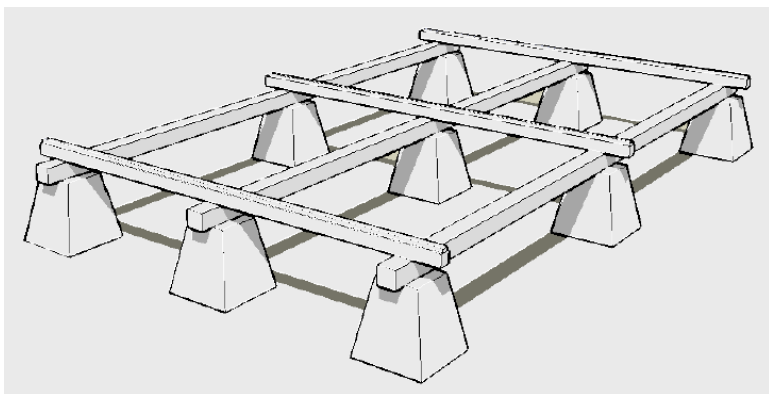


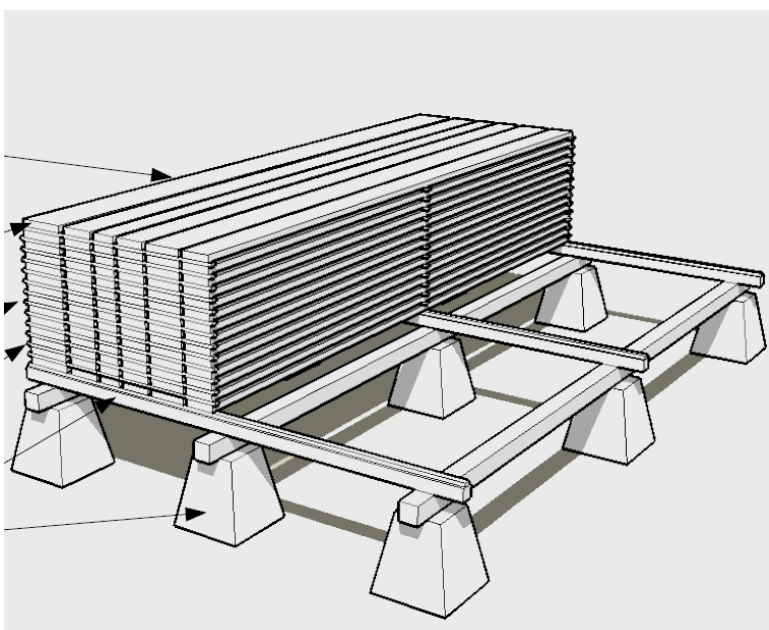
SUŠENÍ A MODIFIKACE DŘEVA

(OBR. PŘÍLOHA)

**Aleš Dejmal
2017**



Základ hráně řeziva pro přirozené sušení



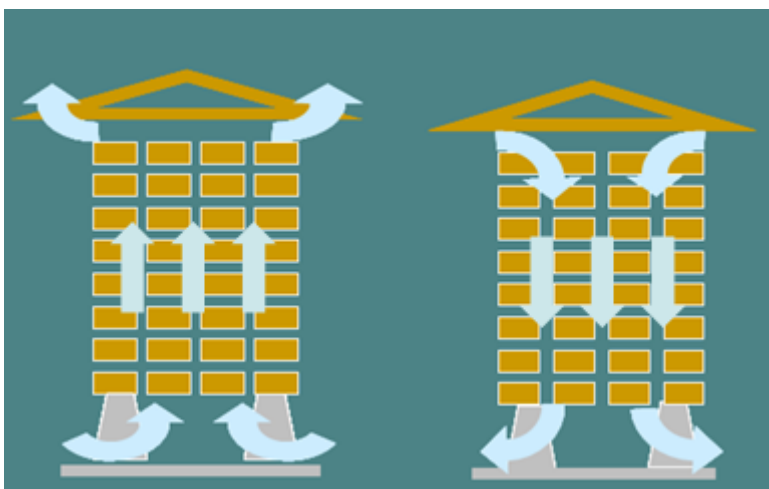
Hráň řeziva pro přirozené sušení včetně základu (podstavce, hranoly, prokladové lišty, vrstvy řeziva, svazek, hráň)



Základ hráně řeziva pro přirozené sušení (betonové podstavce)



Svislé komínky uvnitř hráně řeziva - přirozené sušení



Přirozené sušení řeziva - komínový efekt



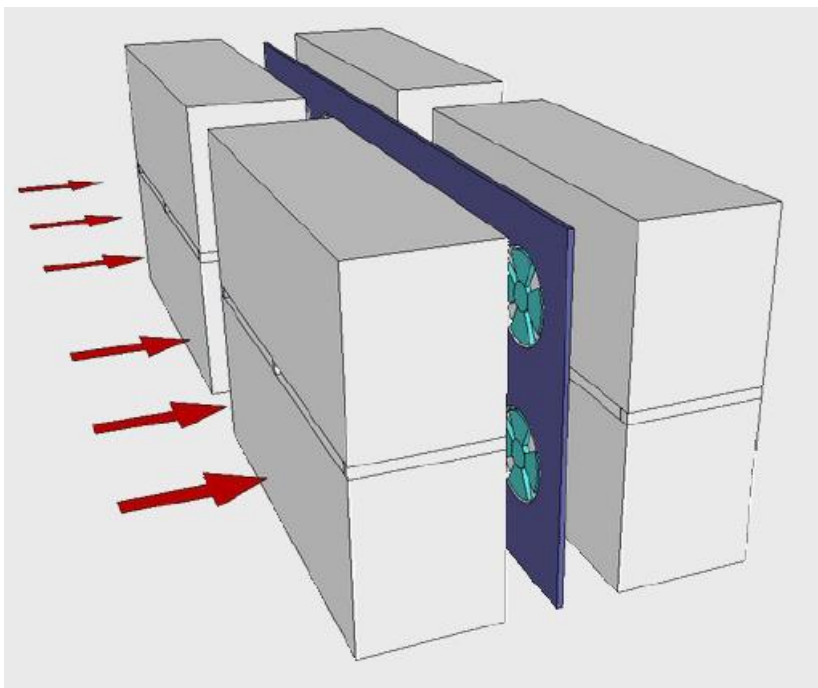
Hráň řeziva pro přirozené sušení (nevhodné uložení)



Hráň řeziva pro přirozené sušení se sklolaminátovou mobilní stříškou Harčár



Hráň řeziva pro přirozené sušení bez zakrytí



Urychlování procesu přirozeného sušení řeziva pomocí mobilních ventilátorů



Mobilní ventilátor Master DF30P pro zrychlení procesu přirozeného sušení řeziva



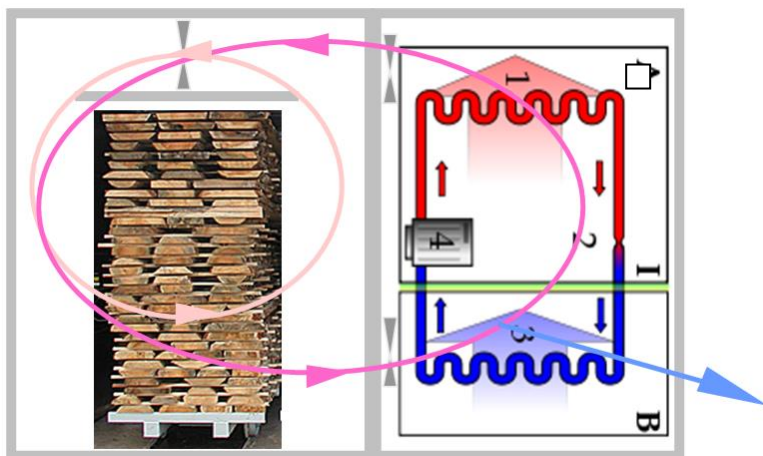
Speciální způsob uložení řeziva - kmenování



Speciální způsob uložení řeziva pro přirozené sušení – jesle



Kondenzační sušárna řeziva Befi



Jednoduché schéma kondenzační sušárny s TČ (1 – kondenzátor, 2 – expanzní tryska, 3 – výpárník, 4 – kompresor)



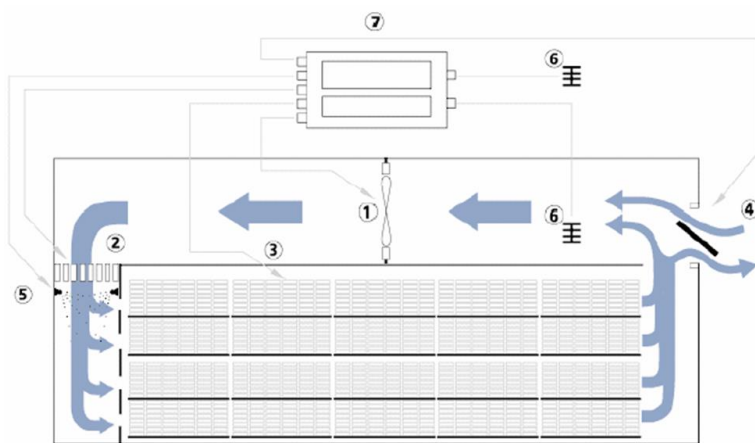
Předsušárna řeziva Multi-wing



Solární sušárna řeziva typ „skleník“



Solární sušárna řeziva typ „skleník“



1 ventilátory, 2 přídavné topení, 3 vlhkost dřeva, 4 ventilace,
5 vlhčení, 6 teplota a vlhkost vzduchu, 7 procesor

Schéma velkokapacitní sušárny typu „skleník“ s umělou cirkulací vzduchu



Malokapacitní solární sušárna řeziva typ „poloskleník“



Malokapacitní solární sušárna řeziva typ „poloskleník“

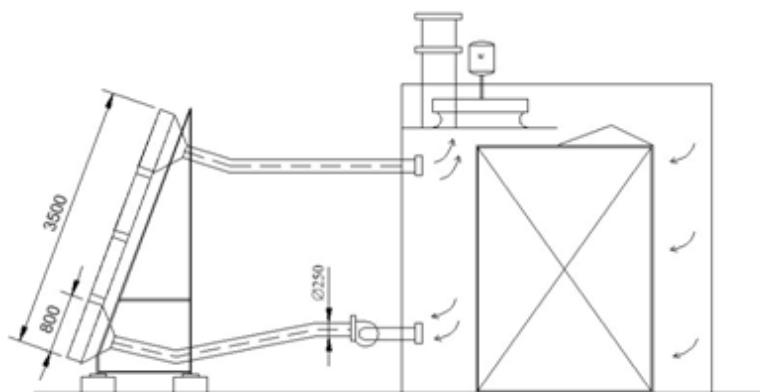
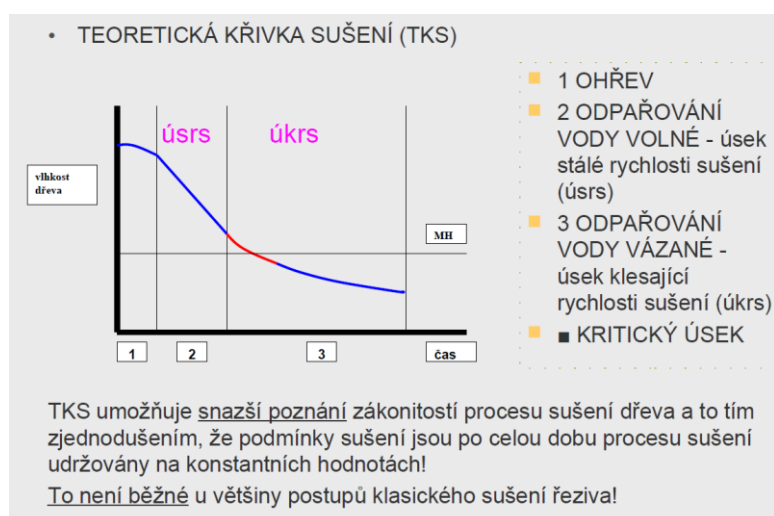


Schéma komorové sušárny řeziva se slunečním kolektorem



Komorová sušárna řeziva se slunečním kolektorem



Teoretická křivka sušení - sušení dřeva za konstantních podmínek

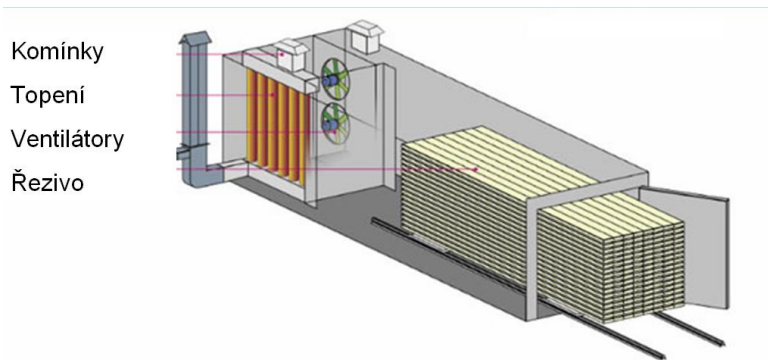


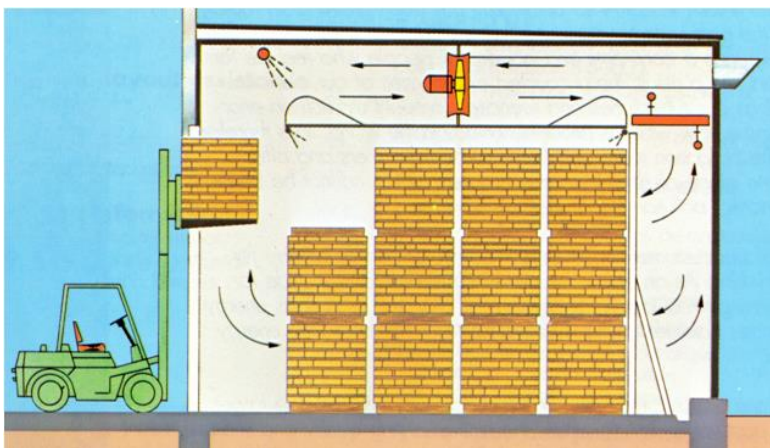
Schéma malokapacitní teplovzdušné komorové sušárny řeziva



Teplovzdušná komorová sušárna řeziva Katres – zavážení pomocí kolejových vozíků



Teplovzdušná komorová sušárna řeziva BES Bollmann



Teplovzdušná komorová sušárna řeziva – zavážení pomocí vysokozdvížného vozíku



Axiální ventilátory pro konvekční ohřev řeziva (Katres)



Radiátor s žebry pro účinný ohřev sušícího prostředí uvnitř komory sušárny (Katres)



Radiátor s žebry pro účinný ohřev vzduchu



Trysky pro vlhčení sušícího prostředí (Elbez)

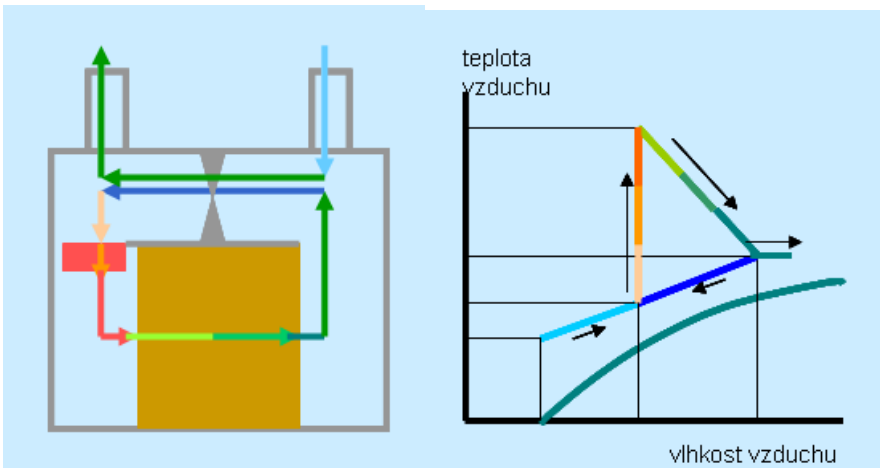


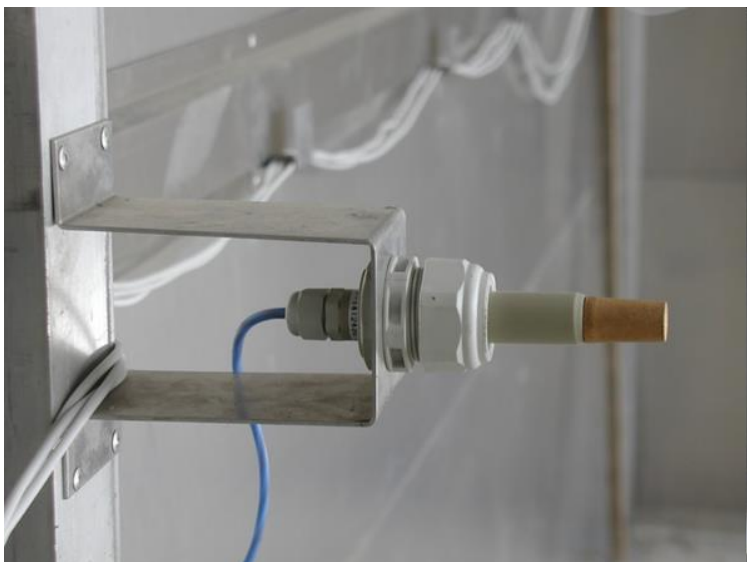
Schéma cirkulace vzduchu v teplovzdušné sušárně řeziva (Skuratov, 2003)



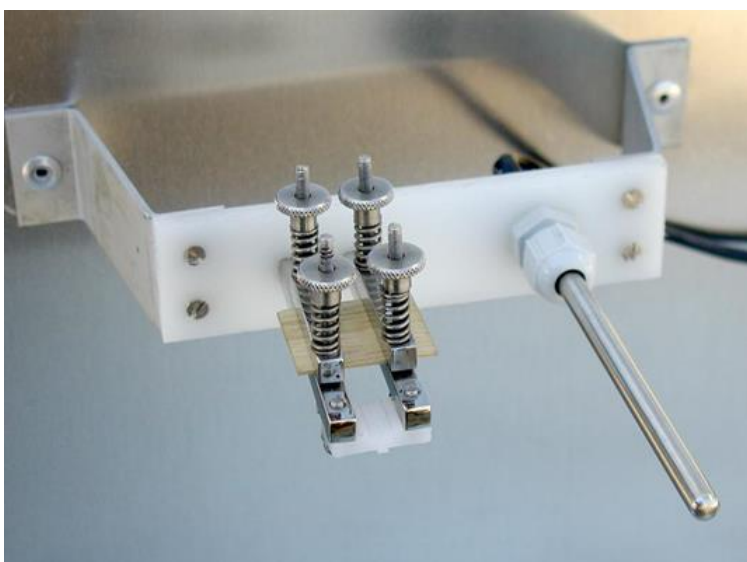
Laboratorní aspirační psychrometr pro určování relativní vlhkosti vzduchu



Psychrometr pro průmyslové sušárny řeziva – zařízení pomocí něhož se stanovuje relativní vlhkost a teplota sušícího prostředí (Katres)



Sonda pro určení relativní vlhkosti sušícího prostředí (Katres)



Sonda (buničínový nebo limbový pásek) a teploměr pro určení vlhkosti a teploty sušícího prostředí (Katres)



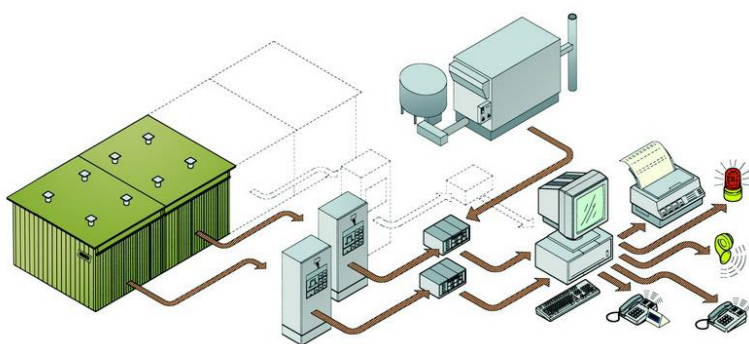
Sonda (buničínový nebo limbový pásek) pro určení vlhkosti sušícího prostředí (Mühlböck)



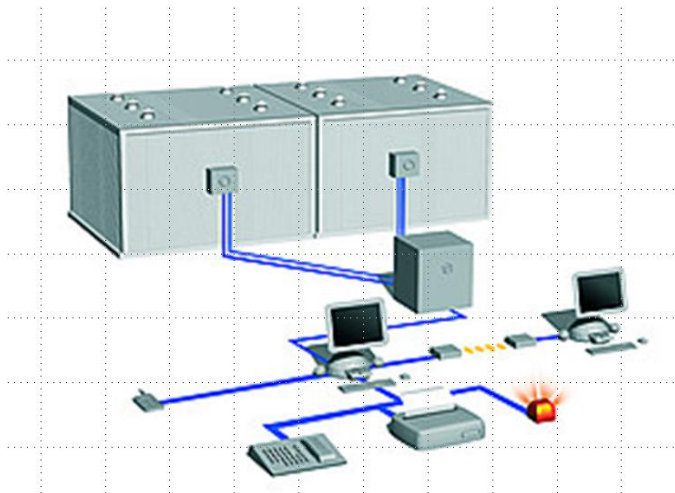
Elektrická sonda se dvěma hroty pro měření absolutní vlhkosti dřeva



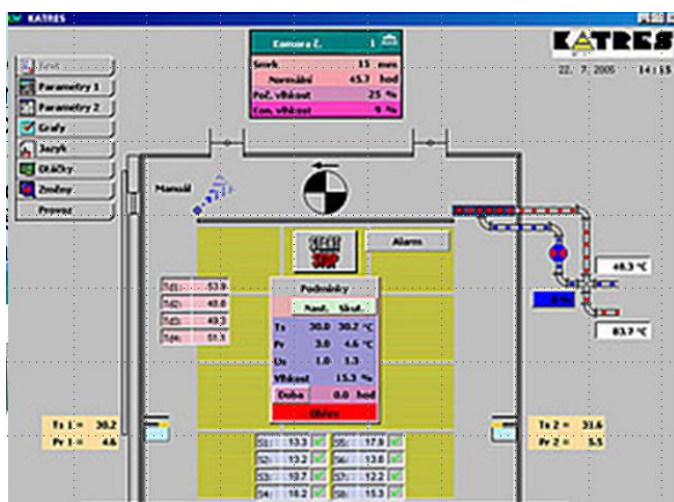
Elektrická sonda se pro měření teploty dřeva



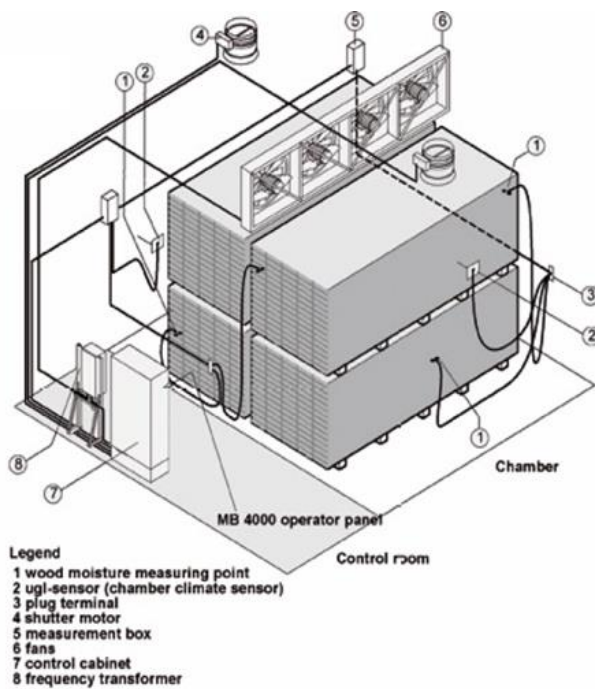
Automatizace procesu sušení řeziva Nardi



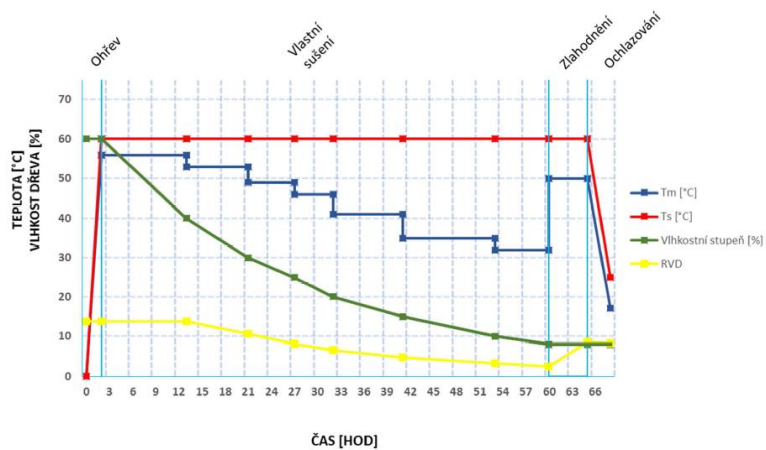
Automatizace procesu sušení řeziva Katres



Řízení procesu sušení řeziva Katres



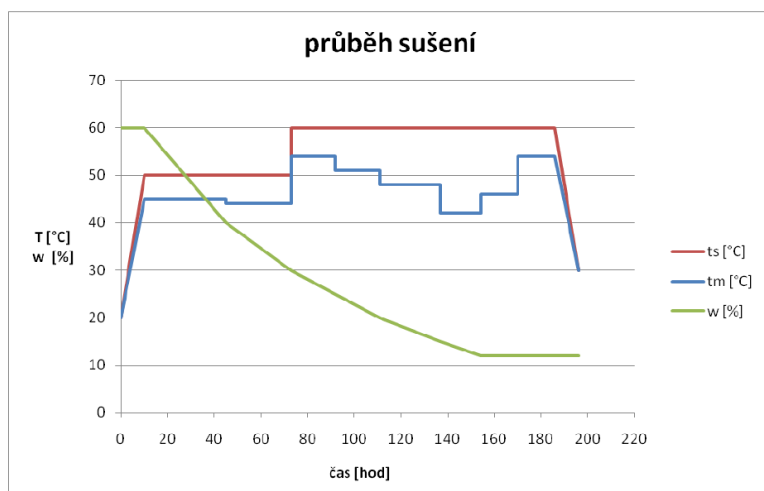
Kontrola a regulace procesu sušení řeziva Mühlböck



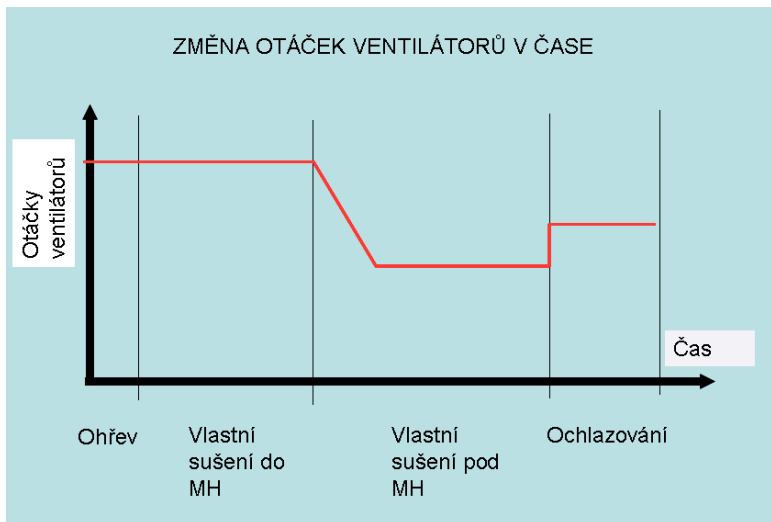
Grafické znázornění procesu teplovzdušného sušení řeziva (t_s , t_m , RVD, ϕ)

úsek sušení	vlhkostní stupeň [%]	t_s [°C]	t_m [°C]	psych. rozdíl	relativní vlhkost vzduchu [%]	RVD [%]	čas [hod]	opravný koeficient	čas úpravy [hod]
τ	60 – 40	50	45	5	75	12,6	37	0,957	35,408
	40 – 30	50	44	6	71	11,6	29	0,832	27,752
	30 – 25	60	54	6	73	11,6	23	0,832	19,139
	25 – 20	60	51	9	62	9,1	23	0,832	19,139
	20 – 15	60	48	12	52	7,6	31	0,832	25,797
	15 – 12	60	42	18	36	5,3	20	0,832	16,643
t_{ko} egalizace	-	60	46	14	46	6,7	16	-	16
t_{ko} zlahodnění	-	60	54	6	73	11,5	16	-	16
τ ochlazení	-	-	-	-	-	-	-	-	10
celkem									196

Časový sušicí řád (tabulka)



Časový sušicí řád (grafické znázornění)



Regulace otáček ventilátorů v průběhu procesu operace sušení řeziva v teplovzdušné komorové sušárně

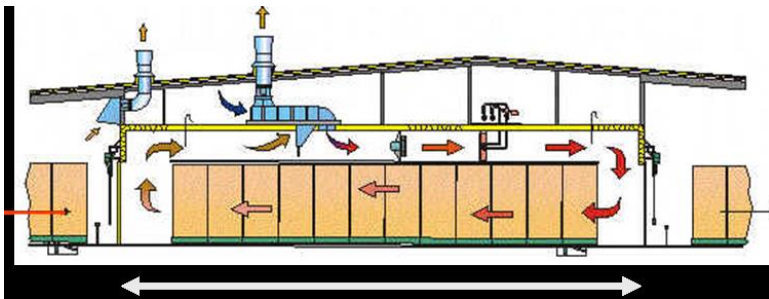


Schéma jednozónové tunelové sušárny řeziva Valutec

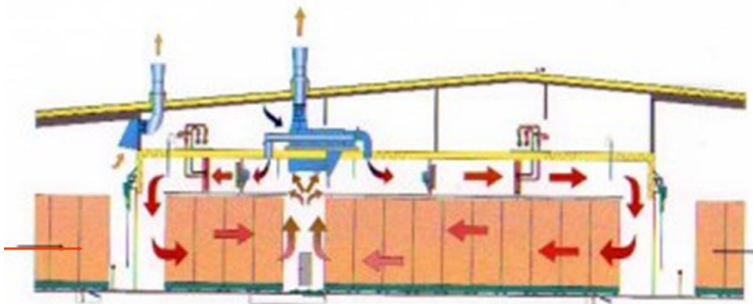


Schéma dvouzónové tunelové sušárny řeziva Valutec

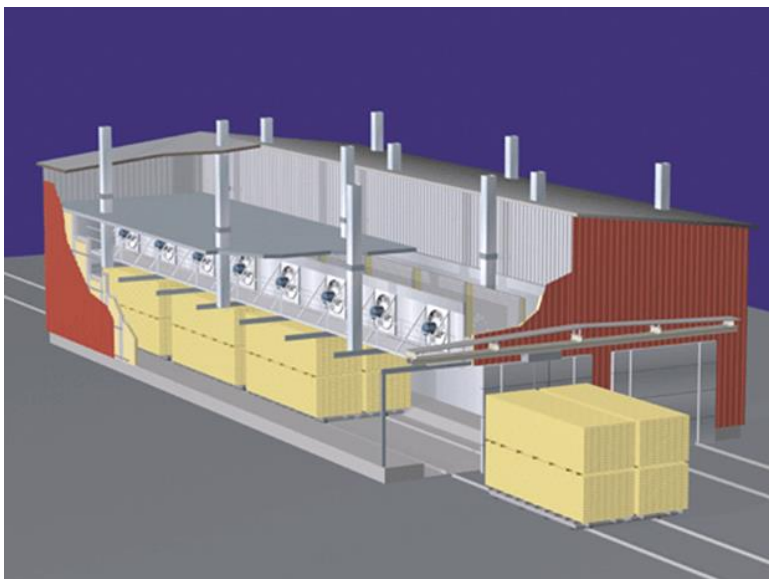


Schéma jednozónové tunelové sušárny řeziva Valutec

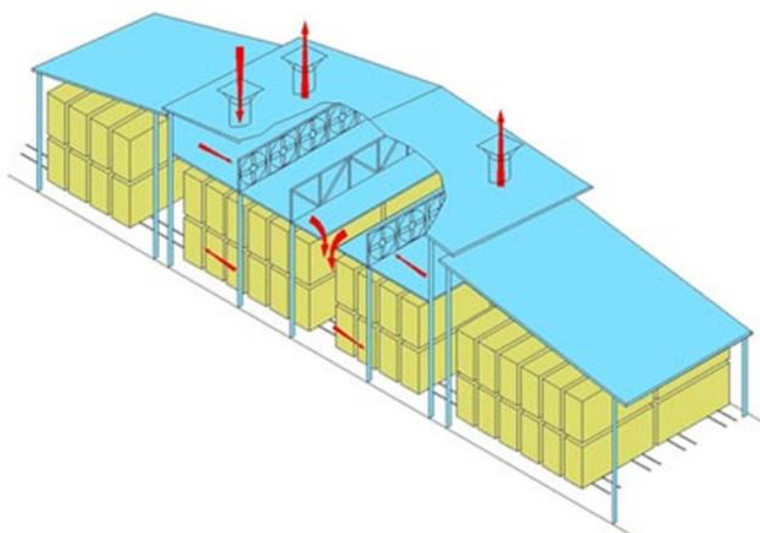


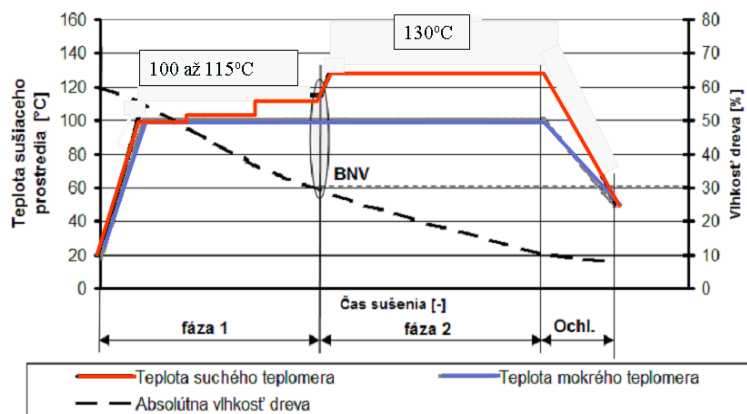
Schéma dvouzónové tunelové sušárny řeziva Hildebrand



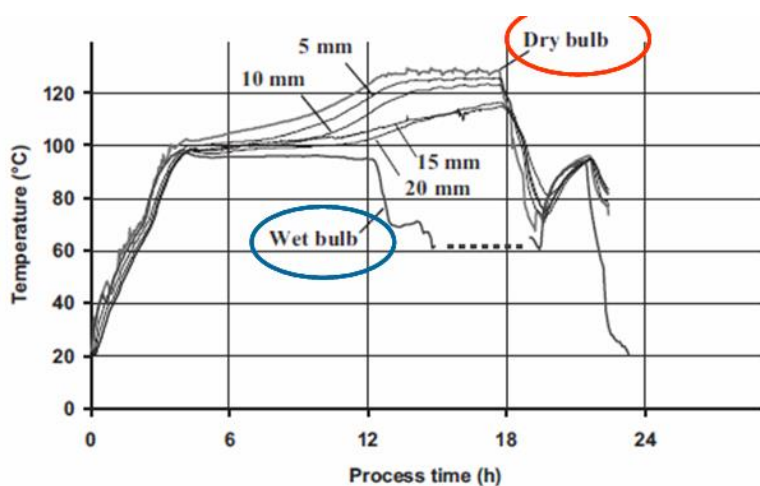
Tunelová sušárna řeziva Valutec



Tunelová sušárna řeziva BES Bollmann



Grafický znázornění procesu vysokoteplotního sušení řeziva Källander 2004



Grafický záznam procesu vysokoteplotního sušení řeziva Bengtsson 2001



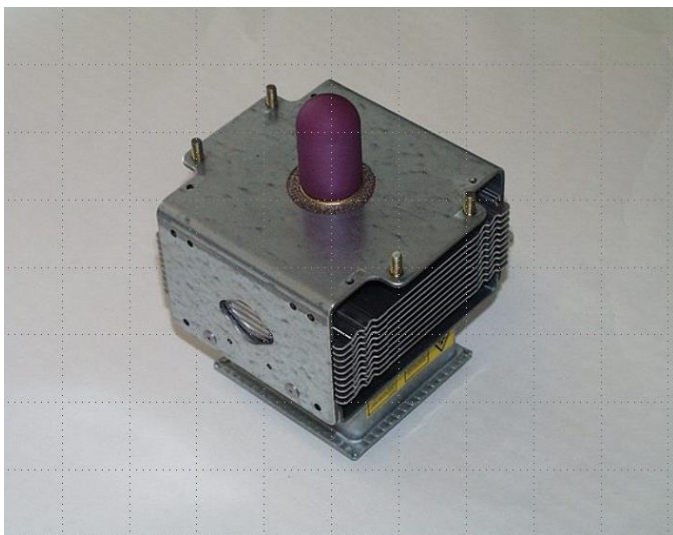
Komora pro vysokoteplotní sušení řeziva Baschild



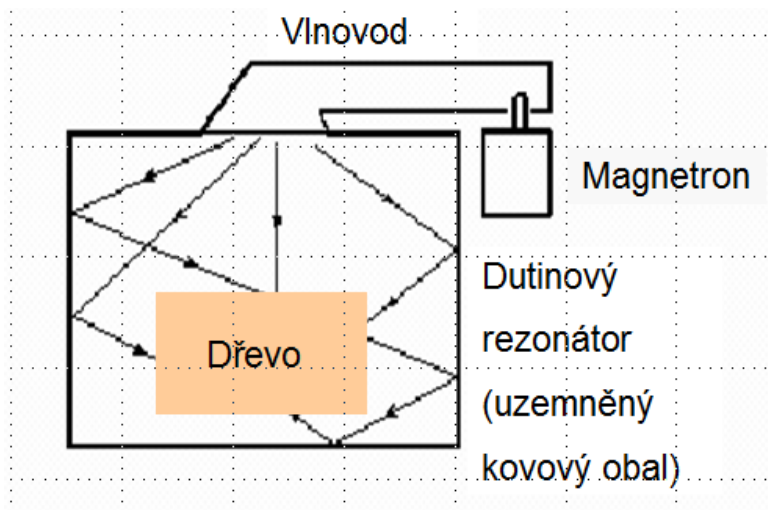
Komora pro vysokoteplotní sušení řeziva Baschild

	Frequency	Wave length
	MHz	m
Radio frequencies	13.56	22.11
	27.12	11.05
	40.68	7.37
Microwaves	915	0.328
	2450	0.122
	5800	0.052

Dielektrický ohřev (frekvence, vlnová délka)



Zdroj mikrovlnného záření – magnetron



Základní mikrovlnná sestava pro sušení dřeva

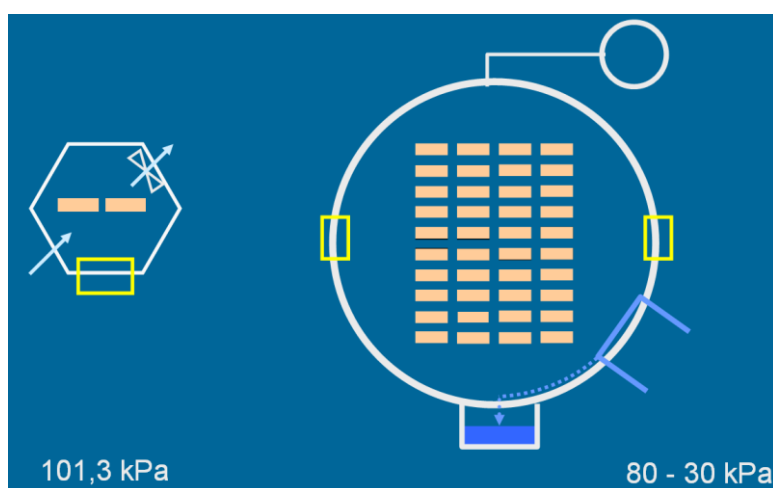


Schéma mikrovlnných sušáren řeziva (normální tlak, vakuum)



Mikrovlnná sušárna řeziva pracující při normálním tlaku vzduchu Dies



Kontinuální mikrovlnná sušárna řeziva pracující při normálním tlaku vzduchu Yantai Care Microwave



Vakuová sušárna řeziva s mikrovlnným ohřevem Woodmaster



Interiér vakuové sušárny řeziva s mikrovlnným ohřevem Woodmaster



Radiofrekvenční sušárna řeziva HF Woodworking Machinery



Radiofrekvenční sušárna řeziva HeatWave Drying Systems Robert Zwick



Vakuová sušárna řeziva s radiofrekvenčním ohřevem PF Inovations

Pásmo (označení vakua)	Tlak v mbar (hPa)	Počet molekul na cm ³	Střední volná dráha částice
Atmosférický tlak	1013,25	$2,7 \cdot 10^{19}$	68 nm
Hrubé vakuum	300 až 1	10^{19} až 10^{16}	0,1 až 100 μm
Jemné vakuum	1 až 10^{-3}	10^{16} až 10^{13}	0,1 až 100 mm
Vysoké vakuum (HV)	10^{-3} až 10^{-7}	10^{13} až 10^9	100 mm až 1 km
Ultravysoké vakuum (UHV)	10^{-7} až 10^{-12}	10^9 až 10^4	1 až 10^5 km
Extrémně vysoké vakuum (XHV)	$<10^{-12}$	$<10^4$	$>10^5$ km

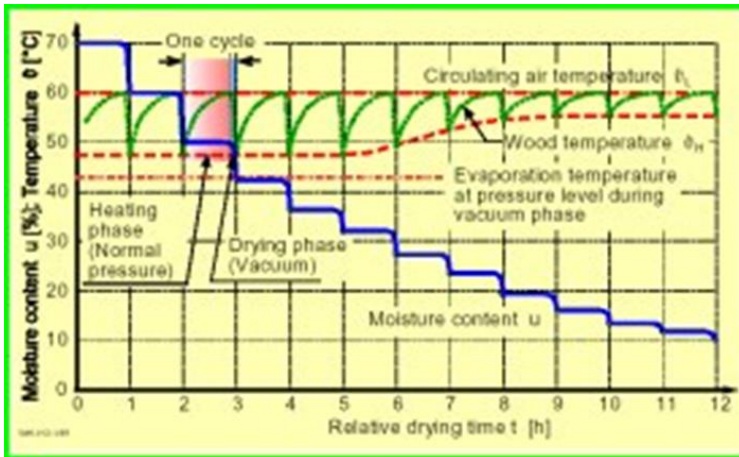
Typy vakua podle pásem



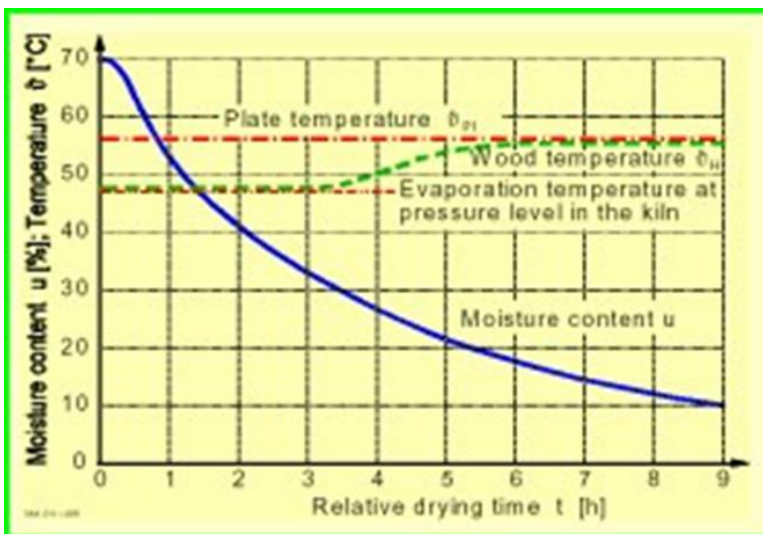
Vakuová sušárna řeziva kruhového průřezu Agroslužba



Vakuová sušárna řeziva obdélníkového průřezu Opel



Diskontinuální proces sušení řeziva v sušárně s konvekčním ohřevem Ressel



Kontinuální proces sušení řeziva v sušárně s kontaktním nebo dielektrickým ohřevem Ressel



Vakuová sušárna řeziva s konvekčním ohřevem Kronseder



Vakuová sušárna řeziva s konvekčním ohřevem Mühlböck



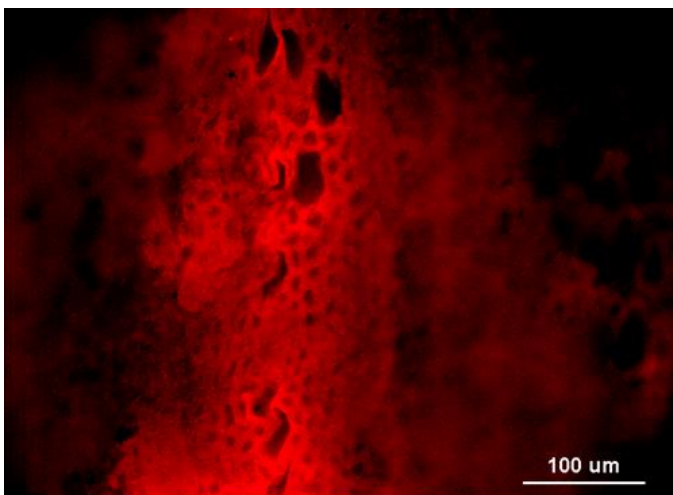
Vakuová sušárna řeziva s kontaktním ohřevem Opel



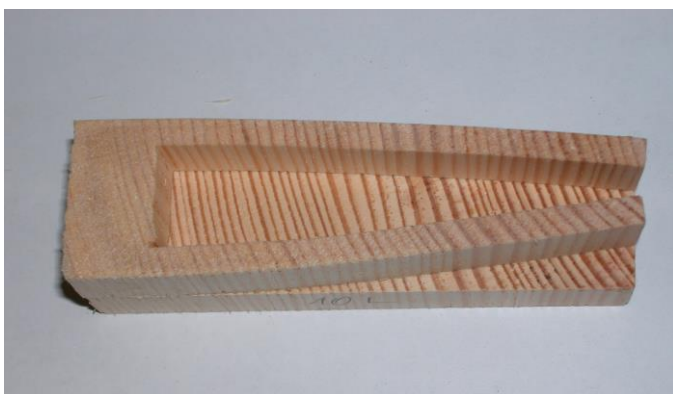
Desky pro kontaktní ohřev řeziva Opel



Kolaps dřeva (propadení v ploše, krátké vnitřní trhliny na příčném řezu)



Mikroskopický snímek kolapsu dřeva



Zbytková napětí „vidlička“ (zkornatění dřeva – na povrchu tah)



Zbytková napětí „středový řez“ (zkornatění dřeva – na povrchu tah)



Čelní trhliny



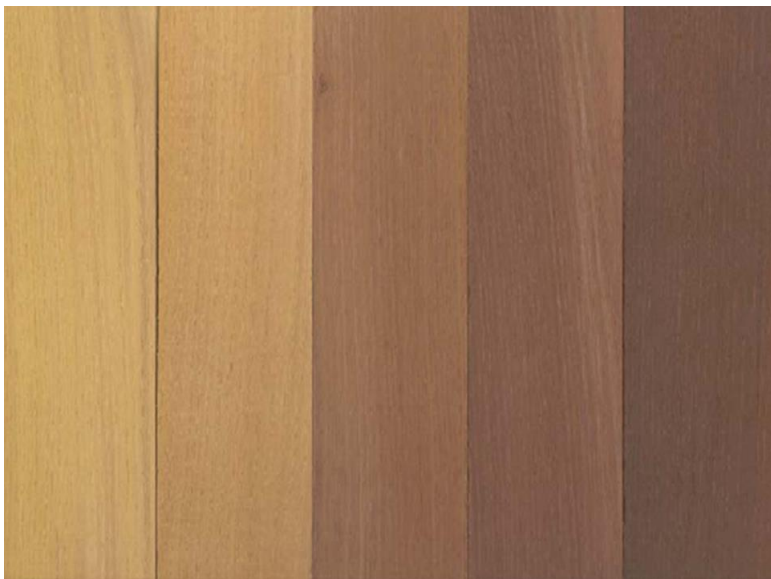
Povrchové trhliny v ploše



Vnitřní trhliny na příčném řezu



Autokláv pro modifikaci odstínu (barvy) dřeva ve vodní páře Welling



Modifikace odstínu (barvy) dřeva ve vodní páře Welling



Komora na paření řeziva Katres



Paření parketových vlysů (vodní uzávěr)



Pařicí jáma pro paření dýhárenských výřezů i řeziva



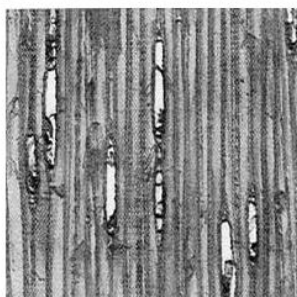
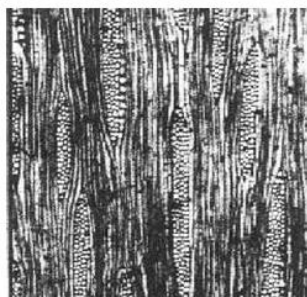
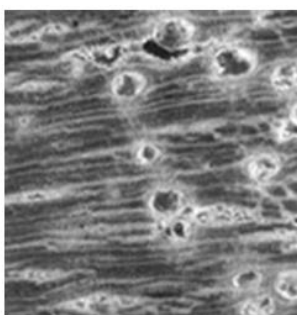
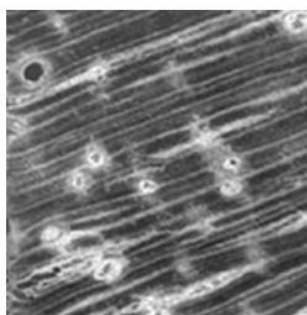
Bazén pro vaření dřeva (dýhárenských výřezů)



Při plastifikaci dýhárenských výřezů pařením nebo vařením dochází k eliminaci růstových napětí



Zařízení (retorta) pro paření polotovarů před ohýbáním (lisováním)



Před úpravou

Po úpravě

Zvýšení propustnosti dřeva pomocí mikrovlnného záření Torgovnikov



Nebezpečí poškození dřeva při působení mikrovlnného záření Merenda



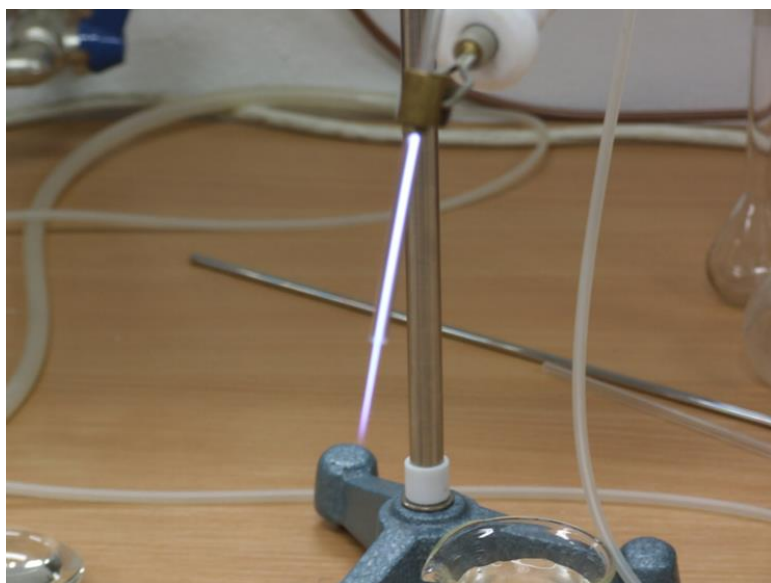
Kontinuální zařízení pro mikrovlnnou úpravu dřeva Torgovnikov 2005



Zařízení pro mikrovlnnou úpravu dřeva Torgovnikov 2005



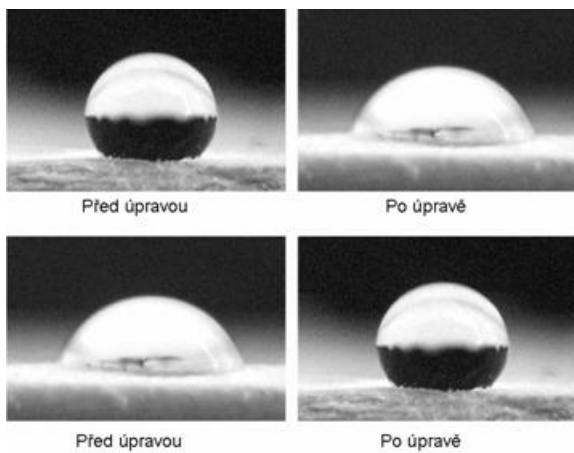
Tryska zařízení ke generování plazmy



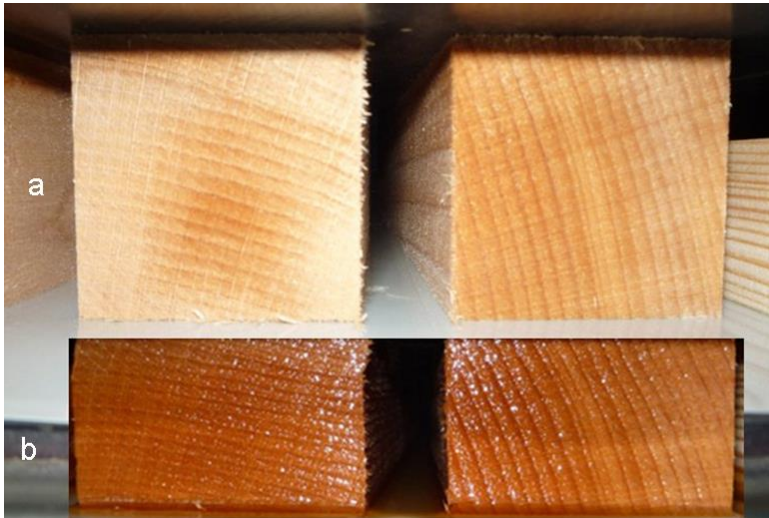
Plazmová „tužka“ v činnosti



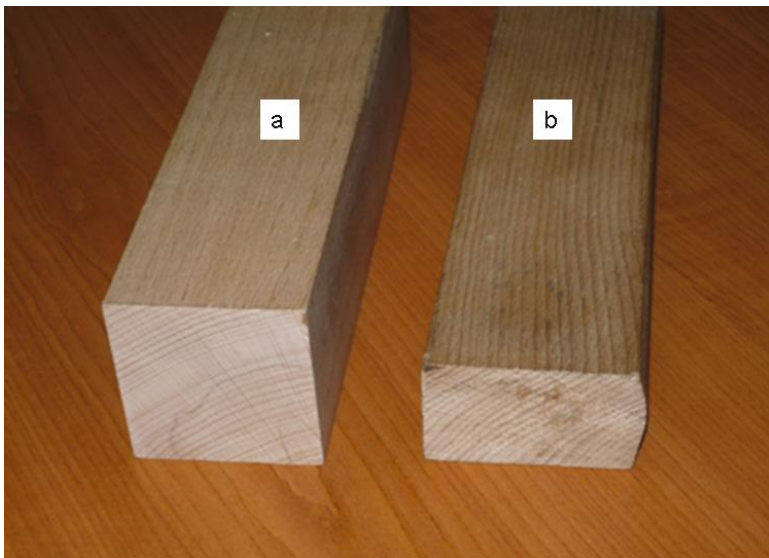
Integrovaná sestava pro úpravu ploch pomocí plazmy Klíma 2009



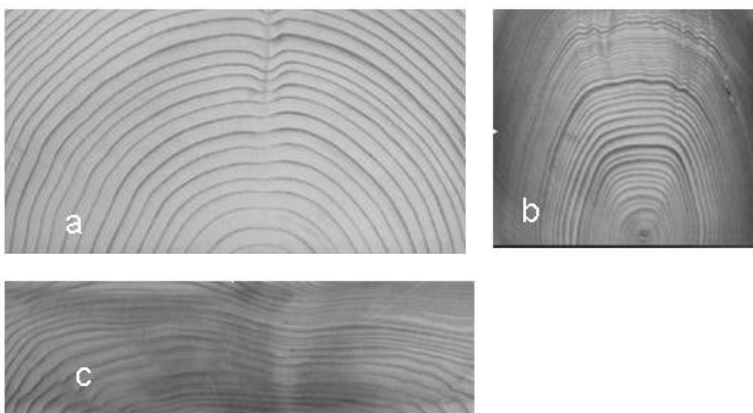
Pomocí plazmy lze úhel smáčení (počet volných OH skupin) zmenšit i zvětšit



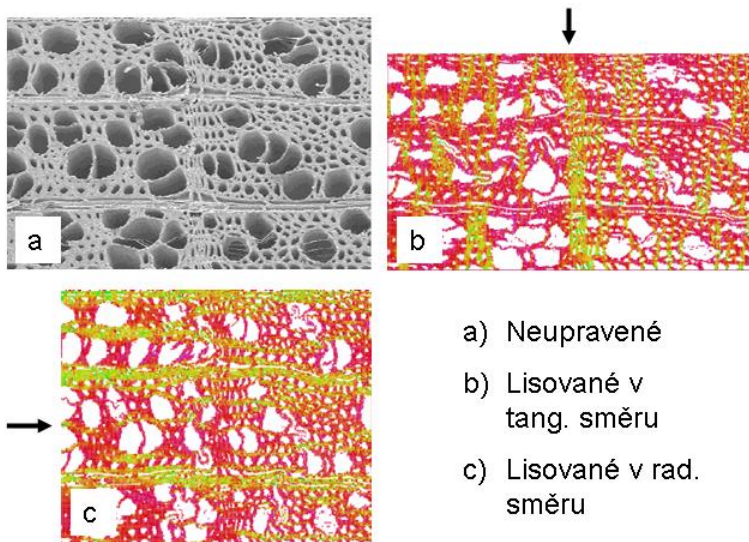
Bukové dřevo lisované ve směru kolmém na dřevní vlákna a) před lisováním, b) po slisování a stabilizaci



Bukové dřevo lisované ve směru kolmém na dřevní vlákna – jednoosé lisování a) před lisováním, b) po slisování a stabilizaci



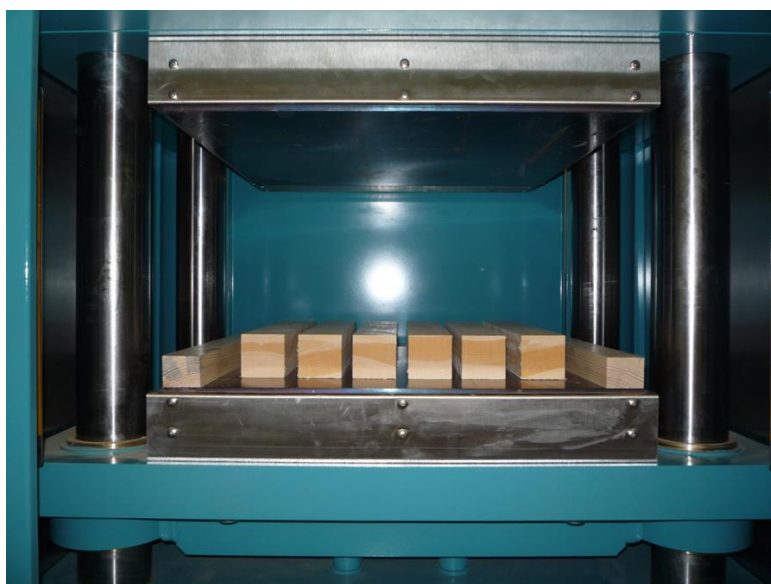
Smrkové dřevo a) neupravené, b) lisované ve směru tangenciálním, c) lisované ve směru radiálním Haller, Wehsener 2004



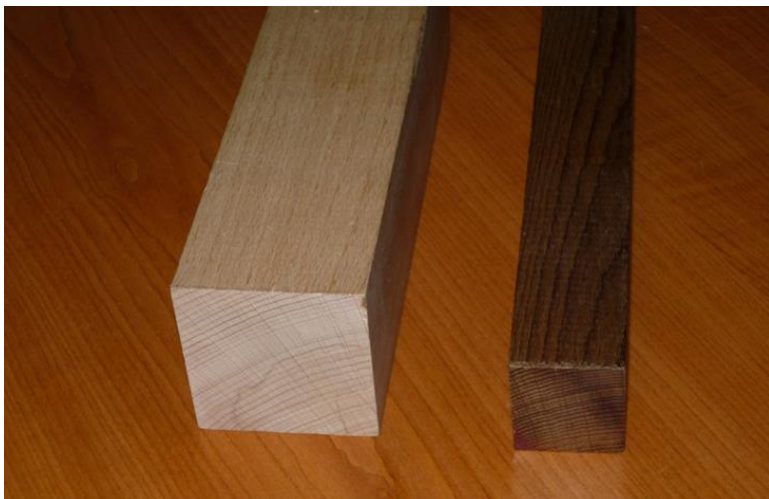
Příčné lisování dřeva liliovníku tulipánokvětého Kultikova 1999



Lisování dřeva v etážovém lisu Welzbacher 2005



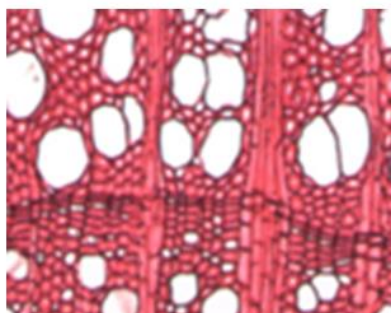
Lisování bukových hranolků v jednoetážovém lisu



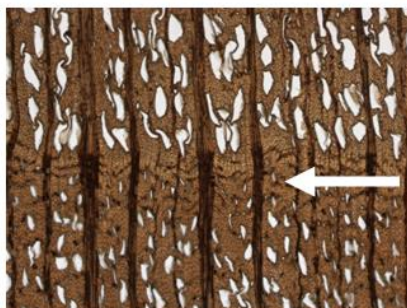
Dřevo plastifikované pomocí amoniaku, vody a tepla následně slisované v příčném směru Lignamon



Horní část autoklávu (se zabudovaným lisem) na výrobu lisovaného dřeva Lignamon

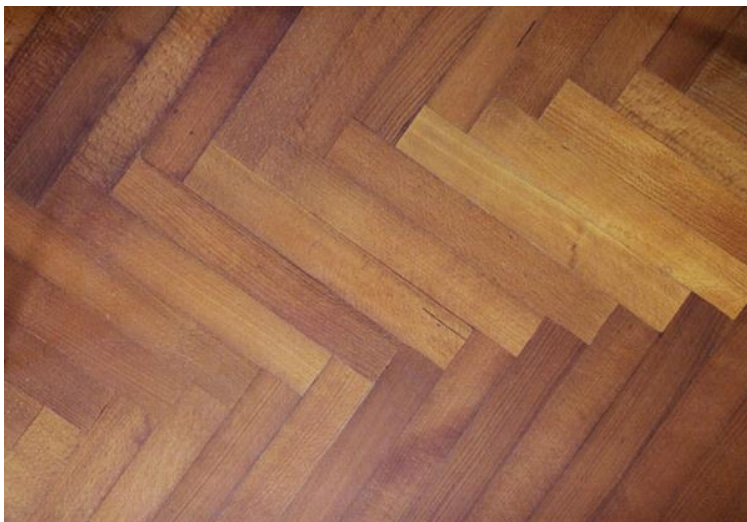


Před slisováním



Po slisování

Změny ve struktuře bukového dřeva po slisování a stabilizaci Lignamon



Parkety z materiálu Lignamon



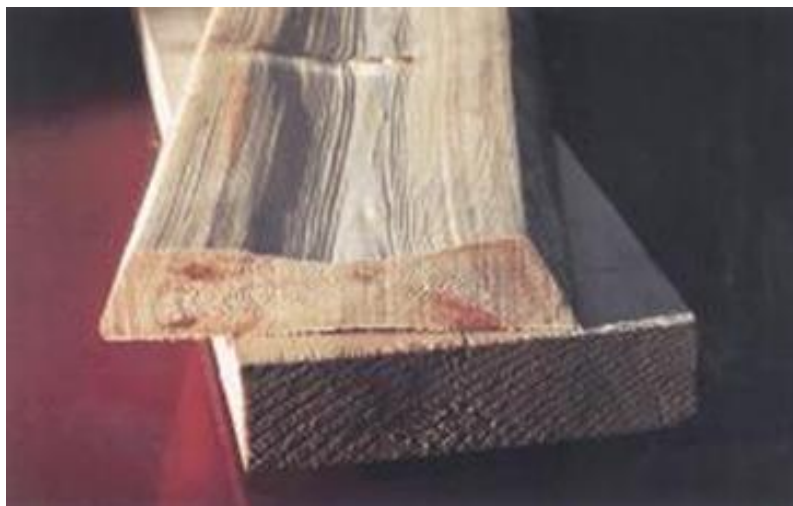
Sedací nábytek z materiálu Lignamon



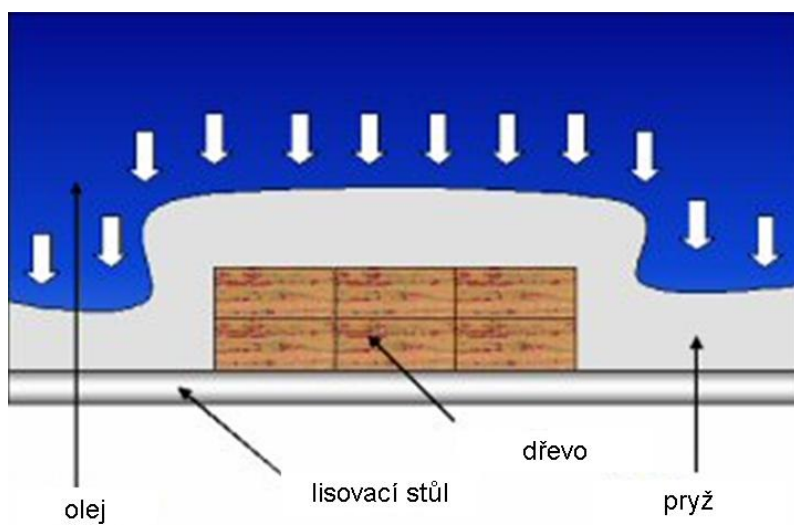
Soustružené předměty (bižuterie) z materiálu Lignamon



Borové dřevo lisované z různých směrů – semiizostaticky lisované Blomberg 2006



Borové dřevo lisované z různých směrů (semiizotatické lisování) Blomberg 2006



Lis pro semiizostatické lisování dřeva z více směrů Quintus



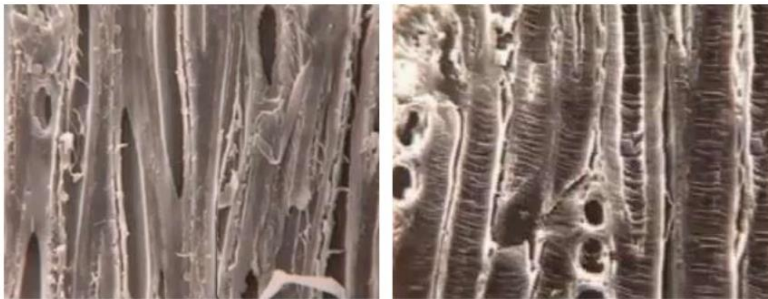
Zařízení pro lisování dřeva ve směru rovnoběžném s dřevními vlákny Compwood



Bukové dřevo lisované ve směru rovnoběžném s dřevními vlákny Bendywood



Bukové dřevo lisované ve směru rovnoběžném s dřevními vlákny Bendywood



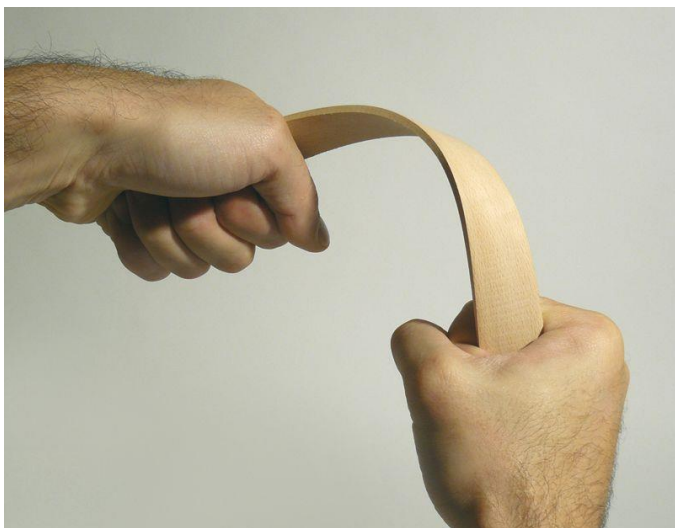
Před slisováním

Po slisování

Změny ve struktuře dřeva lisovaného ve směru rovnoběžném s dřevními vlákny Moroz



Možnosti ohýbání trvale tvárného (ohýbacího) dřeva



Ruční ohýbání (za studena) trvale plastického (ohýbacího) dřeva Bendywood



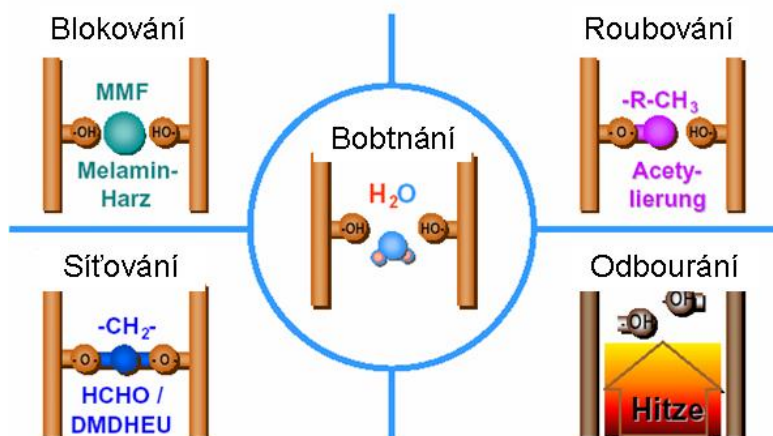
Strojní ohýbání (za studena) polotovarů většího průřezu z trvale tvárného (ohýbacího) dřeva Pergola



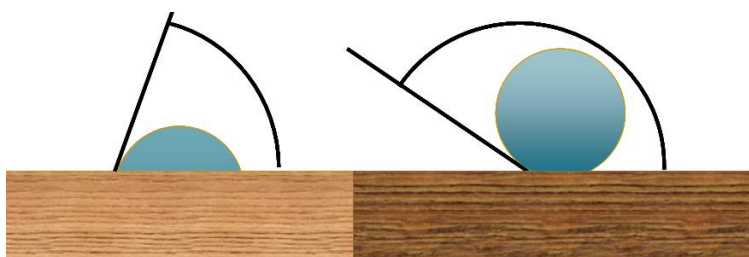
Sedací nábytek z trvale tvárného (ohýbacího) dřeva Compwood



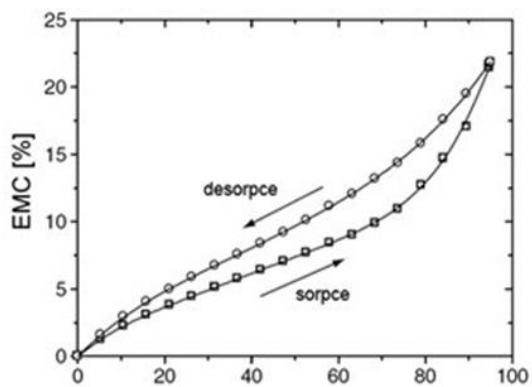
Části zábradlí z trvale tvárného dřeva (ohýbacího) Bendywood Pergola



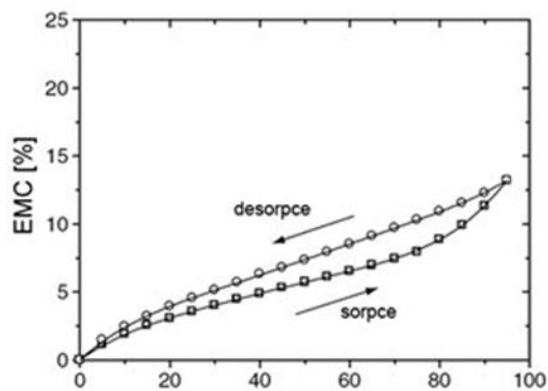
Princip chemické modifikace dřeva (změny počtu OH skupin) na úrovni buněčné stěny Raap



Změna kontaktního úhlu v důsledku modifikace (vlevo před modifikací, vpravo po modifikaci)

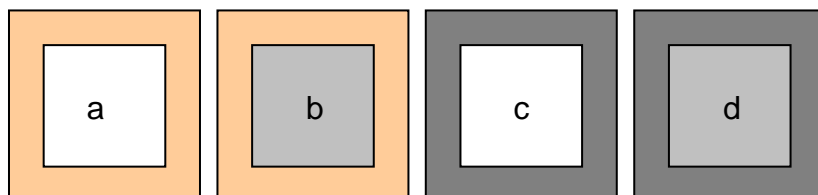


Dřevo před modifikací



Dřevo po modifikaci

Sorpční vlastnosti nemodifikovaného a dřeva modifikovaného v inertní atmosféře při teplotě 250° C po dobu dvou hodin (Hill 2006)



Impregnace dřeva: a) bez úpravy, b) zaplněn lumen, c) impregnována BS, d) zaplněn lumen a impregnována BS



Autokláv (impregnační linka) pro impregnaci dřeva (WTT)



Máčení archeologického dřeva ve vodném roztoku sacharózy - Čelákovice



Podlaha ze dřeva impregnovaného vodným roztokem sacharózy pomocí autoklávu (BRE)



Tlaková impregnace dřeva směsí tekuté přírodní pryskyřice, oleje a vosku (Nattwood - Schulz)



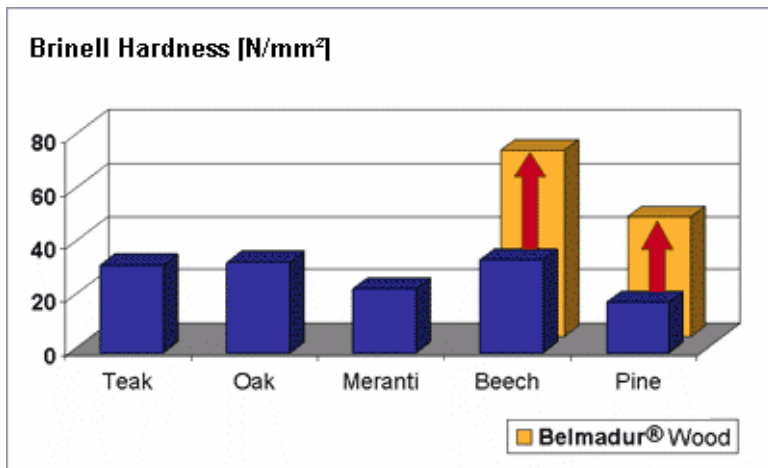
Zahradní nábytek ze dřeva impregnovaného tekuté přírodní pryskyřice, oleje a vosku (Nattwood)



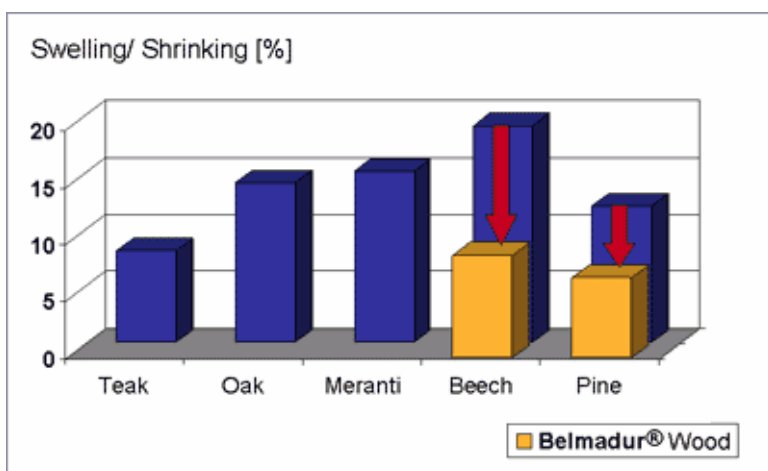
Tlaková impregnace dřeva pomocí DMDHEU Belmadur



Dřevo impregnované pomocí DMDHEU Belmadur



Tvrđost materiálu Belmadur



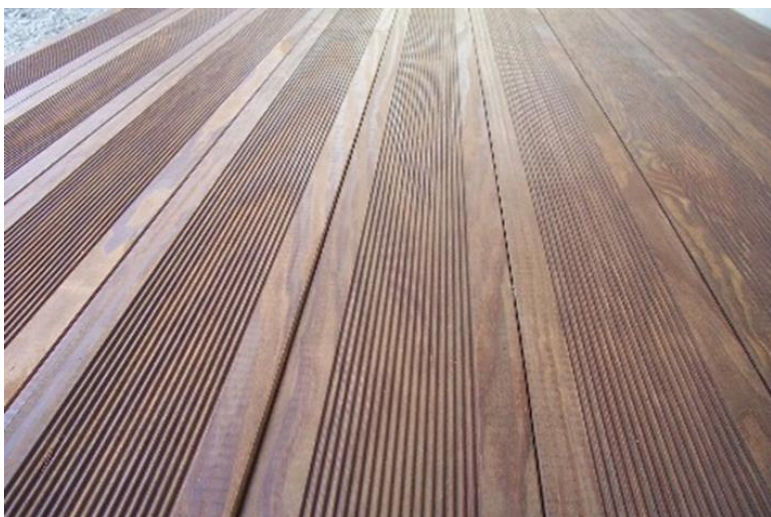
Bobtnání (sesychání) materiálu Belmadur



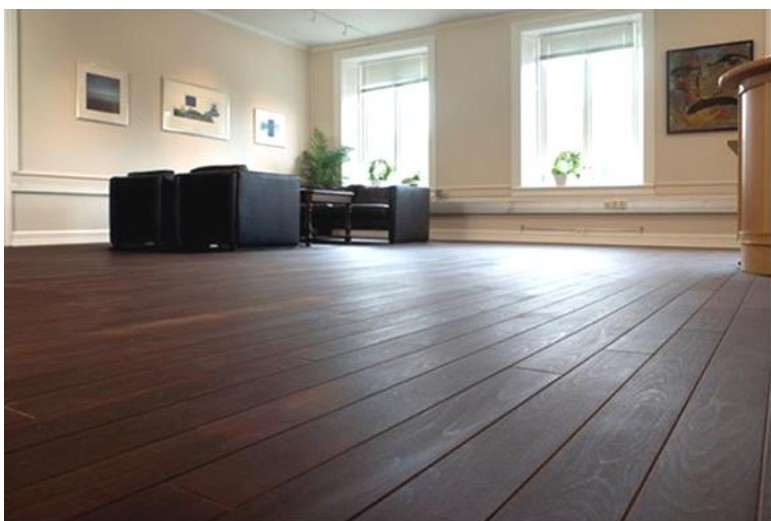
Využití materiálu Belmadur



Tlaková impregnace řeziva furfurylalkoholem probíhá v autoklávu Kebony



Podlaha ze dřeva impregnovaného furfurylalkoholem - exteriér Kebony



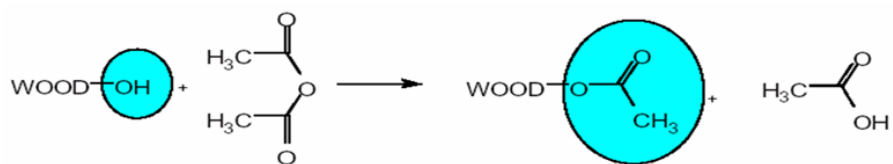
Podlaha ze dřeva impregnovaného furfurylalkoholem - interiér Kebony



Lodní díly ze dřeva impregnovaného furfurylalkoholem Kebony

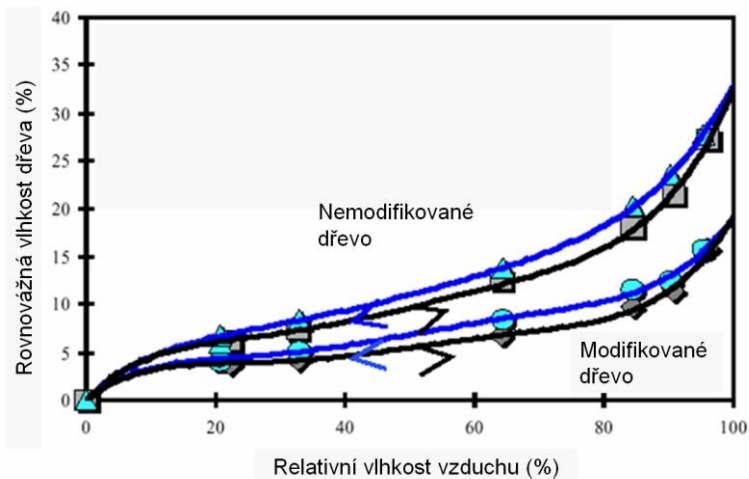


Tlaková impregnace dřeva anhydridem kyseliny octové Accoya



Dřevo + anhydrid kyseliny octové = dřevo + kyselina octová

Reakce dřeva s anhydridem kyseliny octové – acetylace dřeva



Sorpční izotermie nemodifikovaného dřeva a modifikovaného dřeva (Accoya)

hmotnostní přírůstek po modifikaci [%]	rovnovážná vlhkost dřeva [%]			hmotnostní úbytek po půdním testu [%]
	$\varphi = 30\%$	$\varphi = 65\%$	$\varphi = 90\%$	
neošetřený vzorek	4,2	9,4	20,2	65,8
5	2,9	7,0	16,5	58,8
12	2,4	5,2	13,0	44,9
14	1,8	4,6	11,4	35,6
19	1,1	3,7	8,6	5,0

Hmotnostní úbytek nemodifikovaného a modifikovaného dřeva po polním testu ve vztahu k příjmu impregnační látky Ibach



Dřevo impregnované anhydridem kyseliny octové



Most ze dřeva impregnovaného anhydridem kyseliny octové Buildipedia



Okno ze dřeva impregnovaného anhydridem kyseliny octové Buildipedia



Zahradní nábytek ze dřeva impregnovaného anhydridem kyseliny octové Accoya



Modifikace barvy dřeva plynným amoniakem WTT



Modifikace barvy dřeva plynným amoniakem



Zařízení pro modifikaci barvy dřeva plynným amoniakem - WTT



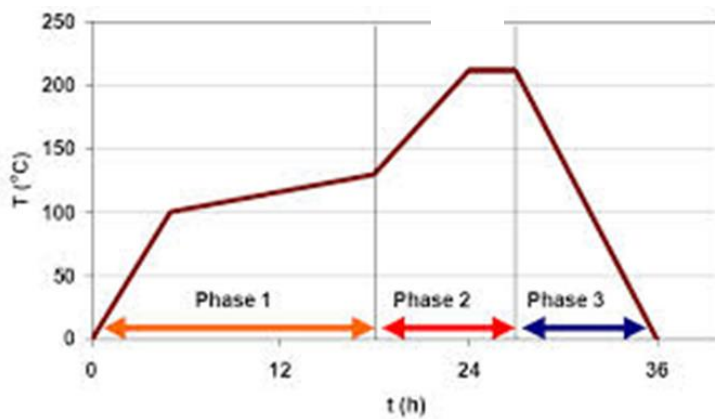
Tepelně upravené borové dřevo Thermowood



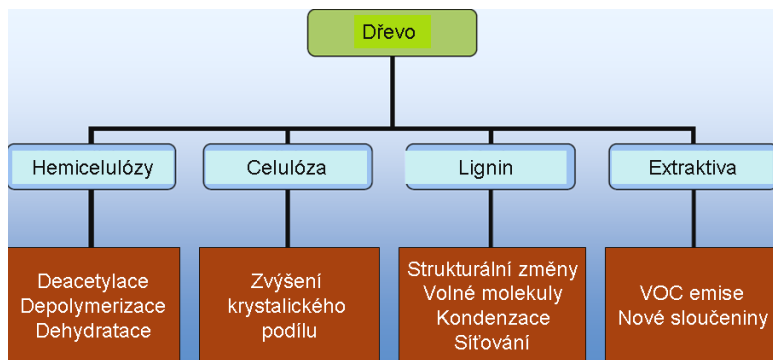
Tepelně upravené bukové dřevo THA – Thermoholz Austria



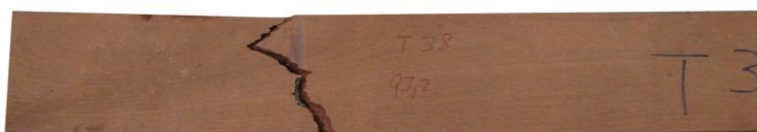
Tepelně upravené jasanové dřevo Platoholz



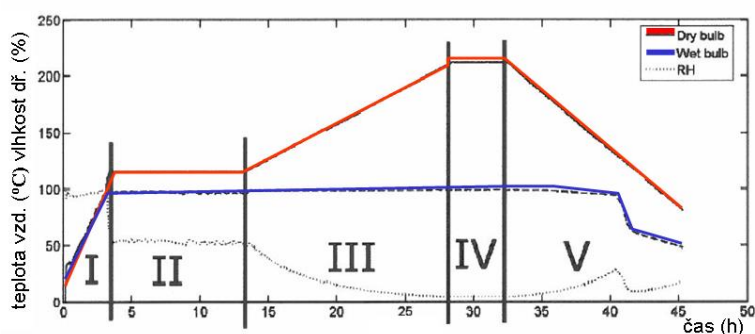
Proces tepelné úpravy dřeva Thermowood



Změny v oblasti hlavních stavebních látek dřeva v důsledku tepelné úpravy (Esteves, Pereirová 2009)



Křehké tepelně upravené bukové dřevo Widmann 2014



Grafický záznam procesu vysokoteplotního sušení řeziva (I ohřev, II 1. st. suš., III 2. st. suš., IV tep. úpr., V ochlazování) Kortelainen 2006

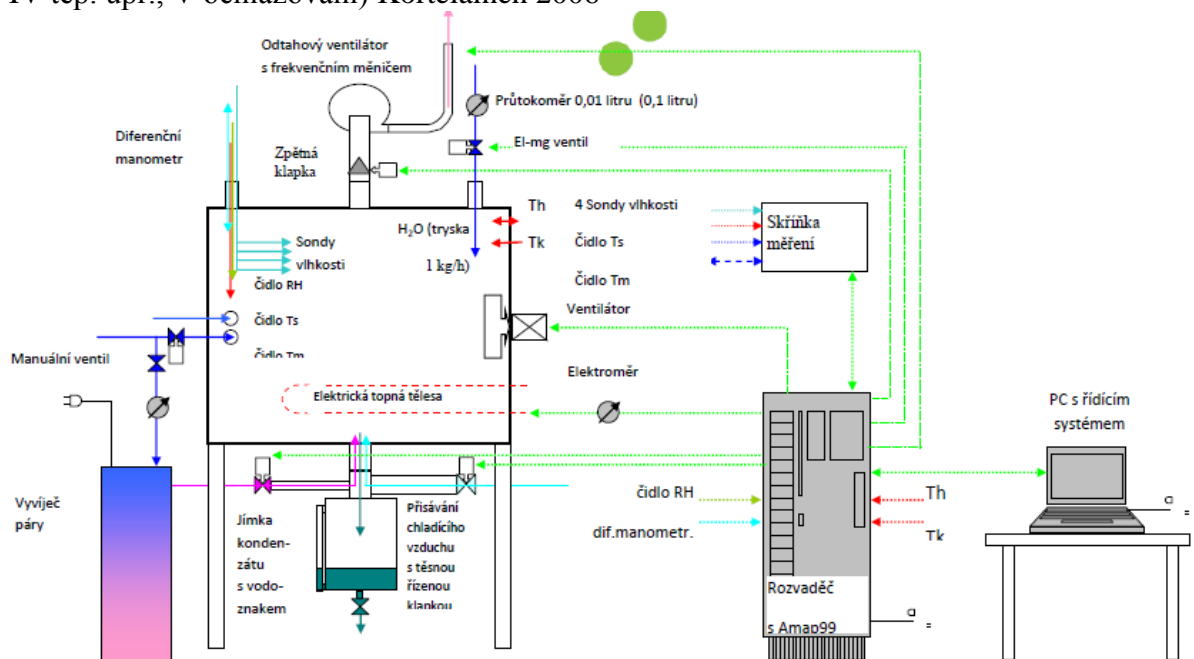
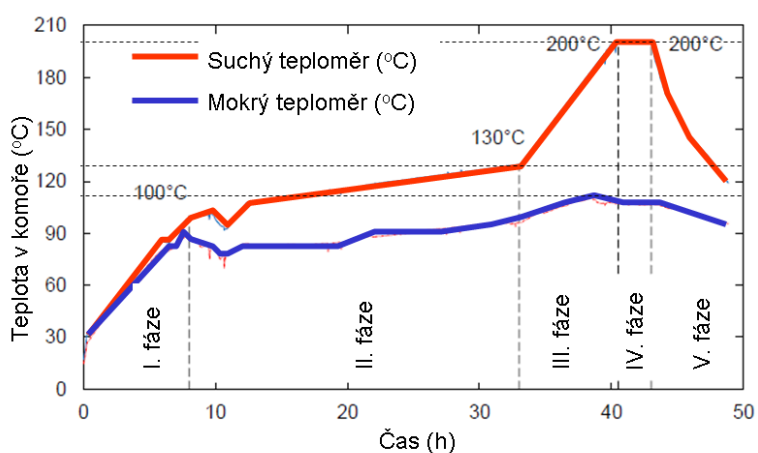


Schéma laboratorního zařízení pro tepelnou úpravu dřeva (Katres, 2013)



Laboratorní zařízení pro tepelnou úpravu dřeva (komora – sání, výfuk, topení, přívod páry, vlhčení, ventilace, psychrometr, sběr kondenzátu; vyvíječ páry) (Dejmal, 2015)



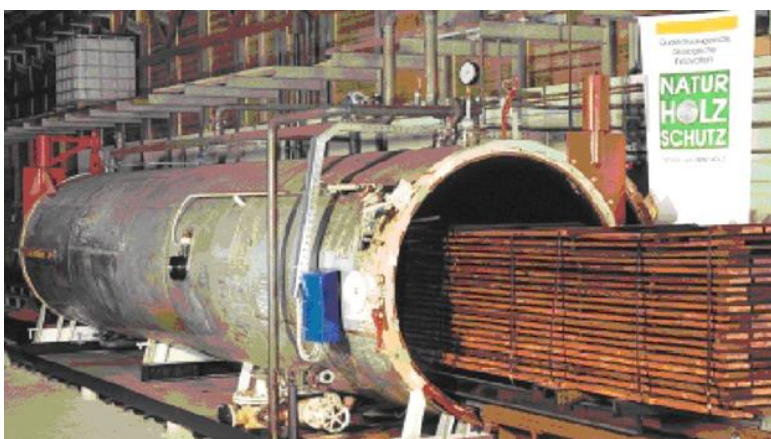
Grafický záznam procesu vysokoteplotního sušení řeziva (I - ohřev, II - 1. st. suš., III - 2. st. suš., IV - tep. úpr., V - ochlazování) Čermák 2012



Komora pro tepelnou úpravu dřeva v atmosféře přehřáté vodní páry - Thermowood



Komora pro tepelnou úpravu dřeva v atmosféře dusíku NOW - New Option Wood



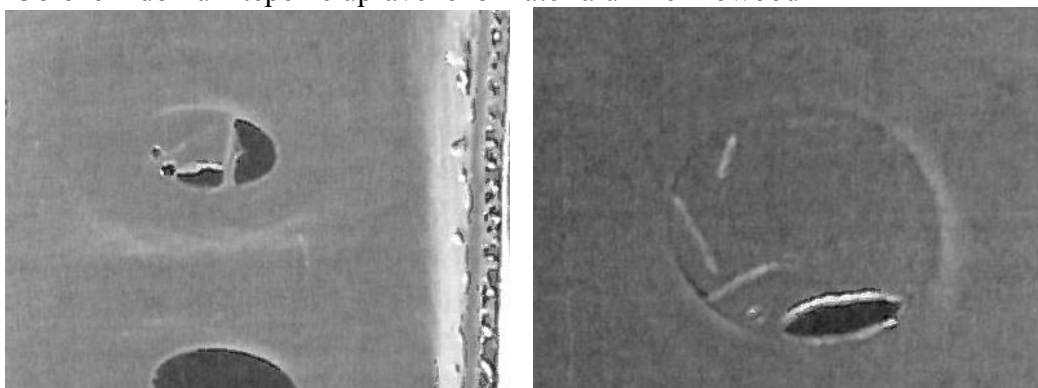
Autokláv pro tepelnou úpravu dřeva v oleji (OHT - Oil Heat Treatment) Menz Holz



Nábytkové dílce vyrobené z tepelně upraveného dřeva - ThermoWood Association



Obložení domu z tepelně upraveného materiálu Thermowood



Biologická modifikace – úprava propustnosti (Pánek, Reinprecht, 2009)



Biologická modifikace – úprava akustických vlastností (Schwarze, 2009)



Výběr vhodných stromů, jako zdroje semene (ČZU)



Sazenice vzniklé somatickou embryogenezí pletiva semene jehličnanu (ČZU)



Pěstování stromů v izolaci (ČZU)