

Buller vid håltagning och infästning i betong

Hur kan man reducera olägenheterna

FÖRORD

Utvecklingsprojektet "Buller vid håltagning och infästning i betong" är en fortsättning och en huvudstudie av tidigare projekt "Ljud- och vibrationsfri borrhning, bilning och mejsling".

Projektet har utförts på initiativ av Tidermans och har genomförts som ett projekt inom FoU-Väst med medverkan från i första hand Högskolan i Halmstad, AF-Bygg, F O Peterson & Söner, Sveriges Byggindustrier, Simmons Akustik & Utveckling samt maskinleverantörer.

Genomförande av projektet har möjliggjorts genom projektbidrag från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Projektet har genomförts med huvudinriktning på borrhning/infästning i betong genom användande av i första hand maskiner och utrustning som ej arbetar enligt den traditionella "slagmetoden".

Testningar och resultat har varit mycket intressanta och finns väl dokumenterade i rapporten. Det bör finnas goda möjligheter att vidareutveckla metoder till att fungera i praktiken och då erhålla en bättre miljö för omgivande verksamhet vid om- och nybyggnad. Beträffande arbetsmiljön för operatören är det också något som är av mycket stor vikt.

Vad gäller bilning av betong etc. har alternativa metoder och arbetssätt ingående dokumenterats, dock har ej några praktiska prov genomförts med anledning av att projektgruppen ej funnit sådana metoder som har kunnat testas rent praktiskt inom ramen för projektet.

Ett stort tack riktas till samtliga som deltagit i projektet och bidragit med värdefull input under arbetets gång.

Göteborg i december 2011

Sune Almqvist
Projektledare

INNEHÅLL

Sammanfattning

- 1 Introduktion
- 2 Buller och spridning av buller
- 3 Metoder för tyst borrhning och bilning
- 4 Tre försök med höghastighetsmaskiner
- 5 Avslutande kommentarer

Referenser

Bilaga SP, Rapport "Bestämning av ljudnivåskillnad till annat rum från borrar maskiner jämfört med standardiserad hammarapparat – Jämförelsen uttrycks som förbättring av stegljudsnivå."

SAMMANFATTNING

Genom åren har maskintillverkarna utvecklat och anpassat bilnings- och slagborr maskiner för användaren. Ett stort problem är det buller som dessa maskiner genererar. Många ROT-projekt genomförs med pågående verksamheter och störningar uppstår då för dem som är kvar i byggnaden. Speciellt stora blir olägenheterna, när de utförs i ljudkänsliga miljöer som sjukhus, skolor eller hotell.

Det finns tre vägar att gå då man vill göra ombyggnadsverksamheten mindre störande: 1) Ljudet sprider sig i byggnaden i hög grad beroende på hur den är konstruerad. En första ansats är att göra en teknisk/akustisk besiktning av byggnaden för att få en uppfattning hur stomljud kommer att spridas. 2) Projektledaren kan genom en god planering hålla de som arbetar i närheten av pågående ombyggnadsarbeten underrättade om när störande arbetsmoment skall ske, vilket gör att störningen upplevs som mindre påfrestande. 3) Det finns möjlighet att föreskriva maskiner och metoder som är mindre störande än de som normalt kommer till användning. Det är i första hand *beställaren som kan sätta reglerna* för hur bullerproblematiken i en känslig ombyggnadsmiljö skall hanteras.

Vi har i detta projekt avgränsat oss till att redovisa, prova och utvärdera alternativa mindre störande metoder för borrar- och bilningsarbeten i betong, eftersom det finns alternativa metoder som förefaller rimliga och kan provas med enkla medel. I projektet har vi genomfört tre test med höghastighetsborr maskiner: 1) Jämförande försök på Sahlgrenska sjukhuset mellan konventionell slagborrhammare med pneumatiskt slagverk och en nyutvecklad höghastighetsborr maskin. 2) Enkelt borrar test med höghastighetsborr maskin, som finns på marknaden. 3) Jämförande test på SP mellan de två höghastighetsborr maskinerna samt konventionell slagborr maskin.

Det har inte varit vår avsikt att jämföra maskinerna ur andra aspekter än dess störande inverkan på sin omgivning under förutsättning att dess effektivitet är jämförbara. Försöken som är gjorda visar entydigt att de vattenkylda höghastighetsborr maskinerna är väsentligt mindre störande än den konventionella slagborr maskinen. Effektiviteten att borra hål är likvärdiga eller bättre. Däremot kan höghastighetsborr maskinerna upplevas som lite mer klumpiga att använda genom t.ex. att vattenkylningen drar med sig extra utrustning. Borren för dessa är också dyrare.

Även om maskinkostnaden kan öka något är det förmodligen mycket lätt för beställaren att räkna hem en bullersanerad ombyggnadsarbetsplats. Beställare av ombyggnadsarbeten i känsliga miljöer skall alltså inte dra sig för att föreskriva höghastighetsborr maskiner.

1 INTRODUKTION

Vid ombyggnaden av ett hotell i Göteborg visade det sig att hotellet hade ett avtal med en av sina kunder – ett flygbolag – att den flygande personalen inte fick störas efter klockan 21 på kvällen. Men samtidigt fanns det ett krav att det närliggande affärscentrets butiker inte ville ha störande verksamhet före kl. 20. För byggföretaget fanns det alltså kvar en timme att genomföra störande aktiviteter som bilning och borrning i betong – en problematisk begränsning för ett ombyggnadsprojekt.

Genom åren har maskintillverkarna utvecklat och anpassat bilnings- och slagborrmaskiner för användaren. De största förbättringarna har skett genom att maskinerna blivit mindre skadliga för användaren på grund av minskade vibrationer. Ett kvarstående problem är emellertid bullret. Borrning, bilning och mejsling i betong, tegel, puts eller lättklinker är ett stort problem på grund av det buller som arbetet skapar. Många ROT-projekt genomförs i allt större utsträckning med kvarboende eller pågående verksamheter i fastigheten och störningar uppstår då för dem som är kvar i byggnaden, när arbeten utförs med slående eller vibrerande maskiner. Speciellt stora blir olägenheterna, när de utförs i ljudkänsliga miljöer som sjukhus, skolor eller hotell.

I rapporten FoU-VÄST 0704 skrev vi att buller vid håltagning är ett omfattande och svårt problem med många infallsvinklar, men att det finns en mängd olika tekniker som reducerar olägenheterna. Det finns också uppfinnare som har mer eller mindre goda idéer för problemets lösning. Emellertid tycks det inte som om medverkande aktörer har insett att utvecklingsarbetet skulle kunna påskyndas om de ställer krav på reduktion av ljudnivåer och också provar nya produktionsmetoder.

Vi har i detta fortsättningsprojekt därför avgränsat oss till att redovisa prova och utvärdera alternativa metoder för borrhings- och bilningsarbeten i betong. Vi har valt så eftersom dessa arbetsmoment uppfattas som de som ger de största bullerproblemen för dem som samtidigt vistas i närliggande lokaler och eftersom det finns alternativa metoder som förefaller rimliga och kan provas med enkla medel.

1.1 Syfte

Vi har alltså i några delprojekt i betong testat håltagningsmetoder, som har en potential att minska bullrets påverkan på verksamheter i byggnaden samt på den byggande personalen.

Vi har avgränsat oss till att endast studera borrning och bilning i betong och att enbart studera och utnyttja färdiga eller nästan färdigutvecklade håltagningsmetoder.

1.2 Genomförande

Projektet har genomförts på följande sätt:

1. *Val av håltagnings teknik.* Håltagningsmetoder har valts ur den katalog av metoder som presenteras i rapporten FoU-VÅST 0704 eller genom kontakter med maskinutvecklare eller genom att nya tekniker spåras upp via t. ex byggmaskinmässor.
2. *Utvärdering.* Metoderna har utvärderats med hjälp av akustiska mätningar. Vi valde att inte göra störningsstudier i konkreta projekt, eftersom vi insåg att vi inte skulle kunna karakterisera ljudkällan på ett säkert sätt. Vi utförde istället kontrollerade lyssningsförsök. De som deltog var personal som har erfarenhet av buller vid ombyggnad samt fastighetsansvariga, som har att hantera klagomål vid ombyggnadsarbeten. Vi utgår ifrån att de lyssningsförsök som gjorts är rimligt representativa för målgruppen – personal och boende.

2 BULLER OCH SPRIDNING AV BULLER

Störande buller skapas i samband med ombyggnadsarbeten. Detta buller kan spridas ganska lång väg genom byggnadens stomme och kan då avsevärt störa många människor som vistas i byggnaden. I detta kapitel kommer vi kortfattat att ge grundläggande förutsättningar för hur buller definieras och hur det sprids.

2.1 Buller

Buller mäts i en logaritmisk skala – decibel (dB). En ökning ned 3 dB innebär en fördubbling av den tekniska ljudstyrkan. En människa har dock svårt att uppfatta en ökning på 2-3 dB. Först när ljudtrycksförändringen uppgår till bortåt 10 dB uppfattar vi det som en fördubbling av ljudstyrkan. Olika frekvenser är olika svåra att dämpa och vid de bullerproblem som vi får vid byggandet är det de låga frekvenserna som är svårast att dämpa. Det mänskliga örat uppfattar buller på ungefär följande sätt:

Svagast uppfattbart ljud	0-15 dB
Svagt vindbrus	25 dB
Normalt samtal	60 dB
Storstadsgata	75 dB
Startande långtradare	95 dB
Diskotek	100 dB
Startande jetflygplan	120-130 dB
Smärtgräns	125 dB

2.2 Gränsvärden för buller

Det finns restriktioner knutna till hur stort buller som får finnas på en arbetsplats. I Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller (AFS 2005:16) och Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus (SOSFS 2005:6) anges de förhållningssätt som arbetsgivaren måste ha till buller.

Gränsvärden:

Det finns tre olika sorters ljud; Kontinuerligt, intermitternt och impulsljud, vilka skiljer sig genom en varierad ljudnivå. Kontinuerligt ljud har små variationer i nivån till skillnad från intermitternt ljud som varierar i nivå hela tiden. Impulsljud har en varaktighet på mindre än en sekund och karakteriseras av att det är "plötsligt". När dessa ljud stiger över en viss frekvens övergår ljud till buller. Det finns tre former av buller; genomsnittligt buller, maximalt buller och impulstopp buller. Till dessa bullerformer finns det gränsvärden som innebär krav kopplade till bullernivåer som utgör en risk för hörselskador.

- Daglig bullerexponeringsnivå är den genomsnittliga bullernivån som en arbetstagare utsätts för under åtta timmars arbetsdag. Gränsvärdet för daglig bullerexponeringsnivå ($L_{EX,8h}$) är 85 dB.
- Maximal a-vägd ljudtrycksnivå är den högsta bullernivå som förekommer under en arbetsdag. Maximal a-vägd ljudtrycksnivå (L_{pAFmax}) får högst vara 115 dB.
- Impulstoppvärdet anger nivån på den högsta kortvariga ljudtoppen som förekommer under en arbetsdag. Maximalt impulstoppvärde (L_{pCpeak}) är 135 dB.

Gränsvärden får inte överskridas. Om detta ändå händer måste arbetsgivaren vidta omedelbara åtgärder för att minska exponeringen så att den kommer under gränsvärdena. Arbetsgivaren måste även utreda orsakerna till varför gränsvärdena överskridits och genomföra nödvändiga åtgärder. Förutom detta måste arbetsgivaren även planera så att bullerexponeringen minimeras.

Insatsvärde

Arbetsgivaren måste vidta insatser för att sänka värdena under gränsvärdena.

Undre insatsvärden

Enligt AFS 2005:16 har arbetsgivaren en skyldighet att vidta åtgärder om gränsvärdena överskrids. Vid en daglig bullernivå ($L_{EX,8h}$) som uppnår eller överskrider 80 dB eller vid ett impulstoppvärde (L_{pCpeak}) på eller över 135 dB, är arbetsgivaren skyldig att erbjuda den exponerade tillgång till information och utbildning, hörselundersökning om en riskbedömning bekräftar att det finns risk för hörselskada och dessutom ge den exponerade personen tillgång till hörselskydd.

Övre insatsvärden

De övre insatsvärdena innebär en daglig bullerexponeringsnivå ($L_{EX,8h}$) 85 dB, maximal a-vägd ljudtrycksnivå (L_{pAFmax}) 115 dB och impulstoppvärde (L_{pCpeak}) 135 dB. Vid överskridande av de övre insatsvärdena måste arbetsgivaren uppföra och genomföra en handlingsplan för att minska bullerexponeringen. Handlingsplanen omfattar en utredning av orsakerna till varför insatsvärdet överskridits, att ställa krav på att hörselskydd används och erbjuda hörselundersökning, samt skylta, avgränsa och begränsa tillträdet till det exponerade området.

2.3 Maskiner

Roterande eller slående maskiner ger ett bearbetningsljud som många gånger kan vara starkare än själva maskinljudet. Där starkt bearbetningsljud förekommer rekommenderar AFS att byta till en annan arbetsmetod. Fördelen med att byta arbetsmetod är att resultat märks direkt i den omgivande närheten. Ett byte kan t.ex. bestå av man byter till en mindre maskin eller genomför

bullerbegränsade åtgärder på maskinen. En begränsning av maskinbullret kan vara nödvändig för att man ska kunna uppfylla exponeringskrav och undvika hörselskydd.

2.4 Spridning av stomljud

Vid bilning och borring i betong måste man i praktiken anbringa en viss kraft för att uppnå det önskade resultatet. En statisk bearbetningskraft genererar inte något ljud, men bearbetningskraften kommer dock att variera, t.ex. på grund av ojämn friktion, eller för att maskinen utför en pendlande rörelse. En slagborrmaskin är konstruerad för att borret skall slå mot och krossa byggnadsmaterialet intill spetsen. Varierande krafter ger olika deformationer i underlaget, som försätter stommen i svängning. Dessa svängningar, eller vibrationer, utbreder sig som en vågrörelse i stommen, liksom ringar på vatten när man kastat i en sten. Vibrationsnivåerna minskar ju styvare och tyngre den bearbetade byggnadsdelen är.

Vibrationer från t.ex. en bilningshammare kan transporteras långt i en tung och styv betongstomme, och ge ljudstörningar i praktiskt taget hela byggnaden. Vibrationerna kommer dock att dämpas något längs utbredningsvägen. Där bjälklag eller väggar bryts av rörelsefogar eller knutpunkter med andra byggnadsdelar kommer en del av vibrationsenergin att reflekteras tillbaka. Bortom fogar och knutpunkter minskar därför vibrationsenergin, men närmare bearbetningsstället kommer den reflekterade vibrationsenergin istället att ge en viss förstärkning.

I lätta byggnadsstommar av trä eller stål dämpas vibrationerna av olika diskontinuiteter, t.ex. balkar eller fogar. Friktion mellan byggnadsdelarna ger också en dämpning av vibrationerna. Man får därför inte samma långväga utbredning i lätta stommar som i tunga. I rum som angränsar till bearbetningsstället kan man dock få mycket höga ljudnivåer.

Vibrerande byggnadsdelar påverkar lufttrycket i ett rum. Tryckväxlingarna påverkar trumhinnan och gör att de som vistas i rummet uppfattar ett ljud. Därför används begreppen vibrationer inom det hörbara frekvensområdet och stomburet ljud (stomljud) ofta synonymt. Tung och styva byggnadsdelar ger låga vibrationsnivåer, men byggnadsdelarna svänger på ett sätt som är effektivt när det gäller att skapa luftljud. Lätta byggnadsdelar ger högre vibrationsnivåer, men kopplingen till luftljudet är dålig, vilket bidrar till att minska ljudstörningarna. Typen av byggnadsstomme påverkar alltså vilken ljudnivå som kan förväntas i rum på olika avstånd från bearbetningsstället.

Metoder för att beräkna vibrationsnivåer och ljudnivåer från stomburet ljud redovisas i svensk och europeisk standard EN 12354 del 5. Metoderna är avsedda för beräkning av stomburet ljud från olika typer av vibrerande installationer (fläktar, pumphar, rörsystem m.m.), men i princip gör standarden det möjligt för tillverkare av olika verktygsmaskiner att redovisa vibrationskrafter vid normal användning av respektive maskin, som sedan kan översättas till beräknade ljudnivåer i rum i närheten av bearbetningsstället. Luftljud från en bearbetningsmaskin kan också gå direkt genom väggar och bjälklag in till angränsande rum. Om luftljudseffekten från maskinen är känd kan ljudnivåerna i intilliggande rum beräknas med metoder i EN 12354-1.

Hörbarheten i ett stomljud beror på ljudets karaktär och hur det överröstar omgivande bakgrundsljud. Hur störande stomljudet är beror även andra faktorer, t.ex. vilken verksamhet som bedrivs och vilken förväntan eller nytta man kommer att ha av de åtgärder som vidtas. Får man ett hett efterlängtat kylsystem installerat på sitt kontor är man troligen mer tolerant mot

ett bearbetningsljud än om man får sin nattsömn eller arbetsro störd av ett oväntat och långvarigt ljud som inte förknippas med någon egennytt.

Den subjektiva störningen kan minskas genom att informera berörda om vilket arbete som skall utföras, när detta skall ske och varför arbetet måste göras just då. Informationen gör att ljudet inte kommer som en överraskning, man ser nyttan med insatsen och man kan planera sitt eget arbete eller vila så att störningen minimeras. Det är sedan viktigt att hålla den tidplan som har angivits så att förtroendet för informationsgivaren bibehålls. Dålig eller missvisande information ger en påtaglig ökning av irritationen. En ekonomisk kompensation, t.ex. hyresnedsättning, kan minska den upplevda olägenheten något, men det hjälper ju inte mycket om nattsönnen eller arbetsron förstörs helt.

Ljudalstringen från mekanisk bearbetning av en byggnad skulle kunna minskas på olika sätt. Ett sätt vore att försöka minska kraftväxlingarna (med bibehållen statisk anliggningskraft), exempelvis skärande verktyg med diamantbeläggning som ger lägre stomljud än en krossande slagborr. En mycket lågvarvig maskin skulle ge vibrationer med låga svängningsfrekvenser, som ger ett mindre störande ljud, men sannolikt blir en sådan maskin mindre effektiv och man får därför en längre bearbetningstid vilket kan uppfattas negativt. En extremt högvarvig maskin, eller vattenjetstrålar, skulle istället ge vibrationer med höga frekvenser, som dämpas ut snabbare i byggnadsstommen och på så sätt ger mindre ljudstörningar. Att skjuta fast stift, klamrar m.m. ger en kraftig men kortvarig vibrationspuls som i vissa fall kan uppfattas som mindre störande jämfört med en kontinuerlig bearbetning, särskilt om information gått ut i förväg.

Det kan finnas alternativa metoder som klarar de krav som ställs, som inte ger någon ljudstörning alls. Exempelvis kan kablar och lättare utrustning i många fall fästas med lim. I något fall kan man överväga att dra rör eller ställa upp maskiner utanför byggnaden istället för i källaren. Håltagning i exempelvis en källarmur eller yttertak kan i vissa fall göras med het gas, s.k. termolansering. Rörelsefogar i byggnaden kan ge en viss dämpning och man kan lämpligen kontrollera att de är öppna och fungerar på avsett sätt.

Ljud från stommen kan avskärmas med fristående byggnadsdelar, som inte har kontakt med de delar som leder vibrationer. Nedpendlade tunga undertak, flytande golv och uppreglade väggar kan användas för att dämpa stomburet ljud mot ett utrymme. Sådana åtgärder är normalt mycket dyrbara och de är inte alltid tillräckliga för att helt eliminera ljudstörningar.

3 METODER FÖR TYST BORRNING OCH BILNING

Det finns en mängd olika metoder att bila och borra i betong, dock är de flesta förenade med mycket störande buller för omgivningen. Vi har i detta projekt sökt efter metoder att bila och borra i hårda material – metoder som är effektiva utan att skapa buller som sprids lång väg i byggnaden. I vår förra rapport "Buller vid håltagning" (FoU Väst rapport 0704) finns några tabeller som ställer samman förekommande håltagningsmetoder och maskiner, de bifogas som Bilaga 1,2 och3. I detta kapitel beskrivs de metoder som är mindre bullerstörande och som vi tror kan vara möjliga alternativ vid bilning och borring i känsliga miljöer.

3.1 Kärn- och diamantborrning

Det finns på marknaden flera bormaskiner för diamantkärnbörning. Även om diamantbörnstålen är relativt dyra vägs det förmodligen upp av att arbetskostnaderna har stigit snabbare och det kan säkert i många fall var lönsamt att överväga att använda denna typ av maskiner. En stor fördel är att de i förhållande till slagbormaskinerna är mycket tystare och ljudet sprider sig inte heller på samma sätt i byggnaden.

I nästa kapitel – kapitel 4 - har vi testat några sådana maskiner och jämfört dem med en vanligt förekommande slagbormaskin.

3.2 Diamant- och diamantvajersågning

Diamantsågningsmaskiner är snabba, flexibla och ekonomiska. De är dessutom lätta att hantera och producerar noggranna resultat, dock är livslängden på klingan begränsad. Problem som kan uppstå är t.ex. slö egg, snitt avvikelser, våldsamt vibration, hög bullernivå samt producerandet av en oacceptabel snittyta.

Diamantvajersågningsmaskiner är mindre och smidigare samtidigt som leverantörerna har börjat tillverka eldrivna sågar som kan ersätta den hydrauldrivna sågen. Diamantverktygen blir bättre och skär snabbare än tidigare. Diamantvajersågen kan såga genom stort sett all typ av betong och betongtjocklek, metoden lämpar sig därför till sågning vid brobyggen, dammar och tjocka betongkonstruktioner.

3.3 Sprängning

Sprängning har varit en framgångsrik metod för att riva större betongkonstruktioner såväl över som under vatten. Däremot kan mindre byggnader vara svåra att genomföra eftersom betongen varierar i hållfasthet och resultatet beror av hur mycket armering som det finns i konstruktionen. Metoden är mångsidig men chockvågen från sprängningen kan skada omkringliggande struktur genom mikrosprickor runt laddningarna. Bullerexponeringen blir vid riktigt genomförande obetydligt bortsett ifrån den borrning som krävs.

Resultat från experiment (Molin 1983) visade att försiktig sprängning kan vara en i jämförelse med t.ex. bilning konkurrenskraftig demoleringsmetod ur såväl ekonomisk som teknisk synvinkel. Även arbetsmiljön visade sig bli bättre, även om stora mängder damm skapades under sprängningen. Utrustningen är lätt och flexibel vilket gör tekniken till en mobil demoleringsmetod.

3.4 Spräckning

Mekanisk och kemisk spräckning utförs genom att man bryter upp betongen med hjälp av en kraft som trycker mot insidan av förborrade hål. Båda metoderna innebär att man arbetar under minimala buller- och vibrationsnivåer bortsett från det som uppstår då man borrar hålen. Spräckning kan användas i fall där en kontrollerbar, tyst och dammfri metod är att föredra.

Mekanisk spräckning

Mekanisk spräckning delar betongen med en hydrauliskt driven maskin med tryck från en motor. Ett tryck skapas på insidan av förborrade hål och samtidigt som trycket från maskinen ökar bildas ett nät av sprickor som sakta bryter upp betongen. Den typiska hydrauliska spräckaren har en styrka mellan 150-400 ton, beroende på modell. Mindre maskiner med en lägre kraftkapacitet används vid lätta arbeten eller när utrustningen måste kunna hanteras vid

horisontella eller vid under-upp arbeten. Maskinen kan drivas med gas eller elektricitet, men vanligast är att använda sig av tryckluftsdrivna hydrauliska pumpar eftersom kompressorn även kan användas som energikälla för andra maskiner. Flera spräckare kan drivas samtidigt genom den hydrauliska pumpen, som ger mer kraft vid demolering av extra tjock eller kompakt betong. Betongen transporteras sedan bort antingen med handkraft eller med kran. Mekanisk spräckning är en billig, tyst och vibrationsfri demoleringsmetod men kräver förborrade hål, vilket i sig ger vissa buller- och vibrationsnivåer. Förutom detta har man liten eller ingen kontroll av sprickbildning under spräckningen.

Kemisk spräckning

Kemisk spräckning utvecklades redan på 60-talet i Japan och började marknadsföras i slutet av 70-talet. Precis som vid mekanisk spräckning utsätts betongen för inre tryck på insidan av förborrade hål. De förborrade hålen brukar ha en diameter på 38-50 mm och ett avstånd på 200-400 mm i armerad betong (American Concrete Institute 2001). Trycket åstadkoms av en kemisk blandning som injekteras i hålen. Blandningen, som består av ett cementbaserat pulver blandat med vatten, expanderar och ett fint nät av sprickor uppstår och försvagar betongen som slutligen spräcks. Metoden är en av de mer kostsamma spräckningsmetoderna. Fördelarna med kemisk spräckning är att metoden är kontrollerbar, tyst och vibrationsfri om man bortser ifrån från borrhningsarbetet. Kemikalierna är temperaturkänsliga och effektiviteten hos dessa reduceras kraftigt vid temperaturer under 0°C. Om kemikalierna hanteras felaktigt kan massan expandera mycket fort vilket då resulterar i en mindre explosion. Därför finns det höga säkerhetskrav vid kemisk spräckning. Det krävs också en omsorgsfull planering av hur hålen placeras för att nå ett bra resultat.

3.5 Vattenbilning

Vattenbilning - water-jet cutting - sker med hjälp av en vattenstråle med mycket högt tryck som lösgör betongen från konstruktionen. Det höga trycket erhålls från en dieseldriven motor som genom en vattentvång genererar ett vattentryck på upp till 2300 bar, vilket är ett tillräckligt högt tryck för att demolera betong utan att demolera armeringen. Tillsätts slipmedel i vattenstrålen kan tekniken även användas för skärning av bl.a. armering, tekniken är även känd som abrasiv vattenskrivning - "abrasive water-jet cutting". Vattenbilning i samband med betongreovering har många fördelar. Brandrisken är liten och man slipper damm, vibrationer och stömljud i konstruktionen som bearbetas. Metoden är skonsam ur arbetsmiljösynpunkt. Genom de stora vattenmängder som behövs vid vattenbilning krävs det ett ordentligt vattenuppsamlingsystem. Vattenbilning kan användas för att såga raka linjer samt för kontursågning. De stora nackdelarna med vattenbilning är den stora och komplicerade utrustningen som behövs och de stora vattenmängder som genereras och som måste tas om hand. Metoden används oftast vid anläggningsarbeten. Kasai (1989) säger att metoden ursprungligen var utvecklad för anläggningsarbeten men att den också har använts för rivningsarbeten i hotell och på sjukhus med anledning av att metoden är tyst och vibrationsfri.

Vid Blekinge tekniska högskola finns Swedish Waterjet Lab (www.waterjet-lab.se) som bedriver verksamhet inom teknikutveckling och kompetensförsörjning för att skapa en hållbar utveckling av svensk vattenskrivningsindustri. I Ronneby finns även ett flertal företag som arbetar och utvecklar vattenskrivningsteknik (Water Jet Sweden AB, KMT Robotic Solutions AB och Swede Matic AB). Vid förfrågning till Swedish Waterjet Lab säger de att metoden kanske inte är lämpad för bilning i byggnader eftersom maskinerna är stora och klumpiga.

I internationella tidskrifter kan man dock finna påståenden om att metoden används för bilning av betong: "High-speed waterjetting is commonly used for concrete demolition." (Momber 2000). Hudgins (1989) menar att vattenbilning kan användas inte bara för bilning längs raka linjer utan även för bilning av t.ex. rund manhål och i armerade betongplattor kan man komma upp i en hastighet av 25 mm i minuten. Arasawa et. al. (1986) har gjort försök med vattenbilning som visar att det finns möjlighet att skapa en kontrollerad bilning i grövre betongkonstruktioner.

3.6 Heating

Heating är en metod som innebär att värma upp ett material till så hög temperatur att materialet deformeras av värmen. Heating kan antingen utföras som en termisk borrar/skärning där betongen smälts eller som en spräckning genom uppvärmning av antingen armering eller betongen:

- Termisk borrar, håltagning och sågning med hög temperatur - låga, plasma eller laserstråle,
- Spräckning genom elektrisk heating av armering.
- Spräckning genom elektrisk heating av betong.

Termisk borrar och håltagning

Termisk borrar sker en teknik som kallas plasmaflamlans, ett verktyg som ytterst består ett elektriskt isolerat inrör och ett yttorrör av järn. Gapet mellan rören fylls med syre, nitrogen eller hydrogen som matas genom det inre röret. Det yttre röret fungerar som en katod och det inre som en anod. Detta skapar en lans som smälter betongen.

Termisk skärning/sågning

Termisk skärning innebär att en teknik kallad termisk flamlans används och metoden innebär att betong smälts ner. Verktöget för den termiska lågan- eller den termiska lansprocessen består av ett rör med 13-17 mm yttre diameter, innehållande en vajer av en järn- eller aluminiumlegering (se t.ex. Candea et.al. 2009). Syre får sedan passera mellan vajrarna som skjuts ut till spetsen av röret. Vid tändning brinner vajern i en atmosfär av syre för att upprätthålla en hög temperatur. Betongen kan skäras i en hastighet av 20-40 cm/min vid användandet av en termisk låga. Silica-baserade aggregat kan generellt sett skäras i en högre hastighet än vad kalkstensbaserade. Stålpplattor och armering kan skäras i en högre hastighet i jämförelse med betong då stål genererar en högre temperatur när materialet reagerar med syret. Tekniken kan användas i trånga utrymmen och styrs då av robotar.

Spräckning genom elektrisk heating av armering

Metoden innebär att man avlägsnar ytskikt av betong genom att skapa en kontinuerlig spricka med elektrisk uppvärmning av ett antal armeringsstänger. Detta kan göras antingen genom "Direkt elektrisk heating" eller genom "Inducerad heating".

Vid *Direkt elektrisk heating* exponeras båda ändarna av armeringsjärnen och utrustas med elektroder. En hög växelspanning läggs på armeringsjärnen som expanderar av värmen. Den termiska expansionen av armeringen och kringliggande betong skapar ett dragbrott i betongen. En kontinuerlig spricka uppstår över de uppvärmda armeringsjärnen och bandet mellan betongen och armeringen försvagas. Betongyttskiktet, och armeringen, kan sedan avlägsnas genom att försiktigt slå kring området med en hydraulisk hammare eller med en mejsel.

Vid *Inducerad heating* placeras armeringsjärnen i betongen i ett växelströmsfält genom en induktionsrulle, som genererar en virvlande strömstyrka genom armeringen. Resultatet blir en inducerad spänning och därmed värme i armeringsjärnen som används för att spräcka betongen. Processen har samma fördelar som "Direkt elektrisk heating" men är enklare genom att strömfältet appliceras direkt på betongen.

Spräckning genom elektrisk heating av betong

Betong kan demoleras genom ett dragbrott i betongen, som uppstår då betongen värms upp med elektrisk energi. Uppvärmningen sker antingen med mikrovågor eller med en kombination av högfrequens och högspänning.

*Mikrovåg*tekniken används i industriella syften. En hornformad antenn appliceras på betongen, vilket polariserar vattenmolekylerna i betongen och värmer då upp materialet. Bortsett från reflektioner, passerar mikrovågen genom betongen. Det innebär att betongen värms upp från ytan till ett visst djup inåt, och att ett dragbrott uppstår i betongen p.g.a. temperaturskillnaden mellan ytan och insidan, vilket leder till att betongen spricker.

När *högfrequens och högspänning* kopplas till elektroder installerade i betong, ökar temperaturen i betongen vilket spräcker konstruktionen. Processen har samma fördelar som mikrovågsmetoden. Dess nackdelar är att området måste isoleras för att undvika olyckor och TV och kommunikationsmedel måste skyddas från störningar.

3.7 Kapitelsammanfattning

Nedan har vi gjort en sammanställning av de metoder som vi har analyserat och delvis testat i projektet. Vi har så långt vi haft möjlighet ställt samman metodernas användbarhet och egenskaper. I FoU-Väst Rapport 0704 bilagor 1-3 finns en sammanställning över olika metoder och maskiner.

Tabell 3.1 Borrnings- och håltagningsmetoder

Metod	Används till	Störning	Fördelar	Nackdelar
Traditionell slagborrhammare	Borring/håltagning i betong	Buller, stömljud för omgivande verksamhet	Enkel och beprövad metod	Vibrationer för operatören
Högfrequens bormaskin	Borring/håltagning i betong	Viss vattentillförsel för kylning	Enkel och okomplicerad metod	Inga påtagliga nackdelar
Kärn- och diamanborring	Borring/håltagning i betong	Stor vattentillförsel för kylning	Ren och vibrationsfri metod	Dyrt, komplicerat, kräver specialistkompetens
Diamant och diamanvajersågning	Skära och bila i	Stor vattentillförsel för	Ren och vibrations-	Dyrt, komplicerat, kräver specialist-

	betong	kylning	fri metod	kompetens
Sprängning	Skära och bila i betong	Säkerhet för omgivningen,	Lätt utrustning, ekonomisk	Kräver specialist kompetens, kan ge mikrosprickor i omgivande material
Spräckning	Skära och bila i betong	Inga påtagliga störningar	Tyst och ren metod	Dyrt, komplicerat, kräver specialistkompetens
Vattenbilning	Skära och bila i betong	Mycket stor vattentillförsel	Relativt tyst metod	Dyrt, komplicerat, kräver specialistkompetens
Heating	Skära och bila i betong	Stor värmeutveckling	Relativt tyst metod	Dyrt, komplicerat, kräver specialistkompetens
Limning	Infästning av kabel mm.	Ingen påverkan på omgivningen	Tyst och dammfri metod	Ej utvecklad, inte alltid tillåten metod

4 TRE FÖRSÖK MED HÖGHASTIGHETSBORRMASKIN

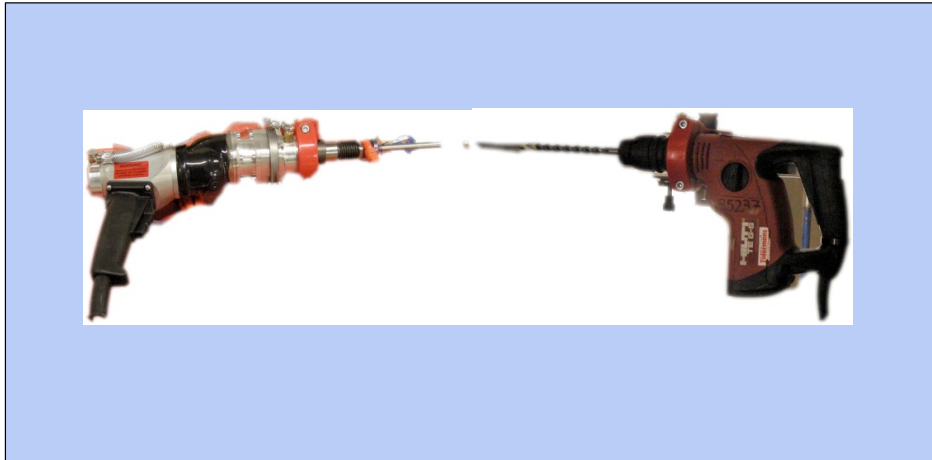
Under projektets gång har vi letat maskiner som kan borra hål i betong med en avsevärt lägre störningsfaktor för omgivande lokaler i huset än den konventionella slagborrmaskinen. De som vi funnit är några höghastighetsborrmaskiner, vilka genom sitt funktionsätt inte stör omgivande lokaler på samma sätt som slagborrmaskinen.

Vi har framför allt funnit två som vi genomfört tre olika test med:

- Jämförande försök på Sahlgrenska sjukhuset mellan konventionell slagborrmaskin och en nyutvecklad höghastighetsborrmaskin.
- Enkelt borrhasttest med höghastighetsborrmaskin, som finns på marknaden.
- Jämförande test på SP mellan de två höghastighetsborrmaskinerna samt konventionell slagborrmaskin.

I detta kapitel beskrivs dessa försök. Det har dock inte varit vår avsikt att jämföra maskinerna ur andra aspekter än dess störande inverkan på sin omgivning under förutsättning att dess effektivitet är jämförbara.

4.1 Försök på Sahlgrenska

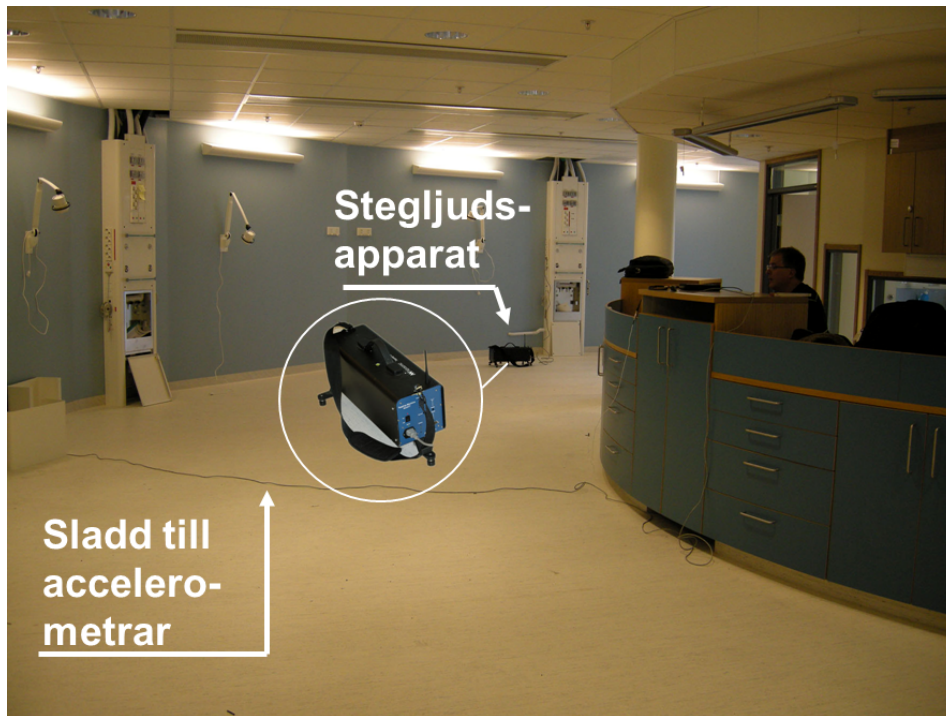


Försöket avsåg att göra ett jämförande ljudtest mellan en vanlig slagbormaskin och en nyutvecklad höghastighetsbormaskin vid borrhning i betong. Jämförelsen avsåg i första hand uppmätt och upplevd bullerstörning i närliggande rum. Resultatet var entydigt, höghastighetsbormaskinen gav ett avsevärt mindre störande ljud än slagbormaskinen, höghastighetsbormaskinen var ca 50 % snabbare medan handhavandet av slagbormaskinen var betydligt enklare.

4.1.1 Försöksuppställning/metod

Försöket gjordes i ett nybyggt hus på Sahlgrenska Universitetshuset - Bruna Stråket nr 15, vårdal entréplan -, som ännu inte tagits i bruk. Maskinerna ställdes upp i källaren på en makadambädd - golvet var ännu inte lagt. Maskinerna monterades på stativ och borrhningen skedde uppåt i bjälklaget. Slagbormaskinen var en Hilti och höghastighetsbormaskinen hade benämningen Belugi. I båda fallen borrhades med 12 mm borr.

Bjälklaget var ett massivt betongbjälklag på plattbärlag. Mätningarna gjordes i ovanliggande sal. Rummet var ganska stort.



Figur 4.1 Mätutrustning i rummet ovanför det rum där borrning genomfördes

Försöksmetod

Följande borrningar gjordes i det undre rummets tak:

- I första omgången borrades 5 st. 12 mm hål 7cm djupa med Hilti-maskinen. Hålen var utspridda på en area om ca 1x0,5 m. Ett normalt slagborr användes.
- I andra omgången borrades 5 st. 12 mm hål 7 cm djupa med Belugin, varvtal 8000 varv/minut inom samman area som med Hiltin.
- I en tredje omgång borrades två hål med Belugin och med lägre varvtal – 3000 och 6000 varv/min.

I all fallen använde dammuppsamlare.

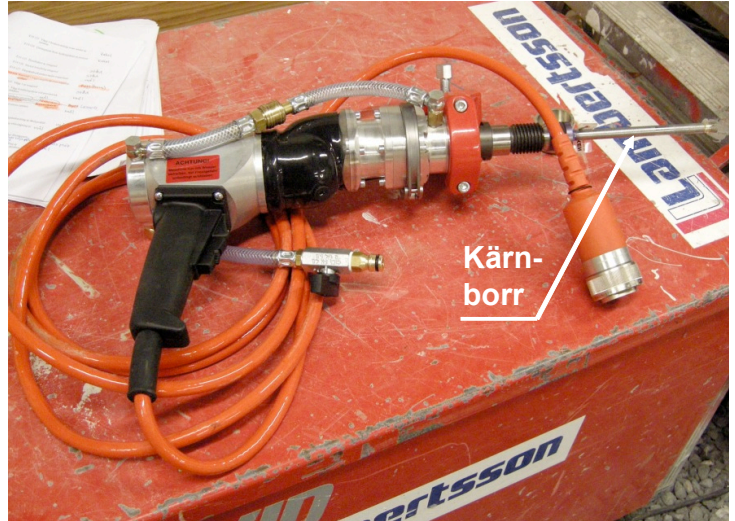
Borrningsomgång 1 Hilti

Maskinen fungerade utan problem. De fem 7 cm djupa 12 mm-hålen borrades på 25-35 sekunder per hål, se figur 4.2.

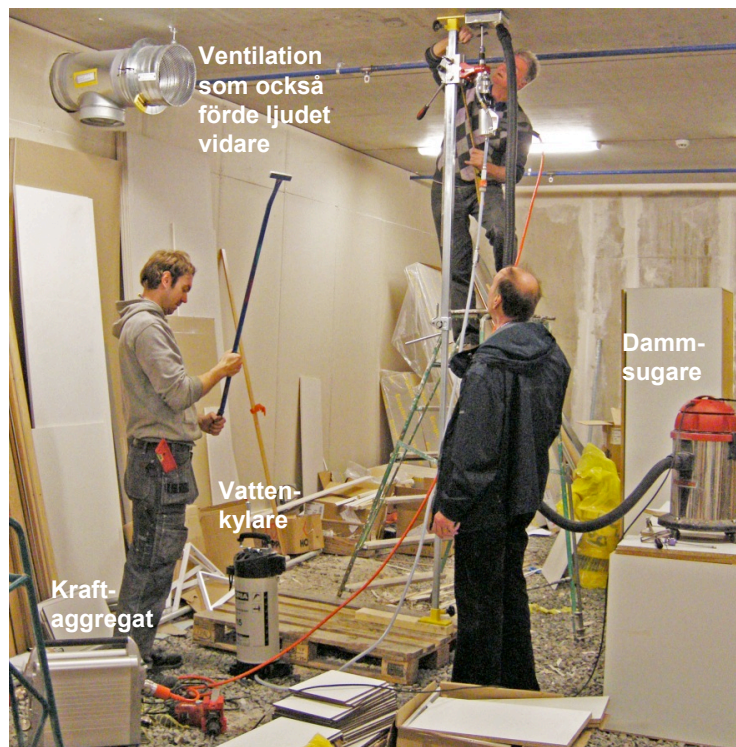
Figur 4.2 Borrning med Hilti slagborrmaskin

Borrningsomgång 2 Belugi

Till maskinen var kopplad vattenspolning och dammsugare. Hålen borrades snabbare än med Hiltin - 15-20 sekunder per hål, se figur 4.3 och 4.4. Vissa problem uppstod efter några av borrhålen eftersom borrhärdarna fastnade i borren och var svåra att få ut. Maskinen har efter detta försök utvecklats och blivit enklare att använda.



Figur 4.3 Borring med Belugi med kärnborr



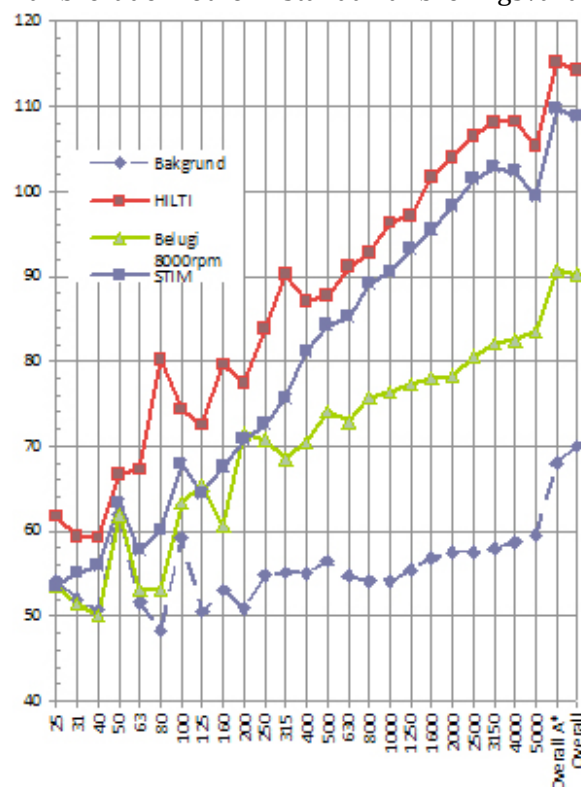
Figur 4.4 Uppställning vid borring med Belugi

3.1.2 Mätresultat

Mätmetod

Vibrationsmätningar gjordes i rummet ovanför det utrymme där borringen skedde. Rum och mätutrustning framgår av figur 4.1. För mätningarna gällde följande förutsättningar:

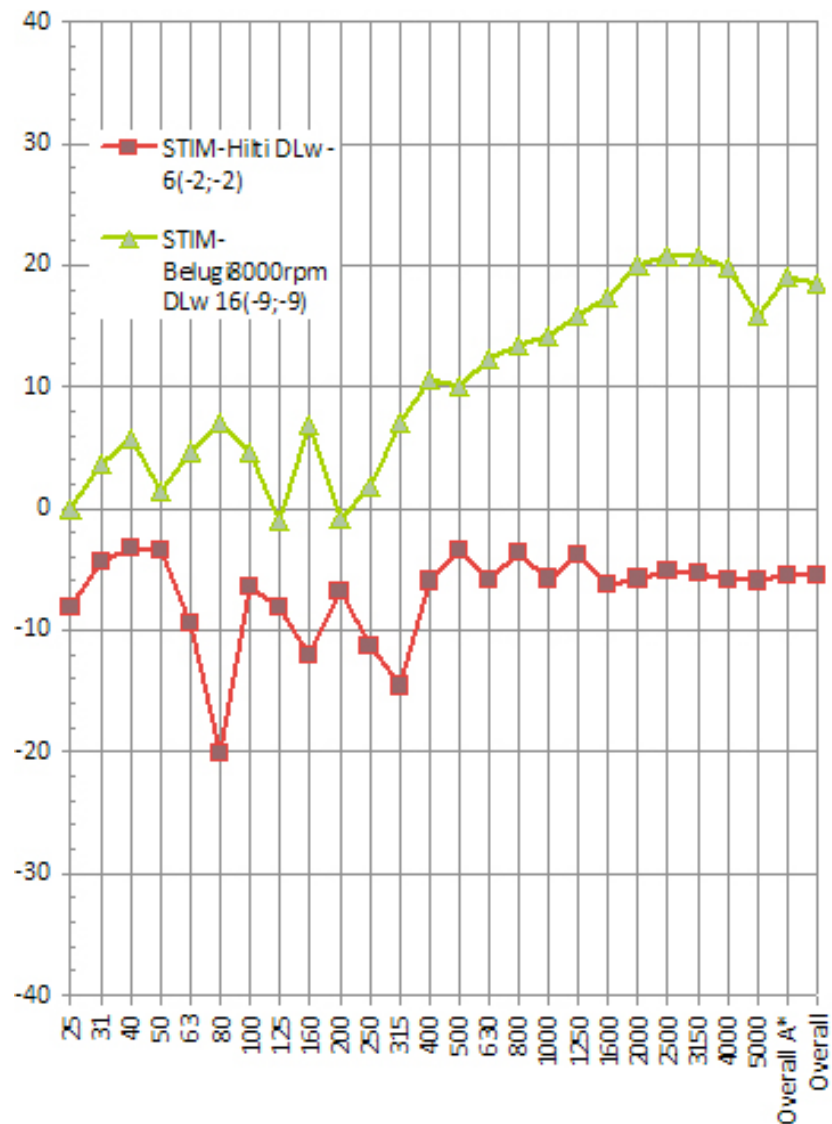
- Mätningar av acceleration gjordes med två fixa accelerometrar (ICT-typ, fabrikat Wilcox) på 26 cm filigranbjälklag med homogen klistrad plastmatta.
Randvillkor: Gipsväggar 2 sidor, bärning i betongpelare, betongkällarväggar 2 sidor ca 3m från borrhällena.
- Ljudabsorbenter finns i hela takytan, se figur 4.1.
Båda accelerometrar var placerade cirka 5m från borrhällena och STIM (standardized tapping machine), stegljudsapparat enligt SS-EN ISO 140, endast 2 fixa positioner. Överhörning av luftljud skedde via öppet ventilationsschakt, se figur 4.4. STIM flyttades 2m i tre positioner runt borrhällena. Borrhålen var cirka 75 cm isär - praktisk begränsning.
- Accelerationsnivåer kalibrerade mot förinställda kalibreringsvärden för accelerometrar.



Figur 4.5 Uppmätta accelerationsnivåer relativt $10^{-6}m/s^2$
Figuren visar att de uppmätta bakgrunds nivåerna låg obetydligt lägre vid låga frekvenser, än vad som mättes upp med Belugin. Det innebär att den kan vara tystare än vad som mättes i denna uppställning

Kurvorna i diagrammet i figur 4.5 visar de uppmätta absoluta mätvärdena.

Accelerationsnivåskillnad relaterat stegljudsmaskin



Figur 4.6

Skillnad i accelerationsnivå i relation till stegljudsmaskinen

I diagrammet ovan – figur4.6 - markerar 0-linjen stegljudsmaskinen. Den övre gröna linjen markerar dämpningen i förhållande till stegljudsmaskinen för Belugin – alltså ett lägre stomljud. Den röda linjen markerar på samma sätt Hiltins ökade stomljud (sämre dämpning) i förhållande till stegljudsmaskinen.

*dB*A-nivåer, luftlj

Tabell i figur 7 nedan visar beräknade A-vägda ljudtrycksnivåer enligt SS-EN 12354-2 och Nordtestmetod NT ACOU 117. Ljudnivåerna är beräknade för ett typiskt vådrum med 6 platser, med inredning och ljudabsorbenter i större delen av taket.

	1 vån, ovanför borrstället	1 vån, ovanför borrstället (enbart beräknat)	2 vån, ovanför borrstället
	26 cm filigranbjälklag	HDF 27+5 cm	26 cm filigranbjälklag
Hilti	71 dB (+5dB ton/tidvar)	79 dB (+5dB ton/tidvar)	61 dB (+5dB ton/tidvar)
Belugi 8000	51 dB	57 dB	42 dB

Figur 4.7 Uppställning vid borrhning med Belugi

Uppmätta ljudnivåer framgår av figur 4.7. För uppmätta ljudnivåer kan vi utgående från nedanstående tumregler beskriva hur ljuden upplevs. För Hiltins del gäller att ljudet också är så obehagligt att höra att det är rimligt att öka det uppmätta ljudet med 5 dB för att motsvara det som man upplever. Dessa +5 dB ingår inte i angivna värden. Värdena i figur 7 tar heller inte med de kraftiga "skrik" som uppstod när Belugin körde fast.

Tumregler:

Under 25 dB	inget ljud uppfattas
Under 25 dB	hörs svagt
Över 45 dB	"magisk gräns" för väckning, risk för störd nattsömn
Över 51 dB	stör telefonsamtal
Över 71 dB	ljudet stör påträngande, kräver t.ex. att personal som berörs av ljudet är förvarnad

4.1.3 Upplevda bullerstörningar

Sex personer följde borrningarna och lyssnade på båda maskinerna såväl i det ovanliggande rummet som i det rum där maskinerna var uppsatta. De fick därefter uttala sig om hur de upplevde ljudet.

Lyssnare 1

När Belugin gick jämnt var den markant bättre än Hiltin men när Belugin gnisslade var det inte lika kul. Detta måste förhindras. Med en bra designers hjälp kan Belugin göras tillräckligt praktisk, trots allt var det en prototyp vi provade.

Lyssnare 2

En personlig uppfattning är att bullerstörningen upplevdes som betydligt mindre då Belugin användes. Skillnaden i buller upplevdes lika stor vid borrstället som i våningen ovanför. Vad gäller Belugin så bör detta buller över huvud taget inte vara störande för omgivningen på samma sätt som traditionella "slående" maskiner. Även det faktum att Belugin borrade betydligt snabbare innebär ju i sig att störningen blir mindre i tid räknat. En del av det ljud (buller) som uppfattades kom med stor säkerhet genom ventilationssystemet – vad nu detta innebar och hur stor påverkan det hade? Sammanfattningsvis kan man ju konstatera att provet var mycket intressant, men att ytterligare prov bör utföras i olika miljöer och där vi bör mäta ljud/buller och hur det fortplantas både såväl horisontellt som vertikalt i byggnader på olika avstånd från borrstället.

Lyssnare 3

Upplevde Hiltin som knattrande, vasst ljud, klart störande. Belugin gav ett malande, väsande ganska mjukt ljud, dock lite störande.

Lyssnare 4

Den stora upplevda skillnaden är att det "knattrande" ljudet från slagborrmaskinen inte finns vid kärnbörning.

Lyssnare 5

I rummet där vi borrade.

Hilti slagborr: Klart störande "spetsigt ljud", stör både tal och telefonsamtal

Belugi: Ett tystare "mjukare" ljud. Tal och telefonsamtal möjliga.

I rummet ovanför där vi mätte.

Hilti slagborr: Ett irriterande ljud som stör tal och telefonsamtal, skulle aldrig accepteras i vårdutrymmen.

Belugi: Ett "slipande" ljud som är acceptabelt bland annat beroende på sin korta varaktighet. Tal och telefonsamtal är klart möjliga.

Lyssnare 6

I rummet där vi borrade.

Hilti slagborr: Mycket störande.

Belugi: Hördes knappt – den påkopplade dammsugaren till borrhålet hördes mer.

I rummet ovanför där vi mätte.

Hilti slagborr: Mycket störande.

Belugi: Ett ganska svagt vinande ljud (tandläkarborr var det som jag associerade till), det lät som om det mesta kom från fläkttrumman. Vid ett par tillfällen uppstod ett obehagligt gnisslande ljud. (enligt tillverkaren berodde detta på att maskinen inte var riktigt parallellt kopplad till stativet). Då det lägre varvtalet användes blev ljudet dovare och mer påträngande.

4.1.4 Sammanfattning

Såväl mätresultat som upplevda bullerstörningar gav liknande resultat. Det jämförande testet gav följande erfarenheter.

- Slagborrmaskinen gav ett obehagligt och högt ljud som måste uppfattas som mycket störande för närliggande verksamheter.
- Höghastighetsborrmaskinen gav ett betydligt lägre ljud som dessutom inte heller var så påträngande. De flesta närliggande verksamheter bör kunna fortgå i normal omfattning.
- Då höghastighetsborrmaskinens varvtal minskades ökades ljudet markant. Möjligtvis kan maskinen "trimmas" så att man finner ett optimalt varvtal.
- Slagborrmaskinen fungerade utan problem och handhavandet är okomplicerat. Dessutom kan man konstatera att det numera finns sladdlösa slagborrmaskiner vilket gör handhavandet än mer enkelt.
- Höghastighetsborrmaskinen är betydligt mer komplicerad att sköta eftersom man måste ha såväl "höghastighetsaggregat" och vattenkyllning med sig. Kärnborren hade också en tendens att borrhålet fastnade, vilket innebar ett visst besvär att kratsa ut den. Den är också dyrare. Men den är ännu inte färdigutvecklad och avsikten måste vara att den skall användas där man inte kan tolerera störande slagborrning i närliggande rum.

Fler test bör göras i andra typer av konstruktioner för att bestämma om dessa erfarenheter även gäller där.

4.2 Demonstration av höghastighetsmaskin - Rothenberger

Rothenberger är ett tyskt företag som tillverkar verktyg för i första hand rörläggare. I sortiment finns också maskiner för diamantkärnbörning. Maskinerna finns i några olika utföranden beroende på hur stora hål man skall borra. Det finns möjlighet att med vattenkyllning borra hål i betong med en diameter från 6 till 270 mm.

Vi fick möjlighet att i fält träffa en rörmontör som regelmässigt under längre tid använt en Rodiadrill Ceramic med kapacitet att borra hål med diameter 6-68 mm. Maskinen har stark motor med 2 växlar och en borrhastighet upp till 6400 varv/minut. Borrningen kyls via en liten påmonterad vattentank – trycket pumpas upp för hand.

Rörmontören arbetar från egen firma och han har använt Rodiadrill Ceramic i ca tre år och han verkade mycket nöjd med maskinen. Han demonstrerade hur man kunde borra 10 mm hål i klinker, hårdbränt tegel samt lättbetong. Inget av hålen tog mer än en minut att borra. Vi noterade att ljudnivån var ganska låg. Borrningen var förvånansvärt tyst och störde mycket lite trots att borrningen gjordes i ett tämligen stort tomt rum med kakel på väggarna och klinker på golvet.

Maskinen (se figur 4.8) var förpackad i låda och verkade enkel att använda. Den är ganska tung och vid borrning i tak måste nog någon form av stativ användas. Vattenbehållaren rymmer någon liter vatten, vattentrycket pumpas upp före borrning och kylvattnet räcker förmodligen till ganska många hål. Vattenmängden som uppstod runt borrhålet efter borrningen var ganska begränsad. Borrkärnorna petas ut ur borret med ett litet specialverktyg. I själva borret finns ett litet utrymme till vilket man kan ”peta” borrkärnorna så att man inte behöver lossa borret från maskinen före varje nytt hål.

Maskinen vibrerar inte och den gör precisa och jämna hål. Kostnad för maskinen är i paritet med traditionell slagborrhammare, dock är borren dyrare. Enligt uppgift fungerar bormaskinen väl så bra i betong. Hur det går om man stöter på armering vet vi inte. Vi tyckte att maskinen var förvånansvärt smidig trots sin vikt. Den ingår därför som en av maskinerna i de försök som redovisas i nästa kapitel 4.3.



Fig 4.8 Rodiadrill Ceramic

4.3 Jämförande störningsförsök mellan tre maskiner

I detta avsnitt används försök som är gjorda på Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) med 3 olika maskiner, se bilaga. Med dessa försök som grund har vi utformat lyssningsförsök och genomfört enkäter. Vår avsikt var att jämföra hur personer upplever hur störande de olika maskinerna är. De olika maskiner som ingick i testet var en konventionell slagbormaskin (Hilti), en vattenkyld höghastighetsbormaskin med diamantkärnborr (Rothenberger, jmf kap 4.2) samt en vattenkyld höghastighetsbormaskin med massiv diamantborrspets (Dr Bender, en utveckling av den maskin kallad Belugi som användes i försöken i kapitel 4.1).

Bakgrund

Borrljud från respektive maskin spelades in i laboratorium (SP Borås). Hur störande stömljudet är i angränsande rum bestämdes sedan med lyssningsförsök, där 60 försökspersoner i några bostäder och verksamhetslokaler lyssnade på ljuduppspelningar med de olika maskinerna och angav i ett enkätformulär hur störande de uppfattade maskinernas ljud.

Resultaten av denna studie indikerar, att störningsgraden från borrning beskrivs på ett bra sätt av den ekvivalenta A-vägda ljudtrycksnivån L_{pAeq} , som är det ljudkrav man använder i olika regelverk.

Då L_{pAeq} är lägre än cirka 50 dB får man en måttlig störning av verksamheter i kontor, skolor, vårdlokaler med mera då borrning görs dagtid under en kort tidsperiod, t.ex. en vecka. I bostäder bör man begränsa ljudnivån ytterligare. Det finns inga regler att jämföra resultaten mot, men de stämmer ganska väl överens med riktvärden som antagits i några infrastrukturprojekt. Nattetid, då bakgrundsnivån är låg, indikerar studien att även svaga ljud (30 dB) ger en kraftig störning i utrymmen för vila och sömn. Det har emellertid inte gått att fastställa någon lägsta acceptabel nivå för borrning nattetid.

Ljudnivån som uppstår då en viss maskin borrar i olika typer av betongstommar kan beräknas enligt SS-EN 12354-2 med ledning av den ljudnivå som har mätts upp i laboratorium för denna maskin. Vid beräkningen utgår man från en referensljudnivå, som mäts då en standardiserad stegljudsapparat enligt SS-EN ISO 140-7) verkar på samma bjälklag i laboratoriet.

Egenskaper som är relevanta för operatörens arbetsmiljö mättes inte, men några observationer kommenteras sist i rapporten.

Metod

Maskiner

Som "normalfall" användes en konventionell slagborrmaskin (fabrikat Hilti), se figur 4.9. Maskinen har en hårdmetallborr som krossar betongen genom att slå och rotera samtidigt. Ingen vattenkylning behövs med denna maskin.

Två nya maskintyper provades också, som antogs ge mindre störningar. Maskinerna har diamanborrar som slipar sig in i betongen, utan att slå mot botten av borrhålet. Vattenkylning/smörjning behövs, vilket i vissa fall kan vara besvärligt att hantera. Vattnet binder samtidigt damm och borkax, vilket är fördelaktigt ur flera synvinklar. Maskinerna visas i figur 4.9.



Figur 4.9. *Bormaskiner i testet: (övre vänster) konventionell slagbormaskin "Hilti" med hårdmetallborr; (övre höger) maskin "Rothenberger", med påbyggd vattentank och ihåligt kärnborr med diamantspets; (nedre vänster) maskin "Dr Bender" med massiv diamantborrspets och vattenslang; (nedre höger) borrhning i betongblock i SP:s stegljudslaboratorium.*

Mätning och inspelning av stomljud vid borrhning

Mätning av stomljud vid borrhning gjordes i stegljudslaboratoriet vid SP i Borås. Borrhning gjordes med 6 hål, fördelade på två betongblock som limmats styvt ovanpå laboratoriets betongbjälklag. Vibrationerna i bjälklaget (som orsakades av bormaskinen) strålade ut stomljud i ett mättrum under bjälklaget, där det registrerades av en mätmikrofon. Mikrofonen satt i ett motoriserat stativ som rörde sig i en cirkel under mättiden för att medelvärdesbilda ljudnivån i olika positioner i mättrummet. Ljudnivån för respektive maskin bestämdes som ett medelvärde för 6 borrhål (cirka 60 sekunders sammanlagd mättid).

Ljudnivån för respektive maskin beror av bjälklag och mättrumets ljudabsorption och gäller därför bara i detta laboratorium. Se rapport från SP (bilaga 1). Resultaten kan dock användas mer generellt genom följande procedur.

Ljudnivåerna i mättrummet bestämdes även då en referensvibrationskälla verkade i samma positioner på bjälklaget som man borrarat i. Referenskällan var en standardiserad stegljudsapparat enligt SS-EN ISO 140-7. I Nordtestrapport NT tec 616 visas att skillnaden mellan så kallade veka stomljudskällor och hammarapparaten kan antas vara oberoende av betongbjälklagets tjocklek och randvillkor. Skillnaden i ljudnivå för var och en av

borrmaskinerna (jämfört med stegljudsapparaten) kan därför användas för att beräkna ljudnivå i byggnad enligt SS-EN 12354-2 med aktuell typ av betongstomme, planlösning och avstånd till borrhplatsen.

För att möjliggöra lyssningsförsök (och enkäter enligt nedan) registrerades även accelerations-signalen i ett hörn av laboratoriebjälklaget under mätningarna. Denna signal frekvensformades för att likna den inspelade luftljudssignalen då den spelas upp i en högtalare i ett normalmöblerat rum. Därigenom kunde ljudet från de olika borrar-maskinerna presenteras för försökspersoner i ett lyssningsförsök på ett realistiskt sätt, utan att man behövde borra fysiskt i stommen. (Hade man använt en ljudsignal från mätmikrofonen hade man överlagrat mätrummetts efterklang på uppspelningsrummetts efterklang, vilket hade låtit onaturligt.)

Lyssningsförsök - uppspelning av tal och stomljud från borrar

Den frekvenskorrigerade vibrationssignalen enligt föregående avsnitt spelades upp för försökspersoner i olika miljöer genom en högtalare med tillräckligt frekvensomfång för den aktuella signalen (80 Hz – 10 kHz). Uppspelningen av ljud från respektive maskin gjordes med tre dämpningar. 5 dB dämpning gjordes initialt för att efterlikna en vanligt förekommande 20 cm tjock betongvägg istället för SP:s bjälklag av 15 cm betong. Ytterligare två dämpningar lades till för att efterlikna borrar i flera rum bort eller på en annan våning, -15 dB och -25 dB. Totalt spelades 9 borrar-ljudsexempel upp, för 3 maskiner och 3 "avstånd" till borrhplatsen. De ljudnivåer som anges i diagrammen nedan avser enbart ljud från borrar-maskinerna där försökspersonerna satt.

Emellertid är det svårt att bedöma störning från buller om man inte har något att jämföra med. Störningsupplevelsen ökar om man har ett koncentrationskrävande arbete. Vid lyssningsförsöken lades därför ytterligare förinspelade ljud till borrar-ljudsexemplen, där olika telefonnummer lästes upp. Inspelningarna hade gjorts av försöksledaren. Skälet till att förinspelade ljud användes istället för "levande uppläsning" var att få samma ljudnivå i alla exempel och i alla försökslokaler. Ljudnivån i uppläsningen mättes och justerades in till 57 dBA i alla uppspelningar, vilket motsvarar en person i samma rum som talar något dämpat eller sitter på lite avstånd från lyssnaren (ISO 3382-3). Borrar-ljuden var i vissa fall starkare än talet, i andra fall svagare. Genom att bestämma antalet felaktigt nedskrivna telefonnummer i de olika försöken erhöles en mer neutral bild av hur störande ljudet från borrar-ningen är för verksamheten, som indikerar en risk för att man kan missuppfatta vad kollegor säger, exempelvis under ett möte. Det värde på störning som man anger i enkäten blir sannolikt mer relaterat till en verklig situation, där man försöker uppfatta ett telefonnummer, än en allmän attityd till denna typ av ljud.

Det kan noteras, att risken för missuppfattning sannolikt skulle öka betydligt om telefonnumren hade lästs upp "i telefon", med det begränsade frekvensområde och dynamiska omfång som man normalt har en telefon, men detta fall studerades inte här.

I några tilläggförsök (bostad 2 och spa, se tabell 4.1) spelades enbart borrar-ljuden upp med -30 dB dämpning. Vid försöken var det relativt låg bakgrundsnivå och försökspersonerna ombads föreställa sig en situation där de försöker vila eller somna in. Störningen var markant större än för -25 dB dämpning med samtidigt tal. Denna del utfördes dock med färre försökspersoner och miljöerna var inte helt lämplig för detta prov. Osäkerheten är därför avsevärt större än för övriga prov och resultaten har inte använts i den fortsatta analysen.

Enkätmall

Försökspersonerna fick först en kortfattad beskrivning av syftet med provet och fick höra det starkaste och det svagaste ljudexemplet för att få en överblick över vad som väntades i provet. De blev också instruerade att föreställa sig att borrljudsexemplen förekommer av och till under flera arbetsdagar.

De fick sedan fylla i en enkät enligt figur 4.10 direkt efter uppspelning av respektive borrljudsexempel. Först antecknade de det upplästa telefonnumret, sedan angav de sin subjektivt upplevda störningsgrad på en tiogradig skala. När alla exempel var uppspelade erbjöd försöksledaren dem att få höra exemplen igen och korrigera störningsgraden men inte telefonnumret. Två generella frågor ställdes också, huruvida man brukar utsättas för buller på arbetsplatsen och om man anser sig själv vara känslig för buller. I sista delen av enkäten angav man några uppgifter om sig själv.

Urval försökspersoner och verksamheter

I förutsättningarna för studien ingick att lyssningsförsöken skulle utföras ute i "riktiga" verksamheter (snarare än i särskilda lyssningsrum). Avsikten var att man skulle få en så realistisk miljö som möjligt för lyssningsförsöken. 60 försökspersoner deltog, enligt tabell 4.1. Av praktiska skäl utfördes försöken i konferensrum och liknande på respektive arbetsplats. Vid enstaka tillfällen förekom störande aktiviteter, men provet togs då om vilket fungerade bra.

Urvalet försökspersoner blev därmed inte representativt för befolkningen i stort och det är för litet för att medge generella slutsatser om störningsupplevelser. Resultaten i nästa avsnitt ger i alla fall en indikation på den minskning av störningen som de nya maskinerna kan ge i jämförelse med de traditionella slagborrmaskinerna.

Tabell 4.1 Försökspersoner (60), fördelningar över verksamheter, åldrar med mera

Bostad 1, vardagsrum	Bostad 2, vardagsrum	Sjukhus, IVA-avdelning	Repetitionslokal, körsångare	Klassrum, lärare	Konferensrum på ett kontor	Spa/relax-avd på ett hotell
5	10	9	13	12	7	4
Andel kvinnor/män:	Normal hörsel:	Svenska ej modersmål:	Ålder 7-25 år:	Ålder 26-39 år:	Ålder 40-64 år:	Ålder ≥65 år:
59%/41%	84%	9%	8%	43%	46%	4%

Instruktioner:
Välj en siffra på skalan 0-10 för hur mycket du skulle besväras, störas eller irriteras av buller i följande ljudexempel, om det skulle förekomma mer än tillfälligt på din arbetsplats (eller i ditt sovrum):

Om du hör bullret och inte alls skulle störas av det, svara 0	Om bullret skulle störa oerhört mycket , svara 10	Om du skulle störas till viss del av bullret, svara med en siffra mellan 1 och 9	Om du inte hör något buller, eller du inte kan svara på frågan, svara "Vet ej"
--	--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> Skriv först upp telefonnumret. Hur mycket skulle du störas i din verksamhet (eller vila), på grund av detta maskinbuller? 	☺ Inte alls											☹ Oerhört mycket	Vet ej		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
- Maskin B-5. Telefonnumret är: _ 0 7 6 8-7 2 7 1 6 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin B-15. Telefonnumret är: _ 0 4 0 -7 1 8 1 5 3 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin B-25. Telefonnumret är: _ 0 3 1 -2 7 6 6 1 0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin B-30. Telefonnumret är: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin H-5. Telefonnumret är: _ 0 9 2 0 -1 3 2 5 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin H-15. Telefonnumret är: _ 0 3 0 2 - 9 7 5 3 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin H-25. Telefonnumret är: _ 0 7 6 - 3 8 0 1 5 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin H-30. Telefonnumret är: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin R-5. Telefonnumret är: _ 0 8 -5 1 4 4 4 3 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin R-15. Telefonnumret är: _ 0 1 0 - 0 2 1 3 5 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin R-25. Telefonnumret är: _ 0 7 9 -7 2 7 2 6 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maskin R-30. Telefonnumret är: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ommentarer:

Hur mycket brukar du störas på din arbetsplats (vårdplats, hotellrum, bostad) på grund av	☺ Inte alls											☹ Oerhört mycket			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
- Buller från kollegor, verksamhet, tekniska installationer m m?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kommentarer:

Är du överseende med, eller känslig för	Överseende med, inte alls känslig											Oerhört känslig			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
- Buller från kollegor, verksamhet, tekniska installationer m m?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kommentarer:

NÅGRA UPPGIFTER OM DIG:														
Du är:	Kvinna	<input type="checkbox"/>	Man	<input type="checkbox"/>										
Alder:	7-17	<input type="checkbox"/>	18-25	<input type="checkbox"/>	26-39	<input type="checkbox"/>	40-64	<input type="checkbox"/>	>65	<input type="checkbox"/>				
Din hörsel är:	Normal	<input type="checkbox"/>	Försämrad	<input type="checkbox"/>	Du arbetar som:									

Figur 4.10 Enkätmall för lyssningsförsöken

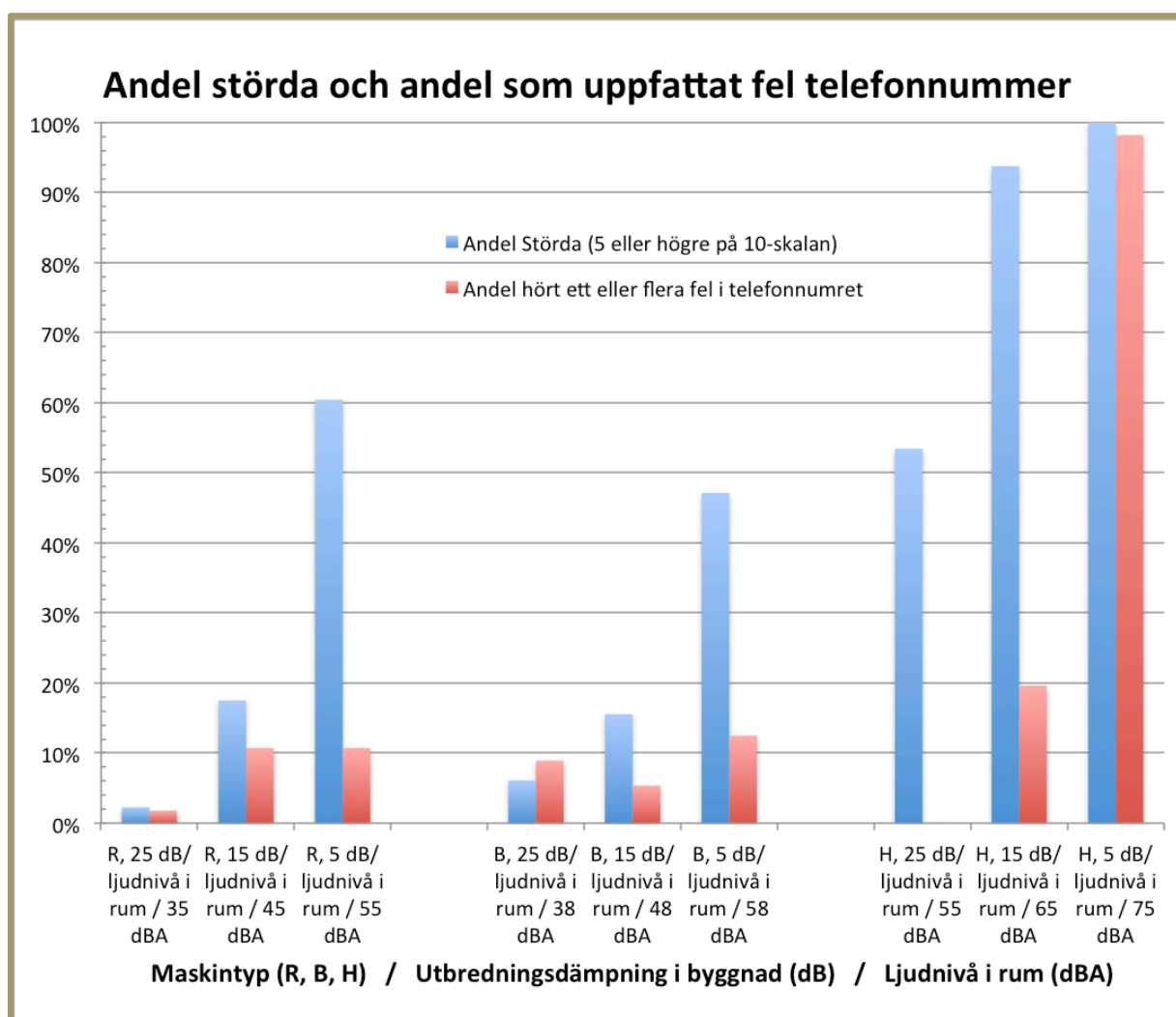
Resultat

I figur 4.11 och 4.12 redovisas resultaten av försöken, dels som andel störda och dels som medelbetyg, med några statistiska mått på hur resultaten varierar mellan försökspersonerna.

Störningsgrad vid olika ljudnivåer och maskintyper

Enkätsvaren sorterades och andelen av alla som angivit 5 eller högre på störningsskalan antogs vara "störda" av ljudet från borrning med respektive maskin och dämpning (avstånd till maskinen). Som framgår av figur 3 ökar störningen när ljudnivån (L_{pAeq}) överskrider cirka 45-50 dB. När ljudnivån överskrider cirka 55-60 dB blir störningen mycket stor.

I figur 3 anges även hur stor andel av alla svar som innehållit ett eller flera fel i det telefonnummer som lästs upp mot bakgrund av ljudet från bormaskinen. Vid nivåer över cirka 55 dB blir cirka vart tionde telefonnummer felaktigt antecknat, vart femte blir fel vid 65 dB.

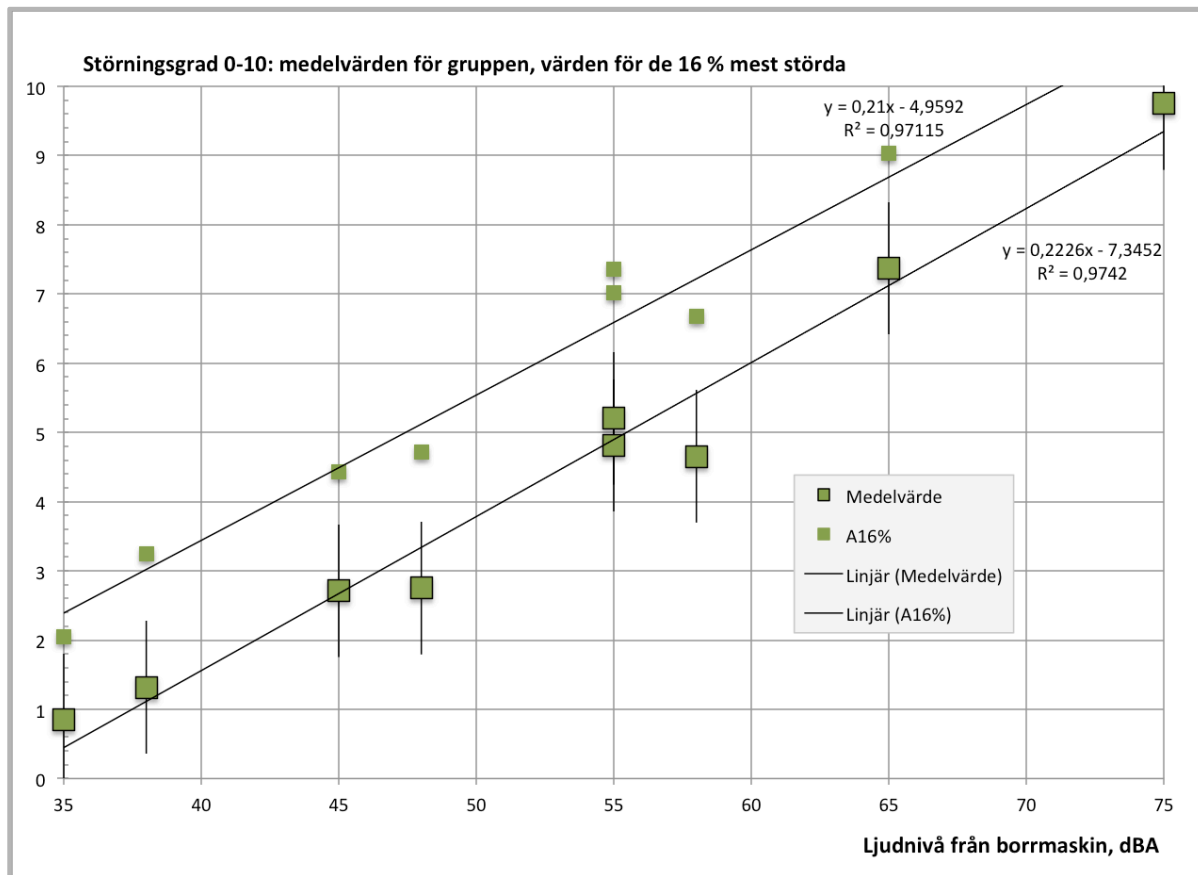


Figur 4.11 Resultat från lyssningsförsöken. Andel störda (som angivit 5 eller högre) vid olika ljudnivåer. Mindre skillnader mellan fallen kan bero på mätosäkerhet, enligt nästa avsnitt.

Störningsgrad, osäkerhet

Enkätsvaren användes också för att beräkna några statistiska mått. Medelvärdet (m) av svaren för ett visst borrljudexempel sammanfattar hur störande gruppen som helhet uppfattade ljudet.

Standardavvikelsen (s) beskriver hur mycket svaren varierar inom gruppen. Medelvärdet plus en standardavvikelse (A16) är den störningsgrad som representerar de 16% mest störda i gruppen. I figur 4 visas båda måtten. Staplarna i respektive medelvärde anger hur tillförlitligt värdet är, under förutsättning att gruppens svar kan antas vara normalfördelade. Staplarna är beräknade som ett 95% konfidensintervall ($m \pm 2s / \sqrt{60}$). Att staplarna täcker in ungefär ett steg i störningsgrad medför att skillnader mellan olika exempel som är mindre än ett steg inte är statistiskt signifikanta. Exempelvis är skillnaden mellan de tre exempel som ligger på 55-58 dB inte tillförlitliga, de kan betraktas som lika störande.



Figur 4.12 Resultat från lyssningsförsöken. Medelvärde av angivna störningsgrader för respektive borrhjul samt medelvärden ökade med en standardavvikelse som svarar mot störningsgrad för de 16% mest störda (A16). Helledragna linjer är regressionslinjer för medelvärde och A16 vid olika ljudnivåer. Staplar på medelvärdena anger deras osäkerhet (konfidensintervall). Skillnader mellan punkter som ligger inom staplarnas omfång är osäkra.

De exempel som användes i försöken binds även samman med regressionslinjer som visar hur störningsgraden varierar med ljudnivån i respektive fall. Ekvationen i diagrammen innebär att 5 dB förändring motsvarar cirka ett steg i störningsgraden. Spridningen mellan mätpunkter och regressionslinjerna är måttlig, vilket beskrivs av linjens R^2 -värde (regressionskoefficienten i kvadrat). Regressionslinjerna sammanfattar därför resultaten på ett tillförlitligt sätt. Notera dock, att resultatets tillförlitlighet begränsas av den systematiska påverkan på resultatet som följer av vilket urval försökspersoner och miljöer som används. Detta innebär, att om försöket

skulle upprepas med 60 nya försökspersoner i nya miljöer, så skulle resultaten kunna se något annorlunda ut, men det är inte troligt att regressions sambanden skulle ändras särskilt mycket.

4.4 Kapitelsammanfattning

I detta kapitel har vi redovisat tre försök gjorda med höghastighetsborrmaskiner.

- I det första testet jämfördes en konventionell borrmaskin mot en vattenkyld höghastighetsborrmaskin. Testet visade entydigt att den första maskinen ger en betydande störning åtminstone två våningar upp i byggnaden medan höghastighetsmaskinen knappt stör ett telefonsamtal våningen över.
- I det andra testet konstaterades det att det redan finns en utvecklad och fungerande tyst höghastighetsmaskin på marknaden. Företaget som tillverkar den marknadsför sig i första hand mot rörmontörer. Det verkar inte som om den i övrigt används i större utsträckning.
- I det tredje lite mer omfattande testet konstateras att de två höghastighetsmaskinerna har en avsevärt lägre störningsgrad än den konventionella slagborrmaskinen, se figur 4.11. Detta baserar sig på en enkät med 60 personer och statistisk analys - figur 4.12 - visar att resultaten är tillförlitliga.

Försöken som är gjorda visar alltså entydigt att de vattenkylda höghastighetsborrmaskinerna är väsentligt mindre störande än den konventionella slagborrmaskinen. Effektiviteten att borra hål är likvärdiga eller bättre. Däremot kan höghastighetsborrmaskinerna upplevas som lite mer klumpiga att använda genom t.ex. att vattenkylningen drar med sig extra utrustning. Borren för dessa är också dyrare.

5 AVSLUTANDE KOMMENTARER

Renovering och ombyggnad av äldre hus är en normal byggverksamhet. Den är nödvändig för att byta ut delar som är utslitna och att höja husets standard till dagens krav. Ombyggnad av äldre hus medför olägenheter för de som hyr lokaler eller bostäder och som inte kan flytta ut under ombyggnadstiden. Vanliga problem handlar om tillgänglighet, damm och buller. För affärsverksamheter i lokaler kan ofta bullret vara den största olägenheten vid ombyggnad. För riktigt känsliga miljöer kan störande ombyggnadsverksamhet göra att man helt måste stänga den ordinarie verksamheten under ombyggnadstiden.

Det finns tre vägar att gå då man vill göra ombyggnadsverksamheten mindre störande:

- *Byggnadens förutsättningar.* Ljudet sprider sig i byggnaden i hög grad beroende på hur den är konstruerad. En första ansats är att göra en teknisk/akustisk besiktning av byggnaden för att få en uppfattning hur stomljud kommer att spridas. Dilatationsfogar kan vara en ljudstoppare och kan kanske då bli en naturlig gräns mellan byggnadsdelar som byggs om och byggnadsdelar som fortfarande har verksamhet.
- *Planering och kommunikation.* Projektledaren kan genom en god planering hålla de som arbetar i närheten av pågående ombyggnadsarbeten underrättade om när störande arbetsmoment skall ske, vilket gör att störningen upplevs som mindre påfrestande. God planering gör också så att störande arbeten pågår under så kort tid som möjligt och under tidpunkter som passar verksamheten bäst.

- *Använda maskiner.* Det finns som vi visat i kapitel 3 och 4 möjlighet att föreskriva maskiner och metoder som är mindre störande än de som normalt kommer till användning.

Det är i första hand *beställaren som kan sätta reglerna* för hur bullerproblematiken i en känslig ombyggnadsmiljö skall hanteras. Det gäller att kunna motivera beslut som vid en enkel analys synes vara mer kostsamma än att bara göra som man brukar.

Ett speciellt kalkylproblem är att intäkter och kostnader ofta inte är direkt mätbara i pengar. Vissa faktorer som maskinhyrkostnader och extra arbetstid kan relativt lätt beräknas i kronor. Däremot är det svårare att i kronor värdera de negativa effekterna av en sämre arbetsmiljö och irritation från störande buller. En dålig arbetsmiljö kommer förmodligen att sänka arbetstakten och skapa fler fel i produktionen. Oftast finns dessa faktorer inte med i kalkylen. Vi bör alltså skilja på "*hårda faktorer*" som vi enkelt kan mäta i kronor och "*mjuka faktorer*" som påverkar produktionen och omgivning, men som är svårare att mäta i kronor.

Ett annat problem är att kostnader och intäkter inte alltid uppstår samtidigt. I många fall kommer intäkterna av gjorda investeringar senare och under många år framåt i tiden. Vi måste alltså också skilja på faktorer som ger intäkter och kostnader på kort alternativt på lång sikt. Det förbättrar förutsättningarna för ett bra beslutsfattande att använda en beslutsmodell som strukturerar och gör alla faktorer synliga för val av bilningsmetod. Ett sätt är att man delar upp intäkter och kostnader i mjuka/hårda faktorer samt korta/långa faktorer enligt figur 5.1 nedan.

Mjuka faktorer	Särintäkter och Särkostnader	Särintäkter och Särkostnader
Hårda faktorer	Särintäkter och Särkostnader	Särintäkter och Särkostnader
	Kortsiktiga faktorer	Långsiktiga faktorer

Figur 5.1 Beslutsmodell

Om vi finner ett alternativ med en maskin som reducerar bullret på ett markant sätt bör vi i vår besluts kalkyl ta med påverkande faktorer som:

- Bättre arbetsmiljö med lägre bullernivåer.
- Brukaren utsätts för lägre bullervolymer vilket ökar effektiviteten i brukarens arbete.
- Exponeringsradien minskar – fler i arbete:

- Bättre effektivitet: Genom en maskinutveckling kan maskinens effektivitet öka.

Även om maskinkostnaden kan öka något är det förmodligen mycket lätt för beställaren att räkna hem en bullersanerad ombyggnadsarbetsplats. Beställare av ombyggnadsarbeten i känsliga miljöer skall alltså inte dra sig för att föreskriva höghastighetsborrmaskiner.

Referenser

AFS 1992:10, Arbetskyddsstyrelsens föfattningssamling, Buller

AFS 2005:16, Arbetsmiljöverkets föfattningssamling – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller och allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna

American Concrete Institute (2001), Removal and Reuse of Hardened Concrete, ACI 555R-01

Arasawa, H., Matsumoto, K., Yamaguchi, S. Sumita, K. (1986) *Controlled Cutting of Concrete Structure with Abrasive Water-Jet*, BHRA, The Fluid Engineering Centre, 211-218, 1986.

Candea, V.N., Iordache, C.A., Dinu, M.O., Ploscariu, C. (2009) Thermal cutting for construction materials with thermal lancing, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, **2**(51) – 2009, 105-108.

Hudgins, H. T. (1989) *Demolition of concrete structures*, The Aberdeen Group publication #870024.

Kasai, Y. (1989) The second international RILEM symposium on demolition and reuse of concrete and masonry RILEM Bulletin, *Materials and Structures* 1989, **22**, 312-319.

Karlén, L. (1983) *Akustik i rum och byggnader* Svensk Byggtjänst AB, Stockholm

Larsson, B., Mortin, M., Simmons, C. (2007) *Buller vid håltagning – kan man reducera olägenheter vid ny- och ombyggnadsprojekt?* FoU-Väst Rapport 0704.

Lou, Y. S. (1995) *Characteristics of diamond sawblade wear in sawing* Elsevier Science Ltd, Storbritannien

Molin, C. *Localized cutting in concrete with careful blasting* CBI forskning 2/1983

Momber, A. W. (2000) Concrete failure due to air-water jet impingement *Journal of Materials Science* **35** (2000) 2785-2789.

SOSFS 2005:6 Buller inomhus. Allmänna råd Socialstyrelsen.

Internetreferenser

<http://www.csunitec.com/core-drills/electric.html> diamantborrmaskin

<http://www.icmsa.co.za/Core%20drilling%20machines.htm> diamantborrmaskin

<http://www.byggai.se/Sidor/Filer/0106-30BED.pdf> demolering i byggaAI

<http://www.froojd.se/> "Snigamit" för kemisk spräckning

http://www.finja.se/App_Resource/Page/file/bemix/sdb-snigeldynamit.pdf
snigeldynamit

Finja

<http://www.waterjet-lab.se/>

Waterjet-lab i Karlskrona