

## Aalto-yliopisto AMI-keskus

Tilaja: Aalto-yliopisto  
Tilaus: 8.6.2012  
Yhteyshenkilö: Ari Laiho

# MAGNEETTIKUVAUSLAITTEEN MELUMITTAUKSET

## 1 Tausta

Aalto-yliopiston AMI-keskuksen MRI-magneettikuvauslaite on uusittu. MRI-laite tuottaa kuvauksen aikana voimakasta ääntä kuvaustilaan ja erityisesti laitteen sisäpuolelle. Jonkin verran melua kantautuu myös viereiseen tarkkaamotilaan. Laitemelu on syytä huomioida järjestämällä sekä kuvattaville potilaille että kuvaustilassa käyvälle henkilökunnalle riittävä kuulonsuojaus.

Akukon Oy suoritti 20.6.2012 äänitasomittauksia MRI-laitteen sisäpuolelta useiden eri kuvaussekvenssien aikana. Lisäksi mitattiin yksittäisen kuvaussekvenssin aiheuttamaa melua tarkkaamon puolella. MRI-laitteen sisäpuolisilla mittauksilla selvitettiin kuvattaville koehenkilöille aiheutuvaa meluhaittaa ja tarkkaamon mittauksilla henkilökunnalle aiheutuvaa meluhaittaa.

Tässä raportissa esitetään mittaustulokset tilaajan valitsemista ja melutasoltaan voimakkaimmista kuvaussekvensseistä. Lisäksi esitetään huomiot MRI-melutasojen vaikutuksista ja suojaustarpeesta kuulovaurioriskin ja työsuojelun kannalta.

## 2 Mittaukset ja analyysi

MRI-laitteen sisäpuolisissa äänitasomittauksissa mikrofoni asetettiin laitteen sisään potilaan pään kohdalle sijoittuvan keinopään oikean korvan lähelle. Tarkkaamon puolella mikrofoni sijoitettiin kahteen eri työskentelypisteeseen operaattorin pään oletetulle korkeudelle.

Mikrofoni liitettiin esivahvistimen kautta äänianalysointoriin, jolla suoritettiin äänitasomittaus sekä äänisignaalien tallennus myöhempää analyysia varten. Koko mittausketju tasokalibroitiin ennen ja jälkeen mittausten. *Taulukossa 1* on esitetty mittauksissa käytetyt mittauslaitteet ja analyysiohjelmat.

*Taulukko 1. Mittauslaitteet ja analyysiohjelmat.*

Mikrofoni	Brüel & Kjær	4036
Mikrofonin esivahvistin	Symetrix	SX202
Äänianalysointori ja tallennin	Brüel & Kjær	2250
Analyysiohjelma	IMC	Famos

Raportissa on esitetty eri kuvaussekvensseille mitatut laajakaistaiset A-taajuuspainotetut keskiäänitasot  $L_{Aeq}$  ja Fast-aikapainotetut enimmäisäänitasot  $L_{AFmax}$  sekä taajuuspainottamattomat huipputasot  $L_{Zpeak}$ . Nämä tulokset saatiin suoraan äänianalyysaattorista. Mittausten aikana tallennetuista äänisignaaleista analysoitiin myös em. hetkelliset äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.

### 3 Tulokset

MRI-laitteen sisäpuolella eri kuvaussekvenssien aikana mitatut äänitasot on esitetty *taulukossa 2*. Kuvaussekvenssien hetkelliset äänitasot ajan funktiona on esitetty *kuvilla 1–9*. Kaikkien mitattujen kuvaussekvenssien laajakaistaiset äänitasot ja kapeakaistaiset spektrit ovat raportin liitteenä sähköisessä Excel-taulukkomuodossa.

*Taulukko 2. MRI-laitteen sisäpuolella mitatut A-taajuuspainotetut keskiäänitasot  $L_{Aeq}$  ja enimmäistasot  $L_{AF,max}$ , taajuuspainottamattomat huipputasot  $L_{Z,peak}$  sekä mitattujen kuvaussekvenssien kestot.*

mittaus	kuvaussekvenssi	$L_{A,eq}$ , dB	$L_{AF,max}$ , dB	$L_{Z,peak}$ , dB	kesto, s
<u>20-kanavainen pääkela</u>					
P023	3-plane localizer (1 slice)	97	112	139	49
P024	MPRAGE sag (MGH variant)	94	99	110	368
P025	EPI 64 p2 GRAPPA	103	112	139	39
P026	EPI 64 p2_HRenvall_TR3600	102	105	115	50
	Pause1600				
<u>32-kanavainen pääkela</u>					
P031	3-plane localizer (1 slice)	95	111	139	19
P032	3-plane localizer (9 slice)	95	98	108	58
P035	DTI 64 dir (mddw, p2)	98	112	139	600
P039	MP-RAGE sag (MGH-var) fast	96	113	139	41
P045	EPI 64 p2 GRAPPA	107	108	119	42

Tarkkaamon puolella mitatut äänitasot on esitetty *taulukossa 3*. Tarkkaamon ja kuvaushuoneen välisen seinän läpi kulkee avoin putki (halkaisija alle 100 mm). Mittaus P075 suoritettiin lähellä läpivientiputkea sijaitsevan työpisteen kohdalla.

*Taulukko 3. Tarkkaamossa mitatut A-taajuuspainotetut keskiäänitasot  $L_{Aeq}$  ja enimmäistasot  $L_{AF,max}$  sekä taajuuspainottamattomat huipputasot  $L_{Z,peak}$ .*

mittaus	kuvaussekvenssi	$L_{A,eq}$ , dB	$L_{AF,max}$ , dB	$L_{Z,peak}$ , dB
P074	EPI 64 p2 GRAPPA, 2.0mm slice	45	46	72
P075	EPI 64 p2 GRAPPA, 2.0mm slice	49	51	70

## 4 MRI-melutasojen vaikutukset ja huomiointi työsuojelun kannalta

### 4.1 Kuvauslaitteen sisällä esiintyvä melu

Eri kuvaussekvensseille mitatut äänitasot MRI-laitteen sisällä ovat erittäin suuria ja niille altistuminen ilman riittävää kuulonsuojausta voi aiheuttaa kipua tai kuulovaurion.

Tietyille sekvensseille mitatut huipputasot ovat niin suuria, että ne ylittävät kertaluonteisen meluhuipun aiheuttaman kuulovaurioriskin selvästi. Kuulovaurioriskin rajana pidetään C-taajuuspainotettua huipputasoa  $L_{Cpeak} = 130$  dB. MRI-melun taajuuspainotamattomat huipputasot  $L_{Zpeak}$  ovat hyvin lähellä vastaavia C-taajuuspainotettuja huipputasoja, joten mitattuja  $L_{Zpeak}$  -huipputasoja voidaan käyttää suoraan kuulovaurioriskin arviointiin.

Voimakkaimmat mitatut ekvivalentti- ja enimmäisäänitasot voivat ylittää kipukynnyksen ilman kuulonsuojausta. Työturvallisuuslaissa 738/2002 määritelty melun vuorokausialtistus, joka vastaa 8 tunnin altistumista  $L_{Aeq} = 85$  dB melulle, ylittyy kuvauslaitteen suurimmilla keskiäänitasoilla jo alle puolessa minuutissa ilman kuulonsuojausta. Terveysturvallisuuslaki 763/1994 viittaa melun osalta työturvallisuuslakiin.

*Taulukossa 4 on esitetty työturvallisuuslaissa määritellyt nk. ylemmän altistuksen toiminta-arvot, joita ylittävillä melutasoilla työturvallisuuslaki määrää käytettäväksi henkilökohtaista kuulonsuojausta. Taulukossa 5 on esitetty enimmäisaltistusajat eri melutasoille kuulovaurioriskin näkökulmasta.*

*Taulukko 4. Työturvallisuuslain (738/2002), valtioneuvoston asetuksen 16.1.2006/85 ja meludirektiivi 2003/10/EY:n määrittelemät ylemmät altistuksen toiminta-arvot.*

äänitaso $L_{A,eq}$ , dB	altistusaika, h	enimmäisäänitaso $L_{Z,peak}$ , dB
85	8	135

*Taulukko 5. Työturvallisuuslain (738/2002), valtioneuvoston asetuksen 16.1.2006/85 ja meludirektiivin 2003/10/EY määrittelemien ylempien altistuksen toiminta-arvojen perusteella lasketut enimmäisaltistusajat melun eri keskiäänitasoille.*

$L_{A,eq}$ , dB	enimmäisaltistusaika
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 min
100	15 min
103	7 min 30 s
106	3 min 45 s
109	1 min 53 s
112	56 s
115	28 s
118	14 s
121	7 s

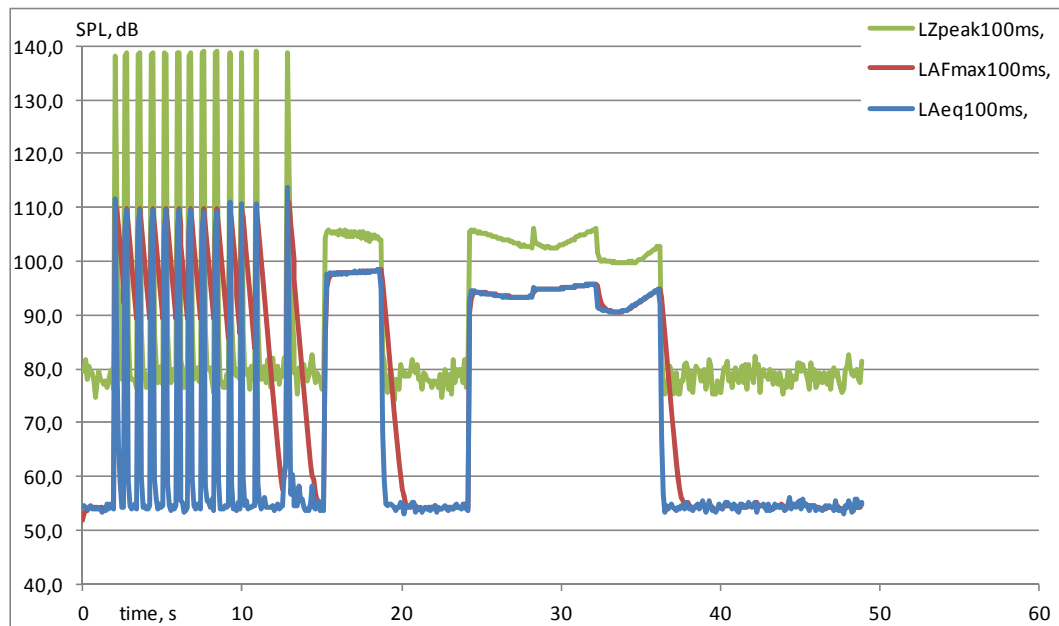
Kaikkien kuvaustilassa laitteen käytön aikana olevien henkilöiden on käytettävä riittävän suojan tuottavaa kuulonsuojausta. Suojaimilta edellytettävä vaimennustarve on äänekkäimpien mitattujen sekvenssien tapauksessa jopa 41 dB. Koehenkilöiden on kuvauksen aikana käytettävä aina kuppimallisia kuulonsuojaimia, joiden vaimennusluokitus (SNR) on vähintään 30 dB. Kuvaussekvensseillä, joiden melutaso ( $L_{A,eq}$ ) laitteen sisällä ylittää 110 dB, suositellaan nk. tuplasuojausta eli korvatulppien ja kuppisuojaajien yhdistelmää.

## 4.2 Tarkkaamossa esiintyvä melu

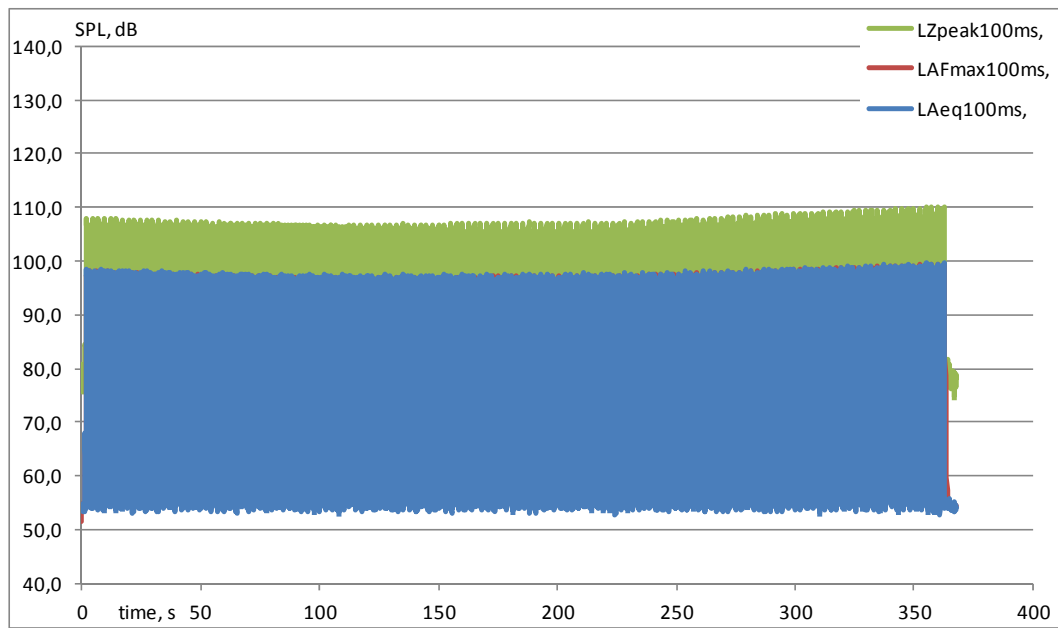
Tarkkaamossa esiintyvät äänitasot eivät mittausten perusteella aiheuta merkittävää meluallistusta. Melun vuorokausialtistuksen ohjearvo ei ylity tarkkaamossa, joten työskentelyaikaa tarkkaamossa ei tarvitse rajoittaa kuulovaurioriskin vuoksi.

Työmukavuuden kannalta tarkkaamotilan ääniolosuhteiden tarkasteluun voidaan soveltaa standardia SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus, jossa annetaan suosituksia eri tilojen akustisille olosuhteille. Standardin C-luokka, jonka katsotaan vastaavan viranomais määräyksiä uusille rakennuksille, suosittelee teollisuustilan valvomon taustamelutasoksi  $L_{A,eq} \leq 55$  dB. MRI-laitteen aiheuttaman melun ja tarkkaamossa tehdyn työn luonteen perusteella tarkkaamotila voidaan rinnastaa tähän. Keskiäänitasoltaan meluisimman sekvenssin yhteydessä tarkkaamossa mitatut 45 dB ja 49 dB keskiäänitasot alittavat selvästi em. suositusarvon. Tämä perusteella voidaan todeta, että tarkkaamossa on laitemelun kannalta riittävän hyvät ääniolosuhteet.

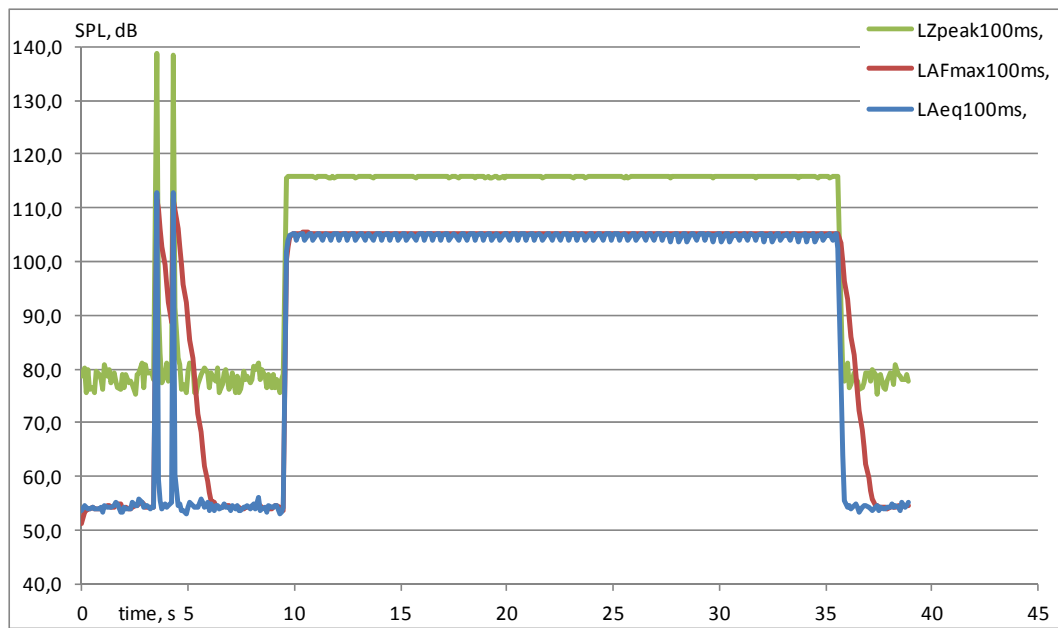
## 5 Tarkasteluun valittujen kuvaussekvenssien melutasokäyrät



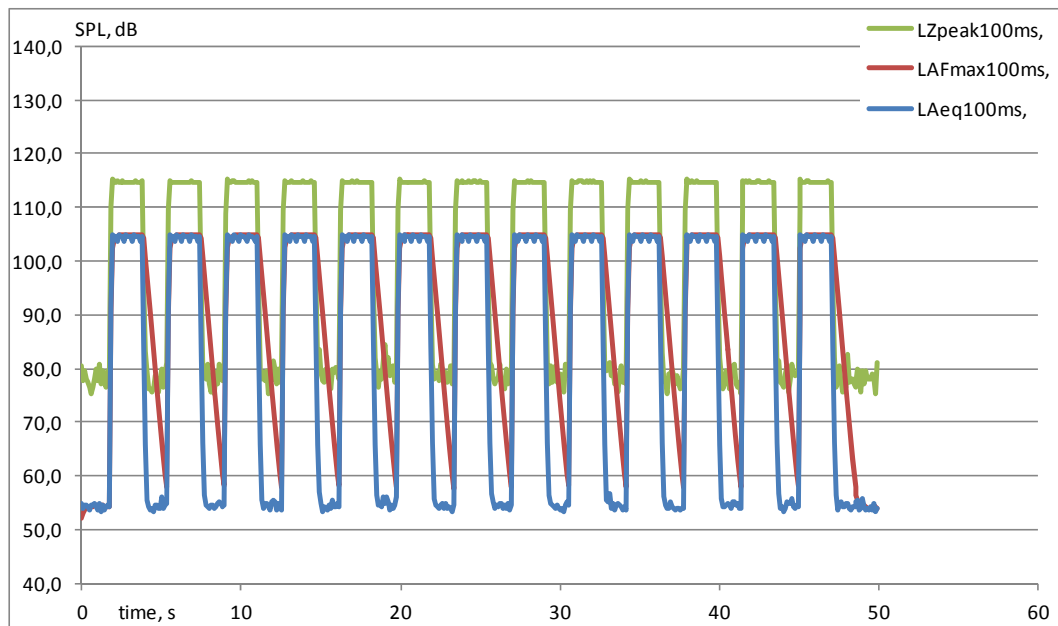
Kuva 1. 3-plane localizer (1 slice), 20 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.



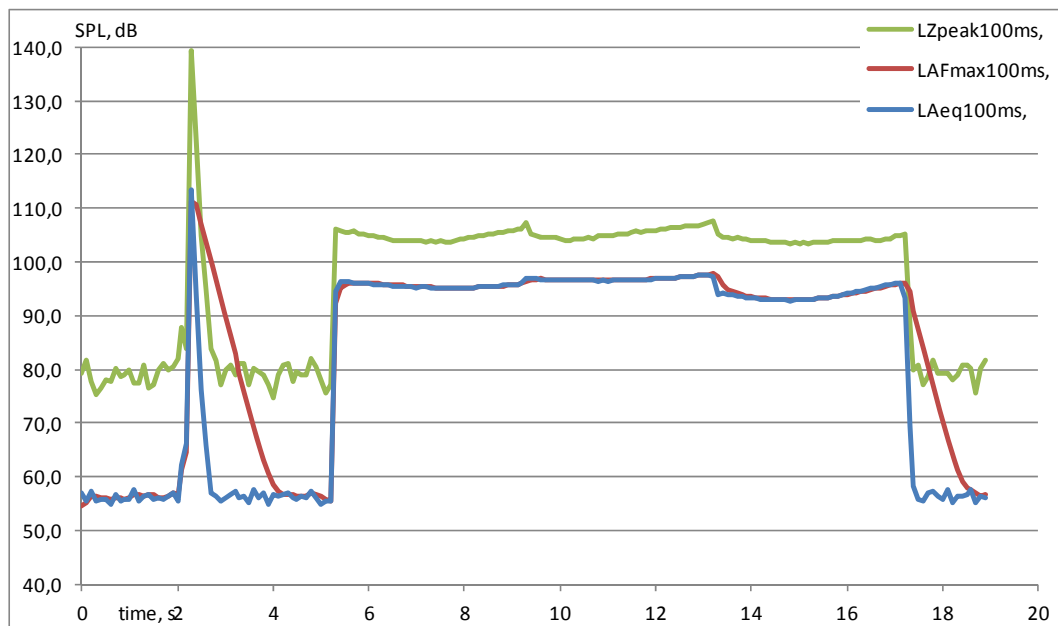
Kuva 2. MPRAGE sag (MGH variant), 20 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.



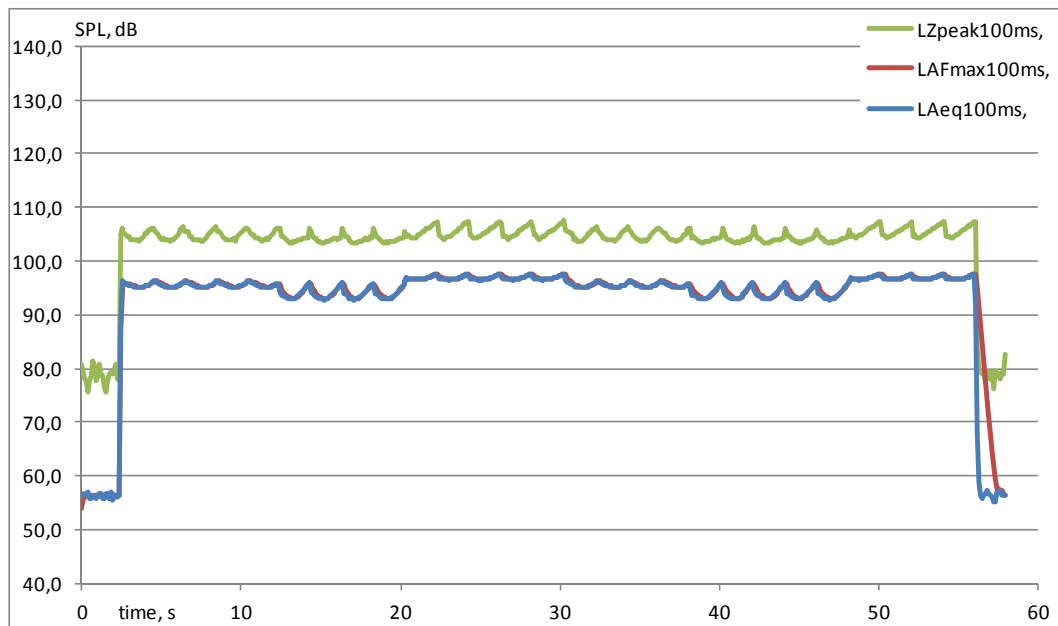
Kuva 3. EPI 64 p2 GRAPPA, 20 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.



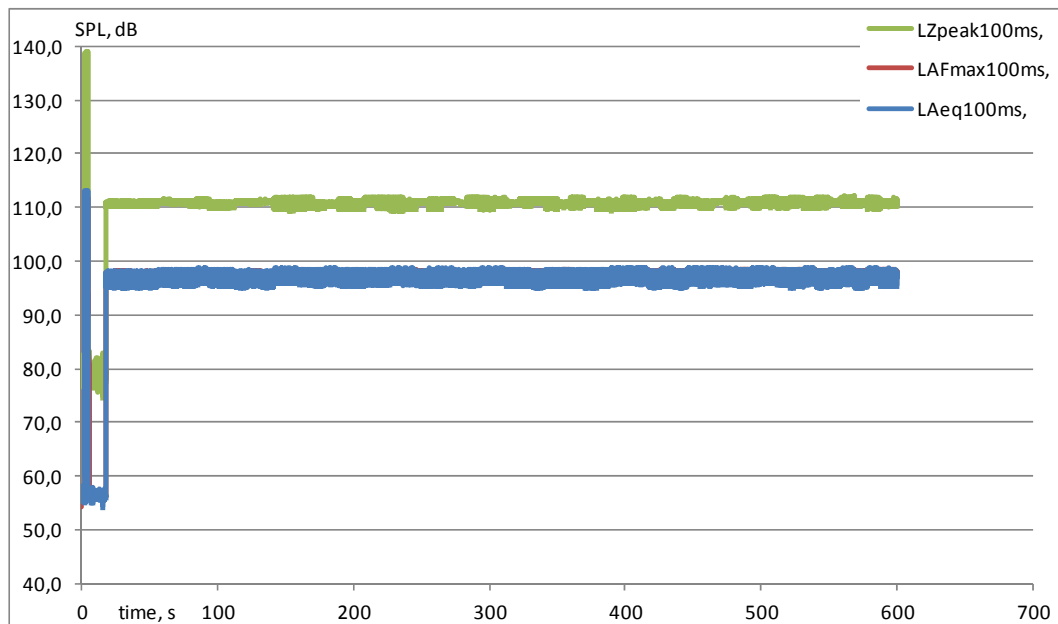
Kuva 4. EPI 64 p2\_HRenvall\_TR3600Pause1600, 20 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.



Kuva 5. 3-plane localizer (1 slice), 32 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.

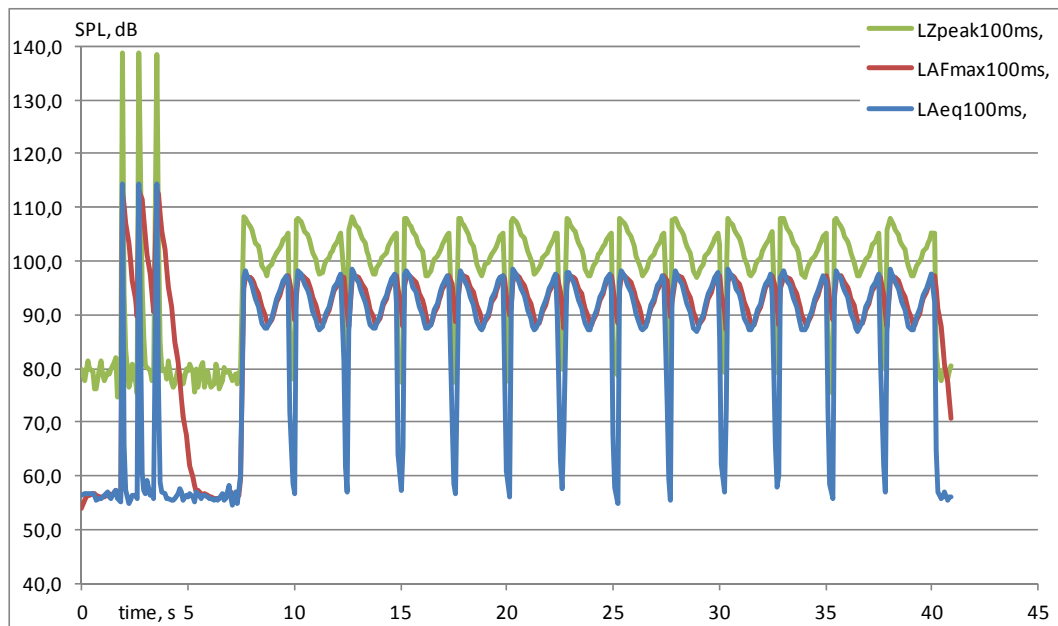


Kuva 6. 3-plane localizer (9 slice) , 32 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.

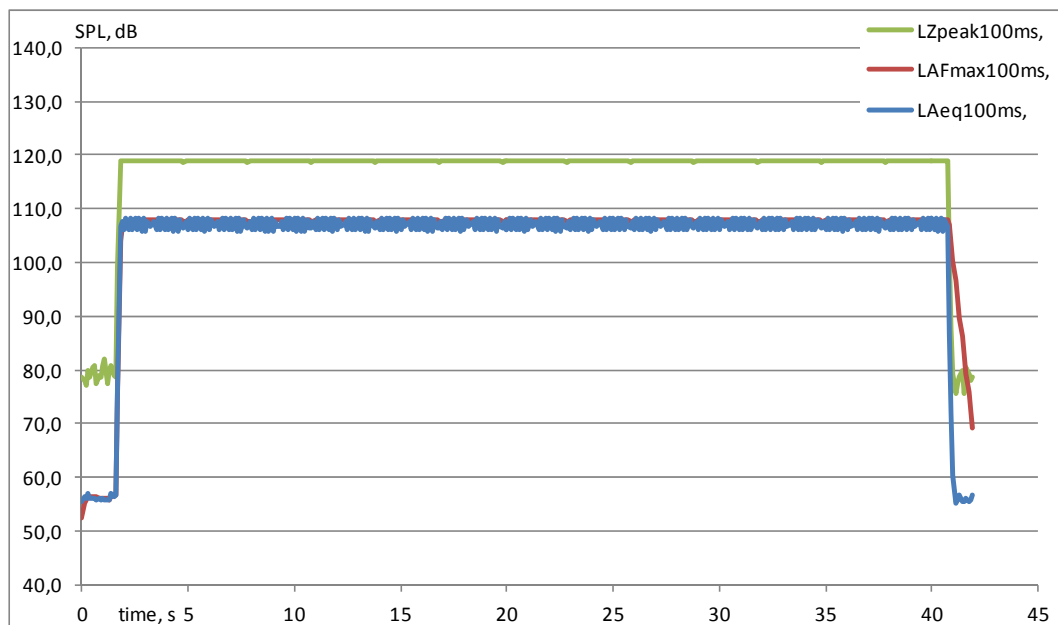


Kuva 7. DTI 64 dir (mddw, p2), 32 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein ensimmäisen kymmenen minuutin ajalta. Sekoenssin loppuosan melu jatkuu samanlaisena.





Kuva 8. MP-RAGE sag (MGH-var) fast, 32 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.



Kuva 9. EPI 64 p2 GRAPPA, 32 channel. Äänitasot ajan funktiona 100 ms:n välein.