

**Svenska Geotekniska Föreningen**  
Swedish Geotechnical Society

**SGF Notat 1:2016**

**Akustisk JB-sondering**

Resultat från etapp 1

Linköping 2016



## **Förord**

Detta notat presenterar resultat från etapp 1, av ett SGF projekt som genomförts för att studera möjligheten att komplettera konventionell JB-sondering med resultat från seismiska mätningar.

Projektet har utförts av en arbetsgrupp bestående av Rainer Massarsch (projektledare), Carl Wersäll, Anders Bodare (Geo Risk & Vibration AB), Kent Allard (Metro Metrik) och Kent Lindgren (Keli Mätteknik). I projektet har även tillverkare av JB sonderingsutrustning samt konsultföretaget SWECO (Nils Lindqvist) medverkat.

Resultaten har visat på möjligheter, och under 2016 planeras därför en fortsättning av projektet.

Stockholm 2016-01-30

Rainer Massarsch

Projektledare, Geo Risk & Vibration AB



## Innehållsförteckning

### Förord

<b><u>1</u></b>	<b><u>BAKGRUND .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>AKUSTISK SONDERING .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>3</u></b>	<b><u>FÄLTFÖRSÖK.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>JB SONDERINGAR.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>SEISMISKA MÄTNINGAR.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
5.1	Vibrationsamplitud .....	7
5.2	Vibrationsfrekvens.....	8
5.2.1	Lågfrekvensspektra.....	8
5.2.2	Spektrogram.....	10
<b><u>6</u></b>	<b><u>TOLKNING AV AKUSTISK SONDERING.....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>SLUTSATSER .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>REFERENSER.....</u></b>	<b><u>15</u></b>



## 1 BAKGRUND

Jord-bergsondering (Jb-sondering) används för att identifiera lagerföljden i fasta jordlager eller berg och kan utföras i olika klasser. Jb-sondering ger endast en grov uppskattning av bergets sprickighet och variation. För mer kvalificerad utvärdering krävs att kompletterande metoder används, exempelvis provtagning, pressometerförsök eller seismiska undersökningar. En beskrivning av hur Jb-sondering skall utföras redovisas i SGF Rapport 4:2012 ”Metodbeskrivning för jordbergsondering - Utförande, utrustning och kontroll”.

Jb-sondering typ 1 (Jb-1) är den enklaste klassen och kan utföras med borrhjugar utan registreringsutrustning. Jb-sondering typ 2 (Jb-2) används vid borring genom jordlager för att få uppfattning om jorden är grovkornig. Till exempel erhålls en markant skillnad vid registrering av borrhjugarparametrar i sandjordar jämfört med sten och blockjordar. Metoden används också för bestämning av bergnivå samt för att grovt bedöma bergets kvalitet vid borring i kristallint berg inför konventionell platt- och pålgrundläggning samt diverse schaktarbeten. Jb-sondering ger endast en grov uppskattning av bergets sprickighet och variation.

Även om man har identifierat grovkornig jord med Jb-2 sondering kan det vara vanskligt att dra slutsatser om pål- och spontbarhet utifrån sonderingsresultatet, med hänsyn till den begränsade undersökta volymen jord.

Borrings- och registreringsutrustning är en väsentlig del av undersökningsmetoden som skall samverka i sin helhet tillsammans med fältgeoteknikerns borrhjugar tekniska kunskaper.

Genom anslag från SGF finansieras ett forskningsprojekt för att undersöka om informationen från konventionell JB-sondering kan kompletteras med resultat från seismiska mätningar.

En arbetsgrupp bestående av Rainer Massarsch (projektledare), Carl Wersäll, Anders Bodare (Geo Risk & Vibration AB), Kent Allard (Metro Metrik) och Kent Lindgren (Keli Mätteknik), diskuterade projektets genomförandet. Kontakt togs med tillverkare av JB sonderingsutrustning samt konsultföretaget SWECO (Nils Lindqvist) för att hitta en lämplig försöksplats där mätningarna kunde utföras.

## 2 AKUSTISK SONDERING

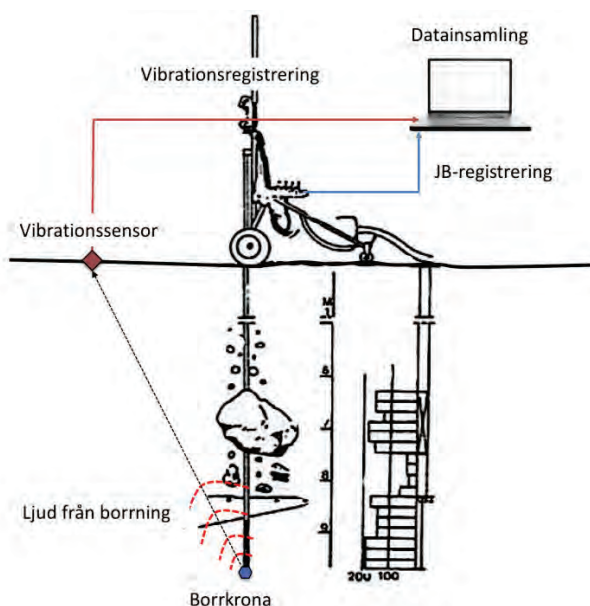
Olika typer av akustiska mätningar har använts i samband med sondering, (Massarsch, 2014). Vid svensk viktsondering utnyttjades redan tidigt information från stångvibrationer som uppstod när sondspetsen penetrerade genom friktionsjord. Vibrationerna observerades genom att förmannen höll i sondstångens topp och antecknade när stångvibrationer uppstod, jfr. Figur 1.

Vid institutionen för jord- och bergmekanik utvecklades under början av åttiotalet en akustisk trycksond, där en vibrationsgivare installerades i sondspetsen. Vibrationssignalen registrerades kontinuerligt under sondens nedträngning. Vibrationssignalens styrka och frekvensinnehåll kunde användas för att identifiera övergången från kohesionsjord till silt- och sandlager (Massarsch, 1986). På grund av dåtidens begränsade elektroniska resurser var det inte möjligt att lagra den stora datamängden. Genom att spela upp ljudet i samband med sonderingen var det dock möjligt att höra när sonden passerade genom olika jordlager. Även mycket tunna sand- och siltskikt kunde identifieras i lera.



**Figur 1. Manuell viktsondering där förmanen (t.v.) håller i stångtoppen för att notera vibrationer vid penetration genom friktionsjord.**

Genom den mycket snabba utvecklingen inom elektroniken och utvecklingen av avancerad mjukvara är det idag möjligt att utföra akustiska mätningar även under krävande förutsättningar. En metod, som skulle kunna dra nytta av akustisk information vid sondering är Jb-sondering. Vid borrhning genom olika jord- och berglager förändras styrkan och frekvensinnehållet av den akustiska signalen, Figur 2.



**Figur 2. Principskiss av akustisk Jb-sondering.**

Borrkronan genererar en akustisk signal som fortplantar sig genom ovanför liggande jordlager och registreras på markytan genom en seismisk givare (geofon eller accelerometer). Signalen registreras kontinuerligt med hög upplösning och lagras i en dator. Mätningen kan utföras oberoende av den konventionella Jb-sonderingen.



### 3 FÄLTFÖRSÖK

Under våren 2015 tog Kent Allard och Kent Lindgren fram ett seismiskt mätsystem för registrering av markvibrationer, bestående av tri-axiella geofoner och tri-axiella accelerometrar för att kunna bestämma följande parametrar:

- svängningshastighetens maximalvärden under hela borrhingsförloppet
- accelerationens maximalvärde under hela borrhingsförloppet
- vibrationssignalens tidsförlopp för mätning av signalers frekvensinnehåll.

Utrustningen provades och kalibrerades under försommaren 2015. Under oktober erbjöds tillfälle att genomföra mätningar i samband med Jb-2 sonderingar som utfördes av SWECO i Södra Hägernäs, Täby. Vid undersökningstillfället hade inga geotekniska undersökningar utförts. Den geologiska beskrivningen av området var endast översiktlig (SGUs jordartskarta), som anger under en ytlig fyllning, sandig och grusig jord ner till ca 10 – 15 m djup, som överlagrar morän på berg.

För Jb- 2 sonderingen användes Geotechs borrhavn, Figur 3. De seismiska mätningarna utfördes i samband med, men oberoende av JB-registreringarna. Detta innebar att det inte fanns någon direkt länk mellan sonderingsdjup och tidsförloppet för de akustiska mätningar. Istället markerades i de seismiska registreringar tidpunkten för djupintervall motsvarande 0,5 m.



**Figur 3. Geotech borrhavn för Jb-2 sondering.**

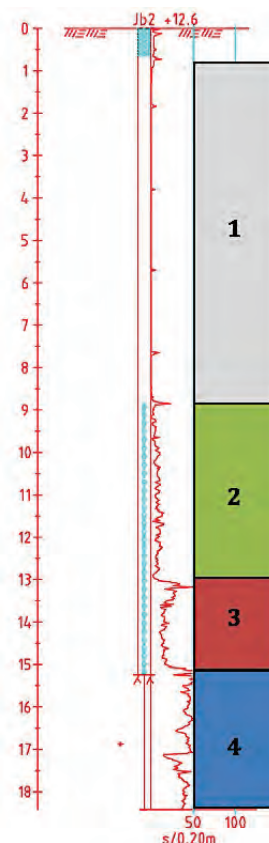
De seismiska givarna placerades på 1,5, 4, 8 och 12 m från borrhavn direkt på markytan. Tri-axiella geofoner av typ ABEM 4,5 Hz och accelerometrar monterades på stålplattor som förankrades i marken, Figur 4. Mätutrustningen bestod av en förstärkare och en datainsamlingsenhet av märke Sony DAT PC 216 Ax.



**Figur 4. Tri-axiell geofon på platta som förankrades i marken.**

#### **4 JB SONDERINGAR**

Fyra JB sonderingar, typ 2 med vattenspolning utfördes inom försöksområdet. Ett typiskt exempel är borrhål 15s002 som visas i Figur 5. Under en ca 0,5 m tjock fyllning och ca 8,5 m av sandig jord (1) påträffades ett gruslager (2) ner till ca 13 m djup. Därefter följde morän (3) som på 15,2 m djup övergår i berg (4). Boringen avslutades på 18,2 m djup, dvs. tre meter i berg.



**Figur 5. Resultat av Jb-2 sondering, borrhål 15s002.**

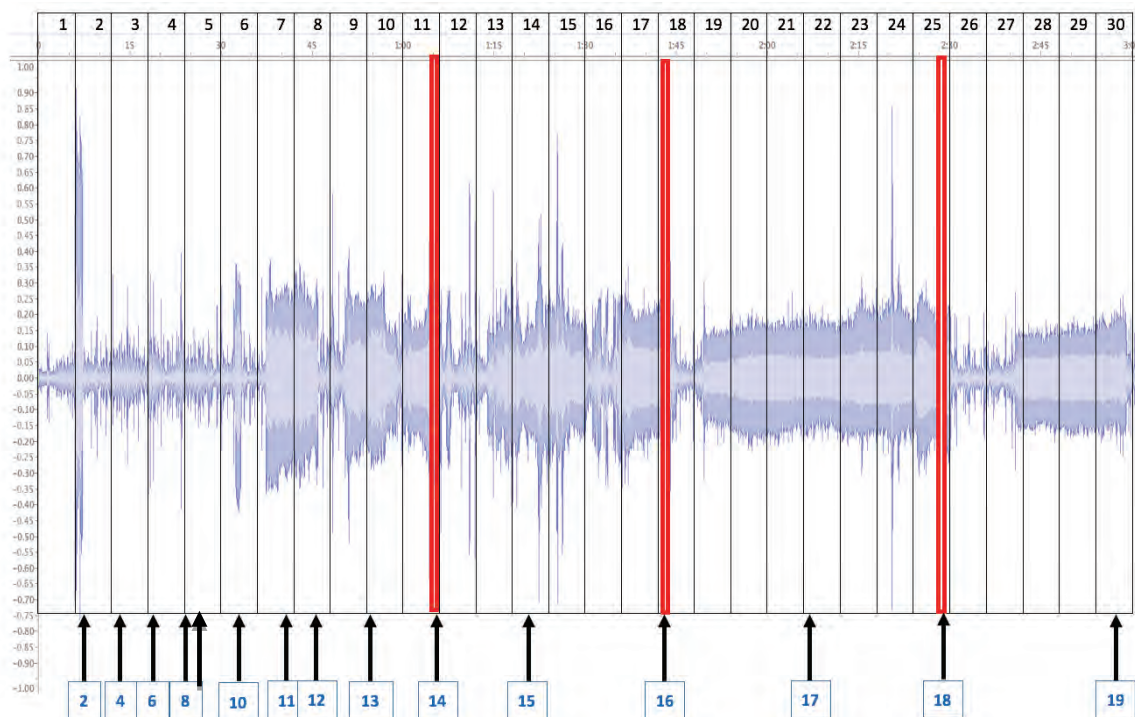
## 5 SEISMISKA MÄTNINGAR

Vibrationsmätningar utfördes i tre riktningar på olika avstånd från borrhälen. I föreliggande rapport sammanfattar endast ett begränsat antal av mätningarna som bedöms vara typiska resultat. Det finns flera alternativa metoder att utvärdera seismiska mätningar. Den enklaste metoden är att redovisa vibrationsamplituden (svängningshastigheten) som funktion av tiden (djupet). En mer avancerad metod är att analysera svängningens frekvensinnehåll. I det följande avsnitten och bilagorna redovisas hur de seismiska mätningarna kan användas för att karakterisera jordlager samt förekomsten av block och berg.

Analysen av de seismiska mätningarna visar att avståndet mellan borrhålet och mätpunkten inte påverkar vibrationssignalens utseende. Däremot så minskar signalstyrkan med ökande avstånd. Alla borrhål gav liknande seismiska signaler i respektive jordlager. Därför begränsas analysen i denna rapport till representativa borrhål (15s002 och 15s009).

### 5.1 Vibrationsamplitud

De seismiska registreringarna sker med mycket hög upplösning. I det aktuella exemplet (sonderingspunkt 15s002) visas registreringen av den vertikala svängningsamplituden (mm/s) som funktion av tiden (minuter), Figur 6. Mätpunkten var belägen på 4 m avstånd från borrhålet. Eftersom svängningshastigheten registrerades som funktion av tiden och inte av djupet, har djupintervaller indikerats längs tidsskalan. I diagrammet indikeras i rött tidpunkten för byte av borrhåstänger, som generellt tog kort tid och bedöms inte ha påverkat mätresultaten. Sonderingen till 18 m tog 30 minuter.



**Figur 6.** Vibrationshastighetsamplituden (svängningshastighet i mm/s) som funktion av tiden, som redovisas längs den övre horisontalaxeln (minuter). Borrhålsdjupet har indikerats längs den nedre horisontalaxeln. Byte av borrhåstänger från 14 m djup markeras i rött.

Borrningen genom den lösa sanden från 1 till ca 9 m tog ca 5 minuter. Sjunkningshastigheten minskade med ökande borrhingsmotstånd. Borrningen i berg (från 15,2 m till 18,2 m) tog 16 minuter. Svängningshastigheten visar tydliga variationer. I fasta jordlager, block och berg erhålls generellt en högre svängningshastighet än i lösa jordlager.

Det bör beaktas att vibrationsamplituden generellt avtar med ökande borrhjup. Denna effekt har inte tagits hänsyn till vid utvärderingen i Figur 6.

Det är också möjligt att omvandla den seismiska registreringen i en ljudfil, där vibrationerna kan spelas upp med en högtalare. För att bättre kunna identifiera ljudsignalerna har tidskalans hastighet i ljudfilen ökats med en faktor 10. Audiofilen bifogas till rapporten, [Bilaga 1](#).

## 5.2 Vibrationsfrekvens

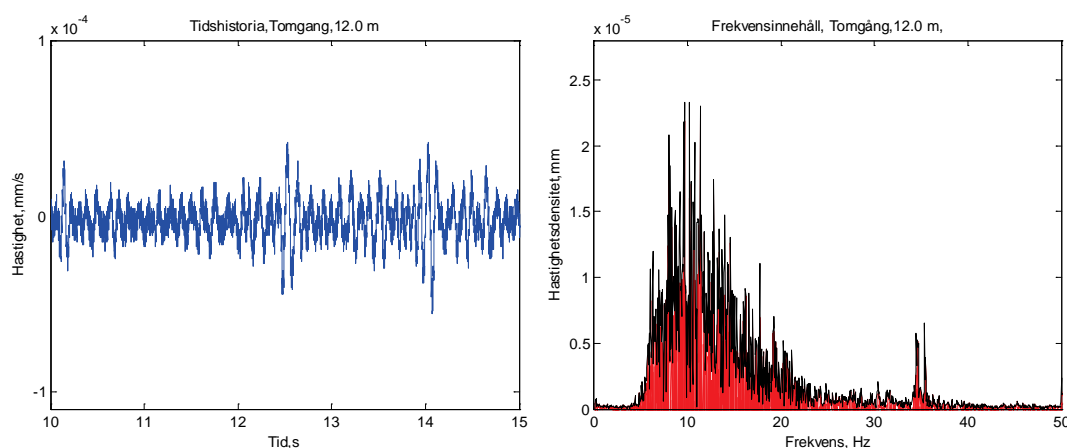
Frekvensinnehållet av en seismisk signal bör kunna användas för att bestämma det genomborrade materialets mekaniska egenskaper. Därför har frekvensanalyser av ett stort antal seismiska signaler utförts: lågfrekvensspektra (0 – 50 Hz) och högfrekvensspektra (0 – 20 000 Hz). Typiska resultat av de genomförda frekvensanalyserna redovisas i de följande avsnitten.

### 5.2.1 Lågfrekvensspektra

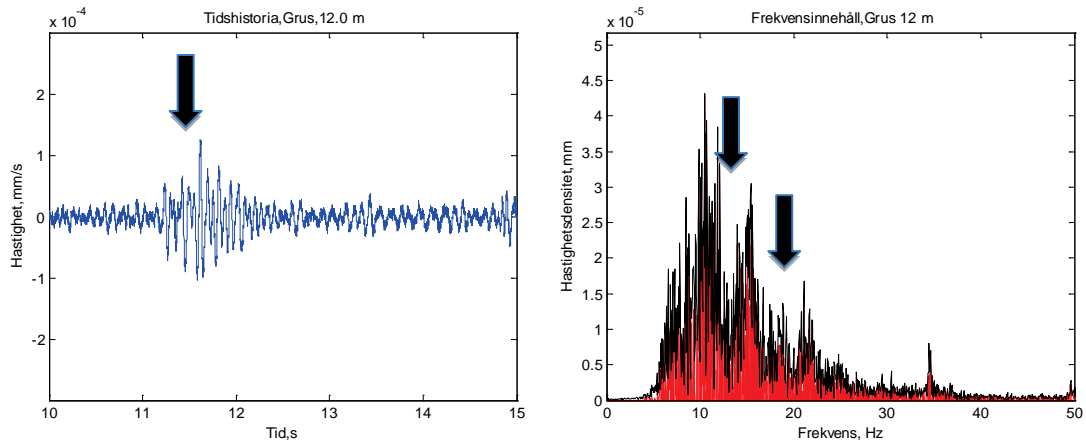
För bestämning av lågfrekvensspektra analyserades seismiska signaler från olika borrhingsfaser. Typiska signaler valdes ut från följande borrhingsfaser: tomgångskörning utan borrning, borrning i grus (2), morän (3) och berg (4). Frekvensspektra från ett stort antal registreringar har tagits fram och representativa exempel ställts samman i [Bilaga 2](#) och [Bilaga 3](#).

Figur 7 till Figur 10 visar dels svängningsförloppet (mm/s), dels det motsvarande frekvensspektrumet (0 – 50 Hz). Vibrationsmätningen utfördes på 12 m avstånd från borrhålet under en tidsperiod av 5 sekunder. I analysen användes endast den vertikala svängningskomponenten.

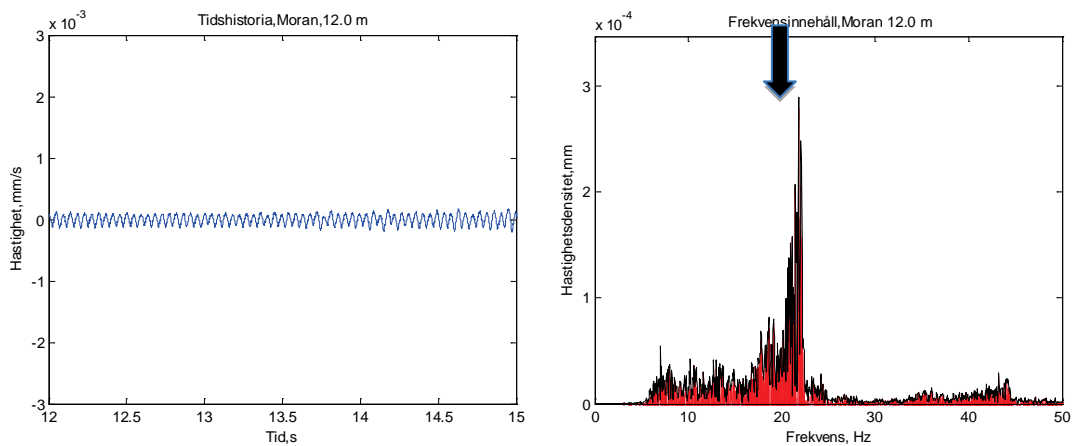
En jämförelse av resultaten från Bilaga 2 och Bilaga 3 bekräftar att det endast finns små skillnader av dominerande frekvenser vid mätningar på olika avstånd.



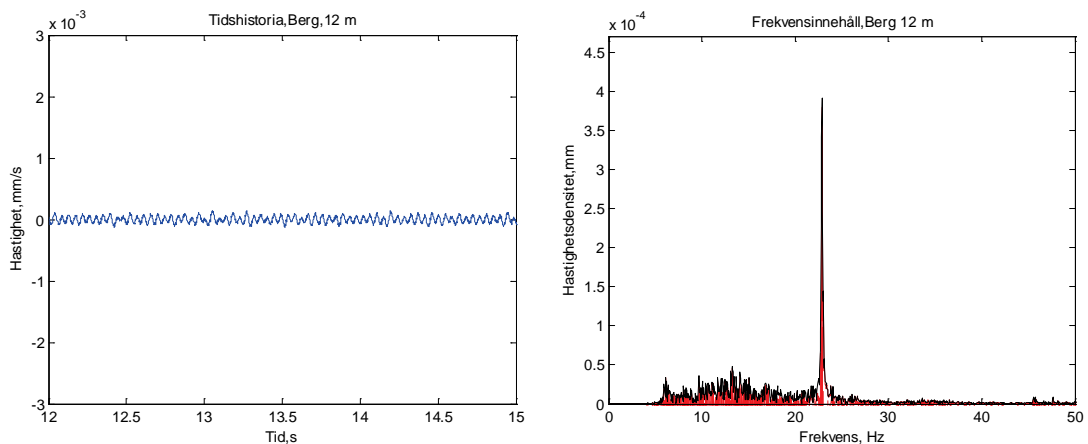
**Figur 7. Brus från bormaskinen vid tomgång på 12 m avstånd – vertikal svängningshastighet.. Bakgrundsbrusets är kraftigast inom intervallet 8 – 15 Hz.**



**Figur 8.** Registrering i jordlager 2 (grus). Vibrationshastigheten varierar något under borrningen. Ovanför bakgrundsbruset tillkommer en tydlig vibrationsförstärkning vid 15 och 22 Hz.



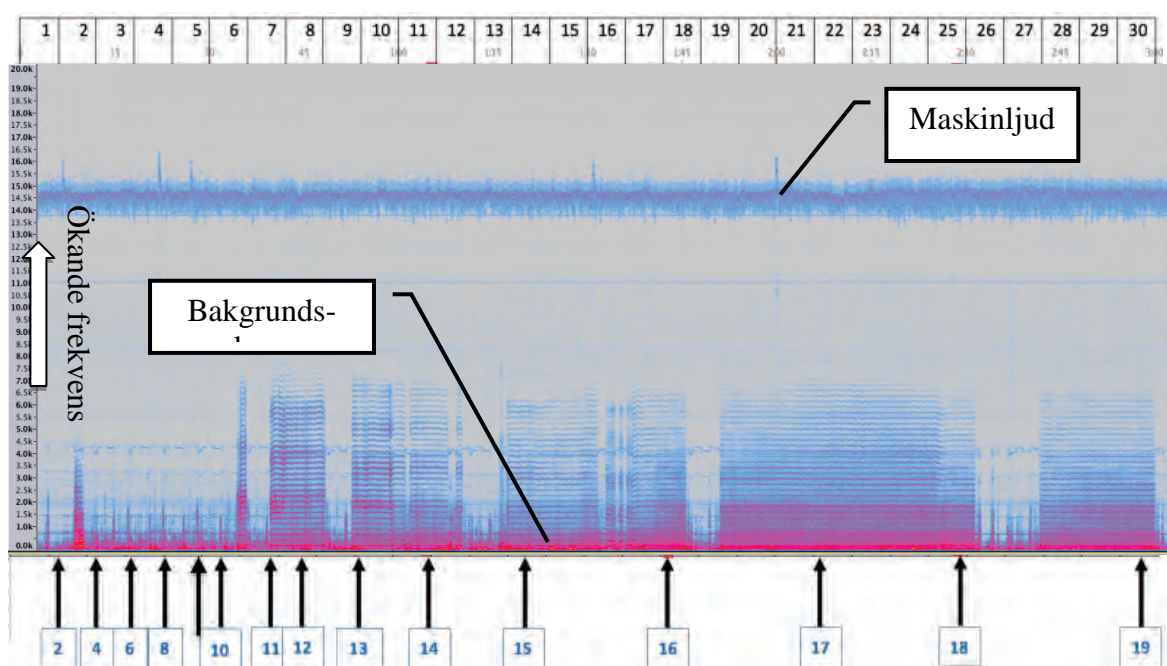
**Figur 9.** Registrering i jordlager 3 (morän). Vibrationssignalen i morän är relativt konstant (observera att hastighetsskalan är större än den i grus). En markant ökning av vibrationsamplituden noteras vid 22 Hz.



**Figur 10.** Registrering i berg (4). Vibrationssignalen i berg är relativt konstant. Vid 22 Hz inträffar en kraftig förstärkning av vibrationsamplituden och frekvensbandet blir mycket smalare än i morän eller grus.

## 5.2.2 Spektrogram

Vid traditionella vibrationsanalyser inom jorddynamen är i första hand de lägre frekvenserna av praktisk relevans. En närmare analys av mätdata tyder på att värdefull information om materialegenskaper kan finnas inom ett mycket bredare frekvensspektrum (0 – 20 kHz). Spektrogrammen visar energifördelningen i frekvensplanet hos en signal. Figur 11 visar Spektrogrammen under hela borrhingsförloppet (30 minuter) i sonderingspunkt 15s002. Den horisontella axeln anger tiden i minuter (samma tidsskala som i Figur 6). Vibrationsfrekvensens intensitet visas längs den vertikala axeln och omfattar frekvensintervallet 0 – 20 kHz. Signalstyrkan markeras i färgskala från rött (starkt) till blått (svagt). På den nedre horisontalaxeln har djupintervall indikerats på samma sätt som i Figur 6.

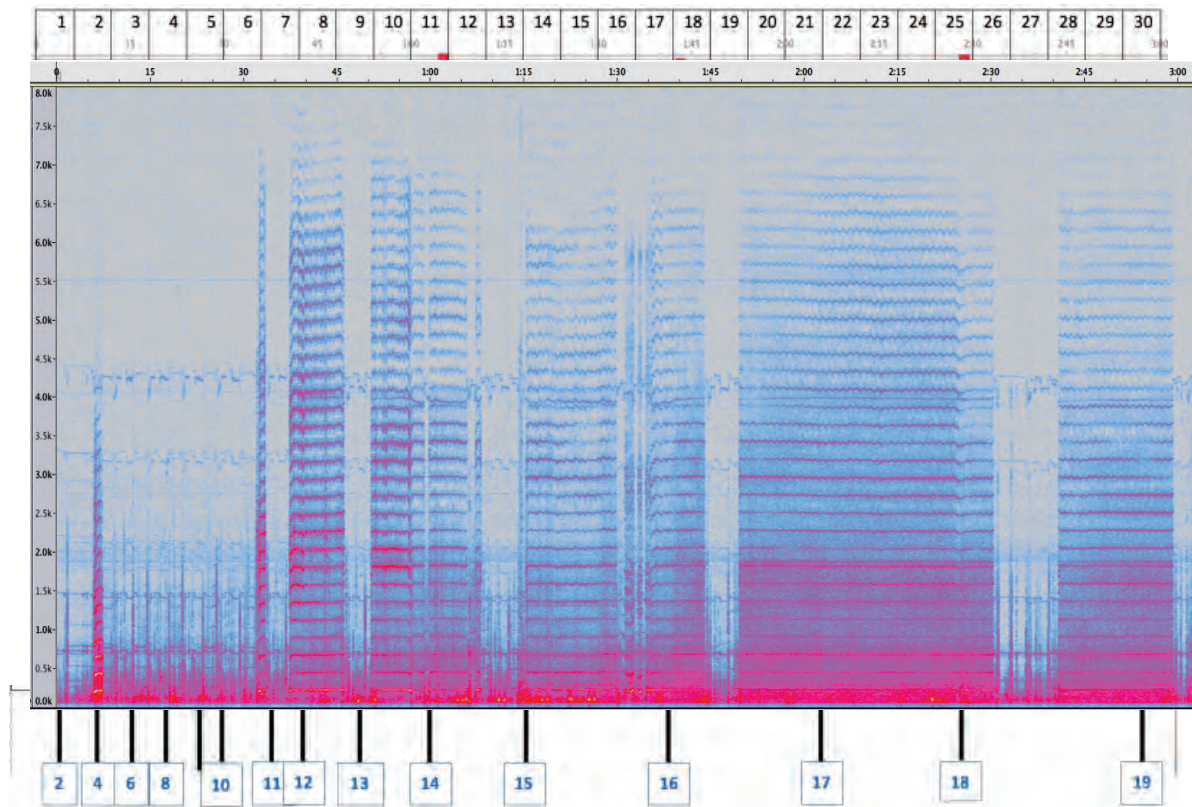


**Figur 11.** Spektrogram (0 – 2000 Hz) av borrhingsförloppet (30 minuter); vertikal vibrationssignal (skall delas med faktor 1). Djupintervaller redovisas som i Figur 6.

Av Figur 11 framgår att maskinljudet ligger inom ett frekvensband (14 – 15 kHz). Dessutom finns ett bakgrundsbrus vid låga frekvenser (omkring 10 – 15 Hz). Av störst intresse är variationen av de röda och blåa färgerna under borrhningen.

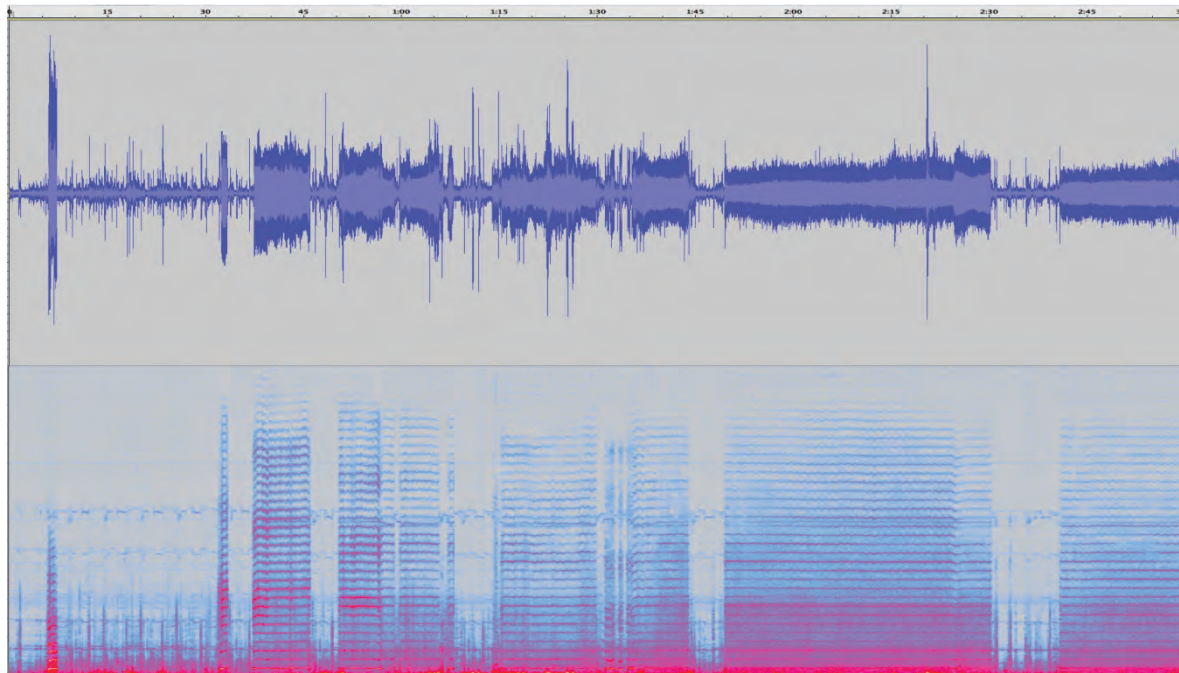
Figur 12 visar energifördelningen inom frekvensintervallet 0 – 8 000 Hz. Spektrogram gör det möjligt att på ett enkelt sätt identifiera variationen av signalstyrkan med tiden och därmed med djupet.

Eftersom djupskalan inte direkt stämmer överens med tidsskalan måste vid tolkningen hänsyn tas till sjunkningshastigheten av borren. En relativt mycket längre tid erfordrades för att penetrera fasta jordlager och berg.



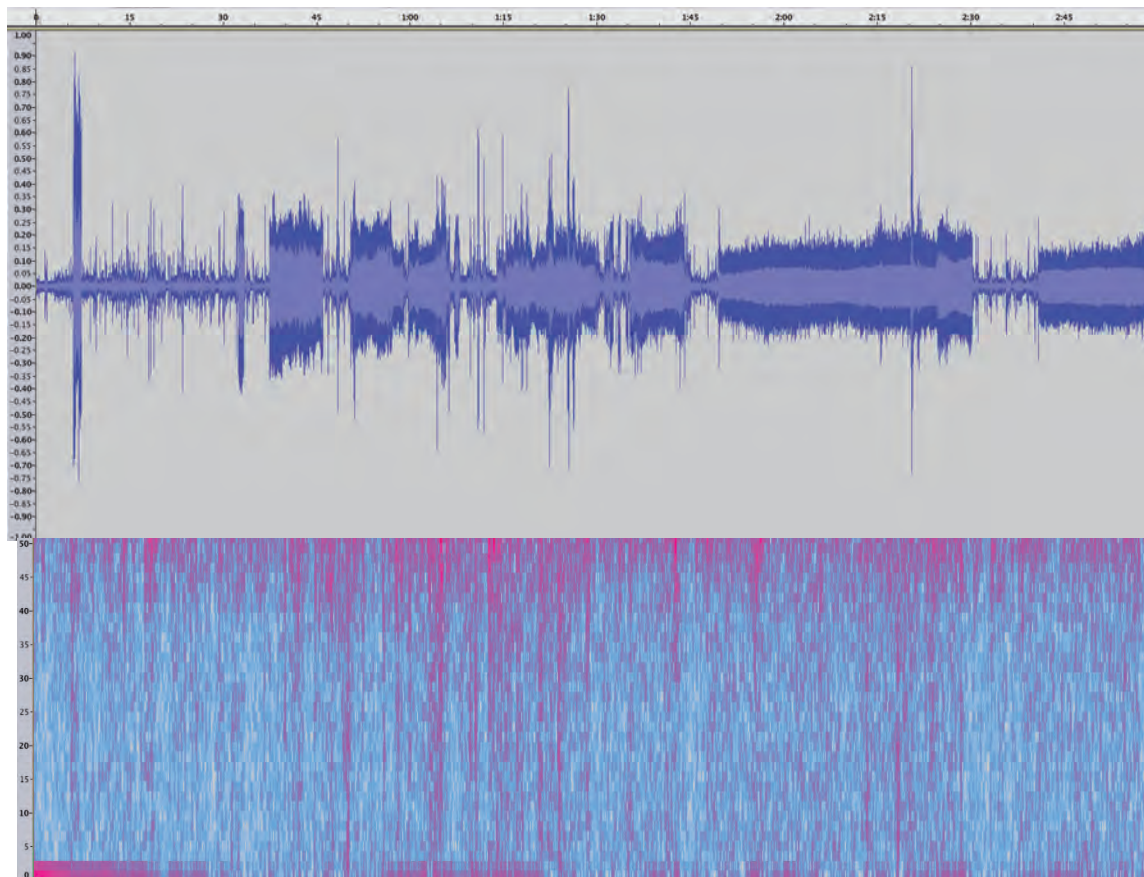
**Figur 12. Spektrogram inom frekvensområdet 0 – 800 Hz.**

I Figur 13 jämförs variationen av svängningshastigheten med tiden från Figur 6 med spektrogrammen som funktion av tiden enligt Figur 12 för hela borrhingsförloppet (30 min).



**Figur 13. Jämförelse mellan svängningshastighet och frekvensens energiinnehåll (0 – 8 kHz) som funktion av borrhingsförloppet (30 min).**

I Figur 13 jämförs variationen av svängningshastigheten med tiden från Figur 6 med frekvensspektrumen som funktion av tiden enligt Figur 12 för hela borrhingsförloppet (30 min).



**Figur 14. Jämförelse mellan svängningshastighet och frekvensens energiinnehåll (0 – 50 Hz) som funktion av borrhingsförloppet (30 min).**

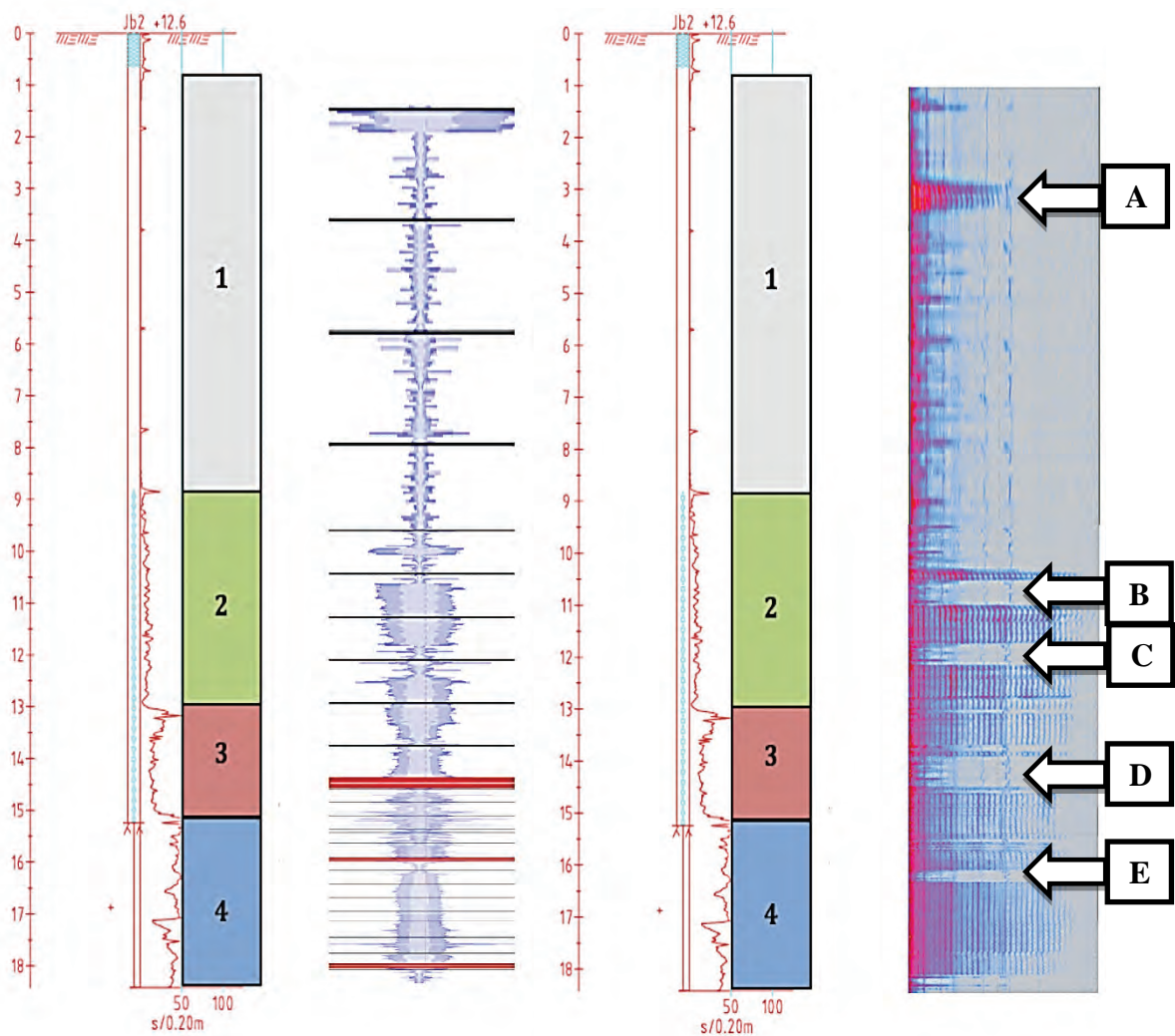
Även spektrogrammet i Figur 14 visar en liknande variation av vibrationsintensiteten under borrhingsförloppet men fortsatta undersökningar bör visa det mest lämpliga frekvensintervallet för bedömning av det genomborrade materialet.

Det finns tydliga samband mellan variationen av svängningsamplituden och frekvensinnehållet. Frekvensspektrumet har dock en högre upplösning och är därför mera lämplig för identifiering av olika jord- och bergmaterial.

## 6 TOLKNING AV AKUSTISK SONDERING

Syftet med fältmätningarna har varit att undersöka om det finns samband mellan Jb-sondering och seismiska parametrar (vibrationsamplitud respektive frekvens). I Figur 15 jämförs sjunkningshastigheten vid Jb-sondering med vibrationsamplituden (tv) och frekvensinnehåll (th). För att underlätta jämförelsen har de seismiska mätningarnas tidsskala omvandlats approximativt till en djupskala.





**Figur 15. Jämförelse mellan sjunkningshastigheten vid Jb-sondering med vibrationsamplitud respektive frekvensinnehåll. De seismiska mätningarnas tidsskala har anpassats approximativt till en djupskala.**

Av Figur 15 framgår att särskilt frekvensspektrumet visar en betydligt större variation än sjunkningshastigheten. Exempelvis erhålls i jordlager (1) som förmodas bestå huvudsakligen av sand en betydligt högre variation av frekvensamplituden. Såväl svängningshastigheten som frekvensinnehållet tyder på förekomsten av ett fastare skikt [A] som inte syns i Jb-sonderingen.

Jordlager (2) mellan 9 och 13 m, som förmodligen består av grus, visar endast små variationer i sjunkningshastighet men betydliga variationer i såväl svängningshastighet som frekvensinnehåll [B] [C].

En anmärkningsvärd skillnad mellan Jb-sondering och akustisk registrering kan observeras vid borring genom moränen (3). På 14 m djup konstateras en markant förändring av frekvensinnehållet [D].

En liknande avvikelse syns också vid borring i berg (4), där ett svaghetskikt konstateras på ca 16 m djup [E].

Det är viktigt att framhålla att de akustiska mätningarna är behäftade med viss osäkerhet. En brist är att tidsskalan och djupskalan har anpassats endast approximativt. En annan risk är feltolkningen av de akustiska signalerna på grund av störningar. Det hade varit värdefullt att kunna verifiera resultaten från akustisk sondering med kompletterande geotekniska undersökningar (t ex CPT-sondering i jordlagren) och provtagning i berg.

## 7 SLUTSATSER

Genom anslag från Svenska Geotekniska Föreningen till Markvibrationskommittén har det varit möjligt att prova i fält om seismiska mätningar kan ge information vid tolkning av Jb-sondering. Fältmätningar genomfördes på en mätplats (Hägernäs), där Jb-2 sondering utfördes i varierande jordlager och berg ner till 18 m djup. Borrningen tog totalt 30 minuter. De seismiska mätningarna utfördes oberoende av Jb-sonderingen, som innebar att det inte fanns en direkt korrelation mellan borrhjup (Jb-sondering) och tidsförlopp (seismisk mätning).

Seismiska givare installerades på olika avstånd från borrhjupen men alla mätningar gav liknande resultat. På grund av den stora datamängden har utvärderingen fokuserat på den vertikala svängningshastigheten som bestämdes på 4 m och 12 m avstånd.

Det bedöms att svängningshastigheten är en lämplig parameter för att undersöka den akustiska emissionen vid borrhjupen. Vibrationsamplituden avtar med ökande borrhjup men ökar samtidigt när fastare jordlager eller berg penetreras.

Den mest lovande parametern för bedömning av materialegenskaper vid Jb-sondering är vibrationssignalens frekvensinnehåll. Två olika utvärderingsmetoder har tillämpats:

- Lågfrekvensspektra (0 – 50 Hz) och
- Spektrogram (0 – 20 000 Hz).

Lågfrekvensspektra visar en markant förändring av frekvenserna ovanför 20 Hz, med tydliga frekvensspetsar vid ca 23 Hz.

Spektrogrammen visar energifördelningen av den akustiska signalen under hela mätperioden och bedöms vara en lämplig parameter vid tolkning av Jb-sondering.

Vid en jämförelse mellan sjunkningshastigheten och signalens frekvensinnehåll kan konstateras att den seismiska signalen varierar mycket kraftigare i jordlager och berg, där sjunkningshastigheten är närmast konstant.

Eftersom seismiska mätningar enbart har utförts på en plats är det för tidigt att bedöma dess praktiska användbarhet vid olika geotekniska och bergtekniska förutsättningar. Hittills erhållna resultat är dock uppmuntrande och motiverar fortsatta studier. En viktig aspekt är att korrelera djupmätningen från Jb-sonderingen med tidsregistreringen vid de seismiska mätningarna.

## 8 REFERENSER

Svenska Geotekniska Föreningen. 2012. Metodbeskrivning för Jord-bergsondering. Utförande, utrustning och kontroll. SGF rapport 2:99, Linköping 2012, 90 s.

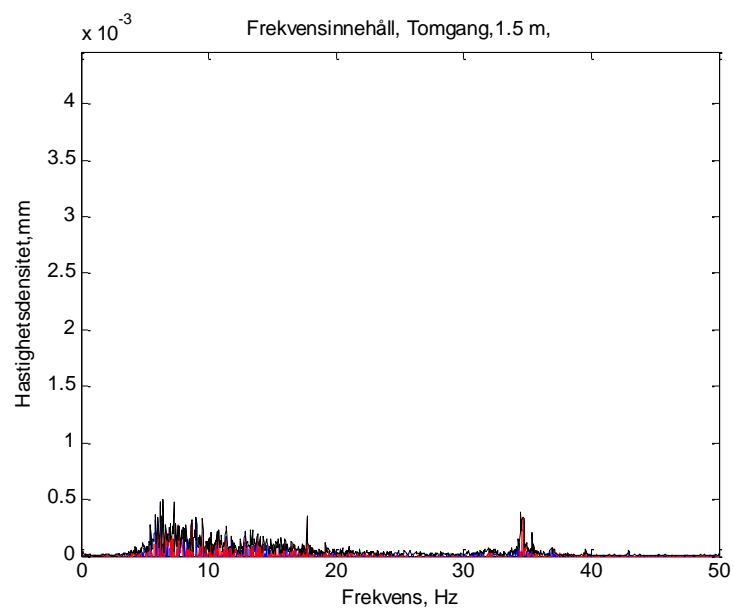
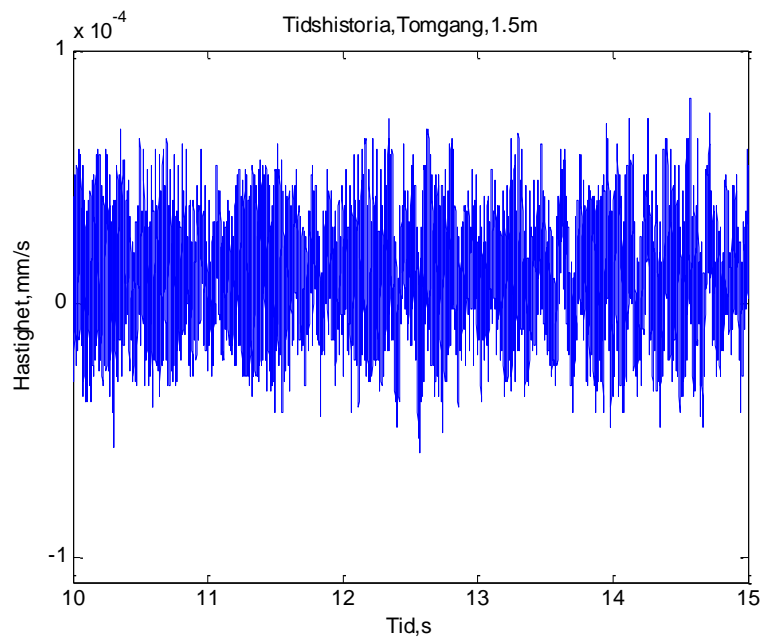
Massarsch, K. R. 1986. Acoustic Penetration Testing, International geotechnical seminar on field instrumentation and in- situ measurements, 4, Singapore, Nov. 1986. Proceedings, pp. 71-76.

Massarsch, K.R. 2014. Cone Penetration Testing - A Historic Perspective. Proceedings, Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Symposium of Cone Penetration Testing, CPT14. Edited by P.K. Robertson and K.L. Cabal, May 13-14, 2014, Las Vegas, Nevada, USA. Printed by Omnipress; ISBN: 978-0-615-98835-1, Paper # KN-4, pp. 97-134.

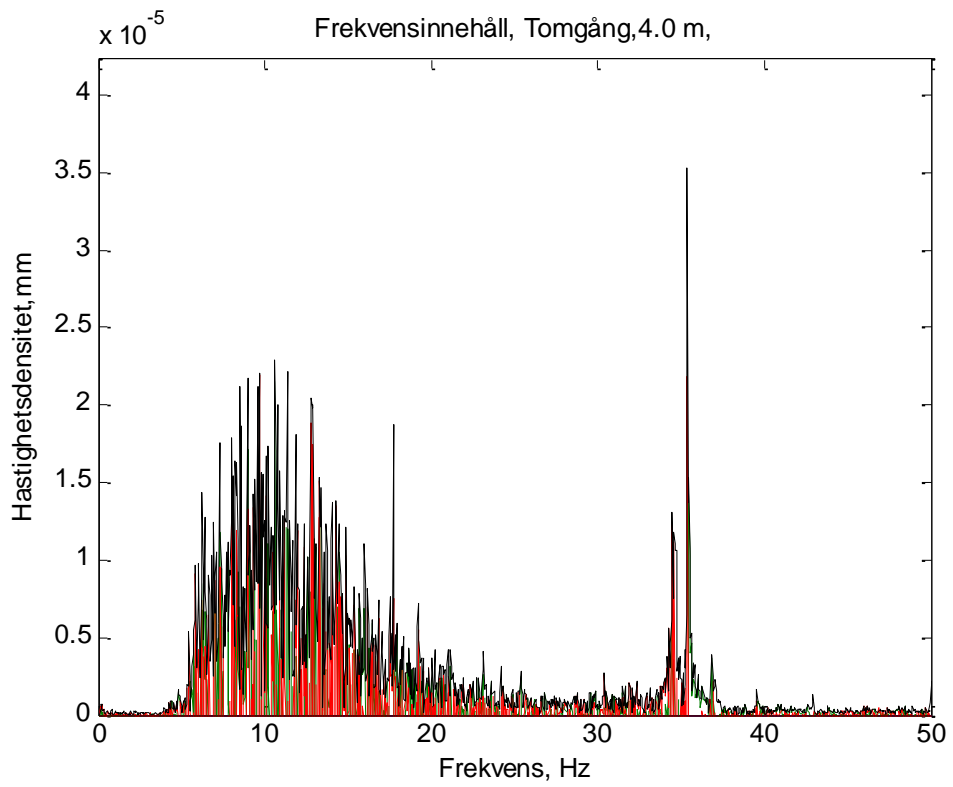
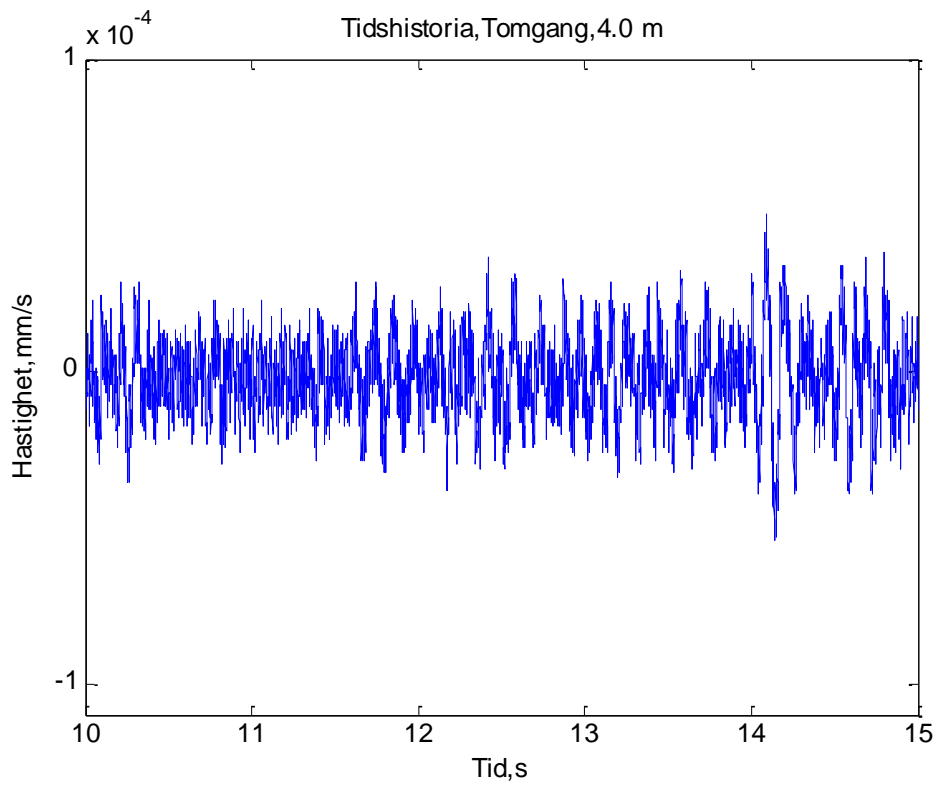


# Seismiska mätningar vid JB-sondering i Hägernäs, 2015-11-11

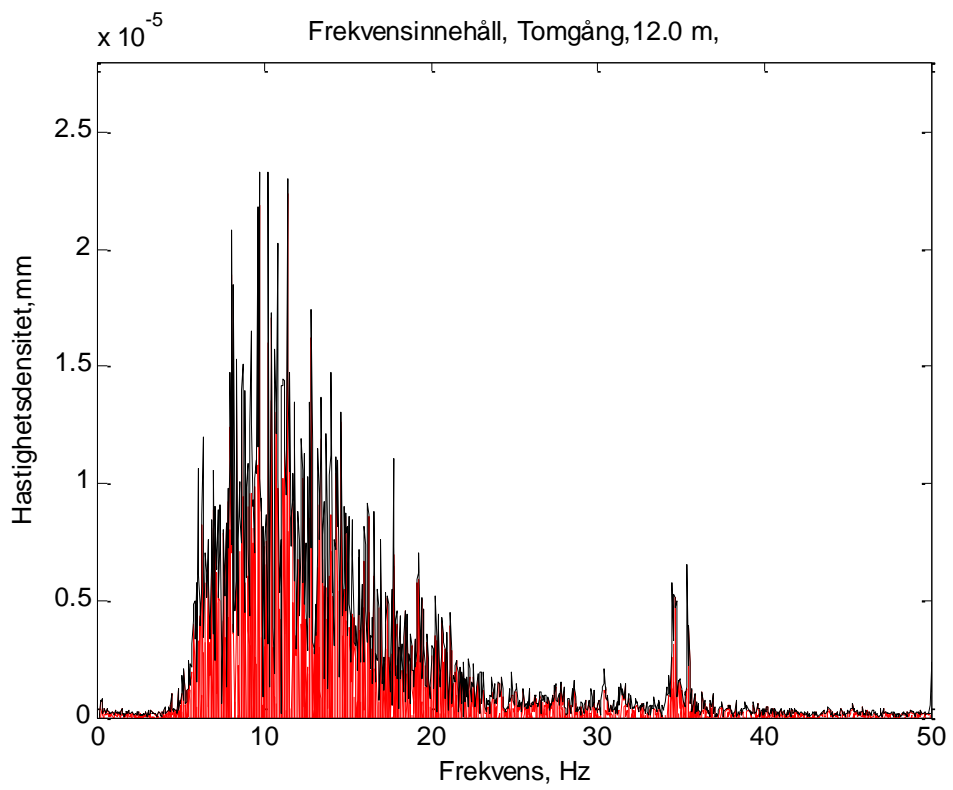
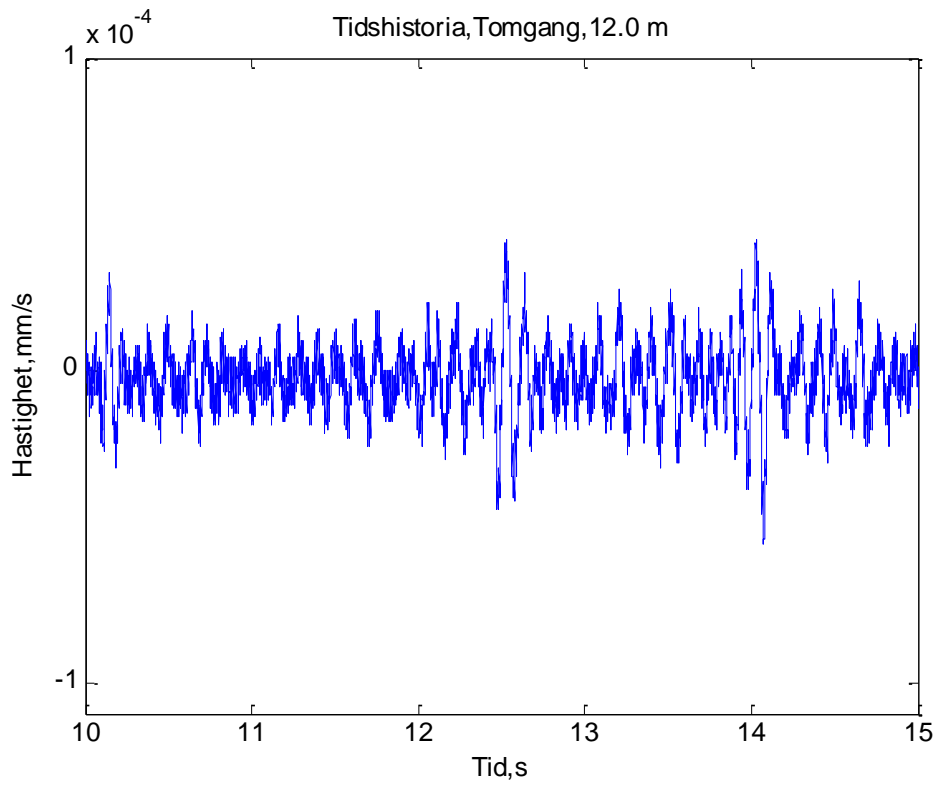
## Tomgång, Geofonavstånd: 1.5m



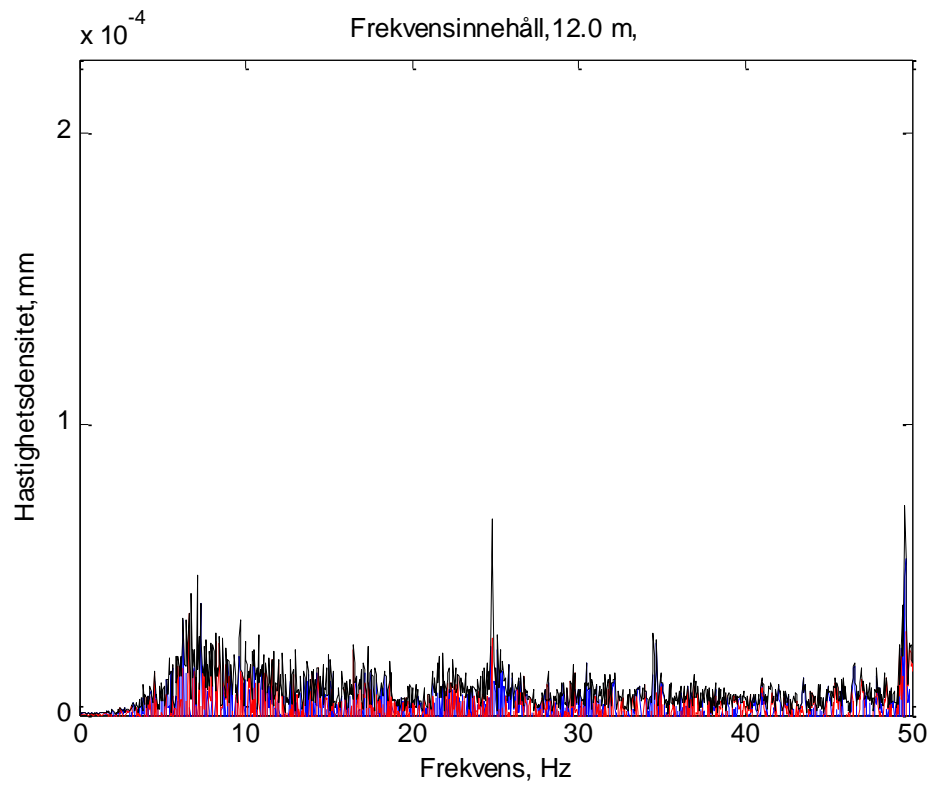
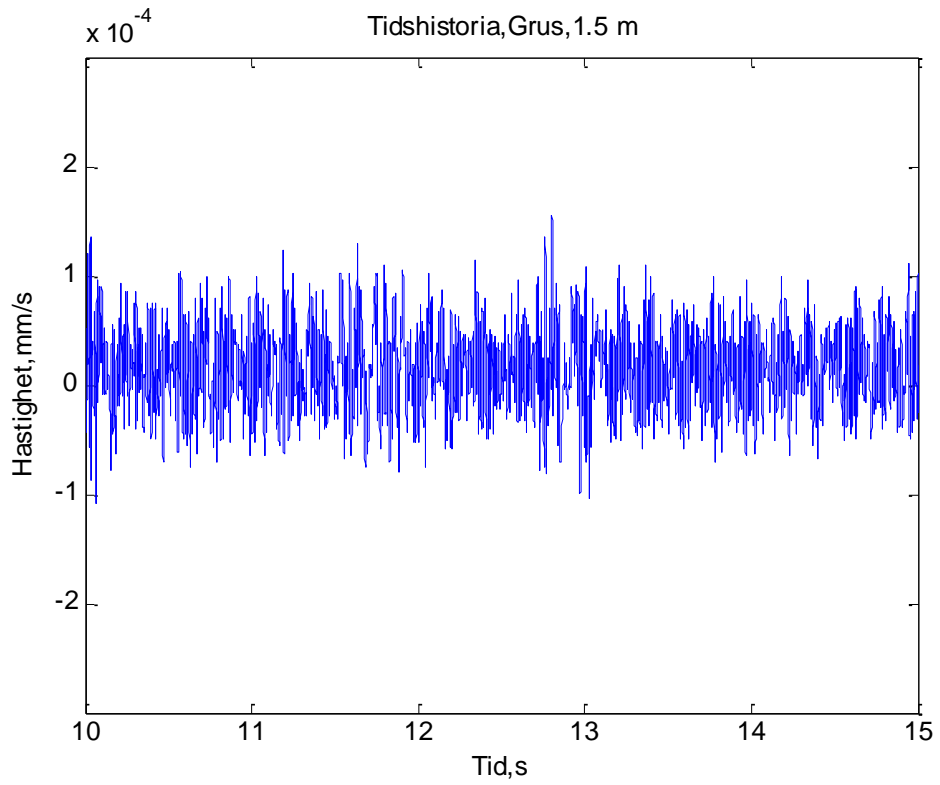
# Tomgång, Geofonavstånd: 12 m



### Tomgång, Geofonavstånd: 12m

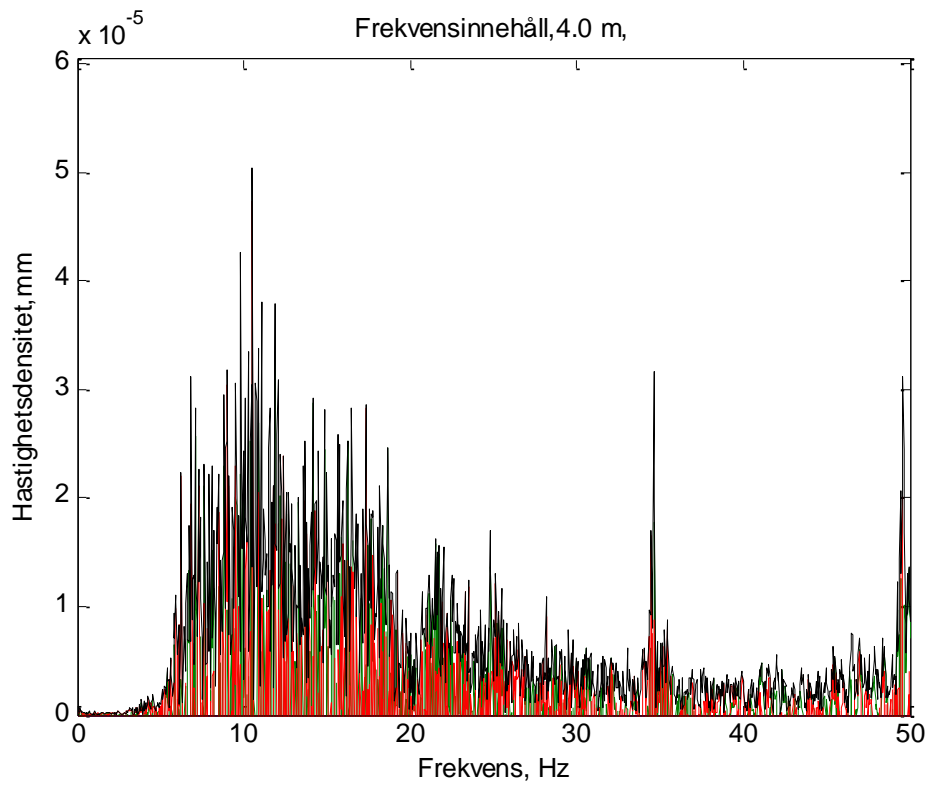
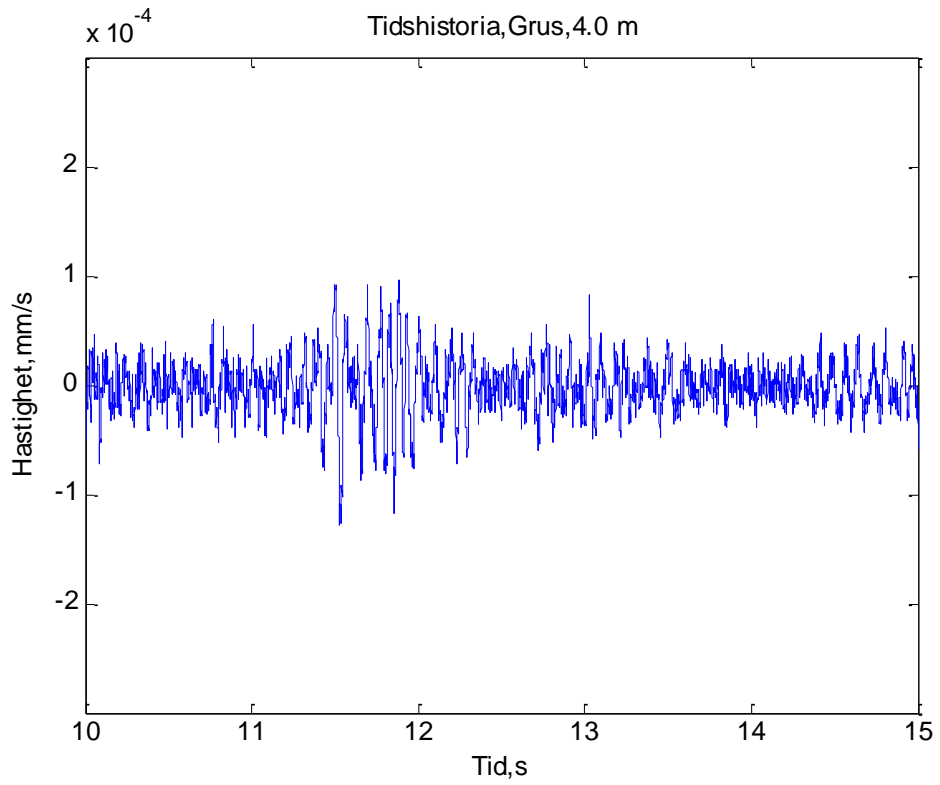


### Grus, Geofonavstånd: 1.5 m

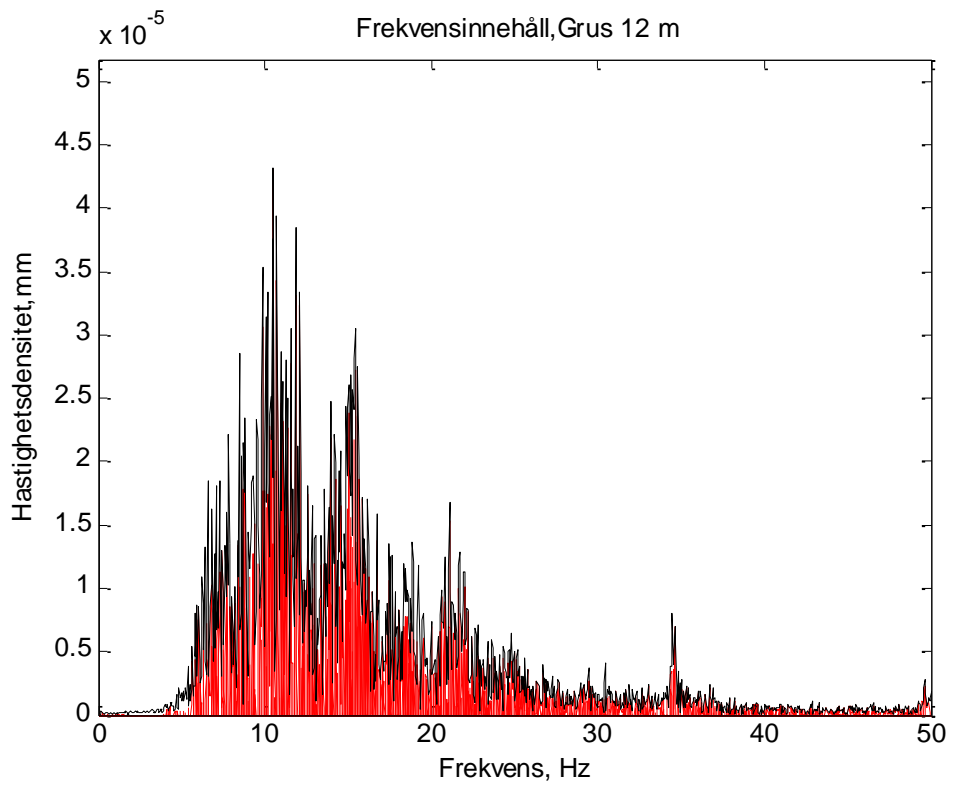
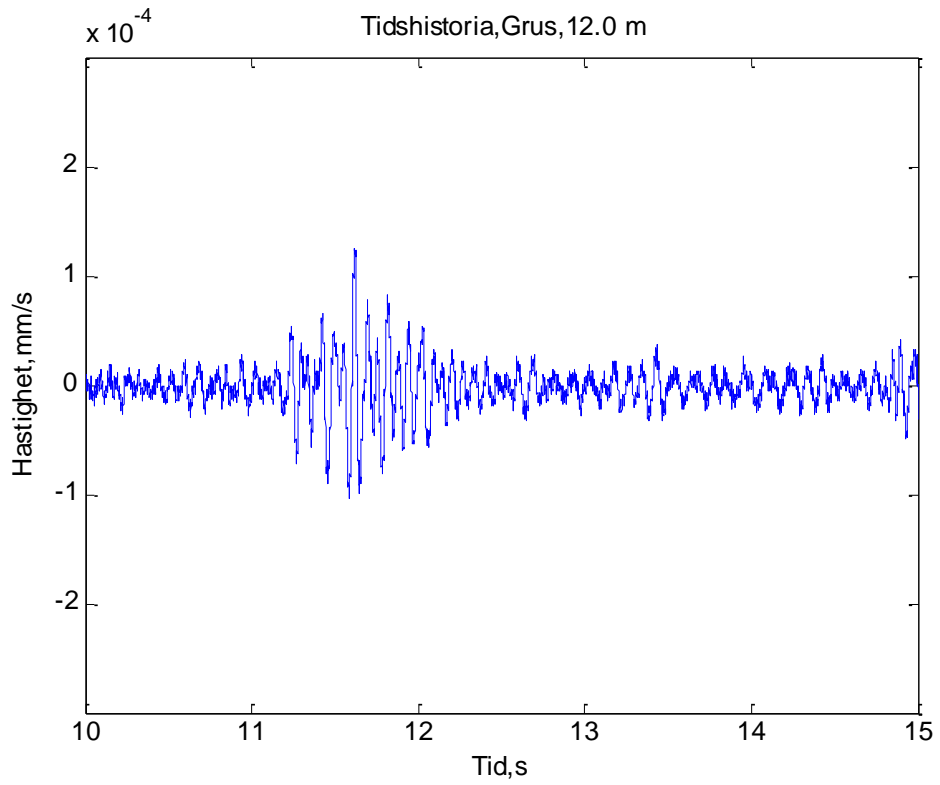




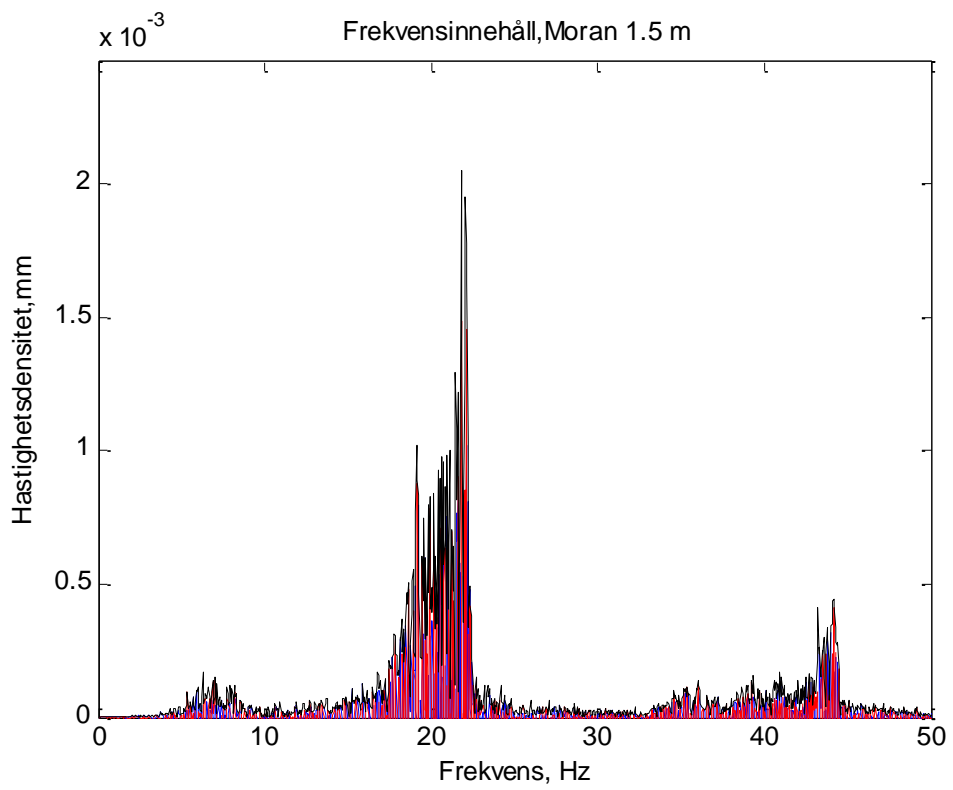
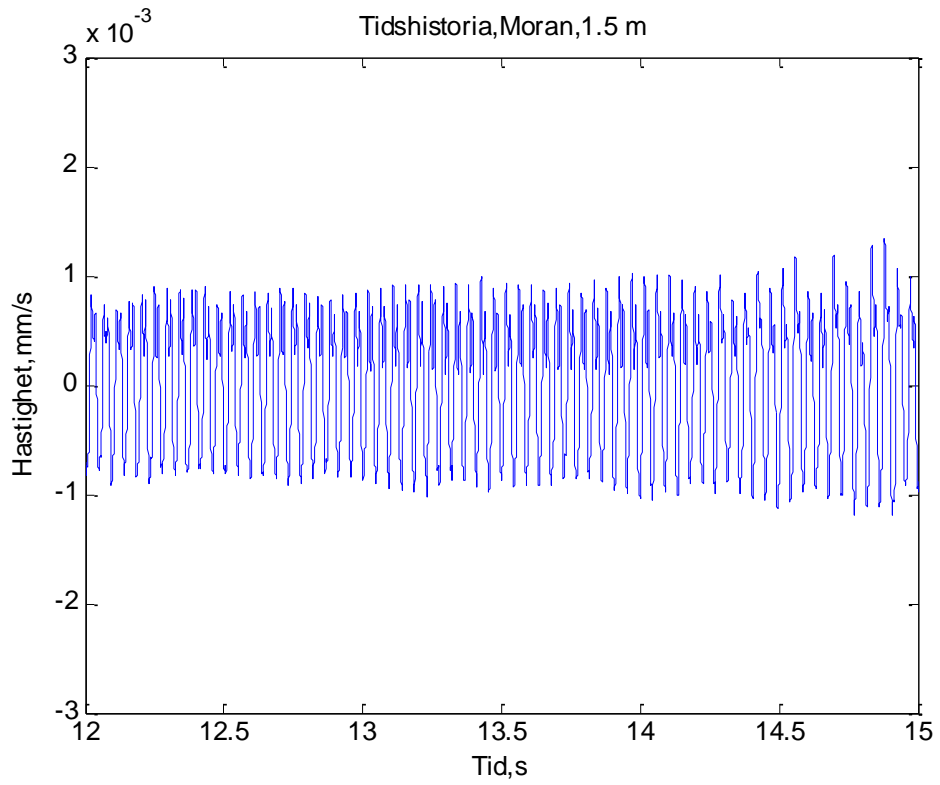
### Grus, Geofonavstånd: 4 m



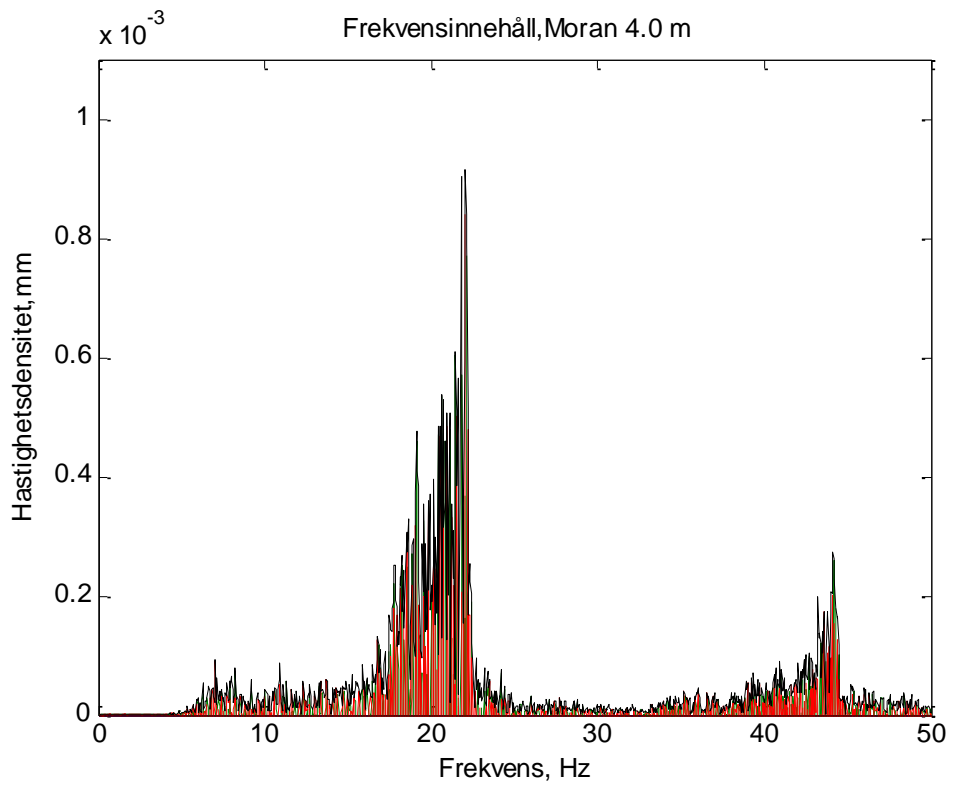
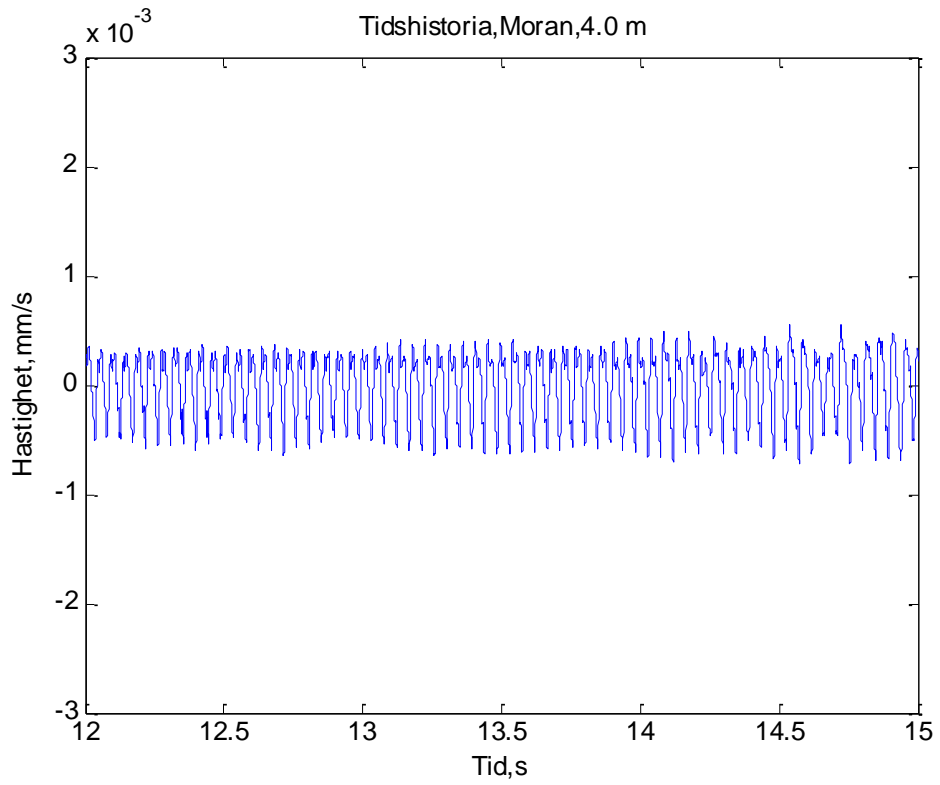
### Grus Geofonavstånd: 12 m



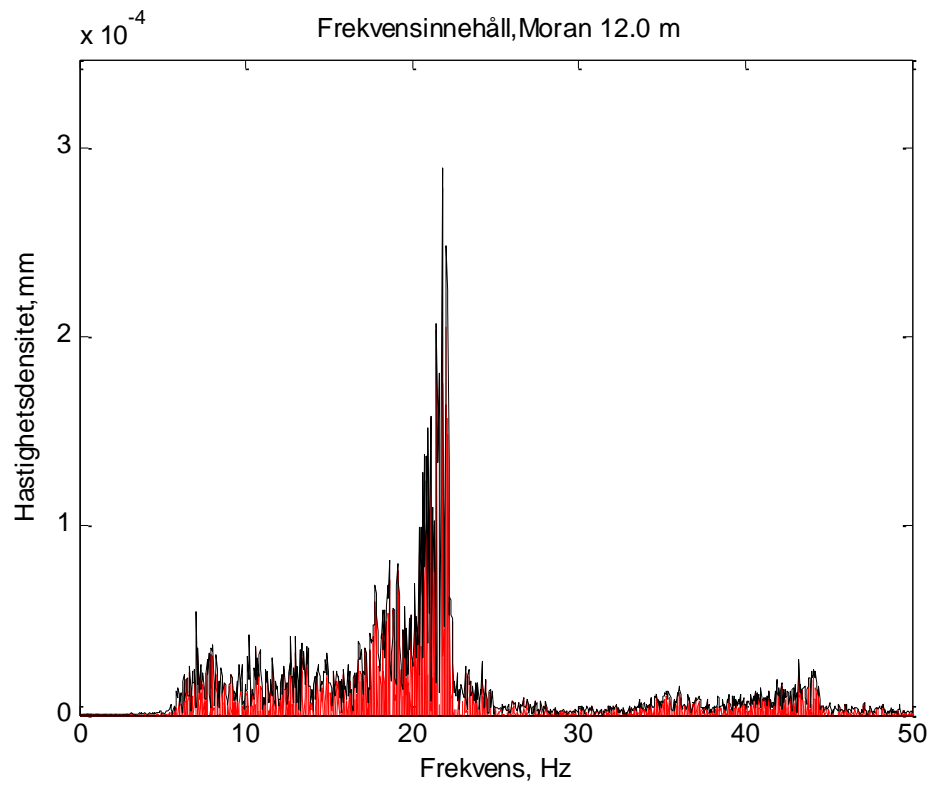
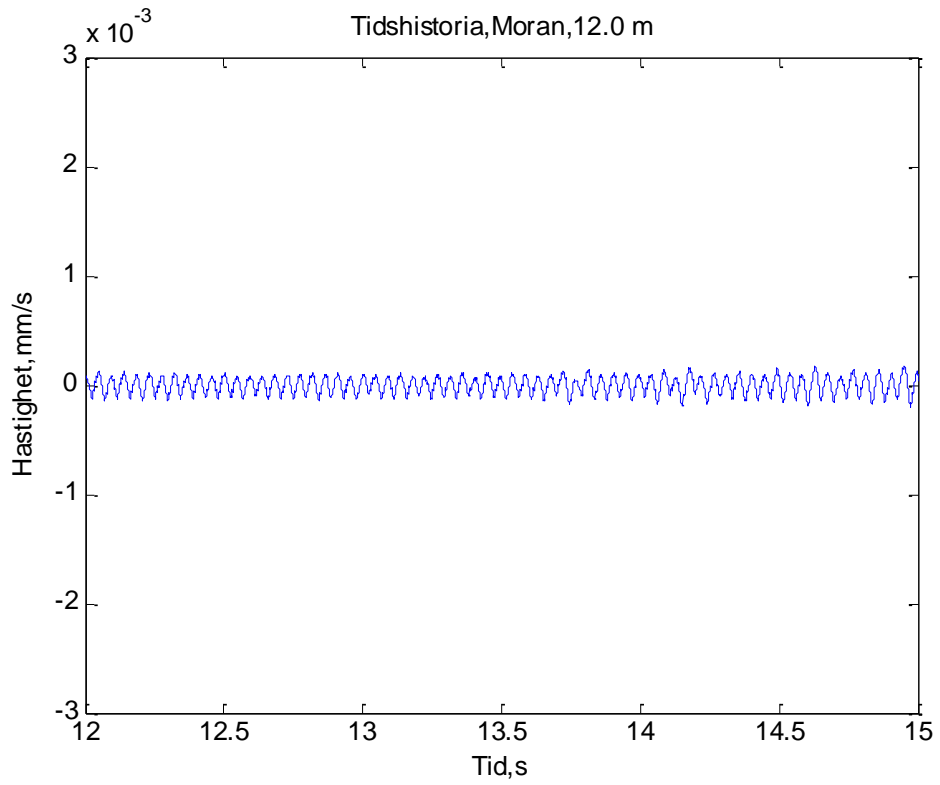
### Morän Geofonavstånd: 1.5 m



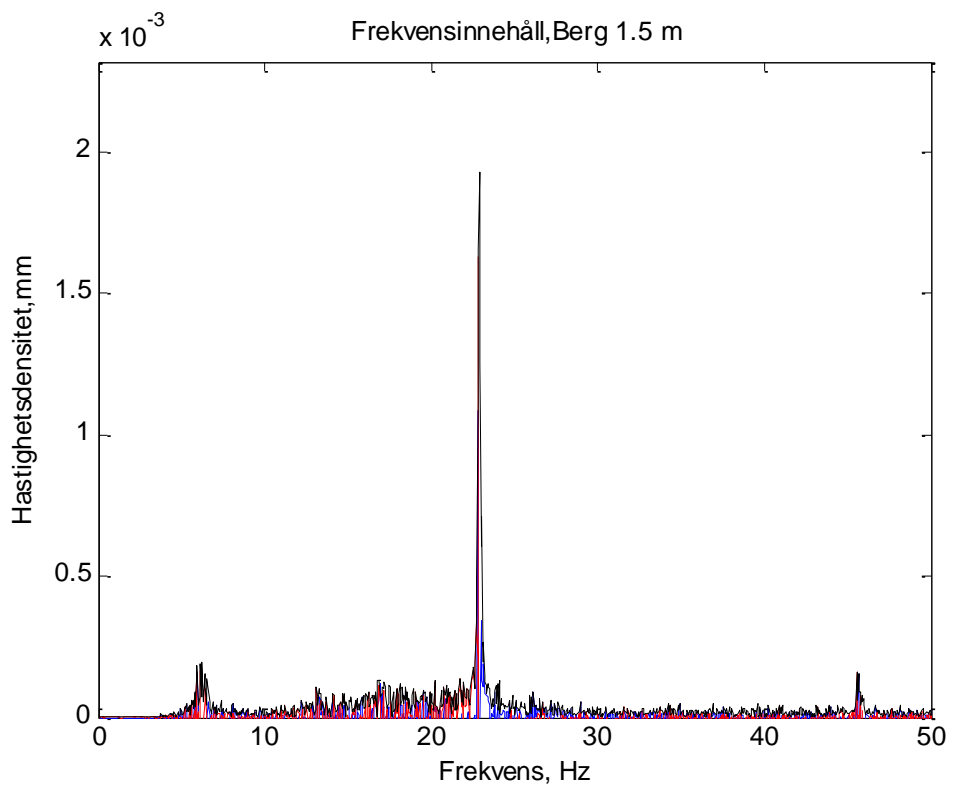
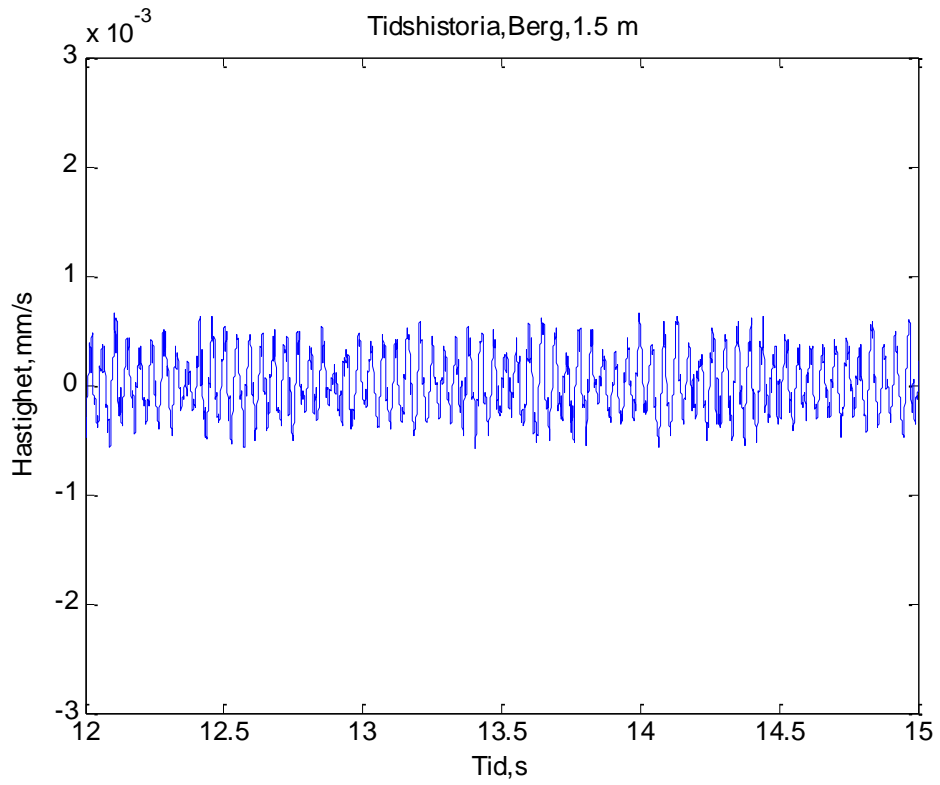
### Morän Geofonavstånd: 4.0 m



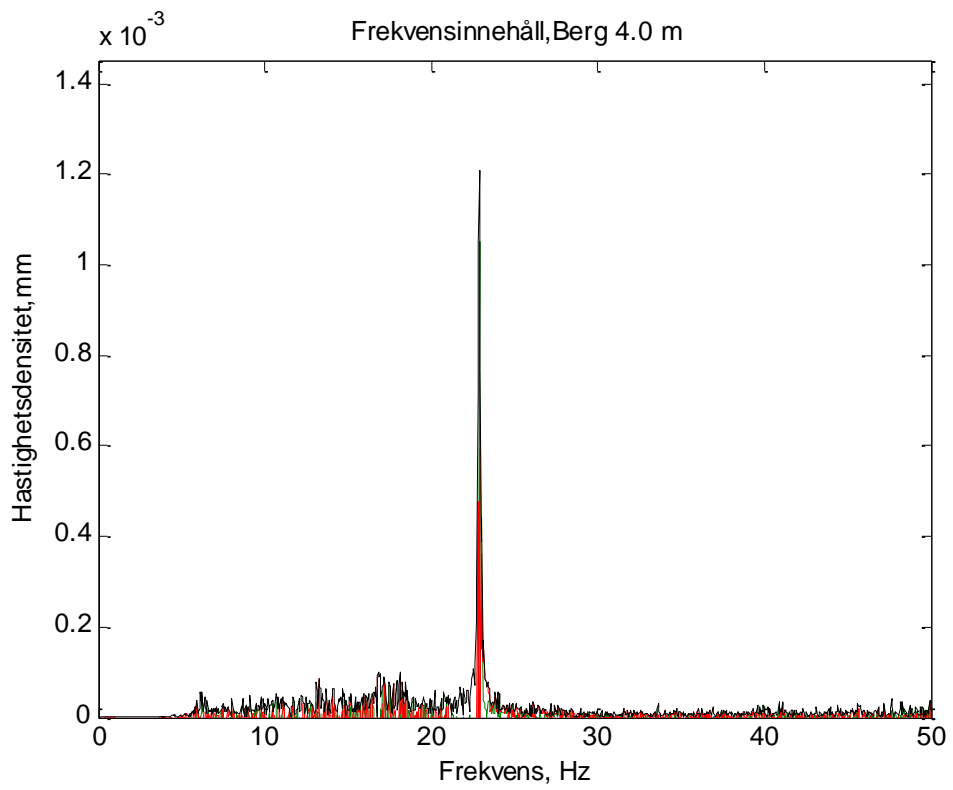
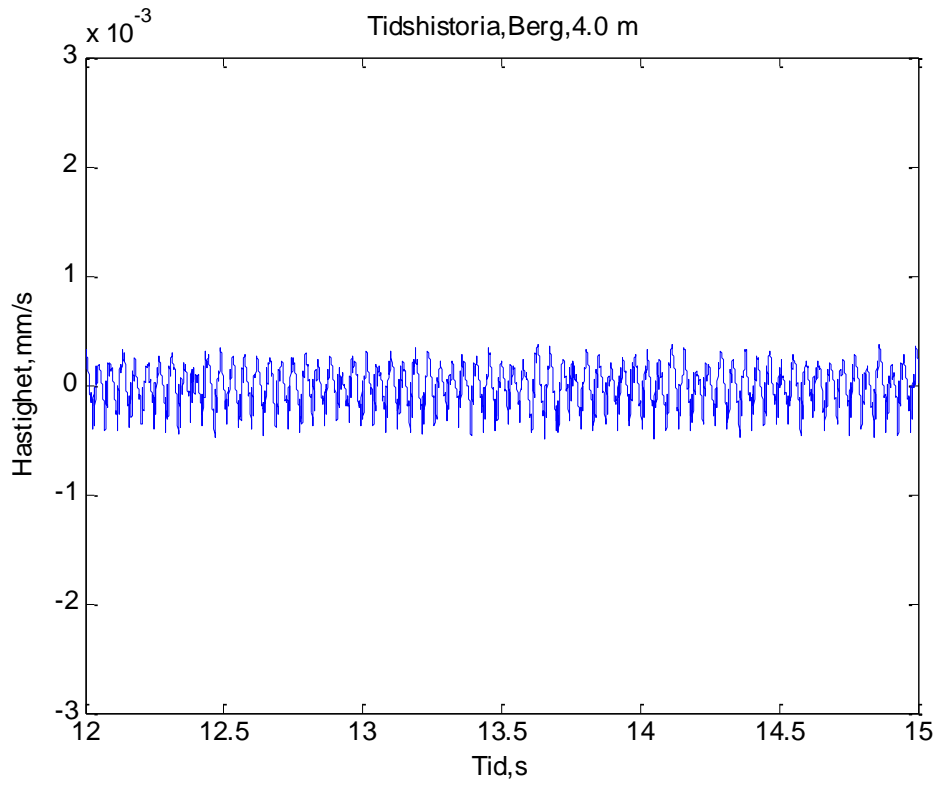
# Morän, Geofonavstånd: 12 m



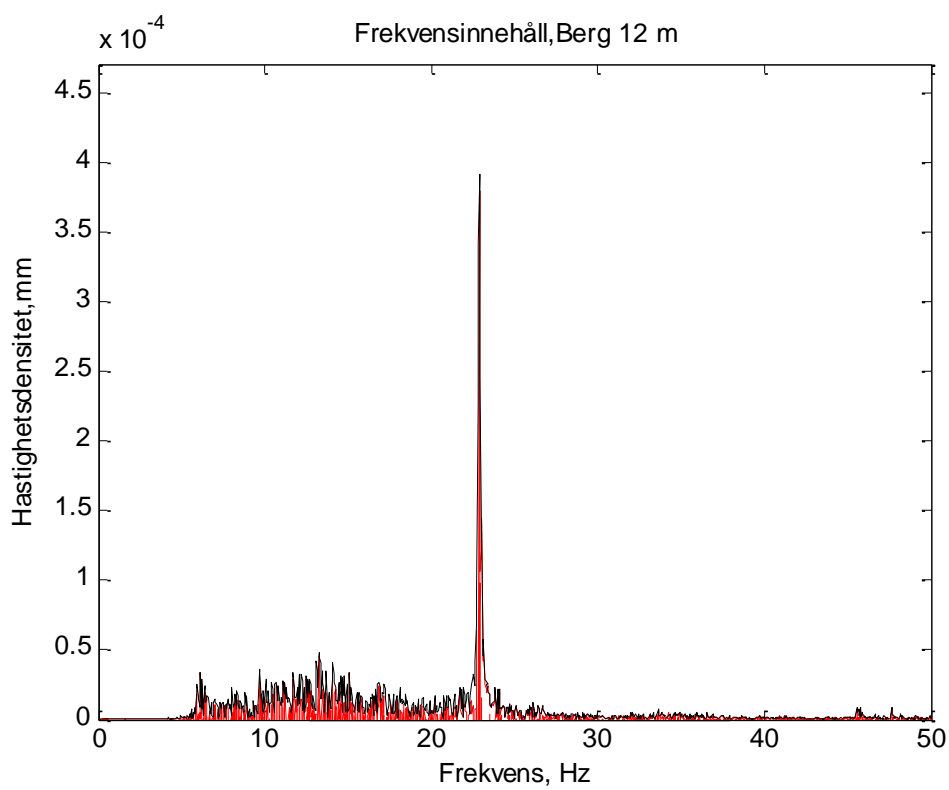
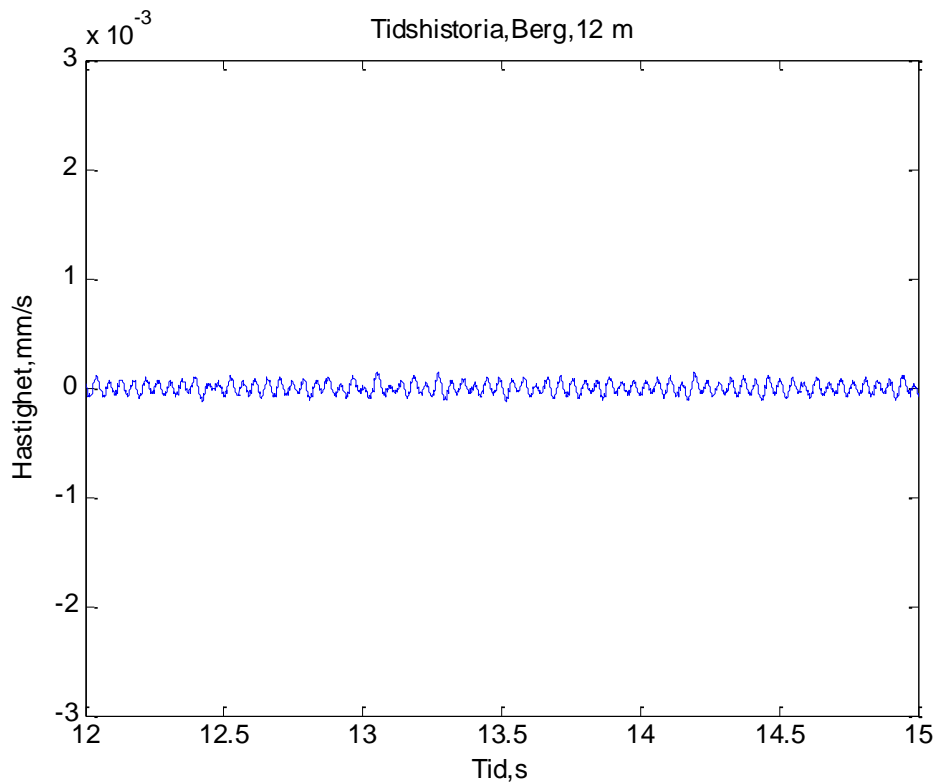
### Berg, Geofonavstånd: 1.5 m



### Berg, Geofonavstånd: 4.0 m



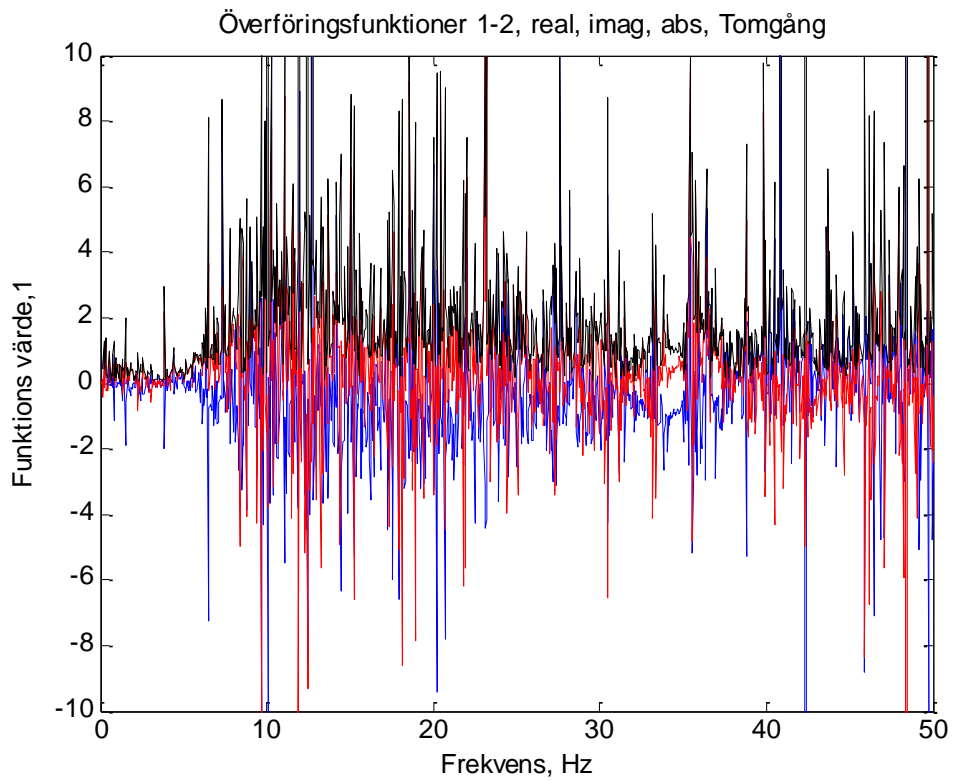
### Berg, Geofonavstånd: 12 m



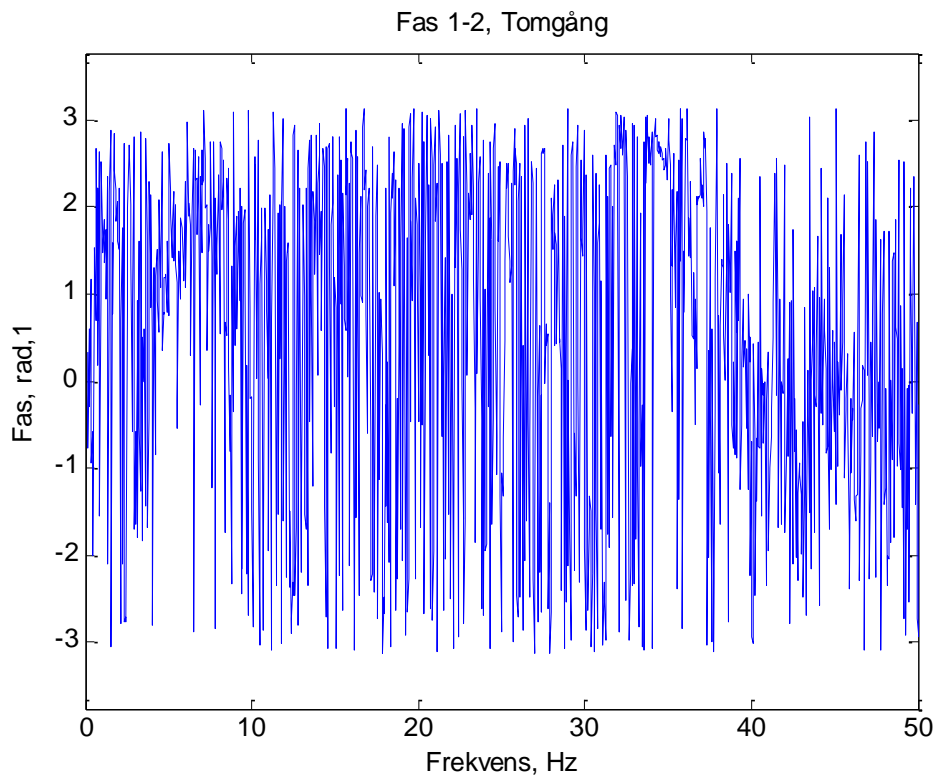


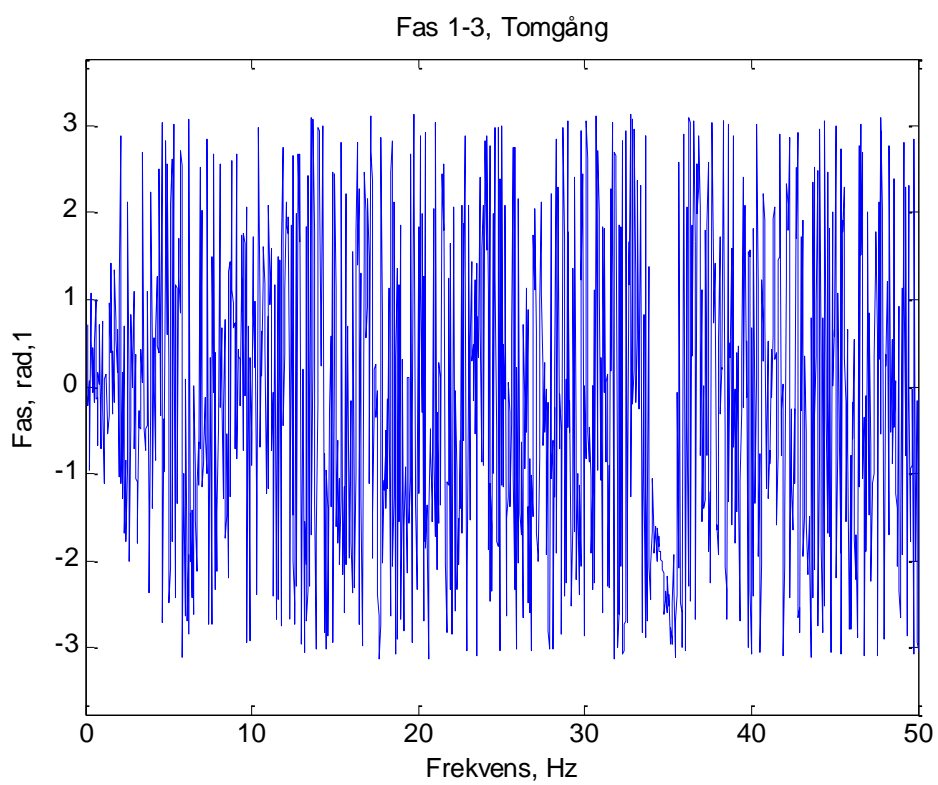
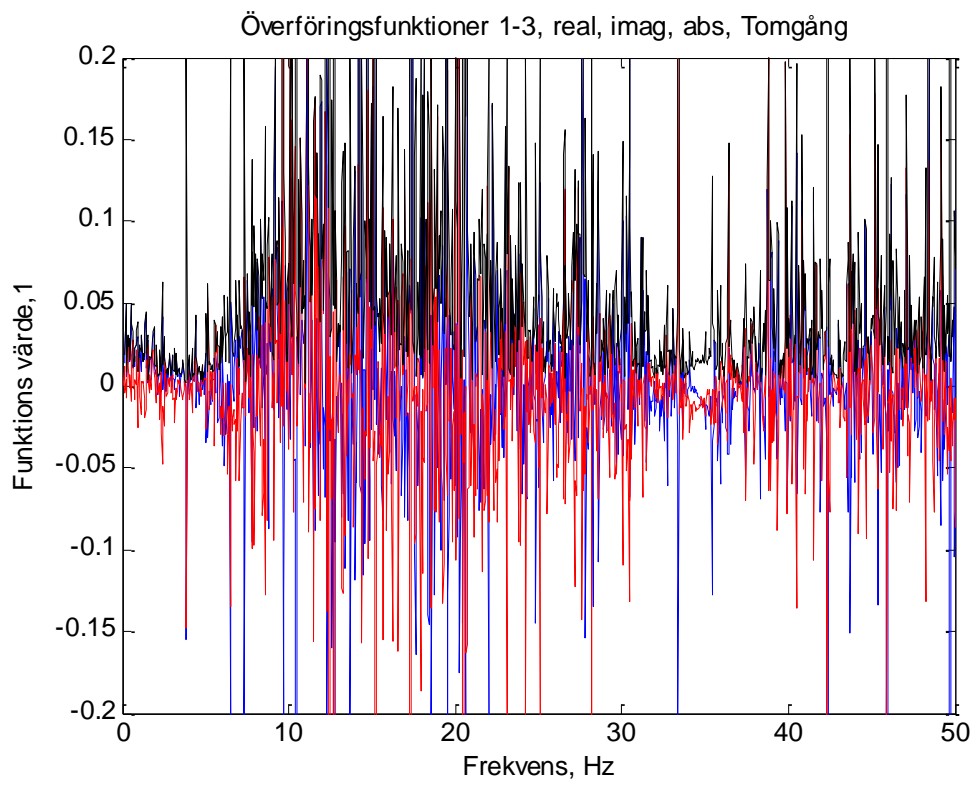
# ÖVERFÖRINGSFUNKTIONER

## Tomgång

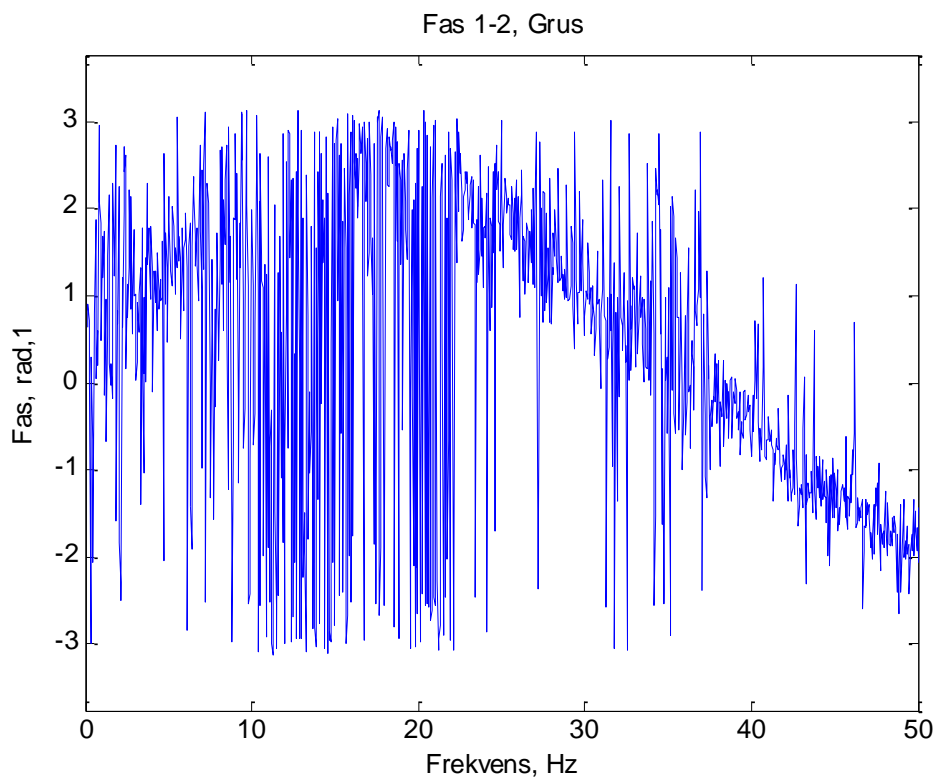
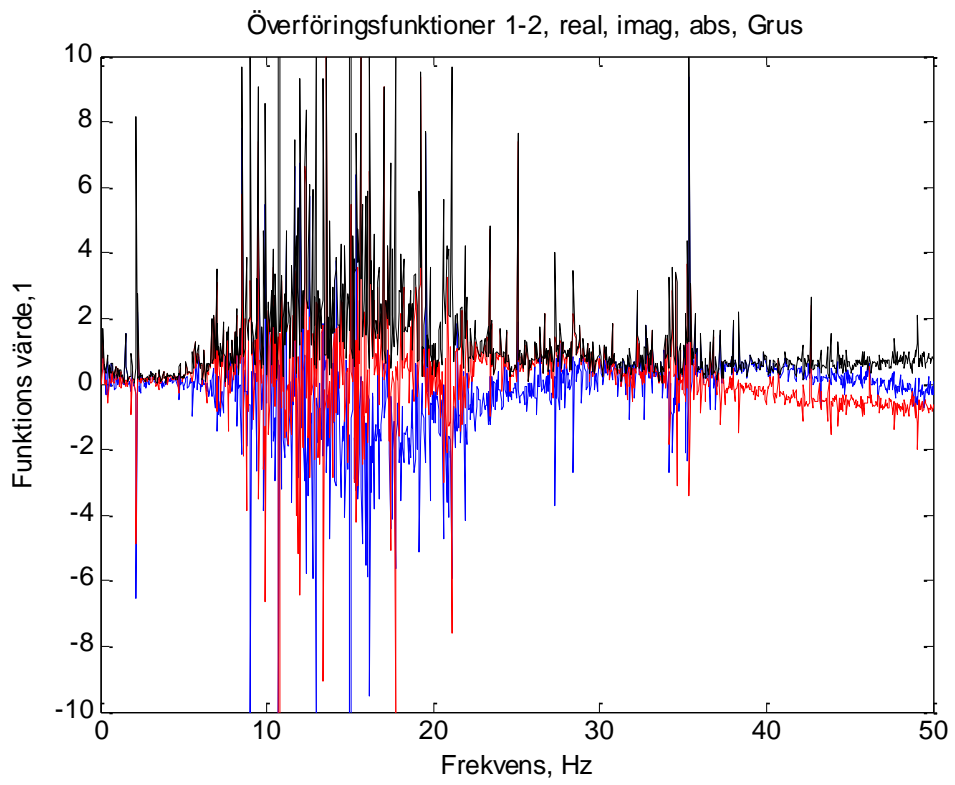


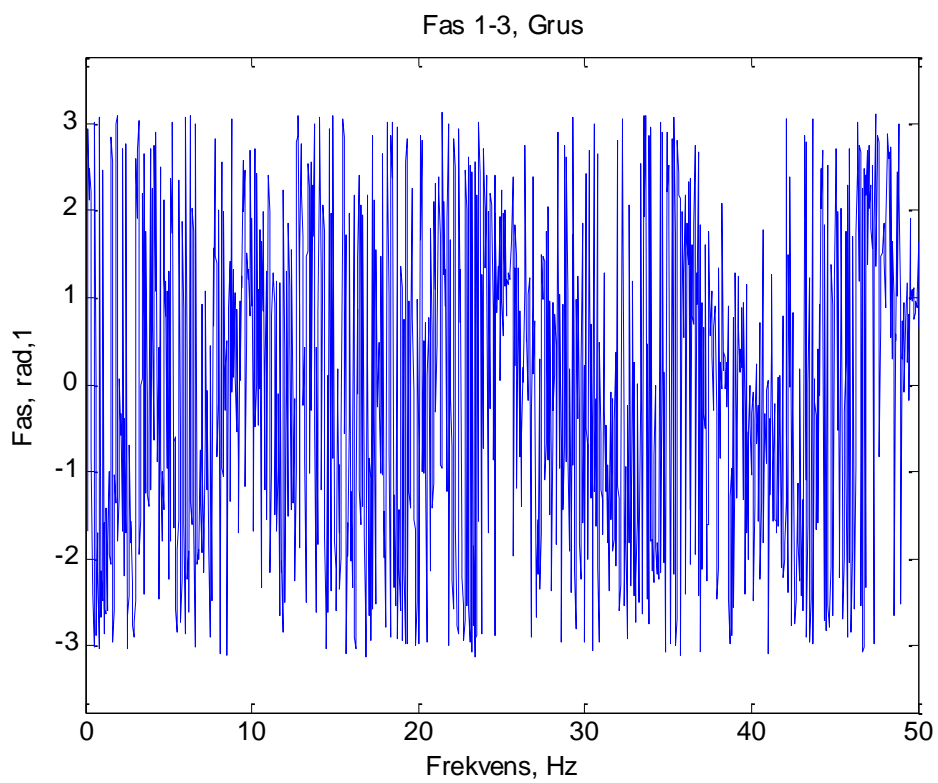
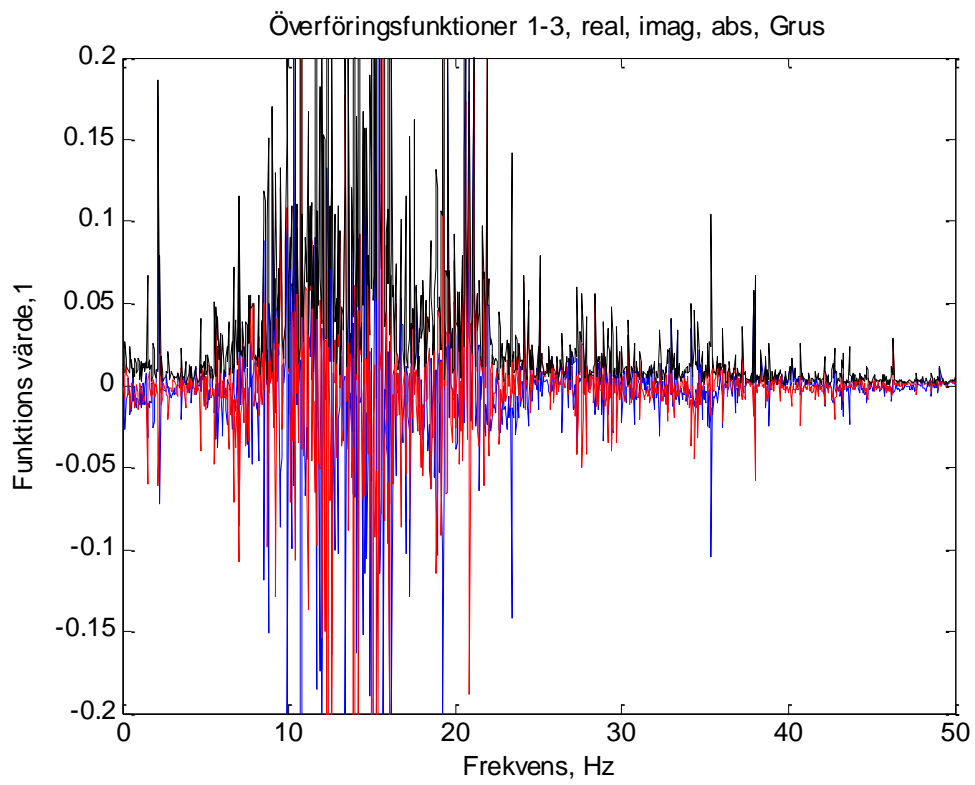
Blå kurva är realdelen, röd kurva är imaginärdelen, svart kurva är absolutvärdet



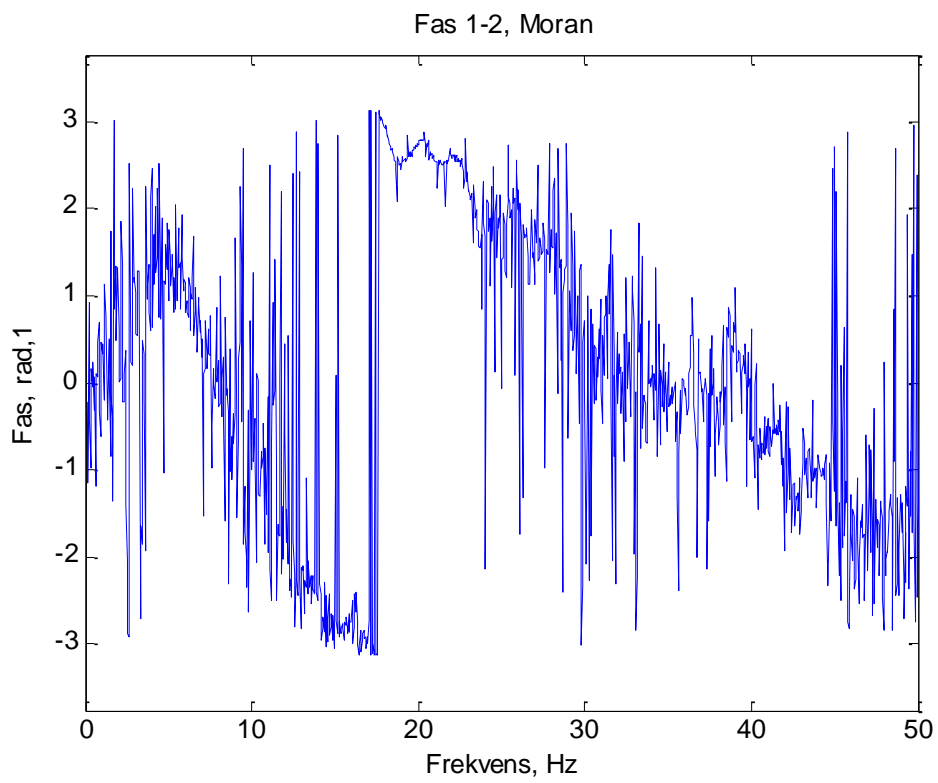
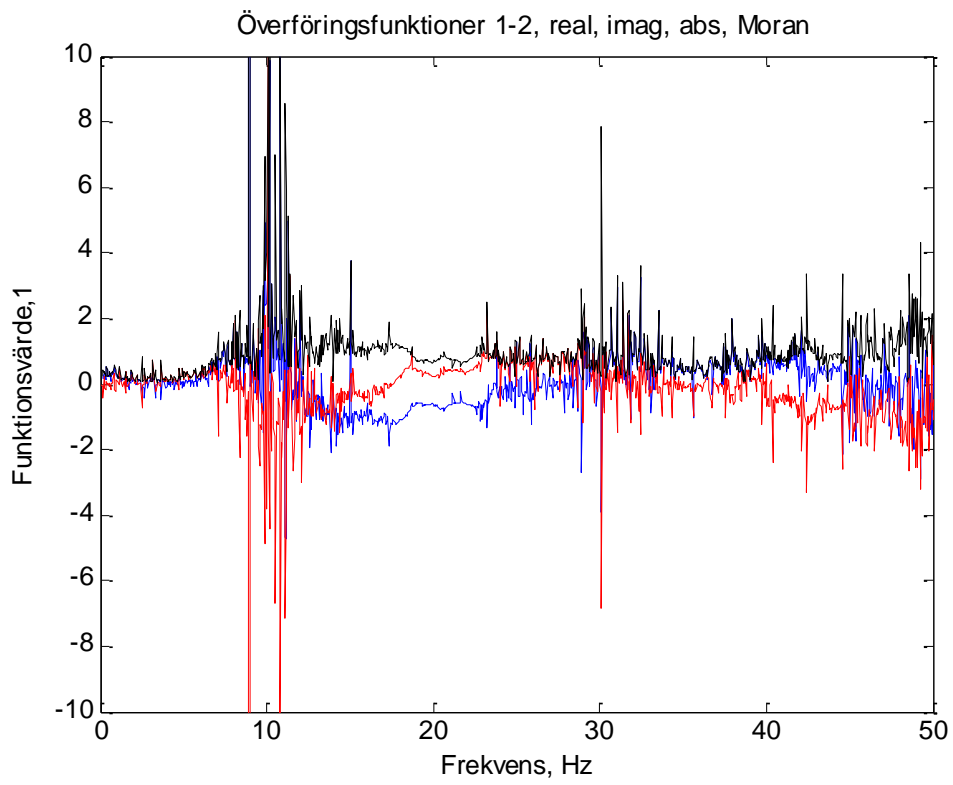


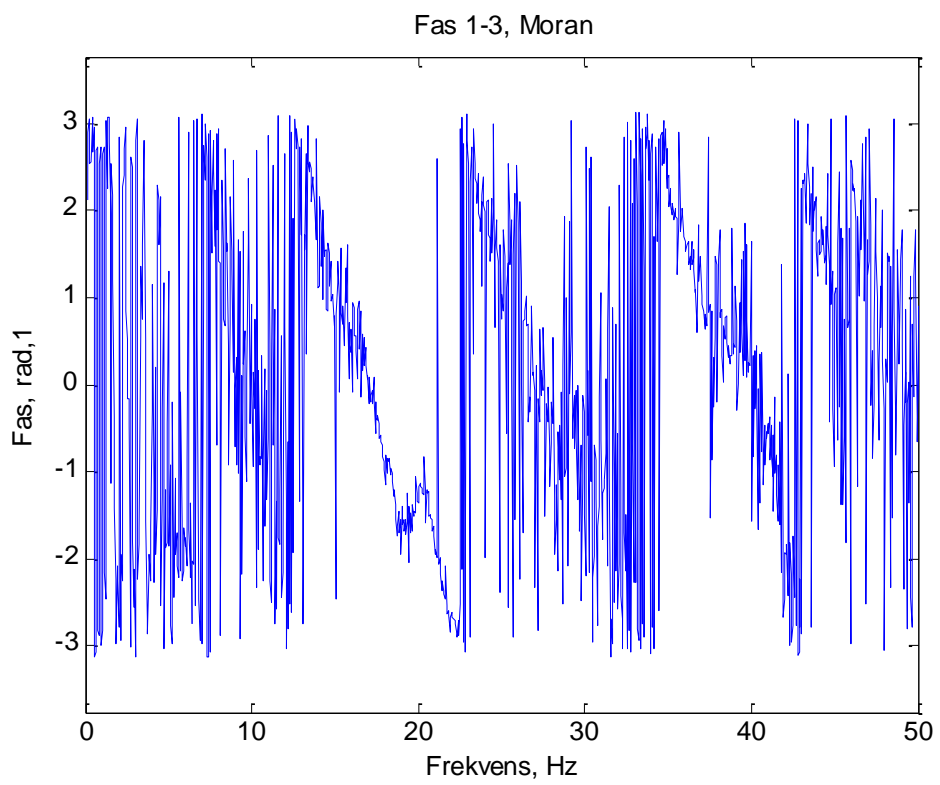
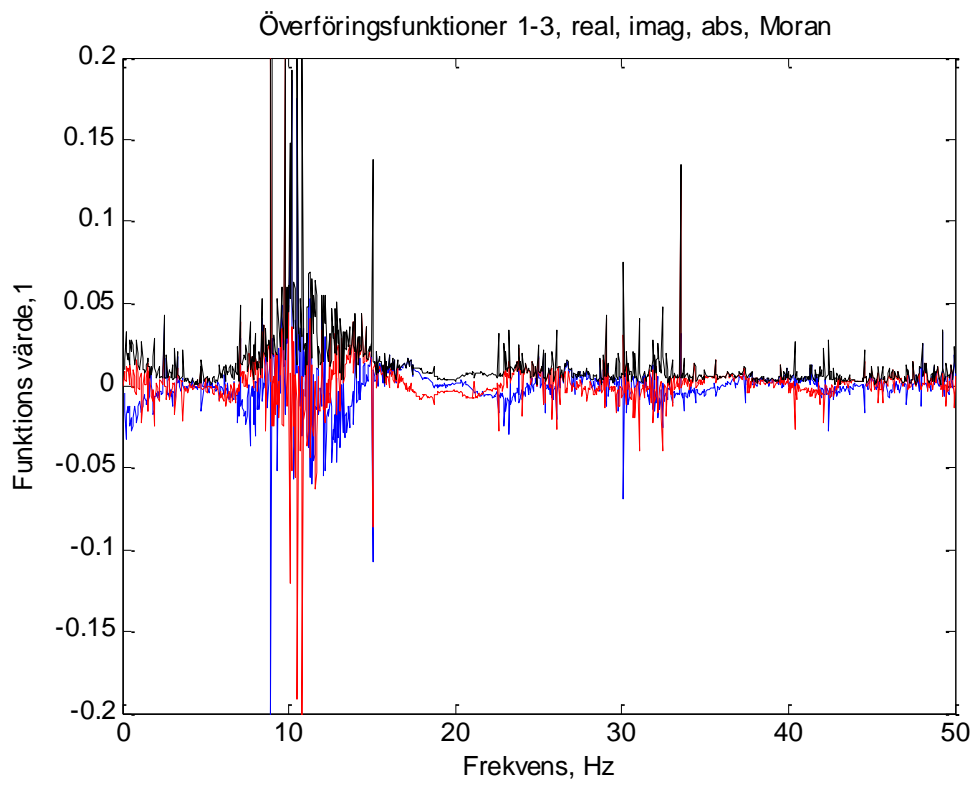
# Grus



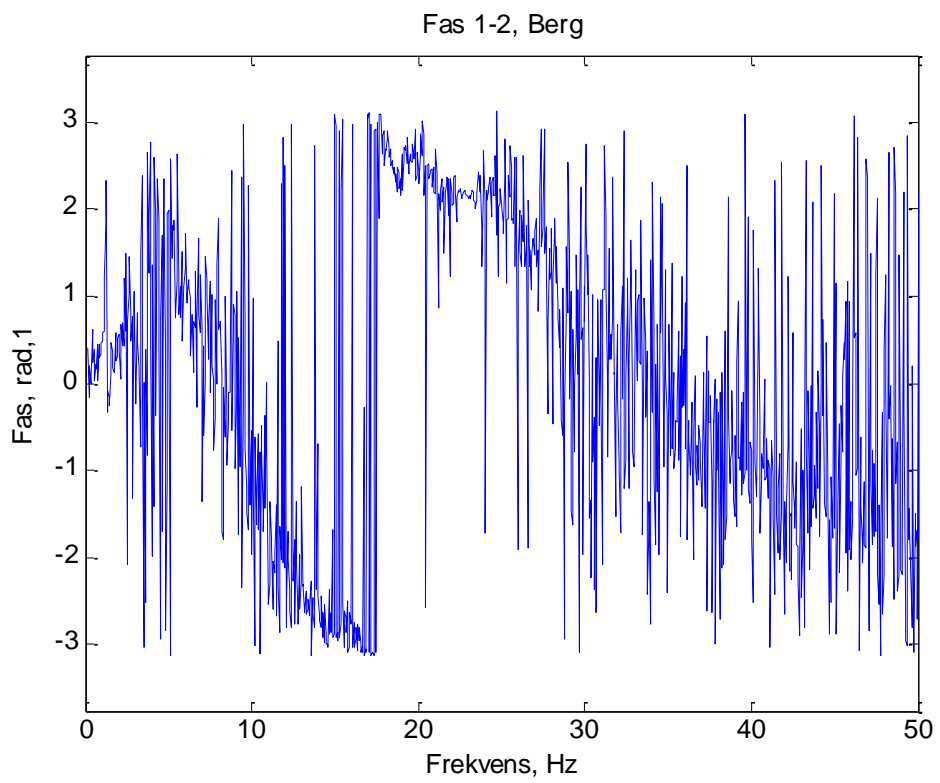
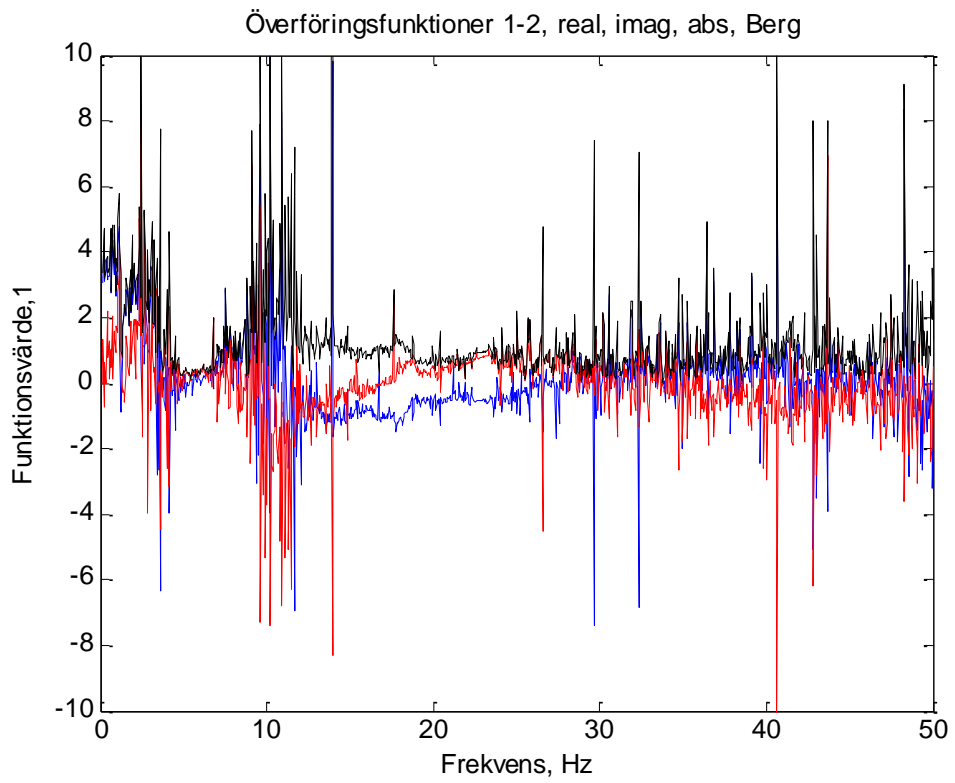


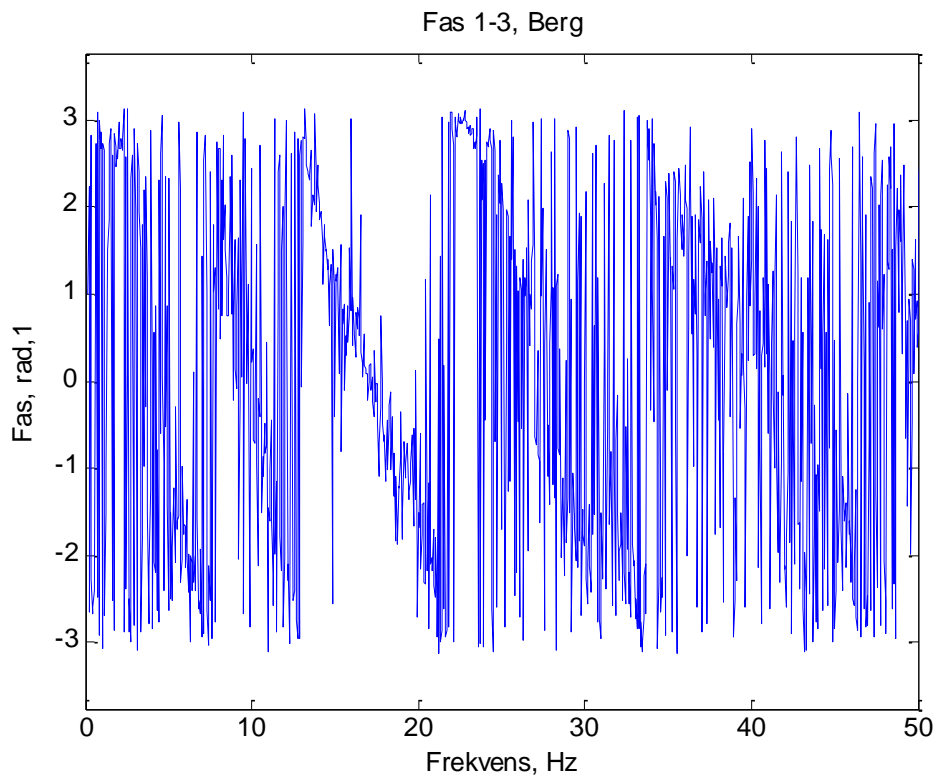
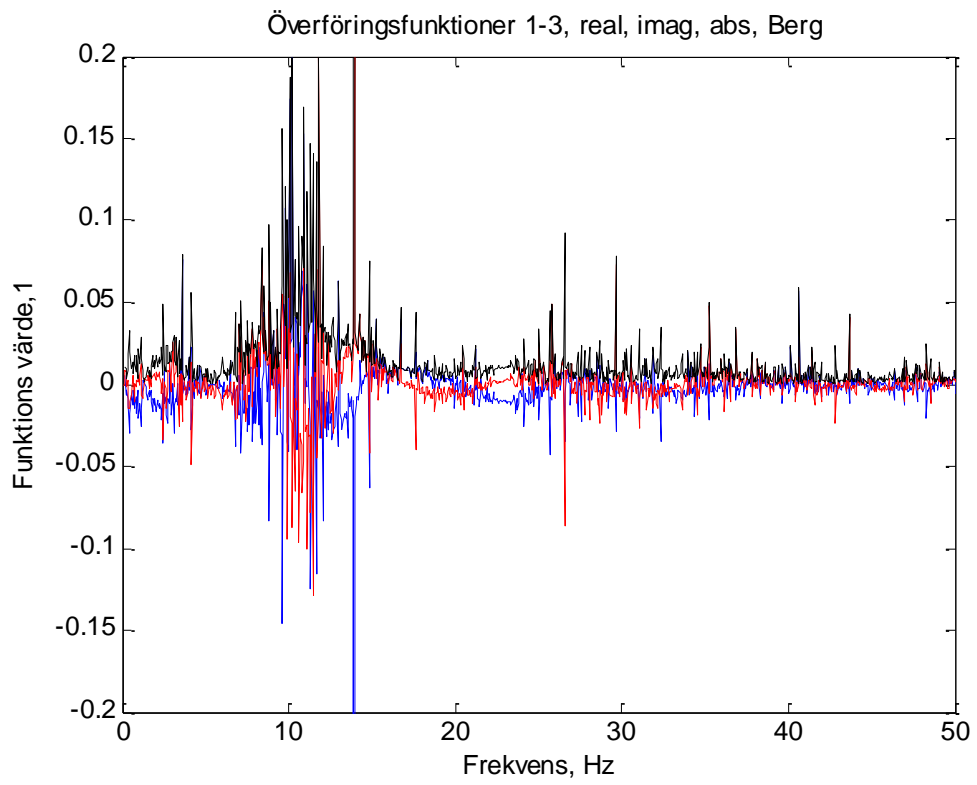
# Morän





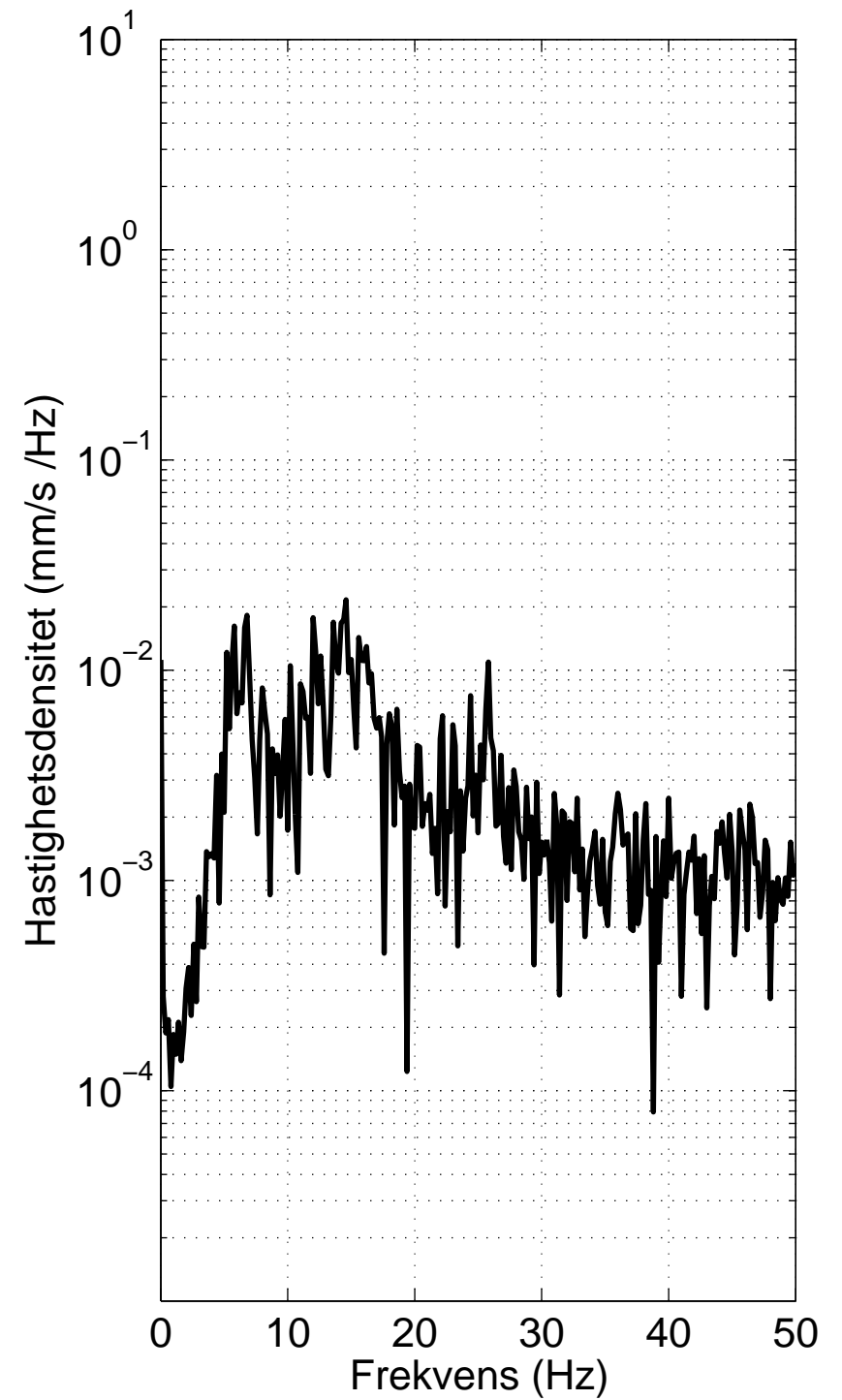
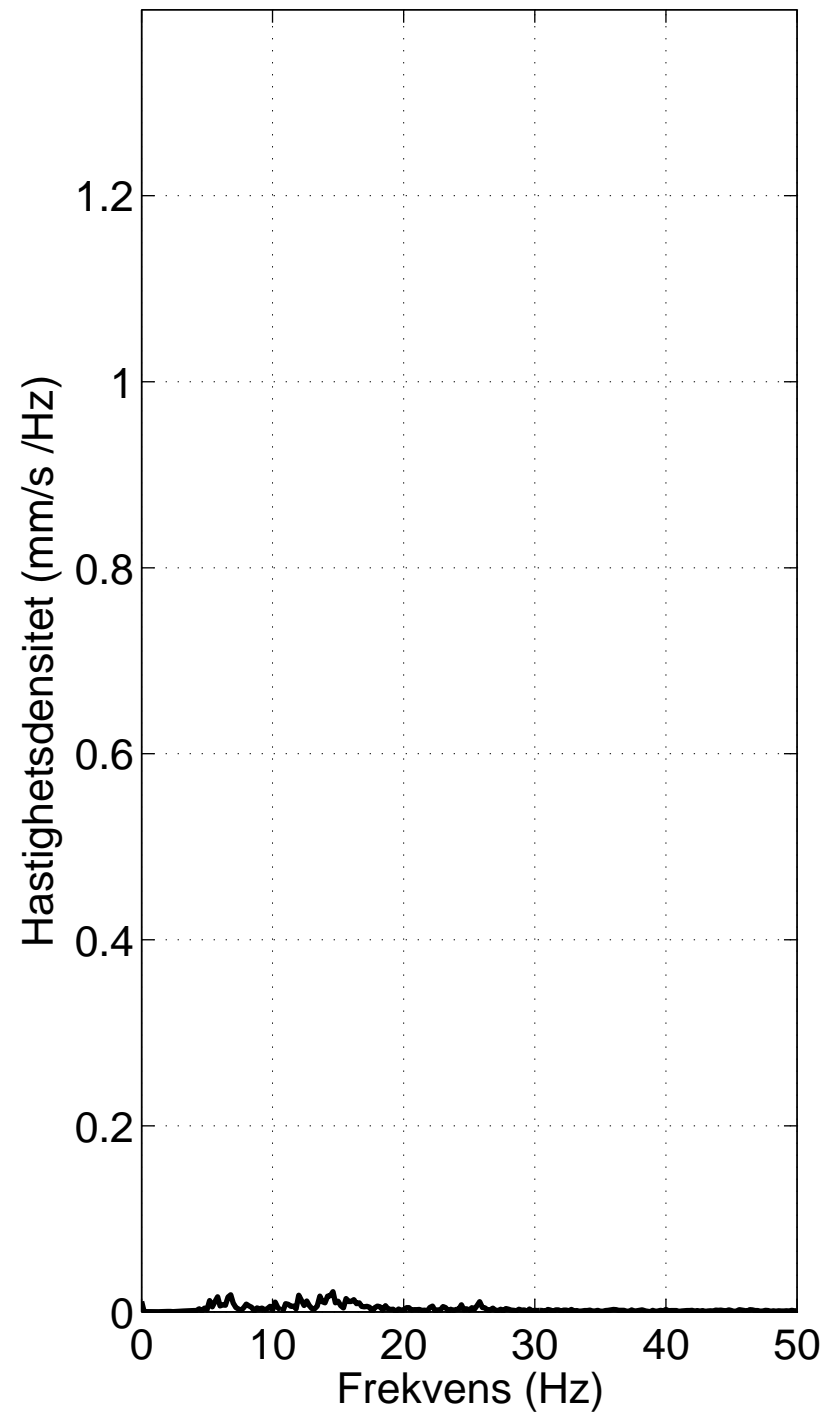
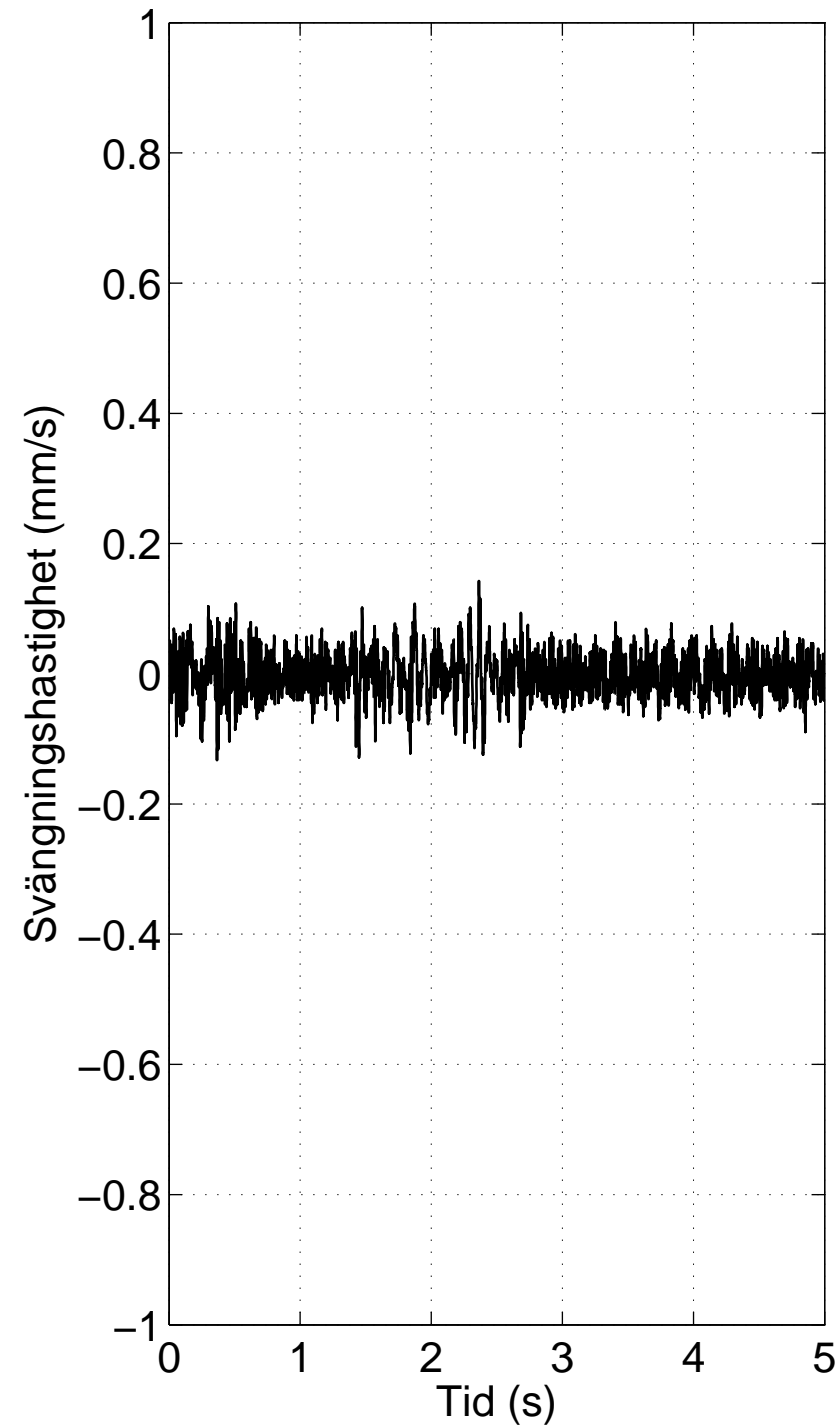
# Berg



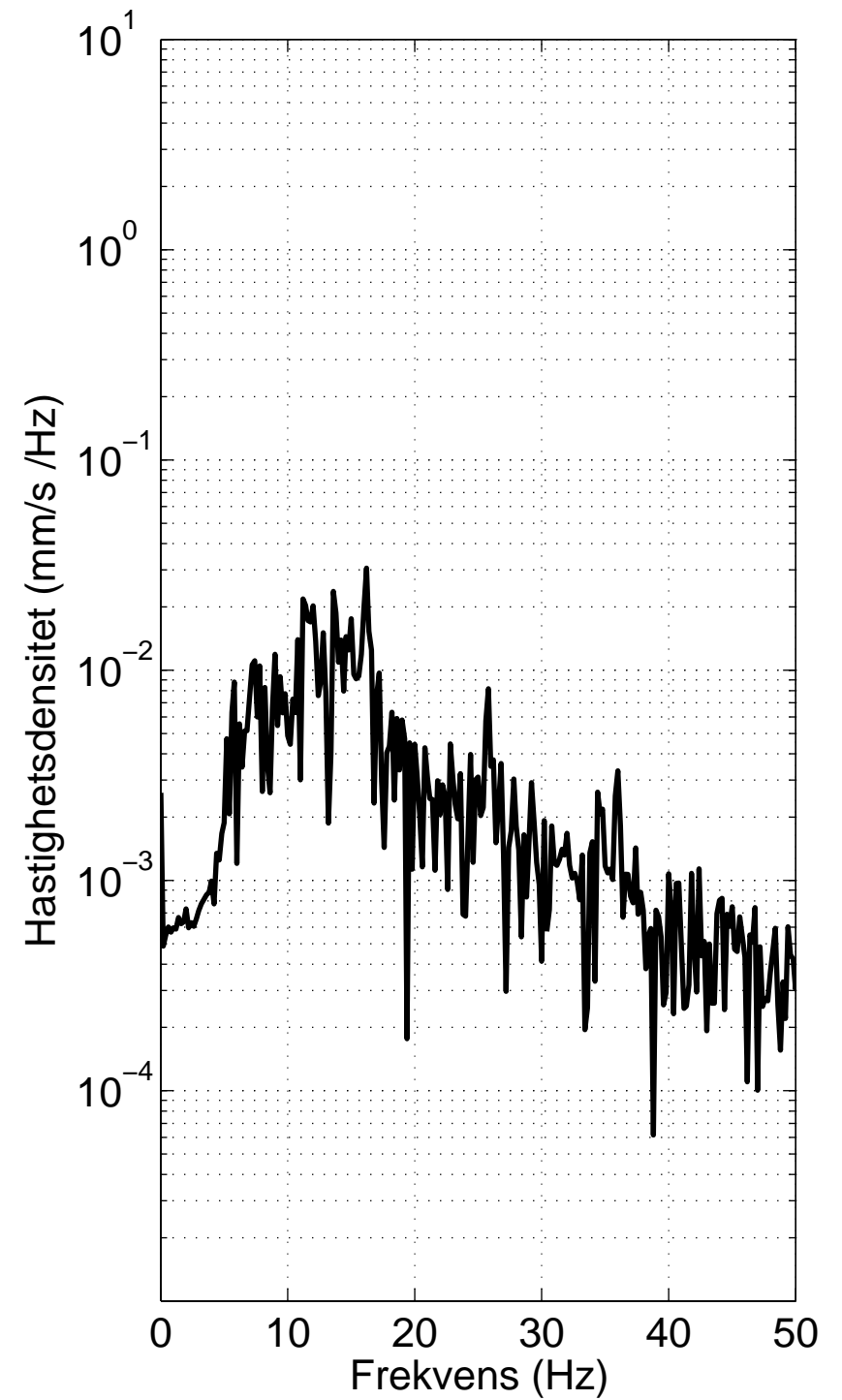
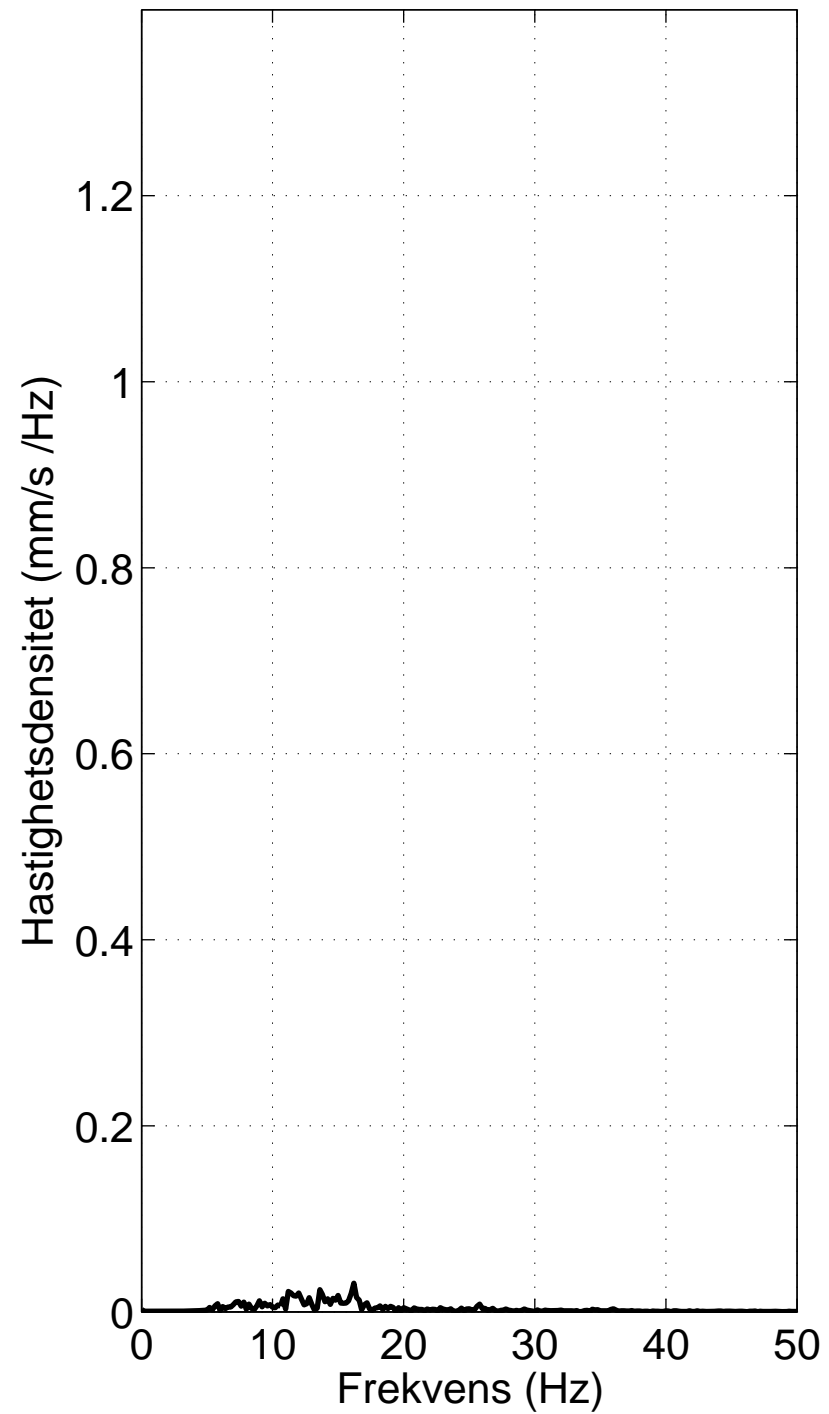
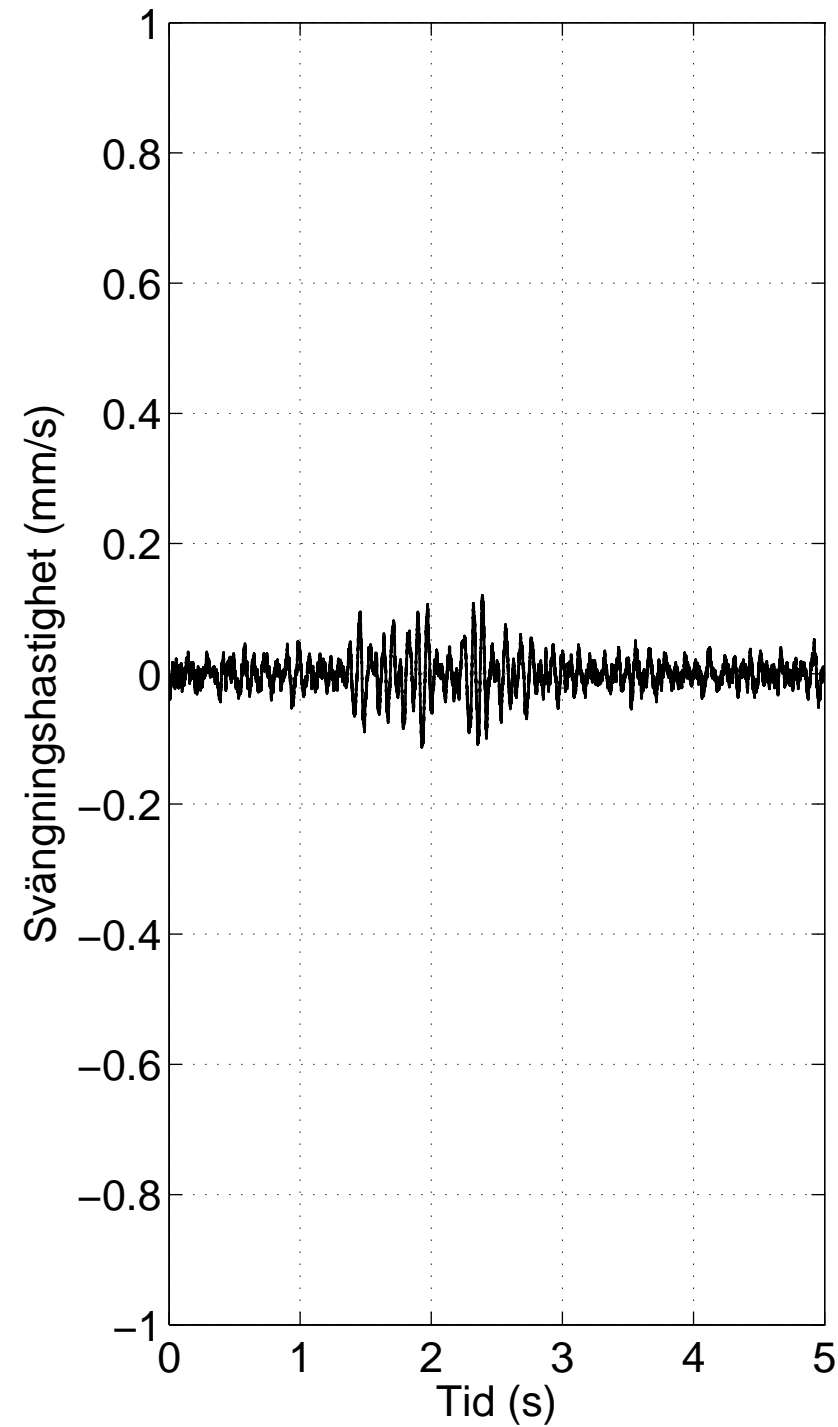




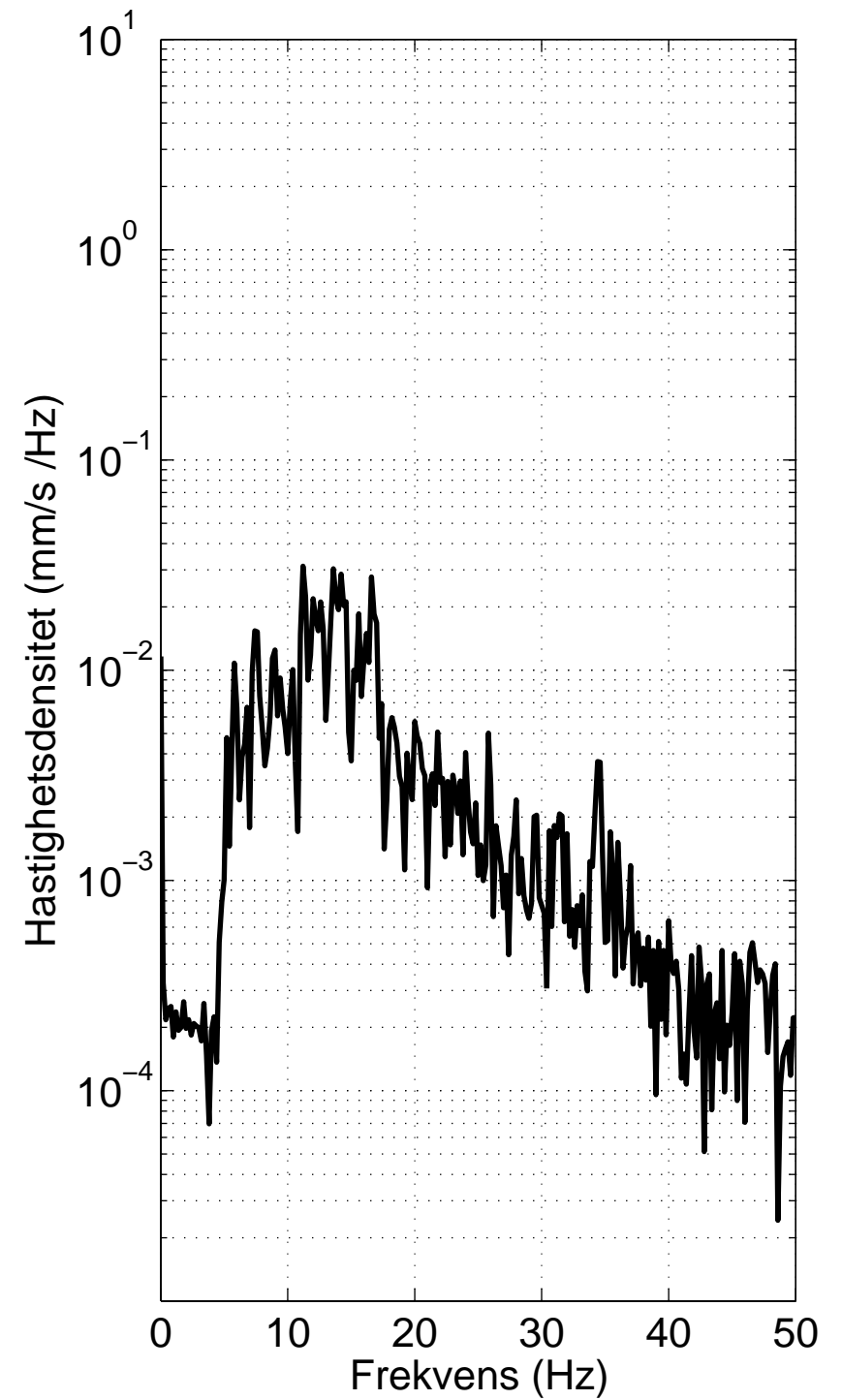
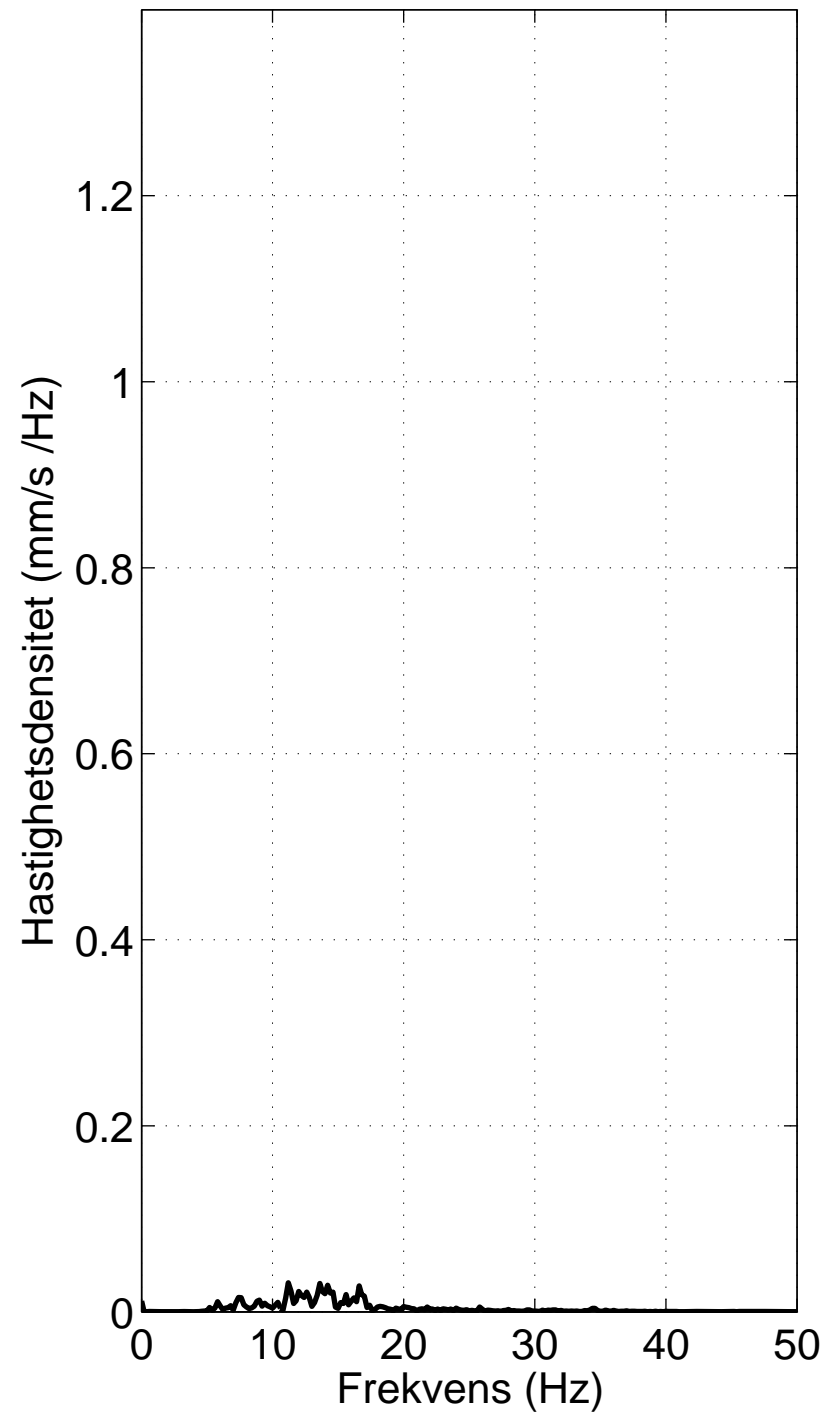
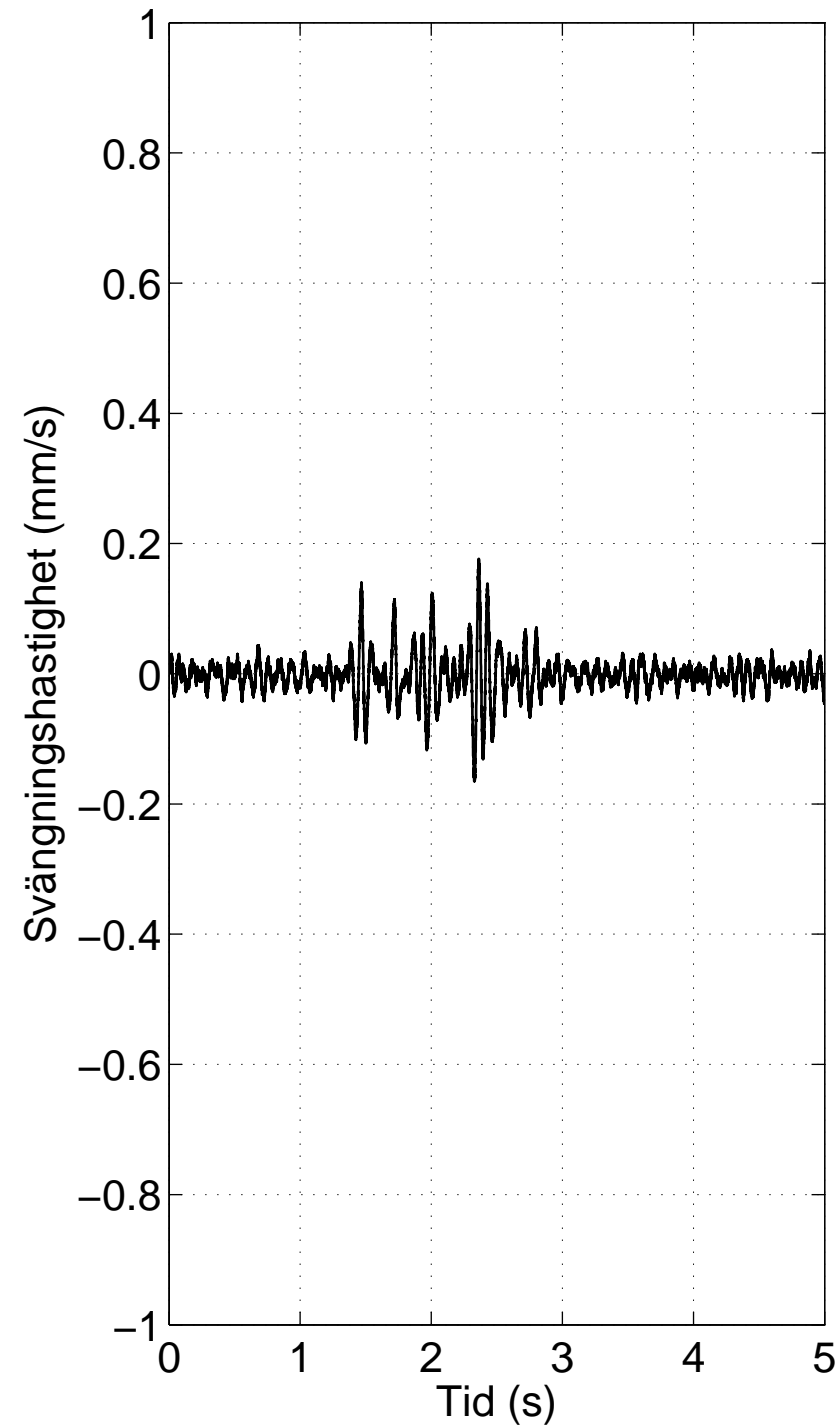
15s002, z=3 m, x=1 m



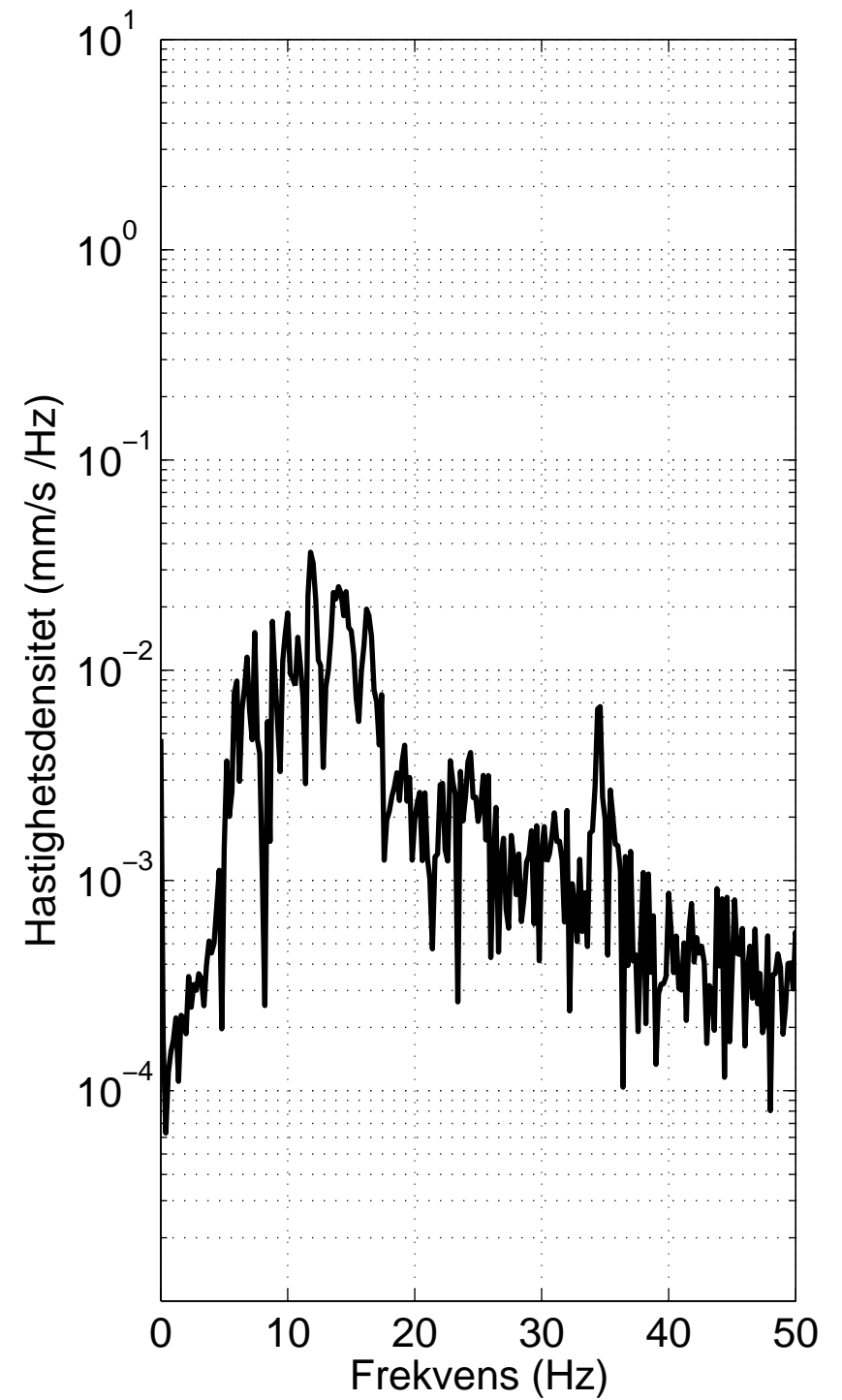
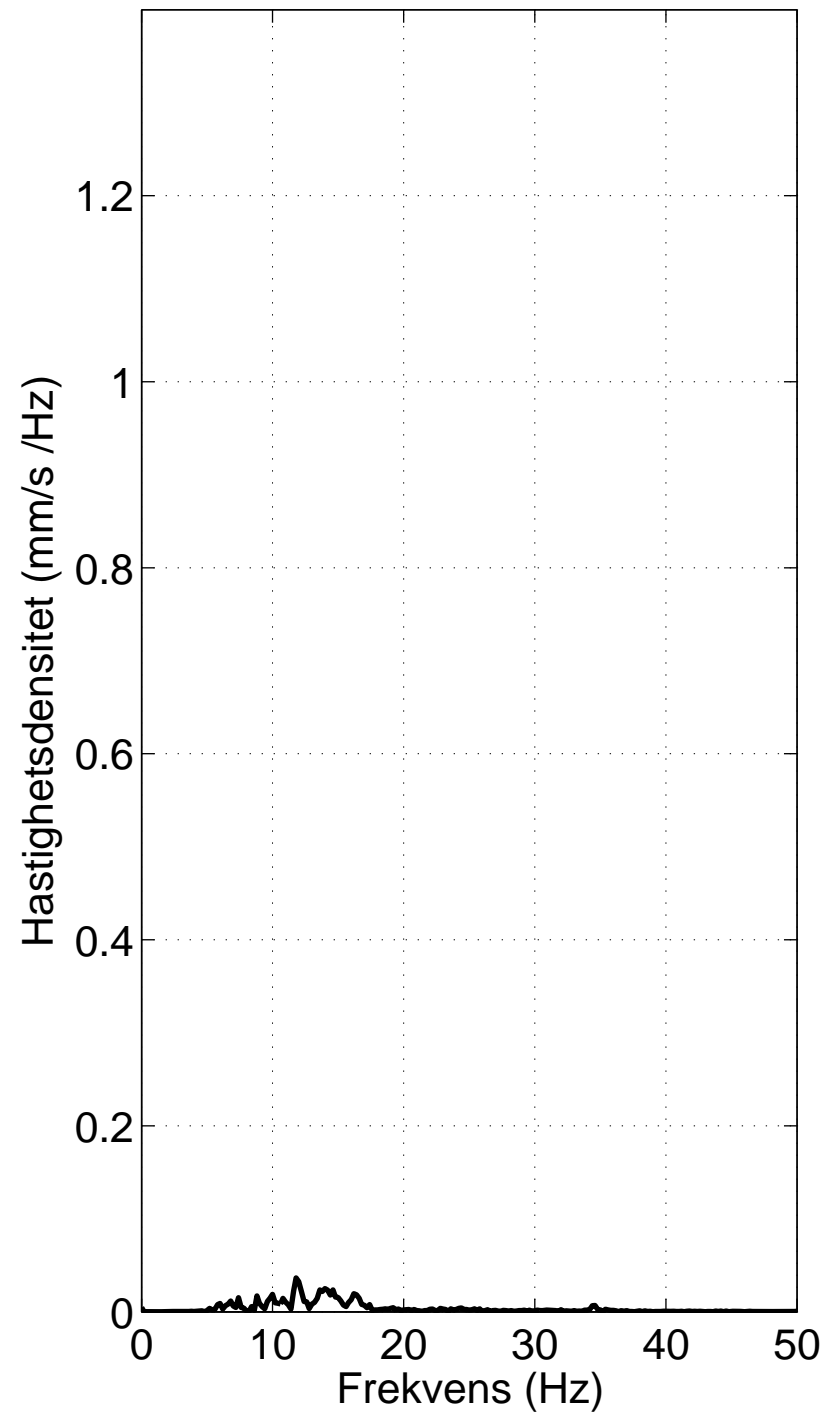
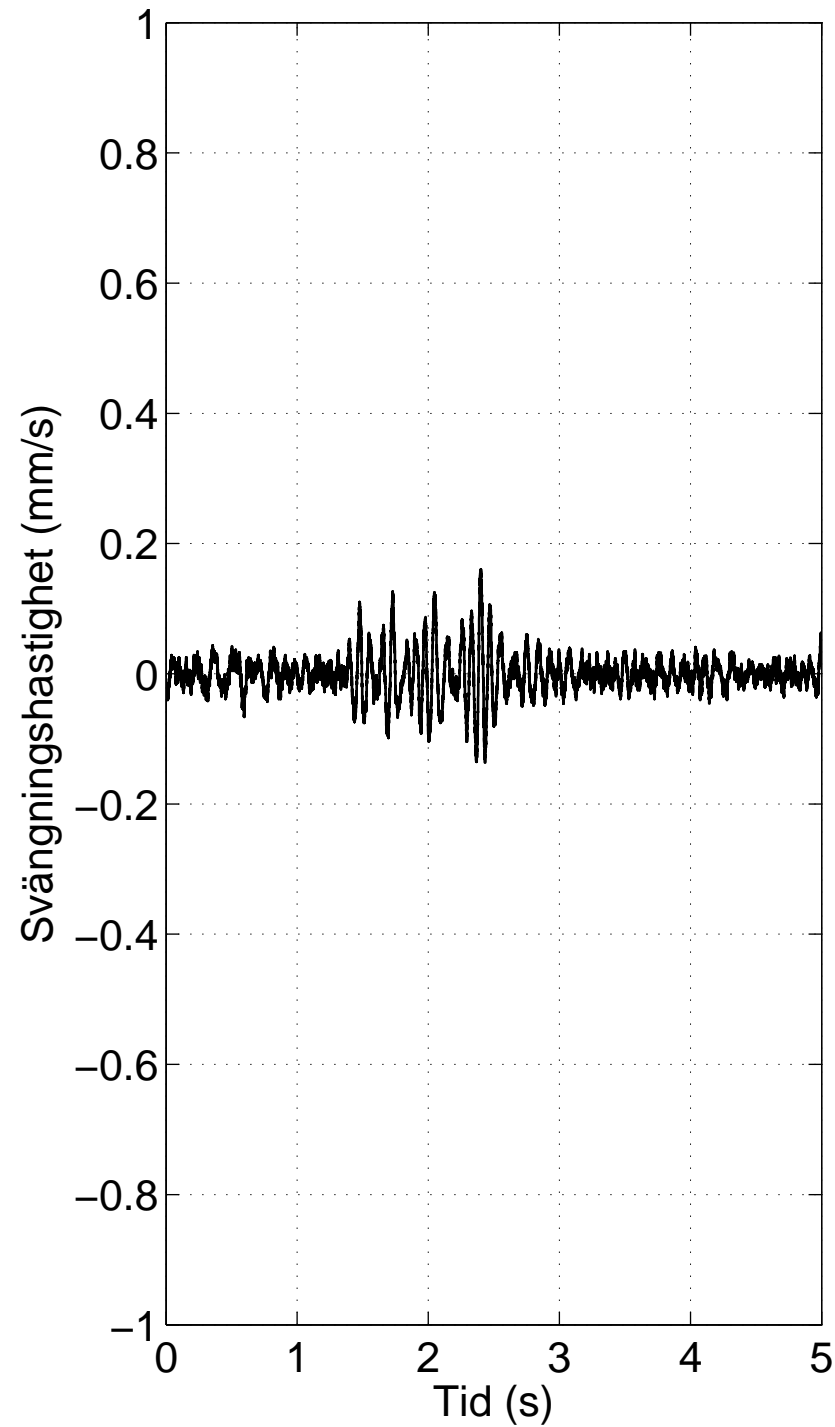
15s002, z=3 m, x=4 m



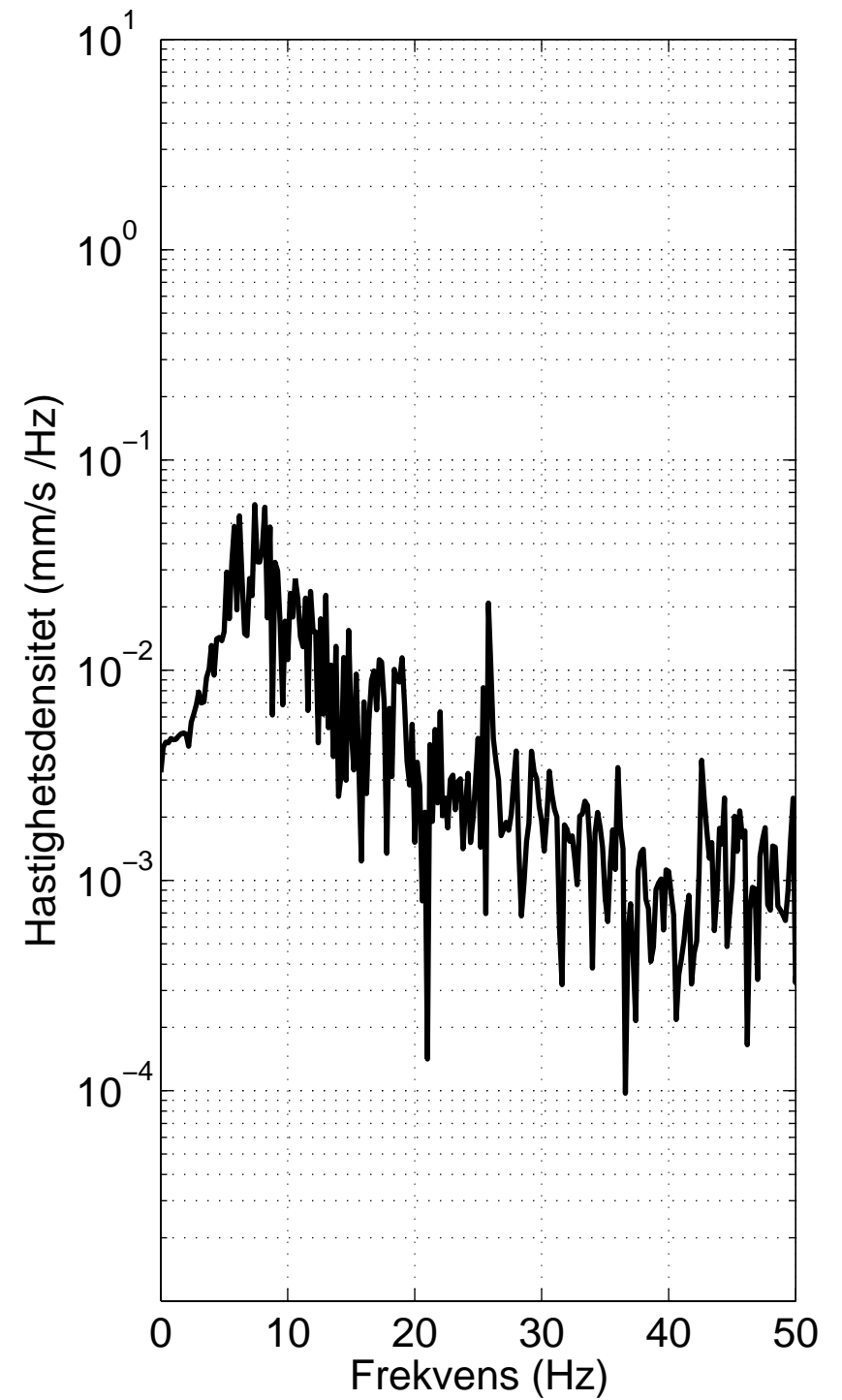
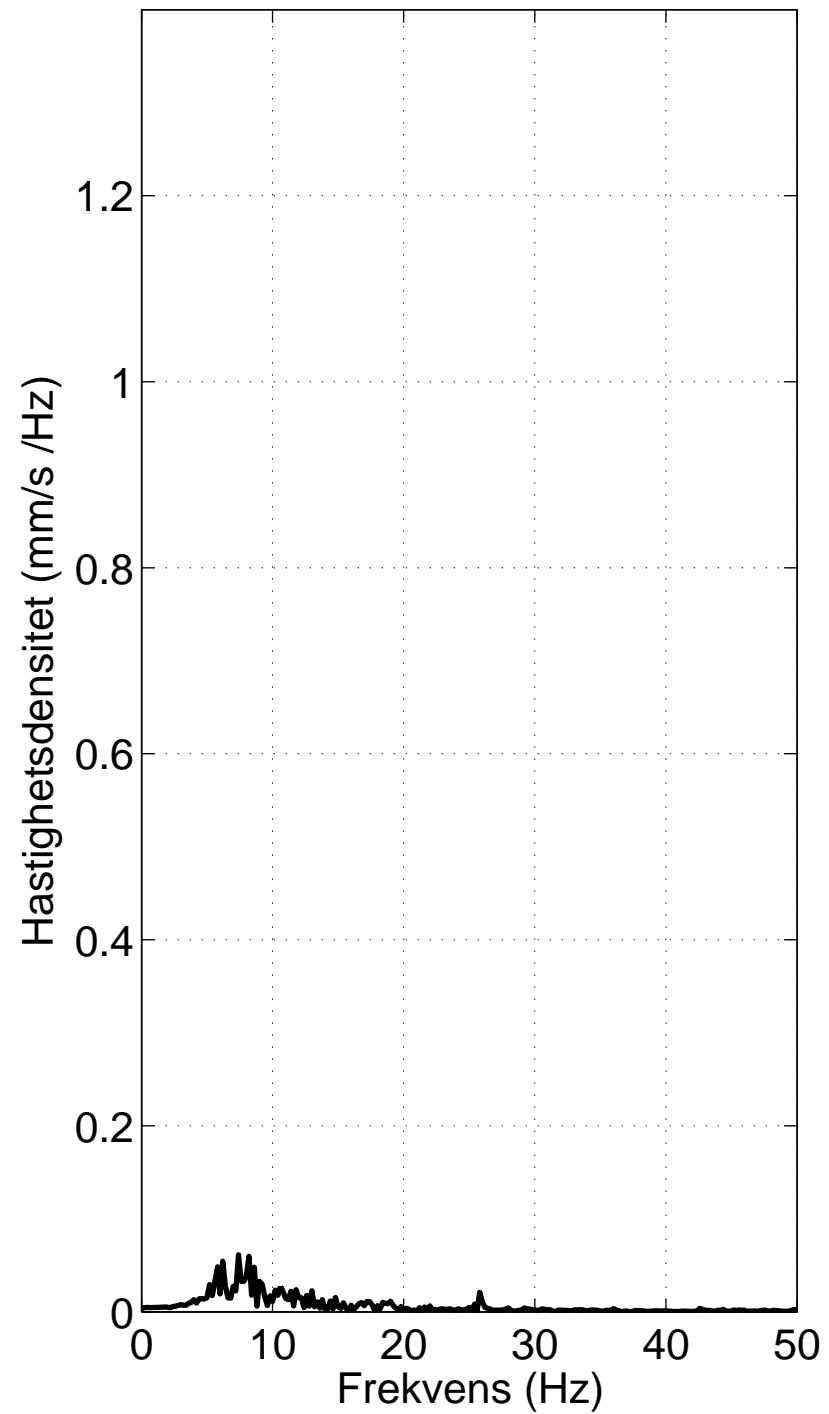
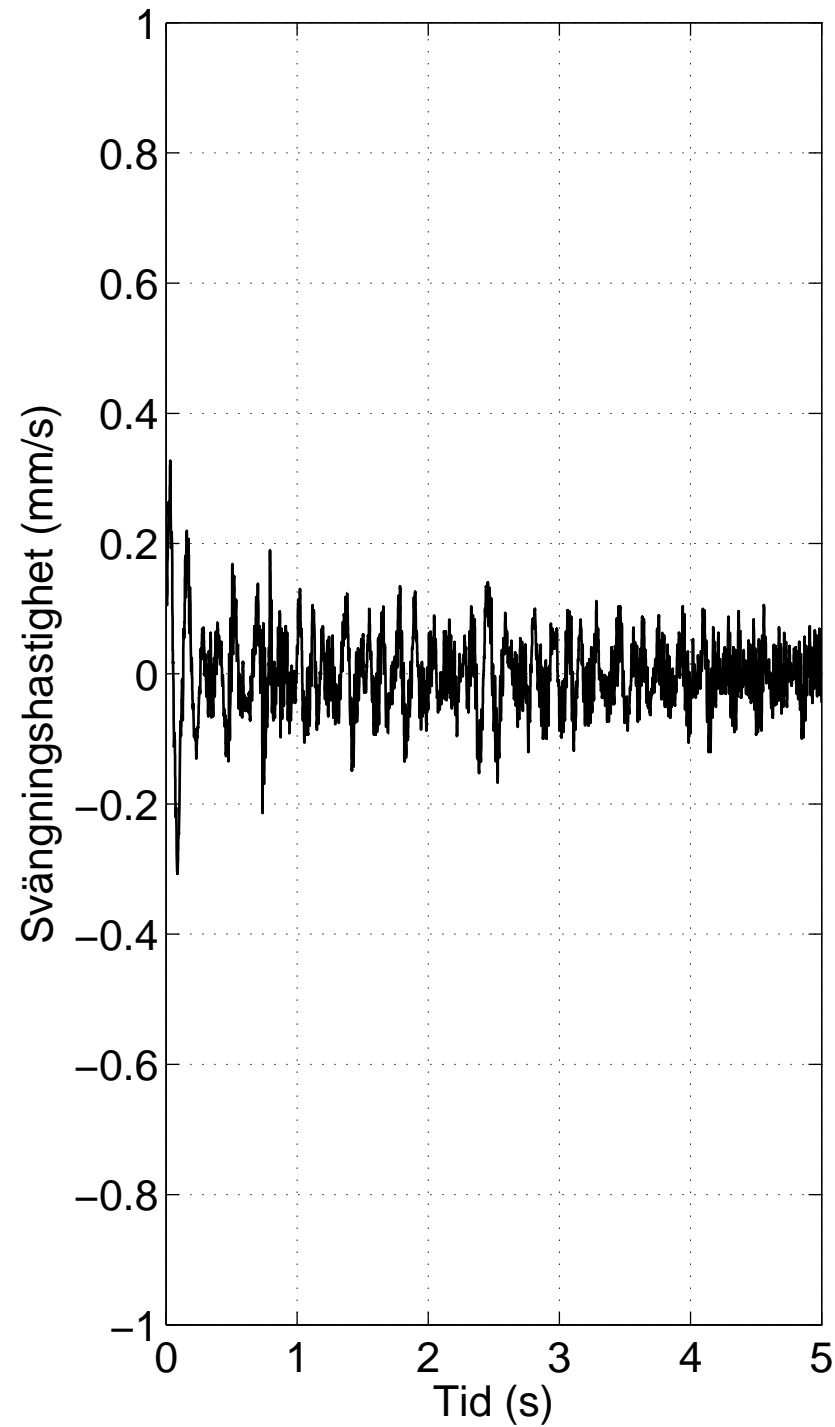
15s002, z=3 m, x=8 m



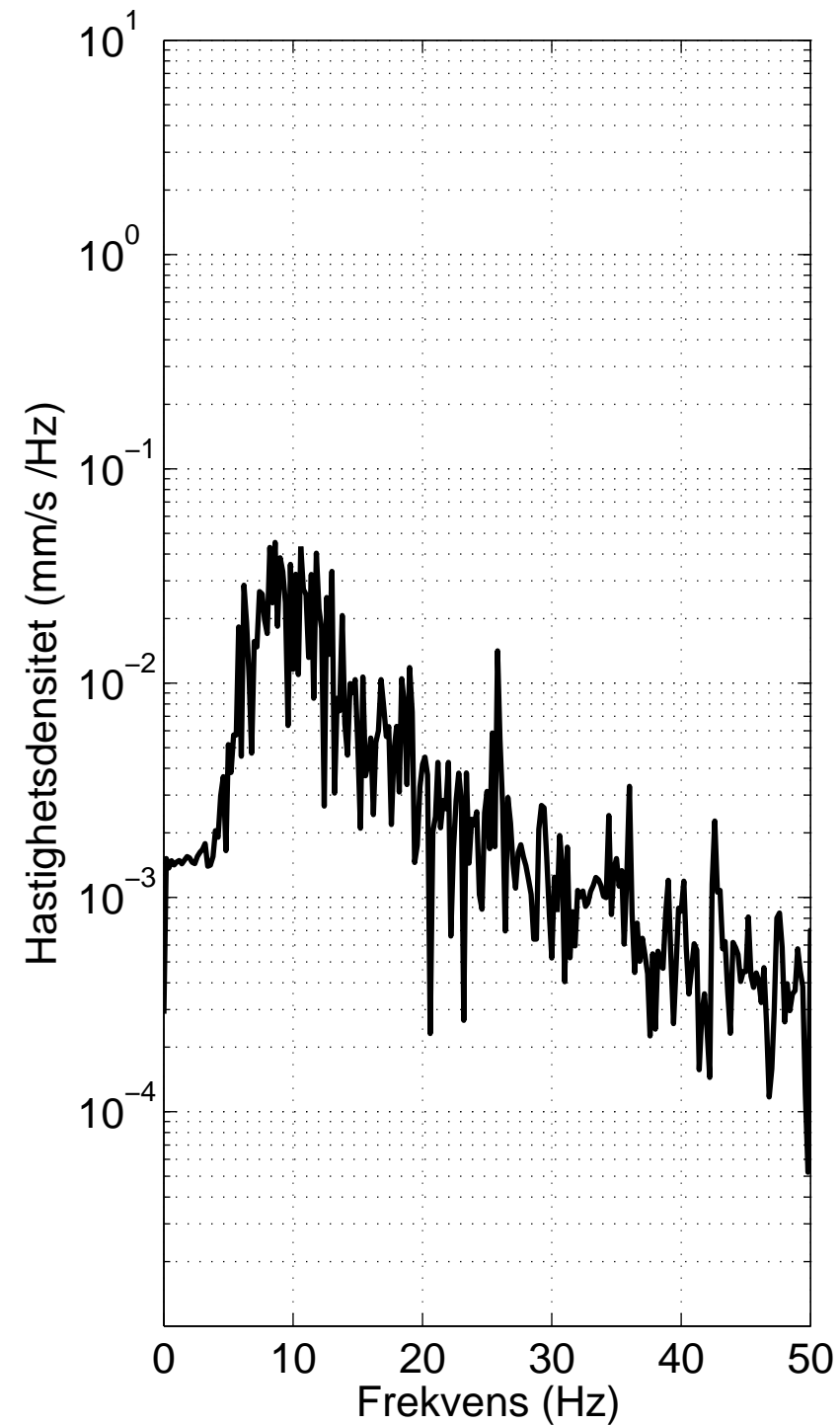
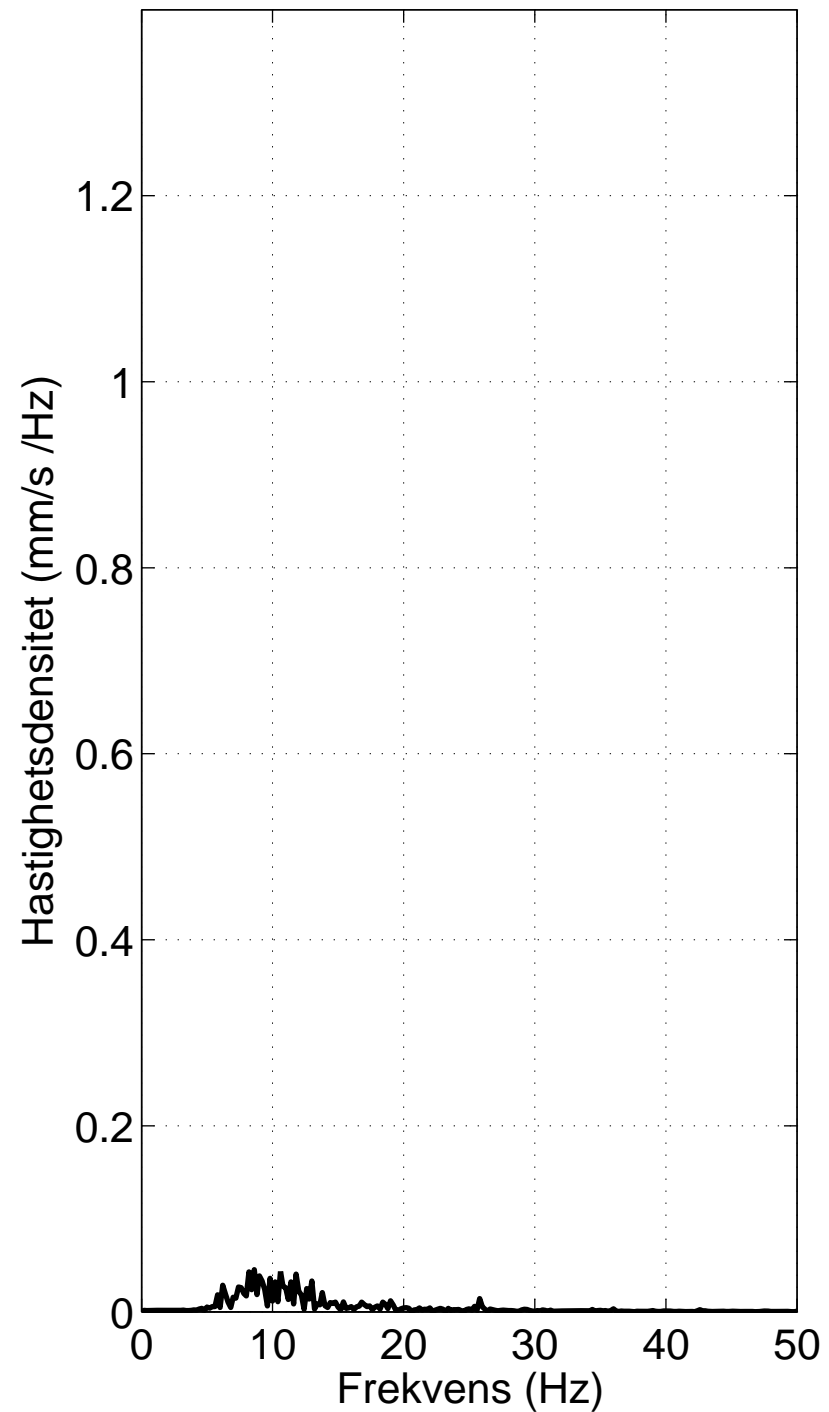
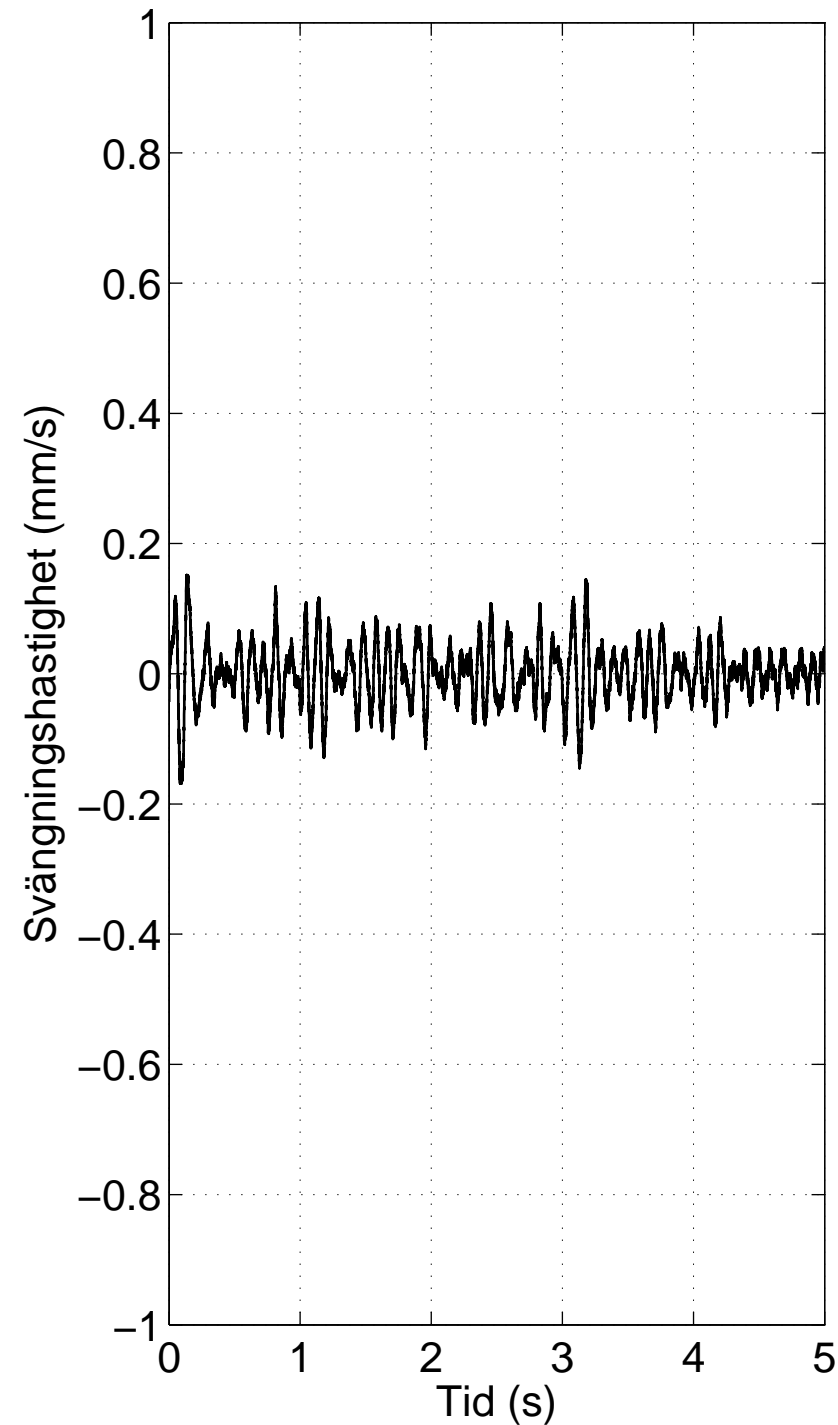
15s002, z=3 m, x=12 m



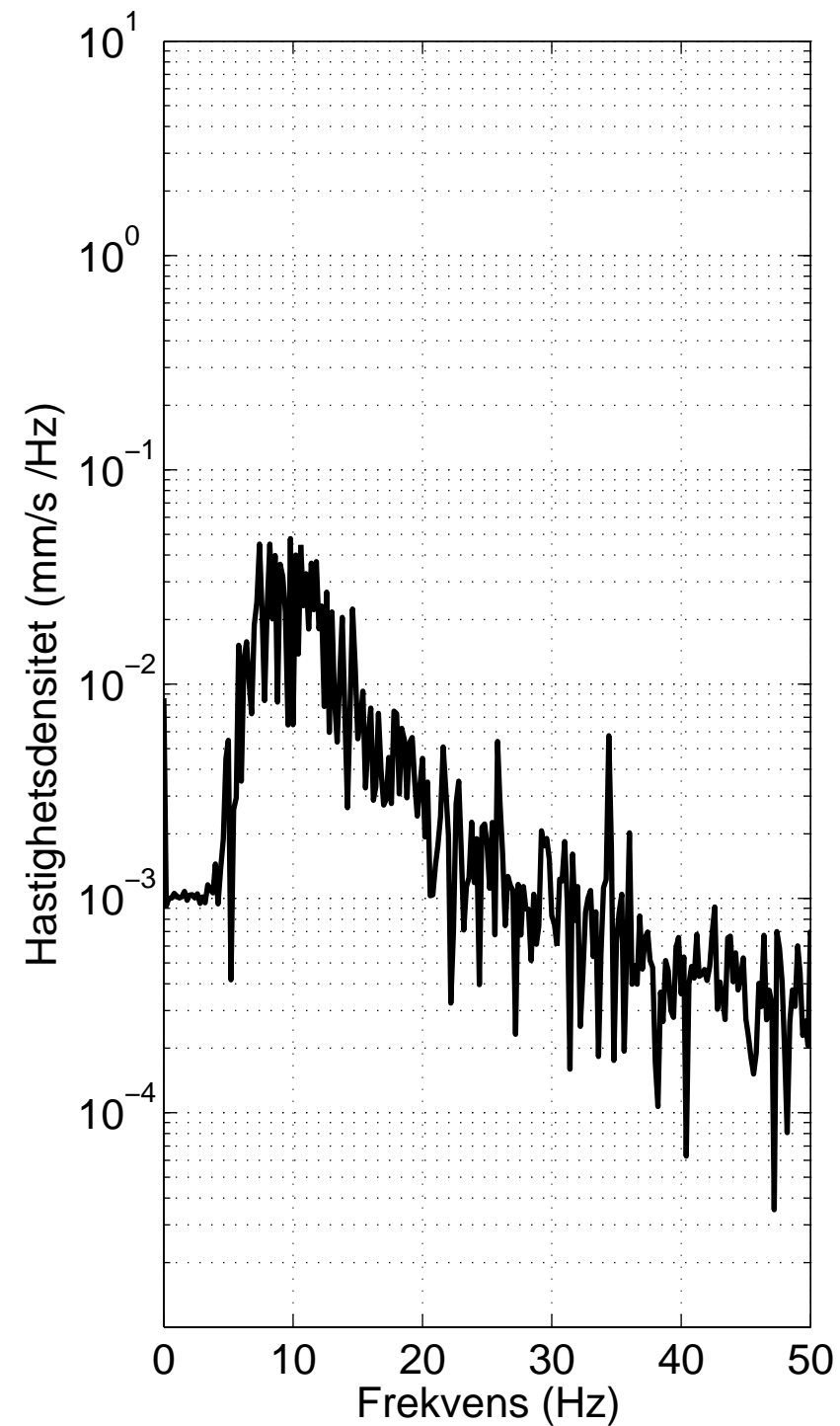
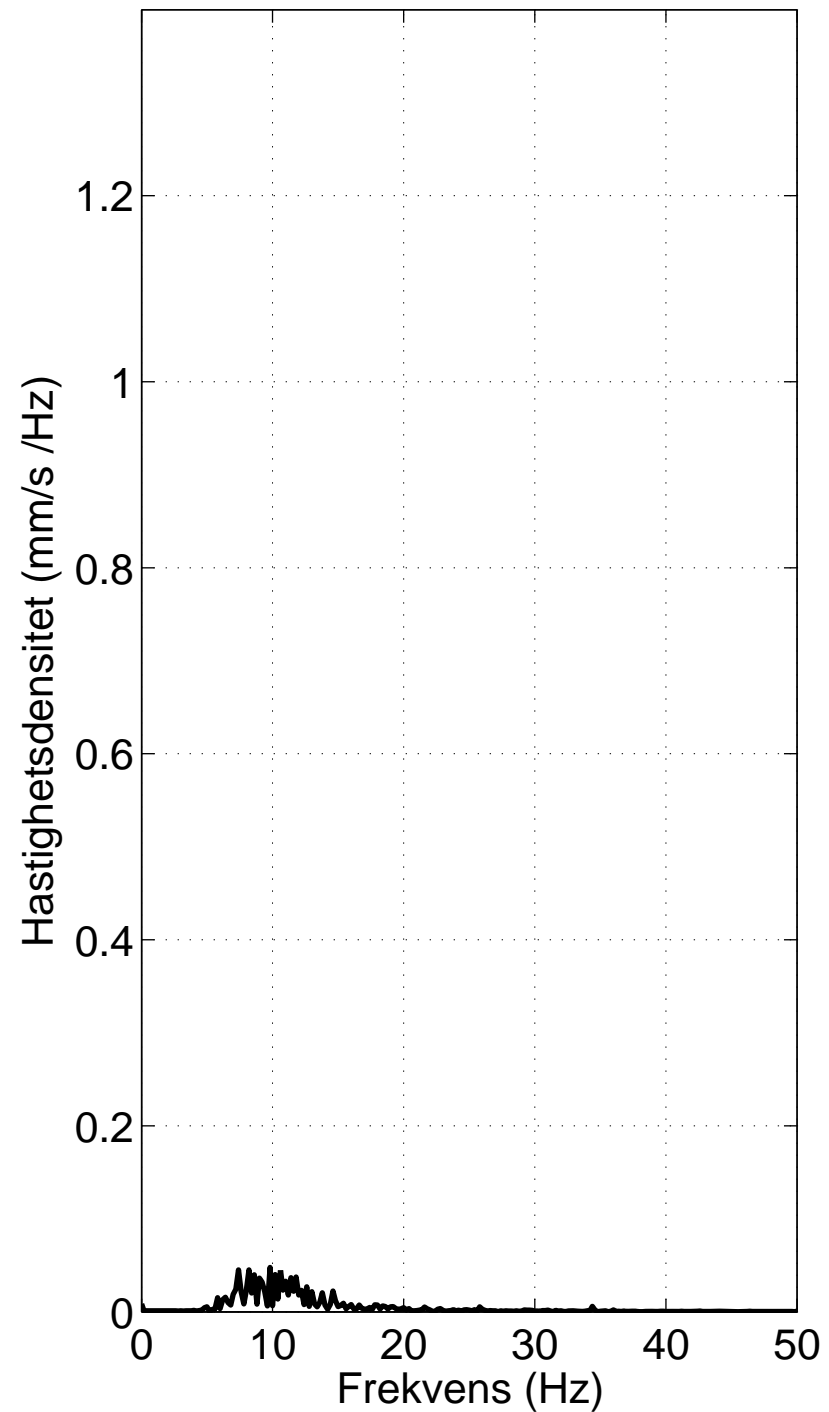
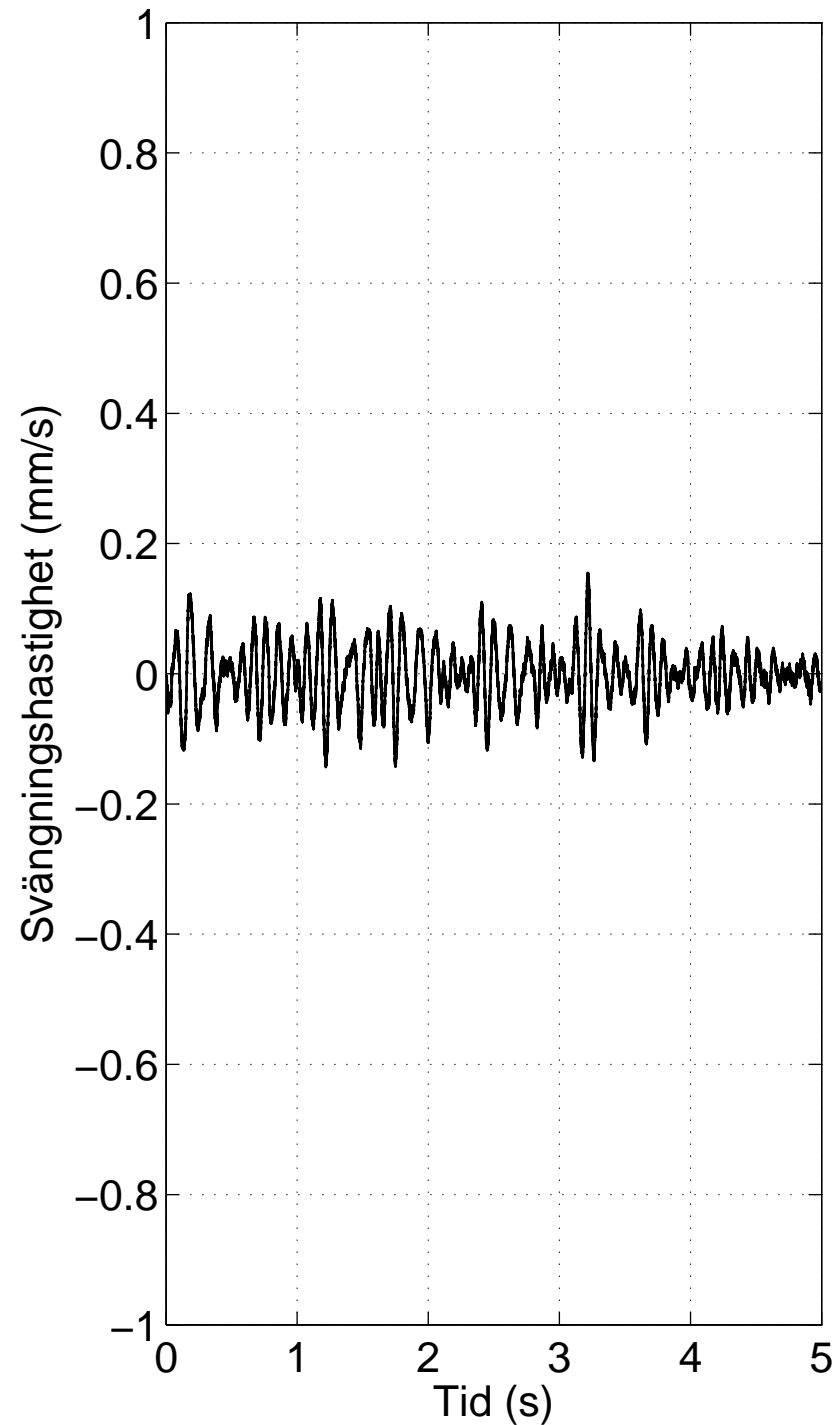
15s002, z=5 m, x=1 m



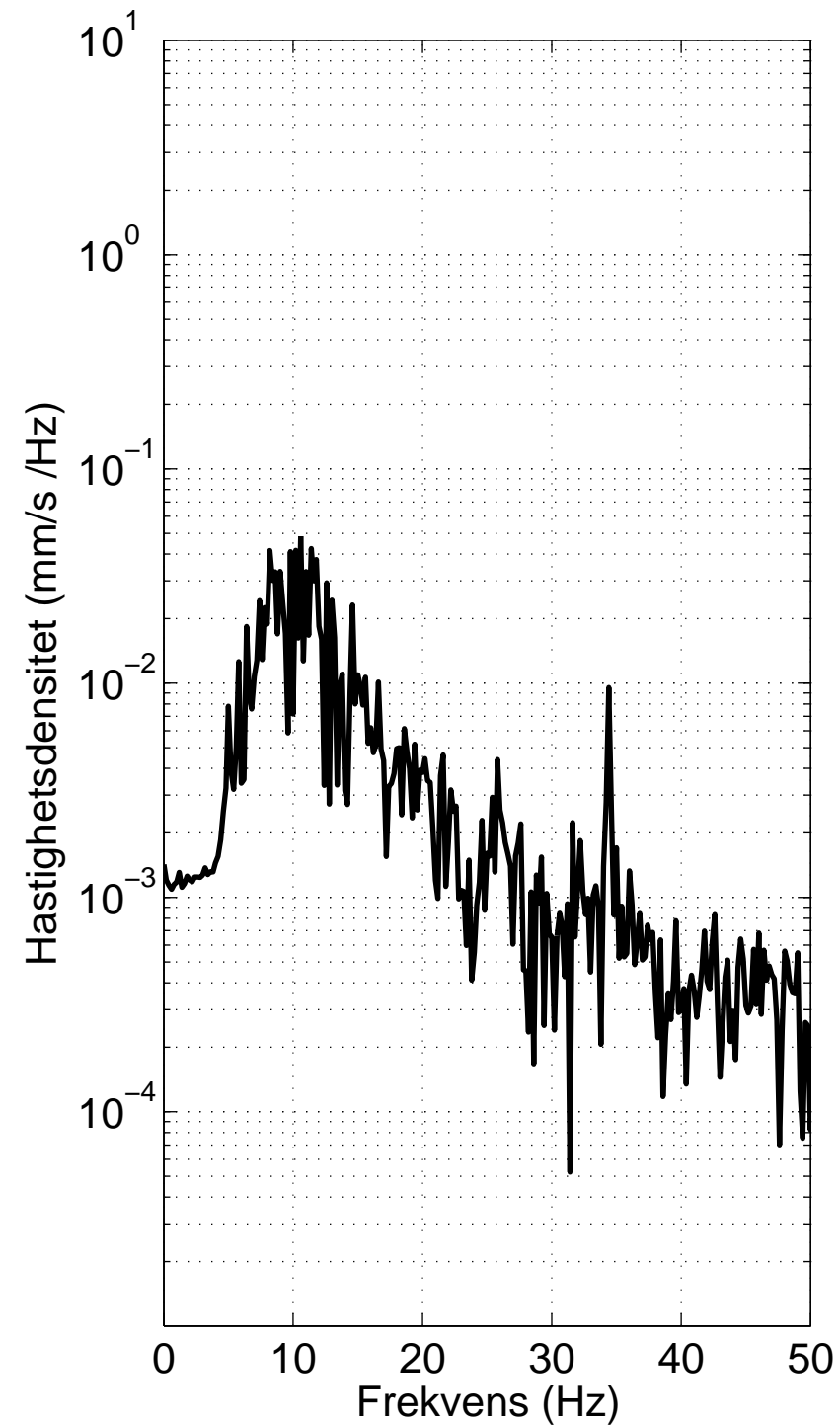
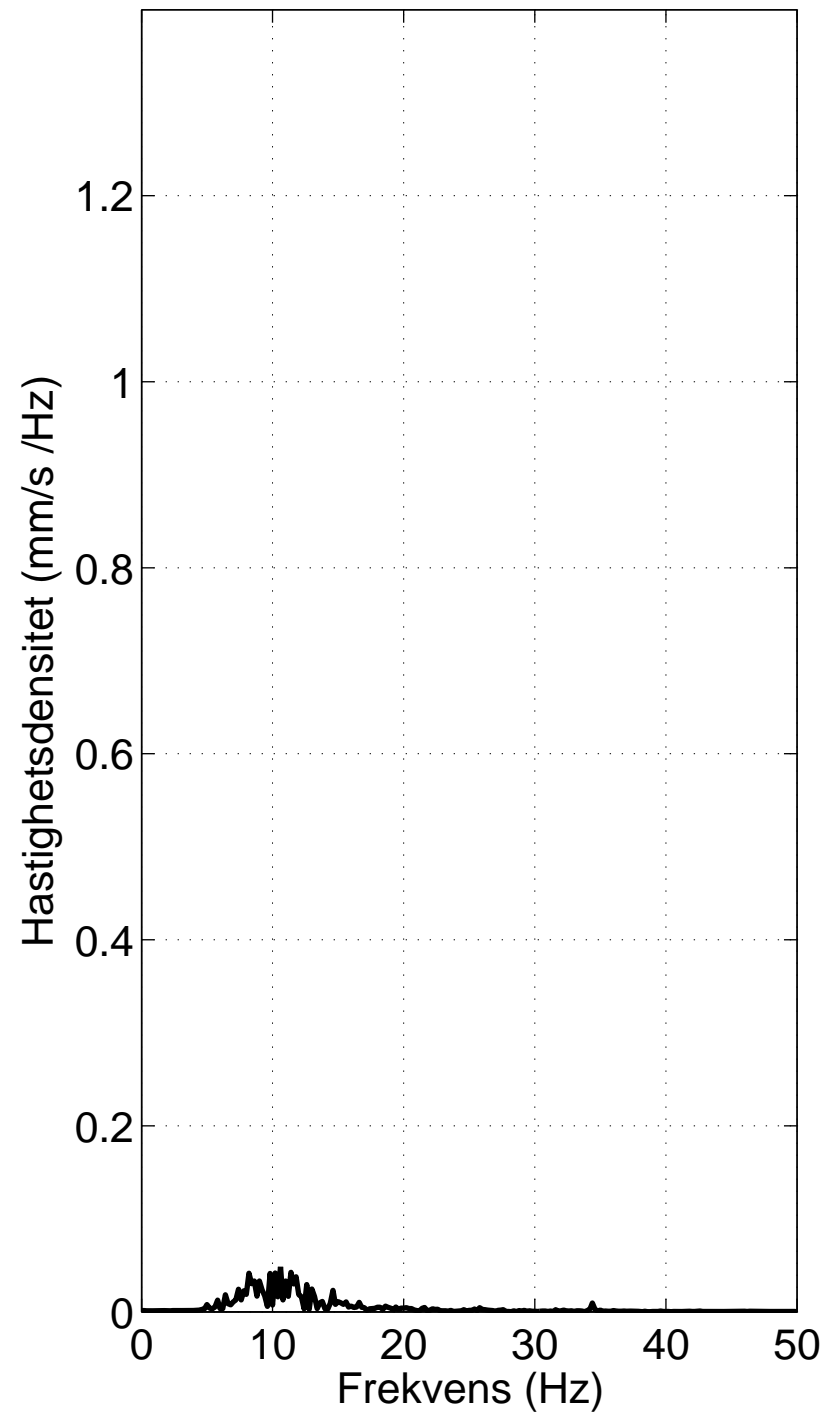
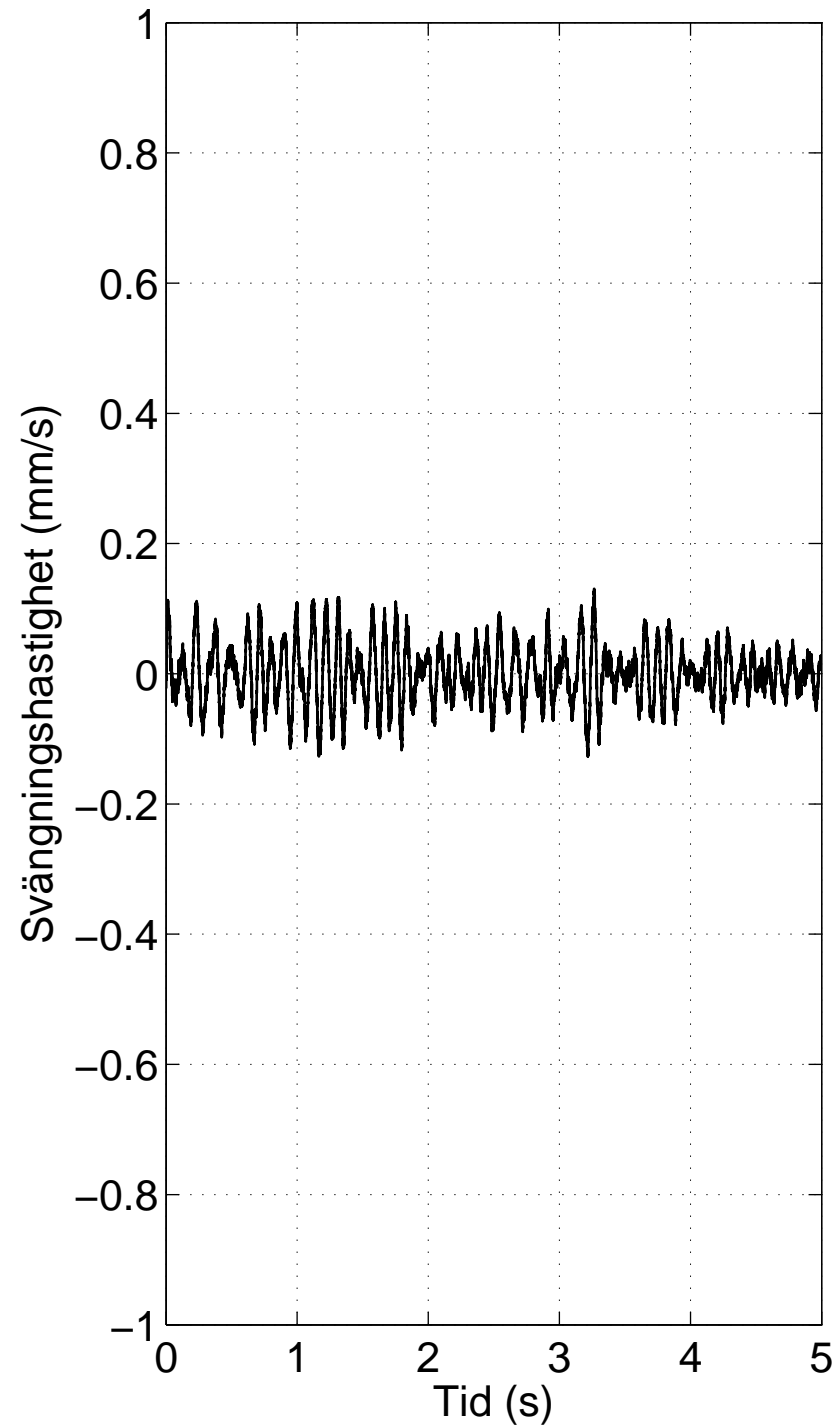
15s002, z=5 m, x=4 m



15s002, z=5 m, x=8 m

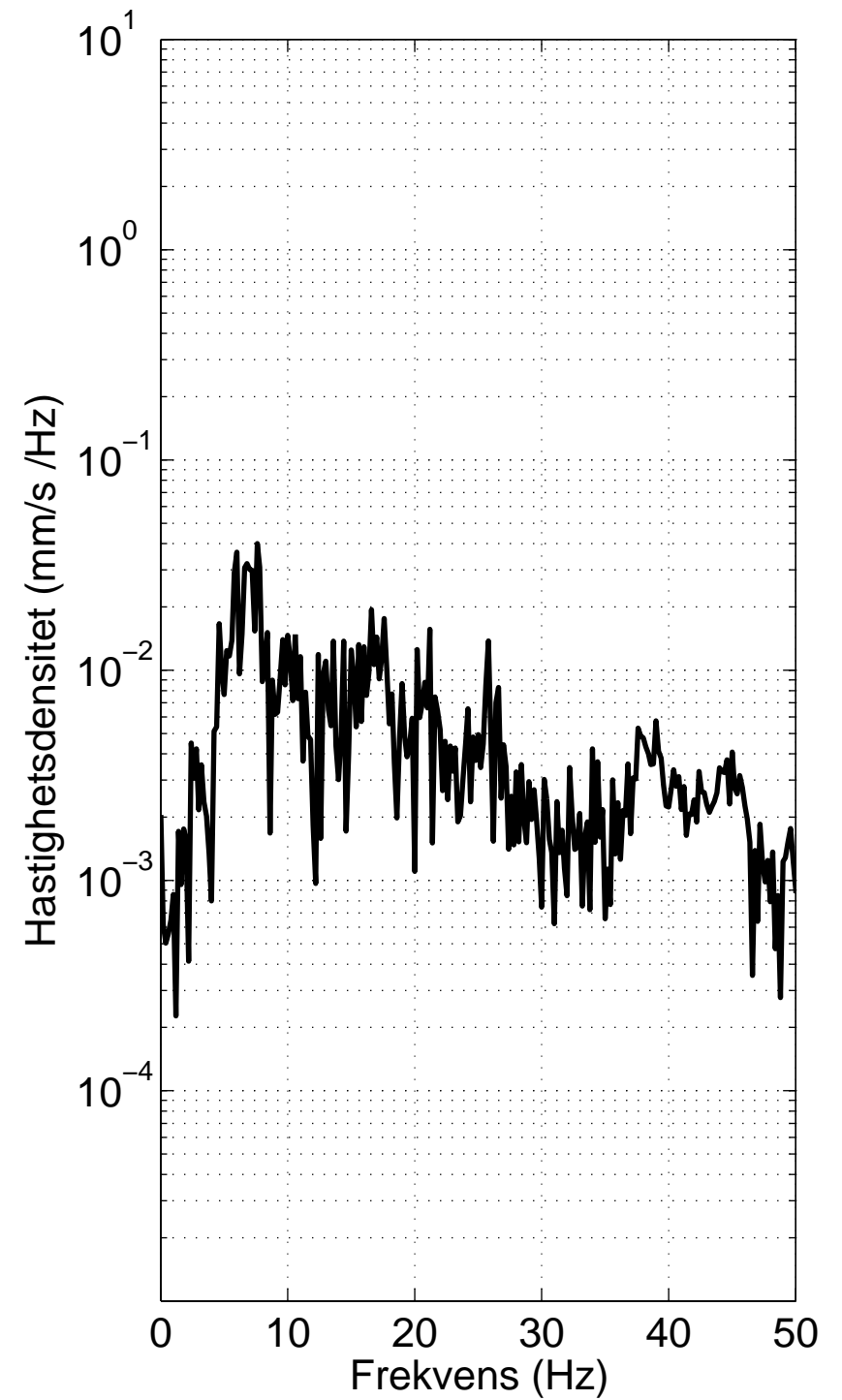
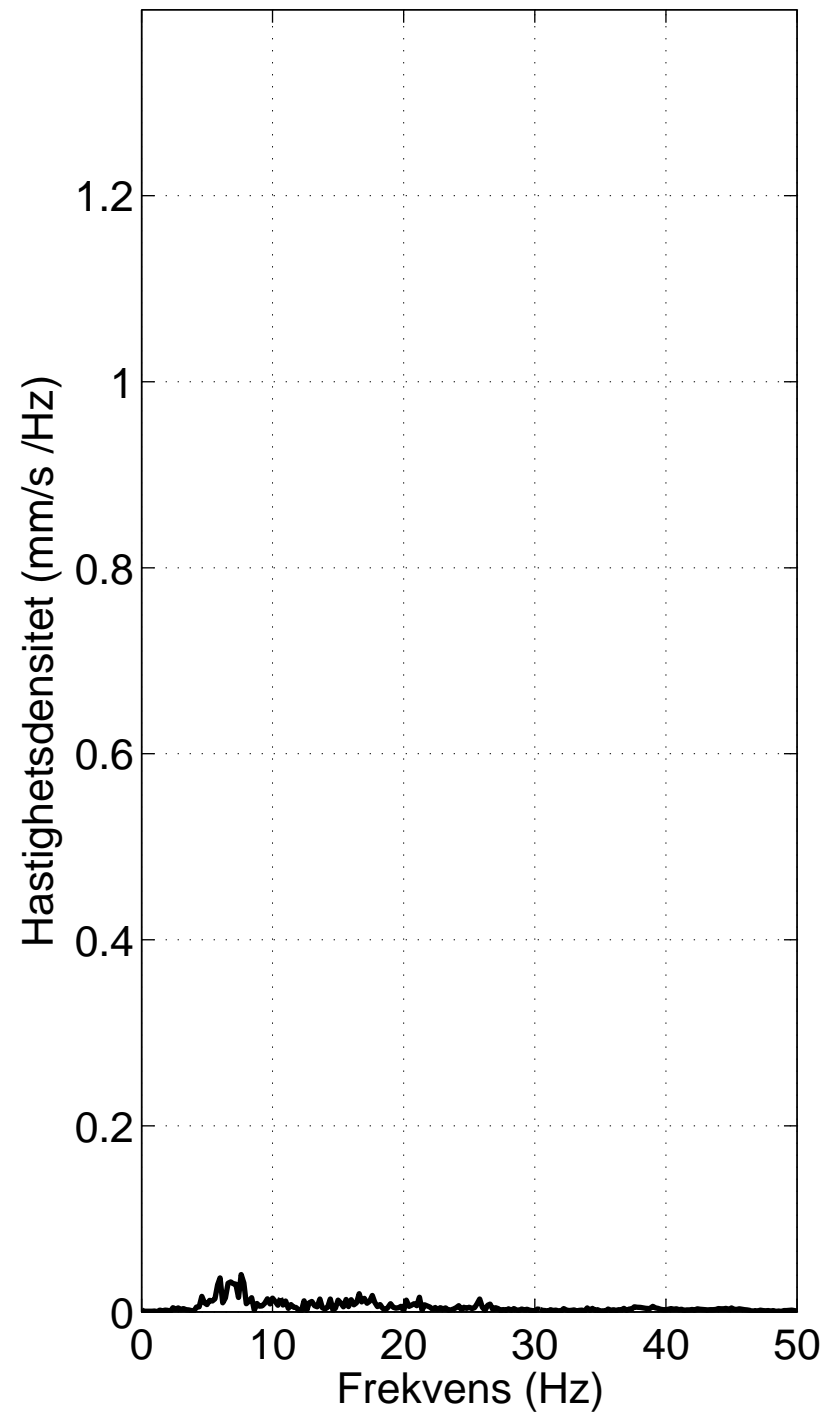
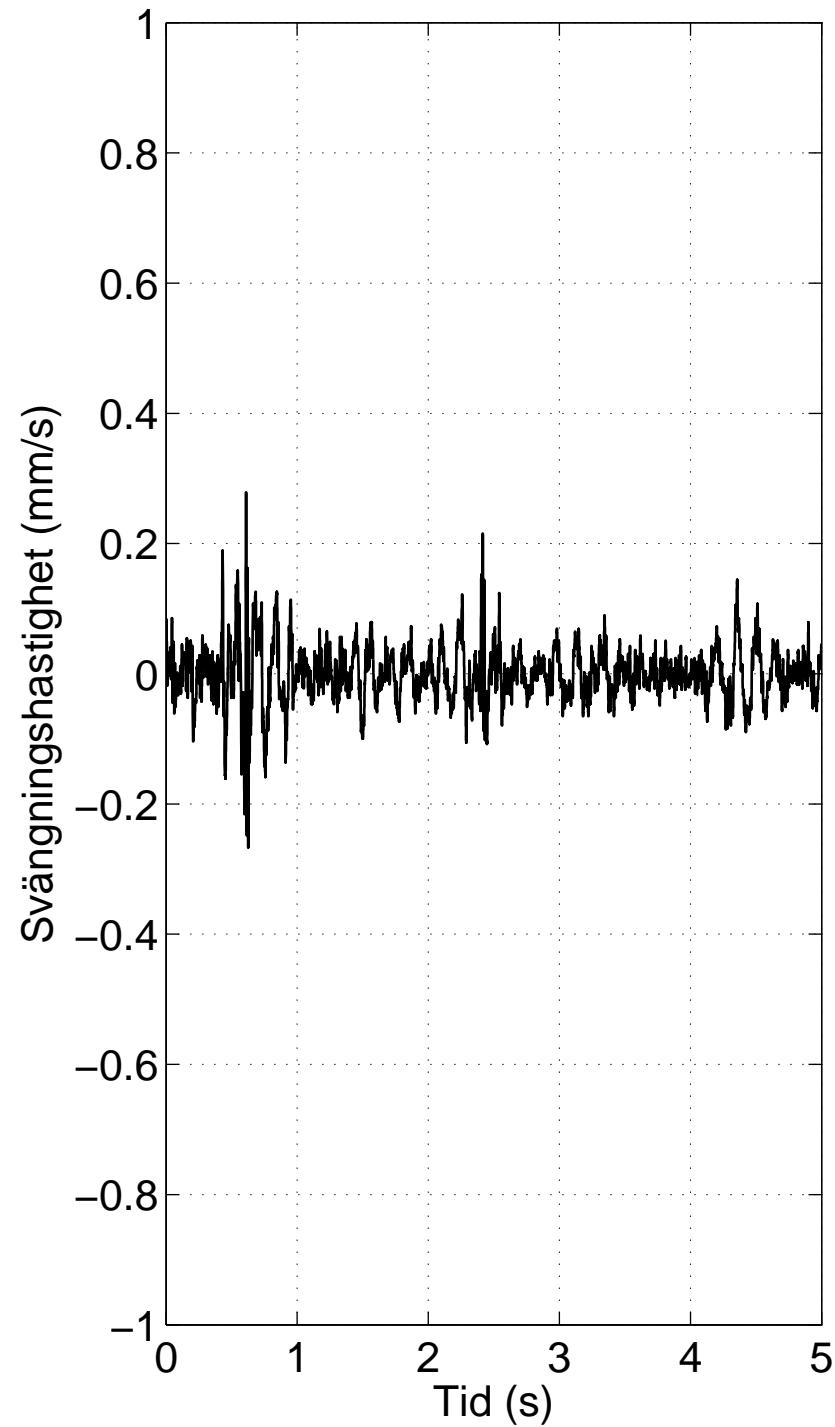


15s002, z=5 m, x=12 m

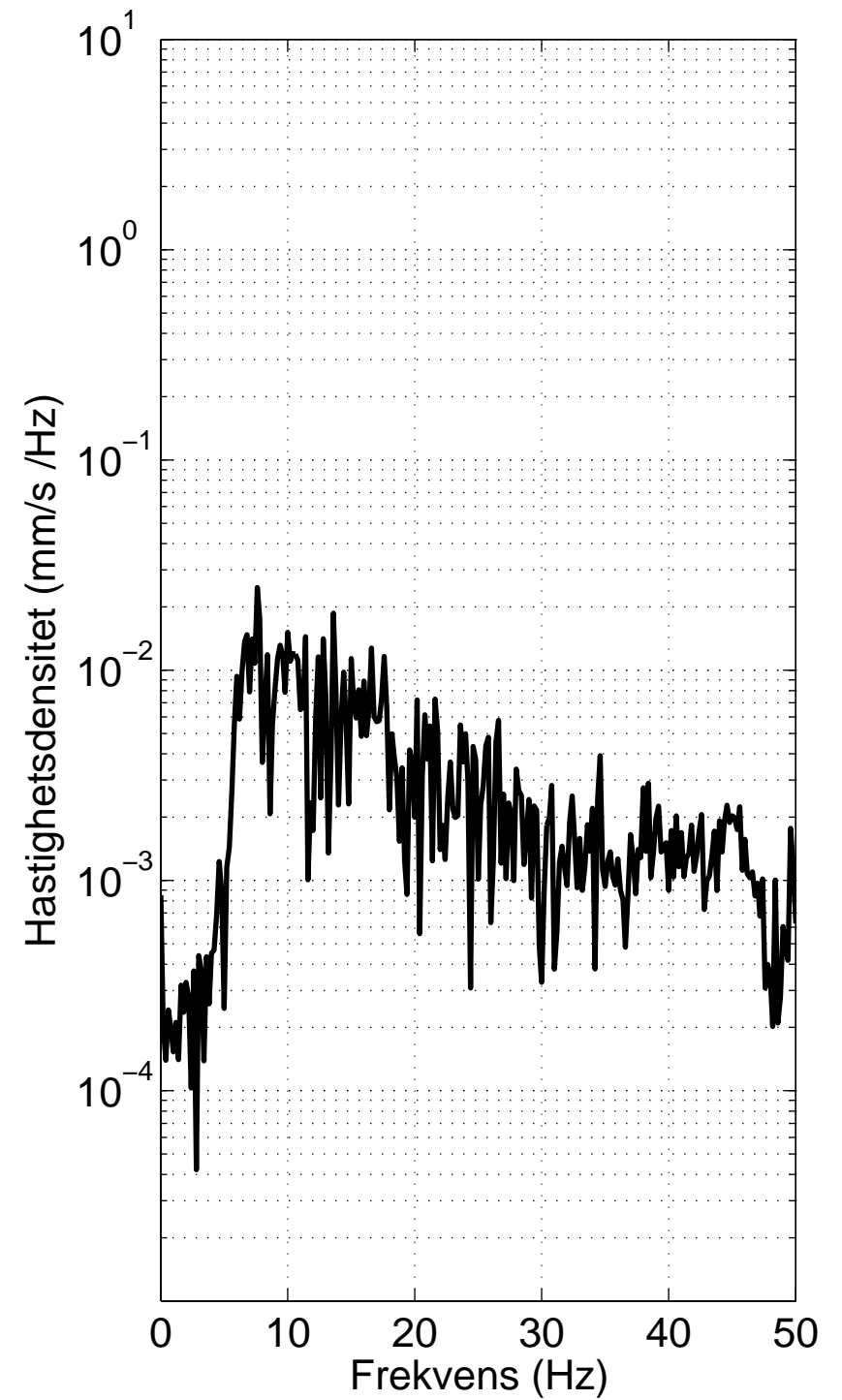
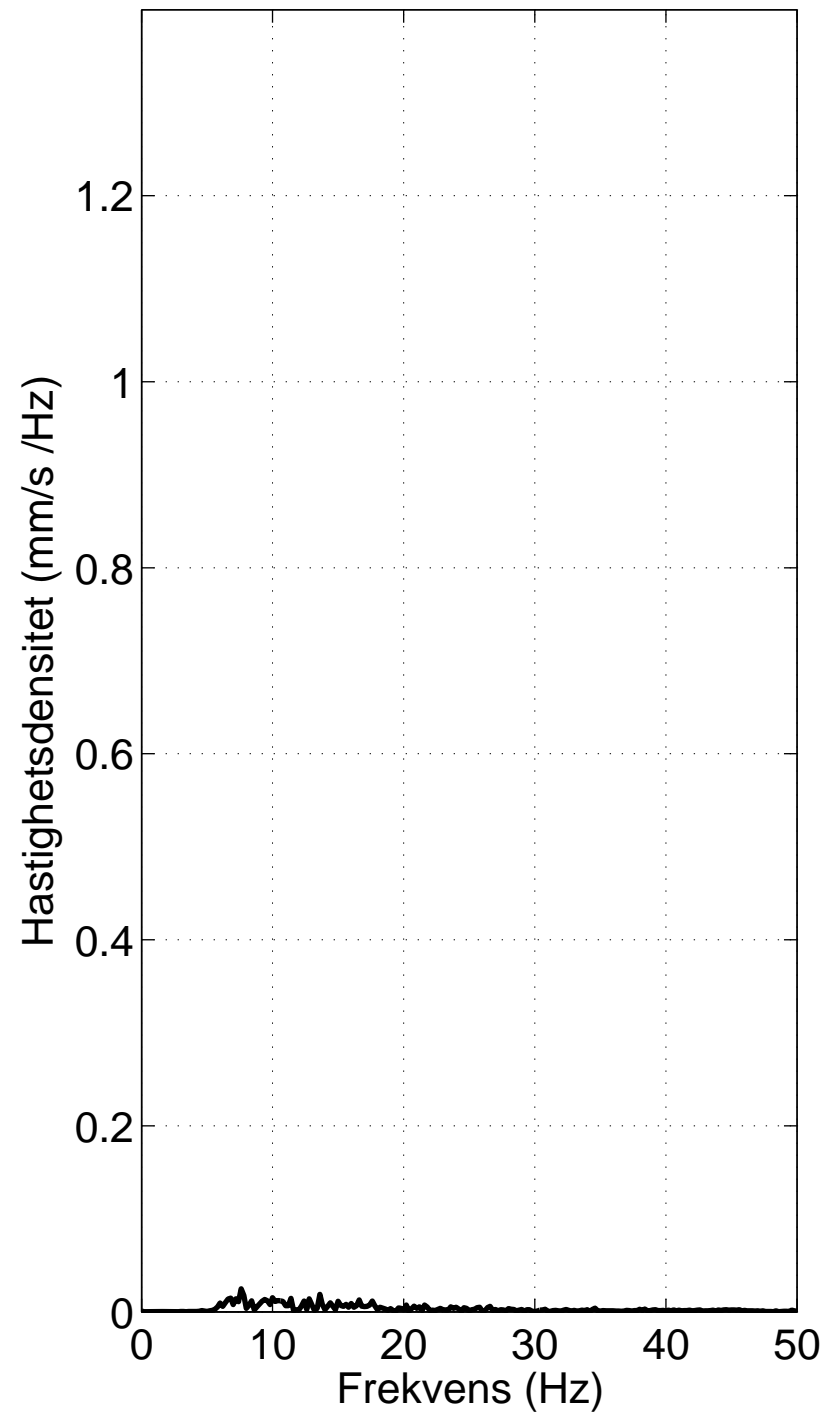
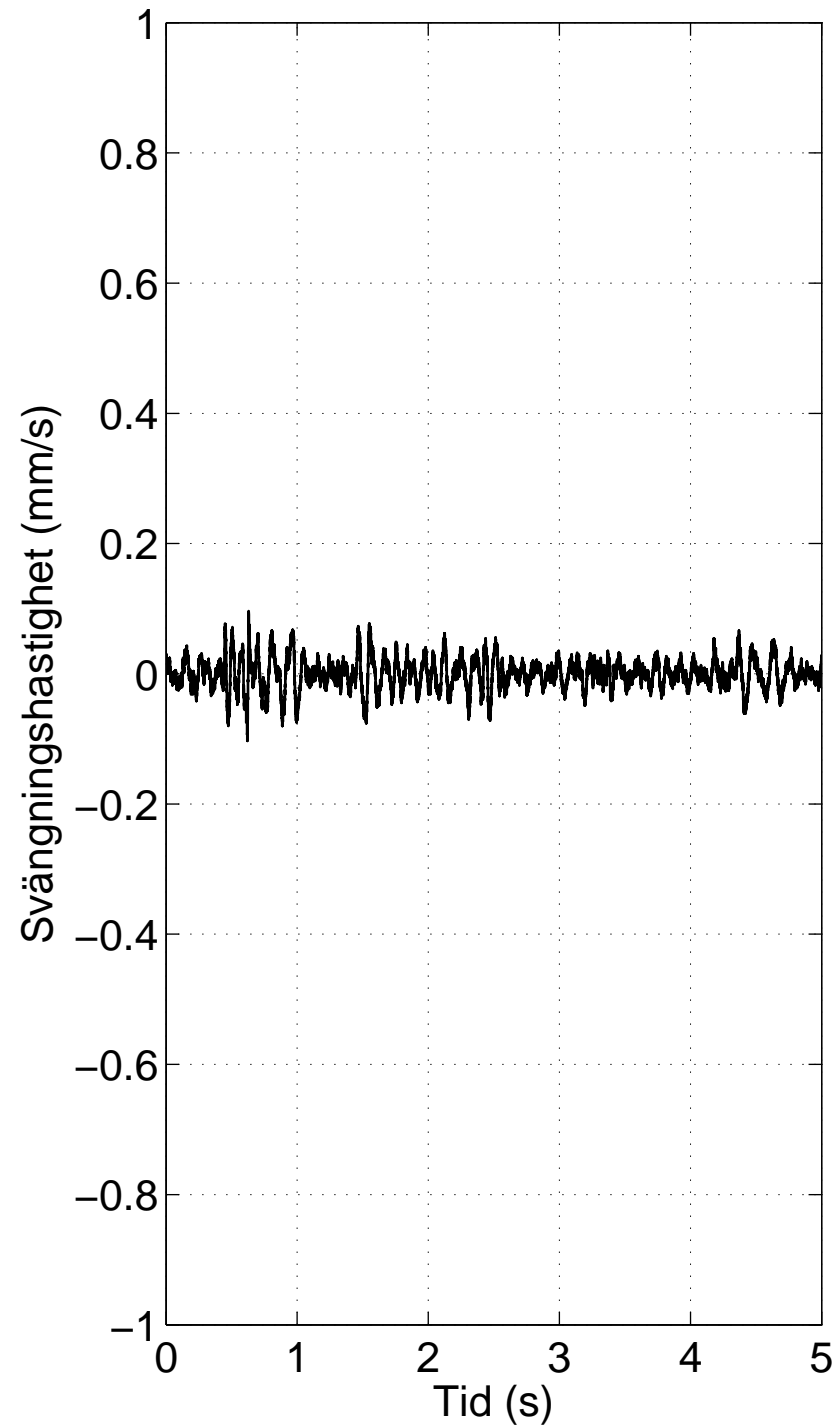




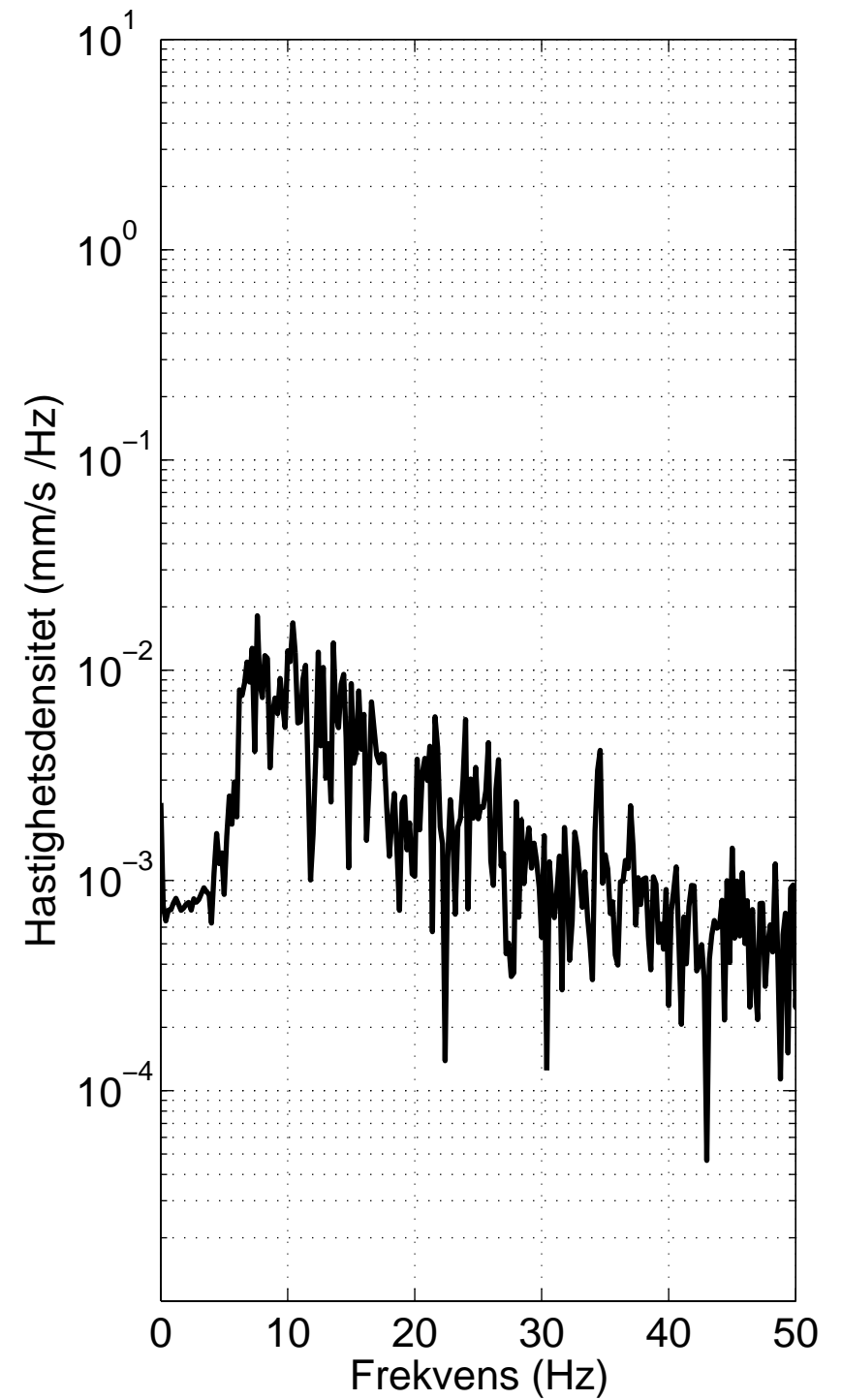
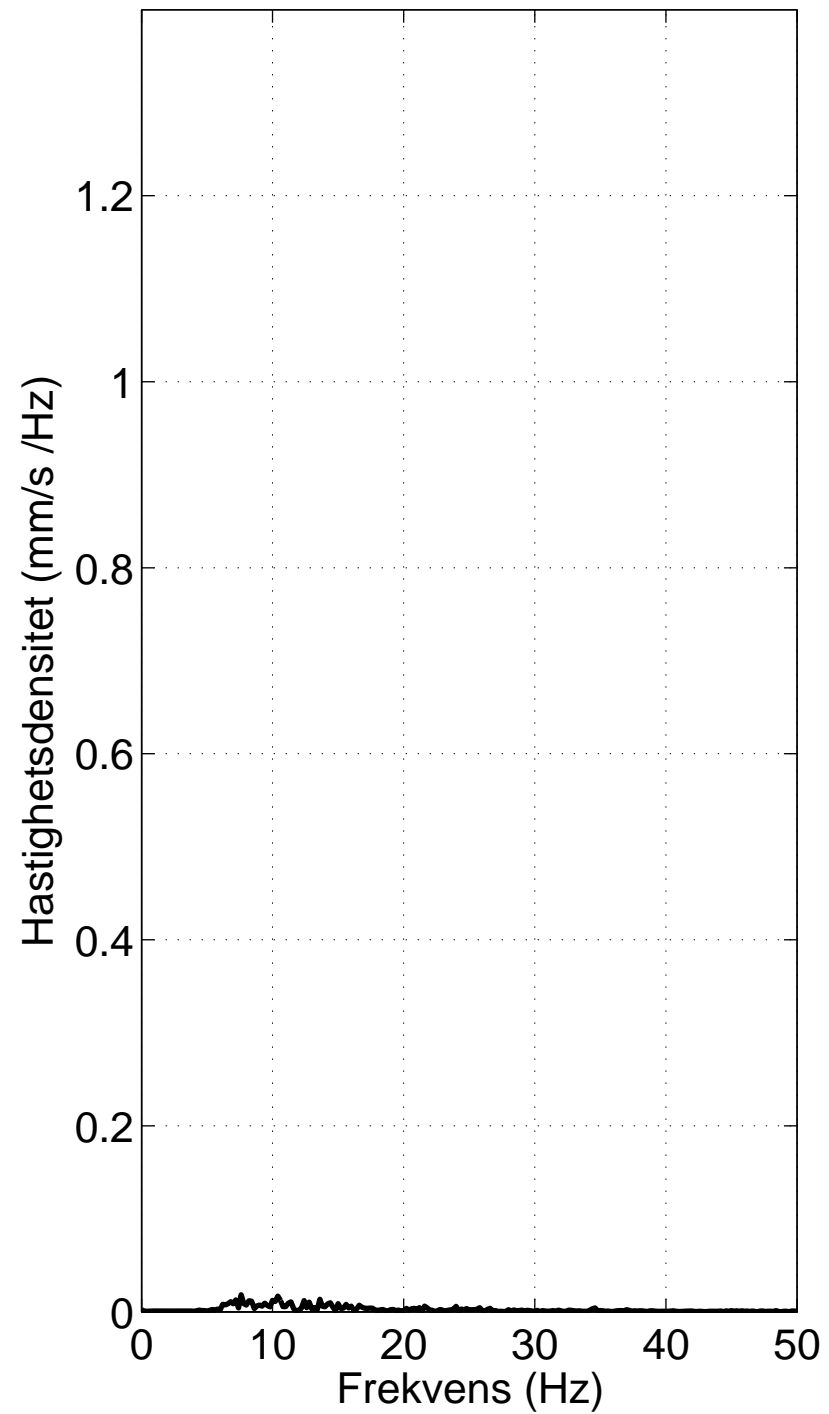
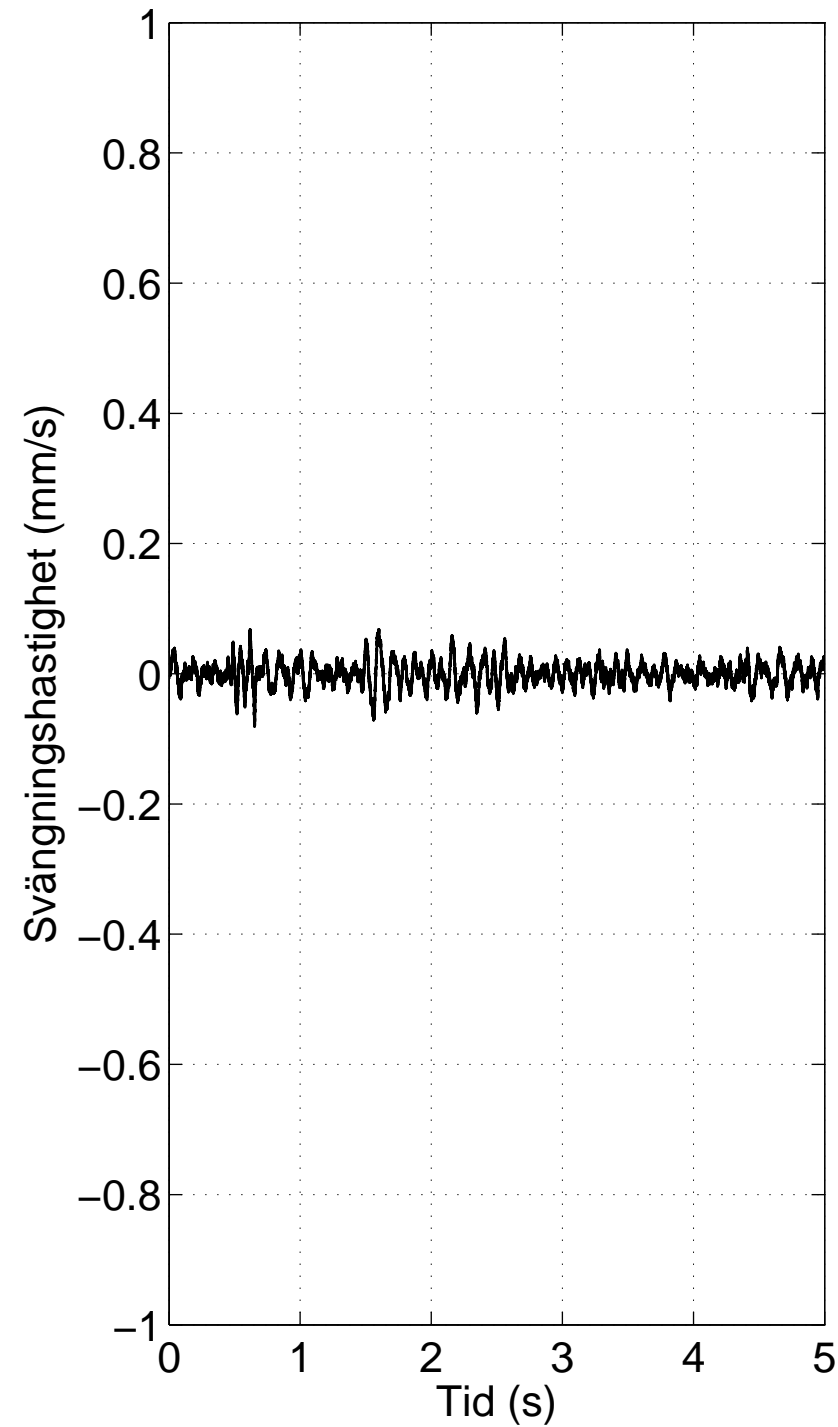
15s002, z=9 m, x=1 m



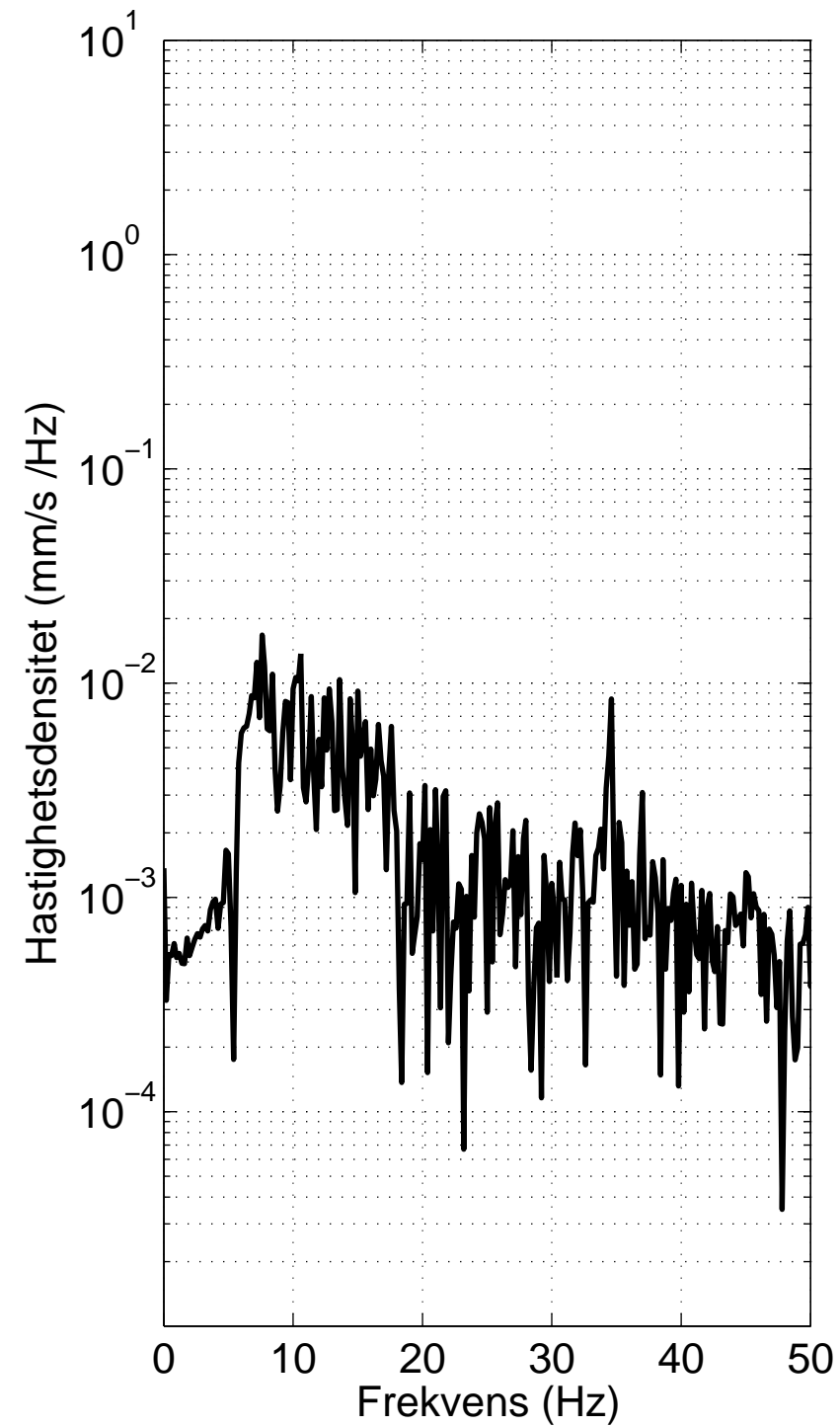
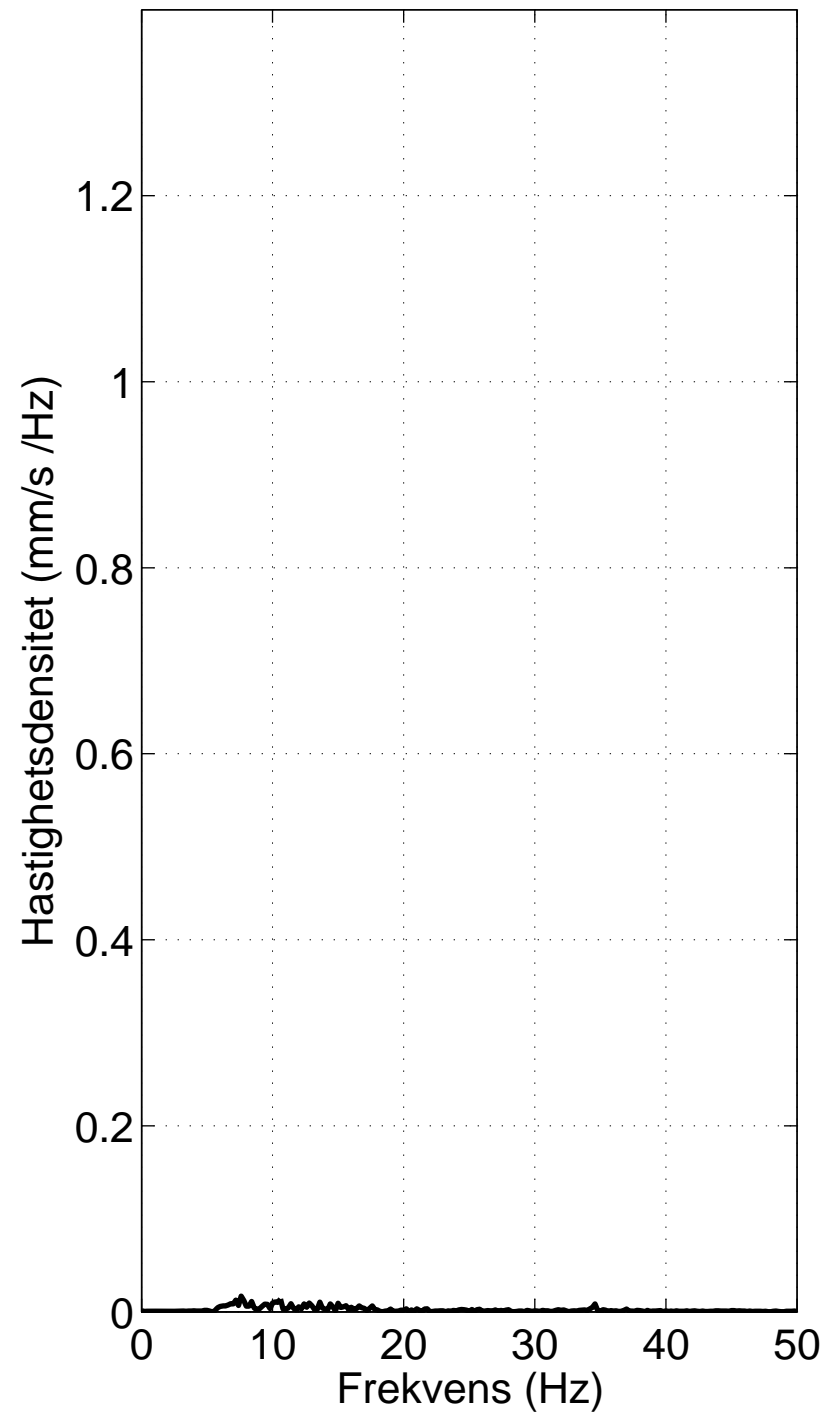
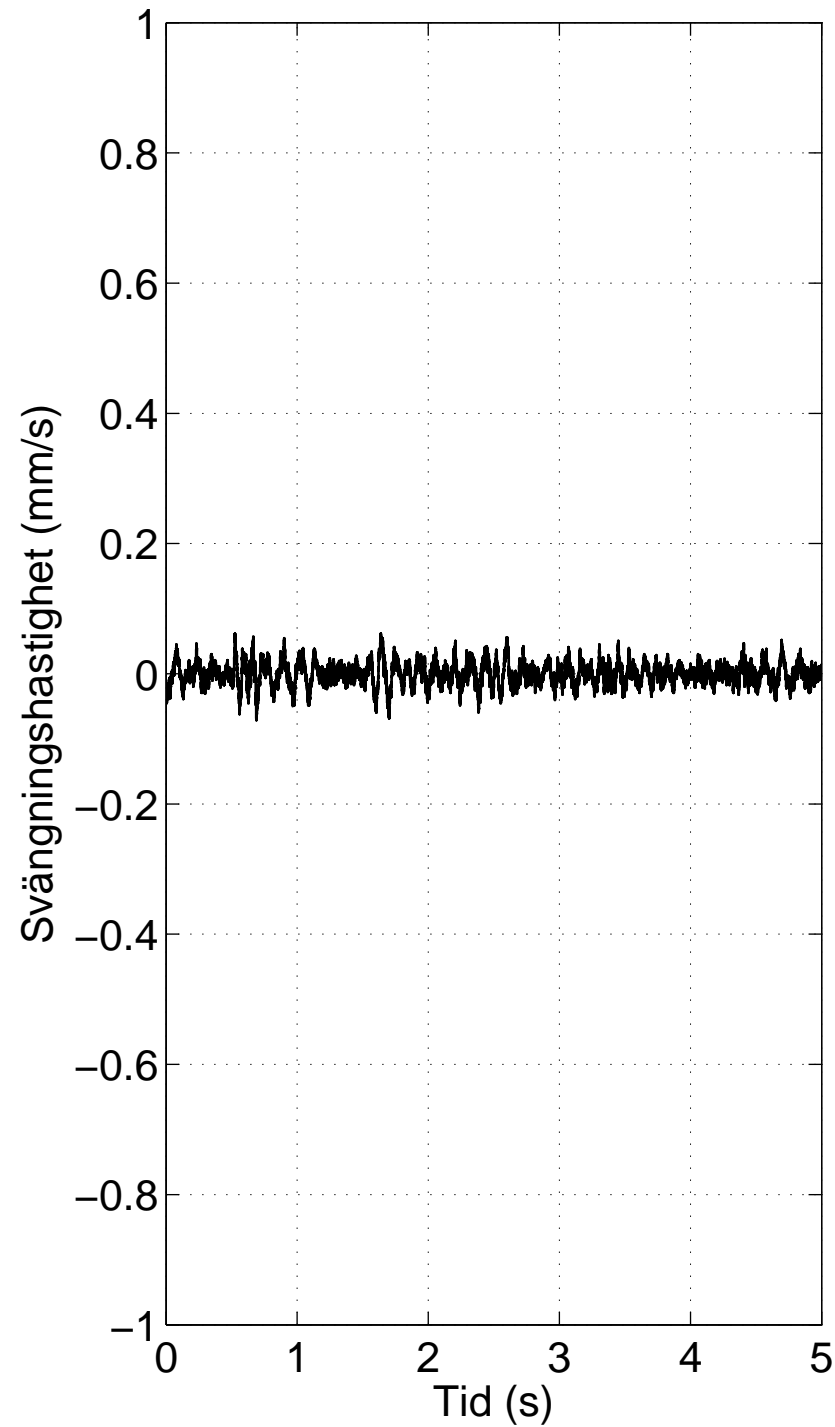
15s002, z=9 m, x=4 m



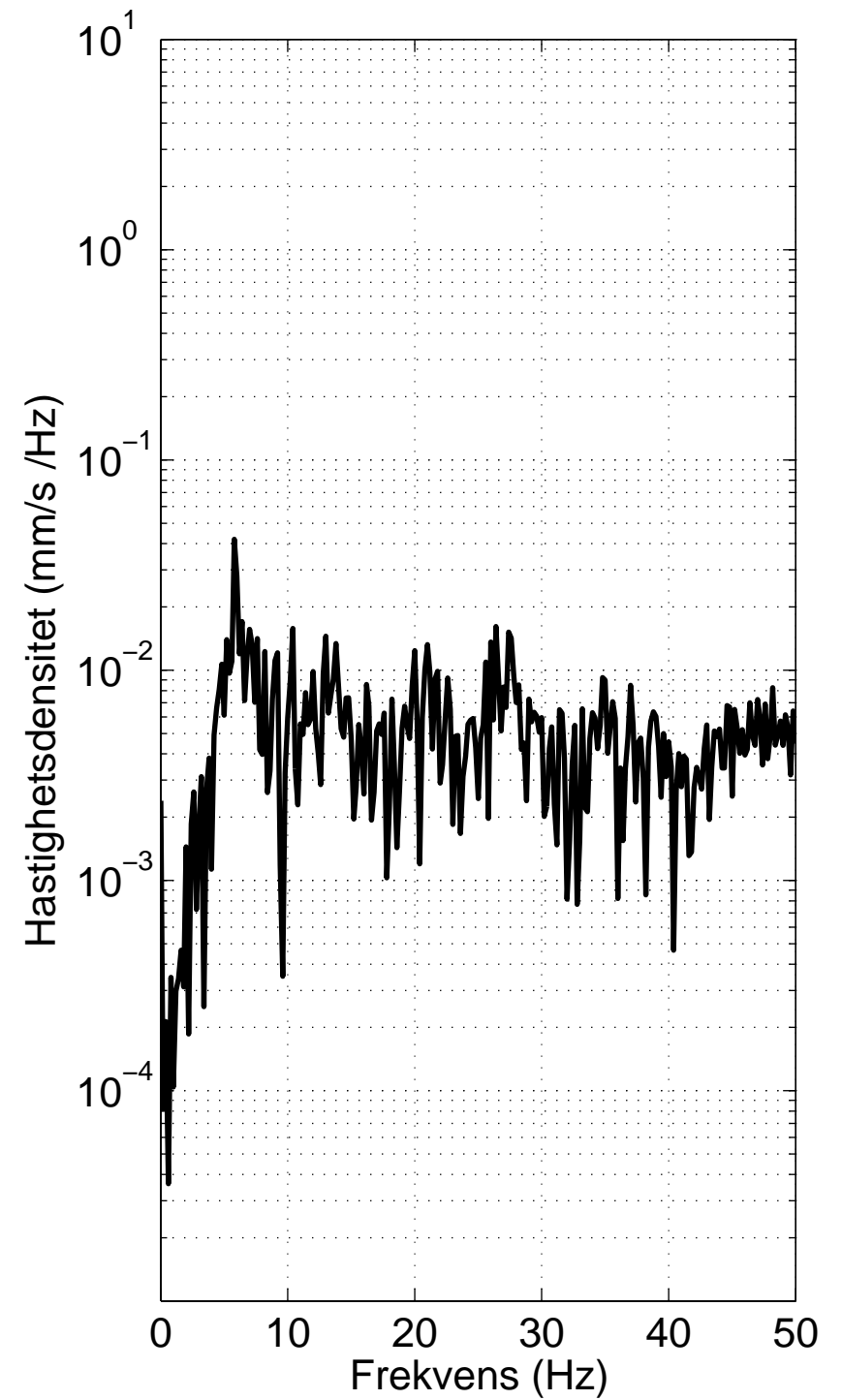
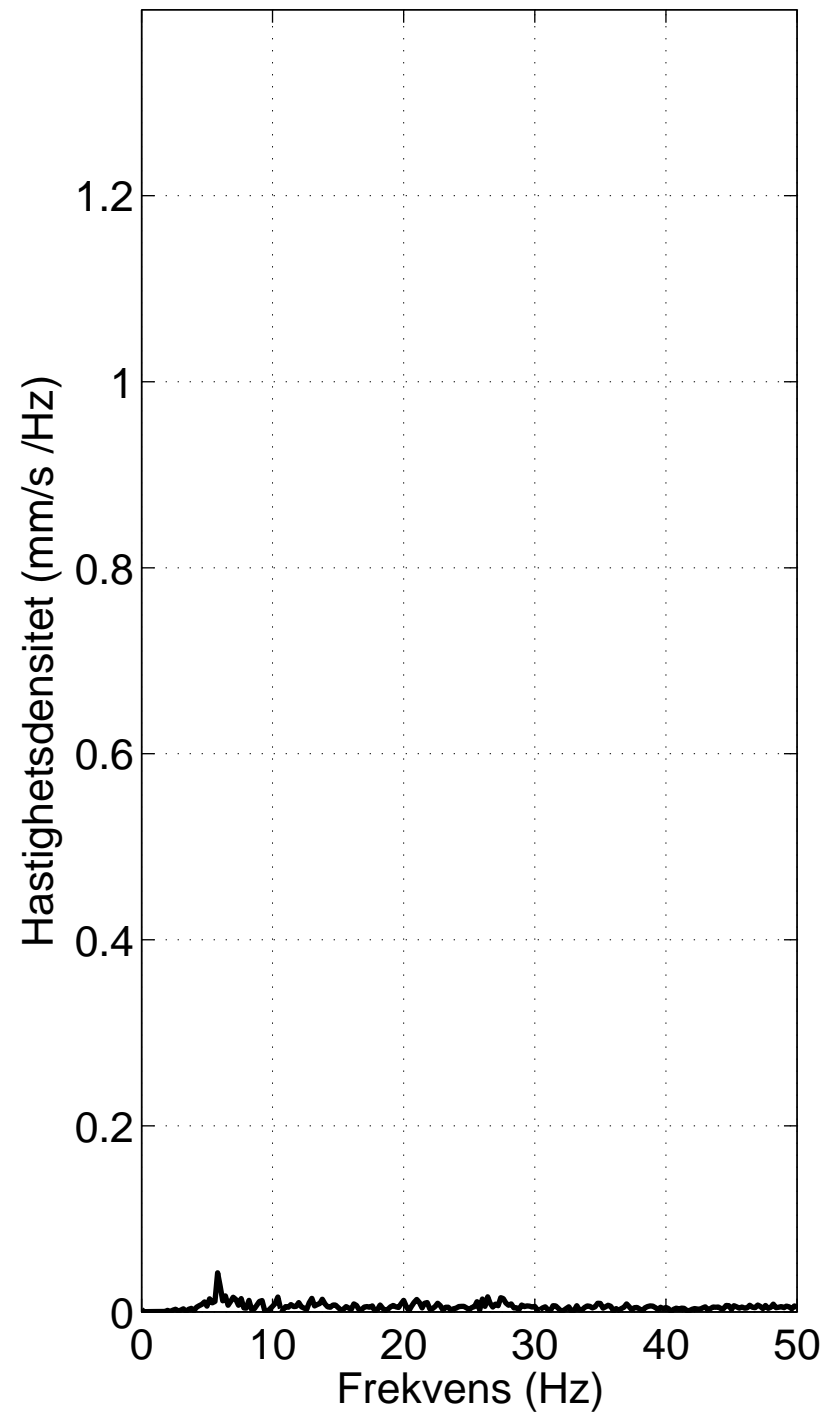
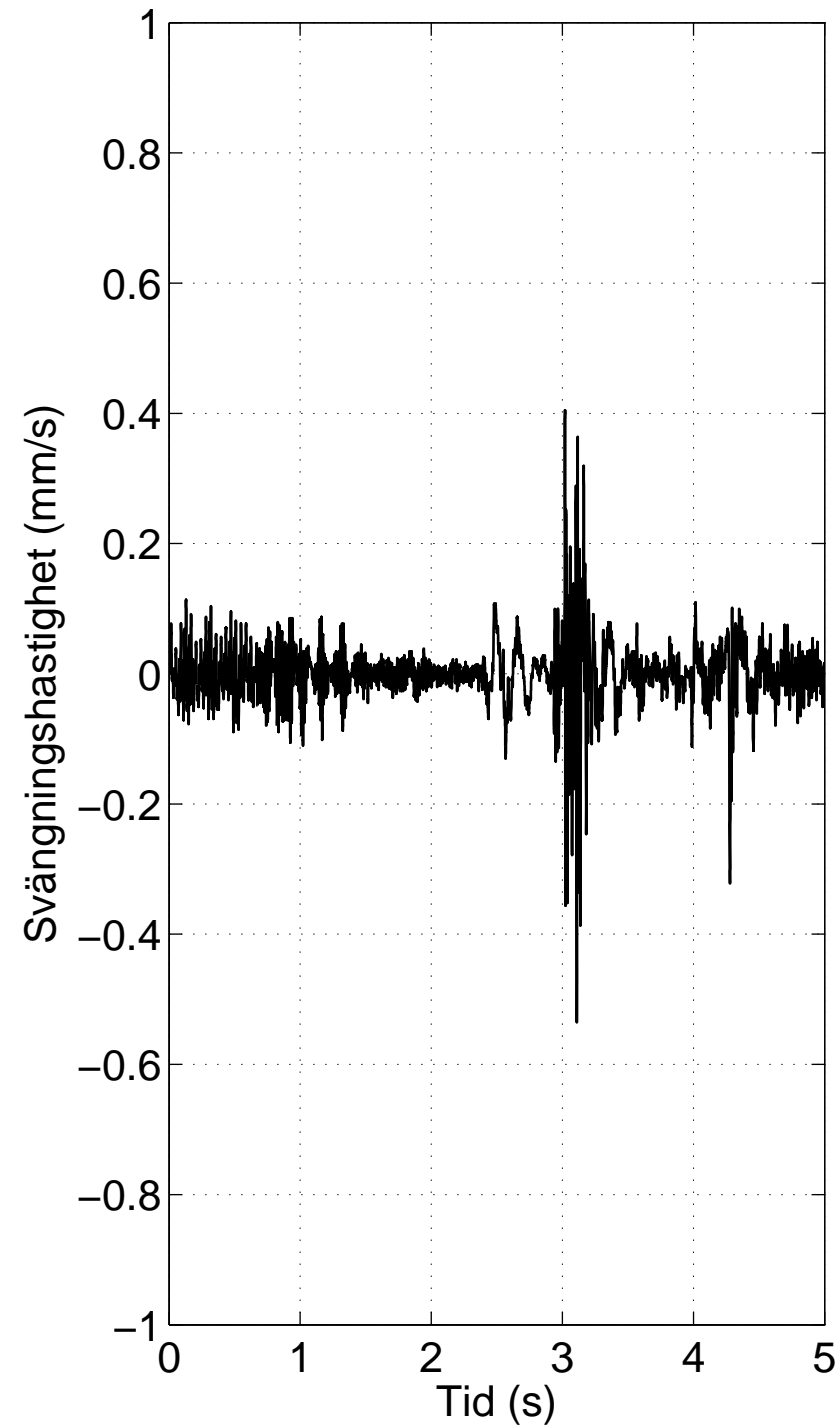
15s002, z=9 m, x=8 m



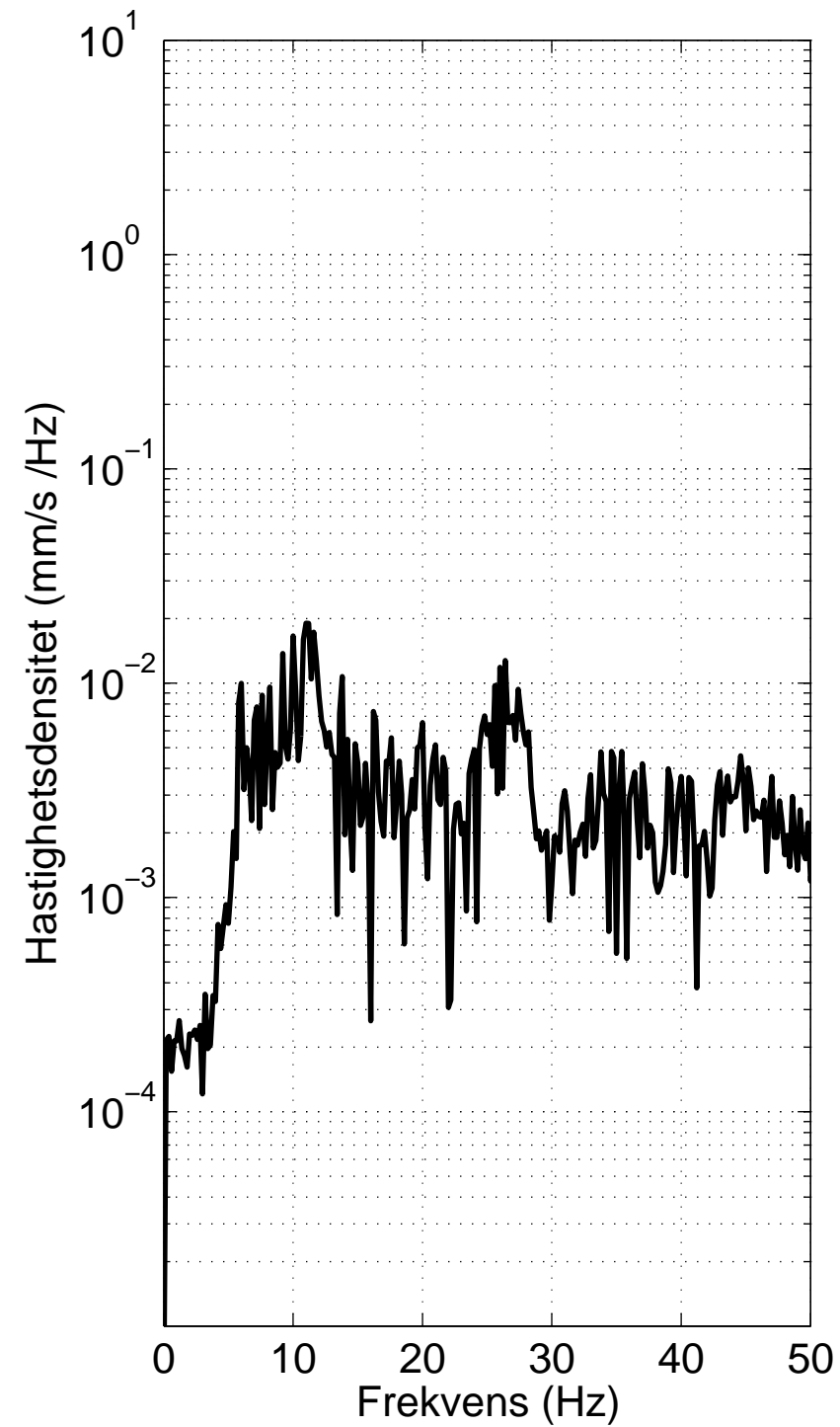
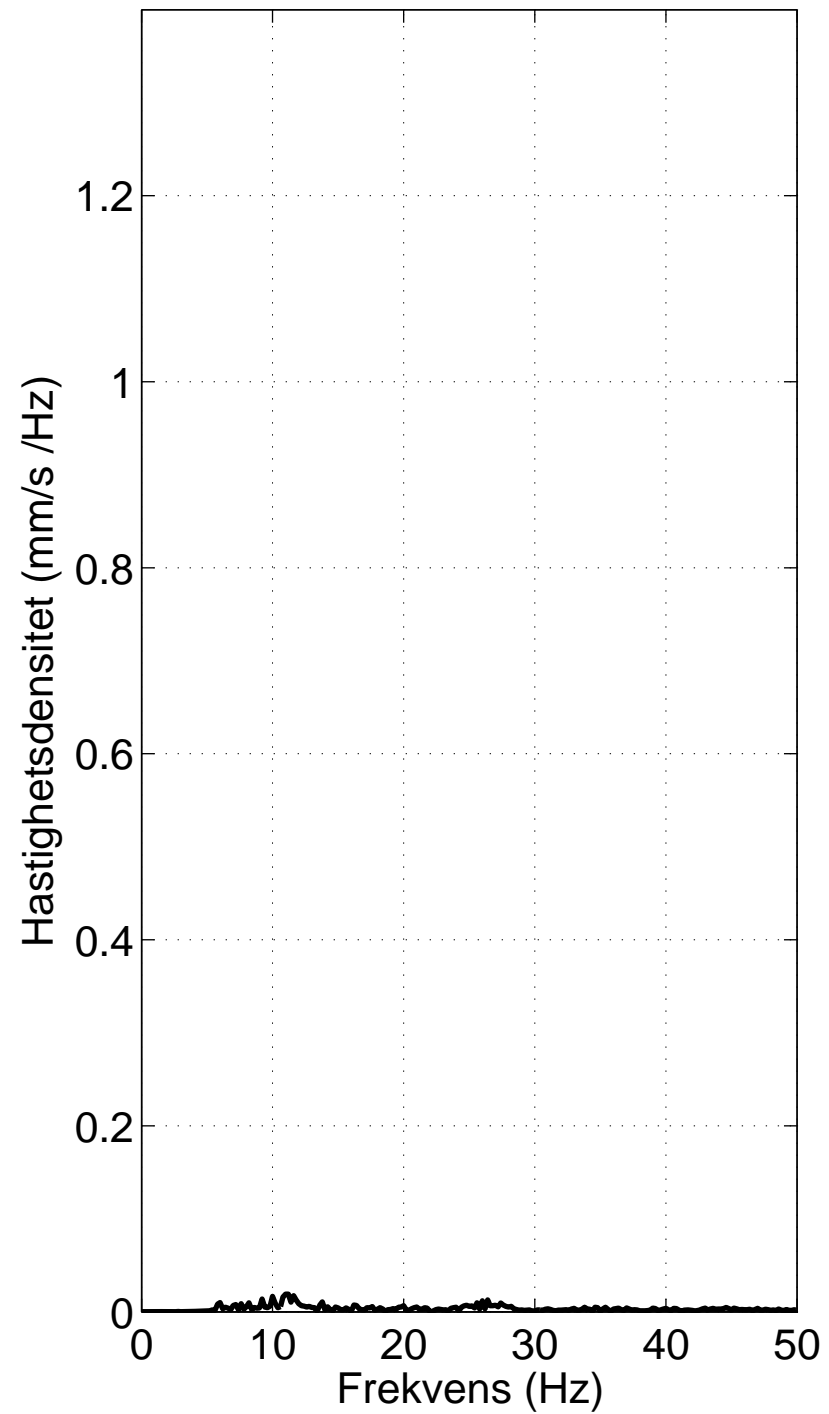
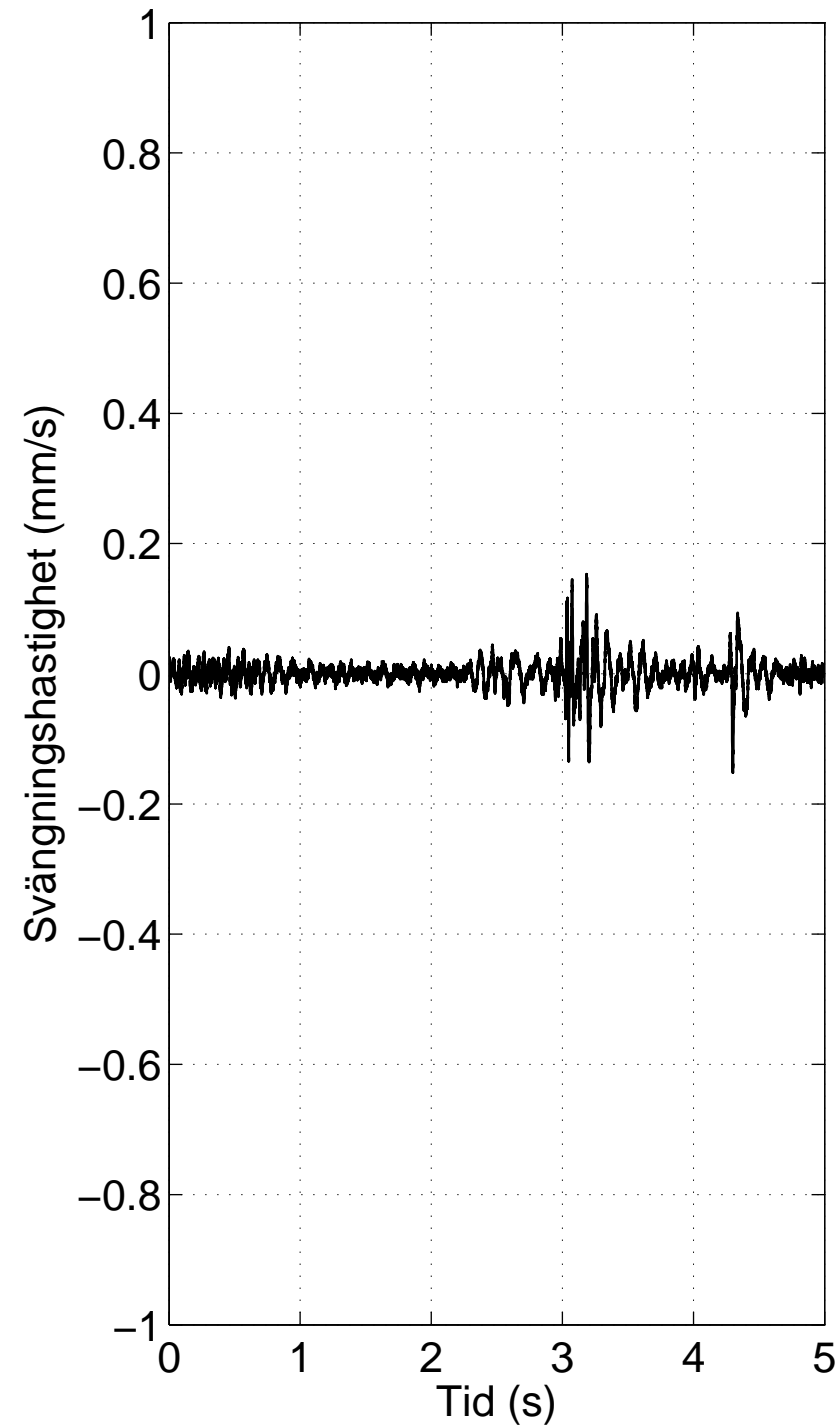
15s002, z=9 m, x=12 m



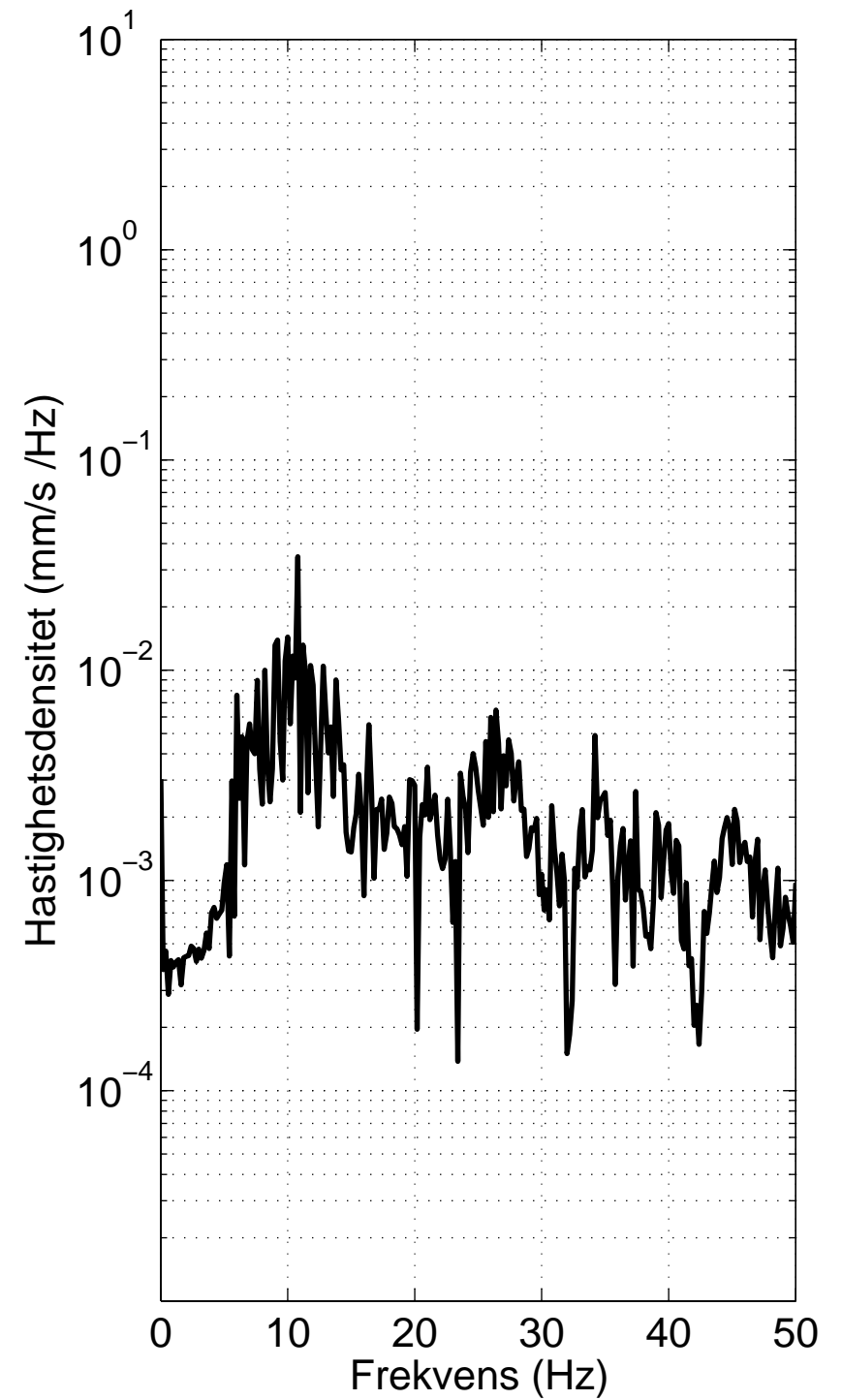
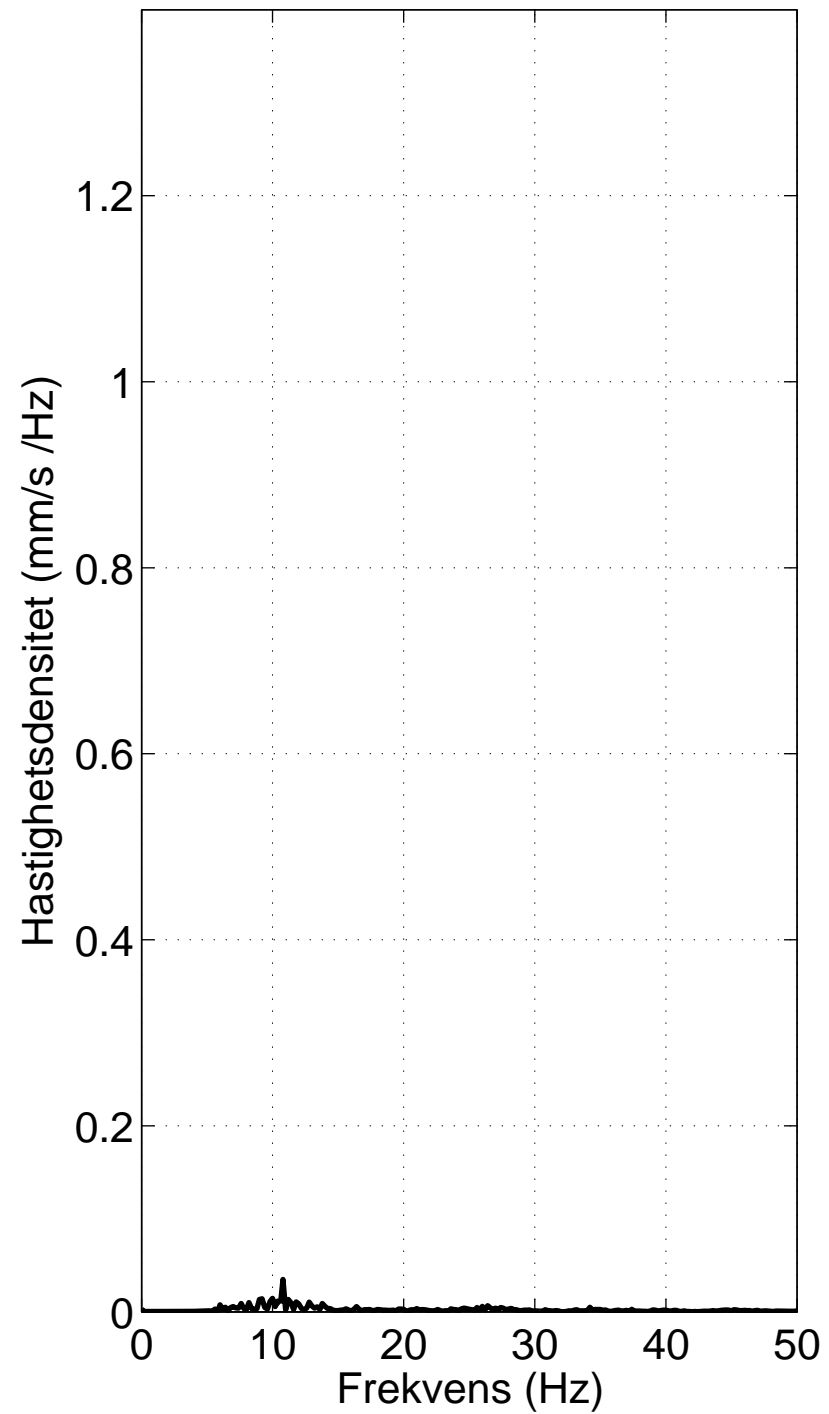
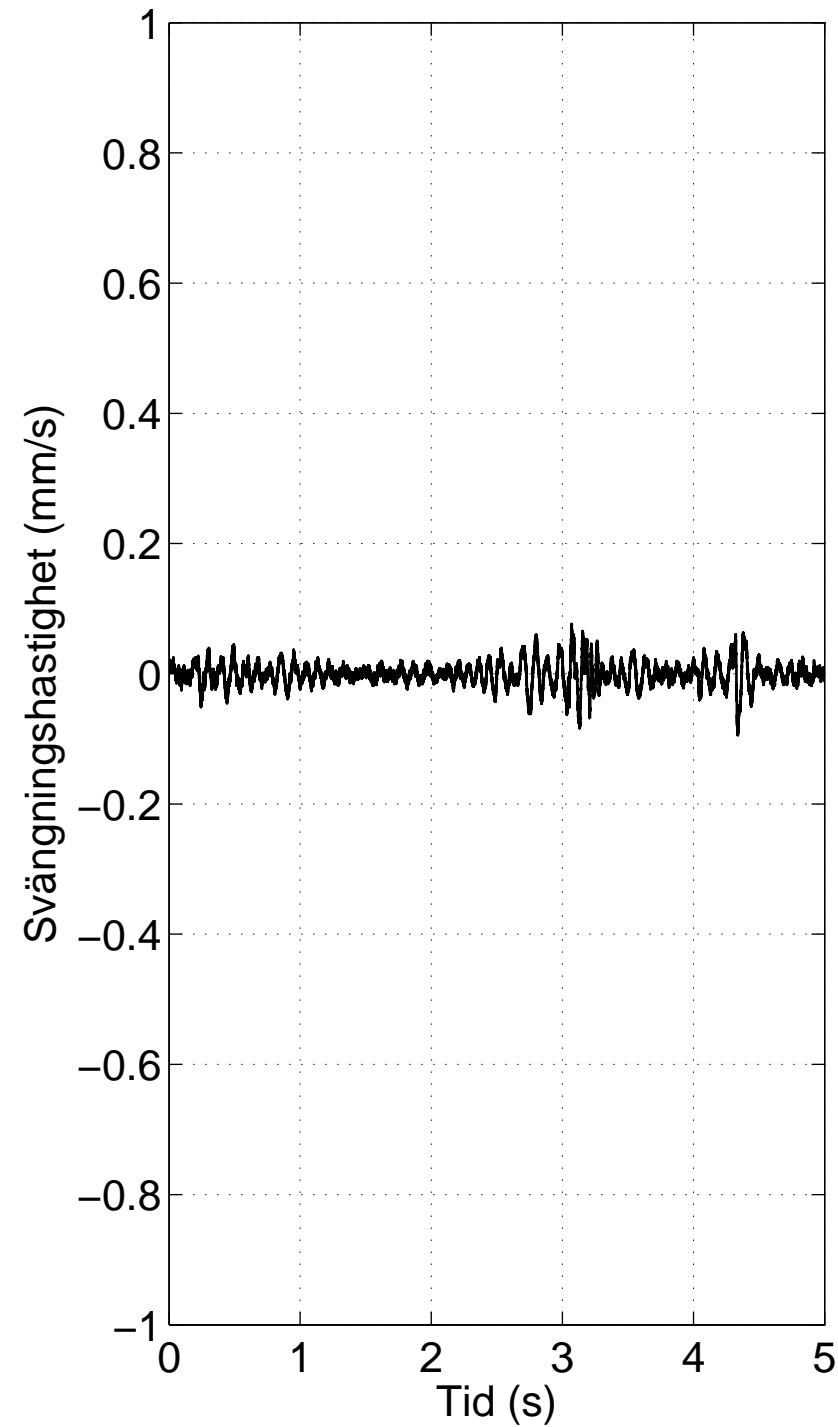
15s002, z=10.5 m, x=1 m



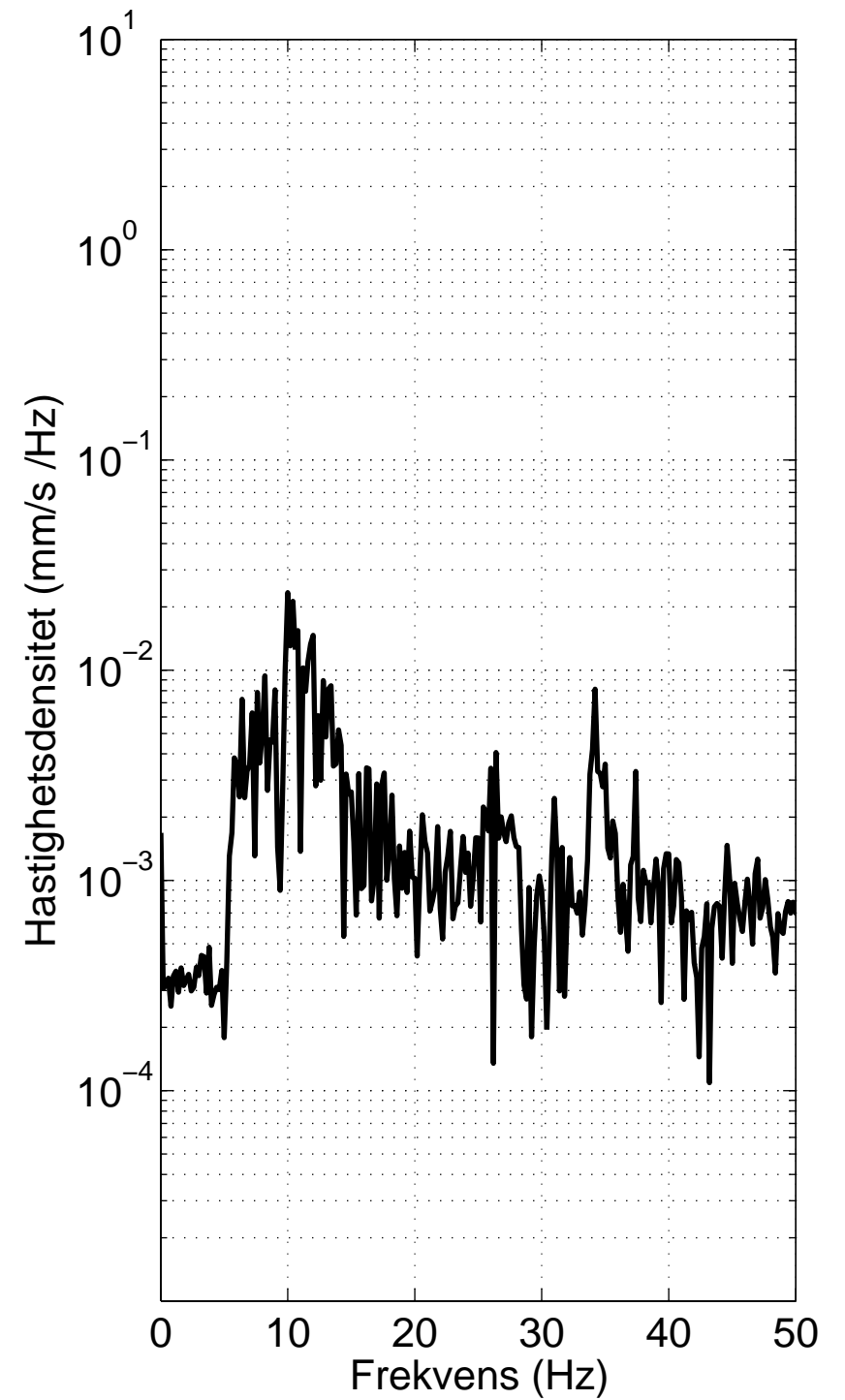
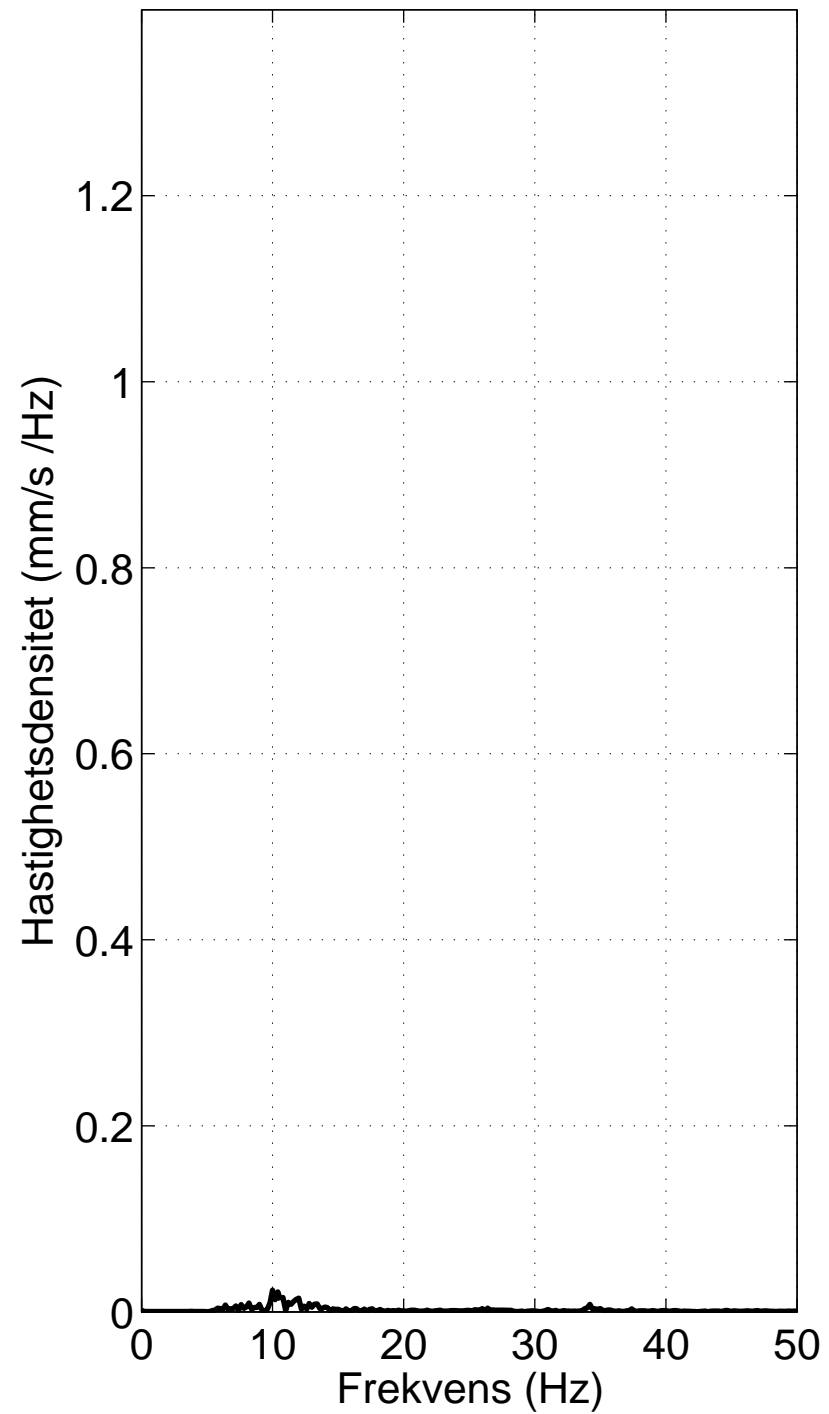
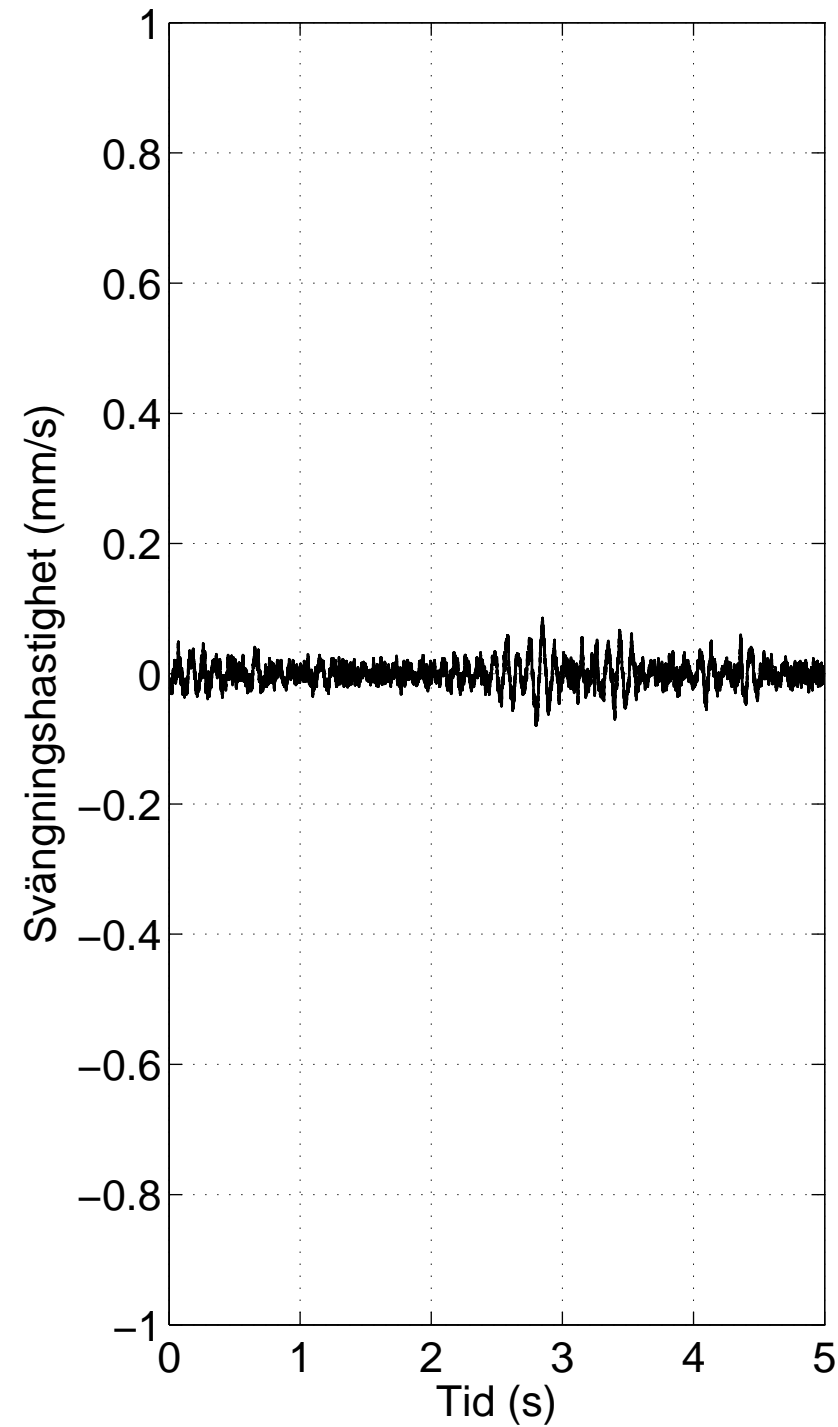
15s002, z=10.5 m, x=4 m



15s002, z=10.5 m, x=8 m

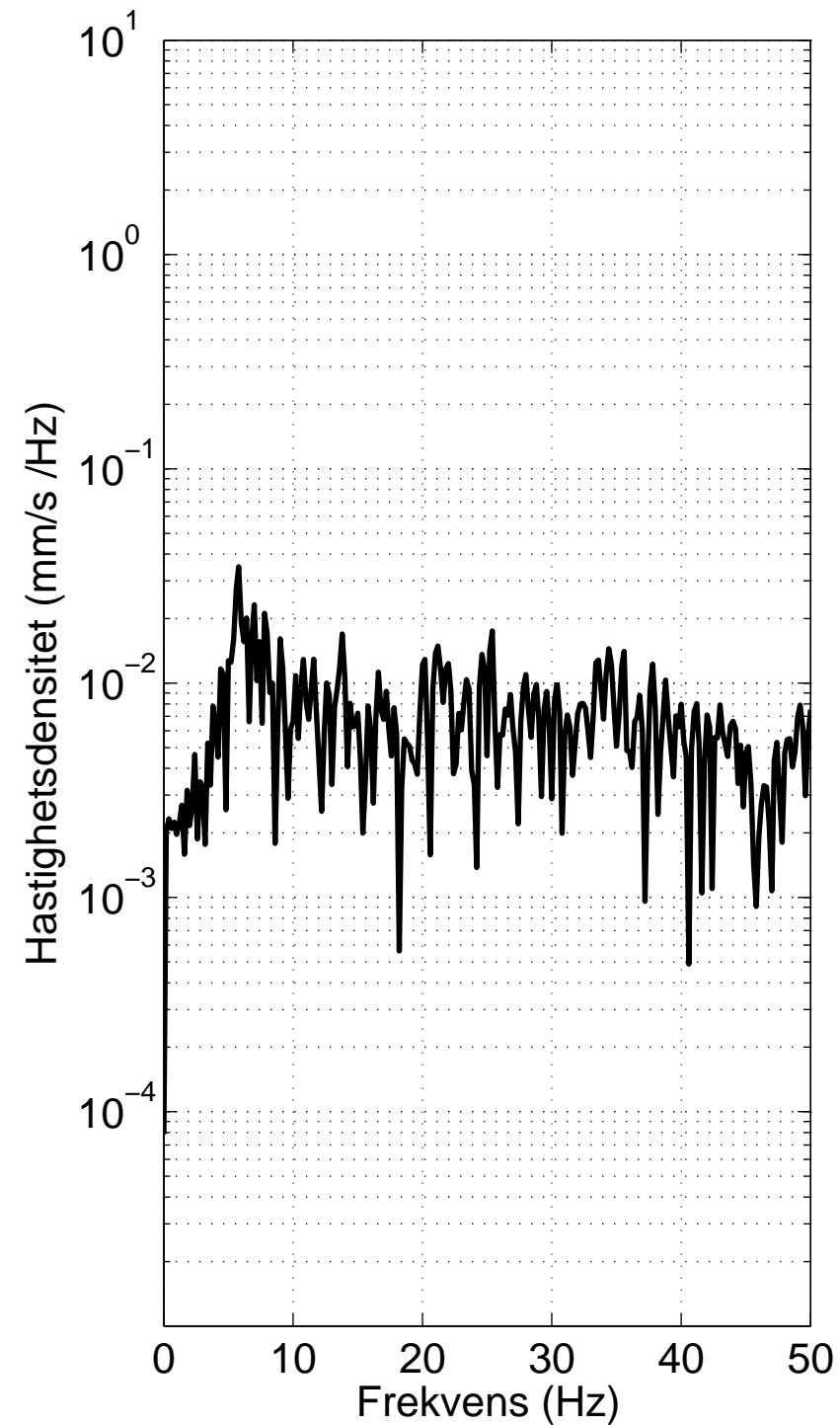
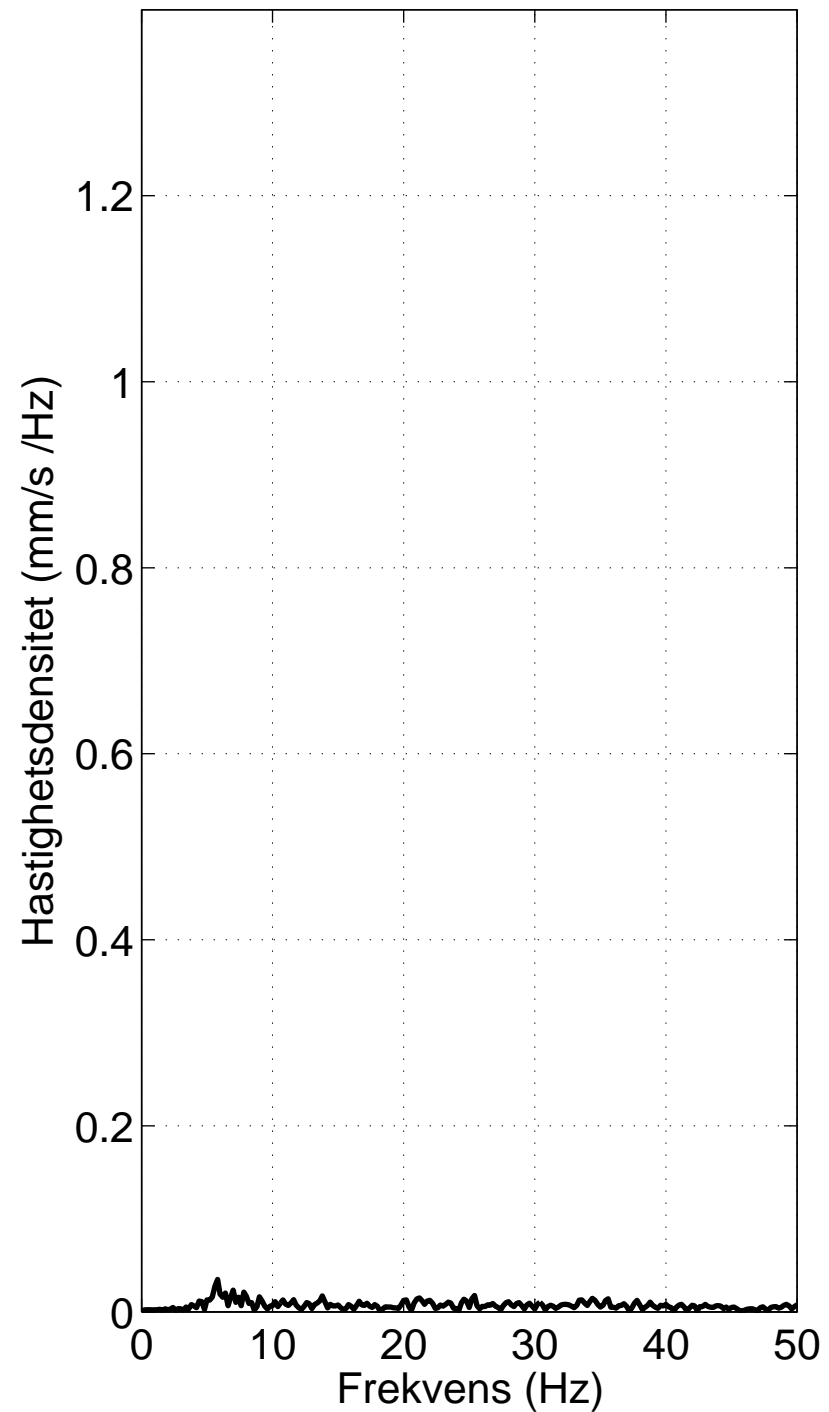
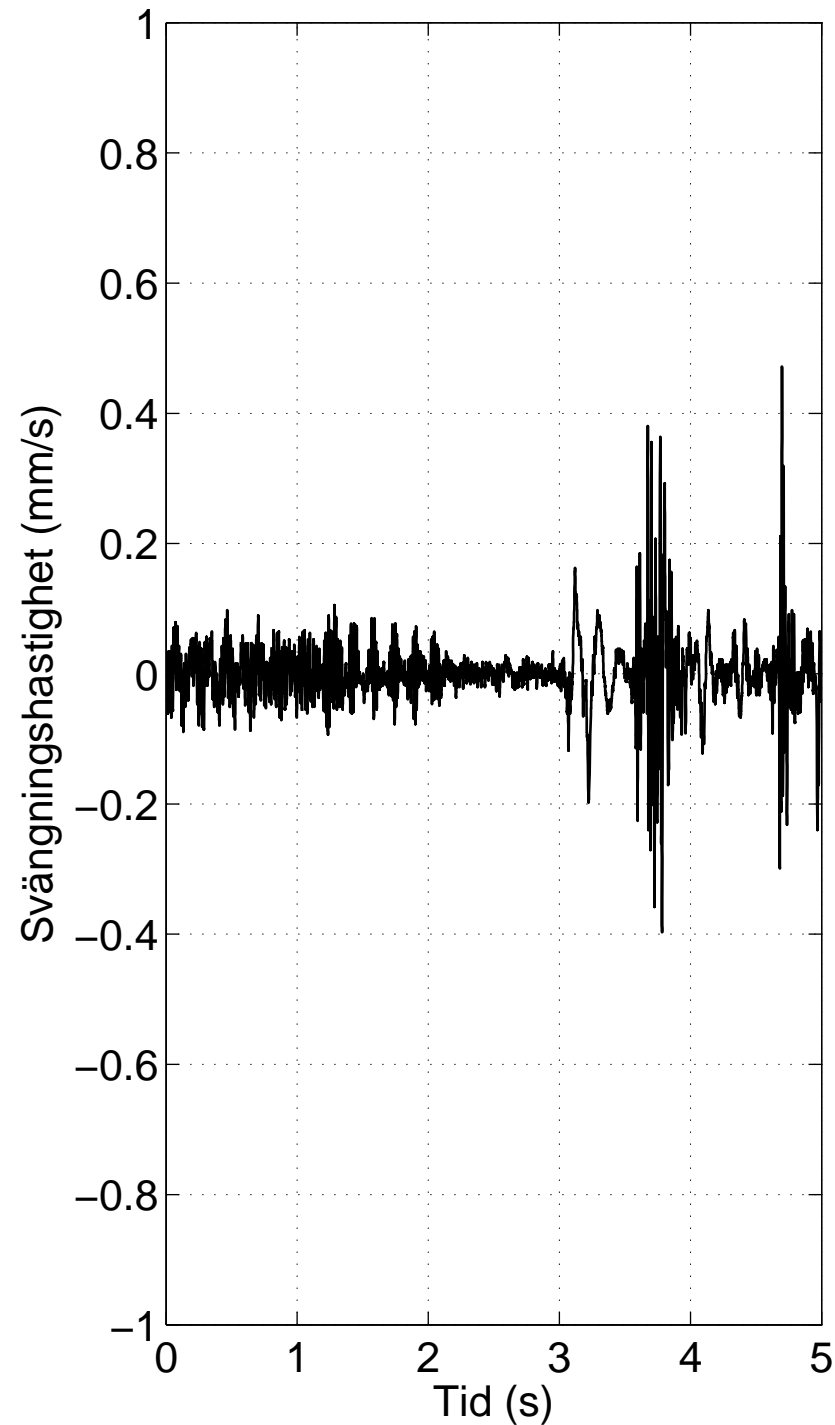


15s002, z=10.5 m, x=12 m

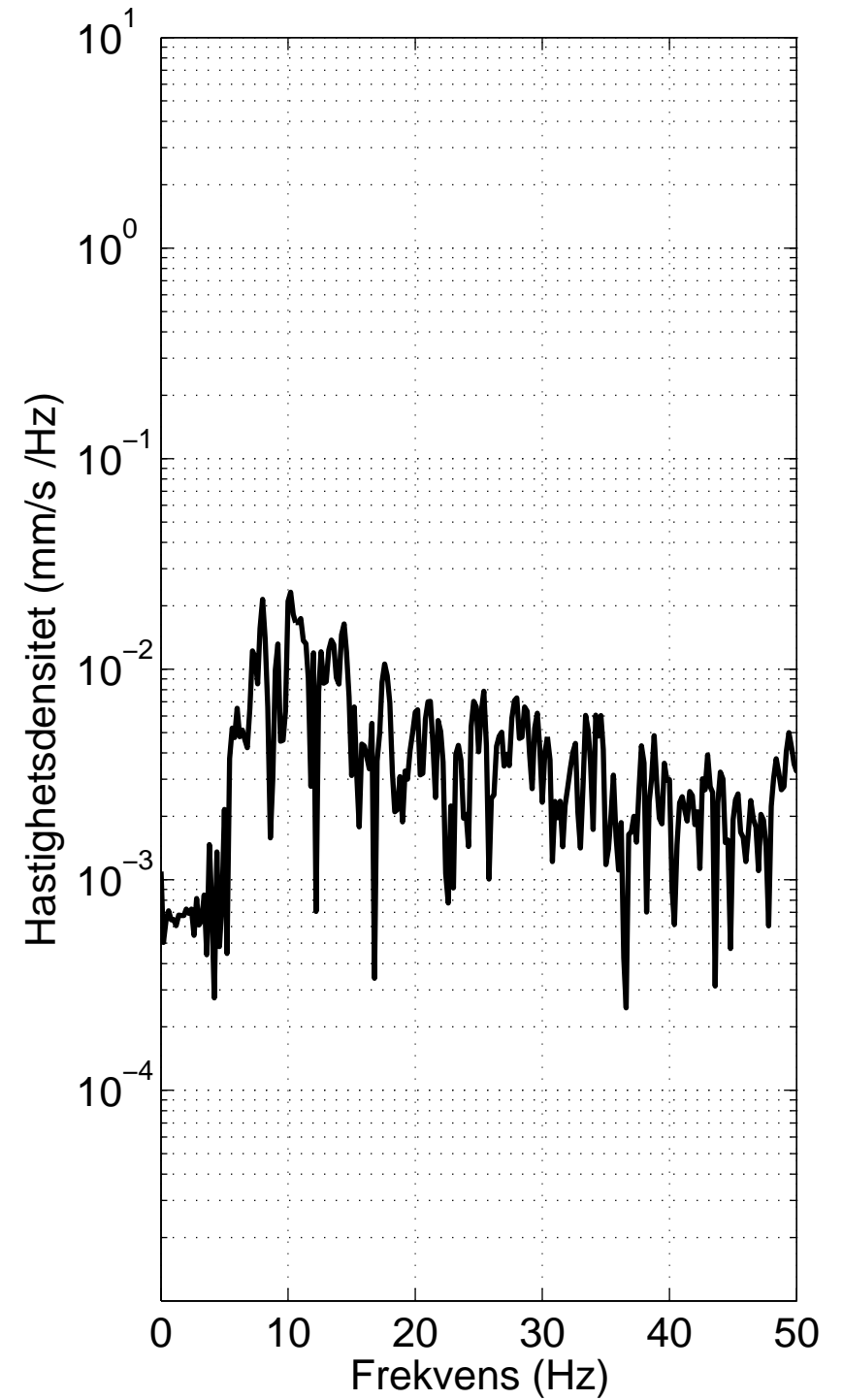
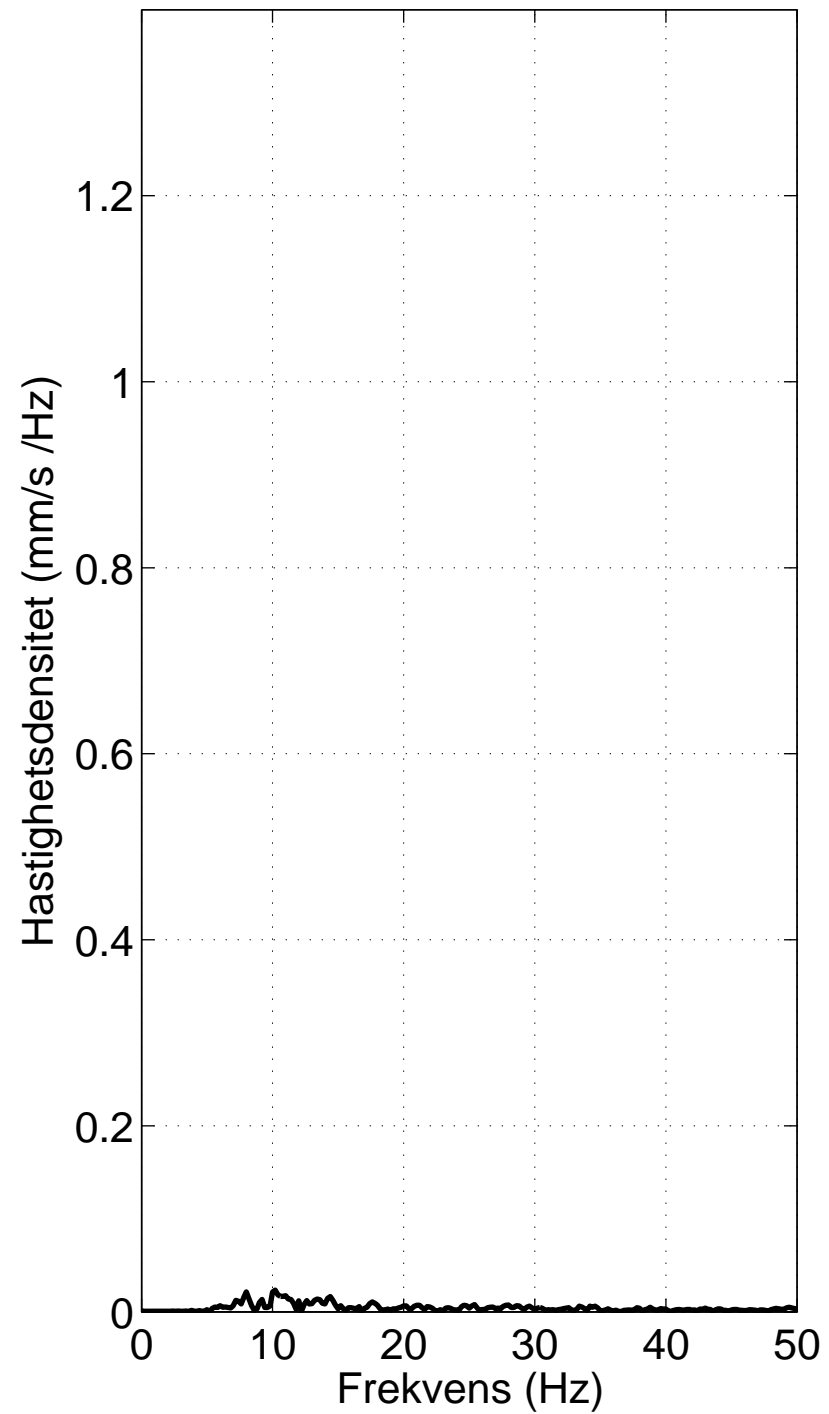
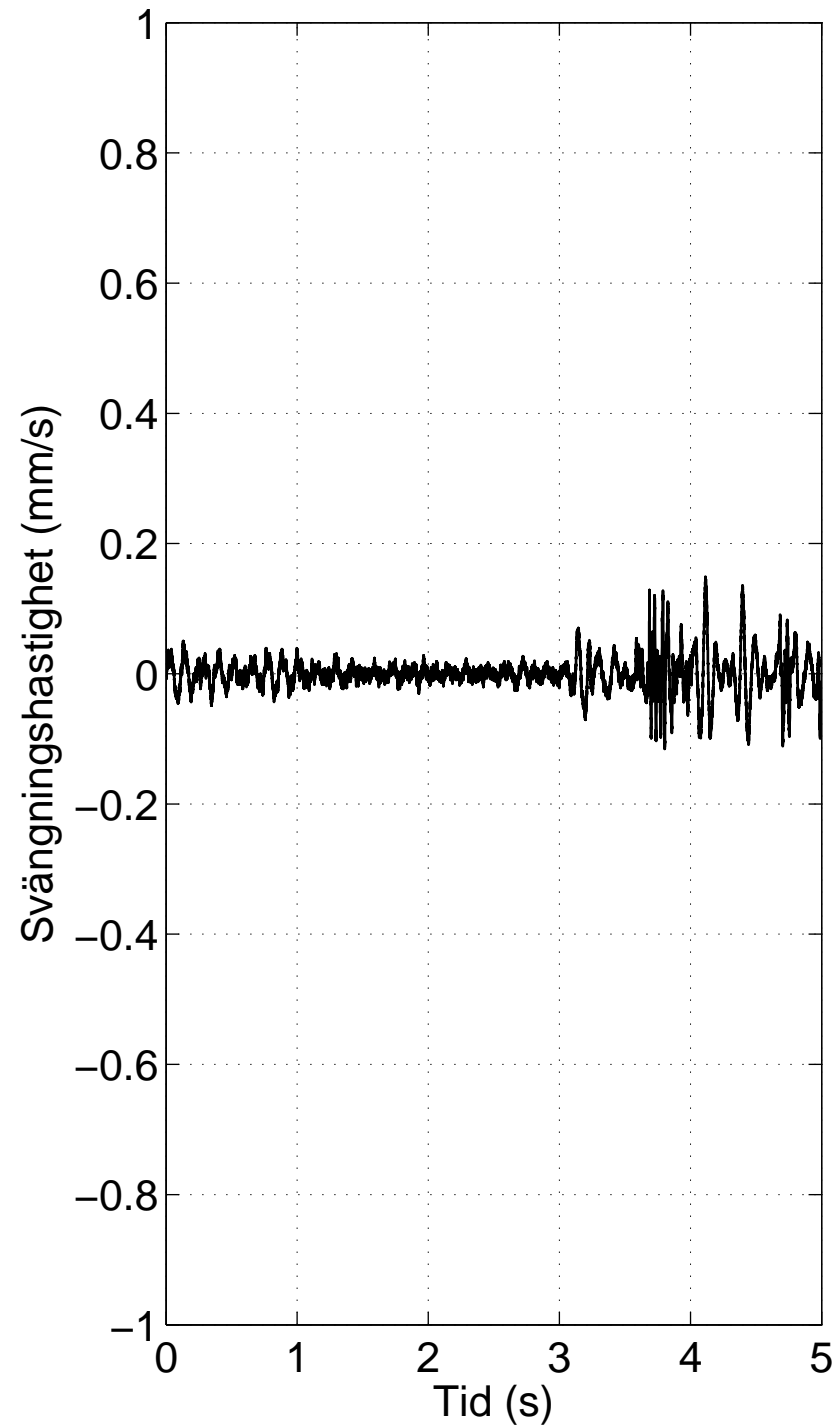




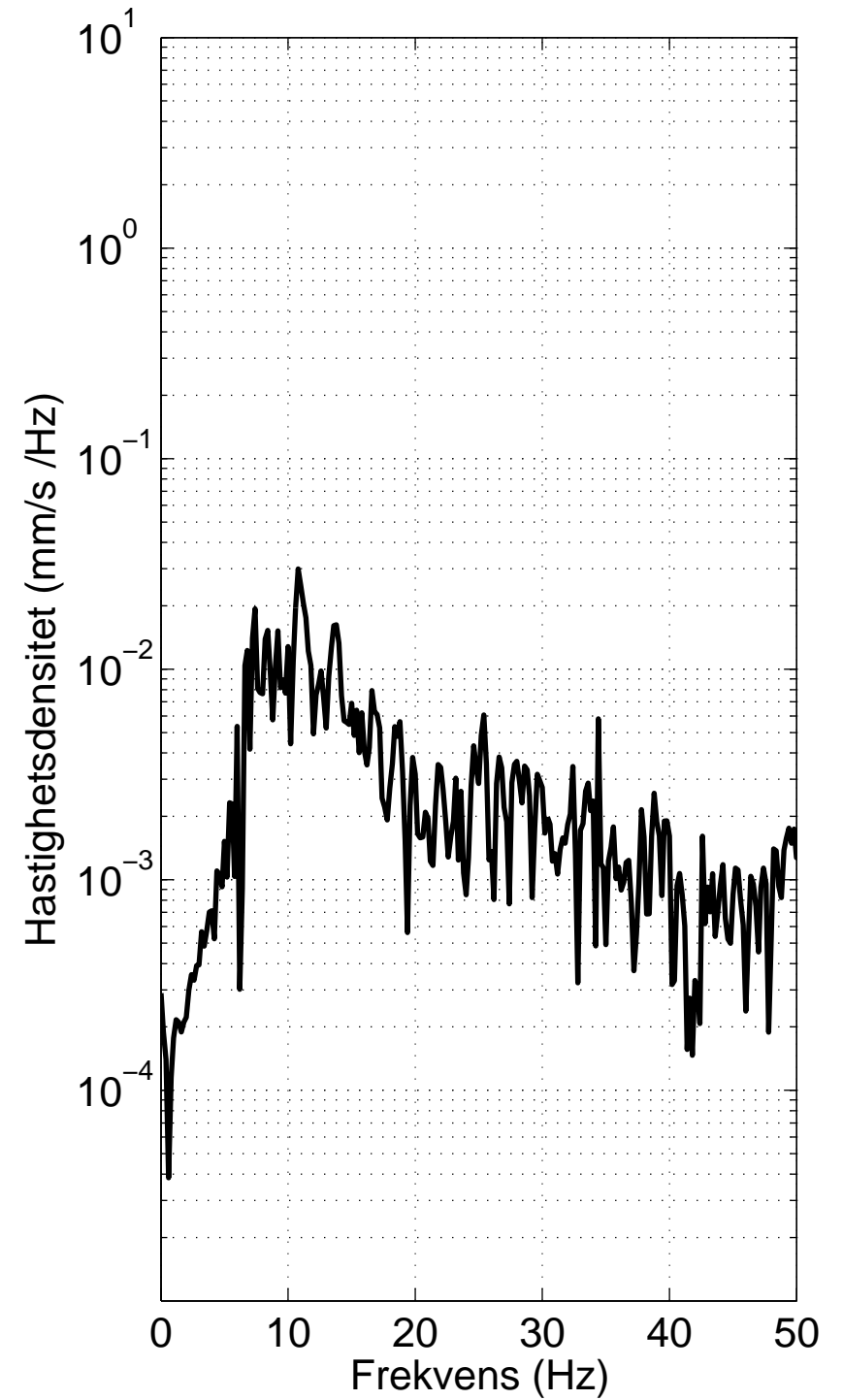
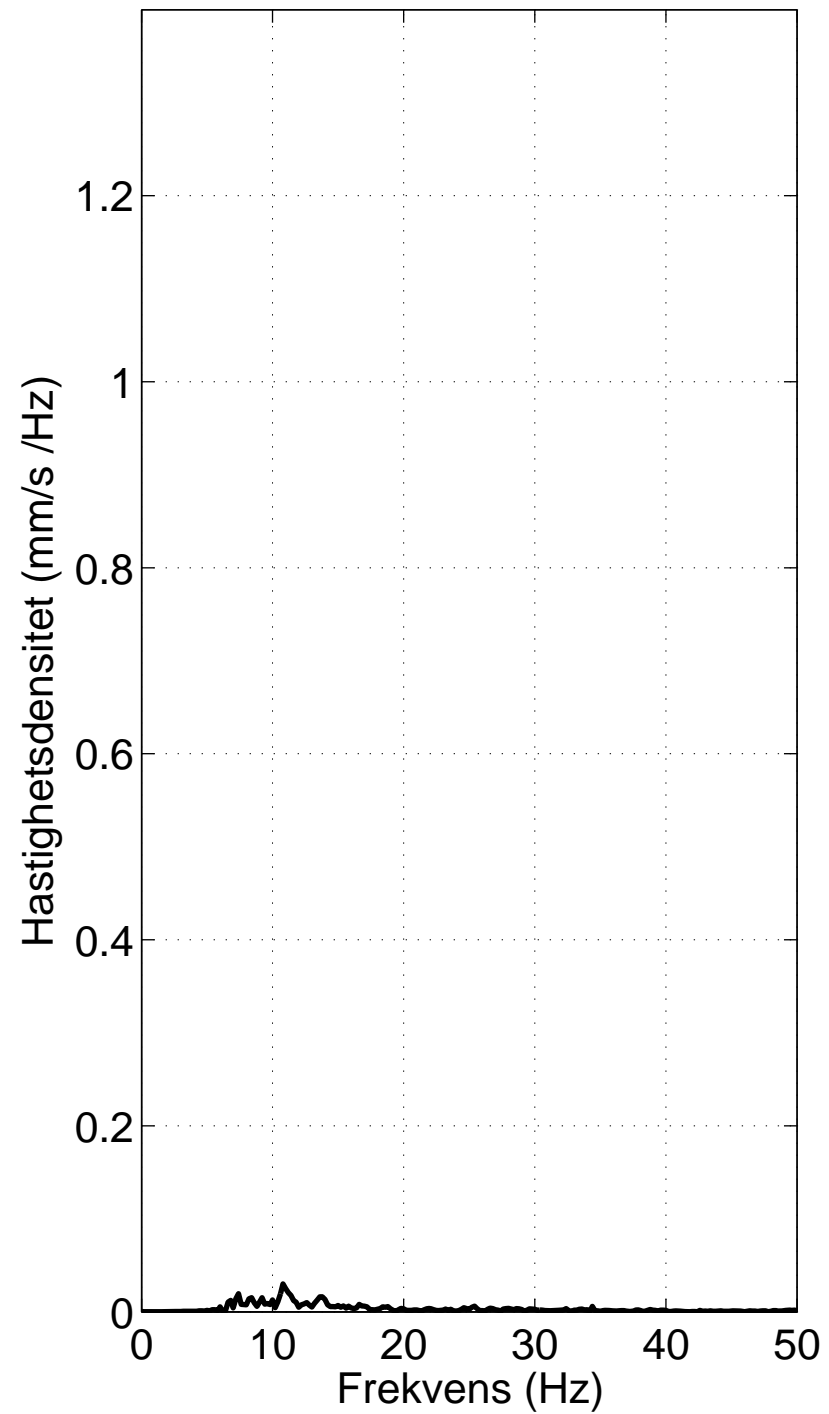
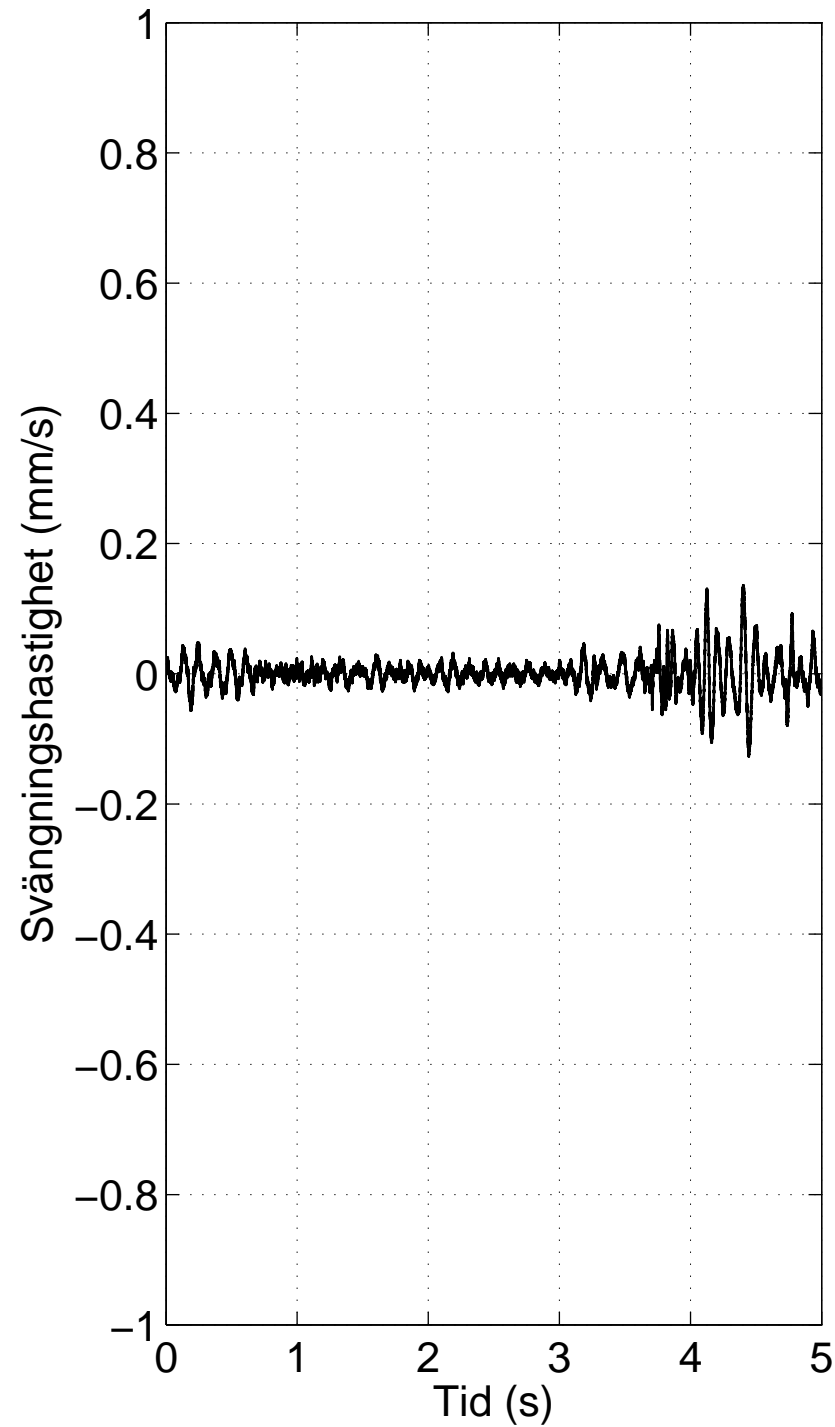
15s002, z=12.5 m, x=1 m



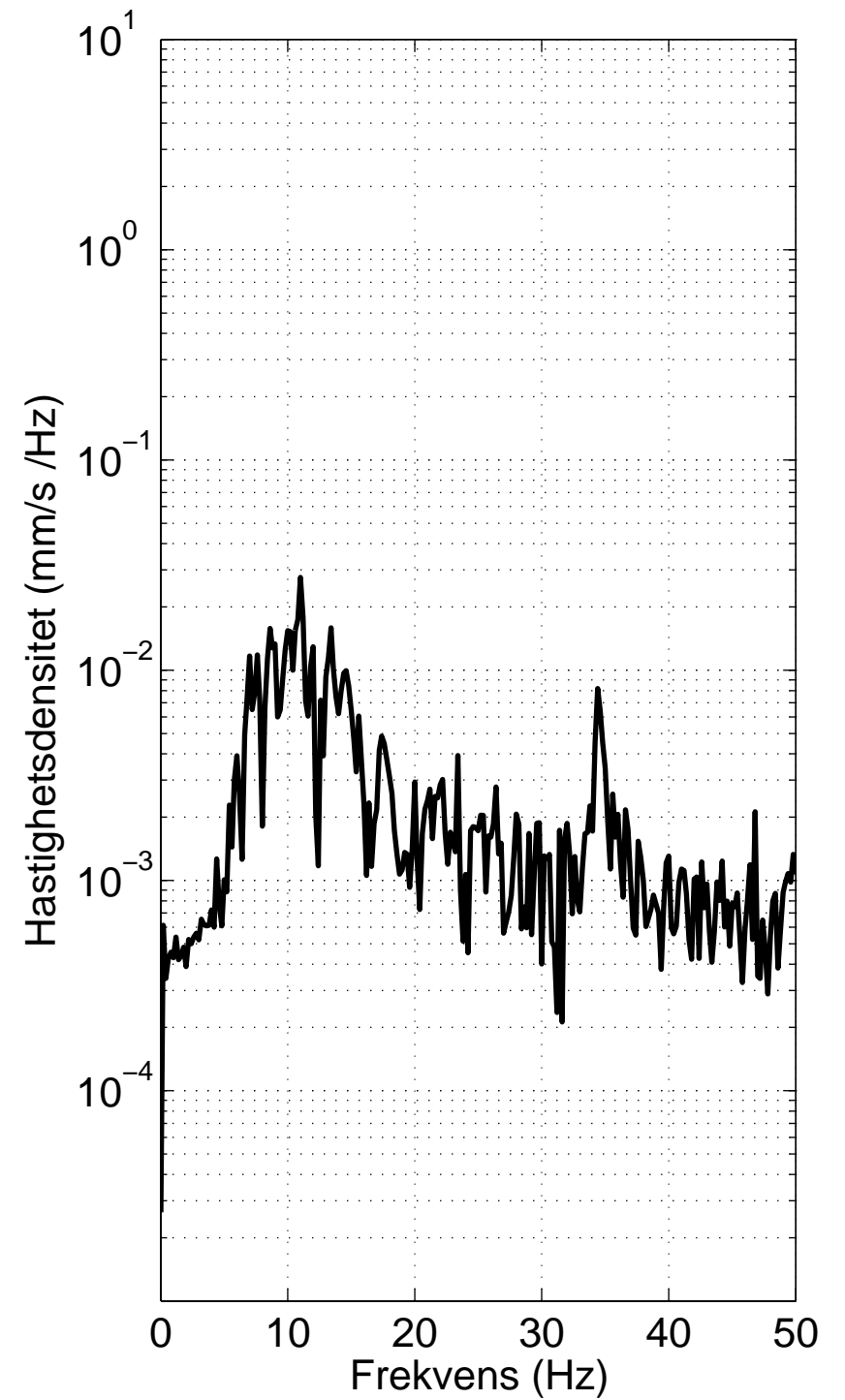
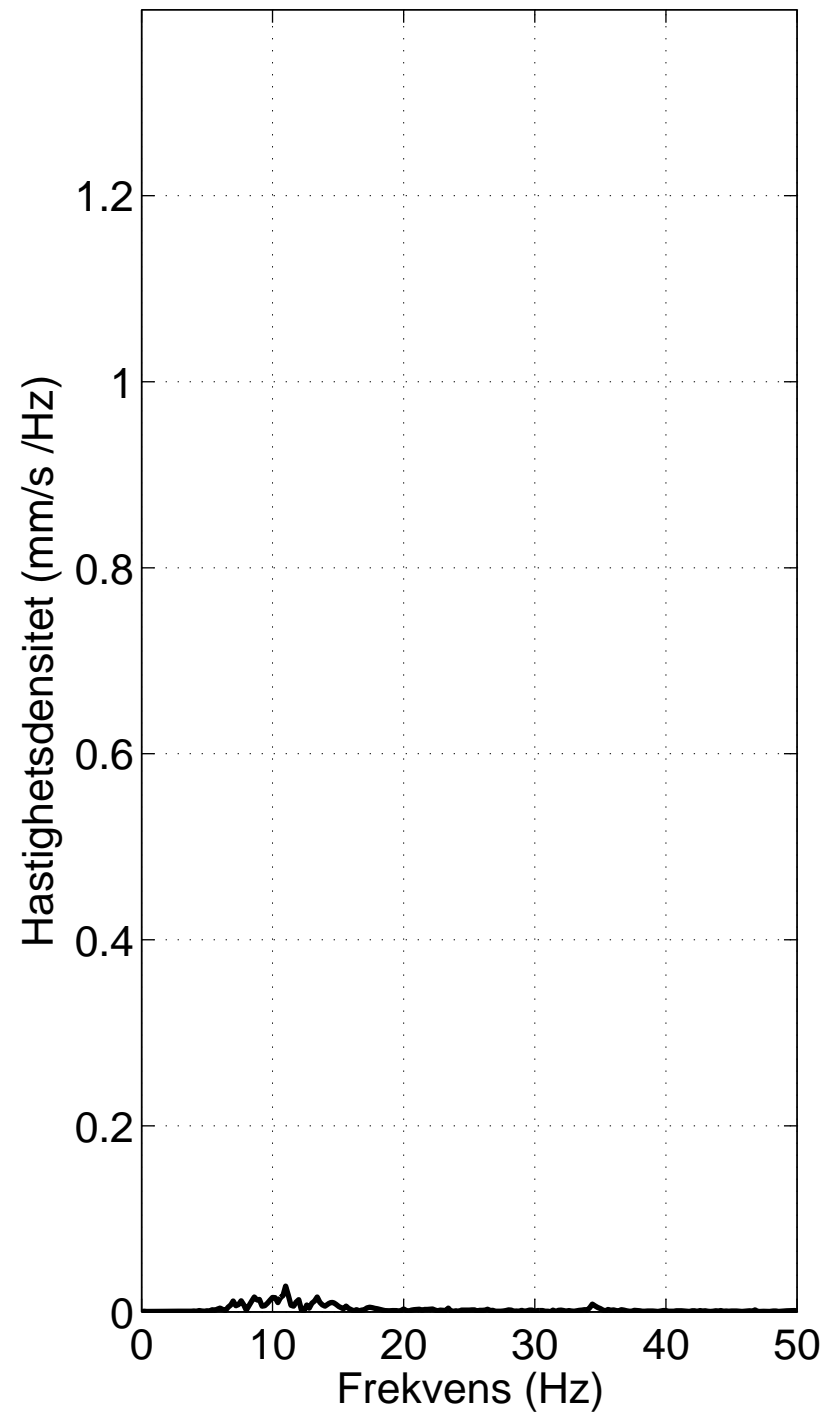
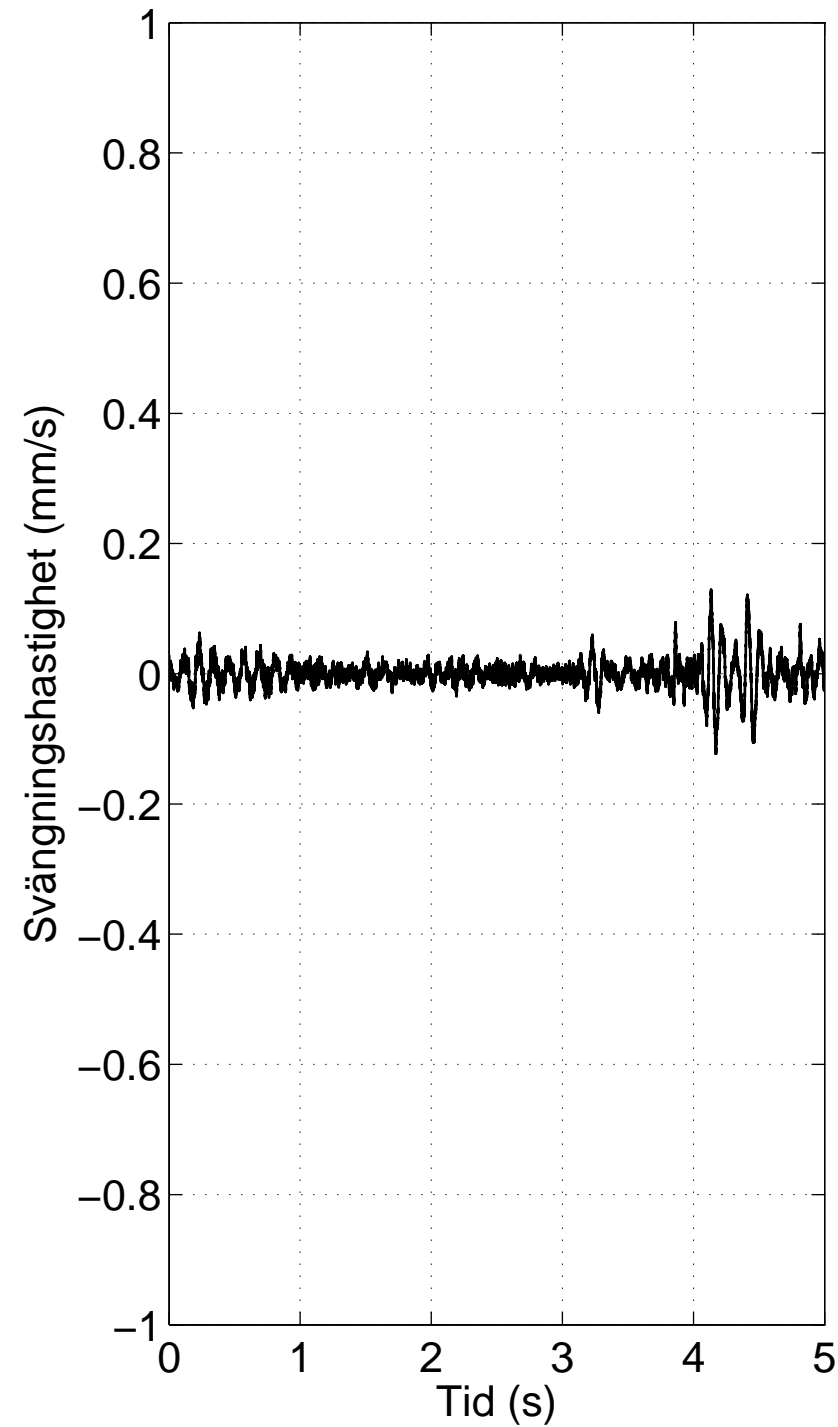
15s002, z=12.5 m, x=4 m



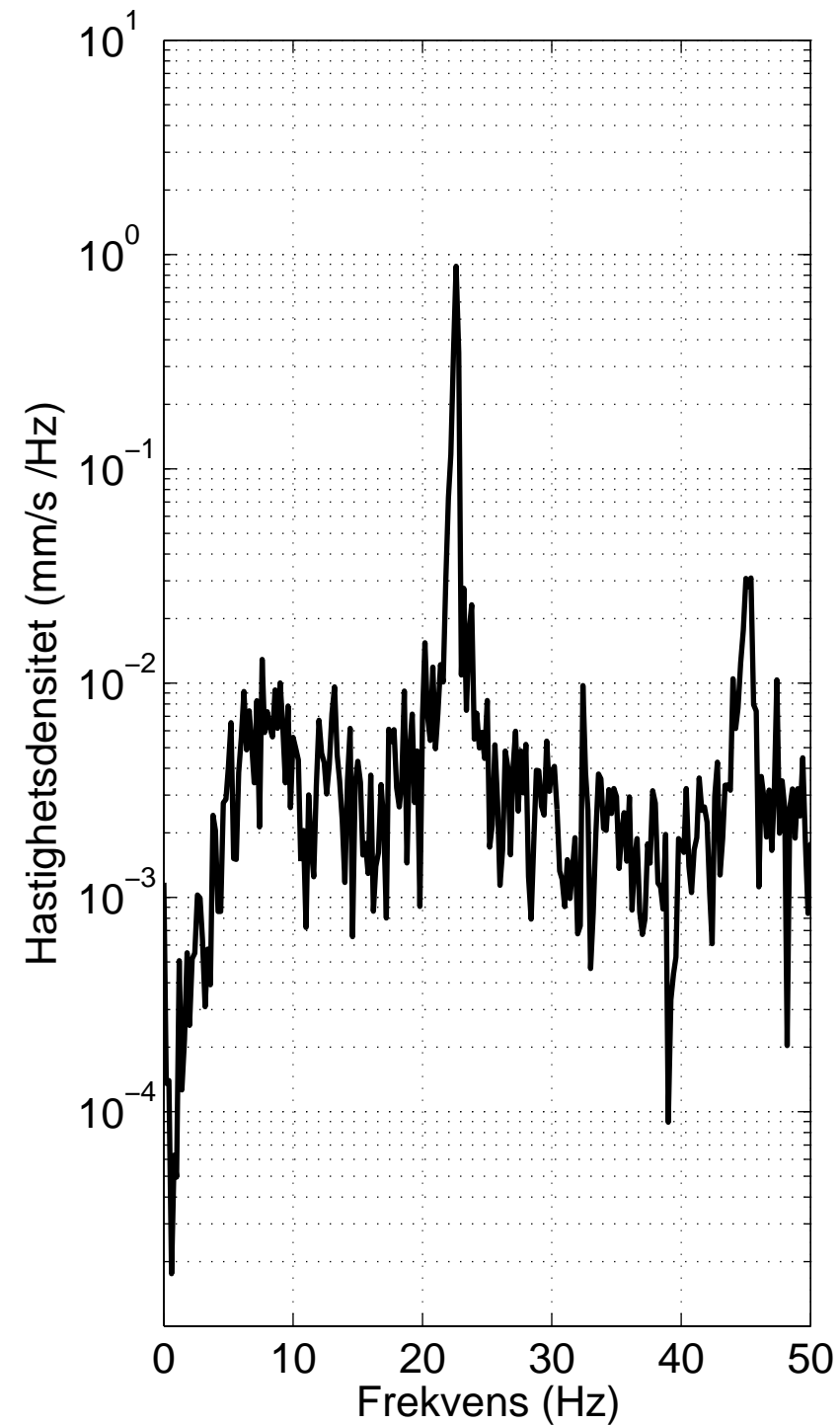
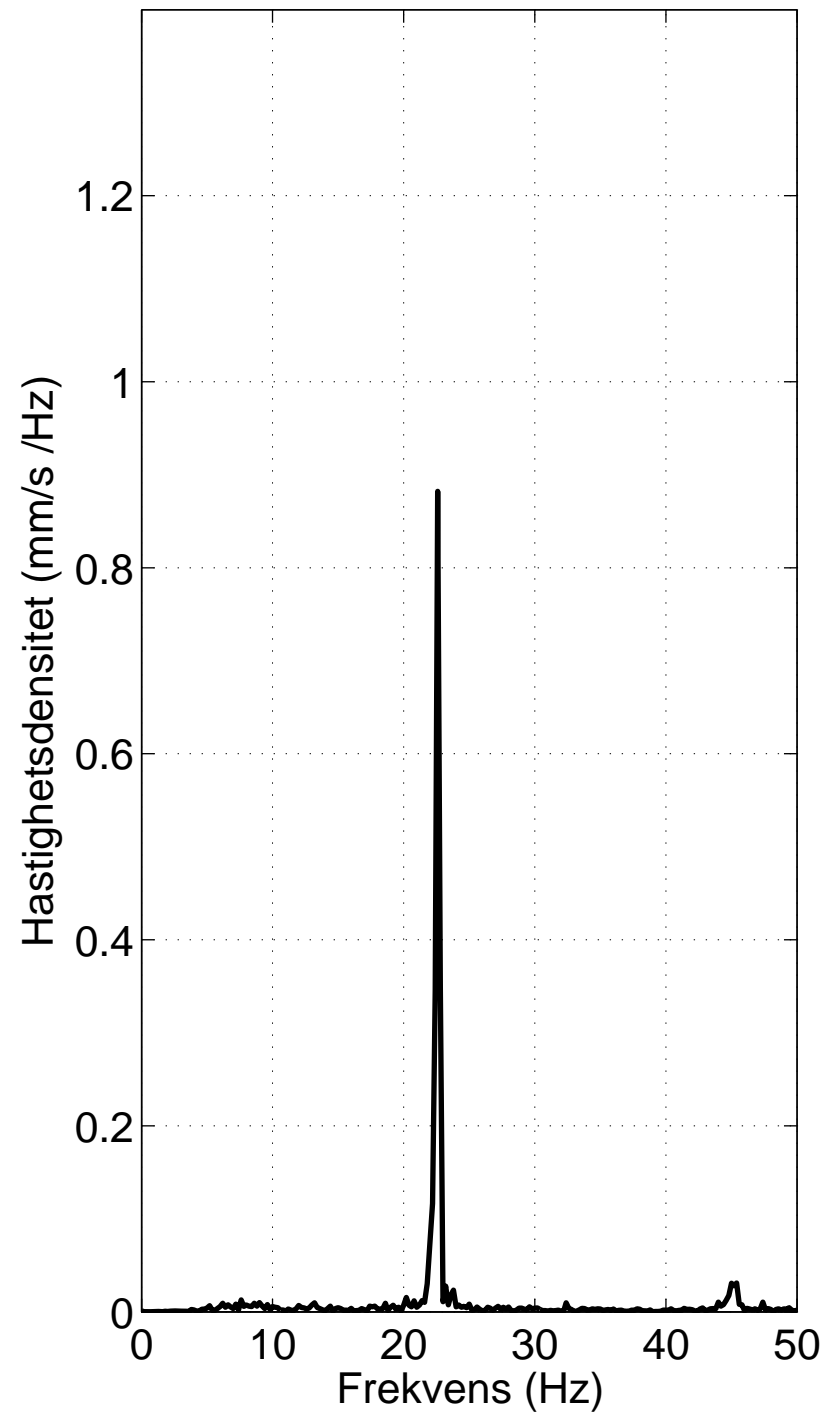
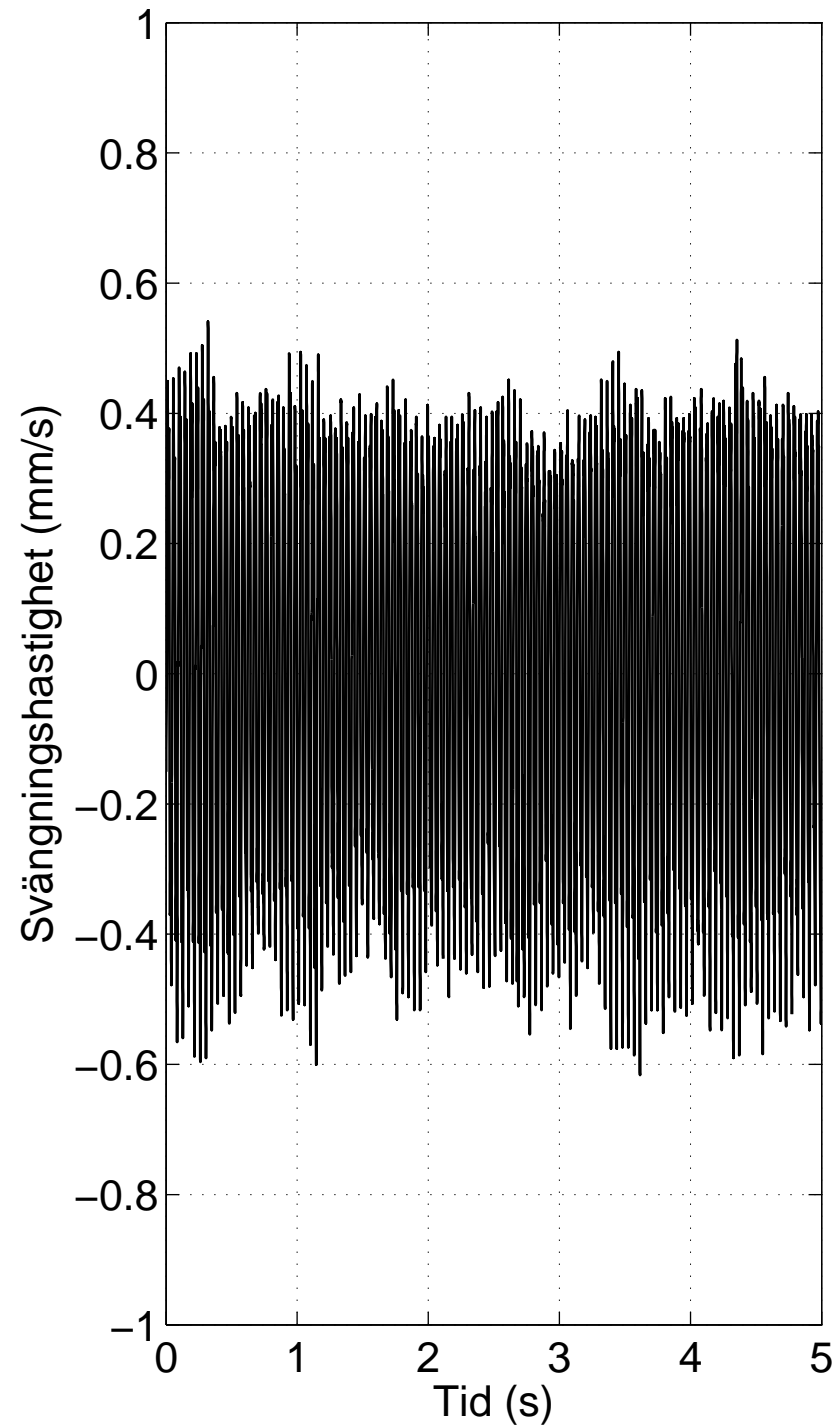
15s002, z=12.5 m, x=8 m



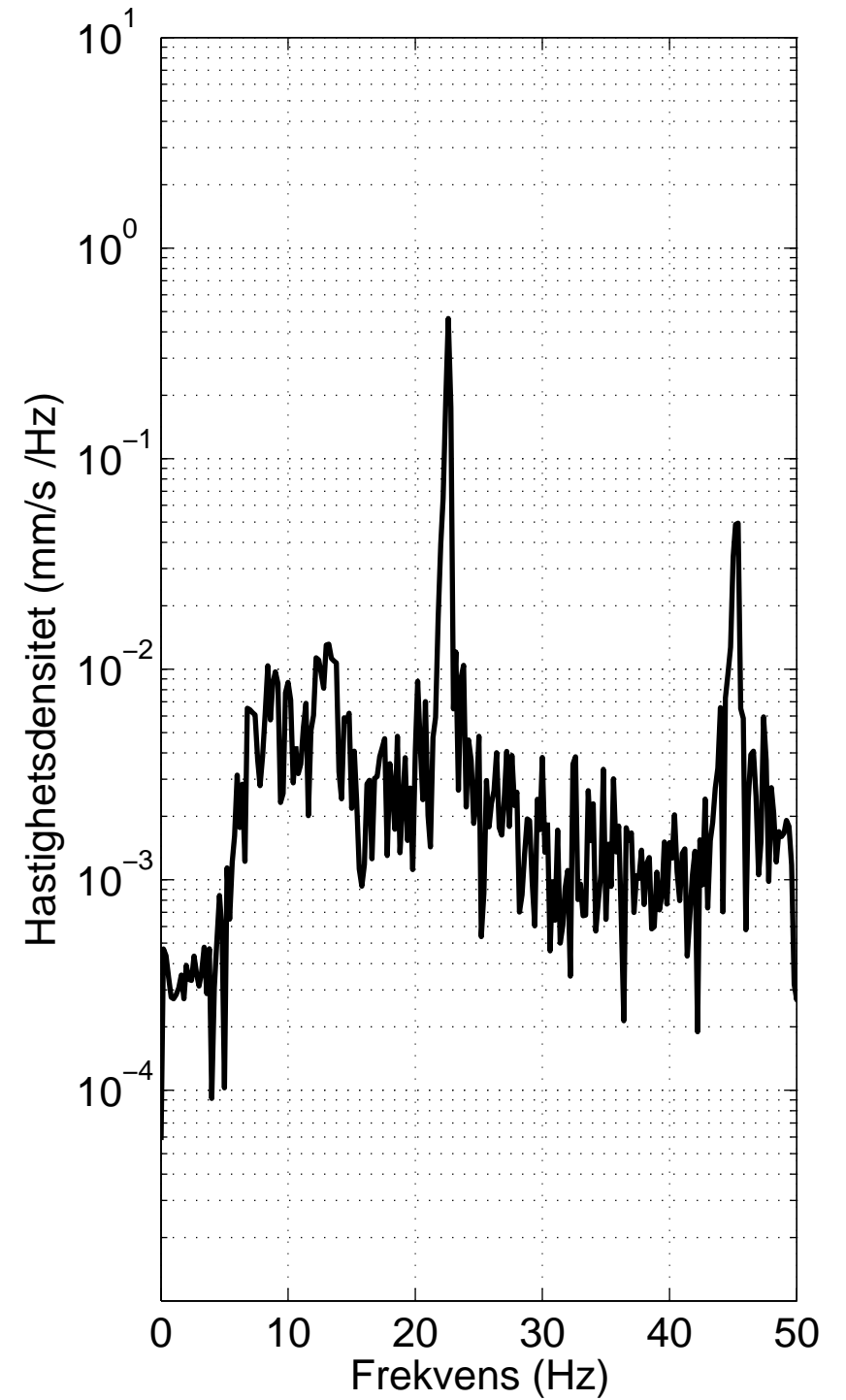
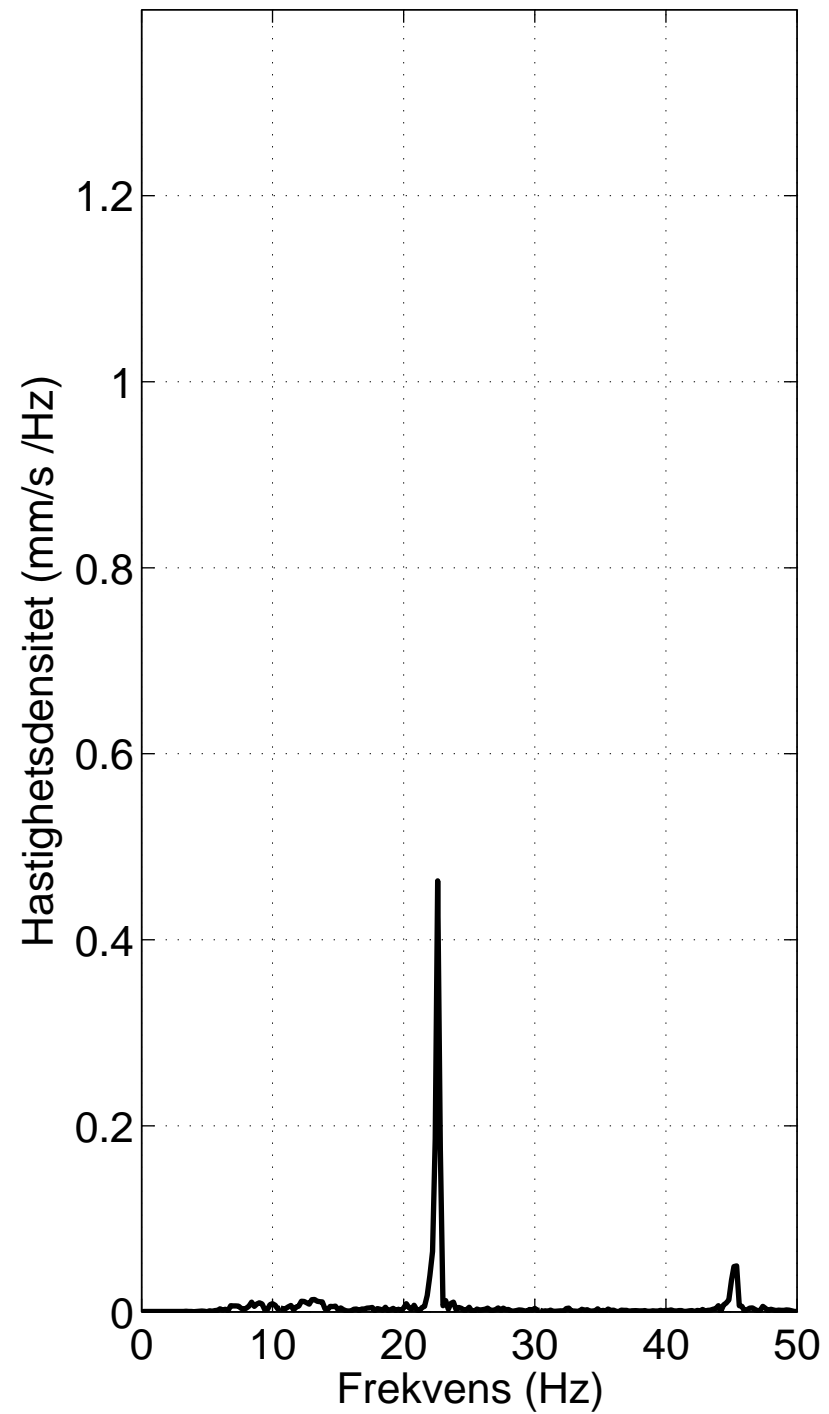
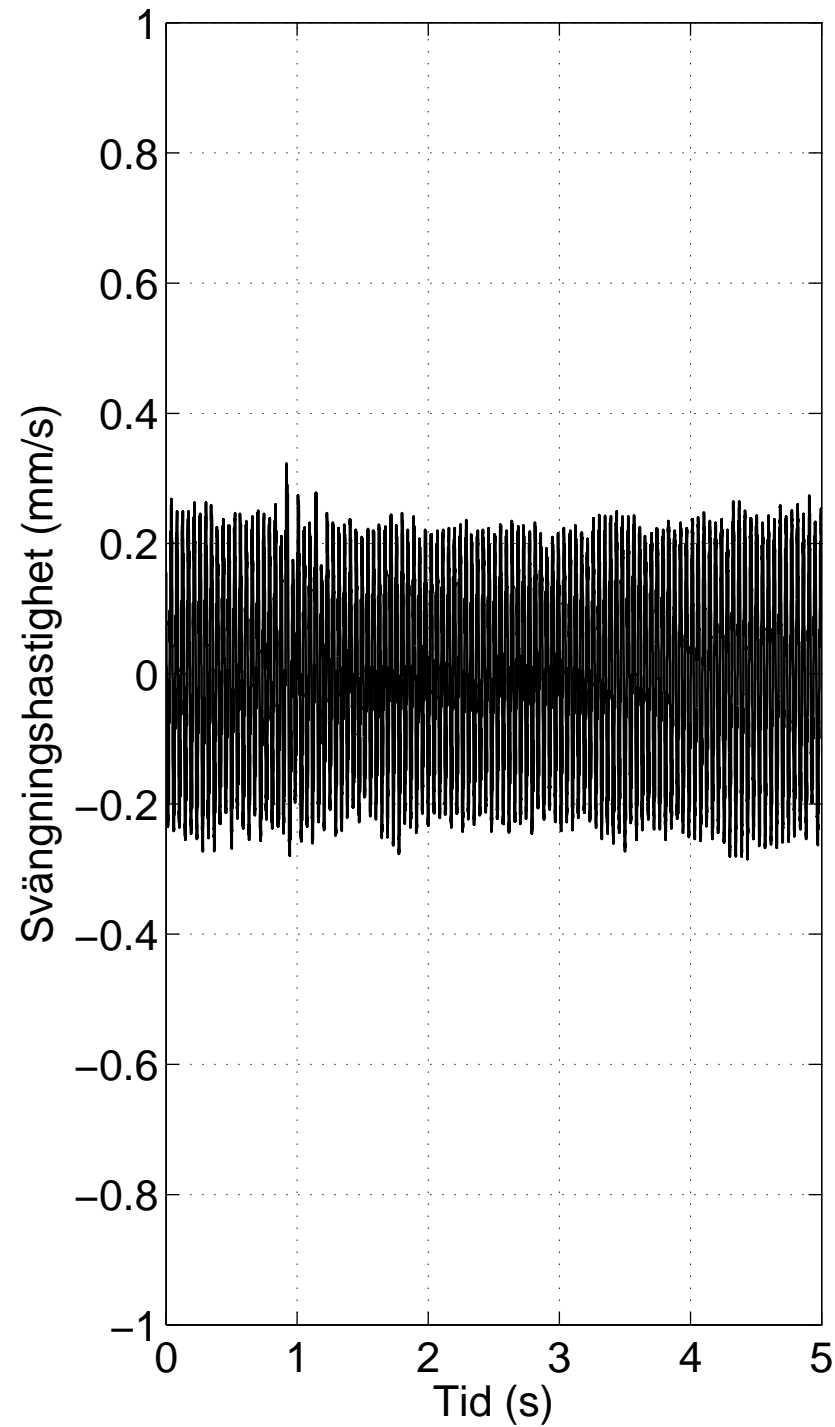
15s002, z=12.5 m, x=12 m



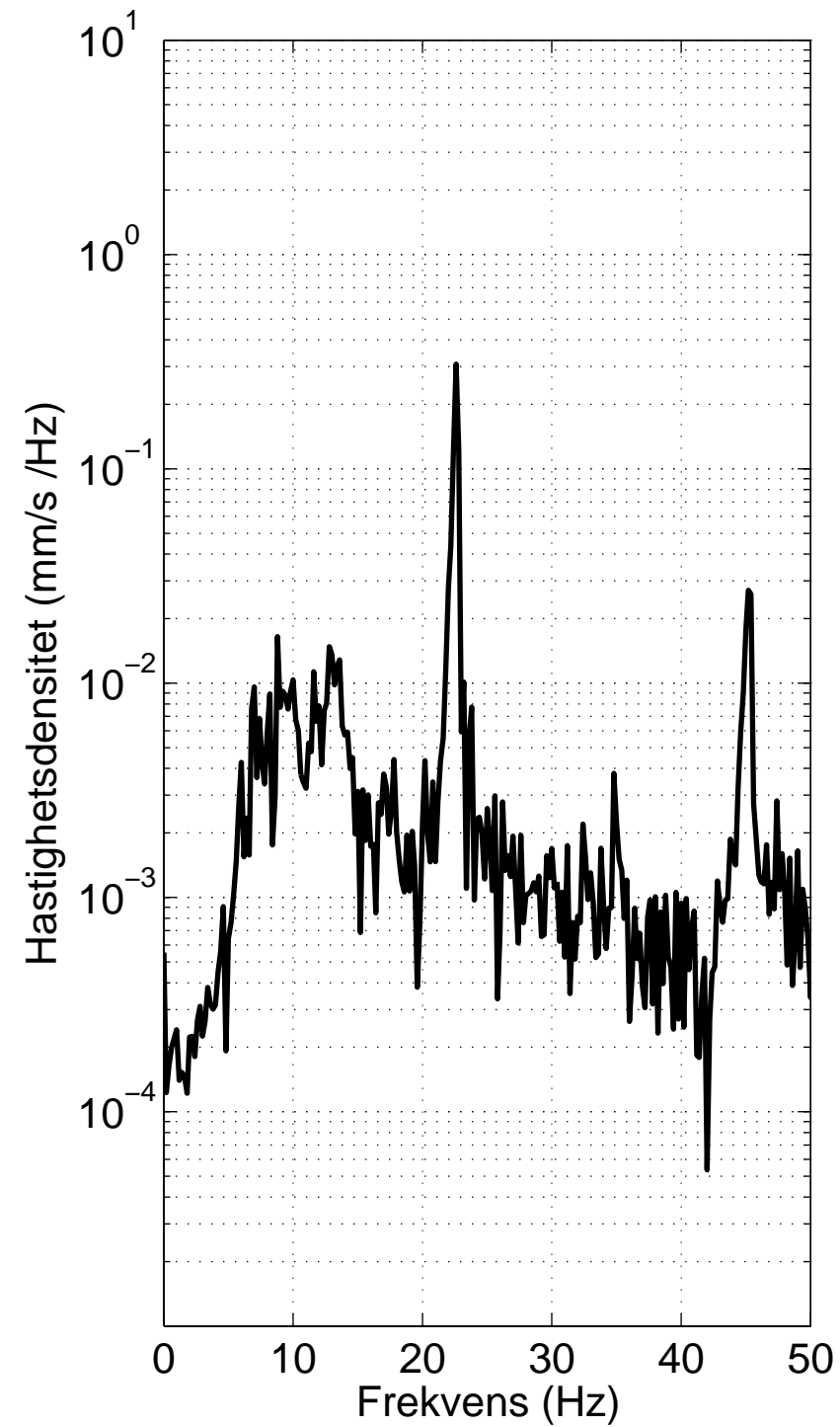
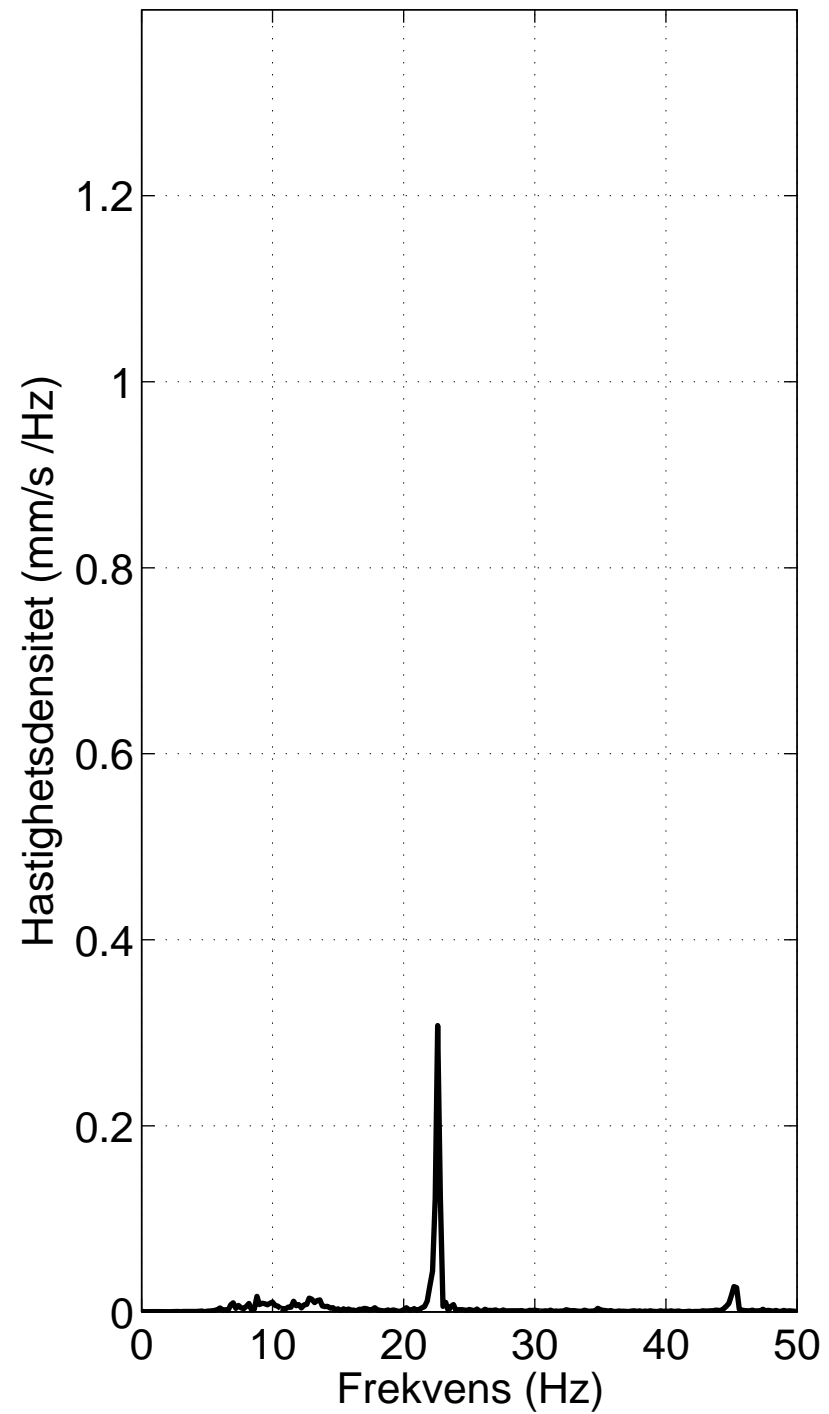
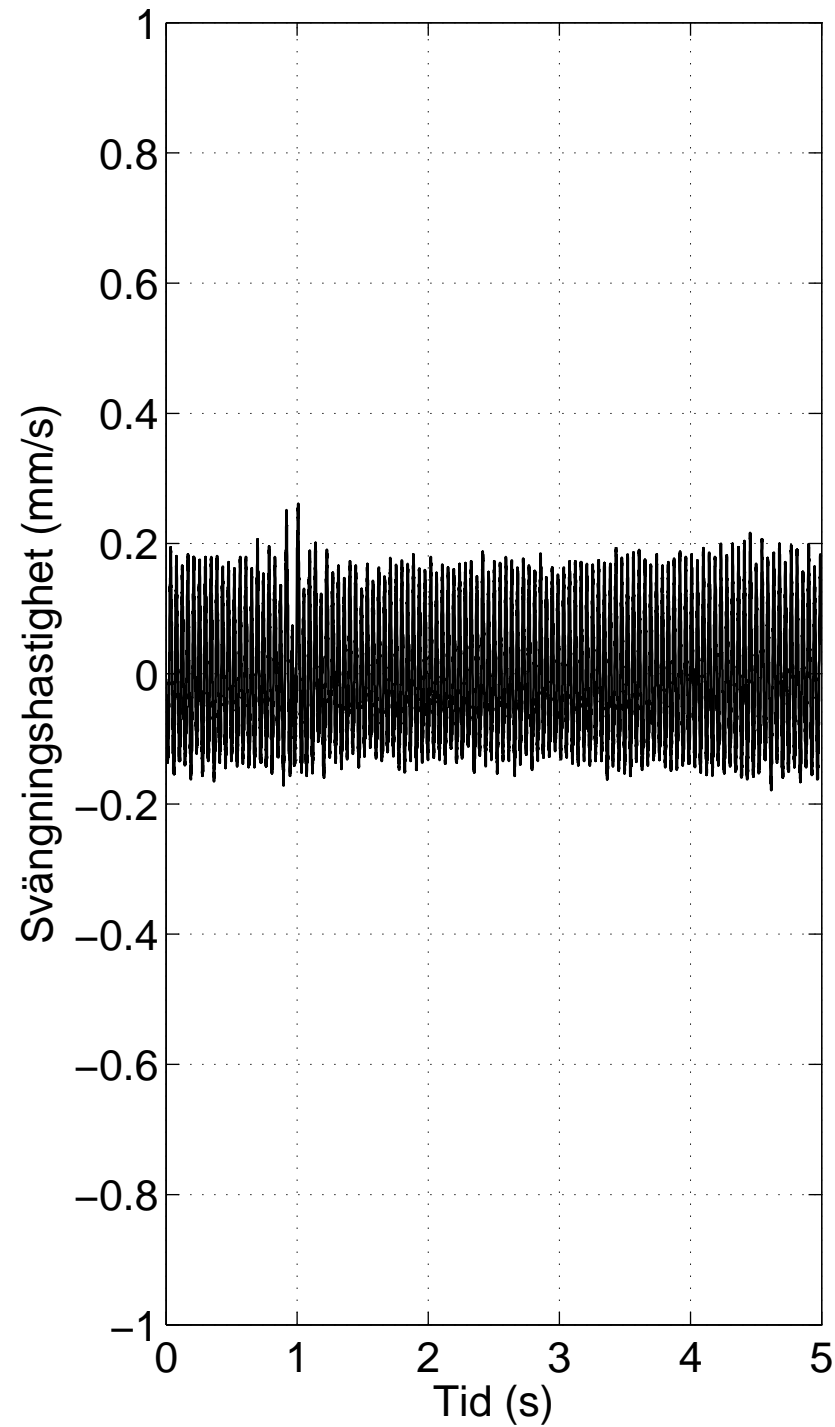
15s002, z=13.5 m, x=1 m



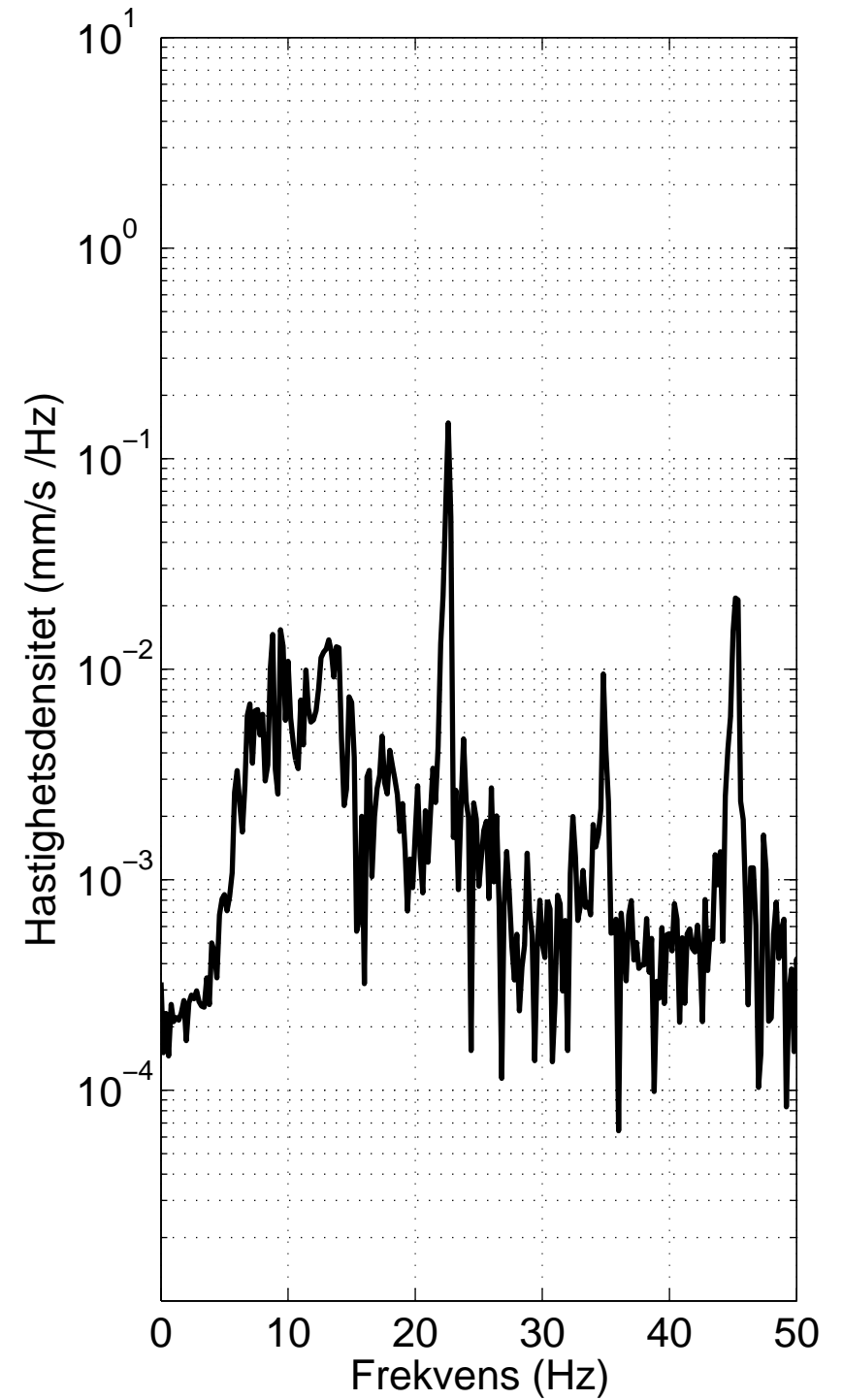
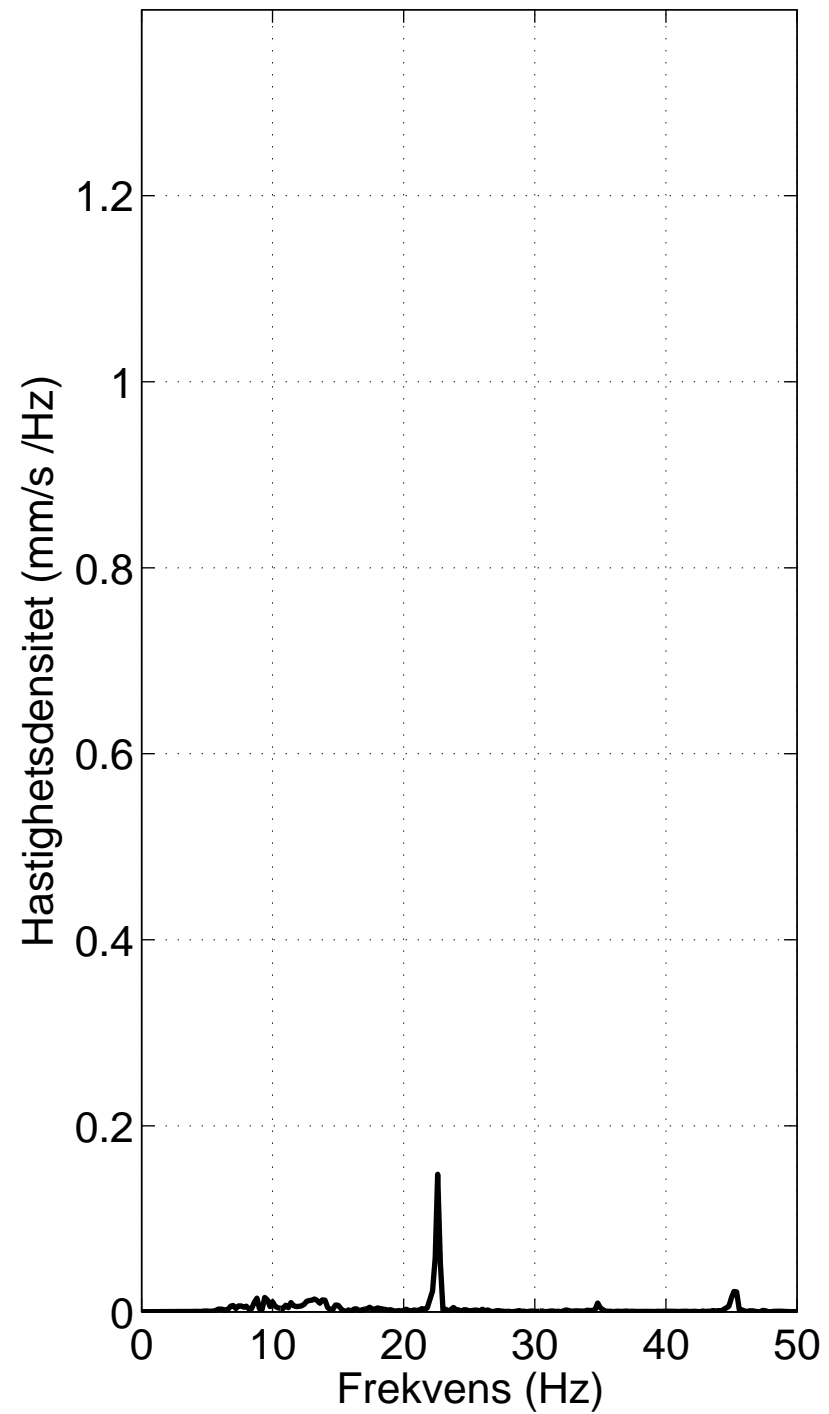
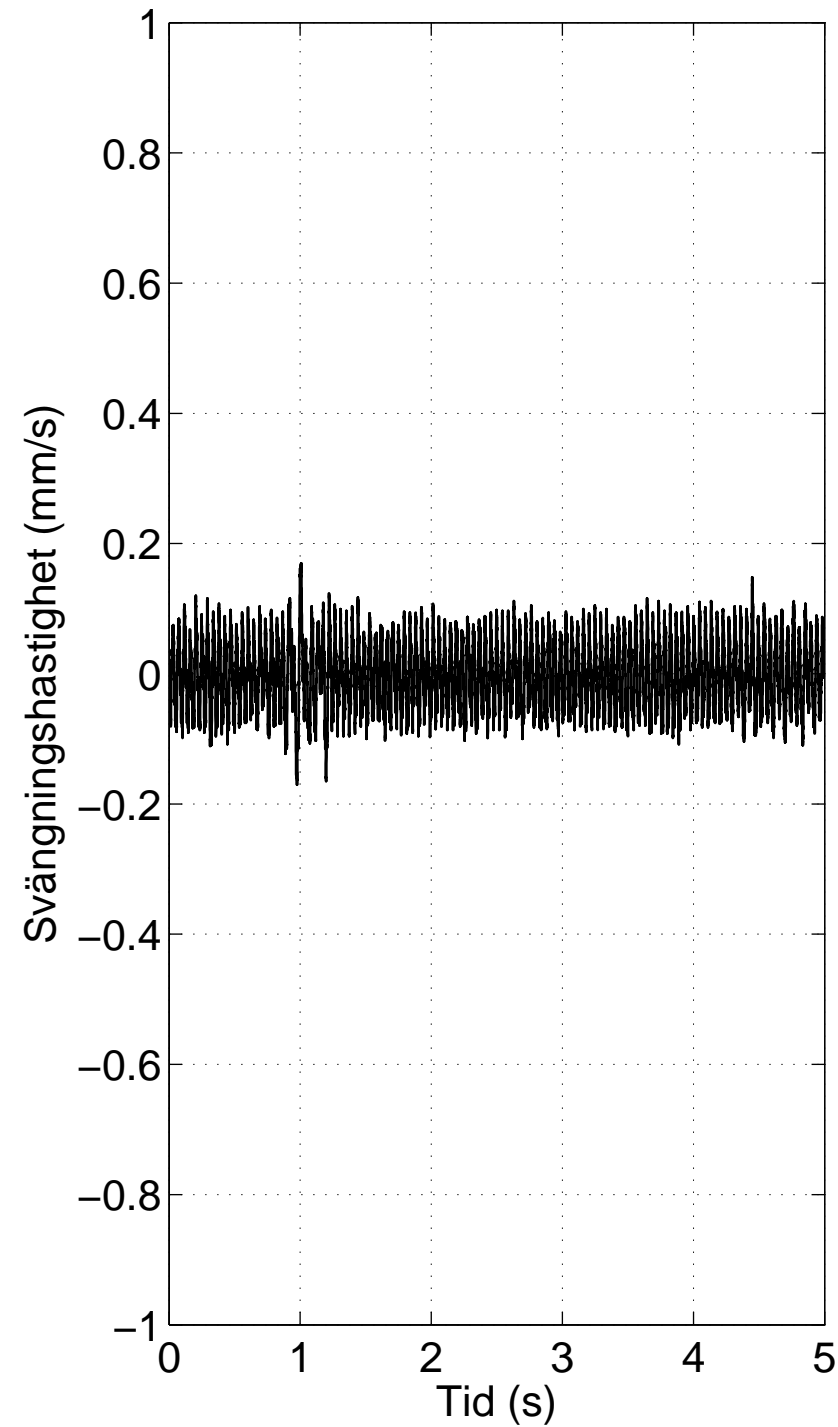
15s002, z=13.5 m, x=4 m



15s002, z=13.5 m, x=8 m

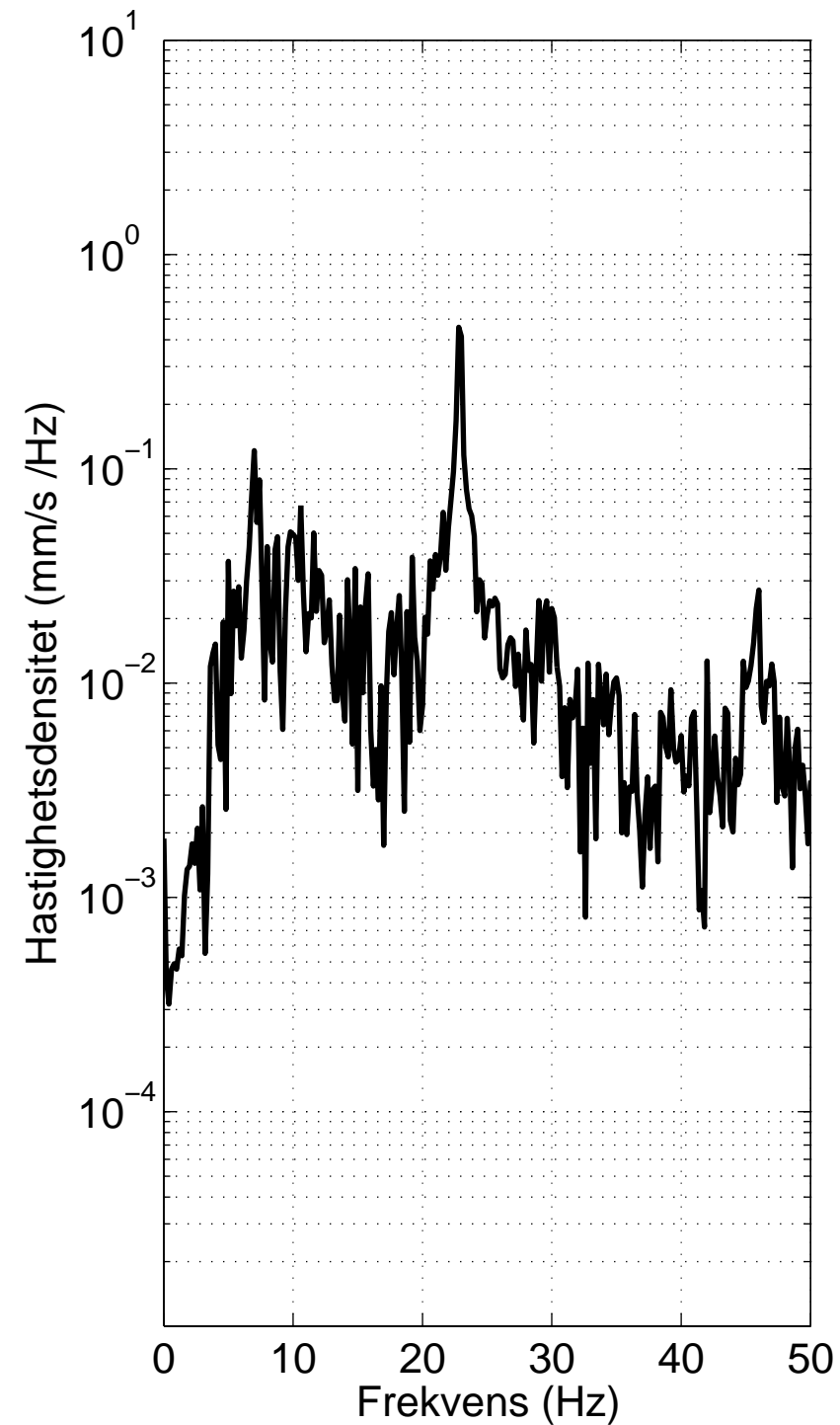
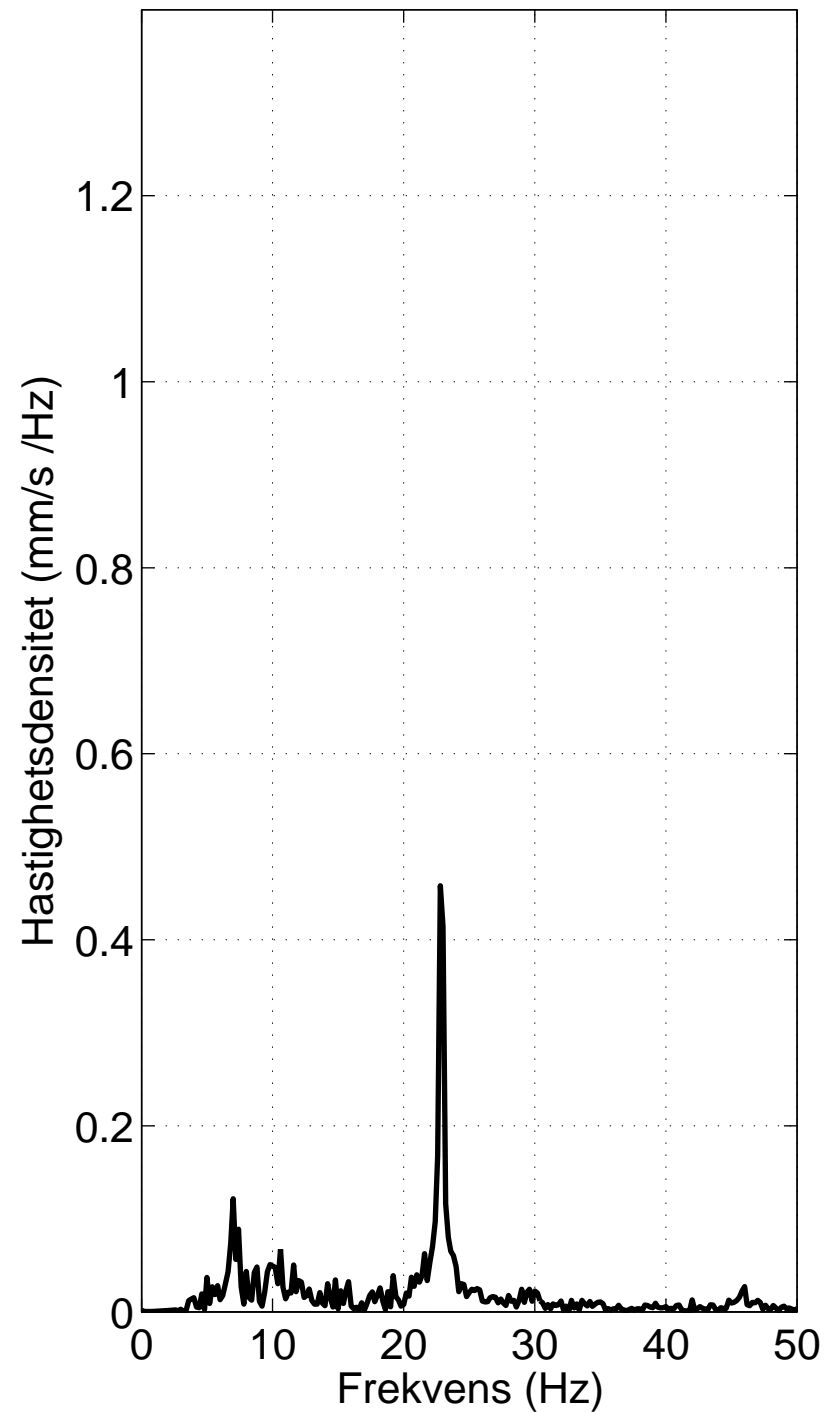
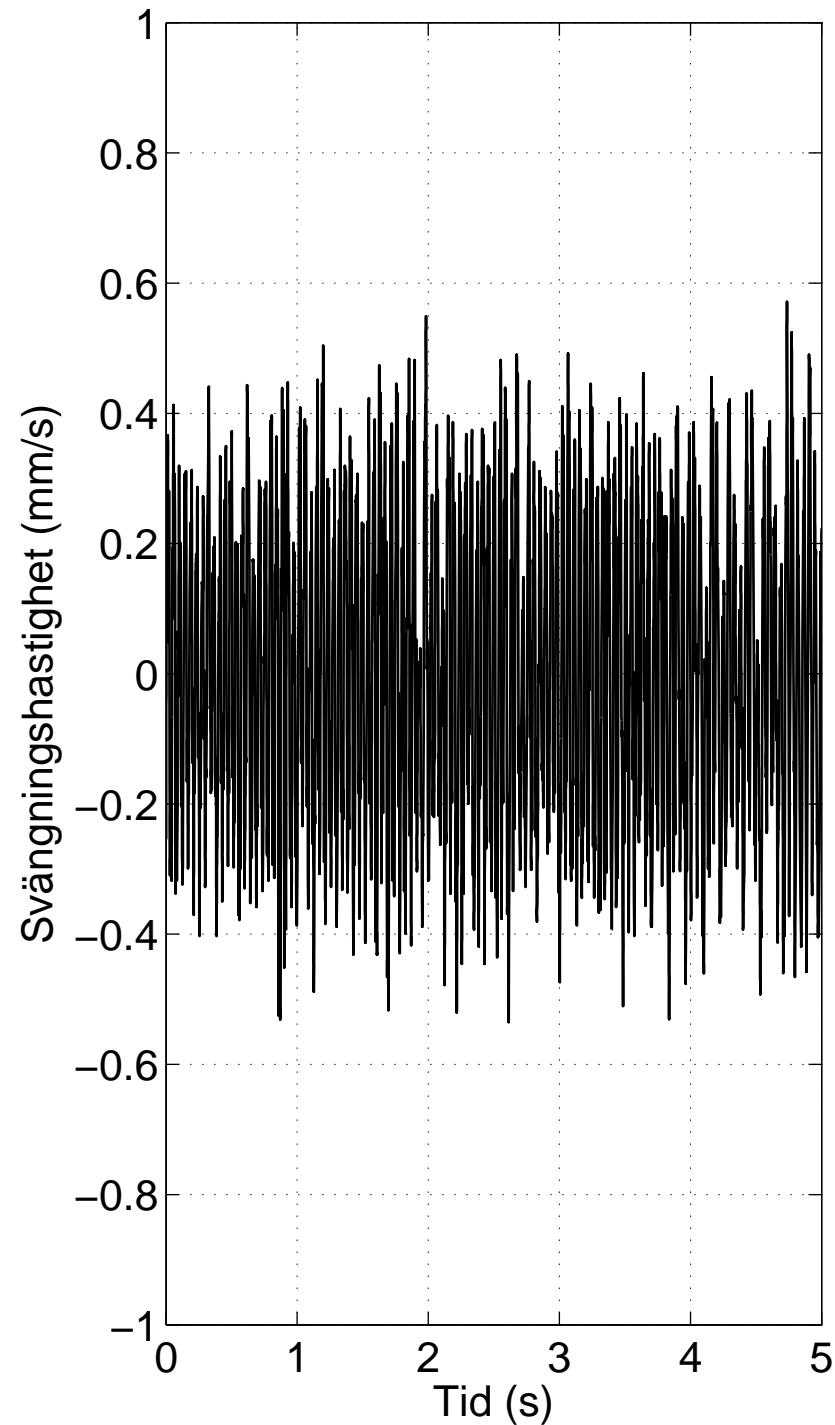


15s002, z=13.5 m, x=12 m

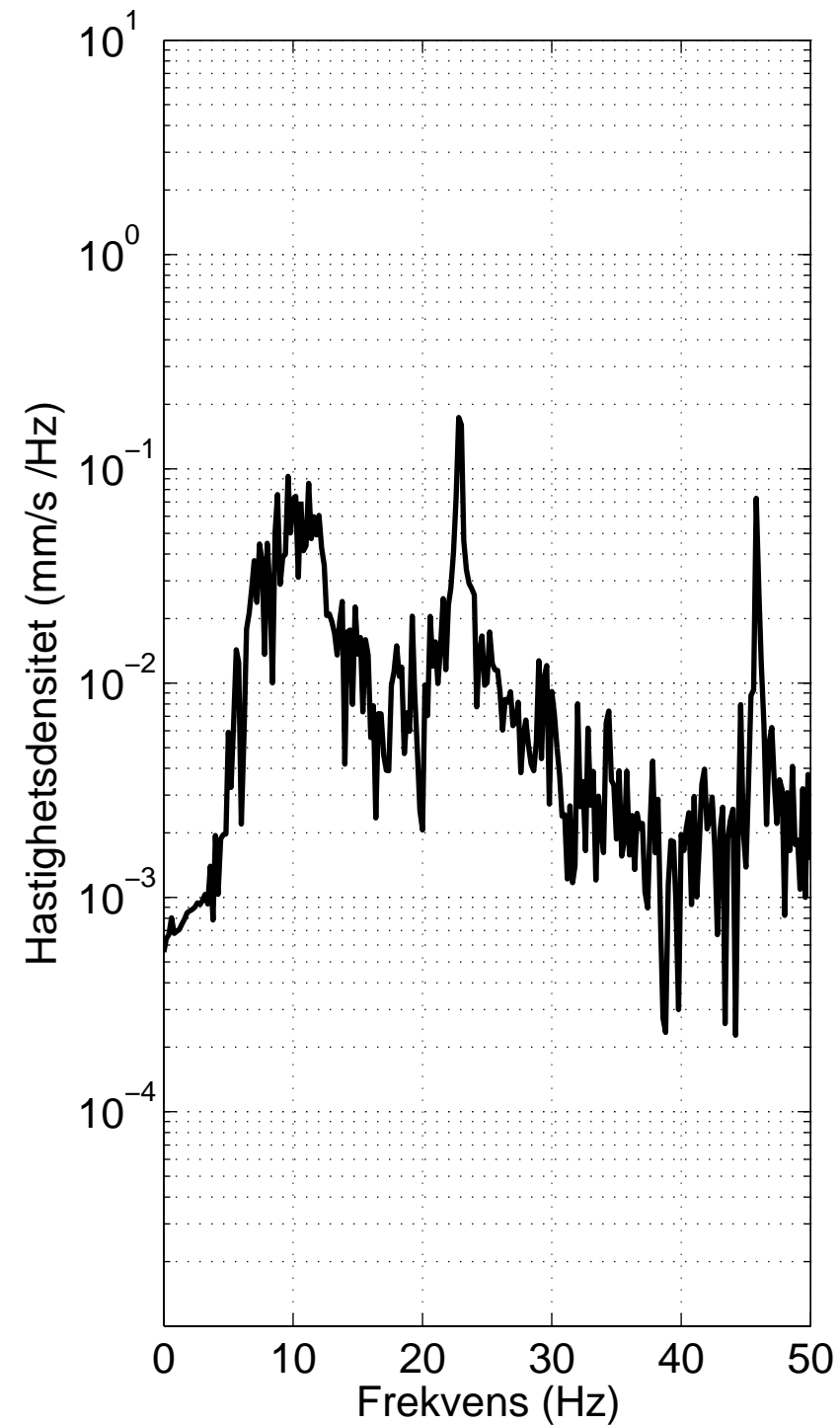
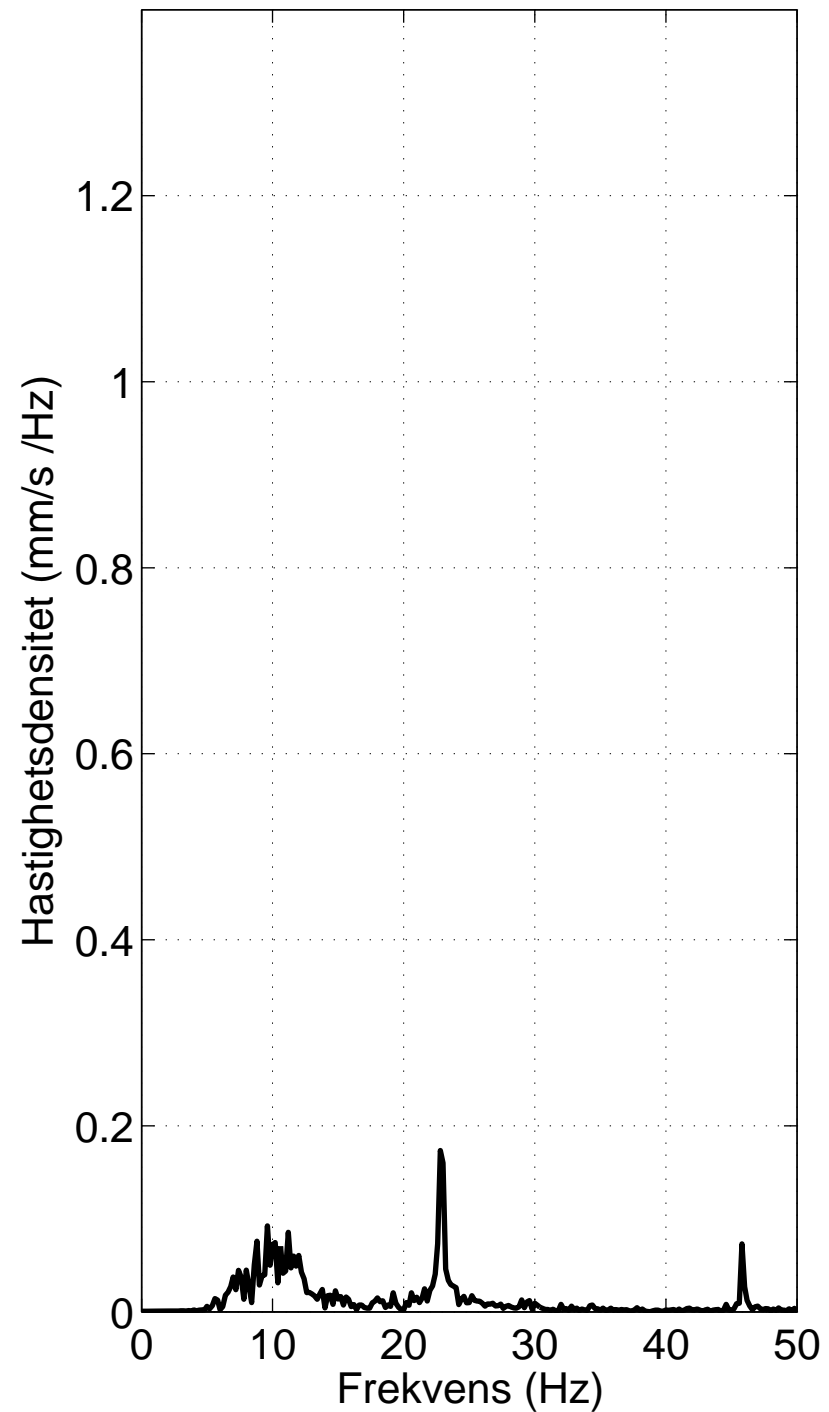
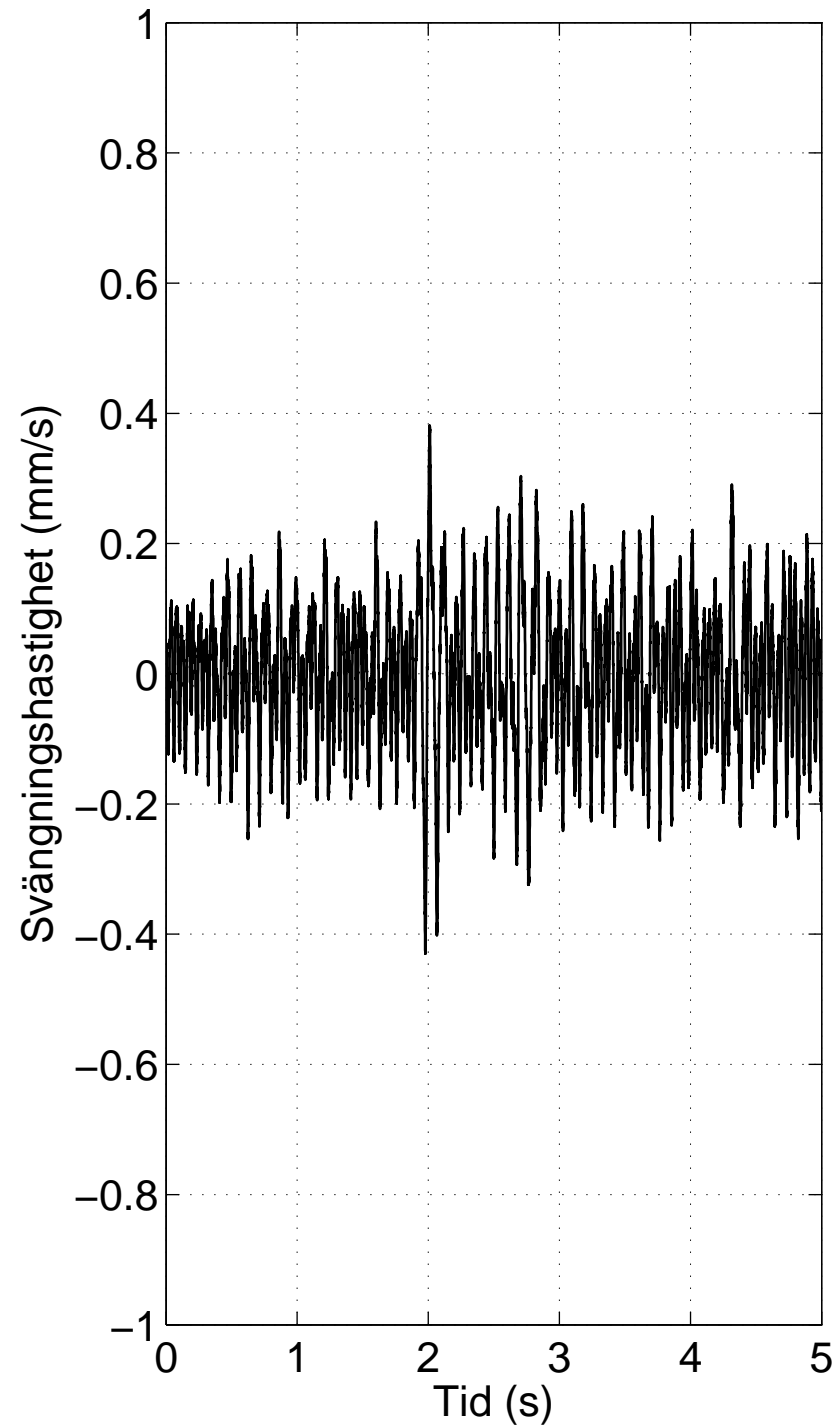




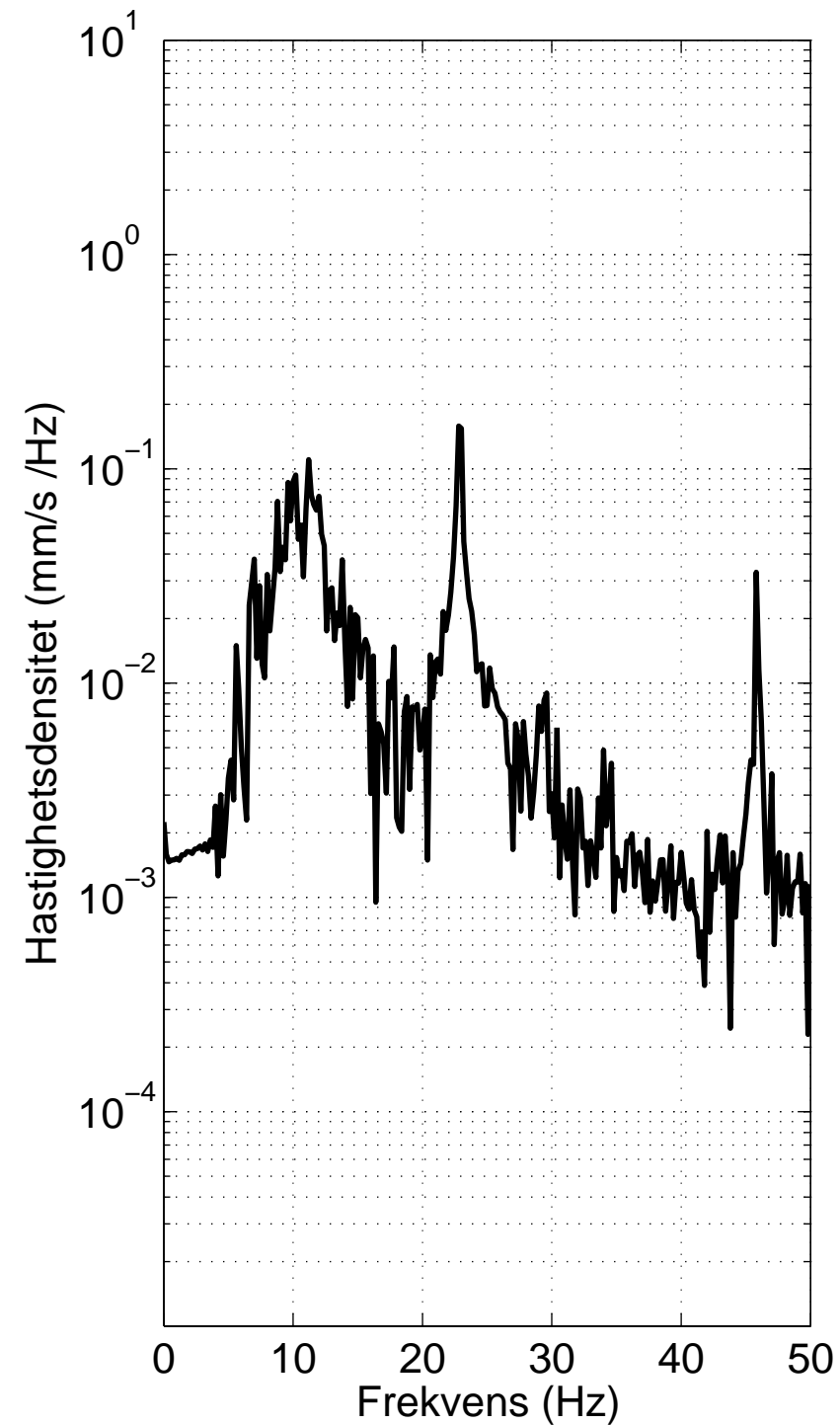
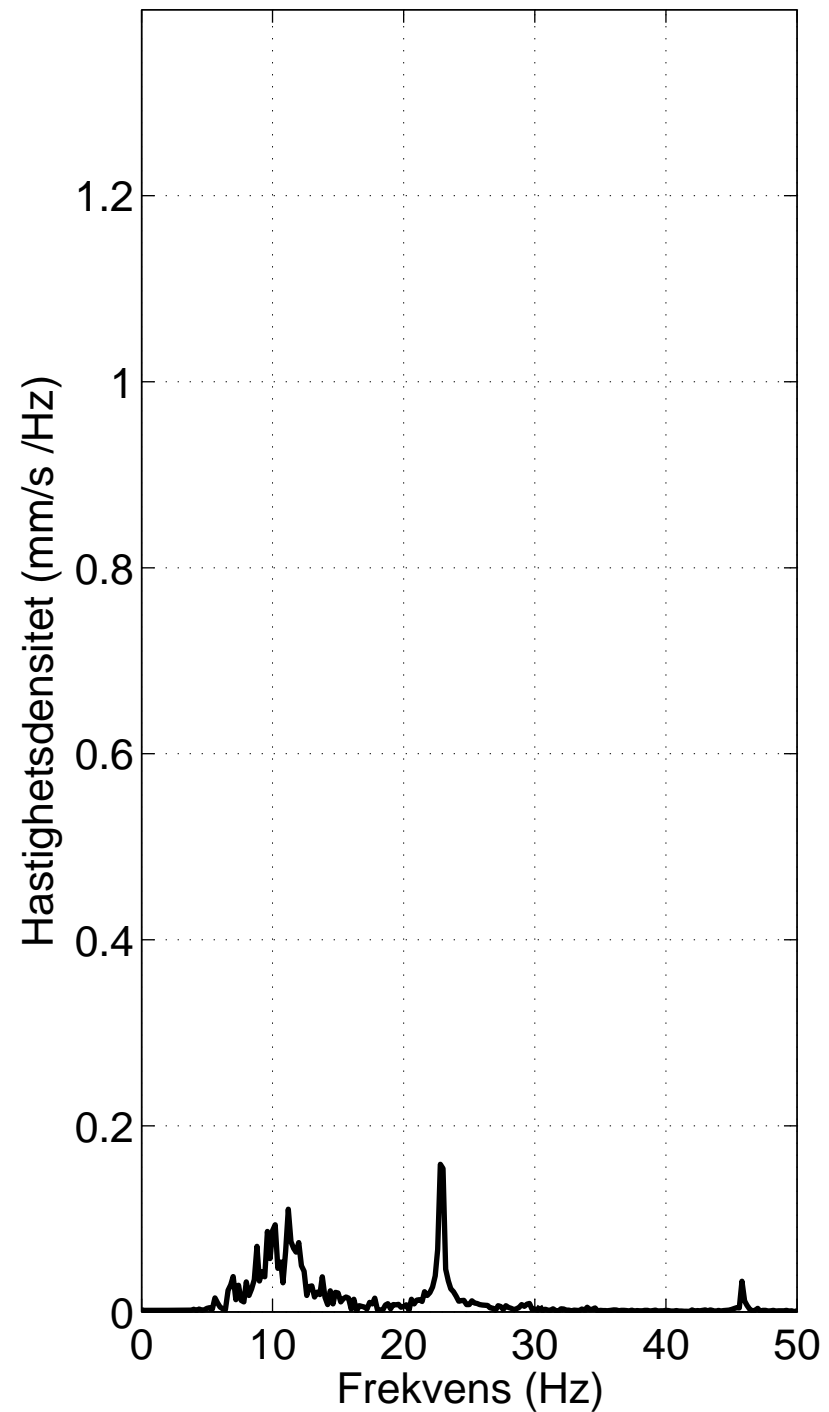
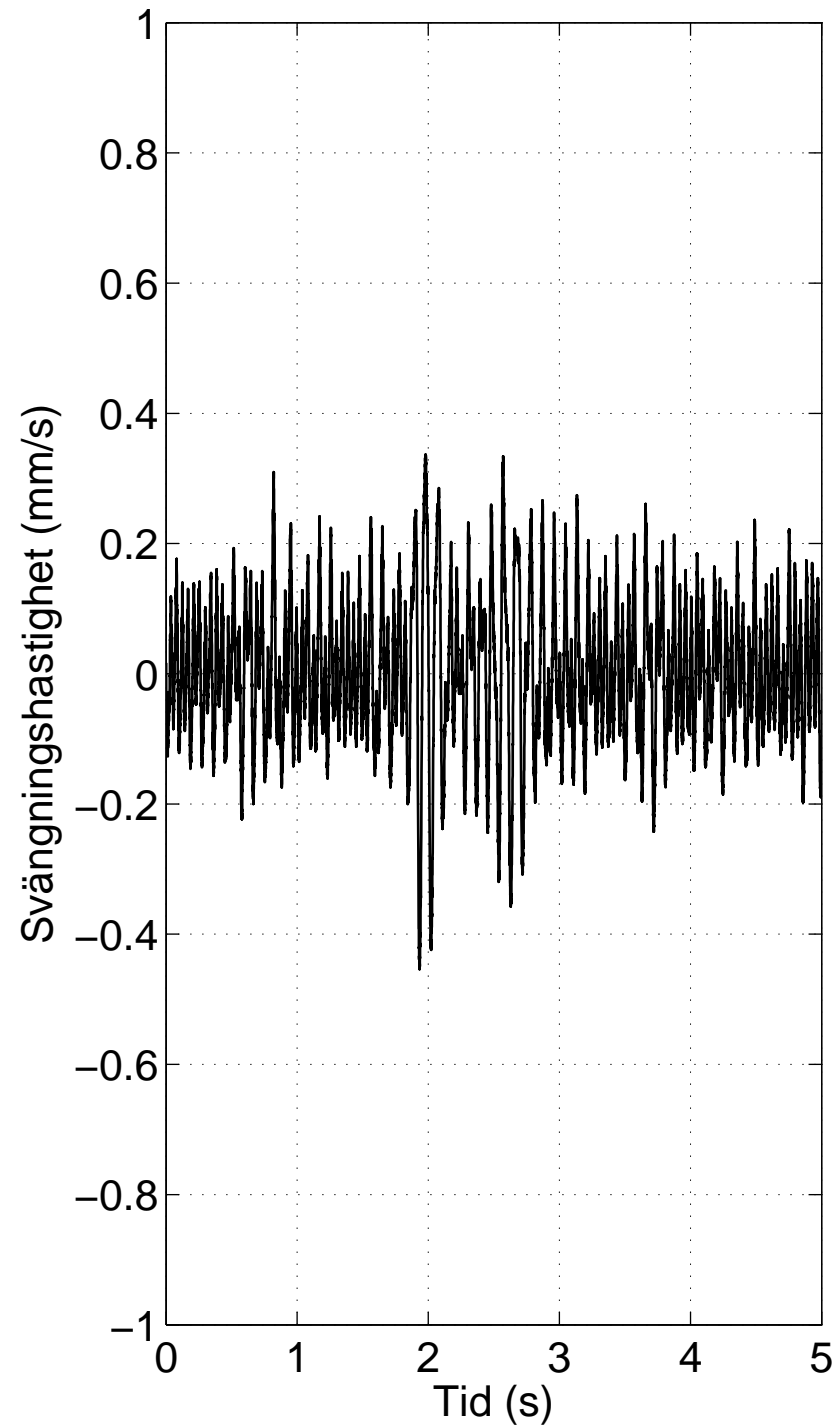
15s002, z=15 m, x=1 m



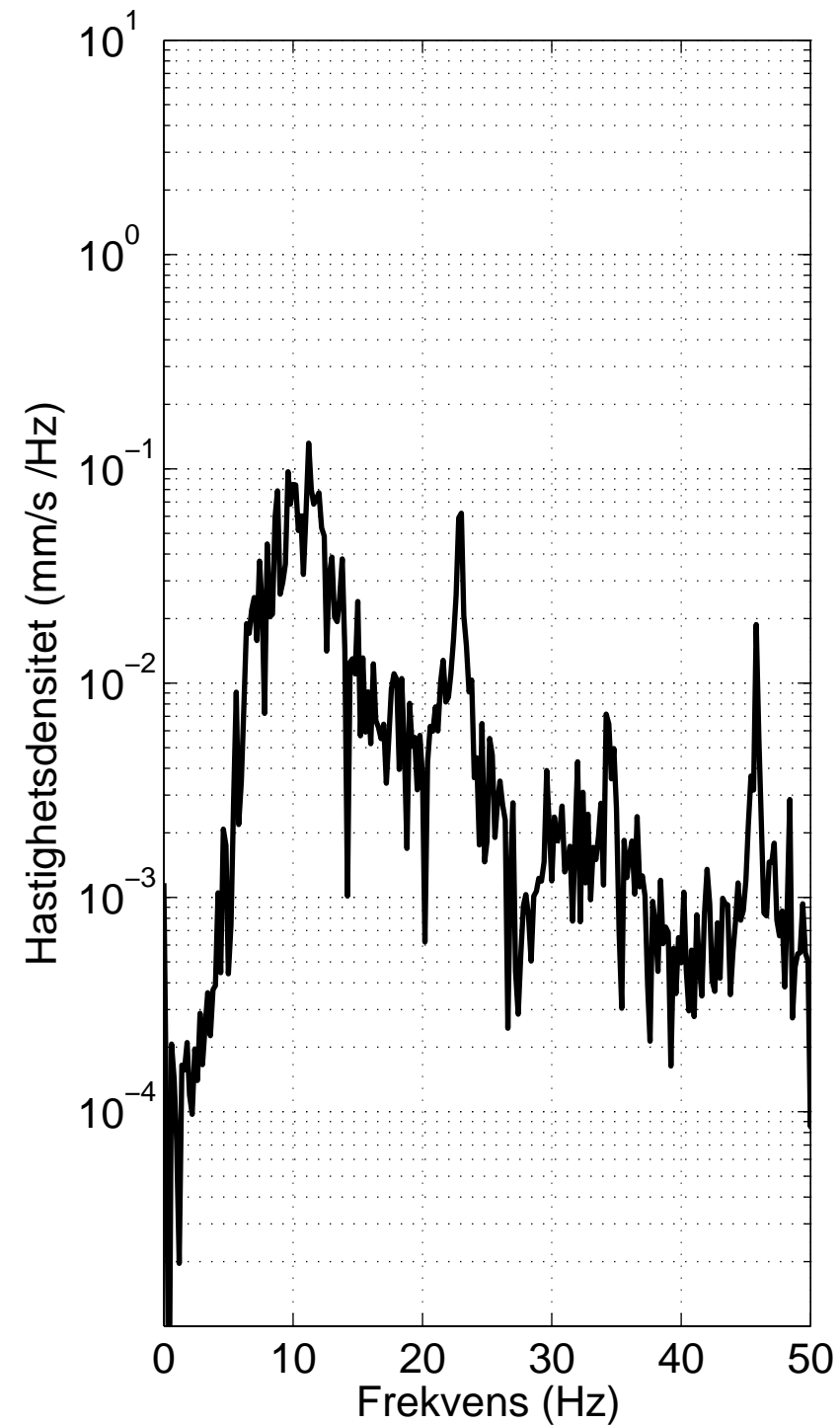
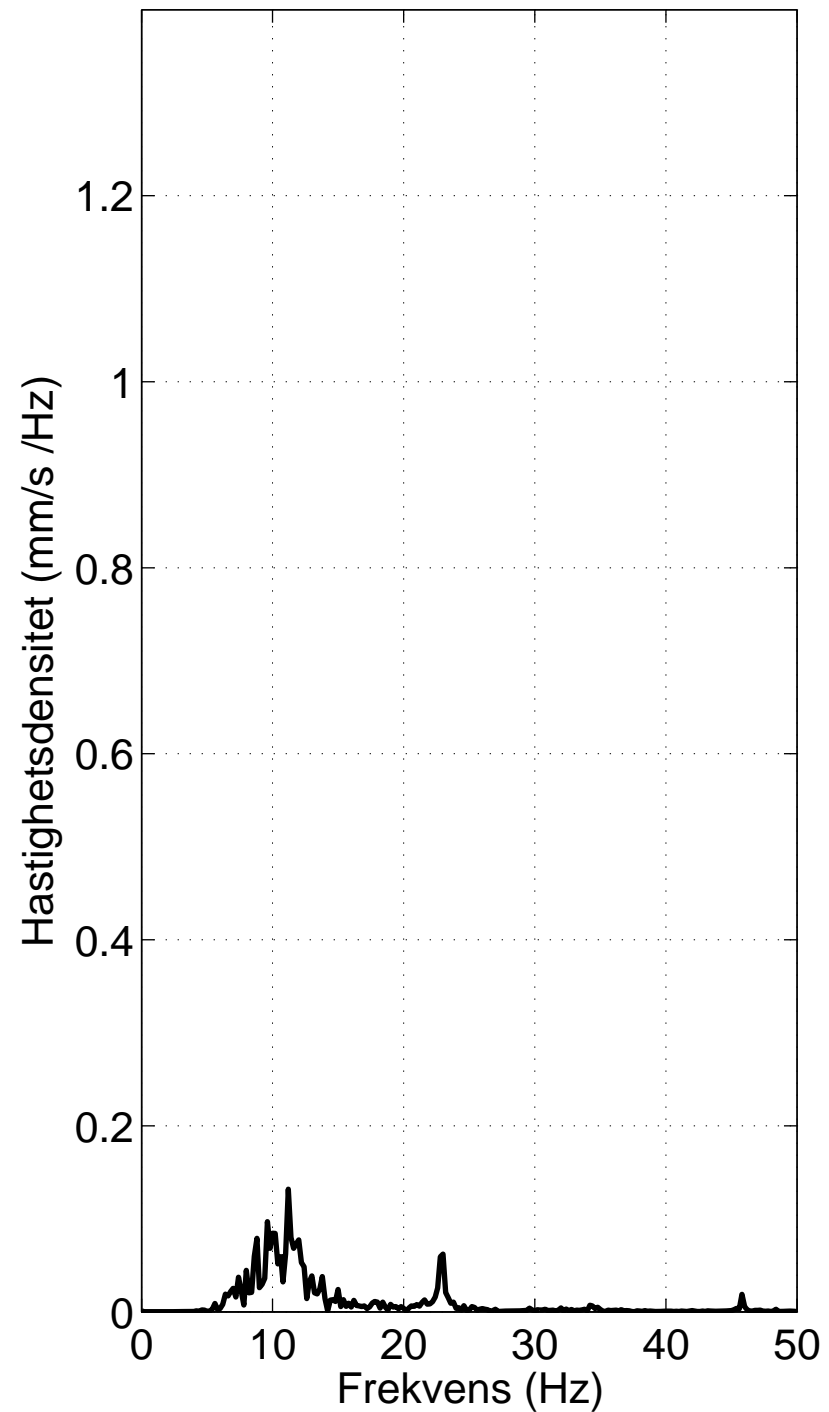
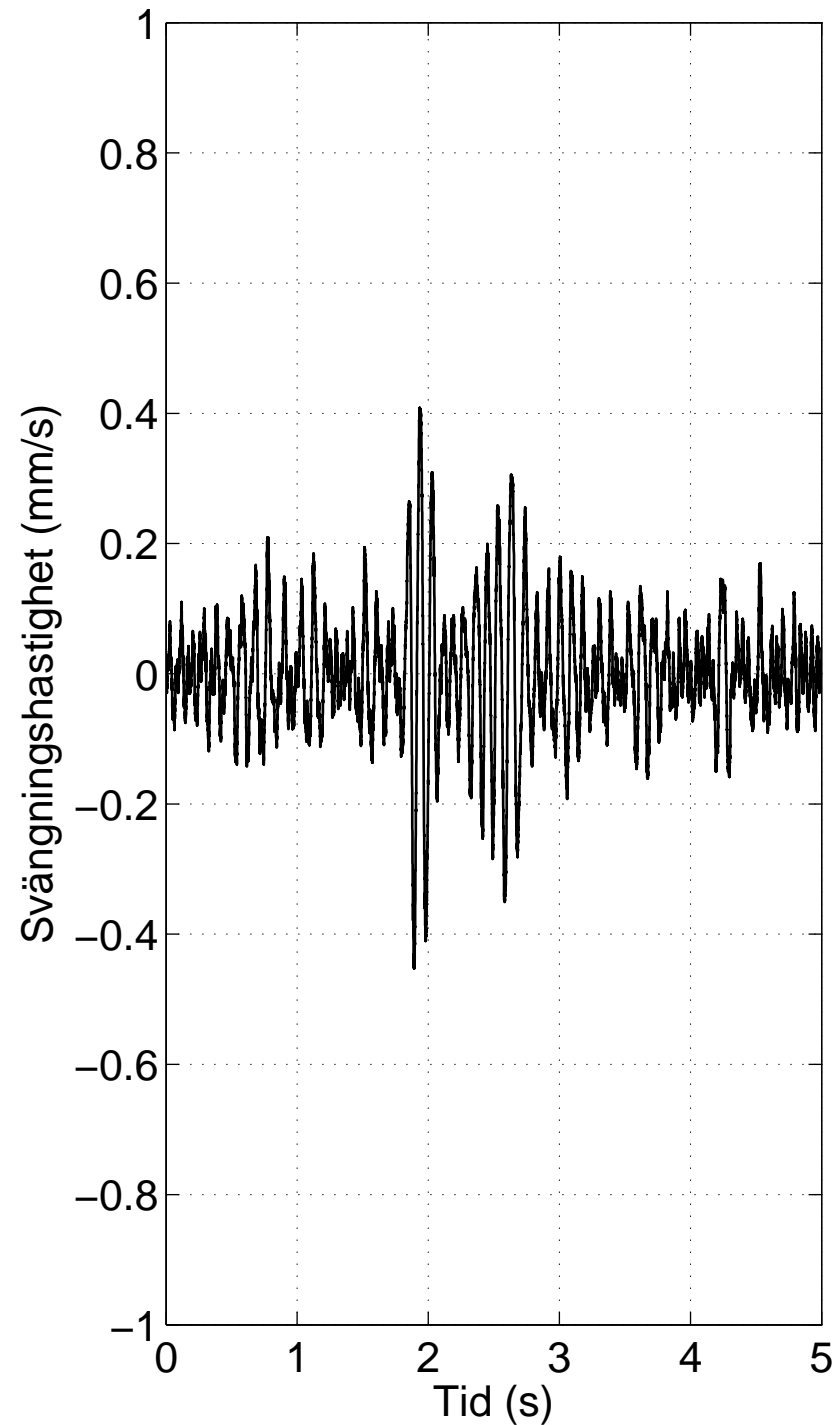
15s002, z=15 m, x=4 m



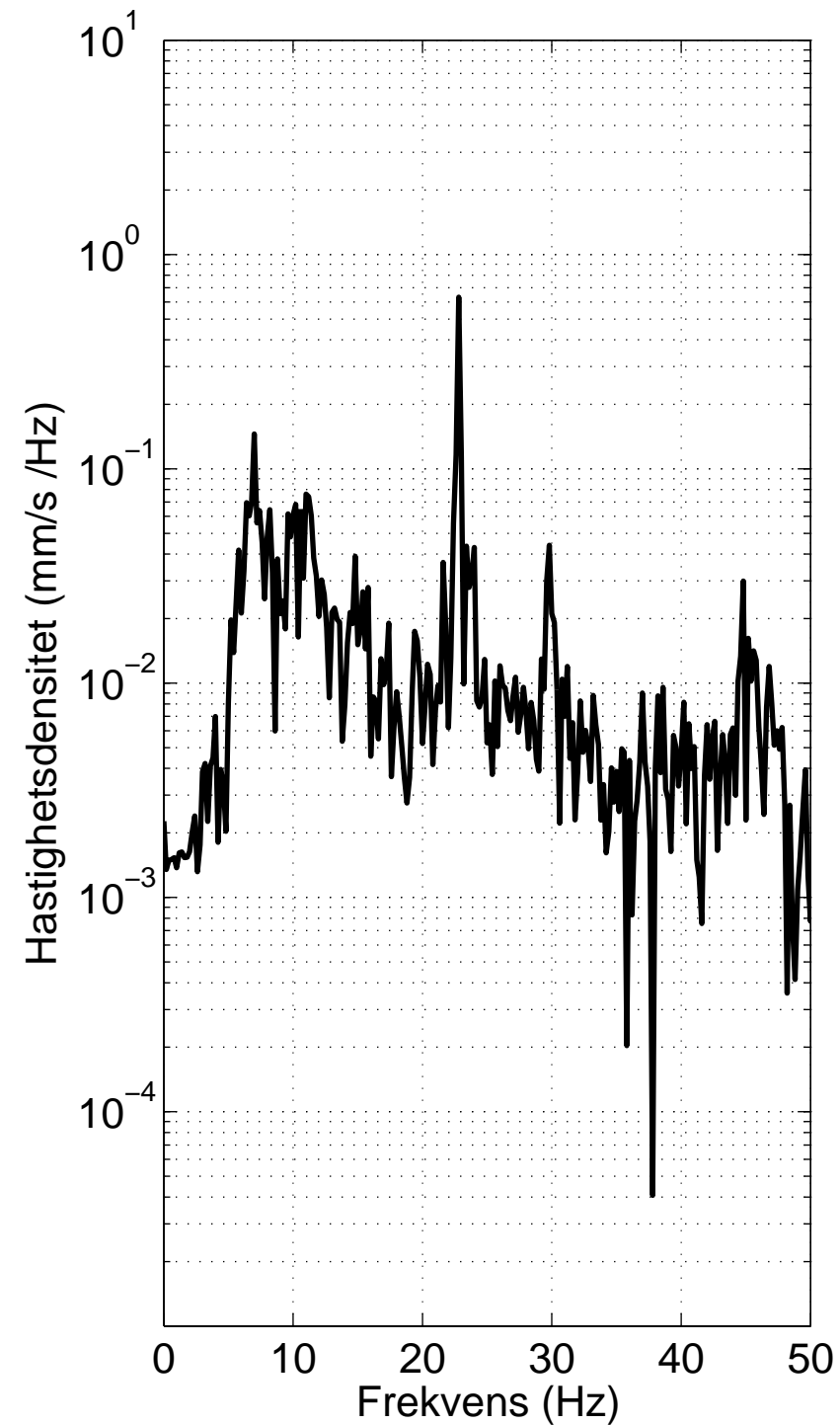
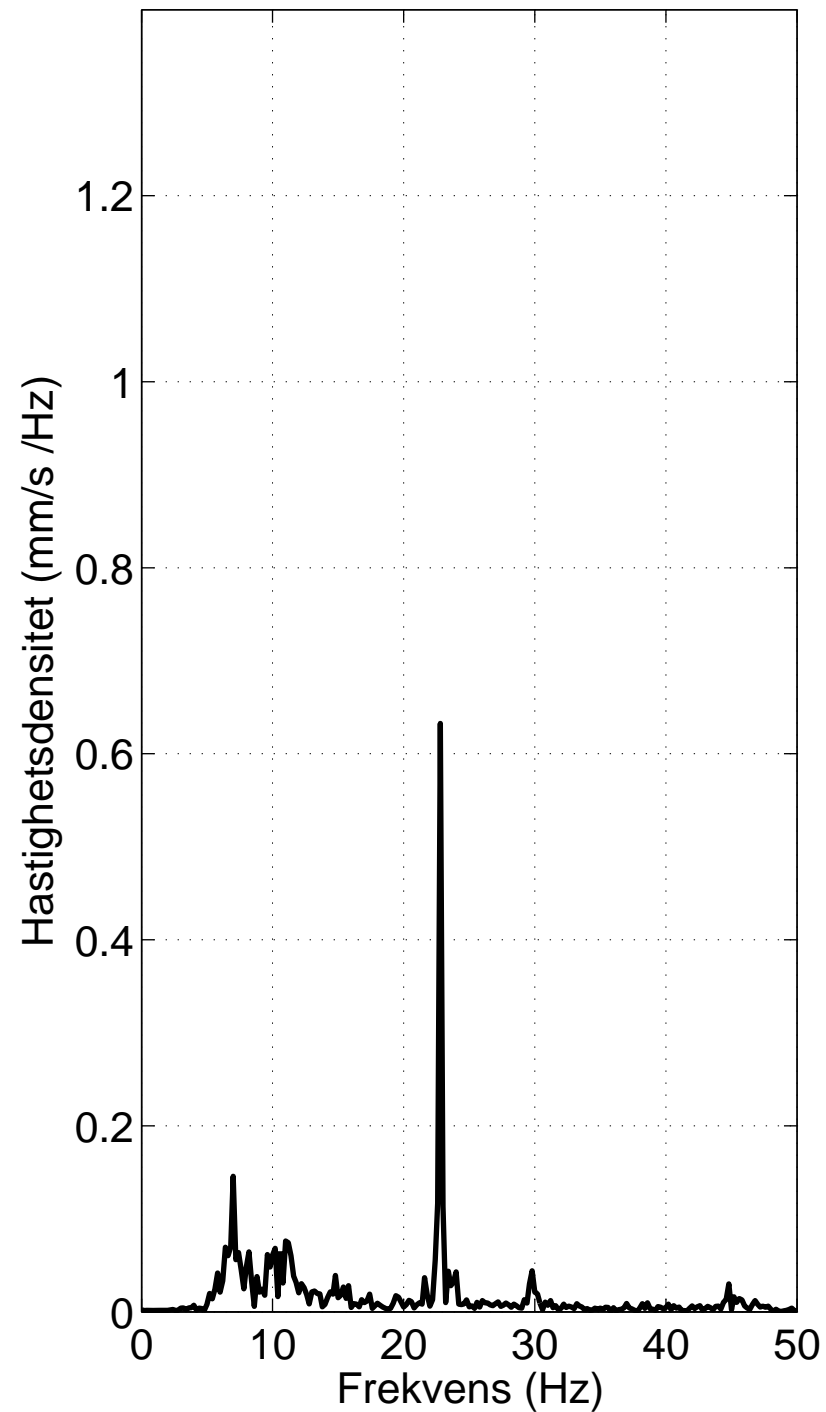
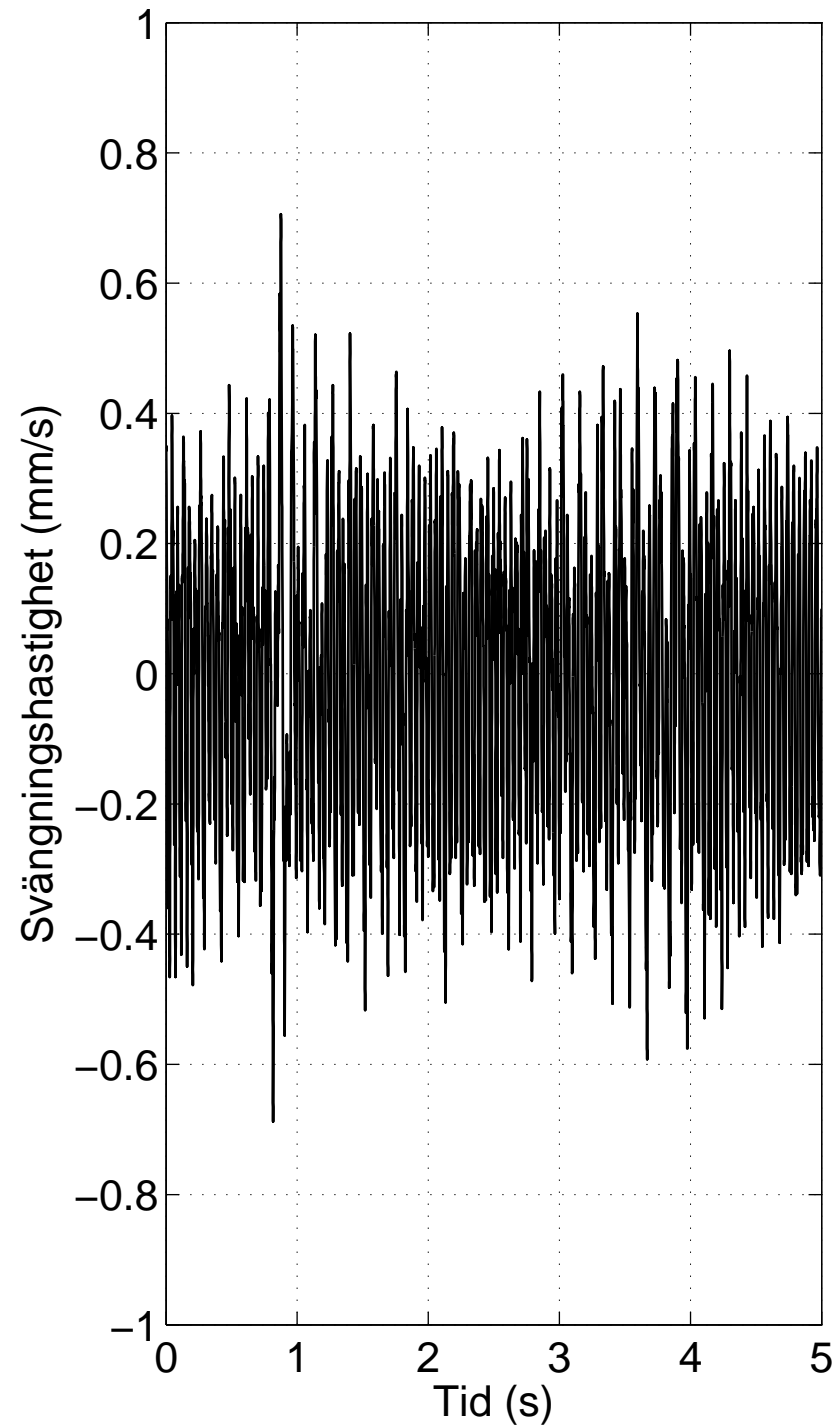
15s002, z=15 m, x=8 m



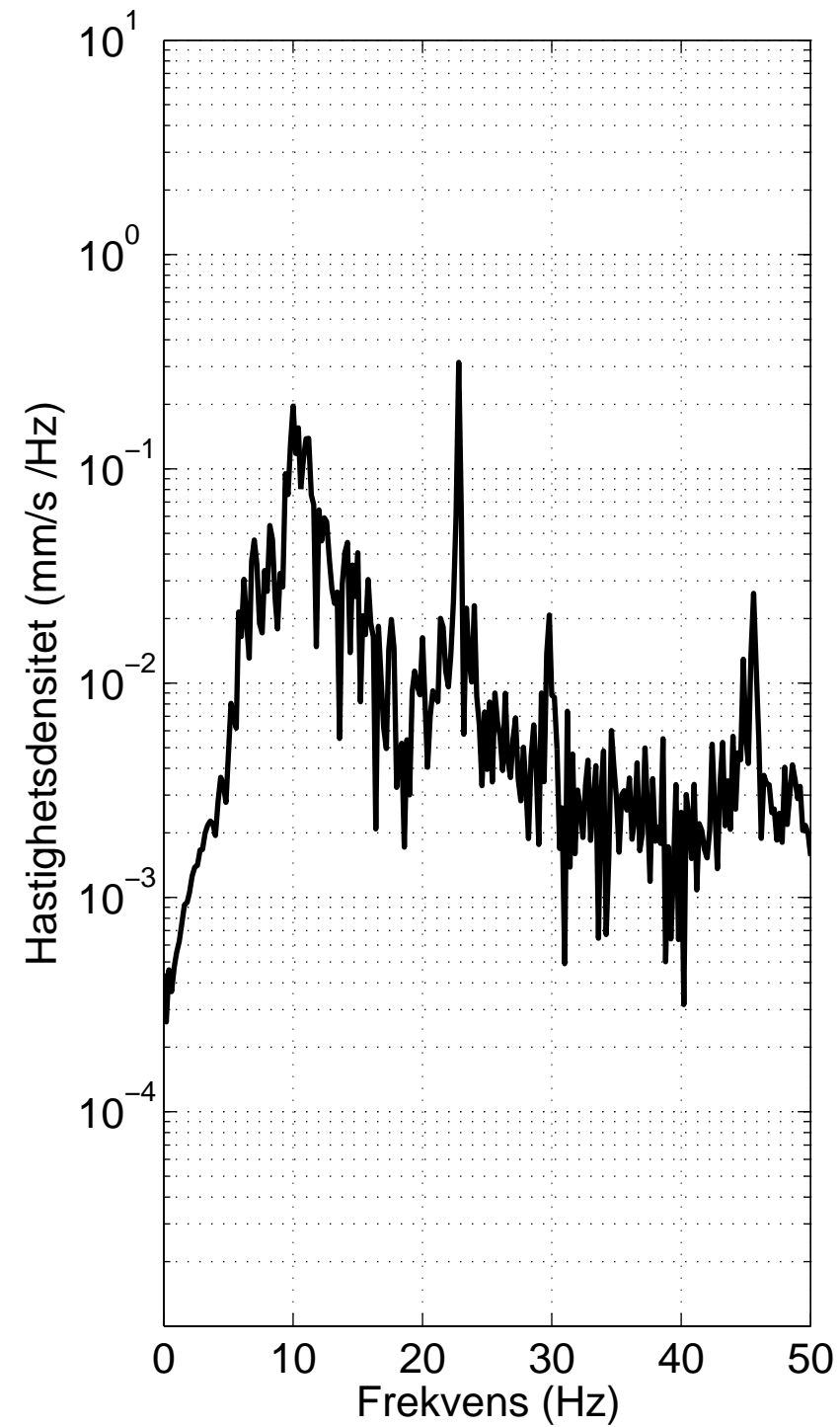
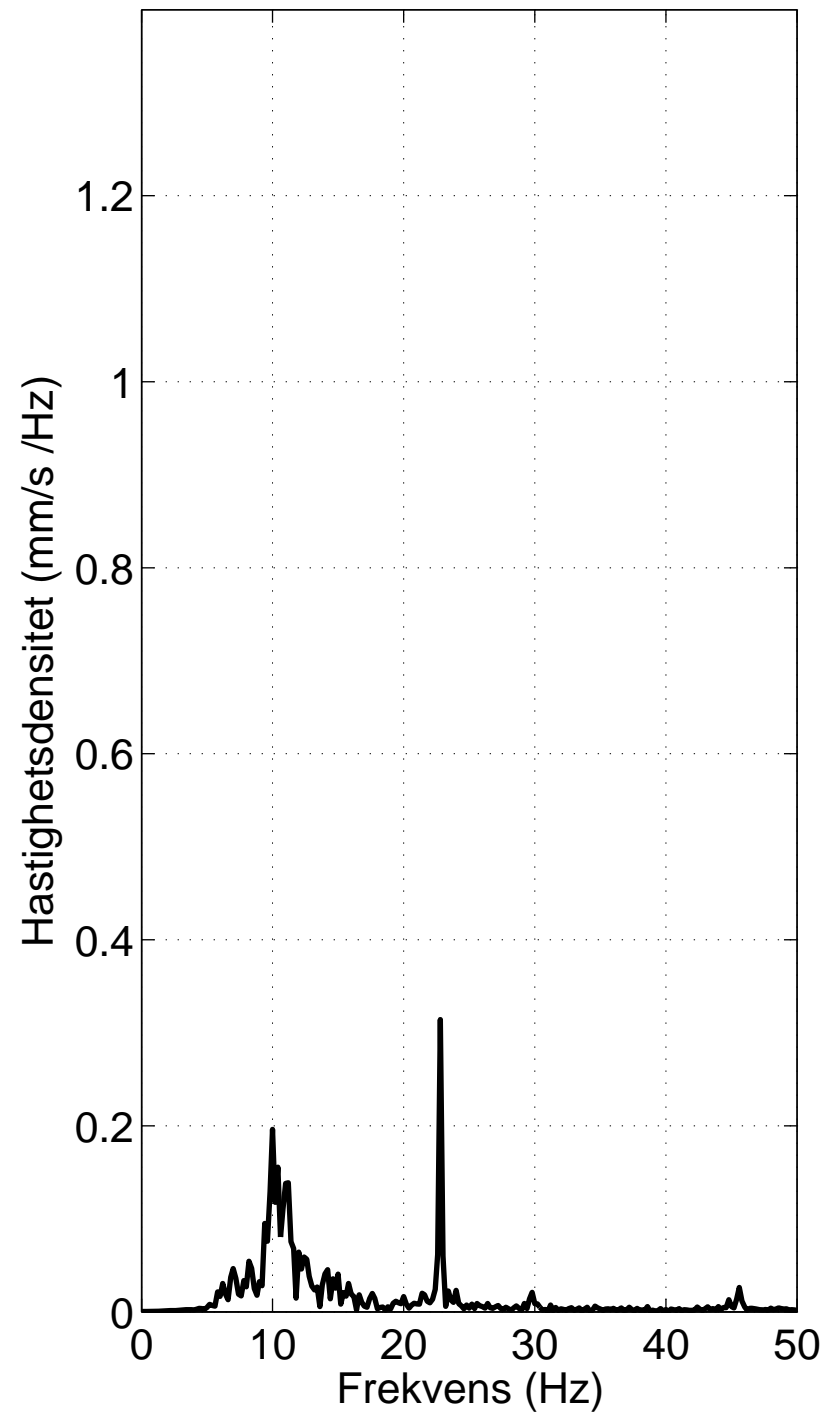
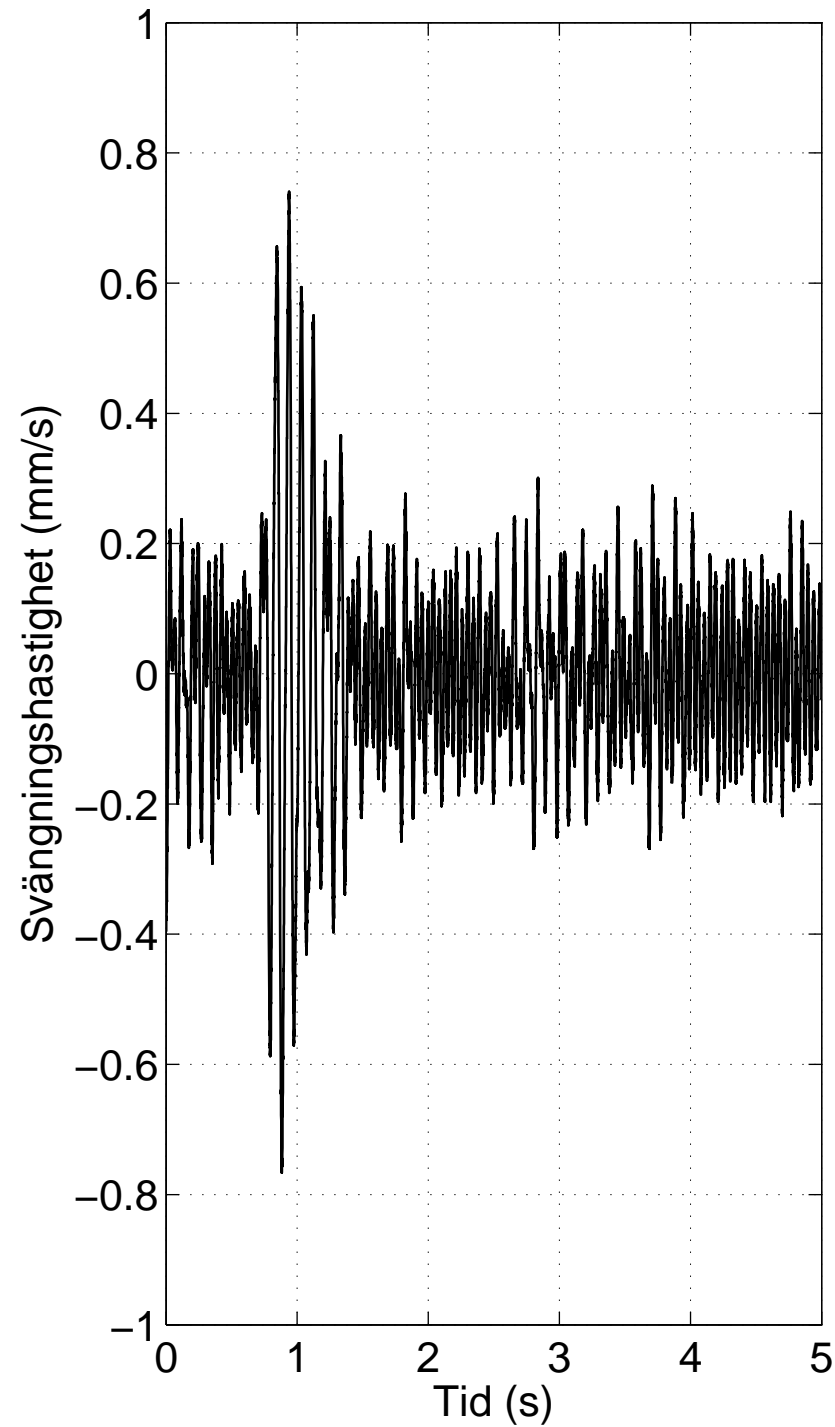
15s002, z=15 m, x=12 m



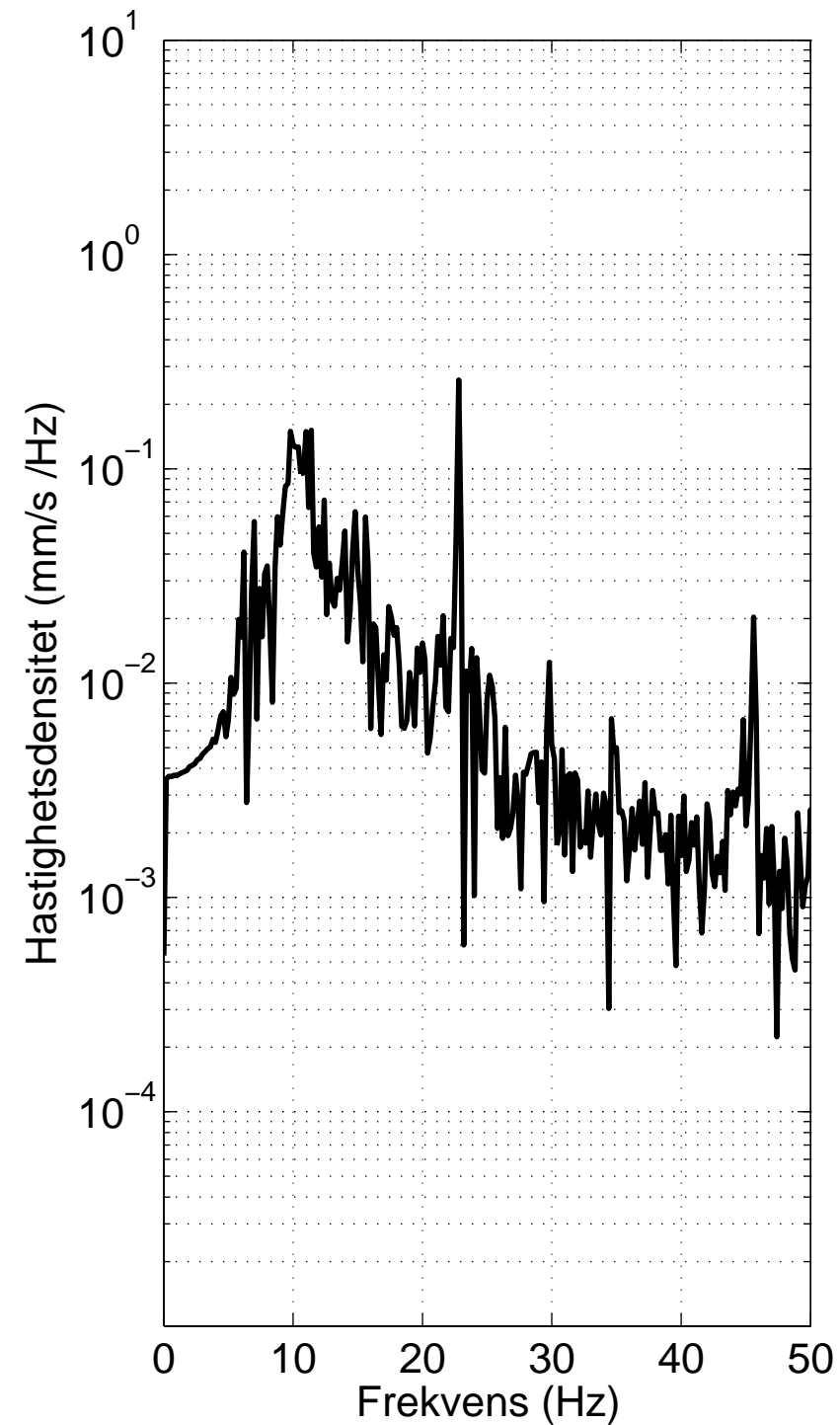
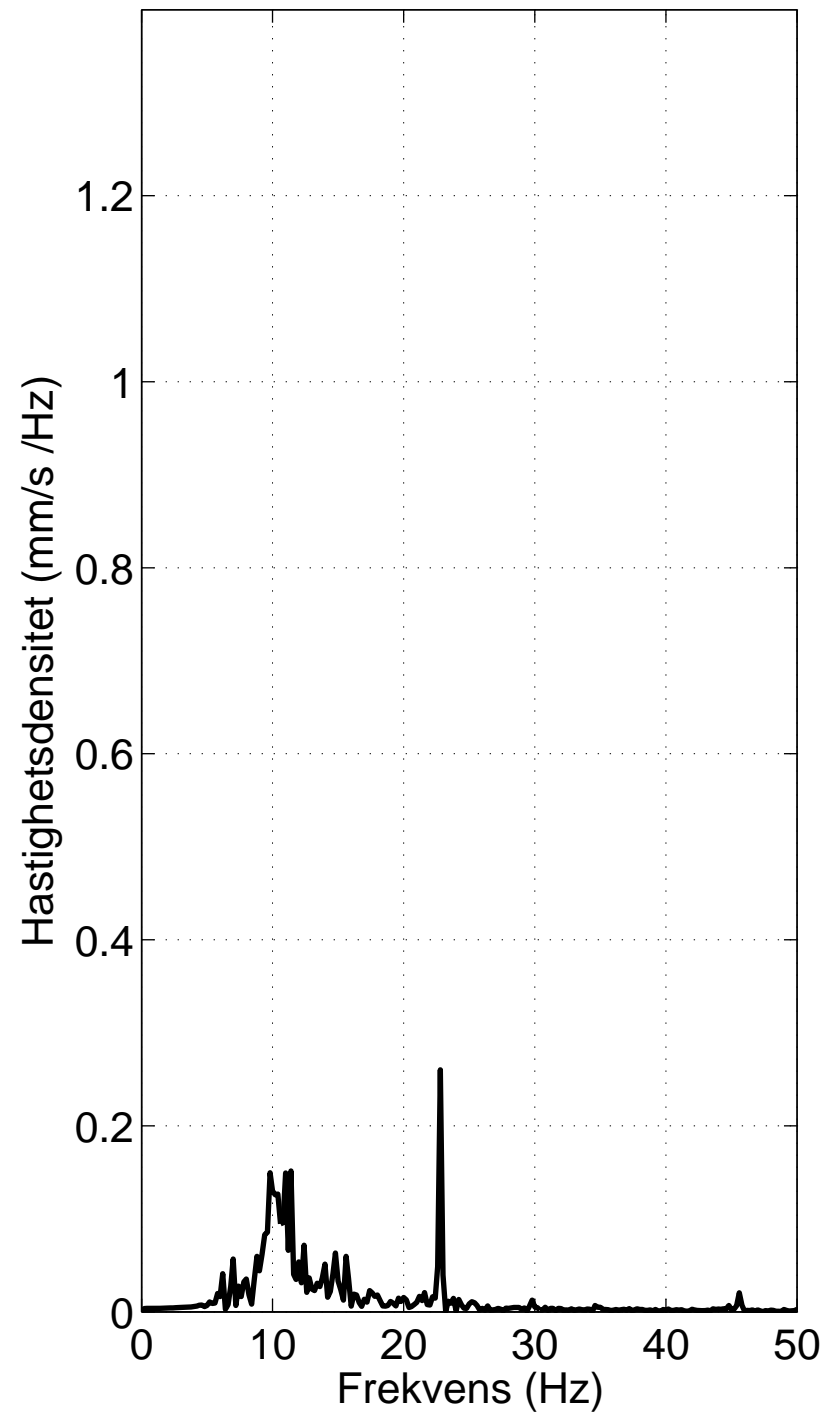
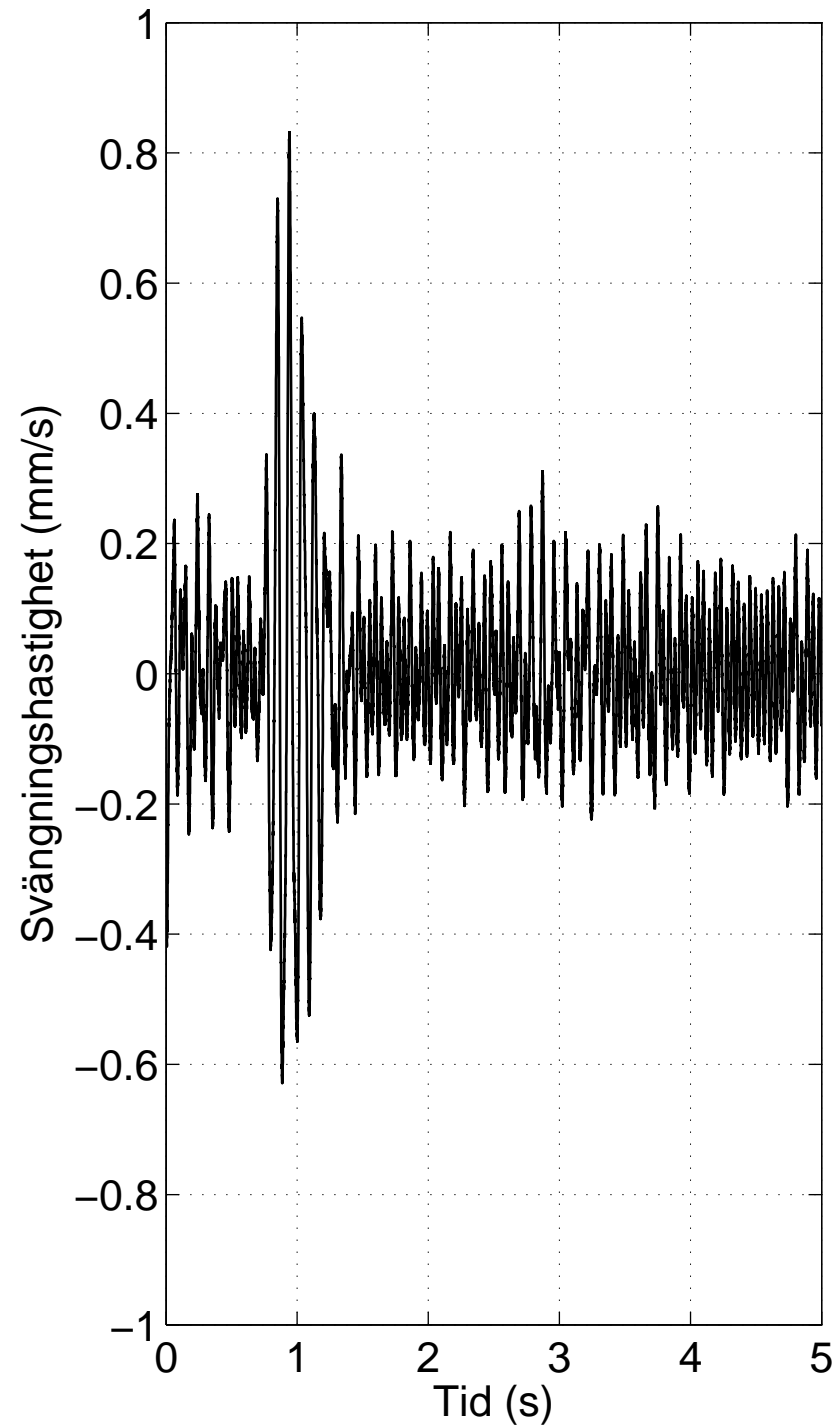
15s002, z=16 m, x=1 m



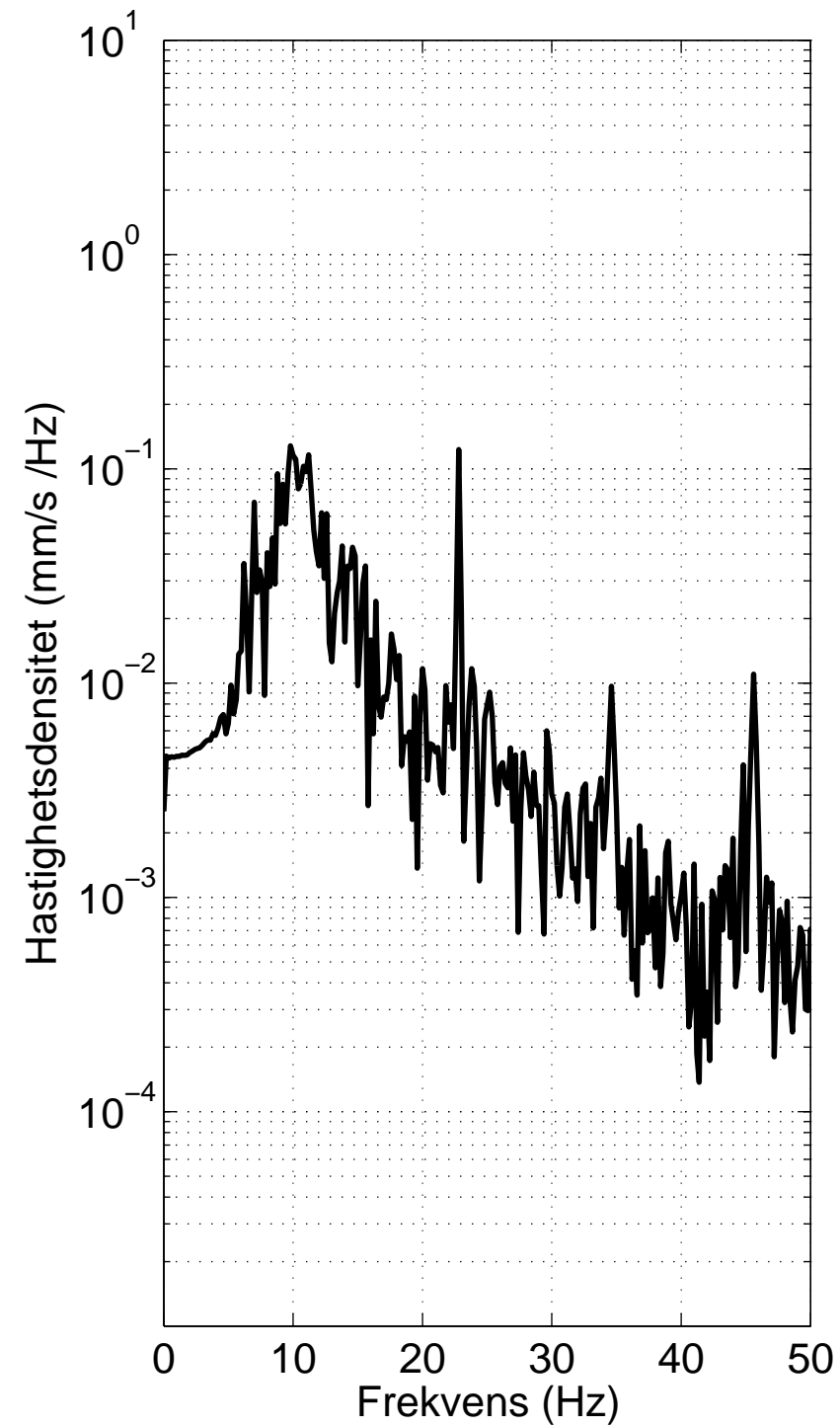
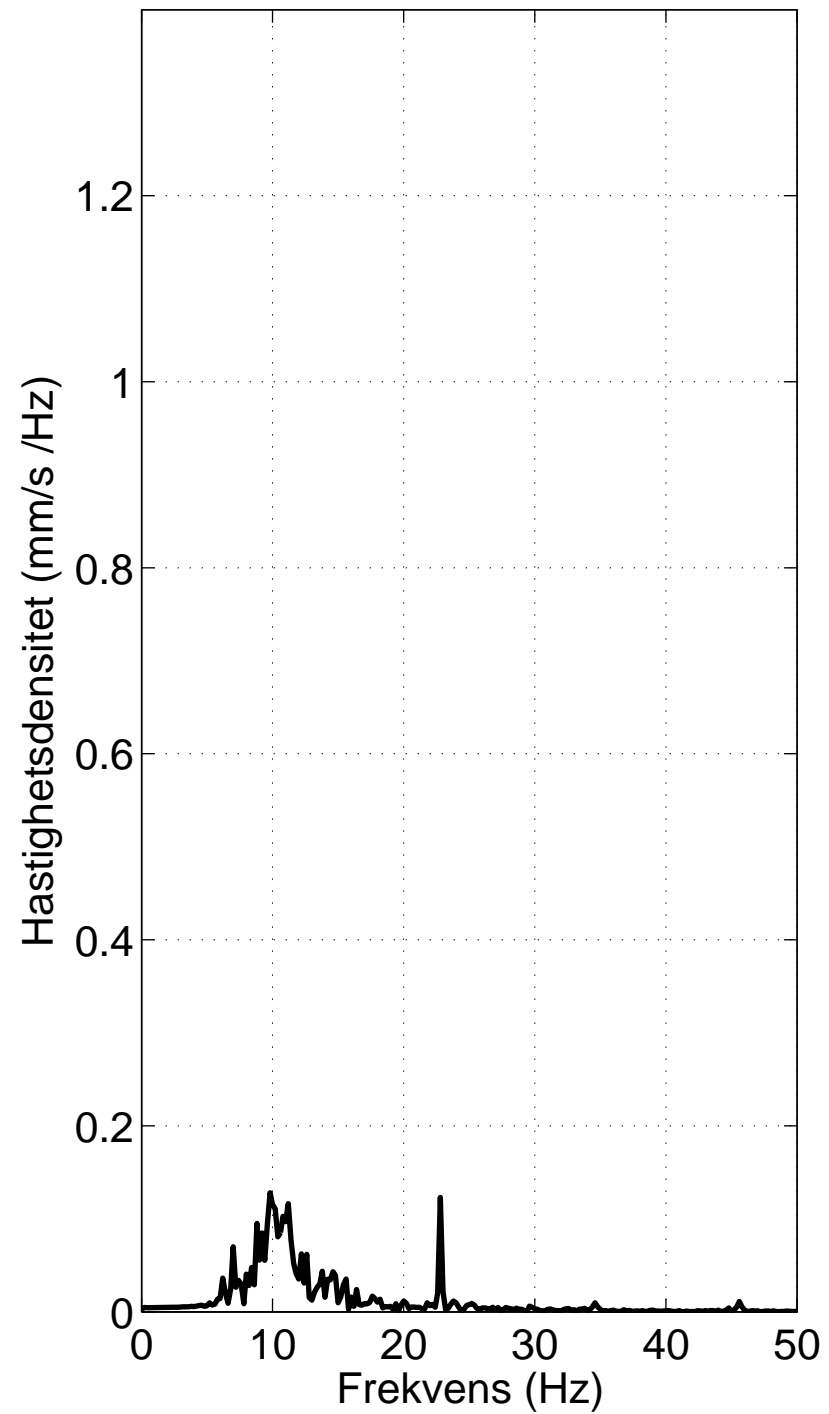
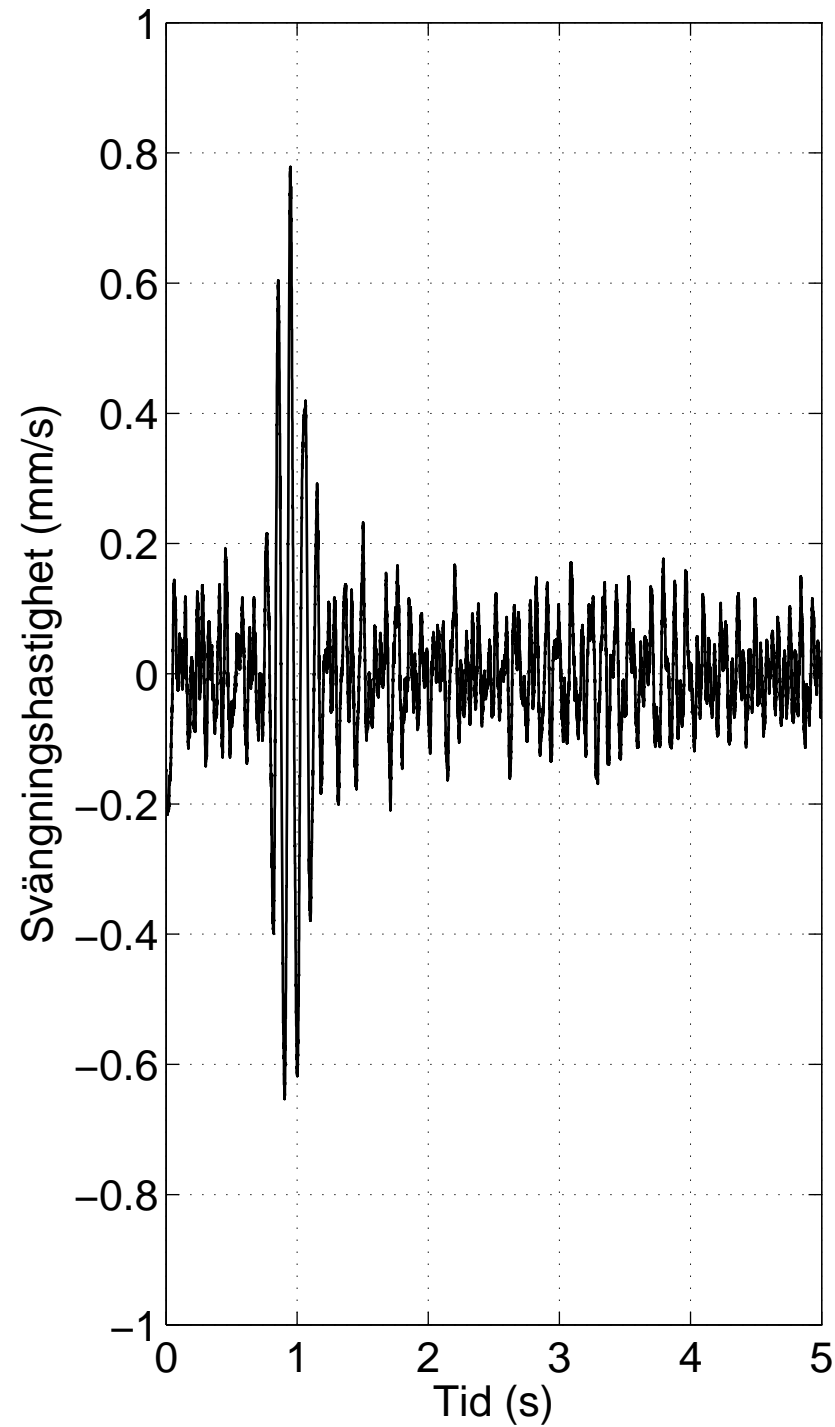
15s002, z=16 m, x=4 m



15s002, z=16 m, x=8 m

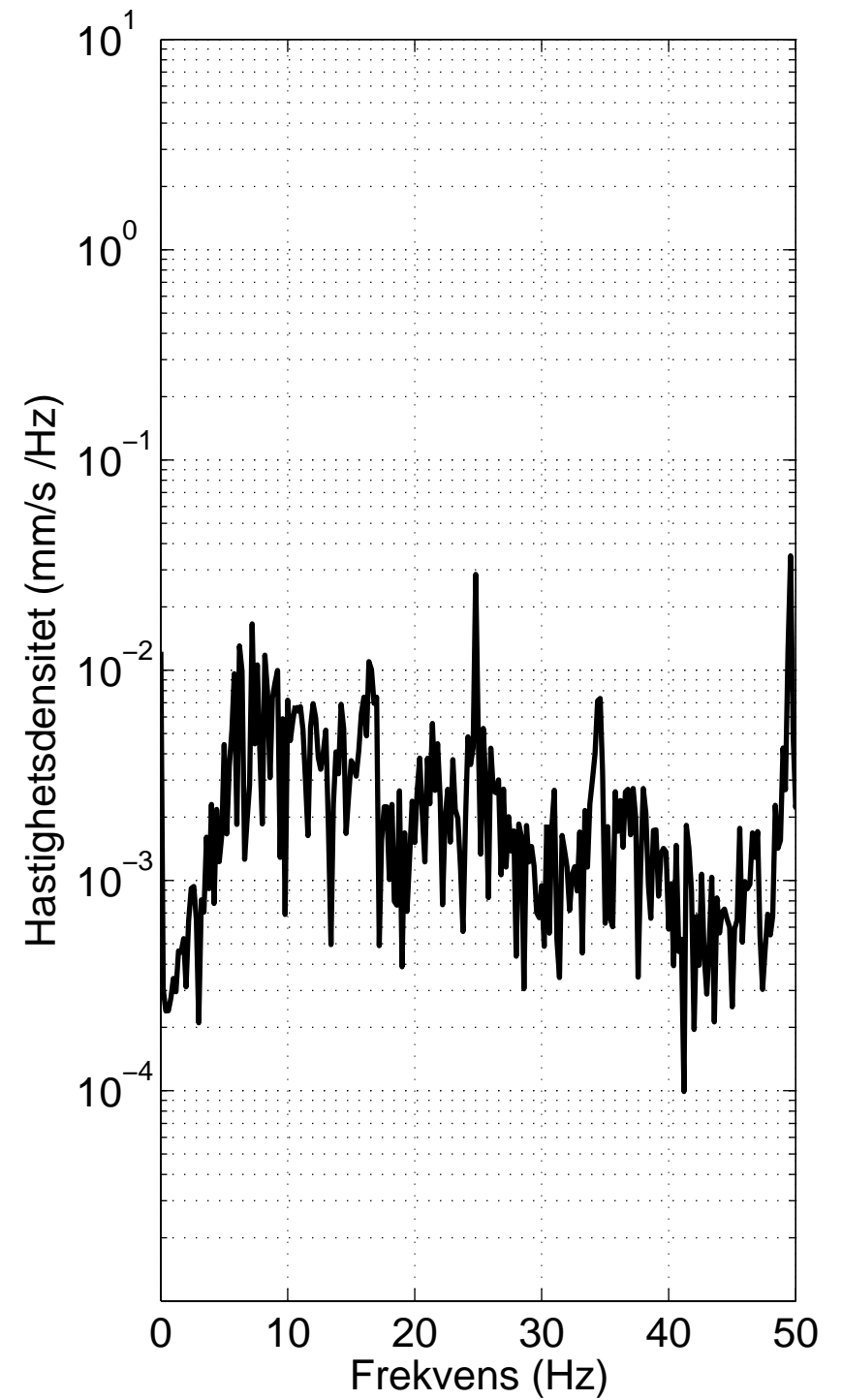
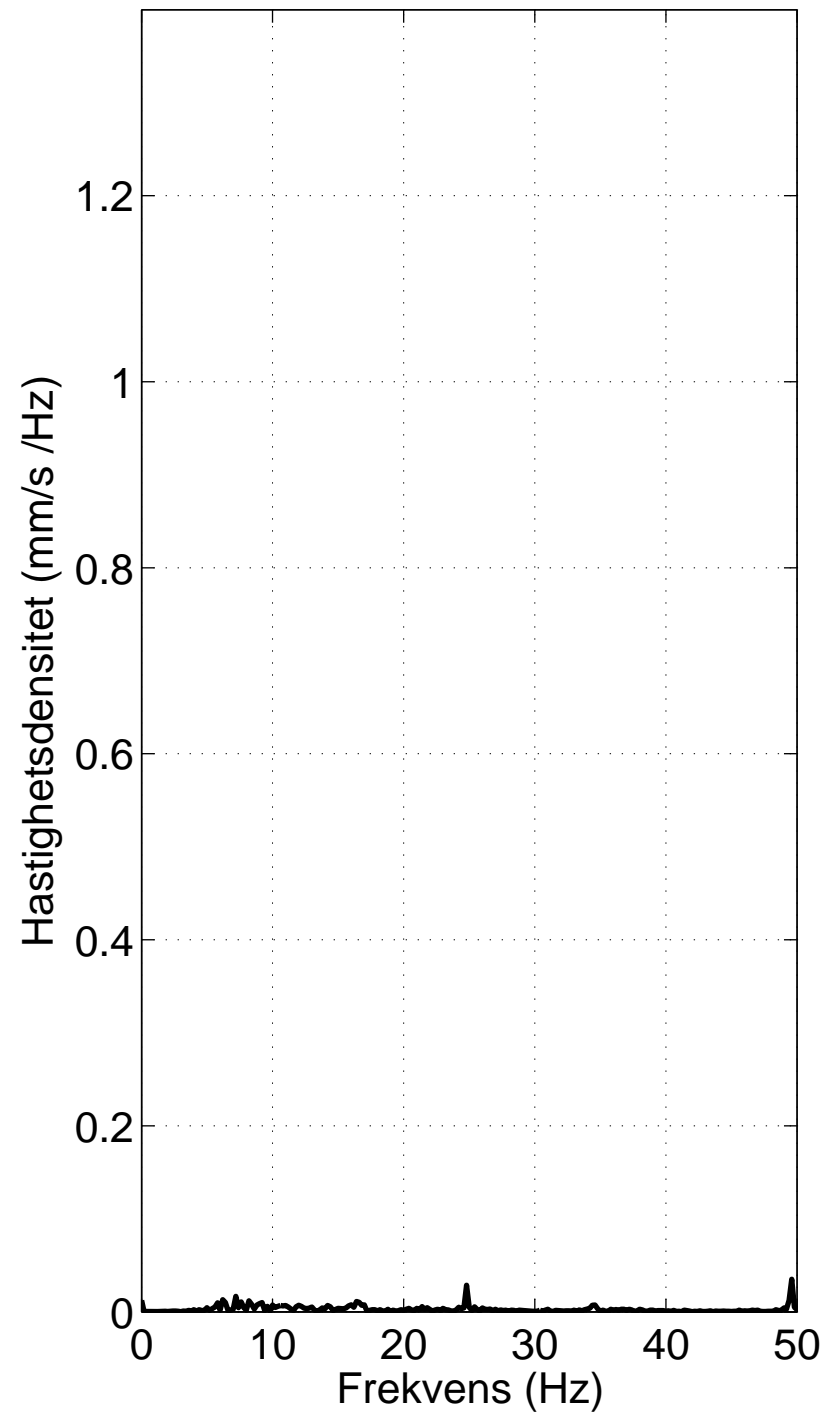
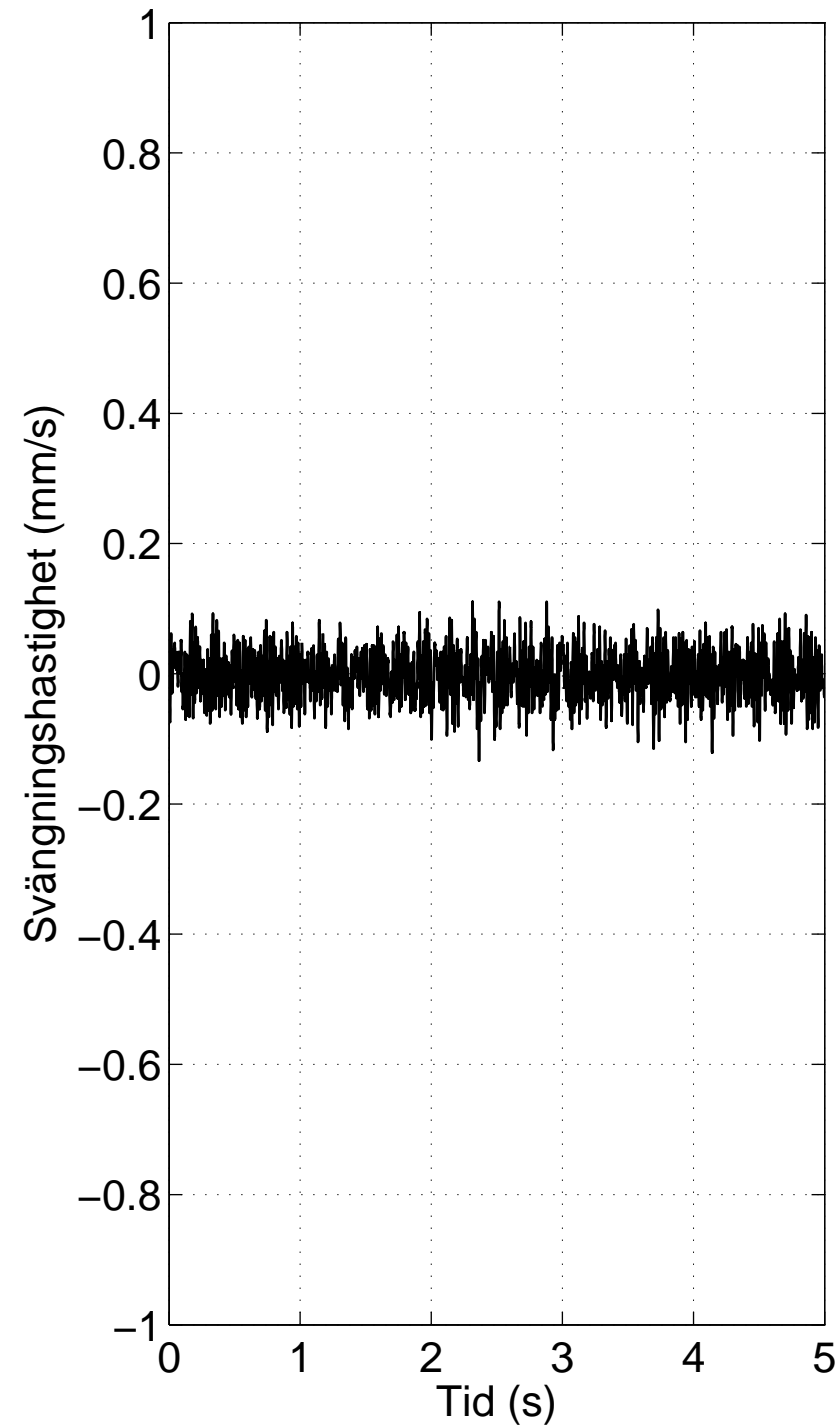


15s002, z=16 m, x=12 m

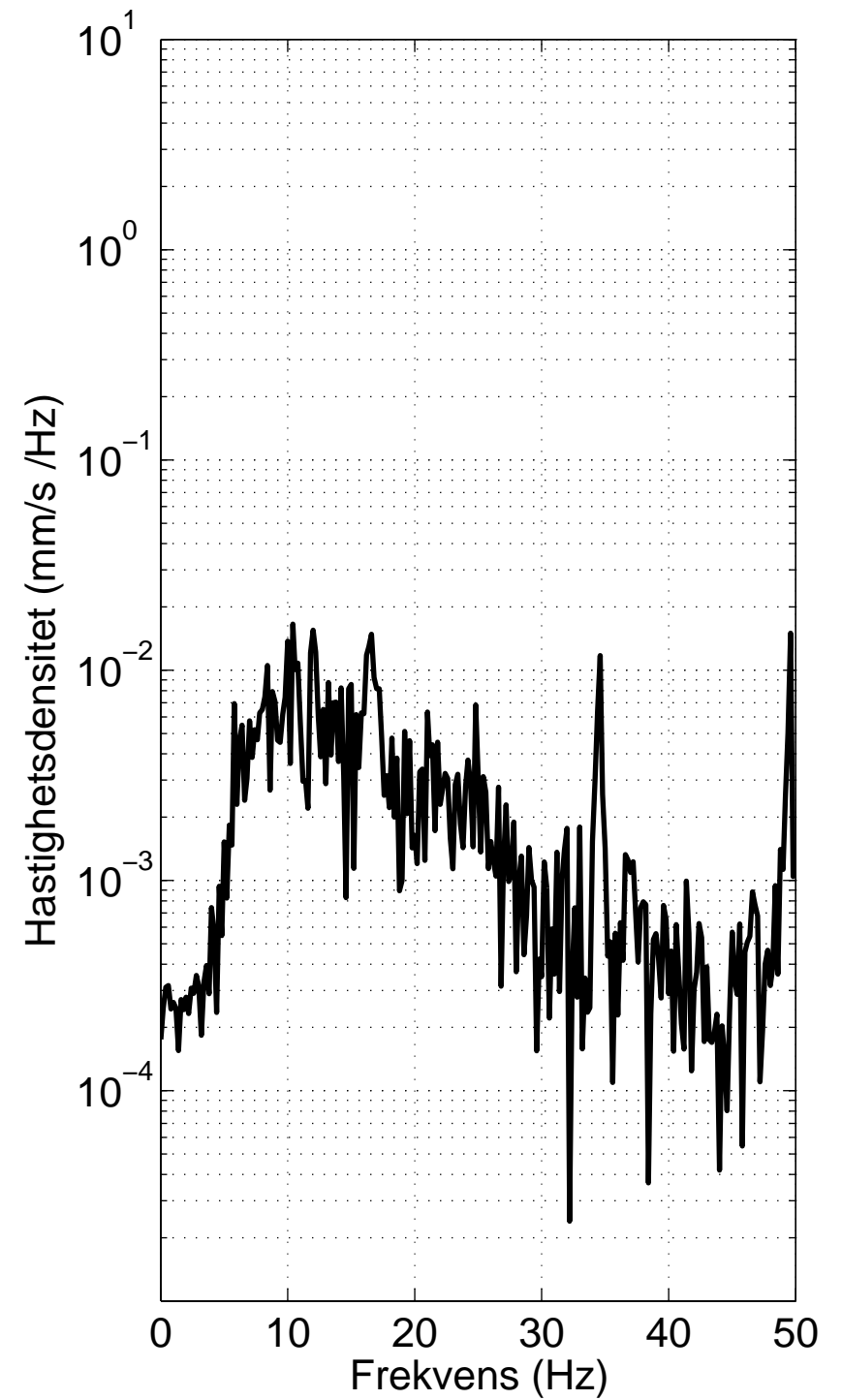
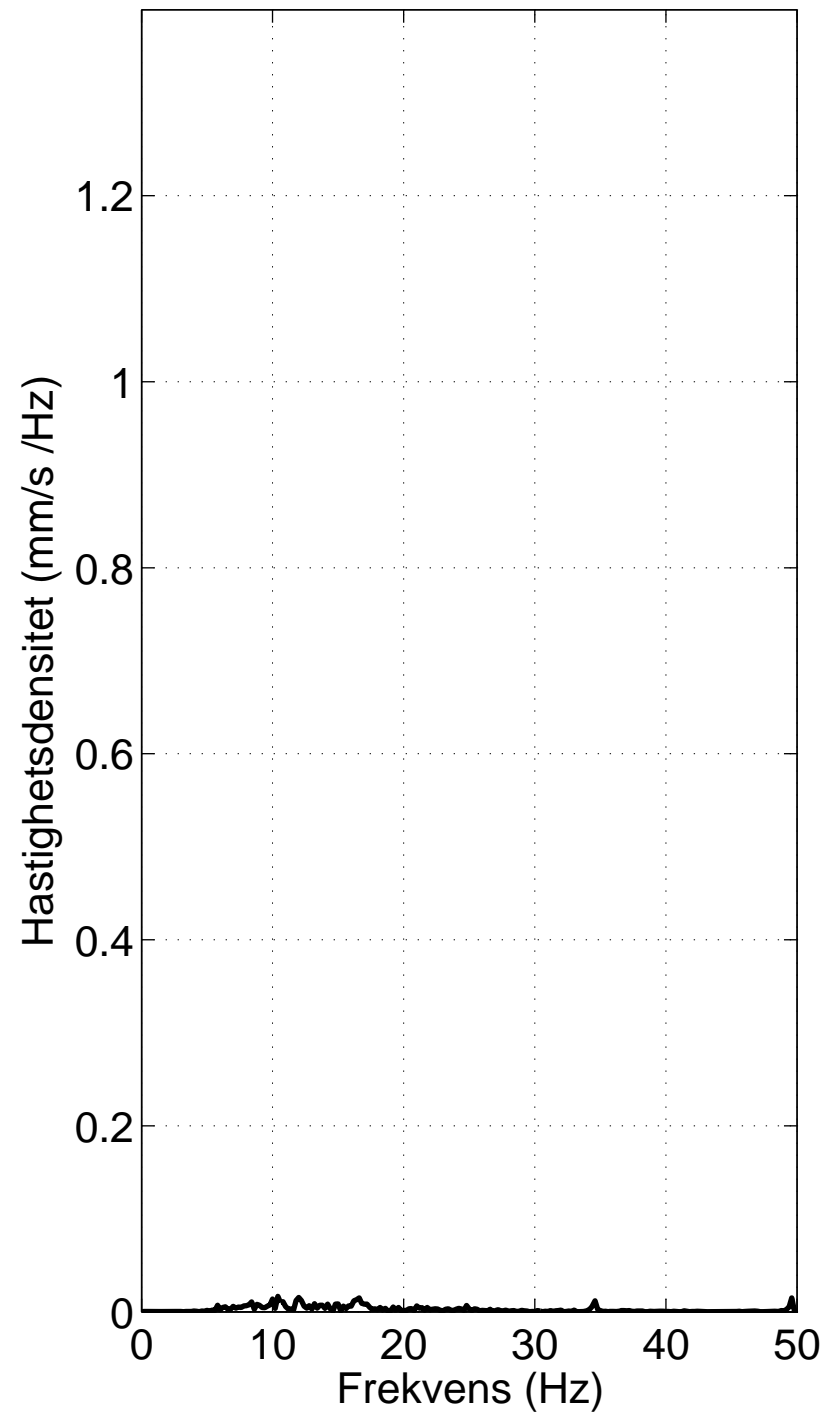
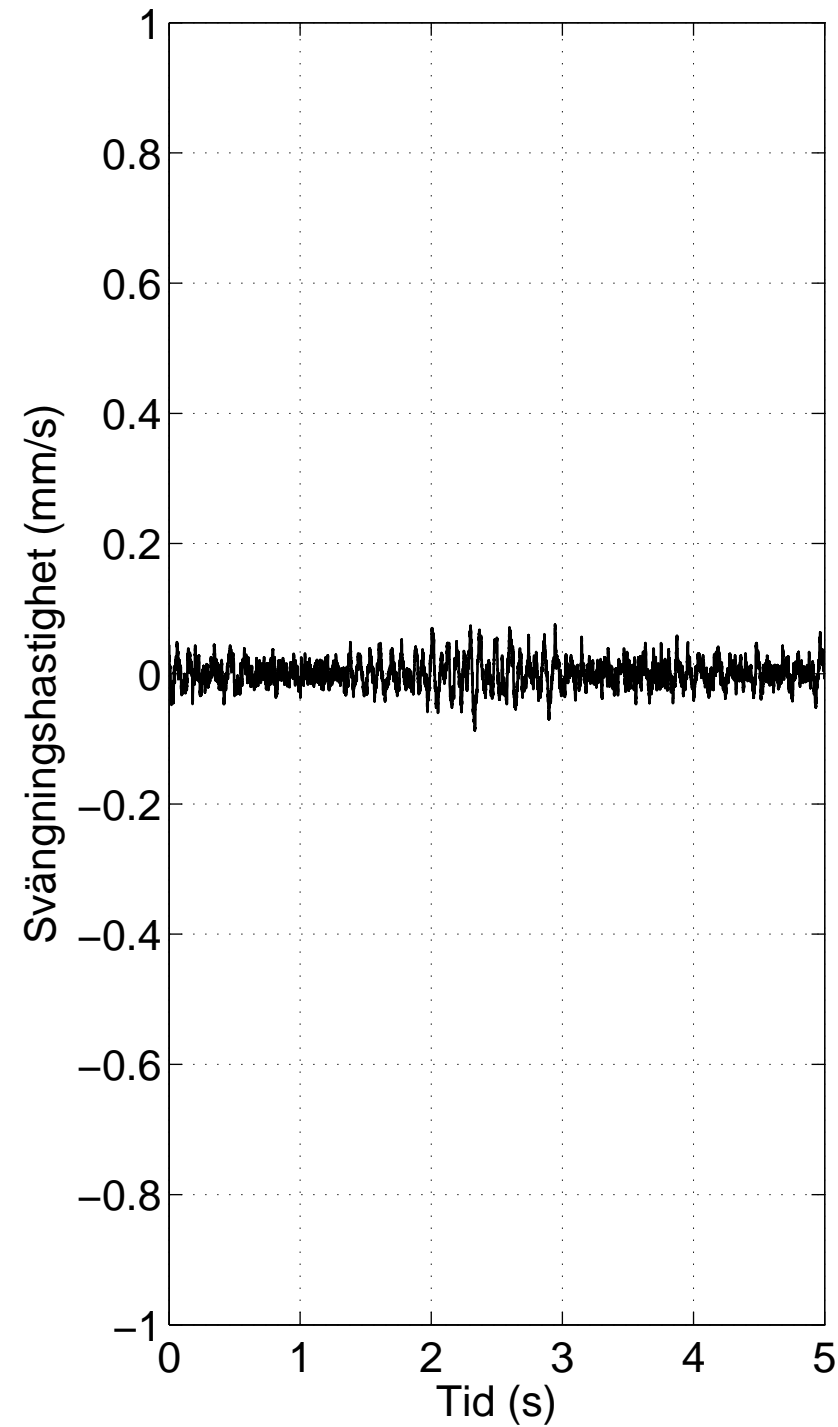




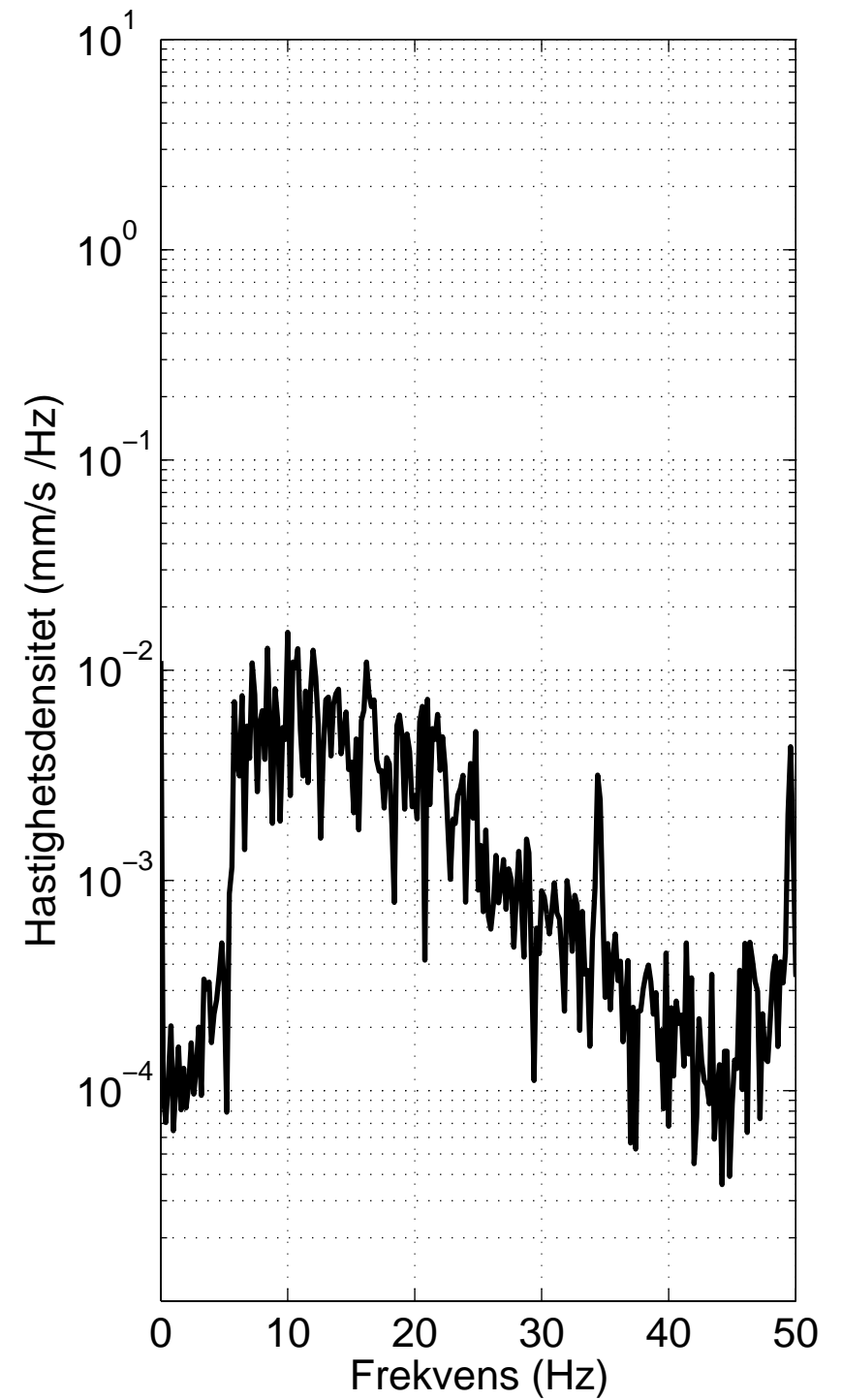
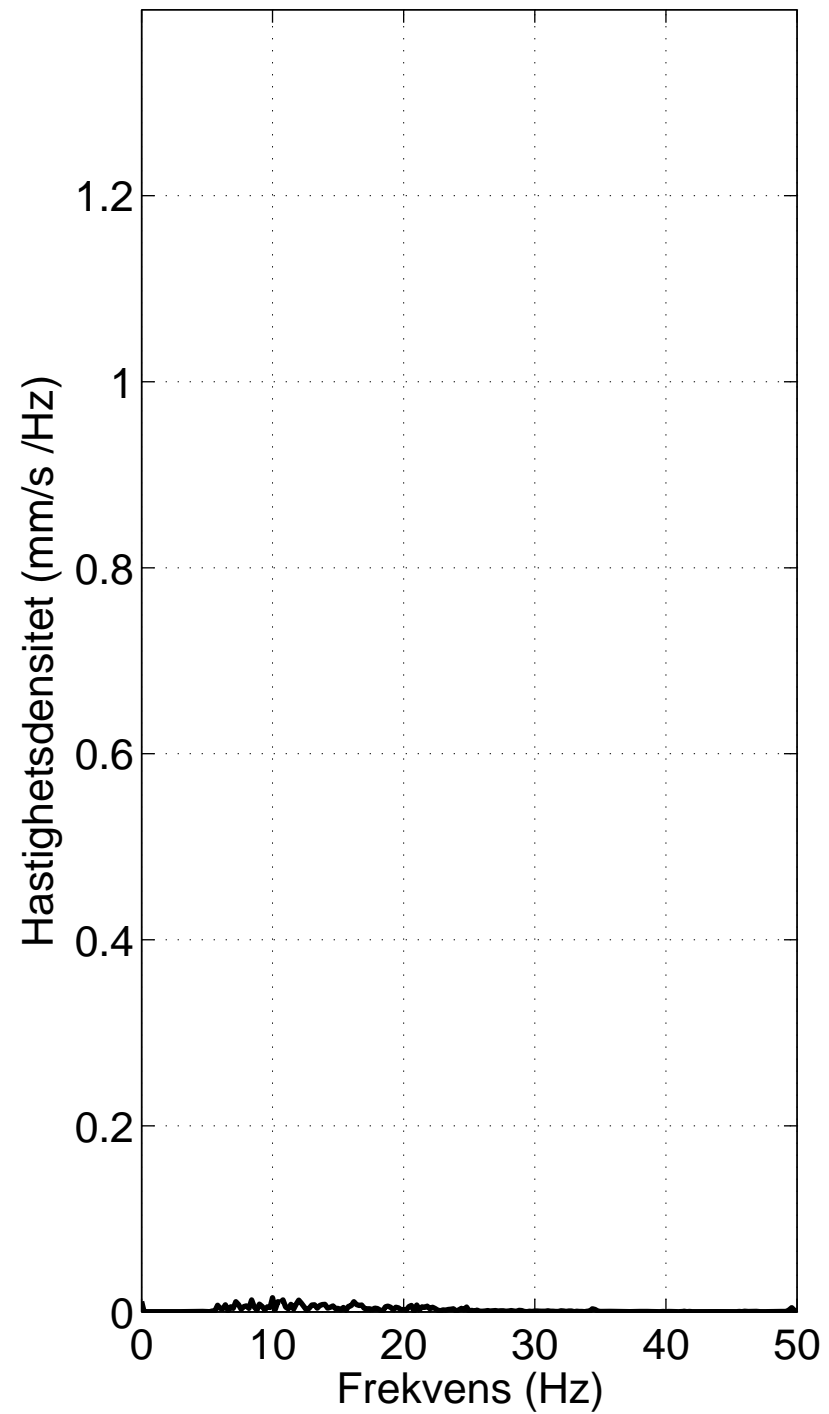
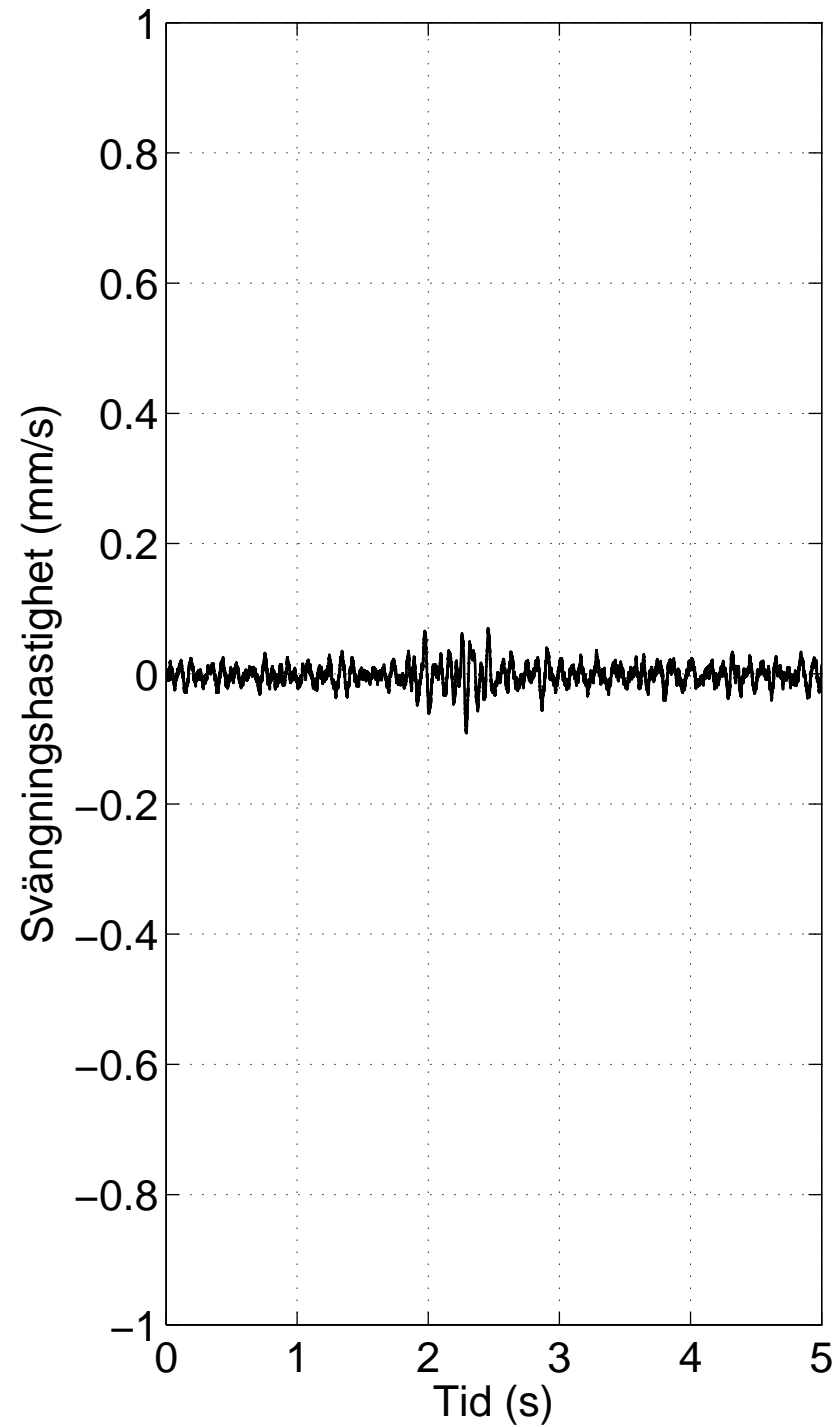
15s009, z=3 m, x=1 m



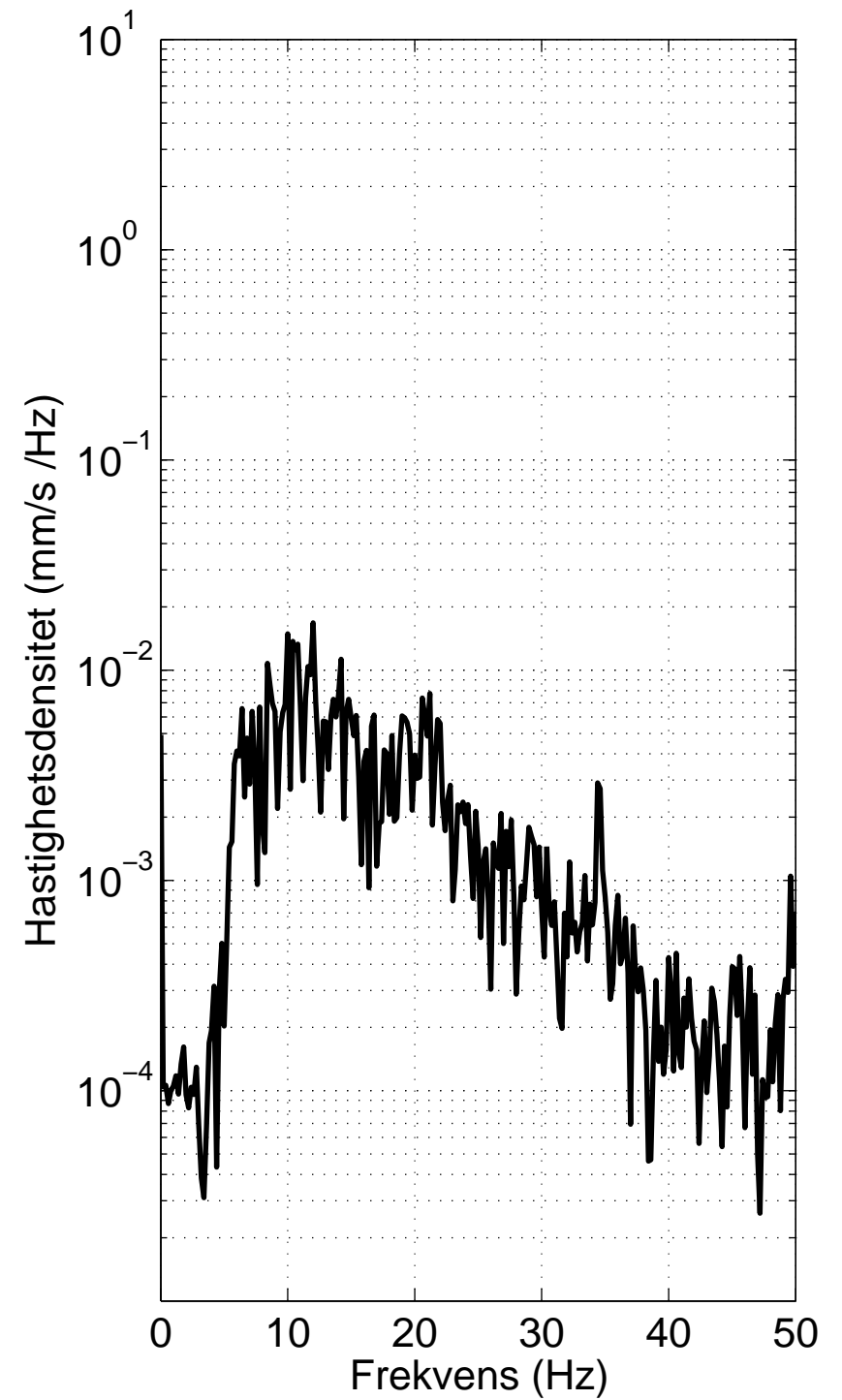
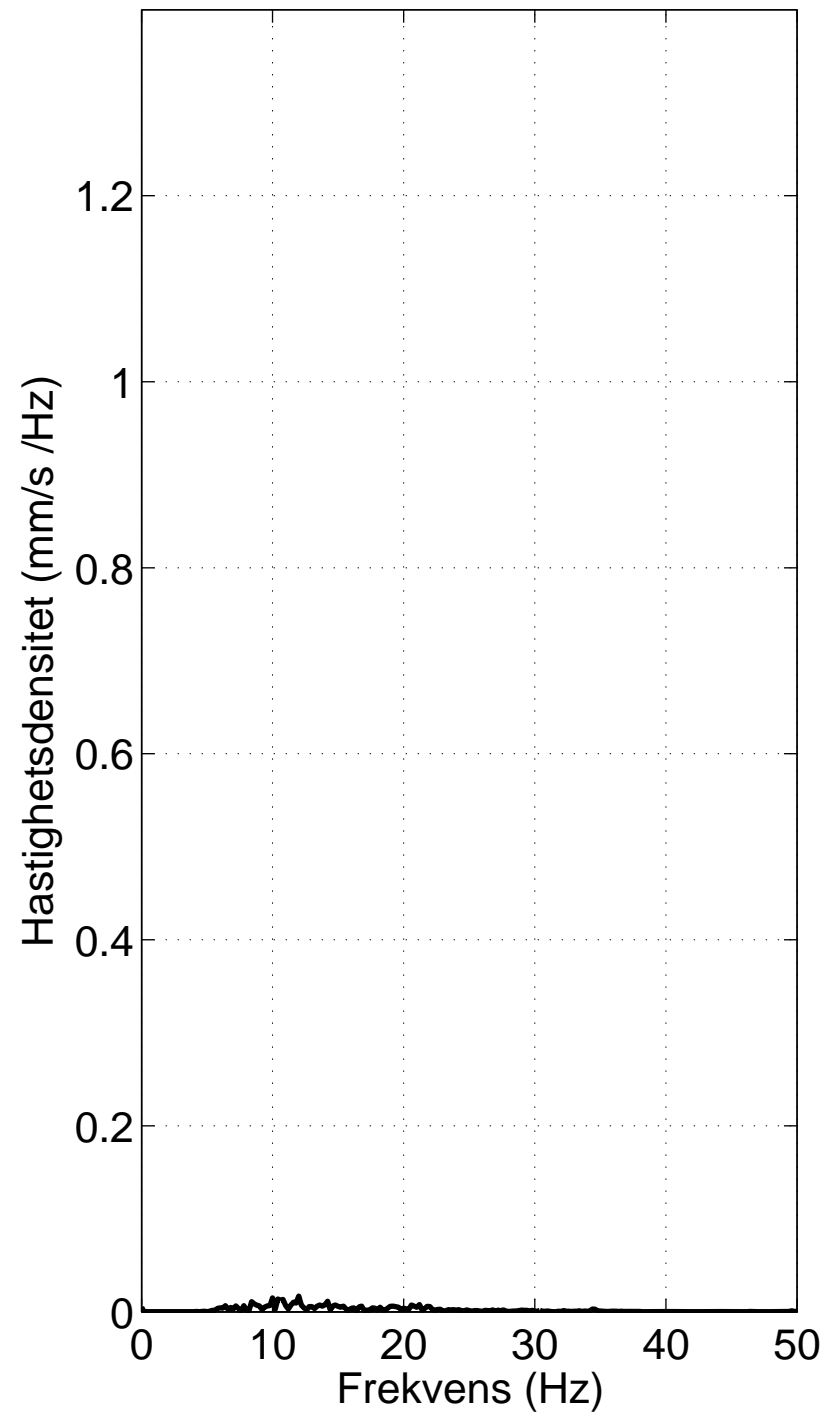
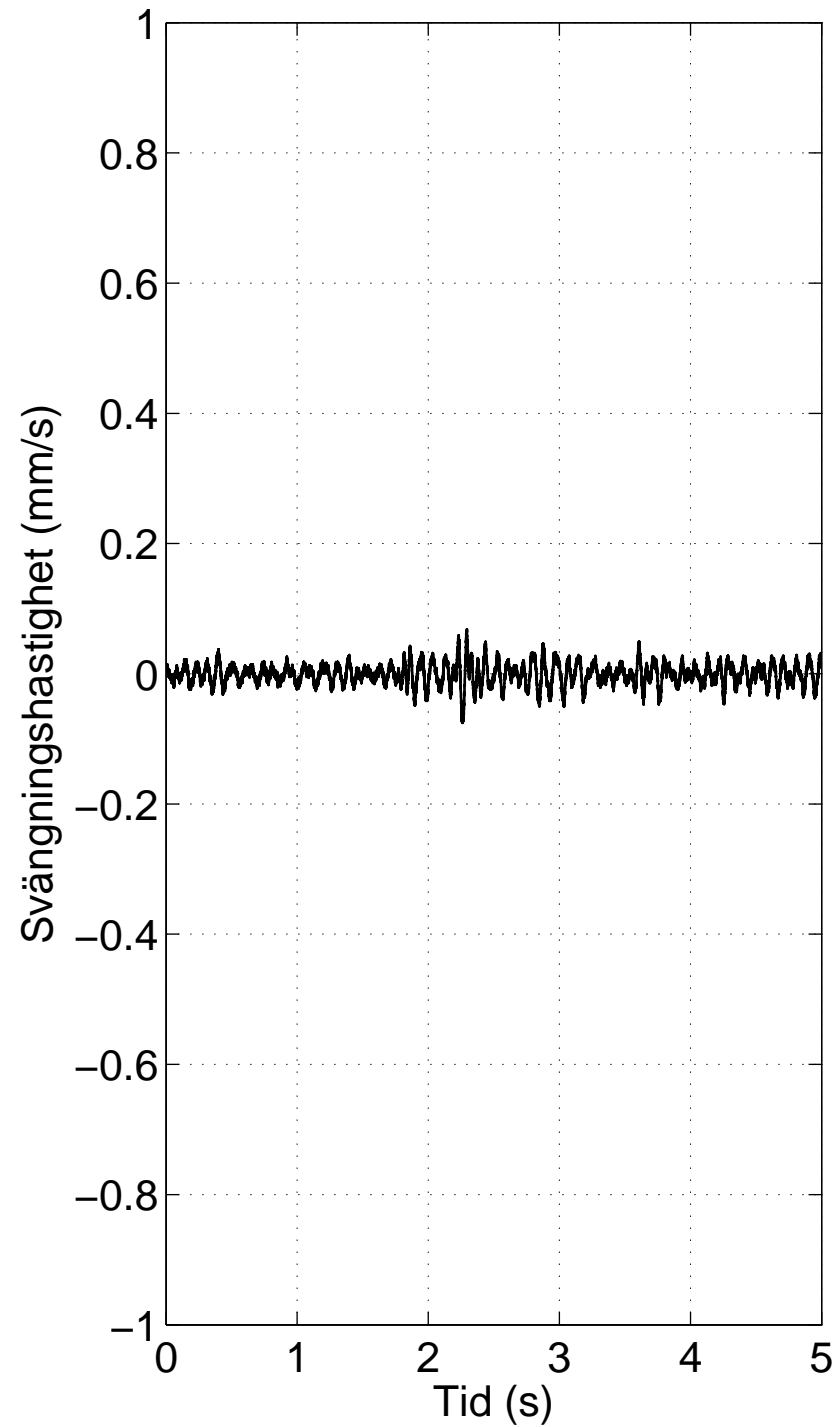
15s009, z=3 m, x=4 m



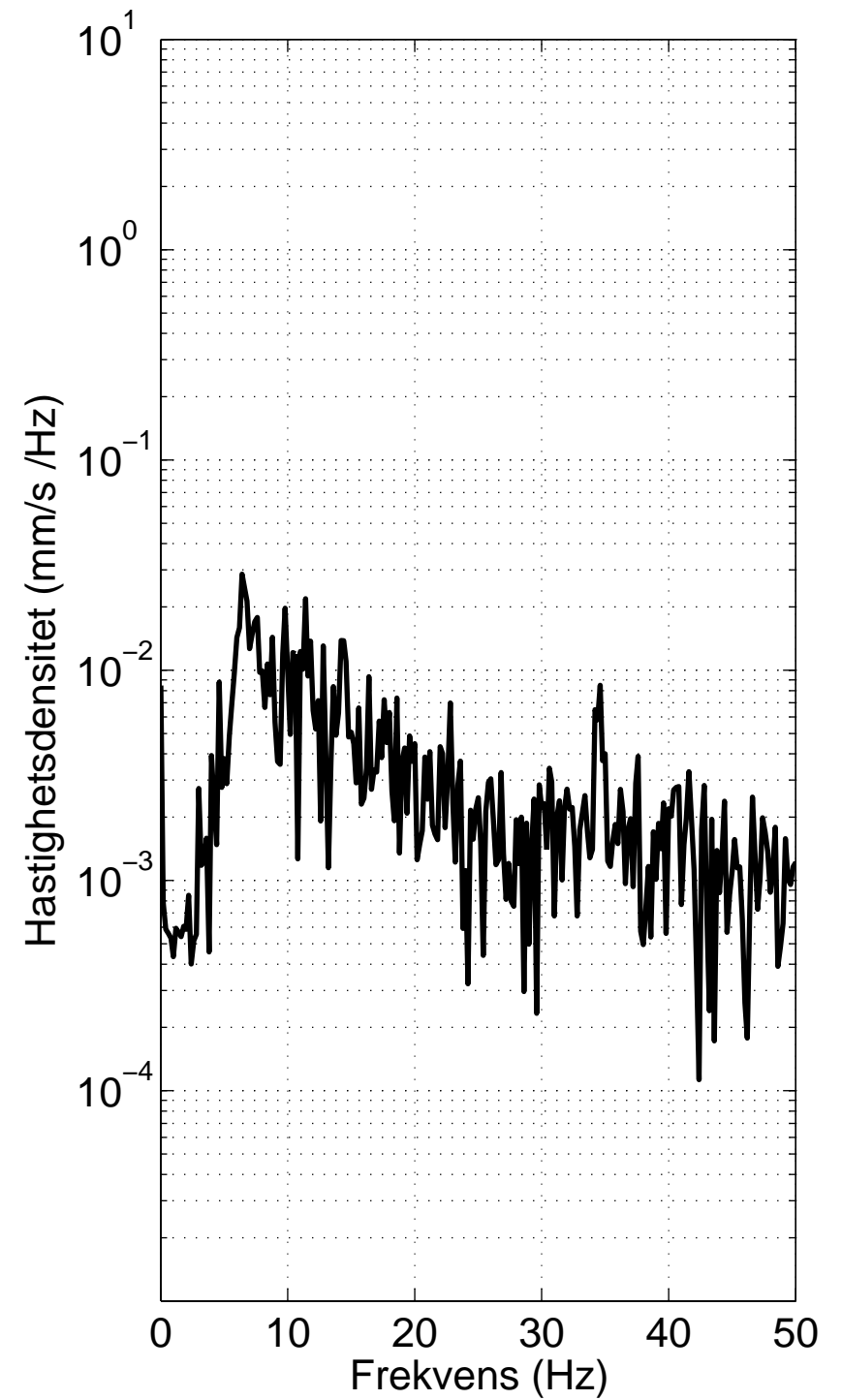
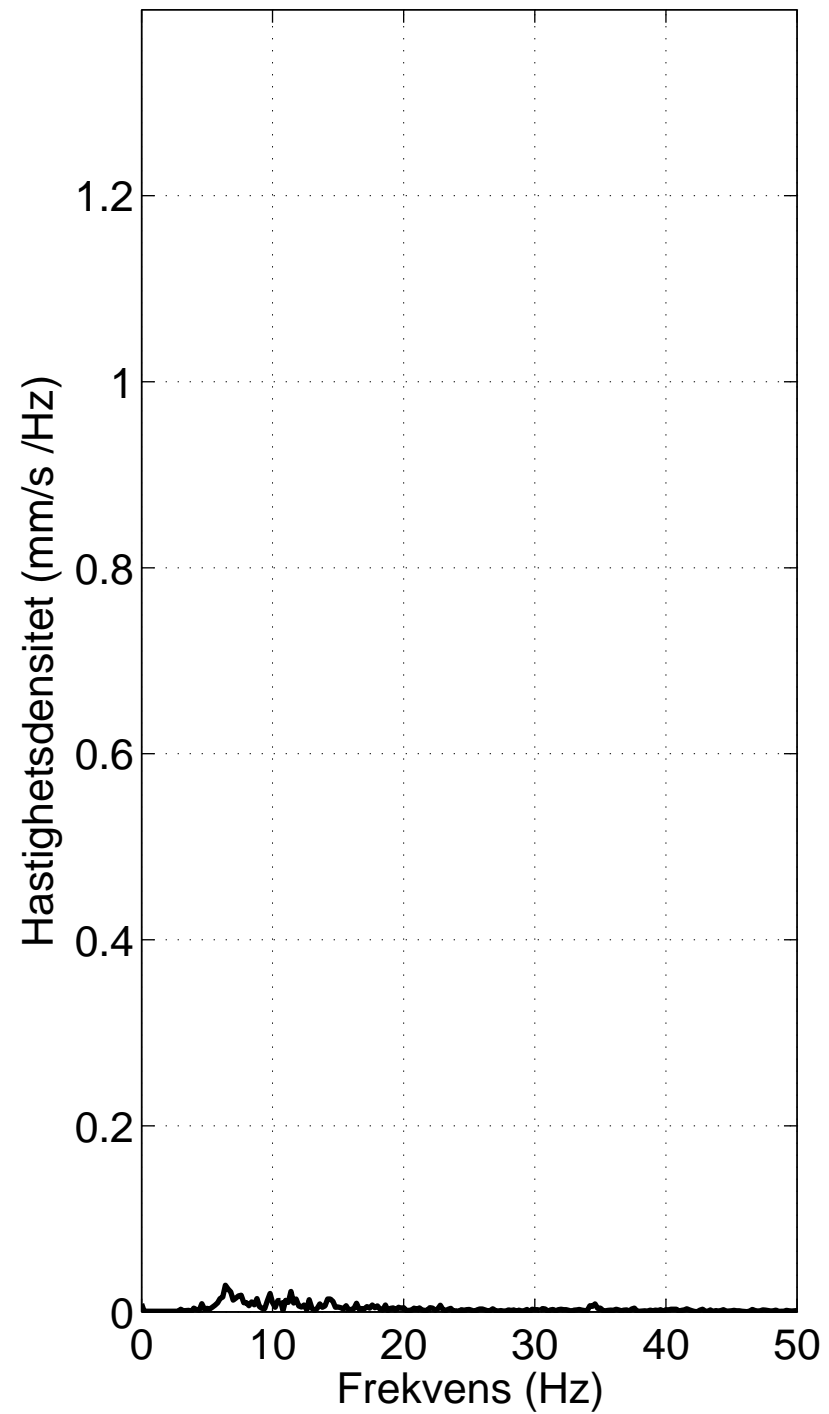
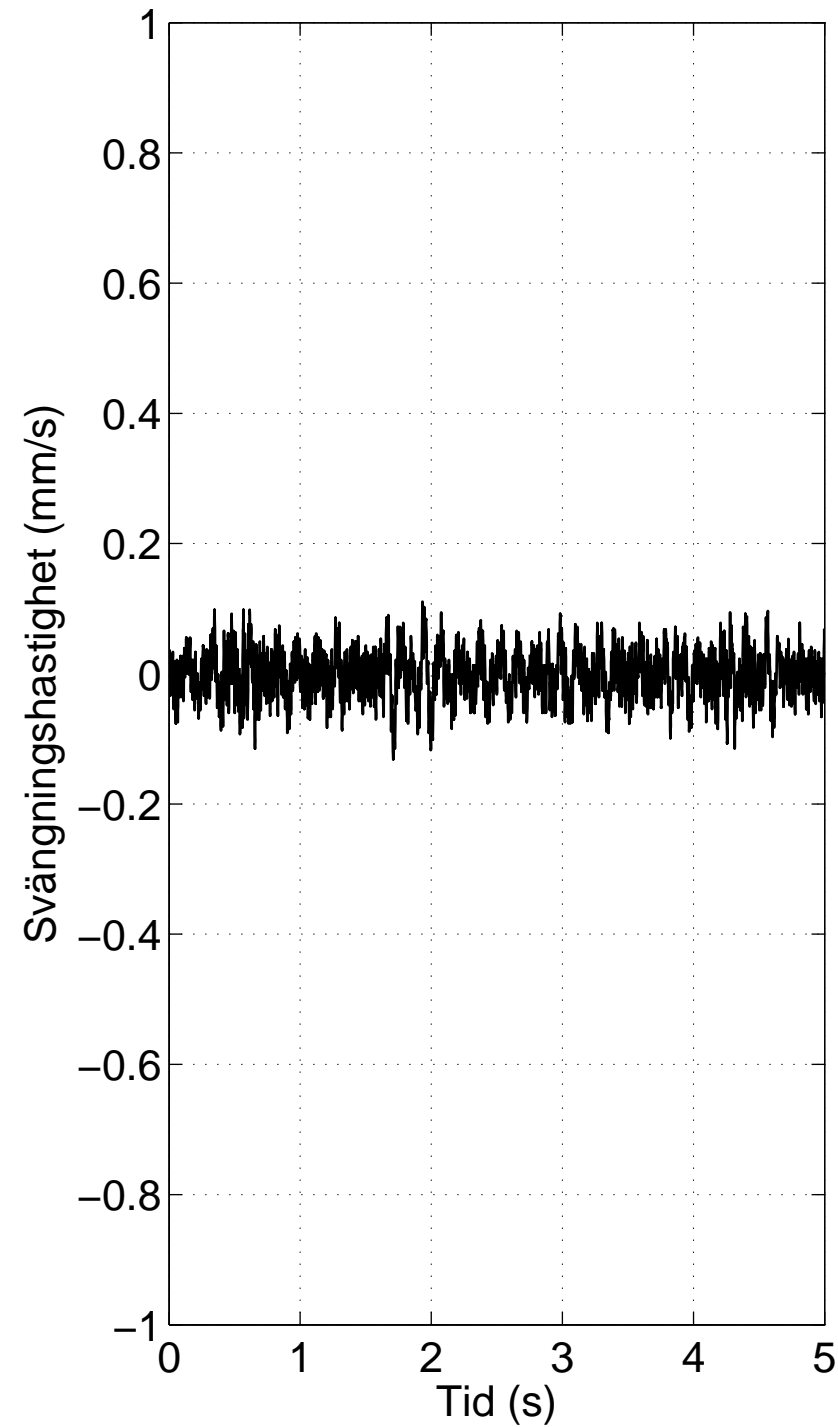
15s009, z=3 m, x=8 m



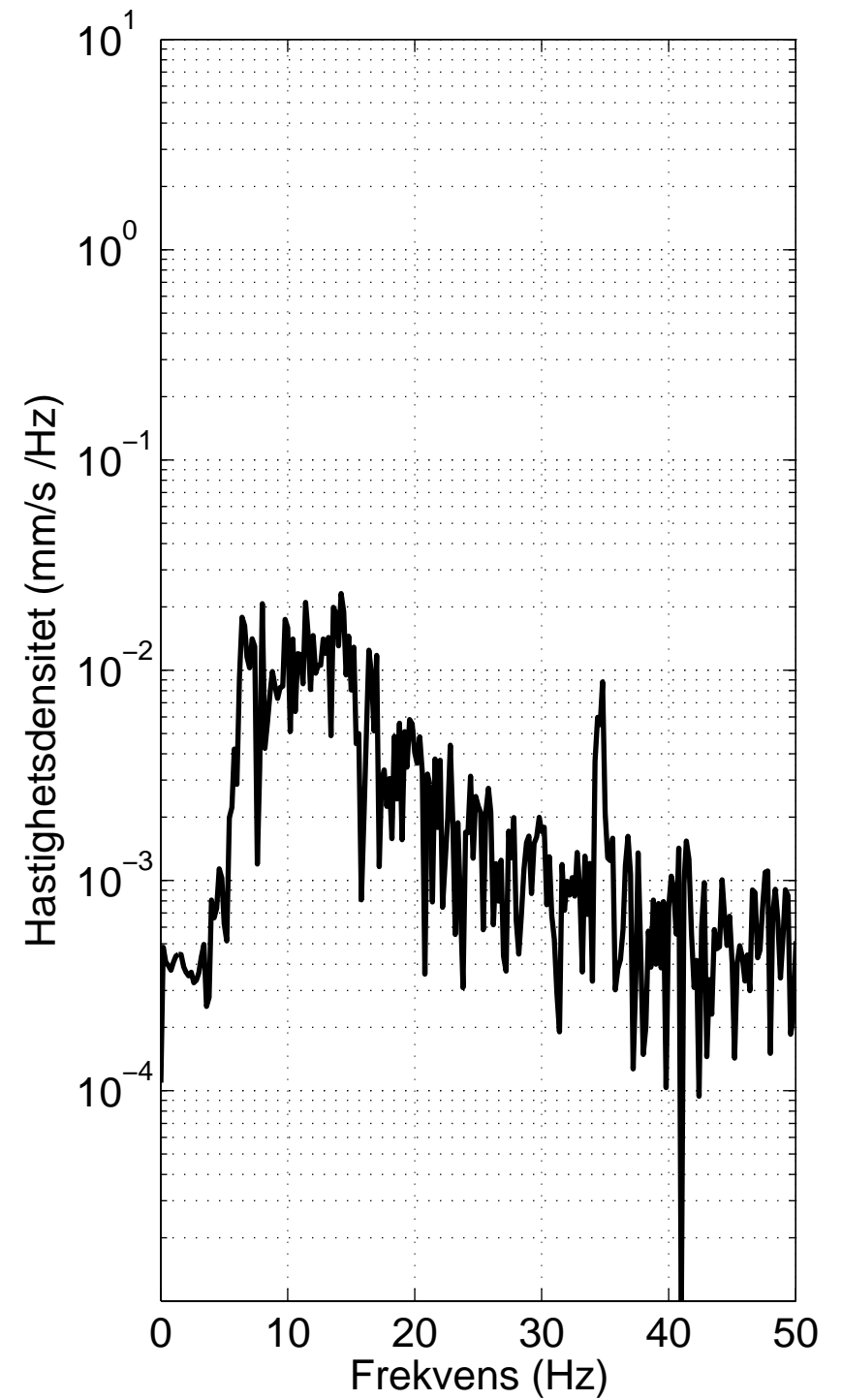
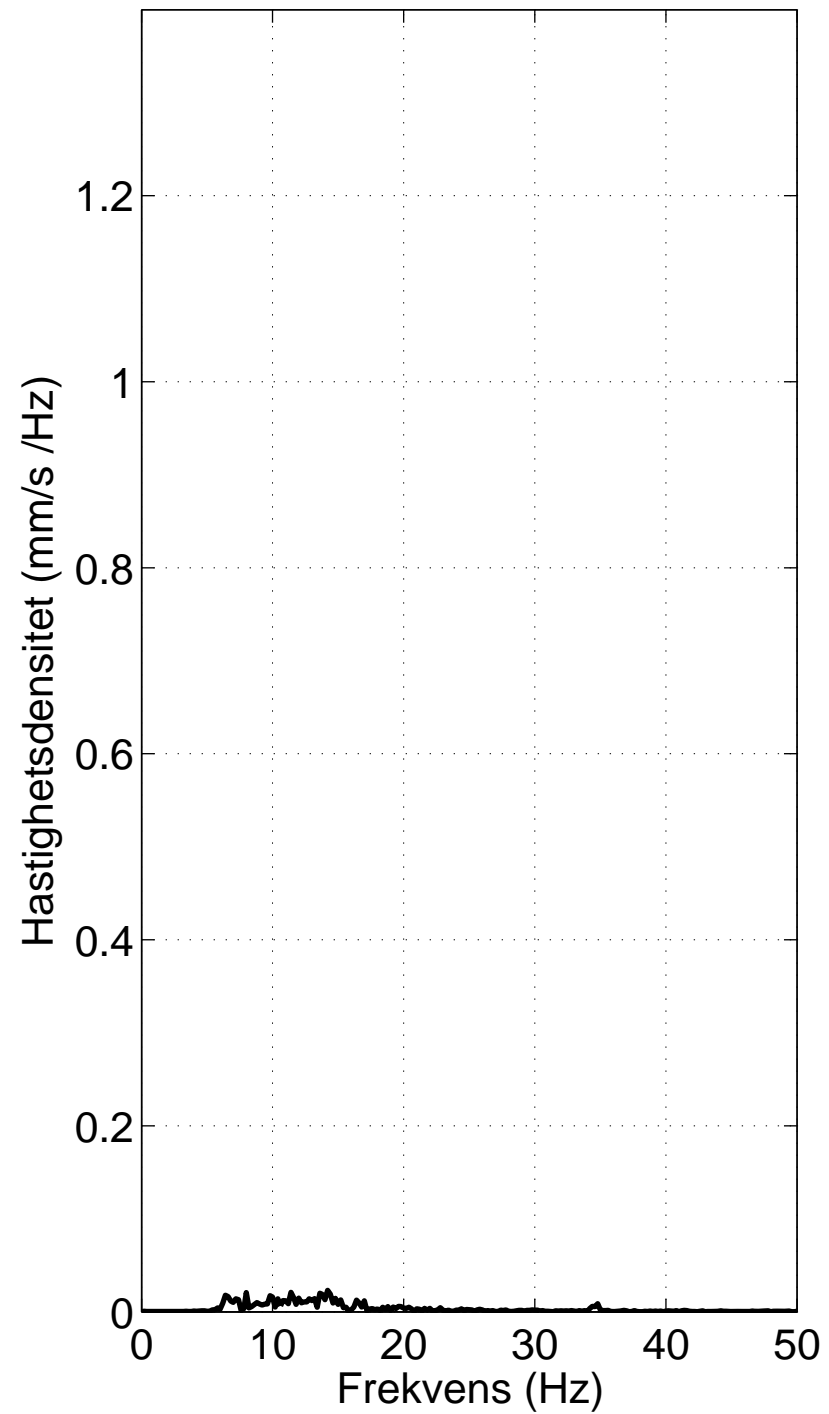
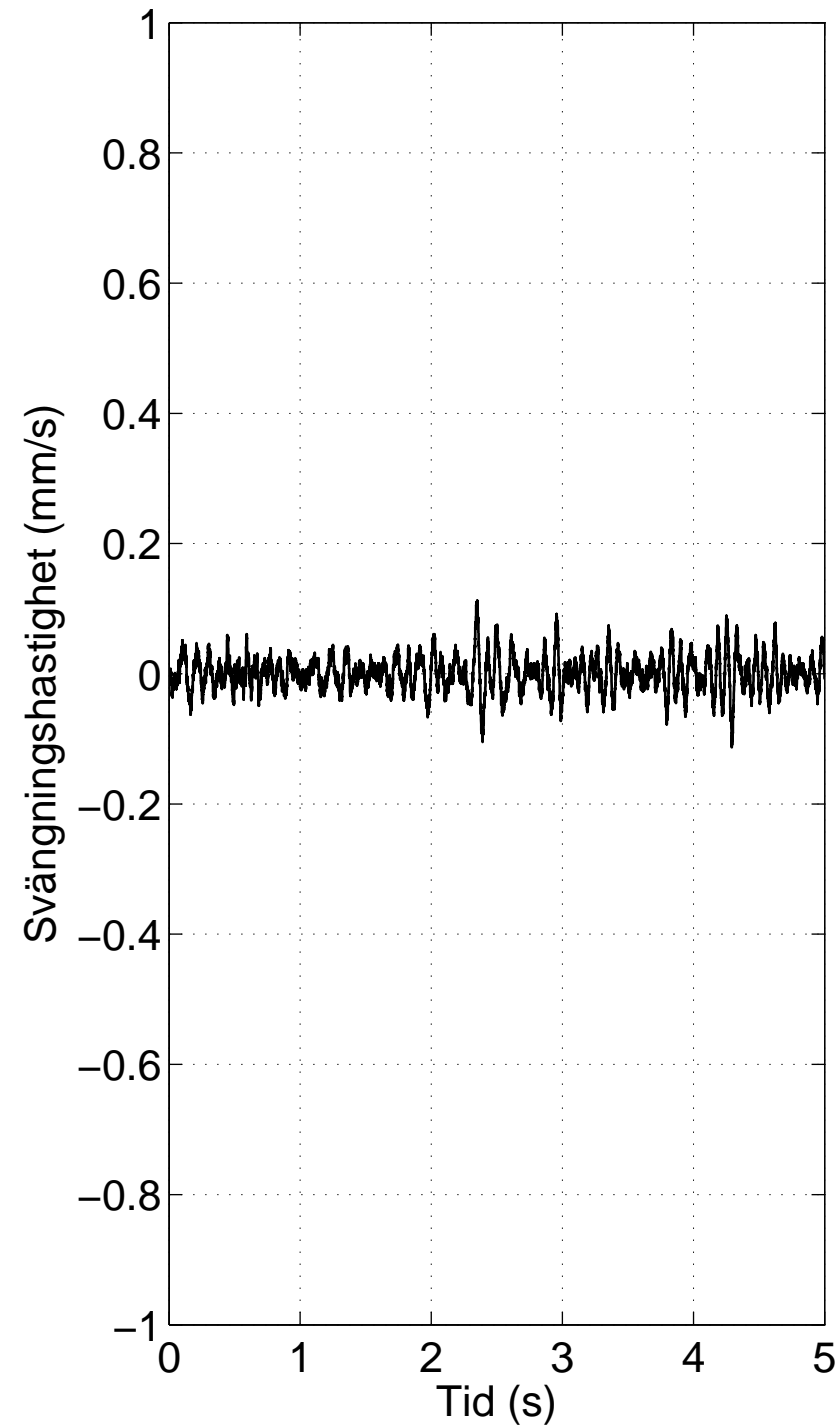
15s009, z=3 m, x=12 m



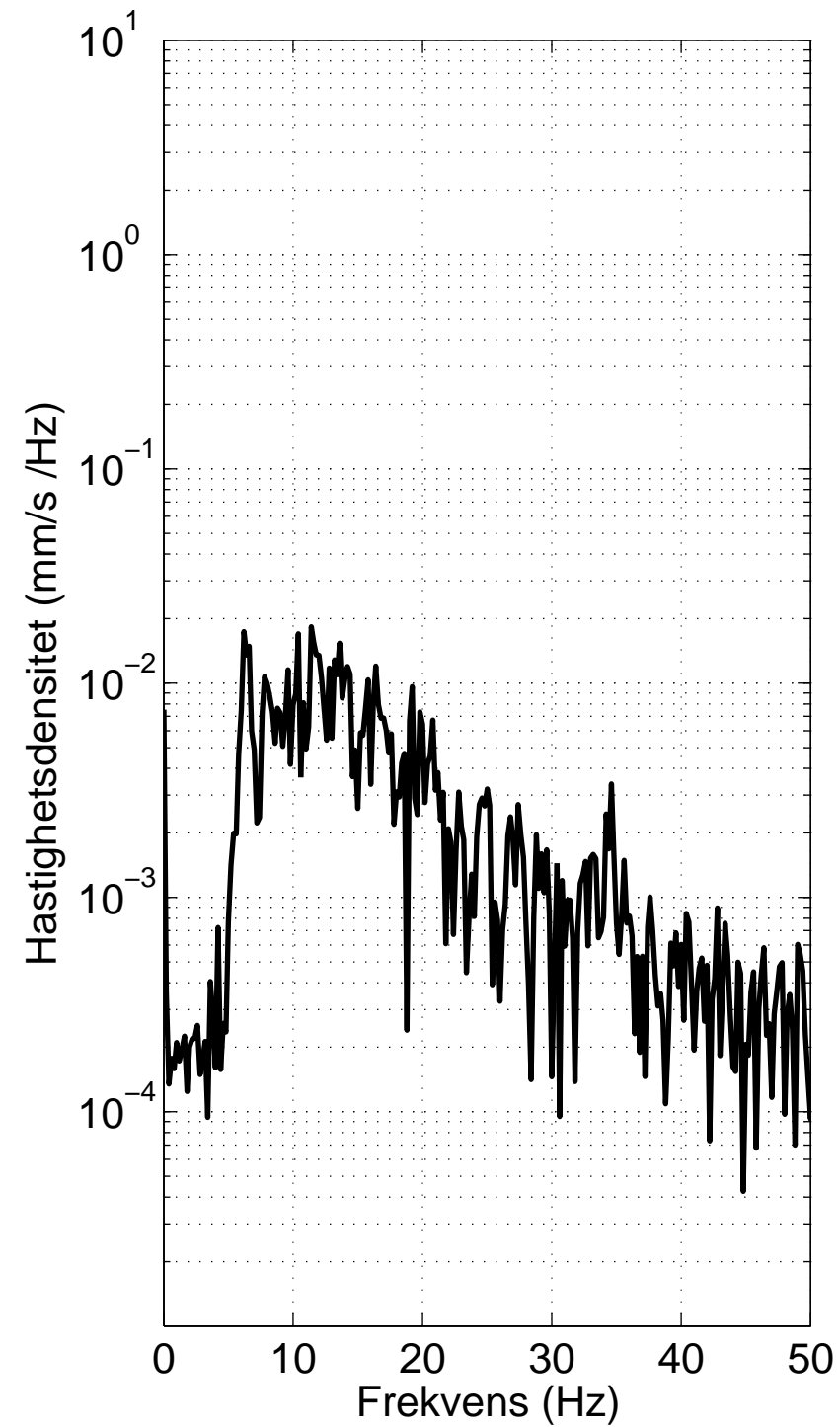
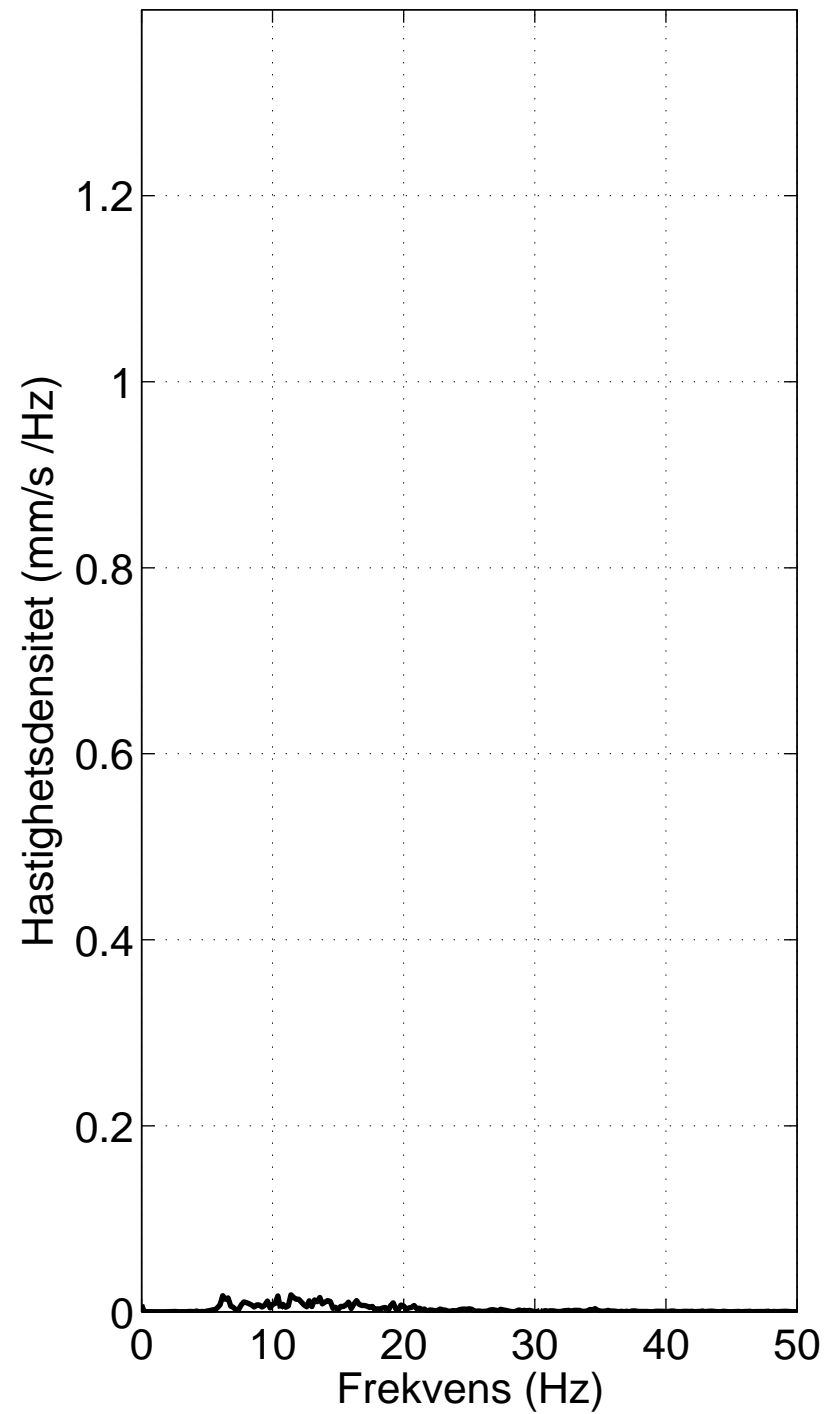
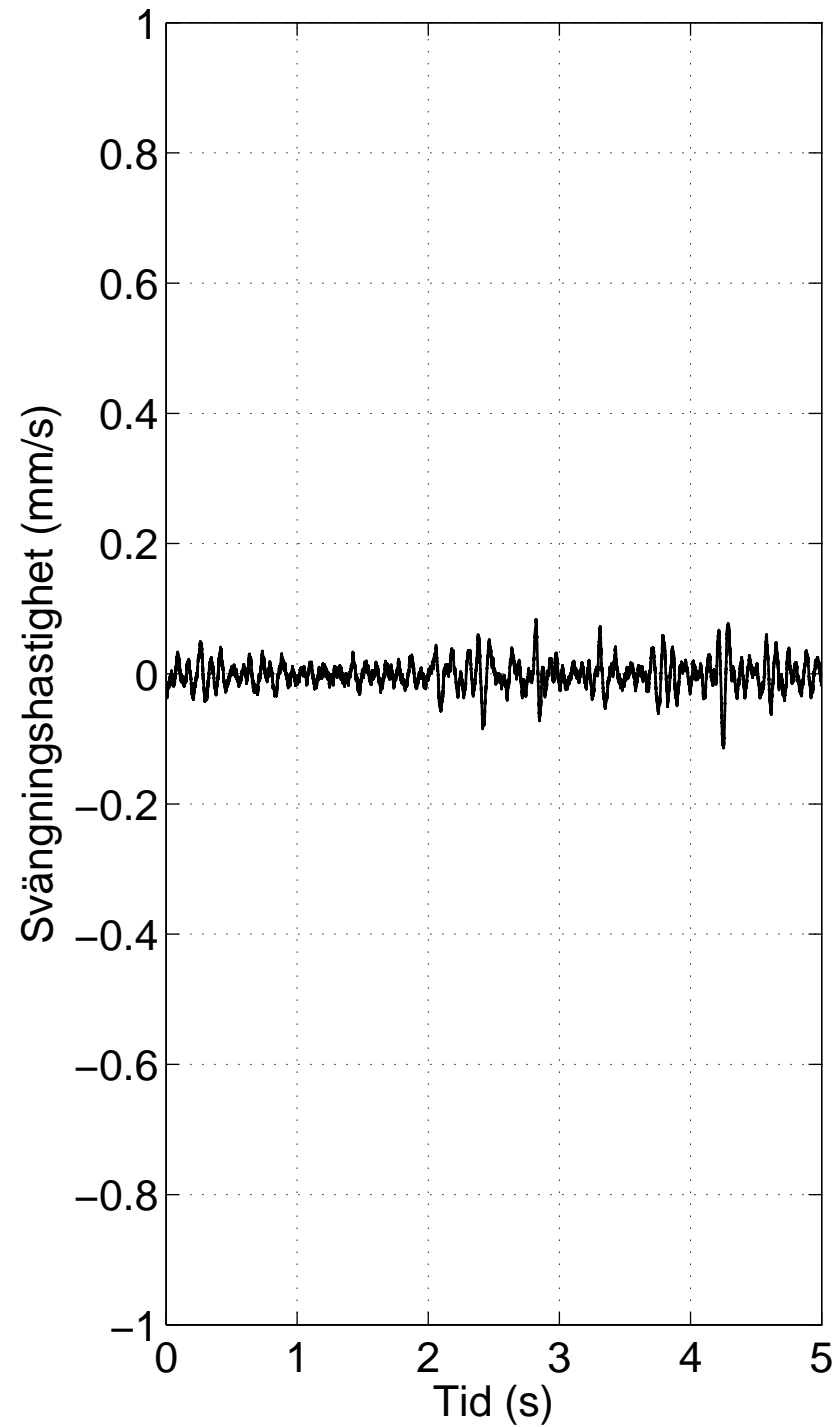
15s009, z=5 m, x=1 m



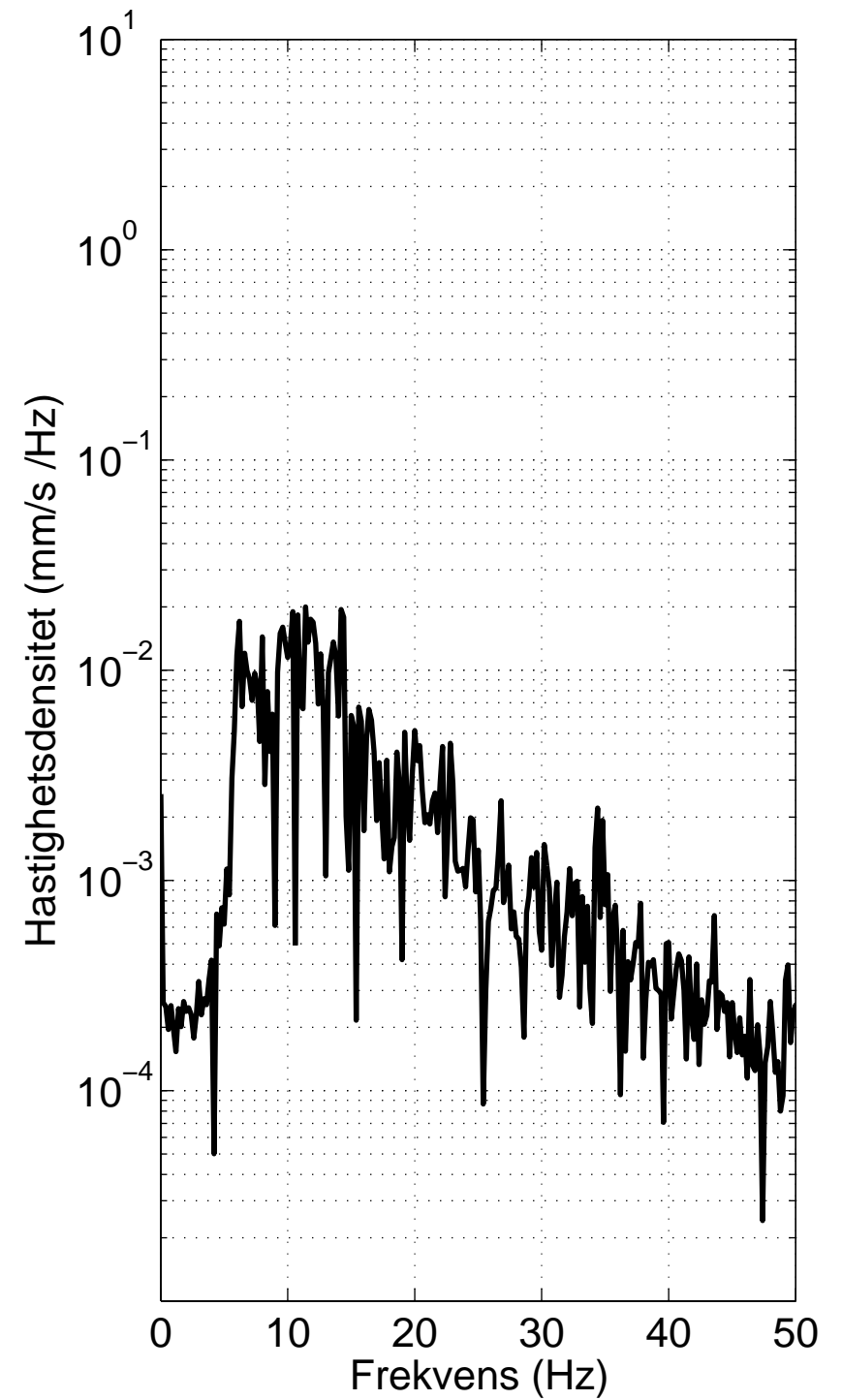
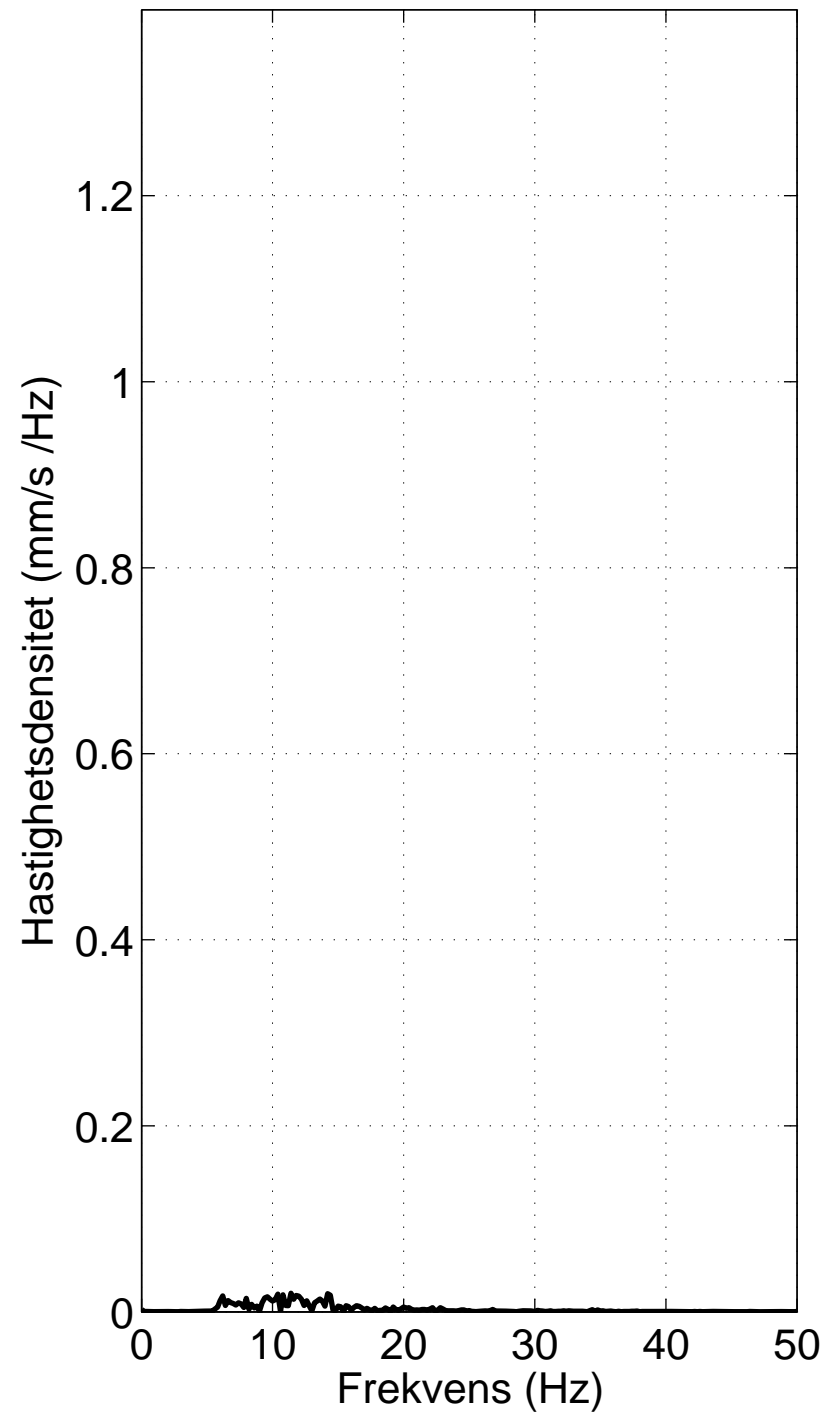
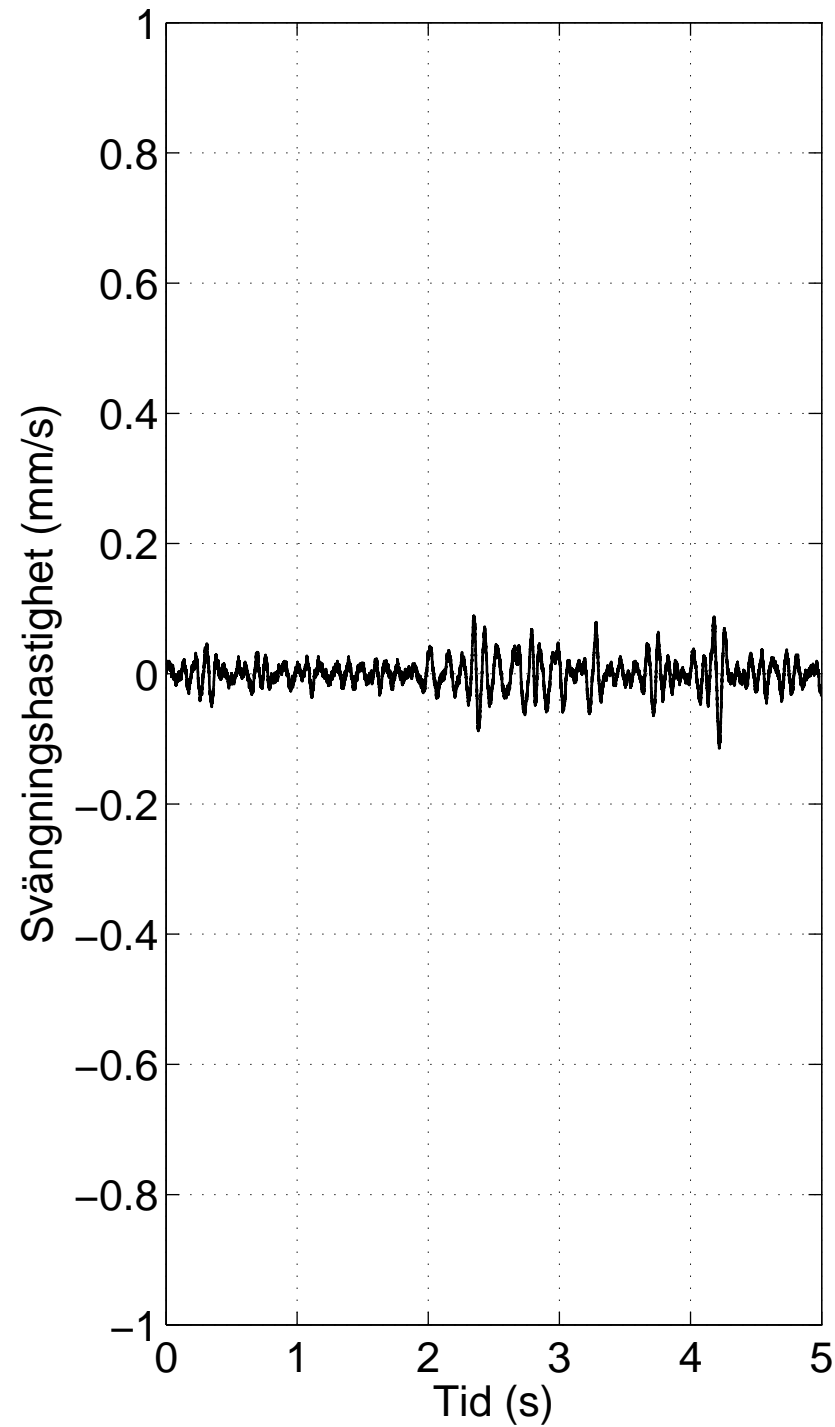
15s009, z=5 m, x=4 m



15s009, z=5 m, x=8 m

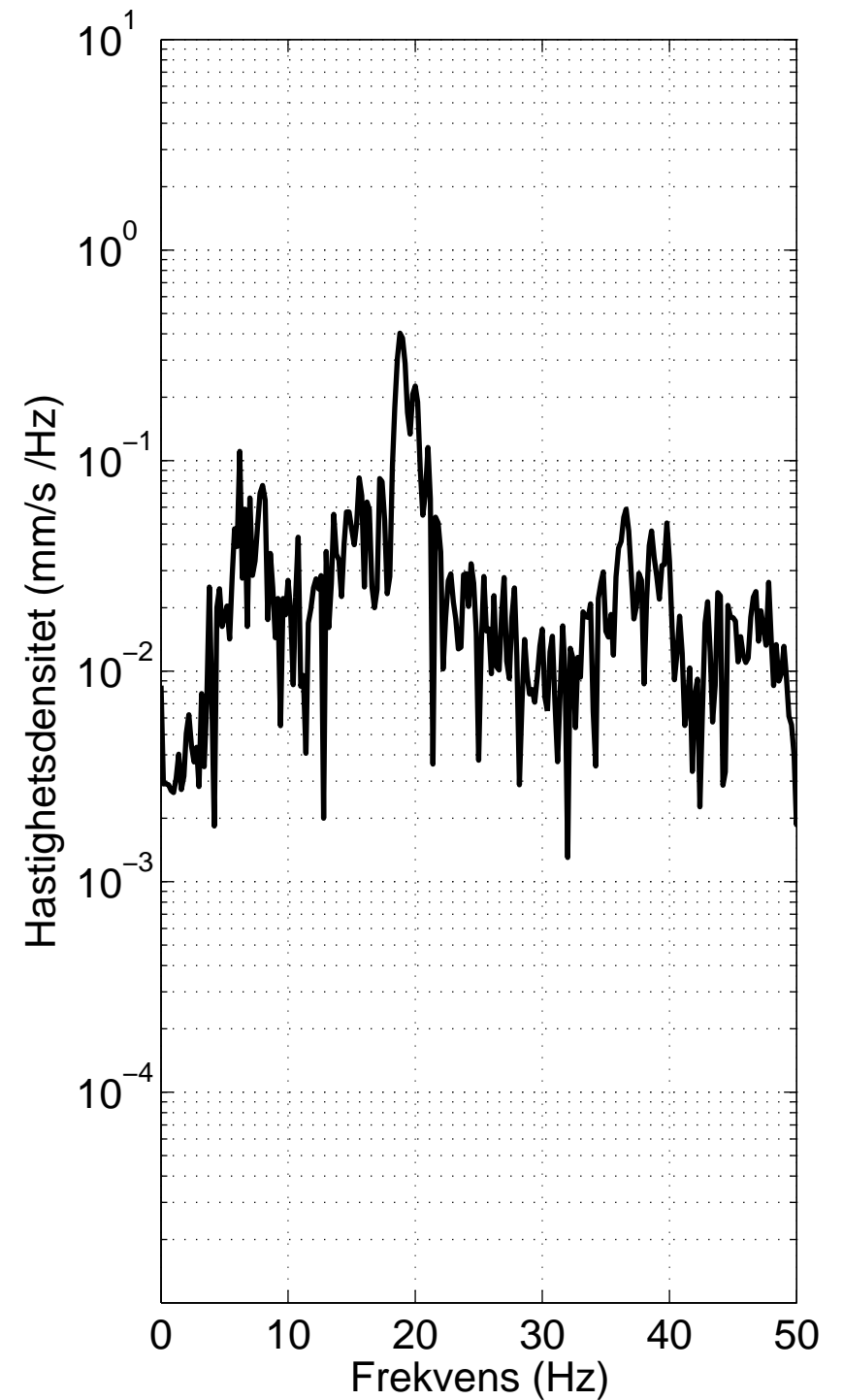
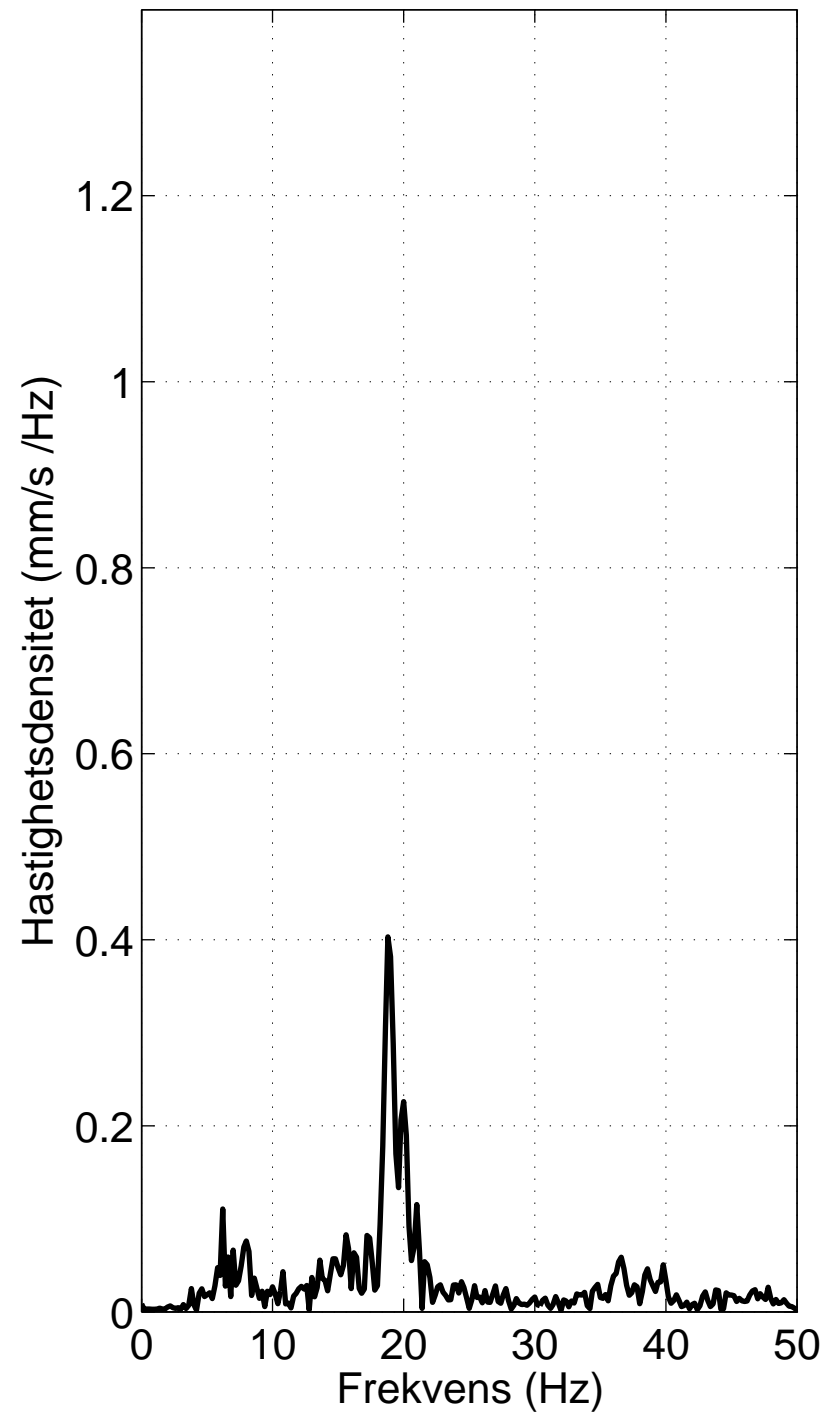
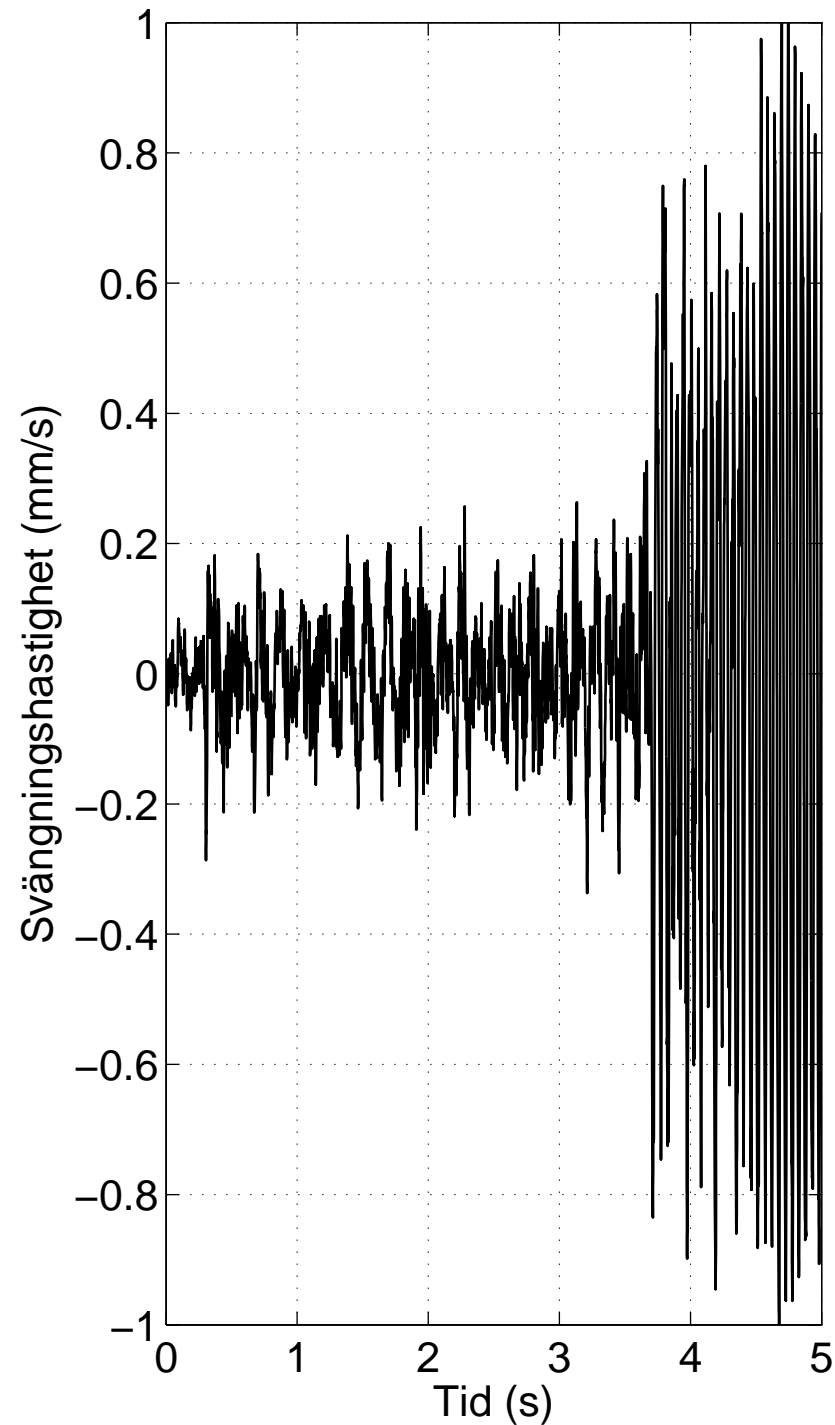


15s009, z=5 m, x=12 m

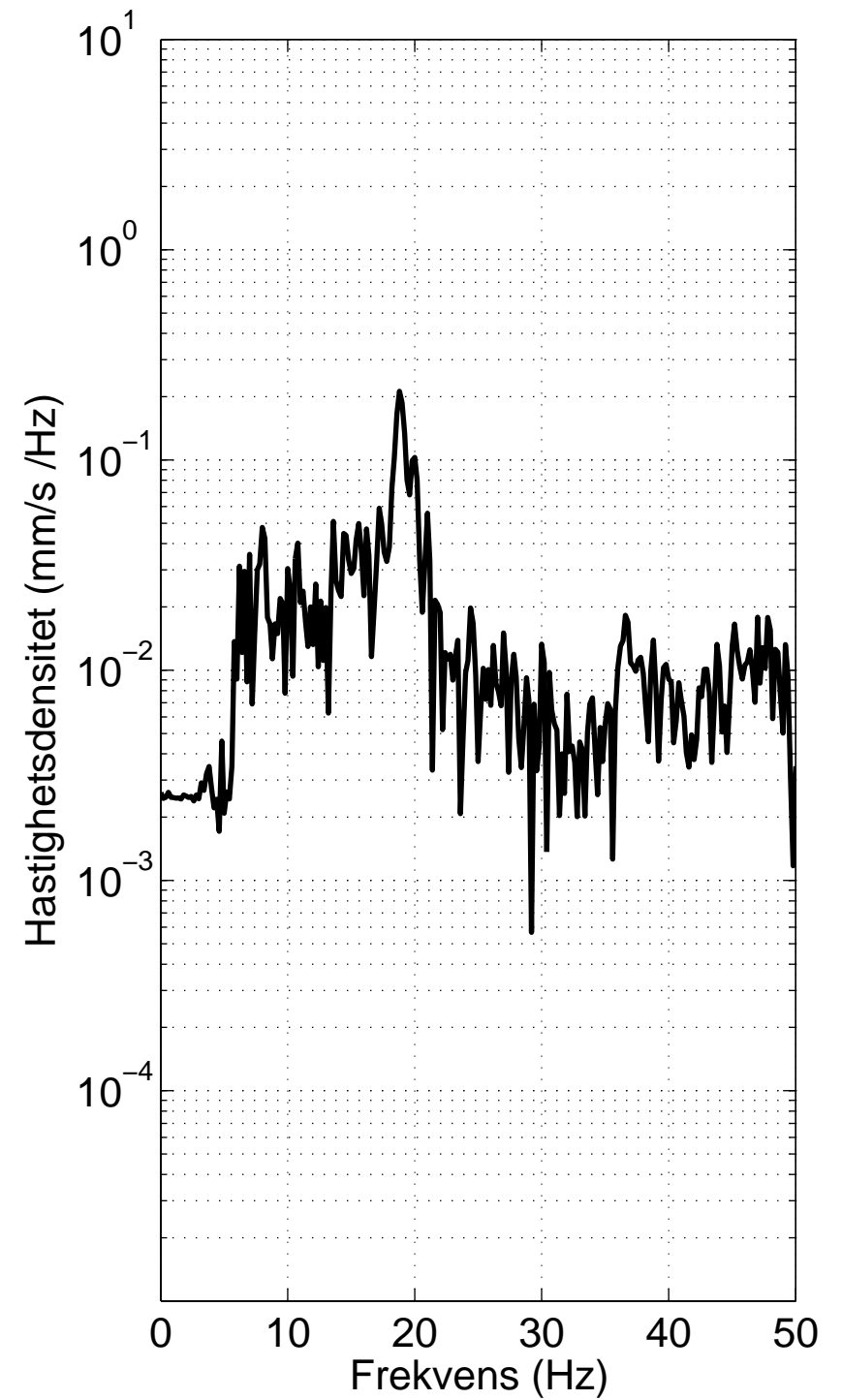
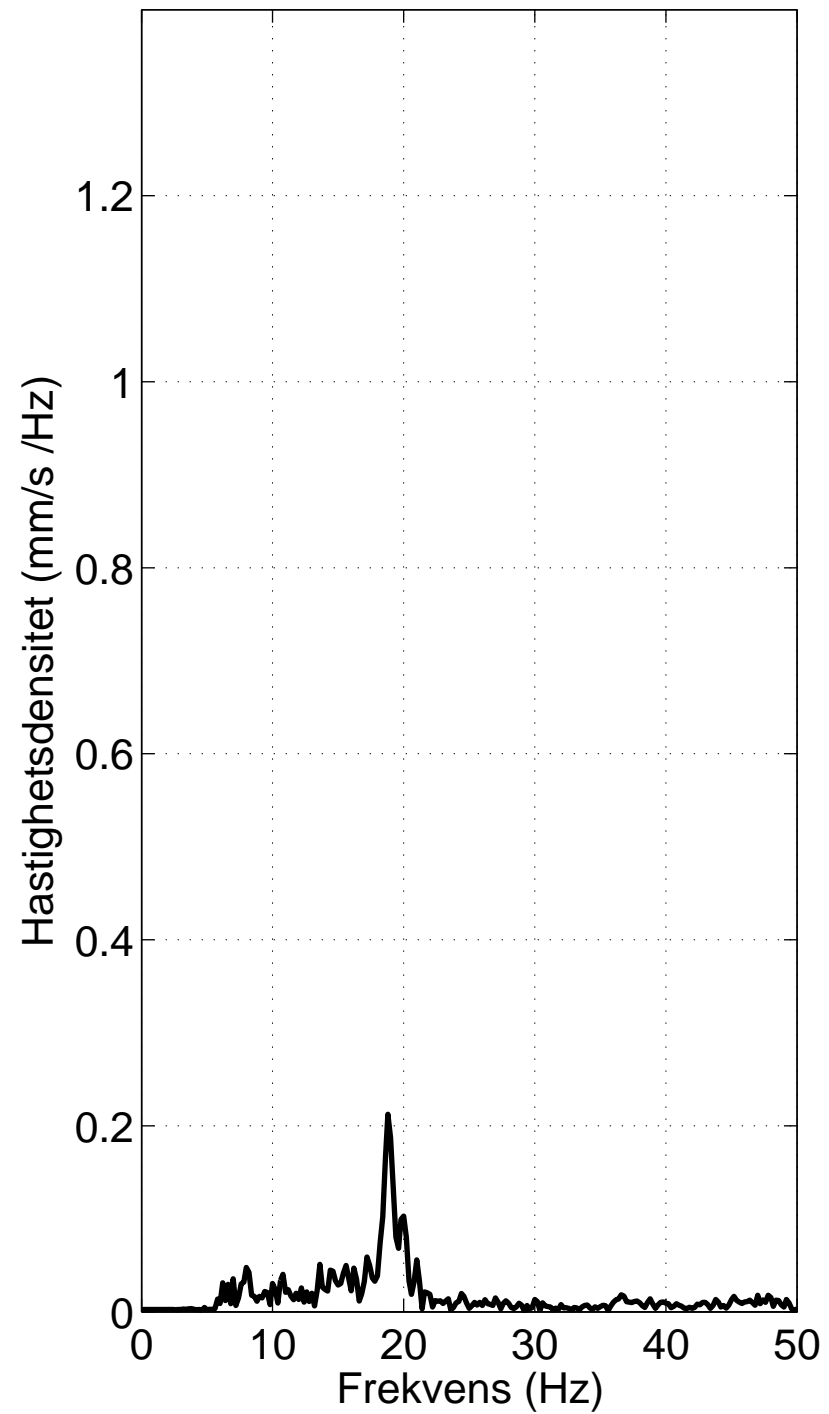
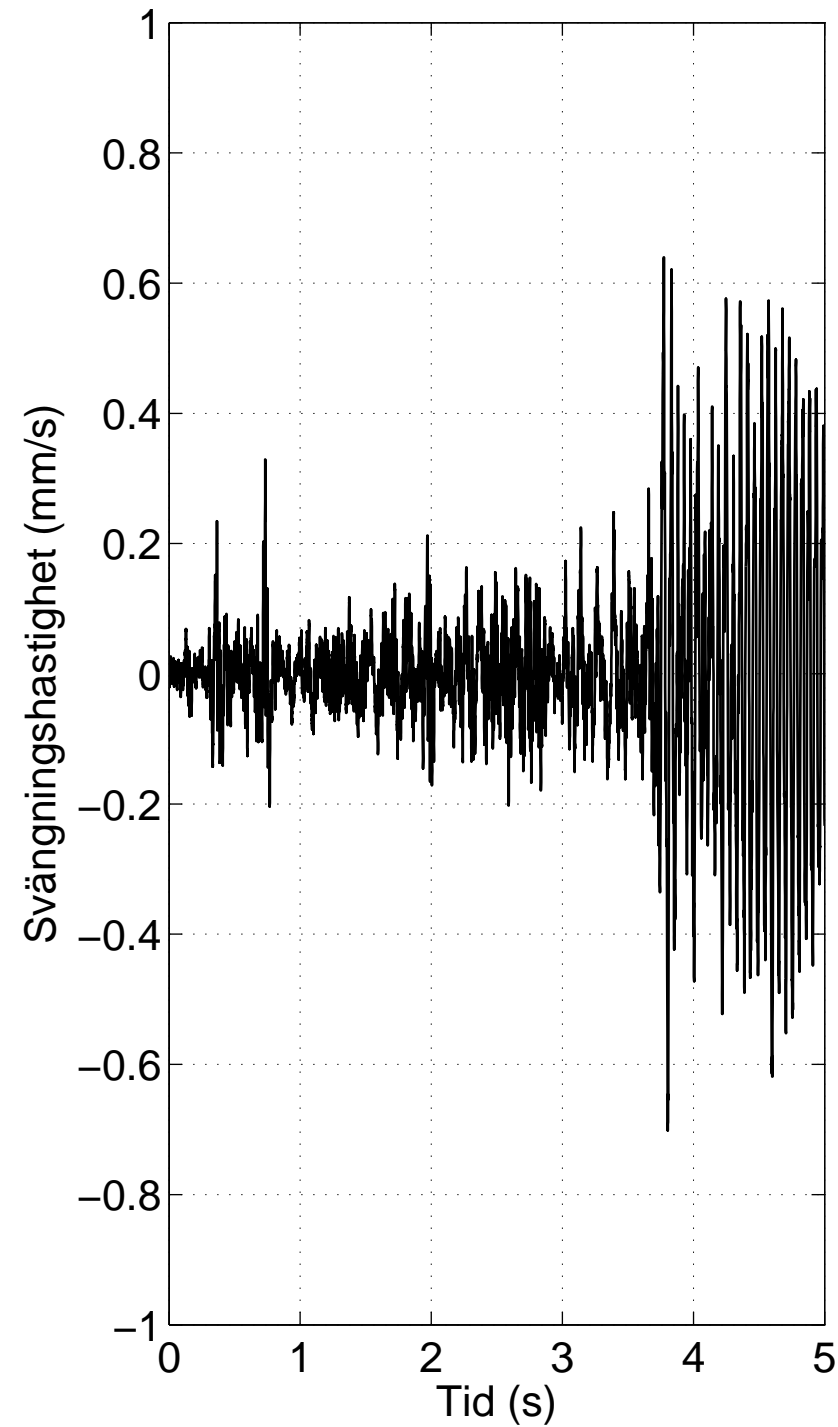




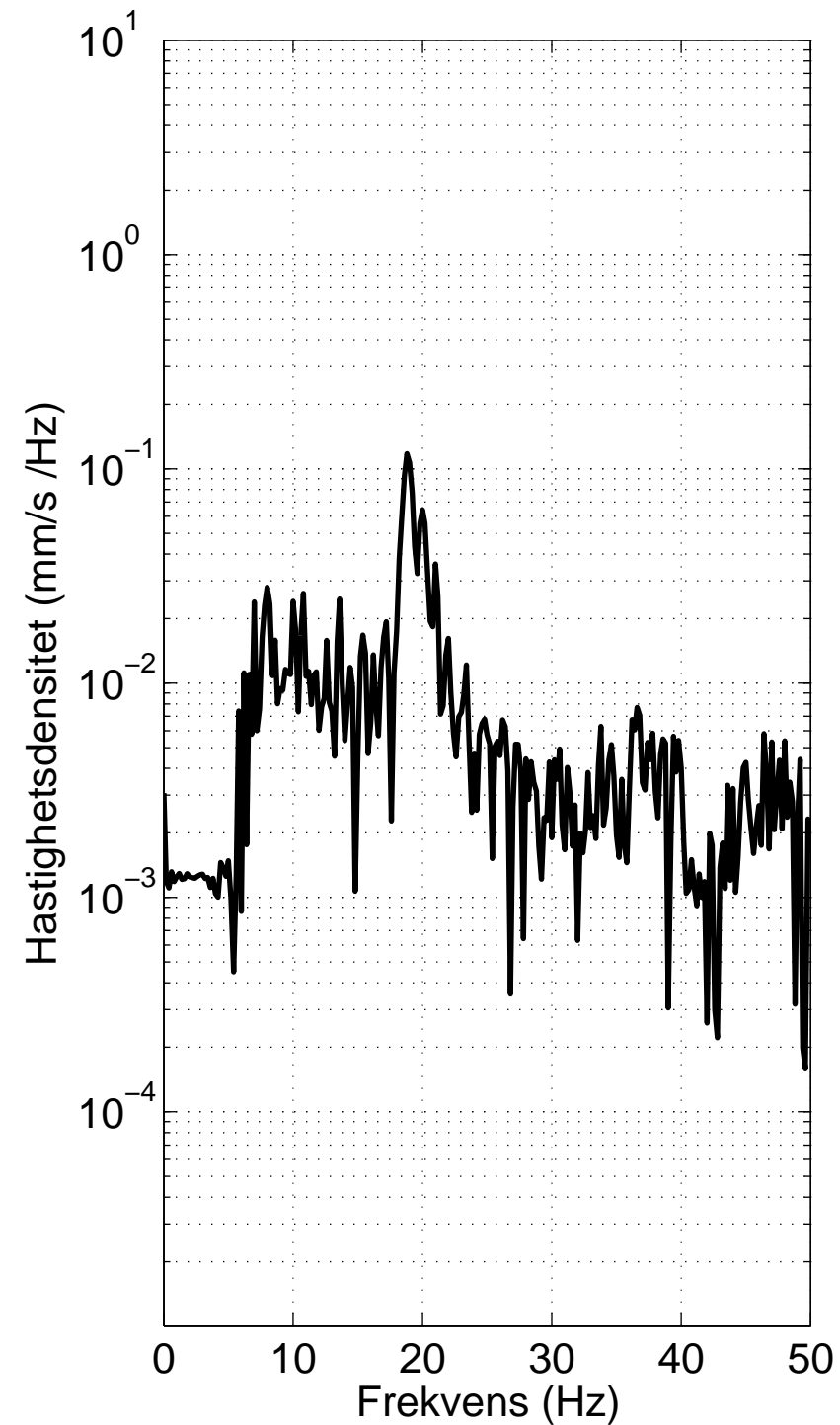
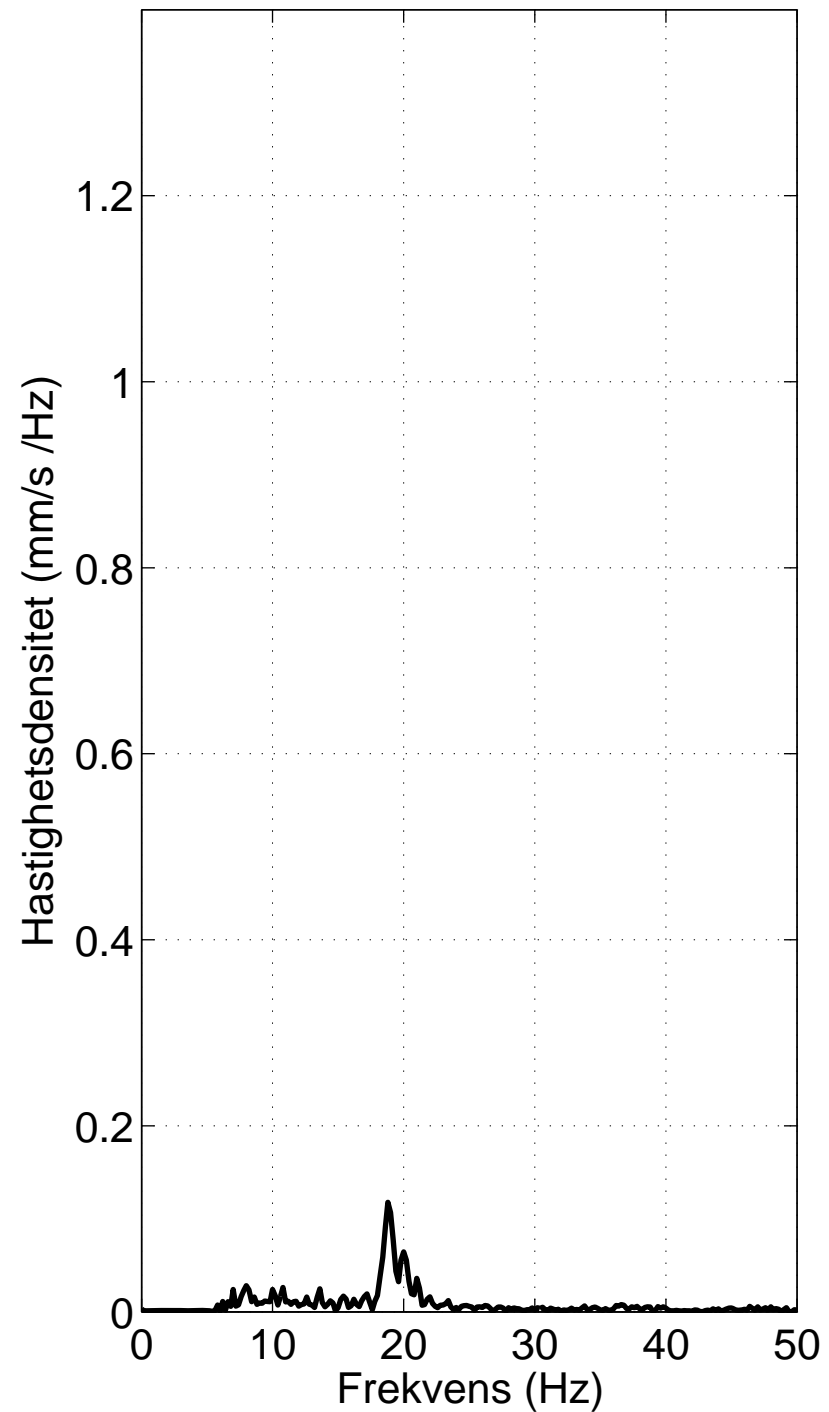
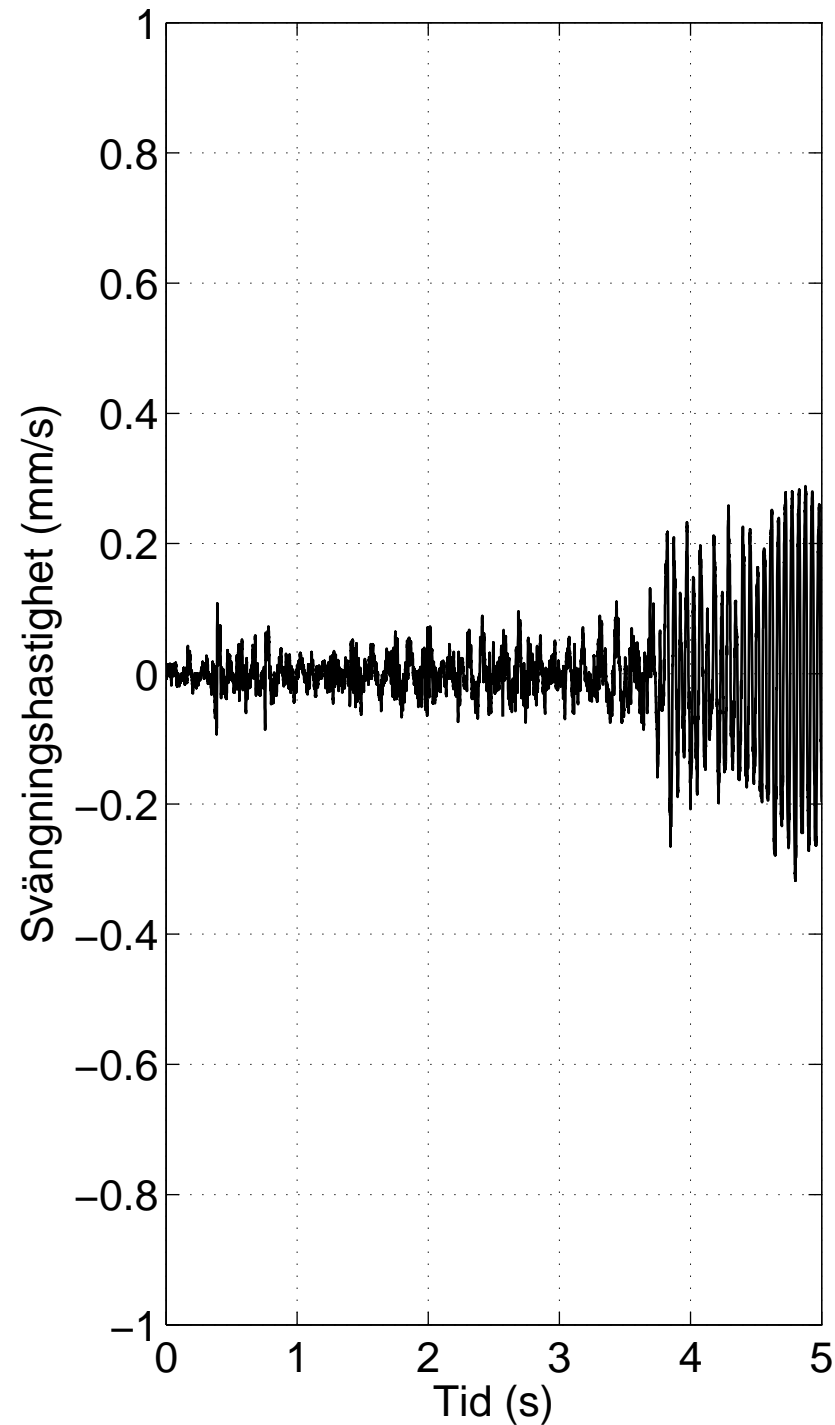
15s009, z=9 m, x=1 m



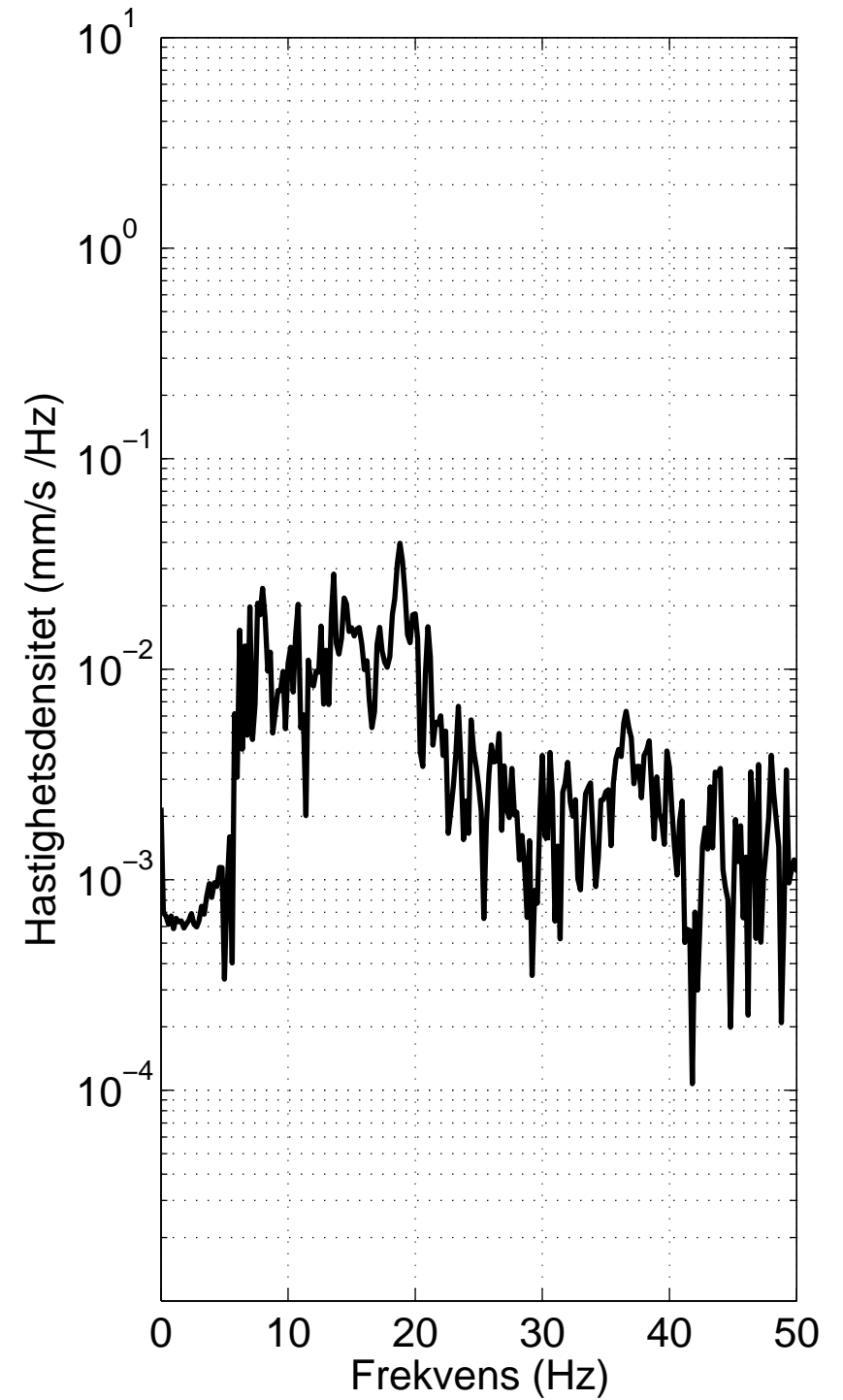
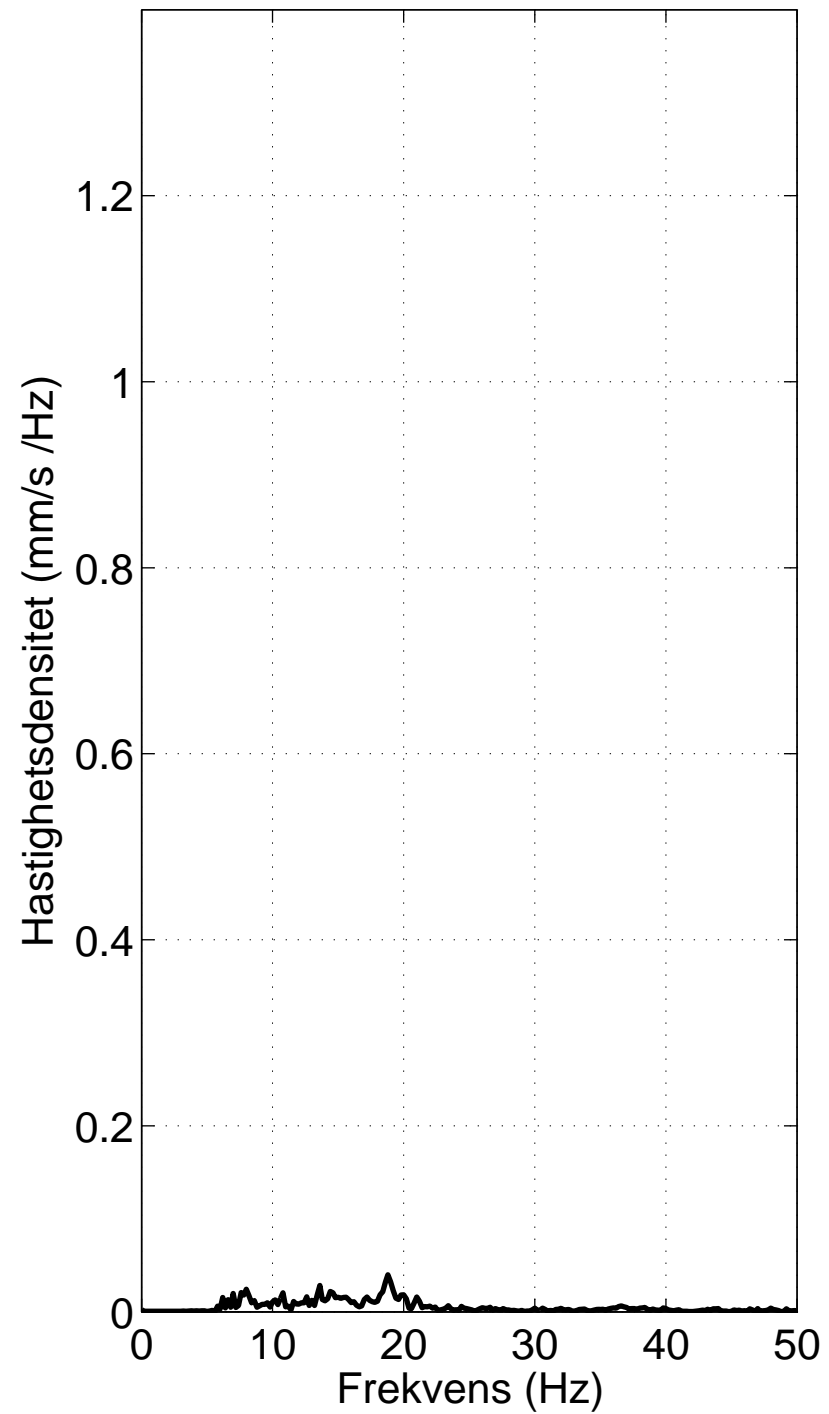
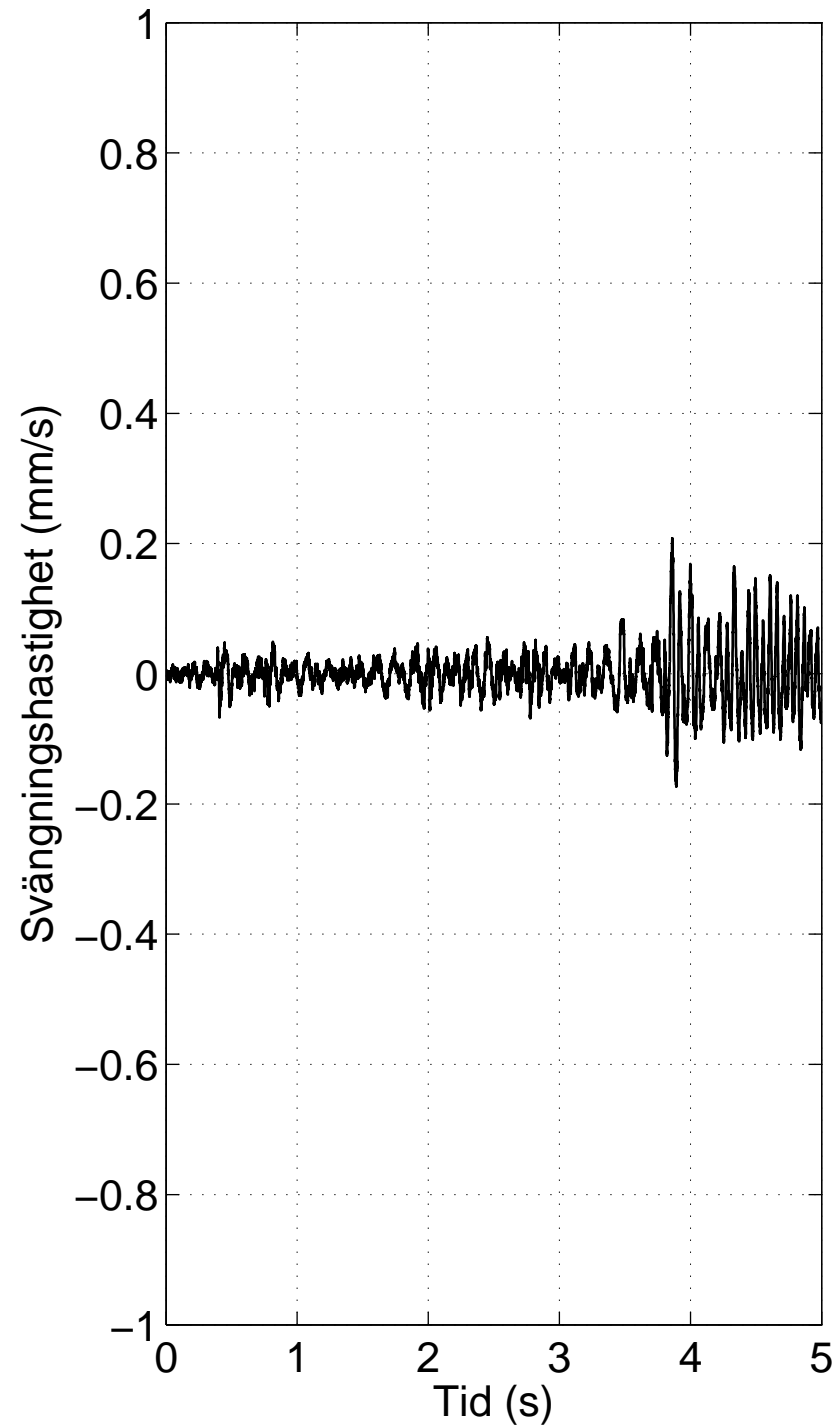
15s009, z=9 m, x=4 m



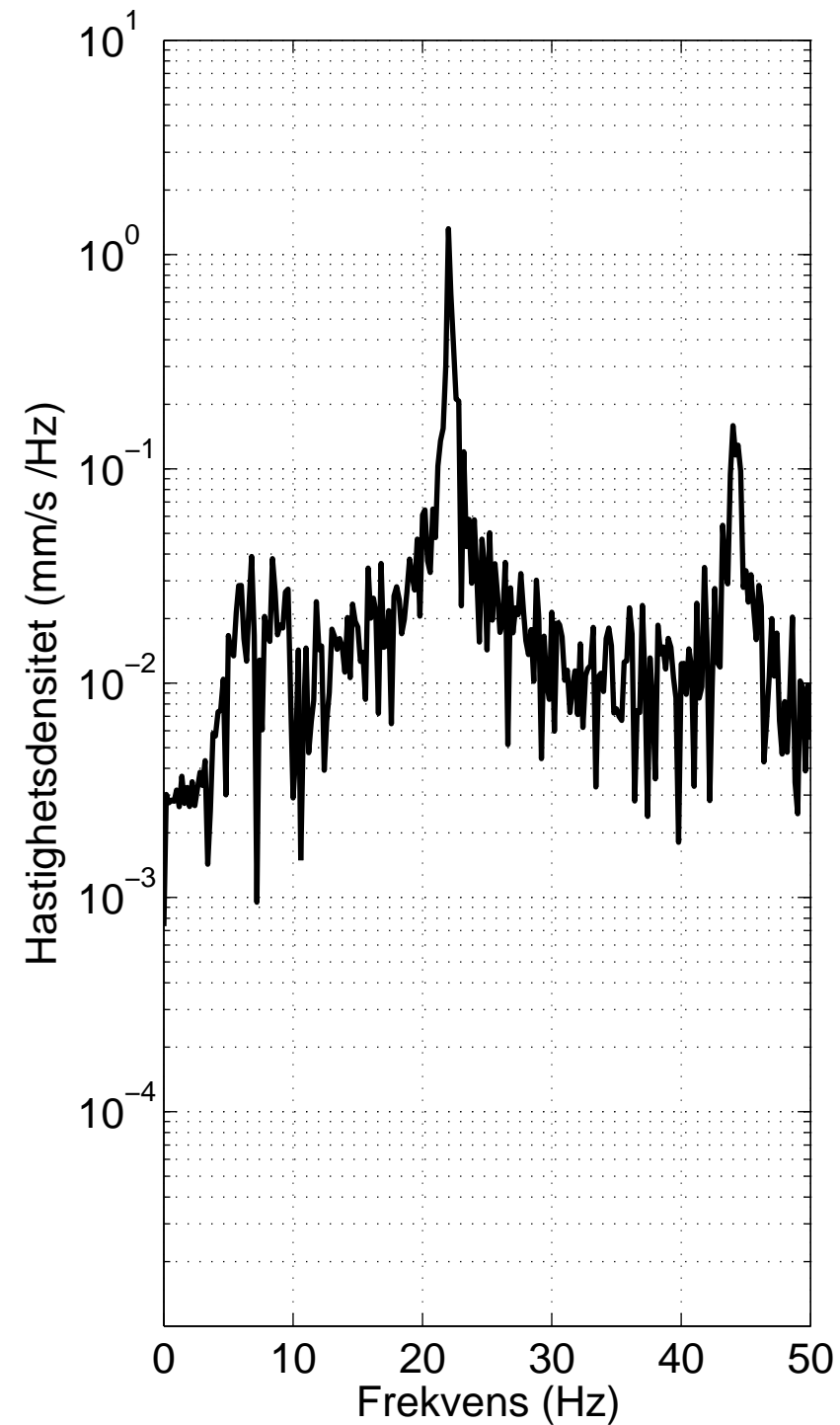
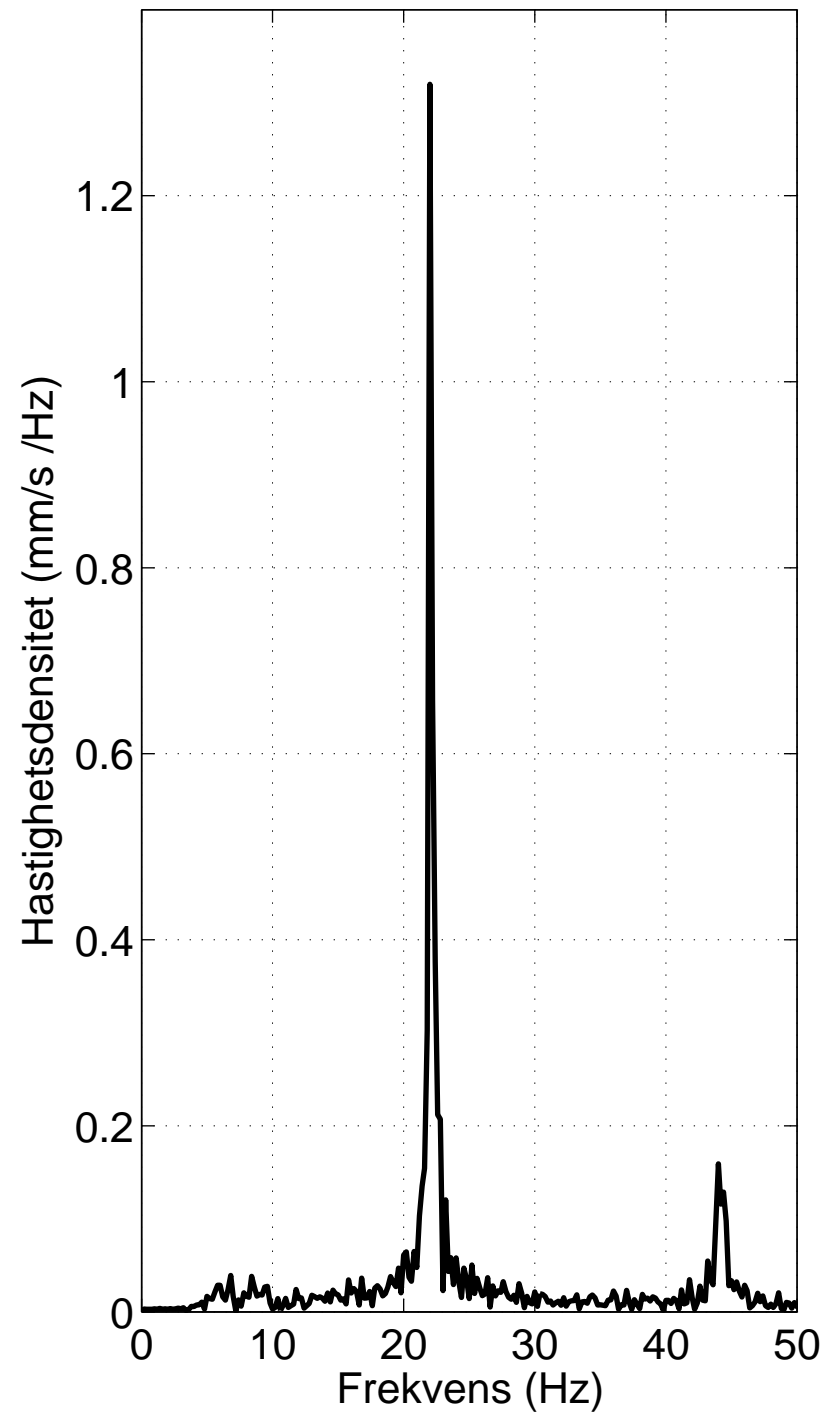
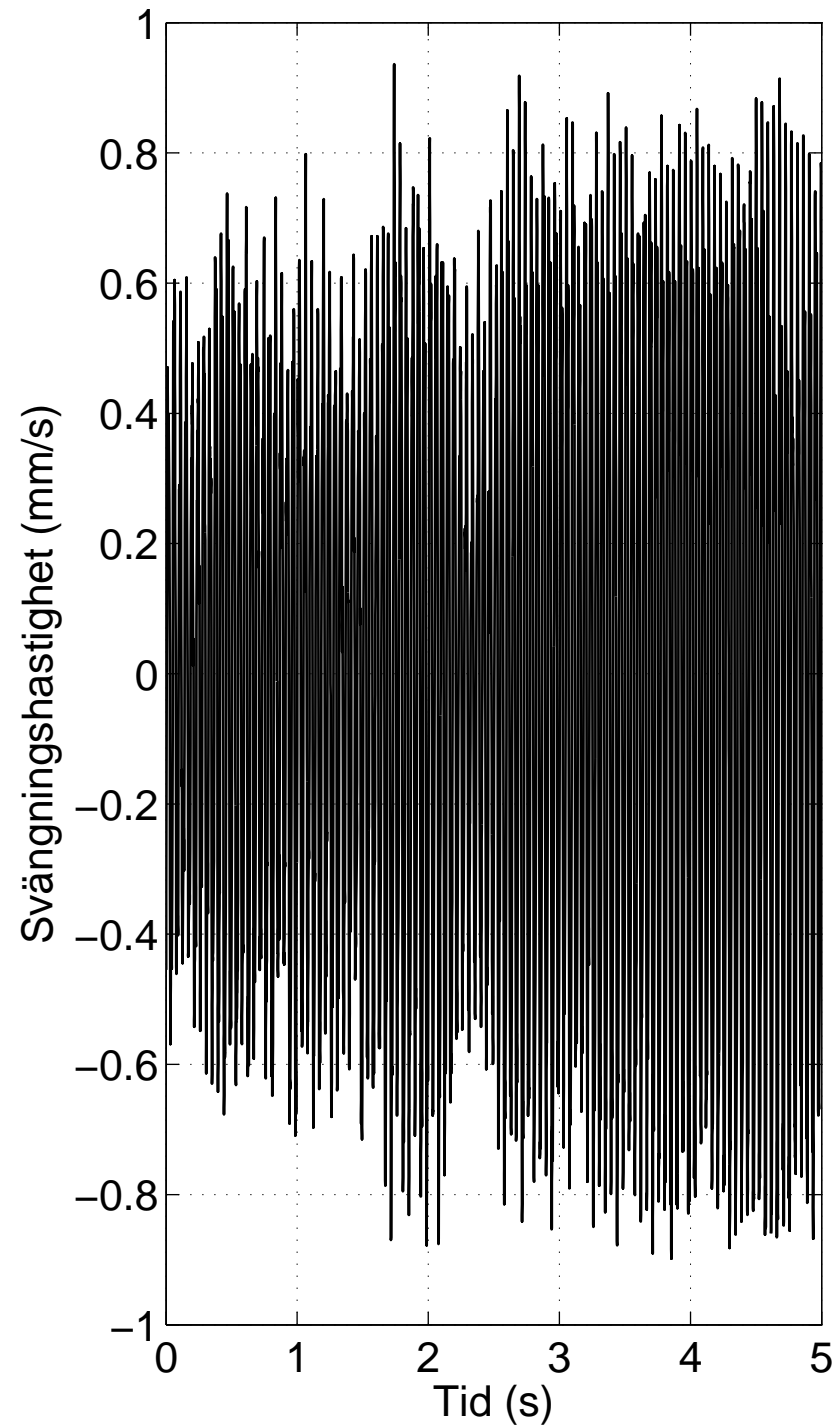
15s009, z=9 m, x=8 m



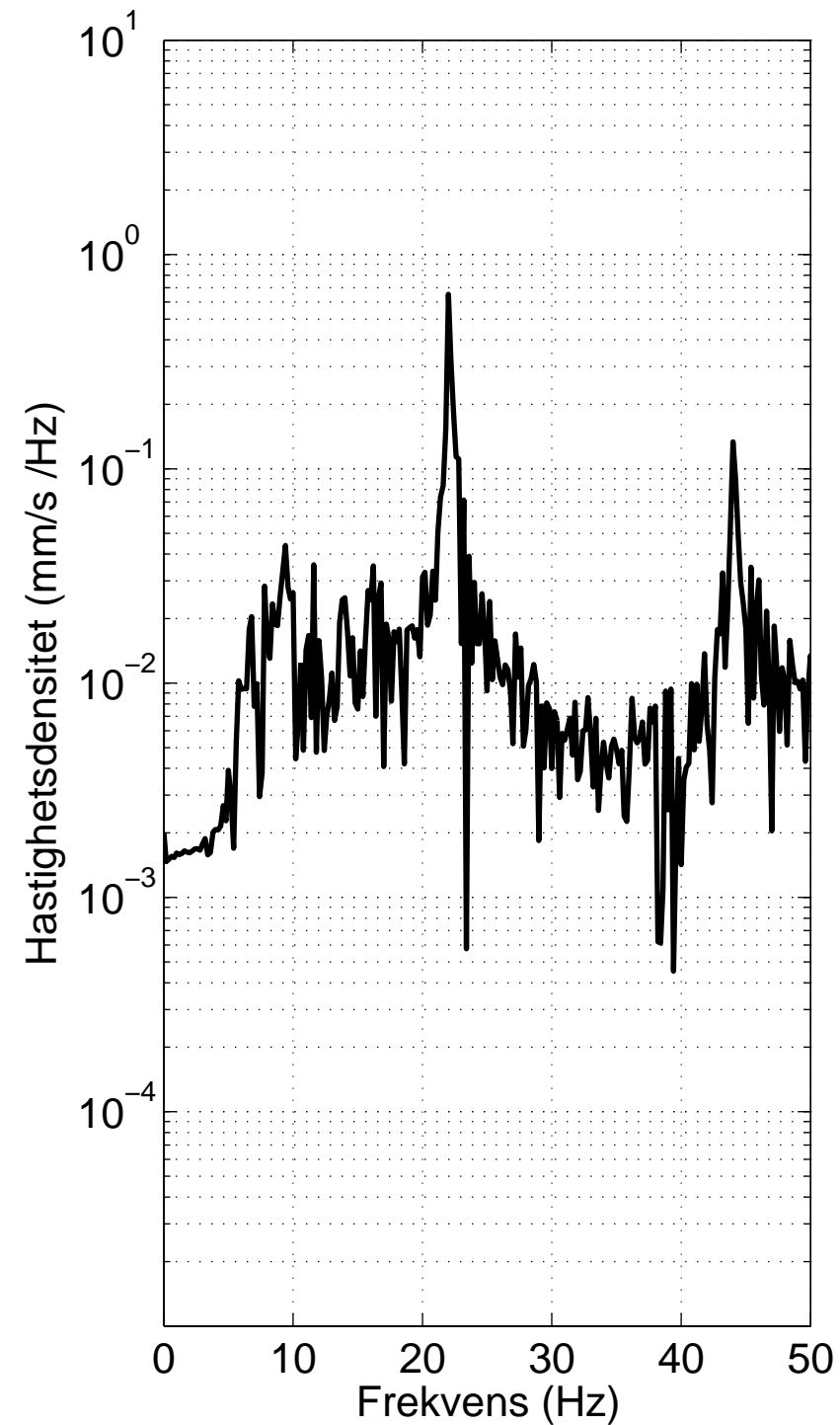
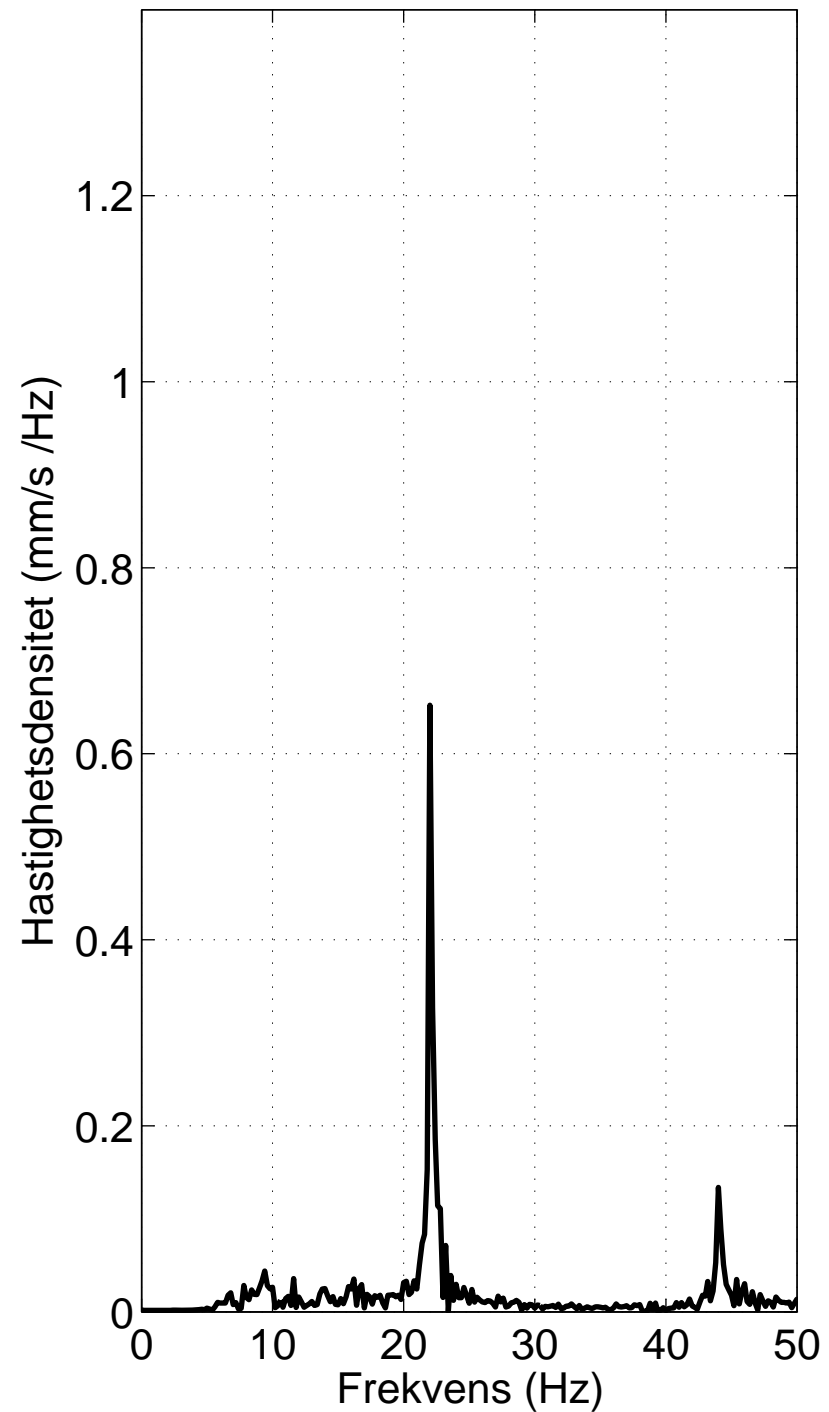
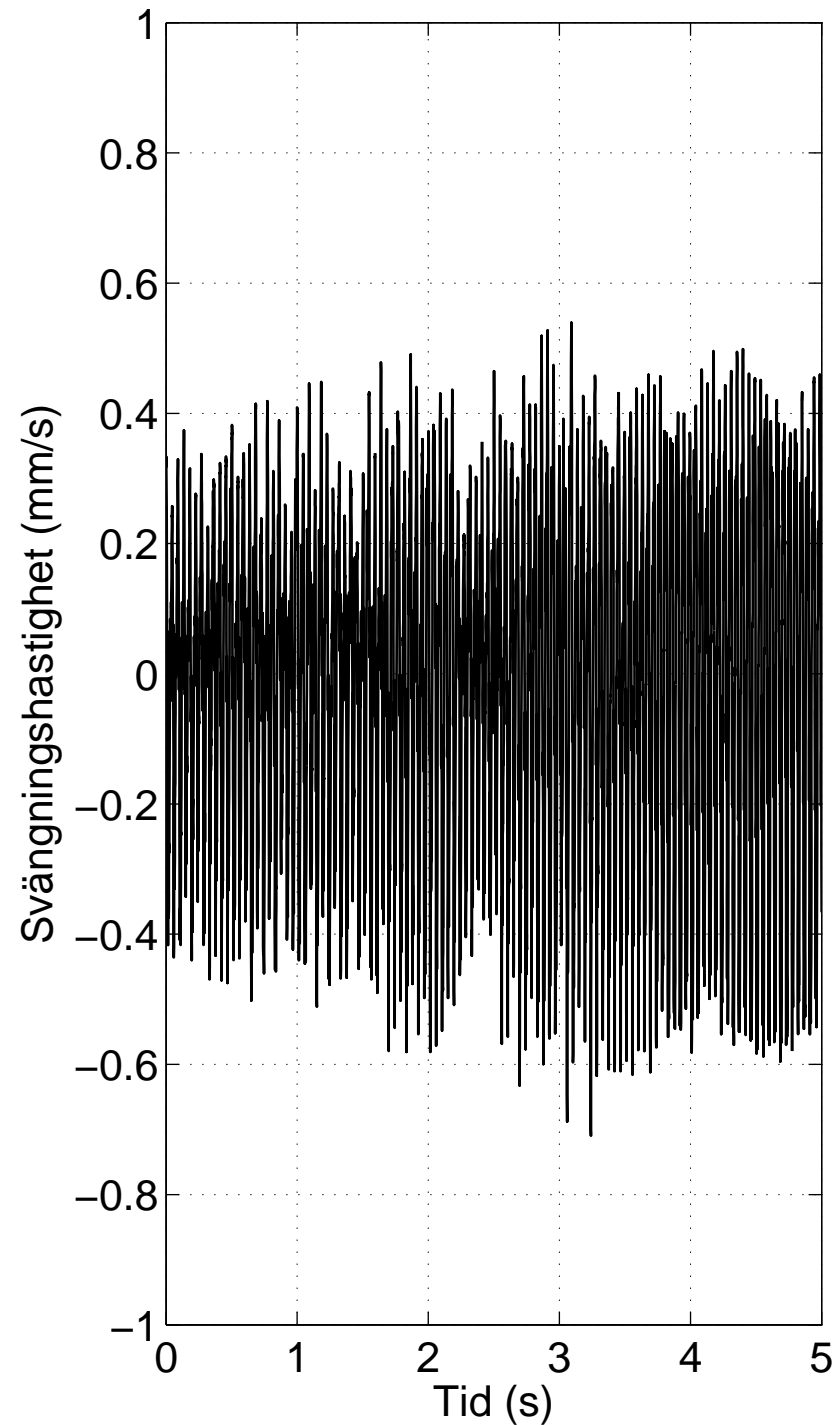
15s009, z=9 m, x=12 m



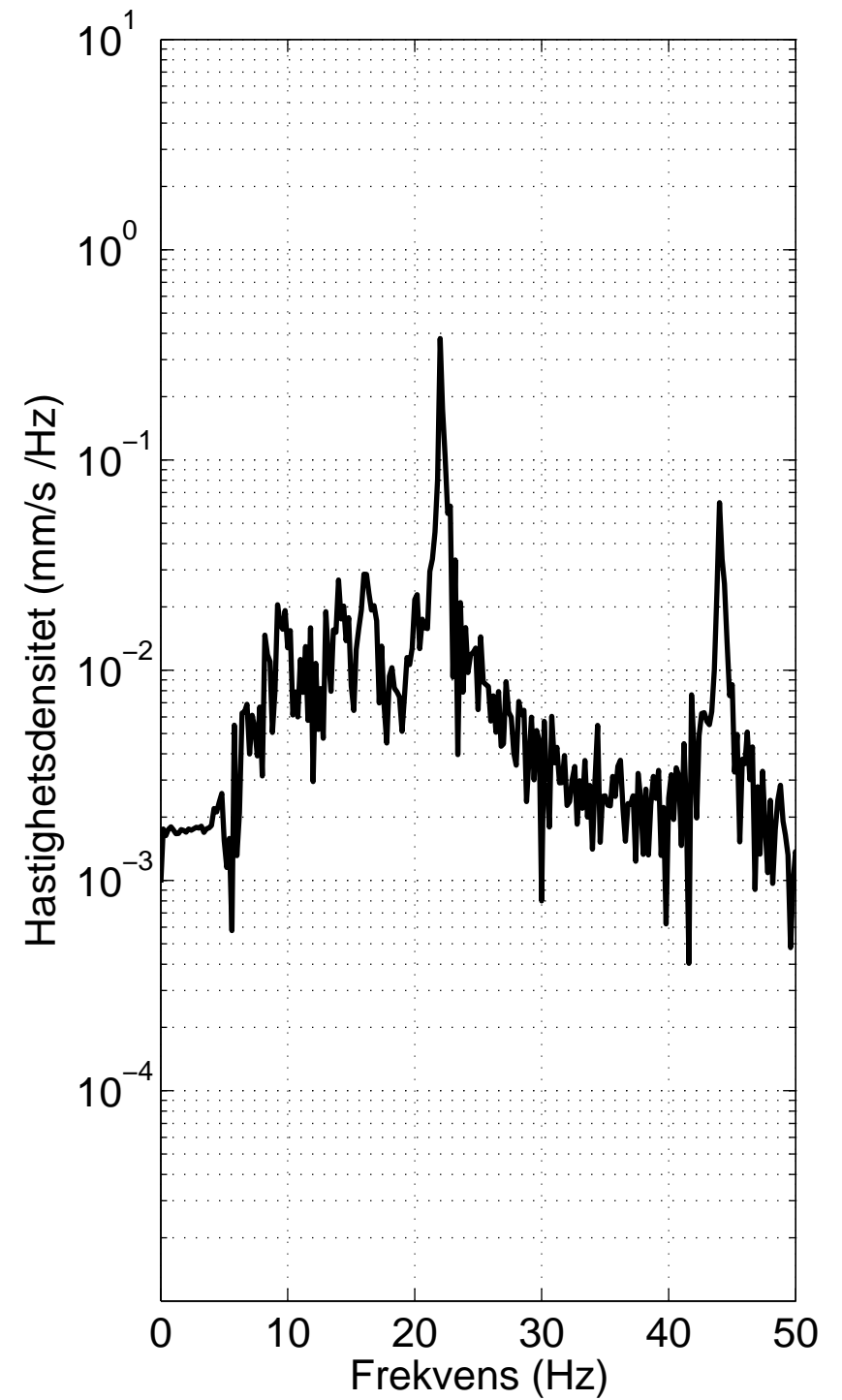
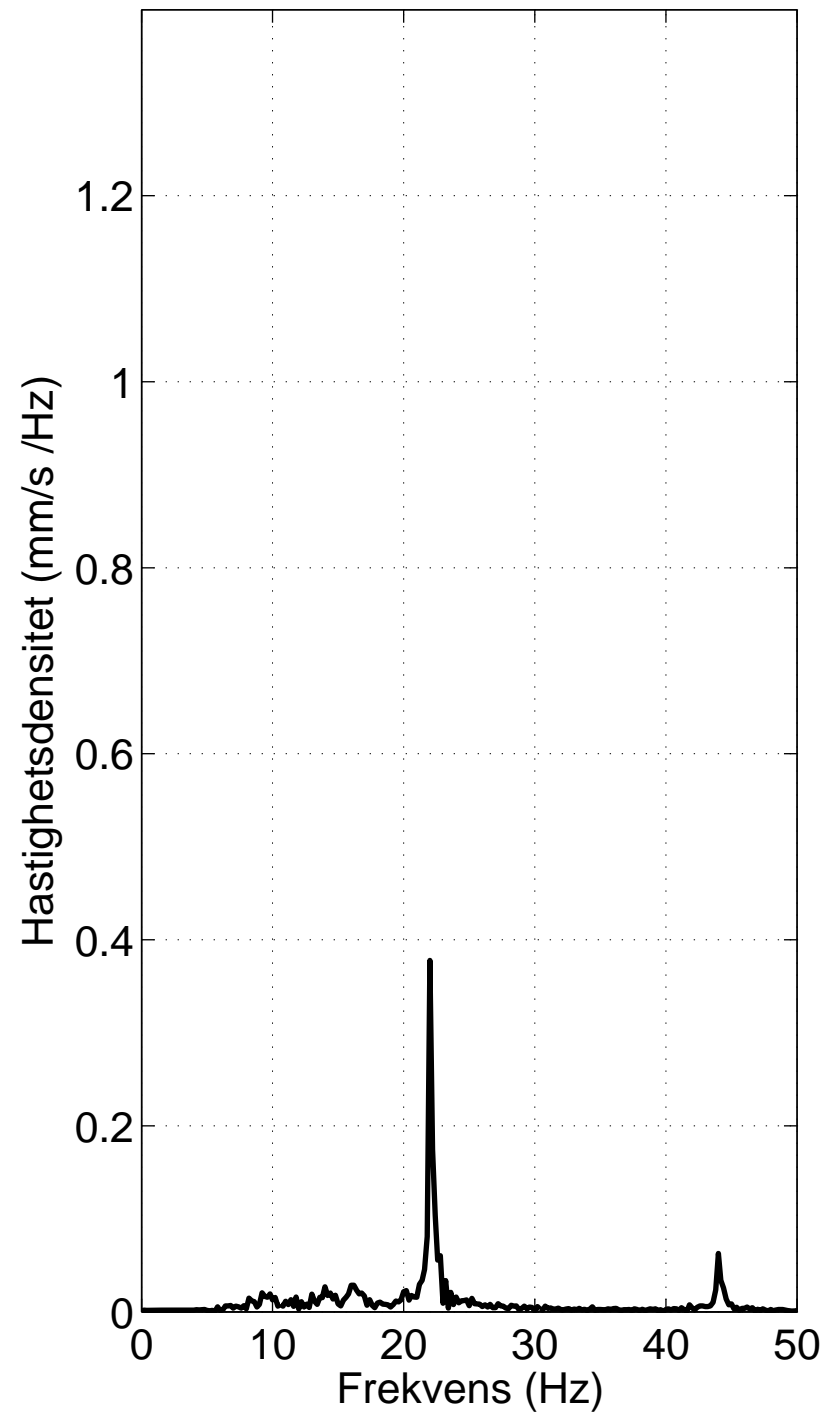
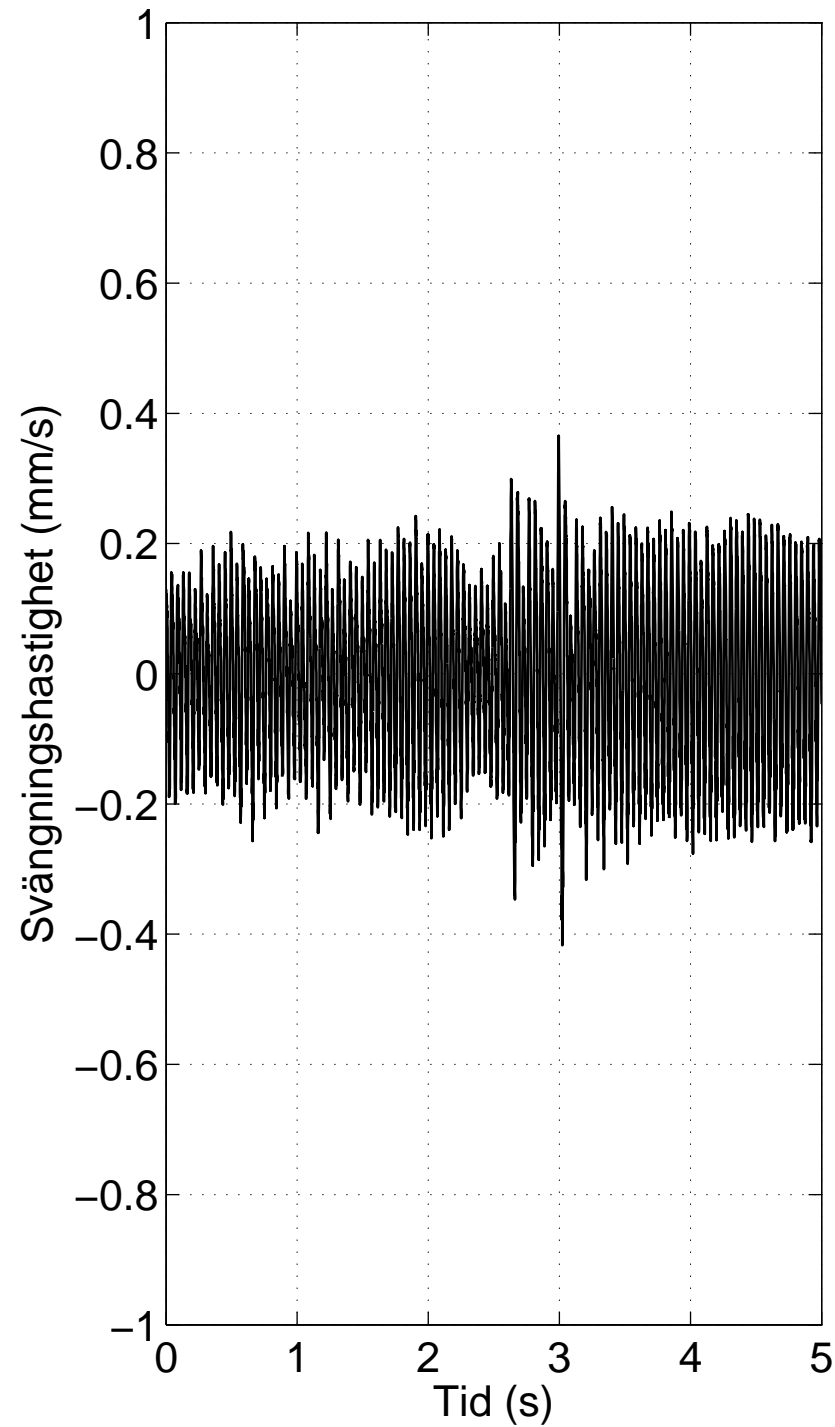
15s009, z=10.5 m, x=1 m



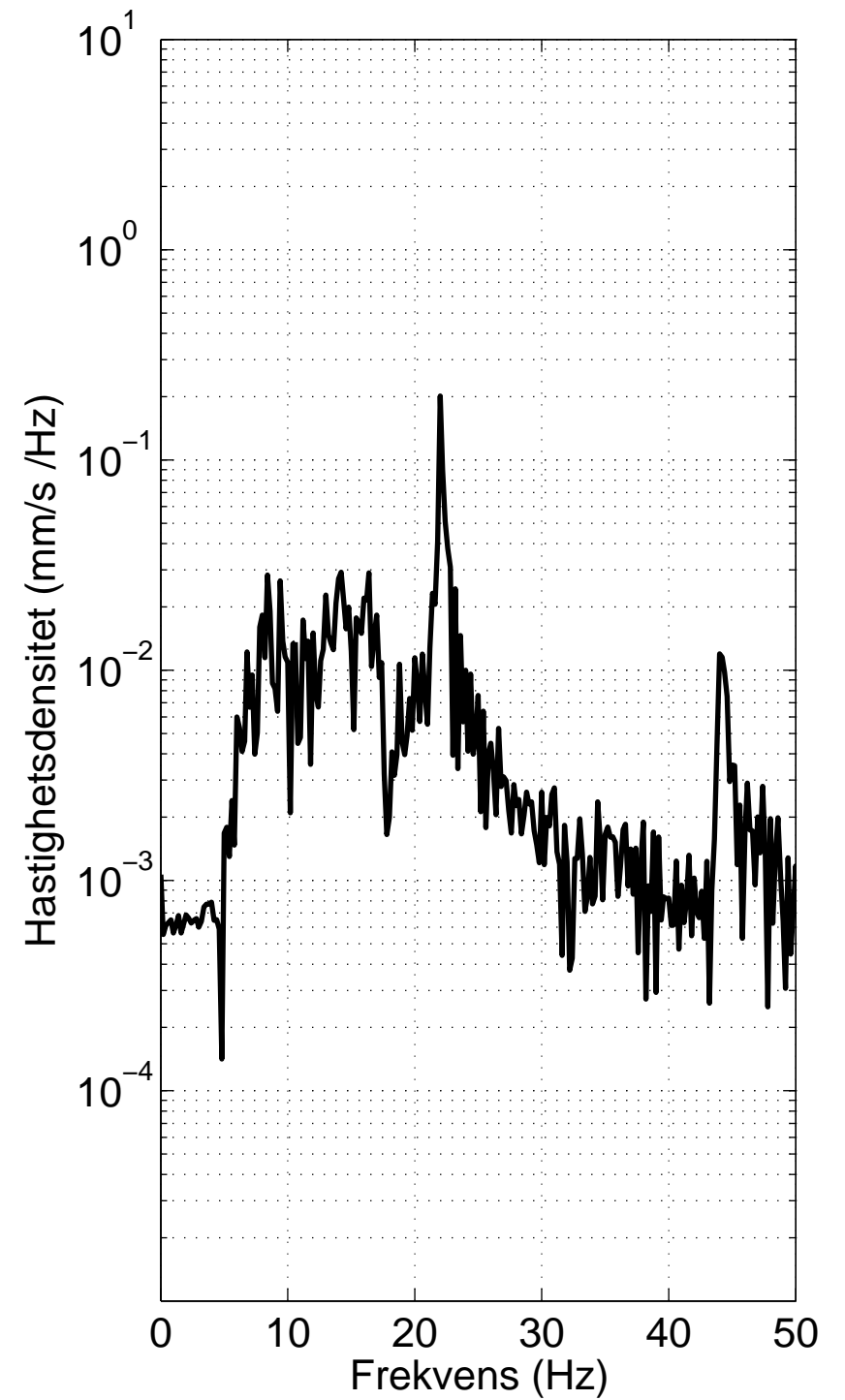
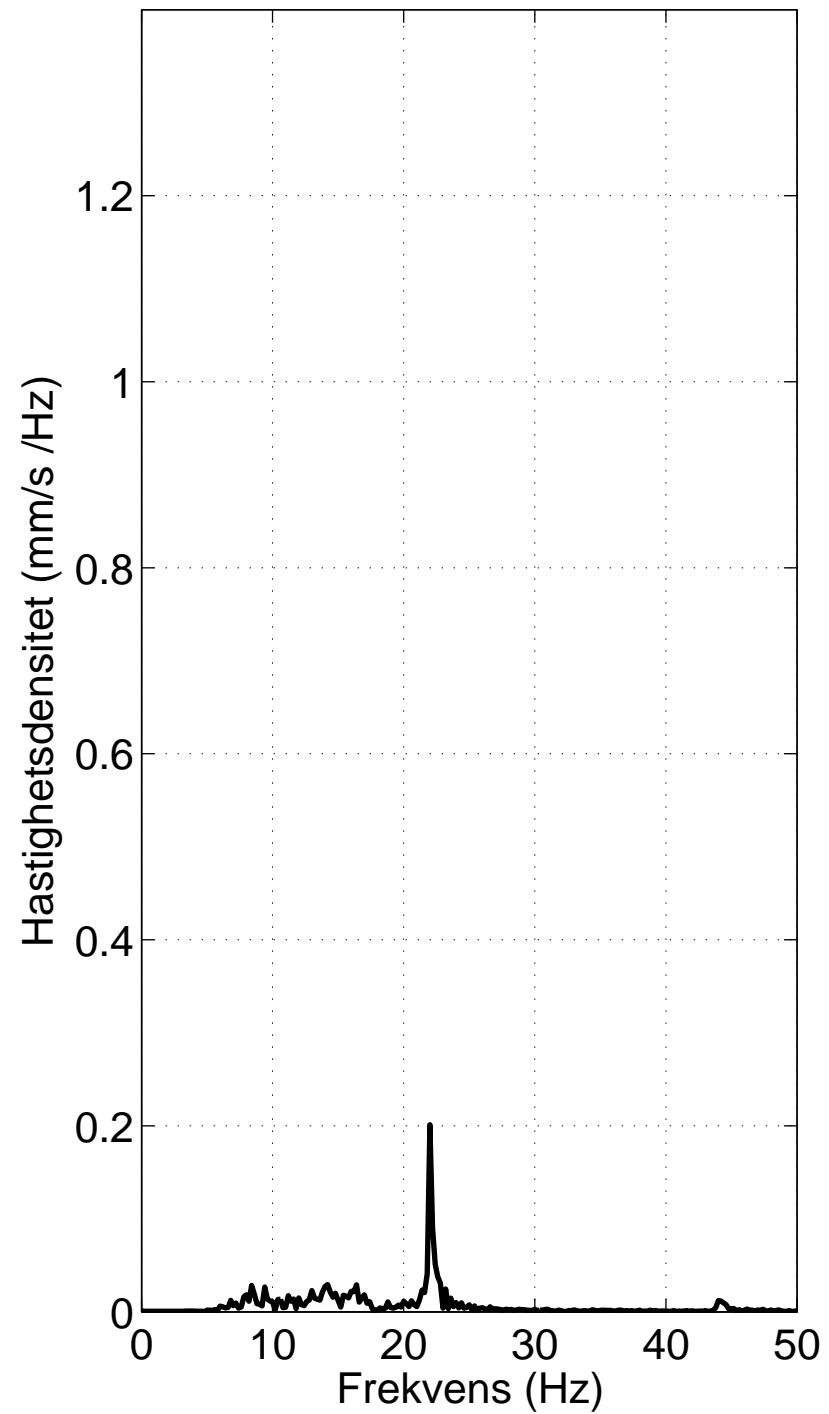
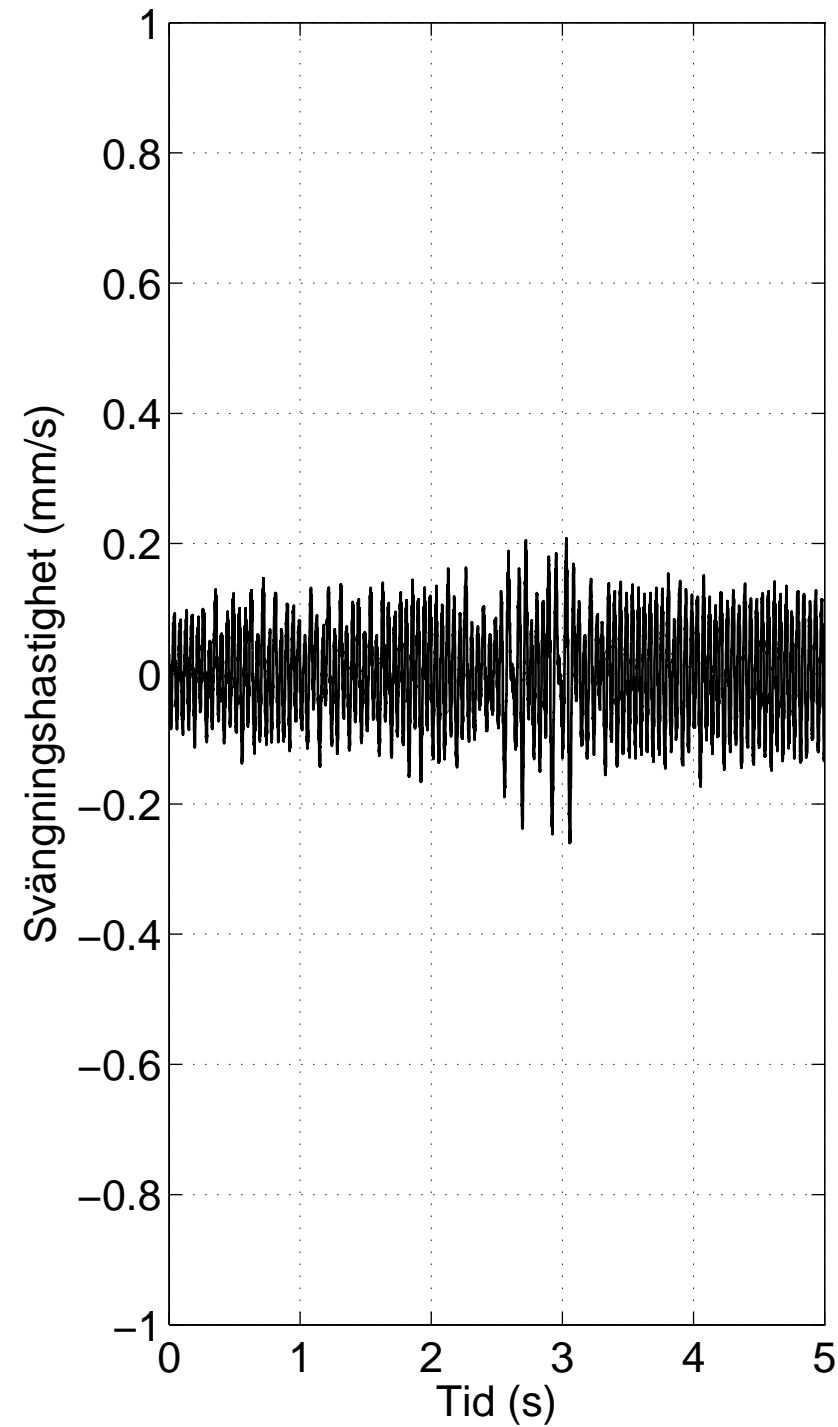
15s009, z=10.5 m, x=4 m



15s009, z=10.5 m, x=8 m

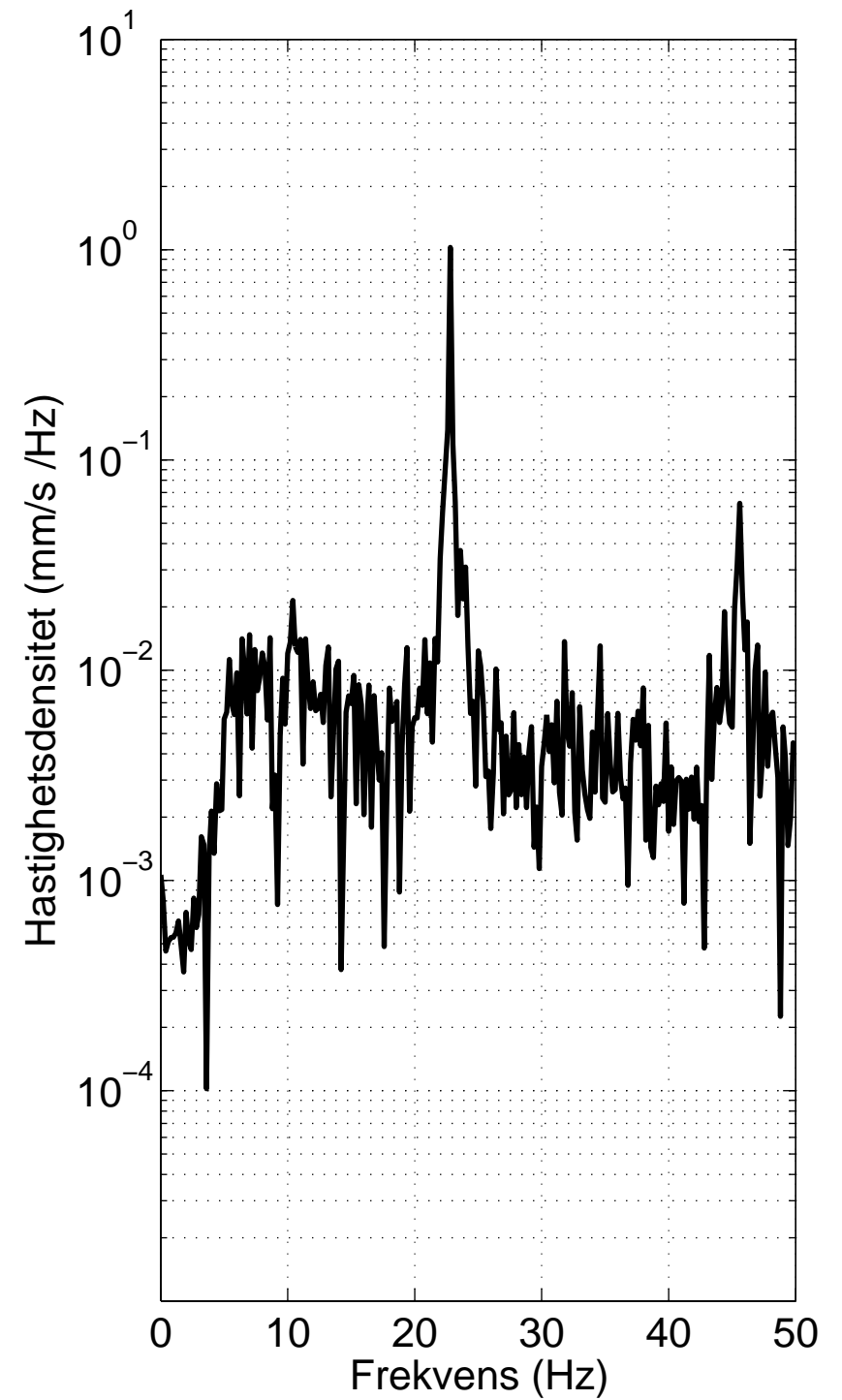
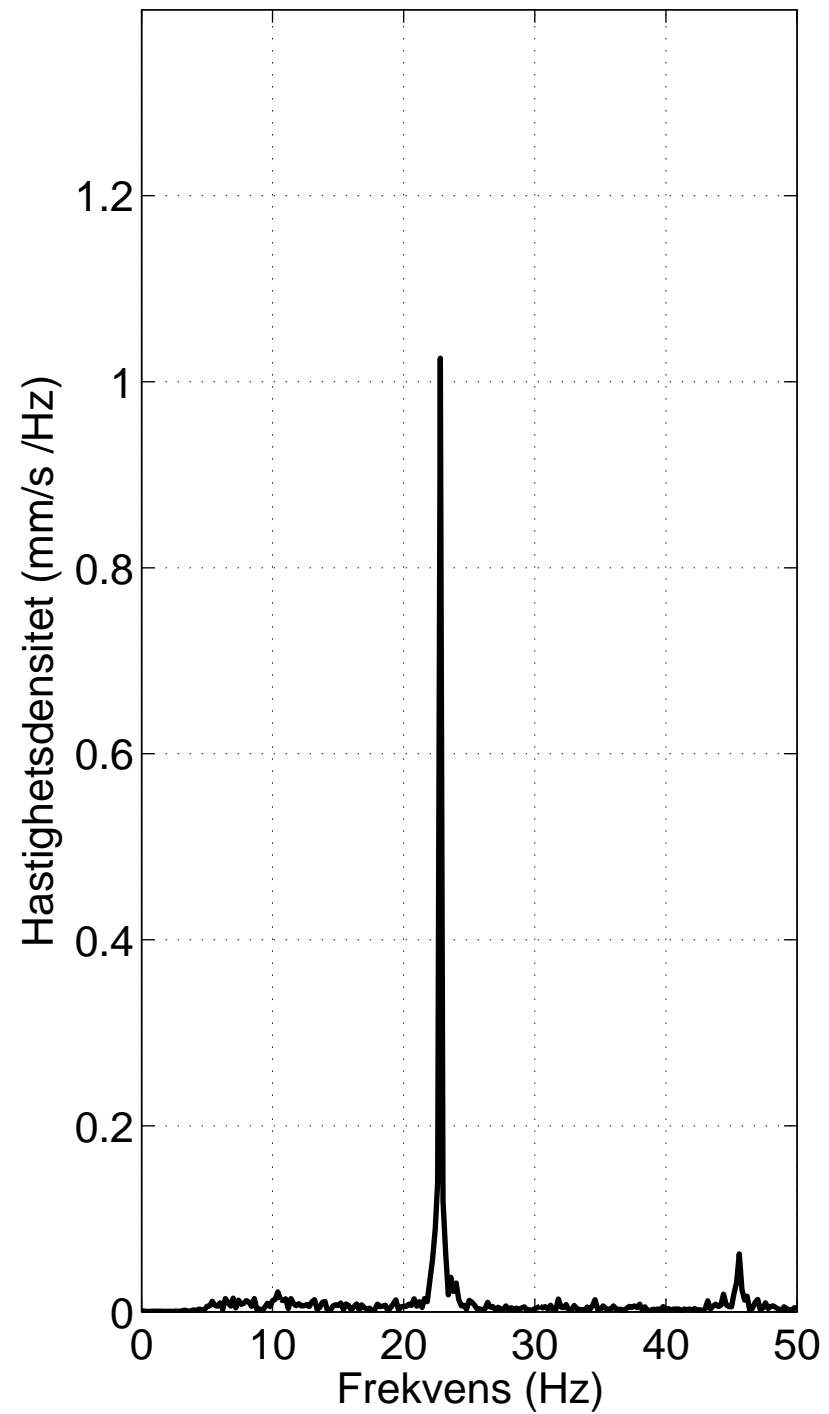
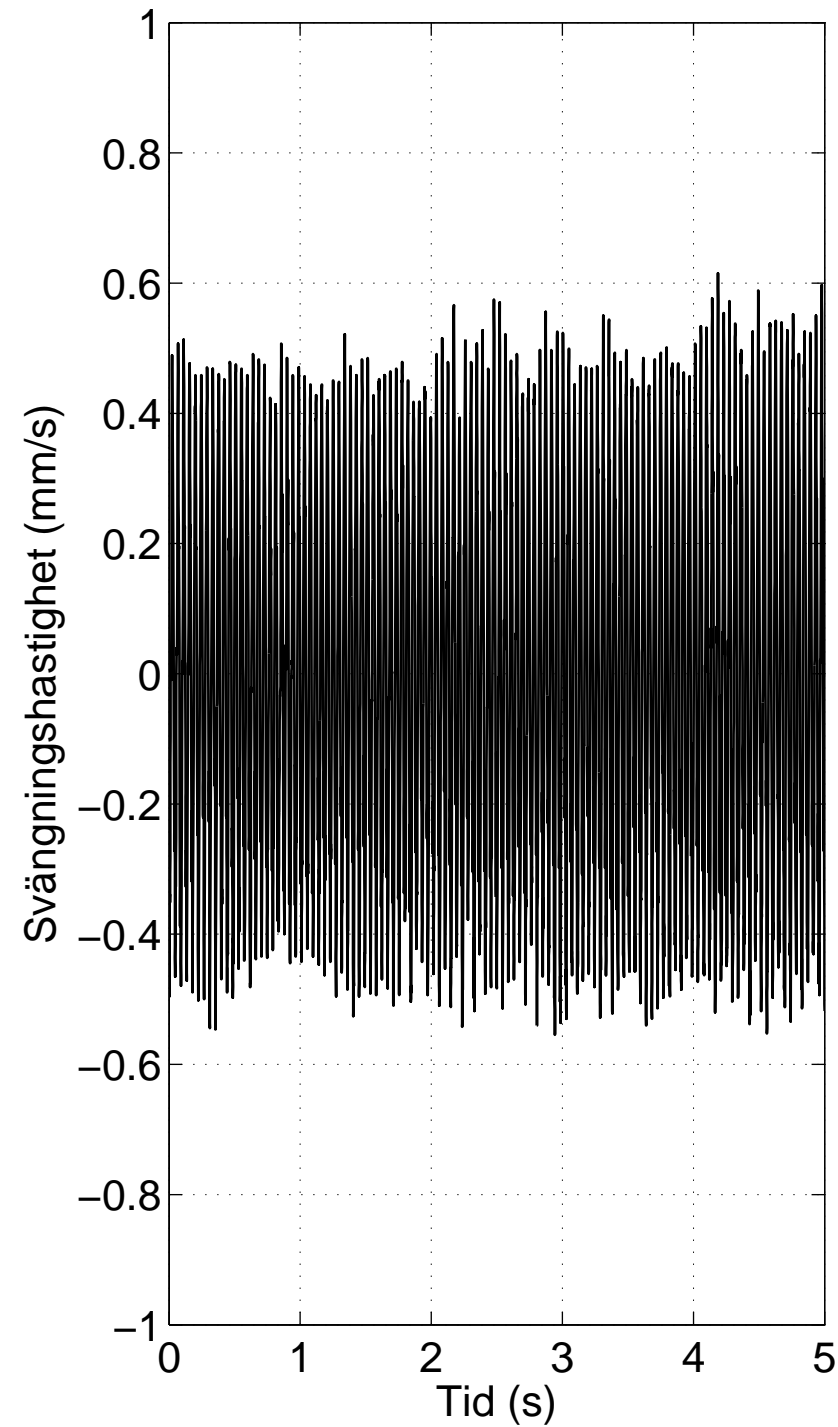


15s009, z=10.5 m, x=12 m

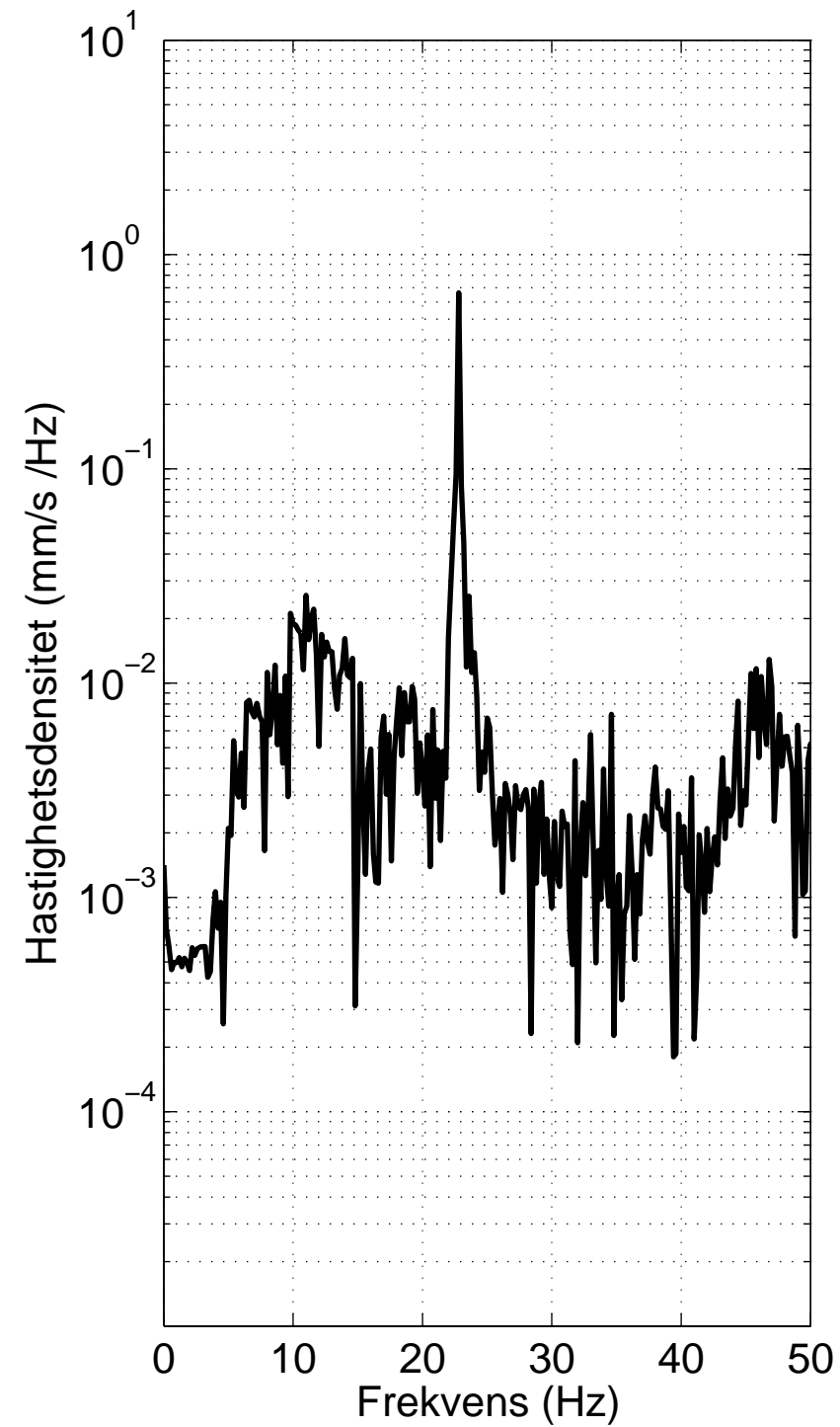
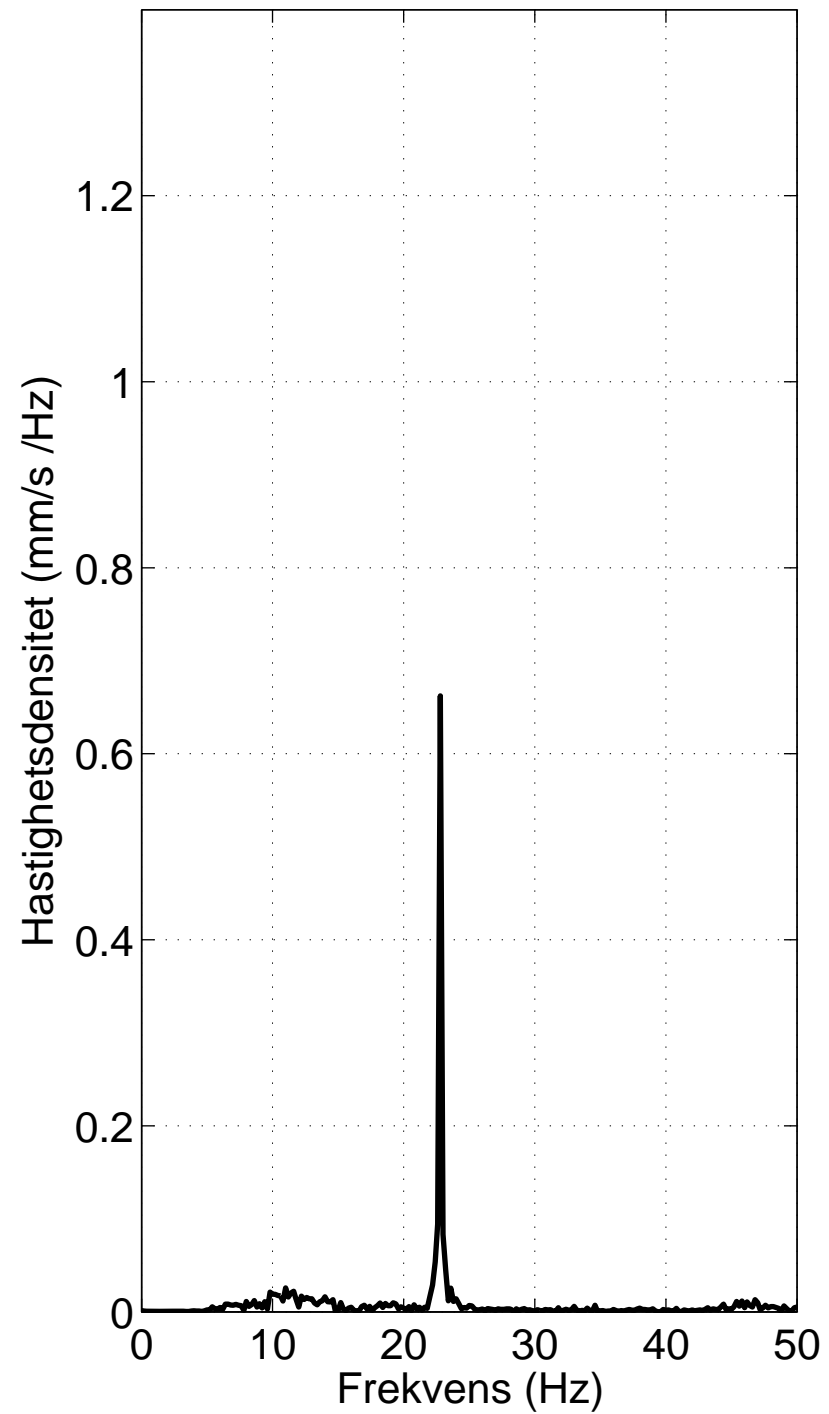
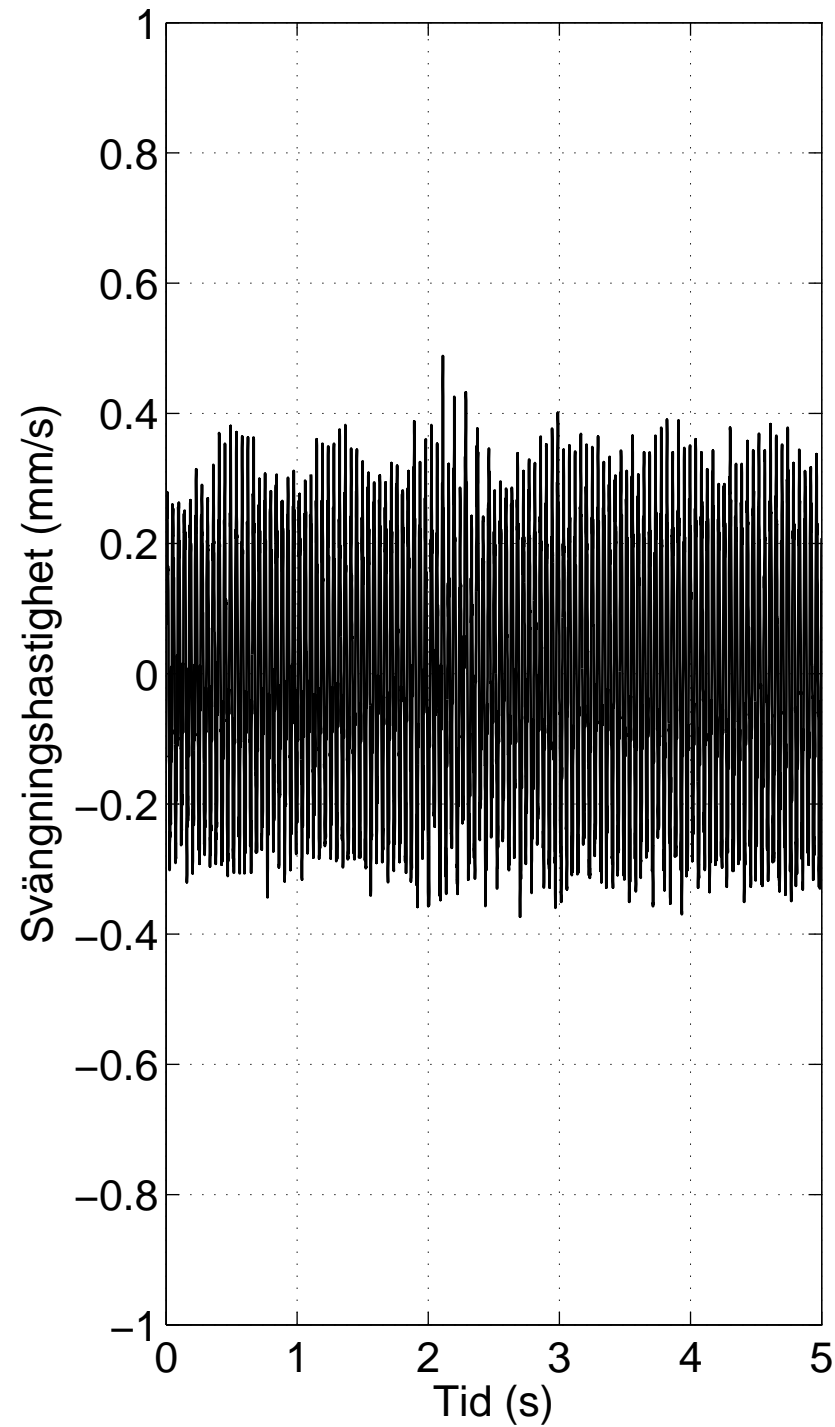




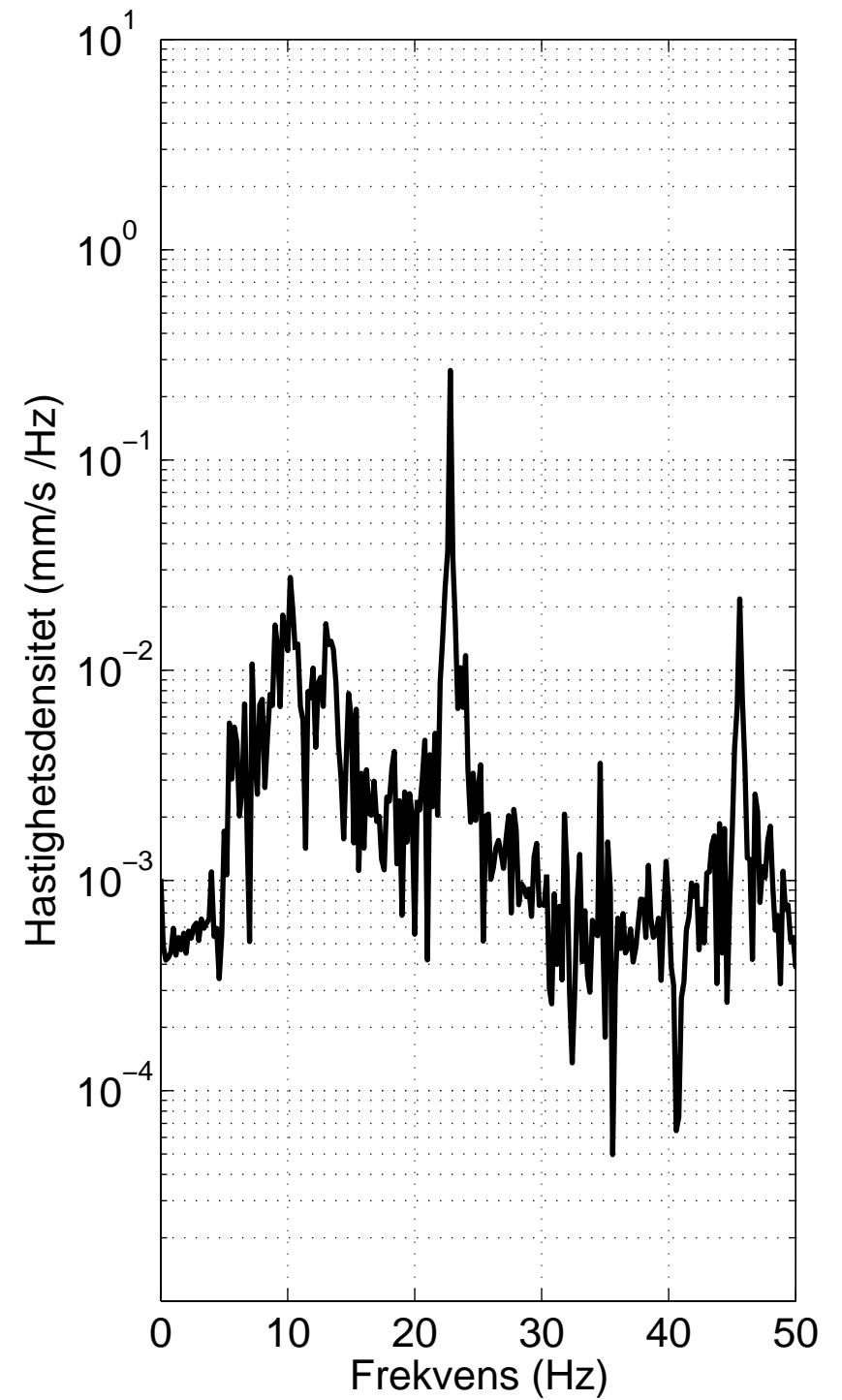
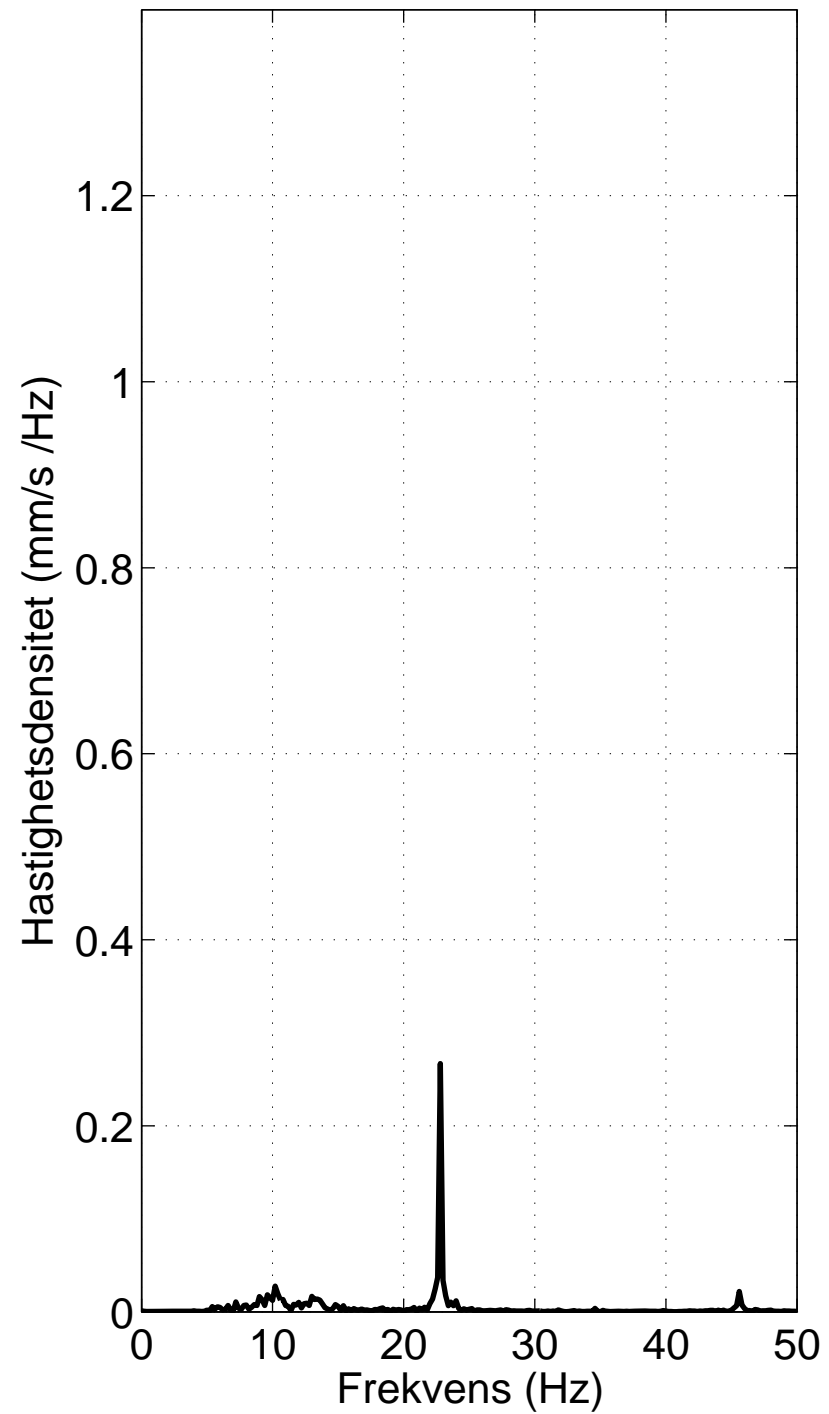
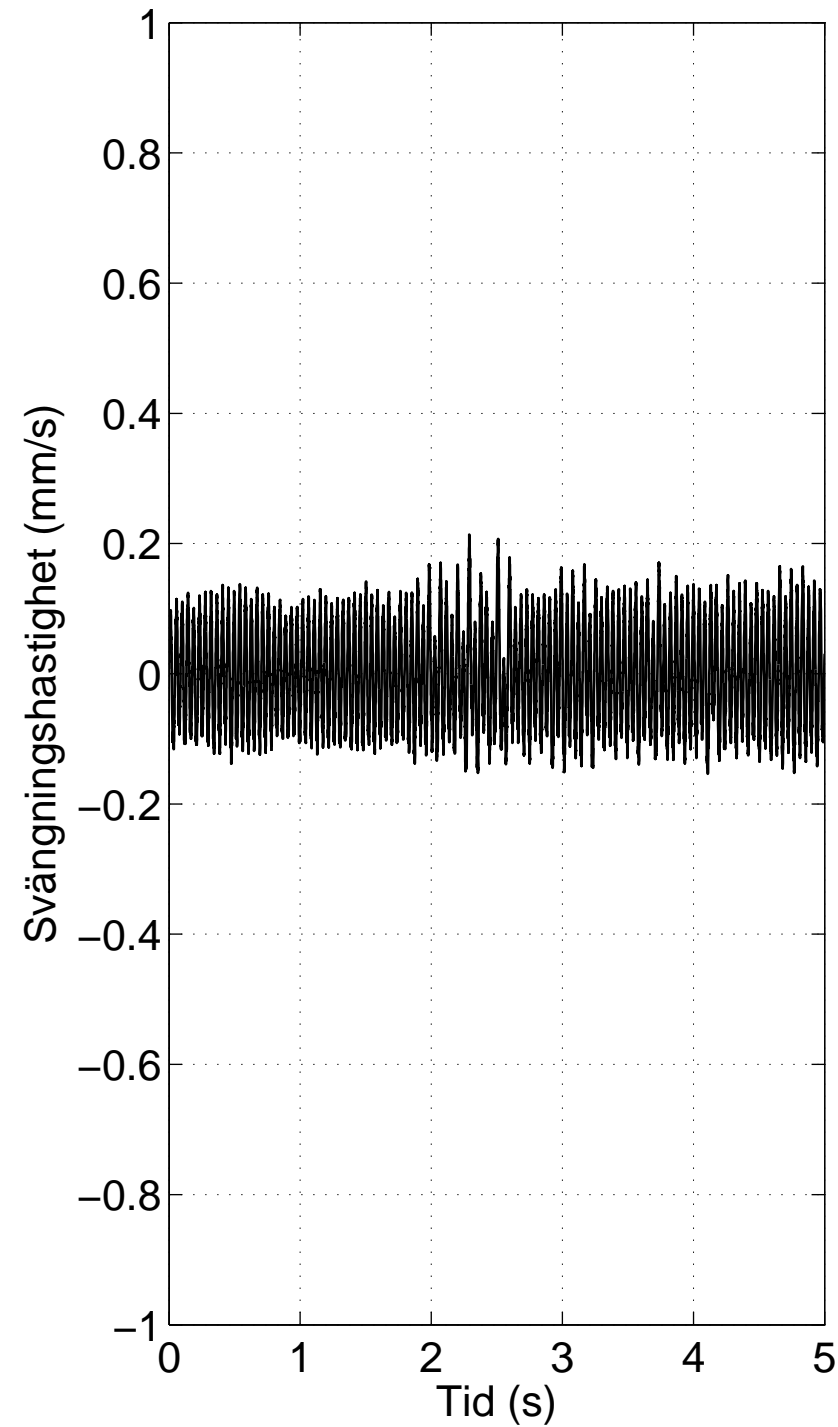
15s009, z=12.5 m, x=1 m



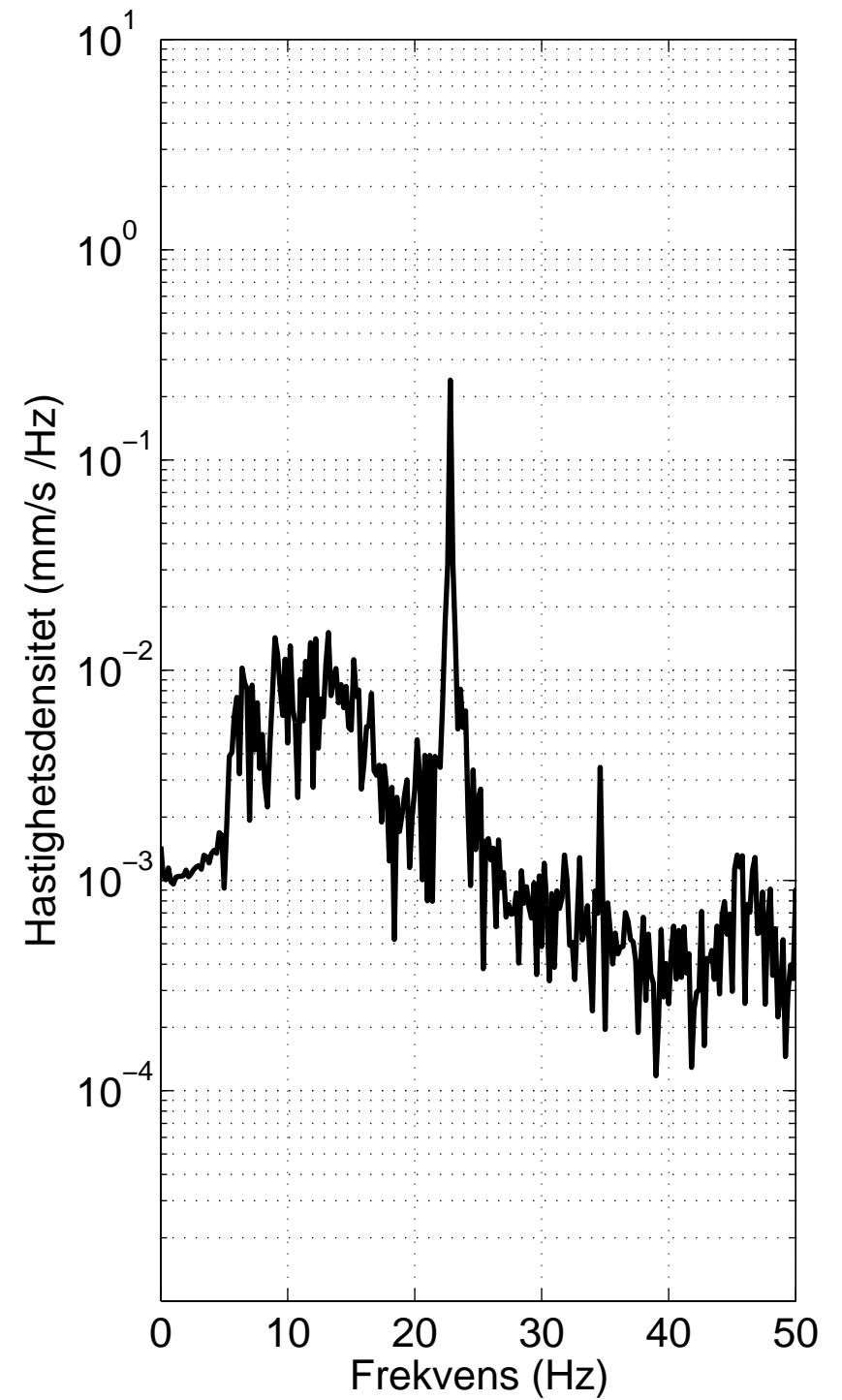
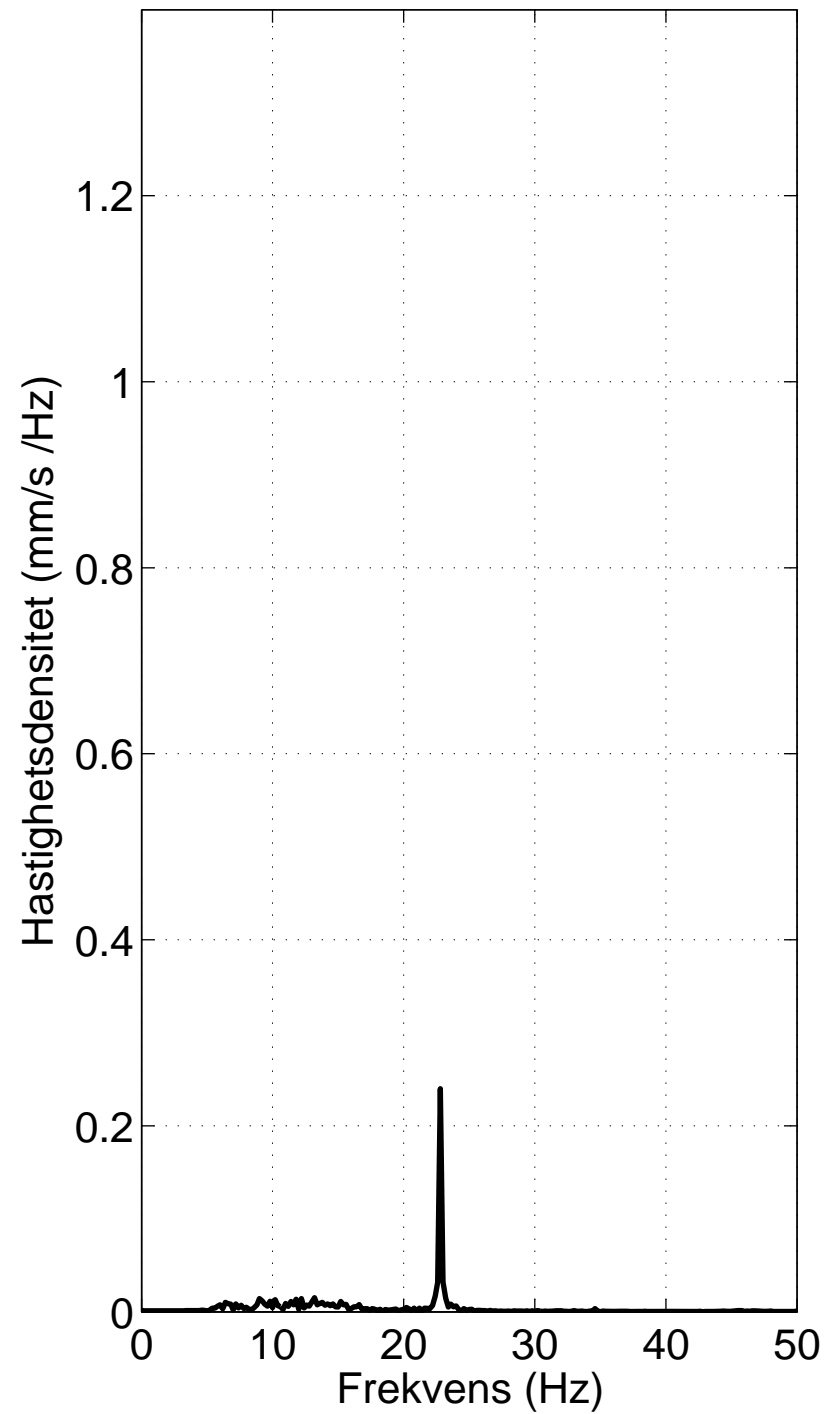
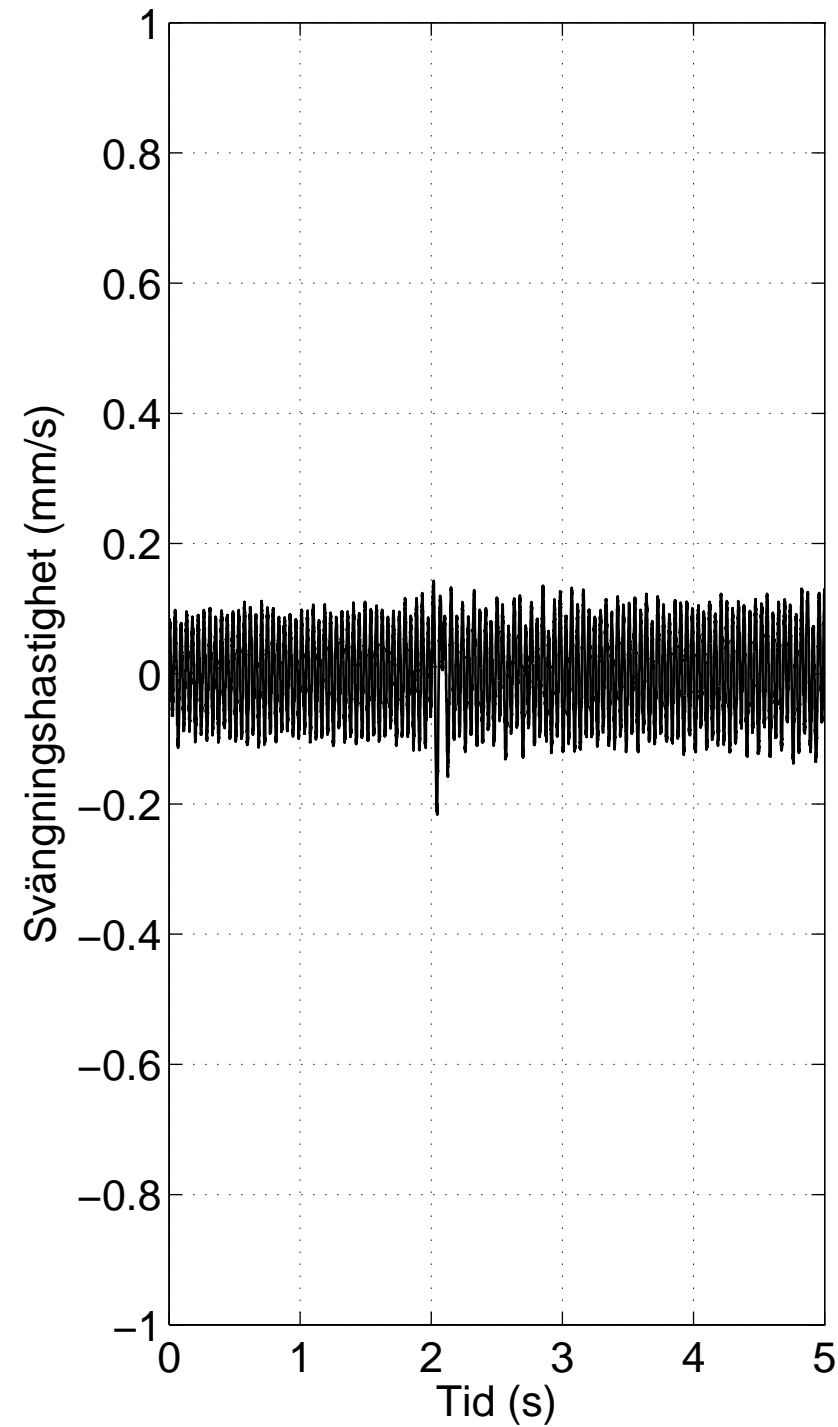
15s009, z=12.5 m, x=4 m



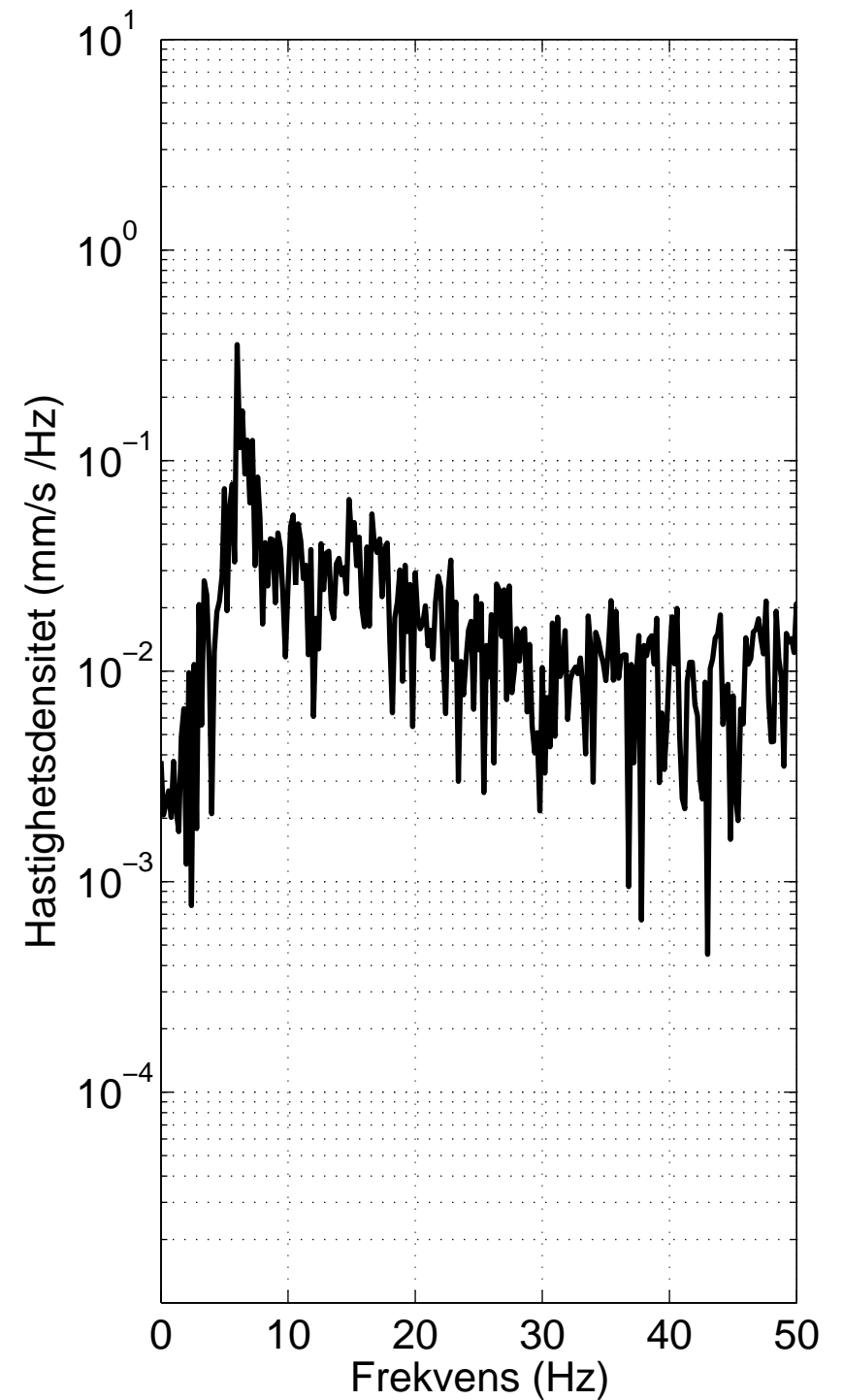
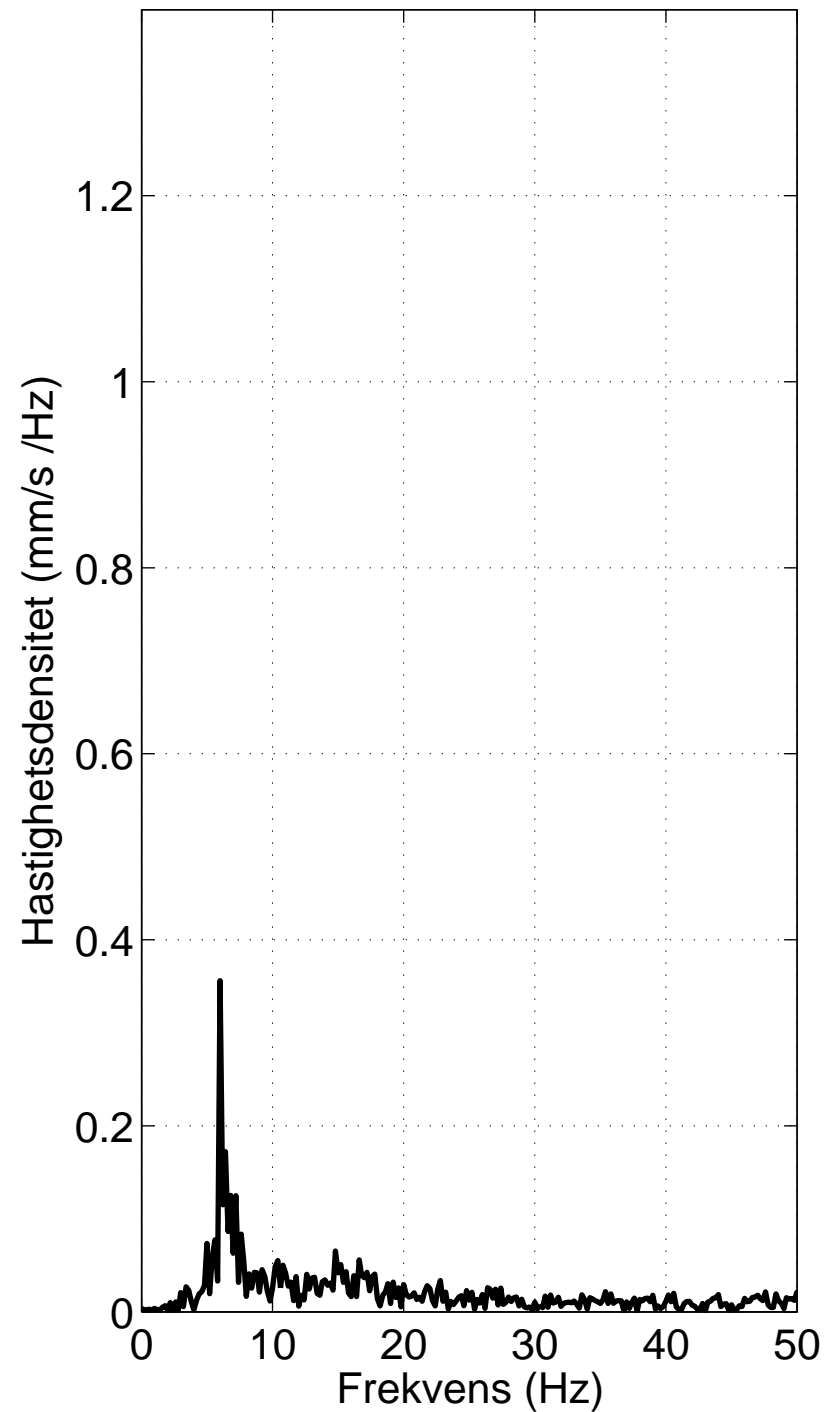
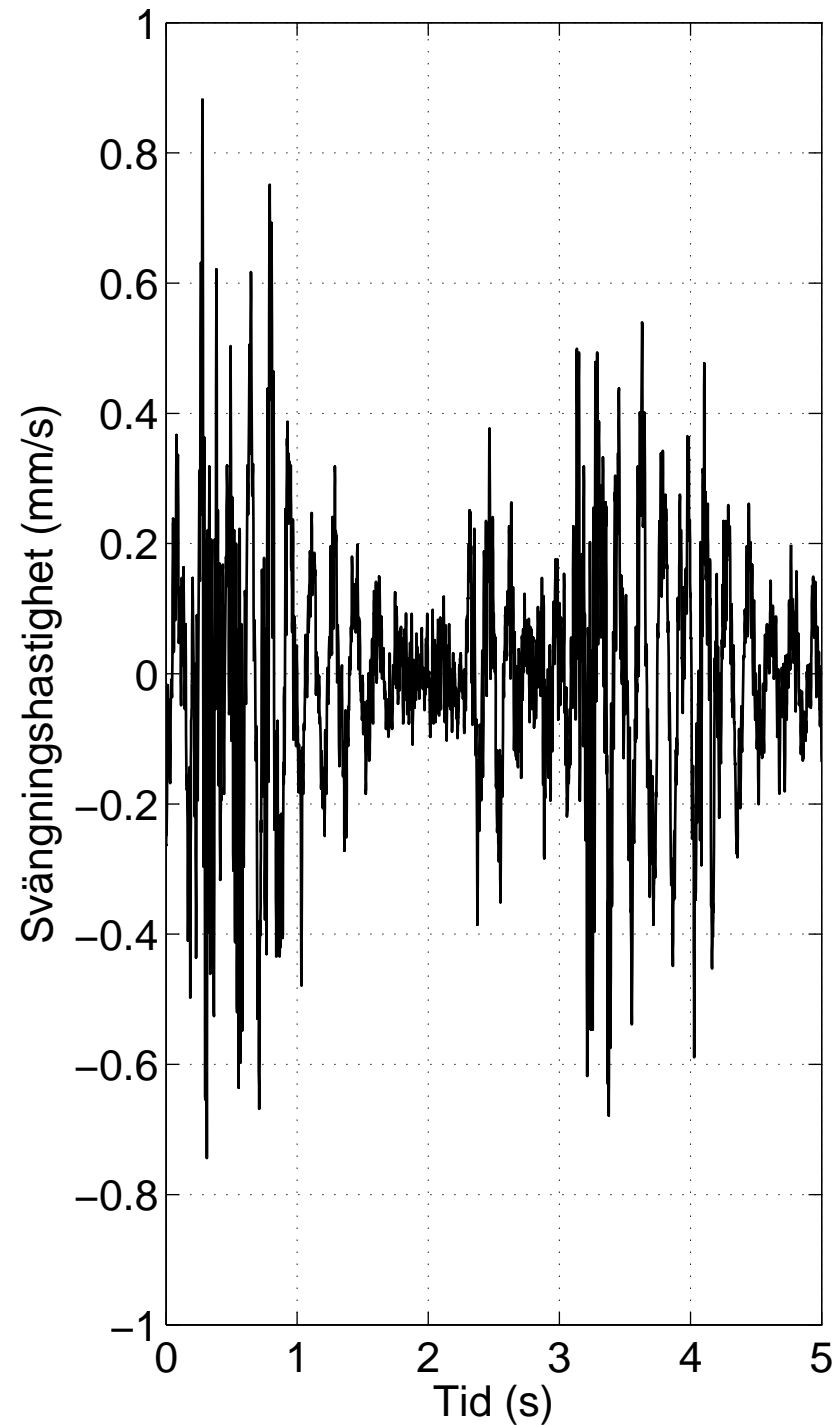
15s009, z=12.5 m, x=8 m



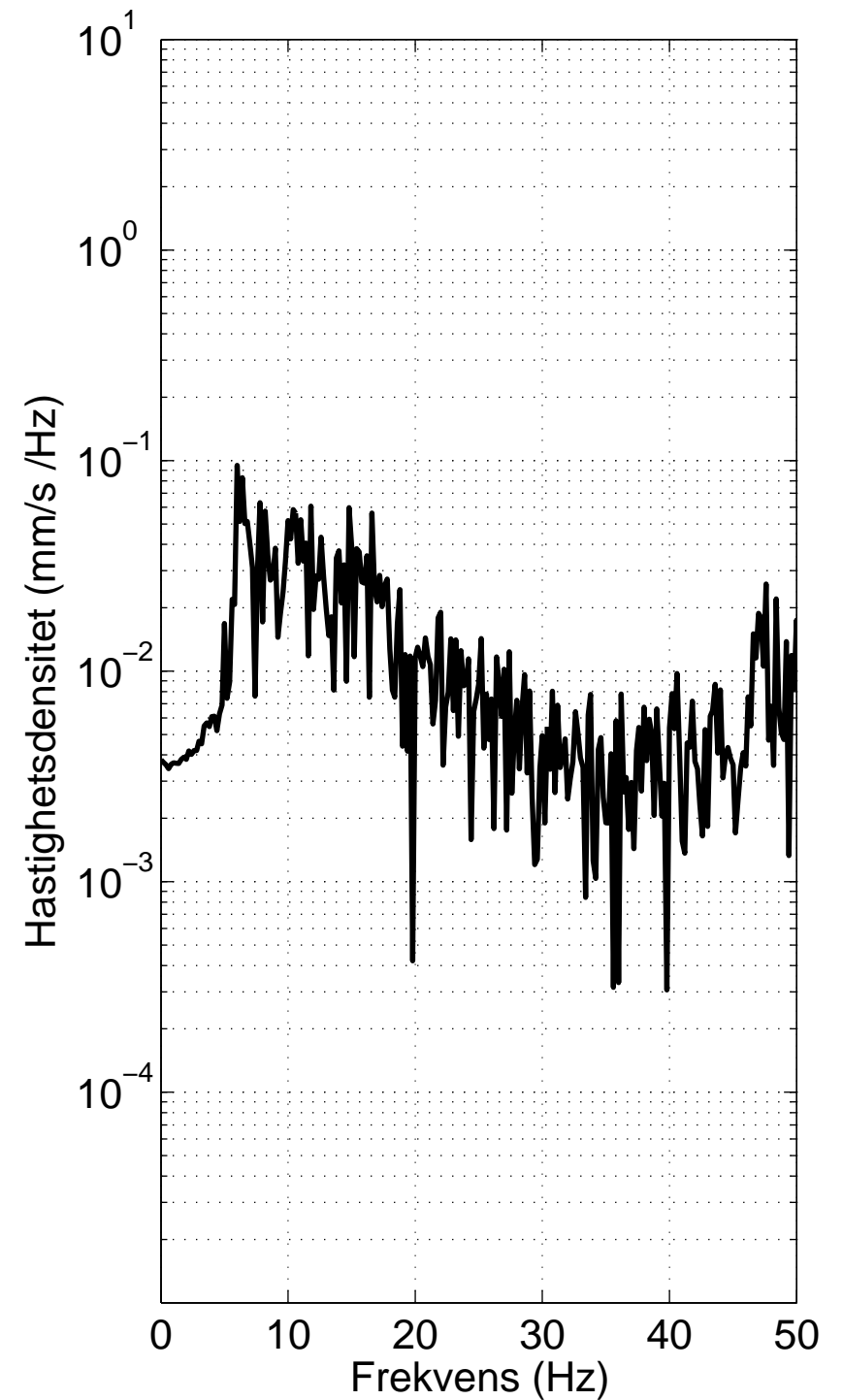
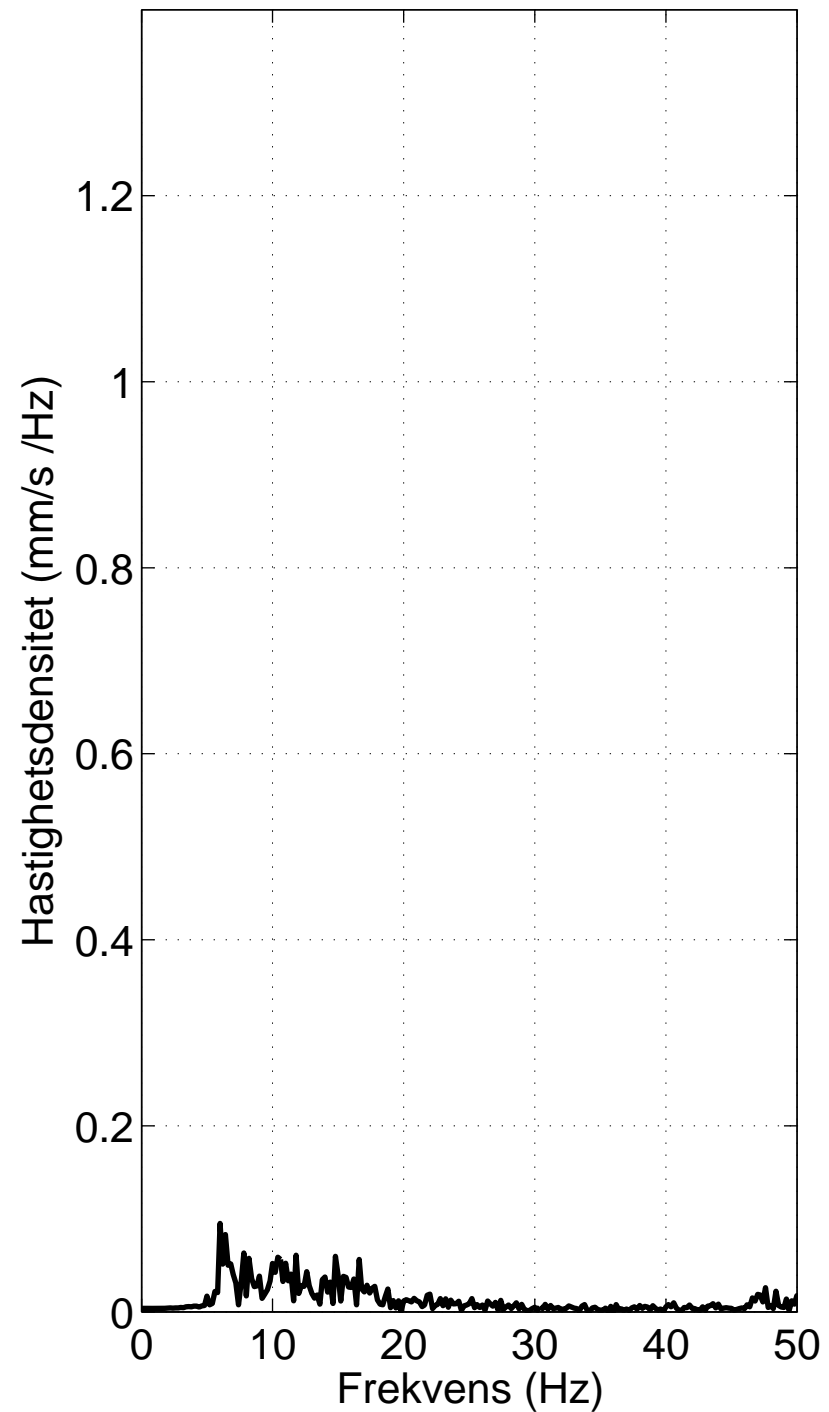
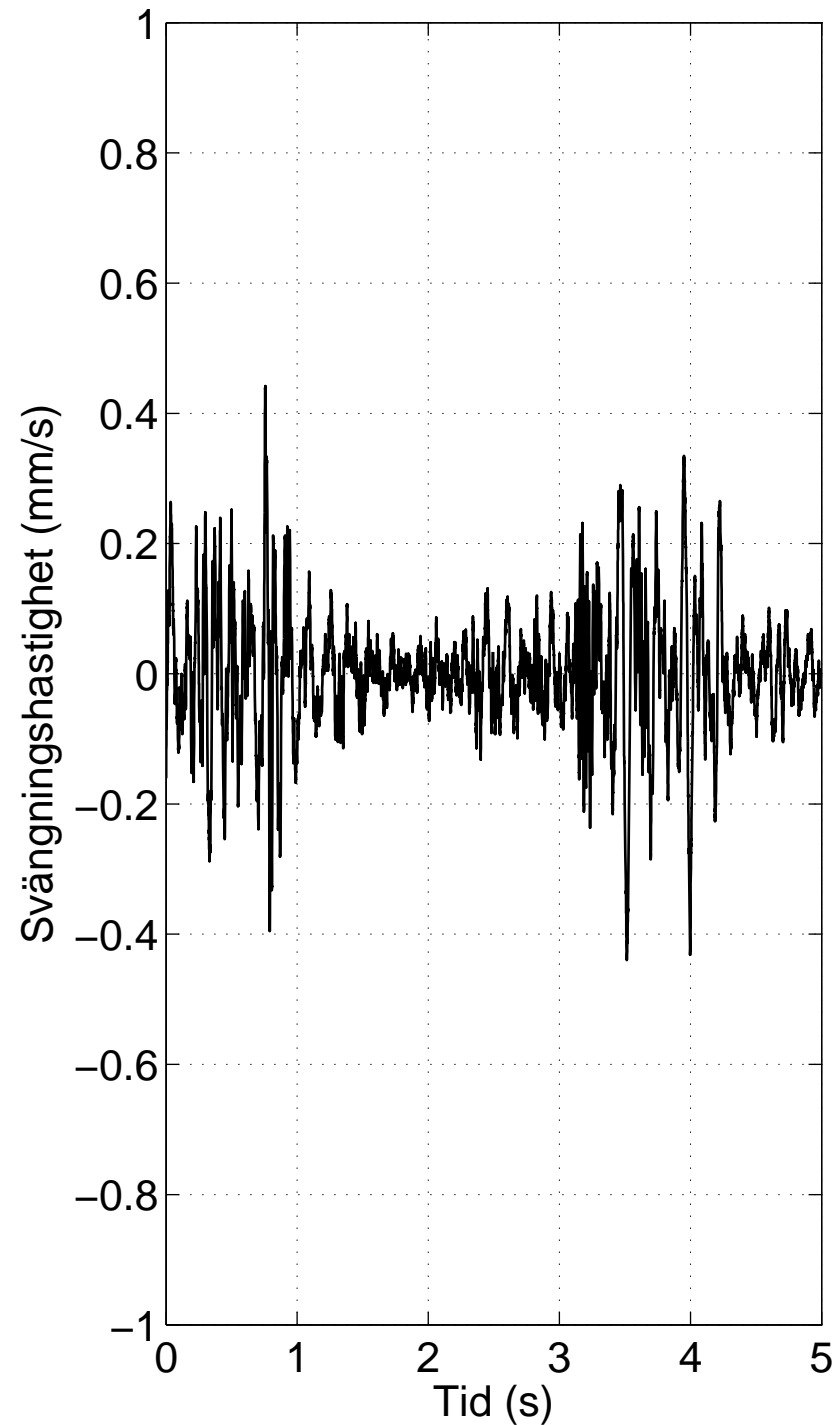
15s009, z=12.5 m, x=12 m



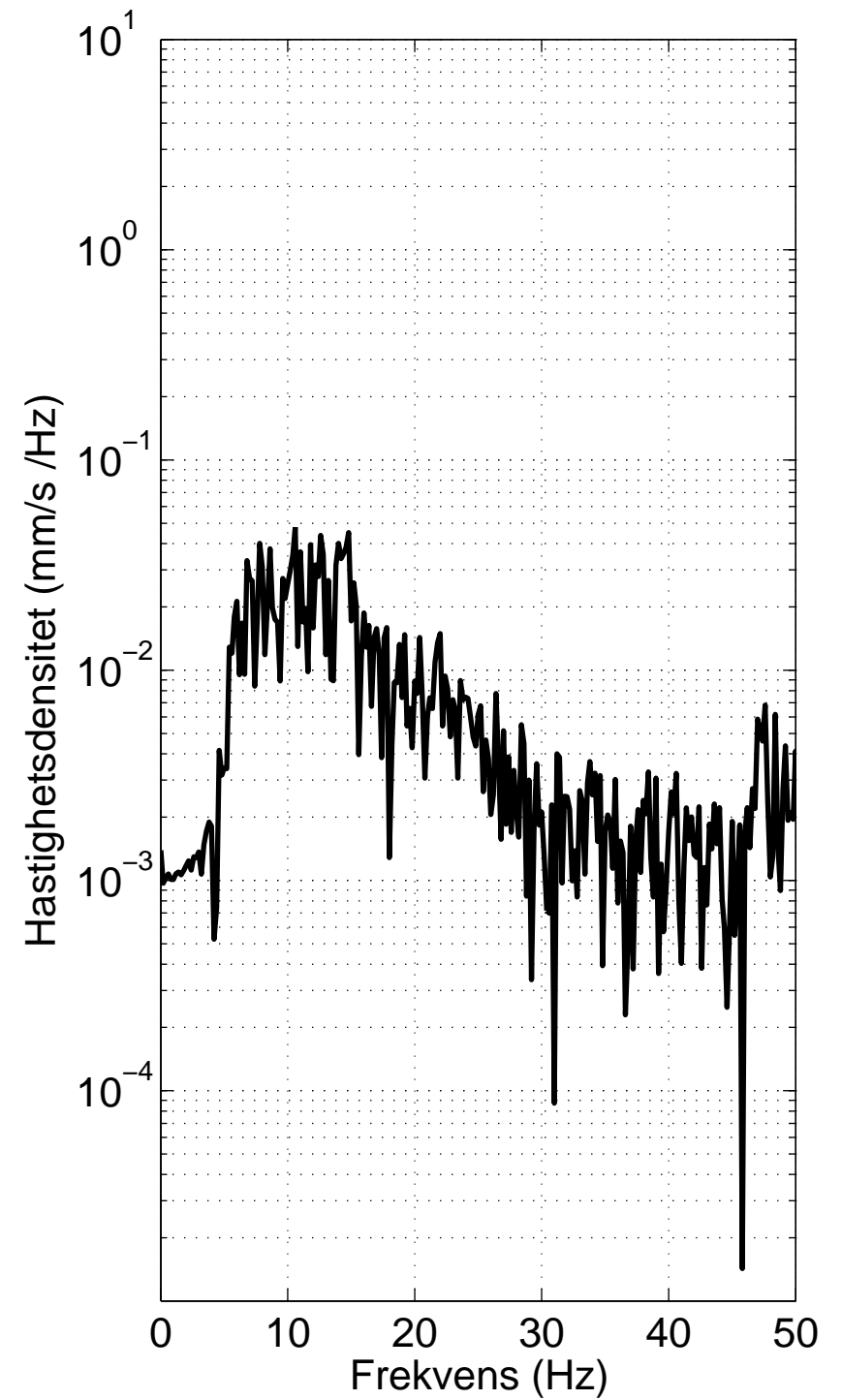
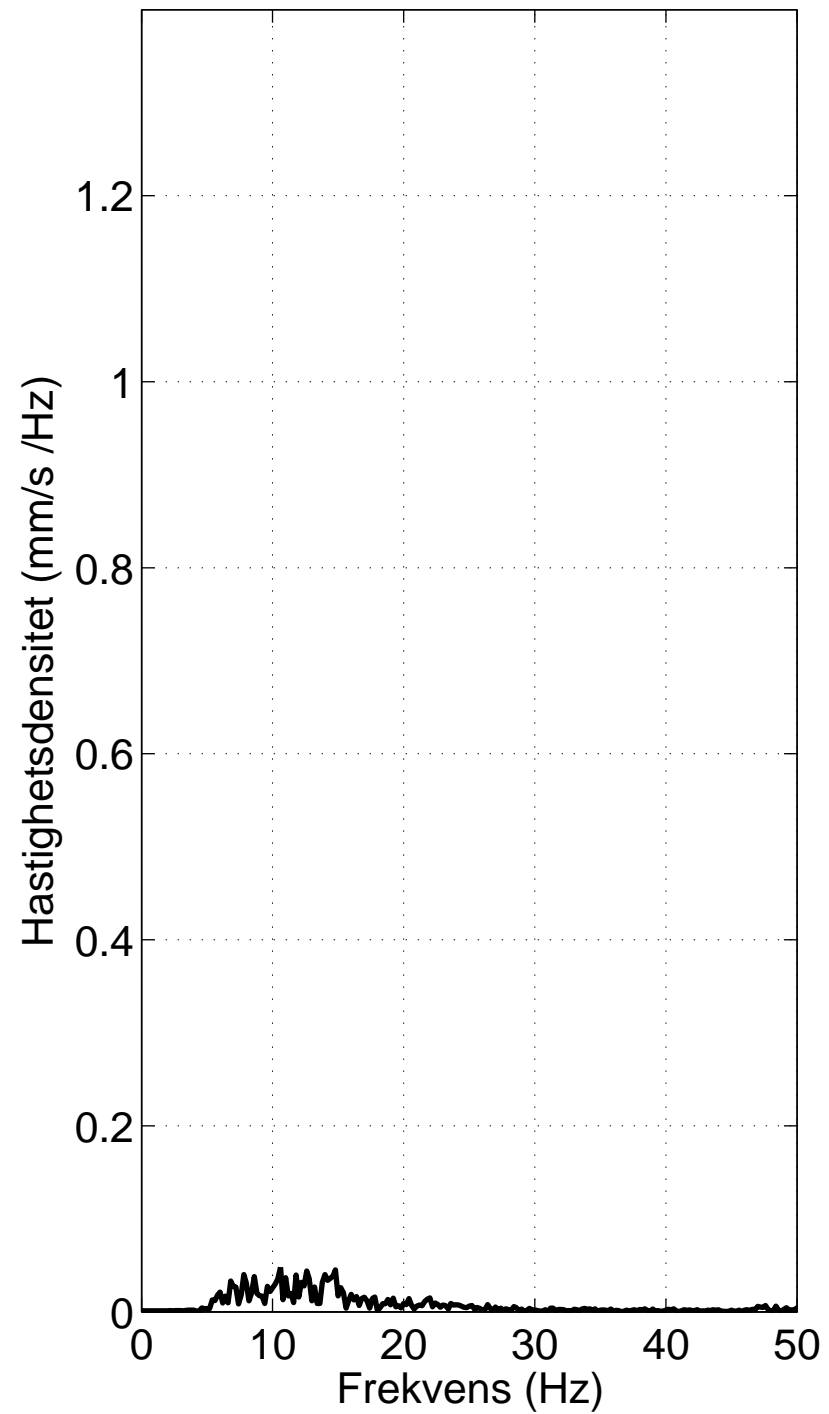
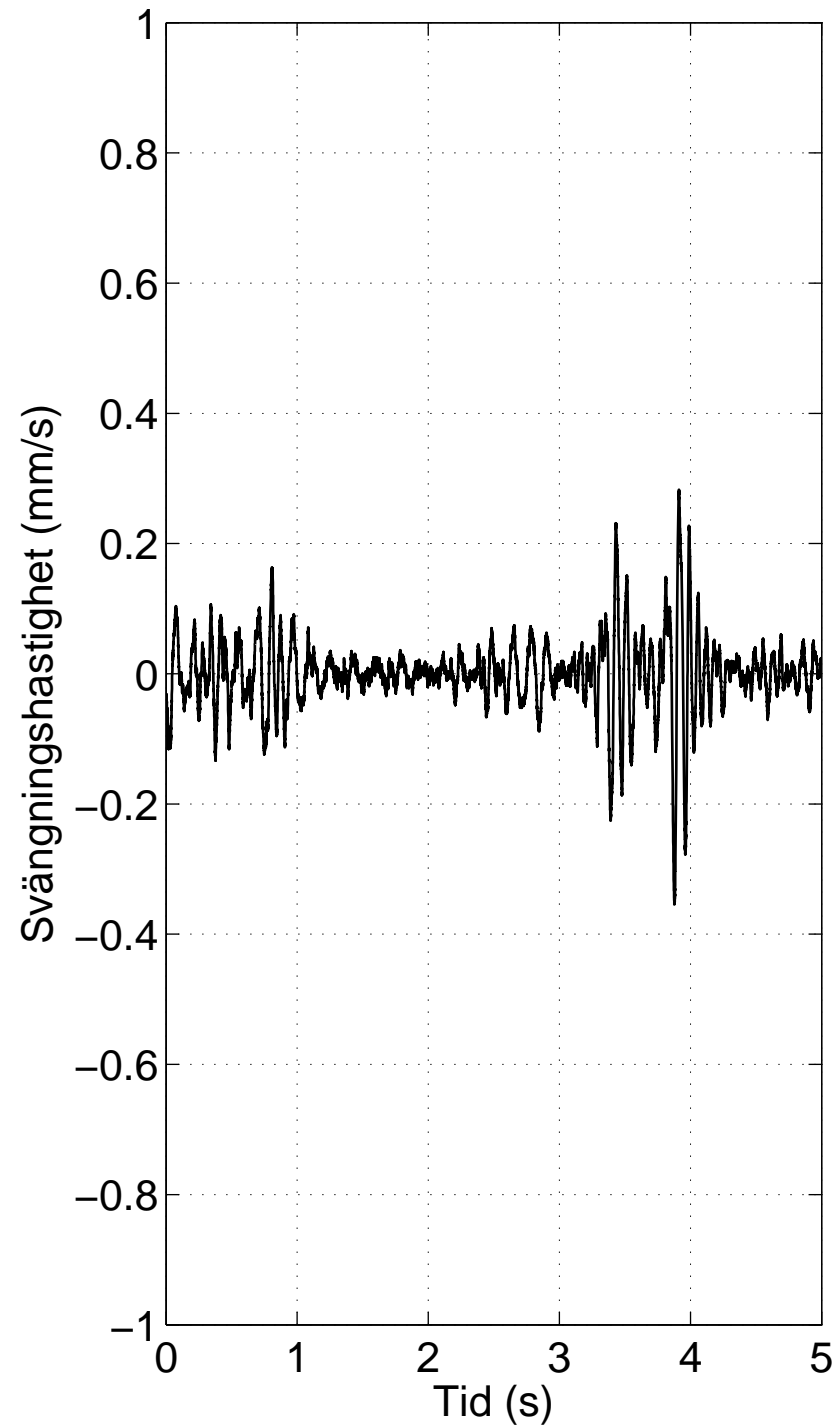
15s009, z=13.5 m, x=1 m



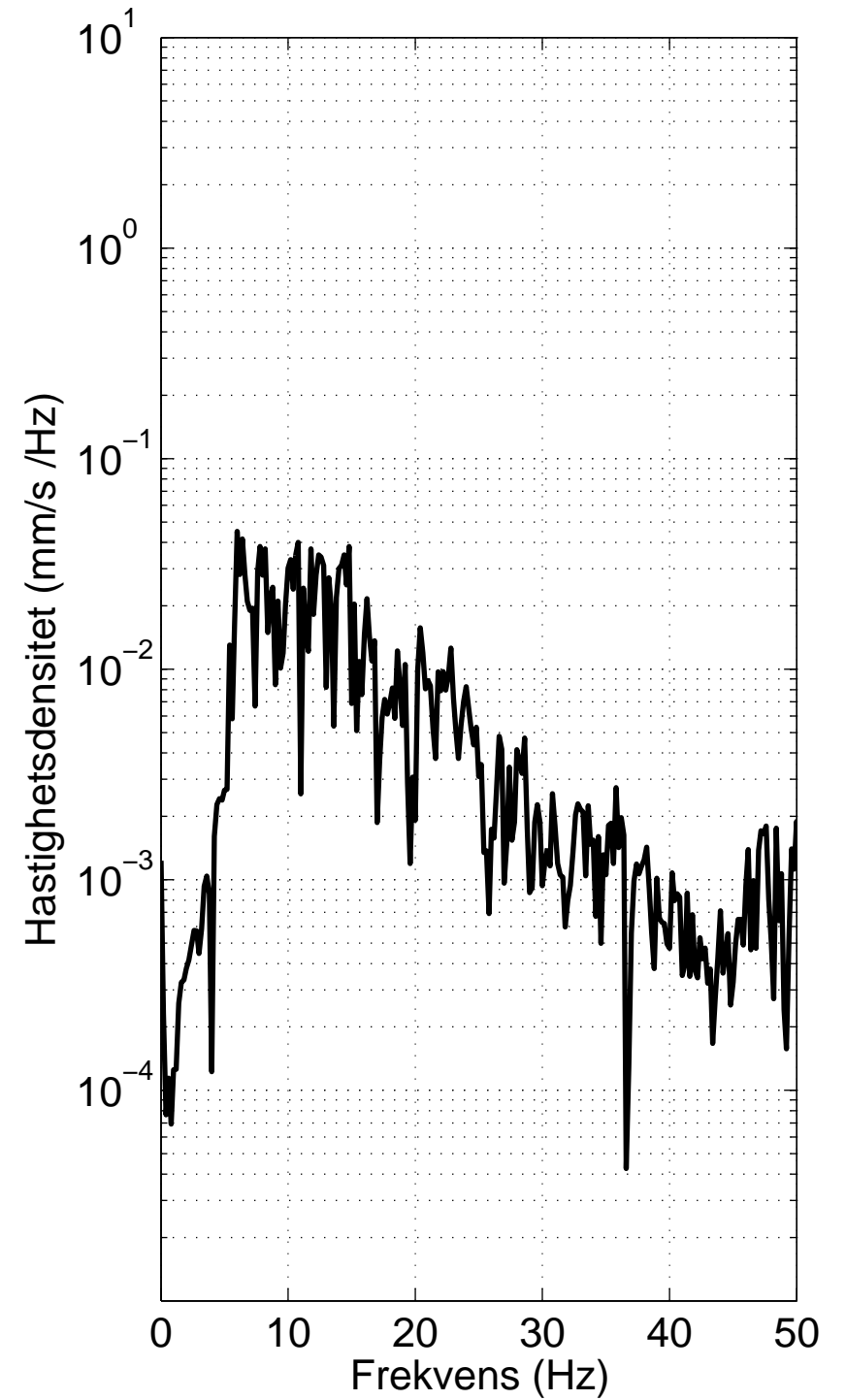
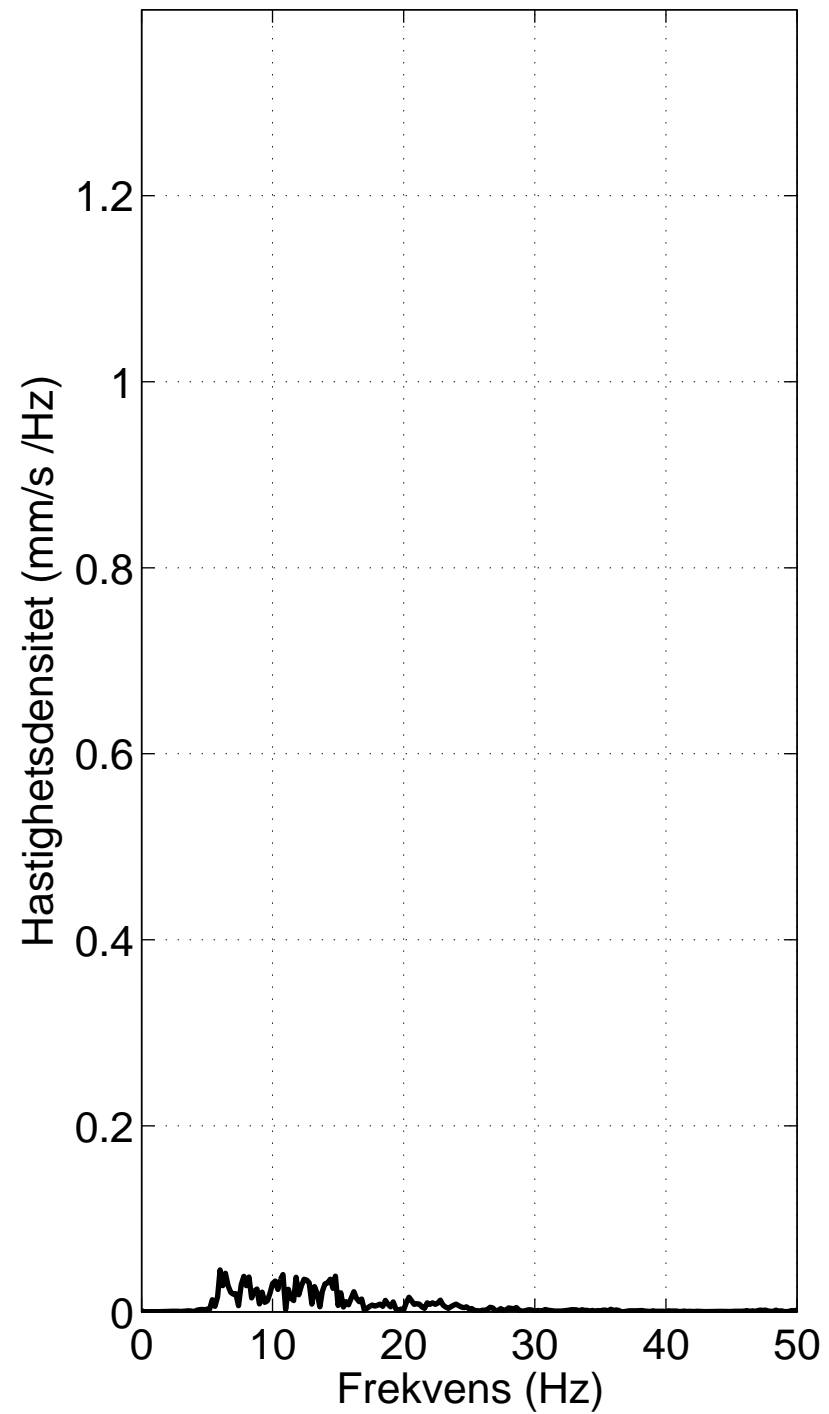
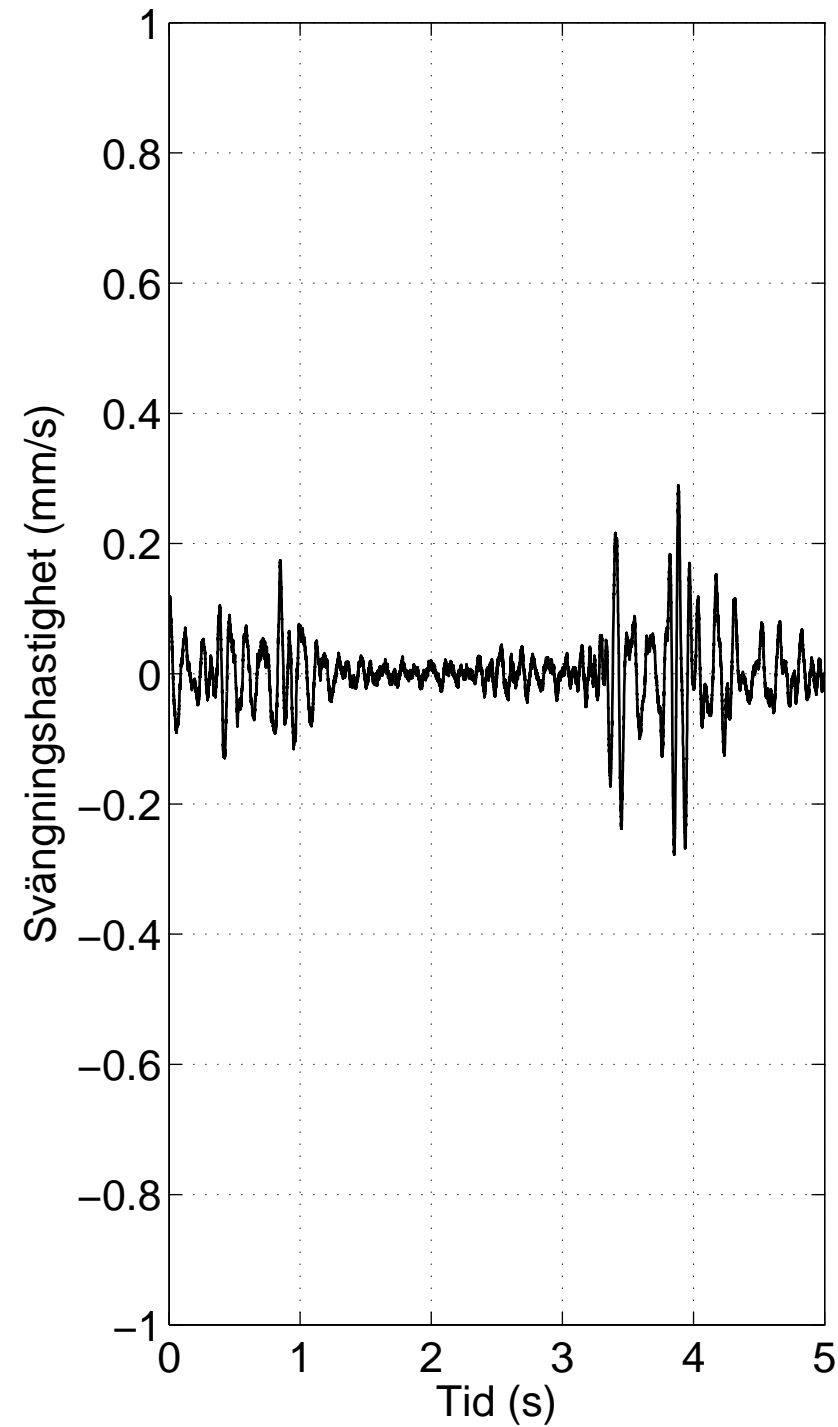
15s009, z=13.5 m, x=4 m



15s009, z=13.5 m, x=8 m

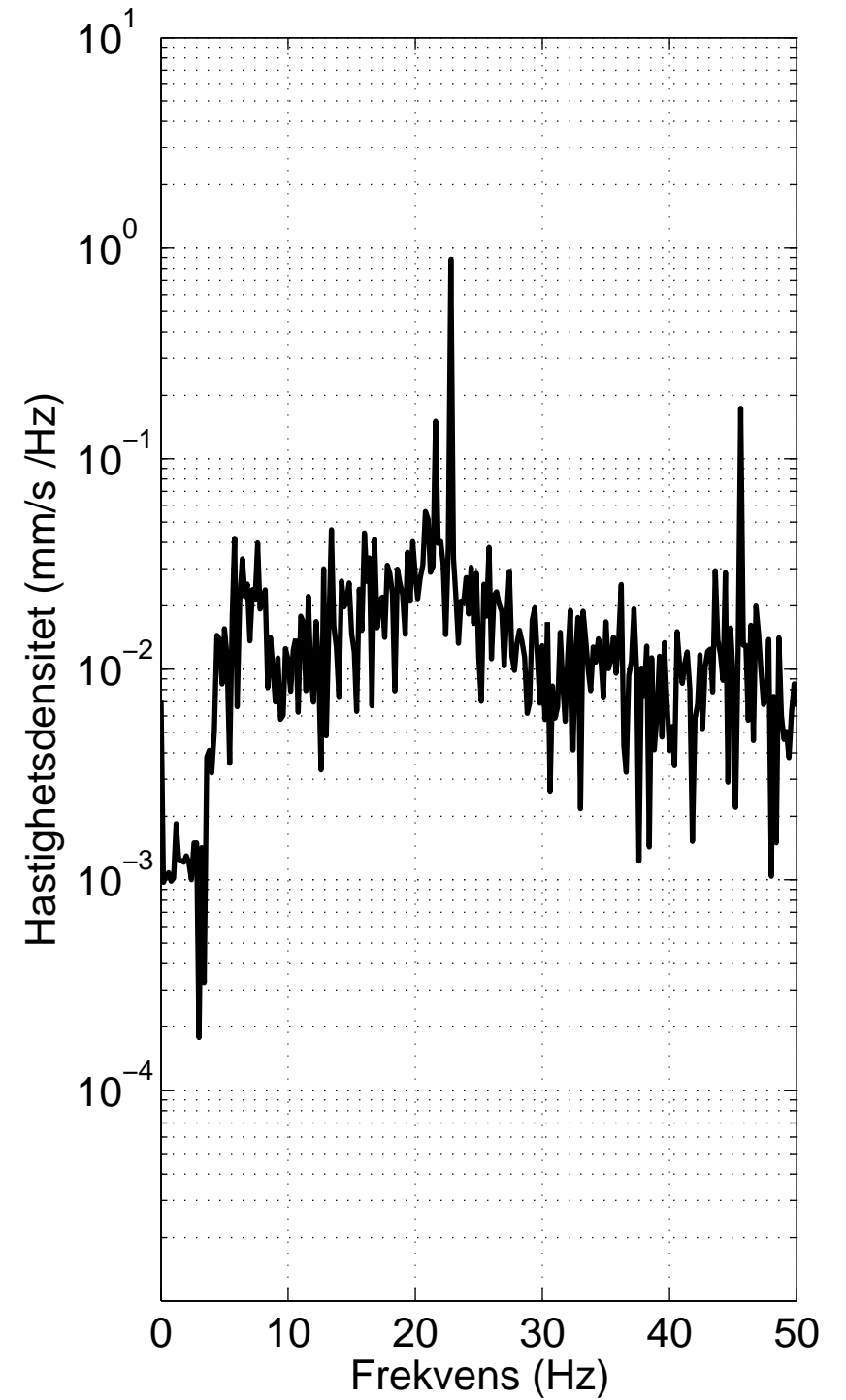
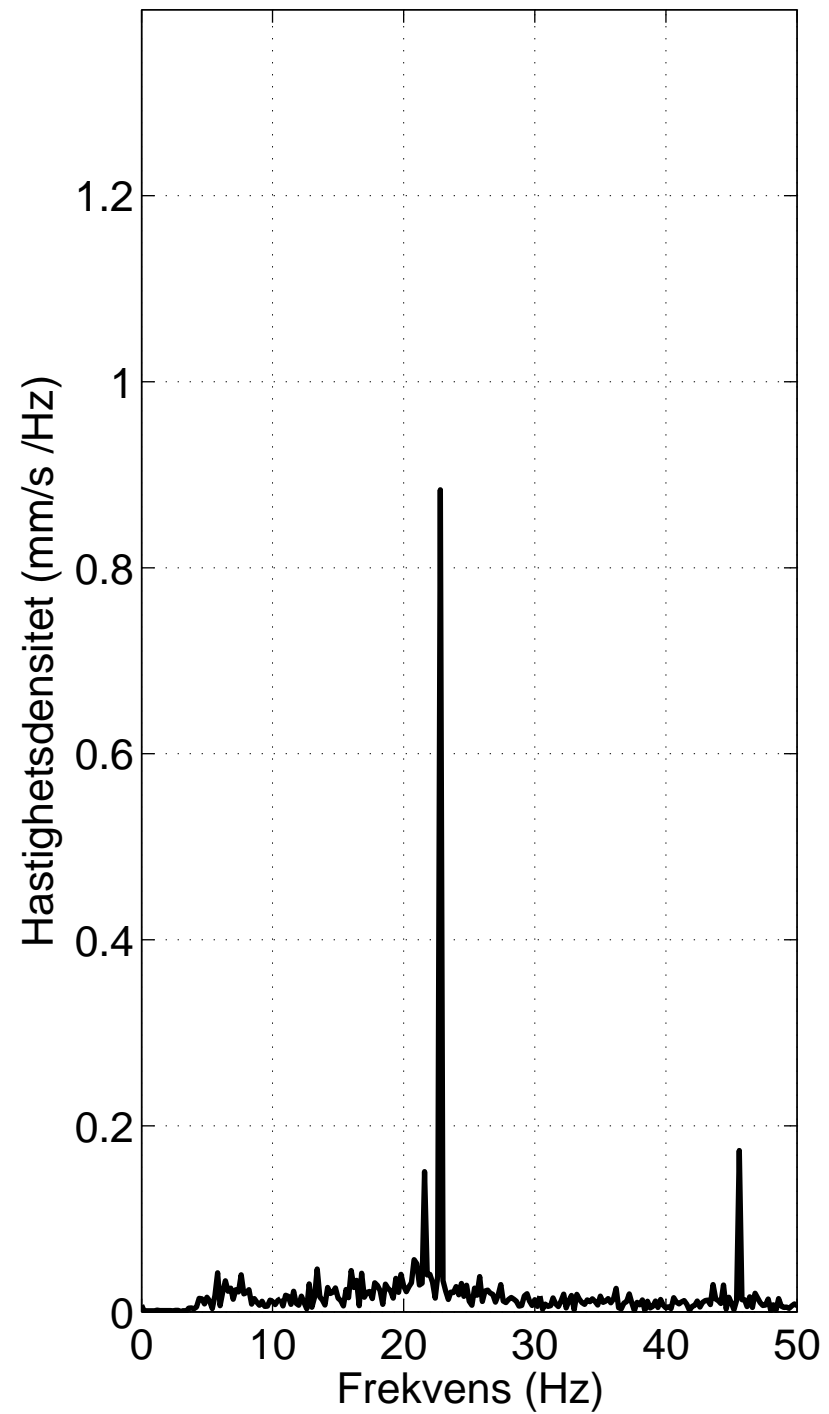
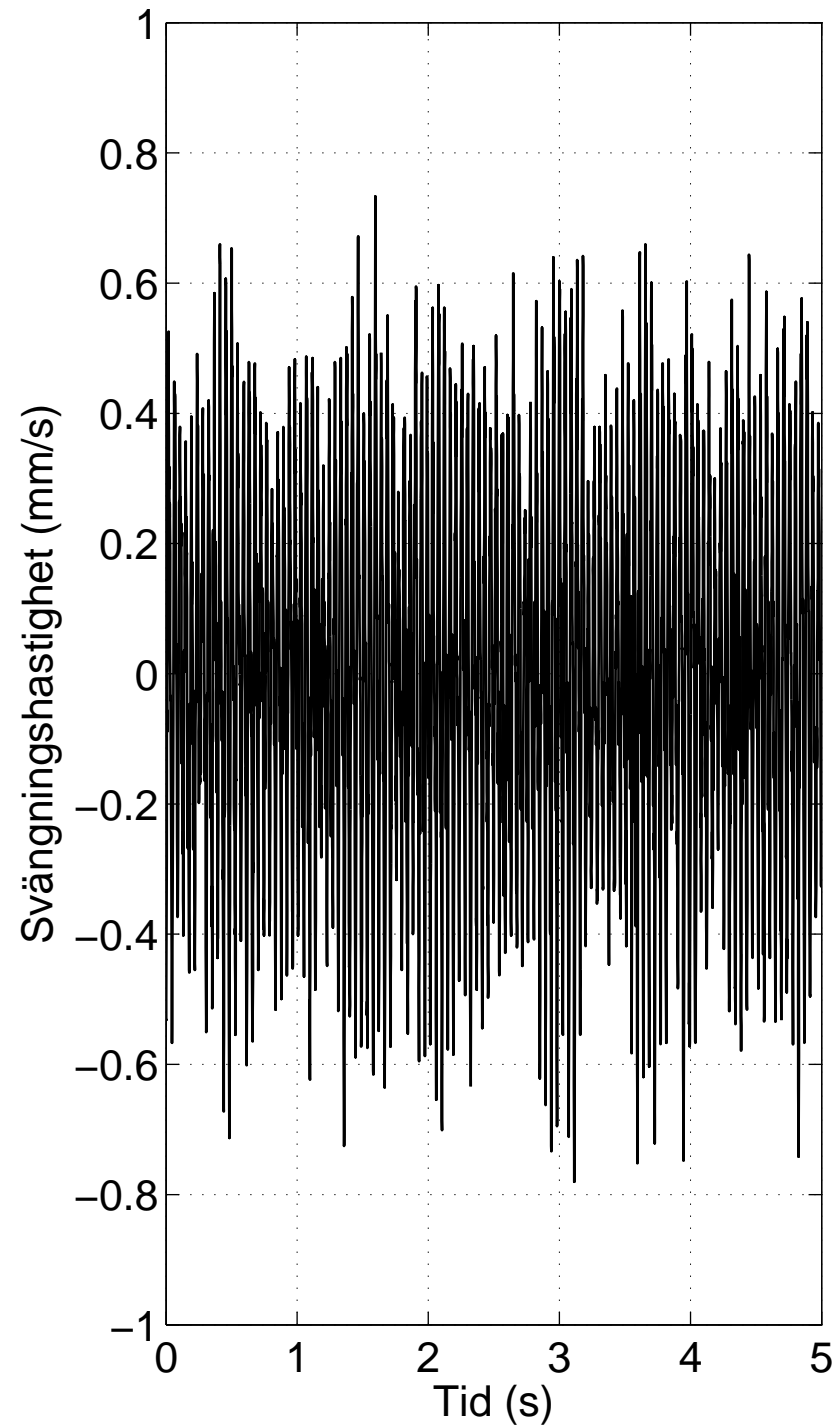


15s009, z=13.5 m, x=12 m

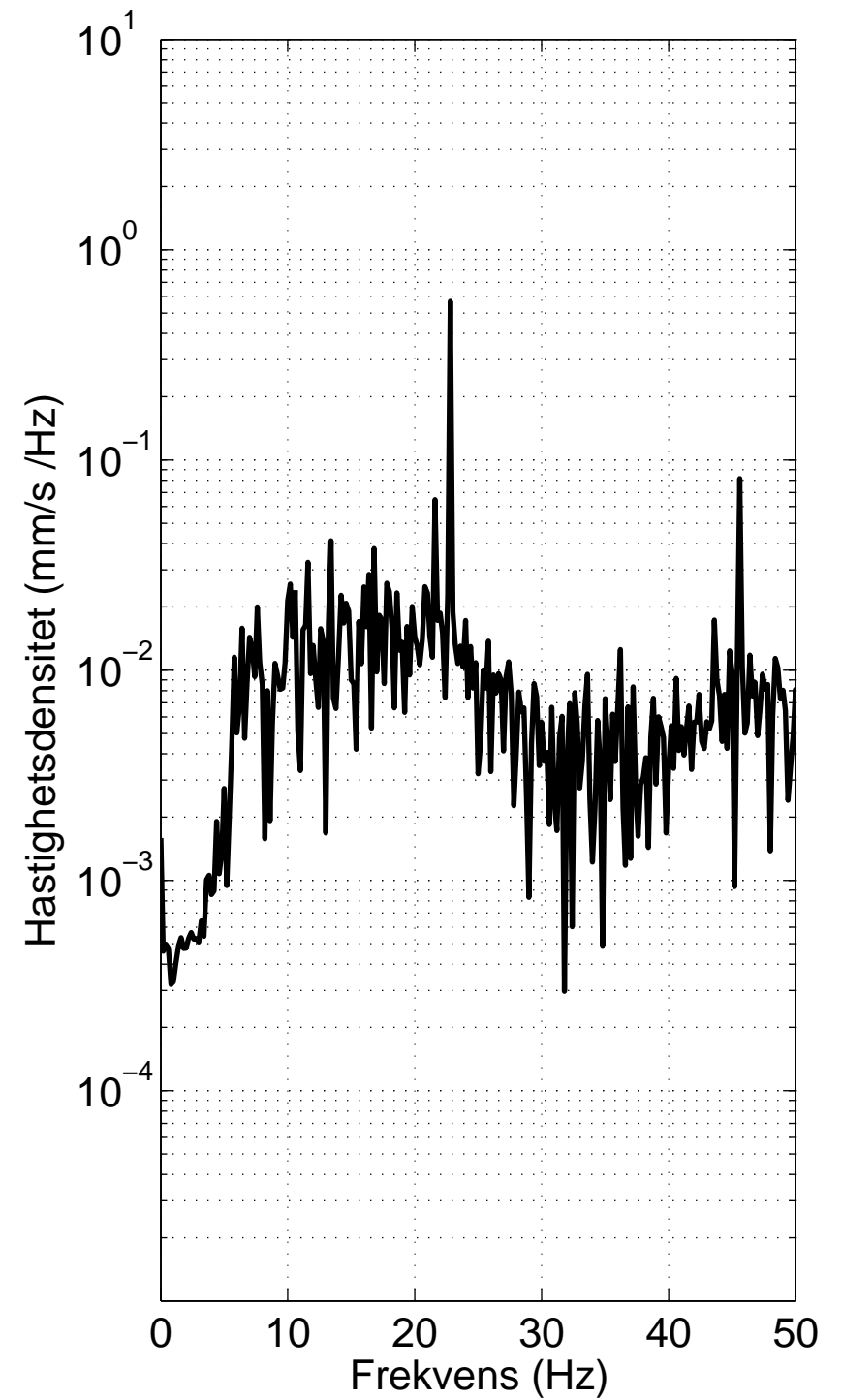
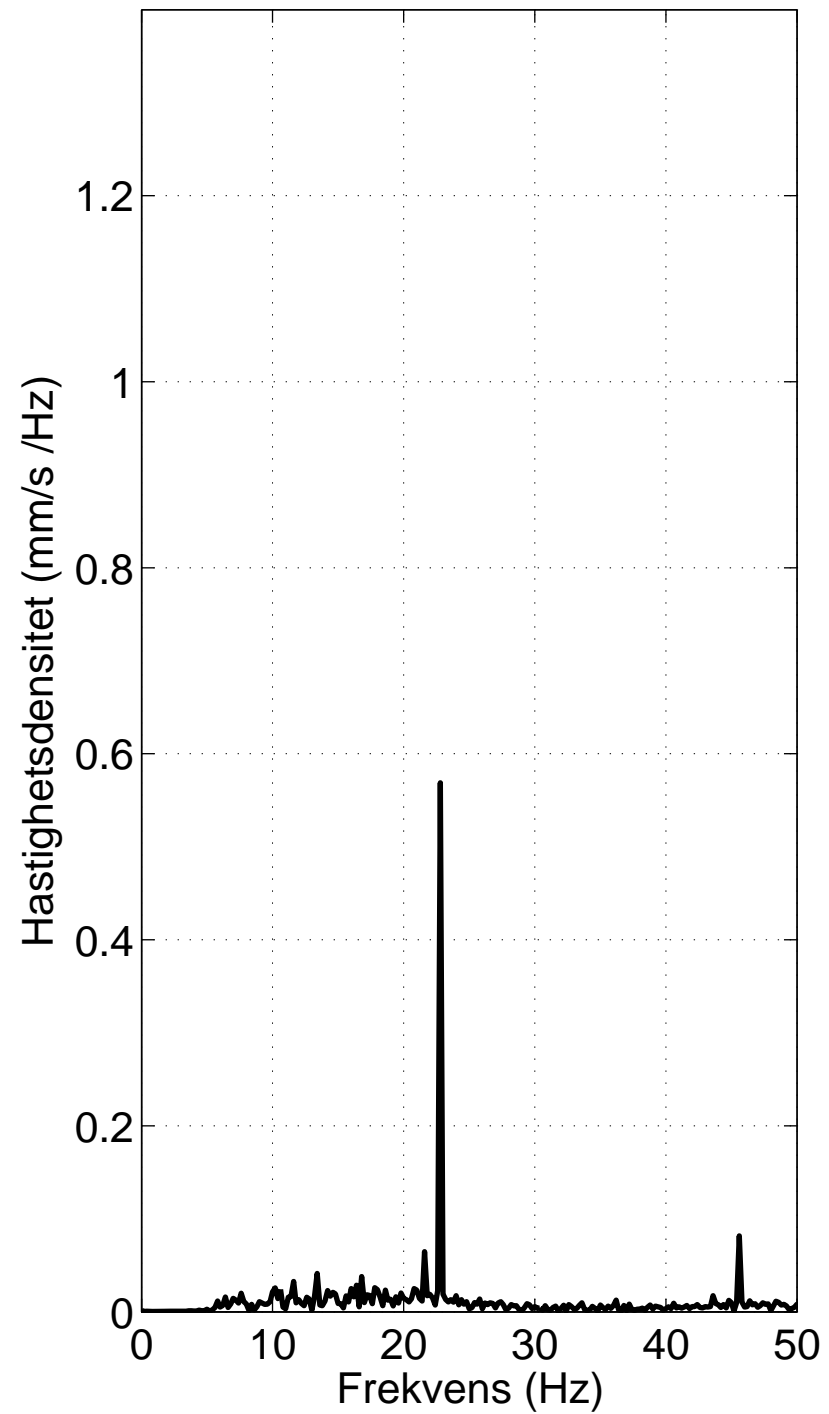
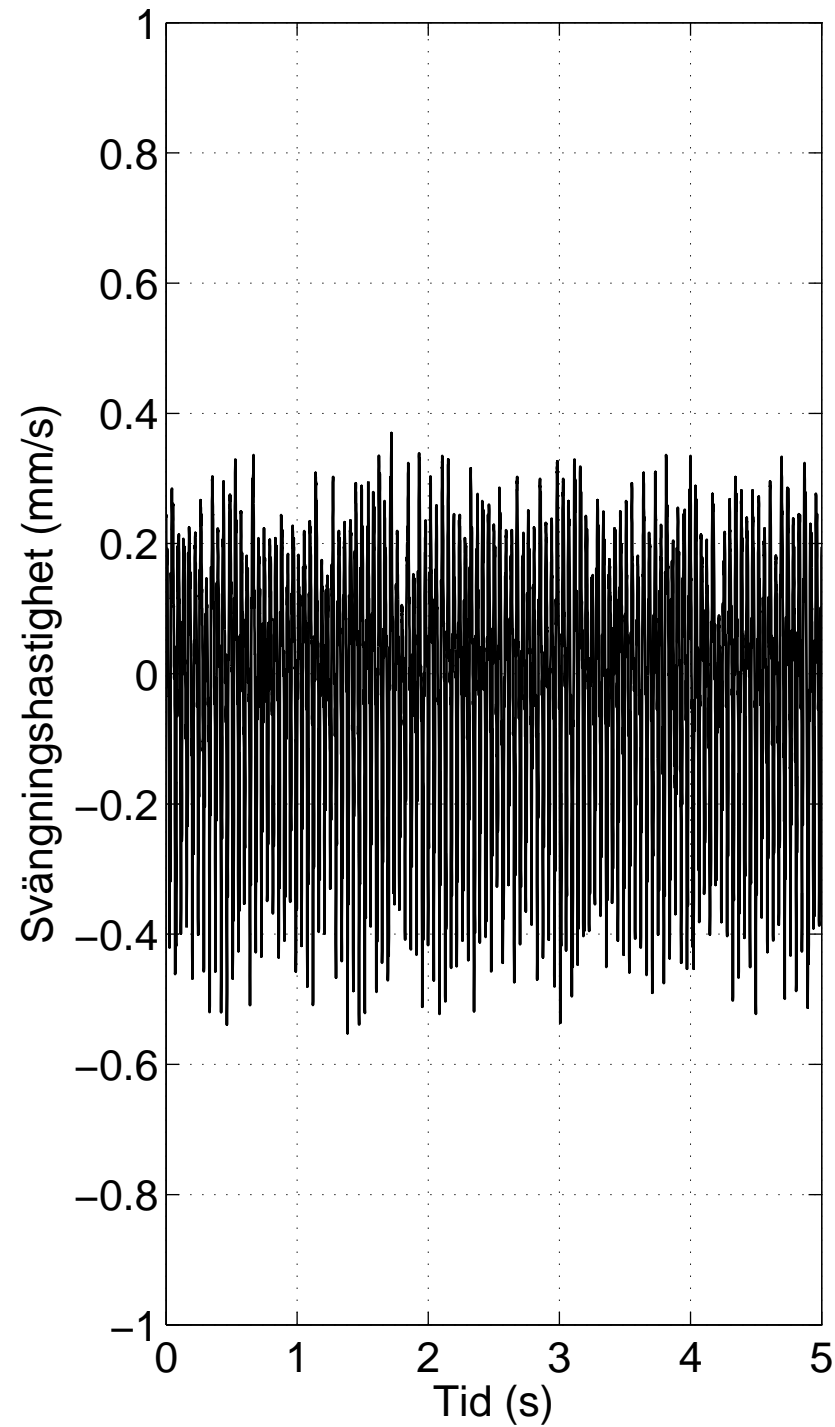




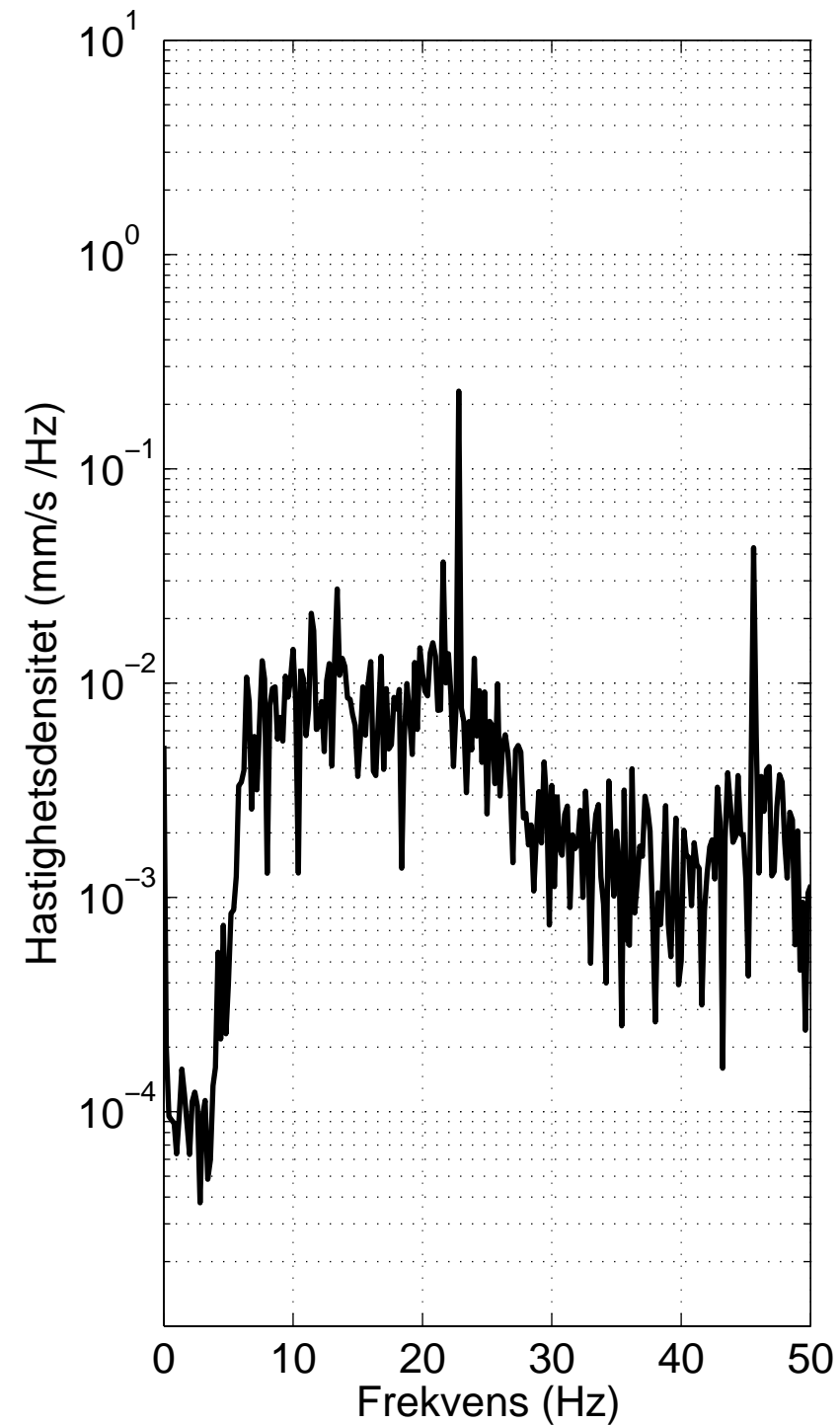
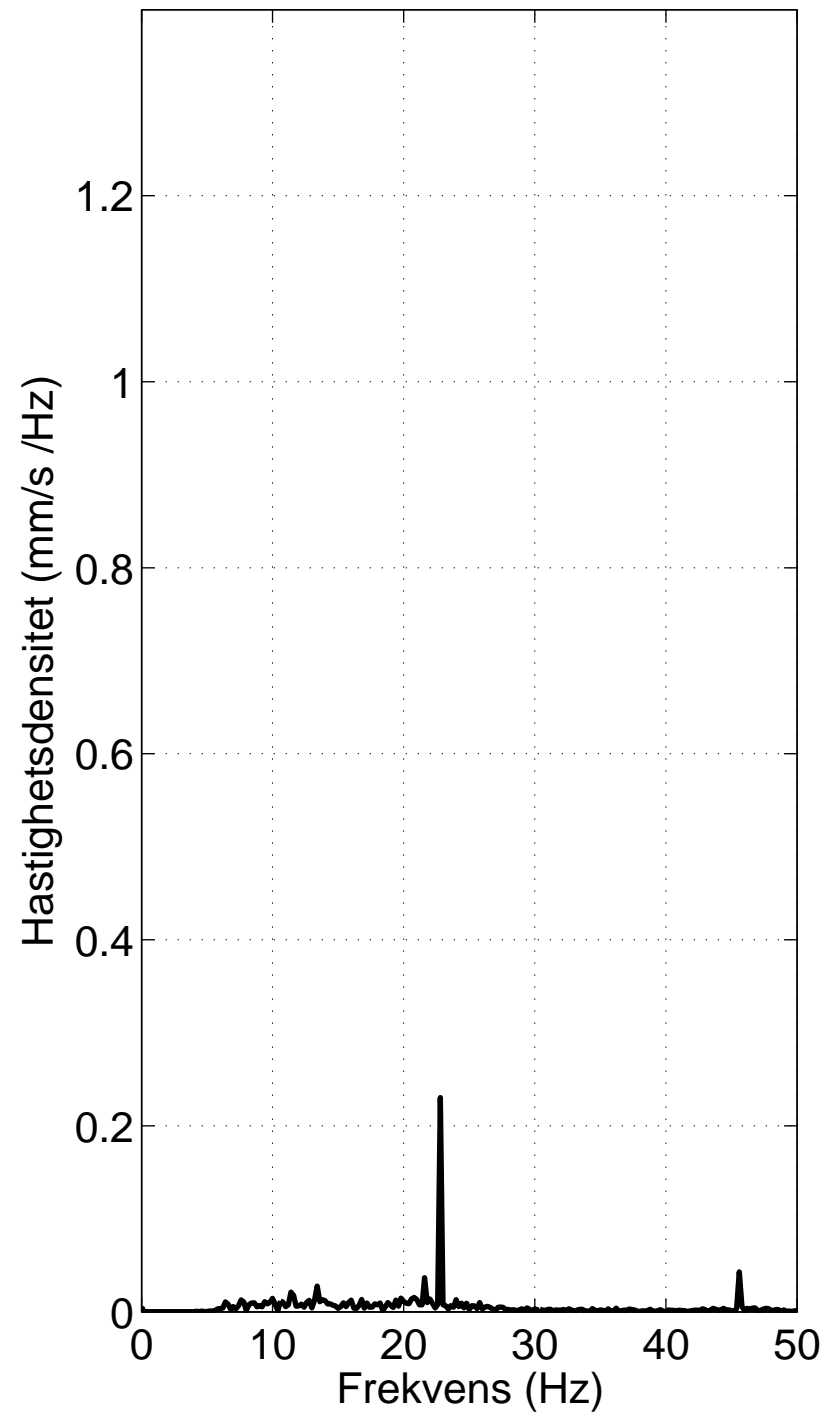
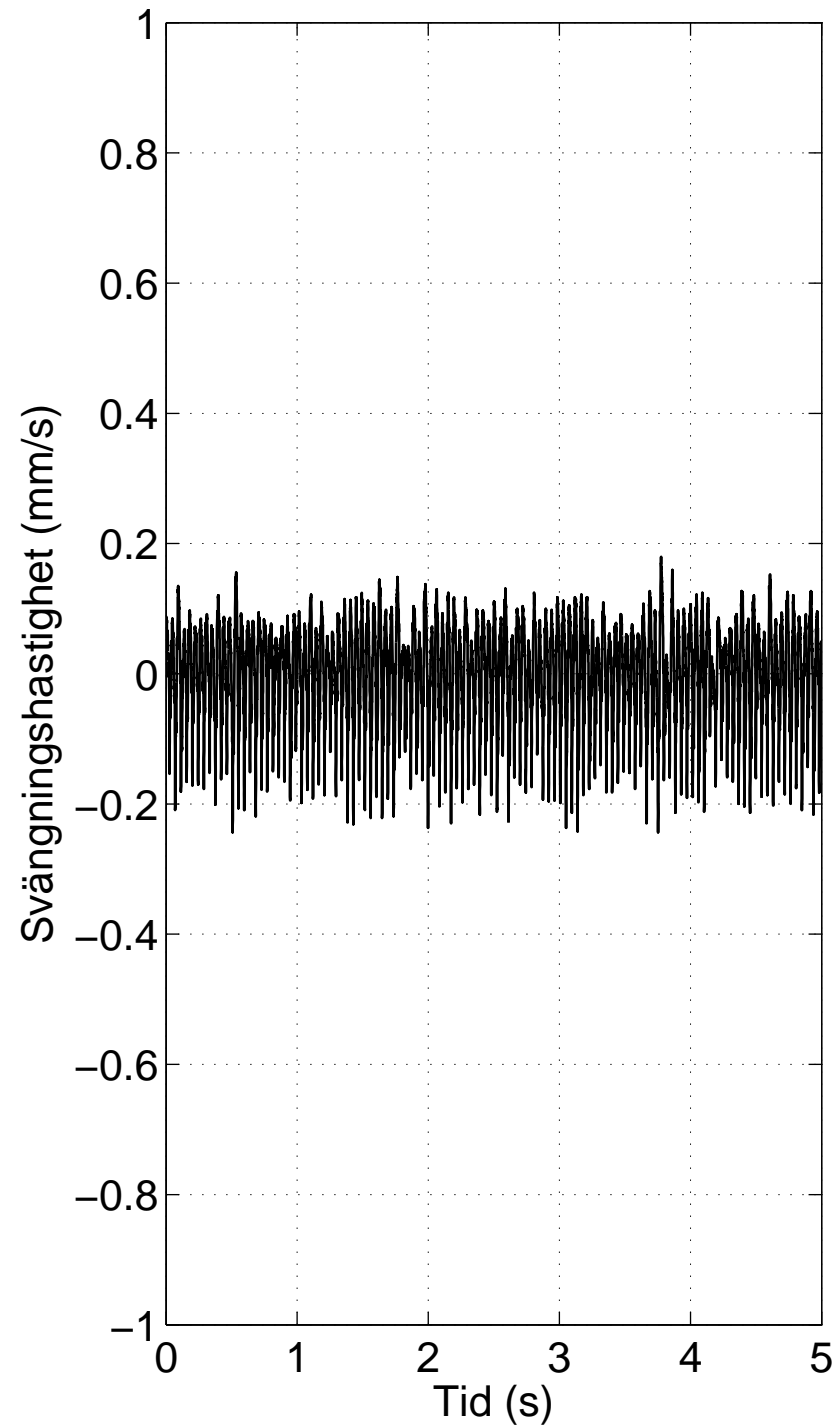
15s009, z=15 m, x=1 m



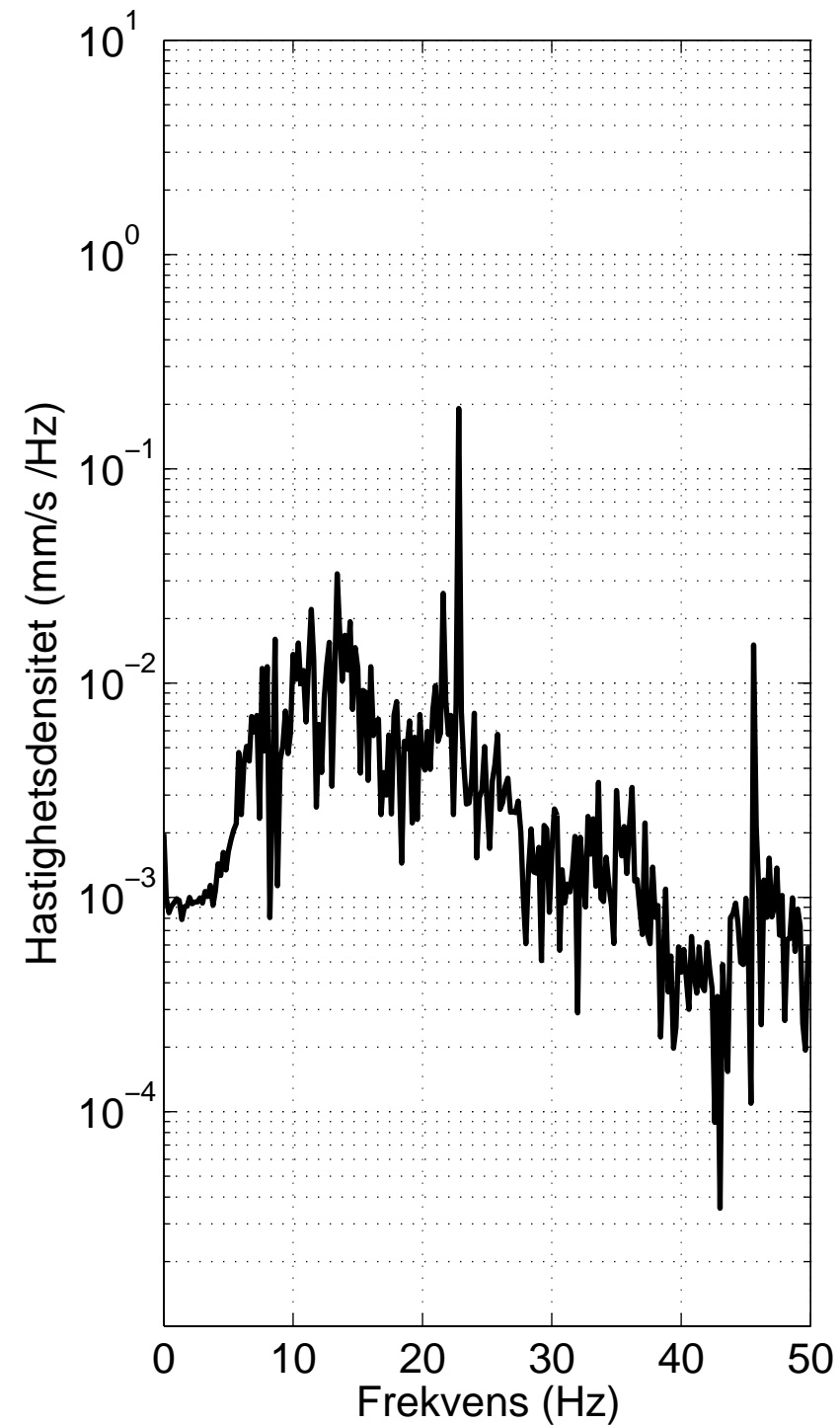
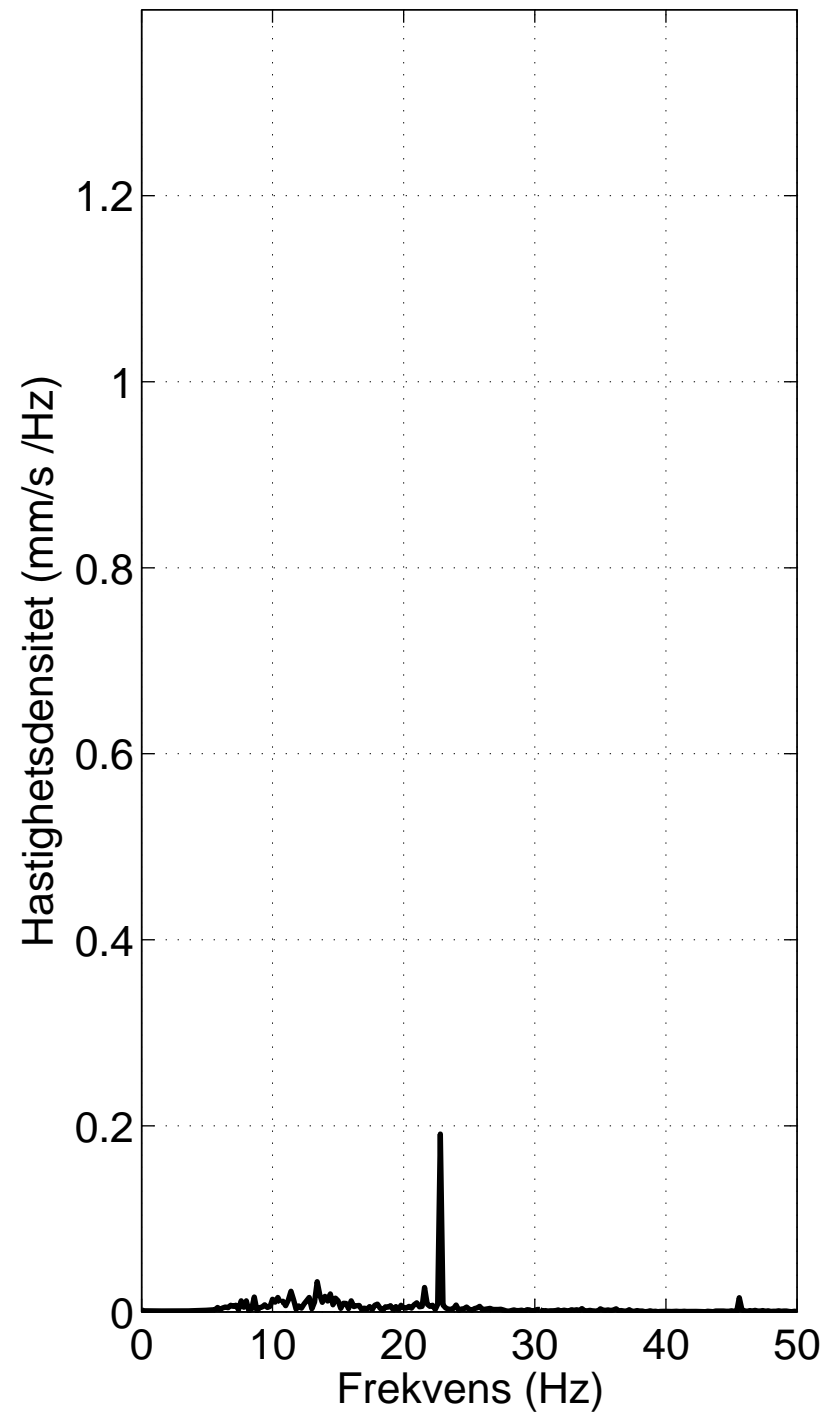
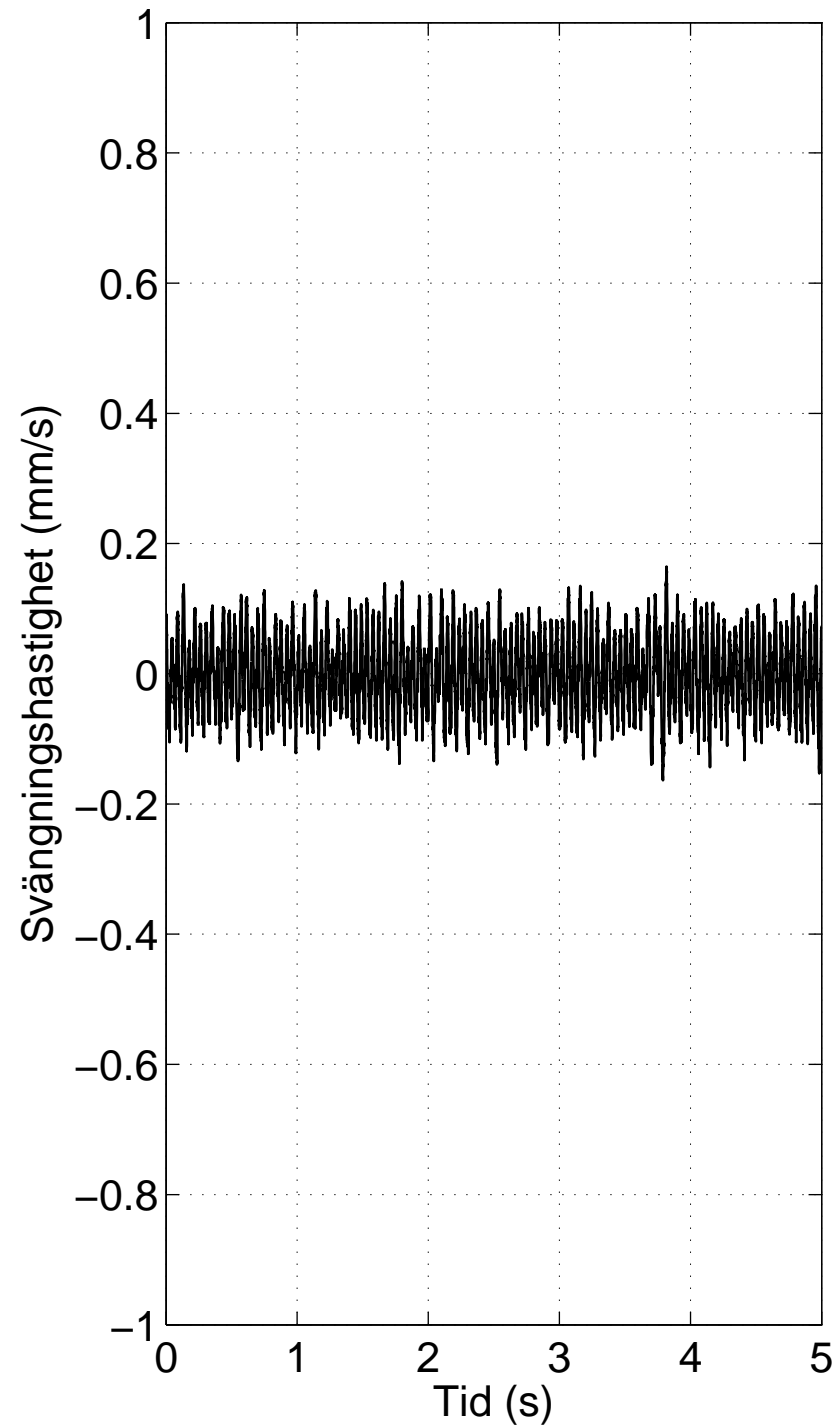
15s009, z=15 m, x=4 m



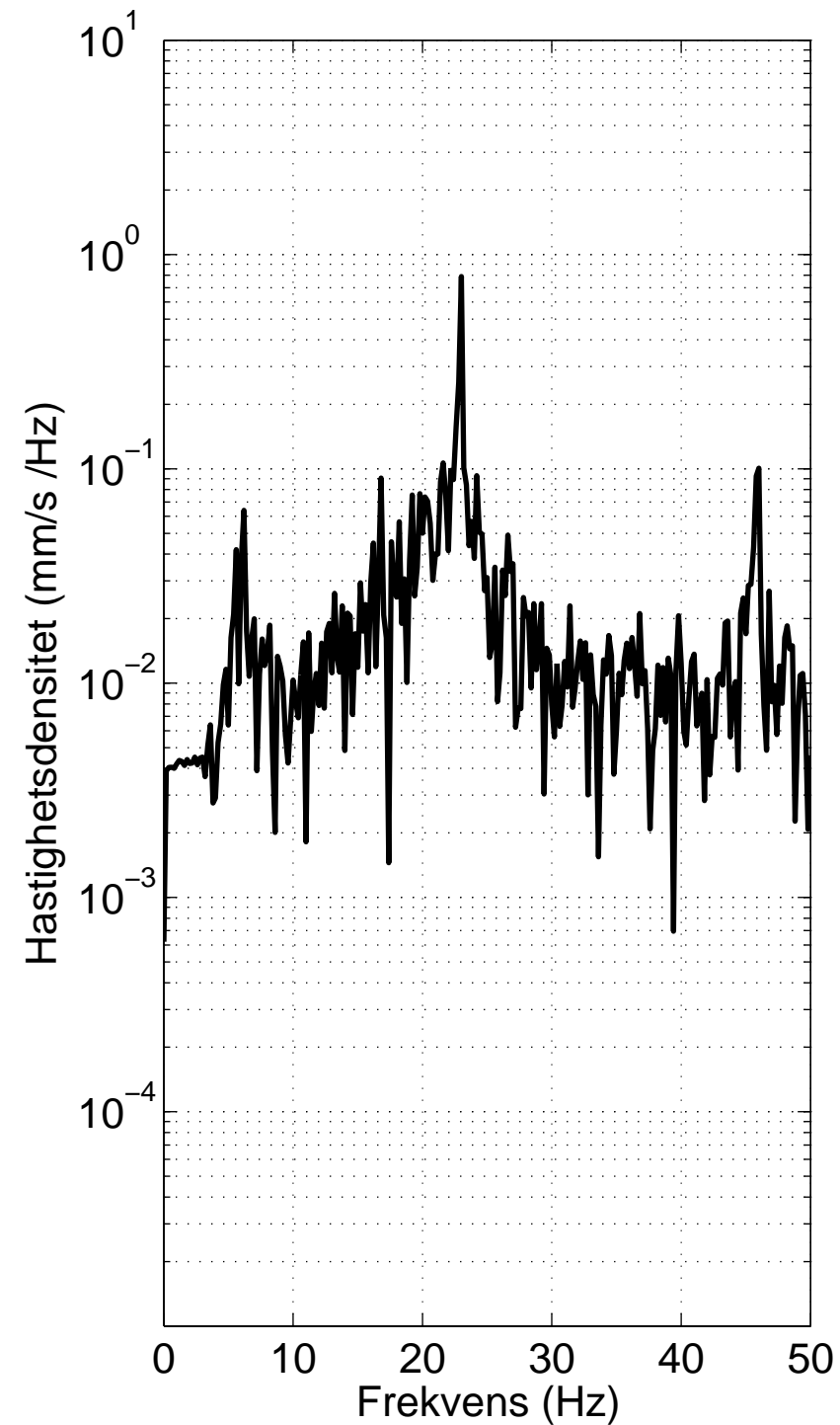
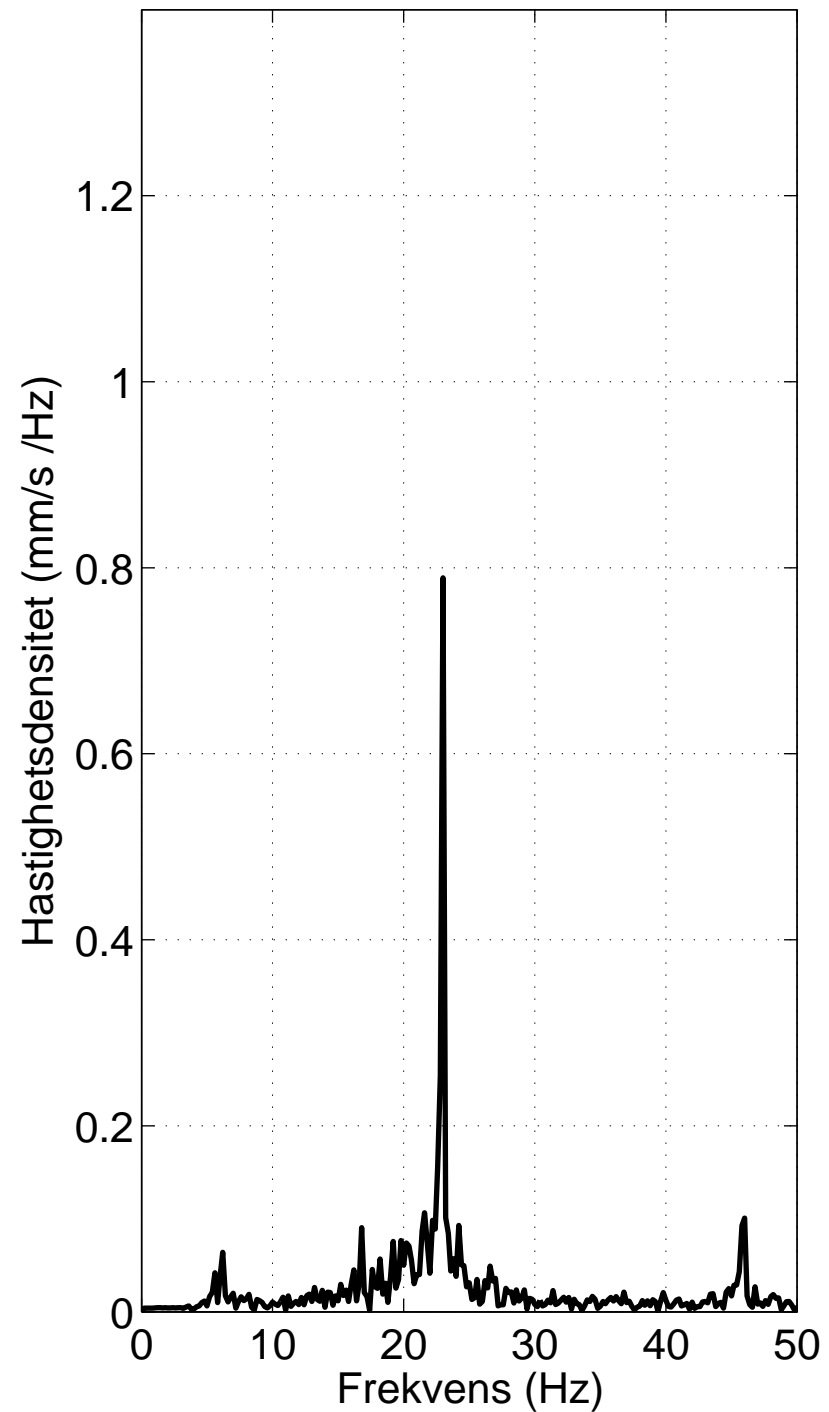
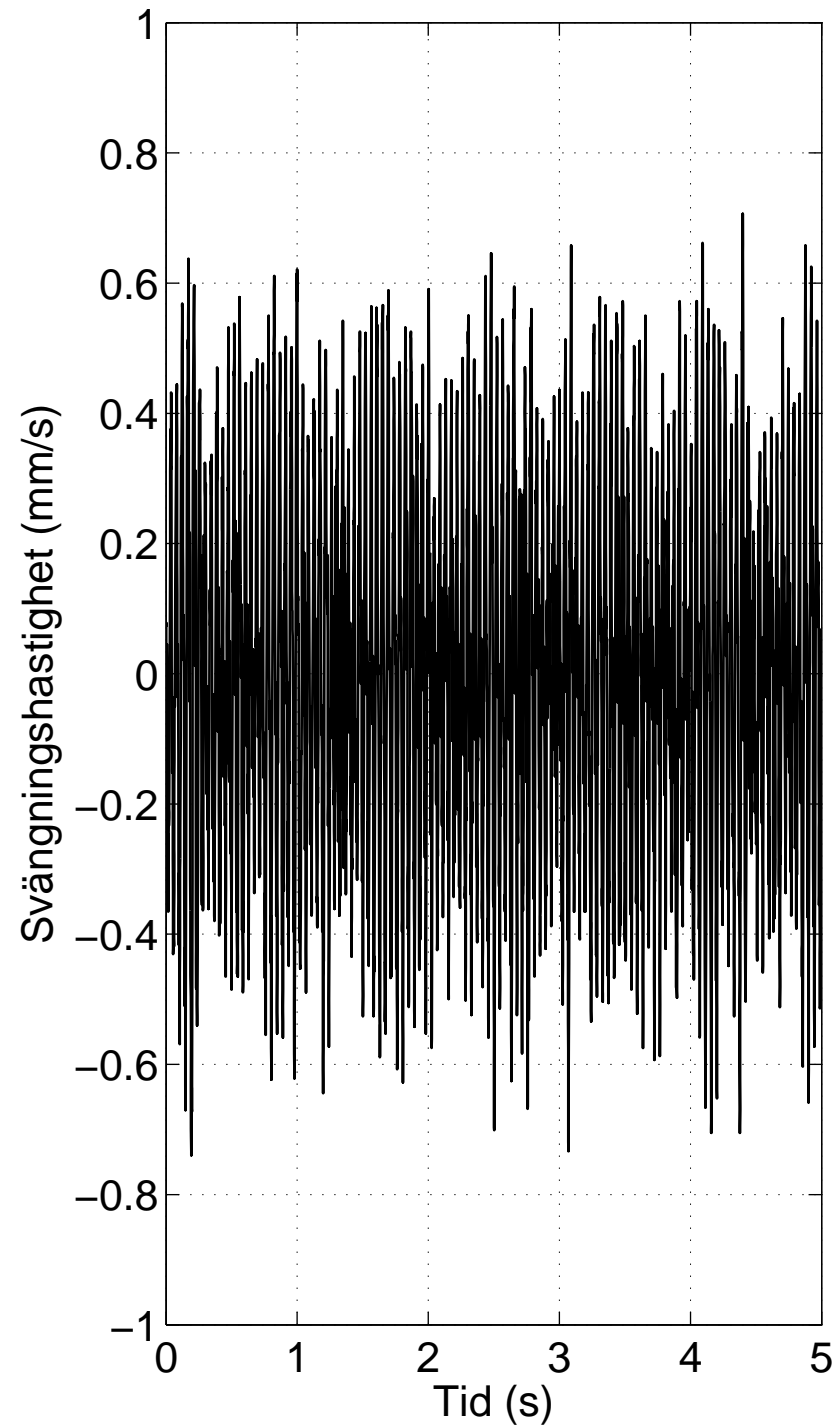
15s009, z=15 m, x=8 m



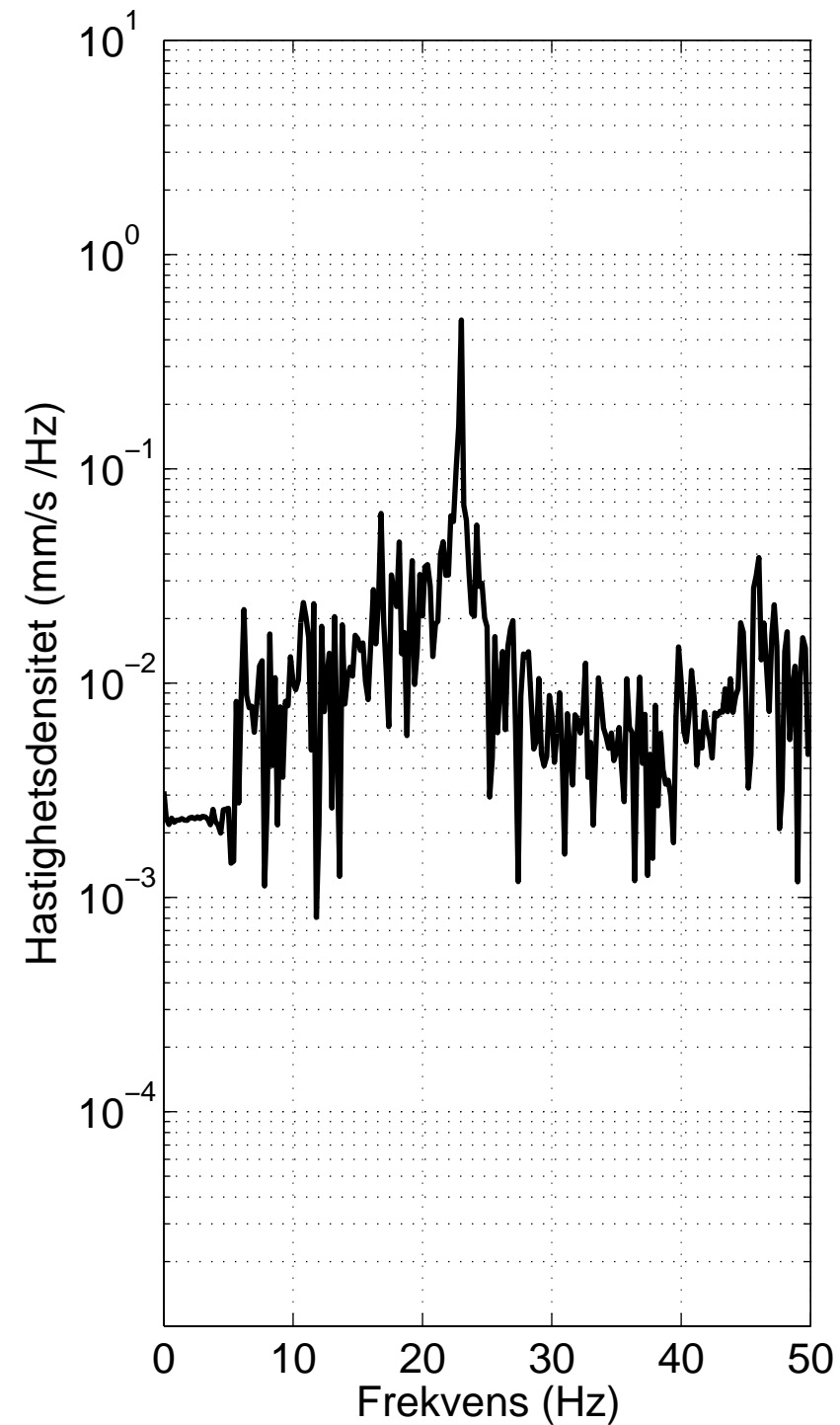
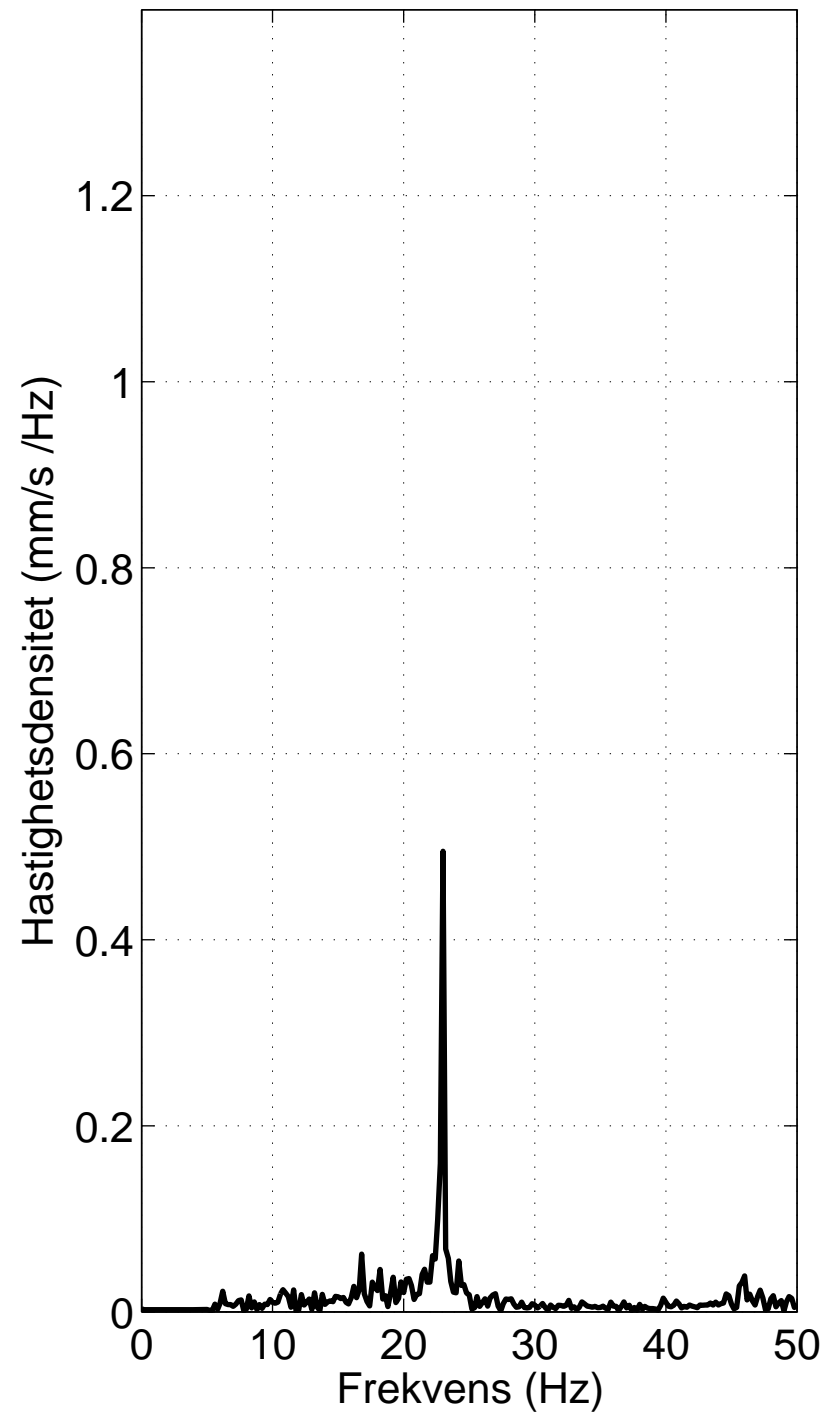
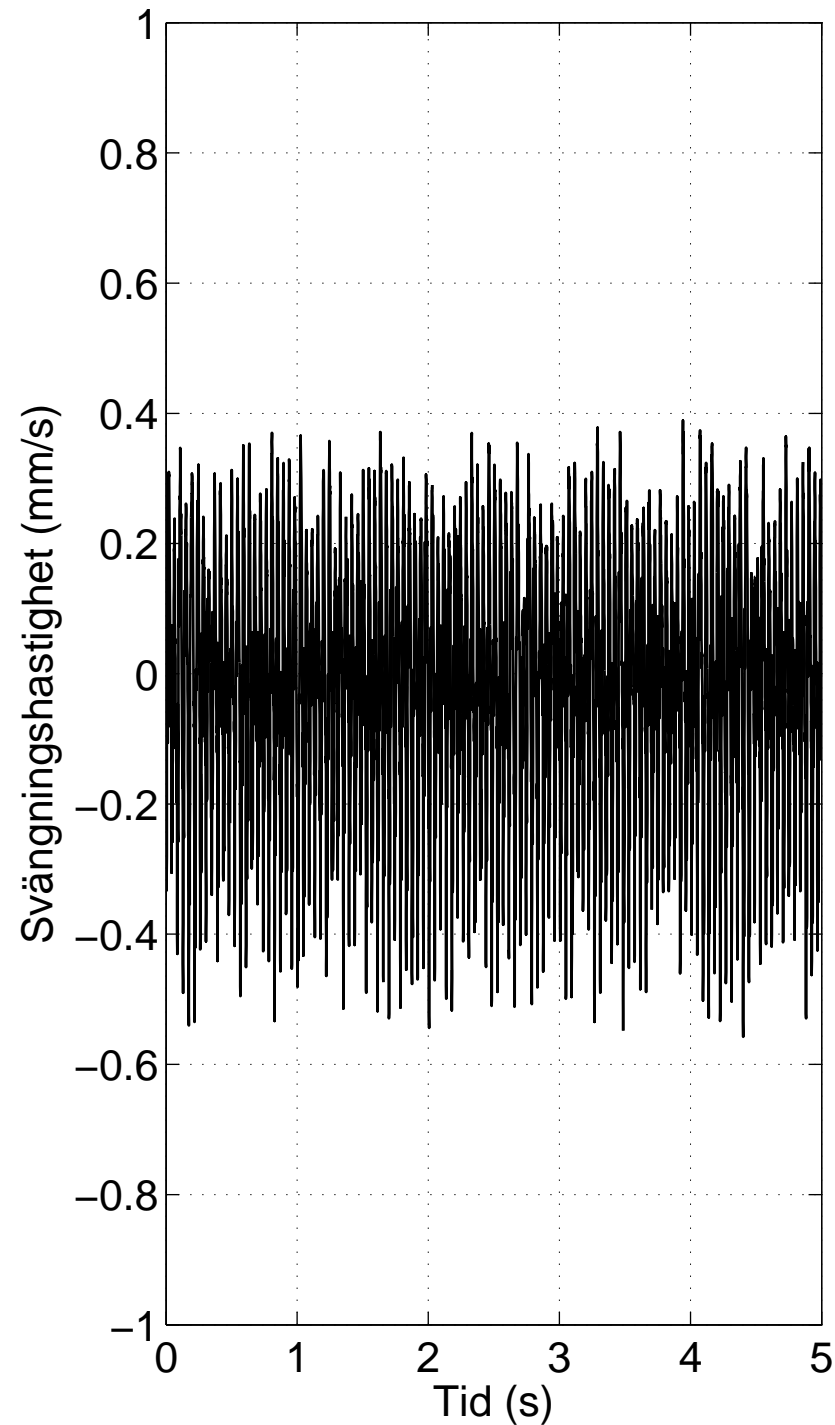
15s009, z=15 m, x=12 m



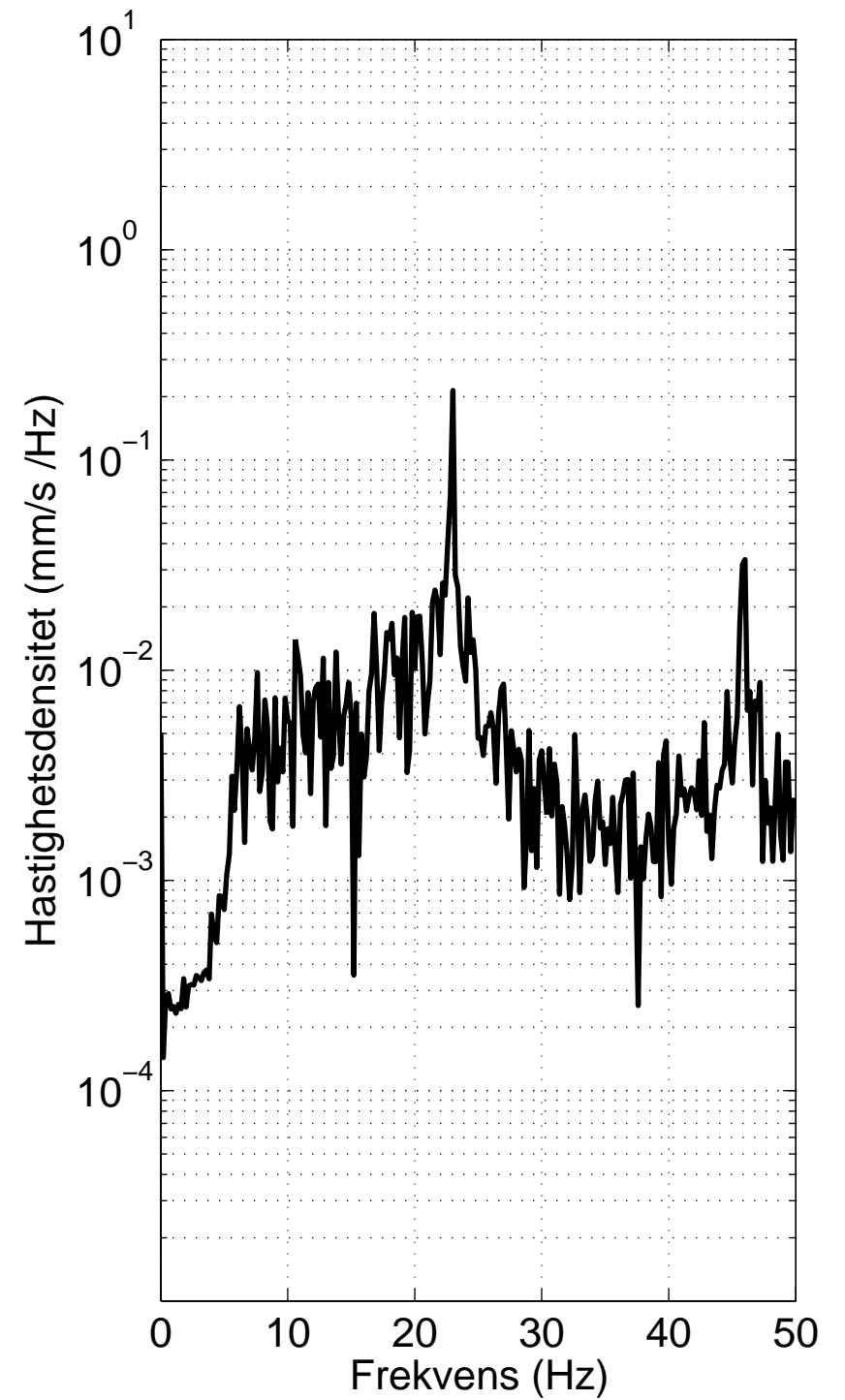
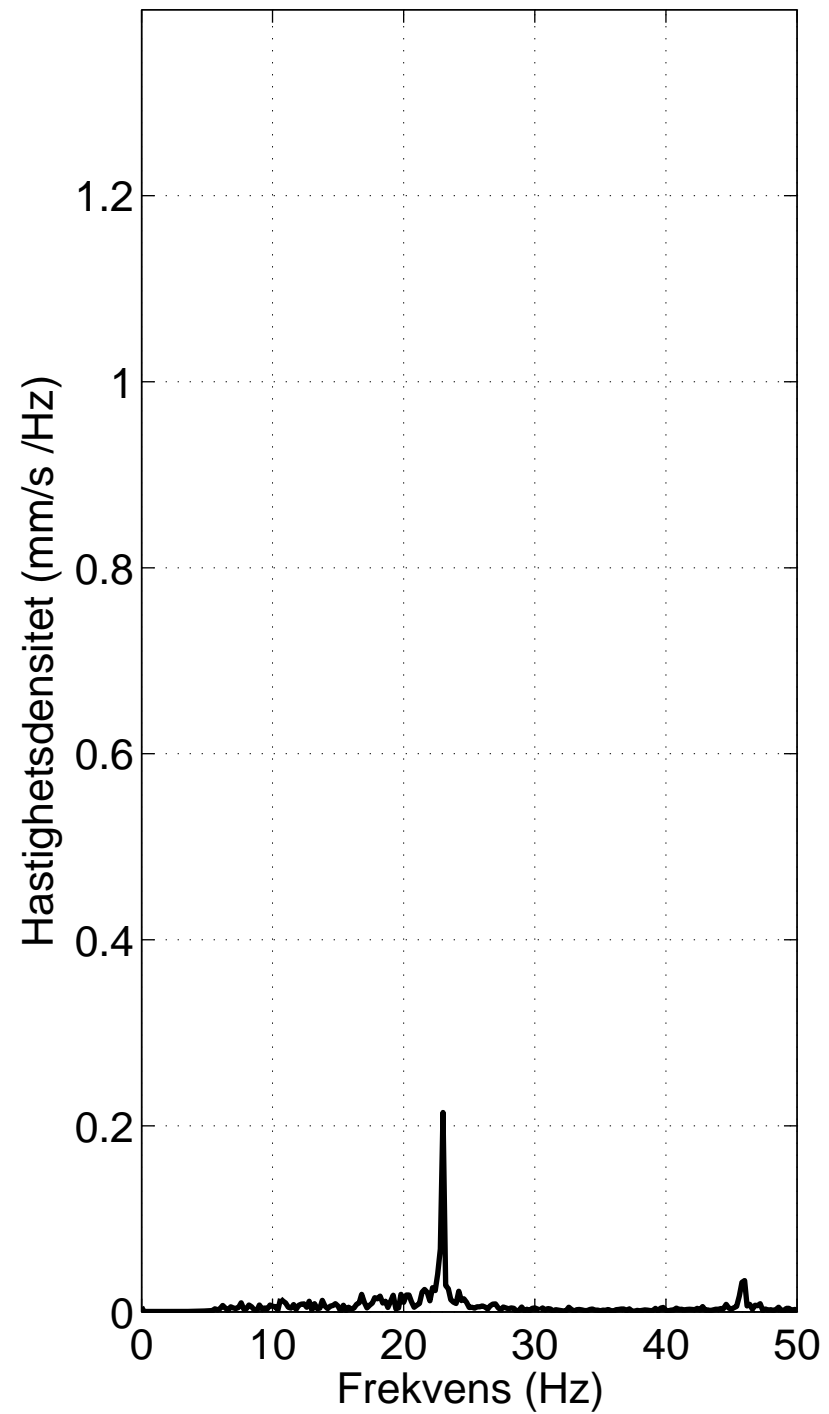
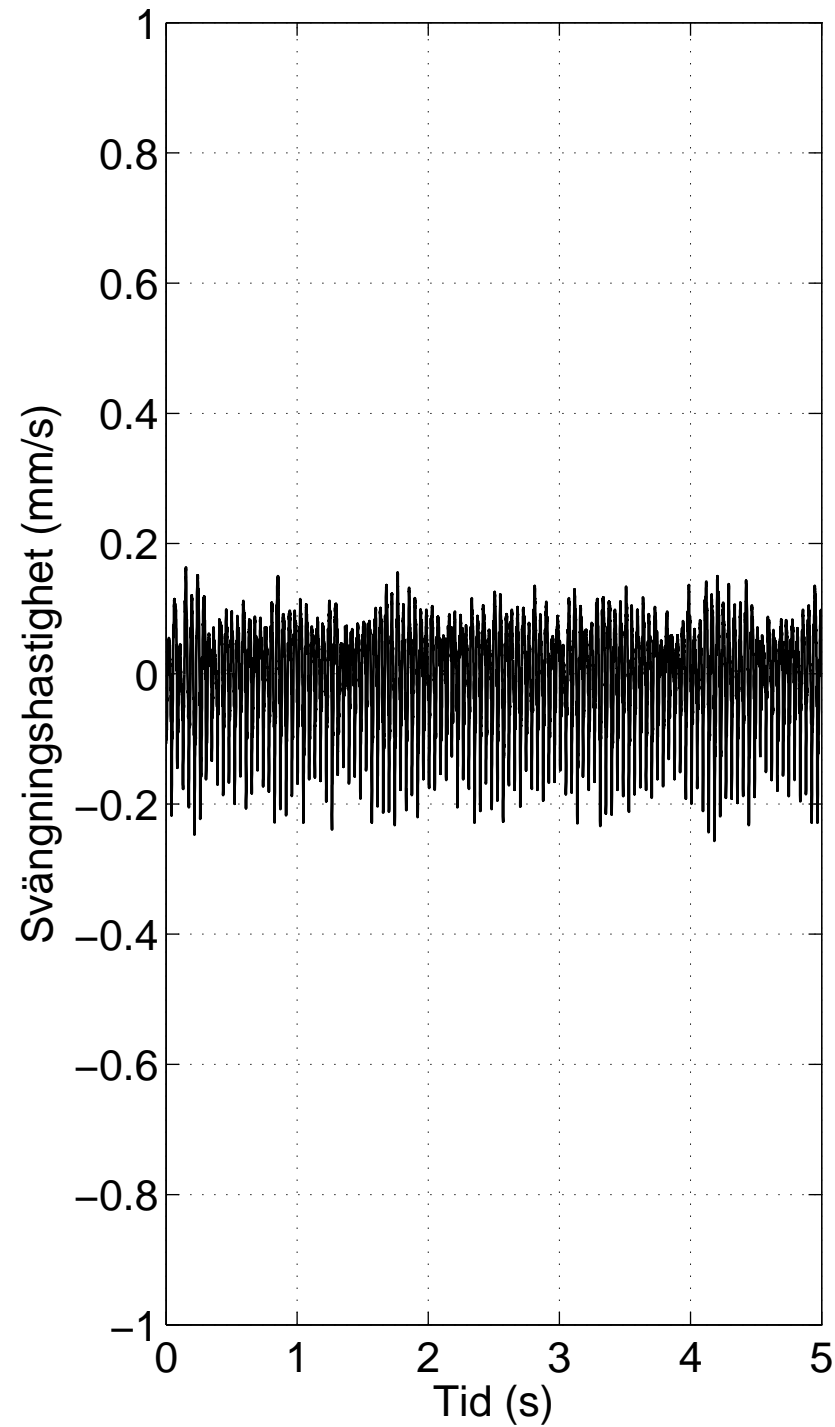
15s009, z=16 m, x=1 m



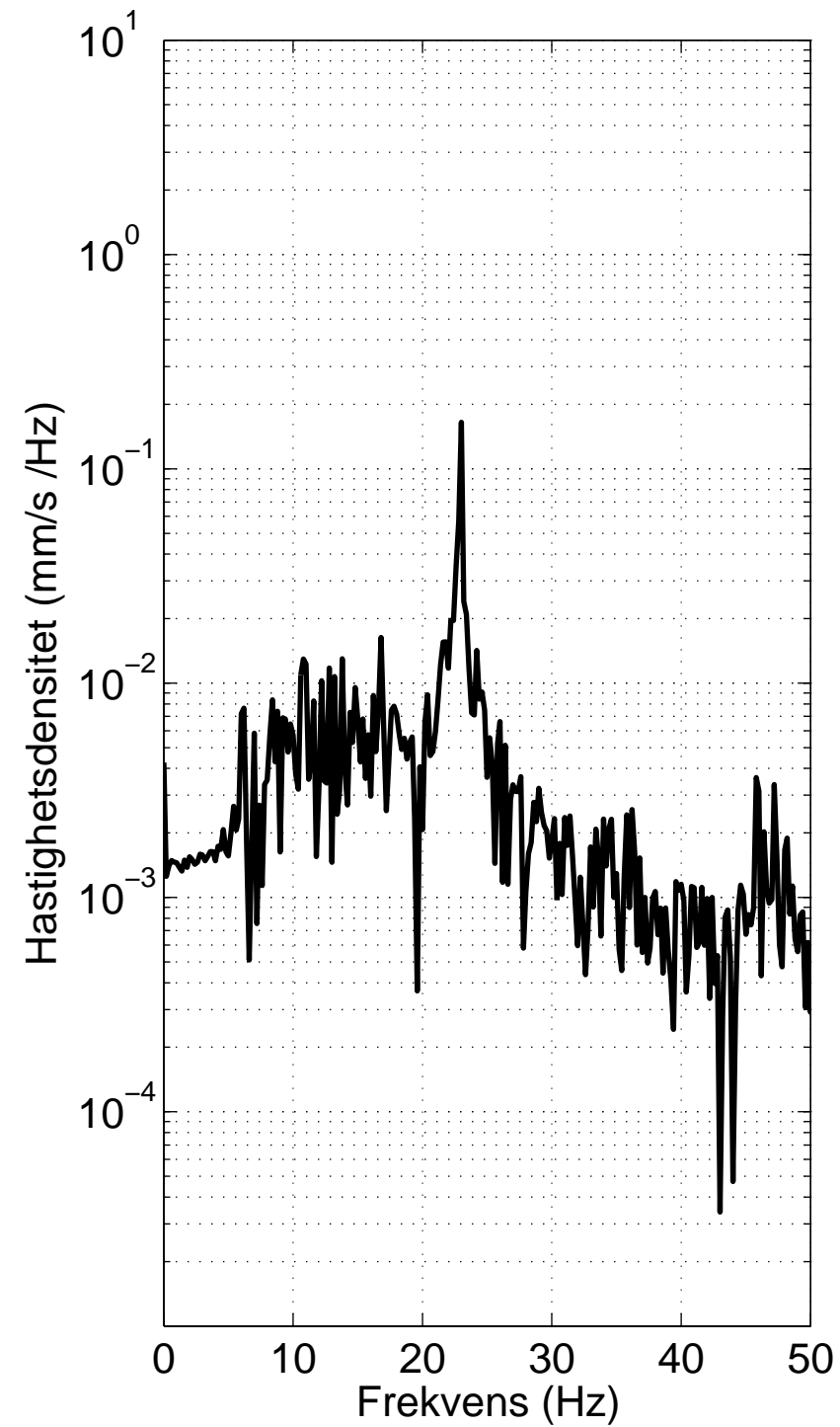
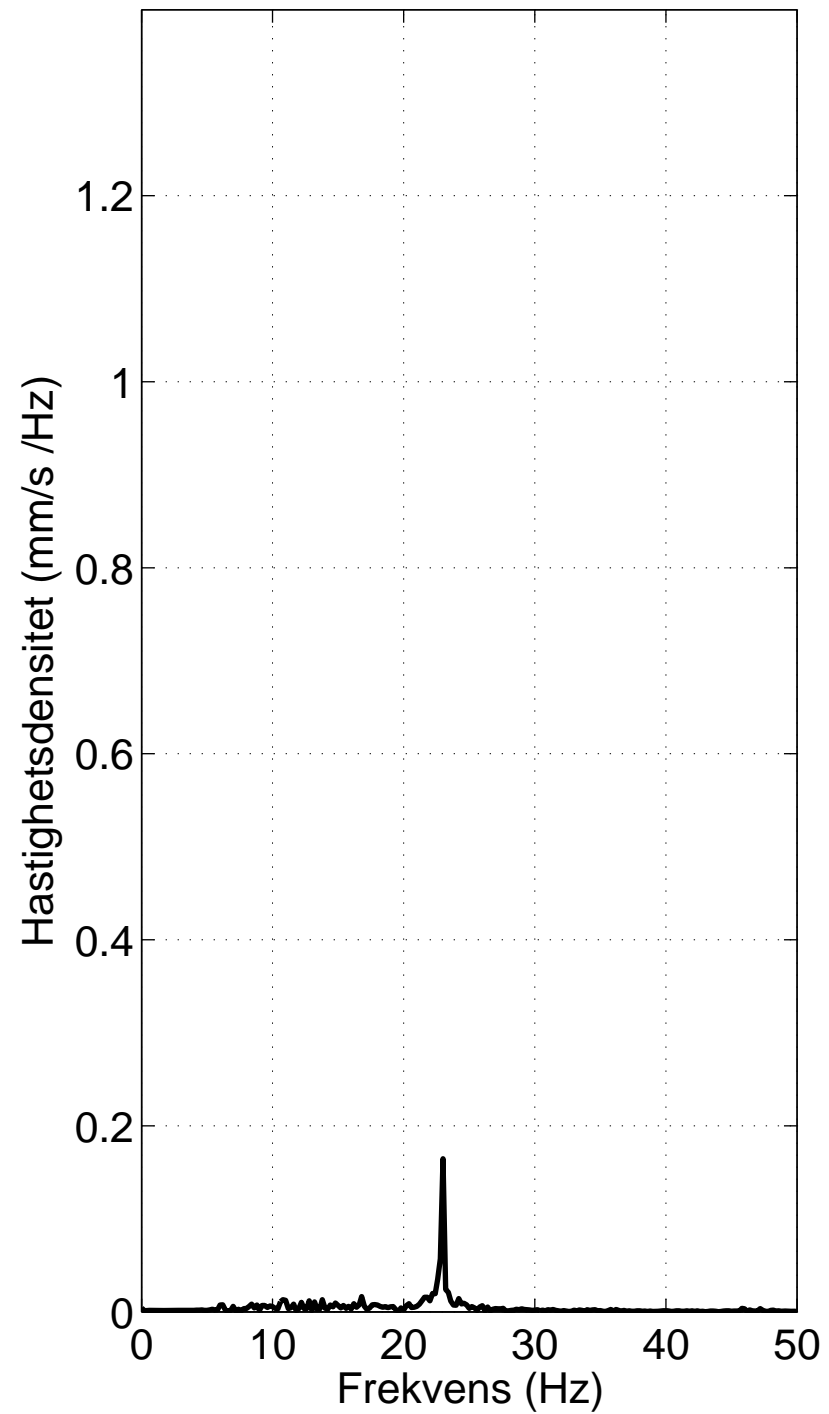
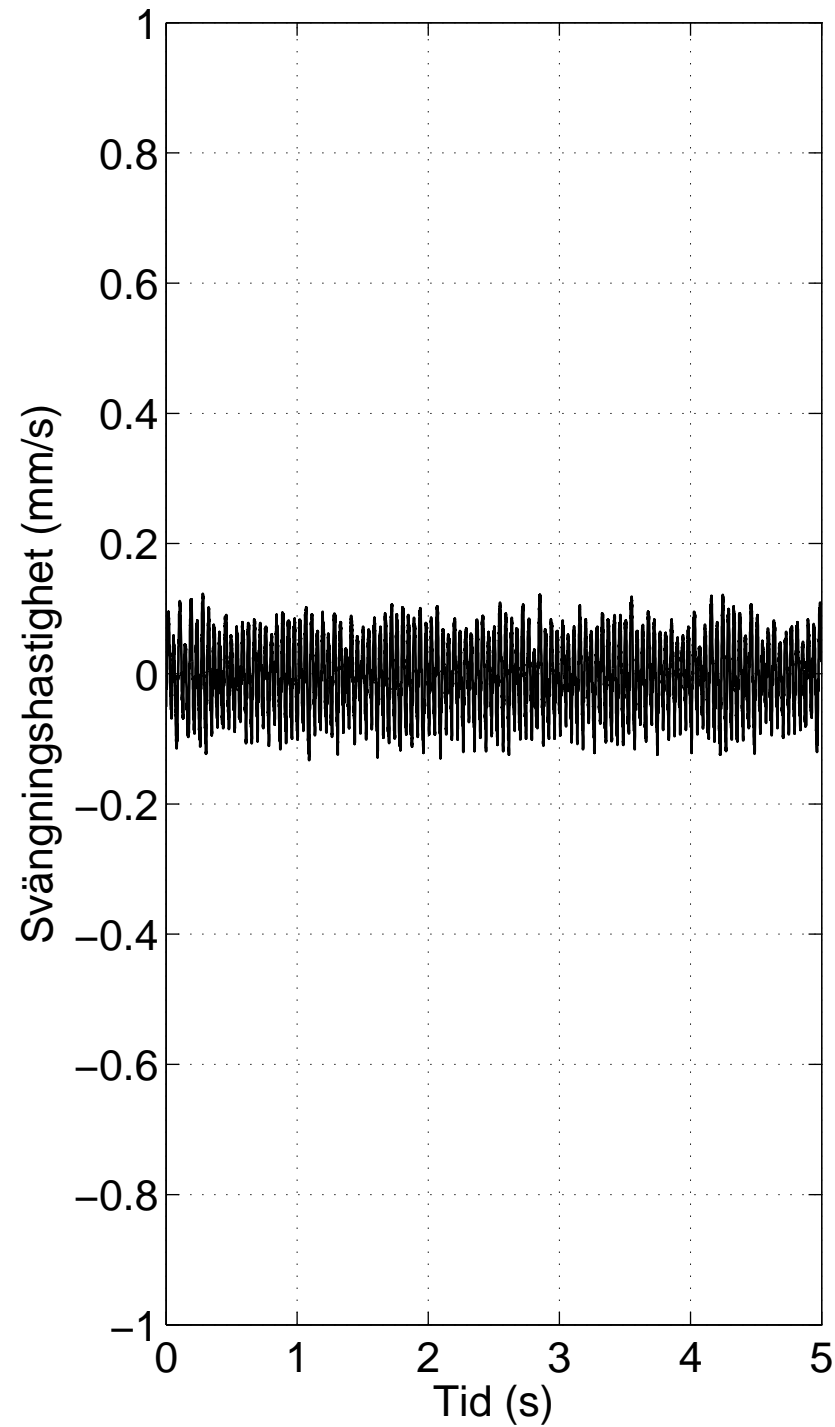
15s009, z=16 m, x=4 m



15s009, z=16 m, x=8 m



15s009, z=16 m, x=12 m





## SGF Notat

- 1:2004 Packning och packningskontroll av blandkornig och finkornig jord
- 2:2004 Direkta skjuvförsök - en vägledning
- 3:2004 Laborarieutrustningar med stora provdimensioner - en sammanställning
- 1:2005 Våra framtida geotekniska arbetsredskap - en introduktion
- 2:2005 Permeabilitetsbestämning genom laborieförsök
- 3:2005 Packningsresultat ytpackning - väsentliga faktorer analyserade med AHP-3:2007  
Laborieprovning för geotekniska utredningar
- 4:2005 Karakteristiskt värde - utredning kring riktlinjer hur vi skall tillämpa Euorkod (EN 1997-1 och EN 1997-2) modellen
- 1:2007 Medlemsmatrikel 2006
- 2:2007 Resultatkontroll genom bestämning av luftporhalt och vattenkvot
- 3:2007 Laborieprovning för geotekniska utredningar
- 1:2009 Jämförande sonderingar – Jb-totalsondering, CPT och hejarsondering
- 1:2013 SGFs riktlinjer
- 1:2016 Akustisk JB

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av drygt 1000 enskilda medlemmar, med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 30 korporativa medlemmar i form av institutioner, högskolor, myndigheter, konsult- och entreprenadföretag samt tillverkare inom det geotekniska området.

SGF har till ändamål att främja utvecklingen inom geoteknik med grundläggning och miljöteknik i ett nationellt och internationellt perspektiv.

Föreningen företräder i Sverige den internationella föreningen, the International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

I SGF:s Rapport- och Notatserier utges föreningens metodbeskrivningar, monografier och dokumentation från konferenser, temadagar m.m.