



**GROEI,
EIGENSCHAPPEN
EN TOEPASSINGEN
VAN DE**

WESTERN RED CEDAR

Josefina S. Gonzalez



Dit is een gezamenlijke publicatie van de Forintek Canada Corp., de Western Red Cedar Lumber Association, en de Western Red Cedar Export Association.

Voor extra exemplaren gaarne contact opnemen met:

Forintek Canada Corp.
Western Division
2665 East Mall
Vancouver, B.C.
V6T 1W5
(604) 224-3221

Western Red Cedar Export Association
1501 - 700 West Pender
Vancouver, B.C.
V6C 1G8
(604) 891-1231

*Deze publicatie is ook elektronisch te verkrijgen bij www.forintek.ca en www.wrcea.org

National Library of Canada Cataloguing in Publication

Gonzalez, Josefina S.

Growth, properties and uses of Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don)/door Josefina S. Gonzalez.

(Speciale publicatie, ISSN 0824-2119 ; nr. SP-37R)

Mede gepubliceerd door de Western Red Cedar Lumber Association en de Western Red Cedar Export Association.

Bevat bibliografische referenties.

1. Western red cedar. I. Forintek Canada Corp. II. Western Red Cedar Lumber Association. III. Titel.

IV. Serie: Speciale publicatie (Forintek Canada Corp.); nr. SP-37R.

SD397.W46G65 2004

634.9'756

C2003-907302-5

©1997 Forintek Canada Corp.

Western Red Cedar Lumber Association.

GROEI, EIGENSCHAPPEN EN TOEPASSINGEN VAN DE WESTERN RED CEDAR

(Thuja plicata)



door

Josefina S. Gonzalez
(Tweede Editie)

Maart 2004

FORINTEK CANADA CORP.

Speciale Publicatie Nr. SP-37R

ISSN Nr. 0824-2119

DANKBETUIGINGEN

Forintek Canada Corp. bedankt haar industriële leden, Natural Resources Canada, en de Provincies van British Columbia, Alberta, Saskatchewan, Ontario, Quebec, Nova Scotia, New Brunswick en Newfoundland en Labrador voor hun advies en hun financiële ondersteuning van dit project.

De schrijfster bedankt de volgende personen voor het herzien van het manuscript van de eerste editie en voor het geven van waardevol commentaar en suggesties: Tony Byrne, Les Jozsa, Bob Kennedy, Graham Mackay, Jim Mehaffey, Gerry Middleton, Paul Morris, Ron Nielson, Bart van der Kamp en Ken McClelland; Susan Rollinson voor het maken van de diagrammen, Gay Chan en Karm Gill voor het typen van het manuscript, Barbara Holder en Phyllis Fraser voor het geven van noodzakelijke bibliotheekondersteuning.

Dit is een herziening van, en een aanvulling op de eerste editie, die in August 1997 gepubliceerd is. Recentere gegevens die we verkregen hebben zijn opgenomen, maar veel van de originele informatie blijft hetzelfde. Tony Byrne (Forintek Canada Corp.) en Cees deJager (Western Red Cedar Lumber Association) hebben deze editie gecoördineerd en herschreven. Josefina Gonzalez blijft de auteur en, ondanks haar pensionering heeft ze de gemaakte veranderingen goed in de gaten gehouden. De volgende personen worden vooral bedankt voor hun bijdragen en commentaar: Bob Daniels, Les Jozsa, Gerry Middleton, Paul Morris, van de Forintek Canada Corp., Karen Bartlett van de School of Occupational and Environmental Hygiene, UBC, en John Russell en Jacques Bousquet van de BC Ministry of Forests. Forestry Innovation Investment heeft royaal financieel bijgedragen aan deze publicatie.

Erkenningen:

Foto's verzorgd door BC Market Outreach, Les Jozsa, Phil LePage, John Russell, Western Red Cedar Association
Figuren door Susan Rollinson
Ontwerp door Elizabeth Varty



UITTREKSEL



Western Red Cedarhout dat ontstaan is na de “oerwoudkap” komt geleidelijk in gebruik, en wordt samen met het oerboshout geogst vanwege het zeer waardevolle hout dat het produceert. De hoeveelheid Western Red Cedarhout die wordt geogst varieert rond de 6 miljoen kubieke meter per jaar, een hoeveelheid die hernieuwbaar geacht wordt binnen de Annual Allowable Cut [oogst die per jaar toegestaan is] voor de provincie.

Western Red Cedarhout is licht in gewicht, heeft een gelijkmatige weefselstructuur, een rechte nerf en bevat geen hars. Dit alles maakt het hout gemakkelijk bewerkbaar. Het is een houtsoort waaraan de voorkeur wordt gegeven voor toepassingen waar rotbestendigheid, lage krimp en zwellen en een goede isolatiewaarde belangrijk zijn. Het hout wordt op vele manieren gebruikt, zoals bij bevelsiding, tuinvloeren, hekwerk, tuinaccessoires, conventionele en gelamineerde steunbalken, elektriciteitspalen, en gespecialiseerde producten zoals lambrisering, muziekinstrumenten, en dakspanen (vaak gemaakt uit dode boomstronken die in het bos liggen.)

De Western Red Cedar is een veel voorkomende boom aan de Noordwestkust van de Grote Oceaan en in de continentale regenwouden van British Columbia in Canada. Het hout van deze boom is een van de langst levende en meest rot- en insectbestendige zachthoutsoorten in Noord Amerika. Hierdoor kan de boom uitgroeien tot een enorme grootte. De indianenstammen aan de Noordwestkust van de grote Oceaan hebben een lange geschiedenis met het gebruik van hout, takken, bast en wortels van de Western Red Cedar voor hun behuizing, hun transport, hun kleding, hun huishouden, voorwerpen voor vissen en jagen, en voor ceremoniële en religieuze doeleinden.

Gemeten op basis van de staande houtvoorraad heeft BC (British Columbia) ongeveer 750 miljoen kubieke meter Western Red Cedarhout. Meer dan de helft daarvan wordt in de kustregio gevonden waar het de op een na meest voorkomende conifeer is. Het meeste hiervan is oerbos, d.w.z. meer dan 250 jaar oud. Bijna 50 miljoen kubieke meter van de cedar die in de kustregio groeit staat in parken en andere beschermde gebieden. Een aanzienlijke hoeveelheid kustcedar hoort ook bij het ‘bos in exploitatie’, waarvan veel bos een certificaat heeft ontvangen of nog bezig is met certificering.

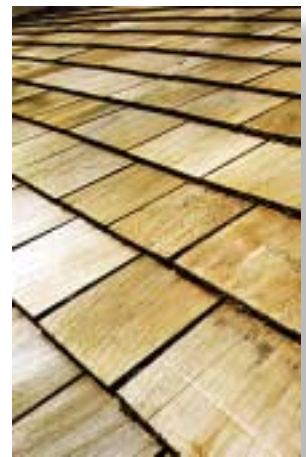




Hoewel er bij het maken van houtpulp alleen maar zagerijafval gebruikt worden, is de uitstekende vezelmorfologie zeer in trek voor de productie van zuivere of gemengde Krafthoutpulp voor de fabricage van bijzondere papieren producten.

De Western Red Cedar is het onderwerp geweest van veel wetenschappelijk onderzoek, vooral met betrekking tot de unieke chemische eigenschappen ervan. De extractieresiduen in het kernhout hebben een invloed op de eigenschappen die ver buiten alle verhoudingen vallen in vergelijking met de aanwezige hoeveelheden. Aan deze extractieresiduen ontleent het hout het specifieke karakter, en er worden substantiële nieuwe ontdekkingen gedaan met betrekking tot de extractieresiduen die verantwoordelijk zijn voor de grote duurzaamheid van de Western Red Cedar. Er worden toepassingen ontwikkeld voor houtolie en voor gezuiverde houtextractieresiduen. Olie-extract van de bladeren wordt sinds 1987 in British Columbia geproduceerd en verkocht. Er wordt voortdurend onderzoek gedaan om bij verschillende bosbouwkundige methoden de onderlinge verbanden te vinden tussen groeisnelheid, houtdichtheid en houtduurzaamheid. De gegevens laten zien dat cedars die sneller groeien een lagere houtdichtheid hebben dan oerboshout, maar dat heeft geen invloed op de bruikbaarheid gegeven dat alle belangrijke toepassingen van Western Red Cedarhout zichtwerk en niet-structurele producten betreffen. Er wordt gewerkt aan de duurzaamheid van cedarbos dat ontstaan is na de oerwoudkap. Er bestaan sterke aanwijzingen dat de inhoud van het extractieresidu veel hoger is in levenskrachtige jonge bomen dan in de binnenste kernhoutdelen van oerbosbomen van dezelfde leeftijd sinds zaadontkieming. Dit kan vooral komen doordat in staande oude bomen extractieresiduen langzaam afgebroken worden door micro-organismen.

De Western Red Cedar is een van de diepgaandst onderzochte houtsoorten ter wereld. Deze publicatie vat veel samen wat tot nu toe bekend is over de soort, en omvat de groei, de eigenschappen en de toepassingen van Western Red Cedarhout.



INHOUDSTABEL



i	LIJST VAN TABELLEN EN FIGUREN
1	INLEIDING
3	DE BOSRIJKDOM
3	De Boom
3	Verspreiding
4	Staande houtvoorraad
5	Oogsten
6	Groei en Regeneratie
8	Naar Bos dat Ontstaan is Na de Oerwoudkap
10	Ziekten, insecten en andere Beschadigende Factoren
10	Ziekten
11	Insecten
11	Andere Beschadigende Factoren
12	DE GRONDSTOF
12	Algemene Fysieke Kenmerken van het Hout
12	Spinhout
12	Kernhout
14	Bast
14	Microscopische Eigenschappen van het Hout
15	Fysieke Eigenschappen van het Hout
15	Relatieve Dichtheid en Gewicht van het Hout
16	Lage Krimp en Zwelling
19	Thermische en Isolerende Eigenschappen
19	Afwerking en Werkbaarheid
20	Droogeigenschappen
22	Chemische Eigenschappen
22	Extractieresiduen
24	Chemische Verkleuringen
24	Rotbestendigheid
26	Duurzaamheid Vergeleken met Andere Houtsoorten
27	Duurzaamheid onder Extreme Omstandigheden
27	Resistentie tegen Termieten en Houtboorders
28	Gezondheidseffecten
29	Mechanische Eigenschappen
31	TOEPASSINGEN
37	REFERENTIES

LIJST VAN TABELLEN EN FIGUREN

- 2 TABEL 1.
Enkele bekende toepassingen van Western Red Cedar door de Pacific Northwest Coast First Nations [Indianenstammen van de Noordwestkust van de Grote Oceaan] (naar Stewart 1984)
- 16 TABEL 2.
Het gewicht van Western Red Cedarhout dat berekend is voor verschillende vochtgehalten [moisture content] (MC)
- 18 TABEL 3.
Het gemiddelde percentage krimp van de Western Red Cedar van vers hout tot verschillende vochtgehalten (gebaseerd op verse afmeting) gerapporteerd door verschillende auteurs
- 22 TABEL 4.
Chemische componenten van Western Red Cedarhout vergeleken met dat van de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) en de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (waarden worden uitgedrukt als een percentage van het ovengedroogde gewicht van het hout)*
- 22 TABEL 5.
De chemische samenstelling van kernhout en spinhout van de Western Red Cedar met een gemiddelde groeisnelheid bij drie hoogteposities in de boom (vochtvrije houtbasis)*
- 26 TABEL 6.
Natuurlijke duurzaamheid en bewerkbaarheid van Western Red Cedarhout volgens Europese normen
- 30 TABEL 7.
Mechanische eigenschappen van Western Red Cedarhout gebaseerd op foutvrije houtmonsters (naar Jessome 1977)
- 3 FIGUUR 1.
Het natuurlijke verspreidingsgebied van de Western Red Cedar (naar Minore 1990)
- 5 FIGUUR 2.
Cedarvolume dat langs de kust van BC van 1983-2002 geoogst is (naar Ministry of Forests' Annual Reports)
- 16 FIGUUR 3.
Het basisdichtheidsprofiel van snel gegroeide 50 jarige Western Red Cedarhout van hart tot bast bij verschillende hoogten op de stam (gemiddelde van 5 bomen) (naar Jozsa en Kellogg 1986)
- 17 FIGUUR 4.
Hysteresis, krimpende en opzwellende krommingen van de Western Red Cedar (gemiddelde waarden van 15 testmonsters van 11 bomen) (naar Rijdsijk en Laming 1994)
- 18 FIGUUR 5.
Vochtgehalte van Western Red Cedarhout dat blootgesteld is aan de buitenlucht vergeleken met drie andere soorten zachthout (Ongepubliceerde Forintek gegevens)
- 23 FIGUUR 6.
Het percentage totale extractieresiduen in oerbos en Western Red Cedarbos dat ontstaat na de oerwoudkap (naar Nault 1988)



INLEIDING



De Western Red Cedar¹ (*Thuja plicata*) is een van de twee inheemse levensboomsoorten van Noord-Amerika; de andere soort is de oostelijke levensboom (*Thuja occidentalis* L.) (Hosie 1969.) Ze worden meestal “ceder” genoemd, maar zijn geen echte ceders; de echte ceders behoren bij het genus *Cedrus* en zijn niet inheems in Noord-Amerika. Om de verwarring nog groter te maken, wordt de naam “ceder” ook gegeven aan andere soorten van verschillende genera (bijv., de Nootka Cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*), de Verginische levensboom (*Juniperus virginiana* L.) en de “wierook” ceder (*Calocedrus decurrens*.)

Arbor vitae is Latijns voor *l'arbre de vie* (“levensboom”), de naam die aan de oostelijke levensboom (*Thuja occidentalis*) gegeven is door de koning van Frankrijk. In de zestiende eeuw gaven Noord-Amerikaanse indianenstammen extracten van deze plant aan leden van de Jacques Cartier-expeditie als geneesmiddel voor scheurbuik (Harlow *et al.* 1979.) Reuze arbor vitae is daarom misschien een steekhoudendere naam voor *Thuja plicata* dan het vaker gebruikte Western Red Cedar. De boom is *niet alleen* reusachtig, maar wordt zeer gewaardeerd door de Indianenstammen van de Noordwestkust vanwege de helende en spirituele krachten ervan, en vanwege de belangrijke rol die de boom speelt in hun kunst en cultuur (Stewart 1984.) Het hout van de Western Red Cedar wordt gebruikt voor

het maken van kano's, het bouwen van hutten en het beeldhouwen van totempalen; de bast voor het weven van matten en manden, touw en kleding; en de wortels voor het maken van waterdichte manden. Een deel van de overvloed aan artikelen die van Western Red Cedar van de wortels, stam, bast en takken van de boom wordt vervaardigd door de Indianenstammen staat in Tabel 1. Bomen, waarvan de planken of de bast historisch geogst is, tonen littekens en staan vandaag de dag bekend als cultureel gemodificeerde bomen. Bomen die vóór 1846 cultureel gemodificeerd zijn worden beschouwd als historische locaties en worden beschermd onder de BC Heritage Conservation Act (BC Market Outreach Network 2003a.) De Indianenstammen van de kust gebruiken nog steeds cederstammen voor traditionele of culturele doeleinden, zoals kano's, gebeeldhouwde palen, maskers en gemeenschappelijke onderkomens.

De Western Red Cedar is in de provincie British Columbia overvloedig aanwezig en groeit nergens



¹ De eerste editie van deze publicatie gebruikte het woord *redcedar*, technisch een meer correcte naam. Voor deze editie is de naam gebruikt die het meest op de markt voorkomt.

“Zoals de overvloedige zalm van de zee, gaf de alomtegenwoordige boom van zichzelf om hun levens te versterken en te verrijken.”

(Stewart 1984)

anders in Canada. In 1988 werd de Western Red Cedar tot de officiële boom van British Columbia verklaard. Deze boom komt vooral veel voor in het kustgebied. Ceder werd voor het eerst geoogst door de vroege Europese kolonisten halverwege de achttiende eeuw, en werd in het begin vooral voor dakspanen gebruikt. Sinds die tijd vormt de boom de basis voor een grote en unieke industrie voor bosbouwproducten. Hoewel cederproducten ook in het Noordwestelijke kustgebied van de VS gefabriceerd worden, is Canada veruit de grotere producent, die zowel in Noord-Amerika als overzee aan de vraag naar cederproducten voldoet. De belangrijkste buitenlandse importeurs van Western Red Cedarhout zijn Europa, Australië, New Zeeland en Japan.

In 2002 werd de productie van Western Red Cedartimmerhout berekend op 903 miljoen

kubieke duimen oftewel 2,1 miljoen kubieke meters (COFI 2003.) Dit vertegenwoordigt 6,4% van de totale timmerhoutproductie van British Columbia. Het volume van Western Red Cedartimmerhout dat geëxporteerd werd was ongeveer 1,7 miljoen kubieke meters (m³), waarvan de waarde geschat wordt op \$1 miljard. Omstreeks 85% hiervan werd naar de Verenigde Staten geëxporteerd. Daarnaast is ongeveer 10 miljoen vierkante meters (m²) bevelsiding en 20 miljoen m² dakspanen geëxporteerd, waarbij de VS wederom de grootste importeur was.

De Western Red Cedar is een van de meest bestudeerde houtsoorten ter wereld. Deze publicatie is een samenvatting van veel wat er over deze houtsoort geleerd is, en omvat de groei, de eigenschappen en de toepassingen van Western Red Cedarhout.

TABEL 1.

Enkele bekende toepassingen van Western Red Cedar door de Indianenstammen van de Noordwestkust van de Grote Oceaan (naar Stewart 1984)



Hout

- Planken en delen voor muren, daken en schermen
- Palen en balken voor de bouw
- Gebeeldhouwde palen, kolommen en figuren
- Houten dozen, kisten en kommen die door middel van stoom gebogen zijn
- Kano's
- Hoosvaten en gevormde voorraaddozen voor de kano
- Visvloten en vissperen
- Zalmvallen
- Vuurboren
- Pijlen en pijlkokers
- Wiegen
- Kooktangen
- Weefgetouwen
- Droogrekken
- Kerfstokken
- Speelgoed
- Verfborstels
- Ceremoniële maskers en shamanistische objecten
- Ratelaars en fluiten
- Sprekersstaven
- Feestborden
- Grafmonumenten
- Tombes
- Geraamtes voor manden
- Weefgeraamtes

Bast, takken en wortels

- Manden, tassen en andere geweven voorwerpen
- Kabels, touw, bindingen en fijn twijndraad
- Dekens
- Beddengoed
- Handdoeken
- Rokken
- Matten en poncho's
- Hoeden
- Ballen voor kinderen
- Riemen, halssnoeren en halsringen
- Versieringen
- Hoofdtoeien
- Noodkano's
- Hoosvaten voor kano's
- Zeilen voor kano's
- Netten
- Bessenkorven
- Apparatuur om mee in bomen te klimmen
- Jachtgereedschap

DE BOSRIJKDOM

De boom

De Western Red Cedar groeit meestal tot een hoogte van 45 tot 60 m met een diameter van 2,4 m, maar reusachtiger bomen komen ook veel voor. De grootste Western Red Cedar in de wereld staat aan het Quinault Lake, Olympic National Park, Washington, VS. De boom heeft een omtrek van 22 m en is 55 m hoog, en wordt geschat op 2000 jaar (Universiteit van Bonn 2003.) Hoewel de boom nu hol is, had de Quinault Lake Cedar eens een geschat houtvolume van 500 m³. De grootste boom in Canada is een Western Red Cedar die aan het Cheewhat Lake in het Pacific Rim National Park groeit. Deze boom is 55,5 m hoog, heeft een omtrek van 18,3 m en bevat 449 m³ hout (Government of BC 2003 Conservation Centre Database.)

De boom heeft een lange, smalle kegelvormige kruin, met afhagende en spreidende takken die aan de uiteinden omhoog krullen. De schubachtige bladeren zijn klein, 3 tot 6 mm lang, geelgroen, glimmend, en in corsages gerangschikt. De bladeren liggen in paren, waarbij het zijpaar altijd gevouwen is naar het *alt*nerende vlakke paar, waarbij een geperste verschijning in de takken gecreëerd wordt. De dennenkegels zijn 1 tot 2 cm lang, met een klein aantal schubben met zwakke stekel aan het eind. De dennenkegels zitten dicht op elkaar, en ze worden houtachtig en bruin naarmate ze volgroeid raken. De basis van de boomstam is vaak gecanneleerd, uitgewaaierd en breed ondersteund, vooral bij bomen die



De dennenkegels zitten dicht op elkaar, en ze worden houtachtig en bruin naarmate ze volgroeid raken

in een open ruimte staan (Farrar 1995.) Het wortelsysteem is ondiep en wijdverspreid, maar sterk. De bast is dun, zelden meer dan 2,5 cm dik, pezig en vezelig. De bast is kaneelkleurig, glad en glimmend op jonge stammen, op oude stammen grijsbruin en gerafeld waarbij vlakke smalle richels gevormd worden.

Verspreidingsgebied

De Western Red Cedar groeit langs de kust van de Grote Oceaan van het noorden van Californië tot zuidoost Alaska (Figuur 1.) In Canada is de groei van de Western Red Cedar beperkt tot British Columbia. Het is een belangrijke soort in de biogeoklimaatkustzone die gekenmerkt wordt door de West-Amerikaanse Hemlock en de meeste staande houtvoorraad wordt in

FIGUUR 1.
Het natuurlijke verspreidingsgebied van de Western Red Cedar (naar Minore 1990)



deze zone aangetroffen. De boom wordt ook gevonden in de Continentale biogeoklimatische hemlockzone (Meidinger en Pojar 1991), de kustzone die gekenmerkt wordt door de Douglas (Pseudotsuga menziesii), en in de minder hoge hemlockbergzone en de nattere delen van de sparrenbergzone (overgang naar de ICH zone.) Hij wordt af en toe gevonden in de Subalpine Abieszone.

De hoogtebeperkingen van de Western Red Cedar variëren met de geografische breedte. In zuidoost Alaska groeit de boom van zeeniveau tot 915 m; tot 1200 m in het kustgebied van British Columbia en van 320 tot 2130 m in continentaal British Columbia; en tot 2300 m in Oregon (Burns en Honkala 1990; Minore 1983.) Pojar en Mackinnon (1994) namen waar dat de Western Red Cedar “plotseling stopt bij de Pt. Frederick Sound net zoals hij in zuidoost Alaska plotseling stopt bij ongeveer 300 m hoogte.”

De belangrijke partners van de Western Red Cedar langs de helling bij de Grote Oceaan zijn de sitkaspar (*Picea sitchensis*), de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*), de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), de reuze Abies (*Abies grandis*) en de Abies (*Amabilis*), de *Taxus brevifolia*, de rode els (*Alnus tenuifolia*), de zwarte balsempopulier (*Populus Trichocarpa*) en de grootbladige esdoorn (*Acer Macrophylla*.) In de bergbossen zijn de belangrijkste partners van de Western Red Cedar de West-Amerikaanse lariks (*Larix occidentalis*), de Monticula pijnboom (*Pinus monticola*), de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*), de reuze Abies (*Abies grandis*), de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en de Engelmannspar (*Picea engelmanni*.)

De Western Red Cedar groeit ook buiten het natuurlijke verspreidingsgebied (Minore 1983.) De boom wordt af en toe als sierboom aangeplant in het midden van de Verenigde Staten en langs de Atlantische Oceaan in de VS, in de Oekraïne in het zuiden van Australië, Engeland, en in Zwitserland. Hij wordt gebruikt in bosaanplant

in Engeland, Ierland, Schotland en Wales, in is bijna ingeburgerd in West Duitsland. Er zijn experimentele opstanden in Polen aangeplant. De boom is aangeplant in Italië en Frankrijk, en in de Scandinavische landen Denemarken, Noorwegen, en Finland. De Western Red Cedar is uitgebreid aangeplant in Nieuw Zeeland, maar doet het niet goed in Zuid-Afrika en Honshu, Japan (Minore 1983.)

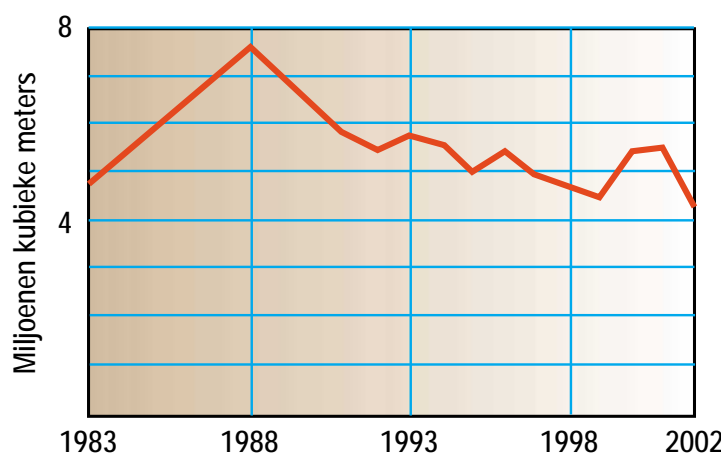
Staande Houtvoorraad

Op basis van de staande houtvoorraad heeft British Columbia gerapporteerd dat zij ongeveer 750 miljoen m³ Western Red Cedarhout bezit (BC Market Outreach Net 2003a) waarvan ongeveer 80% in de kustregio gevonden wordt. De Western Red Cedar vertegenwoordigt 20% van de totale staande houtvoorraad van volwassen zachthout aan de kust, en 2% van de totale, gecombineerde volwassen zachthoutinventaris van British Columbia (Council of Forest Industries 2001.) De Western Red Cedar neemt het op één na grootste volwassen bosvolume in na de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*.)

Het Ministry of Forests inventariseert de Western Red Cedar en de Nootka cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*) samen, en de cijfers die hier aangehaald worden zijn gebaseerd op de aanname dat 70% van het totale cedarinventaris de Western Red Cedar is (J. Bousquet Personal Communication.) De meest recente inventaris die beschikbaar is (Seamless Forest Cover Inventory database) schat de totale staande houtvoorraad van cedar in de kustregio op ongeveer 440 miljoen m³. Bijna driekwart hiervan is oerbos, d.w.z. meer dan 250 jaar oud. Een belangrijke hoeveelheid cedar staat in het “bos in exploitatie”, waarvan veel bos een certificaat heeft ontvangen of nog in behandeling is voor een certificaat (BC Market Outreach Network 2003b.)

Western Red Cedarbos dat is ontstaan na de “oerwoudkap” komt geleidelijk in gebruik, en wordt samen met het oerbos hout geoogst vanwege het zeer waardevolle hout dat het produceert.

FIGUUR 2.
Cedarvolume dat langs de kust van British Columbia geoogst is van 1983-2002 (naar het Ministry of Forests' Annual Report)



Ongeveer 35% of bijna 145 miljoen m³ van het cedarvolume van de kustregio valt binnen de Timber Harvesting Landbase (THLB.) Ongeveer 285 miljoen m³ of 65% valt binnen de Non-Timber Harvesting Landbasezone.

Bijna 50 miljoen m³ van de cedar in de kustregio staat in natuurparken en andere beschermde gebieden (BC Market Outreach Network 2003a.) Dit cijfer is echter een onderschatting omdat het niet de vorming van de parken eind negentiger jaren weergeeft.

Oogsten

Er wordt ieder jaar minder dan 1% van British Columbia's staande houtvoorraad van cedar geoogst, waarbij driekwart van de oogst uit de kustbossen komt.

Het volume Western Red Cedarhout dat in de kustregio van British Columbia van 1983 - 2002 geoogst is wordt getoond in Figuur 2 (BC Market Outreach Network 2003a.) Gebaseerd op een gemiddelde van vijf jaar (1997- 2001), wordt er ongeveer 6,4 miljoen m³ Western Red Cedarhout per jaar geoogst in alle landbezittingen van British Columbia. Aan de kust wordt er een gemiddelde van 4,8 miljoen m³/jaar (1997-2001) geoogst op overheidsgebied (J. Bousquet Personal Communication.) Over *het algemeen* is in de laatste 20 jaar de hoeveelheid cedaroogst verminderd met ongeveer 12%. Met betrekking tot de totale kustoogst is het aandeel cedar in

de laatste 20 jaar in wezen hetzelfde gebleven met ongeveer 24 tot 25% (J. Bousquet Personal Communication.) De hoeveelheden die geoogst worden dienen binnen de Annual Allowable Cut te liggen, het bosvolume dat de Chief Forester vaststelt kan ecologisch verantwoordelijk geoogst worden uit de gebieden die door de provincie beheerd worden. Iedere vijf jaar (of vaker) wordt er een bosvoorraadinspectie gehouden om ervoor te zorgen dat de kap ecologisch verantwoord is. Deze inspectie zorgt dat de jaarlijkse kap gebaseerd is op de nieuwste technische informatie, zowel economisch als in verband met het milieu. De Forest Practices Code van British Columbia heeft verplichte vereisten voor de bosbouw en stelt handhaving en boetebepalingen in. Openbare gebieden dienen snel na het kappen herbebossing te worden met soorten die geschikt zijn voor die plaats.

Om het beheer van de Western Red Cedar op lange termijn optimaal te plannen, is de BC Ministry of Forests bezig met het verzamelen van de nieuwste informatie over voorraadoogsten en het regenereren van deze boomsoort. Met behulp van een computer simulatiemodel voor bosvoorraad heeft het Ministerie ook de mogelijkheden om cedar aan de kust op de korte en lange termijn te oogsten geanalyseerd. Aan de kust van British Columbia wordt kaalkap nu geleidelijk stopgezet. Een systeem dat variabele retentie heet, dat het

Kaalslag wordt nu geleidelijk stopgezet aan de BC-kust. Een systeem dat variabele retentie heet, dat het ongemoeid laten van genoeg bomen, stomp en ruwe houtachtige overblijfselen vereist om de bosstructuur intact te houden, wordt nu wijd en zijd toegepast.

Er wordt ieder jaar aan de kust een gemiddelde van 8,0 miljoen zaailingen geplant (1991-2002), wat ongeveer 15% is van de totale herbeplanting aan de kust.



Een drie jaar oude zaailing van de Western Red Cedar (*Thuja plicata*) (aan de noordkust van BC) met een beschermende kraag om wortelhalschade door woelmuizen te voorkomen.

behouden van genoeg bomen, stompen en ruwe houtachtige overblijfselen vereist om de bosstructuur intact te houden, wordt nu wijd en zijd ingezet. Dit houdt in dat er groepen bomen of enkele bomen intact gelaten worden. De mate van de retentie hangt af van de aangewezen zonering van het bos. Voor zones waar de nadruk ligt op het conserveren van het oerbos zullen de meeste bomen behouden worden.

Groei en Regeneratie

De Western Red Cedar groeit het beste op vochtige of alluviale gronden. De boom kan goed tegen overstroming (Krajina *et al.* 1982) en komt voor in veenmoerassen, of in drogere maar vruchtbaardere plaatsen (Hosie 1969.) Hij wordt ook gevonden op minder vruchtbare plekken, maar heeft dan langzamere groeisnelheden. Optimale groei en ontwikkeling komen voor in de Olympic Peninsula, Washington (Burns en Honkala 1990.) Meestal overleeft de boom zijn partners, en wordt hij gemakkelijk 800 tot 1000 jaar oud. Sommige bomen zijn meer dan 3000 jaar oud (Parker 1986.)

De Western Red Cedar komt zelden voor in zuivere groepen. Hij kan zeer goed tegen schaduw en is een belangrijke soort in climaxbossen aan de kust (Sharpe 1974), vaak aanwezig in alle fasen van bossuccessie (Burns en Honkala 1990.) Het blijkt echter dat de groepsdominantie van de Western Red Cedar afneemt op vele plaatsen aan de kust van British Columbia en Alaska vanwege een slechte natuurlijke regeneratie en een langzame natuurlijke groeisnelheid vergeleken met de huidige lengte van de bosomloop (Curran en Dunsworth 1988.)

Zaadverspreiding en ontkieming zijn vaak ontoereikend voor de regeneratie van een kaalslag door de Western Red Cedar (Curran en Dunsworth 1988.) Terwijl de Western Red Cedar een vruchtbare en regelmatige zaadproducent is, is

er een overweldigende hoeveelheid zaad voor nodig om een groep bomen te produceren. Bovendien zijn er andere essentiële factoren zoals de kwaliteit van de voedingsbodem, locatieafhankelijke milieueffecten (bijv., temperatuur, licht en voedingsregimes), edafische omstandigheden, concurrentie, verstikking en begrazing door kleine dieren die essentieel zijn voor de regeneratie (Curran en Dunsworth 1988.) Deze factoren hebben geleid tot een nadruk op aanplanten, hoewel er verwacht wordt dat natuurlijke regeneratie het goedkoopste alternatief voor veel cedargebieden met een lage productiviteit blijft (Curran en Dunsworth 1988.) De soort plant zich vegetatief gemakkelijk voort. Parker (1986) ontdekte dat vegetatieve reproductie gebruikelijker was dan zaailingreproductie in onverstoorde gebieden in Idaho, Montana en Washington. De overlevingskans was het grootst op minerale grond en op verrot hout dat in contact staat met de grond.

De kunstmatige regeneratie van de Western Red Cedar begon samen met andere soorten in British Columbia in de late zestiger jaren (Curran en Dunsworth 1988.) British Columbia is doende de cedar agressief te herplanten. Er wordt ieder jaar aan de kust een gemiddelde van 8,0 miljoen zaailingen aangeplant (1991-2002), wat ongeveer 15% is van de totale herbeplanting aan de kust (BC Ministry of Forests' Annual Reports.) In de tachtiger jaren veranderde de gevestigde orde van de nadruk op het voornamelijk aanplanten van de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*.) Het resultaat dat verwacht wordt is een toename van cedars die over 70+ jaar beschikbaar komen voor de oogst. In 2002 waren 30% van de zaailingen die in de Vancouver Forest Region aangeplant zijn Western Red Cedarzaailingen (BC Ministry of Forests' Annual Reports.) De bomen worden gewoonlijk in groepjes met andere soorten aangeplant. cedar wordt vooral in nattere gebieden op plaatsen met wortelrotholtes en kreupelhout aangeplant, en men heeft ontdekt dat de cedar beter tegen milde vorst kan dan de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) of de Douglas (*Pseudotsuga*

menziesii.) Er zijn een aantal manieren aangevoerd om de voordelen van kunstmatige regeneratie van de Western Red Cedar te optimaliseren (Curran en Dunsworth 1988.) De Western Red Cedar reageert goed op bosbouwkundige praktijken zoals kegelval, het uit elkaar plaatsen van juveniele bomen, precommercieel uitdunnen en bemesting (Harrington en Wierman 1985; Minore 1983; Reukema en Smith 1987; Smith 1988.) Zuivere

groepen van dezelfde leeftijd op hooglandhellingen in het westen van Washington kunnen staande houtvoorraden hebben die vergelijkbaar zijn met die van zuivere Douglasgroepen (*Pseudotsuga menziesii*) tegen de tijd dat ze 50 jaar oud zijn (Oliver *et al.* 1988.) Op vochtige plekken in het westen van Washington zijn zuivere groepsbossen ontstaan na oerwoudkap die volumes opgebracht hebben tot 825 m³/ha bij een leeftijd van 40 tot 60 jaar. Op gemiddelde plekken in British Columbia gaf een opbrengstmodel volumes aan van 70 m³/ha bij 40 jaar, 350 m³/ha bij 115 jaar, en

595 m³ bij 270 jaar (Burns en Honkala 1990.) De maximale huidige jaarlijkse aanwas vindt plaats bij 82 jaar; de maximale gemiddelde jaarlijkse aanwas vindt plaats bij 130 jaar (Burns en Honkala 1990.) De diameter en de volumegroei bij bomen van 46 tot 58 jaar in het westen van Washington werden negatief gecorreleerd met stammen/hectare (Nystrom *et al.* 1984.) Verkoopbare opbrengsten van Western Red Cedarhout dienen hoger te zijn in beplanting of natuurlijke groepen met vroege bevoorradingscontrole.

British Columbia heeft een actief boomverbeteringsprogramma waarbij traditionele plantenteelttechnieken, d.w.z., niet "genetisch gemodificeerd" worden toegepast. De Western

Red Cedar heeft een significante kwantitatieve genetische variatie in groei en aanpassingsvermogen (Rehfeldt 1994, Cherry 1995, Russell *et al.* 2003), resistentie tegen herten (Vourc'h *et al.* 2002) en houtkwaliteit. Veel van de variatie bestaat binnen, en niet tussen, geografische populaties. De Western Red Cedar is een goede zelfbestuiver (El Kassaby *et al.* 1994, O'Connell *et al.* 2001, O'Connell 2003) en vertoont een minimale inteeltdepressie voor zaadeigenschappen en vroege groei in een kwekerij (Russell *et al.* 2003) en koudebestendigheid (Cherry 1995.) Na 10 jaar praktijkonderzoek vertoonden zelfbestoven bomen een groeireductie van 10%, maar geen verschil in overleving vergeleken met gemerkte bomen die bij selectie uitvallen of gekapt worden (Russell *et al.* 2003.)

Op dit moment is er een uitgebreid beheersprogramma voor genbronnen gaande in British Columbia, waarbij initiatieven voor genconservering, richtlijnen voor zaadoverdracht en boomverbetering betrokken zijn (Forest Genetics Council of BC 2002.) De actuele richtlijnen voor zaadoverdracht zijn breed (BC Ministry of Forests 1995) en vroege informatie van herkomsttoetsen geven een rustigere zaadbeweging in de toekomst aan (Russell ongepubliceerde gegevens.) Op dit moment worden er ongeveer 1000 moederplanten getest in eerste generatie nageslachtexperimenten, en er wordt van zaadboomgaarden aan de kust verwacht dat ze A-klasse zaadvoorraden produceren met een 10 tot 15% volumetoename tegen het einde van het decennium (Forest Genetics Council of BC 2002.) Zaadboomgaardbeheerders gebruiken momenteel innovatieve beheertechnieken om zelfbestuiving te minimaliseren (Brown *et al.* 2003.)

De Western Red Cedar heeft veranderlijkheid aangetoond in het tropolone extractieresidugehalte in het kernhout van zowel oerbosbomen als bomen die ontstaan zijn na de oerwoudkap. De meeste extractieresiduen die bijdragen aan de duurzaamheid van de cedar worden geclassificeerd als tropolonen (zie pagina 25.)



Dr. John Barker, een bosbouwkundige (nu met pensioen) die een aangeplante, 10 jaar oude cedarboom onderzoekt op North Vancouver Island. Gedurende zijn carrière heeft Dr. Barker vele veldonderzoeken van red cedar georganiseerd.



Dr. John Russell, een BC-bosgeneticus die gespecialiseerd is in de Western Red Cedar, in een vierjarig experiment. Het experiment is opgezet om de groei van het nageslacht van superieure oerbosbomen uit natuurlijke groepen te onderzoeken.

Als onderdeel van het onderzoeksprogramma zijn er ongeveer 300 moederbomen gekeurd op de tropolonconcentratie in het kernhout, en geselecteerde moederplanten zullen opgenomen worden in een zaadboomgaard voor rotbestendig kernhout (Forest Genetics Council of BC 2002.)

Vanwege de volgende bosbouwkundige attributen wordt de Western Red Cedar beschouwd als een aantrekkelijke soort voor herbebossing op vele plekken: lage gevoeligheid voor wortelrot die zijn nabije partners Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) treft; laag aantal insectenplagen; tolerantie voor natte aarde en overstromingen, en schaduwtolerantie (Curran en Dunsworth 1988.) Er is echter vergeleken met de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) en de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) relatief weinig bekend over de effecten van verschillende bosbeheerpraktijken op de Western Red Cedar. Er is gesuggereerd dat er onderzoek dient te komen om actuele kennis te bevorderen met betrekking tot zaailingfysiologie, waterrelaties, voeding en de effecten van beheerspraktijken (Curran en Dunsworth 1988.)

Naar Bos dat Ontstaan is Na de Oerwoudkap

Hoewel British Columbia nog over een hoger aandeel van oerbosbomen beschikt, komt het Western Red Cedarhout dat ontstaan is na de oerwoudkap geleidelijk op stoom. Samen met het oerboshout wordt de bos dat ontstaan is na de oerwoudkap nu geoogst voor het hoge kwaliteitshout dat het produceert. De Noordwestkust van de VS heeft een langere ervaring met de Western Red Cedar die ontstaan is na de oerwoudkap dan British Columbia. Marshall en DeBell (2001) verklaren dat *“Het beheer van bosbouwbronnen aan de Noordwestkust van de VS en Canada zeer is veranderd van de eerste oogsten van grote oerbosbomen tot de meer recente oogsten van jongere bomen met een kleinere diameter die vaak op plantages groeien die beheerd worden voor een snelle groei en een maximaal houtvolume. Deze verandering zet zich voort met een verhoogde nadruk op beheer voor zowel de houtproductie als een reeks andere waarden die niet het hout betreffen. Onze verzamelde bosbouwkundige kennis kan regimes helpen ontwikkelen die aan deze nieuwe doeleinden kunnen voldoen, deze alternatieve regimes kunnen echter bomen en hout produceren met hele verschillende eigenschappen dan in het verleden. Dit kan een grote invloed hebben op de waarde.”* Deze verklaring is meer en meer van toepassing op bosbouw in British Columbia. Tot voor kort werd er weinig aandacht besteed aan de invloeden van bosbouwkundige praktijken met betrekking tot de houtkwaliteit van de Western Red Cedar. Met de nadruk op snelle volumegroei is het waarschijnlijk dat andere eigenschappen van de bomen zullen veranderen, en niet noodzakelijk in gunstige zin op het punt van houtkwaliteit.

“De Western Red Cedar is een van de meest schaduwverdragende boomsoorten van de noordwestkust. In de toekomst zal de Western Red Cedar een steeds belangrijkere rol gaan spelen in alternatieve beheersprogramma’s om in beheerde groepen bomen de soortensamenstelling te verbreden en de structurele diversiteit te versterken” (Marshall en DeBell 2001.)



Western Red Cedarbos dat Ontstaan is Na de Oerwoudkap Behoudt een Goede Kwaliteit

Verticale radiale secties van een Western Red Cedar die 386 jaar is (midden, radius 28 cm) en een snel gegroeide Western Red Cedar van 71 jaar (onder 19 cm). De horizontale radius van de oudere boom wordt ook getoond (boven). De nummers geven het aantal jaarringen aan vanaf de kernhout/spinhoutgrens. De chemische analyse van het totale - en - thujaplicinegehalte vertoont gelijke hoeveelheden voor beide bomen, waarbij beide thujaplicinegehalten het hoogst zijn in het buitenste kernhout en het laagst zijn vlakbij het merg.

Toekomstige stammen, of ze nu voor commercieel gebruik bestemd zijn of als blijvende houtoverblijfselen die ecologisch belangrijk zijn, zullen voortkomen uit beheerde groepen jong bos. Het handhaven van de duurzaamheid van dat hout is van belang. Zowel in British Columbia (Russell 2003) als in de VS (Marshall en DeBell 2001) loopt er onderzoek naar sommige onderlinge verbanden tussen groeisnelheid, houtdichtheid en houtduurzaamheid bij verschillende bosbouwkundige regimes. De gegevens laten zien dat cedar die sneller gegroeid is een lagere dichtheid heeft dan oerboshout, wat waarschijnlijk onbeduidend is gegeven dat de belangrijke toepassingen van de Western Red

Cedar niet constructief zijn. Onverwacht blijkt het extractieresidugehalte hoog te zijn in snel gegroeide bomen. Marshall en DeBell 2001 suggereren dat hout met een hoog extractieresidugehalte geproduceerd kan worden via bosbouwkundige praktijken die ontworpen zijn om de groei en de opbrengst van jonge beheerde groepen te verhogen (zie pagina 23-24.)

Het extractieresidugehalte, en dus de duurzaamheid, lijkt hoog te zijn bij bomen die snel gegroeid zijn.

Ziekten, Insecten en Andere Beschadigende Factoren

De Western Red Cedar wordt aangevallen door een aantal soorten insecten, schimmels en zoogdieren, maar slechts enkelen hiervan veroorzaken ernstige problemen in de natuurlijke groepen en plantages (van der Kamp 1988.) De resistentie van de Western Red Cedar tegen schadelijke plagen is het hoogste van alle inheemse boomsoorten (Krajina *et al.* 1982.) Ter erkenning hiervan is dit hout vrijgesteld van Europese voorschriften met betrekking tot plantenziekten in verband met de import van zachthouttimmerhout uit Noord-Amerika.

Ziekten

Stamziekten: Er zijn geen belangrijke stamziekten, maar verschillende minder belangrijke schimmels komen voor op verzwakte of dode stammen. Minore geeft een lijst van deze schimmels (1983.)

De Keithiaziekte, die veroorzaakt wordt door *Didymascella thujina* kan het volgende veroorzaken: zaailingsterfte in de boomkwekerij (Kope *et al.* 1996), ontbladering en verminderde groei van jonge bomen, en in ernstige gevallen, boomsterfte (van der Kamp 1988) en

plantageverzwakking. De Keithiaziekte kan bij alle Western Red Cedarbomen voorkomen, en er is aangetoond dat deze ziekte gestuurd wordt door één enkele dominante gen (Soegaard 1969.) De mate van infectie die door de Keithiaziekte veroorzaakt wordt staat in verband met de origine van de populatie, waarbij laaggelegen kustpopulaties resistenter zijn (Lines 1988, Russell *et al.* 2003) en van boom tot boom een substantiële variabiliteit vertonen met erfelijke eigenschappen in enge zin, groter dan 0,3 (Russell *et al.* 2003.) Een ernstige plaag kan afsterven van bomen veroorzaken (van der Kamp 1988), maar epidemieën zijn in Noord-Amerika zeldzaam (Minore 1983.)

Kankerziekten van de bast zijn ongebruikelijk en bastdodende organismes zijn beperkt tot zwaarbelaste of beschadigde bomen (van der Kamp 1988.)

Stamrot: Het kernhout van de Western Red Cedar is bestand tegen rotting vanwege de fungitoxische natuur van haar belangrijkste extractieresiduen, de thujaplicines (zie pagina 23-26.) In weerwil hiervan is de rot extensief bij oude levende bomen (van der Kamp 1988.) Dit werd toegeschreven aan de detoxificatie van kernhout vanuit het midden naar de buitenkant door een opeenvolgende invasie van schimmels, waarbij ieder soort schimmel de chemische kenmerken van het hout verandert (Jin 1987; van der Kamp 1986.) cedar wordt ook ouder dan de meeste andere naaldbomen. Vandaar dat er meer tijd is voor de ontwikkeling van rot. In het begin breken niet-rot veroorzakende schimmels (hypothetisch geïdentificeerd als *Sporothrix*) in het gezonde kernhout de toxische extractieresiduen af in niet-toxische verbindingen (Jin *et al.* 1988.) Dit baant de weg voor invasie door andere schimmels (*Kirsteiniella thujina* en *Phialophora sp.*), die op hun beurt verdere invasie door rotschimmels, zoals *Ceriporiopsis rivulosa*, bevorderen (Berk & Curtis Gilb. & Ryvarden dat gelaagde witrot veroorzaakt (Allen *et al.* 1996.) Het kernhout dat kolommen rot insluit is altijd donkerbruin (Jin *et al.* 1988.)

Een tienjarig herkomstexperiment dat Keithiaziekte heeft. Dit is een veel voorkomende ziekte in de laaggelegen kustplantages.



Stronk- en wortelrot: (*Armillaria ostoyae*.) Herink kan jonge bomen snel ringen en doden, oudere bomen worden niet zo gemakkelijk gedood (van der Kamp 1988.) *Poria subacida*, een wortelschimmel, heeft veel schade aangericht aan bomen van paalgrootte waarbij de bron van de schimmel geïnfecteerde stompen betreft die overgebleven zijn na het uitdunnen (van der Kamp 1988.) In continentaal British Columbia is een veel voorkomende stamrotschimmel een vorm van *Phellinus weirii* die rotting in jonge bomen kan veroorzaken. Ernstige verliezen zijn in verband gebracht met “ingesloten spinhout”, een lichtgekleurde band binnenin het kernhout. Dit ingesloten spinhout bevat weinig extractieresiduen en wordt gemakkelijk aangetast.

Een uitgebreidere lijst van rotschimmels die in stamrotting gevonden wordt, wordt in de literatuurbespreking van Minore (1983) gegeven, en een uitgebreidere lijst van cedarziekten wordt gegeven door Allen *et al.* (1996.)

Insecten

Insecten veroorzaken maar weinig schade aan Western Red Cedarbomen, maar zorgen van tijd tot tijd voor problemen (Burns en Honkala 1990; Minore 1983; van der Kamp 1988.) De meest beschadigende soorten zijn o.a.:

i) *Mayetiola* (*Phytophaga thujae*), een kegelkevertje dat soms 100% van de dennenkegels aantast en Western Red Cedarzaden ernstig beschadigt in Oregon, Washington en British Columbia (Furniss en Carolin 1977; Minore 1983; van der Kamp 1988.)

ii) Bastkevers van het genus *Phloeosinus* (*P. punctatus* en *P. squamosus* Blackman) die ernstig belaagde bomen aanvallen en die soms sterfte veroorzaken (Furniss en Carolin 1977; Minore 1983.)

iii) Houtboorders: De *Trachykele blondeli* komt veel voor in het zuiden van de kust van British Columbia en valt gezonde, levende bomen aan

(McLean 1998.) De volwassen houtboorders eten bladeren en zetten eieren af onder bastschubben. De larven boren gangen vanuit de takken in de boomstam, en de gangen veroorzaken afbraak en selectie bij sommige bomen (Duncan 1995.) Sommige geografische gebieden zijn vooral onderworpen aan schade veroorzaakt door dit insect (Furniss en Carolin 1977; van der Kamp 1988.) Twee soorten houtboorders, *Atimia confusa* en *Semanotus amethystinus*, vallen de boomstam en de takken aan van grote Western Red Cedarbomen maar zijn beperkt tot bomen die net dood zijn of stervende bomen (Furniss en Carolin 1977; van der Kamp 1988.)

iv) De Ambrosiakever (*Gnathotrichus sulcatus*) vormt kleine galerijen omringd door blauwe kleurstof, wat resulteert in afbraak (Furniss en Carolin 1977; van der Kamp 1988.) Deze kevers vallen alleen houtblokken of verzwakte bomen aan. Merk op dat deze insecten zich niet in Western Red Cedartimmerhout bevinden, noch brengen zij schade toe aan timmerhoutproducten.

Andere beschadigende Factoren

Herten en elanden grazen Western Red Cedarzaailingen en jonge boompjes af, en dit is een van de grootste obstakels bij de regeneratie van de Western Red Cedar. Zwarte beren verwijderen de bast en voeden zich met het blootgelegde spinhout (Minore 1983; Sullivan 1992.) Het is bekend dat tamme dieren zoals rundvee en schapen ook Western Red Cedarbomen afgrazen in Oregon en Idaho (Minore 1983.) Vanwege het ondiepe wortelsysteem en de dunne bast van de Western Red Cedar wordt deze gemakkelijk gedood door brand (Harlow *et al.* 1979.)

De resistentie van de Western Red Cedar tegen schadelijke plagen is het hoogste van alle inheemse boomsoorten.

DE GRONDSTOF

De gelijkmatige structuur is toe te schrijven aan de voorjaarshoutzone die bijna de gehele ringwijdte beslaat bij zowel oude (onder) als jonge (boven) bomen.



Algemene Fysieke Kenmerken van het Hout

Het spinhout is wit met een enigszins gelige tint (Panshin en DeZeeuw 1970.) Het kernhout is variabel in kleur, variërend van licht strokleurig tot verschillende tinten roze-bruin of roodbruin tot een warm diepbruin (Harrar 1957.) Het onbeschermde hout verandert in een donker dofgruis of bruingruis wanneer het blootgesteld wordt aan weer en wind. Over *het algemeen* is het hout recht van draad, het heeft een gelijkmatig ruwe structuur, is niet harschtig, en heeft een karakteristieke zoete aromatische geur en een vaag bittere smaak. De gelijkmatige structuur is toe te schrijven aan de voorjaarshoutzone die bijna de gehele ringwijdte beslaat. De jaarringen zijn duidelijk, scherp omlind door smalle banden donkerbruin zomerhout. De overgang van voorjaarshout naar zomerhout is vrij abrupt in smalringig hout en nogal geleidelijk in breedringig hout (Harrar 1957.)

Spinhout

Het spinhout van de Western Red Cedar is meestal smal, variërend van 18 tot 43 mm over breed scala van boomleeftijden en diameters, en neemt over *het algemeen* toe met de boomdiameter (Lassen en Okkonen 1969.) Wellwood en Jurasz (1968) bestudeerden 73 bomen en ontdekten dat de gemiddelde breedte 22 mm bedroeg, het maximum ter hoogte van de boomstronk en het minimum ongeveer 5 m vanaf de boomstronk, waarna het toenam met de hoogte van de stam. Deze toename was echter slechts 5 mm over een hoogtetoenamen van 40 meter.

Vers spinhout van de Western Red Cedar heeft een gemiddeld vochtgehalte van 249% vergeleken met 58% in het kernhout (gebaseerd op het ovendroog gewicht van het hout) (Nielson *et al.* 1985.) Het spinhout is redelijk doorlaatbaar voor chemische houtverduurzamingsmiddelen, een

belangrijk kenmerk voor elektriciteitspalen van cedar die voor het niet-duurzame spinhout een behandeling met houtverduurzamingsmiddelen nodig hebben voor een langere gebruiksduur.

Kernhout

Doordringbaarheid

Kernhout van de Western Red Cedar is zeer ondoordringbaar voor water en door water vervoerde chemicaliën. Deze gesteldheid wordt toegeschreven aan korstige afzettingen in het membraan van tracheide openingen waar vloeistoffen door kunnen vloeien, waardoor de inter-tracheide vloeistofbeweging belemmerd wordt (Krahmer en Cote 1963) en het hout bestand is tegen vloeistofpenetratie. Er werden zware afzettingen in het kernhout gevonden, maar deze afzettingen waren ook in mindere mate aanwezig in het spinhout (Krahmer en Cote 1963.)

Kleurvariaties

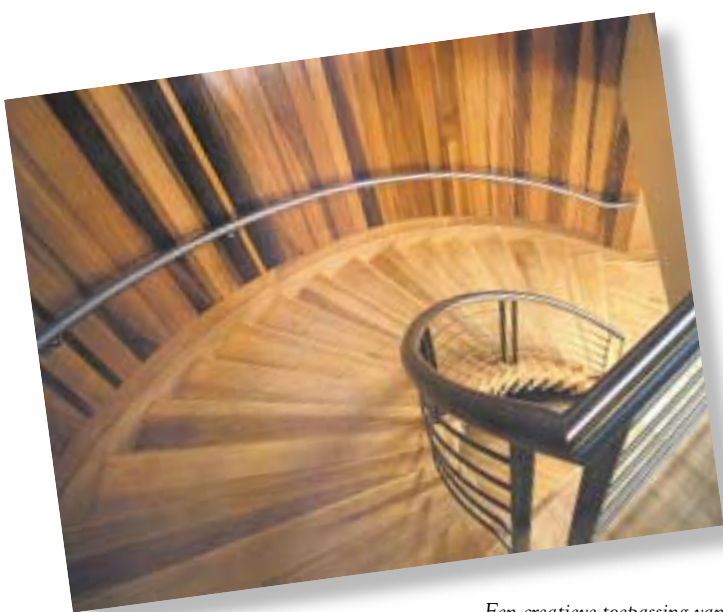
Het kernhout van volwassen Western Red Cedarbomen vertoont vele kleurvariaties. De verkleuringpatronen van de British Columbia cedars aan de kust en in het binnenland verschillen. In stronken van volwassen bomen aan de kust is het heel normaal om een centrale kern bruin rot aan te treffen waarin de kleur verandert van donkerbruin in het binnenste hout tot bruin en roze-bruin aan de buitenzijde. De uiteenlopende kleurenzones hebben duidelijk onderscheiden maar onregelmatige grenzen, en kunnen gezien worden als een stel "onregelmatige gevormde nestelende kegels met zijanten die ongeveer parallel zijn aan het cambium in de lengtesectie, maar niet in de breedtesectie" (van der Kamp 1986.) Regelmatig ziet men dat het lichte, strokleurige kernhout voorkomt als een brede buitenband (van een paar cm tot meer dan 25 cm breed) en het dient niet verward te worden met de smalle band van bijna wit

Dwarsdoorsnede van de Western Red Cedar die het "schietschijf patroon" vertoont, een ongebruikelijke soort kleurvariatie die gevonden wordt in sommige plaatsen in het binnenland van British Columbia en het noordwesten van de Verenigde Staten. (Dwarsdoorsnede aangeboden door Pope & Talbot, Grand Forks, BC)



spinhout. MacLean en Gardner (1956) hebben aangetoond dat de thujaplicine en de in warm water oplosbare inhoud van het donkerbruine binnenste kernhout veel lager zijn dan dat in het buitenste strokleurige gekleurde kernhout. Kai en Swan (1990) hebben de chemische bestanddelen die bijdragen aan de kleur van het kernhout van de Western Red Cedar geanalyseerd en hebben aangevoerd dat het kleurende materiaal gevormd wordt door lignines zoals plicatisch zuur door een condensatiereactie met zuurkatalysator.

Er zijn twee ongebruikelijke soorten kleurvariatie in de Western Red Cedar gevonden die een andere chemische distributie vertonen: het "schietschijf" patroon en de "olie" of "harsstrepen". Het "schietschijf" patroon is gebruikelijk in sommige continentale plaatsen in British Columbia en de noordwest Verenigde Staten. Wanneer men de dwarsdoorsnede bekijkt ziet men alternerende concentrische banden van licht- en donkergekleurd hout. Bij sommige bomen zijn de banden slechts bogen van cirkels en geen complete ringen, en, terwijl ze neigen de jaarringen te volgen, doorkruisen ze de jaarringen soms. De lichtgekleurde band lijkt op spinhout en wordt wel eens "ingesloten spinhout" genoemd omdat



Een creatieve toepassing van de natuurlijke kleurvariatie van de Western Red Cedar.

het chemisch meer overeenstemming vertoont met normaal spinhout dan met kernhout. "Ingesloten spinhout" heeft een laag extractieresidugehalte en een vergelijkbare natuurlijke rotbestendigheid als het normale spinhout (MacLean en Gardner 1958.)

De andere ongebruikelijke kleurvariatie in de Western Red Cedar, "harsstrepen", bestaat uit smalle banden zeer donker hout langs de nerf. De strepen zien er enigszins harsachtig uit en zijn zwaar doortrokken van lichtbruine extractieresiduen die meer dan 30 tot 50% van het houtgewicht kunnen uitmaken (Barton en MacDonald 1971.) Omdat de Western Red Cedar geen harskanalen bezit, kan dit harsachtige materiaal gedeeltelijk het resultaat zijn van letsel aan de boom.

Door de jaren heen hebben wetenschappers de oorzaak van kleurvariaties in het kernhout van de Western Red Cedar proberen te verklaren en het in verband te brengen met rotbestendigheid. Vroege studies (Eades en Alexander 1934; Findlay en Pettifor 1941) hebben aangetoond dat het donkergekleurde binnenste hout bevolkt werd door een aantal schimmels, terwijl het buitenste strokleurige kernhout vrijwel steriel was. Barton en MacDonald (1971) opperden dat de oorzaak van kleurvariatie het resultaat kan zijn van chemische veranderingen die in extractieresiduen opgewekt zijn door de enzymsystemen van micro-organismen die niet per sé van het houtvernietigende soort hoeven zijn. Van der Kamp (1986) nam waar dat het binnenste gevlekte kernhout van een Western Red Cedar van meer dan 300 jaar oud een lagere thujaplicine en in warm water oplosbare inhoud had dan het buitenste kernhout, maar dat hun rotbestendigheid niet significant verschilde. Hij schreef dit toe aan de aanwezigheid van een fungitoxisch thujaplicinederivaat in het binnenste kernhout. Jin (1987) en Jin *et al.* (1988) vond later een hogere natuurlijke rotbestendigheid in het buitenste strokleurige deel van het kernhout dan in het binnenste donkergekleurde deel. De auteurs bevestigden dat de kernhoutverkleuring het resultaat was van een degradatieproces dat

veroorzaakt werd door de opeenvolgende activiteit van schimmels in het kernhout, van het centrum naar de buitenkant. Tijdens dit proces degradeert thujaplicine tot niet-toxische verbindingen die de daaropvolgende invasie door rotschimmels vergemakkelijkt.

Findlay en Pettifor (1941) verbonden de donkere kleur van het kernhout met de mechanische eigenschappen ervan, en ze ontdekten dat het een ongeveer 20% lagere relatieve dichtheid, sterkte en druksterkte had dan het normale lichtgekleurde kernhout.

Bast

De buitenste dode bast van de Western Red Cedar is vezelig en vormt een dicht dooreengevlochten netwerk. Verticale harskanalen, meestal een paar millimeters lang, zijn aanwezig in zowel de binnenste als de buitenste bast. Bastvezels zijn ongeveer 2,5 tot 3,0 mm lang. De dubbele bastdikte gemeten op een totaal van 170 bomen die aan de kust en in het binnenland stonden, en die van leeftijd verschilden van 73 jaar tot 489 jaar, hadden een gemiddelde van 19 mm voor alle delen, met een zeer hoge variatiecoëfficiënt van ongeveer 60% (Smith en Kozak 1967.) De relatieve basisdichtheid van de binnenste en de buitenste bast was respectievelijk 0,36 en 0,38, en het vochtgehalte was respectievelijk 88% en 37% (op basis van ovendroogheid)(Smith en Kozak 1971.)

De chemische aard van cedarbast is uitgebreid bestudeerd (Barton en MacDonald 1971.) Het bevat vele complexe substanties waaronder tannines, flobafenen, vanilline, catechin en vetzuren. Een chemische analyse van de bast toonde aan dat het 31% lignine bevat, niet zo verschillend van de lignine-inhoud van het hout (Isenberg 1980.) Het bereiden van houtpulp met soda uit de bast in verschillende fasen van de extractie van oplosmiddelen liet zien dat het verwijderen van de extractieresiduen

de houtpulpproductie niet verbeterde of het verwijderen vergemakkelijkt van een residuaal lignine dat resistent is tegen het oplosbaar worden (Swan 1966.)

Het ontschorsen van cedarblokken is moeilijker dan het ontschorsen van andere houtsoorten, want cedarbast is vezelig en vormt ballen in mechanische ontschorsers, lopende banden en schrobbers. cedarbast op houtspaanders zal echter in het Krafthoutpulpproces bleken en produceert geen donkere spikkels die de houtpulp contamineren (McWilliams 1988.)

Cedarbast is niet geschikt voor tuin- en hoveniersdoeleinden omdat de zure extractieresiduen het wortelsysteem van planten beschadigt (Steer 1995) en de vezelige structuur bewerkingsproblemen veroorzaakt.

De verbrandingswaarde van Western Red Cedarbast is 20,24 MJ/kg of 8700 BTU/lb (Nielson *et al.* 1985.)

Microscopische Eigenschappen van het Hout

Dwarsdoorsnede: normale harskanalen zijn afwezig. Longitudinale parenchymvaten (dunwandige cellen met een donkere inhoud) zijn soms schaars, maar wanneer ze in grotere hoeveelheden aanwezig zijn zijn ze meestal beperkt tot de zomerhoutzone en zijn zichtbaar met een loupe als een gebroken tangente lijn. De overgang van voorjaarshout naar zomerhout is meestal abrupt.

Het radiale vlak (verticale nerf): gepaarde tracheide openingen zijn gebruikelijk op de radiale wanden van tracheiden van voorjaarshout. Stippels die verbinden met straalparenchym zijn ovaal, zeer gelijkmatig van afmeting, met een duidelijke grens en lensvormige opening (de vorm van een dubbele bolle lens), meestal 1 tot 4 per cross-field. De stralen zijn meestal minder dan 7 cellen hoog, en bestaan uit pure parenchymvaten; stralentracheiden zijn ongebruikelijk op de bovenste en onderste marges. Straalcellen hebben gladde eindwanden met



De bast vormt op oude stammen platte, smalle richels.



Deze dwarsdoorsnede van de Western Red Cedar laat het smalle zomerhout zien



inkepingen, en schaarse gomachtige infiltraties (Panshin en de Zeeuw 1970.)

Het tangentiale vlak (dosse vlak): de stralen zijn één cel breed. Sporadische kuiltjes zijn aanwezig, maar alleen in de laatste paar rijen van de zomerhouttracheiden.

De tracheiden hebben een gemiddelde vezellengte van 3,5 mm (1,4 tot 5,9 mm) en een gemiddelde tangentiale breedte van 30 tot 45 μm (Isenberg 1980.) Wellwood en Jurazs (1968) ontdekten dat tracheiden bij het hart korter waren (1,2 mm), met 50 jaar een lengte van 3,5 mm bereikten, en daarna gedurende een onbepaalde tijd langzaam doorgroeiden. De vezellengte was het kortst ter hoogte van de boomstronk, het langst in het midden, en veranderde vervolgens niet waarneembaar met de hoogtepositie op de stam. Door boomstronk en alle monsters jonger dan tien jaar uit te sluiten, werd een rekenkundig gemiddelde vezellengte verkregen van 3,3 mm, verminderend tot 2,3 mm als men alle monsters in aanmerking nam. Graff en Isenberg (1950) vonden een kortere gemiddelde vezellengte van 2,05 mm van Krafhoutpulp, hoogstwaarschijnlijk vanwege breken.

Het membraan van de tracheide opening heeft geen torus (het verdikte centrale deel van het kuilmembraan.) Het membraan bestaat uit dichtopeengepakte strengen zwaar bedekt met aanzettingen, meer in het kernhout dan in het spinthout. De openingen tussen de strengen zijn ongeveer 0,1 μm , en zijn veel kleiner dan die in de Douglas (Pseudotsuga menziesii (of de Western Hemlock (Tsuga heterophylla) (Krahmer en Cote 1963.)

Het hout van de Western Red Cedar lijkt op, en wordt vaak verward met dat van de oostelijke levensboom (*Thuja occidentalis*), de “wierook” ceder (*Calocedrus decurrens*) en de Californische sequoia (*Sequoia sempervirens*.) Hun kleuren verlopen anders en het verschil in hun geuren is heel subtiel. De Western Red Cedar en de “wierook” ceder (*Calocedrus decurrens*)

hebben een soortgelijke kruidige, aromatische geur; de oostelijke levensboom (*Thuja occidentalis*) heeft een vage, maar karakteristieke “cedergeur”. Microscopisch bezien is de “wierook” ceder (*Calocedrus decurrens*) anders. De straalcellen ervan hebben knobbelvormige eindwanden en een gomachtige inhoud, en het tangentiale vlak is gedeeltelijk twee straalcellen breed. Microscopisch bezien vertoont de oostelijke levensboom (*Thuja occidentalis*) veel gelijkenis met de Western Red Cedar. Ze zijn gemakkelijker uit elkaar te houden door hun meer uitgesproken kenmerken: de oostelijke levensboom is niet zo donker als het gemiddelde bruin van de Western Red Cedar, het heeft een fijnere structuur, en heeft over *het algemeen* een geleidelijkere overgang van voorjaarshout naar zomerhout. Omdat deze soorten in zeer verschillende geografische gebieden groeien, kan informatie over hun herkomst ons helpen ze te onderscheiden.

Fysieke Eigenschappen van het Hout

Relatieve Dichtheid en Gewicht van het Hout

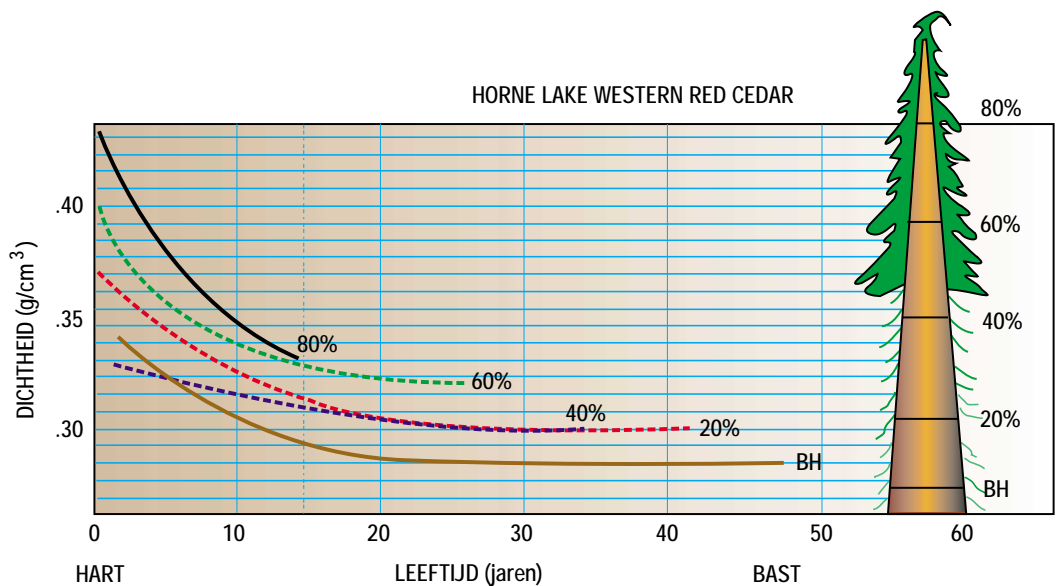
Het hout van de Western Red Cedar is licht. Gebaseerd op het ovengedroogde gewicht van 330 tot 340 kg/m^3 en de verse volumedichtheid zijn de gewichten van de Western Red Cedar die verwacht kunnen worden bij andere vochtgehalten in Tabel 2 berekend en gepresenteerd. Het hout weegt 370 tot 385 kg/m^3 wanneer het luchtdroog is (12% vochtgehalte), 330 tot 340 kg/m^3 wanneer het ovendroog is, en 432 tot 533 kg/m^3 wanneer het vers is (Isenberg 1980; Jessome 1977; Mullins en McKnight 1981; Nielson *et al.* 1985; Rijdsijk en Laming 1994; USDA 1955.)

De gemiddelde relatieve dichtheid van de Western Red Cedar in British Columbia is ongeveer 0,33 gebaseerd op ovendroog gewicht en vers volume (Smith 1970.) Jessome (1977) geeft een lagere gemiddelde waarde op van 0,31 gebaseerd op 12 bomen. Cown en Bigwood (1979) verkregen gemiddelde basisdichtheden van 315 tot 341 kg/m^3 voor bomen die in Nieuw Zeeland gekweekt zijn.

TABEL 2.
Het gewicht van Western Red Cedarhout dat berekend is voor verschillende vochtgehalten

% vochtgehalte	0 Ovendroog	6	9	12 Luchtdroog	15	30	60 Vers
Gewicht (Kg/m ³)	330-340	350-360	360-371	370-385	380-391	429-442	528-544
(Lbs/ft ³)	21	22	23	23.5	24	27-28	33-34

FIGUUR 3.
Basisdichtheidsprofiel van snel gegroeide 50 jaar oude Western Red Cedar van hart tot bast bij verschillende hoogten op de stam (gemiddelde van 5 bomen) (naar Jozsa en Kellogg 1986)



De relatieve dichtheid van de Western Red Cedar neemt toe met de hoogte in de stam, maar neemt straalsgewijs af vanaf het hart, snel gedurende de eerste vijf groei-jaren, gevolgd door een meer geleidelijke afname tot ongeveer het 20^{ste} jaar, en wordt daarna gelijkmatig (Figuur 3) (Jozsa en Kellogg 1986; Okkonen *et al.* 1972; Wellwood en Jurazs 1968.) Het lijkt erop (zie Figuur 3) dat juveniel hout van de Western Red Cedar de eerste 20 ringen van het hart omvat, en een hogere dichtheid heeft dan volwassen hout. Wellwood en Jurazs (1968) ontdekten dat de dichtheid nog verder afnam na de 100^{ste} ring in een boom die 250 jaar oud was.

Smith (1980) onderzocht de invloed van het uit elkaar planten op de radiale groei en het zomerhoutpercentage van 21 jaar oude Western

Red Cedarbomen. Hij ontdekte dat bij verder uit elkaar plaatsen de ringwijdten toenamen en het percentage zomerhout afnam. Hoewel de dichtheid niet gemeten was, kon men uit deze resultaten concluderen dat wijder uit elkaar plaatsen de houtdichtheid vermindert. Smith en Parker (1978) ontdekten dat de relatieve dichtheid van voorjaarshout (door middel van röntgenanalyse) varieerde van 0,25 tot 0,32; zomerhout dichtheid van 0,51 tot 0,69, en ringdichtheid van 0,26 tot 0,36.

Lage Krimp en Zwelling

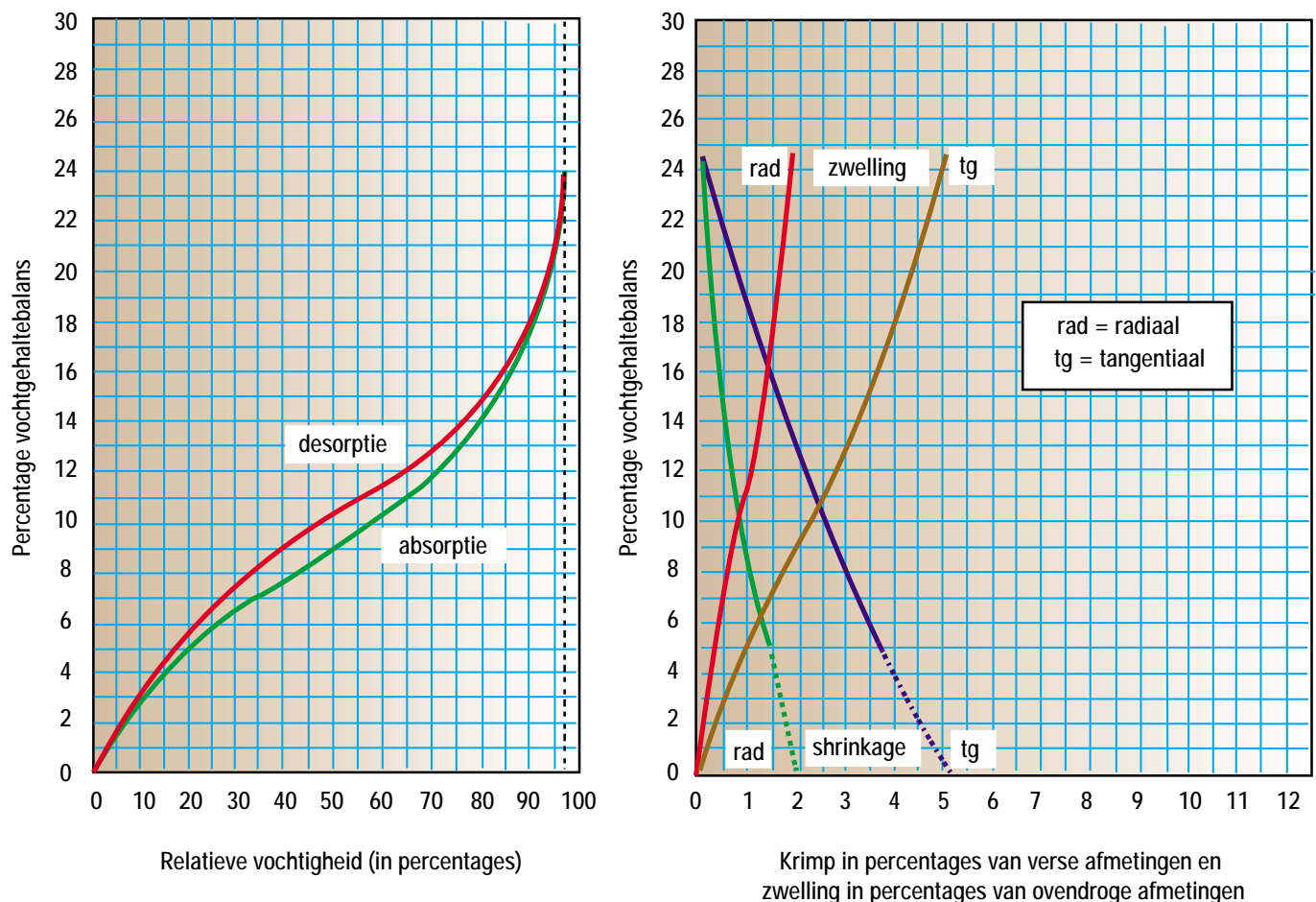
Western Red Cedarhout krimpt en zwellt zeer weinig vanwege de lage houtdichtheid en de lage krimpfactor. Een belangrijke bijdrager aan de lage krimp en zwelling van dit hout is het feit dat het

Het hout van de Western Red Cedar is een van de minst zwellende en krimpende van alle zachthoutsoorten.

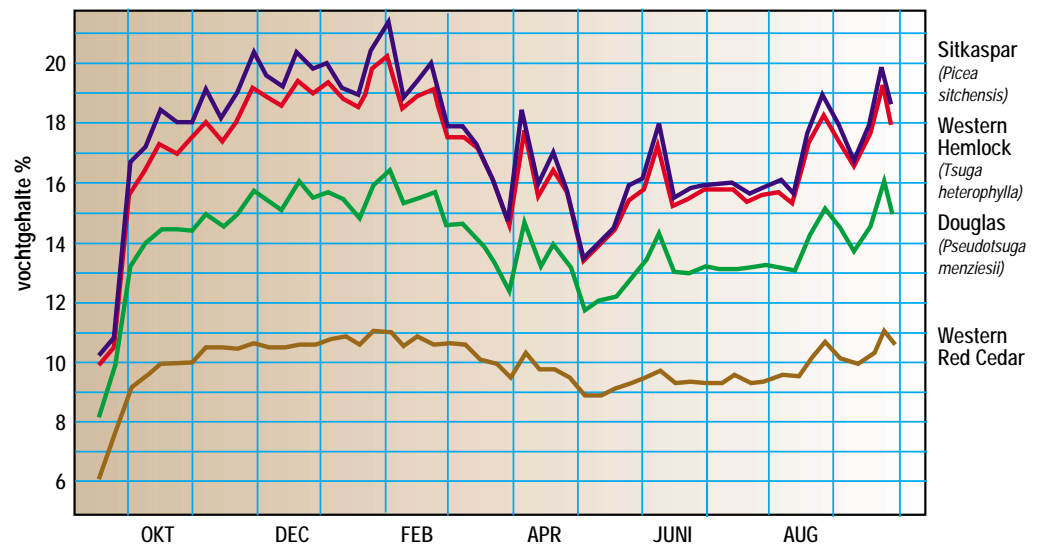
vochtgehalte op het vezelvezadigingspunt 18 tot 23% is vergeleken met 25 tot 30% in het meeste Canadese zachthout (Higgins 1957; Rijsdijk en Laming 1994.) Dientengevolge krimpt en zwelt hout van de Western Red Cedar minimaal, waarbij het kleine bewegingen vertoont bij veranderingen in de vochtigheidsgraad (Figuur 4) (Rijsdijk en Laming 1994.) Een lagere wateropname is het resultaat van het hoge extractieresidugehalte dat de opnamelocaties blokkeert. Het vermogen van de Western Red Cedar om weerstand te bieden aan vochtopname wordt geïllustreerd door de gegevens in Figuur 5. Dit toont het vochtgehalte van droog hout van de Western Red Cedar vergeleken met monsters van de Douglas (Pseudotsuga menziesii), de Western Hemlock (Tsuga heterophylla) en de sitkaspar (Picea sitchensis) die gedurende een jaar in de buitenlucht bedekt waren gelaten. Het initiële drogen betrof 6 tot 10% vochtgehalte.

Binnen twee maanden kwamen de cedarmonsters in evenwicht in het bereik van 9 tot 11% waar het gedurende de looptijd van de test bleef, waarbij het licht fluctueerde met het veranderen van de relatieve vochtigheidsgraad. De Douglas (Pseudotsuga menziesii) lag in het gebied van 12 tot 16%, terwijl de spar en de Western Hemlock (Tsuga heterophylla) varieerden van 14 tot 20-21%. De fluctuaties die in het diagram getoond worden resulteren in afmetingsveranderingen van het hout. De kleinere fluctuaties bij de Western Red Cedar vertegenwoordigen een zeer lage krimp en zwelling, een aantrekkelijke eigenschap voor hout dat wisselend nat en droog wordt, zoals dakbedekking, bevelding, planken tuinvloeren, en tuinaccessoires. Deze eigenschap draagt bij aan de geschiktheid van de Western Red Cedar voor deze en andere toepassingen waarbij lage krimp en zwelling en waterafstotendheid belangrijk is.

FIGUUR 4. Hysteresis, krimpende en opzwellende krommingen van de Western Red Cedar (gemiddelde waarden van 15 testexemplaren van 11 bomen) (naar Rijsdijk en Laming 1994)



FIGUUR 5.
Het vochtgehalte van de Western Red Cedar die blootgesteld is aan de buitenlucht vergeleken met drie andere soorten zachthout. (Ongepubliceerde Forintekgegevens)



TABEL 3.
Het gemiddelde krimppercentage van de Western Red Cedar van vers hout tot verschillende vochtgehaltes (gebaseerd op verse afmeting) gerapporteerd door verschillende auteurs.

Vochtpercentage	Krimppercentage, Gebaseerd op Verse Afmetingen			
	Radiaal	Tangentiaal	Volumetrisch	Longitudinaal
0	2.1 ^a	4.5 ^a	7.8 ^a	-
	-	-	-	0.19 ^b
	-	-	-	0.15 ^c
	-	-	-	0.53 ^{d,e}
	-	-	-	0.40 ^{d,f}
6	1.9 ^g	4.0 ^g	5.4 ^g	-
12	1.2 ^h	2.6 ^h	4.8 ^a	-
15	0.96 ^g	2.0 ^g	-	-
20	0.8 ^g	1.7 ^g	2.3 ^g	-

a Jessome 1977 (12 bomen, B.C., oerbos)
 b Rijsdijk en Laming 1994 (35 teststukken; B.C. en VS)
 c Espenas 1974 (54 teststukken)
 d Nault 1986 (5 bomen, B.C., bos ontstaan na oerwoudkap)
 e Het binnenste van juveniel hout
 f De eerste 70 ringen vanaf het hart
 g Harrar 1957
 h WRCLA 1992

Het hout is superieur in de bestendigheid tegen kromtrekken of draaiing uit de bevestigingen (Harrar 1957), hoewel er wel haarscheurtjes op het oppervlak kunnen voorkomen op onbeschermde oppervlakken wanneer ze aan weer en wind blootgesteld zijn.

De krimpwaarden van de Western Red Cedar van vers tot verschillende vochtgehalten staan in Tabel 3. De waarden voor lengtekrimp die door Nault (1986) gevonden zijn op juveniel hout zijn veel hoger dan die die voor volwassen hout opgegeven zijn door Rijdsdijk en Laming (1994) en Espenas (1974.) Dit is waarschijnlijk omdat Nault's metingen gedaan zijn op juveniel hout dat gekenmerkt wordt door een hoge krimpwaarde.

Thermische en Isolerende Eigenschappen

De Western Red Cedar heeft een goede isolatiewaarde vanwege de lage houtdichtheid en de grove structuur. Het heeft de beste isolatie-eigenschappen van de meest voorkomende zacht houtsoorten en het overtreft baksteen, beton en staal grotelijks. De coëfficiënt van de warmtegeleidbaarheid (k) van het hout is 0,11 W/m °C (of 0,74 BTU in./ft² h °F) bij 12% vochtgehalte (USDA 1952.) Daartegenover staat dat de Western Red Cedar in droge omstandigheden vanwege de lage dichtheid een hogere verkolingssnelheid heeft (ongeveer 0,8 mm/min) dan een houtsoort met een hogere dichtheid zoals de Douglas (Pseudotsuga menziesii) (dat een verkolingssnelheid van ongeveer 0,6 mm/min heeft) (Lie 1992.) De verkolingssnelheid is de lineaire snelheid waarmee hout geconverteerd wordt in houtskool. De hogere verkolingssnelheid van de cedar wordt gezien als van minder belang zijnde (J. Mehaffey Personal Communication.)

De vlamverspreidende classificatie van de Western Red Cedar is 67 tot 73 (Klasse II classificatie) (Richardson 1996) en de rookontwikkelingsclassificatie is 98 (WRCLA 2001.) Beide classificaties worden gebruikt om de toepassing

te reguleren van materialen waarbij de capaciteit tot rookontwikkeling of rookbeheersingsbeweging belangrijk is. De vlamverspreidende classificatie is een maatstaf van de snelheid waarmee de vlam voortschrijdt langs de oppervlakte van het hout. Canadese en VS-codes stellen de maximale vlamverspreidende snelheid voor binnenwand- en plafondafwerkingen in de meeste gebouwen op 150 (National Building Codes Canada 1995.) Omdat de Western Red Cedar een lage vlamverspreidende classificatie heeft, zal het hout beter presteren dan de meeste soorten zwaarder zacht hout, die classificaties hebben van rond de 100. De Canada National Building Code (1995 Article 3.1.13.2) beperkt de vlamverspreidende classificatie van wanden in sommige gebouwen tot 75 of minder. De Western Red Cedar zou een van de zeer weinige massieve houtproducten zijn die hiervoor acceptabel zijn.

De rookontwikkelingsclassificatie geeft de hoeveelheid rook weer die door een brandend materiaal vrijgegeven wordt. Het maximum dat gesteld wordt door de Canadese en VS-codes voor de rookontwikkelingsclassificatie voor binnenwand- en plafondafwerkingen in hoogbouw is respectievelijk 300 en 450. Aldus heeft de Western Red Cedar een vlamverspreidingsnelheid en een rookontwikkelingsclassificatie die significant onder de maximumlimieten liggen die door de VS en Canada Building Codes gesteld zijn.

De verbrandingswaarde van Western Red Cedarhout is 22,56 MJ/kg of 9700 BTU/lb (Nielson *et al.* 1985.)

Afwerking en Bewerkbaarheid

Het hout verdraagt een verscheidenheid aan coatings, verf en beits buitengewoon goed mits het gedroogd en naar behoren gegrond is (Williams *et al.* 1987.) Het is goed te verlijmen met een wijde scala aan hechtmiddelen en lijmomstandigheden. Het hout is een van de gemakkelijkst te bewerken houtsoorten vanwege de rechtadrigheid en de gelijkmatige structuur. Het is gemakkelijk glad te schaven en te schuren (WRCLA 2001),

De Western Red Cedar heeft een vlamverspreidingsnelheid en een rookontwikkelingsclassificatie die significant onder de maximumlimieten liggen die door de VS en Canada Building Codes gesteld zijn.

en vanwege de lage houtdichtheid is er weinig energie voor nodig om het te zagen of anderszins te bewerken.

Ongedroogd Western Red Cedarhout is zeer corrosief voor metalen; chemische slijtage van zagen wordt veroorzaakt door de aantasting van metaal door polyfenolische en tropolone verbindingen in het hout. De toepassing van chemische en slijtbestendige Stellite-uiteinden op de zaagtanden wordt aanbevolen (Kirbach en Bonac 1977; Kirbach 1992.) Het corrosief karakter van de extractieresiduen van de Western Red Cedar (de thujaplicines en de polyfenolen) vereisen het gebruik van corrosiebestendige spijkers en schroeven (bijv., roestvrij staal, thermisch verzinkt metaal en aluminium met grote treksterkte) voor het verwerken van Western Red Cedarhout. In de buitenlucht gebruikte spijkers die aantastbaar zijn, zoals gewone draadnagels en koperen spijkers gaan snel achteruit en ontbinden, en versnellen de oxiderende rotting van het hout rond de spijkers. Na ongeveer een jaar verschijnen er gaten waar eens de spijkers waren. Dit fenomeen komt veel voor bij dakspanen waar gewone stalen spijkers gebruikt zijn. Thermisch verzinkte of roestvrijstalen spijkers dienen altijd gebruikt te worden voor Western Red Cedarhout dat nat kan worden.

Wanneer men vers Western Red Cedarhout met een bandzaag zaagt, kan buitensporige oppervlakteruwheid voorkomen vanwege vezels die trekken tengevolge van een verbingsgebrek tussen de afzonderlijke vezels. Tot 10% van de

grof gezaagde producten voor bevelsiding en lambrisering kunnen hierdoor in waarde achteruitgaan of afgekeurd worden (Kirbach 1996.) Een exploratief onderzoek toonde aan dat het variëren van de hoek tussen de nerf en de snijrichting het probleem zou kunnen verminderen (Kirbach 1996.)

Het hout houdt slecht spijkers, schroeven of bouten vast, waardoor het bevestigingen vereist die eenderde langer zijn of een grotere diameter hebben dan voor hardhoutsoorten (WRCLA 2001.) Het gebruik van gewone stalen en koperen spijkers dient vermeden te worden omdat hout van de Western Red Cedar gevoelig is voor verkleuringen als staal en koper in het hout worden aangetast door thujaplicines of plicatisch zuur (Barton en MacDonald 1971.)

Het gemak waarmee de Western Red Cedar gespleten kan worden is een voordeel bij het fabriceren van met de hand gespleten dakspanen, maar is een nadeel wanneer bomen geveld worden op ruw terrein en door zware machines bewerkt worden. In deze omstandigheden kunnen breuk, afsplijting en versplintering ernstig zijn (McBride 1959.)

Het vermogen van de Western Red Cedar om trillingen te dempen is een belangrijke akoestische eigenschap die het hout bijzonder effectief maakt voor het gebruik voor lambrisering en vloeren om geluid te helpen verminderen of beperken (WRCLA 2001.) Daartegenover staat dat de buitengewone akoestische resonantie-eigenschappen van dun rifthout van de Western Red Cedar het hout een goede keus maakt voor muziekinstrumenten.

Droogeigenschappen

Hout dient gedroogd te worden om bij benadering het vochtgehalte te behouden dat het heeft wanneer het in gebruik is. Dit hangt af van de relatieve vochtigheidsgraad van de lucht in de omgeving (zie Figuur 5.) Binnenshuis behoort het evenwichtsvochtgehalte normaal ongeveer 6

Thermisch verzinkt metaal, roestvrijstaal of spijkers van aluminium met grote treksterkte worden aanbevolen voor de verwerking van Western Red Cedarhout.



Het hout verdraagt een verscheidenheid aan coatings, verf en beits buitengewoon goed.

Het vermogen van de Western Red Cedar om trillingen te dempen is een belangrijke akoestische eigenschap dat het hout bijzonder effectief maakt voor het gebruik voor panelen en vloeren om geluid te helpen verminderen of dempen.

tot 8% te zijn. Western Red Cedarhout wordt kunstmatig gedroogd voor afwerking, werkplaats, lambrisering en timmerhout voor bevelsiding (Mackay en Oliveira 1989.) Het timmerhout is over het algemeen gemakkelijk te drogen met zeer weinig degradatie, maar “kan zeer moeilijk te drogen zijn in dikkere maten” (BRE 1977.) De meeste programma’s gebruiken conventionele of lage temperaturen, of een combinatie van conventionele temperaturen met vervolgens een verandering naar hoge temperaturen (Mackay en Oliveira 1989.) Salamon en Hejjas (1971) toonden aan dat timmerhout van de Western Red Cedar gedroogd kan worden met programma’s met een lage-hoge temperatuurcombinatie zonder dat er iets aan essentiële sterkte of door afwijkingen verloren ging. Avramidis *et al.* (1994) onderzochten het gebruik van radiofrequentie/vacuüm drogen met een constant voltage op Western Red Cedarhout. Zij stelden vast dat zware monsters (9,1 cm bij 9,1 cm in dwarsdoorsnede) zonder vervorming gedroogd konden worden in een veldsterkte van 1,8 kv/m.

Collaps en Honingraat

Onder sommige omstandigheden kan Western Red Cedarhout geneigd zijn tot collaps tijdens het drogen, en om deze reden dienen bredere en dikkere stukken voorzichtig gedroogd te worden. Collaps is het inzakken van het houtoppervlak vanwege de ernstige vervorming van sommige cellen in het hout (Mackay en Oliveira 1989.) Dit wordt over het algemeen toegeschreven aan waterspanningskrachten die zich ontwikkelen binnen celwanden die volledig doordrenkt zijn tijdens het drogen wanneer het vocht door de celwanden passeert en er geen lucht is om de plaats van het vocht in te nemen (Guernsey 1951.) De interne kracht is sterk genoeg om de cellen te laten instorten of in te zakken, vooral als het hout gedurende het drogen door middel van hoge temperatuur week geworden is.

Meyer en Barton (1971) brachten het inzakken in verband met een hoog initieel vochtgehalte en

extractieresiduen van het hout, maar gaven geen definitieve uitleg aan het feitelijke mechanisme dat daarbij betrokken zou zijn. Kobayashi (1985) onderzocht de anatomische structuur van ingezakt hout door middel van een aftastelektronenmicroscopie en vond verbrijzelde tracheïden en vervormd zomerhout. Hij voerde aan dat tracheïden van voorjaarshout eerst verbrijzelden en zich tot een vervormde laag vormden die de bezwijking van de zomerhoutzone veroorzaakte. In cirkelvormige dwarsdoorsneden kwamen de verbrijzelde tracheïden tijdens het drogen met warme lucht concentrisch voor dichtbij het oppervlak en parallel aan de jaarringen in de kern. Inzakking en verbrijzeling kwamen niet voor wanneer het drogen in een vacuüm met de magnetronmethode geschiedde, waarbij aangevoerd kan worden dat inzakking plaatsvindt vanwege droogspanningen die veroorzaakt worden door de vochtgradiënt tijdens het drogen (Kobayashi 1986.)

Inzakking komt voor gedurende de initiële fasen van het drogen (Mackay en Oliveira 1989) wanneer de vochtgehalten hoog zijn (waarschijnlijk boven 50% MC.) Bijgevolg verschilt het van de normale krimp die bij het vezelvezadigingspunt begint. Timmerhout dat geneigd is tot inzakking dient daarom oftewel eerst luchtgedroogd te worden om in een geleidelijke verlaging van het vochtgehalte te voorzien, oftewel kamerdroog gemaakt te worden bij een lage drogeboltemperatuur van ongeveer 120°F, tot het vezelvezadigingspunt, en vervolgens bij normale temperaturen kamerdroog gemaakt te worden (Guernsey 1951; Mackay en Oliveira 1989.)

Guernsey (1951) bemerkte dat houtblokken van laagliggend moerassige grond planken produceerden die gevoelig waren voor inzakking. Dit is bijna onmogelijk te voorspellen op basis van het uiterlijk van een houtblok of vers timmerhout.

TABEL 4.

Chemische componenten van Western Red Cedarhout vergeleken met dat van de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) en de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (waarden worden uitgedrukt als een percentage van het ovengedroogde gewicht van het hout)*

Soorten	Alfacellulose	Hemicellulose	Lignine	Totaal Extractieresiduen	Es (<i>genus Fraxinus</i>)
Western Red Cedar	47.5	13.2	29.3	10.2	0.2
Western Hemlock (<i>Tsuga heterophylla</i>)	48.8	14.7	28.8	5.3	0.5
Douglas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	53.8	13.3	26.7	5.9	0.3

* Lewis 1950

TABEL 5.

Chemische samenstelling bij drie hoogteposities in de boom van Western Red Cedarkernhout en spinthout dat met een gemiddelde snelheid gegroeid is (op basis van vochtvrij hout)*

Monster	Holocellulose	Lignine	Totaal Extractieresiduen**	Es (<i>genus Fraxinus</i>)
Kernhout:				
Stronk	56.5	29.0	15.4	0.32
Midden	59.0	28.1	14.9	0.14
Boven	62.2	28.3	11.1	0.24
Spinthout:				
Stronk	67.1	32.3	3.6	0.54
Midden	66.8	31.4	4.4	0.45
Boven	66.1	29.8	5.0	0.33

*Barton en MacDonald 1971

**Opeenvolgende oplosbaarheid in ethanolbenzeen, ethanol en warm water

Chemische Eigenschappen

De belangrijkste chemische bestanddelen van hout van de Western Red Cedar, namelijk cellulose, hemicellulose, en lignine, komen voor in ongeveer dezelfde verhoudingen als in bijna alle andere soorten zachthout. De holocellulose- en ligninegehalten zijn lager in het kernhout dan in het spinthout. Extractieresiduen, die beschouwd worden als externe chemicaliën die met behulp van water en andere oplosmiddelen geëxtraheerd kunnen worden uit de vezelige structuur (Nearn 1955), zijn aanzienlijk.

Het valt op dat het extractieresidugehalte in

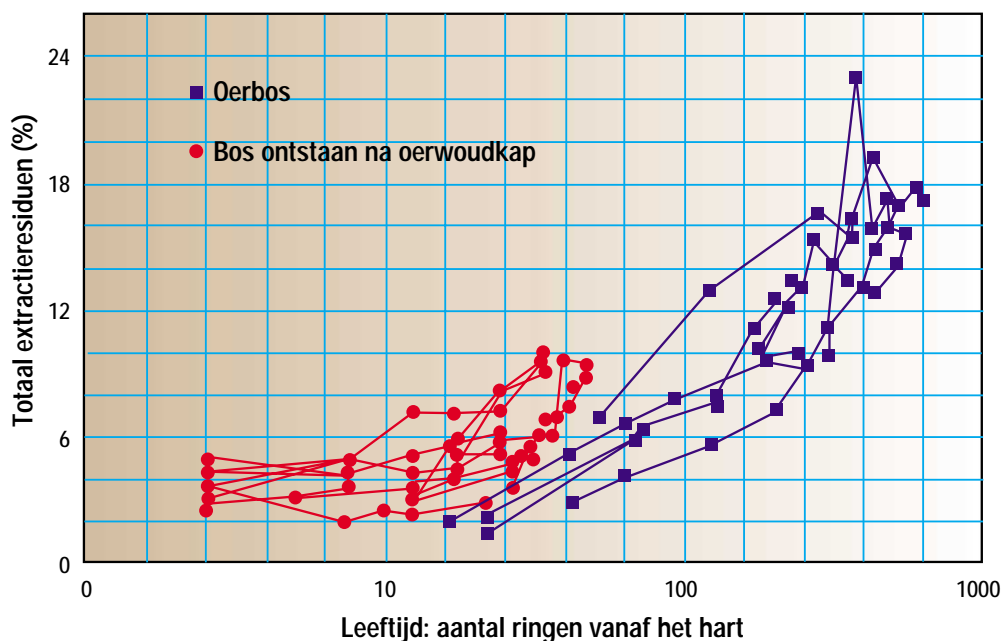
het kernhout opmerkelijk hoog is. Lewis (1950) toonde aan dat de totale warmwaterextractieresiduen in de Western Red Cedar bijna twee keer zoveel bedroegen als in de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) en de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) (Tabel 4.) De totale extractieresiduen uit kernhout verminderden van stronk tot bovenkant (Tabel 5) (Barton en MacDonald 1971.)

Extractieresiduen

De extractieresiduen van kernhout van de Western Red Cedar onderscheiden het van die van de andere zachthoutsoorten in kleur, geur en smaak. Zij beïnvloeden de rottingsresistentie,

FIGUUR 6.

Percentage totale extractieresiduen in oerbos en bos van de Western Red Cedar dat ontstaan is na de oerwoudkap (naar Nault, 1988)



de corrosiviteit, de doordringbaarheid, de verfabbaarheid, het tot houtpulp verwerken en de blekende eigenschappen van de Western Red Cedar buiten alle verhoudingen tot de hoeveelheden die aanwezig zijn (Barton en MacDonald 1971.) Vanwege hun belangrijkheid voor de toepassingen van de Western Red Cedar zijn de extractieresiduen van het kernhout uitgebreid bestudeerd door verschillende onderzoekers (Barton en MacDonald 1971; Jin *et al.* 1988; MacLean 1970; MacLean en Gardner 1956; Minore 1983; Nault 1988; Swan *et al.* 1988; van der Kamp 1986.)

De extractieresiduen die verkregen zijn door middel van warmwaterextractie worden met gebruik van stoomdestillatie gemakkelijk gesepareerd in vluchtige (1,0 tot 1,5% van het kernhout) fracties (5 tot 15%) (Barton en MacDonald 1971.) De vluchtige fractie bestaat voornamelijk uit de thujaplicines, thujiczuur en methylester. Vooral de thujaplicines, en het thujiczuur in mindere mate, zijn uitstekende natuurlijke schimmeldodende middelen. De thujaplicines zijn zeer giftig voor schimmels die hout vernietigen; Hun giftigheid is even hoog als

die van natriumpentachloorphenol (Barton en MacDonald 1971.) Methylthujaat is een van de extractieresiduen die verantwoordelijk is voor de karakteristieke geur van de Western Red Cedar en is enigszins giftig voor de tapijtkever en de case-making clothes moth (*Tinea pellionella* of *Tineola biselliella*) (Barton 1962.) Om deze reden is de Western Red Cedar een geprefereerde houtsoort voor het binnenwerk van dekenkisten.

De hoeveelheid thujaplicines en wateroplosbare fenolen in het kernhout neemt straalsgewijs toe vanuit het hart maar is in het spinthout verwaarloosbaar. De thujaplicines variëren van 0% bij het hart tot wel 1,8% in het buitenste kernhout van een oerbosboom (Barton en MacDonald 1971; MacLean en Gardner 1956; Nault 1988.) Naarmate hoger in de stam is een algehele afname van fungitoxische extractieresiduen met een toenemende afstand (Barton en MacDonald 1971; Cartwright 1941; MacLean en Gardner 1956.) Terwijl de boom volgroeid raakt neemt het vermogen om deze extractieresiduen te produceren toe.

Nault (1988) toonde aan dat jongere bomen grotere hoeveelheden extractieresiduen hadden

Het gebrek aan hars of harshoudende extractieresiduen die oplosbaar zijn in verfoplosmiddelen draagt bij aan het feit dat de cedar goed te schilderen is.

dan binnenste kernringen uit oerbos van dezelfde leeftijd (d.w.z., jaren na de zaadontkieming.) Thujaplicines en andere extractieresiduen ontbraken geheel of waren in zeer kleine hoeveelheden aanwezig in sommige jaarringen in sommige oerbosbomen (Figuur 6.) Dit fenomeen wordt toegeschreven aan de mogelijke degradatie van de thujaplicines in inactieve verbindingen (Jin *et al.* 1988) dat op pagina 10 besproken wordt. De niet-vluchtige fractie bestaat voornamelijk uit complexe polyfenolische verbindingen. De belangrijkste component hiervan is plicatisch zuur (Barton en MacDonald 1971; Swan *et al.* 1988) dat gevoelig is voor hitte en licht. Plicatisch zuur is verantwoordelijk voor het doorsijpelen in geverfde oppervlakken. Daarentegen kunnen de polyfenolen antioxidanten zijn die ertoe bijdragen verflagen te stabiliseren (Barton en MacDonald 1971.)

Kernhoutlignines en in water oplosbare extractieresiduen van de bast van de Western Red Cedar blijken met mate giftig te zijn voor zalm, maar minder giftig dan de gebladerteterpenen en de thujaplicines (Peters *et al.* 1976.) Het weglekken van afscheiding van de Western Red Cedar van stortterreinen en houtafval in beken dient vermeden te worden.

Het hoge extractieresidugehalte van de Western Red Cedar is gedeeltelijk verantwoordelijk voor de uitstekende lage krimp en zwelling en het vermogen om verf vast te houden. Het gebrek aan pijnhars of harshoudende extractieresiduen die oplosbaar zijn in verfoplosmiddelen draagt bij aan de goede verfeigenschappen van de cedar (Barton en MacDonald 1971.)

Chemische Verkleuringen

Er kunnen verkleuringen gevonden worden op cedaroppervlakken die aan het weer blootgesteld zijn. Wanneer er gewone stalen spijkers gebruikt worden om cedarhout te bevestigen, verschijnt er een blauwzwarte verkleuring rond de koppen van de spijkers die veroorzaakt wordt door de reactie

tussen de wateroplosbare polyfenolen in het hout en het ijzer in de spijker. Wanneer het ijzer reageert met de thujaplicines in de cedar, zoals wanneer staal in contact komt met lichtgekleurde niet-verduurzaamde cedar, wordt er een karakteristieke niet in water oplosbare verkleuring gevormd (Barton en MacDonald 1971.)

Soms, binnen enkele maanden na de installatie, komen er verkleuringen voor als kleine spikkels bruine afscheiding of als vlekken met een roodbruine verkleuring op afgewerkte buitenoppervlakken. Op het eerste gezicht kunnen de verkleuringen gemakkelijk met water weggewassen worden, maar ze worden onoplosbaar door de werking van het zonlicht en de lucht (Barton en MacDonald 1971.) De verkleuringen bestaan uit wateroplosbare extractieresiduen van cedar die in een wateroplossing naar de oppervlakte trekken, en een bruine verkleuring afzetten wanneer het water verdampt. Dit kan veroorzaakt worden door het onjuiste gebruik van waterhoudende emulsie of latexverf die direct, zonder voorbereiding, op het cedarhout aangebracht zijn. Dit kan voorkomen worden door het oppervlak naar behoren te gronden met een laag van grondverf die op olie gebaseerd is of door chemicaliën aan de eerste laag van de latexverf toe te voegen die de gekleurde extractieresiduen fixeert en verhindert dat ze door de volgende lagen verf naar het oppervlak trekken (Feist 1977.) Waterdamp van binnenin het huis die tijdens koud weer condenseert in de buitenmuren, of regen dat dunne, poreuze verflagen of verbindingen in de bevelsiding penetreert, kunnen de extractieresiduen ook oplossen en ze naar het oppervlak brengen wanneer deze droog wordt.

Rotbestendigheid

Zoals bij bijna alle soorten zachthout bevat het spinthout zeer weinig extractieresiduen en, omdat het een zeer lage natuurlijke duurzaamheid bezit, wordt het beschouwd als bederfelijk of niet-duurzaam. Het kernhout van de Western Red Cedar is echter vermaard om de hoge rotbestendigheid ervan. Deze natuurlijke

duurzaamheid wordt toegeschreven aan de aanwezigheid van extractieresiduen, vooral de thujaplicines, en in mindere mate aan de wateroplosbare fenolen die giftig zijn voor een aantal houtrottende schimmels. Derhalve loopt het patroon van rotbestendigheid binnen het kernhout parallel met de distributie van deze

extractieresiduen in de stam (Barton en MacDonald 1971; Cartwright 1941; Englerth en Scheffer 1954; Erdtman en Gripenberg 1948; Roff en Atkinson 1954; Rudman 1962; van der Kamp 1986.) De rotbestendigheid van volwassen Western Red Cedarbomen aan de kust is minder bij het hart dan bij het buitenste kernhout, en minder aan de bovenkant dan bij de stronk van een stam (Roff *et al.* 1963; Scheffer 1957.)

Studies van kernhout van de Western Red Cedar (Jin 1987; Jin *et al.* 1988; van der Kamp 1975) hebben aangetoond dat het rottingsproces de opeenvolgende werking van micro-organismen in het kernhout met zich meebrengt. De eerste indringers degraderen de thujaplicines tot niet-toxische verbindingen, waarbij ze het kernhout ontgiften en het voorbereiden op de latere invasie door rotschimmels. Een product van dit degradatieproces is thujine, benoemd en beschreven door Jin (1987) als niet giftig voor de gewone rotschimmel van de Western Red Cedar aan de kust. In kernhout waarvan het binnenste donkerder is geworden dan het buitenste werd ontdekt dat de hoeveelheid thujaplicines afgenomen was terwijl die van de thujine toegenomen was (Jin *et al.* 1988.) De initiële invasie door de schimmels die extractieresiduen kunnen ontgiften vindt plaats in het centrum van de stam waar de rotting begint en naar buiten doorgaat (van der Kamp 1975.) Aldus is het normaal om boomstammen van overrijpe Western Red Cedarbomen te vinden die hol zijn vanwege het houtverlies dat door rotting veroorzaakt is.

In British Columbia is het totale volume van geaccumuleerde rot in levende bomen meer voor

de Western Red Cedar dan voor enige andere naaldboom. Verlies door rotting en infecties kwamen in het binnenland waarneembaar meer voor dan aan de kust (Buckland 1946.)

Omdat vroeger onderzoek in het Western Forest Products Laboratory (nu Forintek) aangaf dat de effectiefste extractieresiduen voor het verlenen van duurzaamheid aan de β - en γ -thujaplicines van de Western Red Cedar waren (Barton en MacDonald 1971), werd er aangenomen dat de duurzaamheid van kernhout van de Western Red Cedar bepaald kon worden door de analyse van deze twee chemicaliën. Recentelijk is aangetoond dat dit een valse aanname is omdat de correlatie tussen het thujaplicinegehalte en het gewichtsverlies in rottingsproeven in het laboratorium laag is (DeBell *et al.* 1999, DeBell *et al.* 1997.) Het is duidelijk dat andere verbindingen bijdragen aan de duurzaamheid van het hout. Fenolische lignanverbindingen in de Western Red Cedar zijn zwak schimmeldodend (Roff en Atkinson 1954), maar de mate waarin ze bijdragen aan de natuurlijke duurzaamheid is onbekend. Andere schimmeldodende middelen of fungitoxische componenten van het kernhout van de Western Red Cedar die momenteel onbekend zijn, dienen nog opgehelderd te worden. Op dit moment gelooft men dat de thujaplicines en de lignines deel uitmaken van een doorwrocht defensiearsenaal dat ontwikkeld is om het kernhout te bewaken tegen de invasie van schimmels en bacteriën.

De resultaten die verkregen zijn in een perceelsgewijs onderzoek van Freitag en Morrell (2001) toonden aan dat blokken die van jongere bomen afgezaagd waren dezelfde gewichtsverliezen hadden als die die door Scheffer verkregen zijn met oerboshout (1957.) De auteurs concludeerden dat de duurzaamheid van jonger hout dat ontstaan is na de oerwoudkap niet veranderd was ten opzichte van de duurzaamheid van vroeg ouder hout. De studie van de duurzaamheid van cedar die ontstaan is na de oerwoudkap is onvolledig, maar de gegevens die eerder besproken zijn (Nault 1988) geven aan dat het extractieresidugehalte

Het kernhout van de Western Red Cedar is vermaard om de hoge rotbestendigheid.

De Thuja plicata staat in de hoogste categorie voor duurzaamheid van alle zachthoutsoorten die opgenomen zijn in de Europese norm.

hoger is in vitale jonge bomen dan in inwendige kernhoutdelen van oerbosbomen van dezelfde leeftijd sinds de zaadontkieming. Dit geeft waarschijnlijk de eerder genoemde langzame degradatie weer van extractieresiduen door micro-organismen in grote oude bomen.

Duurzaamheid Vergeleken met Andere Houtsoorten

Gegevens die de rotbestendigheid van de Western Red Cedar vergelijken met andere houtsoorten zijn schaars. In ASTM D 2017 standaard perceelsgewijs onderzoek naar natuurlijke duurzaamheid werd de Western Red Cedar geassocieerd als even duurzaam als twee Taiwanese houtsoorten: De valse cipres uit Formosa (*Chamaecyparis formosensis*) en de Taiwanese “wierook” ceder (*Calocedrus formosana*.) Geen van deze drie houtsoorten werden substantieel aangevallen door schimmels (Lin *et al.* 1999.) De *Pinus taiwanensis* werd in belangrijke mate aangetast door bruinrot- en witrotschimmels, terwijl de Nootka cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*) in belangrijke mate werd aangevallen door een witrotschimmel.

Hoewel in Noord-Amerika de Western Red Cedar in brede kring beschouwd wordt als een zachthoutsoort, zijn er geen Noord-Amerikaanse normen die natuurlijke duurzaamheid classificeren. De Europese norm voor natuurlijke

rotbestendigheid is EN 350-2 1994 *Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe*. Er wordt een systeem van vijf classificaties gehanteerd, waarvan 1 “Zeer Duurzaam” is en 5 “Niet Duurzaam” is. De classificatie is alleen van toepassing op het kernhout, omdat het spinthout van alle houtsoorten beschouwd wordt als behorende in Klasse 5. Extra subclassificaties kunnen toegevoegd worden: waarbij D betekent duurzaam tegen houtborende insecten; of S, wat betekent gevoelig voor houtborende insecten *Hylotrupes bajulus* en *Anobium punctatum* (doodskloppertje.) Subclassificaties D, M (matig duurzaam), of S worden ook gebruikt om resistentie tegen termieten te beschrijven.

Er wordt in Tabel 6 een uittreksel gegeven van de EN 350-2 norm. De Noord-Amerikaanse Western Red Cedar is Klasse 2 (duurzaam tegen schimmels) - S (*Hylotrupes*) - S (*Anobium*) - S (termieten.) Dit is de hoogste categorie voor duurzaamheid van alle zachthoutsoorten die opgenomen zijn in de EN norm. De Europese Western Red Cedar wordt geassocieerd als Klasse 3 (matig duurzaam) d.w.z., minder duurzaam dan hetzelfde hout dat in Noord-Amerika gegroeid is. Lariks is opgenomen in Tabel 6 omdat dit hout het duurzaamst is van de Europese zachthoutsoorten en is Klasse 3 – 4 (enigzins duurzaam.)

TABEL 6.
De natuurlijke duurzaamheid en behandelbaarheid van de Western Red Cedar in de Europese normen

Nr.	Wetenschappelijke naam	Algemene naam	Herkomst	Natuurlijke Duurzaamheid				Behandelbaarheid	
				Schimmels	Hylotrupe	Anobium	Termieten	Kernhout	Spinthout
2.6	<i>Larix decidua</i> Mill., <i>L. Kaempferi</i> (Lamb.) Sarg. [= <i>L. leptolepis</i> (Sieb. & Zucc.) Gord.], <i>L. x eurolepis</i> A. Henr. <i>L. occidentalis</i> Nutt.	Lariks	Europa Japan	3-4	S	S	S	4	2
2.19	<i>Thuja plicata</i>	Western Red Cedar	N. Amerika Gecultiveerd in het Verenigd Koninkrijk	2	S S	S S	S S	3-4 3-4	3 3

Bron: EN 350-2 Standaard

In Japan is de Western Red Cedar samen met de Nootka cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*) geclassificeerd als Duurzaamheidsklasse D1 dat ook de duurzame Japanse soorten hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) en sugi (*Cryptomeria japonica*) omvat.

Duurzaamheid onder Extreme Omstandigheden

Ondanks de natuurlijke duurzaamheid van de Western Red Cedar is het raadzaam om het hout onder druk met houtverduurzamingsmiddelen te behandelen om de gebruiksduur te verlengen voor toepassingen waarbij breuk of het risico van extreme rotting ernstige gevolgen heeft (bijv., bij elektriciteitspalen en dakbedekkingsmateriaal in gebieden waar veel regen valt, dient het hout onder druk met houtverduurzamingsmiddelen behandeld te worden.)

Elektriciteitspalen van Western Red Cedarhout worden wijd en zijd gebruikt in het westen van Canada en de het noordwesten van de VS aan de kust van de Grote Oceaan. Deze palen krijgen bijna altijd de volledige drukbehandeling met houtverduurzamingsmiddel om het spinhout te beschermen. In het westen van Canada worden dakspanen van Western Red Cedarhout meestal ook met houtverduurzamingsmiddelen behandeld. In tegenstelling tot gebouwen in het begin van de twintigste eeuw is het modern gebruik om geen badding onder dakspanen te gebruiken, maar om ze direct op het dakbeschot te timmeren. Daardoor blijft het cedarhout langer nat in natte gebieden, wat de extractieresiduen uitdunt doordat ze voortdurend doorweekt zijn, waardoor het risico van rotting hoog wordt. Hoewel kernhout van de Western Red Cedar zeer ondoordringbaar is, kan de overlangse penetratie van de dwarsnaden van de dakspanen met houtverduurzamingsmid delen bereikt worden daar waar de depletie van extractieresiduen het snelst gaat en rotting het meest waarschijnlijk begint vanwege blootstelling aan weer en wind (Morris *et al.* 1995.) De EN 350-2 norm (Tabel 6) omvat de bewerkbaarheidsklassen



van verschillende houtsoorten gebaseerd op algemene waarnemingen die in verband staan met vacuüm/druk-behandelingsprocessen. Kernhout van de Western Red Cedar wordt geclassificeerd als 3 (moeilijk te impregneren) tot 4 (zeer moeilijk te impregneren.) Dit geldt ook voor het meeste andere Europese en Noord-Amerikaanse zachthout.

Dakspanen worden blootgesteld aan sterk ultraviolet (UV) licht en het hout wordt langzaam geërodeerd door ultraviolet licht (zonlicht) (Swan *et al.* 1988.) Blootstellingsstudies op de testlocatie van de University of British Columbia in Haney, BC toonden een erosiesnelheid aan van ongeveer 1 mm in 8 jaar op dakspanen met een zuidelijke blootstelling (Byrne *et al.* 1987.) Morris *et al.* (1995) lieten zien dat behandelingen met hout verduurzamingsmiddelen die gebaseerd waren op koper en chroom de oppervlakte-erosie van dakspanen deed afnemen.

Resistentie tegen Termieten en Houtboorders

Er is ontdekt dat de natuurlijke resistentie van de Western Red Cedar tegen aanvallen van termieten varieert met het soort termieten, de herkomst van het hout en de voedingsomstandigheden. De Western Red Cedar is “niet-geprefereerd” d.w.z., de termieten zullen geen hout van de Western Red Cedar eten wanneer zij toegang hebben tot andere houtsoorten die minder resistent zijn. De Western Red Cedar wordt echter wel aangevallen als er geen andere voedselbronnen beschikbaar zijn (Carter en Smythe 1974; Mannesmann 1973; Su en Tamashiro 1986.) Het consumeren van cedar resulteert in een aanzienlijke termietensterfte.

De resistentie tegen houtboorders en termieten van alle zachthoutsoorten die in de EN-norm staan (Tabel 6) is geclassificeerd als Gevoelig. De Western Red Cedar heeft echter duidelijk een resistentie tegen termieten. In de referentie genoemd onder duurzaamheid hebben Lin en Chang (1999) ook dezelfde houtsoorten getest in ASTM D 3345-74 geen-keuzetoetsen tegen de

onderaardse termiet uit Formosa, (*Coptotermes formosanus*), een van de meest agressieve termietensoorten. Het gewichtsverlies van de Western Red Cedar was vergelijkbaar met dat van de valse cipres uit Formosa (*Chamaecyparis formosensis*) en de Taiwanese “wierook” ceder (*Calocedrus formosana*), maar de Western Red Cedar was niet zo termietenbestendig als de Nootka cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*), die van de vier duurzame houtsoorten het laagste gewichtsverlies vertoonde. Gebaseerd op een grote keuzetest van kernhout van zeven verschillende soorten, kreeg de Western Red Cedar een “zeer resistent” notering samen met vijf andere natuurlijk duurzame houtsoorten, inclusief de hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) en de Nootka cipres (*Chamaecyparis nootkatensis*) (Suzuki en Hagio 1999.) In deze test hadden de termieten (*C. formosanus*) andere voedselbronnen, zoals de niet-resistente soorten en plaatmateriaal die preferentieel geconsumeerd werden.

De Western Red Cedar wordt “niet-geprefereerd” door termieten... zij zullen de cedar niet eten wanneer zij toegang hebben tot ander voedsel.

In een laboratoriumstudie (Su en Tamashiro 1986) die de gevoeligheid van zes houtsoorten onderzocht voor aanvallen door de onderaardse termiet uit Formosa (*C. formosanus*), bleken de Western Red Cedar en de Californische sequoia (*Sequoia sempervirens*) het meest resistent of het minst geprefereerd door deze termiet vergeleken met de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), de Ponderosaden, de Engelmannspar (*Picea engelmanni*) en de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*). Ongeveer 50% van de termieten die alleen Western Red Cedarhout consumeerden stierven na drie weken. In de praktijk echter, waar de resistentiefactoren door micro-organismen afgebroken konden zijn, en waar de termieten toegang hadden tot andere voedingsbronnen en het overleefd hadden, werd ontdekt dat zowel de Californische sequoia (*Sequoia sempervirens*) als de Western Red Cedar zwaar beschadigd werd.

In een andere test heeft Mannesman (1973) 21 verschillende soorten hout blootgesteld aan (*C. formosanus*) en de *Reticulitermes virginicus*. Onder geforceerde omstandigheden en voedingskeuze-

omstandigheden gaven beide soorten termieten de voorkeur aan Western Red Cedarhout boven veel van de andere soorten.

Carter en Smythe (1974) stelden blokken kernhout van de Western Red Cedar onder geforceerde en voedingskeuze-omstandigheden bloot aan de aanval van *Reticulitermes flavipes*. De houtblokken werden verkregen van twee verschillende planken van een houthandel. De auteurs verkregen zeer verschillende resultaten van de twee planken. Ongeacht de voedingsomstandigheden was één plank gevoeliger voor een termietenaanval dan de andere plank. Bij één plank overleefden 60% van de termieten na zes weken Western Red Cedarblokken geconsumeerd te hebben. Bij de tweede plank overleefden na slechts 4 weken vrijwel geen termieten.

Gezondheidseffecten

Massief Western Red Cedarhout kan veilig in contact met voeding gebruikt worden. Het is al heel lang in gebruik als kookgerei en voor voedselopslagcontainers door Indianenstammen in British Columbia. Meer recentelijk is het bakken van vis op cedarplanken een populaire gourmetervaring geworden. Terwijl de extractieresiduen van de Western Red Cedar giftig zijn voor schimmels en insecten die hout vernietigen, zijn ze stevig door het hout omhuld. Hoewel ze geëxtraheerd kunnen worden, dient het hout tot fijn stof gemalen te worden en vervolgens met een oplosmiddel gekookt te worden om een



oplossing van extractieresiduen te verkrijgen. Sommige vluchtige extractieresiduen van de Western Red Cedar verdampen van het oppervlak van het hout dat in sauna's gebruikt wordt, maar ze worden beschouwd als niet schadelijk voor de mens.

Eczeem door huidcontact met een allergeen van de Western Red Cedar is zeldzaam, maar waar het veroorzaakt wordt door blootstelling aan kernhout van de Western Red Cedar, wordt het toegeschreven aan γ -thujaplicine en 7-hydroxyiso propyltropolone (Beaumink *et al.* 1973.)

Er wordt allergie voor de Western Red Cedar gemeld (Minore 1983.) Zoals bij andere houtsoorten lijken de meeste gezondheidsproblemen in verband te staan met het inademen van fijn zaagsel. Contact tussen fijn cedarstof en het slijmvlies is nodig voor het krijgen van een allergische reactie. Astma of rinitis (neusslijmvliesontsteking) wordt soms ontwikkeld na blootstelling aan het stof (Mitchell en Chan-Yeung 1974.) De fysieke aanwezigheid van zaagsel op het slijmvlies van de ogen en de neus maakt sommige mensen aan het niesen en tranen (Chan-Yeung M. 1994.) Symptomen zoals nachtelijk hoesten en astma kunnen op zich laten wachten maar kunnen dagen- of wekenlang na de blootstelling aanhouden. Plicatisch zuur, de belangrijkste niet-vluchtige fractie in het extractieresidu van de Western Red Cedar, is geïdentificeerd als het verantwoordelijke allergeen (Mitchell en Chan-Yeung 1974.) Dit is later bevestigd door Frew *et al.* (1993) die ontdekten dat bij de meeste patiënten met "Western Red Cedarastma", het plicatisch zuur histamine vrijgaf van bronchiale mastocyten.

Slechts 2 tot 5% van de mensen ontwikkelt een allergische gevoeligheid voor één of meer verbindingen die in hout gevonden worden, meestal door het inademen van het stof (Woods en Calnan 1994.) De frequentie waarmee gezondheidsproblemen voorkomen die veroorzaakt worden door hout en bijproducten van hout (zoals zaagsel) is laag vergeleken met veel

andere industriële materialen (Bolza 1980.) Omdat fijn houtstof geïdentificeerd is als een voor de mens prikkelende stof/sensibilisator/carcinogeen, dient men toch maatregelen te nemen om blootstelling te vermijden, vooral van de ogen en de ademhalingswegen. Een goede industriële hygiëne vereist dat machinale bediening gebruikt wordt waar dat haalbaar is om werkplaatsniveaus tot onder de blootstellingslimieten te verlagen. Daartoe dient een werkplaats met welk zaagsel dan ook goed geventileerd te worden, waarbij het zaagsel verwijderd kan worden door afzuiging aan de machines die het stof produceren. Onder bepaalde omstandigheden mogen gasmaskers gebruikt worden (OSHA, niet gedateerd.)

Er is ontdekt dat een waterextract van kernhout van de Western Red Cedar een remmend effect heeft op de groei van een brede variëteit aan bacteriën en schimmels, zelfs na langdurig koken (Southam 1946.) Grote doseringen van het extract hadden geen slecht effect op muizen.

Mechanische Eigenschappen

Gegevens uit sterkteproeven van kleine foutvrije monsters waren de traditionele basis voor het afleiden van de toelaatbare ontwerpeigenschappen voor timmerhout, en worden nog steeds gebruikt om de toelaatbare belasting vast te stellen (niet gedekt door in-grade testmethoden) zoals druk loodrecht op de nerf en schuifkracht parallel aan de nerf. De gemiddelde sterkte-eigenschappen van de Western Red Cedar zoals vastgelegd door standaard sterkteproeven van kleine, foutvrije vershoutmonsters (Jessome 1977) worden in Tabel 7 gegeven. Deze sterkte-eigenschappen zijn alleen van toepassing op Western Red Cedarhout dat in Canada gegroeid is. Waarden die aangepast zijn aan een luchtdroge conditie (12% MC) worden ook gegeven. De informatie en principes voor het converteren van standaard foutvrije hout sterktewaarden naar belastingen in ontwerp worden gegeven in de American Society for Testing and Materials, Annual Book of Standards, Section 4, D-2555 (1996.)

Midden in de zeventiger jaren opperde Professor Borg Madsen van de University of British Columbia dat ontwerpeigenschappen voor gezaagd timmerhout gebaseerd zouden moeten worden op tests van hout op ware grootte (Barrett en Lau 1994.) Dit leidde tot het concept van in-grade testen die gegevens zouden produceren die het gedrag van producten onder eindgebruikcondities nauwkeurig weergaven. Er waren nog geen in-grade testen met Western Red Cedarhout gedaan omdat het een bijzondere houtsoort betrof die niet vaak gebruikt werd voor stijlen of licht constructief stijl- en regelwerk. Desalniettemin is de Western Red Cedar ondergebracht bij de “minder-volume soorten” onder de commerciële naam

“Northernsoorten” om gespecificeerde sterktes onder te brengen bij de verschillende klassen van de Western Red Cedar die geclassificeerd is onder de voorschriften van de National Lumber Grades Authority (NLGA.) De groep van “Northernsoorten” omvat alle houtsoorten die niet ondergebracht zijn in een van de combinaties van de drie belangrijkste soorten (S-P-F, Hem-Fir, D-fir-L) die geclassificeerd zijn onder de NLGA-voorschriften (Canadian Wood Council 2001.) De sterktes en de elasticiteitsmodulus voor de Western Red Cedarpalen en timmerhout worden ook in de Wood Design Manual gepresenteerd (Canadian Wood Council 2001.)

TABEL 7.
Mechanische eigenschappen van Western Red Cedar gebaseerd op monsters zonder fouten (naar Jessome 1977)

	Vochtigheidsgraad	Aantal Monsters	Vers	Luchtdroog	
	Relatieve Dichtheid		0.312 ^a	0.339 ^b	
Statisch Buigen	Spanning bij de Proportionaliteitsgrens (MPa)	204	21.4 (19.9)	34.4	
	Breukmodulus (MPa)	204	36.5 (13.2)	53.8	
	Elasticiteitsmodulus (MPa)	204	7240 (12,7)	8270	
Slagbuigproef	Het laten vallen van een hamer van 22,7 kg bij Volledige Mislukking	100	410 (23,0)	430	
Compressie Parallel aan de nerf	Spanning bij de Proportionaliteitsgrens (MPa)	108	15,9 (17,6)	27,4	
	Maximale Drukspanning (MPa)	406	19,2 (15,1)	33,9	
	Elasticiteitsmodulus (MPa)	108	8070 (13,4)	9100	
Compressie Loodrecht op de nerf	Spanning bij de Proportionaliteitsgrens (MPa)	114	1,92 (28,4)	3,43	
Hardheid	van de druk nodig om een kogel van 11,3 mm. Voor de helft in hout te persen (N)	Zijkant	222	1180 (20,1)	1470
		Uiteinde	111	1920 (16,0)	3000
Schuifkracht Parallel aan de nerf	Maximale Spanning (MPa)	72	4,80 (13,8)	5,58	
Spanning Loodrecht aan de Nerf	Maximale Spanning (MPa)	72	1,64 (26,9)	1,46	

Nummers tussen haakjes zijn variatiecoëfficiënten die verkregen zijn uit tests met kleine verse foutvrije bomen, maar die ook van toepassing zijn op luchtdroogde cedar.

a Primaire Relatieve Dichtheid (ovendroog gewicht/vers volume)

b Nominale Relatieve Dichtheid (ovendroog gewicht/droog volume)

TOEPASSINGEN

Overzicht

De unieke eigenschappen van de Western Red Cedar maken toepassingen mogelijk die zich onderscheiden van andere soorten zachthout.

De Western Red Cedar is vermaard vanwege de natuurlijk voorkomende resistentie tegen vocht, rot en insectenschade. De

natuurlijke duurzaamheid maakt Western Red Cedarhout ideaal voor gebruik in de bu-

itenlucht: daken, bevelsiding, bin-

nenwanden, portieken,

omheiningen, schuiframen, planken

tuinvloeren, ramen en

deurkozijnen. Western Red

Cedarhout is het materiaal dat de

voorkeur heeft voor toepassingen buitens-

huis die een natuurlijke uitstraling moeten hebben

gecombineerd met stabiliteit en

duurzaamheid, van bevelsiding en patiovloeren

tot omheiningen, bloembakken, schermen, afdaken en tuinmeubilair. Met de fraaie nerf, structuur

en kleur vervult cedar alle bouwkundige stijlen van traditioneel tot modern.

Binnenshuis maakt de lage krimp en zwellen en het uiterlijk van cedar het zeer geschikt voor een

verscheidenheid aan gebruik, o.a. vensterluiken, lambrisering, lijstwerk en saunalambrisering. De

cellulaire structuur van het hout bevat inwendige luchtruimtes die het een isolatiewaarde geven die

hoger is dan van de meeste houtsoorten en veel hoger dan van baksteen of beton. Gebouwen

die uitgerust zijn met lambrisering, plafonds of bevelsiding van cedar zullen daarom koeler in de zomer en warmer in de winter zijn. De Western Red Cedar heeft ook uitstekende geluiddempende en absorptiekwaliteiten en wordt daarom toegepast in het interieur van concertzalen voor een verhoogde akoestiek.

Western Red Cedar is gemakkelijk te bewerken met zowel handgereedschap als machinaal. Het

is licht in gewicht en gemakkelijk te hanteren en te installeren door zowel de professioneel als de

doe-het-zelver. Het hout kan goed gemodeleerd, geschaafd, geschuurd, gespijkerd en gelijmd

worden. Het is vrij van pijnhars en andere harssoorten en is een uitstekende basis voor

een scala aan afwerkingen. Het kan afgewerkt worden als een rijk glimmend oppervlak dat nog

fraaier gemaakt kan worden met transparante en gekleurde beitsen of met verf.

Bevelsiding en Lambrisering

Verschuiving, duurzaamheid, isolatiewaarde en lage krimp en zwellen zijn de voornaamste

voordelen van Western Red Cedarhout als bevelsiding buitenshuis en lambrisering

binnenshuis. Het vermogen van Western Red Cedarhout om trillingen te dempen en geluid te

helpen verminderen of beperken maakt het vooral effectief in gebruik als lambrisering. Het is geschikt

voor alle soorten architectuur, en veelzijdig genoeg om in gezinswoningen en commerciële





of industriële gebouwen gebruikt te worden. Het wordt overal in sauna's toegepast vanwege de lage warmtegeleidbaarheid van het hout.

Bevelsiding van Western Red Cedarhout is in een scala van typen en kwaliteiten te verkrijgen. Bevelsiding is een vaak gebruikt type gevelkleding in cedarhout. Het wordt geproduceerd door delen diagonaalgewijs door te zagen in twee delen waarvan de zijkanten ongelijk van dikte zijn. Het fabricageproces resulteert in delen met één fijnbezaagde zijde. De andere zijde is glad of bezaagd afhankelijk van de sortering of de voorkeur van de klant. Bevelsiding wordt horizontaal geïnstalleerd en geeft een aantrekkelijke schaduwlijn die varieert met de dikte van de geselecteerde bevelsiding.



Bevelsiding is in foutvrije en knotty kwaliteiten verkrijgbaar. Foutvrije bevelsiding heeft een chique uitstraling. Knotty bevelsiding heeft warmte en een nonchalante charme die ideaal is voor gezinswoningen, vakantiehuisjes, clubhuizen en toepassingen waarbij een rustiek uiterlijk gewenst is. Naast volhout bevelsiding produceren sommige bedrijven bevelsiding met vingerlasverbinding. De naden met precisiepassing zijn vrijwel onzichtbaar en sterker dan het omringende hout.

Bevelsiding met messing-en-groefverbindingen voor buitenshuis of lambrisering voor binnenshuis wordt wijd en zijd gebruikt vanwege het karakteristiek uiterlijk en veelzijdigheid. Het kan horizontaal, verticaal en diagonaal

geïnstalleerd worden, waarbij iedere keuze een onmiskenbaar verschillend uiterlijk heeft. De naden tussen de aangrenzende stukken zijn meestal V-vormig maar glad, "dagkant"- en radiusvoegen zijn ook te verkrijgen. De verschillende voegen en oppervlaktestructuren in bevelsiding met messing-en-groefverbindingen vormen een scala van lijneffecten die de veelzijdigheid van het product benadrukken.

Bevelsiding met overnaadse beschietingen wordt meestal in een verscheidenheid van patronen aangeboden. Bevelsiding met groeven is een populair soort bevelsiding met overnaadse beschietingen en wordt toegepast wanneer een rustiek uiterlijk gewenst is. Het is een veelzijdige bevelsiding die verticaal, horizontaal of diagonaal geïnstalleerd kan worden. In bevelsiding met groeven overlapt iedere plank de plank ernaast, waardoor er een kanaal gecreëerd wordt dat schaduwlijneffecten, een uitstekende weerbescherming en een dimensionale beweging geeft.

Ontwerpen met planken en meskant gezaagde balken behoeven brede foutvrije of kwastige planken die op afstand geplaatst zijn met smallere tengels die de voegen afdekken. Er worden uiteenlopende combinaties van verschillende breedten gebruikt om verschillende uiterlijken te creëren die geschikt zijn voor grote en kleinschalige toepassingen.

Instructie voor het installeren van bevelsiding van uiteenlopende cedersoorten op verschillende muurconstructies, de keuze uit verschillende soorten en patronen en hun toepassingen staan uitgebreid beschreven in de WRCLA publicaties getiteld "Specifying Cedar Siding" en "Installing Cedar Siding" (www.cedar-siding.org.)

Lijstwerk

Western Red Cedarhout wordt veel gebruikt voor afwerkingen zoals hoekbeschermers, boeiboorden, plinten, en deur- en raamafwerkingen. Een afwerking van Western Red Cedarhout vervolmaakt alle moderne bekledingsmaterialen en een scala aan bouwkundige stijlen.

Afwerkingsplanken van Western Red Cedarhout zijn verkrijgbaar in foutvrije en kwastige kwaliteiten. Foutvrije kwaliteiten zijn de rechtdradige producten van hoge kwaliteit en worden aangeraden wanneer een consistente en gelijke kwaliteit verlangd wordt. Planken met kwasten hebben een rustieker uiterlijk.

“Specifying Trim Boards” van de WRCLA voorziet in een specifiekere informatie betreffende beschikbare maten en kwaliteiten.



Tuinvloeren en Accessoires

Planken tuinvloeren zijn een populaire manier om de leefruimte buitenshuis uit te breiden, waarbij huis en landschap geïntegreerd worden, en waarbij een traditioneel huis gemoderniseerd wordt. De keuze van materiaal voor een tuinvloer is net zo belangrijk als een goed ontwerp en een kwaliteitsconstructie.

Western Red

Cedarhout wordt aangeprezen voor tuinvloeren vanwege het fraaie uiterlijk, de natuurlijke duurzaamheid en de lage krimp en zwelling van het hout. Andere houtsoorten vereisen chemicaliën om ze te beschermen tegen rot en insecten, maar Western Red Cedarhout is een van de weinige houtsoorten met een eigen, natuurlijk gegroeid “houtverduurzamingsmiddel”. Het krimpt en zwelt veel minder dan andere zachthoutsoorten, blijft vlak en recht, en is barstbestendig. Het is vrij van pijnhars en andere harsen, waardoor het een uitstekende basis is voor beschermende coatings.

Western Red Cedarhout is een hernieuwbaar materiaal, dat geoogst wordt in bossen die ecologisch verantwoord beheerd worden.

Kunststofmaterialen voor tuinvloeren vereisen veel grotere hoeveelheden energie om ze te produceren. Een tuinvloer van Western Red Cedarhout is zelfs in de warmste tijd van het jaar aangenaam. Terwijl kunststof tuinvloeren in de zomerhitte ondraaglijk kunnen worden, verzekert de lage dichtheid van Western Red Cedarhout u van een koel en comfortabel oppervlak. Planken tuinvloeren van Western Red Cedarhout zijn voor de voeten stevig maar veerkrachtig, niet hard en onbuigzaam zoals veel andere materialen.

Om het selecteren van de juiste tuinvloeren van Western Red Cedarhout gemakkelijker te maken, heeft de Western Red Cedar Lumber Association vier industrieel erkende kwaliteitscategorieën vastgesteld:

WRCLA Architect Clear – De fijnste, kwastvrije kwaliteit. Het fijnnervige kernhout uiterlijk voldoet aan de behoeften van de meest veeleisende klanten die een verfijnd en foutvrij uiterlijk eisen.

WRCLA Custom Clear – Foutvrij uiterlijk met grovere nerf en kleine kwastjes, wat het hout een natuurlijker “houtachtig” uiterlijk geeft voor op bestelling ontworpen artikelen.

WRCLA Architect Knotty – Tuinvloeren met een enigszins rustiek “houtachtig” karakter met wat gave en kleine kwasten, een keuze waarbij de natuurlijke schoonheid en charme van een kwastige tuinvloer gewenst zijn.

WRCLA Custom Knotty – Een rustieke goedkope tuinvloer. Toch is dit product gemaakt onder strenge fabricagenormen; de afmeting van de kwast en de kwaliteit worden streng geselecteerd.

Behalve in deze tuinvloerkwaliteiten wordt Western Red Cedarhout in een grote verscheidenheid aan patronen en maten geproduceerd die ontwerpflexibiliteit bieden. Planken tuinvloeren kunnen voorzien worden van een scala aan bijbehorende accessoires, zoals vobewerkte leuning, balusters, paalhoeden, hekken, plantenrekken en andere decoratieve voorwerpen.



U kunt meer informatie over tuinvloeren van Western Red Cedarhout vinden in “Specifying Cedar Decking” een publicatie door de Western Red Cedar Lumber Association (www.cedar-deck.org.)

Omheiningen en Hekken

Wanneer een cedarhek goed geconstrueerd is en goed onderhouden wordt blijft het hek er jarenlang mooi uitzien. Daarnaast maken hekken die van Western Red Cedarhout vervaardigd zijn een uitstekende eerste indruk. Wanneer er materialen van dezelfde kwaliteit en structuur gebruikt worden als die van het huis bent u verzekerd van continuïteit en een harmonieus evenwicht.

Ontwerpideeën, maten en kwaliteitsbeschrijvingen zijn te vinden in de WRCLA “Western Red Cedar Fences and Gates” publicatie of op het internet bij (www.cedar-outdoor.org.)

Houten Constructies en Landschapconstructies

Massief gezaagde planken maken het mogelijk om gevarieerde constructie-elementen te creëren. Ze kunnen toegepast worden op vele soorten bouwconstructies, zowel commerciële, industriële en residentiële gebouwen als landschapconstructies zoals bruggen, prielen, pergola's, balkons, tuinhuisjes enz. Voor deze beide groepen toepassingen biedt de Western Red Cedar de voordelen van schoonheid, ontwerpflexibiliteit, exceptionele lage krimp en zwelling en natuurlijke duurzaamheid.

Specifieke informatie over de mechanische en fysische eigenschappen en kwaliteiten is te vinden in de WRCLA “Designer's Handbook” en “Specifying Western Red Cedar for Timber Construction and Landscape Structures” publicaties.

Blokhutten

Een belangrijke toepassing van de Western Red Cedar is blokhutten—oftewel als massief

hout, oftewel als een onderdeel van gefineerde balken. Massief rondhout wordt geschild en machinaal bewerkt om balken te produceren die in dwarsdoorsnede cilindervormig of rechthoekig zijn, of combinaties van beide. Bij gefineerde balken wordt cedar gebruikt als een exterieure component voor de visuele kwaliteit. Planken van de Western Red Cedar worden ook gebruikt om een isolerend schuim in het inwendige aan te brengen voor een substantieel hogere warmteweerstandscoefficiënt dan normaal met massief hout verkregen wordt (Gorman *et al.* 1996.)

Twee Soorten Dakspanen (shakes en shingles)

Western Red Cedarhout wordt voor dakspanen als superieur beschouwd ten opzichte van andere houtsoorten vanwege het lichte gewicht, de lage krimp en zwelling, de rechte nerf en de natuurlijke duurzaamheid. Dakspanen van Western Red Cedarhout worden voor daken of buitenmuurbekleding toegepast. De hoofdsoorten en kwaliteiten van dakspanen die voor deze toepassingen gefabriceerd worden, worden beschreven in de Canadian Standards Association Standard 0118.1-97 (1997.) Voor de allerbeste kwaliteit is 100% foutvrij kernhout in riftstructuur vereist.

De eerste soort dakspanen (shakes) zijn meestal ongeveer 60 cm (24”) lang, meestal met één gekloofde zijde (waardoor het dak een ruw gestructureerd uiterlijk krijgt) en een gezaagde achterkant, en ze zijn aan het eind dikker dan de tweede soort dakspanen (shingles.) De tweede soort (shingles) zijn meestal ongeveer 40 tot 46 cm (16 tot 18”) lang, en hebben twee gekloofde oppervlakken. Shingles en shakes van Western Red Cedarhout hebben onder veel omstandigheden in hun natuurlijke staat een goede gebruiksduur. Echter, in vochtige warme klimaten, gebieden met veel regen, of omstandigheden die een hoog rottingspotentieel met zich meebrengen, zoals in de schaduw en onder druipende bomen, waar de fungitoxische extractieresiduen uitgeput kunnen raken door wateruitloging, wordt er



voor daken van onbehandeld Western Red Cedarhout een verminderde levensduur gemeld van 10 jaar. Onder deze omstandigheden wordt een hogedrukbehandeling met houtverduurzamingsmiddel ten zeerste aangeraden voor een langere gebruiksduur. Consumenten kunnen dakspanen kopen met of zonder een behandeling met chemische houtverduurzaming smiddel, en met of zonder een brandvertragende behandeling. De Canadian Standards Association (1997) adviseert dat bevestigingen en dakzink die met behandelde dakspanen gebruikt worden gemaakt zijn van metalen die bestendig zijn tegen de chemische werking van de gebruikte houtverduurzamingsmiddelen of brandvertragers. Roestvrij staalsoort 304 of 316, of thermisch verzinkte stalen spijkers zijn de aanbevolen bevestigingsmiddelen.

Palen

Als elektriciteitspaal heeft de Western Red Cedar het voordeel van een grote maat, licht transportgewicht en is gemakkelijk te penetreren voor klimijzers. Palen van Western Red Cedarhout worden uitgebreid toegepast voor de distributie en transmissie van nutsvoorzieningen in het westen van Canada en de Noordwestkust van de Grote Oceaan. De ongeveer 4500 Western Red Cedarpalen die jaarlijks uit dienst genomen worden in het westen van Canada worden ieder jaar opgezaagd in een bestekzagerij in Vancouver. Ondanks hun jarenlange dienst bevatten deze

palen nog een aanzienlijke hoeveelheid gaaf kernhout waar tuinvloeren, landschapobjecten en hekken van gemaakt worden.

Houtpulp

Western Red Cedarresten van houtzagerijen worden meestal tot houtspaanders verwerkt en naar houtpulpfabrieken aan de kust van British Columbia getransporteerd, waar ze ongeveer 15% uitmaken van de totale hoeveelheid houtspaanders die gebruikt worden. Ongeveer 90% van de cedarspaanders komen van houtzagerijresten, en ongeveer 10% komen van rondhout van lage kwaliteit waar geen massieve houtproducten van gemaakt kunnen worden. De houtsoort is een belangrijke component van bijzondere soorten houtpulp voor fijne papersoorten. Western Red Cedarhoutpulp wordt geproduceerd door middel van het Kraftproces en is vooral geschikt voor de fabricage van lichtgewicht gecoate papersoorten, drukpapier, schrijfpapier, absorberend papier en computerpapersoorten. Pure of gemengde soorten houtpulp worden gebruikt bij de fabricage van bijzondere producten, zoals chirurgische doeken, operatieschorten en maskers die maatwerk vereisen.

De uitstekende vezeleigenschappen van de cedar voor papierfabricage zijn o.a. dunne celwanden, een goede samenklapbaarheid en flexibiliteit die intervezelhechting bevorderen binnen het vel papier, en een sterk product met een lage poreusheid, een goede opaciteit en een uitzonderlijke gladheid produceert. Vergeleken met het gebleekte Krafthoutpulp van de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*), de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), en de southern pine, staat houtpulp van de Western Red Cedar op de eerste plaats met betrekking tot barsten, vouwen en elastische eigenschappen, maar had minder scheur (Murray en Thomas 1961.)

Terwijl de Western Red Cedar beschouwd wordt als producent van een superieur soort zachthoutpulp, is het gebruik van de Western Red Cedar als houtpulp hout niet zonder technische uitdagingen voor houtpulpfabrieken.

De relatief lage houtdichtheid geeft een lagere Krafthoutpulpopbrengst dan andere soorten—zo weinig als 60% vergeleken bij de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) of 70% vergeleken bij de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) (Hatton 1988.) Het wordt niet geprefereerd voor houtpulp van jong hout omdat de houtpulp gebleekt dient te worden tot een helderheid die acceptabel is voor de productie van krantenpapier. Sulfiethoutpulp is ook laag in helderheid en is moeilijk te bleken. Het vereist een langere tijd en meer chemicaliën om tot houtpulp te verwerken dan de Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*.) Het verwerken tot houtpulp door middel van het sulfiet-anthraquinoneproces geeft een lage opbrengst maar produceert houtpulp

die gebleekt kan worden tot een bevredigende uiteindelijke helderheid (MacLeod 1987.) De corrosieve aard van de extractieresiduen van de Western Red Cedar maken het noodzakelijk om kookketels te voeren met corrosiebestendig roestvrij staal. De vezelige bast van de

Western Red Cedar is moeilijk te verwijderen en veroorzaakt bewerkingsproblemen.

Bijzondere Producten

Er worden van Western Red Cedarhout een aantal bijzondere producten gemaakt. Hieronder vallen deuren, ramen, schermen, muziekinstrumenten, dozen, lijstwerk, tuinmeubilair en vogelhuisjes. Speciale voorraden zijn ook beschikbaar voor houtsnijders, houtbewerkers en andere vakmensen die hout nodig hebben met de unieke eigenschappen van de Western Red Cedar. Met betrekking tot muziekinstrumenten wordt Western Red Cedarhout in British Columbia en Europa gebruikt voor klankbodems voor gitaren en klavecimbels. De houteigenschappen van de

Western Red Cedar die het hout geschikt maken voor deze toepassingen zijn de fijne structuur en de rechtdradigheid, de goede resonantie en het hoge sterkte-tot-gewichtverhouding. Volgens gitaarbouwers in British Columbia wordt er de voorkeur gegeven aan oudere bomen met een fijnere structuur en een hogere dichtheid en stijfheid.

Een uniek product is triplex met finer van Western Red Cedarhout. Dit decoratieve triplex is verkrijgbaar via specialiteitproducenten. Andere paneelproducten zoals particle board en houtvezelplaat zijn in het verleden gemaakt van zagerijafval van de Western Red Cedar, zoals bast, zaagsel en restjes massief hout, maar deze worden niet meer commercieel gebruikt.

Olie uit de bladeren en takken die in British Columbia door stoomdestillatie geproduceerd wordt, wordt sinds 1987 verkocht. De olie uit de bladeren heeft een aromatische geur en wordt als basis gebruikt voor het fabriceren van parfums en toiletartikelen. Olie uit kernhoutresidu van de Western Red Cedar wordt ook op kleine schaal door middel van stoomdestillatie geproduceerd. Er zijn potentiële toepassingen voorgesteld voor extractieresiduen van de Western Red Cedar (Barton en MacDonald 1971), en er worden op dit moment markten gecreëerd voor gezuiverde extractieresiduen.



REFERENCES

- Allen, E.A., D.J. Morrison and G.W. Wallis. 1996. Common tree diseases of British Columbia. Natural Resources Canada. Canadian Forest Service. 178p.
- American Society for Testing and Materials. 1996. Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Construction. D-2555. ASTM, Philadelphia, USA.
- Avramidis, S., F. Liu and B.J. Neilson. 1994. Radio-frequency/vacuum drying of softwoods: drying of thick western red cedar with constant electrode voltage. *For. Prod. J.* 44(1): 41-47.
- Barrett, J.D. and W. Lau. 1994. Canadian lumber properties. Jones, E.D., ed. Canadian Wood Council, Ottawa, ON.
- Barton, G.M. 1962. The phenolics of three western Canadian conifers. Pages 59-79 in Proc., Symp. Plant phenolics group of North America, Aug. 1962, Oregon State Univ., Corvallis, OR.
- Barton, G.M. and B.F. MacDonald. 1971. The chemistry and utilization of western red cedar. *Can. For. Serv., Dept. Fish. and For., For. Prod. Lab., Vancouver, BC.* Publ. No. 1023.
- BC Market Outreach Network. 2003a. Managing BC cedar for the future. *BC Forestry Facts* July 2003. www.bcforestinformation.com.
- BC Market Outreach Network. 2003b. Certifying British Columbia's forest management. *BC Forestry Facts* (undated). www.bcforestinformation.com.
- BC Ministry of Forests. 1995. Seed and vegetative material guidebook. *BC Min. For.*, Victoria, BC.
- BC Ministry of Forests. Annual reports. www.for.gov.bc.ca/mof/annualreports.htm
- Beaumink, E., J.C. Mitchell and J.P. Nater. 1973. Allergic contact dermatitis from cedar wood (*Thuja plicata*). *Br. J. Dermatol* 88(5): 499-504.
- Bolza, E. 1980. Some Health Hazards in the Forest Products Industries. *CONTROL* 6 (1): 7-16.
- BRE. 1977. A handbook of softwoods. Building Research Establishment, For. Prod. Res. Lab., Princes Risborough, Aylesbury, Bucks, England. Report Cl/SfB 1976.
- Brown, P., T. Crowder, A. van Niejenhuis and J. Russell. 2003. Managing western redcedar seed orchards for reduced selfing. *Tree Seed Working Group News Bulletin*. In press.
- Buckland, D.C. 1946. Investigations of decay in western red cedar in British Columbia. *Can. J. Res. C*, 24: 158-181.
- Burns, R.M. and B. Honkala. 1990. *Silvics of North America*. Vol. 1, Conifers. USDA, U.S. For. Serv., Wash., D.C., Agric. Handbk. 654.
- Byrne, A., A. J. Cserjesi and E.L. Johnson. 1987. The protection of roofing materials. A field test of preservative-treated western red cedar shakes. Forintek Canada Corp., Vancouver, BC. Report to the Can. For. Serv.
- Canadian Standards Association. 1999. Preservative treatment of shakes and shingles with chromated copper arsenate by pressure processes. CSA Supplement No. 1 to O80 Series-97, wood preservation: O80S1-99. Etobicoke ON. 3p.
- Canadian Standards Association. 1997. *Western Cedar Shakes and Shingles*. Rexdale, Toronto, ON, CSA Standard 0118.1-97.
- Canadian Wood Council. 2001. *Wood Design Manual - The complete reference for wood design in Canada*. 4th ed. Canadian Wood Council, Ottawa, ON.
- Carter, F. L. and R. V. Smythe. 1974. Feeding and survival responses of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) to extractives of wood from 11 coniferous genera. *Holzforsch.* 28(2): 41-45.
- Cartwright, K. St. G. 1941. The variability in resistance to decay of the heartwood of home-grown western red cedar (*Thuja plicata* D. Donn) and its relation to position in the log. *Forestry* 15: 65-75.
- Chan-Yeung, M. 1994. Mechanism of occupational asthma due to western red cedar (*Thuja plicata*). *Am J Ind Med*; 25: 13-8.
- Cherry, M.L. 1995. Genetic Variation In Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn) Seedlings. University of British Columbia, Vancouver, BC. Dissertation.
- Council of Forest Industries. 2003. *British Columbia forest industry statistical tables 2003*. COFI, Vancouver, BC.

- Council of Forest Industries. 2001. British Columbia Forest Industry Fact Book - 2000. COFI, Vancouver, BC. 72p. Also available at www.cofi.org.
- Cown, D.J. and S.R. Bigwood. 1979. Some wood characteristics of New Zealand-grown western red cedar (*Thuja plicata* D. Donn.) NZ J. For. 24(1): 125-132.
- Curran, M.P. and B.G. Dunsworth. 1988. Coastal western red cedar regeneration: problems and potentials. Pages 20-32 in Smith, N.J. (ed.), Western red cedar - does it have a future? Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- DeBell, J.D., J.J. Morrell and B.L. Gartner. 1997. Tropolone content of increment cores as an indicator of decay resistance in western red cedar. Wood and Fiber Science. 29(4) 364-369.
- DeBell, J.D., J.J. Morrell and B.L. Gartner. 1999. Within stem variation in tropolone content and decay resistance of second-growth western red cedar. For. Science 45(1) 101-107.
- Duncan, R.W. 1995. Western cedar borer. Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Victoria, BC. Forest pest leaflet no. 66.
- Eades, H.W. and J.B. Alexander. 1934. Western red cedar: significance of its heartwood colourations. For. Prod. Labs., Ottawa, ON. Circ. 41.
- El-Kassaby, Y.A., J. Russell and K. Ritland. 1994. Mixed mating in an experimental population of western red cedar, *Thuja plicata*. J. Hered. 85(3): 227-231.
- EN 350-2. 1994. Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. European standard.
- Englerth, G.H. and T.C. Scheffer. 1954. Tests of decay resistance of four western pole species. U.S. For. Prod. Lab., Madison, WI, Rep. No. 2006.
- Espenas, L.D. 1974. Longitudinal shrinkage of western red cedar, western hemlock, and true fir. For. Prod. J. 24(10): 46-48.
- Farrar, J.L. 1995. Trees in Canada. Fitzhenry & Whiteside Ltd. and Can. For. Serv. in cooperation with Canada Communication Group - Publishing, Supply and Services Canada.
- Feist, W.C. 1977. Wood surface treatments to prevent extractive staining of paints. For. Prod. J. 27(5): 50-54.
- Findlay, W.P.K. and C.B. Pettifor. 1941. Dark colouration of western red cedar in relation to certain mechanical properties. Emp. For. J. 20: 64-72. (For. Prod. Res. Lab. Princes Risborough, Bucks, England).
- Forest Genetics Council of BC. 2002. Business Plan 2002/2003.
- Frew, A., H. Chan, P. Dryden, H. Salari, S. Lam and M. Chan-Yeung. 1993. Immunologic studies of the mechanisms of occupational asthma caused by western red cedar. J. Allergy and Clinical Immunology 92(3): 466-478.
- Freitag, C.M. and J.J. Morrell. 2001. Durability of a changing western red cedar resource. Wood and Fiber Science. 33: 1 69-75.
- Furniss, R.L. and V.M. Carolin. 1977. Western forest insects. USDA For. Serv., Wash., DC. Misc. Publ. No. 1339.
- Gorman, T.M., C.M. Hamanishi and J.R. Callison. 1996. The laminated log industry: an overview of production and distribution. For. Prod. J. 46(3): 80-82.
- Government of BC. 2003. BC Conservation Data Centre: British Columbia Register of Big Trees [Internet]. <http://srmwww.gov.bc.ca/cdc/register.htm#CEDAR>.
- Graff, J.R. and I.H. Isenberg. 1950. The characteristics of unbleached kraft pulps from western hemlock, Douglas-fir, western red cedar, loblolly pine, and black spruce. II. The morphological characteristics of the pulp fibres. Tappi 33(2): 94-95.
- Guernsey, F.W. 1951. Collapse in western red cedar. BC Lumberman 35(4): 44-45, 62.
- Harlow, W.M., E.S. Harrar and F.M. White. 1979. Textbook of Dendrology. 6th ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
- Harrar, E.S. 1957. Hough's encyclopaedia of American woods. Vol. I. Robert Speller & Sons, New York, NY.
- Harrington, C.A. and C.A. Wierman. 1985. Response of a poor-site western red cedar stand to pre-commercial thinning and fertilization. USDA, For. Serv., Pac. Northw. For. Range. Expt. Sta., Portland, OR. Res. Pap. PNW - 339.
- Hatton, J.V. 1988. Western red cedar kraft pulps. Pages 164-169 in Western red cedar - does it have a future? Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.

- Higgins, N.C. 1957. The equilibrium moisture content-relative humidity relationships of selected native and foreign woods. *For. Prod. J.* 7(10): 371-377.
- Hosie, R.C. 1969. Native trees of Canada. Can. For. Serv., Dep. Fish. and For., Ottawa, ON.
- Howard, J. and T.D. McIntosh. 1969. Plicatic acid esters. Antioxidants for fats and oils. *Ger. Pat.* 1,910,989.
- Isenberg, I.H. 1980. Pulpwoods of the United States and Canada. Vol. I - Conifers. 3rd ed. Inst. of Paper Chem. Appleton, WI.
- Jessome, A.P. 1977. Strength and related properties of woods grown in Canada. Dep. Fish. and Env. Can., For. Prod. Lab., Ottawa, ON. For. Tech. Rep. No. 21.
- Jin, L. 1987. Detoxification of thujaplicins in living western red cedar (*Thuja plicata* Donn) trees by microorganisms. Ph.D. dissertation, Faculty of Forestry, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Jin, L., B.J. van der Kamp, J. Wilson and E.P. Swan. 1988. Biodegradation of thujaplicins in living western red cedar. *Can. J. For. Res.* 18: 782-786.
- Johansson, C.I., J.N. Saddler, and R.P. Beatson. 2000. Characterization of the polyphenolics related to the colour of western red cedar (*Thuja plicata* Donn) heartwood. *Holzforschung.* 54: 3, 246-254.
- Jozsa, L.A. and R.M. Kellogg. 1986. An exploratory study of the density and annual ring weight trends in fast-grown coniferous woods in British Columbia. Forintek Canada Corp., Vancouver, BC. Contract Rep. No. 028012017/028055010 for Can. For. Serv.
- Kai, Y. and E. Swan. 1990. Chemical constituents contributing to the colour of western red cedar heartwood. *Mokuzai Gakkaishi* 36(3): 218-224.
- Kirbach, E. 1992. Wear of standard steel, cobalt and nickel based alloys and cobalt based tungsten carbides in sawing unseasoned wood. Paper presented at the 2nd International Symposium on Tooling for the Wood Industry held on June 18-19, 1992, Raleigh, NC.
- Kirbach, E. 1996. Exploratory tests for reducing fiber tear in bandsawing unseasoned western red cedar. Forintek Canada Corp., Western Lab., Vancouver, BC. Internal Report.
- Kirbach, E. and T. Bonac. 1977. Cutting unseasoned western red cedar with titanium carbide-coated carbide-tip saws. Proceedings, Fifth Wood Machining Seminar, Univ. of Cal, Berkeley, Richmond CA.
- Kobayashi, Y. 1985. Anatomical characteristics of collapsed western red cedar. I. *Mokuzai-Gakkaishi [J. of Jap. Wood Res. Soc.]* 31(8): 633-639.
- Kobayashi, Y. 1986. Anatomical characteristics of collapsed western red cedar wood. II. *Mokuzai-Gakkaishi [J. of Jap. Wood Res. Soc.]* 32(1): 12-18.
- Kope, H.H., D. Trotter and J.R. Sutherland. 1996. Influence of cavity size, seedling growing density and fungicide applications on Keithia blight of western redcedar seedling growth and field performance. *New Forests* 11(2): 137-147.
- Krahmer, R.L. and W.A. Cote Jr. 1963. Changes in coniferous wood cell associated with heartwood formation. *Tappi* 46(1): 42-49.
- Krajina, V.J., K. Klinka and J. Worrall. 1982. Distribution and ecological characteristics of trees and shrubs of British Columbia. Univ. of British Columbia, Faculty of Forestry, Vancouver, BC.
- Lassen, L.E. and E.A. Okkonen. 1969. Sapwood thickness of Douglas-fir and five other western softwoods. USDA, U. S. For. Serv., For. Prod. Lab., Madison, WI. Res. Paper FPL-124.
- Lewis, H.F. 1950. The significant chemical components of western hemlock, Douglas-fir, western red cedar, loblolly pine and black spruce. *Tappi* 33(6): 299-301.
- Lie, T.T. (ed.) 1992. Structural fire protection. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No.28. American Society of Civil Engineers, New York, NY.
- Lin, T.S. and T.T. Chang. 1999. Termite and decay resistance of two imported Canadian and three domestic woods. *Taiwan Journal of Forest Science.* 14: 2. 235-239.
- Lines, R. 1988. Choice of Seed Origins for the Main Forest Species in Britain: Western redcedar. *Forestry Commission Bulletin* 66: 37-38.
- Mackay, J.F.G. and L.C. Oliveira. 1989. Kiln operator's handbook for western Canada. Forintek Canada Corp, Western Lab., Vancouver, BC. Special Publ. No. 31.
- MacLean, H. 1970. Influences of basic chemical research on western red cedar utilization. *For. Prod. J.* 20(2): 48-51.

REFERENTIES

- MacLean, H. and J.A.F. Gardner. 1956. Distribution of fungicidal extractives (thujaplicin and water-soluble phenols) in western red cedar heartwood. *For. Prod. J.* 6(12): 510-516.
- MacLean, H. and J.A.F. Gardner. 1958. Distribution of fungicidal extractives in target pattern heartwood of western red cedar. *For. Prod. J.* 8(3): 107-108.
- MacLeod, J.M. 1987. Alkaline sulphite-anthraquinone pulps from softwoods. *J. Pulp Paper Sc.* 13(2): 44-49.
- Mannesmann, R. 1973. Comparison of twenty-one commercial wood species from North America in relation to feeding rates of the Formosan termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Mat. Org.* 8(2): 107-120.
- Marshall, D.D. and D.S. DeBell. 2001. Stem characteristics and wood properties: essential considerations in sustainable multipurpose forestry regimes. In Proceedings of Wood Compatibility Initiative Workshop, Washington USA, 4-7 December 2001. General technical report Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service 2002, PNW-GTR-563, 145-149.
- McBride, C.F. 1959. Utilizing residues from western red cedar mills. *For. Prod. J.* 9(9): 313-316.
- McGowan, W.M. and W.J. Smith. 1965. Strength and related properties of western red cedar poles. *Can. Dep. For., Ottawa, ON, Publ. No.* 1108.
- McLean, J. 1998 [updated 1999]. *Trachykele blondeli* (Buprestidae) the western cedar borer [Internet]. Vancouver, BC University of British Columbia Faculty of Forestry. http://www.forestry.ubc.ca/fetch21/FRST308/lab7/trachykele_blondeli/cedar.html.
- McWilliams, J. 1988. What is different and interesting about the manufacture of lumber and roofing products from western red cedar? Pages 161-163 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Meidinger, D. and J. Pojar (eds.). 1991. *Ecosystems of British Columbia*. BC Min. For., Victoria, BC. Special Rep. Series No. 6.
- Meyer, R.W. and G.M. Barton. 1971. A relationship between collapse and extractives in western red cedar. *For. Prod. J.* 21(4): 58-60.
- Minore, D. 1983. Western red cedar—a literature review. USDA, Pac. Northw. For. Range Expt. Sta., Portland, OR. Gen. Tech. Rep. PNW-150.
- Minore, D. 1990. *Thuja plicata* Donn ex D. Don. in Burns, R.M. and B. Honkala. 1990. *Silvics in North America*. Vol. 1, Conifers. USDA, U.S. For. Serv., Wash., D.C. Agric. Handbook. 654.
- Mitchell, J.C. and M. Chan-Yeung. 1974. Contact allergy from *Frullania* and respiratory allergy from *Thuja*. *Can. Med. Assoc. J.* 110(6): 653-655.
- Morris, P.I., A. Byrne and J.K. Ingram. 1995. Field testing of wood preservatives in Canada. Performance of western red cedar shakes and shingles. Pages 45-68 in Proc., 16th Annual Mtg., Can. Wood Pres. Assn., Nov. 6-7, 1995. Vancouver, BC.
- Mullins, E.J. and T.S. McKnight (eds.). 1981. *Canadian woods - their properties and uses*. 3rd ed., Univ. of Toronto Press, Toronto, ON.
- Murray, C.E. and B.B. Thomas. 1961. Papermaking characteristics of cedar fiber. *Tappi* 44(9): 633-635.
- National Building Code of Canada. 1995. National Research Council Canada, Ottawa, ON.
- Nault, J.R. 1986. Longitudinal shrinkage in five second-growth western Canadian coniferous woods. Forintek Canada Corp, Western Lab., Vancouver, BC. CFS Report No. 028055010/02 8012017.
- Nault, J.R. 1988. Radial distribution of thujaplicins in old-growth and second-growth western red cedar (*Thuja plicata* Donn.). *Wood Sc. Tech.* 22(1): 73-80.
- Nearn, W.T. 1955. Effect of water soluble extractives on the volumetric shrinkage and equilibrium moisture content of eleven tropical and domestic woods. Pennsylvania State Univ., Coll. Agric., Univ. Park, PA. Bull. #598, School of Forestry Series, No.2.
- Nielson, R.W., J. Dobie and D.M. Wright. 1985. Conversion factors for the forest products industry in western Canada. Forintek Canada Corp., Western Lab., Vancouver, BC. Special Publ. No SP-24R.
- Nurse, R. 1997. Vancouver, BC. Personal Communication.
- Nystrom, M.N.; D.S. DeBell; C.D. Oliver. 1984. Development of young growth western red cedar stands. USDA, For. Serv., Pac. Northw. For. Range Expt. Sta., Portland, OR. Res. Paper PNW-324.

- O'Connell, L.M. 2003. The evolution of inbreeding in western redcedar (*Thuja plicata*: Cupressaceae). University of British Columbia, Vancouver, BC. Dissertation.
- O'Connell, L. M., F. Viard, J. Russell, and K. Ritland. 2001. The mating system in natural populations of western redcedar (*Thuja plicata*). *Can. J. Bot.* 79(6): 753-756.
- Okkonen, E.A., H.E. Wahlgren and R.R. Maeglin. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. *For. Prod. J.* 22(7): 37-42.
- Oliver, C.D., M.N. Nystrom and D.S. Debell. 1988. Coastal stand silvicultural potential for western red cedar. Pages 39-46 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- OSHA. Date unknown. Occupational Safety and health guidelines for wood dust, western red cedar. Occupational Safety and Health Administration. U.S. Department of Labor. www.osha-slc.gov/SLTC/healthguidelines/wooddustwesternredcedar/
- Panshin, A.J. and C. de Zeeuw, C. 1970. Textbook of wood technology. Vol I. 3rd ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
- Parker, T. 1986. Ecology of western red cedar groves. Thesis, B. Sc. Eng. Univ. of Idaho, Moscow, ID.
- Peters, G.B., H.J. Dawson, B.F. Hrutfiord and R.R. Whitney. 1976. Aqueous leachate from western red cedar: effects on some organisms. *J. Fish. Res. Board Can.* 33(12): 2703-2709.
- Pojar, J. and MacKinnon, A. (eds.). 1994. *Plants of coastal British Columbia - including Washington, Oregon and Alaska*. BC Min. For. and Lone Pine Publishing. Vancouver, BC.
- Rehfeldt, G.E. 1994. Genetic structure of western redcedar populations in the Interior West. *Can. J. For. Res.* 24(4): 670-680.
- Reukema, D.L. and J.H.G. Smith. 1987. Development over 25 years of Douglas-fir, western hemlock, and western red cedar planted at various spacings on a very good site in British Columbia. USDA, U.S. For. Serv., Pac. Northw. Res. Sta., Portland, OR. Res. Paper PNW-RP-381.
- Richardson L. 1996. Surface flammability of building materials. Forintek Canada Corp. Technote TEC-49E.
- Rijsdijk, J.F. and P.B. Laming. 1994. Physical and related properties of 145 timbers: information for practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Roff, J.W.; Atkinson, J.M. 1954. Toxicity tests of a water-soluble phenolic fraction (thujaplicin-free) of western red cedar. *Can. J. Bot.* 32: 308-309.
- Roff, J.W.; Whittaker, E.I.; Eades, H.W. 1963. Decay resistance of western red cedar - relative to kiln seasoning, colour and origin of the wood. *Can. For. Serv., West. For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Technote No. 32.*
- Russell, J. 1996 and 2003. BC Min. For., Res. Sta., Cowichan Lake, Vancouver Is., BC. Personal Communication.
- Russell, J.H., H.H. Kope and H. Collison. 2003. Genetic variation in *Didymascella thujina* resistance of *Thuja plicata* in British Columbia. Victoria. BC Min. For. Internal Report.
- Rudman, P. 1962. The causes of nature durability in timber. *Holzforschung* 16(3): 72-77.
- Salamon, M. and J. Hejjas. 1971. Faster kiln schedules for western red cedar and their effect on quality and strength. *Can. For. Serv., Dep. Fish. and For., For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Inf. Rep. VP-X-74.*
- Scheffer, T.C. 1957. Decay resistance of western red cedar. *J. For.* 55(6): 434-442.
- Sharpe, G.W. 1974. Western red cedar. *Coll. of For. Resourc., Univ. of Wash., WA.*
- Sherill, S. 1988. Redwood and cedar: recent production and consuming patterns. *Crows Digest* 3(2): 11. Special Rep.
- Smith, J.H.G. 1980. Influences of spacing on radial growth and percentage latewood of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar. *Can. J. For. Res.* 10: 169-175.
- Smith, J.H.G. 1988. Influences of spacing, site, and stand density on growth and yield of western red cedar. Pages 71-80 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Smith, J.H.G. and A. Kozak. 1967. Thickness and percentages of bark of the commercial trees of British Columbia. Univ. of British Columbia, Faculty of Forestry, Vancouver, BC. Internal Report.

REFERENTIES

- Smith, J.H.G. and A. Kozak. 1971. Thickness, moisture content, and specific gravity of inner and outer bark of some Pacific Northwest trees. *For. Prod. J.* 21(2): 38-40. Tech. Note.
- Smith, J.H.G. and M.L. Parker. 1978. A comparison of X-ray densitometry and binocular microscope methods for measuring tree-ring components of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar. *Proc. IUFRO Conf. on Instruments.* Corvallis, OR.
- Smith, R.S. and G.W. Swann. 1975. Colonization and degradation of western red cedar shingles and shakes by fungi. *Mater. Org. Beiheft.* 3: 253-262.
- Smith, W.J. 1970. Wood density survey in western Canada. *Can. Dep. Fish. For., West. For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Inf. Rep. VP-X-66.*
- Soegaard, B. 1969. Resistance studies in *Thuja*. *Forstl. Forsogsv. Danm.* 31(3): 287-396.
- Southam, C.M. 1946. The antibiotic activity of extract of western red cedar heartwood. Pages 391-396 in *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.* (cited in Minore 1983).
- Steer, G. 1995. Bark utilization - landscaping and garden products. Presentation 12 in *Proceedings of Conference on residual wood residue to revenue held on Nov. 7-8, 1995, Richmond, BC. BC Environ./Sc. Council of BC/Logging Sawmilling Journal*
- Stewart, H. 1984. CEDAR - Tree of Life to the Northwest Coast Indians. Douglas and McIntyre Ltd. Vancouver, BC.
- Su, N-Y and M. Tamashiro. 1986. Wood-consumption rate and survival of the Formosan subterranean termite (*Isoptera: Rhinotermitidae*) when fed one of six woods used commercially in Hawaii. *Proc., Hawaiian Entomological Soc., Vol. 26 (March 1):* 109-113.
- Sullivan, T.P. 1992. Feeding damage by bears in managed forests of western hemlock-western red cedar in midcoastal British Columbia. *Can J. For. Res.* 23(1): 49-54.
- Suzuki, K., and K. Hagio. 1999. Termite durability classification of building materials by Formosan termite. *Coptotermes formosanus In. Vol. 2. Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference, Rotorua NZ (Ed. G.B. Wallford and D.J. Gaunt). Forest Research Bulletin #212.* 258-263.
- Swan, E.P. 1966. A study of western red cedar bark lignin. *P. & P. Mag. Can.* 67(10): T456 - T460.
- Swan, E.P., R.M. Kellogg and R.S. Smith. 1988. Properties of western red cedar. Pages 147-160 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), *Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.*
- USDA. 1952. Computed thermal conductivity of common woods. U.S. Dep. Agric., For. Serv., For. Prod. Lab., Madison, WI. Tech. Note No. 248.
- University of Bonn. 2003. Gymnosperm database: *Thuja plicata* [Internet]. <http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/cu/th/plicata.htm>.
- van der Kamp, B.J. 1975. The distribution of microorganisms associated with decay of western red cedar. *Can. J. For. Res.* 5(1): 61-67.
- van der Kamp, B.J. 1986. Effects of heartwood inhabiting fungi on thujaplicin content and decay resistance of western red cedar (*Thuja plicata* Donn). *Wood and Fiber Sc.* 18(3):421-427.
- van der kamp, B.J. 1988. Pests of western red cedar. Pages 145-146 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), *Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.*
- Vourc'h, G., J. Russell and J.-L. Martin. 2002. Linking deer browsing and terpene production among genetic identities in *Chamaecyparis nootkatensis* and *Thuja plicata* (Cupressaceae). *J. Hered.* 93(5): 370-376.
- Wellwood, R.W. and P.E. Jurazs. 1968. Variation in sapwood thickness, specific gravity, and tracheid length in western red cedar. *For. Prod. J.* 18(12): 37-46.
- Williams, R.S.; J.E. Winandy; W.C. Feist. 1987. Adhesion of paint to weathered wood. *For. Prod. J.* 37: 11-12, 29-31.
- Woods, B. and C.D. Calnan. 1976. "Toxic Woods". *Br. Journal of Dermatology.*
- WRCLA. 2001. Designer's handbook. Western Red Cedar Lumber Association Vancouver BC. <http://www.wrcla.org/cedarspecs/designershandbook/physicalproperties.asp>.
- WRCLA. 1994. Specifying cedar siding. Western Red Cedar Lumber Association. Vancouver, BC.



WESTERN RED
CEDAR EXPORT
ASSOCIATION

