sztereomikroszkópos vizsgálata, a belső alkatrészek ütközési lehetőségeinek elemzése alapján nem mutatható ki szignifikáns különbség az OK és NOK feszítőgörgők között.
2. A feszítőgörgők vizsgálata során az OK darabokon vagy nem volt megfigyelhető, vagy csak az egyik oldalon volt található ütközésből eredő sérülés és a felületre felkenődött alumínium



Wir leben Autos.



A geometriai eltérések összehasonlításának összefoglalása, következtések levonása (2)

3. A NOK darabokon mindkét oldalon (gyakran nem egyforma mértékben) olyan sérüléseket lehetett kimutatni, amelyek a működés közben létrejött ütközések eredményei lehetnek. Ezek az ütközések eredményezhetnek nem megengedett mértékű zajt.



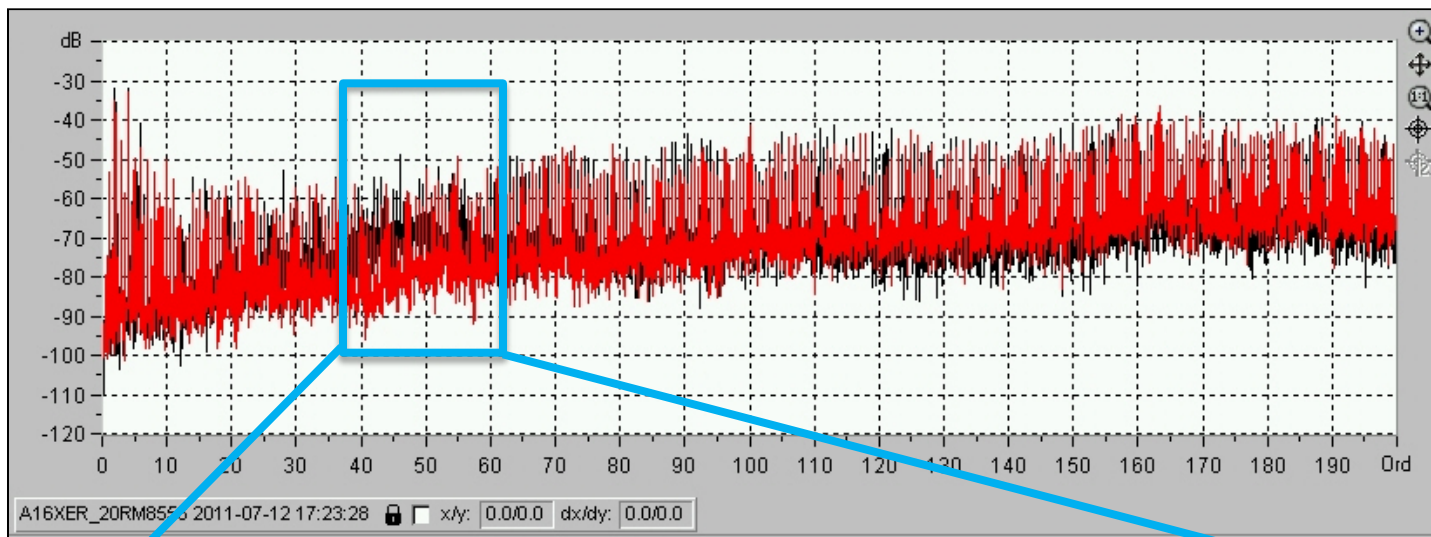
Zaj és rezgésmérések

Az első fázisban összeállított kísérleti berendezésen felvett frekvencia értékek elemzése után az OPEL munkatársai átadták egy OK és egy NOK feszítőgörgő EFT értékeit (kép és szöveg file-k)

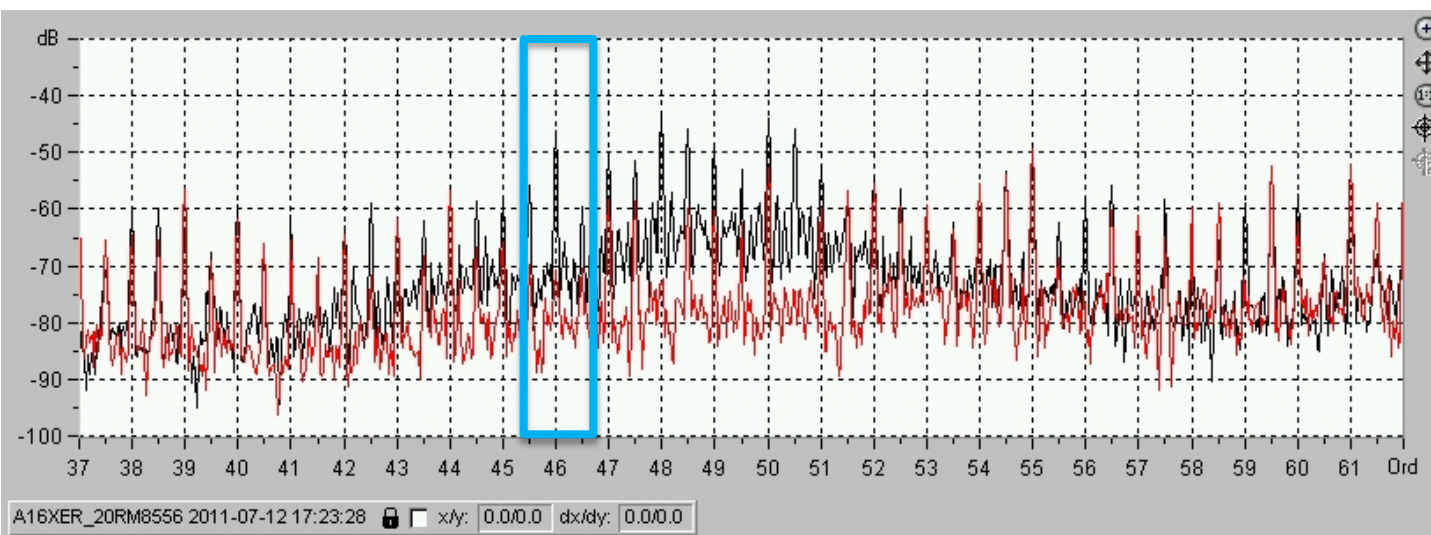
A júliusban vizsgált NOK feszítőgörgőt 09.14-én az OPEL-ben ismételten vizsgáltuk.

A következőkben a júliusi és a szeptemberi mérések összehasonlítását mutatjuk be



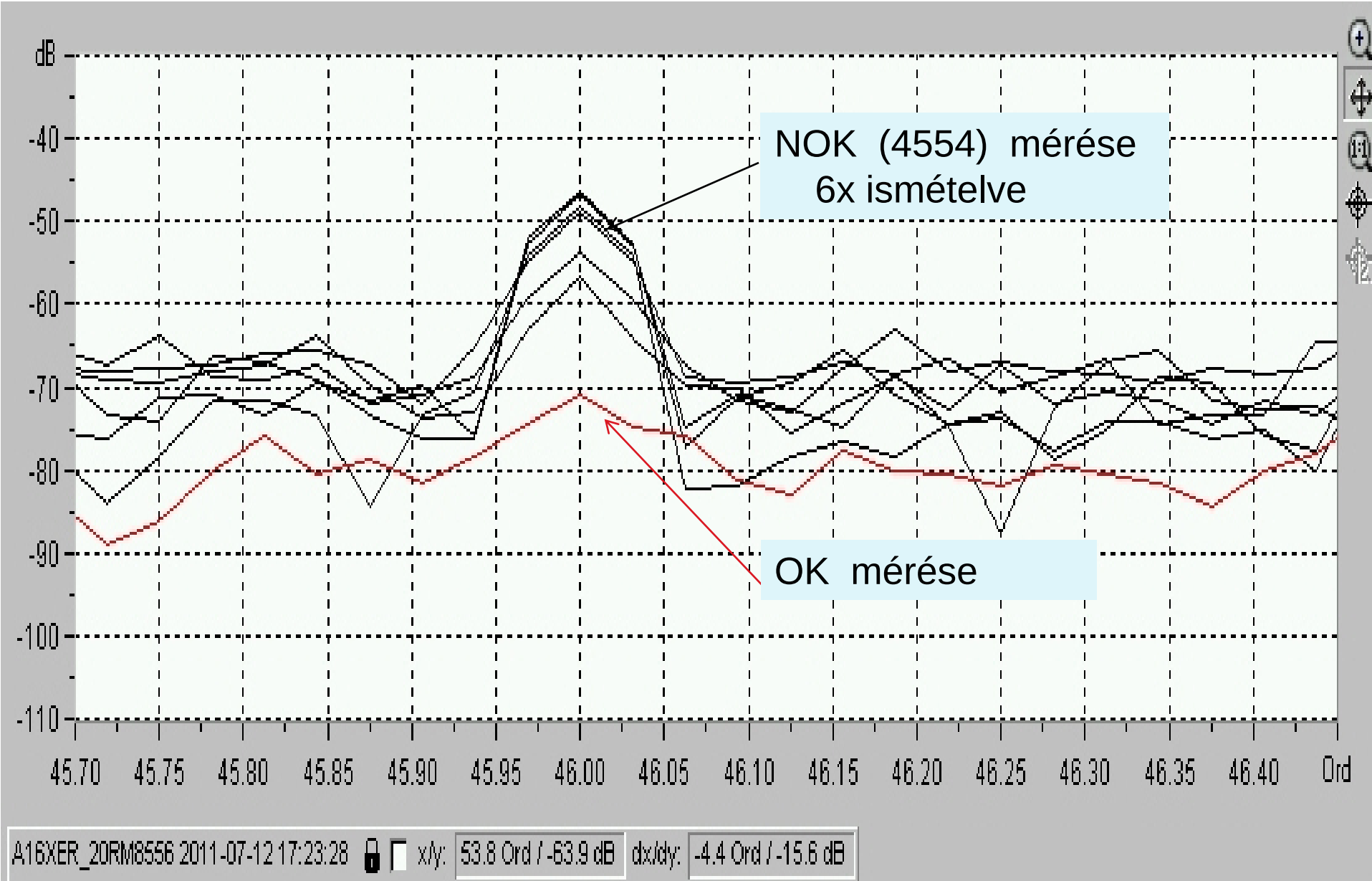


— 4554(NOK)



— OK

A 4554 feszítőgörgő mérése 2011.07.12-én



A 4554 feszítőgörgő mérése 2011.07.12-én

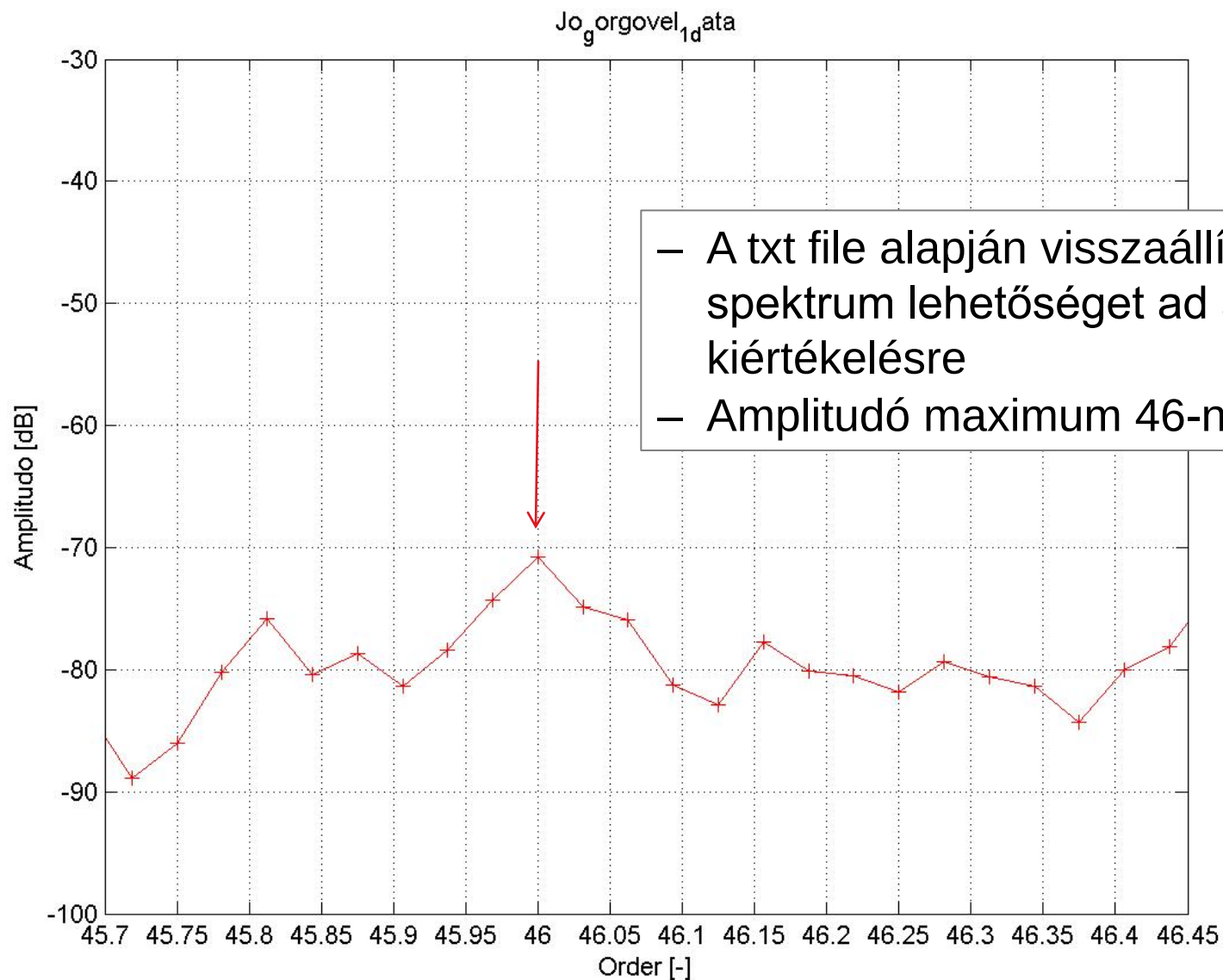
Feszítőgörgő zaj elemzése



Járműipari,
Elektronikai,
Logisztikai

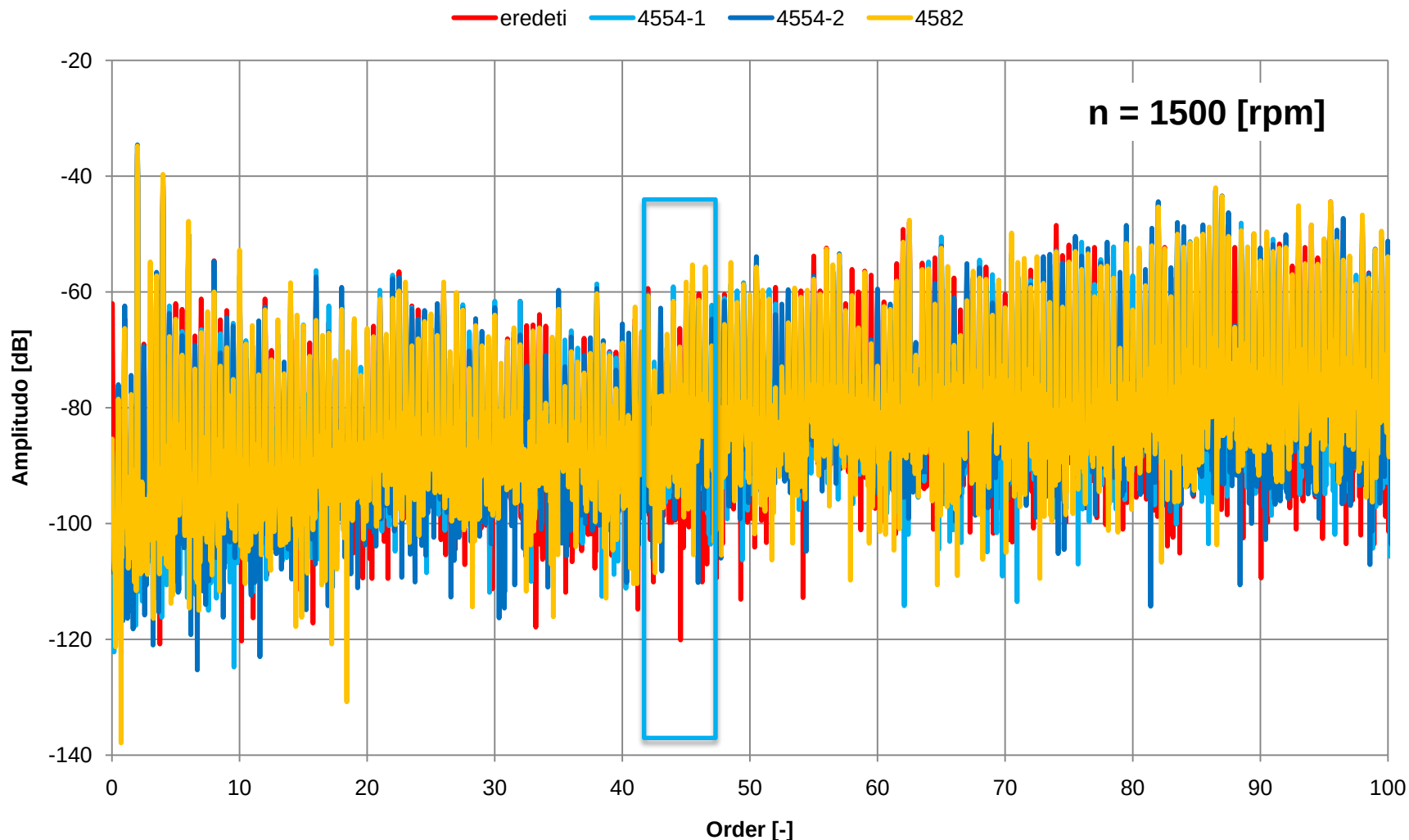
Kooperációs Kutató Központ





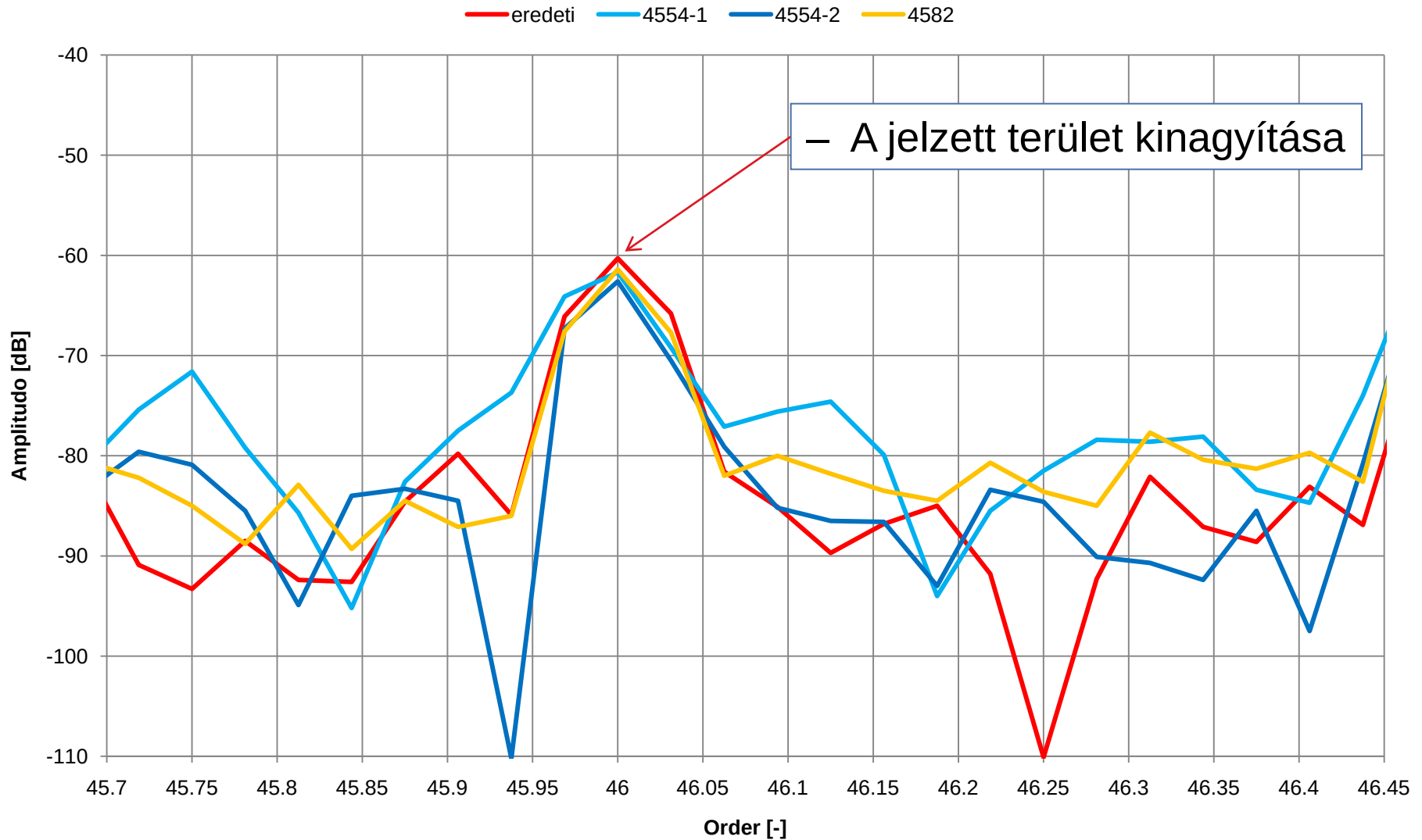
A 2011.07.12-i 4554 feszítőgörgő mérés visszaállítása MatLab-ban

ColdTest visszamérés RS0160 számú motoron (2011.09.14.)



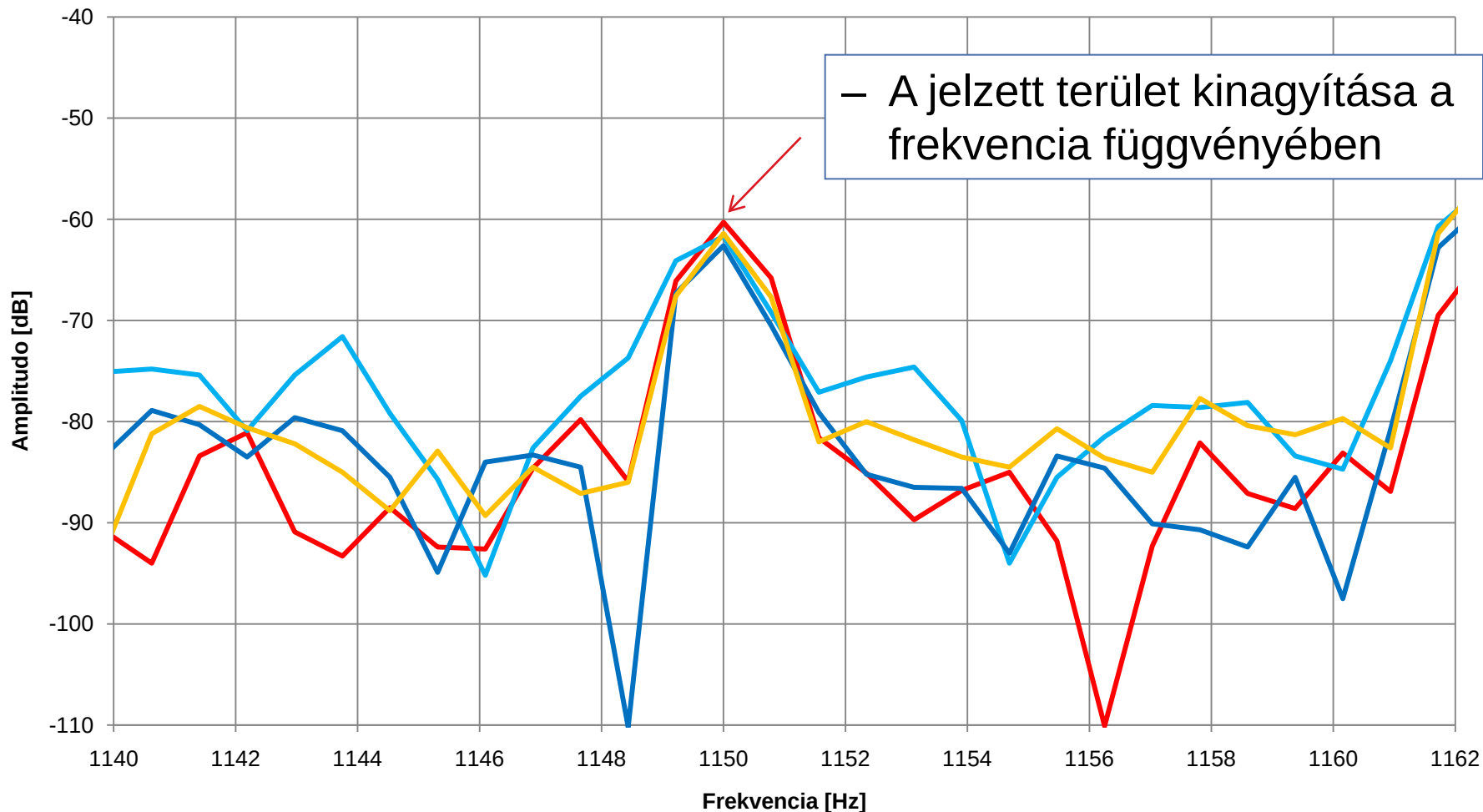
- 4554 és 4582 NOK feszítőgörgők. A júliusi mérés a 4554 feszítőgörgővel történt

ColdTest visszamérés RS0160 számú motoron (2011.09.14.)



ColdTest visszamérés RS0160 számú motoron (2011.09.14.)

eredeti 4554-1 4554-2 4582



$$f [Hz] = Order [-] \cdot \frac{n[rpm]}{60}$$

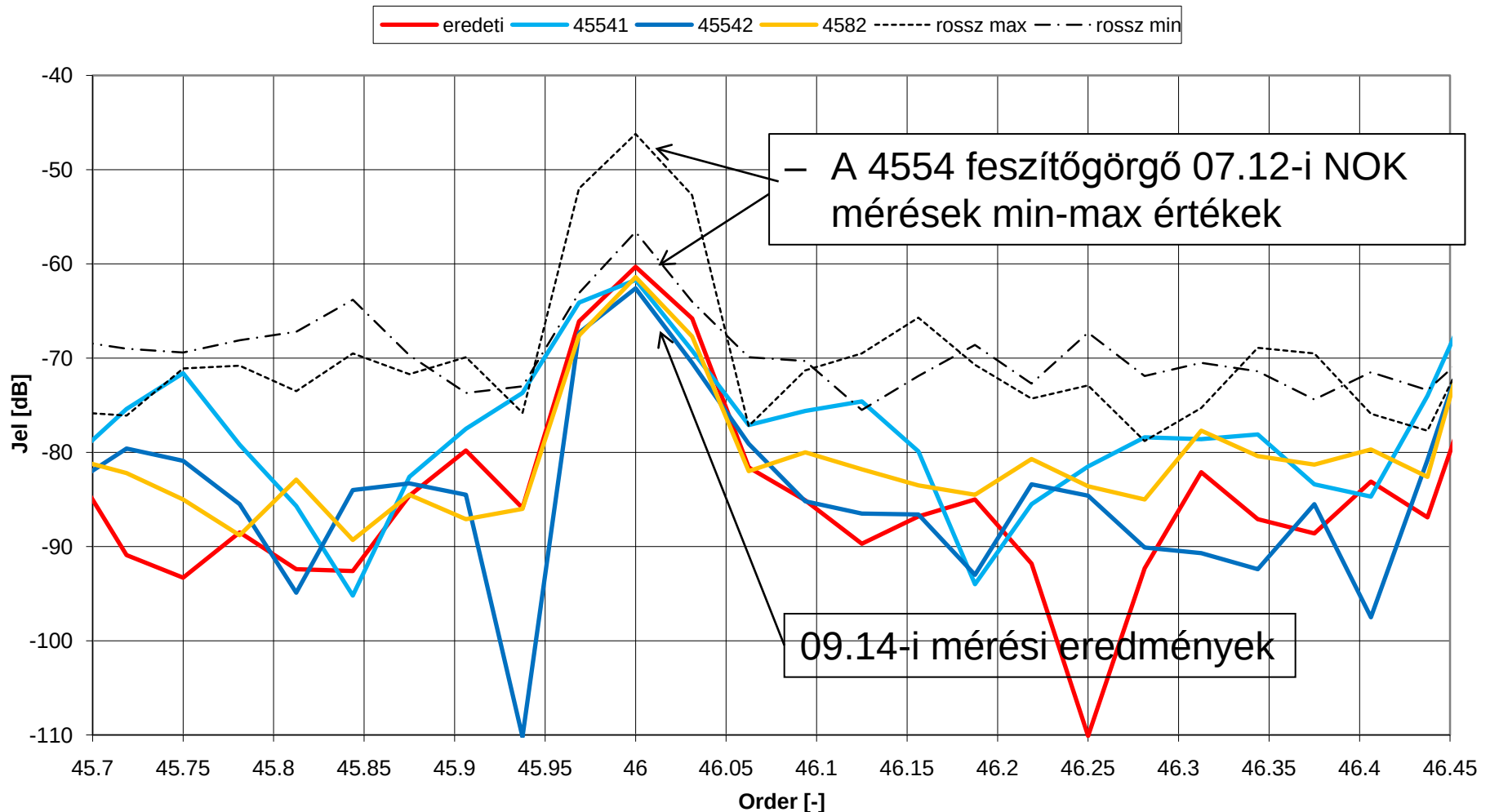


Járműipari,
Elektronikai,
Logisztikai

Kooperációs Kutató Központ



ColdTest visszamérés RS0160 számú motoron (2011.09.14.)



- Megállapítható, hogy a 07.12.i méréssel NOK-nak minősített feszítőgörgők másik motorra szerelve 09.14-én megfeleltek

Az EFT állomáson végzett mérések alapján levonható következtetések

Az elvégzett zaj- és rezgésvizsgálatok alapján semmiféle lényegi különbséget nem tudtunk kimutatni

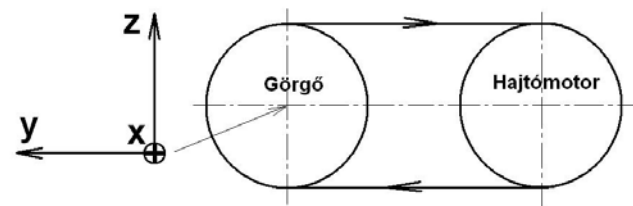
A júliusi EFT vizsgálaton NOK minősítésű feszítőgörgők a szeptemberben másik motorra felszerelt feszítőgörgők megfeleltek az előírásnak.

**A következőkben egymásra helyezve mutatjuk be
a zajmérés frekvencia elemzéseit:**

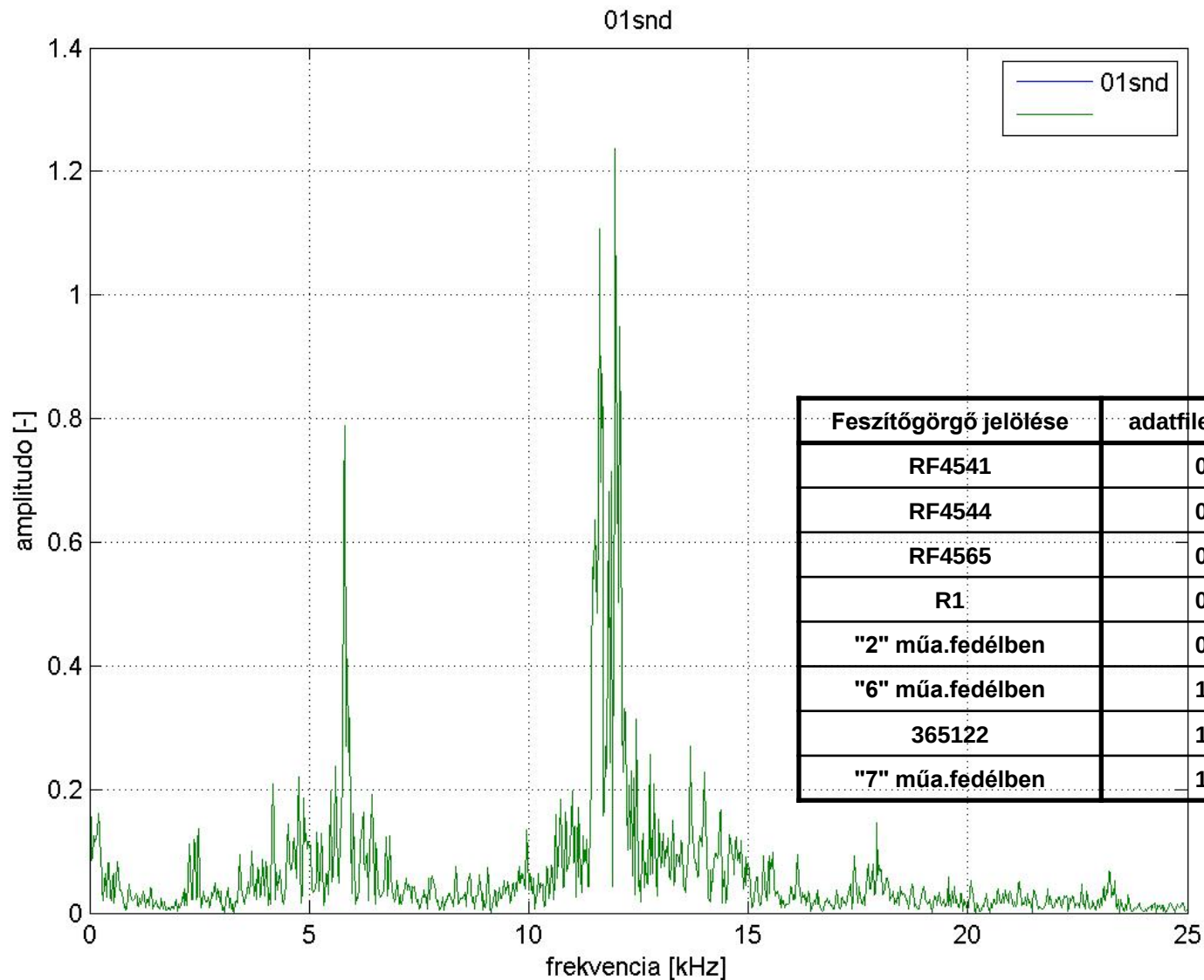
Feszítőgörgő rezgés és zaj vizsgálata

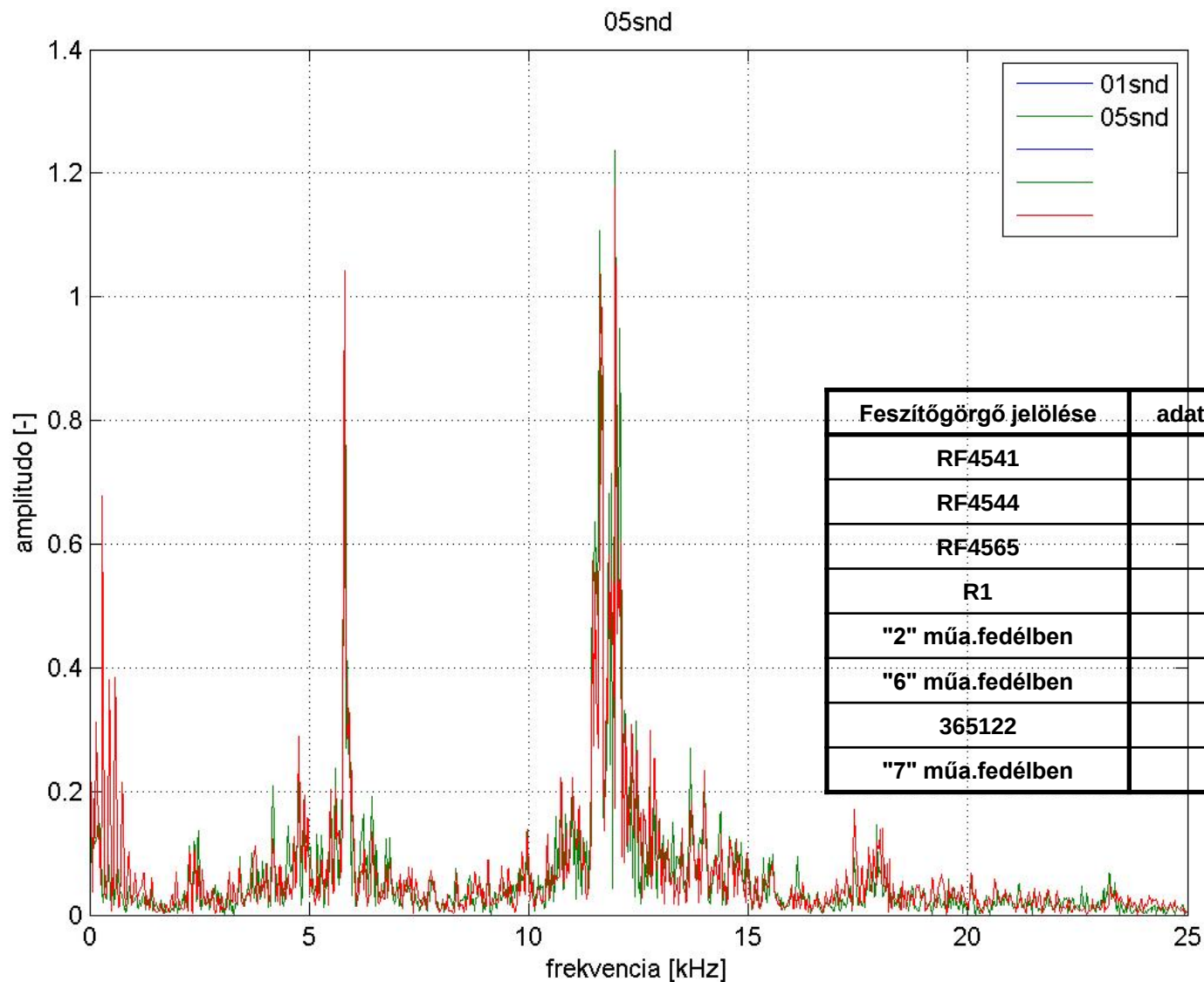
Mérési környezet

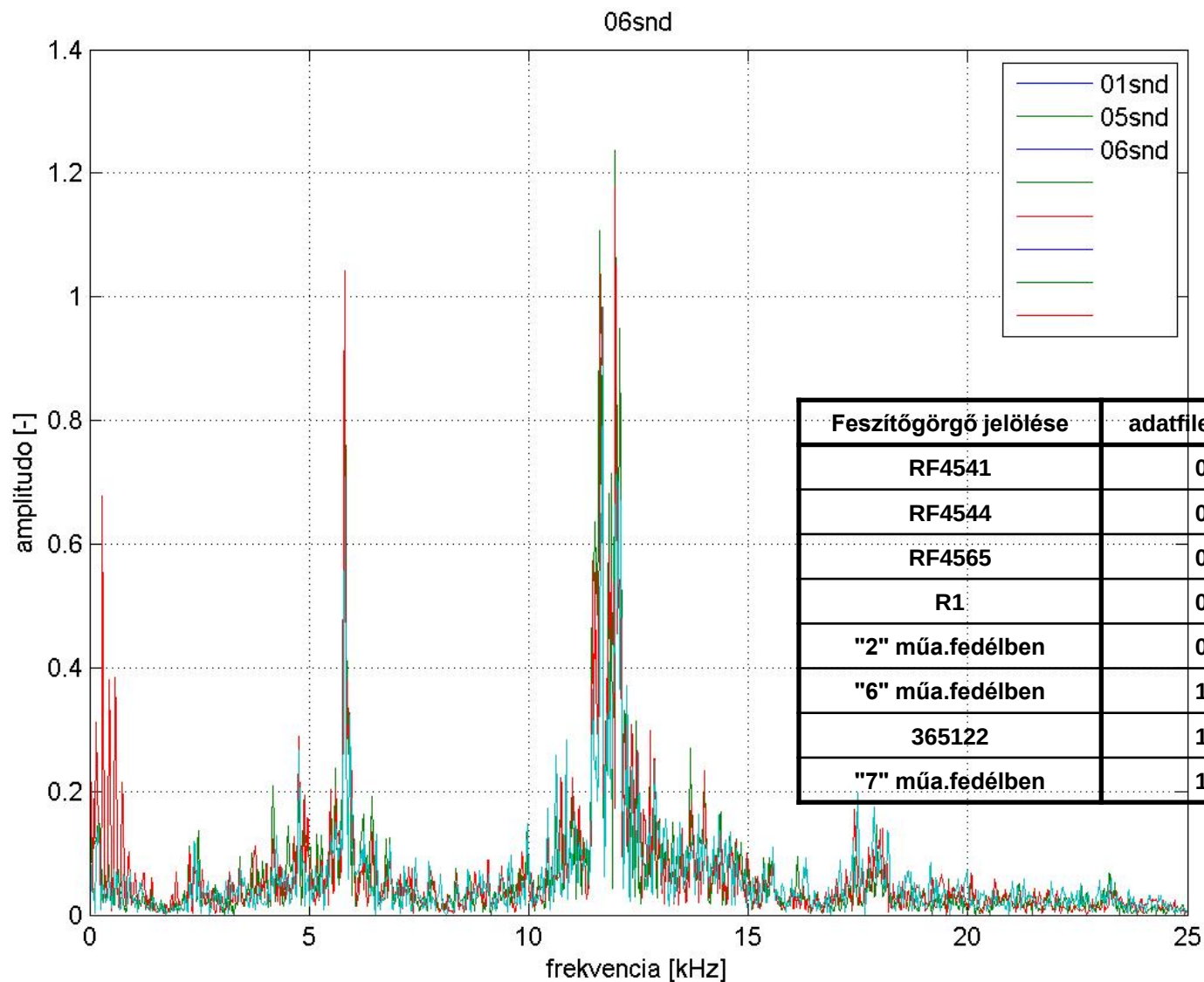
- Kísérleti elrendezés:
 - Hajtó motor: Makita 12000 f/min
 - Szíjhajtás: Optimax HF T 150 600
 - Feszítő görgő rögzítés: 12 mm acéllemezre csavarral
- Mért mennyiségek
 - Rezgés
 - Rezgésmérő: Bruel és Kjaer 4506 Deltatron Triaxiál IEPE gyorsulásadó fej
 - Zaj
 - Mikrofon: PCB 130D20 ICP
- Regisztrálás, elemzés
 - Mérőszoftver: Vibration (saját fejlesztésű)

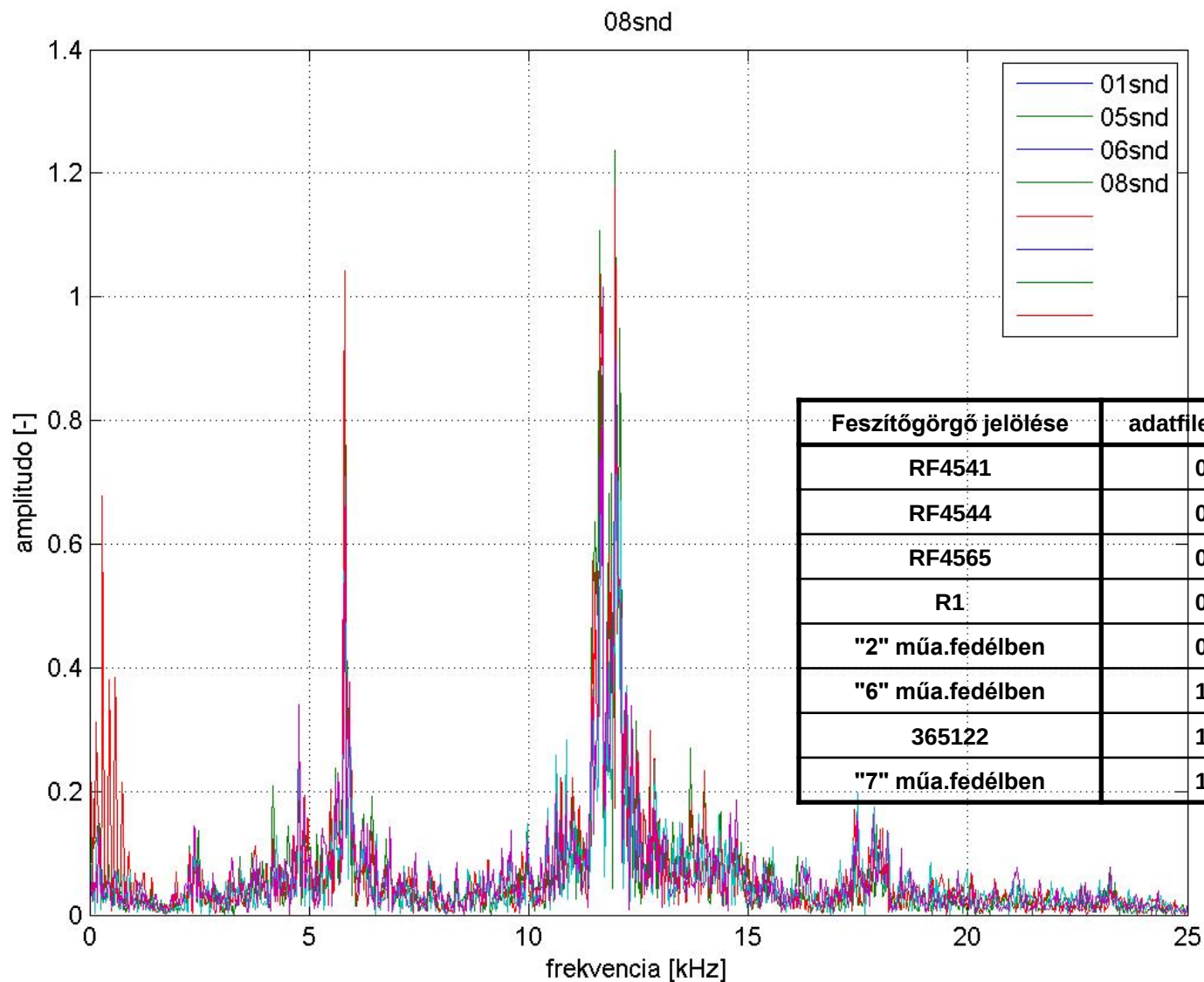


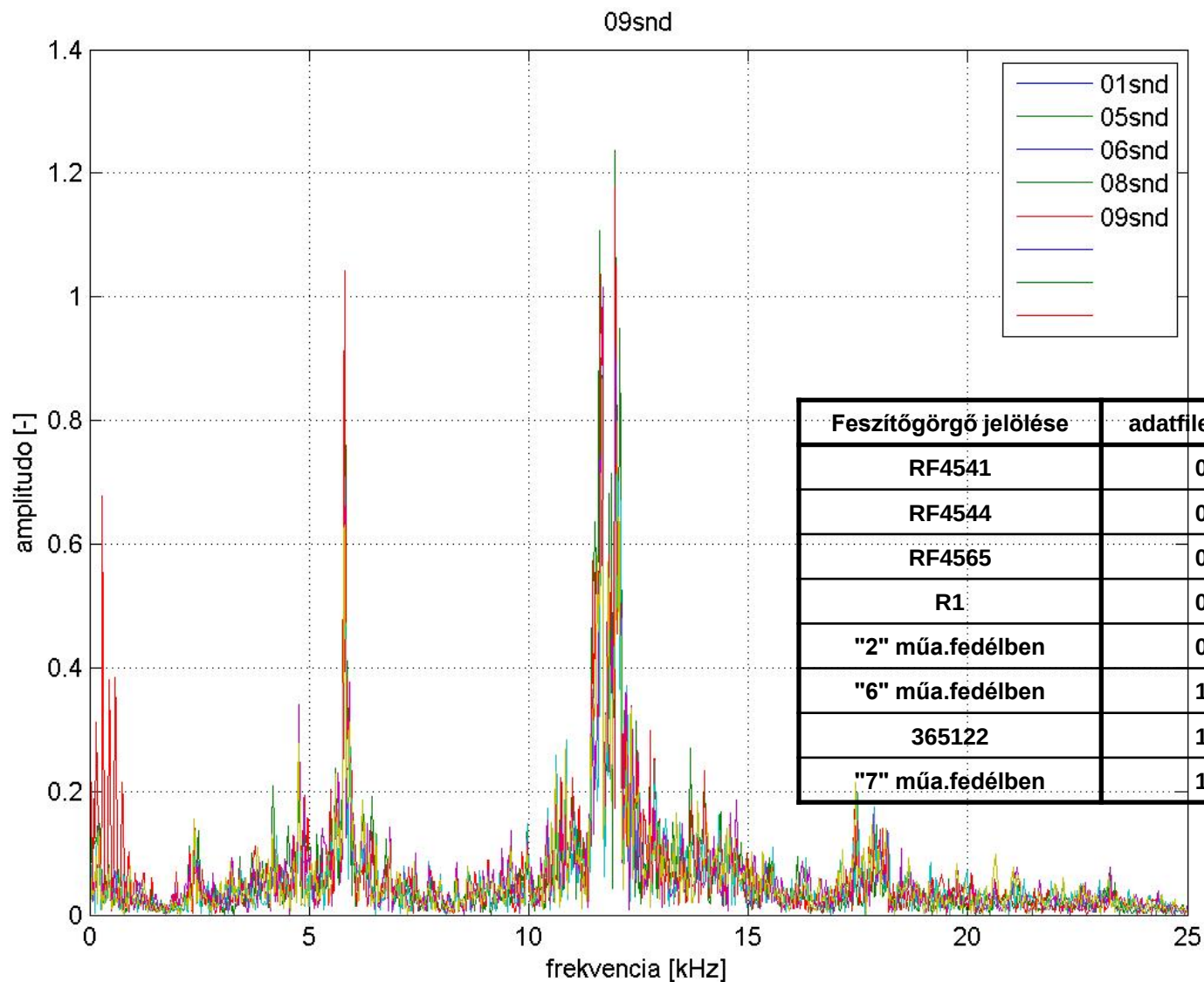
Gyorsulásadó beépítési irányok

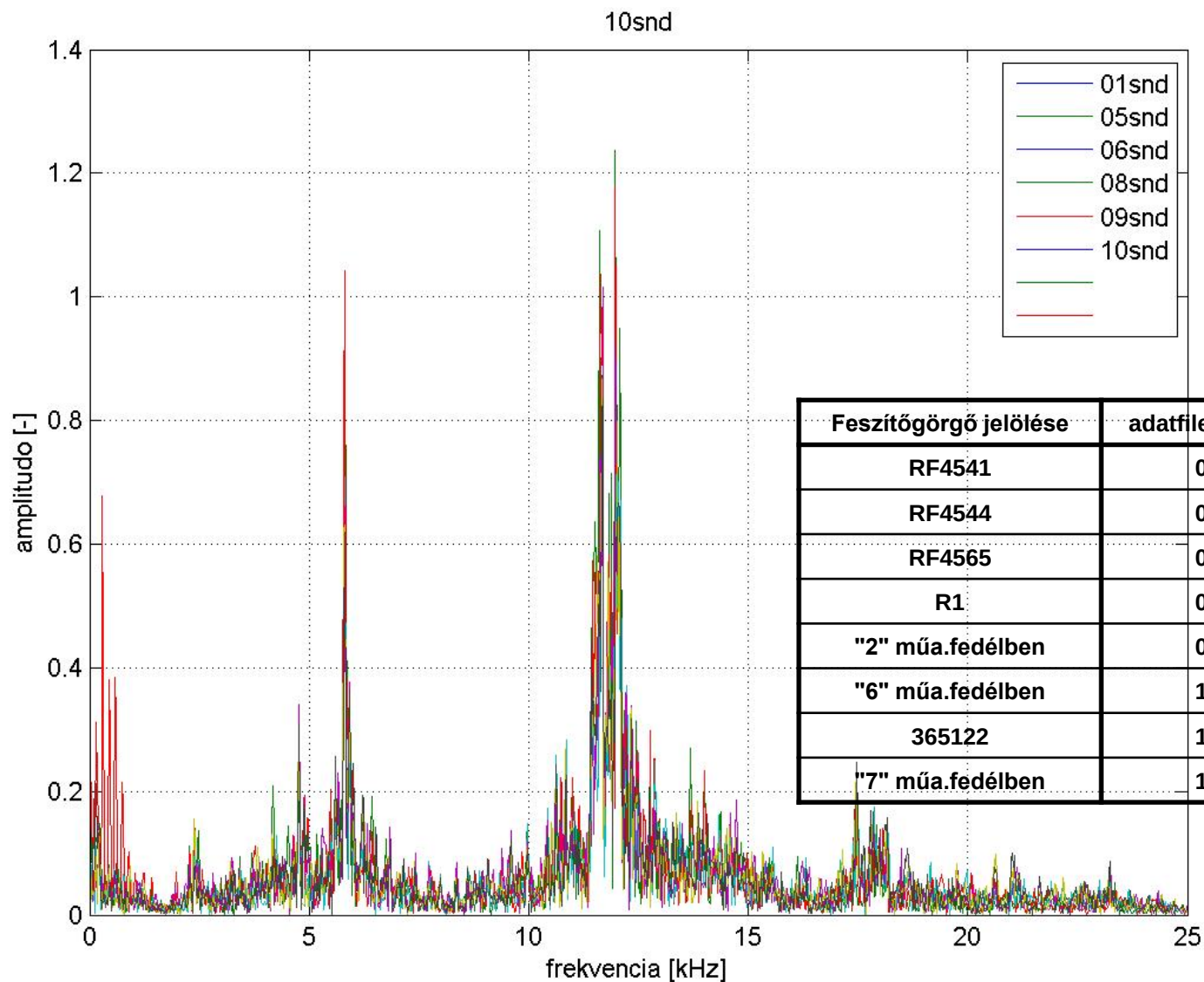


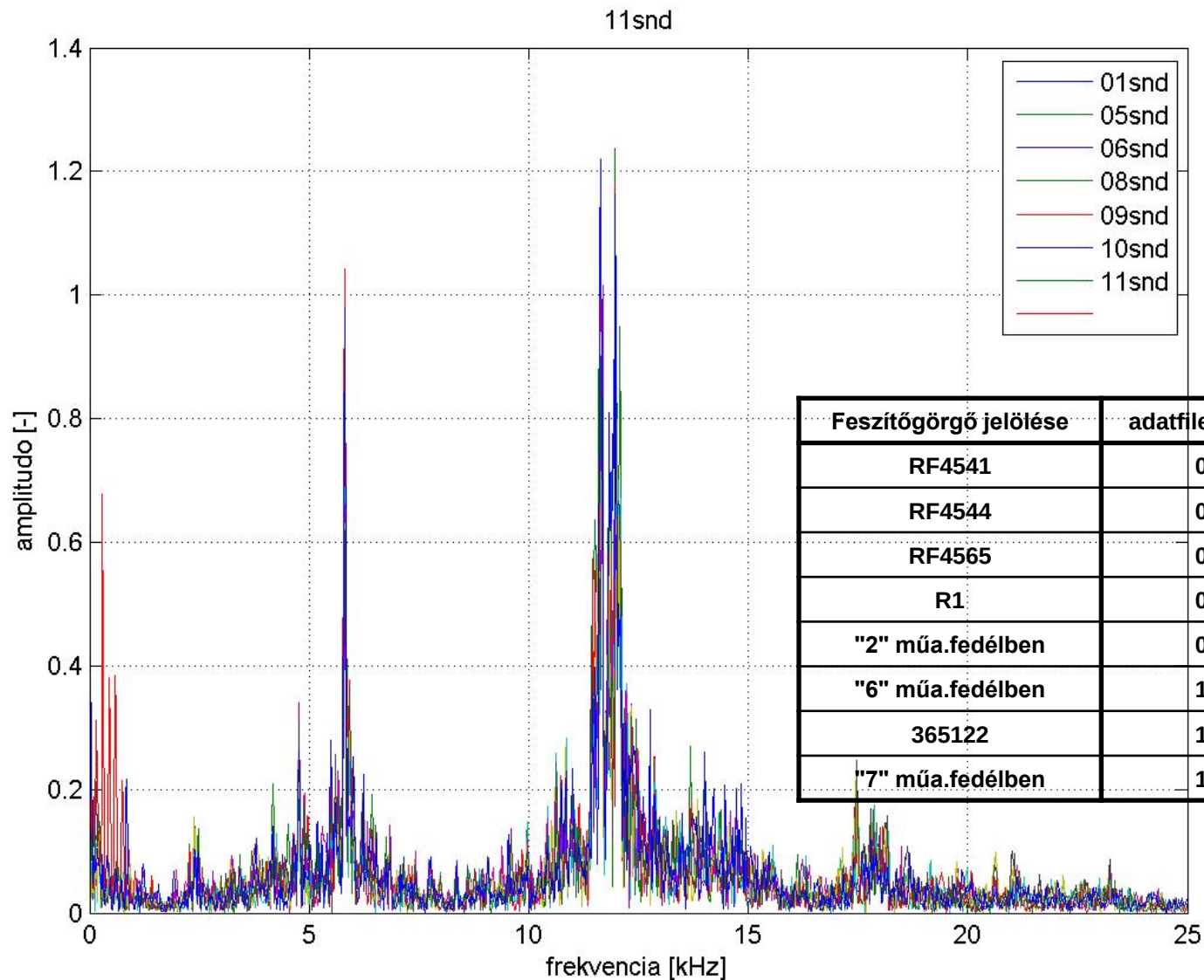


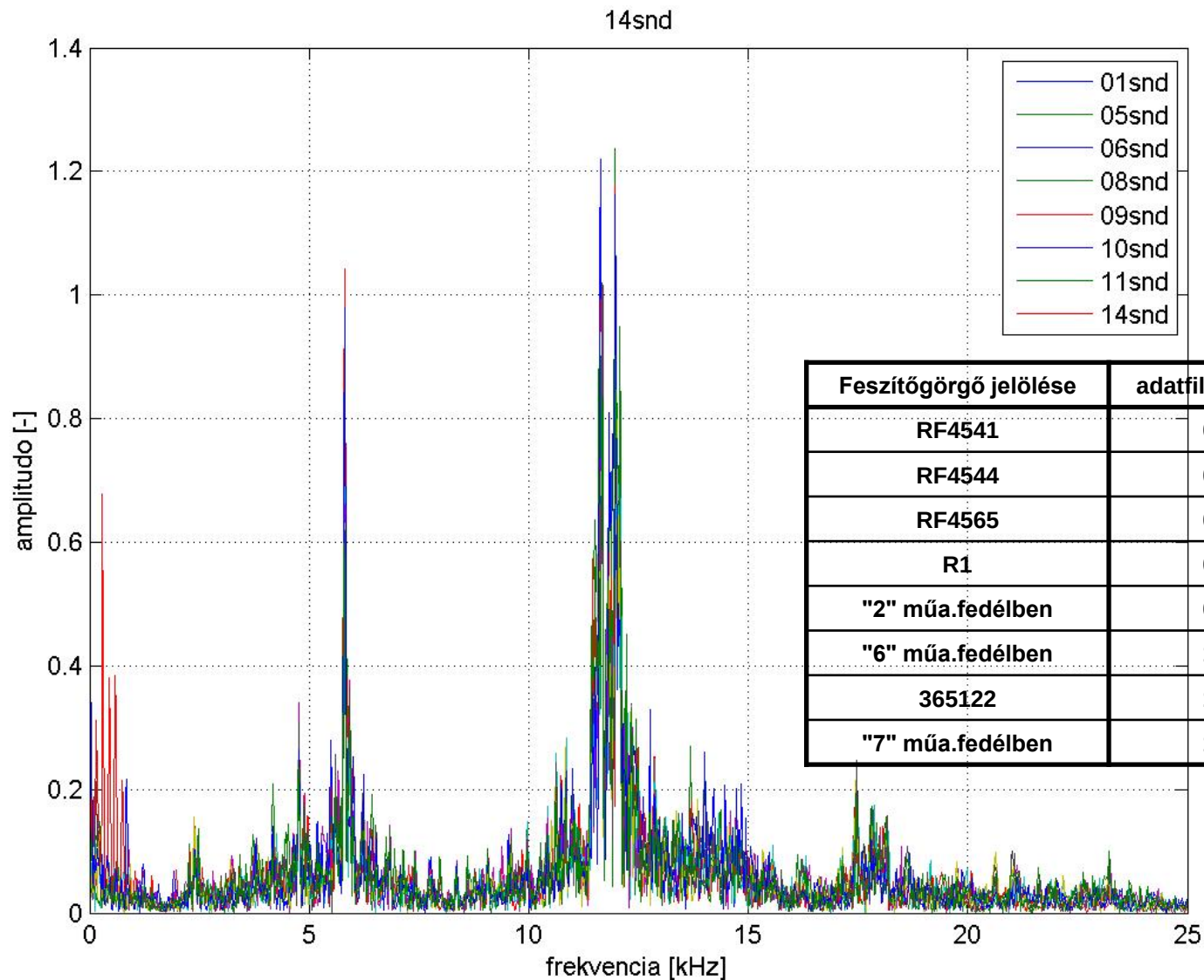




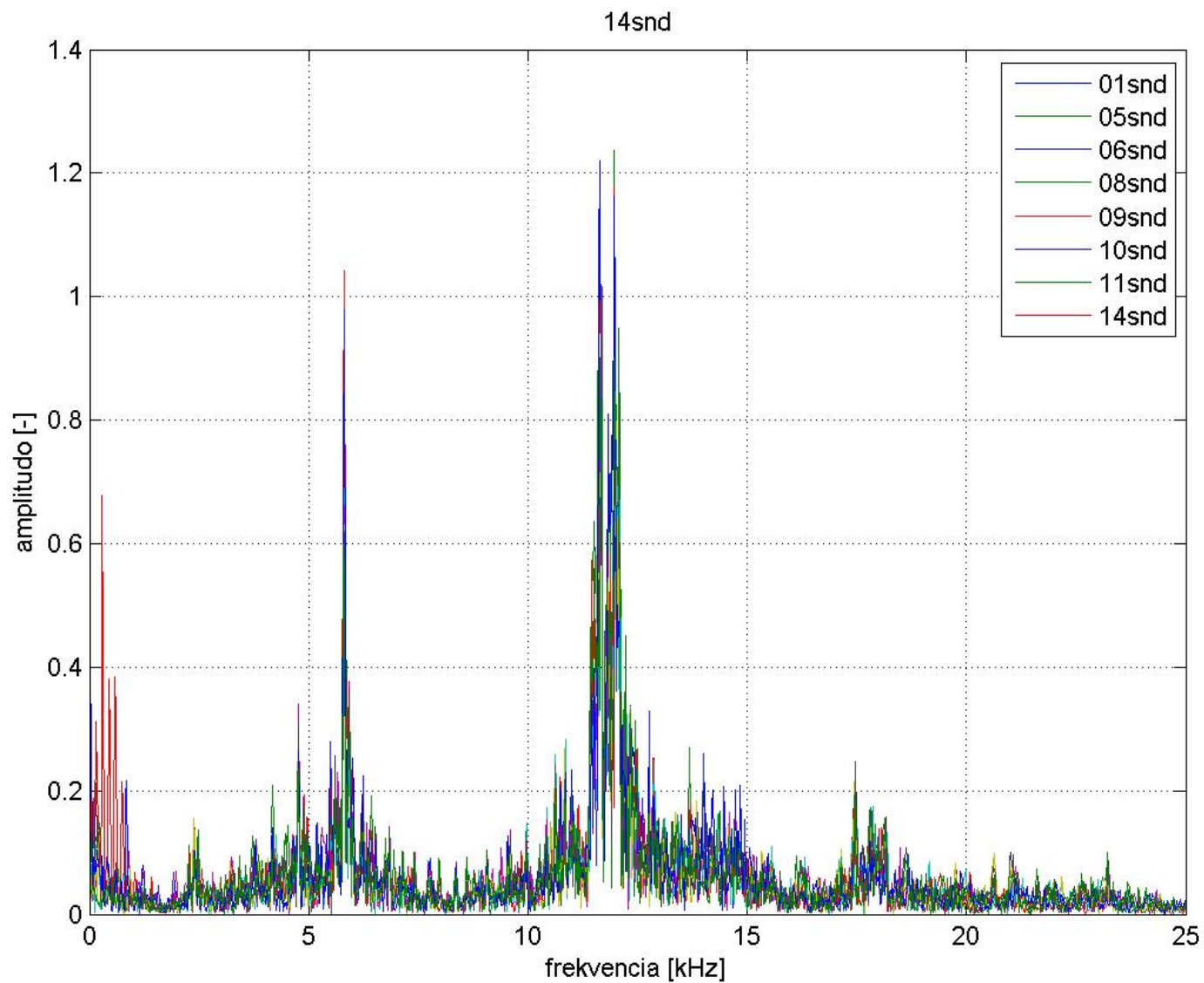


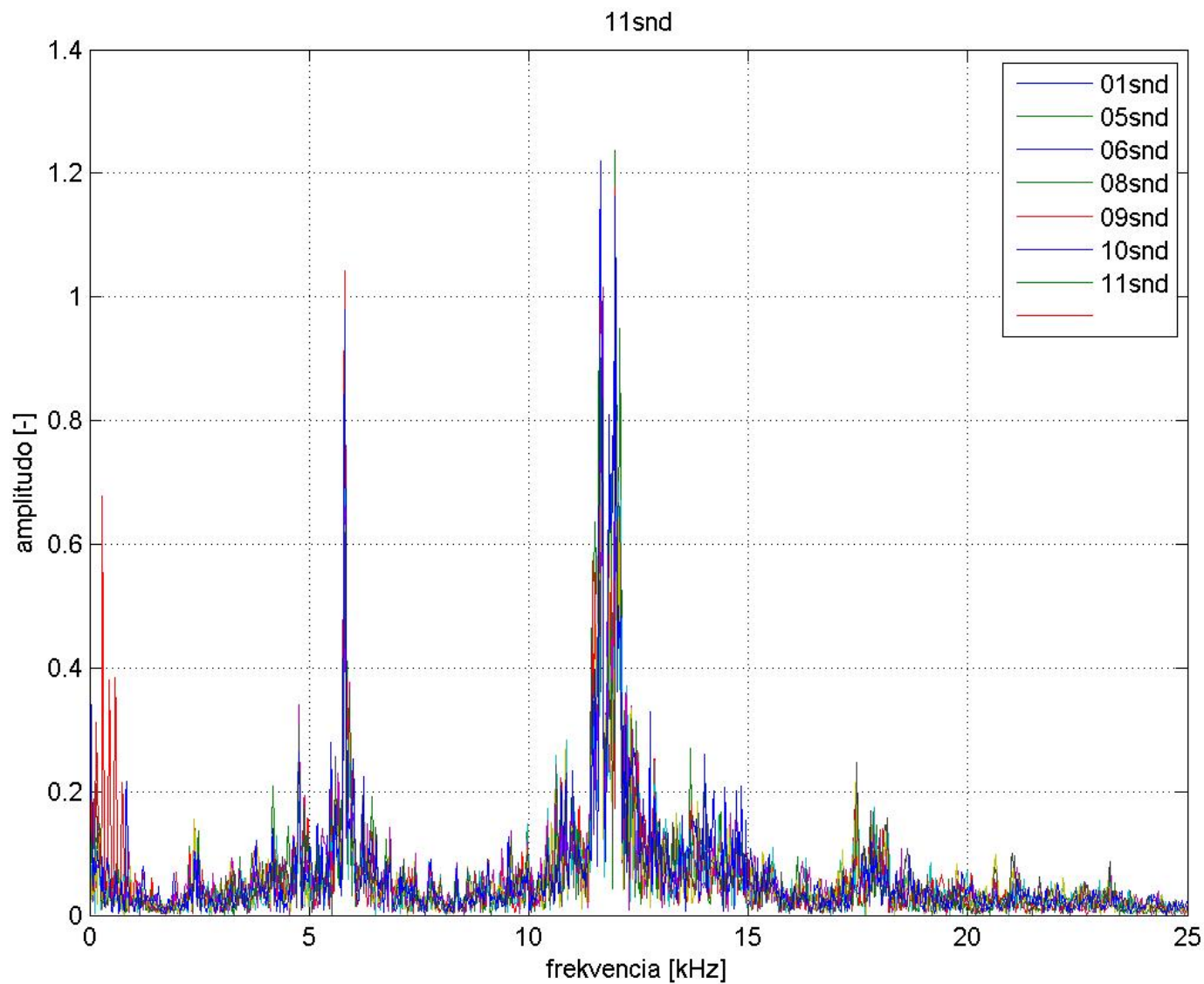


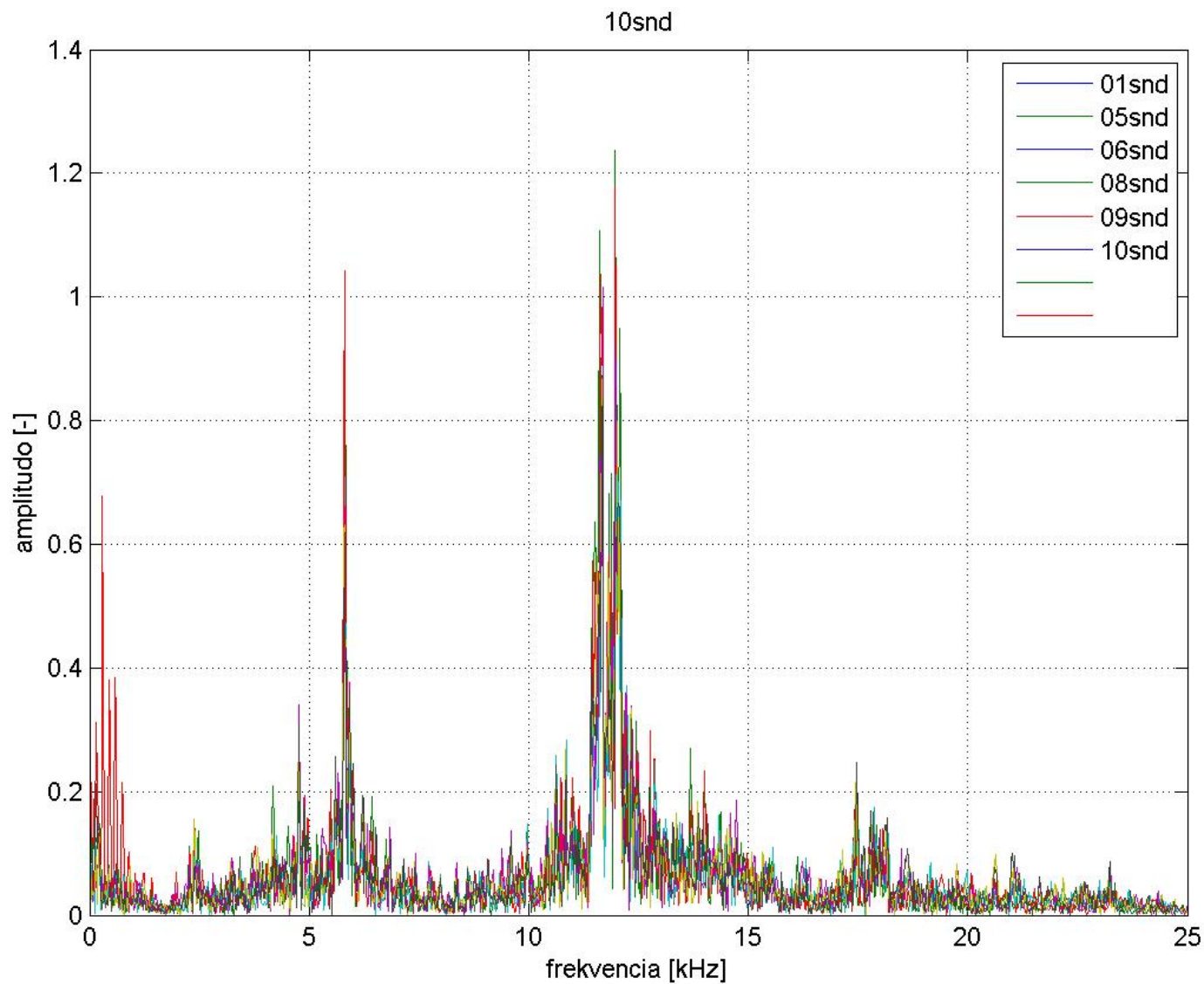


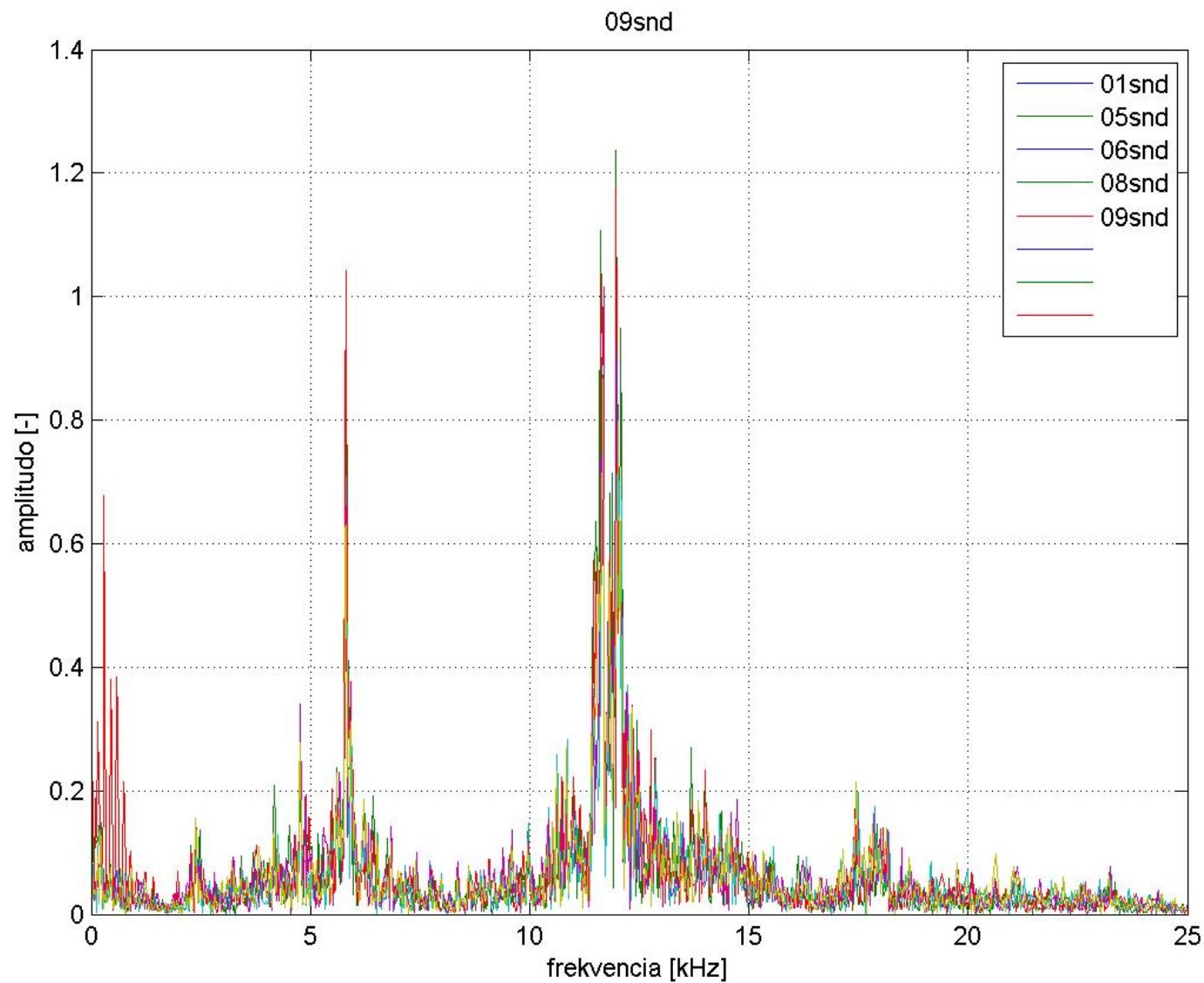


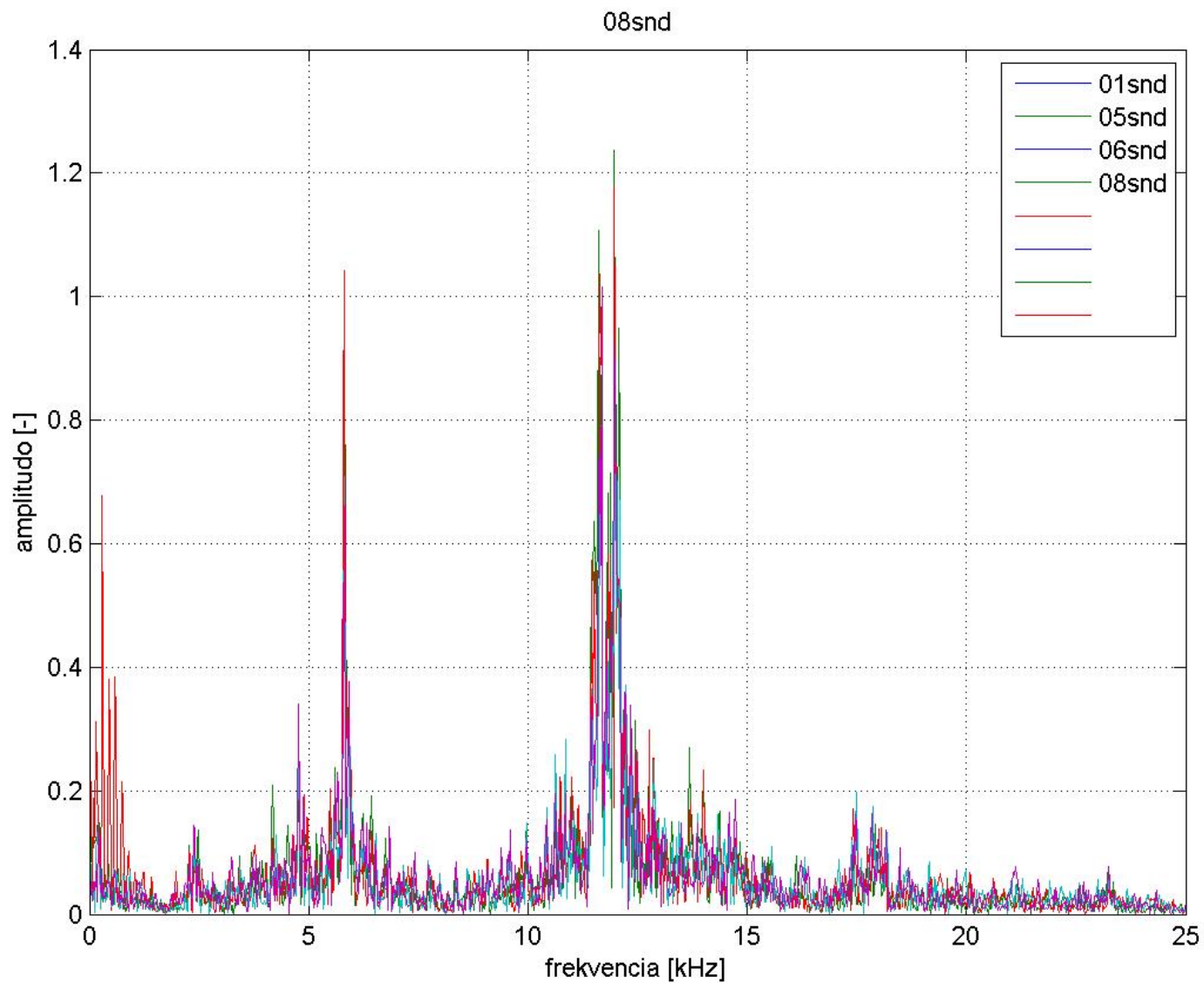
Lejátszuk még egyszer visszafelé is:

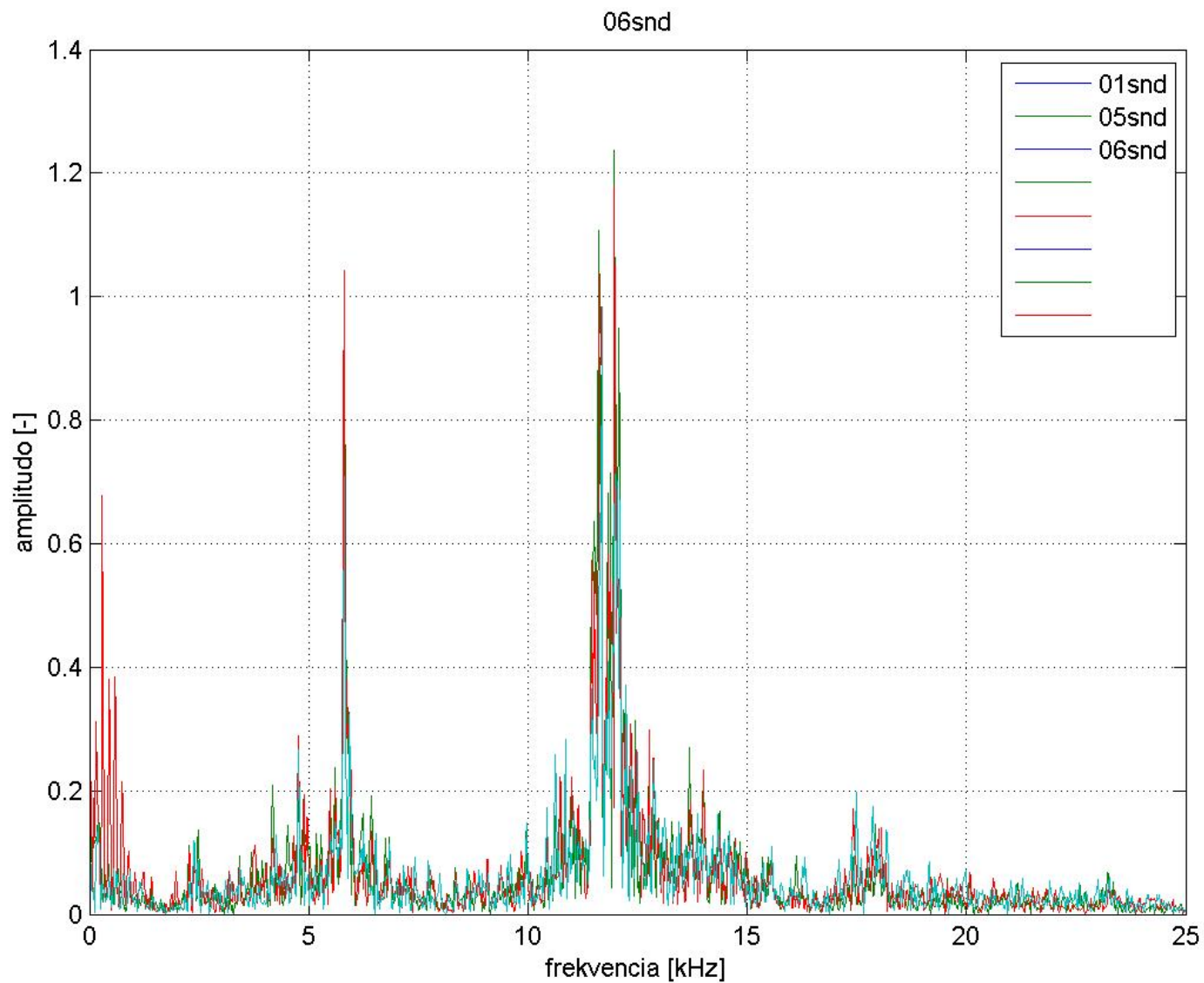


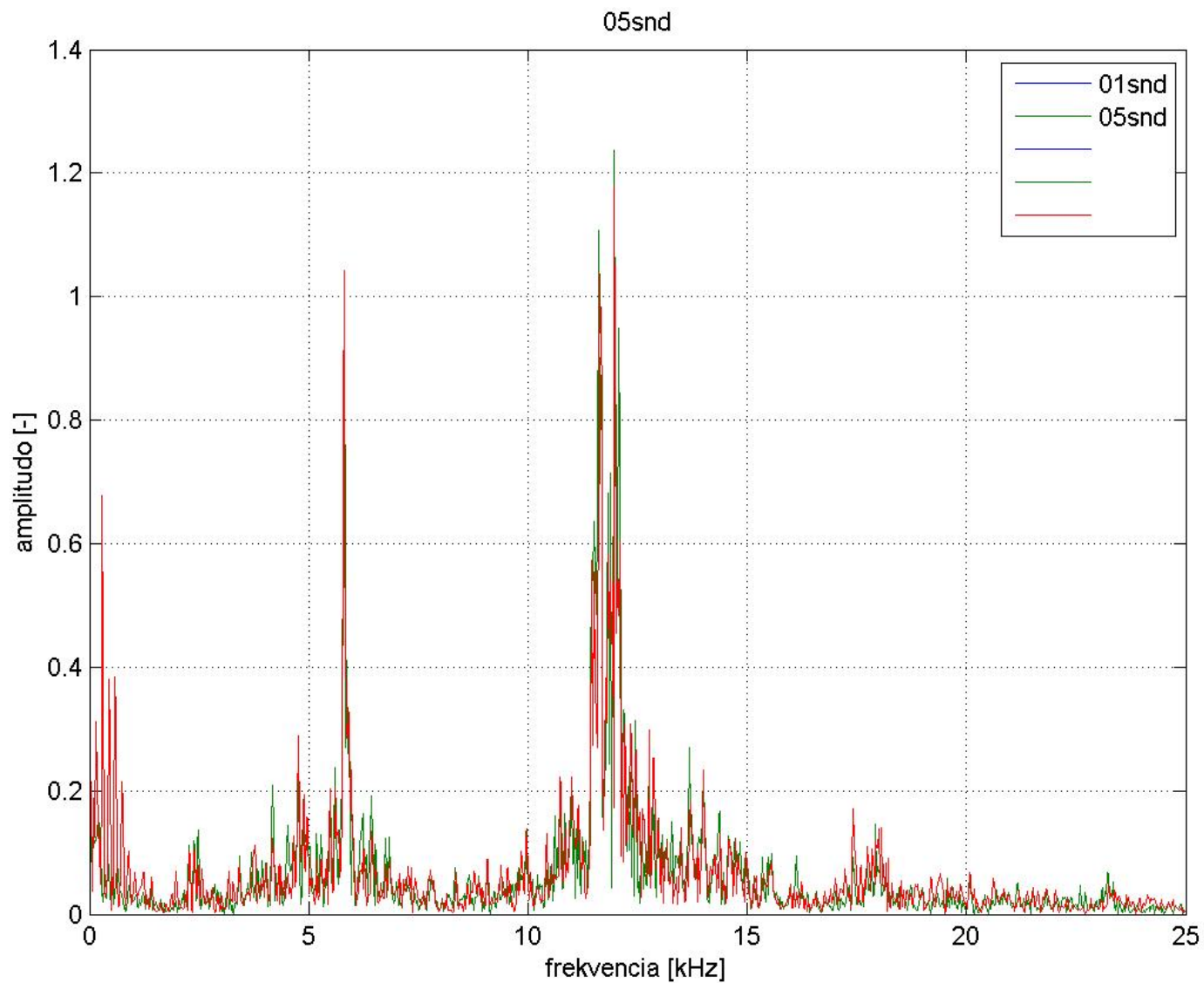


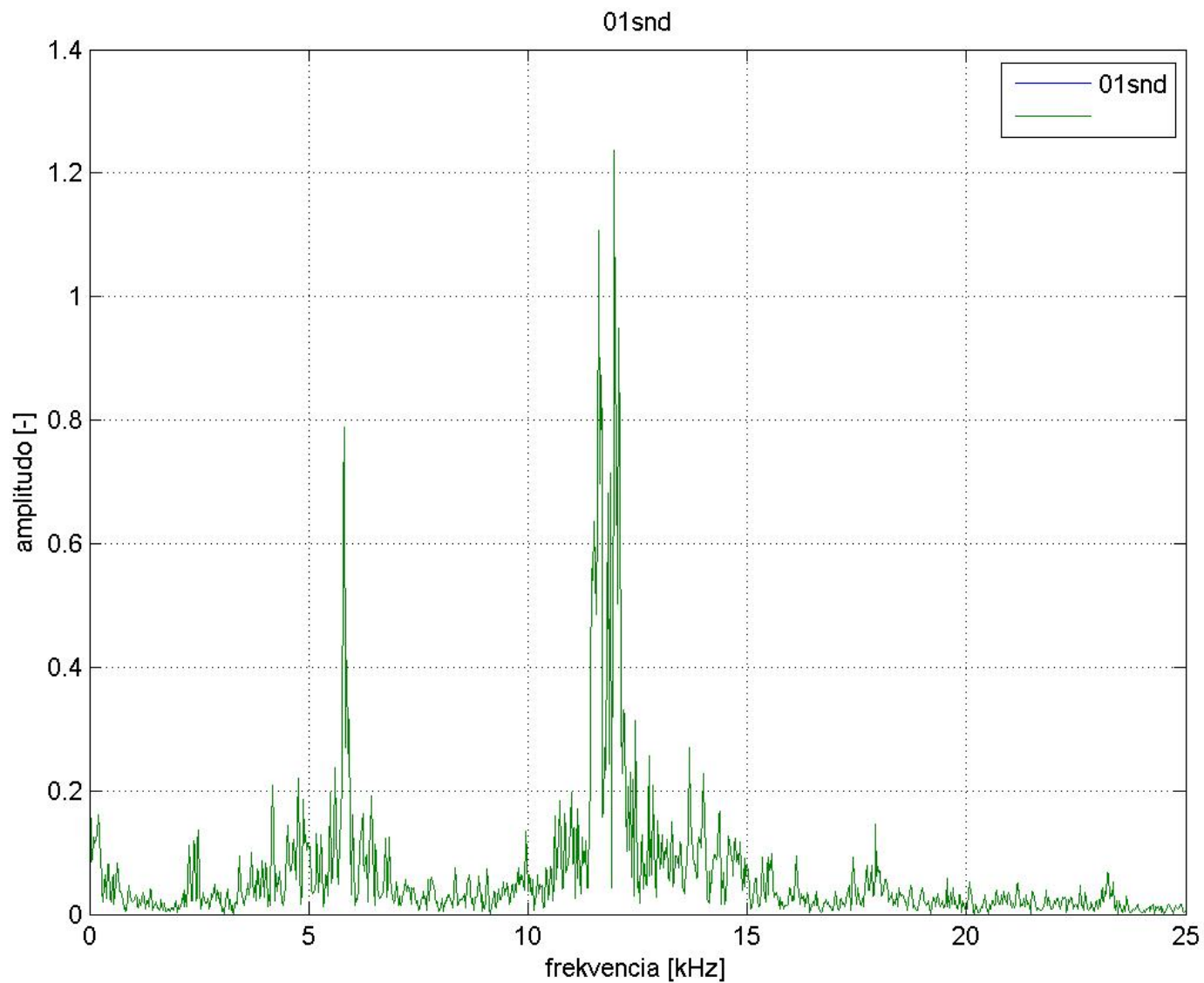












Az elvégzett zaj- és rezgésvizsgálati méréseink következtetései:

1. A rezgésszintekben nem található érdemi különbség a jó és rossz feszítőgörgők között.
2. A motorgyárban 2011.09.14-én elvégzett visszaméréseink szerint a korábban hibásnak minősített feszítőgörgőkön nem lehetett igazolni a zajosságot.
3. A gyári tapasztalatok is azt mutatják, hogy egy zajosnak minősített feszítőgörgő másik motorra szerelve megszűnik zajosnak lenni.
4. A ColdTest-en alkalmazott Order – analízis által zajosnak minősített esetek tényleges okát csak az eredeti környezetben (in situ) lehet megállapítani. A görgő megbontása megváltoztatja a dinamikai rendszer elemeinek kapcsolatát és így nem reprodukálható a tapasztalt állapot más körülmények között.

5. A tapasztalt zajosság oka szerelési körülményekben létrejövő eltérésekkel is magyarázható.
6. A forgattyús tengelyre és a vezérműtengelyekre szerelt fogazott kerekek a fogazott szíjjal valamint a feszítőgörgővel dinamikus rendszert alkotnak.

A fogazott kerekek szögsebesség ingadozásai a gyújtási sorrend és a szelepnyitási Időzítések miatt lépnek fel, amelyek a vezérmű-szíjban jelentős erő-lüktetéseket okoznak. Ez a rúgóterhelésű feszítőgörgőre adott fordulatszámokon jelentős gerjesztést eredményezhet, ezért érdemesnek látjuk ezeket a viszonyokat a dinamikai rendszer átgondoltan kidolgozott számítógépes modellezésével megvizsgálni.

Összefoglaló megállapítások, javaslatok (1)

1. A CT, GOM és sztereomikroszkópos vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált OK és NOK feszítőgörgők között geometriai méret vagy alakeltérés nem mutatható ki.
2. A feszítőgörgőbe beépített műanyag elem a feszítőgörgő motorra szerelése közben eltérő helyzetet vehet fel.
Szttereomikroszkópos vizsgálattal kimutatható, hogy a NOK feszítőgörgők esetében a műanyag elemen az alumíniumházhoz ütdés következtében alumínium „felkenődés” és sérülés figyelhető meg. Meg kell jegyezni, hogy jelentősen kisebb mértékben, de ez néhány OK elemnél is megfigyelhető volt.
3. Megállapítottuk, hogy a rezgésszintekben nem található érdemi különbség a jó és rossz feszítőgörgők között és a motorgyárban 2011.09.14-én elvégzett visszaméréseink szerint a korábban hibásnak minősített feszítőgörgőkön nem lehetett igazolni a zajosságot.

Összefoglaló megállapítások, javaslatok 2

4. A ColdTest-en alkalmazott Order – analízis által zajosnak minősített esetek tényleges okát csak az eredeti környezetben (in situ) lehet megállapítani. A görgő megbontása megváltoztatja a dinamikai rendszer elemeinek kapcsolatát és így nem reprodukálható a tapasztalt állapot más körülmények között.
5. A tapasztalt zajosság oka szerelési körülményekben létrejövő eltérésekkel is magyarázható. A forgattyús tengelyre és a vezérműtengelyekre szerelt fogazott kerekek a fogazott szíjjal valamint a feszítőgörgővel dinamikus rendszert alkotnak. A fogazott kerekek szögsebesség ingadozásai a gyújtási sorrend és a szelepnyitási időzítések miatt lépnek fel, amelyek a vezérműszíjban jelentős erő-lüktetéseket okoznak. Ez a rúgóterhelésű feszítőgörgőre adott fordulatszámokon jelentős gerjesztést eredményezhet, ezért **érdemesnek látjuk ezeket a viszonyokat a dinamikai rendszer átgondoltan kidolgozott számítógépes modellezésével megvizsgálni.**

KÖSZÖNJÜK A SZÍVES FIGYELMET!