

Notat - Vejledning til dimensionering af altaner for vibrationskomfort

16. februar 2024

Formålet med dette notat er at foreslå krav til vibrationskomforten, som kan stilles til den bærende konstruktion for altaner i designfasen.

Baggrund

Altaner bliver ofte mangelfuldt eller slet ikke dimensioneret for vibrationskomfort, hvilket kan føre til altaner, der føles usikre for brugerne, når personer går på altanen. For altanprojekter henvises, der nogle gange til accelerationskrav på $R \leq 2 \cdot 8^1$, hvilket stort set aldrig er bygbart. For andre projekter anvendes et egenfrekvenskrav på $> 8 \text{ Hz}$, hvilket isoleret set kan være utilstrækkeligt. Bemærk i den forbindelse at der i EN 1990 DK NA [1] tages forbehold for at egenfrekvenskravene for lette konstruktioner (som altaner), ikke altid giver tilfredsstillende funktion. Egenfrekvenskravet på $> 8 \text{ Hz}$ alene er derfor uhensigtsmæssigt.

Introduktion til kravene

Der vil stort set altid genereres mærkbare svingninger af altaner, når de udsættes for ganglast. Altaner bør dimensioneres for vibrationskomfort og da det oftest ikke er realistisk at opfylde de nuværende accelerationskriterier, er der behov for ensartede retningslinjer for god altanprojektering.

I Tabel 1 angives tre vibrationsklasser, som kan benyttes til at klassificere vibrationskomforten af altaner. Kravene kan f.eks. anvendes i byggeprojekter ved at kopiere Tabel 1 ind i A1-dokumentet, idet der specificeres, hvilken Komfort Klasse altanerne for det givne projekt skal opfylde og idet der afkrydses om altanernes vibrationskomfort skal kvalitetssikres ved vibrationsmåling.

Komfort Klasse I eller II forventes at være hensigtsmæssige for de fleste altankonstruktioner, der opfylder forudsætningerne. De foreslåede accelerationskrav er forholdsvis lempelige, hvilket skyldes en forventning om at vibrationer fra ganglast på en privat altan, er begivenheder, der vil opleves forholdsvis sjældent. Derudover er det afgørende at egenfrekvenserne er større end 7.5 Hz for at sikre mod markant dynamisk forstærkning af svingninger introduceret af ganglast.

Der er ikke nogen garanti for at undgå brugerklager ved at anvende de angivne vibrationskrav – dog forventes risikoen for brugerklager ved anvendelse af Komfort Klasse I og II at være markant reduceret sammenlignet med anvendelsen af et $> 8 \text{ Hz}$ -krav alene.

Hvis den første egenfrekvens er større end 24 Hz vil de fleste altaner kunne betragtes som at have sammenlignelig eller bedre vibrationskomfort end Komfort Klasse I.

¹ Her angives accelerationskravet, som et krav til responsfaktoren defineret iht. ISO 10137 [2].

Format for krav

Alle accelerationer og accelerationskrav i dette notat er spredninger og angives som responsfaktorer i henhold til ISO 10137 [2], hvor $R = 60$ f.eks. svarer til 3.0 % af tyngdeacceleration ved frekvenser mellem 4-8 Hz. Kravene er baseret på de angivne forudsætninger.

Forudsætninger

Forudsætningerne for kravene kan ses i Tabel 1. I dette afsnit er udvalgte forudsætninger beskrevet nærmere.

Der anvendes den mest ugunstige værdi (mellem 0-20 %) af nyttelasten. Dette vil altid være 20 % for egenfrekvensberegningen, men kan variere for accelerationsberegningerne. Det vil således oftest være nødvendigt at lave mindst to forskellige analyser med forskellig nyttelast.

Der anvendes de grove estimater for den strukturelle dæmpning på 5-10 % udtrykt som det logaritmiske dekrement (LD) fra EN 1991-1-1 DK NA [3] – se Figur 1. Dette svarer til et dæmpningsforhold på 0.8-1.6 %.

NOTE: Grove estimater for dæmpningen af slapt armerede betonkonstruktioner, kompositkonstruktioner og trækonstruktioner er $\delta_s \approx 0,1$, og for forspændte betonkonstruktioner og stålkonstruktioner $\delta_s \approx 0,05$.

Figur 1. Uddrag vedr. dæmpning fra EN 1991-1-1 DK NA [3].

Dog kan der anvendes andre værdier for dæmpningen, hvis ét af følgende to punkter er opfyldt:

1. Der er udført vibrationsmålinger på en repræsentativ testaltan.
2. Der er udført vibrationsmålinger på opførte altaner, hvor det konkluderes at der kan anvendes mere gunstige værdier af dæmpningen for fremtidige designs af samme type og sammenlignelige dimensioner.

Eftergivelige understøtninger og eftergivelige fastgørelser for altaner skal indgå i analysen. For visse typer altankonstruktioner kan det være vanskeligt at forudsige egenfrekvenserne nøjagtigt. For sådanne typer konstruktioner er det særligt vigtigt at kravene til svingninger kontrolleres ved vibrationsmåling på en opført altan og/eller på en testaltan – se Tabel 1.

For altaner, der er placeret højt (fx højere end 5. sal) kan svingninger opleves mere utrygt, og der bør overvejes et mere skærpet krav (fx Komfort Klasse I).

På Figur 2-4 vises grafer til simpel klassificering af vibrationskomforten for altaner ved forskellig dæmpning, hvor ganglasten er placeret i det mest ugunstige punkt og accelerationen også vurderes i dette punkt. Modalmassen og de transiente accelerationer for hver svingningsform beregnes i henhold til SCI [4], som også er den beregningsmodel, der anvendes i FEM-Designs footfall analyse. For en simpelt understøttet bjælke er modalmassen lig med halvdelen af bjælkens totale masse. For de fleste altankonstruktioner vil modalmassen beregnes via finite element software.

Tabel 1. Forslag til krav ved dimensionering af altaner for vibrationskomfort udsat for ganglast.

 Dato: 16. februar 2024	Komfort Klasse I	Komfort Klasse II	Komfort Klasse III
Egenfrekvenskrav	$n_1 \geq 7.5 \text{ Hz}$	$n_1 \geq 7.5 \text{ Hz}$	$n_1 \geq 7.5 \text{ Hz}$
Accelerationskrav (spredning)	$R \leq 60$	$R \leq 128$	-
Typisk oplevelse	Altanen har bedre vibrationskomfort end i Klasse II.	For de fleste altankonstruktioner vil vibrationerne svare til brugernes forventninger.	Kan føles "levende".
Generelle Forudsætninger	1. Generende vibrationer fra én ejendoms altan kan ikke overføres til en anden ejendoms altan. *) 2. Vibrationerne opleves af en siddende person op til maksimalt 3 gange om dagen.		
Beregnings- forudsætninger	3. Accelerationen vurderes på det værste tænkelige opholdssted og ganglasten påsættes det værste sted, hvor der kan forekomme gående personer. 4. Der anvendes ganglast fra én person og accelerationerne reduceres ikke for lastens varighed og for at det tager tid at opbygge resonans. 5. Der anvendes de grove estimater for dæmpningen fra EN 1991-1-1 DK NA [3], medmindre der er udført vibrationsmålinger, hvor det konkluderes at der kan anvendes mere gunstige værdier af dæmpningen. 6. Der anvendes den mest ugunstige værdi (mellem 0-20 %) af nyttelasten. Dette vil altid være 20 % for egenfrekvensberegningen, men kan variere for accelerationsberegninger. 7. Der anvendes den mest ugunstige gangfrekvens mellem 1.6-2.4 Hz i henhold til EN 1991-1-1 DK NA [3]. 8. De transiente accelerationer beregnes i henhold til SCI P354 [4]. I EN 1991-1-1 DK NA [3] er det kun de stationære accelerationer der kan beregnes, hvilket ikke tilstrækkeligt her. 9. Alle svingningsformer med egenfrekvenser op til 24 Hz vurderes.		
Kvalitetskontrol	Afkryds nedenfor (1 eller 2 krydser): ☐ Der skal udføres kvalitetskontrol via vibrationsmålinger på én testaltan. ☐ Der skal udføres kvalitetskontrol via vibrationsmålinger på mindst én færdigopført altan. ☐ Der skal ikke udføres kvalitetskontrol via vibrationsmålinger.		
Note	Tjek altid https://jsk-vibrations.com/udgivelser/ for den seneste version af dette dokument (inden denne tabel kopieres).		

*) Man kan se mere lempeligt på vibrationer fra en anden ejendoms altan, hvis vibrationens oprindelse kan identificeres.

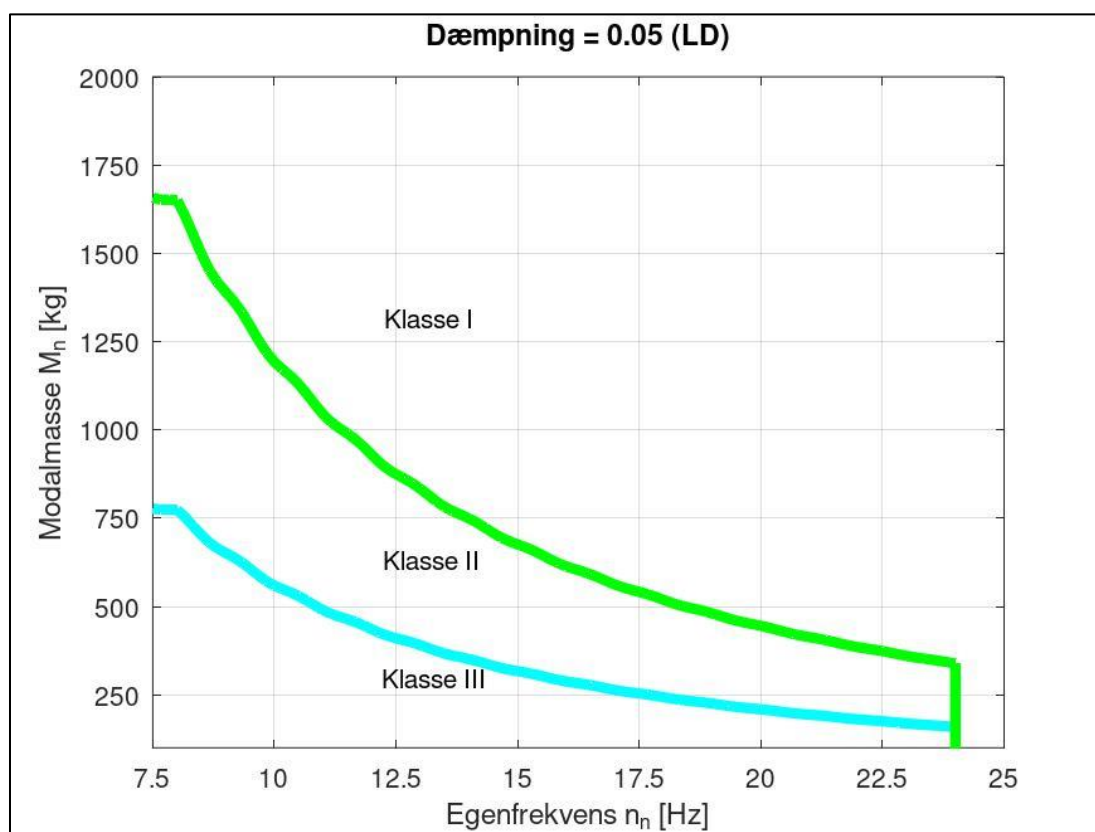
Afgrænsning

Der bør, som en del af konstruktionsgrundlaget tages aktivt stilling til om der kan forekomme hoppende personer (eller anden rytmisk personlast; dans, svaj mv.) på en altan, fra én eller flere personer ad gangen i brudsituationen og/eller ved ulykke. Dette er uden for omfanget af denne vejledning, som udelukkende beskæftiger sig med vibrationskomfort og behandles derfor ikke yderligere.

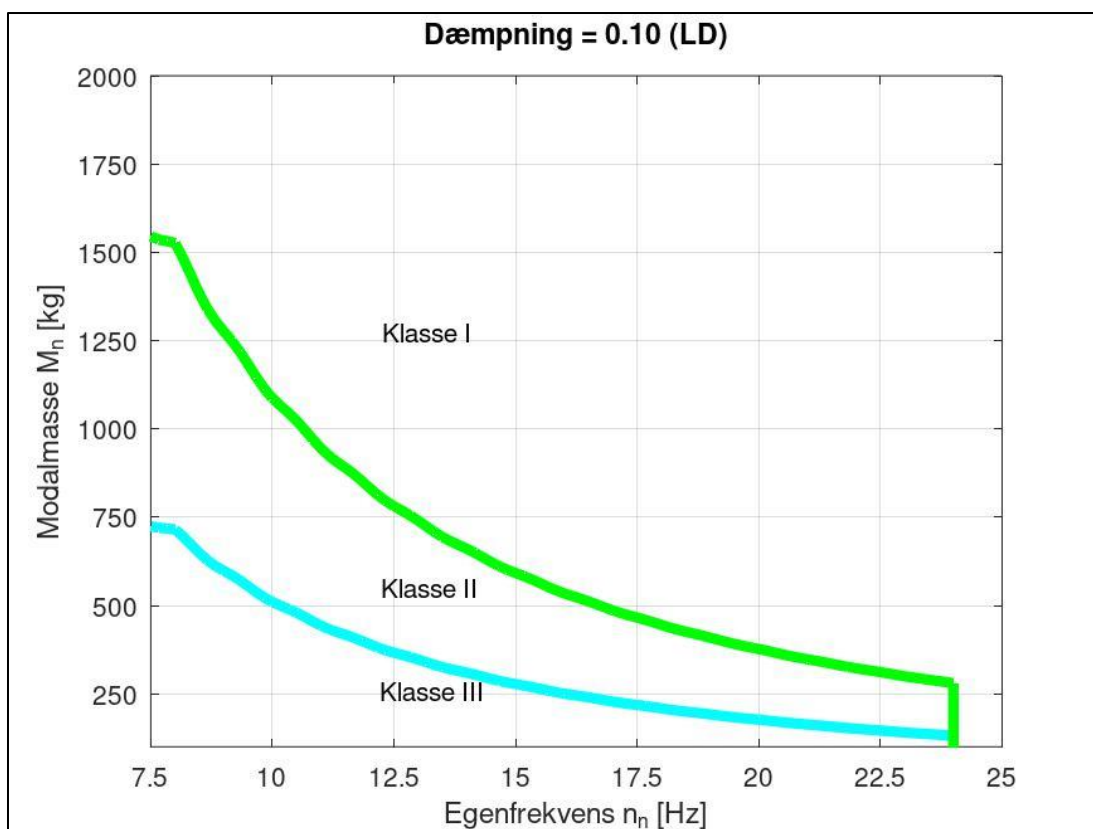
Disclaimer

Dette notat er udarbejdet med henblik på at vejlede i design og dimensionering af altaner med særligt fokus på vibrationskomfort. Informationerne præsenteret her er baseret på nuværende viden og praksis og bør betragtes som vejledende forslag snarere end definitive standarder.

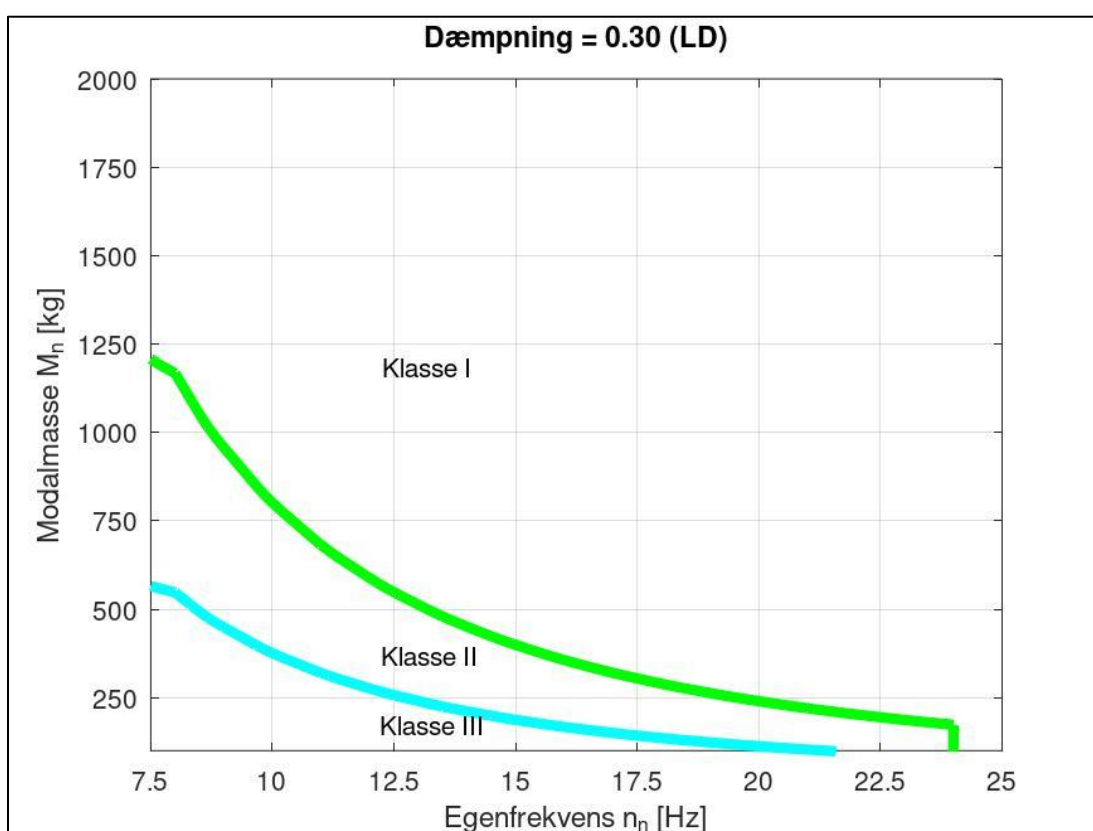
Anvendelsen af disse forslag garanterer ikke fuldstændig eliminering af brugerklager relateret til vibrationskomfort. Desuden er anvendelsen af disse forslag og krav underlagt projekterendes skøn og ansvar, og skal afstemmes med gældende normer og regler samt med bygherre. Denne vejledning fokuserer udelukkende på vibrationskomfort og dækker ikke andre aspekter såsom sikkerhedsrelaterede konsekvenser af rytmisk personlast (f.eks. hop eller dans). Informationerne i denne vejledning kan ændres uden varsel, og forfatteren eller udgiveren påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl eller udeladelser.



Figur 2. Dæmpning: 0.05 (LD).



Figur 3. Dæmpning: 0.10 (LD).



Figur 4. Dæmpning: 0.30 (LD). Bør kun anvendes, hvis der er foretaget vibrationsmålinger på testaltan eller lignende altaner, hvor det konkluderes at 30 % (LD) eller højere kan anvendes.

Jonas Syders Knudsen

JSK Vibrations ApS

Referencer

- [1]: Det Danske Nationale Anneks til Eurocoden, EN 1990 DK NA
- [2]: ISO 10137: *"Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations"*
- [3]: Det Danske Nationale Anneks til Eurocoden, EN 1991-1-1 DK NA
- [4]: SCI P354: *"Design of floors for Vibration: A New Approach"*, 2009, Steel Construction institute.