

Houtbouw: gelijke geluidisolatie, ander geluid

Verouderde eisen vereisen aanpassing

Huidige wetten, normen en praktijkrichtlijnen stammen letterlijk uit een stenen tijdperk en zijn ongeschikt voor lichtere bouwconstructies zoals houtbouw. In het belang van duurzame en gezonde gebouwen is aanpassing nodig. Wie pakt deze handschoen op?

Door: Koen Temmink

Over de auteur:

Ing. K.M. Temmink werkt als senior specialist akoestiek bij Nieman Raadgevende Ingenieurs. Zijn focus ligt bij het creëren van akoestisch comfortabele, circulaire gebouwen. Hij combineert zijn ruime ervaring op het gebied van bouwakoestiek met actuele kennisontwikkeling over houtbouw die binnen Europa plaatsvindt.

Inleiding

We zijn op weg naar een circulaire economie met veel ruimte voor biobased bouwmaterialen. Hout als bouw materiaal krijgt daardoor meer belangstelling. Kijk bijvoorbeeld maar naar Duitsland, waar houtbouw al een belangrijk aandeel in de bouwsector heeft verworven (figuur 1). In toenemende mate zullen houtconstructies toegepast worden op plekken waar geluidisolatie van belang is, zoals woningscheidende wanden, vloeren en ook gevels. In publicaties die de laatste tijd verschenen zijn over houtbouw, wordt geluidisolatie zowel door de bouwbranche als consu-



Figuur 1: Nieuwe woningbouw in Duitsland 2021, vergunningen voor bouwwerken die voornamelijk bestaan uit hout (gemiddeld 21,3%).

menten aangehaald als één van de belangrijke aandachtspunten. Een concrete invulling wordt daaraan helaas nog niet gegeven.

Houtskeletbouw (HSB)	Kruislaaghout (CLT)	Modulebouw	Glulam	LVL
<ul style="list-style-type: none"> • Elementen zijn samengesteld uit vuren houten balken. • Gangbare toepassing tot zes bouwlagen. • Afmeting houten balken tot ca. 5 m lengte. • Kunnen dragend en niet-dragend zijn. • Slanke constructies doordat isolatie tussen de houten balken wordt aangebracht, waardoor groter verhuurbaar woonoppervlak t.o.v. zware bouwmethoden (beton, kalkzandsteen). • Combinatie met beplating en isolatie draagt zorg voor warmte-isolatie, geluidsisolatie en brandwerendheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • CLT staat voor Cross Laminated Timber. • Constructieve elementen, die zijn samengesteld uit drie of meer lagen kruislings verlijmd lamellen. • Ook 'massieve' houtbouw genoemd. • Geproduceerde panelen tot ca. 20 m lang, 3 m breed en 500 mm dik. • Sterke, stabiele en stijve elementen, waardoor grotere overspanningen mogelijk zijn. Aan de binnenzijde is hout in het zicht of afgewerkt met een gipsplaat. • Buitenste lamellen liggen in de lengterichting van paneel. • Aanvullende opbouw t.b.v. warmte-isolatie, geluidsisolatie en brandwerendheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kant-en-klare ruimtelijke modules die op locatie tegen of op elkaar worden gemonteerd. • Beperkte ontwerp vrijheid, kortere ontwerptijd. • Modules zijn complete woonunits inclusief toilet en badkamer. • Modules zijn elementen gebaseerd op de HSB- of CLT-bouwmethode. • Combinatie met andere constructieve materialen komt ook voor, een zogenaamde hybride bouwmethode. 	<ul style="list-style-type: none"> • Glulam is een samenvoeging van glue-laminated. • De gelamineerde balken bestaan uit houten lamellen die parallel (dus niet kruislings) zijn verlijmd. • Vooral gebruikt voor gelamineerde houten spanten tot wel 30 m overspanning. • Kan gecombineerd worden met HSB of CLT. 	<ul style="list-style-type: none"> • LVL staat voor Laminated Veneer Lumber. • De gelamineerde balken bestaan uit meerdere dunne fineerlagen met een dikte van enkele mm's. • De grenen- en vuren-fineerlagen kunnen parallel en kruislings verlijmd zijn. • Met LVL-elementen voor vloeren en daken kunnen grote overspanningen (tot circa 20 m) worden gerealiseerd.

Figuur 2: Type houtbouwsystemen (bron: Centrum Hout)

Tijdens het congres Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit 2022 is een lezing gegeven met de titel "Houtbouw: gelijke geluidisolatie, ander geluid". Daarin is duidelijk gemaakt dat een andere maatlat nodig is voor de beoordeling van geluidisolatie. Bekende huidige akoestische normen zoals NEN 5077 en NEN 1070 zijn letterlijk verbonden met een 'stenen tijdperk' en voor houtbouw onbruikbaar. Dit artikel informeert over de noodzaak voor een andere maatlat aan de hand van een recent praktijkvoorbeeld en gaat in op het belang van geluidisolatie bij lagere frequenties voor houtbouw. Tevens wordt ingegaan op de wijze waarop binnen Europa omgegaan wordt met geluidisolatie bij houtbouw en hoe wij daar een voorbeeld aan kunnen nemen. Aangezien houtbouw in Nederland aan een opmars bezig is, is het juist nu van het grootste belang om de akoestische standaard te bepalen zodat Nederland in de toekomst beschikt over duurzame, comfortabele houten woongebouwen.

Wie pakt de handschoen op?

De politiek zet momenteel in op een circulaire bouweconomie (zie kader). De nadruk ligt daarbij nu op thema's zoals beschikbaarheid van grondstoffen en milieuprestatie van gebouwen, maar niet op geluidisolatie.

Bij professionele opdrachtgevers, bouwbedrijven en ingenieursbureaus is voldoende kennis aanwezig om kwalitatief goede steenachtige gebouwen te realiseren. De hulpmiddelen daarvoor zijn in overvloed aanwezig. Voor gezonde woon-, onderwijs- en gezondheidszorgfuncties is de basiskwaliteit vastgelegd in het vangnet dat Bouwbesluit heet. In het kader van beperken van geluidhinder zijn recent aanpassingen gedaan voor warmtepompen (2021) en geluid van eigen woonhuisinstallaties (2012).

Voor lichte bouwconstructies is het anders. Wij merken dat veel bouwprofessionals wel weten dat lichtere bouwconstructies anders beschouwd moeten worden dan zware bouwconstructies, maar niet beschikken over essentiële hulpmiddelen daarvoor. En er zijn ook bouwprofessionals die onbewust onbekwaam zijn. Zij zijn geneigd terug te vallen op de wettelijke vereisten. De mogelijke gevolgen daarvan zijn verderop uitgelegd aan de hand van een recent voorbeeld. Deugdelijke hulpmiddelen (wettelijk kader, handboeken en praktijkrichtlijnen) voor houten gebouwen zijn in Nederland niet aanwezig. Bestaande handboeken verwijzen naar het Bouwbesluit, NEN 5070 en NEN 1070.

Kortom: de bouwsector heeft nu hulp nodig bij het realiseren van veilige, gezonde, duurzame houten woningbouw en de overheid en/of brancheverenigingen zoals de NEPROM en Aedes zouden hierin het voortouw moeten nemen. Dat begint bij het opstellen van een akoestisch classificatiesysteem en praktijkrichtlijnen voor de realisatie.

Gelukkig hoeft het wiel niet opnieuw uitgevonden te worden en kan voor het classificatiesysteem gebruik gemaakt worden van ISO/TS 19488:2021. Voor handboeken en praktijkrichtlijnen kan in basis gebruik gemaakt worden van het vele onderzoekswerk dat is en wordt gedaan in de D A CH regio (Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland). De resultaten kunnen misschien niet helemaal een-op-een overgenomen worden, maar zijn zeker bruikbaar voor de Nederlandse situatie.

Akoestische classificatie: ontwikkelingen in Europa

In de periode tussen 2008 en 2013 is in Europees verband groot-schalig onderzoek gedaan op het gebied van verbeteren van het

Circulair bouwen betekent het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later.

Het Kabinet zet in op groener bouwen. Bouwen met meer biograndstoffen, scherpere eisen voor de duurzaamheid van nieuwbouw en het verminderen van de CO₂-uitstoot bij het maken van bouwmaterialen. Het kabinet gaat de aankomende jaren veel meer doen om groener te bouwen. Dat stelt minister De Jonge (Volkshuisvesting & Ruimtelijk Ordening) mede namens minister Adema (Landbouw) en staatssecretaris Heijnen (Infrastructuur) in een brief aan de Tweede Kamer. Een experiment om op 13 landbouwgronden biograndstoffen zoals hennep, olifantsgras en vlas te laten groeien en ontwikkelen tot bouwmaterialen is het concrete startschot van de wens van het kabinet.

<https://circulairebouweconomie.nl>

akoestische gedrag van houten bouwconstructies [1] en integratie en harmonisatie van akoestische aspecten in duurzame stedelijke woningbouw [2]. De onderzoeksresultaten vormen zowel de basis voor een nieuwe richtlijn ISO/TS 19488:2021 voor de akoestische classificaties voor woningbouw [3] als praktijkrichtlijnen voor geluidisolatie in houtbouw. Van die praktijkrichtlijnen is het handboek Schallschutz im Holzbau [4] zeer bruikbaar vanwege het actuele overzicht van de vergaarde kennis.

Het doel van ISO/TS 19488:2021 is om de akoestische kwaliteit voor woningbouw te specificeren. Het informeert ontwikkelaars, gebruikers en bouwers over de akoestische omstandigheden en beschrijft de definities van een verhoogde akoestisch comfort. Het document vertoont gelijkenissen met praktijkrichtlijn NEN 1070:1999 (welke volledig afgestemd is op zware, steenachtige constructies), maar sluit veel beter aan op de situatie bij lichtere bouwconstructies. Evaluatie van de ééngetalswaarden met inbegrip van frequenties vanaf 50 Hz is daarbij de belangrijkste verandering ten opzichte van NEN 1070, die vanaf 100 Hz evalueert. Via tabel 1 kunnen NEN 1070 en ISO/TS 19488 onderling vergeleken worden. Het belang van geluidisolatie bij lagere frequenties wordt later uitgelegd.

Internationaal is in toenemende mate belangstelling voor de geluidisolatie bij lagere frequenties. Dat blijkt uit journals, conference papers en literatuur. Tot nu toe zijn in drie Europese landen daarvoor vereisten in de wet opgenomen. Dat zijn Zweden (1999), Finland (2018) en België (2023). In andere landen zoals Noorwegen, Denemarken, Duitsland, Oostenrijk en IJsland is geluidisolatie bij lagere frequenties in nationale richtlijnen opgenomen. In de meeste van deze landen is houtbouw verder ontwikkeld dan in Nederland.

Geluidisolatie bij lage frequenties

Bij houten gebouwen bestaan de bouwconstructies altijd uit massa-veer-massa-constructies. Het gewicht van de bouwconstructie is ordegrootheid 5 tot 8 keer lager dan van een steenachtige bouwconstructie. Kenmerkend voor massa-veer-constructies is, dat de geluidisolatie bij lage frequenties relatief slecht is en bij hoge frequenties relatief goed.

Tabel 1: vergelijking van geluidisoliatieklassen voor lucht- en contactgeluidisoliatie NEN 1070 en ISO/TS 19488. Geluidisoliatie Bouwbesluit 2012 is vergelijkbaar met klasse III / class C. $D_{nT,50} = D_{nT,w} + C_{50-3150}$; $L'_{nT,50} = L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$. Voor contactgeluid zijn door ISO/TS 19488 twee waarden genoemd, één voor lagere frequenties en één voor hogere frequenties.

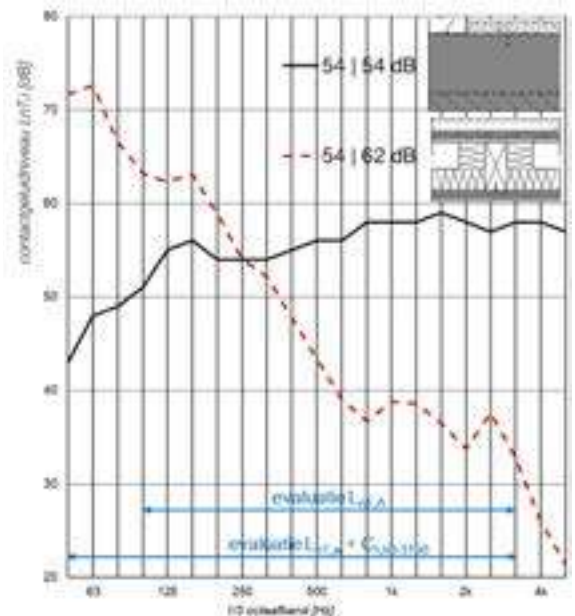
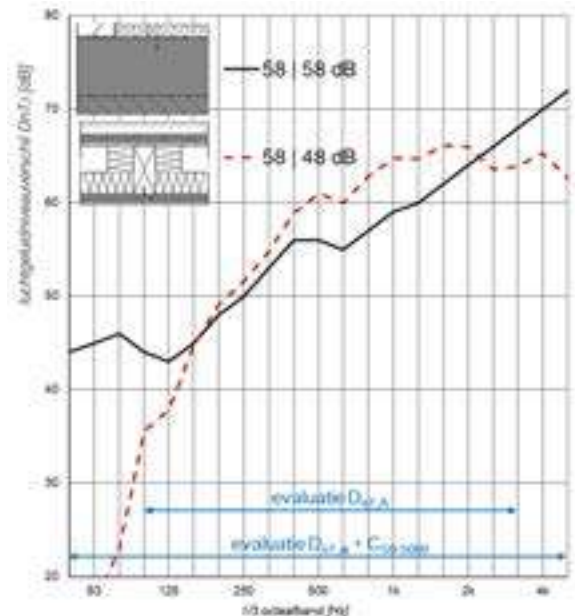
NEN 1070		ISO/TS 19488	
klasse	Prestatie	Class	Performance
I	$D_{nT,A} \geq 62$ dB $L_{nT,A} \leq 43$ dB	A	$D_{nT,50} \geq 58$ dB & $L'_{nT,w} \leq 46$ dB & $L'_{nT,50} \leq 50$ dB
		B	$D_{nT,50} \geq 54$ dB & $L'_{nT,w} \leq 50$ dB & $L'_{nT,50} \leq 54$ dB
II	$D_{nT,A} \geq 57$ dB $L_{nT,A} \leq 48$ dB	C	$D_{nT,A} \geq 52$ dB & $L'_{nT,w} \leq 54$ dB
		D	$D_{nT,A} \geq 48$ dB & $L'_{nT,w} \leq 58$ dB
III	$D_{nT,A} \geq 52$ dB $L_{nT,A} \leq 53$ dB	E	$D_{nT,A} \geq 44$ dB & $L'_{nT,w} \leq 62$ dB
		F	$D_{nT,A} \geq 40$ dB & $L'_{nT,w} \leq 66$ dB
IV	$D_{nT,A} \geq 47$ dB $L_{nT,A} \leq 58$ dB		
V	$D_{nT,A} \geq 42$ dB $L_{nT,A} \leq 63$ dB		

Zoals in de figuur 3 is te zien, zijn de luchtgeluidisoliatie van een betonvloer en houten vloer enigszins vergelijkbaar in het frequentiebereik tussen 100 Hz en 2.500 Hz. Als gewogen ééngetalswaarde $D_{nT,A}$ zijn de vloeren ook vergelijkbaar. Duidelijk zichtbaar is, dat het verschil in geluidisoliatie bij frequenties onder 100 Hz aanzienlijk is. Als met dat effect rekening wordt gehouden door spectrumaanpassing $C_{50-3150}$ volgens ISO 717, dan ontstaat in dit voorbeeld een verschil van 10 dB in de gewogen ééngetalswaarde $D_{nT,w} + C_{50-5000}$. Audioapparatuur is in staat om vanaf 20 Hz geluiden te produceren. Luchtgeluid van die apparatuur zal daardoor bij de houten vloer in aangrenzende ruimten veel luider zijn dan bij een betonvloer. Het behoeft geen verdere toelichting dat dit gevolgen heeft voor het ervaren akoestisch comfort.

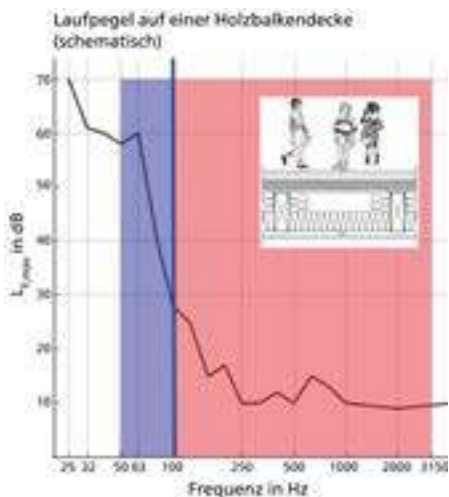
Wat contactgeluid betreft, is een duidelijk verschil zichtbaar in het genormeerde contactgeluidniveau. Bij de houten vloer ontstaan vooral laagfrequente contactgeluiden. Bij de betonvloer voeren contactgeluiden bij hogere frequenties de boventoon. Contactgeluiden bij hoge frequenties worden overigens doeltreffend gereduceerd door een geluiddempende vloerbedekking. Het geluid van voetstappen dat ontstaat op houten vloeren is voornamelijk laagfrequent. In Duitsland is daar onderzoek naar gedaan. Figuur 4 laat de relatie zien tussen het de ongewogen waarde

$L_{F,max}$ en de geluidniveaus in de verschillende frequentiebanden. De piekgeluidniveaus $L_{A,max}$ in de 31.5, 63 en 125 Hz octaafband bedragen achtereenvolgens ongeveer 33, 37 en 14 dB(A). Piekgeluidniveaus onder 100 Hz veroorzaakt door voetstappen zijn volledig bepalend voor de hoorbare geluiden. Op grond van de ééngetalswaarde $L_{nT,A}$ zijn de twee vloeren gelijkwaardig aan elkaar, maar dat geeft een vertekend beeld van de ervaren werkelijkheid. De ééngetalswaarde $L_{nT,w} + C_{1,50-3,150}$ blijkt volgens onderzoeken [4] een veel betere indicator te zijn. En daar bedraagt het verschil tussen beide vloeren maar liefst 8 dB.

Voor een betrouwbare beoordeling van het akoestisch comfort in houten gebouwen is het daarmee van groot belang om geluiden vanaf 50 Hz mee te wegen in de evaluatie van ééngetalsaanduidingen. Dat is noodzakelijk om de effecten van audioapparatuur (bij normaal gebruik), looggeluiden en laagfrequente buitengeluiden van verkeer en industrie op waarde te beoordelen. Dat wordt toegelicht met een voorbeeld uit het recente verleden.



Figuur 3: Luchtgeluidisoliatie van een houten vloer en betonvloer met eengetalsaanduiding $D_{nT,A} | D_{nT,w} + C_{50-5000}$ (boven) en contactgeluidniveau met eengetalsaanduiding $L_{nT,A} | L_{nT,w} + C_{1,50-3150}$ (onder)



Figuur 4: Schematisch verloop van het maximaal geluidniveau door loopgeluid op houten vloeren. Gemarkeerd in het rood: evaluatiegebied van standaard contactgeluidniveaumetingen ($L_{nt,A}$). Blauwe achtergrond: evaluatiegebied uitgebreid naar 50 Hz voor de spectrumpassingswaarde $C_{1,50-3150}$.

Voorbeeld uit het recente verleden

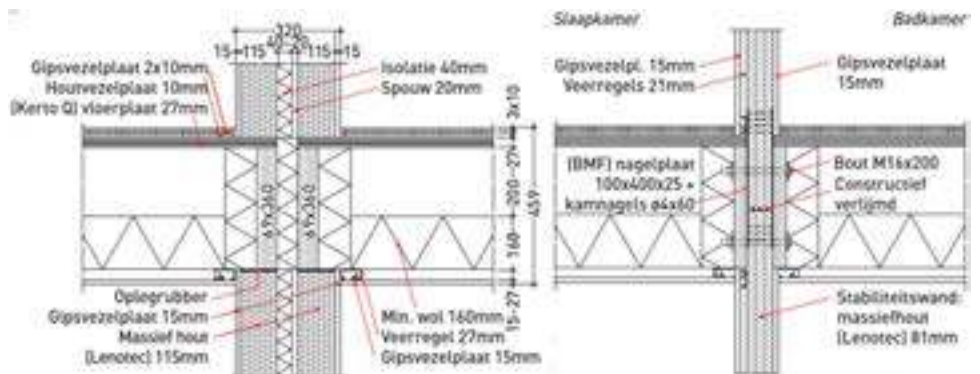
Omstreeks 2007 is in Almere een pilotproject gerealiseerd met circa 60 appartementen in houtbouw. De dragende wanden zijn gemaakt van Cross Laminated Timber (CLT, zie figuur 2). De ribben en dekplaat van de verdiepingsvloeren zijn gerealiseerd met Laminated Veneer Lumber (LVL, zie figuur 2). Vloeren zijn afgewerkt met een droge verend opgelegde dekvloer en een gipsplafond met veerregels. Figuur 5 laat de bouwknopen van de woningscheidende wand met de woningscheidende vloer en de stabiliteitswand met de woningscheidende vloer zien.

Tijdens de bouwfase viel het de aannemer al op dat geluiden uit een aangrenzend appartement relatief goed hoorbaar waren. Met wat aanpassingen in de bouwfase is het gelukt om een gebouw te realiseren dat voldoet aan de voorschriften van het Bouwbesluit, te weten $I_{lu,k}$ 0 dB en I_{co} +5 dB (vergelijkbaar met $D_{nt,A,k}$ 52 dB en $L_{nt,A}$ 54 dB). En zo is een gebouw opgeleverd dat voldoet aan de wettelijke vereisten en waarvan gedacht werd dat bescherming zou worden geboden tegen ontoelaatbare burengeluiden, indien bewoners rekening houden met elkaar. Het tegendeel bleek waar te zijn.

Nadat het gebouw in gebruik genomen is, werden bij de verhuurder bovengemiddeld veel klachten over geluidhinder van burengeluiden gemeld. Ook bij aangepast gedrag werden burengeluiden veelvuldig als hinderlijk ervaren, vooral loopgeluiden en muziek. Diverse pogingen om de geluidisolatie te verbeteren met een geluiddempende vloerbedekking hadden niet het gewenste effect.

Met de kennis van nu is duidelijk dat het belang van de geluidisolatie van de vloer bij lage frequenties onderschat is. Dat geldt overigens ook voor de flankerende geluidoverdracht in verticale richting via de CLT wanden.

Bouwkundige aanpassingen met een verlaagd, akoestisch ontkoppeld plafond en voorzetwanden voor CLT wanden zijn in een proefopstelling wel doeltreffend gebleken. Echter de kosten daarvoor zijn zo hoog dat de eigenaar heeft besloten de appartementen bouwkundig niet aan te passen. Nu wordt het gebouw gebruikt door een kleinere, specifieke doelgroep.



Figuur 5: Bouwknopen van de woningscheidende wand met de woningscheidende vloer (links) en de stabiliteitswand met de woningscheidende vloer (rechts)

Technische oplossingen

Realisatie van geluidisolatie bij lage frequenties vraagt om optimalisatie van bouwconstructies. Dat houdt in dat sommige, nu in Nederland gebruikelijke houten bouwconstructies op onderdelen aangepast moeten worden. Hieronder staat een opsomming van een aantal belangrijke richtlijnen:

- Zorg voor een solide basis. Sterke en stijve vloerconstructies zorgen voor optimalisatie van geluidisolatie bij lagere frequenties. Rondom opgelegde vloervelden met kleine overspanningen krijgen de voorkeur boven 2-zijdig opgelegde vloeren met een grote overspanning.
- Toevoeging van buigslappe massa op de vloer is een zeer effectieve maatregel. Dat varieert van 30 mm / 45 kg/m² bij droge verend opgelegde dekvloeren tot 100 mm / 150 kg/m² bij natte verend opgelegde dekvloer.
- Vermijdt bij HSB (houtskeletbouw) spouwmuuren het gebruik van spouwplaten. Door het opdelen van één brede spouw in drie smallere spouwen ontstaan resonanties bij de lage frequenties die de gewogen eengetalswaarde voor geluidisolatie verstoren.
- Een verend opgelegde dekvloer kan leiden tot versturende resonanties. Als ontwerprichtlijn kan een eigenfrequentie f_0 ≤ 40 Hz aangehouden worden bij natte verend opgelegde dekvloeren. Dit houdt in dat de dynamische stijfheid van de isolatielaag ordegrrootte 6 – 8 MN/m³ bedraagt. Dat is beduidend lager dan de richtlijn van 15 – 20 MN/m³ die voor betonconstructies geldt.
- Een verlaagd plafond kan ook leiden tot versturende resonanties. Hanteer als ontwerprichtlijn een eigenfrequentie f_0 van ten hoogste 30 Hz door een bredere spouw te maken en veerregels toe te passen.
- CLT spouwmuuren hebben een voldoende brede spouw die gevuld is met een geluiddempend materiaal.
- Gebruik van akoestische dilatatie bij de kooppunten van bouwgedelen.



Figuur 6: Houtskeletbouwwanden zonder spouwplaat zijn akoestisch beter (links) en CLT spouwmuur met Delta-L Straviwood ModuLink (rechts)

Conclusie

In het kader van de ontwikkeling naar een meer duurzame en biobased gebouwde omgeving neemt de toepassing van houtbouw toe. Het toepassen van hout als bouwconstructie is een fundamentele wijziging ten opzichte van de gebruikelijke steen- en betonconstructies. Bij deze wijziging ontbreekt tot nu toe een aangepast toetsingskader voor de beoordeling van de geluidsaspecten. Ervaring in het buitenland, maar ook in projecten zoals in het beschreven voorbeeld in Almere, maken duidelijk dat een aangepast beoordelingskader hard nodig is, omdat het akoestisch comfort van houtbouw anders ernstig tekort schiet. Dat zal grote problemen bij bewoners gaan opleveren, leiden tot imagoschade en torenhoge reparatiekosten achteraf, voor zover reparatie nog mogelijk is.

Zoals geschetst onder technische oplossingen is het zeer goed mogelijk om constructies toe te passen die ook bij lagere frequenties voldoende presteren. Maar zonder aangepast toetsingskader ontbreekt een basale prikkel om dat ook echt te gaan doen. Daarom is het van groot belang om een eenduidig toetsingskader voor houtbouw te geven, liever gisteren dan vandaag want de ontwikkeling in houtbouw neemt exponentieel toe.

Het is waardevol als brancheverenigingen zoals de NEPROM en Aedes hun verantwoordelijkheid nemen en deze handschoen oppakken. Maar ook de overheid moet haar verantwoordelijkheid nemen voor woningen waar goed en gezond in geleefd kan worden. De Ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (geluidbeleid) en die van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (Bouwbesluit) zouden daarom gezamenlijk moeten komen tot adequate geluidnormen die geschikt zijn voor lichte en zware bouwconstructies. Niet als straks blijkt dat vele houten woningen geluidproblemen geven, maar zo snel mogelijk om onnodige problemen, kosten en imagoschade te voorkomen.

Bronnen

- [1] COST Action FP0702: Net-acoustics for timber based lightweight buildings and elements | <https://www.cost.eu/actions/FP0702/>
- [2] COST Action TU0901: Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions | <https://cost-tu0901.eu>
- [3] Acoustic classification of dwellings - ISO/TS 19488:2021
- [4] Schallschutz im Holzbau – holzbau handbuch | Reihe 3 | Teil 3 | Folge 1 Grundlagen und Vorbemessung | <https://informationsdienst-holz.de/>