



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 812–2013

## Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer

Test of seats and seat accessories with regard to whole-body vibrations

Martin Englund, Petrus Jönsson, Xuan Sun, Björn Löfgren och Niklas Adolfsson

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 812–2013

I Arbetsrapporter redovisar Skogforsk resultat och slutsatser från aktuella projekt. Här hittar du bakgrundsmaterial, preliminära resultat, slutsatser och färdiga analyser från vår forskning.

## Titel:

Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer.

Test of seats and seat accessories with regard to whole-body vibrations.

## Bildtext:

Krocktestdocka i stolen på rörelseplattformen.

## Ämnesord:

Vibrationer, stolar, ergonomi, arbetsmiljö.  
Vibrations, seats, ergonomics, work environment.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2013

ISSN 1404-305X



# SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Martin Englund**, civ.ing. har arbetat på Skogforsk inom programmet Teknik sedan 2009. Han forskar kring fysik ergonomi och människa-maskin-interaktion i skogsmaskiner.



**Petrus Jönsson**, I.mag. har tidigare arbetat som skogsmaskinförare i familjens egna företag. Anställd vid Skogforsk 2006 och arbetar i programmen Teknik, Virke och Logistik. Främsta arbetsuppgifter är granskning/utvärdering av tekniska komponenter, virkesskador och helkroppsvibrationer.



**Xuan Sun**, är doktorand på KTH sedan 2013. Hon arbetade på Skogforsk under perioden 2012-2013 som ansvarig för mätning och analys av vibrationer i skogsmaskinstolar.



**Björn Löfgren**, Tekn D. Anställd vid Skogforsk 1981 och arbetar i programmet Teknik och Virke. Ansvarig för automation och teknik.



**Niklas Adolfsson**, är teknikagronom och forskar kring arbetsmiljöfrågor inom lantbruks- och maskinentreprenadsektorn. Jobbar främst med belastningsergonomi, men även med olycksfallsfrågor, buller och helkroppsvibrationer.

## **Abstract**

Seats of various designs and with various accessories were tested with regard to whole-body vibrations. The aim of the study was to examine how the base of the seats conducts vibrations on the horizontal axis, and how various equipment options affect the vibrations. The seats tested were the Be-Ge 3 100 and 7 100, a seat from KAB, and a seat with a prototype base from Sittab, called Stubben. The accessories that were tested were armrests of various weights and plane dampers in the x- and y-axes (forward-back, side-side).

The seats were tested by fitting them on a motion platform and performing various movements. Accelerations were measured on the platform and on the seat to determine the strength of the reinforcement between them.

Vibrations in the x- and y-axes are those that have the greatest negative effects on the health of forest machine operators. Despite this, there is no standardised or established method for measuring the vibrations in these directions. The method designed for this study proved to have some shortcomings that led, in some cases, to reduced precision and some uncertainty regarding the reliability of the results. Nevertheless, some conclusions could be drawn.

The results showed that a heavier armrest can cause greater whole-body vibrations.

The measurements of the seats equipped with plane dampers showed clearly that they greatly increase the reinforcement in the seat in significant frequency intervals, but also insulate the seat from vibrations at higher frequencies.

The results from the Stubben show that it often offers less reinforcement than the other seats, but is otherwise of the same standard as the best of the conventional seats.

A comparison of the other seats showed significant differences, despite their similar design.



## Förord

Projektet genomfördes med ekonomiskt stöd från SLO-fonden. Be-Ge Industri AB, Sittab Stol AB, Ponsse AB och KAB Seating bidrog med sakkunskap och de stolar och komponenter som användes i testerna. Be-Ge bidrog dessutom med extra finansiering för att möjliggöra att Xuan Sun konsulterade på projektet. Skogforsk stod för genomförandet av mätningarna och det huvudsakliga rapportskrivandet. JTI stod för sakkunskap och säkerställande av studiens relevans för jordbruksmaskiner. KTH tillhandahöll lokalen där testerna genomfördes.

Uppsala 2013

Martin Englund

# Innehåll

Förord .....	1
Bakgrund .....	3
Syfte .....	4
Mål .....	5
Metod .....	5
Genomförande .....	5
Rörelseplattform.....	8
Mätutrustning.....	8
Konfigurationer.....	9
Resultat .....	10
Jämförelse mellan tyngre armstöd och standardarmstöd .....	11
Resultat av jämförelsen mellan Be-Ge 3100 med isolator respektive i standardutförande .....	15
Resultat av jämförelsen mellan ”Stubben” med isolator respektive utan isolator .....	19
Slutsatser och rekommendationer .....	28
Tunga armstöd.....	28
Isolator (plandämpare) .....	28
Stolsjämförelse.....	29
Diskussion av metod och resultat.....	30
Referenser.....	33

## Sammanfattning

Stolar av olika konstruktion och med varierande utrustning testades med avseende på helkroppsvibrationer. Syftet var att ta reda på hur stolarnas underreden överför vibrationer i horisontalplanet och hur olika utrustningsalternativen påverkar vibrationerna. Stolarna som testades var Be-Ge 3 100 och 7 100, en stol från KAB och en stol med prototypunderrede från Sittab, kallad Stubben. De utrustningsalternativ som testades var armstöd av olika vikt och plandämpare i x- och y-led (framåt-bakåt respektive sida till sida).

Stolarna testades genom att montera dem på en rörelseplattform som genomförde olika rörelser. Accelerationer mättes dels på plattformen och dels på stolssitsen för att avgöra hur stor förstärkningen däremellan var.

Vibrationer i x- och y-led är de som har störst negativa hälsoeffekter för operatörerna av terrängmaskiner. Trots det finns ändå ingen standardiserad eller väl utarbetad metod för att mäta vibrationerna i dessa riktningar. Metoden som konstruerades för denna studie visade sig ha några brister som i en del fall ledde till minskad precision och en viss osäkerhet kring tillförlitligheten hos resultaten. En del slutsatser kunde ändå dras.

Resultaten visar att tyngre armstöd kan leda till ökade helkroppsvibrationerna.

Mätningarna av stolarna utrustade med plandämpare visade tydligt att de ökar förstärkningen i stolen kraftigt i betydelsefulla frekvensintervall men också isolerar stolen från vibrationer vid högre frekvenser.

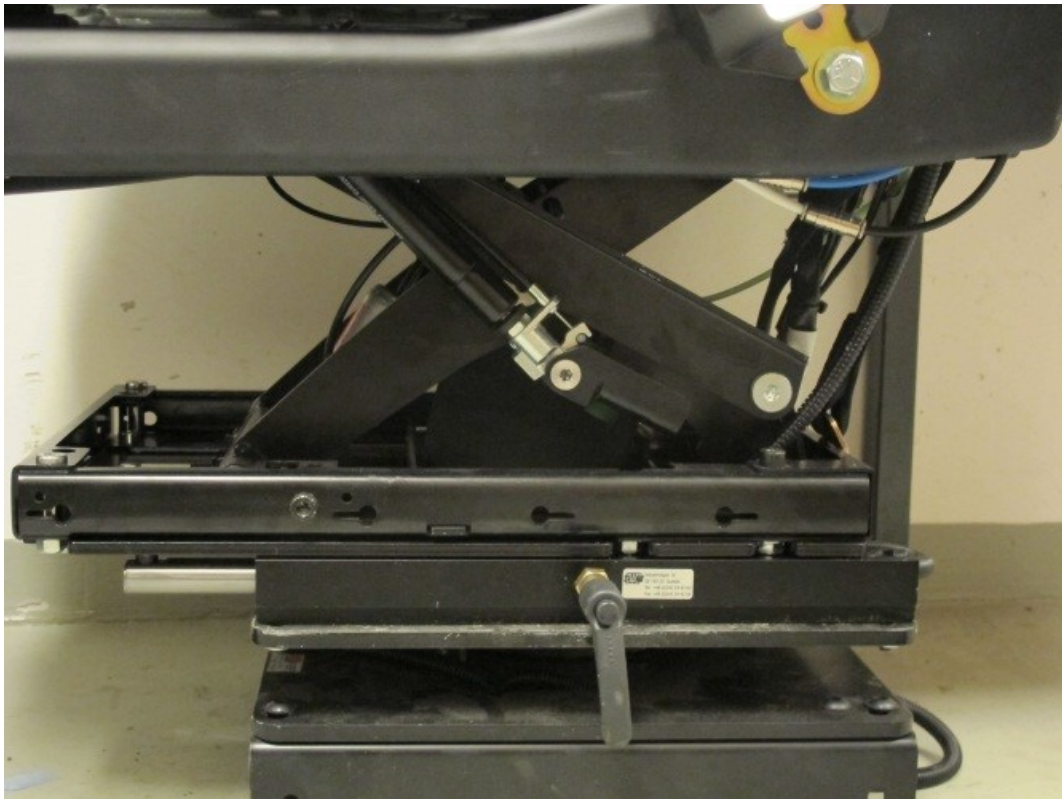
Resultaten från Stubben visar att den ofta innebar mindre förstärkning än de andra stolarna och annars i nivå med de bästa av de konventionella stolarna.

Jämförelsen av de övriga stolarna visade att det finns betydelsefulla skillnader dem emellan trots att de har en likartad konstruktion.

## Bakgrund

Helkroppsvibrationer är ett välbekant arbetsmiljöproblem i skogs- och jordbruksmaskiner, som ligger bakom negativa hälsoeffekter hos maskinoperatörerna, t.ex. smärttillstånd i nedre ryggen. Sedan 2005 gäller Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer AFS 2005:15. De innebär bland annat att när de i föreskrifterna definierade insatsvärdena överskrids åligger det arbetsgivaren att "... tekniska och/eller organisatoriska åtgärder vidtas så att riskerna till följd av vibrationsexponeringen minimeras. Vid val av åtgärder skall följande särskilt beaktas: ... c) tillgång till tekniska hjälpmedel som minskar risken för vibrationsskador, t.ex. säten som effektivt dämpar helkroppsvibrationer...".

En möjligtvis svag punkt i de stolar som finns i arbetsmaskiner idag är den saxkonstruktion som möjliggör justering av stolens höjd samtidigt som den fungerar som dämpningsenhet. Konstruktionen medger ett visst glapp, som också förvärras med tiden i och med att leder i saxmekanismen slits. Maskinförare upplever att förslitningen sker mycket snabbt och inom ett år kan den innebära stora glapp. Det leder till en förstärkning av vibrationerna som överförs genom stolen.



**Figur 1.**  
Saxmekanism hos stolsunderrede.

Ett nytvecklade alternativ till saxkonstruktionen finns i form av ett underrede med linjälager som medger höjjustering och dämpning i höjddled. Underredet finns ännu inte på marknaden.

För dämpning av vibrationer i horisontalplanet finns så kallade isolatorer eller plandämpare. Det är vanligt att jordbrukstraktorer är utrustade med plandämpare i färdriktningen. I skogsmaskiner är det möjligt att extrautrusta stolarna med plandämpare i båda riktningarna men upplevelsen från förarna om deras effektivitet varierar kraftigt.

Stolar belastas också av de tillbehör som fästs på den, t.ex. armstöden. Det finns stora skillnader i vikt mellan olika armstöd vilket möjligtvis kan påverka stolen i olika utsträckning.

## **SYFTE**

Studiens syfte var att mäta vilken effekt linjälagrat stolsunderrede, plandämpare, konventionell saxkonstruktion och massan hos armstöden har på helkroppsvibrationer i horisontalplanet som överförs genom stolen. I studien jämfördes också några olika stolar med avseende på överföring av sådana vibrationer.



## MÅL

Målet är att förse maskinägare, arbetsgivare och arbetstagare med information om effekterna av olika tekniska lösningar som kan minska helkroppsvibrationer. Sammantaget skapas därmed beslutsunderlag vid maskininvesteringar i alla typer av skogs- och jordbruksföretag. Förhoppningen är att detta ska främja maskinoperatörers hälsa och att ge förutsättningar att kunna följa gällande föreskrifter kring helkroppsvibrationer.

## Metod

För mätning av stolars egenskaper i sidled (höger-vänster) och i färdriktningen (framåt-bakåt) finns ingen standardmetod trots att de är de riktningar som har störst betydelse för helkroppsvibrationer i många terränggående arbetsmaskiner. Det är också vibrationer i de riktningarna som undersöks i detta projekt. Därför utformades en delvis ny metod för denna studie. En liknande metod användes i ett tidigare examensarbete på KTH med Skogforsk som värd (Sun, Xuan, 2012).

För mätning av stolars dämpnings- och fjädringsegenskaper i höjddled i anläggningsmaskiner finns en metod som är antagen som standard (ISO 7096:2000). Metoden är också tillämpbar på de stolar som finns i maskiner i jord- och skogsbruket, men används inte här då syftet i detta projekt är att undersöka stolarnas egenskaper i horisontalplanet.

## Genomförande

Alla stolar och stolskonfigurationer genomgick två olika mätningar. De monterades på en hydraulisk rörelseplattform, med sex frihetsgrader, som användes för att skapa vibrationer. Plattformen programmerades att utföra samma rörelser för alla olika stolar och konfigurationer.

I den första mätningen utsattes stolarna för upprepade sinusrörelser med en amplitud på 20 mm och frekvens enligt Tabell 1. Mätningen gjordes i en riktning och frekvens åt gången. Tillsammans med rörelsen i y-led utförde plattformen, också i samma takt, en rollrörelse på 0,6 grader för att bättre efterlikna rörelsen hos en terrängmaskin som möter ett hinder med ena sidans hjul. Stolarna lastades med en krocktestdöcka som vägde 76 kg och spändes fast i vid stolen i midjan som om ett säkerhetsbälte använts.



**Figur 2.**  
Stol med en testdocka på rörelseplattformen.

Armarna hölls på plats vid armstöden med buntband runt handlederna.  
Dockans ben var fritt hängande.

**Tabell 1.**  
Programmerad sinusrörelse av plattformen

Mättriiktning	Amplitud		Frekvens (Hz)		
	Translation (mm)	Rotation (grader)	Start	Slut	Steg
X	20	–	0,5	3	0,1
Y	20	Roll = 0,6	0,5	3	0,1

I den andra mätningen utsattes stolen för en rörelse som, i den mån plattformens begränsningar tillät, återskapade en rörelse som tidigare uppmätts från hyttgolvet på en skotare vilken körde på Skogforsks vibrationsbana. Sekvensen var ca 90 sekunder lång och innehöll en blandning av rörelser i olika riktningar och frekvenser. Lasten på sitsen utgjordes här av en 25-liters vattendunk som var fylld med 20 liter vatten.

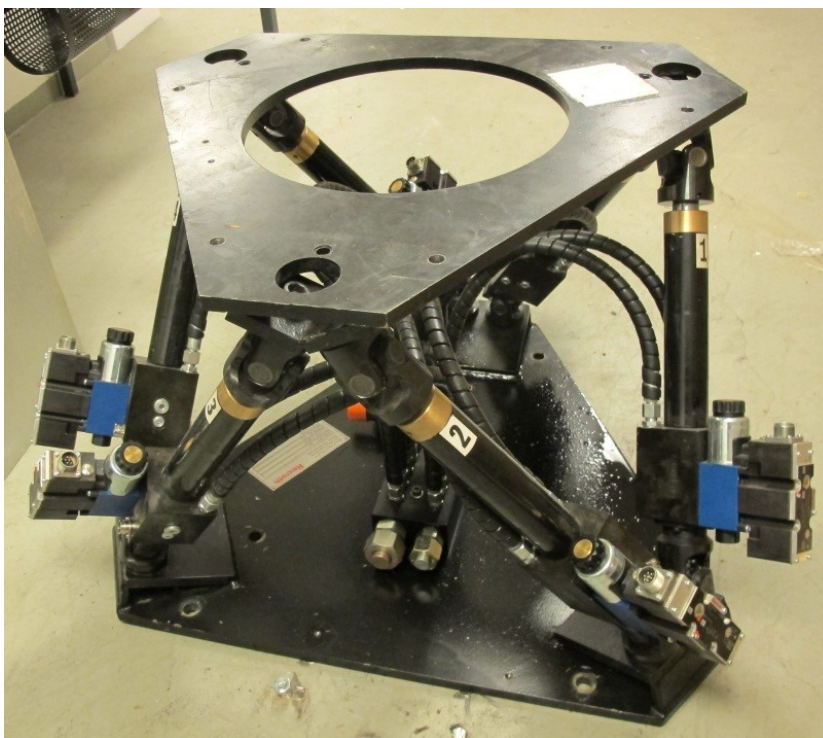


**Figur 3.**  
Stol med vattendunk på rörelseplattformen.

Dunken var fastspänd i stolen med ett spännband. I tester visade det sig att den lasten, bättre än dockan, motsvarade den påverkan på stolen i x- och y-led som en människa har.

## Rörelseplattform

De olika stolar och stolskonfigurationer som undersöktes monterades på en hydraulisk rörelseplattform.



**Figur 4.**  
Bosch Rexroth B.V. Systems & Engineering Micro Motion 600 6DOF-200-MK6.

Tabell 2.  
Rörelsefriheter för rörelseplattformen. (Bosch Rexroth, 2012).

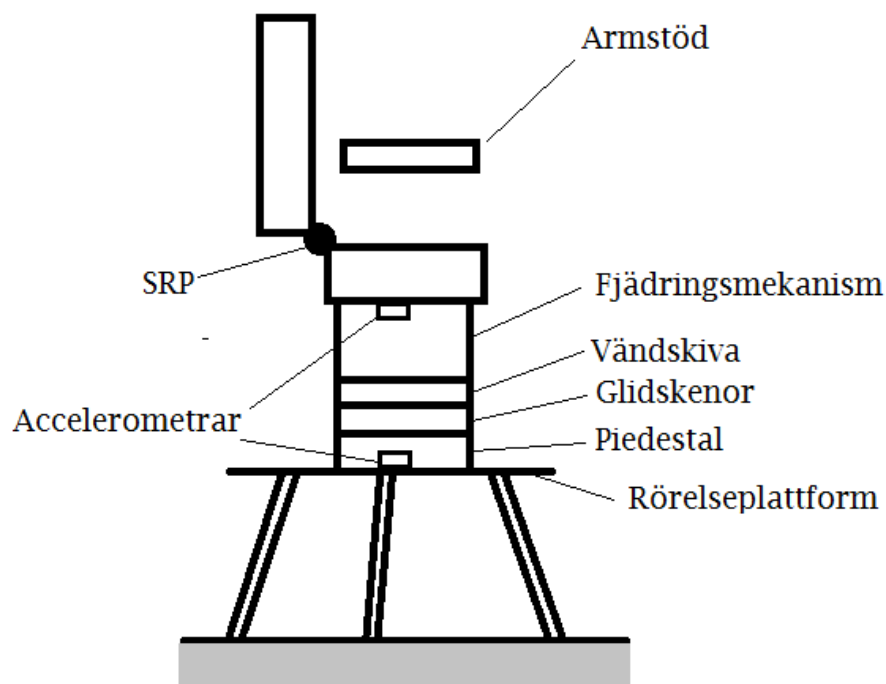
Rörelse	Enhet	Maximum	Minimum
X-riktning (Framåt-bakåt)	m	0,2104	-0,1680
Y-riktning (Sida till sida)	m	0,1725	-0,1725
Z-riktning (Upp-ned)	m	0,1207	-0,1130
Rotation runt X (Roll)	Grader	21,9	-21,9
Rotation runt Y (Pitch)	Grader	21,6	-21,6
Rotation runt Z (Yaw)	Grader	32,5	-32,5

## Mätutrustning

Accelerometrar för x-, y-, och z-led monterades på rörelseplattformen och på stolen. Syftet med accelerometrarna på plattformen var att mäta de vibrationer stolen utsattes för från hyttgolvet. Accelerometrarna på stolen var monterade på undersidan av stolssitsen i syfte att mäta de resulterande vibrationer som en person som sitter i stolen utsätts för. Anledningen till att de monterades på sitsens undersida i stället för ovasidan var att de var skyddade från direkt påverkan från den last som placerats på sitsen och att det på undersidan fanns fasta ytor att fästa dem vid.

## Konfigurationer

Eftersom det var stolarnas egenskaper i x- och y-led som var av intresse tillsågs att det vertikala avståndet från rörelseplattformen till Seat Reference Point (SRP) hölls konstant för alla konfigurationer. På så sätt blev hävarmen för den belastning på underredet som utgjordes av stolarnas överdel och lasten, som var placerad i sätet, lika för alla stolskonfigurationerna.



**Figur 5.**  
Schematisk skiss av testuppställningen.

Det konstanta vertikala avståndet till SRP åstadkoms genom att höjdskillnader mellan olika fjädrings- och dämpningspaket och eventuella plandämpare kompenseras genom att piedestaler av olika höjd användes närmast rörelseplattformen.

Under fjädringsmekanismen hos alla konfigurationer fanns vändskivan ”V-97” och glidskenorna ”Byggo”, båda från Sittab. Alla konfigurationer var utrustade med armstöden Armflex E från Sittab om inget annat anges. De piedestaler av olika höjd som användes var också från Sittab. Alla stolskonfigurationer var sådana att de erbjöd en jämförbar funktion. De hade vertikal dämpning, möjlighet till justering av sitsens läge i färdriktningen och att rotera stolen åt ena sidan.

## De stolskonfigurationer som testades var följande:

1. Be-Ge 3100, med konventionell saxkonstruktion.
2. Be-Ge 3100 utrustad med armstöden ”Stabil” från Förarmiljö AB. Armstöden i den här konfigurationen hade en vikt på 24,4 kg för ett par, 14,3 kg mer än referensarmstöden Armflex E.
3. Be-Ge 3100 utrustad med isolatorer (plandämpare) från Sittab i x- och y-led. Isolatorerna hade justerbar dämpning och testades vid den hårdaste, mjukaste och mittersta inställningen.
4. Stubben. Ett stolsunderrede utvecklat av Sittab. Den har linjära lager för att medge rörelse i höjded i stället för den konventionella saxkonstruktionen. Den var utrustad med samma stolsöverdel som Be-Ge 3100.
5. Stubben utrustades med isolatorer i x- och y-led och testades vid den hårdaste och mjukaste inställningen.
6. Be-Ge 7100, med konventionell saxkonstruktion.
7. En stol under utveckling från KAB Seating, med konventionell saxkonstruktion. Konfigurationen skiljde sig från de andra i att den hade egna glidskenor monterade mellan sitsen och fjädringsmekanismen. Den utrustades därför inte med ytterligare glidskenor.

## Resultat

Genom jämförelse av mätningar från accelerometrarna på plattformen framgick det att den inte lyckades upprepa identiskt lika rörelser för samma insignal. På grund av detta jämförs inte de absoluta accelerationerna mellan olika konfigurationer direkt. I stället jämförs förstärkningen mellan plattform och stolsits för varje konfiguration. Förstärkningen beräknas som kvoten mellan de två accelerationsvärdena från sitsens respektive plattformen.

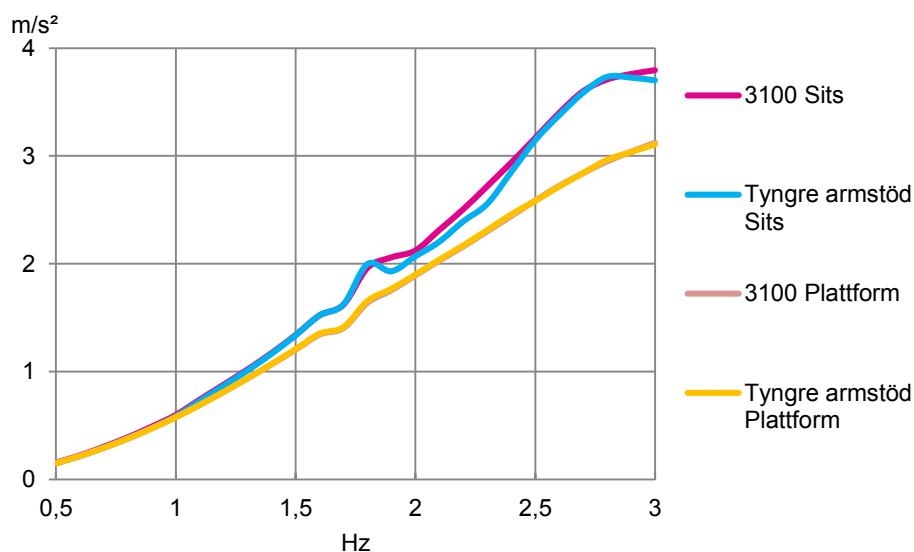
Det uppmätta accelerationsvärdet från plattformen presenteras för att ge en uppfattning om dess storlek och framför allt hur jämförbara olika mätningar är. Förstärkningen borde vara jämförbar mellan olika mätningar om plattformens acceleration varit någorlunda lika. Det är inte känt hur skillnader i plattformens acceleration påverkar förstärkningen och därför är det svårt att jämföra mätningar när sådana skillnader finns.

Accelerationskurvorna från plattformen vid sinusrörelserna visar en tydlig svacka vid ca 1,7 Hz. Den beror antagligen på att plattformen där möter gränsen i sin förmåga att utföra de programmerade rörelserna fullt ut. Teoretiskt borde accelerationen öka kvadratisk med frekvensen. Kurvan har också ett sådant utseende fram till svackan men får därefter en till synes linjär ökning.

För mätningarna med en sinusrörelse presenteras accelerationen i standardenheten  $m/s^2$ . För mätningarna av med den återskapade rörelsen, vilken innehöll spektrum av frekvenser, presenteras PSD (power spectral density) – diagram. Enheten blir i de fallen det mindre intuitiva  $m^2/s^3$ , vilket ska tolkas som accelerationen normaliserad med avseende på frekvensens bandbredd. En alternativ enhet med samma innebörd som kan uppfattas som mera intuitiv är  $g^2/Hz$  ( $1 g^2/Hz = 96 m^2/s^3$ ). (Tustin, 2005).

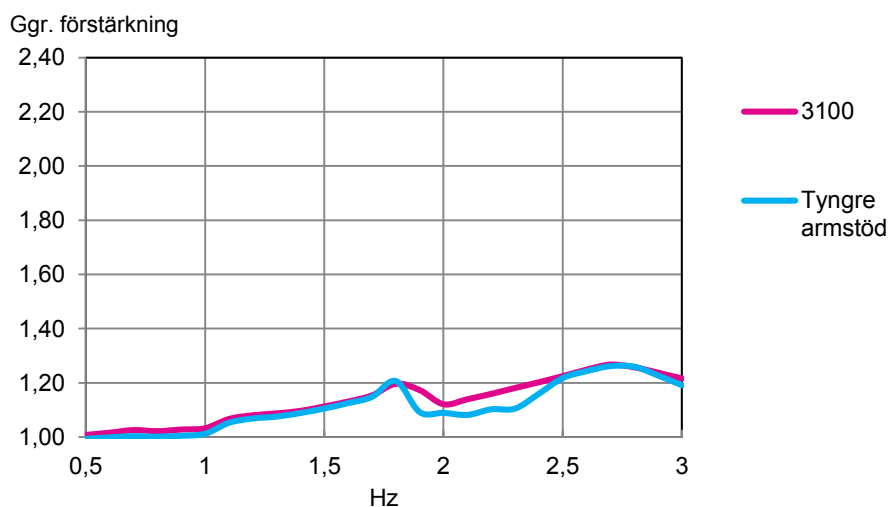
## Jämförelse mellan tyngre armstöd och standardarmstöd

### Sinusrörelse i X-led



**Figur 6.**  
Acceleration hos sits och plattform i x-led med olika armstöd vid sinusrörelse.

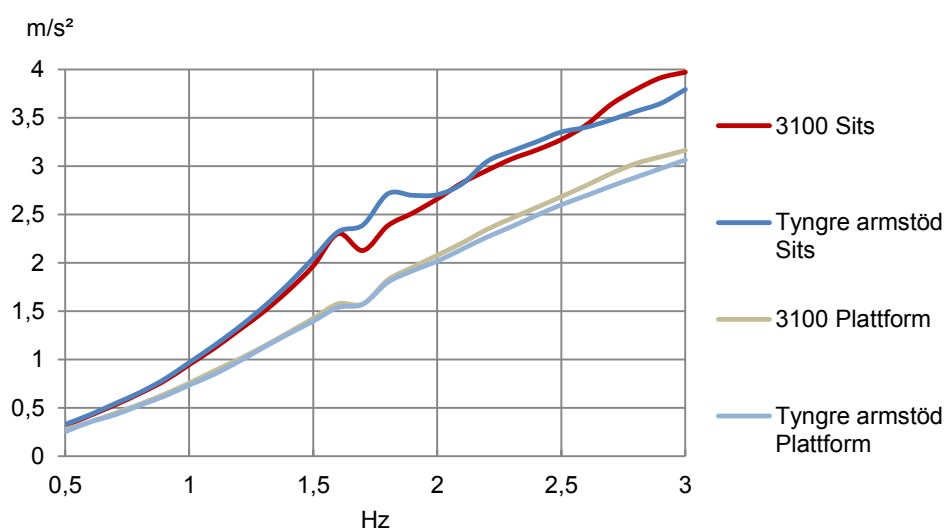
Accelerationsmätningarna från plattformen visar att för sinusrörelsen är resultaten i x-led väl jämförbara (linjerna som visar plattformens acceleration ligger i stort sett i varandra) se Figur 6.



**Figur 7.**  
Förstärkning i x-led med olika armstöd vid sinusrörelse.

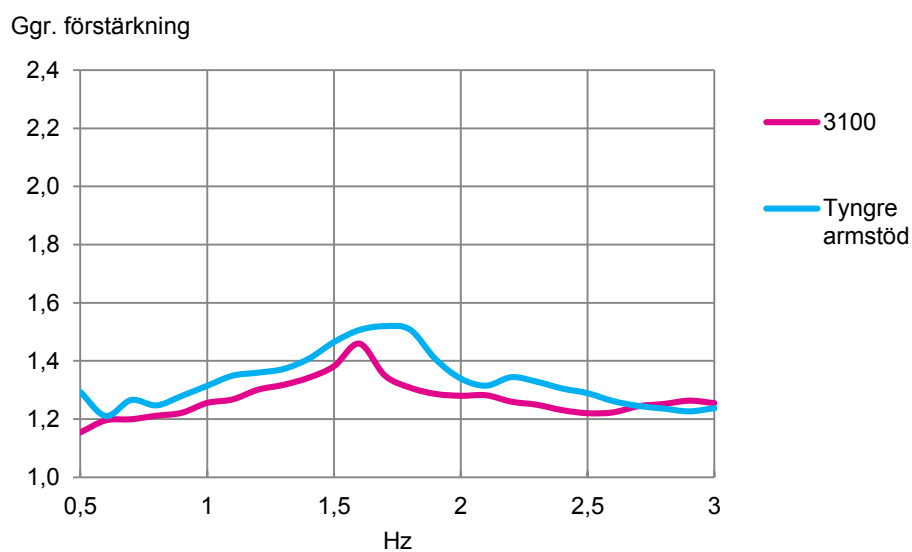
För sinusrörelsen finns ingen tydlig skillnad i x-led för största delen av frekvensspektrat. Mellan 1,8 och 2,5 Hz ligger dock förstärkningen för standardarmstöden något högre. Se Figur 7.

## Sinusrörelse i Y-led



**Figur 8.**  
Acceleration hos sits och plattform i y-led med olika armstöd vid sinusrörelse.

I y-led är jämförbarheten god vid lägre frekvenser men över 2 Hz var plattformens accelerationer vid mätningen med de tyngre armstöden något lägre än för Be-Ge 3100 med standardarmstöden. Se Figur 8.

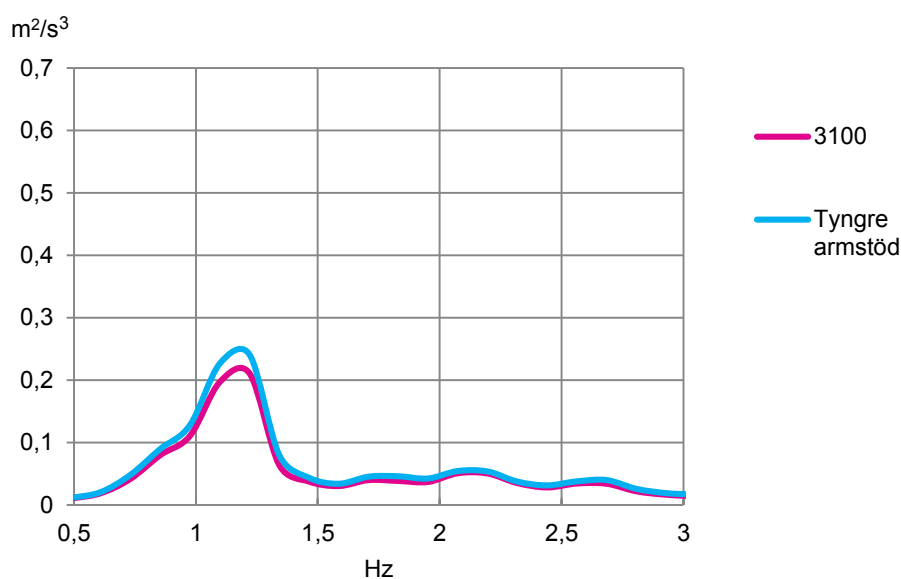


**Figur 9.**  
Förstärkning i y-led med olika armstöd vid sinusrörelse.

I y-led är förstärkningen för de tyngre armstöden något högre över nästan hela frekvensspektrat. Se Figur 9.

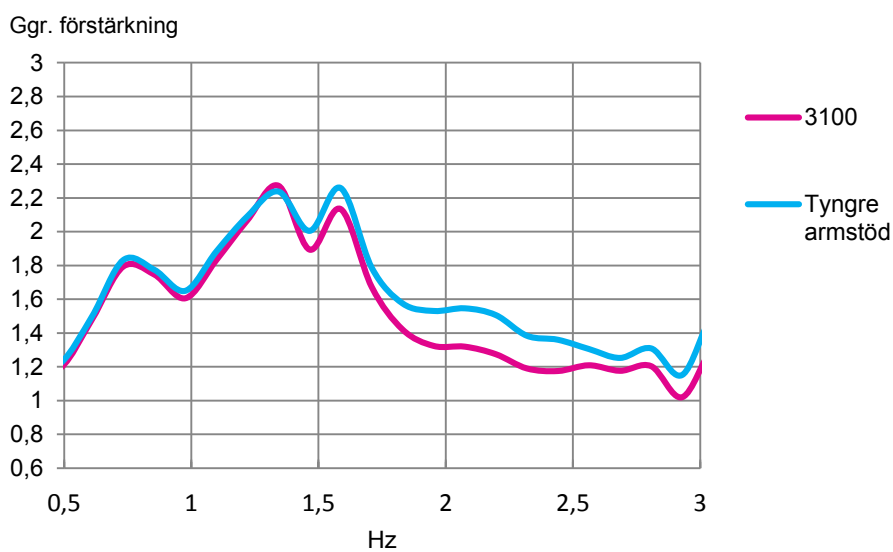


## Återskapad rörelse i X-led



**Figur 10.**  
Acceleration hos plattformen i x-led med olika armstöd vid återskapad rörelse.

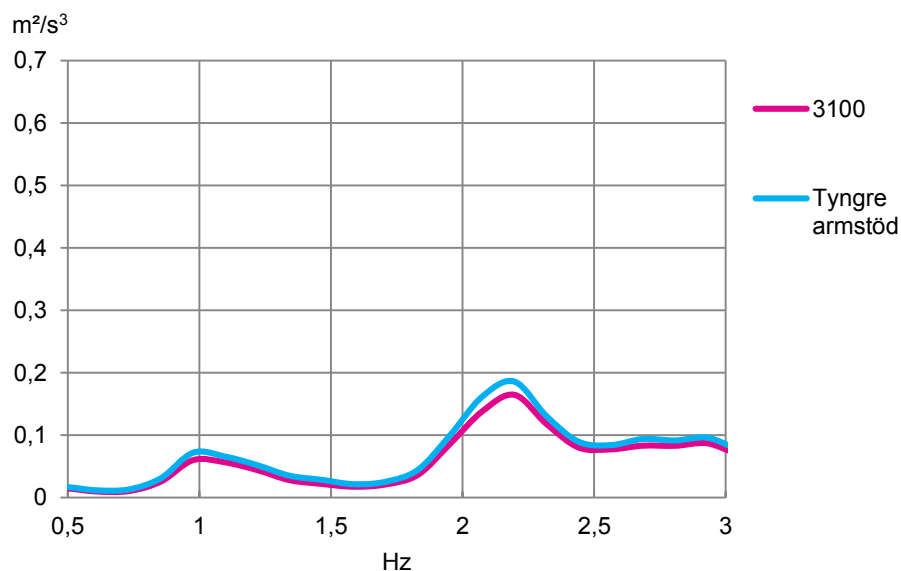
För den återskapade rörelsen var plattformens acceleration i x-led något större över hela frekvensspektrat för de tyngre armstöden, speciellt vid accelerations-toppen vid 1,2 Hz. Se Figur 10.



**Figur 11.**  
Förstärkning i x-led med olika armstöd vid återskapad rörelse.

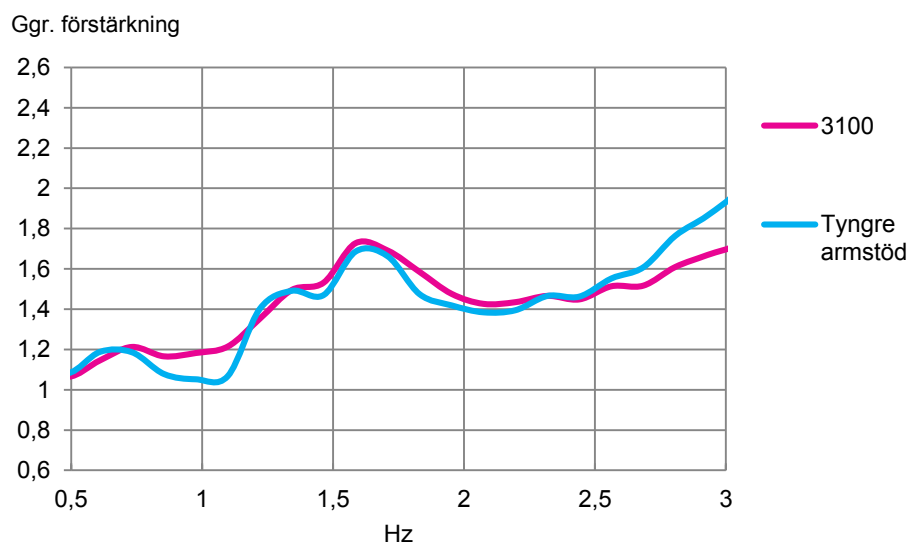
För den återskapade rörelsen är förstärkningen högre för de tyngre armstöden i x-led från ca 1,4 Hz och uppåt. Se Figur 11.

## Återskapad rörelse i Y-led



**Figur 12.**  
Acceleration hos plattformen i y-led med olika armstöd vid återskapad rörelse.

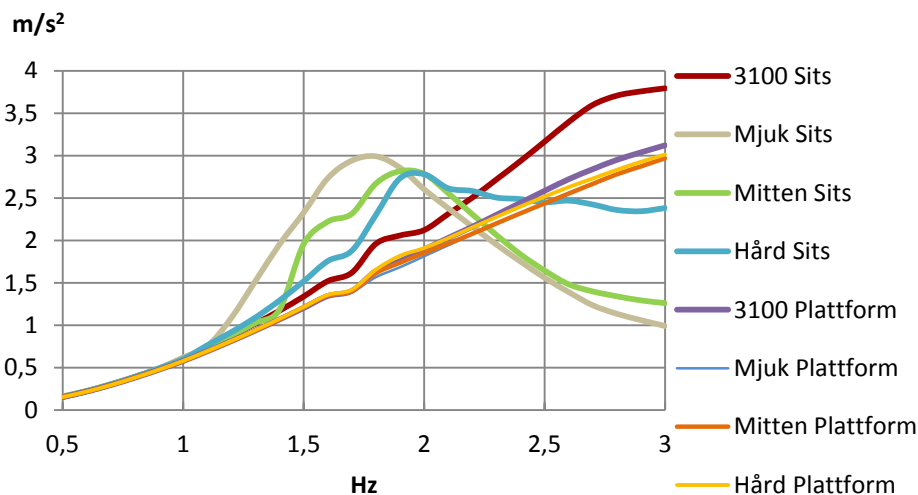
För den återskapade rörelsen var plattformens acceleration i y-led något större över hela frekvensspektret för de tyngre armstöden och speciellt vid accelerationstoppen vid 2,2 Hz. Se Figur 12.



**Figur 13.**  
Förstärkning i y-led med olika armstöd vid återskapad rörelse.

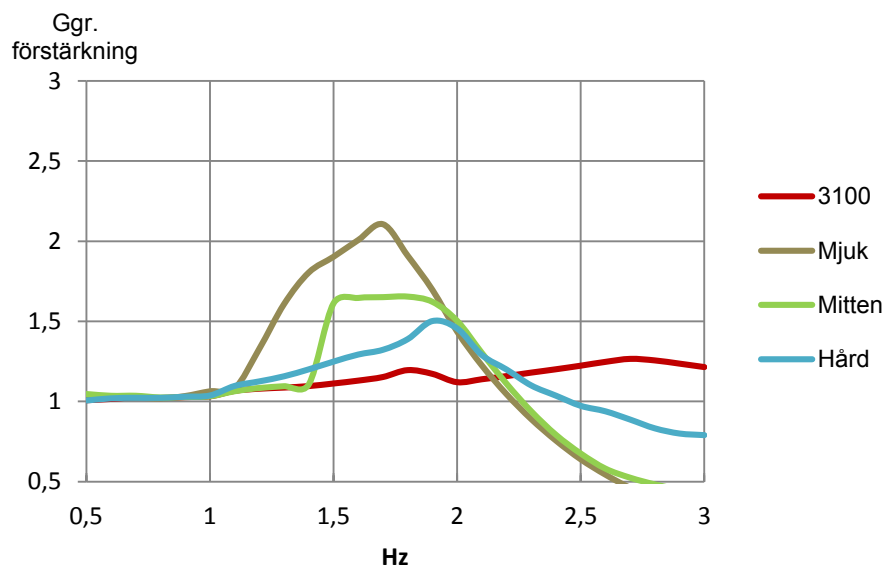
I y-led är förstärkningen ganska lika vid de flesta frekvenser. Se Figur 13.

## Resultat av jämförelsen mellan Be-Ge 3100 med isolator respektive i standardutförande



**Figur 14.** Acceleration hos sits och plattform i x-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

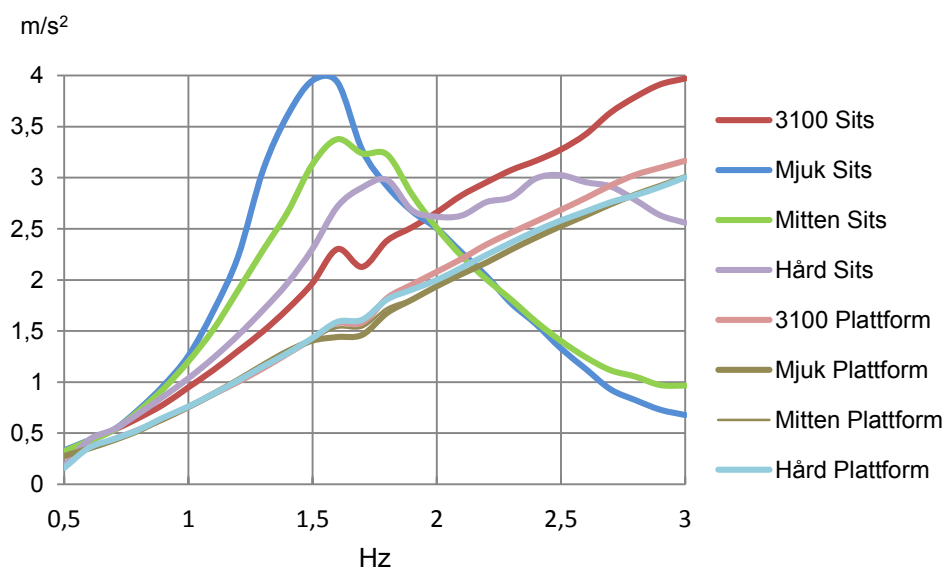
För mätningarna med sinusrörelsen är accelerationerna från plattformen väl jämförbara i x-led upp till 1,7 Hz. Vid högre frekvenser är spridningen något större. Se Figur 14.



**Figur 15.** Förstärkning i x-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

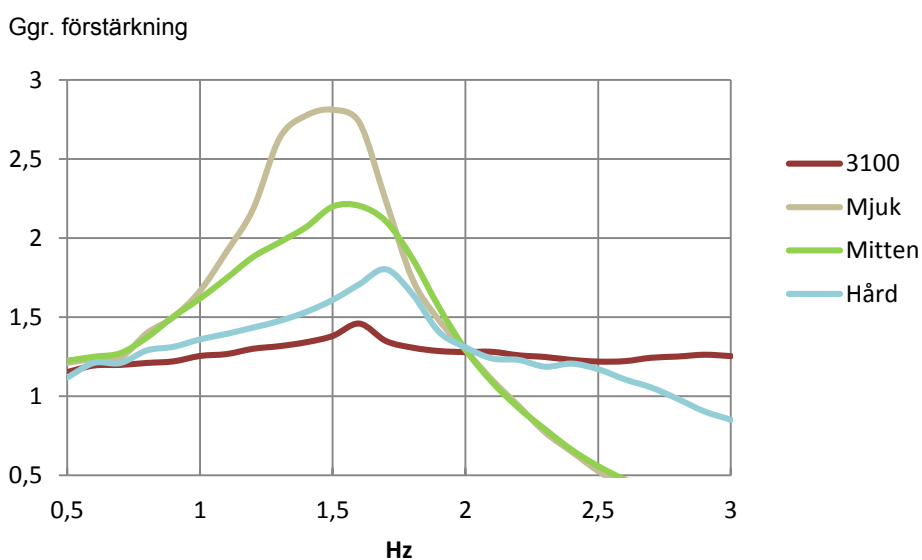
Isolatorkonfigurationerna har alla efter ca 1,3 Hz upp till cirka 2,2 Hz en betydligt högre förstärkning än Be-Ge 3100 utan isolator. Den ytterligare förstärkningen är allra störst för den mjukaste dämparinställningen och relativt sett minst för den hårdaste inställningen. Efter 2,2 Hz är förhållandet i stället det omvända. Isolatorkonfigurationerna har alla lägre förstärkning än Be-Ge 3100 utan isolator. Allra minst är förstärkningen för den mjukaste dämparinställningen och relativt sett störst för den hårdaste inställningen. Se Figur 15.

## Sinusrörelse i Y-led



**Figur 16.**  
Acceleration hos sits och plattform i y-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

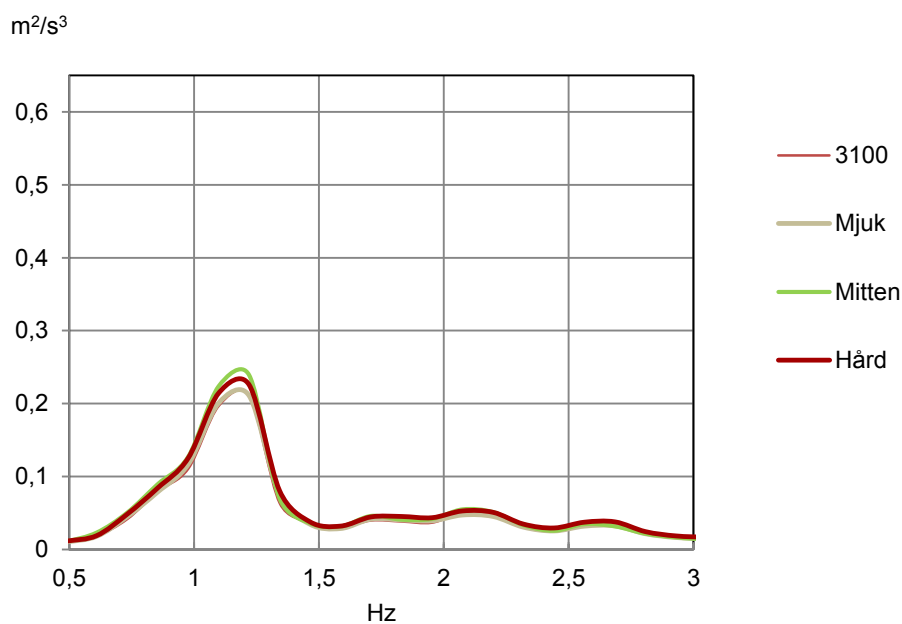
För mätningarna med sinusrörelsen är accelerationerna från plattformen väl jämförbara i y-led upp till 1,5 Hz. Vid högre frekvenser än så är spridningen av plattformens acceleration något större. Se Figur 16.



**Figur 17.**  
Förstärkning i y-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

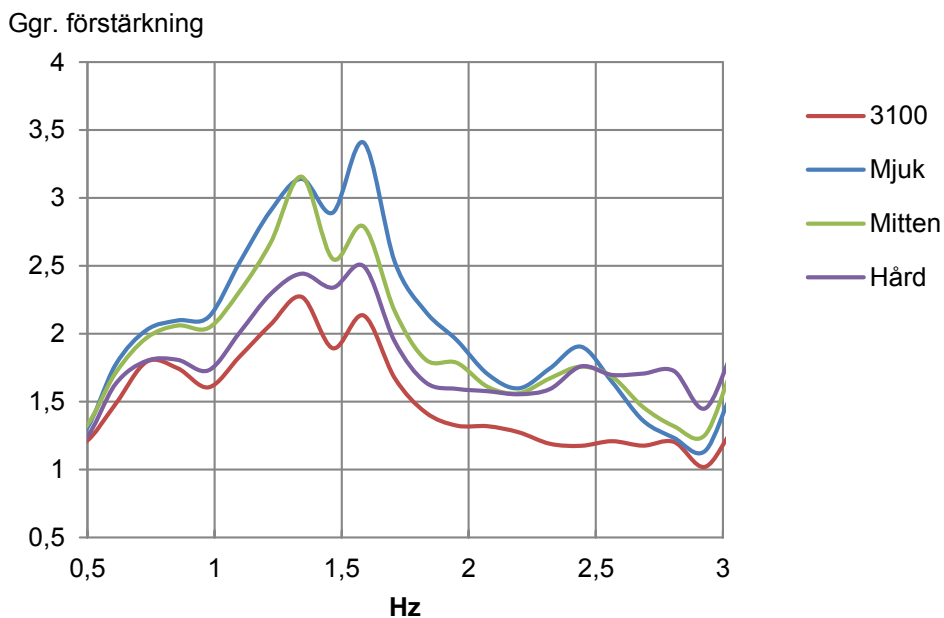
I y-led har förstärkningen av sinusrörelsen ett likartat utseende som i x-led. Här har isolatorkonfigurationerna betydligt högre förstärkning från cirka 0,7 Hz upp till ca 2,0 Hz med samma inbördes förhållande som i x-led. Över 2,0 Hz har de en lägre förstärkning än Be-Ge 3100 utan isolator. Se Figur 17.

## Återskapad rörelse i X-led



**Figur 18.** Acceleration hos plattformen i x-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

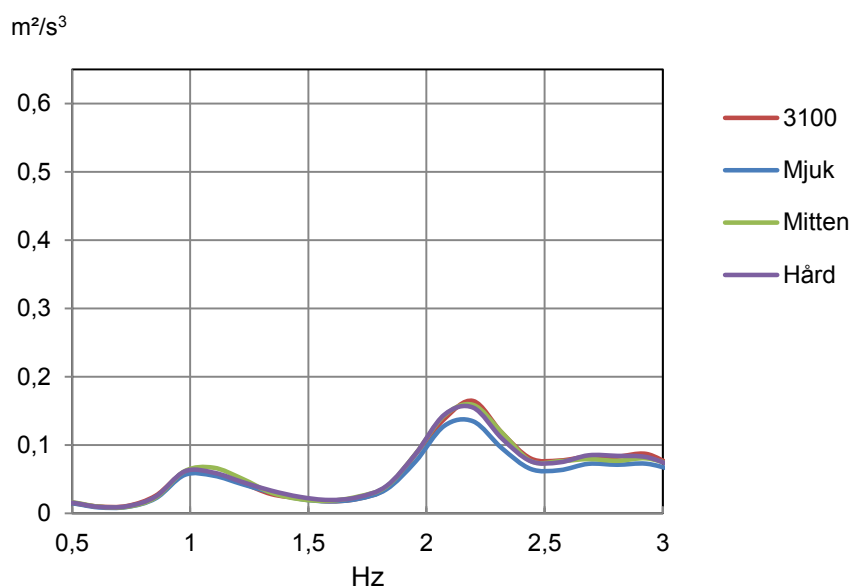
För den återskapade rörelsen är plattformens accelerationer i x-led mycket lika förutom i samband med accelerationstoppen vid ca 1,2 Hz. Se Figur 18.



**Figur 19.** Förstärkning i x-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

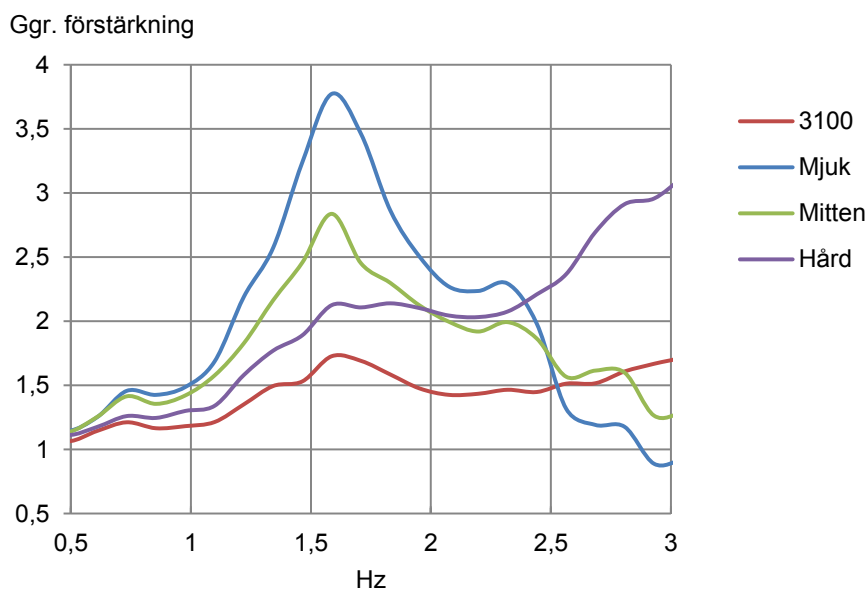
För den återskapade rörelsen är förstärkningen för isolatorconfigurationerna i x-led högre än för referensmätningen över i stort sett hela frekvensspektrat. Det inbördes förhållandet är det samma som tidigare. Ju mjukare dämparinställning desto större var förstärkningen. Se Figur 19.

## Återskapad rörelse i Y-led



**Figur 20.**  
Acceleration hos plattformen i y-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

I y-led är plattformens accelerationer mycket lika ända upp till cirka 2 Hz varefter spridningen ökar något. Se Figur 20.

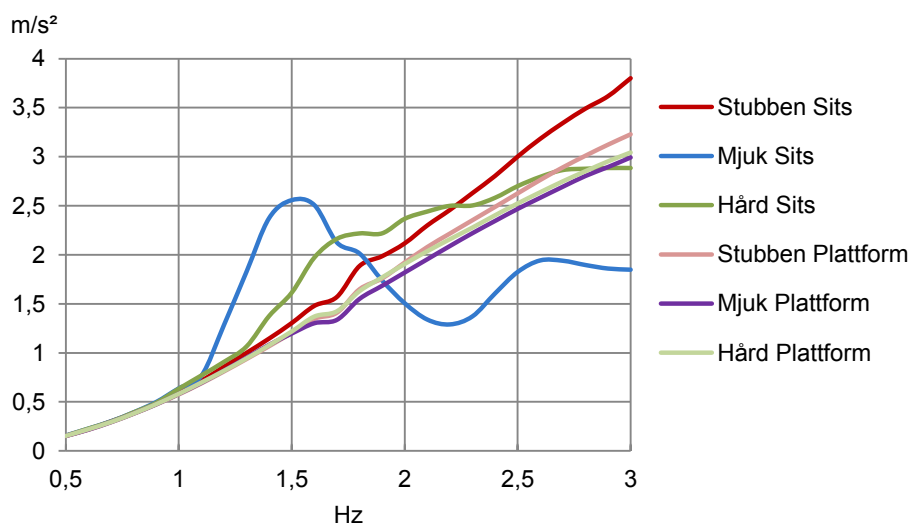


**Figur 21.**  
Förstärkning i y-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

För den återskapade rörelsen är förstärkningen för isolatorkonfigurationerna i y-led högre än för Be-Ge 3100 utan isolator över i stort sett hela frekvensspektrat. Det inbördes förhållandet är det samma som tidigare. Ju mjukare dämparinställning desto större var förstärkningen. Den mjukaste och mittersta dämparinställningen djupdyker dock och efter cirka 2,5 Hz är deras förstärkning mindre än Be-Ge 3100 utan isolator. Se Figur 21.

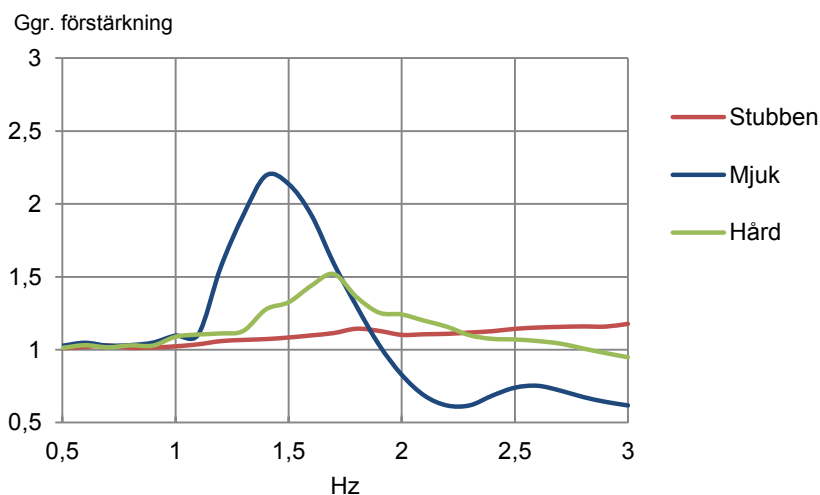
## Resultat av jämförelsen mellan "Stubben" med isolator respektive utan isolator

### Sinusrörelse i X-led



**Figur 22.**  
Acceleration hos plattformen i x-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

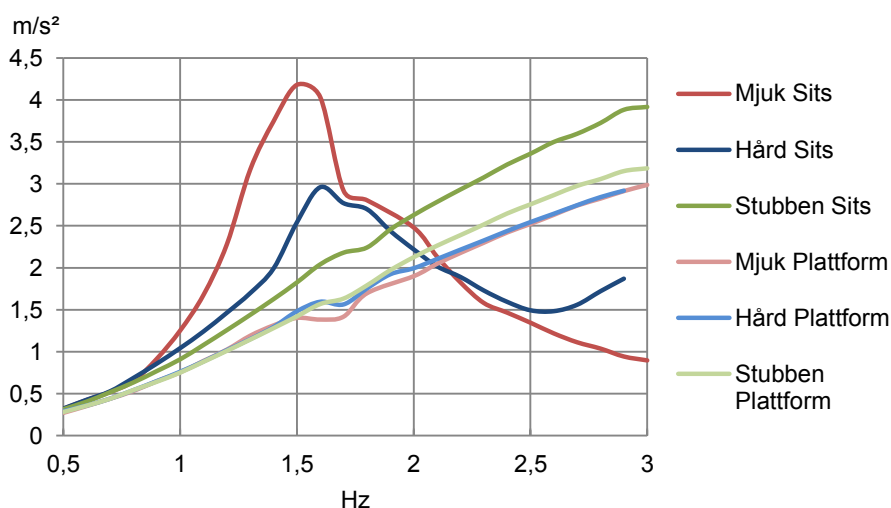
För sinusrörelsen är plattformens acceleration i x-led mycket lika upp till cirka 1,5 Hz i både x- och y-led och därmed är mätningarna väl jämförbara vid lägre frekvenser. Över 1,5 Hz är skillnaderna mellan mätningarna något större. Se Figur 22.



... förstärkning i x-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

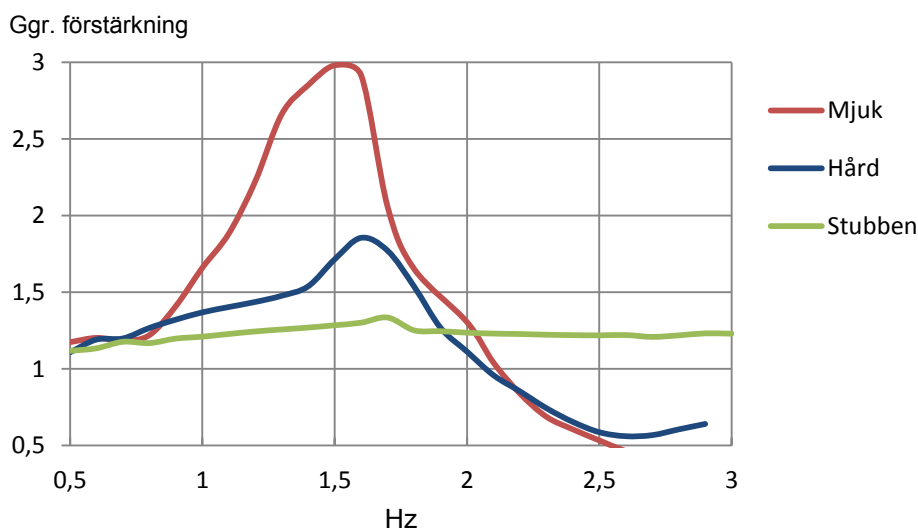
För sinusrörelsen i x-led syns ingen skillnad i förstärkning mellan konfigurationerna vid låga frekvenser. Isolatorkonfigurationerna hade sedan under ett intervall betydligt högre förstärkning än Stubben utan isolator. Den mjukaste inställningen resulterade i den högsta toppen för att vi högre frekvenser också stå för den största dämpningen. Den hårdaste isolatorinställningen har en något lägre topp som kommer något senare men också en betydligt mindre dämpning som också den kommer något senare. Se Figur 23.

## Sinusrörelse i Y-led



**Figur 24.**  
Acceleration i y-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

För sinusrörelsen är plattformens acceleration i y-led mycket lika upp till cirka 1,5 Hz och därmed är mätningarna väl jämförbara i det intervallet. Över 1,5 Hz är skillnaderna mellan mätningarna något större. Framför allt är det för stubben utan isolator som accelerationerna hos plattformen var något större. Se Figur 24.

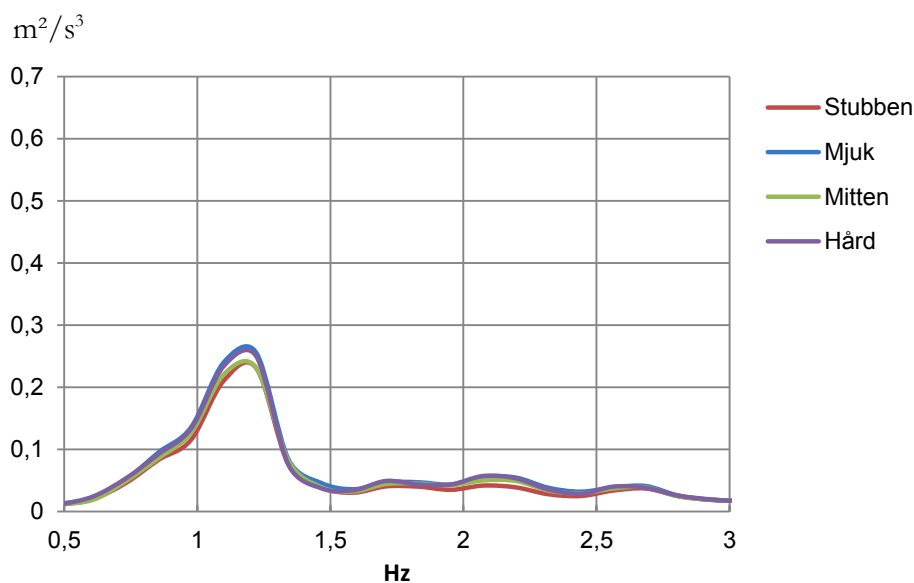


**Figur 25.**  
Förstärkning i y-led med olika isolatorinställningar vid sinusrörelse.

För sinusrörelsen i y-led har de båda isolatorkonfigurationerna samma förstärkning som stubben utan isolator vid frekvenser upp till 0,8 Hz. Därefter ledde de till var sin topp med högsta värdena runt 1,6 Hz och betydligt högre förstärkning än referensen. Efter cirka 2 Hz var förstärkningen i stället lägre än referensen och isolatorkonfigurationerna fungerade som dämpare av plattformens accelerationer. Se Figur 25.

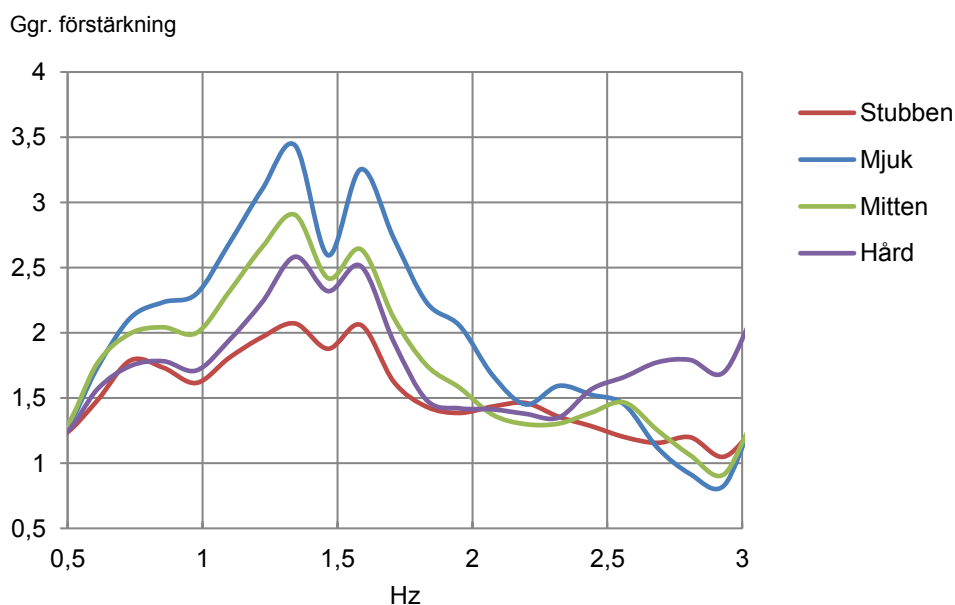


## Återskapad rörelse i X-led



**Figur 26.** Acceleration hos plattformen i x-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

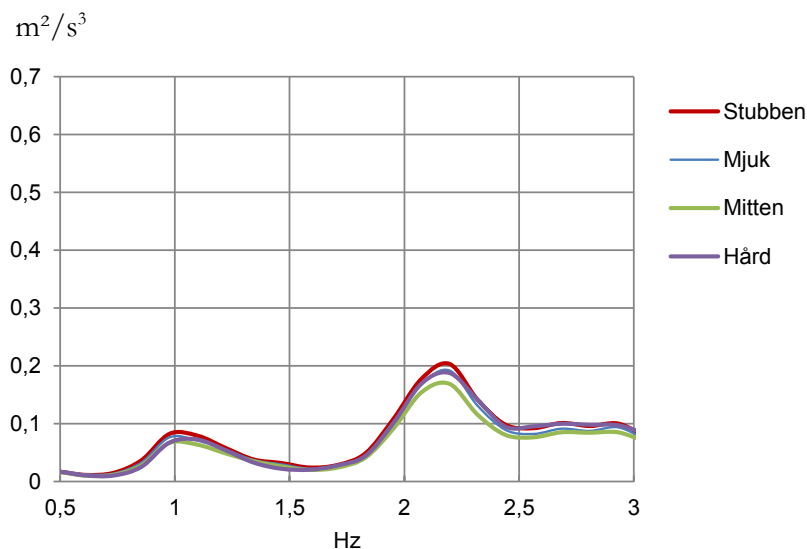
För den återskapade rörelsen är plattformens acceleration i x-led ganska lika. Skillnaderna i acceleration är något större i samband med toppen runt 1,2 Hz. Se Figur 26.



**Figur 27.** Förstärkning i x-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

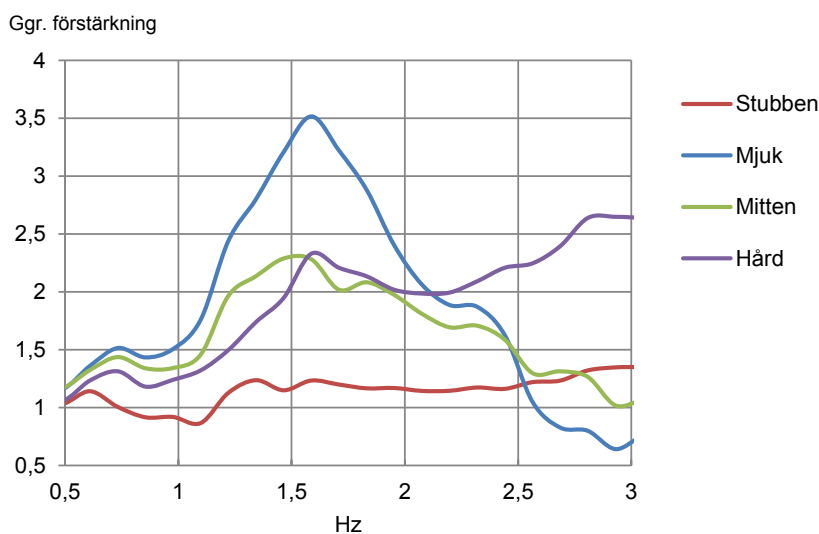
För mätningarna av den återskapade rörelsen i x-led uppvisade förstärkningen för alla isolatorkonfigurationer och stubben utan isolator ett likartat utseende mellan 0,5 till 2 Hz. Förstärkningen för isolatorkonfigurationerna ligger dock betydligt högre än för referensen. Mjukare inställningar på isolatorns dämpare ledde till större förstärkning. Se Figur 27.

## Återskapad rörelse i Y-led



**Figur 28.**  
Acceleration hos plattformen i y-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

För den återskapade rörelsen är plattformens acceleration i y-led ganska lika. Skillnaderna är något större i samband med toppen runt 2,2 Hz. 4. Se Figur 28.

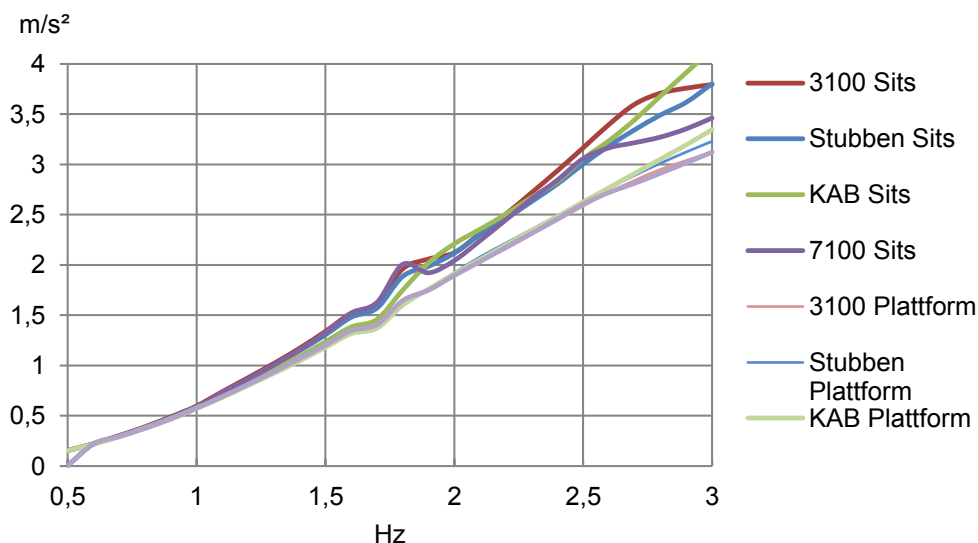


**Figur 29.**  
Förstärkning i y-led med olika isolatorinställningar vid återskapad rörelse.

Mätningarna i y-led visar överlag ett liknande utseende hos förstärkningarna som i x-led. Efter 0,5 Hz har alla isolatorkonfigurationerna betydligt högre förstärkning än stubben utan isolator. Den är allra störst för den mjukaste inställningen. Den mittersta och hårdaste inställningen ligger på ungefär samma nivå i mitten av frekvensspektrat. Förstärkningen för den mittersta och mjukaste inställningen avtar dock för att efter 2,5 Hz hamna under förstärkningen för referensen. Den hårdaste inställningen för isolatorn fortsätter i stället att öka vid högre frekvenser. Se Figur 29.

## Resultat av jämförelsen av de olika stolarna i standardutförande

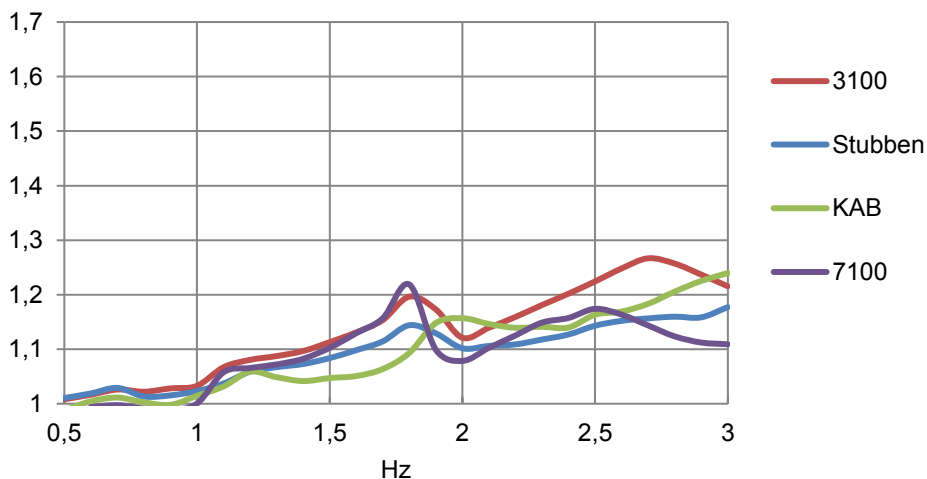
### Sinusrörelse i X-led



Figur 30  
Acceleration hos sits och plattform i x-led för de olika stolarna vid sinusrörelse.

För sinusrörelsen i x- led är de uppmätta accelerationerna hos plattformen mycket lika ända upp till 2,5 Hz och förstärkningarna är därför mycket väl jämförbara. Se Figur 30.

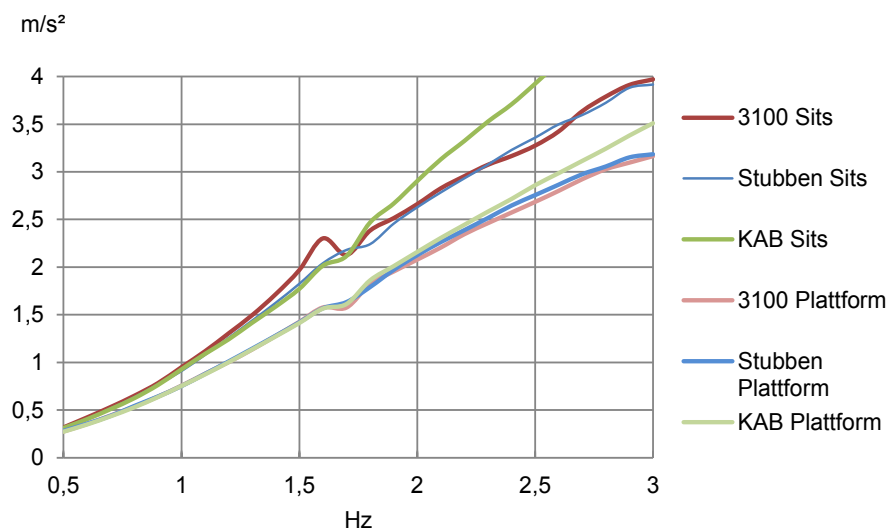
### Ggr. förstärkning



Figur 31  
Förstärkning i x-led för de olika stolarna vid sinusrörelse.

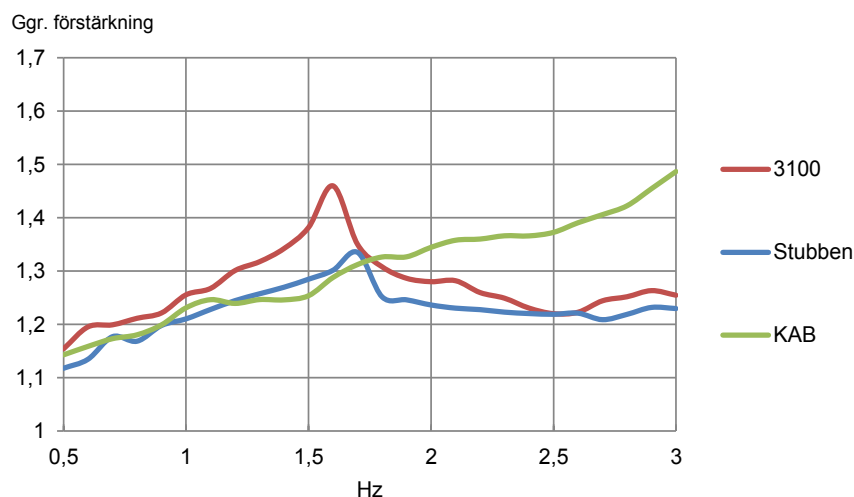
Stubben har över hela frekvensspektrat en relativt låg förstärkning. Be-Ge 3100 har en relativt hög förstärkning över hela spektret. Be-Ge 7100 har hög förstärkning mellan 1 – 1,8 Hz men lägre förstärkning vid högre frekvenser. KAB har överlag en låg förstärkning, lägst av all mellan 1 – 1,8 Hz, men har en något hög förstärkning från 2,6 Hz och uppåt. Se Figur 31.

## Sinusrörelse i Y-led



Acceleration hos sits och plattform i y-led för de olika stolarna vid sinusrörelse.

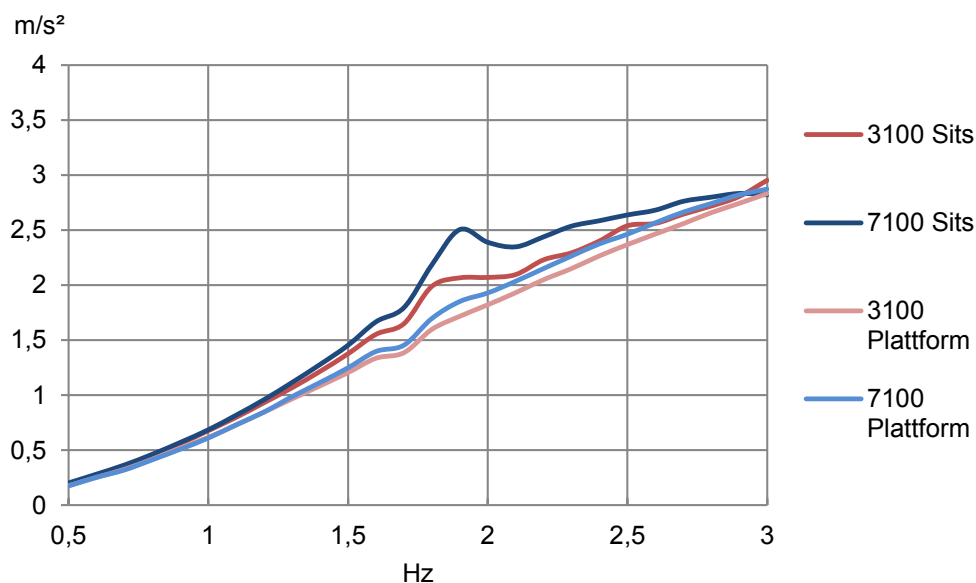
Be-Ge 7100 mättes tyvärr endast i y-led utan någon rollrörelse vilket gör att den endast kan jämföras med Be-Ge 3100 som mättes i y-led både med och utan roll. Den jämförelsen presenteras nedanför. I y-led är de uppmätta plattformsaccelerationerna mycket lika upp till cirka 1,7 Hz för att därefter uppvisa något större variation och jämförbarheten minskar generellt. Speciellt plattformsaccelerationen för KAB verkar efter 1,7 Hz öka snabbare än de andra och blir gradvis mindre jämförbar med ökande frekvens. Se Figur 32.



**Figur 33.** Förstärkning i y-led för de olika stolarna vid sinusrörelse.

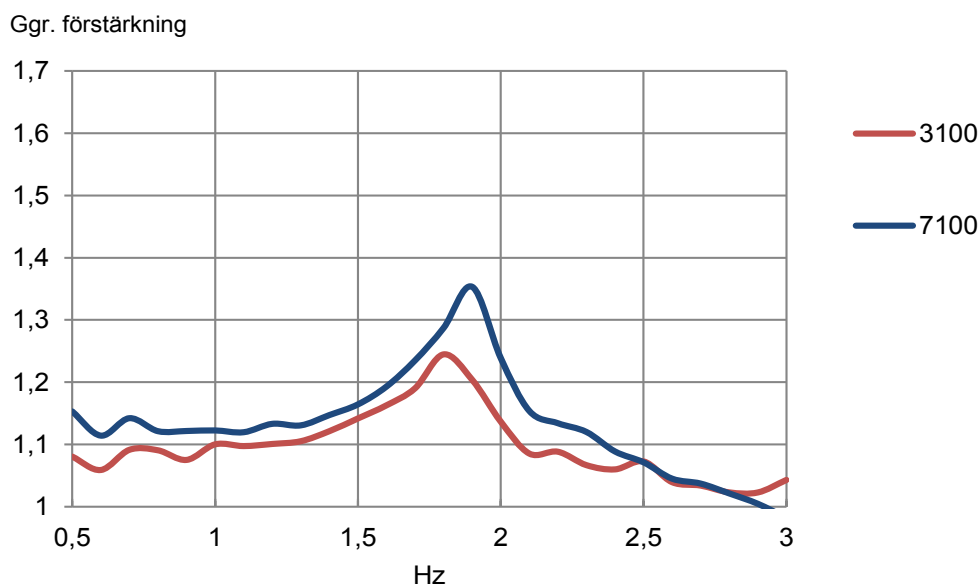
För sinusrörelsen i y-led har Stubben och KAB liknande förstärkning upp till cirka 1,7 Hz medan Be-Ge 3100 ligger något högre och har en betydligt kraftigare topp vid 1,6 Hz. Förstärkningen för Be-Ge 3100 sjunker därefter snabbt och ligger vid 1,7 Hz och över på en nivå strax över Stubben. Kurvan för KAB skiljer sig från de andra då dess förstärkning fortsätter att öka även efter 1,7 Hz. En förklarande faktor kan vara att plattformsaccelerationen under testet av KAB, efter 1,7 Hz ökade snabbare med ökande frekvens än för de andra. Se Figur 32.

## Sinusrörelse i Y-led utan roll för Be-Ge 3100 och 7100



Figur 34.  
Acceleration hos sits och plattform i y-led för två stolar vid sinusrörelse utan roll.

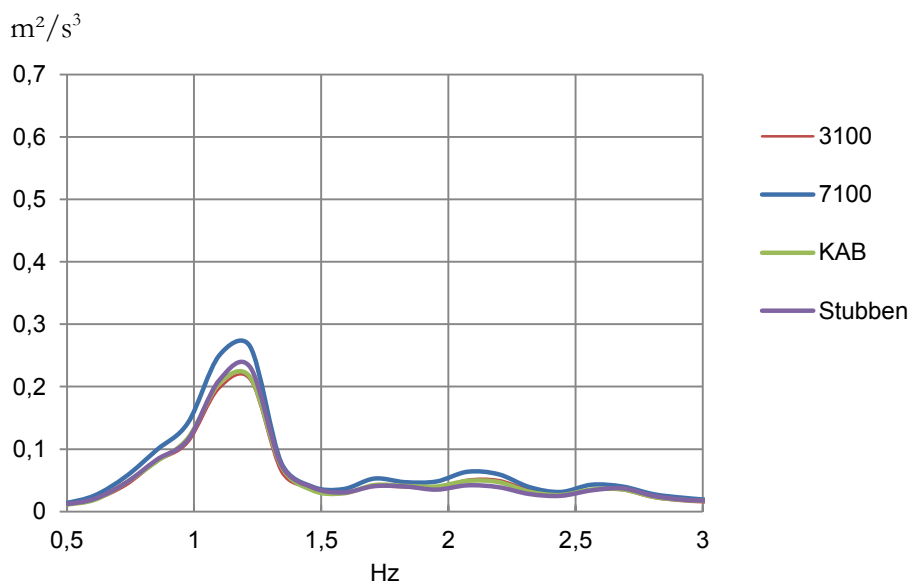
Jämförbarheten mellan de båda mätningarna är god upp till cirka 1,7 Hz var-  
efter plattformens acceleration för Be-Ge 7100 var något högre. Se Figur 34.



Figur 35.  
Förstärkning i y-led för två stolar vid sinusrörelse utan roll.

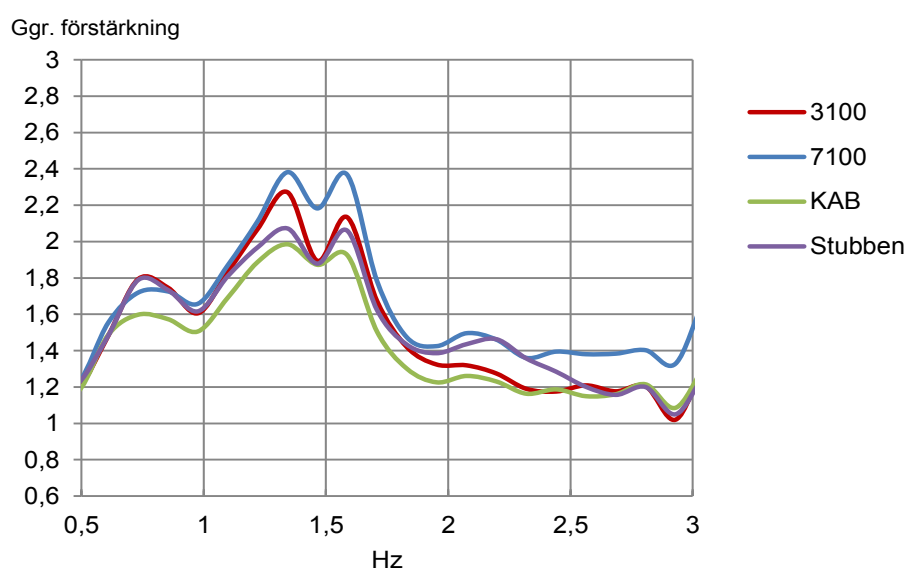
I jämförelsen mellan Be-Ge 3100 och 7100 har den senare något högre förstärkning över i stort sett hela frekvensspektrat och betydligt kraftigare förstärkningstopp runt 1,8 Hz. En förklarande faktor kan vara att plattformen under testet av Be-Ge 7100 hade något högre acceleration från ca 1,7 Hz och uppåt. Se Figur 35.

## Återskapad rörelse i X-led



**Figur 36.**  
Acceleration hos plattformen i x-led för de olika stolarna vid återskapad rörelse.

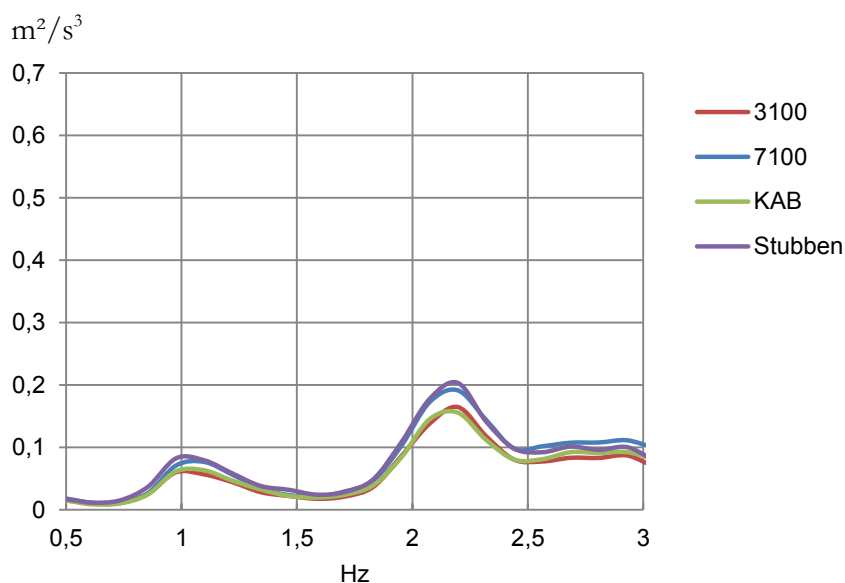
För den återskapade rörelsen verkar jämförbarheten i x-led vara god mellan de flesta stolarna. Undantaget är Be-Ge 7100 där plattformens acceleration är något högre, speciellt i samband med accelerationstoppen runt 1,2 Hz. Se Figur 36.



**Figur 37.**  
Förstärkning i x-led för de olika stolarna vid återskapad rörelse.

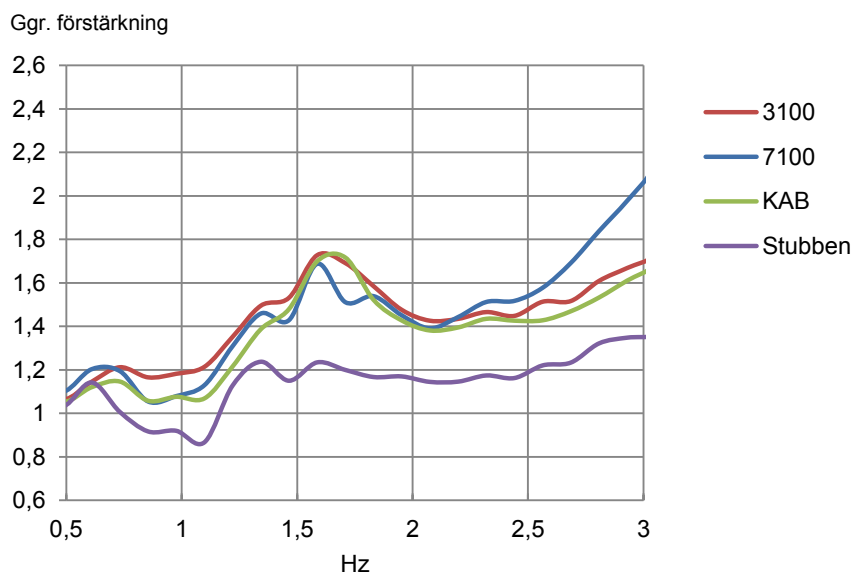
För den återskapade rörelsen är förstärkningen i x-led betydligt större för Be-Ge 3100 och 7100 än för KAB och Stubben vid förstärkningstoppen som samtliga stolarna har vid cirka 1,3 Hz. En förklarande faktor till den överlag höga förstärkningen för Be-Ge 7100 kan vara att plattformen under det testet hade högre acceleration över en stor del av frekvensspektrat. Resultaten för Be-Ge 7100 är därför mindre tillförlitliga och bör inte jämföras med de övriga. Se Figur 37.

## Återskapad rörelse i Y-led



**Figur 38.**  
Acceleration hos plattformen i y-led för de olika stolarna vid återskapad rörelse.

I y-led finns det en viss spridning av plattformens acceleration för de olika stolarna, speciellt i samband med toppen runt 2,2 Hz. Det är vid testerna av Stubben och Be-Ge 7100 som plattformen verkar ha haft något högre acceleration men de är inbördes relativt lika. De bör därför vara väl jämförbara med varandra. Be-Ge 3100 och KAB är väl jämförbara med varandra. Se Figur 38.



**Figur 39.**  
Förstärkning i y-led för de olika stolarna vid återskapad rörelse.

För det första jämförbara paret är förstärkningen för KAB och Be-Ge 3100 relativt lika över nästan hela frekvensspektrat. KAB ligger dock något lägre, främst i frekvenser upp till 1,5 Hz. Se Figur 39.

För det andra jämförbara paret ligger förstärkningen för Stubben betydligt under den för Be-Ge 7100 över hela frekvensspektrat.

## Slutsatser och rekommendationer

### Armstöd

Studien visade inget entydigt samband mellan tyngre armstöd och större förstärkning av vibrationer. I de två jämförelser där mätningarna visade på störst skillnader (sinusrörelse i y-led och den återskapade rörelsen i x-led) var det dock de tyngre armstöden som hade störst acceleration. Sammantaget blir bedömningen att det finns en risk för att tyngre armstöd leder till något högre vibrationer hos stolen.

Att ha mer avancerade armstöd med bra och lätt tillgängliga inställningsmöjligheter innebär också att de blir tyngre än armstöd av enklare modell. För någon som köper en stol blir innebär det därför en kompromiss mellan ergonomiska fördelar och nackdelar.

Rekommendationen blir därför att inte välja tyngre armstöd än nödvändigt. Det är dock rimligt att välja armstöd som är tyngre om de ger andra ergonomiska fördelar som till exempel bättre stöd eller inställningsmöjligheter.

### Isolator (plandämpare)

Mätningarna visar på ett liknande beteende för både Be-Ge 3100 och Stubben när de utrustats med isolatorer i x- och y-led. Resultaten från både mätningarna med sinusrörelse och med den återskapade rörelsen från vibrationsbanan ger samma intryck. De visar att isolatorerna ledde till kraftigt förstärkta vibrationer i mitten av frekvensintervallet i både x- och y-led med större förstärkning ju mjukare dämparinställningen var. Förstärkningen berodde på att stolen med samma frekvens och riktning både rörde sig med amplituden från plattformen plus en del av slaglängden hos isolatorn. Från ca 2 – 2,5 Hz och uppåt dämpade isolatorerna accelerationerna jämfört med stolarna utan isolator, med större dämpning ju mjukare dämparinställningen var. Plattformens rörelser överfördes då i mindre grad till stolen genom att isolatorerna inte hann överföra rörelsen.

Frekvensintervallet där isolatorn förstärker vibrationerna har stor betydelse för skadliga helkropps vibrationer. De är dessutom vanligt förekommande i terrängmaskiner. De högre frekvenser där isolatorerna fungerade dämpande viktas något lägre i sin betydelse för skadliga helkropps vibrationer (SS-ISO 2631-1).

Den generella rekommendationen till maskinoperatörer är att inte använda isolatorer (plandämpare) eftersom de verkar göra mer skada än nytta. Från resultaten kan man se att isolatorer har en mycket stor effekt på de överförda vibrationerna, som kan vara antingen positiv eller negativ. Det har på senare år kommit skogsmaskiner från flera tillverkare som har någon form av aktiv dämpning av hytten. Sådana system borde rimligtvis fungera bäst vid låga frekvenser. De återskapade rörelserna som användes vid testningen kom från en maskin utan aktiv hytt dämpning. Det kan därför vara rimligt att använda isolatorer i maskiner som med hjälp av något annat system minskar de lågfrekventa vibrationerna, där isolatorerna fungerade förstärkande, innan de överförs till stolen.



## Stolsjämförelse

Stubben, som hade ett linjérlager i stället för sax för rörelse i höjddled, hade jämförelsevis låg förstärkning i alla mätningarna. Särskilt förstärkningen i y-led vid den återskapade rörelsen var betydligt lägre än för de andra stolarna. Några få kortare frekvensintervall i några av mätningarna utgör undantag från det sammantagna intrycket.

Stolen från KAB låg i två mätningar på ungefär samma låga nivå av förstärkning som Stubben. Förstärkningen i x-led för den återskapade rörelsen var för KAB lägst över nästan hela frekvensspektrat. I y-led hade den för den återskapade rörelsen jämförbar prestation med Be-Ge 3100 och 7100. Vid en av mätningarna, av sinusrörelse i y-led, ökade stolens förstärkning mot högre frekvenser på ett sätt som de andra stolarna inte gjorde, men den mätningen lider av dålig jämförbarhet vid de frekvenserna.

Förstärkningen för Be-Ge 3100 var i ofta i nivå med de andra stolarna med saxunderrede. Förstärkningstopparna runt 1,5 Hz vid sinusrörelsen i y-led och den återskapade rörelsen i x-led var större än för Stubben och KAB.

Resultaten för Be-Ge 7100 är något mer otydliga än för de andra på grund av brister i mätningarna. Den hade något högre förstärkning än Be-Ge 3100 i den parvisa jämförelsen i y-led utan roll. I y-led för den återskapade rörelsen hade den betydligt högre förstärkning än Stubben som hade jämförbar plattform-acceleration. För sinusrörelsen i x-led presterade den likartat som de andra stolarna.

Sammantaget kan sägas att ett linjérlagrat stolsunderrede verkar lovande för att minska förstärkningen av vibrationer i operatörsstolar. Trots att de olika stolarna med saxmekanism är av likartad konstruktion fanns det ändå betydelsefulla skillnader i hur mycket de förstärker vibrationer.

## Diskussion – metod och resultat

### Rörelseplattformen

Rörelseplattformen som användes kunde enligt de accelerationsmätningar som gjordes inte reproducera exakt samma rörelse vid alla tester.

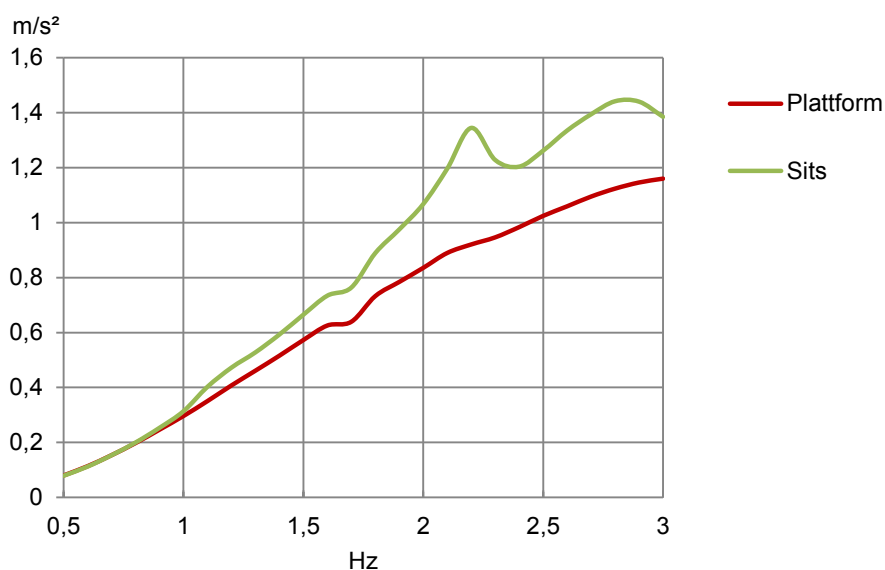
En möjlig orsak är att det förekom ett mindre läckage av hydraulolja från två av kolvarna. Trots stora ansträngningar var det tyvärr inte möjligt att få kolvarna reparerade innan projektets slut. En annan möjlig orsak till att mätningarna visade på skillnader i plattformens acceleration är brister i kalibreringen av accelerometrarna. Det är dock klart att även mätningarna av t.ex. Be-Ge 3100 med isolator med olika dämparinställningar, vilka gjordes i direkt följd, också uppvisar olika acceleration av plattformen. Det är därför troligt att det faktiskt förekom vissa skillnader i plattformens rörelser.

Det fanns också begränsningar i den amplitud av rörelsen som plattformen hade kapacitet att utföra med bibehållen frekvens. Amplituden på 20 mm är betydligt mindre än de större rörelser som kan förekomma i terrängmaskiner. Resultaten kan därför inte direkt tolkas som de olika stolskonfigurationernas prestation i verkligheten, men kan ändå användas som en indikation på deras egenskaper.

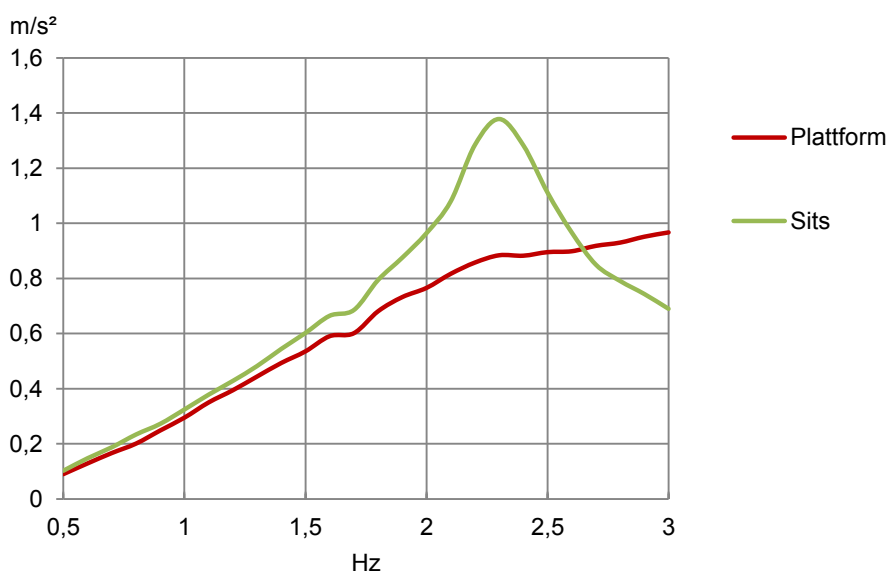
I alla kurvor från mätningarna av plattformens acceleration med sinusrörelsen är en sänka tydligt synlig runt 1,7 Hz. Fram till sänkan verkar det som om plattformen klarade av att utföra de programmerade rörelserna i rätt frekvens och med amplituden 20 mm. De uppmätta accelerationerna ökar exponentiellt så som kan förväntas. Frekvensanalys av en sinusmätning visar att plattformen också därefter höll angiven frekvens men att accelerationen i stället uppvisar en till synes linjär ökningstakt. Slutsatsen blir därför att plattformen efter ca 1,7 Hz utförde rörelser av angiven frekvens men att amplituden minskade gradvis. Också för den återskapade rörelsen går det, från kurvorna av plattformens acceleration, att se att frekvensinnehållet i rörelsen har varit det samma men att amplituden inte alltid varit lika mellan olika mätningar.

I närheten av samma frekvens som plattformens sänka har accelerationskurvorna för alla stolar också ett oregelbundet utseende. Det är svårt att avgöra om det endast beror på plattformens beteende eller också samverkar med stolarnas egenskaper som till exempel deras egenfrekvens som ligger i samma område. Ett fåtal tester gjordes (Be-Ge 7100) också med en sinusrörelse i samma frekvensspektra men med amplituden 10 mm. Plattformen uppvisade vid de testerna samma sänka vid 1,7 Hz. För den amplituden hade dock inte stolen någon direkt efterföljande topp. Den kom istället senare på 2,1 Hz i x-led och 2,3 Hz i y-led. Därmed var det från de mätningarna lättare att skilja de två effekterna åt.

## Resultat från mätningarna med mindre amplitud (10 mm)



**Figur 40.** Acceleration hos sits och plattform för Be-Ge 7100 i x-led vid sinusrörelse med mindre amplitud (10 mm).



**Figur 41.** Acceleration hos plattformen för Be-Ge 7100 i y-led vid sinusrörelse med mindre amplitud (10 mm).

Från diagrammen är det tydligt att endast sänkan i sitsens acceleration kan associeras med sänkan i plattformens acceleration. Det är ett rimligt antagande att samma gäller även för de andra stolarna och med en amplitud på 20 mm. De toppar som kan ses direkt efter sänkan i accelerationskurvorna från sitsen på de olika stolarna kan därför antas bero på stolarnas egenfrekvens. Tyvärr ligger sänkan i plattformens acceleration så nära stolarnas egenfrekvens att det finns stor risk att de kan ha interfererat med varandra. Till exempel kan toppar i accelerationen, som borde ha uppstått vid egenfrekvensen, ha maskerats om de råkade sammanfalla med sänkan. Se Figurerna 40 och 41.

Ska rörelseplattformen användas för ytterligare vibrationstester av stolar och liknande bör en vidare undersökning göras för att förstå gränserna för dess kapacitet och utformning av testerna anpassas därefter.

### **Förstärkning**

Det föreföll olämpligt att göra direkta jämförelser av sitsens accelerationer mellan olika stolar och konfigurationer när de inte hade utsatts för identiska rörelser från plattformen. I stället gjordes jämförelser av förstärkningen mellan plattformen och sitsen. En större acceleration hos plattformen borde rimligtvis ge upphov till en större acceleration också i sitsen. Genom att titta på förstärkningen tas i någon mån hänsyn till detta. Det är dock inte känt hur stolarnas förstärkning faktiskt påverkas av plattformens acceleration. I jämförelsen av förstärkning antas att en skillnad i plattformens acceleration leder till en proportionell skillnad i sitsens acceleration.

### **Stolarnas konfiguration**

I studien var alla stolar som testades utrustade med samma vändskiva och glidskenor. Motivet till detta var att stolarna skulle testas i en konfiguration som liknar den de oftast har när de används i praktiken. Det innebar att alla förstärkningar av vibrationerna som eventuellt uppstår på grund av svagheter i ovan nämnda komponenter visar sig vid alla testerna. Eventuellt ledde det till att skillnaderna mellan de olika stolarnas underredet blev mindre framträdande. Stolen från KAB hade egna glidskenor som satt direkt under stolssitsen. Det har säkert påverkat resultatet, men det är svårt att säga hur mycket eller ens i vilken riktning. Är glidskenor en av de svagare punkterna i det system av olika komponenter som en stol är så borde det vara fördelaktigt att de sitter så högt upp som möjligt. Det glapp som uppstår i glidskenorna får då mindre utväxling och påverkar inte vibrationerna hos sitsen lika mycket.

### **Last i stolarna**

Vid mätningarna med sinusrörelse, som genomfördes först, användes en krocktestdocka som last. Det antogs att den på ett bra sätt skulle representera lasten från en människa och påverkan på stolen. Mot slutet av mätningarna påpekades dock att dockan är betydligt stelare än en riktig människa och därför leder till en större belastning på stolen. I stället provades en inte riktigt full vattendunk som last och fanns vid jämförande tester bättre representera en människas påverkan på stolen i x och y-led. Mätningarna som gjordes med dockan borde trots det vara användbara till inbördes jämförelser, trots att dockan innebar större belastning än vad en människa av motsvarande vikt hade gjort vid de aktuella accelerationerna. Vid mätningarna med den återskapade rörelsen användes vattendunken som last.

### **Fortsatta studier**

Vibrationer i det horisontella planet är av stor betydelse för förare av många olika maskiner. Trots det finns det ingen standardiserad eller allmänt accepterad metod för att mäta sådana vibrationer. Metoden som användes i detta projekt bygger vidare på den metod som användes av Sun (2012) och har likheter med standardmetoden för mätning av stolars vertikala vibrationsegenskaper. För att stolar i arbetsmaskiner ska utvecklas till att bli bättre på att hantera vibrationer i horisontalplanet är det av vikt att metoderna för att studera dem också förfinas. Ett långsiktigt mål skulle vara att en metod blir standard eller åtminstone får bred acceptans hos stol- och maskintillverkare.

I detta projekt studerades hur stolarna som helhet påverkades av olika komponenter. För att förstå helheten bättre skulle det vara av intresse att studera de olika komponenter och funktioner som utgör en stol. Det skulle leda till bättre förståelse för var helhetens svaga punkter finns. Från detta skulle förslag på vilka funktioner som borde konstrueras om eller förstärkas tas fram, samt hur de på bästa sätt kombineras till en komplett stol.

Isolatorer i horisontalplanet visade sig i detta projekt kunna ha både kraftigt förstärkande och dämpande effekter på vibrationerna. Fortsatta studier på isolatorer skulle kunna handla om att maximera de positiva, dämpande effekterna. Detta borde göras med ett helhetsperspektiv som tar hänsyn till egenskaperna hos de system som finns för dämpning av hytter och maskiner.

## Referenser

ISO7096:2000. Earth-moving machinery – Laboratory evaluation of operator seat vibration, 2000.

Sun, Xuan. 2012. Analysis and vibration improvements of a forwarder seat, Master of Science Thesis MMK 2012:33 MKN 061, 2012.

SS-ISO 2631-1, 1998.

Tustin, W. 2005. What is the meaning of PSD in  $g^2/Hz$  units?



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 11 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering. – Greater efficiency in field work using new data sources for forestry planning. Final report to Stiftelsen Skogsällskapet, Project no. 0910-66/143-10 LOMOL. 19 s..
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of prifiles to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, t. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. & Lundström, H. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. – Skotare med Hultdins biokassett. – Forwarding of dried logging residue: study of Hultdins Biokassett 10 s.
- Nr 791 Andersson, g. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. – Performance and fuel consumption of the Bruks 806 STC chipper. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträd shantering i gallring. – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 6 s.
- Nr 797 Jacobson, S. & Filipsson, J. 2013. Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J. J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka grotten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? Effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 16 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.

- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Johan Sonesson, Lars Eliasson, Staffan Jacobson, Lars Wilhelmsson & John Arlinger. Analyse of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden. – Analys av skogsskötselsystem för ökat uttag av klenträ som bränslesortiment 32 s..
- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilotstudie. 9 s.
- Nr 807 Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. 9 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motorinställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia.  
– Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundström, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel. – Performance and fuel consumption of a forwarder-mounted Eschlböck 84 chipper and performance of a John Deere 1410D forwarder. 13 s.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Grönlund, Ö. & Öhman, M. 2013. Framgångsfaktorer för större skogsbränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 40 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012–2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diametermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". Final report of the project 'Hands-free measurement of stem diameter in harvesters. – Development of waste-reducing protection'. 71 s





## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 812–2013



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)