

Baksteen en boomringen: een verfijnde bouwchronologie van het hallenkoor van de Onze-Lieve-Vrouwkerk in Damme (prov. West-Vlaanderen)



Vincent Debonne¹ & Kristof Haneca²

Inleiding

De Onze-Lieve-Vrouwhemelvaartkerk³ (OLV-kerk) in Damme is een sleutelmonument voor de baksteenarchitectuur in Vlaanderen (fig. 1). Traditioneel geldt ze als een typevoorbeeld van de evolutie van de laatmiddeleeuwse kerkbouw in het kustgebied⁴. Die sloot aanvankelijk aan op de zogenaamde Scheldegotiek⁵ maar evolueerde naar een meer zelfstandige architectuur, gekenmerkt door een toenemend gebruik van het bouw materiaal baksteen en een voorliefde voor een bijzonder kerkttype, de hallenkerk⁶. Het koor van de OLV-kerk in Damme staat sinds lang bekend als het oudste voorbeeld van dit kerkttype in de Vlaamse kuststreek⁷ en geldt daardoor als het vertrekpunt voor vergelijkend bouwhistorisch onderzoek naar hallenkerken en middeleeuwse baksteenarchitectuur. Een gedetailleerde beschrijving alsook een precieze datering en bouwfaserings van het hallenkoor is dus cruciaal voor wetenschappelijk onderbouwd onderzoek naar parallellen in baksteenarchitectuur, de opbouw van chronologisch-typologische verbanden en een precieze situering van het hallenkoor in de toenmalige architectuurhistorische context⁸.

Luc Devliegheer onderzocht eerder de bouwgeschiedenis van het kerkgebouw en beschreef de drie dakkappen van het hallenkoor⁹. De gefaseerde bouw van het hallenkoor, zoals die bleek uit wijzigingen in materiaalkeuze en vormelijke verschillen in de detailafwerking, werd ook teruggevonden in de dakkappen. Daar wees de opeenvolging van de telmerken op een bouw van het koor in twee fasen. Dit onderzoek bewees het belang van de dakkappen bij de opbouw van de bouwchronologie. De datering van de kappen is onlosmakelijk verbonden met het muurwerk en de bouwfaserings

van de kerk. Om een beter zicht te krijgen op de bouwgeschiedenis van de OLV-kerk in Damme zijn de identificatie en exacte datering van de individuele bouwfasen dus doorslaggevend.

De studie van de bouwchronologie van de kerk vraagt daarom om een interdisciplinaire aanpak. Enerzijds zal de identificatie van bouwfasen slechts mogelijk zijn na een nauwgezette registratie van materiaalgebruik, bouwsporen en vormelijke en constructieve details, zowel in de kappen als in het muurwerk. Anderzijds is voor de absolute datering van de bouwfasen een natuurwetenschappelijke aanpak wenselijk. Dendrochronologisch onderzoek van de houten bouwelementen uit de verschillende kappen is hiervoor de aangewezen methode. In het ideale geval laat een dendrochronologische datering van deze kappen toe om de opeenvolgende bouwactiviteiten aan de kerk nauwkeurig te ordenen. Daarnaast kan de eigenlijke bouw alsook de typologie van de dakkappen exact gesitueerd worden in de tijd, waardoor vergelijkend onderzoek met kappen in nabijgelegen steden of regio's beter onderbouwd kan worden¹⁰. Naast een absolute datering kan een dendrochronologisch onderzoek bovendien nog meer relevante informatie opleveren. Zo krijgt men een beter inzicht in het oorsprongsgebied van het bouwhout en de daarmee verbonden handel in bouwhout tijdens de middeleeuwen¹¹. In Vlaanderen, een regio met een lange traditie in houtimport, is dit laatste niet onbelangrijk.

De drie dakkappen van het Damse hallenkoor werden in augustus 2009 onderworpen aan een geïntegreerd bouwhistorisch en dendrochronologisch onderzoek. Met de nieuwe gegevens uit dit onderzoek wordt nagegaan of de dendrochronologische

¹ Onderzoeker Bouwkundig Erfgoed, Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed, Koning Albert II-laan 19 bus 5, 1210 Brussel, vincent.debonne@rwo.vlaanderen.be.

² Dendrochronoloog, Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed, Koning Albert II-laan 19 bus 5, 1210 Brussel, kristof.haneca@rwo.vlaanderen.be.

³ De Inventaris van het Bouwkundig Erfgoed [online: <http://inventaris.vioe.be/dibe>], ID 78708.

⁴ Zoals geformuleerd in Devliegheer 1954, 227-228 en Devliegheer 1971, 73-74.

⁵ De term Scheldegotiek wordt thans meer en meer verlaten, Coomans 2007a.

⁶ Een evolutieschets die werd verwoord door Stan Leurs (Leurs 1942, 20-21) en nadien aanwijsbaar is in Lemaire *et al.* 1963, 38-41, Van de Walle 1972, 61-62, 67-68 en Esther 1997, 58-64.

⁷ Duclos 1910, 328; Hoste 1917, 21; Rolland 1939, 47; Devliegheer 1956, 24; Lemaire *et al.* 1963, 40;

Devos 1976, 277-280; Esther 1997, 60.

⁸ De architectuurhistorische context van laatmiddeleeuwse hallenkerken in het graafschap Vlaanderen werd tot nu toe enkel in Coomans 2007b, 192-193 geschetst.

⁹ Devliegheer 1954, 217-228; Janse & Devliegheer 1962, 321-322, 328-329; Devliegheer 1971, 56-74.

¹⁰ Hoffsummer (ed.) 2002 & 2009.

¹¹ Eckstein & Wröbel 2007.



FIG. 1 Damme, de OLV-kerk gezien vanuit het zuiden (postkaart, 1911).
Damme, the Church of Our Lady as seen from the south (postcard, 1911).

dateringen van het bouwhout toelaten om de sinds Luc Devliegher ingeburgerde bouwgeschiedenis van het hallenkoor te verfijnen, en indien nodig bij te sturen. Bovendien zal getoetst worden of de confrontatie van deze dateringen met de constructieve typologie van de sporenkappen en het materiaalgebruik nieuwe inzichten kunnen bieden. Meer bepaald zal worden nagegaan of er een chronologische verfijning mogelijk is van technische aspecten van de baksteenarchitectuur (baksteenformaten, metselverbanden) en de typologische evolutie van sporenkappen in Vlaanderen.

1 Historische situering

In 1180 verleende de graaf van Vlaanderen, Filips van den Elzas, stadsrechten aan Damme, toen nog een kleine handelsnederzetting die even voordien was ontstaan bij een dam die het Zwin afsloot¹². Kort daarop liet de stad Brugge de Reie graven, een kanaal dat Brugge verbond met Damme en van daaruit met het bevaarbare gedeelte van het Zwin. Damme groeide al snel uit tot de belangrijkste haven van het graafschap Vlaanderen, niet enkel als voorhaven van Brugge maar ook als haven op de Lieve. Dit laatste was het kanaal dat Gent sinds 1251 met het Zwin verbond en waarvan in 1262 een zijtak naar Damme werd afgeleid¹³. Het attractieve commerciële klimaat en de daarmee gepaard gaan-

de bevolkingsgroei uitten zich in de 13de eeuw in enkele grote openbare en religieuze bouwwerven. Op de Markt verrees vanaf 1241 de halle, een gebouw dat zowat een derde groter was dan het stadhuis dat er in de 15de eeuw werd gebouwd. De bouw van de OLV-kerk werd begonnen in de vroege 13de eeuw en aan de straat tussen de Markt en de OLV-kerk (de Kerkstraat) werd de nog bewaarde ziekenzaal van het Sint-Janshospitaal opgetrokken (1270-1285d)¹⁴.

Door de inpolderingen in de streek begon echter vanaf het laatste kwart van de 13de eeuw het Zwin te verzanden. De haven van Damme werd moeilijker bereikbaar voor de scheepvaart terwijl Sluis zich opwerkte als de nieuwe voorhaven van Brugge. Ondanks die beginnende economische terugval werd in Damme de OLV-kerk in het begin van de 14de eeuw nog uitgebreid met een nieuw, groots opgezet koor. Verschillende waterwerken die probeerden de haven van Damme alsnog te ontsluiten konden het verval niet afwenden. Zo was de 13de-eeuwse halle op de Markt mettertijd bouwvallig geworden en werd ze in 1464-1467 vervangen door het huidige, kleinere stadhuis. Bij de verovering van Damme door de protestanten in 1578 werden de OLV-kerk en de buiten de stadsvesten gelegen Sint-Catharinakerk geplunderd¹⁵; in 1602 werd de parochie van de vernielde Sint-Catharinakerk verenigd met de OLV-parochie. De oorlogsschade aan de

¹² Voor het ontstaan en de stadsontwikkeling van Damme, zie Devliegher 1971, 13-25 en Termote 1985.

¹³ Nowé 1952, 21-23.

¹⁴ Devliegher 1971, 102-110; De Jonghe 2005. De 'd' na een jaartal verwijst naar een dendrochronologische datering. De precieze stichtingsdatum van het Sint-Janshospitaal blijft onbekend; de eerste

geschreven vermelding van het hospitaal dateert uit 1249.

¹⁵ Geschiedenis van de OLV-kerk na de middeleeuwen, Devliegher 1971, 56-58.

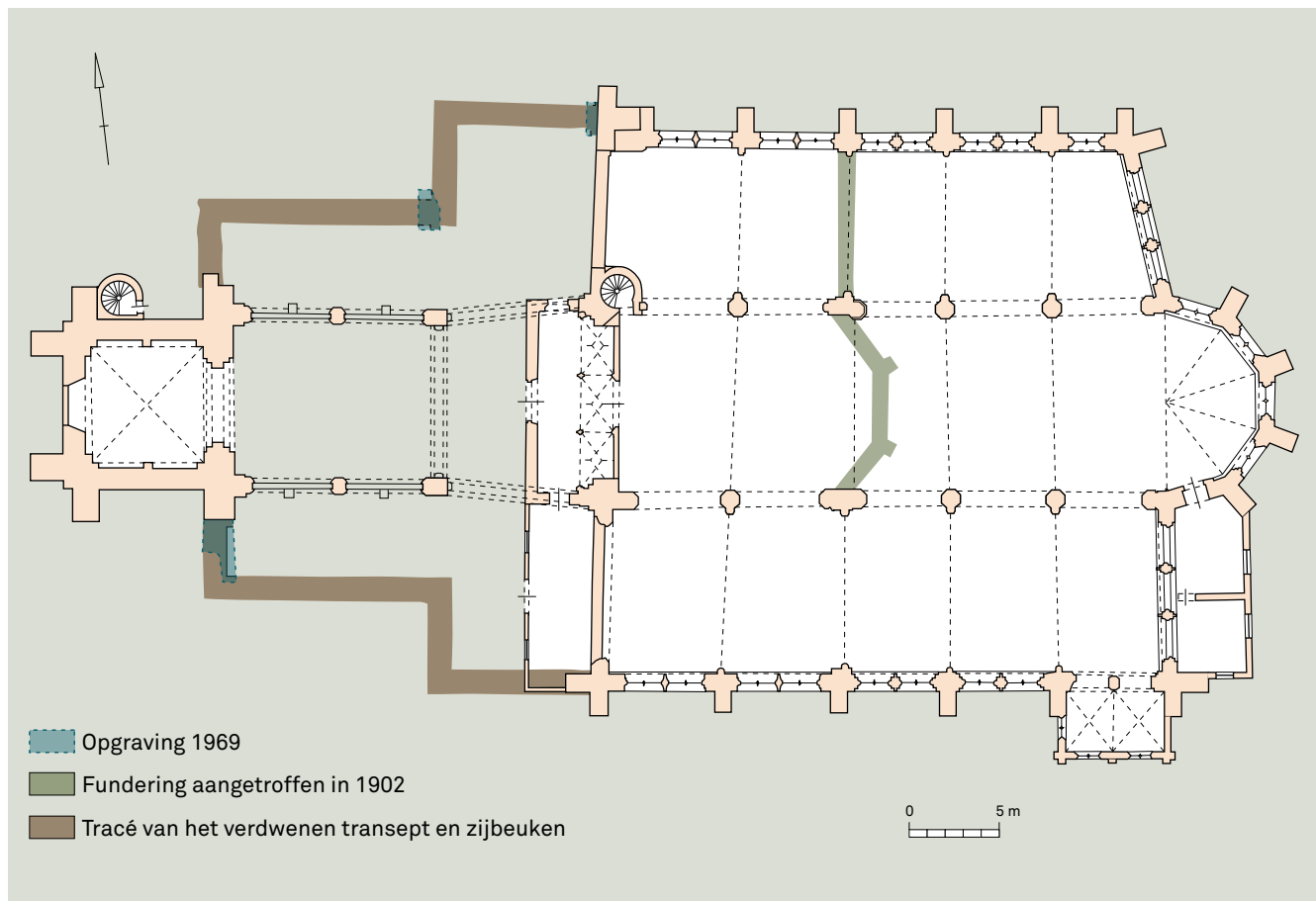


FIG. 2 Plattegrond van de OLV-kerk in Damme (naar Devliegheer 1971, fig. 41).
Plan of the Church of Our Lady in Damme (based on Devliegheer 1971, fig. 41).

OLV-kerk werd in 1621-1626 hersteld, maar in het begin van de 18de eeuw was het onderhoud van de te grote kerk toch te duur geworden. In 1725 werden het transept en de zijbeuken afgebroken. Alleen de langsmuren van het middenschip bleven overeind ter ondersteuning van de westtoren, waarvan in 1727 de spits en de vier hoektorentjes werden afgebroken. Enkel het hallenkoor deed voortaan dienst als kerkruimte, met het zuidkoor voorbehouden aan de Sint-Catharinaparochie en het midden- en noordkoor bestemd voor de OLV-parochie.

Door de herontdekking van het middeleeuwse patrimonium van Brugge in de 19de eeuw, kwam ook Damme in de belangstelling te staan. De eerste restauratie van de OLV-kerk werd begonnen in 1890 door architect Antonius Verbeke (1828-1907), maar werd vijf jaar later gestaakt¹⁶. Een herziene restauratie ving aan in 1902 onder leiding van architect Charles De Wulf¹⁷ (1865-1904) en na diens dood door architect René Buyck (1850-1923). Diverse onderdelen van de bouwsubstantie werden toen vernieuwd, o.a. het maaswerk, de friezen onder de vensters, de houten tongewelven en de trekbalen. Ook werden de afwerkingslagen met

resten van middeleeuwse muurschilderingen verwijderd om het bakstenen metselwerk zichtbaar te maken¹⁸.

2 Bouwhistorische analyse

2.1 Materiaalgebruik, constructie en vormgeving van het hallenkoor

De OLV-kerk bestaat uit twee visueel duidelijk te onderscheiden delen: in het westen de toren en het ruïneuze middenschip uit de 13de eeuw, in het oosten het lange volume van het hallenkoor van omstreeks 1300 (fig. 2). Van de zijbeuken van het 13de-eeuwse schip bleef bovengronds niets bewaard, van het 13de-eeuwse transept zijn nog resten van de oostelijke muren en de aansluitende steunberen herkenbaar in de huidige westelijke muren van het noord- en zuidkoor¹⁹. Van de kruising bleven de noordelijke, zuidelijke en oostelijke gordelboog overeind, die laatste opgenomen in het middenkoor van het hallenkoor. Het vijf traveeën diepe hallenkoor bestaat uit drie beuken, waarvan de centrale beuk ongeveer 3 m hoger reikt dan de twee andere²⁰. Het middenkoor

¹⁶ Over de restauratie van Verbeke, zie het verslag van Jean-Baptiste Bethune en Louis Delacenserie uit 1895 in *Commission Royale des Monuments, Bulletin du Comité Provincial des membres correspondants de la Flandre Occidentale* 4, 1891-1898, 75-77.

Geciteerd in Devliegheer 1971, 74.

¹⁷ Opmetingstekeningen van architect De Wulf zijn gepubliceerd als platen XIII-XX in Verhaegen 1900.

¹⁸ Bergmans 1998, 304.

¹⁹ Het tracé van het noordtransept en beide zijbeuken werd aangesneden bij een kleine opgraving in 1969, Devliegheer 1971, 59.

²⁰ Traveeën worden hier geteld van west naar oost.



FIG. 3 Binnenzicht in het middenkoor, met zicht op de noordelijke langsmuur (© VIOE, K. Vandevorst).
Interior view of the central choir, facing the northern wall (© VIOE, K. Vandevorst).

wordt afgesloten door een vijfzijdige apsis en de twee zijkoren door een vlakke muur. De nabijheid van de Kerkstraat verklaart het schuine verloop van de oostmuur van het noordkoor.

Zowel buiten als binnen in het hallenkoor zijn verschillen in materiaalgebruik en vormelijke afwerking te zien tussen de twee westelijke traveeën en de drie oostelijke traveeën. Aan de buitenzijde doet zich een verandering in baksteenformaat en -kleur voor²¹, al blijft het metselwerk in Vlaams verband wel hetzelfde²². In de twee westelijke traveeën van het zuid- en noordkoor zijn de dagkanten en de middenstijlen van de tweelichtvensters volledig in Doornikse kalksteen. In de oostelijke traveeën zijn deze onderdelen volledig in baksteen, op de basissen en sommige kapiteeltjes in Doornikse kalksteen van de rondstaven na. Binnenin zijn in de twee westelijke traveeën de scheibogen in Doornikse kalksteen; een deel van het metselwerk van de langsmuren van het middenkoor en de schalken onder de trekbalen van de zijkoren zijn in bleke kalksteen. In de drie oostelijke traveeën zijn deze onderdelen echter volledig in baksteen (fig. 3).

De verschillen in vormelijke afwerking betreffen vooreerst de profilering van de tweelichtvensters. In de twee westelijke traveeën van het zuidkoor bestaat de profilering van de dagkanten en middenstijlen uit één rondstaaf, in de oostelijke traveeën hebben de dagkanten twee rondstaven en de middenstijl drie²³. De vensters van de twee westelijke traveeën reiken hoger dan in de oostelijke traveeën en ze worden overspannen door een met een rondstaaf geprofileerde ontlastingsboog. In het noordkoor daarentegen is de profilering van de vensters zowel in de oostelijke als westelijke traveeën dezelfde (twee rondstaven voor de dagkanten en drie rondstaven voor de middenstijl). Elk venster wordt ook door een ontlastingsboog overspannen, al is die enkel in de drie oostelijke traveeën geprofileerd met een rondstaaf. Ook reiken de vensters hier hoger dan in de twee westelijke traveeën. Binnenin loopt onder de vensters van de twee westelijke traveeën van de zijkoren een vlak rondboogfries, tegenover een dieper spitsboogfries met rondstaaf in de oostelijke traveeën. De profilering van de scheibogen tussen het middenkoor en de zijkoren is overal dezelfde: een afgeschuind blokprofiel omrand door een rondstaaf.

²¹ In de twee westelijke traveeën van het zuid- en het noordkoor meten de bakstenen 28-29,5 x 13,5-14 x 6-6,5 cm, in de oostelijke traveeën 25,5-26-27 x 11-12,5 x 6 cm. De kleur van de bakstenen verandert van diep oranje-bruinrood naar lichtbruin-geel.

²² Zowel in de westelijke als oostelijke traveeën wordt het Vlaams verband gebruikt, hoewel met meer onregelmatigheden in de twee westelijke traveeën. De tienlagenmaten bedragen 77-79 cm in de twee westelijke traveeën en 73-74 cm in de oostelijke traveeën.

²³ Voor de profielen, zie Devliegheer 1971, fig. 44, 45.

Het verschil in materiaalgebruik en afwerking tussen de twee westelijke en de drie oostelijke traveeën heeft ook een parallel in de drie dakkappen van het koor. In iedere dakkap zijn twee sequenties van telmerken te onderscheiden, waarvan de cesuur tussen de tweede en de derde westelijke travee ligt (bijlage 1). Boven de twee westelijke traveeën tellen de merken op van oost naar west, boven de oostelijke traveeën van west naar oost.

2.2 Het hallenkor: twee afzonderlijke ontwerpen

Aan de hand van bovenstaande aanwijzingen kwam Luc Devliegher voor het hallenkor tot een bouwchronologie die in twee grote fasen uiteenvalt²⁴. In de tweede helft van de 13de eeuw werd het eerste, omstreeks 1210-1220 gebouwde koor van de kerk uitgebreid met een even diep noord- en zuidkor, elk twee traveeën lang. Van het eerste koor bleef de noordoostelijke aanzet van de driezijdige apsis bewaard in het metselwerk van de pijler tussen de tweede en derde arcade aan de noordzijde van het middenkor. De veldstenen fundering van de apsis werd in 1902 teruggevonden²⁵. In de natuurstenen langsmuren van het oude koor werden bogenrijen aangebracht om toegang te verlenen tot de twee nieuwe zijkoren. Die zouden in het oosten afgesloten geweest zijn door vlakke muren; in 1902 werd de bakstenen fundering van de vermeende oostmuur van het noordkor opgegraven²⁶. In de oostmuren van de oudere transeptarmen werden grote spitsboogopeningen uitgedoken om uit te geven op de zijkoren. Het noordelijke zijkor werd eerst gebouwd, aanvankelijk gepland met een stenen overwelling, het zuidelijke zijkor kort daarna en meteen met een houten tongewelf. De zijkoren kregen hun eigen zadeldak en de natuurstenen langsmuren van het oude koor, dat nu dus een middenkor was geworden, werden met baksteen verhoogd om een nieuw, hoger aangezet zadeldak te dragen. Op de noordwesthoek van het oude koor bleef de ronde traptoren, gebouwd in tufsteen, kalksteen en baksteen, in dienst. Zoals verder uitgelegd, werden onderdelen van de dakkap van het eerste koor uit ca. 1210 opgenomen in de nieuwe bekapping van het middenkor.

Volgens een tweede ontwerp werd in het begin van de 14de eeuw het hallenkor in één beweging verlengd met drie oostelijke traveeën²⁷. Het middenkor werd afgesloten met een vijfzijdige apsis, de zijkoren met een vlakke muur. De opvallend dikkere pijlers tussen de tweede en de derde travee van het middenkor zijn te verklaren vanuit de aansluiting van die vroeg-14de-eeuwse verlenging op de 13de-eeuwse bouwfasen.

3 De drie dakkappen van het hallenkor

3.1 Sporenkappen met tongewelf

De drie dakkappen van het koor behoren constructief allemaal tot het type van de sporenkap (bijlage 2). De dakhellingen bedragen 60° voor het middenkor, 61,3° voor het noordkor en 58,5° voor het zuidkor. De gespannen bestaan uit twee sporen (sporenpaar) die worden samengehouden door twee hanenbalken (de belangrijkste onderdelen van een sporenkap worden be-

noemd in fig. 6). Op de windlatten na is er geen versteviging van de gespannen in de lengterichting. De gebogen standzonen en korbelen vormen de ronding van de tongewelven, waarvan de beplanking en de trekbalen werden vernieuwd op het einde van de 19de eeuw²⁸. Sommige korbelen zijn niet zoals gebruikelijk tegen de onderzijde van de hanenbalken bevestigd, maar nogal slordig tegen de zijkanten van de hanenbalken. Wellicht gaat het om herstellingen. De korbelen van het middenkor zijn door middel van kalfjes verbonden met de sporen. Door de beplanking van de tongewelven is de basis van de dakkappen niet zichtbaar. Vanuit de traptoren zijn enkel de blokkelen op een dubbele muurplaat aan de noordzijde van het middenkor zichtbaar. De drie dakkappen zijn verstevigd met trekbalen geschraagd door korbelen en muurstijlen op natuurstenen consoles. In het middenkor zijn de muurstijlen uitgewerkt als nissen met een baldakijn waarin nog oorspronkelijke apostelbeelden staan opgesteld (fig. 4a-b). Robert Didier dateerde deze stilistisch omstreeks 1270²⁹. De tongewelven zijn versierd met houten ribben, geprofileerd met een peerkraal. Enkel de westelijke rib in het middenkor is nog origineel³⁰. Van de gewelfsleutels die ooit de houten ribben van de tongewelven sierden, bleven er zes bewaard (ca. 1270). Ze werden verwijderd tijdens de eerste restauratie in 1894 en staan sindsdien los opgesteld in de kerk³¹. De gewelfsleutels hebben de vorm van een vierpas en zijn versierd met beeldhouwde reliëfs: twee heiligen, de Annunciatie, de Visitatie, de Verrijzenis van Christus, de Deïsis en de Beking van Paulus (fig. 4c). De oorspronkelijke plaats van de sleutels op de tongewelven blijft onbekend.

3.2 Telmerken

De gespannen van de drie dakkappen zijn voorzien van gesneden telmerken, losweg gebaseerd op het Romeinse cijfersysteem en zonder een onderscheid tussen de linker- en rechterzijde van het gespan. Ze bevinden zich op zijkanten van de sporen en de hanenbalken. Boven de twee westelijke traveeën van het midden- en zuidkor staan de telmerken op de westzijde van de onderdelen, boven de oostelijke traveeën op de oostzijde. In het noordkor staan alle telmerken op de westzijde van de onderdelen. Zoals reeds aangeduid door Devliegher zijn in de drie dakkappen twee sequenties telmerken te onderscheiden (bijlage 1). Hierna volgt een gedetailleerde bespreking van de dakkappen met vooral aandacht voor bouwsporen en houtverbindingen. Tekeningen van de opstanden van de gespannen van de drie dakkappen zijn terug te vinden in bijlage 2.

3.3 De dakkap boven de twee westelijke traveeën van het middenkor

De twee rijen hanenbalken en de kalfjes zijn met een rechte liplas verbonden met de sporen, verstevigd met spijkers voor de bovenste hanenbalken en de kalfjes en met een houten toognagel voor de onderste hanenbalken. In de nok zijn de sporen halfhouts en met een toognagel verbonden. Opvallend in deze kap is de afwisseling tussen sporen met een veeleer vierkante (ca. 16 x 16 cm) en sporen met een smalle rechthoekige (ca. 10 x 18 cm) sectie (fig. 5).

24 *Ibidem*, 71-74.

25 *Ibidem*, 66. Het door architect De Wulf in 1902 opgemaakte grondplan van de kerk, met weergave van de opgegraven funderingen in het midden- en noordkor, werd gepubliceerd in Hoste 1956, 134.

26 Devliegher 1971, 66.

27 In Devliegher & Didier 1986, 9 wordt de oostelijke verlenging van het hallenkor echter omstreeks 1270-1280 gedateerd.

28 Devliegher 1971, 70.

29 Devliegher & Didier 1986, 19-23.

30 Profiel van deze rib in Devliegher 1971, fig. 48.

31 *Ibidem*, 17-19.



FIG. 4 Houten beelden van de apostelen Bartholomeus (a) en Andreas (b), en houten gewelfsleutel met de Bekering van Paulus (c) (© KIK-IRPA, Brussel).
Wooden statues of the apostles Bartholomew (a) and Andrew (b), and a wooden vaulting-key depicting the Conversion of Saint Paul (© KIK-IRPA, Brussels).

FIG. 5 Dakkap boven de westelijke traveeën van het middenkoor met een afwisseling tussen sporen met een vierkante sectie en sporen met een rechthoekige sectie. Bemerkt de open inkavelingen op de sporen met vierkante sectie (© VIOE, K. Vandevorst).
Roof above the two westernmost bays of the central choir, with a conspicuous alternation between rafters with a squared and a rectangular cross-section. The squared rafters all have open joints (© VIOE, K. Vandevorst).



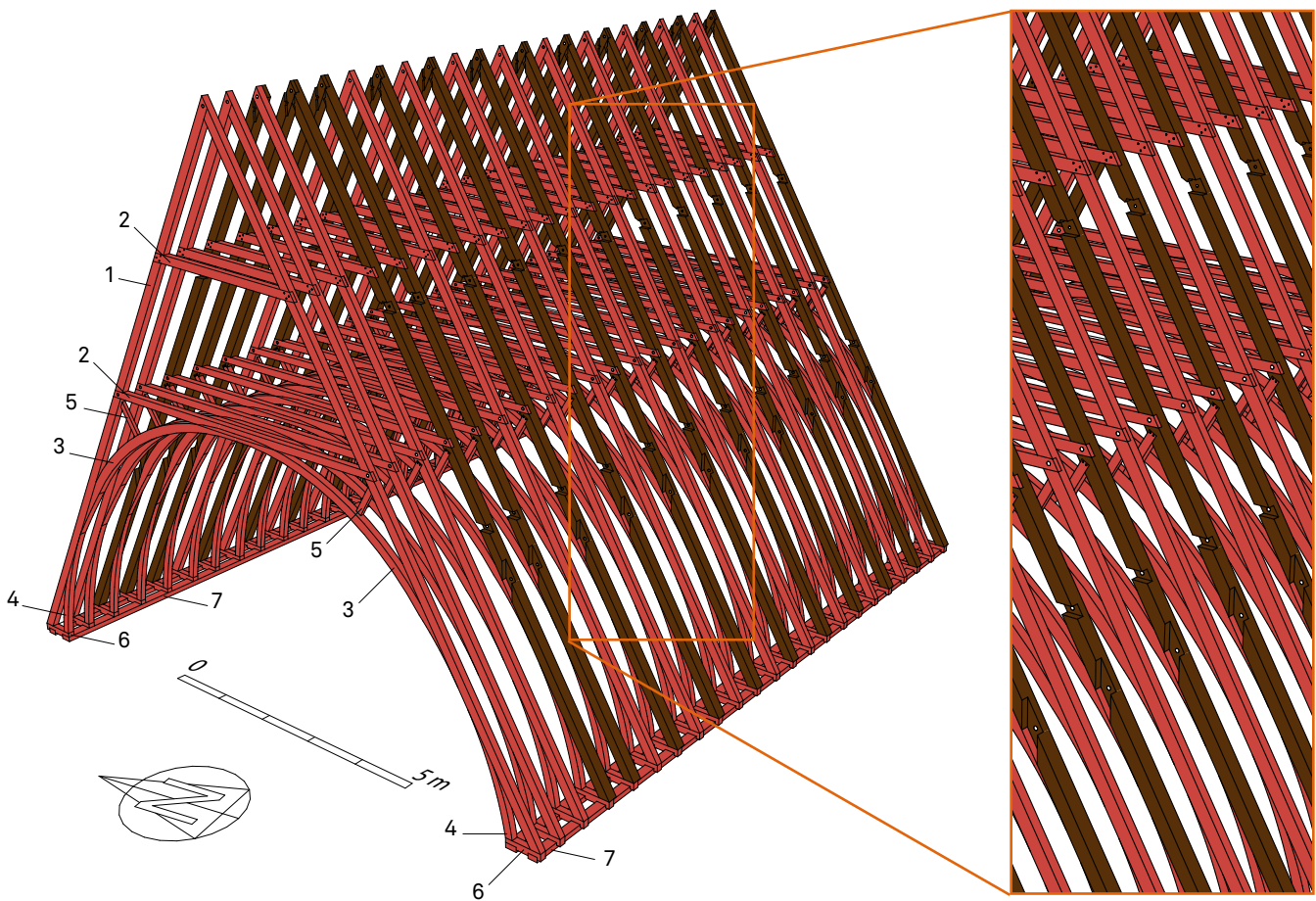


FIG. 6 3D-schaalmodel van de dakkap boven de twee westelijke traveeën van het middenkoor, met aanduiding van de hergebruikte oude sporen (bruin). Schaallat = 5 m. 1: spoor; 2: hanenbalk; 3: korbeel; 4: standzoon; 5: kalf; 6: blokkeel; 7: muurplaat.

A 3D-representation of the roof above the two westernmost bays of the central choir, with indication of reused, older rafters (brown). Scale bar represents 5 m. 1: rafter; 2: collar; 3: curved brace; 4: asblar piece; 5: brace; 6: sole piece; 7: wall plate.

De sporen met een vierkante sectie bestaan uit één stuk hout (ca. 10,30 m), de rechthoekige sporen vertonen een schuine las boven de bovenste hanenbalk. Daarnaast bevatten de vierkante sporen inkavelingen van verdwenen onderdelen. Onder de bovenste hanenbalken bevinden zich de inkavelingen (met inkepingen boven- en onderaan) van verdwenen hanenbalken. Onder de onderste hanenbalken verwijzen de resten van halfhoutse verbindingen naar een tweede, lagere hanenbalk. Ter hoogte van de aanzet van de korbelen bevinden zich de resten van halfhoutse verbindingen van verdwenen standzonen, die ooit steunden op een voetraveling. In de nok ten slotte verraden sporen van halfhoutse verbindingen (met dubbele zwaluwstaart) de vroegere aanwezigheid van makelaars. Die moeten minstens op de bovenste hanenbalk, wellicht op de onderste hanenbalk hebben gestaan. Of de makelaars echter doorliepen tot bovenop een trekbal is niet meer uit te maken.

Even onder de nok hebben de vierkante sporen telmerken die niet overeenkomen met de nummering waarin zowel de vierkante als de rechthoekige sporen zijn opgenomen (bijlage 1). De vierkante sporen behoorden dus tot een oudere sporenkap – met voetraveling en wellicht zonder tongewelf – en werden hergebruikt in de huidige sporenkap (fig. 6). Zoals blijkt uit de oude telmerken die zich niet meer in hun opeenvolgende

bevinden, staan de vierkante sporen niet meer op hun oorspronkelijke locatie. De jongere, rechthoekige sporen werden dus niet tussen de al aanwezige oudere sporen gezet, maar de oude sporen werden tussen de jongere geplaatst. Dat blijkt ook uit een gespan dat zowel een nieuw als een oud spoor heeft, en uit de twee westelijke gespannen die bestaan uit rechthoekige, jongere sporen.

3.4 De dakkap boven de oostelijke traveeën van het middenkoor

De dakkap herhaalt het schema van de kap boven de westelijke traveeën, alleen is onder de nok nog een derde hanenbalkje toegevoegd. De twee bovenste hanenbalken en de kalfjes zijn met een rechte liplas met de sporen verbonden, verstevigd met spijkers voor de bovenste hanenbalken en met spijkers en een toognagel voor de middelste hanenbalken. De onderste hanenbalken daarentegen zijn met een getoogde pen-en-gatverbinding aan de sporen bevestigd. Er zijn zowel eerder vierkante (ca. 14-15 x 17-18 cm) als rechthoekige sporen (ca. 9 x 15) maar anders dan in de voorgaande fase gaat het hier niet om een oudere en een jongere fase. Uit de schuine lassen blijkt dat de sporen minstens uit twee stukken bestaan. De nokverbinding van de sporen is halfhouts met een toognagel.

3.5 Het noordkoor

De dakkappen boven de westelijke en oostelijke traveeën zijn constructief identiek. Alle verbindingen zijn halfhouts, met spijkers voor de bovenste hanenbalken of met spijkers en toognagels voor de onderste hanenbalken. In de nok zijn de sporen halfhouts verbonden met een toognagel. Het zichtbare gedeelte van de sporen boven het tongewelf bestaat uit één stuk. In het westelijke deel varieert de doorsnede van de sporen van min of meer vierkant (ca. 16 x 16 cm) tot smal en rechthoekig (ca. 9 x 16 cm). De sporen in het oostelijke deel zijn meer uniform vierkantig (ca. 16 x 16 cm). De bovenste hanenbalken in de westelijke traveeën hebben een ongeveer vierkante doorsnede (12,5-13,5 x 12-13,5 cm) en zijn groter dan in de oostelijke traveeën (11 x 9-10 cm). Ook de afmetingen van de onderste hanenbalken zijn verschillend (11-14 x 15-16 cm in de westelijke traveeën en 10 x 18-20 cm in de oostelijke traveeën). Door het schuine verloop van de oostmuur van het noordkoor zijn de laatste gespannen ontdubbeld.

3.6 Het zuidkoor

De sporenparen zijn verstevigd met twee rijen hanenbalken en in de nok verbonden met een getoogde halfhoutse verbinding. Boven de westelijke traveeën zijn de bovenste hanenbalken met een liplas (met enkele zwaluwstaart) aan de sporen gespijkerd, de onderste hanenbalken zijn met pen-en-gat aan de sporen getoogd. De bovenste hanenbalken zijn smal en rechthoekig (ca. 20 x 10 cm), de onderste hanenbalken hebben een constante hoogte (ca. 19 cm) maar een breedte die varieert volgens de breedte van de sporen (van 13 x 13, 13 x 16 tot 15 x 18 cm). In het westelijke deel van de dakkap (gespannen 1-20) zijn op de hanenbalken van de vier oostelijke gespannen in de lengteas geplaatste balken ingelaten.

In de dakkap boven de oostelijke traveeën bevinden de bovenste hanenbalken zich iets hoger dan in het westen. Andere verschillen met het westelijke deel van de dakkap betreffen de verbindingen en de afmetingen van de onderdelen. De liplas van de bovenste hanenbalken is hier recht uitgevoerd, steeds met spijkers en soms met een extra toognagel. De onderste hanenbalken zijn in de sporen

getoogd met een pen-en-gatverbinding. De bovenste hanenbalken hebben een minder smalle doorsnede (ca. 10-13 x 8-10 cm) dan in het westelijke deel van de dakkap, terwijl de onderste hanenbalken wel een constante breedte hebben (16-21 x 10 cm). De sporen hebben ook een smallere doorsnede dan in het westen (ca. 8-11 x 15-18 cm).

4 Het dendrochronologisch onderzoek

4.1 Identificatie van de houtsoort

Niet alle houtsoorten komen in aanmerking voor een daterend dendrochronologisch onderzoek. Daarom werd voorafgaand aan de staalname de houtsoort van elk onderdeel uit de kap bepaald. Na enkele houtanatomische observaties blijkt dat alle bouwelementen, inclusief de toognagels, gemaakt zijn van inlands eikenhout, d.i. zomereik (*Quercus robur* L.) of wintereik (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Louter op basis van de anatomische opbouw van het hout is het moeilijk een onderscheid te maken tussen deze twee soorten. Er zijn wel degelijk verschillen in de houtanatomie van beide soorten³², maar deze zijn zo subtiel dat een sluitende soortidentificatie hier niet te verantwoorden is.

Inlands eikenhout heeft uitstekende mechanische en fysische eigenschappen waardoor het uitermate geschikt is als constructiehout, ongeacht of het zomer- of wintereik is. Door zijn duidelijk van elkaar te onderscheiden groeiringen is eik bovendien een ideale houtsoort voor dendrochronologisch onderzoek.

4.2 Enkele criteria voor de staalname

Bij een dendrochronologische analyse is het essentieel dat alle groeiringen op een dwarse (transversale) doorsnede van de originele stam kunnen 'gelezen' worden. Bij het bouwhout in een dakkap is dit vlak echter niet altijd toegankelijk. Door gebruik te maken van een holle boor, kan er echter een boorkern uit het houten onderdeel gehaald worden. Op een boorkern zijn de groeiringen nadien duidelijk af te lezen. Voor dit onderzoek werd een holle boor³³ gebruikt met een buitendiameter van 8 mm (fig. 7).

FIG. 7 Holle boor (Ø 8mm) voor droog hout met boorkernen uit de kappen van de OLV-kerk (© VIOE, H. Denis).

Dry-wood borer (Ø 8mm) and increment cores taken from the roofs of the Church of Our Lady (© VIOE, H. Denis).



³² Feuillat et al. 1997.

³³ <http://www.dendroboller.de> (geraadpleegd op 24 maart 2011).



FIG. 8 Detail van twee boorkernen met spinhout (© VIOE, H. Denis).
Detail of two increment cores with surviving sapwood (© VIOE, H. Denis).

Naast de identificatie van de houtsoort, werden nog een aantal criteria in acht genomen vooraleer een onderdeel uit de kap te selecteren voor een staalname. Vooreerst zijn sequenties van telmerken, constructieve verschillen tussen de kappen, en sporen van reparaties of hergebruik van belang. Ze geven een indicatie over een mogelijke opdeling in verschillende bouwfases van de dakkap (zie paragraaf 3). Binnen deze opdeling zal een bouwelement al dan niet geschikt bevonden worden voor verder dendrochronologisch onderzoek op basis van:

- het geschatte aantal groeiringen (indien het kopse vlak niet zichtbaar is wordt dit ruwweg geschat via de 'nerf' van het hout, waarbij een grove nerf wijst op brede groeiringen, een fijne nerf op eerder smalle ringen).
- de aanwezigheid van spint³⁴ en/of schors (essentieel om een precieze datering te krijgen).
- de klief- of zaagwijze (dit bepaalt de oriëntatie van de groeiringen op het bouwhout).
- de aanwezigheid van knoesten of grote scheuren (deze verstoren of onderbreken het groeiringspatroon).
- de toegankelijkheid (soms worden elementen niet weerhouden uit veiligheidsoverwegingen of wegens de te beperkte bewegingsruimte om een boring uit te voeren).

Opvallende afwezigheid in deze lijst is de diameter van het bouwelement. De afmetingen van een dwarse doorsnede van een onderdeel zijn echter ondergeschikt aan de groeisnelheid van het hout. Dit wil zeggen dat een balk met een kleine diameter maar met smalle groeiringen de voorkeur zal krijgen op een bredere balk met brede ringen. In het eerste geval zullen dikwijls meer groeiringen te zien zijn dan op een doorsnede van een balk met brede ringen.

Een groot deel van de houten balken uit de kappen van de OLV-kerk voldoen aan meerdere van de opgesomde selectiecriteria.

Weliswaar werden tijdens het onderzoek in de kappen slechts drie sporen en één hanenbalk aangeboord waarop nog schors aanwezig is. Op sommige balken is er wel nog een gedeelte van het spinhout aanwezig (fig. 8). Veel balken zijn bovendien aan één zijde 'gerond'. Deze rondingen weerspiegelen meestal de ronding van de originele stam. Indien dit het geval is, mogen we aannemen dat slechts een beperkt deel van het hout werd verwijderd tijdens het bewerken en verzagen van de stam. Tijdens dit proces werden er dan maar een beperkt aantal groeiringen (spintringen) verwijderd.

4.3 Meten en synchroniseren

In totaal werden met de holle boor 64 boorkernen uit de houten balken gehaald (bijlage 1). De meeste monsters werden genomen in de dakkap van het westelijke deel van het middenkor, met een totaal van 23 boorkernen. Daar werden ook enkele van de bovenste en onderste hanenbalken bemonsterd. Bovendien was de opvallende afwisseling tussen sporen met een rechthoekige en vierkante sectie een aanleiding om beide types aan een intensieve staalname te onderwerpen. Onmiddellijk na het boren kreeg elke boorkern een unieke code toegewezen. Een overzicht van deze codes en de bemonsterde onderdelen is te vinden in bijlage 3.

Na de staalname werden alle boorkernen vastgekleefd op een houder en zorgvuldig opgeschuurd om zo de groeiringsgrenzen duidelijk zichtbaar te maken (fig. 7). Vervolgens werd elke groeiringsbreedte met behulp van een stereomicroscop (Olympus SZX16, vergroting 7x - 115x) en meettafel (Lintab™) opgemeten met een precisie van 0,01 mm. Dit leverde 64 groeiringsreeksen op die variëren in lengte van 24 tot 200 jaar lang. Op een aantal boorkernen zijn nog spinhoutringen waar te nemen (bijlage 3). Hun aantal werd nauwgezet genoteerd.

³⁴ Spinhout bevindt zich tussen het verkernde deel van de stam en de schors van de boom. Het spinhout is het levende houtweefsel dat de sapstroom verzorgt in de stam en als opslagplaats dient

voor voedingsstoffen. Het heeft exact dezelfde structuur als het kernhout, maar bij het spinhout zijn de transportkanalen (vaten) nog grotendeels vrij. Dit in tegenstelling tot het kernhout, dat dood

houtweefsel is, en waar geen actief transport van water en voedingsstoffen meer kan plaatsvinden. Het spinhout wordt bij veel houtsoorten gekenmerkt door een lichtere kleur dan het kernhout.

De opgemeten groeiringsreeksen werden daarna met elkaar vergeleken via *cross-dating*. Dit is het basisprincipe van de dendrochronologie. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat bomen die over een bepaalde tijdperiode gelijkaardige groeiomstandigheden ondervinden (klimaat, bodem, hoogteligging, ...), ook een gelijkaardig groeiringspatroon zullen ontwikkelen. Daardoor kunnen jaarringreeksen van een specifieke boomsoort uit een bepaalde regio onderling, tot op het jaar precies, gesynchroniseerd worden op basis van de unieke afwisseling van brede en smalle ringen³⁵.

Verschillende groeiringsreeksen uit de kappen van de OLV-kerk vertonen onderling een sterk gelijklopend patroon. Zodoende kunnen deze reeksen samengevoegd worden tot één middelcurve. Bij deze groepering werd bovendien rekening gehouden met het verloop van de telmerken, opvallende verschillen in afmetingen van de bouwelementen en het voorkomen van sporen van aanpassingen aan een voorafgaande kap. Zodoende werd zo goed mogelijk uitgesloten dat een bouwactiviteit over het hoofd werd gezien.

Uiteindelijk konden zo 9 middelcurven berekend worden, gelabeld van DAM.m1 t.e.m. DAM.m9. In bijlage 3 is voor elke opgemeten groeiringsreeks aangegeven of ze al dan niet werd opgenomen in een middelcurve. Zowel voor het noord- (DAM.m1 en -.m2) als het zuidkoor (DAM.m3 en -.m4) werden telkens twee middelcurven opgebouwd, gebaseerd op het verloop van de telmerken (zie paragraaf 3.2). Daarnaast werd in de kap boven de twee westelijke traveeën van het middenkoor nog het onderscheid gemaakt tussen de sporen met een opvallend verschil in diameter (zie paragraaf 3.3). De middelcurve DAM.m5 vertegenwoordigt de sporen met een rechthoekige sectie, DAM.m6 de bredere, vierkante exemplaren. Ook voor de onderste (DAM.m7) en de bovenste hanenbalken (DAM.m8) uit deze kap werden aparte middelcurven berekend. De inkavelingen op de sporen met een vierkante sectie doen immers vermoeden dat de huidige hanenbalken een latere aanpassing vertegenwoordigen. De ge-

synchroniseerde boorkernen uit het oostelijke gedeelte van het middenkoor vormen de basis voor middelcurve DAM.m9. Hier werd geen verder onderscheid gemaakt tussen de sporen met verschillende diameters, aangezien uit de bouwhistorische observatie blijkt dat het hier over één bouwfase gaat (zie paragraaf 3.4).

4.4 Referentiekalenders

De berekende middelcurven werden daarna vergeleken (*cf. cross-dating*) met absoluut gedateerde referentiekalenders uit België, Nederland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, Polen, Denemarken en Duitsland (tabel 1).

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de meest relevante correlaties tussen de berekende middelcurven en de referentiekalenders, samen met de daarmee overeenstemmende datering. De gelijkheid tussen referentiekalender en middelcurve wordt hier uitgedrukt door een statistische maat t_{BP} ³⁶. Vanaf een waarde van 3,5 worden deze t -waarden als significant aanzien. Uit de praktijk blijkt dat deze waarde best een stuk hoger ligt om een betrouwbare datering op te leveren. Daarnaast wordt ook de coëfficiënt van parallelle variatie (%PV)³⁷ vermeld. Deze coëfficiënt is het percentage van de groeiringsreeksen uit de middelcurve en referentiekalender die synchroon een toename of afname vertonen t.o.v. het voorgaande jaar. Het significantieniveau p van deze coëfficiënt wordt hier aangegeven door *, ** of ***, resp. $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ of $p \leq 0,001$. Dit is een maat voor de kans dat dit resultaat op toeval berust.

Voor 8 van de 9 berekende middelcurven werd een duidelijke overeenkomst gevonden met de beschikbare referentiekalenders (als voorbeeld fig. 9). Er werden hoge tot zéér hoge correlatiewaarden gevonden. Daardoor kunnen de middelcurven exact, tot op het jaar, gedateerd worden (tabel 2). Deze dateringen zijn bovendien heel betrouwbaar.

TABEL 1

Overzicht van de geraadpleegde referentiekalenders.
Overview of the consulted reference chronologies.

Referentiekalender	Omschrijving	Auteur
FL.Medieval =	Referentiechronologie (808 AD - 1530 AD) voor middeleeuws eikenhout uit Vlaanderen.	K. Haneca (2010, ongepubliceerde chronologie)
BE.Meuse5 =	Referentiechronologie (672 AD - 1991 AD) voor eikenhout uit de Maasvallei.	P. Hoffsummer (1995)
BE.Arden4 =	Referentiechronologie (1146 AD - 1991 AD) voor bouwhistorisch eikenhout uit de Ardennen.	P. Hoffsummer (1995)
DE.Holl80 =	Referentiechronologie (400 BC - 1975 AD) opgesteld met archeologisch en subfossiel eikenhout uit Centraal- en Zuid-Duitsland.	E. Hollstein (1980)
FR.BasPar8 =	Referentiechronologie (348 BC - 1994 AD) opgesteld met archeologisch, bouwhistorisch en recent eikenhout uit het Bekken van Parijs.	V. Bernard (1998)
FR.nordest1 =	Referentiechronologie (641 AD - 1988 AD) voor archeologisch eikenhout uit het noordoosten van Frankrijk.	W. Tegel (2009, uitgewisseld via pers. comm.)
FR.Meuse =	Referentiechronologie (918 AD - 1818 AD) voor archeologisch eikenhout uit de Maasvallei in het noordoosten van Frankrijk.	W. Tegel (2009, uitgewisseld via pers. comm.)

35 Zie o.a. Eckstein *et al.* 1984; Baillie 1982; Cook & Kairiukstis 1990.

36 Baillie & Pilcher 1973.
37 Eckstein & Bauch 1969.

TABEL 2

Significante dateringen van de berekende middelen met absoluut gedateerde referentiechronologieën. De overeenkomst wordt uitgedrukt via een t-waarde (t_{BP}) en het percentage aan parallelle variatie (%PV). Het significantieniveau p van het %PV wordt aangegeven door *, ** of ***, resp. $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$. Significant dating results for the calculated chronologies with absolute-dated reference chronologies. The agreement is expressed by a t -value (t_{BP}) and the percentage of parallel variation (%PV). The level of significance p of the %PV is indicated by *, ** or ***, $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$ resp.

Dendro-code	Aantal ringen	Datering (AD)	FL.medieval		BE.Meuse5		BE.Aarden4		DE.Holl8o		FR.BasPar8		FR.nordest1		FR.Meuse	
			t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV	t_{BP}	%PV
DAM.m1 (noordkoor, travee 1-2)	156	1157 – 1312	6,8	71***	7,4	72***	8,0	68***	5,6	70***	5,2	69***	5,9	65***	5,6	67***
DAM.m2 (noordkoor, travee 3-5)	267	1042 – 1308	5,8	66***	10,7	72***	8,0	68***	9,3	69***	6,0	62***	9,6	68***	7,4	62***
DAM.m3 (zuidkoor, travee 1-2)	169	1115 – 1283	5,3	69***	6,2	70***	6,9	72***	3,3	65***	4,2	65***	4,5	68***	3,6	66***
DAM.m4 (zuidkoor, travee 3-5)	141	1153 – 1293	9,4	76***	9,7	79***	9,2	74***	6,4	74***	8,1	81***	6,8	71***	8,1	73***
DAM.m5 (middenkoor, travee 1-2, smalle sporen)	172	1140 – 1311	5,1	71***	5,2	65***	4,3	63***	2,3	61**	4,4	65***	3,0	61**	-	-
DAM.m6 (middenkoor, travee 1-2, brede sporen)	187	1055 – 1241	8,1	70***	11,0	74***	8,3	78***	8,1	69***	6,1	66***	5,1	66***	3,9	63***
DAM.m7 (middenkoor, travee 1-2, onderste hanenbalken)	89	1213 – 1301	4,9	70***	6,9	70***	5,6	66**	4,2	69***	4,2	63**	4,3	63**	-	-
DAM.m8 (middenkoor, travee 1-2, bovenste hanenbalken)	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DAM.m9 (middenkoor, travee 3-5)	156	1144 – 1299	7,9	68***	8,5	74***	5,6	66***	6,4	73***	6,4	69***	6,6	74***	4,5	62**

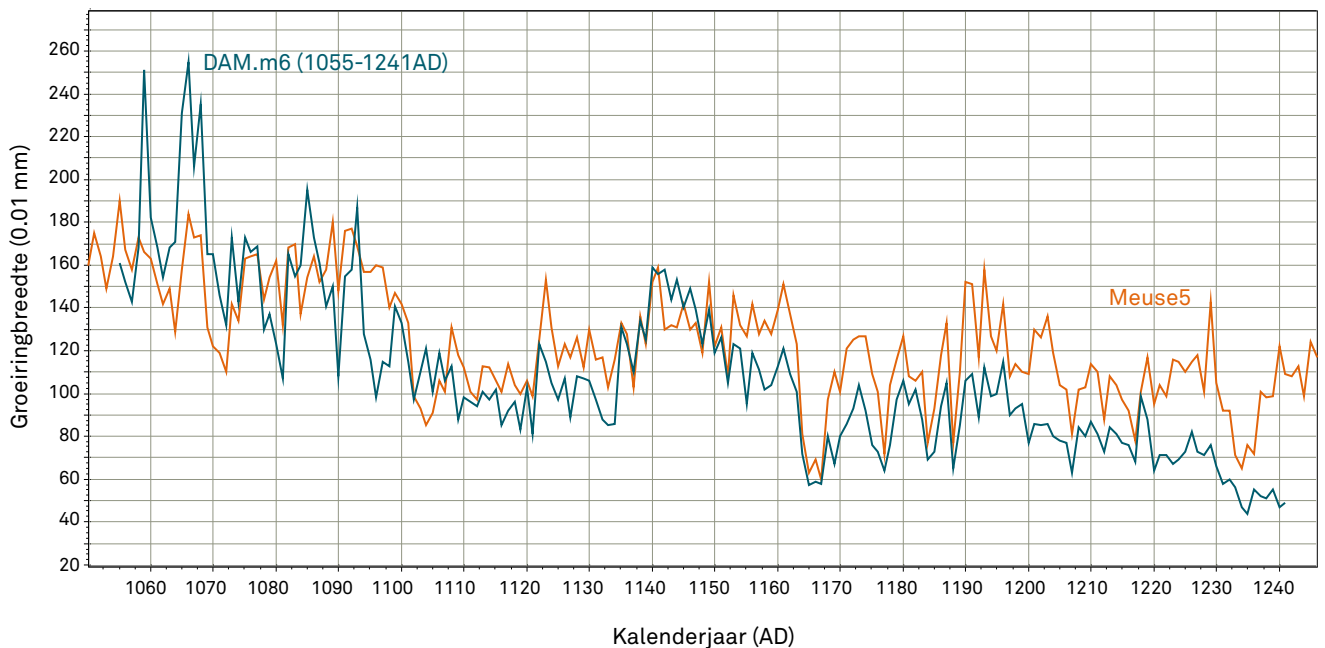


FIG. 9 De middelcurve DAM.m6 gesynchroniseerd met de referentiekalender Meuse5.
The chronology DAM.m6 synchronised with the reference calendar Meuse5.

Enkel de middelcurve die werd berekend met boorkernen uit de bovenste hanenbalken van het middenkoor (DAM.m8) leverde geen sluitende datering op. De boorkernen uit deze balken tellen dan ook maar een beperkt aantal groeiringen waardoor de middelcurve niet langer is dan 76 jaar. Dit kan weliswaar volstaan om tot een datering te komen, maar deze middelcurve vertoont op geen enkele positie een duidelijke overeenkomst met de geraadpleegde referentiekalenders.

4.5 Interpretatie van de dateringen

De vermelde datering geeft tot nu toe aan wanneer de meest recente groeiring op de gedateerde stukken hout werd gevormd. Dit komt niet noodzakelijk overeen met het jaar waarin die boom werd geveld. Er ontbreken namelijk meestal nog een aantal ringen tussen de laatst opgemeten ring op de boorkernen uit de balken en de bast van de boomstam waaruit deze balken zijn gezaagd. Als nog een gedeelte van het spinhout aanwezig is, kan een onderbouwde schatting gemaakt worden van het aantal ontbrekende ringen. Bij deze schattingen wordt een onderscheid gemaakt naargelang de geografische regio waar de boom groeide en de leeftijd van de boom op het moment dat hij werd geveld³⁸. Globaal gezien vormen eiken in Centraal-Europa gemiddeld 19 spintringen. In 95% van de gevallen zijn dit er minstens 8 en maximaal 38³⁹ (fig. 10). Door rekening te houden met het aantal opgemeten spinthoutringen en het aantal te verwachten spinthoutringen kan men het interval bepalen waarbinnen de veldatum zich situeert.

In de middelcurve DAM.m6, die opgebouwd is met boorkernen uit de sporen met vierkante sectie uit de westelijke fase van het middenkoor, is één groeiringreeks opgenomen waaraan nog een stuk van de schors vastzit. De groeiring die zich vlak onder de

schors bevindt laat ons toe om de veldatum wel heel precies te bepalen. Uit de datering van het groeiringpatroon weten we dat deze in 1241 is gevormd. Het microscopisch onderzoek toont bovendien aan dat deze groeiring opgebouwd is uit vroeghout, gevormd tijdens het voorjaar, én laathout. Dit laathout wordt gevormd tijdens de zomer en het najaar. De boom waaruit deze balk werd gezaagd is dus vermoedelijk in het najaar of tijdens de winter 1241/42 geveld. Indien de velling tijdens het voorjaar van 1242 zou gebeurd zijn, dan zouden we reeds de aanleg van nieuw vroeghout moeten zien, wat hier niet het geval is. Naast deze ene gedateerde balk met schors, zijn er nog vier andere sporen waarop nog veel spinhout aanwezig is. Als we van deze individuele groeiringreeksen telkens de veldatum schatten, dan clusteren ze rond 1241-1242. Hieruit kan besloten worden dat alle balken uit deze bouwphase hoogstwaarschijnlijk dezelfde veldatum hebben.

In alle andere middelcurven zijn eveneens groeiringreeksen opgenomen met spinthoutringen. Schors was echter niet meer aanwezig op de onderzochte balken. Dit komt erop neer dat we de veldatum enkel kunnen situeren in een concreet tijdsinterval, rekening houdend met het minimale en maximale aantal ontbrekende spinthoutringen. Deze boven- en ondergrens van het aantal te verwachten spintringen is respectievelijk 8 en 38. Indien op alle boorkernen binnen één bouwphase minder dan 8 spintringen werden opgemeten, moeten er een aantal jaren bijgeteld worden om tot de ondergrens van minstens 8 te komen. Dit levert de vroegst mogelijke veldatum op. De bomen kunnen dan niet vóór dit jaar geveld zijn. Trekken we het aantal spintringen verder op tot 38, dan bekomen we het jaar waarin de boom ten laatste werd geveld. Een overzicht van de gedateerde middelcurven en de interpretatie van de veldatum is te vinden in tabel 3 en grafisch voorgesteld in figuur 11.

³⁸ Haneca et al. 2009.

³⁹ Hollstein 1980.

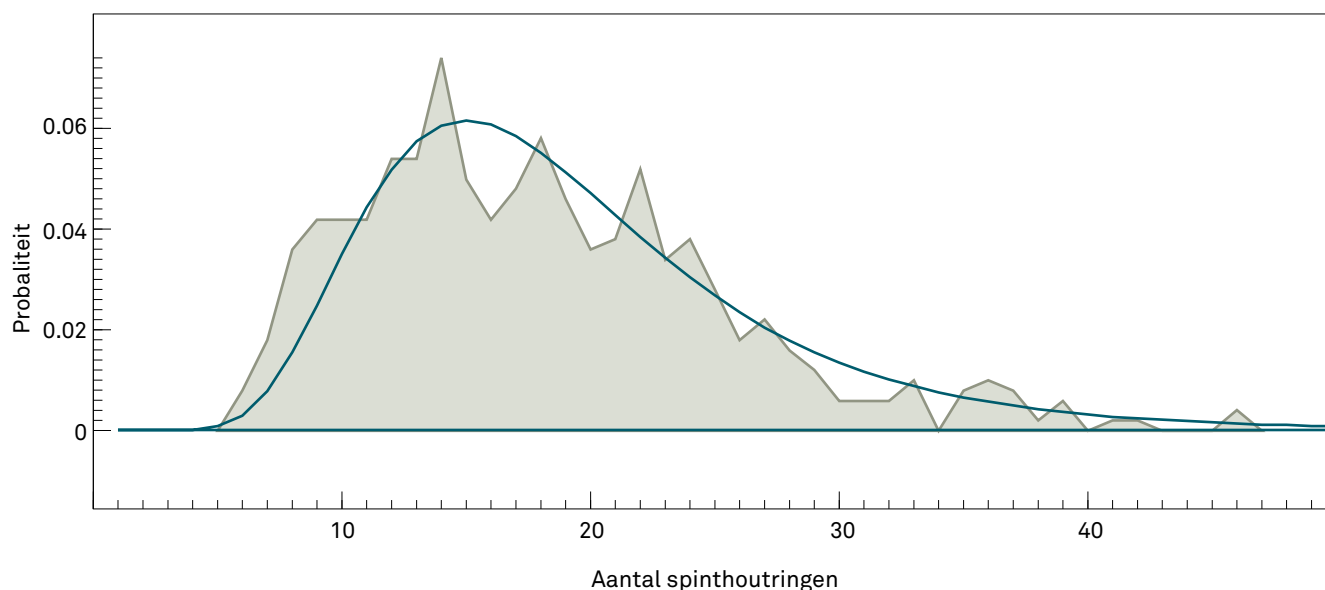


FIG. 10 Probabiliteitsverdeling van het aantal te verwachten spinhoutringen bij eiken ($n = 493$) uit Centraal-Europa (data overgenomen uit Hollstein 1980, fig. 21, 34, en gemodelleerd in OxCal v4.1.3).

Probability distribution of the number of sapwood rings for oaks ($n=493$) from Central Europe (data taken from Hollstein 1980, fig. 21, p. 34, and modelled in OxCal v4.1.3).

TABEL 3

Gedetailleerde berekening van de exacte veldatum of het interval waarbinnen de veldatum zich situeert (95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval).

Detailed calculation of the exact felling date or interval for the felling date (95% BI = 95% confidence interval).

Code	Einddatering	Aantal gemeten spinhoutringen	Ontbrekend aantal spinhoutringen	Veldatum (95% BI)
DAM.m1 (noordkoor, travee 1-2)	1312 AD	24	max. 14	tussen 1312 – 1325 AD
DAM.m2 (noordkoor, travee 3-5)	1308 AD	15	max. 23	tussen 1308 – 1331 AD
DAM.m3 (zuidkoor, travee 1-2)	1283 AD	23	max. 15	tussen 1283 – 1298 AD
DAM.m4 (zuidkoor, travee 3-5)	1293 AD	2	min. 6 - max. 36	tussen 1299 – 1329 AD
DAM.m5 (middenkoor, travee 1-2, smalle sporen)	1311 AD	7	min. 1 - max. 31	tussen 1312 – 1342 AD
DAM.m6 (middenkoor, travee 1-2, brede sporen)	1241 AD	30 + schors	geen	najaar 1241 – winter 1241/42
DAM.m7 (middenkoor, travee 1-2, onderste hanenbalken)	1301 AD	5	min. 3 - max. 33	tussen 1304 – 1334 AD
DAM.m9 (middenkoor, travee 3-5)	1299 AD	9	max. 29	tussen 1299 – 1328 AD

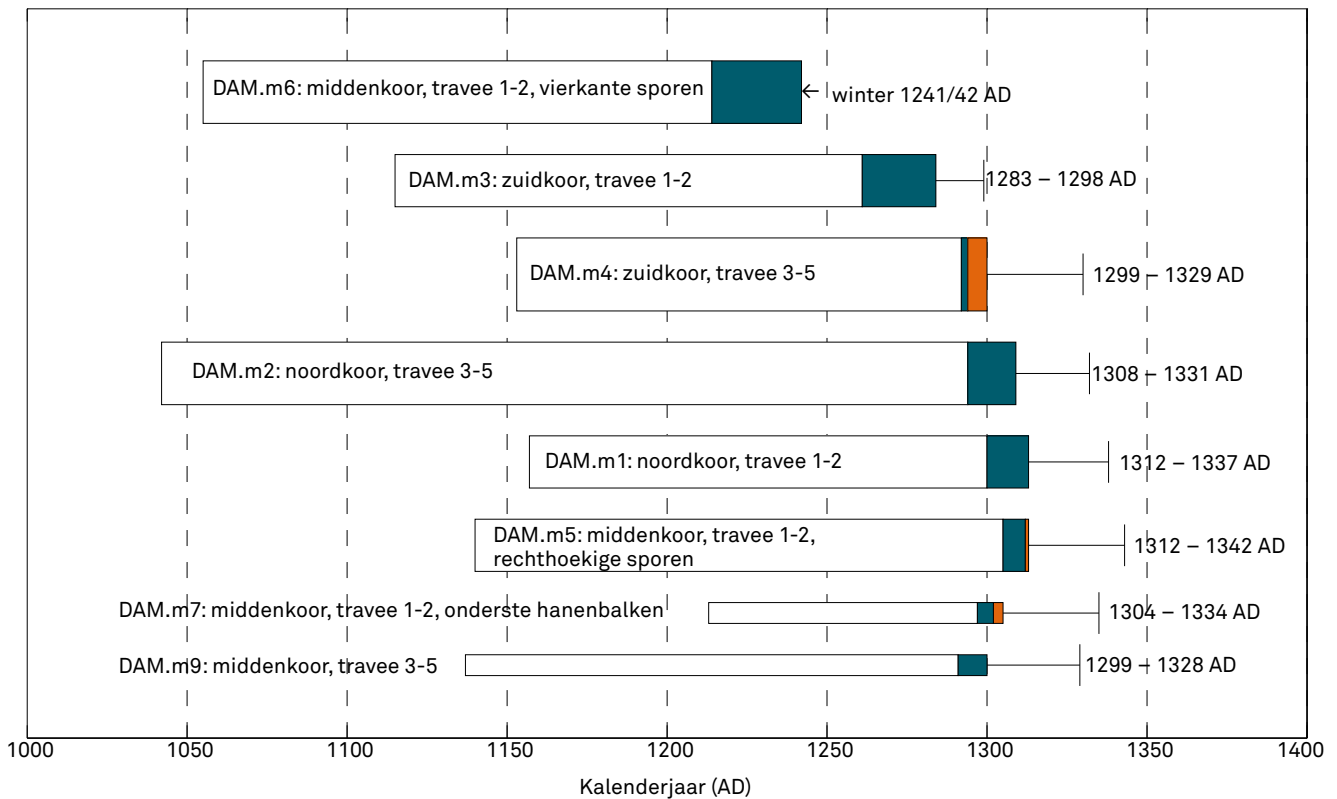


FIG. 11 Overzicht van de dendrochronologische dateringen uitgevoerd op de kappen van de OLV-kerk. De balken geven de lengte van de opgebouwde middelcurven weer. De hoogte staat in verhouding tot het aantal groeiringsreeksen waarmee elke middelcurve is opgebouwd. Blauw ingekleurde stukken geven aan dat er spinthout werd opgemeten. Oranje ingekleurde zones zijn een maat voor het minimum aantal spintringen dat mag verwacht worden indien er minder dan 8 spintringen werden opgemeten. De horizontale lijn geeft het interval weer waarbinnen de veldatum zich situeert.

Overview of the dendrochronological dating results for the roofs of the Church of Our Lady. The bars represent the length of chronologies, with their height being relative to the number of tree-ring series included in the chronology. The blue parts represent the number of measured sapwood rings. The orange parts of the bars are an indication for the minimum number of sapwood rings that are to be expected when less than eight sapwood rings could be observed. The horizontal lines delineate the interval for the felling date.

Uit de berekende veldata blijkt dat de sporen met vierkante sectie uit het middenkoor (DAM.m6) gemaakt zijn van eiken stammen die in het najaar van 1241 of de daaropvolgende winter werden geveld. Dit zijn ontegensprekelijk de oudste balken uit de onderzochte kappen van de OLV-kerk. De westelijke kap van het zuidkoor (DAM.m3) maakt deel uit van een jongere bouwfasen. De sporen in deze kap werden zeker niet vroeger geveld dan in 1283. De constructie van deze kap vangt dus minstens 42 jaar na de bouw van de kap op het eerste koor van de kerk aan.

Alle andere bouwactiviteiten aan de dakkap vonden zeker (iets) later plaats (fig. 11). Ten vroegste in 1299, en zeker vóór 1337. Zowel de kap boven de westelijke traveeën van het noordkoor als de kappen boven de oostelijke traveeën van de drie koren zijn dus recenter dan de kap boven de westelijke traveeën van het zuidkoor. Dit betekent bovendien dat de sporen met een rechthoekige sectie en onderste hanenbalken boven

de westelijke traveeën van het middenkoor beduidend jonger zijn dan de sporen met een vierkante sectie. Doordat er geen balken aanwezig zijn met schors kan de veldatum hier niet preciezer bepaald worden, en is er enkel een dateringsinterval berekend. Daardoor kan er geen onderscheid of rangschikking gemaakt worden tussen de veldata van mogelijk verschillende bouwfasen.

Bouwhout, en zeker eikenhout, werd meestal snel na het vellen en verzagen tot balken in gebruik genomen. Slechts in uitzonderlijke gevallen verstreek er meer dan twee jaar tussen beide⁴⁰. Het gebruik van vers gekapt hout, ook wel 'groen' hout genoemd, werd bovendien al herhaaldelijk aangetoond via geïntegreerd dendrochronologisch en historisch onderzoek⁴¹. Ook experimenteel archeologisch onderzoek toont aan dat het bewerken van gedroogd eikenhout een pak moeilijker is dan van recent gekapt hout⁴². De berekende veldata mogen daardoor inderdaad als constructiedatum geïnterpreteerd worden.

⁴⁰ de Vries 1994; Hollstein 1980, 35-38.

⁴¹ Miles 2006; Hoffsummer 2007.

⁴² Coles 2006; Darrah 1982.

5 Houtgebruik en herkomst

5.1 Geen lokaal hout

Een dendrochronologische analyse kan naast een datering ook een duidelijker beeld geven van het oorsprongsgebied van het hout⁴³. Daarbij wordt nagegaan met welke referentiekalenders de middelcurven de beste overeenkomst vertonen. Referentiekalenders zijn steeds opgesteld met hout dat afkomstig is uit één welbepaalde regio. De omvang van een regio is wel sterk variabel. Zo bestaan er referentiekalenders die zijn samengesteld met gedateerde groeiringreeksen uit een groot gebied zoals Zuid-Duits-

land, terwijl andere enkel hout uit één bepaalde stad (bv. Gdansk) of kleine regio (bv. Vlaanderen) vertegenwoordigen. Bovendien dringt enige voorzichtigheid zich hierbij op. Sommige kalenders werden in het verleden opgebouwd in de veronderstelling dat de vindplaats van archeologisch hout in overeenstemming was met de groeiplaats van de bomen. Deze aanpak houdt echter geen rekening met een mogelijke handel in bouwhout, waardoor hout uit een ander groeigebied toch wordt opgenomen in een referentiekalender. Zo werd al aangetoond dat een referentiekalender die werd opgebouwd met archeologisch hout uit het Nederrijnse laagland⁴⁴, niet noodzakelijk met dit groeigebied overeenstemt⁴⁵.

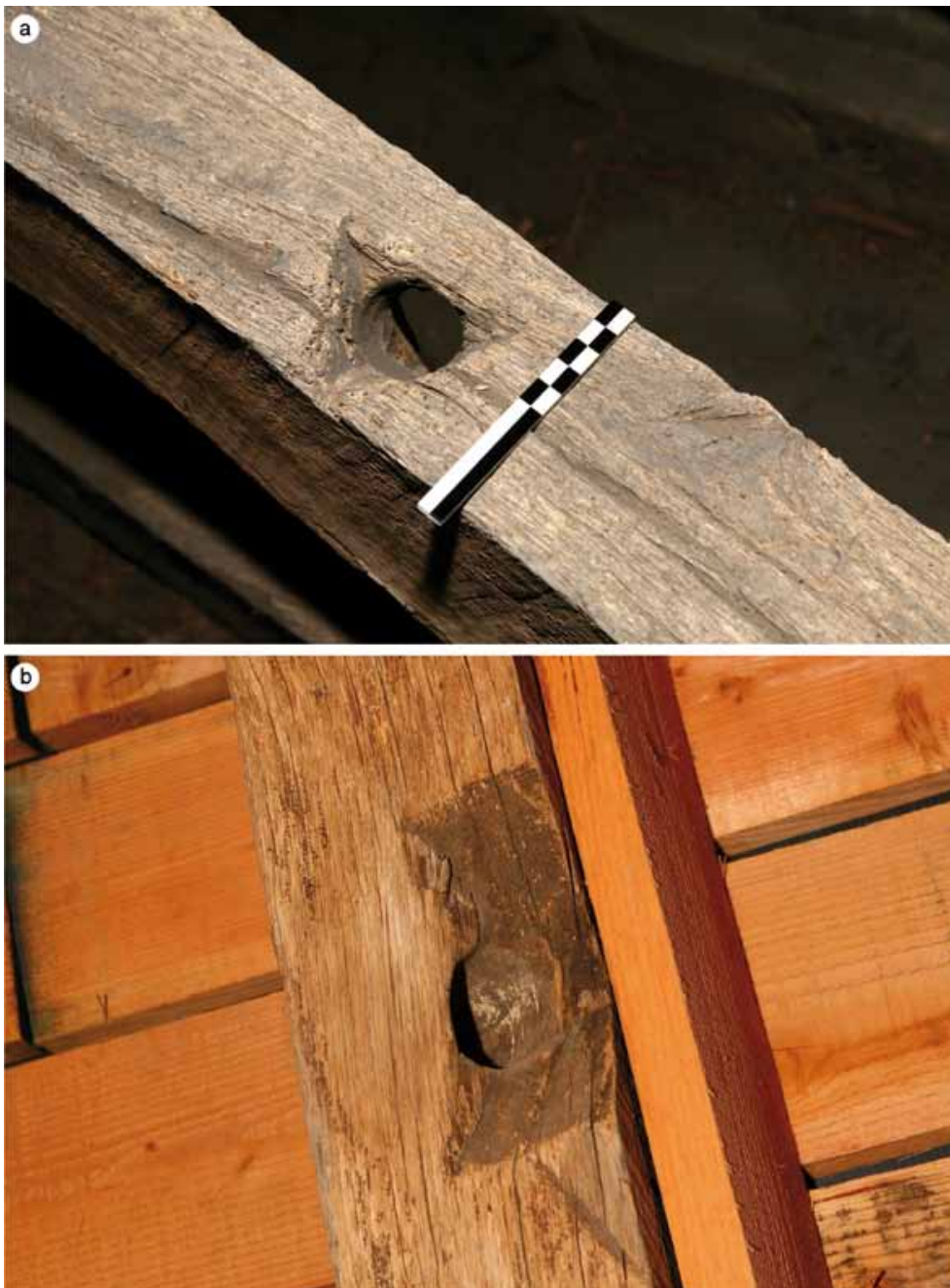


FIG. 12 Vlotverbindingen op een hanenbalk en een spoor in de dakkap van het noordkoor (© VIOE, K. Vandevorst).

Rafting joints on a collar and a rafter from the roof of the northern choir (© VIOE, K. Vandevorst).

⁴³ Eckstein & Wröbel 2007.

⁴⁴ Hollstein 1980.

⁴⁵ Jansma 1992.

De gedateerde middelcurven van de OLV-kerk vertonen globaal gezien vooral een goede overeenkomst met curven uit het zuiden van België, noordoost-Frankrijk en het zuiden van Duitsland (tabel 1 & 2). Uit deze analyse komt daardoor het stroomgebied van de Maas als meest waarschijnlijke oorsprongsgebied van het bouwhout naar voor, en dit zowel voor de oudste als de meer recente bouwfasen. Dit betekent dat voor de OLV-kerk in Damme het bouwhout minstens vanaf de eerste helft van de 13de eeuw tot en met de eerste helft van de 14de eeuw uit dezelfde regio geïmporteerd werd. Een meer gedetailleerde afbakening van het oorsprongsgebied is momenteel nog niet hard te maken via het dendrochronologisch onderzoek.

5.2 Vlotverbindingen en handelsmerken

In de kappen van de OLV-kerk zijn sporen aanwezig op het hout die wijzen op houtimport. Het betreft merkwaardige doorboringen van het hout die geen verband houden met de constructie van de kap (fig. 12). Ze zijn herkenbaar aan hun heel eigen vorm: in een grote driehoekige uitsparing op de hoek van een balk is een rond gat geboord (\varnothing 4 cm), groter dan de gaten voor toognagels (\varnothing 2 cm). Deze doorboringen zijn de getuigen van het vloten van bouwhout over rivieren⁴⁶. Doorheen deze 'vlotverbindingen' werd touwen of wissel getrokken om zo houten balken samen te binden tot een vlot. De driehoekige uitsparingen dienden om het afschuren van de touwen tegen de scherpe hoeken van de balken te voorkomen. De afschuiningen die zichtbaar zijn op de hoeken van enkele hanenbalken moeten wellicht ook zo begrepen worden. In het oostelijke deel van de dakkap van het noordkoor komen meerdere vlotverbindingen voor. Opvallend is dat op enkele balken in deze kap twee vlotverbindingen zijn aangebracht, op minder dan 2 m van elkaar. Ook in het zuidkoor, op de onderste hanenbalk van gespan 30 bevinden zich twee vlotverbindingen.

Opmerkelijk is dat deze vlotverbindingen nog intact zijn. Dit wijst erop dat het hout eerst werd gekleefd en/of verzaagd tot balken met de gewenste afmetingen, en daarna pas werd samengebonden tot een vlot. Het eikenhout werd dus niet als rondhout (op stam) getransporteerd, maar als half afgewerkt product. Dit verklaart meteen ook waarom er zo weinig balken terug te vinden zijn waarop nog schors aanwezig is. De stammen werden namelijk gekantrecht, waardoor de schors en (een gedeelte van) het spinthout verloren gingen.

In het zuidkoor bevat het gedeelte van de dakkap boven de oostelijke traveeën een groot aantal merken die in de literatuur worden aangeduid als handelsmerken, merktekens die verband houden met het transport en verhandelen van het bouwhout (fig. 13)⁴⁷, dat doorgaans werd gevlot via waterwegen. Dergelijke merken onderscheiden zich duidelijk van de telmerken, zowel qua beeldtaal als uitvoering. De meeste handelsmerken in deze dakkap bestaan uit een middellijn waarop aan weerszijden drie schuine lijnen aansluiten, een minderheid van de merken vertoont onregelmatige X'n langs een middellijn. De groeven van deze merken zijn breder en minder scherp dan van de telmerken, en werden vermoedelijk aangebracht met een ritsmes. Ze beslaan de volledige breedte van de zijde waarop ze zijn aangebracht. Duidelijk zichtbaar is hoe de 'beentjes' van deze merken

zijn afgesneden door de randen van de balk. De merken waren oorspronkelijk dus groter en aangebracht op ofwel bredere stukken bouwhout of op meerdere samengebonden balken. In elk geval gaan dergelijke merken vooraf aan de eigenlijke constructie van de dakkap. Ze worden meestal toegeschreven aan een houthandelaar die zijn hout wilde merken of een koper die zijn aangekochte partij hout wilde voorzien van een eigendomsmerk.

Behalve de handelsmerken komen ook nog enkele andersoortige merken voor die moeilijk te identificeren zijn (bijlage 1). Het gaat om zeer fijn ingekaste tekens zoals een zesarmig kruis en een pentagram.

5.3 Middeleeuwse houthandel

Op de Maas kwamen houtvloten reeds vanaf de 11de eeuw voor⁴⁸. Gevierkante balken werden via de Maas richting de kuststreek gevlot. Onderweg passeerden de houtvloten tolplaatsen en stedelijke houtmarkten⁴⁹. Voor de houthandel naar Vlaanderen toe was



FIG. 13 Handelsmerk op een spoor in de dakkap van het zuidkoor (© VIOE, K. Vandevorst).

Trade mark on a rafter from the roof of the southern choir (© VIOE, K. Vandevorst).

⁴⁶ Hoffsummer (ed.) 2002, 53-54; Eifling 2009, 22-31.

⁴⁷ Hoffsummer (ed.) 2002, 53-54; Haslinghuis & Janse 2005, 322; van Tussenbroek 2008.

⁴⁸ Houbrechts 2008, 21-25.
⁴⁹ de Vries 1994, 32-45.

hierin een belangrijke rol weggelegd voor Dordrecht. Uit de stadsrekeningen van Brugge blijkt bijvoorbeeld dat zeker in de 14de eeuw aanzienlijke hoeveelheden bouwhout werden aangekocht op de houtmarkten in Dordrecht⁵⁰. Het ontbreken van eigentijdse geschreven bronnen over de OLV-kerk laat echter niet toe om aan te tonen dat het bouwhout uit de kappen effectief werd aangekocht in Dordrecht. Ook de handelsmerken die op sommige balken te zien zijn, laten ons niet toe om het bouwhout in verband te brengen met deze stad. Maar dat Damme grote hoeveelheden hout aankocht in Dordrecht is wel degelijk geweten. Zo is in de stadsrekeningen van Damme voor 1394-1396 de aankoop opgetekend van bouwhout in Dordrecht voor de aanleg van een sluis⁵¹.

6 Fasering van de bouwactiviteiten

6.1 Een herziene bouwchronologie

Uit de wisselwerking tussen het bouwhistorisch en dendrochronologisch onderzoek komt ontegensprekelijk naar voor dat de sporenkap boven de twee westelijke traveeën van het middenkoor de oudste fase van het hallenkoor vertegenwoordigt (fase 1). Daarbij moet wel duidelijk gemaakt worden dat enkel de sporen

met een vierkante sectie deel uitmaken van deze bouwfase. De balken die hiervoor werden gebruikt zijn afkomstig van bomen die in 1241/1242 werden geveld en vermoedelijk heel snel erna in de sporenkap werden opgenomen. Uit de oude telmerken op deze balken blijkt dat ze zijn hergebruikt zonder de originele volgorde in acht te nemen. De dakhelling (60°) van de huidige kap is vermoedelijk dezelfde als die van de eerste, midden-13de-eeuwse kap (fig. 14, geel).

Tijdens een tweede bouwcampagne (fase 2), minstens 42 jaar later dan de voltooiing van de kap boven het middenkoor, volgt de bekapping van de twee westelijke traveeën van het zuidkoor (fig. 14, blauw). Volgens de klassieke inschatting van het spinthoutinterval, zijn deze activiteiten te situeren tussen 1283 en 1298.

Welke bouwactiviteiten er daarna eerst volgen is onduidelijk. Het dendrochronologisch onderzoek kan geen chronologische fasering meer onderscheiden. Het interval waarin de veldatum van de westelijke kap van het noordkoor zich situeert, overlapt namelijk sterk met het interval voor de veldatum van het middenkoor en de oostelijke delen van het noord- en zuidkoor. Daardoor is het niet mogelijk de exacte volgorde van deze veldata te bepalen (fig. 11).

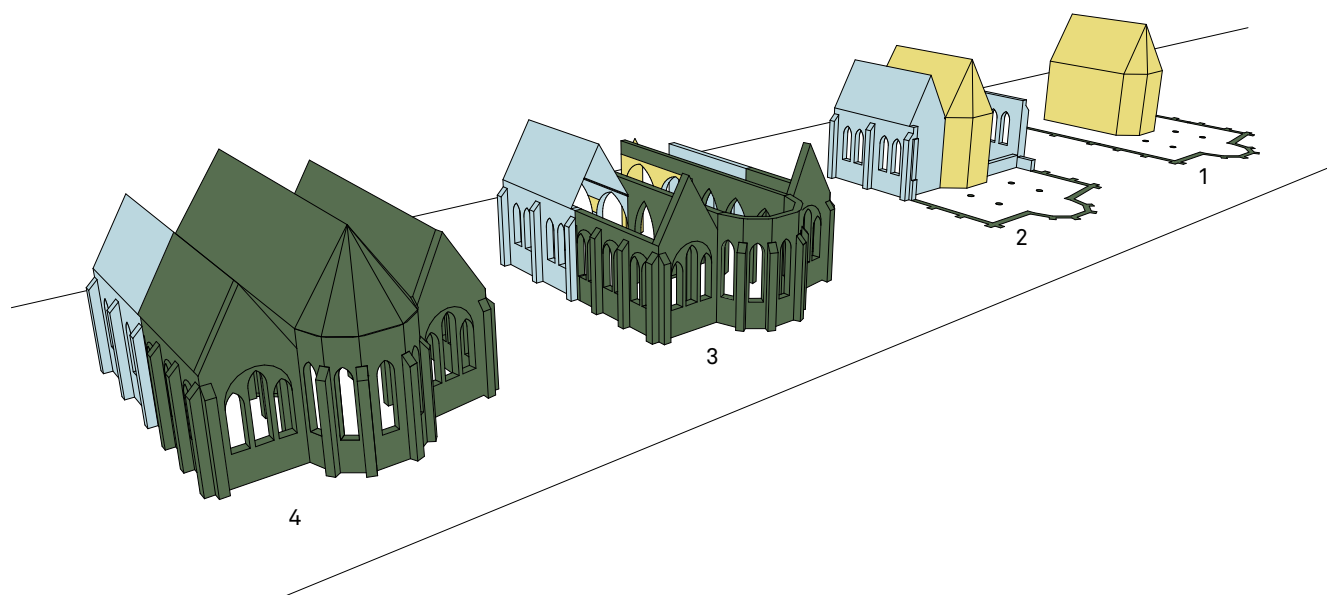


FIG. 14 Schematische voorstelling van de fasering in bouwactiviteiten, van rechts naar links: 1: eerste koor (1241-1242d), eenbeukig en met driezijdige apsis. 2: toestand tijdens de bouwonderbreking van 1291-1312. De eerste twee traveeën van het noordkoor zijn nog zonder dak, de eerste twee traveeën van het zuidkoor zijn onder dak (1283-1291d) en met een tijdelijke afsluiting aan de oostzijde. 3: hervatting van de bouw. Verlenging van het middenkoor en de twee zijkooren, verhoging van de eerste twee traveeën van het middenkoor. 4: het hallenkoor in zijn voltooide toestand, volledig onder dak (1312-1315d).

Simplified layout of the successive building activities, from right to left: 1: first choir (1241-1242d), aisleless and with three-sided apse. 2: situation during the interruption in construction in 1291-1312. The two western bays of the northern choir remain without roof whereas the two western bays of the southern choir are under roof (1283-1291d) and closed off by a temporary eastern wall. 3: resumption of construction. Extension of the central choir and both side choirs, elevation of the walls of the two western bays of the central choir. 4: the hall choir in its completed state, entirely under roof (1312-1315d).

50 Sosson 1977, 107-112.

51 Sosson 1977, voetnoot 98; Sosson 1994, 207.

OxCal v4.1.3 Bronk Ramsey (2009); r:1 Hollstein Sapwood_Model (2.81358,0,0,0.416208)

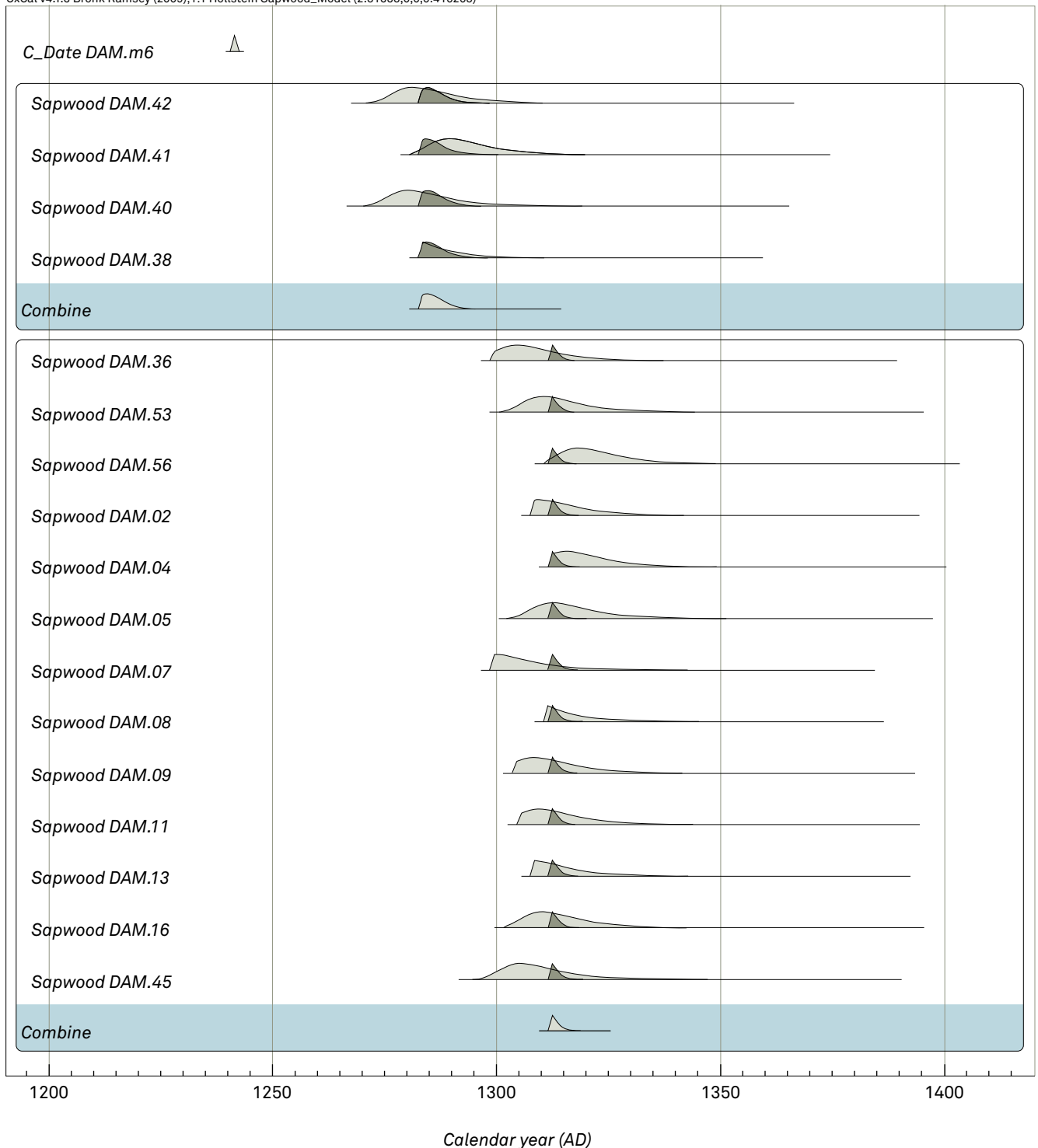


FIG. 15 Bayesiaanse modellering van de velddata, waarbij wordt aangenomen dat de bouw van het noordkoor en de oostelijke uitbreiding van het midden- en zuidkoor onder één bouwcampagne vallen. De uitkomst van dit model geeft aan dat de vermoedelijke veldatum van het bouwhout dan te situeren is tussen 1312 en 1315 (95,4% betrouwbaarheidsinterval). Ook voor de eerste fase van het zuidkoor is er met deze methode een verfijnde interpretatie te maken van de veldatum, waardoor deze tussen 1283 en 1291 komt te liggen.

Bayesian modelling of the felling dates. It is assumed that the construction of the northern choir and the expansion of the entire choir towards the east can be considered one building phase. The outcome of the model situates the felling date within the interval 1312 and 1315 (95,4% confidence interval). This method can also be applied to the earliest phase of the southern aisle in order to provide a narrower range for the felling date. It can now be situated between 1283 and 1291.

Hieruit volgt de vraag of het mogelijk is dat de uitbreiding van de OLV-kerk naar het oosten toe en de bekapping van de westelijke traveeën van het noordkoor als één bouwcampagne kunnen aanzien worden? Met de dendrochronologische gegevens kan een model opgesteld worden waar het interval waarin de veldatum van elk stuk hout uit deze kappen, gecombineerd met het spinhoutmodel voor Centraal-Europa (fig. 10), is samengevoegd. Daarna kan getest worden of de in het model opgenomen groeiringsreeksen tot eenzelfde gebeurtenis (in dit geval bouwcampagne) kunnen behoren. Deze routine kan uitgevoerd worden in OxCal⁵², een software-applicatie die o.a. voor de kalibratie van radiokoolstofdateringen wordt gebruikt. Het resultaat van deze test (fig. 15) geeft aan dat we met grote zekerheid mogen stellen dat de dendrochronologische dateringen van de verschillende veldata voor deze kappen niet significant van elkaar verschillen ($\chi^2 = 8,514$; $df = 12$; $p < 0,05$). Indien we groeiringsreeksen uit de westelijke kap van het zuidkoor in het model opnemen, geeft de testwaarde ($\chi^2 = 38,460$; $df = 16$; $p > 0,05$) aan dat deze niet bij de overige kan horen en dat er dus wel degelijk een cesuur tussen de twee ligt.

Indien de oostelijke uitbreiding van de drie koren en de westelijke kap van het noordkoor nu beschouwd worden als één bouw-fase (fase 3), kunnen via Bayesiaanse statistiek⁵³ de veldata, en de daaraan gekoppelde probabiliteit van de spinhoutverdeling (fig. 10), met elkaar gecombineerd worden. De oplossing van dit model geeft aan dat de veldatum voor de kappen uit fase 3 met 95% zekerheid tussen 1312 en 1315 te situeren is (fig. 13). M.a.w. binnen dit tijdsinterval zijn de bomen geveld waaruit balken werden ge-

zaagd om deze kappen van de OLV-kerk op te bouwen. Dit betekent bovendien dat de sporen met een rechthoekige sectie en de verlaagde hanenbalken van de twee westelijke traveeën van het middenkoor ook binnen deze periode te dateren zijn.

Passen we deze methode ook toe op de groeiringsreeksen uit de kap boven de twee westelijke traveeën van het zuidkoor, dan kunnen we de veldatum eveneens in een nauwer tijdsinterval situeren, nl. tussen 1283 en 1291 (fig. 13).

Indien onze veronderstelling van één grote bouwcampagne toch niet juist zou blijken, geeft het dendrochronologisch onderzoek toch ontegensprekelijk aan dat de bouwactiviteiten elkaar snel moeten opgevolgd hebben. Dus zowel de bekapping van de westelijke traveeën van het noordkoor als de globale uitbreiding naar het oosten zal in 'sneltempo' uitgevoerd zijn. Er kan via de dendrochronologische resultaten en de statistische interpretatie van de veldata echter geen chronologische volgorde worden gegeven aan de opbouw van de verschillende kappen.

Met de hierboven beschreven resultaten uit het dendrochronologisch onderzoek is het nodig om de constructieve eigenheden van de dakkappen en de verschillende materialen en bouwsporen in het metselwerk eronder opnieuw te bekijken. De verschillen tussen de dakkappen boven de westelijke en de oostelijke traveeën betreffen voornamelijk de houtverbindingen en de afmetingen van de onderdelen. De meeste verschillen zijn vast te stellen tussen de westelijke en de oostelijke dakkap van het middenkoor: boven de oostelijke verlenging heeft de dakkap een



FIG. 16 Overkraging om de dakkap van de westelijke traveeën van het zuidkoor, dat even hoog was als het toen nog lagere middenkoor, te schragen aan haar noordzijde.

Cantilever to support the roof of the westernmost bays of the southern choir on its northern side, at the moment the southern choir and the roof of the central choir were of equal height.

⁵² Bronk Ramsey 2009; Millard 2002; Miles 2006.

⁵³ In tegenstelling tot de klassieke statistiek, waar enkel rekening wordt gehouden met geobserveerde/gemeten data, wordt bij Bayesiaanse statistiek ook (subjectieve) informatie van buiten

de steekproef in rekening gebracht. Daardoor zijn conclusies zowel gebaseerd op geobserveerde/gemeten data als op eerder opgedane ervaring/kennis, de zogenaamde *prior informatie*.

derde hanenbalk en de onderste hanenbalken zijn niet met een rechte liplas maar met een pen-en-gatverbinding verbonden met de sporen. Boven het zuidkoor zetten de bovenste hanenbalken van de tweede fase een weinig hoger aan; de houtverbindingen zijn in beide fasen van deze dakkap echter hetzelfde, met enkel in de uitvoering van de liplas van de bovenste hanenbalken een klein verschil (de ene recht, de andere met zwaluwstaart). In de beide fasen van de dakkap boven het noordkoor zijn enkel verschillen merkbaar in de afmetingen van sommige onderdelen, de houtverbindingen zijn hier echter overal hetzelfde. Naast hun gelijklopende dendrochronologische datering zijn beide fasen van de dakkap van het noordkoor dus ook constructief identiek (zie bijlage 2a & 2b).

Observatie van het metselwerk van de langsmuren van het middenkoor maakt duidelijk dat de bakstenen verhoging van de twee westelijke traveeën een geheel vormt met het bakstenen metselwerk van de drie oostelijke traveeën. Anders dan men zou verwachten op basis van de gangbare bouwchronologie, tekent zich boven de pijlers tussen de tweede en de derde scheiboog van het middenkoor geen bouwnaad af. De samenhang tussen de bakstenen verhoging van de westelijke traveeën en de langsmuren van de oostelijke traveeën verklaart ook het spitsboogfries



FIG. 17 Derde travee van het zuidkoor met een bouwnaad tussen venster en westelijke steunbeer.

Third bay of the southern choir with a building joint between window and western buttress.

boven de twee westelijke scheibogen aan de noordzijde (fig. 3). Het fries is immers een decoratief uitgewerkte aanpassing van de bakstenen verhoging aan de noordelijke langsmuur van de drie oostelijke traveeën. Deze muur is breder omwille van het hergebruik van de aanzet van de noordoostelijke zijde van de apsis van het eerste koor (1241-1242d).

De bakstenen verhoging van de natuurstenen langsmuren van het middenkoor is dus gelijktijdig met de oostelijke verlenging van het middenkoor. Terugggekoppeld met de dendrochronologische dateringen betekent dit dat het middenkoor niet werd verhoogd toen de eerste twee traveeën van het zuidkoor (met dakkap, 1283-1291d) er tegenaan werden gebouwd, maar dat dit gebeurde samen met de oostelijke verlenging. Dat wordt bevestigd door de dendrochronologische datering van de hanenbalken en sporen met rechthoekige sectie in de westelijke dakkap van het middenkoor, waarvan de veldata zich in hetzelfde interval situeren als de onderdelen van de oostelijke dakkap van het middenkoor. Om de dakkap van de westelijke traveeën van het zuidkoor toch aan haar noordzijde te kunnen schragen – want daar bevond zich de nog niet verhoogde dakkap van het middenkoor – was het nodig om een overkraging aan te brengen, een laag natuursteen en drie baksteenlagen hoog (fig. 16).

De gelijktijdige verhoging en verlenging van het middenkoor wordt ten slotte ook gesuggereerd door de overspanning van het middenkoor met trekbalen op korbelen en muurstijlen, ook in de twee westelijke traveeën. Allen hebben dezelfde uitvoering waarbij de muurstijlen zijn uitgewerkt als nissen voor de apostelbeelden, die overigens onderling sterk stilistisch verwant zijn⁵⁴. De datering van deze sculpturen in de jaren 1270 moet daarom worden verlaten en worden verbonden met de verlenging en overkapping van het middenkoor (1312-1315d). Dat geldt ook voor de zes gewelfsleutels, die wellicht deel uitmaakten van deze inrichting van het koor. Een vroeg-14de-eeuwse datering werd trouwens ook al door Didier overwogen op basis van de weergave van het prikspoor op de gewelfsleutel met de Beking van Paulus⁵⁵.

De dendrochronologische dateringen doen ook vragen rijzen over de bouwnaden in het bakstenen metselwerk van het noord- en het zuidkoor. Op basis van de bakstenen fundering die in 1902 halverwege het noordkoor werd aangetroffen, werd aangenomen dat zowel het noord- als het zuidkoor in hun eerste toestand tijdens de tweede helft van de 13de eeuw waren afgesloten door een vlakke oostmuur in baksteen. In dat geval zouden resten van steunberen op de zuidoost- en noordoosthoek moeten te zien zijn in de derde travee van het noord- en het zuidkoor. Met zijn rechtlijnig verloop in de smalle, ongeveer anderhalve baksteenstreekbrede muurdam tussen steunbeer en venster lijkt de bouwnaad in het zuidkoor alvast niet naar een vroegere steunbeer te verwijzen (fig. 17). In het metselwerk onder het venster van de derde travee van het noordkoor tekent zich tegen de westelijke steunbeer een bloktand in regelmatig Vlaams verband af, wat wijst op de voorziene aanzet van een derde travee (fig. 18). Het lijkt er dus op dat het hallenkoor van meet af aan in zijn huidige grootte was gepland, maar dat zich ter hoogte van de derde travee een onderbreking in de bouw heeft voorgedaan.

⁵⁴ Devliegher & Didier 1986, 11-13.

⁵⁵ *Ibidem*, 23.



FIG. 18 Derde travee van het noordkoor met bloktand onder het venster. 1: bakstenen metselwerk (28-29,5 x 13,5-14 x 6-6,5 cm, Vlaams verband), coherent met de rechtse steunbeer. 2: bakstenen metselwerk (25,5-26-27 x 11-12,5 x 6 cm, Vlaams verband), coherent met de linkse steunbeer. 3: jongere aanpassing, met hergebruikte bakstenen (?). 4: opvulling van een doorbreking (?) met bakstenen en hergebruikte natuursteenblokken, afkomstig van het parement van de weststoren. 5: bijgewerkte bakstenen van metselwerk behorend tot 2. 6: gedichte steigeraten.

Third bay of the northern choir with toothing underneath the window. 1: brick masonry (28-29,5 x 13,5-14 x 6-6,5 cm, Flemish bond), coherent with the buttress on the right. 2: brick masonry (25,5-26-27 x 11-12,5 x 6 cm, Flemish bond), coherent with the buttress on the left. 3: later intervention, with reused bricks (?). 4: infilling with bricks and reused stone blocks, taken from the facing of the western tower. 5: reworked bricks belonging to 2. 6: filled putlog holes.

Samenvattend geeft dit een andere fasering en datering van de bouw van het hallenkoor dan tot nu toe gangbaar was. Oorspronkelijk had de OLV-kerk een eenbeukig koor met een drizijdige apsis (1241-1242d) (fig. 14, geel). De bouw van een nieuw en veel groter koor volgens de opzet van de hallenkerk begon in het westen. Twee zijkoren werden langsheen het oude koor van de kerk gebouwd (fig. 14, blauw). Tussen 1291 en 1312 werden de werken echter gestaakt. Op dat moment waren de buitenmuren van het noord- en het zuidkoor twee traveeën ver gevorderd, met in het noordkoor al de aanzet van de derde travee (fig. 14, blauw). De twee traveeën van het zuidkoor waren toen al onder dak, die van het noordkoor, dat zoals Devlieghe aangaf mogelijk eerst met een stenen overwelling was voorzien, nog niet. Tussen de nieuw aangezette zijkoren stond het oude koor, nog steeds met de oorspronkelijke en nog niet verhoogde dakkap (1241-1242d) maar wellicht wel al met scheibogen uitgebroken in de langsmuren.

Tijdens de bouwonderbreking van 1291-1312 waren de westelijke traveeën van het zuidkoor afgesloten door een tijdelijke houten wand. Hiervan getuigen de twee stutbalken die zijn ingelaten op de hanenbalken van de vier oostelijke gespannen in de dakkap van het zuidkoor (fig. 19). Daarnaast bevinden zich grote uitstekende spijkers op de oostzijde van de sporen en hanenbalken van het gespan met telmerk 1, de laatste resten van de bevestiging van de houten wand tegen het gespan. Mogelijk was ook het noordkoor tijdens de bouwstop afgesloten door een tijdelijke houten wand, maar op de in één beweging opgetrokken en van na de bouwstop daterende dakkap zijn hier uiteraard geen sporen van te zien. De bakstenen fundering die in 1902 halverwege het noordkoor werd teruggevonden hoeft overigens geen volledige bakstenen afsluitmuur te impliceren; het kan ook de stevige onderbouw van een houten wand zijn geweest.

FIG. 19 Dakkap boven het zuidkoor. De twee op de hakenbalken ingelaten balken schraagden de verdwenen tijdelijke afsluiting van de twee westelijke traveeën van het zuidkoor.

Roof of the southern choir. The two beams tailed in the collars served as support for the vanished temporary wall closing off the two westernmost bays of the southern choir.



Na de onderbreking van de bouw tussen 1291 en 1312 werden de werken hervat volgens het geplande ontwerp. De drie koren kregen hun definitieve lengte en werden onder dak gebracht, ook de tot dan nog niet overdekte twee westelijke traveeën van het noordkoor. Het oude koor werd in één beweging verhoogd en verlengd, waarbij sporen uit de 13de-eeuwse dakkap werden hergebruikt in de nieuwe, hoger aangezette dakkap (fig. 14, groen).

Zoals meestal het geval was op middeleeuwse kerkelijke bouwwerken, werd dus ook in Damme het nieuwe (hallen)koor gebouwd rondom het eerste koor dat zo lang mogelijk onder de eerste dakkap bleef. Het bleef op die manier afgesloten van weer en wind en in gebruik voor het opdragen van de liturgie tijdens de bouw van het nieuwe hallenkoor.

6.2 Een bouwstop rond 1300?

Een verklaring voor de bouwstop van het hallenkoor wordt ons aangereikt door het dendrochronologische ‘gat’ van 1291-1312. In 1297 ontvlamde het conflict tussen Gewijde van Dampierre (1278-1305), graaf van Vlaanderen, en zijn leenheer Filips de Schone (1285-1314), koning van Frankrijk. Gealarmeerd door de alliantie tussen de graaf van Vlaanderen en de koning van Engeland Edward I (1272-1307) zond de koning van Frankrijk een troepenmacht uit naar Vlaanderen om er de Engels-Vlaamse bedreiging uit te schakelen⁵⁶. In het najaar van 1297 werd Damme, dat als havenstad een van de belangrijkste toegangspoorten tot het graafschap was, ingenomen door de Fransen die meteen begonnen met de aanleg van een omgrachting en ommuring rond de

stad (*circumfossari et murari*)⁵⁷. De Franse versterkingen waren nog onvoltooid toen Damme in december 1297 werd heroverd door Robrecht van Béthune (1305-1322), zoon van graaf Gewijde. Terwijl in januari 1298 de Fransen begonnen met de versterking van Brugge, liet Robrecht Damme beschermen met grachten, versterkingen en poorten (*fossata et munitiones et portas*)⁵⁸. Het is niet ondenkbeeldig dat die militaire infrastructuurwerken, zowel door de Fransen als de Vlamingen, de beschikbare bouwmaterialen (baksteen, natuursteen, bouwhout) hebben opgeslokt waardoor andere bouwwerken in Damme vertraging opliepen. Daarnaast zal ook het havenverkeer ernstig verstoord zijn geweest. In 1299 bekloegen de Bruggelingen zich over het in onbruik raken van hun haven⁵⁹, wat ze wijtten aan de versterkingen die in Damme waren opgeworpen en blijkbaar de commerciële scheepvaart deden stilvallen. De import van bouwhout uit het Maasland via het mondingsgebied van de grote rivieren naar de Zwinstreek zal hiervan wellicht ernstige hinder hebben ondervonden.

De nefaste invloed van militaire infrastructuurwerken op een andere gelijktijdige bouwverf blijkt inderdaad uit een eigentijdse geschreven bron uit Kortrijk. Tijdens het Vlaams-Franse conflict liet de Franse koning daar tussen 1297 en 1301 een burcht optrekken in het oude grafelijke domein, vlakbij de kapittelkerk van Onze-Lieve-Vrouw⁶⁰. In een verzoekschrift uit 1301 aan de Franse koning beklagde het O.-L.-Vrouwkapittel zich over de schade die het aan zijn patrimonium had opgelopen⁶¹. Meer bepaald wordt in het verzoekschrift vermeld dat bouwhout (*arborum meirenorum*) gelegen op het kapittel-domein – ongetwijfeld bestemd voor het nieuwe koor van de ka-

⁵⁶ Een eigentijds verslag van het Vlaams-Franse conflict zijn de zogenaamde *Annales Gandenses*, geschreven door een Gentse franciscaan in 1308-1310. Hier wordt de heruitgave uit 1985 van Johnstone (ed.) 1951 gebruikt.

⁵⁷ Johnstone (ed.) 1951, 5-6.

⁵⁸ *Ibidem*, 8.

⁵⁹ *Ibidem*, 10.

⁶⁰ Zoals ook vermeld in *Ibidem*, 16. Voor een overzicht van de opgravingen van de Franse burcht in Kortrijk, zie Despriet 2002.

⁶¹ Vanbossele 2003. De tekst werd eerder uitgegeven in De Cuyper 1963.

pittelkerk dat toen in aanbouw was – door de Fransen werd gebruikt voor de bouw van hun burcht. In Damme kunnen de werken aan het hallenkerk hernomen zijn geweest na 1305, toen met het verdrag van Athis-sur-Orge een einde kwam aan de gewapende vijandelijkheden.

7 Conclusies

De geïntegreerde aanpak van dendrochronologisch en bouw-historisch onderzoek leidt tot een herziene datering en fasering van het hallenkerk. Dankzij de berekening van spinhoutmarges werd een nauw tijdsinterval bekomen voor de opeenvolgende bouwactiviteiten, waardoor de OLV-kerk in een nieuw perspectief kan worden geplaatst, zowel wat de eigenlijke kerk als de toenmalige historische context betreft.

Het onderzoek toont aan dat het hallenkerk het resultaat is van één ontwerp dat echter met een bouwonderbreking werd uitgevoerd, en niet het resultaat van twee afzonderlijke ontwerpen. De nauw gedateerde bouwfasen van het hallenkerk hebben bovendien implicaties voor de datering van de westtoren en het schip van de kerk. Ervan uitgaand dat de bouw verliep van oost naar west, helt door de datering van het eerste koor (1241-1242d) de traditionele datering van schip en toren in het tweede kwart van de 13de eeuw over naar ca. 1250. Daarnaast is het Damse hallenkerk de eerste nauwkeurig gedateerde hallenkerk in het kustgebied, waar de bouwchronologie van tal van (hallen)kerken nog moet worden opgehelderd⁶². Ten slotte zijn de dendrochronologische dateringen van de kappen ook relevant voor de kennis van het oorspronkelijke interieur van de kerk. Uit het bouw-historisch onderzoek blijkt namelijk dat de acht apostelbeelden in de nissen van de muurstijlen van het middenkerk, en mogelijk ook de zes gewelfsleutels, behoren tot de oostelijke verlenging ervan, die we nu kunnen situeren tussen 1312 en 1315.

De bouwchronologie van het hallenkerk is ook te verbinden met de bloei en de lotgevallen van Damme als middeleeuwse havenstad. De bouw van het eerste koor (1241-1242d) valt samen met andere bouwactiviteiten in het zich dan snel ontwikkelende Damme, waar in 1241 toelating wordt gekregen voor de bouw van de halle en het Sint-Janshospitaal in 1249 voor het eerst wordt vermeld. De bouw van het zuidkerk (1283-1291d) van het hallenkerk volgt kort op de bouw van de ziekenzaal (1270-1285d) van het Sint-Janshospitaal. De bouw-historisch aanwijsbare en dendrochronologisch gedateerde onderbreking van de bouw van het hallenkerk tussen 1291 en 1312 kan worden verklaard door de Vlaams-Franse oorlog (1297-1305), waarin Damme als havenstad een strategische rol speelde. De versterkingen die rond de stad werden opgericht en de verstoring van de commerciële scheepvaart veroorzaakten een tijdelijke onbeschikbaarheid van bouw-materiaal voor het hallenkerk. Tussen 1312-1315 werd het volgens plan voltooide hallenkerk volledig onder dak gebracht, nochtans in een periode waarin zich volgens de literatuur het verval van Damme al had ingezet.

Een bouw-historische bevinding is ten eerste dat voor het Damse hallenkerk steeds, gedurende zo'n driekwart eeuw, werd vast-

gehouden aan het daktype van de sporenkap. Dit sluit aan op waarnemingen in Brugge, waar sporenkappen van het type dat in Damme werd aangetroffen, lange tijd in gebruik blijven naast meer 'moderne' types van dakkappen⁶³. Ook in de keuze van het bouwhout is een zekere uniformiteit op te merken. Niet alleen het oorsprongsgebied van het geïmporteerde eikenhout blijft grofweg hetzelfde, maar ook de dimensies van de sporen en hakenbalken zijn relatief stabiel. Enkel in de kap boven de twee westelijke traveeën van het middenkerk werden sporen aangetroffen met een duidelijk bredere, vierkante sectie.

Dankzij de dendrochronologische dateringen en het nauwe verband tussen de dakkappen en het onderliggende metselwerk in baksteen, beschikken we voor het Damse hallenkerk over nauw gedateerde baksteenformaten en metselverbanden. Die vormen aldus chronologische ijkingspunten voor verder onderzoek naar de bouwtechniek van middeleeuwse baksteenarchitectuur.

Op methodologisch vlak ten slotte blijkt dat verschillende sequenties van telmerken in dakkappen niet altijd hoeven te wijzen op chronologisch afgescheiden bouwfasen. Net zoals in het Damse hallenkerk kan het ook gaan om bouwkundig afgescheiden maar wel gelijktijdige fasen in de oprichting van een dakkap. Een gelijkaardige bedenking gaat ook op voor bouwmaterialen. De materiaalverschillen in het Damse hallenkerk houden geen verband met twee afzonderlijke ontwerpen, maar getuigen eerder van de dynamiek van een bouw-werf, die soms afhankelijk was van onvoorziene externe gebeurtenissen.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar Dhr. Arsène Desutter om dit onderzoek mogelijk te maken, Dirk Van Eenhooge voor de aanvullende informatie over middeleeuwse dakkappen in en rond Brugge als ook Kris Vandevorst en Hans Denis voor de fotografie.

Summary

Bricks and tree-rings. A refined building chronology for the hall choir of the Church of Our Lady in Damme (prov. of West Flanders)

The Church of Our Lady (CoOL) in Damme is a key-monument in the history of late medieval brick architecture in Flanders (fig. 1). From the late 12th century onwards, Damme became one of the most important harbours in the county of Flanders. Its convenient location along the Zwin, a natural channel connecting Damme with the open sea, was the basis for its economic significance. Especially during the 13th and 14th centuries, the town served as the outport for Bruges, at that time one of the most important trading cities north of the Alps.

Previous research had already revealed the long and complex building history of the church (fig. 2). The oldest parts are the 13th-century western tower and the ruinous nave of the church, deprived of its side aisles and roof in the 18th century. The choir of the church has long since been considered the oldest of all the numerous hall churches in coastal Flanders. It consists of

⁶² Wat door Jacques Thiébaud ook wordt opgemerkt voor de laatmiddeleeuwse hallenkerken in Frans-Vlaanderen, Thiébaud 2002, 30.

⁶³ Van Eenhooge 2009.

a central choir flanked by two slightly less elevated and almost equally wide choirs to the north and south. Clear differences in the finishing of architectural elements and the choice of building materials can be observed between the westernmost two and the three eastern bays (fig. 3). Also, in each of the roof constructions of the three choirs, two series of carpenter's marks can be observed on the rafters and collar beams, with the caesura located between the 2nd and 3rd bay (appendix 1). In a traditional interpretation, this is explained as the result of two distinct and consecutive designs, the first being the addition of the northern and southern choir to the older central choir, the second being the extension of the entire choir towards the east, thus giving the choir its definitive size.

A detailed study of the different building materials and typological observations (appendix 2) show the close connection between the roof constructions and the underlying masonry. Therefore the roofs of the CoOL became the subject of a dendrochronological analysis in order to date and reconstruct the historical building activities. The roofs themselves are of the type of common rafter roofs. There are only small typological differences between the different roofs of the CoOL. The two types of rafters that were encountered in the roof of the central choir are remarkable. Above the westernmost two bays, a striking alternation between rafters with a squared and a rectangular cross-section was observed (figs 5 & 6). Furthermore, open joints on the rafters with a squared section echo the former presence of collar beams and ashlars.

In total, 64 increment cores (fig. 7) were taken from across the roofs of the CoOL (appendix 1 & 3). On only three rafters, the bark was still attached. Furthermore, 30 increment cores included partly preserved sapwood (fig. 8). All measured tree-ring series were cross-dated and grouped into nine object chronologies. Eight of them could be dated (figs 9 & 11), using European oak chronologies (table 1) and the 'traditional' sapwood estimates for central Europe (fig. 10, table 3). The felling date for the roof above the two westernmost bays, corresponding to the first series of carpenter's marks, was set between autumn 1241 and spring 1242. However, this dating result only applies to the rafters with a squared section. The roof above the two westernmost bays above the southern aisle was dated to between 1283 and 1298 AD. This means that at least 42 years passed between the construction of the roof on the central choir and the first phase of the roof of the southern choir. All other chronologies, representing the roofs of the northern choir, three bays of the southern choir and the whole central choir, have been dated to between 1299 and 1337 AD. Also included within this range is the felling date for the rafters with a rectangular section in the central choir. As the ranges of the sapwood estimates for the different roofs overlap, it is impossible to arrange the felling events in chronological order. Nevertheless, it is clear that all these roofs were built at least some years after the construction of the roof of the first phase of the southern choir.

The dendrochronological analyses also provided more details about the provenance of the construction timbers. The highest correlation values were found with reference chronologies from southern Belgium (table 2). More specifically, chronologies covering the catchment area of the river Meuse displayed the highest agreement with the measured tree-ring series. From historical written sources it is known that timbers were tied together as a raft and then floated towards the coast and local timber markets

along the river Meuse. On some of the timbers from the roofs of the CoOL, particular perforations can be seen (fig. 12). These so-called rafting joints were used to tie the timbers together with ropes or twine. They demonstrate that the oak trunks had been fashioned into beams before they were floated, otherwise these rafting joints would have vanished or only be partly preserved when they were shaped into rafters during the construction of the roofs in Damme. Furthermore, some trade marks (fig. 13), left by merchants, could also be observed.

The results of the dendrochronological analysis forced us to have a more detailed look at the masonry and constructive layout of the church in order to gain a better understanding of the consecutive construction phases. The combined efforts of the dendrochronological and building historical research resulted in a refined interpretation of the building chronology (fig. 14). It is clear that the rafters with a squared section in the roof of the central choir above the two westernmost bays represent the oldest phase of the hall choir. They were probably part of the mid 13th-century roof that covered the church. Some older carpenter's marks on these rafters are no longer in mounting order, suggesting that the rafters were reused during the construction of the roof that was constructed on the elevated central choir during a later building campaign. During a second building campaign, at least 42 years later, a roof was constructed above the two western bays of the southern choir (between 1283 and 1291). After this point, the dendrochronological evidence cannot provide more detailed information about the chronological order of the building activities on the remaining roofs. However, it can be tested whether the timbers of which at least part of the sapwood is preserved belong to one coeval building phase. This hypothesis was modelled and computed in OxCal (v4.1.3) and the statistical analysis demonstrated that the roofs on the northern choir, the easternmost part of the central choir and the southern choir are indeed coeval. This also includes the rafter with a rectangular section in the roof of the two westernmost bays of the central choir. When all dating results and sapwood estimates are combined into one model, the felling date for the timbers can be narrowed down to the interval 1312-1315 AD (fig. 15).

Both the interruption in the construction of the roofs between 1291 and 1312 and the possible synchronism of the roofs built after 1312 are paralleled by observations regarding the constructive features of the roofs and the brick masonry of the hall choir. The three roofs are very similar in their construction, with the roof above the northern choir being in fact entirely constructively uniform, despite the two groups of carpenter's marks. Inside the hall choir, the heightening in brick of the stone walls of the central choir is structurally coherent with the brick walls of the eastern extension (fig. 3), a finding that is in accordance with the dendrochronological analyses. A simultaneous heightening and extension of the central choir is also suggested by the placing of the tie beams and wall posts supporting the wooden barrel vault. Hence, the dating of the eight wooden sculptures of the Apostles (fig. 4a-b) against the wall posts around 1270 is no longer tenable. Instead, their execution has to be linked to the covering of the central choir (1312-1315d). The six vaulting keys (fig. 4c) probably belong to this phase as well.

The interruption in the construction of the hall choir, as suggested by the dendrochronological analyses, is likewise indicated by peculiarities in the brick masonry. A building joint in the

third bay of the southern choir (fig. 17) does not, contrary to the traditional building chronology of the hall choir, indicate the buttress of a former brick wall but rather an interruption of the building of the entire southern choir. Moreover, the masonry of the third bay of the northern choir shows toothing (fig. 18), indicating that the hall choir was planned in its present dimensions from the start.

As a result, a new dating and phasing of the construction of the hall choir of Damme is in order. Building started on the western side, with two new choirs added to the north and south of the first choir (1241-1242d) of the CoOL. When construction was interrupted between 1291 and 1312, both new choirs only had their two westernmost bays completed. Those of the northern choir were without roof, the two bays of the southern choir on the other hand were already covered and closed off on the eastern side by a temporary wooden wall, as indicated by traces in the current roof (fig. 19). At that time the central choir was still the first choir, not yet heightened and still with its original roof. This situation explains the presence of a cantilever at the northern side of the two westernmost bays of the southern choir (fig. 16), necessary to support the roof of the southern choir.

When building activities resumed after the interruption of 1291-1312, the entire hall choir was extended towards the east, with the central choir simultaneously heightened and extended. The old choir of the church thus remained in use for as long as possible during the construction of the new choir surrounding it.

An explanation for the interruption in the construction of the hall choir is suggested by the dendrochronological gap of 1291-1312. In 1297, an armed conflict broke out between the King of France and the Count of Flanders. As one of the main gateways

to Flanders from overseas as well as the outpost of the rebellious city of Bruges, Damme was alternately seized by the French and the Flemish, both fortifying the town with ditches, walls and gates. These military works must have consumed a considerable amount of building materials, thus causing the construction of other buildings in Damme, such as the hall choir of the CoOL, to be interrupted.

The renewed dating and phasing of the construction of the hall choir, especially of the first choir (1241-1242d), does have its consequences for the dating of the western tower and the nave of the church. Their traditional dating to 1225-1250 now leans towards the mid 13th century. The dates and phasing also closely relate to the history of the town of Damme itself. The construction of the first choir (1241-1242d) of the CoOL coincides with the construction of the market hall (1241) and the first written mention of St John's Hospital (1249). The construction of the western bays of the southern choir (1283-1291d) is almost contemporary with the building of the sick ward of the hospital (1270-1285d). The extension and completion of the hall choir (1312-1315d) on the other hand was achieved at a time when prosperity in Damme was declining.

From a methodological point of view, the investigation of the hall choir of the CoOL shows that carpenter's marks may indicate different directions in the construction of a roof, but not necessarily chronologically different phases of construction. The same can be stated for differences in building materials and architectural detailing. In Damme, these are not the result of two separate architectural designs, but rather an illustration of the dynamics of a building site subject to sometimes unpredictable external events.

Bibliografie

- BAILLIE M.G.L. 1982: *Tree-Ring Dating and Archaeology*, Chicago.
- BAILLIE M.G.L. & PILCHER J.R. 1973: A simple crossdating program for tree-ring research, *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.
- BERGMANS A. 1998: *Middeleeuwse muurschilderingen in de 19de eeuw. Studie en inventaris van middeleeuwse muurschilderingen in Belgische kerken*, KADOC Artes 2, Leuven.
- BERNARD V. 1998: *L'homme, le bois et la forêt dans la France du Nord entre le Mésolithique et le Haut Moyen-Âge*, BAR International Series 733, 1-190.
- BRONK RAMSEY C. 2009: Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon* 51.1, 337-360.
- COLES J.M. 2006: Ancient wood, woodworking and wooden houses, *euroREA, Journal for (Re) construction and experiment in archaeology* 3, 50-57.
- COOK E.R. & KAIRIUKSTIS L.A. 1990: *Methods of dendrochronology*, Dordrecht - Boston - London.
- COOMANS TH. 2007a: L'art «scaldien»: origine, développement et validité d'une école artistique? In: NYS L. & VANWIJNSBERGHE D. (dir.), *Campin in Context. Peinture et société dans la vallée de l'Escaut à l'époque de Robert Campin 1375-1445* (Actes du Colloque international organisé par l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, l'Institut royal du Patrimoine artistique/ Koninklijke Instituut voor het Kunstpatrimonium et l'Association des Guides de Tournai, Tournai 30 mars-1er avril 2006), Valenciennes- Bruxelles-Tournai, 15-30.
- COOMANS TH. 2007b: Belfries, Cloth Halls, Hospitals, and Mendicant Churches: A New Urban Architecture in the Low Countries around 1300. In: GAJEWSKI A. & OPACIC Z. (eds), *The Year 1300 and the Creation of a New European Architecture*, Architectura Medii Aevi 1, Turnhout, 185-202.
- DARRAH R. 1982: Working unseasoned oak. In: MCGRAIL S. (ed.), *Woodworking techniques before 1500*, BAR International Series 129, 219-228.
- DE CUYPER J. 1963: Aantekeningen in verband met het eerste kasteel van Kortrijk, *Handelingen van het Genootschap voor Geschiedenis gesticht onder de benaming Société d'Émulation te Brugge* 100.1-3, 85-89.
- DE JONGHE M. 2005: Damme, Sint-Janshospitaal. In: BUYLE M. & DEHAECK S. (eds), *Architectuur van Belgische hospitalen*, M&L Cahier 10, Brussel, 134-137.
- DESPRIET P. 2002: *Kortrijk 1302. De koninklijke dwangburcht, van het ontstaan als grafelijk castrium tot de sloping en verkaveling (1415-1429)*, Archeologische en historische monografieën van Zuid-West-Vlaanderen 50, Kortrijk.
- DEVLIEGHER L. 1954: De opkomst van de kerkelijke gotische bouwkunst in West-Vlaanderen gedurende de XIIIe eeuw, *Bulletin van de Koninklijke Commissie voor Monumenten en Landschappen* 5 en 7, 179-345.
- DEVLIEGHER L. 1956: De opkomst van de kerkelijke gotische bouwkunst in West-Vlaanderen gedurende de XIIIe eeuw, *Bulletin van de Koninklijke Commissie voor Monumenten en Landschappen* 5 en 7, 7-121.
- DEVLIEGHER L. 1971: *Damme*, Kunstpatrimonium van West-Vlaanderen 5, Tielt-Utrecht.
- DEVLIEGHER L. & DIDIER R. 1986: *Dertiende-eeuwse houtsculptuur in de Onze-Lieve-Vrouwekerk te Damme*, Damme.
- DEVOS P. 1976: *Onderzoek van het koor van de Sint-Walburgakerk te Oudenaarde. Bijdrage tot de studie van de hallekerk in Vlaanderen, met een voorstudie over het ontstaan van Oudenaarde*, Oudenaarde.

DE VRIES D.J. 1994: *Bouwen in de late Middeleeuwen: Stedelijke architectuur in het voormalige Over- en Nedersticht*, Utrecht.

DUCLOS A. 1910: *Bruges, histoire et souvenirs*, Brugge.

ECKSTEIN D. & BAUCH J. 1969: Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit, *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88, 230-250.

ECKSTEIN D., BAILLIE M.G.L. & EGGER H. 1984: Dendrochronological dating, *Handbooks for Archaeologists*, No. 2, Strasbourg.

ECKSTEIN D. & WROBEL S. 2007: Dendrochronological proof of origin of historic timber - retrospect and perspectives. In: HANECA K., VERHEYDEN A., BEECKMAN H., GÄRTNER H., HELLE G. & SCHLESER G.H. (eds), *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Volume 5. Proceedings of the Dendrosymposium 2006, April 20th-22nd, Tervuren, Belgium, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt* 74, Jülich, 8-20.

EISSING T. 2009: *Kirchendächer in Thüringen und dem südlichen Sachsen-Anhalt. Dendrochronologie - Flösserei - Konstruktion*, Arbeitsheft des Thüringischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie, Erfurt.

ESTHER J. 1997: De Scheldestreek (en) Kustgotiek. In: BUYLE M., COOMANS TH., ESTHER J. & GENICOT L.F., *Gotische architectuur in België*, Tielt, 47-64.

FEUILLAT F., DUPOUEY J.L., SCIAMA D. & KELLER R. 1997: A new attempt at discrimination between *Quercus petraea* and *Quercus robur* based on wood anatomy, *Canadian Journal of Forest Research* 27, 343-351.

HANECA K., ČUFAR K. & BEECKMAN H. 2009: Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe, *Journal of Archaeological Science* 36.1, I-II.

HASLINGHUIS E.J. & JANSE H. 2005⁵: *Bouwkundige termen. Verklarend woordenboek van de westerse architectuur- en bouwhistorie*, Leiden.

HOFFSUMMER P. 1995: *Les charpentes de toiture en Wallonie, typologie et dendrochronologie (XIe-XIXe siècle)*, Études et documents, Monuments et sites, Namur.

HOFFSUMMER P. (ed.) 2002: *Les charpentes du XIe au XIXe siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Cahiers du Patrimoine 62, Paris.

HOFFSUMMER P. 2007: The evolution of roofing in Northern France and Belgium from the 11th to the 18th century as revealed by dendrochronology. In: HANECA K., VERHEYDEN A., BEECKMAN H., GÄRTNER H., HELLE G. & SCHLESER G.H. (eds), *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Volume 5. Proceedings of the Dendrosymposium 2006, April 20th-22nd, Tervuren, Belgium, Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt* 74, Jülich, 21-27.

HOFFSUMMER P. (ed.) 2009: *Roof frames from the 11th to the 19th century: Typology and development in Northern France and in Belgium. Analysis of CRMH documentation*, Architectura Medii Aevi 3, Turnhout.

HOLLSTEIN E. 1980: *Mitteleuropäische Eichenchronologie*, Trierer dendrochronologische Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte II, Mainz am Rhein.

HOSTE H. 1917: *Vlaamsche bouwkunst. Baksteen-architectuur*, Amsterdam.

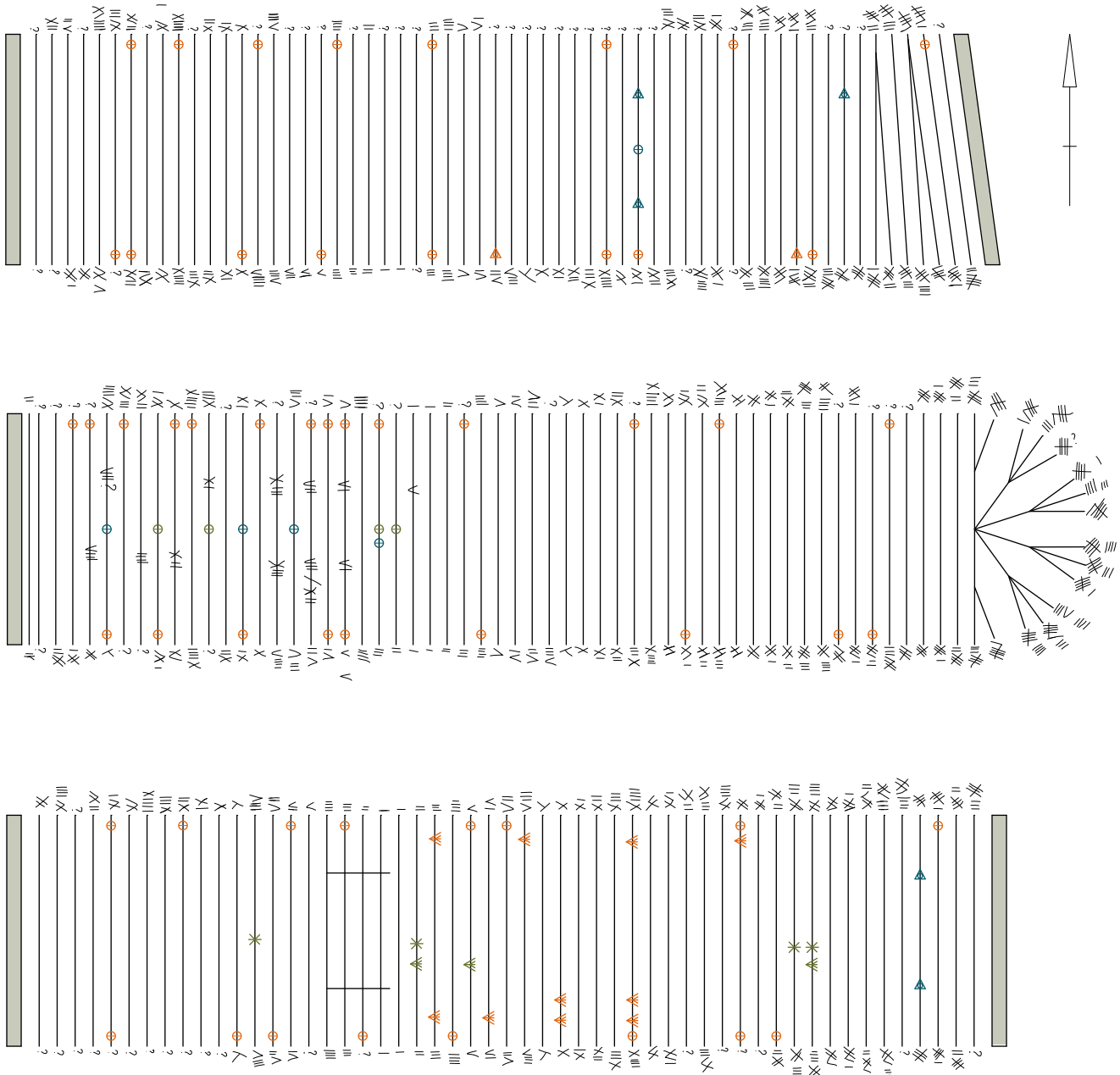
HOSTE H. 1956: *Damme*, Antwerpen.

HOUBRECHTS D. 2008: *Le logis en pan-de-bois dans les villes du bassin de la Meuse moyenne*, Dossier de la Commission royale des monuments, sites et fouilles, Liège.

- JANSE H. & DEVLIEGHER L. 1962: Middeleeuwse bekappingen in het vroegere graafschap Vlaanderen, *Bulletin van de Koninklijke Commissie voor Monumenten en Landschappen* 13, 301-380.
- JANSMA E. 1992: Dendrochronological methods to determine the origin of oak timber: A case study on wood from 's-Hertogenbosch, *Helinium* XXXII.1-2, 195-214.
- JOHNSTONE H. (ed.) 1951: *Annales Gandenses - Annals of Ghent*, Oxford.
- LEMAIRE R., GEPTS G., D'ARSCHOT PH., VANBESELAERE W., DE PAUW-DE VEEN L., FAIDERFEYTMANS G. & BAUDOUIN P. 1963: *Gids voor de kunst in België*, Utrecht-Antwerpen.
- LEURS S. 1942: *Monumenten van Vlaamsche bouwkunst*, Brugge.
- MILES D. 2006: Refinements in the interpretation of tree-ring dates for oak building timbers in England and Wales, *Vernacular Architecture* 37, 84-96.
- MILLARD A. 2002: A Bayesian approach to sapwood estimates and felling dates in dendrochronology, *Archaeometry* 44.1, 137-143.
- NOWÉ H. 1952: *Het streven van Gent naar de zee (XIIIe-XIXe eeuw)*, Handelingen der Maatschappij voor Geschiedenis en Oudheidkunde te Gent. Nieuwe reeks 6, 21-41.
- ROLLAND P. 1939: L'architecture et la sculpture gothiques. In: FIERENS P. (dir.), *L'art en Belgique du Moyen Âge à nos jours*, Brussel, 45-90.
- SOSSON J.P. 1977: *Les travaux publics de la ville de Bruges, XIVe-XVe siècles. Les matériaux. Les hommes*, Coll. Histoire Pro Civitate, Brussel.
- SOSSON J.P. 1994: À propos du commerce du bois dans les anciens Pays-Bas méridionaux aux XIVe et XVe siècles. In: BILLEN C. & VANRIE A. (eds), *Bronnen voor de bosgeschiedenis in België/Les sources de l'histoire forestière de la Belgique*, Brussel, 203-210.
- TERMOTE J. 1985: Het ontstaan en de stadsontwikkeling van Damme. In: WELVAERT F. & DIE-RICKX-VISSCHERS F. (reds), *2000 jaar Zwinstreek*, Knokke, 102-111.
- THIÉBAUT J. 2002: Les Hallekerken de la Flandre Maritime française et leur place dans l'architecture religieuse médiévale, *Flandria Maritima* 1, 13-31.
- VANBOSSELE J. 2003: Is een castrum een burcht?, *De Leiegouw* 45.2, 199-204.
- VAN DE WALLE A.L.J. 1972: *De gotiek in België*, Brussel.
- VAN EENHOOGHE D. 2009: De middeleeuwse sporenkappen van de Onze-Lieve-Vrouwekerk in Brugge, *Monumenten, Landschappen & Archeologie* 28.2, 21-45.
- VAN TUSSENBROEK G. 2008: Geheimschrift in oude constructies. Amsterdam en de internationale houthandel in de 17de en 18de eeuw, *Nieuwsbrief Stichting Bouwhistorie Nederland* 45, 37-51.
- VERHAEGEN P. 1900: Troisième journée. Mercredi 29 août 1900. Bruges - Damme - Vyve-Capelle, *Gilde de Saint-Thomas et de Saint-Luc. Bulletins des Séances* 13, 90-104.

BIJLAGE I

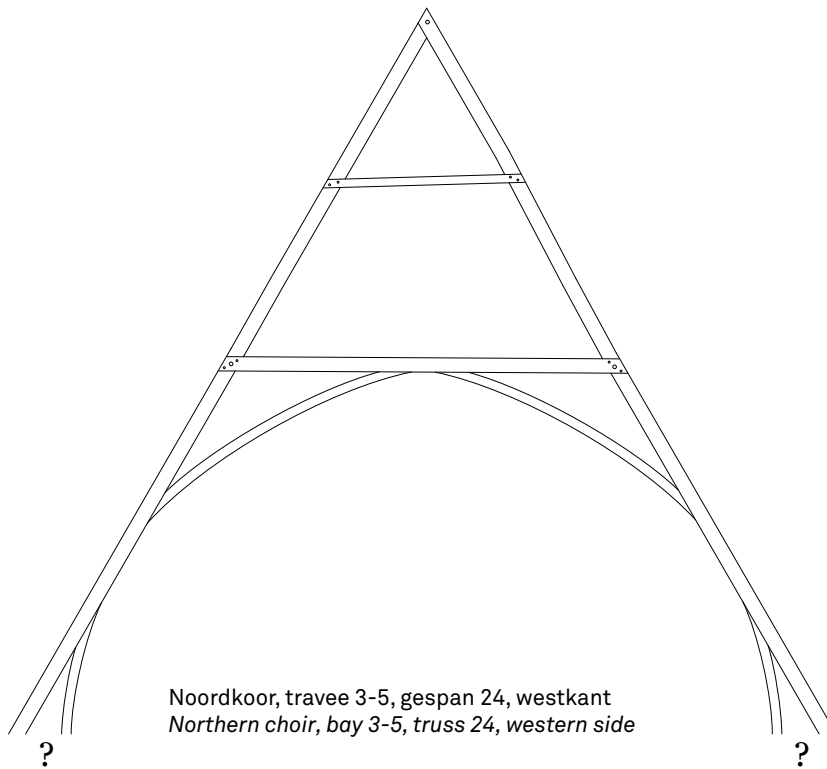
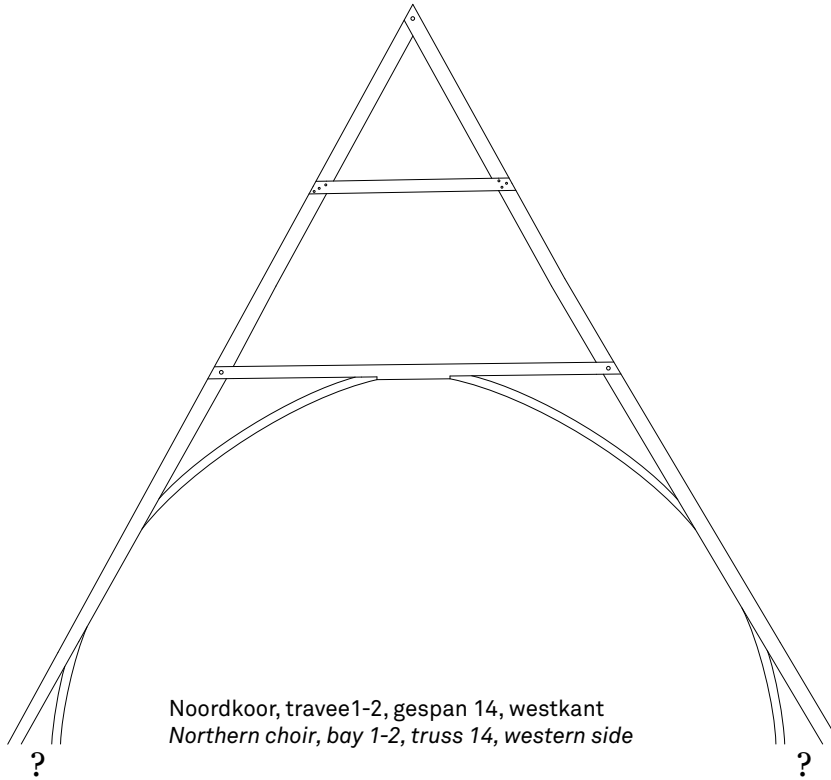
Schematisch overzicht van de dakkappen van het hallenkoor van de Onze-Lieve-Vrouwerk in Damme, met aanduiding van telmerken, handelsmerken, andere merken, vlotverbindingen en de locaties van de monsternamen voor het dendrochronologisch onderzoek.
Simplified plan of the roofs of the Church of Our Lady in Damme, with the exact location of carpenter's, trade and undefined marks, rafting joints and the sampling spots for the dendrochronological analysis.

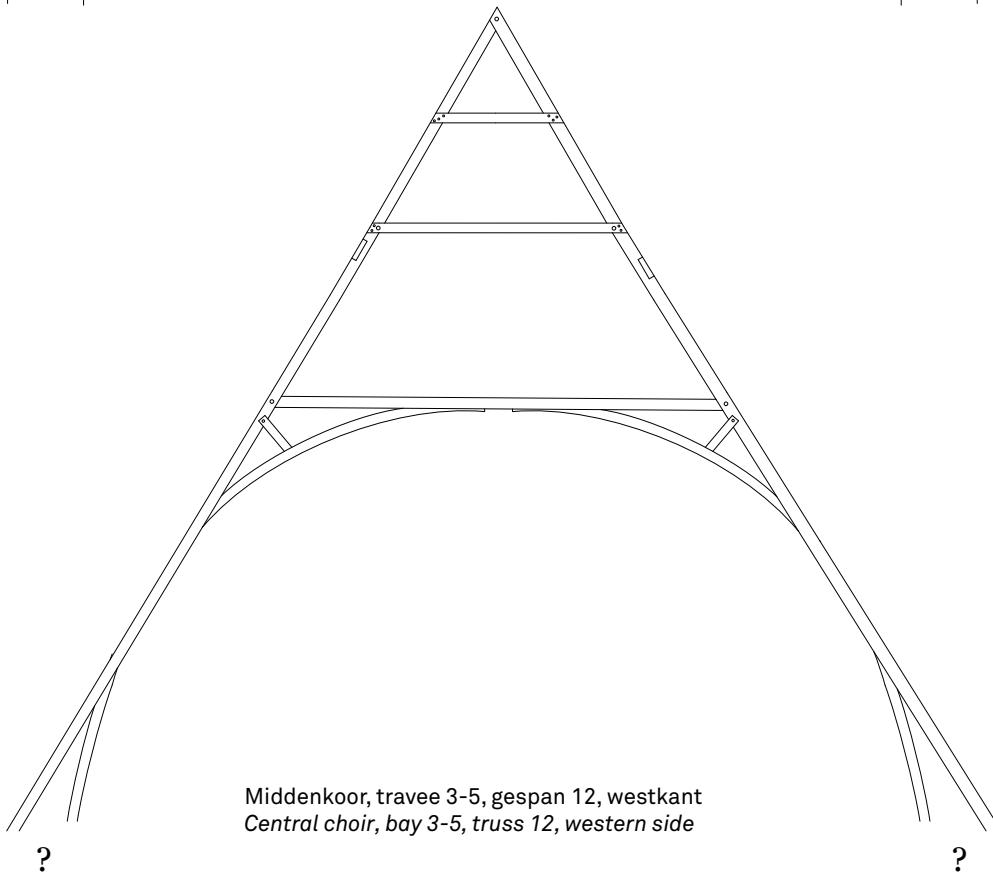
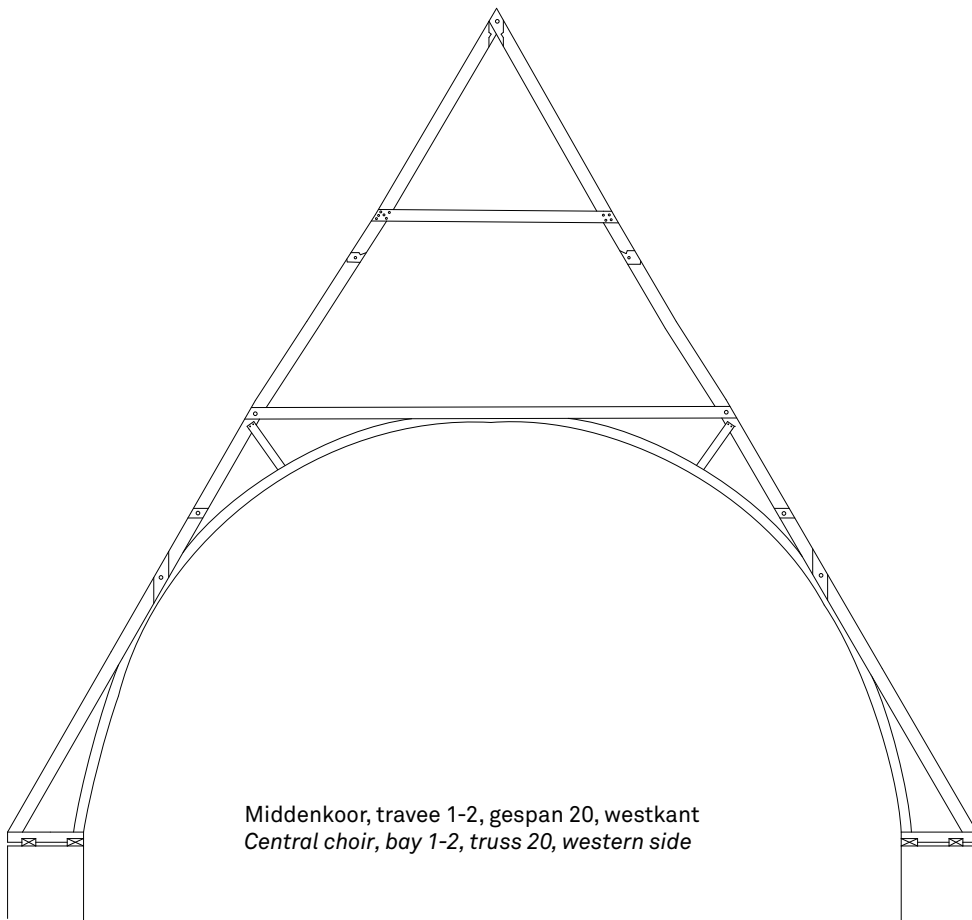


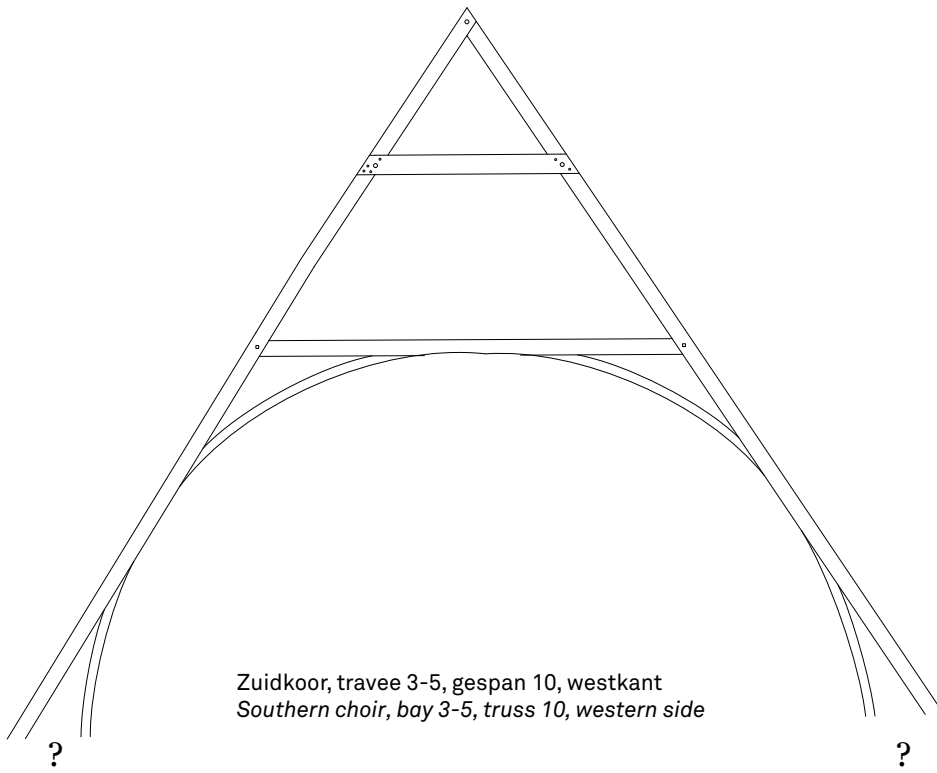
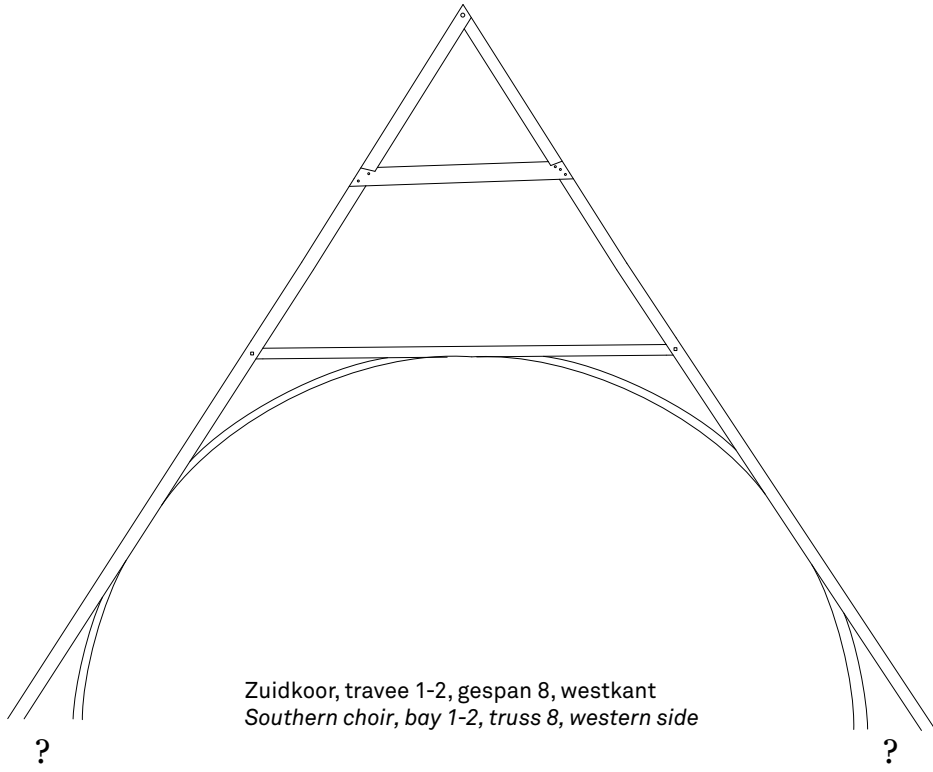
LEGENDE	
△	vlotverbinding rafting joint
▽	vlotmerk trade mark
×	ander merk (geen telmerk) other mark (no assembly mark)
⊙	monster voor dendrochronologisch onderzoek sample for dendrochronological analysis
oranje	locatie: spoor
orange	location: rafter
blauw	locatie: onderste hanenbalk
blue	location: first collar
groen	locatie: bovenste hanenbalk
green	location: second collar
?	telmerk niet leesbaar
?	assembly mark not accessible

BIJLAGE 2

Opstanden van de gespannen van beide fasen van de drie dakkappen van het hallenkoor.
Elevations of the trusses of both phases of the three roofs of the hall-choir.







BIJLAGE 3

Overzicht van onderzochte boorkernen en hun exacte locatie in de kap, met vermelding van het totale aantal opgemeten groeiringen, het aantal spintringen en de aanwezigheid van merg en/of schors.

Overview of the dendrochronological samples and their exact location in the roofs, with the indication of the total number of measured tree rings, the number of sapwood rings and the presence of pith and/or bark.

Dendro-code	Aantal ringen	Spintringen	Schors	Merg*	Element	Middelcurve
Noordkeizer, travee 1-2 (23 sporenparen)						
DAM.01	163	6	-	+	sporenpaar 4, spoor, noord	
DAM.02	134	13	-	+	sporenpaar 9, spoor, noord	DAM.m1
DAM.03	172	2	-	+(3)	sporenpaar 14, spoor, noord	
DAM.04	140	11	-	+(5)	sporenpaar 17, spoor, noord	DAM.m1
DAM.05	134	5	-	+(3)	sporenpaar 18, spoor, zuid	DAM.m1
DAM.06	102	0	-	-	sporenpaar 17, spoor, zuid	
DAM.07	91	14	-	+	sporenpaar 10, spoor, zuid	DAM.m1
DAM.08	155	24	-	-	sporenpaar 5, spoor, zuid	DAM.m1
Noordkeizer, travee 3-5 (37 sporenparen)						
DAM.09	172	10	-	-	sporenpaar 3, spoor, noord	DAM.m2
DAM.10	180	-	-	-	sporenpaar 14, spoor, noord	DAM.m2
DAM.11	161	10	-	-	sporenpaar 22, spoor, noord	DAM.m2
DAM.12	189	16	-	-	sporenpaar 36, spoor, noord	
DAM.13	200	15	-	-	sporenpaar 27, spoor, zuid	DAM.m2
DAM.14	128	-	-	-	sporenpaar 16, spoor, zuid	
DAM.15	159	-	-	-	sporenpaar 14, spoor, zuid	DAM.m2
DAM.16	193	6	-	-	sporenpaar 3, spoor, zuid	DAM.m2
DAM.64	178	26	+	+(5)	onderste hanenbalk, sporenpaar 16 (met schors en twee vlotverbindingen)	
Middenkeizer, travee 1-2 (23 sporenparen)						
Sporen met vierkante sectie						
DAM.17	82	15	-	-	sporenpaar 19, spoor, zuid	DAM.m6
DAM.19	186	28	-	-	sporenpaar 11, spoor, zuid	DAM.m6
DAM.20	82	-	-	-	sporenpaar 5, spoor, zuid	DAM.m6
DAM.21	125	10	-	+	sporenpaar 20, spoor, noord	DAM.m6
DAM.23	93	12	-	+(5)	sporenpaar 5, spoor, noord	DAM.m6
DAM.60	103	-	-	+(5)	sporenpaar 15, spoor, noord	DAM.m6
DAM.61	63	14	+	-	sporenpaar 22, spoor, noord	
DAM.62	100	30	+	+(5)	sporenpaar 3, spoor, noord	DAM.m6
DAM.63	47	13	+	+(3)	sporenpaar 7, spoor, noord	
Sporen met rechthoekige sectie						
DAM.18	79	-	-	-	sporenpaar 16, spoor, zuid	
DAM.22	71	-	-	-	sporenpaar 10, spoor, noord	DAM.m5
DAM.56	86	7	-	-	sporenpaar 6, spoor, noord	DAM.m5
DAM.57	103	-	-	-	sporenpaar 14, spoor, noord	DAM.m5
DAM.58	134	-	-	-	sporenpaar 18, spoor, noord	DAM.m5
DAM.59	84	-	-	-	sporenpaar 6, spoor, zuid	DAM.m5

Dendro-code	Aantal ringen	Spinringen	Schors	Merg*	Element	Middelcurve
Bovenste hanenbalken						
DAM.24	58	-	-	-	sporenpaar 16, bovenste hanenbalk	
DAM.25	64	-	-	+ (3)	sporenpaar 13, bovenste hanenbalk	DAM.m8
DAM.26	76	-	-	+ (3)	sporenpaar 2, bovenste hanenbalk	DAM.m8
DAM.27	73	-	-	+ (5)	sporenpaar 3, bovenste hanenbalk	DAM.m8
Onderste hanenbalken						
DAM.28	24	-	-	-	sporenpaar 19, onderste hanenbalk	
DAM.53	89	5	-	-	sporenpaar 8, onderste hanenbalk	DAM.m7
DAM.54	41	-	-	-	sporenpaar 11, onderste hanenbalk	
DAM.55	74	-	-	-	sporenpaar 3, onderste hanenbalk	DAM.m7
Middenkoor, travee 3-5 (33 sporenparen)						
DAM.29	72	-	-	+ (3)	sporenpaar 3, spoor, noord	
DAM.30	39	-	-	-	sporenpaar 13, spoor, noord	
DAM.31	101	-	-	+ (5)	sporenpaar 18, spoor, noord	
DAM.32	142	-	-	-	sporenpaar 28, spoor, noord	DAM.m9
DAM.33	41	-	-	-	sporenpaar 4, spoor, zuid	
DAM.34	39	-	-	-	sporenpaar 16, spoor, zuid	
DAM.35	51	-	-	-	sporenpaar 25, spoor, zuid	
DAM.36	150	9	-	-	sporenpaar 27, spoor, zuid	DAM.m9
Zuidkoor, travee 1-2 (20 sporenparen)						
DAM.37	97	-	-	-	sporenpaar 16, spoor, noord	
DAM.38	119	23	-	+ (5)	sporenpaar 12, spoor, noord	DAM.m3
DAM.39	40	-	-	-	sporenpaar 6, spoor, noord	
DAM.40	155	3	-	-	sporenpaar 3, spoor, noord	DAM.m3
DAM.41	91	6	-	-	sporenpaar 16, spoor, zuid	DAM.m3
DAM.42	107	2 (+ 5)	-	-	sporenpaar 9, spoor, zuid	DAM.m3
DAM.43	101	-	-	-	sporenpaar 7, spoor, zuid	DAM.m3
DAM.44	67	18	-	-	sporenpaar 2, spoor, zuid	
Zuidkoor, travee 3-5 (33 sporenparen)						
DAM.45	92	2	-	-	sporenpaar 5, spoor, noord	DAM.m4
DAM.46	104	-	-	+	sporenpaar 7, spoor, noord	DAM.m4
DAM.47	134	-	-	+	sporenpaar 20, spoor, noord	DAM.m4
DAM.48	100	-	-	-	sporenpaar 31, spoor, noord	DAM.m4
DAM.49	37	9	-	-	sporenpaar 4, spoor, zuid	
DAM.50	94	-	-	-	sporenpaar 14, spoor, zuid	DAM.m4
DAM.51	101	-	-	+	sporenpaar 20, spoor, zuid	DAM.m4
DAM.52	65	-	-	-	sporenpaar 22, spoor, zuid	DAM.m4

* Indien het merg net niet werd aangeboord, wordt een schatting van het aantal ringen tot aan het merg tussen haakjes vermeld.