2.2.4. Bouwknoop.

A1. Bouwknoop / Universeel - Regionaal (wereldbeeld) (1).

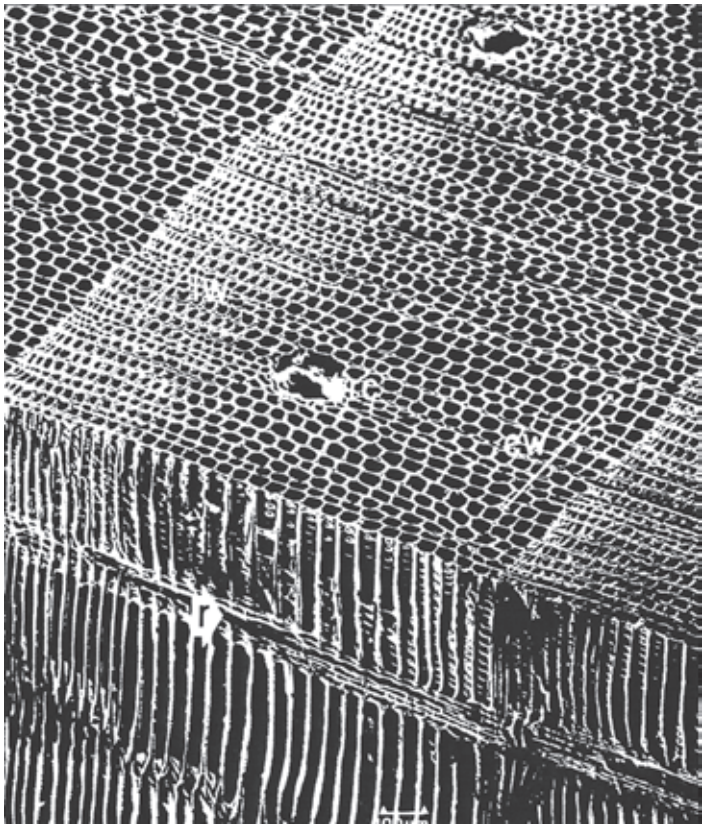
Betreft de totale benadering (vanuit verschillende disciplines) van de bouwknoop. De relatie tussen universele en regio-(cultuur en religie) gebonden principes.

1. De aanwending van **ontdubbelde stijlen** die verticaliteit accentueren, **beklemtonen de relatie tussen mens en kosmos (= wereldorde).** De **enkelvoudige horizontale balken** daarentegen vertolken het **verband tussen mens en het aardse landschap**.
2. **Het verband tussen micro- en macrokosmos** (in ons nieuw **wereldbeeld** vastgelegd in een 'energie-ruimte-tijdspatroon' als een quantumfysisch **minimumbeginsel** (**of kleinste ruimte-actie**) dat zich blijvend repeteert onder steeds andere vormen of 'deeltjes', wordt in onze nieuwe bouwwijze kenbaar gemaakt door een '**patroon; een stijve knoop'** die zich steeds repeteert, maar waarvan **de uiterlijke vorm ook steeds kan variëren**. Bovendien hebben we kunnen aantonen dat dit minimumbeginsel **een diepzinnige basis vormt voor het inzicht in de relatie tussen het behoud van impulsmoment en het hefboomprincipe**. Overigens staan alle minimabeginsels (op micro- en macroschaal) met elkaar in verband.
3. **De relatie met de regio** (cultuurgevoeligheid) ontstaat door de toepassingsmogelijkheid van de **plaatselijke materialen** en van de **plaatselijke vormentaal** en dit dankzij een verstijvingtechniek die de stevigheid van de bouwknopen **onafhankelijk** maakt **van de werking en van de vorm van het aangewende materiaal**. Hierdoor kunnen in feite alle houtachtige soorten: naaldhout, loofhout, palm en bamboe worden toegepast. Bovendien, zoals hoger aangehaald, stimuleert het gebruik van plaatselijke plantaardige materialen de bescherming ervan en kan er dus dankzij het behoud van biodiversiteit een maximale ruimte blijven voor het ontdekken en ontwikkelen van **nieuwe levensbelangrijke geneesmiddelen**.

Nota Bene:
De bouwwijze heeft een maximale onafhankelijkheid t.o.v. de materiaalkwaliteiten en t.o.v. de vorm van het toegepaste materiaal.
Het belang hiervan blijkt uit:
1. het feit dat men nooit volledige zekerheid heeft over de anatomische kwaliteiten van het materiaal; (de werking van het materiaal)
2. dat het marktaanbod van soorten steeds kan variëren en dus ook de kostprijs;
3. dat de toepassingsmogelijkheid van de regiogebonden soorten meer humaan-ecologisch verantwoord is en in bepaalde gebieden de ontwikkeling van medicinale planten ondersteunt en/of de plaatselijke economie bevordert;
4. dat het belangrijk is dat ook grote doorsneden kunnen worden toegepast bij zware constructies (loodsen, musea, kerken, enz.) en dat de brandveiligheid dan optimaal wordt.

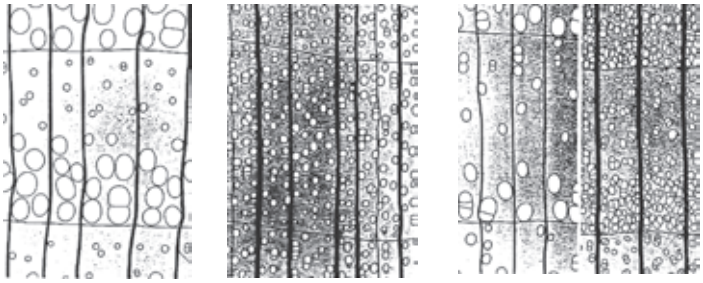
Dat de aan te wenden houtachtige materialen (naaldhout, loofhout, palm en bamboe) anatomisch zeer grote verschillen vertonen, die bovendien soms moeilijk in rekening te brengen zijn naar hun invloed op de sterke toe, blijkt uit volgende gegevens:
- Het is bekend dat **naaldhoutsoorten** de meest eenvoudige en homogene samenstelling hebben; **de tracheïden zijn de cellen die zowel het**

1. Erik Vanfleteren (docent meubel ontwerpen aan de WENK - Hoge School voor Wetenschap en Kunst - te Gent) definieert het knooppunt als volgt: *'De plaats waarin de leesbaarheid van de creatieve constructie de expressiviteit bepaalt. Het koppelen en ontkoppelen van de deelvormen is middel en doel:* ***constructie, expressie en functie zijn één.***
Het knooppunt is een synthese van:
*- **vormauthenticiteit** of de duidingswaarde van de inhoud van de vorm*
*- **vormlogica** of het juiste verband tussen vorm, materiaal en constructie*
*- **vormesthetica** of de gevoelsmatige eenheid tussen de onderdelen en het geheel.'*



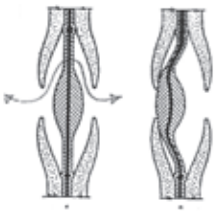
Figuur 2-6
Doorsnede op naaldhout (de rode den).

Figuur 2-7
Hofstippels (communicatie tussen de cellen).



Ringporig. Diffuusporig Halfringporig

Figuur 2-9



Figuur 2-8
De tekeningen laten zien dat wanneer hout wordt geïmpregneerd de hofstippels afgesloten zijn (en het hout bijgevolg niet meer kan functioneren als klimatologische buffer; het opnemen of afgeven van luchtvochtigheid)

geleidingsweefsel (transport van sapstroom) als het steunweefsel vormen. De **parenchimecellen** vormen fijne (ééncellige) houtstralen. Verticaal parenchime omringt de soms aanwezige **harskanalen**. (1)

- **Loofhoutsoorten** vertonen een sterkere verscheidenheid en zijn veel meer heterogeen. Er is een sterker doorgedreven functieverdeling: de vezels dienen als **steunweefsel**, terwijl de vaten het **geleidingsweefsel** voor de sapstroom vormen. De vaten kunnen op **zeer diverse wijzen zijn geplaatst** (Fig.2-9) en kunnen sterk variëren qua grootte, wat dus sterk bepalend kan zijn voor de werking van het hout.
  Soms komen **vezeltracheïden** voor die voorzien zijn van hofstippels. **Verticaal houtparenchime** is overvloediger aanwezig en in zeer gevarieerde vorm, vooral bij de tropische loofhoutsoorten. Ook het **horizontaal houtparenchime** is meer ontwikkeld en zeer verscheiden.
- **Wat het echter nog veel complexer maakt en wat veel minder gekend is, zijn de gevolgen van de opeenvolgende seizoenen in relatie met de groeiplaats voor de houtkwaliteit**: (2)
  a. **bij naaldhout geven opeenvolgende slechte groeijaren namelijk zwaarder hout**; (3)
  b. **terwijl bij loofhout de ringporige soorten bij opeenvolgende goede groei-jaren zwaarder hout geven**; (4)
  c. De verspreidporige loofhoutsoorten daarentegen als populier, wilg, linde, berk ... kennen geen verandering van densiteit voor wat betreft hun vaatcellenstructuur tengevolge van een slecht of goed groei-jaar; (5)
  d. Beuk moet tenslotte als een randgeval beschouwd worden omdat zijn vaatcellen steeds van groot naar klein evolueren tijdens het gehele groei-jaar. (6)
- Bij **palmhout** merken we een andere cellenstructuur en een andere groei-evolutie. Het hout van echte palmen, zoals de kokospalm, is totaal anders dan loof- en naaldhout. Waar loof- en naaldhoutbomen met de jaren hoger en dikker worden, worden palmen alleen hoger. De kokospalm wordt in de landen van herkomst onder andere gebruikt voor constructiehout. Het hout heeft rechte vaatbundels die van binnen naar buiten in de stam in aantal toenemen, waarbij ook de volumieke massa toeneemt. Dat is de reden waarom van een stam palmhout alleen het buitenste derde gedeelte bruikbaar is. Het binnenste deel is voos en onbruikbaar. In het onderste deel van de stam komen in verhouding meer vaatbundels voor dan in de hogere delen, waardoor dit deel van de stam zwaarder en duurzamer is. (1)

1. Er komen talrijke en grote hofstippels voor op de radiale wanden van de tracheïden (Fig.2-6 en Fig.2-7). Foto's met de elektronenmicroscoop.

2. Bron: gesprek met prof.dr. Stevens - Rijksuniversiteit Gent/Landbouwfaculteit (België)

3. Bij grenen en vuren bijvoorbeeld worden er dan minder vroeghoutcellen gevormd die een grote celholte en een smalle celwand hebben, (terwijl de formatie van laathoutcellen met dikke celwand en dus kleine celholte door het type seizoen niet sterk wordt beïnvloed).

4. Soorten zoals eik, es, olm, teak, kastanje, robinia... vormen brede vaten in het vroeghout (lente) en smalle vaten in het laathout (herfst). Bij een goed groei-jaar worden er veel laathoutcellen gevormd met veel smalle vaatcellen, terwijl de brede vroeghoutcellen, (in aantal), een gelijkaardige ontwikkeling kennen als bij een slecht groei-jaar. Daardoor brengt een goed groeijaar hout op met een groter soortelijk gewicht.

5. De verschillende vaatcelbreedten blijven immers altijd gelijkmatig verdeeld. Hier zijn dus geen merkbare sterkteveranderingen bij slechte of goede groei-jaren tengevolge van de opstelling van de vaten.

6. Verschillende opeenvolgende slechte groei-jaren ten opzichte van enkele goede groei-jaren geven hierbij geen belangrijk verschil in verzwakking (of lichter gewicht) van het hout tengevolge van de aanwezige vaatcelbreedten. (Met andere woorden op de sterkte van beuk kan men in die zin gemakkelijker rekenen; maar uiteraard komen er ook nog andere groeivariaties voor).

1. Bron: Publicatie van de 'Stichting Centrum Hout-Almere' 1994. (7de druk). Blz. 128 (ISBN 9020129066).

Nota Bene: De gekliefde stukken zijn trapeziumvormig en bij deze bouwwijze zelfs ook in deze vorm bruikbaar. Kleinere stammetjes kunnen in hun geheel worden toegepast.

- Bij **bamboe** (de algemene naam voor de circa duizend soorten meerjarige houtige grassen of de Gramineae) zien we een aantal gelijkaardige kenmerken als bij palm. Als een volwassen bamboeplant nieuwe scheuten krijgt dan hebben die meteen de uiteindelijke dikte en ze groeien alleen in de lengte. Bamboe kent dus geen groei in de dikte zoals een boom. Aan de buitenkant van de bamboestengel zitten meer cellulosevezels dan aan de binnenkant, wat een gevoelige versterking teweeg brengt.

Figuur 2-10
Bouwknoop - hout

Figuur 2-11
Bouwknoop - bamboe

2.2.4. Bouwknoop.

A2. Bouwknoop / Humaan - Ecologisch (bouwwijze).

De bouwknoop is samengesteld volgens een techniek met laag milieueffect.

De voordelen van een (kleine) vierkante doorsnede bij het gebruik van hout zijn:

- Bij de aanwezigheid van een houtkwast de kans kleiner is dat het volledige balkje is verzwakt.
- Bij brand een klein oppervlak t.o.v. het volume belangrijk is. (Dit geldt dus ook voor ronde doorsneden.) (1)
- De werking van het hout $\alpha r/\alpha t$ (verhouding radiaal t.o.v. tangentiaal) best zoveel mogelijk 1 benadert.
- Er meer vierkante kwalitatieve balkjes uit een boomstam kunnen worden gehaald dan rechthoekige. (Gezien de aanwezigheid van spinthout en kernhout.)
- Het hout gemakkelijk kan worden gedroogd, geïmpregneerd en goed brandvast kan worden gemaakt.
- De techniek van de minivingerlassen gemakkelijk kan worden toegepast.
- De maatvoering van 5/5 een interessante 'omhullende' is ten opzichte van modulaire coördinatie. Op die wijze kunnen de technische maten worden geïntegreerd binnen de ontwerpmaten en dit in 3 dimensies. (De technische maat is dus submodulair.) Tezelfdertijd is het een economisch verantwoorde maat aangezien ze gemakkelijk uit standaardbalken kan worden gehaald.
  Ze moet tevens als de kleinst mogelijke maat (na schaven = 4,4 cm/4,4 cm) beschouwd worden, gezien het bestaan van houtkwasten en de noodzakelijke afstand tussen de verbindingsmiddelen en randvlakken om splijting te voorkomen. (2)
- De verbindingsmiddelen die in de handel zijn hebben een lengte die hier goed kan worden toegepast. De afgewerkte bouwknoop (met geschaafde balkjes) heeft een effectieve maat van 13,2 à 13,5 cm (als zijde van het vierkant).
  Houtschroeven kunnen worden toegepast van 13 cm. Bij toepassing van houtschroeven van 10 cm wordt er aan beide uiteinden een afstand overgehouden tot aan het oppervlak van de aangewende balk; de schroeven worden dan dus met een 'verzonken kop' aangebracht. (Voor definitieve constructies kunnen deze plaatsen worden ingevuld met houten afwerkingstapjes.)
- Eenvoudige verbindingsmiddelen kunnen worden aangewend voor het bekomen van een stijve knoop: nagels, houtschroeven, bouten en deuvels geven onderling ongeveer dezelfde goede verstijving (Fig.2-12 en Fig.2-13). (3)
- Bij schroeven, bouten en houten deuvels moeten de gaten worden voorgeboord volgens de dikte van het 'lijf'. Ook de nagelschieter kan echter worden toegepast. (4)

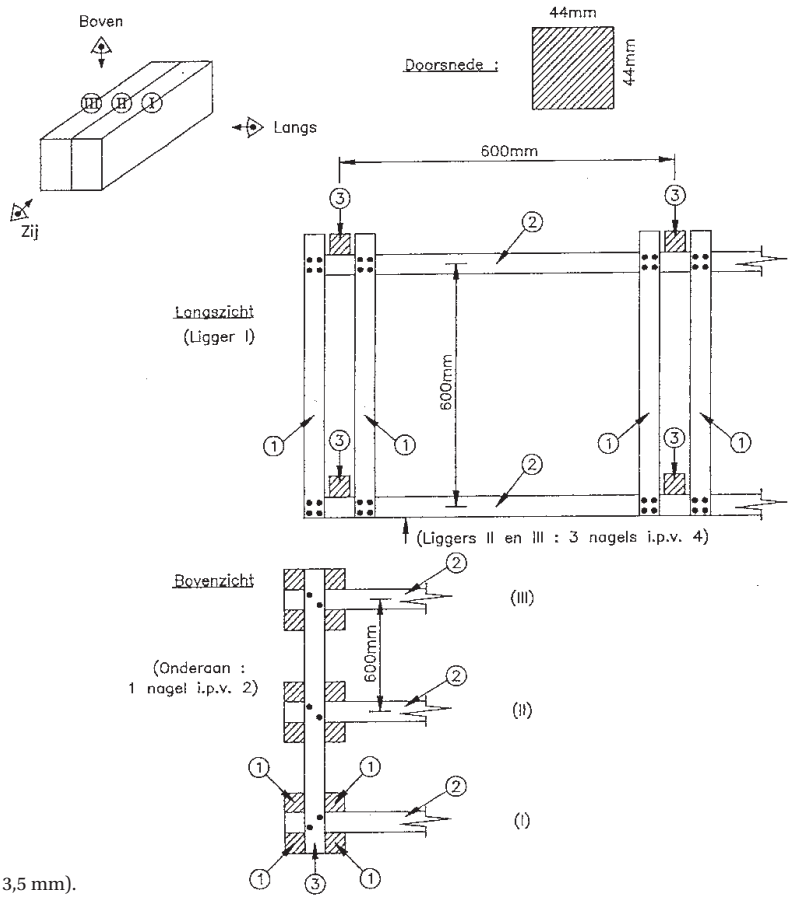
Nota Bene:
Bij deze bouwknoop kunnen echter alle groottes en vormen worden toegepast.

1. Hoe groter het volume echter hoe beter de brandweerstand. Het koolstof dat bij brand gevormd wordt, werkt isolerend t.o.v. het binnenste deel van de balk: dit deel behoudt namelijk volledig zijn anatomische en technologische kwaliteiten.

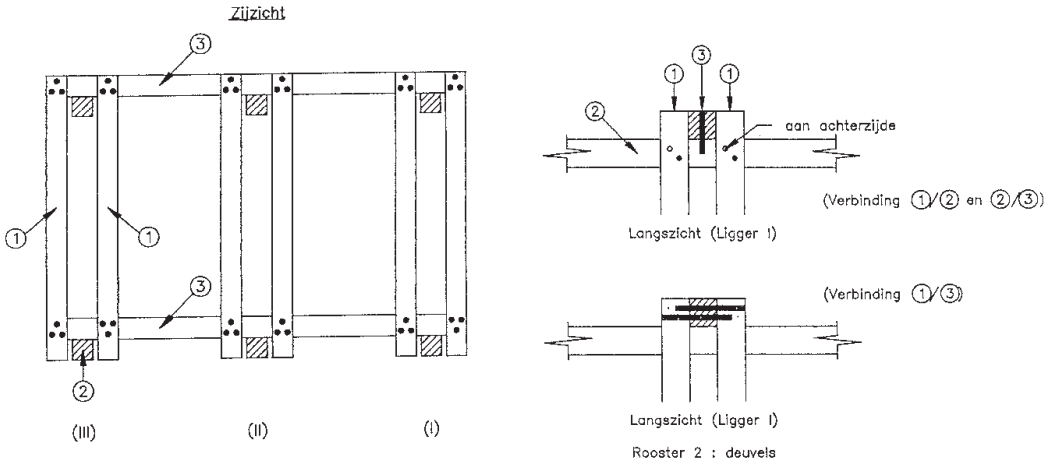
2. Toetsing aan de praktijk:
_ De 'lignine' bepaalt vooral de goede drukweerstand. De sterke stof 'cellulose' bevindt zich volgens de lengterichting van de vezels en veroorzaakt de goede trekweerstand. De hemicellulose bepaalt de binding van de cellen_
Voor de dwarsstukjes kan het omwille van splijting zinnig zijn een splijtvaste houtsoort toe te passen. (In de praktijk bleek oregon betere resultaten te geven dan grenen.) Gezien deze dwarsstukjes korte stukjes zijn (meestal < 15 cm) kunnen reststukjes worden gebruikt.

3. **Verlijming geeft een zeer goede verstijving** (maar doet de vele andere voordelen teniet).
Bron: De Roeck G., Prof. Dr. Ir.
Stabiliteitsonderzoek van een driedimensionale raamwerkligger van het Vierendeeltype. Januari 1991. Katholieke Universiteit Leuven. Verslag van de laboproeven op de houtskeletbouwwijze.

4. Bij bamboe is het aangewezen staalboortjes te gebruiken om voldoende zuivere gaten te bekomen in de harde buitenrand en om splijting op die cruciale plaatsen te minimaliseren.
- Een soort bamboe, de Bambusa arundinacea, heeft een groeisnelheid van ruim een halve millimeter per minuut of bijna een meter per dag.
In de meeste tropische landen worden wanden gevlochten van strips gespleten bamboe. In een warm en vochtig klimaat laat dit een ideale dwarsventilatie toe. In Latijns Amerika worden de wanden veelal verdicht met een leemmengsel soms versterkt met vezels of met organisch materiaal als koemest. Een nadeel is dat de leem door de regen nogal snel wegspoelt (en de bamboe gaat rotten). In Costa Rica bijvoorbeeld heeft men ervoor gekozen om bij bepaalde projecten de wanden te bepleisteren. (Het gebruik van een mengsel van cement en zand geeft echter problemen ten gevolge van krimpscheuren.)
Een sterktevoordeel van bamboe is dat het buisconstructies zijn die dus door hun vorm een groot traagheidsmoment hebben.
Bron: Jules J.A.Janssen, Dr. Ir. (Technische Universiteit Eindhoven) 'Bamboe - Bouwen met gras.' Natuur en Techniek nr.6 - 1995. Blz. 412.
- Palmhout is doorgaans goed bestand tegen termieten. De (soms) te dikke stammen worden gekliefd tot trapezium-vormige stukken.
Bij de hier voorgestelde bouwwijze is echter elke vorm bruikbaar, waardoor een maximum aan materiaalhoeveelheid kan worden toegepast.



Figuur 2-12
Verbindingswijze met nagels(∅ 3,5 mm).

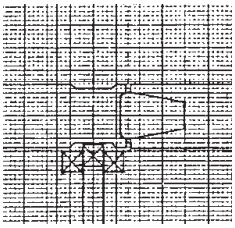


Figuur 2-13
Verbindingswijze met deuvels (∅ 10 mm), schroeven (∅ 6 mm) of bouten.

Figuur 2-14
Verankering aan de fundering.
Wanneer de verticale belasting op de structuur minimaal is en de windbelasting een belangrijke rol kan spelen, is het beter als de verankering kan gebeuren ter hoogte van de stijlen (hier kan dit tussen de 4 stijltjes). Zie ook hoofdstuk 2.2.5B2.

Figuur 2-15
Bouwknoop en aanvulling met stroleem.

Figuur 2-16
Bouwknoop met deuvels.



Figuur 2-17
'Bufferen' met de bouwwijze.

2.2.4. Bouwknoop.

A3. Bouwknoop / Afwijkend - Divers (levenswijze).

Betreft de onvolmaaktheid en de biodiversiteit van het materiaal en de onvolmaaktheid van architect, constructeur en bouwheer.

- De bouwwijze is van het skeletbouwtype, dus geen stapelingvan balken, waardoor de hevigste werkingen zouden gecumuleerd worden. De maat in de lengterichting van de balkjes (tevens de lengterichting van de houtvezels en dus de richting waarin het hout het minst werkt) kan gemakkelijk variëren.
- De structuur kan door haar driedimensionale flexibiliteit de toleranties van de drager opvangen (bufferen) (Fig.2-17).
- Poëzie in de bouwknoop (Fig.2.18)

Figuur 2-18
De afwerking van het vrijkomend kopshout (bijvoorbeeld in blauwe kleur) geeft tezelfdertijd een poëtisch karakter aan de structuur.

Figuur 2-19
Bouwknoop kan tezelfdertijd als lichtarmatuur functioneren.

2.2.4 Bouwknoop.

1. Berekeningsmethoden: zie G.De Roeck (handberekeningsmethode/computergestuurde berekeningen).
Bron: G. De Roeck (Prof. Dr. Ir.) 'Stabiliteits-onderzoek van een driedimensionale raamwerkligger van het VIEREN-DEEL-type.' Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Toegepaste Wetenschappen. Departement Burgerlijke Bouwkunde. Januari 1991.
Dit is een verslag over de proefbelastingen die zijn gebeurd op de hier voorgestelde bouwwijze, ontworpen door de auteur van dit werk en geoctrooieerd met het nr. 90 200 796.2 (Europees octrooi).

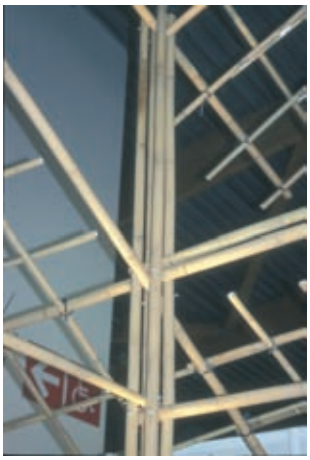
A4. Bouwknoop / Vormend - Repeterend (patroon).

Betreft het repeteren van een patroon.

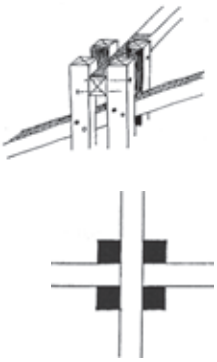
- Omdat enerzijds het detail dikwijls de rijkdom van architectuur bepaalt en omdat anderzijds het standaardiseren van een detail de prijs in belangrijke mate kan drukken, werd er geopteerd voor het vastleggen van een patroon (geen vast model maar een 'open detail') voor een bouwknoop (Fig.2-20).
- Dankzij het repetitieve van de structuur en dankzij de opbouw van moderne computerprogramma's die identieke details kunnen kopiëren in 1, 2 of 3 richtingen, kan de opbouw van een rekenmodel op eenvoudige wijze gebeuren. Dit komt ten goede aan de kostprijs. (1)
- Ook bij toepassing van 'CAD CAM' (Computer Aided Design/Manufacturing) is het kunnen werken met repetitie van een gekend element heel belangrijk. Overigens is er meer tekenwerk wanneer men aan prefabricage wil doen en tekenwerk is op zich een dure post.

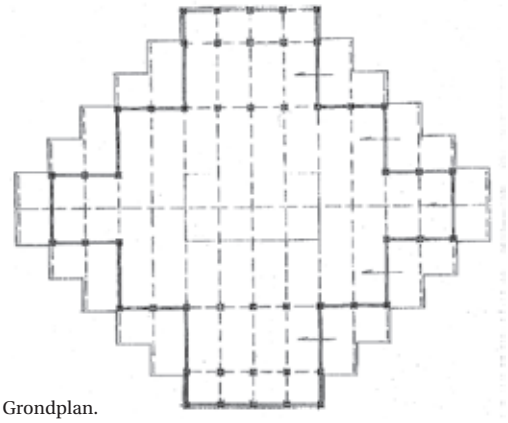
Figuur 2-21
'Open detail' in hout.

Figuur 2-20
Ook schuine en gebogen vormen kunnen worden gegenereerd en ook zware balken kunnen worden toegepast



Figuur 2-22
'Open detail' in bamboe.

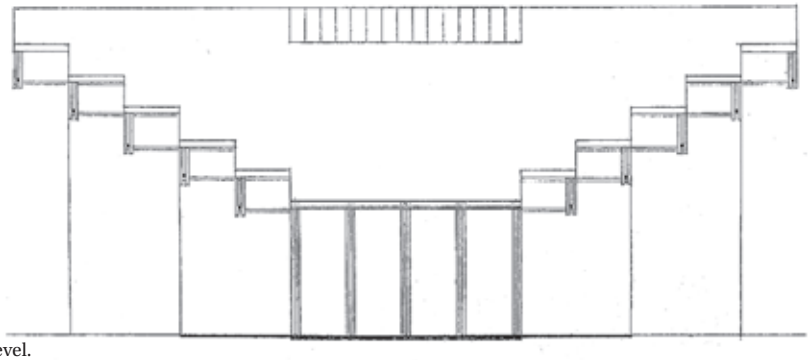




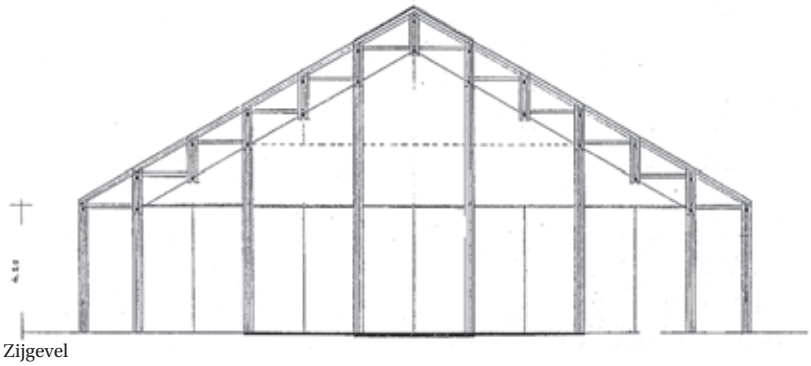
Grondplan.

Toepassing van zwaardere hout-secties in de bouwknoop (9 x 9 cm).

Internationale wedstrijd voor houtbouw. Bouwen van een loods (1994), 3de prijs. 'Concours d'Architecture de Logements et Hangar de dépôts en structure Bois (Liège - België).
Architect Frans De Medts



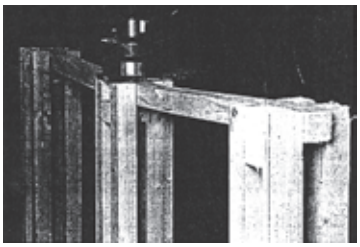
Gevel.



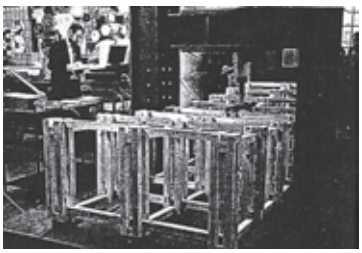
Zijgevel

Figuur 2-23

Bron: G.De Roeck (Prof. Dr. Ir.) ``Stabiliteitsonderzoek van een driedimensionale raamwerkligger van het VIERENDEEL-type.' Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Toegepaste Wetenschappen. Departement Burgerlijke Bouwkunde. Januari 1991.



Figuur 2-24
Belasting van een ligger.



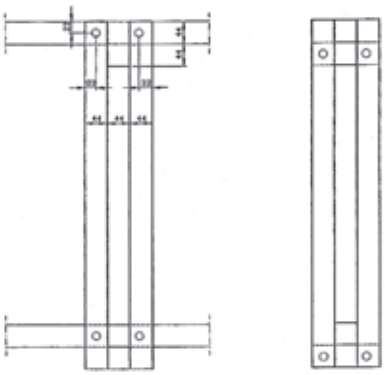
Figuur 2-25 en Figuur 2-26
Belasting van een rooster.

2.2.4 Bouwknoop.

A5. Bouwknoop / Minimaal - Optimaal (beginsel).

Betreft de vormlogica: het juiste verband tussen vorm, materiaal en constructie. Een optimale bouwwijze ten opzichte van een minimaal materiaalverbruik bij de wandconstructies dankzij het aanwenden van stijve knopen en het toepassen van het hefboomprincipe.

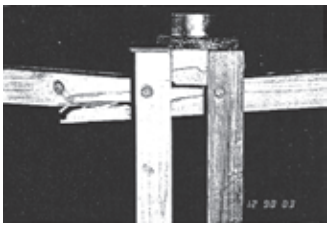
Bij de proeven werd als materiaal geopteerd voor Belgisch vurenhout. Alle staven hadden een doorsnede van 44 mm x 44 mm en er werd een module-afstand van 600 mm in acht genomen. Er werden proeven gedaan op liggers (Fig.2-24) en op roosters (Fig.2-25 en Fig.2-26).
De eerste proeven gebeurden met één verbindingsmiddel per



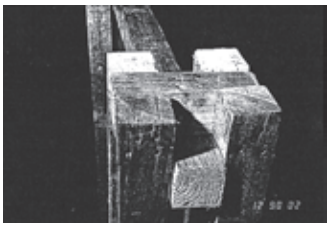
Figuur 2-27
Bij de eerste proeven werd slechts één verbindingsmiddel per momentvaste verbinding gebruikt.

momentvaste verbinding (Fig.2-27). Al treedt er op dit moment reeds een principiële stijfheid op doordat de verbindingsmiddelen zich kruisen in de ruimte (hefboomprincipe), toch was het scharniereffect nog te groot. Een gevolg was dat er bij de proefbelastingen gemakkelijk scheuren optraden nabij de knoopverbindingen.
Bij de volgende proeven werden er betere momentvaste knopen gevormd dankzij het aanbrengen van 2 verbindingsmiddelen per momentvaste verbinding:
(ingelijmde) deuvels (pennen) ø 10 mm (zie figuur 2-13)
houtschroeven en houtdraadbouten ø 6 mm (schroef inbegrepen)
Vóór het aanbrengen van deze verbindingsmiddelen werden er gaten voorgeboord volgens de lijfdikte.
Houtbouten kunnen als een stift worden ingeslaan. Bij het vernagelen werden er 3 à 4 nagels van ø 3,5 mm gebruikt per momentvaste verbinding (zie figuur 2-12).
Om deze knoopverbindingen nu met de meest volmaakte momentvaste knopen te kunnen vergelijken, werden er ook proeven gedaan op verlijmde knooppunten. Hier speelden de contactvlakken (de lijmvlakken) dus wel een belangrijke rol.
We willen er hier met nadruk op wijzen dat deze laatste verbindingswijze (rekenen op afschuifsterkte in de lijm) niet te vergelijken is met de voorgaande oplossingen die enkel gebruik maken van het hefboomprincipe.

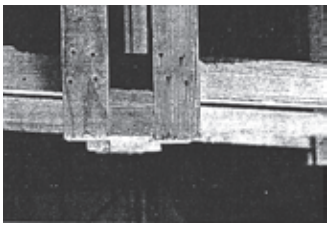
Al geeft deze verstijvingstechniek de beste verstijving, ze is veel moeilijker toepasbaar in praktijk en doet alle andere voordelen hoger aangehaald teniet; vooral voor wat betreft de onafhankelijkheid van de bouwwijze ten opzichte van de kwaliteiten (werking) en de vorm van het materiaal.
Heel belangrijk is echter de conclusie uit de vergelijking tussen deze verschillende proefbelastingen, namelijk dat alle andere verstijvingstechnieken (nagels, deuvels, houtschroeven en bouten) ongeveer dezelfde goede verstijving geven, en dat vooral het correct aanbrengen van de verbindingsmiddelen een cruciale rol speelt. Hier is namelijk de verstijving te danken aan de kwaliteit van de inklemming van de verbindingsmiddelen tussen de vezels van het houtachtig materiaal. **Met andere woorden het tegen elkaar aandrukken van de balken speelt geen rol bij deze wijze van verstijven**.



Figuur 2-28 en Figuur 2-29
Barsten of breuken treden het gemakkelijkst op ter hoogte van de houtkwasten.



Figuur 2-30 en Figuur 2-31
Het hout mag niet te nat worden verwerkt om splijting te voorkomen.



Figuur 2-32 en figuur 2-33
De korte dwarsstukjes splijten het gemakkelijkst.

Nota Bene:
De proeven maken ook duidelijk dat barsten of breuken eerst optreden ter hoogte van aanwezige kwasten (Fig.2-28 en Fig.2-29).
Bij verstijven door vernageling is het nuttig dat het hout niet te nat is om splijting te voorkomen (Fig.2-30 en Fig.2-31).
De korte dwarsstukjes splijten bij vernagelen het gemakkelijkst (Fig.2-32 en Fig.2-33).
Bron: G.De Roeck (prof.dr.ir.) 'Stabiliteitsonderzoek van een driedimensionale raamwerkligger van het VIERENDEEL-type.' Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Toegepaste Wetenschappen. Departement Burgerlijke Bouwkunde. Januari 1991.

1. Dit is de kleinste maatvoering voor bouwconstructies. Het ligt voor de hand dat grotere maten kunnen worden aangewend naargelang de noodzaak.

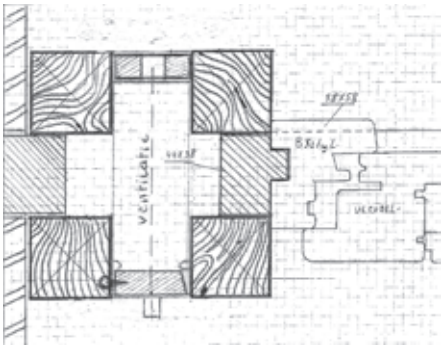
2.2.4 Bouwknoop.

A6. Bouwknoop / Samenhorend - Contrasterend (fenomeen).

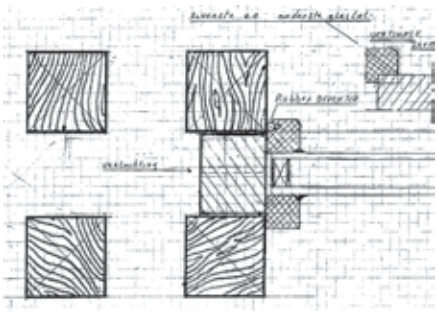
Betreft de complexiteit van een bouwknoop.

- De stijve knoop, die in horizontale projectie een vierkant vormt met een zijde van 3 x 5 cm of 15 cm, als 'omhullende' (in praktijk betekent dit ª 3 x 4,4 cm of 13,2 cm) (1) blijft **integreerbaar binnen ontwerpmaten** (30-60-120 cm).

- **De ontdubbelde stijlen volgens een kruisvorm laten een complexe aanvulling toe.** Tussen de stijlen kan zowel ventilatie worden voorzien als indirecte verlichting. De tussenruimten laten kwalitatieve aansluitingen toe met een muur, een raam- of deurkader (Fig.2-34 en fig.2-35):
  - Bij een aansluiting met een muur kan een houten blok de spouwruimte tussen de stenen met de ruimte tussen de stijlen verbinden.
  - Bij integratie van raam- en deurkaders is het belangrijk dat mogelijke minimale bewegingen van de structuur geen krachten overbrengen op de ramen of deuren. Bevestiging op een tussenblokje (en dus niet rechtstreeks aan de stijlen) is dus belangrijk.



Figuur 2-34
Bouwknoop: aansluiting muur/ventilatie/ aansluiting opendraaiend raam.



Figuur 2-35
Bouwknoop: aansluiting vast raam.

Figuur 2-36
Overgang tussen bouwknoop,
fundering en aansluiting met buitendorpel

Figuur 2-37
Plaatmateriaal wordt tegen de stijlen aangebracht.

Figuur 2-38
Overgang tussen bouwknoop en oversteek dak.

Figuur 2-39
Combinatie: houtskelet met warmtemuur.

Figuur 2-40
Bouwknoop in bamboe - complexe aansluitingsmogelijkheden.