

ZÁKLADY ZKUŠEBNICTVÍ

Zjišťování mechanických a fyzikálních vlastností dřeva a materiálů na bázi dřeva

13. 11. 2023

Martin Böhm
martin.bohm@fsv.cvut.cz



Certifikace podle zákona 22/1997 Sb. (trh České republiky)

- ❖ [Zákon č. 526/2020 Sb. o technických požadavcích na výrobky](#) a Nařízení vlády 163/2002 ve znění 312/2005 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky:

STANOVENÉ VÝROBKY

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ




Certifikace x Akreditace

CERTIFIKACE:

Je aktem nezávislé třetí strany, potvrzujícím shodu řádně identifikovaného výrobku, postupu, služby, personálu s předepsanými požadavky.

AKREDITACE:

Je uznání způsobilosti laboratoře nebo organizace, certifikující výrobek (EN 45 011), personál (EN 45 013) nebo systémy jakosti (EN 45 012) státním orgánem a nezávislou radou.



Základní požadavky na výrobek

1. Mechanická odolnost a stabilita
2. Požární bezpečnost
3. Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí
4. Bezpečnost při užívání
5. Ochrana proti hluku
6. Úspora energie a ochrana tepla

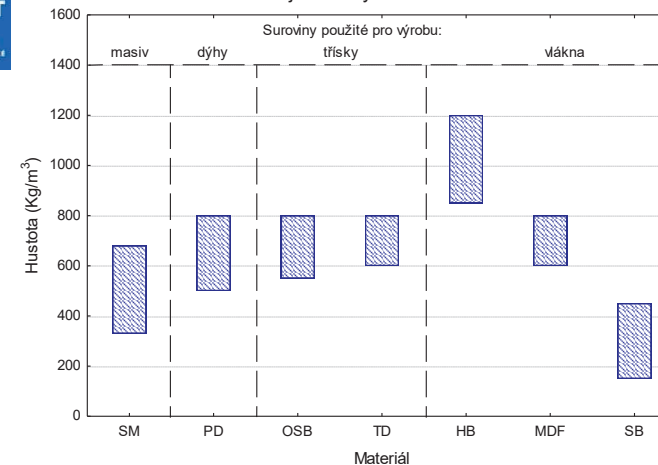


Stanovené výrobky

1. Konstrukční výrobky z rostlého dřeva
2. Dřevěné rámové a roubené prefabrikované stavební sestavy
3. Dřevěné pražce
4. Konstrukční lepené výrobky ze dřeva
5. Střešní šindele
6. Lepidla pro nosné konstrukce
7. Dveře, zárubně, podlahy, obklady
8. Nátěrové hmoty a impregnační prostředky



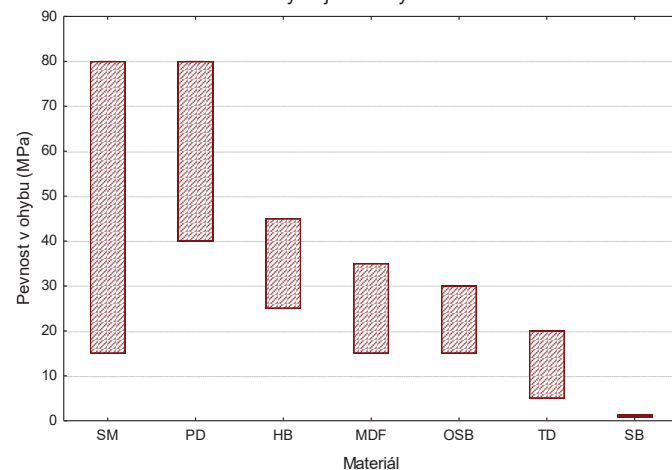
Hustota jednotlivých materiálů



SM – dřevo smruku, PD – překližky, HB – tvrdé vláknité desky, MDF – vláknité desky se střední hustotou, OSB – desky z plochých orientovaných třísek, TD – třískové desky, SB – měkké vláknité desky



Pevnost v ohybu jednotlivých materiálů



SM – dřevo smruku, PD – překližky, HB – tvrdé vláknité desky, MDF – vláknité desky se střední hustotou, OSB – desky z plochých orientovaných třísek, TD – třískové desky, SB – měkké vláknité desky



Statistické výpočty při zjišťování mechanických a fyzikálních vlastností dřeva a materiálů na bázi dřeva



MS Excel - směrodatná odchylka

SMODCH $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$

Směrodatná odchylka základního souboru určená z náhodného výběru.

Směrodatná odchylka vyjadřuje, jak se hodnoty liší od průměrné hodnoty (střední hodnoty).

SMODCH.VÝBĚR $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$

Odhad směrodatné odchylky základního souboru určený z náhodného výběru.

Směrodatná odchylka vyjadřuje, jak se hodnoty liší od průměrné hodnoty (střední hodnoty).



Plánování pokusu stanovení potřebného rozsahu výběru

- Na základě pravděpodobnosti požadovaná přesnost
- g koeficient rozdělení
- λ sledovaný znak

$$n_p = \lambda^2 * \frac{s^2}{g^2}$$

- Podle příslušného variačního koeficientu
- V variační koeficient
- X_o očekávaný průměr

$$n_p = \left(\frac{2 * V * X_o}{100} \right)^2 / g^2$$

Normy ČSN, EN (<http://www.cni.cz>)

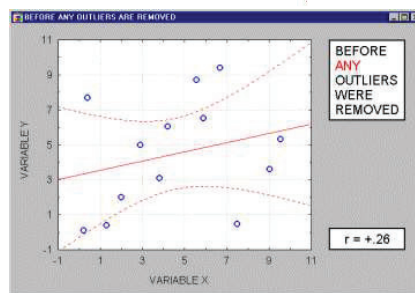
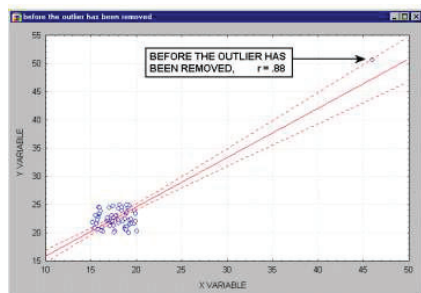
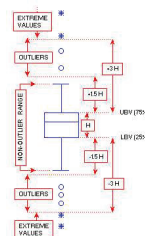
- Lesnické normy (dřívější třída 48)
- Dřevařské normy (třída 49)



Zpracování dat

- Vyloučení extrémů
- Dixonův test extrémních hodnot

$$Q = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$$



(<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>)



F – test

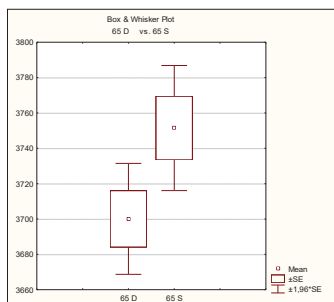
Test významnosti (nebo nevýznamnosti) rozdílů dvou rozptylů

$$F = \frac{s_y^2}{s_x^2} \quad F = \frac{s_x^2}{s_y^2}$$

- V čitateli podílu větší z obou rozptylů
- Vypočtená hodnota testovacího kritéria F se porovná s kritickou hodnotou F-rozdělení
- Je-li F vypočtené větší než F tabulkové je rozdíl mezi oběma rozdíly prokázán



T – test (test významnosti rozdílů dvou průměrů)



$$x_i - y_i = d_i$$

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d} * \sqrt{n}$$

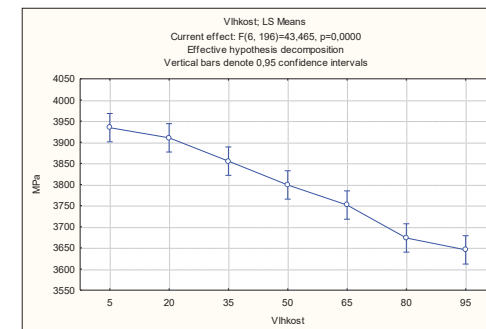
T-test for Dependent Samples (Příklad 5)
Marked differences are significant at p < .05000

Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv.	t	df	p
65 D	3700,081	86,19748						
65 S	3751,452	97,21554	29	-51,3710	107,4099	-2,57556	28	0,0155

Rozptyl modulu pružnosti pro výběr A se významně statisticky liší od rozptylu pro výběr B (p = 0,016).



ANOVA



Tukey HSD test: variable MPa (Příklad 5)
Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = 8393,7, df = 196,00

Cell No.	Vlhkost	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	5	3934,5	3910,4	3855,3	3798,9	3751,5	3673,5	3645,4
2	20	0,953790	0,248437	0,017248	0,000026	0,000026	0,000026	0,000026
3	35	0,017248	0,248437	0,222625	0,000334	0,000026	0,000026	0,000026
4	50	0,000026	0,000094	0,222625	0,432605	0,000029	0,000026	0,000026
5	65	0,000026	0,000026	0,000334	0,432605	0,020593	0,000227	0,000227
6	80	0,000026	0,000026	0,000026	0,000029	0,020593	0,904933	0,904933
7	95	0,000026	0,000026	0,000026	0,000026	0,000227	0,904933	0,904933



Korelační počet

- Korelačním počtem se hledá matematicko-statistické vyjádření očekávané závislosti mezi skupinami různých jevů.

Těsnost závislosti

Korelační koeficient
(posouzení, zda je či není závislost statisticky prokázána)

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_y^2 * s_x^2}}$$

Koeficient determinace
(násobený 100 udává, z kolika procent je veličina závislé proměnné vysvětlena regresí nezávisle proměnné.

$$R = r^2$$



Jednoduchá lineární regrese

- Lineární regrese předpokládá, že vztah lze vyjádřit přímkou
- Regrese = vztah dvou proměnných - popis závislosti (nezávislosti) jedné proměnné na druhé (např. výška stromu – stáří stromu)
- Korelace = u korelace nelze rozlišit závislou a nezávislou proměnnou (např. výška stromu – průměr stromu)
- X nezávislá proměnná
- Y závislá proměnná

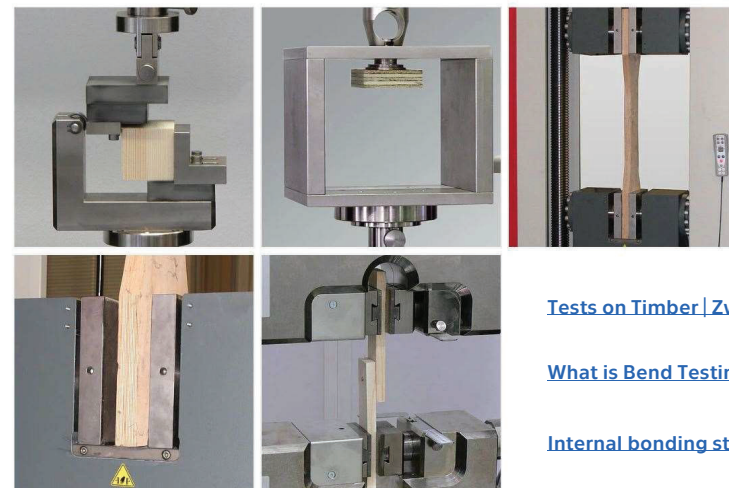
Konstrukce regresní přímky $\hat{y} = a + bx$

Směrnice přímky $b = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2}$

Základní zkušební postupy



Mechanické zkoušky dřeva



[Tests on Timber | ZwickRoell](#)

[What is Bend Testing? - Instron](#)

[Internal bonding strength test - YouTube](#)

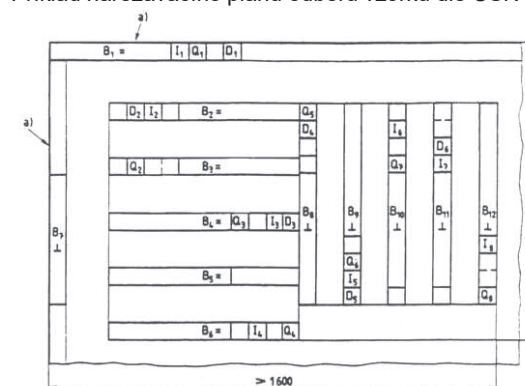
OSB desky

měřicí jednotka	zkušební metoda	interval zkoušení	vlastnost	tloušť. třída	OSB/1	OSB/2	OSB/3 alt.1 alt.2	OSB/4 alt.1 alt.2
mm popř. mm/m	EN 324-1	8 hlt (**)	tolerance rozměrů a tvaru	tloušťka	brouš		±0,3	
	EN 324-2			nebrouš.		±0,8		
	EN 322			délka a šířka			±3	
	EN 323			pravoúhlost			±2,0 mm/m	
	EN 323			přímost boků			±1,5 mm/m	
	EN 323		vlhkost			2.XII		5.XII
	EN 323		tolerance hustot				±10	
mg/100g	EN 120	24 hlt	obsah Fd *)	třída	1		< 8 (***)	
	EN 120	1 týden/t		2			> 8 < 30	
MPa	EN 314	8 hlt (**)	pevnost v ohybu	hlavní osa	6.X	20	22	30
					> 10 - < 18	18	20	28
					18 - 25	16	18	26
				vedl. osa	6.X	10	11	16
					> 10 - < 1	9	10	15
					18 - 25	8	9	14
		modul pružnosti v ohybu	hlavní osa	2500	3500	4800		
		vedl. osa	1200	1400	1900			
	EN 319			rozlupěivost	6.X	0,3	0,34	0,5
					> 10 - < 18	0,28	0,32	0,45
					18 - 25	0,26	0,3	0,4
	EN 317			bobtnání po 24 h	25	20	15	12
EN 321 + EN 310	1 týden/t	pevnost v ohybu o testu	hlavní osa	6.X			9	
EN 321 + EN 319				> 10 - < 1			8	
				18 - 25			7	
			rozlupěivost po testu cyklováním	6.X	0,18		0,21	
				> 10 - < 18	0,15		0,11	
				18 - 25	0,13		0,15	
EN 1087-1 + EN 319	8 hlt (**)	rozlupěivost po vané zkoušce		6.X			0,15	
				> 10 - < 1				0,13
				18 - 25				0,12



Modul pružnosti v ohybu podle ČSN EN 789 a ČSN EN 326-1

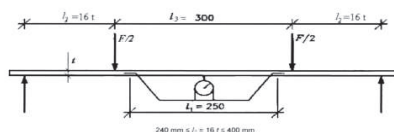
Příklad nařezávacího plánu odběru vzorků dle ČSN EN 326-



Vzorky pro zjišťování ohybových vlastností jsou značeny B1 – B12, písmeno a označuje oformátovaný bok desky.



Modul pružnosti v ohybu podle ČSN EN 789



$$E_m = \frac{(F_2 - F_1) l_1^2 l_2}{16(u_2 - u_1) I} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$



Příklad statistického vyjádření výsledků měření modulu pružnosti v ohybu u DTD

Průměr každé desky (deskový průměr)

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m}$$

Rozptyl uvnitř každé desky

$$s_{w,j}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{m-1}$$

Směrodatná odchylka uvnitř každé desky

$$s_{w,j} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)}{m-1}$$



Celkový průměr (průměr deskových průměrů)

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}}{mn} = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{x}_j}{n}$$

Rozptyl deskových průměrů

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2}{n-1}$$

Směrodatná odchylka deskových průměrů

$$s_{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})}{n-1}$$



Průměrný rozptyl uvnitř desky

$$\bar{s}_w^2 = \frac{\sum_{j=1}^n s_{w,j}^2}{n}$$

5% kvantil normálně rozdělených hodnot vlastností desky

dolní

$$L_{5\%}^q = \bar{\bar{x}} - t_n s_{\bar{x}}$$

horní

$$U_{5\%}^q = \bar{\bar{x}} + t_n s_{\bar{x}}$$

Postup výpočtu

Naměřené hodnoty souboru: OSB/3 12 mm s podélnou orientací třísek 1.4.2008, $W_{tot} = 85\%$

číslo zk.	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	b ₃ [mm]	b [mm]	t ₁ [mm]	t ₂ [mm]	t ₃ [mm]	t ₄ [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	0,1 F [N]	u ₁ [mm]	0,4 F [N]	u ₂ [mm]	F _{max} [N]	l [mm]	E _m [N/mm ²]	W [mm ³]	f _m [N/mm ²]	M _{max} [Nmm]
1/1	298,52	298,22	298,37	10,26	10,04	10,00	10,59	10,2225	250	225	126	0,488	504	1,461	1360,13	25,42	26561,1	10378,035	5196,59	27,2803	141764,63
1/2	298,68	298,72	298,85	10,04	10,65	10,11	10,27	10,2675	250	225	131	0,502	503	1,919	1204,88	216,76	26956,7	8559,522	5230,87	25,8146	135540,00
1/3	298,60	298,62	298,61	9,861	9,79	10,22	10,16	10,0075	250	225	130	0,382	493	1,666	1359,15	265,60	24940,2	9962,865	49504,30	30,6772	152904,38
1/4	298,82	298,72	298,77	10,25	10,70	10,02	10,36	10,3325	250	225	132	0,356	501	1,369	1488,77	252,16	27464,5	11657,919	5316,14	31,5053	167486,63
1/5	299,22	299,12	299,17	10,57	10,28	10,00	10,22	10,2675	250	225	131	0,481	502	1,994	1351,08	231,92	26985,5	7986,318	5256,49	28,9159	151996,50
1/6	298,92	298,72	298,82	10,76	10,09	10,33	10,54	10,4300	250	225	131	0,356	503	1,463	1310,70	202,40	28254,1	10453,375	5417,85	27,2163	147453,75
1/7	298,66	298,58	298,62	10,53	10,13	10,49	10,70	10,4625	250	225	131	0,411	504	1,817	1247,38	203,40	28499,9	8181,294	5448,02	25,7580	140330,25
2/1	298,84	299,22	299,03	9,89	10,74	10,31	10,49	10,5375	250	225	137	0,289	501	1,317	1543,17	224,38	27688,4	11239,642	5346,55	32,4708	173606,63
2/2	298,82	298,84	298,83	10,20	10,19	9,93	10,43	10,1875	250	225	130	0,315	504	1,462	1093,52	178,84	26329,7	10884,411	5169,02	23,7997	123021,00
2/3	299,08	299,62	299,35	9,93	9,99	10,11	10,02	10,0125	250	225	132	0,259	502	1,393	1358,72	217,56	25039,5	11452,640	5001,65	30,5611	154856,00
2/4	299,82	299,32	299,57	9,88	10,17	10,05	10,02	10,0300	250	225	134	0,273	502	1,345	1373,17	217,56	25189,5	11977,763	5022,84	30,7559	154481,63
2/5	299,24	298,88	299,06	10,00	10,02	10,24	10,36	10,1550	250	225	130	0,441	502	1,706	1396,97	217,90	26098,6	9903,258	5140,05	30,5754	157159,13
2/6	298,88	299,22	299,05	10,22	10,04	10,41	10,03	10,1750	250	225	130	0,399	502	1,638	1235,47	198,02	26252,2	10051,905	5160,14	26,9354	138990,38
2/7	300,42	300,38	300,40	10,10	10,12	10,00	10,19	10,1025	250	225	130	0,459	499	1,737	1208,27	204,92	25811,0	9931,795	5109,83	26,6017	135930,38
3/1	299,00	299,00	299,00	10,67	10,35	10,29	10,56	10,4675	250	225	132	0,291	504	1,416	1497,70	234,08	28577,1	10169,840	5460,17	30,8583	168491,25
3/2	299,04	299,00	299,02	10,34	10,39	10,13	10,25	10,2775	250	225	132	0,358	501	1,538	1515,55	241,12	27050,9	10160,275	5264,10	32,3891	170499,38
3/3	299,32	299,20	299,26	10,19	10,30	10,21	10,35	10,2625	250	225	129	0,339	500	1,611	1275,85	207,82	26954,2	9510,480	5252,96	27,3243	143533,13
3/4	299,58	299,22	299,40	10,21	10,19	10,15	10,02	10,1425	250	225	128	0,228	504	1,490	1123,27	175,72	26031,9	10039,246	5133,23	24,6176	126367,88
3/5	299,44	299,34	299,39	10,14	10,25	10,24	10,35	10,2450	250	225	130	0,229	502	1,401	1092,25	189,40	26828,2	10398,386	5237,33	23,4630	122878,13
3/6	300,00	300,14	300,07	10,11	9,91	10,41	10,31	10,1850	250	225	132	0,226	505	1,501	1334,92	216,24	26419,5	10629,523	5187,92	29,3626	152330,63
3/7	300,32	300,46	300,39	10,52	10,07	10,19	10,37	10,2875	250	225	131	0,178	501	1,239	1240,15	283,14	27254,2	11352,926	5298,51	26,3313	139516,88
4/1	299,02	299,20	299,11	10,51	10,24	10,13	10,01	10,2225	250	225	133	0,368	500	1,532	1439,05	220,52	26626,9	10350,501	5209,47	31,0767	161895,13
4/2	299,28	299,34	299,31	10,09	9,96	10,02	10,05	10,0300	250	225	130	0,444	500	1,793	1075,25	182,32	25167,7	9578,325	5018,48	24,1041	120965,63
4/3	299,32	299,38	299,35	10,71	10,22	10,11	10,09	10,2825	250	225	128	0,253	502	1,467	1447,55	217,72	27120,3	9989,925	5275,04	30,8717	162849,38
4/4	299,68	299,69	299,67	10,46	10,11	10,16	10,19	10,2500	250	225	130	0,338	505	1,521	1246,10	167,20	26735,5	10599,883	5226,89	26,8202	140186,25
4/5	299,54	299,68	299,61	10,11	10,31	10,26	10,08	10,1900	250	225	129	0,356	500	1,616	1334,92	221,72	26417,9	9795,899	5185,06	28,9637	150178,50
4/6	299,64	299,76	299,70	10,34	10,26	10,19	10,20	10,2475	250	225	132	0,325	502	1,511	1379,13	190,23	26875,7	10202,532	5245,31	29,5792	155152,13
4/7	300,44	300,40	300,42	10,23	10,28	10,23	10,08	10,2050	250	225	133	0,308	504	1,454	1183,63	176,08	26606,4	10694,124	5214,39	25,5367	133158,38
5/1	298,42	298,44	298,43	10,31	10,24	10,16	10,30	10,2525	250	225	132	0,368	500	1,454	1350,65	212,82	26801,0	11320,948	5228,18	29,0633	151948,13
5/2	298,64	298,58	298,61	10,21	10,33	10,00	10,03	10,1425	250	225	130	0,424	501	1,560	1459,45	216,40	25963,2	11055,541	5119,68	32,0700	164188,13
5/3	300,12	300,66	300,69	10,19	10,12	10,09	10,21	10,1525	250	225	132	0,510	501	2,017	1243,55	209,54	26221,5	8207,274	5165,52	27,0833	139899,38
5/4	300,56	300,50	300,53	10,20	10,16	10,24	10,34	10,2350	250	225	131	0,114	502	1,112	1271,60	192,82	26851,6	12167,905	5247,01	27,2641	135950,00
5/5	300,30	300,42	300,36	10,37	10,28	10,26	10,11	10,2550	250	225	130	0,182	501	1,141	1522,77	210,66	26994,0	12595,923	5264,56	32,5403	171311,63
5/6	300,32	300,34	300,33	10,10	10,19	10,02	10,17	10,1300	250	225	131	0,345	504	1,487	1393,15	211,60	25939,3	11066,907	5126,35	30,5733	156729,38
5/7	300,32	300,38	300,35	10,11	10,10	10,27	10,21	10,1725	250	225	131	0,302	503	1,500	1318,77	201,08	26346,9	10355,555	5180,02	28,6411	148361,63
6/1	298,74	298,80	298,77	10,22	10,08	10,02	10,13	10,1125	250	225	128	0,302	501	1,427	1407,60	209,82	25216,4	11510,576	5006,95	31,6270	153535,00
6/2	298,78	298,76	298,77	10,05	10,19	10,14	10,73	10,2775	250	225	131	0,451	510	1,836	1342,38	208,26	27028,3	8963,154	5259,70	28,7165	151040,25
6/3	298,80	298,62	298,71	10,23	10,34	10,01	10,16	10,1850	250	225	132	0,264	501	1,342	1281,80	189,60	26299,7	11439,276	5164,41	27,9224	144202,50
6/4	300,44	300,58	300,51	10,24	10,29	10,19	10,55	10,3175	250	225	132	0,264	503	1,265	1557,63	209,22	27504,3	11843,533	5331,59	32,8670	175233,38
6/5	300,36	300,60	300,48	9,93	9,98	10,01	10,16	10,0200	250	225	131	0,579	501	2,157	1140,70	185,36	25190,5	8180,876	5028,05	25,5226	128228,75
6/6	300,64	300,58	300,61	10,24	10,65	10,10	10,12	10,2775	250	225	132	0,271	502	1,370	1258,00	182,68	27194,7	10880,828	5292,09	26,7427	141525,00
6/7	300,30	300,48	300,39	10,02	10,04	10,06	10,00	10,0300	250	225	130	0,420	502	1,578	1595,45	220,64	25238,5	11178,149	5036,38	35,6369	179488,13

$$b = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3}$$

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$$

$$L_2 = 16 \times t$$

$$l = \frac{b^2}{12}$$

$$W = \frac{b^3}{6}$$

$$f_m = \frac{F_{max} \cdot l_2}{2W}$$

$$M_{max} = \frac{F_{max} \cdot l_2}{2}$$

Výpočet hlavních statistických ukazatelů

$$\bar{x}_y = \frac{\sum_{j=1}^m x_{yj}}{m}$$

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_{yj} - \bar{x}_j)^2}{m-1}}$$

$$s_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_x)^2}{m-1}$$

$$L_{xy}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_x)(x_{yj} - \bar{x}_j)}{m-1}$$

$$U_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x}_x)(x_{yj} - \bar{x}_j)}{m-1}$$

$$R_x = \frac{\sum_{j=1}^m x_{yj}}{\sum_{j=1}^m x_j} \times 100 [\%]$$

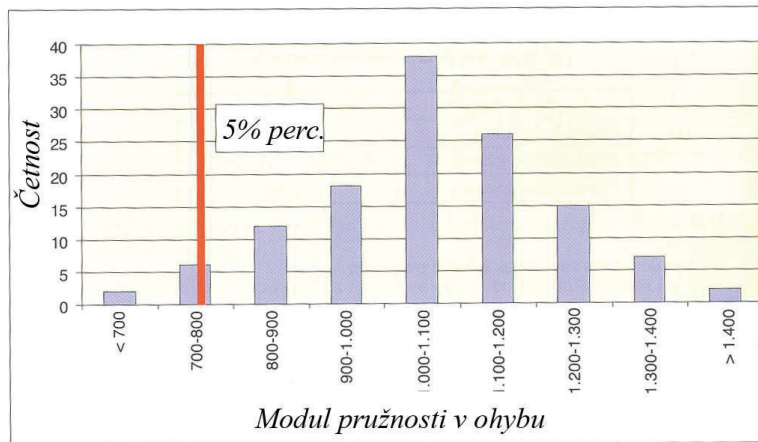
měřené pevnosti charakteristik	E _m [N/mm ²]	F _{max} [N]	f _m [N/mm ²]	M _{max} [Nmm]
aritmetický průměr výběru	7916,358	8176,399	25,462	208113,684
směrodatná odchylka výběru	837,12447	126,49287	1,82515	14,948,79998
průměrný rozptyl výběru	700777,37	16000,45	3,33	201404617,58
dolní 5% kvantil	7350,175	8080,566	24,81609	200704,59
horní 5% kvantil	8391,078	8237,730	26,68076	216962,13
variační koeficient	10,57	1,55	7,17	6,82

ASTM D1037 Internal Bond IB Tensile Strength Perpendicular to Surface Wood Base Fiber Board - YouTube

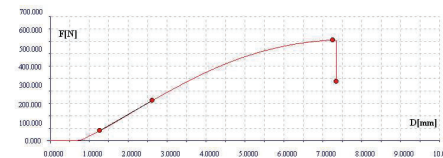
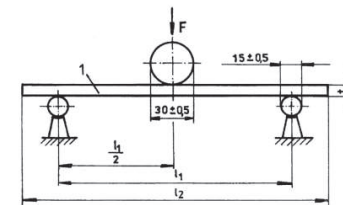
číslo zk.	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	b ₃ [mm]	b [mm]	t ₁ [mm]	t ₂ [mm]	t ₃ [mm]	t ₄ [mm]	t [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	0,1 F [N]	u ₁ [mm]	0,4 F [N]	u ₂ [mm]	F _{max} [N]	ε _{as} [ε]	l [mm ²]	E _m [N/mm ²]	W [mm ³]	f _m [N/mm ²]	M _{max} [Nmm]
1/1	298,52	298,22	298,37	10,26	10,04	10,00	10,59	10,2225	250	225	126	0,488	504	1,461	1360,13	25,42	26561,1	10378,035				



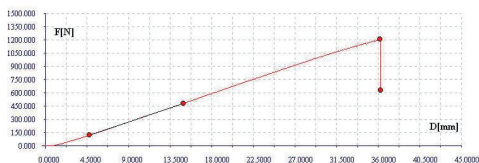
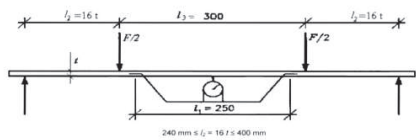
Co vyjadřuje 5% percentil?



Modul pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu dle ČSN EN 310



Modul pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu dle ČSN EN 789



Příklady zkušebních vzorků

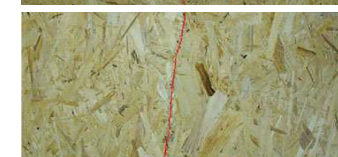
ČSN EN 310

ČSN EN 789

podélný směr



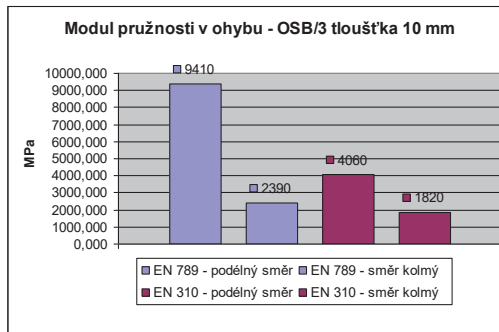
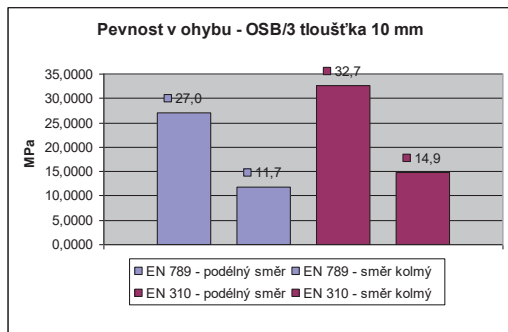
příčný směr





Porovnání výsledků podle zkušebních metod

■ EN 789
■ EN 310

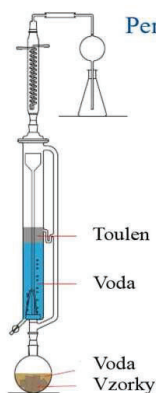


Metody pro stanovení množství formaldehydu v materiálech na bázi dřeva

Nejčastěji používané metody:

- komorová metoda (ČSN EN 717-1, 2005),
- metoda plynové analýzy (ČSN EN 717-2, 1994),
- lahvová metoda (ČSN EN 717-3, 1996),
- exsikátorová metoda (JIS A 1460, 2001),
- americká malá komora (ASTM D 6007-02),
- perforátorová metoda (ČSN EN 120, 1992).

Stanovení obsahu formaldehydu perforátorovou metodou EN 120



Formaldehyd se ze zkušebních těles extrahuje vroucím toluenem a zachytává v destilované vodě. Obsah formaldehydu v tomto vodním roztoku se zjišťuje fotometricky acetyl-acetonovou metodou a vypočte podle vzorce:

$$\text{Perforátorové číslo} = \frac{(A_s - A_b) \cdot f \cdot (100 + H) \cdot V}{m_H}$$

kde $(A_s - A_b)$ rozdíl absorbance vzorku A_s a absorbance slepého vzorku A_b
 f je směrnice kalibrační přímky v mg/ml
 H je vlhkost materiálu v %
 m_H je hmotnost zkušebních těles v g
 V je objem odměrné baňky 2000 ml

Stanovení úniku formaldehydu perforátorovou metodou EN 120

- Velikost vzorků v základním formátu je 25 mm x 25 mm (110 g)
- Výsledky se stanovují po cca 2,5 h měření

Emisní limity:

- E1: Emise formaldehydu musí být nižší než **8 mg/100 g** a.s. desky



Stanovení úniku formaldehydu metodou plynové analýzy EN 717-2

Zkušební těleso o známém povrchu se vloží do uzavřené komory s teplotou, průtokem vzduchu a tlakem seřízeným na definované hodnoty.

Formaldehyd ve vzduchu je kontinuálně odváděn přes promývací lahve naplněné vodou, ve kterých se formaldehyd absorbuje. Obsah formaldehydu se vypočte podle vzorce:

$$G_i = \frac{(A_s - A_B) \cdot f \cdot V}{F}$$

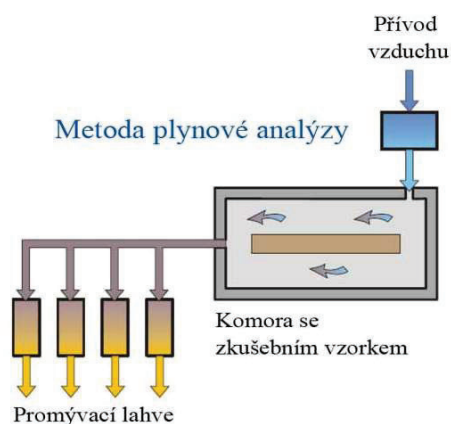
Kde $(A_s - A_B)$ rozdíl absorbance vzorku A_s a absorbance slepého vzorku A_B

f je směrnice kalibrační přímky v mg/ml

F je emitující, nikoliv celkový uzavřený povrch zkušebního tělesa v m^2

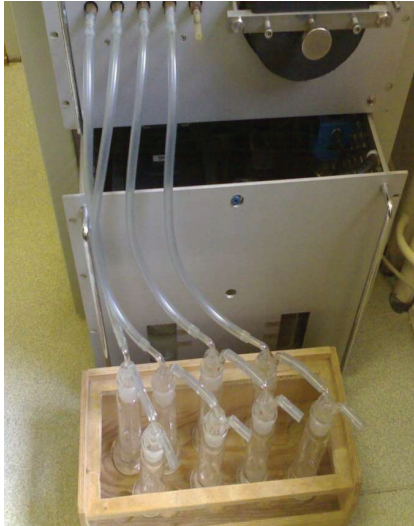
V objem odměrné baňky 250 ml

Stanovení úniku formaldehydu metodou plynové analýzy EN 717-2



Stanovení úniku formaldehydu metodou plynové analýzy EN 717-2

- Vzorky v základním formátu 0,4 m x 0,05 m
- Výsledky se stanovují po 4 hodinách měření
- Emisní limity:
- E1: Emise formaldehydu musí být nižší než **3,5 mg HCHO/(m² h)**



Stanovení úniku formaldehydu komorovou metodou - EN 717-1

Zkušební těleso o známém povrchu se vloží do uzavřené komory s teplotou, průtokem vzduchu seřízeným na definované hodnoty. Formaldehyd uvolněný ze zkušební tělesa se smísí se vzduchem komory. Ten je kontinuálně odváděn přes promývací lahve naplněné vodou, ve kterých se formaldehyd absorbuje. Obsah formaldehydu v tomto vodním roztoku se zjišťuje fotometricky acetylacetonovou metodou a vypočte podle vzorce:

$$C_{HCHO} = \frac{(A_S - A_B) \cdot f \cdot V}{V_{vz}}$$

kde $(A_S - A_B)$ rozdíl absorbance vzorku A_S a absorbance slepého vzorku A_B
 f je směrnice kalibrační přímky v mg/ml
 V_{vz} je objem vzorku vzduchu v m^3
 V objem vodného roztoku v ml

Stanovení úniku formaldehydu komorovou metodou EN 717-1

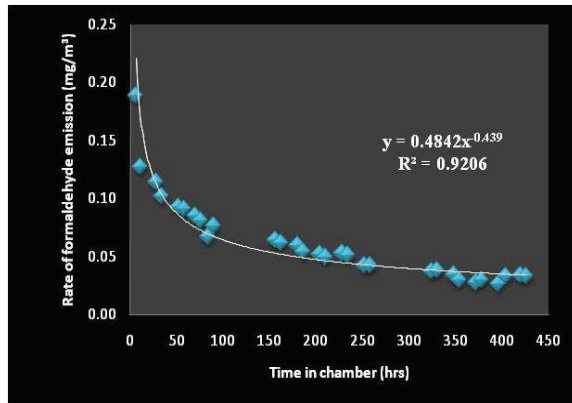
- Koeficient zaplnění: $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Vzorky v základním formátu $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$

Emisní limity:

- E1: Emise formaldehydu musí být nižší než **0,1 ppm = 0,124 mg/m³**



Stanovení úniku formaldehydu komorovou metodou EN 717-1



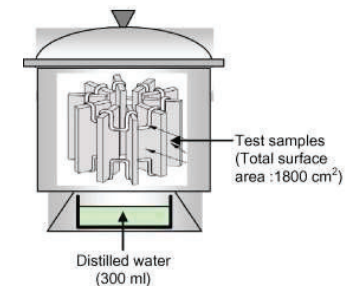
Stanovení úniku formaldehydu z podle americké metody (malá komora)

- Objem komory: 0,02 až 1 m³
- 3 vzorky 220 mm x 220 mm
- 3 vzorky 200 mm x 80 mm
- Teplota: 24 ± 1 °C
- Relativní vlhkost: 50 ± 4 %
- Koeficient zaplnění: 0.43 m²/m³
- Vzduchová výměna: 2 a 0.5 h⁻¹
- CARB Phase 1: ≤ 0.18 ppm (2009)
- CARB Phase 2: ≤ 0.09 ppm (2010-2011)



Další metody pro stanovení úniku formaldehydu

- Americká velká komora
- Exsikátor
- Lahvová metoda
- a další ...




Stanovení emisí formaldehydu

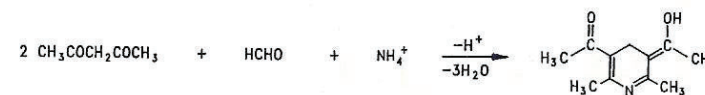
- Obsah formaldehydu ve vodném roztoku se u všech metod stanoví fotometricky acetylacetonou metodou (Hantschova reakce). Tato reakce je specifická na formaldehyd.
- Vzniká 3,5-diacetyl-2,6-dimethyl-1,4-dihydropyridin (DDL), který má absorpční maximum při 412 nm.

Stanovení emisí formaldehydu

10 ml z absorpčních roztoků
+ 10 ml roztoku acetylacetonou
+ 10 ml roztoku octanu amonného



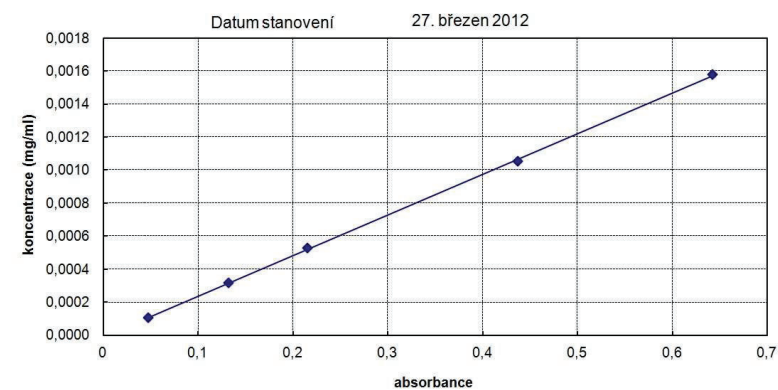
10 ml destilované vody
+ 10 ml roztoku acetylacetonou
+ 10 ml roztoku octanu amonného



Stanovení kalibrační přímky

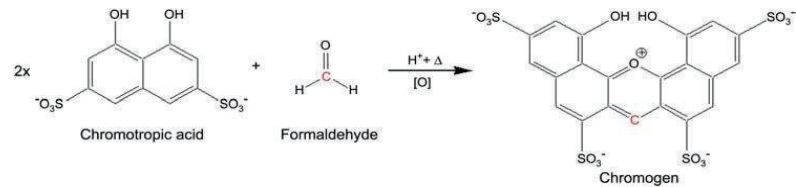
délka kyvet	5 cm			dat. přípravy činidel	26. březen 2012	
				datum stanovení	27. březen 2012	
Stanovení koncentrace Na₂S₂O₃						
váženka + K ₂ Cr ₂ O ₇ - m ₁ [g]	0,1516	0,1516	0,1516	Teoret. koncentrace 0,1 mol/l		
prázdna váženka - m ₂ [g]	0,0001	0,0001	0,0001	∅	0,1000	
spotřeba Na ₂ S ₂ O ₃ - V [ml]	30,90	30,90	30,90	chyba	0,00%	
koncentrace Na ₂ S ₂ O ₃ - c [mol/l]	0,1000	0,1000	0,1000			
St. konc. stand. roztoku HCHO						
spotřeba Na ₂ S ₂ O ₃ - V ₀ [ml] - sl. p.	24,10	24,15		∅	877,5	
spotřeba Na ₂ S ₂ O ₃ - V ₁ [ml]	12,50	12,35		chyba	1,71%	
koncentrace HCHO - c [mg/l]	870,0	885,0				
Ze standardního roztoku HCHO pipetováno do kalibračního roztoku				3,00		
Koncentrace kalibračního roztoku HCHO =				2,633 µg/ml		
pipetováno	A _B	A _S	absorbance X	koncentrace Y (mg/ml)	Regresní výstup	Splněno?
25 ml						
1	0,047	0,094	0,047	0,00011	posunutí A= -1,01E-05	ANO
3	0,047	0,179	0,132	0,00032	směrnice B= 0,002465	ANO
5	0,047	0,262	0,215	0,00053	koef. det. R ² = 0,999795	ANO
10	0,047	0,484	0,437	0,00105	s _y = 9,9E-06	
15	0,047	0,689	0,642	0,00158	s _{x0} = 0,00401	
					V _{x0} = 1,36%	

Kalibrační křivka - kyveta 5 cm



Stanovení emisí formaldehydu

Metoda kyseliny chromotropové



Reakce kyseliny chromotropové s formaldehydem tvoří aktivní chromogen.

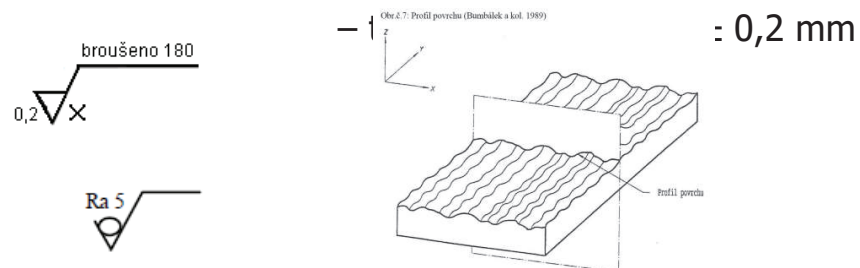
červeno-fialově derivovaný hydroxydifenylmetan

maximální absorpce při 580 nm

Stát	Předpisy	Zkušební metody	Třídy	Limitní hodnoty a jednotky
Státy EU	EN 13986	EN 717-1	E1-DTD, MDF, OSB	$\leq 0,1$ ppm
		EN 120		≤ 8 mg/100 g
		EN 717-1	E1-PDP	$\leq 0,1$ ppm
		EN 717-2		$\leq 3,5$ mg/(h.m ²)
		EN 717-1	E2-DTD, MDF, OSB	$> 0,1$ ppm
		EN 120		$> 8 \leq 30$ mg/100 g
Austrálie a Nový Zéland	AS/NZS 1859-1 & 2	AS/NZS 4266,16 (exsikátor)	E0-DTD, MDF	$\leq 0,5$ mg/L
			E1-DTD	$\leq 1,5$ mg/L
			E1-MDF	$\leq 1,0$ mg/L
			E2-DTD, MDF	$\leq 4,5$ mg/L
USA	ANSI A 208,1 & 2	ASTM E1333 (velká komora)	DTD	$\leq 0,18$
			MDF	$\leq 0,21$
Japonsko	JIS A 5908 & 5905	JIS A 1460 (exsikátor)	F**	$\leq 1,5$ mg/L
			F***/E0"	$\leq 0,5$ mg/L
			F****/SEO"	$\leq 0,3$ mg/L

Požadavky na podkladové materiály

Dřevovláknité desky – drsnost povrchu max. 25-35 μm (pro tenké fólie nižší)



Kontaktní měření drsnosti



Bezkontaktní měření drsnosti

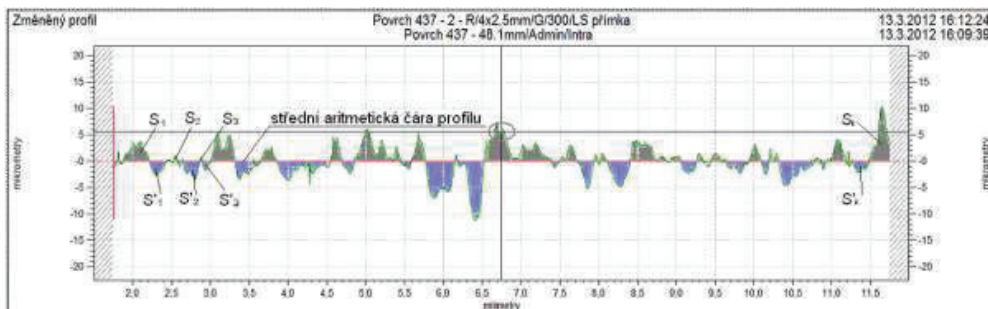


Měření drsnosti dle ČSN EN ISO 4288

- Stanovení základní délky měření

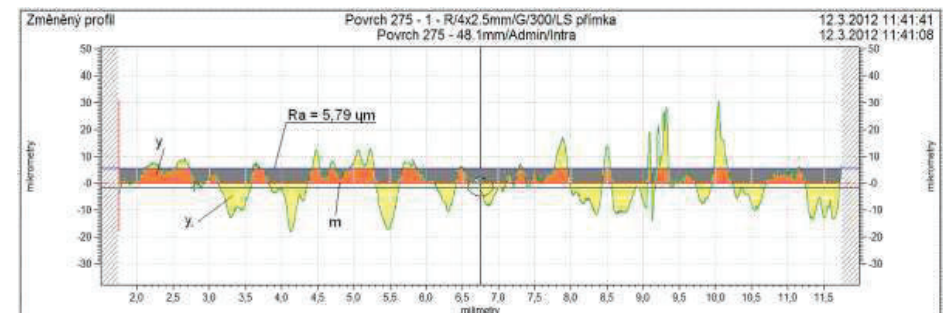
Rt, Rz μm	Ra μm	RSm mm	lr mm	ln mm	lt mm
0,025...0,1	0,006...0,02	0,013...0,04	0,08	0,4	0,48
0,1...0,5	0,02...0,1	0,04...0,13	0,25	1,25	1,5
0,5...10	0,1...2	0,13...0,4	0,8	4	4,8
10...50	2...10	0,4...1,3	2,5	12,5	15
50...200	10...80	1,3...4	8	40	48

Střední aritmetická čára profilu

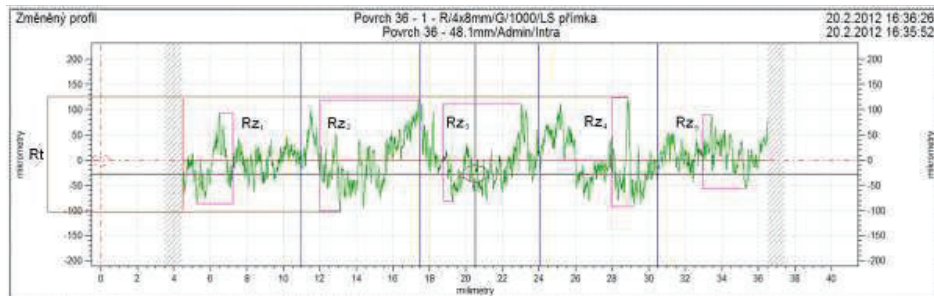


Střední aritmetická úchylka profilu Ra

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

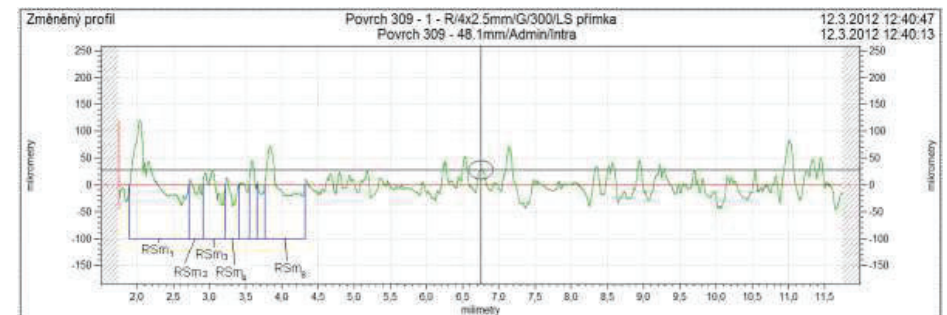


Výška nerovností profilu Rz Celková výška profilu Rt



Průměrná šířka nerovností profilu RSm

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si}$$



Nepravidelnosti obrobené plochy

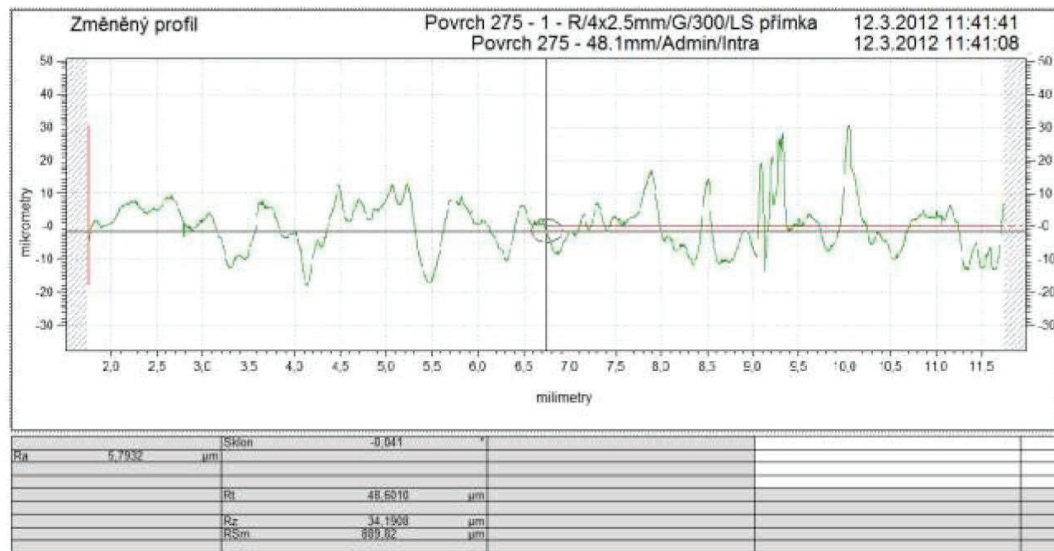
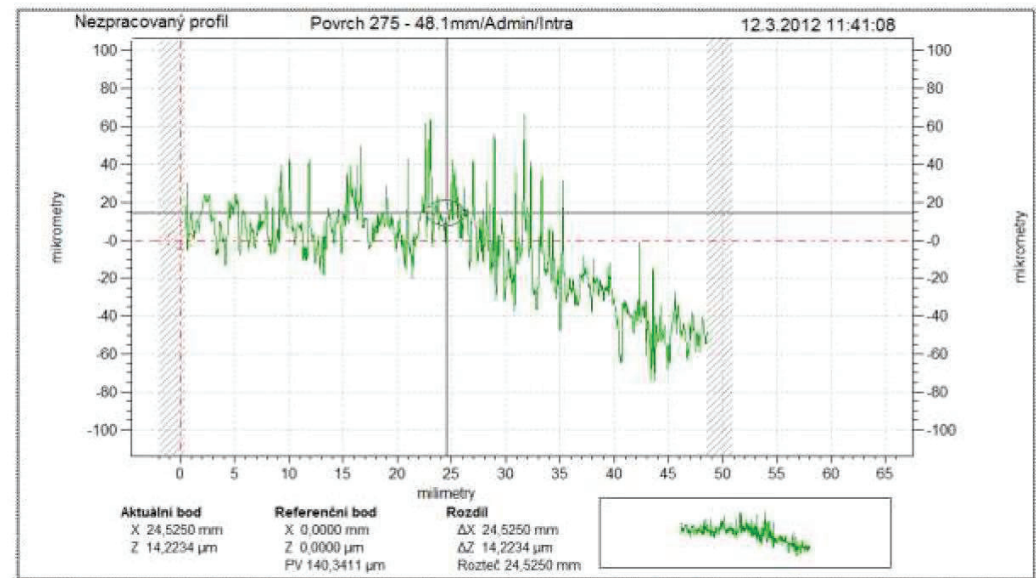
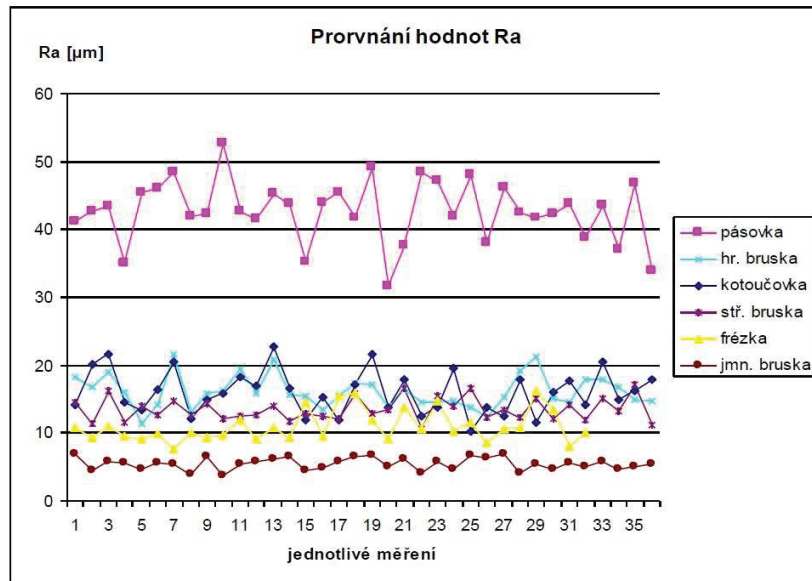
- Úchylka tvaru
- Vlnitost
- Drsnost
- Celkový profil

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx}$$

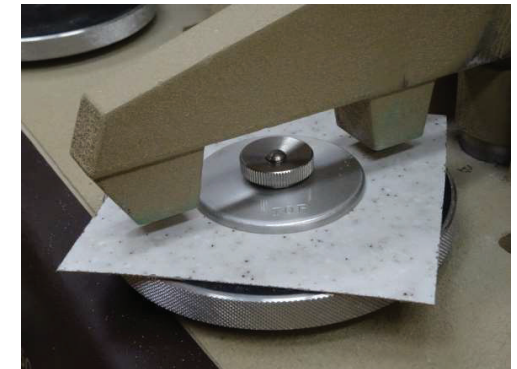
Průměrná kvadratická úchylka profilu
 Rq

Aritmetická odchylka profilu Ra dle technologie

	Ra	\bar{x} [μm]	min [μm]	max [μm]	s_x [μm]	V_x [%]
povrch po obrábění	řezání kotouč.	16,03	10,22	22,64	3,19	19,89
	řezání pásová pila	42,71	31,68	52,65	4,59	10,75
	frézování	11,02	7,65	16,26	2,33	21,12
	broušení hrubé	16,12	11,34	21,53	2,43	15,06
	broušení střední	13,50	10,59	17,10	1,68	12,46
broušení jemné	5,44	3,66	6,91	0,90	16,58	
povrch po první vrstvě laku	řezání kotouč.	18,48	10,24	26,21	4,29	23,21
	řezání pásová pila	36,30	25,53	52,43	7,14	19,67
	frézování	9,30	5,42	14,59	2,75	29,57
	broušení hrubé	11,22	7,01	16,10	2,60	23,17
	broušení střední	16,55	10,69	21,04	3,03	18,33
broušení jemné	3,55	2,60	5,17	0,64	18,11	
povrch po první vrstvě laku, přebroušení a druhé vrstvě laku	řezání kotouč.	5,04	2,98	8,36	1,54	30,52
	řezání pásová pila	18,19	10,79	26,26	4,26	23,41
	frézování	3,97	2,95	6,18	0,94	23,59
	broušení hrubé	3,31	1,85	5,00	0,82	24,82
	broušení střední	3,47	2,45	4,70	0,76	21,88
broušení jemné	1,09	0,76	1,35	0,18	16,47	



Odolnost proti oděru



Elcometer 1700 & 1750 Taber® Rotary Abrasers

Odolnost proti oděru



Odolnost proti teple, rádius ohybu

