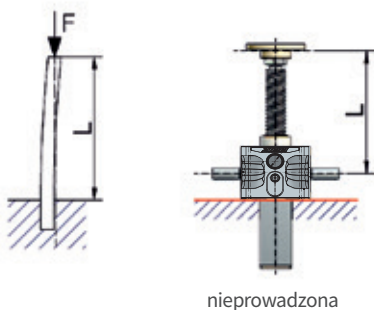




Siła krytyczna wyboczenia śruby

Wzór 1



Wzór:

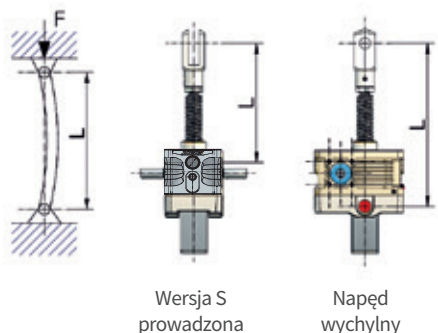
$$I = \frac{F \times v \times (L \times 2)^2}{\pi^2 \times E} \quad \text{wówczas } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Przykład:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm} \times 2)^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{9,40896^{11} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 453.965,22 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{453.965,22 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 55,15 \text{ mm minimalna średnica rdzenia śruby} = \text{Z-250 } (\varnothing \text{ rdzenia śruby} = 59,6 \text{ mm})$$

Wzór 2



Wzór:

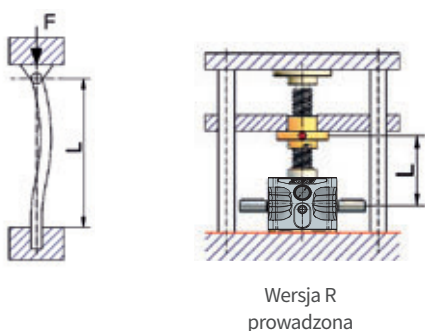
$$I = \frac{F \times v \times L^2}{\pi^2 \times E} \quad \text{wówczas } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Przykład:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm})^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{2,35224^{11} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 113.491,305 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{113.491,305 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 38,99 \text{ mm minimalna średnica rdzenia śruby} = \text{ZE-100 } (\varnothing \text{ rdzenia śruby} = 43,6 \text{ mm})$$

Wzór 3



Wzór:

$$I = \frac{F \times v \times (L \times 0,7)^2}{\pi^2 \times E} \quad \text{wówczas } d = \sqrt[4]{\frac{I \times 64}{\pi}}$$

Przykład:

$$I = \frac{45.000 \text{ N} \times 3 \times (1.320 \text{ mm} \times 0,7)^2}{\pi^2 \times 210.000 \text{ N/mm}^2} = \frac{1,15259^{12} \text{ mm}^4}{2.072.616,924} = 55.610,7396 \text{ mm}^4$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{55.610,739 \text{ mm}^4 \times 64}{\pi}} = 32,62 \text{ mm minimalna średnica rdzenia śruby} = \text{ZE-50/Tr50 } (\varnothing \text{ rdzenia śruby} = 39,8 \text{ mm})$$

	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35/50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Śruba trapezowa Tr Ø rdzenia w mm (minimum)	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20
	10,9	12,9	14,9	22,1	31	39,8	43,6	48,6	55,2	59,6	80,6	99,6	115	135
Śruba kulowa KGT Ø mm	16	16	25	32	40	-	50	63	80	80	100	125	140	160
Ø rdzenia w mm (minimum*)	12,9	12,9	21,5	27,3	34,1	-	43,6	51,8	67	67	87,4	107,8	117	132,8

*W zależności od skoku gwintu Ø rdzenia może być też większa. Dokładna Ø rdzenia jest podana na stronach KGT w rozdziale 2.



Objaśnienia:

I = geometryczny moment bezwładności przekroju w mm⁴
 F = maks. obciążenie przypadające na przekładnię w N
 L = swobodna długość śruby w mm
 E = moduł sprężystości wzdłużnej dla stali (210.000N/mm²)
 v = współczynnik bezpieczeństwa (zazwyczaj 3)
 d = minimalna średnica rdzenia śruby

Przykład:

F = 45.000 N/przekładnia
 L = 1320 mm
 v = 3

Krytyczna prędkość obrotowa w przekładniach R



Maksymalna dopuszczalna prędkość obrotowa śruby

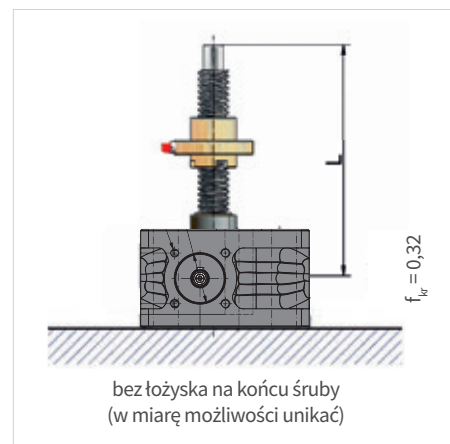
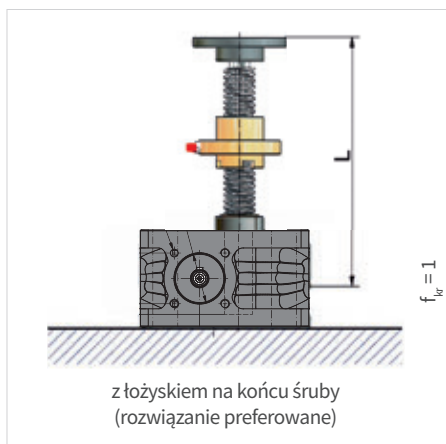
$$n_{zul} = 0,8 \times n_{kr} \times f_{kr}$$

n_{zul} maksymalna dopuszczalna prędkość obrotowa śruby (obr./min)

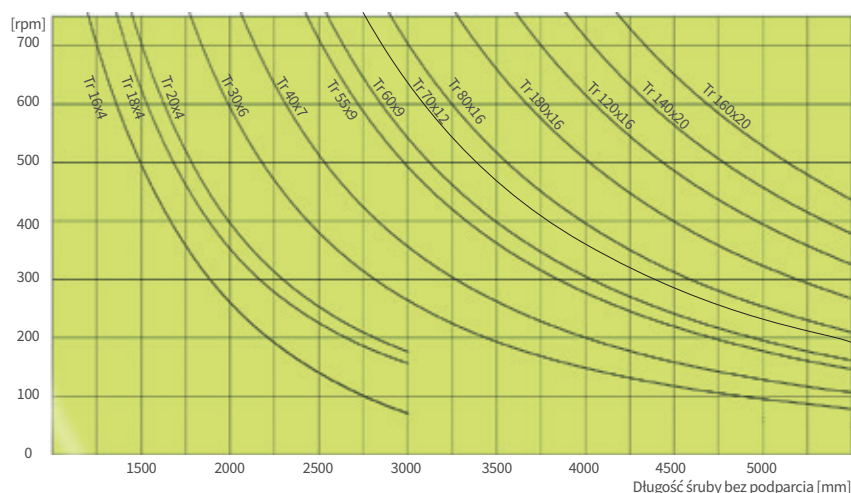
n_{kr} teoretyczna krytyczna prędkość obrotowa śruby (obr./min), która prowadzi do drgań rezonansowych (patrz wykres)

f_{kr} współczynnik korygujący, który uwzględnia łożyskowanie śruby

i Robocza prędkość obrotowa może wynosić maksymalnie 80% maksymalnej prędkości obrotowej.



$$\text{Prędkość obrotowa śruby} = \frac{\text{Prędkość obrotowa wału napędowego}}{i_{\text{przekładni}}}$$



W przypadku przekładni R (ze śrubą obrotową) przy długich, smukłych śrubach należy ustalić maksymalną dopuszczalną prędkość obrotową śruby. Teoretyczna krytyczna prędkość obrotowa n_{kr} jest podana na wykresie. Podczas ustalania niepodpartej długości śruby należy uwzględnić wartość wraz osłonami śruby itp. Na podstawie wzoru, uwzględniając współczynnik korekty dla łożyskowania śruby należy obliczyć.

Jeżeli obliczona maksymalna dopuszczalna prędkość obrotowa śruby jest mniejsza niż wymagana, należy zastosować większą śrubę lub śrubę dwuzwojną z obniżoną o połowę prędkością obrotową. Śrubę należy ponownie sprawdzić. W przypadku wersji R istnieje możliwość zastosowania śruby wzmocnionej (śruba z przekładni rozmiar większej). Prosimy pamiętać, że w przypadku śrub z większym skokiem gwintu niezbędny jest także większy moment napędowy.

UWAGA:

Długie, cienkie śruby mogą wydawać piszczące odgłosy pomimo zachowania krytycznej prędkości obrotowej! Dlatego przy obliczeniach należy uwzględnić odpowiedni margines bezpieczeństwa.



Moment napędowy [MG] pojedynczego podnośnika

Poniższe objaśnienia umożliwiają obliczenie wymaganego momentu napędowego.

W przypadku przekładni z jednozwojną śrubą trapezową obciążenie można pomnożyć przez współczynnik podany na stronie katalogowej danej przekładni.

Wzór:	Przykład:
1) Moment napędowy: $M_G = \frac{F \text{ [kN]} \times P \text{ [mm]}}{2 \times \pi \times \eta_{\text{przekładnia}} \times \eta_{\text{śruba}} \times i}$	1) $M_G = \frac{12 \text{ kN} \times 6 \text{ mm}}{2 \times \pi \times 0,87 \times 0,39 \times 6} = 5,63$
2) Moc silnika: $P_M \text{ [kW]} = \frac{M_G \text{ [Nm]} \times n \text{ [min}^{-1}]}{9550}$	2) $P_M = \frac{5,63 \text{ Nm} \times 1500 \text{ min}^{-1}}{9550} = 0,88 \text{ kW}$
3) Współczynnik bezpieczeństwa: Zalecamy, aby przemnożyć obliczoną wartość przez współczynnik bezpieczeństwa 1,3–1,5. W przypadku małych rozmiarów, niskich prędkości, a przede wszystkim niskich temperatur stosuje się współczynnik bezpieczeństwa do 2. Obciążenie minimalne: Przy niskich obciążeniach dynamicznych, straty podczas ruchu bez obciążenia są proporcjonalnie większe. Dlatego należy obliczyć napęd na co najmniej 15% obciążenia znamionowego przekładni, nawet jeśli obciążenie efektywne jest mniejsze (np. w przypadku ZE-50 co najmniej 7,5 kN).	3) Przykład: $0,88 \text{ kW} \times 1,5 = 1,32 \text{ kW} \rightarrow$ Silnik 1,5 kW

i	Objaśnienia:
M_G	wymagany moment obrotowy [Nm] dla przekładni
F	Obciążenie podczas podnoszenia (dynamiczne) [kN]
$\eta_{\text{przekładnia}}$	Sprawność przekładni śrubowej (bez śruby)
$\eta_{\text{śruba}}$	Sprawności śruby
P	Skok gwintu śruby [mm]
i	Przełożenie przekładni śrubowej
P_M	Moc silnika

Przykład:

ZE-25-SN

F = 12 kN (dynamiczne obciążenie podnoszenia)

$\eta_{\text{przekładni}} = 0,87$ $\eta_{\text{śruba}} = 0,39$

i = 6 P = 6

Sprawność przekładni śrubowych $\eta_{\text{przekładni}}$ (bez śruby)

i	obr./min	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	0,87	0,81	0,83	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	0,87	0,82	0,84	0,87	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	-	-	-	-
N	1000	0,86	0,82	0,82	0,86	0,87	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	750	0,86	0,82	0,84	0,85	0,86	0,85	0,87	0,88	0,90	0,90	0,91	0,92	0,88	0,90
N	500	0,85	0,82	0,84	0,83	0,85	0,84	0,85	0,87	0,90	0,89	0,9	0,92	0,87	0,89
N	100	0,74	0,77	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,8	0,85	0,83	0,86	0,87	0,81	0,84
L	3000	0,78	0,74	0,78	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,77	0,70	0,74	0,72	0,64	0,66	0,67	0,67	0,77	0,78	-	-	-	-
L	1000	0,75	0,67	0,72	0,7	0,64	0,66	0,65	0,66	0,77	0,77	0,78	0,76	0,67	0,76
L	750	0,74	0,65	0,7	0,68	0,64	0,66	0,65	0,65	0,77	0,76	0,78	0,75	0,66	0,76
L	500	0,71	0,62	0,67	0,65	0,63	0,65	0,65	0,63	0,76	0,75	0,77	0,73	0,65	0,75
L	100	0,54	0,53	0,59	0,54	0,52	0,55	0,57	0,53	0,67	0,65	0,67	0,61	0,58	0,66

Sprawność śrub $\eta_{\text{śruba}}$

obliczona dla współczynnika tarcia $\mu = 0,11$

Śruba Tr jednozwojna	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	70x12	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20	Śruba z gwintem kulowym
Sprawność	0,45	0,42	0,39	0,39	0,35	0,33	0,34	0,32	0,35	0,39	0,33	0,29	0,30	0,27	
Śruba Tr dwuzwojna	16x8P4	18x8P4	20x8P4	30x12P6	40x14P7	50x16P8	55x18P9	60x18P9	70x24P12	80x32P16	100x32P16	120x32P16	140x40P20	160x40P20	0,9
Sprawność	0,62	0,59	0,56	0,56	0,53	0,50	0,51	0,48	0,52	0,56	0,50	0,45	0,47	0,44	



Maksymalne momenty obrotowe

Maksymalny moment obrotowy przenoszony przez ślimacznice

Aby uzyskać optymalną żywotność, nie należy przekraczać podanych niżej wartości.
W przypadku mniejszej liczby godzin pracy możliwe są wyższe wartości. Prosimy o kontakt w celu uzyskania porady.

Maks. momenty obrotowe przenoszone przez ślimacznice MR [Nm]

i	rpm	GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
N	3000	1,2	4	11	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	1500	1,4	4,7	13,5	18	19,8	31,5	31,5	53,4	75,1	155	152	-	-	-	-
N	1000	1,5	5,6	14	22	20,8	36,8	36,8	60,8	77,7	155	152	265	408	480	680
N	500	1,6	6,1	16,7	28	24,8	46,5	46,5	75,3	95	156	160	350	500	640	960
L	3000	0,5	1,4	5,7	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	1500	0,5	1,5	7,5	10	9	10,4	10,4	13,5	20,7	61	41,4	-	-	-	-
L	1000	0,5	1,8	8,7	11	9,7	14,9	14,9	15,4	23,7	61	47,4	100	170	210	450
L	500	0,6	2,2	10,7	14	11,1	19,2	19,2	18,9	29,4	62	63,5	112	220	240	580

Wartości graniczne są mechaniczne – należy uwzględnić czynniki termiczne w zależności od czasu włączenia

Maksymalny moment obrotowy przenoszony przez ślimaka

W wielu przekładniach serii moment obrotowy przenoszony przez ślimaka może być znacznie większy niż maksymalny moment obrotowy przenoszony na ślimacznice. Należy wziąć pod uwagę tylko obciążenie skręcające wału, a nie obciążenie zębów ślimaka.

Maks. momenty obrotowe przenoszone przez ślimaka [Nm]

GSZ-2	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-50/Tr50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
9	39	57	108	130	260	260	540	540	700	770	1800	1940	4570	4570



Moment napędowy sytemu podnośników

– obliczenia przybliżone

Obliczanie

Wymagany moment napędowy systemu podnośników wynika z sumy momentów pojedynczych podnośników i wzrasta wskutek strat spowodowanych tarciami w komponentach łączących, takich jak sprzęgła, wały łączące, przekładnie kątowe itp.

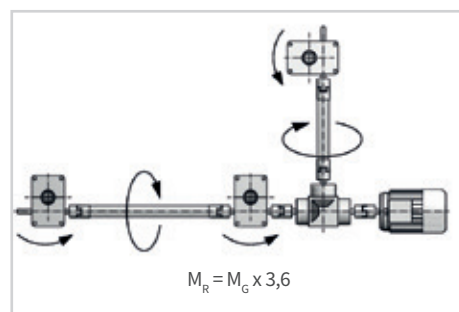
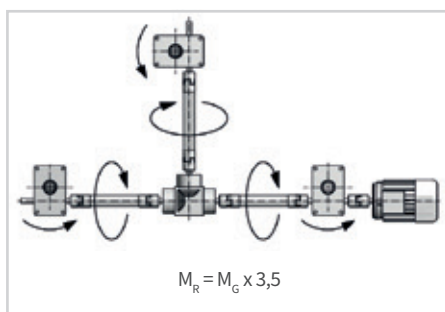
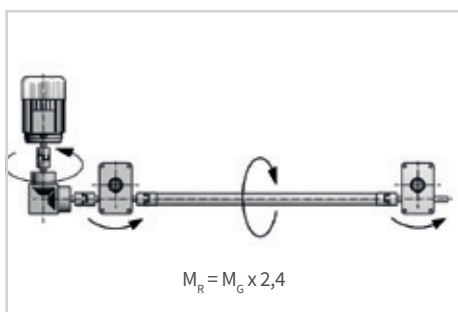
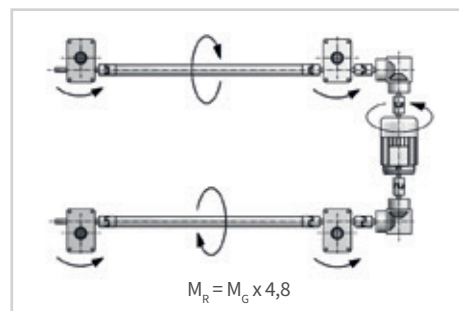
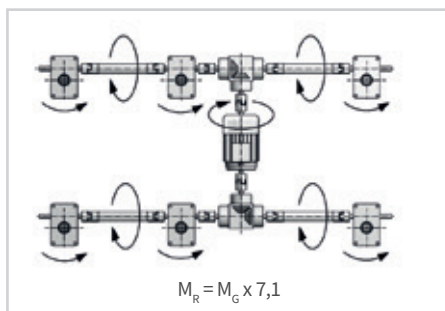
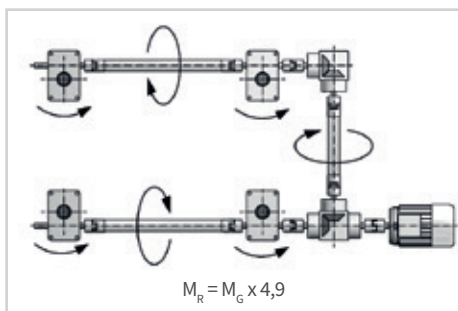
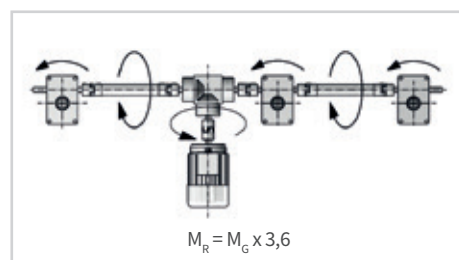
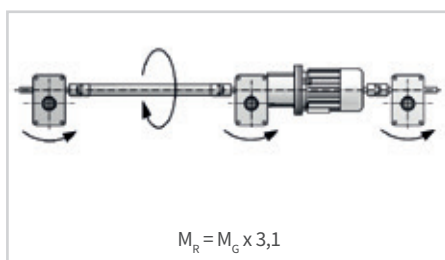
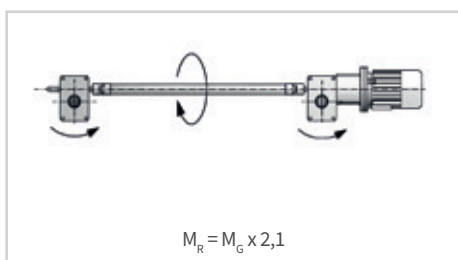
W celu ułatwienia obliczeń podajemy poniższe współczynniki do ustalenia momentu napędowego dla najpopularniejszych układów.



M_R – Całkowity moment napędowy dla całego układu

M_G – Moment napędowy pojedynczej przekładni

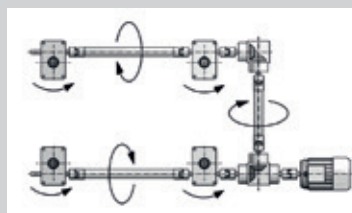
M_A – Maks. moment rozruchowy $1,5 \times M_R$



UWAGA

Zalecamy, aby przemnożyć obliczoną wartość przez współczynnik bezpieczeństwa 1,3–1,5. W przypadku małych rozmiarów, niskich prędkości, a przede wszystkim niskich temperatur stosuje się współczynnik bezpieczeństwa do 2.

Przykład (12 kN na przekładnię)



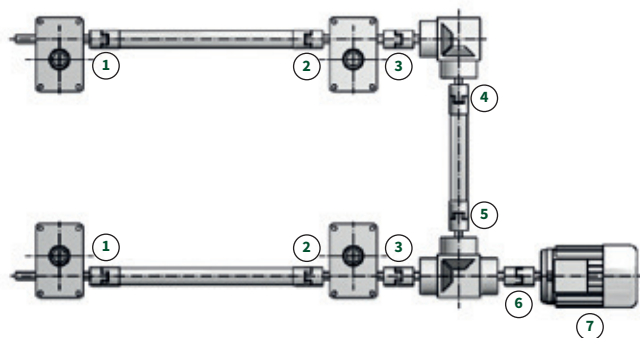
$$\begin{aligned}
 M_R &= M_G \times 4,9 = 5,63 \text{ Nm} \times 4,9 &= 27,59 \text{ Nm} \\
 \rightarrow \times \text{wsp. bezpieczeństwa } 1,5 &= 41,38 \text{ Nm} \\
 M_A &= M_R \times 1,5 = 41,38 \text{ Nm} \times 1,5 &= 62,07 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$



Moment napędowy układu podnośników

– obliczanie dokładne

W poniższym obliczeniu przykładowym uwzględniono sprawność wałów łączących (η 0,95) i przekładni kątowych (η 0,9).



Wzór dla przekładni:

$$\text{Moment napędowy: } M_G = \frac{F \text{ [kN]} \times P \text{ [mm]}}{2 \times \pi \times \eta_{\text{przekładni}} \times \eta_{\text{śruby}} \times i}$$

Sprawność:

Wały łączące: η 0,95

Przekładnia kątowa: η 0,90

Przykład:

$$1) \quad M_G = \frac{12 \text{ kN} \times 6 \text{ mm}}{2 \times \pi \times 0,87 \times 0,39 \times 6} = 5,63$$

$$2) \quad \frac{5,63 \text{ Nm}}{0,95} = 5,93 \text{ Nm}$$

(sprawność wału łączącego)

$$3) \quad 5,63 \text{ Nm} + 5,93 \text{ Nm} = 11,56 \text{ Nm}$$

$$4) \quad \frac{11,56 \text{ Nm}}{0,9} = 12,84 \text{ Nm}$$

(sprawność przekładni kątowej)

$$5) \quad \frac{12,84 \text{ Nm}}{0,95} = 13,52 \text{ Nm}$$

$$6) \quad (11,56 \text{ Nm} + 13,52 \text{ Nm}) / 0,9 = 27,87 \text{ Nm}$$

$$7) \quad 27,87 \text{ Nm} \times 1,5 = 41,8 \text{ Nm}$$

Z-25-SN

$F = 12 \text{ kN}$ (dynamiczne obciążenie podnoszenia przypadające na przekładnię)

$$\eta_{\text{przekładni}} = 0,87 \quad \eta_{\text{śruby}} = 0,39$$

$$i = 6 \quad P = 6$$

$$11,56 \text{ Nm} \times 1,5 = 17,34 \text{ Nm}$$

(KSZ-H-25-L jest w porządku (patrz także rozdział 5))

$$41,8 \text{ Nm}$$

(wymagana jest KSZ-H-35-T - patrz rozdział 5)

Wybór silnika: 132M-P4-7,5 kW (50 Nm)

(silnik patrz rozdział 3)

UWAGA

Zalecamy, aby przemnożyć obliczoną wartość przez współczynnik bezpieczeństwa 1,3–1,5. W przypadku małych rozmiarów, niskich prędkości, a przede wszystkim niskich temperatur stosuje się współczynnik bezpieczeństwa do 2.

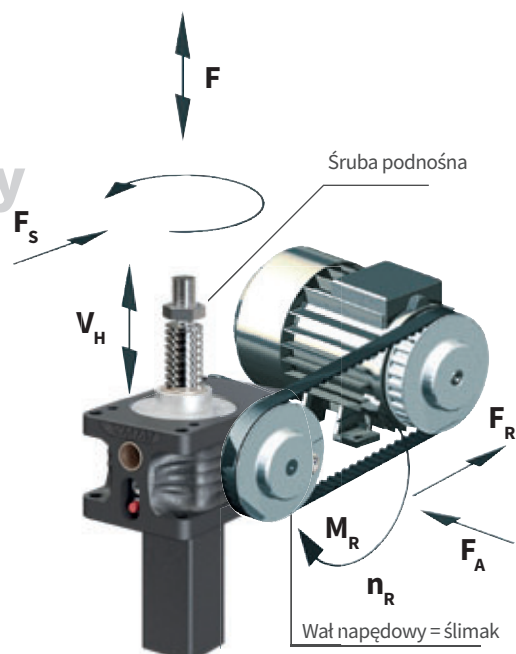


Maksymalne siły/momenty

Siły boczne działające na śrubę podnośną

Maksymalne dopuszczalne siły boczne zostały podane w poniższej tabeli. Zasadniczo siły boczne powinny przejmować prowadnice. Tuleja prowadząca w przekładni pełni tylko wtórną funkcję prowadzącą. Faktycznie działające maksymalne siły boczne muszą być niższe niż wartości podane w tabeli!

UWAGA: dopuszczalne tylko obciążenie statyczne!



Maksymalna siła boczna F_s [N] (tylko statyczna)

Długość śruby po wysunięciu w mm

ZE/Z	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	2000	2500	3000
5	360	160	100	70	55	45	38	32	28	25	20	18	12	-	-
10	600	280	180	130	100	80	70	60	50	47	40	30	20	15	-
25	900	470	300	240	180	150	130	110	100	90	70	60	45	35	30
35	1300	700	450	360	270	220	190	160	150	130	100	90	60	50	40
50	3000	2000	1300	900	700	600	500	420	380	330	280	230	160	130	100
100	5000	4000	3000	2300	1800	1500	1300	1100	950	850	700	600	400	350	250
150	5500	5000	3900	2800	2300	1800	1500	1300	1200	1000	850	750	500	400	350
200	7500	7200	5400	4000	3200	2500	2100	1800	1700	1500	1200	1050	700	600	500
250	9000	9000	6500	4900	3800	3000	2500	2200	2000	1900	1450	1250	900	760	660
350	15000	13000	12000	10000	8800	7000	6000	5500	4800	4300	3500	3000	2000	1600	1400
500	29000	29000	29000	29000	24000	20000	17000	15000	15000	14000	12000	9000	7000	5600	4900
750	34800	34800	34800	34800	34800	28800	24000	20400	18000	16800	14400	10800	8400	6720	5880
1000	46000	46000	39000	36000	320000	30000	25000	290000	25000	23500	20000	17000	12000	10000	8000

Obciążenie promieniowe wału napędowego (ślimaka)

W przypadku stosowania mechanizmów łańcuchowych lub pasowych nie wolno przekraczać podanych niżej wartości sił promieniowych.

Maksymalne obciążenie promieniowe wału napędowego (ślimaka) F_R [N]

	ZE-5	ZE-10	ZE-25	ZE-35	ZE-50	ZE-100	ZE-150	ZE-200	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
FR maks.	110	190	260	260	420	650	670	1000	1100	1400	2600	3000	3400



Definicje obciążeń:

- F - Obciążenie podczas podnoszenia pod wpływem rozciągania i/lub nacisku
- F_s - Obciążenie boczne śruby
- V_H - Prędkość przesuwu śruby (lub nakrętki w wersji R)
- F_A - Obciążenie osiowe wału napędowego (ślimaka)
- F_R - Obciążenie promieniowe wału napędowego (ślimaka)
- M_R - Moment obrotowy wału napędowego (ślimaka)
- n_R - Prędkość obrotowa wału napędowego (ślimaka)



Ustalanie długości – śruba i rura osłonowa

Oszczędność czasu

Za pomocą konfiguratora online ZIMM można samodzielnie ustalić wymaganą długość śruby i rury osłonowej. Dzięki temu można szybko obliczyć wymiary montażowe podnośnika.

Zasada

W zależności od zastosowanej wersji i elementów systemu śruba (i rura osłonowa w wersji S) ulega wydłużeniu. Są to wymagane wymiary minimalne. W przypadku specjalnych sytuacji montażowych należy sporządzić rysunek lub skontaktować się z naszym działem techniczno-projektowym.

Skok + długość podstawowa (+ różne wydłużenia dla wariantów/elementów systemu)

Przykład S:

ZE-25-SN, skok 250 mm:

- Mieszek osłonowy ZE-25-FB-300 (ZD=70mm)
- Kołnierz mocujący BF (w tym przypadku mieszek osłonowy nie wymaga pierścienia mocującego)
- Zabezpieczenie przed obrotem VS
- Wyłączniki krańcowe ESSET

Długość śruby Tr:

250 skok	+	180 długość podstawowa	+	44 mieszek osłonowy (70 - 26 = 44)	+	45 wyłączniki krańcowe + zabezpieczenie przed obrotem	=	519 mm długość śruby
-------------	---	---------------------------	---	--	---	--	---	-------------------------

Długość rury osłonowej SRO:

250 skok	+	53 długość podstawowa	+	72 wyłączniki krańcowe + zabezpieczenie przed obrotem	=	375 mm długość rury osłonowej
-------------	---	--------------------------	---	--	---	-------------------------------------

Przykład R:

ZE-25-RN, skok 250 mm:

- Śruba z czopem (płyta łożyskowa GLP)
- Mieszek osłonowy ZE-25-FB-300 (ZD=70mm) na dole i na górze
- Nakrętka podwójna DM

Długość śruby Tr:

250 skok	+	189 długość podstawowa	+	60 mieszek osłonowy po stronie przekładni (70 - 10 = 60)	+	55 2 mieszek osłonowy (70 - 15 = 55)	+	50 nakrętka podwójna	=	554 mm długość śruby
-------------	---	------------------------------	---	---	---	---	---	----------------------------	---	-------------------------

Ustalanie długości wałów łączących - patrz rozdział 4.