



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R98:1988**

**Luftvärmepumpar inom  
bostadsområden**

**Lågfrekventa bullerstörningar**

**Sven-Olof Benjegård  
Klas Lidberg**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *ser*

*R/54*

**Byggforskningsrådet**

R98:1988

LUFTVÄRMEPUMPAR INOM BOSTADSOMRÅDEN

Lågfrekventa bullerstörningar

Sven-Olof Benjegård  
Klas Lidberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840075-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingemanssons  
Ingenjörbyrå AB, Göteborg.

## REFERAT

Syftet med uppgiften har varit att i första hand härleda orsakerna till icke förväntad lågfrekvensutstrålning från luftvärmepump i Brunnsberg i Varberg och i andra hand ange åtgärder som för nyprojekterade luftvärmepumpar innebär lägre lågfrekvent buller.

Av resultaten framgår vad som kan ha orsakat problemen i Brunnsberg och också vissa rekommendationer om fläktval och monteringar samt faran av att välja byggnadskonstruktioner med resonanser i det frekvensområde där fläkten genererar störfrekvenser.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R98:1988

ISBN 91-540-4962-8  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLL

1	INLEDNING	7
2	BESKRIVNING AV BRUNNSBERGSPUMPEN	10
3	LJUD- OCH VIBRATIONSMÄTNINGAR I ANSLUTNING TILL OLIKA DELELEMENT	15
3.1	Kommentarer till mätningarna	22
4	MÄTNINGAR PÅ ANDRA VÄRMEPUMPAR	24
4.1	Luftvärmepump - Mölnlycke	24
4.2	Luftvärmepump - Komarken	24
4.3	Luftvärmepump - Falköping	24
4.4	Kommentarer till mätningarna	29
5	FLÄKTBULLER - LABORATORIEMÄTNINGAR	30
5.1	Kommentarer till mätningarna	42
6	SLUTSATSER	43

## FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts vid Ingemanssons Ingenjörskontors AB med stöd från Bygghälsöförskningsrådet.

Författarna till denna rapport vill framföra ett varmt tack till Sven-Erik Albèrt, Annika Almsten och Karl-Erland Hellberg vilka varit behjälpliga med analysarbete, utskrifts- och ritarbete.

Göteborg i juni 1988

Sven-Olof Benjegård

Klas Lidberg

## SAMMANFATTNING

Sven-Olof Benjegård  
Klas Lidberg

## LUFTVÄRMEPUMPAR INOM BOSTADSOMRÅDEN. LÅGFREKVENTA BULLERSTÖRNINGAR.

Luftvärmepumpar, som komplettering eller ersättning av traditionella uppvärmningssystem, har under 1980-talet tagits i drift på flera platser. I de fall värmepumparna varit placerade nära bostadsområden har ofta klagomål förekommit vad gäller lågfrekvensbuller från anläggningen. Ett värmepumpsprojekt i Brunnsbergsområdet i Varberg - delfinansierat av BFR - och där lågfrekvensstörningar förelegat har utgjort grunden till detta projekt.

Fläktarna i luftvärmepumpar är vanligen lågvarviga och de lägsta varvtalsberoende frekvenskomponenterna kan ligga kring 30 Hz. En ljuddämpning av traditionell typ dämpar de höga frekvenserna och lågfrekvensstörningen blir tydligare hörbar. Vid dimensioneringen av anläggningar ställs normalt endast krav på A-vägd ljudnivå. Fläktfabrikantens bullerdata som endast redovisas i oktavband ned till 63 Hz ger heller ingen hjälp att förutse vilken nivå som kan förväntas vid bladfrekvensen.

Mätningar har dels utförts på luftvärmepumpen i Varberg och dels på andra luftvärmepumpar.

Desutom har kompletterande mätningar skett under idealiserade förhållanden i laboratoriemiljö där enskilda bullerpåverkande parametrar kunnat studeras var för sig.



Även om projektet inte gett någon säker slutsats om vad som orsakat bullerstörningarna från Varbergs-pumpen kan vissa slutsatser dras, som kan vara till hjälp för dimensionering av kommande värmepumpar.



## 1 INLEDNING

Senare års satsning på icke oljebaserad energi har lett till att bl.a värmepumpar i stor utsträckning har ersatt eller kompletterat tidigare uppvärmningssystem.

(Ett under mitten av 80-talet sjunkande oljepris och önskemål om att minska freonanvändningen har dock för tillfället avsevärt minskat utbyggnadstakten av värmepumpar. Det finns dock skäl att tro att de även fortsättningsvis kommer att vara ett intressant alternativ till andra uppvärmningssystem).

Värmepumpar tillverkas för olika effektbehov såväl för enfamiljshus som för hyreshus eller grupp(er) av hus.

Som värmekälla används jordvärme, sjövärme, värme ur avloppsvatten eller värme i uteluft och frånluftsvärmen i ventilationsanläggningar.

Mediet som lämnar ifrån sig värme ger anledning att dela in värmepumparna i två kategorier - jordvärmepumpar och luftvärmepumpar.

I båda fallen ingår en eller flera kompressorer och dessa används för att omvandla lågtempererad energi till högtempererad energi.

Kompressorerna ger upphov till hög ljudalstring och såväl ljud- som vibrationsdämpande åtgärder erfordras vanligen.

Även cirkulationspumpar för såväl värmebärare som för radiatorvatten kan ge ljud- och vibrationsproblem.

Luftvärmepumparna är dessutom försedda med fläktar som hjälper till att ge en lufttransport genom förångarbatterierna.

Vanligen väljs lågvarviga fläktar med stor diameter, bland annat för att minska ljudalstringen.

Det har dock visat sig att det lågfrekventa bullret orsakat av fläktarna kan ge störningar.

I ett värmepumpsprojekt som delvis finansierats av Byggnadsforskningsrådet - anslag 811116-8 - (Brunnsbergsområdet, ägare Stiftelsen Hyresfastigheter, Varberg) har det visat sig att störande buller erhållits inom frekvensområdet 30-60 Hz. De klagomål som framförts gäller främst frekvenserna kring 30 Hz. Den aktuella frekvensen ger försumbart bidrag till total A-vägd ljudnivå. Inomhus har vid väggyta nivåer på ca 65 dB uppmätts i 31.5 Hz oktavbandet.

De störningar som Brunnsbergsvärmepumpen visat sig ge har utgjort grunden till i föreliggande rapport redovisat BFR-projekt.

Avsikten var att främst studera ovannämnda värmepump och av mätresultat finna ut vilka modifieringar som kan förväntas minska bulleravgivningen.

Det har dock varit svårt att i tillräcklig utsträckning kunna variera driftförhållandena så att det gått att utläsa säkra förändringar i ljudnivån.

Dessutom är ljudnivåerna vid låga frekvenser om än klart hörbara dock av samma storleksordning som t.ex vindbrus. Detta har ytterligare försvårat en säker tolkning av mätresultat.

För att kompensera för detta har mätresultat från andra värmepumpar medtagits i undersökningen och dessutom har en mätserie utförts under laboratorieförhållanden på fläktar vars driftsförhållanden och montering varierats.

Med dessa kompletterande resultat som underlag kan vissa principer anges som innebär att lågfrekvensbullerproblemen reduceras.

Brunnsbergsvärmepumpen är inte ensam om att ge upphov till lågfrekventa bullerstörningar. Det är inte heller bara från värmepumpar som lågfrekvent buller erhålls. I flera fall under senare år har vi stött på fall där buller gett upphov till klagomål även om SNV's riktvärden för industribuller, 40 dBA, innehållits. Helt klart är att lågfrekvensstörningarna ökat under senare år och det är sannolikt så att A-vägningen av ett buller ej ger någon bra korrelation till störningsupplevelsen då dominerande frekvensinnehåll består av låga frekvenser.

För att kunna formulera målsättningsvärde som står i relation till förväntad störningsgrad bör troligen A-vägd ljudnivå ersättas eller kompletteras med någon annan typ av värdering.

Bullerdata för utrustning såsom fläktar redovisas vanligen ej för lägre frekvenser än 63 Hz-oktavbandet. För att på ett säkrare sätt kunna förutsäga vilka ljudnivåer som kan förväntas kring en anläggning bör redovisade data i varje fall utsträckas till 31.5 Hz oktavbandet och eventuellt även med uppgifter om rentonskaraktär i bullret för hela frekvensområdet under 100 Hz.

Svårigheter föreligger dock att få god noggrannhet i mätvärdena vid låga frekvenser då de märkbart påverkas av sin omgivning (reflexer, bakgrundsbuller i form av vindbuller, trafikbuller etc).

En utveckling av mätmetodiken inom lågfrekventa området kan därför vara nödvändig.

Värdering av lågfrekvent buller och mätmetodikutveckling är för bedömning av lågfrekventa störningar viktiga detaljer men de berörs ej ytterligare i denna rapport.

## 2 BESKRIVNING AV BRUNNSBERGSPUMPEN

Under 1983 försågs bostadsområdet Brunnsberg i Varberg med en värmepumpanläggning med ca 1.1 MW avgiven effekt. Anläggningen har uteluft som värmekälla.

Installerad värmepumpanläggning består av 4 st kolvkompressorer. Vintertid arbetar samtliga kompressorer men sommartid är det tillräckligt med en kompressor i drift.

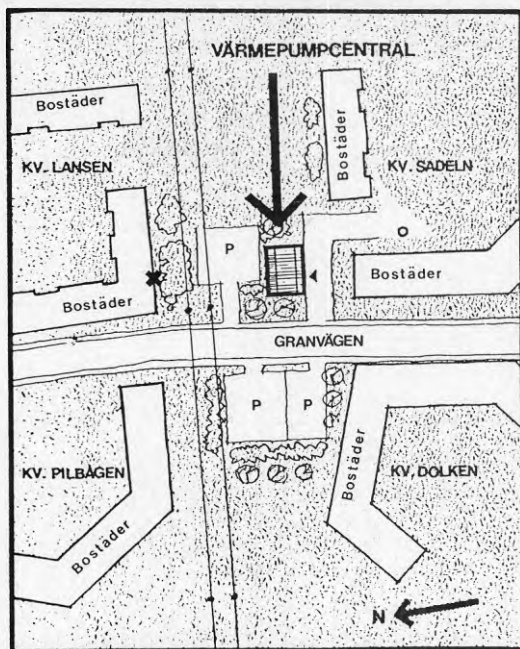
Värmen hämtas via åtta fläktförsedda förångarbatterier som är vertikalt placerade och gemensamma för samtliga värmepumpar. Luftflödet över batterierna uppgår till totalt  $510\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$ , dvs ca  $64\ 000\ \text{m}^3/\text{h}$  per fläkt. Fläktdiametern är 1780 mm och fläktvarvtalet 315 varv/min.

Omfattande bullerdämpande åtgärder har utförts för att innehålla myndigheternas krav - 40 dBA vid närmsta bostadshus, avstånd ca 15 m.

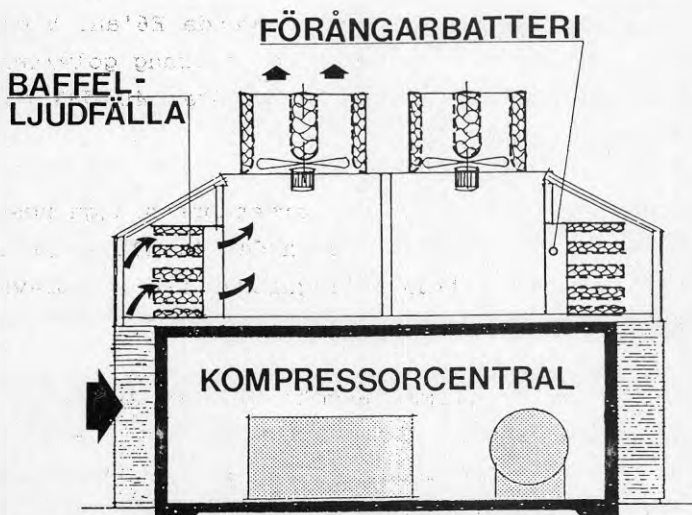
Luftintagen är försedda med 100 mm tjocka ljudbafflar av mineralull c/c 400 mm. Fläktkammarnas väggar är klädda med mineralull och fläktutloppen försedda med cirkulära ljuddämpare med mittkropp.

Värmepumpcentralens läge i förhållande till bebyggelsen framgår av situationsplan, fig. 1.

Av sektionsritning, fig. 2, visas anläggningens principiella uppbyggnad.



Figur 1. Situationsplan. Värmepumpinstallation - bostäder.



Figur 2. Värmepumpcentral. Principiell uppbyggnad.

Värmepumpsanläggningen togs i bruk 1983. I två BFR-rapporter R34:1982 och R24:1987 redovisas dels en förstudie och dels en utvärdering av anläggningens funktion. För utförligare beskrivning av anläggningen hänvisas därför till dessa rapporter.

De primära ljudkällorna är kompressorer och fläktar. Fasadkonstruktionerna är tunga och ljudisoleringen är därför relativt god.

Buller från fläktarna strålar ut dels-via luftintag och dels via luftutsläpp genom skorstenstoppar. Fläktarna är uppställda på ett balksystem som är förbundet med bjälklag och yttertak. Takkonstruktionen utgörs av en lätt konstruktion som är lätt att sätta i svängning.

Vid mätningar under fulldriftsförhållanden och företagna strax efter idrifttagandet uppmättes på balkong i kv. Lansen - närmsta avstånd till värmepumpscentral ca 25 m - ljudnivåer på 46-49 dBA. Det högre värdet påverkades sannolikt av trafikbuller från den närliggande E6'an. Vidare påverkas nivån av reflexer från fasad och balkong golv/tak. Frifältsvärdet torde därför ligga strax över 40 dBA och uppställt krav innehållas.

Klagomål på buller från värmepumpsanläggningen indikerar dock att uppfyllande av kravvärdet 40 dBA ej är tillräckligt för att ej buller från anläggningen skall upplevas som störningar.

De klagande har främst angett att de upplever störningarna av låga frekvenser. För att utröna riktigheten i påståendet fick en av de klagande reglera in frekvensen hos en artificiell ljudkälla tills störfrekvensen överensstämde med den som hon uppfattade från värmepumpen. Detta sätt att bestämma störfrekvensen gav frekvensen ca 30 Hz.





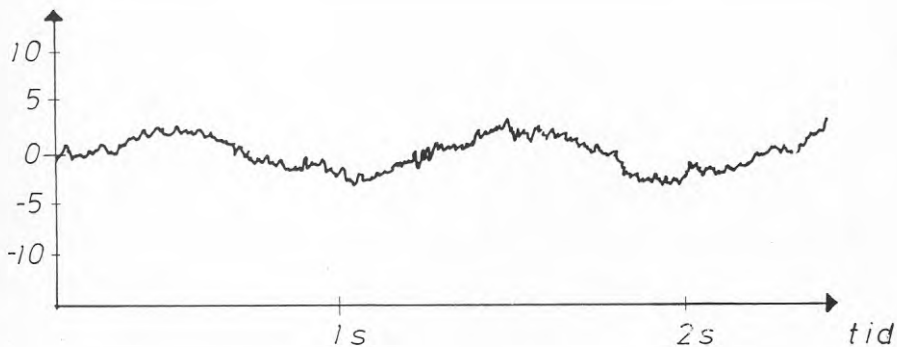


Som framgår av kurvbladen är förekomsten av låga frekvenser riktig. Beroende av rumsdimensioner och/eller avstånd mellan reflekterande ytor erhålles interferenseffekter vid vissa samband mellan störningens våglängd och rumsdimensioner. Absolutnivån hos de enskilda frekvenserna kan därför variera kraftigt mellan olika mätpositioner.

Det framgår dock att frekvenserna 15, 33 och 48 Hz är dominerande.

En periodisk variation i bullrets amplitud förekommer, en variation som troligen ger upphov till att störningar accentueras. Variationen är fullt uppfattbar för örat men är på grund av bakgrundsbullret svår att få fram vid en tidsanalys. Fig. 5 illustrerar därför en mer idealiserad bild av en sådan variation.

Anm. För att reducera bullret hos den klagande har en förstärkning av fasadens ljudisolering skett och förhållandena i lägenheten har förbättrats.



Figur 5. Illustration av svävning.

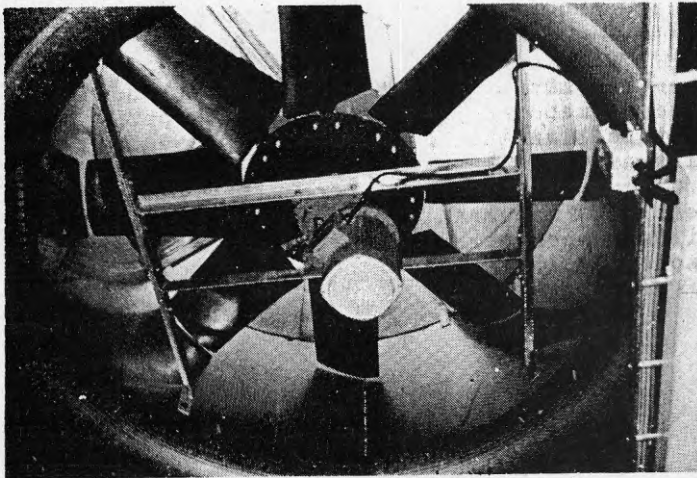
### 3 LJUD- OCH VIBRATIONSMÄTNINGAR I ANSLUTNING TILL OLIKA DELELEMENT

För att utröna vilka komponenter som huvudsakligen ger utstrålning vid låga frekvenser har ljud och vibrationsmätningar utförts. Det har därvid främst varit intressant att studera buller från tilluftintag och fläktutlopp jämte vibrationsnivåer i olika byggnadskonstruktioner.

Anläggningen är försedd med en avancerad automatik. Detta har gjort det svårt att tvångsstyra fläktarna så att mätningar kunnat företas på driftsfall som avviker från de normala. Mätningarna på värmepumpsanläggningen har därför måst begränsas jämfört med vad som planerats.

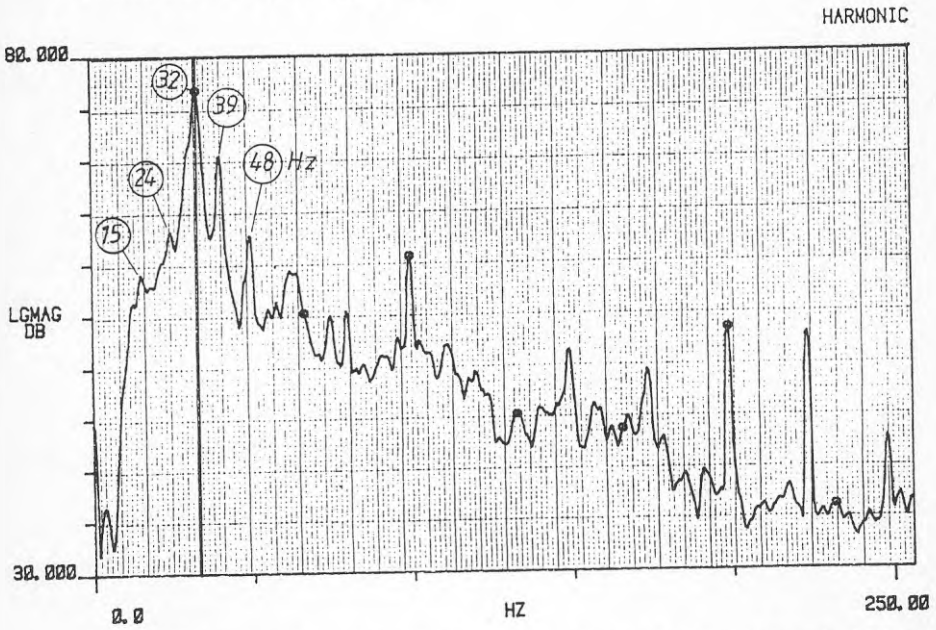
Inledningsvis utfördes en mindre mätserie för att konstatera om fläktarnas ljudemission var likartad. Sedan detta konstaterats utfördes noggrannare undersökning av en fläkt.

På fig. 6 visas foto av en fläkt och dysa med infästning, motor och växellåda.

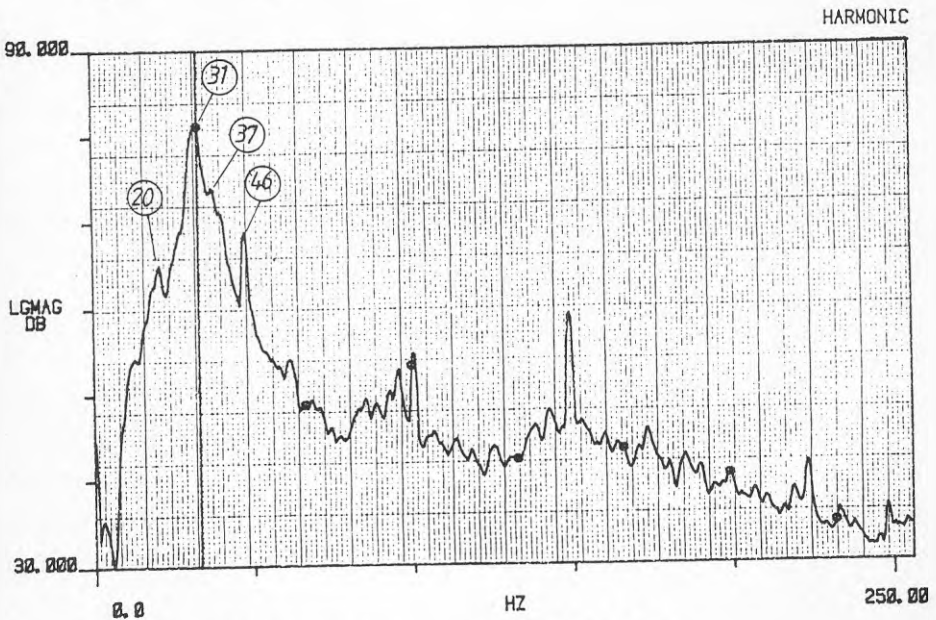


Figur 6. Foto av en av fläktarna i Brunnsbergsanläggningen.

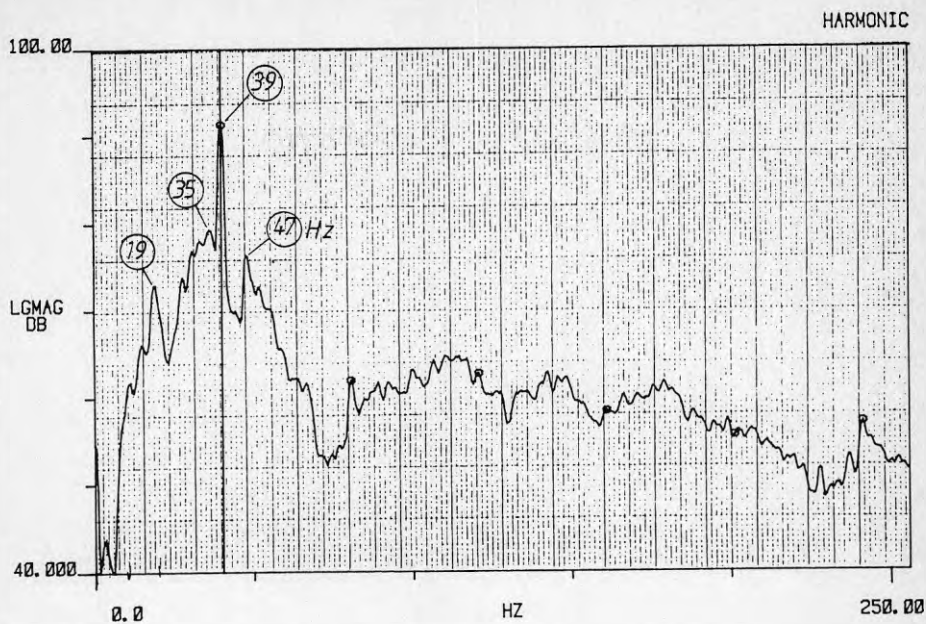
Mätresultat - smalbandsanalyser - från ljud och vibrationsmätningar på fläkt och konstruktionselement redovisas i figurbladen 7-17. För samtliga analyser gäller att analysbandbredden varit  $\leq 1$  Hz.



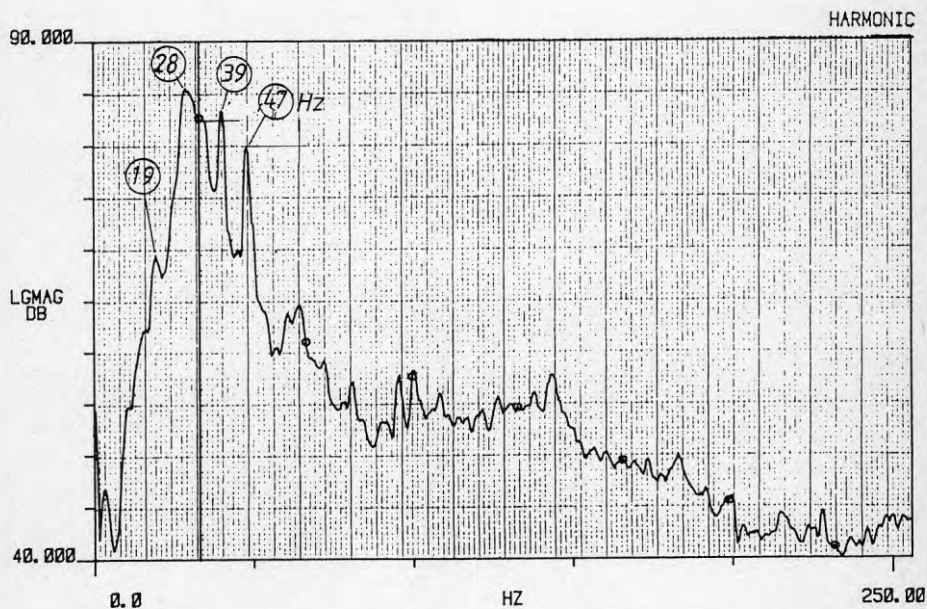
Figur 7. Ex. på smalbandsanalys av bullret under luftintag.



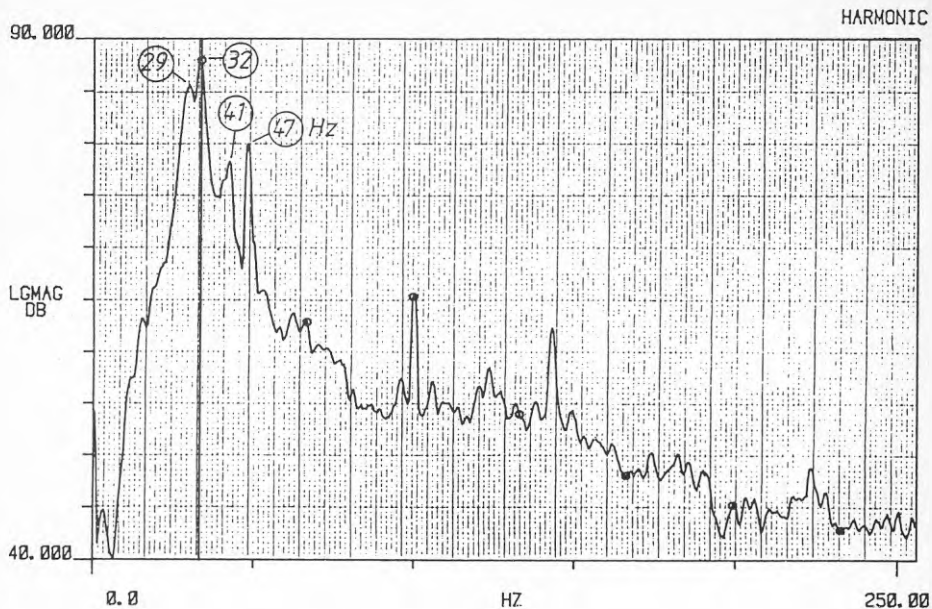
Figur 8. Som ovan men annan mätposition.



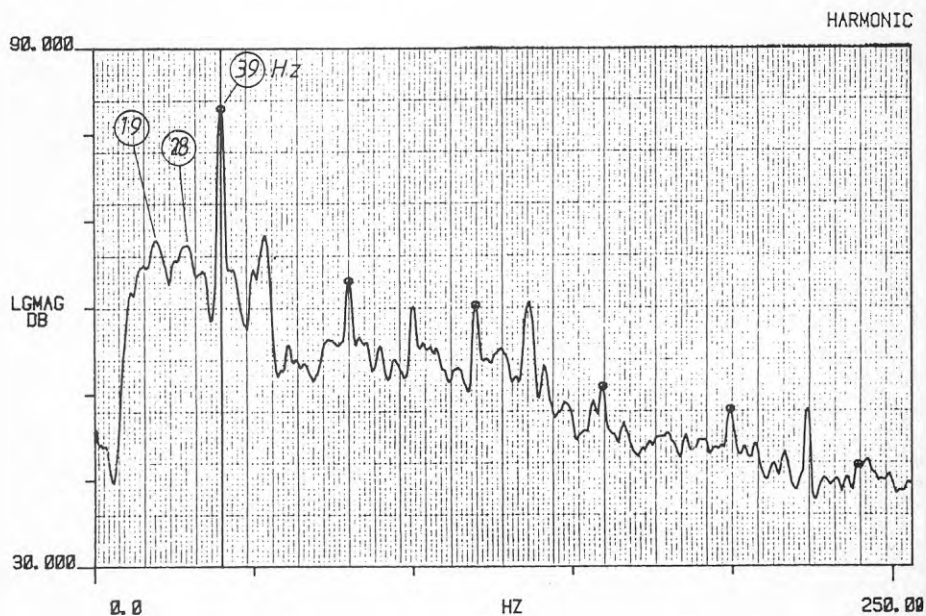
Figur 9. Ex. på smalbandsanalys av bullret i sugkammare.



Figur 10. Ex. på smalbandsanalys av bullret vid skorsten över takplan.

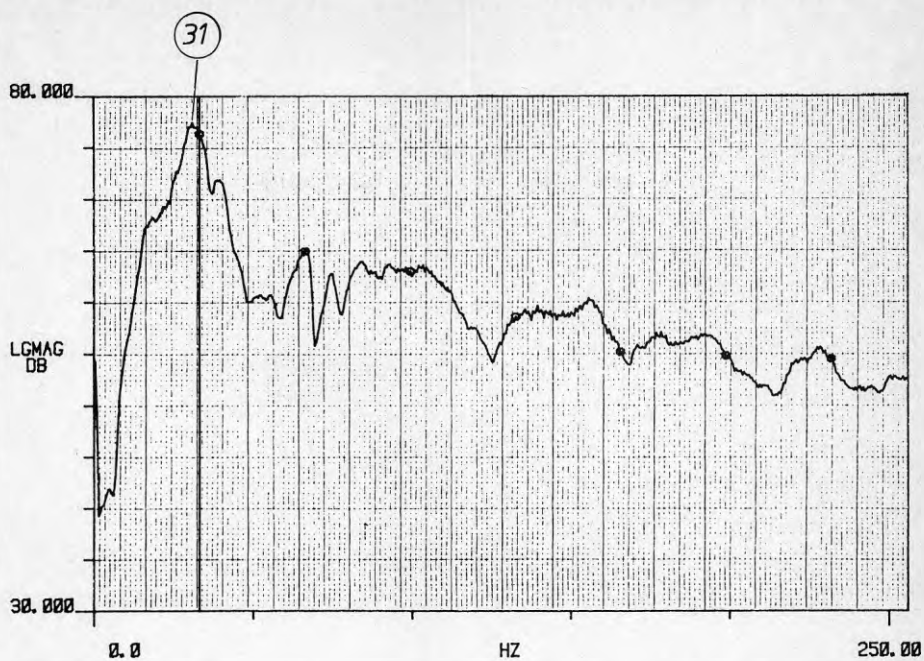


Figur 11. Exempel på smalbandsanalys av bullret vid skorstenstopp.

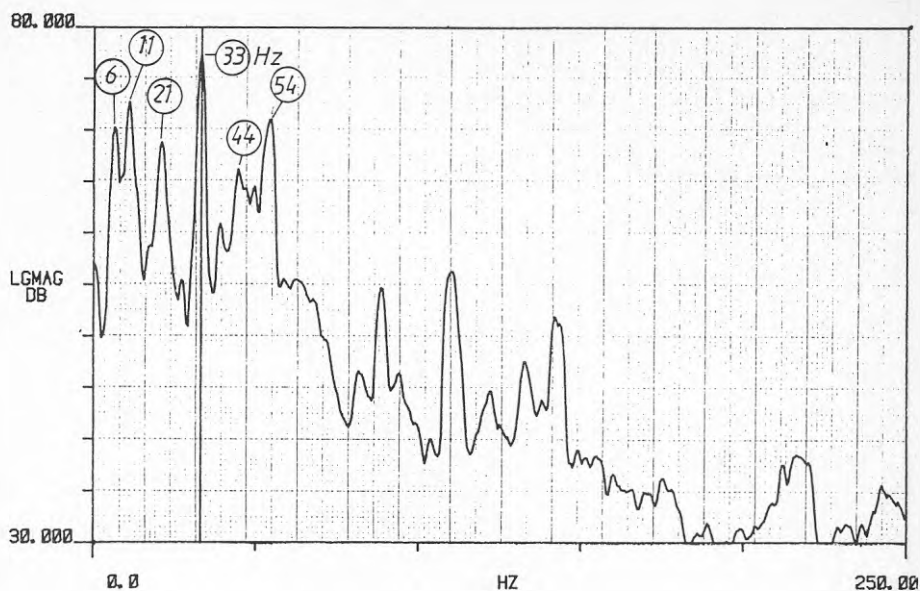


Figur 12. Exempel på smalbandsanalys av bullret vid skorstenstopp (annan skorsten än i figur 11).

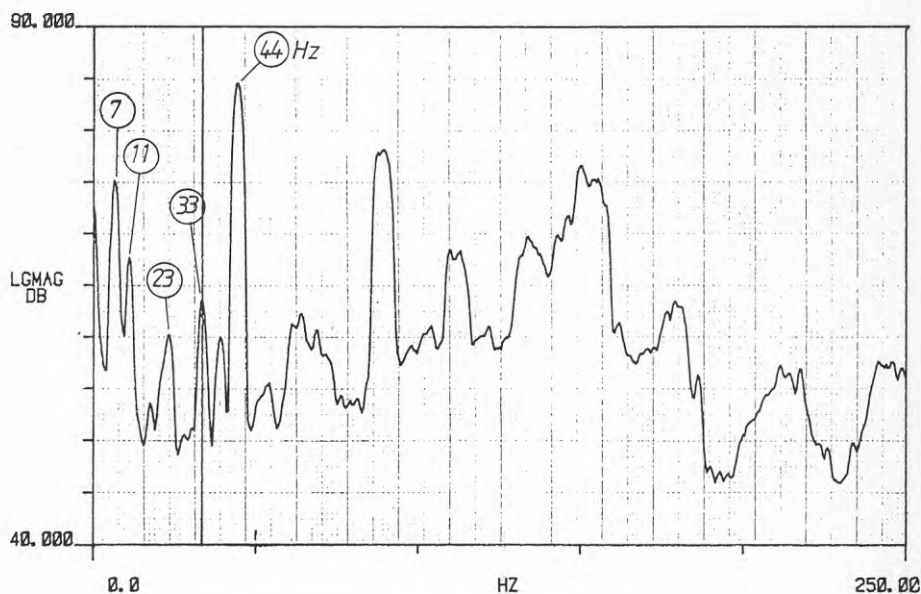




Figur 13. Smalbandsanalys av buller orsakat av slag-excitering av takkonstruktion. Upprepade slag under integrationstiden 32 s.

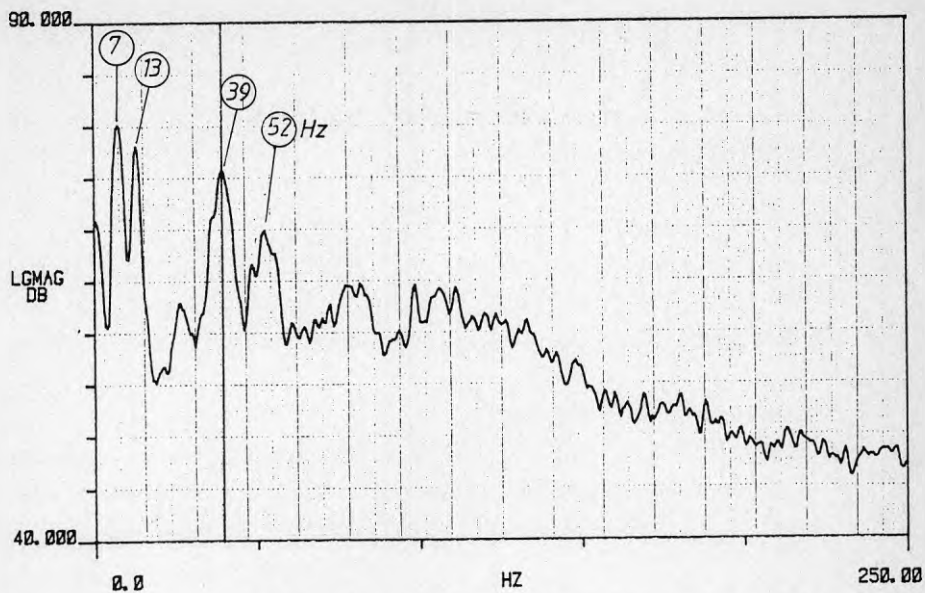


Figur 14. Smalbandsanalys av vibrationer hos fläktbalk.

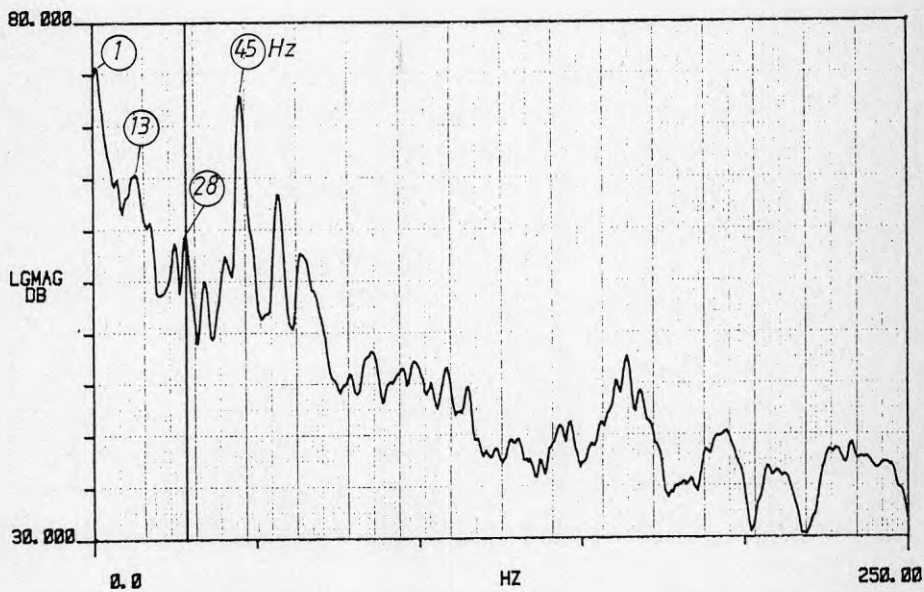


Figur 15. Smalbandsanalys av vibrationer hos fläkthölje.





Figur 16. Smalbandsanalys av vibrationer i ljuddämparen.



Figur 17. Smalbandsanalys av vibrationer hos vertikal del av plåttak.

### 3.1 Kommentarer till mätningarna

Av ljudmätningarna framgår att tre olika frekvenser med övertonskaraktär uppträder.

\* 50 Hz (och övertoner)

Härrör från kompressorum. Ljudisoleringen i väggar och bjälklag är så god att utanför anläggningen kan endast 50 Hz-tonen härledas komma från kompressorummet.

\* 40 Hz (och övertoner)

Bör härröra från fläktarna. Enligt specifikationer är fläktvarvtalet 315 varv/min och antalet fläktblad är 8. Detta ger en primär störfrekvens om 42 Hz.

\* Ca 30 Hz

Till förekomsten av denna ton har vi ingen enkel förklaring. Ljudutstrålningen tycks i första hand härröra från byggnadskonstruktionerna. I omedelbar närhet av de fläktar vars ljud mätts noggrant har tonen inte kunnat upptäckas.

Av vibrationsmätningarna kan man dra den slutsatsen att flera av de byggnadskonstruktioner som ingår i byggnaden har resonanser i aktuellt frekvensområde, dvs kring 30 Hz men endast i undantagsfall sammanfaller störfrekvens och resonansfrekvens.

Konstruktionerna har exciterats dels genom att fläktarna varit i normal drift och dels genom slagexcitering.

I några mätpunkter har erhållits mätresultat som visar på kraftiga rentonsvibrationer vid ca 30 Hz. Det bör betyda att vibrationskällan (fläkten) bland annat avger denna störfrekvens. För anläggningen angivna tekniska data visar inte på att någon komponent i anläggningen skall kunna ge upphov till denna frekvens.

Leverantören av anläggningen har senare på förfrågan uppgivit att en felkoppling skett vid den elektriska inkopplingen av fläktarna, vilket inneburit att några av fläktarna haft varvtal som skilt sig från uppgivna data.

I BFR-rapport R24:1987 redovisas bland annat utdrag ur loggbok och av dessa utdrag framgår att fel å växellåda och drivning varit vanligt förekommande vilket också gett anledning till att verkligt varvtal och märkvarvtal kommit att vara olika.

I efterhand kan man säga att det varit klokt att vid varje mättillfälle kontrollera samtliga fläktars varvtal. För att till viss del kunna bevisa att misstanken om att flera fläktar under mätseriens genomförande avvikit från märkvarvtal gjordes under 1987 en bestämning av varvtalet hos 4 av de 8 fläktarna. Samtliga 4 fläktar visade sig ha samma varvtal 360 varv/minut. Förutom varvtalsbestämningen gjordes en mätning med frekvensanalys av ljudet i en punkt där 30 Hz tonen tidigare registrerats. En kraftig reduktion av denna tonkomponent hade nu skett medan däremot en 48 Hz ton var dominerande (motsvarar uppmätt varvtal 360 varv/min, 8 fläktblad).

#### 4 MÄTNINGAR PÅ ANDRA VÄRMEPUMPAR

Eftersom det ej varit genomförbart att variera olika driftparametrar på önskat sätt har vi utfört mindre mätserier på andra värmepumpsanläggningar. Vi har därvid velat studera i vilken mån andra utföranden kan ge effekter som vi ej funnit i Brunnsberg.

##### 4.1 Luftvärmepump - Mölnlycke

Uteluftvärmepumpen i Mölnlycke består av två fläktar med tillhörande kondensorpaket. Fläktarna som är 8-bladiga och har varvtalet 230 varv/min ger en grundton om ca 31 Hz. Den principiella skillnaden i uppbyggnaden av fläktsystemet är att motor och växellåda ligger på fläktens trycksida i stället för dess sug sida som i Varbergsfallet. Detta orsakar mindre turbulenta störningar och därmed minskad bulleralstring. Några rapporter om att kringboende känt sig störda har ej heller uppfattats.

På figurblad 18-19 visas frekvensspektra avseende ljudmätningar företagna i anläggningen.

##### 4.2 Luftvärmepump Komarken, Kungälv

Värmepumpen är större än Brunnsbergspumpen och anläggningen klarar, efter ombyggnad av pumpen, uppställt ljudkrav.

Anläggningen är till sin uppbyggnad likartad den i Brunnsberg men i stort sett har endast tunga konstruktioner använts.

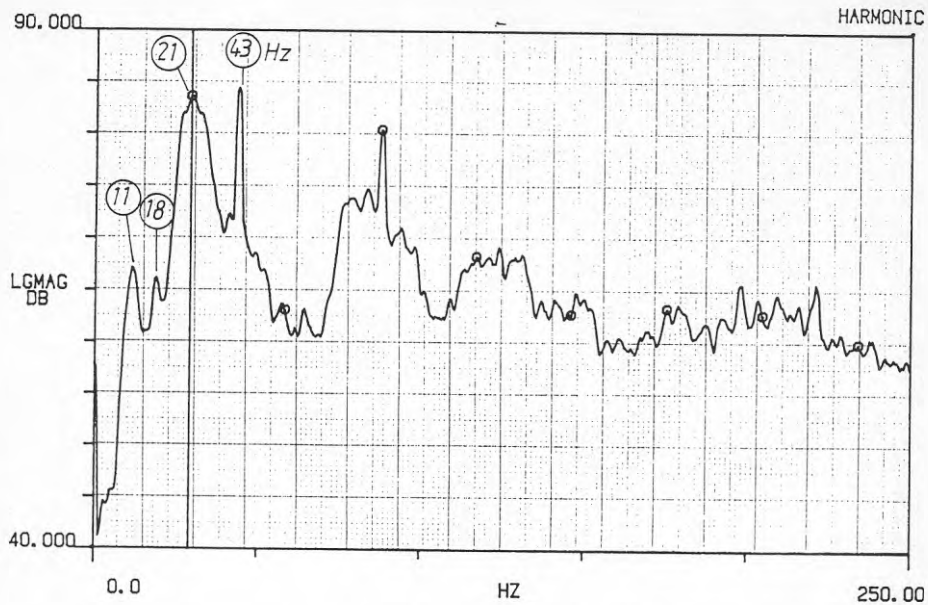
På figurblad 20-21 visas två frekvensspektra från ljudmätningar.

Mätningar kring anläggningen har varit svåra att genomföra dels på grund av upprepade driftsavbrott och dels på grund av att bakgrundsnivån är hög.

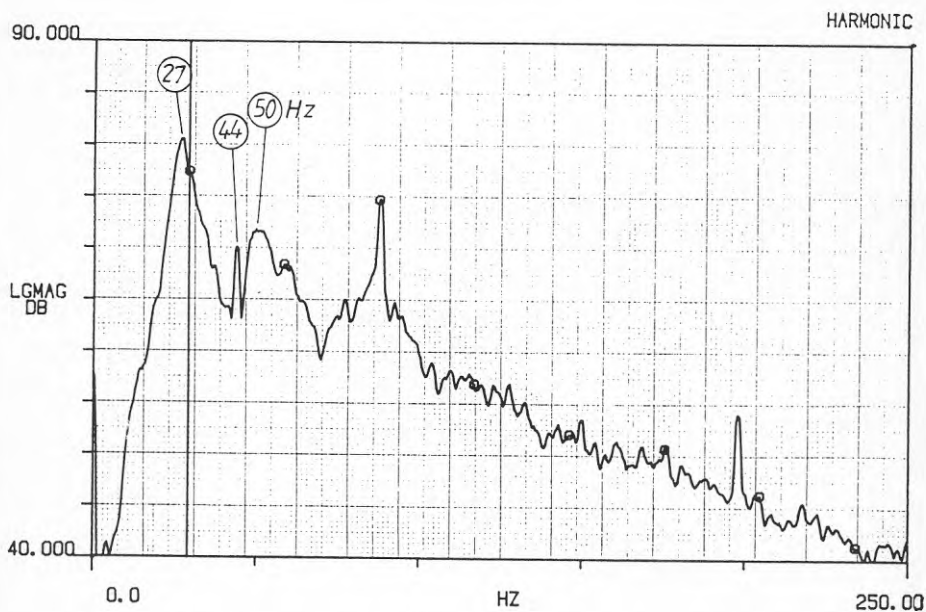
#### 4.3 Luftvärmepump - Falköping

Värmepumpen som är placerad vid Odinbadet är uppbyggd av kylkondensorer av standardtyp. Den består av sammanlagt 12 st fläktar med märkvarvtalen 440 varv/min och 4 blad, vilket ger en dominerande störfrekvens på 32 Hz. Se frekvensspektrum på figurblad 22-23.

Fläktmotorn är monterad på fläktens sugsida.



Figur 18. Värmepump i Komarken. Ex. på smalbandsanalys av buller. Mätposition i fläktkammare.

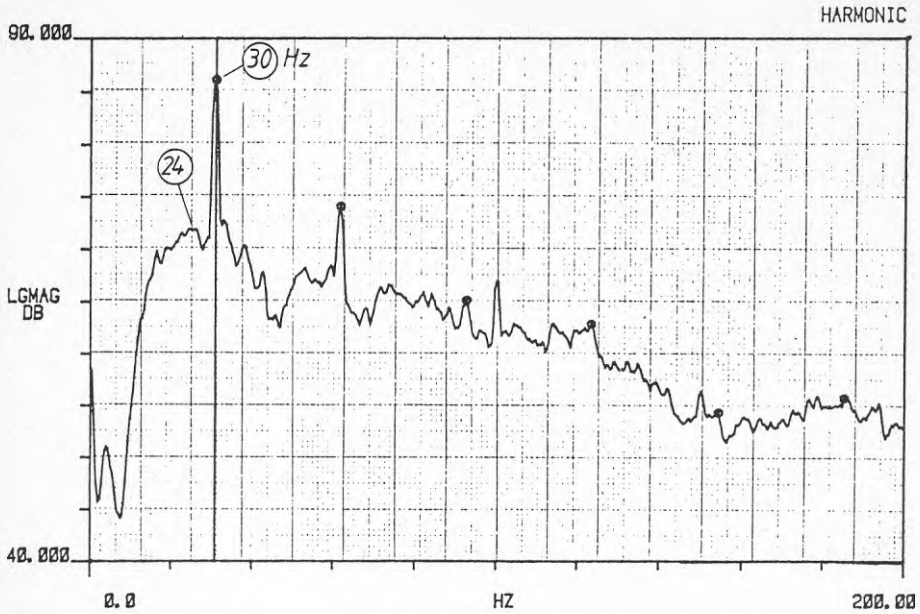


Figur 19. Värmepump i Komarken. Ex. på smalbandsanalys av buller. Mätposition vid skorstenstopp.

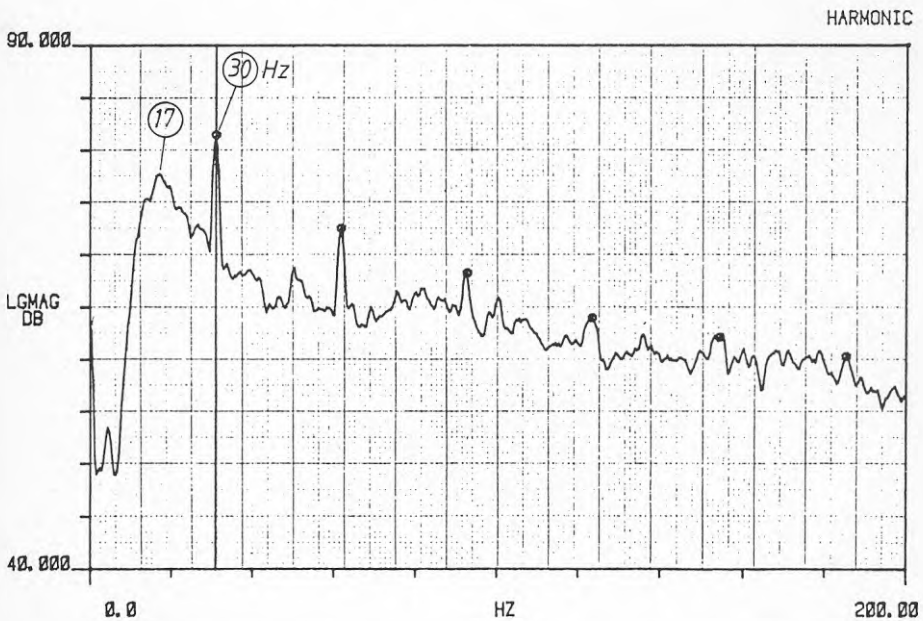








Figur 22. Värmepump, Falköping. Smalbandsanalys av buller.  
Mätposition under kondensorbatterierna.



Figur 23. Värmepump, Falköping. Smalbandsanalys av buller.  
Mätposition ovanför fläktarna.

#### 4.4 Kommentarer till mätningarna

Samtliga mätningar visar likartade och väntade resultat. Fläktarnas bladfrekvens med övertoner uppträder som "rena" toner.

En väsentlig faktor som bestämmer nivån hos förekommande frekvenskomponenter är hur turbulent strömningen genom fläkten är.

Placering av stag och infästningsdetaljer för fläkt och motor är därför viktiga. Det är troligen också så att högre ljudnivåer erhålles om luftströmmen störs på fläktens sug-sida jämfört med på dess trycksida.

Att i en befintlig anläggning göra åtgärder som reducerar den lågfrekventa ljudutstrålningen är ofta mycket svårt och kostnadskrävande. Studier av Brunnsbergsanläggningen och andra luftvärmepumpar har lett till att vi velat göra ytterligare undersökningar av fläktbuller under mer idealiserade förhållanden, varför en mätserie företagits i laboratorium.

## 5. FLÄKTBULLER - LABORATORIEMÄTNINGAR

Principiella utseende hos ett axialfläkts frekvensspektrum framgår av figur 24.

Ljudnivån orsakad av de varvtals/blad - beroende frekvenskomponenterna dominerar är beroende av fläktkonstruktion.

För att komplettera fältmätningarna har en mätserie utförts i laboratorium där identiskt lika fläktar testats under olika driftförhållanden.

Fläktarna har haft följande data:

Axialfläktar med enfasmotor om 80W och försedda med varvtalsreglering.

Nominellt varvtal 1400 varv/min, 4 blad

Fläkt diameter  $\varnothing$ 300 mm

Se även foto, fig. 25-27.

Laborariemätningarna har främst haft till uppgift

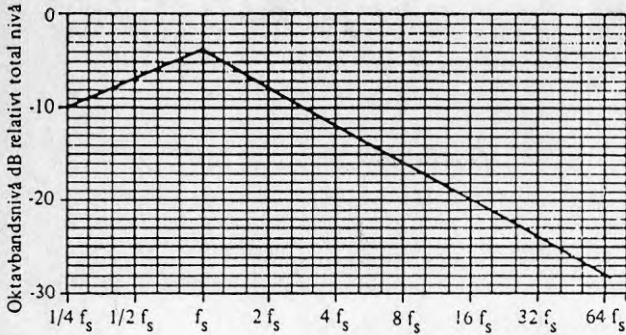
att under idealiserade förhållanden dokumentera fläktspektrum som funktion av varvtal och att studera spektrats och nivåns variation vid olika störningar

att utröna hur, vid samtidig körning av flera fläktar, en mindre spridning i varvtal och därmed frekvensspektrum påverkar hörselintrycket

På kurvblad 28-46 redovisas en del av de utförda frekvensanalyserna.

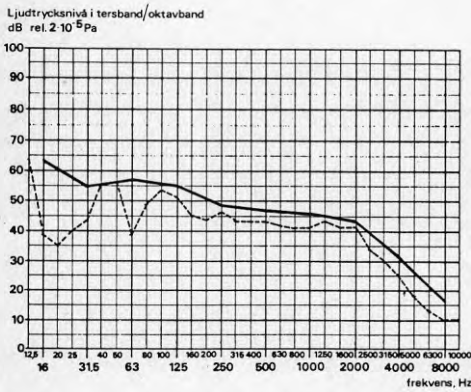
Samtliga mätningar är vid mätning på enstaka fläkt gjorda i likbelägen mikrofonposition, varför även nivåer kan jämföras.

Som hinder har radiellt, eller som kordor, placerats ca 10 mm breda och 1 mm tjocka ställinjalier.

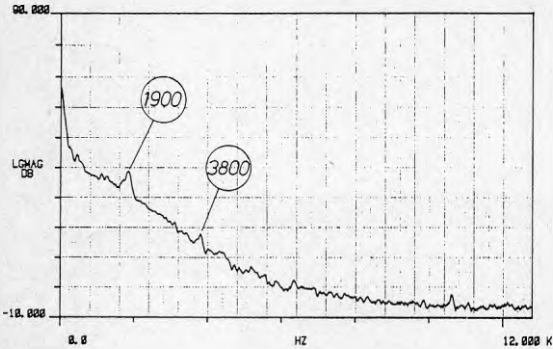


Figur 24 a-d.

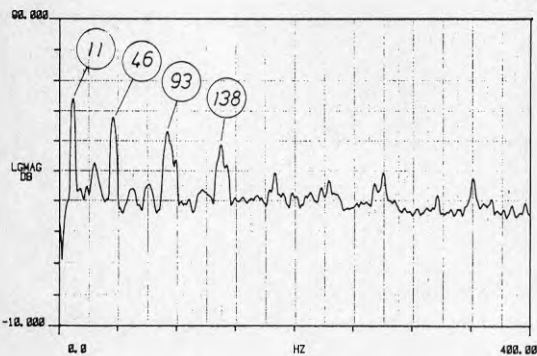
- a. Generellt ljudspektrum  
hos axialfläkt.  
 $f_s$ = skovelfrekvens



- b. Ters- och oktavbands-  
spektrum hos axialfläkt  
varvtal 700 rpm, 4 blad.

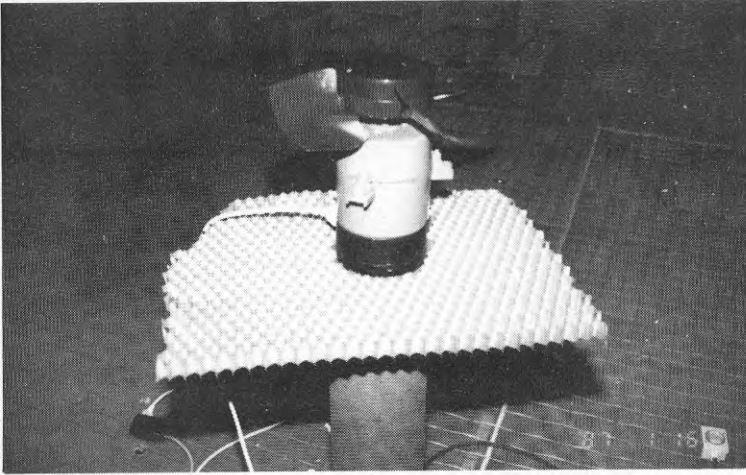


- c. Smalbandsanalys av  
fläktbuller från fläkt  
enligt b.  
 $\Delta f = 25$  Hz.

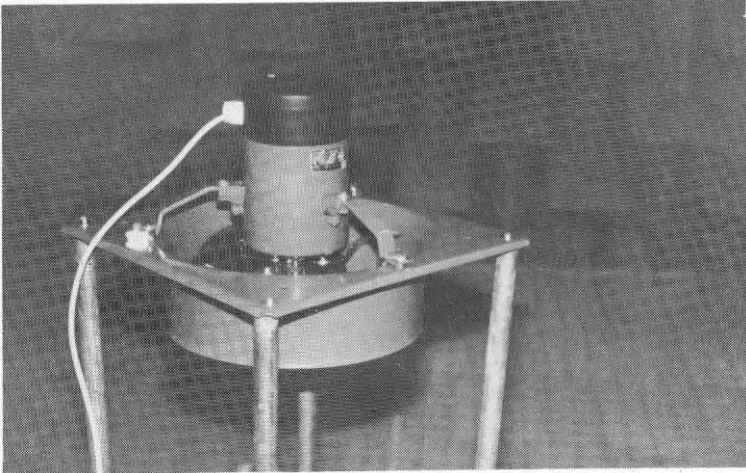


- d. Smalbandsanalys av  
fläktbuller från fläkt  
enligt b.  
 $\Delta f = 0.78$  Hz.

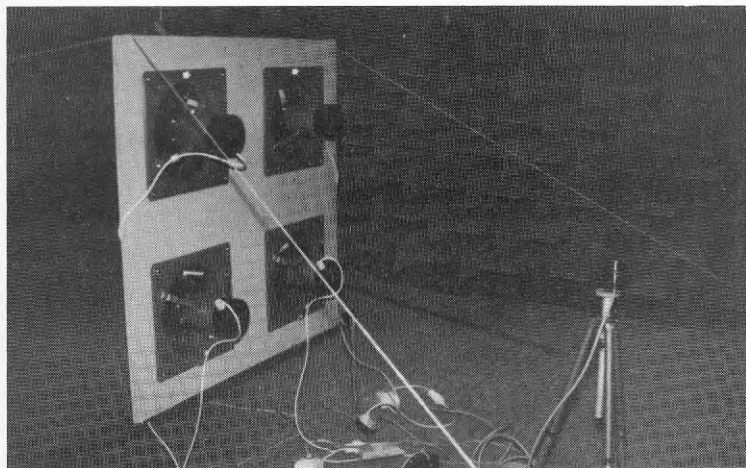
Figur 25.  
Fläkt utan  
dysa.



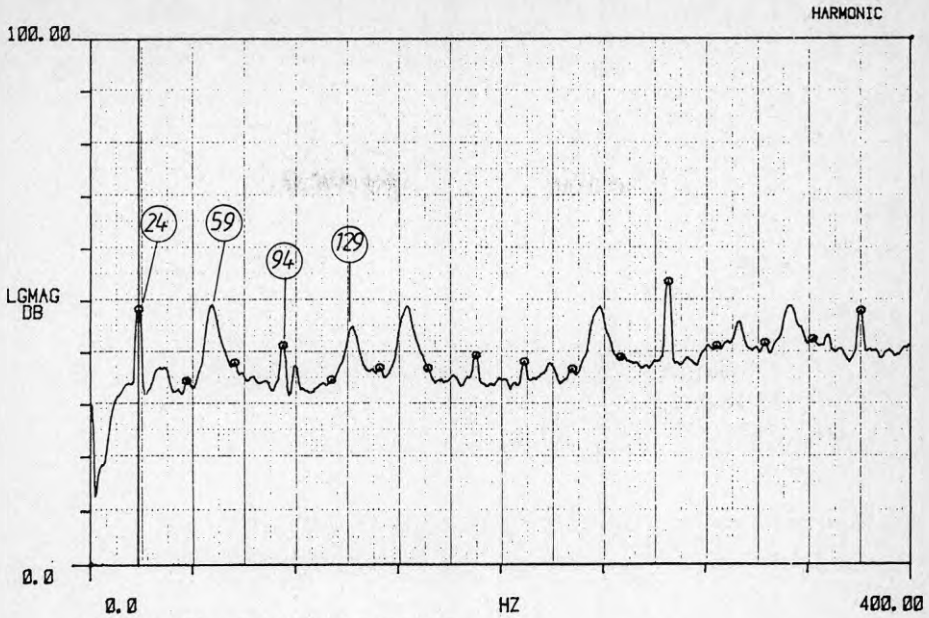
Figur 26.  
Fläkt med  
infästningar  
och dysa.



Figur 27.  
Arrangemang  
med 4 fläktar.

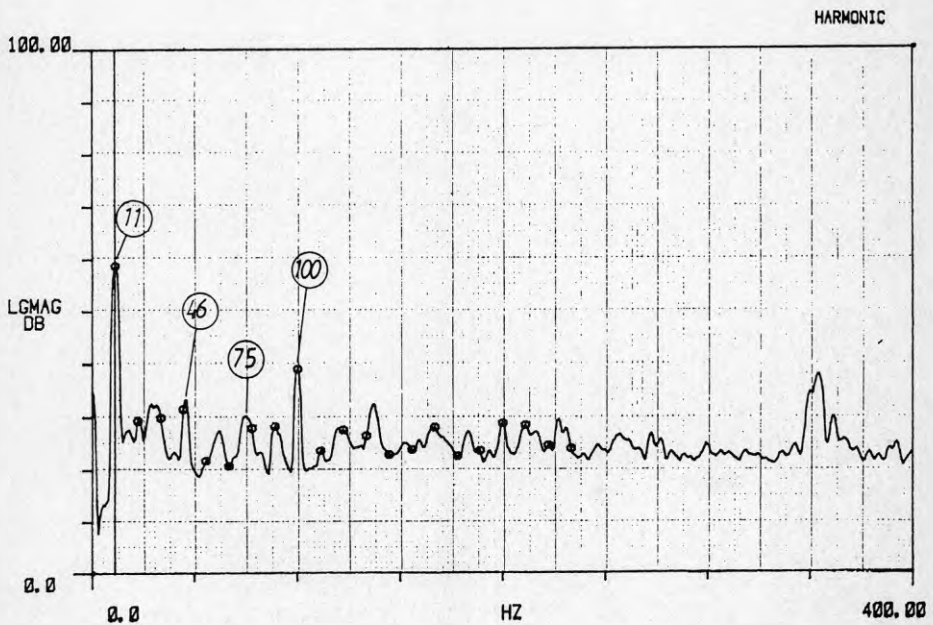






Figur 28. Smalbandsanalys.

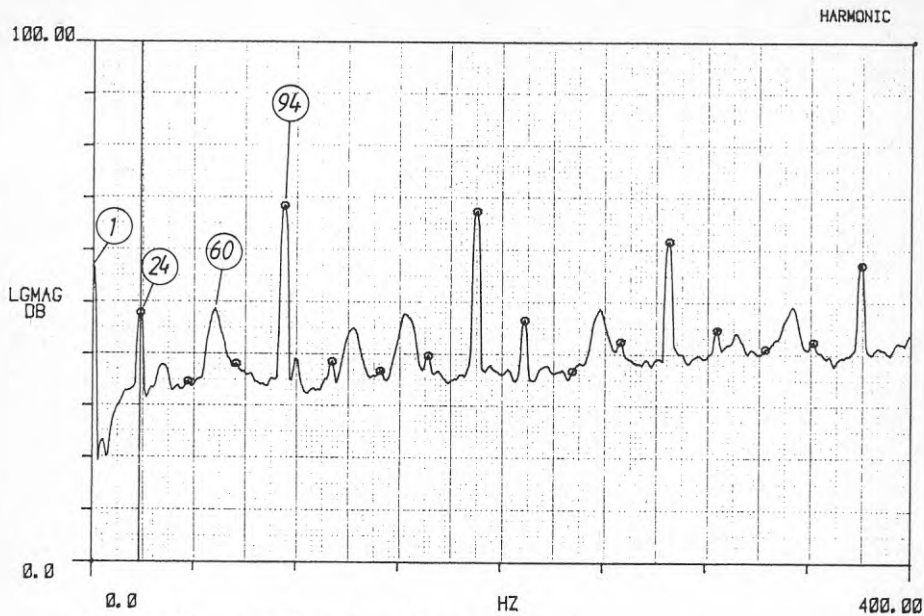
Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm, normal montering  
inget hinder.



Figur 29. Smalbandsanalys.

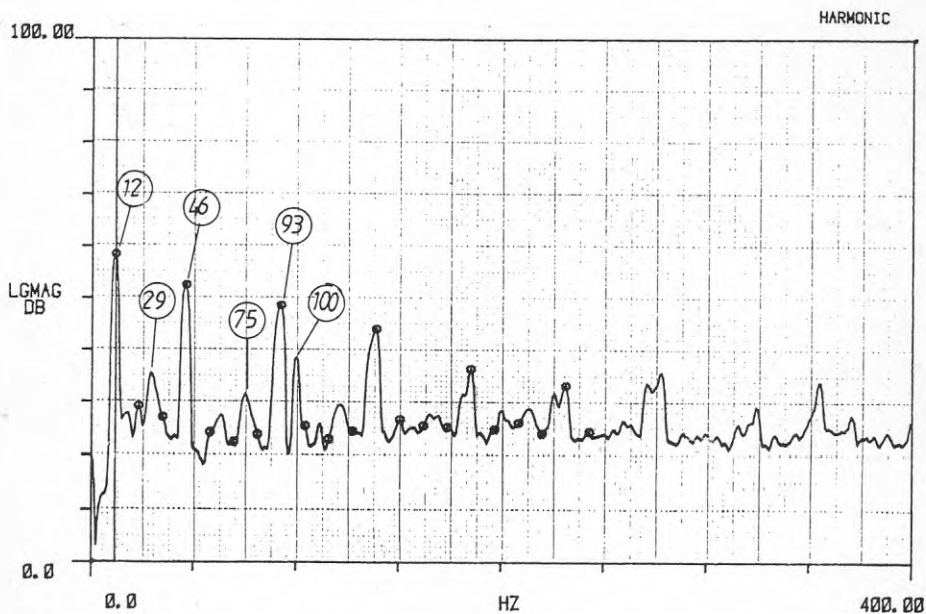
Axialfläkt 4 blad 700 rpm, normal montering,  
inget hinder.





Figur 30. Smalbandsanalys.

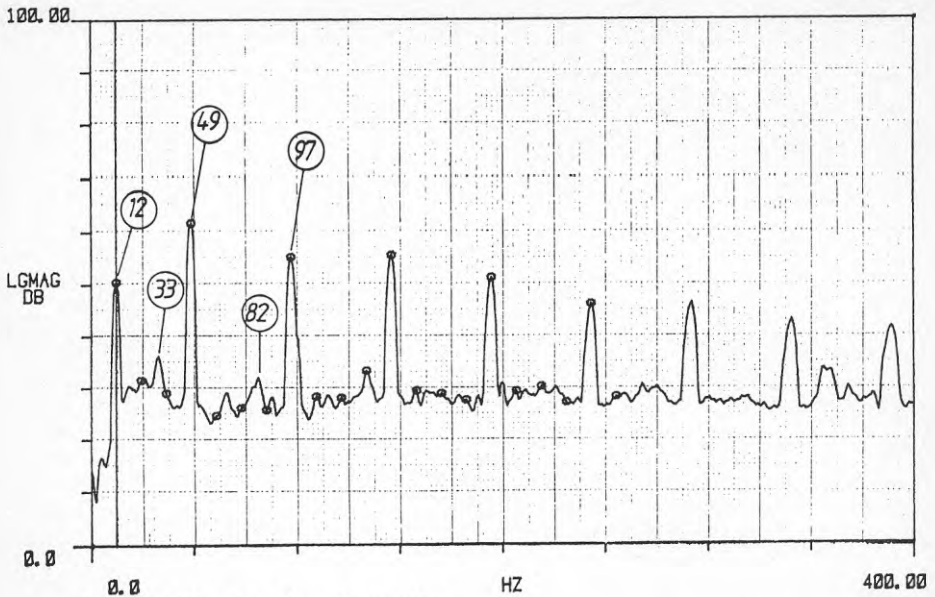
Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm, normal montering.  
Ett radiellt hinder på sugsidan.



Figur 31. Smalbandsanalys.

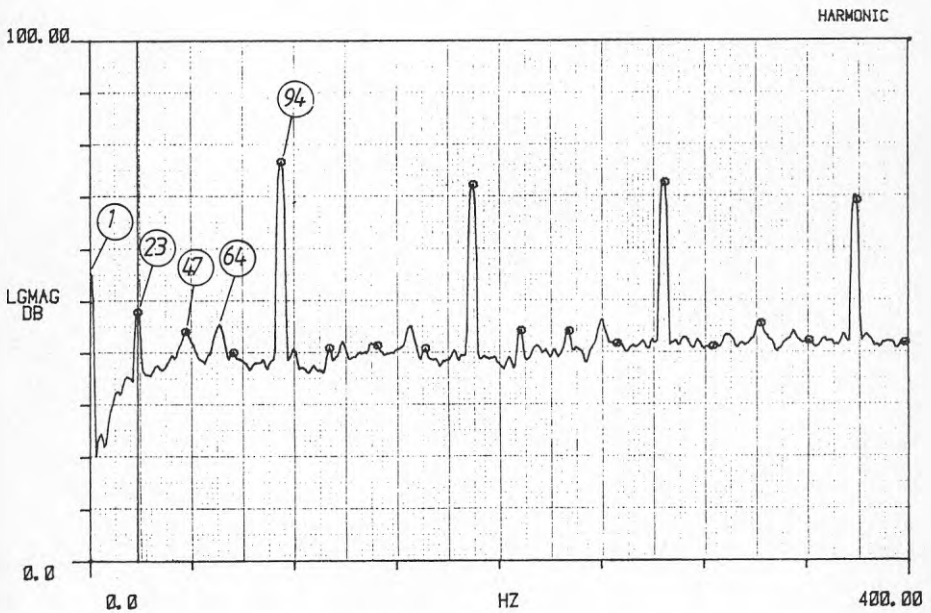
Axialfläkt 4 blad, 700 rpm, normal montering.  
Ett radiellt hinder på sugsidan.





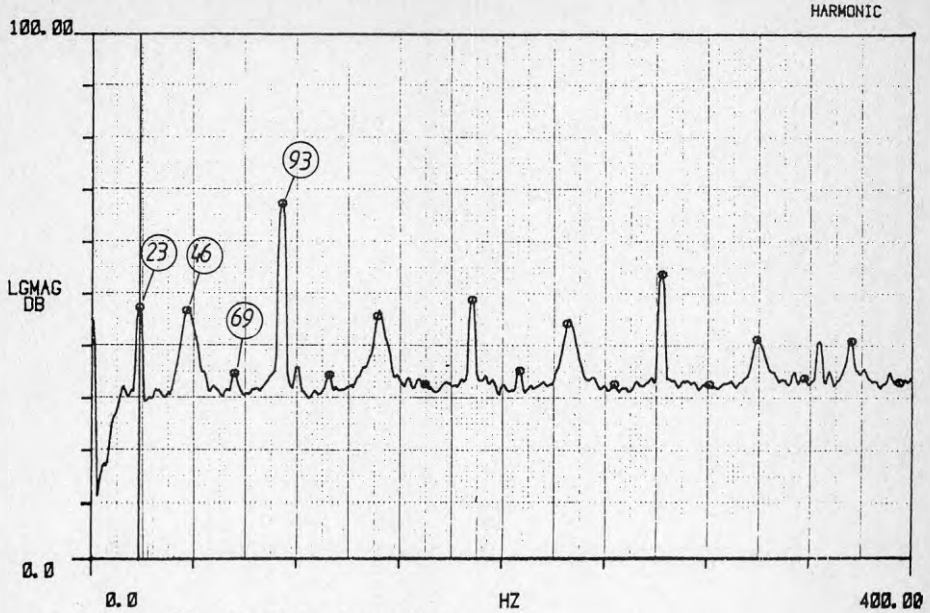
Figur 34. Smalbandsanalys.

Axialfläkt 4 blad, 700 rpm, normal montering.  
2 hinder monterade som kordor på sugsidan.



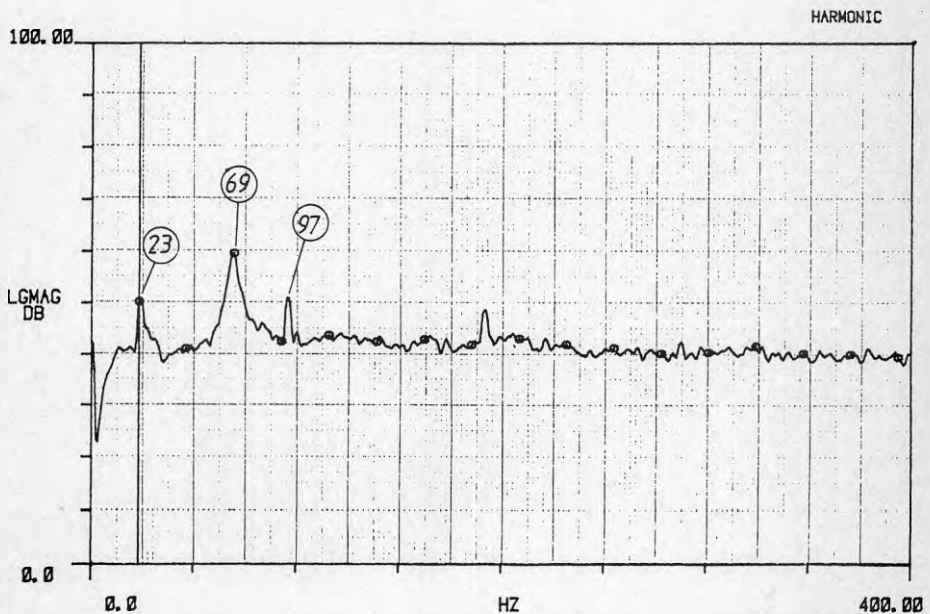
Figur 35. Smalbandsanalys.

Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm, normal montering.  
2 hinder monterade som kordor på sugsidan.



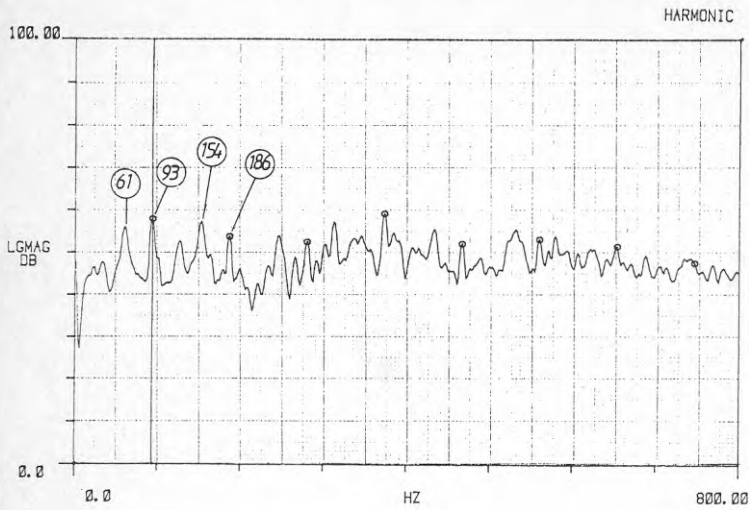
Figur 36. Smalbandsanalys.

Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm, normal montering.  
2 hinder monterade som kordor på trycksidan.

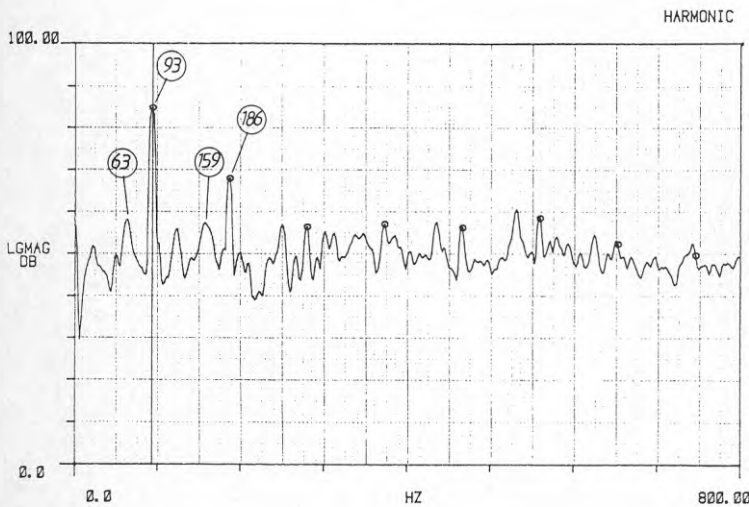


Figur 37. Smalbandsanalys.

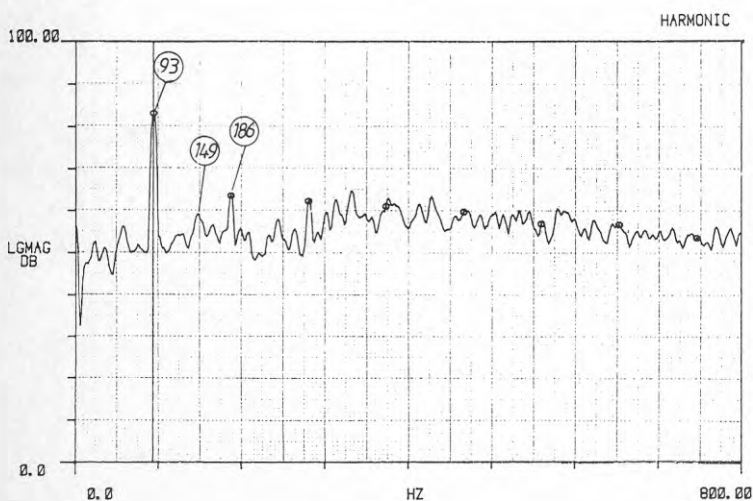
Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm, normal montering.  
2 radiellt monterade hinder på trycksidan.



Figur 38.  
Smalbandsanalys.  
Axialfläkt 4 blad,  
1400 rpm. Inga hinder.

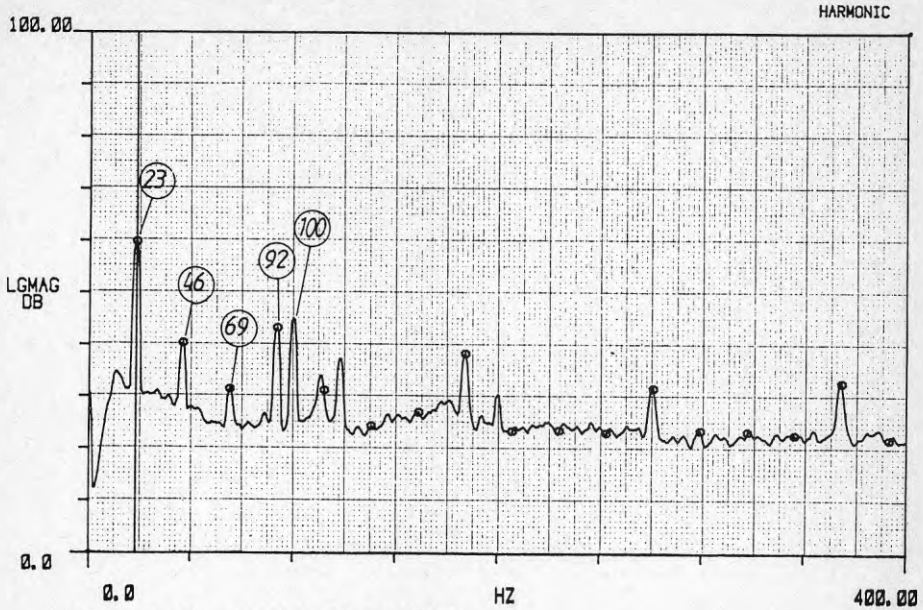


Figur 39.  
Smalbandsanalys.  
Axialfläkt 4 blad,  
1400 rpm.  
Ett radiellt hinder  
på sugsidan.



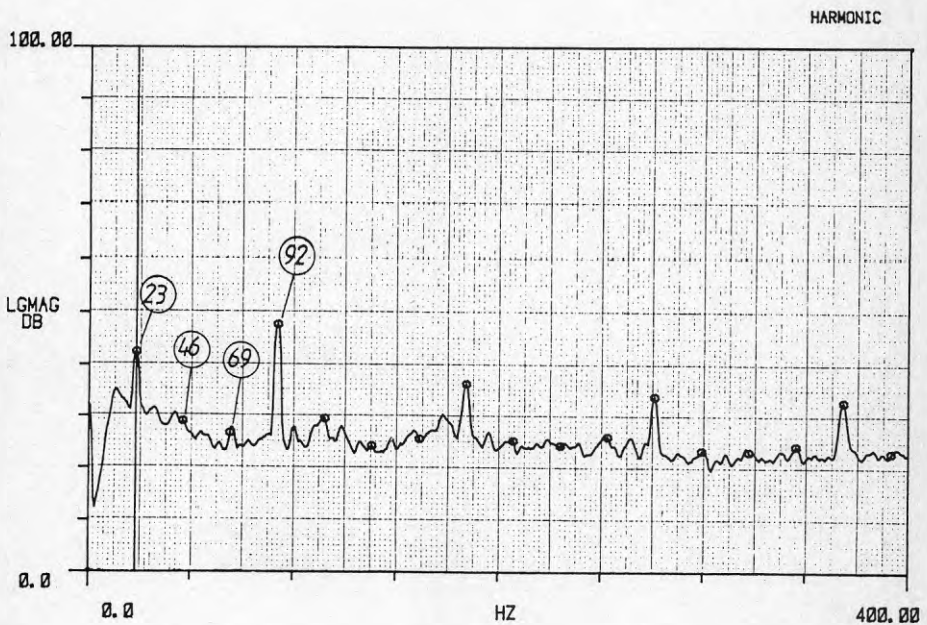
Figur 40.  
Smalbandsanalys.  
Axialfläkt 4 blad,  
1400 rpm. Störning  
genom påblåsning  
vinkelrätt den av  
fläkten genererade  
luftströmmen.





Figur 41. Smalbandsanalys.

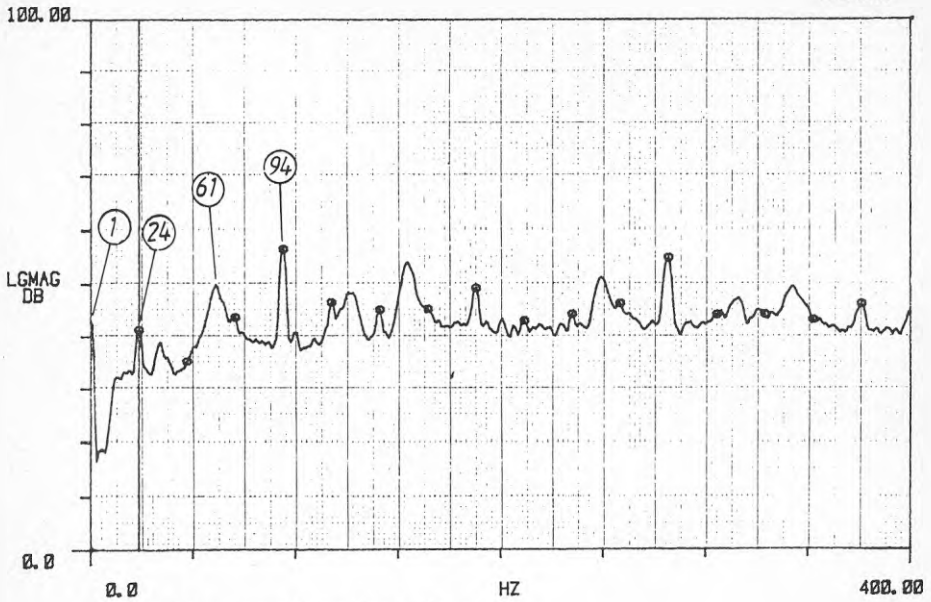
Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm. Montage utan dysa.



Figur 42. Smalbandsanalys.

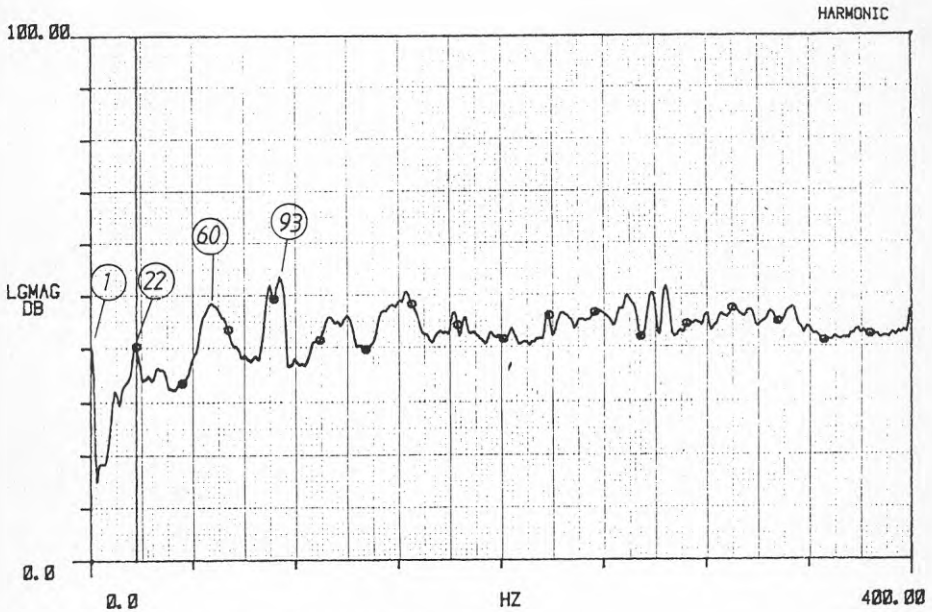
Axialfläkt 4 blad, 1400 rpm. Montage utan dysa.  
Honeycombraster monterat på sugsidan.





Figur 43. Smalbandsanalys.

4 st axialfläktar 4 blad, 1450 rpm. Inget hinder.



Figur 44. Smalbandsanalys.

4 st axialfläktar 4 blad, 1300-1450 rpm.

Inget hinder.



## 5.1 Kommentarer till mätningarna

1. En fläkt med frånvaro av hinder i fläktbladens närhet avger också rena toner. Grundtonen är lika med fläktvarvtalet. Denna grundton nämns sällan i litteraturen utan där anges som grundton den frekvens som bestäms av antal blad och varvtal (bladfrequensen).
2. Det är inte endast hinder i form av stag och liknande i bladens närhet som är orsak till bladfrequensen. Andra hinder eller störningar, som ger upphov till en turbulent luftströmning på främst fläktens sug sida bidrar till att excitera bladfrequensen med övertoner.  
Exempel på en sådan störning är då den luftström som fläkten själv genererar påverkas av en annan luftström.
3. Bullret från en fläkt där motor och hinder är placerade på fläktens trycksida är lägre än om de är placerade på sugsidan. Detta innebär att man skall eftersträva att få så laminär luftströmning som möjligt på sugsidan.
4. En spridning av fläktarnas varvtal i en flätkombination gör att de höga ljudnivåerna vid diskreta frekvenser sänks. Totala ljudnivån påverkas inte men hörselintrycket påverkas radikalt. Det är naturligtvis detta förhållande som utgör bakgrund till den skärpning av ljudkrav som brukar tillämpas då ett buller innehåller rena toner.

## 6 SLUTSATSER

Utförda mätningar på värmepumpsanläggningen i Brunnsberg visar

att i lågfrekvensområdet (<100 Hz) finns primärt störfrekvenser som står i direkt samband med varvtalet, antal blad, nätfrekvens. (Detta är ett helt väntat resultat).

att flera byggnadskonstruktioner eller byggnadselement som ingår i anläggningen har resonanser i aktuellt frekvensområde. Det är naturligt att förvänta sig att om störfrekvens och konstruktionsresonanser sammanfaller förstärks störningen.

att utöver resonanser i byggnadskonstruktionen erhålles luftljudsresonanser på grund av att "rumsdimensionen" är av samma storleksordning som multiplar av  $\frac{1}{2}$  \* våglängden hos störfrekvensen.

Förutom rena toner som kan härledas till varvtalet ger en fläkt på grund av turbulensbildning även upphov till ett bredbandigt buller. Detta buller kan "sätta igång" såväl luftljuds- som konstruktionsresonanser. Man måste därför vara speciellt uppmärksam på att byggnadskonstruktioner som har stor area ej har resonansfrekvenser som faller inom "farligt" frekvensområde och speciellt inte inom frekvensområde där utpräglade störfrekvenser existerar.

Mätningarna i Brunnsberg jämte övriga mätningar visar

att störningar av den luftström som genereras av fläkten kan ge förhöjning av ljudnivån.

Störningar av luftströmmen kan också ske periodiskt och då fås en lågfrekvent svävning som innebär att bullerstörningen accentueras. Denna senare störning kan erhållas då flera fläktar tar sin tilluft genom samma intag.

Fläktarnas momentana verkningsgrad bestäms av hur stor del av tillgänglig luft de orkar dra med sig. Stor lufttillförsel till en fläkt innebär minskat luftflöde genom en annan, vilket som resultat ger en variation i ljudnivå. Troligen kan sådana här pumpningseffekter sättas igång av vindturbulenser. Det är därför sannolikt bättre om varje fläkt ges ett eget tilllopp vars luftflöde ej påverkas av de närliggande tilloppen.

att hinder eller störningar på fläktens sug sida ger upphov till högre buller än om motsvarande hinder är placerade på trycksidan. Således fås i en flätkombination med motor, växellåda och infästningsdetaljer placerade på fläktens trycksida en lägre ljudalstring än med dessa element placerade på sugsidan.

att i en värmepumpsanläggning sammansatt av flera fläktar vinner man en klar fördel från hörselintryckssynpunkt om fläktarnas varvtal sprids ut. En variation inom  $\pm 10\%$  ger en klar förbättring.

att användning av lågvarviga fläktar innebär en fördel sett ur effektivitet - bullernivåsynpunkt. Det lågfrekventa bullret är emellertid mycket svårt att dämpa med enkla dämpare och det kan därför, där stränga krav på acceptabel ljudnivå råder, vara lämpligare att utnyttja högvarviga fläktar, eller fläktar med många blad, vilka ger mer högfrekvent buller och därmed också lättare att dämpa.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840075-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingemanssons  
Ingenjörbyrå AB, Göteborg.**

**R98: 1988**

**ISBN 91-540-4962-8**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6708098**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirka pris: 33 kr exkl moms**