



ThermoWood® GIDS



TABEL VAN MATERIALEN

VOORWOORD	3
DEFINITIES	4
1. ONTWIKKELING VAN THERMO-GEMODIFICEERD HOUT	5
2. PRODUCTIEPROCES VAN ThermoWood®	6
2.1 Productieproces	6
2.2 Grondstof	9
2.3 Veranderingen in houtstructuur	11
2.3.1 Koolhydraten	11
2.3.2 Lignine	12
2.3.3 Uittreksels	12
2.3.4 Toxiciteit van thermisch gemodificeerd hout	12
2.3.5 pH-waarde van thermisch gemodificeerd hout	12
2.4 Kwaliteitscontrole tijdens productie	13
3. MILIEU-EFFECTEN	14
3.1 Grondstof	14
3.2 Productieproces	14
3.3 Gebruik en recycling	14
3.4 Levenscyclus	14
4. ThermoWood®-PRODUCTEN	15
4.1 Impact van warmtebehandeling op houtafmetingen	15
4.2 Geprofileerde producten	16
4.3 CE-markering 4.4	17
Productclassificatie	18
4.5 Fysische eigenschappen	20
4.5.1 Dichtheid	20
4.5.2 Buigsterkte en elasticiteitsmodulus	21
4.5.3 Weerstand tegen uittrekken van de schroef 4.5.4	22
Weerstand tegen samendrukking loodrecht op de korrel	23
4.5.5 Druksterkte evenwijdig aan de korrel	23
4.5.6 Weerstand tegen doorbuigen bij impact (dynamische buiging)	23
4.5.7 Afschuifweerstand	23
4.5.8 Weerstand tegen splijten	23
4.5.9 Hardheid	24
4.5.10 Brandwerendheid	25
4.6 Thermomechanische eigenschappen	25
4.6.1 Hygrometrische balans	25
4.6.2 Uitzetten en krimpen door vocht	26
4.6.3 Permeabiliteit	27
4.6.4 Thermische geleidbaarheid	27
4.7 Duurzaamheid op lange termijn	28
4.7.1 Weersbestendigheid	28
4.7.2 Biologische resistentie	28
4.7.3 Insectenresistentie	28
4.8 Impact op de luchtkwaliteit binnenshuis	29
5. TRANSFORMATIE VAN ThermoWood®-PRODUCTEN	30
5.1 Zagen	30
5.2 Schaven	30
5.3 Vormen	31
5.4 Schuren	31
5.5 Lijmen	31
6. OPPERVLAKTEBEHANDELING VAN ThermoWood® PRODUCTEN	32
6.1 ThermoWood® als basis voor oppervlaktebehandeling	32
6.2 Veelgebruikte oppervlaktebehandelingsmiddelen	32
6.3 Prestaties van oppervlaktebehandeling	32
6.4 Antibrandbehandeling	32
7. LEVERING EN OPSLAG VAN ThermoWood®-PRODUCTEN	33
8. TOEPASSINGEN VAN ThermoWood®-PRODUCTEN IN DE BOUW	34
8.1 Gebruik binnenshuis	34
8.2 Gebruik buitenshuis	39
9. INSTALLATIE VAN ThermoWood® BEKLEDINGSPRODUCTEN	43
9.1 Bevestigingen	43
9.2 Montage	43
9.3 Verbindingen	43
10. ThermoWood® IN TIMMERWERK	48
11. REFERENTIES	50
11. AANVULLENDE INFORMATIE	57



Uitgever:

International Thermowood Association,
www.thermowood.fi
+358 400 802 896
info@thermowood.fi

Tekst en illustraties:

Tero Lahtela,
Insinööritoimisto Lahtela Oy

Indeling:

HannaR ky (2021),
PunaMusta Oy (2023)

VOORWOORD

De afgelopen twintig jaar is het gebruik van thermisch gemodificeerd hout wereldwijd aanzienlijk toegenomen. Fabrikanten en de International ThermoWood Association hebben door de jaren heen verschillende producten en productietechnieken ontwikkeld.

Thermogemodificeerde houtproducten zijn natuurlijk, vrij van chemicaliën en gemaakt van gecertificeerde grondstoffen. Ze hebben een lange levensduur en kunnen worden gerecycled.

De International Thermowood Association, opgericht in Finland in 2000, heeft als missie het promoten van het gebruik van Ther-moWood®-producten. Tegenwoordig heeft de vereniging leden in verschillende landen.

Deze gids biedt essentiële informatie over thermisch gemodificeerde houtproducten die op de markt worden gebracht onder het merk ThermoWood®. Het doel is om objectieve informatie te verstrekken over ThermoWood®-producten en hun gebruik. Het is gericht op architecten en constructief ontwerpers, detailhandelaren, fabrikanten van componenten en elementen, onderaannemers, timmerlieden en opleidingsinstellingen.

De producten en structuren die in deze handleiding worden gepresenteerd, zijn voorbeelden. Ontwerpers zijn altijd verantwoordelijk voor het ontwerpen van de structuren die in een project worden gebruikt. ThermoWood®-houtfabrikanten bieden een breed scala aan producten en installatie-instructies voor verschillende toepassingen. Daarom wordt aanbevolen om contact op te nemen met de technische ondersteuningsdienst van de fabrikant om de producten te kiezen en de bijbehorende technische gegevens te verkrijgen. Zo weet u zeker dat uw ontwerp een hoge kwaliteit en een lange levensduur levert.

De voorbereiding van deze gids werd begeleid door Jukka Ala-Viikari, de uitvoerend directeur van de International Thermowood Association, en vertegenwoordigers van de leden van de vereniging. De Stichting Kwaliteit Bouwproducten heeft de voorbereiding van deze gids gefinancierd.

De eerste versie van de gids is in april 2021 gepubliceerd. Deze versie is een update.

Wij willen iedereen bedanken die heeft meegewerkt en bijgedragen aan dit project.

Helsinki, maart 2023



Timo Tetri

Voorzitter van de Internationale Thermowood Association

DEFINITIES

ThermoWood®

Geregistreerd handelsmerk dat alleen mag worden gebruikt door leden van de International ThermoWood Association.

ThermoWood®-product

Houten product vervaardigd met behulp van de in Finland ontwikkelde warmtebehandelingsmethode. De productie is geharmoniseerd en fabrikanten hebben een gecontroleerd kwaliteitscontrolesysteem geïmplementeerd.

Thermische behandeling

Methode die bestaat uit het wijzigen van de chemische eigenschappen van hout onder invloed van hitte en stoom. De minimale verwerkingstemperatuur bedraagt 160°C. De resulterende veranderingen in de structuur van het hout zijn permanent.

ThermoWood®-proces

ThermoWood®-productieproces ontwikkeld en gepatenteerd door het Technisch Onderzoekscentrum van Finland (VTT). De International Thermowood Association is eigenaar van de patenten. Het ThermoWood®-proces is wereldmarktleider.

Kwaliteitslogo

(ITWA = International ThermoWood Association)

Officieel ThermoWood®-kwaliteitslogo van de International Thermowood Association dat alleen door leden van de vereniging mag worden gebruikt als onderdeel van een gecontroleerd kwaliteitscontrolesysteem.

PEFC

(Programma voor de goedkeuring van boscertificering)

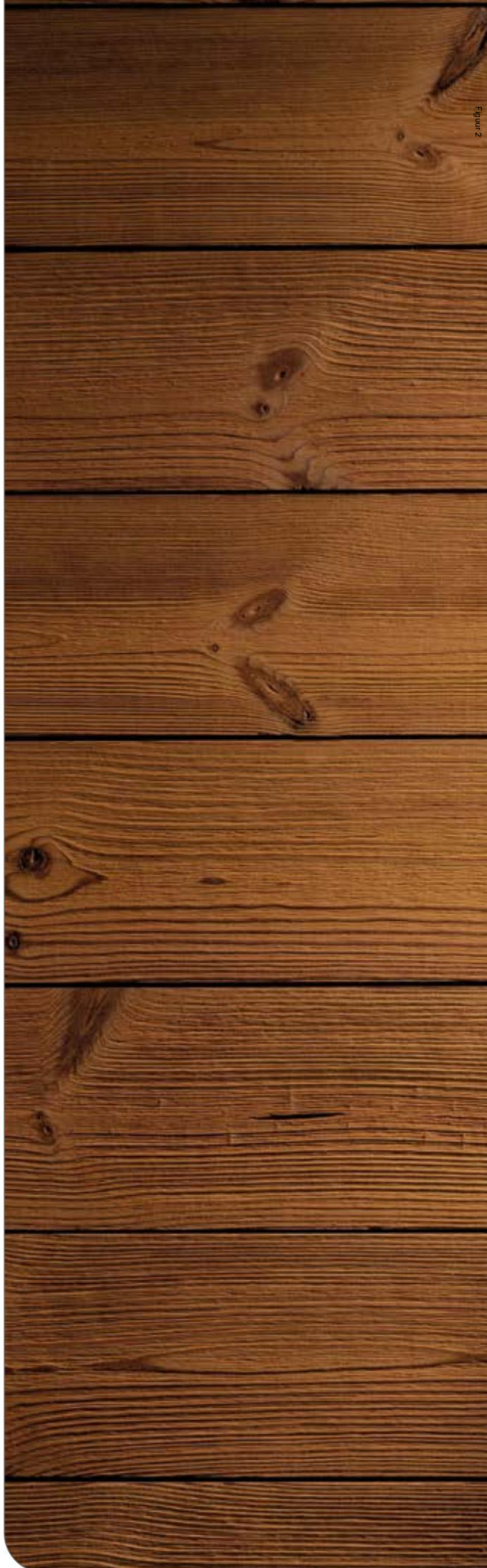
PEFC is een internationaal boscertificeringssysteem dat ecologisch, sociaal en economisch duurzaam bosbeheer op internationaal niveau verdedigt.

FSC (Forest Stewardship Council)

FSC is een internationale non-profitorganisatie die is opgericht om verantwoord beheer van bossen over de hele wereld te bevorderen. Zij kent FSC-certificaten toe aan diensten en producten.

OLB (oorsprong en legaliteit van hout)

OLB is een certificeringssysteem dat is ontworpen om de herkomst van hout en de naleving van wettelijke eisen voor bosbeheer en -exploitatie te controleren.



1 ONTWIKKELING VAN HOUT THERMO-GEMODIFICEERD

Oppervlakteverbranding van hout om de weerstand tegen vocht te vergroten is een praktijk die teruggaat tot het oude Egypte. Het verbrande oppervlak vormt een bescherm laag die de biologische weerstand van het hout versterkt. In Finland werd deze methode gebruikt om ondergrondse delen van hoopalen en schuttingpalen te beschermen tegen bodemvocht. Het verbranden van het houtoppervlak boven een open vuur kan worden beschouwd als de eerste fase van de warmtebehandeling van hout.

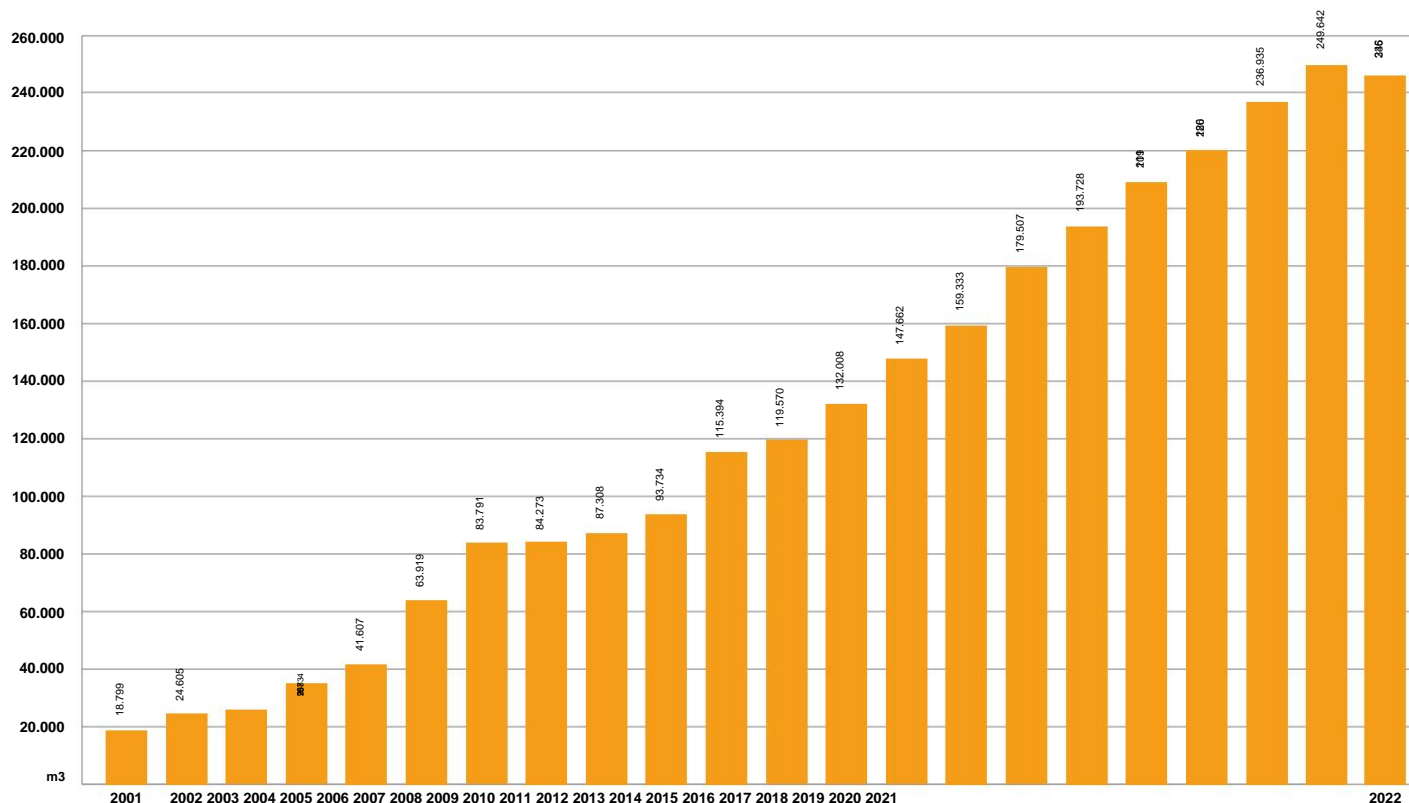
De warmtebehandeling van hout in een oven was aan het begin van de 20e eeuw voor het eerst onderwerp van wetenschappelijk onderzoek. Het doel van dit onderzoek was om te begrijpen hoe warmtebehandeling de eigenschappen van hout verbeterde, naast het versterken van de weerstand tegen vocht, en om toepassingen te identificeren die geschikt zijn voor behandeld hout. Het gebruik van thermisch gemodificeerd hout in de luchtvaart was een van de eerste onderzoeksgebieden. Tot de jaren tachtig concentreerde het onderzoek naar warmtebehandeling zich voornamelijk in Duitsland en de Verenigde Staten. De eerste warmtebehandelingsinstallatie werd gebouwd

in Duitsland begin jaren tachtig, hoewel de activiteiten nog geen industriële schaal bereikten.

In de jaren negentig waren Finland, Frankrijk en Nederland toonaangevend op het gebied van onderzoek naar warmtebehandeling van hout.

In 1993 zag in Finland een grote innovatie het levenslicht: VTT ontwikkelde in samenwerking met bedrijven uit de houtindustrie op industriële schaal het ThermoWood®-proces met als doel de eigenschappen van hout onder invloed van hitte te verbeteren.

Tegenwoordig is ThermoWood® een internationaal merk waarvan de productievolumes blijven toenemen. Thermo-gemodificeerd hout gemaakt met behulp van het ThermoWood®-proces wordt over de hele wereld geproduceerd, waaronder Finland, Zweden, Denemarken, België, Polen, Letland, Turkije, Japan en Canada. De toepassingen van thermisch gemodificeerd hout zijn snel vermenigvuldigd en omvatten bekledings- en interieurdecoratieproducten, de aanleg van patio's en tuinen en timmerwerk.



Figuur 1. Veranderingen in de ThermoWood®-productie tussen 2001 en 2022.

2 VERVAARDIGINGSPROCES ThermoWood®

Bij de productie van ThermoWood®-producten worden geen chemicaliën gebruikt. Alle grondstoffen zijn afkomstig van gecertificeerde bronnen. De productiemethode is het resultaat van uitgebreid ontwikkelingswerk en berust op de gecontroleerde modificatie van hout met behulp van warmte, stoom en water. De verwerkingsfasen bestaan uit drogen op hoge temperatuur, warmtebehandeling, vervolgens afkoelen en bevochtigen. Dit proces veroorzaakt een permanente verandering in de fysische en chemische eigenschappen van het hout. Ook na bewerkingen zoals zagen of schaven blijven de nieuwe eigenschappen intact. Dit geldt ook voor de kleur van het product (in de massa geverfd).

Er zijn twee klassen ThermoWood®: Thermo-S en Thermo-D (zie rubriek 4.4). ThermoWood®-producten verschillen op verschillende manieren van standaard hout met betrekking tot:

- Verminderde zwellen en krimpen door vocht
- Verbeterde maatvastheid
- Verbetering van de biologische duurzaamheid
- De donkerdere kleur (massa-gekleurd)
- De afwezigheid van hars
- De vermindering van de thermische geleidbaarheid



Figuur 4. ThermoWood® wordt vervaardigd in een verwerkingsdroger.

2.1 PRODUCTIEPROCES

De warmtebehandeling van hout vindt plaats op industriële locaties. Het ThermoWood® proces is geschikt voor zowel hardhout als zacht hout en wordt altijd geoptimaliseerd voor de houtsoort die als grondstof wordt gebruikt. Aan het begin van het proces wordt het hout omgezet in lattenpakketten die naar de droger gaan. Tijdens de warmtebehandeling wordt het hout beschermd door stoom, waardoor ook bepaalde eigenschappen van het hout blijvend veranderen. Het ThermoWood®-proces kan in drie hoofdfasen worden verdeeld.

Fase 1: drogen op hoge temperatuur

De droger is snel opgewarmd tot 100°C. Vervolgens stijgt de temperatuur geleidelijk naar het gewenste niveau. Tijdens dit proces droogt het hout totdat het vochtgehalte nul bereikt.

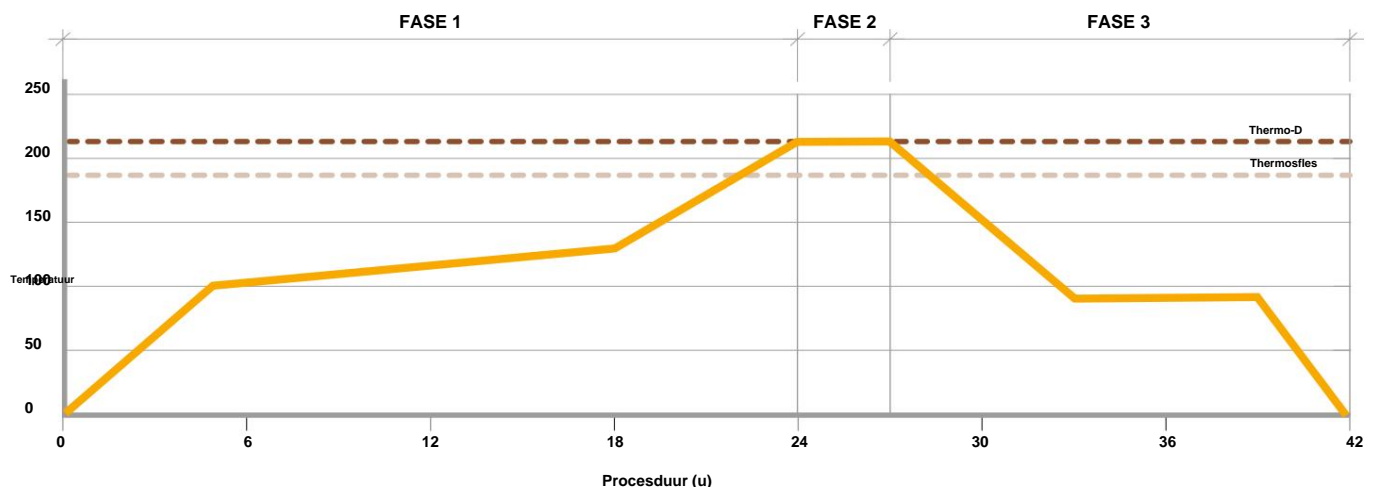
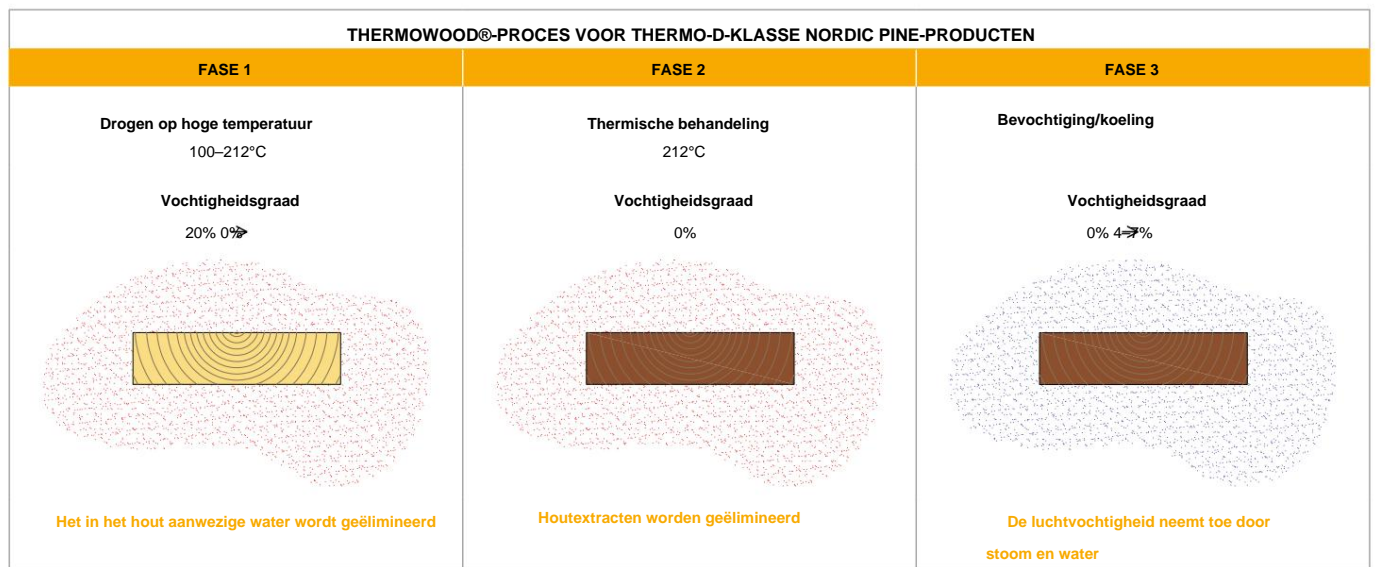
Fase 2: warmtebehandeling

Na het drogen op hoge temperatuur wordt de droger op een constante temperatuur gehouden: hier vindt de echte verandering plaats.

Fase 3: drogen/bevochtigen

Tijdens de laatste fase daalt de temperatuur in de droger onder invloed van een watersproeisysteem. Zodra de temperatuur laag genoeg is, neemt het vochtgehalte van het hout toe met behulp van water en stoom, waardoor de bewerkbaarheid en maatvastheid worden verbeterd. Aan het einde van de afkoelfase ligt het vochtgehalte van ThermoWood® producten tussen de 4 en 7%.

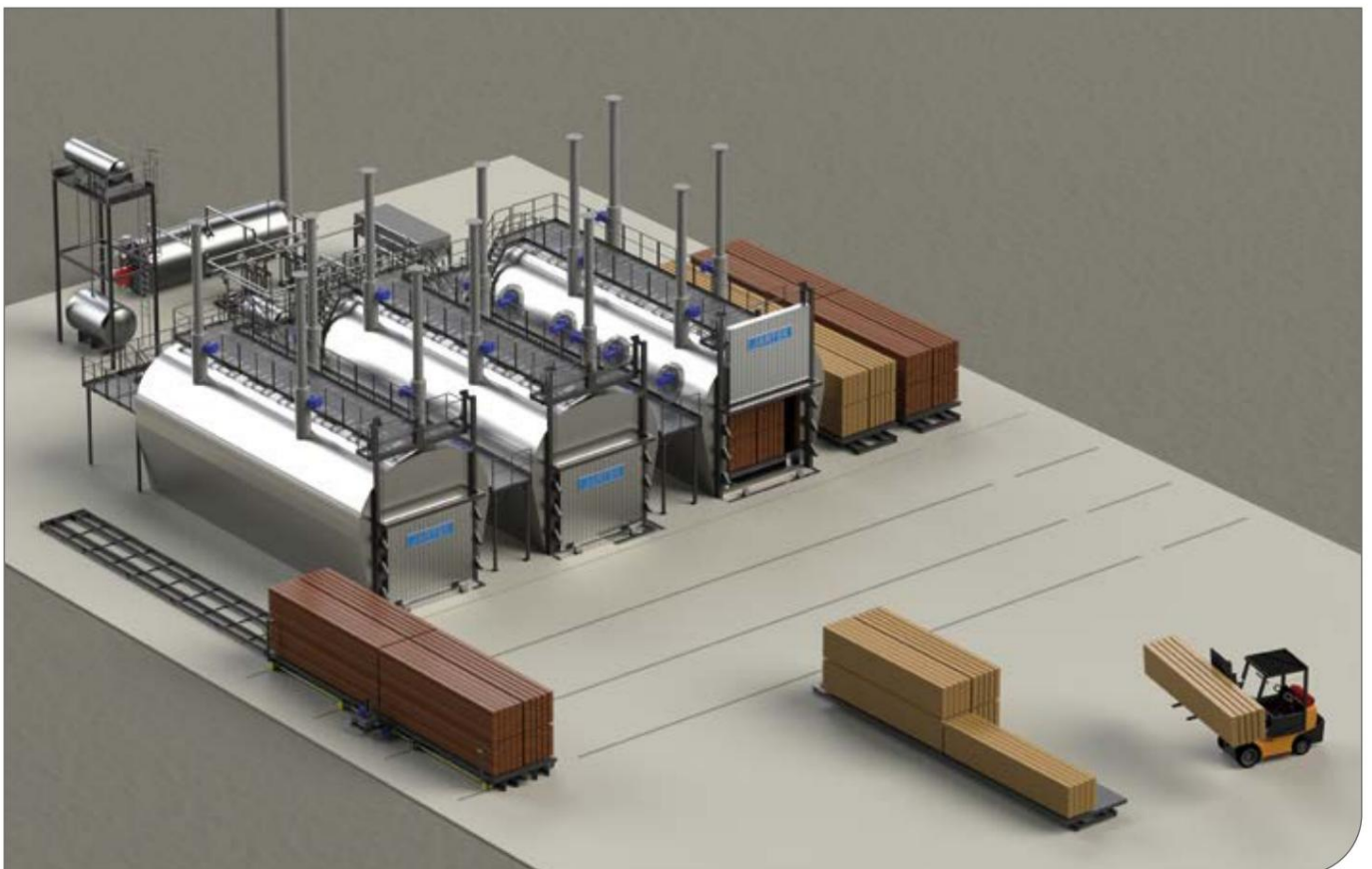
De duur van het ThermoWood® proces is afhankelijk van de productklasse (Thermo-S of Thermo-D), de houtsoort, het vochtgehalte en de afmetingen van de grondstof. Het product krijgt tijdens het proces zijn bruine kleur, wanneer de chemische eigenschappen door hitte veranderen. Tijdens de warmtebehandeling scheiden zacht hout hars en andere organische verbindingen af. Ook uit hardhout worden extracten verwijderd. Dankzij een speciaal controlesysteem kan de temperatuur worden aangepast om te voorkomen dat het hout barst. De procesparameters verschillen afhankelijk van de houtsoort en afmetingen.



Figuur 5. Voorbeeld van ThermoWood®-proces voor Noors grenen (Thermo-D-productklasse).



Figuur 6. ThermoWood® droger.



Figuur 7. ThermoWood®-fabriek.

Thermosfles



Thermo-D



Figuur 8. Voorbeelden van ThermoWood®-producten gemaakt van Noords grenen (links: Thermo-S, rechts: Thermo-D).

2.2 GRONDSTOF

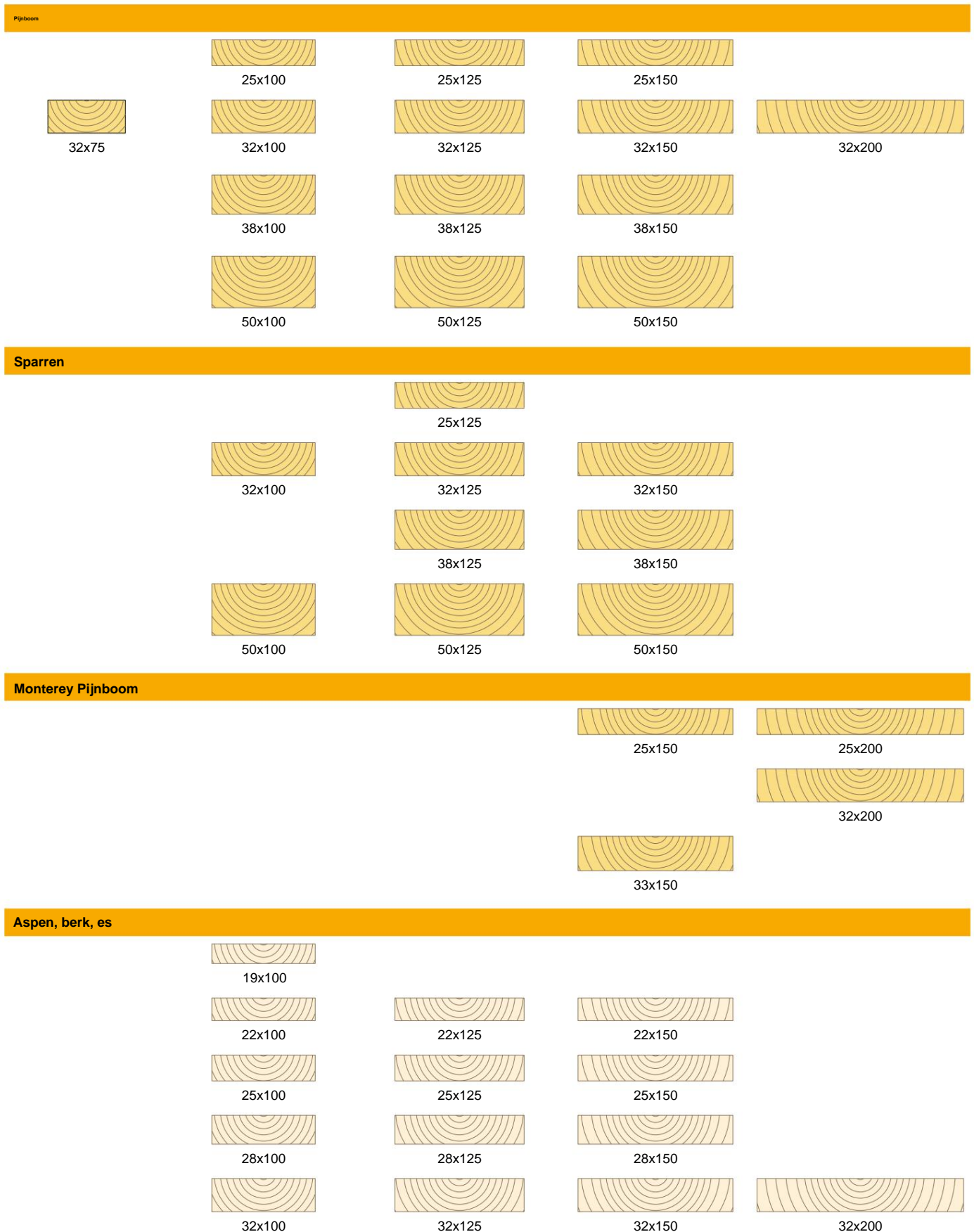
Als grondstof wordt zorgvuldig geselecteerd gezaagd hout gebruikt. Er wordt uitsluitend gebruik gemaakt van kernhout uit Scandinavisch naaldhout. De kwaliteit van de grondstof wordt gedurende het gehele productieproces bewaakt. Om een product van hoge kwaliteit te verkrijgen, is het essentieel om een geschikte grondstof te kiezen. In principe kan een warmtebehandeling worden toegepast op diverse houtsoorten, maar de eigenschappen van de grondstof hebben grote invloed op het eindresultaat.

Momenteel worden ThermoWood® producten uitsluitend gemaakt van de houtsoorten vermeld in Tabel 1, omdat uit wetenschappelijk onderzoek is gebleken dat ze voldoen aan de kwaliteitseisen die aan het eindproduct worden gesteld. Er wordt voortdurend onderzoek gedaan en met deze resultaten worden er steeds meer soorten toegevoegd aan het ThermoWood® assortiment. Voor iedere houtsoort zijn aparte verwerkingsinstructies gedefinieerd, waarbij de warmtebehandeling conform deze instructies wordt uitgevoerd.

De nominale afmetingen die typisch zijn voor ThermoWood®-producten worden weergegeven in Figuur 9. De lengte van zacht hout ligt doorgaans tussen 2,7 en 5,7 m, vergeleken met 1,8 en 4,2 m voor hardhout. Andere afmetingen en lengtes zijn verkrijgbaar via speciale bestellingen.

Tabel 1. Houtsoorten gebruikt voor ThermoWood® producten.

Houtsoorten	Vriendelijk	Hardheid	Oorsprong	Productklasse
Den (<i>Pinus sylvestris</i>)	Zacht naaldhout		Scandinavische en Baltische regio's	Thermo-D, Thermo-S
Spar (<i>Picea abies</i>)	Zacht naaldhout		Scandinavische en Baltische regio's	Thermo-D, Thermo-S
Montereyden (<i>Pinus radiata</i>)	Zacht naaldhout		Nieuw-Zeeland, Chili	Thermo-D, Thermo-S
Berk (<i>Betula</i>)	Hardhout	Moelijk	Scandinavische en Baltische regio's	Thermo-D, Thermo-S
Aspen (<i>Populus tremula</i>)	Hardhout	Teder	Scandinavische en Baltische regio's	Thermo-D, Thermo-S
As (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Hardhout	Moelijk	Europa, Noord-Amerika	Thermo-D, Thermo-S
Ayous (<i>triplochiton-scleroxylon</i>)	Hardhout	Moelijk	Afrika	Thermo-D, Thermo-S
Fraké (<i>Terminalia superba</i>)	Hardhout	Moelijk	Afrika	Thermo-D, Thermo-S
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	Hardhout	Moelijk	Afrika	Thermosfles



Figuur 9. Voorbeelden van nominale houtafmetingen gebruikt voor ThermoWood®-producten.

2.3 WIJZIGINGEN IN HOUTSTRUCTUUR

De belangrijkste componenten van hout zijn cellulose (40-50%), hemicellulose (25-35%) en lignine (25-30% in zacht hout en 20-25% in hard hout). Het hout bevat ook extracten (ongeveer 5%).

2.3.1 Koolhydraten

Cellulose en hemicellulose zijn koolhydraten die de structurele componenten van hout vormen. Cellulose is een lange keten (DP 5.000-10.000) bestaande uit glucose-eenheden, terwijl hemicellulose kortere ketens zijn (DP 150-10.000). 200) die verschillende monosachariden bevatten. De samenstelling en hoeveelheid hemicellulosen variëren van houtsoort tot houtsoort. Hoewel beide groepen modificaties ondergaan tijdens de warmtebehandeling, vindt het merendeel van de modificaties plaats in hemicellulosen met een hoog zuurstofgehalte.

De componenten van cellulose, β -D-glycopyranosen, zijn verbonden door (1,4)-glycosidebindingen. Celluloseketens worden opnieuw verbonden door bindingen tussen hydroxylgroepen. Wanneer de temperatuur lager is dan 300°C, neemt het polymerisatieniveau tijdens de afbraak van cellulose af, wordt water verwijderd en worden vrije radicalen, carbonyl-, carboxyl- en hydroperoxidegroepen, koolmonoxide, kooldioxide en koolstof van reactief hout gegenereerd.

De componenten van hemicellulosen zijn D-glucose, D-mannose, D-galactose, D-xylose en L-arabinose, evenals L-rhamnose, zuur

4-O-methylglucuronzuur en D-galacturonzuur in kleinere hoeveelheden. Ze zijn met elkaar verbonden door bindingen (1,4) of (1,6).

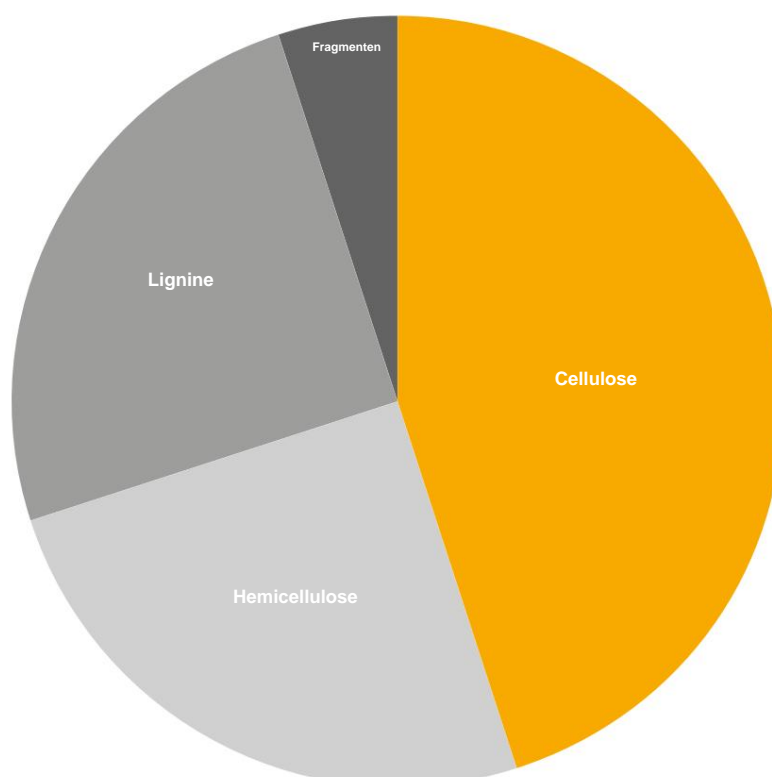
→ →

Terwijl hout verhit, wordt azijnzuur gevormd door hydrolyse van geacetyleerde hemicellulosen. Het geproduceerde zuur dient als katalysator bij de hydrolyse van hemicellulosen tot oplosbare suikers. Bovendien depolymeriseert azijnzuur de cellulosemicrofibrillen in de amorfe zone. Het zuur hydrolyseert de bindingen die de glucose-eenheden verbinden, waardoor de cellulose in kortere ketens wordt afgebroken.

Na de warmtebehandeling daalt het hemicellulosegehalte van het hout aanzienlijk. Resultaat: de hoeveelheid materiaal dat gevoelig is voor rot door sapotrofe schimmels wordt aanzienlijk verminderd, wat de weerstand tegen schimmelrot van thermogemodificeerd hout helpt versterken in vergelijking met standaard hout. Naarmate hemicellulosen afbreken, neemt de concentratie van waterabsorberende hydroxylgroepen af en neemt de maatvastheid van thermisch gemodificeerd hout toe in vergelijking met onbehandeld hout.

De ontledingstemperatuur van hemicellulosen bedraagt 200–260 °C en de overeenkomstige temperatuur voor cellulose is 240–350 °C. Omdat hardhoutsoorten meer hemicellulose bevatten dan zacht hout, is de afbraak gemakkelijker. Aan de andere kant heeft het breken van hemicelluloseketens een beperktere invloed op de sterkte van hout dan de afbraak van celluloseketens.

Dit maakt het hout echter gemakkelijker samen te drukken en vermindert de vorming van spanningen, wat de stabiliteit vergroot.



Figuur 10. Geschatte verhoudingen van de belangrijkste houtbestanddelen.

2.3.2 Lignine

Lignine houdt houtcellen bij elkaar. De zwarte stof van de middelste lamel van houtcellen bestaat voornamelijk uit lignine. Deze stof is ook aanwezig in primaire en secundaire celwanden. Hoewel de precieze chemische structuur van lignine nog moet worden bepaald, zijn de voorlopers ervan al tientallen jaren bekend.

Lignine bestaat voornamelijk uit fenypropaaneenheden die over het algemeen met elkaar verbonden zijn door ether-koolstof- en koolstof-koolstofbindingen (DP 10-

50). Naaldhout bevat in wezen guaiacylische fenypropaaneenheden, terwijl hardhout guaiacylische en syringylische fenypropaaneenheden in vrijwel gelijke hoeveelheden bevat. Beide bevatten ook kleine hoeveelheden p-hydroxyfenypropaan.

Warmtebehandeling vernietigt gedeeltelijk de bindingen tussen de fenypropaaneenheden. De aryyletherbindingen tussen de syringylische eenheden breken gemakkelijker dan de bindingen tussen de guaiacylische eenheden. Thermochemische reacties komen vaker voor in allylische zijketens dan in aryl-alkyletherbindingen. Hoe langer de autohydrolysetijd, hoe meer condensatiereacties er zijn. Condensatiereactieproducten omvatten b-ketongroepen en geconjugeerde carbonzuurgroepen.

Van alle bestanddelen van hout is lignine het meest bestand tegen hitte. De massa begint pas af te nemen bij temperaturen boven de 200°C, wanneer de b-aryyletherbindingen beginnen te breken. Wanneer de temperatuur hoog is, daalt het methoxygehalte van lignine en wordt een deel van de niet-gecondenseerde eenheden omgezet in eenheden van het difenylm-thaan-type. Als gevolg hiervan is condensatie van het difenylmethaantype de meest voorkomende reactie in het temperatuurbereik van 120-120°C.

220°C. Tijdens de warmtebehandeling heeft deze reactie een aanzienlijke invloed op de eigenschappen van lignine, inclusief de kleur, reactiviteit en oplossing ervan.

2.3.3 Uittreksels

Hout bevat minimale hoeveelheden kleine molecuulbestanddelen, extracten, waaronder terpenen, vetten, was en fenolen. Extracten van verschillende houtsoorten zijn heterogeen van aard, waarbij het aantal verbindingen extreem hoog is. De extracten maken structureel geen deel uit van het hout en de meeste verdampen gemakkelijk tijdens de warmtebehandeling.

2.3.4 Toxiciteit van ThermoWood®

De ecotoxiciteit van percolaten uit thermisch gemodificeerd sparrenhout werd getest bij CTBA (EU-project: The Improvement of Non-sustainable Wood Species by Passing Pyrolysis Heat Treatment, 1998). De tests zijn uitgevoerd op percolaat verkregen volgens een EN 84-test

De test heeft tot doel de fixatie van biociden in houtcellen te evalueren.

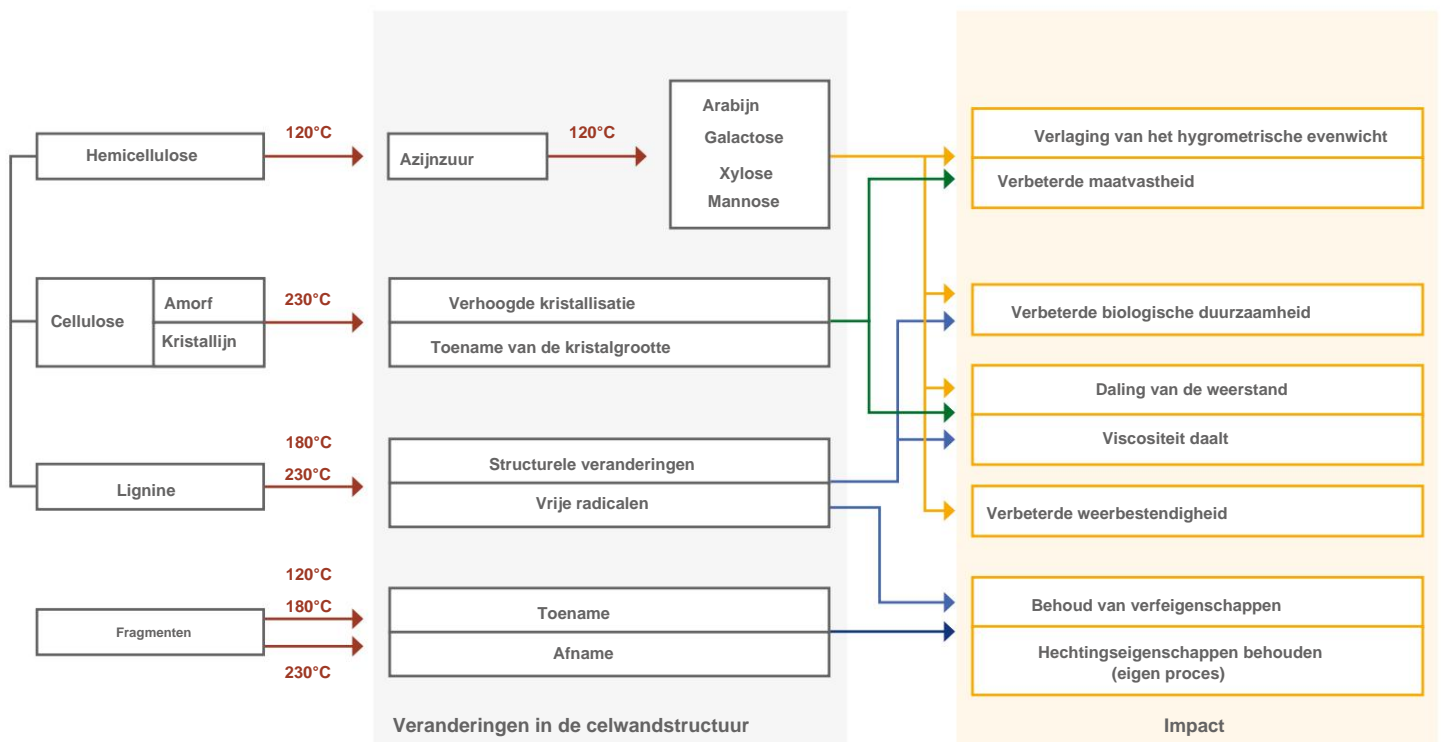
Kleine monsters werden gefilterd met water. Vervolgens werd het water geanalyseerd in overeenstemming met de NF-EN ISO 506341-norm met *Daphnia magna* (een klein zoetwaterschaaldier) en werden mid-crotoxiciteitstests uitgevoerd op luminescerende mariene bacteriën.

Uit de testresultaten bleek dat het percolaat geen voor *Daphnia magna* giftige stoffen bevatte en onschadelijk was voor bacteriën.

ThermoWood® is ook getest als botvervangingsmateriaal (VTT en Turku University Hospital Surgical Clinic). Voorlopige tests leverden veelbelovende resultaten op: ThermoWood® berk heeft eigenschappen die vergelijkbaar zijn met die van bot. ThermoWood® is steriel en er zijn binnenin geen giftige stoffen geïdentificeerd.

2.3.5 pH-waarde van ThermoWood®

Tijdens de warmtebehandeling daalt de pH-waarde van hout, waardoor warmtegemodificeerde producten aanzienlijk zuurder zijn dan standaard hout. De pH-waarde van ThermoWood® producten bedraagt circa 4, terwijl deze voor een gelijkwaardig standaardproduct 4,5 tot 5 bedraagt. Bij het vergelijken van pH-waarden moet er rekening mee worden gehouden dat een verlaging van de pH-waarde met 0,3 eenheden resulteert in een verdubbeling van de hoeveelheid zuur (logaritmische schaal). De zuurgraad beïnvloedt de oppervlaktebehandeling omdat het kan voorkomen dat bepaalde behandelingsmiddelen zich aan het oppervlak van het hout hechten. Het kan ook een impact hebben op de corrosie van metalen bevestigingsmiddelen. Om deze reden moeten metalen bevestigingsmiddelen die worden gebruikt voor het installeren van thermisch gemodificeerd hout gemaakt zijn van zuurbestendig of roestvrij staal.



Figuur 11. Reactiemechanismen van thermisch gemodificeerd hout (bron: VTT)

2.4 KWALITEITSCONTROLE TIJDENS PRODUCTIE

De kwaliteit van het ThermoWood®-proces en de producten wordt gecontroleerd door een geaccrediteerde externe keuringsinstantie. Deze organisatie certificeert het kwaliteitscontrolesysteem van de ThermoWood®-productiefabriek.

De productie-installatie is verantwoordelijk voor de kwaliteitscontrole en monitoring van de volgende factoren:

- Er is een beschrijving van het interne kwaliteitscontrolesysteem opgesteld, inclusief informatie over het operationele plan van de fabriek, het productieproces, de apparatuur, de afwijkingenbeheer en productinspecties.
- De mensen die verantwoordelijk zijn voor de productie en hun plaatsvervangers worden aangewezen.
- De personen die verantwoordelijk zijn voor de kwaliteitscontrole en hun plaatsvervangers worden aangewezen.
- De eisen die aan installaties en apparatuur worden gesteld productie wordt voldaan.
- Maatregelen met betrekking tot onderhoud en onderhoud apparatuur voldoet aan de eisen.
- Alle aspecten van de apparaten op de testlocatie en hun kalibratie voldoen aan de eisen.
- Documenten met betrekking tot productie en kwaliteitscontrole worden conform de vereisten opgesteld en gearchiveerd.

De productielocatie moet minimaal één keer per jaar worden gecontroleerd om er zeker van te zijn dat de kwaliteitscontrolemaatregelen aan de eisen voldoen. Afgewerkte producten worden één keer per jaar getest door een erkend extern testlaboratorium. De te testen onderdelen worden geselecteerd door de vertegenwoordiger van het auditbedrijf. Kwaliteitscontrole bestudeert de volgende eigenschappen:

- Vochtigheidsgraad
- Oppervlakte- en binnenscheuren
- Kleur
- Procesparameters

Alle afwijkingen worden voorgelegd aan de certificeringsraad voor kwaliteitscontrole. Indien de productielocatie niet aan de eisen voldoet, kan de certificering worden ingetrokken.

3 MILIEU-IMPACT

3.1 GRONDSTOF

ThermoWood®-producten zijn gemaakt van gecertificeerde grondstoffen. PEFC, FSC en OLB zijn de certificeringssystemen die op producten worden toegepast.

3.2 PRODUCTIEPROCES

ThermoWood® producten zijn natuurlijke producten zonder chemicaliën. De procesgassen die vrijkomen uit het hout tijdens het productieproces worden gezuiverd.

3.3 GEBRUIK EN RECYCLING

Bijproducten die tijdens het productieproces ontstaan, kunnen worden gebruikt voor de energieproductie of worden gerecycled als grondstof voor bijvoorbeeld composietmaterialen.

3.4 LEVENSCYCLUS

ThermoWood® producten hebben een lange levensduur en behoeven niet noodzakelijk onderhoud. Deze factoren verminderen de milieupact van ThermoWood®-producten tijdens het gebruik ervan. Aan het einde van hun levensduur kunnen thermogemodificeerde houtproducten net als andere houtproducten worden gebruikt.



Figuur 12. Noordelijk bos

4 ThermoWood®-PRODUCTEN

Het ThermoWood®-proces transformeert ruw gezaagd hout doorgaans in eindproducten. De belangrijkste productcategorieën zijn binnen- en buitenbekleding, tuinbouwproducten en industriële timmerproducten.

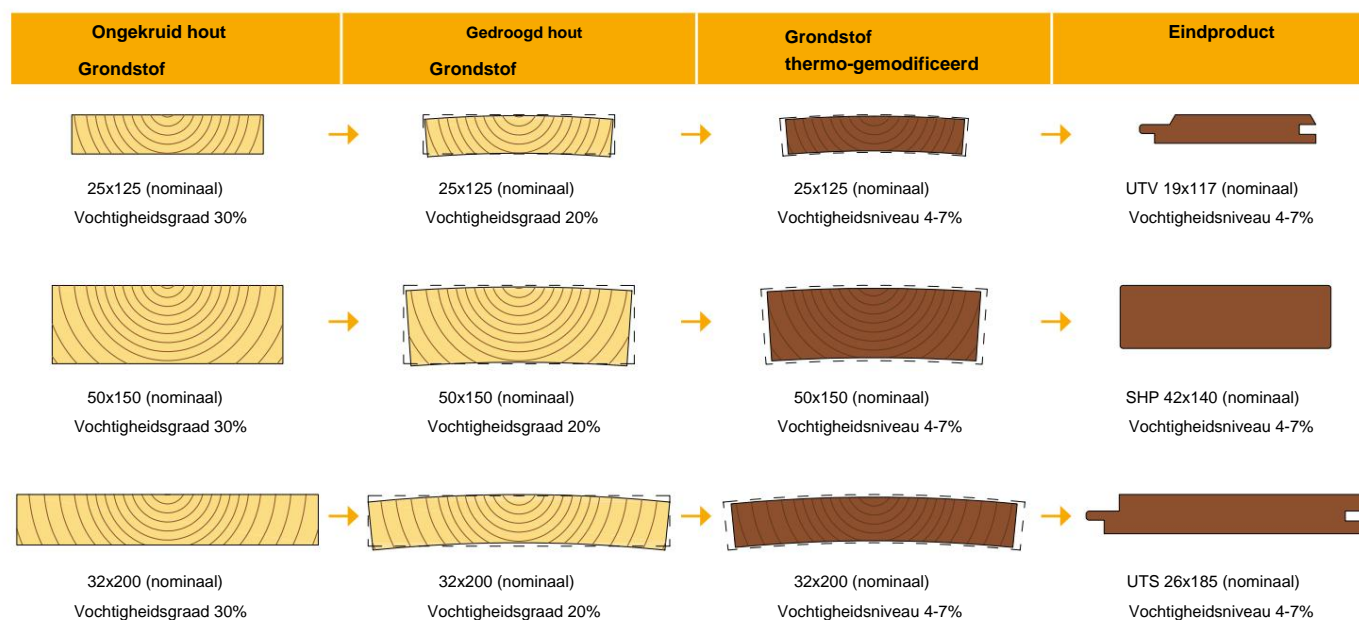
4.1 IMPACT VAN DE BEHANDELING

THERMISCH OP DE HOUTAFMETINGEN

Warmtebehandeling vermindert het vochtgehalte van het hout aanzienlijk (zie Figuur 13). De resulterende krimp leidt tot een verkleining van de nominale afmetingen van het hout.

ThermoWood®-producten met een nominale afmeting van 25x125 zijn bijvoorbeeld in werkelijkheid 3% kleiner (24x121). Bovendien wordt bij ThermoWood® hout een afwijking van -2 tot +4 mm in de breedte en -1 tot +3 mm in de dikte getolereerd. Ook tijdens de warmtebehandeling is een zekere mate van "cupping" toegestaan.

Bij het kiezen van de grondstof voor warmtebehandeling moet rekening worden gehouden met de bovengenoemde factoren. Een ThermoWood®-paneel is dus dunner dan de grondstof waaruit het is vervaardigd. De dikte van het product varieert ook als alle delen van de achterkant geschaafd zijn.



Figuur 13. Voorbeelden van de impact van warmtebehandeling op productafmetingen.

4.2 GEPROFILEERDE PRODUCTEN

ThermoWood® wordt ook gebruikt voor de productie van een breed scala aan bekledings- en bekledingsmaterialen voor binnen en buiten, terrasplanken en saunabankplanken. Hoewel deze producten over het algemeen geschaafd zijn, zijn er ook producten met een geborsteld, fijngezaagd of ruw gezaagd oppervlak verkrijgbaar. Er zijn ook producten die een industriële oppervlaktebehandeling ondergaan. ThermoWood® profielplaten hebben niet noodzakelijkerwijs groeven aan de achterkant terwijl dit niet nodig is, vanwege de goede maatvastheid van het materiaal.

Typische profielen voor ThermoWood®-producten worden weergegeven in Figuur 14. ThermoWood®-fabrikanten bieden ook een breed scala aan eigen producten, waarbij de instructies van de fabrikant gedetailleerde informatie geven over profielen, afmetingen, typen en oppervlaktebehandelingen.

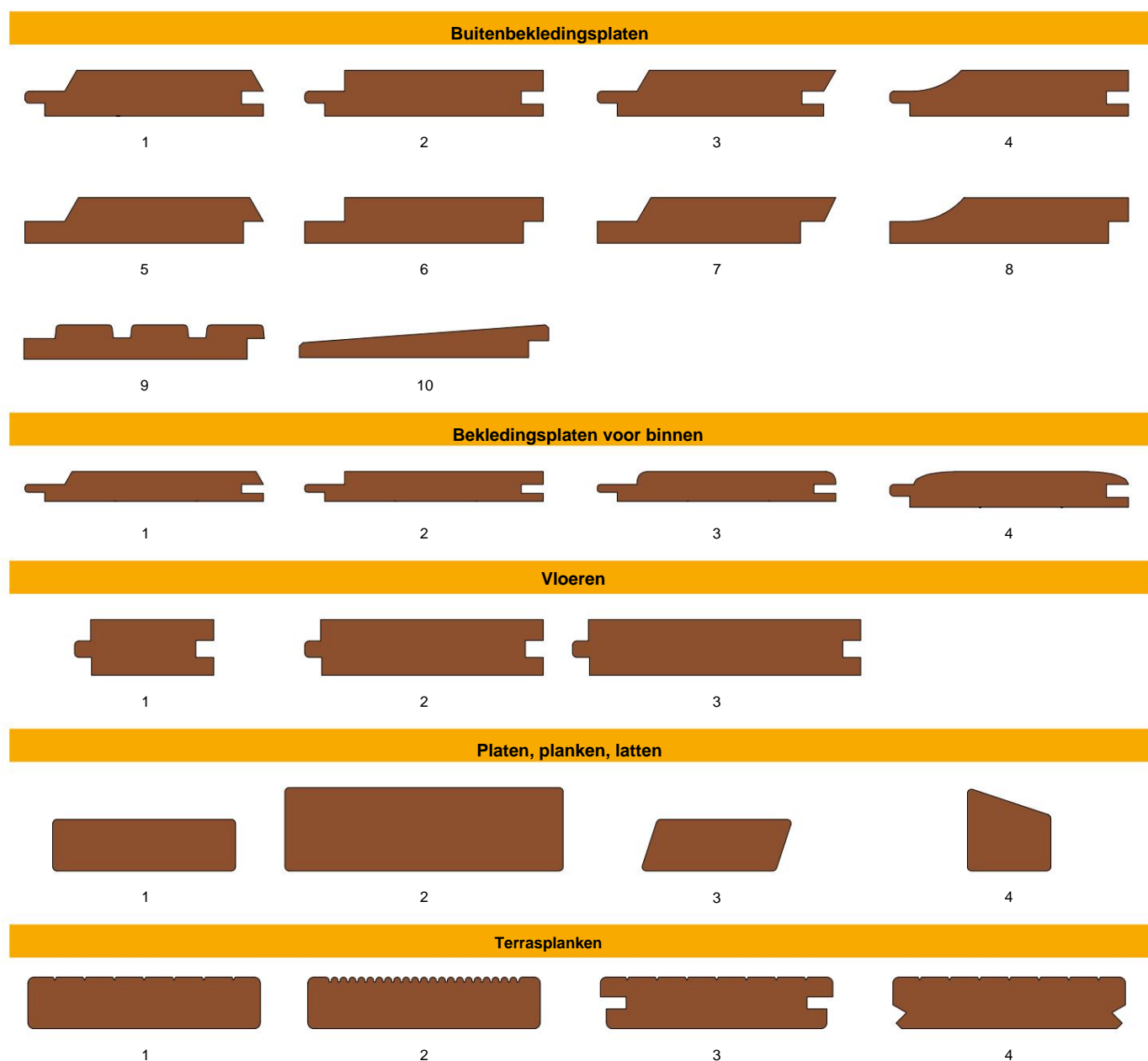
Aanbevolen productdiktes zijn als volgt:

Gebruik buitenshuis

- Wand- en plafondbekleding: min. dikte. 19 mm
- Patio's en soortgelijke constructies: min. dikte. 26 mm

Gebruik binnenshuis

- Wand- en plafondbekleding: min. dikte. 14 mm
- Vloeren: min. dikte. 26 mm



Figuur 14. Voorbeelden van ThermoWood® profielproducten.

4.3 CE-MARKERING

Net als standaard hout is thermogemodificeerd hout doorgaans niet voorzien van een CE-markering. Aan de andere kant moeten houten panelen en bekledingsproducten bestemd voor buiten- en binnengebruik binnen de EU de CE-markering dragen, in overeenstemming met de norm SFS-EN 14915. Evenzo moeten vloeren en houten vloerbedekkingen de CE-markering hebben, in overeenstemming met de SFS-EN 14342-markering kan op de verpakking of op het product zelf worden aangebracht.

Houten producten met decoratief oppervlak waarvoor CE-markering vereist is:

- Houten binnenpanelen
- Houten gevelbekledingsproducten
- Vloeren



Figuur 15. Voorbeeld van een bekledingspaneel (vuren, Thermo-S).



Figuur 16. Voorbeeld van een bekledingspaneel (grenen, Thermo-D).



Figuur 17. Voorbeeld lamel (grenen, Thermo-D).



Figuur 18. Voorbeeld terrasplank (grenen, Thermo-D).



Figuur 19. Voorbeeld van bekledingspanelen (ayous).



Figuur 20. Voorbeeld van gevelpanelen (essen).

4.4 PRODUCTCLASSIFICATIE

ThermoWood®-producten hebben hun eigen productclassificatiesysteem om geschikte toepassingen te bepalen.

Er zijn twee productklassen: Thermo-S en Thermo-D. In beide klassen zijn zowel hardhout als zachthout verkrijgbaar.

Binnen een productklasse worden zachthoutproducten en hardhoutproducten als afzonderlijke producten behandeld vanwege hun verschillende eigenschappen en modificatietemperaturen.

In de productclassificatie:

- S = stabiliteit
- D = duurzaamheid
(stabiliteit en weerstand tegen rot en weersinvloeden)

Tabel 2. Impact van warmtebehandeling op houteigenschappen in Thermo-S-klasse.

Productklasse	Verander de temperatuur	Eigenschappen vergeleken met onbehandeld hout (+ = verbetering van het vastgoed) (++ = aanzienlijke verbetering van het pand) (o = geen verandering)		
		Weerstand tegen slecht weer	Dimensionale stabiliteit	Donkere tint
Thermosfles Scandinavisch zachthout	190°C (+/- 3°C)	+	+	+
Thermosfles Monterey Pijnboom	190°C (+/- 3°C)	o	o	o
Thermosfles Hardhout	185°C (+/- 3°C)	o	+	+
Thermosfles Iroko	190°C (+/- 3°C)	+	+	+

Tabel 3. Impact van warmtebehandeling op houteigenschappen in Thermo-D-klasse.

Productklasse	Verander de temperatuur	Eigenschappen vergeleken met onbehandeld hout (+ = verbetering van het vastgoed) (++ = aanzienlijke verbetering van het pand) (o = geen verandering)		
		Weerbestendigheid	Dimensionale stabiliteit	Donkere tint
Thermo-D Scandinavisch zachthout	212°C (+/- 3°C)	++	++	++
Thermo-230°C Monterey Pijnboom	230°C (+/- 3°C)	++	++	++
Thermo-D Ayous (hardhout)	212°C (+/- 3°C)	+	+	++
Thermo-D Fraké (hardhout)	212°C (+/- 3°C)	+	+	++
Thermo-D Essen (hardhout)	212°C (+/- 3°C)	+	+	++

Tabel 4. Voorbeelden van ThermoWood®-toepassingen.

Toepassingen	Zachthout		Monterey Pijnboom		As		Ayous		Fraké		Iroko
	Noords		Thermo-S	Thermo-230°C	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	
	Thermo-S	Thermo-D									
Binnenbekleding	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Vloeren	•	•	•	•	•	•			•	•	•
Faciliteiten	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Meubilair	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Vochtige binnenruimtes	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ramen en muurconstructies	•	•			•		•		•	•	•
Buitenbekleding	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Patio's		•		•		•					•
Tuinmeubilair		•				•					•
Buitenzonwering		•		•		•		•		•	•
Mobiele scheidingen, enz. buitenkant		•		•		•		•		•	•
Hekken, pergola's, enz.		•		•		•		•		•	•



Figuur 21. ThermoWood® bekledingsproducten

4.5 FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

4.5.1 Dichtheid

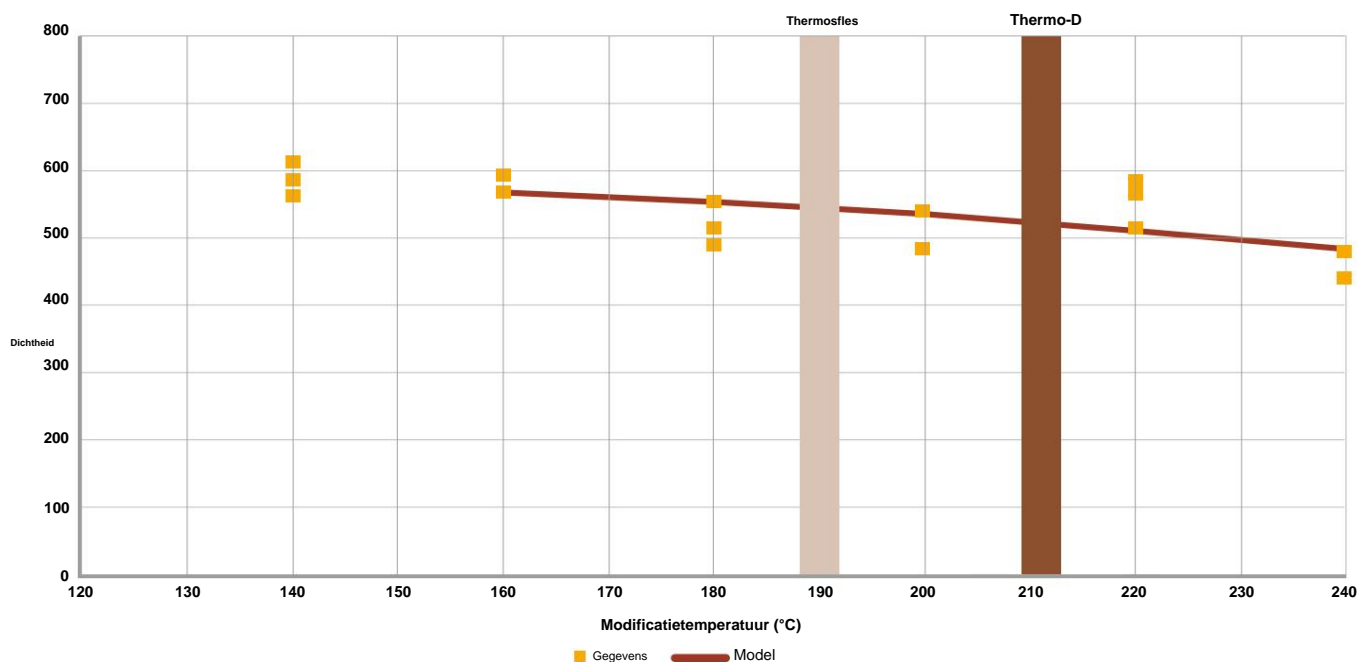
ThermoWood® heeft een lagere dichtheid dan onbehandeld hout.

Dit komt voornamelijk door het feit dat hout tijdens de warmtebehandeling een deel van zijn verbindingen verliest.

Figuur 22 toont de impact van de warmtebehandeling op de densdichtheid na een behandeling van drie uur bij temperaturen van +160 tot +240°C. De dichtheid neemt af naarmate de temperatuur stijgt

van de behandeling toeneemt. Het verschil is echter groot en de determinatiecoëfficiënt laag vanwege de natuurlijke variatie in houtdichtheid. De gemiddelde dichtheid bij temperaturen <160°C bedraagt 560 kg/m³.

Het testmateriaal werd geconditioneerd bij een relatieve vochtigheid van 65%. Tabel 5 presenteert de resultaten van verder onderzoek.



Figuur 22. Impact van modificatietemperatuur op de dichtheid van ThermoWood® (bron: VTT).

Tabel 5. Dichtheid van ThermoWood® (gemiddelde van metingen).

Essence	Product	Hoeveelheid [st.]	Droge dichtheid (luchtdroging) [kg/m ³]	Dikte 20°C / RV 65% [kg/m ³]	Droge dichtheid (drogen in een droger) [kg/m ³]
Pijlboom	Referentie	-	490	-	-
	Thermosfles	18	430	-	-
	Thermo-D	18	420	-	-
Sparren	Referentie	-	460	-	-
	Thermosfles	20	430	-	-
	Thermo-D	19	420	-	-
As	Referentie	-	-	625	-
	Thermosfles	-	-	560	-
	Thermo-D	-	-	554	-
	Thermo-220°C	-	-	526	-
Ayous	Thermosfles	-	-	392	357
	Thermo-D	-	-	353	339
Fraké	Thermosfles	-	-	573	553
	Thermo-D	-	-	537	518
Iroko	Thermosfles	-	-	611	-

4.5.2 Buigsterkte en elasticiteitsmodulus

De sterkte van houtmateriaal hangt over het algemeen sterk samen met de dichtheid ervan. Omdat de dichtheid van thermisch gemodificeerd hout iets lager is, blijven de sterkewaarden in sommige gevallen onder die van standaard hout. Momenteel zijn er geen ThermoWood®-producten geclassificeerd als zwaar hout, dus mogen ze niet worden gebruikt als onderdeel van dragende constructies.

Figuur 23 illustreert de impact van warmtebehandeling op de buigsterkte van de pin en figuur 24 toont de impact ervan op de

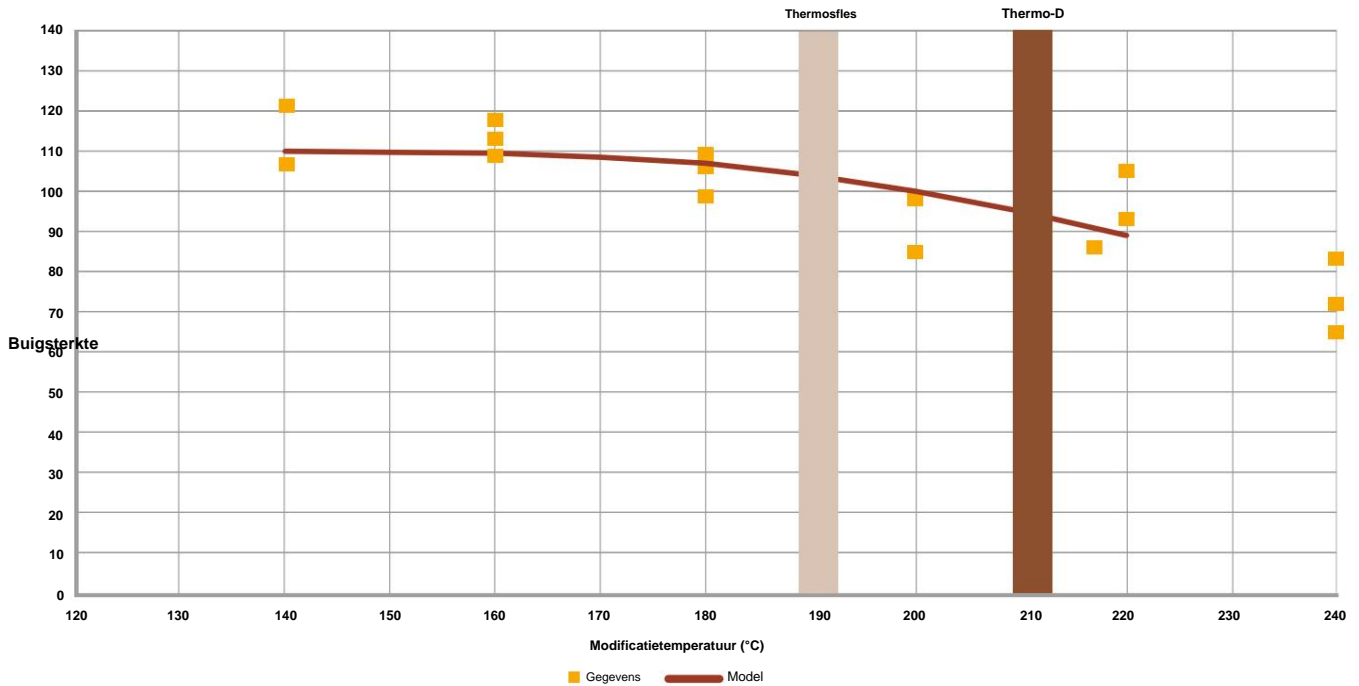
elasticiteitsmodulus. Bij grenen begint een aanzienlijk sterkteverlies bij temperaturen boven de 220°C. Aan de andere kant verandert de warmtebehandeling van hout de elasticiteitsmodulus niet significant. Den met een gemiddelde dichtheid van 560 kg/

Als testmateriaal werd m3 gebruikt. Twee testmethoden

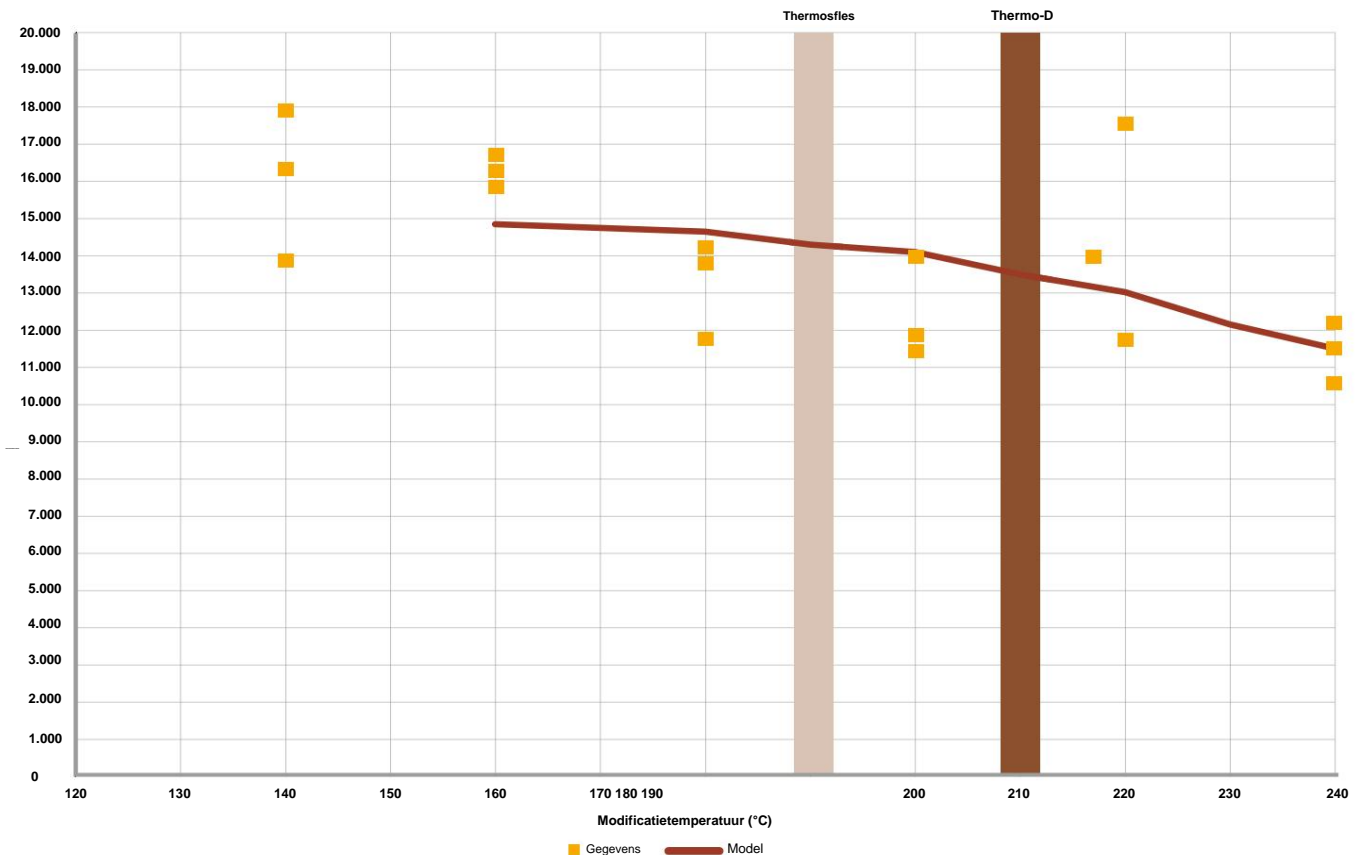
In het onderzoek werd buigsterkte toegepast.

Bij de ene methode wordt gebruik gemaakt van defectvrij materiaal over een korte periode, terwijl bij de andere methode gebruik wordt gemaakt van onderdelen met natuurlijk voorkomende defecten over een langere periode.

Tabel 6 presenteert de resultaten van verder onderzoek.



Figuur 23. Impact van wijzigingstemperatuur op de buigweerstand van ThermoWood® (bron: VTT).



Figuur 24. Impact van de modificatietemperatuur op de elasticiteitsmodulus van ThermoWood® (bron: VTT).

Tabel 6. Buigsterkte en elasticiteitsmodulus van ThermoWood® (gemiddelde van metingen).

Essence	Product	Afmetingen [mm]	Standaard	Buigweerstand [N/mm ²]	Elasticiteitsmodulus [N/mm ²]
Plyboon	Referentie	-	EN 408	60,7	9.274
	Thermosfles	-	EN 408	45,1	9.006
	Thermo-D	-	EN 408	38,1	9.262
Sparren	Referentie	-	EN 408	74,2	13.658
	Thermosfles	-	EN 408	65,0	11.197
	Thermo-D	-	EN 408	47,5	10.133
As	Referentie	20x20x360	DIN 52186	112,0	12.056
	Thermosfles	20x20x360	DIN 52186	106,9	13.559
	Thermo-D	20x20x360	DIN 52186	90,6	13.320
	Thermo-220°C	20x20x360	DIN 52186	75,9	12.848
Ayous	Thermosfles	100 x 40 x 2000	EN 408	28,1	7.414
	Thermo-D	150 x 40 x 3000	EN 408	27,6	7.338
Fraké	Thermosfles	100 x 40 x 2000	EN 408	61,1	14.607
	Thermo-D	100 x 40 x 3000	EN 408	54,7	14.880
Iroko	Referentie	300x20x20	DIN 52186	99	11.500
	Thermosfles	300x20x20	DIN 52186	91	12.300

4.5.3 Weerstand tegen uittrekken van de schroef

Volgens onderzoeken heeft de algemene variatie in houtdichtheid een grotere invloed op de weerstand tegen het uittrekken van schroeven dan warmtebehandeling. In een materiaal met een lagere dichtheid kan de

De resultaten waren beter met kleinere voorgeboorde gaten. De onderzoeksresultaten over de weerstand tegen het uittrekken van schroeven worden weergegeven in de tabellen 7 en 8.

Tabel 7. Uittrekweerstand van ThermoWood® schroeven (gemiddelde van metingen).

Essence	Product	Standaard	Uittrekweerstand van de schroef [N/mm ²]
Plyboon	Referentie	EN 1382	22.24
	Thermosfles	EN 1382	20.04
	Thermo-D	EN 1382	19.56
Sparren	Referentie	EN 1382	22.01
	Thermosfles	EN 1382	18.20
	Thermo-D	EN 1382	14.92
Iroko	Referentie	EN 1382	39,92
	Thermosfles	EN 1382	37.25

Tabel 8. Schroefuittrekweerstand van ThermoWood® bekledingsproducten (gemiddelde van metingen).

Essence	Product	Standaard	Grootte van de schroef Penetratiediepte tpen	Uittrekweerstand van de schroef	
				Radiale richting [N/mm ²]	Tangentiële richting [N/mm ²]
Ayous	Thermosfles	EN 1382	Schroef 3,0x38 tpen = 24 mm	13.56	13.62
		EN 1382	Schroef 4,0x72 tpen = 32 mm	11.64	10.84
	Thermo-D	EN 1382	Schroef 3,0x38 tpen = 24 mm	10.44	11.17
		EN 1382	Schroef 4,0x72 tpen = 32 mm	9.28	9.00 uur
Fraké	Thermosfles	EN 1382	Schroef 3,0x38 tpen = 24 mm	33,97	33.82
		EN 1382	Schroef 4,0x72 tpen = 32 mm	27.95	27.60
	Thermo-D	EN 1382	Schroef 3,0x38 tpen = 24 mm	32.28	33.77
		EN 1382	Schroef 4,0x72 tpen = 32 mm	28.80	28.93

4.5.4 Druksterkte loodrecht op de korrel

Gebaseerd op tests uitgevoerd met hout behandeld bij 195°C gedurende drie uur, is de druksterkte loodrecht op de nerf van thermisch gemodificeerd hout ongeveer 30% hoger dan die van standaard hout. Vóór het testen werden de te testen onderdelen ondergedompeld in water.

4.5.5 Druksterkte evenwijdig aan de korrel

Uit de onderzoeken bleek dat warmtebehandeling de druksterkte parallel aan de houtnerf niet verminderde. Onderzoeksresultaten geven aan dat de druksterkte evenwijdig aan de nerf van thermisch gemodificeerd hout groter is dan die van standaard hout. Dit geldt ook voor hout dat op hogere temperaturen is behandeld (Figuur 25). De druksterkte hangt hoofdzakelijk af van de dichtheid.

Uit tests blijkt dat de proefstukken, onder druk evenwijdig aan de houtnerf, in kleinere delen breken, maar niet kromtrekken, in tegenstelling tot standaard hout. Dit komt omdat thermisch gemodificeerd hout niet zo elastisch is als onbehandeld hout.

4.5.6 Weerstand tegen doorbuigen bij impact (dynamisch buigen)

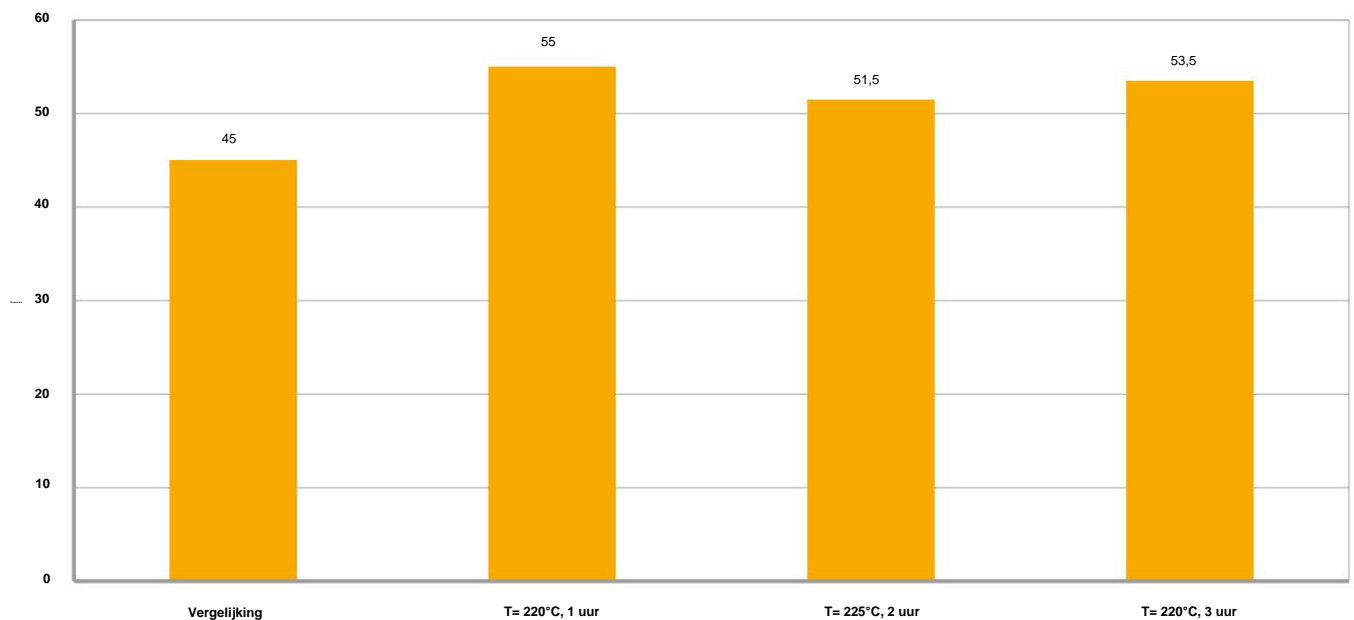
Studies tonen aan dat warmtebehandeling de slagvastheid vermindert in vergelijking met standaard hout. Uit tests uitgevoerd met sparrenhout dat gedurende drie uur bij 220°C was behandeld, bleek dat de slagvastheid met ongeveer 25% was verminderd in vergelijking met onbehandeld hout.

4.5.7 Afschuifweerstand

Tijdens het testen resulteerde de behandeling bij hoge temperatuur (4 uur bij 230°C) in een reductie van 1 tot 25 procent in de schuifsterkte bij radiale tests, evenals een reductie van 1 tot 40 procent bij tangentiële tests, vergeleken met onbehandeld hout. Daarentegen had behandeling bij een lagere temperatuur (190°C) zeer weinig effect op grenenhout, terwijl sparrenhout een reductie van 1 tot 20% liet zien in radiale en tangentiële tests.

4.5.8 Weerstand tegen splijten

Uit onderzoek blijkt dat warmtebehandeling de splijtweerstand met 30 tot 40% vermindert. In deze onderzoeken zijn sparren, dennen en berken gebruikt, evenals een breed scala aan modificatietemperaturen. De daling van de splijtweerstand neemt toe naarmate de gebruikte temperaturen stijgen.

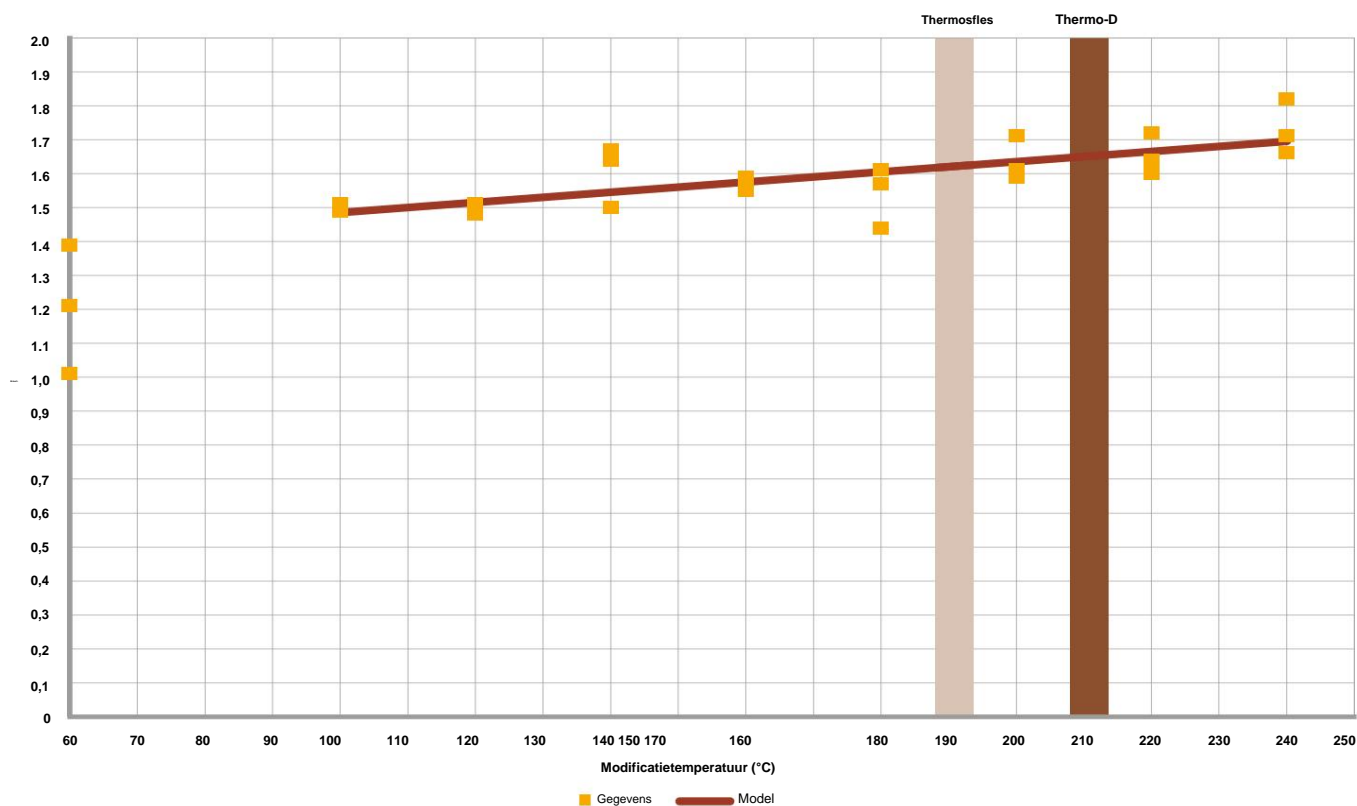


Figuur 25. Druksterkte evenwijdig aan de nerf van thermisch gemodificeerd sparrenhout (gemiddelde dichtheid 420 kg/m³) (bron: VTT).

4.5.9 Hardheid

Figuur 26 laat zien dat de Brinell-hardheid toeneemt bij toenemende modificatietemperatuur. Uit onderzoek blijkt echter dat de relatieve verandering minimaal is en geen impact heeft

in de praktijk. Wat de houtsoort ook is, de Brinell-hardheid hangt grotendeels af van de dichtheid. Tabel 9 presenteert de resultaten van verder onderzoek.



Figuur 26. Impact van warmtebehandeling (3 uur) op de Brinell-dichtheid van dennenhout (bron: VTT).

Tabel 9. Brinell-hardheid van ThermoWood® (gemiddelde van metingen)

Essence	Product	Afmetingen [mm]	Brinell-hardheid [N/mm ²]				
			EN 1534 Bolvormig Ø10mm F=1000N	EN 1534 Bolvormig Ø20mm F=1000N Richting radiaal	EN 1534 Bolvormig Ø20mm F=1000N Richting tangenteel	EN 1534 Bolvormig Ø10mm F=500N Richting radiaal	EN 1534 Bolvormig Ø10mm F=500N Richting tangenteel
Plyboon	Referentie	-	15.9	-	-	-	-
	Thermosfles	-	16.4	-	-	-	-
	Thermo-D	-	13.7	-	-	-	-
Sparren	Referentie	-	16.3	-	-	-	-
	Thermosfles	-	15.2	-	-	-	-
	Thermo-D	-	14.9	-	-	-	-
Iroko	Referentie	-	31,5	-	-	-	-
	Thermosfles	-	30.0	-	-	-	-
As	Referentie	20x20x300	-	35.13	35.33	-	-
	Thermosfles	20x20x300	-	30.92	29.27	-	-
	Thermo-D	20x20x300	-	27.75	27.56	-	-
	Thermo-220°C 20 x 20 x 300	-	-	25.59	23.27	-	-
Ayous	Thermosfles	40x40x300	-	-	-	9.83	9.00 uur
	Thermo-D	40x40x300	-	-	-	8.83	7.98
Fraké	Thermosfles	40x40x300	-	-	-	26.39	23.70
	Thermo-D	40x40x300	-	-	-	27.35	24.06

4.5.10 Brandwerendheid

Vergeleken met standaard hout heeft ThermoWood® een lagere warmtebelasting en produceert het minder rook. Dit komt door de lagere dichtheid van ThermoWood® en het lagere gehalte aan houtbestanddelen en -extracten. Bovendien is met ThermoWood® gevelbekleding een betere afdichting mogelijk qua brandwerende techniek, omdat veranderingen in de luchtvochtigheid de krimp beperken.

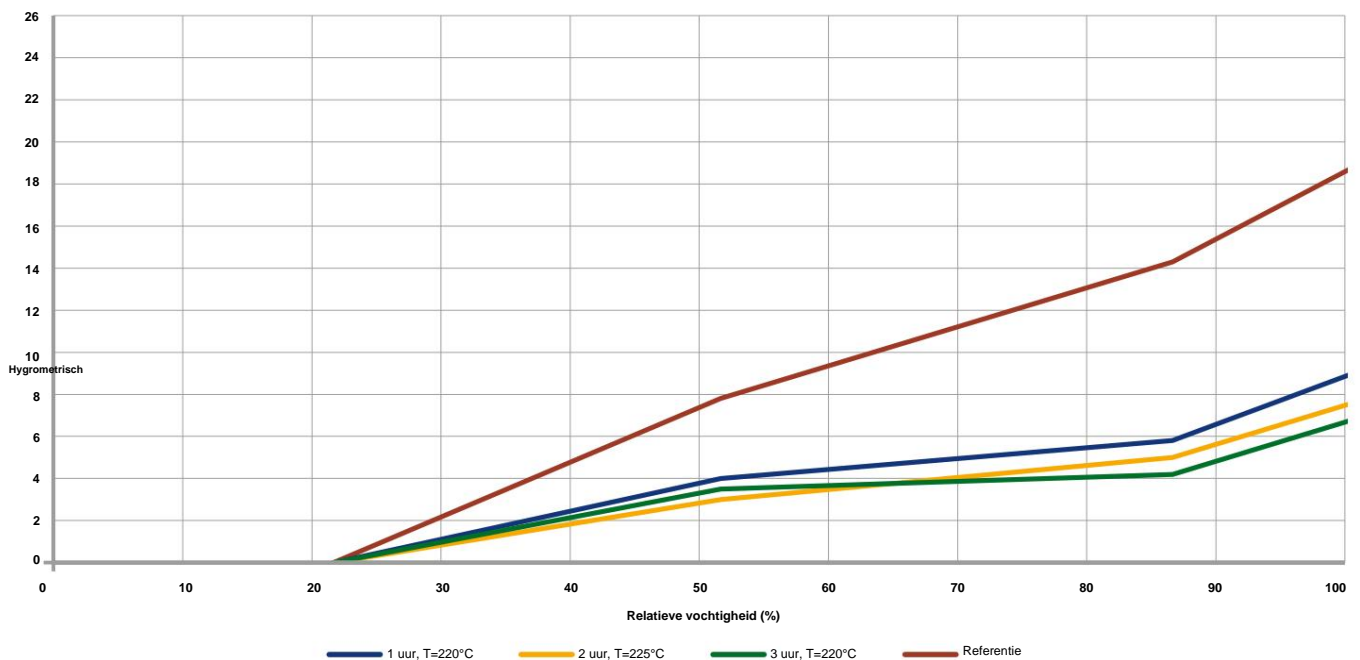
Bovenstaande factoren kunnen niet altijd direct worden toegepast in het brandtechnisch ontwerp. Toepassings specifieke planning moet worden uitgevoerd met behulp van bijvoorbeeld brandtechnische simulatieprogramma's.

4.6 THERMOMECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

4.6.1 Hygrometrische balans

Warmtebehandeling vermindert de hygrometrische balans van het hout. Figuur 27 illustreert de impact van warmtebehandeling op de hygrometrische balans van sparrenhout. Bij hoge temperaturen (220°C) wordt de vochtbalans gehalveerd vergeleken met onbehandeld sparrenhout. Bij een hogere relatieve luchtvochtigheid is het verschil in de houtvochtwaarden groter.

Sapotrofe schimmels worden actief wanneer de houtvochtigheid hoger is dan 20%. Ongeacht de relatieve luchtvochtigheid blijft de hygrometrische balans van thermisch gemodificeerd hout ruim onder de 20%. Dit heeft een grote invloed op de duurzaamheid van het hout op lange termijn.

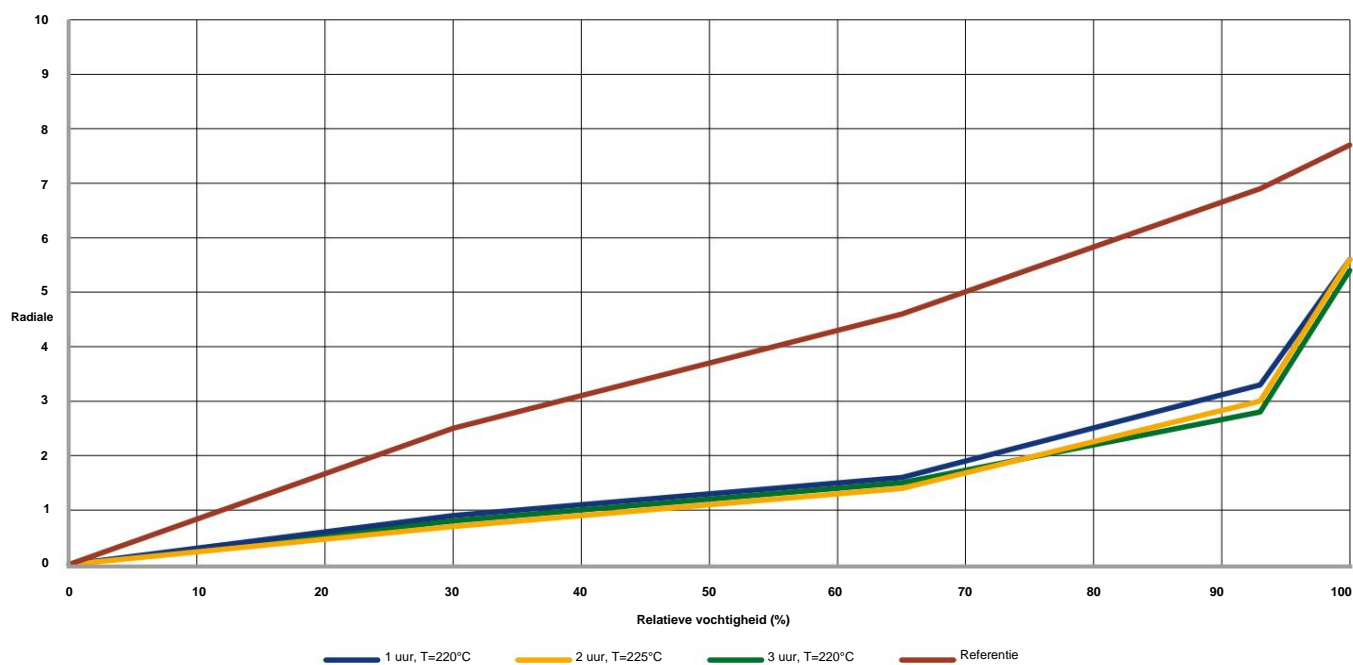


Figuur 27. Impact van relatieve vochtigheid op de hygrometrische balans van thermisch gemodificeerd sparrenhout (bron: VTT).

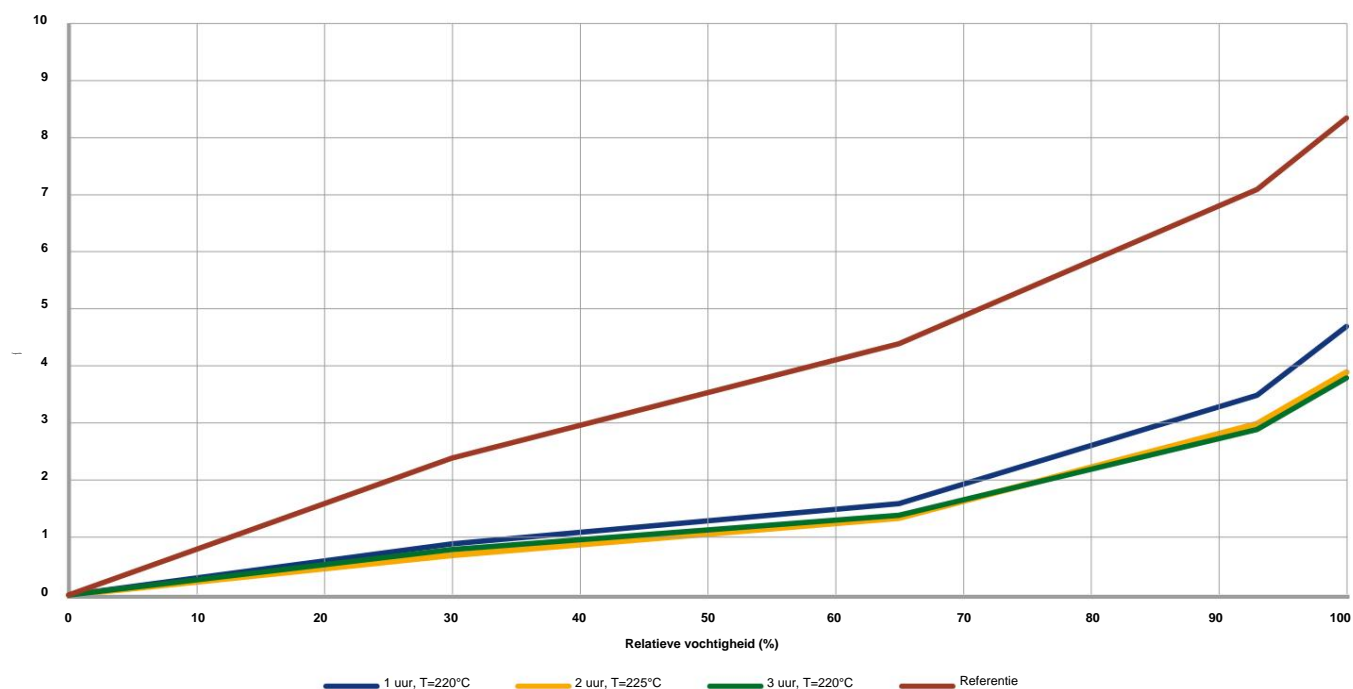
4.6.2 Uitzetten en krimpen door vocht

De daling van de vochtbalans van ThermoWood® heeft invloed op het uitzetten en krimpen door vocht. Warmtebehandeling vermindert de tangentiële en radiale zwelling van het hout aanzienlijk. Figuren 28 en 29 laten zien hoe warmtebehandeling de zwelling van thermohout vermindert.

gewijzigd van standaard hout. Dankzij verminderde zwelling en krimp heeft ThermoWood® een betere maatvastheid dan standaard hout. Het behoudt zijn afmetingen, zelfs zonder oppervlaktebehandeling.



Figuur 28. Radiale zwelling van sparrenhout als functie van de relatieve vochtigheid (bron: VTT).



Figuur 29. Tangentiële zwelling van sparren als functie van de relatieve vochtigheid (bron: VTT).

4.6.3 Permeabiliteit

ThermoWood® is getest op waterdoorlatendheid met behulp van kopse penetratie. Deze eigenschap is bijvoorbeeld van belang voor ramen. Eerst werden de te testen onderdelen ondergedompeld in gedemineraliseerd water. Vervolgens werden ze opgeslagen in een kamer met een relatieve vochtigheid van 65% en een temperatuur van 20°C, en vervolgens gedurende negen dagen met regelmatige tussenpozen gewogen. De resultaten gaven aan dat de waterdoorlaatbaarheid van thermisch gemodificeerd sparrenhout in korte tijd 20-30% lager was dan die van gelijkwaardig onbehandeld hout.

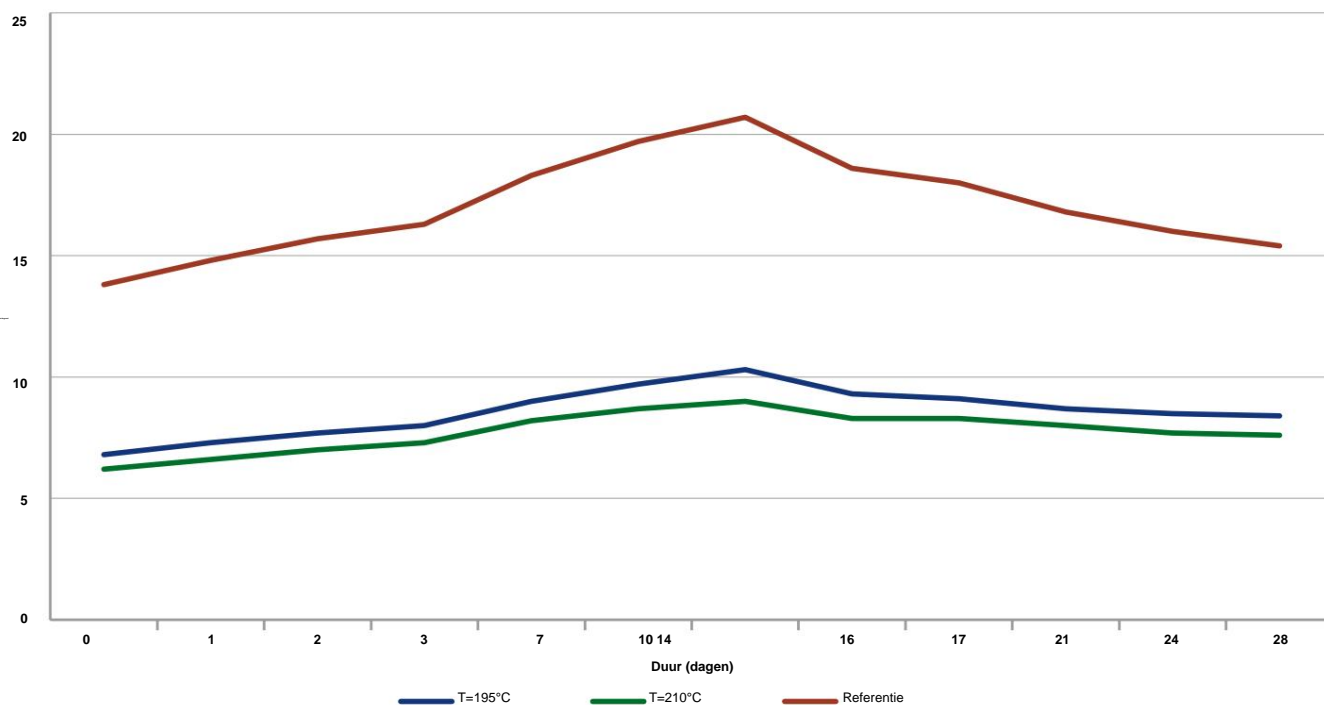
In een ander onderzoek werd de permeabiliteit getest door de onderdelen 72 uur in water onder te dompelen met de eindoppervlakken afgedicht. Volgens de resultaten bedroeg het vochtgehalte van onbehandeld sparrenhout 22%, 12% voor hout behandeld op 195°C en 10% voor hout behandeld op 210°C.

Warmtebehandeling vermindert de dampdoorlaatbaarheid van hout.

Figuur 25 laat zien hoe warmtebehandeling de dampdoorlatendheid van ThermoWood®-vurenhout vermindert in vergelijking met standaardhout.

4.6.4 Thermische geleidbaarheid

Studies tonen aan dat warmtebehandeling de thermische geleidbaarheid vermindert in vergelijking met standaardhout. De thermische geleidbaarheid van thermisch gemodificeerd Noords naaldhout is 20 tot 25% lager dan die van standaard hout. Om deze reden is ThermoWood® een ideaal materiaal voor constructies zoals buitendeuren, buitenbekleding, ramen en sauna's.



Figuur 30. Impact van warmtebehandeling op de dampdoorlaatbaarheid van grenenhout (bron: VTT)

4.7 DUURZAAMHEID OP LANGE TERMIJN

4.7.1 Weersbestendigheid

Bij blootstelling aan slecht weer en zonder oppervlaktebehandeling blijven ThermoWood®-producten veel droger dan ongemodificeerd hout. Voor thermisch gemodificeerd hout dat aan de elementen wordt blootgesteld, wordt echter een oppervlaktebehandeling aanbevolen die beschermt tegen vocht, erosie en UV-straling. Deze aanbeveling heeft vooral betrekking op toepassingen in warme en vochtige klimaten.

Onder invloed van regen kan de oorspronkelijke kleur van onbehandeld thermisch gemodificeerd hout enigszins veranderen. UV-straling veroorzaakt vergrijzing van houten producten zonder oppervlaktebehandeling.

Zoals alle materialen die aan regen worden blootgesteld, kan er ook schimmel verschijnen op het oppervlak van thermisch gemodificeerd hout. De aanwezigheid van bacteriën in de lucht of onzuiverheden in de regen kunnen ook leiden tot schimmelvorming op onbehandelde oppervlakken. Deze ontwikkeling blijft echter oppervlakkig en kan worden geëlimineerd door het oppervlak af te vegen of te schrapen.

4.7.2 Biologische resistentie

Zoals alle materialen die aan regen worden blootgesteld, kan er ook schimmel op het oppervlak van ThermoWood® verschijnen. De aanwezigheid van bacteriën in de lucht of onzuiverheden in de regen kunnen ook leiden tot schimmelvorming op onbehandelde oppervlakken.

Deze ontwikkeling blijft echter oppervlakkig en kan worden geëlimineerd door het oppervlak af te vegen of te schrapen.

De natuurlijke weerstand van het hout (zonder oppervlaktebehandeling) wordt bepaald met behulp van laboratoriumtesten die voldoen aan de normen. Tabel 10 presenteert de toepassingen van ThermoWood®. Het wordt niet aanbevolen voor constructies die in direct contact staan met grond of water.

Tabel 10. Geschiktheid van ThermoWood®-producten voor verschillende toepassingen

Duurzaamheidsklasse (EN 350) Gebruiksklasse (EN 335)	Toepassingsvoorbeelden	ThermoWood®-producten
1 = Zeer duurzaam 5 = Blootstelling aan zeewater 4 = Contact met water	-	-
2 = Duurzaam 3 = Exterieur, blootstelling aan slecht weer	Buitenbekleding Tuinstructuren	Thermo-D, grenen, sparren Thermo-D, as, ayous, fraké Thermo-S, iroko
3 = Matig duurzaam 2 = Buiten, onder afdak	Saunastructuren Buitenstructuren en meubilair onder een dak	Thermo-S, grenen, sparren Thermo-S, hardhout Thermo-D, hardhout
4 = Niet erg duurzaam 1 = Interieur onder omstandigheden droge omstandigheden	Binnenbekleding	-

4.7.3 Insectenresistentie

Steenbokken vestigen zich in het spinthout van coniferen. De kleine houtworm (*Anobium punctatum*) tast vooral hardhout aan. Bruin lycte wordt aangetroffen in sommige soorten hardhout. Uit onderzoek is gebleken dat ThermoWood® resistent is tegen deze drie insecten. ThermoWood® biedt een goede weerstand

naar Steenbokken. Deze kevers identificeren dennen als een geschikte plek om hun eieren te leggen vanwege de terpeen die ze uitstoten. De hoeveelheden terpenen die ThermoWood® produceert zijn aanzienlijk verminderd in vergelijking met onbehandeld hout.

Om deze reden is het een veilige gok dat deze kevers andere materialen dan ThermoWood® zullen kiezen, wanneer ze de kans krijgen. Uit onderzoek blijkt dat hetzelfde geldt voor termieten. Maar dit onderwerp moet het onderwerp zijn van meer diepgaande studies.

Tot nu toe bewijzen uitgevoerde onderzoeken niet dat ThermoWood® resistent is tegen termieten. Termieten dringen bouwconstructies binnen vanaf de grond en vermijden direct zonlicht zoveel mogelijk. Termieten vallen hout en betonmaterialen aan op zoek naar voedsel. Er zijn enkele maatregelen ontwikkeld om dit probleem te bestrijden, waaronder de installatie van polyethyleenmembranen in funderingen van gebouwen. Er zijn ook verschillende bitumineuze verven die kunnen worden gebruikt om mogelijke toegangswegen tot het gebouw te blokkeren. Lokaal testen wordt echter aanbevolen omdat de soorten termieten van regio tot regio verschillen. Bovendien moet het gedrag van termieten verder worden bestudeerd.

4.8 IMPACT OP DE BINNENLUCHTKWALITEIT

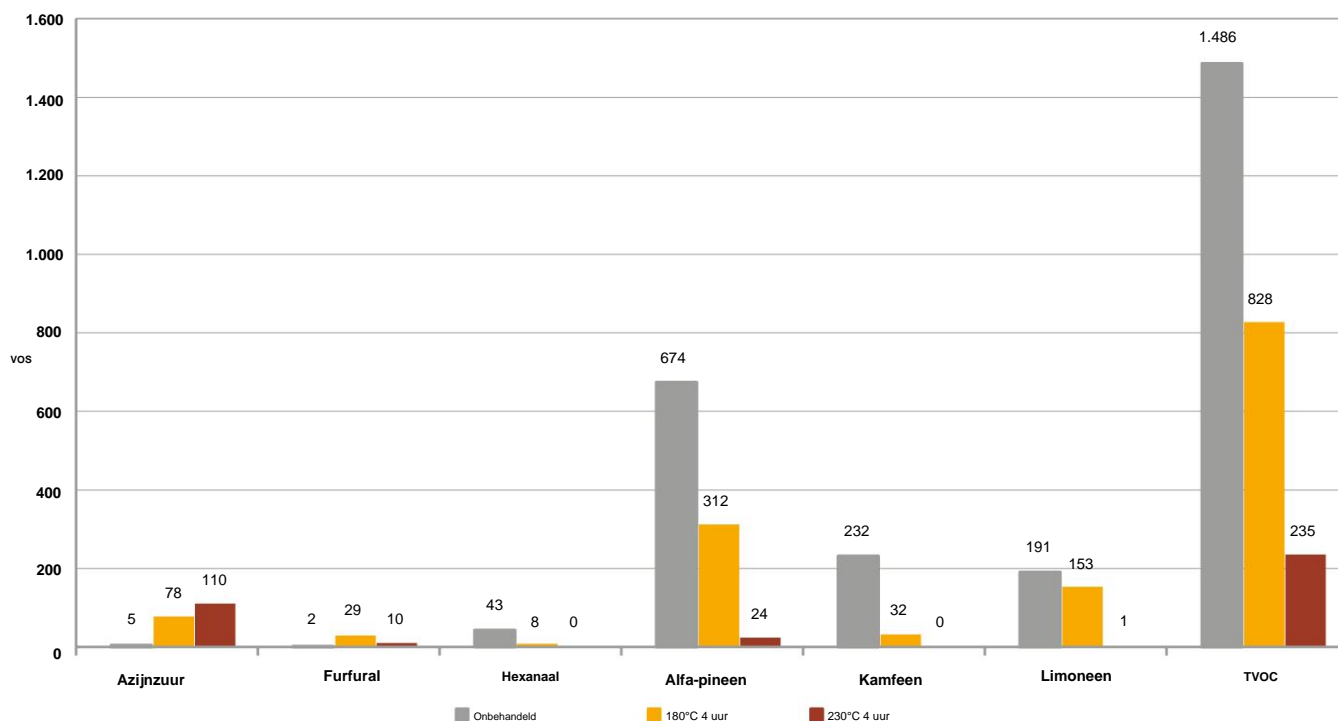
Net als standaard hout is ThermoWood® hygroscopisch en stabiliseert het de vochtigheidsschommelingen in de binnenlucht. Dit effect

is echter beperkter bij ThermoWood® vanwege het verminderde hygrometrische evenwicht. Er moet ook worden opgemerkt dat bij ThermoWood, net als bij standaardhout, het type oppervlaktebehandeling dat wordt toegepast een aanzienlijke invloed heeft op dit fenomeen. Een behandeling die het hout te veel afdicht, voorkomt de overdracht van vocht tussen de binnenlucht en het hout.

Thermogemodificeerd hout geeft een rokerige geur af, waarschijnlijk als gevolg van chemische verbindingen die furfuralen worden genoemd. Hoewel de geur kan worden waargenomen door het menselijke reukvermogen en sterker lijkt dan de geur van standaardhout, is de hoeveelheid vluchtige organische stoffen (VOS) die wordt uitgestoten door thermisch gemodificeerd hout slechts een fractie van de uitstoot van standaard grenenhout.

Emissieniveaus werden gemeten op ThermoWood® grenenhout.

De monsters werden gedurende vier uur bij temperaturen van 180°C en 230°C gehouden. Metingen werden 7 (180°C) of 8 weken (230°C) na de behandeling uitgevoerd. Met een waarde van 1.486 µg/m² h waren de emissieniveaus van vluchtige organische stoffen uit onbehandeld grenen het hoogst. Het merendeel van deze emissies bestond uit terpenen, maar er werden ook aanzienlijke hoeveelheden alfa-pineen, kamfeen en limoneen gedetecteerd. Bovendien bevatte onbehandeld dennenhout hexanal en kleine hoeveelheden furfural en azijnzuur. Het totale emissieniveau van grenen behandeld bij +180°C was 828 µg/m² h. Het monster bevatte terpenen, furfuralen, hexanal en azijnzuur. Met 235 µg/m² h was het totale emissieniveau van grenen behandeld bij +230 °C het laagst. Azijnzuur was verantwoordelijk voor het grootste deel van de totale uitstoot (110 µg/m² h). Het monster bevatte ook kleine hoeveelheden terpenen. Zoals weergegeven in Figuur 31 vertegenwoordigt ThermoWood® een veilige keuze voor binnentoepassingen in termen van emissieniveaus.



Figuur 31. Vluchtige organische stoffen uitgestoten door dennenmonsters na twee maanden (bron: VTT).

5 PRODUCTVERWERKING

ThermoWood®

Bij het omgaan met ThermoWood® zijn doorgaans wat meer voorzorgsmaatregelen nodig, omdat het vanwege zijn weerstandseigenschappen gevoeliger is voor mechanische schade.

Maar omdat ThermoWood® geen hars afscheidt, hebben de zaagbladen minder onderhoud nodig.

Het stof dat ontstaat tijdens de verwerking van ThermoWood® is droog en fijn, dus er moet speciale aandacht worden besteed aan de efficiëntie en dichtheid van het stofafzuigstelsel. Bij het uitvoeren van stofproducerende werkzaamheden met ThermoWood® moet een gasmasker worden gedragen.

Voordat u met de werkzaamheden begint, is het raadzaam om de vochtigheidsgraad van het hout te controleren om er zeker van te zijn dat deze overeenkomt met de vochtigheid van de locatie. Afhankelijk van de grootte van de doorsnede kan het conditioneren bij kamertemperatuur enkele dagen duren. Buiten kan het soms weken of zelfs maanden duren, vooral in de winter. Bij de planning van de werkzaamheden moet hiermee rekening worden gehouden.

5.1 ZAGEN

ThermoWood® wordt gezaagd als onbehandeld hout. De messen van zaagbladen met brede tanden kunnen afbrokkeling van de randen van ThermoWood® veroorzaken, daarom wordt het aanbevolen om zaagbladen met brede tanden te gebruiken met fijne tanden.

5.2 PLANNING

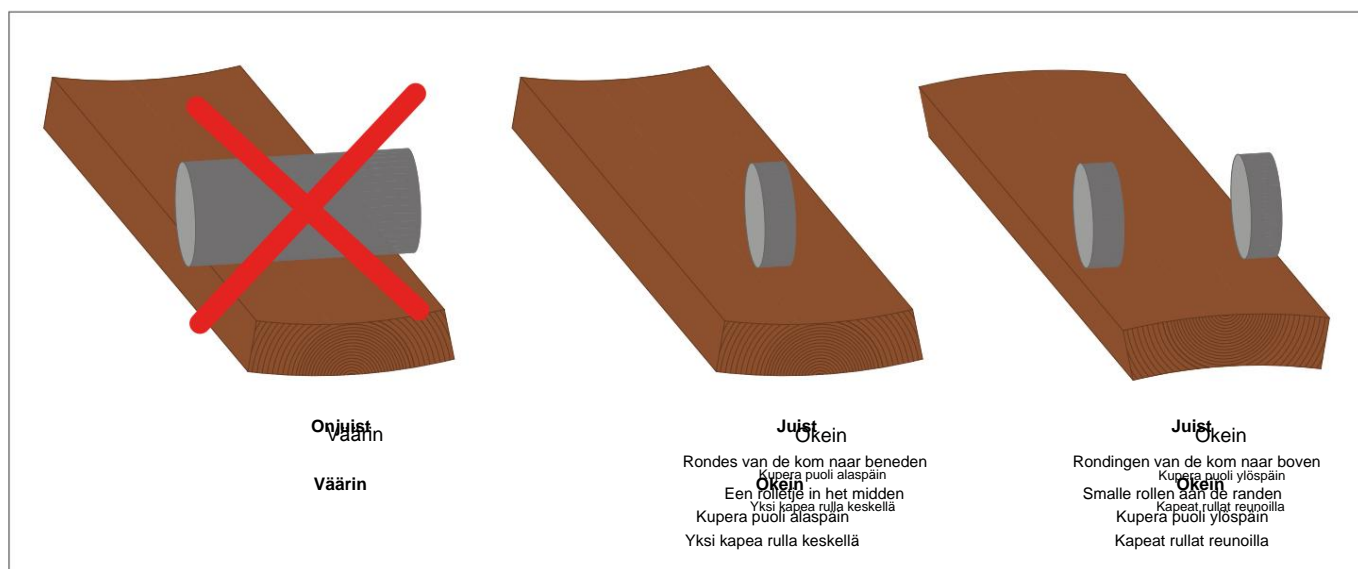
Net als alle andere houtsoorten kan ThermoWood® een holte hebben. Vanwege dit fenomeen wordt het gebruik van smalle rollen aanbevolen om het risico op scheuren in het bewerkte houtoppervlak te verminderen.

Wanneer de bolle kant van het hout naar beneden wijst, is het mogelijk om een eenvoudig smal wieltje in het midden van het stuk te gebruiken. Aan de andere kant moeten twee smalle wielen aan de randen van het werkstuk worden gebruikt als het hout met de bolle kant naar boven wordt geplaatst.

Deze opties worden weergegeven in Figuur 32. Om scheurvorming te voorkomen moet de roldruk worden verlaagd in vergelijking met behandeld hout. Dit komt door de vermindering van de weerstand van ThermoWood®.

In reële omstandigheden werd waargenomen dat de afwezigheid van hars de wrijving bij de ingang van ThermoWood® verminderde, waardoor het gemakkelijker werd de schaafoperatie. Op bepaalde planeerlijnen moet de snelheid toch verlaagd worden. Druk, rolsnelheid en andere parameters zijn afhankelijk van de eigenschappen van de lijn en de schaafmachine. Bij het schaven van ThermoWood® moeten de parameters voor elk product en elke machine afzonderlijk worden ingesteld.

Om de best mogelijke schaaresultaten te verkrijgen en de afstand tussen de jaarringen van het hout te minimaliseren, raden wij aan een product te gebruiken dat zo parallel mogelijk met de houtnerf is gezaagd. Bovendien verbetert het kiezen van het beste oppervlak van het board bij het planeren het resultaat. Er is een nauwe relatie vastgesteld tussen het type invoerrol en de druk, de korrelrichting, het cupping-effect, de messcherpte en de verwerkingsnelheid.



Afbeelding 32. Bij ThermoWood®-producten moeten smalle schaafoverrollen worden gebruikt.

5.3 GIETEN

Het vormen van ThermoWood® lijkt op het werk van hard en bros hout. Het vormen moet van tevoren zorgvuldig worden gepland om haken en ogen en inkepingen te voorkomen, vooral bij het vormen tegen de nerf in.

5.4 SCHUREN

Het schuren van ThermoWood® producten is identiek aan dat van standaard hout. Over het algemeen is schuren niet nodig vanwege de doorgaans zeer goede oppervlaktekwaliteit van ThermoWood® na het schaven.

5.5 VERBINDING

De hechteigenschappen van ThermoWood® zijn getest met 1- en 2-componenten PVAc-lijmen, 1- en 2-componenten polyurethaan (PU) lijmen, resorcinofenol (RF) lijmen en emulsiepolymeer-isocynaat (EPI).

Bij PVAc-lijmen moet het watergehalte van de lijm tot een minimum worden beperkt. Deze lijmen hebben bij ThermoWood® mogelijk langere pers- en droogtijden nodig vanwege de verminderde wateropname in het hout (de lijm heeft meer tijd nodig om uit te harden).

Bij het gebruik van PU-lijmen moet er rekening mee worden gehouden dat voor het drogen water nodig is. Water kan worden opgenomen uit het te lijmen hout of de omgevingslucht. Indien nodig moeten de lijmoppervlakken worden bevochtigd.

Ook RF- en EPI-lijmen blijken effectief bij ThermoWood®. Tijdens tests presteerden RF-lijmen binnen de gebruikelijke ThermoWood®-productieparameters.

Bij het lijmen van ThermoWood® of ander hout moet bijzondere aandacht worden besteed aan factoren zoals de temperatuur en vochtigheidsgraad van het hout, evenals de reinheid van het oppervlak. De keuze en het gebruik van een lijm moeten de instructies van de lijmfabrikant volgen.

ThermoWood® wordt ook gebruikt voor de productie van gelijmde producten. Instructies zijn specifiek voor elke fabrikant. Meer informatie over de producten vindt u in de instructies van de fabrikant.



Figuur 33. ThermoWood®-balken verlijmd in een pergolastructuur

6 OPPERVLAKTEBEHANDELING VAN ThermoWood®-PRODUCTEN

6.1 THERMOWOOD® ALS BASIS OPPERVLAKTEBEHANDELING

ThermoWood® biedt een uitstekende basis voor oppervlaktebehandelingsmiddelen omdat het harsvrij is en minimaal uitzet of krimpt bij blootstelling aan vocht. Daarom barst de aangebrachte verf of andere coating niet. In verband met de oppervlaktebehandeling van ThermoWood® moet worden opgemerkt dat niet alle oppervlaktebehandelingsmiddelen voldoende hechten aan het oppervlak vanwege de zuurgraad en het lage wateropnamevermogen van ThermoWood®. Dit fenomeen treedt vooral op bij bepaalde oppervlaktebehandelingsmiddelen op waterbasis. Oppervlakterutheid kan ook de hechting beïnvloeden. Oppervlakken die zijn geschuurd met schuurpapier P100 kunnen bijvoorbeeld een betere hechting bieden dan geschaafde oppervlakken. Het is ook aangetoond dat geborstelde oppervlakken effectief zijn met oppervlaktebehandelingsmiddelen. Als de ondergrond te ruw is (gezaagd oppervlak), kan de oppervlaktebehandeling lastiger worden door splinters.

6.2 VEEL GEBRUIKTE OPPERVLAKTEBEHANDELINGSMIDDELEN

ThermoWood® kan worden behandeld met middelen die vergelijkbaar zijn met die voor standaard hout (o.a. verf, lak, olie en was).

ThermoWood® kan worden behandeld met oppervlaktebehandelingsmiddelen op water- of oplosmiddelbasis. Lijnolie is echter niet geschikt voor ThermoWood® omdat het de schimmelgroei bevordert.

Oppervlaktebehandeling wordt aanbevolen voor ThermoWood®-producten die worden blootgesteld aan de elementen. Oppervlaktebehandeling bevordert het behoud van de oorspronkelijke kleur en vermindert de barsten en afbrokkeling die in de loop van de tijd vaak voorkomen bij houtmaterialen.

Minerale olie wordt aanbevolen voor binnenmuren, plafonds en banken in sauna's.

Voor ThermoWood® wordt net als voor andere houtproducten een industriële oppervlaktebehandeling aanbevolen. Het biedt de garantie dat de oppervlaktebehandeling wordt uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden, met behulp van geschikte behandelingsmiddelen, en daarmee een hoge kwaliteit en duurzaamheid van de oppervlaktebehandeling.

6.3 PRESTATIES VAN OPPERVLAKTEAFWERKING

Bij de behandeling van ThermoWood®, of ieder ander hout, moet de keuze van de oppervlaktebehandeling en het onderhoud de grootste aandacht krijgen. Wij raden u aan hiervoor contact op te nemen met de fabrikanten van de oppervlaktebehandelingsmiddelen. Vóór de oppervlaktebehandeling moeten maatregelen worden genomen om ervoor te zorgen dat UV-straling en vochtigheid geen microscheurtjes in het productoppervlak veroorzaken, omdat dit de effectiviteit van de oppervlaktebehandeling kan beïnvloeden.

Waar hout, inclusief ThermoWood®, afgesneden uiteinden heeft, moeten deze worden afgedicht met een speciaal ontworpen kopsafdichting. Dit vermindert de wateropname aan de afgesneden uiteinden aanzienlijk, evenals scheuren nabij de uiteinden veroorzaakt door uitdroging.

6.4 BRANDBESTENDIGE BEHANDELING

Zoals al het hout kunnen ThermoWood®-producten worden behandeld met brandvertragers. Deze moeten zorgvuldig worden gecontroleerd, zodat ze over de vereiste goedkeuringen beschikken. Ze moeten altijd worden gebruikt in overeenstemming met de instructies van de fabrikant.

Met een brandvertragende behandeling kan ThermoWood® voldoen aan de eisen van brandveiligheidsklasse C of B, afhankelijk van het gebruikte middel. De hoogst haalbare classificatie is B-s1, d0. ThermoWood®-producten zijn ook verkrijgbaar met een reeds aangebrachte brandvertragende behandeling.

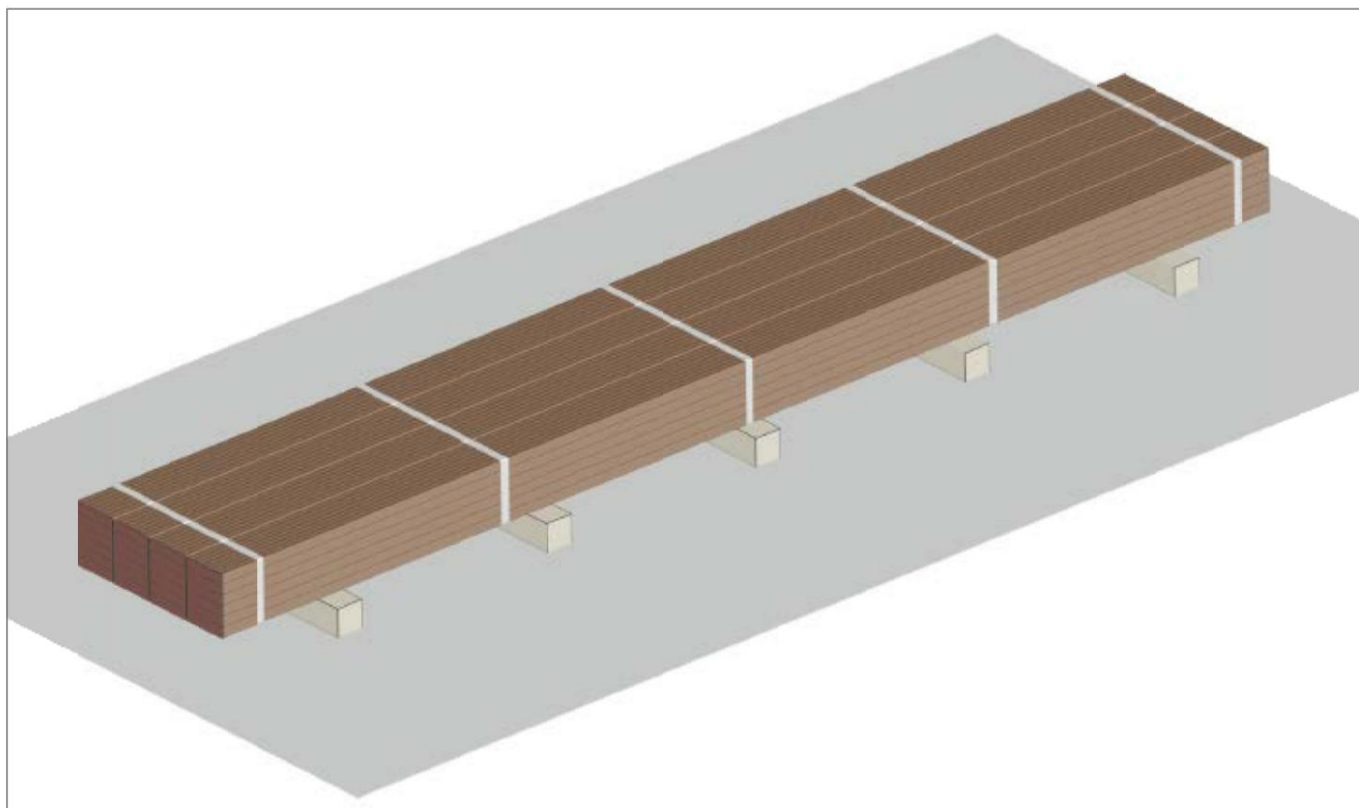
7 LEVERING EN OPSLAG

ThermoWood®-PRODUCTEN

ThermoWood®-producten zijn verkrijgbaar bij houtdetailhandelaren en bouwmarkten die andere houtproducten op voorraad hebben. Producten op voorraad zijn afhankelijk van de detailhandelaar, speciale producten moeten apart worden besteld.

Bij de opslag van ThermoWood® moet rekening worden gehouden met de volgende factoren:

- Er moet een droge en geventileerde opslagruimte worden gebruikt (voor producten kan een droge buitenruimte worden gebruikt bedoeld voor buitentoepassingen)
- Producten bedoeld voor binnentoepassingen moeten opgeslagen worden in een verwarmde binnenruimte
- Producten moeten beschermd worden tegen vuil en UV-straling
- Ze moeten in een horizontale positie worden geplaatst, op een vlakke ondergrond (van de grond verhoogd)
- Er moet een voldoende aantal latten als basis worden gebruikt
- Verpakte producten moeten vóór gebruik worden uitgepakt
- Binnenbekledingsproducten worden direct uit de verpakking gebruikt
- Houd bij het tillen van lange producten rekening met de weerstand met verminderde flexie
- Producten met tand-en-groefafwerking moet met zorg worden behandeld om eventuele beschadigingen te voorkomen schade (vooral bij lange producten)



Figuur 34. Een vlak oppervlak en voldoende basislatten voorkomen kromtrekken van het product.

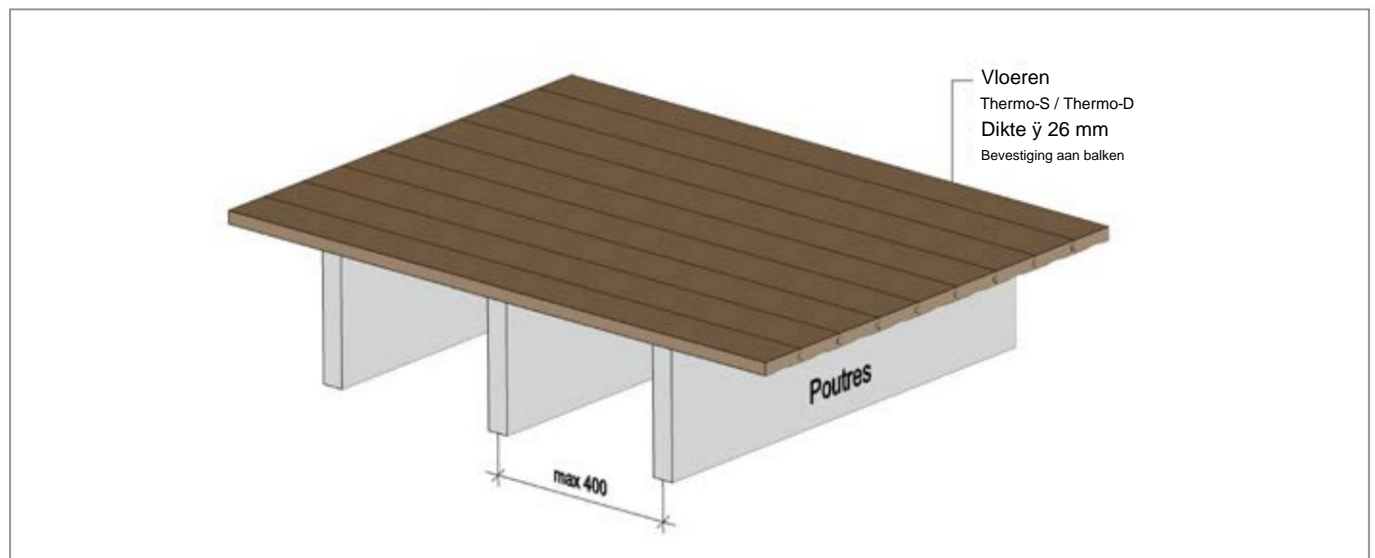
8 TOEPASSING VAN PRODUCTEN ThermoWood® IN DE BOUW

ThermoWood®-producten voor woningbouwtoepassingen omvatten over het algemeen bekledingsmaterialen voor binnen en buiten en timmerproducten.

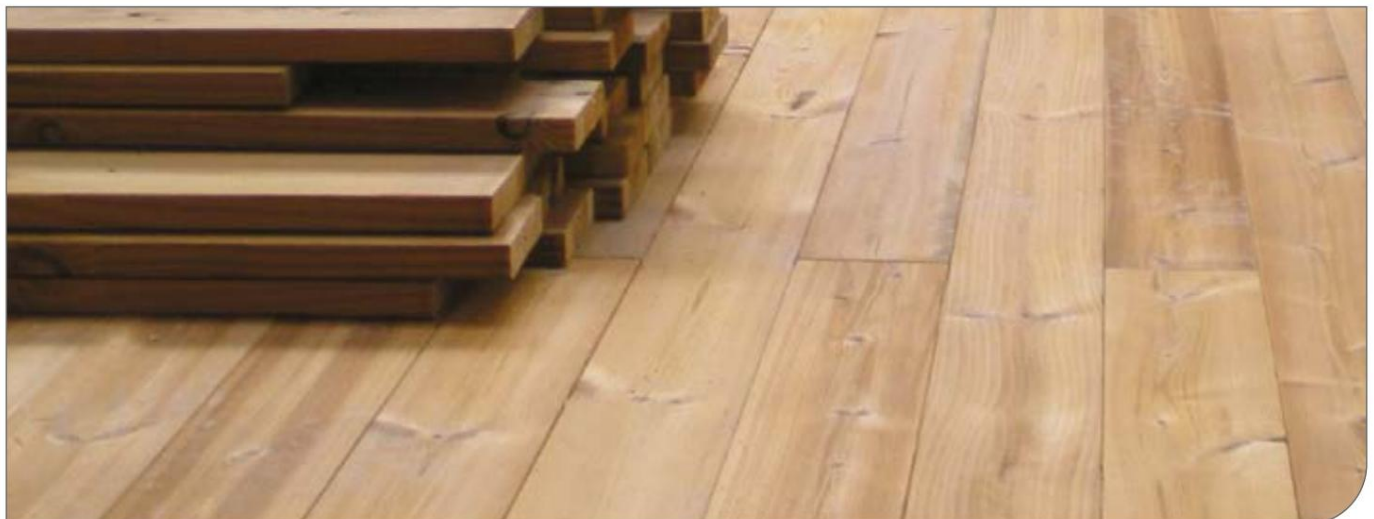
In de tuinbouw wordt ThermoWood® veelal gebruikt voor terrassen, schuttingen en tuinmeubelen. Dezelfde producten kunnen zowel binnen als buiten worden gebruikt.

8.1 GEBRUIK BINNEN

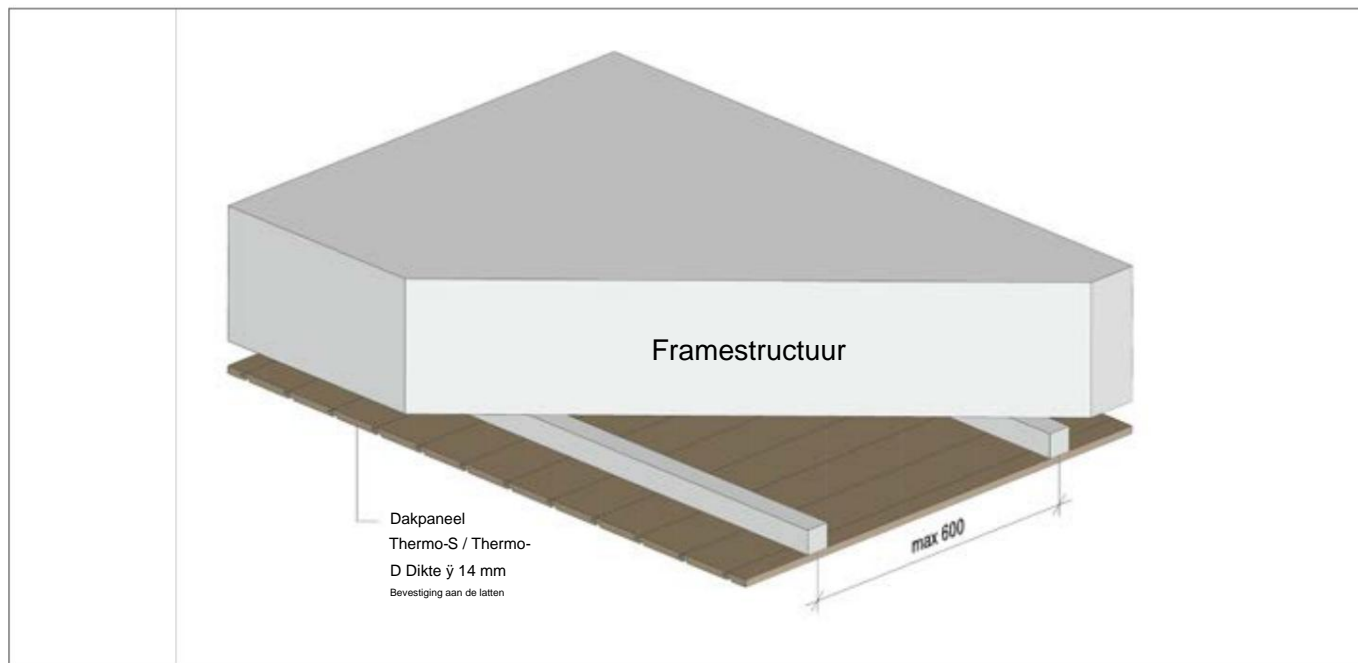
ThermoWood® heeft een beperkte krimp en swelling als gevolg van veranderingen in de luchtvochtigheid in vergelijking met standaard hout, waardoor de vorming van gaten die typisch zijn voor houten vloeren wordt verminderd. Deze eigenschap is vooral nuttig in ruimtes die onderhevig zijn aan aanzienlijke schommelingen in de luchtvochtigheid binnenshuis. ThermoWood®-vloeren zijn ook verkrijgbaar met tand-en-groefafwerking. Bij afwezigheid van een draagvlak moet de groef-tongverbinding op een frame (bijvoorbeeld multiplexplaten) worden geplaatst.



Figuur 35. Voorbeeld van vloer.



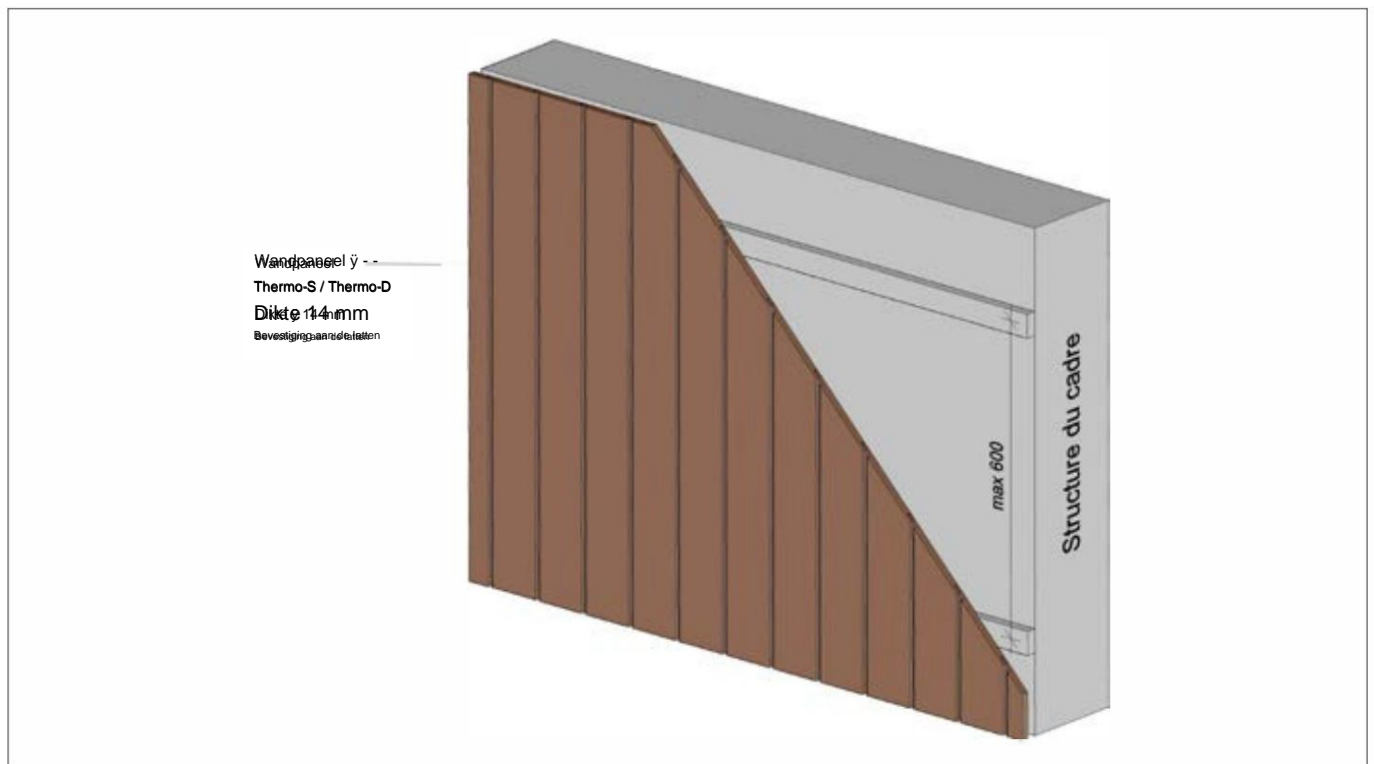
Figuur 36. ThermoWood® vloer.



Figuur 37. Voorbeeld van plafondbekleding in een droge ruimte.



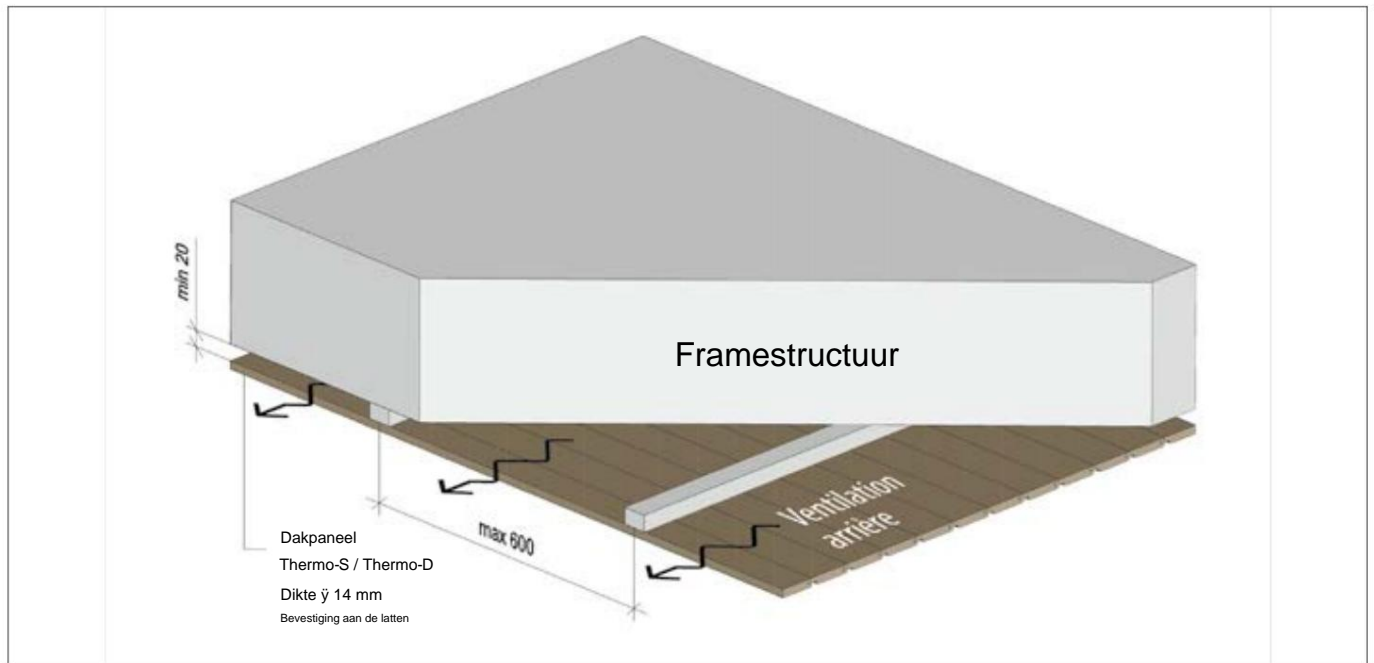
Figuur 38. ThermoWood®-plafond in Portugal.



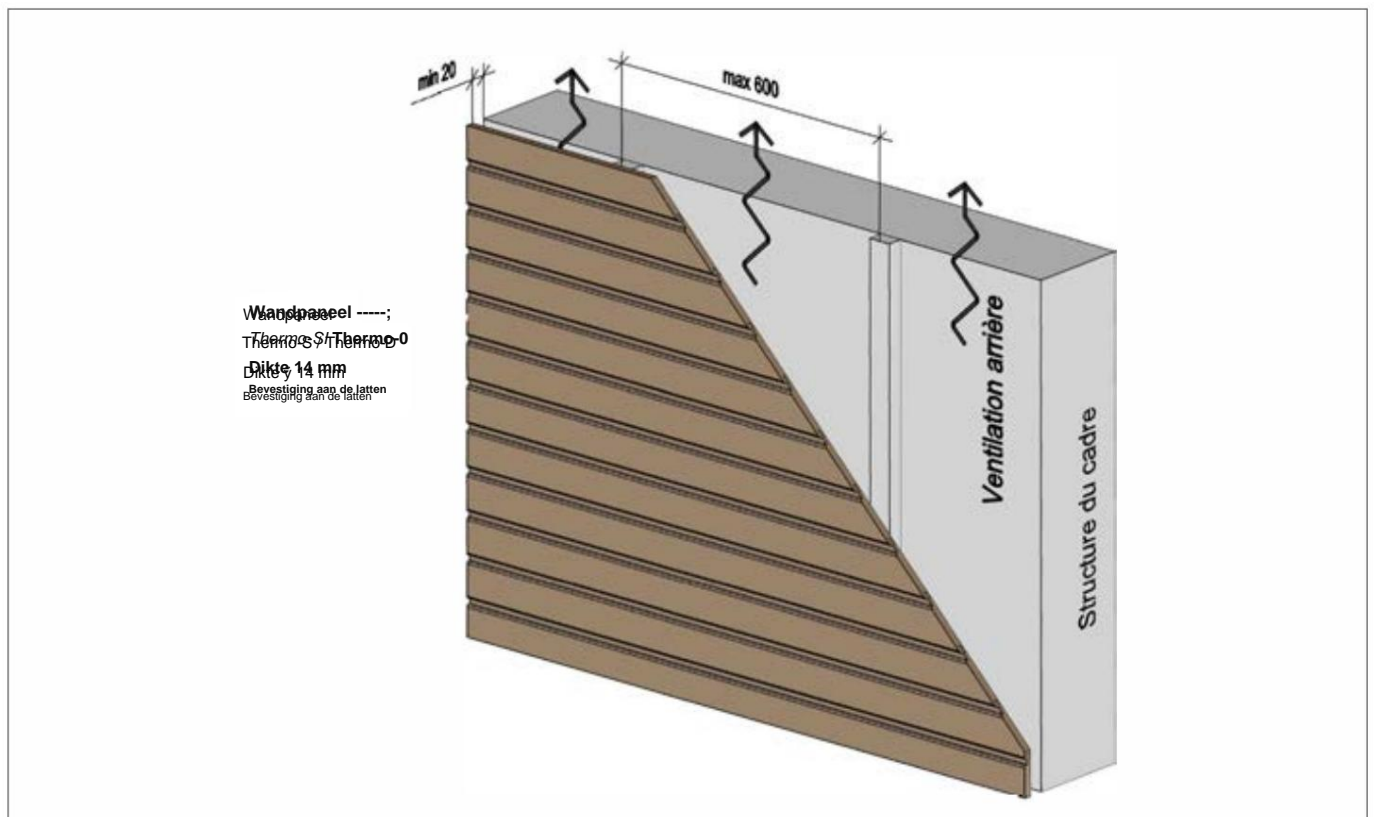
Figuur 39. Voorbeeld van bekleding op een binnenmuur.



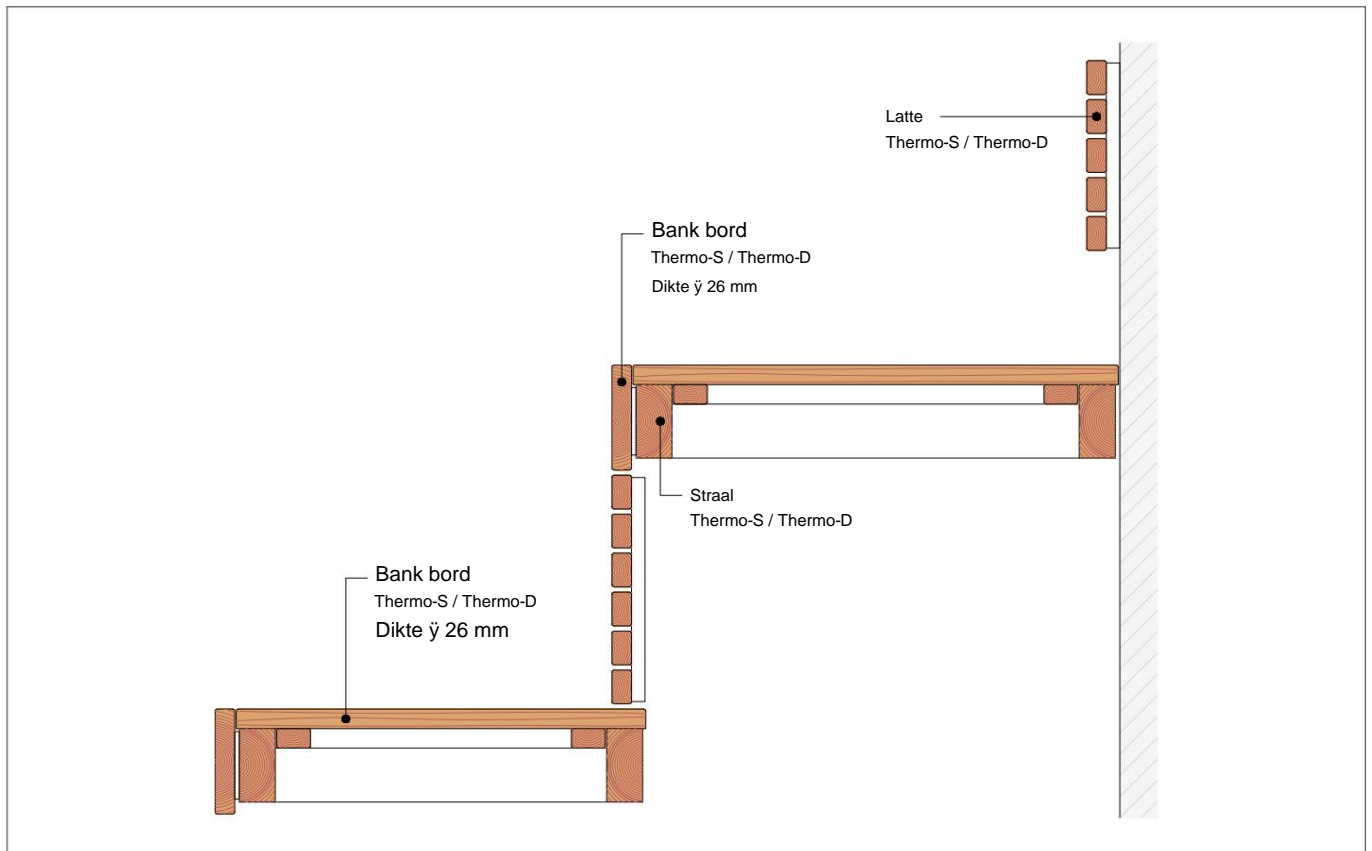
Figuur 40. ThermoWood®-producten gebruikt voor het bekleden van een binnenmuur in een café in Rusland.



Figuur 41. Voorbeeld van plafondbekleding in een sauna.



Figuur 42. Voorbeeld van wandbekleding in een sauna.



Figuur 43. Voorbeeld van saunabankconstructies.

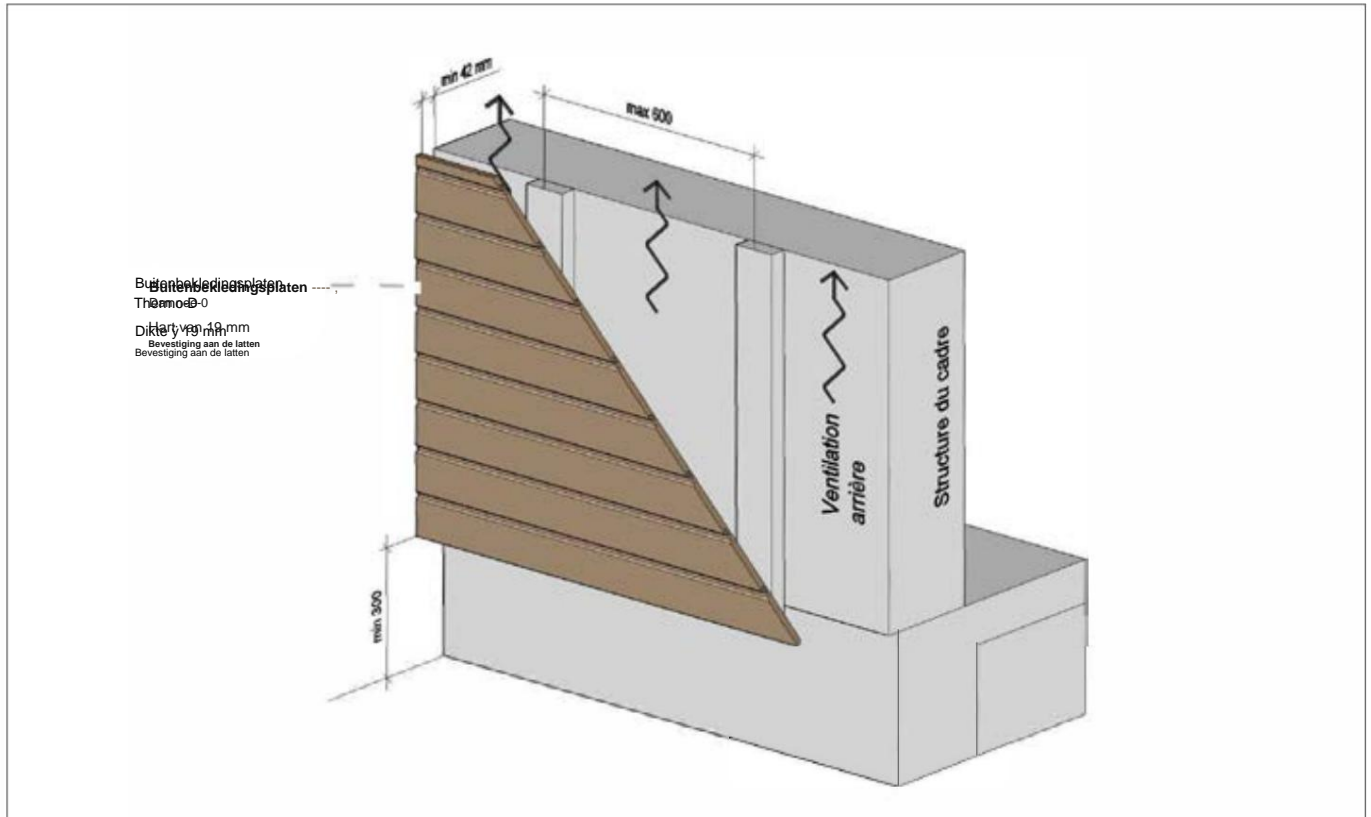


Figuur 44. Saunaconstructies gemaakt van ThermoWood®-producten.

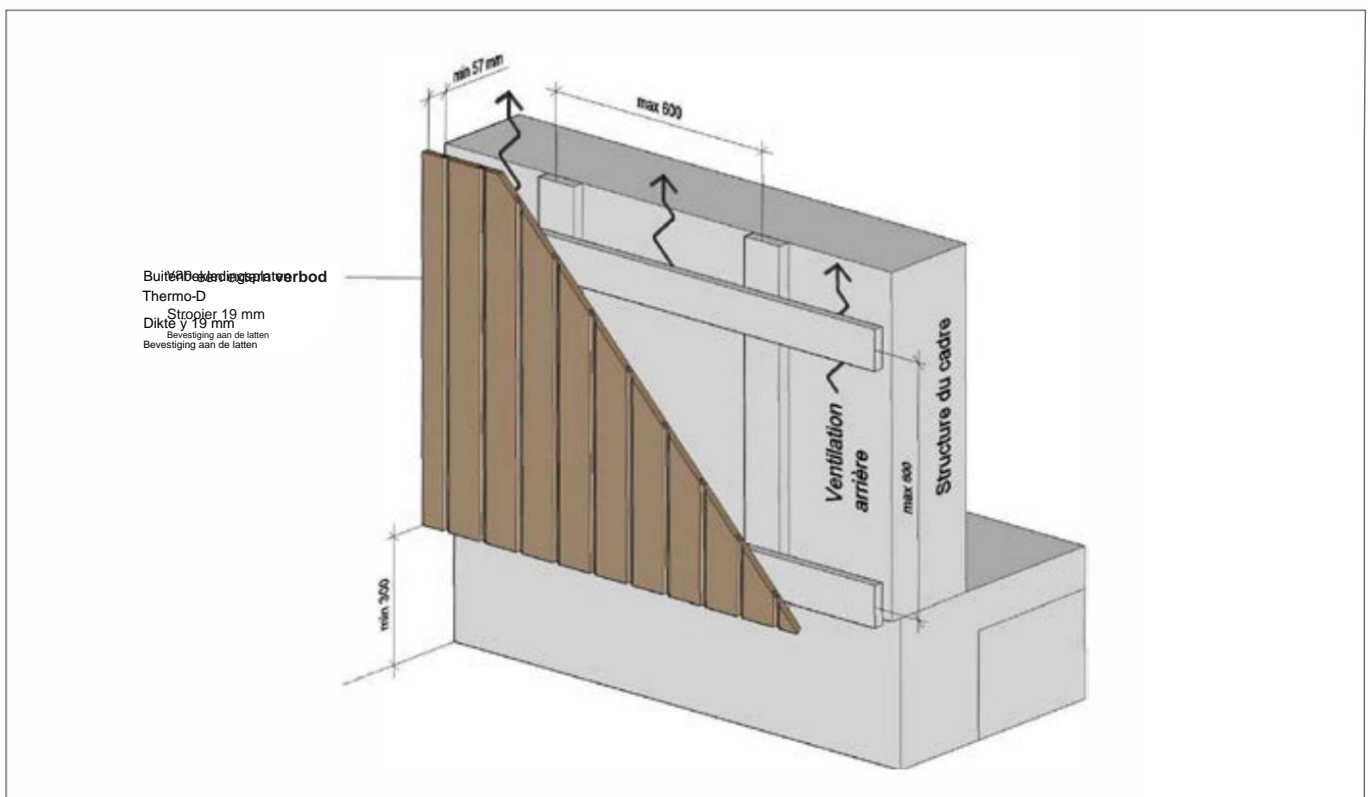
8.2 GEBRUIK BUITEN

De hygrometrische balans van ThermoWood®-producten en hun krimp en zwellung als gevolg van vochtigheid zijn laag, wat het gebruik van binnen- en buitenbekledingspanelen mogelijk maakt. meer

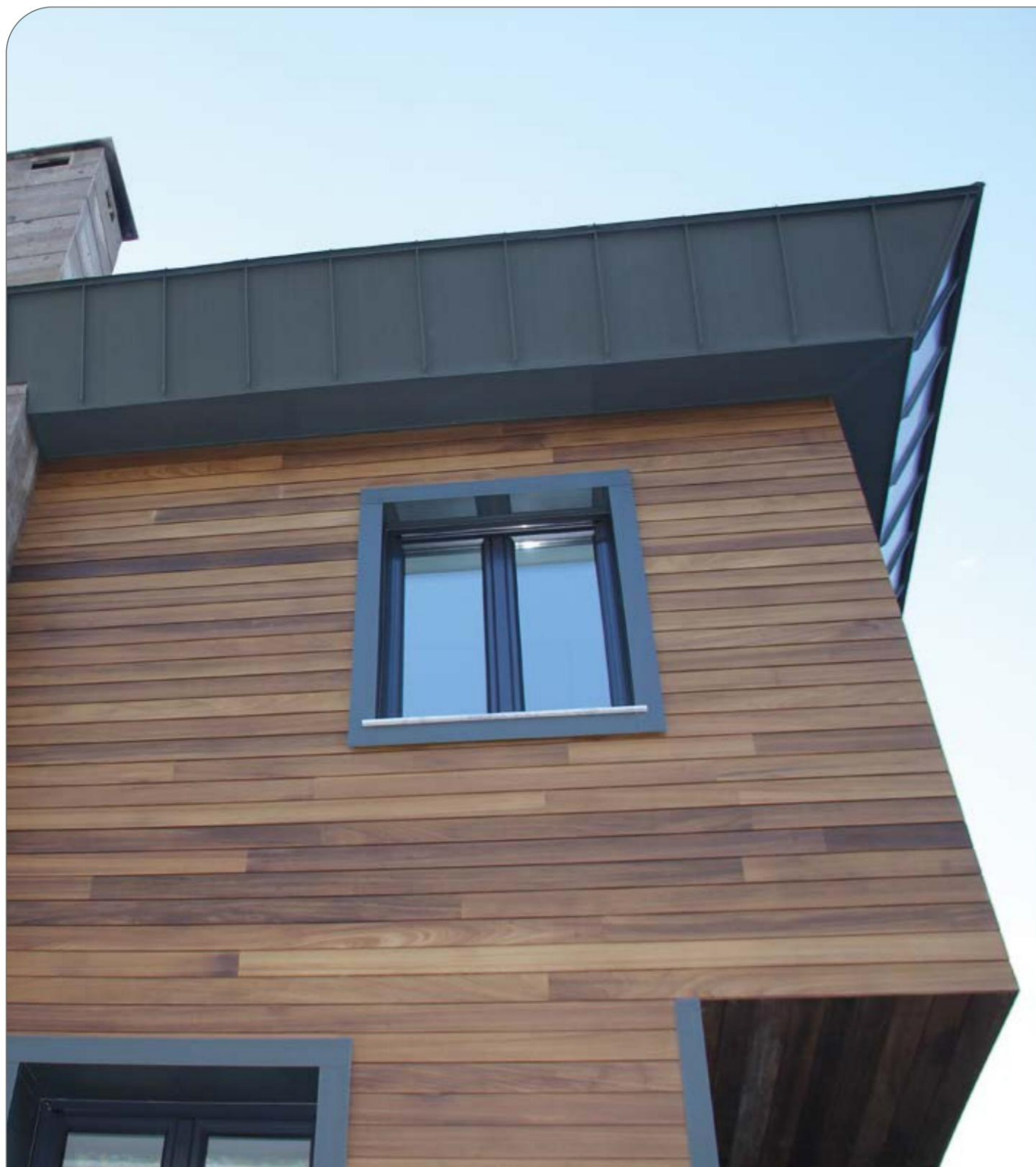
dun vergeleken met standaard hout. De luchtcirculatie moet altijd achter de buitenbekleding plaatsvinden en de producten moeten op een voldoende stevig frame bevestigd worden.



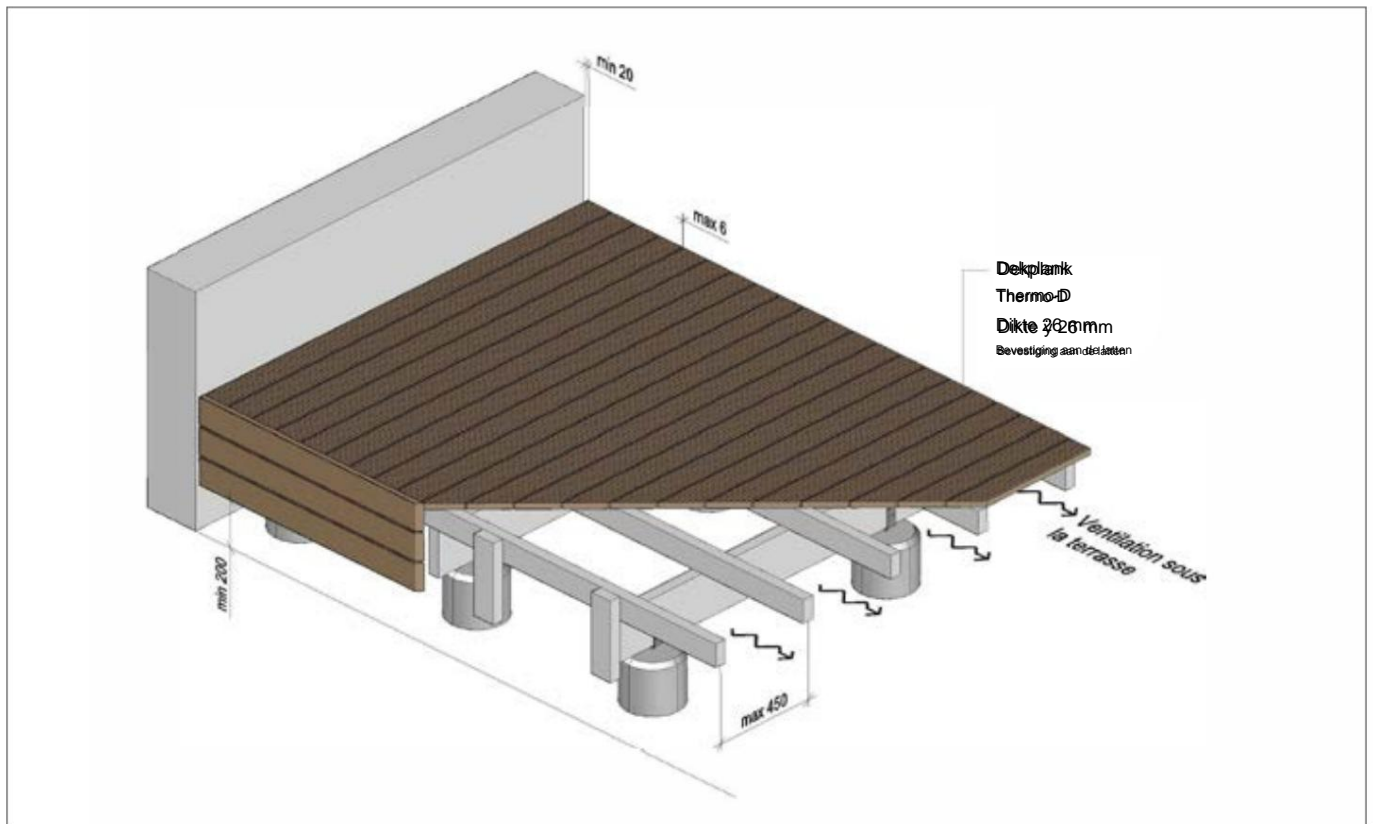
Figuur 45. Voorbeeld van bekleding op een buitenmuur.



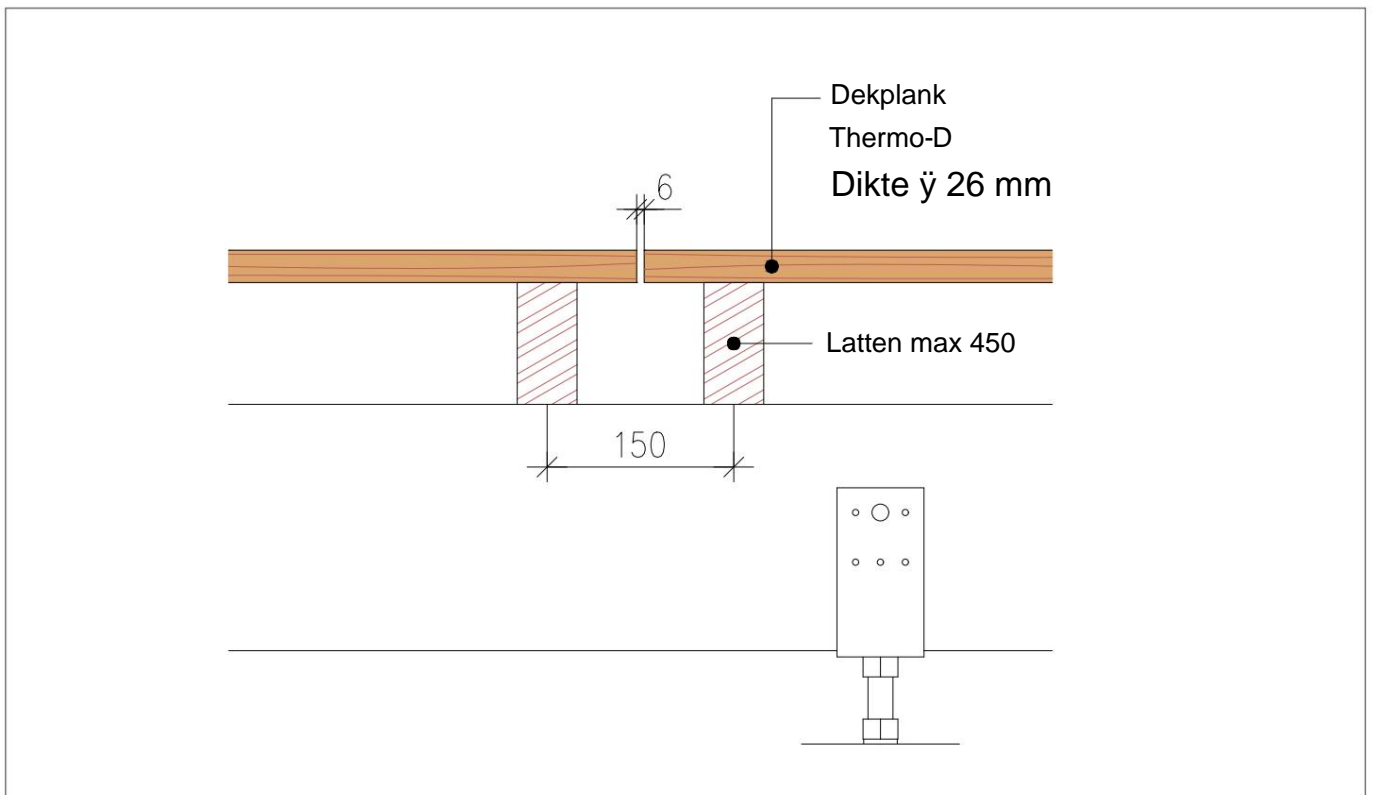
Figuur 46. Voorbeeld van bekleding op een buitenmuur.



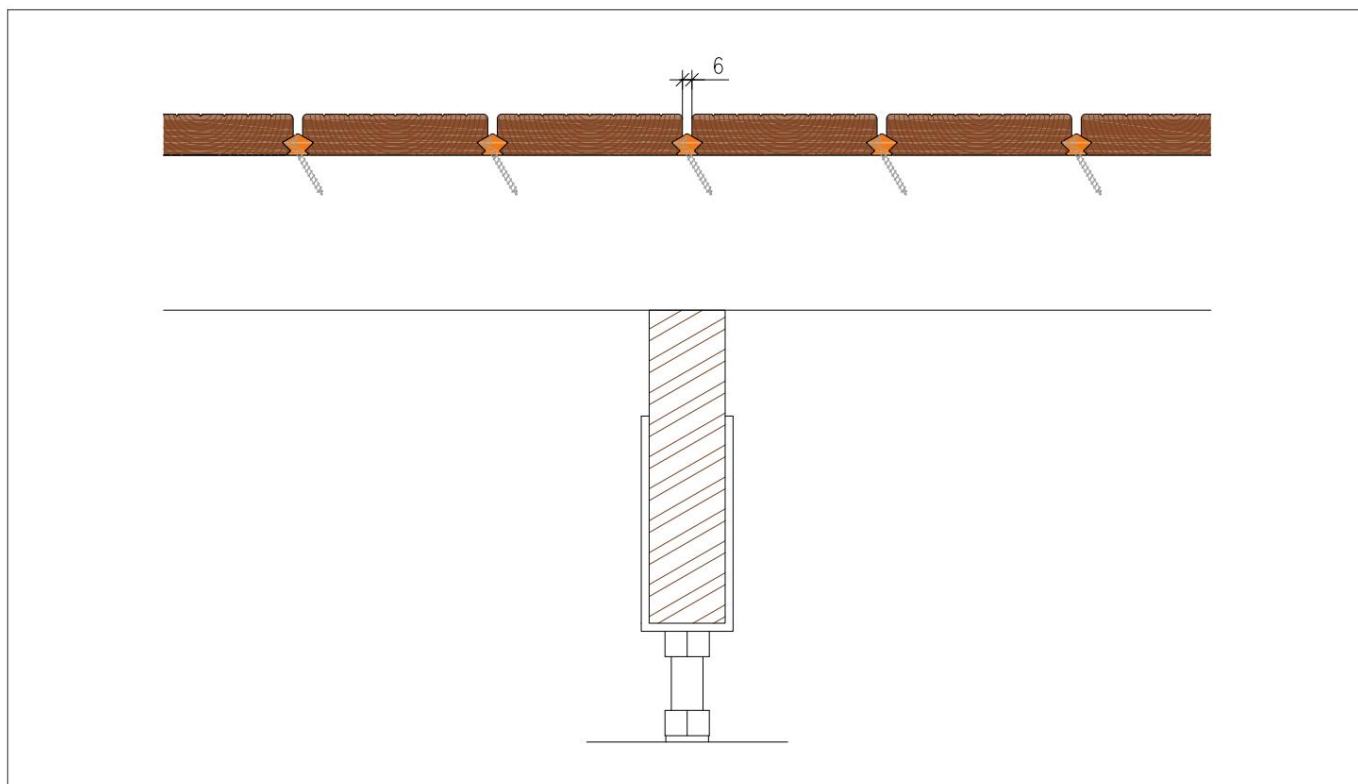
Figuur 47. ThermoWood® buitenmuurbekleding.



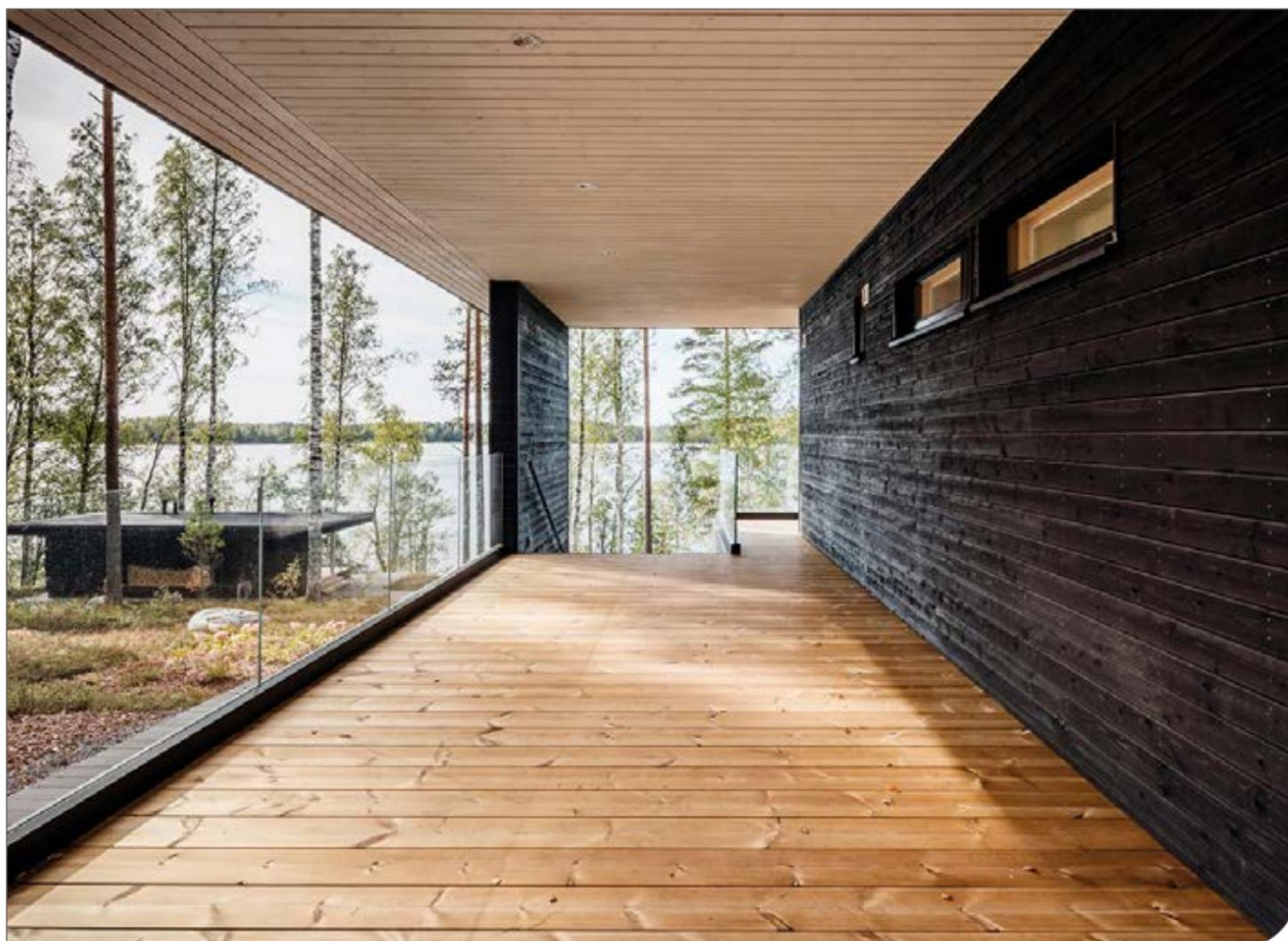
Figuur 48. Voorbeeld van terrasconstructies.



Figuur 49. Aansluiting terrasplanken.



Figuur 50. Verborgen bevestiging van een terrasplank.



Figuur 51. ThermoWood® terras.

9 INSTALLATIE VAN PRODUCTEN

ThermoWood® BEKLEDING

ThermoWood®-producten moeten worden geïnstalleerd in overeenstemming met de instructies van de fabrikant. Tabel 11 hieronder toont de

algemene instructies voor het installeren van de producten. ThermoWood®-producten kunnen worden geïnstalleerd zonder ze eerst uit te pakken, als het niet nodig is om ze op de luchtvochtigheid van de installatielocatie te brengen.

9.1 BEVESTIGINGEN

Vanwege de pH (zure) waarde van ThermoWood® producten moeten bevestigingen van roestvrij staal of een sterker materiaal zijn om corrosie te voorkomen. Dit geldt voor producten die zowel binnen als buiten worden gebruikt. Bij Ther-moWood® producten is het ook mogelijk om zuurbestendige bevestigingen te gebruiken.

Andere bevestigingsmiddelen reageren met ThermoWood®, waardoor er een vlek rond de sluiting ontstaat. Bij gebruik van thermisch gemodificeerd hout met andere materialen moeten mogelijke reacties tussen de betreffende materialen worden bepaald.

Tabel 11 toont de minimumeisen voor corrosiebescherming van bevestigingsmiddelen. De meest voorkomende soorten roestvrij en zuurbestendig staal zijn:

- Klasse A2 (AISI 304, EN 1.4301) is de klasse van roestvrij staal de meest voorkomende
- Klasse A4 (AISI 316, EN 1.4401) is de klasse van resistent staal meest voorkomende zuur

9.2 MONTAGE

ThermoWood®-producten kunnen op de traditionele manier worden bevestigd met behulp van spijkers en schroeven, net als elk ander houten product. Er zijn ook verschillende verborgen bevestigingsystemen beschikbaar. De gebruikte spijkers of schroeven moeten lang genoeg zijn om in de montagelat of -plank te worden bevestigd. De lengte van de spijkers of schroeven moet zo worden gekozen dat ze geen eventuele luchtbarrière, dampremmende laag of een andere soortgelijke constructie doorboren.

Als er spijkers of schroeven worden gebruikt, moeten deze zo worden bevestigd dat de kop gelijk ligt met het houtoppervlak (met uitzondering van Dyckert-spijkers). Als een spijkerpistool wordt gebruikt om buitenbeplating of terrasplanken te bevestigen, moet de machine een dieptecontrolemechanisme hebben zodat de spijkerkop gelijk ligt met het oppervlak van het hout. Naast het esthetische aspect is het belangrijk dat er ter hoogte van de bevestiging geen water in de houtstructuur kan binnendringen. Spijkers en schroeven mogen geen scheuren in het hout veroorzaken (afstand tot de rand). De bevestigingsgaten kunnen ook voorgeboord worden.

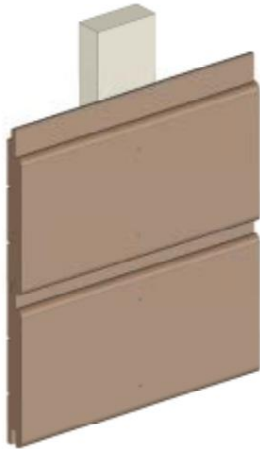
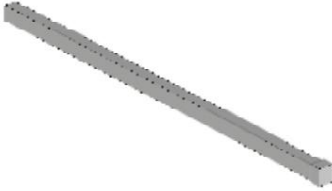
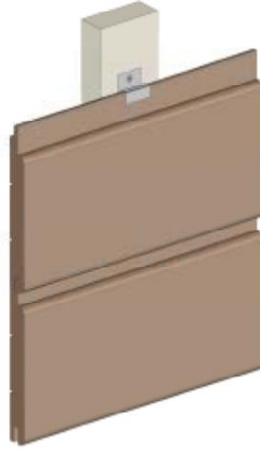
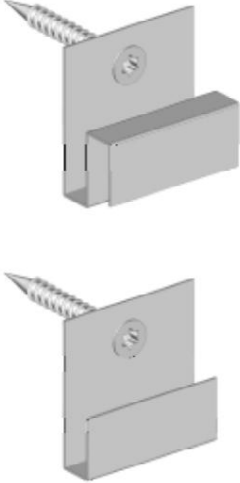


9.3 VERBINDINGEN

De ThermoWood®-verbindingen zijn zo gemaakt voorkomen dat water via snijvlakken binnendringt. De steun bij de verbinding moet breed genoeg zijn om ervoor te zorgen dat de in het hout geïnstalleerde bevestigingen zich op de vereiste afstand van het uiteinde bevinden. Indien nodig worden er twee aparte steunen aan het beslag gemonteerd (zie Figuur 53). Bij in elkaar grijpende buitenbekledingsplaten kunnen de rib-tong-verbindingen dicht bij de steun worden geplaatst om de bevestigingen op een geschikte afstand van het uiteinde te kunnen positioneren (zie Figuur 53).

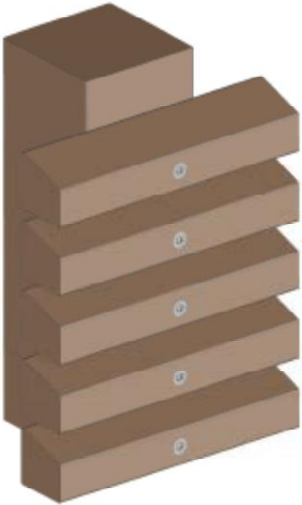

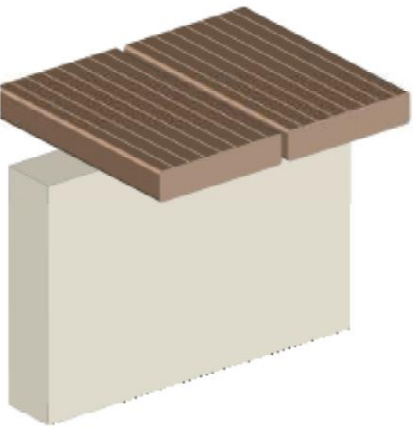



Tabel 11. Minimumvereisten voor het niveau van corrosiebescherming van bevestigingsmiddelen gebruikt met ThermoWood®-producten.

Sollicitatie	Klas	Kwaliteit	Vriendelijk
Plafond- en wandbekleding (droge ruimte)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Grond (droge ruimte)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Plafond- en wandbekleding (badkamer)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Plafond- en wandbekleding (sauna)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Saunabanken	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Terrasplanken	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal
Buitenbekleding	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Roestvrij staal


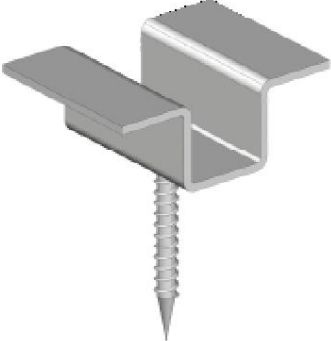

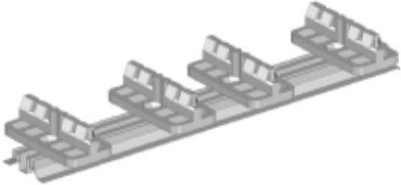


Tabel 12. Voorbeelden van bevestigingsmethoden

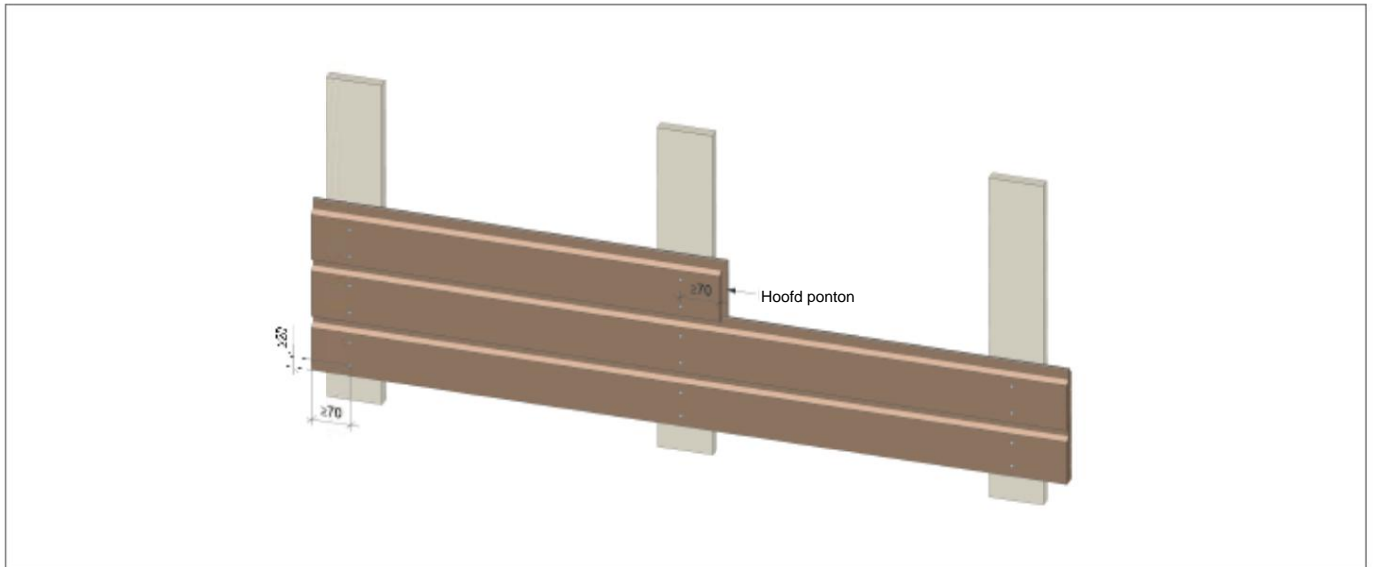
Bevestigingsmethode	Bevestiging	Instructies
<p>Bevestiging via de zijkant zichtbaar Dyckert</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • Binnenmuur- en plafondbekleding • Het is ook mogelijk om producten te bevestigen met behulp van een tand-en-groefstructuur (verborgen bevestiging) • De koppen van de bevestigingsmiddelen moeten zich bevinden ongeveer 1 mm onder het oppervlak van het hout • Minimaal één fixatie wanneer de breedte van de plaat is ≤ 117 mm • Twee bindingen wanneer de breedte van het bord > 117 mm is
<p>Verborgen bevestiging</p> 	<p>Klemmen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Binnenmuur- en plafondbekleding • Wand- en plafondbekleding buiten • Bij verticale gevelbekleding is het van belang dat de bekledingsproducten niet naar beneden glijden (steun aan de onderkant van de bekleding of spijkers/schroeven aan de boven- of onderkant van de bekleding)
<p>Zichtbaar bevestigd via de zijstutten</p> 	<p>getextureerde platte koppen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Wand- en plafondbekleding de buitenkant • Het is ook mogelijk om producten te bevestigen met behulp van een tand-en-groefstructuur (verborgen bevestiging) • Als een gat voorgeboord is, moet de diameter $0,5d-0,8d$ zijn ($d =$ nageldikte) • Minimaal één fixatie wanneer de breedte van de plaat is ≤ 117 mm • Twee bevestigingen wanneer de breedte van de plaat is > 117 mm

Tabel 12. Voorbeelden van bevestigingsmethoden

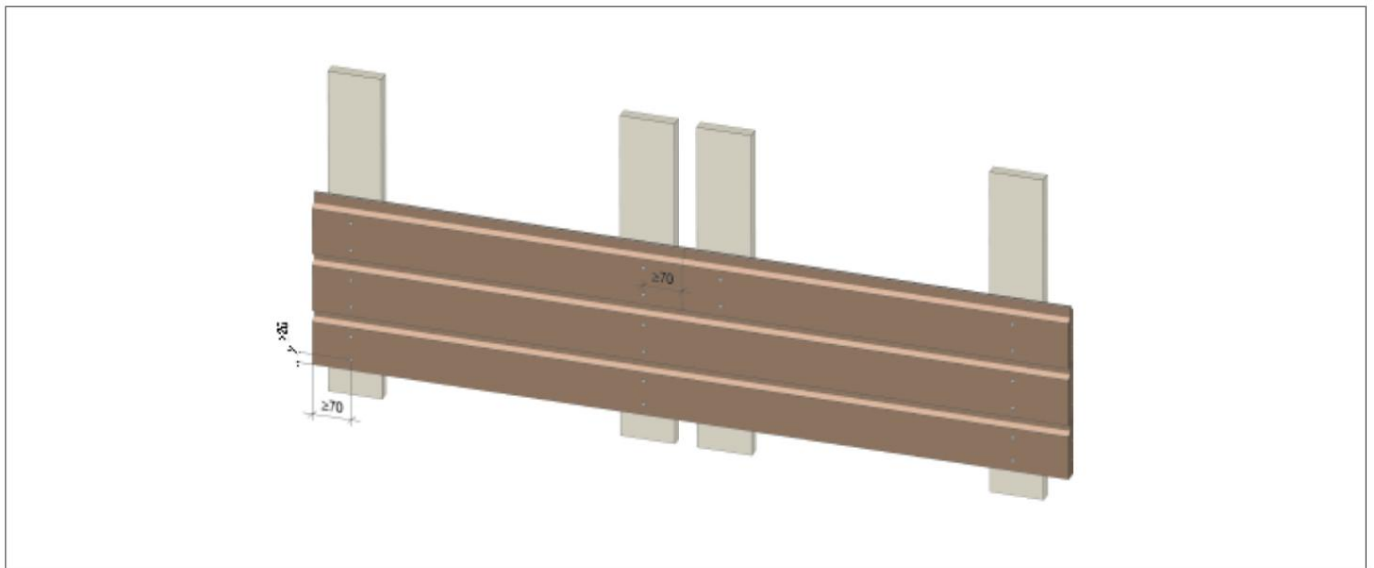
Bevestigingsmethode	Bevestiging	Instructies
<p>Bevestiging via de zijkant op zichtbare wijze</p> 	<p>Schroef</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Buitenbekleding met lattenbodem • Als een gat voorgeboord is, moet de diameter ervan 0,5d–0,7d zijn (d = schroefdikte), minder dan de binnendiameter van het schroefdraadgedeelte van de schroef
<p>Bevestiging via de zijkant op zichtbare wijze</p> 	<p>Dekschroeven (verkrijgbaar in verschillende kleuren)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrasplanken • Pierplanken • Als een gat voorgeboord is, moet de diameter 0,5d–0,7d zijn (d = schroefdikte), kleiner dan de binnendiameter van het schroefdraadgedeelte van de schroef • Bevestiging met twee schroeven
<p>Verborgen bevestiging</p> 	<p>Profix (Lunawood)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrasplanken • Pierplanken • Profix is een Lunawood-product en is daarom alleen compatibel met andere Lunawood-producten

Tabel 12. Voorbeelden van bevestigingsmethoden

Bevestigingsmethode	Bevestiging	Instructies
<p>Verborgene bevestiging</p> 	<p>Klem</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrasplanken • Pierplanken
<p>Verborgene bevestiging</p> 	<p>Klem</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Terrasplanken • Pierplanken
<p>Verborgene bevestiging in tand-en-groefgedeelte</p> 	<p>Verzonken kop schroef</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Binnenvloer • Als een gat voorgeboord is, moet de diameter ervan $0,5d-0,7d$ zijn (d = schroefdikte), minder dan de binnendiameter van het schroefdraadgedeelte van de schroef



Figuur 52. Aanbevolen afstanden tot randen en uiteinden zonder voorbereiden van ThermoWood®-producten.



Figuur 53. Aanbevolen afstanden tot randen en uiteinden zonder voorbereiden van ThermoWood® producten (met tand-en-groefverbinding).

10 ThermoWood® IN TIMMERWERK

Dankzij de kleur- en maatvastheid is ThermoWood® hout een ideaal materiaal voor meubels. Typische toepassingen zijn binnen- en buitenmeubilair.



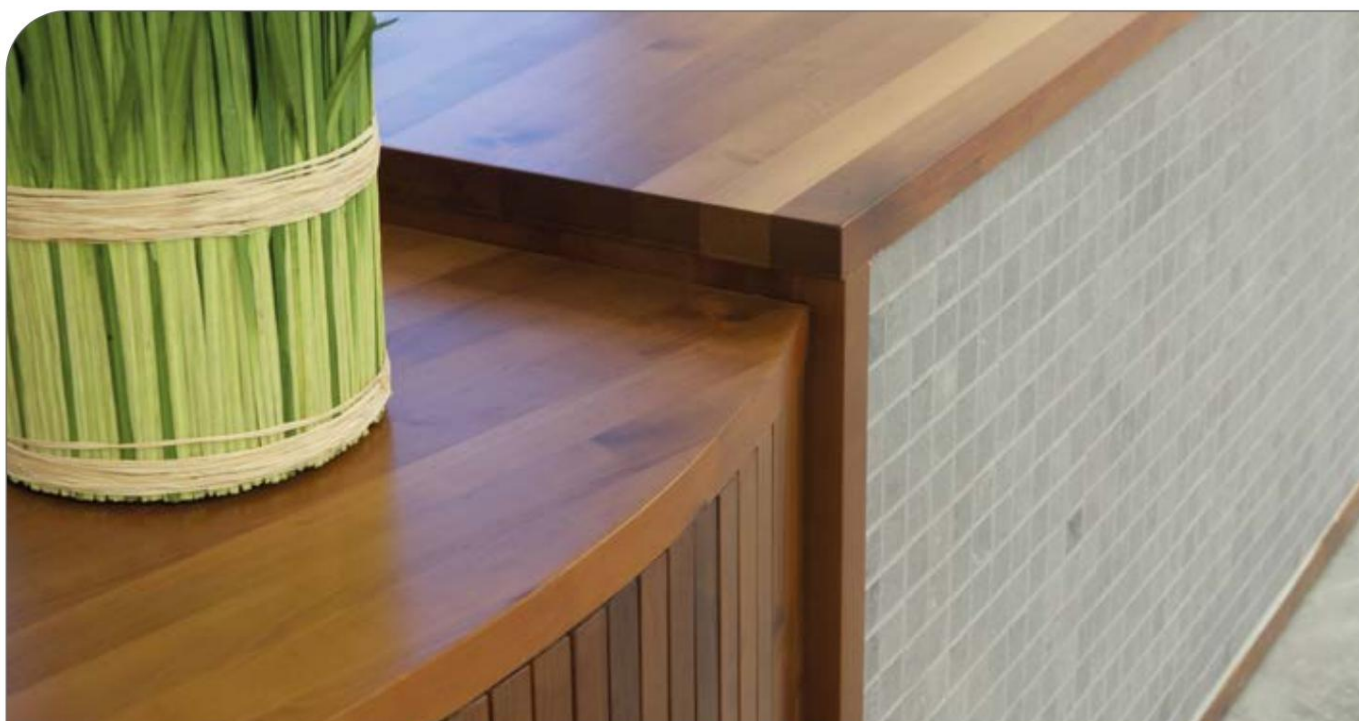
Figuur 54. ThermoWood® rolluiken.



Figuur 55. ThermoWood®-banken.



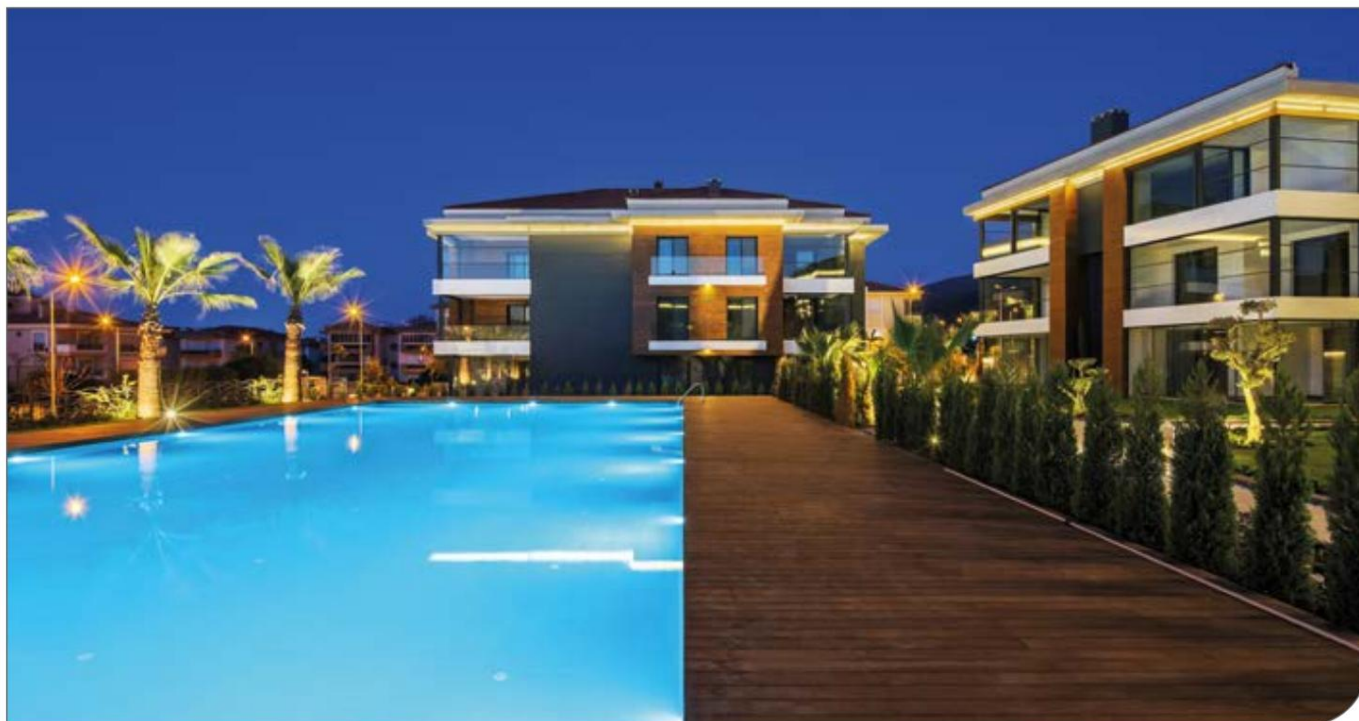
Figuur 56. ThermoWood®-banken.



Figuur 57. ThermoWood® gebruikt als werkbladmateriaal.

11 REFERENTIES

ThermoWood®-producten worden met succes gebruikt in een breed scala aan toepassingen over de hele wereld. In onderstaande figuren zijn enkele voorbeelden uit diverse landen weergegeven.



Figuur 58. ThermoWood®-producten gebruikt voor het creëren van een terras en buitenmuurbekleding in een Turks hotel.



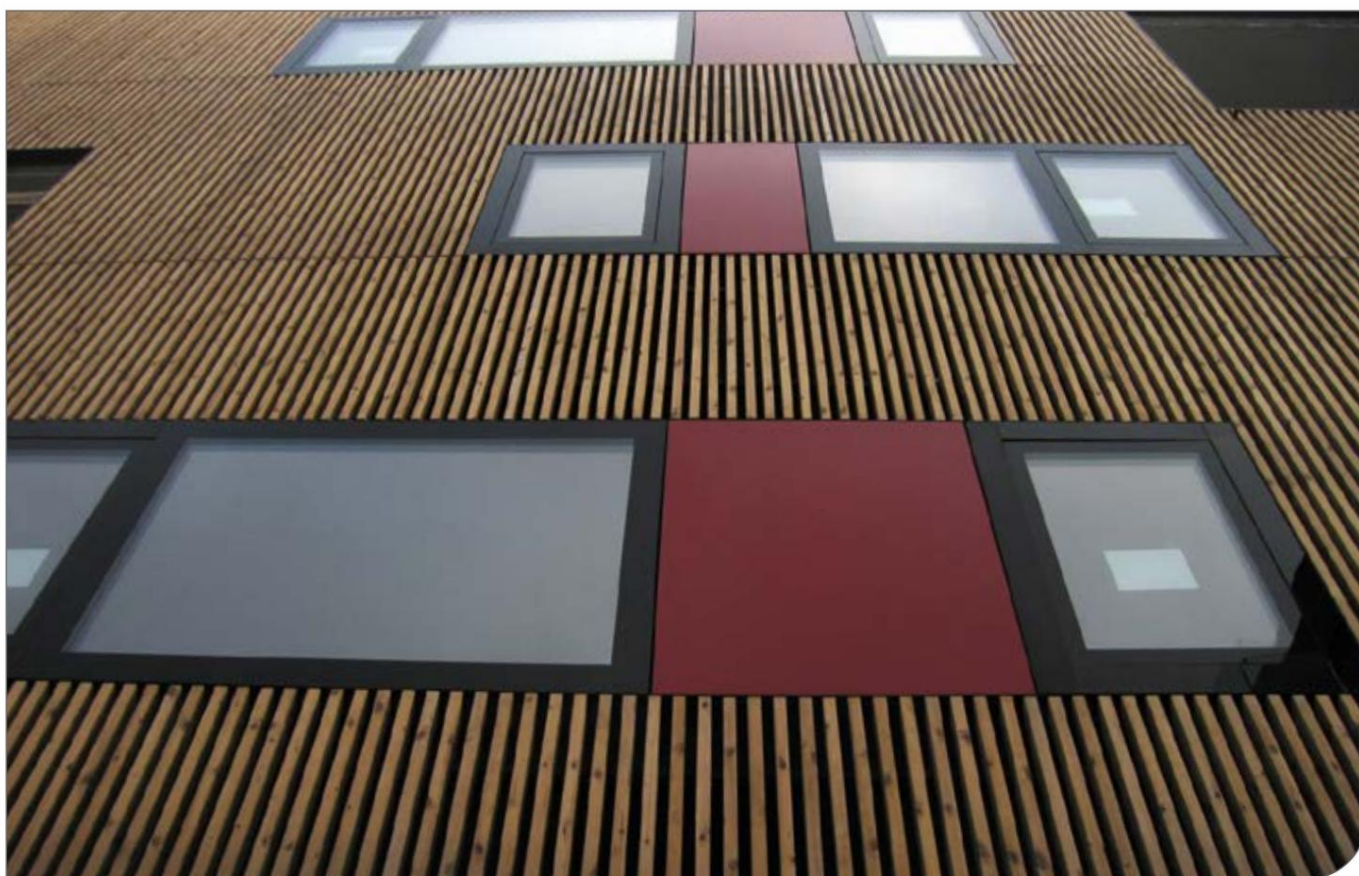
Figuur 59. ThermoWood® buitenmuurbekleding van een Litouws restaurant.



Figuur 60. Buitenbekleding met ThermoWood®-producten. (Turkije).



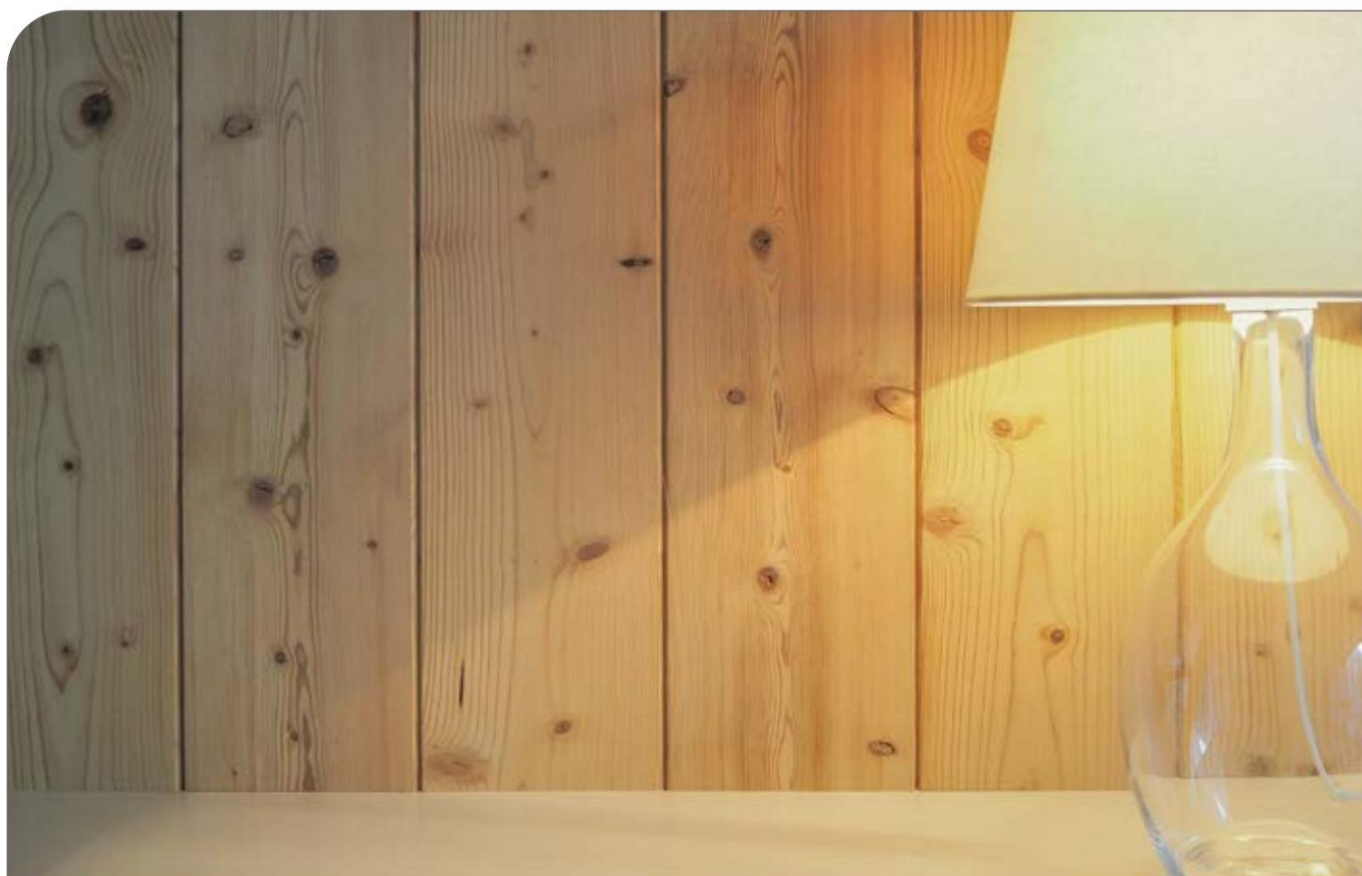
Figuur 61. ThermoWood® buitenmuurbekleding met een natuurlijk verouderde uitstraling in Portugal.



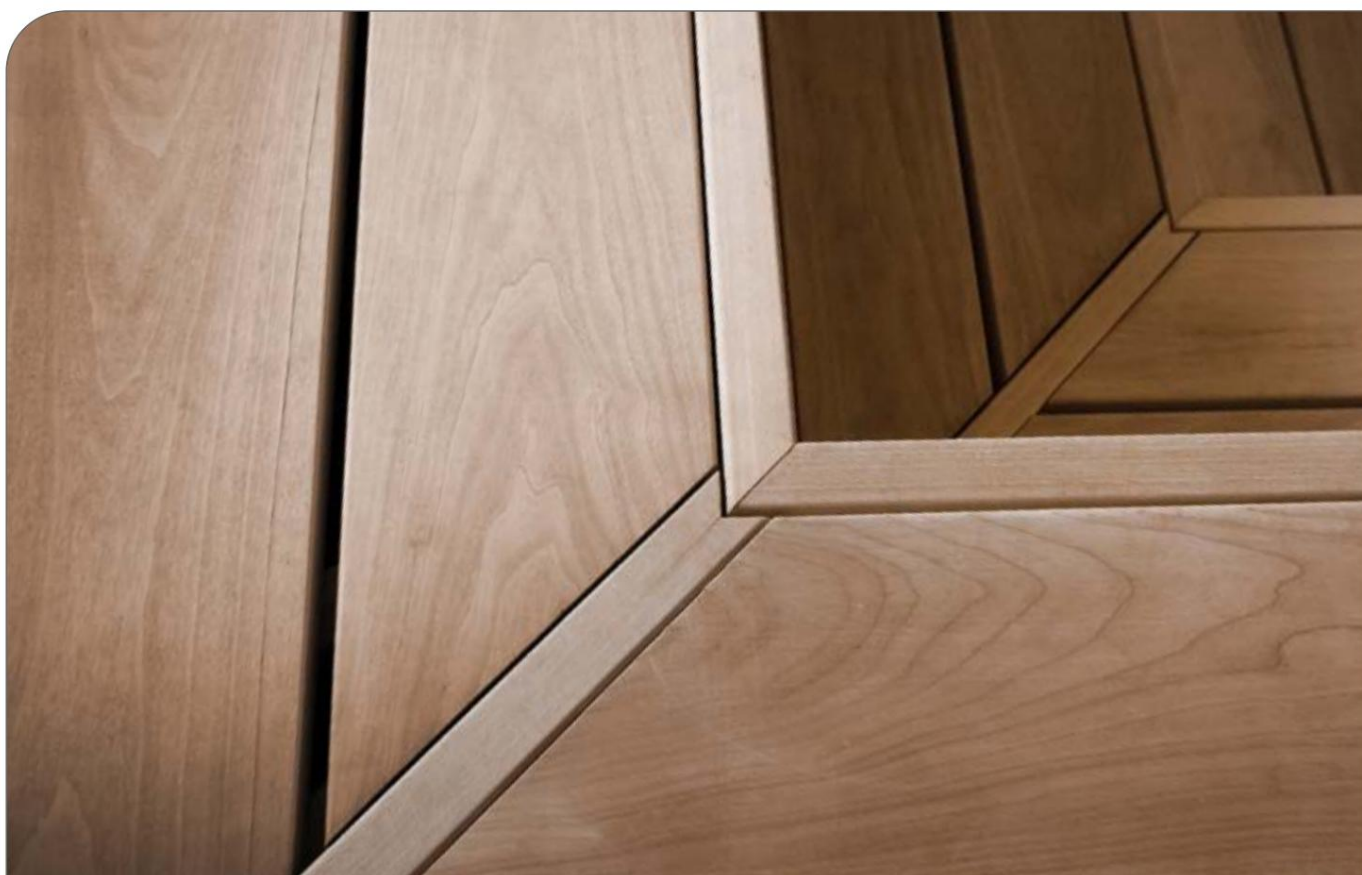
Figuur 62. Buitenbekleding bij ThermoWood®-producten.



Figuur 63. ThermoWood® buitenmuurbekleding van een Spaans winkelcentrum.



Figuur 64. ThermoWood® binnenwandbekleding in Scandinavisch sparrenhout, Thermo-S productklasse.



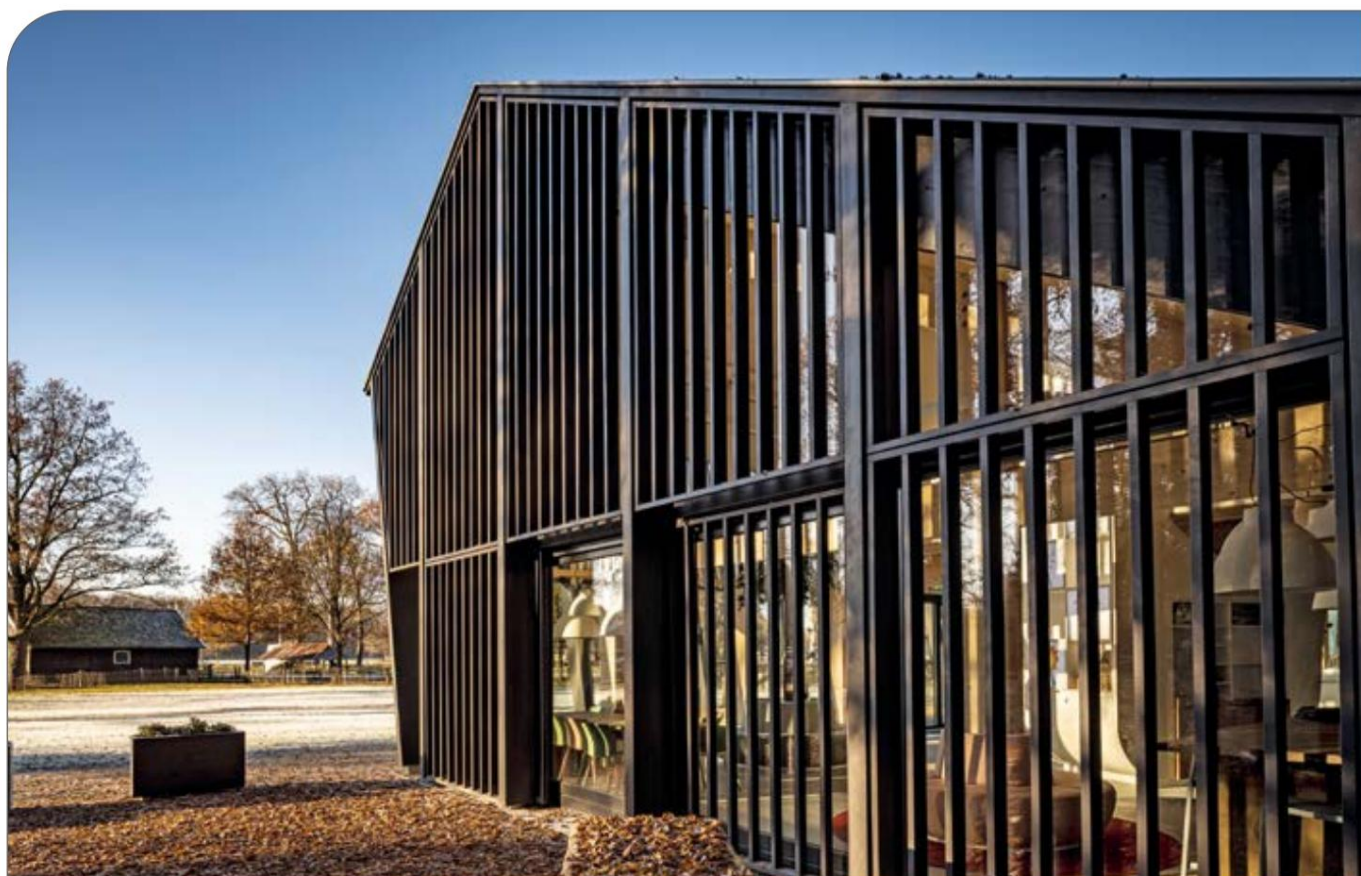
Figuur 65. ThermoWood® saunabanken.



Figuur 66. ThermoWood® lamellen op balkonbalustrade.



Figuur 67. ThermoWood® buitenmuurbekleding van een Portugese kerk.



Figuur 68. ThermoWood® buitenbekleding (Nederland).



Figuur 69. ThermoWood® buitenbekleding (België).



Figuur 70. ThermoWood® buitenbekleding (België).



Figuur 71. ThermoWood® terras (Finland).

12 AANVULLENDE INFORMATIE

Internationale Thermowood-vereniging

De website biedt meer informatie over de leden van de International Thermowood Association. www.thermowood.com

FOTO'S GEBRUIKT IN DE GIDS

Figuur 1 Lunawood, project: Centro Escolar de Mouriz, architect: CNLL Architects / Nuno Lacerda, Portugal 2010,
foto: Fernando Guerra FG+SG

Figuur 2 Lunawood, Inspiroiva Creative

Figuur 4 Lunawood, foto: Sami Tirkkonen

Figuur 6 Jartek Invest Oy

Figuur 7 Jartek Invest Oy

Figuur 8 Lunawood, foto: STOODIO Oy

Figuur 12 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 15 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 16 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 17 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 18 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 19 Tantimber

Figuur 20 Tantimber

Figuur 21 Tantimber, architect: Mustafa Cicek, foto: Cicek Insaat, Türkiye - Izmir 2018

Figuur 33 Lunawood, project: Hotel Gustavelund, Finland 2019, foto: Sami Tirkkonen

Figuur 36 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 38 Lunawood, project: huis in Gerês, architect: Carvalho Araújo, Portugal 2015, foto: NUDO

Figuur 40 Lunawood, project: Café Geometry Of Taste, architect: Natalia Reznik, Venäjä 2019, foto: Lunawood

Figuur 44 SWM-Hout

Figuur 47 Tantimber, Türkiye

Figuur 51 Lunawood, architect: Plusarkitehdit, Finland 2016, foto: Kuvio Ltd

Figuur 54 SWM-Wood, ThermoWood® rolluiken

Figuur 55 Lunawood, project: stadsmeubelpark VDNH Moskou, Punto Design, Venäjä 2019, foto: Lunawood

Figuur 56 Lunawood, project: VDNH Moskou meubel stadspark, Punto Design, Venäjä 2019, foto: Lunawood

Figuur 57 SWM-Hout

Figuur 58 Tantimber, architect: Mustafa Cicek, foto: Cicek Insaat, Türkiye - Izmir 2018

Figuur 59 Lunawood, project: restaurant en plein, architect: Do Architects, Litouwen 2014, foto: Norbert Tukaj

Figuur 60 Tantimber, foto: Tantimber, Türkiye -Istanbul, 2018

Figuur 61 Lunawood, project: vakantiehuis, architect: Marta Rocha & Fabien Vacelet, Portugal 2015, foto: Tiago Casanova

Figuur 62 SWM-Hout

Figuur 63 Lunawood, project: markt van Barcelona, architect: Maria Manrique & Gisela Planas, Spanje 2016, foto: Pere Virgili

Figuur 64 Lunawood, foto: Lunawood

Figuur 65 SWM-Wood

Figuur 66 SWM-Wood

Figuur 67 Lunawood, project: S. Pedro De Avioso kapel, architect: Susana Carvalho, Portugal 2018, foto: Fábio Silva, Banema Figuur 68 LDCwood,

project: A.Vogel showroom, Zwaluwenburg, Nederland, fraké ThermoWood® - Thermo-D, architect: Johan Figuur 69 LDCwood, project: Campus

AG, Brussel, België, ThermoWood® grenen - Thermo-D, ter plaatse brandvertragend behandeld,
architect: EVR Architecten

Figuur 70 LDCwood, project: sportclub, Gent, België, ThermoWood® grenen - Thermo-D, ter plaatse brandvertragend behandeld,
architect: Servaas Vertongen

Figuur 71 Internationale ThermoWood Association



Deze gids biedt essentiële informatie over thermisch gemodificeerde houtproducten die op de markt worden gebracht onder het merk ThermoWood®. Het doel is om objectieve informatie te verstrekken over ThermoWood®-producten en hun gebruik.

Het is gericht op architecten en constructief ontwerpers, detailhandelaren, fabrikanten van componenten en elementen, onderaannemers, timmerlieden en opleidingsinstellingen.

De Rakennusteiden Laatu Säätiö sr (stichting voor de kwaliteit van bouwproducten) heeft deze gids mede gefinancierd.

