

# VOORKOMEN VAN AANTASTING EN DEGRADATIE VAN BIOBASED MATERIALEN EN CONSTRUCTIES

De afgelopen jaren is het bouwen met biobased materialen duidelijk in opkomst. Op zich een logische en goede ontwikkeling. De toepassing van biobased materialen heeft echter ook een nadrukkelijke keerzijde: ze zijn veelal biologisch afbreekbaar en daarmee kwetsbaar voor de inwerking van bijvoorbeeld vocht, schimmels en insecten, zonlicht en erosie. De bouwfysicus heeft een belangrijke rol in het ontwerp en de beoordeling van constructies die zijn opgebouwd uit biobased materialen. Door ABT is in de afgelopen periode een uitgebreid literatuuronderzoek uitgevoerd naar de bouwfysische aspecten en recent onderzoek op het gebied van biobased bouwen. Hieruit blijkt dat wereldwijd redelijk wat aandacht is voor dit onderwerp. De kennis(-ontwikkeling) van toepassingen van hout en houtconstructies loopt hierbij voorop, maar veel is nog onbekend en in ontwikkeling. Om biobased constructies “veilig” te kunnen toepassen zijn 10 spelregels opgesteld.



ir. P. (Parella) Loussos,  
ABT BV, Delft

## WAT IS ANDERS BIJ BIOBASED MATERIALEN EN BOUWEN

Op dit moment mag de bouw zich verheugen in een nadrukkelijke aandacht voor en opleving van biobased materialen. De aandacht voor bijvoorbeeld het bouwen in hout is duidelijk actueel, maar ook materialen zoals vlas en bamboe worden steeds meer gebruikt. We staan hiermee pas aan het begin van een hernieuwde toepassing van deze materialen. Tot aan de opkomst van de kunststoffen in de jaren '60 van de vorige eeuw, was de bouw gewoon aan het toepassen van natuurlijke grondstoffen en biobased materialen. Zo wordt in het boek “Naar warmer woningen” van Koen Limperg uit 1936 een interessant overzicht gegeven van de toen toegepaste materialen zoals bordpapier, strokarton, hout, houtwol, stro, leer, linnen, wol en zaagsel, maar ontbreken allerlei hedendaagse materialen zoals bijvoorbeeld kunststoffen. Wat dat betreft is er eigenlijk niets nieuws onder de zon. Wel is er ten opzichte van die periode het een en ander veranderd. Regelmatig werd destijds gebruik gemaakt van bijvoorbeeld teer- en teergerelateerde producten (carbolineum, creosoot, e.d.) ter bescherming van de biobased materialen tegen aantasting. Zo kennen we allemaal de zwarte boerenschuren die vroeger met teer werden behandeld.

Uit milieuoogpunt mogen deze beschermingsmiddelen tegenwoordig echter niet meer worden toegepast. Veel praktische kennis omtrent de wijze van toepassing en detaillering van biobased materialen is verdwenen of weggezaakt. Daarentegen beschikken we momenteel over veel meer kennis op het thermohygrisch gedrag van bouwconstructies en hebben we de beschikking over geavanceerde reken- en meetmethoden om dit gedrag te onderzoeken en te voorspellen.



ing. A. (Ad) van der Aa,  
ABT3900 BV, Delft



dr.ir. W. (Willem) van der  
Spoel, ABT BV, Velp

## AANTASTING VAN BIOBASED MATERIALEN

Aantasting en degradatie van biobased materialen ontstaat door invloeden van buitenaf. Dit kan onderverdeeld worden in biotische en abiotische factoren [1][2]. Biotische factoren zijn bijvoorbeeld schimmels, insecten, bacteriën, algen en ongedierte. Abiotische factoren zijn onder andere temperatuur, relatieve vochtigheid, water en neerslag, stof en vuil, zonnestraling, pH waarde, fysieke schade en verontreinigde stoffen.

Vanuit de biotische factoren zijn het voornamelijk schimmels en insecten die het materiaal al aantasten bij een relatieve vochtigheid vanaf circa 65-75%. Bacteriën en algen groeien pas bij hogere relatieve vochtigheden van 95-97% [1].

Temperatuur, relatieve vochtigheid en de samenstelling van de materialen zijn de belangrijkste factoren voor de ontwikkeling van schimmels in of op een materiaal. Overigens blijkt uit het literatuuronderzoek dat over de exacte condities waaronder schimmelgroei en aantasting ontstaan geen eenduidigheid bestaat en dat deze in de diverse publicaties verschillen.

### Aantasting door schimmels

Schimmelgroei bij constructies laat zich onderverdelen in oppervlakte schimmelgroei en schimmelgroei die dieper in het materiaal optreedt, de zogenaamde houtaantastende schimmels. In het eerste geval beperkt de schimmel zich tot aftekening en groei op het oppervlak. De tweede variant uit zich in de vorm van zwammen die zich in het hout nestelen en daar tot bruinrot en witrot leiden.

Witrot tast de lignine in het hout aan waardoor dit een sponsachtige structuur krijgt. Witrot ontstaat alleen bij een langdurig hoog vochtpercentage en wordt veroorzaakt

door een groot aantal verschillende schimmelsoorten. Zaak is bij het optreden van witrot de oorzaak weg te nemen en het houtvochtgehalte beneden een acceptabele grenswaarde (circa 20 massa%) te brengen.

Bruinrot breekt de in het hout aanwezige cellulose af, waardoor het hout ernstig wordt aangetast en verpulvert. Aantasting door zwammen, waaronder huiszwam en kelderzwam, is daarbij de meest voorkomende en agressieve vorm. Dit kan leiden tot volledige destructie van de houtconstructie. Huiszwam tast vooral naaldhout aan, terwijl kelderzwam naast naaldhout ook loofhout kan aantasten.

De sporen van deze zwammen nestelen zich hierbij in het hout, waarbij de huiszwam (eenmaal aanwezig) door middel van strengen in staat is over lange afstand water aan te voeren en zodoende voor een gunstige voedingsbodem kan zorgen. Voor de bestrijding van huiszwam is veel meer nodig dan het vervangen van aangetaste delen en het terugbrengen van de juiste vochtcondities. Na het vernieuwen van het houtwerk kan de huiszwam wederom de kop opsteken. Het bestrijden ervan is derhalve specialistisch werk waarbij rond de aangetaste delen een veel groter gebied dient te worden aangepakt en worden behandeld met chemische bestrijdingsmiddelen. Aangezien zwammen goed gedijen onder condities waar weinig tot geen ventilatie aanwezig is, is het zorgdragen voor een goede ventilatie preventief een juiste maatregel.

#### Aantasting door insecten

Daarnaast kan aantasting van biobased materialen ook plaatsvinden door insecten. Daarbij spelen de bouwfysische condities veelal een beperktere rol. Zo gedijen bijvoorbeeld de in Nederland voorkomende gewone houtworm, de huisboktor, de bonte knaagkever en de spinthoutkever, bij condities die regulier in gebouwen voorkomen. Wel is aantasting afhankelijk van het soort hout. Dit geldt ook voor andere biobased materialen: onbehandelde schapenwol toepassen in bouwconstructies staat gelijk aan het creëren van een voedselbank voor motten. Die zijn namelijk dol op schapenwol!

#### Gevolgen van aantasting

Schade manifesteert zich in veel situaties niet direct als zichtbare schade aan de buitenzijde van de constructie. Als er echter eenmaal op langere termijn schade zichtbaar wordt, dan kan de constructie al vergaand zijn aangetast waardoor deze vervangen moet worden. En dat het snel kan gaan, mag blijken uit de recente ervaringen met een in CLT-hout gebouwd wooncomplex in Sint-Truiden in België [3]. Daar moet amper 6 jaar na de bouw het gehele complex tot de grond worden afgebroken. Een ramp voor de bewoners!

### RISICOKLASSEN EN DUURZAAMHEIDSKLASSEN VAN HOUT

Voor de toepassing van biobased constructies is de bestendigheid van hout tegen aantasting het verst uitgewerkt in praktische richtlijnen en zijn risicoklassen (volgens NEN-EN 335-1) en duurzaamheidsklassen (volgens EN 350-2) opgesteld. In de verschillende risicoklassen wordt de toepassing van het hout en de vocht-



1 Een zwart geteerde schuur ter bescherming van de houtconstructie (bron: Ad van der Aa)



2 Schade aan een appartementencomplex in Sint-Truiden, veroorzaakt door schimmels (bron: Jozef Croughs)

belasting gegeven, bijvoorbeeld of het hout binnen of buiten wordt toegepast en of dit permanent droog is of blootgesteld wordt aan vocht. Centraal hierbij staat een waarde voor het houtvochtgehalte van 20 massa%, waarbij de vochtbelasting wordt geformuleerd in termen van permanent lager dan deze waarde tot permanent hoger dan deze waarde. Overigens wordt opgemerkt dat de in de internationale literatuur beschreven veilige waarde voor het houtvochtgehalte varieert tussen de 16-28 massa%, waarmee duidelijk wordt dat deze grenswaarde met zekere omzichtigheid gehanteerd dient te worden.

De duurzaamheidsklasse beschrijft vervolgens de bestendigheid van een bepaalde houtsoort tegen aantasting door schimmels en bacteriën. Op basis van deze klassen kan voor een bepaalde toepassing voor een bepaalde houtsoort een levensduurverwachting bepaald worden. Dit geeft een eerste leidraad bij het ontwerpen van houtconstructies. Voor alle overige biobased materialen is een dergelijke (praktisch bruikbare) uitwerking (nog) niet beschikbaar.



## MODELLERING EN BEOORDELING VAN VOCHTGEVOELIGHEID IN BIOBASED CONSTRUCTIES

Voor het berekenen van constructies wordt voor stationaire damptransportberekeningen veelal de methode Glaser toegepast zoals beschreven in de DIN 4108. Volgens de DIN 4108 wordt gedurende een periode van 60 dagen met een buitentemperatuur van  $-10^{\circ}\text{C}$  en 80% relatieve vochtigheid en een binnentemperatuur van  $20^{\circ}\text{C}$  en 50% relatieve luchtvochtigheid de constructie doorgerekend. Als beoordeling wordt een toename van het vochtgehalte van houtconstructies van 5% en van 3% voor bewerkte houtproducten toelaatbaar geacht. Zoals bovenstaand beschreven zijn voor overige biobased materialen geen randvoorwaarden bekend. Voorwaarde bij de beoordeling van alle constructies is dat opgebouwde condensvorming in de winterperiode in de zomerperiode weer volledig dient te zijn verdampt. Voor reguliere constructies is de methode toepasbaar. Wel is deze beperkt in het toepassingsgebied voor complexere constructies (2D, 3D, geventileerde constructies, etc). De methode is nadien verder verfijnd door het damptransport in de constructie op maandbasis te berekenen en meer te enten op de Nederlandse klimaatcondities. Ook hiervoor gelden echter nadrukkelijk beperkingen ten aanzien van de toepasbaarheid.

Voor complexere constructies zoals met hout of andere biobased materialen kan een dynamisch model gehanteerd worden om het risico op vochtschade nauwkeuriger te bepalen. Met een aantal modellen kunnen inmiddels ook 2 en 3-dimensionale constructies worden doorgerekend.

In het onderzoek van Lepage [4] wordt een goed overzicht gegeven van de momenteel beschikbare modellen en worden deze onderverdeeld in verschillende types:

- Indexmodellen – die de omgevingscondities correleren met het risico op schimmelgroei.
- Drempelmodellen – hierbij wordt tevens uitgegaan van een drempelwaarde voor schimmelgroei.
- Empirische modellen – mate van schimmelgroei gebaseerd op regressies verkregen uit laboratorium onderzoek.

In het overzicht worden 17 modellen beschreven.

Voorbeelden van de index modellen zijn ‘RHT’ (Relatieve vochtigheid en temperatuur) index, Schimmelindex (‘Mold index’) en dosis-respons modellen. In deze modellen wordt voorspeld onder welke condities er schimmelgroei of verrotting zal optreden, maar niet de mate van schimmelgroei.

Drempelmodellen zijn bijvoorbeeld het biohygrothermisch (‘biohygrothermal’) model, ASHRAE 160, Temperatuur ratio model en Isopleet model (‘Isopleth model’). Zo kunnen er strikte limieten gegeven worden in een grafiek waaronder geen ontkieming of schimmelgroei zal optreden. In het isopleet model wordt bijvoorbeeld ook aangegeven hoe snel (mm/dag) de schimmel zal groeien onder specifieke condities.

Empirische modellen zijn onder andere het VTT model en hout degradatie (‘wood degradation’) model. In het VTT

Schimmel groei (‘Mold Growth’) Model wordt een schimmelindex gegeven, waarin aangegeven wordt in hoeverre de schimmel het oppervlak heeft bedekt. Resultaten hangen af van temperatuur, relatieve vochtigheid, substraat of houttypes en substraat kwaliteit (bijvoorbeeld ruw of geschaafd hout).

Simulatietools die op dit moment gebruikt worden zijn onder andere DELPHIN, hygIRC en WUFI. Schimmels worden voornamelijk gebruikt als factor voor het afbreken van houtconstructies, onderverdeeld in oppervlakte schimmels en houtrot.

In het reviewartikel van Lepage wordt per model onder andere aangegeven wat de toepasbaarheid is en wat de voor- en nadelen zijn. Dit kan helpen om het juiste model te vinden voor de benodigde berekening. Echter wordt geconcludeerd dat de nauwkeurigheid van de rekenmodellen onzeker is. Er bestaat daarom momenteel nog geen eenduidige evaluatie- en beoordelingsmethode voor schimmelgroei in houtconstructies of biobased materialen (en mogelijk komt die er ook nooit). De materie is immers complex en de biologische aspecten laten zich in dat opzicht soms moeilijk vangen. Het is daarom van belang om bij het gebruik van deze modellen enige (veiligheids)marge te hanteren.

## SCHADE IN DE PRAKTIJK

Naast de beschrijving van rekenmodellen en beoordelingscriteria is in de literatuur ook het nodige gepubliceerd over schade in de praktijk aan biobased (wederom voornamelijk houten) constructies. De schadegevallen in deze publicaties concentreren zich voornamelijk op de volgende onderwerpen:

- niet-geventileerde gevels en gebrek aan waterafvoer in gevels
- vochtschade als gevolg van waterbelasting tijdens de bouw
- extreem geïsoleerde (houten) gebouwen
- luchtdichtheid van CLT in gebouwen
- vochtschade rondom natte ruimten

Duidelijk wordt uit bovenstaand lijstje dat de aandacht hierbij niet alleen uit dient te gaan naar de thermo-hygrische aspecten van biobased constructies, maar dat een juiste detaillering en de uitvoering van biobased constructies veel aandacht vraagt.

En veelal is dat gebaseerd op kennis en ervaring die in de afgelopen decennia is weggezaakt als gevolg van de ontwikkelingen in de bouwpraktijk. We zijn inmiddels gewend geraakt aan toepassing van materialen die niet of nauwelijks gevoelig zijn voor vochtinwerking. Kit en PUR zijn de oplossing voor iedere kier of naad en we passen universeel een dampremmende laag toe in de constructies. Bij biobased materialen gelden echter ook nog een aantal andere spelregels die in acht dienen te worden genomen en die we apart hebben beschreven.

## SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

Biobased bouwen staat momenteel nadrukkelijk in de belangstelling. Aangezien biobased materialen ook biologisch afbreekbaar zijn, zijn ze daarmee ook kwetsbaar

voor inwerking van vocht, schimmels en insecten. Bij uitstek ligt hier een taak voor de bouwfysicus om daarin te adviseren. Uit een uitgebreid literatuuronderzoek blijkt dat er weliswaar veel kennis in ontwikkeling is en beschikbaar is, maar dat er ook nog veel vragen zijn. Daarnaast speelt niet alleen de (theoretische) thermohygrische beoordeling een rol, maar heeft ook de detaillering en uitvoering van biobased constructies op de bouwplaats een belangrijke rol in het voorkomen van schade. Om toch, met inachtneming van deze onzekerheden, vooruit te kunnen hebben wij 10 spelregels opgesteld voor het (bouwfysisch) juist ontwerpen en bouwen van constructies geheel of gedeeltelijk bestaand uit biobased materialen.

### SPELREGELS VOOR HET ONTWERPEN EN BOUWEN MET BIOBASED MATERIALEN

Biobased materialen zijn kwetsbaar voor vochtinwerking en dienen daarmee anders benaderd te worden dan bouwconstructies in beton of metselwerk die veel minder gevoelig zijn. Beton is bijvoorbeeld een homogeen materiaal met een relatief hoge dampdiffusieweerstand. Hout bijvoorbeeld heeft deze eigenschappen in veel mindere mate. De volgende spelregels helpen om biobased materialen juist toe te passen en verwerken.

1. Scherm biobased constructies tijdens de bouwperiode af tegen indringing van neerslag. Incidentele inwerking van vocht tijdens de bouwperiode of lekkages is nooit volledig uit te sluiten en zal daarmee als risicofactor in de beoordeling en evaluatie van constructies dienen te worden meegenomen.
2. Eenmaal opgenomen water zal lange tijd nodig hebben om weer te ontwijken. Als biobased materialen zijn ingesloten zal dit kunnen leiden tot schade. Daarom is een risicobeoordeling nodig. Bij die beoordeling dienen de volgende aspecten meegenomen te worden:
  - Wat als een dergelijke calamiteit optreedt?
  - Welke maatregelen kunnen worden genomen?
  - En hoe dient droging van de constructie tot stand te komen?
3. Bouwfysisch dient de detaillering "veilig" te worden ontworpen, dat wil zeggen dat de uitkomsten van thermohygrische berekeningen met Glaser (voor eenvoudige constructies) en met bijvoorbeeld WUFI voor meer complexe constructies met inachtneming van een zekere marge dienen te worden beoordeeld. Momenteel bestaat er nog geen universele consensus over de rekenmethoden en beoordeling daarvan. Daarnaast zijn de berekeningen doorgaans slechts 1D-gericht, terwijl constructies 3D zijn opgebouwd.
4. Een (permanent) contact van hout met grond en water dient te worden uitgesloten. Water dat zich kan verzamelen en ophopen in de constructie zal onherroepelijk leiden tot schade. Hierop dient nadrukkelijk te worden toegezien bij de detaillering en de wijze van monteren van bevestigingen.
5. Luchtdichtheid van gebouwen met biobased materialen is een belangrijk aandachtspunt. Dit heeft ook te maken met wisselende kwaliteit van producten, maar ook met de mate van luchtdichtheid als gevolg van de werking van constructies gedurende de tijd. Door naden en scheuren in of rondom bouw delen kan war-



Detaillering bij CLT-constructies vraagt aandacht (bron: Ad van der Aa)

me en vochtige lucht van binnenuit de constructie in stromen wat kan leiden tot hoge relatieve vochtigheid of condensvorming. Bedacht dient te worden dat vochttransport door convectie in veel modellen niet wordt meegenomen.

6. Gevels dienen achter de buitenbeplating goed geventileerd te worden om eventuele hoge relatieve vochtigheid in de constructie te voorkomen of zelfs condens en vochtdoorslag af te voeren en droging van de constructie te waarborgen. Ook is een juiste detaillering nodig om watertoetreding in de gevel te voorkomen.
7. Biobased materialen mogen nooit ingeklemd worden tussen twee dampdichte folies of materialen, omdat eenmaal ingesloten water niet meer zal kunnen verdampen en dus tot aantasting en verrotting zal leiden.
8. Het toepassen van binnenisolatie, bijvoorbeeld ter verbetering van de flankerende geluidisolatie, resulteert in een verschuiving van het dauwpunt in de constructie. De positionering van de dampremmende laag in het binnenpakket van de isolatie belemmert (eventueel noodzakelijke) droging van de biobased constructie naar binnen toe.

9. Specifiek voor houten constructies, worden doorlopende CLT-constructies van binnen naar buiten afgeraden, bijvoorbeeld bij balkons en overstekken.
10. Natte ruimten zijn kwetsbare plekken in gebouwen met biobased materialen. Zelfs bij traditionele bouwsystemen komt regelmatig schade voor bij natte ruimtes. Hier zal op geanticipeerd dienen te worden in het ontwerp en de detaillering, door bijvoorbeeld

het maken van prefab sanitaire ruimten en het zorgdragen voor inspectiepunten. De gangbare wijze van uitvoering door het toepassen van keramisch tegelwerk en de reguliere oplossingen voor afvoeren en doorvoeren geven nadrukkelijk een verhoogd risico op vochtschade. Eenmaal ingesloten vocht kan immers niet meer in dampvorm uit de constructie ontwijken. ■

### CASUS

Bij het bouwen met biobased materialen wordt vaak de vraag gesteld of deze beter dampopen ontworpen kunnen worden, om het gebruik van niet-biobased dampremmende folies te beperken. Doordat biobased isolatie meer vocht kan opnemen dan minerale wol heeft het een ander thermohygrisch gedrag, waardoor analyse nodig is.

Voor het project Wikihouse is een analyse gemaakt of de dampremmende folie weggelaten kon worden bij toepassing van houtvezelisolatie tussen beplating [5]. Met een dynamische berekening van deze constructie bleek dit bij wooncondities, klimaatklasse 2, tot condensatie te kunnen leiden. Echter was de vraag of de dampremmende laag weggelaten kon worden bij het gebruik van het gebouw als paviljoen.

De opbouw van de gevel is 18 mm multiplex vuren aan beiden zijden met daartussen 300 mm houtvezelisolatie. Aan de buitenzijde is een sterk geventileerde spouw toegepast met buitenbeplating. De houtvezelisolatie is verduurzaamd met een toeslagstof zoals ammoniumzout.

Er zijn twee klimaatcondities berekend aan de binnenzijde. Variant 1 betreft klimaatklasse 1 volgens NEN-EN-ISO 13788:2013 en variant 2 is een situatie met lage vochtproductie bijvoorbeeld voor kantoren volgens het Duitse WTA Merkblatt 6-2. In figuur 4 en figuur 5 is aangegeven wat de temperatuur en relatieve vochtigheid is van beide condities. De buitenklimaatcondities volgens NEN 5060:2018 zijn aangehouden. De berekeningen zijn uitgevoerd met WUFI2D versie 4.3.

Er zijn drie modellen gebruikt om de mate van schimmelgroei te beoordelen:

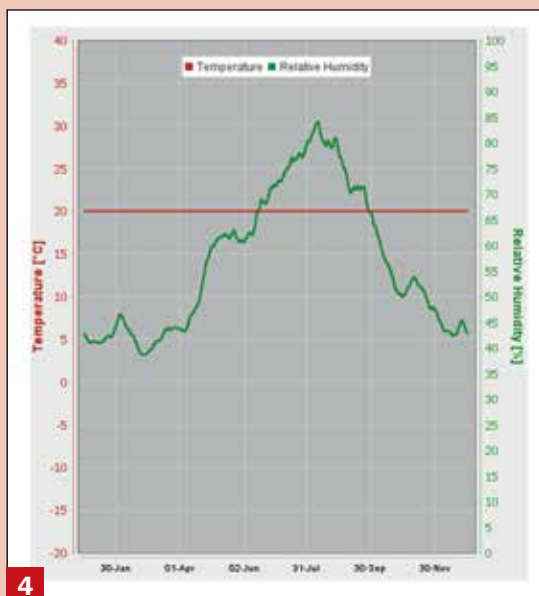
- VTT-model – ontwikkeld door VTT te Finland.
- IBP model – biohygrothermal model, ontwikkeld door Fraunhofer te Duitsland.
- WTA 6-8 model – beschreven in het Duitse Merkblatt WTA.

Door verschillende modellen te gebruiken kan de gevoeligheid voor (ook onder water) gemaakte aannamen in de modellen worden verminderd in de analyse van de risico's bij het weglaten van de dampremmende laag aan de binnenzijde. Het VTT model is gebaseerd op gecontroleerde laboratoriumexperimenten en in-situ experimenten. In het WTA 6-8 model wordt de bovengrens voor de relatieve vochtigheid afhankelijk van de temperatuur gegeven. Boven de rode lijn is houtaantasting mogelijk.

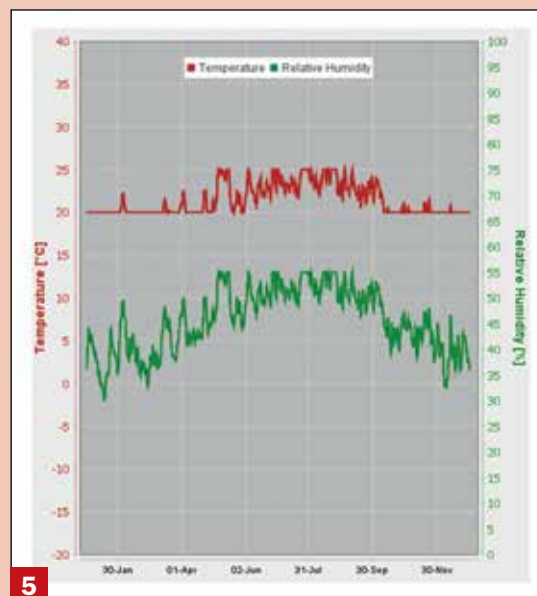
In het IBP model wordt ontkieming en groei van een schimmel bepaald aan de hand van een isopleet-grafiek. Welke isopleet toegepast wordt hangt af van het substraat, variërend tussen een optimaal kweekmedium en een niet afbreekbaar bouw materiaal [6].

Deze isopleet-grafieken kunnen ook specifiek voor een materiaal gemaakt worden. Zo is in deze grafieken te zien dat hennep veel beter bestand tegen schimmelgroei dan bijvoorbeeld stro [6].

Het isopleet-systeem wordt ook per gevarenklasse gegeven [7]. Klasse A schimmels zijn zeer pathogeen en mogen niet voorkomen in gebouwen. Klasse B schimmels zijn pathogeen, bij langdurige blootstelling kan dit allergische reacties veroorzaken. Klasse C schimmels zijn niet gevaarlijk voor de gezondheid, maar kan wel economische schade veroorzaken. Het isopleet systeem is voor schimmelsoorten B en C



4 Variant 1: klimaatklasse 1 volgens NEN-EN-ISO 13777:2013



5 Variant 2: Low moisture load volgens WTA 6-2

Tabel 1: Schimmelindex tabel

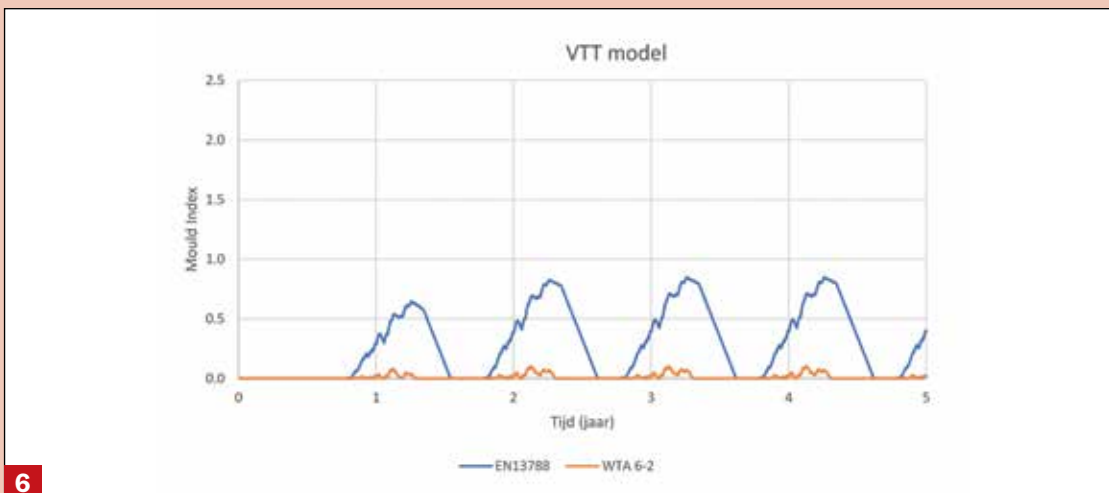
Schimmelindex	Beschrijving van de mate van groei
0	Geen groei
1	Kleine hoeveelheden schimmel op oppervlak (microscoop), beginfase van lokale groei
2	Verschillende lokale schimmelgroeikolonies op oppervlak (microscoop)
3	Visuele bevinding van schimmel op oppervlak, <10% dekking, of <50% dekking van schimmel (microscoop)
4	Visuele bevinding van schimmel op oppervlak, 10-50% dekking, of >50% dekking van schimmel (microscoop)
6	Veel groei op oppervlak, >50% dekking (visueel)
6	Zware en dichte groei, dekking circa 100%

gecombineerd, omdat de verschillen tussen deze twee grafieken heel klein zijn.

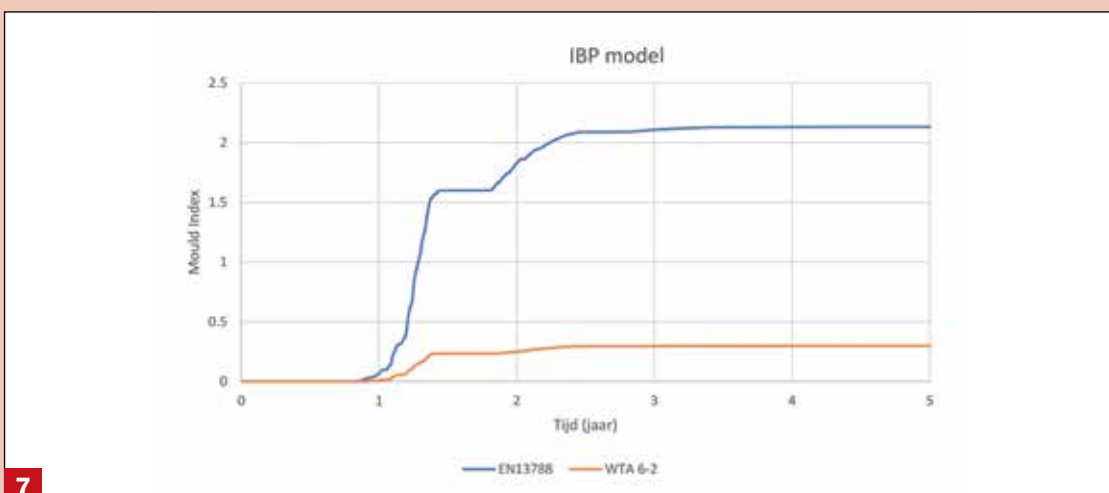
In het VTT en IBP model wordt het risico op schimmel beschreven met de schimmelindex ('Mould Index'), zie tabel 1. Voor schimmel binnen in de constructie (niet aan de binnenklimaatzijde) wordt een schimmelindex onder de 2 gezien als acceptabel. Bij een schimmelindex tussen 2 en 3

is nader onderzoek en beoordeling nodig en boven de 3 wordt het gezien als onacceptabel. Als de constructie met schimmelgroei grenst aan binnen dan zijn de randvoorwaarden strenger.

Uit de berekening in WUFI volgt dat het hoogste vochtgehalte en relatieve vochtigheid aan het binnenoppervlak van de buitenste multiplex optreedt. Hier is het risico op



Analyse met het VTT-model voor binnenklimaat variant 1 (EN13799) en variant 2 (WTA 6-2)



Analyse met het IBP model model voor binnenklimaat variant 1 (EN13799) en variant 2 (WTA 6-2)

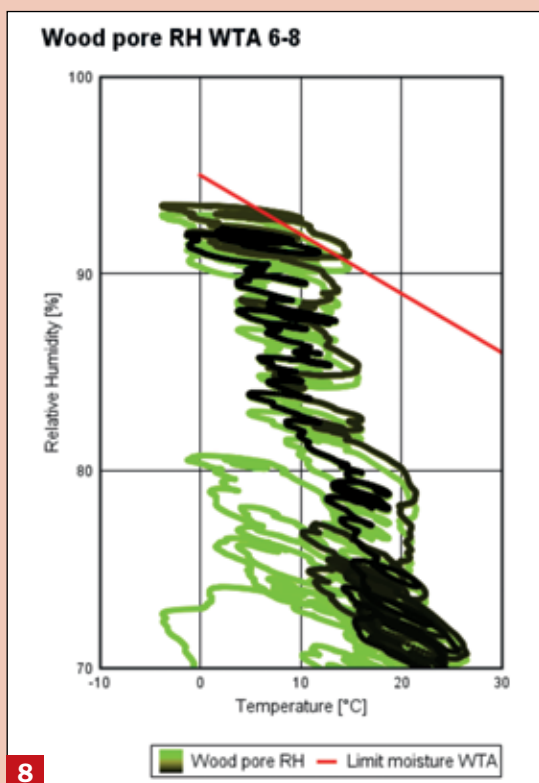


schimmelgroei het grootst. Op dit punt is de schimmelgroei verder beoordeeld met de drie verschillende modellen. De resultaten van deze berekeningen zijn in figuur 7 tot en met figuur 10 gegeven, berekend over 5 jaar. Omdat de simulatie met vrij droog materiaal - het evenwichtsvochtgehalte bij 50% RV - start op 1 januari, vindt er in het eerste jaar nog maar weinig schimmelgroei plaats.

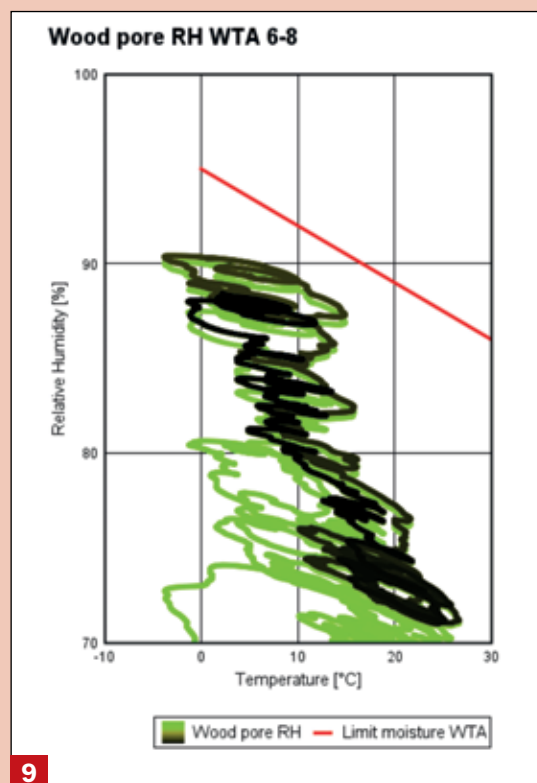
Uit de analyses wordt geconcludeerd dat in het VTT model de risico's bij beide binnenklimaatvarianten 'acceptabel' zijn. In het IBP model is er bij variant 1 'nader onderzoek en beoordeling' nodig en is variant 2 'acceptabel'. In het WTA 6-8 model wordt aangegeven boven welke waarde er risico op houtaantasting is. Voor variant 1 is er wel risico

op houtaantasting, en in variant 2 niet. Voor dit project is daarom als aanbeveling gegeven dat een dampopen constructie toegepast kon worden, met beperkingen van toepassing van voldoende ventilatie en beperkte bezetting hetgeen overeenkomt met variant 2.

Uit deze analyse blijkt dat de binnencondities en het type model dat gebruikt is een variatie kan geven in resultaten en daarom met zorg beoordeeld moeten worden. Dat pleit, indien slechts één model wordt gebruikt, voor tenminste ook een probabilistische inzet van binnencondities in de berekeningen.



8 Analyse van het WTA 6-8 model met binnenklimaat variant 1 (EN13799)



9 Analyse van het WTA 6-8 model met binnenklimaat variant 2 (WTA 6-2)

## BRONNEN

- ▶ [1] Sandak, A., Sandak, J., Brzezicki, M., & Kutnar, A. (2019), Bio-based building skin (p. 183), Springer Nature
- ▶ [2] Stanaszek-Tomal, E. (2020), Environmental factors causing the development of microorganisms on the surfaces of national cultural monuments made of mineral building materials, *Coatings*, 10(12), 1203
- ▶ [3] <https://www.hln.be/sint-truiden/houtmassiefbouw-van-appartementsgedebouw-na-6-jaar-al-rot-25-truense-gezinnen-staan-op-straat~a67d3860/>
- ▶ [4] Lepage, R., Glass, S. V., Knowles, W., & Mukhopadhyaya, P. (2019), Biodeterioration models for building materials: Critical review. *Journal of Architectural Engineering*, 25 (4), 15 p., 25(4)
- ▶ [5] Van der Spoel, W., Hygrische beoordeling constructie Wikihouse (2022)
- ▶ [6] Sedlbauer, K., Hofbauer, W., Krueger, N., Mayer, F., & Breuer, K. (2011, April), Material specific isopleth-systems as valuable tools for the assessment of the durability of building materials against mould infestation-The "isopleth-traffic light". In XIIth International Conference on Durability of Building Materials and Components, Oporto
- ▶ [7] Sedlbauer, K. (2001), Prediction of mould fungus formation on the surface of and inside building components, *Fraunhofer Institute for Building Physics*, 75-14.