

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**ZAGON DVOJNE CEVNE MEMBRANSKE
ČRPALKE FELUWA**

Kandidat: Matjaž Preložnik

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščić, univ. dipl. gosp. inž.

Mentor v podjetju: Mirko Kozoderc, univ. dipl. inž.

Lektorica: Milena Furek, prof. slov. in dipl. etn.

Maribor, julij 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani, Matjaž Preložnik, sem avtor diplomskega dela z naslovom Zagon dvojne cevne membranske črpalke FELUWA, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića, univ. dipl. gosp. inž.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, julij 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem predavatelju dr. Darku Friščiću, univ. dipl. gosp. inž., za mentorstvo na VSS ACADEMIA, zahvaljujem se tudi za pomoč in usmerjanje pri pisanju dispozicije in diplomskega dela. Hvala predavatelju Darku Dajčmanu, inž. str., ki mi je bil vedno pripravljen pomagati in mi dati uporaben nasvet iz prakse. Hvala mojemu mentorju Mirku Kozodercu, univ. dipl. inž., iz podjetja Silkem, d. o. o, za usmerjanje in predloge pri pisanju diplomskega dela, hvala tudi za literaturo membranske črpalke, ki mi jo je priskrbel in ki sem jo uporabil pri pisanju diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi Antonu Drevenšku, inž. str., za pridobitev podatkov na področju vzdrževanja.

POVZETEK

V podjetju Silkem so zeolit na stolpni sušilnik prečrpavali z vijačno črpalko. Ker črpalka obratuje skoraj vse dni v letu in zaradi materiala, ki ga prečrpava, se posledično hitro obrabljata stator in rotor, kar na letni ravni povzroči velike stroške vzdrževanja. Zato so v podjetju Silkem iskali boljšo alternativo, s katero bi stroške vzdrževanja na letni ravni zmanjšali. Ko so iskali boljšo alternativo, so naleteli na membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 ter se na podlagi predstavitve te črpalke skozi videoposnetke in specifikacije odločili za nakup. Ko so do tedaj aktualno vijačno črpalko zamenjali z membransko črpalko SG 130 – 2 DS17, so se pojavili številni problemi. Prvi največji problem je bil, da membranska črpalka ni hotela prečrpavati materiala na stolpni sušilnik. Po raznih poizkusih so ugotovili, da je vstopni tlak v membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 premajhen, zato so pred njo namestili centrifugalno črpalko. Centrifugalna črpalka pri prečrpanem materialu v podjetju Silkem, d. o. o., doseže največji tlak 1 bar, kar je premalo za obratovanje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Da bi membranska črpalka delovala, smo ugotovili, da potrebujemo vstopni tlak tekočine (zeolit ZP-4A) od 2 do 2,5 bara. Nato so centrifugalno črpalko zamenjali s prej uporabljeno vijačno črpalko, ki zlahka doseže želeni tlak 2,5 bara. Ker membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni črpala željene tekočine zeolit ZP-4A niti pri vstopnem tlaku od 2 do 2,5 bara. So opustili zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 . Zato sem se osredotočil na problem, zakaj membranska črpalka ne prečrpava tekočine. Po brskanju razne literature sem ugotovil, da ima zeolit lastnosti tiksotropije, kar pomeni, da ima v mirovanju zelo visoko viskoznost, če pa zmes mešamo, preide v zmes manjše viskoznosti. Zaradi visoke viskoznosti, ki jo ima zeolit, sem ugotovil, da membranska črpalka ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A, saj tekočina teče počasneje in je lepljiva. Ugotovil sem tudi, da se tekočina zeolit ZP-4A hitro poseda in posledično v kratkem času nastane usedlina, kar pa je zelo slabo, glede nato, na kakšen princip deluje membranska črpalka SG 130 – 2 DS17. Ugotovil sem tudi, da ima membranska črpalka nameščen blažilnik pulziranja, ki bi ublažil nihanje pretoka, kar ni dobro, saj bi imeli na stolpnem sušilniku skozi šobe različen vbrizg (enkrat več drugič manj), kar pa ne bi bilo sprejemljivo, saj mora biti vbrizg na šobah v stolpnem sušilniku vedno enak.

Ključne besede: stroški vzdrževanja, vstopni tlak, viskoznost, blažilnik pulziranja, usedlina.

ABSTRACT

The Launch of the FELUWA Double Hose Diaphragm Pump

At Silkem, the zeolite was pumped to the tower dryer with a screw pump. Because the pump operates almost every day of the year and due to the material that the screw pump pumps, the stator and rotor of the screw pump wear out quickly, which causes high maintenance costs on an annual basis. So they are in the company Silkem was looking for a better alternative to reduce maintenance costs on an annual basis. When looking for a better alternative, they came across a diaphragm pump SG 130 - 2 DS17, and based on the presentation of this diaphragm pump through videos and specifications, they decided to buy this diaphragm pump. When the current screw pump was replaced with the SG 130 - 2 DS17 diaphragm pump, a number of problems arose. The first biggest problem was that the diaphragm pump did not want to pump the material to the tower dryer. After various experiments, it was found that the inlet pressure in the diaphragm pump SG 130 - 2 DS17 is too low, so a centrifugal pump was installed in front of the diaphragm pump. The centrifugal pump with the pumped material in the company Silkem d.o.o. reaches a maximum pressure of 1 bar, which is not enough for the operation of the diaphragm pump SG 130 - 2 DS17. In order for the SG 130 - 2 DS17 diaphragm pump to work, we found that a liquid inlet pressure (Zeolite ZP-4A) of 2 to 2.5 bar was required. The centrifugal pump was then replaced with a previously used screw pump that easily achieves the desired pressure of 2.5 bar. Because the diaphragm pump did not pump the desired zeolite ZP-4A liquid even at an inlet pressure of 2 to 2.5 bar. They stopped starting the SG 130 - 2 DS17 diaphragm pump. After browsing various literature, I found that zeolite has the properties of thixotropy, which means that it has a very high viscosity at rest, but if the mixture is mixed, it turns into a mixture of lower viscosity. Due to the high viscosity of zeolite, I found that the diaphragm pump is not suitable for pumping ZP-4A zeolite as the liquid flows more slowly and is sticky. I also found that the liquid zeolite ZP-4A settles quickly and consequently sediment is formed in a short time, which is very bad, considering the principle on which the diaphragm pump SG 130-2 DS17 works. I also found that the diaphragm pump has a pulsation damper installed that would mitigate flow fluctuations, which is not good as we would have a different injection through the nozzle dryer through the nozzles (once more more times less), which would not be acceptable in a tower dryer always the same.

Key words: maintenance costs, inlet pressure, viscosity, pulsation damper, sediment.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	11
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	11
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	15
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	16
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	16
2	OPIS PROBLEMA.....	17
2.1	OPIS PODJETJA SILKEM, D. O. O.....	17
2.2	ZEOLIT ZP-4A	17
2.3	MEMBRANSKA BATNA ČRPALKA	18
2.3.1	<i>Opis membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.....</i>	<i>18</i>
2.3.2	<i>Delovanje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.....</i>	<i>19</i>
2.3.3	<i>Deli membranske črpalke SG 130 – 2 DS17</i>	<i>20</i>
2.4	VIIJAČNE ČRPALKE	24
2.4.1	<i>Delovanje vijačne črpalke</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Sestavni deli vijačne črpalke</i>	<i>25</i>
2.5	CENTRIFUGALNA ČRPALKA	26
2.5.1	<i>Vrste centrifugalnih črpalk.....</i>	<i>26</i>
2.5.2	<i>Delovanje centrifugalne črpalke</i>	<i>26</i>
2.5.3	<i>Prednosti in slabosti centrifugalnih črpalk</i>	<i>26</i>
2.5.4	<i>Kavitacija</i>	<i>27</i>
2.6	PROBLEMI PRI ZAGONU MEMBRANSKE ČRPALKE	27
2.7	REŠEVANJE PROBLEMA.....	28
2.8	DISPERZNI SISTEMI ALI TIKSOTROPIJA	30
2.8.1	<i>Molekularno disperzni sistem.....</i>	<i>30</i>
2.8.2	<i>Koloidno disperzni sistemi</i>	<i>31</i>
2.8.3	<i>Grobi disperzni sistemi.....</i>	<i>32</i>
2.9	UGOTOVITVE O MEDIJU ZP-4A.....	32
2.10	PREDNOSTI IN SLABOSTI VIIJAČNE IN MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	33
2.11	PRAKTIČNI PREIZKUS IN UGOTOVITEV GLAVNEGA VZROKA, ZAKAJ MEMBRANSKA ČRPALKA NE PREČRPAVA MEDIJA ZP-4A V PODJETJU SILKEM, D. O. O.....	34
3	POSTROJENJE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	36
3.1	IZKLOP MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	38
4	NAPAKE, KI SE LAHKO POJAVIJO NA MEMBRANSKI ČRPALKI SG 130 – 2 DS17.....	39
4.1	NADZOR MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	41
5	VZDRŽEVANJE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	42

5.1	MENJAVA OLJA V MENJALNIKU	42
5.2	KAKO PREVERITI IZPRAVNOST POGONSKIH JERMENOV	43
5.3	KAKO NAPNEMO POGONSKE JERMENE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	43
5.4	MENJAVA HIDRAVLICNEGA OLJA MEMBRANSKE ČRPALKE 130 – 2 DS17	44
5.5	ZAMENJAVA DVOJNE CEVNE MEMBRANE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	44
5.6	MENJAVA SESALNEGA IN IZSTOPNEGA POVRATNEGA VENTILA MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	45
6	RAČUNSKI PRIKAZ STROŠKOV ZA VIJAČNO ČRPALKO IN MEMBRANSKO ČRPALKO SG 130 – 2 DS17.....	47
6.1	IZDELAVA TABELE STROŠKOV ZA VISOKOTLAČNO VIJAČNO ČRPALKO NM045-06S IN MEMBRANSKO ČRPALKO SG 130 – 2 DS17.....	48
6.2	TORTNI PRIKAZ STROŠKOV VZDRŽEVANJA ZA VISOKOTLAČNO VIJAČNO ČRPALKO IN MEMBRANSKO ČRPALKO SG 130 – 2 DS17.....	49
7	SKLEP	50
8	VIRI, LITERATURA.....	52

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	MEMBRANSKA ČRPALKA SG 130 – 2 DS17 V PROIZVODNJI	12
SLIKA 2:	REZERVOARJA HIDRAVLICNE TEKOČINE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17 ...	13
SLIKA 3:	DELOVNA PROSTORA DVOJNE CEVNE MEMBRANE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	14
SLIKA 4:	BLAŽILNIK NIHANJA PRETOKA NA MEMBRANSKI ČRPALKI SG 130 – 2 DS17	15
SLIKA 5:	DELOVNI PROSTOR DVOJNE CEVNE MEMBRANE SG 130 – 2 DS17	20
SLIKA 6:	DVOJNA CEVNA MEMBRANA MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	20
SLIKA 7:	KRMILNI DISK ZA DOVOD DODATNEGA OLJA MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	21
SLIKA 8:	VARNOSTNI VENTIL ZA NADTLAK MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	21
SLIKA 9:	VENTIL ZA SAMODEJNO VRAČANJE HIDRAVLICNE TEKOČINE V KOMORO HIDRAVLICNE TEKOČINE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	22
SLIKA 10:	BLAŽILNIK PULZIRANJA MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	22
SLIKA 11:	ZVOČNI SENZOR KROGLIČNEGA VENTILA MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17	23
SLIKA 12:	TLAČNI SENZOR MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	24
SLIKA 13:	ROTOR IN STATOR VIJAČNE ČRPALKE	25
SLIKA 14:	SESTAVNI DELI VIJAČNE ČRPALKE.....	25

SLIKA 15: UGOTOVITEV GLAVNEGA PROBLEMA, ZAKAJ MEMBRANSKA ČRPALKA SG 130 – 2 DS17 NE PREČRPAVA MEDIJA ZP-4A NA ENOSTAVNEM PRIMERU, KI PONAŽARJA DELOVNI PROSTOR MEMBRANSKE ČRPALKE.....	35
SLIKA 16: POSTROJENJE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17.....	36
SLIKA 17: CENE REZERVNIH DELOV ZA VISOKOTLAČNO VIJAČNO ČRPALKO NM045-06S	47
SLIKA 18: GRAFIČNI PRIKAZ STROŠKOV VZDRŽEVANJA V ENEM LETU OBRATOVANJA ČRPALKE.....	49

KAZALO TABEL

TABELA 1: MENJAVA STATORJEV NA LETNI RAVNI ZA VISOKOTLAČNO VIJAČNO ČRPALKO NM045-06S	48
TABELA 2: PRIMERJAVA STROŠKOV VIJAČNE IN MEMBRANSKE ČRPALKE NA LETNI RAVNI	48

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V podjetju Silkem, d. o. o. (v nadaljevanju Silkem) se zeolit na stolpni sušilnik prečrpava z vijačno črpalko. Zaradi velike obremenitve se posledično hitro obrabljata rotor in stator te črpalke, kar na letni ravni nanese kar precej stroškov, ki gredo za vzdrževanje vijačne črpalke. Zato so se v podjetju Silkem odločili za nakup membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 zaradi doseganja velikih tlakov, daljše življenjske dobe črpalke in predvsem zaradi zmanjšanja vzdrževalnih stroškov črpalke. Po zagonu membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 so se pojavili različni problemi. Glavni problem je bil ta, da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni prečrpavala želene tekočine (zeolita ZP-4A) na stolpni sušilnik. To jih je zelo presenetilo, saj bi po teoriji morala, a so ugotovili, da je vstopni tlak premajhen, saj zelena tekočina (zeolit ZP-4A) ni prišla v samo membransko črpalko. Zato so problem poskušali rešiti tako, da so pred njo namestili dodatno centrifugalno črpalko, ki se ni obnesla zaradi prenizkega izhodnega tlaka tekočine (1 bar) in premajhnega pretoka. Slabost je bila tudi penjenje materiala. Nato so centrifugalno črpalko zamenjali s prej že uporabljeno vijačno črpalko, s katero so lahko dosegali višji izhodni tlak in večji pretok. Po raznih poskusih so ugotovili, da se mora tlak vijačne črpalke nastaviti nekje med 2–2,5 bara, da lahko prečrpava zelena tekočina (zeolit ZP-4A) premaga obremenitev sesalnega ventila membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Ker črpalka po raznih poskusih še vedno ni prečrpavala želene tekočine zeolit ZP-4A, so opustili zagon membranske črpalke in nazaj namestili prej uporabljeno visokotlačno vijačno črpalko. Zato sem se odločil ugotoviti vzrok, zakaj membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni primerna za prečrpavanje zeolita v podjetju Silkem ter to dokazal tudi s primerom (Silkem d. o. o., 2021a).



Slika 1: Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 v proizvodnji

Vir: (Lasten vir)



Slika 2: Rezervoarja hidravlične tekočine membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (Lasten vir)



Slika 3: Delovna prostora dvojne cevne membrane membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (Lasten vir)



Slika 4: Blažilnik nihanja pretoka na membranski črpalki SG 130 – 2 DS17

Vir: (Lasten vir)

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je bil, da ugotovim, zakaj membranska črpalka ne prečrpava medija ZP-4A, ki ga proizvajajo v podjetju Silkem, d. o. o. S svojim diplomskim delom želim dokazati in odgovoriti na naslednja vprašanja, ki so se pojavila pri zagonu membranske črpalke:

- Kakšni problemi se pojavijo pri zagonu membranske črpalke SG 130 – 2 DS17?
- Zakaj so se v podjetju Silkem odločili za nakup membranske črpalke SG 130 – 2 DS17?
- Kakšne so prednosti in slabosti vijačne in membranske črpalke?
- Kakšna so navodila za ravnanje z membransko črpalko SG 130 – 2 DS17?
- Zakaj je bil nakup membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 za črpanje zeolita v podjetju Silkem napaka?

TRDITVE/HIPOTEZE

Hipoteza 1

Računsko bom dokazal, da je vzdrževanje vijačne črpalke na letni ravni dosti dražje od membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.

Hipoteza 2

Zaradi doseganja idealnega tlaka moramo pred membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 namestiti dodatno vijačno črpalko.

Hipoteza 3

Vijačna črpalka je primernejša za prečrpavanje zeolita kot membranska črpalka SG 130 – 2 DS17.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri nas je o membranskih črpalkah napisane zelo malo literature. Večina podatkov o membranskih črpalkah sem črpal iz tujih zapisov in pogovorov. Dvojno cevno membransko črpalko je podjetje razvilo leta 2002, zato sem literaturo o membranski črpalki črpal le iz njihovih virov.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V nalogi predstavljam probleme, ki so nastopili pri samem zagonu membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Ugotovil in dokazal sem, zakaj je bil nakup membranske črpalke napaka in zakaj membranska črpalka ni primerna za prečrpavanje zeolita v podjetju Silkem, to bom dokazal tudi s primerom.

2 OPIS PROBLEMA

2.1 Opis podjetja Silkem, d. o. o.

Podjetje Silkem, d. o. o., je bilo ustanovljeno leta 1992 v Kidričevem na podlagi izkušenj s proizvodnjo metalurške glinice. Istega leta so ukinili proizvodnjo metalurške glinice oziroma aluminijevega hidrata ter se osredotočili na razvoj in proizvodnjo sintetičnih zeolitov s silikati in specialne glinice. Družba Silkem se je odlično prilagodila njihovim novim postopkom proizvodnje suhega mešanja ter leta 1995 začela proizvodnjo silikatov in sintetičnih zeolitov tudi v granulirani obliki in z dodatki različnih sestavin pralnih sredstev. Nato je v naslednjih letih razvila proizvodnjo super čistega sintetičnega zeolita, kar jim je omogočilo nove prodajne možnosti v proizvodnjo plastičnih materialov. Leta 2011 se je končal razvoj kalciniranja zeolitnih prahov in granuliranja. Po letu 2011 se je položaj podjetja na tem področju še dodatno povečal, saj so se odprle nove priložnosti na drugih uporabnih področjih. Nato so leta 2017 razširili svoj proizvodni program granulotov na posušene silikate z visoko nasipno težo. V podjetju Silkem so svoj razvoj specialnih glinic usmerili na področje uporabe ognjevdržnih materialov. Zato je družba v kratkem času postala pomemben dobavitelj fino mletih in visoko kalciniranih glinic. Leta 2003 je začela obratovati prva linija za proizvodnjo tabularne glinice zaradi potreb kupcev. Leta 2007 je bil material ognjevdržnih proizvodov razširjen s sintranimi spineli. Z uporabo po posebnih postopkih in z dodatnim obdelovanjem končnih proizvodov so dosegli, da je bil program razširjen na tabularne in kalcinirane glinice posebnih lastnosti, kar je odprlo nove prodajne možnosti na različnih področjih. Družba Silkem je leta 2001 postala član skupine MAL. Na to je leta 2012 v skupini MAL prišlo do sprememb, ki so jim prinesle novo lastniško strukturo, ki temelji na menedžmentu buy-out. To je prineslo družbi Silkem lastniški delež v družbi Silkem Hungary, kar jim je omogočilo širitev palete proizvodov iz programa specialnih glinic. Nato so jim leta 2015 lasten razvoj in proizvodne zmogljivosti omogočile zagon proizvodnega programa bemitov (Silkem d. o. o., 2021b).

2.2 Zeolit ZP-4A

ZEOLITI – zeoliti so sintetični porozni aluminosilikatni materiali, ki se zaradi enakomerno porazdeljenih por imenujejo tudi molekularna sita. V podjetju Silkem je najpomembnejši

zeolit 4A, ki je dandanes nepogrešljiv pri proizvodnji pralnih sredstev, saj ni škodljiv za ljudi in okolje. Proizvodi so: ZP-4A, ZP-4A-TSR, ZP-4A-LD, ZP-4A-HD, ZP-4AM.

Uporaba:

Detergenti – v pralnih praških lahko natrijeve katione zamenjamo z zeolitom (kalcijevimi in magnezijevimi kationi) iz vode, ki jo pri tem zmehčajo, to pa zagotavlja optimalno delovanje ostalih komponent.

PVC-stabilizatorji – Silkem je za to področje razvil poseben zeolit brez grobih delcev in nečistoč, zaradi katerih je njihova sposobnost, da med proizvodnjo PVC-materialov s posebno gladkimi površinami omogočajo adsorpcijo in nevtralizacijo HCl-kisline.

Proizvodnja zavornih ploščic – se uporablja kot sredstvo za uravnavanje trenja.

Čiščenje voda – se uporablja za odstranjevanje težkih kovin, organskih spojin in radioaktivnih snovi iz onesnažene prsti ali vode.

Gradbeništvo – uporablja se pri različnih vrstah asfalta in betona, znižuje potrebno temperaturo pri proizvodnji (Silkem d. o. o., 2021c).

Proizvodnja zavornih ploščic – Pri motornih vozilih se zeoliti uporabljajo pri zavornih ploščicah, da uravnavajo trenje. Ker zeoliti pri zavornih ploščicah delujejo tako, da iz površine zavornih ploščic absorbirajo vlago. Se zaradi tega pojavi zmanjša tudi nastali hrup, ki se pojavi pri trenju zavornega koluta in zavorne ploščice.

Kmetijstvo - Zeolit se uporablja v kmetijstvu za proizvodnjo gnojil, kot sredstvo za izboljšanje pretočnosti, počasnega in enakomernega sproščanje aktivnih sestavin v tla. Lahko pa tudi prepreči izgubo hranil v tleh pri izpiranju.

Razna področja uporabe – Področje uporabe zeolitov je veliko, saj se uporabljajo tudi pri raznih premazih, pri izdelavi papirja, v industriji barv in tudi v gospodinjstvu, saj lahko z njim odpravimo neprijetne vonjave.

2.3 Membranska batna črpalka

2.3.1 Opis membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

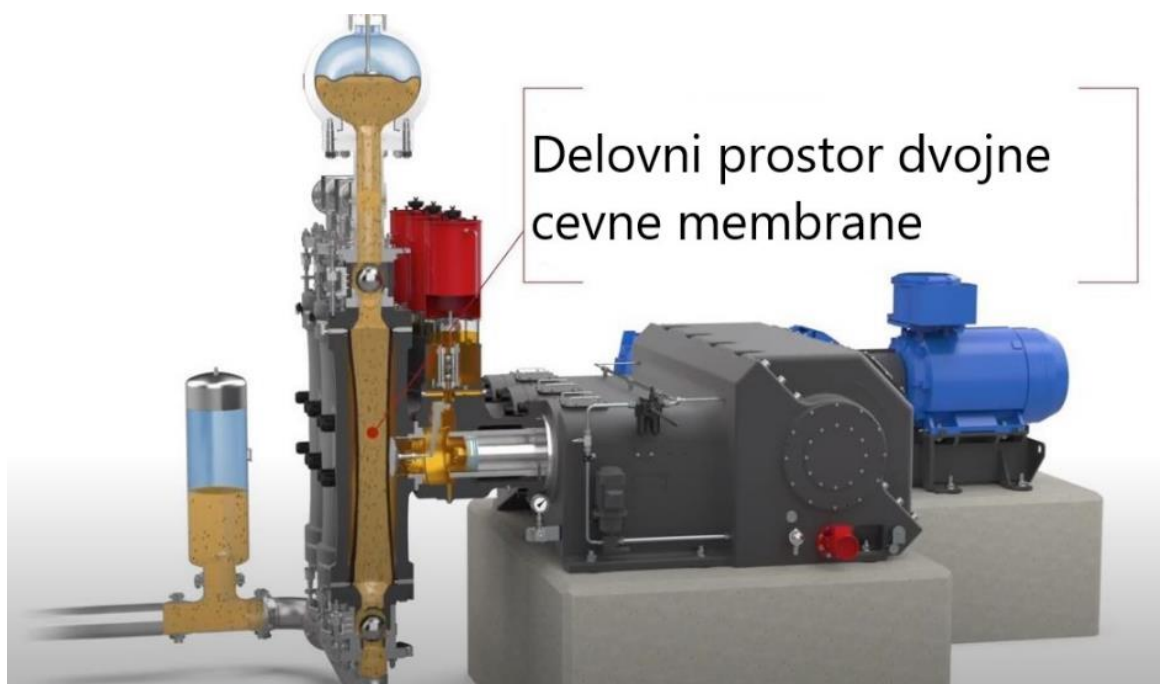
Membranska batna črpalka SG 130 – 2 DS17 je namenjena prečrpavanju strupenih, abrazivnih, agresivnih in heterogenih tekočin. Delovni tlak črpalke je 35 barov. Proizvede pa lahko tlak do 320 barov, odvisno od števila batov, ki jih vsebuje. Pretok črpalke je od 4–8 m³.

Prečrpana tekočina gre skozi membransko črpalko linearno (ravno, navpično navzgor). Dvojna membranska cev je zasnovana tako, da omogoča več kot 10.000 ur oziroma več kot 415 dni delovanja dvojne cevne membrane, preden jo je treba zamenjati (FELUWA Company, 2019a).

2.3.2 Delovanje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Membransko črpalko poganja elektromotor, ki je priklopljen na avtomatski zobniški menjalnik, ki preko zobniških sklopov pretvarja hitrost in navor na batni sklop. Torej membranska črpalka deluje tako, da bat stiska in razteza dvojno cevno membrano. Med membrano in batom je nadzorni disk, ki preverja, koliko sta se membranski cevi razširili in tako dovaja zadostno količino hidravlične tekočine iz rezervoarja za hidravlično tekočino, ki je nad batom. Rezervoar hidravlične tekočine je narejen iz prozornega materiala tako, da lahko vedno vidimo, koliko olja imamo v rezervoarju. Ko bat stiska dvojno cevno membrano, gre hidravlična tekočina iz rezervoarja v sistem do bata in dvojne cevne membrane ter se vrača nazaj vanj, ko bat razteza dvojno cevno membrano. Ko bati raztezajo dvojno cevno membrano, nastane princip sesanja (podtlak), ki posledično dvigne vstopni kroglični ventil, skozi katerega pride v dvojno cevno membrano medij oz. tekočina, ki jo želimo prečrpati. Ko bat začne cevno membrano stiskati, se zaradi tlaka, ki nastane v dvojni cevni membrani, vstopni kroglični ventil zapre in se odpre izstopni kroglični ventil, skozi katerega gre naprej po cevi zelena prečrpana tekočina (FELUWA Company, 2019a); (FELUWA Company, 2019b).

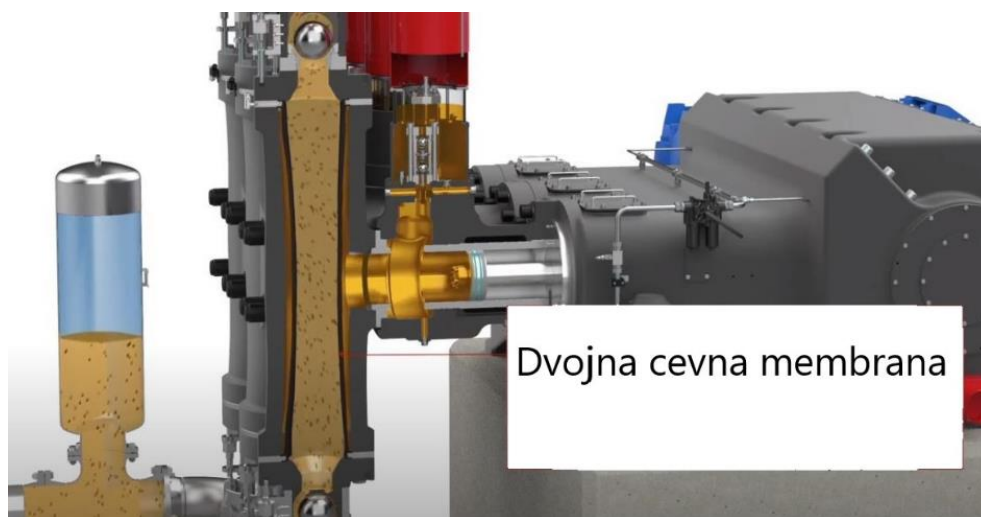
2.3.3 Deli membranske črpalke SG 130 – 2 DS17



Slika 5: Delovni prostor dvojne cevne membrane SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

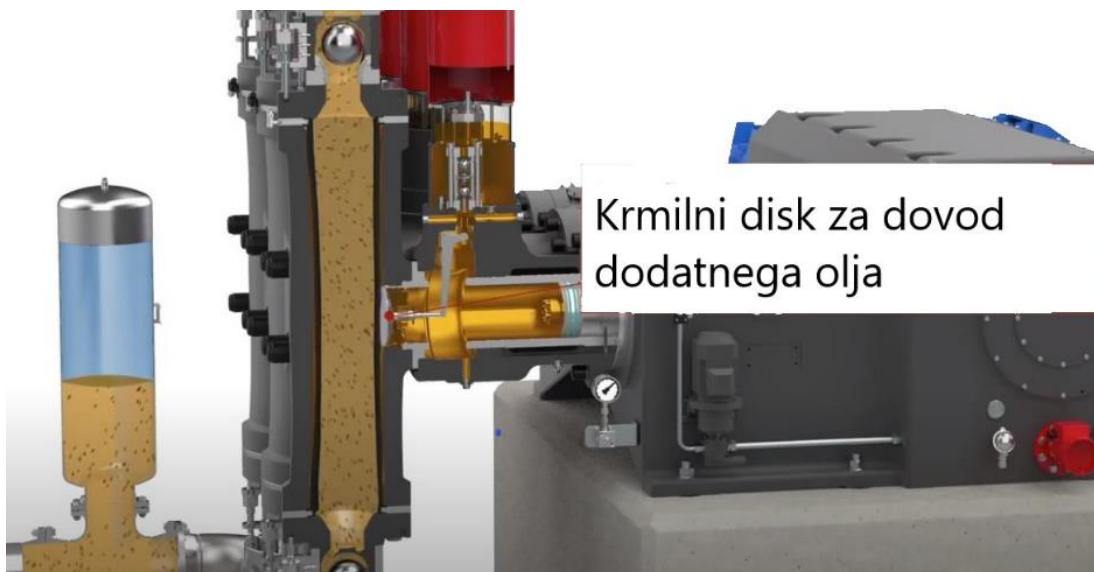
Tekočina, ki jo želimo prečrpati, vstopa v prostor dvojne cevne membrane skozi vstopni kroglični ventil (spodaj) in ga zapušča v navpični smeri skozi izstopni kroglični ventil (zgoraj) (FELUWA Company, 2019a).



Slika 6: Dvojna cevna membrana membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Dvojna cevna membrana je zelo vzdržljiva in odporna, saj omogoča 10.000 ur delovanja, preden jo je treba zamenjati (FELUWA Company, 2019a).



Slika 7: Krmilni disk za dovod dodatnega olja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Krmilni disk nadzoruje raztezanje membrane. Ker se dvojna cevna membrana z uporabo vedno bolj razteza, krmilni disk dodaja potrebno dodatno količino hidravlične tekočine (FELUWA Company, 2019a).



Slika 8: Varnostni ventil za nadtlak membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Varnostni ventil za nadtlak omogoča odvečni hidravlični tekočini, ki je v sami batni črpalki in okrog dvojne cevne membrane, da izstopi skozi ta varnostni ventil za nadtlak, da ne bi dvojne cevne membrane stisnilo preveč skupaj (FELUWA Company, 2019a).



Slika 9: Ventil za samodejno vračanje hidravlične tekočine v komoro hidravlične tekočine membranske črpalke
SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Ko se bat vrača in razteza dvojno cevno membrano, se hidravlična tekočina vrača skozi ta ventil v komoro hidravlične tekočine (FELUWA Company, 2019a).



Slika 10: Blažilnik pulziranja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Zaradi batnega delovanja črpalke bi prišlo do pulziranja tekočine, ki jo prečrpavamo in ne bi imeli stalnega pretoka. Zato je membranska črpalka opremljena z blažilnikom pulziranja pretoka tekočine oziroma medija pred vstopom v črpalčko in ko izstopa iz nje. Pulziranje pretoka je še zmeraj prisotno, vendar v minimalni obliki. Blažilnik nihanja pretoka, ki je

nameščen na vztopni oziroma sesalni strani zagotavlja, da v membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 pride enakomeren pretok medija, ter se tako izognemo prekinitvi pretoka, ki vstopa v delovni prostor membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 in s tem posledično nepotrebnega raztezanja in stiskanja dvojne cevne membrane v prazno. Blažilnik nihanja pretoka, ki pa je nameščen na iztopni strani membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 blaži nihanje pretoka, ki nastane zaradi batnega načina delovanja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 (FELUWA Company, 2019a).



Slika 11: Zvočni senzor krogličnega ventila membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

Črpalka ima zunaj na ohišju, kjer je izstopni kroglični ventil, nameščen zvočni senzor, ki spremlja stanje krogličnega ventila (FELUWA Company, 2019a).



Slika 12: Tlačni senzor membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (FELUWA Company, 2019c)

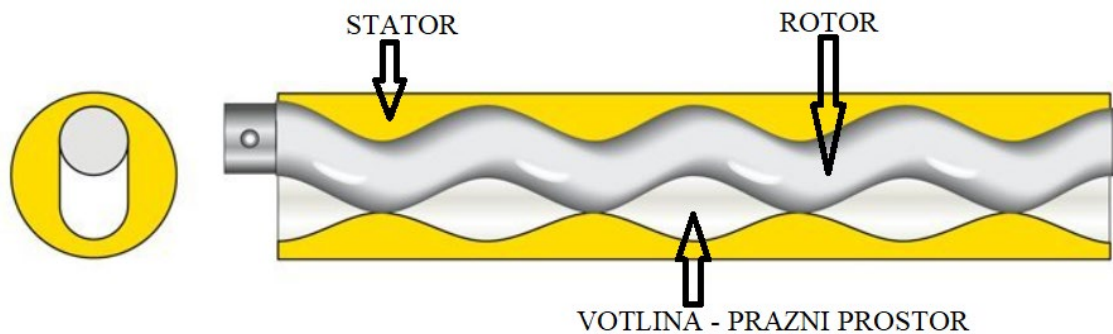
Tlačni senzor na membranski črpalke nadzoruje dvojno cevno membrano. Membranska črpalka ima dvojno cevno membrano zaradi varnosti, če pride do pretrganja ene membrane, druga membrana zaščiti črpalke pred katastrofalno škodo, ki bi nastala, če bi medij, ki ga prečrpavamo, prišel v stik s hidravlično tekočino v sistemu črpalke. Olje in medij, ki ga prečrpavamo, bi se pomešala, ta bi prišel v sistem do bata in bi lahko naredila velika škoda na valju bata in samem batu. Da bi to preprečili, ima črpalka dvojno cevno membrano in tlačni senzor, ki je namenjen zaznavanju pretrgane membrane. Če se membrana strga, bo tlak na senzorju narasel zaradi tekočine oziroma medija, ki ga prečrpavamo. Tlak bo narasel zaradi bata, ki membrani stiska skupaj (FELUWA Company, 2019a).

2.4 Vijačne črpalke

2.4.1 Delovanje vijačne črpalke

Vijačna črpalka deluje tako, da ko sta rotor in stator sestavljena skupaj, med njima nastanejo prazne votline (slika 13). Ko se rotor v statorju obrne, se spremeni volumen teh votlin oziroma praznih prostorov, po katerih se tekočina črpa vzdolžno po osi. Prazne votline se tako napolnijo z medijem, sprememba volumna povzroči neprekinjen pretok medija do sesalne oziroma odtočne strani statorja. Pri vijačni črpalke je pretok medija konstanten, saj se spirala

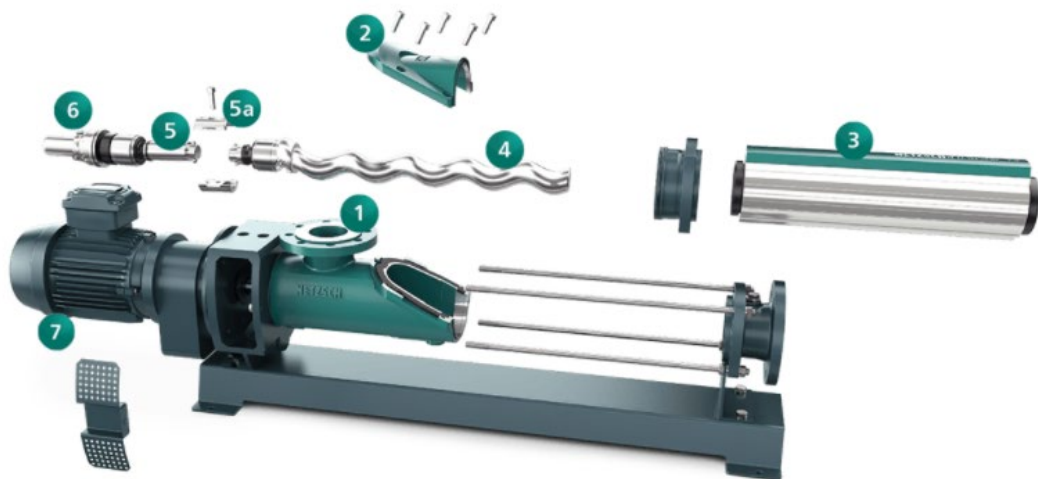
vrti enakomerno in tako vedno dovaja konstantno količino medija (NETZSCH, 2019a); (NETZSCH, 2019b).



Slika 13: Rotor in stator vijačne črpalke

Vir: (NETZSCH, 2020)

2.4.2 Sestavni deli vijačne črpalke



Slika 14: Sestavni deli vijačne črpalke

Vir: (NETZSCH, 2019a); (NETZSCH, 2019b)

1. Ohišje vijačne črpalke na sesalni strani črpalke
2. Pregledni pokrov, ki je pritrjen s petimi vijaki, je namenjen, da lahko preverimo, kakšno je stanje rotorja znotraj črpalke.
3. Stator vijačne črpalke, ki je znotraj narejen iz elastičnega materiala.
4. Rotor črpalke
5. Pogonski sklop
- 5a. Sklopka, ki spaja stator in pogonski sklop.
6. Tesnilna gred
7. Stranska zaščita za dostop do pogonske gredi (NETZSCH, 2019a); (NETZSCH, 2019b)

2.5 Centrifugalna črpalka

2.5.1 Vrste centrifugalnih črpalk

Poznamo več vrst centrifugalnih črpalk, ki se razlikujejo po načinu izdelave.

- Enostopenjska vodoravna centrifugalna črpalka – Pri teh centrifugalnih črpalkah je rotor postavljen na konec gredi (ima samo en rotor). Črpalka lahko prečrpano tekočino sesa samo z ene strani rotorja.
- Večstopenjske centrifugalne vodoravne črpalke - Takšna izvedba centrifugalnih črpalk ima na gredi več rotorjev. Te črpalke ustvarjajo višje tlake kot enostopenjske centrifugalne črpalke.
- Centrifugalne fekalne črpalke – Te črpalke imajo na rotorju majhno še število lopatic, primerne pa so za prečrpavanje tekočin katere vsebujejo mnogo različnih nečistoč.
- Peščene ter bager centrifugalne črpalke – z njimi črpamo medije, ki vsebujejo veliko nečistoč. Sposobne so lažje prečrpavati medije z njihovo gostoto 3 kg/l (Peskiadmin, 2020).

2.5.2 Delovanje centrifugalne črpalke

Črpalka ima v spiralnem ohišju nameščen rotor, ki je priklopljen na pogonsko gred centrifugalne črpalke. Ko se rotor centrifugalne črpalke vrti na vstopni strani črpalke medij oziroma tekočina vstopi v spiralno ohišje črpalke v katerem je nameščen rotor z lopaticami. Medij zapolni prazen prostor med lopaticami, nato lopatice rotorja tekočino potiskajo po notranjem obodu spiralnega ohišja zaradi centrifugalne sile, ki nastane zaradi vrtenja rotorja centrifugalne črpalke. Nato tekočina na izstopni strani izstopi iz centrifugalne črpalke. Bolj hitro kot se vrti rotor črpalke večja centrifugalna sila in tlak nastopita v spiralnem ohišju centrifugalne črpalke (Peskiadmin, 2020).

2.5.3 Prednosti in slabosti centrifugalnih črpalk

Prednosti:

- Črpalka ima dolgo življenjsko dobo.
- Poceni vzdrževanje, saj ima črpalka zelo malo gibljivih delov.
- Ima stalen pretok, tako da ne pride do nihanja pretoka.

Slabosti:

- Ni zmožna sesati tekočine, ki jo želimo prečrpavati.
- Pojav kavitacije.
- Zmogljivost črpalke je odvisna od tlaka, ki ga črpalka ustvari.
- Ni primerna za prečrpavanje večfaznih tekočin.
- Hitra obraba rotorja in spiralnega ohišja pri črpanju abrazivnih tekočin.
- Ni primerna za prečrpavanje tekočin z visoko viskoznostjo (Peskiadmin, 2020).

2.5.4 Kavitacija

Kavitacija spada med hidrodinamični pojav. Pri kavitaciji se v tekočini pojavijo mehurčki. Pride do penjenja materiala. Do tega pojava pride, kadar se tekočini hitro spreminja njen tlak. Prazen prostor oziroma mehurčki nastopijo na mestih kjer nastopi nizek tlak, ki je nižji od tlaka okolice. V primeru, da se kavitacija pojavi pri velikih tlakih, mehurčki implodirajo. Ustvarijo se močni udarni valovi. Pride lahko do poškodb strojnih delov. Če želimo ta pojav preprečiti morajo nastali mehurčki z nizkim tlakom implodirati v stran od komponent naprave oziroma stroja (Biluš, 2020).

2.6 Problemi pri zagonu membranske črpalke

V podjetju Silkem so zeolit na stolpni sušilnik prečrpavali z vijačno črpalco, pri kateri se dokaj hitro obrabljata stator in rotor črpalke, kar povzroči precej velike stroške vzdrževanja vijačne črpalke na letni ravni. Zato so se odločili, da vijačno črpalco zamenjajo z membransko črpalco SG 130 – 2 DS17. Za nakup se je podjetje Silkem odločilo, da bi z njo zmanjšali stroške vzdrževanja. Črpalco so naročili in jo postavili v proizvodnjo. Ko so jo pripravili za prvi zagon, so se pojavili številni problemi. Največji problem je bil, da membranska črpalca SG 130 – 2 DS17 ni prečrpavala medija (zeolit ZP-4A). Ni jim bilo jasno, zakaj, saj bi po teoriji oz. specifikacijah membranske črpalke morala delovati. Nato so s podjetjem, ki proizvaja membranske črpalke, ugotovili, da medij ne pride v membransko črpalco, ker je vstopni tlak medija v črpalco premajhen. Rezervoar medija ZP-4A je v podjetju Silkem na višini treh metrov, kar da 0,3 bara vstopnega tlaka, kar je premalo. Ugotovili so, da membranska črpalca potrebuje vstopni tlak 2–2,5 bara, da bi s pomočjo vakuumu premagala težo vstopnega krogličnega ventila in v delovni prostor dvojne cevne membrane posesala medij ZP-4A. Zato so pred membransko črpalco namestili centrifugalno črpalco. Če v centrifugalno črpalco natočimo vodo, črpalca doseže tlak 4 bare, ko pa vodo zamenjamo z zeleno tekočino (Zeolit ZP-4A), doseže maksimalni tlak 1 bar in pretok nekje 2

m³/h, kar pa je premalo. Po teoriji bi morala centrifugalna črpalka zadostovati, ampak praktično se je izkazalo, da se material v centrifugalni črpalki speni, kar posledično prinese manjši pretok in med prečrpano tekočino se naredijo mehurčki plinov, ki otežijo prečrpavanje in tako posledično dobimo manjši tlak in pretok centrifugalne črpalke. Centrifugalna črpalka pri prečrpanem materialu (zeolit ZP-4A) v podjetju Silkem doseže največji tlak 1 bar, kar je premalo, da bi membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 skozi vstopni kroglični ventil posesala zadostno količino medija ZP-4A. Da bi membranska črpalka skozi vstopni kroglični ventil s pomočjo vakuumu posesala medij, potrebujemo vstopni tlak tekočine (Zeolit) od 2 do 2,5 bara. Ker centrifugalna črpalka povzroči penjenje medija (ZP-4A) in ne doseže želenega tlaka 2–2,5 bara, so se odločili, da centrifugalno črpalko zamenjajo z vijačno črpalko, ki doseže pri prečrpani tekočini zahtevana 2–2,5 bar, ki sta potrebna za vstop medija ZP-4A v samo membransko črpalko. Če bi hoteli, da membranski črpalki zagotovimo vstopni tlak medija od 2 bar do 2,5 bara brez dodatne napojne črpalke, bi moral biti rezervoar materiala, ki ga želimo prečrpavati, na 20 do 25 m, kar pa ne bi imelo smisla, še posebej, če membranska črpalka ne deluje. Ko so s pomočjo vijačne črpalke dosegli želeni vstopni tlak 2–2,5 bara, ki so ga določili, membranska črpalka še vedno ni prečrpavala medija ZP-4A, kar jih je zelo presenetilo. Ker jim je zmanjkalo idej in ker so storili vse, da bi membranska črpalka prečrpavala medij ZP-4A, so se odločili, da opustijo zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 in nazaj namestijo do tedaj aktualno vijačno črpalko. Zato sem se odločil, da raziščem, zakaj membranska črpalka ne prečrpava želenega medija ZP-4A, in da ugotovim, zakaj ni primerna za prečrpavanje medija ZP-4A v podjetju Silkem (Silkem d. o. o., 2021a).

2.7 Reševanje problema

Ker so v podjetju Silkem s številnimi poskusi poskušali usposobiti membransko črpalko SG 130 – 2 DS17, da bi prečrpavala zeolit ZP-4A, a neuspešno, so membransko črpalko opustili in namestili nazaj do tedaj aktualno vijačno črpalko, ki brez težav prečrpava material ZP-4A. Zato sem se odločil, da ugotovim, zakaj membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni primerna in zakaj ne prečrpava medija ZP-4A. Vsak problem, ki se v življenju pojavi in bi ga radi razrešili, je najbolje začeti reševati na samem začetku. Zato sem se odločil, da povprašam, na podlagi česa so se odločili za nakup membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 in dobil odgovor, da so to membransko črpalko naročili na podlagi specifikacij, ki jih ponuja. To so nižji stroški vzdrževanja, ustvarja visoke tlake, primerna je za črpanje abrazivnih, jedkih in vročih medijev. Odločili so se tudi na podlagi videov, na katerih membranska črpalka prečrpava

blato s trdimi delci, agresivne in jedke snovi ter snovi z višjimi temperaturami. Ker membranska črpalka zadostuje vsem pogojem, ki bi bili primerni za prečrpavanje medij ZP-4A, so se odločili za nakup. Ko so v proizvodnji membransko črpalko zamenjali z do tedaj aktualno vijačno črpalko, se je pojavil problem, da ni prečrpavala zelenega medija. Zato so jo po raznih neuspešnih poskusih opustili in nazaj namestili do tedaj uporabljeno vijačno črpalko. Že na samem začetku reševanja problema sem ugotovil, da je bil nakup te membranske črpalke nepremišljen, saj ni bila opravljena podrobnejša analiza. Ker sem hotel podrobneje spoznati delovanje same membranske črpalke, sem se poglobil v navodila zanjo. Ko sem podrobneje pregledal vsa navodila, sem ugotovil, da ima membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 na izstopni strani nameščen blažilnik pulziranja. Ker membranska črpalka deluje tako, da s pomočjo podtlaka in nadtlaka, ki ga ustvari bat membranske črpalke, sesa in črpa material, bi prišlo do velikega nihanja pretoka, zato ima črpalka blažilnik pulziranja, ki ublaži nihanje pretoka, ne odpravi pa ga v celoti. Zaradi tega pojava sem ugotovil, da bi se pojavil problem na stolpnem sušilniku, kjer sušijo medij ZP-4A skozi šobe. Če imamo nihanje pretoka, bi na šobah stolpnega sušilnika bil različen vbrizg materiala, kar ne bi bilo nikakor dobro, saj želimo, da je na šobah stolpnega sušilnika vedno konstanten vbrizg materiala. Nato sem se osredotočil na glavni problem, zakaj membranska črpalka ne prečrpava zelenega medija v podjetju Silkem. Ker membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni prečrpavala materiala, so poskusili tako, da so pred njo namestili dodatno centrifugalno črpalko, ki bi material potiskala v membransko črpalko, ter ugotovili, da centrifugalna črpalka ne da zadosti tlaka, zato so centrifugalno črpalko zamenjali z vijačno in tako povečali vstopni tlak v membransko črpalko. Membranska črpalka še vedno ni prečrpavala zelenega medija ZP_4A. Ker po številnih poskusih membranska črpalka še vedno ni delovala, sem razmišljal, da če so poskusili na različne načine in črpalka še vedno ni delovala, ima mogoče material kakšno lastnost, ki bi membranski črpalki onemogočala delovanje, zato sem se odločil, da podrobneje raziščem material zeolit ZP-4A. Po brskanju po razni literaturi sem ugotovil, da ima zeolit ZP-4A lastnosti tiksotropije. Ko material mešamo, preide v stanje manjše viskoznosti, če pa ga ne mešamo, preide v stanje velike viskoznosti (podobno kot pri jogurtu, ko stoji, postane netekoč, ko pa ga premešamo, se utekočini). Na podlagi tega sem ugotovil, da se ZP-4A, ki ima visoko viskoznost, hitro poseda in je lepljiv, zato membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 onemogoča vstop skozi vstopni kroglični ventil, saj ta ne ustvari zadostnega podtlaka, ki bi omogočil, da bi posesala medij ZP-4A v samo črpalko. Ugotovil sem tudi, da se medij v delovnem prostoru dvojne cevne membrane za hip ustavi, kar ima slab učinek, saj mu dodatno naraste viskoznost, kar membranski črpalki popolnoma onemogoči prečrpavanje medija, ker

črpalka ni primerna za prečrpavanje medijev z visoko viskoznostjo. Zaradi tega tudi, ko so pred membransko črpalko namestili dodatno vijačno črpalko, ki bi v membransko črpalko potiskala medij s tlakom 2 barov, ni pomagalo, da bi membranska črpalka prečrpavala želeni medij ZP4A. Če povzamem, membranska črpalka ni primerna zaradi pulziranja pretoka, ki se pojavi zaradi batnega načina delovanja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Medij ZP-4A ima visoko viskoznost in je lepljiv, kar onemogoča vstop v samo črpalko. Medij se za hip v sami črpalki ustavi, kar še dodatno poveča viskoznost in popolnoma onemogoči prečrpavanje. Medij ZP-4A ima lastnosti tiksotropije, saj se mu v mirovanju viskoznost zelo poveča. Na podlagi teh ugotovitev sem zaključil, da membranska črpalka nikakor ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A. To je bila nepremišljena in slaba naložba podjetja Silkem. Že na začetku so naredili veliko napako, da niso opravili podrobne analize membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 in so se le na podlagi specifikacij črpalke in videov odločili za nakup (Gemme Cotti, 2020); (Empowering Pumps & Equipment, 2020b); (Predin, A. in Biluš, I., 2005); (Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P. in Heald, C. C., 2000); (Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P. in Heald, C. C., 2007); (FELUWA Company, 2019a).

2.8 Disperzni sistemi ali tiksotropija

Ko sem raziskoval lastnosti zeolita ZP-4A, ki ga želijo v podjetju prečrpavati, sem ugotovil, da se medij v mirovanju hitro poseda oziroma preide v zmes zelo visoke viskoznosti, če pa ga mešamo, preide v stanje manjše viskoznosti. Ko sem brskal po razni literaturi, sem ugotovil, da ima zeolit ZP-4A lastnosti tiksotropije oziroma natančneje lastnosti disperznih sistemov (grobih disperznih sistemov). To pomeni, da gre za raztopine (natančneje disperzijske sisteme), sestavljene iz topljenih snovi in topil.

Disperzne sisteme delimo v tri glavne skupine.

2.8.1 Molekularno disperzni sistem

O molekularno disperznih sistemih govorimo takrat, kadar so delci topljenca manjši od 1 nm ($1\text{ nm} = \text{nanometer} = 10^{-9}$) in takrat govorimo tudi o pravih raztopinah. Raztopini pravimo, da je homogena zmes topila in topljenca. Topljencu pravimo, da je snov, ki se raztaplja v topilu. Topilo je snov, v kateri se raztaplja topljenec. V večini primerov imamo v zmesi po navadi več topila kot topljenca. Če želimo raztopiti želeno količino topljenca, moramo imeti zadostno količino topila, saj je ta omejena z njeno topnostjo. Topnost pomeni, da smo v neko

količino topila pri določeni temperaturi dodali največjo možno količino topljenca, ki se je sposobna raztopiti v topilu. Poznamo tri vrste raztopin, to so: nasičene raztopine, koncentrirane raztopine in razredčene raztopine. O nasičenih raztopinah govorimo takrat, kadar je količina raztopljenega topljenca največja možna pri natančno določeni temperaturi. Koncentrirana raztopina je raztopina, ki vsebuje malo topila in veliko topljenca. O razredčeni raztopini pa govorimo, kadar raztopina vsebuje malo topljenca in veliko topila.

Masni delež topljenca nam pokaže, kolikšna je masa topljenca na delež celotne raztopine. Masni delež označujemo s črko (w), je brez enot, njegova vrednost pa se giblje od 0 do 1. Če želimo, ga lahko izrazimo tudi v odstotkih (%).

Enačba:

$$w(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{m(\text{raztopina})}.$$

Masna koncentracija nam pove, kolikšna je masa raztopljenega topljenca v izbrani prostornini raztopine. Masno koncentracijo označujemo s črko (γ), njegova enota pa je g/L.

Enačba:

$$\gamma(\text{topljenec}) = \frac{m(\text{topljenec})}{V(\text{raztopina})}$$

(Leban, 2019); (Smrdu, 2009).

2.8.2 Koloidno disperzni sistemi

Kadar so delci topljenca veliki od 1 nm do 100 nm, govorimo o koloidnih raztopinah. V naravni disperzni sistem koloidne disperzije uvrščamo kri. Ker so delci premajhni, da bi lahko njihovo strukturo opazovali s svetlobnim mikroskopom, lahko njihovo velikost, obliko in zgradbo opazujemo z elektronskim mikroskopom. Koloidne delce ločujemo z ultrafiltracijo ali dializo. O koloidni raztopini govorimo, kadar je neka snov fino razpršena v drugi snovi. Ker so koloidne raztopine našim očem prozorne, jih lahko hitro zamešamo s praviimi raztopinami. Da se to ne bi zgodilo, lahko s Tyndallovim pojavom ugotovimo, ali gre res za koloidno raztopino. Tyndallov pojav povzroči, da se svetlobni žarki razpršijo in gredo skozi koloidno raztopino, ker pa je premer koloidnih delcev nekoliko večji od dolžine valov vidne svetlobe, se svetloba zato odbija od njih v vse smeri, tudi v smeri našega očesa, zato takoj vemo, da gre za koloidno raztopino. Pri pravih raztopinah so delci manjši od dolžine vala vidne svetlobe in tako vsa svetloba potuje skozi tekočino brez zaustavitve in posledično odbijanja svetlobe od delcev (Leban, 2019); (Smrdu, 2009).

2.8.3 Grobi disperzni sistemi

O grobih disperznih sistemih govorimo, kadar so delci topljenca večji od 100 nm, ki jih v topilu že vidimo s prostim očesom. Takim zmesem pravimo suspenzije, ki so trde ter tekoče, in emulzije, ki so tekoče. Suspenzija je sestavljena iz dvofaznega sistema, ki je sestavljen iz trde notranje faze in zunanje faze, ki je lahko v tekočem, trdem, plinastem in poltrdem agregatnem stanju. Ker imajo trdi delci posebno lastnost, lahko suspenzija postane fizikalno nestabilna. Tej lastnosti pravimo sedimentacija. Sedimentacija se pojavi, ker imajo delci znotraj faze večjo gostoto, kot jo ima zunanja faza, zato se hitro usedajo na dno. Če suspenzije ne mešamo in ta miruje, nastane v določenem času usedlina. Ko pa tekočino ponovno mešamo ali jo pretresemo, se obe snovi spet enakomerno razdelita v celotni zmesi. Emulzija je sestavljena iz dveh tekočin, ki se med seboj ne mešata. Taki tekočini sta olje in voda. Ker pri tekočinah, ki se ne mešajo, pride do površinske napetosti, ki se pojavi med fazama, moramo dodati snov, ki bo zmanjšala površinsko napetost med vodo in oljem ter pripomogla ustvariti emulzijo. Tako snov imenujemo emulgator. Emulgatorji so aktivne snovi, ki so na površini emulzije, nato se razdelijo na mejo med oljno in vodno fazo, da bi znižali medfazne napetosti ne meji med oljem in vodo. Prav tako emulgator preprečuje, da bi se kapljici olja in vode ločili (Leban, 2019); (Smrdu, 2009).

2.9 Ugotovitve o mediju ZP-4A

Ugotovil sem, da medij ZP-4A spada v skupino grobih disperznih sistemov med suspenzije, saj sem ugotovil, da je velikost delcev v suspenziji večja od 100 nm. Ugotovil sem tudi, da se v suspenziji medija ZP-4A pojavi usedanje oziroma z tujko temu pojavi rečemo sedimentacija. Usedanje oziroma sedimentacija je pojav, ki se pojavi pri grobih disperznih sistemih, uvrščamo pa jo med pojave, ki se pojavijo pri suspenzijah. Ko sem v podjetju Silkem, medij ZP-4A nalil v kozarec in ga pustil stati v mirovanju, se je naredila usedlina, saj so se delci posedli na dno. Enak pojav se pojavi pri sedimentaciji, saj se material, ko ga prenehamo mešati, zelo hitro poseda in se naredi usedlina. Ko pa medij ponovno začnemo mešati, se delci topljenca in topila spet porazdelijo enakomerno in tekočina postane spet tekoča in preide v stanje manjše viskoznosti.

2.10 Prednosti in slabosti vijačne in membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17

Prednosti:

- membranska črpalka lahko ustvarja visoke tlake;
- pri membranski črpalci imamo nizke stroške vzdrževanja;
- primerna za prečrpavanje agresivnih snovi, jedkih snovi in snovmi s trdimi delci;
- primerna za črpanje medija, ki ima višje temperature.

Slabosti:

- pri membranski črpalci SG 130 – 2 DS17 pride do nihanja pretoka. Črpalka nima enakomernega pretoka;
- ni primerna za prečrpavanje materiala z visoko viskoznostjo ter lepljivih materialov.
- Ni primerna za prečrpavanje suspenzij. Saj se delci pri suspenziji hitro posedajo in se naredi usedlina (FELUWA Company, 2019b) (FELUWA Company, 2020a) (FELUWA Company, 2020b).

Visokotlačna vijačna črpalka

Prednosti:

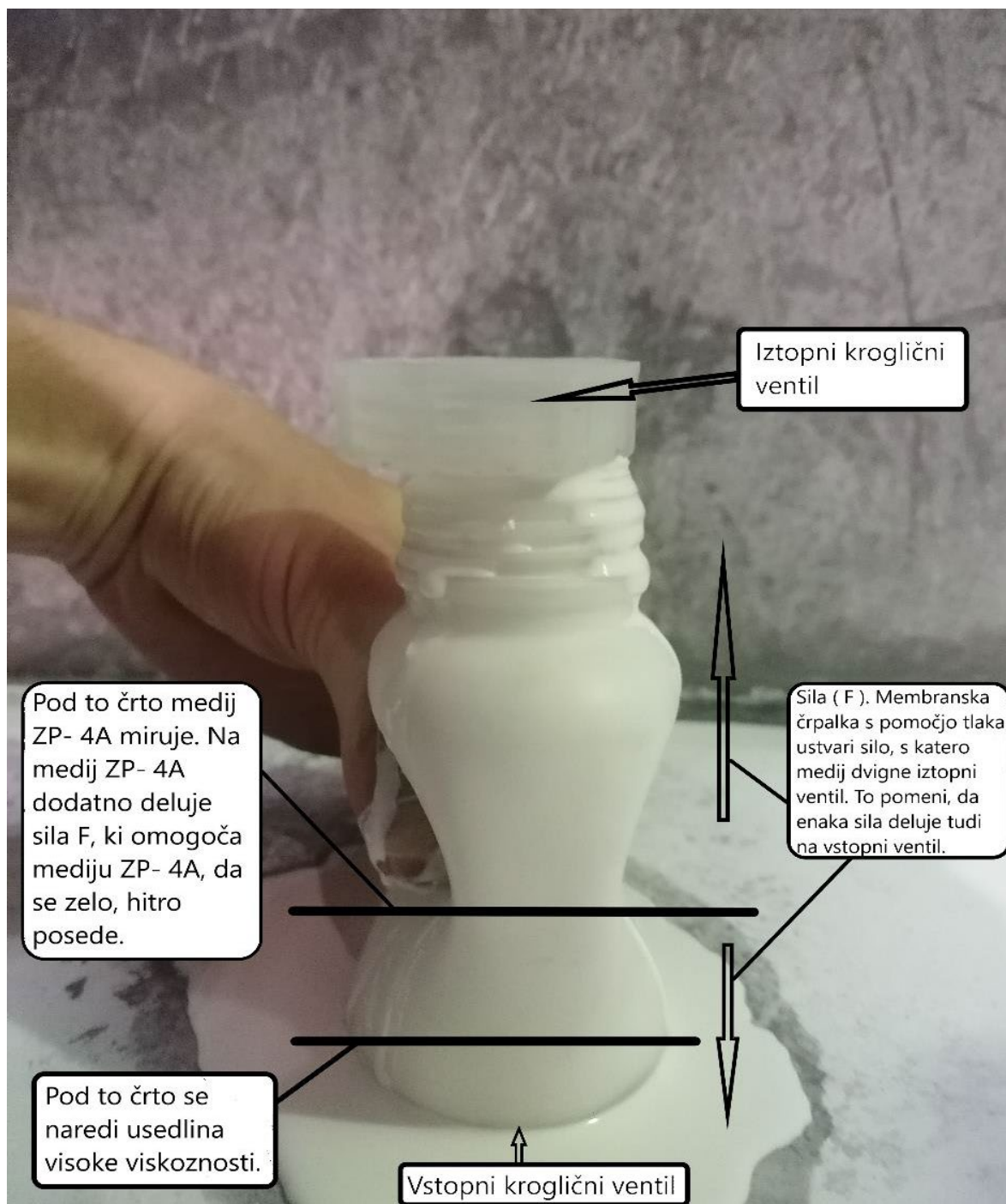
- primerna za prečrpavanje materiala z visoko viskoznostjo;
- primerna za prečrpavanje medija z visokimi temperaturami;
- preprosta zamenjava glavnih dveh delov črpalke. To sta rotor in stator.
- Primerna za prečrpavanje suspenzij.

Slabosti:

- hitra obraba statorja in rotorja črpalke;
- ni primerna za prečrpavanje materiala s trdimi delci;
- visoki stroški vzdrževanja vijačne črpalke (NETZSCH, 2019a); (Empowering Pumps & Equipment, 2020a).

2.11 Praktični preizkus in ugotovitev glavnega vzroka, zakaj membranska črpalka ne prečrpava medija ZP-4A v podjetju Silkem, d. o. o.

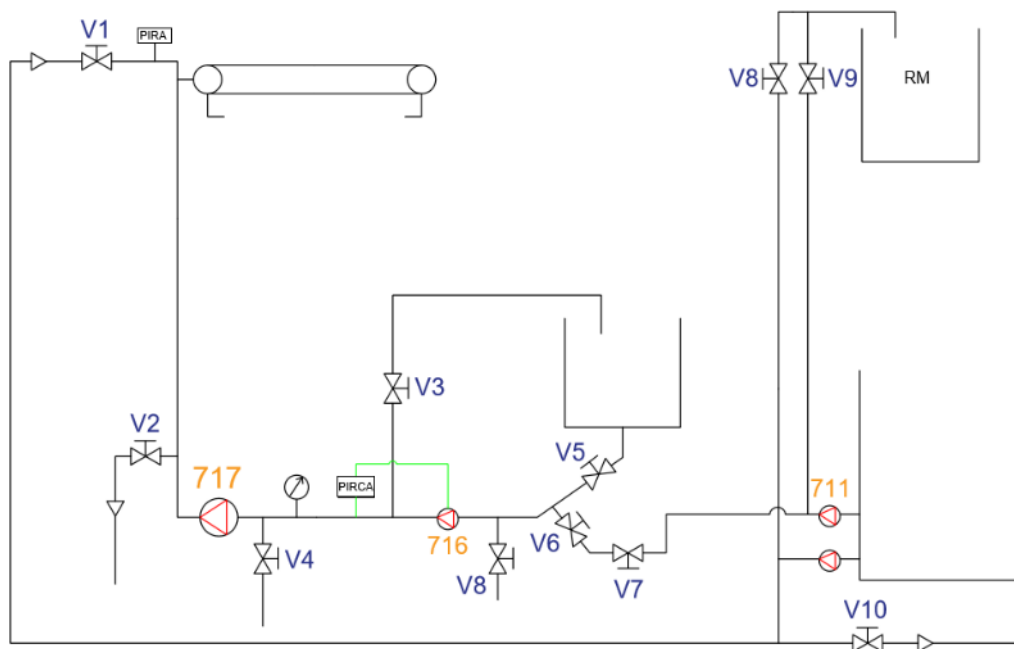
Ker membranska črpalka deluje na principu nadtlaka in podtlaka tako, da razteza in krči dvojno cevno membrano, sem dobil zamisel, kako bi najbolje objasnil, kaj se dogaja znotraj membranske črpalke ter zakaj črpalka ni sposobna prečrpati zeolita ZP-4A. Dvojna cevna membrana je narejena v obliki cevi, ki ima na vsaki strani kroglična ventila, ki se odpirata in zapirata s pomočjo nadtlaka in podtlaka, ki ga ustvari membranska črpalka s pomočjo bata. V podjetju Silkem sem vzel štopovnik, ki ga uporabljamo za vzorce, in ga natočil z zeolitom ZP-4A, nato sem nanj nastavil zamašek, ki je predstavljal izstopni kroglični ventil. Ko sem štopovnik stisnil, je zaradi zmanjšane volumna prostora nastal tlak, ki je dvignil zamašek, skozi katerega je odtekel tudi medij ZP-4A. Ker se ventili odpirajo in zapirajo s pomočjo nadtlaka in podtlaka, sem ugotovil, da ko bat stiska dvojno cevno membrano, nastane sila, ki deluje na izstopni ventil, ter da ta ista sila deluje tudi na vstopni ventil, kar pomeni, da se bo material v dvojni cevni membrani nad vstopnim ventilom posedal še hitreje, saj sila, ki jo ustvari bat, da tekočina dvigne izstopni ventil in izteče skozenj, deluje tudi v obratni smeri na vstopni ventil. Ker ima medij ZP-4A visoko viskoznost in lastnosti grobih disperznih sistemov, se v mirovanju hitro posedajo in se spremenijo v medij še višje viskoznosti. Ugotovil sem tudi, da ko bat dvojno cevno membrano stiska na sredini, medij ZP-4A na spodnji sesalni oziroma vstopni strani membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 miruje in na njega deluje tudi enaka sila kot sila, ki deluje na izstopni kroglični ventil, kar omogoča, da se medij ZP-4A še hitreje posedla in tako na sesalni strani membranske črpalke naredi zelo gosto plast usedline in medija visoke viskoznosti. Zato membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 pri ponovnem raztezanju dvojne cevne membrane onemogoča novemu mediju ZP-4A, da bi s pomočjo vakuumu skozi vstopni kroglični ventil, vstopil novi medij ZP-4A v delovni prostor dvojne cevne membrane membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 (Škerget, 1994).



Slika 15: Ugotovitev glavnega problema, zakaj membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ne prečrpa medija ZP- 4A na enostavnem primeru, ki ponazarja delovni prostor membranske črpalke.

Vir: (Lasten vir)

3 POSTROJENJE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17



Slika 16: Postrojenje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Vir: (Lasten vir)

Pomen:

V2 – V10, to so ročni ventili v proizvodnji,

717 – membranska črpalka SG 130 – 2 DS17,

716 – visokotlačna vijačna črpalka, ki ustvari tlak od 2 do 2,5 bara,

711 – centrifugalna črpalka.

V podjetju Silkem sem prisostvoval tudi pri postrojenju za sušenje zeolita z membransko črpalko SG 130 – 2 DS17. Slika 15 prikazuje postrojenje celotnega sistema za sušenje zeolita ZP-4A in membransko črpalko SG 130 – 2 DS17. V podjetju Silkem sem na podlagi tega postrojenja napisal navodila za zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Naredil sem tudi tabelo, ki prikazuje najpogostejše možne napake membranske črpalke SG 130 – 2 DS17, ki se lahko pojavijo med njenim obratovanjem. Za vsako napako posebej sem v tabeli napisal tudi vzrok zanjo. Vzrok napake nam pove, zakaj je do te napake prišlo in navedel sem možne vzroke, ki bi lahko privedli do posamezne napake na sami membranski črpalki SG 130 – 2 DS17. Nato sem v tabeli tudi za vsak vzrok posamezne napake posebej napisal, kako ukrepamo oziroma kaj moramo najprej preveriti. S tabelo sem poskušal upravljavcem strojev

in naprav olajšati delo oziroma jih usmeriti k čim hitrejšemu odkrivanju napak in čim hitrejšemu odpravljanju napak. V tabeli sem navedel glavne motnje oz. napake membranske črpalke SG 130 – 2 DS17, tako da upravljalavec naprave lahko hitro in enostavno iz tabele razbere napako in se osredotoči na odpravljanje napak, ki so prav tako zapisane v tabeli. Navodila za zagon in izklop membranske črpalke sem napisal tako, da sem prvo sliko postrojenja za membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 preveril v proizvodnji, če je postrojenje identično narisano, kot je postavljeno v proizvodnji. Ko sem preveril identičnost, sem se lotil pisanja navodil za zagon membranske črpalke. Na sliki postrojenja je membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 označena s številko (717). Za doseganje tlaka od 2,5 do 3 barov medija pred vstopom v membransko črpalko je pred njo nameščena dodatna vijačna črpalka, ki je označena s številko (716). Centrifugalna črpalka je označena s številko (711) in je namenjena izpiranju membranske in vijačne črpalke, ko se proces sušenja zeolita ZP-4A zaustavi. Ročni ventili so na postrojenju označeni z veliko črko V in številko.

1.) Zapiranje in odpiranje ventilov

- Preverimo če je ventil V1 zaprt.
- Odpremo ventil V2 (omogoča, da sredstvo oz. tekočina pri izpiranju črpalke 717 SG 130 – 2 DS17 gre v odtok).
- Odpremo ventil V4 (omogoča, da sredstvo oz. tekočina pri izpiranju črpalke 716 gre v odtok).
- Zapremo povratni ventil V3 (ki je namenjen nazaj v zbiralnik zeolita).

2.) Vklp črpalke 717 feluwa na minimalne obrate

- Minimalno število udarcev: 30 min-1.

3.) Izpiranje črpalke 716 in črpalke 717 (feluwa)

- Vklp črpalke 711 (za vodo).
- Preverimo, če sta ventila V5 in V9 zaprta. (Ventil V5 onemogoča vstop materiala v vodo za izpiranje. Ventil V9 pa onemogoča, da bi voda za izpiranje šla v zbiralnik (RM)).
- Odpremo ventila V6 in V7 (omogočata izpiranje črpalke 716 kot črpalke 717).
- Vklp črpalke 716 (čez katero teče voda za izpiranje in nato skozi odtočni ventil V4).
- Zapremo ventil V4 (ko je črpalka 716 oprana).
- Izpiranje membranske črpalke 717 (voda za izpiranje teče skozi membransko črpalko 717 skozi ventil V2 v odtok).

- Zapremo ventil V2 (ko je membranska črpalka 717 oprana).

4.) Nastavljanje končnih nastavitev črpalke 716 in črpalke feluwa 717

- Nastavimo tlak črpalke 716 na 2,5–3 bare.
- Pretok na črpalki 716 reguliramo preko sistema PIRCA (PIRCA – Regulacija tlaka s kazalnikom in registracijo v komandnem prostoru z alarmom).
- Postopno dvigovanje obratov membranske črpalke 717, da dobimo želeni tlak.

5.) Začetek prečrpavanja materiala na šobe stolpnega sušilnika

- Odpremo ventil V5 (omogoča vstop zeolita v odvodni sistem oziroma v črpalko 716 in membransko črpalko 717).
- Zapremo ventil V6 in V7. (Črpalka 716 začne potiska material (zeolit) v membransko črpalko 717, ki nato potiska material do šob na stolpnem sušilniku, pri katerih nadzorujejo PIRA – regulacijo meritve tlaka s kazalnikom in alarmom.)
- Izklopimo črpalko 711 (za dovod vode izklopimo).
- OPOMBA: Izklop gorilnika ne izklopi črpalke 711!

3.1 Izklop membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

- Znižamo obrate črpalke SG 130 – 2 DS17 na minimalne.
- Vključimo črpalko 711 (ki poganja vodo v sistem za izpiranje črpalke 716 in črpalke 717 SG 130 – 2 DS17).
- Zapremo ventil V5 (ki onemogoča vstop materiala v odvodni sistem do šob na stolpnem sušilniku).
- Odpremo ventila V6 in V7. Operemo napeljavo sistema do šob na stolpnem sušilniku.
- Odpremo ventil V2 in operemo črpalko 717 SG 130 – 2 DS17.
- Odpremo izpustni ventil V4 in operemo črpalko 716.
- Izklop črpalke 717 SG 130 – 2 DS17 in črpalke 716.
- Zapremo ventila V6 in V7.
- Izklop črpalke 711 za izpiranje.

4 NAPAKE, KI SE LAHKO POJAVIJO NA MEMBRANSKI ČRPALKI SG 130 – 2 DS17

Na membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 se lahko pojavi kar nekaj glavnih napak, ki bi lahko privedle k nepravilnemu delovanju črpalke. Če prečrpana tekočina, ki jo želimo črpati z membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 ne pride na željeno mesto, je lahko več vzrokov, ki onemogočajo membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 da bi črpala željen medij. Prva možnost na katero moremo biti pozorni je, da preverimo rezervoar z medijem ki ga prečrpavamo, da je poln. Druga opcija zaradi katere membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ne prečrpava materiala je da so problemi z sesalnimi ventili, ki se nočejo odpreti. Tretja možnost je, da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 noče črpati materiala je , da črpalka v sistemu nima dovolj hidravlične tekočine, ki bi lahko ustvarila zadosten pritisk na dvojno cevno membrano. Četrta možnost je da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 preko vstopnega oziroma sesalnega ventila sesa zrak. Peta možnost je, da je znotraj dvojne cevne membrane membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 prisoten zrak, ki onemogoča črpalki črpanje željenega medija. Da bi pravilno ukrepali in odpravili vse te napake je potrebno na membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 preveriti sesalne ventile, hidravlično tekočino in dvojno cevno membrano, da v njej ni prisoten zrak. Če se pri membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 pojavi nereden pretok pomeni, da ima membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 pokvarjen blažilnik pulziranja pretoka ali je eden od vstopnih ventilov membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 neprehoden. Da odpravimo te napake moramo razstaviti in očistiti vstopne ventile membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Če pa se pri membranski črpalki SG 130 – 2 DS17 pojavi padec tlaka so vstopni ventili neprehodni, potrebno je preveriti ali so kroglice krogličnih ventilov in njihovi sedeži ventilov poškodovani in ali mogoče spušča ohišje ali delovna membranske črpalke. Da bi te napake odpravili moramo preveriti sesalne ventile in ali je potrebno zamenjati kakšen del teh ventilov. Zgodi se lahko, da hidravlična tekočina spremeni barvo. Vzrok za to je lahko, da se je dvojna cevna membrana membranske SG 130 – 2 DS17 pretrgala ali v samem sistemu črpalke ni dovolj hidravlične tekočine. V tem primeru moramo takoj zaustaviti membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 in zamenjati dvojno cevno membrano ali dotočiti hidravlično tekočino, če je primanjkuje. Zadnji glavni problem membranske črpalke SG 130 – 2 DS17, ki se lahko pojavi je ta, da se pretok prečrpanega medija zmanjša. Če pride do tega so kroglice ventilov in tesnila krogličnih povratnih ventilov obrabljene. V tem primeru moramo zamenjati obrabljene komponente krogličnih ventilov. Ker je za posluževalca membranske črpalke iz besedila težko razbrati podatke, ki bi mu pomagale k lažjemu, hitrejšemu in pravilnemu

ukrepanju. Sem se odločil narediti tabelo, ki je bolj pregledna in da bo vsebovala glavne probleme, ki se pojavijo pri membranski črpalki SG 130 – 2 DS17. In za vsak problem določil vzrok napake in kako odpravimo napake (FELUWA Company, 2019a).

Problemi membranske črpalke SG 130 – 2 DS17	Mesto in vzrok napake	Odprava napake in pravilno ukrepanje
Prečrpana tekočina ne pride na stolpni sušilnik.	Zmanjkalo nam je tekočine, ki jo želimo prečrpavati.	Preverite blokade sesalnih strani.
	Zaporni ventili sesalnih cevi ali sesalna cev je delno ali popolnoma zaprta.	Preverite vse zaporne ventile.
	Črpalka ni popolnoma napolnjena s hidravlično tekočino.	Treba je napolniti hidravlično tekočino.
	Sesa zrak preko dovodne cevi.	Preverite sesalne ventile.
	Znotraj dvojne cevne membrane je prisoten zrak.	Napolnite dvojno cevno membrano z vodo.
Nereden pretok	Okvara blažilnika za nihanje pretoka črpalke.	Preverite.
	Eden od sesalnih ventilov je blokiran.	Preverite in očistite sesalne ventile.
Padec tlaka	Sesalni ventili so blokirani.	Potrebno je odstraniti in očistiti ventile.
	Kroglice ventilov in/ali sedež ventila so obrabljeni.	Zamenjajte kroglice ventilov in/ali sedež ventila.
	Ohišje črpalke in/ali delovna cev pušča.	Zamenjajte kroglice ventilov in/ali tesnila ventilov, če je to potrebno.
Hidravlična tekočina spremeni barvo (postane motna).	Poškodovana dvojna cevna membrana.	Ustavite črpalko in zamenjajte cevni membrani.
	Ni dovolj hidravlične tekočine.	Treba je dotočiti hidravlično tekočino.
Raven hidravlične tekočine se poveča ali zmanjša.	Napaka batnega tesnila.	Zamenjaj batno tesnilo.
Zmanjšan pretok	Tesnila ventilov in/ali kroglice ventilov so obrabljena.	Zamenjaj obrabljene predmete.

4.1 Nadzor membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

- Potrebno je redno vzdrževanje čistoče same membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 kot tudi njene okolice.
- Potrebno je nadzorovati temperature menjalnika, hidravličnega olja in temperature motorja, da ne pride do pregrevanja katere od teh komponent membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
- Potrebno je večkratno preverjanje stanja same membranske črpalke v proizvodnji. Ali je zvok delovanja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 normalen. Potrebno je preveriti tudi druge komponente membranske črpalke če so videti in slišati primerne za delovanje.
- Potrebno je pregledati tudi tesnenje same membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
- Pri zaustavitvi je potrebno preveriti izpravnost posameznih komponent, če so poškodovane ali so primerne za nadaljnje obratovanje.
- Redno je potrebno preverjati vijalne zveze na črpalki, da so tesno pritrjeni.
- Potrebno je nadzirati nivo hidravlične tekočine, ki je v prozornem rezervoarju na membranski črpalki SG 130 – 2 DS17. Nivo hidravličnega olja je določen na samem rezervoarju hidravličnega olja (minimum in maksimum).
- Nadzirati je potrebno barvo hidravličnega olja (FELUWA Company, 2019a).

5 VZDRŽEVANJE MEMBRANSKE ČRPALKE SG 130 – 2 DS17

5.1 *Menjava olja v menjalniku*

Olje v menjalniku membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 se menja po prvih 200 urah obratovanja, nato se hidravlično olje menja na vsakih 4000 delovnih ur membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.

Postopek menjave hidravličnega olja v menjalniku:

1. Potrebno izklopiti črpalko in jo zakleniti z varnostnim stikalom, tako, da onemogočimo morebiten ponovni zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
2. Pod kroglično pipo postavite veliko prazno posodo v katero bo lahko tekla hidravlična tekočina.
3. Potrebno je odstraniti oziroma razstaviti zaporni vijak skupaj s tesnilnim obročem.
4. Nato lahko odprete kroglično pipo skozi katerega bo tekla hidravlična tekočina iz menjalnika v posodo, ki ste jo pred tem nastavili pod kroglično pipo.
5. Olje v menjalniku čez kroglično pipo odteka približno od 5 – 10 min.
6. Ko olje preneha odtekat skozi kroglično pipo. Lahko kroglično pipo zaprete.
7. Nazaj namestite zaporni vijak skupaj s tesnilnim obročem.
8. Z odpadnim Oljem menjalnika je potrebno ravnati in skladiščiti z veljavnimi predpisi, ki se nanašajo na varnostni list in varstvo okolja.
9. Potrebno je razstaviti pokrov menjalnika kot tudi tesnilni obroč menjalnika.
10. Če vidimo, da je oljni filter potrebno zamenjati ga menjamo. Če pa je v dobrem stanju pa ni potrebe po menjavi oljnega filtra.
11. Nato se dolije novo hidravlično olje.
12. Nazaj sestavimo pokrov menjalnika in tesnilni obroč menjalnika.
13. Ko smo to storili je membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 spet pripravljena za ponovno obratovanje (FELUWA Company, 2019a).

5.2 Kako preveriti izpravnost pogonskih jermenov

Jermene je potrebno redno nadzirati, saj lahko v nasprotnem primeru, privede, do zmanjšane zmogljivosti črpalke, ki pa vodijo, do okvare membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Kako preverimo izpravnost pogonskih jermenov bom predstavil po vrstnem zaporedju.

1. Potrebno izklopiti membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 in jo zaklenemo z stikalom, tako da onemogočimo morebiten zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
2. Nato razstavimo zaščitno ohišje pogonskih jermenov, ki je namenjeno da ščiti posluževalca membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 pred rotirajočimi deli.
3. Potrebno je preveriti ali so jermeni dovolj napeti. Če niso jih moramo napeti saj v primeru, da niso dovolj napeti lahko pride do zdrsa jermenice in posledično skuri jermene.
4. Potrebno je tudi preveriti obrabljenost jermenov. V primeru da je jermen obrabljen ga je potrebno takoj zamenjati.
5. Ko smo vse pregledali in se prepričali, da je vse tako kot mora biti, nazaj namestimo zaščitno ohišje pogonskih jermenov.
6. Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 je tako pripravljena za nadaljnje obratovanje (FELUWA Company, 2019a).

5.3 Kako napnemo pogonske jermene membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Jermenske sklope moremo redno napenjati, saj v primeru, da so premalo napeti, lahko pride do vžiga jermenov ali poškodb membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.

1. Izklopimo membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 in jo zavarujemo pred ponovnim zagonom tako da črpalko zaklenemo na stikalu.
2. Razstavimo zaščitno ohišje pogonskih jermenov membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
3. Potrebno odviti vijake ,ki se nahajajo na drsnih tirnicah motorja
4. Nato motor premaknemo po tirnicah tako, da dosežemo želeno napetost jermenic membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
5. Pritegnemo vijake na drsnih tirnicah motorja.
6. Nazaj namestimo zaščitno ohišje pogonskih jermenov.

7. Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 je pripravljena za (FELUWA Company, 2019a).

5.4 Menjava hidravličnega olja membranske črpalke 130 – 2 DS17

Hidravlično olje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 moramo zamenjati 500 ur po prvem zagonu membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Nato pa konstantno na vsakih 6000 ur. Z redno menjavo hidravličnega olja se življenjska doba membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 podaljša. Hidravlično tekočino je potrebno menjati zaradi delcev, ki se pojavijo v sami hidravlični tekočini, ki pa so posledica obrabe komponent membranske črpalke. Z zamenjavo hidravličnega olja jih tako odstranimo iz sistema.

1. Potrebno izklopiti glavno stikalo membranske črpalke SG 130 – 2 DS17 in stisniti stikalo za izklop membranske črpalke, ki ga zaklenemo, da onemogočimo morebiten zagon membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
2. Potrebno odstraniti pokrov prozorne posode za hidravlično olje.
3. Odvijemo zaporni vijak in odstranimo tesnilni obroč.
4. Pod krogelno pipo nastavimo plastično veliko posodo.
5. Odpremo krogelno pipo in počakamo da hidravlično olje preneha teči.
6. Zapremo krogelno pipo
7. Bat membranske črpalke mora biti iztegnjen
8. Nazaj namestimo tesnilni obroč in privijemo zaporni vijak
9. Skozi prozoren rezervar za hidravlično olje nalijemo novo hidravlično olje
10. Nazaj sestavimo pokrov prozorne posode za hidravlično olje
11. Ko smo membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 napolnili z hidravlično tekočino, moramo prvo celoten hod bata črpalke izvesti ročno.
12. Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 je tako pripravljena za obratovanje (FELUWA Company, 2019a).

5.5 Zamenjava dvojne cevne membrane membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

Dvojno cevno membrano moramo menjati približno na vsakih 10000 delovnih ur ali 415 dni. S tem preprečimo poškodbe membrane, ki bi lahko povzročile resne poškodbe na batih

membranske črpalke SG 130 – 2 DS17, saj bi se prečrpana tekočina pomešala z hidravlično tekočino.

1. Ko membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 obratuje, črpalko najprej izperemo z vodo. Tako da vodo dovajamo na sesalni strani membranske črpalke, da speremo delovni prostor dvojne cevne membrane.
2. Nato izklopimo membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 in izklopimo glavno stikalo črpalke, ter stikalo zaklenemo tako, da še dodatno zavarujemo membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 pred ponovnim morebitnim zagonom.
3. Izpraznimo hidravlično tekočino.
4. Potrebno je razstaviti vstopni oziroma sesalni ventil in izstopni ventil membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
5. Razstavimo vstopne in izstopne prirobnice.
6. Nato dvojno cevno membrano odstranimo iz ohišja dvojne cevne membrane.
7. Novo dvojno cevno membrano vstavimo v ohišje dvojne cevne membrane.
8. Namestimo nova tesnila.
9. Prvo namestimo prirobnico na sesalni strani.
10. Nato namestimo prirobnico na izpustni strani.
11. Vstavimo vstopni in iztopni ventil.
12. Nalijemo hidravlično tekočino.
13. Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 je pripravljena za obratovanje (FELUWA Company, 2019a).

5.6 Menjava sesalnega in izstopnega povratnega ventila membranske črpalke SG 130 – 2 DS17

1. Membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 med obratovanjem spiramo z vodo tako, da prečistimo notranji prostor dvojne cevne membrane in povratna ventila (sesalni in izstopni ventil) membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.
2. Nato membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 zaustavimo in jo izklopimo. Stikalo izklopa zaklenemo tako, da onemogočimo morebiten ponovni zagon.
3. Demontiramo vstopni oziroma sesalni ventil in iztopni ventil membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.

4. Nato vsak ventil pregledamo ali je sedež ventila poškodovan, ali je poškodovana površina kroglice krogličnega ventila in preveriti tesnila ventilov.
5. Če je kateri od naštetih delov poškodovan ga je potrebno zamenjati z novim delom.
6. Nato nazaj sestavimo vstopni oziroma sesalni ventil in izstopni ventil. Paziti moramo, da ko ventile montiramo nazaj na membransko črpalko SG 130 – 2 DS17, da so poravnani na sredino.
7. Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 je pripravljena na novo obratovanje (FELUWA Company, 2019a).

6 RAČUNSKI PRIKAZ STROŠKOV ZA VIJAČNO ČRPALKO IN MEMBRANSKO ČRPALKO SG 130 – 2 DS17

Ker sem hotel dokazati, da so stroški za membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 na letni ravni bistveno nižji kot za vijačno črpalko, sem se odločil, da naredim izračun stroškov na letni ravni za obe črpalke. Tega sem se lotil tako, da sem izdelal tabelo, v kateri sem za vsako črpalko posebej napisal dele, ki predstavljajo strošek posamezne črpalke pri vzdrževanju na letni ravni. Nato sem v podjetju Silkem, d. o. o., pridobil podatke o nabavi rezervnih delov za vijačno črpalko in koliko krat na leto se posamezni deli morajo zamenjati. Pri vijačni črpalki imamo dva glavna dela, ki naneseta na letni ravni za vijačno črpalko visoko ceno vzdrževanja, saj se zaradi medija, ki ga v podjetju Silkem prečrpavajo z vijačno črpalko, hitro obrabljata stator in rotor vijačne črpalke. Ko sem pridobil podatke o ceni statorja in rotorja vijačne črpalke in na koliko časa se ta dva dela menjavata oziroma vzdržujeta, sem lahko izračunal letni strošek vzdrževanja za vijačno črpalko. Ker v podjetju Silkem membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni primerna za prečrpavanje medija zeolit 4A-HD, nisem mogel na istem principu kot za do tedaj uporabljeno vijačno črpalko izračunati stroškov vzdrževanja na letni ravni. Zato sem okvirne cene vzdrževanja na letni ravni izvedel od podjetja, ki proizvaja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Nato sem iz okvirnih cen vzdrževanja izračunal skupne letne stroške membranske črpalke na letni ravni. Ker so v podjetju Silkem imeli za vijačno črpalko NM045-06S v letnem poročilu vzdrževanja za leto 2020 samo podatek o menjavi statorjev, sem za ostale dele vijačne črpalke, ki jih je prav tako treba zamenjati oziroma vzdrževati, izvedel od vzdrževalne ekipe in nadrejenih, koliko krat je potrebna menjava ostalih komponent na letni ravni. Nato sem izračunal skupne letne stroške za vijačno črpalko NM045-06S in membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 ter ugotovil, da je na letni ravni vzdrževanje vijačne črpalke NM045-06S bistveno dražje od vzdrževanja membranske črpalke SG 130 – 2 DS17.

Poz.	Vrsta blaga-storitev	EM/kol	Cena v EUR / EM	Znesek v EUR brez DDV
1	Rotor črpalke VT NETZSCH NM045SY06S36B, id. 5071663	3 kos	2.346,00	7.038,00
2	Stator za VT črpalko Netzsch NM45SY06 id. 5181148	10 kos	2.146,00	21.460,00
3	Zaščitni obroč za VT črp., poz. 5425, id. 876399	10 kos	27,30	273,00
4	Puša varovalna, poz. 5115, id. 862314	10 kos	57,50	575,00
5	Manšeta, poz. 0030, id. 5165459	10 kos	36,30	363,00
6	Varovalni obroč, poz. 1035, id. 5065795	10 kos	50,50	505,00
7	Mehansko tesnilo za VT črpalko poz. 7010, (Stari id. 689543), id. 8016168	5 kos	477,00	2.385,00
8	O ring za VT črpalko 88x3,5 id. 517017	20 kos	13,90	278,00
	Cena delov			32.877,00

Slika 17: Cene rezervnih delov za visokotlačno vijačno črpalko NM045-06S

Vir: (Lasten vir)

Tabela 1: Menjava statorjev na letni ravni za visokotlačno vijačno črpalko NM045-06S

Leto	2020
Visokotlačna vijačna črpalka NM045-06S menjava statorjev	15

Vir: (Lasten vir)

Iz letnega poročila, ki so ga pripravili v podjetju Silkem, sem izvedel, koliko krat je bilo potrebno v letu 2020 zamenjati stator visokotlačne vijačne črpalke NM045-06S.

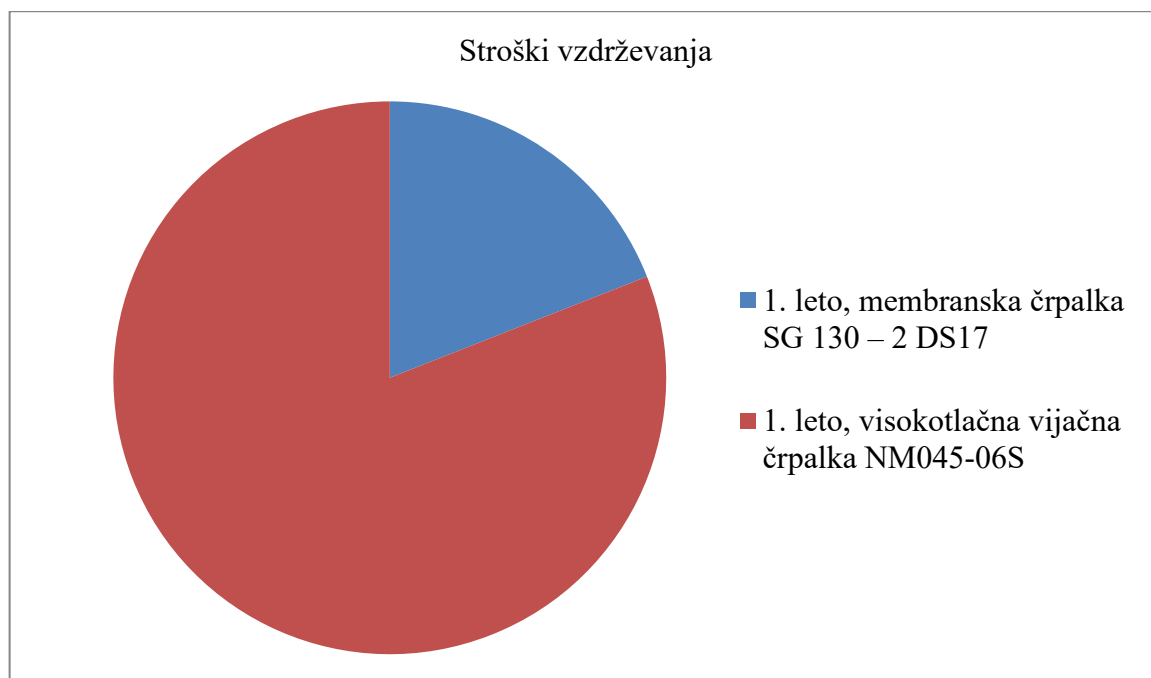
6.1 Izdelava tabele stroškov za visokotlačno vijačno črpalko NM045-06S in membransko črpalko SG 130 – 2 DS17

Tabela 2: Primerjava stroškov vijačne in membranske črpalke na letni ravni

Visokotlačna vijačna črpalka NM045-06S				Membranska črpalka SG 130 – 2 DS17		
Deli vijačne črpalke	Cena v EUR / kos	Količina na leto	Letni stroški	Deli membranske črpalke	Količina na leto	Cena v EUR / kos
Stator	2.146,00 €	15	32.190,00 €	Dvojna cevna membrana	1	5000
Rotor	2.346,00 €	5	11.730,00 €	Hidravlično olje		3000
Zaščitni obroč	27,30 €	5	136,5 €	Kroglični ventil	8	150
Puša varovalna	57,50 €	5	287,5 €	Tesnila ventilov	8	100
Manšeta	36,30 €	5	182,5 €	Sedež ventila	4	200
Varovalni obroč	50,50 €	5	252,5 €			
Mehansko tesnilo	477,00 €	2	954 €			
O ring za črpalko 88 x 3,5 mm	13,90 €	15	208,5 €			
Skupni letni stroški:			45.941,5 €			10.800 €

Vir: (Lasten vir)

6.2 Tortni prikaz stroškov vzdrževanja za visokotlačno vijačno črpalko in membransko črpalko SG 130 – 2 DS17



Slika 18: Grafični prikaz stroškov vzdrževanja v enem letu obratovanja črpalke

Vir: (Lasten vir)

S tortnim grafičnim prikazom sem hotel bolje ponazoriti razliko v stroških vzdrževanja za vsako črpalko posebej na letni ravni. Kot vidimo na tortnem grafikonu, so letni stroški vzdrževanja bistveno dražji za visokotlačno vijačno črpalko kot za membransko črpalko SG 130 – 2 DS17.

7 SKLEP

V projektni nalogi sem dosegel svoje zastavljene cilje. Moj glavni cilj je bil, da dokažem, zakaj membranska črpalka ne črpa medija (zeolit ZP-4A). Ugotovil sem, da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A iz dveh razlogov. Prvi razlog je ta, da ima membranska črpalka na izstopni strani nameščen blažilnik pretoka, ki zmanjša pulziranje pretoka. To pomeni, da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ne more zagotoviti konstantnega pretoka medija, saj se še vedno pojavi nihanje pretoka, kar pa v podjetju Silkem ni sprejemljivo, saj bi medij, ki bi ga membranska črpalka prečrpala, na stolpnem sušilniku povzročil težave zato, ker na šobah v stolpnem sušilniku ne bi imeli konstantnega vbrizga materiala. Ko sem se poglobil v delovanje in literaturo membranske črpalke SG 130 – 2 DS17, sem ugotovil, da ni primerna za črpanje medija z visoko viskoznostjo. Nato sem raziskal zeolit ZP-4A, ki ga membranska črpalka ni prečrpavala. Ugotovil sem, da ima medij visoko viskoznost, saj težko teče in je lepljiv, kar membranski črpalki onemogoča, da bi ga s pomočjo vakuumu posesala v samo črpalko. Hipotezo 1 sem dokazal s pomočjo izračunov in prikazal grafično primerjavo stroškov na letni ravni za membransko črpalko SG 130 – 2 DS17 in vijačno črpalko. Izkazalo se je, da je vzdrževanje za membransko črpalko bistveno cenejše kot za vijačno črpalko, saj se pri vijačni črpalki stator in rotor, ki sta največji strošek te črpalke, hitro obrabljata zaradi zeolita ZP-4A. Ker ima medij, ki ga želimo prečrpavati z membransko črpalko SG 130 – 2 DS17, visoko viskoznost in ker je material lepljiv, membranski črpalki onemogoča, da bi sama črpala medij (zeolit ZP-4A). Zato moramo pred membransko črpalko namestiti dodatno vijačno črpalko, ki bo ustvarila tlak od 2–2,5 bara (idealni tlak). Centrifugalna črpalka ni primerna, saj zeolit speni in doseže maksimalni tlak 1 bar, ki pa je premajhen za delovanje membranske črpalke SG 130 – 2 DS17. Edina možnost je, da pred membransko črpalko namestimo vijačno črpalko, ki lahko doseže idealni tlak od 2–2,5 bara. Ampak tudi s pomočjo dodatne vijačne črpalke in idealnega tlaka membranska črpalka ne deluje in ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A, saj doseže maksimalni pretoka 2m^3 , kar pa ni sprejemljivo za podjetje Silkem, saj podjetje zahteva pretok od $5\text{--}9\text{m}^3$. Zato sem hipotezo 2 o idealnem tlaku ovrgel. Hipotezo 3 sem potrdil, saj je vijačna črpalka primernejša za prečrpavanje medijev z visoko viskoznostjo, ki so lepljivi. Vijačna črpalka kljub visoki viskoznosti in lepljivemu mediju zlahka doseže želeni pretok od $5\text{--}9\text{m}^3$ in tlak 20 bar. Res so stroški na letni ravni dosti višji kot pri membranski črpalki SG 130 – 2 DS17, ampak ta ne deluje in ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A. V diplomski nalogi sem ugotovil dve ključni ugotovitvi, zakaj membranska črpalka SG 130 – 2

DS17 ne prečrpava materiala. Ugotovil sem, da membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 ni primerna za tekočine z visoko viskoznostjo, ki so lepljiva, kar se pri mediju zeolit ZP-4A pojavi. Ugotovil sem, da ima zeolit ZP-4A lastnosti tiksotropije, kar pomeni, da ima v mirovanju zelo veliko viskoznost, če pa ga mešamo, preide v medij manjše viskoznosti, kar pa membranski črpalki onemogoča, da bi skozi vstopni ventil s pomočjo vakuumu posesala material v delovni prostor membranske črpalke. Ugotovil sem tudi, da membranska črpalka ne bi bila primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A v podjetju Silkem tudi v primeru, da bi normalno delovala, saj zaradi batnega delovanja črpalke, ki ustvarja nadtlak in podtlak, v sami črpalki pride do neenakomernega pretoka medija. Zato ima membranska črpalka SG 130 – 2 DS17 nameščen na izstopni strani blažilnik pulziranja pretoka, ki ublaži nihanje pretoka. Kar bi pa pomenilo, da bi imeli na stolpnem sušilniku na šobah različen vbrizg samega materiala, česar pa nikakor ne želimo.

Moj prispevek z diplomsko nalogo je, da sem dokazal, kaj se zgodi v sami membranski črpalki SG 130 – 2 DS17, da ni primerna za prečrpavanje zeolita ZP-4A. Ugotovil sem, da črpalka ni primerna za prečrpavanje medijev, ki se hitro posedajo. Na področju prečrpavanja medijev, ki se hitro posedajo in medijev z visoko viskoznostjo vidim v prihodnosti izboljšave črpalk, ki bi omogočale manjše stroške vzdrževanja.

8 VIRI, LITERATURA

- Biluš, I. (2020). *Hidravlični turbinski stroji 1. Učbenik; neleposlovje za odrasle*. Maribor: Univerzitetna založba Fakulteta za strojništvo.
- Empowering Pumps & Equipment. (2020a). *Screw pumps*. Pridobljeno iz <https://empoweringpumps.com/?s=screw+pumps>
- Empowering Pumps & Equipment. (2020b). *Centrifugal pumps*. Pridobljeno iz <https://empoweringpumps.com/?s=+centrifugal+pumps>.
- FELUWA Company. (2019a). *Operation & maintenance manual - Double Hose-Diaphragm Pump SG 130 - 2 DSI7*. Mürtenbach: FELUWA Company.
- FELUWA Company. (2019b). *Steimel Gear Pumps and Pump Units*. Mürtenbach: Company FELUWA.
- FELUWA Company. (2019c). *Funktionsprinzip der FELUWA MULTISAFE® Doppel-Schlauchmembranpumpen*. Pridobljeno iz <https://www.youtube.com/watch?v=jxxLEbpL1pU&t=82s>
- FELUWA Company. (2020a). *Excellence in Pumps for the Chemical Industry*. Pridobljeno iz <https://www.feluwa.de/download-bereich>
- FELUWA Company. (2020b). *MULTISAFE Doppel-Schlauchmembranpumpen*. Pridobljeno iz <https://www.feluwa.de/download-bereich>
- Gemme Cotti. (2020). *HTM PP/PVDF magnetic drive centrifugal pumps*. Pridobljeno iz <http://www.gemmecotti.com/chemical-pumps/htm-pp-pvdf-mag-drive-centrifugal-pumps/>
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P. in Heald, C. C. (2000). *Pump handbook (3rd ed.)*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P. in Heald, C. C. (2007). *Pump handbook (4th ed.)*. New York: McGraw-Hill Education.
- Leban, I. (14. junij 2019). Pridobljeno iz Tikotropija: <https://www.dnevnik.si/1042889222>
- NETZSCH. (2019a). *NEMO® Progressing Cavity Pump in FSIP® Design*. Pridobljeno iz <https://pumps.netzsch.com/en/products-accessories/nemo-progressing-cavity-pump/fsip-design/>
- NETZSCH. (2019b). *NEMO® BY Progressing Cavity Pump in Industrial Design*. Pridobljeno iz <https://pumps.netzsch.com/en/products-accessories/nemo-progressing-cavity-pump/by/>
- NETZSCH. (2020). Pridobljeno iz Geometrical Models of the Progressing Cavity Pumps: <https://pumps.netzsch.com/en/products-accessories/nemo-progressing-cavity-pump/627/>

- Peskiadmin. (2020). *Črpalke po načelu delovanja. Centrifugalne črpalke: naprava, princip delovanja, prednosti in slabosti*. Pridobljeno iz <https://peskiadmin.ru/sl/nasosy-po-principu-deistviya-centrobezhnye-nasosy-ustroistvo-princip.html>
- Predin, A. in Biluš, I. (2005). *Hidravlični stroji 1*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Silkem d. o. o. (2021a). *Interno gradivo*. Kidričevo: Silkem d. o. o.
- Silkem d. o. o. (2021b). *Predstavitev podjetja*. Pridobljeno iz <http://silkem.si/sl/onas/o-nas>
- Silkem d. o. o. (2021c). *Zeoliti*. Pridobljeno iz <http://silkem.si/sl/proizvodi/29-zeoliti>.
- Smrdu, A. (2009). *Kemija. Snov in spremembe 2: učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazije*. Ljubljana: Jutro.
- Škerget, L. (1994). *Mehanika tekočin*. Maribor: Tehniška fakulteta.