

# POROVNÁNÍ MODULŮ V PROCESU MEMBRÁNOVÉ DESTILACE S VYUŽITÍM NANOVLÁKENNÉ MEMBRÁNY

Tomáš Dufek, Michal Komárek, Luboš Mrkva

Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace | Technická univerzita v Liberci | Bendlova 1409/7 | 461 17 Liberec

E-mail: tomas.dufek@tul.cz

## Úvod

Membránová destilace (MD) je separační proces, který je na rozdíl od běžných tlakových procesů řízený teplotním gradientem. Skrz membránu prostupují pouze molekuly páry. MD se jeví jako slibná technologie v procesu odsolování vysoce koncentrovaných roztoků a čištění odpadních vod. Výhodou procesu MD je především provoz systému při nízkých tlacích. Naopak hlavní omezení spočívá v menším toku skrz membránu než u běžných tlakových procesů a membrána je náchylná ke smáčení. Dalším faktorem ovlivňujícím výkon procesu MD je vlastní membránový modul, respektive jeho design.

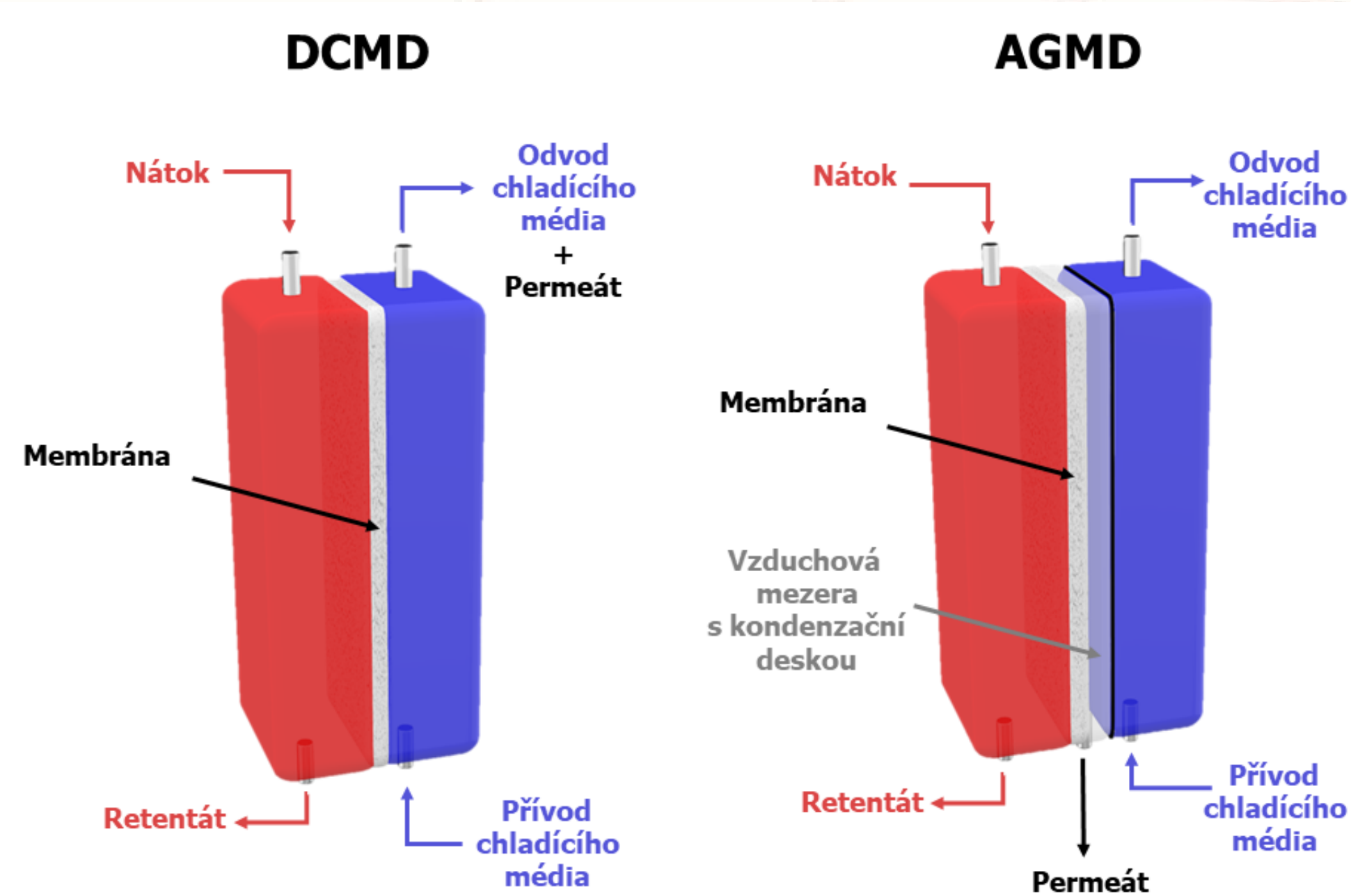
## Metodika testů

Laboratorní jednotka se skládá z membránového modulu, peristaltického čerpadla s obousměrnou rotační hlavou, termostatů udržujících požadované teploty s deskovými výměníky tepla, digitálních vah zaznamenávajících kontinuální přírůstek hmotnosti a sond měřících vodivost pro získání vyloučení soli (obr. 1).



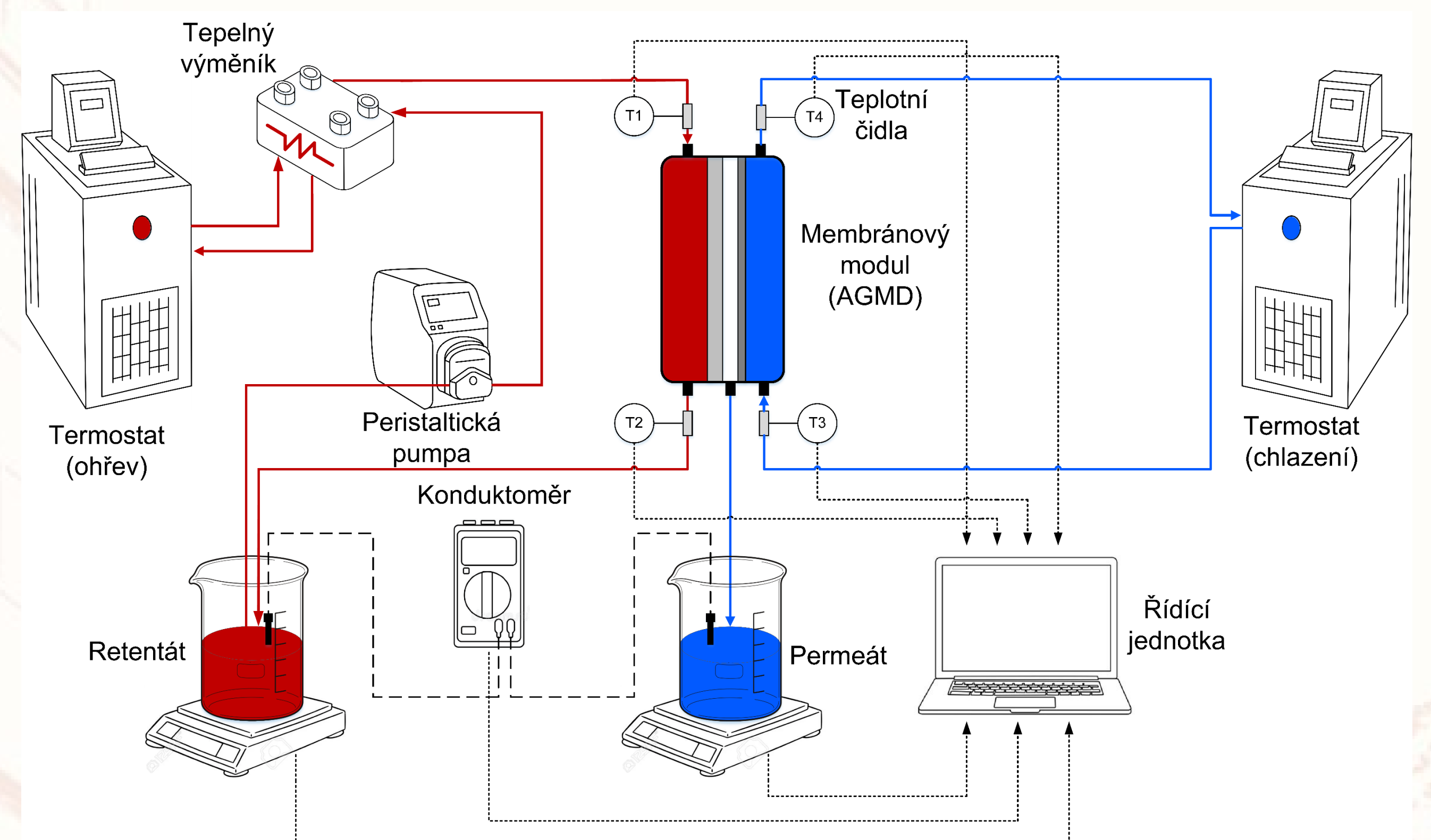
Obr. 1: Laboratorní jednotka membránové destilace (DCMD).

Dvě různé konstrukce membránových modulů byly porovnány v separačních testech: modul v kontaktním režimu (DCMD) a modul se vzduchovou mezerou (AGMD). V DC modulu je membrána v přímém kontaktu s vodou chladicího okruhu a molekuly páry kondenzují v chladicí kapalině. V AG modulu je mezi membránou a kondenzační deskou vzduchová mezera a pára kondenzuje na této desce, nikoli přímo na membráně. Permeát opouští modul samostatným výstupem (obr. 2).



Obr. 2: Konfigurace modulů MD: modul v kontaktním režimu (DCMD), modul se vzduchovou mezerou (AGMD).

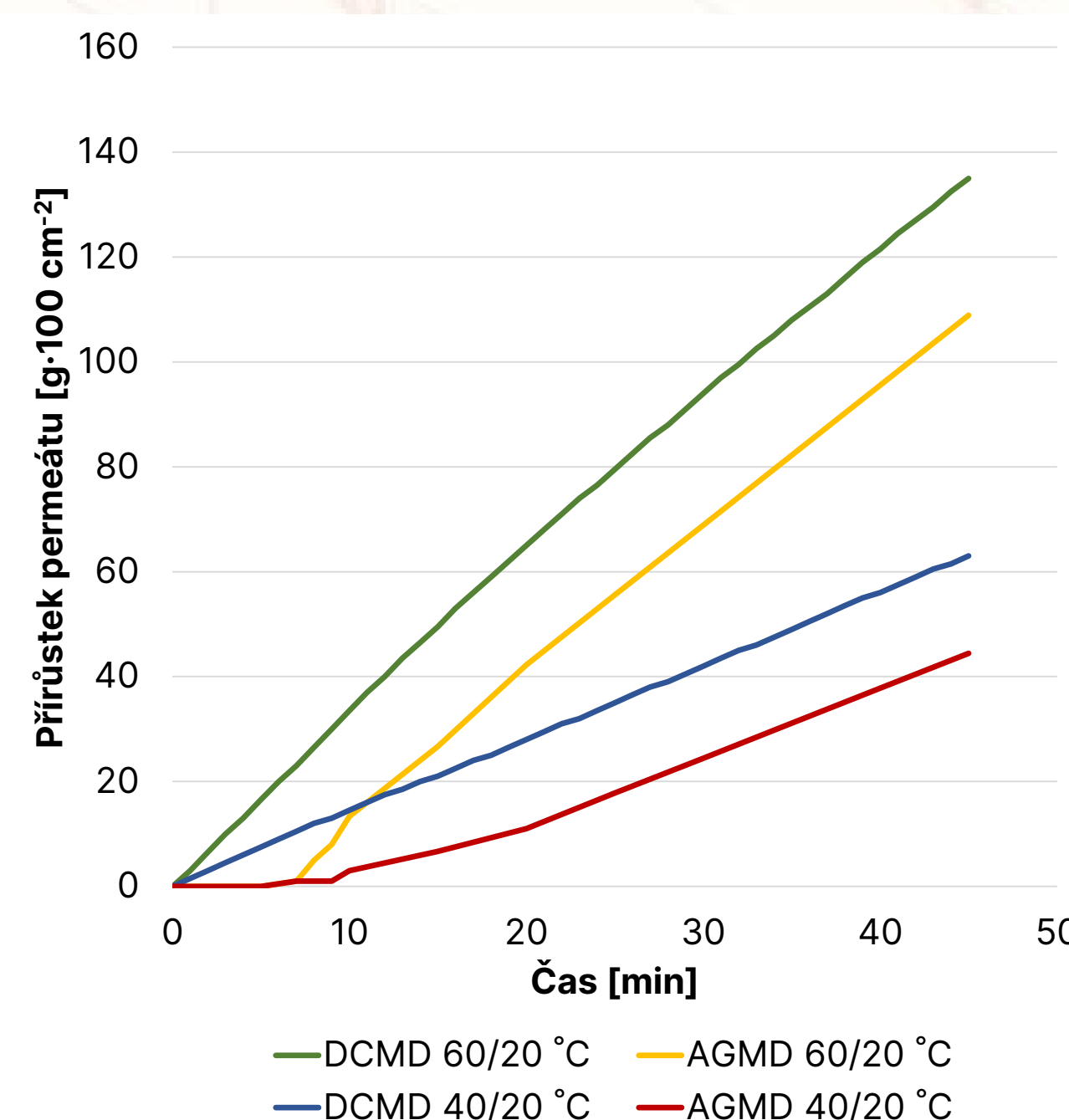
Byly provedeny stejné testy s oběma moduly se shodně připravenou membránou – PVDF nanovláknou membránou o hmotnosti 3 gsm vyrobenou stejnosměrným elektrostatickým zvlákněním. Jako nátok byl použit solný roztok o koncentraci  $0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  v případě krátkodobých testů a  $0,25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  pro testy střednědobé. Všechny testy s termostatem chlazení nastaveným na  $20^\circ\text{C}$  při stejném průtoku  $0,75 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nátok byl zahříván na  $60$  a  $40^\circ\text{C}$ . Během testů byly měřeny hodnoty LMTD, tok a retence soli.



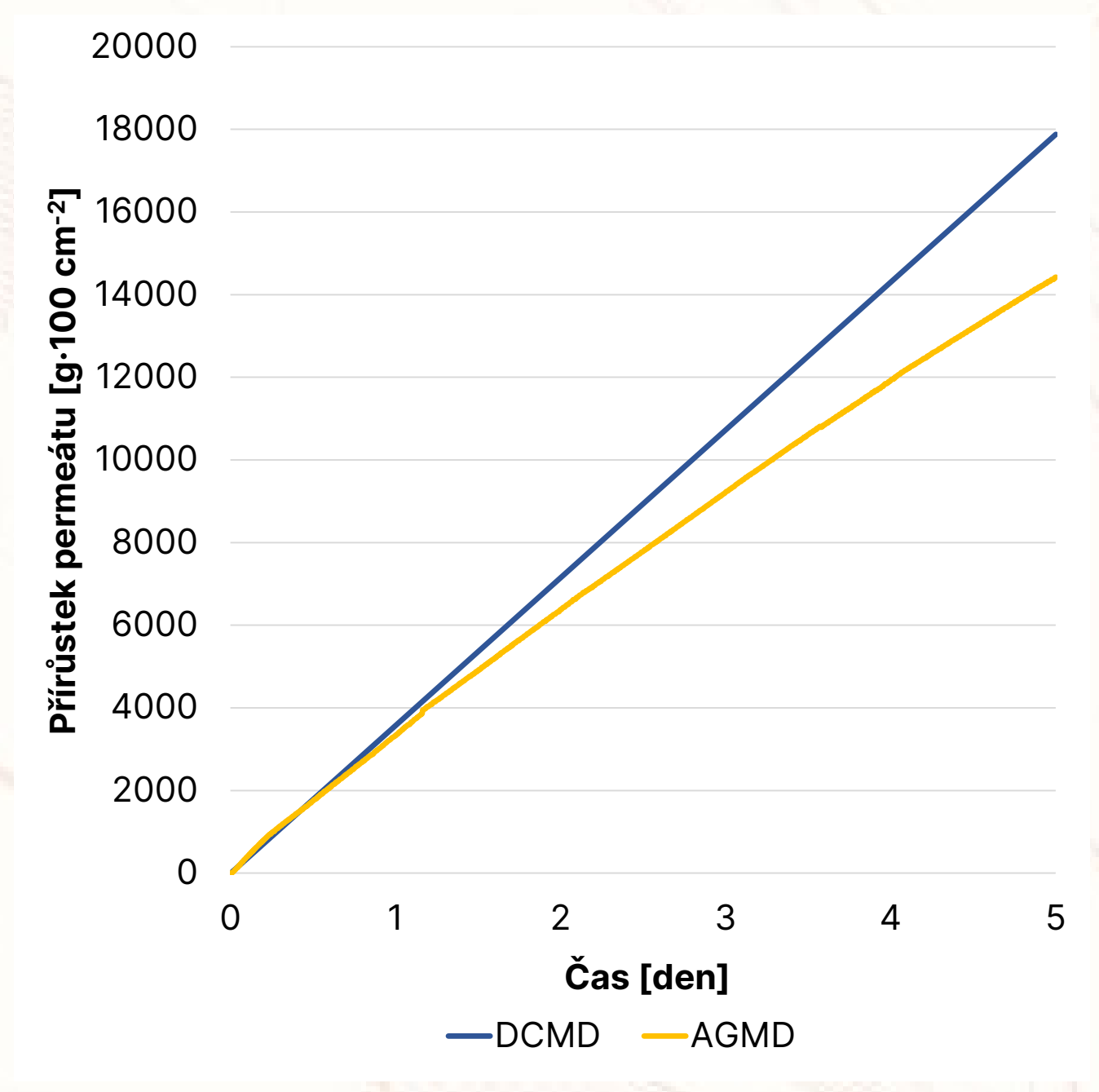
Obr. 3: Schéma laboratorní jednotky (AGMD).

## Výsledky

Při krátkodobých (45 minutových) testech filtrace bylo u DC modulu dosaženo vyššího fluxu. Flux v AG modulu se stejným teplotním gradientem však nebyl výrazně nižší než v modulu DC (tab. 1) a vykazoval nižší tepelné ztráty (vyšší hodnoty LMTD).



Obr. 4: Krátkodobé separační testy.



Obr. 5: Střednědobé separační testy.

U AG modulu nějakou dobu trvá, než začne pára ve vzduchové mezeře kondenzovat, jak je znázorněno na obr. 4, zejména při nižších teplotách nátoku. Průměrné hodnoty fluxu byly vypočteny poté, co testy nějakou dobu probíhaly, aby bylo zabráněno zkreslení způsobenému tímto pomalejším startem. Flux u střednědobých (5 dnů) testů byl také vyšší u DC modulu. Na začátku však nebyl žádný významný rozdíl v nárůstu permeátu, jak ukazuje obr. 5.

Tab. 1: Výsledky provedených separačních testů.

Modul	Teplota nátoku [ $^\circ\text{C}$ ]	LMTD [ $^\circ\text{C}$ ]	Flux [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	Retence [%]
AGMD	60	28,4	16,2	97,7
	40	16,1	8,1	99,7
DCMD	60	13,2	18,1	99,8
	40	8,5	9,3	99,9
<b>Střednědobé testy</b>				
AGMD	60	28,4	11,6	99,8
DCMD	60	18,2	14,9	98,5

## Shrnutí

Nejvyššího fluxu bylo dosaženo u DC modulu ve všech provedených testech. Rozdíl oproti AG modulu ale nebyl velký při zohlednění nižších tepelných ztrát u AG modulu. Retence soli neklesla pod 97 % ve všech filtračních testech. Kromě větší tepelné efektivity je další výhodou AG modulu skutečnost, že se permeát nemíchá s chladícím roztokem.