

# Magnētisko lauku skaitliskās modelēšanas un optimizācijas iespējas, izmantojot Infolytica programmatūru

Dr.sc.ing. Edmunds Kamoliņš

02/11/2017



**Projekta numurs:** 1.1.1.1/16/A/144

**Projekta nosaukums:** Magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas ietekme uz biotehnoloģiskajiem procesiem



# Saturs

## Ievads

1. Bioreaktora magnētiskā sajūga magnētisko parametru skaitliskā modelēšana, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru
2. Bioreaktora magnētiskā sajūga parametru optimizācija, izmantojot Infolytica OptiNet programmatūru

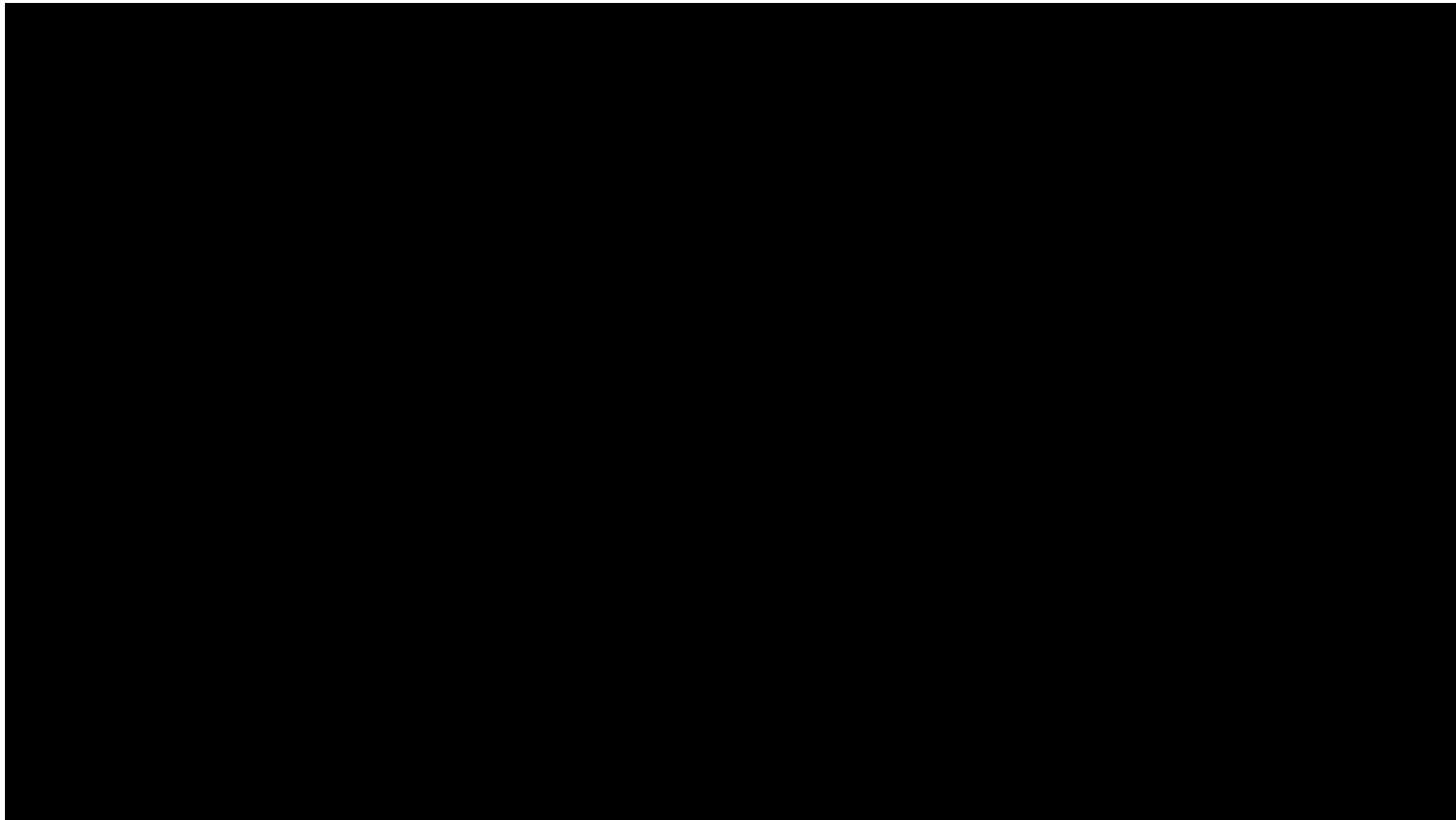
Rezultātu apkopojums (Tabula)

Secinājumi



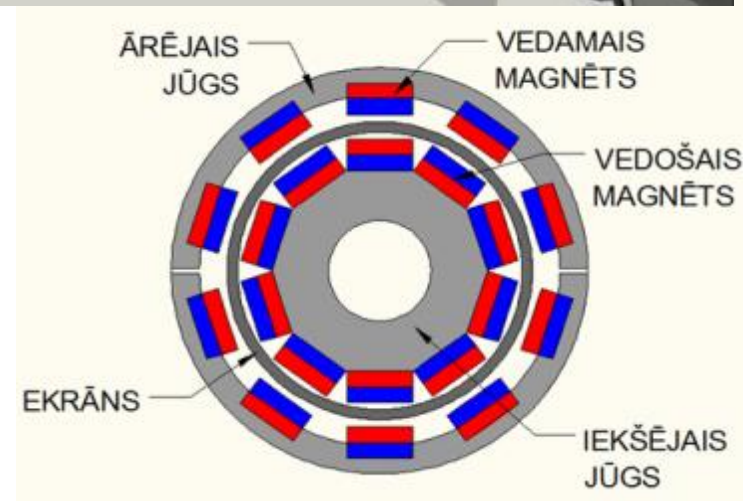
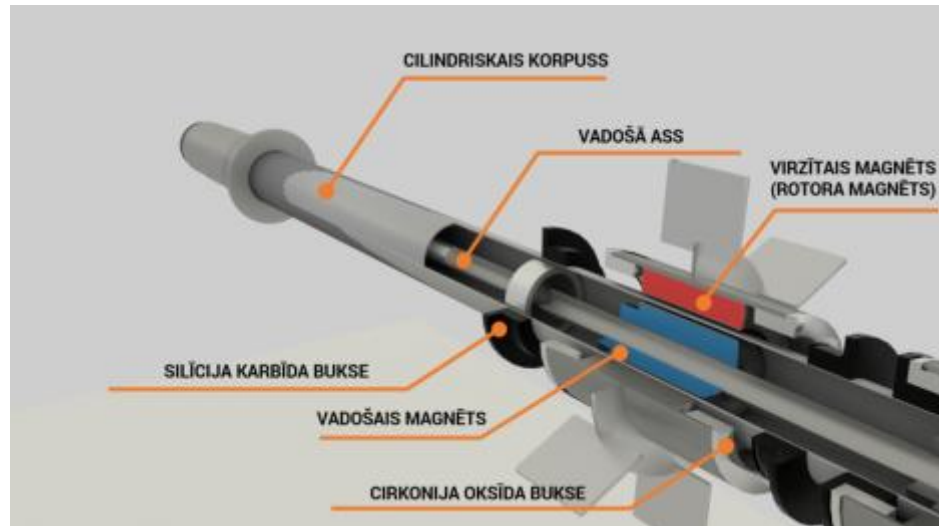
# Ievads

Bioreaktoros, kurus pielieto kultūras barotnes samaisīšanai mikrobioloģiskās sintēzes procesā, tiek izmantoti magnētiskie sajūgi, kuros griezes moments no rotējošās vārpstas tiek nodots uz maisītāja lāpstiņām bez mehāniskas saiknes.



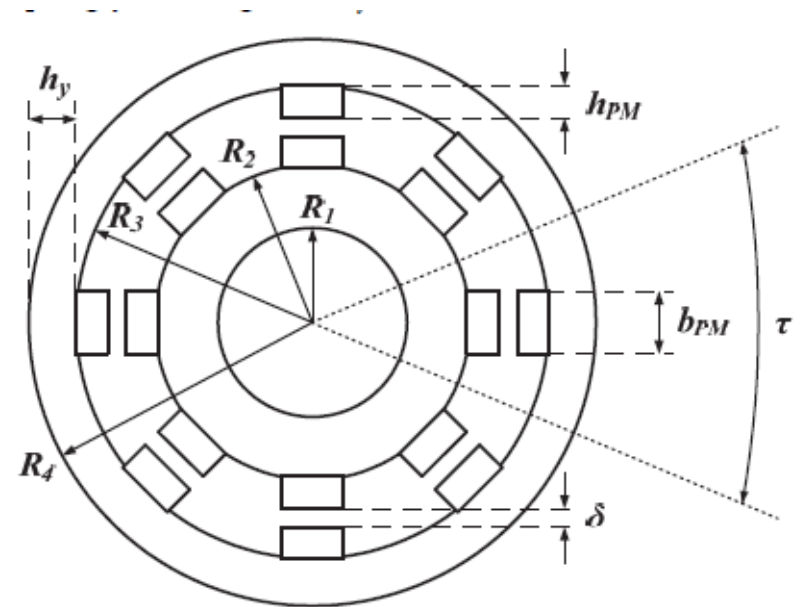
## 1. Bioreaktora magnētiskā sajūga magnētisko parametru skaitliskā modelēšana, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru (1)

Bioreaktora magnētiskajam sajūgam ir iespēja nodot momentu no iekšējā jūga uz ārējo jūgu. Visbiežāk magnētiskais sajūgs darbojas šādi: dzinējs caur vārpstu griež iekšējo jūgu un, pateicoties pastāvīgo magnētu (PM) pievilkšanās un atgrūšanās spēkiem starp abiem magnētiem, arī ārējais jūgs sāk griezties. Šie mijiedarbības spēki darbojas vienādi abos virzienos: kad iekšējais jūgs tiek vadīts, ārējais jūgs seko un, kad ārējais jūgs tiek griezts, seko iekšējais jūgs.



## 1. Bioreaktora magnētiskā sajūga magnētisko parametru skaitliskā modelēšana, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru (2)

Magnētiskā sajūga ar taisnstūrveida PM galvenie konstrukcijas parametri ir: sajūga aksiālais garums  $l$  (mm), iekšējais rādiuss  $R_1$  (mm), iekšējā rotora PM novietošanas rādiuss  $R_2$  (mm), ārējā rotora PM novietošanas rādiuss  $R_3$  (mm), ārējais rādiuss  $R_4$  (mm), spraugā starp iekšējo un ārējo magnētu  $\delta$  (mm), PM augstums  $h_{PM}$  (mm), PM platums  $b_{PM}$  (mm), ārējā rotora jūga augstums  $h_y$  (mm), polu iedaļa  $\tau$ .



## **1. Bioreaktora magnētiskā sajūga magnētisko parametru skaitliskā modelēšana, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru (3)**

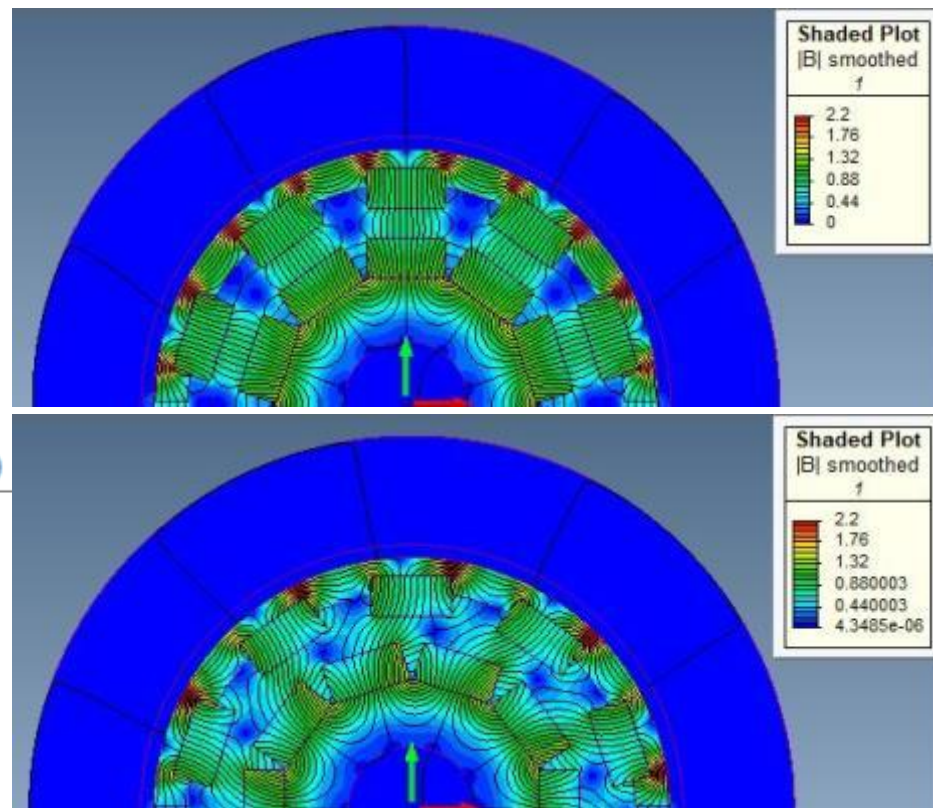
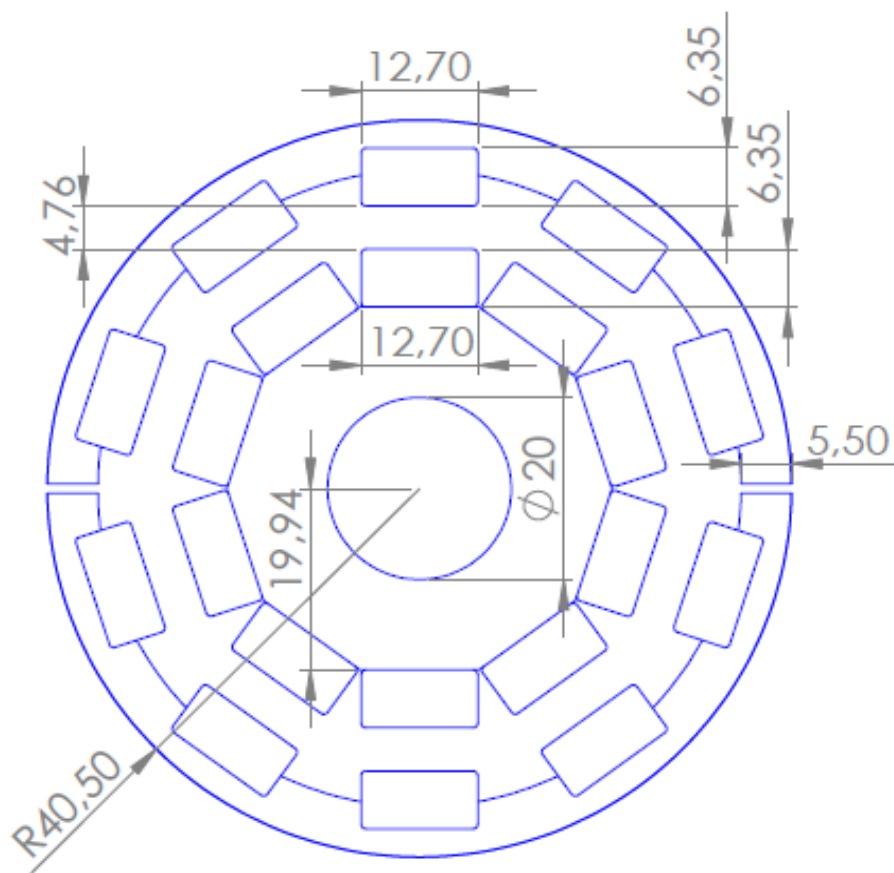
Viens no darba uzdevumiem ir noteikt magnētisko sajūgu veiktspējas parametrus: kritisko momentu ( $M_{critical}$ ), magnētisko indukciju spraugā starp iekšējo un ārējo magnētu ( $B_{\delta}$ ), magnētiskā lauka intensitāti spraugā starp iekšējo un ārējo magnētu ( $H_{\delta}$ ). Mehāniskā griezes momenta vērtības ir atkarīgas no jūgu nobīdes leņķa vienam pret otru. Pagrieziena leņķis, pie kura mehāniskajam griezes momentam ir kritiskā vērtība ( $\theta_{critical}$ ), ir atkarīgs no polu pāra skaita ( $p$ ) un to var aprēķināt pēc vienādojuma

$$\theta_{critical} = \frac{90}{p}, [\text{deg}]. \quad (1)$$

Lai uzlabotu pētāmo bioreaktoru magnētisko sajūgu konstrukciju un noteiktu kritisko griezes momentu, tika veikta virkne magnētisko lauku skaitliskās modelēšanas eksperimentu, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru. Magnētiskā sajūga konstrukcija tika aprēķināta, pamatojoties uz magnētiskā lauka aprēķinu tā šķērsgrīzumā. Magnētiskā lauka aprēķins magnētiskajam sajūgam ar skaitliskām aprēķinu metodēm ļauj detalizēti analizēt lauka sadalījumu atsevišķos elementos.

# 1. Bioreaktora magnētiskā sajūga magnētisko parametru skaitliskā modelēšana, izmantojot Infolytica MagNet programmatūru (4)

Pētāmais objekts: 1 m<sup>3</sup> Bioreaktora magnētiskais sajūgs šķērsgrīzumā (esošā konstrukcija)



Kritiskais moments  $M_{\text{critical}} = 50,2 \text{ Nm}$

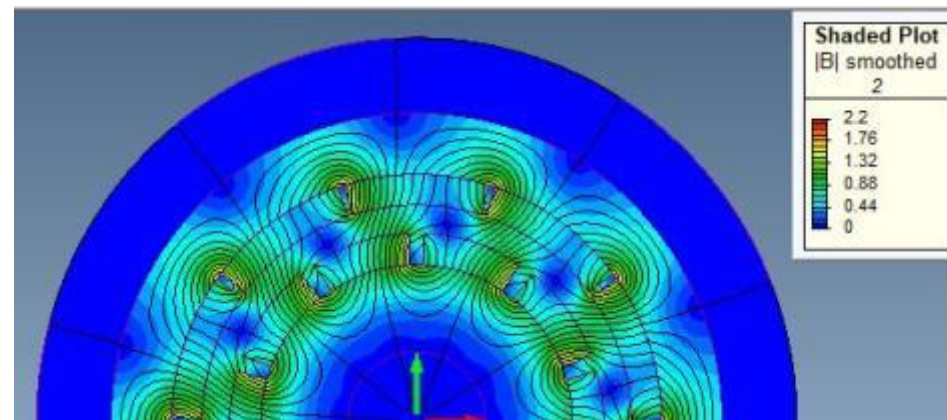
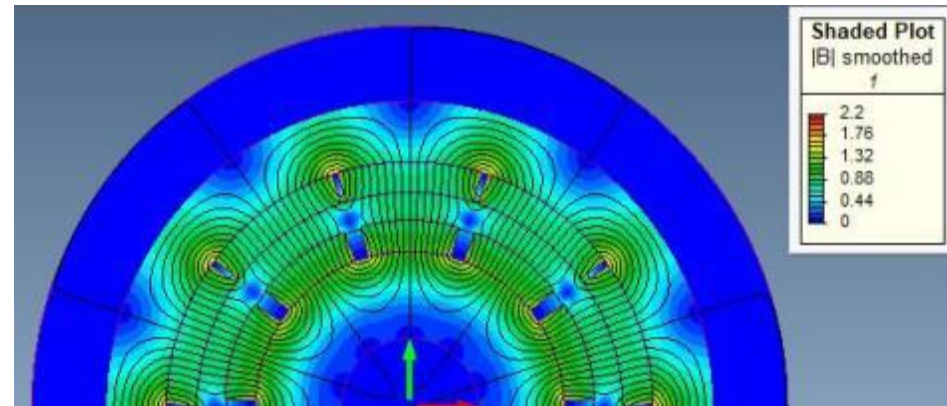
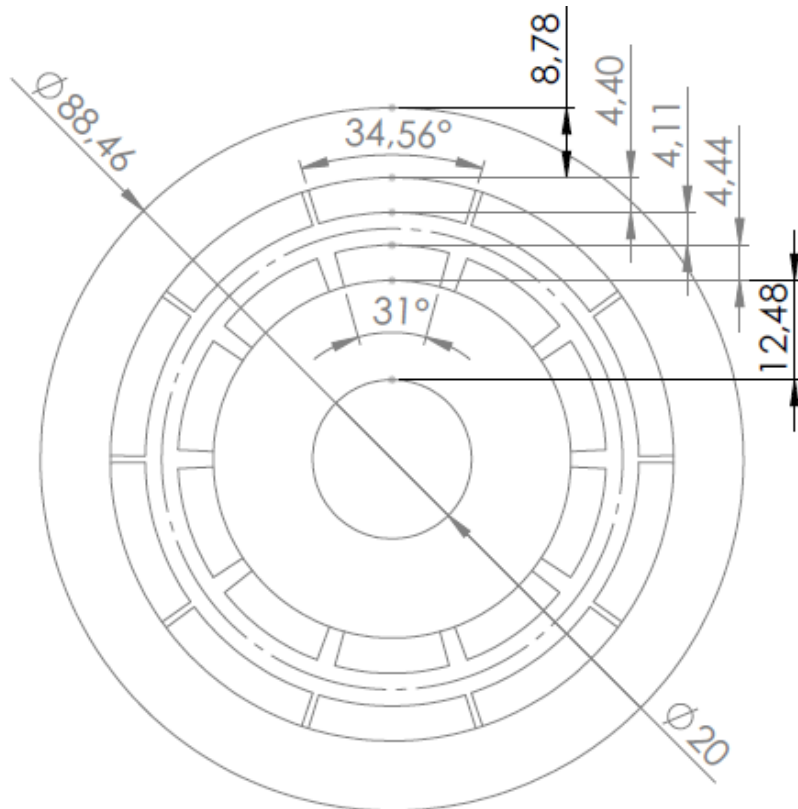
## **2. Bioreaktora magnētiskā sajūga parametru optimizācija, izmantojot Infolytica OptiNet programmatūru (1)**

- Lai atrastu magnētiskā sajūga labāko konstrukciju, jāveic tā optimizācija, kuras gaitā no dažādiem alternatīvajiem risinājumiem tiek izvēlēts labākais variants attiecībā pret kādu noteiktu kritēriju. Magnētisko sajūgu optimizācija ir komplicēts uzdevums, kas saistīts ar dažādu kritēriju izpildīšanu, ievērojot virkni ierobežojumu. Šādu optimizācijas uzdevumu atrisināšanai nepieciešams aprēķināt daudz variantu, mainot kritēriju un ierobežojumu ietekmējošo faktoru kombinācijas, kas skaitļošanas ziņā ir darbietilpīgs process.
- Tādēļ optimizācija ir dažādu tehnisku un matemātisku problēmu labākā atrisinājuma meklēšanas metodes un procedūras. Tā ietver matemātiskos rezultātus un skaitliskās metodes, kas orientētas uz vislabākā varianta atrašanu un identifikāciju alternatīvu daudzveidībā.
- Optimizācijas metodes ļauj izvēlēties vislabāko variantu bez tiešas liela skaita visu iespējamo variantu pārbaudes un novērtēšanas. Tās ir cieši saistītas ar matemātisku metožu, loģisku procedūru un algoritmu izmantošanu, realizējot tos ar datortehnikas līdzekļiem, piemēram, pielietojot programmu Infolytica OptiNet, kura balstās uz evolūcijas stratēģijas algoritmu.
- Evolūcijas stratēģijas algoritms tika izvēlēts, jo tas ļauj atrast globāli optimālus risinājumus ar mazāku risinājumu novērtējumu skaitu.



## 2. Bioreaktora magnētiskā sajūga parametru optimizācija, izmantojot Infolytica OptiNet programmatūru (2)

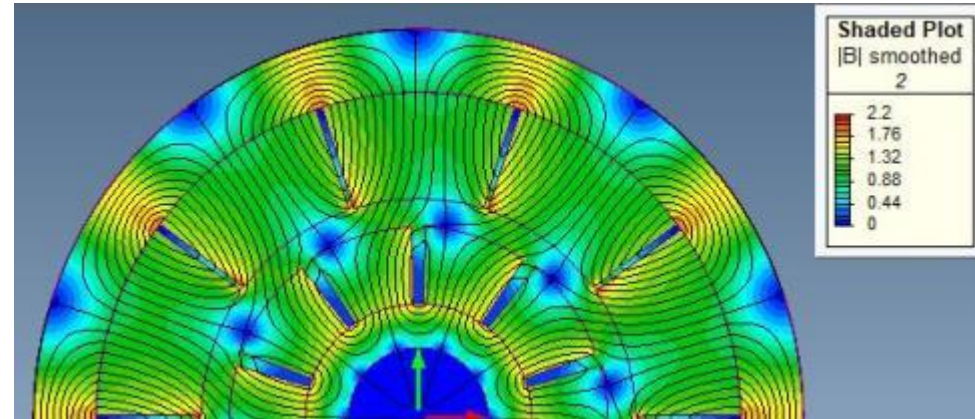
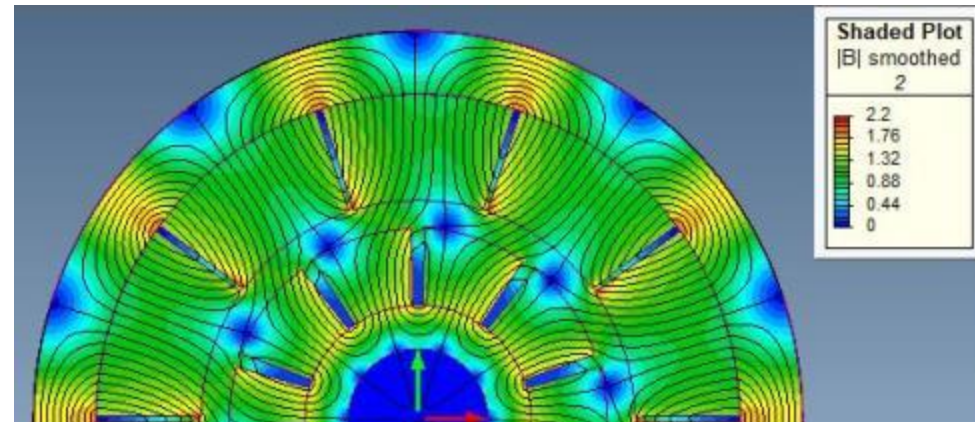
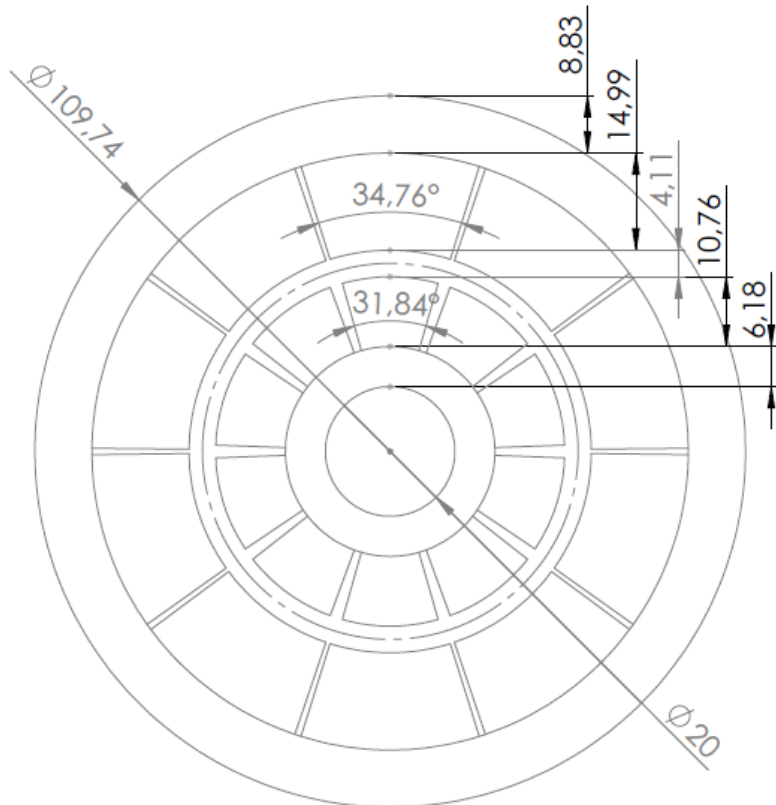
Pētāmais objekts: 1 m<sup>3</sup> Bioreaktora magnētiskais sajūgs šķērsgrīzumā (pēc pirmās optimizācijas, kritērijs momenta maksimizācija, ierobežojums – magnētu masa)



Kritiskais moments  $M_{\text{critical}} = 56,07 \text{ Nm (+11,7\%)}$   
PM masa no 0,919 kg uz 0,844 kg (-8,9%)

## 2. Bioreaktora magnētiskā sajūga parametru optimizācija, izmantojot Infolytica OptiNet programmatūru (3)

Pētāmais objekts: 1 m<sup>3</sup> Bioreaktora magnētiskais sajūgs šķērsgrīzumā (pēc otrās optimizācijas, kritērijs - momenta maksimizācija pēc ekrāna diametra)



Kritiskais moments  $M_{\text{critical}} = 93,61 \text{ Nm}$  (+86,4%)  
PM masa no 0,919 kg uz 2,74 kg (+198%)



# Rezultātu apkopojums

## 1 m<sup>3</sup> Biorektora magnētiskā sajūga optimizācijas rezultātu apkopojums

Parametri	sākotnējie	optimizētie, nepārsniedzot sākuma masu	salīdzinājums ar sākotnējiem	optimizētie uz max momentu	salīdzinājums ar sākotnējiem
Ārējais rādiuss, mm	40.5	44.23	+9.2%	54.87	+35.48%
Sajūga aksiālais garums, mm	76.2	76.2		76.2	-
Gaisa sprauga, mm	4.11 - 4.76	4.11		4.11	-
PM marka	N48H (t <sub>max</sub> = 120°C)	N48H		N48H	-
PM aksiālais garums, mm	3x25.4 = 76.2	3x25.4 = 76.2		3x25.4 = 76.2	-
Iekšējā PM augstums, mm	6.35	4.44	-43%	10.76	+69.44%
Ārējā PM augstums, mm	6.35	4.4	-44%	14.99	+136%
Iekšējā PM platums, mm	12.7			-	-
Ārējā PM platums, mm	12.7			-	-
Iekšējā PM izmērs /leņķis, grādi	-	31		31.84	-
Ārējā PM izmērs /leņķis, grādi	-	34.56		34.76	-
Polu pāru skaits	5	5		5	-
PM ražotājs	K&J magnetics	K&J magnetics		K&J magnetics	-
PM paliekošā indukcija, T	1.36	1.36		1.36	-
PM koercitīvais spēks, kA/m	907 183	907 183		907 183	-
PM blīvums, kg/m <sup>3</sup>	7500	7500		7500	-
PM kopējā masa, kg	0.919	0.844	-8.88%	2.74	+198%
Kritiskais moments M <sub>critical</sub> , Nm	50.2	56.07	+11.69%	93.61	+86.4%
Īpatnējais PM moments, Nm/kg	54.6	66.43	+21.66%	34.16	-59.8%



# Secinājumi

No tabulā apkopotajiem rezultātiem var secināt, ka optimizācijas rezultātā 1 m<sup>3</sup> bioreaktora magnētiskā sajūga kritisko momentu, nemainot gaisa spraugas izmērus un diametrus (iekšējais magnēts – gaiss, gaiss – ārējais magnēts), izdevās palielināt no 50,2 Nm uz 93,6 Nm, kas ir par 86,4,% vairāk nekā sākotnējā modelī. Kā trūkumu var minēt to, ka magnētu kopējā masa pieauga no 0,919 kg līdz 2,74 kg, kas ir par 198% vairāk un magnētiskā sajūga ārējais jūga diametrs palielinājās par 35.48%, kas kopumā palielinās sajūga kopējo masu.

Optimizācija tika veikta, izmantojot Infolytica MagNet un OptiNet programmu kompleksu. Apakšprogrammas OptiNet mērķis ir sadarbībā ar MagNet programmu aprēķināt magnētiskā sajūga modeļa dažādu ģeometrisko izmaiņu variantus, atbilstoši uzdotajai mērķa funkcijai un robežnosacījumiem.



# Paldies par uzmanību!

Dr.sc.ing. Edmunds Kamoliņš  
E-pasts: [edmunds.kamolins@gmail.com](mailto:edmunds.kamolins@gmail.com)



**Projekta numurs:** 1.1.1.1/16/A/144

**Projekta nosaukums:** Magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas ietekme uz biotehnoloģiskajiem procesiem