

De dimensionering van houtconstructies maakte in 2001 en 2002 het onderwerp uit van drie artikels waarin verwezen werd naar een aantal tijdelijke normen. Aangezien het merendeel van deze normen nog aanzienlijke wijzigingen ondergingen vóór de publicatie van hun definitieve versie en hun nationale bijlagen, leek het ons wenselijk om de doorgevoerde aanpassingen even te verduidelijken en de predimensioneringstabellen die destijds opgesteld werden voor platte en hellende daken te updaten.

↳ L. Lassoie, ing., afdelingshoofd, afdeling 'Interface en consultancy', WTCB
B. Parmentier, ir., afdelingshoofd, afdeling 'Structuren', WTCB

DIMENSIONERINGSKRITERIA

Bij de berekening van houtconstructies dient men na te gaan of geen enkele van de te beschouwen grenstoestanden overschreden wordt. Alle projectsituaties en alle voor de constructie te voorziene belastingsgevallen moeten hierbij in aanmerking genomen worden.

Over het algemeen dienen de houten elementen die de stabiliteit verzekeren voldoende sterk en stijf te zijn. Men dient bijgevolg na te gaan of de sterkte van de houten elementen in de uiterste grenstoestanden niet overschreden wordt en of hun relatieve vervormingen in de bruikbaarheidsgrenstoestanden de vooropgestelde criteria niet overschrijden. De norm NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) [8] preciseert dat de ogenblikkelijke vervorming berekend wordt volgens de karakteristieke belastingscombinatie (uiterst veilige combinatie waarbij enkel rekening gehouden wordt met het 'zeldzame' belastingsniveau). De uiteindelijke vervorming, waarbij men ook de kruip van de materialen (*) in aanmerking neemt, wordt op haar beurt bepaald aan de hand van de quasi-permanente belastingscombinatie (die de gemiddelde waarde van de belastingen over een welbepaalde tijdsduur voorstelt). Deze redenering lijkt ons logisch, aangezien de kruip voornamelijk teweeggebracht wordt door de permanente belastingen.

De norm NBN EN 1995-1-1 preciseert de ogenblikkelijke en de uiteindelijke vervormingsgrenswaarden voor balken op twee opleggingen (zie tabel 1).

Deze vervormingscriteria laten evenwel niet toe om rekening te houden met de gevoeligheid voor scheurvorming van de met de structuur verbonden afwerkingen. Hiertoe dient men er de norm NBN B 03-003 [1] op na te slaan, waarnaar in de norm NBN EN 1995-1-1 onrechtstreeks verwezen wordt door te refereren aan de norm NBN EN 1990 ANB [3]. Voor het geval van plafonds die opgebouwd zijn uit een bepleistering of gipskartonplaten wordt

(*) De kruip stemt overeen met een toename van de vervorming onder constante belastingen.

Dimensionering van houten daktimmerwerk

Tabel 1 Ogenblikkelijke en uiteindelijke vervormingsgrenswaarden voor balken op twee opleggingen (NBN EN 1995-1-1).

Karakteristieke combinatie ⁽¹⁾	Quasi-permanente combinatie ⁽²⁾
1/300 tot 1/500	1/250 tot 1/350
⁽¹⁾ w_{inst} : ogenblikkelijke doorbuiging.	⁽²⁾ $w_{net,fin}$: uiteindelijke resulterende doorbuiging.

hierin specifiek vermeld dat de uiterste relatieve doorbuiging van de draagstructuur onder de karakteristieke belastingscombinatie beperkt moet blijven tot 1/350 van de overspanning. Het gaat hier in feite om de inperking van de toename van de doorbuiging na de uitvoering van de afwerking waarvan men de vervorming binnen de perken wenst te houden. Dit criterium zal in de regel doorslaggevend zijn (zie tabellen 8 tot 13). Voor harde vloerbedekkingen (bv. een betegeling op een plat dak) moet de toename van de doorbuiging tot 1/500 van de overspanning beperkt worden.

De vloeren van dakterrassen kunnen eveneens onderworpen worden aan een trillingscriterium. Dit criterium zal in de praktijk slechts doorslaggevend zijn voor dakopbouwen met een beperkt eigengewicht (bv. dakterrassen met een 'lichte' vloerbedekking). Voor meer informatie over dit onderwerp verwijzen we naar [WTCB-Rapport nr. 13](#) ('Fysisch en mechanisch gedrag van hout-betonvloeren').

BELASTINGEN

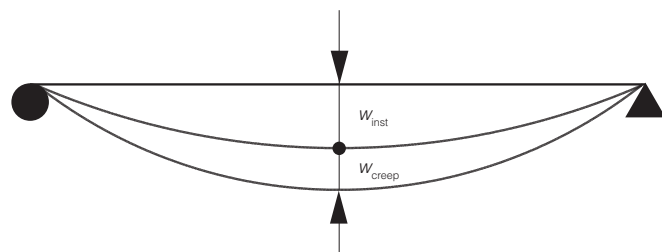
Houten dakconstructies moeten in de regel een voldoende sterkte en stijfheid hebben om de volgende vier belastingen op te vangen :

- de **permanente belastingen**, waaronder het eigengewicht van de dakbedekking, de

structuur en de afwerkingen

- de **variabele belastingen**, zoals de wind- en sneeuwbelasting
- de **opgelegde belastingen**, zoals de belastingen die uitgeoefend worden tijdens het onderhoud van het dak
- de **toevallige belastingen** (brand, schokken, ontploffingen, ...).

De opgelegde belastingen – gedefinieerd in de norm NBN EN 1991-1-1 en zijn nationale bijlage [4, 5] – worden bij hellende daken buiten beschouwing gelaten, behalve voor wat betreft de belastingen die voortkomen uit het onderhoud. Deze belastingen kunnen oplopen tot 0,8 kN/m² voor hellingen tot 20°, maar moeten niet langer in aanmerking genomen worden voor hellingen van meer dan 60°. Tussen deze twee waarden kan men een lineaire interpolatie uitvoeren. Deze belastingen moeten niet in beschouwing genomen worden bij de controle van de bruikbaarheidsgrenstoestanden. In het geval van dakterrassen bij woongebouwen kunnen de opgelegde belastingen oplopen tot 2 kN/m². De toevallige belastingen komen in het kader van dit artikel niet verder aan bod. De sneeuw- en windbelastingen moeten respectievelijk bepaald worden volgens de normen NBN EN 1991-1-3 en 1991-1-4 [6, 7]. De principes van deze normen werden uitgebreid uit de doeken gedaan in de [WTCB-Dossiers 2005/2.6](#) en [2010/4.3](#).



w_{inst} : ogenblikkelijke doorbuiging ten gevolge van de permanente en variabele belastingen
 w_{creep} : uitgestelde doorbuiging ten gevolge van de permanente en variabele belastingen (effect, verbonden met de kruip)

Uiterste relatieve doorbuiging van de gordingen en vloerbalken in daken.

Tabel 2 Grootteorde van de in aanmerking te nemen belastingen naargelang van de aard van de belasting.

Aard van de belasting	Beschouwde elementen	Indicatieve waarde van de belasting [N/m ²]
Eigengewicht	Dakbedekking uit pannen van gebakken aarde of beton	400 tot 600
	Dakbedekking uit vlakke pannen van gebakken aarde of beton	600 tot 750
	Kunstleien	150 tot 300
	Natuurleien	200
	(Ontoegankelijk) plat dak : balklaag + dichtingssysteem + spaanplaten + isolatie + dampscherm + plafondafwerking	450
	(Toegankelijk) plat dak : balklaag + betegeling + dekvloer 5 cm + dichtingssysteem + spaanplaten + isolatie + dampscherm + plafondafwerking	1550
	(Toegankelijk) plat dak : balklaag + dichtingssysteem + spaanplaten + isolatie + dampscherm + plafondafwerking + houten vloerbedekking	750
	Hellend dak (zonder bedekking) : balklaag + kepers + latten + tengellatten + onderdak + isolatie + dampscherm + plafondafwerking	250
Windbelastingen ⁽¹⁾	–	500 tot 1000
Sneeuwbelastingen (daken van gebouwen, gelegen op een hoogte < 100 m) ⁽²⁾	–	400
Opgelegde belastingen ⁽³⁾	–	400 tot 800

⁽¹⁾ De windbelasting is afhankelijk van de referentiewindsnelheid die, ter vereenvoudiging, gelijkgesteld werd aan 26 m/s, de dakhelling en de hoogte van het gebouw [7]. Deze laatste werd gelijk genomen aan 10 m. Op platte daken treden er zo goed als geen overdrukken op.

⁽²⁾ De sneeuwbelasting wordt uitgedrukt per vierkante meter vloeroppervlakte.

⁽³⁾ De opgelegde belastingen worden uitgedrukt per vierkante meter verticaal geprojecteerde dakoppervlakte. Ze worden niet in aanmerking genomen voor dak-schilden met een helling van meer dan 60°. Men dient eveneens afzonderlijk rekening te houden met een puntbelasting van 1,5 kN.

Tabel 2 geeft een idee van de grootteorde van de in aanmerking te nemen belastingen. Soms kan er echter een preciezere bepaling van de belastingen nodig blijken (gebouwen die gelegen zijn op een hoogte van meer dan 100 m, risico op sneeuwophopingen, ...).

BELASTINGSCOMBINATIES

De norm NBN EN 1990 en zijn ANB geven aan welke belastingcombinaties beschouwd moeten worden bij het dimensioneren van houten draagconstructies. Deze combinaties worden

hierna samengevat en zijn te gebruiken wanneer de invloed van de door de wind veroorzaakte overdruk groter is dan deze van de onderdruk :

- uiterste grenstoestanden, blijvende/tijdelijke situatie :

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, i > 1$$
- bruikbaarheidsgrenstoestanden :
 - karakteristieke combinatie :

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, i > 1$$
 - quasi-permanente situatie :

$$\sum G_{k,j} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}, i \geq 1.$$

In deze uitdrukkingen geldt dat :

- $G_{k,j}$: de karakteristieke waarde van de per-

manente belastingen

- $Q_{k,1}$: de karakteristieke waarde van de dominante variabele belasting
- $Q_{k,i}$: de karakteristieke waarde van de andere variabele belastingen
- $\gamma_{G,j}$: de partiële veiligheidscoëfficiënt, toegepast op de permanente belasting $G_{k,j}$
- $\gamma_{Q,i}$: de partiële veiligheidscoëfficiënt, toegepast op de variabele belasting $Q_{k,i}$
- $\psi_{0,i}$: een coëfficiënt die de combinatie waarde van de variabele belasting i bepaalt
- $\psi_{2,i}$: een coëfficiënt die de quasi-permanente waarde van de variabele belasting i bepaalt.

Tabel 3 Belastingcombinaties voor platte daken en dakterrassen van woongebouwen.

Uiterste grenstoestand Blijvende/tijdelijke situatie	Bruikbaarheidsgrenstoestand	
	Karakteristieke combinatie	Quasi-permanente combinatie
Men dient in de regel te kiezen voor de meest ongunstige van de onderstaande combinaties : • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k + 1,50 \cdot 0,5 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W$ • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,7 \cdot Q_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W$ • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k$	• $G_k + Q_k + 0,5 \cdot S_k$ • $G_k + S_k + 0,7 \cdot Q_k + 0,3 \cdot W$	$G_k + 0,3 \cdot Q_k$
	De opgelegde belasting Q_k moet niet in aanmerking genomen worden voor ontoegankelijke platte daken	

⁽¹⁾ S_k : sneeuwbelasting.
⁽²⁾ W : windbelasting.

Tabel 4 Belastingcombinaties voor hellende daken.

Uiterste grenstoestand Blijvende/tijdelijke situatie	Bruikbaarheidsgrenstoestand	
	Karakteristieke combinatie	Quasi-permanente combinatie
• $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W$ • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot W + 1,50 \cdot 0,3 \cdot S_k$ • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot S_k + 1,50 \cdot 0,3 \cdot W$ • $1,35 \cdot G_k + 1,50 \cdot Q_k$	• $G_k + W + 0,3 \cdot S_k$ • $G_k + S_k + 0,3 \cdot W$	G_k

⁽¹⁾ S_k : sneeuwbelasting.
⁽²⁾ W : windbelasting.



Tabel 5 Overeenkomst tussen bepaalde sterkteklassen uit de norm NBN EN 338 en de STS 04.

Sterkteklasse	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30
Klasse STS 04 (vuren, den, douglas, mélèze)	–	S4	S6	–	–	S8	–	S10

Voor hellende daken en ontoegankelijke platte daken wordt de $\Psi_{2,1}$ -waarde voor de opgelegde belastingen (tenzij het gaat om onderhoudswerkzaamheden), de sneeuw- en de windbelastingen gelijkgesteld aan 0. Voor deze quasi-permanente belastingcombinatie moeten dus enkel de permanente belastingen beschouwd worden.

MATERIAALKARAKTERISTIEKEN

Volgens de norm NBN EN 1995-1-1, waarin verwezen wordt naar de norm NBN EN 338 [2], moeten de sterkte en de elasticiteitsmodulus ofwel bepaald worden met behulp van proeven die aangepast zijn aan de aard van de belastingen waaraan het materiaal zal blootgesteld worden, ofwel aan de hand van een vergelijking met andere gelijkaardige houtsoorten. De klassering maakt een onderscheid tussen naaldhout (index C) en loofhout (index D). In de praktijk wordt vooral naaldhout van de klassen C16 tot C30 gebruikt.

In België wordt er echter ook vaak verwezen naar de Technische Specificaties STS 04 [9], die een visuele classificatiemethode definiëren waarmee het mogelijk is om de houtkwaliteit te controleren. Deze klassering gebeurt aan de hand van niet-destructieve proeven en steunt op de correlatie tussen de gemeten of vastgestelde parameters en de materiaalkarakteristieken. De in de STS 04 gehanteerde klassen worden aangeduid met de codes S4, S6, S8 en S10. Verschillende bedrijven beschikken intussen over een door de BUtgb afgeleverde Technische Goedkeuring, die hen in staat stelt om het hout te klasseren volgens de aanbevelingen uit de STS 04. Eens de sorteerklassen bepaald is, kan men hieruit de sterkteklasse en de elasticiteitsmodulus afleiden, waarbij rekening gehouden wordt met de houtsoort. Tabel 5 geeft een idee van de overeenkomst tussen de sterkteklassen uit de norm NBN EN 338 en de STS 04.

Naast de sterkte-eigenschappen van het hout dient men eveneens rekening te houden met de omstandigheden waarin het bewaard wordt. Deze hebben immers niet alleen een invloed op de omvang van de kruip, maar ook op de mechanische karakteristieken van het hout. De bewaringsvoorwaarden worden gedefinieerd door de volgende drie gebruiksbelastingklassen :

- **gebruiksbelastingklasse 1 (CS1)** : deze klasse wordt gekenmerkt door een vochtgehalte in de materialen dat overeenstemt met een temperatuur van 20 °C en een relatieve omgevingsvochtigheid kleiner dan of gelijk aan 65 %, die deze waarde slechts een paar weken per jaar overschrijdt. Het evenwichtsvochtgehalte in de massa van naaldhout is

kleiner dan of gelijk aan 12 %. Dit is bijvoorbeeld het geval voor constructies die zich bevinden in verwarmde vertrekken, zoals gordingen of vloerbalken in platte zogenoemde warme of omkeerdaken. De andere opbouwen kunnen in dit opzicht ongunstiger zijn

- **gebruiksbelastingklasse 2 (CS2)** : deze klasse wordt gekenmerkt door een houtvochtgehalte dat overeenstemt met een temperatuur van 20 °C en een relatieve omgevingsvochtigheid die slechts een paar weken per jaar groter is dan 85 %. Het evenwichtsvochtgehalte in de massa van het hout ligt in dit geval tussen 12 en 20 %
- **gebruiksbelastingklasse 3 (CS3)** : deze klasse wordt gekenmerkt door een klimaat dat leidt tot een hogere vochtigheid dan in klasse 2. Het houtvochtgehalte is hoger dan 20 % in de massa. Het gaat bijvoorbeeld om constructies in vertrekken met een hoge dampproductie.

Tabel 6 geeft de vervormingsfactor ($1 + k_{def}$) weer die men voor massief hout in rekening dient te brengen naargelang van de gebruiksbelastingklasse. Bij de bepaling van de uiteindelijke stijfheid van de structuur (elasticiteits-, afschuif- en glijmodulus) moet rekening gehouden worden met deze vervormingsfactor.

Proeven hebben aangetoond dat het massavochtgehalte van hout en de schommelingen ervan een invloed hebben op de kruip. Zo heeft men vastgesteld dat de waarde van de kruipcoëfficiënt gevoelig kan stijgen wanneer het hout verwerkt wordt bij een massavochtgehalte dicht bij de verzadiging, en bestemd is om onder belasting te dragen. Het is voornamelijk om deze reden dat Eurocode 5 in dit geval aanraadt de in tabel 6 vermelde kruipcoëfficiënten met één eenheid te verhogen.

Men onderscheidt eveneens vijf klassen, afhankelijk van de belastingduur :

- klasse ‘blijvend’ : belastingduur = tien jaar (eigengewicht, permanente belasting)
- klasse ‘lange termijn’ : belastingduur = zes maanden (belasting door opgeslagen goederen)

Tabel 7 Bepaling van de k_{mod} -coëfficiënt naargelang van de gebruiksbelastingklasse.

Belastingduurklasse	k_{mod} naargelang van de gebruiksbelastingklasse		
	CS1	CS2	CS3
Blijvend	0,60	0,60	0,50
Lange termijn	0,70	0,70	0,55
Middellange termijn	0,80	0,80	0,65
Korte termijn	0,90	0,90	0,70
Ogenblikkelijk	1,10	1,10	0,90

Tabel 6 Vervormingsfactor die men voor massief hout in rekening dient te brengen naargelang van de gebruiksbelastingklasse.

Gebruiksbelastingklasse		
CS1	CS2	CS3
1,60	1,80	3

- klasse ‘middellange termijn’ : belastingduur = één week tot zes maanden (opgelegde belastingen met uitzondering van de opgelegde belastingen bij ontoegankelijke daken)
- klasse ‘korte termijn’ : belastingduur = minder dan één week (sneeuwbelasting)
- klasse ‘ogenblikkelijk’ : doorgaans gaat het hier om toevallige of windbelastingen.

Wanneer een belastingcombinatie bestaat uit belastingen uit verschillende gebruiksbelasting- en belastingduurklassen, wordt de vervorming voor ieder belastingniveau afzonderlijk berekend en met de overeenkomstige kruipcoëfficiënt vermenigvuldigd.

Het weerstandsvermogen (of de mechanische karakteristieken) van het hout moet vermenigvuldigd worden met een aanpassingscoëfficiënt k_{mod} , die tevens afhankelijk is van de gebruiksbelastingklasse en de belastingduurklasse (zie tabel 7 voor massief hout).

Voor een combinatie van belastingen uit verschillende belastingduurklassen, wordt aangeraden een k_{mod} -waarde te kiezen die overeenstemt met de belasting met de kortste duur.

Voor de berekening in de uiterste grenstoestanden ten slotte, moet men steeds een veiligheidscoëfficiënt γ_m toepassen op de sterkte-eigenschappen van de materialen. Voor deze belastingcombinaties dient men voor massief hout een veiligheidscoëfficiënt van 1,3 te hanteren :

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_m}$$

waarbij :

- k_{mod} : een aanpassingscoëfficiënt die rekening houdt met het effect van de belastingduur en de vochtigheidsgraad
- X_k : de karakteristieke waarde van een sterkte-eigenschap
- γ_m : de partiële coëfficiënt voor een in de nationale bijlagen gespecificeerde materiaaleigenschap.

SCHEMATISERING EN BEREKENING MET BEHULP VAN TABELLEN

Hoewel het gebruik van tabelwaarden voor de dimensionering van houtconstructies zeer handig kan zijn, willen we vooraf toch benadrukken dat de tabellen niet alle, maar slechts de meest frequente gevallen dekken. Het gebruik van tabelwaarden kan bovendien een aantal risico's met zich meebrengen. Daarom zullen we in het vervolg van dit artikel parameters hanteren die een zekere veiligheidsmarge bieden. Wanneer ze gebruikt worden bij de controle van de dimensionering van een bestaande constructie kunnen de tabelwaarden enigszins afwijkende resultaten opleveren.

Bij het opstellen van de tabellen werd rekening gehouden met de volgende parameters :

- houtsoort : naaldhout *Spruce Pine Fir*
- houtkwaliteit : C24 of S8 volgens de STS 04 (sterkte = 24 N/mm², elasticiteitsmodulus = 11000 N/mm²)
- gebruiksbelastingsklasse 1
- aantal opleggingen : twee (isostatische balk)
- het gebouw bevindt zich op een hoogte van minder dan 100 m boven de zeespiegel
- terreinruwheidsklasse III, hoogte van 8 m boven de grond en referentiewindsnelheid

26 m/s

- we gaan ervan uit dat de gordingen loodrecht op de dakschilden geplaatst werden.

We hebben eveneens rekening gehouden met de vervorming ten gevolge van de afschuifspanningen. Dit gebeurde door aan te nemen dat de doorbuiging wegens de buigmomenten, teweeggebracht door de gelijkmatig verdeelde belastingen, met 5 % zou toenemen. Deze benadering blijkt doorgaans voldoende te zijn wanneer de verhouding tussen de overspanning en de hoogte van de balk ongeveer 20 bedraagt. Ligt deze verhouding rond 10, dan kan de toename van de vervorming, te wijten aan de afschuifspanningen, oplopen tot 15 %.

In de regel zal het maximale vervormingscriterium van 1/350 van de overspanning (teneinde een eventuele scheurvorming in de met de structuur verbonden afwerkingen te vermijden) bepalend zijn wanneer het in rekening gebracht wordt. Dit geldt echter niet voor dakterrassen, waarbij het trillingscriterium van belang kan zijn wanneer het in aanmerking genomen wordt en het eigengewicht van de onderbouw beperkt is.

De uitgestelde vervorming van houten elementen is een belangrijke parameter. Het komt er

op aan de bewaringsvoorwaarden van het hout goed te beoordelen en te sterke schommelingen van zijn massavochtgehalte te vermijden.

De keuze van het vervormingscriterium zou volgens ons het resultaat moeten zijn van een overeenkomst tussen de bouwheer, de ontwerper en/of het studiebureau dat instaat voor de dimensionering van de constructie (aan de hand van de aanbevelingen uit de norm). De informatie uit § 1 van dit artikel kan hierbij goed van pas komen.

In geval van vrij grote overspanningen moet men er bovendien voor zorgen dat de rekenwaarde van de dwarsdruksterkte van het hout niet overschreden wordt. Wanneer de oplegreacties groot zijn en het oplegoppervlak van de vloerbalken beperkt is, is het immers niet uitgesloten dat dit criterium doorslaggevend wordt.

Ten slotte dient men van bij de ontwerpfase rekening te houden met de zijdelingse drukkrachten die aan de basis kunnen liggen van grote vervormingen en scheuren in het metselwerk, dat als oplegging fungeert voor het timmerwerk van een hellende dakconstructie (zie [WTCB-Tijdschrift 2002/4](#)).

De tabellen 8 tot en met 13 geven de maxi-

Tabel 8 Maximale overspanning tussen de opleggingen bij ontoegankelijke platte daken [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Vervormingscriterium											
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350
0,3	5,6	5,1	5,6	5,4	5,4	5,9	7,0	6,3	9,0	8,0	9,5	8,5
0,4	5,1	4,6	5,3	4,9	4,9	5,4	6,4	5,7	8,2	7,3	8,7	7,7
0,5	4,8	4,3	5,1	4,5	4,5	5,0	5,9	5,3	7,6	6,8	8,0	7,2
0,6	4,5	4,0	4,8	4,3	4,3	4,7	5,6	5,0	7,1	6,4	7,6	6,8
0,7	4,3	3,8	4,5	4,0	4,0	4,5	5,3	4,7	6,8	6,1	7,2	6,4
0,8	4,1	3,6	4,2	3,9	3,9	4,3	5,0	4,5	6,5	5,8	6,9	6,1
0,9	3,9	3,5	4,0	3,7	3,7	4,1	4,7	4,3	6,2	5,6	6,6	5,9
1	3,8	3,4	3,8	3,6	3,6	4,0	4,4	4,2	6,0	5,4	6,2	5,7
1,1	3,6	3,3	3,6	3,5	3,5	3,8	4,2	4,1	5,8	5,2	5,9	5,5
1,2	3,5	3,2	3,5	3,4	3,4	3,7	4,0	3,9	5,7	5,1	5,7	5,4
1,3	3,3	3,1	3,3	3,3	3,3	3,6	3,9	3,8	5,5	4,9	5,5	5,2
1,4	3,2	3,0	3,2	3,2	3,2	3,5	3,7	3,7	5,3	4,8	5,3	5,1

Tabel 9 Maximale overspanning tussen de opleggingen bij toegankelijke platte daken met een harde vloerbedekking (dekvloer en betegeling) [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Vervormingscriterium											
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
	1/350	1/500	1/250	1/350	1/350	1/500	1/250	1/350	1/350	1/500	1/250	1/350
0,3	3,0	2,7	3,7	3,3	3,5	3,1	4,3	3,9	4,8	4,3	5,9	5,3
0,4	2,7	2,4	3,4	3,0	3,2	2,8	3,9	3,5	4,4	3,9	5,4	4,8
0,6	2,4	2,1	2,9	2,6	2,8	2,5	3,4	3,1	3,8	3,4	4,7	4,2



Tabel 10 Maximale overspanning tussen de opleggingen bij toegankelijke platte daken met een houten vloerbedekking [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Vervormingscriterium											
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)	Trillingscriterium	Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)	Trillingscriterium	Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)	Trillingscriterium	Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
			1/250	1/350			1/250	1/350			1/250	1/350
0,3	3,4	3,0	4,3	3,8	3,9	3,5	5,0	4,5	5,3	5,6	6,8	6,1
0,4	3,0	2,8	3,9	3,5	3,6	3,2	4,6	4,1	4,8	5,0	6,2	5,6
0,6	2,7	2,4	3,4	3,1	3,1	2,8	4,0	3,6	4,2	4,4	5,5	4,9

Tabel 11 Maximale overspanning tussen de opleggingen in een pannendak met een helling van 40° [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350
0,9	3,6	3,2	3,9	3,5	4,2	3,7	4,4	4,1	5,7	5,1	6,2	5,5
1	3,5	3,1	3,8	3,4	4,0	3,6	4,2	3,9	5,5	4,9	6,0	5,3
1,1	3,4	3,0	3,6	3,2	3,9	3,5	4,0	3,8	5,3	4,8	5,8	5,2
1,2	3,3	2,9	3,5	3,2	3,8	3,4	3,8	3,7	5,2	4,6	5,6	5,0
1,3	3,2	2,8	3,4	3,1	3,7	3,3	3,7	3,6	5,0	4,5	5,5	4,9
1,4	3,1	2,8	3,4	3,0	3,5	3,2	3,5	3,5	4,9	4,4	5,3	4,8
1,5	3,0	2,7	3,3	2,9	3,4	3,2	3,4	3,4	4,8	4,3	5,2	4,7
1,6	3,0	2,6	3,2	2,9	3,3	3,1	3,3	3,3	4,7	4,2	5,1	4,6
1,7	2,9	2,6	3,1	2,8	3,2	3,0	3,2	3,2	4,6	4,1	5,0	4,5
1,8	2,8	2,5	3,1	2,8	3,1	3,0	3,1	3,1	4,5	4,0	4,9	4,4
1,9	2,8	2,5	3,0	2,7	3,0	2,9	3,0	3,0	4,4	4,0	4,8	4,3
2	2,7	2,5	2,9	2,7	3,0	2,9	3,0	3,0	4,4	3,9	4,7	4,2

Tabel 12 Maximale overspanning tussen de opleggingen in een leidendak met een helling van 40° [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350
0,9	3,7	3,3	4,5	4,1	4,4	3,9	4,9	4,7	5,9	5,3	7,2	6,5
1	3,6	3,2	4,4	3,9	4,2	3,8	4,6	4,6	5,7	5,1	7,0	6,2
1,1	3,5	3,1	4,2	3,8	4,1	3,6	4,4	4,4	5,5	5,0	6,8	6,0
1,2	3,4	3,0	4,1	3,7	4,0	3,5	4,2	4,2	5,4	4,8	6,6	5,9
1,3	3,3	2,9	4,0	3,6	3,8	3,4	4,0	4,0	5,2	4,7	6,4	5,7
1,4	3,2	2,9	3,8	3,5	3,8	3,4	3,9	3,9	5,1	4,6	6,2	5,6
1,5	3,1	2,8	3,7	3,4	3,7	3,3	3,8	3,8	5,0	4,5	6,0	5,4
1,6	3,1	2,8	3,6	3,4	3,6	3,2	3,6	3,6	4,9	4,4	5,8	5,3
1,7	3,0	2,7	3,5	3,3	3,5	3,1	3,5	3,5	4,8	4,3	5,7	5,2
1,8	3,0	2,6	3,4	3,2	3,4	3,1	3,4	3,4	4,7	4,2	5,5	5,1
1,9	2,9	2,6	3,3	3,2	3,3	3,0	3,3	3,3	4,6	4,1	5,3	5,0
2	2,9	2,6	3,2	3,1	3,3	3,0	3,3	3,3	4,5	4,1	5,2	4,9

Tabel 13 Maximale overspanning tussen de opleggingen in een leidendak met een helling van 25° [m].

Tussenafstand [m]	Balk 63 x 150 mm ²				Balk 63 x 175 mm ²				Balk 75 x 225 mm ²			
	Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)		Karakteristieke combinatie (NBN B 03-003)		Quasi-permanente combinatie (NBN EN 1995-1-1)	
	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350	1/250	1/350
0,9	3,9	3,5	4,3	3,8	4,5	4,0	4,7	4,5	6,1	5,5	6,8	6,1
1	3,7	3,3	4,1	3,7	4,4	3,9	4,5	4,3	5,9	5,3	6,6	5,9
1,1	3,6	3,2	4,0	3,6	4,2	3,8	4,3	4,2	5,7	5,1	6,4	5,7
1,2	3,5	3,1	3,9	3,5	4,1	3,7	4,1	4,1	5,6	5,0	6,2	5,5
1,3	3,4	3,1	3,8	3,4	3,9	3,6	3,9	3,9	5,4	4,9	6,0	5,4
1,4	3,3	3,0	3,7	3,3	3,8	3,5	3,8	3,8	5,3	4,7	5,9	5,3
1,5	3,3	2,9	3,6	3,2	3,7	3,4	3,7	3,7	5,2	4,6	5,8	5,1
1,6	3,2	2,8	3,5	3,2	3,6	3,3	3,6	3,6	5,1	4,5	5,6	5,0
1,7	3,1	2,8	3,5	3,1	3,4	3,3	3,4	3,4	5,0	4,4	5,5	4,9
1,8	3,1	2,7	3,4	3,0	3,3	3,2	3,3	3,3	4,9	4,4	5,4	4,8
1,9	3,0	2,7	3,3	3,0	3,3	3,1	3,3	3,3	4,8	4,3	5,3	4,8
2	3,0	2,6	3,3	2,9	3,2	3,1	3,2	3,2	4,7	4,2	5,2	4,7

male overspanningen tussen de opleggingen voor gordingen en vloerbalken met een courante doorsnede voor platte en hellende daken weer en dit, voor verschillende rekencriteria. Het stabiliteitscriterium (uiterste grenstoestanden) werd steeds gecontroleerd, maar blijkt slechts in een beperkt aantal gevallen doorslaggevend te zijn. De grijsgekleurde kolommen stemmen overeen met de overspanningen die beschouwd moeten worden in aanwezigheid van vervormingsgevoelige afwerkingen (bv. met de dakstructuur verbonden gipsplaten).

BESLUIT

In de regel zal het vervormingscriterium van 1/350 van de overspanning onder de zeldzame belastingscombinatie bepalend zijn, behalve voor dakterrassen, waarbij het trillingscriterium van belang kan zijn wanneer het eigengewicht van de onderbouw beperkt is. De uitgestelde vervorming van de houten elementen is een belangrijke parameter. Het komt er dus op aan de bewaringsvoorwaarden van het hout goed te beoordelen en te sterke schommelingen van zijn massavochtgehalte te vermijden.

Voor hellende daken leiden de nieuwe rekenregels tot een lichte verhoging van de maximale overspanningen. Men moet echter ook rekening houden met het feit dat deze in redelijk grote mate beïnvloed worden door de wind- en sneeuweffecten. De ligging van het gebouw (terreinruwheidsklasse, referentiewindsnelheid en hoogte) is dus een belangrijke parameter die men in het achterhoofd dient te houden. ■

LITERATUURLIJST

1. Bureau voor Normalisatie
NBN B 03-003 Vervormingen van draagsystemen. Vervormingsgrenswaarden. Gebouwen. Brussel, NBN, 2003.
2. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 338 Hout voor dragende toepassingen. Sterkteklassen. Brussel, NBN, 2009.
3. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1990 ANB Eurocode. Grondslagen van het constructief ontwerp. Brussel, NBN, 2007.
4. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1991-1-1 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-1 : algemene belastingen. Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen. Brussel, NBN, 2002.
5. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1991-1-1 ANB Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-1 : algemene belastingen. Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen. Brussel, NBN, 2007.
6. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1991-1-3 Eurocode 1 : belastingen op constructies. Deel 1-3 : algemene belastingen. Sneeuwbelasting. Brussel, NBN, 2003.
7. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1991-1-4 Eurocode 1 : belastingen op constructies. Deel 1-4 : algemene belastingen. Windbelasting. Brussel, NBN, 2005.
8. Bureau voor Normalisatie
NBN EN 1995-1-1 Eurocode 5 : ontwerp van houten draagsystemen. Deel 1-1 : algemene regels en regels voor gebouwen. Brussel, NBN, 2005.
9. Federale Overheidsdienst 'Economie'
STS 04 Hout en plaatmaterialen op basis van hout. Brussel, FOD Economie, 2008-2009.

