

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA FARMACEUTICKÉ TECHNOLOGIE

VNITŘNÍ VISKOZITA A MEZIPOVRCHOVÉ  
NAPĚTÍ ROZTOKŮ POLYESTEROVÝCH A  
POLYESTERAMIDOVÝCH NOSIČŮ LÉKŮ

Rigorózní práce  
2009

Mgr. Martina Šanderová

Konzultant rigorózní práce: Doc. RNDr. Milan Dittrich, CSc.

Děkuji Doc. RNDr. Milanu Dittrichovi, CSc. Za odborné konzultace a rady poskytované během rigorózní práce.

Prohlašuji, že jsem rigorózní práci vypracovala samostatně za použití níže uvedené literatury.

## **Abstrakt**

**Viskozita a mezipovrchové napětí roztoků polyesterových a polyesteramidových nosičů léků**

**Student: Mgr. Martina Šanderová**

**Vedoucí rigorózní práce: Doc. RNDr. Milan Dittrich, CSc.**

**Katedra farmaceutické technologie, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Univerzita Karlova v Praze, Česká republika**

Byla studována povrchová aktivita a vnitřní viskozita roztoků nosičů typu polyesterů a polyesteramidů. V teoretické části práce je pozornost věnována základním informacím o viskozitě jako jevu, povrchové aktivitě roztoků polymerů, biodegradabilních polymerech a jejich vlastnostech a polyesterech alifatických hydroxykyselin. V experimentální části byla hodnocena viskozita a mezipovrchové napětí různě koncentrovaných roztoků nosičů v chloroformu. Mezipovrchové napětí bylo měřeno Wilhelmyho destičkovou metodou a vnitřní viskozita byla vypočtena z kinematické viskozity z jednobodových údajů metodou podle Solomon Ciuta. Bylo prokázáno, že všechny studované oligomerní a polymerní sloučeniny jsou povrchově aktivní. Mezipovrchové napětí mezi vodnou a chloroformovou fází je ovlivněno molekulovou hmotností sloučenin, jejich stupněm větvení, flexibilitou řetězce a jejich koncentrací. Bylo prokázáno, že výpočet vnitřní viskozity metodou podle Solomon Ciuta není vhodnou metodou pro stanovení vnitřní viskozity vzhledem k jejich závislosti na hodnotách kinematické viskozity v celém souboru vzorků nosičů.

## **Summary**

**Viscosity and interfacial tension of the solutions of polyesters and polyesteramides carriers of drugs.**

**Student: Mgr. Martina Šanderová**

**Tutor: Assoc. Prof. Dr. Milan Dittrich, PhD.**

**Depart od Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmacy in Hradec Králové, Charles University in Prague, Czech Republic**

Surface activity and intrinsic viscosity of the solutions of various carriers of the type of polyesters and polyesteramides were studied. The theoretical part of the thesis is focused on the basic informations concerning viscosity as phenomenon, surface activity of the solutions of polymers, biodegradable polymers and their properties, and polyesters of aliphatic hydroxyacids. In the experimental part of the thesis was evaluated viscosity and interfacial tension of the solutions of various carriers in chloroform used as solvent. Interfacial tension was measured by Wilhelmy plate method, and intrinsic viscosity was calculated from kinematic viscosity, from their one-point values, by the Solomon-Ciuta method. All the studied oligomeric and polymeric carries were tensioactive. Interfacial tension between aqueous and chloroform phases was influenced by molecular weight of the used compounds, their degree of branching, by flexibility of their chains and their concentration also. Calculated values of intrinsic viscosity by the Solomon-Ciuta method were not reliable because of their dependence on kinematic viscosity values measured in the whole complex of samples.

# OBSAH

1. ÚVOD.....	6
2. Teoretická část.....	7
2.1. Viskozita obecně.....	7
2.2. Vnitřní viskozita a limitní viskozitní číslo.....	7
2.3. Roztoky polymerů a jejich viskozita .....	8
2.4. Povrchové napětí.....	10
2.4.1. Povrchová energie.....	10
2.4.2. Povrchové napětí roztoků .....	11
2.4.3. Důsledky povrchového napětí .....	13
2.5. Metody měření povrchového napětí .....	13
2.5.1. Principy měření tensiometry KRÜSS .....	14
2.5.2. Srovnávací metody s kroužkem a s destičkou .....	15
2.6. Biodegradabilní polymery .....	16
2.7. Akrylové polymery .....	18
2.8. Polyamidy .....	20
2.8.1. Využití alifatických polyamidů .....	21
2.8.2. Lineární aromatické polyamidy .....	21
2.9. Polyestery alifatických hydroxykyselin.....	22
2.9.1. Metody syntézy.....	22
2.9.2. Chemické vlastnosti - degradace .....	23
3. Cíl práce.....	24
4. Experimentální část.....	25
4.1. Použité suroviny .....	25
4.2. Použité suroviny .....	25
4.3. Metodika přípravy.....	27
4.3.1. Příprava roztoků polymerů .....	27
4.3.2. Měření kinematické viskozity.....	27
4.3.3. Měření mezipovrchového napětí .....	28
5. Výsledky .....	30

6.	Diskuse.....	89
6.1.	K řešení problému.....	89
6.2.	Vliv nosiče na mezipovrchové napětí.....	89
6.3.	Vliv koncentrace nosiče na mezipovrchové napětí.....	91
6.4.	Vliv koncentrace nosičů větvených kyselinou polyakrylovou na mezipovrchové napětí.....	91
6.5.	Vliv koncentrace nosičů typu polyesteramidů na mezipovrchové napětí..	92
6.6.	Vliv nosičů na vnitřní viskozitu jejich roztoků.....	95
7.	Závěry .....	96
8.	Literatura.....	97

# 1. ÚVOD

Polymer je látka s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, často dusíku, chloru i jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku, jenž slouží v prakticky tuhém stavu. Jejich relativní molekulová hmotnost se pohybuje od desítek tisíc do milionů, je tedy o mnoho řádů větší než u ostatních, tzv. nízkomolekulárních látek. Proto synonymem k pojmu polymer je pojem makromolekulární látka, a proto také základní stavební částice polymerů nazýváme makromolekulami.

Polymery jsou nejběžněji používaná skupina materiálů v biomedicíně. Výhody polymerů, jak syntetických tak přírodních, spočívají v jejich vynikajících fyzikálních a chemických vlastnostech. Polymery používané k aplikaci v lékařství mohou být klasifikovány jako degradabilní a nedegradabilní.

Příroda nabízí celé spektrum biologicky rozložitelných (biodegradovatelných) polymerů (biopolymerů). Naprostá většina z nich však tak, jak v přírodě vznikají, nemá dostatečné vlastnosti pro technické aplikace a musejí být více či méně chemicky modifikovány. Je bohužel pravidlem, že čím větší je stupeň chemické modifikace biopolymeru, tím obtížněji pak podléhá biologickému rozkladu.

## **2. Teoretická část**

### **2.1. Viskozita obecně**

Viskozita je míra odporu tekutiny, která je deformována buď stříhovou silou nebo tažnou silou. Je způsobená vnitřním třením, kdy jedna vrstva tekutiny způsobí pohyb druhé vrstvy tekutiny. Viskozita je obvykle vnímána jako „tloušťka“ nebo odpor toku. Viskozita popisuje vnitřní odpor toku tekutiny a můžeme o ní uvažovat také jako o míře kapalného tření. Voda tvoří tenkou vrstvu a má nižší viskozitu, zatímco rostlinný olej vytváří silnější vrstvu a má vyšší viskozitu. Všechny skutečné tekutiny (kromě superkapalin) mají nějaký odpor ke stříhovým silám, ale kapaliny, které nemají odpor k tečení, se nazývají ideální kapaliny nebo nevazké kapaliny. Studium viskozity se nazývá reologie.<sup>1</sup>

Nejčastěji se setkáváme s pojmy zdánlivá viskozita, kinematická viskozita, dynamická viskozita a vnitřní viskozita. Zdánlivá viskozita je hodnota získaná použitím instrumentálních rovnic sloužících k získání viskozity Newtonských kapalin viskozimetrickým měřením Neneutonských kapalin. Dynamická viskozita určuje dynamiku nestlačitelné Newtonské kapaliny. Dynamická viskozita je více známá než ostatní. Kinematická viskozita je dynamická viskozita dělená hustotou Newtonské kapaliny.<sup>1</sup>

### **2.2. Vnitřní viskozita a limitní viskozitní číslo**

Vnitřní viskozita je poměr specifické viskozity a koncentrace roztoku extrapolovaný na nulovou koncentraci. Vnitřní viskozita odráží schopnost polymeru v roztoku zvýšit viskozitu polymeru. Viskozitní vlastnosti makromolekulárních sloučenin v roztoku jsou jedny z nejpoužívanějších přístupů charakterizace. Hodnota vnitřní viskozity je definována jako poměr limitní specifické viskozity a koncentrace blížící se k nule. Vnitřní viskozita je podmíněna měřením relativní viskozity při několika rozdílných koncentracích a pak extrapolována na specifickou viskozitu blížící se k nule. Různé hodnoty viskozity v závislosti na koncentraci jsou způsobeny typem

molekuly stejně jako rozpouštědlem. Vnitřní viskozita lineárních makromolekulárních substancí je příbuzná molekulární hmotnosti nebo stupni polymerizace. Vnitřní viskozita je známa také jako limitní viskozitní číslo.<sup>2</sup>

Limitní viskozitní číslo je hodnota redukované viskozity nebo inherentní viskozity při nulové koncentraci disperzního podílu, získaná extrapolací koncentrační závislosti těchto veličin. Redukovaná viskozita (viskozitní číslo) je veličina, která vyjadřuje odlišnost viskozity disperzního systému od viskozity disperzního prostředí jako inkrement relativní viskozity (specifická viskozita) dělený koncentrací disperzního podílu. Inherentní viskozita je veličina, která vyjadřuje odlišnost viskozity disperzního systému od viskozity disperzního prostředí jako přirozený logaritmus relativní viskozity dělený koncentrací disperzního podílu.<sup>2</sup>

### **2.3. Roztoky polymerů a jejich viskozita**

Tok je charakteristickou vlastností kapalin. Rychlost toku je závislá na velikosti přitažlivých sil mezi částicemi, jejich rozměrech a tvaru a rozdělení nábojů. Symetrické a malé částice po sobě kloužou lépe než dlouhé řetězce či asymetrické agregáty.<sup>3</sup> Dokonale tekutá kapalina by neměla klást vůči svému toku žádný odpor. Reálné kapaliny se ale vždy vyznačují určitým vnitřním třením, které je charakterizováno veličinou zvanou viskozita.<sup>4</sup> Viskozita závisí hlavně na vlastnostech kapalin a na teplotě. Čím je viskozita vyšší, tím kapalina hůř teče. S rostoucí teplotou viskozita zpravidla klesá.<sup>3</sup>

Rychlost toku kapaliny je tím větší, čím větší je vnější síla a čím menší jsou vnitřní síly, které působí proti toku. Při malých rychlostech proudění se tok kapalin uskutečňuje jako smyková deformace. Tokové vlastnosti ideálně viskózní kapaliny jsou vyjadřovány Newtonovou rovnicí.<sup>5</sup>

Roztoky makromolekulárních látek jsou soustavy tvořené rozpouštědlem a makromolekulami. Soustavy, které obsahují alespoň dvě fáze, se označují jako disperzní. Roztoky makromolekulárních látek lze zařadit mezi koloidní disperzní



systemy. Z hlediska jejich chování při toku patří roztoky makromolekulárních látek mezi neneutonské kapaliny.<sup>5</sup>

Velikost makromolekul se charakterizuje molekulovou hmotností. Molekulová hmotnost polymeru podstatně ovlivňuje jeho vlastnosti. S rostoucím polymeračním stupněm roste pevnost v tahu, houževnatost a stoupá viskozita taveniny polymeru.<sup>6</sup>

Viskozita roztoků je ovlivněna afinitou makromolekulární látky k rozpouštědлу. Se zvětšujícím se objemem klubka roste viskozita. Viskozita zředěných roztoků makromolekulárních látek je vyšší u dobrých rozpouštědel. V dobrém rozpouštědle je makromolekula rozvinuta a je v kontaktu s rozpouštědlem. Ve špatném rozpouštědle je klubko svinuté. Dochází k vytváření interakcí uvnitř makromolekuly a viskozita je nižší.<sup>5</sup>

Viskozita roztoků polymerů je ve špatných rozpouštědlech větší než v dobrých. Jsou zde podporovány asociace mezi jednotlivými makromolekulami a vytvářejí se větší agregáty.<sup>7</sup>

V koncentrovaných roztocích jsou makromolekulární segmenty ve vzájemném styku a jednotlivé řetězce jsou propleteny. V koncentrovaných roztocích dochází k asociaci molekul tím více, čím je menší afinita makromolekul k rozpouštědлу. Ke zvýšení viskozity přispívají dočasné agregáty, které mezi sebou mohou zadržovat molekuly disperzního prostředí. V méně koncentrovaných roztocích jsou tyto asociace krátkodobé. Struktury dočasných agregátů se působením vyšších smykových napětí mohou rozpadat, čímž klesá i viskozita.<sup>5</sup>

Změny tvaru makromolekuly se projevují výrazně u polyelektrolytů. Proto viskozita roztoků polyelektrolytů silně závisí na koncentraci polymeru, na ionizačním stupni, kdy elektrostatické síly skupin mohou bránit sbalení řetězce, a také na přítomnosti a druhu malých iontů, které ionizaci ovlivňují.<sup>8</sup>

Roztoky polymerů rozpustných ve vodě, např. PVA, jsou obecně velmi zředěné a mohou se projevovat významně tixotropně.<sup>9</sup> Viskozita vodných roztoků PVA vzrůstá s molekulovou hmotností a koncentrací. Viskozita roztoku je závislá na stupni polymerace, koncentraci, hydrolýze a teplotě.<sup>10,11</sup> Viskozita klesá s rostoucí teplotou a je přímo úměrná stupni polymerace. Stupeň polymerace a koncentrace mají silnější

účinek na viskozitu než teplota a stupeň hydrolyzy. Tento výsledek ukazuje na to, že vodíkové vazby jsou ovlivněny více stupněm polymerace a koncentrací. Teplota a procento hydrolyzy mají slabší účinek na viskozitu roztoku.<sup>11</sup>

## **2.4. Povrchové napětí**

Povrchové napětí je efekt, při kterém se povrch kapalin chová jako elastická fólie a snaží se dosáhnout co možná nejhladšího stavu s minimálním rozpětím. To znamená, že se povrch tekutiny snaží dosáhnout stavu s nejmenší energií. Čím větší je povrchové napětí, tím „kulatější“ je kapička této kapaliny.<sup>12</sup>

Povrch kapaliny se tedy chová tak, jako by byl tvořen velmi tenkou pružnou vrstvou, která se snaží stáhnout povrch kapaliny tak, aby měl při daném objemu kapaliny co nejmenší plochu. Pokud by na kapalinu nepůsobily vnější síly, měla by kulový tvar, protože koule má ze všech těles stejného objemu nejmenší povrch. Při působení vnějších sil je situace poněkud složitější. Vždy se však volný povrch kapaliny snaží snížit velikost celkového povrchu na co možná nejmenší možnou míru. To je důvod, proč je hladina klidné vody v otevřené nádobě vodorovná, neboť jakýkoli jiný tvar volné hladiny kapaliny by zvětšil celkový povrch kapaliny. Jsou-li vnější síly velmi malé proti silám povrchového napětí, bude se kapalina snažit zaujmout přibližně kulový tvar. To se děje např. u drobných kapiček tvořících mlhu.<sup>12</sup>

Povrchové napětí bývá někdy také označováno jako kapilární konstanta. Velké povrchové napětí ztěžuje proce smáčení. Například destilovaná voda smáčí látky obsažené v oblečení velmi špatně, perlí. To je jeden z důvodů, proč se při praní přidávají prací prostředky, které svými mýdlovými látkami (tenzidy) smáčení usnadňuje.<sup>12</sup>

### **2.4.1. Povrchová energie**

V důsledku existence povrchového napětí je v povrchové vrstvě nahromaděna i jistá energie, tzv. povrchová energie.

Ponoříme-li drátěný rámeček s posuvnou příčkou do mýdlové roztoku, vytvoří se na něm vlivem povrchového napětí tenká kapalinová blána. Přestože se nám blána jeví jako jedna vrstva, jde ve skutečnosti o kapalinu, která je sevřena mezi dvěma povrchovými vrstvami. Z toho důvodu má blána vytvořená na drátěném rámečku dvě povrchové vrstvy.<sup>12</sup>

Povrchová vrstva působí na posuvnou příčku délky  $l$  povrchovým napětím  $\gamma$ , jedna povrchová vrstva tedy působí výslednou silou  $\gamma l$ . Vzhledem k existenci dvou povrchových vrstev udržíme příčku v rovnováze silou  $F=2\gamma l$ . Při posunutí příčky o vzdálenost  $\Delta s$  vykonáme práci  $A=2\gamma l\Delta s$ , která se jeví jako změna povrchové energie při změně povrchu  $\Delta S=2l\Delta s$ . Změnu povrchové energie je pak možné vyjádřit jako  $\Delta E=A=\gamma S\Delta$ . Z tohoto vztahu vyplývá, že snaha povrchového napětí o minimalizaci velikosti povrchu odpovídá minimalizaci povrchové energie. Kapalina se tedy snaží zaujmout takový tvar, při kterém je její povrchová energie (a tedy i velikost povrchu) nejmenší.<sup>12</sup>

#### 2.4.2. Povrchové napětí roztoků

Každou fázi systému odděluje od sousední fáze určitá hraniční plocha, neboli fázové rozhraní. Mezi jevy na fázových rozhraních kapalin patří především povrchové napětí na rozhraní kapaliny se vzduchem a mezipovrchové napětí na rozhraní dvou nemísitelných kapalin.<sup>13</sup>

Zatímco u čistých kapalin se téměř okamžitě ustaví rovnovážná hodnota povrchového napětí, u roztoků se povrchové napětí čerstvě utvořených povrchů liší od povrchového napětí rovnovážných systémů, protože složení nově vzniklého a rovnovážného povrchu jsou různá vzhledem k tomu, že dochází k adsorpci na fázovém rozhraní. Povrchové napětí roztoků se mění s jejich koncentrací.<sup>14</sup>

Vliv rozpuštěné látky na povrchové napětí může být různý podle povahy jak rozpuštěné látky, tak rozpouštědla. Některé látky již v malých koncentracích vyvolávají znatelné snížení povrchového napětí. Takové látky jsou označovány jako povrchově aktivní (vodné roztoky většiny povrchově aktivních ve vodě rozpustných

organických sloučenin). Vysoce povrchově aktivní látky s amfifilní stavbou molekul nejprve výrazně snižují povrchové napětí a při kritické micelární koncentraci se pokles s počínající tvorbou micel zastaví. U některých systémů, např. u vodných roztoků anorganických elektrolytů nebo vysoce hydratovaných organických sloučenin, je pozorováno naopak zvýšení povrchového napětí. Tento efekt není velký a je pozorovatelný až při vyšších koncentracích. Tyto látky jsou označovány jako povrchově inaktivní. Jsou také možné případy, kdy rozpuštěná látka nevyvolá měřitelnou změnu.<sup>14</sup>

Povrchové napětí roztoků závisí na vlastnostech a vzájemných interakcích jednotlivých složek. S rostoucí teplotou povrchové napětí kapalin obecně klesá, tak jak tepelný pohyb molekul oslabuje působení mezimolekulových sil.<sup>13</sup>

Mezipovrchové napětí se projevuje na fázovém rozhraní (mezipovrchu) dvou omezeně mísitelných kapalin v důsledku nerovnosti kohezních a adhezních sil. Většina kapalin je však alespoň částečně mísitelná a při kontaktu se jedna druhou navzájem nasytí, čímž se jejich mezipovrchové napětí poněkud sníží. Pro mezipovrchové napětí  $\gamma_{AB}$  mezi navzájem nasycenými kapalinami A, B platí přibližně Antonovovo pravidlo

$$\gamma_{AB} = \gamma_A - \gamma_B$$

kde  $\gamma_A$ ,  $\gamma_B$  jsou povrchová napětí navzájem nasycených kapalin A, B, měřené na rozhraní se vzduchem, a kapalina A má přitom větší povrchové napětí. Mezipovrchové napětí některých dvojic kapalin je větší, ale ne menší, než uvádí Antonovovo pravidlo.<sup>13</sup>

Povrchové (mezifázové) napětí je pro určité aplikace záměrně ovlivněno. Např. přidavek tzv. povrchově aktivní látky do kapaliny způsobí jeho snížení tím, že tyto látky se hromadí v povrchové vrstvě kapaliny a mění tím její složení.<sup>3</sup>

Přídavek mnoha hydrofilních polymerů, např. PVA do vody efektivně snižuje povrchové napětí. Povrchové napětí klesá s rostoucí koncentrací PVA. Povrchové napětí vodného roztoku PVA se mění s molekulovou hmotností nebo stupněm

polymerace, procentem hydrolýzy a koncentrací.<sup>10</sup> Při konstantním stupni polymerace povrchové napětí vzrůstá s rostoucí úrovní hydrolýzy. Podobně při konstantní úrovni hydrolýzy povrchové napětí vzrůstá se stupněm polymerace.<sup>15,16</sup>

Přísady v roztoku mohou změnit hodnoty povrchového napětí. Přidání NaCl do roztoku polymeru zvyšuje povrchovou aktivitu. Povrchové napětí vodného roztoku PVA klesá významně s rostoucí koncentrací NaCl.<sup>16</sup>

### **2.4.3. Důsledky povrchového napětí**

Ve snaze snížit povrchovou energii, tedy nasytit všechny volné vazby v povrchové vrstvě, se zmenšuje povrch kapalin. Protože má koule ze všech těles nejmenší povrch, snaží se kapaliny, na které nepůsobí žádné další síly, zaujmout kulový tvar.<sup>12</sup>

V kapičce kapaliny, například v malé kapce vody nebo plynové bublině uvnitř kapaliny, působí kvůli povrchovému napětí na rozhraní kapalina/plyn zvýšený tlak, taktéž i ve vnitřku mýdlové bubliny. Zvýšení tlaku popisuje Young-Laplaceova rovnice.<sup>12</sup>

## **2.5. Metody měření povrchového napětí**

Protože povrchové napětí se projevuje různými efekty, vyskytuje se mnoho způsobů, jak ho měřit. Která metoda je optimální pro měření závisí na charakteristice kapaliny, na skupenství, ve kterém se napětí měří a na stabilitě povrchové vrstvy, která se deformuje.<sup>17</sup>

- metoda pomocí kroužku podle Du Noüy: Tradiční metoda používaná na měření povrchového nebo mezipovrchového napětí. Vlastnosti smáčení na povrchu nebo mezipovrchu mají malý účinek na techniku měření. Měří se maximální tahová síla, kterou vykonává kroužek na povrchu kapaliny.<sup>18</sup>

- destičková metoda podle Wilhelmy: Univerzální metoda, která se hodí zvláště ke kontrole povrchového napětí během delších časových intervalů. Vertikální destička známého obvodu je uvedena do rovnovážného stavu a měřena je síla způsobená smáčením destičky.<sup>19</sup>

- spinning drop method: Tato technika je ideální pro měření pomalu se ustalujícího mezipovrchového napětí. Měření je průměr kapky v těžší fázi, zatímco obě fáze rotují.
- pendant drop method: Povrchové a mezipovrchové napětí může být měřeno touto technikou při stejnoměrně se zvyšujících teplotách a tlacích. Geometrie kapky je analyzována opticky.<sup>19</sup>
- metoda tlakové bubliny (Jaegerova metoda): Technika měření, která určuje povrchové napětí při krátkém trvání povrchové fáze. Je měřeno maximální tlak každé bubliny.
- objemová kapková metoda: Kapalina jedné hustoty je pumpována do druhé kapaliny odlišné hustoty a měří se čas mezi vytvořením kapek.<sup>20</sup>
- metoda kapilárního vztlínání: Konec kapiláry je ponořen do roztoku. Výška, které kapalina dosahuje uvnitř kapiláry, se vztahuje k povrchovému napětí.<sup>21</sup>
- stalagmometrická metoda: Metoda vážení a interpretace kapky z kapaliny.<sup>22</sup>

### 2.5.1. Principy měření tensiometry KRÜSS

Interakce, které existují mezi molekulami kapaliny a mezi kapalnými nebo plynnými substancemi, které nejsou rozpustné v kapalině, mají za následek uskupování na mezifázi. Energie je potřeba ke změně uskupení na mezipovrchu nebo povrchu. Práce potřebná ke změně tvaru tvořící povrch je známá jako mezipovrchové nebo povrchové napětí.<sup>23</sup>

Většina KRÜSS tenziometrů vymezuje povrchové nebo mezipovrchové napětí s pomocí optimální smáčitelné sondy upevněné v rovnovážném stavu; je to buď kroužek nebo destička. Vysoce přizpůsobitelný vzorek (nosič) je používán k nanesení měřené kapaliny do kontaktu se sondou. Jakmile je síla v rovnováze, sonda dosáhne mezipovrchového napětí. Jestliže je známá délka sondy (obvod kroužku nebo délka destičky) naměřená síla může být použita k výpočtu povrchového nebo mezipovrchového napětí. Další požadavek je, že sonda musí mít velmi vysokou povrchovou energii. To je důvod, proč je na kroužek použita slitina platiny a iridia a na destičku zdrsňená platina.<sup>23</sup>

### **2.5.1.1. Metoda měření pomocí kroužku**

Historicky byla první vyvinuta metoda pomocí kroužku; to je důvod, proč jsou většiny hodnot mezipovrchového a povrchového napětí uvedené v literatuře výsledky metody pomocí kroužku. Při metodě pomocí kroužku se kapalina zvedá dokud není zaregistrován kontakt s povrchem. Vzorek pak opět klesne tak, že kapalinový film vytvořený pod kroužkem natáhne. Tak, jak je film natahován, je měřena maximální síla.<sup>23</sup>

### **2.5.1.2. Metoda měření pomocí destičky**

Při destičkové metodě se kapalina zvedá dokud není zaregistrován kontakt mezi povrchem nebo mezipovrchem a destičkou. Maximální napětí působí v okamžiku rovnovážného stavu. To znamená, že se vzorkem není potřeba znovu hýbat během měření.<sup>23</sup>

## **2.5.2. Srovnání metody s kroužkem a s destičkou**

Měření kroužkem nebo destičkou pomocí tenziometrů KRÜSS jsou platná jako standardní procedury pro měření povrchového a mezipovrchového napětí.

#### **• výhody měření s kroužkem**

Mnoho hodnot v literatuře bylo získáno pomocí metody s kroužkem. V mnoha případech byla preferována pro srovnávací účely.

Některé substance, např. kationické tenzidy, projevují špatné smáčecí vlastnosti na platině. V těchto případech je povrchová vrstva mezi kroužkem a kapalinou dokonce lepší než u destičky.

#### **• výhody měření s destičkou**

Na rozdíl od metody s kroužkem, hodnoty získané destičkovou metodou nevyžadují korekci při měření.

U destičkové metody nemusí být známy hustoty kapalin, tak jako to musí být u metody s kroužkem.

Při měření mezipovrchového napětí se povrchová vrstva pouze dotýká (nevtlačuje / nevytahuje se) další fáze. Tím se vyhneme mísení fází.<sup>23</sup>

## 2.6. Biodegradabilní polymery

Termín bioabsorpční polymery se používá pro označení všech přechodných polymerových materiálů, bez ohledu na jejich chemický typ, původ a způsob odstranění nebo absorpci z místa aplikace. Bioabsorpční polymery mohou být odvozeny od přirozeně se vyskytujících polysacharidů a proteinů, od plně syntetických polymerů nebo kombinací přírodních a syntetických komponentů a z místa aplikace mohou být odstraněny následujícími způsoby: 1) rozpuštěním a následnou difúzí, s nebo bez jednoduchých procesů výměny iontů pro dosažení rozpustnosti, 2) rozpadem chemických řetězců nerozpustných materiálů a jejich přeměnou na malé částice vhodné k fagocytóze nebo na rozpustné fragmenty řetězce, které mohou být též zpracovány metabolismem, 3) enzymatickým rozkladem nerozpustných polymerů na rozpustné podíly.<sup>24</sup>

Polymery, které jsou za fyziologických podmínek schopny se rozložit na biologicky kompatibilní komponenty, nabízí mnohem atraktivnější alternativu pro přípravu systémů dodávání léků. Při používání biologicky odbouratelných polymerů je vyloučena potřeba vyjmutí po ukončení uvolňování léčiva. K odbourávání může dojít různými mechanismy. Většinou jde o rozpad nebo chemické změny na polymeru.<sup>25,26</sup>

Mezi nejstudovanější biologicky odbouratelné polymery patří ty, které prochází chemickým rozložením pomocí náhodné hydrolýzy kovalentních vazeb. Náhodné rozštěpení řetězců má za následek redukci molekulové hmotnosti polymeru. S pokračujícím procesem se polymerové řetězce stávají kratší, což vede k tomu, že v jednom okamžiku ztratí mechanickou integritu v aplikovaném přípravku. Proces degradace pokračuje do doby, než jsou polymerové fragmenty rozloženy na rozpustné oligomery nebo individuální monomery. Biologicky odbouratelné polymery a jejich degradační produkty musí být biologicky kompatibilní a netoxické. Nejběžnější skupinou biologicky odbouratelných polymerů jsou hydrolyticky nestálé



polymery připravené z kyseliny mléčné, kyseliny glykolové nebo kombinací těchto dvou molekul. Polymery připravené z těchto jednotlivých monomerů jsou PLA, PGA a PLG.<sup>27</sup>

Biologicky odbouratelné polymery jsou velmi vhodné pro dlouhodobou distribuci léku. V těle degradují na biologicky neutrální a kompatibilní molekuly. Biologicky odbouratelné polymery nabízí nový přístup pro vývoj systémů na uvolňování léku, které jsou jednoduché a příjemné pro pacienta. Po uplynutí dávkovacího období nejsou potřeba žádné další chirurgické zákroky. Aplikovaný přípravek se v těle rozloží a vstřebá.<sup>28</sup>

Používání biologicky odbouratelných polymerů v distribuci léků vzniklo z potřeby polymerů, které by mohly být používány jako rozložitelné materiály na chirurgické šití. Nejdříve byly vyvinuty syntetické polymery jako kyselina polyglykolová.<sup>28</sup> Nebyly ale vhodné pro trvalé použití kvůli své malé hydrolytické stálosti. Díky této vlastnosti jsou ovšem vhodné pro použití u stehů, kdy se dá využít jejich schopnost rozložit se ve vlhkém prostředí.<sup>29,30</sup> Příkladem jsou kopolymery kyseliny mléčné a glykolové (Dexon a Vicryl).<sup>29,31</sup>

V poslední době vedl rozvoj biotechnologie k objevení řady makromolekulárních léků na proteinové nebo genové bázi. Problémem je, jak tyto léky dodat tělu účinným způsobem bez snížení kvality života pacienta. Makromolekulární léky jsou velmi málo biologicky dostupné orální cestou (gastrické proteázy a malá propustnost epitelu gastrointestinálního traktu). Místo toho jsou léky běžně dákovány injekčně. Avšak krátká biologická životnost těchto molekul vyžaduje vysokou frekvenci těchto injekcí, aby byla dodržena účinnost léčby.<sup>32-34</sup>

Podářilo se dosáhnout významných úspěchů při výzkumu biologicky odbouratelných systémů distribuce pro proteiny a především bioaktivní peptidy. Největšího komerčního úspěchu bylo dosaženo používáním polyesteru PLA a různých kopolymerů PLG.<sup>35</sup>

## 2.7. Akrylové polymery

Pod tento, nebo také ne zcela správný pojem polyakryláty, zahrnujeme kyselinu polyakrylovou, polymethakrylovou, jejich estery, amidy a nitrily. Jsou vyráběny jako homopolymery a kopolymery. Všechny se vyznačují vynikající transparentí a odolností vůči povětrnosti. Mají velmi rozsáhlé použití, od nátěrových hmot, přes plasty, až po vlákna. Podle hlavního monomeru je rozdělujeme na polyakryláty, polymethakryláty a polyakrylonitril, který má zvláštní postavení jako výhradně vláknářský polymer.<sup>36</sup>

Kyselina akrylová je nejjednodušší nenasyčená organická kyselina. Rozpouští se ve vodě, etanolu, éteru a chloroformu. Kyselina akrylová, její soli a estery se používají při výrobě akrylátových disperzí, polymerů, které se poté používají jako plasty, obaly, nátěry, lepidla a gumy.<sup>37</sup>

Akryláty a methakryláty, stejně jako jiné snadno polymerovatelné monomery, polymerují účinkem tepla, světla a iniciátoru na viskózní až tuhé hmoty. Během polymerace se uvolňuje značné množství tepla. Ponecháme-li např. methakrylát samovolně polymerovat aniž odvádíme vznikající reakční teplo, může teplota v polymerační nádobě vlivem exotermické reakce stoupnout až na 400°C. V technické praxi se estery kyselin akrylové a methakrylové polymerují většinou radikálově. Methakryláty hlavně polymerací v monomerní fázi, akryláty především emulzní a roztokovou. Při suspenzní a ještě řidčeji při polymeraci v monomerní fázi slouží především jako kopolymerující monomery.<sup>36</sup>

Polyakryláty shrnují velkou skupinu polymerů kyseliny akrylové a kyseliny methakrylové včetně jejich derivátů – esterů, amidů, nitrilů i 2-kyanakrylátů. Vyrábějí se jako homopolymery nebo kopolymery. Všechny se vyznačují vynikající transparentností, stálostí na světle a atmosférickou odolností. Jejich použití je velmi všestranné: polymethakryláty (které jsou tvrdší než akryláty) jako plasty a aditiva; polyakrylonitril a jeho kopolymery jako syntetická vlákna; poly-2-kyanakryláty jako sekundová lepidla; polyakryláty a methakryláty jako pojiva pro nátěrové hmoty a lepidla; kyselinu polyakrylovou, polymethakrylovou a jejich amidy používáme jako pomocné prostředky.<sup>38</sup>

Polyakryláty se používají podle druhu a molekulové hmotnosti, především ve formě disperzí (latexů), jako nátěrové hmoty a lepidla a také jako fólie. Jen polymethyl- $\alpha$ -chlorakrylát se používá k výrobě desek, které jsou lepších vlastností než polymethylmethakrylátové. Lépe odolává rozpouštědlům, je tvrdší, má větší pevnost v tahu a ohybu, vyšší tepelnou odolnost a také větší odolnost vůči korozi za napětí. Patří do skupiny samozhášivých polymerů. Z polymethylakrylátu se vyrábějí lepicí fólie pro bezpečnostní skla.<sup>36</sup>

Fyzikální vlastnosti polyakrylátů jsou závislé na počtu uhlíkových atomů a alkoholovém zbytku esterového substituentu. Polymethylakrylát měkne při 4°C; polyethylakrylát je měkký, pružný, lepkavý, tuhne při -20°C; polybutylakrylát je lepkavý, sirupovitý, tuhne při -40°C.<sup>36</sup>

Z polymethakrylátu je nejpoužívanější polymethylmethakrylát, známý jako organické sklo, plexisklo nebo Umaplex. Dobře odolává zředěným roztokům kyselin, zásad a solí i oxidační atmosféře, z rozpouštědel alifatickým uhlovodíkům a minerálním olejům.<sup>36,39</sup> Rozpouští se v polárních rozpouštědlech, jako jsou ketony, estery a chlorované uhlovodíky. V různých prostředích (např. monomerním methakrylátu, benzenu a alifatických uhlovodících a alkoholech s nižším počtem uhlíkových atomů, parafinických olejích, glycerolu, koncentrované kyselině mravenčí, kyselině chlorovodíkové, roztocích hydroxidu sodného, ale i ve vodě) podléhá korozi za napětí.<sup>36</sup>

Nejcharakterističtější vlastností polymethylmethakrylátu je jeho čírost a naprostá bezbarvosť i ve velmi tlustých vrstvách, kterou si zachovává prakticky nezměněnu po dlouhá léta používání i v náročných klimatických podmínkách (např. tropických). Propustnost světla je kolem 92% v celém spektru včetně blízké ultrafialové oblasti. Vykazuje také tzv. tvarovou paměť, projevující se např. vrácením vytvarované desky do původního stavu po jejím zahřátí na teplotu tvarování nebo vyšší. Suspenzní polymer se zpracovává vstřikováním na drobnější výrobky a vytlačováním např. na trubky, profily, vlnité desky. Použití polymethylmethakrylátu je velmi široké. Ve stavebnictví, spotřebním průmyslu, lékařství, optice, elektrotechnice a elektronice, bižuterii atd.<sup>36</sup>

Akryláty a methakryláty kopolymerují téměř se všemi běžnými monomery a dokonce svou přítomností umožňují kopolymeraci takových dvojic monomerů, které spolu nekopolymerují buď vůbec, nebo kopolymerují jen velmi obtížně, jako např. styren s vinylchloridem nebo vinylacetátem. Značný význam získaly v poslední době suspenzní a emulzní kopolymery methylmethakrylátu se styrenem. Vzdávající význam mají kopolymery methylmethakrylátu s akrylonitrilem vyráběné blokovým nebo suspenzním způsobem. Methakrylátová složka v nich zlepšuje optické vlastnosti, barvitelnost, rozpustnost a povětrnostní odolnost.<sup>36</sup>

V posledních čtyřiceti letech vzbudily velkou pozornost tzv. hydrogely, kopolymery odvozené od metakrylových esterů obsahujících nejméně jednu hydroxylovou skupinu v postranním makromolekulárním řetězci. Základním monomerem pro jejich výrobu je 2-hydroxyethylmethakrylát. Sítují odpovídajícími diestery. Jsou výborně snášitelné s živou tkání. Snad nejznámějším jejich použitím, podmíněným jejich průhledností a tvarovou stálostí, je výroba tzv. kontaktních čoček.<sup>36</sup>

## 2.8. Polyamidy

Polyamidy tvoří skupinu syntetických polymerních materiálů. Polyamidy jsou lineární polymery obsahující v řetězcích amidové (tzv. peptidické) skupiny -CONH-. Nejznámější a nejrozšířenější jsou polyamidy alifatické, na trhu však existují i polyamidy aromatické. Makromolekuly jsou propojovány vodíkovými můstky mezi amidovými skupinami, jejichž počet ovlivňuje krystalickou strukturu,  $T_m$ ,  $T_g$  a další vlastnosti. Aplikace polyamidů jako plastů i vláken využívají jejich vysokou houževnatost, tvrdost, odolnost proti otěru a dobrou elektroizolační schopnost. Mechanické vlastnosti jsou závislé na typu polyamidu, molekulové hmotnosti a obsahu vody. Nasákavost polyamidů vodou je značná a roste s relativní koncentrací amidových skupin.<sup>38</sup>

Polyamidy jsou makromolekulární sloučeniny, které vznikají buď polykondenzací alifatických diaminů s dikarboxylovými kyselinami, nebo polymerací laktamů. Polyamidy jsou termoplastické, tuhé a pevné, mají vynikající mechanické vlastnosti.

Zpracovány mohou být jak na vlákna a fólie, tak i na kompaktní materiály (např. ložiska, nádoby).<sup>40</sup> Polyamidy se mohou vyskytovat jak volně v přírodě v podobě bílkovin, tak být v umělém sektoru v Kevlaru nebo Nylonu.<sup>41,42,43</sup>

Polyesteramidy představují skupinu polymerních materiálů se širokým spektrem fyzikálně-chemických vlastností díky variacím typu a zastoupení esterové a amidové složky v polymerních řetězcích. Právě strukturou lze citlivě regulovat jejich biodegradaci.<sup>44</sup>

Polyamidy jsou nejen důležité vláknotvorné materiály, ale také výborné konstrukční plasty. Pro řadu aplikací se jejich vlastnosti dále modifikují. Komerčně jsou dostupné různé typy polyamidů s rozmanitými fyzikálně-chemickými a mechanickými vlastnostmi. Jednou z možností modifikace je tvorba nanokomponentů s vrstevnatými silikáty.<sup>44</sup>

### **2.8.1. Využití alifatických polyamidů**

Značná část polyamidů se zpracovává při výrobě vláken a následně v textilním průmyslu. Díky pružnosti a pevnosti polyamidových vláken a jejich otěruvzdornosti se polyamidové textilní materiály uplatňují jako velmi odolné potahové textlie v čalounictví, jako nášlapné vrstvy kobereců, lana, popruhy. V bytových interiérech se často vyskytují polyamidové záclony. Polyamidová vlákna se uplatňují i v oděvním průmyslu (dámské punčochy, sportovní oblečení, ponožky). Kompaktní polyamidy lze snadno mechanicky obrábět. Značný praktický význam mají polyamidy plněné skleněnými vlákny. Využívá se jich hlavně jako konstrukčních materiálů. V ČR se vyrábí poly-6-kaprolaktam pod názvem Silon. V zahraničí: Chemlon, Perlon, Nylon.<sup>41,42,43</sup>

### **2.8.2. Lineární aromatické polyamidy**

Nejznámější plasty ze skupiny aramidů jsou NOMEX a KEVLAR. Aromatické polyamidy nabízejí mnohá uplatnění, avšak jejich většímu použití brání jejich vysoká cena. Kevlarová vlákna vynikají tepelnou odolností a navíc také vysokou pevností, za což vděčí velice dobré symetrii makromolekuly. Kevlar se uplatňuje při výrobě

neprůstředných vest, letadel, v kosmické technice atd. Největší nevýhodou Kevlaru je, že se rozpadá v zásaditých podmínkách nebo pokud je vystaven chloru či UV záření. Nomex je znám jako materiál vhodný pro výrobu oděvů odolávajících vysokým teplotám pro hasiče, automobilové závodníky, ve slévárnách atd.<sup>41,42,43</sup>

## **2.9. Polyestery alifatických hydroxykyselin**

### **2.9.1. Metody syntézy**

Polymerace PLA vyžaduje monomer vysoké čistoty. Nečistoty zasahují do běhu reakce a snižují kvalitu polymeru. Za nečistoty mohou být považovány funkční skupiny (hydroxyl, karboxyl, voda).<sup>45</sup> Hydroxylové nečistoty působí v průběhu reakcí jako přenašeče řetězců a způsobují transesterifikaci. Karboxylové nečistoty způsobují deaktivaci reakce tvořením komplexu s katalyzátorem a redukují rychlost polymerace. Neprokazuje to ale žádný významný efekt na molekulovou hmotnost finálního polymeru. Obecně existují čtyři metody používané pro syntézu PLA.<sup>46-48</sup>

#### **2.9.1.1. Polymerace za otevření kruhu**

Tato metoda je obvykle používána pro syntézu polymeru o vysoké molekulové hmotnosti. Touto metodou může být připraven polylaktid z příslušných cyklických dimerů. Laktid je připravován tepelným štěpením nízkomolekulárních oligomerů PLA za vysoké teploty a nízkého tlaku v přítomnosti katalyzátoru. Surový laktid obsahuje nečistoty, jako je voda, kyselina mléčná a oligomery. Nečistoty mohou zasahovat do polymerační reakce a vést k formulaci polymeru s nízkou molekulovou hmotností a vysokým stupněm racemizace. Polymeraci za otevření kruhu můžeme rozdělit na několik typů: aniontové polymerace, kationtové polymerace a mechanismy koordinačního vložení.<sup>49,50</sup>

### **2.9.1.2. Přímá polykondenzační reakce**

Kyselina mléčná je polymerizována za přítomnosti katalyzátoru a sníženého tlaku. Získaný polymer má nízkou molekulovou hmotnost, protože je těžké kompletně odstranit vodu z vysoce viskózní reakční směsi. Polymer o nízké molekulové hmotnosti je hlavní nevýhoda přímé polykondenzační reakce a omezuje to jeho použití. Navíc stereoregularita během průběhu polymerace nemůže být regulována. Polymer tak má horší mechanické vlastnosti. Metoda se dá použít, jestliže je požadován polymer s nízkou molekulovou hmotností. Polymer o vysoké molekulové hmotnosti může být získán použitím vazebných skupin v řetězci.<sup>46-48</sup>

### **2.9.2. Chemické vlastnosti - degradace**

Kyselina polyléčná (PLA) je ve vodě nerozpustná, jestliže je její molekulová hmotnost dostatečně vysoká. Když je PLA podrobena degradaci, voda penetruje do polymerní matrice a hydrolýza esterových skupin probíhá přednostně napadáním chemických vazeb a amorfní fázi. Dlouhé polymerní řetězce se mění na kratší a nakonec až na nízkomolekulární ve vodě rozpustné oligomery a monomery.<sup>51</sup> Oligomery, které jsou vodou rozpustné, unikají z matrice do okolního vodného prostředí. Chování PLA a mechanismy hydrolýzy jsou ovlivněny množstvím faktorů, zahrnujících materiály a hydrolytické prostředí. V polylaktidech závisí difúzní koeficient rozpustných oligomerů na molární hmotnosti, stupni bobtnání matrice, makromolekulární konformaci, rigiditě, chemické struktuře, stereochemii, pohyblivosti řetězce a krystalinitě. Více rezistentní k degradaci je krystalická oblast. Biodegradační proces ovlivňuje hydrofobní a hydrofilní charakter polymerního řetězce.<sup>52</sup>

### **3. Cíl práce**

Cílem rigorózní práce bylo proměřit kinematickou viskozitu a mezipovrchové napětí různých oligoesterů, polyesterů a polyesteramidů. Zájem byl zaměřit se na 1%, 3% a 5% roztoky biodegradabilních sloučenin v chloroformu. Ze zjištěných hodnot kinematické viskozity podle vzahu Solomon-Ciuta spočítat odpovídající hodnoty vnitřní viskozity jako parametr velikosti a tvaru molekuly. Podle hodnot mezipovrchového napětí vyvodit hypotézu o vlivu parametrů sloučenin na jejich povrchovou aktivitu. Z dosažených výsledků a jejich diskuse vytvořit jeden z předpokladů pro racionální volbu nosičů pro formulaci částicových systémů.



## 4. Experimentální část

### 4.1. Použité přístroje

Digitální váhy KERN 440-35N (max. 400g, d = 0,01g)

Digitální váhy KERN 440-53 (max. 6000g, d = 1g)

Digitální stopky DS 35 PRAGOTRON

Tenzometr KRÜSS K100

Ubelohdeho viskozimetr U-0a-0,46-ČSN 257910, K = 0,002996

### 4.2. Použité suroviny

Destilovaná voda (FaF UK Hradec Králové)

Chloroform p.a stabilizovaný ~ 1% ethylalkoholu (Penta)

Větvené oligoestery - ternární směsi složené z ekvimolárního podílu kyseliny

DL-mléčné a kyseliny glykolové doplněné pentaerytrolelem,

dipentaerytrolelem nebo tripentaerytrolelem v koncentraci 3 nebo 5%

(připraveny na katedře farmaceutické technologie FaF UK; jejich charakteristika je uvedena v Tab. č. 0a)

Oligoestery s kyselinou akrylovou (připraveny na katedře farmaceutické technologie FaF UK; jejich charakteristika je uvedena v Tab. č. 0b)

Lineární polyesteramidy (připraveny na katedře farmaceutické technologie FaF UK; jejich charakteristika je uvedena v Tab. č. 0c)

Tab. č. 0a: Charakteristika oligoesterových nosičů

NOSIČ	Mn	Mw	MP	Mz	Mz+1	Mw/Mn	Tg (°C)
PLGA 5/5	1833	4086	4049	6494	8818	2,23	17,0
P5	1711	2869	2610	4084	5397	1,68	12,7
D3	3600	5300				1,5	27,3
D5	1900	2300				1,2	16,3
T5	3016	8555	6379	15025	22625	2,84	17,2

Tab. č. 0b: Charakteristiky nosičů větvených na kyselině akrylové

NOSIČ	Mn	Mw	Mw/Mn	Mz	Mz+1	[η] <sub>w</sub>	g'
A2	5500	20600	3,75			9,5	0,35
A3	4897	16751	3,42	27900	37900	NM	NM
A4	7600	20600	2,71			8,3	0,31

**Tab. č. 0c: Charakteristika lineárních polyesteramidů**

NOSIČ	SA (mol%)	AA (mol%)	EA (mol%)	AB (mol%)	AMP (mol%)	SnOct (mol%)	Tg (°C)	ΔCp
PEA1	50		50			0,02	-3,1	4,057
PEA2	50		35	15		0,02	-10,7	0,456
PEA3	50		35		15	0,02	-8,5	4,531
PEA4	25	25	30	10	10	0,02	-9,2	6,295

PLGA.....kopolymer kyseliny mléčné a glykolové  
 P.....pentaerytritol  
 D.....dipentaerytritol  
 T.....tripentaerytritol  
 Mn.....číselně střední molekulová hmotnost  
 Mw.....hmotnostně střední molekulová hmotnost  
 MP.....charakteristika v místě píku  
 Mz.....molekulová hmotnost velkých molekul  
 Mz+1.....molekulová hmotnost extrémně velkých molekul  
 Mw/Mn.....stupeň polydisperzity  
 Tg.....teplota skelného přechodu  
 A.....kyselina akrylová  
 PEA.....polyesteramid  
 SA.....sebaková kyselina  
 AA.....adipová kyselina  
 EA.....ethanolamin  
 AB.....2-amino-1-butanol  
 AMP.....2-amino-2-methyl-1-propanol  
 ZnOct..... bis(2-ethylhexanoat)cínatý  
 g<sup>°</sup>..... stupeň větvení  
 [η]<sub>w</sub>..... vnitřní viskozita

Molekulové hmotnosti stanoveny metodou CPC-MALLS, hodnota Tg metodou DSC.

Molekulová hmotnost PEA nebyla měřena, protože se nerozpouštějí v tetrahydrofuranu.

### **4.3. Metodika přípravy**

Byly připraveny roztoky polymerů, změřeno jejich mezipovrchové napětí a kinematická viskozita.

#### **4.3.1. Příprava roztoků polymerů**

Připravili jsme roztoky polymerů o 1%, 3% a 5% koncentraci. Pro přípravu roztoků jsme použili polymery PLGA 5/5, P5, D3, D5, T5, A2, A3, A4, PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4.

- 1% roztoky: navážili jsme 1,4 g příslušného polymeru a přidali 138,6 g chloroformu

- 3% roztoky: navážili jsme 4,2 g příslušného polymeru a přidali 135,8 g chloroformu

- 5% roztoky: navážili jsme 7 g příslušného polymeru a přidali 133 g chloroformu

Za občasného protřepání jsme nechali polymer rozpustit.

Vzniklý produkt jsme rozdělili na dvě části: První vzorek jsme použili na změření kinematické viskozity a následný výpočet vnitřní viskozity a u druhého vzorku jsme měřili mezipovrchové napětí oproti vodě sycené chloroformem.

#### **4.3.2. Měření kinematické viskozity**

Stanovení viskozity jsme prováděli kapilárním Ubbelohdeho viskozimetrem typu 0A s konstantou viskozimetru  $0,003 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ . Viskozitu jsme stanovovali ve vodní lázni temperované na  $23^\circ\text{C}$ .

Viskozimetr jsme naplnili roztokem polymeru. Ve svislé poloze jsme ho ponořili do vodní lázně a nechali jsme zkoušenou kapalinu 30 minut temperovat. Poté jsme kapalinu ve viskozimetru nasáli stříkačkou nad horní rysku viskozimetru a měřili jsme čas potřebný k tomu, aby hladina kapaliny klesla od jedné rysky ke druhé. Čas

jsme měřili stopkami a hodnoty jsme zaokrouhlili na dvě desetinná místa. Z naměřených hodnot jsme vypočítali kinematickou viskozitu podle vzorce

$$v = k \cdot t$$

kde **k** je konstanta viskozimetru a **t** je doba průtoku zkoušené kapaliny v sekundách. Dále jsme vypočítali vnitřní viskozitu podle vzorce

$$[\eta] = \frac{\left[ 2 \left( \frac{t}{t_0} - \ln \left( \frac{t}{t_0} \right) - 1 \right) \right]^{1/2}}{c}$$

kde **t** je čas průtoku vzorku v sekundách, **t<sub>0</sub>** je čas průtoku rozpouštědla v sekundách a **c** je koncentrace v g/ml.

Každý vzorek jsme měřili dvakrát.

### 4.3.3. Měření mezipovrchového napětí

Měřili jsme mezipovrchové napětí roztoků polymerů v chloroformu oproti vodě. Při měření mezifázového napětí je vždy jedna fáze mírně rozpustná ve fázi druhé. Proto by každá kapalina měla být nasycena druhou kapalinou.

Pro měření jsme použili roztok chloroformu ve vodě:

- cca 1% aqua chloroformiata: do 3 l vody jsme přidali cca 50 g chloroformu; roztok jsme protřepali a nechali jsme ho 24 hodin ustálit; poté jsme odebírali horní vodnou vrstvu pro měření mezipovrchového napětí

Měření jsme prováděli na přístroji Krüss 100. Pro měření jsme zvolili destičkovou metodu. Destička je vyrobena ze zdrsňené platiny. Před vlastním měřením jsme v počítači zadali parametry těžší a lehčí fáze. Těžší fázi představoval roztok polymeru v chloroformu a lehčí fázi voda sycená chloroformem.

Měření mezifázového napětí se provádělo ve dvou krocích. Platinovou destičku jsme nejdříve vytárovali v lehčí fázi. Misku o průměru 70 mm jsme naplnili vodnou fází tak, aby byla destička zcela ponořena. Provedli jsme měření s vodnou fází. Poté jsme destičku i misku vyžihali nad plamenem propan butanu, aby byly odstraněny všechny nečistoty. Poté jsme do misky nalili těžší fázi (roztok polymeru v chloroformu) a znovu jsme provedli měření. Po tomto měření jsme vzorek nechali v misce. Vyžihali jsme pouze platinovou destičku. Těžší fázi v misce jsme pak opatrně převrstvili pomocí pipety lehčí vodnou fází. Převrstvení probíhalo pomalu, aby nedocházelo ke smísení fází a porušení mezifázového rozhraní. Poté počítač provedl proměření samotného mezifázového napětí. Měření jsme prováděli vždy dvakrát.

## 5. Výsledky

Tab. č. 1: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 1% roztoku  
oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)

	PLGA 5/5-1%-A (25,4°C)		PLGA 5/5-1%-B (24,7°C)		P5-1%-A (24,3°C)		P5-1%-B (23,7°C)		D3-1%-A (19,0°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	19,0521	1,02	12,8559	1,02	9,8554	1,02	10,4409	1,03	16,198
2	7,09	18,4179	7,11	11,9777	7,03	8,8552	7,02	8,7088	7,09	14,4416
3	14,03	18,052	14,05	11,563	14,02	8,5381	14,05	8,0502	14,03	13,8805
4	21,03	17,808	21,03	11,6362	21,02	8,3673	21,02	7,6599	21,03	13,5878
5	27,04	17,7348	27,03	11,5874	27,04	8,1722	27,02	7,3915	27,23	13,3194
6	34,02	17,5641	34,02	11,4898	34,14	8,0258	34,02	7,1232	34,15	13,173
7	41,02	17,3933	41,02	11,3191	41,02	7,8306	41,03	6,7817	41,03	13,0511
8	47,04	17,125	47,02	11,2215	47,15	7,6599	47,15	6,5133	47,03	12,9779
9	54,02	16,9298	54,06	11,1727	54,02	7,4647	54,02	6,2938	54,17	12,8315
10	60,02	16,8322	60,02	11,0995	60,02	7,2696	60,02	6,0254	60,03	12,7583

	D3-1%-B (19,0°C)		D5-1%-A (19,1°C)		D5-1%-B (19,2°C)		T5-1%-A (21,2°C)		T5-1%-B (21,2°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	14,0269	1,03	6,3426	1,02	5,9523	1,02	12,9291	1,02	13,0999
2	7,03	13,1487	7,08	5,8791	7,18	5,6595	7,09	11,8557	7,02	12,0265
3	14,02	12,6852	14,05	5,7327	14,09	5,6107	14,02	11,5874	14,2	11,807
4	21,05	12,1973	21,03	5,6595	21,02	5,5376	21,1	11,3922	21,02	11,685
5	27,02	11,6362	27,03	5,6595	27,06	5,4644	27,16	11,2215	27,09	11,5874
6	34,2	11,6362	34,08	5,6107	34,16	5,3668	34,03	11,0995	34,02	11,4654
7	41,02	11,6118	41,09	5,5376	41,02	5,2448	41,02	11,0019	41,02	11,3922
8	47,02	11,5874	47,03	5,4888	47,04	5,1716	47,02	10,9044	47,06	11,3191
9	54,02	11,563	54,05	5,44	54,06	5,0985	54,02	10,8556	54,03	11,2459
10	60,02	11,5386	60,03	5,4156	60,02	5,0497	60,02	10,8068	60,02	11,2215

**Tab. č. 2: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 3% roztoku  
oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)**

	PLGA 5/5-3%-A (24,3°C)		PLGA 5/5-3%-B (24,3°C)		P5-3%-A (23,7°C)		P5-3%-B (22,7°C)		D3-3%-A (19,2°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	12,4168	1,02	10,1969	1,02	8,7332	1,02	7,6355	1,03	11,2459
2	7,02	11,3678	7,15	9,6114	7,14	8,0014	7,08	6,9524	7,15	10,8068
3	14,15	10,9531	14,11	9,587	14,02	7,7331	14,13	6,7329	14,03	11,0751
4	21,02	10,758	21,11	9,6358	21,03	7,3915	21,02	6,5377	21,07	11,0995
5	27,08	10,636	27,02	9,6602	27,14	7,2208	27,02	6,367	27,03	11,4898
6	34,02	10,636	34,02	9,6602	34,07	6,928	34,02	6,0742	34,17	11,8313
7	41,02	10,6116	41,03	9,6114	41,02	6,6597	41,07	5,9279	41,02	12,0265
8	47,02	10,5384	47,16	9,6114	47,04	6,4402	47,04	5,7083	47,04	12,1241
9	54,14	10,3189	54,02	9,4895	54,02	6,2938	54,02	5,4888	54,02	12,1973
10	60,02	9,831	60,02	9,4407	60,02	6,0498	60,02	5,3424	60,02	12,2217

	D3-3%-B (19,7°C)		D5-3%-A (20,4°C)		D5-3%-B (20,5°C)		T5-3%-A (21,2°C)		T5-3%-B (21,3°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	8,2697	1,02	5,6351	1,02	8,0502	1,03	11,7094	1,02	11,6606
2	7,07	8,0746	7,15	5,3668	7,02	7,855	7,09	10,6116	7,07	10,8556
3	14,16	8,0746	14,02	5,2692	14,02	7,855	14,03	10,4409	14,02	10,6848
4	21,02	8,0258	21,02	5,2692	21,03	7,855	21,09	10,3677	21,02	10,6116
5	27,05	8,1234	27,02	5,2204	27,07	7,855	27,03	10,2945	27,12	10,5384
6	34,02	8,3429	34,02	5,196	34,02	7,855	34,14	10,2213	34,02	10,4409
7	41,05	8,4405	41,02	5,1472	41,02	7,8306	41,03	10,1725	41,02	10,3921
8	47,02	8,5137	47,02	5,1229	47,15	7,855	47,03	10,1237	47,17	10,3433
9	54,02	8,5625	54,03	5,1229	54,02	7,8306	54,04	10,0993	54,02	10,2701
10	60,02	8,5625	60,02	5,0985	60,02	7,8306	60,05	10,0749	60,02	10,2701

**Tab. č. 3: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 5% roztoku  
oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)**

	PLGA 5/5-5%-A (24,5°C)		PLGA 5/5-5%-B (24,4°C)		P5-5%-A (21,1°C)		P5-5%-B (19,4°C)		D3-5%-A (19,4°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,03	10,0505	1,03	9,953	1,02	7,0012	1,03	9,0992	1,03	20,8817
2	7,03	9,4895	7,16	9,6358	7,06	6,0742	7,03	8,099	7,16	18,7106
3	14,03	9,3187	14,1	9,4651	14,14	5,8547	14,06	7,9038	14,09	18,4423
4	21,02	9,026	21,02	9,5383	21,02	5,6595	21,02	7,7331	21,02	18,3447
5	27,15	8,6601	27,02	9,5627	27,02	5,5376	27,15	8,2454	27,06	18,3447
6	34,07	8,1478	34,02	9,6358	34,03	5,3668	34,03	8,5869	34,15	18,3203
7	41,02	7,9282	41,06	9,587	41,04	5,2204	41,02	8,7332	41,02	18,2715
8	47,13	8,8064	47,02	9,7334	47,02	5,0985	47,02	8,8064	47,02	18,2715
9	54,04	8,5625	54,05	9,8066	54,02	4,9521	54,02	8,8552	54,02	18,1983
10	60,02	8,5381	60,02	9,831	60,02	4,8545	60,02	8,782	60,02	18,1495

	D3-5%-B (19,5°C)		D5-5%-A (20,7°C)		D5-5%-B (21,2°C)		T5-5%-A (21,3°C)		T5-5%-B (21,5°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	Čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	14,7343	1,02	5,8547	1,03	5,6351	1,03	10,0262	1,02	11,5142
2	7,18	13,1974	7,07	5,562	7,12	5,4644	7,07	9,5383	7,05	10,9775
3	14,02	12,7583	14,04	5,5376	14,03	5,5132	14,06	9,5139	14,02	10,9531
4	21,02	12,6608	21,02	5,562	21,05	5,5376	21,02	9,4895	21,06	10,9287
5	27,07	12,49	27,14	5,5376	27,03	5,562	27,02	9,4895	27,03	10,9044
6	34,07	12,4168	34,02	5,562	34,04	5,5863	34,02	9,4651	34,03	10,9044
7	41,02	12,2704	41,02	5,5376	41,03	5,6107	41,04	9,4651	41,02	10,88
8	47,12	12,1973	47,02	5,5863	47,03	5,6107	47,02	9,4407	47,17	10,8556
9	54,02	12,1241	54,03	5,6107	54,03	5,6107	54,02	9,4407	54,02	10,8556
10	60,02	12,0265	60,02	5,6107	60,03	5,6107	60,03	9,4407	60,02	10,8312



**Tab. č. 4: Mezipovrchové napětí polymeru P5 v 2,5%, 2%, 1,5%, 0,75% a 0,5% roztoku oproti vodě**

	P5-2,5%-A (22,3°C)		P5-2,5%-B (22,6°C)		P5-2%-A (22,7°C)		P5-2%-B (22,5°C)		P5-1,5%-A (23,1°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	8,7576	1,02	8,9284	1,02	12,0997	1,02	10,8312	1,02	10,9287
2	7,02	8,7576	7,02	8,4893	7,12	11,807	7,21	10,514	7,12	10,9531
3	14,02	8,782	14,1	8,4405	14,02	11,7338	14,02	10,4165	14,02	10,9531
4	21,03	8,8308	21,02	8,3917	21,02	11,6362	21,11	10,3189	20,11	10,9287
5	27,03	8,8308	27,14	8,4161	27,02	11,5874	27,02	10,2701	27,02	10,9044
6	34,02	8,8064	34,08	8,4161	34,04	11,563	34,02	10,1969	34,03	10,88
7	41,02	8,7332	41,07	8,4161	41,02	11,4654	41,02	10,1237	41,02	10,9044
8	47,02	8,7576	47,04	8,4161	47,02	11,4166	47,13	10,0262	47,02	10,8312
9	54,04	8,7088	54,03	8,4161	54,16	11,3435	54,14	9,9774	54,06	10,8068
10	60,02	8,6845	1,02	8,9284	60,02	11,3191	60,02	9,9286	60,02	10,8068

	P5-1,5%-B (22,9°C)		P5-0,75%-A (23,6°C)		P5-0,75%-B (23,4°C)		P5-0,5%-A (25,0°C)		P5-0,5%-B (24,7°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	Čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	10,6116	1,02	11,4654	1,02	11,4654	1,02	13,0511	1,04	12,4168
2	7,15	10,7092	7,02	11,2215	7,08	11,4654	7,15	12,5632	7,09	12,1729
3	14,12	10,7824	14,04	11,2459	14,07	11,4898	14,03	12,4168	14,04	12,0753
4	21,02	10,8068	21,02	11,0995	21,03	11,441	21,02	12,2461	21,06	11,9289
5	27,02	10,8068	27,04	11,1483	27,04	11,441	27,06	12,1241	27,02	11,8557
6	34,02	10,8068	34,02	11,0751	34,02	11,3922	34,02	12,0021	34,07	11,7582
7	41,02	10,758	41,02	11,0263	41,04	11,4166	41,06	11,9289	41,02	11,6362
8	47,03	10,7336	47,03	10,9775	47,03	11,3678	47,1	11,8313	47,04	11,5142
9	54,05	10,636	54,05	10,9044	54,02	11,3678	54,11	11,7582	54,04	11,3922
10	60,02	10,6116	60,02	10,8312	60,02	11,4166	60,02	11,685	60,02	11,2459

**Tab. č. 5: Mezipovrchové napětí polymeru D5 v 0,5%, 0,25%, 0,1% a 0,05% roztoku oproti vodě**

	D5-0,5%-A (23,6°C)		D5-0,5%-B (23,5°C)		D5-0,25%-A (23,3°C)		D5-0,25%-B (23,1°C)		D5-0,1%-A (24,6°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	7,4647	1,02	6,8061	1,02	8,4893	1,03	8,4893	1,03	9,6358
2	7,17	6,7329	7,07	5,7327	7,02	7,4647	7,19	7,5379	7,09	9,0748
3	14,02	6,367	14,02	5,3668	14,19	6,928	14,03	7,1232	14,04	8,8552
4	21,09	6,123	21,02	5,0741	21,04	6,4889	21,03	6,8793	21,03	8,7332
5	27,06	5,9279	27,13	4,8789	27,09	6,2206	27,08	6,6597	27,08	8,6357
6	34,07	5,6839	34,14	4,6837	34,02	5,9523	34,09	6,4158	34,03	8,4893
7	41,02	5,44	41,02	4,5374	41,02	5,7815	41,04	6,245	41,03	8,4161
8	47,13	5,2448	47,1	4,4642	47,02	5,6595	47,03	6,123	47,11	8,3673
9	54,02	5,1472	54,14	4,3666	54,02	5,5132	54,06	5,9767	54,03	8,221
10	60,02	5,0741	60,02	4,2934	60,03	5,44	60,03	5,9035	60,03	8,1722

	D5-0,1%-B (24,5°C)		D5-0,05%-A (24,5°C)		D5-0,05%-B (24,5°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	9,9774	1,02	9,953	1,03	9,7578
2	7,12	9,5383	7,06	9,4163	7,14	9,0992
3	14,02	9,3431	14,02	9,2211	14,06	8,904
4	21,1	9,2455	21,02	9,026	21,03	8,7576
5	27,02	9,1236	27,11	8,9528	27,03	8,6845
6	34,02	8,9772	34,02	8,8796	34,04	8,6113
7	41,02	8,8552	41,02	8,7576	41,05	8,5625
8	47,02	8,7576	47,18	8,6845	47,17	8,5381
9	54,05	8,6845	54,1	8,6113	54,03	8,4405
10	60,02	8,5869	60,02	8,5137	60,03	8,3185

**Tab. č. 6: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 24,3°C (měření A) a 24,0°C (měření B)**

číslo měření	A2-1%-A			A2-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,03	0,6139	15,271	1,02	0,6188	15,3929
2	7,03	0,5874	14,6123	7,14	0,611	15,1978
3	14,07	0,5707	14,1976	14,02	0,5953	14,8075
4	21,03	0,56	13,9293	21,06	0,5845	14,5391
5	27,09	0,557	13,8561	27,04	0,5786	14,3928
6	34,09	0,5492	13,6609	34,04	0,5707	14,1976
7	41,06	0,5433	13,5146	41,02	0,5649	14,0512
8	47,03	0,5364	13,3438	47,16	0,559	13,9049
9	54,04	0,5325	13,2462	54,18	0,5531	13,7585
10	60,04	0,5237	13,0267	60,03	0,5472	13,6121

**Tab. č. 7: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 24,0°C (měření A) a 24,1°C (měření B)**

číslo měření	A3-1%-A			A3-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,509	12,6608	1,02	0,5992	14,9051
2	7,16	0,507	12,612	7,02	0,5933	14,7587
3	14,03	0,508	12,6364	14,03	0,5874	14,6123
4	21,06	0,506	12,5876	21,02	0,5815	14,466
5	27,06	0,5041	12,5388	27,16	0,5776	14,3684
6	34,08	0,505	12,5632	34,13	0,5756	14,3196
7	41,07	0,5011	12,4656	41,02	0,5717	14,222
8	47,11	0,4992	12,4168	47,04	0,5688	14,1488
9	54,02	0,4972	12,368	54,02	0,5668	14,1
10	60,05	0,4943	12,2948	60,02	0,5639	14,0269

**Tab. č. 8: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,6°C (měření A) a 25,2°C (měření B)**

číslo měření	A4-1%-A			A4-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,5374	13,3682	1,02	0,4903	12,1973
2	7,02	0,5031	12,5144	7,13	0,4737	11,7826
3	14,02	0,4952	12,3192	14,14	0,4589	11,4166
4	21,04	0,4913	12,2217	21,02	0,4472	11,1239
5	27,17	0,4893	12,1729	27,1	0,4423	11,0019
6	34,02	0,4874	12,1241	34,02	0,4384	10,9044
7	41,02	0,4874	12,1241	41,03	0,4354	10,8312
8	47,14	0,4854	12,0753	47,02	0,4335	10,7824
9	54,15	0,4844	12,0509	54,02	0,4305	10,7092
10	60,02	0,4835	12,0265	60,06	0,4285	10,6604

**Tab. č. 9: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,8°C (měření A) a 23,8 °C (měření B)**

číslo měření	A2-3%-A			A2-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,5815	14,466	1,02	0,5992	14,9051
2	7,02	0,558	13,8805	7,12	0,5855	14,5635
3	14,16	0,5502	13,6853	14,02	0,5796	14,4172
4	21,05	0,5433	13,5146	21,03	0,5727	14,2464
5	27,02	0,5374	13,3682	27,13	0,5698	14,1732
6	34,09	0,5296	13,173	34,1	0,5649	14,0512
7	41,02	0,5247	13,0511	41,03	0,5619	13,9781
8	47,02	0,5188	12,9047	47,07	0,557	13,8561
9	54,07	0,5168	12,8559	54,22	0,5541	13,7829
10	60,02	0,5139	12,7827	60,02	0,5511	13,7097

**Tab. č. 10: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 24,2°C (měření A) a 24,7°C (měření B)**

číslo měření	A3-3%-A			A3-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,03	0,5148	12,8071	1,02	0,5845	14,5391
2	7,12	0,5011	12,4656	7,03	0,5492	13,6609
3	14,02	0,4972	12,368	14,04	0,5413	13,4658
4	21,04	0,4952	12,3192	21,02	0,5374	13,3682
5	27,02	0,4923	12,2461	27,09	0,5325	13,2462
6	34,02	0,4903	12,1973	34,03	0,5296	13,173
7	41,08	0,4893	12,1729	41,03	0,5286	13,1487
8	47,02	0,4874	12,1241	47,04	0,5276	13,1243
9	54,02	0,4854	12,0753	54,13	0,5266	13,0999
10	60,02	0,4844	12,0509	60,02	0,5276	13,1243

**Tab. č. 11: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,0°C (měření A) a 24,9°C (měření B)**

číslo měření	A4-3%-A			A4-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,03	0,506	12,5876	1,02	0,5001	12,4412
2	7,02	0,4021	10,0018	7,02	0,4187	10,4165
3	14,04	0,3609	8,9772	14,03	0,3874	9,6358
4	21,01	0,3413	8,4893	21,02	0,3707	9,2211
5	27,18	0,3295	8,1966	27,16	0,3619	9,0016
6	34,02	0,3187	7,9282	34,11	0,354	8,8064
7	41,02	0,3099	7,7087	41,02	0,3472	8,6357
8	47,02	0,306	7,6111	47,15	0,3403	8,4649
9	54,02	0,2981	7,4159	54,06	0,3354	8,3429
10	60,02	0,2942	7,3184	60,02	0,3305	8,221

**Tab. č. 12: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,9°C (měření A) a 23,9°C (měření B)**

číslo měření	A2-5%-A			A2-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,5433	13,5146	1,02	0,5629	14,0025
2	7,02	0,5227	13,0023	7,08	0,5403	13,4414
3	14,02	0,5148	12,8071	14,02	0,5266	13,0999
4	21,02	0,509	12,6608	21,13	0,5188	12,9047
5	27,13	0,507	12,612	27,03	0,5139	12,7827
6	34,01	0,5021	12,49	34,04	0,508	12,6364
7	40,11	0,5001	12,4412	41,02	0,5031	12,5144
8	47,17	0,4972	12,368	47,03	0,5001	12,4412
9	54,09	0,4943	12,2948	54,05	0,4943	12,2948
10	60,02	0,4913	12,2217	60,02	0,4903	12,1973

**Tab. č. 13: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 24,5°C (měření A) a 24,4°C (měření B)**

číslo měření	A3-5%-A			A3-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,6443	16,0272	1,02	0,5786	14,3928
2	7,02	0,6002	14,9295	7,19	0,5541	13,7829
3	14,06	0,5855	14,5635	14,03	0,5443	13,539
4	21,06	0,5786	14,3928	21,02	0,5384	13,3926
5	27,18	0,5747	14,2952	27,08	0,5345	13,295
6	34,13	0,5688	14,1488	34,02	0,5315	13,2218
7	41,02	0,5658	14,0756	41,02	0,5286	13,1487
8	47,08	0,5629	14,0025	47,14	0,5266	13,0999
9	54,09	0,5609	13,9537	54,02	0,5247	13,0511
10	60,02	0,557	13,8561	60,2	0,5227	13,0023

**Tab. č. 14: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 24,9°C (měření A) a 24,9°C (měření B)**

číslo měření	A4-5%-A			A4-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,4992	12,4168	1,02	0,3776	9,3919
2	7,02	0,4295	10,6848	7,12	0,3687	9,1723
3	14,02	0,407	10,1237	14,11	0,3687	9,1723
4	21,02	0,3972	9,8798	21,03	0,3668	9,1236
5	27,04	0,3923	9,7578	27,02	0,3668	9,1236
6	34,02	0,3893	9,6846	34,02	0,3658	9,0992
7	41,04	0,3854	9,587	41,02	0,3638	9,0504
8	47,1	0,3844	9,5627	47,06	0,3619	9,0016
9	54,02	0,3815	9,4895	54,02	0,3609	8,9772
10	60,02	0,3795	9,4407	60,22	0,3599	8,9528

**Tab. č. 15: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	A2-1%-A		A2-1%-B		A2-3%-A		A2-3%-B		A2-5%-A		A2-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	15,271	1,02	15,3929	1,02	14,466	1,02	14,9051	1,02	13,5146	1,02	14,0025
2	7,03	14,6123	7,14	15,1978	7,02	13,8805	7,12	14,5635	7,02	13,0023	7,08	13,4414
3	14,07	14,1976	14,02	14,8075	14,16	13,6853	14,02	14,4172	14,02	12,8071	14,02	13,0999
4	21,03	13,9293	21,06	14,5391	21,05	13,5146	21,03	14,2464	21,02	12,6608	21,13	12,9047
5	27,09	13,8561	27,04	14,3928	27,02	13,3682	27,13	14,1732	27,13	12,612	27,03	12,7827
6	34,09	13,6609	34,04	14,1976	34,09	13,173	34,1	14,0512	34,01	12,49	34,04	12,6364
7	41,06	13,5146	41,02	14,0512	41,02	13,0511	41,03	13,9781	40,11	12,4412	41,02	12,5144
8	47,03	13,3438	47,16	13,9049	47,02	12,9047	47,07	13,8561	47,17	12,368	47,03	12,4412
9	54,04	13,2462	54,18	13,7585	54,07	12,8559	54,22	13,7829	54,09	12,2948	54,05	12,2948
10	60,04	13,0267	60,03	13,6121	60,02	12,7827	60,02	13,7097	60,02	12,2217	60,02	12,1973



**Tab. č. 16: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	A3-1%-A		A3-1%-B		A3-3%-A		A3-3%-B		A3-5%-A		A3-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	12,6608	1,02	14,9051	1,03	12,8071	1,02	14,5391	1,02	16,0272	1,02	14,3928
2	7,16	12,612	7,02	14,7587	7,12	12,4656	7,03	13,6609	7,02	14,9295	7,19	13,7829
3	14,03	12,6364	14,03	14,6123	14,02	12,368	14,04	13,4658	14,06	14,5635	14,03	13,539
4	21,06	12,5876	21,02	14,466	21,04	12,3192	21,02	13,3682	21,06	14,3928	21,02	13,3926
5	27,06	12,5388	27,16	14,3684	27,02	12,2461	27,09	13,2462	27,18	14,2952	27,08	13,295
6	34,08	12,5632	34,13	14,3196	34,02	12,1973	34,03	13,173	34,13	14,1488	34,02	13,2218
7	41,07	12,4656	41,02	14,222	41,08	12,1729	41,03	13,1487	41,02	14,0756	41,02	13,1487
8	47,11	12,4168	47,04	14,1488	47,02	12,1241	47,04	13,1243	47,08	14,0025	47,14	13,0999
9	54,02	12,368	54,02	14,1	54,02	12,0753	54,13	13,0999	54,09	13,9537	54,02	13,0511
10	60,05	12,2948	60,02	14,0269	60,02	12,0509	60,02	13,1243	60,02	13,8561	60,2	13,0023

**Tab. č. 17: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	A4-1%-A		A4-1%-B		A4-3%-A		A4-3%-B		A4-5%-A		A4-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	13,3682	1,02	12,1973	1,03	12,5876	1,02	12,4412	1,02	12,4168	1,02	9,3919
2	7,02	12,5144	7,13	11,7826	7,02	10,0018	7,02	10,4165	7,02	10,6848	7,12	9,1723
3	14,02	12,3192	14,14	11,4166	14,04	8,9772	14,03	9,6358	14,02	10,1237	14,11	9,1723
4	21,04	12,2217	21,02	11,1239	21,01	8,4893	21,02	9,2211	21,02	9,8798	21,03	9,1236
5	27,17	12,1729	27,1	11,0019	27,18	8,1966	27,16	9,0016	27,04	9,7578	27,02	9,1236
6	34,02	12,1241	34,02	10,9044	34,02	7,9282	34,11	8,8064	34,02	9,6846	34,02	9,0992
7	41,02	12,1241	41,03	10,8312	41,02	7,7087	41,02	8,6357	41,04	9,587	41,02	9,0504
8	47,14	12,0753	47,02	10,7824	47,02	7,6111	47,15	8,4649	47,1	9,5627	47,06	9,0016
9	54,15	12,0509	54,02	10,7092	54,02	7,4159	54,06	8,3429	54,02	9,4895	54,02	8,9772
10	60,02	12,0265	60,06	10,6604	60,02	7,3184	60,02	8,221	60,02	9,4407	60,22	8,9528

Tab. č. 18: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 1% roztoku oproti vodě

číslo měření	A2-1%-A		A2-1%-B		A3-1%-A		A3-1%-B		A4-1%-A		A4-1%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	15,271	1,02	15,3929	1,02	12,6608	1,02	14,9051	1,02	13,3682	1,02	12,1973
2	7,03	14,6123	7,14	15,1978	7,16	12,612	7,02	14,7587	7,02	12,5144	7,13	11,7826
3	14,07	14,1976	14,02	14,8075	14,03	12,6364	14,03	14,6123	14,02	12,3192	14,14	11,4166
4	21,03	13,9293	21,06	14,5391	21,06	12,5876	21,02	14,466	21,04	12,2217	21,02	11,1239
5	27,09	13,8561	27,04	14,3928	27,06	12,5388	27,16	14,3684	27,17	12,1729	27,1	11,0019
6	34,09	13,6609	34,04	14,1976	34,08	12,5632	34,13	14,3196	34,02	12,1241	34,02	10,9044
7	41,06	13,5146	41,02	14,0512	41,07	12,4656	41,02	14,222	41,02	12,1241	41,03	10,8312
8	47,03	13,3438	47,16	13,9049	47,11	12,4168	47,04	14,1488	47,14	12,0753	47,02	10,7824
9	54,04	13,2462	54,18	13,7585	54,02	12,368	54,02	14,1	54,15	12,0509	54,02	10,7092
10	60,04	13,0267	60,03	13,6121	60,05	12,2948	60,02	14,0269	60,02	12,0265	60,06	10,6604

**Tab. č. 19: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 3% roztoku oproti vodě**

číslo měření	A2-3%-A		A2-3%-B		A3-3%-A		A3-3%-B		A4-3%-A		A4-3%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	14,466	1,02	14,9051	1,03	12,8071	1,02	14,5391	1,03	12,5876	1,02	12,4412
2	7,02	13,8805	7,12	14,5635	7,12	12,4656	7,03	13,6609	7,02	10,0018	7,02	10,4165
3	14,16	13,6853	14,02	14,4172	14,02	12,368	14,04	13,4658	14,04	8,9772	14,03	9,6358
4	21,05	13,5146	21,03	14,2464	21,04	12,3192	21,02	13,3682	21,01	8,4893	21,02	9,2211
5	27,02	13,3682	27,13	14,1732	27,02	12,2461	27,09	13,2462	27,18	8,1966	27,16	9,0016
6	34,09	13,173	34,1	14,0512	34,02	12,1973	34,03	13,173	34,02	7,9282	34,11	8,8064
7	41,02	13,0511	41,03	13,9781	41,08	12,1729	41,03	13,1487	41,02	7,7087	41,02	8,6357
8	47,02	12,9047	47,07	13,8561	47,02	12,1241	47,04	13,1243	47,02	7,6111	47,15	8,4649
9	54,07	12,8559	54,22	13,7829	54,02	12,0753	54,13	13,0999	54,02	7,4159	54,06	8,3429
10	60,02	12,7827	60,02	13,7097	60,02	12,0509	60,02	13,1243	60,02	7,3184	60,02	8,221

Tab. č. 20: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 5% roztoku oproti vodě

číslo měření	A2-5%-A		A2-5%-B		A3-5%-A		A3-5%-B		A4-5%-A		A4-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	13,5146	1,02	14,0025	1,02	16,0272	1,02	14,3928	1,02	12,4168	1,02	9,3919
2	7,02	13,0023	7,08	13,4414	7,02	14,9295	7,19	13,7829	7,02	10,6848	7,12	9,1723
3	14,02	12,8071	14,02	13,0999	14,06	14,5635	14,03	13,539	14,02	10,1237	14,11	9,1723
4	21,02	12,6608	21,13	12,9047	21,06	14,3928	21,02	13,3926	21,02	9,8798	21,03	9,1236
5	27,13	12,612	27,03	12,7827	27,18	14,2952	27,08	13,295	27,04	9,7578	27,02	9,1236
6	34,01	12,49	34,04	12,6364	34,13	14,1488	34,02	13,2218	34,02	9,6846	34,02	9,0992
7	40,11	12,4412	41,02	12,5144	41,02	14,0756	41,02	13,1487	41,04	9,587	41,02	9,0504
8	47,17	12,368	47,03	12,4412	47,08	14,0025	47,14	13,0999	47,1	9,5627	47,06	9,0016
9	54,09	12,2948	54,05	12,2948	54,09	13,9537	54,02	13,0511	54,02	9,4895	54,02	8,9772
10	60,02	12,2217	60,02	12,1973	60,02	13,8561	60,2	13,0023	60,02	9,4407	60,22	8,9528

**Tab. č. 21: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,0°C (měření A) a 25,1°C (měření B)**

číslo měření	PEA1-1%-A			PEA1-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,03	0,5109	12,7095	1,02	0,457	11,3678
2	7,08	0,506	12,5876	7,23	0,457	11,3678
3	14,04	0,508	12,6364	14,02	0,457	11,3678
4	21,02	0,506	12,5876	21,02	0,458	11,3922
5	27,14	0,507	12,612	27,02	0,457	11,3678
6	34,06	0,506	12,5876	34,02	0,456	11,3435
7	41,12	0,507	12,612	41,02	0,456	11,3435
8	47,03	0,506	12,5876	47,16	0,457	11,3678
9	54,02	0,506	12,5876	54,02	0,456	11,3435
10	60,03	0,505	12,5632	60,02	0,456	11,3435

**Tab. č. 22: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,3°C (měření A) a 25,3°C (měření B)**

číslo měření	PEA2-1%-A			PEA2-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,01	0,3158	7,855	1,03	0,3118	7,7575
2	7,15	0,3158	7,855	7,09	0,3256	8,099
3	14,02	0,3138	7,8062	14,02	0,3354	8,3429
4	21,02	0,3118	7,7575	21,02	0,3413	8,4893
5	27,13	0,3109	7,7331	27,02	0,3423	8,5137
6	34,04	0,3099	7,7087	34,08	0,3432	8,5381
7	41,06	0,3089	7,6843	41,02	0,3423	8,5137
8	47,02	0,3079	7,6599	47,03	0,3423	8,5137
9	54,02	0,3069	7,6355	54,03	0,3413	8,4893
10	60,03	0,305	7,5867	60,02	0,3423	8,5137

**Tab. č. 23: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,1°C (měření A) a 25,2°C (měření B)**

číslo měření	PEA3-1%-A			PEA3-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,01	0,2765	6,8793	1,02	0,506	12,5876
2	7,01	0,2707	6,7329	7,04	0,507	12,612
3	14,03	0,2697	6,7085	14,03	0,506	12,5876
4	21,02	0,3324	8,2697	21,02	0,505	12,5632
5	27,02	0,3462	8,6113	27,02	0,5041	12,5388
6	34,03	0,3511	8,7332	34,02	0,5021	12,49
7	41,02	0,353	8,782	41,02	0,5011	12,4656
8	47,02	0,353	8,782	47,07	0,5001	12,4412
9	54,02	0,353	8,782	54,02	0,4992	12,4168
10	60,02	0,353	8,782	60,02	0,4982	12,3924

**Tab. č. 24: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 23,2°C (měření A) a 23,4°C (měření B)**

číslo měření	PEA4-1%-A			PEA4-1%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,256	6,367	1,02	0,1393	3,464
2	7,13	0,2461	6,123	7,08	0,1442	3,586
3	14,15	0,2481	6,1718	14,02	0,1471	3,6592
4	21,02	0,2481	6,1718	21,02	0,205	5,0985
5	27,04	0,2481	6,1718	27,02	0,2265	5,6351
6	34,02	0,2481	6,1718	34,02	0,2363	5,8791
7	40,15	0,2471	6,1474	41,02	0,2412	6,0011
8	47,14	0,2461	6,123	47,04	0,2432	6,0498
9	54,12	0,2452	6,0986	54,19	0,2461	6,123
10	60,01	0,2461	6,123	60,02	0,2471	6,1474

**Tab. č. 25: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,2°C (měření B)**

číslo měření	PEA1-3%-A			PEA1-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,4129	10,2701	1,03	0,4795	11,9289
2	7,16	0,4148	10,3189	7,07	0,4521	11,2459
3	14,02	0,4109	10,2213	14,03	0,4452	11,0751
4	21,07	0,4099	10,1969	21,02	0,4452	11,0751
5	27,03	0,4099	10,1969	27,02	0,4462	11,0995
6	34,12	0,4089	10,1725	34,02	0,4482	11,1483
7	41,02	0,408	10,1481	41,06	0,4452	11,0751
8	47,02	0,408	10,1481	47,09	0,4442	11,0507
9	54,11	0,407	10,1237	54,15	0,4433	11,0263
10	60,02	0,408	10,1481	60,02	0,4423	11,0019

**Tab. č. 26: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,2°C (měření B)**

číslo měření	PEA2-3%-A			PEA2-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,03	0,406	10,0993	1,02	0,3952	9,831
2	7,02	0,4031	10,0262	7,11	0,3991	9,9286
3	14,08	0,4031	10,0262	14,02	0,4031	10,0262
4	21,02	0,4021	10,0018	21,02	0,405	10,0749
5	27,14	0,4011	9,9774	27,03	0,405	10,0749
6	34,02	0,4011	9,9774	34,03	0,406	10,0993
7	41,05	0,4001	9,953	41,02	0,406	10,0993
8	47,03	0,3981	9,9042	47,15	0,406	10,0993
9	54,03	0,3972	9,8798	54,02	0,406	10,0993
10	60,02	0,3962	9,8554	60,02	0,406	10,0993



**Tab. č. 27: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,4°C (měření A) a 23,2°C (měření B)**

číslo měření	PEA3-3%-A			PEA3-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,4462	11,0995	1,03	0,5011	12,4656
2	7,03	0,455	11,3191	7,13	0,4962	12,3436
3	14,04	0,457	11,3678	14,03	0,4962	12,3436
4	21,02	0,456	11,3435	21,03	0,4943	12,2948
5	27,15	0,455	11,3191	27,16	0,4933	12,2704
6	34,02	0,454	11,2947	34,19	0,4903	12,1973
7	41,04	0,4531	11,2703	41,03	0,4903	12,1973
8	47,1	0,4531	11,2703	47,04	0,4893	12,1729
9	54,03	0,4521	11,2459	54,17	0,4893	12,1729
10	60,02	0,4511	11,2215	60,03	0,4893	12,1729

**Tab. č. 28: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,4°C (měření A) a 23,6°C (měření B)**

číslo měření	PEA4-3%-A			PEA4-3%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,3472	8,6357	1,02	0,3275	8,1478
2	7,03	0,356	8,8552	7,07	0,3246	8,0746
3	14,03	0,3648	9,0748	14,16	0,3256	8,099
4	21,02	0,3687	9,1723	21,08	0,3246	8,0746
5	27,08	0,3717	9,2455	27,02	0,3246	8,0746
6	34,02	0,3736	9,2943	34,16	0,3236	8,0502
7	41,02	0,3766	9,3675	41,02	0,3226	8,0258
8	47,14	0,3776	9,3919	47,03	0,3217	8,0014
9	54,02	0,3785	9,4163	54,03	0,3207	7,977
10	60,02	0,3795	9,4407	60,03	0,3197	7,9526

**Tab. č. 29: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 25,3°C (měření A) a 25,3°C (měření B)**

číslo měření	PEA1-5%-A			PEA1-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,5747	14,2952	1,02	0,5325	13,2462
2	7,13	0,557	13,8561	7,06	0,5197	12,9291
3	14,15	0,5521	13,7341	14,04	0,5129	12,7583
4	21,02	0,5482	13,6365	21,07	0,5119	12,7339
5	27,15	0,5452	13,5634	27,04	0,5109	12,7095
6	34,02	0,5394	13,417	34,12	0,509	12,6608
7	41,06	0,5364	13,3438	41,03	0,509	12,6608
8	47,09	0,5345	13,295	47,17	0,508	12,6364
9	54,02	0,5345	13,295	54,02	0,507	12,612
10	60,02	0,5335	13,2706	60,02	0,507	12,612

**Tab. č. 30: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,1°C (měření B)**

číslo měření	PEA2-5%-A			PEA2-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,4011	9,9774	1,02	0,4766	11,8557
2	7,02	0,4119	10,2457	7,08	0,4688	11,6606
3	14,02	0,4187	10,4165	14,08	0,4658	11,5874
4	21,02	0,4227	10,514	21,08	0,4629	11,5142
5	27,14	0,4266	10,6116	27,03	0,4609	11,4654
6	34,03	0,4266	10,6116	34,04	0,4589	11,4166
7	41,06	0,4285	10,6604	41,07	0,457	11,3678
8	47,02	0,4295	10,6848	47,04	0,455	11,3191
9	54,03	0,4295	10,6848	54,11	0,4531	11,2703
10	60,02	0,4305	10,7092	60,02	0,4511	11,2215

**Tab. č. 31: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,1°C (měření A) a 23,2°C (měření B)**

číslo měření	PEA3-5%-A			PEA3-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,4217	10,4896	1,02	0,5305	13,1974
2	7,02	0,4315	10,7336	7,07	0,5384	13,3926
3	14,03	0,4374	10,88	14,02	0,5472	13,6121
4	21,05	0,4403	10,9531	21,02	0,5511	13,7097
5	27,16	0,4413	10,9775	27,02	0,558	13,8805
6	34,15	0,4433	11,0263	34,02	0,5629	14,0025
7	41,09	0,4433	11,0263	41,03	0,5786	14,3928
8	47,14	0,4433	11,0263	47,03	0,5864	14,5879
9	54,02	0,4433	11,0263	54,02	0,5845	14,5391
10	60,02	0,4433	11,0263	60,02	0,5815	14,466

**Tab. č. 32: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,7°C (měření A) a 23,8°C (měření B)**

číslo měření	PEA4-5%-A			PEA4-5%-B		
	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]	čas [s]	síla [mN]	napětí [mN/m]
1	1,02	0,2971	7,3915	1,03	0,3344	8,3185
2	7,07	0,3099	7,7087	7,04	0,3403	8,4649
3	14,02	0,3177	7,9038	14,05	0,3432	8,5381
4	21,08	0,3217	8,0014	21,06	0,3442	8,5625
5	27,13	0,3246	8,0746	27,03	0,3452	8,5869
6	34,03	0,3266	8,1234	34,03	0,3452	8,5869
7	41,02	0,3275	8,1478	41,03	0,3462	8,6113
8	47,11	0,3295	8,1966	47,15	0,3462	8,6113
9	54,03	0,3305	8,221	54,08	0,3452	8,5869
10	60,02	0,3305	8,221	60,03	0,3442	8,5625

**Tab. č. 33: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA1-1%-A		PEA1-1%-B		PEA1-3%-A		PEA1-3%-B		PEA1-5%-A		PEA1-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	12,7095	1,02	11,3678	1,02	10,2701	1,03	11,9289	1,02	14,2952	1,02	13,2462
2	7,08	12,5876	7,23	11,3678	7,16	10,3189	7,07	11,2459	7,13	13,8561	7,06	12,9291
3	14,04	12,6364	14,02	11,3678	14,02	10,2213	14,03	11,0751	14,15	13,7341	14,04	12,7583
4	21,02	12,5876	21,02	11,3922	21,07	10,1969	21,02	11,0751	21,02	13,6365	21,07	12,7339
5	27,14	12,612	27,02	11,3678	27,03	10,1969	27,02	11,0995	27,15	13,5634	27,04	12,7095
6	34,06	12,5876	34,02	11,3435	34,12	10,1725	34,02	11,1483	34,02	13,417	34,12	12,6608
7	41,12	12,612	41,02	11,3435	41,02	10,1481	41,06	11,0751	41,06	13,3438	41,03	12,6608
8	47,03	12,5876	47,16	11,3678	47,02	10,1481	47,09	11,0507	47,09	13,295	47,17	12,6364
9	54,02	12,5876	54,02	11,3435	54,11	10,1237	54,15	11,0263	54,02	13,295	54,02	12,612
10	60,03	12,5632	60,02	11,3435	60,02	10,1481	60,02	11,0019	60,02	13,2706	60,02	12,612

**Tab. č. 34: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA2-1%-A		PEA2-1%-B		PEA2-3%-A		PEA2-3%-B		PEA2-5%-A		PEA2-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,01	7,855	1,03	7,7575	1,03	10,0993	1,02	9,831	1,02	9,9774	1,02	11,8557
2	7,15	7,855	7,09	8,099	7,02	10,0262	7,11	9,9286	7,02	10,2457	7,08	11,6606
3	14,02	7,8062	14,02	8,3429	14,08	10,0262	14,02	10,0262	14,02	10,4165	14,08	11,5874
4	21,02	7,7575	21,02	8,4893	21,02	10,0018	21,02	10,0749	21,02	10,514	21,08	11,5142
5	27,13	7,7331	27,02	8,5137	27,14	9,9774	27,03	10,0749	27,14	10,6116	27,03	11,4654
6	34,04	7,7087	34,08	8,5381	34,02	9,9774	34,03	10,0993	34,03	10,6116	34,04	11,4166
7	41,06	7,6843	41,02	8,5137	41,05	9,953	41,02	10,0993	41,06	10,6604	41,07	11,3678
8	47,02	7,6599	47,03	8,5137	47,03	9,9042	47,15	10,0993	47,02	10,6848	47,04	11,3191
9	54,02	7,6355	54,03	8,4893	54,03	9,8798	54,02	10,0993	54,03	10,6848	54,11	11,2703
10	60,03	7,5867	60,02	8,5137	60,02	9,8554	60,02	10,0993	60,02	10,7092	60,02	11,2215

**Tab. č. 35: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA3-1%-A		PEA3-1%-B		PEA3-3%-A		PEA3-3%-B		PEA3-5%-A		PEA3-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,01	6,8793	1,02	12,5876	1,02	11,0995	1,03	12,4656	1,02	10,4896	1,02	13,1974
2	7,01	6,7329	7,04	12,612	7,03	11,3191	7,13	12,3436	7,02	10,7336	7,07	13,3926
3	14,03	6,7085	14,03	12,5876	14,04	11,3678	14,03	12,3436	14,03	10,88	14,02	13,6121
4	21,02	8,2697	21,02	12,5632	21,02	11,3435	21,03	12,2948	21,05	10,9531	21,02	13,7097
5	27,02	8,6113	27,02	12,5388	27,15	11,3191	27,16	12,2704	27,16	10,9775	27,02	13,8805
6	34,03	8,7332	34,02	12,49	34,02	11,2947	34,19	12,1973	34,15	11,0263	34,02	14,0025
7	41,02	8,782	41,02	12,4656	41,04	11,2703	41,03	12,1973	41,09	11,0263	41,03	14,3928
8	47,02	8,782	47,07	12,4412	47,1	11,2703	47,04	12,1729	47,14	11,0263	47,03	14,5879
9	54,02	8,782	54,02	12,4168	54,03	11,2459	54,17	12,1729	54,02	11,0263	54,02	14,5391
10	60,02	8,782	60,02	12,3924	60,02	11,2215	60,03	12,1729	60,02	11,0263	60,02	14,466

Tab. č. 36: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě

číslo měření	PEA4-1%-A		PEA4-1%-B		PEA4-3%-A		PEA4-3%-B		PEA4-5%-A		PEA4-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	6,367	1,02	3,464	1,02	8,6357	1,02	8,1478	1,02	7,3915	1,03	8,3185
2	7,13	6,123	7,08	3,586	7,03	8,8552	7,07	8,0746	7,07	7,7087	7,04	8,4649
3	14,15	6,1718	14,02	3,6592	14,03	9,0748	14,16	8,099	14,02	7,9038	14,05	8,5381
4	21,02	6,1718	21,02	5,0985	21,02	9,1723	21,08	8,0746	21,08	8,0014	21,06	8,5625
5	27,04	6,1718	27,02	5,6351	27,08	9,2455	27,02	8,0746	27,13	8,0746	27,03	8,5869
6	34,02	6,1718	34,02	5,8791	34,02	9,2943	34,16	8,0502	34,03	8,1234	34,03	8,5869
7	40,15	6,1474	41,02	6,0011	41,02	9,3675	41,02	8,0258	41,02	8,1478	41,03	8,6113
8	47,14	6,123	47,04	6,0498	47,14	9,3919	47,03	8,0014	47,11	8,1966	47,15	8,6113
9	54,12	6,0986	54,19	6,123	54,02	9,4163	54,03	7,977	54,03	8,221	54,08	8,5869
10	60,01	6,123	60,02	6,1474	60,02	9,4407	60,03	7,9526	60,02	8,221	60,03	8,5625

**Tab. č. 37: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 1% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA1-1%-A		PEA1-1%-B		PEA2-1%-A		PEA2-1%-B		PEA3-1%-A	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,03	12,7095	1,02	11,3678	1,01	7,855	1,03	7,7575	1,01	6,8793
2	7,08	12,5876	7,23	11,3678	7,15	7,855	7,09	8,099	7,01	6,7329
3	14,04	12,6364	14,02	11,3678	14,02	7,8062	14,02	8,3429	14,03	6,7085
4	21,02	12,5876	21,02	11,3922	21,02	7,7575	21,02	8,4893	21,02	8,2697
5	27,14	12,612	27,02	11,3678	27,13	7,7331	27,02	8,5137	27,02	8,6113
6	34,06	12,5876	34,02	11,3435	34,04	7,7087	34,08	8,5381	34,03	8,7332
7	41,12	12,612	41,02	11,3435	41,06	7,6843	41,02	8,5137	41,02	8,782
8	47,03	12,5876	47,16	11,3678	47,02	7,6599	47,03	8,5137	47,02	8,782
9	54,02	12,5876	54,02	11,3435	54,02	7,6355	54,03	8,4893	54,02	8,782
10	60,03	12,5632	60,02	11,3435	60,03	7,5867	60,02	8,5137	60,02	8,782

číslo měření	PEA3-1%-B		PEA4-1%-A		PEA4-1%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	12,5876	1,02	6,367	1,02	3,464
2	7,04	12,612	7,13	6,123	7,08	3,586
3	14,03	12,5876	14,15	6,1718	14,02	3,6592
4	21,02	12,5632	21,02	6,1718	21,02	5,0985
5	27,02	12,5388	27,04	6,1718	27,02	5,6351
6	34,02	12,49	34,02	6,1718	34,02	5,8791
7	41,02	12,4656	40,15	6,1474	41,02	6,0011
8	47,07	12,4412	47,14	6,123	47,04	6,0498
9	54,02	12,4168	54,12	6,0986	54,19	6,123
10	60,02	12,3924	60,01	6,123	60,02	6,1474



**Tab. č. 38: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 3% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA1-3%-A		PEA1-3%-B		PEA2-3%-A		PEA2-3%-B		PEA3-3%-A	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	10,2701	1,03	11,9289	1,03	10,0993	1,02	9,831	1,02	11,0995
2	7,16	10,3189	7,07	11,2459	7,02	10,0262	7,11	9,9286	7,03	11,3191
3	14,02	10,2213	14,03	11,0751	14,08	10,0262	14,02	10,0262	14,04	11,3678
4	21,07	10,1969	21,02	11,0751	21,02	10,0018	21,02	10,0749	21,02	11,3435
5	27,03	10,1969	27,02	11,0995	27,14	9,9774	27,03	10,0749	27,15	11,3191
6	34,12	10,1725	34,02	11,1483	34,02	9,9774	34,03	10,0993	34,02	11,2947
7	41,02	10,1481	41,06	11,0751	41,05	9,953	41,02	10,0993	41,04	11,2703
8	47,02	10,1481	47,09	11,0507	47,03	9,9042	47,15	10,0993	47,1	11,2703
9	54,11	10,1237	54,15	11,0263	54,03	9,8798	54,02	10,0993	54,03	11,2459
10	60,02	10,1481	60,02	11,0019	60,02	9,8554	60,02	10,0993	60,02	11,2215

číslo měření	PEA3-3%-B		PEA4-3%-A		PEA4-3%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	12,4656	1,02	8,6357	1,02	8,1478
2	7,13	12,3436	7,03	8,8552	7,07	8,0746
3	14,03	12,3436	14,03	9,0748	14,16	8,099
4	21,03	12,2948	21,02	9,1723	21,08	8,0746
5	27,16	12,2704	27,08	9,2455	27,02	8,0746
6	34,19	12,1973	34,02	9,2943	34,16	8,0502
7	41,03	12,1973	41,02	9,3675	41,02	8,0258
8	47,04	12,1729	47,14	9,3919	47,03	8,0014
9	54,17	12,1729	54,02	9,4163	54,03	7,977
10	60,03	12,1729	60,02	9,4407	60,03	7,9526

**Tab. č. 39: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 5% roztoku oproti vodě**

číslo měření	PEA1-5%-A		PEA1-5%-B		PEA2-5%-A		PEA2-5%-B		PEA3-5%-A	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	14,2952	1,02	13,2462	1,02	9,9774	1,02	11,8557	1,02	10,4896
2	7,13	13,8561	7,06	12,9291	7,02	10,2457	7,08	11,6606	7,02	10,7336
3	14,15	13,7341	14,04	12,7583	14,02	10,4165	14,08	11,5874	14,03	10,88
4	21,02	13,6365	21,07	12,7339	21,02	10,514	21,08	11,5142	21,05	10,9531
5	27,15	13,5634	27,04	12,7095	27,14	10,6116	27,03	11,4654	27,16	10,9775
6	34,02	13,417	34,12	12,6608	34,03	10,6116	34,04	11,4166	34,15	11,0263
7	41,06	13,3438	41,03	12,6608	41,06	10,6604	41,07	11,3678	41,09	11,0263
8	47,09	13,295	47,17	12,6364	47,02	10,6848	47,04	11,3191	47,14	11,0263
9	54,02	13,295	54,02	12,612	54,03	10,6848	54,11	11,2703	54,02	11,0263
10	60,02	13,2706	60,02	12,612	60,02	10,7092	60,02	11,2215	60,02	11,0263

číslo měření	PEA3-5%-B		PEA4-5%-A		PEA4-5%-B	
	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	13,1974	1,02	7,3915	1,03	8,3185
2	7,07	13,3926	7,07	7,7087	7,04	8,4649
3	14,02	13,6121	14,02	7,9038	14,05	8,5381
4	21,02	13,7097	21,08	8,0014	21,06	8,5625
5	27,02	13,8805	27,13	8,0746	27,03	8,5869
6	34,02	14,0025	34,03	8,1234	34,03	8,5869
7	41,03	14,3928	41,02	8,1478	41,03	8,6113
8	47,03	14,5879	47,11	8,1966	47,15	8,6113
9	54,02	14,5391	54,03	8,221	54,08	8,5869
10	60,02	14,466	60,02	8,221	60,03	8,5625

**Tab. č. 40: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 0,5% roztoku oproti vodě**

	PEA1-0,5%-A (22,5°C)		PEA1-0,5%-B (22,4°C)		PEA2-0,5%-A (22,4°C)		PEA2-0,5%-B (23,8°C)		PEA3-0,5%-A (22,4°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	9,5139	1,03	8,0258	1,02	7,7819	1,02	9,2699	1,03	11,2947
2	7,02	9,3675	7,07	7,8794	7,02	7,7331	7,03	9,1479	7,02	11,0507
3	14,06	9,2699	14,08	7,7575	14,02	7,6355	14,11	9,0016	14,02	10,8312
4	21,02	9,0992	21,03	7,5867	21,02	7,4647	21,04	9,709	21,02	10,9775
5	27,03	9,0504	27,13	7,4891	27,02	7,4159	27,11	10,3433	27,02	11,7094
6	34,03	9,0016	34,03	7,7331	34,02	7,3428	34,02	10,6116	34,02	11,9045
7	41,04	8,9772	41,04	7,8062	41,02	7,1964	41,02	10,7092	41,03	11,9533
8	47,02	9,1236	47,03	7,8062	47,02	7,1232	47,04	10,758	47,16	11,9533
9	54,08	9,1967	54,11	7,8306	54,02	7,0988	54,23	10,8068	54,02	11,9289
10	60,02	9,1479	60,03	7,7819	60,02	7,05	60,02	10,8068	60,02	11,9289

	PEA3-0,5%-B (23,3°C)		PEA4-0,5%-A (23,3°C)		PEA4-0,5%-B (23,3°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,03	11,3435	1,02	5,5132	1,02	5,2448
2	7,02	10,9287	7,13	5,4156	7,11	5,9767
3	14,04	11,0263	14,14	5,3912	14,04	6,1474
4	21,05	11,2703	21,02	6,2206	21,02	6,4158
5	27,02	11,3922	27,02	6,3182	27,08	6,4889
6	34,08	11,685	34,02	6,4158	34,03	6,5377
7	41,02	11,7338	41,03	6,5621	41,09	6,5377
8	47,02	11,7094	47,09	6,5865	47,04	6,5377
9	54,02	11,7094	54,01	6,5865	54,02	6,5377
10	60,03	11,685	60,02	6,5865	60,03	6,5377

**Tab. č. 41: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 0,25% roztoku oproti vodě**

	PEA1-0,25%-A (23,6°C)		PEA1-0,25%-B (23,6°C)		PEA2-0,25%-A (22,1°C)		PEA2-0,25%-B (21,8°C)		PEA3-0,25%-A (21,7°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	Napětí [mN/m]
1	1,02	9,5383	1,03	9,9286	1,03	10,3921	1,02	8,4161	1,02	13,3682
2	7,02	9,4407	7,04	9,7334	7,05	10,2457	7,13	8,3429	7,08	13,3682
3	14,02	9,3187	14,02	9,5139	14,05	10,0505	14,21	8,2697	14,16	14,4416
4	21,02	9,1967	21,02	9,3675	21,03	9,9042	21,05	8,1966	21,02	16,5395
5	27,11	9,709	27,02	9,2699	27,03	10,5872	27,12	8,5869	27,02	16,881
6	34,02	9,9774	34,11	9,7334	34,04	10,758	34,02	8,9772	34,06	17,0274
7	41,02	10,3433	41,02	10,1969	41,04	10,758	41,02	9,0504	41,02	17,0762
8	47,03	10,4165	47,09	10,4165	47,16	10,8312	47,17	9,1967	47,04	17,1006
9	54,02	10,4653	54,08	10,6116	54,03	10,9044	54,02	9,2211	54,03	17,1006
10	60,02	10,4653	60,02	10,7092	60,03	10,88	60,02	9,2211	60,02	17,1494

	PEA3-0,25%-B (21,6°C)		PEA4-0,25%-A (21,4°C)		PEA4-0,25%-B (21,1°C)	
číslo měření	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]	čas [s]	napětí [mN/m]
1	1,02	11,5142	1,02	4,9521	1,03	5,318
2	7,11	11,2947	7,2	4,7325	7,02	5,1229
3	14,02	11,4898	14,01	4,9765	14,2	5,0009
4	21,05	11,563	21,02	5,6107	21,04	5,3912
5	27,17	11,5386	27,18	5,8303	27,02	5,5863
6	34,02	11,4166	34,14	5,9767	34,02	5,6595
7	41,02	11,4166	41,02	5,9279	41,02	5,8791
8	47,03	11,3191	47,07	5,8547	47,15	5,9035
9	54,03	11,3191	54,09	5,9035	54,07	5,9035
10	60,05	11,3191	60,02	5,8059	60,02	5,9035

Tab. č. 42: Kinematická viskozita ( $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a vnitřní viskozita (ml/g) 5% roztoků polymerů v chloroformu

polymer	PLGA 5/5			P5			D3		
	čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita	
		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní
měření č. 1	257,00	0,770	10,655	208,16	0,624	7,151	253,93	0,761	10,448
měření č. 2	256,14	0,767	10,597	206,93	0,620	7,057	254,22	0,762	10,467

polymer	D 5			T5		
	čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita	
		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní
měření č. 1	207,15	0,621	7,073	260,59	0,781	10,895
měření č. 2	207,09	0,620	7,069	259,56	0,778	10,827

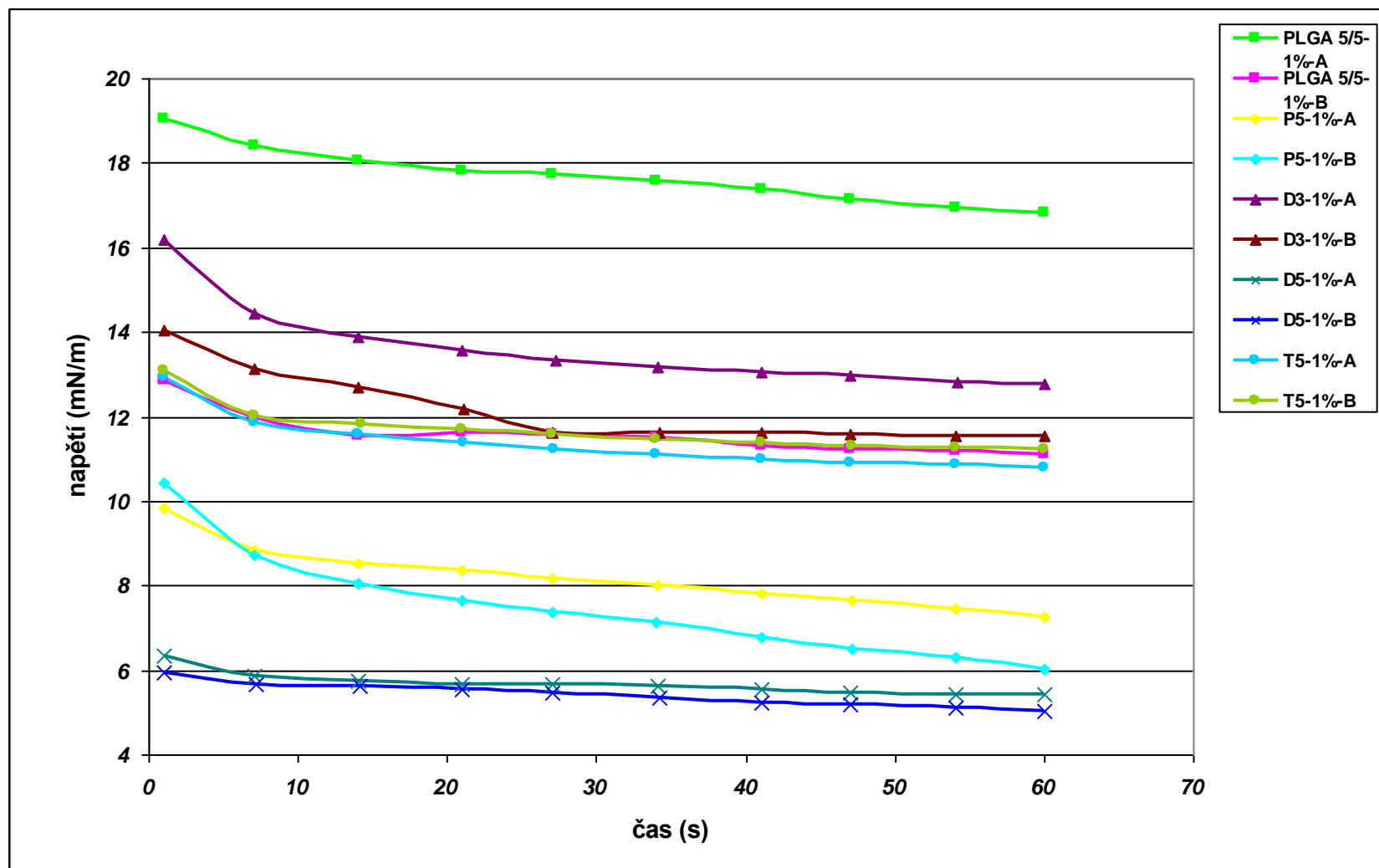
**Tab. č. 43: Kinematická viskozita ( $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a vnitřní viskozita (ml/g) 1% roztoků polymerů v chloroformu**

polymer	A2			A3			A4		
	čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita	
		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní
měření č. 1	168,38	0,504	19,160	171,86	0,515	20,663	190,64	0,571	28,450
měření č. 2	168,48	0,505	19,204	169,62	0,508	19,698	187,36	0,561	27,127

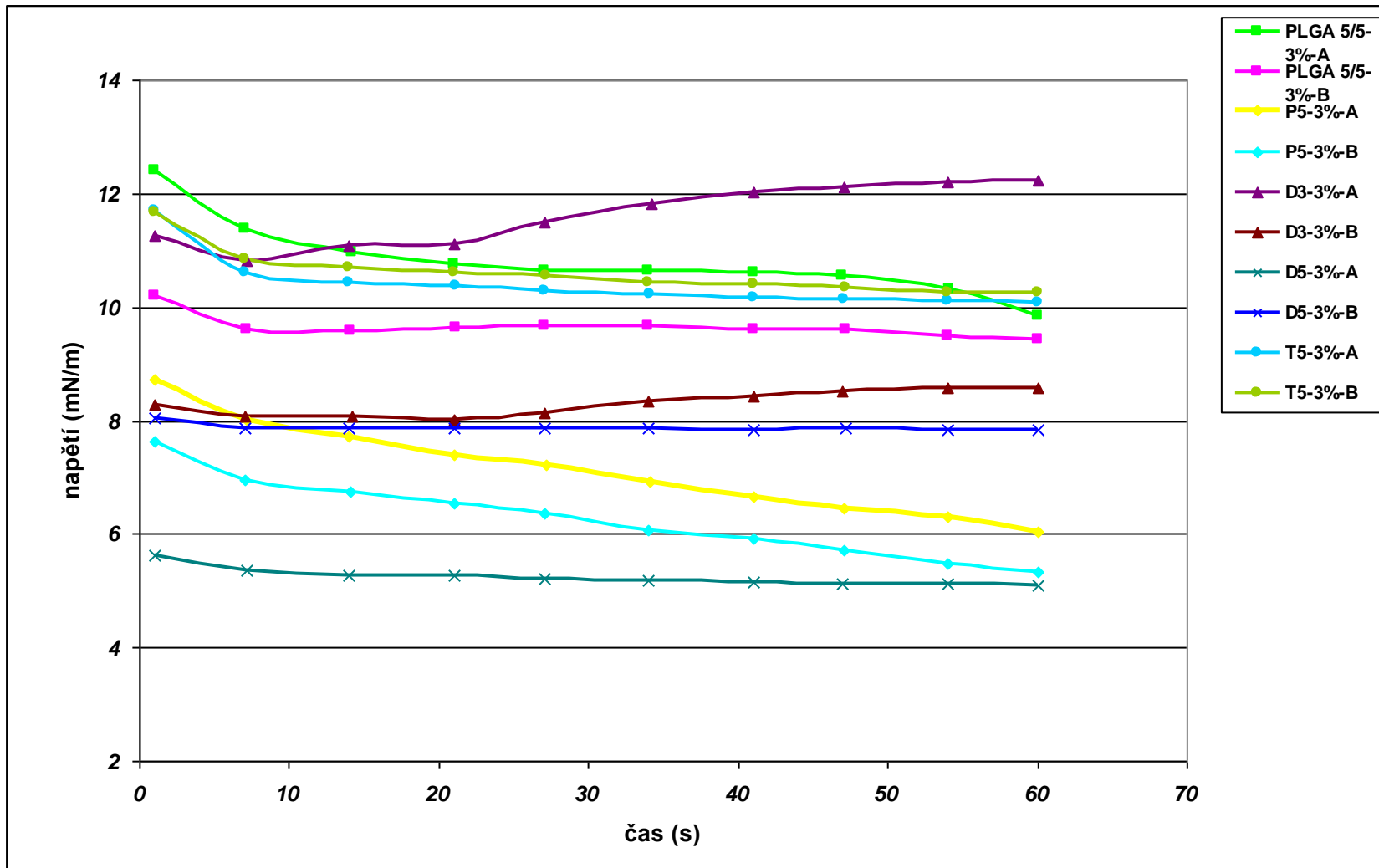
polymer	PEA1			PEA2			PEA3		
	čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita		čas [s]	viskozita	
		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní		kinematická	vnitřní
měření č. 1	187,66	0,562	27,248	157,80	0,473	14,463	159,77	0,479	15,353
měření č. 2	190,58	0,571	28,426	157,39	0,472	14,277	162,41	0,487	16,534

polymer	PEA4		
	čas [s]	viskozita	
		kinematická	vnitřní
měření č. 1	160,03	0,479	15,470
měření č. 2	158,22	0,475	14,834

Obr. č. 1: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 1% roztoku oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)

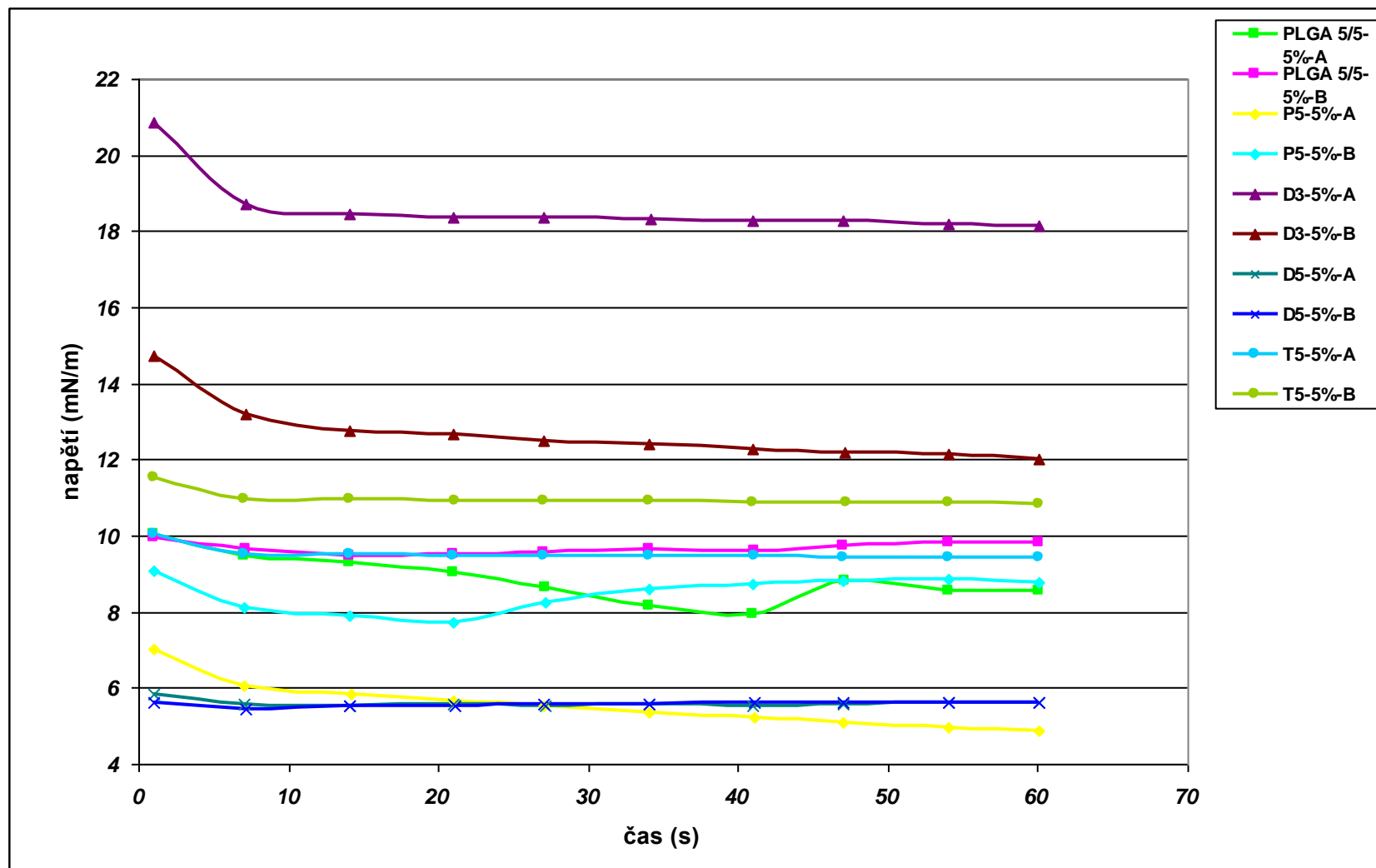


Obr. č. 2: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 3% roztoku  
oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)

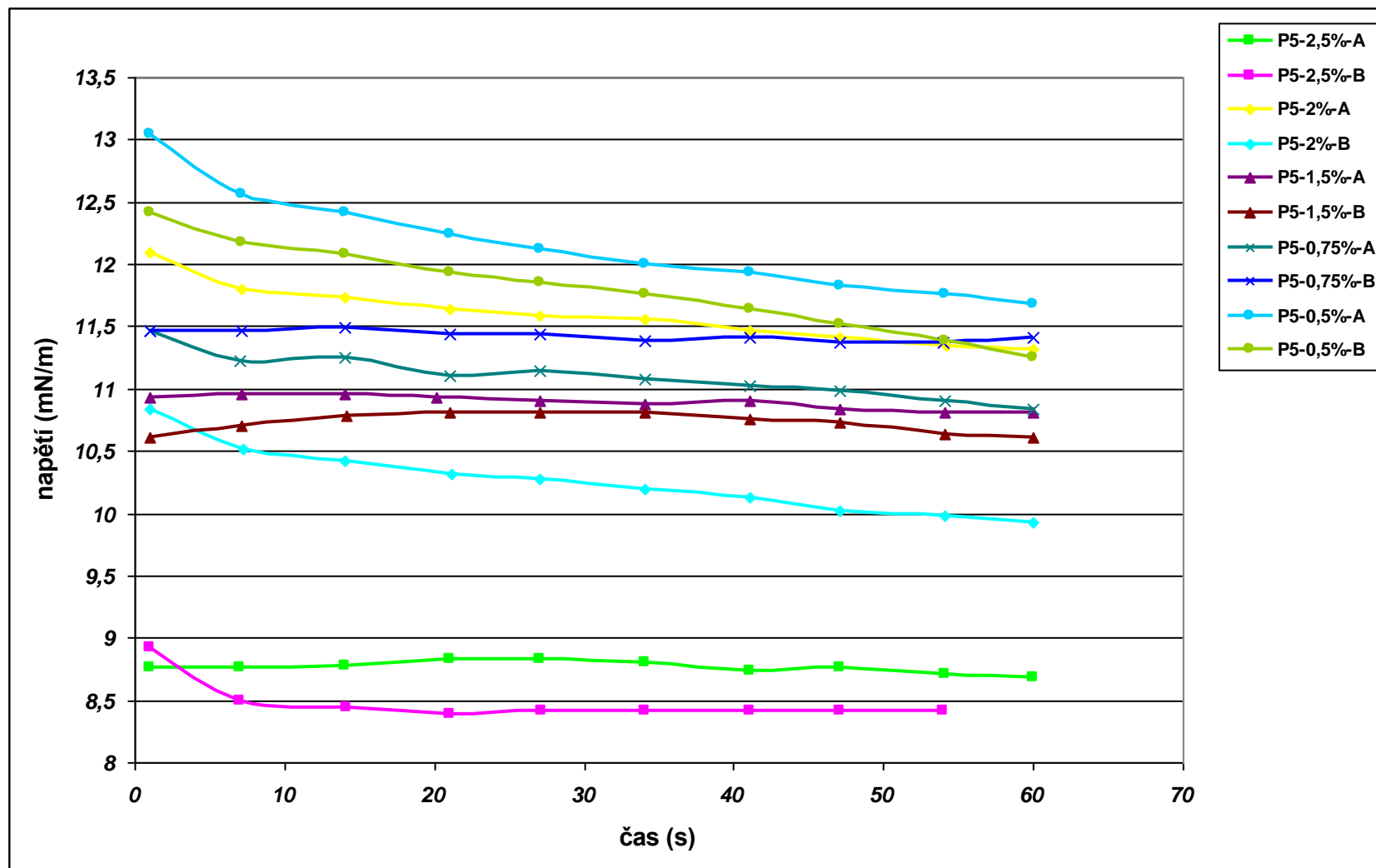




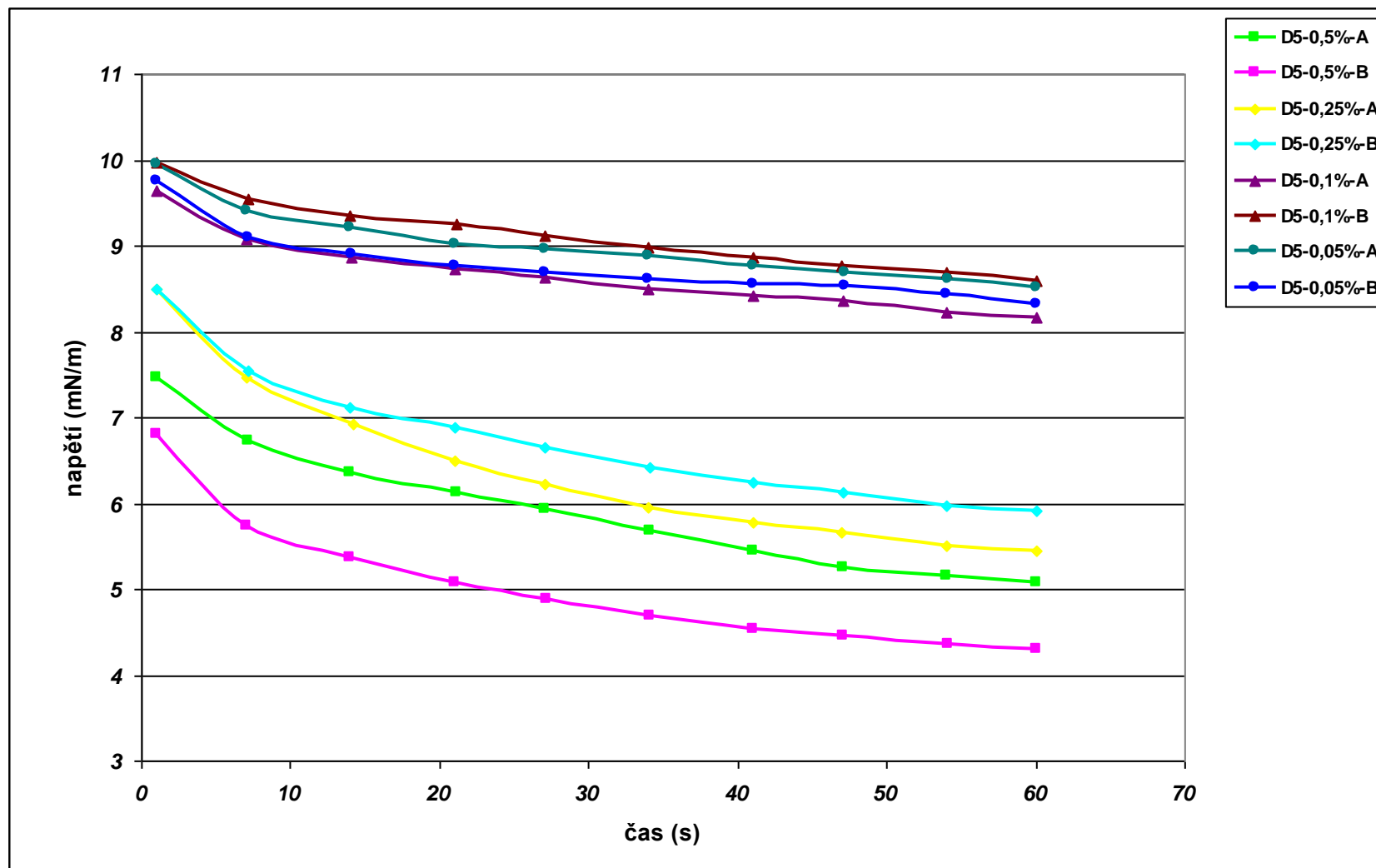
Obr. č. 3: Mezipovrchové napětí polymerů PLGA 5/5, P5, D3, D5 a T5 v 5% roztoku oproti vodě (ověření přesnosti metody měření z diplomové práce)



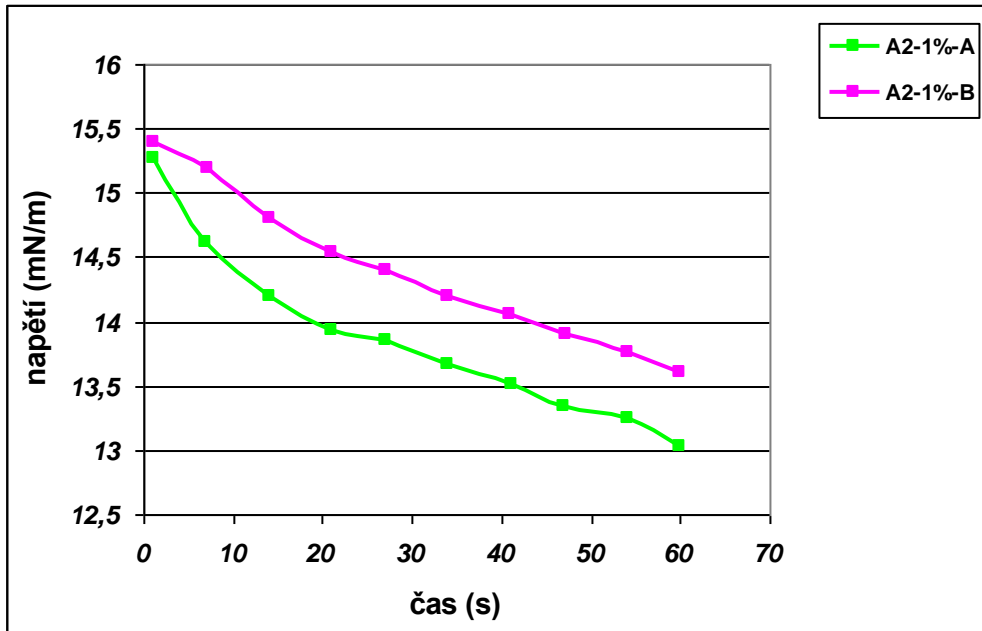
Obr. č. 4: Mezipovrchové napětí polymeru P5 v 2,5%, 2%, 1,5%, 0,75% a 0,5% roztoku oproti vodě



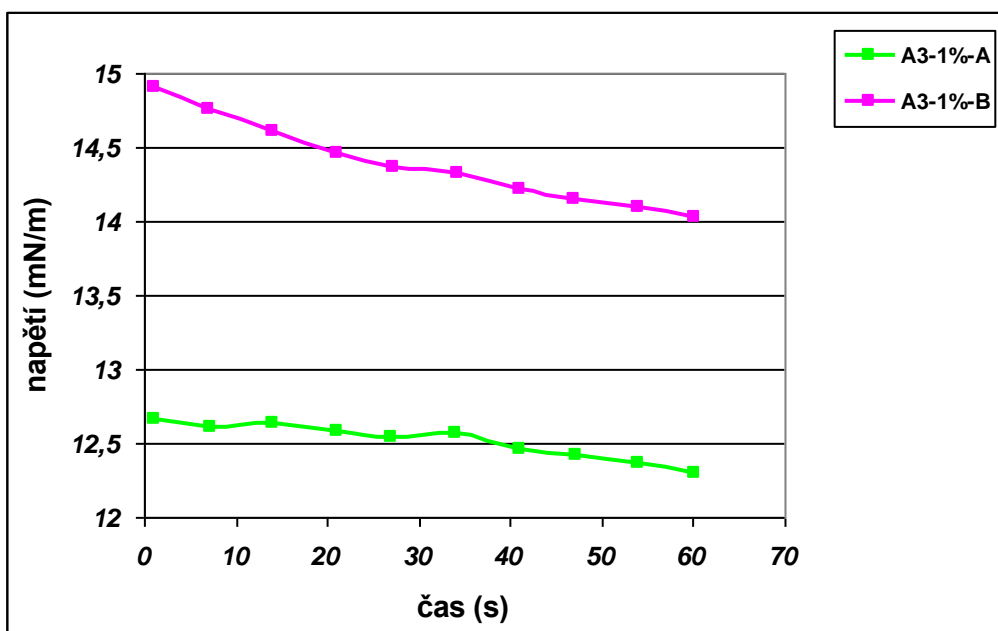
Obr. č. 5: Mezipovrchové napětí polymeru D5 v 0,5%, 0,25%, 0,1% a 0,05% roztoku oproti vodě



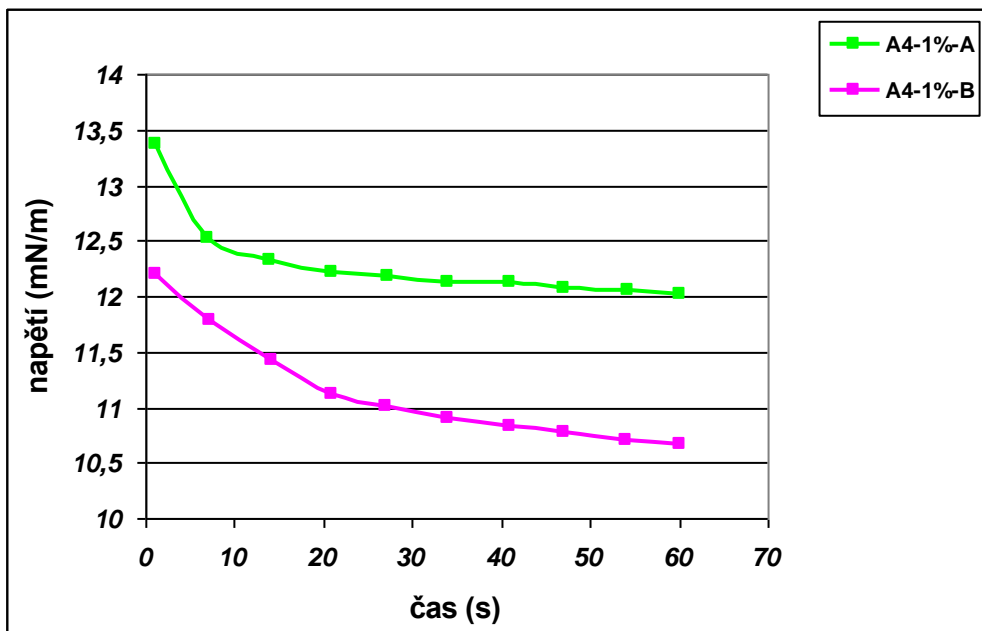
Obr. č. 6: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 24,3°C (měření A) a 24,0°C (měření B)



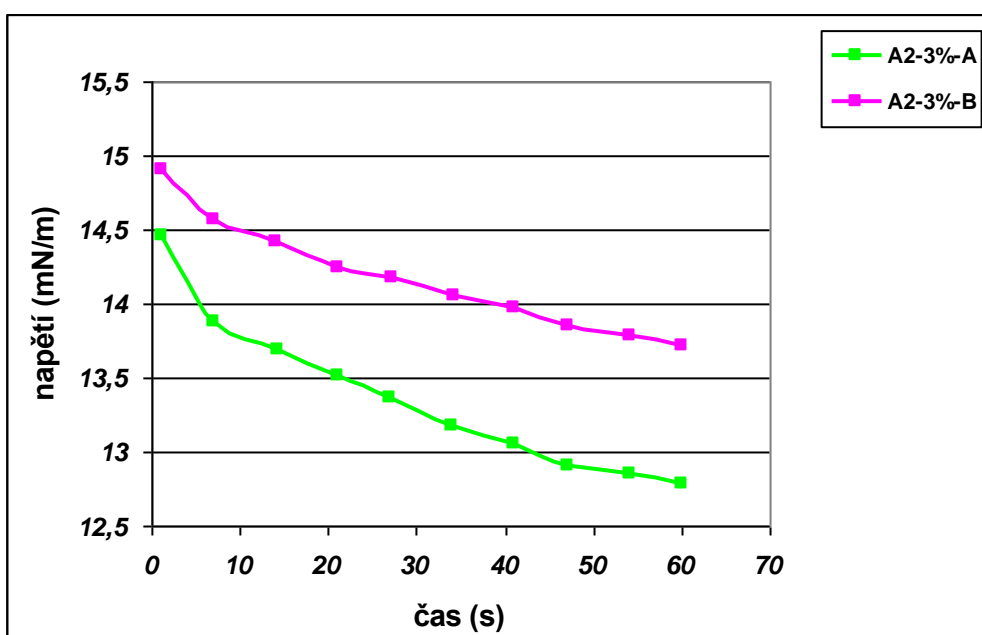
Obr. č. 7: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 24,0°C (měření A) a 24,1°C (měření B)



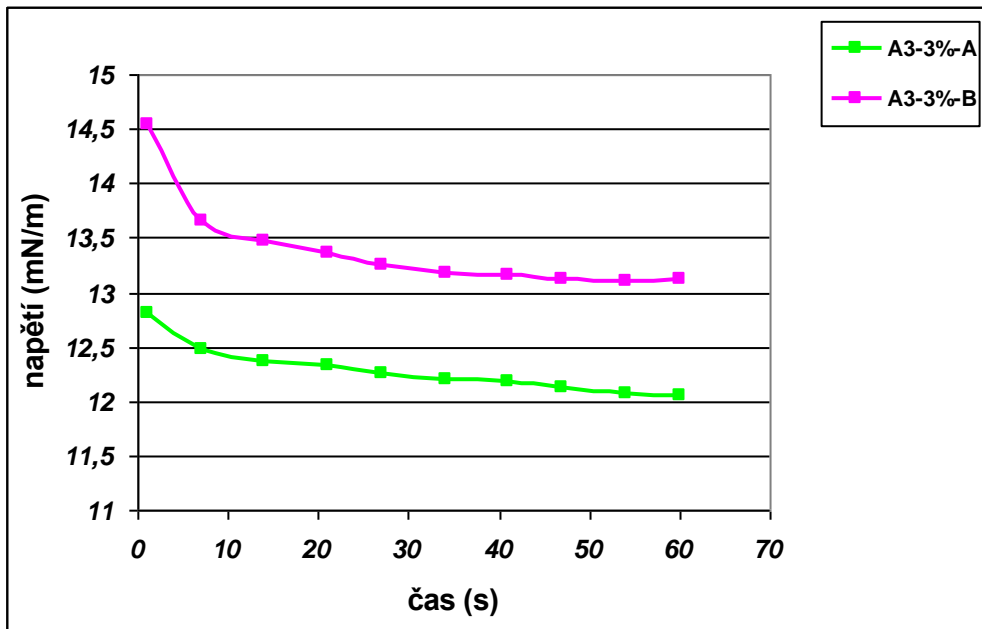
Obr. č. 8: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,6°C (měření A) a 25,2°C (měření B)



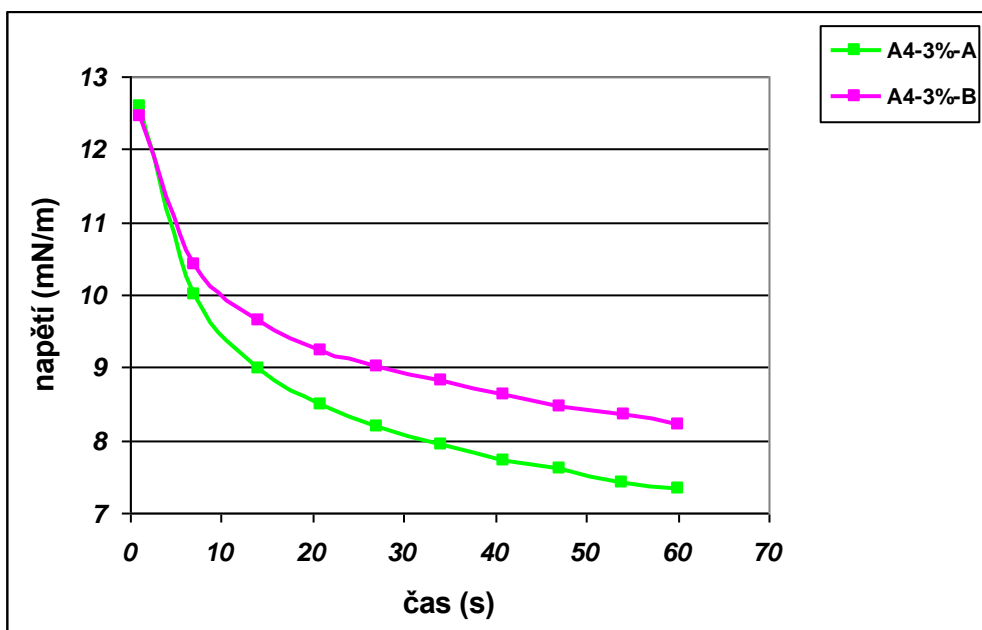
Obr. č. 9: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,8°C (měření A) a 23,8°C (měření B)



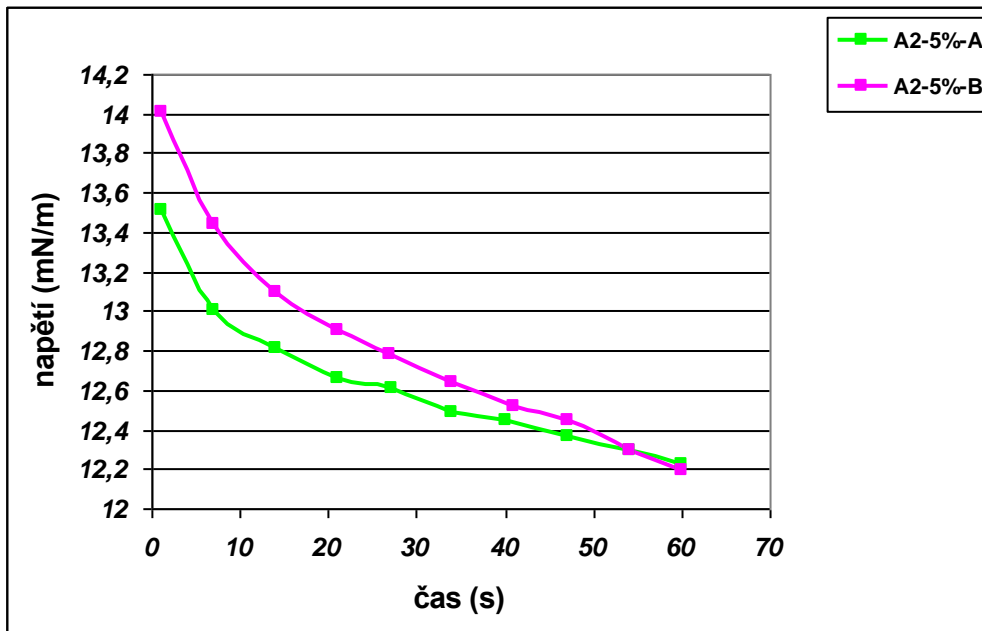
Obr. č. 10: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 24,2°C (měření A) a 24,7°C (měření B)



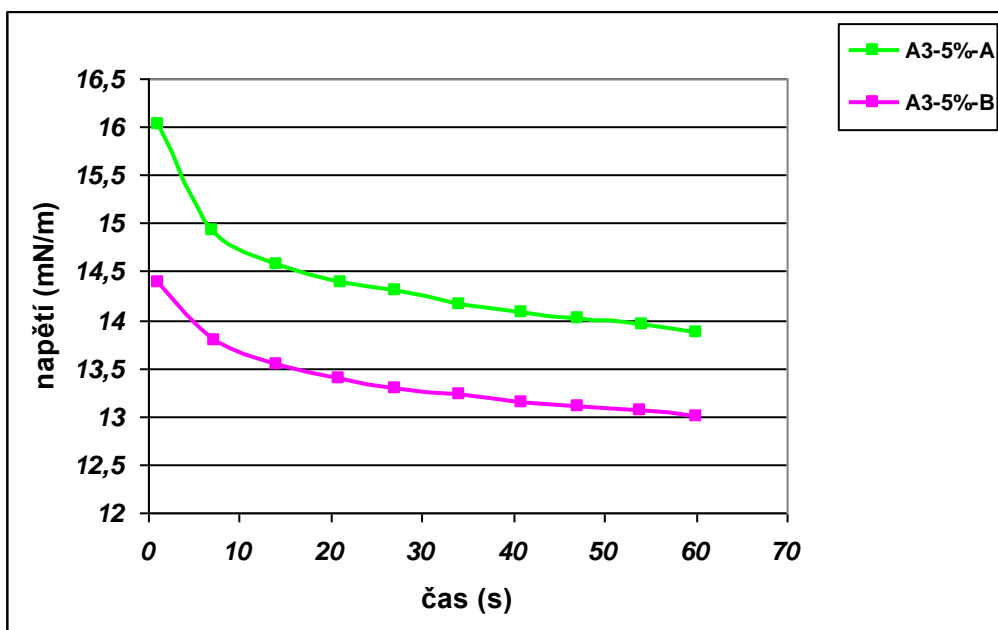
Obr. č. 11: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,0°C (měření A) a 24,9°C (měření B)



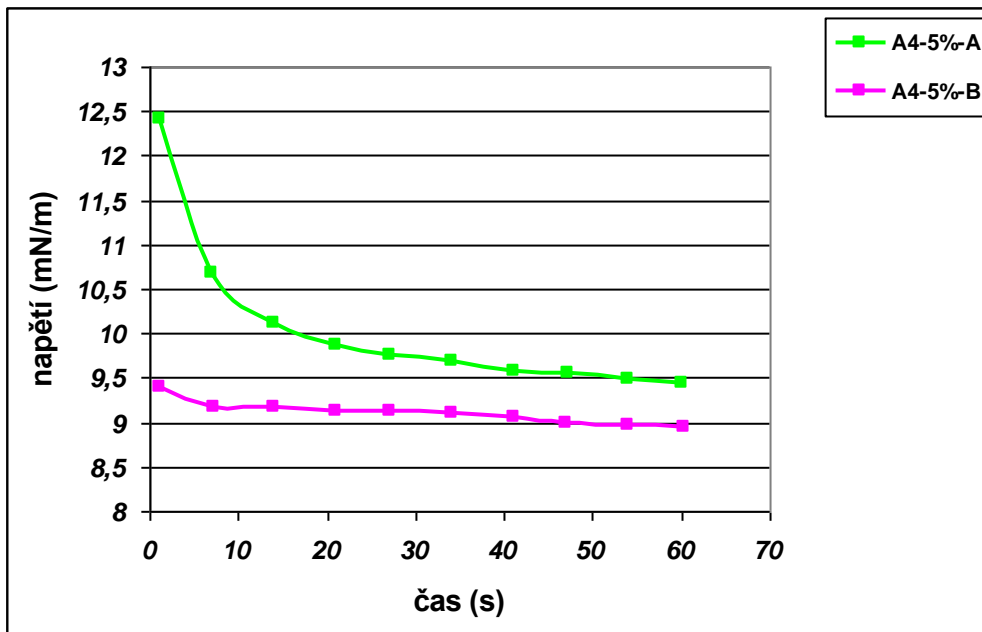
Obr. č. 12: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,9°C (měření A) a 23,9°C (měření B)



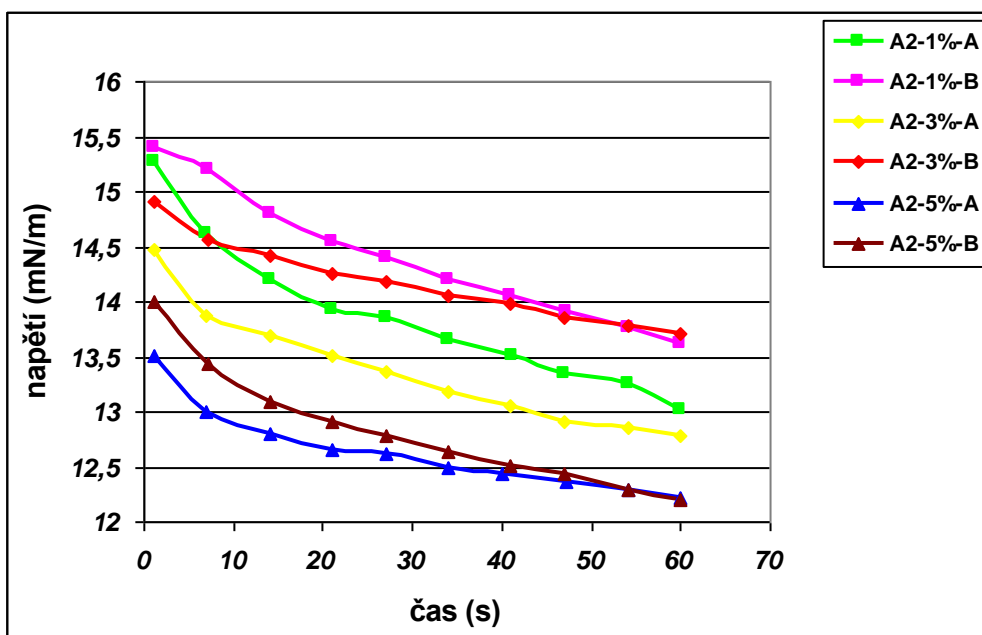
Obr. č. 13: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 24,5°C (měření A) a 24,4°C (měření B)



Obr. č. 14: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 24,9°C (měření A) a 24,9°C (měření B)

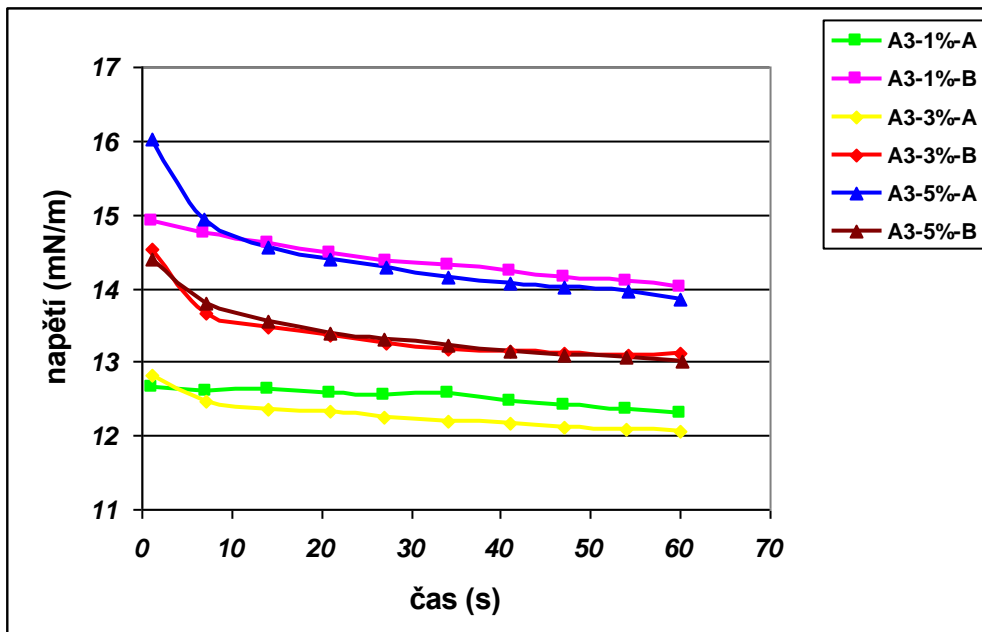


Obr. č. 15: Mezipovrchové napětí polymeru A2 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě

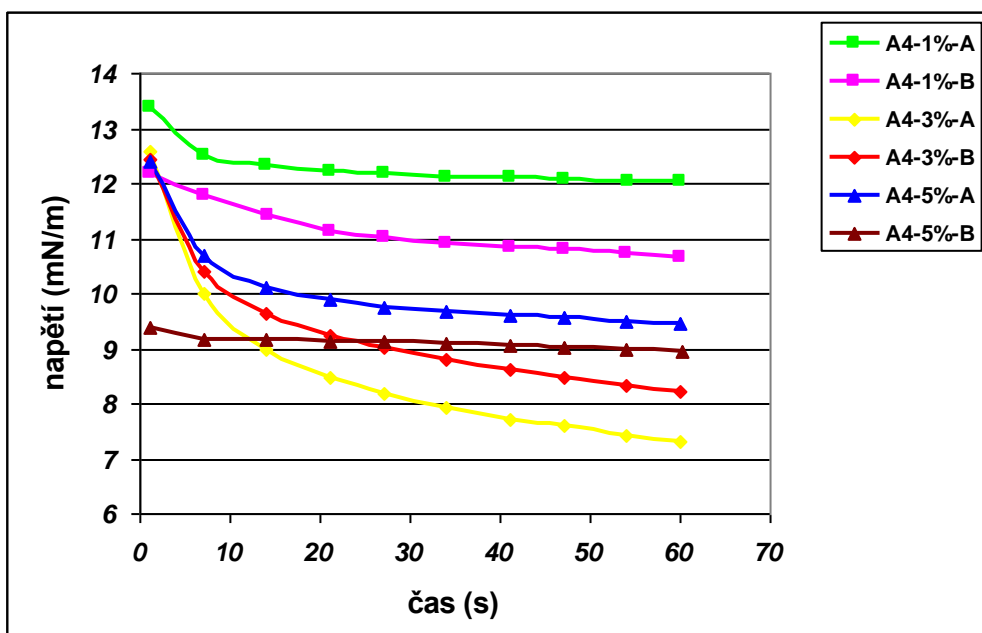




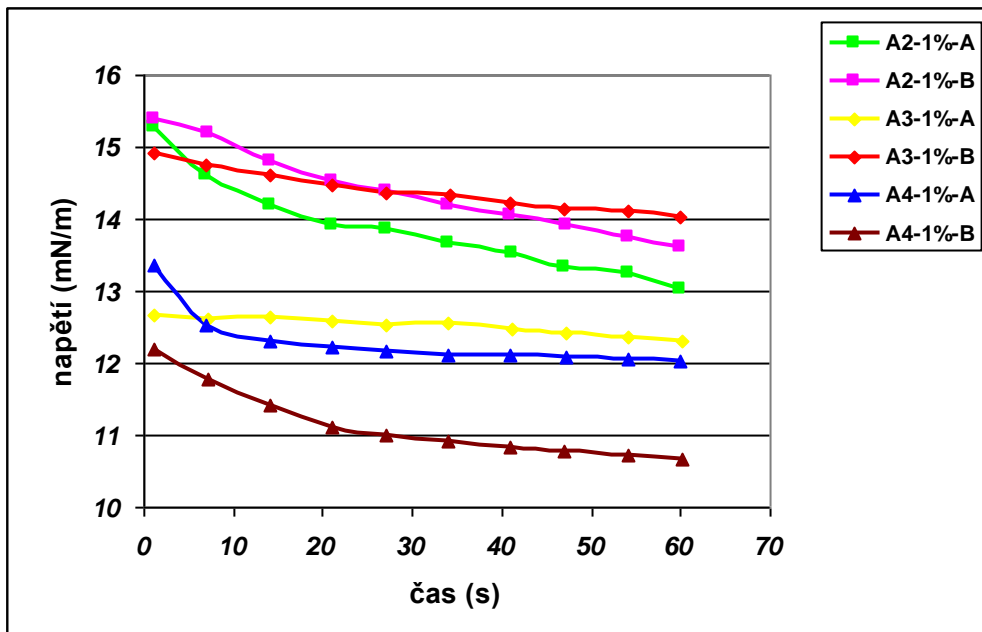
Obr. č. 16: Mezipovrchové napětí polymeru A3 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



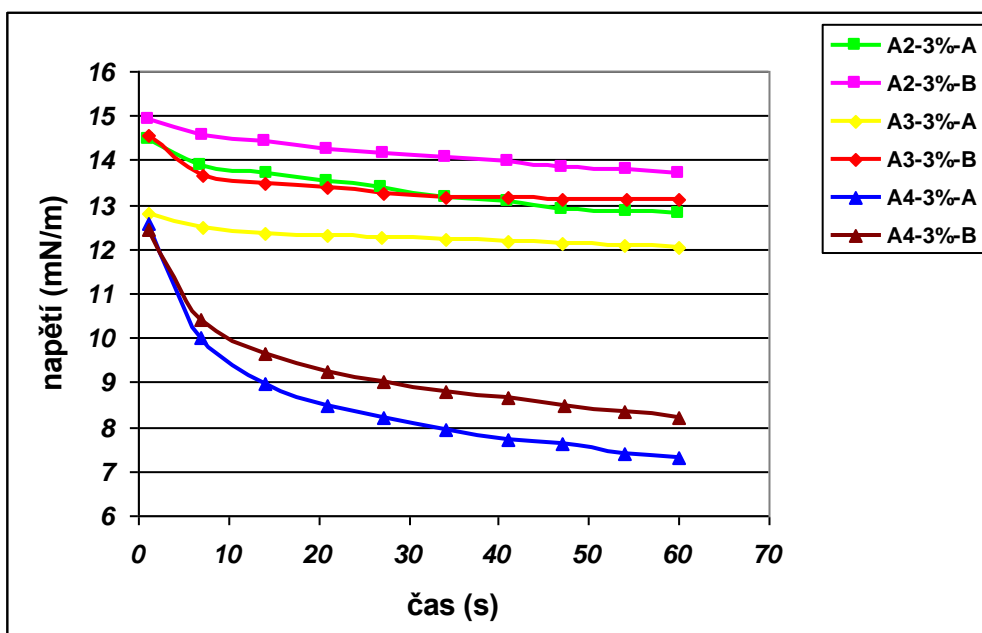
Obr. č. 17: Mezipovrchové napětí polymeru A4 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



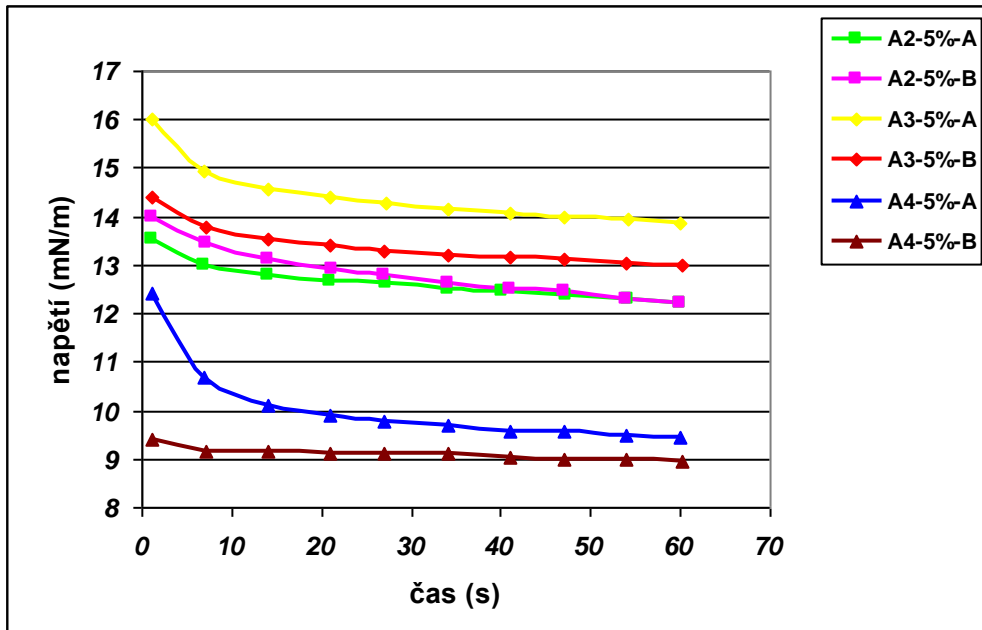
Obr. č. 18: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 1% roztoku oproti vodě



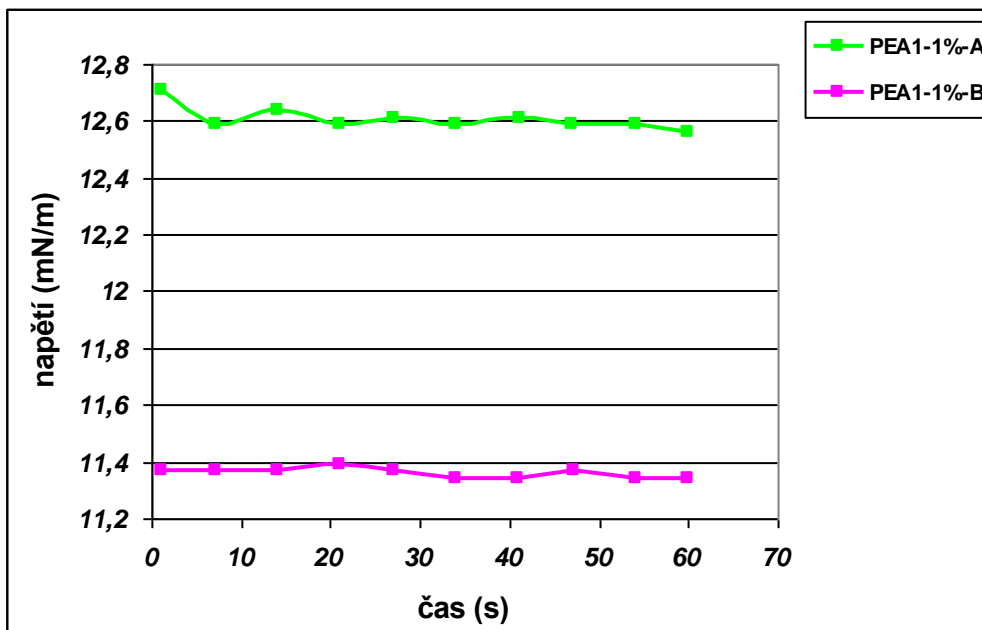
Obr. č. 19: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 3% roztoku oproti vodě



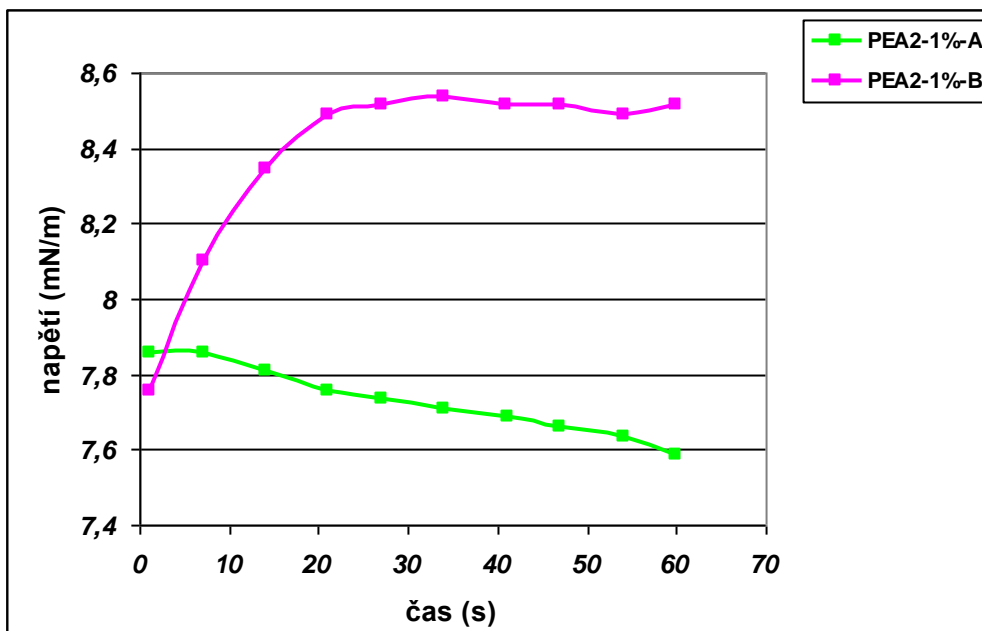
Obr. č. 20: Mezipovrchové napětí polymerů A2, A3 a A4 v 5% roztoku oproti vodě



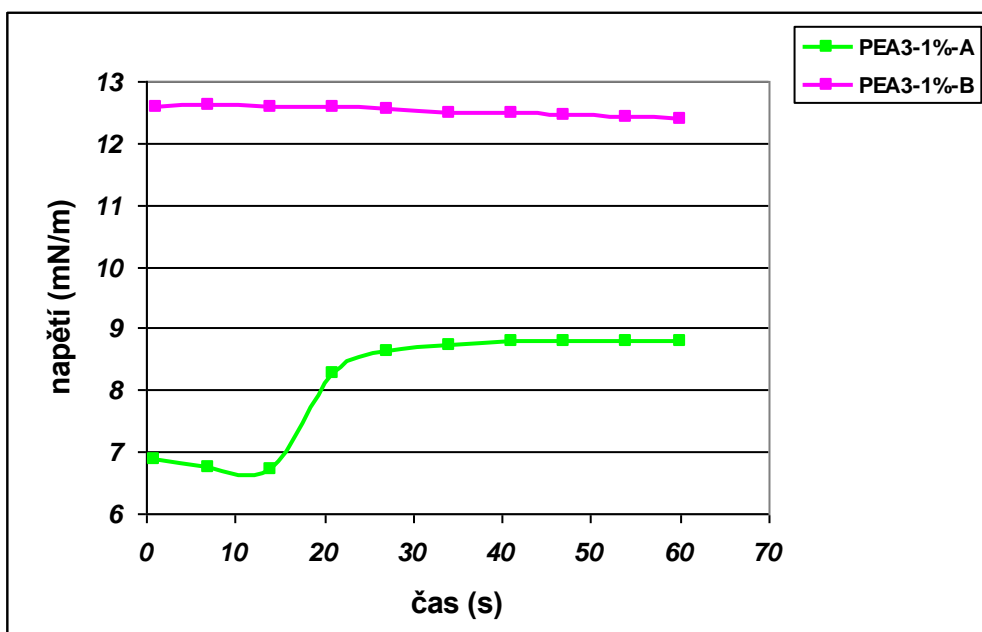
Obr. č. 21: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,0°C (měření A) a 25,1°C (měření B)



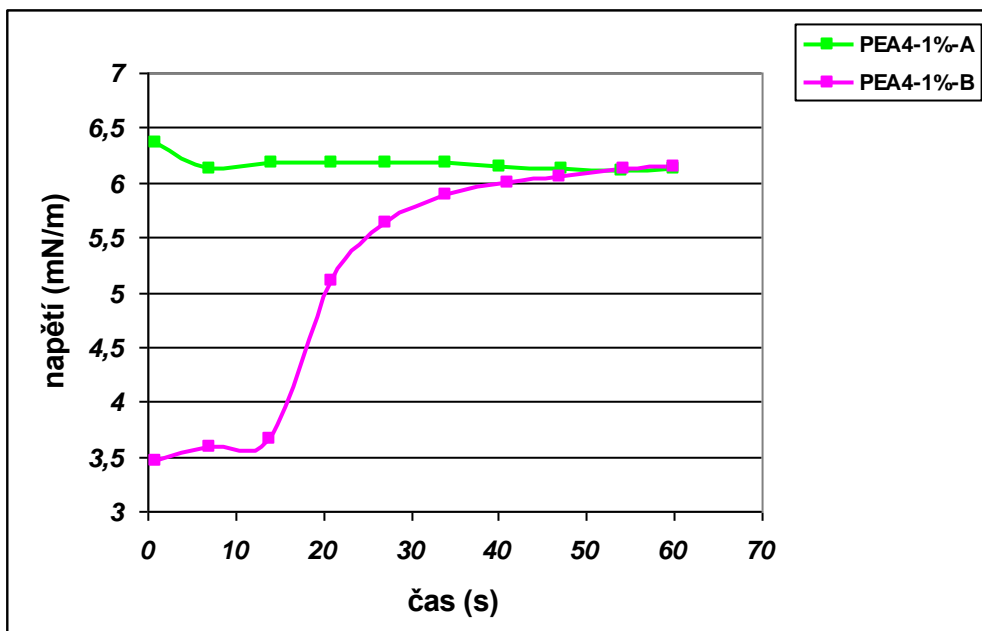
Obr. č. 22: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,3°C (měření A) a 25,3°C (měření B)



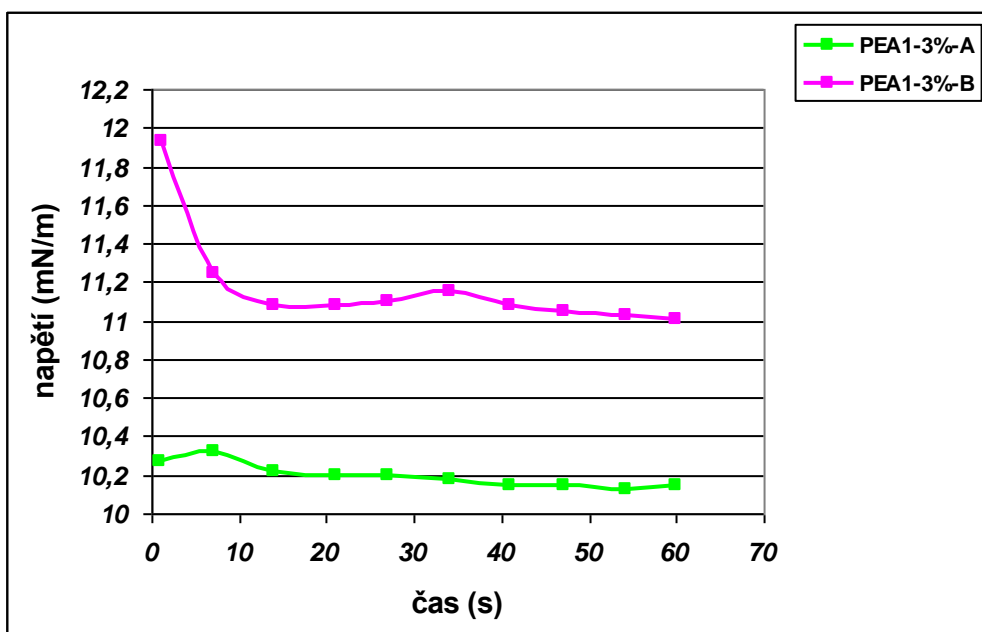
Obr. č. 23: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 25,1°C (měření A) a 25,2°C (měření B)



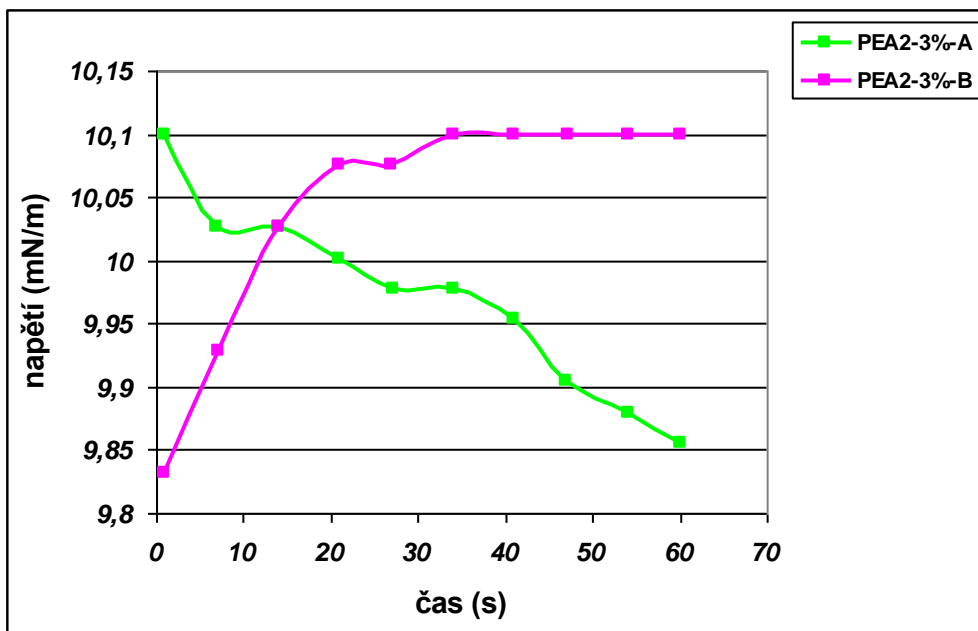
Obr. č. 24: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 1% roztoku oproti vodě při teplotě 23,2°C (měření A) a 23,4°C (měření B)



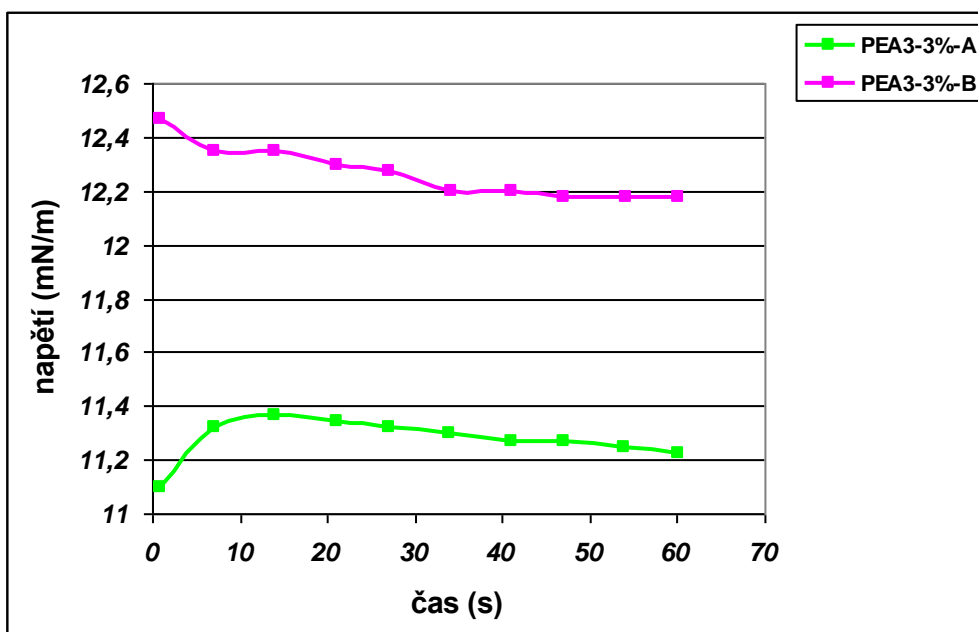
Obr. č. 25: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,2°C (měření B)



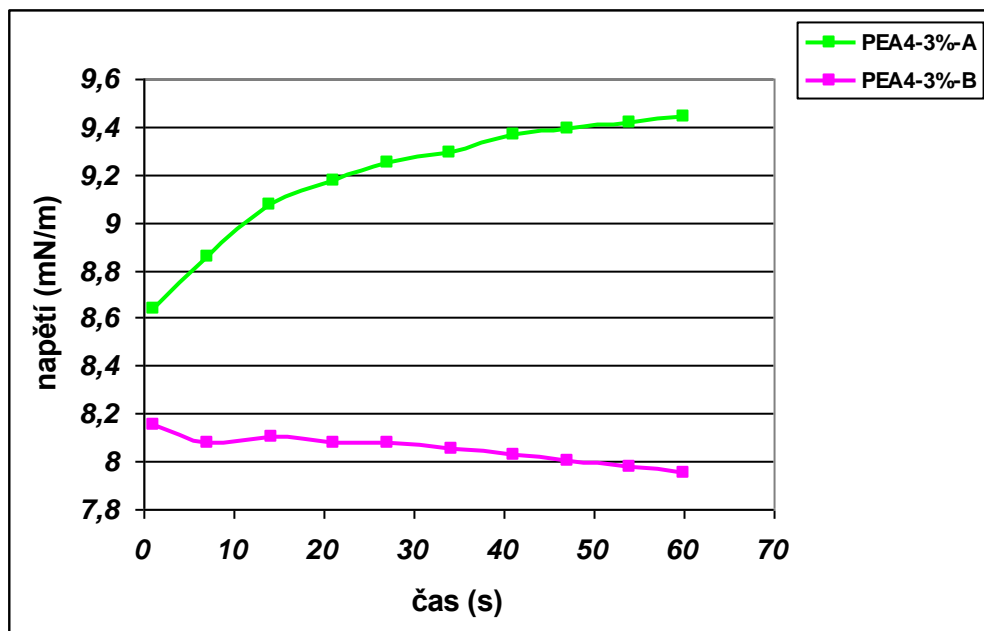
Obr. č. 26: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,2°C (měření B)



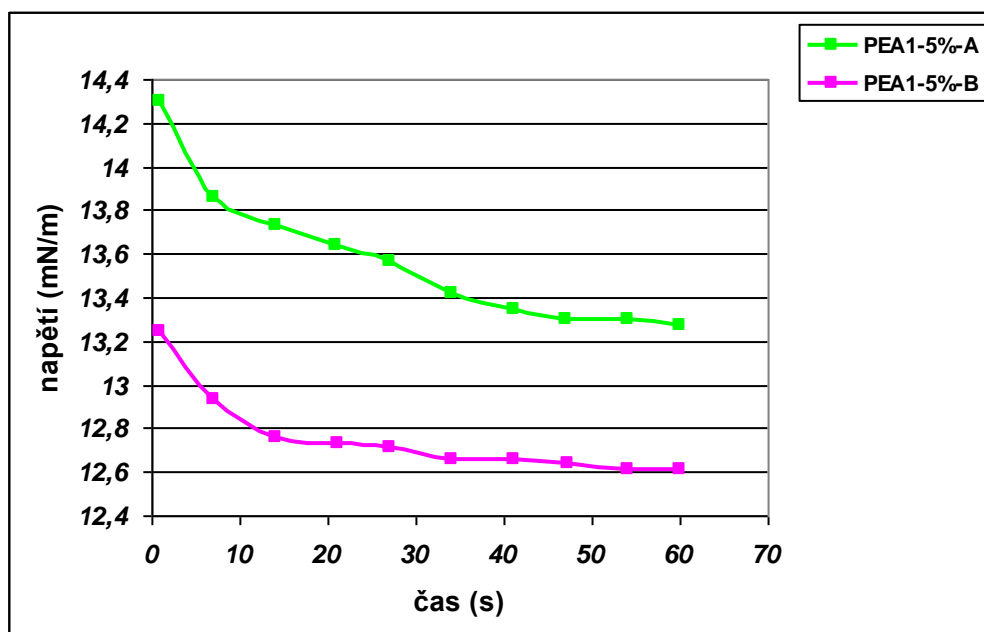
Obr. č. 27: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,4°C (měření A) a 23,2°C (měření B)



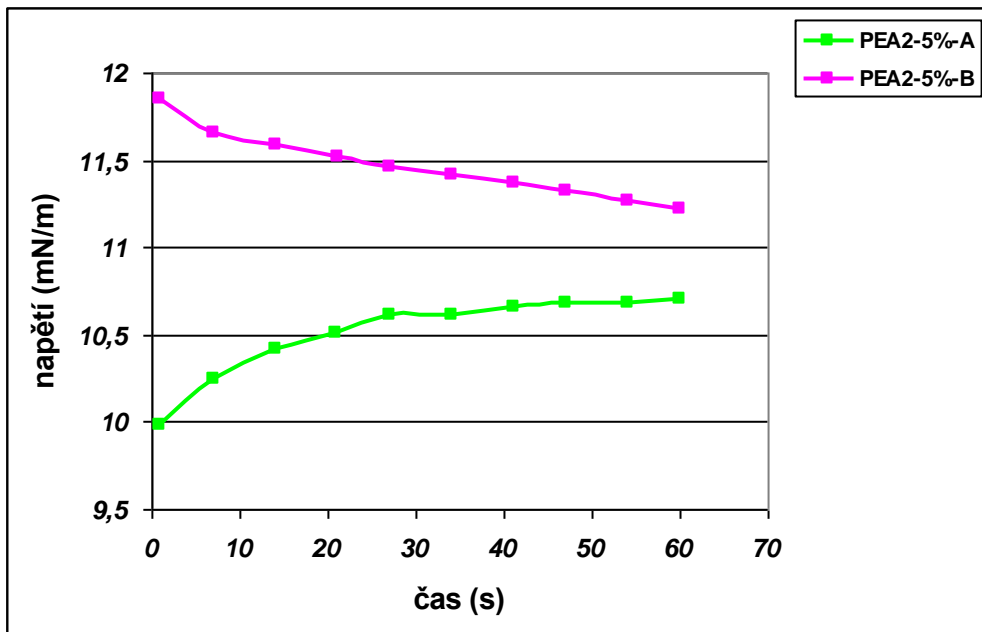
Obr. č. 28: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 3% roztoku oproti vodě při teplotě 23,4°C (měření A) a 23,6°C (měření B)



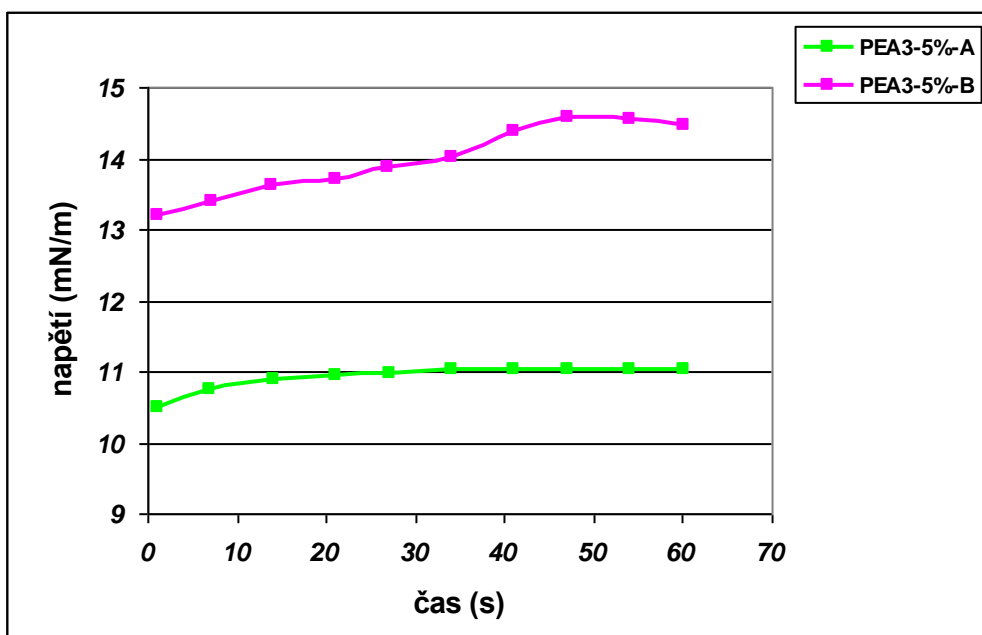
Obr. č. 29: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 25,3°C (měření A) a 25,3°C (měření B)



Obr. č. 30: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 25,2°C (měření A) a 25,1°C (měření B)

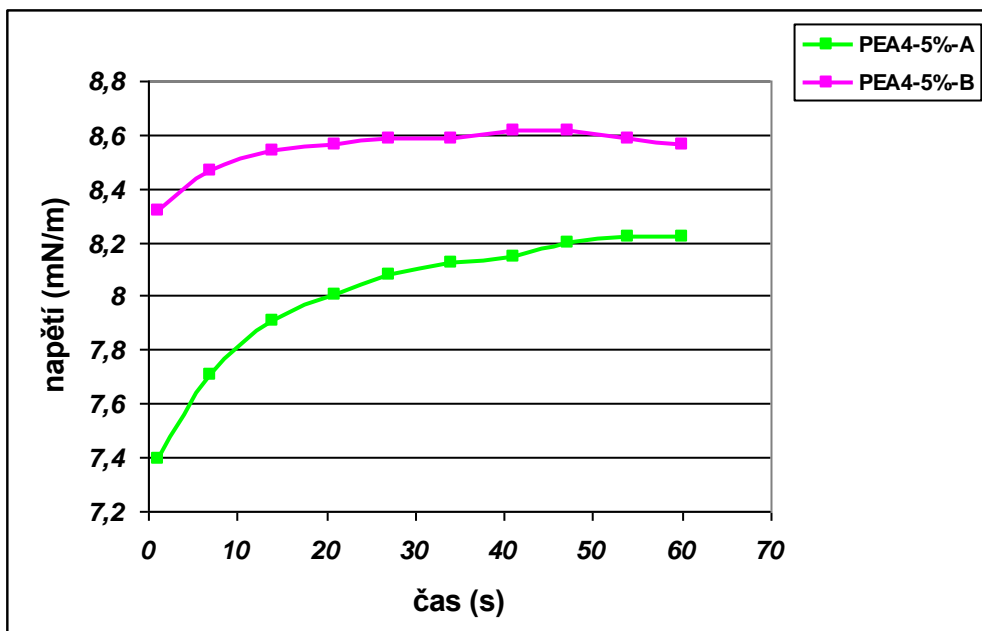


Obr. č. 31: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,1°C (měření A) a 23,2°C (měření B)

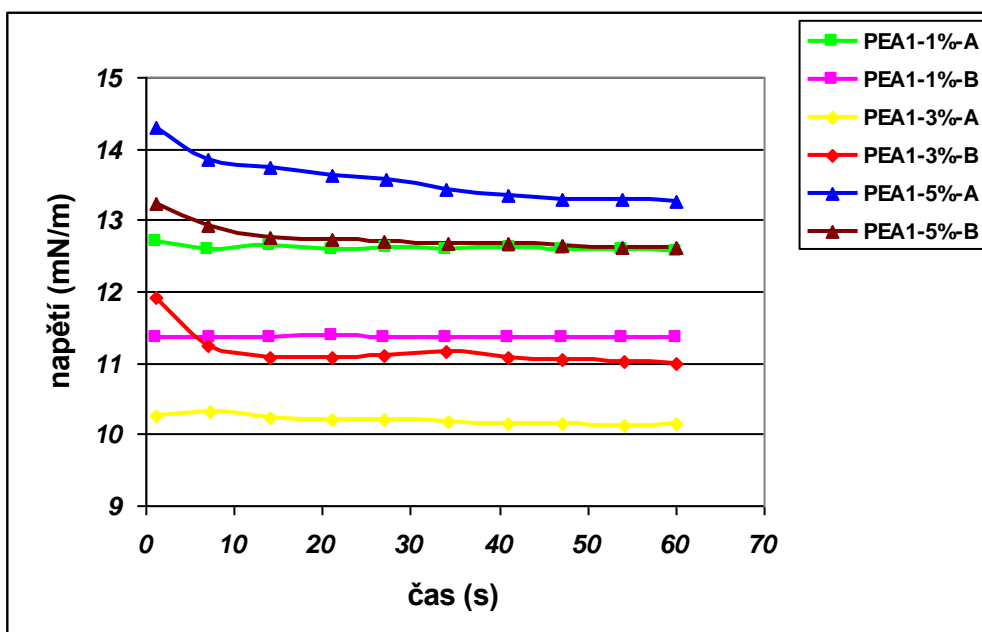




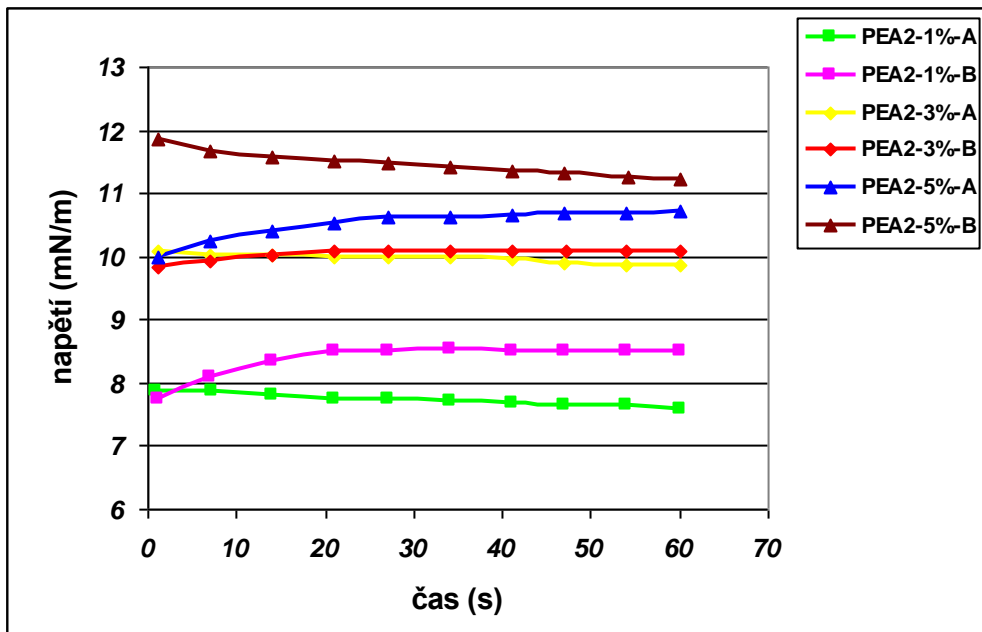
Obr. č. 32: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 5% roztoku oproti vodě při teplotě 23,7°C (měření A) a 23,8°C (měření B)



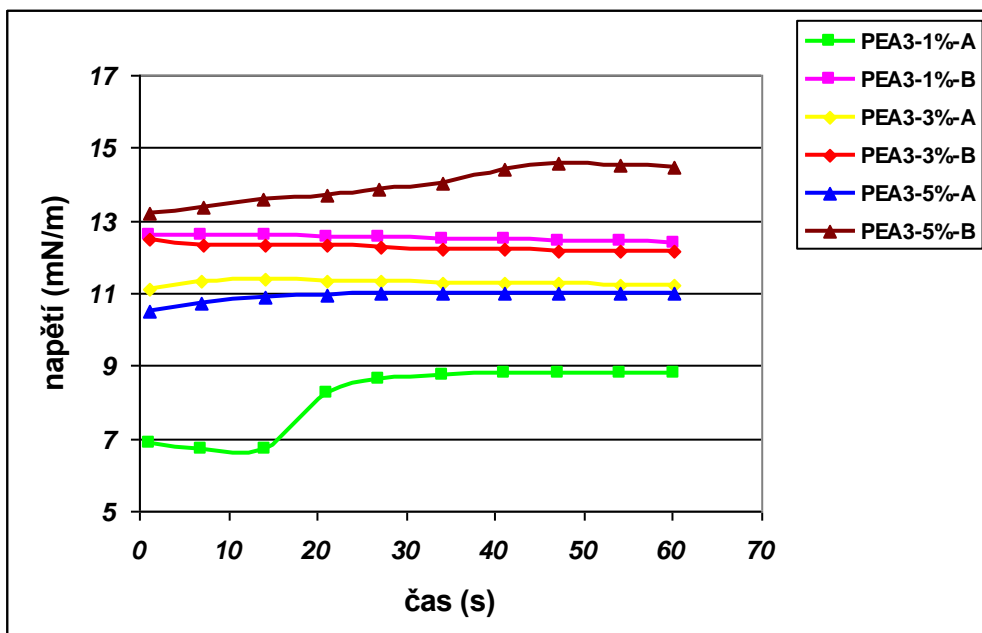
Obr. č. 33: Mezipovrchové napětí polymeru PEA1 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



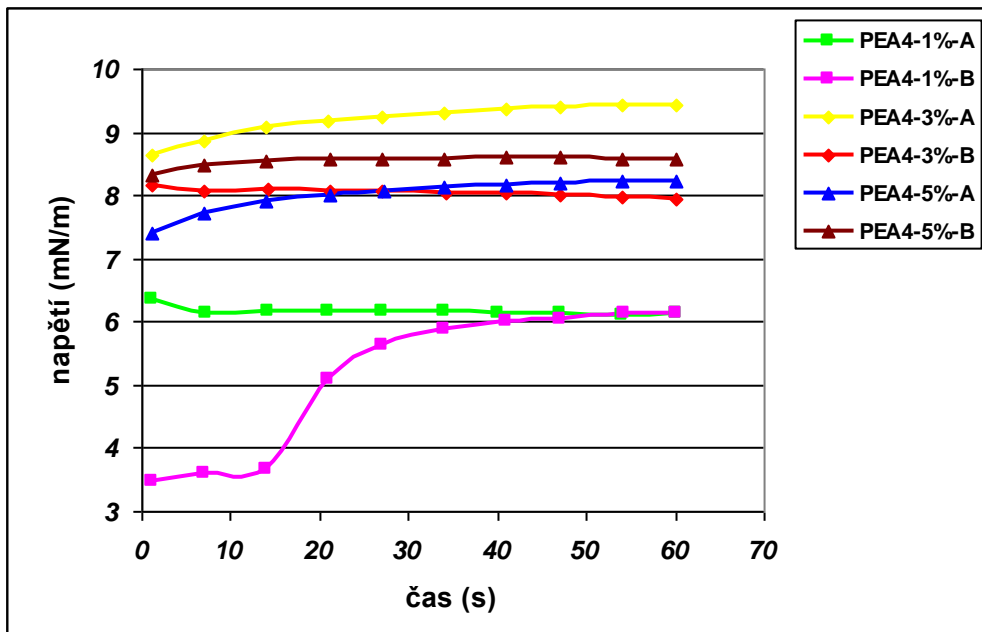
Obr. č. 34: Mezipovrchové napětí polymeru PEA2 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



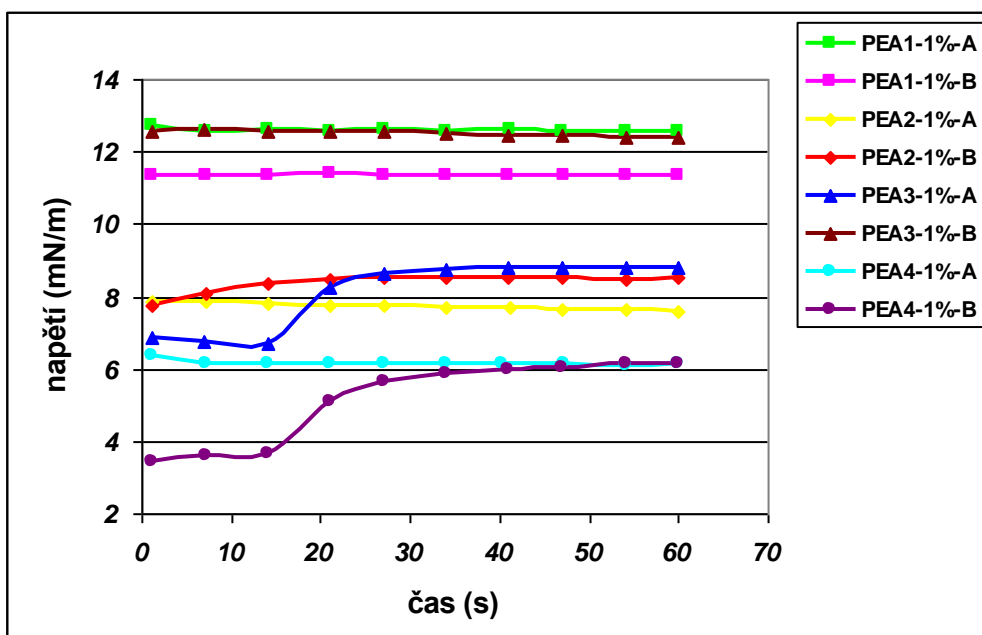
Obr. č. 35: Mezipovrchové napětí polymeru PEA3 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



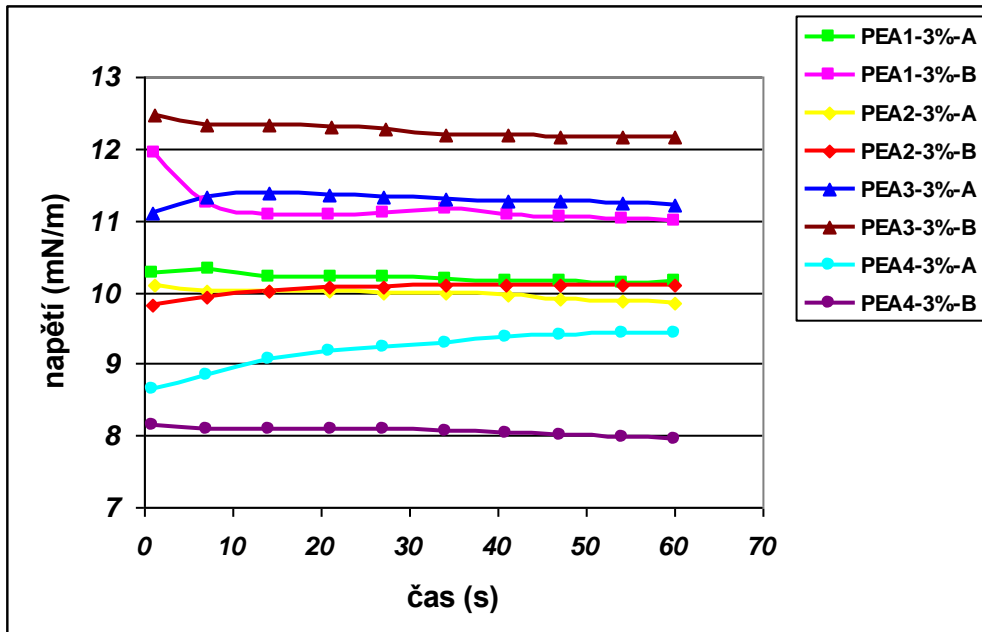
Obr. č. 36: Mezipovrchové napětí polymeru PEA4 v 1%, 3% a 5% roztoku oproti vodě



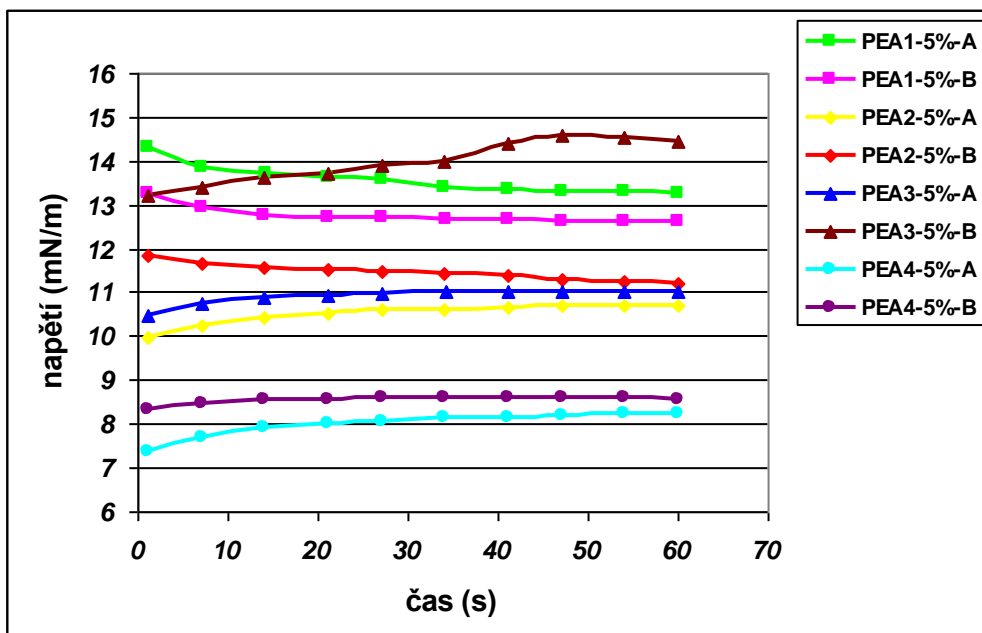
Obr. č. 37: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 1% roztoku oproti vodě



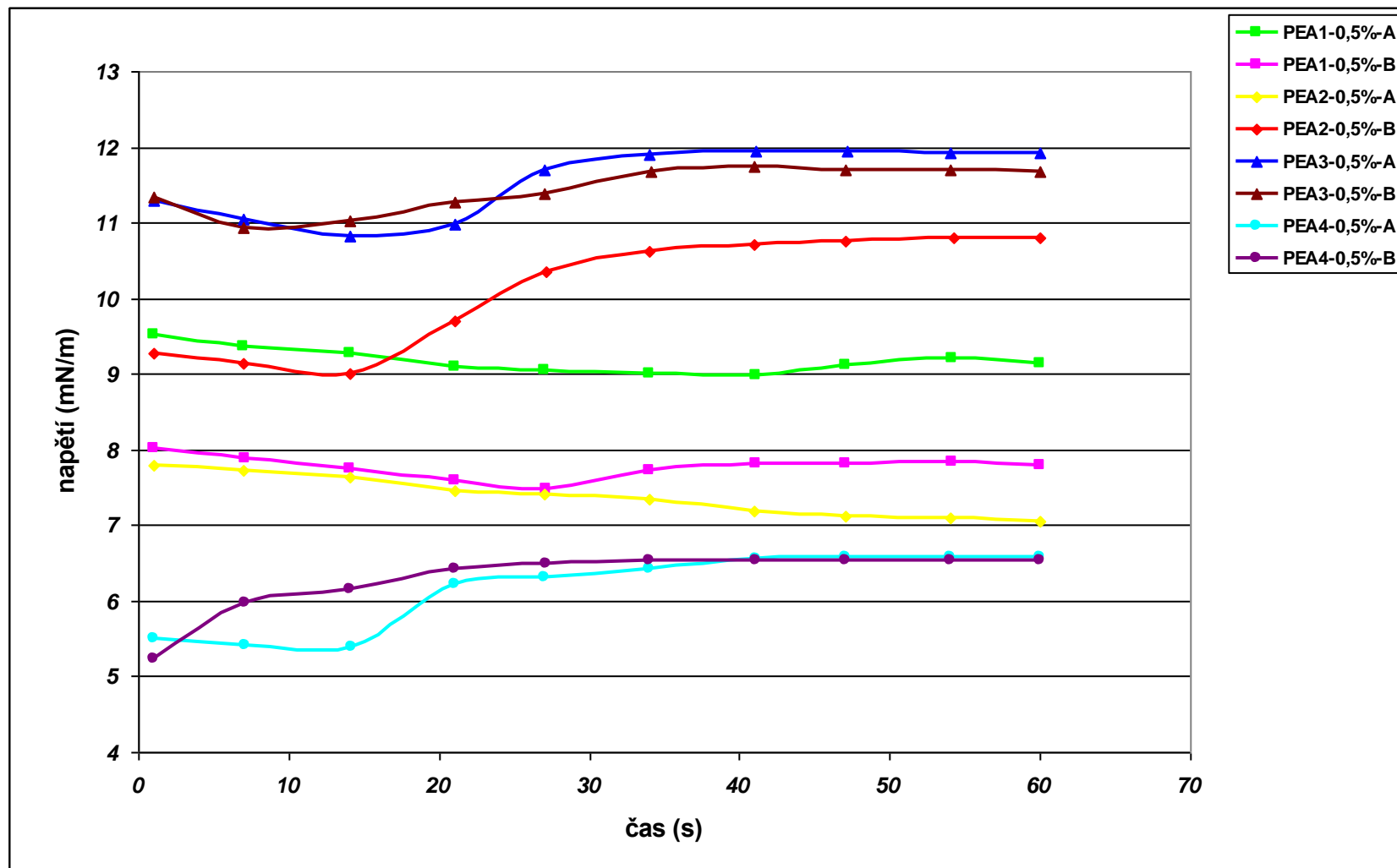
Obr. č. 38: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 3% roztoku oproti vodě



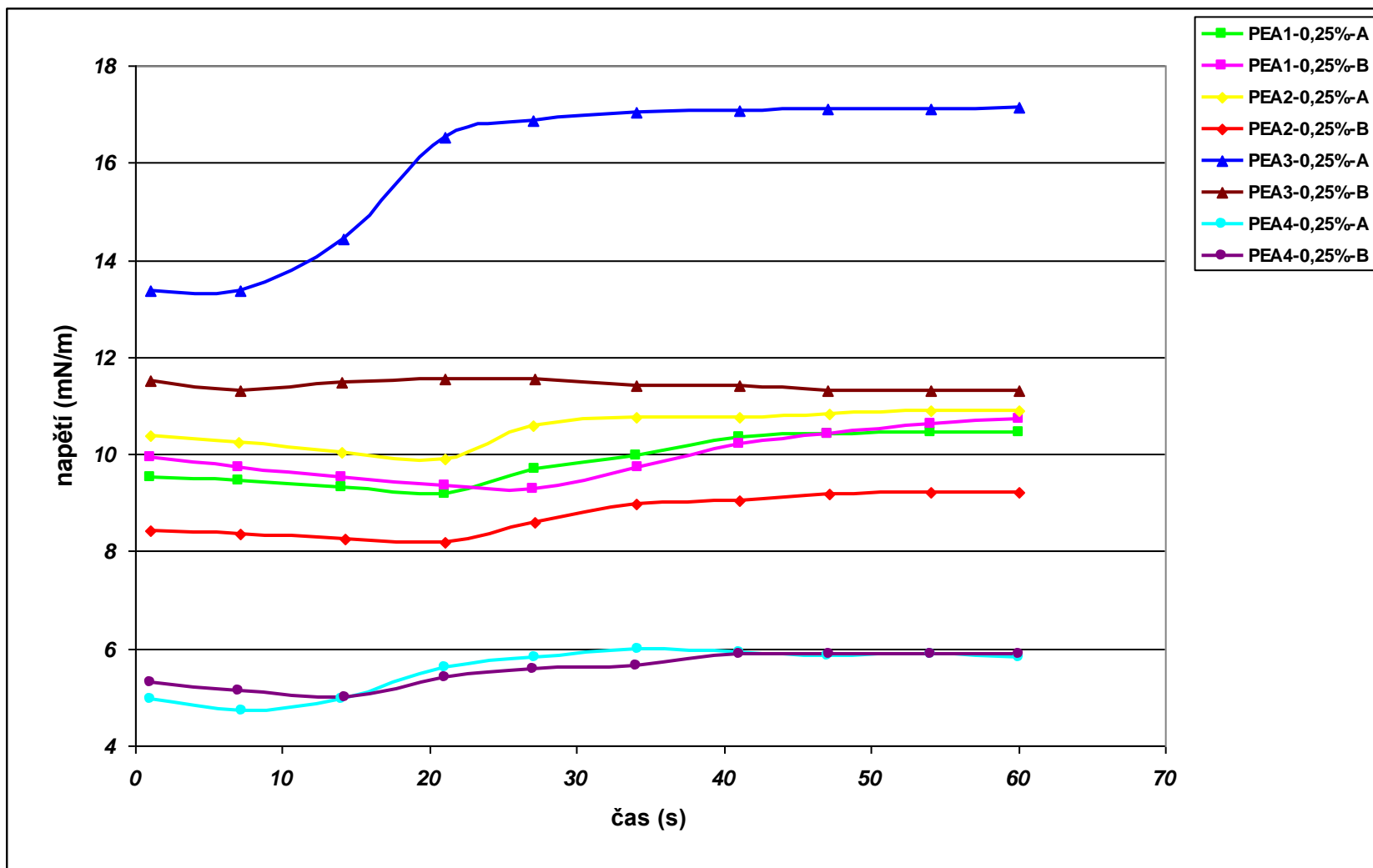
Obr. č. 39: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 5% roztoku oproti vodě



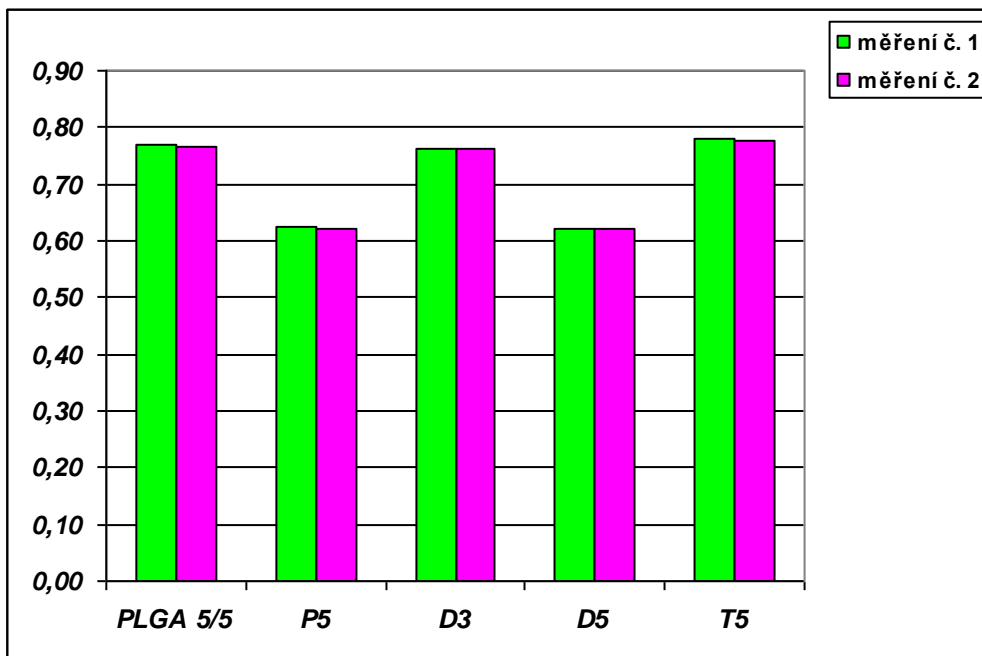
Obr. č. 40: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 0,5% roztoku oproti vodě



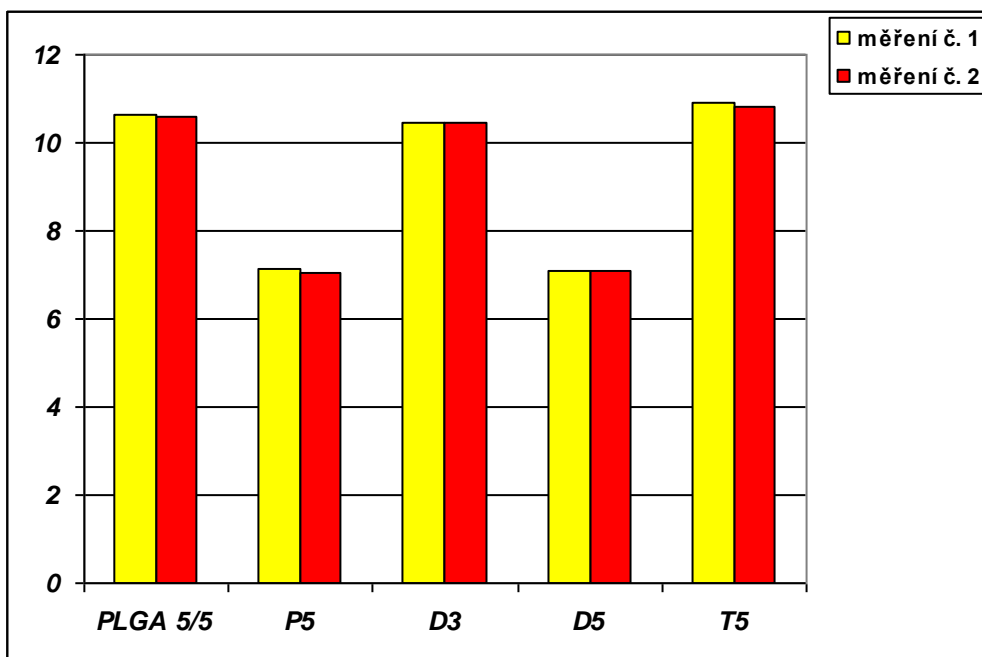
Obr. č. 41: Mezipovrchové napětí polymerů PEA1, PEA2, PEA3 a PEA4 v 0,25% roztoku oproti vodě



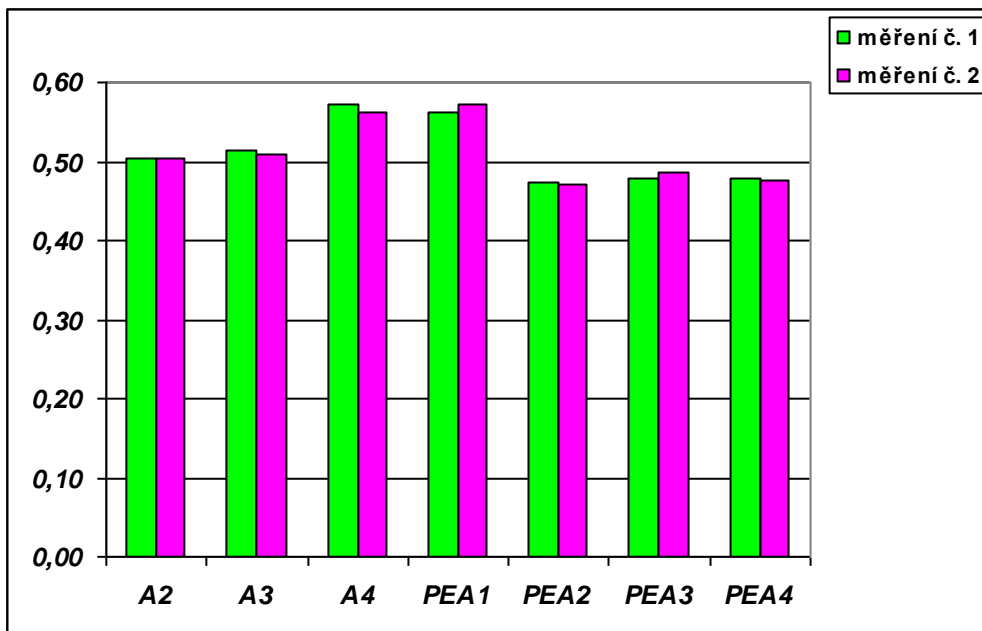
Obr. č. 42: Kinematická viskozita ( $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) 5% roztoků polymerů v chloroformu



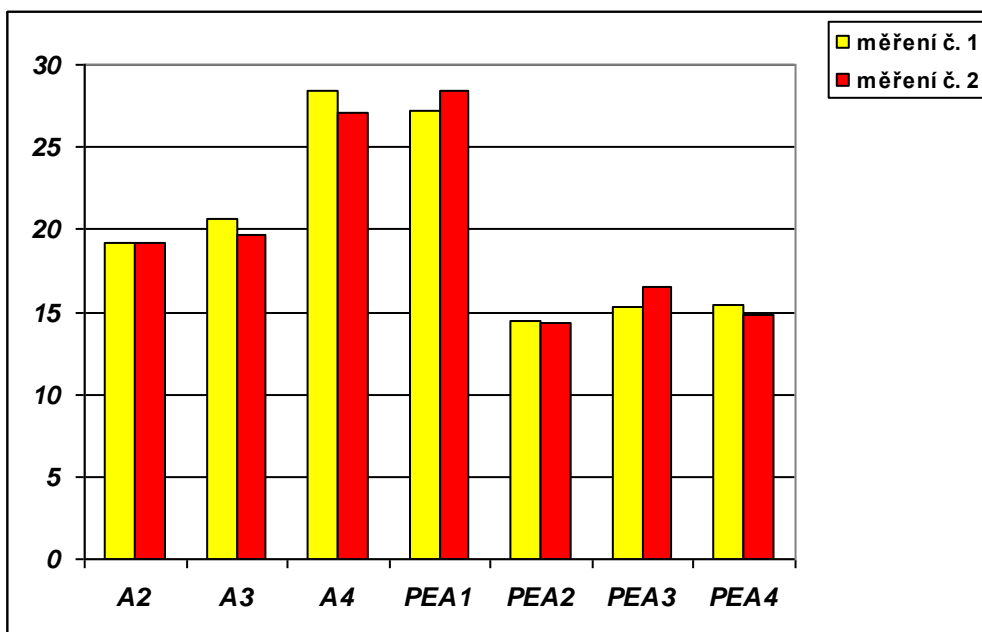
Obr. č. 43: Vnitřní viskozita (ml/g) 5% roztoků polymerů v chloroformu



Obr. č. 44: Kinematická viskozita ( $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) 1% roztoků polymerů v chloroformu



Obr. č. 45: Vnitřní viskozita (ml/g) 1% roztoků polymerů v chloroformu





## 6. Diskuse

### 6.1. K řešení problému

Měření povrchové aktivity roztoků oligoesterových nosičů v podobě mezipovrchového napětí má význam především pro odhad jejich využitelnosti pro formulaci mikročásticových a nanočásticových systémů dispergační metodou. Obvykle se mezipovrchové napětí měří na mezifázi mezi dvěma prakticky nemísitelnými kapalinami, jako je např. voda a toluen. Oligoestery však nebyly v těchto kapalinách rozpustné, proto byl zvolen chloroform jako termodynamicky dobré rozpouštědlo oligoesterů alifatických hydroxykyselin. obě fáze jsou vzájemně rozpustné, což bylo řešeno jejich saturací. Kolísání teplot mohlo být zdrojem nestandardnosti měření.

Jsou reprezentovány hodnoty mezipovrchového napětí naměřené v deseti opakováních. Jak je patrné z prezentovaných obrázků, se hodnoty systematicky mění, zpravidla klesají. Příčiny mohou být buď ve změně vlastností povrchu měrného tělíska sorpcí oligoesteru nebo ve změně vlastností mezifáze jejím mísením vlivem opakovaného pohybu destičky. Za průkazné byly proto vybrány hodnoty průměrné, v případě komplikovaných situací ještě průběh hodnot v podobě první a předposlední naměřené.

### 6.2. Vliv nosiče na mezipovrchové napětí

V tab. č. 1 a na obr. č. 1 jsou hodnoty mezipovrchového napětí 1% roztoků pěti různých oligoesterových nosičů. Je patrné, že vliv různých parametrů nosičů se významně projevil. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u roztoku kopolymeru kyseliny DL-mléčné s kyselinou glykolovou. (PLGA). Nejnižší hodnota mezipovrchového napětí byla prokázána u terpolymeru větveného dipentaerytritolem v 5% koncentraci (D5). Tento nosič se vyznačuje nízkou molekulovou hmotností a s ní souvisící nízkou polydisperzitou a nízkou teplotou skelného přechodu. Mimořádně nízká viskozita souvisí s vysokým stupněm větvení. Vyšší podíl koncových hydroxylů

může vést k vyšší hodnotě HLB oligoesterů a spolu s dostatečnou flexibilitou řetězce může pozitivně ovlivnit povrchovou aktivitu látky. Analogický oligoester větvený 5% pentaerytrolelem (P5) snižoval mezipovrchové napětí v menší míře, i když měl podobné parametry nízké molekulové hmotnosti. Hlavním rozdílem byla její vyšší polydisperzita (1,7 místo 1,2).

Vzrůst molekulové hmotnosti spolu s poklesem větvení měly vliv na snížení povrchové aktivity roztoků, jak je dobře patrné z hodnot, které byly zjištěny u nosičů T5 a D3.

Po zvýšení koncentrace z 1% roztoku na 3% došlo k mírným změnám v pořadí účinnosti oligoesterů na mezifázi voda-chloroform (tab. č. 2, obr. č. 2). Nejnižší hodnoty měly nosiče s nejnižší molekulovou hmotností D5 a P5. Potom následovaly ostatní nosiče, mezi nimiž nebyl prokázán výraznější rozdíl.

Pokud jde o celkové srovnání povrchové aktivity 1% a 3% roztoků, je možno konstatovat, že 3% roztoky mají nižší hodnoty.

Za pozornost stojí relativně malé snížení mezipovrchového napětí 3% roztoku nosiče T5 ve srovnání s jeho 1% roztokem. Je možné, že v tomto případě se projeví při jeho vysoké hodnotě parametru  $M_w$  (8600) zapletení řetězců. Nižší povrchová aktivita nosiče PLGA byla potvrzena i při této koncentraci.

K dalším změnám v relaci mezi povrchovou aktivitou zkoumaných nosičů došlo po zvýšení jejich koncentrace na 5% (tab. č. 3, obr. č. 3). Nejúčinnější na mezifázi byly opět vysoce větvené nízkomolekulární nosiče D5 a P5. Jako nejvýraznější změna bylo významné snížení mezipovrchového napětí roztoku lineární PLGA. Při její nízké molekulové hmotnosti se uplatnila zvýšená koncentrace koncových karboxylů spolu s flexibilitou řetězce. Nosič T5 byl nepatrně méně povrchově aktivní. Nosič D3 byl překvapivě nejméně povrchově aktivní, což souvisí s jeho nízkým stupněm větvení, který nepřímo indikuje vysoká hodnota teploty skelného přechodu  $T_g$  (27,3°C).

### **6.3. Vliv koncentrace nosiče na mezipovrchové napětí**

V tab. č. 4 a na obr. č. 4 jsou výsledky měření mezipovrchového napětí roztoků nosiče P5. Je zřejmé, že 5,0% (obr. č. 3), 3,0% (obr. č. 2) a 2,5% (obr. č. 4) jsou značně povrchově aktivní. Hodnota mezipovrchového napětí je mezi 6,0 a 8,5 mN/m. Roztok s 2% koncentrací P5 má hodnotu značně vyšší. Se snižováním koncentrace nosiče tendence ke zvyšování mezipovrchového napětí pokračuje, 0,5% roztok měl hodnotu kolem 12 mN/m.

Jak je popsáno výše, nosič D5 byl ze všech na mezifázi nejúčinnější. Proto byl vyzkoušen při jeho velmi nízkých koncentracích od 0,5% do 0,05%. Jak je na obr. č. 5 prezentováno, i v takto nízkých koncentracích bylo prokázáno, že s jejím snižováním se snižuje aktivita. Zajímavý je výrazný pokles aktivity se snížením koncentrace nosiče z 0,25% na 0,10%.

### **6.4. Vliv koncentrace nosičů větvených kyselinou polyakrylovou na mezipovrchové napětí**

Byly vyzkoušeny tři polyestery větvené na kyselině polyakrylové použité v 2%, 3% a 4% koncentraci a označené A2, A3 a A4. Jednalo se o polyanionické sloučeniny rozpustné v roztocích pufrů. Byly připraveny jejich 1,0%, 3,0% a 5,0% roztoky v chloroformu. Průběhy opakovaně měřených hodnot jsou na obr. č. 6 až 14. Stejně jako při měření mezipovrchové aktivity oligoesterů větvených polyhydričnými alkoholy s nižší koncentrací potenciálně anionických karboxylů byly pozorovány dva důležité rysy. Jednalo se jednak o malou reprodukovatelnost opakovaných měření, jednak o výrazný pokles naměřených hodnot mezi 1. a 2., případně i mezi 2. a 3. měřením. Vysvětlením může být adsorpce na povrch destičky, časová závislost restrukturalizace mezifáze po jejím porušení pohybem destičky, případně může také probíhat omezené rozpouštění nízkomolekulární více hydrofilní frakce nosiče ve vodě nasycené chloroformem.

V tab. č. 15 a na obr. č. 15 je průběh hodnot mezipovrchového napětí opakovaných měření roztoků nosiče A2 lišících se jeho koncentrací. Je patrná tendence ke

snížení hodnot měřené veličiny se stoupající koncentrací nosiče. Dalším poznatkem je prokázání menší povrchové aktivity než u nosičů větvených polyoly.

V tab. č. 16 a na obr. č. 16 je analogická situace jako v předešlém případě, rozdíl je v typu nosiče, který byl větvený 3% kyselinou polyakrylovou. Povrchová aktivita nosiče A3 byla přibližně stejná jako nosiče A2. Při značné variabilitě opakovaných měření se vliv koncentrace významně neprojevil. Byla zaznamenána tendence k nejvyšší povrchové aktivitě při 3% koncentraci. Vysvětlením může být vysoká molekulová hmotnost nosiče A3 a tendence k zapletení řetězců při jeho 5% koncentraci, jak bylo prokázáno u nosiče T5.

Roztoky nosiče A4 se 4% koncentrací větvící složky se vyznačovaly silnější interakcí s mezifázovým rozhraním. Hodnoty mezipovrchového napětí byly přibližně o 4 mN/m nižší. Také u tohoto nosiče byla prokázána vyšší povrchová aktivita 3% roztoku než jeho 5% roztoku. Souvislost s vysokými hodnotami molekulové hmotnosti je u tohoto nosiče také relevantní.

Na obr. č. 18 a v tab. č. 18 je srovnána povrchová aktivita 1% roztoků jednotlivých nosičů daného typu. Je možno konstatovat, že se stoupající koncentrací kyseliny polyakrylové v molekule se zvyšuje povrchová aktivita. To je v souladu s poznatkem o pozitivním vlivu stoupajícího stupně větvení na povrchovou aktivitu oligoesterů větvených na polyhydroxylových monomerech.

Stejná relace byla prokázána v případě 3% roztoků nosičů A2, A3 a A4 (tab. č. 19, obr. č. 19). Pozoruhodné je velmi nízké mezipovrchové napětí dosažené pomocí 3% nosiče A4. U 5% roztoků bylo pořadí jiné, nejméně povrchově aktivní byl A3. Jako příčina je výše uvedená vyšší molekulová hmotnost s možností zapletení řetězců (obr. č. 20).

## **6.5. Vliv koncentrace nosičů typu polyesteramidů na mezipovrchové napětí**

Parametry molekulové hmotnosti polyesteramidů nebylo možno měřit vzhledem k jejich nerozpustnosti v tetrahydrofuranu. O velikosti molekul v roztoku je možno

soudit podle vnitřních viskozit. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u PEA1 (28 ml/g), ostatní tři měly hodnoty velmi blízké (14 až 16 ml/g), jak je uvedeno v tab. č. 43. Kromě PEA4, který měl konzistenci pasty, měly tyto nosiče tuhé skupenství. Jejich tvrdost a křehkost nasvědčovala o jejich semikrystalickém stavu.

Na obr. č. 21-24 a v tab. č. 21-24 jsou výsledky měření mezipovrchového napětí 1% roztoků polyesteramidů při teplotě 23 až 25°C. Z obrázků je patrné, že opakovaná měření se stejným vzorkem nedávají ve všech případech stejné výsledky. Hodnoty systematicky stoupají i klesají, jak je zvláště výrazně patrné na obr. č. 22. Rozdíly mezi hodnotami charakteristiky v rámci opakování postupně rostou (PEA2 na obr. č. 22) i klesají (PEA3, PEA4 na obr. č. 23, 24). Totéž platí i o mezipovrchovém napětí 3% a 5% roztoků polyesteramidů, hodnoty jsou v tab. č. 25 až 32 a na obr. č. 25 až 32. V případě obou roztoků PEA2 na obr. č. 26 a 30 je výrazný rozdíl v tendenci změn hodnot.

Mezipovrchové napětí roztoků PEA1 bylo ovlivněno jejich koncentrací, jak je uvedeno v tab. č. 33 a na obr. č. 33. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u 5% roztoků, nejnižší u 3% roztoků. V případě tohoto nosiče se neprokázala jednoznačná tendence vlivu koncentrace na povrchové napětí. Jedním z faktorů může být i zvýšení variability naměřených dat.

Jinak tomu bylo u nosiče PEA2 (tab. č. 35, obr. č. 35). S rostoucí koncentrací polyesteramidu se hodnoty mezipovrchového napětí zvyšovaly. V tomto případě se může projevit jednak zvýšená viskozita, jednak intermolekulární interakce mezi řetězci.

V rámci zvýšené variability byla stejná tendence ke snížení povrchové aktivity s koncentrací odhalena u nosiče PEA3 (tab. č. 36, obr. č. 36). U PEA4 byl nejvíce povrchově aktivní 1% roztok, mezi 3% a 5% roztoky nebyl v rámci vyšší variability rozdíl. Z výše uvedených vztahů vyplývá menší vliv koncentrace na povrchovou aktivitu těch polyesteramidů, které měly vyšší (PEA1) nebo naopak nižší (PEA4) krystalinitu. Molekulová hmotnost nosičů není parametr, který se v daných mezích projevil.

V tab. č. 37 a na obr. č. 37 jsou uvedeny hodnoty mezipovrchového napětí 1% roztoků polyesteramidů. Výsledky (kromě PEA3) jsou dostatečně reprodukovatelné pro závěry o vysoké povrchové aktivitě nosiče PEA4. Hodnota mezipovrchového napětí byla přibližně 5 mN/m. Vyšší hodnoty (kolem 8 mN/m) byly prokázány u PEA2, PEA1 měl hodnoty kolem 12 mN/m. Vyšší hodnota molekulové hmotnosti a vyšší stupeň interakce mezi molekulami vedly k nižší povrchové aktivitě.

V tab. č. 38 a na obr. č. 38 je srovnání stejných nosičů jako v předešlém případě (rozdíl je vyšší) v 3% koncentraci. Rozdílná je relativně nižší povrchová aktivita PEA3 a vyšší PEA1. U 1% PEA1 byla hodnota 12 mN/m, u 3% roztoku byla hodnota 10,5 mN/m.

V tab. č. 39 a na obr. č. 39 je povrchová aktivita 5% roztoků. Za pozornost stojí vysoká povrchová aktivita flexibilních řetězců nosiče PEA4, hodnoty mezipovrchového napětí byly kolem 8 mN/m. Nosič PEA2 měl hodnoty kolem 11 mN/m, nosič PEA1 mezi 13 a 14 mN/m. Celkově je možno vliv koncentrace polyesteramidů zhodnotit jako faktor, který se projeví v rozmezí koncentrací 1% až 5% snížením mezipovrchového napětí se snižováním koncentrace.

V tab. č. 40 a na obr. č. 40 jsou výsledky měření mezipovrchového napětí 0,5% roztoků polyesteramidů v chloroformu proti vodě. Z výsledků je patrný silný vliv nosiče na naměřené hodnoty. Stejně jako ve výše koncentrovaných roztocích, nejnižší hodnoty byly prokázány u nosiče PEA4, o poznání vyšší byly u PEA2. Nejméně povrchově aktivní byl nosič PEA3. Další snížení koncentrace na 0,25% neovlivnilo výrazně výsledky dosažené s 0,5% roztoky (tab. č. 41, obr. č. 41). V povrchové aktivitě PEA1, PEA2 a PEA3 nebyly prokázány výrazné rozdíly. Hodnoty mezipovrchového napětí byly mezi 8 a 12 mN/m. Významná je vysoká aktivita PEA4 na mezifázi, hodnoty byly mezi 5 a 6 mN/m. Tento výsledek je velmi povzbudivý pro další úvahy o možnostech dispergace hydrofilní fáze v roztocích tohoto nosiče.

## 6.6. Vliv nosičů na vnitřní viskozitu jejich roztoků

Termodynamicky dobrým rozpouštědlem polyesterů a polyesteramidů je chloroform, proto byl vybrán pro měření kinematické viskozity jejich roztoků a pro výpočet jejich vnitřní viskozity. V tab. č. 42 až 45 a na obr. č. 42 až 45 jsou hodnoty kinematické viskozity a vnitřní viskozity. Vztahy mezi viskozitami roztoků a jejich vnitřní viskozitou byly u různých nosičů stejné, rozdíly byly kontrastnější u vnitřní viskozity. Z toho plyne výhodnost této charakteristiky pro studium účinků vlivů různých parametrů.

Na obr. č. 43 jsou hodnoty vypočtené pro 1% roztoky. Nosiče s lineární molekulou (PLGA) nebo vyšší molekulovou hmotností (D3, T3) měly vyšší hodnoty parametru, nosiče více větvené a s nízkou molekulovou hmotností měly vnitřní viskozitu značně nižší. Z dosažených výsledků plyne závěr, že podle metody Solomon-Ciuta je parametr vnitřní viskozity v těsné souvislosti s parametrem kinematické viskozity, což je možno chápat jako indikaci nevhodnosti této metody pro výpočet vnitřní viskozity z kinematické viskozity.

K obdobnému závěru je možno dojít u souboru vzorků, jejichž hodnoty kinematické viskozity a vnitřní viskozity jsou na obr. č. 44 a 45. Ve srovnání s hodnotami vypočtenými z klasicky zjištěných výsledků z vícebodového vztahu uvedenými v tab. č. 44 a 45. Pro A2 a A4 je patrná disproporce jednak ve smyslu absolutních hodnot, které jsou značně vyšší, jednak ve smyslu relace, která je opačná než na obr. č. 45 (19 proti 28). Jednobodová metoda výpočtu vnitřní viskozity může dávat reálné informace pouze v případě takových polymerů a oligomerů, která mají stejnou závislost viskozity na koncentraci, což není případ zkoumaného souboru nosičů. Tyto nosiče se lišily stupněm větvení, intermolekulárními interakcemi i interakcemi s rozpouštědlem.

## 7. Závěry

1. Bylo prokázáno, že je možno s malou chybou měřit mezipovrchové napětí dvou omezeně mísitelných kapalin, jako je chloroform a voda.
2. Hodnoty mezipovrchového napětí mezi chloroformovými roztoky nosičů polyesterového a polyesteramidového typu se systematicky mění s opakováním. Vysvětlením může být adsorpce na povrch destičky, časová závislost restrukturalizace mezifáze po jejím porušení pohybem destičky, případně může také probíhat omezené rozpouštění nízkomolekulární více hydrofilní frakce nosiče ve vodě nasycené chloroformem při míchání pohybem destičky tenziometru.
3. Lineární a větvené oligoestery, polyestery a polyesteramidy se projeví jako sloučeniny, které jsou významně povrchově aktivní.
4. Povrchová aktivita je ovlivněna molekulovou hmotností sloučenin, jejich stupněm větvení i koncentrací.
5. Se zvyšováním stupně větvení se povrchová aktivita zvyšuje.
6. Roztoky nosičů polyesterového typu s relativně vysokou koncentrací nad 5% mohou mít nižší povrchovou aktivitu vlivem intermolekulárních interakcí, není vyloučeno zapletení řetězců, roztoky s nízkou koncentrací pod 0,25% mohou mít nízkou povrchovou aktivitu vzhledem k nedostatečnému obsazení mezifáze.
7. Polyesteramidy se lišily v povrchové aktivitě patrně vlivem různé flexibility jejich řetězce.
8. Výpočet vnitřní viskozity z jednobodové kinematické viskozity podle Solomon-Ciuta neposkytuje důvěryhodné výsledky vzhledem k pravděpodobnosti různého sklonu závislosti specifické viskozity na koncentraci.



## 8. Literatura

1. <http://viskozita.navajo.cz> (25.3.2008)
2. [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/hesla.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla.html) (25.3.2008)
3. <http://www.fch.vutbr.cz/home/klucakova/web9.doc> (27.3.2008)
4. Chalabala Milan et al., Technologie léků, 2. Přepřacované vydání, 2001, 25
5. [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res\\_stanoveni\\_viskozity\\_roztoku/index.html](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_stanoveni_viskozity_roztoku/index.html) (25.3.2008)
6. <http://vyuka.z-moravec.net/download/1-01polymery.pdf> (27.3.2008)
7. [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/iud\\_es-001/hesla/roztoky\\_makromolekul.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/iud_es-001/hesla/roztoky_makromolekul.html) (27.3.2008)
8. Mleziva J., Kálal J., Základy makromolekulární chemie, SNTL/ALFA, Praha, 1986, 380, 367.
9. Hebeish, A.; Ibrahim, N. A.; Abo Shosha, M. H.; Fahmy, H.M., Polymer-Plastics Technology and Engineering 35 (1996) s. 517-543.
10. Marten, F. L., Vinyl Alcohol Polymers, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 2002 Wiley, New York, NY 2002 Online.
11. Vinyl Alcohol Polymers, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, New York, NY, 14 (1971) s. 149-207.
12. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A9\\_nap%C4%9Bt%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Povrchov%C3%A9_nap%C4%9Bt%C3%AD) (14.7.2009)
13. Chalabala Milan et al., Technologie léků, 2. Přepřacované vydání, 2001, s. 63-65
14. [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_es-001/hesla/povrchove\\_napeti\\_roztoku.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/povrchove_napeti_roztoku.html) (14.7.2009)
15. Levanen, E., Mantyla, T., Mikkola, P. and Rosenholm, J., J. of Colloid and Interface Science 234 (2001) s. 28-34.
16. Gabra O. Yahya, S. K. Asrof Ali and Esam Z. Hamad, Polymer 37 (1996), s. 1183-1188.
17. [http://en.wikipedia.org/wiki/Surface\\_tension](http://en.wikipedia.org/wiki/Surface_tension) (14.7.2009)
18. Surface tension by the Ring Method (Du Noüy Method) (pdf). PHYWE.

- Retrieved on 2007-09-08.
19. Surface and Interfacial Tension. Langmuir-Blodgett Instruments. Retrieved on 2007-09-08.
  20. Surfactants at interfaces. Lauda.de. Retrieved on 2007-09-08.
  21. Calvert, James B., Surface Tension (physics lecture notes). University of Denver. Retrieved on 2007-09-08.
  22. Sessile Drop Method. Dataphysics. Retrieved on 2007-09-08.
  23. [http://www.kruss.info/techniques/surface\\_tension\\_e.html](http://www.kruss.info/techniques/surface_tension_e.html) (20.6.2009)
  24. Polyneux, P. Br. Polym. J. 1986, 18, 32.
  25. Keller, J. Biodegradable polymers in controlled drug delivery. Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems 1984, 1 (1), s. 39-90.
  26. Pitt, C. G.; Schindler, A. Biodegradation of polymers. In Controlled Drug Delivery; Bruck, S. D., Ed.; CRC Press: Boca Raton, Florida, 1983; 1, Chapter 3.
  27. Sidman, K. R.; Schwoppe, A. D.; Steber, W. D.; Rudolph, S. E. Use of synthetic polypeptides in the preparation of biodegradable delivery systems for narcotic antagonists. NIDA Research Monograph 1981, 28, s. 214-231.
  28. Charles, E. L.; Buffalo, N. Y. US Patent 2, 668, 162, 1954 (to E. I. DuPont de Nemours).
  29. Schmitt, E. E.; Polistina, R. A. US Patent 3, s. 297, 033, 1967 (to American Cyanamid).
  30. Kulkarni, R. K.; Pani, K. C.; Neuman, C.; Leonard, F. Polylactic Acid for Surgical Implants, Technical Report 6608, Walter Reed Army Medical Center (Project 3A013001A9-1C), 1966.
  31. Wasserman, D. US Patent, 3, s. 375, 008, 1971.
  32. Holland, S. J.; Tighe, B. J.; Gould, P. L. Polymers for biodegradable medical devices. 1. The potential of polyesters as controlled macromolecular release systems. J. Control. Rel. 1986, 4, s. 155-180.
  33. Crotts, G.; Park, T. G. Protein delivery from poly(lactic-co-glycolic) acid biodegradable microspheres: release kinetic and stability issues. J. of Microencap. 1998, 15 (6), s. 699-713.

34. Putny, S. D.; Burke, P. A. Improving protein therapeutics with sustained-release formulations. *Nat. Biotechnol.* 1998, 16 (2), s. 153-157.
35. Sanders, L. M.; Kent, J. S.; McRae, G. I.; Vicery, B. H.; Tice, T. R.; Lewis, D. H. Controlled release of a luteinizing hormone-releasing hormone analog from poly(D,L-lactide-co-glycolide) microspheres. *J. Pharm. Sci.* 1984, 73 (9), 1294-1294.
36. [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-617-6/pages-img/084.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/084.html) (20.5.2009)
37. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina\\_akrylov%C3%A1](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_akrylov%C3%A1) (14.7.2009)
38. [www.fch.vutbr.cz/~klucakova/web14.doc+polymery+s+akrylovou+kyselinou&cd=21&hl=cs&ct=clnk&gl=cz](http://www.fch.vutbr.cz/~klucakova/web14.doc+polymery+s+akrylovou+kyselinou&cd=21&hl=cs&ct=clnk&gl=cz) (10.7.2009)
39. [www.sc-brno.cz/sc-news/:attachments/1/news2002\\_2.pdf](http://www.sc-brno.cz/sc-news/:attachments/1/news2002_2.pdf) (15.6.2009)
40. <http://leccos.com/index.php/clanky/polyamidy> (10.7.2009)
41. <http://www.chemguide.co.uk/organicprops/amides/polyamides.html#top> (10.7.2009)
42. Ing. Bohdan Filipi, Ph.D., skripta Plasty, Ostrava 2003.
43. doc. RNDr. Jaroslav Petrůj, CSc., skripta Polymery.
44. <http://www.vscht.cz/document.php?docId=290> (24.6.2009)
45. Zhang X, MacDonald DA, Goosen MFA, McAuley KB. Mechanism of lactide polymerization in presence of stannous octoate: the effect of hydroxyl and carboxyl substance. *J Polym Sci Part A: Polym Chem Ed* 1994; 32(15): s. 2965-70.
46. Monsignore PV. Production of high molecular weight poly(lactic acid). US Patent No. 5470944; 1995.
47. Spinu M. L,D-poly lactide copolymers with controlled morphology. US Patent No. 5270400; 1993.
48. Ibay AC, Tenney LP. Polymers from hydroxyl acids and polycarboxylic acids. US Patent No. 5206341; 1993.
49. Kricheldorf HR, Saunders IK. Poly lactones, 19. Anionic polymerization of L-lactide in solution. *Die Makromol Chem* 1990; 191(5): s. 1057-66.

50. Kricheldorf HR. Syntheses and application of polylactides. *Chemosphere* 2001; 43: s. 49-54.
51. Middleton JC, Tiptop AJ. Synthetic biodegradable polymers as orthopedic device. *Biomaterials* 2000; 21: s. 2335-46.
52. van Slidregt A, von Blitterswijk CA, Hesselting SC, Grote JJ, de Groot K. Clinical implant materiale. In: Heimke G, Soltesz U, Lee AJC, editors. *Advances in biomaterials*, vol. 9. Amsterdam: Elsevier; 1991. p. 7.