

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

HOUTBOUW IN BRUSSEL

HERFST 2022

Stabiliteitselementen

Francis DE VOS



- ▶ De taal en de filosofie van de geldende normen toelichten
- ▶ Nadenken over het gedrag van het materiaal 'hout'
- ▶ De verschillende bouwsystemen beoordelen volgens de op te vangen krachten
- ▶ De keuzecriteria voor de verbindingen formuleren
- ▶ Beknopte behandeling van de brandveiligheid van houtbouw



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING
BOUWSYSTEMEN
VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND



NORMATIEVE CONTEXT

- ▶ **Eurocodes**
- ▶ Houtmaterialen

STRUCTURELE BENADERING

BOUWSYSTEMEN

VERBINDINGEN

BRANDWEERSTAND



De Eurocodes bepalen

- de veiligheid die in de bouw in aanmerking moet worden genomen (eurocode 0 – EC0)
- de belastingen die in aanmerking moeten worden genomen (eurocode 1 - EC1)
- de dimensioneringsregels specifiek voor het materiaal 'hout' (eurocode 5 - EC5)

Elk land heeft, op basis van deze normatieve teksten, nationale toepassingsdocumenten opgesteld waarvan de aanbevelingen van de waarden van de eurocodes kunnen afwijken of waarin deze laatste geherinterpreteerd kunnen worden.

EC0: de veiligheid wordt gedefinieerd door coëfficiënten die de belastingen naar boven wegen (vermeerderingscoëfficiënt voor de belastingen of effecten E) en door coëfficiënten die de weerstanden R naar onder wegen.

Er wordt ook gezocht naar combinaties van belastingen die tot de ongunstigste situaties leiden.

Controle: $E_d = \gamma_G G + \gamma_Q Q < R_d$

Er worden eveneens twee situaties gedefinieerd:

De uiterste grenstoestand UGT (breuk, kanteling,..) met grote veiligheid

De bruikbaarheidsgrenstoestand BGT (gebruik, doorbuiging, trillingen,..) met beperkte veiligheid.



EC 1: de belastingen in het gebouw.

De in aanmerking te nemen belastingen moeten door de ontwerper worden geraamd.

De door EC0 voorgestelde waarden zijn referentiewaarden maar hebben geen kracht van wet.

De ontwerper is de enige die wettelijk aansprakelijk is.

Blijvende belasting verbonden
aan het gewicht van de
elementen G_k

Veranderlijke belasting
verbonden aan het gebruik Q_k

Klimaatbelasting, belastingen
verbonden aan de materialen
(krimp, kruip,..),
toevallige belastingen,..

2 Charges d'exploitation des planchers et escaliers

2.1 Entretien d'une toiture non accessible

$Q = (1 - A/100) \text{ kN/m}^2$ où A est la surface projetée sur un plan horizontal ($A < 50 \text{ m}^2$)

Ce cas de charge remplace pour les petites toitures le calcul des charges climatiques.

On ne cumule pas l'entretien avec le vent et/ou la neige.

Pour une surface supérieure à 50 m^2 , on calcule les différentes combinaisons de charge et on recherche les situations les plus défavorables.

De toute façon on vérifie la reprise d'une surcharge d'entretien de 1 kN/m^2 ou de 1 kN ponctuel disposée de la manière la plus défavorable.

2.2 Toit - terrasse accessible et privée - deux situations doivent être vérifiées

soit $Q = 2 \text{ kN/m}^2$

soit une charge ponctuelle Q de 2 kN sur $10 \times 10 \text{ cm}^2$ disposée de façon aléatoire.

2.3 Toit - terrasse accessible au public

soit $Q = 4 \text{ kN/m}^2$

soit une charge ponctuelle Q de 2 kN sur $10 \times 10 \text{ cm}^2$ disposée de façon aléatoire.

2.4 Planchers porteurs

Classe 1 : locaux privés, habitations, ... $Q = 2 \text{ kN/m}^2$

Classe 2 : classes, dortoirs, escaliers, ... $Q = 3 \text{ kN/m}^2$

Classe 3 : églises, gares, salles publiques avec sièges fixes, balcons, locaux commerciaux, ... $Q = 4 \text{ kN/m}^2$

Classe 4 : salles de réunion publiques, salles de danse $Q = 5 \text{ kN/m}^2$

Classe 5 : cas particuliers (garages, archives, industries, ...) les valeurs de charge devront être déterminées au cas par cas.



Sneeuw: horizontale projectie van verticale belasting:

$$S = \mu_1 \times C_t \times C_c \times S_k$$

waarin

μ_1 afhankelijk is van de helling van het dak

C_t afhankelijk is van de thermische isolatie van het dak,..

C_c afhankelijk is van de richting van de overheersende winden.

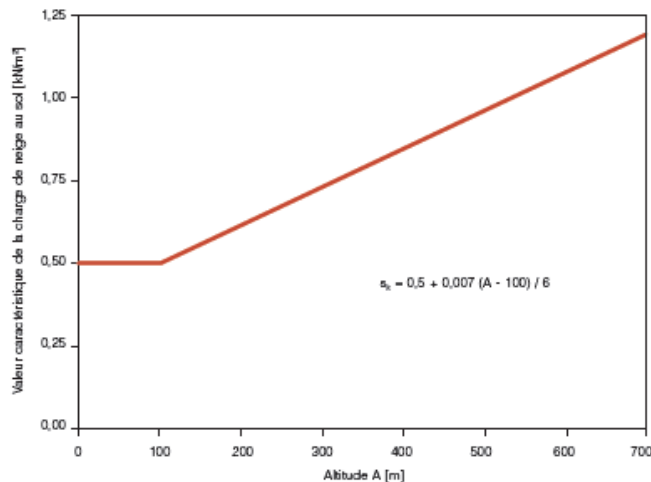


Fig. 7 Valeur caractéristique de la charge de neige au sol (s_k) en fonction de l'altitude en Belgique (NBN EN 1991-1-3 ANB) [7].

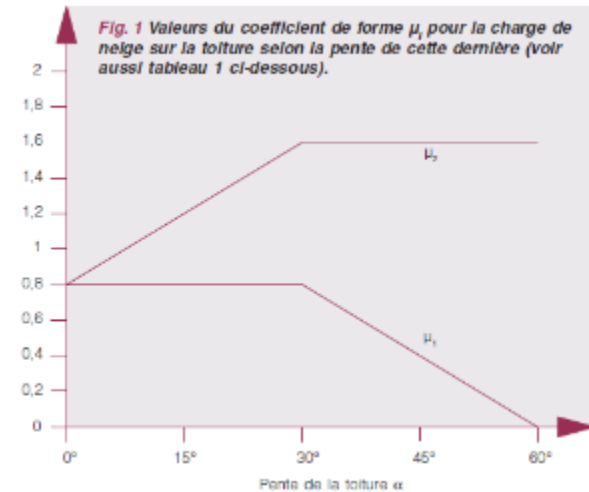


Tableau 1 Valeurs du coefficient de forme μ_1 pour la charge de neige sur la toiture selon la pente de cette dernière.

α (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	—

Tableau 1 Poids volumique apparent moyen de la neige [EC1-1-3 Annexe E].

Type de neige	Poids volumique apparent moyen ρ_s [kN/m³]
Neige fraîche	1,0
Neige établie (quelques jours ou quelques heures après la chute de neige)	2,0
Neige ancienne (plusieurs semaines/mois après la chute de neige)	2,5 à 3,5
Neige mouillée	4,0



De windbelasting werkt haaks in op de betreffende vlakken van het bouwwerk. De wind oefent druk- en onderdrukbelastingen uit op de oppervlakken, naargelang de aanvalshoek.

De windkracht is afhankelijk van de windsnelheid en van verschillende parameters die hier niet worden toegelicht (richting, afremming door terrein-/oppervlakruwheid, omgeving, frequentie,...).

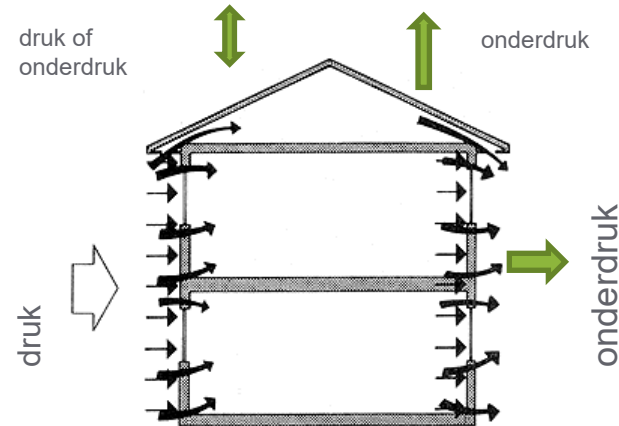
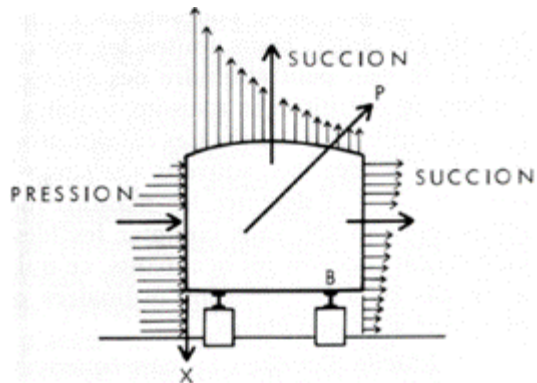
$W = C_p \times C_d \times Q_k$ waarin C_p de drukcoëfficiënt is = $C_{pe} \pm C_{pi}$ voor gesloten gebouwen

waarin $C_p = C_{pe}$ voor open bouwwerken (luifel, hangars, binnenplaats,..)

waarin C_p en C_{pe} afhankelijk zijn van de hoek van het dak t.o.v. de horizontale.

waarin c_d de dynamische coëfficiënt is die voor middelhoge gebouwen = 1

waarin Q_k de karakteristieke stuwdruk van de wind is



NORMATIEVE CONTEXT

- ▶ Eurocodes
- ▶ **Houtmaterialen**

STRUCTURELE BENADERING

BOUWSYSTEMEN

- ▶ Houtskeletbouw
- ▶ Palen-balkensysteem
- ▶ Systeem met massieve platen
- ▶ Houtstapelbouw

VERBINDINGEN

BRANDWEERSTAND



Houtmaterialen volgens EC5

De houtmaterialen worden gedefinieerd volgens hun prestaties. Massief hout (MH), gelijmd gelamelleerd hout en structurele platen (OSB, multiplexplaten,...) worden ingedeeld volgens hun aanzicht (visuele sortering – STS 04) en hun weerstand (sortering volgens EC5).



Massief hout volgens visuele sortering

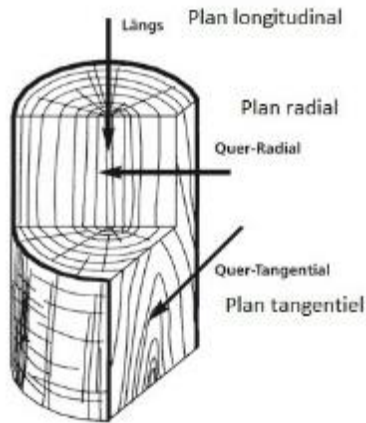
classe de tri	S4	S6	S8	S10
nœuds				
- pas de situation marginale $K_n \leq 1/2$	$K_n \leq 1/2$	$K_n \leq 1/2$	$K_n \leq 1/3$	$K_n \leq 1/5$ $K_n \leq 1/5$
- situation marginale $K_n > 1/2$	$K_n \leq 1/3$	$K_n \leq 1/3$	$K_n \leq 1/5$	
inclinaison de fibre	$\leq 1/6$	$\leq 1/6$	$\leq 1/10$	$\leq 1/10$
cernes de croissance				
Général	≤ 10 mm	≤ 6 mm	≤ 6 mm	≤ 6 mm
Orégon / Douglas	-	≤ 10 mm	≤ 10 mm	≤ 6 mm
flaches	réduction de la face et ou du chant $\leq 1/3$ de la dimension; longueur illimitée			
fentes				
- non traversantes	Maximum 1500 mm ou $\leq 1/2$ de la longueur de la pièce		Maximum 1000 mm ou $\leq 1/4$ de la longueur de la pièce	
- traversantes	Maximum 1000 mm ou $\leq 1/4$ de la longueur de la pièce		Admissible seulement aux extrémités maximum une fois la largeur de la pièce	

Bron: STS 04 (2008)

déformations		
- bow	≤ 20 mm sur 2 m	≤ 10 mm sur 2 m
- spring	≤ 12 mm sur 2 m	≤ 8 mm sur 2 m
- twist	≤ 2 mm par 25 mm de largeur sur 2 m	≤ 1 mm par 25 mm de largeur sur 2 m
- cup		
poches de résine et entre écorce		
- non traversants	< b pas de limite sinon mêmes limites que pour les fentes	
- traversants	< 1/2 b pas de limite sinon mêmes limites que pour les fentes	
altérations dues aux insectes	pas tolérées; piqûre noire autorisée	
altérations dues aux champignons		
- bleuissement	autorisé illimité	
- échauffure	bois solide; max. 1/4 b et / ou 1/4 d; max. 0,5 m	exclue
- pourriture	pas autorisée	
détériorations mécaniques	assimilées à l'imperfection nœud	
bois de compression	sur une face ou un chant ; limité au maximum à 5 mm d'épaisseur;	pas autorisé
- roulure	maximum 10 mm autour de la moelle, visible sur une face ou un chant	



Indeling van massief hout volgens EC5 (volgens de prestaties)



	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	N/mm ²
$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	
$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	
$f_{c,0,k}$	16	16	18	20	21	22	23	25	26	
$f_{c,90,k}$	2,1	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	
$f_{v,k}$	1,8	1,8	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,4	3,8	
	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	
$E_{0,moyen}$	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	12,0	13,0	14,0	kN/mm ²
$E_{0,05}$	4,70	5,40	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	
$E_{90,moyen}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	
G_{moyen}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	
ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	kg/m ³

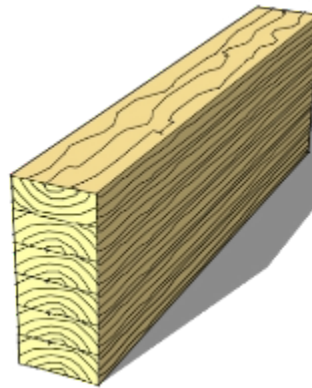
De ontwerpweerstand = $f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \times k_{mod} / \gamma_{bois}$

Een compressiekolom zal dat moeten controleren $Ed = N_{Ed} < R_d = f_{c,0,d} \times A_{bois}$



De gelijmde gelamelleerde balken bestaan uit verlijmde planken.

De kwaliteit van de planken kan variëren volgens hun plaats in de balk.



	GL20	GL24	GL28	GL32	GL36	
$f_{m,g,k}$	20	24	28	32	36	N/mm ²
$f_{t,0,g,k}$	15	18	21	24	27	
$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,35	0,45	0,45	0,45	
$f_{c,0,g,k}$	21	24	27	29	31	
$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	
$f_{v,g,k}$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
$E_{0,moyen,g}$	10000	11000	12000	13500	14500	N/mm ²
$E_{0,05,g}$	8000	8800	9600	10800	11600	
ρ_k	360	380	410	440	480	kg/m ³



Het gedrag van het hout in zijn omgeving

- ▶ De weerstand van massief hout is afhankelijk van de richting van de houtvezels
 - kopshout met een druksterkte gelijk aan die van beton
 - hout splijt onder inwerking van transversale trekkrachten
- ▶ Hout reageert als een spons op water
 - In een droge omgeving droogt het uit en barst het
 - In een vochtige omgeving zwelt het op
- ⇒ **Bij een vochtigheidsgraad van meer dan 20 % wordt het hout aangetast.**
- ▶ Bij belasting raakt hout vervormd en bij blijvende belasting wordt de weerstand ervan aangetast (kruip)
- ▶ De fysieke karakteristieken van hout zijn afhankelijk van zijn densiteit.
- ▶ De duurzaamheid van hout is afhankelijk
 - van de densiteit (langzame groei, exotisch hout,...)
 - van de omgeving (geventileerde/beschermde omgeving,...)
 - van de positie in de constructie.
 - ... eventueel van een behandeling (impregnering,...)
- ▶ De nieuwe houtmaterialen compenseren deze zwakke punten gedeeltelijk (platen, LVL, CLT,...)



NORMATIEVE CONTEXT

STRUCTURELE BENADERING

BOUWSYSTEMEN

VERBINDINGEN

BRANDWEERSTAND



De structuren worden gedefinieerd t.o.v. hun grenstoestand

Er zijn twee controles vereist

- ▶ De uiterste grenstoestand
 - de bezwijktoestand (balk, kolom,...), of
 - het verlies van evenwicht (kantelingsstabiliteit, afschuiving,...)
- ▶ De bruikbaarheidsgrenstoestand
 - de maximale doorbuiging, of
 - de trillingen, scheurvorming,...

$$E_d < R_d$$

voor de draagkracht (UGT):

$$\text{kolom} \quad N_{Ed} < N_{Rd} = f_{c,0,d} \times (b \times H)$$

$$\text{balk} \quad M_{Ed} < M_{Rd} = f_{m,d} \times (b \times H^2 / 6)$$

voor de kanteling (stabiliteit)

$$M_{\text{kanteling}} < M_{\text{stabilisatie}}$$

Voor de BGT's (doorbuiging, trillingen,..) max. doorbuiging $< L / 300 \dots$
 $L / 1000$

trillingen, ...



Benaderingscriteria voor structurele oplossingen

- ▶ Lokaliseren van de voornaamste assen van de ruwbouw
- ▶ Courante tussenafstanden en overspanningen zoeken
 - voor de vloeren: een vloerligger om de 30 tot 50 cm
 - voor de balken uit MH: overspanningen kleiner dan 6 - 8 m
 - controle van de gebruikte elementen (balk, kolom, vloer,...)
 - controle van de algemene stabiliteit van het gebouw (omhoog komen, verschuiven en kantelen).



Keuzecriteria voor structurele onderdelen

- ▶ We nemen aan dat de balken, kolommen en vloerliggers isostatisch zijn (balken op twee opleggingen; maximale buigende momenten en maximale doorbuigingen)
- ▶ We selecteren een gemiddelde weerstandsklasse voor het hout (C24 – GL24)
- ▶ We selecteren een courante balkvoet (tussen 6 en 20 cm voor de balken)
- ▶ Uit de controle van de UGT's voor de draagkracht moet een te respecteren hoogte volgen.
- ▶ Uit de controle van de maximale doorbuiging moet een andere te respecteren minimale hoogte volgen.
- ▶ Rekening houdend met het gewicht van de beschouwde balk, wordt de minimale hoogte door deze twee criteria bepaald en is er een economisch voorstel mogelijk.



Gebruiksgrenstoestanden: 1. Criterium van de maximale doorbuiging

- De niet te overschrijden drempel wordt bepaald door de ontwerper.
- De NBN B 03-003:2002 geeft referenties voor bepaalde situaties.
- Blijvende belastingen leiden tot aanzienlijke kruipverschijnselen in houten structuren, naargelang de omgeving ($fl_{fin} \sim 2x fl_{init}$).

2	résistance des parois verticales (fissuration des cloisons, des façades) . parois armées	rares	$fl / 350$
3	. parois non armées, avec ouvertures		$fl / 1000$
4	. parois sans ouvertures ou avec ouvertures et armatures		$fl / 500$
5	. parois amovibles		$fl / 250$
6	résistance des châssis vitrés . pas de jeu châssis/structure	rares	$fl / 1000 (f)$
7	. jeu châssis/structure		$fl / 350 (f)$
8	résistance des plafonds (fissuration, écaillage) . enduits	rares	$fl / 350$
9	. non-enduits, faux-plafonds		$fl / 250$
10	résistance des revêtements de sol . de grandes dimensions ou fixés rigidement	rares	$fl / 500 (b)$
11	. de petites dimensions ou fixés de façon telle que la déformation du support n'est pas intégralement transmise au revêtement (d)		$fl / 350 (e)$
12	. revêtements souples		$fl / 250 (b)$



Voorbeelden: de vloeren

De doorbuiging van een soepele vloer $< L/300$ voor 5 m, 16 mm

Als de blijvende belastingen gering zijn, hoeft er geen rekening te worden gehouden met kruipverschijnselen.

De doorbuiging van een vloer op roosteringen met plafonnering $L < 500$ voor 5 m, 10 mm

de balken

De doorbuiging van de balken die een stijve wand dragen

- initiële doorbuiging $< L/1000$
- uiteindelijke doorbuiging $< L/500$

De doorbuiging van de lateibalken boven raamwerk zonder speling

- initiële doorbuiging $< L/1000$

In het algemeen wordt een soepele afdichting voorzien, waarvan de samendrukking het contact tussen balk en raamwerk moet vermijden (doorbuiging van 10 mm; afdichting van 13 mm).

Door de doorbuiging van een nokbalk drukken de kepers op de muurplaten en de gevelmuren.

Ofwel moet de nok worden overgedimensioneerd (doorbuiging $< L/1000$).

Ofwel moet de horizontale verplaatsing van de kepers op de muurplaten worden toegelaten.



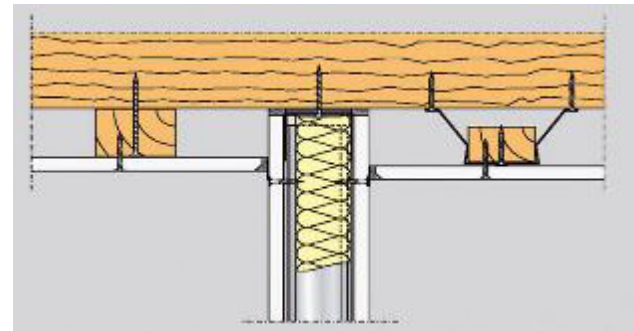
Controle van de BGT: 2. Trilling van de vloeren

Het trillingsgedrag van een vloer kan ter plaatse gemeten of door een berekening geraamd worden.

De trillingen kunnen worden veroorzaakt door trillende toestellen/machines, het verkeer,... en geluidsbronnen.

Om de effecten ervan te verzwakken en bij gebrek aan massa, is het volgende vereist:

- ▶ De vloerstijfheid (de inertie) en dus ook de hoogte van de roosteringen moet worden vergroot, en de afstand tussen de vloerliggers moet worden verkleind (massa-veer-massawet)
- ▶ Er moet een goede vloerverankering worden verzekerd (verankering tussen vloerliggers of paneelwerk)
- ▶ Voldoende stijfheid van de haaks op de roosteringen geplaatste vloer is noodzakelijk
- ▶ De afwerkniveaus moeten van de draagvloer worden losgekoppeld.



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING

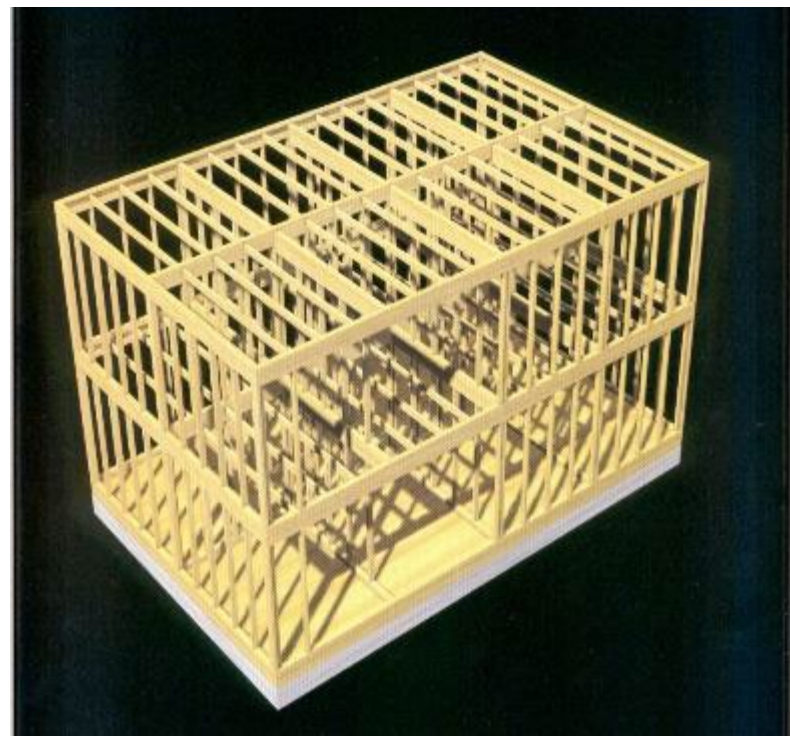
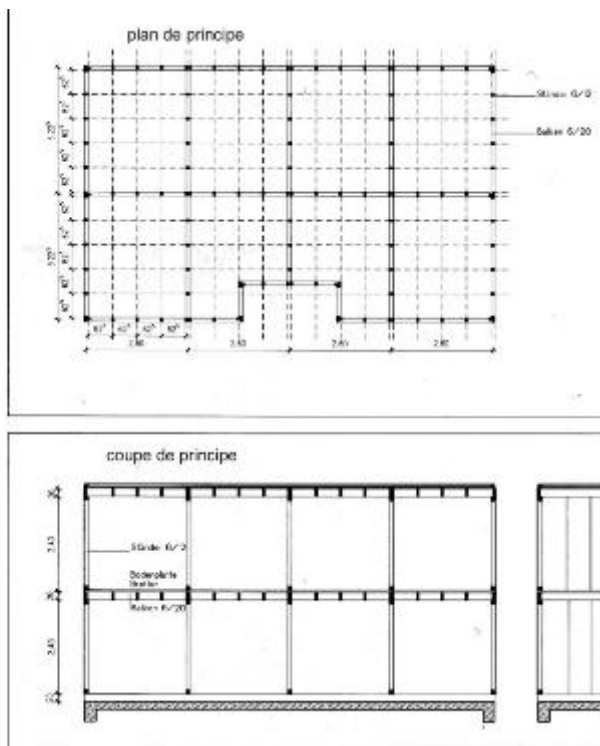
BOUWSYSTEMEN

- ▶ **Houtskeletbouw**
- ▶ Palen-balkensysteem
- ▶ Systeem met massieve platen
- ▶ Houtstapelbouw

VERBINDINGEN

BRANDWEERSTAND



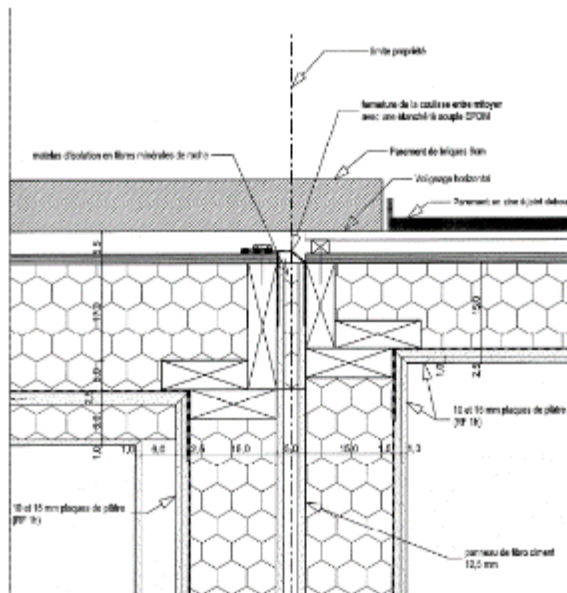


De druksterkte van hout is gelijk aan die van beton C25 (beton) ~ C24 (hout) ~ 24 N/mm²



Zoals de logica van de gemetselde draagmuren

- ▶ De stijlen vangen de verticale belastingen op
- ▶ Zijpaneel verstijft de wand op z'n minst horizontaal



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING
BOUWSYSTEMEN

- ▶ Houtskeletbouw
- ▶ **Palen-balkensysteem**
- ▶ Systeem met massieve platen
- ▶ Houtstapelbouw

VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND



PALEN-BALKENSYSTEEM

- ▶ Balken op palen
- ▶ Balk tussen palen

Voordelen

- ▶ Laat oversteken toe
- ▶ Vrije wanden

Nadelen

- ▶ Stabiliteit van de wanden niet gegarandeerd
- ▶ Grotere vervormbaarheid



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING

BOUWSYSTEMEN

- ▶ Houtskeletbouw
- ▶ Palen-balkensysteem
- ▶ **Systeem met massieve platen**
- ▶ Houtstapelbouw

VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND



SYSTEEM MET MASSIEVE PLATEN

- ▶ Houten vloer
- ▶ CLT-platen (Cross Laminated Timber) vervaardigd uit kruislings verbonden planken
- ▶ Sandwichpanelen (kader – platen)

Voordelen

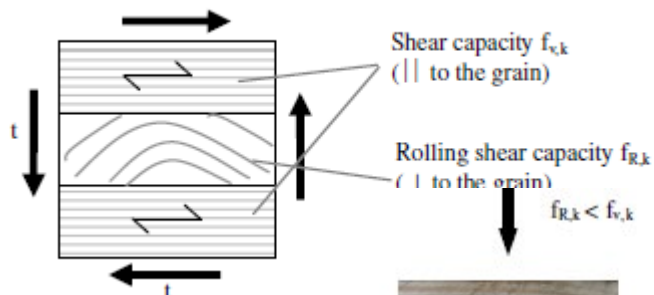
- ▶ Het hout werkt per laag in de richting van de vezels
- ▶ Gedrag als plaat of verticale wand

Nadelen

- ▶ De technieken verzwakken de sectie
- ▶ Gevoelig voor afschuiving (opleggingen, hoeken van doorbrekingen,..)



SYSTEEM MET MASSIEVE PLATEN



Typical fracture-mode caused by the exceedance of the rolling shear capacity

Platen uit regelwerk van 75 tot 125 mm.

Door de afwisselende plaatsing van de planken kunnen de krachten in de twee richtingen worden opgevangen. De overdracht tussen lagen verloopt via de lijm. Het zwakke punt is de schuifvastheid van de planken.

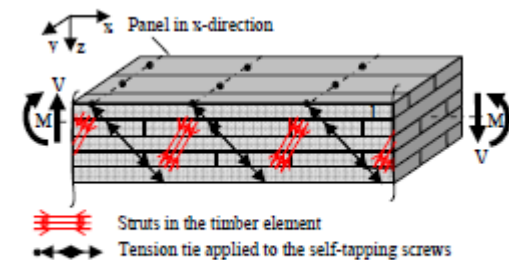


Figure 3: Strut-and-tie model of a reinforced panel



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING

BOUWSYSTEMEN

- ▶ Houtskeletbouw
- ▶ Palen-balkensysteem
- ▶ Systeem met massieve platen
- ▶ **Houtstapelbouw**

VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND

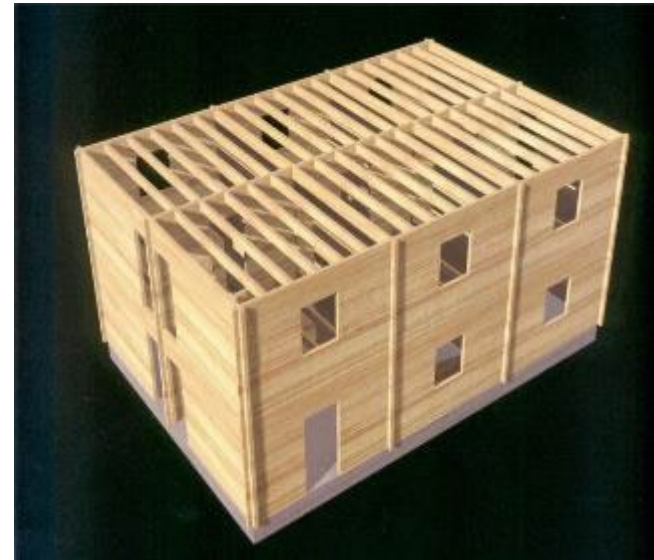


Opvang van de belastingen haaks op de richting van de houtvezels
.. resulterend in samendrukking en vervorming na verloop van tijd.

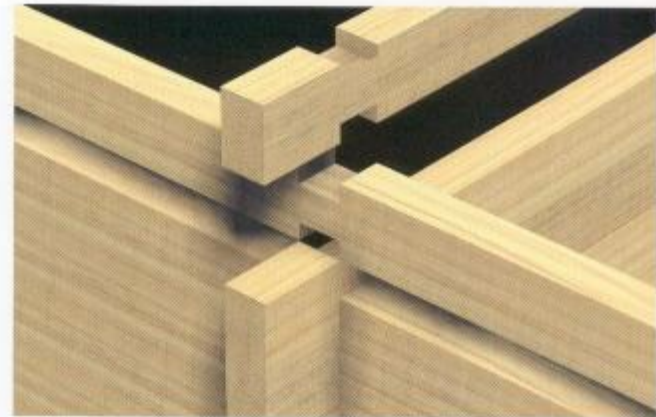
Stabiele wanden in hun vlak door de wrijving van de balken onderling.

Aansluitingen in de hoeken...

Dichtheid moeilijk te realiseren



raccord entre poutres



- Andere dan vlakke configuraties zijn moeilijk te realiseren
- Aanzienlijke vervorming van de wanden door de kruip van het hout
- Conflict tussen het binnenaanzicht en de doorvoering van de technieken

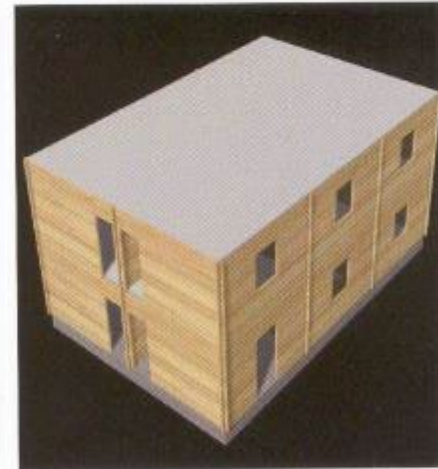
système à bois horizontaux



portance des planchers
sur parois pleines



stabilité par les parois pleines



volume délimité par
les parois extérieures



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING
BOUWSYSTEMEN
VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND



De grote structuren ontstaan door de verbinding van kleine samenstellende structuren

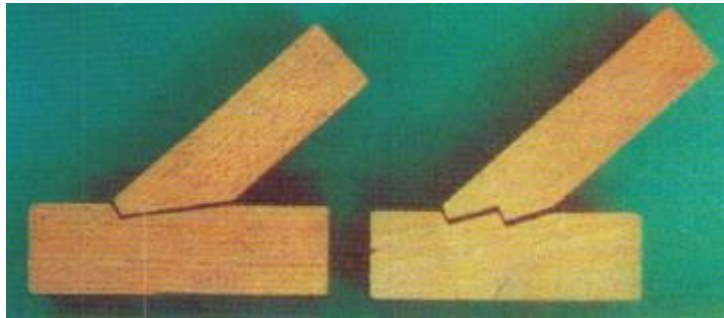
Functies van een verbinding

- ▶ De positionering mogelijk maken van de delen die in de ongemakkelijke omstandigheden van een bouwplaats moeten worden samengevoegd.
- ▶ De afregeling of vastklemming van de houten delen onderling mogelijk maken.
- ▶ De overdracht van krachten tussen de onderdelen toelaten (axiale kracht, dwarskracht en krachtenkoppel).
- ▶ Mogelijke vervormingen veroorzaakt door de overdracht van deze krachten en als gevolg van uitdroging van het hout en van temperatuurschommelingen beperken.
- ▶ Beschermen tegen vlammen bij brand.



Traditionele hout-houtverbindingen

- ▶ Positionering (halfhoutse las; gaffelverbinding, loefverbinding,...)
- ▶ Overdracht van de krachten (pen-en-gatverbinding; inlating met lip en keep)



Lijmverbindingen (door vingerlasverbindingen voor de gelijmde gelamelleerde materialen)

- ▶ Onvervormbaar
- ▶ Mechanisch uit te voeren in de werkplaats

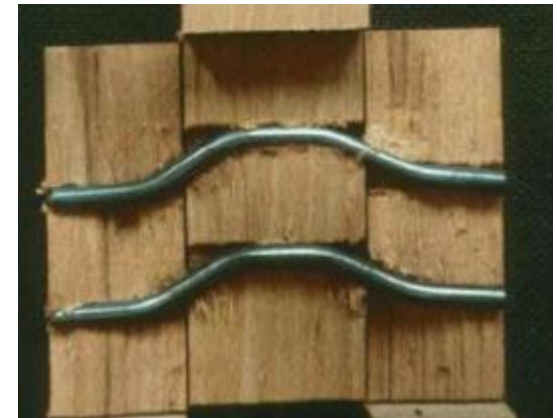


Verbindingen met stiftvormige middelen (halfstijve -)

Afschuiving

- ▶ door samendrukking van het hout
- ▶ door buiging van de stift
- ▶ door beide samen

Met het risico van splijting van het hout en
verlies van de draagkracht

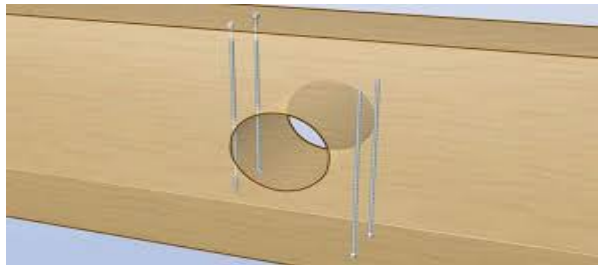


Om het risico van splijting van het hout te beperken (overschrijding van de transversale treksterkte)

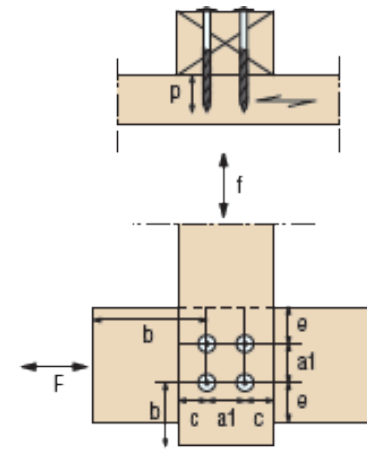
- ▶ moeten de minimumafstanden tussen stiften worden gerespecteerd
- ▶ moet eerder de buiging van de stiften worden begunstigd dan de samendrukking van het hout
- ▶ moeten inkepingen worden vermeden
- ▶ moet er droog en dicht hout worden geselecteerd (hoog specifiek gewicht)

Opmerking: bij risico van scheurvorming moet de gescheurde zone d.m.v. loodrecht op de richting van de vezels aangebrachte schroeven (met doorlopende schroefdraad) worden gehecht.

Verscheidene stiften met kleine diameter zijn te verkiezen boven stiften met grote diameter.



Bron: WTCB



NORMATIEVE CONTEXT
STRUCTURELE BENADERING
BOUWSYSTEMEN
VERBINDINGEN
BRANDWEERSTAND



Het koninklijk besluit van 12/7/2012 bepaalt de eisen in geval van brand.

Het bepaalt de eisen inzake de brandreactie van de materialen, meer bepaald hoe de materialen zich gedragen als brandstof.

De brandweerstand van de structurele elementen preciseert de minimale tijd gedurende dewelke het draagvermogen en de stabiliteit van de structuren gegarandeerd moeten zijn.

De brandreactie heeft betrekking op de eerste 15 minuten en wordt niet in aanmerking genomen voor de controle van houten structuren. De te gebruiken materialen worden echter ingedeeld volgens hun geneigdheid om te ontbranden en rook en brandende druppels af te geven.

De brandweerstand beschrijft de periode waarin de structuur lasten moet kunnen dragen voor ze bezwijkt. Men controleert het residuele draagvermogen op het einde van deze periode.

1^e classificatiecriterium: gebouwtype:

H.G. (hoge gebouwen $H > 25$ m)

M.G. (middelhoge gebouwen $10 \text{ m} < H < 25$ m)

L.B. (lage gebouwen $H < 10$ m)



In het koninklijk besluit worden de gebouwen onderscheiden op basis van 3 soorten bezetters

- ▶ Gebouwen met niet zelfredzame bezetters (ziekenhuizen, kinderdagverblijven, rusthuizen, ...)
- ▶ Gebouwen met zelfredzame en slapende bezetters (residentieel)
- ▶ Gebouwen met zelfredzame en wakende bezetters (kantoren, werkplaatsen, ...)

Classificatie volgens de brandreactie van de materialen **X / si / di**

X definieert de brandbaarheid van het materiaal.

Er wordt een indeling gemaakt in klassen, van onbrandbaar tot zeer brandbaar: A1, A2; B, C, D, E, F

de houtproducten (MH, GG, CLT, ...) zijn van klasse **D**.

gipsproducten zijn van klasse A of B naargelang de behandeling

S i wijst op de rookontwikkeling (s = smoke)

s1 geringe rookontwikkeling

s2 geringe of gemiddelde rookontwikkeling (hout)

s3 sterke rookontwikkeling

D i wijst op de productie van brandende druppels

d0 geen brandende druppels (hout)

d1 geringe of gemiddelde productie van brandende druppels

d2 sterke productie van brandende druppels



Euroklasse	Voorbeeld
A1, A2	Steenwol, gipsplaat
B	Geschilderde gipsplaat
C	Gipsplaat bekleed met behangpapier
D	Hout
E	Brandwerend gemaakt EPS (PS geëxpandeerd polystyreen, geëxtrudeerd polystyreen,..)
F	Niet-geteste materialen, EPS

Tabel 2: Lokalen							
		Type 1			Type 2 en 3		
		L.G.	M.G.	H.G.	L.G.	M.G.	H.G.
Zalen	Verticale wanden	B s1 d2	B s1 d2	B s1 d2	C s2 d2	C s2 d2	C s2 d2
	Plafonds en verlaagde plafonds	B s1 d0	B s1 d0	B s1 d0	C s2 d0	C s2 d0	C s2 d0
	Vloeren	B _{FL} s1	B _{FL} s1	B _{FL} s1	C _{FL} s2	C _{FL} s2	C _{FL} s2
Alle overige lokalen	Verticale wanden	C s2 d2	C s2 d2	C s2 d2	E d2	E d2	D s3 d2
	Plafonds en verlaagde plafonds	C s2 d1	C s2 d1	C s2 d1	E**	E**	D s3 d1**
	Vloeren	C _{FL} s1	C _{FL} s1	C _{FL} s1	E _{FL}	E _{FL}	D _{FL} s2

** d2 in lokalen < 30 m²



De brandweerstand van een gebouw wordt geregeld door het koninklijk besluit van 2012

dat de eisen voor de structurele elementen vastlegt volgens het type gebouw en de verwachte functies.

Brandweerstand gedurende de vereiste tijd: 30' - 60' - 90' - 120'

- ▶ Een structureel element moet zijn draagvermogen en stijfheid behouden (lasten dragen en algemeen evenwicht verzekeren) gedurende de opgelegde tijd.
Deze eigenschap wordt aangegeven door de letter **R**.
- ▶ Een structureel element mag geen vlammen of rookgassen doorlaten gedurende de opgelegde tijd (vlamdichtheid) Eigenschap **EI**
- ▶ Behalve voor het draagvermogen en de stabiliteit zorgt een structureel element ook voor de vereiste scheiding (dichtheid en thermische isolatie) – eigenschap **REI**
- ▶ Eurocode 5 deel 2 bekijkt de structuren in warme toestand, d.w.z. op het einde van de vereiste duur van de brand.
- ▶ De in aanmerking genomen lasten worden verminderd ten opzichte van die van de berekening in koude toestand.
- ▶ De beschouwde belasting voor de controle in warme toestand is gelijk aan de permanente lasten vermenigvuldigd met 1 en de variabele lasten vermenigvuldigd met factoren < 1 (deze vertegenwoordigen onrechtstreeks de interventie van de brandweer en de ontruiming van het gebouw)



Brandweerstand gedurende de vereiste tijd: 30' - 60' - 90' - 120'

Het koninklijk besluit en de toepasselijke gewestelijke documenten bepalen een minimale brandweerstand volgens het type gebouw en de functie van de betreffende lokalen.

Voor de gewone lokalen is dit **R = 30** minuten, terwijl dit voor vluchtwegen of technische lokalen (stookruimte) **R 60** of meer is.

Gedurende deze tijd zijn ook een dichtheid **E** en een thermische isolatie **I** vereist (bijvoorbeeld **REI 60**).

Brandgedrag van hout

De temperatuur van hout gaat bij blootstelling aan brand geleidelijk stijgen tot 250 – 300 °C, temperatuur waarbij het hout zal ontbranden.

Er ontstaat een gecarboniseerde productlaag met matige mechanische eigenschappen.

Blootgesteld aan een constante warmtetoevoer verplaatst het carbonisatiefront zich bij een regelmatige snelheid naar de binnenzijde van het hout.

De verkoolde laag heeft echter een isolerend vermogen, waardoor het doordringen van de externe warmte (de temperatuur zakt tot ongeveer 100 °C) en de zuurstoftoevoer worden afgeremd.

Dus anders dan bij staal, dat bij een grote temperatuurstijging bezwijkt, behoudt de kern van het hout zijn weerstandseigenschappen.



In de praktijk

Bepaalt de architect

- ▶ de vereiste R, REI per lokaal of zone van het gebouw.
- ▶ Voor de gekozen materialen bepaalt hij de minimale X,s,d-waarden (brandbaarheid, rookontwikkeling en brandende druppels)
- ▶ Hij regelt de toegangs- en vluchtwegen volgens het type gebouw (HG, MG, LG) en het type gebruikers.

De stabiliteitsingenieur

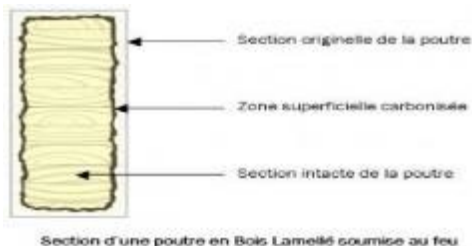
- ▶ controleert de structurele en scheidende elementen op basis van de vastgestelde eisen.
- ▶ (controle in koude toestand volgens EC5-1 en in warme toestand volgens EC5-2)
- ▶ controleert de dichtheid van de voorziene verbindingen in de structurele elementen.
- ▶ controleert de REI-waarde van de assemblages.
- ▶ In overeenstemming met de architect raadpleegt hij de lokale verantwoordelijke van de brandweer.



Controle van een houtstructuur in warme toestand volgens EC5 (draagvermogen en stabiliteit)

- ▶ Twee benaderingen ...
- ▶ Ofwel worden de draagstructuren geïsoleerd (zelfde benadering als voor staal)
Vlamoverslag voorkomen door de structuur of het compartiment te 'verpakken' in vlamdichte wanden (materialen van type A1, A2, ... gipsplaten).
De beschermlagen moeten de vereiste brandweerstand verzekeren.
- ▶ Ofwel houdt men rekening met de residuele sectie op het einde van de vereiste periode
 - Voor de berekening volgens de residuele sectie wordt een combinatie van de belastingen eigen aan de controle in warme toestand in aanmerking genomen. $E_{d,f} = 1 \times G_k + 0,5 \times Q_k + \dots$
 - Van de initiële sectie wordt de verkoolde laag (carbonisatiediepte) afgetrokken.
 - Men controleert of de verkleinde sectie nog bestand is tegen de hiervoor bepaalde belasting (samendrukking, buiging ...), rekening houdend met een verminderde veiligheid eigen aan accidentele omstandigheden (veiligheidscoëfficiënt = 1).
 - Voor een sectie van massief hout (naaldhout) blootgesteld aan vuur, wordt uitgegaan van een carbonisatiesnelheid van 0,8 mm/minuut brand + 7 mm.

Deze waarden variëren volgens het beschouwde houtmateriaal.



Controle van de dichtheids- en isolatiecriteria

- ▶ Voor een structureel element zoals een wand, vloer of plafond dat ook voor de compartimentering zorgt, moet worden nagegaan of het vuur zich niet via voegen of andere verbindingen kan voortplanten van de blootgestelde naar de niet-blootgestelde kant.
- ▶ Ook moet de wand die wordt geacht een compartiment af te bakenen, de beperking van het temperatuurniveau garanderen door aanwezigheid van een thermische isolatie die inert blijft bij brand (minerale wol)
- ▶ Er moet dan ook bijzondere zorg worden besteed aan de verschillende verbindingen en aansluitingen.

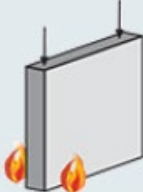
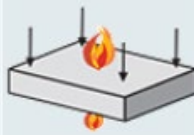
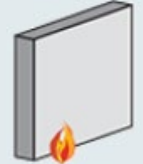
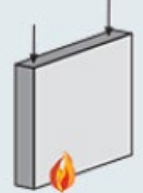
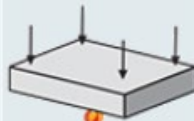
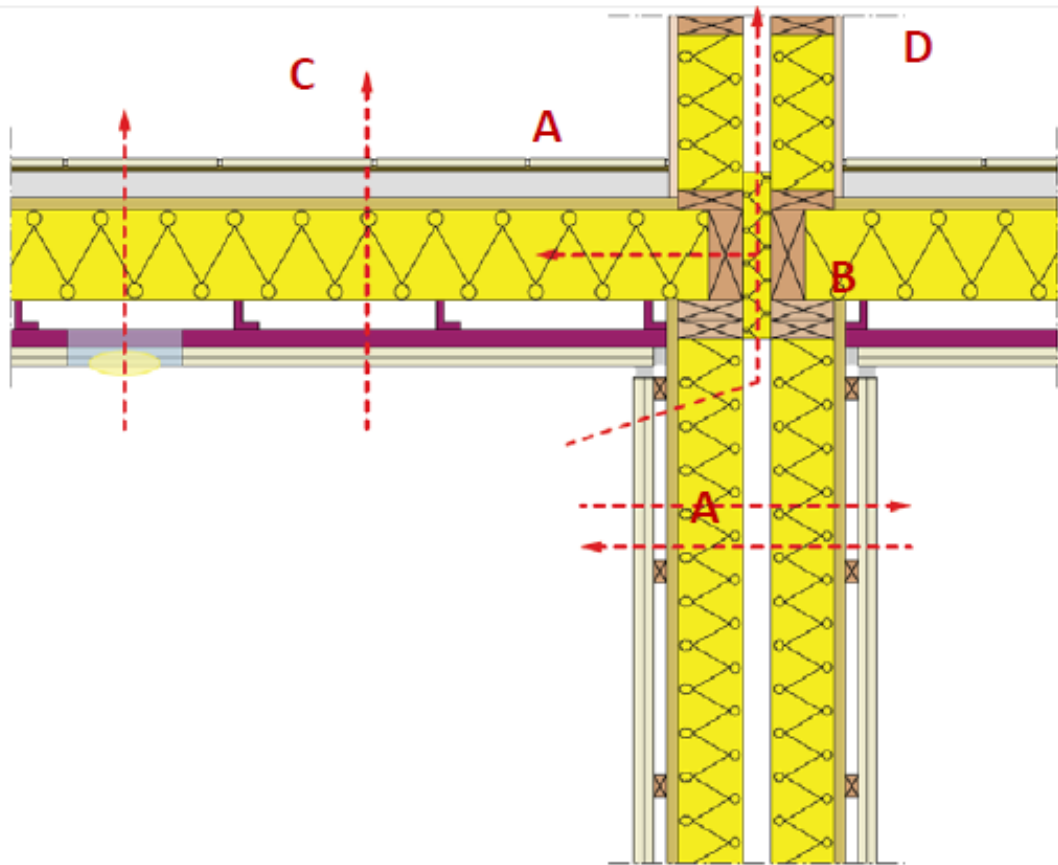
Fonction	Poutres et colonnes	Parois verticales	Planchers
Elément porteur non séparant : critère R			
Elément non porteur, mais séparant : critère EI			
Elément porteur et séparant : critère REI			



Figure 11. Schéma de principe des différents chemins possibles pour la propagation de l'incendie *, non applicable aux maisons unifamiliales



* A. Résistance au feu des éléments à fonction séparante ; B. Assemblage ; C. Traversées et affaiblissement; D. Propagation via les vides.

$$t_{ins} \geq t_{req}$$

t_{ins} is de tijd vereist om de grenstemperatuur te bereiken aan de niet-blootgestelde zijde, **t_{req}** is de vereiste brandweerstand voor de wand in minuten.

$$t_{ins} = \sum_i t_{ins,0,i} k_{pos} k_j$$

où :

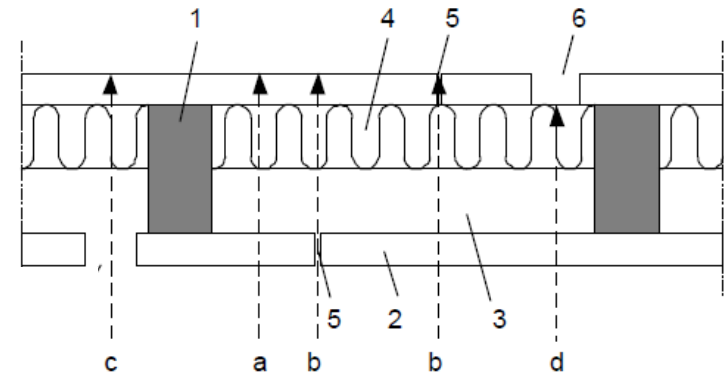
t_{ins,0,i} est la valeur d'isolation de base de la couche "i" en minutes,

k_{pos} est un coefficient de position, voir E2.3;

k_j est un coefficient d'assemblage, voir E2.4.

Tableau E1 — Chemin de transfert de chaleur à travers la couche devant être pris en compte

	Elévation de température sur la face non exposée	Chemin de transfert de chaleur conformément à la figure E1
	K	
Construction générale	140	a
Liaisons	180	b
Services	180	c, d



Clé :

- 1 Élément d'ossature bois
- 2 Panneau
- 3 Cavité de vide
- 4 Isolation de la cavité
- 5 Liaison de panneau non recouverte par une volige, un montant ou une solive
- 6 Position des services
- a – d Chemins de transfert de chaleur

Figure E1 — Illustration des chemins de transfert de chaleur à travers une construction séparative



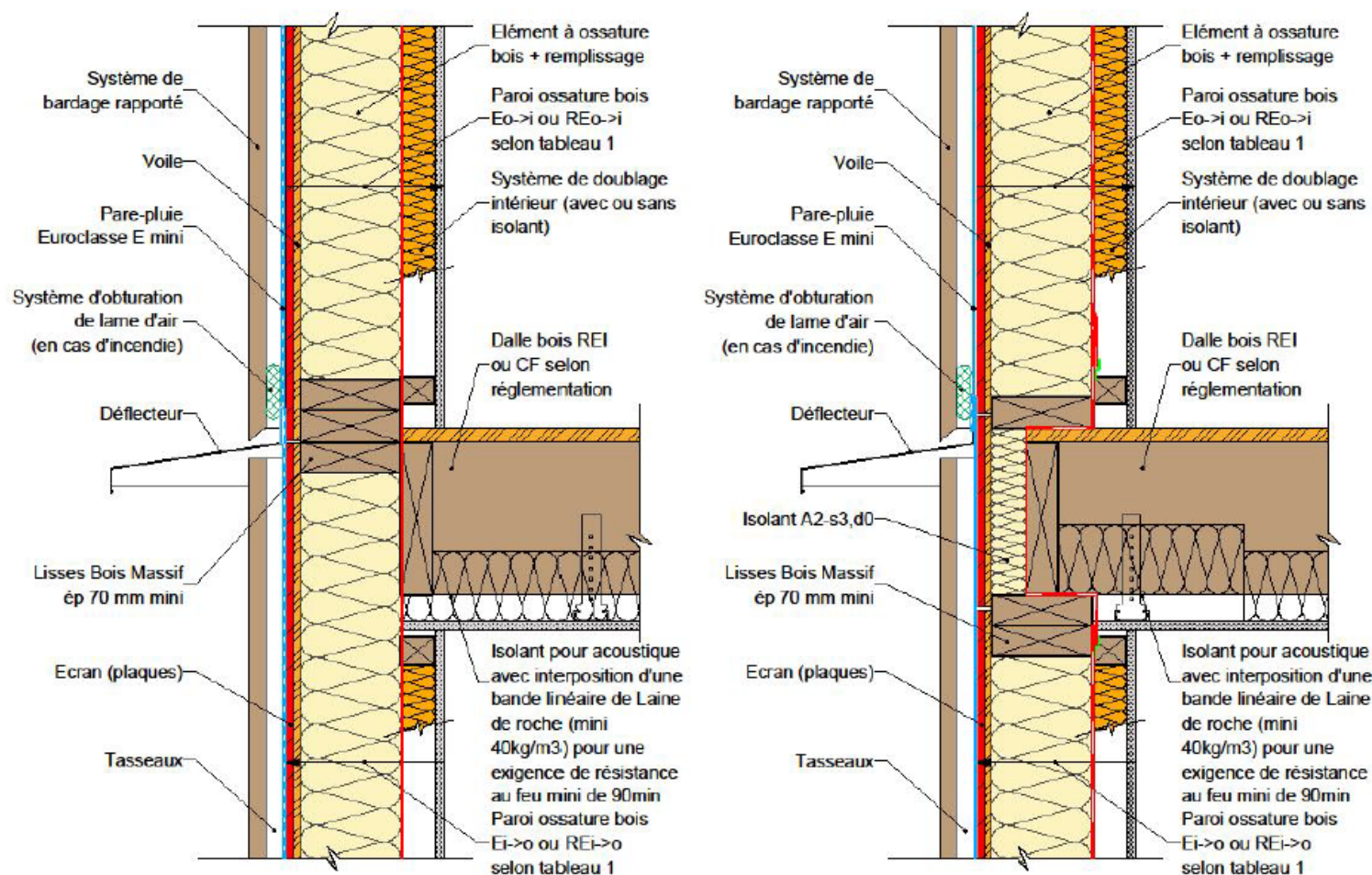


Figure 14 : Façade/mur ossature bois & plancher en ossature bois.





- ▶ Het gedrag van hout en houtproducten hangt samen met de samenstelling en opbouw van het materiaal.
- ▶ De structuren moeten de belastingen opvangen maar ook hun gebruik toelaten.
- ▶ De structuren en hun verbindingen volgen dezelfde ontwerpregels.
- ▶ De houten structuren ontstaan door de verbinding van gestandaardiseerde elementen.
- ▶ De brandweerstand, de duurzaamheid t.o.v. vochtige omgevingen, de stijfheid van de structuren en van hun verbindingen, het montagecomfort,
zijn afhankelijk van een goed ontwerp dat rekening houdt met de aard van het materiaal en zijn omgeving.



Francis DE VOS

Docent emeritus Loci – Brussel (hout en concreet technologieën)

Houtbouw opleiding – structure – Louvain-la-Neuve

BE De Vos – Eupen

☎ 0479-599119

✉ francisdevos@skynet.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

