

Tentamen – Ljud i byggnad och samhälle, VTAF01, 2011-03-11

Tentamensuppgifterna består av 6 st teori- eller räkneuppgifter och ger maximalt 60 poäng. För godkänd tentamen och slutbetyg i kursen krävs minst 30 poäng.

Svar och uppställda ekvationer skall motiveras och beräkningarna redovisas så att de utan svårighet kan följas. Teorifrågor ska besvaras så tydligt som möjligt utan onödiga utsvävningar eller med långa uppsatser. Endast **en** uppgift får förekomma på varje papper, eftersom tentamen vid rättning ska kunna delas upp i en hög för varje uppgift. **Skriv namn på alla papper.** Hjälpmedel: Utdelad formelsamling utan extra anteckningar och ej programmerad fickräknare. Uppgifterna är inte ordnade efter svårighetsgrad.

Uppgift 1 (10 p)

Ett bostadshus i Burlöv i närheten av såväl stambanan som E6:an utsätts för buller från tågtrafik såväl som vägtrafik. Vid en bullermätning genomförd under 24h mäts följande A-vägda ljudnivåer upp (frifältsvärden vid fasad):

$$L_{eq,24h} = 65 \text{ dBA}$$

$$L_{max} = 77 \text{ dBA}$$

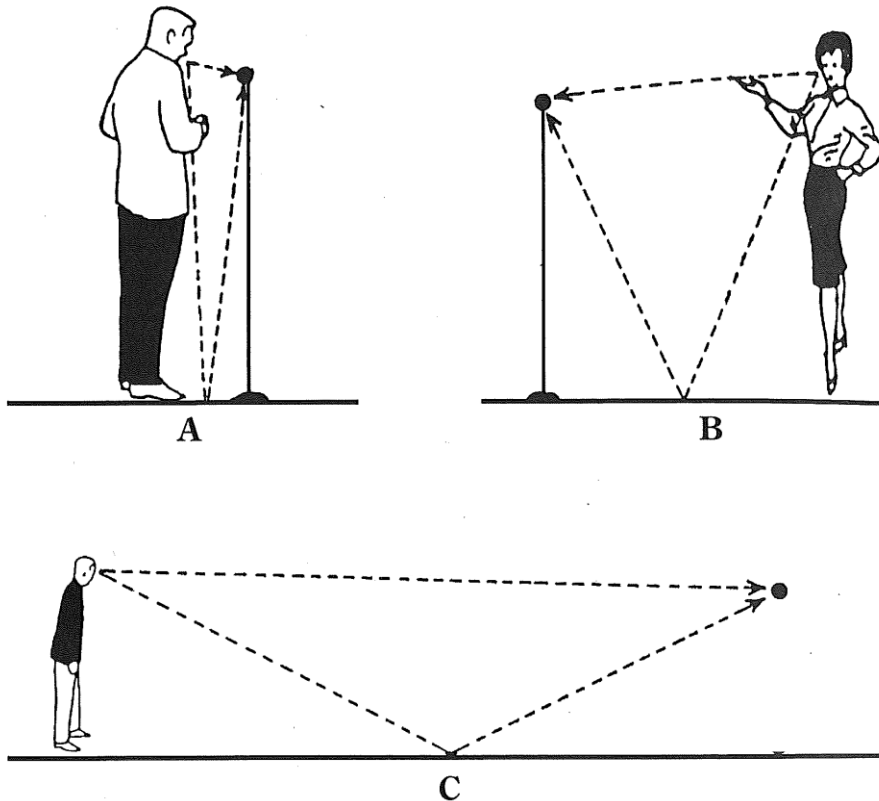
Vid mätningen observerar man att maxnivån inträffar vid tågpassagerna, då vägtrafikbullret kan försummas. Vi registrerar också att total högbullertid, dvs tid för en tågpassage gånger antal tåg, är 1h vilket är högst i landet. Resterande 23h är det helt tyst från spåret.

- Förklara vad "A:et" innebär i "dBA" och varför man infört en A-vägning. (2p)
- Vilken ekvivalent ljudnivå $L_{eq,24h}$ kan vi förvänta oss att mäta om vi inte haft något bullerbidrag från vägtrafiken? (2p)
- Vilken ekvivalent ljudnivå $L_{eq,24h}$ kan vi förvänta oss att mäta om vi inte haft något bullerbidrag från tågtrafiken? (2p)
- Anta att alla tåg som passerar ett visst hus ger en tillfällig (maximal) ljudnivå på 70 dBA och därmed precis klarar riktvärdet för maxnivån vid uteplats för tågtrafik. Riktvärdet för ekvivalentnivå vid uteplats för tågtrafik är som bekant 60 dBA, till skillnad från vägtrafikens 55 dBA (tågtrafiken fick alltså 5 dB högre gräns i "bonus"). Hur lång högbullertid krävs för att riktvärdet för ekvivalentnivån ska överskridas? (2p)
- Utifrån detta, vilken slutsats kan man dra om valet av riktvärde för ekvivalentnivå, 60 dBA? Jämför ett hus i Burlöv med ett hus som bara har några minuter högbullertid per dygn. (2p)

Uppgift 2 (10 p)

Vid inspelningar och vid alla mätningar med mikrofon dyker lätt problemet med kamfilter upp. Ett kamfilter uppstår vid växelvis konstruktiv och destruktiv interferens som gör att vissa frekvenser släcks ut och vissa förstärks. Det gör att det inspelade ljudet upplevs som "hårt" och "skrapigt".

I de tre figurerna **A**, **B** och **C** nedan visas tre inspelningssituationer. I samtliga fall kan vi anta att talaren såväl som mikrofon befinner sig 1.5 m över det hårda och totalreflekterade golvet. Avståndet från talare till mikrofon är 20 cm för **A**, 1.5 m för **B** och 5 m för **C**.



- Beräkna i de tre fallen den lägsta frekvensen där vi får destruktiv interferens mellan direktljud och reflex. (3p)
- Beräkna skillnaden i ljudnivå mellan direktljud och reflex. Anta att talarna är sfäriska ljudkällor och att enda reflexen är den som sker i golvet. (3p)
- Beräkna hur mycket ljudnivån minskar vid destruktiv interferens mellan direktljud och reflex jämfört med enbart direktljud. (3p)
- Utifrån resultaten i ovanstående deluppgifter, vilken av de tre situationerna ovan som är särskilt olycklig med tanke på kamfilterproblematiken? Vilken situation är bäst? (1p)

Uppgift 3 (10 p)

För att sänka efterklangstiden i en konsertsal vid låga frekvenser, runt 100 Hz, så används en resonansabsorbent i form av en 13 mm tjock gipsvägg med densiteten $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ som ska reglas upp mot en betongvägg. Resonansfrekvensen kan beräknas med uttrycket som innehåller luftens bulkmodul $D = \gamma P_0$, där $\gamma = 1.4$ och P_0 är atmosfärstryck = 101.3 kPa, m'' är ytvikten för gipsväggen och d är djupet på reglarna.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m''d}}$$

- Varför vill man undvika att använda porösa absorbenter vid låga frekvenser? (2p)
- Uttrycket ovan utgår från en massa-fjädermodell, men vad är det som representerar fjädern och vad är det som är massan i det uppreglade väggssystemet? (2p)
- Beskriv hur ljudet dämpas av en resonansabsorbent som den som beskrivs ovan. (2p)
- Hur djupa regler ska man använda för att effektivast dämpa frekvenser runt 100 Hz? (4p)

Uppgift 4 (10 p)

Ett sätt att testa ljudisolering i en vägg är att sända ut en ren ton som man sveper från låg frekvens till högre. Anta att vi har en 70 mm tjock lättbetongvägg med densiteten $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$ koindental $K = 38 \text{ m/s}$.

- Vid vilken frekvens f_c färdas böjvågen i väggen med ljudets hastighet, $c_0 = 340 \text{ m/s}$? (2p)
- Vilket fenomen kan vi observera vid den här frekvensen och vad får det för inverkan på reduktionstalskurvan? (2p)
- Vilket reduktionstal kan vi förvänta oss vid hälften av frekvensen som beräknades i a), dvs vid $f = 0.5 \cdot f_c$? (4p)
- Beräkna våglängden för böjvågen i väggen vid $f = f_c$ och $f = 0.5 \cdot f_c$. (2p)

Dagsaktuell kurios: Böjvågshastigheten ökar med ökande frekvens och med ökande tjocklek. Liknande gäller för en ytvåg i vatten som en tsunami – ute på 1000-tals meters djup går vågen mycket snabbt, uppemot ljudhastigheten, och vattenytan höjer sig knappt märkbart. Snabb våghastighet ger lång våglängd och liten energiförlust vilket gör att en tsunami kan färdas tvärs över Stilla havet på mindre än en dag utan att dämpas nämnvärt. När vågen till slut når grundare vatten saktar den ner och höjden på vågen kan byggas upp till 10-tals meter. Själva jordbävningstvågen som färdas i jordskorpan fortplantar sig betydligt snabbare.

Uppgift 5 (10 p)

Förklara följande fenomen:

- Hur kommer det sig att man kan höra någon tala även när denne är helt och hållet bortvänd? Anta att båda står mitt på en snötäckt åker som absorberar all inkommande ljudeffekt. Vilken del av talet (vilka frekvenser) hörs bäst/sämst och varför? (2p)
- När man står och sjunger i ett helkaklat badrum så hörs vissa toner betydligt högre än annars. Vad behöver man veta för att kunna förutsäga vilka toner som hörs bäst? (2p)
- Två högtalare sänder ut var sin ton med samma frekvens $f = 1$ kHz. Är de båda tonerna korrelerade? Vad händer när man flyttar huvudet i sidled och varför? (2p)
- Hur kan man gå tillväga för att bestämma en balks E -modul genom att knacka på den? (4p)

Uppgift 6 (10 p)

Vid mätning av ljudisoleringen i en vägg i ljudlab genereras rosa brus med ljudnivån $L_s = 85$ dB/oktav i ett sändarrum. Rosa brus innebär ju att ljudenergin fördelar sig lika över varje frekvensband om frekvensbandet är logaritmiskt, tex oktav- eller tersband. Därefter mäts ljudnivån L_m i ett mottagarrum, där vi också mäter efterklangstiden T_{60} . Mottagarrummet har volymen $V = 40$ m³ och mellanväggens area är $S = 10$ m².

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
L_s (dB)	85	85	85	85	85	85
L_m (dB)	70	65	60	52	46	40
T_{60} (s)	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6

- Bestäm uppmätt reduktionstal för mellanväggen och plotta det i ett diagram som funktion av frekvensen. (3p)
- Vanligen anger man ljudnivåer och reduktionstal i tersband istället för oktavband som ovan. Vilken ljudnivå hade vi fått i *sändarrummet* vid varje tersband? (2p)
- Hur stort hål behöver man borra i väggen för att fördubbla transmitterad mängd ljudenergi? (2p)
- Hur stor absorptionsarea måste man lägga till i mottagarrummet för att få ner efterklangstiden till $T_{60} = 0.5$ s för samtliga frekvenser? (3p)