



## Permeacija amonijaka u poluzavarenim pločastim izmenjivačima toplote

# Sadržaj

1 Uvod.....	3
2 Šta je permeacija?.....	3
2.1 Difuzija u okolni vazduh.....	5
3 Koliko amonijaka se propušta?.....	5
3.1 Empirijski testovi.....	5
3.2 Primer obračuna.....	7
3.3 Kako različiti dizajn ploče utiče na detekciju.....	8
4 Zaključak.....	10

## Rezime

Poluzavareni pločasti izmenjivači toplote su savršen izbor za različite rashladne sisteme. Operatori ponekad primećuju blag miris amonijaka i brinu da je možda došlo do propuštanja. U ovom članku ćemo pokazati da je u većini slučajevima miris posledica prirodnog procesa koji se zove permeacija, prilikom kog male količine amonijaka prolaze kroz čvrste zaptivke koje se nalaze oko otvora.

Ljudi mogu da namirišu amonijak na nivou od oko 5 ppm. Preporuka u industriji rashladnih uređaja je da se u prostoriji sa postrojenjem uvek instaliraju detektori za amonijak sa ranom dojavom podešeni na nivou 50-300 ppm i dojava o curenju pri 500-1000 ppm. U normalnom sistemu, iznos amonijaka koji prolazi u spoljni vazduh je daleko ispod preporučenih nivoa dojava i ne predstavlja opasnost po zdravlje operatora ili po rad opreme.

Poređenje različitih modela izmenjivača toplote merenjem koncentracije amonijaka na vrhu paketa ploča je besmisleno, zbog razlika u dizajnu ploča. Zbog različitog oblika direktno poređenje je nemoguće.

Takva poređenja su besmislena, jer su jedini faktori koji stvarno utiču na stopu permeacije (pod identičnim uslovima rada) širina zaptivki i materijal od kog su napravljene. Jedini način da se umanjí permeacija je da se pažljivo biraju zaptivke, jer se različiti gumeni materijali veoma razlikuju po propustljivosti.

Kontaktirajte vaše Alfa Lava predstavništvo ako imate nekih pitanja ili biste želeli da porazgovarate o tome kako da izaberete najbolje izmenjivače toplote i zaptivke za određenu namenu.

# 1. Uvod

Poluzavareni izmenjivači toplote su savršen izbor sa veliki broj rashladnih sistema i nude prednosti, kao što su savršena efikasnost prenosa toplote, lako proširenje kapaciteta i visoka otpornost na zamor.

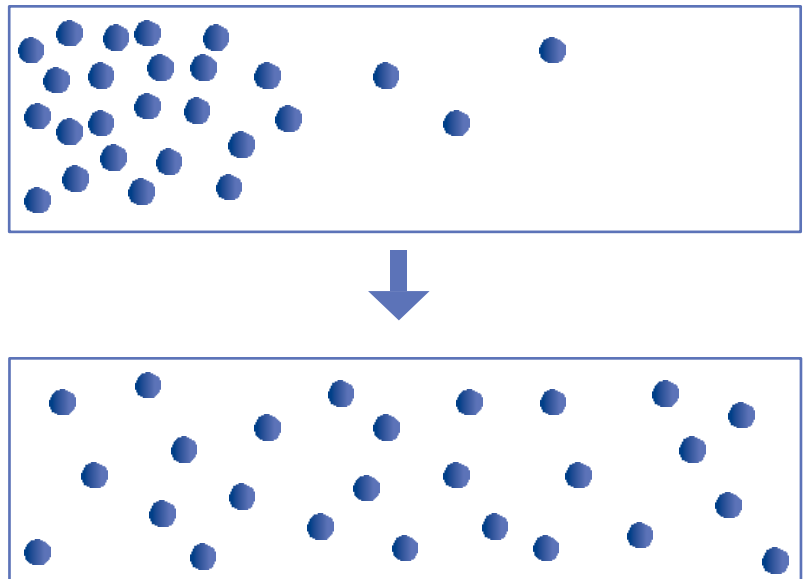
Amonijak je uobičajeno rashladno sredstvo i koristi se za različite namene. U pojedinim slučajevima operatori primećuju slab miris kada se nalaze veoma blizu do izmenjivača toplote, pa počinju da brinu da zaptivke propuštaju.

U ovoj beloj knjizi ćemo pokazati da je miris posledica prirodnog procesa koji se naziva permeacija, a ne neispravne zaptivke. Pokazaćemo i da je količina amonijaka koja se ispušta u okolinu veoma niska i da nije štetna.

# 2. Šta je permeacija?

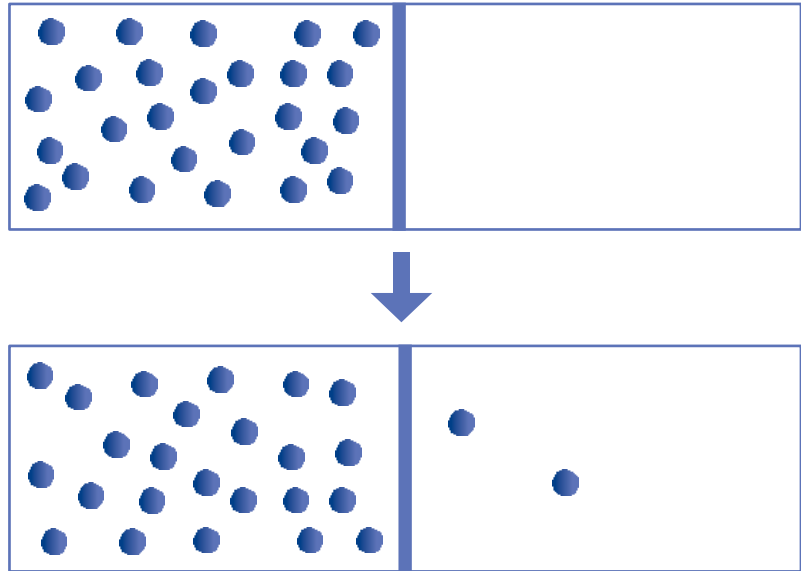
Permeacija je prolazak tečnosti, gasa ili pare kroz čvrst materijal. To je prirodan proces, prilikom kog molekuli prolaze kroz materijal i ne treba ga mešati sa propuštanjem kroz pukotine, otvore ili šupljine.

Permeaciju proizvodi razlika u koncentracijama. Prema prirodnim zakonima sve supstance teže da se ravnomerno raspoređuju i teže izjednačenju razlika u koncentraciji. Molekuli iz oblasti sa visokom koncentracijom će se kretati ka oblastima sa nižom koncentracijom sve dok se razlika ne izjednači. Opštiji pojam od permeacije je difuzija, a jedan od primera iz svakodnevnog života se vidi kada sipate mleko u kafu. Mleko se na kraju potpuno pomeša sa kafom zahvaljujući difuziji.

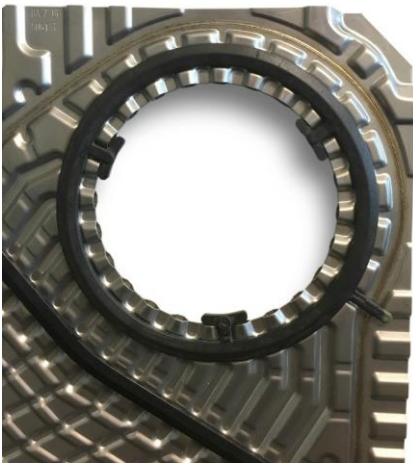


Slika 1 Sve razlike u koncentraciji izazvane dodavanjem supstance u zatvorenu posudu će se na kraju izjednačiti. Atomi ili molekuli će se nasumično kretati sve dok koncentracija ne postane homogena. Primer iz svakodnevnog života je mešanje mleka sa kafom.

Ako postoji čvrsta prepreka između oblasti sa različitim koncentracijama i dalje dolazi do procesa difuzije, ali se on odvija sporije. Ovaj proces se naziva permeacija.



Slika 2 Permeacija je difuzija kroz čvrstu prepreku.



Slika 3 Amonijak prolazi kroz zaptivne prstenove poluzavarenog izmenjivača toplote. Permeacija se umanjuje izborom optimalnog polimera za zaptivku, pri čemu se uzimaju u obzir permeabilnost, radna temperatura i radni pritisak.

Neki parametri koji utiču na brzinu permeacije su razlika u koncentraciji, temperatura i permeabilnost čvrstog materijala. Različiti materijali imaju različitu permeabilnost; na primer, polimeri su permeabilniji od metala.

Među materijalima na bazi polimera, guma obično ima veću permeabilnost od plastike, ali postoje velike razlike zavisno od tipa polimera, njegove strukture, morfologije, količine punjenja, vrste punjenja, itd.

Kod poluzavarenog pločastog izmenjivača toplote (SWPHE) gde je kanal ispunjen amonijakom, postoji visoka koncentracija amonijaka u unutrašnjosti, a zanemarljiva koncentracija spolja. To će neizostavno dovesti do permeacije u određenom stepenu. Permeacija kroz metal je nula u svakom praktičnom smislu. Ali prstenasta zaptivka napravljena od materijala na bazi polimera će neizbežno propustiti neku količinu amonijaka.

Koncentracija amonijaka u izmenjivaču toplote će ostati 100%, a spolja će biti oko 0%. Temperatura će takođe tokom rada ostati konstanta, što će dovesti do konstante brzine permeacije.

Unutar materijala zaptivke, molekuli amonijaka se kreću ka spolja. Koncentracija amonijaka je najviša na unutrašnjoj površini zaptivke i postepeno opada ka spolja. Ovaj gradijent koncentracije je sila koja pokreće permeaciju unutar zaptivke.

## 2.1 Difuzija u okolni vazduh

Nakon prolaska kroz zaptivku, molekuli amonijaka dolaze u vazduh oko SWPHE. Koncentracija amonijaka će biti najviše u blizini zaptivke, a opadaće sa udaljavanjem od izmenjivača toplote.

Ova razlika u koncentraciji povlači molekule dalje od SWPHE u prostoriju usled difuzije. Ali sada se difuzija odvija u vazduhu, a ne u čvrstom materijalu.

Distribucija molekula amonijaka u sobi je potpomognuta kretanjem vazduha. Cirkulacija vazduha je najniža u blizini zaptivke zbog oblika saća, koji stvara delimično zatvoren prostor. Rezultat toga je da je koncentracija amonijaka viša na ivici izmenjivača toplote.

Koncentracija amonijaka u prostoriji značajno opada sa udaljavanjem od SWPHE i na svega nekoliko centimetara je zanemarljiva.

## 3. Koliko amonijaka se propušta?

Kompanija Alfa Laval je razvila metod za izračunavanje očekivane količine amonijaka koja se ispušta iz poluzavarenog izmenjivača toplote pri normalnim uslovima rada.

Izradili smo opremu za testiranje koja može da izmerni permeaciju za propisani broj zaptivnih prstenova, a zatim možemo izmerene podatke da iskoristimo da izračunamo brzinu permeacije za različite konfiguracije izmenjivača toplote.

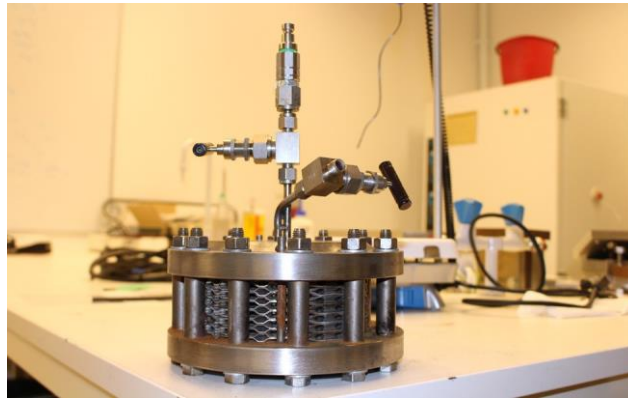
### 3.1 Empirijski testovi

Standardna procedura koju koristimo za merenje permeacije je sledeća:

1. Šest isečaka sa otvorima iz M10-BW ploča se postave jedan na drugi, kao da su montirani na izmenjivač toplote. Između isečaka ploča se postavljaju zaptivni prstenovi napravljeni od materijala koji se ispituje.



Slika 4 Kompanija Alfa Laval je razvila metod za testiranje permeabilnosti zaptivki na izmenjivačima toplote. Zaptivke se postavljaju na opremu za testiranje, a oprema se puni amonijakom pod pritiskom. Merenjem smanjenja težine sa protokom vremena može se izračunati godišnja brzina permeacije.



2. Složene ploče se postavljaju na opremu za testiranje i komprimuju da bi se primenio tačan pritisak na zaptivke.
3. Slog sa test primercima se puni amonijakom. Na sobnoj temperaturi pritisak amonijaka je 8,5 bara.
4. Težina opreme se meri sa protokom vremena kako bi se pratilo smanjenje težine usled permeacije amonijaka.

Ovim testom se utvrđuje gubitak amonijaka usled permeacije kroz šest zaptivki tokom određenog vremenskog perioda. Ponovljenim testiranjem sa drugim tipovima zaptivki dobijamo tabelu sa gubitkom amonijaka usled permeacije u gramima na godišnjem nivou i zaptivki po vrstama zaptivki, videti tabelu 1.

Tabela 1 Permeacija u g/godini po zavarenoj ploči za različite vrste zaptivki.

Permeacija kroz zaptivke koje se koriste sa amonijakom i standardnim mineralnim uljem u rashladnim sistemima		
Vrsta ploče: M10-BW		
Kvalitet zaptivnog prstena:	Permeacija u g/godini po kaseti pri pritisku od 8,5 bara i sobnoj temperaturi	Temperaturni opseg za zaptivke pri radu (°C)
CR (Hloropren)	6	-30 do +110
NBR-LT	50	-45 do +20
HNBR	22	-10 do +160
EPDM za NH3 + PAG ulje	5	-25 do +135
FEPM-AL	6	+10 do +160

Permeacija u poluzavarenim izmenjivačima toplote sa drugim vrstama ploča i dimenzijama otvora može da se izračuna množenjem faktorom koji odgovara razlici u prečniku zaptivki. Ova dva faktora su prikazana u tabeli 2.

Tabela 2 Permeacija iz drugih vrsta ploča se lako izračunava množenjem faktorom koji odgovara razlici u prečniku zaptivki.

Faktori permeacije za ploče koje nisu M10-BW	
Jedinica	Faktor konverzije
T10-EW	0,7
MK15-BW	1,4
TK20-BW	1,9
T20-BW	1,9

## 3.2 Primer obračuna

Koliko amonijaka se propušta u tipičnoj instalaciji grejne pumpe?

U ovom primeru ćemo pokazati kako se izračunava ukupna količina amonijaka koja se propušta tokom jedne godine.

U ovom primeru jedan SWPHE kompanije Alfa Laval se koristi kao isparivač, a drugi kao kondenzator.

### Specifikacije isparivača

- Model: Alfa Laval MK15-BWFDR
- Broj kaseti: 57
- Materijal zaptivke: CR

### Specifikacije kondenzatora

- Model: Alfa Laval M10BW-FT
- Broj kaseti: 68
- Materijal zaptivke: HNBR

U tabelama 1 i 2 dati su svi podaci neophodni za obračun.

Permeacija iz isparivača =

6 g/godini (vrednost za CR po kaseti) x 1,4 (faktor za MK15-BW) x  
57 (ukupan broj kaseti) = 479 g/godini

Permeacija iz kondenzatora = 22 g/godini (vrednost za HNBR) x  
68 (ukupan broj kaseti) = 1.496 g/godini

**Ukupna permeacija = 1.496 + 479 = 1.975 g/godini.**

To znači da je dnevna permeacija 5,4 g/dan.

To je uporedivo sa emisijom amonijaka ljudskih bića, koja iznosi oko 17 g/dan.

Drugim rečima, očekivana permeacija je veoma niska i daleko ispod bezbednosnih limita.

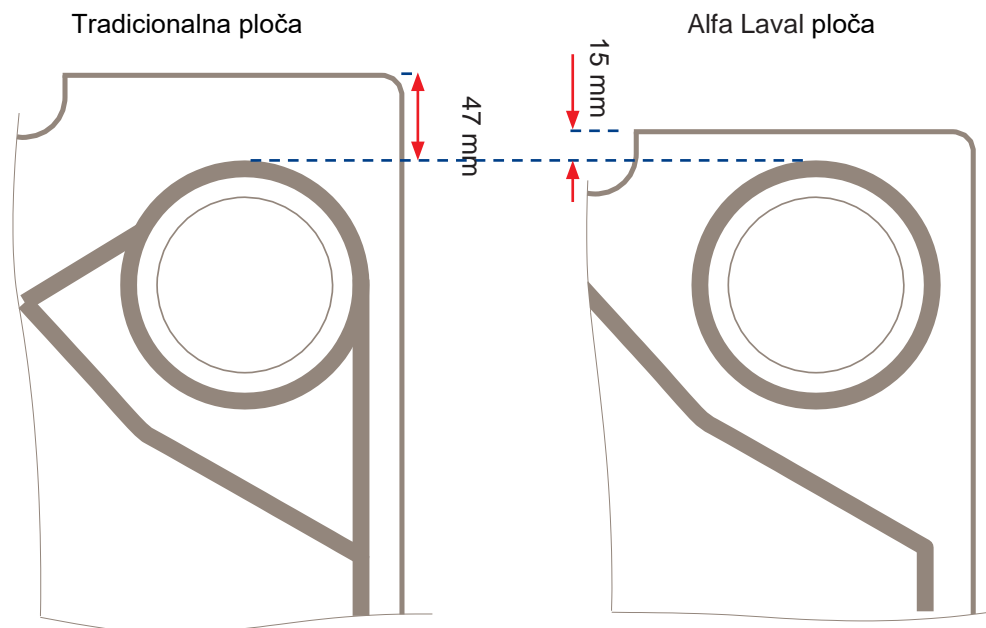
### 3.3 Kako različiti dizajn ploče utiče na detekciju

Različiti proizvođači izmenjivača toplote koriste ploče različitog dizajna, što može da utiče na doživljaj mirisa i koncentracije amonijaka odmah do izmenjivača toplote.

Ako se uporede dva poluzavarena izmenjivača toplote u istim uslovima rada i sa istim veličinama otvora, glavni faktor koji utiče na permeaciju je materijal zaptivke. Dakle, da bi se umanjila permeacija veoma je važno pažljivo izabrati optimalni materijal za zaptivku, uzimajući pri tom u obzir permeaciju i uslove rada.

Oblik ploča oko otvora utiče na koncentraciju amonijaka na ivici paketa ploča. Ako i ako je ukupna permeacija ista, lokalna koncentracija može da varira. Što je manja udaljenost od zaptivnog prstena do okolnog vazduha, to je veća lokalna koncentracija na ivicama izmenjivača toplote u poređenju sa pločama kod kojih je ta udaljenost veća.

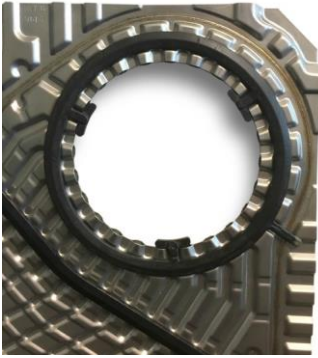
Ploče kompanije Alfa Laval su dizajnirane za maksimalno mehaničko opterećenje, malu težinu i uz minimalnu upotrebu materijal, zbog čega je udaljenost između zaptivnog prstena i ivice ploče manja u poređenju sa pločama drugih proizvođača. Na slici 5 prikazana je razlika između ploče kompanije Alfa Laval i tradicionalne ploče.



Slika 5 Zbog razlike u dizajnu ploča udaljenost od zaptivnog prstena do ivice pakovanja ploča može značajno da varira. To znači da merenja na gornjoj ivici pakovanja ploča neće biti direktno uporediva.



---



Slika 5 Jedinstveni oblik saća ploča koje proizvodi kompanija Alfa Laval ojačava ploče i omogućava smanjenje udaljenosti između otvora i ivice ploče.

U slučaju sa Slike 5, Alfa Laval ploča je 32 mm kraća, zbog čega je koncentracija amonijaka na ivici paketa ploča veća, jer je amonijak ima manju udaljenost za difuziju u okolni vazduh.

Jačina ploča kompanije Alfa Laval je rezultat oblika saća koji se širi skroz do ivice ploče. Pri povezivanju ploča, na taj način se formiraju mali džepovi vazduha koji onemogućavaju slobodno kretanje vazduha oko zaptivnog prstena. Na taj način se dodatno povećava lokalna koncentracija amonijaka u poređenju sa dizajnom ploča koje nisu oblika saća.

Zbog toga su poređenja između različitih izmenjivača toplote netačna. Jedino što se može porediti od faktora koji prave razliku je materijal izrade zaptivke. Merenja mogu dovesti do zablude, jer se i udaljenost između zaptivnog prstena i ivice ploče i cirkulacija vazduha oko zaptivke značajno razlikuju.

Ako biste želeli da napravite grubo poređenje trebalo bi da izvršite merenje permeacije na jednakim udaljenostima od zaptivnog prstena. U navedenom primeru, to bi značilo izvršiti merenje na 32 mm iznad pakovanja ploča Alfa Laval.

## 4. Zaključak

U ovoj beloj knjizi se govori o uzrocima permeacije amonijaka u poluzavarenim izmenjivačima koji se koriste za hlađenje.

Pokazali smo da je permeacija prirodan i neizbežan proces, koji nije povezan sa curenjem i koji ni na koji način ne utiče na rad niti na zdravlje operatora.

Poređenje merenja amonijaka napravljenih na ivicama pakovanja ploča na različitim modelima poluzavarenih izmenjivača toplote je besmisleno zbog razlika u obliku ploča. Jedini način da se umanjí permeacija je da se pažljivo izabere najbolji materijal zaptivke za postojeće uslove rad.

Pokazali smo i kako možete da izračunate količinu amonijaka koja se propušta na godišnjem nivou i da standardni sistem emituje otprilike isti iznos amonijaka kao ljudsko biće.

## O kompaniji Alfa Laval

Alfa Laval je vodeći svetski dobavljač specijalizovanih proizvoda i inženjerskih rešenja zasnovanih na ključnim tehnologijama prenosa toplote, separacije i rada sa fluidima.

Oprema, sistemi i usluge kompanije su namenjeni da pomognu klijentima da optimizuju performanse svojih procesa. Rešenja im pomažu da greju, hlade, razdvajaju i transportuju proizvode u delatnostima koje se bave proizvodnjom prehrambenih proizvoda i pića, hemikalija i petrohemijom, farmaceutskim proizvodima, skrobom, šećerom i etanolom.

Proizvodi kompanije Alfa Laval se takođe koriste u elektranama, na brodovima, za istraživanje nafte i gasa, u mašinskoj industriji, u rudarstvu i za tretman otpadnih voda, kao i za kućne klima i rashladne uređaje.

Globalna organizacija kompanije Alfa Laval blisko saraduje sa kupcima iz skoro 100 zemalja kako bi im pomogla da ostane ispred konkurencije na svetskoj areni.

Kompanija Alfa Laval je kotirana na berzi Nasdaq OMX i u 2016 zabeležila je godišnje prihode od prodaje od oko SEK 35,6 milijardi (oko 3,77 milijardi evra). Kompanija ima oko 17 000 zaposlenih.

### Kako da kontaktirate Alfa Laval

Najnoviji Alfa Laval kontakt podaci za sve zemlje se uvek mogu naći na našoj internet stranici [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)



100000108 -1-EN 1801

---

### Kako da kontaktirate Alfa Laval

Kontakt podaci za sve zemlje se neprekidno ažuriraju na našoj internet stranici. Posetite [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com) da biste neposredno pristupili informacijama.