

## Exercise #11: Seismic intervention of existing structures with friction dampers

The steel frame building shown in Figure 1 was designed in 1970s with concentrically braced frames (CBFs) in the North-South (y-y) loading direction and steel moment resisting frames (MRFs) in the East-West (x-x) loading direction without capacity design considerations in Valais (Zone Z3b, Soil Type E). This is an administrative building that must remain functional after an earthquake (building category: COIII according to SIA 261).

An engineering office did a seismic evaluation of the existing building and found that the X-bracing configuration with conventional bracing members (see Figure 2a) is likely to experience bracing connection fractures during the 475-year earthquake of SIA 261. In the MRF direction, the overstrength  $\Omega = 2.0$ . A seismic intervention (retrofitting) is planned in the y-y loading direction with the use of friction dampers. A single diagonal friction damper may be used to resist the seismic force demands (see Figure 2b). The behaviour of the friction damper may be assumed to be the typical Coulomb type as shown in Figure 3. However, the existing structure should be carefully evaluated to prevent lateral drift demands in the y-y direction as well as overloading of the non-dissipative members after the friction damper installation.

The owner has specified that the lateral storey drift ratios of the building should not exceed 1% of each storey height for a seismic action corresponding to two times the 475-year earthquake for the design location according to SIA 261.

The steel members (beams, columns) of the existing steel frame building have been designed with S355J2 profile (i.e.,  $E = 210\text{GPa}$ ,  $f_y = 355\text{MPa}$ ). The stability coefficient  $\theta$  is less than 0.10 in all stories in both loading directions. The weight of each floor due to gravity (for all three floors) equals to  $G = 7\text{kN/m}^2$ .

The following questions should be answered:

1. Calculate the corresponding size of the bracing element of the friction damper (made of RRK profile with S355J2 steel, i.e.,  $E = 210\text{GPa}$ ,  $f_y = 355\text{MPa}$ ) to satisfy the retrofitting objectives by assuming that the structure (including the friction dampers) will remain elastic (as if  $q = 1$ ). Because we are using a supplemental damping device, we can assume in this case that the equivalent damping ratio is  $\xi = 10\%$  (this is typically verified by doing a qualification test of the damper).
2. What could be the required slip load,  $N_s$ , of the friction damper? Explain your assumptions.

3. How many prestressed structural bolts of 10.9 grade should be used for the slip load  $N_s$  that you assumed? Assume that the friction damper to be used has a friction coefficient,  $\mu = 0.20$ .
4. Check the stability of the first story column for the interaction of axial load and biaxial bending. The steel column is pinned in the  $y - y$  loading direction. The column is fixed at the base in the  $x - x$  loading direction. The force diagrams for the end column of the interior steel MRF are shown in Figure 4. You may assume that the buckling length of the column in the (sway permitted) MRF direction is  $1.5L$  (i.e.,  $L$  is the column length). Does the existing steel column satisfy the stability checks?

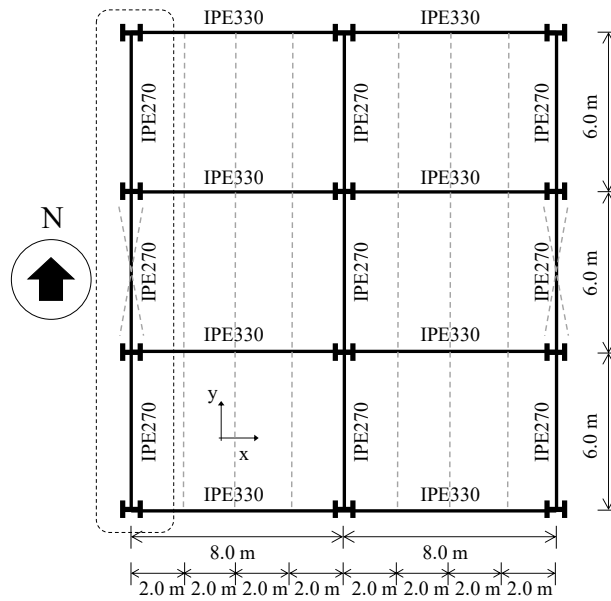


Figure 1. Plan view of the building

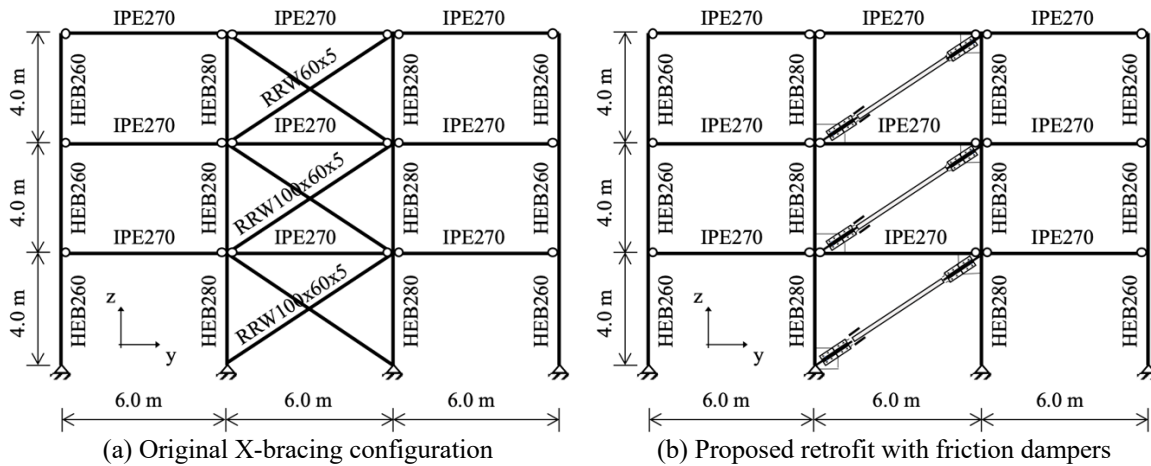


Figure 2. Steel frame with bracings

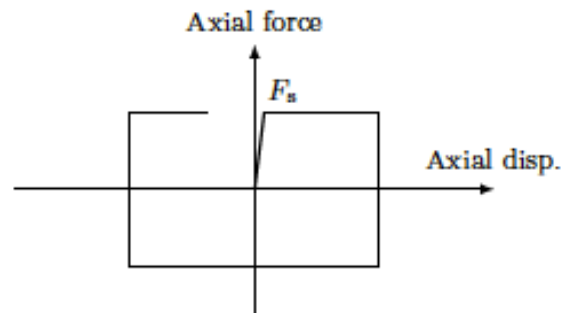


Figure 3. Friction damper hysteretic behaviour (Coulomb type)

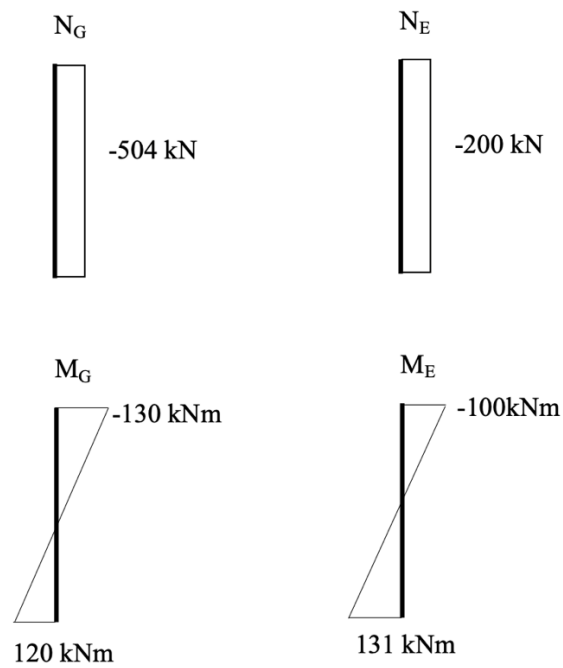
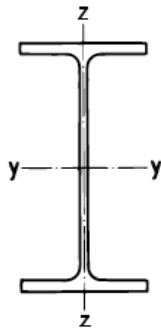


Figure 4. Force diagrams for end first-storey steel column of the interior MRF in the x-direction due to gravity (G) and earthquake (E) loading



$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$$

$$A_w = (h - t_f) \cdot t_w$$

$$S_y = \frac{1}{2} W_{ply}$$

$$S_z = \frac{1}{2} W_{plz}$$

$$W_{ely} = \frac{I_y}{h/2}$$

$$\bar{W}_y = \frac{I_y}{(h - t_f)/2}$$

$$W_{elz} = \frac{I_z}{b/2}$$

Maximale Lagerlängen /  
Longueurs maximales en stock:  
 $h \leq 180$  18 m  
 $h \geq 200$  24 m  
 EURONORM 19 – 57,  
 DIN 1025/5, ASTM A 6,  
 Werksnorm/Norme d'usine

○ Das Verfahren PP nach SIA 263 ist für dieses Profil aus S355 bei reiner Biegung ( $n = 0$ ) nicht anwendbar!

\* Auch in S355J0 oder S355J2 ab Schweizer Lager erhältlich.

○ La méthode PP selon SIA 263 n'est pas applicable pour ce profilé en acier S355 en flexion simple ( $n = 0$ )!

\* Livrable en S355J0 ou S355J2 du stock suisse.

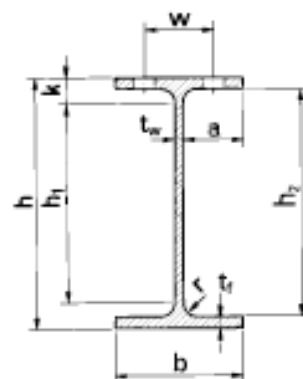
IPE	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques												
		A mm <sup>2</sup>	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>w</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>ely</sub> mm <sup>3</sup>	$\bar{W}_y$ mm <sup>3</sup>	W <sub>ply</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>elz</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>plz</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> mm	K = I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>
					x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>
80* 100*	6,0 8,1	764 1030	358 508	284 387	0,801 1,71	20,0 34,2	21,4 36,3	23,2 39,4	32,4 40,7	0,085 0,159	3,69 5,79	5,82 9,15	10,5 12,4	0,0067 0,0115
120* 140* 160* 180*	10,4 12,9 15,8 18,8	1320 1640 2010 2390	631 764 966 1125	500 626 763 912	3,18 5,41 8,69 13,2	53,0 77,3 109 146	55,9 81,3 114 154	60,7 88,3 124 166	49,0 57,4 65,8 74,2	0,277 0,449 0,683 1,01	8,65 12,3 16,7 22,2	13,6 19,2 26,1 34,6	14,5 16,5 18,4 20,5	0,0169 0,0240 0,0353 0,0472
200* 220* 240* 270*	22,4 26,2 30,7 36,1	2850 3340 3910 4590	1400 1588 1914 2214	1070 1240 1430 1710	19,4 27,7 38,9 57,9	194 252 324 429	203 263 338 446	221 285 367 484	82,6 91,1 99,7 112	1,42 2,05 2,84 4,20	28,5 37,3 47,3 62,2	44,6 58,1 73,9 97,0	22,4 24,8 26,9 30,2	0,0685 0,0898 0,127 0,157
300* 330* 360* 400*	42,2 49,1 57,1 66,3	5380 6260 7270 8450	2568 3081 3514 4269	2050 2390 2780 3320	83,6 117,7 162,7 231,3	557 713 904 1160	578 739 937 1200	628 804 1020 1310	125 137 150 165	6,04 7,88 10,4 13,2	80,5 98,5 123 146	125 154 191 229	33,5 35,5 37,9 39,5	0,198 0,276 0,371 0,504
450* 500* 550 600	77,6 90,7 106 122	9880 11600 13400 15600	5085 5987 7234 8378	4090 4940 5910 6970	337,4 482,0 671,2 920,8	1500 1930 2440 3070	1550 1990 2520 3170	1700 2190 2790 3510	185 204 223 243	16,8 21,4 26,7 33,9	176 214 254 308	276 336 401 486	41,2 43,1 44,5 46,6	0,661 0,886 1,22 1,65
750 x 137 750 x 147 750 x 173 750 x 196		17500 18700 22100 25100	9290 10540 11640 12730	8460 9720 10700 11600	1599 1661 2058 2403	4250 4410 5400 6240	4340 4510 5560 6450	4860 5110 6220 7170	303 298 305 310	51,7 52,9 68,7 81,8	393 399 515 610	614 631 810 959	54,4 53,1 55,7 57,1	1,36 1,57 2,71 4,06

Die Profile PER, IPEo und IPEv sind im Walzprogramm einzelner Werke aufgeführt. PEA 80 und PEA 100 sind ebenfalls normiert, aber kaum wirtschaftlich.

Im allgemeinen nur ab Werk lieferbar. Mindestmengen und Termine beachten.

Les profilés PER, IPEo et IPEv figurent dans le programme de laminage de quelques aciéries. Les PEA 80 et PEA 100, également normalisés, sont peu économiques.

En général livrable d'usine uniquement. Tenir compte des quantités minimales et des délais.



Walttoleranzen siehe Seite 116

Tolérances de laminage voir p. 116

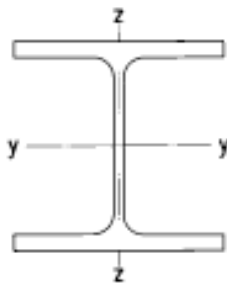
IPE	m kg/m	Profilmasse Dimensions de la section					Konstruktionsmasse Dimensions de construction						Oberfläche Surface		IPE
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	h <sub>1</sub> mm	k mm	a mm	h <sub>2</sub> mm	w mm	Ø <sub>max</sub>	U <sub>m</sub> m <sup>2</sup> /m	U <sub>t</sub> m <sup>2</sup> /t	
80	6,0	80	46	3,8	5,2	5	60	10	21	70			0,328	54,8	80
100	8,1	100	55	4,1	5,7	7	74	13	25	89			0,400	49,5	100
120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	92	14	29	107	36	M10	0,475	45,6	120
140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	112	14	34	126	38	M10	0,551	42,6	140
160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	126	17	38	145	44	M12	0,623	39,4	160
180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	146	17	42	164	50	M12	0,698	37,1	180
200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	158	21	47	183	56	M12	0,768	34,3	200
220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	178	21	52	202	60	M16	0,848	32,4	220
240	30,7	240	120	6,2	9,8	15	190	25	56	220	68	M16	0,922	30,0	240
270	36,1	270	135	6,6	10,2	15	220	25	64	250	72	M20	1,04	28,8	270
300	42,2	300	150	7,1	10,7	15	248	26	71	279	80	M20	1,16	27,5	300
330	49,1	330	160	7,5	11,5	18	270	30	76	307	86	M24	1,25	25,5	330
360	57,1	360	170	8,0	12,7	18	298	31	81	335	90	M24	1,35	23,6	360
400	66,3	400	180	8,6	13,5	21	330	35	85	373	96	M27	1,47	22,2	400
450	77,6	450	190	9,4	14,6	21	378	36	90	421	106	M27	1,61	20,7	450
500	90,7	500	200	10,2	16,0	21	426	37	94	468	110	M27	1,74	19,2	500
550	106	550	210	11,1	17,2	24	468	41	99	516	120	M27	1,88	17,7	550
600	122	600	220	12,0	19,0	24	514	43	104	562	120	M27	2,02	16,6	600
750 x 137		753	263	11,5	17,0	17	685	34	126	719	120	M27	2,51	18,3	750x137
750 x 147		753	265	13,2	17,0	17	685	34	126	719	120	M27	2,51	17,1	750x147
750 x 173		762	267	14,4	21,6	17	685	39	126	719	120	M27	2,53	14,6	750x173
750 x 196		770	268	15,6	25,4	17	685	42	126	719	120	M27	2,55	13,0	750x196



# HEB

## Breitflanschträger HEB

## Profils à larges ailes HEB



$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$$

$$A_w = (h - t_f) \cdot t_w$$

$$S_y = \frac{1}{2} W_{ply}$$

$$S_z = \frac{1}{2} W_{plz}$$

$$W_{ely} = \frac{I_y}{h/2}$$

$$\bar{W}_y = \frac{I_y}{(h - t_f)/2}$$

$$W_{elz} = \frac{I_z}{b/2}$$

Maximale Lagerlängen /  
Longueurs maximales en stock:

$h \leq 180$  18 m

$h \geq 200$  24 m

EURONORM 53 – 62, DIN 1025/2

Andere Bezeichnungen } DIN, IPB  
Autres désignations }

\* Auch in S355J0 oder S355J2  
ab Schweizer Lager erhältlich

\* Livrable en S355J0 ou S355J2  
du stock suisse

HEB	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques												
		A mm <sup>2</sup>	A <sub>v</sub> mm <sup>2</sup>	A <sub>w</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>ely</sub> mm <sup>3</sup>	$\bar{W}_y$ mm <sup>3</sup>	W <sub>ply</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup>	W <sub>elz</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>plz</sub> mm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> mm	K – I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>
					x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>
100*	20,4	2600	904	540	4,50	89,9	100	104	41,6	1,67	33,5	51,4	25,3	0,0931
120*	26,7	3400	1096	708	8,64	144	158	165	50,4	3,18	52,9	81,0	30,6	0,139
140*	33,7	4300	1308	896	15,1	216	236	245	59,3	5,50	78,5	120	35,8	0,202
160*	42,6	5430	1759	1180	24,9	311	339	354	67,8	8,89	111	170	40,5	0,312
180*	51,2	6530	2024	1410	38,3	426	461	481	76,6	13,6	151	231	45,7	0,422
200*	61,3	7810	2483	1660	57,0	570	616	643	85,4	20,0	200	306	50,7	0,596
220*	71,5	9100	2792	1940	80,9	736	793	827	94,3	28,4	258	394	55,9	0,770
240*	83,2	10600	3323	2230	112,6	938	1010	1050	103	39,2	327	498	60,8	1,04
260*	93,0	11800	3759	2420	149,2	1150	1230	1280	112	51,3	395	602	65,8	1,26
280*	103	13100	4109	2750	192,7	1380	1470	1530	121	65,9	471	718	70,9	1,45
300*	117	14900	4743	3090	251,7	1680	1790	1870	130	85,6	571	870	75,8	1,87
320*	127	16100	5177	3440	308,2	1930	2060	2150	138	92,4	616	939	75,7	2,29
340*	134	17100	5609	3820	366,6	2160	2300	2410	146	96,9	646	986	75,3	2,62
360*	142	18100	6060	4220	431,9	2400	2560	2680	155	101	676	1030	74,9	2,98
400*	155	19800	6998	5080	576,8	2880	3070	3230	171	108	721	1100	74,0	3,61
450*	171	21800	7966	5940	798,9	3550	3770	3980	191	117	781	1200	73,3	4,49
500	187	23900	8982	6840	1072	4290	4540	4820	212	126	842	1290	72,7	5,50
550	199	25400	10010	7820	1367	4970	5250	5590	232	131	872	1340	71,7	6,12
600	212	27000	11080	8840	1710	5700	6000	6420	252	135	902	1390	70,8	6,80
650	225	28600	12200	9900	2106	6480	6800	7320	271	140	932	1440	69,9	7,52
700	241	30600	13710	11400	2569	7340	7690	8330	290	144	963	1490	68,7	8,42
800	262	33400	16180	13400	3591	8980	9360	10230	328	149	994	1550	66,8	9,62
900	291	37100	18880	16000	4941	10980	11400	12580	365	158	1050	1660	65,3	11,5
1000	314	40000	21250	18300	6447	12890	13400	14860	401	163	1090	1720	63,8	12,7

Anstelle des nicht mehr gewalzten Profils HEB 1100 können HL-Profile verwendet werden, siehe Seiten 40/41.

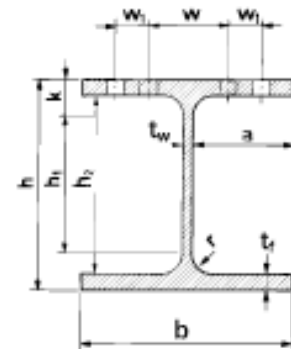
$w_1$  mit  $\varnothing_{\max}$  nur für versetzte Schrauben.

Walttoleranzen siehe Seite 116

Au lieu du profilé HEB 1100 qui n'est plus laminé, on utilisera des profilés HL (voir pages 40/41).

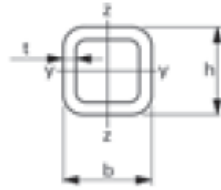
$w_1$  avec  $\varnothing_{\max}$  seulement pour boulons décalés.

Tolérances de laminage voir page 116



HEB	m kg/m	Profilmasse Dimensions de la section					Konstruktionsmasse Dimensions de construction							Oberfläche Surface		HEB
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	h <sub>1</sub> mm	k mm	a mm	h <sub>2</sub> mm	w mm	w <sub>1</sub> mm	Ø <sub>max</sub>	U <sub>m</sub> m <sup>2</sup> /m	U <sub>t</sub> m <sup>2</sup> /t	
100	20,4	100	100	6	10	12	56	22	47	80	56		M12	0,567	27,8	100
120	26,7	120	120	6,5	11	12	74	23	56	98	66		M16	0,686	25,7	120
140	33,7	140	140	7	12	12	92	24	66	116	76		M20	0,805	23,9	140
160	42,6	160	160	8	13	15	104	28	76	134	86		M20	0,918	21,5	160
180	51,2	180	180	8,5	14	15	122	29	85	152	100		M24	1,04	20,3	180
200	61,3	200	200	9	15	18	134	33	95	170	110		M24	1,15	18,8	200
220	71,5	220	220	9,5	16	18	152	34	105	188	120		M24	1,27	17,8	220
240	83,2	240	240	10	17	21	164	38	115	206	96	35	M24	1,38	16,6	240
260	93,0	260	260	10	17,5	24	176	42	125	225	106	40	M24	1,50	16,1	260
280	103	280	280	10,5	18	24	196	42	134	244	110	45	M24	1,62	15,7	280
300	117	300	300	11	19	27	208	46	144	262	120	45	M27	1,73	14,8	300
320	127	320	300	11,5	20,5	27	224	48	144	279	120	45	M27	1,77	13,9	320
340	134	340	300	12	21,5	27	242	49	144	297	120	45	M27	1,81	13,5	340
360	142	360	300	12,5	22,5	27	260	50	143	315	120	45	M27	1,85	13,0	360
400	155	400	300	13,5	24	27	298	51	143	352	120	45	M27	1,93	12,4	400
450	171	450	300	14	26	27	344	53	143	398	120	45	M27	2,03	11,9	450
500	187	500	300	14,5	28	27	390	55	142	444	120	45	M27	2,12	11,3	500
550	199	550	300	15	29	27	438	56	142	492	120	45	M27	2,22	11,2	550
600	212	600	300	15,5	30	27	486	57	142	540	120	45	M27	2,32	11,0	600
650	225	650	300	16	31	27	534	58	142	588	120	45	M27	2,42	10,8	650
700	241	700	300	17	32	27	582	59	141	636	126	45	M27	2,52	10,5	700
800	262	800	300	17,5	33	30	674	63	141	734	130	40	M27	2,71	10,4	800
900	291	900	300	18,5	35	30	770	65	140	830	130	40	M27	2,91	10,0	900
1000	314	1000	300	19	36	30	868	66	140	928	130	40	M27	3,11	9,9	1000

# RRK



Produktbezeichnungen / Désignations  
de produits: Rautaruukki (RAUTA),  
VHP, Alessio, Condesa, Tubeurop

## Quadratische Hohlprofile kaltgefertigt

Abmessungen und statische Werte  
gemäss Norm EN 10 219-2 (Auswahl)

Lagerlängen 12 m (18 m)

• Örtliches Beulen vgl. Seiten 56+57

Erläuterungen S. 20/21, Toleranzen S. 118

Lieferprogramm siehe Seite 56

Bezugsquellen siehe Seite 64

Stahlsorte S355J2H ab Schweizer Lager:  
siehe Hinweis Seite 59.

## Profils creux carrés finis à froid

Dimensions et valeurs statiques selon  
norme EN 10 219-2 (sélection)

Longueurs usuelles en stock 12 m (18 m)

• Voilement local voir pages 56+57

Explications p. 20/21, tolérances p. 118

Programme de livraison voir page 56

Fournisseurs voir page 64

Nuance d'acier S355J2H du stock suisse:  
voir indication page 59.

RRK Abm./Dim. mm	m kg/m	Statische Werte / Valeurs statiques							Oberfläche Surface	
		A mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	W <sub>el</sub> mm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> mm <sup>3</sup>	i mm	K=I <sub>x</sub> mm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> mm <sup>3</sup>	U <sub>m</sub> m <sup>2</sup> /m	U <sub>t</sub> m <sup>2</sup> /t
h · b · t			x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>		x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>		
40 · 40 · 3	3,30	421	0,093	4,66	5,72	14,9	0,158	7,07	0,150	45,3
4	4,20	535	0,111	5,54	7,01	14,4	0,194	8,48	0,146	34,8
50 · 50 · 3	4,25	541	0,195	7,79	9,39	19,0	0,321	11,8	0,190	44,7
4	5,45	695	0,237	9,49	11,7	18,5	0,404	14,4	0,186	34,2
5	6,56	836	0,270	10,8	13,7	18,0	0,475	16,6	0,183	27,9
6	7,56	963	0,295	11,8	15,3	17,5	0,532	18,2	0,179	23,7
60 · 60 · 3	5,19	661	0,351	11,7	14,0	23,1	0,571	17,7	0,230	44,3
4	6,71	855	0,436	14,5	17,6	22,6	0,726	22,0	0,226	33,7
6	9,45	1203	0,561	18,7	23,7	21,6	0,984	28,6	0,219	23,2
70 · 70 · 4	7,97	1015	0,721	20,6	24,8	26,7	1,19	31,1	0,266	33,4
5	9,70	1236	0,846	24,2	29,6	26,2	1,42	36,7	0,263	27,1
80 · 80 · 4	9,22	1175	1,11	27,8	33,1	30,7	1,80	41,8	0,306	33,2
5	11,3	1436	1,31	32,9	39,7	30,3	2,18	49,7	0,303	26,9
6	13,2	1683	1,49	37,3	45,8	29,8	2,52	56,6	0,299	22,7
8	16,4	2084	1,68	42,1	53,9	28,4	3,07	66,6	0,286	17,5
90 · 90 · 4	10,5	1335	1,62	36,0	42,6	34,8	2,61	54,2	0,346	33,0
5	12,8	1636	1,93	42,9	51,4	34,3	3,16	64,7	0,343	26,7
8	18,9	2404	2,55	56,6	71,3	32,5	4,56	88,8	0,326	17,3
100 · 100 · 3	8,96	1141	1,77	35,4	41,2	39,4	2,79	53,2	0,390	43,5
4	11,7	1495	2,26	45,3	53,3	38,9	3,62	68,1	0,386	32,9
5	14,4	1836	2,71	54,2	64,6	38,4	4,41	81,7	0,383	26,6
6	17,0	2163	3,11	62,3	75,1	37,9	5,14	94,1	0,379	22,3
8	21,4	2724	3,66	73,2	91,1	36,7	6,45	114	0,366	17,1
10	25,6	3257	4,11	82,2	105,2	35,5	7,50	130	0,357	14,0
110 · 110 · 4	13,0	1655	3,06	55,6	65,2	43,0	4,86	83,6	0,426	32,8
120 · 120 · 3	10,8	• 1381	3,12	• 52,1	• 60,2	47,6	4,88	78,2	0,470	43,3
4	14,2	1815	4,02	67,0	78,3	47,1	6,37	101	0,466	32,7
5	17,5	2236	4,85	80,9	95,4	46,6	7,78	122	0,463	26,4
6	20,7	2643	5,62	93,7	112	46,1	9,13	141	0,459	22,1
8	26,4	3364	6,77	113	138	44,9	11,6	175	0,446	16,9
10	31,8	4057	7,77	129	162	43,8	13,8	203	0,437	13,7
140 · 140 · 5	20,7	2636	7,91	113	132	54,8	12,6	170	0,543	26,2
6	24,5	3123	9,20	131	155	54,3	14,8	198	0,539	22,0
8	31,4	4004	11,3	161	194	53,0	19,0	248	0,526	16,7
10	38,1	4857	13,1	187	230	52,0	22,7	291	0,517	13,6
150 · 150 · 4	18,0	• 2295	8,08	• 108	• 125	59,3	12,6	162	0,586	32,5
5	22,3	2836	9,82	131	153	58,9	15,5	197	0,583	26,2
6	26,4	3363	11,5	153	180	58,4	18,3	230	0,579	21,9
8	33,9	4324	14,1	188	226	57,1	23,6	289	0,566	16,7
10	41,3	5257	16,5	220	269	56,1	28,4	341	0,557	13,5
160 · 160 · 4	19,3	• 2455	9,87	• 123	• 143	63,4	15,4	185	0,626	32,5
5	23,8	3036	12,0	150	175	62,9	19,0	226	0,623	26,1
6	28,3	3603	14,1	176	206	62,5	22,4	264	0,619	21,9
8	36,5	4644	17,4	218	260	61,2	29,0	334	0,606	16,6
10	44,4	5657	20,5	256	311	60,2	34,9	395	0,597	13,4
180 · 180 · 6	32,1	4083	20,4	226	264	70,6	32,2	340	0,699	21,8
8	41,5	5284	25,5	283	336	69,4	41,9	432	0,686	16,5
10	50,7	6457	30,2	335	404	68,4	50,7	515	0,677	13,4
200 · 200 · 5	30,1	• 3836	24,1	• 241	• 279	79,3	37,6	362	0,783	26,0
6	35,8	4563	28,3	283	330	78,8	44,6	426	0,779	21,8
8	46,5	5924	35,7	357	421	77,6	58,2	544	0,766	16,5
10	57,0	7257	42,5	425	508	76,5	70,7	651	0,757	13,3
220 · 220 · 5	33,2	• 4236	32,4	• 294	• 340	87,4	50,4	442	0,863	26,0
6	39,6	5043	38,1	347	• 402	87,0	59,8	521	0,859	21,7
8	51,5	6564	48,3	439	516	85,8	78,1	668	0,846	16,4
250 · 250 · 6	45,2	• 5763	56,7	• 454	• 524	99,2	88,4	681	0,979	21,6
8	59,1	7524	72,3	578	676	98,0	116	878	0,966	16,3
10	72,7	9257	87,1	697	822	97,0	142	1062	0,957	13,2
260 · 260 · 6	47,1	• 6003	64,0	• 493	• 569	103	99,7	739	1,02	21,6
8	61,6	7844	81,8	629	734	102	131	955	1,01	16,3
10	75,8	9657	98,6	759	894	101	160	1156	0,997	13,2
300 · 300 · 10	88,4	11257	155	1035	1211	117	250	1572	1,16	13,1
12,5	108	13704	183	1223	1451	116	306	1892	1,14	10,6