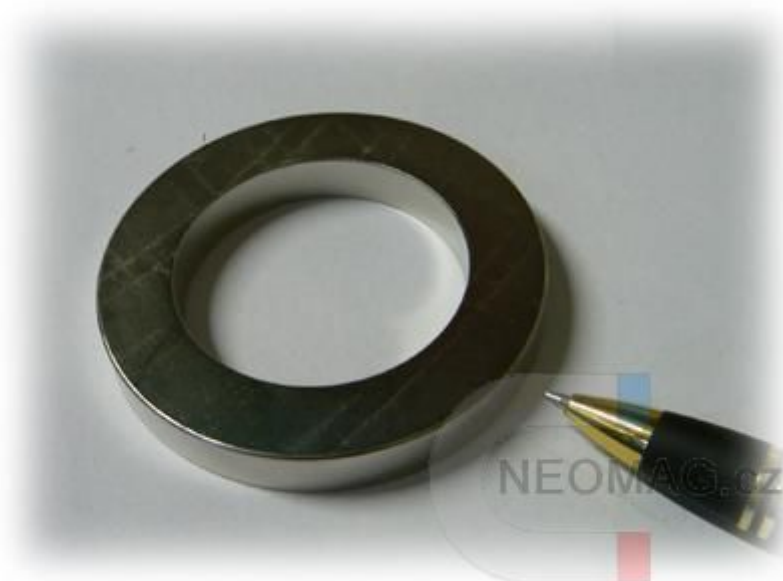


# Toroid magnet motor V

© Ing. Ladislav Kopecký, červenec 2017

V předchozí části článku jsme skončili u konstrukce 3D modelu experimentu, demonstrujícího silové účinky mezi vnějším magnetickým polem a magnetickým tělesem v horizontálním směru. Nyní budeme tyto poznatky aplikovat na konstrukci toroidního magnetického motoru. Vybereme vhodný prstencový magnet a k němu magnet ve tvaru hranolu přiměřené velikosti.

## Neodymový magnet - prstenec (mezikruží)



Obr. 1: Prstencový magnet

A - Vnější průměr 75 mm  
 B - Vnitřní průměr 49 mm  
 C - Výška 10 mm = směr magnetování

Směr magnetování - na výšku, to znamená: při položení magnetu na plochu je jeden pól nahoře a druhý dole

Třivrstvá povrchová antikoroziční ochrana - Nikl + Měď + Nikl

Maximální pracovní teplota 80°C

Curierová teplota 310°C

Přidrzná síla - ? kg (údaj dodavatele). Pro konkrétní aplikaci doporučujeme vyzkoušet.

Váha magnetu - 190 g

[http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/prstence/magnet-np093-75x49x10-n42/?from\\_katalog=1,cena%20DESC,](http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/prstence/magnet-np093-75x49x10-n42/?from_katalog=1,cena%20DESC)

## Neodymový magnet - hranol

A -Délka 10 mm  
 B -Šířka 10 mm  
 C -Výška 10 mm = směr magnetování

Směr magnetování - na výšku

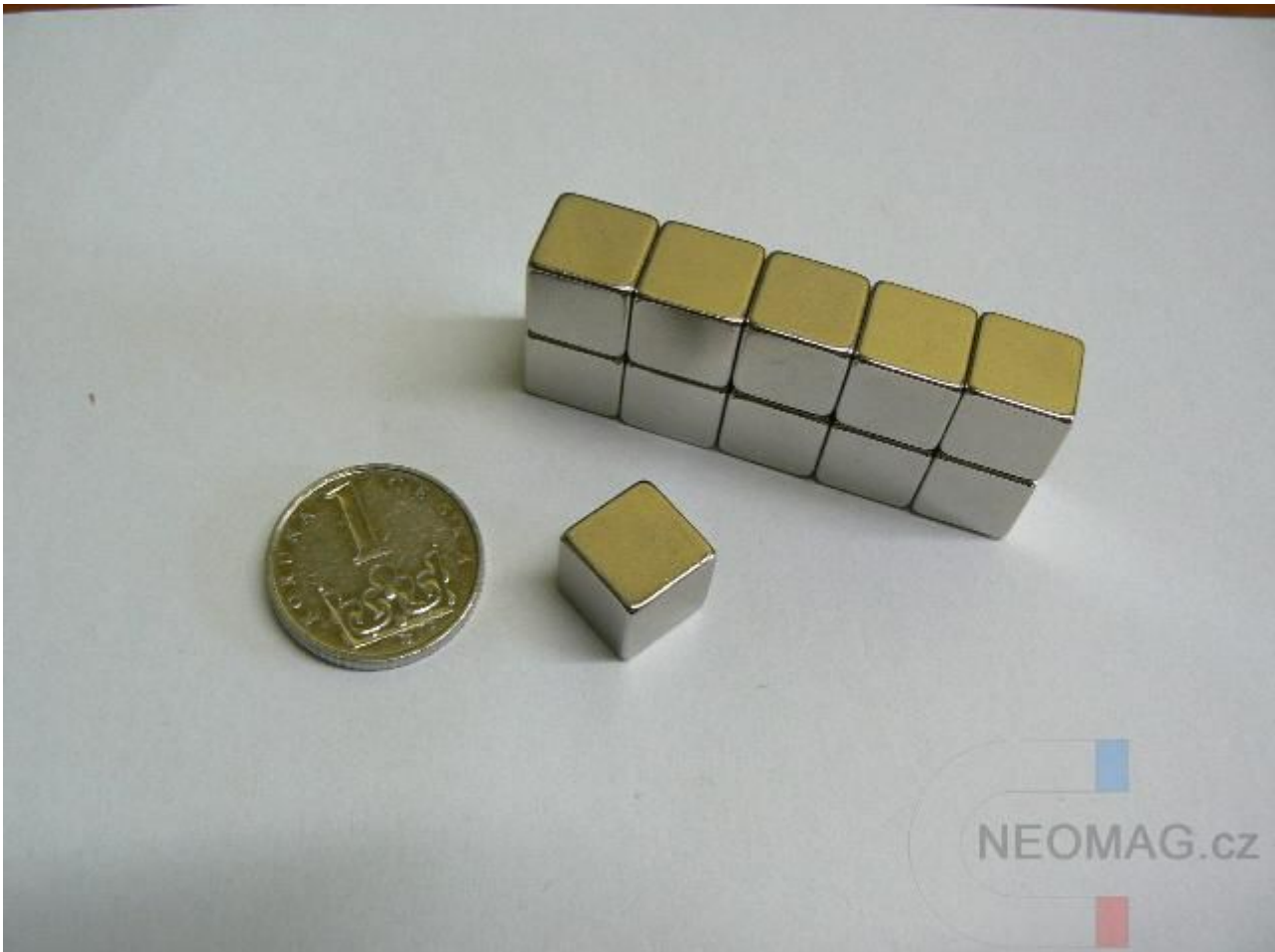
Třivrstvá povrchová antikoroziční ochrana - Nikl + Měď + Nikl

Maximální pracovní teplota 80 °C

Curierová teplota 310°C

Přidržná síla - 3,2 kg. (údaj dodavatele). Pro konkrétní aplikaci doporučujeme vyzkoušet.

Váha magnetu - 7,6 g.



Obr. 2: Neodymový magnet – krychle

[http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh0405-10x10x10-n38/?from\\_katalog=2,razeni,](http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh0405-10x10x10-n38/?from_katalog=2,razeni)

Magnety máme vybrané a můžeme se pustit do simulace. Nejdříve vypočítáme střední průměr prstence a potom délku střední kružnice.

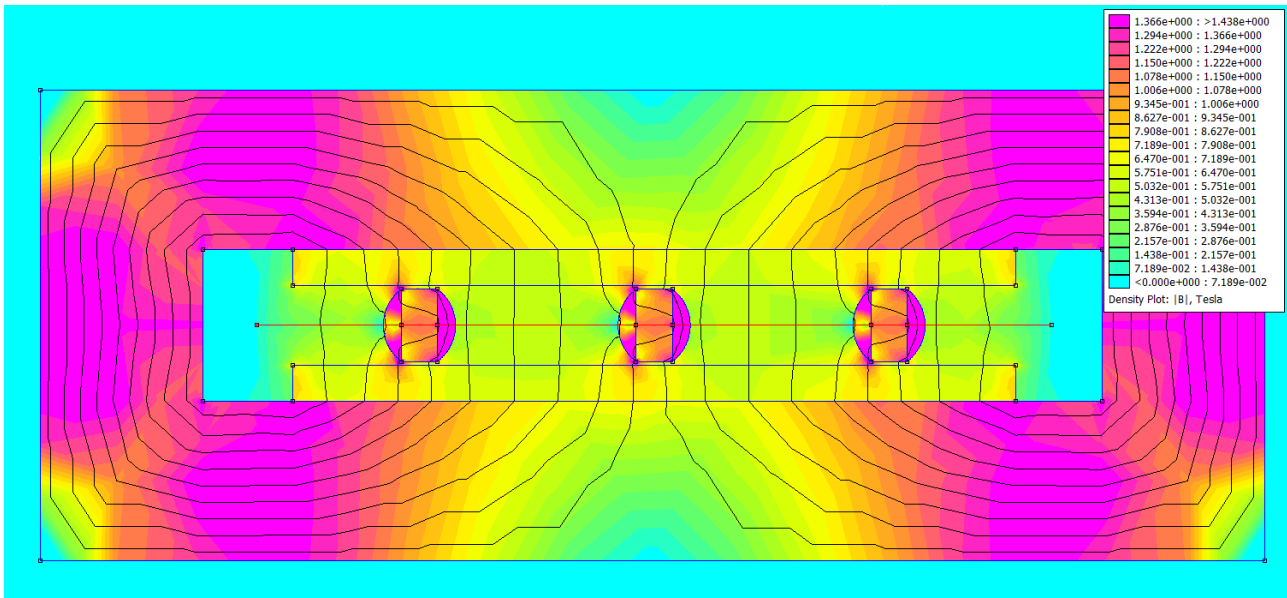
Střední průměr prstence:

$$D_s = (A + B)/2 = (75 + 49)/2 = 62 \text{ mm}$$

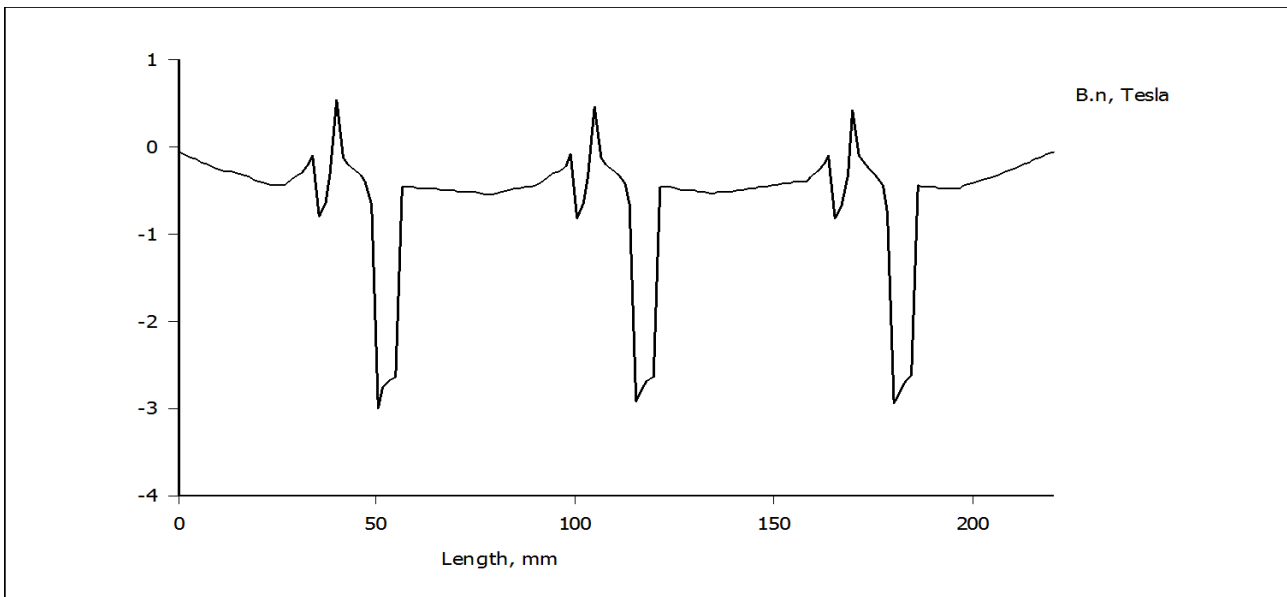
Střední délka kružnice:

$$l_s = \pi \cdot D_s = \pi \cdot 62 = 194,78 \text{ mm}$$

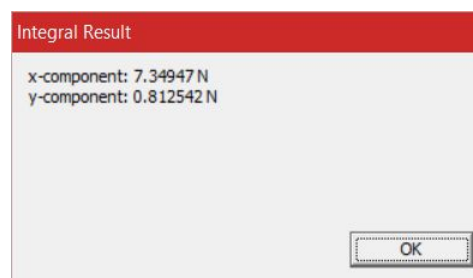
Délku  $l_s$  zaokrouhlíme na 195, takže když osadíme tři magnetická tělesa, bude mezi nimi střední vzdálenost 65 mm.



Obr. 3: Simulace toroidního magnetického motoru – d = 22mm



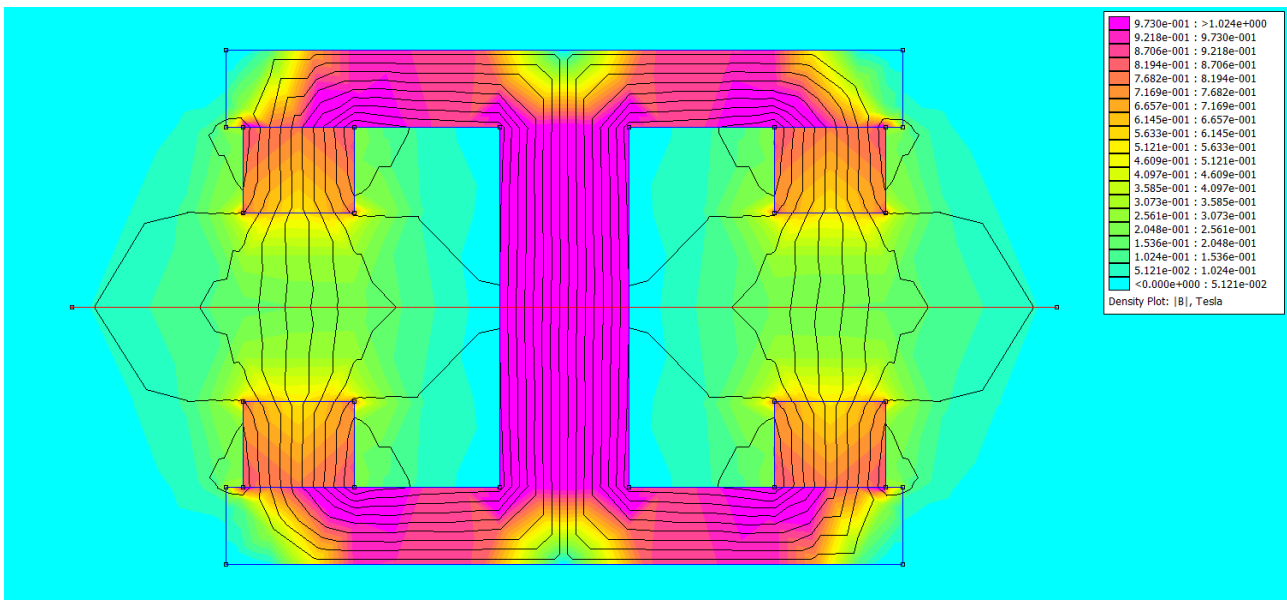
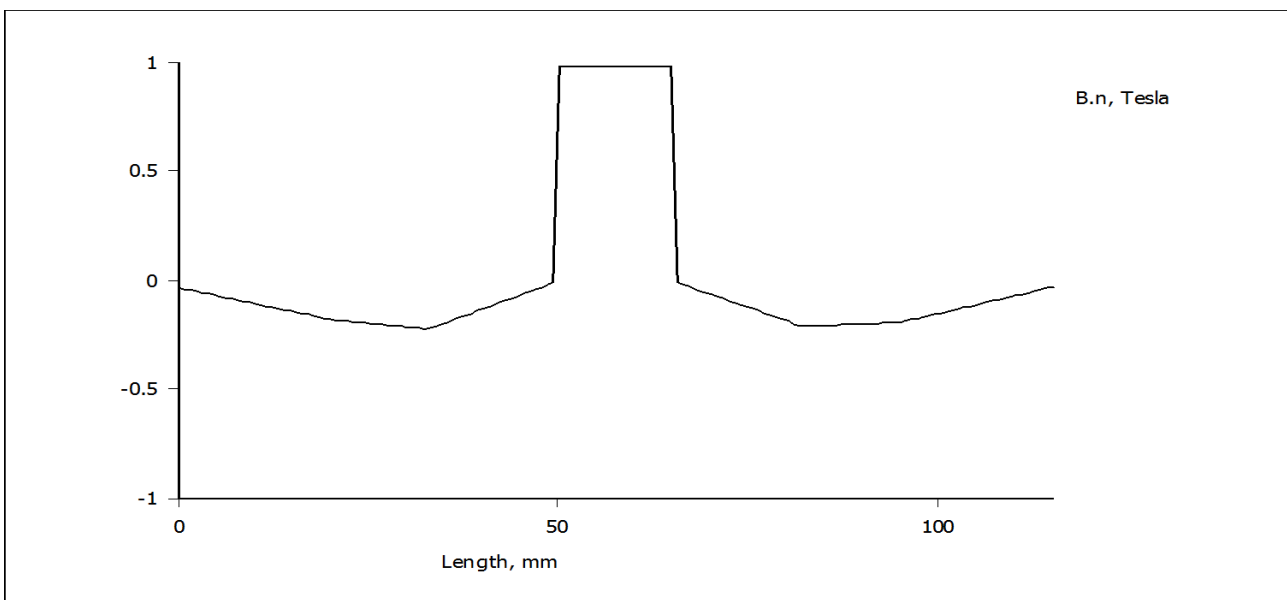
Graf 1: Průběh B v mezeře



Obr. 4: Síla působící na 3 magnetická tělesa

Ve skutečnosti bude síla působící na 3 magnetická tělesa (obr. 4) menší, protože v našem 2D modelu počítáme, že pole hloubky 10mm bude homogenní. To však neodpovídá skutečnosti. Abychom se o tom přesvědčili, provedeme simulaci řezu magnetickým motorem. Šířka prstence je:

$$w = (A - B)/2 = (75 - 49)/2 = 13 \text{ mm}$$

Obr. 5: Řez magnetickým motorem –  $d = 22\text{mm}$ 

Graf 2: Průběh magnetické indukce

Obr. 5 a graf 2 ukazují, že magnetické pole mezi prstenci je velmi rozptýlené, takže by magnetický motor nemusel vůbec fungovat. Zvolíme proto menší magnety a simulaci zopakujeme s menší mezerou odpovídající těmto magnetům.

Vybrali jsme tyto magnety:

### **Neodymový magnet - hranol**

A -Délka 5 mm

B -Šířka 5 mm

C -Výška 5 mm = směr magnetování

Směr magnetování - na výšku

Třivrstvá povrchová antikorozi ochrana - Nikl + Měď + Nikl

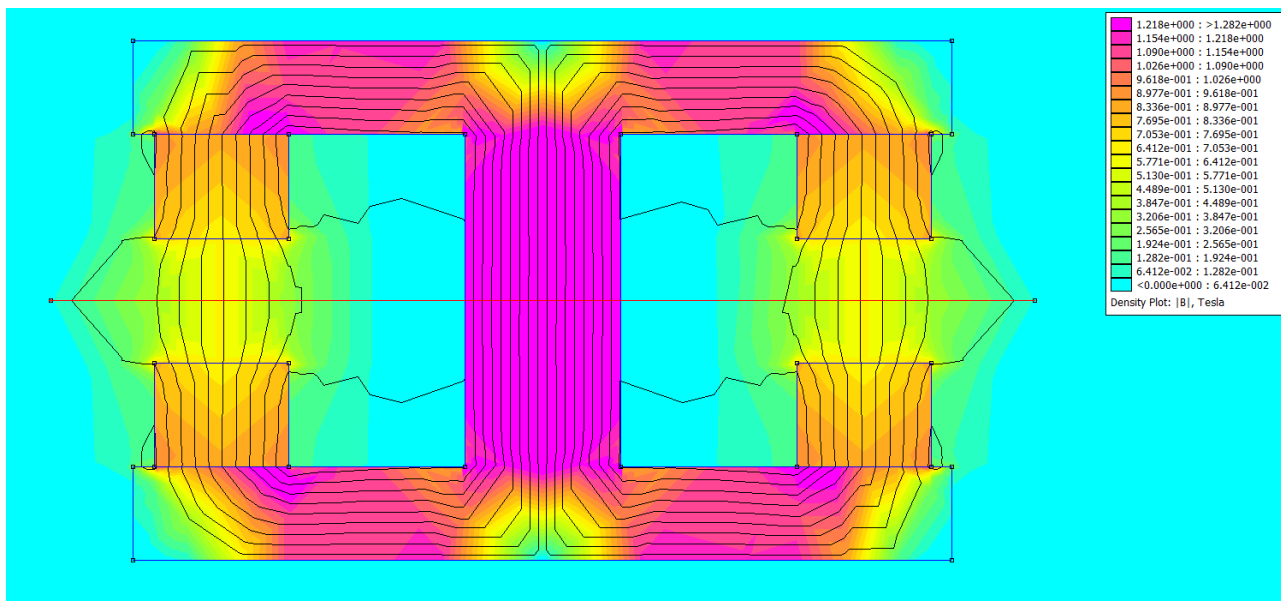
Maximální pracovní teplota 80 °C

Curierová teplota 310°C

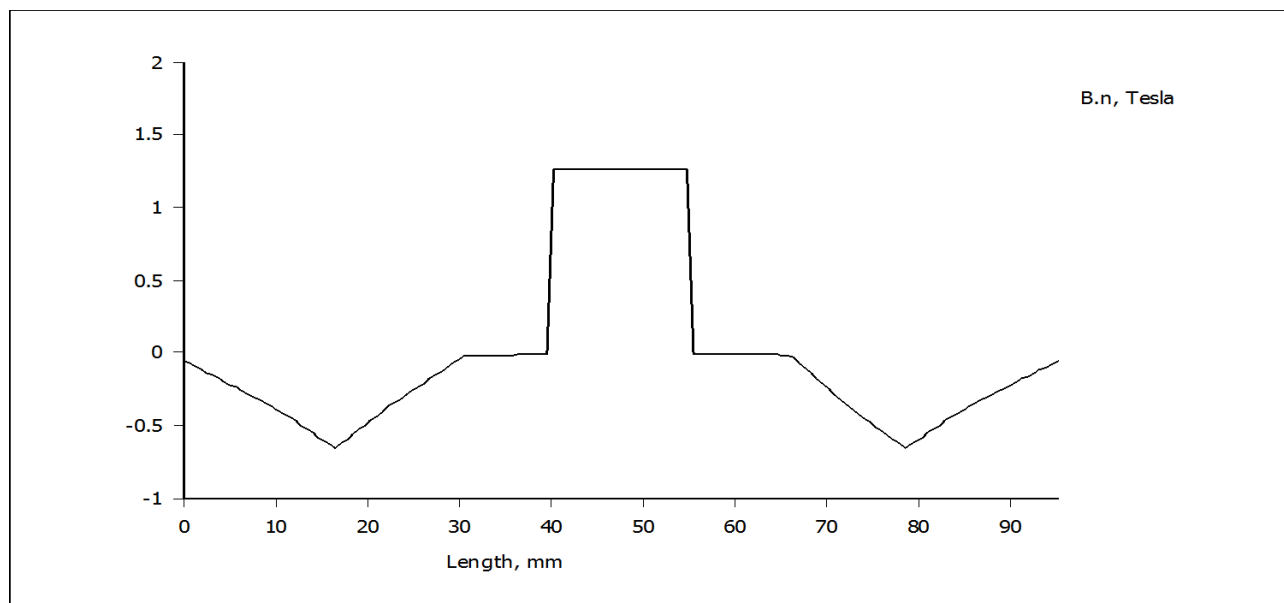
Přídržná síla - 1,20 kg. (údaj dodavatele). Pro konkrétní aplikaci doporučujeme vyzkoušet.

Váha magnetu - 0,94 g.

[http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh130-5x5x5-n50/?from\\_katalog=1,razeni](http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/nh130-5x5x5-n50/?from_katalog=1,razeni),

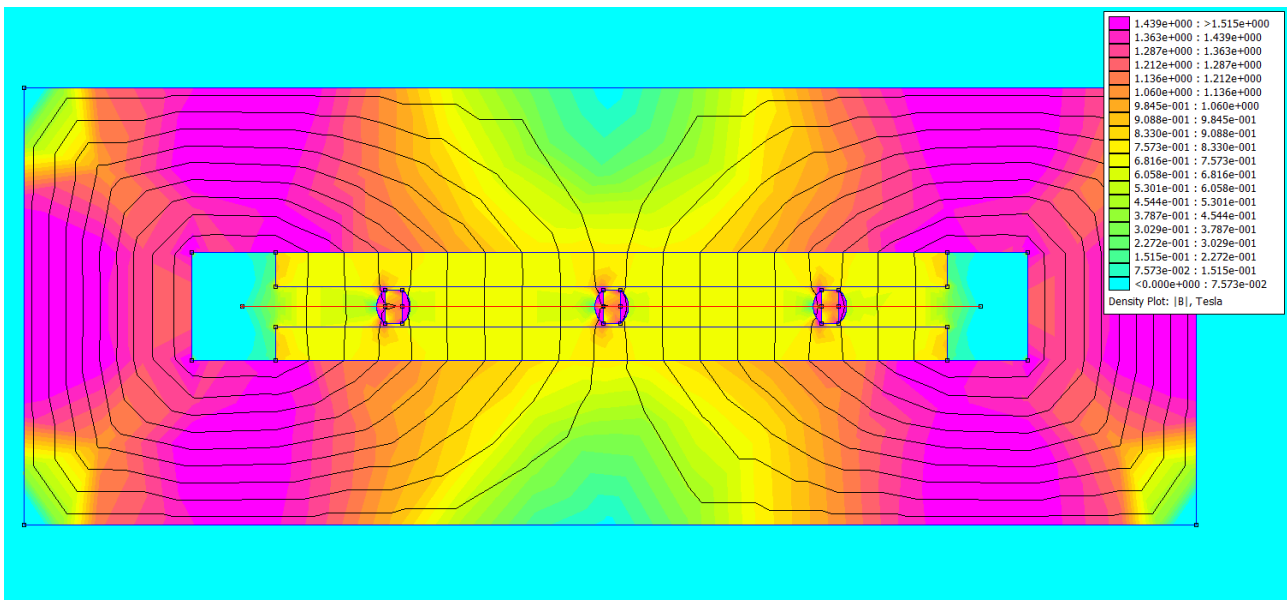
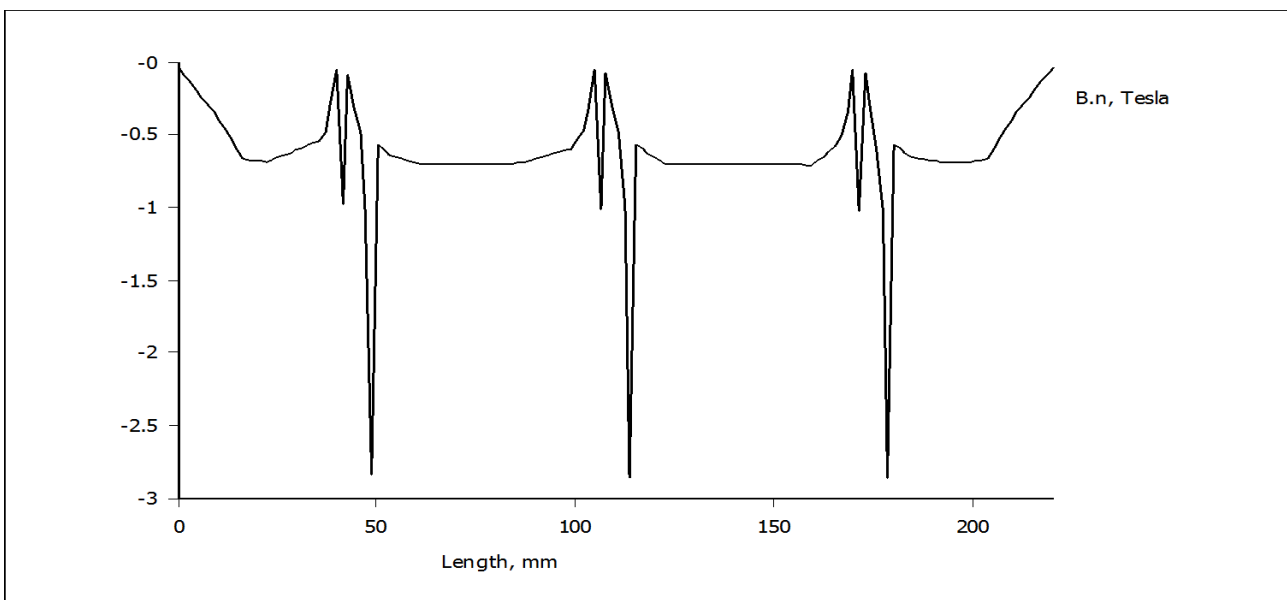


Obr. 6: Řez magnetickým motorem – d = 12mm

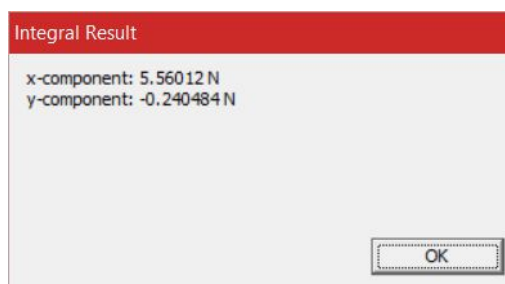


Graf 3: Průběh magnetické indukce B

Obr. 6 a graf 3 ukazují, že nehomogenita pole je nadále velká, ale maximální hodnota B je podstatně větší ( $B_{max} = 0,658$  T). Pokud bychom použili 3 magnety za sebou, abychom využili i magnetické pole mimo půdorys magnetů, tento magnetický motor má již šanci fungovat. Zopakujeme tedy simulaci z obr. 3 s menší mezerou. Na obr. 8 máme výslednou sílu pro 3 magnetická tělesa při hloubce 10mm. Opakují, že při použití tří magnetů za sebou, můžeme dosáhnout hloubky 15mm a využijeme tak i část rozptýleného pole. V tom případě skutečná síla již může být dostatečná pro roztočení magnetického motoru.

Obr. 7: Simulace toroidního magnetického motoru –  $d = 12\text{mm}$ 

Graf 4: Průběh B v mezeře



Obr. 8: Síla působící na 3 magnetická tělesa

Do třetice použijeme ještě tyto magnety:

### Neodymový magnet hranol

A -Délka 3 mm

B -Šířka 3 mm

C -Výška 3 mm = směr magnetování

Směr magnetování - na výšku

Třivrstvá povrchová antikorozi ochrana - Nikl + Měď + Nikl

Maximální pracovní teplota 80 °C

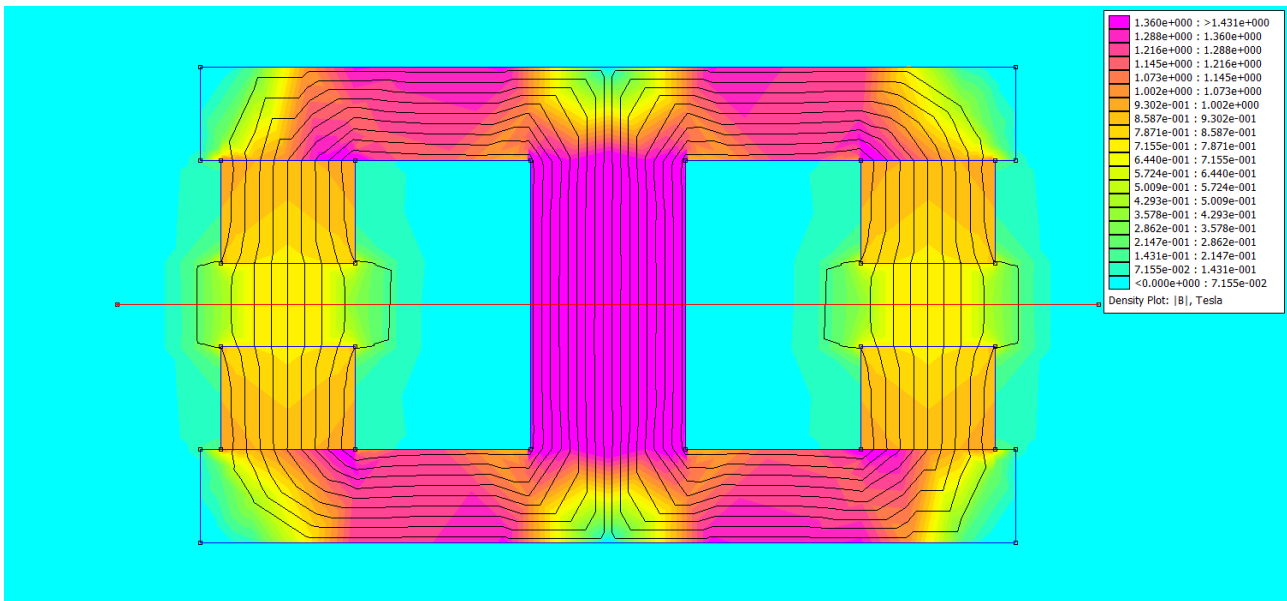
Curierová teplota 310°C

Přidrzná síla - 0,65 kg. (údaj dodavatele). Pro konkrétní aplikaci doporučujeme vyzkoušet.

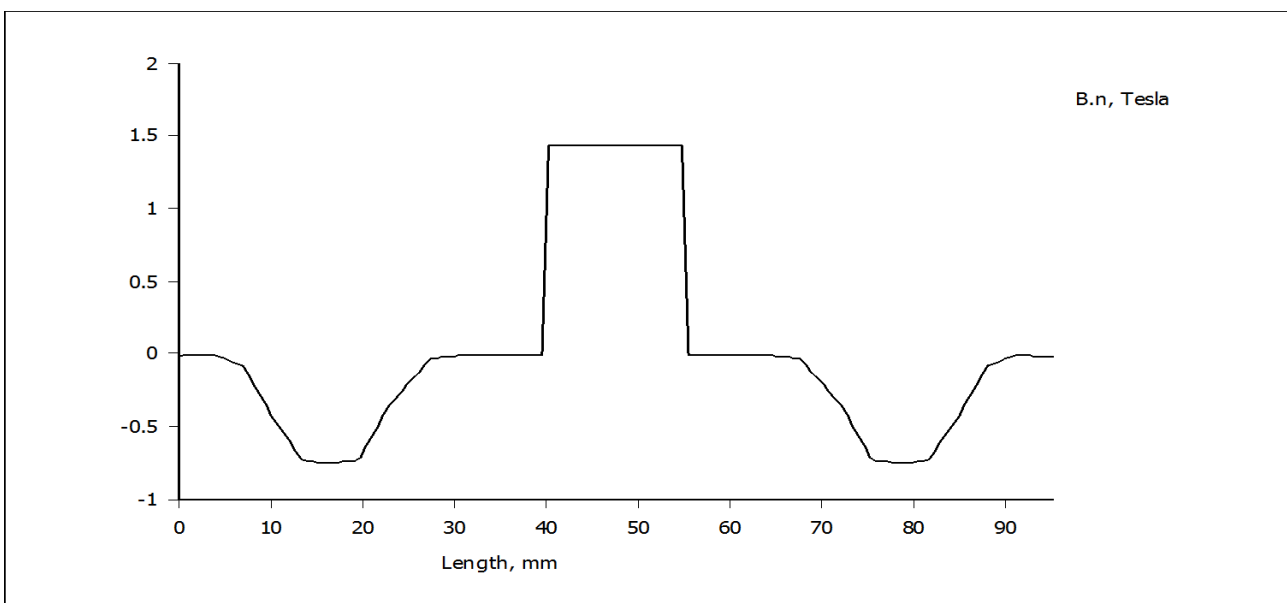
Váha magnetu - 0,20 g.

[http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/magnet\\_neodymovy\\_hranol\\_NH003/?from\\_katalog=1,razeni](http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/hranoly/magnet_neodymovy_hranol_NH003/?from_katalog=1,razeni),

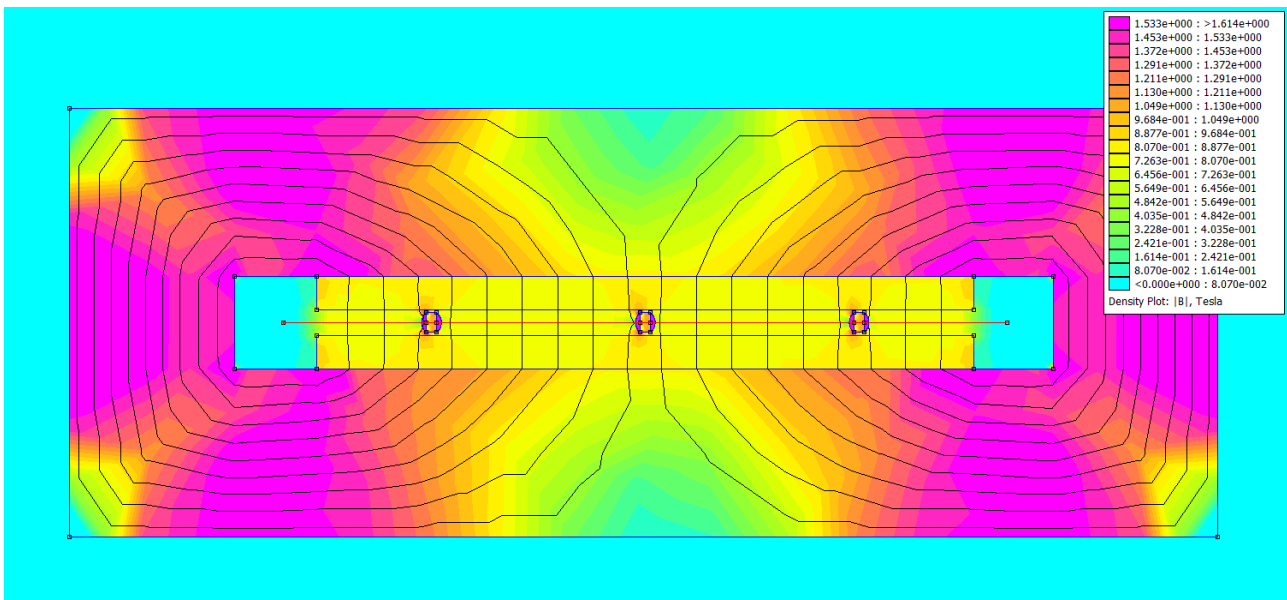
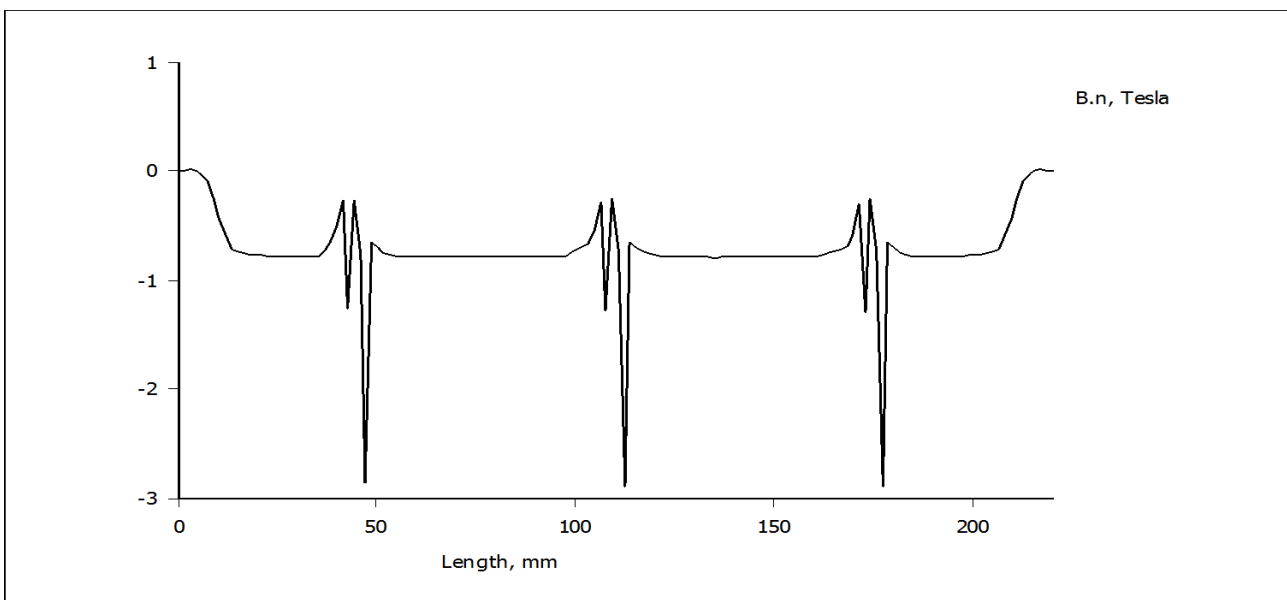
V tomto případě bude mezera mezi magnety  $d = 8\text{mm}$ . Nejdříve opět budeme testovat nehomogenitu magnetického pole a pak sílu  $F_x$ .



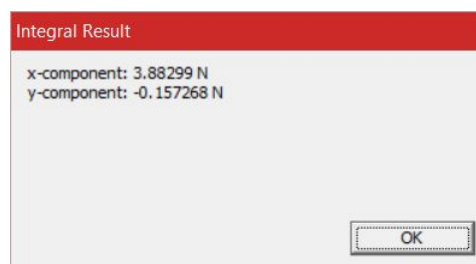
Obr. 9: Řez magnetickým motorem –  $d = 8\text{mm}$



Graf 5: Průběh magnetické indukce B

Obr. 10: Simulace toroidního magnetického motoru –  $d = 8\text{mm}$ 

Graf 6: Průběh B v mezeře



Obr. 11: Síla působící na 3 magnetická tělesa

Obr. 11 ukazuje sílu působící na 3 tělesa při hloubce 10mm. My však můžeme použít 4 nebo 5 magnetů za sebou, takže délka magnetického tělesa bude 12 nebo 15mm. V tom případě výsledná síla bude vyšší než vypočítal simulační program, protože nehomogenita magnetického pole je již v přijatelných mezích.

Simulace ukázaly, že relativně levně a jednoduše lze postavit magnetický motor poháněný pouze magnety. Jedná se ale spíše o hračku. Pokud bychom chtěli postavit opravdu výkonný magnetický motor, potřebovali bychom opravdu velké toroidní magnety. Ty ale nejsou běžně dostupné. Jediná schůdná možnost je složit vnější magnetické pole z magnetů ve tvaru kvádry. Na tuto variantu se podíváme příště.