



# Pletené struktury pro čištění odpadních vod

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3107 – Textil  
*Studijní obor:* 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály  
*Autor práce:* **Lucie Petříková**  
*Vedoucí práce:* Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering ■

# Knitted Structures for Wastewater Treatment

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3107 – Textil

*Study branch:* 3106R016 – Textile Technologies, Materials and Nanomaterials

*Author:* **Lucie Petříková**

*Supervisor:* Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie Petříková**  
Osobní číslo: **T15000323**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní technologie, materiály a nanomateriály**  
Název tématu: **Pletené struktury pro čištění odpadních vod**  
Zadávací katedra: **Katedra technologií a struktur**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Vypracujete řešerši týkající se nosičů biomasy používaných v čistírnách odpadních vod. Zaměřte se na požadavky současných nosičů.
2. Analyzujte délkové materiály, které budete využívat pro výrobu vzorků.
3. Navrhněte sérii vlastních pletených struktur s aplikací pro čištění odpadních vod, které by se mohly využívat jako nosiče. Specifikujte vstupní materiál pro jednotlivé vzorky a konstrukci vazeb s ohledem na strojní vybavení pletařské laboratoře.
4. Sérii pletených struktur vyrobte na dvouúžkovém rašlovém stroji a proveďte geometrickou charakteristiku zhotovených vzorků s ohledem na možnosti růstu biomasy v rámci čištění odpadních vod.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **cca 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

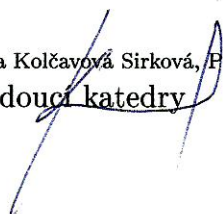
- [1] SPENCER, D. J. Knitting technology a comprehensive handbook and practical guide, Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited, 2001.
- [2] KOVAŘÍKOVÁ, M. Vazby a rozbory pletenin. SNTL 1987.
- [3] BABU, B. V. Biofilms in the removal of VOCs and Foul Odours. Proceedings of National Seminar on Bio Films: Challenges & Applications, Bharatiya Vidya Bhavan's Bhavan' Research Center in Collaboration with University of Mumbai - Sesquicentennial Celebrations, January 12-13. 2007.
- [4] CHUDOBA, J., DOHÁNYOS, M., WANNER, J. Biologické čištění odpadních vod. SNTL, Praha 1991.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Irena Lenfeldová, Ph.D.**  
Katedra technologií a struktur

Datum zadání bakalářské práce: **15. dubna 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. prosince 2018**

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
Ing. Brigita Kolčavová Sirková, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 18. dubna 2018

## Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: LUCIE PETŘÍKOVÁ

Osobní číslo: T15000323

Studijní program: B3104 TEXTIL

Studijní obor: TEXTILNÍ TECHNOLOGIE, MATERIÁLY A NANOMATERIÁLY

Zadávací katedra: KATEGORIE TECHNOLOGIÍ A STRUKTUR

Žádám o změnu termínu odevzdání závěrečné práce z 4.12.2018 na 18.4.2019.

Odůvodnění žádosti:


PRODLOUŽENÍ STUDIA O 1 AKADEMICKÝ ROK

V LIBERCI dne 4.12.2018


Podpis:



Vyjádření vedoucího práce:

SOUHLASÍM. 

Vyjádření vedoucího katedry:

SOUHLASÍM. 



## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

4. 4. 2019

Lucie Petříková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své bakalářské práce Ing. Ireně Lenfeldové, Pd.D. za poskytnutí odborného vedení a cenných rad při zpracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala mému konzultantu Ing. Ondřeji Loudovi za pomoc při návrhu a především výrobě vzorků. Katedře technologií a struktur Technické univerzity v Liberci za poskytnutí zázemí při výrobě a vyhodnocování speciálních pletených struktur.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za psychickou a morální podporu po celou dobu mého studia.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá osnovními pletenými strukturami a jejich možným využitím jako nosičů biomasy při čištění odpadních vod. Rešeršní část práce se zabývá biologickým čištěním odpadních vod a požadavky na současné nosiče biomasy. Dále se rešeršní část zabývá pletářskou technologií a základní charakteristikou vstupních délkových útvarů. Experimentální část obsahuje návrh a výrobu speciálních pletených struktur s ohledem na požadavky nosičů biomasy. U vyrobených osnovních pletenin byly následně naměřeny a vyhodnoceny strukturální parametry.

**Klíčová slova:** osnovní pletenina, nosič biomasy, čištění odpadních vod

## **Annotation**

Bachelor thesis deals with warp knitted structures and their possible utilization as biomass carriers used in waste water treatment processes. The research part focuses on biological water cleaning and discusses the nowadays requirements of biomass carriers. Knitting technology and basic characterization of input fibers formation is also discussed in this part. The experimental part then delivers drafts and a production of these specially knitted structures with respect to the biomass carrier requirements. Structural parameters were measured and evaluated for produced warp knitted structures.

**Keywords:** warp knitted structure, biomass carriers, waste water treatment



## Seznam použitých zkratek

|                |                                    |                                |
|----------------|------------------------------------|--------------------------------|
| c              | [mm]                               | rozteč řádků                   |
| ČOV            |                                    | čistírna odpadních vod         |
| f              |                                    | počet fibril                   |
| h              | [mm]                               | tloušťka                       |
| H <sub>c</sub> | [m <sup>-1</sup> ]                 | celková hustota pleteniny      |
| H <sub>f</sub> | [m <sup>-1</sup> ]                 | hustota řádků                  |
| H <sub>s</sub> | [m <sup>-1</sup> ]                 | hustota sloupků                |
| IS             |                                    | interval spolehlivosti         |
| j              | [-]                                | počet jehel                    |
| KP             |                                    | kladecí přístroj               |
| KTT            |                                    | Katedra technologií a struktur |
| l              | [km]                               | délka                          |
| ls             | [mm]                               | délka nitě v očku              |
| m              | [g]                                | hmotnost                       |
| M <sub>s</sub> |                                    | plošná hmotnost                |
| n              |                                    | počet                          |
| např.          |                                    | například                      |
| n <sub>o</sub> |                                    | počet oček                     |
| O              | [m]                                | obvod vlákna                   |
| PES            |                                    | polyester                      |
| q              | [-]                                | tvarový faktor                 |
| S              | [mm <sup>2</sup> ]                 | plocha příčného řezu           |
| S <sub>p</sub> | [m <sup>2</sup> .kg <sup>1</sup> ] | měrný povrch                   |
| S <sub>f</sub> | [%]                                | srážení řádků                  |
| S <sub>s</sub> | [%]                                | srážení sloupků                |
| S <sub>x</sub> |                                    | směrodatná odchylka            |
| t              | [s]                                | čas                            |
| T              | [tex]                              | jemnost                        |

|           |                       |                     |
|-----------|-----------------------|---------------------|
| tex       |                       | jednotka jemnosti   |
| $T_f$     | [°C]                  | teplota fixace      |
| v         | [%]                   | variační koeficient |
| w         | [mm]                  | rozteč sloupků      |
| $\rho$    | [kg.m <sup>-3</sup> ] | měrná hustota       |
| $\bar{x}$ |                       | aritmetický průměr  |
| $s_x^2$   |                       | rozptyl             |

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| <b>1 Úvod</b> .....                                | 13 |
| <b>2 Rešeršní část</b> .....                       | 14 |
| 2.1 Čištění odpadních vod .....                    | 14 |
| 2.1.1 Nosič biomasy.....                           | 15 |
| 2.1.2 Biofilm a jeho vyhodnocení.....              | 17 |
| 2.2 Pletařská technologie .....                    | 18 |
| 2.2.1 Osnovní pletařské stroje.....                | 18 |
| 2.2.2 Vazby osnovních pletenin.....                | 20 |
| 2.2.3 Sendvičová pletenina .....                   | 20 |
| 2.3 Základní charakteristika délkových útvarů..... | 22 |
| 2.3.1 Filament .....                               | 22 |
| 2.3.2 Polyesterová vlákna .....                    | 23 |
| 2.3.3 Vlastnosti délkových útvarů .....            | 24 |
| 2.4 Metody analýzy délkových útvarů.....           | 26 |
| 2.4.1 Podmínky zkoušení vlastností textilií .....  | 26 |
| 2.4.2 Jemnost .....                                | 26 |
| 2.4.3 Počet fibril multifilu.....                  | 27 |
| 2.4.4 Obvod, ekvivalentní průměr, cirkularita..... | 27 |
| 2.4.5 Měrný povrch.....                            | 28 |
| 2.5 Metody pro statistické zpracování dat .....    | 29 |
| <b>3 Experimentální část</b> .....                 | 31 |
| 3.1. Návrh vzorků .....                            | 32 |
| 3.1.1. Lící a rubní strana pleteniny .....         | 32 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.2. Kladeční přístroj 4 .....                       | 35        |
| 3.1.3. Kladeční přístroj 3 .....                       | 36        |
| 3.2. Vstupní materiál a jeho vlastnosti.....           | 43        |
| 3.3. Výroba vzorků .....                               | 46        |
| 3.3.1. Příprava materiálu pro pletení.....             | 46        |
| 3.3.2. Příprava stroje pro pletení.....                | 46        |
| 3.3.3. Proces pletení.....                             | 48        |
| 3.3.4. Fixace vzorků.....                              | 48        |
| 3.4 Strukturální vlastnosti pleteniny .....            | 50        |
| 3.4.1 Hustota sloupků a řádků .....                    | 50        |
| 3.4.2 Rozteč sloupků $w$ , rozteč řádků $c$ [mm] ..... | 51        |
| 3.4.3 Srážení pleteniny.....                           | 52        |
| 3.4.4 Skutečná spotřeba nitě na očko.....              | 52        |
| 3.4.5 Měření tloušťky .....                            | 53        |
| 3.4.6 Plošná hmotnost.....                             | 54        |
| <b>4 Diskuze</b> .....                                 | <b>55</b> |
| <b>5 Závěr</b> .....                                   | <b>58</b> |
| <b>6 Seznam použité literatury</b> .....               | <b>59</b> |
| Seznam obrázků.....                                    | 61        |
| Seznam tabulek .....                                   | 62        |
| Seznam grafů .....                                     | 62        |
| Seznam příloh .....                                    | 63        |

## 1 Úvod

Čistírny odpadních vod využívají mechanicko-biologického čištění, přičemž stále větší důraz je kladen na čištění biologické. Při biologickém čištění se využívá bakterií, které mají schopnost odbourávat biologicky rozložitelné látky.

Biologické čištění odpadních vod je v mnoha případech efektivnější a ekonomicky výhodnější, i díky tomu se na biologické čištění odpadních vod a jeho vývoj klade velký důraz.

K zefektivnění procesu mohou přispět nosiče biomasy, které pomáhají růstu a zvýšení koncentrace bakteriálního nánosu. Současné komerční nosiče mají nevýhodu v malém aktivním povrchu, který bakterie kolonizují. Výzkum v oblasti nosičů se věnuje zvýšení aktivního povrchu. Takového zvýšení bylo dosaženo s experimentálními nosiči s nanopokryvem, ty dosahují několikanásobné rychlosti kolonizace, avšak velkou nevýhodou je značně nákladná výroba. Pokračující výzkum dokázal, že podobných výsledků se může dosáhnout i využitím multifilového hedvábí, u kterého, na rozdíl od experimentálních nosičů s nanopokryvem, odpadá problém s velkou ekonomickou zátěží při výrobě.

Tato práce se proto zabývá návrhem a výrobou speciálních pletených struktur z polyesterového multifilu, které by mohly sloužit jako nosiče biomasy. Pletené struktury jsou inspirovány současně využívanými komerčními nosiči, proto bude v této práci uvedena rešerše týkající se čištění odpadních vod a nosičů biomasy. Vyrobené vzorky budou podrobeny strukturální analýze, tak aby v dalším výzkumu bylo možné definovat souvislosti mezi strukturálními vlastnostmi a procesem kolonizace.

## 2 Rešeršní část

### 2.1 Čištění odpadních vod

Odpadní voda je voda, která je lidskou a průmyslovou činností znečištěna organickými nebo anorganickými látkami. Odpadní vody musí být těchto látek zbaveny v čistírnách odpadních vod. Pro zkvalitnění a čištění těchto vod se může použít několik metod, kterými lze tyto látky odbourat. Fyzikální a chemické postupy bývají mnohdy technologicky a ekonomicky náročné a často také produkují sekundární znečištění, které se musí dále odstraňovat. Ve srovnání s těmito konvenčními procesy je biologické čištění pomocí bakteriální populace efektivnější a ekonomicky výhodnější. Biotechnologické procesy se využívají pro odbourávání biologicky rozložitelných látek, které jsou pomocí bakteriálního nárůstu neboli biofilmu rozkládány na molekuly oxidu uhličitého a vodních par. Znečišťující látky difundují na povrchu biofilmu a bakterie je absorbují a rozkládají. Během tohoto procesu vrstva biofilmu roste.

Biofilm je komplexním agregátem mikroorganismů. Tyto jednobuněčné organismy se zpravidla objevují ve dvou modelech. Prvním je volně plovoucí nebo planktonická forma, ve které jednotlivé buňky plavou samostatně v kapalném médiu. Druhým modelem jsou buňky pevně spojeny navzájem a obvykle také s pevným povrchem. Biomasu, která je kultivována ve formě nárůstu na vhodném pevném povrchu, nazýváme biofilmovým reaktorem. [3]

Biofilmové reaktory můžeme rozdělit na několik základních typů. Jsou jimi zkrápěné biologické kolony (biofiltry), ponořené biologické kolony s expandovaným a s fluidizovaným ložem (nosiče), rotační biofiltrův nosiče diskové a reaktory s kombinovanou kultivací biomasy. [4]

### 2.1.1 Nosič biomasy

Buňky bakterií mají tendenci přichytávat se na různé povrchy v jejich okolí a vytvářet na nich kolonie. Tyto bakteriální nárosty nazýváme imobilizovanou biomasou. Při imobilizaci dojde k omezení pohybu mikroorganismů a jejich vzájemnému uspořádání do zesíťované struktury - matrice. Bakterie v biofilmu produkují lepkavé látky, které drží celou kolonii dohromady a pomáhají jí udržovat na kolonizovaném povrchu. Takto imobilizované buňky mají vyšší odolnost vůči vyplavování a díky zachování vysoké koncentrace mikroorganismů v biomase také proti nepříznivým vnějším jevům, jako jsou teplotní výkyvy nebo vlivy toxických látek. Fixace biomasy na pevný povrch nosiče je výhodná především pro pomalu rostoucí kultury (například nitrifikační bakterie a mikroorganismy rozkládající těžko odbouratelné látky). [3] [5]

Nosič je primárně pouze materiálem, který nese kolonii a poskytuje vhodnou půdu pro její růst. Volba vhodného nosiče je závislá zejména na vlastnostech samotné biomasy a podmínkách využití. Nosič nesmí nijak ovlivnit biochemickou aktivitu buněk, nesmí reagovat s látkami obsaženými v odpadních vodách ani s vodou samotnou a musí být odolný vůči biodegradaci. Nosič biomasy by měl být tedy inertní. Další požadovanou vlastností nosiče je dostatečně velký specifický povrch, na který se mohou mikroorganismy přichytávat. [5]

Imobilizovaná biomasa se běžně objevuje i v přírodě, například na kamenech v přírodních vodách. Právě kameny byly proto použity jako první využití biologického čištění odpadních vod. Kamení jako nosič splňuje podmínku nereaktivity s okolím, avšak není příliš vhodné kvůli své vysoké hmotnosti a nízkému specifickému povrchu, na kterém by se biofilm mohl tvořit. S postupným vývojem se tedy přecházelo k jiným materiálům a to klasickým (písek, aktivní uhlí, tvarovaná keramická nebo ocelová tělíska) a plastovým (polymerní materiály). Z polymerních nosičů se nejčastěji využívají koule nebo toroidy z polypropylenového pletiva, jejich výhodou je velká mezerovitost,

ta způsobuje to, že biomasa se nepřichycuje pouze na povrchu nosiče, ale i uvnitř jeho struktury. [3] [6]

První využití mikroorganismů v čistírnách odpadních vod je známo z počátku 20. století a to ve formě aktivačního procesu. Od této doby byl vývoj směřován k zintenzívnění procesu, které je podmíněno vysokou koncentrací aktivní biomasy. Zvýšení koncentrace biomasy lze dosáhnout v reaktorech s pevným nosičem. Z tohoto důvodu byly vyvinuty systémy s kombinovanou kultivací biomasy. Jedná se o reaktory s bakteriemi imobilizovanými na nosiči i ve vznosu (aktivační proces). [4]

Prvními použitými nosiči byly konstrukce tvořené plastovými deskami s prohlubněmi. U těchto nosičů se objevoval problém se zarůstáním a aerace byla složitá. Z těchto důvodů byl vývoj směřován k tomu aby byly nosiče a jednotlivé segmenty lehce vyjímatelné nebo aby byly ve fluidní loži. [6]

V současné době se stále vyvíjí nové typy nosičů. Nejčastěji se jedná o polymerní materiály tvarované do různých forem. Použít se může téměř jakýkoliv polymer, který je chemicky stálý. Bakterie mají lepší schopnost adheze na hydrofobní materiál, proto je vhodné zvolit materiál s touto vlastností, jako je například polyester, polyuretan, polyetylen a další. Nejnovějšími inovacemi v této oblasti jsou nosiče opatřené vrstvou z nanovláken. Nanovlákna, která mají průměr od desítek nanometrů po několik mikrometrů, propůjčují nosiči velký specifický povrch, na který mohou mikroorganismy přirůstat, což vede k rychlejší kolonizaci a k zintenzívnění celého procesu. Nevýhodou nosičů s nanopokryvem je ovšem jejich vyšší cena oproti klasickým komerčně využívaným nosičům. [8]



Obrázek 1 - Příklady současných nosičů [8]



### 2.1.2 Biofilm a jeho vyhodnocení

Biofilmy představují vyšší formu života mikroorganismů a vykazují prvky jednoduchého oběhového systému. Biofilmy můžeme jednoduše rozdělit na jednodruhové nebo vícedruhové. Na vzniku a fungování vícedruhových biofilmů se podílí několik druhů bakterií. Tyto biofilmy jsou pro účely čištění odpadních vod výhodnější, neboť díky kombinaci bakterií s různými vlastnostmi je možné odbourat větší škálu znečišťujících látek.

Buňky uvnitř systému přijímají méně kyslíku, než buňky na povrchu biofilmu, díky tomu jsou odolnější například vůči účinkům dezinfekce. Tloušťka biofilmu je závislá na dostupnosti živin a pohybuje se v hodnotách od jednotek až po stovky mikrometrů. [7]

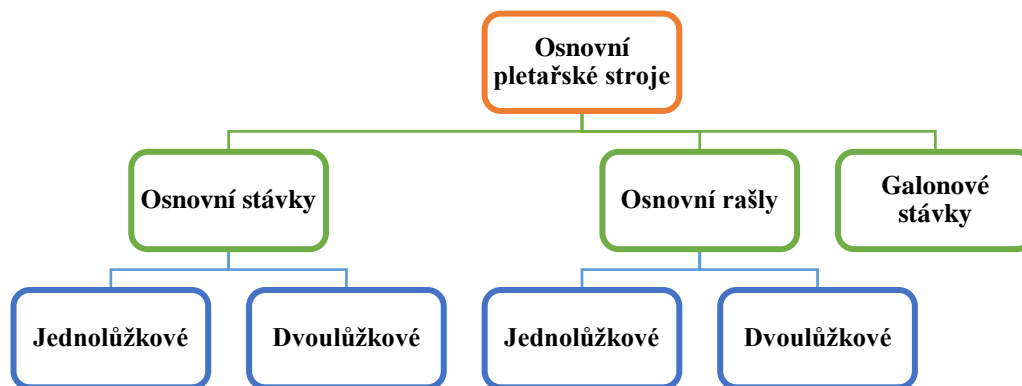
Pro vyhodnocení bakteriálního nárostu můžeme využít několika metod měření. Tyto metody můžeme jednoduše rozdělit na invazivní (např. zahřívání, rozpouštění), které zkoumaný vzorek poškozují a neinvazivní (např. spektroskopie, optické metody), které jsou schopny zkoumat vzorek bez jeho poškození. Jedna z možných technik hodnocení je obrazová analýza biofilmu na povrchu nosiče. Nespornou výhodou této metody je to, že je neinvazivní. Měřený vzorek není deformován a ani nepodléhá destrukci a tak je možné jej znovu využít. V rámci jednoho měření je navíc možné získat více informací než u ostatních a to nejen o množství biomasy, ale i o její struktuře. [8]

## 2.2 Pletařská technologie

V současné době může být pomocí pletařské technologie vyroben téměř celý sortiment textilních výrobků oděvních, bytových, technických i speciálních (zdravotnických). Rozsah výroby pletenin je určován především kritérii na kvalitu výrobků pro daný účel použití a ekonomickou efektivností jejich výroby. Z technického i ekonomického hlediska patří technologie pletení k vysoce produktivní výrobě.

Rozlišujeme dvě základní pletařské technologie – zátažnou a osnovní. Zátažná (v jiných jazycích též označována jako útková) pletenina vzniká tak, že vodič klade nit po celé pracovní šíři stroje postupně do všech zařazených jehel jehelního lůžka. Nit zátažné pleteniny je tedy vedena ve směru řádků. U osnovní pletařské technologie vzniká celý řádek pleteniny najednou ze svislé soustavy nití - osnovy. Nit osnovní pleteniny přechází spojovací kličkou do následujícího řádku a většinou i do jiného sloupku. [9]

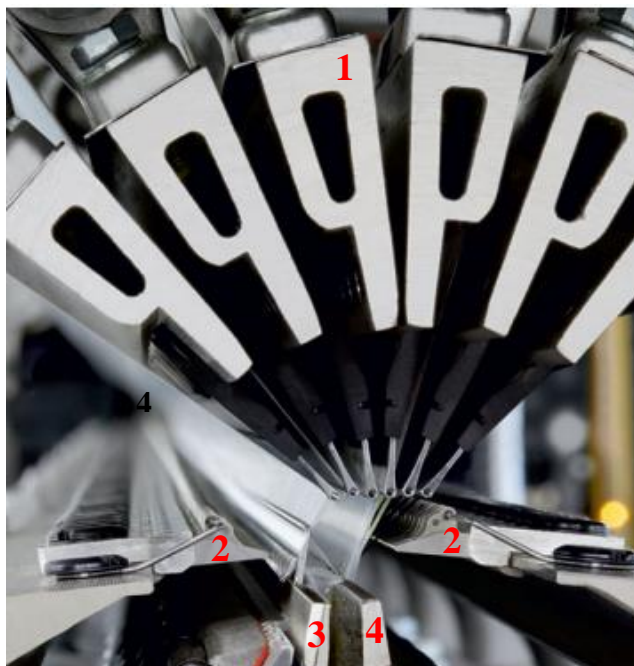
### 2.2.1 Osnovní pletařské stroje



Obrázek 2 - Základní rozdělení osnovních strojů

### 2.2.1.1 Osnovní rašlové stroje

Rašly jsou osnovní pletářské stroje s jazýčkovými nebo dvoudílnými pletacími jehlami. Stejně jako u ostatních osnovních strojů se jehly nepohybují jednotlivě, ale celá jehelní řada najednou. Jehly jsou zality do bloků o šíři anglického palce a bloky jsou seskupeny do jednoho celku (fontury). Rašlové podle počtu lůžek na jednolůžkové a dvoulůžkové. [10]



1 Kladecí přístroje

2 Platiny

3 Přední lůžko

4 Zadní lůžko

Obrázek 3 - Dvoulůžkový rašl [16]

### 2.2.1.2 Princip pletení na dvoulůžkovém rašlu

Řádek oček se nevytváří na obou lůžkách současně – nejprve se vytvoří očka na jednom lůžku, zatímco lůžko druhé není v pohybu. Lůžko, které není v pohybu drží očka v hlavách jehel a zabezpečuje tak uzavírání oček na stvolech jehel lůžka protějšího. Proto se u dvoulůžkových rašlů nemusí používat uzavírací platiny – vzorky pro tuto práci byly vypracovány na dvoulůžkovém rašlu s uzavíracími platinami. Ke zrychlení činnosti rašlových strojů se využívá tzv. vstřícného pohybu. Jehelní lůžka se vykyvují proti pohybu kladečích

přístrojů, čímž se zkracuje výkyv. Pro vypracování jednoho oboulícního řádku musí kladecí přístroj vykonat šest výkyvů mezi jehlami. [10], [16]

### **2.2.2 Vazby osnovních pletenin**

Podle polohy oček v pletenině rozlišujeme dva základní typy osnovních vazeb – vazby jednolící a oboulícní. U jednolící i oboulícní pleteniny může být očko otevřené nebo uzavřené, s kladením přímým, postupným nebo střídavým.

#### **Jednolící pleteniny**

Očka jednolících pletenin jsou obrácena jedním směrem. Na jedné straně jsou tedy zřetelná očka pleteniny (technický líc), z druhé strany pak spojovací kličky (technický rub). Tato orientace oček jedním směrem je dána tím, že jednolící pletenina je tvořena na jedné řadě pracovních jehel. Jednolící vazby jsou vyráběny na osnovních strojích jednolůžkových, případně na strojích dvoulůžkových, kde je jedno lůžko vyřazeno z činnosti.

#### **Oboulícní pleteniny**

Osnovní pleteniny oboulícní jsou vyráběny na osnovních strojích, které jsou vybaveny dvěma řadami jehel, tedy strojích dvoulůžkových. Jehly předního a zadního lůžka jsou ve stroji jazýčky od sebe. Díky tomuto postavení jehel jsou také očka k sobě obrácena rubem a spojovací kličky jsou ukryty uvnitř pleteniny. [2], [11]

### **2.2.3 Sendvičová pletenina**

Osnovní sendvičové pleteniny jsou speciálním typem oboulícních vazeb (osnovní oboulícní 3D pletenina) a jsou vyráběny na osnovních rašlových strojích. Osnovní sendvičové úplety jsou vyráběny tak, že alespoň jeden kladecí přístroj klade jen na předním lůžku a alespoň jeden kladecí přístroj klade pouze na lůžku zadním. Tak vznikají dvě oddělené jednolící struktury. Tyto struktury jsou spojovány kladečím přístrojem, který střídavě provazuje obě lůžka. Pro každé lůžko je možné použít jiný vstupní materiál a vytvořit rozdílnou strukturu

na přední a zadní straně pleteniny, protože se každá vrstva plete na svém vlastním jehelním lůžku.

Maximální možná vzdálenost mezi předním a zadním lůžkem je omezena konstrukcí stroje. V praxi se běžně vyrábí sendvičové úplety s tloušťkou 10-20 mm, maximálně 65 mm.

Pro sendvičové pleteniny je charakteristická velká prodyšnost (cirkulace vzduchu mezi vrstvami), nízká hmotnost vůči objemu, vysoký stupeň vratné deformace v příčném směru aj. Osnovní oboulící pleteniny nachází širokou škálu uplatnění. Používají se ve zdravotnictví, automobilovém průmyslu, pro antidekubitní matrace nebo při výrobě sportovní obuvi. [1], [9], [16]

### **2.2.3.1 Vazby používané pro sendvičové pleteniny**

Na výrobu sendvičové pleteniny je potřeba použít minimálně tři kladečních přístrojů. Pro lepší vlastnosti pletenin a větší vzorovací možnosti se v praxi využívá šest kladečních přístrojů – dvě kladecí lišty pro každé lůžko a dva provazující obě lůžka. Pro přední a zadní stranu pleteniny se může použít téměř jakékoliv vazby s ohledem na parametry stroje a počet kladečních přístrojů. Pro spojení obou struktur se nejčastěji využívá buď kladení pod jehlami nebo provazování očky. Využití provazování očky zajistí vyšší tvarovou stabilitu tloušťky pleteniny, proto je tato varianta využívanější. [11]

#### **Filetové vzory**

Filetové vzory vznikají kombinací kladení tak, že v některých místech nedochází ke spojení sousedních sloupků. V místě nespojení sloupků vznikají ve struktuře pleteniny otvory. Velikost a tvar otvorů závisí na počtu řádků, v kterých nejsou sloupky spojeny a na použitém kladení. U vazeb s více kladečními přístroji se využívá vzájemné kombinace přímého, postupného a střídavého kladení. Tak jako u ostatních vazeb se i u tvorby filetové vazby musí dodržovat zásada, že v každém řádku se musí zajistit kladení na všechny jehly, na nichž již bylo jednou vytvořeno očko. [2]

## **2.3 Základní charakteristika délkových útvarů**

Volba materiálu pro pletení je závislá především na parametrech pletacího stroje, použití výsledného pleteného výrobku a jeho požadovaných vlastností. Z důvodu složitého vedení osnovy a velkému a nepravidelnému namáhání nití je kladen velký důraz na kvalitu vstupního materiálu pro osnovní pletařské technologie. K pletení osnovních pletenin se tak převážně využívá syntetických materiálů, a to v podobě monofilu nebo multifilu. [9]

Jak bylo zmíněno v kapitole 2.1.1. pro nosiče biomasy je nezbytné využití nereaktivních materiálů. Pro konstrukci pleteného nosiče biomasy je vhodné použít polymerních monofilů a multifilů.

### **2.3.1 Filament**

V textilní terminologii se pojem filament používá k označení vláken nekonečné délky. Tento pojem je využíván jako souhrnné označení pro přírodní hedvábí a pro syntetická vlákna, která nejsou řezána nebo trhána na staplovou délku. Chemické vlákno nekonečné délky se nejčastěji dodává k dalšímu textilnímu zpracování jako svazek elementárních vláken. Tato elementární vlákna byla dříve označována jako kapiláry, dnes se používá spíše označení filamenty nebo fibrily. Základním útvarem stabilizovaného vlákna je mikrofibrila. Svazky mikrofibril paralelně spojené vaznými řetězci vytváří fibrilu. Počet fibril ve filamentovém délkovém útvaru se označuje písmenem  $f$ , např. polyesterový multifilament s jemností 50 dtex složený z 20 fibril bude označena jako „PES 50dtex 20  $f$ “. Fibrilární struktura odpovídá struktuře většiny klasických vláken. Filamenty rozlišujeme na monofilové a multifilové. [12]

### **2.3.1.1 Monofil**

Monofil nebo také monofilament je označení pro délkovou textilií sestávající se z jednoho elementárního vlákna – fibrily. Monofil se většinou vyrábí z polyesteru, polyamidu, nebo polypropylenu přes zvlákňovací trysku s jediným otvorem. Jemnost monofilů se pohybuje mezi 2 a 1100 dtex. Vlákna se vyrábí o průměru přibližně 0,03 - 0,4 mm. [12]

### **2.3.1.2 Multifil**

Multifil je textilní vláknový útvar složený z libovolného počtu fibril s libovolným průřezem fibrily. Parametry multifilamentu jsou variabilní v jemnosti průměru fibril, počtu fibril a v samotném tvaru multifilu (hladké nebo tvarované) a dalších parametrech. Hladký multifil, který se skládá z paralelně uložených vláken. Tvarování se využívá pro změnu vlastností a struktury multifilu, jako je například větší objemnost, zlepšené tepelně – izolační vlastnosti, měkčí omak, větší zakrytí plošných textilií. Tvarování může být realizováno pomocí nepravého zákrutu, tažením přes hranu, ozubenými koly nebo vzduchem.

Jemnost multifilu se pohybuje v rozmezí přibližně 8 a 200 tex. [12]

### **2.3.2 Polyesterová vlákna**

Polyestery tvoří početnou skupinu syntetických polymerů. Společným znakem polyesterů je přítomnost esterových vazeb v polymerním řetězci. Polyesterová vlákna se označují mezinárodní zkratkou PES a jsou často využívána v rozdílných modifikacích v různých odvětvích především textilního průmyslu. Základní surovinou pro výrobu polyesteru je ropa, ze které se získává kyselina tereftalová a etylenglykol. Obě látky se dále zpracovávají polymeračním procesem polykondenzace a vzniká tak polyethylentereftalát - polykondenzát. Ten se pak dále zpracovává buď přímo zvlákňováním, nebo dojde nejprve k tvorbě granulátu, který je vysušen, nataven a až poté zvlákňován. Výsledkem je pak konečný výrobek ve formě filamentu či stříže (dále určená ke spřádání

nebo pro netkané textilie). PES vlákna je možné snadno tvarovat a modifikovat. Můžeme záměrně měnit elasticitu, sráživost nebo například žmolkovitost vláken. Mezi významné vlastnosti polyesteru patří především nízký stupeň navlhavosti, vysoká odolnost na světle, vůči povětrnostním vlivům a mikroorganismům. Na povrchu polyesterových vláken se časem objevují krátké řetězce polyetylentereftalátu což způsobuje drsnost vlákna. Tato vlastnost je pro oděvní účely negativní, pro kultivaci bakteriemi však může mít pozitivní vliv. Díky drsnosti vláken se bakterie lépe udrží na povrchu. [13]

### 2.3.3 Vlastnosti délkových útvarů

U délkových textilií můžeme definovat vlastnosti mechanické a geometrické. V rámci této práce se budou sledovat pouze vlastnosti geometrické, které by mohly být určující na proces uchycení biomasy na nosič. Mezi nejvýznamnější geometrické vlastnosti monofilu patří jemnost, průměr vlákna, plocha příčného řezu, měrný povrch, pro multifil pak ještě zaplnění a zákrut. [14]

#### 2.3.3.1 Jemnost

Jemnost, nebo také délková hmotnost vyjadřuje kolik gramů váží jeden kilometr délkové textilie. Jemnost délkové textilie se vyjadřuje vzorcem:

$$T [tex] = \frac{m [g]}{l [km]} [g \cdot km^{-1}], \quad (1)$$

kde  $m$  je hmotnost a  $l$  vyjadřuje délku.

Jemnost jednotlivých vláken  $t$  lze zjistit ze znalosti jemnosti celého multifilu  $T$  a počtu fibril  $n$ . K výpočtu jemnosti z těchto parametru může být použit:

$$T [tex] = t [tex] \cdot n \quad t [tex] = \frac{T [tex]}{n}, \quad (2)$$



Výpočet jemnosti vlákna může být také vyvozen ze základního vztahu pro výpočet jemnosti (1), znalosti hustoty materiálu  $\rho$  a plochy příčného řezu  $S$ .

$$t [\text{tex}] = \frac{m}{l} = \frac{l \cdot S \cdot \rho}{l} = S \cdot \rho, \quad (3)$$

Z tohoto vzorce (3) vyplývá, že pokud budeme mít dvě vlákna se stejnou jemností, ale rozdílnou měrnou hmotností (hustotou), musí se lišit průměry vláken. Vláknem s větší hustotou bude mít menší průměr než vlákno s menší měrnou hmotností.

### 2.3.3.2 Měrný povrch vláken

Měrný povrch, nebo také specifický povrch vláken vyjadřuje plochu povrchu na jednotku hmotnosti vlákna. Zjednodušeně se dá říct, že specifický povrch vlákna vyjadřuje členitost jeho povrchu. Čím členitější a jemnější vlákno je, tím větší je jeho měrný (specifický) povrch. Měrný povrch určuje další vlastnosti materiálu jako např. sorpce kapalin. Z hlediska kolonizace bakteriální biomasou je tato vlastnost vlákna důležitá. Vycházíme totiž z předpokladu, že čím větší specifický povrch vlákna mají, tím lépe budou bakteriemi osidlovány.

Pro vlákna kruhového průřezu platí vztah:

$$S_p [m^2 \cdot kg^{-1}] = 2 \cdot \sqrt{\frac{\pi}{T [\text{tex}] \cdot \rho [kg \cdot m^{-3}]}} \quad (4)$$

U vláken nekruhového průřezu je měrný povrch závislý na obvodu vlákna  $O$  a plochou průřezu  $S$ . Pro nekruhová vlákna tedy platí:

$$S_p [m^2 \cdot kg^{-1}] = \frac{O}{S \cdot \rho} = \frac{4 \cdot \pi}{O \cdot c \cdot \rho} = \frac{4 \cdot \pi \cdot (q + 1)^2}{O \cdot \rho [kg \cdot m^{-3}]}, \quad (5)$$

kde  $q$  je tvarový faktor,  $\rho [kg \cdot m^{-3}]$  je hustota vlákna,  $c$  je cirkularita (ta vyjadřuje, jak moc se obvod vlákna liší od kruhu). Tvarový faktor i cirkularita jsou bezrozměrné jednotky.

[14]

## 2.4 Metody analýzy délkových útvarů

Tato kapitola se zabývá základní metodikou analýzy vybraných geometrických vlastností délkových útvarů, které byly použity jako vstupní produkty pro výrobu osnovních oboulícnicích pletenin.

### 2.4.1 Podmínky zkoušení vlastností textilií

Některá vlákna mají sorpční schopnost, tedy mají schopnost přijímat vlhkost ze vzduchu, z lidské pokožky apod. Vlivem těchto sorpčních dějů se mění některé vlastnosti vláken. Mění se mechanické vlastnosti, vlákna bobtnají (změna průřezu a délky) a dochází ke změnám hmotnosti, která je klíčová pro stanovení délkové hmotnosti (jemnosti) či plošné měrné hmotnosti. Z tohoto důvodu jsou stanoveny klimatické podmínky pro zkoušení textilií, které jsou dány normou: *ČSN 80 0056 Textilní materiály. Klimatické podmínky pro klimatizování a zkoušení vzorků a metody pro jejich stanovení.* [19]

- teplota vzduchu:  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- vlhkost vzduchu:  $65 \pm 2 \%$

### 2.4.2 Jemnost

Jemnost délkových útvarů lze určit několika způsoby:

- výpočtem z průměru vlákna (vlákna kruhového průřezu)
- výpočtem z plochy průřezu (nekruhová vlákna)
- gravimetrickou metodou
- rezonanční metodou
- pneumatickou metodou

K ověření jemnosti vzorku v této práci byla použita metoda gravimetrická, proto bude v této práci popsána pouze ta. Gravimetrická metoda spočívá v odměření

určité délky (zpravidla 100 m) pomocí metrického vijáku a zvážení tohoto odvinutého množství na gravimetrických vahách. Tyto hodnoty se poté dosadí do vzorce (1) uvedeného v kapitole 2.3.3.1. Tato metoda je velice citlivá na přesnost přístrojů (váhy a viják). Pro větší přesnost je tedy doporučeno toto měření několikrát opakovat a vypočítat průměrné hodnoty. [19]

#### **2.4.3 Počet fibril multifilu**

Počet fibril v multifilu může být zjišťován dvěma způsoby. Prvním je vytahování jednotlivých fibril ze svazku multifilu a určením jejich počtu. Druhý způsob spočívá v analýze příčných řezů multifilů a jejich vyhodnocení pomocí obrazové analýzy. Obrazová analýza využívá výpočetní techniku pro zpracování a vyhodnocování obrazu. Do systému obrazové analýzy může obraz vstupovat buď z fotografie pořízené pomocí digitální kamery nebo přímo z mikroskopu. Systém se kalibruje pomocí obrazu známé velikosti, tím se obrazovým elementům (pixelům) přiřazuje skutečná hodnota velikosti plochy a stran. Systém obrazové analýzy poté přepočítává velikost obrazu a zároveň je zpracovává do statických dat. Příprava na tvorbu příčných řezů spočívá v odběru vzorků a jejich fixaci v parafínovém vosku. Samotná tvorba příčných řezů je realizována na mikrotomu. [19]

#### **2.4.4 Obvod, ekvivalentní průměr, cirkularita**

Obvod, ekvivalentní průměr a cirkularita se dají určit pomocí příčných řezů do destičky. Skrze kruhový otvor kovové destičky se pomocí smyčky vytvořené z pevné nitě protáhne svazek vláken. Tento svazek je poté z obou stran seříznut pomocí žiletky. Takto vznikne řez svazkem vláken, který je upevněn v destičce, která je vložena pod mikroskop. Průřezy vláken mohou být buď obkresleny pomocí kreslicího zařízení, nebo může být pořízena jejich digitální fotografie, která je poté vyhodnocena pomocí obrazové analýzy. [14], [19]

#### **2.4.5 Měrný povrch**

Měrný povrch, též specifický povrch multifilu se zjišťuje z dílčích povrchů vláken. Ty jsou spočítány pomocí vztahu (5). Celkový specifický povrch multifilu je pak vypočítán z průměrné hodnoty povrchů jednotlivých vláken, která je vynásobena počtem fibril v multifilu. [14]

## 2.5 Metody pro statistické zpracování dat

Statistické zpracování pro soubor dat  $n > 20$ .

### 2.5.1 Aritmetický průměr

Pro vyhodnocování souboru statistických dat se používají charakteristiky polohy, které popisují, kolem kterých hodnot se zkoumaný znak pohybuje. Mezi charakteristiky polohy patří aritmetický průměr. Aritmetický průměr je definován jako součet všech hodnot  $x_i$ , vydělený počtem jednotek souboru  $n$ .

[18] Vztah pro výpočet aritmetického průměru:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

### 2.5.2 Rozptyl

Rozptyl udává, jak moc se hodnoty statistického znaku průměrně liší od průměrné hodnoty, vyjádřeno ve druhé mocnině. Rozptyl je definován jako průměr druhých mocnin odchylek od aritmetického průměru. Pro statistické zpracování dat této práce je použit tzv. výběrový rozptyl  $s^2$ , který je používán v případě, kdy je k dispozici pouze výběrový soubor. [18]

Výběrový rozptyl je definován jako:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (7)$$

### 2.5.3 Směrodatná odchylka

Směrodatnou odchylku získáme odmocněním rozptylu:

$$s_x = \sqrt{s_x^2} \quad (8)$$

### 2.5.4 Variační koeficient

Variační koeficient je vhodný pro vzájemné porovnání variability dvou a více souborů. Variační koeficient se získá tak, že směrodatnou odchylku dělíme aritmetickým průměrem souboru. Pokud je výsledek tohoto podílu vynásoben 100 je možné variační koeficient vyjádřit v procentech. [20]

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (9)$$

### 2.5.5 95% interval spolehlivosti

Představuje rozsah hodnot pro střední hodnotu základního souboru. Střední hodnota leží uprostřed tohoto rozsahu. Interval spolehlivosti se určuje ze směrodatné odchylky a hladiny významnosti  $\alpha$ . Koeficient nabývá hodnoty  $\alpha=0,05$  pro 95% a  $\alpha=0,01$  pro 99% IS. 95% Interval spolehlivosti tedy znamená, že s 95% jistotou leží průměrná hodnota v tomto intervalu. [20]

Platí:

$$95\% IS = \bar{x} \pm t_{0,975}(n - 1) \frac{s}{\sqrt{n}} , \quad (10)$$

kde  $t_{0,975}$  je tabulková hodnota studentova rozdělení.

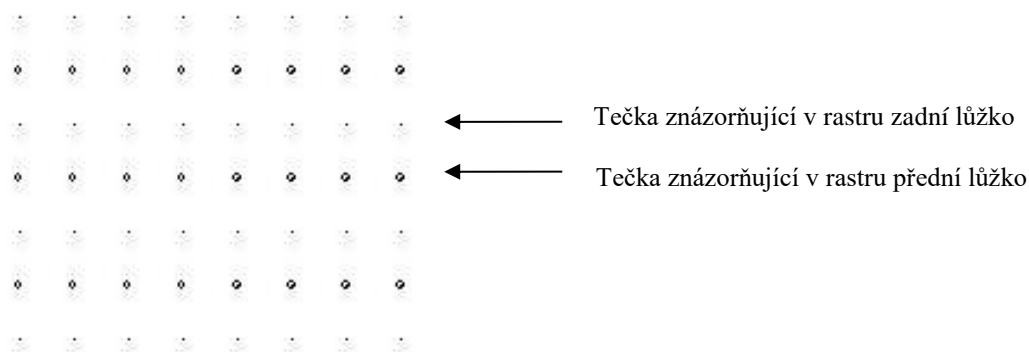
### 3 Experimentální část

Cíl této bakalářské práce spočívá v návrhu a výrobě série vzorků speciálních osnovních pletenin s odlišnými strukturami, které by mohly sloužit jako nosiče biomasy v čištění odpadních vod. Pro výrobu takového bakteriálního nosiče musíme vycházet ze znalostí bakteriální biomasy a její kolonizace a také ze znalostí osnovní pletařské technologie a strukturálních vlastností pleteniny. Z tohoto důvodu jsou v rámci této bakalářské práce strukturální vlastnosti výsledných osnovních sendvičových pletenin vyhodnocovány.

Tato práce částečně vychází z poznatků bakalářské práce Šárky Hauzerové, *Vliv struktury multifilu na testování bakteriálních biofilmů při čištění odpadních vod*, která zkoumala vhodnost polyesterových multifilů jako nosičů bakteriální biomasy. K výsledkům této práce bylo přihlíženo především při výběru multifilu, který byl pro výrobu vzorků použit. Multifil, tedy textilní materiál, na který se podle předpokladu budou uchycovat bakterie, byl použit pro střední vrstvu sendvičové struktury. U jednotlivých vzorků pak byla měněna vazba a návlek kladcího přístroje s multifilem. Postupně bylo prodlužováno kladení multifilu, tedy se měnila délka spojovacích klíčků. V experimentální části této práce bude popsán návrh jednotlivých vzorků, jejich výroba na osnovním dvoulůžkovém rašlu a následné vyhodnocení strukturálních vlastností vzorků.

### 3.1. Návrh vzorků

Návrh vzorků byl realizován pomocí programu TexMind Warp Knitting Pattern Editor. V tomto programu zadáváme jednotlivým kladečím přístrojům jakým směrem a o kolik roztečí se mají posunout. Kladení se zadává do tečkovaného rastru, kde je velikostí teček rozlišeno přední a zadní lůžko.



Obrázek 4 - Rastr programu Texmind

#### 3.1.1. Lící a rubní strana pleteniny

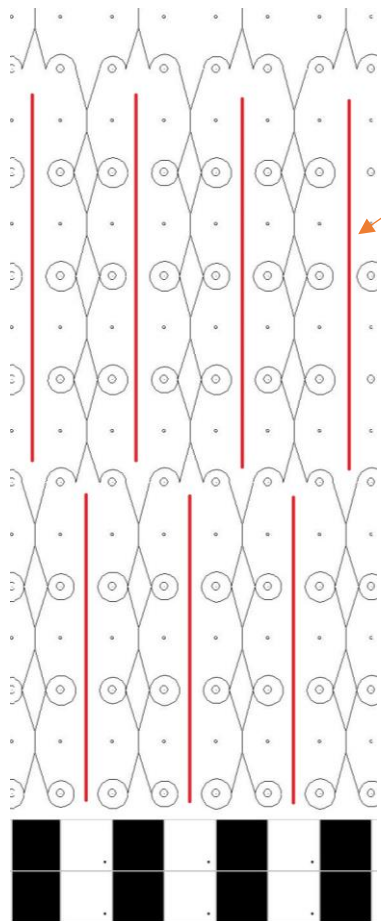
Technický líc a technický rub pleteniny se může pro lepší názornost navrhovat jako dvě oddělené jednolící struktury, výsledný vzhled a provázání jednotlivých kladečích přístrojů se však musí zkontrolovat znázorněním všech KP do rastru pro dvoulůžkový rašl.

Na následujícím obrázku je příklad návrhu pletené vazby v programu TexMind. Jedná se o vazbu s návlekm KP3 1:1 a s délkou spojovací kličky o 2 roztečích. Všechny navržené vazby jsou vyobrazeny v příloze č. 1.



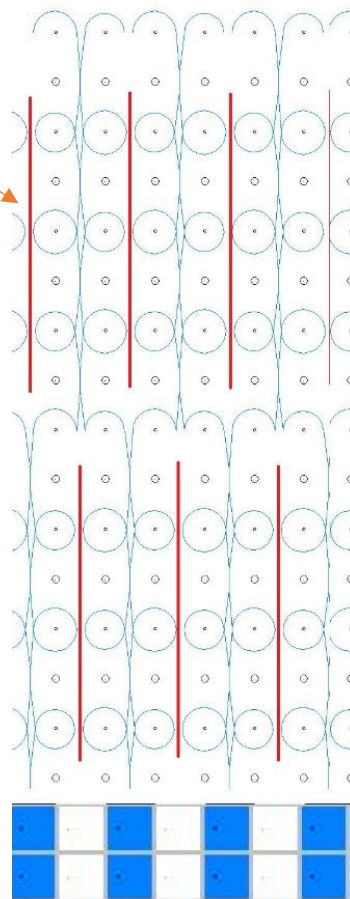


Pro lící stranu pleteniny jsou dány od výrobce a od mechanického nastavení stroje dva kladeční přístroje, které kladou pouze na předním lůžku (KP1 a KP2), pro rubní stranu to pak jsou KP5 a KP6, které kladou pouze na zadní lůžko. Pro obě strany sendvičové struktury byla navržena stejná filetová vazba. Filetová vazba má vzhled síťoviny. Filetové otvory, které ve struktuře pleteniny vznikají, umožňují volné proudění biomasy do vnitřní vrstvy k multifilu, na který by se podle předpokladů měly usazovat bakterie. Pro vzorky byl navržen osmiřádkový fileť, jehož základním stavebním prvkem je trikotové uzavřené kladení, které je po třech řádcích přesazeno o jednu rozteč. Pro dvojici kladečních lišt je navržena stejná vazba ovšem s protisměrným kladením, tak aby vznikaly vzájemně neprovázané sloupky oček. Návlek kladečních přístrojů byl zvolen 1:1, tzn. jedna plná kladeční jehla a jedna prázdná.



Obrázek 7- Fileť na předním lůžku

Filetové otvory



Obrázek 6 - Fileť na zadním lůžku

| <b>KP</b> | <b>Zápis kladení</b>  | <b>Návlek</b> |
|-----------|---|---------------|
| <b>1</b>  | 2-1-2-2/ 2-3-2-2/ 2-1-2-2/ 2-3-3-3/ 3-4-3-3/ 3-2-3-3/<br>3-4-3-3/ 3-2-2-2// | 1:1           |
| <b>2</b>  | 2-3-2-2/ 2-1-2-2/ 2-3-2-2/ 2-1-1-1/ 1-0-1-1/ 1-2-1-1/<br>1-0-1-1/ 1-2-2-2// | 1:1           |
| <b>5</b>  | 2-2-2-3/ 2-2-2-1/ 2-2-2-3/ 2-2-2-1/ 1-1-1-0/ 1-1-1-2/<br>1-1-1-0/ 1-1-1-2// | 1:1           |
| <b>6</b>  | 2-2-2-1/ 2-2-2-3/ 2-2-2-1/ 2-2-2-3/ 3-3-3-4/ 3-3-3-2/<br>3-3-3-4/ 3-3-3-2// | 1:1           |

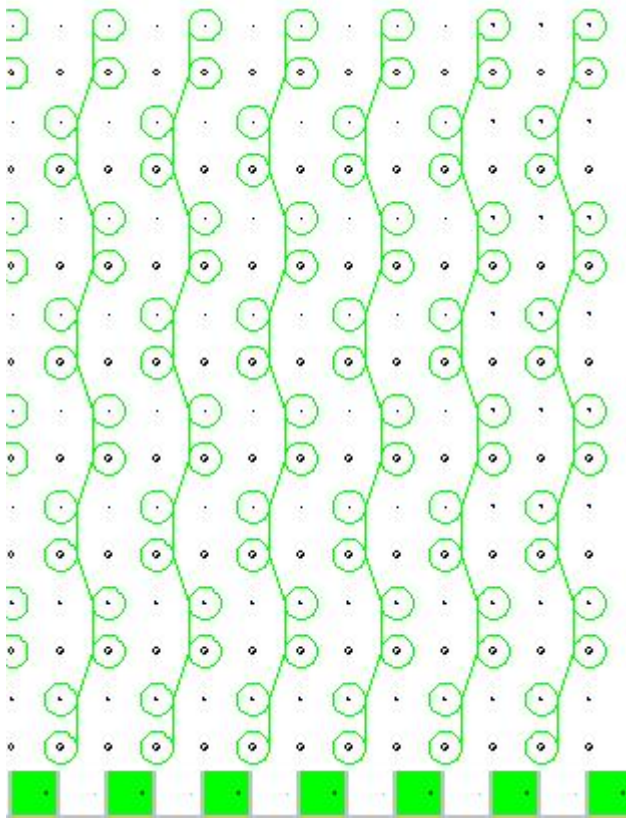
Tabulka 1 - Kladení kladecích přístrojů

### 3.1.2. Kladecí přístroj 4

V kladecím přístroji 4 je navlečen monofil. Monofil je nevhodný pro kolonizaci bakteriemi, kvůli jeho geometrickým vlastnostem. Na samotnou kolonizaci tedy nemá vliv a je použit pro stabilizaci sendvičové osnovní struktury. Kladení monofilu je střídavě kladený uzavřený řetízek, který v každém řádku přechází do protějšího lůžka. Návlek kladecího přístroje byl volen tak aby byla zachována dostatečná prodyšnost pleteniny a zamezilo se nebezpečí zarůstání nosiče a zároveň aby byla zajištěna stabilita konstrukce střední vrstvy - tloušťka. Návlek KP4 byl tedy zvolen 1:3.

| <b>KP</b> | <b>Zápis kladení</b>  | <b>Návlek</b> |
|-----------|-----------------------|---------------|
| <b>4</b>  | 1-2-1-2/ 1-0-1-0// 4x | 1:3           |

Tabulka 2 - Zápis kladení kladecího přístroje 4



Obrázek 8 - Kladení KP 4

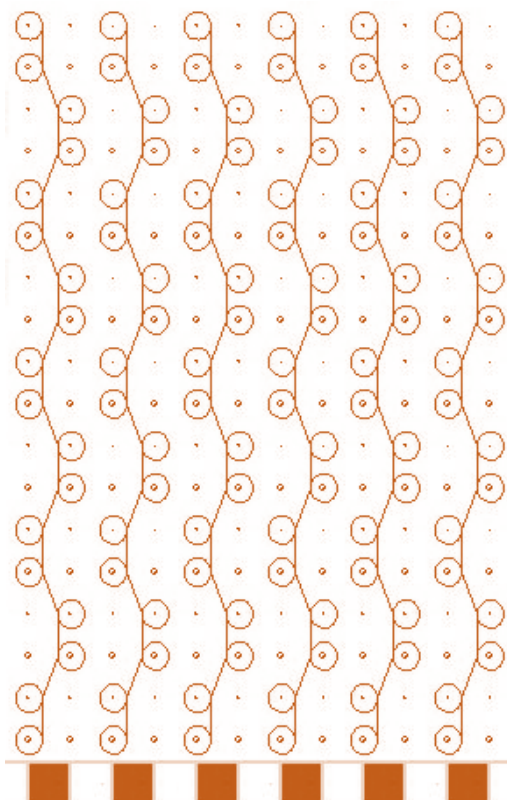
### 3.1.3. Kladeční přístroj 3

V kladečním přístroji č. 3 je navlečen polyesterový multifil, který střídavě provazuje obě lůžka. Pro tento kladeční přístroj byla navržena tři různá kladení. Základem všech vazeb pro KP3 je střídavě kladený uzavřený řetízek, který po každém řádku přechází do protějšího lůžka. Očko střídavého kladení je v závislosti na vazbě přesazeno o jednu až tři rozteče. Přejít z předního do zadního lůžka zabezpečuje provázání obou jedlících filetových struktur, které vznikají na předním a zadním lůžku. Kladení KP3 i KP4 je navrženo tak, aby byly jedlící struktury na předním a zadním lůžku provázány takovým způsobem, aby se neuzavíraly filetové otvory. Cílem prodloužení spojovací kličky je přidat množství multifilu v prostřední vrstvě osnovní oboulící struktury a tak zvětšit prostor pro uchycení a tvorbu bakteriálního multifilu.

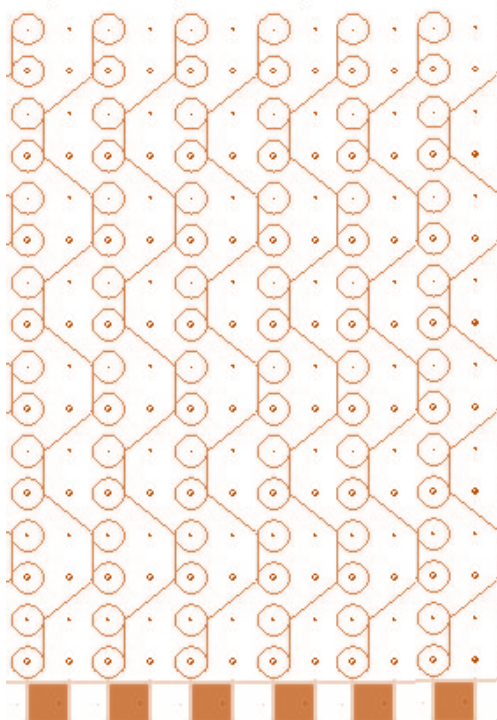


| Vzorek | Zápis kladení KP3     |
|--------|-----------------------|
| 1 - 3  | 1-2-1-2/ 1-0-1-0// 4x |
| 4 - 6  | 2-3-2-3/ 1-0-1-0// 4x |
| 7 - 9  | 3-4-3-4/ 1-0-1-0// 4x |

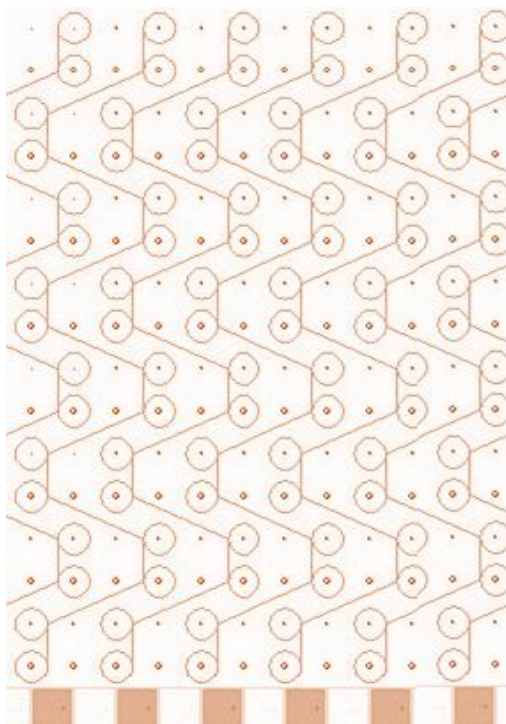
Tabulka 3 - Kladení kladecího přístroje 3



Obrázek 9 -Návrh kladení KP3 při návleku 1:1, přesazení o 1 rozteč



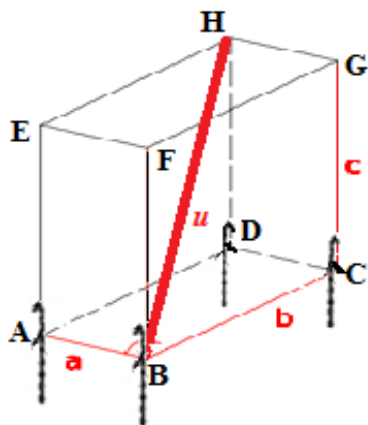
Obrázek 10 -Návrh kladení pro KP3 s návlekiem 1:1, přesazení o 2 rozteče



Obrázek 11 - Návrh kladení pro KP3 s návlekiem 1:1, přesazení o 3 rozteče

Změna délky spojovací kličky je naznačena teoretickými výpočty, které vychází ze znalosti parametrů stroje.

- Vzdálenost mezi lůžky: 15 mm
- Dělení stroje 12E = 12 jehel na anglický palec ~ 1 jehla na 2,117 mm



*AB – přední lůžko*

*CD – zadní lůžko*

Obrázek 12 - Schématický náčrt

Ze schématu je patrné, že pro teoretický výpočet délky spojovací kličky můžeme využít vztahu pro výpočet tělesové úhlopříčky kvádra:

$$u = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}, \quad (11)$$

kde  $u$  bude délka spojovací kličky,  $a$  vzdálenost mezi jehlami v bloku,  $b$  vzdálenost mezi lůžky a  $c$  je parametr, který souvisí s nastavením stroje (odtah, podávání) a koresponduje s výškou očka. Tento parametr je pro všechny vazby konstantní.

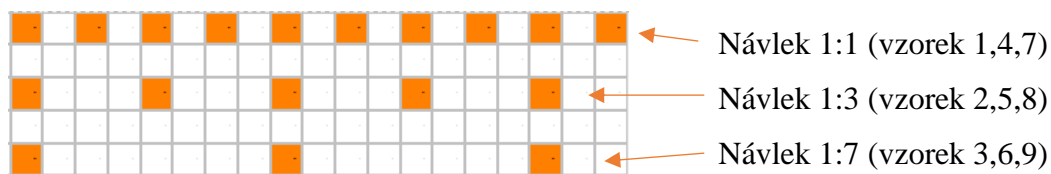
Pro první kladení, kde je řetízek přesazen o jednu rozteč platí základní vztah (11), pro druhé kladení platí upravený vztah:

$$u = \sqrt{(2a)^2 + b^2 + c^2}, \quad (12)$$

kde  $2a$  znázorňuje posun o dvě rozteče do strany. Analogicky pak můžeme upravit vztah pro poslední vazbu s přesazením o tři rozteče.

$$u = \sqrt{(3a)^2 + b^2 + c^2}, \quad (13)$$

Dalším způsobem, jak můžeme ovlivnit množství multifilu ve střední vrstvě, je změna návleku kladečního přístroje. Ke každému kladečnímu multifilu, byly tedy navrženy tři různé návleky KP3. První návlek je totožný s návlekiem kladečních přístrojů 1, 2, 5 a 6, tedy 1:1. Další návleky vznikly tak, že z předchozího návleku byla vždy vystřižnuta každá druhá niť, vzniklé návleky jsou tedy 1:3 a 1:7.



Obrázek 13 - Znárodnění návleku

S použitím předchozích výsledků výpočtů délky spojovací klíčky a se znalostí návleku kladeční lišty můžeme dojít k teoretickému výpočtu množství multifilu na blok kladečních jehel, tedy jeden anglický palec. Z návleku KP3 a dělení stroje můžeme určit, kolik kladečních jehel bude obsazeno a tedy kolik nití multifilu bude tvořit střední vrstvu pleteniny.

Výsledky těchto teoretických výpočtů jsou zahrnuty v následující tabulce č.4.

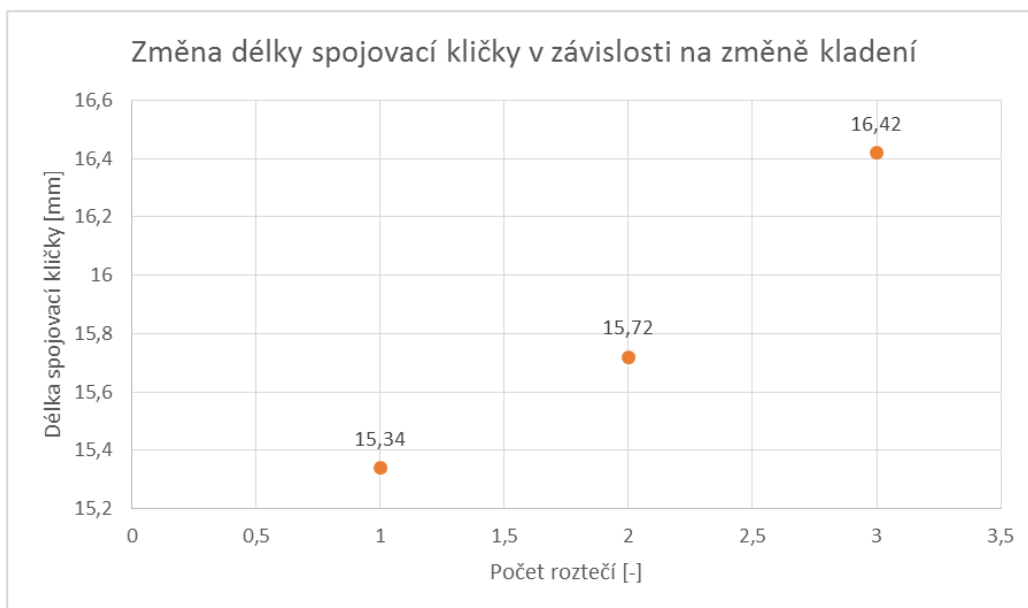
| Číslo vzorku | Návlek | Přesazení [n roztečí] | Označení vzorku | $u$ [mm]               |
|--------------|--------|-----------------------|-----------------|------------------------|
| 1            | 1:1    | 1                     | R1, 1:1         | $\sqrt{229,482 + c^2}$ |
| 2            | 1:3    | 1                     | R1, 1:3         | $\sqrt{229,482 + c^2}$ |
| 3            | 1:7    | 1                     | R1, 1:7         | $\sqrt{229,482 + c^2}$ |
| 4            | 1:1    | 2                     | R2, 1:1         | $\sqrt{242,927 + c^2}$ |
| 5            | 1:3    | 2                     | R2, 1:3         | $\sqrt{242,927 + c^2}$ |
| 6            | 1:7    | 2                     | R2, 1:7         | $\sqrt{242,927 + c^2}$ |
| 7            | 1:1    | 3                     | R3, 1:1         | $\sqrt{265,335 + c^2}$ |
| 8            | 1:3    | 3                     | R3, 1:3         | $\sqrt{265,335 + c^2}$ |
| 9            | 1:7    | 3                     | R3, 1:7         | $\sqrt{265,335 + c^2}$ |

Tabulka 4 - Výsledky teoretických výpočtů



Pro lepší orientaci byly výsledky znázorněny také graficky. Aby bylo možné výsledky z tabulky 3 převést do grafické podoby, byla za konstantu  $c$  (výška očka) dosazena hodnota 2,08 mm. Na ose y je znázorněna délka spojovací kličky  $u$  [mm] v závislosti na počtu roztečí, o které byl řetízek přesazen. Na ose x je pak znázorněn počet roztečí.

Z grafu je patrné, že počet roztečí, o které je řetízek přesazen má vliv na výslednou délku spojovací kličky.



Graf 1 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně kladení

V grafu 2 je znázorněno, jak by se měnila délka spojovací kličky, pokud by parametr  $c$  nebyl konstantní. Tedy pokud by se měnila rychlost podávání či odtahu. Na ose y je znázorněna délka spojovací kličky  $u$  [mm], na ose x je znázorněna výška očka  $c$  [mm].

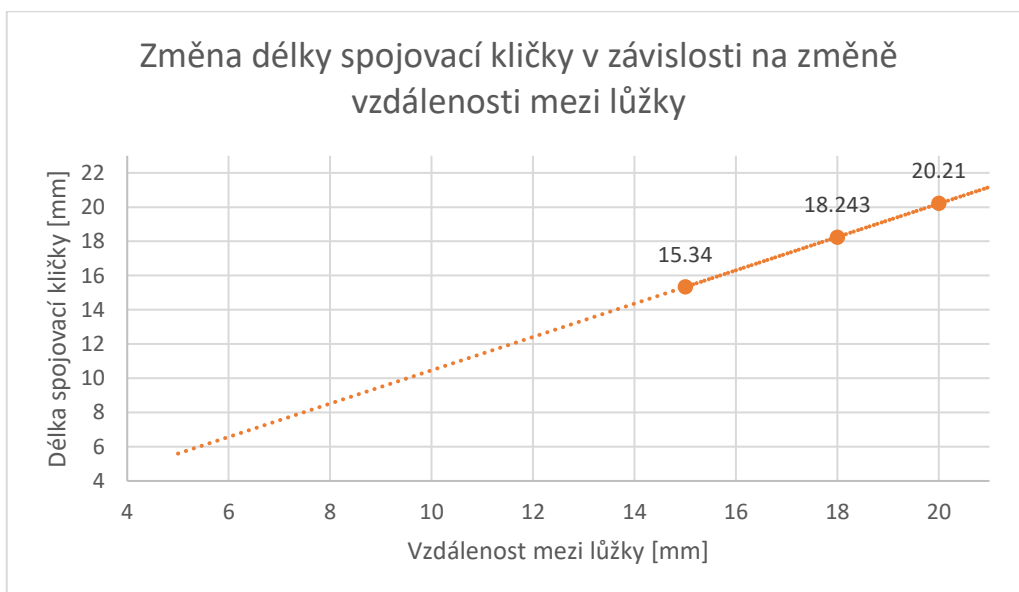
Z grafického znázornění je zřejmé, že délku spojovací kličky je možné ovlivnit také změnou rychlosti podávání a odtahu. Při narůstajícím odtahu se zvětšuje výška očka a prodlužuje se spojovací klička.



Graf 2 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně výšky

V dalším grafu je naznačena změna délky spojovací kličky v závislosti na vzdálenosti mezi lůžky. Pro grafické znázornění byly použity hodnoty b, tedy vzdálenost mezi lůžky, 15 mm, 18 mm a 20 mm. Na ose y je znázorněna délka spojovací kličky [mm], na ose x je zobrazena vzdálenost mezi lůžky.

Z grafu vyplývá, že zvětšení vzdálenosti mezi lůžky má za následek prodloužení spojovací kličky.

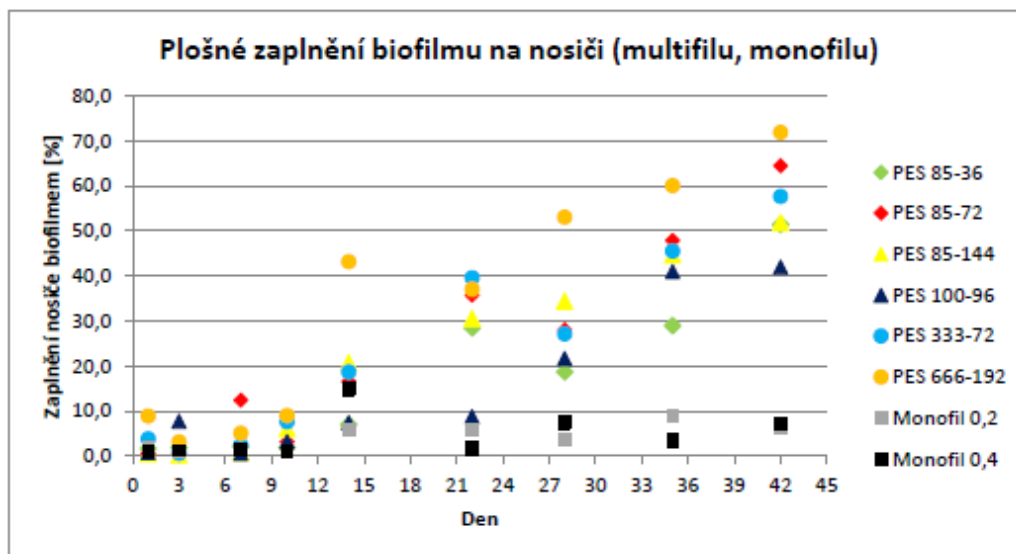


Graf 3 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně vzdálenosti mezi lůžky

### 3.2. Vstupní materiál a jeho vlastnosti

Při výběru vstupních délkových útvarů byly uvažovány výsledky měření z bakalářské práce Šárky Hauzerové, *Vliv struktury multifilu na testování bakteriálních biofilmů při čištění odpadních vod*. Tato práce zkoumala, který multifil je nejlépe kolonizován v závislosti na vlastnostech multifilu. Z výsledků vyplývá, že nejlépe kolonizovaný vzorek ze zkoušených multifilů, byl multifil PES 666 dtex, 192 f. S ohledem na pletářskou technologii byl zvolen jemnější multifil s menším počtem fibril PES 333dtex, 72 f, který měl však velmi podobný průběh kolonizace.

Pro uchycování bakteriálního biofilmu jsou vhodné především multifily s vysokým měrným povrchem. Zvýšení měrného povrchu lze dosáhnout provířením nebo tvarováním multifilu, tím dochází i k ojednocení vláken. Multifil s takovouto strukturou je rychleji kolonizován bakteriemi, než multifily hladké. [17]



Obrázek 14 - Výsledky BP Šárky Hauzerové [17]

Při výběru materiálu je důležité brát ohled na kapacitu hlavy pletací jehly a také na použitou vazbu. V našem případě je na některé jehly kladeno až čtyřmi kladečními přístroji najednou a mohla by být tedy překročena kapacita jehly. Ve struktuře by pak vznikaly chyby, jazýčky by správně neuzavíraly hlavy jehel a následující očko by se správně nenaneslo.

Geometrické vlastnosti vstupních materiálů jsou uvedeny v následujících tabulkách.

| <b>Multifil pro KP3</b>  | <b>Hodnoty</b> |
|--|----------------|
| <b>Jemnost [dtex]</b>  | 333            |
| <b>Počet fibril</b>  | 72             |
| <b>Obvod [<math>\mu\text{m}</math>]</b>                            | 68,97          |
| <b>Ekvivalentní průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>              | 21,02          |
| <b>Cirkularita</b>   | 0,94           |
| <b>Měrný povrch [<math>\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}</math>]</b> | 10 549,15      |

Tabulka 5 - Vybrané geometrické vlastnosti multifilu pro KP3

Jemnost a počet fibril multifilu jsou zpravidla uvedeny na štítku od výrobce. Zkouška jemnosti a počtu fibril byla použita pro kontrolu těchto hodnot. Výsledky kontrolních měření jsou uvedeny v příloze č.2.

Jednotlivé hodnoty geometrických vlastností multifilu pro KP3, uvedené v tabulce 5, byly převzaty ze zmiňované bakalářské práce, ve které byly provedeny série zkoušek, z kterých byly vyhodnoceny průměrné hodnoty.

Přední a zadní strana osnovního sendvičového úpletu je pletena také z polyesterového multifilu ovšem s jinou jemností a jiným počtem fibril. Tento materiál byl vybrán na základě předchozích zkušeností použití tohoto materiálu pro pletení na osnovním dvoulůžkovém rašlu.

| <b>Multifil pro KP1, KP2, KP5 a KP6</b> | <b>Hodnoty</b> |
|---|----------------|
| <b>Jemnost [dtex]</b>                   | 167            |
| <b>Počet fibril</b>                     | 96             |

Tabulka 6 - Vybrané vlastnosti multifilu pro lícni a rubní stranu

Volba monofilu, který je navlečen ve čtvrtém kladečím přístroji byla také založena na předchozích technologických poznatcích, získaných při pletení na dvoulůžkovém rašlovém stroji. Monofil se zpravidla neoznačuje jemností, ale průměrem vlákna. Použit byl PES monofil o průměru 0,2  $\mu\text{m}$ .

Pro další zpracování vzorku osnovního sendvičového úpletu fixací, je zapotřebí také znalost termického chování PES vláken. Teploty jednotlivých teplotních bodů jsou uvedeny v následující tabulce č.8.

| <b>PES vlákna</b>  | <b>Teplota [°C]</b> |
|--------------------|---------------------|
| <b>Bod měknutí</b> | 235 - 245           |
| <b>Bod tání</b>    | 250 - 260           |

Tabulka 7 - Termické vlastnosti PES vláken

### **3.3. Výroba vzorků**

Vzorky pro tuto bakalářskou práci byly vytvářeny na osnovním dvoulůžkovém rašlu, který je součástí pletařské laboratoře KTT. Samotný proces výroby se skládá z přípravy stroje pro pletení, procesu pletení a finální úpravy vzorků – fixace. Tyto procesy budou podrobně popsány v této kapitole a souvisejících podkapitolách.

#### **3.3.1. Příprava materiálu pro pletení**

Příprava pro pletení zahrnuje především soukání a snování na osnovní vály. V případě této práce byly osnovní vály, z kterých byly vedeny nitě pro lící a rubní stranu pleteniny již nasnovány a připraveny pro použití na stroji. Multifil pro KP3 byl veden z jednotlivých cívek umístěných na cívečnici.

#### **3.3.2. Příprava stroje pro pletení**

Než je možné začít plést vzorky je zapotřebí stroj připravit tzn. nastavit vzdálenost mezi lůžky, navléct osnovní nitě do jehel jednotlivých kladečních lišt podle požadovaného návleku a zapsat kladení vazby do stroje.

##### **3.3.2.1. Vzdálenost mezi lůžky**

Nastavení vzdálenosti mezi lůžky má vliv na množství materiálu kladeného KP3 a KP4, tedy kladečními přístroji, které kladou jak na přední, tak na zadní lůžko. Pokud zvětšíme vzdálenost mezi lůžky, prodlouží se délka spojovací kličky mezi lůžky. Toto prodloužení nitě v očku je graficky znázorněno v kapitole 3.1.2 v grafu 3.

Při pletení vzorků pro tuto bakalářskou práci byly použity dvě různé nastavení vzdálenosti mezi lůžky. První nastavená vzdálenost mezi lůžky byla 20 mm. Při tomto nastavení se osnova trhala i při krokové rychlosti stroje. Mohlo to být způsobeno nedostatečným výkyvem kladečních přístrojů, které kladly mezi předním i zadním lůžkem. Nedostatečný výkyv kladečních přístrojů způsobil to,

že nitě nebyly nanесeny správně na otevřený jazýček. Tyto nitě (které jsou pod neustálým napětím) pak působily na jehly silou, která vedla k tomu, že jehly byly ohýbány. Ohyb jehel následně vedl k tomu, že osnovní očka nebyla na jehlách správně vytvářena, osnovní nitě se trhaly a ve struktuře pleteniny vznikalo mnoho chyb. Z tohoto důvodu byla původní vzdálenost mezi lůžky 20 mm snížena na 15 mm. Při tomto nastavení stroje byly upleteny všechny výsledné vzorky pro tuto bakalářskou práci.

### **3.3.2.2. Navedení nití do kladečních lišt**

Osnovní nitě byly naváděny podle požadovaného návleku do jednotlivých kladečních jehel, jednotlivých kladečních lišt.

Osnovní nitě pro KP1, KP2, KP5 a KP6, tedy kladeční přístroje, které kladou pouze na jedno z lůžek, byly vedeny z osnovních válu. Nitě jsou z osnovních válu vedeny přes hřeben, který zabezpečuje pořadí nití, dále přes regulátory, které vyrovnávají změny tahových sil při výkyvu kladečních přístrojů, do kladečních lišt. Osnovní nitě pro KP3 a KP4 byly vedeny jednotlivě z cívek, které byly uloženy na trnech cívečnice.

Při navlékání nití do kladečních jehel je nutné dát si pozor na zachování pořadí nití.

### **3.3.2.3. Zápis kladení**

Zápis kladení je potřeba zadat do ovládacího panelu stroje. Při zápisu pro dvoulůžkový rašl Rius, který je v laboratořích KTT se čísly rozteče násobky čísla 21, zápis je tedy potřeba přečíslovat.

Stroj je nejprve spuštěn krokovou rychlostí, při níž se sleduje každý výkyv a posun kladečních přístrojů, aby se ověřilo zda jehly kladečních přístrojů nenarážejí do jehel jehelního lůžka. Pokud by docházelo ke kontaktu mezi jehlami, při vyšších otáčkách by to mohlo vést k vylomení nebo ohnutí jehel.

### **3.3.3. Proces pletení**

Pleteninu je nutné dostat do odtahovacích válců pletacího stroje aby byl zaručen rovnoměrný odtah pleteniny. Lící a rubní strana pleteniny se zaplétala do odtahu postupně.

Pro lepší zapletení pleteniny do odtahu bylo místo filetové vazby použito trikotové kladení. Po zapletení nití všech kladečních přístrojů do odtahu, se začala plést vazba požadovaného filetu.

Nejprve byly upleteny vzorky s návlekem 1:1. Po odpletení všech 3 kladení (kladení s rozdílnou délkou spojovací klíčky) při návleku 1:1, byla z kladečních jehel vystřižena každá druhá nit, tím vznikl návlek 1:3, při kterém byly upleteny další 3 vzorky. Stejně bylo provedeno pro další sérii vzorky při návleku 1:7. Takto bylo upleteno 9 vzorků osnovní oboulící pleteniny.

### **3.3.4. Fixace vzorků**

Fixace se provádí za účelem zvýšit tvarovou a rozměrovou stabilitu pleteniny. U sendvičové pleteniny se jedná především o ustálení vzdálenosti lící a rubní strany pleteniny. Pro účel fixace se při pletení používá monofil z termoplastického polymeru, v případě této bakalářské práce se jedná o polyester, který je navlečen v KP4.

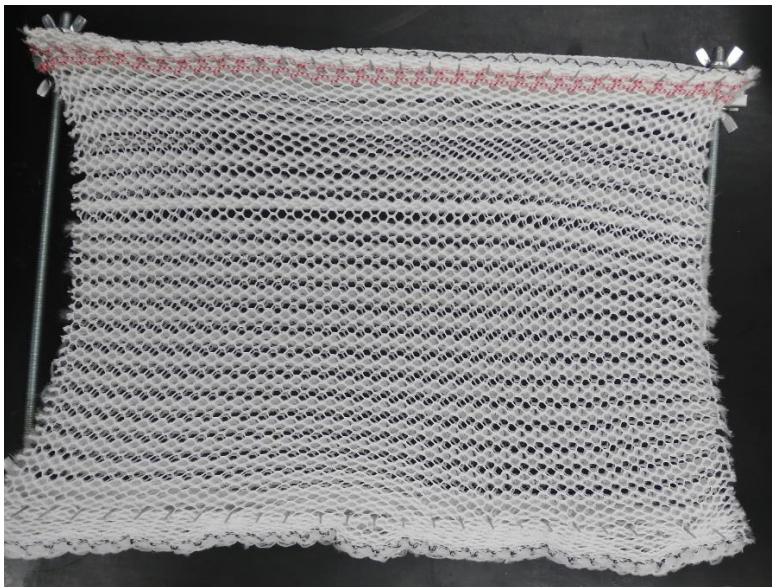
Fixace pleteniny spočívá ve vyhřátí textilie na určitou teplotu a jejím následném vychlazení. Vychlazením se ve vláknech dosáhne stabilizace polohy molekulárních řetězců. Doba a teplota fixace je závislá na fixovaném materiálu a způsobu fixace. Dodržení fixačních podmínek je důležité, pokud dojde k překročení stanovené nejvyšší teploty může to vést k poškození materiálu.



Vzorky jsou fixovány upnuté na fixačním rámu v sušičce.

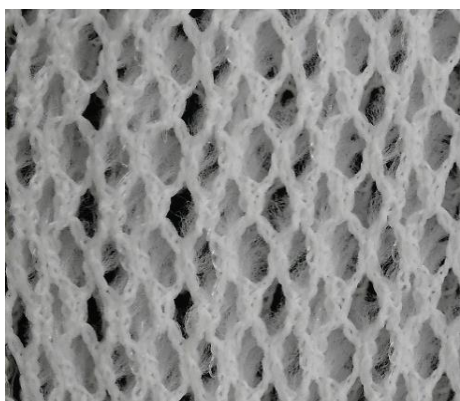
Podmínky fixace:

- $T_f = 180^\circ\text{C}$
- $t = 120\text{ s}$

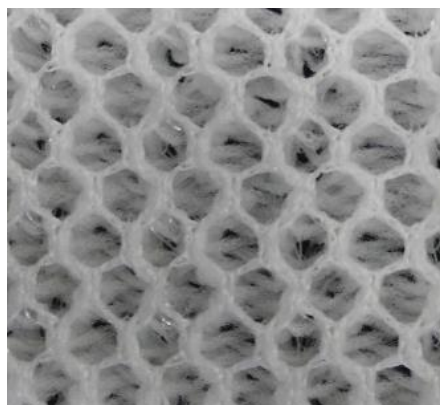


Obrázek 15 - upnutí vzorku do fixačního rámu

Vlivem fixace nedochází pouze ke stabilizaci tloušťky, ale také k natažení ve směru příčném, ke změnám hustot sloupků i řádků a otevření filetových otvorů.



Obrázek 16 - pletenina v režném



Obrázek 17 - pletenina ve fixovaný

### 3.4 Strukturální vlastnosti pleteniny

V této kapitole bude uvedena geometrická charakteristika pleteniny včetně naměřených a vypočítaných geometrických parametrů.

#### 3.4.1 Hustota sloupků a řádků

Hustota sloupků a řádků je veličina, která udává počet sloupků či řádků pleteniny na 1 metr.

Ze znalosti parametrů stroje lze vypočítat hustotu sloupků při pletení na stroji.

$$H_s[m^{-1}] = 39,37 \cdot j, \quad (15)$$

Pro výpočet hustoty sloupků při pletení na stroji (15) vycházíme z dělení stroje, tedy počtu jehel na anglicky palec –  $j$ , 39,37 je pak číslo vyjadřující počet anglických palců na 100 cm.

Po sejmutí pleteniny ze stroje a po fixaci byl na úseku 10 cm spočítán počet řádků a sloupků. Tyto hodnoty byly převedeny na  $m^{-1}$ . Hustoty řádků a sloupků byly měřeny napříč všemi vzorky na lící a rubní straně. Celkově bylo provedeno 20 měření.

| <b>Hustota sloupků</b> |                                       |               |
|------------------------|---------------------------------------|---------------|
|                        | <b>H<sub>s</sub> [m<sup>-1</sup>]</b> | <b>95% IS</b> |
| <b>Na stroji</b>       | 472                                   | -             |
| <b>Režný</b>           | 756                                   | <700; 812>    |
| <b>Fixovaný</b>        | 531                                   | <498; 587>    |
| <b>Hustota řádků</b>   |                                       |               |
|                        | <b>H<sub>ř</sub> [m<sup>-1</sup>]</b> | <b>95% IS</b> |
| <b>Režný</b>           | 624                                   | <574; 674>    |
| <b>Fixovaný</b>        | 701                                   | <659; 743>    |

Tabulka 8 - průměrné hodnoty hustoty sloupků a řádků

Celková hustota pleteniny je vyjádřena jako součin hustoty sloupků a hustoty řádků.

$$H_c[m^{-2}] = H_s \cdot H_r, \quad (16)$$

Celkové hustoty jsou uvedeny v následující tabulce.

|                 | <b>Celková hustota pleteniny</b>      |
|-----------------|---------------------------------------|
|                 | <b>H<sub>c</sub> [m<sup>-2</sup>]</b> |
| <b>Režný</b>    | 471 744                               |
| <b>Fixovaný</b> | 372 231                               |

Tabulka 9 - celková hustota pletenina

### 3.4.2 Rozteč sloupků *w*, rozteč řádků *c* [mm]

Rozteč je vyjádřena jako převrácená hodnota hustoty.

Pro rozteč sloupků platí:

$$w [mm] = \frac{1000}{H_s[m^{-1}]}, \quad (17)$$

Pro rozteč řádků:

$$c [mm] = \frac{1000}{H_r[m^{-1}]}, \quad (18)$$

|                  | <b>Rozteč sloupků <i>w</i> [mm]</b> |
|------------------|-------------------------------------|
| <b>Na stroji</b> | 2,12                                |
| <b>Režný</b>     | 1,32                                |
| <b>Fixovaný</b>  | 1,88                                |
|                  | <b>Rozteč řádků <i>c</i> [mm]</b>   |
| <b>Režný</b>     | 1,60                                |
| <b>Fixovaný</b>  | 1,43                                |

Tabulka 10 - Rozteč sloupků a rozteč řádků

### 3.4.3 Srážení pleteniny

Z roztečí sloupků a řádků můžeme spočítat srážení pleteniny. Ve směru sloupků jde o srážení ze stavu na stroji do stavu rezného a z rezného do fixovaného.

Ve směru řádků pak o srážení z rezného stavu do stavu fixovaného.

Pro srážení pleteniny platí:

$$S_s[\%] = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \cdot 100, \quad (19)$$

$$S_r[\%] = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \cdot 100, \quad (20)$$

kde  $w_1$  a  $c_1$  jsou hodnoty roztečí sloupků a řádků pleteniny v rezném stavu a  $w_2$  a  $c_2$  jsou hodnoty roztečí pleteniny fixované.

|                             | <b>Srážení ve směru příčném [%]</b>  |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| <b>Na stroji - rezný</b>    | 37,74                                |
| <b>Rezný - Fixovaný</b>     | -42,42                               |
| <b>Na stroji - Fixovaný</b> | 11,32                                |
|                             | <b>Srážení ve směru podélném [%]</b> |
| <b>Rezný - fixovaný</b>     | 10,63                                |

Tabulka 11 - srážení pleteniny

Kladná hodnota srážení znamená zvýšení hustoty pleteniny, záporná hodnota pak indikuje snížení hustoty.

Při natažení pleteniny v příčném směru při fixaci dochází ke zmenšení hustoty sloupků, v důsledků této deformace dochází ke zvýšení hustoty řádků.

### 3.4.4 Skutečná spotřeba nitě na očko

Na nezapletené osnově byl před zahájením pletení označen úsek 28 cm. Po upletení bylo spočítáno kolik se z daného úseku upletlo řádků pleteniny. Pro každý kladeční přístroj proběhlo 10 měření, pro KP3 10 měření pro každé kladení.

Ve střídě vazby se očka liší, mění se u nich délka spojovací kličky nebo přechází do protějšího lůžka. Vypočtená hodnota spotřeby osnovních nití bude označena jako délka nitě oka standardního. Standardní oko je oko, jehož délka nitě je zjištěná jako průměrná.

|            | <b>n<sub>o</sub></b> | <b>95% IS</b>  | <b>ls [mm]</b> | <b>mm/Rack</b> |
|------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>KP1</b> | 47,3                 | <45,28; 51,34> | 5,92           | 2841           |
| <b>KP2</b> | 47,4                 | <45,45; 49,35> | 5,91           | 2835           |
| <b>KP4</b> | 15,5                 | <11,67; 19,33> | 18,06          | 8671           |
| <b>KP5</b> | 46,8                 | <44,97; 48,63> | 5,98           | 2872           |
| <b>KP6</b> | 46,6                 | <44,87; 48,33> | 6,01           | 2884           |

Tabulka 12 - spotřeba nitě na oko

| <b>KP3</b>       | <b>n<sub>o</sub></b> | <b>95% IS</b>  | <b>ls [mm]</b> | <b>mm/Rack</b> |
|------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>1 rozteč</b>  | 18,2                 | <17,2; 19,2>   | 15,38          | 7385           |
| <b>2 rozteče</b> | 12,6                 | <11,48; 13,72> | 22,22          | 10667          |
| <b>3 rozteče</b> | 8,2                  | <7,2; 9,2>     | 34,15          | 16390          |

Tabulka 13 - spotřeba nitě na oko pro KP3

### 3.4.5 Měření tloušťky

Tloušťka je vzdálenost mezi lícem a rubem zkoumané textilie. Tloušťka byla zjišťována měřením na přístroji Alambeta. Zkoumaný vzorek byl upnut mezi dvě čelisti, tak aby nedocházelo k deformaci tloušťky měřeného materiálu. Norma pro měření tloušťky *ČSN EN ISO 5084*.

Pro každý vzorek probíhalo 10 měření v rezném i fixovaném stavu. Z naměřených hodnot jasně vyplývá, že po fixaci vzorků dochází ke zvětšení tloušťky oproti vzorkům v rezném stavu. U pleteniny v rezném stavu je tloušťka značně zdeformována, vlivem stlačení pleteniny mezi odtahovými válci.

| Vzorek | Délka spojovací kličky<br>[n roztečí] | Návlek | h (režný)<br>[mm] | h (fixovaný)<br>[mm] |
|--------|---------------------------------------|--------|-------------------|----------------------|
| 1      | 1                                     | 1:1    | 6,41              | 11,31                |
| 2      | 2                                     | 1:1    | 9,59              | 12,79                |
| 3      | 3                                     | 1:1    | 10,37             | 13,07                |
| 4      | 1                                     | 1:3    | 5,63              | 11,05                |
| 5      | 2                                     | 1:3    | 8,76              | 12,17                |
| 6      | 3                                     | 1:3    | 10,53             | 12,86                |
| 7      | 1                                     | 1:7    | 5,06              | 10,95                |
| 8      | 2                                     | 1:7    | 8,24              | 11,70                |
| 9      | 3                                     | 1:7    | 10,13             | 12,46                |

Tabulka 14 - tloušťka pleteniny

### 3.4.6 Plošná hmotnost

Z každé z upletených struktur bylo váženo 5 vzorků o rozměrech 100x100mm.

| Vzorek | Délka spojovací kličky<br>[n roztečí] | Návlek | M <sub>s</sub> (režný)<br>[g.m <sup>-2</sup> ] | M <sub>s</sub> (fixovaný)<br>[g.m <sup>-2</sup> ] |
|--------|---------------------------------------|--------|--|---|
| 1      | 1                                     | 1:1    | 610  | 530   |
| 2      | 2                                     | 1:1    | 640  | 580   |
| 3      | 3                                     | 1:1    | 696  | 590   |
| 4      | 1                                     | 1:3    | 536  | 420   |
| 5      | 2                                     | 1:3    | 578  | 470   |
| 6      | 3                                     | 1:3    | 582  | 510   |
| 7      | 1                                     | 1:7    | 524  | 480   |
| 8      | 2                                     | 1:7    | 556  | 510   |
| 9      | 3                                     | 1:7    | 590  | 570   |

Tabulka 15 - hodnoty plošné hmotnosti

## 4 Diskuze

Tato práce vychází z předpokladu, že se bakterie budou uchycovat na multifil, který je kladen kladečím přístrojem 3 do prostřední vrstvy pleteniny. Za tohoto předpokladu by nejvhodnější pletená struktura pro čištění odpadních vod měla obsahovat co nejvíce tohoto multifilu. Příliš mnoho materiálu, na který se uchycují bakterie, by však mohlo vést k zarůstání nosiče a mohlo by tak být omezeno proudění kyslíku k bakteriím ve střední vrstvě. Množství multifilu v prostřední vrstvě bylo vypočítáno ze znalosti spotřeby nitě na očko a naměřených hustot pleteniny.

| <b>Vzorek</b> | <b>Délka spojovací kličky<br/>[n roztečí]</b> | <b>Návrlek</b> | <b>Délka nitě v ploše<br/>100 cm<sup>2</sup> [mm]</b> |
|---------------|---|----------------|---|
| <b>1</b>      | 1   | 1:1            | 28 540  |
| <b>2</b>      | 2   | 1:1            | 41 234  |
| <b>3</b>      | 3   | 1:1            | 63 335  |
| <b>4</b>      | 1   | 1:3            | 14 270  |
| <b>5</b>      | 2   | 1:3            | 20 617  |
| <b>6</b>      | 3   | 1:3            | 31 667  |
| <b>7</b>      | 1   | 1:7            | 7 108   |
| <b>8</b>      | 2   | 1:7            | 10 269  |
| <b>9</b>      | 3   | 1:7            | 15 774  |

Tabulka 16 - Množství multifilu v prostřední vrstvě

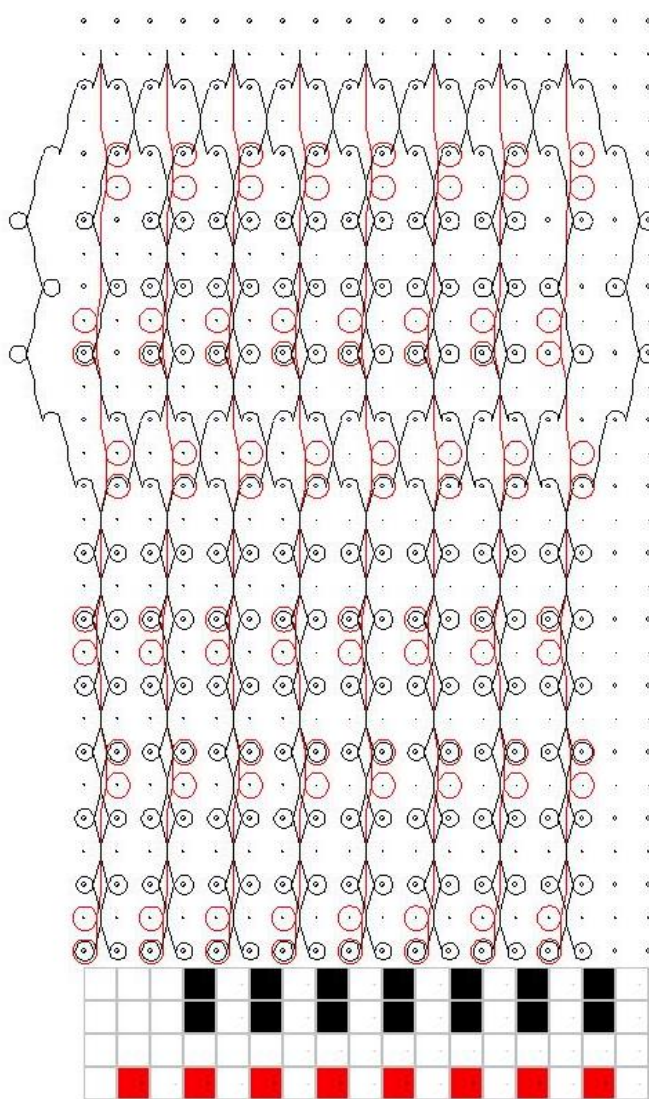
Aby bylo umožněno proudění vody do prostřední vrstvy pletené struktury, je potřeba zajistit prodyšnost pleteniny. Prodyšnost pletené struktury může být ovlivněna velikostí filetových otvorů lící a rubní strany, ale také například tloušťkou pleteniny. Z naměřených hodnot hustot a tloušťky jasně vyplývá, že fixace výrazně ovlivňuje velikost filetových otvorů a tloušťku pleteniny. Z naměřených hodnot tloušťky pleteniny je také patrné, že tloušťka je ovlivněna i kladením a návlekiem KP3, to znamená, že na udržení vzdálenosti mezi lící

a rubní stranou pleteniny se nepodílí pouze monofil kladený KP4. Největší hodnoty tloušťky vykazují struktury s návlekm 1:1 a tloušťka se zvětšuje s narůstající délkou spojovací kličky multifilu. S větším množstvím multifilu ve střední vrstvě by se ovšem mohlo zvyšovat nebezpečí zarůstání nosiče.

Předpokládá se, že bakterie se budou uchycovat v prostřední vrstvě osnovní sendvičové pleteniny. Ze znalosti chování bakterií můžeme říct, že kolonizován bude i povrch lící a rubní strany pleteniny. Nárůst bakteriální biomasy na lící a rubní straně se předpokládá v daleko menší míře než kolonizace prostřední vrstvy, to je dáno vlastnostmi použitých materiálu, přesto se musí brát v úvahu. Uchycování bakterií na lící a rubní straně by mohlo vést k zarůstání filetových otvorů a snížení proudění do prostřední vrstvy, tím by nebylo maximálně využito povrchu pleteného nosiče, protože biomasa uchycená ve střední vrstvě by se při nedostatečném přísunu živin a kyslíku neúčastnila čištění odpadních vod. Pokud by při testování vyrobených pletených struktur docházelo k takovému zarůstání lící a rubní strany pleteniny, mohlo by být navrženo několik změn.

Jedna z možných změn ve struktuře by bylo zvětšení filetových otvorů vrchních vrstev. Se změnou lící a rubní strany pleteniny musí souviset i změna kladení kladečích přístrojů provazující obě lůžka, tak aby opět nedocházelo k uzavírání filetových otvorů. Na následujícím obrázku je vyobrazen návrh vazby s většími filetovými otvory (lící strana pleteniny) a návrh kladení KP provazující obě lůžka.





Obrázek 18 - Návrh lící strany pleteniny s většími filetovými otvory

Další možností jak omezit nebezpečí zarůstání je změna materiálu pro výrobu lící a rubní strany pleteniny. Pokud bude použit multifil s menším aktivním povrchem, bude bakteriemi méně kolonizován. U volby jiného materiálu se však stále musí brát ohled na pletařskou technologii.

## 5 Závěr

V rámci předkládané bakalářské práce bylo navrženo a vyrobeno 9 vzorků osnovní pletené struktury s rozdílným kladením a návlekiem. Tyto pletené struktury byly inspirovány vzhledem síťoviny, některých současných komerčních nosičů biomasy. Jako vazba pro lící a rubní stranu sendvičové pleteniny byla zvolena vazba filetová, která svými otvory ve struktuře síťovinu připomíná.

Jednotlivé speciální struktury jsou navrhovány, tak aby bylo možné při budoucím testování možné vyhodnotit závislost kladení a návleku na kolonizaci nosiče. Vazba lící a rubní strany byla navržena pro všechny vzorky stejná. Pro všechny vyrobené vzorky, také zůstaly zachovány podmínky při pletení – rychlost podávání osnovy, odtah, vzdálenost mezi lůžky. Změny jednotlivých vzorků byly v kladení a návleku prostřední vrstvy sendvičové struktury, tedy kladečního přístroje 3. Díky tomu je možné sledovat vliv změny pro kladeční přístroj 3.

U vyrobených vzorků speciálních pletených struktur byly naměřeny a vyhodnoceny strukturální vlastnosti v rezném a fixovaném stavu. Naměřené hodnoty jasně ukazují, že fixace má výrazný vliv na strukturu a vlastnosti pleteniny.

Výsledky této práce by měly sloužit pro další výzkum, který by měl směřovat k testování pletených struktur v bioreaktoru a vyhodnocení vlivu jednotlivých strukturálních vlastností na kolonizaci biomasy.

## 6 Seznam použité literatury

- [1] SPENCER, David J. *Knitting Technology*. Oxford: Pergamon Press, 1983. ISBN 0-08-024762-8.
- [2] KOVAŘÍKOVÁ, Marie. *Vazby a rozbory pletenin: Učebnice pro 3. a 4. roč. stř. prům. škol stud. oboru Textilní technologie*. Praha: SNTL, 1987.
- [3] BABU, B.V. (2007) *Biofilms in the removal of VOCs and Foul Odours. Proceedings of National Seminar on Bio Films: Challenges & Applications, Bharatiya Vidya Bhavan's Bhavan' Research Center in Collaboration with University of Mumbai -Sesquicentennial Celebrations, January 12-13.*
- [4] CHUDOBA Jan, DOHÁNYOS Michal, WANNER Jiří: *Biologické čištění odpadních vod*. SNTL, Praha 1991.
- [5] MÜLLEROVÁ, Eva. *Odstraňování dusičnanu z vody imobilizovanými denitrifikačními bakteriemi*. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- [6] Sirotkin Alexander S., Kirilina Tat'jana V., Semjonová Jelena N., Chalilova Albina A., *Biofiltrace odpadních vod*, UJEP v Ústí nad Labem, FŽP, 2014. ISBN 978-80-7414-857-6 (brož.), ISBN 978-80-7414-856-9 (online: pdf)
- [7] KVASNIČKOVÁ, Eva. *Biofilmy: Život mikroorganismů v jednotném společenství* [online]. 2016 [cit. 2019-02-16]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/biofilmy>
- [8] KŘIKLAVOVÁ, Lucie. *Vývoj nanovlákněného nosiče pro hybridní bioreaktory s imobilizovanou biomasou a využití obrazové analýzy pro hodnocení biofilmových struktur*. Liberec, 2013 [cit. 2018-04-12]. Disertační práce. TUL.
- [9] SOVADNÍK, František. *Technologie osnovního pletení*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.
- [10] DANĚK, Vratislav. *Stroje a technologie osnovního pletení*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1984.

- [11] VOTÁNEK, Václav. *Vazby pletenin: Pro 1. ročník odborných učilišť a učňovských škol*. 6. vyd. Praha: SNTL, 1984,
- [12] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1. Učební texty. Technická univerzita v Liberci.
- [13] HLADÍK, Vladimír. *Textilní vlákna*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970.
- [14] NECKÁŘ, Bohuslav. *Struktura textilií: přednášky*. Liberec: Technická univerzita [online]. [cit. 2018-10-12].
- [15] Development of the Warp Knitted Spacer Fabrics for Cushion Applications. *Journal of Industrial Textiles* [online]. 2008, **37**(3), 213-223 [cit. 2019-04-16]. DOI: 10.1177/1528083707081592. ISSN 1528-0837. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1528083707081592>
- [16] Double Needle Bar Machines: Space for new Ideas and Solutions. *Karl Mayer* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.karlmayer.com/en/products/warp-knitting-machines/double-needle-bar-raschel-machines/spacer-textiles/>
- [17] HAUZEROVÁ, Šárka. *Vliv struktury multifilu na testování bakteriálních biofilmů při čištění odpadních vod*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016. Bakalářské práce. Technická univerzita v Liberci.
- [18] SVOBODA, Zdeněk. *Základy statistického zpracování dat*. Brno. Dostupné z: <http://www.umat.feec.vutbr.cz/>. Studijní materiál. VUT Brno.
- [19] Přednášky z přemětu. *Zkoušení textilií*. Liberec: Technická univerzita. [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: [http://www.kmi.tul.cz/studijni\\_materialy/data/2015-04-09/08-56-04.pdf](http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2015-04-09/08-56-04.pdf)
- [20] MELOUN, Milan., MILITKÝ, Jiří.: *Statistická analýza experimentálních dat*. Vyd. 2., upr. a rozš. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1254-0.

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 - Příklady současných nosičů [8] .....                            | 16 |
| Obrázek 2 - Základní rozdělení osnovních strojů .....                       | 18 |
| Obrázek 3 - Dvoulůžkový rašl [16] .....                                     | 19 |
| Obrázek 4 - Rastr programu Texmind .....                                    | 32 |
| Obrázek 5 - Návrh vazby v dvoulůžkovém rastru .....                         | 33 |
| Obrázek 6 - Filet na zadním lůžku.....                                      | 34 |
| Obrázek 7- Filet na předním lůžku .....                                     | 34 |
| Obrázek 8 - Kladení KP 4.....   | 36 |
| Obrázek 9 -Návrh kladení KP3 při návleku 1:1, přesazení o 1 rozteč.....     | 37 |
| Obrázek 10 -Návrh kladení pro KP3 s návlekem 1:1, přesazení o 2 rozteče ..  | 38 |
| Obrázek 11 - Návrh kladení pro KP3 s návlekem 1:1, přesazení o 3 rozteče .. | 38 |
| Obrázek 12 - Schématický nákres .....                                       | 39 |
| Obrázek 13 - Znázornění návleku.....  | 40 |
| Obrázek 14 - Výsledky BP Šárky Hauzerové [17] .....                         | 43 |
| Obrázek 15 - upnutí vzorku do fixačního rámu .....                          | 49 |
| Obrázek 16 - pletenina v režném .....                                       | 49 |
| Obrázek 17 - pletenina ve fixovaný .....                                    | 49 |
| Obrázek 18 - Návrh lící strany pleteniny s většími filetovými otvory .....  | 57 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 - Kladení kladečích přístrojů .....                          | 35 |
| Tabulka 2 - Zápis kladení kladečího přístroje 4 .....                  | 35 |
| Tabulka 3 - Kladení kladečího přístroje 3 .....                        | 37 |
| Tabulka 4 - Výsledky teoretických výpočtů .....                        | 40 |
| Tabulka 5 - Vybrané geometrické vlastnosti multifilu pro KP3.....      | 44 |
| Tabulka 6 - Vybrané vlastnosti multifilu pro lící a rubní stranu ..... | 45 |
| Tabulka 7 - Termické vlastnosti PES vláken.....                        | 45 |
| Tabulka 8 - průměrné hodnoty hustoty sloupků a řádků .....             | 50 |
| Tabulka 9 - celková hustota pletenina .....                            | 51 |
| Tabulka 10 - Rozteč sloupků a rozteč řádků.....                        | 51 |
| Tabulka 11 - srážení pleteniny.....                                    | 52 |
| Tabulka 12 - spotřeba nitě na očko .....                               | 53 |
| Tabulka 13 - spotřeba nitě na očko pro KP3 .....                       | 53 |
| Tabulka 14 - tloušťka pleteniny .....                                  | 54 |
| Tabulka 15 - hodnoty plošné hmotnosti .....                            | 54 |
| Tabulka 16 - Množství multifilu v prostřední vrstvě.....               | 55 |

## Seznam grafů

|   |    |
|---|----|
| Graf 1 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně kladení .....               | 41 |
| Graf 2 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně výšky.....                  | 42 |
| Graf 3 - Změna délky spojovací kličky v závislosti na změně vzdálenosti mezi lůžky..... | 42 |

## Seznam příloh

### Příloha 1 – Návrhy vazeb

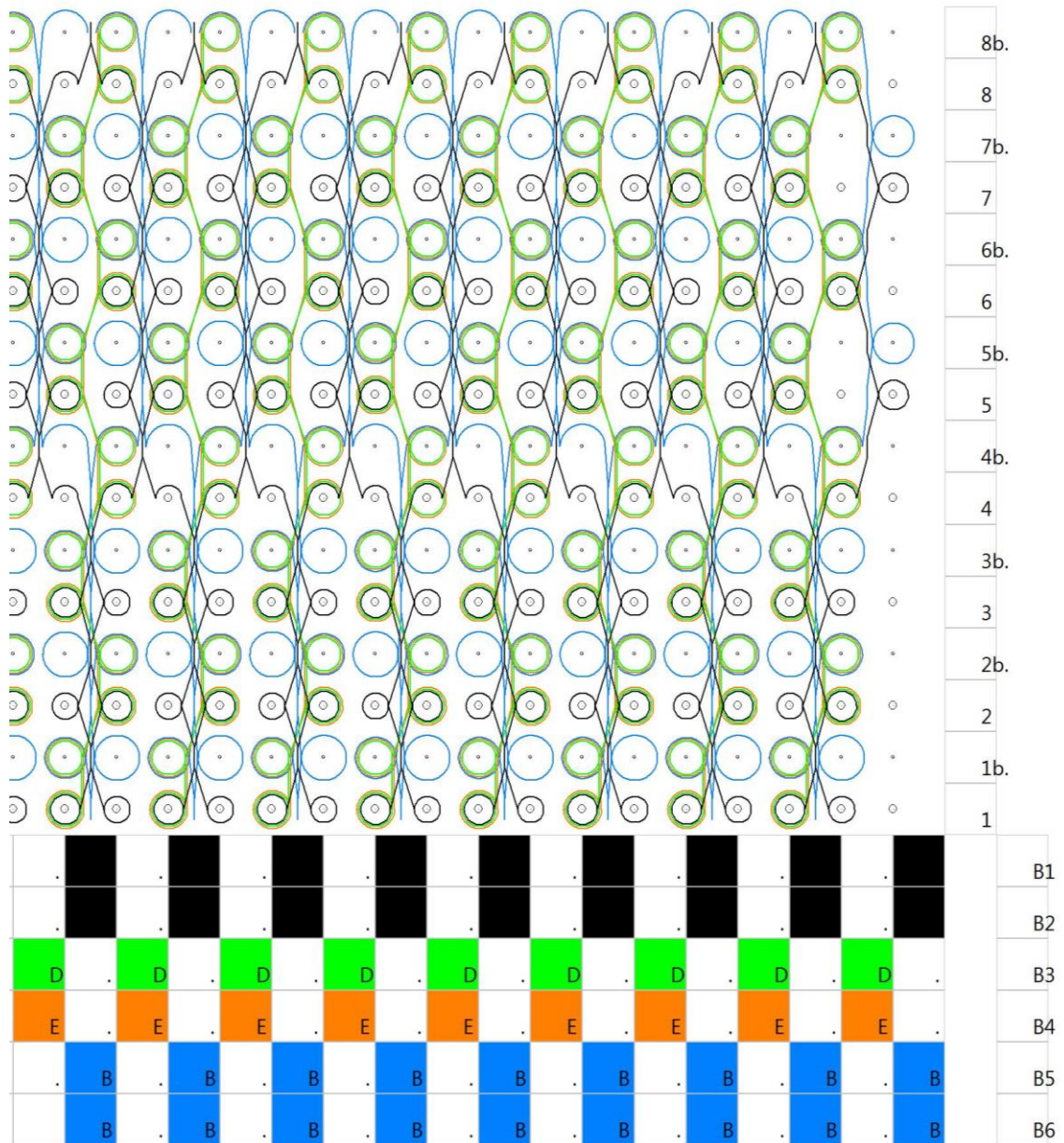
|                            |    |
|----------------------------|----|
| Vazba 1 - návlek 1:1 ..... | 64 |
| Vazba 2 - návlek 1:3 ..... | 65 |
| Vazba 3 - návlek 1:7 ..... | 66 |
| Vazba 4 - návlek 1:1 ..... | 67 |
| Vazba 5 - návlek 1:3 ..... | 68 |
| Vazba 6 - návlek 1:7 ..... | 69 |
| Vazba 7 - návlek 1:1 ..... | 70 |
| Vazba 8 - návlek 1:3 ..... | 71 |
| Vazba 9 - návlek 1:7 ..... | 72 |

### Příloha 2 – Měření jemnosti a počtu fibril multifilu

### Příloha 3 – Vytvořené pletené struktury

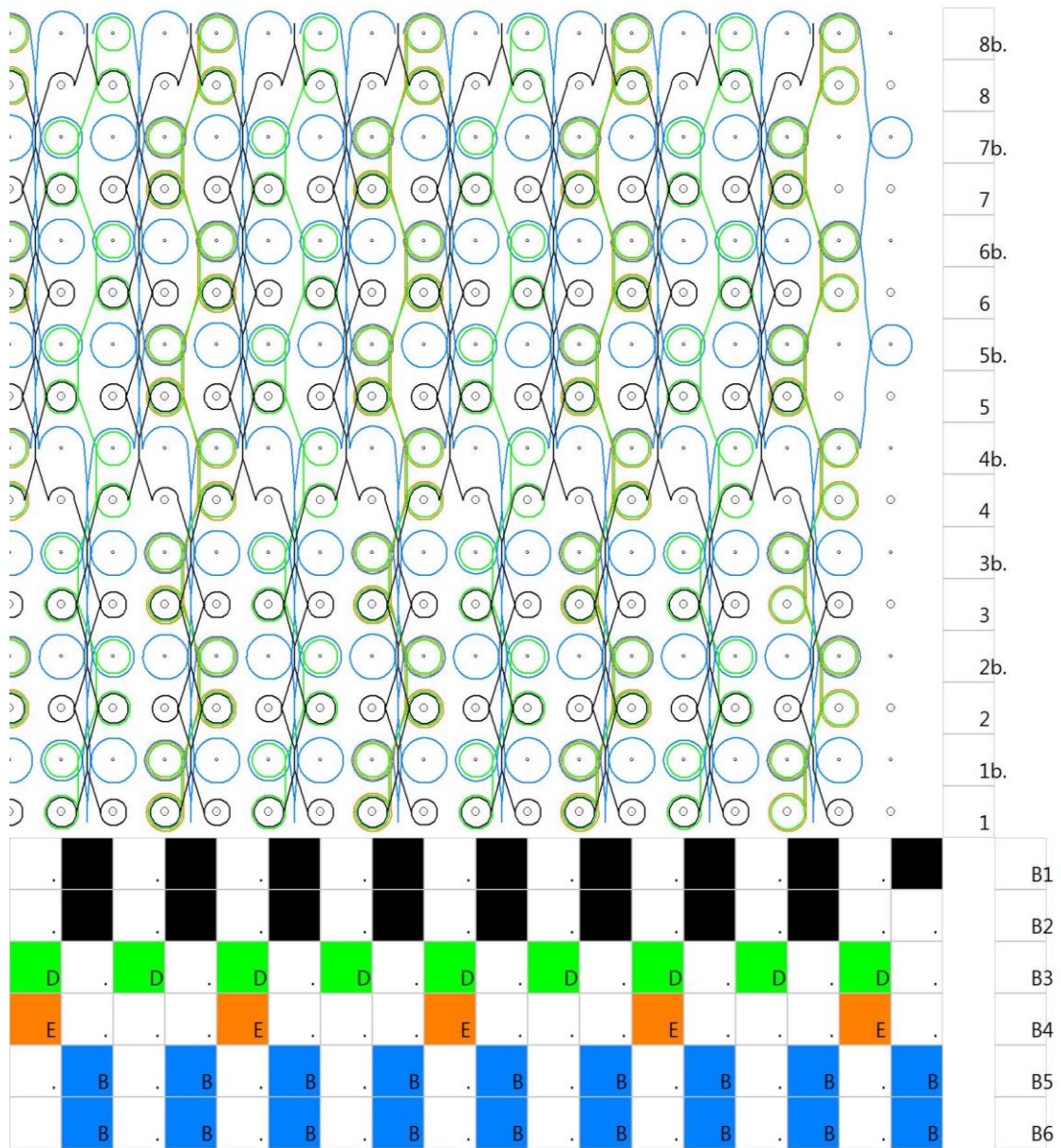
|   |    |
|---|----|
| Vzorek 1 – délka spojovací kličky 1 rozteč, 1:1 .....         | 74 |
| Vzorek 2 – délka spojovací kličky 2 rozteče, 1:1 .....        | 74 |
| Vzorek 3 - délka spojovací kličky 3 rozteče, 1:1 .....        | 75 |
| Vzorek 4 - délka spojovací kličky 1 rozteč, 1:3 .....         | 75 |
| Vzorek 5 - délka spojovací kličky 2 rozteče, návlek 1:3 ..... | 76 |
| Vzorek 6 - délka spojovací kličky 3 rozteče, návlek 1:3 ..... | 76 |
| Vzorek 7 - délka spojovací kličky 1 rozteč, návlek 1:7 .....  | 77 |
| Vzorek 8 - délka spojovací kličky 2 rozteče, návlek 1:7 ..... | 77 |
| Vzorek 9 - délka spojovací kličky 2 rozteče, návlek 1:7 ..... | 78 |

## Příloha 1 – Návrhy vazeb

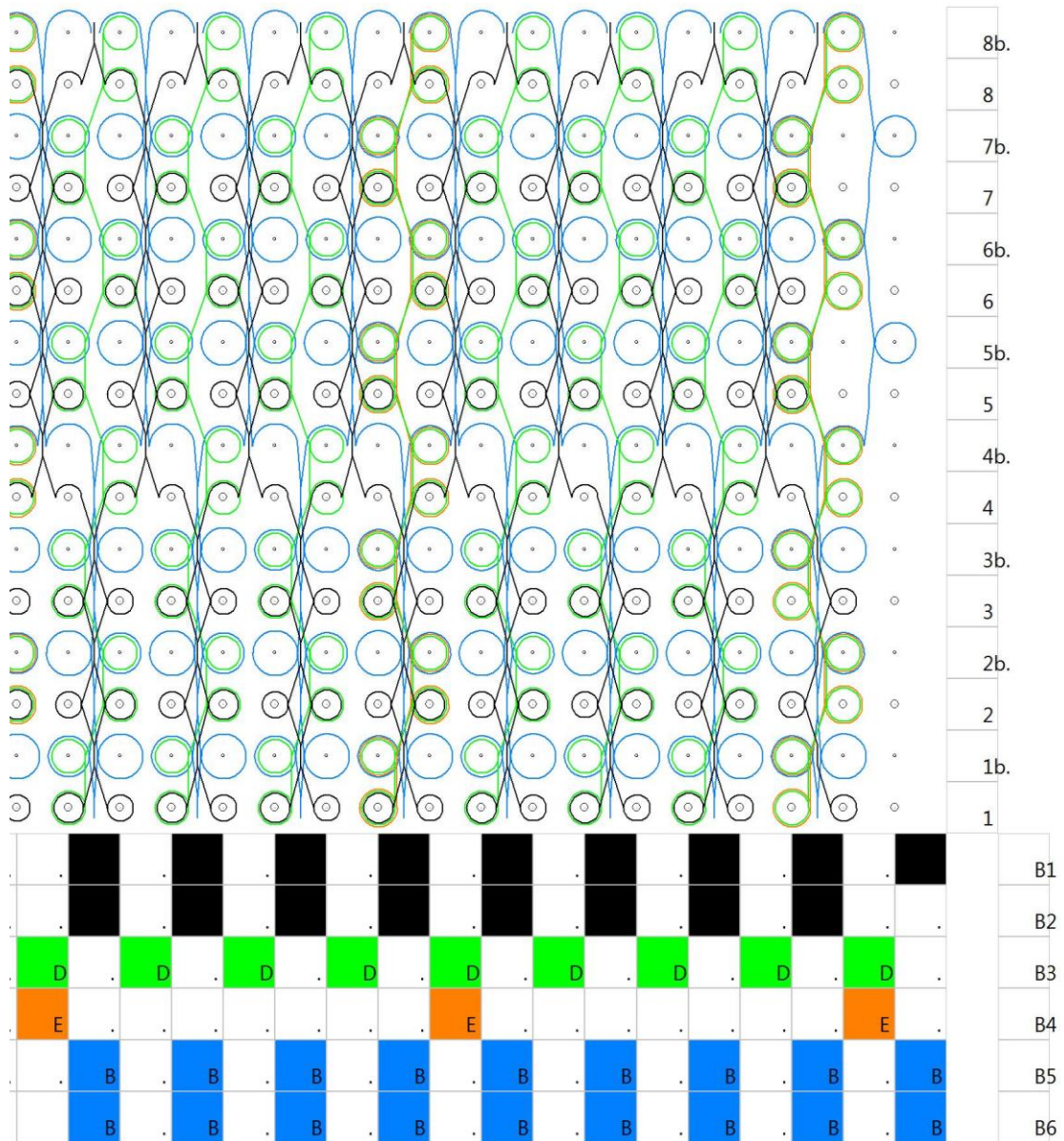


Vazba 1 - návlek 1:1



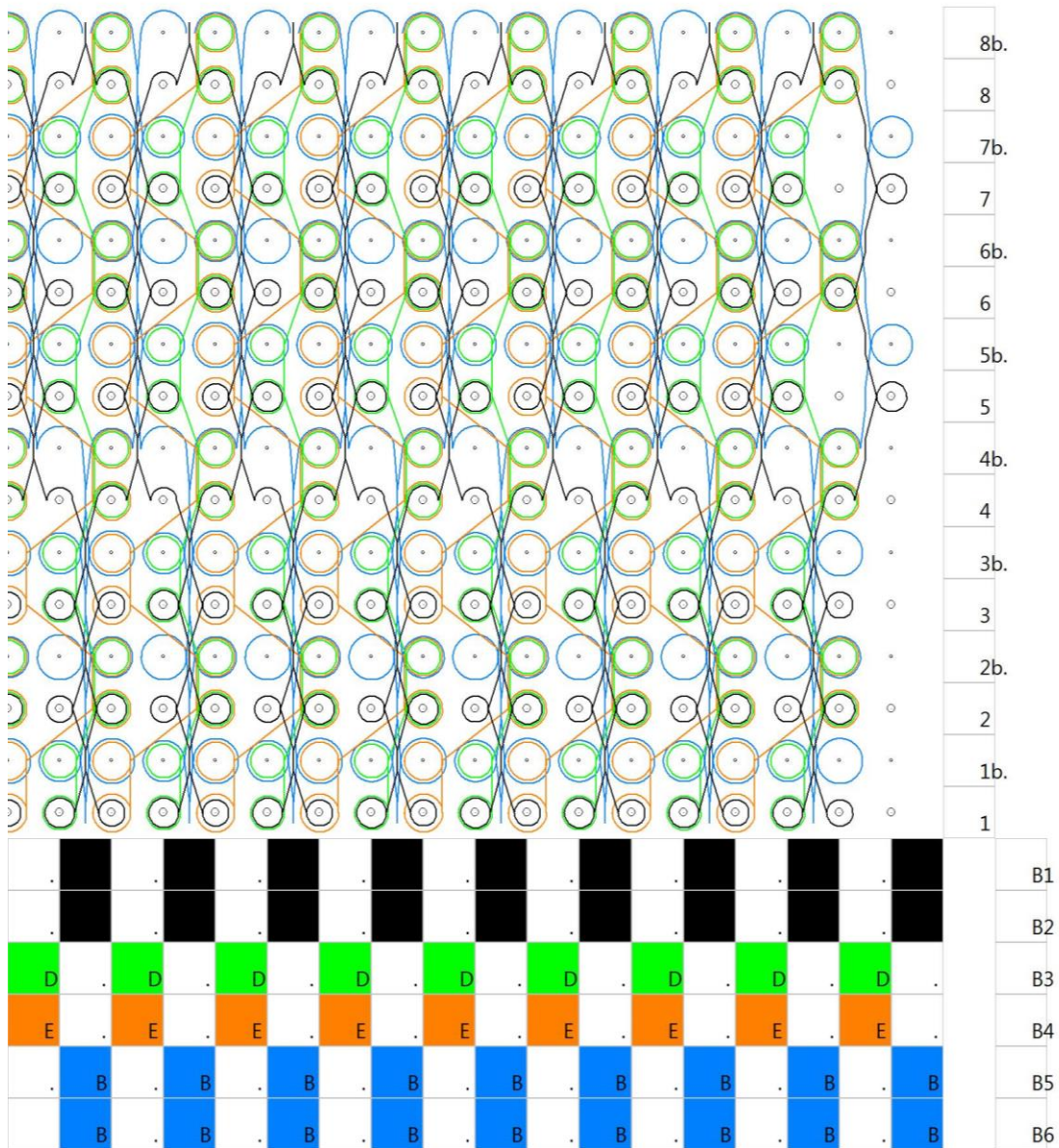


Vazba 2 - návlek 1:3

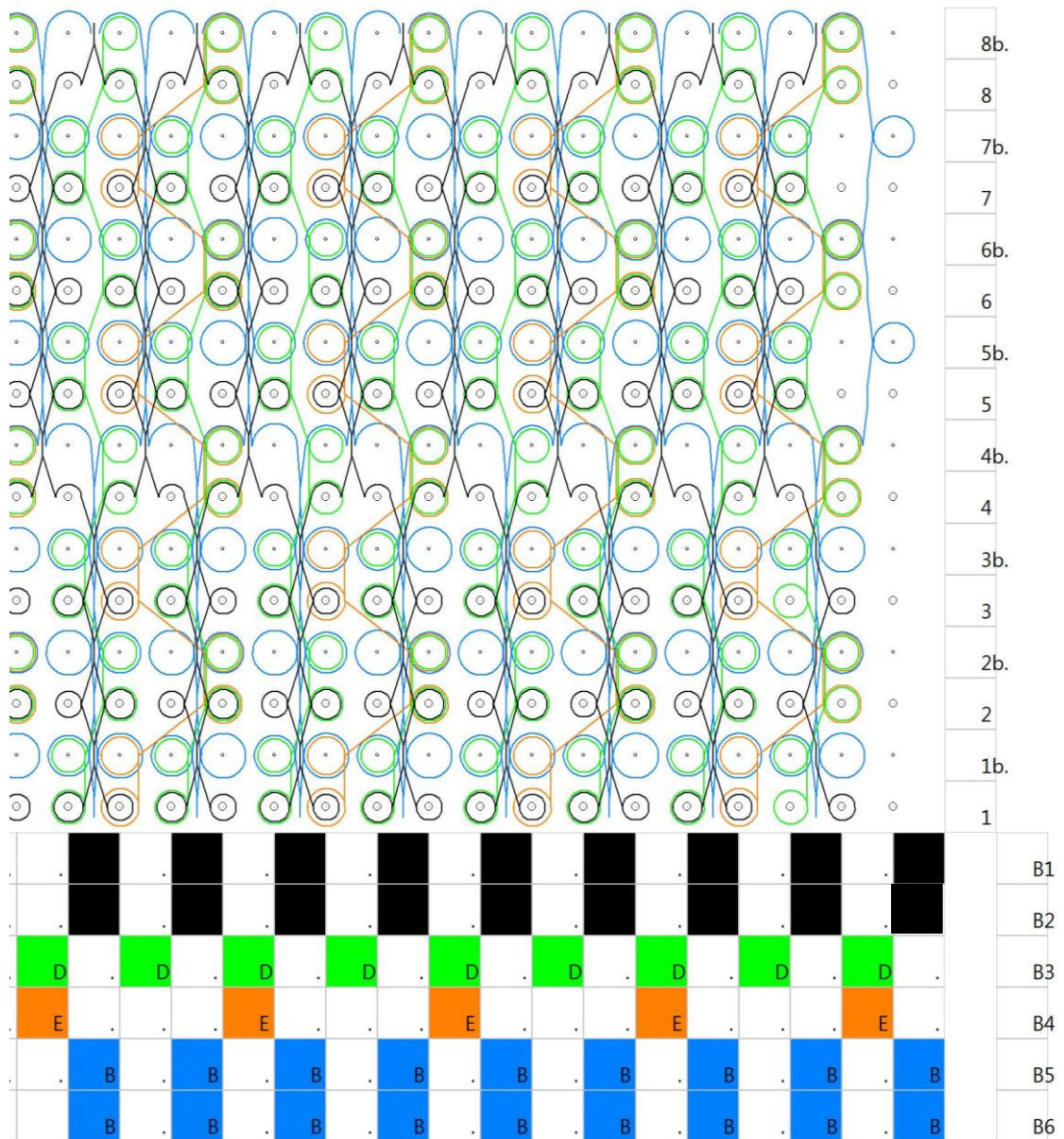


Vazba 3 - návlek 1:7



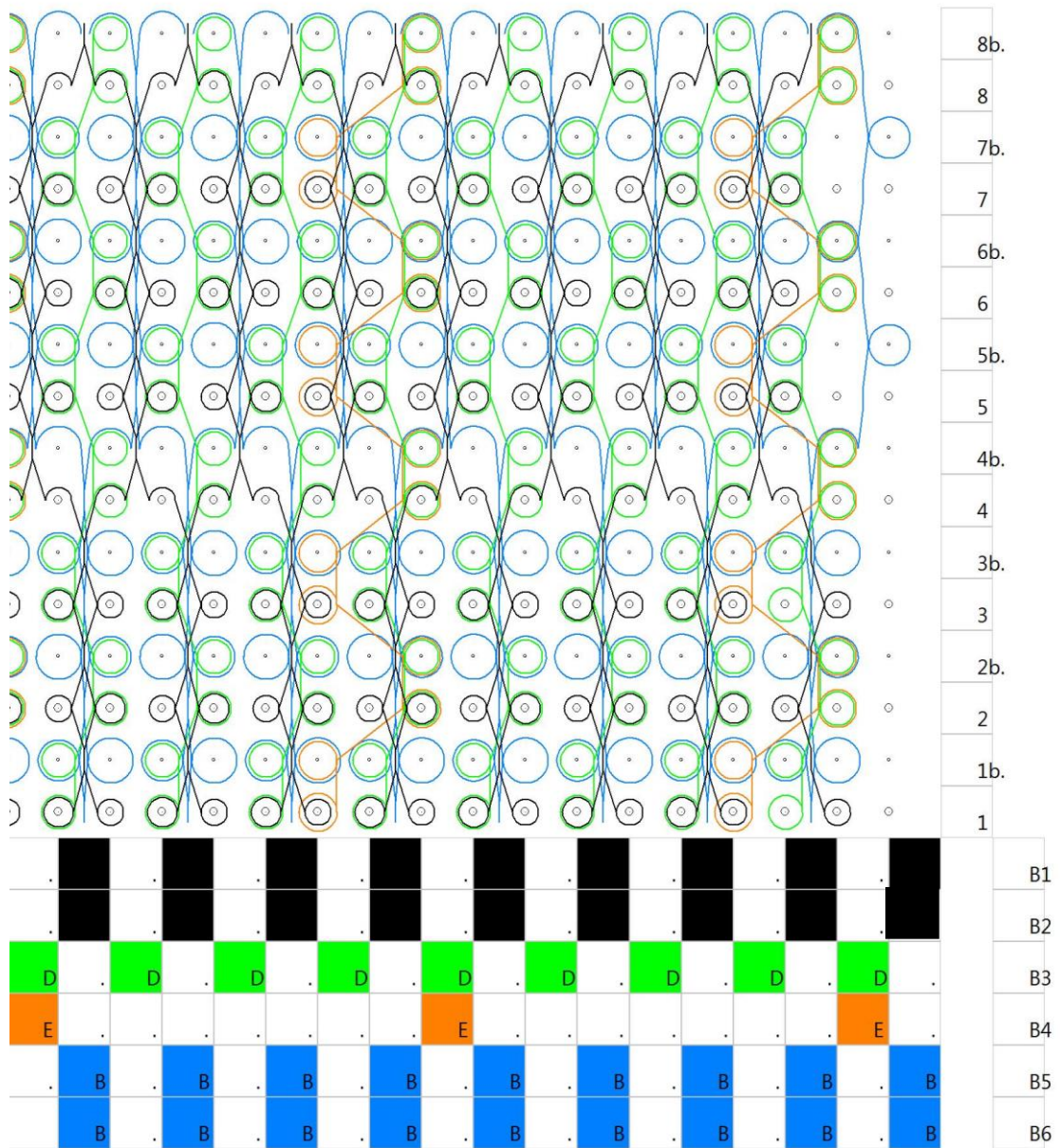


Vazba 4 - návlek 1:1



Vazba 5 - návlek 1:3

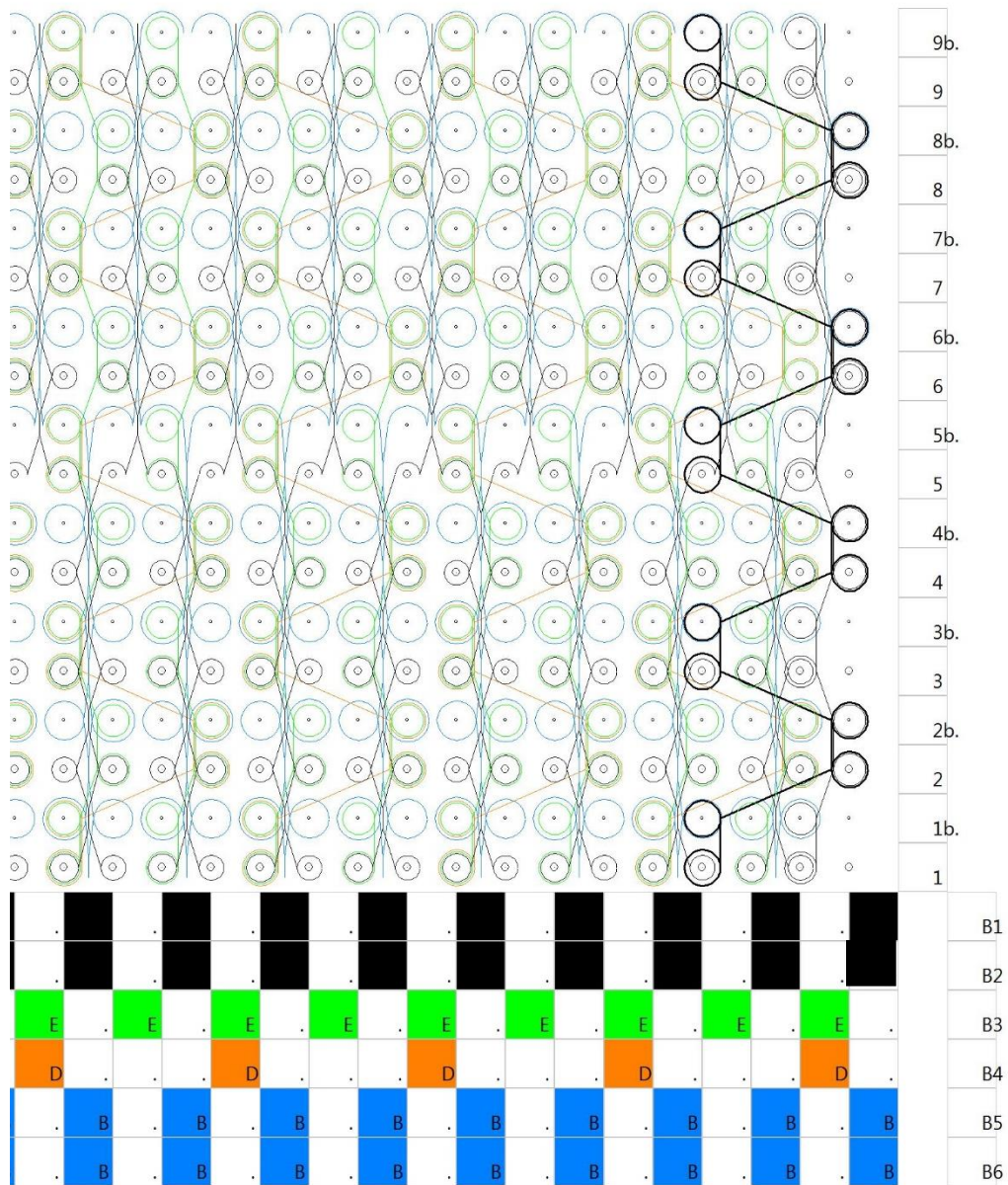




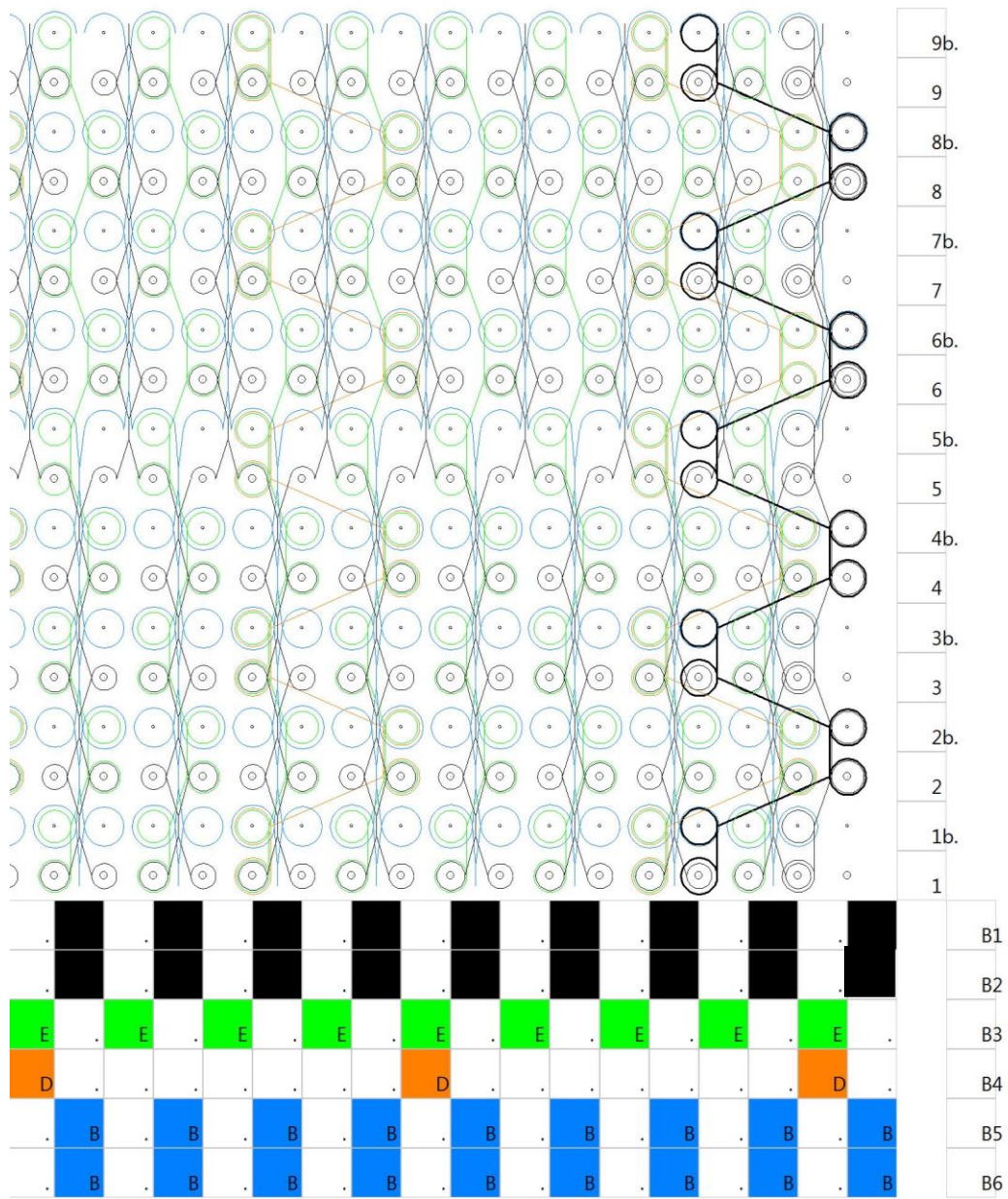
Vazba 6 - návlek 1:7







Vazba 8 - návlek 1:3



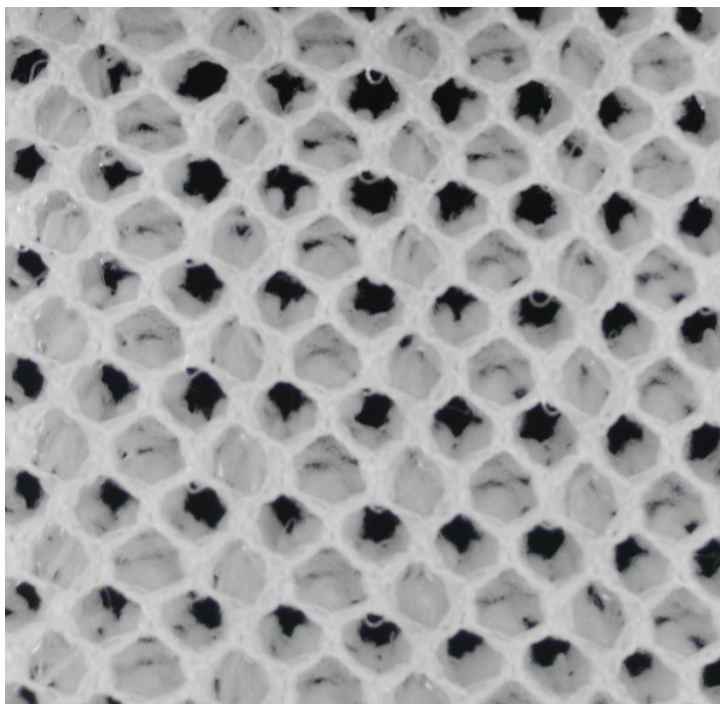
Vazba 9 - návlek 1:7



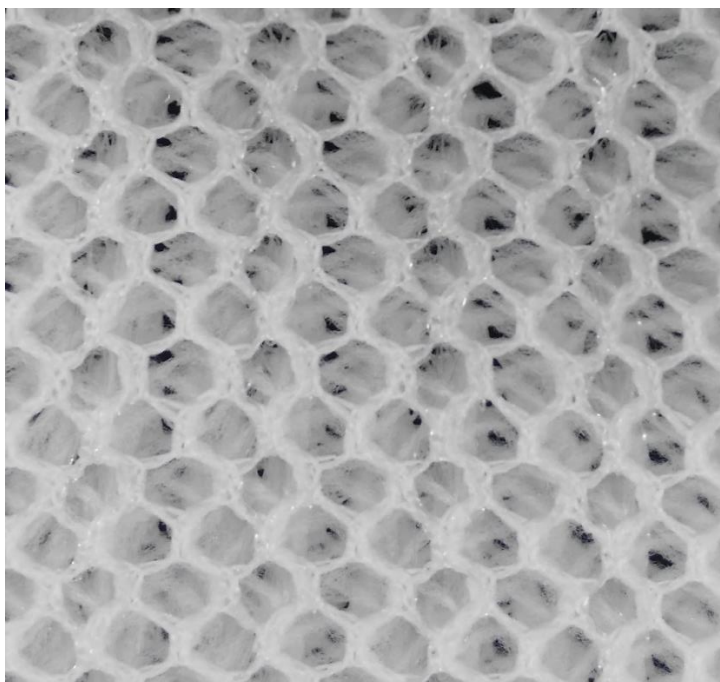
## Příloha 2 – měření jemnosti a počtu fibril multifilu

| Měření                     | Jemnost        | Počet fibril |
|----------------------------|----------------|--------------|
| 1                          | 332,3          | 69           |
| 2                          | 330            | 72           |
| 3                          | 332,1          | 70           |
| 4                          | 332,7          | 73           |
| 5                          | 331            | 72           |
| 6                          | 332,7          | 71           |
| 7                          | 332,7          | 72           |
| 8                          | 331,9          | 70           |
| 9                          | 334,1          | 73           |
| 10                         | 333,5          | 72           |
| <b>Aritmetický průměr</b>  | 332,3          | 71,4         |
| <b>Směrodatná odchylka</b> | 1,11           | 1,28         |
| <b>95% IS</b>              | <331,8; 332,9> | <71,2; 71,9> |
| <b>Variační koeficient</b> | 0,01           | 0,02         |

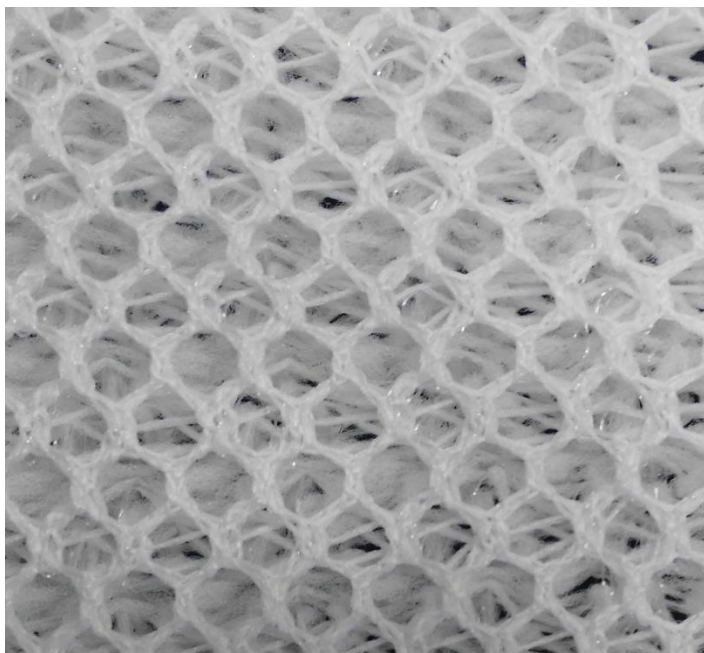
### Příloha 3 – vytvořené pletené struktury



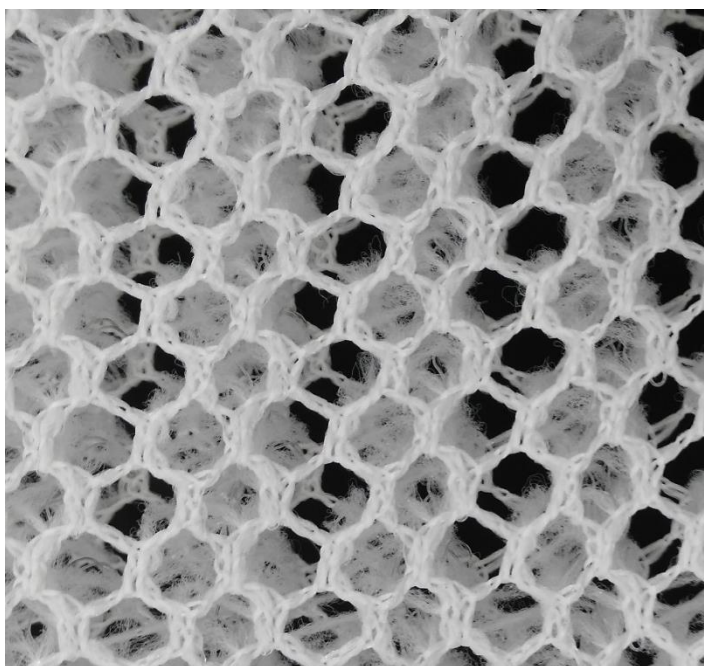
Vzorek 1 – délka spojovací kličky 1 rozteč, 1:1



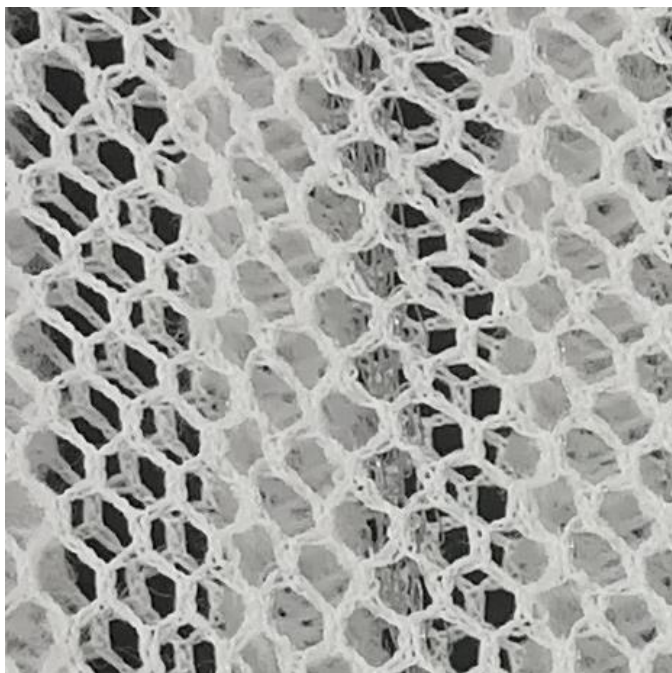
Vzorek 2 – délka spojovací kličky 2 rozteče, 1:1



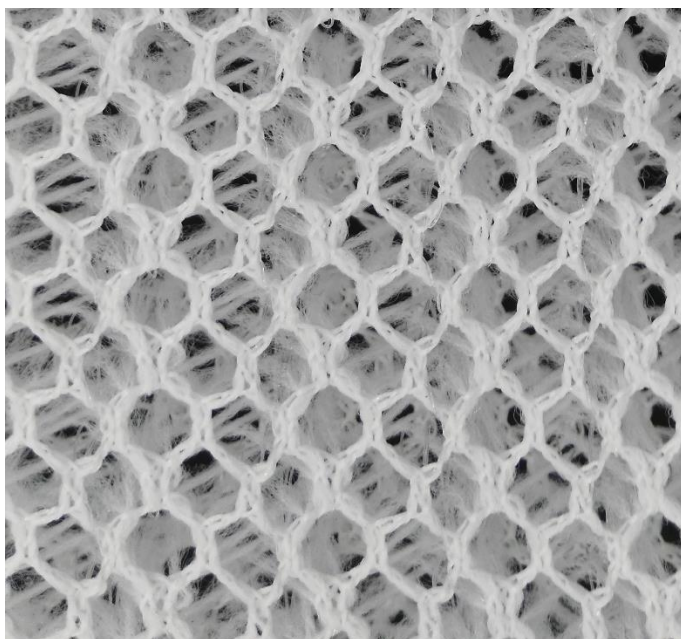
Vzorek 3 - délka spojovací klíčky 3 rozteče, 1:1



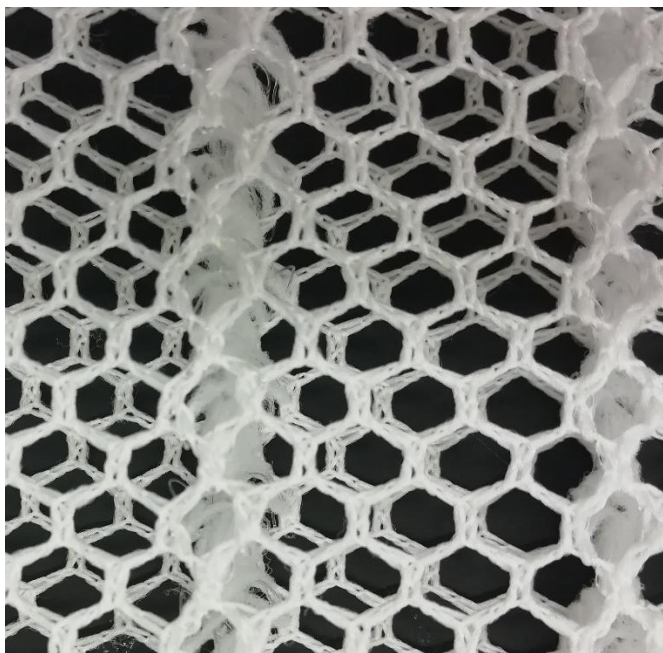
Vzorek 4 - délka spojovací klíčky 1 rozteč, 1:3



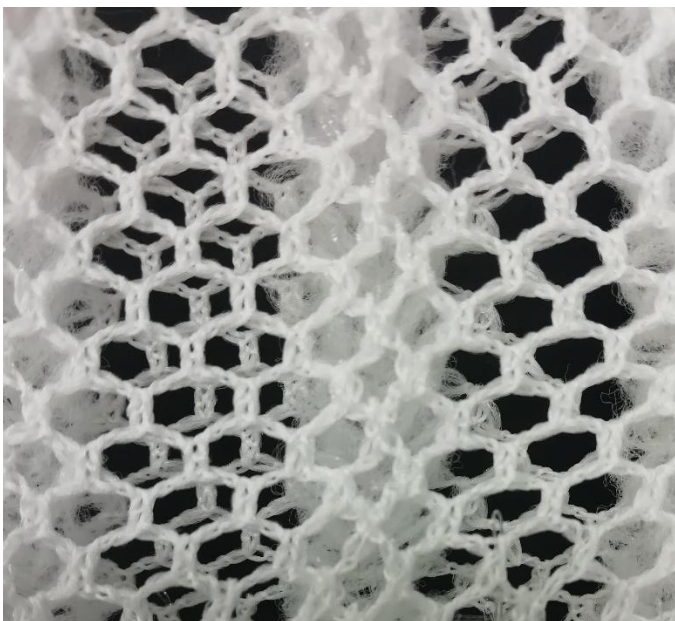
Vzorek 5 - délka spojovací klíčky 2 rozteče, návlek 1:3



Vzorek 6 - délka spojovací klíčky 3 rozteče, návlek 1:3

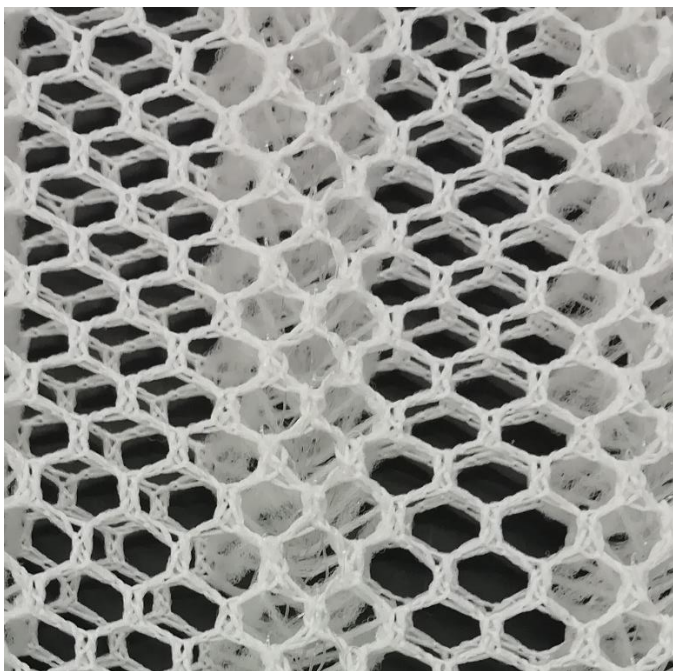


Vzorek 7 - délka spojovací kličky 1 rozteč, návlek 1:7



Vzorek 8 - délka spojovací kličky 2 rozteče, návlek 1:7





Vzorek 9 - délka spojovací klíčky 2 rozteče, návlek 1:7