

Dnr 1998-0863

Vibrationsbelastning vid användning av
Hilti bil/mejselhammare, med och utan
Danex vibrationsdämpning

Delrapport inom projektet:
"Inverkan på användaren av vibrationer från slående
handhållna maskiner"

Lage Burström

Teknikenheten
1999



Arbetslivsinstitutet

Innehåll

1. Inledning	1
2. Metod	1
3. Resultat	3
3.1 Maskinernas vibrationer	3
3.2 Vibrationsdämpande åtgärder	6
3.3 Hygienisk bedömning	9
Diskussion	11
Referenser	12

1. INLEDNING

Slående handhållna maskiner, exempelvis mejselhammare, slagghackor, mutterdragare och slående bormaskiner, alstrar ofta vibrationer av impulskaraktär. Typiskt för dessa vibrationer är återkommande slag med kort varaktighet ofta med höga nivåer. Idag finns mycket lite kunskap om denna typ av vibrationer, speciellt vad gäller framkallande av skador. Impulsartade vibrationer verkar orsaka en högre förekomst av perifera blodstörningar samt en påverkan på de skeletala delarna i hand-armen, speciellt vid handled och armbåge (för referenser se 3).

Vid Arbetslivsinstitutet initierades under 1998 ett projekt med titeln "Inverkan på användaren av vibrationer från slående handhållna maskiner". Syftet med projektet är att identifiera, analysera och reducera vibrationer från slående handhållna som leder till skador/besvär bland användarna.

En tendens är att användningen av slående maskiner ökar inom olika branscher bl.a. inom byggbranschen. Orsaken till detta är att byggnadsarbetet idag inte uteslutande består av nyproduktion av bostäder utan att antalet renoveringar ökat. Vid dessa renoveringar ersätts ibland de gamla vatten- och avloppsrören med nya. För att ersätta de gamla rören, i exempelvis ett badrum, måste dessa friläggas vilket sker genom att betongen runt om tas bort genom bilning.

Syftet med denna delstudie är att kartlägga vilka vibrationer och vibrationsnivåer som uppstår vid bilning i betong samt att undersöka hur olika åtgärdsinsatser för att dämpa vibrationsbelastningen fungerar.

2. METOD

Mätningarna har genomförts i en försökshall vid Arbetslivsinstitutet på två vanligt förekommande maskiner som används vid badrumsrenoveringar. De maskiner som undersöktes var Hilti TE 804 och Hilti TE 905, Bild 1. Vid mätningarna var maskinerna utrustade med flatmejslar med en bredd av 25 mm och en längd av ca 45 cm. Bilningen genomfördes på specialtillverkade betongblock förstärkta med granitgrus. Blockens storlek var 1.0 * 0.5 * 0.2 m och vikten uppgick till 220 kg. Vid mätningarna belastades maskinerna med en kraft av ca 100 N.

Mätningar av vibrationsnivån hos de olika handhållna maskinerna har gjorts med små, lätta piezoelektriska accelerometrar (Endevco 226 C). Vid mätningen användes sex accelerometrar, varav fyra accelerometrar användes samtidigt för mätning. Detta möjliggjorde registrering av vibrationssignalerna dels i de tre huvudriktningarna, enligt SS-ISO 5349, dels på två mätpunkter samtidigt. Accelerometrarna limmades fast tre och tre på små mässingkuber som monterats på ett slangklamrer. Slangklamren fastsattes därefter på två av handtagen i omedelbar närhet av respektive hands placering.

Vibrationssignalerna från respektive accelerometer förstärktes med laddningsförstärkare (Brüel & Kjaer 2635) och registrerades därefter på magnetband med bandspelare (Sony PC 204 Ax) för senare analys. Strax före och efter mättillfället kalibrerades mätutrustningen med en accelerometerkalibrator (Brüel & Kjaer 4294). Orsaken till denna dubbla kalibrering var att säkerställa att inget fel uppstått på mätutrustningen under mätningen.

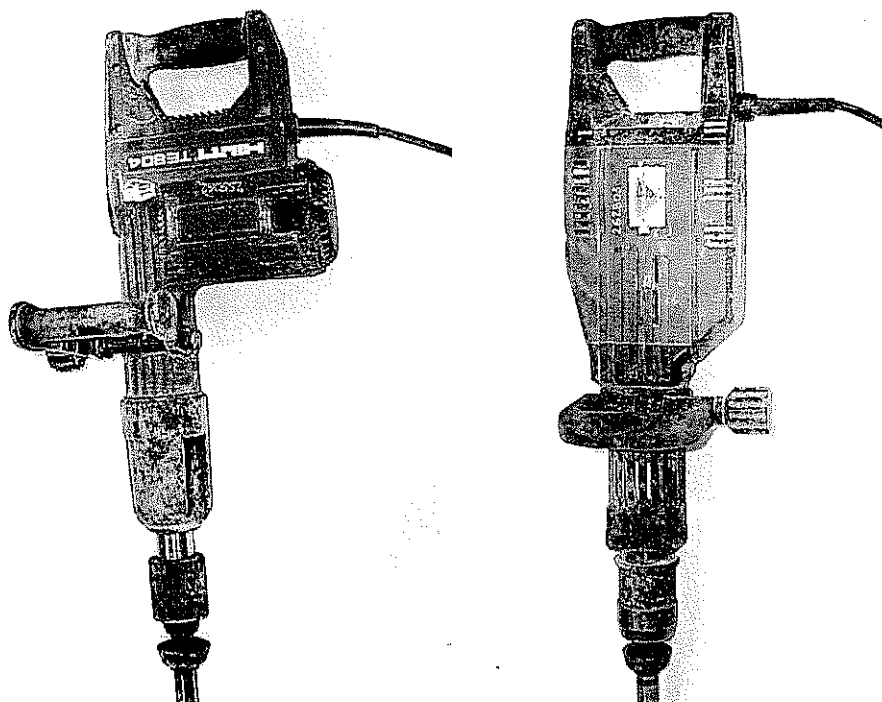


Bild 1. Till vänster: Bil/Mejselhammare, Hilti TE 804, tillverkningsnummer 255062. Inköpsår 1995. Senast underhållen 980427. Eldriven maskin med en effekt av 1350 W och en vikt av 10.5 kg. Maskinens slagtal är 33 Hz. CE-deklarerat värde är 14 m/s^2 . Till höger: Bil/Mejselhammare, Hilti TE 905, tillverkningsnummer 48198. Inköpsår 1997. Eldriven maskin med en effekt av 1600 W och en vikt av 11.3 kg. Maskinens slagtal är 37 Hz (2200 slag/min). CE-deklarerat värde är 8 m/s^2 .

De inspelade vibrationssignalerna har i efterhand analyserats med ett datorbaserat analysystem (Brüel & Kjaer 3560) enligt gällande standarder. Vid analysen av tidsförloppet utnyttjades en tidsupplösning av $10 \mu\text{s}$. Frekvensanalyser genomfördes för respektive 1/3-oktavband med mitterfrekvenser från 2 Hz till 4000 Hz. Vid analysen bildades medelvärdet av vibrationernas frekvensinnehåll över så lång tid att felet i analysen minimerades till mindre än 2%. Detta innebär att mättiden för varje mätning uppgick till mellan 2 och 5 minuter. För varje mätpunkt upprepades mätningarna.

Den vibrationsdämpande utrustningen som undersökts är av fabrikatet Danex och är den enda utrustning av denna typ som finns på marknaden. Utrustningen består av en fästplatta, ett stativ, som ersätter maskinens ordinarie stödhandtag. Detta stativ går under produktnamnet "Y-Lätt". På stativet kan sedan olika typer av handtag monteras. De vibrationsdämpande produkterna som undersökts framgår av Tabell 1 samt Bild 2.

Tabell 1. Beskrivning av de vibrationsdämpande produkterna.

Produkt	Beskrivning
Y-Lätt	Stativ som ersätter maskinens ordinarie stödhandtag. Vikt 4.40 kg för Hilti TE 804 och 4.75 kg för TE 905.
L-handtag	Två korta L-formade handtag som monteras på stativet. Vikt 0.95 kg.
Y-handtag	Y-format handtag som monteras på stativet. Dämpningen är utrusat med två handtag samt band för anliggning med överkropp och axlar. Vikt 2.60 kg.
S-handtag	Slanghandtag som monteras på stativet, bestående av ett fjädrande gummislang mellan två fästen. Detta handtag är en äldre produkt och produceras inte idag. Vikt 0.95 kg.

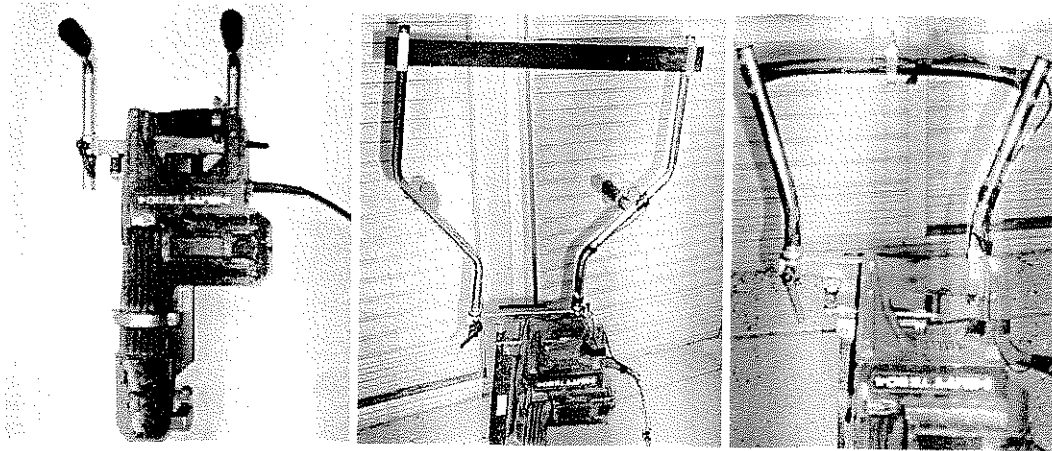
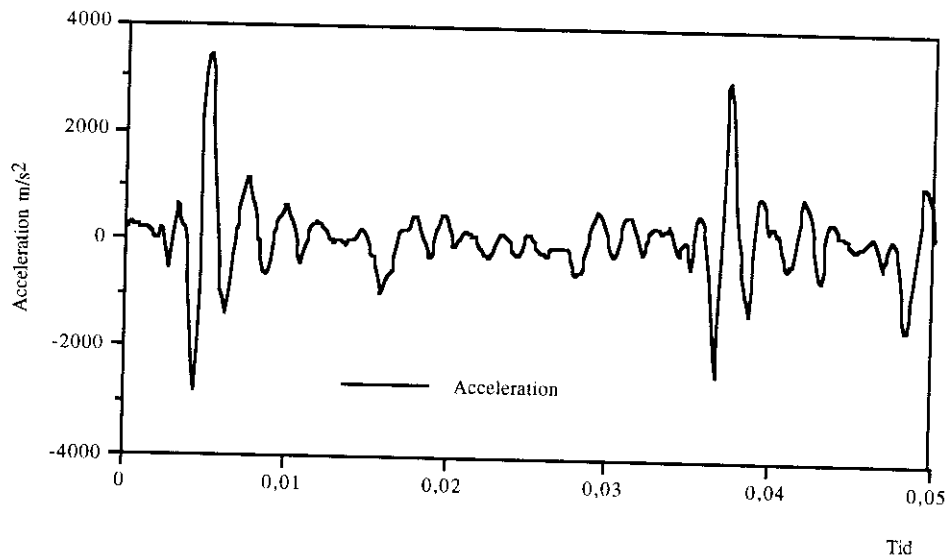


Bild 2. Till vänster: Hilti TE 804 utrustad med Y-Lätt stativet samt L-handtaget, I mitten: Hilti TE 804 utrustad med Y-Lätt stativet samt Y-handtaget Till höger: Hilti TE 804 utrustad med Y-Lätt stativet samt S-handtaget.

3. RESULTAT

3.1. Maskinernas vibrationer

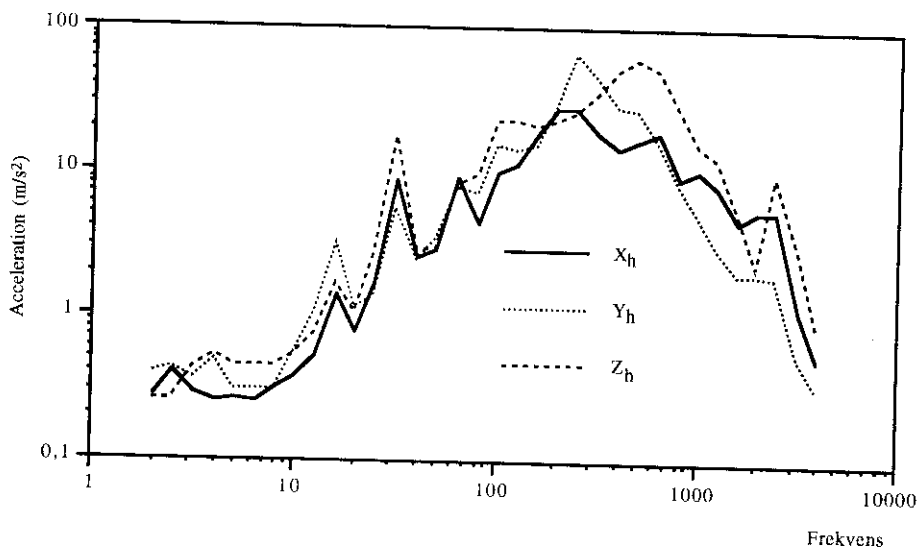
I Figur 1 redovisas ett typiskt tidsförlopp för uppmätt accelerationen på huvudhandtaget hos bil/mejselhammaren Hilti 805 vid bilning.



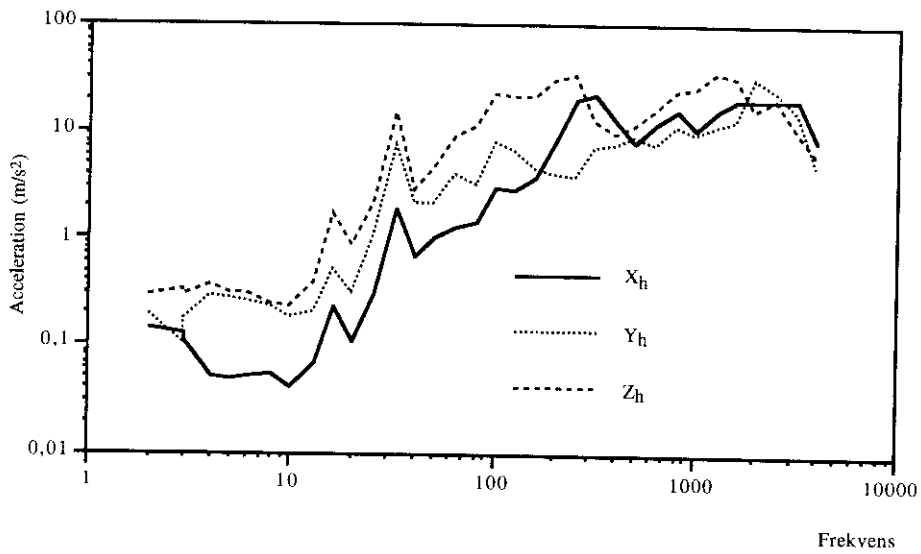
Figur 1. Typiskt tidsförlopp för accelerationen på huvudhandtaget hos Hilti 805 vid bilning.

Av figuren framgår att bil/mejselhamrarna alstrar vibrationer av impulskaraktär. Dessa karakteriseras av återkommande slag med ca 35 ms mellan slagen, med kort varaktighet och med nivåer upp till ca 3500 m/s^2 .

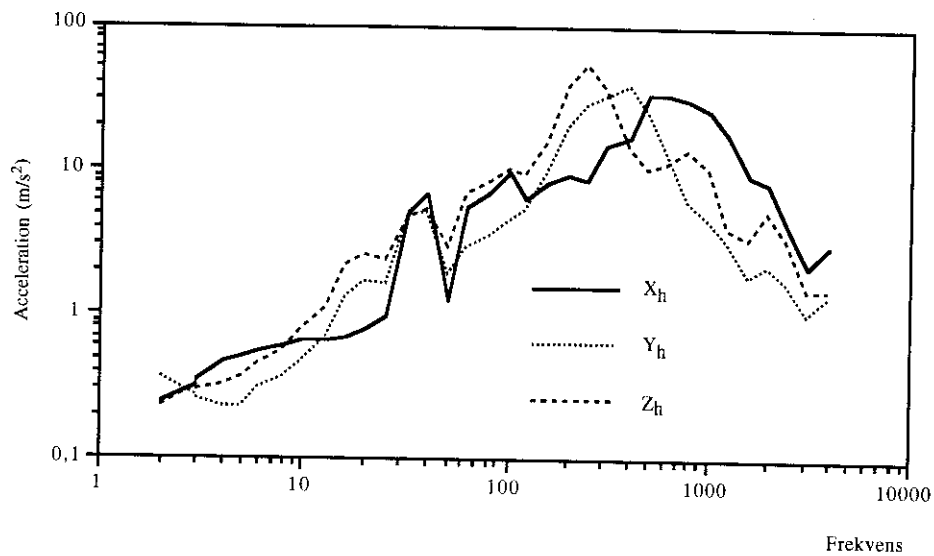
I figur 2 och 3 har accelerationsspektrum sammanställts för huvud- respektive stödhandtaget för bil/mejselhammaren Hilti TE 804. I figurerna redovisas acceleration som funktion av frekvensen för de tre huvudriktningarna X_h , Y_h , Z_h (X_h = maskinens vibrationer framåt - bakåt, Y_h = vibrationer i sidled, Z_h = vibrationer i bearbetningsriktningen). I figur 4 och 5 framgår motsvarande frekvensspektrum för huvud- respektive stödhandtaget för bil/mejselhammaren Hilti TE 905.



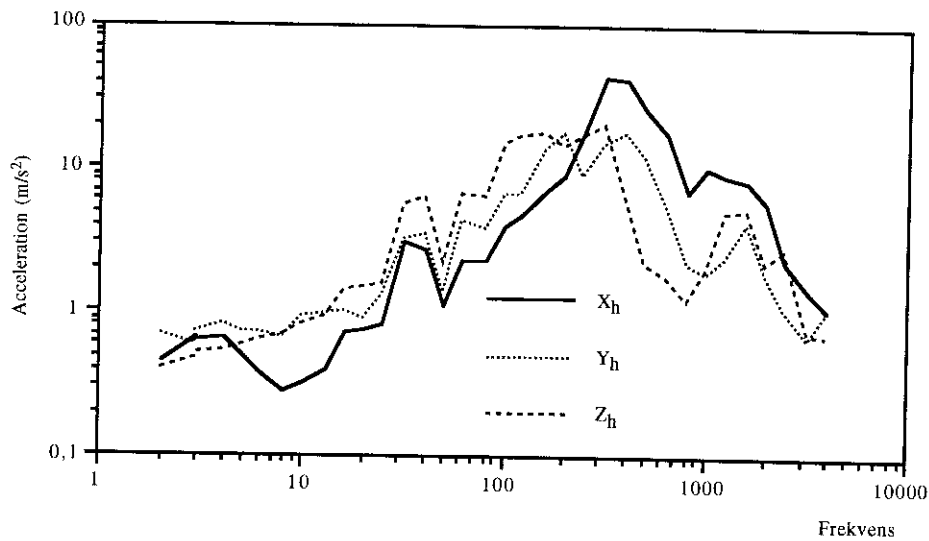
Figur 2. Medelvärde av accelerationen på huvudhandtaget för Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.



Figur 3. Medelvärde av accelerationen på stödhandtaget för Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.



Figur 4. Medelvärde av accelerationen på huvudhandtaget för Hilti TE 905 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.

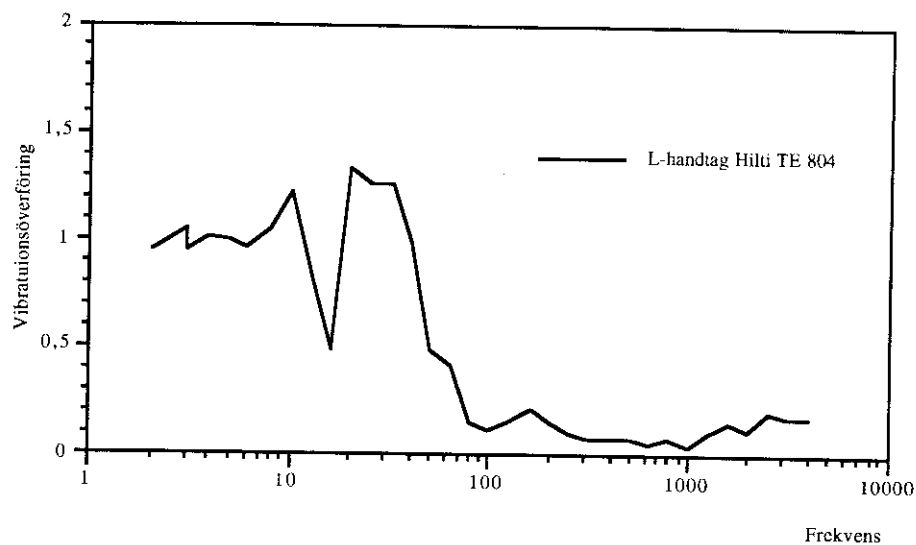


Figur 5. Medelvärde av accelerationen på stödhandtaget för Hilti TE 905 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.

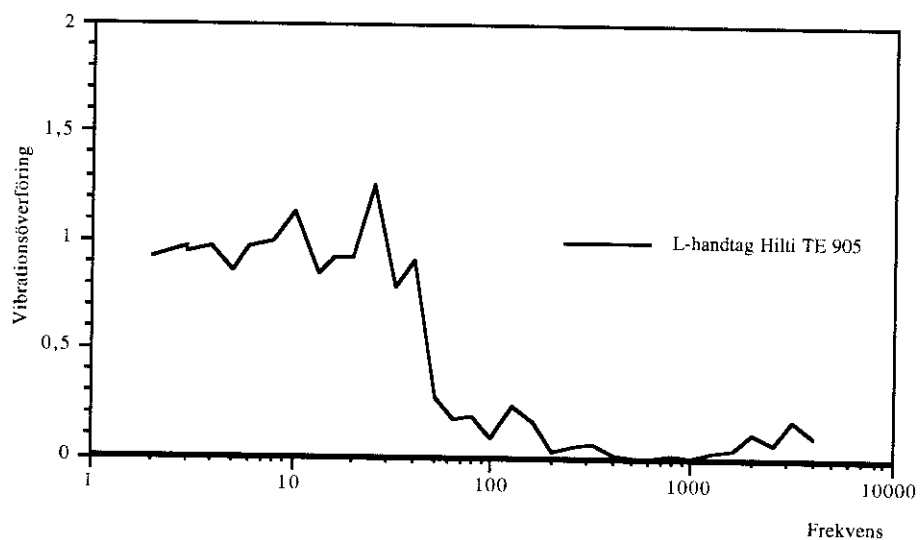
Som framgår av figurena ökar accelerationen med frekvensen och har sitt högsta värde i frekvensområdet 200 - 800 Hz där nivån uppgår till ca 50 - 80 m/s². Vidare framgår att de högsta accelerationerna orsakas i bearbetningsriktningen (Z_h) för Hilti TE 905 medan X_h -riktningen (maskinens vibrationer framåt - bakåt) är mest dominerande för Hilti TE 804. Dessutom framgår att accelerationen är högre på huvudhandtaget jämfört med stödhandtaget för båda maskinerna.

3.2. Vibrationsdämpande åtgärder

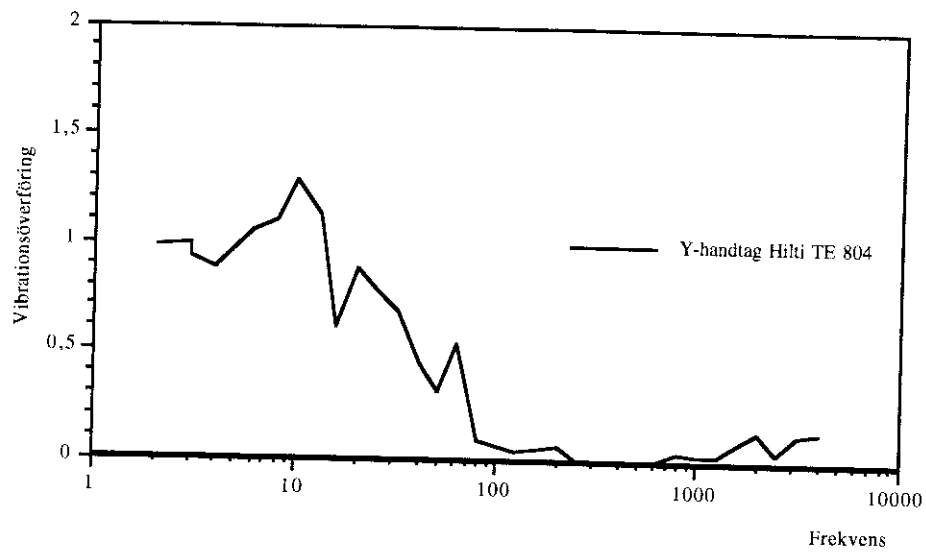
Genom att beräkna kvoten för uppmätt acceleration på respektive maskins huvudhandtaget och det vibrationsisolerande handtaget erhålls ett mått på dämpningen. I Figur 6 - 10 redovisas dämpningen av vibrationerna i bearbetningsriktningen (Z_h) för de olika handtagskonstruktionerna, uppdelad i 1/3-oktavband i frekvensområdet från 2 Hz till 4 000 Hz. Dämpningen är uttryckt som överföringsfunktion och ett negativt värde innebär att en dämpning av vibrationerna skett på det vibrationsisolerande handtaget jämfört med maskinens huvudhandtag. På samma sätt innebär ett positivt värde att vibrationsnivån är högre på det vibrationsisolerande handtaget jämfört med på huvudhandtaget, dvs en förstärkning erhålls.



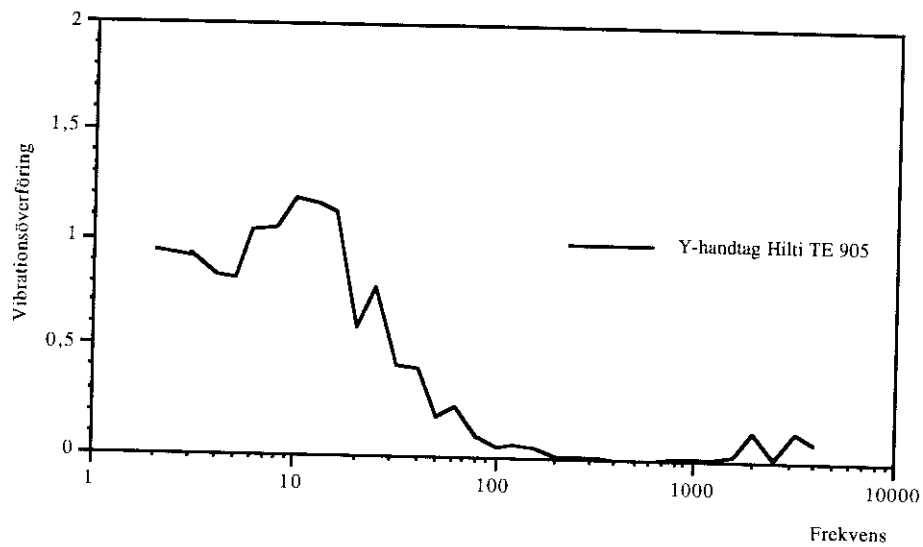
Figur 6. Vibrationsöverföringen för L-handtaget och stativ Y-Lätt monterat på Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband).



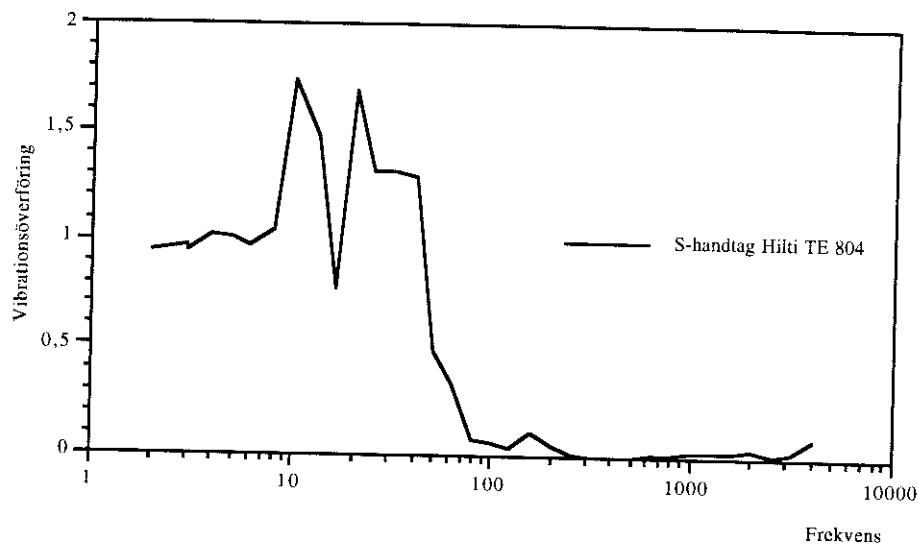
Figur 7. Vibrationsöverföringen för L-handtaget och stativ Y-Lätt monterat på Hilti TE 905 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband).



Figur 8. Vibrationsöverföringen för Y-handtaget och stativ Y-Lätt monterat på Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband).



Figur 9. Vibrationsöverföringen för Y-handtaget och stativ Y-Lätt monterat på Hilti TE 905 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband).

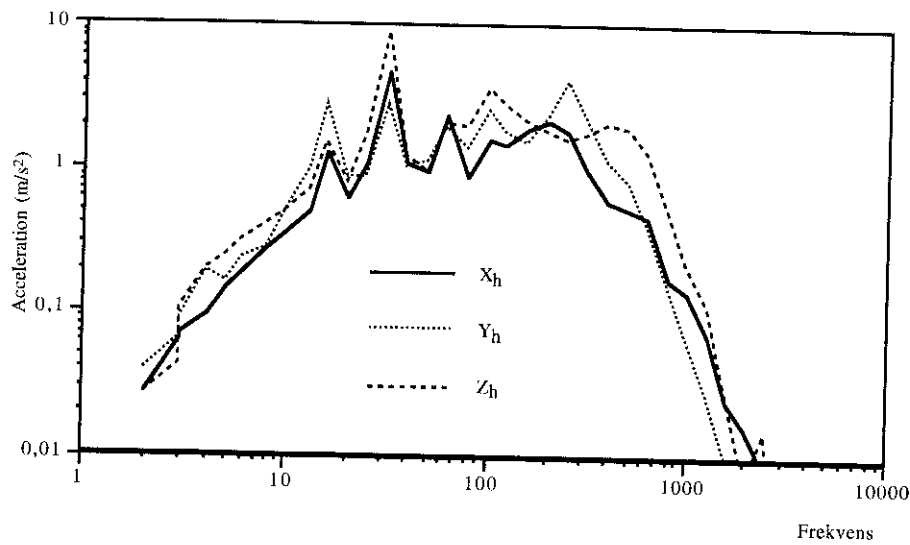


Figur 10. Vibrationsöverföringen för S-handtaget och stativ Y-Lätt monterat på Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband).

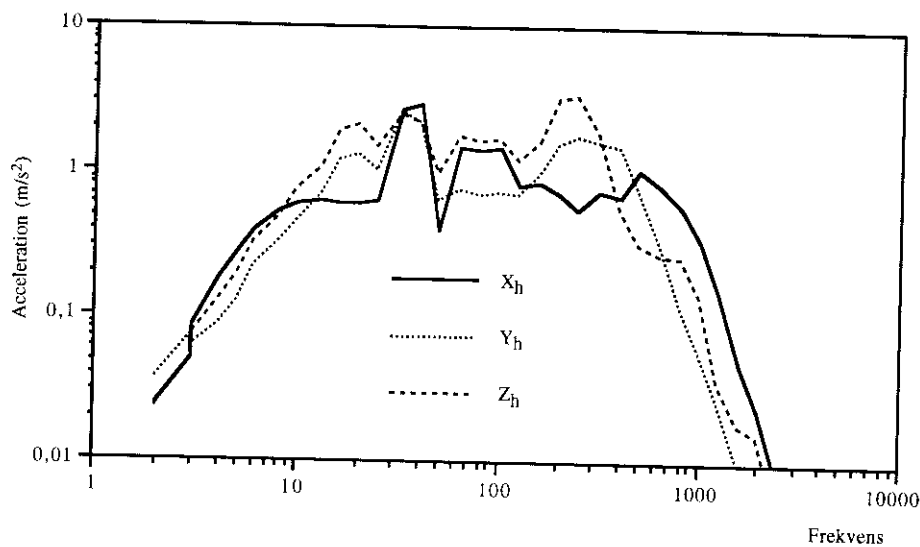
Resultaten visar att Y-Lätt stativet tillsammans med olika handtag ger en hög vibrationsdämpning för frekvenser över ca 80 Hz. För frekvenser under 80 Hz erhålls frekvensområden där en förhöjd vibrationsnivå erhålls. Räknat över hela frekvensområdet är dämpningen mellan 50% till 70% beroende på handtag.

3.3. Hygienisk bedömning

Vid en hygienisk bedömning av risken för uppkomst av olika besvär bygger den svenska och internationella standarden för handöverförda vibrationer, ISO 5349 (5), på beräkning av frekvensvägd vibrationsnivå. Frekvensvägningen görs för att efterlikna människans känslighet för vibrationer. I figur 11 och 12 har sammanställts frekvensvägd accelerationsspektrum uppmätt på huvudhandtaget för de båda maskinerna. I figurerna redovisas acceleration som funktion av frekvensen för de tre huvudriktningarna.



Figur 11. Medelvärde av frekvensvägd accelerationen på huvudhandtaget för Hilti TE 804 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.



Figur 12. Medelvärde av frekvensvägd accelerationen på huvudhandtaget för Hilti TE 905 som funktion av frekvensen (1/3-oktavband) för de tre huvudriktningarna.

Av figurerna framgår att de högsta frekvensvägda accelerationerna erhålls vid maskinernas bearbetningsfrekvens, dvs vid 30 - 40 Hz. I Tabell 2 har medelvärdet av den summerade frekvensvägda accelerationen inom frekvensområdet 2 till 4000 Hz för de tre huvudriktningar sammanställts. Vidare redovisas summerad acceleration för alla tre riktningar, den sk vektorsumman. Av tabellen framgår dessutom riktvärde för maximalt rekommenderad daglig exponeringstid. Detta riktvärde har beräknats utifrån EU's förslag till Maskindirektiv (4). Enligt förslaget bör den ekvivalenta vibrationsbelastningen för en åtta timmars arbetsdag inte överskrida 5 m/s^2 . Högre ekvivalenta vibrationsdoser innebär inskränkningar i arbetstiden.

Tabell 2. Medelvärde av uppmätt frekvensvägd vibrationsnivå i de tre huvudriktningar samt vektorsumma för de båda maskinerna med respektive utan extra vibrationsdämpande utrustning. Vidare anges riktvärde för maximal daglig exponeringstid beräknats utifrån EU's förslag till Maskindirektiv.

Mätobjekt	Acceleration				Riktvärde maximal daglig exponeringstid (tim/dygn)
	(m/s ²)			Vektorsumma	
	X _h	Y _h	Z _h		
Hilti TE 804					
Huvudhandtag	7.1	8.3	11.9	16.2	0.8
Stödhandtag	3.7	4.3	11.9	13.2	1.2
Hilti TE 804 med Y-Lätt och					
L-handtag	3.1	5.2	11.0	12.6	1.3
Y-handtag	2.5	2.2	6.7	7.5	3.6
S-handtag	4.7	7.6	11.0	14.2	1.0
Hilti TE 905					
Huvudhandtag	5.3	5.7	7.5	10.8	1.7
Stödhandtag	3.7	3.7	6.0	8.0	3.2
Hilti TE 905 med Y-Lätt och					
L-handtag	1.7	4.0	5.4	6.9	4.2
Y-handtag	2.3	2.5	3.5	4.9	8.4

Tabellen visar att de frekvensvägda vibrationerna för båda maskinerna är högre på huvudhandtaget jämfört med på stödhandtaget. På Hilti TE 804 uppmättes i bearbetningsriktningen en acceleration av ca 12 m/s² och för Hilti TE 905 uppgick accelerationen till 7.5 m/s². Detta skall jämföras med de deklarerade värdena på 14 m/s² respektive 8 m/s². Riktvärde för maximal daglig exponeringstid för dessa maskiner ligger mellan 0.8 och 1.7 timmar.

De vibrationsdämpande åtgärderna ger en reduktion av accelerationerna mellan 15% och 55% beroende på konstruktion. Sämst reduktion erhålls med det sk S-handtaget. Av tabellen framgår vidare att om maskinerna utrustas med Y-Lätt stativet och L-handtag kan vibrationerna dämpas med i storleksordningen 30%. Bäst reduktion erhålls om maskinerna förses med Y-handtaget. Detta ger mer än 50% reduktion av vibrationerna.

4. DISKUSSION

Vibrationsnivån hos undersökta maskiner och vibrationsdämpande åtgärder är beroende av en rad faktorer, bland annat maskinernas underhåll, verktygens beskaffenhet, underlagets egenskaper och arbetsteknik. Detta innebär att uppmätta nivåer endast gäller under de förhållanden som varit aktuella vid mätningarna. Värden skall därför tolkas med försiktighet. Uppmätta värden bör dock sinsemellan vara jämförbara.

Arbetskyddsstyrelsen har en ambition att få bort de kraftigast vibrerande maskinerna från marknaden och bedriver i samarbete med Yrkesinspektionen ett projekt inom området. Med stöd av föreskriften om "Vibrationer från handhållna maskiner (2)" skall Yrkesinspektionen förmå företagen att byta till lämpliga lågvibrerande maskiner. Vid ordinarie inspektion ser inspektörerna över verktygsförrådet och föreslår att de maskiner som vibrerar mer än 10 m/s² skrotas. Att gränsen 10 m/s² valts beror på att Arbetar-

skyddsstyrelsen till att börja med vill få bort de maskiner som vibrerar mest och som ger flest skador samt att få till stånd en förbättring av maskinparken utan att industrin stannar (1). Av de undersökta maskinerna innebär det att Hilti TE 804 hamnar över gränsen 10 m/s^2 och bör därför enligt Arbetarskyddsstyrelsens rekommendation inte användas. Förses maskinen med Y-Lätt stativet och tillhörande Y-handtag underskrids dock gränsen. Den andra maskinen, Hilti TE 905, har en vibrationsnivå i bearbetningsriktningen som underskrider den rekommenderade maximala vibrationsgränsen. Förses maskinen dessutom med vibrationsdämpande utrustning förlängs rekommenderad maximal daglig användningstid med ända upp till 8 timmar. Sammanfattningsvis kan konstateras att utifrån dessa mätningar bör inte Hilti TE 804 användas för bilningsarbete. Detta gäller även om maskinen förses med dämpning. För den andra bil/mejselhammaren, Hilti TE 905, ger användningen av Y-Lätt stativ tillsammans med de olika handtaget en så påtaglig sänkningen av vibrationsbelastningen att maskinen som standard alltid borde vara försedd med denna utrustning.

Avgörande för uppkomsten av skador är den dagliga exponeringstiden för vibrationer. Detta kommer att närmare studeras i projektets förlängning vid arbetet med badrumsrenovering. En tvärsnittsstudie kommer att genomföras bland användare som arbetar med olika typer av vibrerande maskiner. Studien ska klarlägga hur vanliga olika symtom är samt beskriva exponeringen. Riktade frågeformulär liksom tekniska mätningar skall utnyttjas.

5. REFERENSER

1. Ahlberg E. Vibrationer från handhållna verktyg. In Bois M (Ed). Arbetsmiljüboken - 1996. Arbetarskyddsstyrelsen, Solna (1996) 120-125.
2. ASF1986:7. Vibrationer från handhållna maskiner. Stockholm Liber, 1986.
3. Burström L, Hörnqvist Bylund S, Sörensson A. Inverkan av stötvibrationer på handens upptag av vibrationsenergi. Arbetslivsinstitutet, 1997:2, 1997
4. C230 ON. Amended proposal for a council directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risk arising from physical agents. Official Journal of the European Communities, 1994.
5. ISO 5349. Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration. International Organization for Standardization, Geneva, 1986.