

# Oblast použití PVP (E1201) a PVPP (E1202) a jeho osud v ŽP

Veronika Doležalová

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Veronika DOLEŽALOVÁ  
Osobní číslo: T08671  
Studijní program: B 2808 Chemie a technologie materiálů  
Studijní obor: Inženýrství ochrany životního prostředí

Téma práce: Oblast použití PVP (E1201) a PVPP (E1202) a jeho osud v ŽP

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte literární studii z dostupných materiálů.
2. Zaměřte se na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti polyvinylpyrolidonu (PVP i PVPP). Dále se zaměřte na osud PVP v recipientu a v čistírnách odpadních vod.
3. Pokuste se zmapovat všechny oblasti použití a všechny dostupné obchodní názvy a to jak samotného PVP tak i ve směsích.
4. Získaná data seřadte, porovnejte, kriticky zhodnoťte a zpracujte jak v písemné podobě obvyklé v bakalářské práci (viz instrukce UTB pro zpracování BP), tak v prezentaci (PowerPoint).

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Stávající monografická a časopisecká literatura na ÚIOŽP, UK UTB a jiných knihovnách.

Elektronické informační zdroje (www-stránky, databáze Web of Science a další).

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Josef Houser, Ph.D.**

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**27. května 2011**

Ve Zlíně dne 14. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.  
*ředitel ústavu*



Příjmení a jméno: .....

Obor: .....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Polyvinylpyrrolidon (PVP) a polyvinylpolypyrrolidon (PVPP) jsou látky netoxického charakteru a pro člověka není dosud prokázána jejich škodlivost. PVP má velkou schopnost tvořit komplexy a vytvářet tak nové sloučeniny s řadou výhodných vlastností, jako například desinfekční účinky ve spojení s jodem. Tyto látky pak mají hojné zastoupení v mnoha odvětvích lidské činnosti. Tato práce pak slučuje tyto způsoby využití a stručně shrnuje dopad na životní prostředí.

Klíčová slova: PVP, PVPP, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylpolypyrrolidon, Povidon, Krospondon, Kopovidon, PNVP, poly N-vinyl-2pyrrolidon, E 1021, E 1202, Betadine, Povidon-jod, Kollidon, stabilizátor,

## **ABSTRACT**

Polyvinylpyrrolidone (PVP) and polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) are substance of nontoxic character. There is no proven malignity for a man till now. PVP has got a large ability to compose complexes and to create new compounds this way with a lot of profitable features, for example disinfecting effect in conjunction with iodine. These substances occur in many branches of human activities. This thesis fuses the ways of use and it summarizes the impact on the environment.

Keywords: PVP, PVPP, Polyvinylpyrrolidone, Polyvinylpolypyrrolidone, Povidone, Krospondone, Kopovidone, PNVP, poly N-vinyl-2pyrrolidone, E 1021, E 1202, Betadine, Povidon-iodine, Kollidone, stabilizer,

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Houserovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytoval v průběhu bakalářské práce.

## **OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 PVP</b> .....	<b>11</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POPIS .....	11
1.2 TOXICITA A BIOKOMPATIBILITA .....	13
1.3 VÝROBA PVP .....	14
1.4 VYUŽITÍ .....	15
<b>2 PVPP</b> .....	<b>22</b>
2.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI .....	22
2.2 TOXICITA A BIOKOMPATIBILITA .....	22
2.3 VÝROBA PVPP .....	23
2.4 VYUŽITÍ .....	23
<b>3 OSUD PVP A PVPP V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>25</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>26</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>27</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>29</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>30</b>



## ÚVOD

Člověk je v běžném životě v kontaktu s mnoha látkami u některých si jejich přítomnost ani neuvědomujeme. PVP a PVPP jsou látkami hojně využívanými a přesto ne moc známými. Tyto látky můžeme objevit ve farmacii nebo v potravinářství a přicházíme tak s nimi téměř běžně do kontaktu. Ale jaké je jejich jiné využití? Tato práce se snaží shrnout způsoby dosavadního využití PVP a PVPP v různých oblastech lidské činnosti.

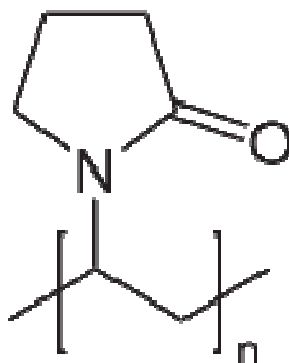
Znalost možností využití je důležitá nejen pro člověka samotného, ale i z hlediska ochrany životního prostředí. Jedná se o látky, jejichž osud v životním prostředí není dosud znám a u kterých se objevilo podezření z možných karcinogenních účinků. A proto je vhodné uvědomit si rozsah využívání a poukázat tak na možné zdroje ohrožení životního prostředí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PVP

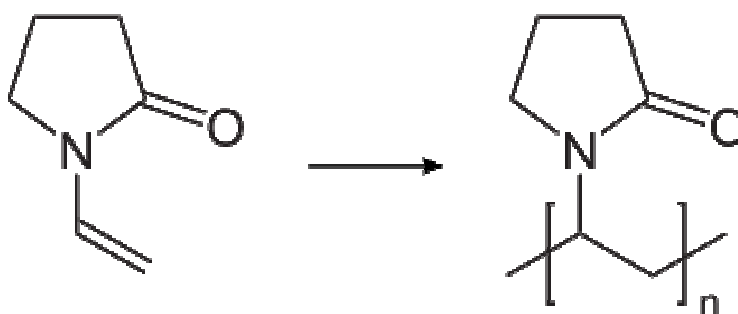
PVP je znám pod různými názvy, například: Polyvinylpyrrolidon, poly N-vinyl-2pyrrolidon, povidon, PVP, PNVP, E 1201,

### 1.1 Základní popis



Obr. 1 Polyvinylpyrrolidon [1]

Monomerem polyvinylpyrrolidonu (PVP) je N-vinyl-2pyrrolidon [2], jedná se o látku velmi toxickou zejména pro vodní organismy, polymerací však tyto vlastnosti ztrácí a PVP je potom netoxická látka, která neškodí vodním organismům ani člověku samotnému [3]. Tato látka byla připravena a patentována roku 1939 profesorem Walterem Reppem, a poté byla používána jako náhražka krevní plazmy za 2. světové války [4,5].



Obr. 2 Vznik PVP z vinylpyrrolidonu [1]

Po stránce chemické se jedná o uhlíkatý řetězec lineárního charakteru, obsahující pětičlenný laktamový kruh, který je vázaný přes terciární amin [5].

PVP je bílý prášek mající slabý charakteristický zápach. Je velmi dobře rozpustný v hydrofobních, ale i v silně hydrofilních rozpouštědlech. K těmto rozpouštědlům patří voda, ale i mnoho organických rozpouštědel jako jsou alkoholy, aminy, kyseliny, chlorované uhlovodíky, amidy a laktamy. K látkám ve kterých je PVP nerozpustné, patří různé estery, ethery, ketony a některé uhlovodíky. V některých rozpouštědlech dochází k rozpouštění pouze při zvýšené teplotě a to většinou na cca 50 - 60 °C [6].

PVP je distribuován s molární hmotností v rozsahu 2 500 až 25 000 000 g.mol<sup>-1</sup> [1]. Molární hmotnost je dána podmínkami polymerace a pro lepší orientaci se potom u výrobků jednotlivých molárních hmotností uvádí kód specifický pro každou molární hmotnost. Jedná se o označení pomocí písmene K a příslušného čísla např. K17, K30, K80, apod. K30 je forma používaná pro potravinářské účely [5].

Polyvinylpyrrolidon je látka schopná vytvářet tenké, jasné, transparentní, tvrdé a křehké filmy, má velmi dobré hydrokopické vlastnosti, dobrou lepivost a přilnavost, také velmi dobře vytváří komplexy s různými látkami a může tak zcela nebo částečně zabránit krystalizaci těchto látek [7]. Vlastnosti filmů vytvořených pomocí PVP, lze upravit přidáním některých látek jako např.: voda, celulóza, glycerol, glykol a podobně. Látka je to velmi stabilní a odolává velkým změnám pH (stabilní při pH = 2 - 10). Funguje jako výborný stabilizátor suspenzí, kde se využívá jeho schopnosti tvořit ochranný koloid [6]. PVP má vysokou teplotu zesklňování  $T_g$ , která se pohybuje v rozmezí 110 až 180 °C [1] a má dobré biologické vlastnosti, zejména pro své netoxické působení na organismy vodní i suchozemské [1-3,6].

Velmi dobrá slučitelnost s mnoha látkami zaručuje široké využití PVP. Je to látka schopná vytvářet sloučeniny s mnoha anorganickými i organickými solemi a s různými barvivy [6].

Jedná se o látku biologicky rezistentní. Aby došlo k její degradaci je třeba ji upravit; produkty degradace jsou potom oxidy dusíku zejména NO a NO<sub>2</sub>. K těmto procesům však nedochází samovolně v životním prostředí a dochází tak k ukládání v půdách a vodách [5].

Velmi využívaným komplexem PVP je PVP-jod neboli jodovaný povidon, který se pro své antiseptické účinky využívá především v lékařství [3,8]. Dalším využívaným komplexem PVP je komplex s vinylacetátem PVP/VA. Tento komplex se využívá například pro výrobu různých lepidel [6].

## 1.2 Toxicita a biokompatibilita

Biologický a biochemický dopad na organismus byl testován pouze při podávání PVP intravenózním nebo intraperitoneálním způsobem. Při testech nebylo prokázáno, že by PVP procházelo přes zažívací trakt dále do organismu. U člověka se objevily problémy při intravenózním podání, a to že se PVP částečně ukládalo do mízních uzlin. Jiné trvalejší účinky nebyly dostatečně prokázány. Objevily se ovšem i testy, ve kterých se poukazovalo na možnost detekce přítomnosti PVP i po uplynutí jednoho až dvou let od testu. Při těchto testech bylo také prokázáno, že průchodnost organismem je silně ovlivněna molární hmotností PVP vpraveného do těla organismu. Tyto testy byly prováděny na králících, krysách, na psech rasy bígl a také na člověku.

Toxikologické studie vlivu na organismus při orálním podání byly prováděny na krysách, králících, potkanech, kočkách a psech. Ze studií vyplývá, že PVP při orálním užití nemá prokázané žádné významné akutní ani chronické účinky, u některých jedinců jednotlivých druhů se při prvním požití objevily nepříznivé účinky v podobě třesu, slinění, uvolnění stolice a depresí. Tyto jevy zmizely po dvou dnech, kdy se pokračovalo v orálním podávání PVP. U některých samic psa plemene bígl se pak objevilo mírné zvětšení sleziny.

Při vpravování PVP do těla podkožními injekcemi se u člověka po delší době začaly objevovat různé vyrážky. Injekční způsob podání měl podle testů negativní účinky zejména na ženy, kdy se při testech trvajících 3 až 12 let začaly v prsech a v oblasti nadbříšku vytvářet rozsáhlé cizorodé granulace.

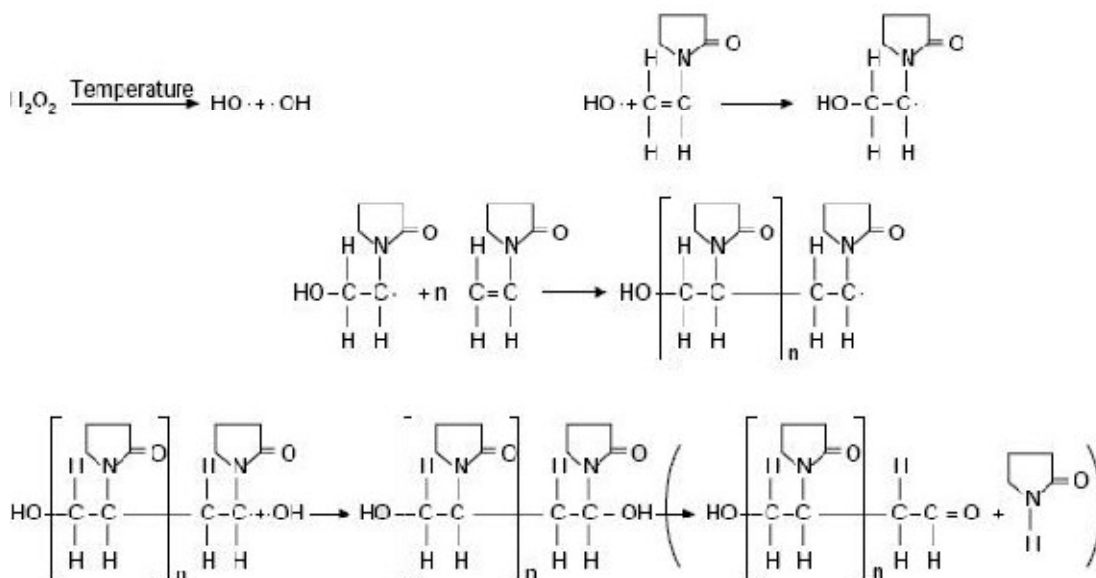
Studie říkají, že by při dlouhodobém užívání různými způsoby mohlo dojít k ukládání do organismu, toto je však závislé na množství přijatého PVP a není to zcela prokázáno. Z hlediska karcinogenity je PVP dle ACGIH považováno za karcinogen třídy A3 dle IARC je to pak třída 3, tedy neprokázaný karcinogen s možným vlivem na některá zvířata zejména na hlodavce.

Testy prováděné na typu PVP využívaném v potravinářství neprokázaly žádný významný vliv na organismus, pouze upozorňují na možné řidnutí stolice až průjmy. Tyto účinky jsou pak závislé na přijatém množství.

Smrtelná dávka této látky při orálním podání pro myš byla stanovena na více než  $40 \text{ g.kg}^{-1}$  tělesné váhy, pro králíka je to  $1,04 \text{ g.kg}^{-1}$  tělesné váhy a pro morče je to pak  $100 \text{ g.kg}^{-1}$  tělesné váhy [9].

### 1.3 Výroba PVP

PVP se vyrábí volnou radikálovou polymerací N-vinyl-2pyrrolidonu v přítomnosti vody nebo alkoholu jako rozpouštědla a také v přítomnosti vhodného iniciátoru (např. peroxid vodíku). Na podmínkách polymerace je potom závislá molekulová hmotnost vzniklého polymeru [6].



Obr. 3 Polymerace PVP [4]

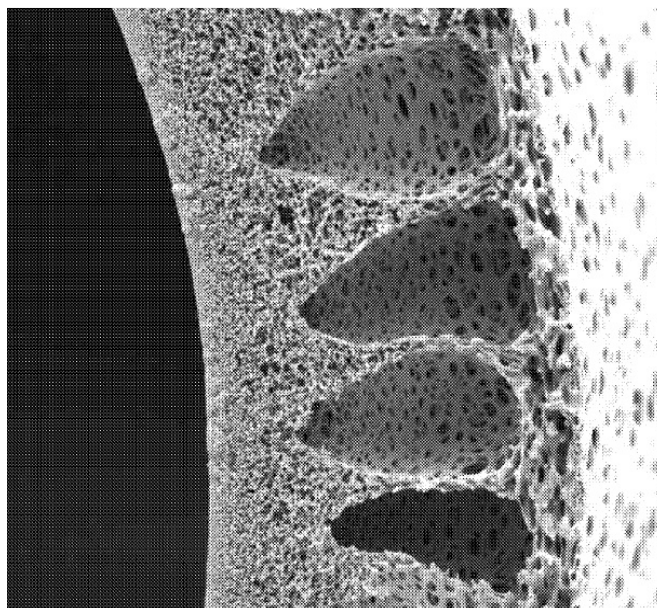
## 1.4 Využití

PVP má velmi široké použití, je využíván ve farmaceutickém průmyslu dále pak v potravinářském průmyslu pod označením emulgátor E 1201, jeho využití najdeme i v technickém, chemickém ale například i v zemědělském průmyslu.

### Farmaceutický průmysl

Zde nachází povidon velmi široké využití, nejvíce se v lékařství využívá jako pojivo pro různé tablety a granule [3,8].

Také se používá pro výrobu membrán, které se využívají například při dialýze. Membrány s obsahem PVP jsou více propustné a pomocí PVP lze upravovat velikost pórů, takto využitý PVP se navíc může síťovat pro získání některých vlastností jako je nerozpustnost ve vodě. PVP membrány jsou slučitelné s krví, rozpouštění PVP je zde zabráněno přítomností jiných látek jako například PVC [6].



Obr. 4 *Detail membrány s PVP* [10]

Dalším typem využití PVP ve farmaceutickém průmyslu je použití v přípravcích pro ošetření očí jako jsou různé kapky využívané jako „náhrada slz“, mimo to se v očním lékařství využívá jako přípravek do roztoků pro kontaktní čočky [7]. PVP dále slouží ve farmaceutickém průmyslu jako dispergační prostředek pro některé kapalné přípravky, jako stabilizátor enzymů a vitamínů, využívá se do různých roztoků, mastní, jako složka pesarů a vaginálních čípků [3].

PVP se díky své hydroskopičnosti používá jako nátěrová hmota pro katétrů a chirurgické nástroje [6].

Hojně využívaný je komplex PVP s jodem a to zejména pro své antiseptické účinky [3,8]. Nejsou známé druhy bakterií, které by byly vůči PVP-jodu odolné [11,12]. Nejlépe se uplatňuje, v boji s bakteriemi, v několikrát zředěné formě používaného 10 % roztoku povidon-jodu [12]. Povidon-jod nedráždí kůži, nezapáchá a nebarví, lze jej použít například i u kojenců kde se používá při léčbě zánětu spojivek, který se velmi často vyskytuje u dětí kolem jednoho měsíce života [11]. V lékařství je pak známý pod označením Betadin nebo Braunol.

PVP nalézá využití i jako pomocné rozpouštědlo pro tekuté a polotekuté léky (jako jsou sirupy nebo želatinové kapsle). Nebo také jako zahušřovadlo pro různé roztoky léčiv [3].



### Potravinářský průmysl

V tomto odvětví průmyslu se s PVP můžeme setkat hlavně pod označením emulgátor E 1201. Využíván je zejména pro svoje stabilizační a emulgační schopnosti, ale i pro jeho schopnost vytvářet filmy, schopnost tónování barev a jiné [3].

Ve vinařství a pivovarnictví se PVP používá jako pomocná látka v membránách pro filtraci. V těchto membránách je potřeba využít pomocné látky zabraňující uvolňování PVP, jako například PVC. Moderní vinařské a pivovarnické technologie využívají PVP vázané na oxid křemičitý. Takto upravené PVP slouží k čiření [13].

V cukrářské výrobě je PVP využíváno v cukrových polevách jako stabilizátor barvy, pomáhá zabránit vzniku mikrotrhlin v polevách a cukrových potazích dortů a podobně, zvyšuje přilnavost plev, vzhledem k jeho schopnosti ovlivňovat krystalizaci jiných látek má vliv na krystalizaci cukru v cukrářských výrobcích [7].

V potravinářství se všeobecně využívá jako stabilizátor barviva v některých druzích nápojů, dále jako stabilizátor v umělých sladidlech a vitamínech. Slouží jako ředidlo barviv používaných v potravinách a lze jej také nalézt v některých obalových materiálech sloužících pro uchování potravin [2].

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č.4/2008 Sb. je používání emulgátoru E 1201 (PVP) a následně i E 1202 (PVPP) povoleno pouze pro úpravu sladidel [14].

### Technický průmysl

PVP se používá na výrobu lepidel, a to jako různé lepící tyčinky, které mají velmi dobrou přilnavost [2,6] a dobré lepící vlastnosti zejména pro papír a pro lepidla které je třeba vlhčit, například lepidla na dopisních známkách nebo obálkách [3]. Dále se používá na vysokotavitelná lepidla, využitelná na lepení nejen papíru ale i skla, kovů a například i plastových materiálů, nebo se také využívá do lepidel na kůže. Jako lepící látka se

přidává i do keramiky. V keramickém průmyslu umožňuje zlepšení vlastností glazur jako je přilnavost a fixace barev [6].

Dalším způsobem využití PVP je použití pro nátěry a nátěrové hmoty a to díky své schopnosti tvořit filmy. Také se využívá hydroskopičnost PVP například u již zmíněných katétrů v lékařství. V nátěrových hmotách velmi dobře slouží jako ochranný koloid, nebo jako dispergovadlo a k úpravě viskozity. Je možno jej využít pro výrobu průhledných, bezbarvých hmot se schopností zabránit mlžení skel, polymethylmetakrylátových a polykarbonátových povrchů, což se využívá například při výrobě lyžařských a potápěčských brýlí, nebo pro kokpitová okna [6].

Využití také nachází pro zlepšení toku a přilnavosti inkoustů. Nebo jako přídatná látka v kalících lázních v metalurgii, kde slouží k úpravě viskozity lázně a zajištění bezpečnějšího provozu (zabraňuje vzniku dýmů nebo požárů) [2,3,6].

Své využití najde PVP i v elektronice a elektrotechnice, kde se používá fotorezistor v barevných obrazovkách, kde zlepšuje kontrast a rozlišení obrazu. Najdeme jej v bateriích, kde slouží jako pojivo nebo povlak elektrod [6].

V čistírnách odpadních vod nebo vod z chemicko-metalurgického průmyslu lze najít PVP jako součást membrán sloužících k čištění [6].

A kde dále lze nalézt využití PVP? Například při výrobě papíru, zde slouží jako povlak inkoustového papíru, u nějž zlepšuje vstřebávání barev využívaných při tisku. Tyto barvy při kontaktu s takto upraveným papírem získají odolnost proti rozmazání a zlepší se přilnavost barvy k papíru. Mimo inkoustové papíry se používá i pro úpravu povrchu fotopapírů, u kterých kromě zlepšení přilnavosti zlepšuje i lesk a slouží jako zjasňovač barev. Také zabraňuje zamlžení a kontroluje zrnitost halogenidu stříbra využívaného při vyvolávání filmů. PVP můžeme také najít ve vyvíjecích lázních využívaných fotografy [6].

Nahlédneme-li do průmyslové výroby textilu nebo různých vláken nalezneme využití pro textilní, skelná i plastová vlákna. U skleněných vláken pomáhá usnadnit tkaní a celkově jejich zpracování a brání

případnému sestřihu vláken a funguje zde také jako ochranný koloid. Při použití pro plastová vlákna má schopnost zlepšit jejich schopnost odvádět vlhkost. U textilních vláken slouží k povrchové úpravě vlákna a to zejména pro zlepšení průniku barvy do vláken [6].

### Chemický průmysl

V chemickém průmyslu je hojně využíván pro různé druhy polymerací, jako emulgátor nebo jako ochranný koloid. Velké využití nachází při emulzní polymerizaci styrenu. V polymeračních reakcích může sloužit nejen jako emulgátor a ochranný koloid, ale také jako jeden z monomerů a vytvářet tak kopolymery se spoustou technologicky zajímavých vlastností [2].

Kopolymerací s PVP se například vyrábí:

- Alkylované PVP, které se dále využívá jako emulgátor nebo dispergátor, ale také jako součást leštidla na boty nebo součást dřevo-nátěrů odolávajících vodě [2].
- PVP/Vinylacetát (PVP/VA) vhodný pro různá lepidla, jako jsou lepidla využívaná na mokré systémy (např. plenky), tavná lepidla nebo lepidla používaná při rozdílných tlcích. Nalézáme jej také v pájecích přípravcích používaných ve vodném prostředí nebo obdobně jako PVP v inkoustových nátěrech [2]. Využívá se u polymerních disperzích, kde slouží jako zahušťovací činitel nebo také jako ochranná látka [6].
- PVP/polystyrenový latex sloužící jako přídatná látka do čistících prostředků pro zvýšení hustoty nebo do nátěrů (olejové nátěry, hydrofobní nátěry) [2].
- PVP/alkylaminometakrylát se používá především v digitálním a inkoustovém tisku jako barevný receptor [2].
- Další jiné kopolymery využívané především jako pomocná látka v inkoustovém tisku nebo jako součást vlasových gelů [2].

Při chemických reakcích se využívá jako výborný stabilizátor suspenzí a vzhledem k jeho schopnosti tvořit filmy je výborným ochranným koloidem [2]. Další jeho ceněnou vlastností je schopnost zabránit

krystalizaci účinných látek rozpuštěných v roztocích s obsahem PVP. Krystalizaci je bráněno vlivem jeho schopnosti tvořit se spoustou látek komplexy [7]. U mnohých látek vede jeho použití jako příměsi ke snížení toxicity. A bývá velmi dobrým nosičem účinných látek například jodu.

V biologii se používá například při čištění DNA pro absorpci polyfenolů, jako součást Denhardtova roztoku nebo při extrakci RNA [3]. PVP má také využití při mnoha chemických stanoveních například jako součást pufru pro izolaci bílkovin z malých frakcí obilí [15], využívá se při kapilární zónové elektroforéze anorganických aniontů, kde se využívá jako nosič elektrolytu [16].

### Zemědělství

V zemědělském průmyslu slouží PVP k výrobě tablet a různých granulí. Využívá se nejen jako pojivo, ale především jako ochranný povlak, který zabraňuje průniku hub a plísní do granulí, tablet nebo pelet a snižuje riziko vymývání účinných látek z těchto granulí a zvyšuje tak jejich odolnost vůči okolním vlivům.

Mimo granulí, tablet a pelet sloužících jako zdroj živin se PVP využívá jako potah hnojiv, ale také jako potahová látka pro semena, která tak také chrání před houbami a plísní a také před mrazem a zvyšuje tak klíčivost těchto semen. PVP chrání rostliny, protože zlepšuje přilnavost účinných látek, umožňuje tyto látky stabilizovat a usnadňuje jejich rozpouštění a rozptýlení [6].

### Kosmetika a spotřební průmysl

V kosmetickém a spotřebním průmyslu nalézají PVP hojně využití, i když některé způsoby využití se dnes omezují. Velké využití mělo PVP v přípravcích pro vlasovou kosmetiku, kde sloužilo jako dispergační a filmotvorné činidlo ve sprejích na vlasy jako jsou laky, dále se používalo do šamponů, vlasových kondicionérů, ale například i do koupelových pěn, bylo také původní složkou laků a gelů na vlasy. Ve vlasové kosmetice se

dnes využívá méně [3,8]. PVP je také možno najít v zubních pastách nebo jako zahušťovadlo v zubních bělících gelech [3]. Přidává se také do krémů (pleťových, opalovacích nebo také depilačních), kde slouží pro zlepšení smáčení a usnadňuje rozmazávání [8].

Své využití nachází PVP také v pracích a mycích prostředcích. V pracích prostředcích se nachází v práškové i kapalně formě a využívá se tedy nejen pro prášky na praní, ale i pro různé tablety, použitelné přímo do bubnu pračky, nebo pro různé aviváže a jiné kapalně prostředky sloužící k praní. V pracích prostředcích slouží především jako stabilizátor barev pro prané oděvy, také má schopnost vázat špínu a tím ji odstraňovat z oděvů a následně zvyšuje odolnost vláken proti olejům a jiným skvrnám, tím že na nich vytváří ochranný film a chrání tak nejen vlákna ale i barvu.

Mimo prací prostředky se využívá i při výrobě mycích prostředků a to tabletovaných i kapalných prostředků pro ruční i automatické mytí. Zde se opět využívá pro svoji schopnost tvořit komplexy s různými látkami a tím na sebe váže špínu a odstraňuje ji z mytého materiálu. Slouží jako stabilizátor pěny a v prostředcích pro automatické mytí je důležitým činidlem pro úpravu viskozity vody. Výhodou v použití PVP pro prací i mycí prostředky je jeho neškodlivost pro organismy a jeho nedráždivé účinky na kůži.

Ve spotřebním průmyslu nalezneme jeho využití i při lepení konců toaletního papíru [2].

### Další využití

Předmětem zkoumání je v dnešní době využití PVP komplexů s kovy a to především při výrobě nanomateriálů. Zde slouží zejména pro stabilizaci disperzí nanočástic.

## 2 PVPP

PVPP se vyskytuje pod dalšími názvy jako: Polyvinylpolypyrrolidon, Krospondon, Crosspolyvidon, Polygel, Polyclar, Crosspondon

### 2.1 Základní vlastnosti

PVPP je obdobou PVP s tím rozdílem, že se jedná o síťovanou formu, která tak nabývá nových vlastností, které PVP nemělo. Nejdůležitější vlastností, kterou PVPP získává je jeho nerozpustnost ve vodě, v níž pouze bobtná a je tak schopno odstraňovat z vody různé většinou nežádoucí látky jako například polyfenoly [2,3,6].

Jedná se o látku bílé barvy, PVPP je sypký a amorfní. Jak již bylo zmíněné je nerozpustný ve vodě, ale také v kyselinách, zásadách, anorganických a organických rozpouštědlech. Obdobně jako PVP má PVPP schopnost tvořit komplexy a to zejména s flavonoidy, taniny a různými barvivy. Tyto komplexy se vyznačují schopností adsorbovat látky do vnitřních dutin [2].

Polyvinylpolypyrrolidon dobře odolává vyšším teplotám a extrémním hodnotám pH [6].

### 2.2 Toxicita a biokompatibilita

Při testech schopnosti ukládat se do živočišných tkání prováděných u potkanů bylo zjištěno, že při orálním požití projde 80 až 99 % PVPP trávicím traktem do 24 hodin. Také bylo prokázáno, že v trávicím traktu se uchová asi 0,1 % požitého množství.

Při testech teratogenity prováděných u krys nebyl prokázán žádný vliv na plod ani na samici. Úmrtnost matek, plodů a následně mláďat se nijak nelišila od srovnávací skupiny. Jediným projevem podávání PVPP bylo snížení hmotnosti narozených mláďat oproti kontrolní skupině, tento rozdíl hmotnosti však byl minimální.

Pro PVPP byla provedena i krátkodobá studie pozorující celkový vliv orálního podávání (případně podávání žaludeční sondou) na organismus. Studie byla provedena na potkanech a na psech rasy bígl. Nebyly prokázány

žádné účinky na tyto organismy, kromě minimálního úbytku váhy testovaných zvířat. Bylo prokázáno, že se PVPP neusazuje v tkáních a nijak neovlivňuje funkce vnitřních orgánů [9].

### 2.3 Výroba PVPP

Pro vysoké molární hmotnosti se PVP síťuje za vyšších teplot (70 - 90 °C) v přítomnosti peroxidu nebo persulfátu v inertním prostředí dusíku. K síťování dochází nejlépe za  $\text{pH} \geq 11$ . K síťování může také docházet při běžné pokojové teplotě a to za použití elektronového nebo gama záření, ale lze použít i UV-záření. Vzniká tak síťované PVP neboli PVPP (polyvinylpolypyrrolidon) [6].

### 2.4 Využití

Využití PVPP není tak rozsáhlé jako využití PVP. Dalo by se říci, že PVPP je využíváno jako doplněk tam, kde nelze využít PVP a to zejména díky nerozpustnosti PVPP. Pozitivní vlastností pro jeho využívání je však také jeho biologická kompatibilita.

#### Potravinářský průmysl

Hojně se PVPP využívá ve vinařství, ale i v pivovarnictví, kde slouží k tzv. čiření vín. Toto využití spočívá v adsorpci fenolů (případně i polyfenolů a jiných nežádoucích látek) obsažených ve víně. Jsou to látky způsobující hnědnutí případně i hořknutí vín nebo piv [8]. Jako náhrada PVPP při čiření se nověji dá využít PVP vázané na povrch částic oxidu křemičitého, který slouží jako nosič. Zatím není zcela prokázáno, zda je výhodnější použití PVPP nebo PVP s oxidem křemičitým [13].

Dále slouží obdobně jako PVP, to znamená jako emulgátor a stabilizátor a to pod označením E 1202 [3,8].

### Technický průmysl

Obdobně jako PVP se PVPP používá jako součást potahů pro inkoustové papíry a filmy, kde slouží k fixaci barviva a jako absorbent rozpouštědla. Je také součástí voděodolných nátěrů, kde zabezpečuje nejen voděodolnost, ale slouží i jako stabilizační činidlo pro přítomné pigmenty.

Lze jej využít jako pomocný filtr v technických aplikacích, kde slouží především jako komplexotvorné činidlo, především pro polární sloučeniny jako jsou různá barviva nebo polyfenoly [6].

### Farmacie a zemědělství

Tyto dvě odvětví využívají PVPP za stejným účelem a to jako látka urychlující rozpad granulí nebo tablet. V zemědělství se takto usnadňuje vstup agrochemikálií do vody a do půdy a následně pak do rostliny. Ve farmaceutickém průmyslu se takto usnadňuje uvolnění účinných látek do organismu. Mimo to se PVPP ve farmacii využívá také, jako vhodné bobtnadlo [6].

### Spotřební průmysl

Obdobně jako PVP se PVPP používá do tablet na praní nebo na mytí. Zatím co PVP zde slouží jako pojivo, PVPP slouží jako látka usnadňující rozpad. Žádanou vlastností u těchto produktů je schopnost PVPP bobtnat a zvětšovat tak mnohonásobně svůj objem a vlivem své schopnosti tvořit komplexy pak umožňuje odstranění nežádoucích látek [2,6,8].

### Další využití

Schopnosti urychlovat rozpad granulovaných a tabletovaných výrobků se však také využívá při výrobě granulované stravy a granulovaných vitamínů pro zvířata. Zde se mimo PVPP dá využít i PVP jako pojivo. Dále lze PVPP všeobecně využít k odstraňování nečistot především z vodných roztoků.



### **3 OSUD PVP A PVPP V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ**

Dopad těchto látek na životní prostředí dosud nebyl dostatečně studován a tak není znám jejich vliv na prostředí. Dosud jsou známy pouze studie na živočišné organismy a na člověka při orální aplikaci, kde se jeví jako zcela neškodlivý a kompatibilní s biologickými tkáněmi. Také jsou známy studie vlivu při injekčním podání, kde se vyskytují různé problémy, jako například ukládání PVP do tkání nebo možnost vzniku rakoviny prsou u žen.

PVP a PVPP nelze přirozenými procesy degradovat a tak se nejspíše udržuje v neustálém koloběhu. Otázkou však stále zůstává, jaký je vliv na rostliny, vodní organismy a vodní prostředí celkově a také na půdní organismy a půdu samotnou.

## ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že PVP a jeho síťovaná forma PVPP se nachází téměř ve všech odvětvích lidské činnosti. Jak již bylo řečeno, největší využití nachází PVP v oblasti farmacie a v oblasti technického průmyslu v jeho různých podobách jako je elektrotechnika, tiskařství a podobně. Velkého využití nachází PVP, ale i PVPP také v oblasti potravinářství v podobě emulgátorů E 1201 a E 1202.

K zamyšlení je určitě vhodnost využití PVP v kosmetickém průmyslu, jako pomocná látka pro zlepšení roztíratelnosti, a to především kvůli podezření z možnosti vzniku nádorů u žen při průniku do krve. Další závažný způsob využití je výroba membrán pro dialýzu, i přes přítomnost stabilizačních látek pro zabránění uvolňování PVP, může dojít ke styku s krví a tím pak k usazení v orgánech nebo ke tvorbě nádorů. Neméně zajímavé je pak využití PVP i PVPP, jako pojiv a bobtnadel, do krmiv pro zvířata a to i přes fakt, že se jedná o látku podezřelou z karcinogenních účinků na zvířata.

PVP i PVPP jsou látky, kterým by bylo zcela určitě vhodné i nadále věnovat pozornost a to nejen kvůli jejich možným karcinogenním účinkům, jak již bylo řečeno, ale také kvůli jejich neschopnosti podlehnout samovolné biologické degradaci a kvůli dosud neprozkoumaným vlivům na životní prostředí. Využití těchto látek je velmi široké a poznatky o nich velmi malé.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Polyvinylpyrrolidon> - [online]. [cit. 2011-04-05]
- [2] <http://online1.ispcorp.com/en-us/Search/Results.aspx?k=pvp> - [online]. [cit. 2011-03-26]
- [3] [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/nl/Poly\\_vinyl\\_pyrrolidone](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/nl/Poly_vinyl_pyrrolidone) - [online]. [cit. 2011-03-25]
- [4] Bühler, V., *Polyvinylpyrrolidone Excipients for Pharmaceuticals Povidone, Crospovidone and Copovidone*, Springer Berlin Heidelberg New York (2005), ISBN 3 – 540 – 23412 – 8
- [5] Červenáková, L., Předúprava polyvinylpyrrolidonu před biologickým rozkladem, Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně (2010)
- [6] BASF The Chemical Company, <http://www.luvitec.com> [online]. [cit. 2011-03-25]
- [7] Foltmann, H., Quadir, A., Polyvinylpyrrolidone (PVP) – One of the Most Widely Used Excipients in Pharmaceuticals: An Overview, *Delivery Technology* 8, 22-27, (2008)
- [8] <http://atpchems.com/atpchemis> [online]. [cit. 2011-03-26]
- [9] <http://www.inchem.org/> [online]. [cit. 2011-04-06]
- [10] <https://wiki.engr.illinois.edu/display/BIOE414/Current+and+Future+Research> [online]. [cit. 2011-04-06]
- [11] Najafi, R. B., Samani, S. M., Pishva, N., Moheimani, F., Formulation and Clinical Evaluation of Povidone-Iodine Ophthalmic Drop, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 157-160, (2003)
- [12] Berkelman, R. L., Holland, B. W., Anderson, R. L., Increased Bactericidal Activity of Dilute Preparations of Povidone-Jodine Solutions, *Journal of Clinical Microbiology*, 635-639, (1982)
- [13] Mitchell, A. E., Hong, Y. J., Cale May, J., Wrightl, Ch. A., Bamforth, Ch. W., A Comparison of Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), Silica Xerogel and a Polyvinylpyrrolidone (PVP) – Silica Co-Product for Their Ability to Remove Polyphenols from Beer, *Journal of The Institut of Brewing*, 111, 20-25, (2005)

- [14] Vyhláška č.4/2008 Sb. ze dne 3.ledna 2008 kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin.
- [15] Salmanowicz, B.P., CE determinativ of secaloindoline allelic forms in hexaplou triticales x Triticosecale Wittmack, *Journal of separation science*, 33, 643-650, (2010)
- [16] Kaniansky, D., Zelenská, V., Baluchová, D., Capillary zone electrophoresis of inorganic anions with conductivity detection, *Elektrophoresis*, 17, 1890-1897, (1996)
- [17] <http://www.merck-chemicals.com/life-science-research> [online]. [cit. 2011-04-12]

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACGIH	Americká konference vládních průmyslových hygieniků ( The Americal Conference of Governmental Industrial Hygienists)
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (International Agency for research on Cancer)
PNVP	Poly N-vinyl-2-pyrrolidon
PVC	Polyvinylchlorid
PVP	Polyvinylpyrrolidon
PVPP	Polyvinylpolypyrrolidon
PVP/VA	Polyvinylpyrrolidon/Vinylacetát
RNA	Ribonukleová kyselina
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 <i>Polyvinylpyrrolidon [1]</i> .....	11
Obr. 2 <i>Vznik PVP z vinylpyrrolidonu [1]</i> .....	11
Obr. 3 <i>Polymerace PVP [4]</i> .....	15
Obr. 4 <i>Detail membrány s PVP [10]</i> .....	16

## EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Sigla</b> (místo uložení bakalářské práce)	Univerzitní knihovna UTB ve Zlíně
<b>Název bakalářské práce</b>	Oblast použití PVP (E1201) a PVPP (E1202) a jeho osud v ŽP
<b>Autor bakalářské práce</b>	Veronika Doležalová
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	Ing. Josef Houser, Ph.D.
<b>Vysoká škola</b>	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
<b>Adresa vysoké školy</b>	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín
<b>Fakulta</b> (adresa pokud je jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72, Zlín
<b>Katedra</b> (adresa pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav inženýrství ochrany životního prostředí, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72, Zlín
<b>Rok obhájení BP</b>	2011
<b>Počet stran</b>	30
<b>Počet svazků</b>	3
<b>Vybavení (obrázky, tabulky,...)</b>	Obrázky 4
<b>Klíčová slova</b>	PVP, PVPP, Polyvinylpyrrolidon, Polyvinylpolypyrrolidon, Povidon, Krosopovidon, Kopovidon, PNVP, poly N-vinyl-2pyrrolidon, E 1021, E 1202, Betadine, Povidon-jod, Kollidon, stabilizátor