

VOCHTDYNAMIEK VAN BIOGEBASEERDE BOUWMATERIALEN ALS LEVENSDUURBEPALDENDE PARAMETER

Salah Omar

Stamnummer: 01703760

Promotoren: Prof. dr. ir. Joris Van Acker en Prof. dr. ir. Jan Baetens

Tutor: ir. Liselotte De Ligne

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in Master of Science in de industriële wetenschappen: biochemie

Academiejaar: 2019 - 2020



VOCHTDYNAMIEK VAN BIOGEBASEERDE BOUWMATERIALEN ALS LEVENSDUURBEPALDENDE PARAMETER

Salah Omar

Stamnummer: 01703760

Promotoren: Prof. dr. ir. Joris Van Acker en Prof. dr. ir. Jan Baetens

Tutor: ir. Liselotte De Ligne

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in Master of Science in de industriële wetenschappen: biochemie

Academiejaar: 2019 - 2020

Copyright

De auteur en de promotoren geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

The author and the promoter give the permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using the results from this thesis.

Gent, Mei 2020

Ghent, May 2020

Promotor

Prof. dr. ir. Joris Van Acker

Promotor

Prof. dr. ir. Jan Baetens

Auteur

Salah Omar

Voorwoord

Na al die jaren als student, komt met deze masterproef en met het oog op het behalen van het diploma hier een einde aan. Het is een mengeling van verschillende gevoelens, maar het opgelucht gevoel heeft hier zonder twijfel de bovenhand. Ik heb tijdens mijn thesisperiode heel veel bijgeleerd en hoewel het realiseren van deze masterproef veel moeite heeft gekost, zou het nooit tot stand zijn gekomen zonder de hulp van specifieke personen.

Allereerst zou ik graag mijn tutor, ir. Liselotte De Ligne willen bedanken voor haar professionele begeleiding en feedback. Ik kon op elk moment met mijn vragen bij u binnenspringen en jij wist daarop steeds te antwoorden. En wanneer het op afstand moest gebeuren, dan kon ik steeds met u meeten, online weliswaar. Dit om over de stand van zaken en over het verder verloop van het onderzoek te spreken. Bedankt hiervoor Liselotte, jij was een geweldige tutor!

Mijn dank wil ik eveneens betuigen aan mijn promotoren: prof. dr. ir. Joris Van Acker en prof. dr. ir. Jan Baetens om in eerste instantie dit onderzoek mogelijk te maken en voor hun professionele feedback.

Stijn Willen, bedankt voor het versnijden van de samples en voor de begeleiding bij de kalibratie en opstart van de CMM-proef. Nolan Bonne, jou wil ik eveneens bedanken voor jouw hulp bij de drijftest en bij de opstart van de CMM-proef.

De mensen van Eurabo met name Seppe Vleminckx en Dries Hubrechts wil ik bedanken voor het geleverd materiaal. Dries, bedankt voor het uitwisselen van uw ideeën voor de drijftest en de CMM-proef.

Tot slot wil ik mijn ouders, zussen en broer bedanken voor hun onvoorwaardelijke steun gedurende mijn studies. Jullie zijn altijd in mij blijven geloven.

Abstract (EN)

Although bio-based building materials have a positive influence on the natural environment and provide excellent performance, they may face a major problem in the presence of moisture. Moisture that comes into contact with biobased materials in various forms can lead to biodegradation and fungal growth, which can negatively affect the lifespan of these materials. Using the floating test (prTS 16818) and the continuous moisture measurement (CMM), the moisture dynamics of a range of biobased building materials are investigated by gravimetrically monitoring moisture absorption and desorption. The residual moisture content (θ_r) is determined to classify materials and to link them to their life span. In addition, it is checked whether there is a correlation between the two tests performed. Expanded insulation corkboard (ECB), wood fibre insulation board type B (WF2), porous bituminized fibre board (PBF), thermally modified spruce (TMT) and laminated Norway spruce (LNs) show excellent moisture dynamics and are classified in class 3.2. The CMM test, similarly to the floating test, shows an increase in moisture content (%) in the presence of water, but the setup needs to be examined and further improved in order to make accurate comparisons between the two tests.

Keywords: bio-based building materials, moisture dynamics, floating test, continuous moisture measurement (CMM), classification

Abstract (NL)

Hoewel biogebaseerde bouwmaterialen een positieve invloed hebben op de natuurlijke omgeving en uitstekende prestaties leveren, kunnen ze in de aanwezigheid van vocht problemen ondervinden. Vocht dat in verschillende vormen in contact komt met biogebaseerde bouwmaterialen kan leiden tot biologische afbraak en schimmelgroei, dit kan de levensduur van deze materialen negatief beïnvloeden. Met behulp van de drijftest (prTS 16818) en de continuous moisture measurement (CMM), wordt de vochtdynamiek van een reeks van biogebaseerde bouwmaterialen onderzocht door middel van gravimetrische monitoring van vochtopname en -afgifte. Het residuele vochtgehalte (θ_r) wordt bepaald om de materialen te classificeren en te koppelen aan hun levensduur. Daarnaast wordt gecontroleerd of er een correlatie bestaat tussen de twee uitgevoerde testen. Geëxpandeerde isolatiekurkplaten (ECB), houtvezelisolatieplaten type B (WF2), poreuze gebitumineerde houtvezelplaten (PBF), thermisch gemodificeerd vurenhout (TMT) en thermische behandelt vurenhout (*Picea abies*) (LNs) (LNs) vertonen een uitstekende vochtdynamiek en zijn ingedeeld in klasse 3.2. De CMM-test toont, net als de drijvende test, een toename van het vochtgehalte (%) in de aanwezigheid van water, maar de opstelling dient hierbij verder onderzocht en verbeterd te worden om een nauwkeurige vergelijking tussen de twee testen te kunnen maken.

Kernwoorden: biogebaseerde bouwmaterialen, vochtdynamiek, drijftest, continuous moisture measurement (CMM), classificatie

Inhoudsopgave

COPYRIGHT	I
VOORWOORD.....	II
ABSTRACT (EN).....	III
ABSTRACT (NL)	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN.....	3
LIJST MET FIGUREN.....	4
LIJST MET TABELLEN	5
1. INLEIDING	6
1.1 BIOBASED BOUWEN	6
1.2 PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEKSVRAGEN	6
2. LITERATUURSTUDIE	8
2.1 HERNIEUWBARE BOUWMATERIALEN	8
2.1.1 Massief hout.....	8
2.1.2 Plaatmaterialen.....	9
I. OSB.....	10
II. Multiplex.....	10
III. MDF.....	10
IV. Gebitumeerde houtvezelplaten.....	10
V. Blokplaten.....	11
VI. Spaanplaten.....	11
2.1.3 Isolatiematerialen.....	12
I. Cellulose.....	13
II. Katoenisolatie.....	13
III. Kurk.....	14
IV. Vlasisolatie.....	14
V. Kalkhennep.....	14
VI. Schapenwol.....	14
VII. Houtvezelisolatieplaten.....	14
2.2 INVLOED VAN VOCHT OP HERNIEUWBARE BOUWMATERIALEN.....	15
2.2.1 Degradatie door schimmels.....	16
2.2.2 Invloed van vocht op andere materiaaleigenschappen.....	16
2.2.3 Gebruiksklassen op basis van blootstelling aan vocht.....	17
2.2.3 Referentiefiguur voor absorptieparameter a en desorptieparameter c	17
3. MATERIAAL EN METHODEN	18
3.1 MATERIALEN	18
3.2 DRIJFTEST.....	20
3.3 CONTINUOUS MOISTURE MEASUREMENTS (CMM)	23
4. RESULTAEN EN BESPREKING	26
4.1 DRIJFTEST.....	26

4.2 CONTINUOUS MOISTURE MEASUREMENTS (CMM)	34
5. ALGEMEEN BESLUIT	37
6. REFERENTIELIJST	38

Lijst met gebruikte afkortingen

CMM	Continuous Moisture Measurement
OSB	Oriented Strand Board
MDF	Medium Density Board
RH	Relative humidity
MC	Moisture Content

Lijst met figuren

<u>Figuur 1 a) Vuren b) Grenen (BouwOnline,2020) en c) Lariks (DeJong, 2020).....</u>	<u>9</u>
<u>Figuur 2 Vurenhout thermisch behandeld (Eurabo, 2020).....</u>	<u>9</u>
<u>Figuur 3 a) OSB b) Multiplex c) MDF d) Gebitumeerde houtvezelplaat (Eurabo, 2020) e) Blokplaten (Decospan, 2020) f) Spaanplaten (van AARLE, 2020).....</u>	<u>11</u>
<u>Figuur 4 Verschillende isolatiematerialen van links naar rechts met, a) Cellulose isolatiematten (DakisolatiePlaatsen, 2020) b) Houtwolisolatie (Isolteam, 2020) c) Katoenisolatie (Eurabo, 2020) d) Kurk (Vanalten, 2019) e) Vlasisolatie (Ecobouwers, 2018) f) Kalkhennep (Eurabo, 2020) g) Schapenwol (Duurzaamthuis, 2019).....</u>	<u>14</u>
<u>Figuur 5 a) Houtverkleuring veroorzaakt door oppervlakteschimmels b) Bruinrotschimmel op hout (Serpula lacrymans) (Vanpachtenbeke et al., 2016)</u>	<u>15</u>
<u>Figuur 6) Gesealde houtvezelisolatieplaat - type A.....</u>	<u>20</u>
<u>Figuur 7 a) Container gedemineraliseerd water waarop thermisch gemodificeerd vurenhout aan het drijven is. b) Gaas plaat waarop houtvezelisolatieplaat - type C en katoenisolatie aan het drijven zijn.....</u>	<u>Error! Bookmark not defined.</u>
<u>Figuur 8 Testmaterialen in klimaatkamer na 144u desorptie.....</u>	<u>Error! Bookmark not defined.</u>
<u>Figuur 9 Continuous moisture measurements opstelling (CMM).....</u>	<u>23</u>
<u>Figuur 10 a) T-houder waarop de stalen worden gemonteerd en b) load cell (omkaderd)...</u>	<u>Error! Bookmark not defined.</u>
<u>Figuur 11 De voedingspanning die de loadcellen voed (groene pijl), en die verbonden is met het datalogging-systeem (blauwe pijl) , en waaraan een draagbare computer (paarse pijl) is gekoppeld.....</u>	<u>25</u>
<u>Figuur 12 De gemiddelde gewichtstoename in g/m² met standaarddeviatie (foutbalken) van de isolatiematerialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.....</u>	<u>26</u>
<u>Figuur 13 De gemiddelde gewichtstoename in g/m² met standaarddeviatie (foutbalken) van de plaatmaterialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.....</u>	<u>27</u>
<u>Figuur 14 Het gemiddelde vochtgehalte (%) met standaarddeviatie (foutbalken) van de isolatiematerialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest. ECB loopt samen met WF2.....</u>	<u>27</u>
<u>Figuur 15 Het gemiddelde vochtgehalte (%) met standaarddeviatie (foutbalken) van de plaatmaterialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.....</u>	<u>28</u>
<u>Figuur 16 CMM-registratie van Oriented Strand Board (OSB), Radiata pine multiplex (PI), Thermisch gemodificeerd vurenhout (TMT), Vurenhout niet thermisch behandeld (Ns), thermisch behandeld vurenhout (LNs) en poreuze gebitumineerde houtvezelplaat (PBF),.....</u>	<u>35</u>
<u>Figuur 17 Figuur 18 CMM-registratie tijdens een regenbui op 6 en 7 maart 2020.....</u>	<u>36</u>

Lijst met tabellen

<i>Tabel 1 Verschillende isolatiematerialen met toebehorende warmtegeleidingscoëfficiënt, λ. (Straessens, 2016 en Lambda, 2020).....</i>	<i>12</i>
<i>Tabel 2 Overzicht van de gebruiksklassen met hun gebruiksvoorwaarden (EN 335, 2013).....</i>	<i>16</i>
<i>Tabel 3 Overzicht onderzochte biogebaseerde bouwmaterialen met bijhorende test.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabel 4 Classificatie van absorptie en desorptie op basis van wateropname en -afgifte na 144uur (van Acker et al., 2014).....</i>	<i>22</i>
<i>Tabel 5 Classificatie van absorptie en desorptie op basis van de wateropname en -afgifte na 144uur (van Acker et al., 2014).....</i>	<i>22</i>
<i>Tabel 6 Classificatie van de onderzochte materialen bij 144 uur absorptie en 96 en 168 uur desorptie, en gekalibreerde parameters voor absorptie- en desorptiecurves. Niet fitbare curven worden weergegeven als /...29</i>	
<i>Tabel 7 Het residueel vochtgehalte (rm) na 48, 96 en 168 uur desorptie, en het residu (res) na 96 en 168 uur desorptie, met Gem = gemiddelde, Std = standaarddeviatie en Med = mediaan.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabel 8 Groepering van de isolatiematerialen met de Kruskal-Wallis test op basis van het vochtgehalte (%) en de parameters a en b tijdens de absorptie en de parameter c tijdens de desorptiecyclus. De groepering is uitgevoerd met de post-hoc analyse (Bonferonni) ($\alpha = 0.05$).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabel 9 Groepering van de plaatmaterialen met de Kruskal-Wallis test op basis van het vochtgehalte (%) en de parameters a en b tijdens de absorptie en de parameter c tijdens de desorptiecyclus. De groepering is uitgevoerd met de post-Hoc analyse (Bonferonni) ($\alpha = 0.05$).....</i>	<i>33</i>

1 Inleiding

1.1 Biobased bouwen

De bouwsector is verantwoordelijk voor een derde van de broeikasgassen wereldwijd en is – op de internationale scheepvaart na – de grootste CO₂-uitstoter in België (Neven, 2019). Binnen de industriële sectoren is de bouwsector één van de sectoren waarin de meeste materialen en grondstoffen worden ingezet. Hierbij wordt in de laatste tien jaar in de EU een stabiel materiaalgebruik vastgesteld (Tabel 1).

Tabel 1 Percentage van de totale hoeveelheid gebruikte bouwmaterialen voor gebouwen (Herczeg et al., 2014).

Materialen gebruikt in gebouwen	Gewichtsfractie (%)
Aggregaat materialen (zand, grind en steenslag)	45
Beton	42
Bakstenen	6,7
Staal	2,5
Hout	1,6
Andere (koper, glas en aluminium)	< 1

De optimalisatie van het gebruik en toepassingen van biogebaseerde bouwmaterialen, kan de uitstoot van broeikasgassen reduceren, doordat er nagenoeg geen energie nodig is voor hun productie. Hout en biogebaseerde bouwmaterialen uit plantaardige grondstoffen, zoals vlas en hennep, kunnen tijdens de groei CO₂ opnemen en tijdens het gebruik in de bouw CO₂ opvangen, hierdoor kunnen deze bouwmaterialen een aanmerkelijke bijdrage leveren aan de reductie van CO₂-uitstoot (van Dam & van den Oever, 2012).

Biobased bouwsystemen of bouwsystemen op basis van biogebaseerde materialen zijn niet nieuw, maar maken slechts een klein deel uit van de bouwsector. De negatieve impact van het gebruik van traditionele bouwmaterialen die voornamelijk op basis van fossiele grondstoffen worden geproduceerd (bijv. beton en cement), en de interesse voor een meer duurzame omgeving leidt ertoe dat verscheidene bouwbedrijven streven naar biobased bouwen.

De belemmering van het gebruik van biogebaseerde bouwmaterialen of om in te zetten op innovatie en toepassingen, is voornamelijk te wijten aan de grote concurrentiedruk in de bouw. Daarnaast maakt de onwetendheid en het gebrek aan kennis en ervaring van biogebaseerde bouwmaterialen, dat er gemakkelijk wordt teruggegrepen naar traditionele bouwmaterialen.

Biogebaseerde bouwmaterialen zijn bouwmaterialen die naast het feit dat ze uit hernieuwbare grondstoffen worden gemaakt en ingezet kunnen worden voor zowel het exterieur- als het interieur van gebouwen, ook andere voordelen bieden. Ze zijn in grote hoeveelheden aanwezig, veelzijdig, biologisch afbreekbaar en bieden uitstekende prestaties. Men onderscheidt biogebaseerde bouwmaterialen op basis van hout (naaldhout en hardhout) en niet

houtgebaseerde bouwmaterialen zoals, vezelplaten en -composieten die op basis van vezelgrondstoffen (bijv. stro, vlas, riet, hennep en wol) worden geproduceerd.

1.2 Probleemstelling en onderzoeksvragen

Ondanks het feit dat de voordelen en het belang van biogebaseerde bouwmaterialen duidelijk zijn, kunnen deze bouwmaterialen in de aanwezigheid van vocht nadelen ondervinden. Er wordt geschat dat 75% van de defecten in gebouwen te wijten zijn aan de aanwezigheid van vocht (Ganotopoulou, 2014). Vocht dat voor een bepaalde duur zowel via rechtstreeks contact (bijv. bij regenval) als via onrechtstreeks contact (bijv. bij lekkage) in contact is gekomen met biogebaseerde bouwmaterialen, kan leiden tot schimmelgroei dewelke voor andere nadelen zorgt. Om biogebaseerde bouwmaterialen op de juiste plaats en manier te gebruiken, worden ze in gebruiksklassen ingedeeld. Op deze manier wordt een lange levensduur van deze materialen verzekerd.

In deze thesis wordt de vochtdynamiek van verschillende biogebaseerde bouwmaterialen onderzocht aan de hand van twee testen. De eerste, de drijftest (prTS 16818), gebeurt op laboschaal en de tweede, de CMM-test, wordt in de buitenomgeving uitgevoerd. Hierbij worden de vochtopname- en -afgifte van de biogebaseerde materialen gravimetrisch opgevolgd. Het residuele vochtgehalte (θ_r) van de materialen kan hierdoor bepaald worden. Dit is een belangrijke parameter binnen dit onderzoek die gelinkt wordt aan de gebruiksklassen en aan de levensduur van de materialen.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te bieden in de manier waarop de verschillende biogebaseerde bouwmaterialen vocht opnemen en afgeven en hoe snel dit gebeurt. Kunnen de verschillende biogebaseerde bouwmaterialen op basis van hun absorptie- en desorptiegedrag in klassen ingedeeld worden, en kan dit leiden tot nieuwe inzichten voor wat betreft de levensduur van de materialen? Geeft de drijftest, een laboproef, een goede indicatie van het vochtgedrag van biogebaseerde materialen vastgesteld in de CMM-proef, waarbij de materialen blootgesteld zijn aan buitencondities?

De opbouw van deze masterproef bestaat uit een literatuurstudie (Hoofdstuk 2) waarin voornamelijk de geteste biogebaseerde bouwmaterialen worden besproken en belangrijke parameters worden verklaard. In Hoofdstuk 3 worden de twee uitgevoerde testen in detail besproken samen met de dataverwerking, gevolgd door de resultatenvoorstelling met bijhorende discussie (Hoofdstuk 4). Tot slot wordt in Hoofdstuk 5 een algemeen besluit en antwoord gevormd op de onderzoeksvragen.

2 Literatuurstudie

2.1 Hernieuwbare bouwmaterialen

Een hernieuwbaar- of biogebaseerd bouw materiaal is een bouw materiaal dat uit hernieuwbare grondstoffen wordt gemaakt, zoals plantaardige of dierlijke grondstoffen. Dit in tegenstelling tot niet-hernieuwbare materialen die uit fossiele grondstoffen worden gemaakt, zoals olie, mineralen en metalen (Leefmilieu Brussel, 2009). Het gebruik van hernieuwbare bouwmaterialen biedt heel wat voordelen in vergelijking met niet-hernieuwbare materialen. Er wordt veel minder energie verbruikt om de materialen te produceren, ze zijn afkomstig van hernieuwbare grondstoffen en velen kunnen gerecycled en hergebruikt worden. De grondstoffen zijn in overvloed aanwezig, biodegradeerbaar en kunnen eenvoudig toegepast worden (Jones, 2017).

Hout en plaatmaterialen (Oriented Strand Board (OSB), spaanplaten, multiplex en blokplaten) kunnen worden ingezet voor diverse bouw delen als vervanging van staal, cement en beton. Afhankelijk van de toepassing komen ook andere vezelgrondstoffen in aanmerking. Cellulose, vlas, (kalk)hennep, schapenwol en kurk worden bijvoorbeeld courant gebruikt als isolatiemateriaal. Hout en houtvezel vormen de belangrijkste bron van hernieuwbare bouwmaterialen (van Dam & van den Oever, 2012).

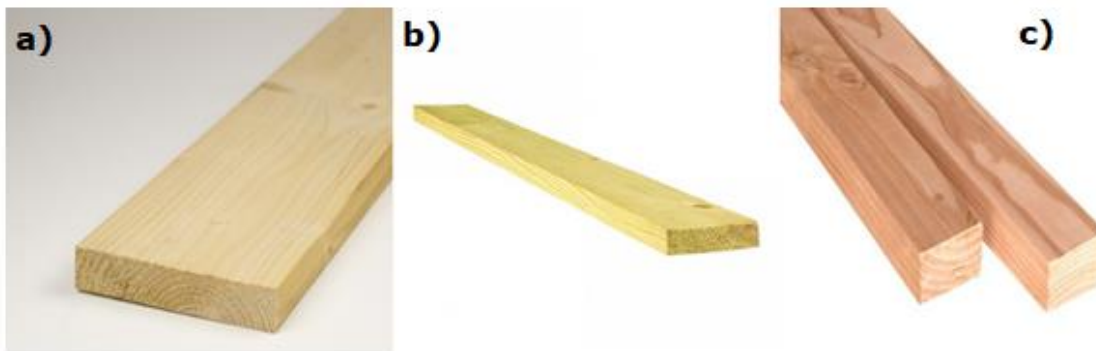
2.1.1 Massief hout

Hout is een van de langst gebruikte bouwmaterialen. De beschikbaarheid, relatief lage onderhoudskosten en eenvoudige verwerking maken het een interessant bouw materiaal. Hout wordt gebruikt voor zowel binnen- als buitentoepassingen.

Constructiehout hout vormt één van de belangrijkste onderdelen van massief hout. Vuren, grenen en lariks worden als constructiehout toegepast. Vurenhout (*Picea abies*) (Figuur 1a) is een houtsoort van fijnsparren. Het hout is bekend in Europa en wordt gebruikt als constructiehout (meubels, vloeren, deuren en ramen) evenals voor esthetische interieurbouw aangezien het hout geurloos is (Van Feij, 2019). Grenen (Figuur 1b) is afkomstig van de grove den (*Pinus sylvestris*) en heeft van nature een lichte (geelachtige) kleur. Het is gemakkelijk om dit soort hout te gebruiken. Boren, zagen, schuren en schroeven verlopen bij grenenhout gemakkelijk. Het is in vergelijking met vurenhout grover. Door de sterke geur van dat hout wordt het voornamelijk toegepast als constructiehout (schuren, aanbouw, en bergingen) (Van Feij, 2019).

Lariks (Figuur 1c) is een naaldhout dat optimaal wordt gebruikt vanwege de fysieke en esthetische eigenschappen. Dit hout is harder dan grenen en vuren en wordt daarom vooral als

constructiehout gebruikt. Tegenwoordig wordt het ook gebruikt voor meubeltoepassingen (kasten en tafels) (Centrum Hout Almere, 2001).



Figuur 1 a) Vuren b) Grenen (BouwOnline,2020) en c) Lariks (DeJong, 2020).

Massief hout wordt ook gemodificeerd met als doel het hout duurzamer te maken (impregneren). De modificatie van het hout kan op verschillende manieren gebeuren. Thermische behandeling is één van de toegepaste manieren. Hierbij wordt het hout verhit in een verzadigde omgeving in aanwezigheid van stoom tot 150-200°C bij verhoogde druk (Eurabo, 2020). Het doel van deze behandeling is om het massief hout meer waterafstotend te maken. Hierdoor is het hout beter bestand tegen schimmels en bacteriën en kan het ingezet worden als gevelbekleding of voor andere buitentoepassingen (van Dam & van den Oever, 2012). Figuur 2 geeft vurenhout weer dat thermisch werd behandeld.



Figuur 2 Thermisch behandeld vurenhout (Eurabo, 2020)

2.1.2 Plaatmaterialen

Naast constructiehout wordt ook gebruik gemaakt van plaatmateriaal. Plaatmateriaal bestaat uit massief hout, houtfineren (houtvezelproducten) of andere houtachtige componenten (spanen) die in verschillende composities, al dan niet gebonden zijn met een bindmiddel (kunsthartlijm). De opbouw van het plaatmateriaal bepaalt de gebruiks-, verwerkings- en toepassingsmogelijkheden. Bij het produceren van plaatmaterialen wordt alle hout benut en is er geen sprake van houtafval, dit terwijl de structurele en esthetische toepassingen van hout

gewaarborgd blijven. Tegenwoordig worden plaatmaterialen op grote schaal voor zeer uiteenlopende toepassingen gebruikt (Centrum Hout, 2015). Oriented Strand Board (OSB), multiplex, Medium Density Fibreboard (MDF) houtvezelplaten, gebitumeerde houtvezelplaten en blok- en spaanplaten zijn belangrijke soorten plaatmaterialen.

I. OSB

Oriented Strand Board (OSB) (Figuur 3a) is een houtplaat gemaakt van houtschilfers. De schilfers van de buitenste laag zijn evenwijdig aan de plaatlengte, die van de binnenste laag zijn dwarsgericht of willekeurig verspreid op de plaat. Door een bindmiddel worden de schilfers aan elkaar verbonden. Hierdoor wordt een kruisvormige opbouw verkregen van de schilfers op de plaat, waardoor een sterke plaat ontstaat die langs beide zijden gebruikt kan worden (Vanrobaeys, 2019). OSB-platen hebben een zeer breed scala aan toepassingen, waaronder in de houtskeletbouw als uitstijgingsplaat en dampscherm, als vloer- en wandbekleding en in hekken, betonnen bekisting, kasten, tafelbladen, ondervloeren voor parket en laminaat en ook voor isolatietoepassingen (Centrum Hout Almere, 2011).

II. Multiplex

Multiplex (Figuur 3b) bestaat uit een oneven aantal aan elkaar gelijmd houtfineren. Dit zorgt voor enige stabiliteit. Als het totale aantal fineerlagen drie is, dan spreekt men over triplex. Bij een hoger aantal lagen spreekt men van multiplex. Tijdens het productieproces worden de fineren eerst onderworpen aan de juiste luchtvochtigheid en vervolgens onder druk en bij hoge temperatuur aan elkaar gelijmd. Als de fineerlagen uit eenzelfde houtsoort bestaan, wordt dit door en door of 100% multiplex genoemd (Cras Woodshop, 2019). Multiplex en triplex worden veel gebruikt in de bouw- en meubelindustrie (van Dam & van den Oever, 2012). Er dient wel opgemerkt te worden dat elk soort multi-of triplex bepaalde eigenschappen en toepassingen heeft.

III. MDF

MDF staat voor medium density fibreboard. Het zijn houtvezelplaten (Figuur 3c) die worden gemaakt door houtvezels eerst met lijm te besproeien en deze vervolgens bij een verhoogde temperatuur (180-210°C) te persen. MDF wordt voornamelijk in de bouw en meubelindustrie toegepast (van Dam & van den Oever, 2012).

IV. Gebitumeerde houtvezelplaten

Gebitumeerde houtvezelplaten (Figuur 3d) worden gemaakt van houtvezels die onder hitte tot platen worden geperst. Tijdens de vervilting wordt er gebruik gemaakt van hars. Aangezien gebitumeerde houtvezelplaten hoofdzakelijk toegepast worden als isolerende onderdakplaten en blootgesteld kunnen worden aan vocht, wordt er aan deze houtvezelplaten een 12%

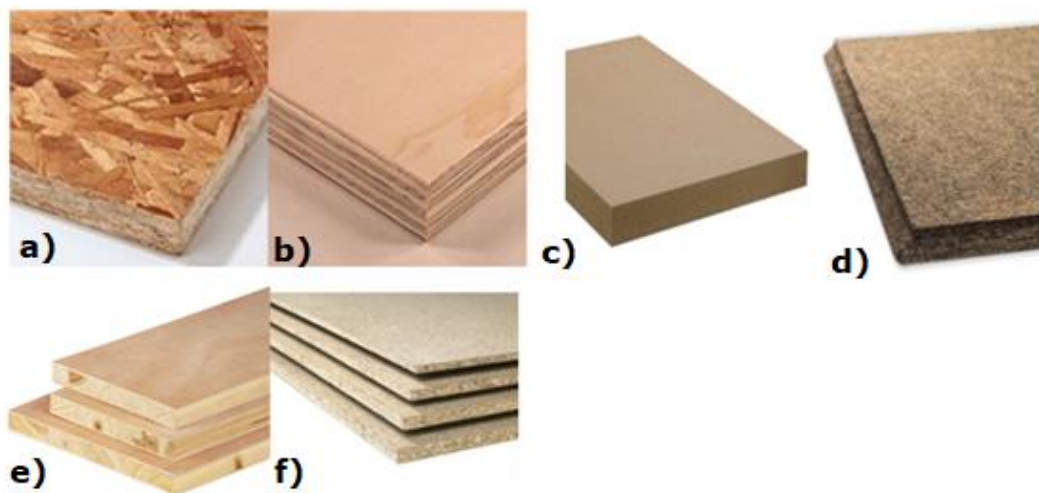
bitumenemulsie toegevoegd. Op deze manier kan verzekerd worden dat deze platen waterdicht zijn (Eurabo, 2020).

V. Blokplaten

Blokplaten (Figuur 3e) zijn plaatmaterialen met een massieve houten kern waarop aan beide zijden een fineer of spaanplaat is gelijmd. Grenen wordt voornamelijk gebruikt voor de kern. De vezelrichting van de fineerlaag of spaanplaat, staat loodrecht op de lengterichting van de kern waardoor de stevigheid van de blokplaat wordt gegarandeerd (Decospan, 2019). Blokplaten worden voornamelijk gebruikt in de meubelindustrie of als decoratie en voor binnenafwerking. De productie van laminaatvloeren en binnendeuren zijn voorbeelden van toepassingen (VIBE, 2013).

VI. Spaanplaten

Bij spaanplaten (Figuur 3f) is de houtstructuur in vergelijking met die van de blok-, multiplex-, en OSB-platen niet meer als dusdanig zichtbaar. Door een mengsel van kleine houtstukken (spaanders) met lijm onder hoge druk samen te persen, wordt een spaanplaat gemaakt. De houtstukken worden in allerlei richtingen gelegd, aangezien spaanplaten isotroop zijn. Spaanplaten hebben door de opbouw geen constructievermogen. De platen hebben namelijk een matige mechanische weerstand (VIBE, 2013). Binnentoepassingen, zoals werktafelbladen en bekleding van wanden, zijn evenwel ideaal voor dat soort plaatmateriaal.



Figuur 3 Plaatmaterialen: a) OSB b) Multiplex c) MDF d) Gebitumeerde houtvezelplaat (Eurabo, 2020) e) Blokplaten (Decospan, 2020) f) Spaanplaten (van AARLE, 2020)

2.1.3 Isolatiematerialen

Er bestaan verschillende isolatiematerialen die men op basis van de gebruikte grondstoffen kan onderverdelen. Het belang van een isolatiemateriaal is dat het een thermische isolatie garandeert. Men spreekt van een goede thermische isolatie als de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ), lager is dan 0,065 W/mK. Hoe lager λ , hoe beter het materiaal isoleert (Willaert, 2019). In Tabel 2 wordt de warmtegeleidingscoëfficiënt weergegeven van een aantal veelgebruikte isolatiematerialen. Naast de warmtegeleidingscoëfficiënt, is de warmteweerstand van de materiaallaag (R-waarde in m²K/W) ook een belangrijke factor voor de thermische isolatie van het isolatiemateriaal. Een goede isolatie van het materiaal gaat gepaard met een grote R-waarde. Hoe groter deze waarde, hoe groter de weerstand die op de warmtegeleiding werkt. Naast de R-waarde, bestaat de U-waarde die de warmtedoorgangcoëfficiënt voorstelt. Dit is de hoeveelheid warmte die doorheen een wand gaat per tijdseenheid, per graad K en per oppervlakte. De U-waarde wordt in W/m² K uitgedrukt (IsolatiewaardeEU, 2019). Tot slot zijn vochtregulerende eigenschappen, plaatsingsgemak en milieuvriendelijkheid ook cruciale factoren waarmee men rekening dient te houden bij het kiezen van een bepaald isolatiemateriaal (VIBE, 2018).

Tabel 2 Verschillende isolatiematerialen met hun warmtegeleidingscoëfficiënt, λ . (Straessens, 2016 en Lambda, 2020)

Isolatiemateriaal	Warmtegeleidingscoëfficiënt, λ (W/mK)
Cellulose	0.038-0.040
Houtwolisolatie	0.036 – 0.040
Katoenisolatie	0.038 - 0.042
Kurk	0.038 - 0.04
Vlasisolatie	0.038
Kalkhenep	0.08
Schapenwol	0.035 - 0.04
Houtvezelisolatieplaat - type A	0.040
Houtvezelisolatieplaat -type B	0.048
Houtvezelisolatieplaat - type C	0.07

I. Cellulose

Cellulose (Figuur 4a) wordt gemaakt van gerecycleerde papierproducten. Het papier wordt in eerste instantie tot kleine stukjes gereduceerd om vervolgens verder gebruikt te worden. Als additief wordt boorzout toegevoegd hetgeen cellulose geschikt maakt voor isolatiedoeleinden. Boorzout heeft een brand- en schimmelwerend effect (Isolatie-info, 2019). Cellulose wordt toegepast in zolderinstallaties en in bouwholtes zoals muren, alsook in houtskeletbouw (Energy.gov, 2019).

II. Katoenisolatie

Katoenisolatie wordt gemaakt door de recuperatie van katoenvezels uit niet-buikbare kleding, bijv. jeans. De stof wordt uiteengegafeld om de vezels te kunnen scheiden. Door middel van polyestervezels worden de katoenvezels aan elkaar gehecht, zodat een soort isolatierol (Figuur 4c) wordt verkregen (de Vijlder, 2017). Katoenisolatie biedt zeer goede isolerende eigenschappen die enerzijds te wijten zijn aan hun goede vochtregulatie dewelke schimmelgroei voorkomt, en anderzijds aan hun hoge warmte opslag. Deze isolatiematerialen worden voornamelijk toegepast als dak- en gevelisolatie aan de binnenkant.

III. Kurk

Kurk (Figuur 4d) is afkomstig van de kurkeik (*Quercus suber*), meer specifiek van de schors. Kurk wordt geproduceerd door de schors te schillen, te drogen (1 jaar), in stukjes te breken en tot slot met stoom te verhitten. Het feit dat er schors gebruikt wordt, maakt kurk zeer milieuvriendelijk aangezien er geen bomen dienen gekapt te worden. Kurk wordt vermalen tot korrels die samengeperst worden tot kurkplaten. Kurk is vochtbestendig en wordt in vochtige ruimtes ingezet. Daarnaast wordt kurk toegepast in muur, vloer- en plafondisolatie (Isolatieprijs, 2019).

IV. Vlasisolatie

Vlaswol (Figuur 4e) is vervaardigd uit de korte vezels van de vlasplant. Deze plant bevat ongeveer 70% cellulose waarbij de vezels een sterk vermogen hebben om lucht tegen te houden (Schiavonia et al., 2016). Vlaswol wordt toegepast als thermische spouwisolatie, vloerisolatie en dakisolatie (van Dam & van den Oever, 2012).

V. Kalkhennep

Kalkhennep (Figuur 4f) behoort tot de hernieuwbare isolatiematerialen waarbij op basis van kalk en hennepvezels, kalkhennep wordt gevormd. Een deel van de hennepplant, namelijk de houtachtige stengel, wordt nat gemaakt en gemengd met kalk als bindmiddel. Een van de toepassingen die gerealiseerd kan worden met kalkhennep is “dampopen” bouwen. Een deel van het vocht geproduceerd door te douchen bijvoorbeeld, wordt op een natuurlijke wijze afgevoerd doorheen de constructie en afgegeven aan de buitenlucht. Daarnaast wordt kalkhennep toegepast als vloer-, wand-, en dakisolatie (VIBE, 2018).

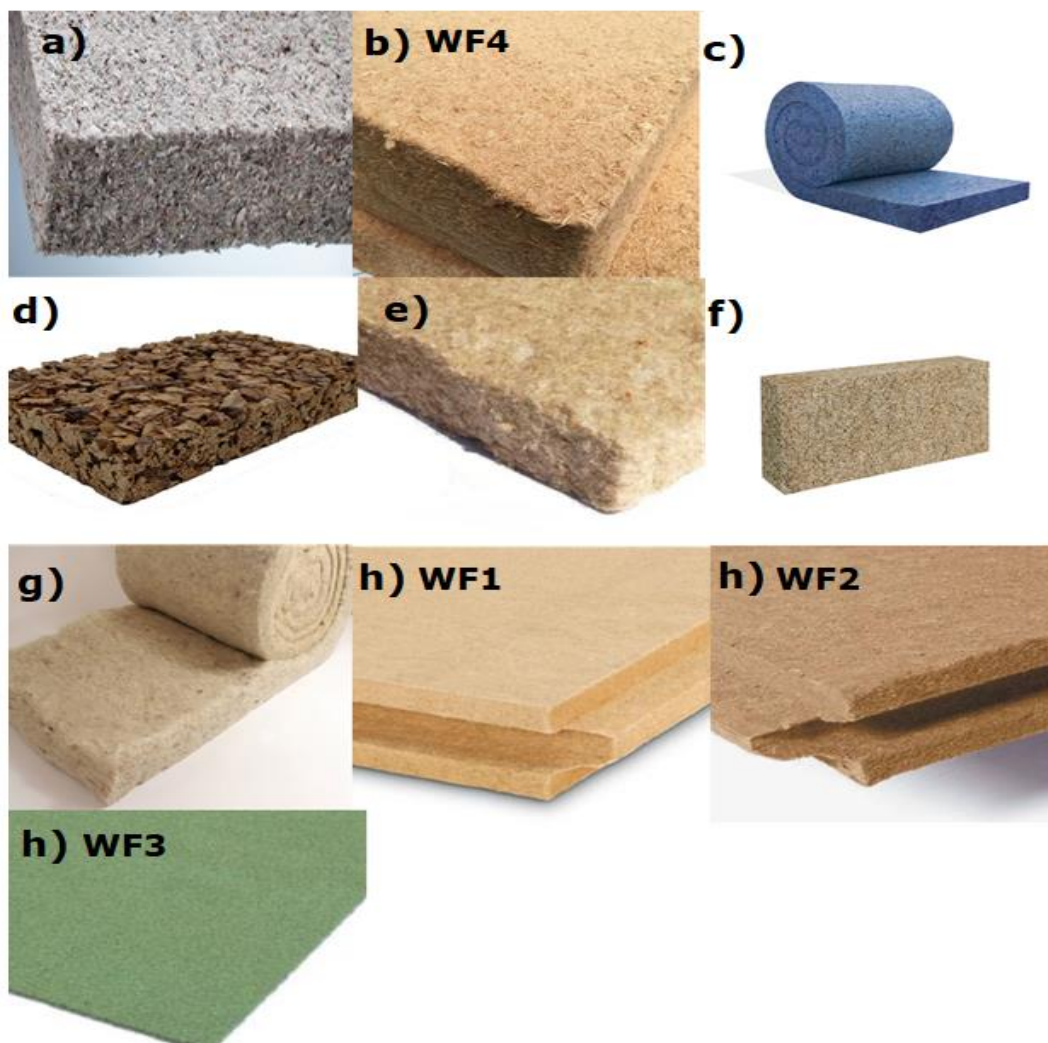
VI. Schapenwol

Schapenwol (Figuur 4g) bestaat volledig uit dierlijke vezels. Door de vezels te vervullen, wordt de isolatiewol verkegen (Ecomat, 2019). Naast het feit dat deze wol heel goed isoleert, kan schapenwol tot 30% vocht opnemen zonder haar isolatiewaarde te verliezen. Wol is bovendien

hydrofoob en kan water afstoten. Schapenwol wordt toegepast als dak- en muurisolatie en in skeletbouw (Maréchal, 2019).

VII. Houtvezelisolatieplaten

Onder de houtvezelplaten vinden we drie types (Figuur 4) die uit dezelfde fabrikant worden geproduceerd, maar die verschillend zijn in hun bouwcomponenten. Daarnaast behoort houtwol tot de houtvezelmaterialen en vormt op deze manier een vierde type. Houtwol (Figuur 4) wordt gemaakt uit houtvezels van naaldhout die een afvalproduct van de houtindustrie zijn. Met een bindmiddel worden de fijne houtvezels gebonden. Houtwol bevat en polyolefinevezels en ammoniumsulfaat en wordt gebruikt om vloeren en binnendaken te isoleren (VIBE, 2017).



Figuur 4 Verschillende isolatiematerialen met a) Cellulose isolatiematten (DakisolatiePlaatsen, 2020) b) Houtwolisolatie (WF4) (Isolteam, 2020) c) Katoenisolatie (Eurabo, 2020) d) Kurk (Vanalten, 2019) e) Vlasisolatie (Ecobouwers, 2018) f) Kalkhennep (Eurabo, 2020) g) Schapenwol (Duurzaamthuis, 2019) h) drie type houtvezelplaten (WF1, WF2 en WF3)

2.2 Invloed van vocht op hernieuwbare bouwmaterialen

Hernieuwbare bouwmaterialen bieden niet uitsluitend een reeks aan verschillende voordelen zowel voor wat betreft de bouwindustrie als de natuurlijke omgeving, maar hebben net als andere bouwmaterialen ook nadelen. De aanwezigheid van water veroorzaakt door de hoge vochtigheidsgraad in een gebouw, lekkage, infiltratie van regenwater of condensatie kan samen met de hygroscopische eigenschap van hernieuwbaar bouw materiaal, leiden tot de biologische afbraak van het materiaal. De parameters die de snelheid van het biologisch afbraakproces van hernieuwbare bouwmaterialen beïnvloeden, zijn voor elk materiaal anders en afhankelijk van de aard en chemische structuur van het materiaal (Ganotopoulou, 2014).

2.2.1 Degradatie door schimmels

Biologisch afbreekbare materialen zijn niet erg bestand tegen langdurige hoge vochtgehalten. Als er zich vocht ophoopt in het materiaal of als er een te hoge relatieve vochtigheid heerst in de omgeving, kan dit leiden tot de degradatie van het product. Bovendien leidt een hoog vochtgehalte met een beperkte ventilatie tot schimmelgroei. Hierbij wordt 25% vochtgehalte aangenomen als kritische factor voor het vervalrisico (Van den Bulcke et al., 2009). De schimmelgroei resulteert niet enkel in een lagere prestatie van hernieuwbare bouwmaterialen, maar heeft ook een negatieve impact op de gezondheid (Ganotopoulou, 2014).

Men kan twee categorieën schimmels onderscheiden die biogebaseerde bouwmaterialen kunnen beschadigen. Oppervlakteschimmels (Figuur 5a) vormen de eerste categorie. Deze schimmels zorgen voor esthetische schade aan het oppervlak van het materiaal. Tot de tweede categorie behoren de houtrotschimmels. Deze schimmels kunnen in bruin- en witrot schimmels onderscheidt worden. De eerste degraderen voornamelijk cellulose en hemicellulose, wat resulteert in een bruine verkleuring van het hout. De laatste degraderen lignine, wat resulteert in een witte verkleuring. *Serpula lacrymans* (Figuur 5b) en *Coniophora puteana* zijn belangrijke Basidiomycetes (Vanpachtenbeke et al., 2016). Naast houtrot zijn Basidiomycetes ook verantwoordelijk voor de aantasting en degradatie van de structurele integriteit van bouwmaterialen (Morris, 2013).



Figuur 5 a) Houtverkleuring veroorzaakt door oppervlakteschimmels b) Bruinrotschimmel op hout (*Serpula lacrymans*) (Vanpachtenbeke et al., 2016)

2.2.2 Invloed van vocht op andere materiaaleigenschappen

Naast het feit dat vocht nadelige gevolgen kan hebben op de structurele integriteit van hernieuwbare bouwmaterialen, heeft het ook een negatieve invloed op de materiaaleigenschappen ervan. De opname van water door hernieuwbare bouwmaterialen leidt tot een toename van het gewicht, wat zich gaat uiten in vervormingen en in een reductie van de sterke-eigenschappen en hardheid van het materiaal. Daarnaast is zwellen en inkrimping van hernieuwbare bouwmaterialen een gevolg van watermoleculen die zich tussen koolhydraten zoals hemicellulose en cellulose bevinden. Het zwellen en krimpen leidt tot het splijten of kromtrekken van hernieuwbare bouwmaterialen, wat de bruikbaarheid van de materialen doet dalen (Jones, 2017). De variatie tussen dezelfde en/of verschillende hernieuwbare bouwmaterialen is een gevolg van de anisotropische en/of hygroscopische eigenschap van het materiaal. Bepaalde hernieuwbare bouwmaterialen kunnen namelijk afhankelijk van de richting, verschillende natuurkundige of mechanische eigenschappen vertonen. Daarnaast kunnen hernieuwbare bouwmaterialen hygroscopisch zijn doordat ze vocht uit de omgeving opnemen (Brebels, 2013). Dit kan voor hechtingsproblemen en schilfervorming van lijmlijnen zorgen. Buiten de mechanische verandering van hernieuwbare bouwmaterialen, veroorzaakt vocht een toenemende, thermische geleidbaarheid, waardoor ook de thermische prestatie van hernieuwbare bouwmaterialen daalt (Jones, 2017).

2.2.3 Gebruiksklassen op basis van blootstelling aan vocht

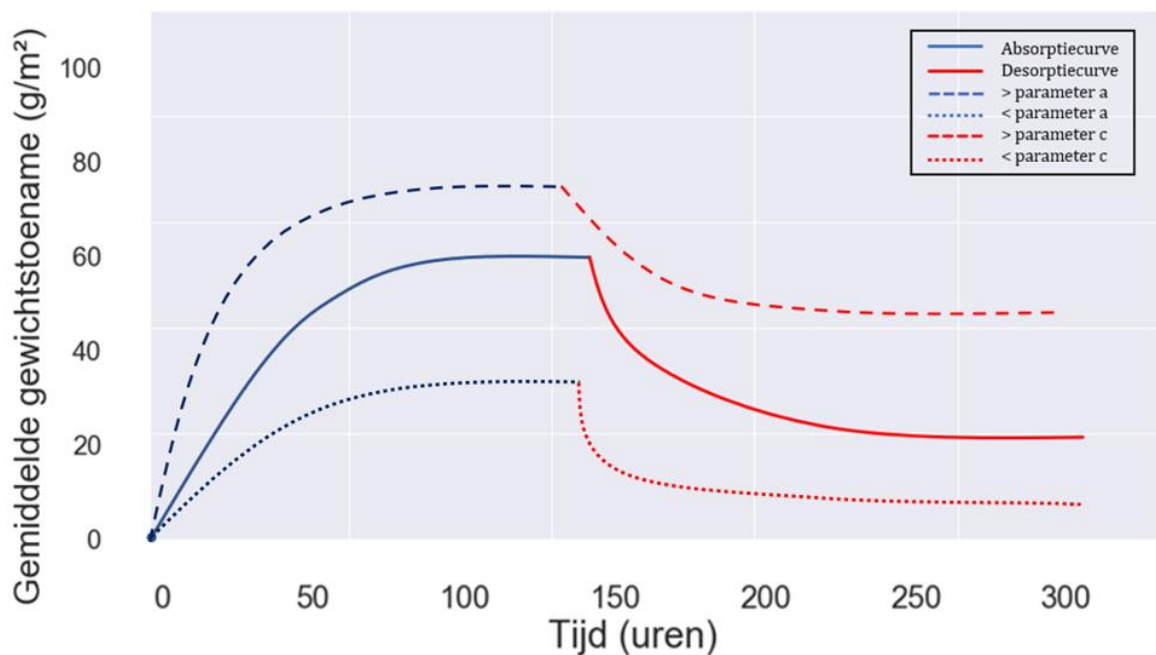
Hout en houtproducten worden in gebruiksklassen geclassificeerd. De classificatie is beschreven in EN 335 (2013) en ISO 21887, en is afhankelijk van of de materialen al dan niet afgeschermd zijn van vocht (Tabel 3). De gebruiksklassen zijn tot op heden enkel geschikt voor (behandeld) hout, waarbij de materialen op basis van hun schimmelresistentie en vochteigenschappen worden onderverdeeld. De Windt et al. (2018) vermeldt een eerste voorstel om een classificatie te ontwikkelen op basis van het vochtgehalte. Hierbij wordt het residuele vochtgehalte (θ_r) als parameter gebruikt om plywood (multiplex) in gebruiksklassen in te delen en de levensduur in te schatten.

Tabel 3 Overzicht van de gebruiksklassen met hun gebruiksvoorwaarden (EN 335, 2013)

Klasse	Algemene gebruiksvoorwaarden
1	Binnen, droog
2	Binnen, niet blootgesteld aan vocht, condensatie
3	Buiten, bovengronds, blootgesteld aan omgeving 3.1 beperkte bevochtiging 3.2 langdurige bevochtiging
4	Buitenkant blootgesteld aan omgeving, contact met water
5	Permanent of regelmatig ondergedompeld in zout water

2.2.4 Referentiefiguur voor absorptieparameter a en desorptieparameter c

Afhankelijk van de absorptie- en desorptieparameters zal de absorptie- en desorptiecurve er anders uitzien (Figuur 6). Bij een kleinere absorptieparameter a , zal de curve in vergelijking met de referentiecurve steiler zijn (kleine richtingscoëfficiënt). Een grote absorptieparameter a , geeft een minder steile curve weer. Dezelfde redenering kan gevolgd worden bij de desorptieparameter c , waarbij een kleine parameter c een steile curve weergeeft en een grote parameter c , een minder steile curve.



Figuur 6 Invloed van parameter a op de absorptiecurve en parameter c op de desorptiecurve

3 Materiaal en methoden

3.1 Materialen

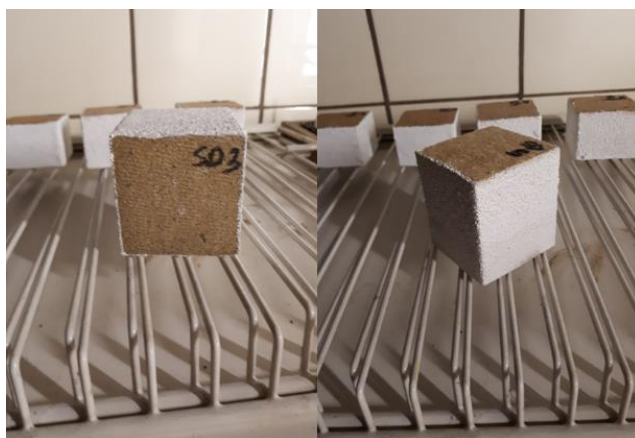
De geteste materialen werden in plaat- en isolatiematerialen ingedeeld. Er werd voor geopteerd om biogebaseerde bouwmaterialen te gebruiken die het meeste worden toegepast in de bouwsector in Vlaanderen. In totaal werden er 14 materialen gebruikt met een dichtheid tussen de 20 en 800 kg/m³ (Zie Tabel 4).

Tabel 4 Overzicht van de onderzochte biogebaseerde bouwmaterialen met bijhorende test.

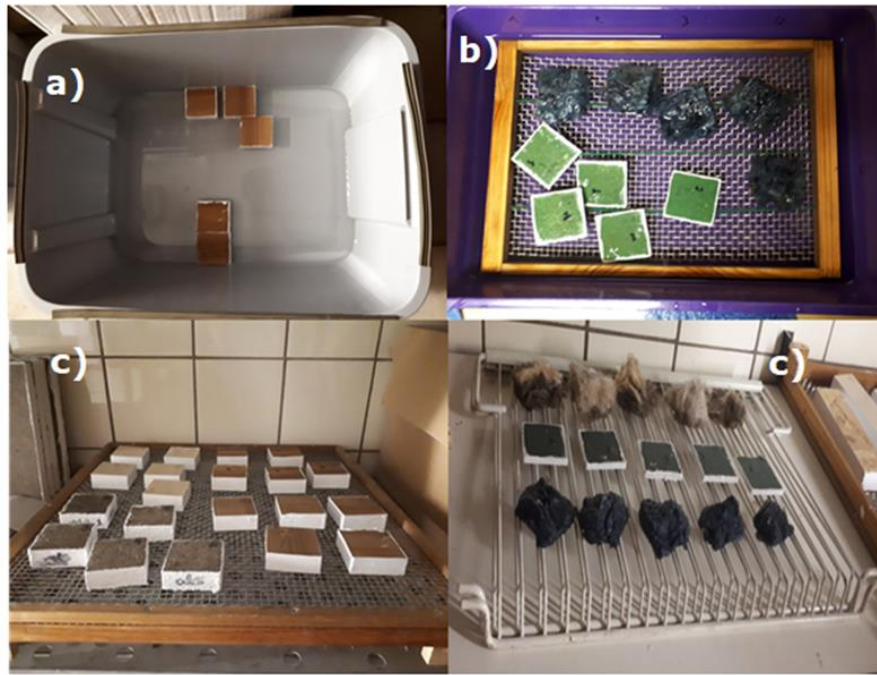
Materiaal (Nl)	Materiaal (En)	Afkorting	Componenten en/of behandeling	Dichtheid (kg/m ³)	Test(en)
Oriented Strand Board	Oriented Strand Board	OSB	Schotse pijnboomvezels, PUR-hars, houtbescherming (was) en formaldehydevrije verlijming	600	Drijftest + CMM
Poreuze gebitumineerde houtvezelplaat	Porous bituminized wood fibre board	PBF	Houtvezels en bitumenemulsie	270	Drijftest + CMM
Radiata pine multiplex	Radiata pine plywood	PL	Houtfineerlagen kruiselings op elkaar gelijmd (condensatielijmen)	550	Drijftest + CMM
Thermisch gemodificeerd vurenhout	Thermally modified spruce	TMT	Proces: 1) Hydrothermolyse tot 170°C 2) drogen 3) opnieuw verhitten tot 180°C in droge omstandigheden zonder zuurstof.	414	Drijftest + CMM
Niet-thermisch behandeld vurenhout (Picea abies)	Laminated Norway spruce not thermally treated	Ns	Impregneren met een impregneermiddel (niet-	420	Drijftest + CMM
Thermisch behandeld vurenhout (Picea abies)	Laminated Norway spruce	LN	Thermische behandeling (150-200°C) in aanwezigheid van stoom en impregneren met impregneermiddel	480-780	Drijftest + CMM
Houtvezelplaat	Medium density fibreboard	MDF	Houtvezels door middel van kunsthars met elkaar verbonden	700-800	Drijftest
Geëxpandeerde kurkisolatieplaten	Expanded insulation corkboard	ECB	Korrels door stoomverhitting en natuurlijke aanwezige harsen gaan expanderen en aan elkaar kleven	145-160	Drijftest
Houtvezelisolatieplaat - type A	Wood fibre insulation board – type A	WF1	Houtvezels, PUR-hars en paraffine	140	Drijftest
Houtvezelisolatieplaat - type B	Wood fibre insulation board – type B	WF2	Houtvezels, aluminiumsulfaat, paraffine, PUR-hars, silicaten en hydrofobe producten	270	Drijftest
Houtvezelisolatieplaat -type C	Wood fibre insulation board – type C	WF3	Houtvezel, aluminiumsulfaat, kleurstof	250	Drijftest
Houtwol isolatie	Wood wool insulation	WF4	Houtvezels, polyolefinevezels en ammoniumfosfaat.	50	Drijftest
Vlaswol isolatie	Flax wool insulation	FW	Vlasvezels gebonden en door ammoniumsulfaat en boriumzouten schimmelwerend gemaakt	25-45	Drijftest
Katoenisolatie	Cotton insulation	CI	Katoenvezels (85%), brand- en schimmelwerende producten en polyester	20	Drijftest

3.2 Drijftest

Met de drijftest (prTS 16818) wordt de wateropname en -afname van de materialen (Tabel 4) op laboratoriumschaal bepaald. De stalen ($5 \times 5 \times 2,5 \text{ cm}^3$), met telkens vijf herhalingen per testmateriaal, werden initieel langs de randen met twee lagen van een tweecomponenten-polyurethaanafwerking afgedicht (Figuur 7), zodat er geen water langs de zijanten kon binnendringen (sealen). Containers met gedemineraliseerd water, werden gedurende twee weken geplaatst in een conditioneringsruimte (65% relatieve vochtigheid (RH), 20°C). Na het bepalen van de initiële massa (m_0) van de materialen, werden ze op het wateroppervlak gelegd om te kunnen drijven (Figuur 8a). Lichtere materialen werden op een gaasplaat gelegd, zodat deze niet konden zinken (Figuur 8b). Op specifieke tijdstippen zoals beschreven staat in het prTS 16818 protocol, werd de wateropname na een bepaalde tijd, t (1u, 4u, 8u, 24u, 72u en 144u) gravimetrisch bepaald (m_t). Er werden extra tijdstippen toegevoegd aan het begin van deze absorptiefase (30s, 1 min, 5 min, 10 min en 30 min) aangezien bepaalde testmaterialen zeer snel water opnamen. Deze korte fase werd voor alle testmaterialen in rekening gebracht met uitzondering van vurenhout (zowel thermisch als niet thermisch behandeld). Het overtollig vocht werd telkens met nat papier verwijderd, alvorens de stalen gewogen werden. De absorptiefase werd gevolgd door een desorptiefase, waarbij de stalen uit de containers werden gehaald en op droogrekken in de conditioneringsruimte werden geplaatst (Figuur 8c). De stalen werden op minimaal 10 mm van elkaar geplaatst om een vrije luchtcirculatie mogelijk te maken. Desorptie werd uitgevoerd onder dezelfde klimatologische omstandigheden als absorptie. Opnieuw werden de monsters gewogen na 1 uur, 4 uur, 24 uur, 48 uur en 72 uur tijdens de desorptie. Na de desorptietest werden de monsters in de oven gedroogd bij $103 \pm 2^\circ\text{C}$ tot een constante massa geregistreerd werd (m_{oven}).



Figuur 7) Gesealde houtvezelisolatieplaat - type A.



Figuur 8 a) Container gedemineraliseerd water waarop thermisch gemodificeerd vurenhout aan het drijven is. b) Gaas plaat waarop houtvezelisolatieplaat - type C en katoenisolatie aan het drijven zijn c) stalen in klimaatkamer na 144u desorptie

De wateropname W (g/m^2) over de tijd, werd berekend via:

$$W = \frac{m_t - m_0}{A}, \quad (1)$$

waarbij A staat voor de testoppervlakte (m^2) en m_0 voor de initiële massa van het testmateriaal. Om de massaverandering van de testmaterialen tijdens de wateropname en -afname te vergelijken, werd een curve aan de gegevens gefit (Nonlinear least squares) op basis van Vergelijking (2). Hierbij zijn de absorptie- en desorptiecurves respectievelijk gebaseerd op Vergelijkingen (2) en (3), waarbij a staat voor de absorptiecoëfficiënt, b voor de capillaire wateropname en c als maat voor het desorptiepercentage.

$$\theta = at^b, \quad (2)$$

$$\theta = a + be^{-\frac{t}{c}}. \quad (3)$$

Het vochtgehalte (θ) of *moisture content* (MC), wordt uitgedrukt in percent, en is de verhouding tussen het water dat het materiaal opneemt en de droge massa. Het werd als volgt berekend:

$$\theta = \frac{m_t - m_{oven}}{m_{oven}} \times 100, \quad (4)$$

Met m_t de natte massa (g) van het materiaal na tijd, t en m_{oven} de initiële massa.

Het residueel vochtgehalte (θ_r) in percent, werd berekend na 168 uur desorptie (Vergelijking 5), waarbij θ_{168} het vochtgehalte is na 168 uur desorptie en θ_0 het oorspronkelijke vochtgehalte van het monster is. Daarnaast werd het restvochtgehalte berekend na 48 uur (θ_{48}) en 96 uur (θ_{96}) desorptie.

$$\theta_r = \theta_{168} - \theta_0 \quad (5)$$

Het residu (θ_{res168}) is het vochtgehalte dat na 168 uur desorptie in het analysemonster achterblijft als percentage van het geabsorbeerde vocht na 144 uur en wordt berekend via:

$$\theta_{res168} = \frac{\theta_r}{\theta_{144} - \theta_0} \quad (6)$$

Daarnaast werd het residu na 96 uur desorptie (θ_{res96}) berekend. De absorptie- en desorptiefasen werden ingedeeld op basis van de door Van Acker et al. (2014) beschreven klassen (Tabel 5). Voor de desorptie werd het vrijkomen van water (g/m²) bij 96 en 168 uur desorptie opgenomen, aangezien 144 uur desorptie niet als weegmoment in de desorptiefase werd opgenomen.

Tabel 5 Classificatie van absorptie en desorptie op basis van de wateropname en -afgifte na 144uur (van Acker et al., 2014)

Klasse	Drijftest (g/m ²)	
	Absorptie	Desorptie
1	750	250
2	950	400
3	1150	500
4	1350	600
5	1750	750
6	2750	1000
7	5000	2000
8	∞	∞

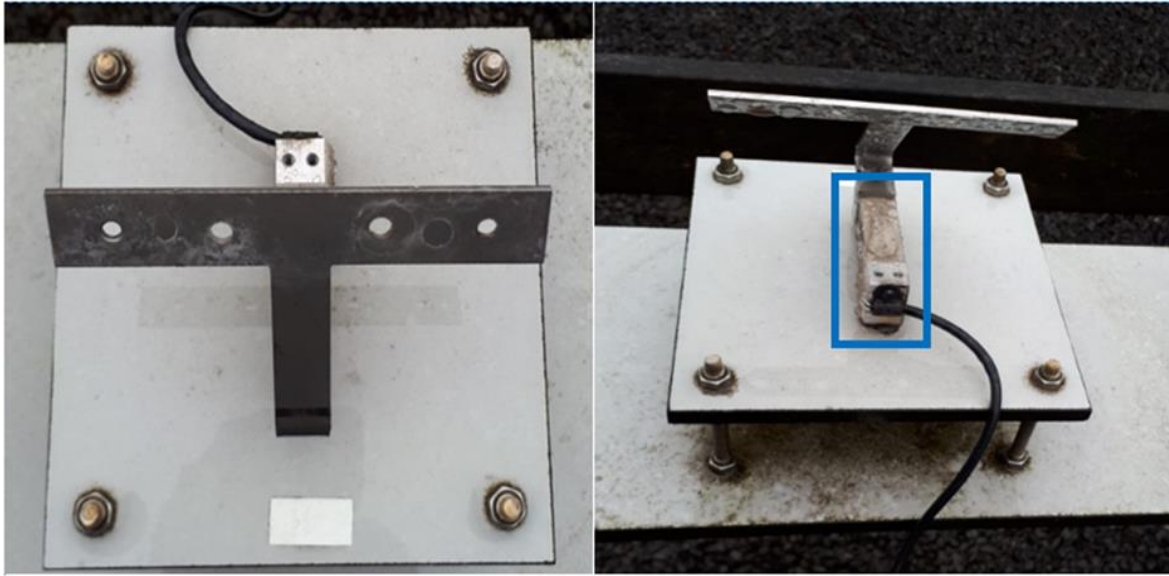
3.3 Continuous moisture measurements (CMM)

De CMM-opstelling is gericht op het monitoren van de waterabsorptie en -desorptie van de testmaterialen (Tabel 4) bij blootstelling aan de buitenlucht. De vaste meetopstelling is weergegeven in Figuur 9, en bestaat uit gekalibreerde loadcellen waarop de testmaterialen zijn gemonteerd. Een loggersysteem registreert het gewicht van de stalen om de 5 minuten op basis van de spanning in de loadcellen. De geregistreerde spanningsmetingen van de cellen worden in milivolt (mV) weergegeven en dienen met behulp van de kalibratiecurve van de weegcel worden omgezet naar massa (g). Verschillende weeromstandigheden (zonnestraling, wind, regen en de relatieve vochtigheid) zullen leiden tot een verandering van het vochtgehalte, dewelke resulteren in een massaverandering.



Figuur 9 Continuous moisture measurements opstelling (CMM)

De stalen met een afmeting van $5 \times 10 \text{ cm}^2$ (met uitzondering van gebitumeerde isolerende houtvezelplaat met een afmeting van $15 \times 15 \text{ cm}^2$) werden zoals bij de drijftest gesealed zodat er geen water langs de zijkenen kon binnendringen. Verder werden de stalen geconditioneerd tot een constante massa in de klimaatkamer bij 65% Relatieve Vochtigheid (RV) en 20°C . De stalen werden initieel gewogen alvorens deze met T-houders op de loadcellen werden gemonteerd (Figuur 10). De test werd op volgende materialen uitgevoerd: Oriented Strand Board (OSB), poreuze gebitumineerde houtvezelplaat (PBF), Radiata pine multiplex (PL), thermisch gemodificeerd vurenhout (TMT), niet thermisch behandeld vurenhout (Ns) en thermisch behandeld vurenhout (LNs), met telkens vijf herhalingen per materiaal.



Figuur 10 a) T-houder waarop de stalen werden gemonteerd en load cell (omkaderd)

De loadcellen hebben een weegbereik van 1g en kunnen stalen tot 1000g wegen. Hun buitentoepassing is te danken aan hun aluminiumconstructie en hun bruikbare omgevingstemperatuurbereik van -20 tot 65°C. De loadcellen zijn gemonteerd op kleine inerte platen die verstelbaar zijn en waarop T-houders zijn bevestigd die een hoek van 45°C vormen (Figuur 10).

De loadcellen worden gevoed met een 10 volt (V) voedingsspanning met een respons van enkele mV. Elke loadcel is individueel gekalibreerd en verbonden met een weerbestendig, robuust Delta-T DL2e datalogging-systeem (Figuur 11). Dit systeem registreert de load-cell reacties en om de 5 minuten wordt het gemiddelde berekend en opgeslagen in een bestand. Deze gegevens werden samen met de weergegevens vanuit het weerstation grenzend aan de opstelling, overgebracht naar een draagbare computer (Figuur 11).



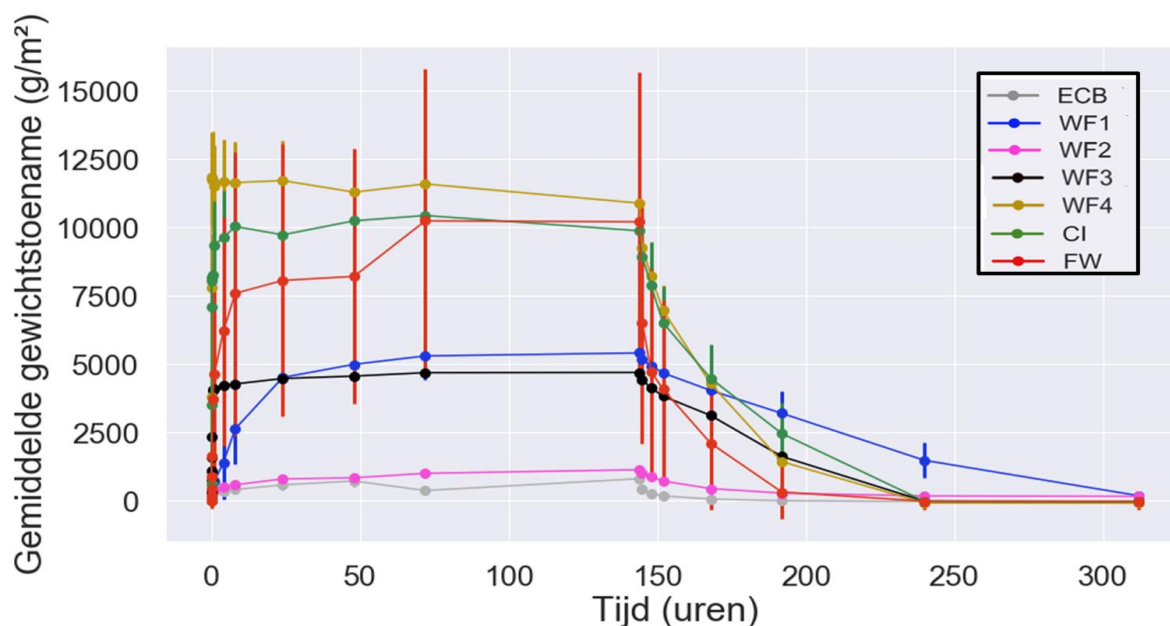
Figuur 11 De voedingspanning die de loadcellen voed (groene pijl), en die verbonden is met het datalogging-systeem (blauwe pijl), en waaraan een draagbare computer (paarse pijl) is gekoppeld

De stalen werden willekeurig gemonteerd over de volledige opstelling. Hierbij werd er getracht om de vijf herhalingen zo goed mogelijk over de gehele opstelling te spreiden, zodat in het geval van beschaduwing van bepaalde stalen, andere stalen van hetzelfde materiaal wel blootgesteld werden aan de zon. Deze test werd kwalitatief geanalyseerd op basis van de vochtgehalten en door deze te linken met de hoeveelheid neerslag tijdens de proefopstelling. De gegevens werden een keer per week uitgelezen en verder verwerkt. De CMM test werd gestart op 20 februari 2020.

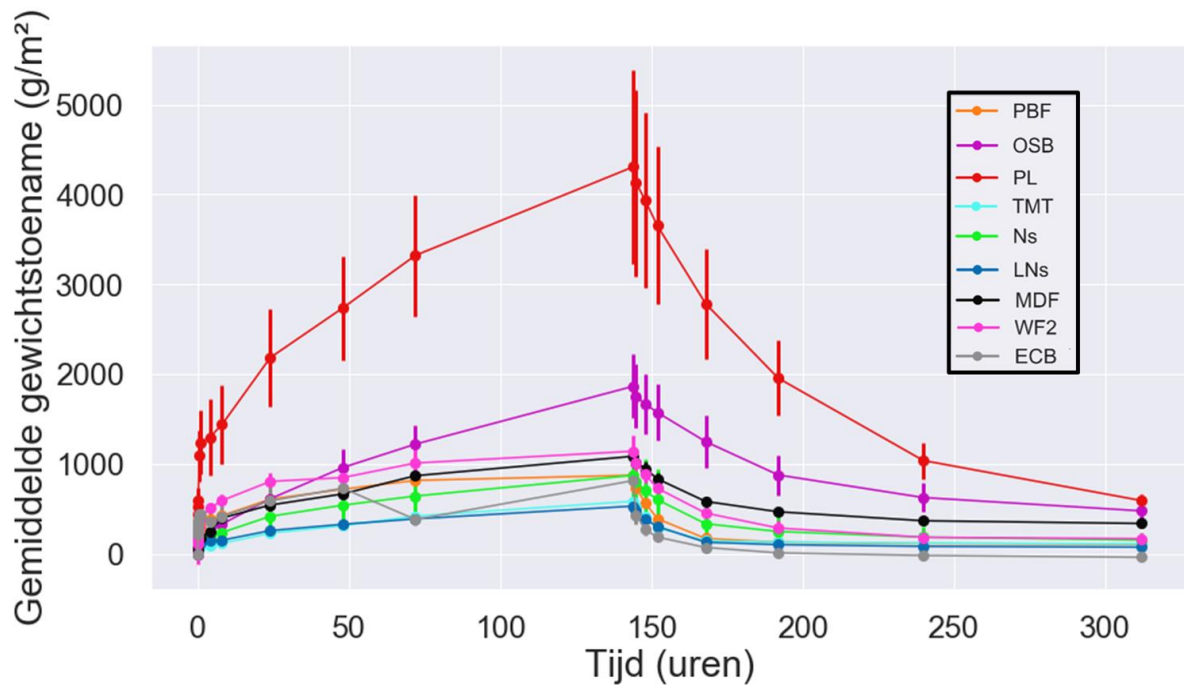
4 Resultaten en discussie

4.1 Drijftest

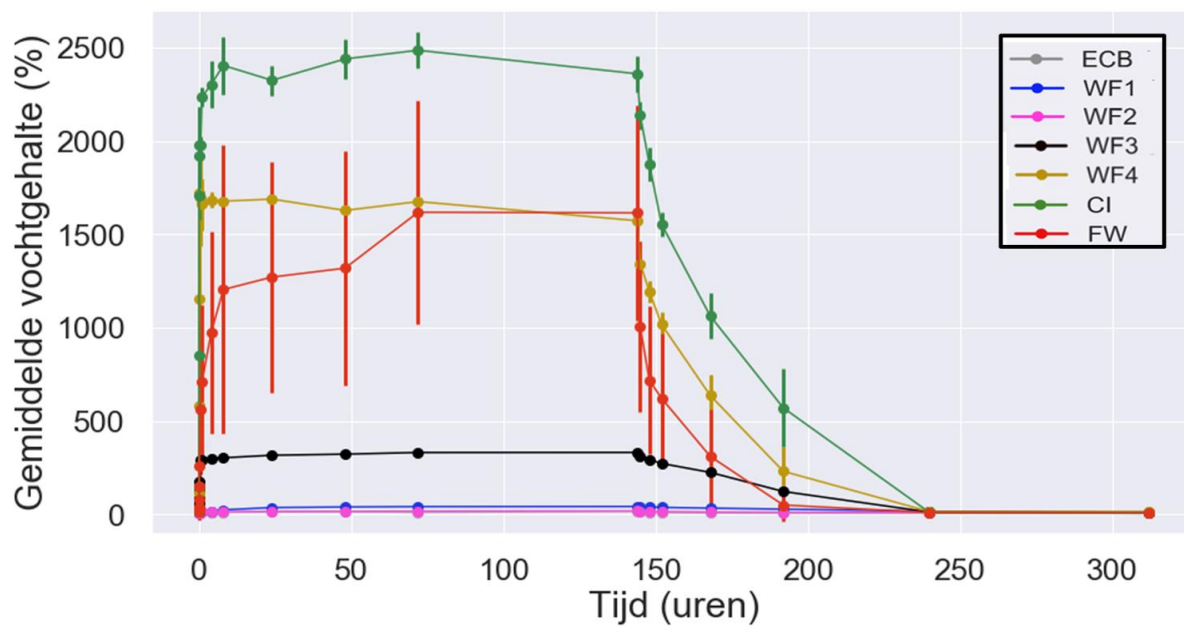
De 14 geteste materialen kunnen enerzijds op basis van hun toepassing worden ingedeeld in twee grote groepen, namelijk de plaat- (PBF, OSB, PL, TMT, Ns, LNs en MDF) en de isolatiematerialen (WF1, WF2, WF3, ECB, FW, CI en WF4). Figuren 12 en 13 geven respectievelijk de gemiddelde gewichtstoename (g/m^2) met standaardafwijking weer van de isolatie- en plaatmaterialen, tijdens de absorptie- en desorptiecyclus van de drijftest. Het gemiddelde vochtgehalte (%) met standaardafwijking voor de isolatie- en plaatmaterialen is respectievelijk weergegeven in Figuur 14 en 15. Anderzijds worden de materialen op basis van de niet-parametrische Kruskal-Wallis test ingedeeld. Deze test, uitgevoerd op zowel de gewichtstoename (g/m^2) als op het vochtgehalte (%), en waarbij de plaat- en isolatiematerialen als twee afzonderlijke groepen onderling worden vergeleken, geeft een significant verschil weer ($\alpha = 0.05$) tussen beide groepen. Binnen de isolatiematerialen vertonen de geëxpandeerde kurkisolatieplaten (ECB) en de houtvezelplaten type-B (WF2) een gelijkaardig verloop als de plaatmaterialen. Dit zowel voor de gewichtstoename (g/m^2) als voor het vochtgehalte (%) (Figuren 12 en 14). ECB en WF2 worden in beide groepen opgenomen en besproken.



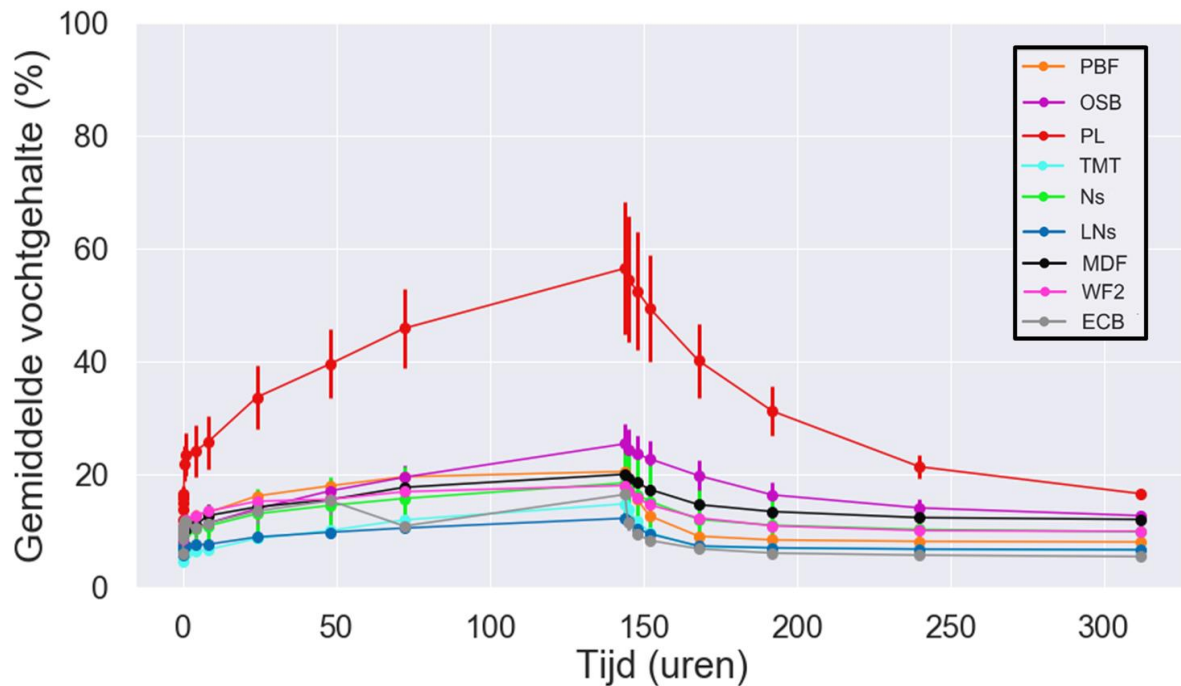
Figuur 12 De gemiddelde gewichtstoename in g/m^2 met standaarddeviatie (foutbalken) van de isolatiematerialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.



Figuur 13 De gemiddelde gewichtstoename in g/m² met standaarddeviatie (foutbalken) van de plaatmaterialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.



Figuur 14 Het gemiddelde vochtgehalte (%) met standaarddeviatie (foutbalken) van de isolatiematerialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest. ECB loopt samen met WF2.



Figuur 15 Het gemiddelde vochtgehalte (%) met standaarddeviatie (foutbalken) van de plaatmaterialen gedurende 144u absorptie en 168u desorptie bij de drijftest.

Een eerste onderverdeling die binnen de isolatiematerialen gemaakt kan worden, is vlaswolisolatie (FW), cellulose isolatie (CI) en houtwolisolatie (WF4). Deze materialen vertonen een opvallend hoge gewichtstoename (g/m^2), en worden op basis hiervan in gebruiksklasse 8 ingedeeld (Tabel 5 en 6). Hoewel deze gebruiksklasse gelinkt is met een hoge wateropname, worden deze materialen tijdens de desorptiecyclus na 96 en 168u in gebruiksklasse 1 ingedeeld. FW vertoont bovendien een snellere waterafgifte (kleinere desorptieparameter c), dan WF4 en CI (resp. 26 en 32). Dit kan eveneens afgeleid worden vanuit Figuur 12, waarbij FW tijdens de desorptiefase een steilere daling heeft, dan WF4 en CI. De gewichtstoename (g/m^2) is negatief bij deze materialen en dit zowel na 96u als na 168u (Tabel 6). Dit kan verklaard worden doordat deze materialen hoofdzakelijk uit vezels bestaan. Dit heeft met als gevolg dat er dimensionale en structurele eigenschappen kunnen wijzigen zoals werd aangetoond door Céline et al. (2014). De materialen verliezen vezels nadat ze in contact zijn gekomen met het water tijdens de drijftest, hierdoor zal de massa na 96 en 168u lager zijn de initiële massa. Dit veroorzaakt eveneens de grote standaarddeviatie bij deze materialen i.v.m. de andere materialen (Figuur 12 en 14).

Tabel 6 Classificatie van de onderzochte materialen bij 144 uur absorptie en 96 en 168 uur desorptie, en gekalibreerde parameters voor absorptie- en desorptiecurves. Niet fitbare curven worden weergegeven als /.

Staal	Absorptie				Desorptie					
	Klasse	g/m^2 144u	$f(x)=ax^b$		Klasse	g/m^2 96u	g/m^2 168u	$f(x)=a+b^{(-x/c)}$		
			a	b	96u/168u			a	b	c
PBF	2	873	330	0.20	1/1	111	105	117	729	8
OSB	6	1863	115	0.57	5/3	624	476	458	1357	42
PL	7	4307	936	0.3	7/4	1037	591	463	3774	51
TMT	1	582	59	0.46	1/1	117	109	117	463	8
Ns	2	872	158	0.41	1/1	183	151	258	931	21
LNs	1	529	105	0.31	1/1	81	72	81	446	11
MDF	3	1084	179	0.36	2/2	366	335	353	710	22
ECB	2	813	410	0.10	1/1	-21	-41	22	724	3
WF 1	8	5413	1021	0.37	5/1	1486	194	-2775	8028	162
WF 2	3	1140	376	0.23	1/1	182	166	185	898	19
WF 3	7	4701	/	/	1/1	-9	-18	-468	5083	54
WF4	8	10894	/	/	1/1	-73	-82	-199	10291	26
FW	8	10210	948	0.34	1/1	-9	-13	299	8590	8
CI	8	9884	/	/	1/1	-12	-34	-197	9456	32

Vlaswolisolatie (FW), cellulose isolatie (CI) en houtwolisolatie (WF4) tonen in vergelijking met de andere materialen eveneens een hoog vochtgehalte (%) (Figuur 14). Dit verschil is ten opzichte van de andere materialen significant ($\alpha = 0.05$) (Tabel 8). Het residueel vochtgehalte (θ_r) is bij FW 31,11 % na 48u desorptie, terwijl dit bij CI en WF4 respectievelijk 557,04 en 203,93% is (Tabel 7). Het verschil in θ_r na 48u desorptie tussen FW en CI is significant (Tabel 8). Dit kan verklaard worden doordat de vlasvezels in FW een natuurlijk vochtregulerend vermogen hebben, die het materiaal dampopen maken. Hoewel CI ook sterke vochtregulerende eigenschappen heeft, is de dichtheid van dit materiaal lager dan die van FW (Tabel 4). Dit maakt het CI meer poreus waardoor het meer vocht zal opnemen en in combinatie met een tragere waterafgifte (grotere desorptieparameter c) een grotere θ_r hebben dan FW. De Visser et al. (2015) toont eveneens de gunstige vochtregulerende werking aan van FW binnen de isolatiematerialen.

Tabel 7 Het residueel vochtgehalte (rm) na 48, 96 en 168 uur desorptie, en het residu (res) na 96 en 168 uur desorptie, met Gem = gemiddelde, Std = standaarddeviatie en Med = mediaan.

Staal	$\theta_{r48}(\%)$		$\theta_{r96}(\%)$		$\theta_{r168}(\%)$		$\theta_{res68}(\%)$			$\theta_{res96}(\%)$		
	Gem	Std	Gem	Std	Gem	Gem	Gem	Med	Std	Gem	Med	Std
PBF	2.07	0.13	1.81	0.11	1.71	12.78	12.78	12.74	0.79	12.04	11.79	0.56
OSB	8.05	2.23	5.74	1.62	4.37	33.44	33.44	34.38	4.17	25.69	25.4	2.93
PL	20.98	4.37	11.12	2.05	6.34	24.44	24.44	23.55	3.09	14.2	13.51	2.69
TMT	2.25	0.2	2.03	0.14	1.89	20.23	20.23	20	1.85	18.81	18.9	1.35
Ns	4.68	1.34	3.41	0.72	2.73	23.53	23.53	24.21	1.88	19.06	18.9	1.56
LN_s	1.21	0.2	0.98	0.19	0.88	15.29	15.29	15.79	2	13.64	13.23	1.4
MDF	4.97	0.35	3.91	0.27	3.58	33.81	33.81	34.65	1.54	31	31.41	1.43
ECB	0.1	0.31	-0.27	0.2	-0.52	-2.53	-2.53	-2.85	1.89	-5.04	-4.43	1.16
WF1	20.64	4.91	9.52	3.93	1.24	26.98	26.98	31.78	10.2	3.58	3.25	0.54
WF2	2.35	0.67	1.49	0.54	1.37	16.87	16.87	20.48	8.14	15.45	19.76	7.3
WF3	109.99	11.37	-0.62	0.6	-1.26	-0.19	-0.19	-0.17	0.18	-0.39	-0.43	0.1
WF4	203.93	137.23	-11.65	19.3	-13.06	-0.74	-0.74	-0.71	1.29	-0.83	-0.84	1.3
FW	31.11	122.66	-8.44	47.64	-9.13	-1.54	-1.54	-0.11	4.82	-1.6	-0.14	4.89
CI	557.04	206.18	-3.12	5.35	-7.82	-0.14	-0.14	-0.19	0.22	-0.33	-0.27	0.12

Tabel 8 Groepering van de isolatiematerialen met de Kruskal-Wallis test op basis van het vochtgehalte (%) en de parameters a en b tijdens de absorptie en de parameter c tijdens de desorptiecyclus. De groepering is uitgevoerd met de post-hoc analyse (Bonferonni) ($\alpha = 0.05$).

Materiaal	Vochtgehalte, θ (%)	Absorptieparameter a	Absorptieparameter b	Desorptieparameter c
WF1	A, B	A	A	A
WF2	A	A	B	A, C
WF3	B, C	/	/	A, C
WF4	C	/	/	A, B, C
ECB	A	A	A, B	B, C
FW	C	A	A, B	C
CI	C	/	/	A, B, C

Een tweede onderverdeling binnen de isolatiematerialen is op basis van houtvezels. Houtwolisolatie (WF4) en de houtvezelisolatieplaten (WF1, WF2 en WF3), zijn allen isolatiematerialen gemaakt uit houtvezels. WF4, WF1 en WF3 tonen in vergelijking met WF2 een opmerkelijke, hogere gewichtstoename (Figuur 12). Hierdoor worden WF4 en WF1 ingedeeld in klasse 8, WF3 in klasse 7, terwijl WF2 een betere vochtdynamiek vertoont en in klasse 3 wordt ingedeeld (Tabel 6). De vier materialen behoren tot klasse 1 voor wat betreft de waterafgifte na 168u desorptie (Tabel 6). WF1 heeft een grotere absorptiehoeveelheid met een snellere wateropname (grotere absorptieparameter a), dan WF2. Dit verschil in wateropname is significant ($\alpha = 0.05$). De droogsnelheid van WF1 is opvallend lager (hoge desorptieparameter c) in vergelijking met WF2, WF3 en WF4 die respectievelijk een c waarde hebben van 26, 19 en 54 (Tabel 6). Parameter c verschilt significant tussen WF1 en WF2 en tussen WF1 en WF4. Het feit dat WF2 een uitstekende vochtdynamiek heeft, kan rechtstreeks gelinkt worden aan de waterafstotende producten die tijdens de productie van WF2 worden gebruikt. Naast het feit dat WF2 de grootste densiteit (270 kg/m^3) heeft (Tabel 4), wordt tijdens de productie van WF2 immers gebruik gemaakt van hydrofobe producten. Deze waterafstotende producten zullen enerzijds zorgen voor de lage wateropname, anderzijds zal het opgenomen water snel afgegeven worden aan de omgeving. Deze eigenschappen van de hydrofobe producten worden ook bevestigd door Naylor (2017).

WF3 en WF4 hebben een hoger vochtgehalte (%), dan WF1 en WF2 (Figuur 14). Het residueel vochtgehalte (θ_r) is bij WF2 na 48u desorptie lager dan 2,5% en dus lager dan WF1 (20.64%), WF3 (109.99%), en significant verschillend met WF4 (203.93%). Ingeval men dezelfde classificatie volgt als deze van De Windt et al. (2018) voor multiplex, dan kan WF2 op basis van θ_{r48} in gebruiksklasse 3.2 en WF1 in gebruiksklasse 1 ingedeeld worden. WF1, WF2, WF3 en WF4 kunnen na 168u desorptie op basis van hun residueel vochtgehalte (θ_r), in klasse 3.2 worden ingedeeld. Het residu na 168u desorptie is bij WF2 hoger dan WF1, maar niet significant verschillend.

ECB vertoont een gelijkaardig patroon als dat van WF2 (Figuren 12 en 14). ECB wordt in de absorptiefase in gebruiksklasse 2 ingedeeld en in de desorptiefase in gebruiksklasse 1 (Tabel 6). ECB heeft in vergelijking met de andere isolatiematerialen een lage wateropname (kleine absorptieparameter a), met een opmerkelijk snelle waterafgifte (zeer kleine desorptieparameter c). Dit vochtgedrag van ECB komt doordat geëxpandeerde kurk van nature uit waterafstotend is. Tijdens het verhittingsproces, vergroten en verdonkeren de kurkcellen door de natuurlijke aanwezige harsen (suberine), waardoor de wateropname minimaal is.

De tweede groep binnen de drijftest zijn de plaatmaterialen. Radiata pine multiplex (PL) en Oriented Strand Board (OSB) vertonen op basis van de gewichtstoename (g/m^2) een gelijkaardig verloop (Figuur 13). PL, wordt na 148u absorptie ingedeeld in gebruiksklasse 7, terwijl OSB in gebruiksklasse 6 wordt ingedeeld. De desorptieclassificatie is voor PL, 7 na 96u desorptie en 4 na 168u desorptie (Tabel 6). De wateropname gebeurt sneller bij OSB i.v.m. PL. De absorptieparameter b wijkt sterk af van 0,5 hierbij is het relevant om te spreken over capillaire wateropname. De snelheid in waterafgifte tijdens de desorptiefase is niet te onderscheiden tussen OSB en PL. De verschillen in het vochtgedrag van deze twee materialen is toe te schrijven aan hun unieke structurele samenstelling, en belangrijke factoren, zoals de verschillende dichtheidsprofielen, de was- en harsinfusie in de productie van OSB, en de oriëntatie van de houtstrengen in OSB. De loodrechte oriëntatie van de houtvezels op de wateropname zal de wateropname van het materiaal verminderen. Dit werd bevestigd door Li et al. (2016). Bij PL zal de dikte van de fineerlagen een invloed hebben op de wateropname, hoe dikker, hoe lager de wateropname. Eenmaal het water binnen het materiaal dringt, zal het moeilijk afgegeven worden. Het gebruik van was en hars zal een vochtwerend effect hebben op het materiaal, zoals werd aangetoond door Haughton en Murphy (2003). Hoewel de voorgaande redeneringen mogelijk zijn, is het belangrijk om erbij te vermelden dat dit vochtgedrag niet representatief is voor alle OSB- en multiplexproducten, maar dat het voor deze producten sterk afhankelijk is van de samenstelling zoals is aangetoond geweest door De Windt et al. (2018) dat het afhankelijk is van de samenstelling

PL heeft een opmerkelijk hoger vochtgehalte (%) in vergelijking met de andere plaatmaterialen (Figuur 15). Het vochtgehalte (%) is significant verschillend van dat van de andere plaatmaterialen (ECB en WF2 inbegrepen) met uitzondering van OSB en Ns, zoals weergegeven in Tabel 9. Het residueel vochtgehalte na 48 (θ_{r48}) is bij OSB lager dan bij PL (8.05% i.v.m. 20.98%), maar niet significant verschillend. Ingeval dezelfde aanbevelingen zouden aangenomen worden als die van De Windt et al. (2018) voor multiplex, dan kan men op basis van hun vochtdynamiek OSB en PL indelen in gebruiksklasse 1 (droge omstandigheden) voor een lange periode of in gebruiksklasse 2 (bedekt) voor een kortere periode.

Tabel 9 Groepering van de plaatmaterialen met de Kruskal-Wallis test op basis van het vochtgehalte (%) en de parameters a en b tijdens de absorptie en de parameter c tijdens de desorptiecyclus. De groepering is uitgevoerd met de post-Hoc analyse (Bonferonni) ($\alpha = 0.05$).

Materiaal	Vochtgehalte, θ (%)	Absorptieparameter a	Absorptieparameter b	Desorptieparameter c
PBF	B, C, D	C, E	B, C, E	A, C, D
OSB	A, C	A, C	A	B
TMT	B	A, D	A, D	C, E, F
Ns	A, D	B, C, D	A, D, E	A, B, F
LN's	B	A, C	A, F	A, B, F
MDF	C, D	B, C, D	A, B, C	B, C
ECB	B, C	C	B, C, F	A, D, E
PL	A	B, E	A, B, C	B
WF2	C, D	C, E	C, D, F	A, B, C

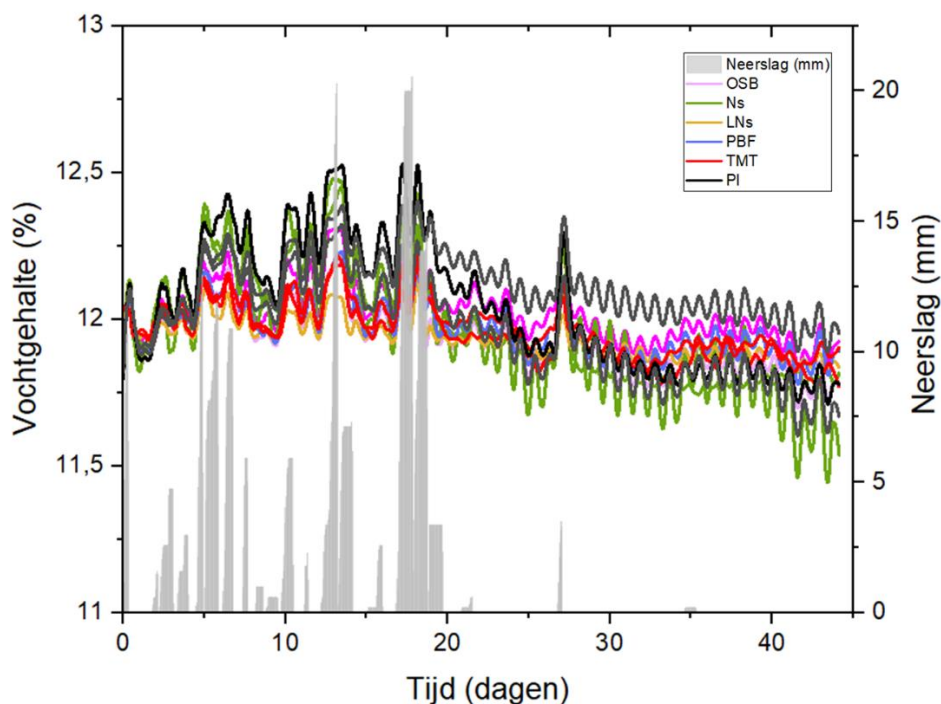
De tweede en laatste indeling binnen de plaatmaterialen zijn de houtvezelplaten (MDF), poreuze gebitumineerde houtvezelplaten (PBF), het thermisch- en niet thermisch behandeld vuren hout (respectievelijk LN's en Ns) samen met de geëxpandeerde kurkisolatieplaten (ECB) en de houtvezelisolatieplaten type B (WF2). MDF heeft de grootste gewichtstoename (g/m^2) en wordt na 144u absorptie in gebruiksklasse 3 ingedeeld (Tabel 6). PBF, Ns en ECB vertonen een lagere gewichtstoename (g/m^2) en worden in gebruiksklasse 2 ingedeeld. De kleinste gewichtstoename is te zien bij TMT en LN's (Tabel 6). Deze stalen worden in klasse 1 ingedeeld. De waterafgifte is in de desorptiefase na 96 en 168u laag en bij alle materialen met uitzondering op MDF, lager dan 250g/m^2 . De materialen worden hierdoor in gebruiksklasse 1 ingedeeld, terwijl MDF in gebruiksklasse 2 wordt ingedeeld. De snelheid in wateropname is significant verschillend voor ECB-LN's, ECB-TMT en voor TMT-PBF (Tabel 9). Absorptieparameter b is bij PBF, LN's en MDF sterk afwijkend van 0,5. Bij deze materialen kan er sprake zijn van capillaire wateropname tijdens de wateropname in de absorptiefase. De snelheid van de waterafgifte en dus de droogsnelheid van het staal is significant verschillend voor ECB-Ns en ECB-MDF. PBF, TMT en LN's vertonen naast ECB en WF2 (eerder aangetoond) een uitstekend vochtgedrag dat hoofdzakelijk te wijten is aan de thermische behandeling van het materiaal. De thermische behandeling wijst in het algemeen op een goed vochtgedrag, zoals eerder aangetoond door Van Acker et al. (2014). Bovendien maakt het gebruik van bitumen PBF vochtbestendig zoals aangetoond door Hegger et al. (2005).

Thermisch behandeld vuren hout (Ns) heeft in vergelijking met de andere stalen bij 144u absorptie het grootste vochtgehalte (%) (Figuur 15). Het vochtgehalte (%) is in vergelijking met dat van ECB, LN's en TMT significant verschillend. Het residueel vochtgehalte na desorptie van 48, 96 en 168u is bij PBF, TMT, LN's en ECB lager dan 2.5% waardoor deze stalen volgens de classificatie van De Windt et al. (2018) voor multiplex, in gebruiksklasse 1

tot 3.2 (bovengronds, bij vochtige condities) ingedeeld worden en dit voor een lange periode. Ns en MDF hebben een residueel vochtgehalte (θ_r) tijdens de desorptie van 48, 96 en 168u dat groter is dan 2.5%. Deze stalen kunnen worden ingedeeld in klasse 1 tot klasse 3.2, maar voor een korte periode. Het residu bij desorptie van 96 en 168u is bij MDF hoger dan de rest, maar niet significant verschillend.

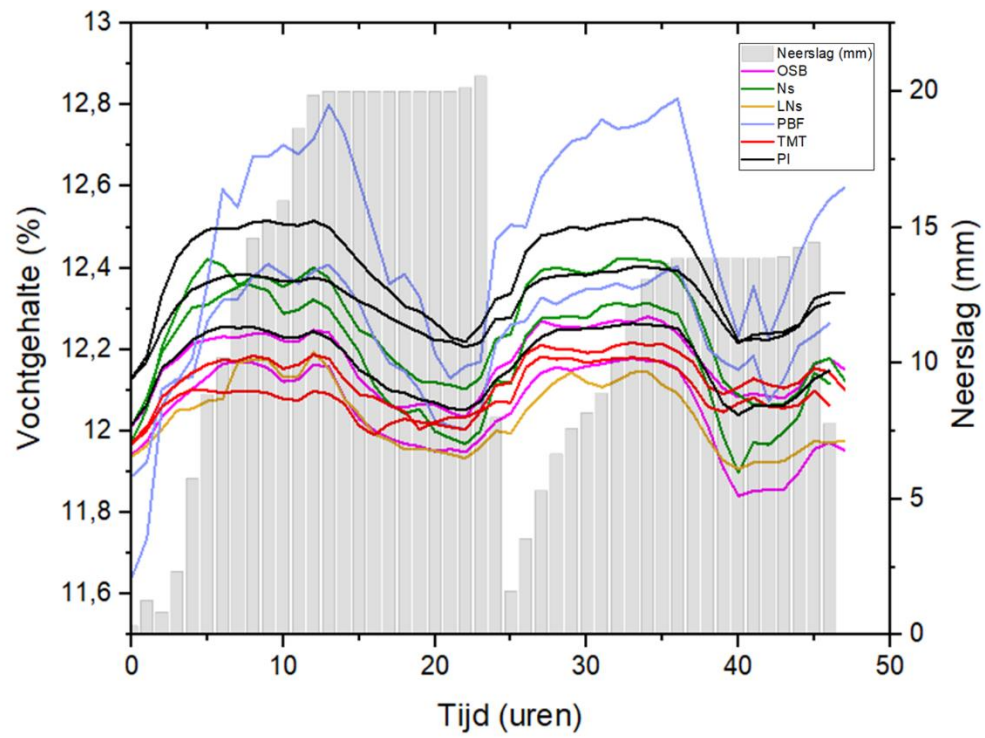
4.2 Continuous moisture measurement (CMM)

De CMM-proef is gestart op 20 februari 2020 en gestopt op 4 april 2020. Het resultaat van deze proef is grafisch weergegeven in figuur 20. Een specifieke periode met een hoge neerslagval is weergegeven in figuur 21. Figuur 20 geeft duidelijk de invloed weer van neerslag (mm) op het vochtgehalte (%) in de materialen. Bij elke stijging in neerslag, stijgt het vochtgehalte (%). Opvallend is hier dat de stijging in vochtgehalte (%) minder dan 1% is, en dit zelfs bij relatieve hoge neerslagval, tot 20mm. Normaal ziet men een uitgesproken stijging in het vochtgehalte (%) na enkele dagen, en dit bij een lagere neerslagval. Dit was het geval bij De Windt (2018) in haar onderzoek op multiplex, maar ook Li et al. (2015) en Van den Bulcke (2016) toonden dit aan. Op basis hiervan wordt besloten dat de CMM-resultaten onvoldoende betrouwbaar zijn om conclusies te trekken over de stijging van het vochtgehalte (%) van de materialen, noch om deze materialen onderling te vergelijken. Een mogelijk oorzaak komt doordat de CMM-opstelling al heel oud is en vermoedelijk niet functioneert zoals het zou moeten. Hierbij kan de oorzaak te wijten zijn aan de loggers die een weegbereik van 1-1000g hebben. De geteste materialen hebben een gemiddelde massa die kleiner is dan 100g, hierdoor zijn de mogelijke signalen die gestuurd worden door de loadcellen niet sterk genoeg. Voor de uitvoering van toekomstige experimenten kan men voor opteren om zwaardere stalen te gebruiken, bijvoorbeeld door de afmetingen van de materialen te verdubbelen.



Figuur 16 CMM-registratie van Oriented Strand Board (OSB), Radiata pine multiplex (PI), Thermisch gemodificeerd vurenhout (TMT), Vurenhout niet thermisch behandeld (Ns), thermisch behandelt vurenhout (LNs) en poreuze gebitumineerde houtvezelplaat (PBF),

Figuur 21 geeft een periode weer van 50 uur, gedurende een regenbui op 6 en 7 maart. Hierbij kan men opmerken dat de metingen van de materialen een beetje naar links zijn verschoven. De metingen komen dus niet exact overeen met de pieken van de neerslag (mm), aangezien de vochtgehaltes reeds afnemen alvorens de regenbui afgelopen is. Evenmin kunnen de resultaten hiervan gebruikt worden om de materialen onderling te vergelijken of met de drijftest, waarbij andere patronen voor de materialen worden verkregen dan de onderstaande. Zo vertoont PBF i.v.m. OSB een groter vochtgehalte (%), terwijl men net het omgekeerde verwacht.



Figuur 17 Figuur 18 CMM-registratie tijdens een regenbui op 6 en 7 maart 2020.

5 Algemeen besluit

Op basis van de drijftest kon men een goed inzicht verkrijgen in het vochtgedrag van de onderzochte materialen. De materialen konden in gebruiksklassen worden ingedeeld dit zowel voor de gewichtstoename (g/m^2) als voor het residueel vochtgehalte (θ_r). Binnen de isolatiematerialen vertonen ECB en WF2 een uitstekend vochtgedrag, waardoor deze materialen weinig risico ondervinden voor aantasting door micro-organismen. De overige isolatiematerialen vertonen uitstekende buffereigenschappen, wat maakt dat deze materialen in aanwezigheid van vocht in dampopen bouwen gebruikt kunnen worden. De thermische behandeling en gebruik van impregneermiddelen maakt dat PBF, TMT en LNs een uitstekend vochtgedrag hebben, vergelijkbaar met ECB en WF2. Hoewel de drijftest een classificatie mogelijk maakt en een goed inzicht biedt in het vochtgedrag van biogebaseerde bouwmaterialen, blijft de nood aan een veldtest, zoals de CMM-proef groot. Aangezien het in de praktijk er anders aan toe gaat dan in een labotest, motiveert men verder onderzoek met de CMM-proef. Hierbij dient de CMM-opstelling herbekeken te worden en dient er gebruik gemaakt te worden van grotere afmetingen zodat de metingen nauwkeuriger zijn en er gevoeligheid is voor fluctuaties. Op die manier kan men een goede vergelijkingen maken met de verkregen resultaten van de drijftest en kunnen de nieuwe inzichten in praktijk worden omgezet.

6 Referentielijst

Sandak, A. M., Sandak, J. M., Brzezicki, M., & Kutnar, A. (2019). Bio-based building skin. Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.

van Dam, J. E. G., & van den Oever, M. J. A. (2012). Catalogus biobased bouwmaterialen: het groene bouwen. Wageningen UR-Food & Biobased Research.

VAN ACKER, J. (2017). Moisture dynamics defining service life performance of wood products. *Pro Ligno*, 13(4).

Jones, D., & Brischke, C. (2017). Performance of bio-based building materials. Woodhead Publishing.

De Windt, I., Li, W., Van den Bulcke, J., & Van Acker, J. (2018). Classification of uncoated plywood based on moisture dynamics. *Construction and Building Materials*, 158, 814-822.

Van den Bulcke, J., De Windt, I., Li, W., Mannes, D., Lehmann, E., & Van Acker, J. (2014). Moisture dynamics of modified wood. In 7th European conference on Wood Modification (ECWM 7).

EN 335. (2013). Durability of wood and wood-based products—Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products.

Ganotopoulou, E. (2014). Biodegradable materials: A research and design handbook; enhancing the use of biodegradable materials on building's envelopes in the Netherlands.

Duurzaamthuis. (2020). *Schapenwol*. Opgehaald van Duurzaam
<https://www.duurzaamthuis.nl/duurzaamwonen/isolatiemateriaal/schapenwol>

- Ecobouwers. (2018, Februari 14). *Vlas isolatie als bio-ecologisch bouw materiaal*. Opgehaald van <https://www.ecobouwers.be/duurzaam-bouwen/artikels/vlas-isolatie-als-bio-ecologisch-bouw-materiaal>
- Eurabo. (2020). *Producten* . Opgehaald van <https://www.eurabo.be/nl>
- Isolatie-info. (2019). *Soorten isolatie en prijzen van isoleren*. Opgehaald van Isolatiwerken: <https://www.isolatie-info.be/>
- Isolatieprijs. (2019). *Isolatie: Soorten, advies & prijs*. Opgehaald van <https://isolatieprijs.be/>
- Isolteam. (2020). *Houtwol*. Opgehaald van <https://www.isolteam.be/nl/houtwol>
- IsoProc. (2015, September). *Celit 4D isolerende houtvezelplaten* . Opgehaald van Verwerkingsvoorschriften: https://www.isoproc.be/images/uploads/products/Celit/Celit_4D/Celit_4D_verwerkingsvoorschriften_092015-lowres.pdf
- Lambda. (2020). *Energieverslaggeving*. Opgehaald van <https://www.lambda.be/nl>
- Paul, D. V. (2017, Juni 27). *Je huis isoleren met je oude jeans*. Opgehaald van Engie: <https://www.engie.be/nl/blog/oplossingen-voor-thuis/je-huis-isoleren-met-je-oude-jeans>
- Staessens, E. (2016, Januari). *Isoleren? Natuurlijk!* Opgehaald van ‘Ik ga bouwen en renoveren’: <https://robuust-ao.be/wp-content/uploads/2017/04/natuurlijk-isoleren-januari2016.pdf>
- Van Aarle Houtbedrijf B.V. (2020). *Houthandel* . Opgehaald van <https://www.vanaarlehoutbedrijf.nl/>
- vanAlten.eu. (2019). *Voor al uw op maat gemaakte kurk*. Opgehaald van <https://www.vanalten.eu/>
- ZionMedia BVBA. (sd). *Soorten dakisolatie & isolatiematerialen*. Opgehaald van DakisolatiePlaatsen:

<https://www.dakisolatieplaatsen.be/dakisolatie/isolatiematten-isolatie dekens/>