

Antimikrobiální modifikace hydroizolačních fólií na bázi PVC

Jan Švec

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Švec**
Osobní číslo: **T16384**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Polymerní materiály a technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Antimikrobiální modifikace hydroizolačních fólií na bázi PVC**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na téma laminovaných i extrudovaných hydroizolačních fólií na bázi PVC a možnosti jejich antimikrobiální modifikace.
2. Příprava zkušebních vzorků a jejich charakterizace.
3. Charakterizace antimikrobiální aktivity a stanovení vlivu antimikrobiální složky na výsledné fólie.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků a formulace závěrů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **Wyppych, Georg.** *PVC Formulary (2nd Edition)*, ChemTec Publishing, Elsevier Inc, 2015, 322 s. ISBN 978-1-895198-84-3.
2. **Muralisrinivasan, Natamai Subramanian.** *Plastics additives and testing* . Salem: Scrivener Publishing, 2013, xiv, 216 stran. DOI: 978-1-118-71012-8.
3. ISO 22196:2011 Plastics – Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martina Pummerová, PhD.

Centrum polymerních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 25. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Tomáš Sedláček, 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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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

.....

¹⁾ 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 nevydělečně 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.

²⁾ 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).

³⁾ 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

Bakalářská práce se zabývá dělením a technologiemi výroby izolačních fólií z polyvinylchloridu (PVC) se zaměřením na střešní hydroizolační fólie. Teoretická část popisuje rozdělení izolačních fólií podle způsobu použití a typu základní polymerní matrice a dále popisuje možnosti antimikrobiální ochrany. V praktické části byl kladen důraz na přípravu a základní charakterizaci hydroizolačních fólií s antimikrobiální úpravou proti nežádoucím mikroorganismům. Toho bylo docíleno zapracováním oxidu zinečnatého (ZnO) v jeho nanoformě a fungicidu 4,5-dichloro-2-oktyl-4-isothiazolin-3-on (DCOIT) do polymerní hmoty. Výsledky ukázaly vhodnost vybraných antimikrobiálních činidel pro použití pro střešní hydroizolační fólie.

Klíčová slova: PVC, střešní hydroizolační fólie, antimikrobiální ochrana.

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with production technologies and types of insulating foils made from polyvinylchloride (PVC) with attention on roof waterproof foils. The theoretical part describes the division of insulating foils according to the use and type of the polymer matrix. Furthermore, the possibilities in antimicrobial protection are reported. In the practical section, attention has been focused on the preparation and basic characterization of the antimicrobial properties of the waterproof foils against undesirable microorganisms. This was achieved by incorporating nano zinc oxide (ZnO) and the fungicide 4,5-dichloro-2-octyl-4-isothiazolin-3-one (DCOIT) within the polymer matrix. The results demonstrate the suitability of adding specific antimicrobial agents in waterproof foils for the roof.

Keywords: PVC, roof waterproof foils, antimicrobial protection.

Tato práce vznikla v rámci projektu Technické agentury ČR – Centrum alternativních ekologicky šetrných vysoce účinných antimikrobiálních prostředků pro průmyslové aplikace (TE02000006).

Tímto způsobem chci poděkovat své vedoucí práce Ing. Martině Pummerové, Ph.D., za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat projektovému pracovníkovi, který působí ve firmě Fatra Napajedla a.s., Ing. Michaelovi Tupému, Ph.D., za poznámky, poskytnutí materiálů a rad. Poděkování patří též Ing. Daniele Veselé, působící na Centru polymerních systémů ve Zlíně, za veškerou pomoc v mikrobiologické laboratoři.

Velké poděkování patří firmě Fatra Napajedla a.s. za možnost přípravy vzorků.

Obrovské poděkování patří rodině a přítelkyni, kteří mě podporovali ve studiu.

Motto:

„Budovy – to jsou hromady cihel a betonu. Stroje – to je spousta železa a oceli. Život tomu dávají teprve lidé.“

Tomáš Baťa

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE	11
1.1 DĚLENÍ IZOLAČNÍCH FÓLIÍ DLE POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	11
1.1.1 Hydroizolační fólie vyrobené z PVC	11
1.1.2 Hydroizolační fólie vyrobené z TPO.....	14
1.2 DĚLENÍ IZOLAČNÍCH FÓLIÍ DLE APLIKACE	15
1.2.1 Střešní izolace.....	15
1.2.2 Zemní izolace	16
1.2.3 Izolace jezírek a vodních ploch	17
1.3 MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ HYDROIZOLAČNÍCH FÓLIÍ	18
1.3.1 Měkčené PVC (PVC-P)	18
1.3.2 Aditiva, UV Stabilizátory.....	18
1.3.3 Antimikrobiální činidla	19
1.4 VÝROBA FÓLIÍ VÁLCOVÁNÍM A LAMINACÍ	20
1.4.1 Válcování.....	20
1.4.2 Laminace	21
1.5 VÝROBA FÓLIÍ EXTRUZÍ	23
1.6 NORMY A POŽADAVKY PRO VÝSTUPNÍ KONTROLU IZOLACÍ.....	25
2 ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANA STŘEŠNÍCH IZOLACÍ	27
2.1 ZPŮSOBY ZAVEDENÍ ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY	28
2.1.1 Lakování fólie nánosem s antimikrobiální složku	28
2.1.2 Přídavek antimikrobiální látky do hmoty.....	28
2.2 BIOCIDNÍ ZÁKON	29
2.3 FUNKCE A ROZDĚLENÍ BIOCIDŮ DLE PŮSOBENÍ.....	30
3 POUŽITÉ ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 CÍL PRÁCE	33
5 PŘÍPRAVA VZORKŮ A METODIKA	34
5.1 VÝROBA HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE S PŘÍDAVKEM ZNO A DCOIT.....	34
5.2 METODIKA.....	37
5.2.1 Tepelná stabilita	37
5.2.2 ISO 22196:2011 – Plasty – Měření antibakteriální aktivity povrchu plastů	38
5.2.3 Disková difúzní metoda (Kirby-Bauer test).....	40
6 VÝSLEDKY	42
6.1 TEPELNÁ STABILITA.....	42
6.2 ZHODNOCENÍ VÝROBY FÓLIÍ	43
6.3 ANTIMIKROBIÁLNÍ CHARAKTERIZACE	43
ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK.....	52
SEZNAM PŘÍLOH.....	53

ÚVOD

Lidé od nepaměti žijí v blízkosti přírodních zdrojů. Mezi hlavní přírodní zdroje patří voda. Voda, stejně jako oheň, je dobrý sluha, ale zlý pán. Proto je důležité, aby se člověk před vodou chránil. Pro lidský organismus je sice voda nezbytná, tvoří prostředí pro důležité životní procesy, avšak dokáže člověku přinést nemalé životní problémy, ať už ve formě zdravotních komplikací či znehodnocení člověkem vybudovaných objektů. Tyto člověkem vybudované objekty využívají tepelné izolace, zvukové izolace, ale hlavně hydroizolace. Hlavní funkcí hydroizolace je tedy zabránění průsaku nežádoucí vody do objektu. Tato běžně používaná nepropustná vrstva, která se používá už několik desítek let, je tvořena z voděodolných materiálů. [1]

Stavby bez ochrany proti nežádoucí vodě a vlhkosti jsou ohroženy poruchami materiálu, v oblasti fyzikálních vlastností a následného možného mechanického porušení. Stavební materiál může změnit svoji pružnost, pevnost, soudržnost, vodivost nebo může postupně začít degradovat. Jeden z dalších velkých problémů špatně zaizolovaných objektů je šíření nežádoucích mikroorganismů. [1]

Hydroizolační fólie tedy mají v oblasti stavebnictví široké využití. Ať už se používají k ochraně zdiva před vlhnutím, vzlínání vlhkosti nebo odizolování střech od působení srážkové vody. V některých případech je dokonce nutné zamezit růstu mikroorganismů či řas na povrchu izolačních fólií. [1]

Zpracované téma této práce nabízí detailnější pohled na typy hydroizolačních fólií, se kterými se v životě běžně setkáváme, jejich výrobu a především jejich povrchovou ochranu proti nežádoucímu růstu mikroorganismů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE

Izolační fólie slouží k ošetření staveb, různých typů střech, bazénů a jiných ploch proti negativnímu působení vody, některých chemických látek a radonu. Kvůli těmto odolnostem se využívají jako protikorozi ochrana betonových a železobetonových konstrukcí. Nejčastěji se izolační fólie pokládá v 1-2 mm vrstvě, vytvoří se tedy tzv. izolační vrstva, kterou lze v průmyslu rozlišit podle použitých materiálů nebo dle aplikace. [2,3]

1.1 DĚLENÍ IZOLAČNÍCH FÓLIÍ DLE POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

Izolační fólie se dělí z hlediska použitých materiálů na fólie vyrobené z měkčeného polyvinylchloridu (**PVC-P**) nebo fólie vyrobené z termoplastických polyolefinů (**TPO**). [2,3]

Detailní rozdíly mezi PVC-P a TPO materiály jsou vysvětleny v kapitolách 1.1.1 a 1.1.2.

1.1.1 Hydroizolační fólie vyrobené z PVC

Hydroizolační fólie vyrobené z PVC-P se vyrábějí v různých modifikacích. Fólie obsahují různé druhy textilií, které fóliím zajišťují oporu a rozměrovou stabilitu. [2,3]

a) Hydroizolační fólie vyztužená netkanou polyesterovou (PES) textilií

Jde o střešní fólii vyrobenou technologií válcováním s následnou laminací více vrstev a PES netkané vrstvy, tzv. rouna. Zmíněnou střešní izolaci lze také vyrobit vytlačováním (extruzí) s následnou laminací na horkých válkách, na PVC polotovar se laminuje PES rouno. Výsledný laminát musí odolávat povětrnostním vlivům a UV záření. Pro ulehčení následné aplikace bývá jeden z okrajů návinnu bez netkané textilie, což umožňuje svařovat jednotlivé pásy fólie k sobě, viz levá strana návinnu na Obr. 1. [2,3]

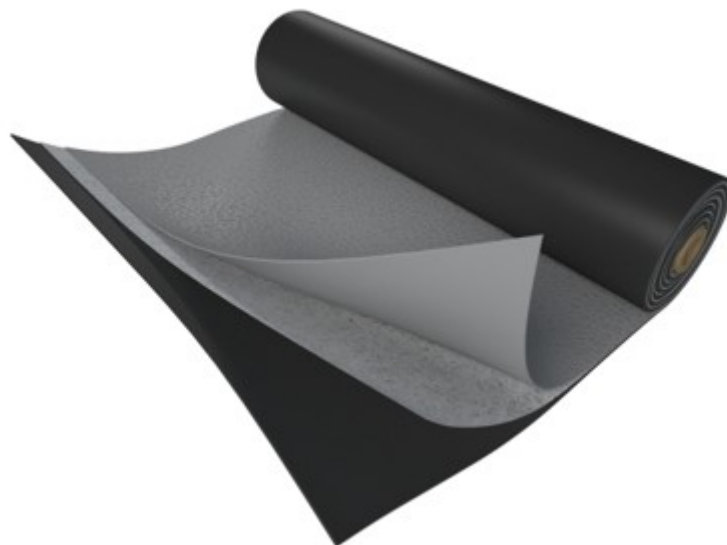
Tento typ hydroizolační fólie se využívá na opravu starých asfaltových střech, hydroizolaci přístřešků a lehkých staveb. Právě z tohoto důvodu je nezbytné, aby laminát obsahoval PES rouno, které zabrání přímému kontaktu měkčeného PVC s asfaltovým podkladem (zabraňuje migraci ropných látek do PVC vrstvy). [2,3]



Obr. 1: Střešní hydroizolační fólie s netkanou textilií [4]

b) Hydroizolační fólie vyztužená skleněným rounem

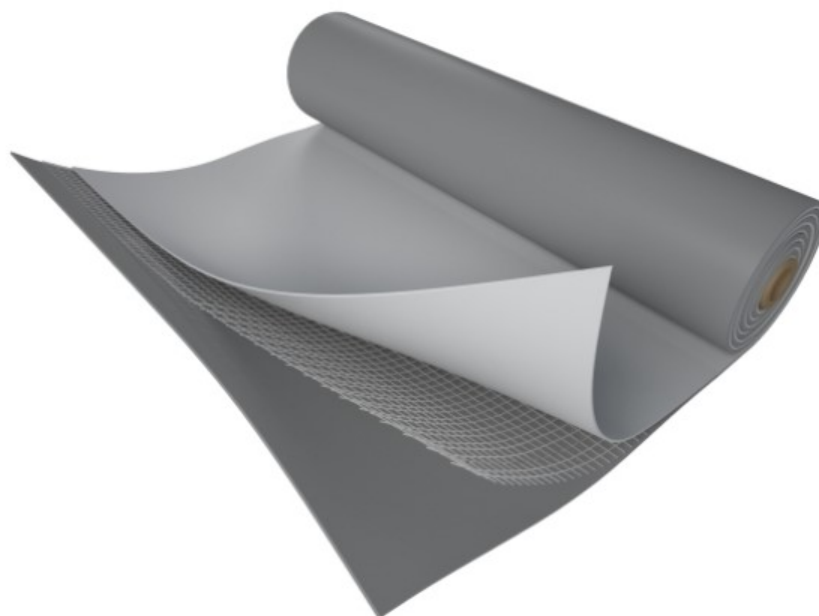
Hydroizolační fólie vyztužená skleněným rounem je určena pro vytvoření přímo pochozí hydroizolační vrstvy balkonů. Je vyztužena zabudovaným skleněným rounem a na vnějším povrchu je opatřena protiskluzovým dezénem, viz Obr. 2. Fólie se také používá k vytvoření pochozích chodníků na plochých střeších izolovaných fóliemi se zabudovanou polyesterovou mřížkou. PVC fólie se skleněným rounem se vyrábí laminací skleněného rouna na PVC polotovar. [3]



Obr. 2: PVC fólie se skleněným rounem [4]

c) Hydroizolační fólie vyztužená polyesterovou (PES) mřížkou

Tento typ izolační fólie se může vyrábět jak válcováním s následnou laminací vrstev, tak vícenásobnou extruzí. Velmi důležitá je mezivrstva, tvořená PES sítí, viz Obr. 3. Tato síť z polyesteru má za úkol zajistit vysokou rozměrovou stabilitu, aby se PVC nezačalo smršťovat či naopak natahovat při snížených / zvýšených okolních teplotách. Izolační fólie aplikované na střeše totiž musejí odolávat teplotám v rozmezí -30 °C až $+80\text{ °C}$ v závislosti na místě aplikace a ročním období. Samozřejmostí je vysoká odolnost vůči UV záření a přímým povětrnostním vlivům. Do této skupiny fólií patří také fólie, které mají zvýšenou odolnost proti hoření – ta je dosažena přidavkem retardérů hoření. [2,3]



Obr. 3: Hydroizolační fólie s PES mřížkou [4]

d) Hydroizolační fólie bez vyztužení

Jde o izolační fólii, která je stejná jako hydroizolační fólie s PES mřížkou s tím rozdílem, že mezi vrstvami PVC není laminována PES mřížka, viz Obr. 4. Tento typ fólie se používá ke spojování fólie s PES mřížkou v místech, kde je třeba elasticity této fólie. Taková místa mohou být např. rohové místa budov, komíny, světlíky a jiné nepravidelnosti na ploché střeše, které je potřeba izolovat. [3,4]



Obr. 4: Hydroizolační fólie bez PES mřížky [2]

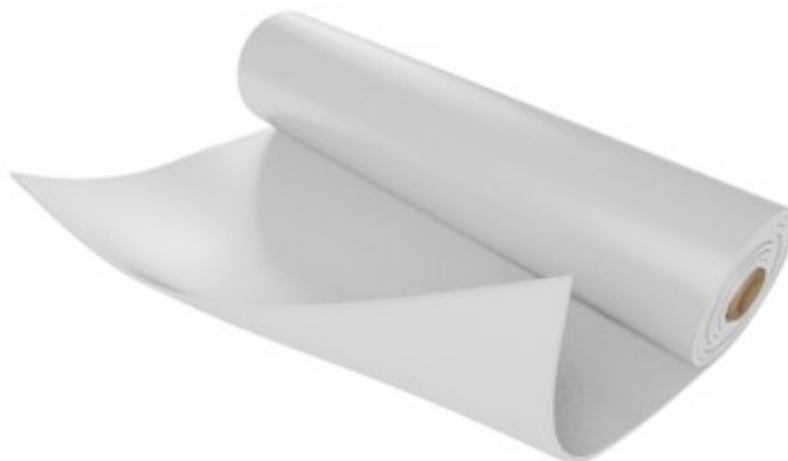
1.1.2 Hydroizolační fólie vyrobené z TPO

a) Hydroizolační fólie vyztužené PES mřížkou

Termoplastické elastomery (TPO) jsou nové druhy kaučuků na bázi polyolefinů polypropylenu (PP) a polyethylenu (PE), které svými vlastnostmi spojují vlastnosti vulkanizovaných kaučuků se schopností plastické deformace. To umožňuje jejich zpracovatelnost plastikářskými technologiemi. TPO materiály jsou alternativou měkkého PVC v aplikacích jako: hydroizolační fólie, profily nebo také hadice pro automobilový průmysl. [3]

Tento typ fólie je možné vyrábět pouze extruzí. Výrobek musí stejně jako izolace z PVC, odolávat mnoha faktorům. Těmi jsou např. běžné chemikálie, UV záření i přímé povětrnostní vlivy. Výhodou TPO je, že je bez problému kompatibilní s asfaltem a polystyrenem. Fólie se využívá jako střešní krytina. [3]

Tento typ střešní izolace lze vyrobit s PES výztuhou, ale i bez výztuhy (Obr. 5).



Obr. 5: Hydroizolační fólie na bázi TPO – fólie bez PES mřížky [4]

1.2 DĚLENÍ IZOLAČNÍCH FÓLIÍ DLE APLIKACE

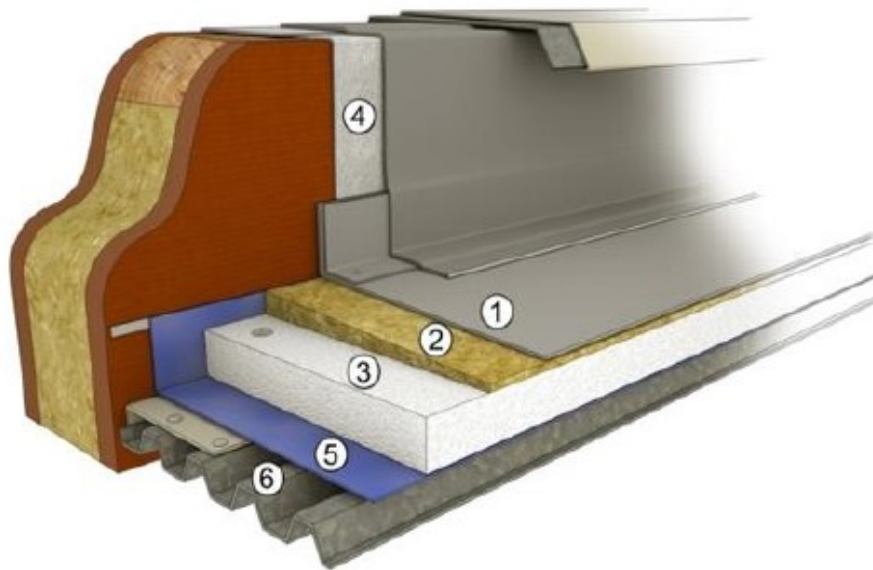
Izolační fólie se rozdělují dle použití na izolace střešní, zemní a izolace jezírek a vodních ploch. Tyto základní kategorie je možné členit i na více speciální využití fólií, jako jsou např. izolace tunelové, proti radonu, izolace proti chemikáliím, střešní izolace s vyšší odolností proti hoření, apod. [3]

1.2.1 Střešní izolace

Ploché střechy rovinné nebo s mírným sklonem jsou místa, kde voda většinou přímo naráží na jejich hydroizolační materiály. Tyto střechy se nejčastěji objevují na činžovních domech nebo na průmyslových halách, místy se objevují i na domech rodinných. Jedna z hlavních předností takové střechy je velmi nízká hmotnost. [2,3]

Proto se využívá na činžovních domech, kde je několik pater vytvořeno z těžkých panelových bloků nebo z betonového monolitu. Je výhodnější zde využít tento typ střechy než starý typický způsob stavby střechy z dřevěných krovů a střešních tašek. Střešní fólie jsou vystavovány přímým povětrnostním vlivům, proto je nutná přítomnost stabilizátorů. Nejdůležitější je UV stabilizátor. [2,3]

Při pokládání nesmí dojít ke znehodnocení fólie, proto je při pokládce fólie chráněna geotextilií, viz Obr. 6.



Obr. 6: Schéma použití střešní hydroizolační fólie [4]

- Střešní hydroizolační fólie (1)
- Tepelná izolace (minerální vata (2) nebo polystyren (3))
- Ochranná textilie – geotextilie (4)
- Parozábrana (5)
- Podkladní konstrukce (např. trapézový plech) (6)

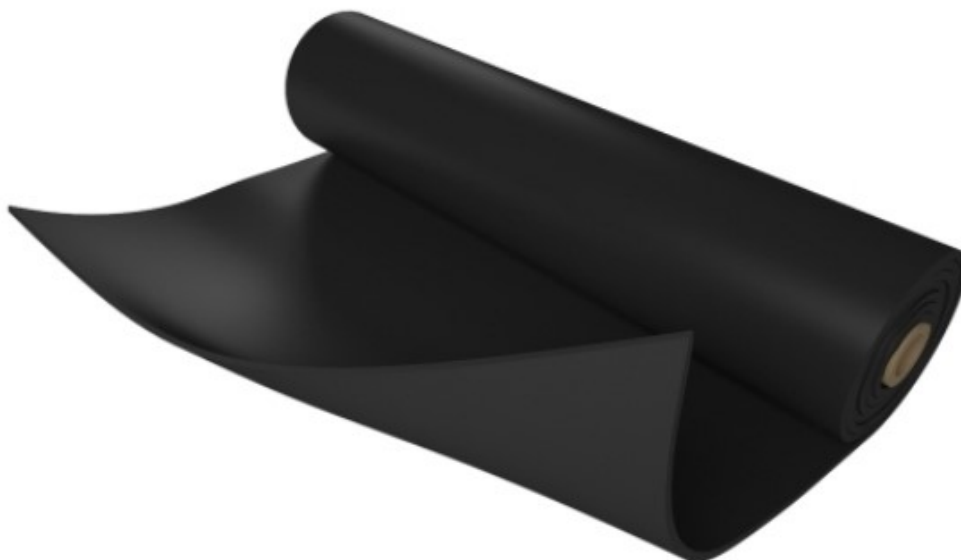
1.2.2 Zemní izolace

Každý hydroizolační materiál se vybírá podle toho, kde se bude využívat. Musí se přesně naplánovat tloušťka jednotlivých vrstev, a také se musí uvážit, jestli materiál bude stabilní a odolný i pod zeminou, především pod stavbou (kvůli zátěži a případným smykovým zatížením). Voda nebo zemní vlhkost, která je obsažena v půdě, putuje přes betonové základy a vzlíná materiálem, kde ale narazí na hydroizolaci. [2,3]

Hlavním rozdílem mezi střešní a podzemní fólií, je složení výrobní směsi. Fólie mohou být jak z TPO, tak z PVC-P. Rozdíl je v typu použitého polymeru, s čímž je spojen i jiný poměr přidaných UV stabilizátorů, antioxidantů a především přítomnost změkčovadla (u PVC-P). Kvůli zatížení fólie samotnou stavbou nebo naopak růstem kořenů či tlakovou vodou (vysoká hladina spodní vody) jsou na podzemní fólie kladeny větší požadavky hlavně v otázce pevnosti a pružnosti. Musí být výborná flexibilita k podkladu, přitom dostatečná odolnost proti prorůstání kořenů. Dalším rozdílem od střešních fólií je kotvení, využívá se zde výhradně zatížením. Zemní fólie se vyrábí válcováním a laminací. [3,4]

1.2.3 Izolace jezírek a vodních ploch

Jiné použití fólií vyrobených z PVC-P je k hydroizolaci zahradních jezírek a dalších biotopů (Obr. 7). Kvůli místu použití musí vykazovat velmi dobré fyzikální vlastnosti. Mezi tyto charakteristiky patří odolnost proti proražení, výborné mechanické vlastnosti, výborná přilnavost k povrchům, odolnost proti prorůstání kořenů, odolnost vůči chemickým látkám. Výbornou vlastností je dlouhá životnost, k zachování dlouhé životnosti je potřeba fólie chránit před mechanickým poškozením a povětrnostními vlivy. Jako ochrana se využívá geotextilie. Tyto fólie by měly vykazovat ekologickou a zdravotní nezávadnost, z tohoto důvodu se pro změkčení běžně využívají tzv. neftalátová činidla. Tloušťka těchto typů fólií se pohybuje v rozmezí 1 – 1,5 mm. [3,4]



Obr. 7: Jezírková fólie [4]

1.3 MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ HYDROIZOLAČNÍCH FÓLIÍ

Hydroizolační fólie jsou vystaveny různým povětrnostním vlivům, proto je zapotřebí hlavní surovinu, a to PVC, dále modifikovat pro dosažení požadovaných vlastností a životnosti.

1.3.1 Měkčené PVC (PVC-P)

Ohebnost a tvárnost hydroizolačním fóliím z PVC-P dodávají změkčovadla, která jsou buď monomerická, nebo polymerická. [5]

Monomerická změkčovadla mají tu nevýhodu, že z fólie postupně migrují. Dochází tak ke ztrátě pružnosti a křehnutí fólie. Proces migrace je výrazně urychlen v případě, je-li hydroizolační fólie položena na polystyrenu či asfaltovém pásu (popř. nátěru). Migrující změkčovadla totiž narušují chemickou strukturu polystyrenu a rozpouštějí asfalt. Proto se musí fólie separovat od těchto materiálů např. geotextilií. [5]

Polymerická změkčovadla z fólie nemigrují, nebo migrují podstatně méně a dlouhodoběji. Fólie obsahující polymerická změkčovadla mohou být v přímém kontaktu s polystyreny a asfalty. [5]

1.3.2 Aditiva, UV Stabilizátory

Aby bylo dosaženo dlouhodobé spolehlivosti a požadované funkce výrobku, je nutno zpomalit reakce, které probíhají působením vlivů okolního prostředí (např. degradace) natolik, aby finální výrobek mohl plnit svou funkci bezchybně a po stanovenou dobu.

Retardéry hoření

Retardér hoření, zpomalovač hoření nebo samozhášecí přísada, je látka, která zpomaluje nebo zabraňuje hoření, tj. zlepšuje tepelnou odolnost materiálu. [6]

Retardanty hoření snižují hořlavost materiálu fyzikální či chemickou cestou, ale nejčastěji jde o kombinaci obou. Mohou snižovat rychlost hoření či plamen uhasit pomocí chemické reakce, která je endotermní (dochází ke snížení teploty), nebo modifikací procesu pyrolýzy mohou snížit množství hořlavé těkavé látky a zvýšit tvorbu méně hořlavé látky, která působí jako bariéra chránící zbývající materiál. [6]

UV stabilizátory

UV stabilizátory slouží ke snížení procesu chemické reakce označované jako fotodegradace, která nastává vlivem působení UV záření ze slunce nebo umělého světla. Při fotodegradaci dochází k rozkládání chemické vazby polymeru, což nakonec způsobuje praskání fólií, změny barvy a ztrátu fyzikálních vlastností. [7]

Ochranný mechanismus UV stabilizátoru je založen především na absorpci škodlivého UV záření a jeho rozptýlení tak, aby nevedlo k fotosenzitizaci (tj. nárůst vnímavosti vůči podnětům). Základní nevýhodou UV stabilizátoru je skutečnost, že potřebují určitou absorpční hloubku (tloušťku vzorku). [8]

1.3.3 Antimikrobiální činidla

Antimikrobiální polymerní systémy (APS) jsou materiály, které jsou úmyslně upravovány proti uchycení či růstu mikroorganismů na povrchu/ve hmotě tohoto systému antimikrobiálními činidly. Téměř vždy se skládají z hlavní polymerní matrice a antibakteriální příměsi. Systém poté odolá bakteriálnímu osídlení a zároveň by neměl být škodlivý pro lidský organismus. Jejich povrch se upravuje fyzikálně i chemicky, aby se zabránilo osídlování a růstu mikroorganismů. [9]

Účinky antimikrobiálních látek:

- bakteriostatické – blokují reverzibilně funkci makromolekul (proteiny), zastavují fyziologické funkce = zastavují růst mikroorganismů [10]
- bakteriocidní – ireverzibilně poškozují buněčné komponenty = usmrcují buňky mikroorganismů [10]
- dezinfekce – usmrcení bezprostředně nebezpečných patogenních bakterií aniž by však došlo k usmrcení bezprostředně všech zárodků včetně spor [10]
- sterilizace – usmrcení bezprostředně všech vegetativních buněk a spor [10]

1.4 VÝROBA FÓLIÍ VÁLCOVÁNÍM A LAMINACÍ

V průmyslu se hydroizolační fólie připravují dvěma technologickými postupy, a to válcováním a laminací.

1.4.1 Válcování

Válcování je technologický způsob, který se používá v plastikářském průmyslu k homogenizaci PVC směsí či v přípravě fólií a podlahovin, k nanášení polymerů, k míchání a drcení atd. [11]

Intenzitu válcování ovlivňují tyto zásadní faktory:

- teplota zpracování
- mezera mezi válci
- rozdíl v obvodových rychlostech válců – tzv. skluz, frikce
- obvodová rychlost válců
- počet válců

Při válcování se PVC směs homogenizuje opětovným průchodem mezi válci. Každým dalším průchodem materiálu mezi dvojicí válců se zlepšuje kvalita prohnětení směsi i kvalita povrchu získané fólie (tloušťkový profil). [11]

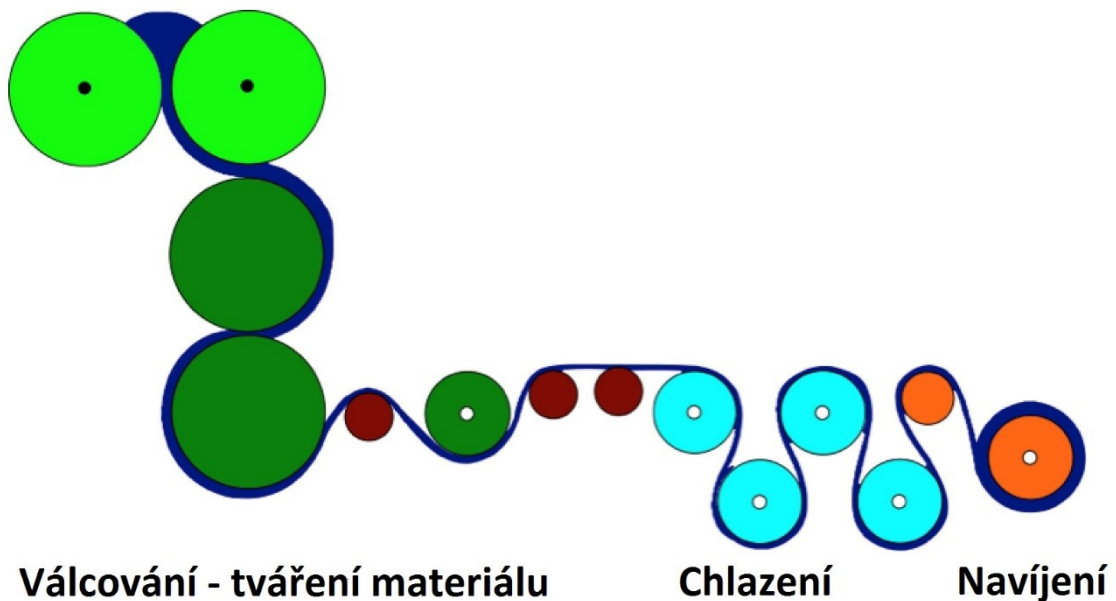
Válcovací stroje se kromě počtu válců liší i podle technologických způsobů výroby. Dvouválce se obvykle používají k homogenizaci kaučukové směsi či PVC směsi, čtyřválce ke zpracování měkčeného PVC a k případnému nanášení vrstev. [11]

Válcováním na čtyřválci se získávají polotovary, které je nutné ve většině případů ještě laminovat na větší tloušťku výsledné fólie nebo laminovat spolu s PES rounem či PES mřížkou, viz kapitola 1.1.1. [12]

Na Obr. 8 lze vidět vyobrazenou linku pro válcování folií, kde se zpracovává hmota (označeno tmavě modře), která je složená ze směsi PVC, změkčovadla, plniva, termických a UV stabilizátorů a dalších speciálních přísad v různém poměru. Směs vzniká navážením sypkých složek podle dané receptury za zvýšené teploty (nad 100 °C) a vysokorychlostního fluidního míchání následuje přidávání kapalin (např. změkčovadla, stabilizátorů).

Vzniklá sypká předsměs (tzv. dry blend) je dále želatinována při teplotách nad 150 °C v kontinuálním hnětiči. [11]

Pomocí rozševacího dopravníkového pásu je směs dopravena na čtyřválcový kalandr (označeno zeleně), kde vzniká fólie o tloušťce několika desetin milimetrů, ta je pomocí válečkových odtahů (označeno červeně) posouvána na dezénovací válec (označeno zeleně s bílým středem) a fólie následně putuje na chlazení (označeno modře), po kterém dochází k ořezávání okrajů fólie na příslušný rozměr (ořezy se vrací pomocí dopravníkových pásů zpět na kalandrovací válce), následně se měří tloušťka vyrobené fólie a dochází k navíjení (označeno oranžově).



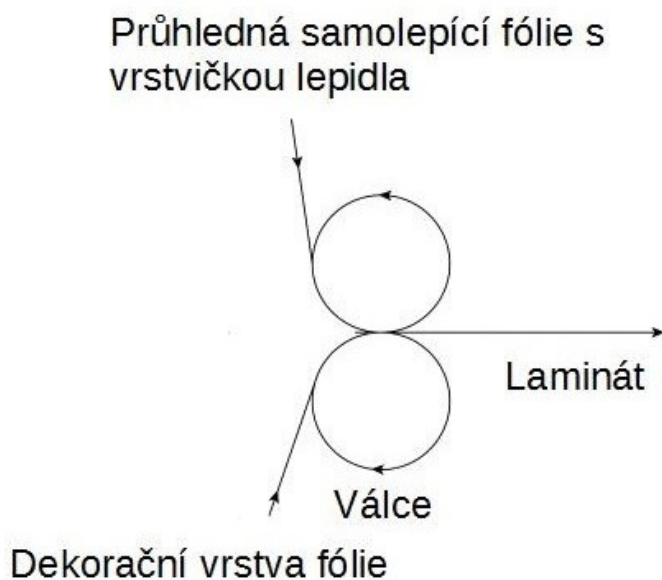
Obr. 8: Linka pro válcování fólií [11]

Průchodem materiálu mezi válci vznikají v mezeře mezi nimi síly, způsobující prohnutí válců, které není rozměrově nijak velké (setiny až desetiny mm). Výrobek je pak uprostřed nepatrně tlustší než na okrajích, což s sebou nese problémy při dalším zpracování. Pro odstranění prohnutí válců se používá broušení povrchu válců (klenutí válců), křížení os válců a protiprohnutí (protimoment) válců. [11]

1.4.2 Laminace

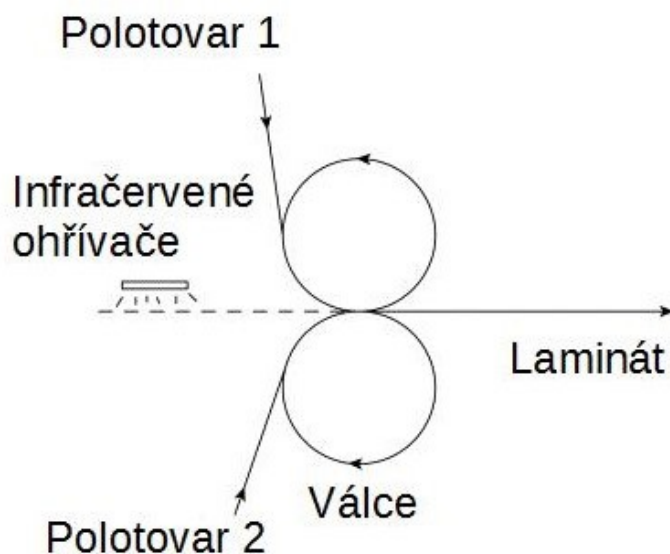
Laminování je technologický způsob, jehož účelem je spojit dvě a více vrstev v jeden výrobek. Laminace se rozděluje na **studenou** a **teplou**. [13]

Studená laminace se dále dělí na laminaci *suchou* a *mokrou*. Při *suché laminaci* se používá nejčastěji průhledná samolepící fólie s vrstvičkou lepidla, která je následně tlakem pracovního válce (laminátoru) slepena s dekorační vrstvou výsledné fólie, viz Obr. 9. Při *mokrém laminaci* se fólie přímo nelepí na dekorační vrstvu fólie, ale před tlakovým válcováním je zde nanášeno disperzní lepidlo. [13]



Obr. 9: Studená suchá laminace [13]

Teplá laminace probíhá při teplotách 150 – 200 °C. Válec laminátoru je nejčastěji vyhříván vodní parou případně olejem přes elektrický ohřev. Princip spočívá v opásání polotovaru přes horký buben a následným přitlakem pracovního pogumovaného válce (laminátoru) k druhé vyhřáté fólii se tyto vrstvy slepí, viz Obr. 10. Na tento „laminát-polotovar“ je možné opět teplem a tlakem přilepit další válcovaný polotovar, čímž se přidá další vrstva. [12]



Obr. 10: Teplá laminace [13]

V případě izolačních fólií je skladba laminátu taková, že např. hydroizolační fólie s PES mřížkou má 3 vrstvy PVC, mezi nimiž je PES mřížka, viz Obr. 11.

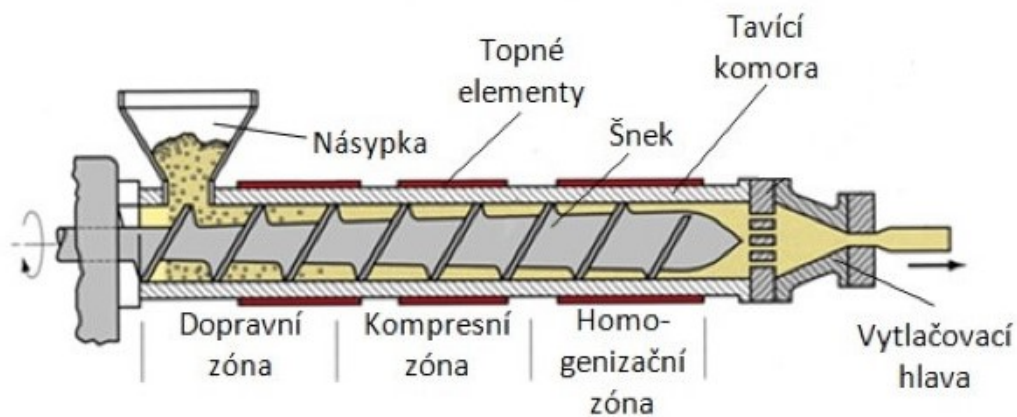
Vrch 0,50 mm
Střed 0,50 mm
PES mřížka
Spodek 0,50 mm

Obr. 11: Standardní konstrukce laminované hydroizolační fólie s PES mřížkou [12]

1.5 VÝROBA FÓLIÍ EXTRUZÍ

Extruze (vytlačování) probíhá tak, že pomocí teploty a tlaku je původní materiál (např. plastový granulát) roztaven, díky šneku a matrice je vytlačen (extrudován) do výsledného tvaru a v chladicí vaně je ochlazen, případně osušen a je nařezán na požadovanou délku návinu. [14]

Vytlačovací stroj (viz Obr. 12) pro extruze plastů pracuje kontinuálně, což znamená, že nepřetržitě roztavuje materiál v nahřivaném válci, čerpá materiál šnekem a tím zajišťuje homogenní průtok taveniny. [14]



Obr. 12: Schéma vytačovacího stroje [14]

- **Dopravní zóna** - plnicí (vstupní) zóna, zde je materiál pomocí násypky a šneku posouván do další zóny, materiál se promíchává [15]
- **Kompresní zóna** - plastikační (přechodová) zóna, v této zóně se materiál zhutňuje, zbavuje strženého vzduchu [15]
- **Homogenizační zóna** - zde se materiál homogenizuje, převádí do plastického stavu, následně je pod tlakem vytačován přes lamač (provádí další homogenizaci) do hubice [15]

V průběhu celého cyklu se děje tzv. **disipace** – přeměna energie (např. mechanické tření) v teplo. [16]

Většina šneků uvnitř vytačovacího stroje (viz Obr. 12) je vyrobena z nitridovaných ocelí. Nitridování je postup chemicko - tepelného zpracování, při němž se povrch ocelových předmětů obohacuje dusíkem. Nitridování ocelových válců se provádí kvůli vyšší odolnosti vůči oděru. [17]

Na válci se nachází topné zóny, které se chladí pomocí ventilátorů vzduchu. Tím se dosahuje stability nastavených zpracovatelských teplot. [18]

1.6 NORMY A POŽADAVKY PRO VÝSTUPNÍ KONTROLU IZOLACÍ

Uvedené normy se používají v průmyslu pro výstupní kontrolu fyzikálních vlastností hydroizolačních fólií.

Tab. 1: Požadavky pro výstupní kontrolu [12]

Kontrolovaný parametr	Kontrolní norma či předpis
Soudržnost vrstev	EN 12316-2
Rozměrová stálost (6 hodin - 80 °C)	ČSN EN 1107-2
Nejvyšší tahová síla	ČSN EN 12311-2 metoda A
Protažení při nejvyšší tahové síle	ČSN EN 12311-2
Odpor proti protrhávání	ČSN EN 12310-2
Odpor proti protrhávání	ČSN EN 12310-1
Ohebnost za nízkých teplot - vrchní vrstva	ČSN EN 495-5
Odolnost proti odlupování ve spoji	ČSN EN 12316-2
Barevný odstín	ČSN 01 1718 ČSN EN 20105-A02
Ohebnost za nízkých teplot po 28 dnech při 80°C	ČSN EN 495-5
Ztráta hmotnosti po 28 dnech při 80 °C	ČSN EN 1849-2
Odolnost spoje ve smyku	ČSN EN 12317-2
Stanovení obsahu změkčovadel metoda extrakce	PN 4598/2017

Tab. 1 (pokračování): Požadavky pro výstupní kontrolu [12]

Kontrolovaný parametr	Kontrolní norma či předpis
Přítomnost fungicidu	PN 4599/2018 GC-MS
Rozměrová stálost (6 hodin - 80 °C)	ČSN EN 1107-2
Nejvyšší tahová síla	ČSN EN 12311-2 metoda A
Protažení při nejvyšší tahové síle	ČSN EN 12311-2 metoda A
Tloušťka	ČSN EN 1849-2
Plošná hmotnost	ČSN EN 1849-2
Stanovení obsahu změkčovadel	EN ISO 6427
Ztráta hmotnosti po 28 dnech při 80 °C	ČSN EN 1849-2
Vodotěsnost, 400 kPa	ČSN EN 1928, met. B
Odolnost proti statickému zatížení	ČSN EN 12730, met. B
Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1
Odolnost proti nárazu	ČSN EN 12691, met. A ČSN EN 1269, met. B
Vystavení UV záření, zvýšené teplotě a vodě	ČSN EN 1297
Propustnost vodní páry – faktor difuzního odporu μ	ČSN EN 1931
Chování při vnějším požáru	ČSN EN 13501-5+A1

2 ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANA STŘEŠNÍCH IZOLACÍ

Odstraňování mikroorganismů z povrchů (a tedy dosažení sterility) nebo redukcí jejich počtu lze docílit různými metodami. Jednou z nich je využít dezinfekčních činidel, jako jsou chlornany (Savo), peroxid vodíku nebo jiné látky s aktivním kyslíkem. Nevýhodou těchto postupů je, že daný povrch nezůstává sterilní po dostatečně dlouho dobu a časté použití zmíněných dezinfekčních činidel způsobuje problémy jako například kontaminace životního prostředí. [19]

Alternativní metodou jak eliminovat množení mikroorganismů na povrchu, je zabránit jejich růstu na daném povrchu. Toho lze dosáhnout tak, že povrch mikroorganismy odpuzuje nebo usmrtí mikroorganismy v blízkém okolí. [19]

Likvidaci mikroorganismů lze provést úpravou materiálů. Látku s antimikrobiálním účinkem lze inkorporovat přímo do materiálu, v tom případě dochází k jejímu postupnému uvolňování, nebo ekonomicky výhodnější metodou je upravit povrch materiálu nanesením antimikrobiální vrstvy, kdy se používá menší množství antimikrobiálního činidla, které se uvolňuje nebo je fixováno k povrchu. [20]

V této bakalářské práci bylo zvoleno zavedení antimikrobiální látky přímo do polymerní hmoty. Každý nově vytvořený antimikrobiální povrch byl testován na výskyt mikroorganismů.

2.1 ZPŮSOBY ZAVEDENÍ ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY

Jak již bylo zmíněno, antimikrobiální ochranu fólií lze provést dvěma základními způsoby, tj. do hmoty celého výrobku (vrstvy) nebo jen ochránit její povrch. [12]

2.1.1 Lakování fólie nánosem s antimikrobiální složku

Tento způsob ochrany se často využívá, pokud není možné např. tuto látku zamíchat do celé hmoty při zpracování, popř. je aktivní látka příliš drahá. Při takové aplikaci tedy postačí mnohem menší množství této látky. Tloušťka laku bývá většinou několik desítek mikrometrů, proto i velikost částic mikrobiální látky musí být velmi malá. V tomto případě nestačí jen mletí či podobná úprava antimikrobiální látky (AMB), nýbrž by měla být v laku (nánosu) rozpuštěna, popř. dispergována na velikost desítek až stovek nanometrů. [12]

Běžně se využívají:

- **UV vytvrditelné laky** – často využívané při výrobě podlahovin, vytvrzení laku (monomerů) se provádí pomocí UV záření [12]
- **Rozpouštědlové laky** – na bázi acetonu či alkoholů [12]
- **Disperzní laky** – na vodní bázi, v současné době velmi využíváno, vytvrzení se provádí vysušením vrstvy [12]

2.1.2 Přídavek antimikrobiální látky do hmoty

Způsob ochrany výrobku přídavkem AMB látky přímo do hmoty je technologicky jednodušší, avšak je třeba počítat s větší spotřebou této aktivní látky. [12]

Zde se může jednat o dvě různé cesty řešení:

- AMB látka se kompaunduje s čistým polymerem za vzniku masterbatche. Tento polymerní koncentrát může obsahovat od 2 % do 40 % účinné složky, zbylých 60 % - 98 % je polymer (a popř. aditiva). Výsledná směs musí být vždy ve formě granulátu nebo sypké práškové směsi, kvůli možnosti plynulého dávkování koncentráту na výrobní lince. [12]
- AMB látka se mechanicky smíchá nikoliv s polymerem, nýbrž s tekutou složkou (většinou změkčovadlo PVC), vzniká tzv. batch o složení až 70 % účinné složky. Výsledná směs je tixotropní pasta, která se do výrobní linky dávkuje většinou ručním odvážením. [12]

V případě výroby střešní hydroizolační fólie obsahující AMB látku byl vývoj zaměřen na přídavek AMB látky ve formě pasty, viz kapitola 5.1.

2.2 BIOCIDNÍ ZÁKON

Biocidní zákon udává základní právní předpisy, které se vztahují k povolování a hodnocení biocidních přípravků a jejich účinných látek. Problematiku dovozu účinných látek, biocidních přípravků a ošetřených předmětů upravují právní předpisy, které nařizuje Evropský parlament a Rada Evropské unie. Na úrovni EU dále existují jednotlivá prováděcí nařízení Komise, která se týkají konkrétních látek. Schvalují se tak jednotlivé látky jako účinné látky pro použití v biocidních přípravcích nebo se schvalují určité látky jako stávající účinné látky pro použití v biocidních přípravcích. [22]

Nařízení (EU) 528/2012 o uvádění a dodávání biocidních přípravků na trh říká, že do biocidních přípravků se mohou používat pouze takové účinné látky, které byly schváleny (tj. látky, které prošly procesem hodnocení). [22]

Účinné chemické látky jsou kromě Nařízení (EU) 528/2012 regulovány ještě další legislativou:

Nařízení REACH (č. 1907/2006)

Registrace chemických látek, které jsou schválenými účinnými látkami biocidních přípravků, není považována za nutnou, protože se považují za registrované (látka musí být určena pro biocidní účel, pro jakýkoliv jiný účel je již látka registrována). Povolování chemických látek, které jsou účinnými látkami biocidních přípravků, se nepovažuje za nutné, jsou z povinnosti vyjmuty taktéž (látka musí být určena pro biocidní účel, pro jakýkoliv jiný účel může tatáž látka podléhat povolení). [22]

Chemický zákon (350/2011 Sb.)

Jelikož se na biocidní přípravky (chemické směsi) nevztahuje chemický zákon, není zde povinnost oznámit přípravek do registru chemických látek a prostředků (CHLAP). Do CHLAP se zapisuje pouze biocidní přípravek jako biocid podle Zákona č. 324/2016 o biocidech, příkládá se protokol o účinnosti, bezpečnostní list, etiketa a návod k použití. [22]

Nařízení CLP (č. 1272/2008)

Povinnosti klasifikace, označování a balení se na účinné látky a biocidní přípravky vztahuje v plném rozsahu nařízení. Povinnosti notifikace se na biocidní účinné látky a přípravky vztahují. [22]

2.3 FUNKCE A ROZDĚLENÍ BIOCIDŮ DLE PŮSOBNÍ

Biocid je látka, která rozkládá či zabíjí živé organismy, tento pojem se vztahuje zejména k mikroorganismům. Jeho přídavek dává přípravku schopnost „likvidovat“ nebo odpuzovat nežádoucí organismy. [22]

Biocidy jsou látky, které jsou především využívány v zemědělství a lesnictví. Dostávají se do toků splachy, haváriemi nebo přímou aplikací. Biologický rozklad (biodegradabilita) může být buď částečný, nebo úplný. Rozpustnost biocidních látek a jejich rozložitelnost je velmi různá, a proto se údaje o jejich vlivu na organismy liší. [21]

Biocidy se dělí podle funkce na tři běžné typy a to: polymerní biocidy, biocidní polymery, polymery uvolňující biocidy. U polymerních biocidů je biocidní skupina připojena k polymeru a chová se obdobným způsobem, jako nízkomolekulární sloučeniny, tedy opakující jednotkou je biocid. U biocidních polymerů je aktivní složka rozptýlena v celé makromolekule, nejen v opakující se antimikrobiální jednotce. Celá makromolekula je tedy aktivní složkou. Polymery obsahující biocidy plní spíše funkci transportní, slouží jako nosiče biocidů. Biocidní látky jsou poté přenášeny na útočící mikrobiální buňky. Lze tedy konstatovat, že polymery obsahující biocidy jsou neúčinnější, protože mohou uvolňovat biocidy ve velkých koncentracích a v blízkosti mikrobiální buňky. [20]

3 POUŽITÉ ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY

Tato kapitola uvádí aktivní látky, které byly použity při výrobě antimikrobiálně modifikované střešní hydroizolační fólie.

Oxid zinečnatý (ZnO)

Oxid zinečnatý se vyskytuje v přírodě jako minerál zinkit. Jedná se o bílou látku, nerozpustnou ve vodě. V současné době patří mezi nejvyužívanější oxidované materiály. Významným podnětem pro zvýšení zájmu o ZnO bylo úspěšné zvládnutí přípravy nanostrukturovaných forem. [23]

Ve své nanoformě vykazuje antimikrobiální účinky, je proto použitelný na ochranu proti tvorbě plísní a bakterií. Ve formě nanočástic může být zdraví nebezpečný, avšak při manipulaci ZnO ve formě pasty (se změkčovadlem) není možná intoxikace (např. vdechnutí). [24]

4,5-dichloro-2-oktyl-4-isothiazolin-3-on (DCOIT)

DCOIT je bílá pevná látka s jemně sladkým štiplavým zápachem. Jedná se o účinnou látku mnoha biocidních přípravků. DCOIT je širokospektrální biocid používaný pro barvy. Používá se také ve stavebnictví k ochraně zdiva a do silikonových těsnících materiálů, ochrana plastů a dřeva. [25]

DCOIT není látka dlouho přetrvávající a v prostředí rychle degraduje na sloučeniny, které jsou snadno biologicky odbouratelné. DCOIT má malé riziko akumulace v potravním řetězci, nicméně je vysoce toxický pro ryby a vodní organismy. [25]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo vytvořit střešní hydroizolační fólii s přídavkem aktivní látky, která vykazuje antimikrobiální charakter. Pro splnění tohoto cíle byly definovány dílčí cíle, a to:

1. Příprava vzorků

Hydroizolační fólie byly připraveny technologií válcováním na válcovací lince COMERIO 3. Byla odzkoušena možnost dávkování antimikrobiální látky při výrobě v provozních podmínkách.

2. Vliv modifikace na materiálové vlastnosti

Pro zjištění účinku přídavku aktivní látky byly vzorky podrobeny zkoušce termické stability pomocí Stabilimetru PVC 03.

3. Charakterizace antimikrobiálního účinku

Antibakteriální účinnost byla testována dle ISO 22196. Migrace účinných látek z polymerní hmoty byla zjištěna pomocí diskové difúzní metody.

5 PŘÍPRAVA VZORKŮ A METODIKA

Výroba vzorků proběhla ve spolupráci se společností Fatra a.s. na výrobních linkách v závodu Napajedla.

5.1 VÝROBA HYDROIZOLAČNÍ FÓLIE S PŘÍDAVKEM ZnO a DCOIT

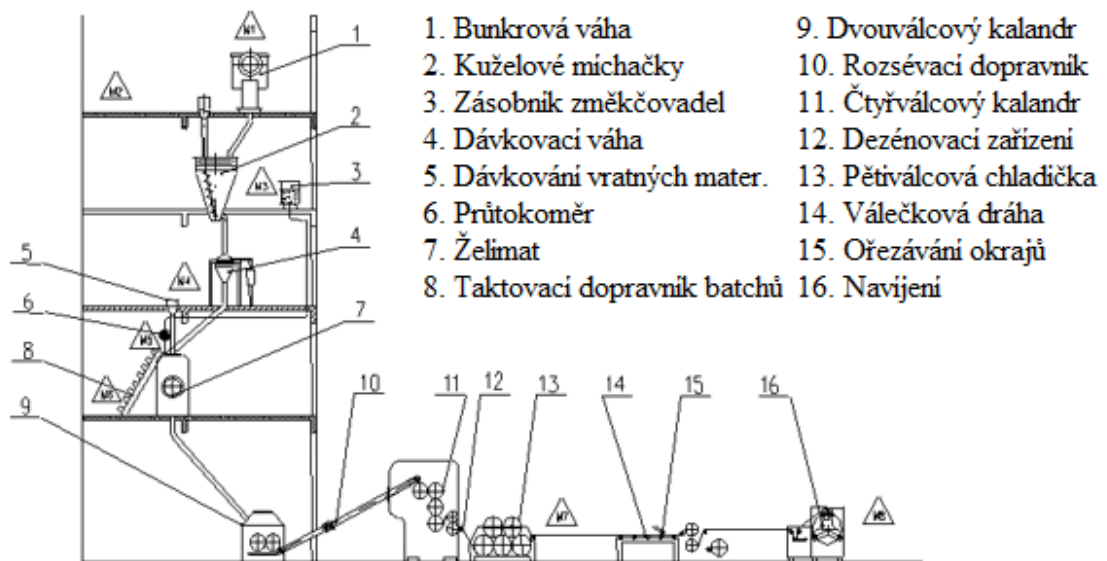
Výroba hydroizolační střešní fólie obsahující ZnO a DCOIT byla provedena na výrobní lince COMERIO 3 (Obr. 13) za běžných technologických podmínek zpracování. [26]

Účelem zkoušky bylo ověřit možnost dávkování ZnO ve formě pasty se změkčovadlem a vyrobit polotovar obsahující 0,5 % ZnO a 0,2 % DCOIT. Teplota by neměla přesáhnout při zpracování hodnotu 180 °C z důvodu degradace PVC a následné změny barvy do světle hnědé (dehydrochlorovaná místa) v místech obsahující ZnO. [26]

Nano-ZnO byl dodán z Bochemie, a.s. . Dodaná surovina byla zkoušena na možnost pasírování, zda je možné z ní utvořit pastu. Bylo zjištěno, že optimální poměr ZnO a změkčovadla DEHT (Dioctyl tereftalát) je přibližně 1:1. Proto byla vytvořena pasta ZnO. Tato pasta byla dávkována do linky Comerio 3 pomocí etylenvinylacetátového (EVA) pytlíku. [26]

Obdobně tomu bylo s pastou obsahující DCOIT. Tento fungicid byl do PVC směsi přidán jako směs DCOIT se změkčovadlem DIDP (Di-iso-decyl ftalát), z něhož byla před zkouškou vyrobena PVC pasta. Tato pasta byla následně dávkována tak, aby bylo ve fólii dosaženo požadovaného množství DCOIT. [26]

Válcovací linka COMERIO 3



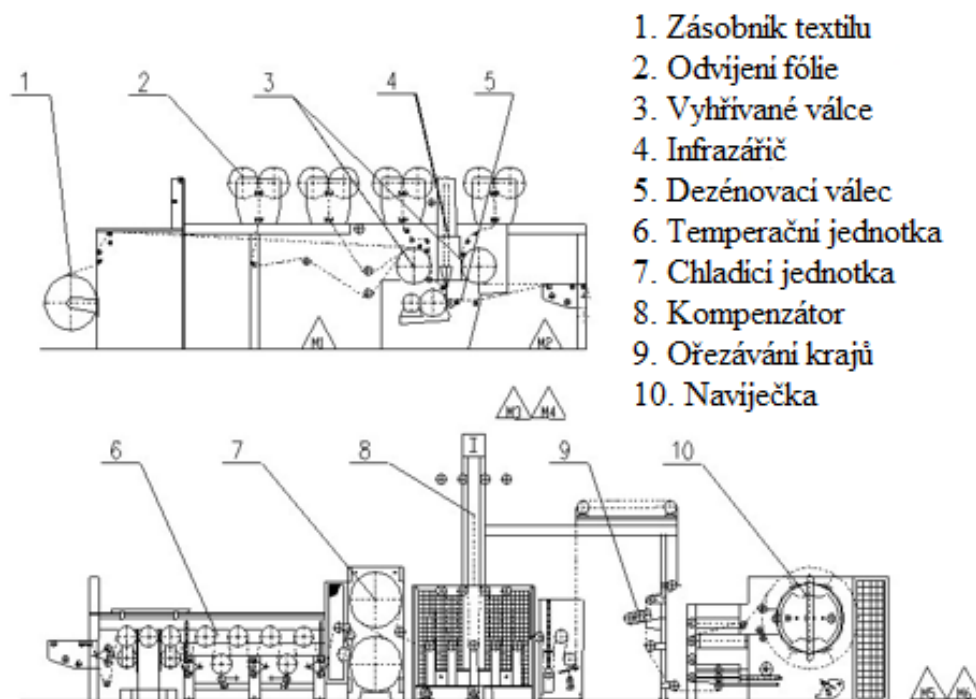
Obr. 13: Schéma válcovací linky COMERIO 3 [26]

Vzhledem k předchozím laboratorním testům stability byly zvoleny standardní výrobní podmínky, což se jevilo jako optimální (doba míchání, rychlost hnětadel, válců apod.). Po zajištění válcovací linky COMERIO 3 (COM 3) s běžnou čistou PVC směsí pokračovala zkouška s přidavkem 0,5 % ZnO a 0,2 % DCOIT. Výroba se následně dokončila s čistou PVC směsí, což bylo důležité pro proplach linky od zbytků ZnO, který by mimo zkoušku mohl utvářet degradaci PVC. [26]

Při samotné výrobě fólie byly použity 2 tuny uvedené směsi, aby bylo jisté, že nedochází k degradaci materiálu, korozi zařízení či jiného negativního vlivu ZnO. [26]

Vyrobená modifikovaná hydroizolační fólie (HIF) byla následně převezena na laminační linku BRIEM (Obr. 14). Zde probíhala zkouška HIF o tloušťce 1,5 mm. Jako vrchní fólie byla použita modifikovaná HIF s obsahem 0,5 % ZnO a 0,2 % DCOIT o tloušťce 0,5 mm. Ostatní polotovary, tzn. středová fólie o tloušťce 0,5 mm a spodní fólie s obsahem 50 % vratného materiálu z výroby o tloušťce 0,5 mm byly vyválcovány ve standardním provedení. [26]

Laminační linka BRIEM



Obr. 14: Schéma laminační linky BRIEM [26]

Na pevný válec laminační linky BRIEM byly zaváděny: vrchní polotovar, středová vrstva a PES mřížka. Na posuvný válec byl zaveden polotovar spodní fólie. [26]

Teploty na laminačních bubnech byly 150 – 170 °C. Pro laminaci byla snížena teplota na pevném válci z důvodu „toků“ na vrchní straně fólie. [26]

Po zjetí linky a optimalizaci výrobních parametrů byly odebrány vzorky modifikované hydroizolační fólie pro laboratorní vyhodnocení. [26]

Fotodokumentace z výrobní zkoušky je uvedena v příloze P I.

5.2 METODIKA

5.2.1 Tepelná stabilita

Ke stanovení termické stability respektive degradaci materiálů vyrobených z PVC vzhledem k jejich nestabilitě při vyšší teplotě nad 150 °C se používá stabilimetr.

Stabilimetr PVC 03

Přístroj se skládá ze tří hlavních částí (Obr. 15), které jsou vzájemně konstrukčně svázány. [27]

- **Pícka (temperační komora)** je opatřena topnými tělesy a otvory s větracím přetlakovým labyrintem (proudění vzduchu zajišťuje vytemperování komory). Do vytápěného prostoru je přiváděn tlakový vzduch o doporučeném průtoku 500 ml/min. Tyto podmínky lze nastavit na rotametu pomocí regulátoru. Nastavení teploty je stupňovité po 10 °C v rozsahu teplot od 120 °C až do 220 °C. Po zapnutí přístroje je komora temperována 1 hodinu. [27]
- **Čelní deska** má mechanismus umožňující ruční posun a tím zasunutí zásobníku (sada podložek na vzorky) do etáží vytemperované kolony na počátku zkoušky a automatický posun zásobníku z pícky. Posun zajišťuje motor se šnekovou převodovou skříní, ozubeným převodem a šroubem s půlmaticí. Pojezd vytahuje podložky z pícky rychlostí 2 mm/min, činná délka podložek je 240 mm. Projetí celé dráhy trvá 120 minut. [27]
- **Elektrická část**, obsahuje tranzistorový dvoupolohový bezkontaktní regulátor teploty s dekádou korekce. Přístroj má zabudován stabilizátor síťového napětí, pracující v rozmezí 170 V – 240 V. [27]

Vyhodnocení exponovaných zkušebních těles se provede jejich přiložením na časovou stupnici. K ní se zkušební tělesa připevní a doplní potřebnými údaji. Určení rozhraní nástupu degradace zkušebního tělesa, zvláště v případě, kdy je velmi pozvolný, se provádí na základě předcházejících způsobů vyhodnocování, tj. srovnání se standardem. [27]



Obr. 15: Stabilimetr PVC 03 [27]

5.2.2 ISO 22196:2011 – Plasty – Měření antibakteriální aktivity povrchu plastů

Norma ISO 22196 specifikuje metodu hodnocení antibakteriální aktivity plastů a dalších neporézních povrchů výrobků (včetně meziproduktů). Je určena k použití hodnocení AMB účinků. [28]

Tato metoda je navržena tak, aby kvantitativně testovala schopnost plastů inhibovat růst mikroorganismů (bakteriostatický) nebo je usmrtit (bakteriocidní) během 24 hodinového styku. Jedná se o relativně citlivý test, což znamená, že dokáže detekovat nízkoprahové antimikrobiální účinky vyvíjené po dlouhou dobu. [29]

K testování bylo použito sterilní sklo (Petriho misky, zkumavky), které bylo sterilizováno pomocí autoklávu 1 hodinu při 170 °C. Veškerá média byla sterilizována v autoklávu 15 minut při 121 °C. Všechny zkušební vzorky i krycí fólie byly sterilizovány 70 % etanolem.

Testovací bakteriální kmeny byly oživeny den předem na agarových plotnách. Podle metody byly vybrány dva reprezentativní mikroorganismy, *Staphylococcus aureus* CCM 4516 a *Escherichia coli* CCM 4517. Suspenze testovaného mikroorganismu byla standardizována ředěním ve zředěném živném médiu (což zajišťuje dobrou kondici mikroorganismů před vlastním testováním). Kontrolní a zkušební vzorky byly inokulovány (inokulum = kultura mikrobů přenesena na živnou půdu) nanesením bakteriální suspenze, vzorek s inokulem byl překryt inertní fólií. Zakrytím inokula se docílí zabránění vysychání bakteriální suspenze a zajistí se těsný kontakt s povrchem vzorků. [29]

Inokulované kontrolní i zkušební vzorky byly inkubovány po dobu 24 hodin při teplotě $35\pm 2^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti min. 90 %. Poté byla bakteriální suspenze ze vzorku spláchnuta a bylo provedeno desítkové ředění. Po inkubaci (24 hodin, $35\pm 2^\circ\text{C}$) byl stanoven počet bakteriálních kolonií (pomocí manuální počítací kolonií, Obr. 16), zaznamenala se redukce mikroorganismů vzhledem k počáteční koncentraci a kontrolnímu povrchu. Začleněním vhodných kontrol a provedením matematických výpočtů tento test umožňuje vysvětlit, zda je daná látka bakteriostatická či bakteriocidní. [29]

Výpočty byly provedeny podle vzorců:

$$N = (100 \times C \times D \times V) / A$$

$$R = U_t - A_t$$

N – počet životaschopných bakterií získaných na cm^2 zkušebního vzorku

C – průměrný počet kolonií pro duplikované misky

D – faktor ředění pro počítané misky

V – objem oplachového roztoku

A – plocha krycího filmu v mm^2

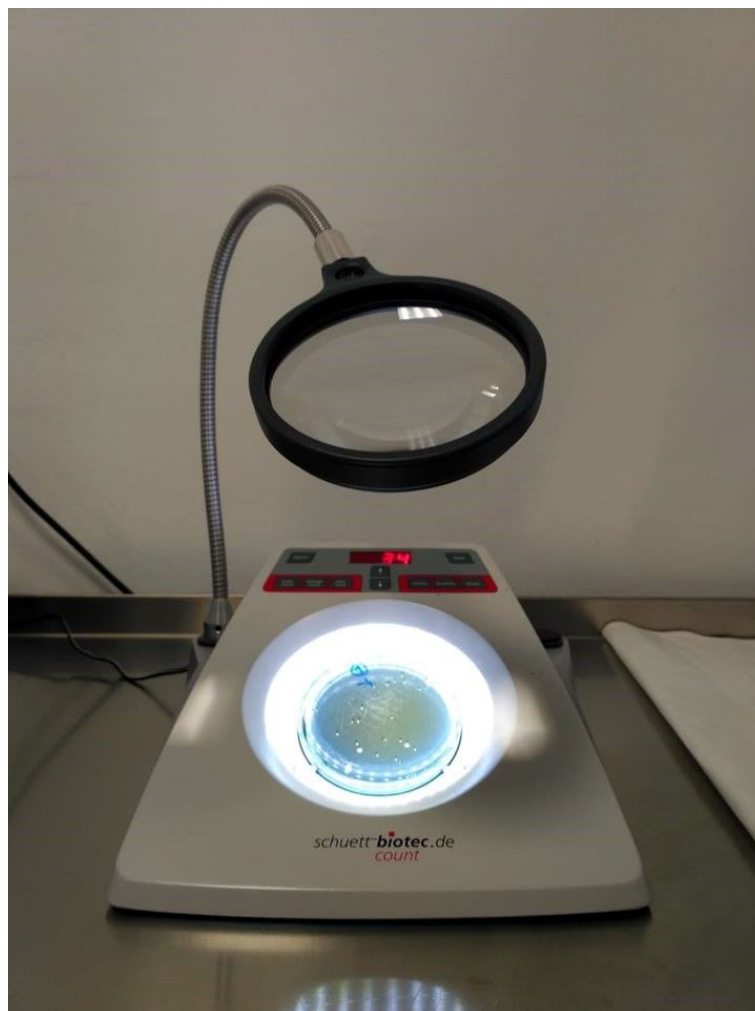
R – antibakteriální aktivita

U_t – průměrný logaritmus počtu životaschopných bakterií získaných z neošetřeného vzorku (reference) po 24 hodinách, v CFU na cm^2

R_t – průměrný logaritmus počtu životaschopných bakterií získaných z ošetřeného vzorku po 24 hodinách, v CFU na cm^2

CFU je zkratka anglického termínu Colony Forming Units, tedy kolonie tvořící jednotky. Výrazu CFU se obvykle používá při vyjadřování počtu mikroorganismů ve vzorcích, a to v jednotkách CFU/g, CFU/cm² či CFU/ml. [32]

Více informací viz příloha P III.



Obr. 16: Manuální počítáčka kolonií

5.2.3 Disková difúzní metoda (Kirby-Bauer test)

Jedná se o kvalitativní metodu, která byla původně vyvinuta pro zjištění, zda je testovaný kmen bakterií rezistentní k antibiotiku. Jedná se tedy o metodu vyvinutou pro stanovení účinnosti antibiotik [30], nicméně se nyní v mikrobiologických laboratořích používá pro zjištění a zhodnocení účinku difundujících aktivních látek z materiálu. Princip metody spočívá v difúzi aktivní látky do živné půdy (agaru) s naočkovaným bakteriálním kmenem. Pokud dojde k potlačení růstu testovaného bakteriálního kmene, vytvoří se kolem vzorku tzv. inhibiční zóna. [31]

Bakteriální suspenze testovaných kmenů byla připravena tak, že pomocí bakteriální kličky byla odebrána kolonie a následně rozdispergována ve fyziologickém roztoku. Byly použity bakteriální kmeny *Staphylococcus aureus* CCM 4516 a *Escherichia coli* CCM 4517 v koncentraci přibližně 10^6 CFU/ml. Suspenze byla nanášena pomocí sterilní vatové tyčinky na živnou půdu (Mueller Hinton agar), která byla za tepla nalita do Petriho misky. Pomocí pinzety byl na povrch agaru položen testovaný vzorek, který obsahoval aktivní látku. Následně byla uzavřená Petriho miska obsahující živnou půdu, bakteriální suspenzi a vzorek s aktivní látkou inkubována 24 hodin při 35 ± 2 °C. Po ukončení inkubační doby byl změřen průměr inhibiční zóny pomocí automatické počítačky kolonií (Obr. 17). [31]

Další fotografie z testování - viz příloha P II a P IV.



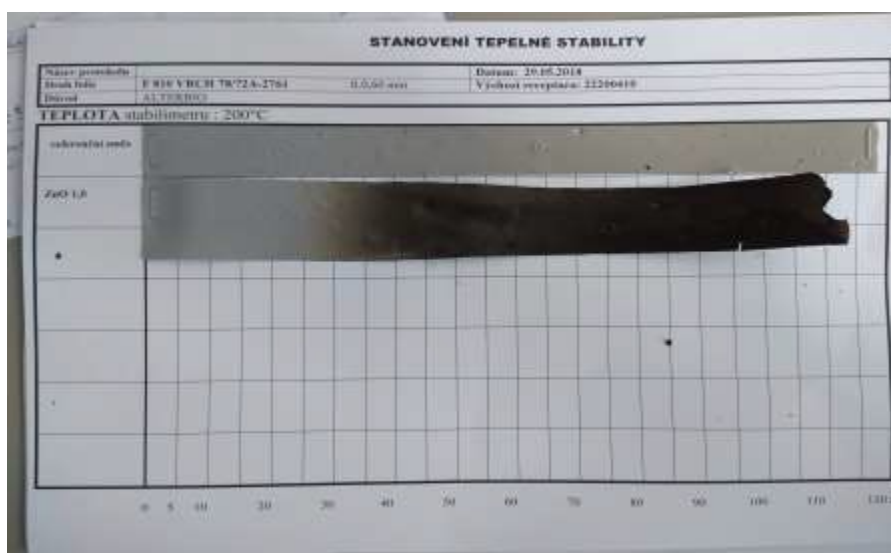
Obr. 17: Automatická počítačka kolonií se čtečkou inhibičních zón Scan 500 interscience

6 VÝSLEDKY

6.1 TEPELNÁ STABILITA

Před samotnou praktickou výrobou finální hydroizolační fólie s antimikrobiální modifikací bylo provedeno laboratorní určení termické stability na polotovarech obsahující ZnO.

Obr. 18 ukazuje proužky referenčního polotovaru (nahore) a polotovaru s obsahem 0,5 % ZnO po tepelném namáhání ve stabilimetru. Stanovení termické stability bylo provedeno při 200 °C po dobu 120 minut. Bylo zjištěno, že ZnO termickou stabilitu výrazně snižuje, po 20 minutách při této teplotě již nastává černání způsobené napadením PVC zinečnatými ionty. Tento defekt se extrémně prohlubuje při 40 minutách, kdy je HIF polotovar již plně po destrukci. Referenční fólie po 120 minutách vykazuje mírné žloutnutí – tedy vysokou stabilitu. [27]



Obr. 18: Stanovení termické stability [27]

Ionty Zn^{2+} , Fe^{2+} a Fe^{3+} jsou potenciálně nebezpečné pro termickou stabilitu PVC. Při zvýšené teplotě působí na PVC jako iniciátory termického rozkladu, ten způsobuje silnou dehydrochloraci. To má za následek tvrdnutí a křehnutí PVC, zhnědnutí či zčernání daného výrobku. [27]

Při laboratorním testování HIF polotovaru s antimikrobiální modifikací bylo zjištěno, že pokud teplota nepřesáhne 180 °C, nedochází k termické degradaci. S touto myšlenkou

se postupovalo dále k praktické výrobě hydroizolační fólie s antimikrobiální modifikací v podniku Fatra a.s. Napajedla.

6.2 ZHODNOCENÍ VÝROBY FÓLIÍ

Výroba PVC polotovaru s obsahem ZnO a DCOIT proběhla na válcovací lince COM 3 bez komplikací. Nejprve byl vyroben klasický PVC polotovar bez antimikrobiální modifikace. Následně, po zjetí linky, byla provedena samotná výroba PVC polotovaru obsahující aktivní látky za běžných podmínek zpracování. Po vyrobení PVC polotovaru s antimikrobiální modifikací nebylo třeba výrobní linku zastavit, nedošlo ke znečištění válců, ani k termické degradaci, tudíž výroba pokračovala dále ve výrobě PVC polotovaru bez modifikace.

V průběhu výrobní zkoušky nebyly ve fólii pozorovány žádné viditelné defekty, černé tečky, zežloutnutí vrchní či spodní strany fólie. Jediným defektem byly nažloutlé okraje návinu, což značilo počátek degradace PVC. Výsledná fólie byla měřena tloušťkoměrem. Tloušťka vyrobené fólie činila zhruba 0,51 mm. [26]

Posléze byl PVC polotovar obsahující aktivní látky převezen na laminační linku BRIEM. Zde byla provedena samotná výroba střešní HIF obsahující vyztužující PES mřížku. Ani zde nedošlo k žádným komplikacím a vyrobená střešní HIF byla převezena do laboratoře k dalšímu testování.

6.3 ANTIMIKROBIÁLNÍ CHARAKTERIZACE

Následně byly ze střešní HIF obsahující aktivní látky vyseknuty vzorky pro antimikrobiální charakterizaci.

V mikrobiologické laboratoři bylo provedeno stanovení antimikrobiální aktivity povrchu HIF, viz kapitola 5.2.2. Koncentrace použitých bakteriálních suspenzí činily pro *Staphylococcus aureus* $1,3 \cdot 10^6$ CFU/ml, pro *Escherichia coli* $3,4 \cdot 10^6$ CFU/ml.

Pro metodu ISO 22196, měření antibakteriální aktivity povrchu plastů, byla zvolena zkušební tělesa o velikosti 25x25 mm, která byla dezinfikována 70 % etanolem. Po inkubaci při teplotě 35 ± 2 °C byly provedeny výpočty dle vzorců uvedených v kapitole 5.2.2. Bylo zjištěno, že u vzorků s antimikrobiální úpravou nedošlo k nárůstu bakteriálních kmenů *Staphylococcus aureus* ani *Escherichia coli* po 24 hodinovém styku s jejich povrchem.

V mikrobiologické laboratoři byla současně provedena disková difúzní metoda (Kirby - Bauer test), viz kapitola 5.2.3. Pro tuto metodu byla zvolena kolečka vzorků o průměru 10 mm, která se dále nedezinfikovala. Vzorky byly kultivovány 24 hodin při teplotě 35 ± 2 °C. Po ukončení doby kultivace byly změřeny průměry inhibičních zón pomocí automatické počítačky kolonií se čtečkou inhibičních zón Scan 500 interscience.

Pomocí diskové difúzní metody bylo zjištěno, že po inkubační době se vytvořila inhibiční zóna u vzorku s antimikrobiální modifikací proti *Staphylococcus aureus* CCM 4516 o průměru 1,0 mm, viz příloha P II. Inhibiční zóna u vzorku s antimikrobiální modifikací proti *Escherichia coli* CCM 4517 nevznikla. To naznačuje, že grampozitivní kmen je citlivější na zvolenou antimikrobiální modifikaci. Nicméně se zdá, že ZnO ani DCOIT z povrchu nedifunduje, protože nebyla pozorována zóna inhibice u gramnegativního kmene. Pro kontrolu byl test proveden také pro referenční HIF bez modifikace, kde se dle předpokladu zóny inhibice ani v jednom případě nevytvořily.

Více informací viz příloha P III. a P IV. .

ZÁVĚR

Bakalářská práce popisuje antimikrobiální modifikaci střešní hydroizolační fólie na bázi PVC, která obsahuje aktivní látky (ZnO a DCOIT). Cílem praktické části bylo vyrobit střešní hydroizolační fólii na bázi PVC s antimikrobiální modifikací a otestovat, zda dané použité látky opravdu působí antimikrobiálně a nenarušují vlastnosti střešní hydroizolační fólie.

Teoretická část je zaměřena na tři studované problematiky, a to hydroizolační fólie, jejich rozdělení a možnosti výroby. Dále se zabývá možnostmi antimikrobiální ochrany hydroizolací a potenciálně vhodnými antimikrobiálními činidly. Velká část práce je věnována vlastní přípravě hydroizolačních fólií s antimikrobiálně modifikovanou vrstvou pro zjištění možnosti použití takových látek ve výrobě. Pro ucelení práce byla zhodnocena termická stabilita a antibakteriální účinnost.

Výrobní zkouška prokázala možnost zavedení vybraných AMB látek do výroby hydroizolací. Testování tepelné stability neprokázalo významné zhoršení vlastností vyrobených fólií. Dochází ke snížení odolnosti proti termické degradaci díky přítomnosti ZnO, avšak hlubší analýzou bylo zjištěno, že pokud teplota nepřesáhne 180 °C, nedochází k termické degradaci. Metodiky stanovení antimikrobiálního účinku prokázaly výbornou antibakteriální funkčnost vzorků. Použité aktivní látky působí proti oběma testovaným bakteriálním kmenům, a to grampozitivnímu *Staphylococcus aureus* a gramnegativní *Escherichia coli*. Bylo tedy zjištěno, že výrobní podmínky nemají vliv na funkčnost zkoumaných aktivních látek.

Praxí je potvrzeno, že po aplikaci střešní hydroizolační fólie na rovné střechy výrobních závodů či nákupních center dochází během střídání ročních období a plynutí času ke tvorbě ložisek bakterií či nárůstu flóry na svrchní straně fólie (stinná místa, severně orientované plochy). Díky modifikaci střešní hydroizolační fólie použitými aktivními látkami by se mělo dosáhnout toho, aby nedocházelo ke tvorbě již zmíněných ložisek a růstu bakterií na svrchní straně fólie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] YOUNESI, G.; MEHRABIAN S.; RASOULZADEH F.; *The type of roofs in Environmental Conditions with Different Shape and Suggested Suitable Materials*, Islamic Azad University, Iran, 2013
- [2] LITHOPLAST s.r.o. *Hydroizolační systémy* [online][cit. 2018-09-12]. 2016
Dostupné z: <https://www.lithoplast.cz/hydroizolacni-folie-penefol>
- [3] Fatra Napajedla a.s. *Střešní hydroizolační fólie* [online][cit. 2018-09-12]. 2016
Dostupné z: http://www.fatrafol.cz/wp-content/uploads/2017/01/Fatra_HIF_katalog_2016_FINAL.pdf
- [4] Střešní hydroizolační systém. *Fatrafol* [online] [cit. 2018-09-12]. 2018
Dostupné z: https://www.fatrafol.cz/wp-content/uploads/2018/11/KTP_FATRAFOL_S_2018_07.pdf
- [5] HYŤHOVÁ, B. *Porovnání hydroizolačních systémů plochých střech*. Vedoucí práce: Ing. Adam Konvalinka. ČVUT Fakulta stavební, 2017
- [6] PETROVÁ, Š., SOUDEK P. a VANĚK T. *Retardanty hoření, jejich použití a vliv na životní prostředí*. Laboratoř rostlinných biotechnologií, Ústav experimentální botaniky Akademie věd České republiky, 2015.
- [7] MONTÁG, P. *UV stabilizers*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 36 s.
Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/3890>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav inženýrství polymerů. Vedoucí práce Navrátilová, Jana.
- [8] Addivant [online]. Danbury, USA [cit. 2019-02-15]. 2019
Dostupné z: <https://addivant.com/uv-stabilizers>
- [9] DUMITRIU, S. *Polymeric biomaterials*. Second Edition. University of Sherbrooke, Quebec, Canada, 2002, ISBN 0-8247- 0569-6
- [10] HOCHÉL, I. a DEMNEROVÁ, K. *Antimikrobiální látky* [online]. VŠCHT Praha [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: http://old-biomikro.vscht.cz/vyuka/fm/L9_Antimikrobiální_látky.pdf
- [11] Technická univerzita Liberec: *Katedra strojírenské technologie: Oddělení tváření kovů a plastů* [online] [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm

- [12] TUPÝ, M. Projektový pracovník – Fatra Napajedla a.s., 2018
- [13] JOSHI, M. a B. S. BUTOLA. Application technologies for coating, lamination and finishing of technical textiles. *Advances in the Dyeing and Finishing of Textiles* [online]. 2013, 412-425 [cit. 2019-04-01].
- [14] České vysoké učení technické v Praze: *Ústav strojírenské technologie* [online] [cit. 2018-09-13]. Dostupné z:
<http://u12133.fs.cvut.cz/assets/subject/files/116/Pedmt-2331507-c-3-2016-03-08.pdf>
- [15] AUSPERGER, A. *Technologie zpracování plastů* [online] [cit. 2018-09-18]. 2016 Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/03.html>
- [16] HŘIBOVÁ, M. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická *Zpracovatelské technologie polymerů*. 2018
- [17] ROUŠ, J. *Nitridování* [online] [cit. 2018-11-12]. Dostupné z:
https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/14_Strojirenska-technologie_35-37/36_MMP/186_Nitridovn---Rous---P1.pdf
- [18] RAUWENDAAL, CH.; *Polymer Extrusion 5E*
Book ISBN 978-1-56990-516-6
Dostupné také z: <https://pdfs.semanticscholar.org/b0ed/1bcb0945a82d2383ac5be8d46b84a70711bf.pdf>
- [19] TILLER, J. C.; *Antimicrobial Surfaces. In Bioactive Surfaces*; BORNER, H. G.; LUTZ, J. F.; Eds.; Springer – Verlag Berlin: Berlin, Germany, 2011; Volume 240, pp. 193 - 217
- [20] SIEDENBIEDEL, F.; TILLER, J. C.; *Antimicrobial polymers in Solution and on Surfaces*; Overview and Functional Principles, *Polymers* 2012, 4, 46-71
- [21] HEČA, R. *Akumulace rizikových látek u ryb*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 45 s., 9 s. příloh. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/5460>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav potravinářského inženýrství. Vedoucí práce Kráčmar, Stanislav
- [22] KREJSOVÁ, H. *Biocidy* [online] [cit. 2018-11-15]. 2017, Dostupné z:
http://www.ekohelp.cz/files/uploads/Files/EKOHELP/Seminar/Sem_CHLS_Biocid_27_2_2017/biocidy_2017_tisk.pdf

- [23] LEITNER, J. *Ústav inženýrství pevných látek, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: Příprava, vlastnosti a využití nanostrukturovaného ZnO* [online]. 2016 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2016_06_406-417.pdf
- [24] TUPÝ, M. *Účinné látky*, Fatra a.s., 2018
- [25] The DOW Chemical Company: *Product Safety Assesment - DCOIT* [online]. 2012, December 4, 2012 [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_08bd/0901b803808bda61.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00821.pdf&fromPage=GetDoc
- [26] TUPÝ, M. *Zpráva z výrobní zkoušky*, Fatra a.s., 2018
- [27] PUMMEROVÁ, M. A TUPÝ, M. *Vliv Zn²⁺ a Fe²⁺ na termickou stabilitu PVC směsí*, 31. 5. 2018, Centum polymerních systémů Zlín
- [28] International Organization for Standardization: *Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces* [online]. [cit. 2018-2-17]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/54431.html>
- [29] MIKROCHEM Laboratory, Round Rock, USA: *ISO 22196 Test for Antimicrobial Activity of Plastics* [online]. [cit. 2018-2-17]. Dostupné z: <http://microchemlab.com/test/iso-22196-test-antimicrobial-activity-plastics>
- [30] HUDZICKI, J. *American Society for Microbiology: Kirby-bauer disk diffusion susceptibility test* [online]. 2009 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://www.asmscience.org/content/education/protocol/protocol.3189>
- [31] Univerzita Karlova v Praze: *Přírodovědecká fakulta* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <http://mikrobiologie.lf3.cuni.cz/bak/uceb/obsah/disktest/disktest.htm>
- [32] *Bezpečnost potravin* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92551.aspx>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PVC	Polyvinylchlorid
PVC-P	Měkčený polyvinylchlorid
TPO	Termoplastický polyolefin
PES	Polyester
UV	Ultrafialové
PP	Polypropylen
PE	Polyetylen
APS	Antimikrobiální polymerní systémy
ISO	Mezinárodní norma
AMB	Antimikrobiální
EU	Evropská unie
REACH	Registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
CHLAP	Registr chemických látek a prostředků
CLP	Klasifikace, označování a balení látek a směsí
ZnO	Oxid zinečnatý
DCOIT	4,5-dichloro-2-oktyl-4-isothiazolin-3-on
COM 3	Válcovací linka COMERIO 3
HIF	Hydroizolační fólie
DEHT	Dioctyl tereftalát
DIDP	Di-iso-decyl ftalát
EVA	Etylenvinylacetát
CCM	Czech Collection of Microorganisms – Česká kolekce mikroorganismů
CFU	Colony Forming Units – Kolonie tvořící jednotky
Apod.	A podobně

Atd.	A tak dále
Tj.	To jest
Např.	Například
Tzv.	Tak zvaný
Popř.	Popřípadě
Min.	Minimálně
Tzn.	To znamená

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Střešní hydroizolační fólie s netkanou textilií [4]*
- Obr. 2: PVC fólie se skleněným rounem [4]*
- Obr. 3: Hydroizolační fólie s PES mřížkou [4]*
- Obr. 4: Hydroizolační fólie bez PES mřížky [2]*
- Obr. 5: Hydroizolační fólie na bázi TPO – fólie bez PES mřížky [4]*
- Obr. 6: Schéma použití střešní hydroizolační fólie [4]*
- Obr. 7: Jezírková fólie [4]*
- Obr. 8: Linka pro válcování fólií [11]*
- Obr. 9: Studená suchá laminace [13]*
- Obr. 10: Teplá laminace [13]*
- Obr. 11: Standartní konstrukce laminované hydroizolační fólie s PES mřížkou [12]*
- Obr. 12: Schéma vytlačovacího stroje [14]*
- Obr. 13: Schéma válcovací linky COMERIO 3 [26]*
- Obr. 14: Schéma laminační linky BRIEM [26]*
- Obr. 15: Stabilimetr PVC 03 [27]*
- Obr. 16: Manuální počítačka kolonií*
- Obr. 17: Automatická počítačka kolonií se čtečkou inhibičních zón Scan 500 interscience*
- Obr. 18: Stanovení termické stability [27]*
- Obr. 19: Dvouválec na válcovací lince COMERIO 3 – směs obsahující ZnO a DCOIT [26]*
- Obr. 20: Chladicí válce za čtyřválcem válcovací linky COMERIO 3 [26]*
- Obr. 21: Navíjecí systém válců na lince COM 3 – polotovar obsahující ZnO a DCOIT [26]*
- Obr. 22: Polotovar obsahující ZnO a DCOIT, návin 0,51 mm tloušťky, šířka 1400 mm [26]*
- Obr. 23: Infra zářiče a přítlačný laminační válec [26]*
- Obr. 24: Konstrukce laminátu [26]*
- Obr. 25: Disková difúzní metoda, vzorek – antimikrobiálně modifikovaná HIF*

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Požadavky pro výstupní kontrolu [12]

Tab. 2: Vyhodnocení ISO 22196

Tab. 3: Vyhodnocení diskové difúzní metody

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: PŘÍPRAVA VZORKŮ

PŘÍLOHA P II: ANTIMIKROBIÁLNÍ CHARAKTERIZACE

PŘÍLOHA P III: VYHODNOCENÍ ISO 22196

PŘÍLOHA P IV: VYHODNOCENÍ DISKOVÉ DIFÚZNÍ METODY

PŘÍLOHA P I: PŘÍPRAVA VZORKŮ



Obr. 19: Dvouválec na válcovací lince COMERIO 3 – směs obsahující ZnO a DCOIT [26]



Obr. 20: Chladicí válce za čtyřválcem válcovací linky COMERIO 3 [26]



Obr. 21: Navijecí systém válců na lince COM 3 – polotovar obsahující ZnO a DCOIT [26]



Obr. 22: Polotovar obsahující ZnO a DCOIT, návin 0,51 mm tloušťky, šířka 1400 mm [26]



Obr. 23: Infra zářiče a přítlačný laminační válec [26]

Vrch + **ZnO** 0,51 mm

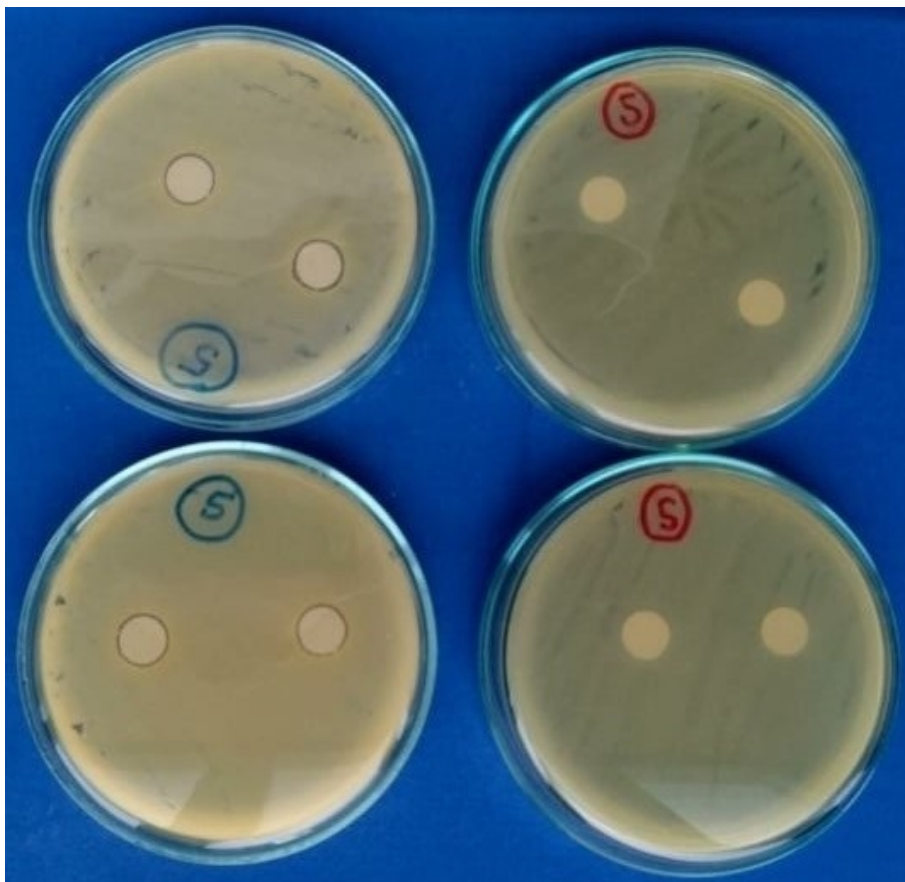
Střed 0,50 mm

PES mřížka

Spodek 0,50 mm

Obr. 24: Konstrukce laminátu [26]

PŘÍLOHA P II: ANTIMIKROBIÁLNÍ CHARAKTERIZACE



Obr. 25: Disková difúzní metoda, vzorek – antimikrobiálně modifikovaná HIF

Modrá – *Staphylococcus aureus*

Červená – *Escherichia coli*

PŘÍLOHA P III: VYHODNOCENÍ ISO 22196

Tab. 2: Vyhodnocení ISO 22196

Označení vzorku	<i>S. aureus</i> CCM 4516		<i>E. coli</i> CCM 4517	
	N (CFU/cm ²)	R = U _t - A _t	N (CFU/cm ²)	R = U _t - A _t
HIF - ref. (blank)	2,1.10 ⁵	U _t = 5,3	2,7.10 ⁵	U _t = 5,4
HIF + 0,2 % DCOIT	3,3.10 ²	2,8	4,2.10 ⁴	0,81
HIF + ZnO + DCOIT	< 1	≥ 5,3	< 1	≥ 5,4
Polotovar – ref. (blank)	2,0.10 ⁵	U _t = 5,3	1,2.10 ⁶	U _t = 6,1
Polotovar + ZnO + DCOIT	< 1	≥ 5,3	< 1	≥ 6,1

PŘÍLOHA P IV: VYHODNOCENÍ DISKOVÉ DIFÚZNÍ METODY

Tab. 3: Vyhodnocení diskové difúzní metody

Označení vzorku	Šířka inhibiční zóny (mm)					
	<i>S. aureus</i> (CCM 4516)			<i>E. coli</i> (CCM 4517)		
	1.	2.	Ø	1.	2.	Ø
HIF - ref. (blank)	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
HIF + 0,2 % DCOIT	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
HIF + ZnO + DCOIT	0,5 0,5	0,5 0,4	0,5	0,0	0,0	0
Polotovar – ref. (blank)	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0
Polotovar + ZnO + DCOIT	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0	0,0	0,0	0