



Reologické vlastnosti textilií – přístrojová technika

Bakalářská práce

Studijní program:

Autor práce:

Vedoucí práce:

B0414A270001 Textilní marketing

Michal Hájek

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání bakalářské práce

Reologické vlastnosti textilií – přístrojová technika

Jméno a příjmení: **Michal Hájek**
Osobní číslo: T19000116
Studijní program: B0414A270001 Textilní marketing
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši na téma měření elastických vlastností textilních materiálů. Zaměřte se také na oblast použití přístrojové techniky.
2. Změřte textilní vzorky na přístroji, který byl k tomuto účelu vyroben na KHT. Analyzujte naměřené hodnoty. Diskutujte výsledky.
3. Navrhněte a vytvořte metodiku měření. Tištěný a elektronický návod, video.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. UMAR, Jawairia, Tanveer HUSSAIN a Muhammad MAQSOOD. Modeling the mechanical and compression properties of polyamide/elastane knitted fabrics used in compression sportswear. *The Journal of The Textile Institute* [online]. 2016, **107**(10), 1240–1252 [vid. 2022-01-19]. ISSN 0040-5000, 1754-2340. Dostupné z: doi:10/gn65dc
2. ZULIFQAR, Adeel, Tao HUA a Hong HU. Development of uni-stretch woven fabrics with zero and negative Poisson's ratio. *Textile Research Journal* [online]. 2018, **88**(18), 2076–2092 [vid. 2022-01-19]. ISSN 0040-5175, 1746-7748. Dostupné z: doi:10/gd6g93

Vedoucí práce:

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

29. října 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

16. května 2022

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. dubna 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

12. května 2022

Michal Hájek

Poděkování

Tímto bych rád upřímně poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D. za ochotu odborné pomoci, času, cenných připomínek a rad během mé práce. Dále bych rád poděkoval doc. Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D. za ochotu a rady ohledně konzultací výsledků z měření.

ANOTACE

Tato bakalářská práce je zaměřena na vypracování metodiky měření příslušného přístroje, který je modifikací zkoušek statického a trvalého prodloužení textilie dle norem ATSM_D2594-04 a PV 3909: 2019-04. Jedinečnost přístroje spočívá v digitálním snímání a ukládání dat, který je výhodou oproti ručnímu zápisu hodnot a nutné asistenci osoby, jako tomu je u zmíněných norem. Zaměřením práce je i úprava součástí přístroje k dosažení 100 % jeho funkčnosti. V praktické části probíhá experiment schopnosti měření běžných i technických textilií. Výsledky měření jsou zpracovány a vyhodnoceny.

Klíčová slova

Reologie; mechanické vlastnosti; elasticita; deformace; relativní prodloužení; přístrojová technika; textilie; metodika

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on the development of a measurement methodology for the relevant instrument, which is a modification of the static and permanent elongation tests of fabric according to the standards ATSM_D2594-04 and PV 3909: 2019-04. The uniqueness of the instrument lies in the digital sensing and data storage, which is an advantage over the manual recording of values and the necessary assistance of a person, as is the case with the mentioned standards. The focus of the work is also the modification of the components of the instrument to achieve 100% of its functionality. In the practical part, the experiment of the ability to measure common and technical textiles is carried out. The measurement results are processed and evaluated.

Key words

Rheology; mechanical properties; elasticity; deformation; relative elongation; instrumentation; textiles; methodology

Obsah

Seznam zkratk	9
Úvod.....	10
1 Teoretická část	11
1.1 Mechanické vlastnosti	11
1.1.1 Zkoušky pro tkané textilie.....	11
1.1.2 Zkoušky pro pletené textilie.....	15
1.2 Metoda Strip	16
1.2.1 Zkušební vzorky.....	16
1.3 Lamináty.....	17
1.3.1 Metody laminace	18
1.3.2 Laminace plamenem	19
1.3.3 Laminace slepováním.....	20
1.4 Zátěžná jedolící pletenina.....	24
1.5 Reologické modely	26
2 Praktická část	27
2.1 Technický popis přístroje	27
2.2 Modifikace přístroje	32
2.3 Postup tvorby návodu	37
2.4 Zpracování výstupních dat	43
2.5 Experiment	49
2.5.1 Vzorky.....	49
2.5.2 Výsledky měření	51
2.5.3 Experiment doby zatížení.....	57
2.5.4 Experiment zatížení.....	57
2.5.5 Výsledky experimentu	58



Závěr	60
Seznam literatury	62
Seznam obrázků	64
Seznam tabulek	66
Seznam příloh.....	67

Seznam zkratk

<u>Zkratka</u>	<u>Význam</u>	<u>Jednotky</u>
AC	Střídavý proud	
DC	Stejnoseměrný proud	
EVA/PEVA	Ethylenvinylacetát	
KHT	Katedra hodnocení textilií	
OS	Označení vzorku ve směru sloupce	
PC	Personal computer	
PTFE	Polytetrafluorethylen	
PUR	Polyuretan	
SD	Secure digital	
US	Označení vzorku ve směru řádku	
USB	Universální sériová sběrnice	
3D	trojdimenzionální	
F	Síla	[N]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
m	Hmotnost	[Kg]

Úvod

Elastické vlastnosti jsou jedny z důležitých vlastností materiálu, které se u textilií sledují. Jedná se o deformaci prodloužení za působení například tahové síly a částečného vrácení se, po odlehčení, na svou původní délku před působením zatížení. Elastická deformace je pro každého známá například v podobě obléknutí si těsného trička, které je vyrobeno z jednolící pleteniny. Obléknutím na pleteninu působí tahové síly, které ji roztahují a po sundání se textilie snaží vrátit na svůj původní rozměr. Pro zjištění elastických vlastností textilií existuje několik způsobu měření, které ji dokáží zaznamenat a vyhodnotit. Tyto vlastnosti se sledují pro lepší konstrukci materiálů nebo pro určení vhodného použití textilie.

Cílem této práce je vytvoření pracovního postupu obsluhy a metodiky měření přístroje, který procentuálně vyjadřuje relativní prodloužení textilie za působení konstantního napětí a následně zaznamenává její relaxaci. Přístroj byl nově postaven na katedře hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci, a je nezbytné provést úpravy, které zaručí 100% funkčnost.

Tato práce se nezabývá reologickými modely nebo mechanickými vlastnostmi textilií, ale pouze s nimi úzce spolupracuje. Z tohoto důvodu je provedena rešerše v teoretické části práce, aby se přiblížila řešená problematika ohledně přístroje. Teoretická část se tedy zabývá reologickými modely, přístrojovou technikou pro měření elastických vlastností textilií, popisem mechanických vlastností textilií, krátkým seznámením konstrukce a výroby vzorků, které se používají k měření v experimentální části.

V praktické části je vypracován podrobný popis metodiky měření i s návodem používání. Součástí je sled úprav, kterými se docílilo lepší funkčnosti přístroje. Experimentální část se zabývá samotným měřením na přístroji, které slouží jako testování funkčnosti. Pro měření je vybrána jednolící pletenina, která reprezentuje vzorek pro zatížení menší silou a laminát, používaný jako potah autosedaček, pro test čelistí při upnutí textilie o větší tloušťce a testu zatížení 12 Kg. Součástí je i vyhodnocení měření.

1 Teoretická část

1.1 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti popisují jevy, které se projevují působením vnějších sil a způsobují změny tvaru a objemu textilie. Síla nebo soustava sil působící na předmět vyvolává určitá napětí. [1] Nauka o pružnosti a pevnosti se zabývá pevnými tělesy, jež se účinkem sil deformují. Vymizí-li deformace po odlehčení, považují se taková tělesa za pružná. Jestliže po odlehčení zůstávají trvalé neboli plastické deformace, mluví se o tělesech plastických, případně pružně plastických.[2] Textilní materiály jsou ve výrobních procesech a při dalším použití vystaveny různému namáhání, které se dělí jako jednoduché (namáhání na tah, tlak, smyk, ohyb) a komplexní, které je kombinace jednoduchých namáhání. [1, 3, 4]

V praxi se převážně vyskytuje komplexní neboli kombinovaný druh namáhání, a proto se tyto vlastnosti testují jednotlivě, ale pouze jedna zkouška je normována a tou je namáhání na tah. [5] Tato práce se zabývá elastickou deformací, která je způsobena vlivem Youngova modulu pružnosti a konstantou Poissonovým poměrem. Youngův modul pružnosti je matematický popis tendence předmětu k pružné deformaci, které se rozumí navrácení se do původního stavu bez jakéhokoliv poškození po ukončení tahového zatížení. [6] Jedná se o tečnu k pracovní křivce v počátku grafu takové zkoušky. [5] Poissonův poměr je jednou ze základních vlastností každého konstrukčního materiálu. Představuje důležitou mechanickou vlastnost materiálu. [1] Tento jev nastává ve chvíli, kdy je materiál natahován v jednom směru a ve směru kolmém na něj se materiál smršťuje. Jedná se o relativní poměr deformace při smršťování a související deformací při roztahování ve směru působícího zatížení. [6]

1.1.1 Zkoušky pro tkané textilie

Tkanina jako dvourozměrný rovinný útvar je jeden ze základních konstrukčních prvků oděvu. Mechanické a fyzikální charakteristiky tkanin jsou důležité pro předvídání možného chování a případných problémů při jeho výrobě. Tkaniny jsou vystaveny různým zatížením během procesu výroby, mezi to patří například tahové, smykové a ohybové zatížení. [1]

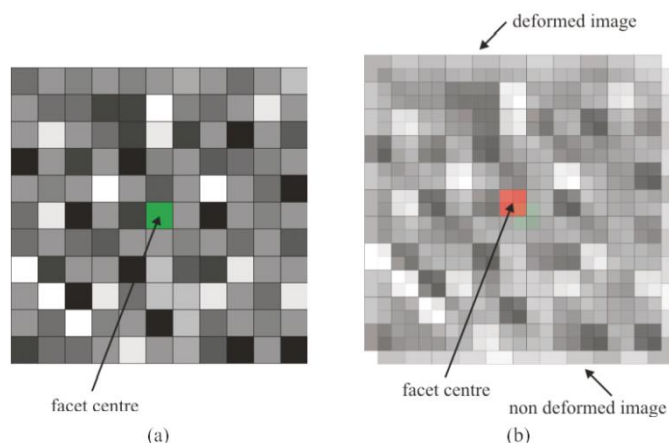
Jelikož je důležité předpovídat chování tkaniny během výrobního procesu s dopadem na konečný vzhled výrobku, tak se postupem času vyvinulo několik metod testování tkanin, které pomáhaly chování předpovídat. [1]

Protože se vlastnosti tkaniny obvykle zkoumají při malém zatížení, tak je obtížné určit její deformaci, a proto se k tomuto účelu používají optické metody. Nejčastěji používanou optickou metodou pro měření deformace je digitální korelace obrazu. [1]

Jak už bylo zmíněno, tak při tahovém zatížení dochází kvůli speciální struktuře tkaniny ke složitým tahovým deformacím. Ve směru zatížení dochází k pozitivní podélné deformaci zvané dilatace. Současně dochází k příčné deformaci zvané kontrakce, to znamená zúžení vzorku. Poměr mezi deformacemi se nazývá Poissonův poměr, který je stanoven z lineární části tahového diagramu, tedy z oblasti, ve které platí Hookův zákon. Důvodem použití této oblasti je nízká úroveň namáhání tkaniny při běžném používání, než je úroveň namáhání tkaniny při tahové zkoušce, protože při běžném používání na tkaninu působí napětí přibližně 350 N/m, což je podle předpokladů 1% oblasti celkového prodloužení tkaniny. [1]

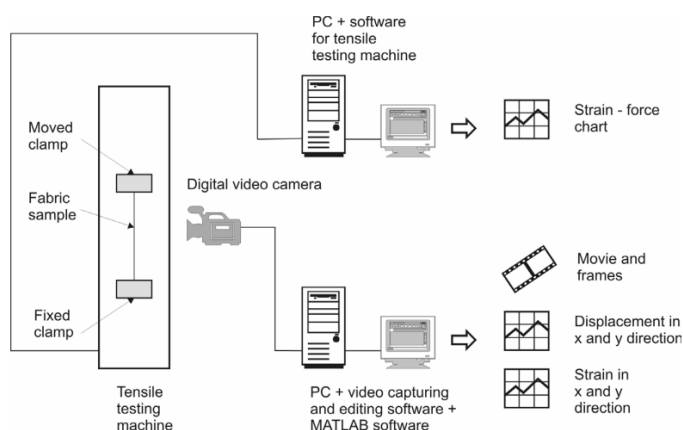
Metoda korelace obrazu

Metoda je založena na snímání korelačního koeficientu, který se určuje zkoumáním podmnožin intenzity pixelů na dvou nebo více snímcích s extrakcí deformační mapovací funkce, jinak řečeno porovnává posun bodu na tkanině před a po deformaci způsobenou tahovou zkouškou. [1]



Obrázek 1: Příklad pořizovaných snímků [1]

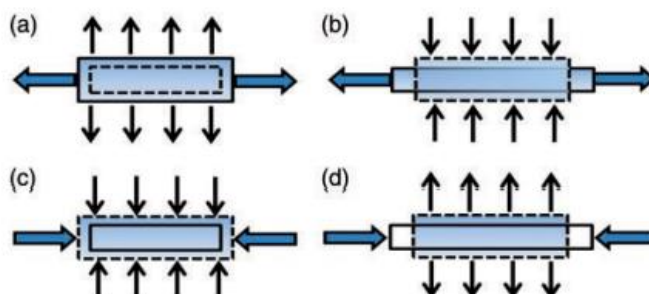
Na obrázku číslo 1 je znázorněn příklad pořízených snímků tkaniny před a po deformaci. Na určené místo se nanese bod nebo obrazec, který snímá kamera, která je součástí zkušebního stroje. Zelený bod na obrázku (a) je zachycený před samotnou zkouškou. Obrázek (b) je snímek pořízený po deformaci způsobené zatížením, kde je znatelný posun původního bodu. Tuto informaci o posunu bodu zaznamená přístrojová technika a pomocí programu MATLAB se přes matematické operace dostane hodnota, která je vyžadována. [1]



Obrázek 2: Uspořádání měřících zařízení pro metodu digitální korelace [1]

Auxetické tkaniny

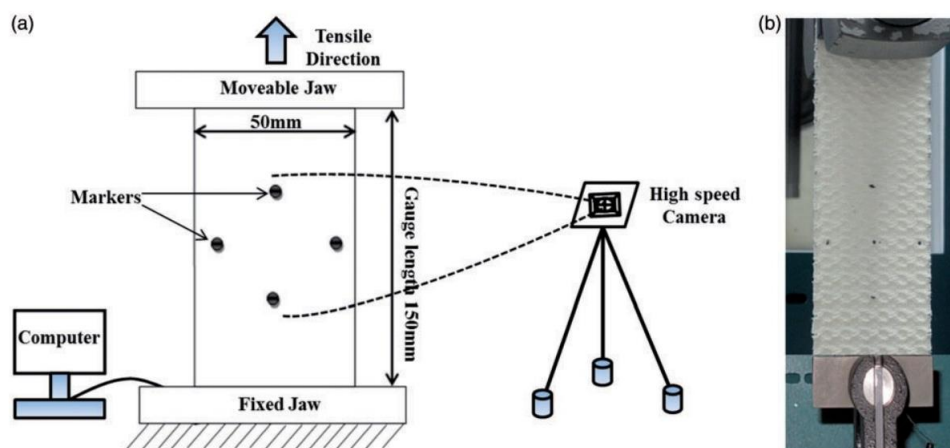
Auxetické materiály jsou takové materiály, které mají nulový nebo záporný Poissonův poměr. Materiály mají neobvyklou vlastnost, že si buď zachovají rozměry nebo se rozpínají v příčném směru. Na rozdíl od běžných materiálů se při natažení rozšiřují nebo při stlačení zužují.



Obrázek 3: Deformační chování materiálu [7]

Příklad (a) a (c) značí deformační chování auxetického materiálu. Příklad (b) a (d) značí deformační chování běžných materiálů, které jsou například tkaniny nebo pleteniny. Auxetické tkaniny pro oděvní aplikace musí mít dvě klíčové vlastnosti, těmi jsou pružnost a auxetický efekt. Pružnost ve struktuře usnadňuje deformaci v různých částech oděvu během pohybu, zatímco auxetický efekt pomáhá oděvu přijmout neustále se měnící tvar těla. [7]

Pro měření Poissonova poměru se používá dynamometr Instron 5566 na kterém se nastaví maximální požadované tahové zatížení a rychlost posunu čelistí. Na připravený vzorek se vyznačí středový bod, od kterého se ve stejné vzdálenosti vynesou další čtyři body. Dva body jsou v tahovém směru a zbylé dva ve směru příčném. Rozmístění bodů je znázorněno na obrázku 4. Na vyznačené body se zafixuje kamera, která v pravidelných intervalech po dobu tahové zkoušky snímá posun bodů v tahovém směru a bodů ve směru příčném. Po dokončení zkoušky se z pořízených fotografií pomocí síťového pravítka odečtou vzdálenosti jednotlivých bodů, aby bylo možné vypočítat deformace materiálu. Z naměřených hodnot nám po vložení do rovnice vyjde požadovaný Poissonův poměr. [7]



Obrázek 4: Schéma zkušebního zařízení (a) a příklad použitého vzorku (b) [7]

1.1.2 Zkoušky pro pletené textilie

V porovnání s tkaninou je u pleteniny výraznější Poissonův efekt díky její struktuře provázání. Deformace pleteniny se řeší teoreticky pomocí geometrického modelu struktury provázání, vlastností příze nebo matematického modelu, který pleteniny považuje za lineární nebo nelineární elastické materiály. Pokud jde o modul pružnosti nebo Poissonův poměr pleteniny, neexistují žádné standartní zkušební metody. Většinou se jedná o určitý předpoklad na základě výpočtů z naměřených hodnot. Hodnoty potřebné pro výpočet modulu pružnosti se získávají několika způsoby. Jedním ze způsobů je například jednoosá tahová zkouška, která se provádí na dynamometru typu INSTRON 4411. Po podrobení zkoušky se z dynamometru vyjmou potřebná data a dosazují se do řady vzorců. Data jsou v podobě tahových deformací ve směru tahu, modul pružnosti ve smyku, tahové napětí nebo smykové napětí. [2] Další zkušební metodou je měření pomocí roztažnosti a regenerace vzorku zkušební metodou ASTM D 2594-99. Roztažnost vzorku je určena z pořízených hodnot v průběhu měření, které je znázorněno na obrázku číslo 5. [8]



Obrázek 5: Zařízení pro napínání textilie [8]

Na měřený vzorek v uvolněném stavu se vyznačí dvě vodorovné značky v dané vzdálenosti, které jsou kolmé na směr zatěžování. Druhým krokem je zatížení vzorku konstantní zátěží po stanovenou dobu. Při tomto kroku probíhá měření rozteče vyznačených značek. Po uplynutí časového limitu se sundá závaží a změří se rozteč vyznačených značek. Všechny naměřené hodnoty se dosadí do rovnic a výsledkem je procentuální obnova pleteniny. [8]

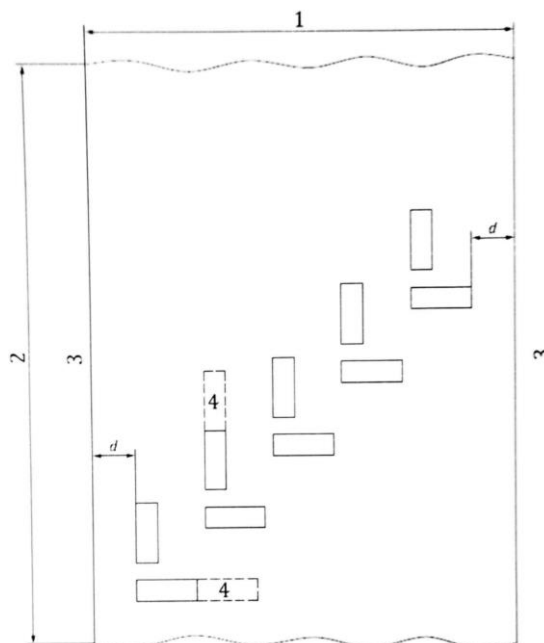
1.2 Metoda Strip

Metoda Strip se definuje uchycením zkoušeného materiálu v dynamometru neboli známého jako trhačka. Jedná se o druh tahové zkoušky popsané normou ČSN EN ISO 13934-1, kdy je zkušební vzorek upnutý v čelistech dynamometru po celé jeho šíři. Tahovou zkouškou se zjišťují mechanické vlastnosti plošných textilií, které jsou například pevnost v tahu, pevnost v dotržení, pevnost ve švu, plastická a elastická deformace. [3, 5]

Metoda Strip se vztahuje převážně na tkaniny, ale je možné měřit i plošné textilie vyrobené jinou metodou. Nedoporučuje se však měřit textilie netkané, plošné povrstvené nebo takové, které obsahují skleněná či uhlíková vlákna. [3]

1.2.1 Zkušební vzorky

Pro uskutečnění zkoušky je potřeba připravit zkušební vzorky, které se podle normy odebírají z plošné textilie. Zkušební vzorky se z pravidla skládají ze dvou sad. Jedna sada vzorků je vystřižena ve směru osnovy a druhá sada je vystřižena z kolmého směru k prvnímu, tedy ve směru útku. U jiných textilií se jedná o sadu vystřiženou ve směru výroby a o sadu vystřiženou ve směru k němu kolmému. Pro zkoušku se potřebuje ke každé sadě minimálně 5 zkušebních vzorků. Pravidlem je, že vzorek musí být odebírán minimálně 150 mm od kraje textilie. Žádný vzorek odebírán ve svém směru nesmí mít stejné nitě, jako zbylé vzorky, takže vzorek ve směru osnovy nesmí obsahovat stejné osnovní nitě a vzorek ve směru útku nesmí obsahovat stejné útkové nitě jako vzorky předešlé. Šířka zkušební vzorku je normalizována na $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ a délka, která musí být dostatečná pro upnutí do čelistí trhačky ve vzdálenosti 200 mm. [3]



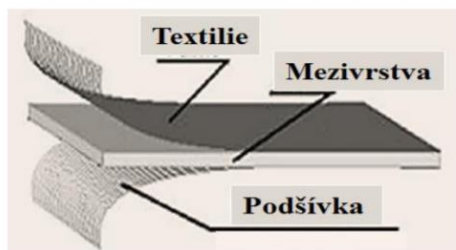
Obrázek 6: Rozmístění zkušebních vzorků pro vystřížení z laboratorního vzorku [3]

Na obrázku číslo 6 je zvýrazněný příklad rozmístění odebíraných vzorků podle normy. 1 je rozměr šíře plošné textilie, 2 délka plošné textilie (p.t.), 3 hrana p.t., 4 dodatek délky vzorku pro zkoušení za mokra a malé d je již zmíněný odstup od kraje o velikosti 150 mm. [3]

1.3 Lamináty

Lamináty jsou definovány jako konečný výrobek, který je výsledkem operace zvané laminace. Laminace je proces, při kterém dochází k trvalému spojení dvou a více vrstev stejné nebo rozdílné plošné textilie. Po spojení vznikne 3D plochý výrobek (kompozit) se zlepšenými specifickými vlastnostmi. Mezi tyto vlastnosti patří například přenos vlhkosti, tepla, absorpce tekutin, prodyšnost, komfort a zlepšené mechanické vlastnosti. [9]

Laminovaný kompozit se využívá v automobilovém průmyslu nejčastěji pro potah autosedaček. Nejpoužívanější laminát se skládá ze tří vrstev. [10] První vrstva laminátu je vrchní textilie, která tvoří estetickou nebo i speciální úpravu (nešpinavá, nehořlavá). Druhá vrstva tvoří celkovou tloušťku s přidruženým využitím jako pojivo vrstev. Třetí vrstva je nazývána podšívka, která pomáhá jednodušší manipulaci s lamináty při čalounění a zlepšuje tvarovatelnost. [9, 11]



Obrázek 7: Vrstvy potahového laminátu [12]

Pro lící stranu (vrchní vrstvu) laminátu se nejběžněji používá tkanina v základních vazbách kepr, atlas a jejím vazbám odvozených. Další, méně používané, možnosti použití pro první vrstvu jsou pleteniny, alcantara nebo useň. Materiál určený pro mezivrstvu je například PUR pěna (polyuretanová pěna), distanční pletenina nebo retikulovaná pěna. Tato vrstva využívá především pružné materiály. Podšívka může být buď tkaná nebo pletená. Nejčastěji se ale používá pletená textilie, protože pozitivně ovlivňuje mechanické vlastnosti kompletního laminátu. [9, 12]

1.3.1 Metody laminace

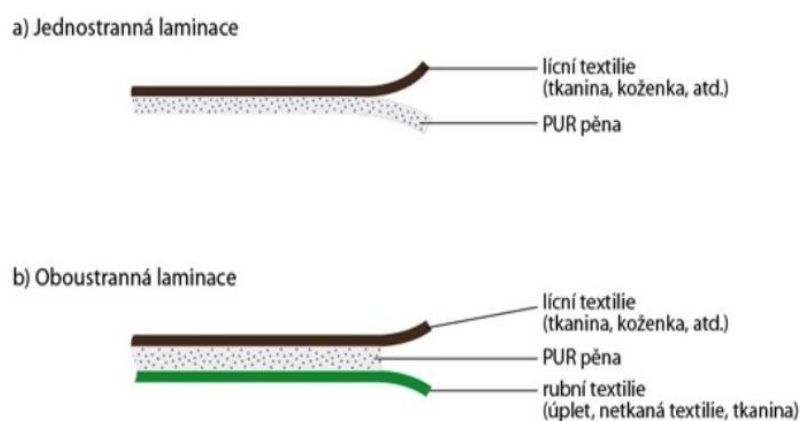
Proces tvorby laminace je zařazen do několika skupin. Skupiny se dělí podle použité technologie spojení vrstev. [11]

- Laminace plamenem
- Laminace slepováním
 - Mokrý laminace
 - Suchá laminace
 - Laminace HOT melt

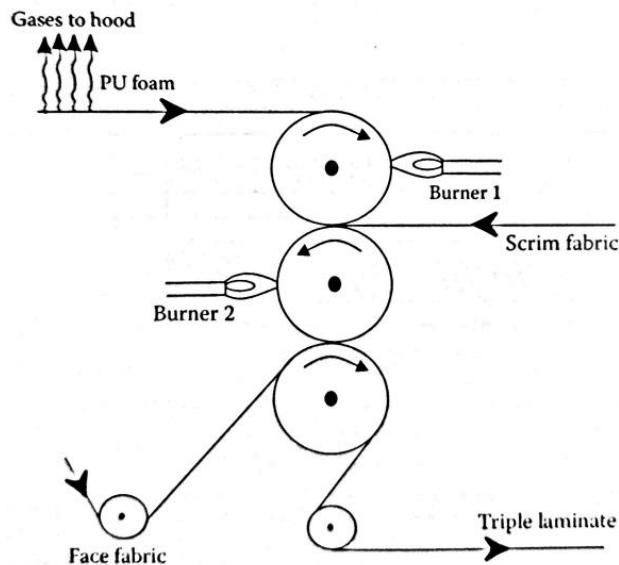
1.3.2 Laminace plamenem

Laminace plamenem je proces, při kterém se pro vytvoření vrstveného materiálu používá membránová termoplastická pěna. Tento proces laminace si zakládá na lehkém natavení pěny, aby se na povrchu vytvořila tenká vrstva roztaveného polymeru, která pak slouží jako pojivo. Natavení je docíleno tím, že se membrána vede kolem otevřeného plamene. Pokud se jedná o oboustrannou laminaci, tak se používají dva plameny na každé straně a lepení probíhá zároveň z obou stran membrány. Po vytvoření taveniny se membrána vede mezi válce linky, kde pomocí kalandrovacích válců dochází ke spojení s dalším substrátem. [9, 11, 13]

Při procesu se musí optimalizovat několik proměnných, kvůli docílení nejlepšího výsledku spojení. Rychlost linky by měla být konstantní a intenzita plamene musí být optimálně nastavena tak, aby se zajistilo dostatečné roztavení povrchu a zároveň se nesmí membrána spálit s následkem snížení tloušťky materiálu. Kdyby se materiál natavil málo, tak nedocílíme kvality pevného spoje a laminát se rozpadne. [9, 11, 14]



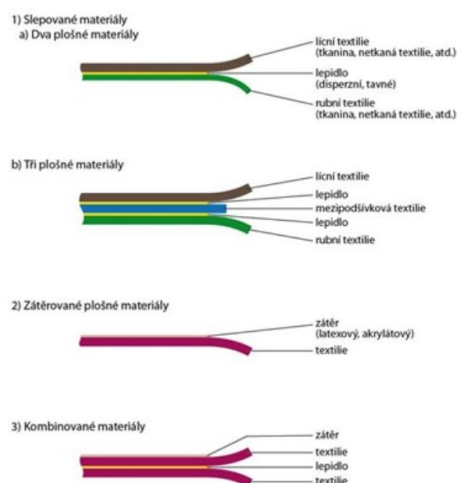
Obrázek 8: Konečné uspořádání vrstev laminací plamenem [14]



Obrázek 9: Schéma procesu oboustranné laminace plamenem [13]

1.3.3 Laminace slepováním

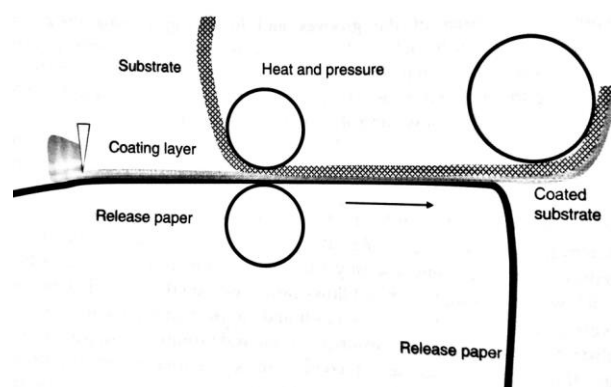
Jedná se o výrobek, který není lepený membránou. Slepění je provedeno pomocí prášků, fólií, sítí, nanesením lepidla na povrch materiálu nebo nánosem samolepící vrstvy. Laminace slepováním se dělí do tří skupin podle způsobu nanesení a použití pojiva. [11, 14]



Obrázek 10: Konečné uspořádání vrstev laminací slepováním [14]

Mokrá laminace

Lepidla používaná pro mokrou laminaci jsou na vodní bázi nebo na bázi rozpouštědla. Jedná se o adheziva rozptýlena nebo rozpuštěna v organickém rozpouštědle nebo vodě. Adhezivum se nanáší na jednu vrstvu laminovaného materiálu pomocí metod nanášení. Tyto metody mohou být například nástřik z pneumatické pistole, hloubkový tisk nebo nanášení nožem (obrázek 11). Materiál potažený adhezí se tlakem spojí s dalším materiálem, který bude tvořit výsledný laminát. Dále probíhá sušení nebo vytvrzování v peci. [11]

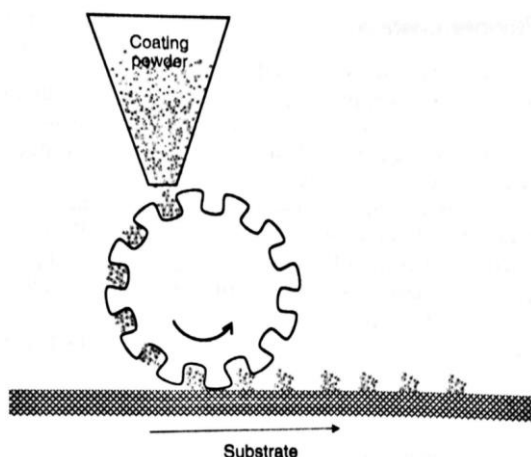


Obrázek 11: Schéma mokré laminace s nanášením adheze nožem [11]

Suchá laminace

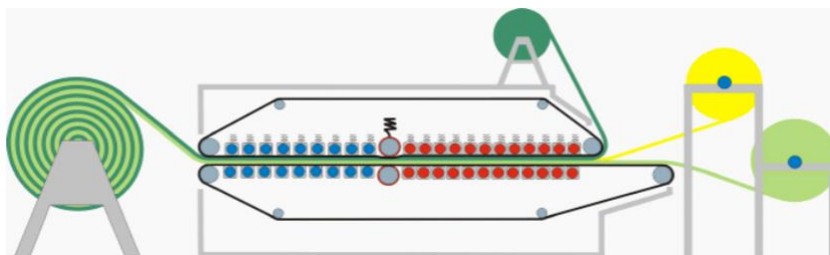
Tato metoda laminace je specifická nanášením pevného pojiva neboli lepidla na vrstvu laminované textilie. Narozdíl od laminace mokré, kde se lepidlo nanáší v tekutém stavu a pojení probíhá po působení tlaku, tak u této metody pojení probíhá až po aktivaci adhezivního pojiva teplem a následně tlakem. Suchá lepidla se používají ve formě prášků, pásků nebo fólií vyrobených z polyesteru, polyamidu, polyethylenu, ethylenvinylacetátu (známý jako EVA/PEVA) nebo termoplastického polyuretanu. [11, 13]

Prášková lepidla jsou rozemleta na jemný prach s velikostí zrna od 1 až po 500 μm . Na povrch základní textilie se nanáší prach metodou k tomu určenou a tou může být například rozprašování, práškovým bodovým nátěrem (obrázek 12) nebo pastovým bodovým nátěrem. Po roztavení prášku se vytvoří nespojitá vazba mezi vrstvami, která poskytuje vysokou měkkost, splývavost a propustnost laminátu. [11]



Obrázek 12: Schéma procesu práškového bodového nátěru [13]

Suchá lepidla, která přicházejí ve formě pásků nebo fólií, mají výhodu při dosažení tenčího konečného výrobku. Bývají dražší než prášková technologie, protože je obtížnější dosáhnou vysoké šířky nanášení, a proto vyžadují speciální role, které pokryjí plnou šíří textilie. Při přípravě před samotným lepením se všechny vrstvy skládají na sebe a tvoří laminát, který dále postupuje do topného tunelu, kde za působením tepla a tlaku dojde ke spojení. Výhodou je kontinuální výroba a nízké teploty roztavení lepidla, která má vliv na základní textilii. [11]

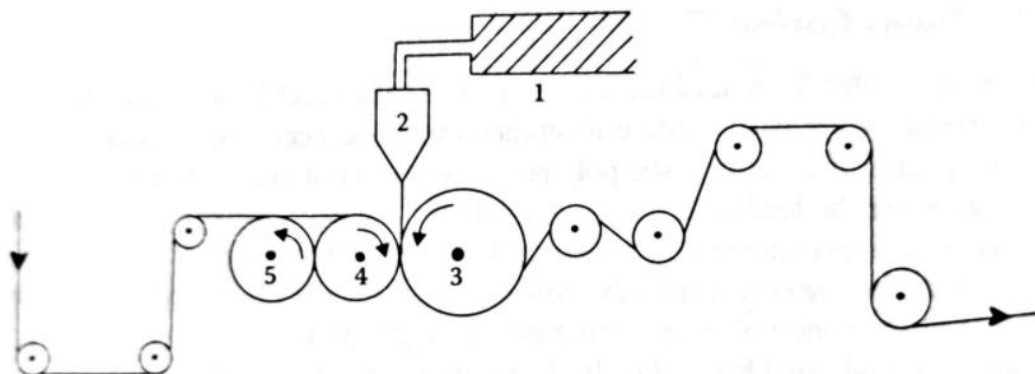


Obrázek 13: Schéma procesu laminování pomocí pásků nebo fólií [15]

Laminace *HOT melt*

U metody laminace technologií *HOT melt* se používají tuhé termoplastické polymery, které se roztaví na taveninu o teplotě 80 až 200 °C a následně nanesou na laminovanou textilii. Po ochlazení polymery tuhnou a tvoří požadovaný spoj. Vhodné materiály pro tento proces jsou ethylenvinylacetát, polyamid, polyetylen, polyvinylchlorid a sloučeniny na bázi polyesteru. Materiály jsou citlivé na vodu a vodní páru kvůli jejich nízkému bodu měknutí, a proto je jejich použití omezené. [11]

Tuhý polymer se taví v externí tavicí jednotce na požadovanou teplotu a dále pokračuje do nanášecí jednotky, kde se nanese na laminovanou textilii. K nanášení slouží několik procesů, které jsou například nanášení válcem, hloubkovým tiskem, vytlačováním (obrázek 14), potahování nožem nebo postřikováním. Tuhé polymery nahrazují adheziva na bázi vody a rozpouštědel. Díky procesu výroby jsou šetrnější k životnímu prostředí a k laminovanému materiálu, který není vystaven přímému teplu. [11]



Obrázek 14: Schéma procesu vytlačovacího nanášení [13]

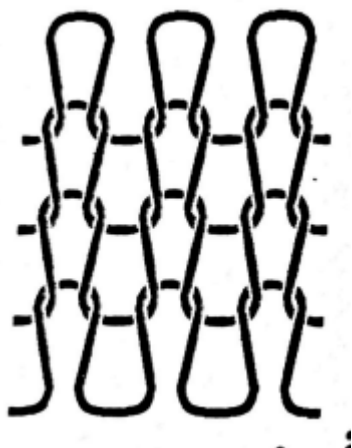
1.4 Zátěžná jednolící pletenina

Pletenina je plošná textilie, která je tvořena převážně jednou nití. Prochází postupně očko za očkem ve směru řádků. Může být tvořena i z více jak jedné nitě. [16, 17] Zátěžná pletenina je vyrobena z příčné soustavy nití, k jejíž realizaci se využívá práce ruční s jehlicemi nebo strojní na pletařských strojích zátěžných. [17]

Hlavním faktorem pro identifikaci vazby zátěžné jednolící pleteniny je struktura sloupců a řádků. Všechny vazební prvky jsou orientovány jedním směrem. Všechny sloupky a řádky jsou jednolící. Jednolící vazbu lze vytvořit pouze z jedné řady jehel na jednolůžkovém stroji. [16, 17]

Vazby s plným počtem oček

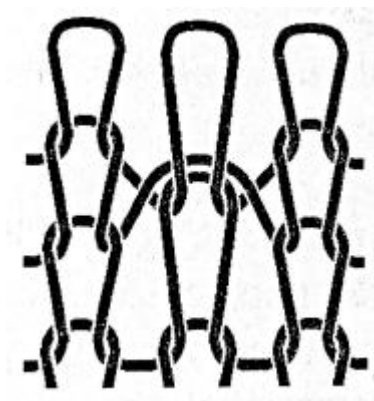
Vazba s plným počtem oček je i známá jako jednolící hladká pletenina. Její střída opakování je pouze jediné očko. Na lící straně jsou především vidět stěny oček, které připomínají tvar písmena V. Rubní strana pleteniny je identická viditelným obloučkem očka, který připomíná písmeno O s posunutou spodní polovinou. Pletenina disponuje větší příčnou než podélnou tažností, která je příčinou deformace očka v příčném směru. V případě podélné deformace zůstávají dvě nitě vedle sebe a prodloužení je dvakrát menší. [18]



Obrázek 15: Zátěžná jednolící pletenina [18]

Vazby s chytovými kličkami

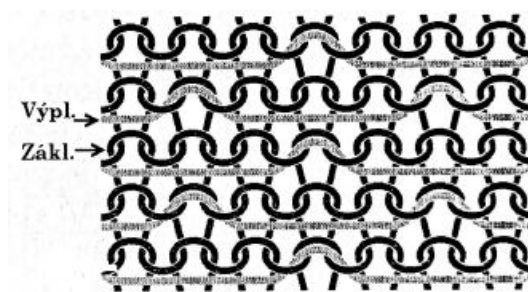
Další vazbou, kterou může být zátažná jednolící pletenina je vazba s chytovými kličkami. Chytová klička vzniká ve vazbě tehdy, když není nový vazební prvek protažen předchozím, ale přidá se k jeho hornímu jehelnímu obloučku. Chytová klička nevytváří novou plochu pleteniny. [18]



Obrázek 16: Chytová klička [18]

Vazby s doplňkovými nitěmi

Doplňkové nitě se přidávají do základní struktury, která je schopna samostatné existence a tím mění její vlastnosti. Tyto vazby se dělí podle způsobu přichycení doplňkové nitě do základní struktury, kterými jsou chytové kličky, očka a jiné způsoby. Krytá pletenina je tvořena ze dvou a více stejně provázaných nití. Jedna z nití leží na lícní straně a druhá na rubní, kde lze prohozením krycí a kryté nitě vytvořit barevný vzor. Kombinací chytových a podložených kliček vzniká pletenina výplňková, která leží na rubní straně a není téměř vidět. [18]

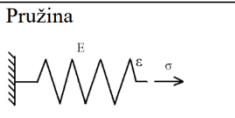
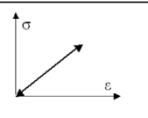
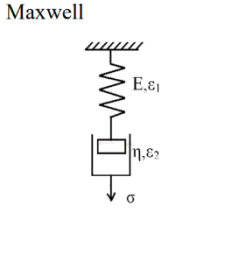
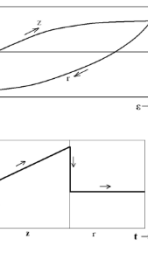
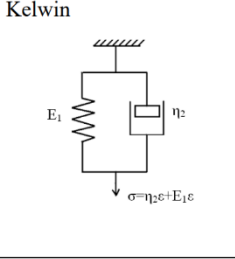
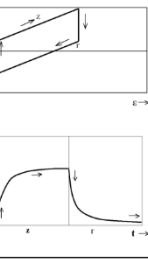
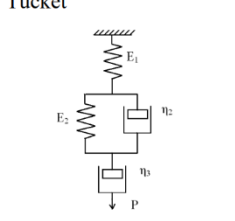
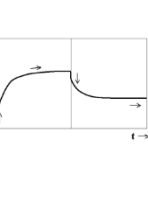


Obrázek 17: Výplňková pletenina [18]

1.5 Reologické modely

Reologické modely pomáhají k popisu chování plošných textilií při deformaci. Toto chování rozhoduje o parametrech zkoumaného materiálu. Většinu textilií lze přibližně popsat pomocí jednoduchých modelů v omezeném rozsahu namáhání. Reologické vlastnosti lze vyšetřovat pomocí teorie pružnosti. V průběhu deformace vznikají tři druhy deformací a tím je deformace elastická, viskoelastická (pružná) a plastická. [19, 20]

Práce se nezabývá reologickými vlastnostmi, ale pouze s nimi pracuje a v tomto případě se jedná o deformaci elastickou, která je okamžitá a dokonale vratná. Elastická deformace pracuje s Hookovým zákonem, pro který platí reologický model pružiny. Druhá deformace je viskoelastická, kde v průběhu zatížení roste a po odlehčení v závislosti na čase mizí. Tato deformace pracuje s reologickými modely podle Maxwella, Kelwina a Tucketa, který jsou kombinací modelu pružiny a tlumiče. [20]

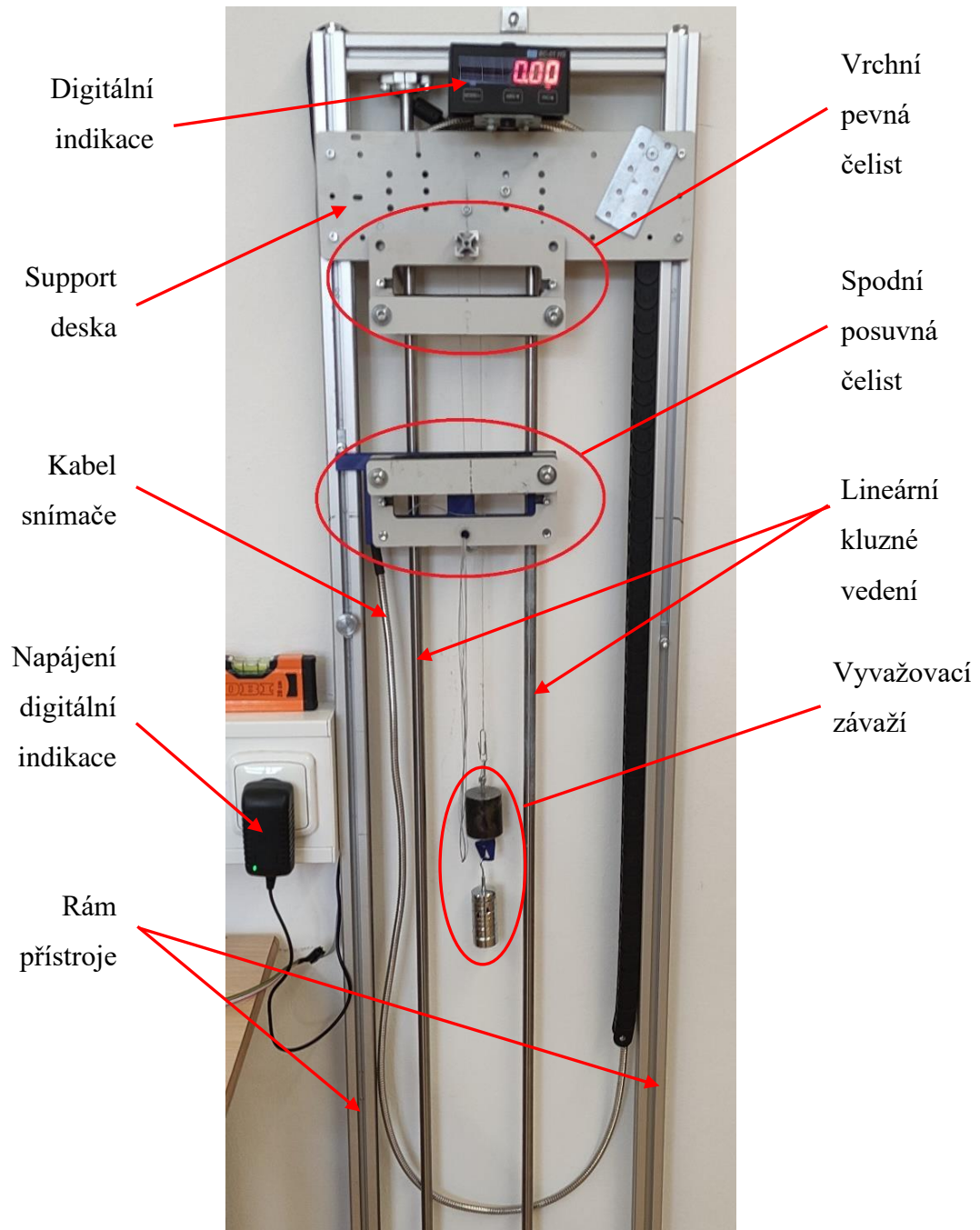
Elastická deformace	Pružina 	
Viskoelastická deformace	Maxwell 	
	Kelwin 	
	Tucket 	

Obrázek 18: Reologické modely [20]

2 Praktická část

2.1 Technický popis přístroje

Přístroj se nachází na katedře hodnocení textilií (KHT) Technické univerzity v Liberci. Následuje popis jednotlivých dílů přístroje.



Obrázek 19: Hlavní části přístroje

Digitální indikace

Digitální indikace BC-01 typu HS je určena pro připojení inkrementálních lineárních a rotačních snímačů s výstupním signálem TTL 5V a RS422. V tomto případě se jedná o snímač připevněný na spodní posuvné čelisti a snímá pohyb čelistí oproti magnetické pásce, která je pevně připevněna na vnitřní straně rámu stroje. Digitální indikace je vybavena vlastním LED displejem, na kterém se zobrazuje hodnota prodloužení během měření. Díky displeji lze například nastavit počáteční nulovou hodnotu měření.

Digitální indikace je napájena z vlastního zdroje 24V AC/DC. Indikace je trvale napojena na Arduino, které využívá a zaznamenává hodnoty získané měřením.



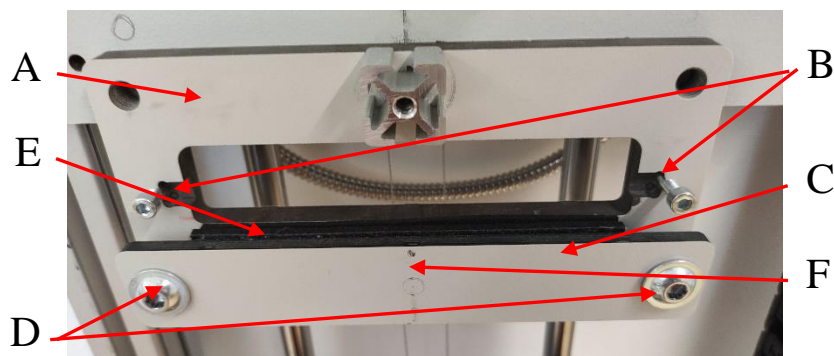
Obrázek 20: Digitální indikace BC-01 HS

Support deska

Tato deska je pevně připojena k rámu přístroje. Ze zadní strany desky se nachází kladka, která je součástí vyvažovacího systému pro spodní čelisti. Na přední straně je k desce připevněna vrchní pevná čelist.

Vrchní pevná čelist

Pevně přidělaná čelist k rámu přístroje, do které se upíná zkušební vzorek. Čelist má dvě možnosti nastavení. První styl je vyobrazený na obrázku 21, kde je vzorek přichycen pevně po celé šíři (odpovídá metodě Strip) nebo lze přidělat raménko pro testování vzorků podobných dané normou D2594 – 04.

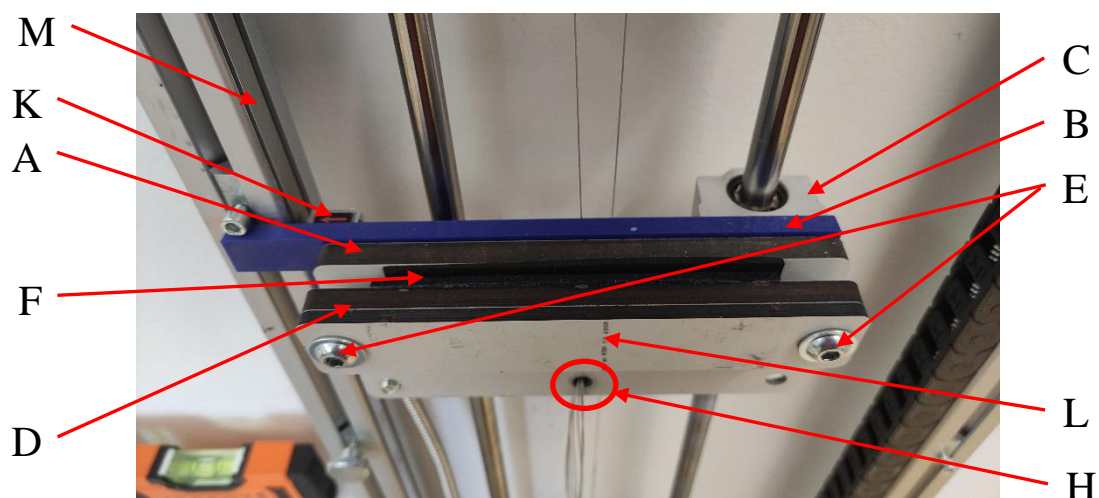


Obrázek 21: Vrchní pevná čelist

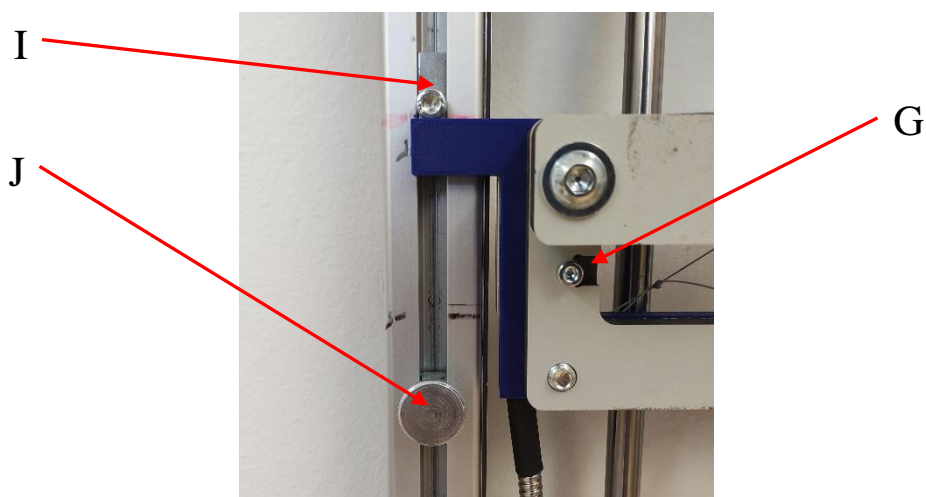
Vrchní čelisti se skládají z několika prvků. Největším dílem je pevná část čelistí (**A**), která je pevně přichycená k Support desce. V místě (**E**) je přilepený gumový pruh, který pomáhá k uchycení zkušebního vzorku tak, aby během zkoušky neproklouzl. Tento gumový pruh je nalepen i na díle (**C**) na straně směrem k (**A**). Pohyblivá část čelisti (**C**) má v sobě dvě průchozí díry, kterými prochází šrouby (**D**). Tyto šrouby se šroubují do části (**A**) a tím vzniká silový spoj s dílem (**C**). (**F**) je středová čára pro přesnější upnutí vzorku. Vybrání (**B**) slouží k použití jiného druhu upnutí vzorku, než je momentálně nainstalovaný.

Spodní posuvná čelist

Díl, který vykonává svislý pohyb. Čelist není pevně připevněna k přístroji, ale k lineárnímu ložisku s vozíkem, které jezdí po lineárním kluzném vedení. Spodní čelist má na sobě připevněný snímač, který je v těsné blízkosti s rámem stroje, kde je přidělaný magnetický pásek. Rameno, na kterém je snímač přidělaný rovněž slouží jako doraz pro minimální vzdálenost vrchní a spodní čelisti.



Obrázek 22: Spodní posuvná čelist 1/2



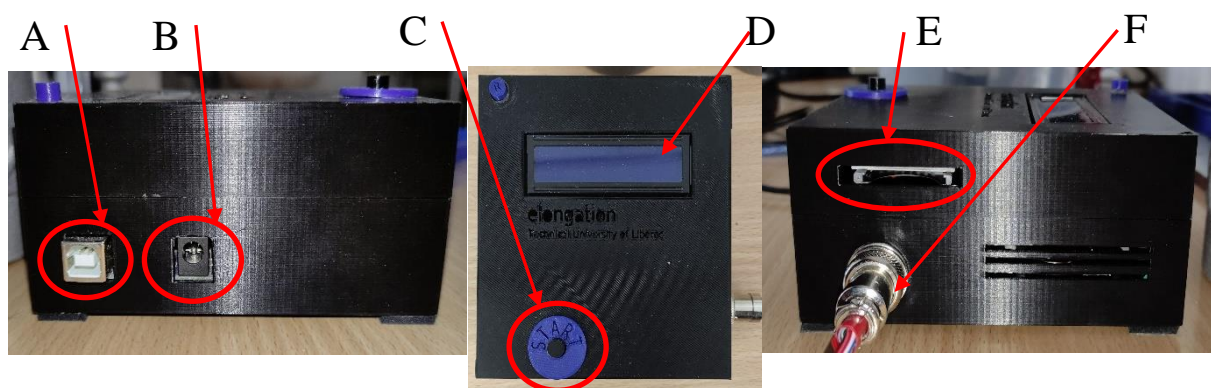
Obrázek 23: Spodní posuvná čelist 2/2

Celé čelisti drží na ložiskovém lineárním vedení s domkem (C), který je připevněn k prvnímu dílu soustavy (B). Tento díl má na sobě přidělaný magnetický snímač (K), který snímá hodnoty pomocí magnetického pásku (M), který je přidělaný na hliníkovém profilu rámu přístroje. Šroub s kamenem (I) slouží jako minimální pevný doraz pro spodní čelisti. Doraz odpovídá vzdálenosti od vrchní čelisti 100 mm. Šroub s kamenem (J) slouží jako posuvný maximální doraz nebo pojistka, aby čelisti nesjely a nerozbily se. K dílu (B) je přidělaná deska (A), která má stejný účel jako u čelistí vrchních.

Najdeme na ní vybrání (G), které slouží k použití jiného druhu upnutí vzorku, než je momentálně nainstalovaný. Na desce (A) je také přilepený gumový pásek (F), který je i součástí upínacích čelistí (D). Tyto čelisti mají v sobě dvě průchozí díry, kterými vedou šrouby (E). Šrouby slouží k přitlačení upínacích čelistí na desku (A) a vytvoření mezi gumovými pásky takové silové poměry, že pevně sevrou zkoušený vzorek textilie. Silových poměrů dosáhneme zašroubováním šroubů do desky (A). (L) je středová osa čelistí pro přesné upnutí zkoušeného vzorku. Díra (H) slouží k zavěšení závaží na střed čelistí. K této čelisti je na zadní části (B) přichycené lanko, které je součástí kladkového systému. Tento systém slouží k vyvážení váhy těchto čelistí.

Arduino

Jedná se o malý jednodeskový počítač, který je externě napojený na přístroj. Externě znamená, že není jeho pevnou součástí, ale zároveň bez něj měření neproběhne. Arduino je konektorem napojeno na digitální indikaci BC-01 HS. Jejich společné napojení a program vytvořený v paměti Arduino umožňuje automatické zapisování výstupních hodnot z měření na externě vložené uložení v podobě SD karty. Samotný jednodeskový počítač je vložen v navrženém a vytisknutém krytu z 3D tiskárny.



Obrázek 24: Arduino

Obrázek 24 zahrnuje tři pohledy na krabičku s Arduino. Levá část obrázku je pohled z levého boku na krabičku. Na tomto boku se nachází napájecí vstupní konektory (A) a (B). Napájení (A) je prostřednictvím USB-B. Tento druh konektoru umožňuje napojit Arduino na klasické PC zařízení s možností napájení nebo úpravy nahraného programu. Konektor (B) slouží pouze k napájení. Jedná se o konektor 5,5 X 2,1 mm.

Je doporučeno Arduino napájet 9V a maximálně 1A. Prostřední obrázek je pohled z vrchu. Zde máme možnost vidět displej Arduina (**D**), který zobrazuje naprogramované příkazy. Tlačítko START (**C**) je prvkem mechanického ovládání počítače. Poslední pohled na pravý bok zahrnuje vstup pro SD kartu (**E**) a konektor (**F**), kterým je napojený na Digitální indikaci.

2.2 Modifikace přístroje

Před zahájením měření na přístroji bylo potřeba provést pár změn, které měly přispět k úspěšnému měření.



Obrázek 25: Přístroj před modifikací

Redukce váhy spodních čelistí

První problém nastal při řešení otázky relaxace testovaného vzorku po odlehčení zatížení. Ideálním stavem by bylo, kdyby na vzorek nepůsobila žádná vnější síla a mohl tak sám zrelaxovat. Tohoto stavu by bylo možné docílit, kdyby se vzorek odepnul ze spodních čelistí, takže by na něj nepůsobila vnější síla. To ale nepůjde, protože součástí přístroje na spodních čelistech je magnetický snímač, který zaznamenává hodnoty prodloužení v průběhu času.

S nutností připnutého vzorku v čelistech přišlo druhé řešení a tím bylo snížení váhy celé spodní čelisti. Na obrázku 24 je viditelná velká support deska spodní čelisti, která byla připnuta na jednom páru ložiskového lineárního vedení s domkem a na ní až byla upevněná čelist.

Nechala se vyrobit nová podkladová deska, která byla rozměrově stejná s čelistí. Úplné zbavení se této desky nebylo možné, protože se samostatné čelisti nedaly přidělat k ložiskovému lineárnímu vedení a magnetický snímač byl mimo dosah magnetické pásky na rámu stroje. Kvůli vzdálenosti snímače a magnetického pásky se na nové desce udělalo rameno, na které se snímač namontoval. Rameno také slouží jako doraz pro minimální vzdálenost spodních čelistí od horních.

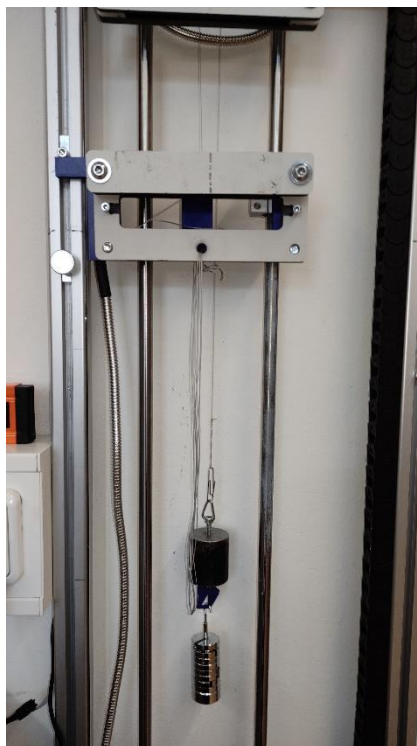


Obrázek 26: Modifikovaná spodní čelist

Vyvážení spodní čelisti

Odlehčení spodní čelisti proběhlo, ale pořád na vzorek působí vlastní váha čelisti, takže po odlehčení nemůže vzorek plně zrelaxovat. Jak docílit rovnovážného stavu a minimálního odporu na vzorek v důsledku upnutí v čelistech?

Řešením byl jednoduchý systém kladky. Na spodní čelist se přiváže první konec šňůrky, který půjde skrz kladku, která je upevněna v horní support desce a na druhý konec se připevní závaží o hmotnosti spodních čelistí. Podmínka rovnováhy byla papírově splněna, ale v praxi se nedařilo docílit pozitivního výsledku.



Obrázek 27: Spodní čelist s protizávažím

Dokončení modifikace

Po vyvážení spodní čelisti pomocí kladky se nedostavilo výsledků, kterých se očekávalo. Otázkou bylo proč tomu tak je?

Podobné lineární kluzné vedení vyžaduje rovnoběžnost a přesnost všech dílů, které jsou aktivními prvky při pohybu. Většinou stačí pouhé vyosení nebo nesoudružnost děr s uložením hřídele a soustava těles nefunguje, jak má. Tato myšlenka pomohla k prvnímu pokusu řešení problému.

Uskutečnění proběhlo tak, že se odmontovalo jedno ze dvou ložiskových lineárních vedení, aby si navzájem nebránily v pohybu. Tento krok však vyžadoval ještě upravení hmotnosti na protizávaží, protože celková hmotnost čelistí se snížila. Po vyvážení hmotnosti byly spodní čelisti v rovnovážném stavu.

Následoval pokus zjištění, jak velká síla musí působit na jedné straně systému kladky, aby se soustava dala do pohybu?

Uskutečnění pokusu není složité. Na jednu stranu se bude postupně přidávat kalibrované závaží a až se soustava těles dá do pohybu, tak se najde přibližná potřebná síla k přerušení rovnováhy těles.

Konečná hmotnost závaží, která byla přidána na jednu stranu kladkového systému, aby došlo k pohybu, se rovnala $m=10$ gramům přesně. Je potřeba vypočítat potřebná síla k rozpoohybování systému ve směru relaxace textilie za předpokladu, že gravitační zrychlení $g=9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

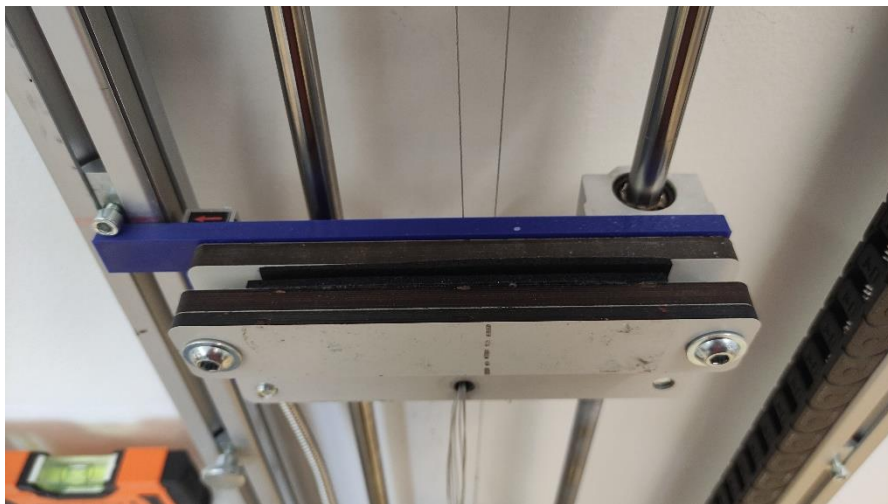
$$m= 10 \text{ g} = 0,01 \text{ Kg}$$

$$F= m \cdot g$$

$$F= 0,01 \cdot 9,81$$

$$F= 0,0981 \text{ N}$$

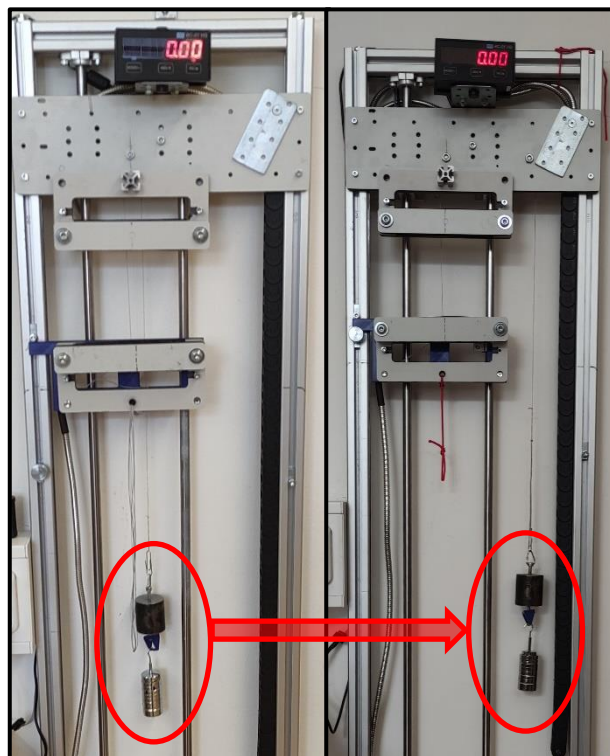
Výsledná síla potřebná k rozpoohybování soustavy těles po zaokrouhlení na dvě desetinná místa vyšla 0,10N. Tato hodnota je po diskusi zanedbatelná a úprava je tedy ověřena k použití pro měření.



Obrázek 28: Konečná úprava spodní čelisti

Přesunutí vyvažovacího závaží

Vyvažovací závaží spodní čelisti bylo umístěno mezi lineárními vodícími tyčemi. Jeho umístění vadilo pohybu a instalaci zatěžovacího závaží potřebného k provedení zkoušky. Úprava přišla v podobě instalace druhé kladky na support desce. Její pozice byla zvolena tak, aby se vyvažovací závaží pohybovalo v prostoru, který je napravo od spodních čelistí a lineárního vedení.



Obrázek 29: Přesun protizávaží

Magnetický snímač

Magnetický snímač byl přidělán k původní support desce spodních čelistí. Kabel, kterým je propojen k digitální indikaci směřoval vzhůru a poté byl vyvěšen a naveden do žlabu. Kvůli redukci hmotnosti spodních čelistí se magnetický snímač musel pootočit o 180°. Pootočením snímače byl jeho kabel vyvěšen svisle dolů. Tento krok odstranil pákové síly vyvíjeny předešlém vyvedením kabelu vzhůru. Pootočení snímače zapříčinilo snímání záporných hodnot Arduinem. Tato vada se napraví úpravou programu v jednodeskovém počítači.

2.3 Postup tvorby návodu

Tento návod je vytvořen podle vlastního postupu měření a pomůže k vytvoření návodu obsluhy přístroje. Jednotlivé kroky obsahují doporučení a upozornění na chyby, kterých se může dopustit.

1. Příprava přístroje před měřením do výchozí pozice

- a) Kontrola, zda je spodní čelist zaaretovaná na dorazu vymezující minimální rozteč mezi horní a spodní čelistí. Pokud tomu není jako na obrázku 28, je nutno posunout spodní čelist na doraz k hlavě šroubu a přichytit aretační matici těsně pod rameno čelisti.



Obrázek 30: Aretace spodní čelisti

- b) Pokud není digitální indikace připojena k napájení, postupuje se podle bezpečnostních podmínek vztahující se na konkrétní laboratoř a připojení elektrického zařízení do sítě. Po zapnutí se rozsvítí číselník na displeji.

2. Upnutí vzorku do čelistí

Postup je určen pro čelisti, které svírají vzorek v celé jeho šíři.

- a) V první řadě je potřeba povolít šrouby na vrchní i spodní čelisti, které slouží k utažení upínací části čelistí.
- b) Šrouby se povolují klíčem zakončeným šestihranným hranolem.

DOPORUČENÍ: U horní čelisti není potřeba šrouby vyšroubovat celé a stačí nechat mezeru mezi díly s nalepenou gumovou páskou. U spodní čelisti je doporučeno kompletně vyšroubovat levý šroub a upínací čelist vyhnout z upínací části.

- c) Připravený vzorek odpovídající požadovaným rozměrům se prostrčí horní čelistí na vyznačenou plochu. Doporučuje se prostrkovat vzorek ze shora směrem dolů.
- d) Utáhnout šrouby horní čelisti, čímž je docíleno upevnění vzorku v čelistech.
- e) Srovnat spodní vyznačenou plochu vzorku na plochu gumových pásků spodní čelisti.
- f) Vrátit upínací část do vodorovné pozice a utáhnout šrouby.
- g) Pokud je vzorek upnutý v čelistech (vyznačené oblasti vzorku jsou na správných místech v čelistech), tak následuje dotažení upínacích dílů.

DOPORUČENÍ: Pokud nebude k dispozici momentový klíč, který by oznámil správný utahovací moment, musí se utahovat do té doby, dokud mezi upínací a pevnou částí čelisti nebude mezera v rozmezí 2-3 mm.

3. Měření

Před zahájením měření probíhá kontrola, zda je Arduino vypnuté a bez napájení. Pokud tomu tak není, je potřeba ho vypnout.

- a) Po upnutí vzorku do čelistí se nastaví nulový bod na digitální indikaci zmáčknutím tlačítka **INC/▲**



Obrázek 19 1: Digitální indikace BC-01 HS

- b) Zavěšení závaží na spodní čelist. Závaží se věší za vyvedené lanko, které je upevněné ke středu spodní čelisti.
- c) Zasunutí SD karty do arduina. Karta se do Arduina zasouvá rubem nahoru, tudíž jsou viditelné vodivé plošky SD karty. Místo pro vložení karty se nachází na pravém boku krabičky s Arduinem.

DOPORUČENÍ: Před měřením se ujistěte, zda je SD karta prázdná a bez souborů. Může se stát, že místní data budou přepsána nebo se záznam z měření neuloží. Pokud se nachází na kartě existující soubor z měření, dojde k vytvoření nového soubaru.

POZOR: Karta zasunutá v Arduino má dvě pozice, tudíž můžete mít kartu zasunutou, ale nebude připojená. Při zasunutí SD karty je slyšet cvaknutí, to znamená, že je karta buď zasunutá nebo vysunutá. Správně zasunutá SD karta je tehdy, když po cvaknutí zůstane v Arduinu a špatně zasunutá, když ji pružinka vytlačí ven.



Obrázek 31: Zasunutí SD karty do Arduina

- d) Připojení Arduina do napájení. Napájecí konektory se nachází po levém boku krabičky Arduina
- Pokud je požadavek připojení a sledování dat přes počítač, napájení povedete z PC použitím USB-B portu s koncovkou USB-A

POZOR: Nastavení na PC dobu režimu spánku nebo vypnutí obrazovky. Pokud se během měření přeruší napájení Arduina, tak dojde ke ztrátě dat a měření se musí opakovat.

DOPORUČENÍ: U napájení přes počítač lze sledovat v programu Arduino příkazový řádek. Výhodou je kontrola zapisování hodnot a průběhu měření.

- Další možností napájení je připojení 9V baterie nebo přímo ze sítě přes zdroj na konektor 5,5 X 2,1 mm

POZOR: U tohoto typu napájení se řídí pouze příkazy na displeji Arduina.

- e) Po zapnutí Arduina se rozsvítí jeho displej, kde se zobrazí informace o načítání programu.



Obrázek 32: Arduino start program

- f) Po dokončení načítání se zobrazí příkaz **STISKNI TLAČÍTKO**. Tato informace sděluje, že je vše připraveno k měření a stisknutím tlačítka **START** dojde k zahájení zkoušky.



Obrázek 33: Arduino stiskni tlačítka

- g) Stisknutí tlačítka **START** pro zahájení měření a povolení aretační matice pod spodní čelistí.

DOPORUČENÍ: Od zmáčknutí tlačítka **START** je nutno mít co nejmenší prodlevu k povolení aretační matice. Prodloužení bude téměř okamžité.



Obrázek 34: Zatížený vzorek

- h) Jeden měřicí cyklus je nastavený na 30 minut. Uběhlý čas měření je zobrazen na displeji Arduina.
- Pokud se měří pouze prodloužení materiálu, tak je vzorek po dobu cyklu konstantně zatěžován.
 - Pokud se zaznamenává i relaxace materiálu, je potřeba po 15 minutách sundat závaží ze spodní čelisti.

DOPORUČENÍ: Při sundávání závaží je vyžadována obezřetnost, aby se neovlivnily hodnoty měření. Zavěšené závaží se sundává tak, že je uchopeno a směrem nahoru pomaličku zvedáno. Pokud je tento pohyb příliš rychlý, nedojde ke správnému zaznamenání relaxace vzorku.



Obrázek 35: Odlehčený vzorek

- i) Po uběhnutí 30 minut (celkové doby měření) se zobrazí na displeji Arduina příkaz **STISKNI TLAČÍTKO** jako tomu je na obrázku 31 nebo bodu **3.f)**. To znamená, že jeden měřící cyklus uběhl a je připravený na další měření.
- j) Odpojení Arduina z napájení a vysunutí SD karty. Pokud se měří více vzorků, nemusí se Arduino vypínat. Stačí uchytit nový vzorek (krok **2.**) a spustit měření **3.f)**.

POZOR: Pokud dojde k vytažení SD karty před vypnutím Arduina, tak se data nemusí uložit.

DOPORUČENÍ: Odpojení SD karty probíhá jejím zamáčknutím souose do Arduina, ozve se cvaknutí a kartu to samo vysune. Pokud se karta pouze vytáhne, může dojít k poškození.

- k) Z SD karty se stáhnou data do příslušného PC zařízení a nejlépe je z karty odstranit, aby byla prázdná a připravená pro další měření.

POZOR: Pokud je uložisko SD karty prázdné, došlo k nedodržení pracovního postupu.

- l) Připravit přístroj k dalšímu měření podle kroku **1.a)**

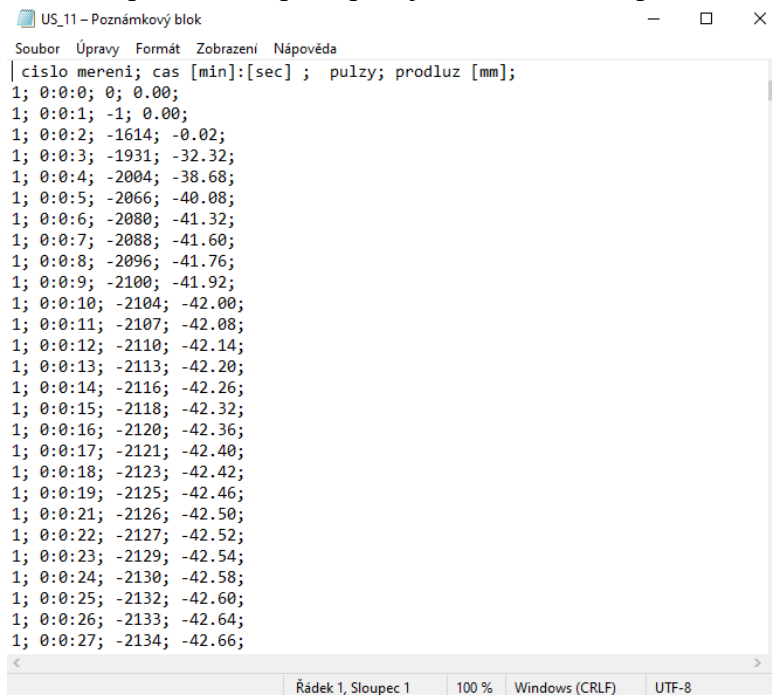
2.4 Zpracování výstupních dat

Po dokončení měření se na SD kartě vložené v Arduino vytvoří textový dokument s hodnotami, které se v průběhu zkoušky zapisovaly v intervalu jedné vteřiny. Tyto hodnoty je třeba získat a upravit tak, aby se mohly provádět potřebné operace k vyhodnocení zkoušky. Následující kroky popisují zpracování dat pro tuto práci.

1) Textový dokument

- Po přečtení a otevření složky externího úložiště SD karty na příslušném PC zařízení se nachází soubor ve formátu textového dokumentu (.TXT)
- Textový dokument obsahuje data z měření, jako tomu je na obrázku 36.
- Dokument musí obsahovat hodnoty zapsané v intervalu 0-30 minut, který odpovídá jednomu cyklu naprogramovaném v Arduino.

POZNÁMKA: Pokud je složka externího úložiště SD karty prázdná, data se nezapsala v důsledku nedodržení pracovního postupu a je nutno měření opakovat.



```

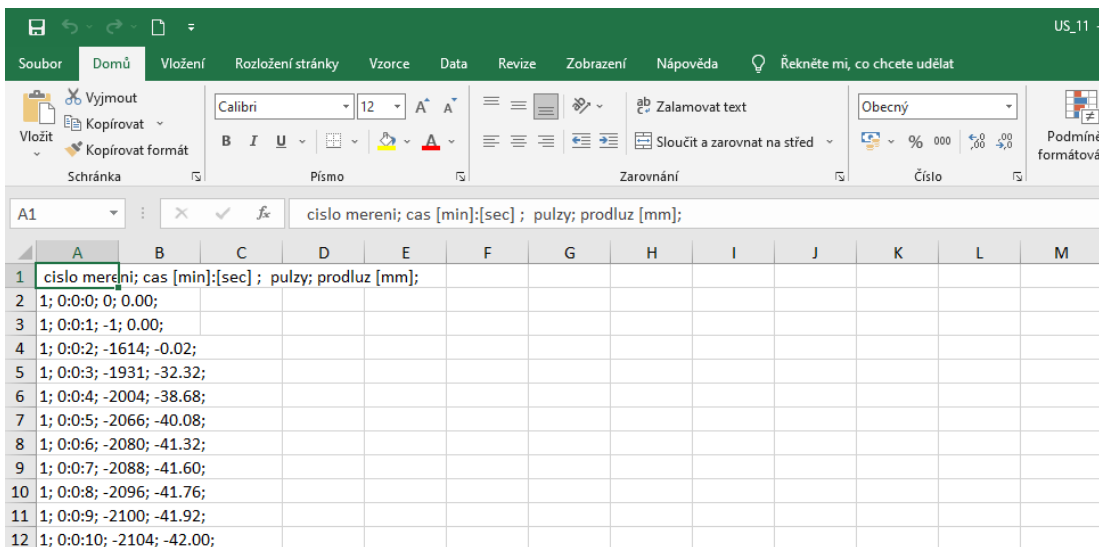
US_11 - Poznámkový blok
Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda
| cislo mereni; cas [min]:[sec] ; pulzy; prodluz [mm];
1; 0:0:0; 0; 0.00;
1; 0:0:1; -1; 0.00;
1; 0:0:2; -1614; -0.02;
1; 0:0:3; -1931; -32.32;
1; 0:0:4; -2004; -38.68;
1; 0:0:5; -2066; -40.08;
1; 0:0:6; -2080; -41.32;
1; 0:0:7; -2088; -41.60;
1; 0:0:8; -2096; -41.76;
1; 0:0:9; -2100; -41.92;
1; 0:0:10; -2104; -42.00;
1; 0:0:11; -2107; -42.08;
1; 0:0:12; -2110; -42.14;
1; 0:0:13; -2113; -42.20;
1; 0:0:14; -2116; -42.26;
1; 0:0:15; -2118; -42.32;
1; 0:0:16; -2120; -42.36;
1; 0:0:17; -2121; -42.40;
1; 0:0:18; -2123; -42.42;
1; 0:0:19; -2125; -42.46;
1; 0:0:21; -2126; -42.50;
1; 0:0:22; -2127; -42.52;
1; 0:0:23; -2129; -42.54;
1; 0:0:24; -2130; -42.58;
1; 0:0:25; -2132; -42.60;
1; 0:0:26; -2133; -42.64;
1; 0:0:27; -2134; -42.66;
  
```

Obrázek 36: Obsah textového dokumentu

2) Microsoft Excel

Pro úpravu dat je vhodné zvolit správný program, který dokáže pracovat se souborem dat. Doporučením je Microsoft Excel nebo alternativa tohoto programu. Následující sled operací je vytvořený pro zmiňovaný Microsoft Excel verze 2016.

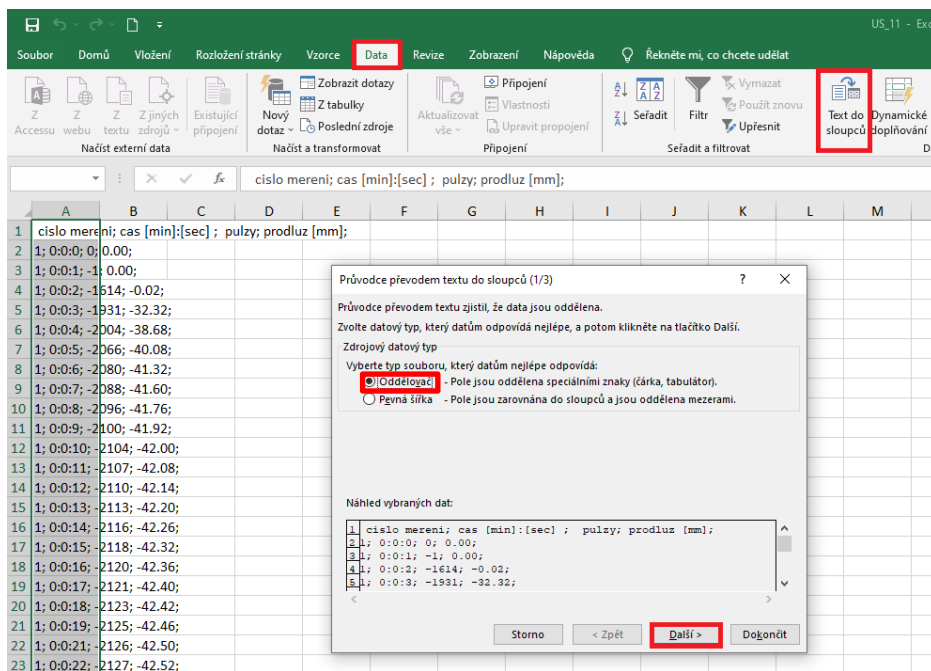
- a) Otevření textového dokumentu v programu Microsoft Excel. Po otevření souboru se zobrazí naměřená data.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	cislo mereni; cas [min]:[sec] ; pulzy; prodruz [mm];												
2	1; 0:0:0; 0; 0.00;												
3	1; 0:0:1; -1; 0.00;												
4	1; 0:0:2; -1614; -0.02;												
5	1; 0:0:3; -1931; -32.32;												
6	1; 0:0:4; -2004; -38.68;												
7	1; 0:0:5; -2066; -40.08;												
8	1; 0:0:6; -2080; -41.32;												
9	1; 0:0:7; -2088; -41.60;												
10	1; 0:0:8; -2096; -41.76;												
11	1; 0:0:9; -2100; -41.92;												
12	1; 0:0:10; -2104; -42.00;												

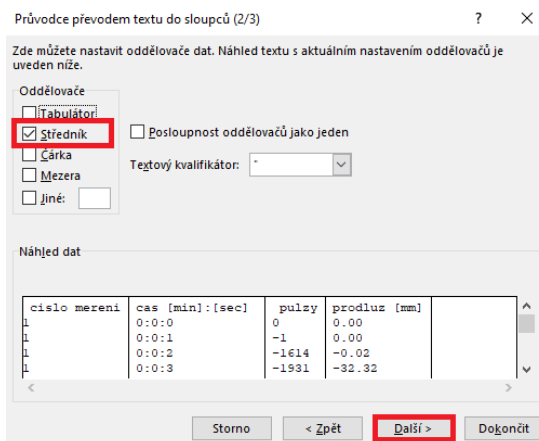
Obrázek 37: Nahraná data v Microsoft Excel

- b) Data se zapsala do jednoho sloupce, proto je nutné jednotlivé hodnoty rozdělit do samostatných sloupců.
- Kliknout na první buňku zapsaného textu. V tomto případě se jedná o buňku **A1**.
 - Kombinací kláves **Ctrl + Shift + Šipka dolů** ↓ vybrat všechny hodnoty ve sloupci.
 - V pásu karet rozkliknout **Data** → **Text do sloupců** pro otevření průvodce.
 - Vybrat možnost **Oddělovač** a kliknout na tlačítko **Další**.



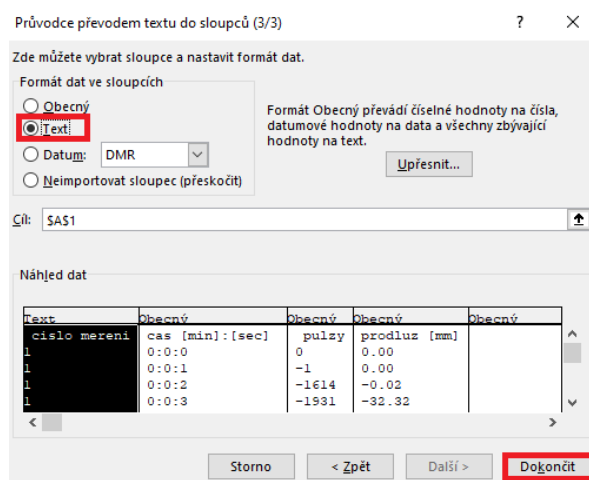
Obrázek 38: Průvodce převodem textu do sloupců 1/3

- Data jsou oddělena středníkem ";", proto se vybere možnost oddělovače **Středník** a kliknout na tlačítko **Další**



Obrázek 39: Průvodce převodem textu do sloupců 2/3

- V posledním kroku se vybírá, v jakém formátu se mají data přepsat do sloupců. Pro tento případ se zvolí formát **Text** a následně dokončení operace tlačítkem **Dokončit**



Obrázek 40: Průvodce převodem textu do sloupců 3/3

- Po dokončení průvodce se data rozdělila do samostatných sloupců

	A	B	C	D	E
1	cislo mereni	cas [min]:[sec]	pulzy	prodruz [mm]	
2	1	0:0:0	0	0.00	
3	1	0:0:1	-1	0.00	
4	1	0:0:2	-1614	-0.02	
5	1	0:0:3	-1931	-32.32	
6	1	0:0:4	-2004	-38.68	
7	1	0:0:5	-2066	-40.08	
8	1	0:0:6	-2080	-41.32	
9	1	0:0:7	-2088	-41.60	
10	1	0:0:8	-2096	-41.76	
11	1	0:0:9	-2100	-41.92	
12	1	0:0:10	-2104	-42.00	

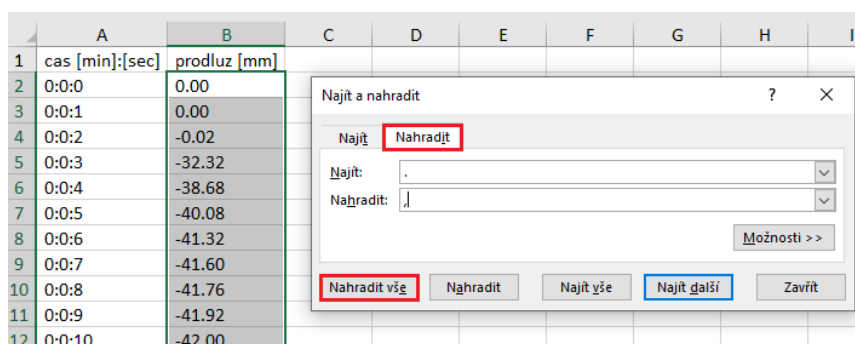
Obrázek 41: Rozdělení dat do sloupců

- c) Textový dokument zapisuje hodnoty prodloužení s tečkou místo desetinné čárky a program Excel je nepřechte správně. Proto se musí upravit tak, aby se s nimi dalo pracovat. Pokud je nastavený excel pro zápis desetinných míst tečkou, nemusí se tento krok řešit.

POZNÁMKA: Po dokončení rozdělení dat se může odstranit sloupec s názvem **číslo měření** a **pulzy**. V tomto případě se nachází ve sloupcích **A** a **C** na obrázku 41. Tato data nejsou důležitá pro další zpracování.

- Kliknutí na první hodnotu sloupce s hodnotami prodloužení a vybrat všechny hodnoty stisknutím klávesnic **Ctrl + Shift + Šipka dolů ↓**
- V pásu karet kliknout na kolonku **Domů** → **Najít a vybrat** → **Nahradiť** nebo použít klávesovou zkratku **Ctrl + F**

- Vybrání možnosti **Nahradit**. V kolonce **Najít** napsat tečku → v kolonce **Nahradit** napsat čárku → stisknout tlačítko **Nahradit vše**



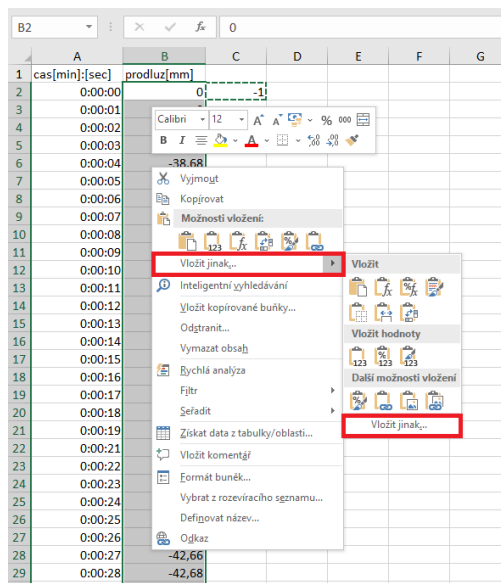
Obrázek 42: Najít a nahradit

DOPORUČENÍ: Podobná úprava se dělá i ve sloupci s časem. Je nutno v kolonce **Najít** udělat mezeru a kolonku **Nahradit** nechat prázdnou. Textový dokument převede hodnotu času s mezerou před číslem. Vymazání mezery před hodnotou času umožní použít například funkci =SVYHLEDAT.

- d) Magnetický snímač, díky kterému Arduino zaznamenává hodnoty polohy, je na stroji nainstalován tak, že se zaznamenané hodnoty zapisují v záporných hodnotách. Doporučuje se tyto hodnoty změnit na kladné pomocí funkce **Násobit**.

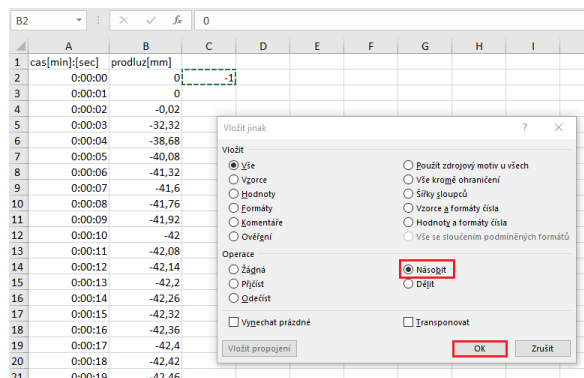
Poznámka: Zápis hodnot v záporných hodnotách je dán programem v Arduino. Pokud došlo ke změně v programu a výsledné hodnoty jsou kladné, tak tento krok lze přeskočit.

- V Excelu zvolit libovolné volné pole (v ukázkovém případě se jedná o prázdné pole **C2**) a napsat hodnotu **-1**
- Kliknout na pole s nově zapsanou hodnotou **-1** a zadat příkaz ke kopírování, který se provádí klávesovou zkratkou **Ctrl + C**
- Kliknutí na první hodnotu sloupce s hodnotami prodloužení a vybrat všechny hodnoty stisknutím klávesnic **Ctrl + Shift + Šipka dolů ↓**
- Kliknutí pravým tlačítkem myši na vybraná data pro rozbalení lišty záložek
- Rozbalení výběru **Vložit jinak** → vybrat **Vložit jinak**



Obrázek 43: Vložit jinak 1/2

- V nově otevřeném okně zaškrtnutí ve výběru druhu Operace **Násobit** a potvrzení tlačítkem **OK**



Obrázek 44: Vložit jinak 2/2

- Data jsou nyní připravena pro zpracování dle potřeby

	A	B	C
1	cas[min]:[sec]	prodluz[mm]	
2	0:00:00	0	
3	0:00:01	0	
4	0:00:02	0,02	
5	0:00:03	32,32	
6	0:00:04	38,68	
7	0:00:05	40,08	
8	0:00:06	41,32	
9	0:00:07	41,6	
10	0:00:08	41,76	

Obrázek 45: Upravená nahraná data

2.5 Experiment

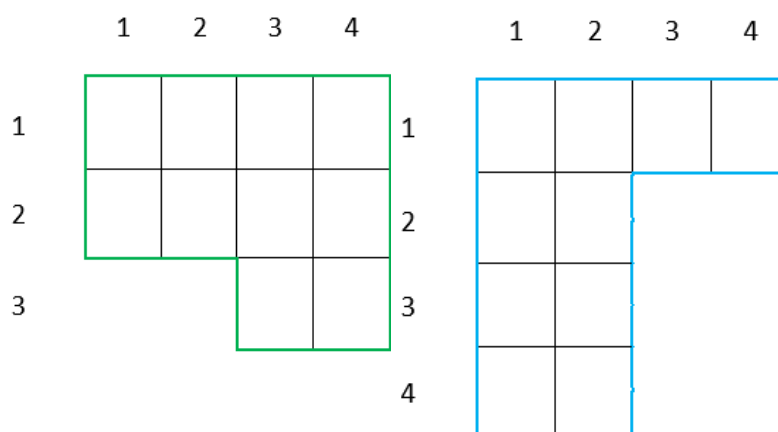
2.5.1 Vzorky

Pro testování přístroje a jeho čelistí se použil úplet, ze kterého se odebralo 20 vzorků. Vzorky se odebraly z jednoho kusu úpletu po 10 vzorcích ve směru sloupce, které se značí OS (obrázek 47 zelený) a 10 vzorků ve směru řádku, které se značí US (obrázek 47 modrý). Vzorky byly označovány podle umístění na ploše pleteniny pomocí matice. Pletenina byla identifikována jako jednolící pletenina s chytovými klíčkami o materiálovém složení 60% Tencelu a 40% Polypropylenu.



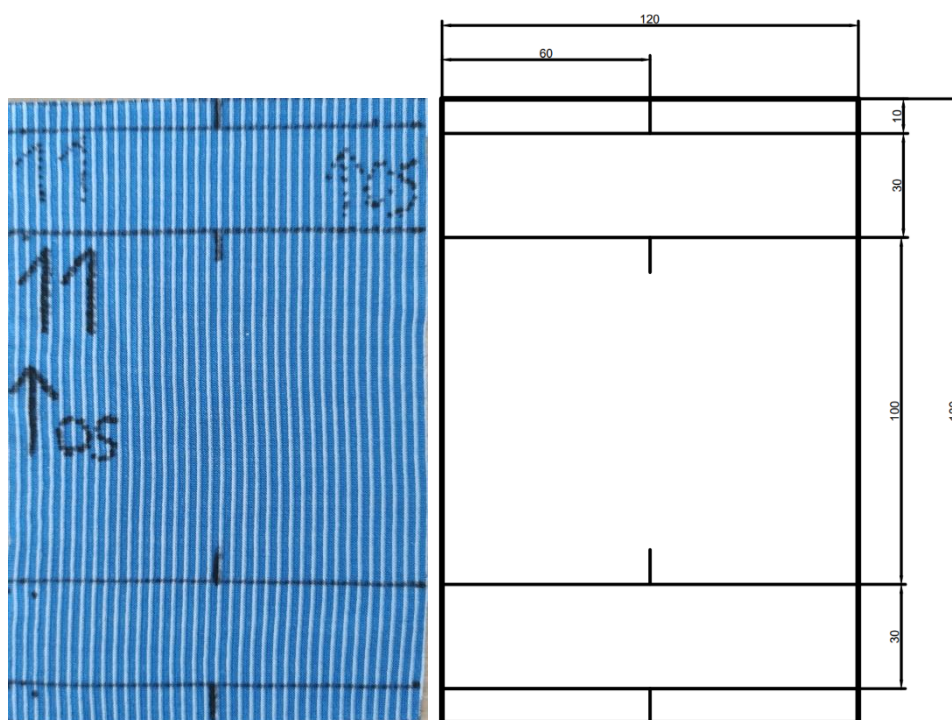
Obrázek 46: Detail vazby pleteniny

vlevo lící strana - vpravo rubní strana



Obrázek 47: Rozpoložení vzorků a jejich označení

Rozměry vzorků jsou dány podle rozměrů přístroje. Celková šířka vzorku 120 mm odpovídá maximální šířce, kterou čelisti přístroje dokážou upnout. Délka vzorku 180 mm je nastavena tak, aby vzorek splňoval 100 mm rozteč, která je klíčová pro měření, protože díky pevně nastavené rozteči čelistí na tuto délku se může snadno určit, o kolik procent se vzorek prodlouží a jak je schopen relaxovat. Rozteč 100 mm představuje 100% délky vzorku a cokoliv nad tuto hodnotu se vyjadřuje jako relativní prodloužení v procentech. Dalším rozměrem je 30 mm na každé straně vzorku, který představuje výšku upínacích čelistí. Přesah 10 mm na každé straně je čistě konstrukční a pomáhá k lepší manipulaci se vzorkem v čelistech před pevným upnutím. Na středu vzorku se vyznačí středová osa příčného směru, která je v tomto případě 60 mm z každé strany. Střed příčné strany vzorku slouží k přesnému vložení do čelistí.



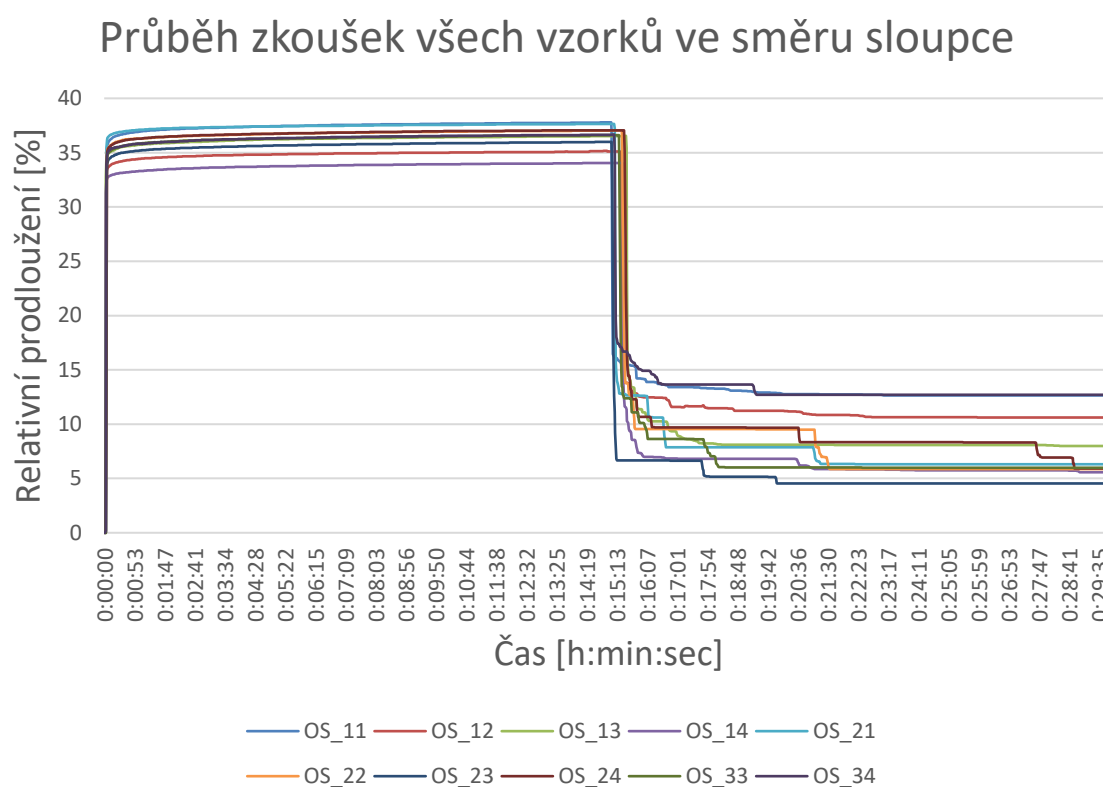
Obrázek 48: Vzorek a jeho rozměry

2.5.2 Výsledky měření

Získané hodnoty z průběhu měření se zpracovaly do grafického znázornění, kde se vyznačuje relativní prodloužení vzorku v závislosti na čase. Jelikož měřicí cyklus trvá 30 minut a Arduino zapisuje hodnoty každou vteřinu, tak se jedná o velké množství dat. Z tohoto důvodu se stanovily časy, ve kterých se odečítala hodnota relativního prodloužení a následně nanesla do grafu.

Vzorky ve směru sloupce

Vzorky ve směru sloupce nesou označení OS + číslo, které označuje maticové umístění místa odebrání (Obrázek 47). Vzorky byly zatíženy závažím o hmotnosti 2 Kg, které se rovná zatěžovací síle 19,6 N. Samostatný průběh každého vzorku najdete v příloze.



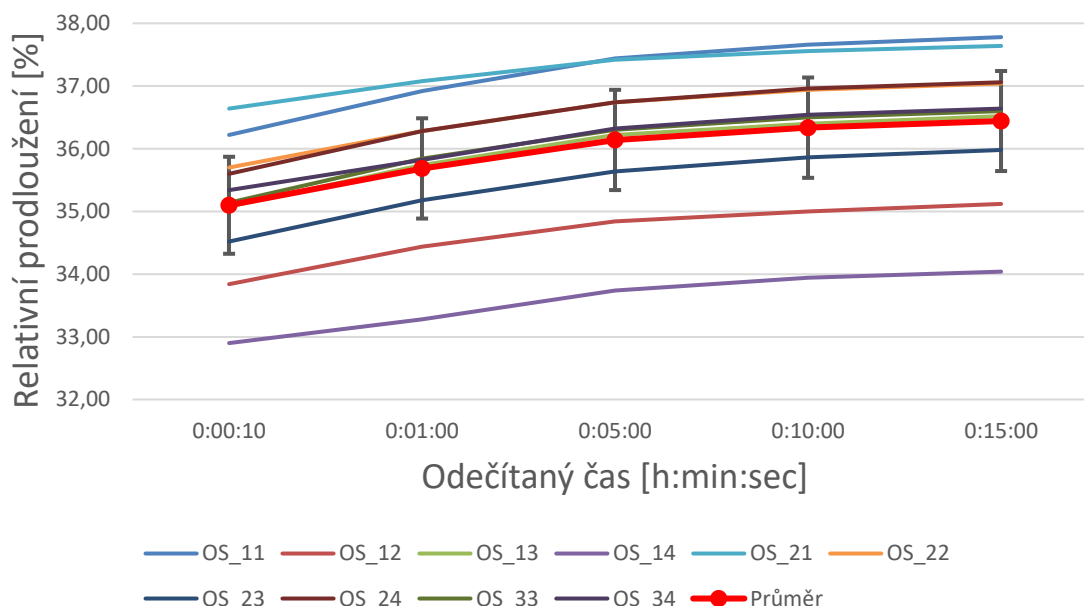
Obrázek 49: Grafické znázornění všech OS vzorků

Pro lepší přehled grafického znázornění se určily časy, ve kterých se odečetlo jednotlivé prodloužení vzorku. První čas se určil 10 sekund, kdy došlo k okamžitému prodloužení vzorku. Poté se prodloužení odečítalo v rozmezí 1, 5, 11 a 15 minut. 15 minut je znázornění doby zatížení vzorku před odebráním zátěže a následné relaxaci. Tento čas je určen z důvodu, že po delší době se materiál prodloužil jen o desetiny milimetru. Můžeme tedy říct, že k hlavnímu prodloužení dojde do 15 minut zatížení. Tato hypotéza je otestována v kapitole 2.5.3.

Tabulka 1: Hodnoty prodloužení v daném čase

Čas [h:min:sec]	Relativní prodloužení [%]										
	OS_11	OS_12	OS_13	OS_14	OS_21	OS_22	OS_23	OS_24	OS_33	OS_34	Průměr
0:00:10	36,22	33,84	35,08	32,90	36,64	35,70	34,52	35,60	35,14	35,34	35,10
0:01:00	36,92	34,44	35,74	33,28	37,08	36,28	35,18	36,28	35,84	35,82	35,69
0:05:00	37,44	34,84	36,22	33,74	37,42	36,74	35,64	36,74	36,30	36,32	36,14
0:10:00	37,66	35,00	36,40	33,94	37,56	36,94	35,86	36,96	36,50	36,54	36,34
0:15:00	37,78	35,12	36,52	34,04	37,64	37,04	35,98	37,06	36,60	36,64	36,44

Relativní prodloužení pleteniny v daném čase ve směru sloupce



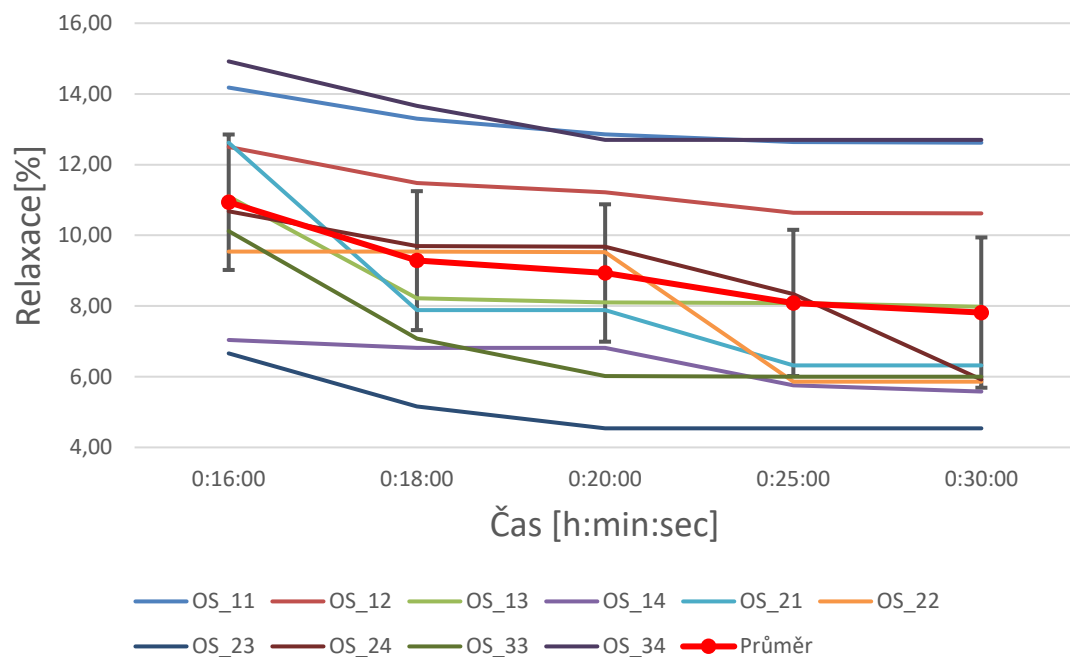
Obrázek 50: Průběh relativního prodloužení všech OS vzorků v čase

Pro zaznamenání relaxace vzorku se vybraly časové úseky 16, 18, 20, 25 a 30 minut. 30 minut je čas, kdy přístroj ukončí zkoušku. Čas zkoušky je nastavený v programu Arduina.

Tabulka 2: Hodnoty relaxace OS v daném čase

Čas [h:min:sec]	Relaxace [%]										
	OS_11	OS_12	OS_13	OS_14	OS_21	OS_22	OS_23	OS_24	OS_33	OS_34	Průměr
0:16:00	14,18	12,50	11,10	7,04	12,62	9,54	6,66	10,68	10,12	14,92	10,94
0:18:00	13,30	11,48	8,22	6,82	7,88	9,54	5,16	9,70	7,08	13,66	9,28
0:20:00	12,86	11,22	8,10	6,82	7,88	9,52	4,54	9,68	6,02	12,70	8,93
0:25:00	12,64	10,64	8,08	5,76	6,32	5,86	4,54	8,34	6,00	12,70	8,09
0:30:00	12,62	10,62	7,98	5,58	6,32	5,86	4,54	5,92	6,00	12,70	7,81

Relaxace pleteniny v daném čase ve směru sloupce

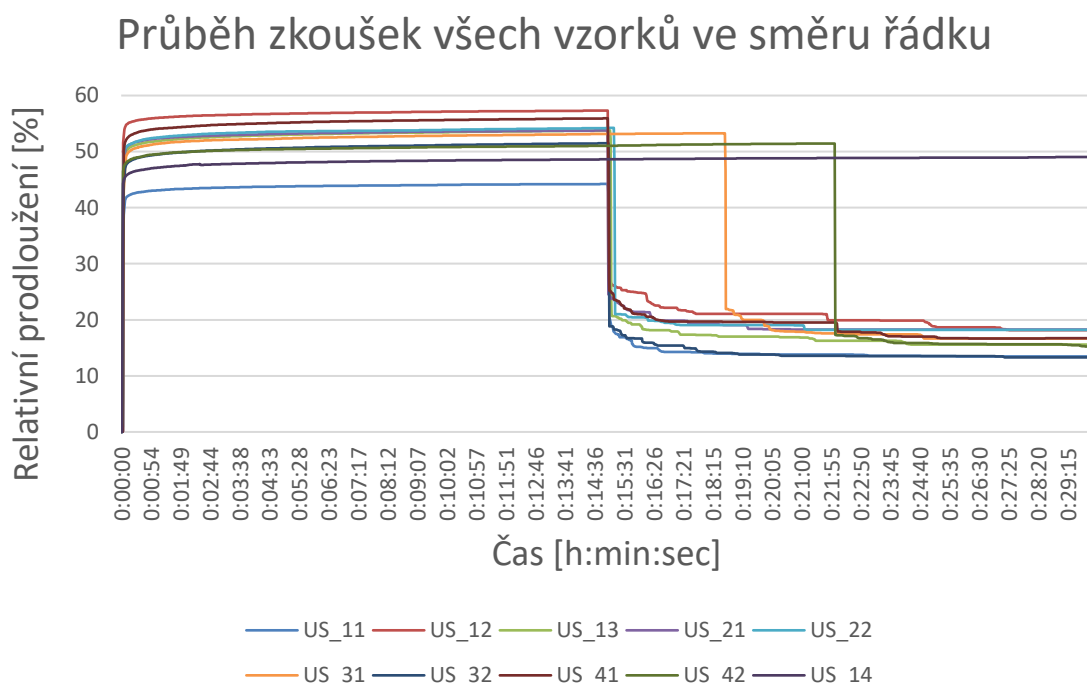


Obrázek 51: Průběh relaxace všech OS vzorků

Vzorky ve směru řádku

Vzorky ve směru řádku nesou označení US + číslo, které označuje maticové umístění místa odebrání (Obrázek 47). Vzorky byly zatíženy závažím o hmotnosti 2 Kg, které se rovná zatěžovací síle 19,6 N. Samostatný průběh každého vzorku najdete v příloze.

Na třech měření se odebralo zatěžovací závaží v jiné době, než v 15 minutách z důvodu otestování relativního prodloužení v jiném časovém úseku. Tento test má potvrdit tvrzení, že největší prodloužení probíhá v prvních 15 minutách a cokoliv nad tím je zanedbatelné.

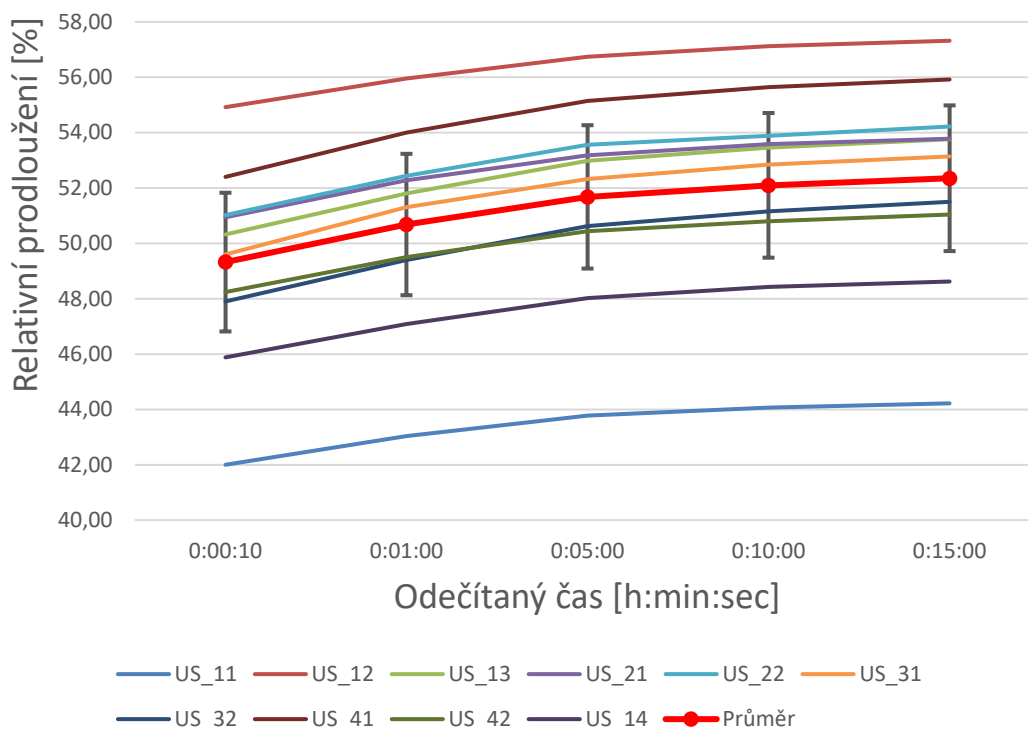


Obrázek 52: Grafické znázornění všech US vzorků

Tabulka 3: Hodnoty prodloužení US v daném čase

Čas [h:min:sec]	Relativní prodloužení [%]										Průměr
	US_11	US_12	US_13	US_21	US_22	US_31	US_32	US_41	US_42	US_14	
0:00:10	42,00	54,92	50,32	50,94	51,02	49,60	47,90	52,40	48,24	45,88	49,32
0:01:00	43,04	55,96	51,80	52,28	52,44	51,30	49,40	54,00	49,50	47,08	50,68
0:05:00	43,78	56,74	52,98	53,18	53,56	52,32	50,62	55,14	50,44	48,02	51,68
0:10:00	44,06	57,12	53,46	53,58	53,88	52,84	51,16	55,64	50,80	48,42	52,10
0:15:00	44,22	57,32	53,76	53,78	54,22	53,14	51,50	55,92	51,04	48,62	52,35

Relativní prodloužení pleteniny v daném čase ve směru řádku



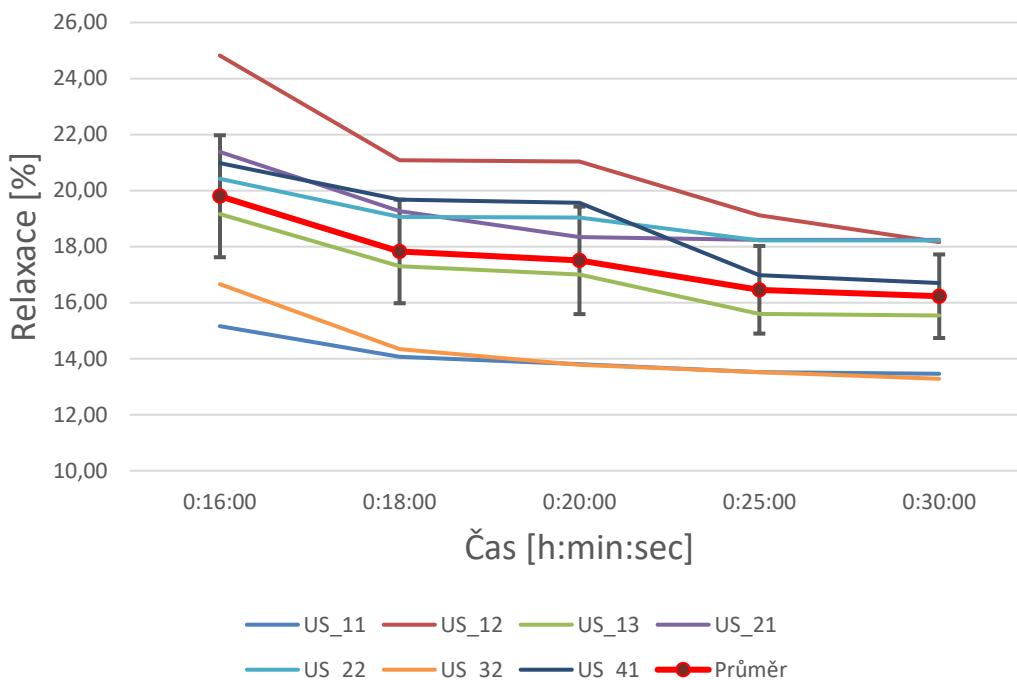
Obrázek 53: Průběh relativního prodloužení všech US vzorků v čase

Průběh relaxace se sleduje u sedmi z deseti vzorků z důvodů výše uvedených.

Tabulka 4: Hodnoty relaxace US v daném čase

Čas [h:min:sec]	Relaxace [%]							
	US_11	US_12	US_13	US_21	US_22	US_32	US_41	Průměr
0:16:00	15,16	24,82	19,16	21,38	20,42	16,66	20,98	19,80
0:18:00	14,06	21,08	17,30	19,26	19,06	14,34	19,68	17,83
0:20:00	13,80	21,04	17,00	18,34	19,04	13,78	19,56	17,51
0:25:00	13,52	19,12	15,60	18,24	18,22	13,52	16,98	16,46
0:30:00	13,46	18,16	15,54	18,24	18,22	13,28	16,70	16,23

Relaxace pleteniny v daném čase ve směru řádku



Obrázek 54: Průběh relaxace US vzorků

Z grafů průběhu relaxace (Obrázek 51, 54) se v několika případech objevují výrazné délkové skoky. Tento děj je důsledkem špatné modifikace přístroje v podobě nanesení suchého kluzného spreje PTFE na lineární vedení. Tento krok byl uskutečněn z důvodu snížení třecích sil mezi ložiskem a vedením. Po nanesení kluzného spreje se na povrchu vedení vytvořil nerovný povrch z příčiny nerovnoměrného aplikování. Skok vzniknul tehdy, kdy se kuličky v ložisku zasekly o nerovnost povrchu a relaxační síla pleteniny rostla do hodnoty, kdy překonala valivý odpor ložiskového vedení vůči povrchu tyče. Suchý kluzný sprej byl odstraněn a relaxace se stabilizovala do průběžného stavu.

2.5.3 Experiment doby zatížení

Tento experiment má potvrdit výše zmíněnou hypotézu o dostačující době měření zatížení úseku 15 minut. Tři vybrané vzorky byly zatíženy a následně odlehčeny po dobu tří různých časů a to v 18, 22 a 30 minutách.

Tabulka 5: Test rozdílu prodloužení

Čas [h:min:sec]	R. prodloužení [%]			Čas [h:min:sec]	Rozdíl prodloužení [%]		
	US_31	US_42	US_14		US_31	US_42	US_14
0:00:00	0,00	0,00	0,00	0:00:00	0,00	0,00	0,00
0:00:10	49,60	48,24	45,88	0:00:10	49,60	48,24	45,88
0:15:00	53,14	51,04	48,62	0:15:00	3,54	2,80	2,74
0:18:00	53,24	51,28	48,74	0:18:00	0,10	0,24	0,12
0:22:00		51,46	48,84	0:22:00		0,42	0,22
0:30:00			49,06	0:30:00			0,44

Levá část tabulky znázorňuje hodnoty prodloužení v nastavených časech. Pravá část tabulky je výpočet rozdílu prodloužení vzorku. V prvních 10 vteřinách nastane okamžité prodloužení, které se počítá od nulové pozice. Během 15 minut se textilie prodlouží oproti 10 sekundám o více jak 2,7 %. Další časové úseky jsou rozdílem hodnot k 15. minutě. Průměrné relativní prodloužení v 18. minutě je 0,15 %, ve 22. minutě 0,32 % a 30. minutě 0,44 %. Norma ATSM_D2594-04 udává přesnost měření a toleranci 1 %. Z tabulky 5 je zřejmé, že hodnota relativního prodloužení po 15 minutách nepřesáhne 0,5 %. Tím se potvrzuje hypotéza ukončení zatížení v tomto čase.

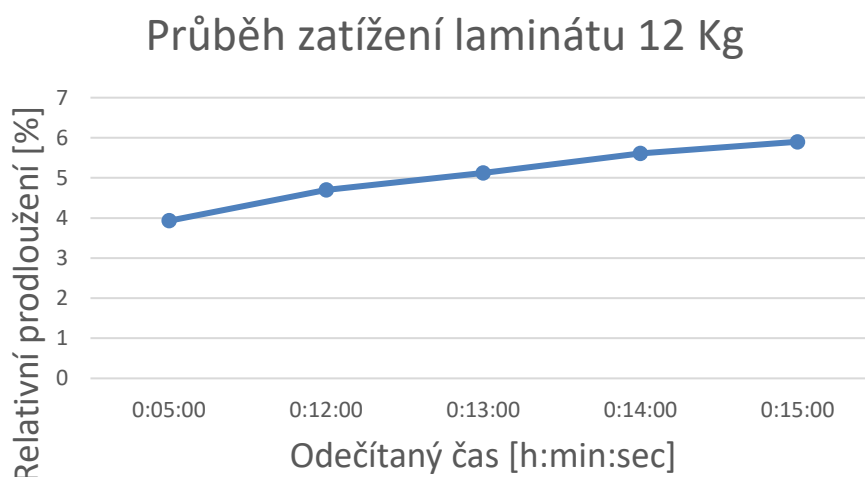
2.5.4 Experiment zatížení

Součástí experimentu je otestování zatížení čelistí vyšší hmotností. Přidaná vyšší zátěž na čelisti může zapříčinit uvolnění vzorku ze sevření, a proto je nutno tento pokus uskutečnit. Pro tyto účely bylo vyrobeno závaží včetně jeho zavěšení.

Přístroj byl navržen jako modifikace měření podle norem ATSM_D2594-04 a PV 3909: 2019-04. Norma PV 3909: 2019-04 uvádí zatížení vzorku silou 10 N, 25 N, 50 N nebo 125 N. Pro test čelistí se vybralo zatížení 125 N, které zhruba odpovídá 12 Kg a zkušební vzorek představoval třívrstvý laminát, který se používá k potahu autosedaček.

Tabulka 6: Test zatížení

Čas [h:min:sec]	Relativní prodloužení [%]
0:05:00	3,93
0:12:00	4,7
0:13:00	5,12
0:14:00	5,61
0:15:00	5,9



Obrázek 55: Test zatížení 12 Kg

2.5.5 Výsledky experimentu

Při grafickém vyhodnocení se použil 95% interval spolehlivosti pro střední hodnotu, který udává, že s 95 % pravděpodobností bude totožný vzorek ležet v intervalu hodnot. Jak je viditelné na grafickém průběhu relativního prodloužení (Obrázek 50, 53), tak 4 hodnoty leží mimo interval spolehlivosti. To je způsobeno náchylností pletenin na mechanickou manipulaci, která ovlivní její elastické vlastnosti. Z toho důvodu se udává 10 % tolerance, takže absence hodnot v intervalu je zanedbatelná. Je nutno podotknout, že cílem experimentu nebylo měření materiálu, ale pouze testování přístroje.

Zaznamenáním relaxace vzorku se ukázalo, že se použil nevhodný prostředek pro úpravu lineárního vedení, který jeho průběh zhoršil. Tato úprava byla odstraněna a zásadně se nedoporučuje, jak je vysvětleno v textu pod obrázkem 54.

Experimentem doby zatížení se potvrdila hypotéza o odebrání závaží po 15. minutě měření. Jak je vysvětleno v kapitole 2.5.3, tak nedochází k výraznému prodloužení vzorku. To potvrzuje norma uvedená v kapitole.

Experiment zatížení potvrdil schopnost přístroje měřit vzorky použitím závaží až 12 Kg. Jelikož se jednalo o třívrstvý laminát, který má značně větší tloušťku, než obyčejná pletenina nebo tkanina, tak se potvrdila schopnost čelistí uchytit širší a pevnější materiál bez proklouznutí. Experimentem se dostalo kritických podmínek pro měření, kde přístroj vyhověl a je i schopen měřit vzorky různorodého materiálu s větší tloušťkou při větším zatížení.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření metodiky měření pro nově postavený přístroj na katedře hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci. Přístroj je modifikací zkoušek statického a trvalého prodloužení textilie dle norem ATSM_D2594-04 a PV 3909: 2019- 4.

V první fázi praktické části probíhalo seznámení s přístrojem, kde se prováděly patřičné úpravy jednotlivých součástí. Jednou z nejdůležitějších úprav bylo zredukování hmotnosti spodní čelisti, která je zároveň čelistí pohyblivou. Po redukci hmotnosti se nainstaloval kladkový systém, který slouží k přidání přesného protizávaží samotným čelistem. Vyvážení spodní čelisti umožnilo volné relaxaci vzorku, která je jedním z klíčových podstat zkoušky. Po dokončení úprav se sestavil podrobný popis přístroje, měření a úpravy výstupních dat.

Pro experiment testování přístroje byla zvolena jednolící pletenina, ze které se odebralo 10 vzorků ve směru sloupce a 10 vzorků ve směru řádku. Vzorky byly určeny pouze pro testování funkčnosti přístroje. Během měření se přicházelo na nedostatky, které bylo nutno opravit nebo na kroky postupu měření, díky kterým zkouška nebyla úspěšná. Tyto poznatky chyb způsobené během měření pomohly k dokonalejšímu vypracování metodiky měření. Důležitým zjištěním nedostatku byla nevhodná povrchová úprava lineárního vedení čelisti suchým kluzným sprejem PTFE za myšlenkou snížení třecího koeficientu. Tato úprava způsobila neplynulou a nepřesnou relaxaci vzorku, proto musela být odstraněna.

Dalším testem přístroje bylo zatížení vzorku hmotností 12 Kg. Pro tento experiment se vybral třívrstvý laminát, který se používá na potahy autosedaček. Jednolící pletenina reprezentuje tenkou textilií, která má schopnost prodloužení několik desítek procent, ale zato představovala materiál, který je náchylný na jakýkoliv odpor při jeho relaxaci. Třívrstvý laminát představuje téměř opak pleteniny, protože má poměrně vysokou pevnost a větší tloušťku. Pro tento experiment se vyrobilo vlastní závaží, které se zavěsilo pod spodní čelist. Výsledkem bylo, že čelisti dokážou udržet upnutý vzorek větší tloušťky bez proklouznutí při působené zatěžovací síle 120 N.

Z experimentálních výsledků bylo zjištěno, že je přístroj stabilní při zaznamenávání hodnot relativního prodloužení, a i hodnot relaxace. Toto potvrzení vzešlo ze statického vyhodnocení pomocí 95 % intervalu spolehlivosti pro střední hodnotu. Při vyhodnocení úseku zatížení se 4 vzorky u obou skupin nevešly do intervalu. To je způsobeno náchylností pletenin na mechanickou manipulaci, která ovlivní její elastické vlastnosti. Z toho důvodu se udává 10 % tolerance, takže absence hodnot v intervalu je zanedbatelná. To samé platí i u relaxace, kde se projevila již zmíněná špatná povrchová úprava vodičích tyčí.

Posledním experimentem bylo dokázat, zda je dostačující doba pro měření zatížení úseku 15 minut. Po vyhodnocení dat ze zkoušky tří vzorků, u kterých se ukončilo zatížení po 15. minutě měření, došlo ke zjištění, že nejdůležitější nárůst prodloužení nastane do 15 minuty zkoušky. U vzorku zatíženého po dobu 30 minut se vůči 15. minutě zjistilo prodloužení pouze o 0,44 %. Tato hodnota je v toleranci přesnosti 1 % dle normy ATSM_D2594-04, a proto je doba zatížení 15 minut dostačující.

Doporučením dalších úprav přístroje je redukce hmotnosti kabelu vyvedeného z magnetického snímače polohy, upravení programu Arduina na zápis kladných hodnot místo záporných, přidání informačních příkazů na displeji Arduina při špatně vložené SD kartě, provedení experimentu měření pletenin na čelistech k tomu určených, přidělení druhého lineárního ložiskového domku vedení na spodní čelist, modifikace upínání vzorků do čelistí, modifikace upínacích čelistí a přichycení horní čelisti na dva pevné body.

Seznam literatury

- [1] HURSA, A., T. ROLICH a S. Ercegović RAŽIĆ, 2009. Determining Pseudo Poisson's Ratio of Woven Fabric with a Digital Image Correlation Method. *Textile Research Journal*. **79**(17), 1588-1598. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517509104316
- [2] MEVALD, Josef. *Pružnost a pevnost pro textilní inženýry*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1984.
- [3] ČSN EN ISO 13934-1. *Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií*. Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip. Brusel: ISO/TC 38, 2013.
- [4] ČSN EN ISO 2062, 2010. *Textilie - Nitě na návinech - Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení (CRE)*. Brno: Textilní zkušební ústav, s.p.
- [5] KREMEŇOVÁ, Michaela. *Textilní materiály ve výuce fyzice*. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Petr Sládek.
- [6] ZHOU JINYUN, LI YI, Jimmy LAM a CAO XUYONG, 2010. The Poisson Ratio and Modulus of Elastic Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*. **80**(18), 1965-1969. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517510371864
- [7] ZULIFQAR, Adeel, Tao HUA a Hong HU, 2018. Development of uni-stretch woven fabrics with zero and negative Poisson's ratio. *Textile Research Journal*. **88**(18), 2076-2092. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517517715095
- [8] UMAR, Jawairia, Tanveer HUSSAIN a Muhammad MAQSOOD. Modeling the mechanical and compression properties of polyamide/elastane knitted fabrics used in compression sportswear. *The Journal of The Textile Institute*. 2015, **107**(10), 1240-1252. ISSN 0040-5000. Dostupné z: doi:10.1080/00405000.2015.1100805
- [9] KOVAČEVIĆ, Stana, Darko UJEVIĆ, Jacqueline DOMJANIĆ a Samir PAČAVAR, 2021. Laminated textile composites – Problems with bonding layers and sewing. *Journal of Industrial Textiles*. 1-18. ISSN 1528-0837. Dostupné z: doi:10.1177/15280837211019489

- [10] PAMUK, Gülsah a Fatma ÇEKEN, 2009. Research on the Breaking and Tearing Strengths and Elongation of Automobile Seat Cover Fabrics. *Textile Research Journal*. **2009**(79), 1-12. Dostupné z: doi:10.1177/0040517508090502
- [11] SMITH, William C. *Smart textile coatings and laminates*. New York: Woodhead Publishing Limited, 2010. ISBN 978-1-4398-0133-8.
- [12] ČERMÁKOVÁ, Silvie. *Vliv způsobu laminování na prodyšnost sendvičové textilie s embossingem a danou tloušťkou laminátu pro autopotahy*. Liberec, 2015. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Vladimír Bajzík.
- [13] HLAVATÁ, Jana. *Způsoby laminace papírového kartonu netkanou textilií*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [14] *Laminace* [online]. TOMATEX Otrokovice [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <https://www.tomatex.cz/>
- [15] HLAVATÁ, Jana. *Způsoby laminace papírového kartonu netkanou textilií*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [16] HAVLOVÁ, Marie a Hana PAŘILOVÁ. *Typologie pletenin: názvoslovný katalog*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7372-940-0.
- [17] ŠTOČKOVÁ, Hana. *Textilní zbožíznalství: pleteniny*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-737-2114-7.
- [18] KOVÁŘ, Radko. *Pletení*. Vyd. 3. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-708-3812-4.
- [19] ZOŠŠÁKOVÁ, Jana. *Analýza tvarové stálosti plošných textilií*. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Katarína Zelová.
- [20] KOŠKOVÁ, Bohumila a Miloslav KOŠEK. *Struktura a vlastnosti vláken: laboratorní cvičení*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1991. ISBN 80-708-3068-9.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Příklad pořízených snímků [1].....	12
Obrázek 2: Uspořádání měřících zařízení pro metodu digitální korelace [1]	13
Obrázek 3: Deformační chování materiálu [7].....	13
Obrázek 4: Schéma zkušebního zařízení (a) a příklad použitého vzorku (b) [7]	14
Obrázek 5: Zařízení pro napínání textilie [8]	15
Obrázek 6: Rozmístění zkušebních vzorků pro vystřížení z laboratorního vzorku [3].	17
Obrázek 7: Vrstvy potahového laminátu [12]	18
Obrázek 8: Konečné uspořádání vrstev laminací plamenem [14].....	19
Obrázek 9: Schéma procesu oboustranné laminace plamenem [13]	20
Obrázek 10: Konečné uspořádání vrstev laminací slepováním [14].....	20
Obrázek 11: Schéma mokré laminace s nanášením adheze nožem [11].....	21
Obrázek 12: Schéma procesu práškového bodového nátěru [13]	22
Obrázek 13: Schéma procesu laminování pomocí pásků nebo fólií [15].....	22
Obrázek 14: Schéma procesu vytlačovacího nanášení [13]	23
Obrázek 15: Zátěžná jedolnicí pletenina [18]	24
Obrázek 16: Chytová klička [18]	25
Obrázek 17: Výplňková pletenina [18]	25
Obrázek 18: Reologické modely [20].....	26
Obrázek 19: Hlavní části přístroje	27
Obrázek 20: Digitální indikace BC-01 HS	28
Obrázek 21: Vrchní pevná čelist	29
Obrázek 22: Spodní posuvná čelist 1/2	30
Obrázek 23: Spodní posuvná čelist 2/2	30
Obrázek 24: Arduino	31
Obrázek 25: Přístroj před modifikací	32
Obrázek 26: Modifikovaná spodní čelist.....	33
Obrázek 27: Spodní čelist s protizávažím	34
Obrázek 28: Konečná úprava spodní čelisti	35
Obrázek 29: Přesun protizávaží	36
Obrázek 30: Aretace spodní čelisti.....	37
Obrázek 31: Zasunutí SD karty do Arduina	39

Obrázek 32: Arduino start program.....	40
Obrázek 33: Arduino stiskni tlačítko.....	40
Obrázek 34: Zatížený vzorek.....	41
Obrázek 35: Odlehčený vzorek	42
Obrázek 36: Obsah textového dokumentu	43
Obrázek 37: Nahraná data v Microsoft Excel	44
Obrázek 38: Průvodce převodem textu do sloupců 1/3.....	45
Obrázek 39: Průvodce převodem textu do sloupců 2/3.....	45
Obrázek 40: Průvodce převodem textu do sloupců 3/3.....	46
Obrázek 41: Rozdělení dat do sloupců.....	46
Obrázek 42: Najít a nahradit.....	47
Obrázek 43: Vložit jinak 1/2	48
Obrázek 44: Vložit jinak 2/2	48
Obrázek 45: Upravená nahraná data.....	48
Obrázek 46: Detail vazby pleteniny	49
Obrázek 47: Rozpoložení vzorků a jejich označení	49
Obrázek 48: Vzorek a jeho rozměry	50
Obrázek 49: Grafické znázornění všech OS vzorků.....	51
Obrázek 50: Průběh relativního prodloužení všech OS vzorků v čase	52
Obrázek 51: Průběh relaxace všech OS vzorků	53
Obrázek 52: Grafické znázornění všech US vzorků.....	54
Obrázek 53: Průběh relativního prodloužení všech US vzorků v čase	55
Obrázek 54: Průběh relaxace US vzorků	56
Obrázek 55: Test zatížení 12 Kg	58

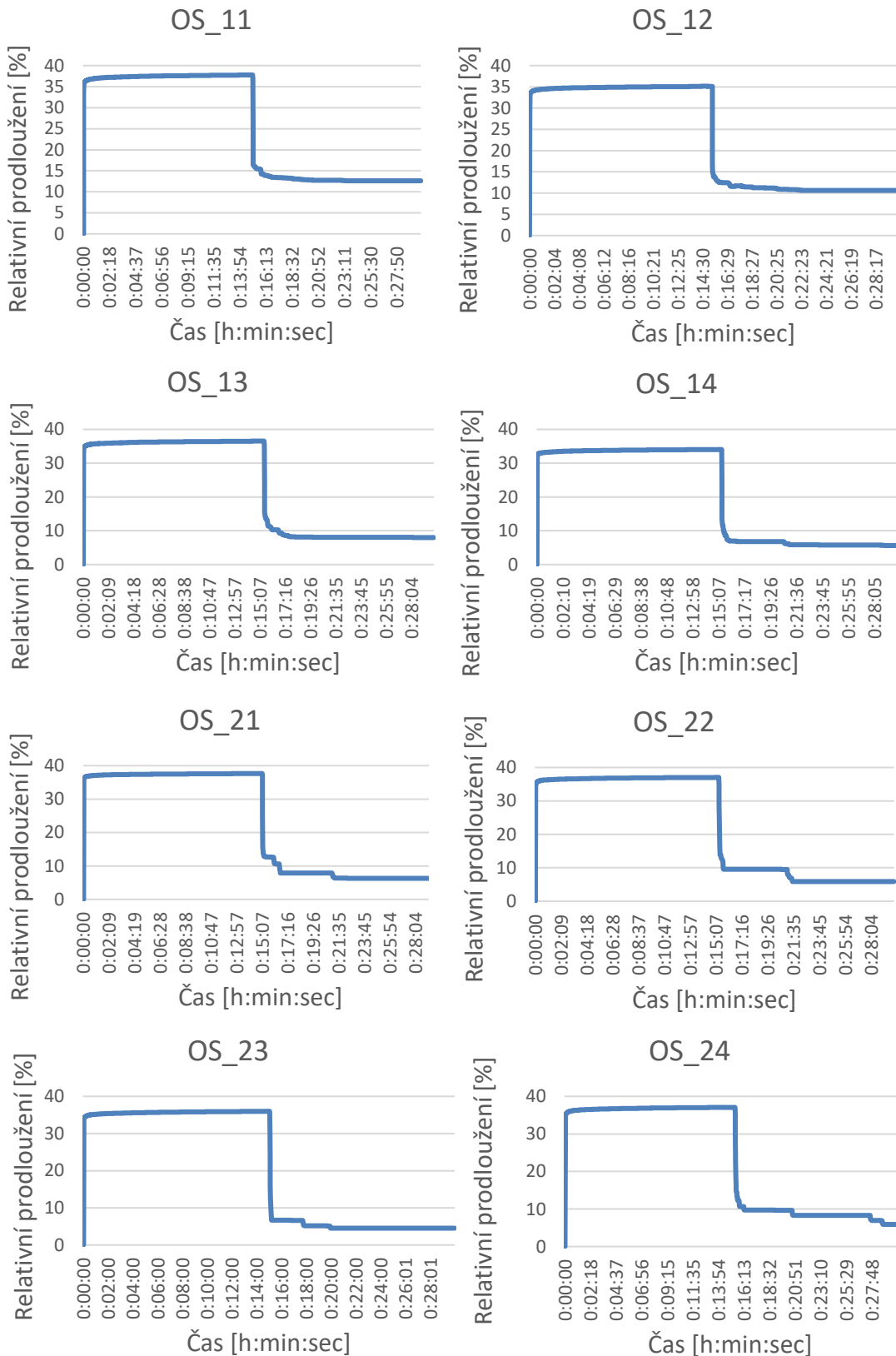
Seznam tabulek

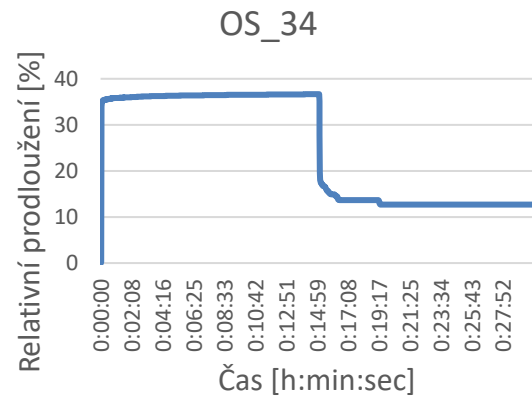
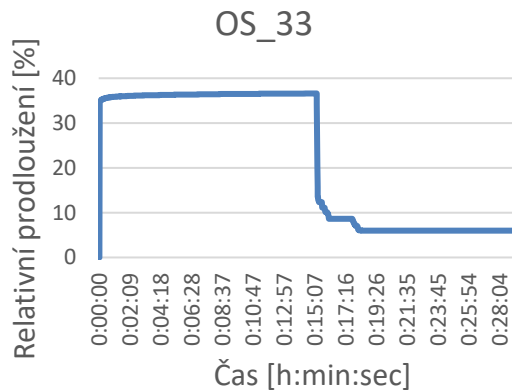
Tabulka 1: Hodnoty prodloužení v daném čase	52
Tabulka 2: Hodnoty relaxace OS v daném čase	53
Tabulka 3: Hodnoty prodloužení US v daném čase	54
Tabulka 4: Hodnoty relaxace US v daném čase	55
Tabulka 5: Test rozdílu prodloužení.....	57
Tabulka 6: Test zatížení.....	58

Seznam příloh

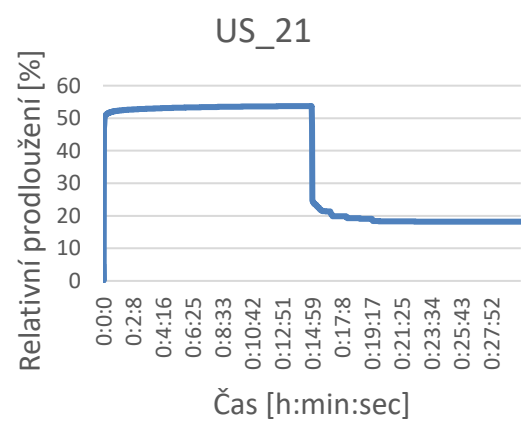
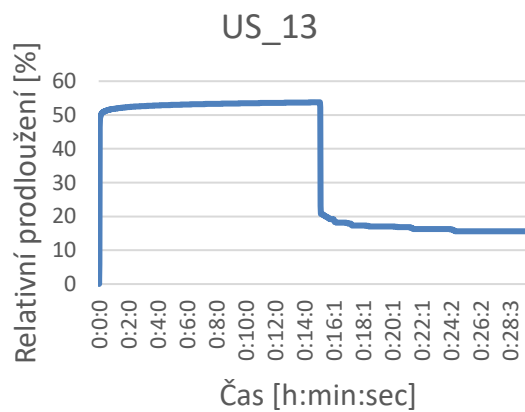
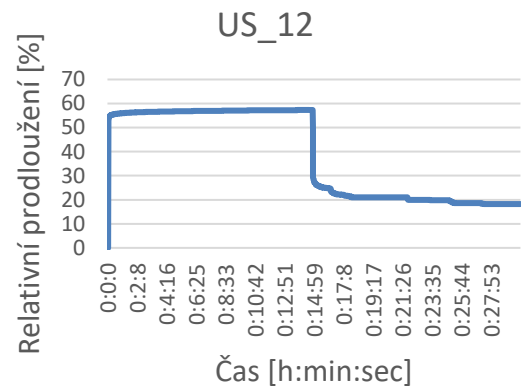
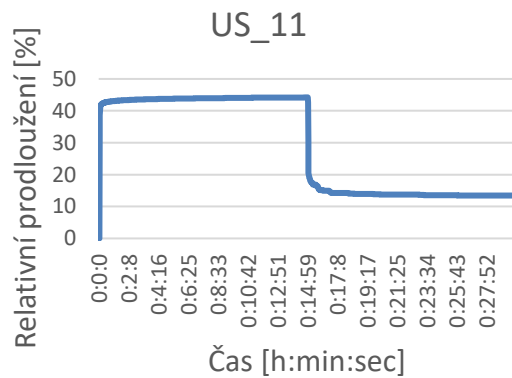
Příloha 1: Grafy průběhu zkoušky OS vzorků.....	68
Příloha 2: Grafy průběhu zkoušky US vzorků.....	69
Příloha 3: Brožura přístroje.....	71

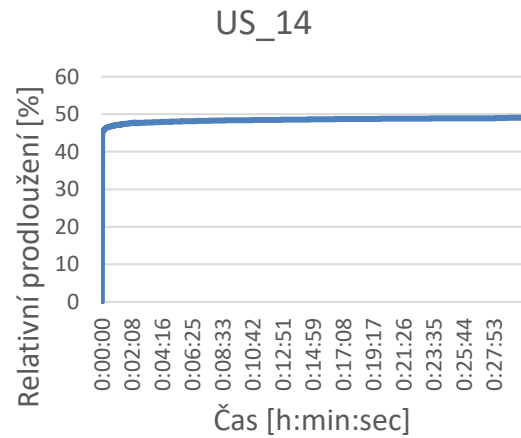
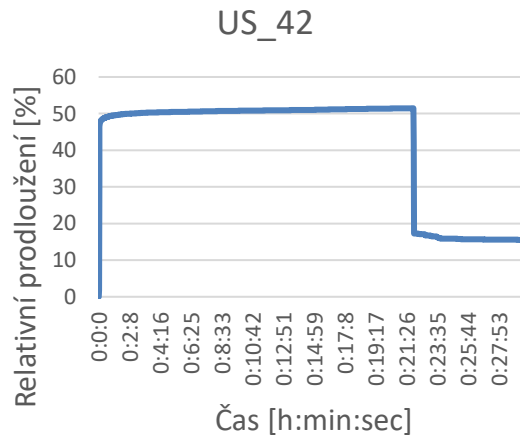
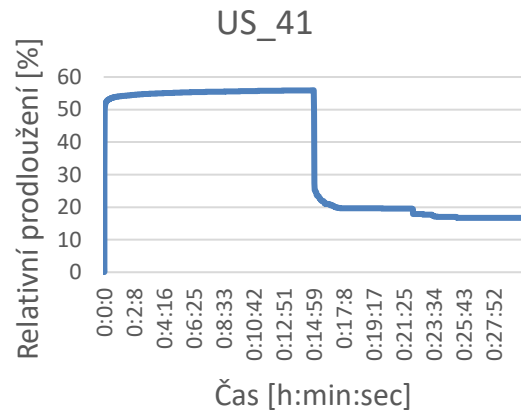
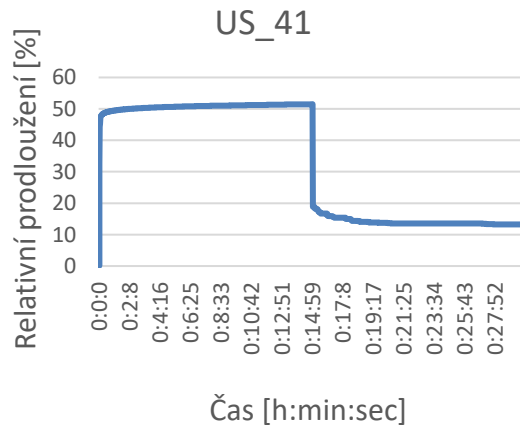
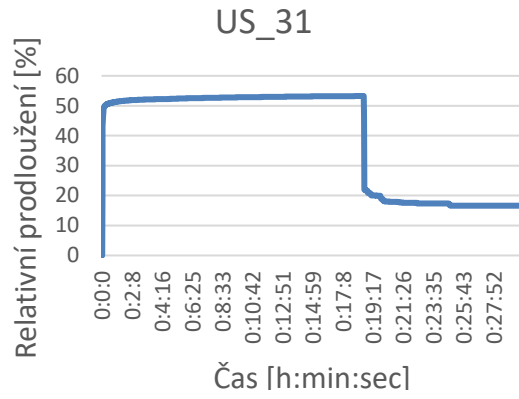
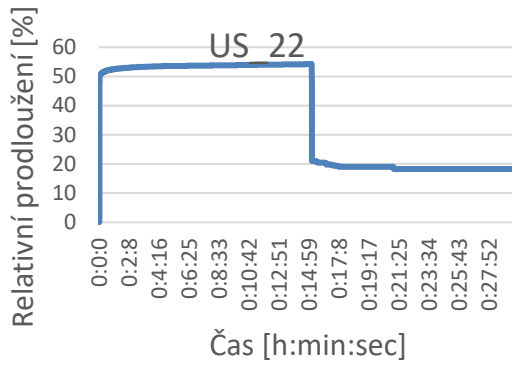
Příloha 1: Grafy průběhu zkoušky OS vzorků





Příloha 2: Grafy průběhu zkoušky US vzorků





Příloha 3: Brožura přístroje

Přístroj na stanovení relativního prodloužení textilie

Návod k použití

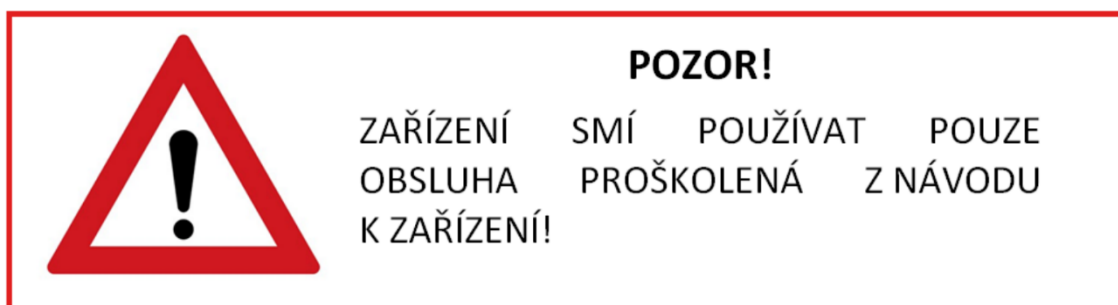


Důležité informace:

Tento dokument obsahuje kompletní a ucelené informace o laboratorním přístroji.

Za účelem zajištění optimálních výkonů a správné činnosti přístroje je vyžádáno o dodržování postupů popsanych v návodu. Pro bližší nebo v případné pochybnosti je nutno kontaktovat a diskutovat s osobou, která má přístroj na starost.

POZOR: Nepoužívejte zařízení bez důkladného seznámení se s tímto dokumentem. Důležité informace o postupech, omezeních a opatřeních vyžadující pozornost jsou v návodu zvýrazněny. Nerespektování postupů popsanych v návodu může dojít k poškození přístroje nebo k nesprávnému provedení zkoušky.



O laboratorní úloze

Přístroj je modifikací zkoušek statického a trvalého prodloužení textilie dle norem ATSM_D2594-04 a PV 3909: 2019-4. Výhodou tohoto přístroje je omezená asistence osoby u laboratorní úlohy, která ručně odečítá hodnoty prodloužení vzorku v určených časech. Přístroj snímá hodnoty pomocí magnetického snímače každou vteřinu průběhu měření po dobu měřicího cyklu 30 minut. Toto je výhodou k podrobnější analýze průběhu zatížení a dosažení přesnějších výsledků.

Přístroj je schopen zaznamenat hodnotu relativního prodloužení a relaxace vzorku. Díky nastavení pevné rozteče čelistí na 100 mm, které odpovídají 100 % počáteční délky se hodnoty prodloužení, které jsou důsledkem zatížení a následné relaxace udávají v %.

Na přístroji lze měřit vzorky jednotlivě nebo sériově. Hodnoty z měření jsou zapisované na externí uložení SD karty.

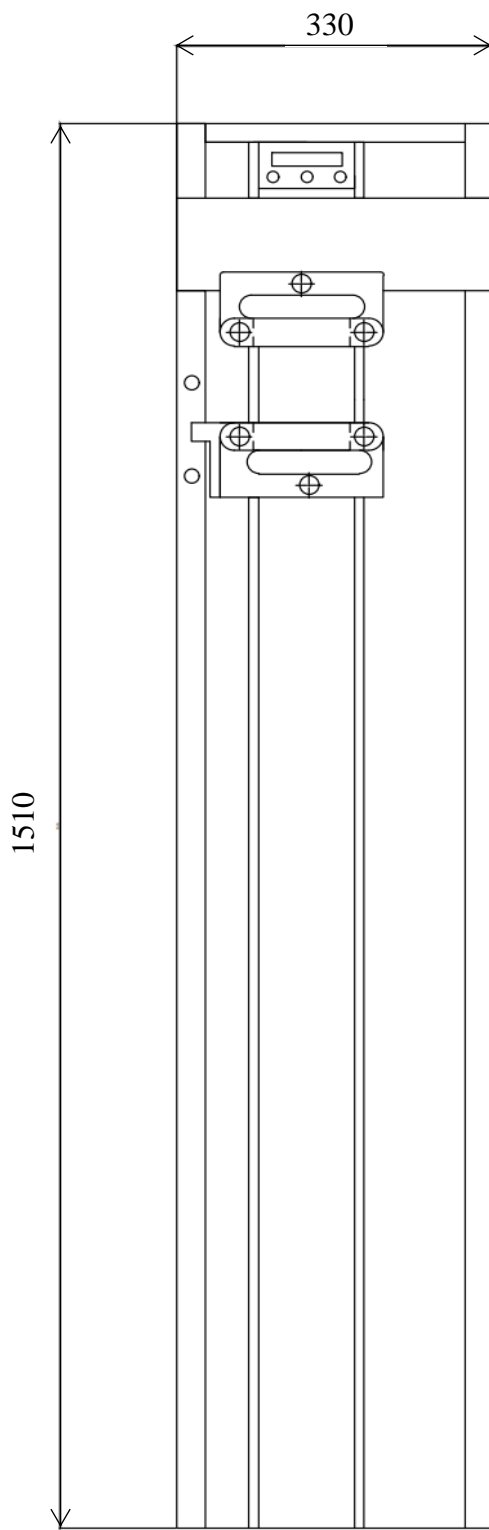
Stručný popis přístroje



1. Digitální indikace BC-01 HS
2. Support deska
3. Vrchní pevná čelist
4. Spodní posuvná čelist
5. Místo zavěšení závaží
6. Vyvažovací závaží spodní čelisti
7. Rám přístroje
8. Lineární kluzné vedení
9. Arduino (zobrazeno v následujících snímcích)

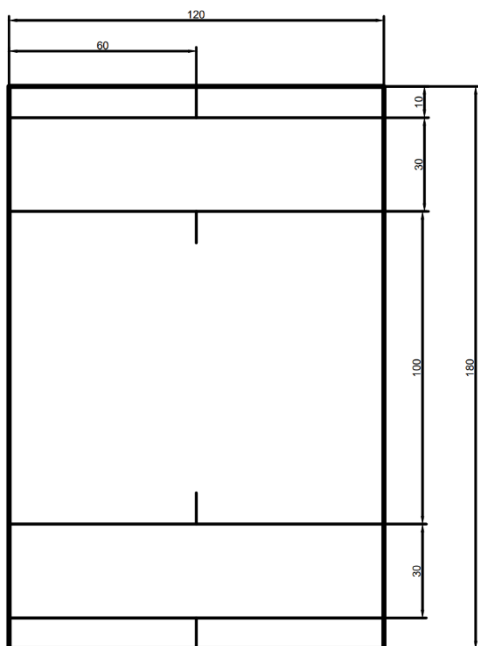
Obrázek 1: Popis přístroje

Základní rozměry přístroje



Obrázek 2: Základní rozměry přístroje [mm]

Základní rozměry vzorku



Základními rozměry vzorku vhodného pro měření určených čelistí jsou zakótovány na pravé straně obrázku 3.

100 mm... důležitý rozměr značící rozteč čelistí,
tento rozměr je pro měření zásadní

30 mm..... výška upínací části čelisti

10 mm..... minimální přesah vzorku z čelistí

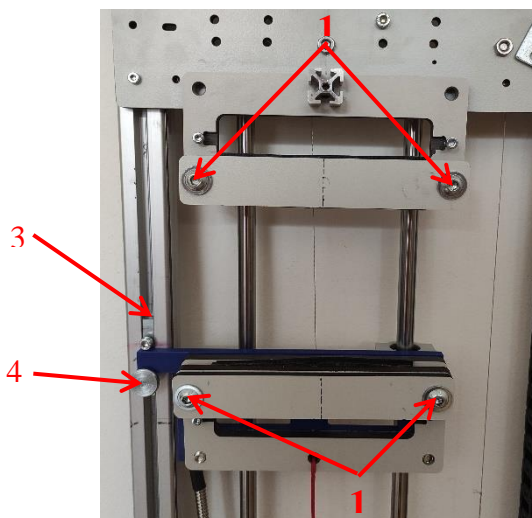
DOPORUČENÍ: Pro lepší vystředění vzorku se značí střed příčné strany, jako tomu je na uvedeném obrázku 3. Maximální šířka vzorku je 120 mm, které odpovídají šířce upínací části čelistí.

Obrázek 3: Rozměry vzorku [mm]

Uchycení vzorku

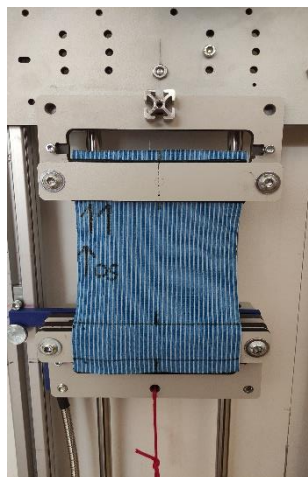
Uchycení vzorku probíhá do čelistí přístroje.

POZOR: Před uchycením vzorku je nutno přisunout spodní čelist na doraz šroubu rozteče (3) a podepřít aretačním šroubem (4), jako tomu je na obrázku 4.



Obrázek 4: Čelisti přístroje

Vložení vzorku probíhá v první řadě přes horní čelist. Na horní i spodní čelisti se povolí šrouby sloužící k dotažení upínací části čelisti (obrázek 4, pozice 1). Pro povolání a dotažení šroubů se používá šestihranný imbusový klíč. Vzorek se nastavuje tak, aby vyznačená oblast vzorku upínacích čelistí kopírovala hrany upínací části čelisti. Osa vyznačená na vzorku musí být souose s osou čelisti (obrázek 5). Dotahuje se do doby, kdy mezi upínací částí a pevnou částí čelisti vznikne **2-3 mm** široká mezera (obrázek 6).



Obrázek 5: Upevnění vzorku v horní čelisti

Obrázek 6: Mezera dotažení čelisti

Pro upnutí vzorku do spodní čelisti se doporučuje vyšroubovat jeden šroub a upínací část čelisti vyhnout z upínací plochy (obrázek 7). Po vystředění vzorku, jako tomu bylo u horní čelisti, se upínací část čelisti vrátí na původní místo. Následuje dotáhnutí čelistí do stejného stavu, jako tomu je na obrázku 6.

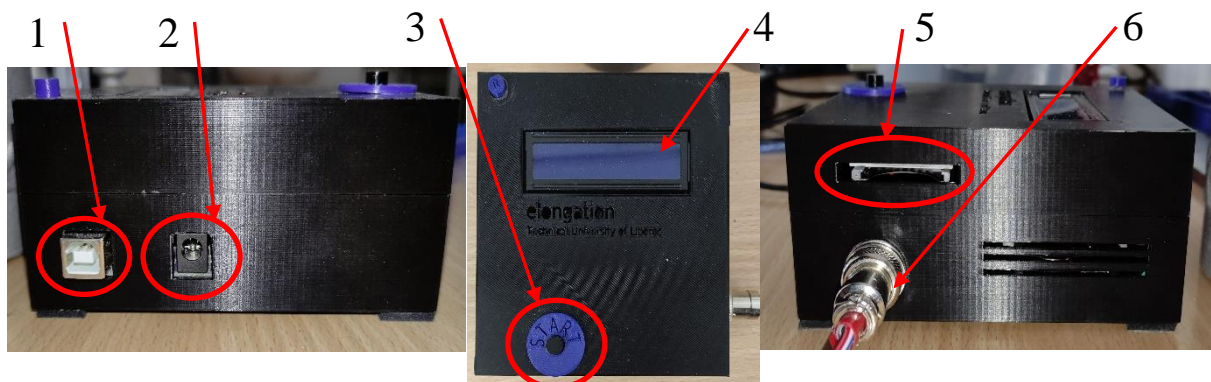


Obrázek 7: Vyhnutí čelisti

Obrázek 8: Dotažení čelisti

Arduino

Arduino je jednodeskový počítač, který je součástí přístroje. Arduino zajišťuje zapisování dat získaných z průběhu měření na vloženou SD kartu. Dále je vybaveno displejem, který slouží jako informační panel při startu měření a jeho průběhu.



Obrázek 9: Popis Arduino

1. Napájecí konektor typu USB-B
2. Napájecí konektor 5,5 X 2,1 mm
3. Start tlačítko
4. Informační displej
5. Místo vložení karty SD
6. Konektor propojení s digitální indikací BC-01 HS

Konektor typu USB-B slouží k propojení s vlastním PC přes USB-A, které nám umožňuje jak napájení, tak i sledování hodnot přes program Arduino. Konektor 5,5 X 2,1 mm slouží pouze k napájení.

POZOR: Při napájení konektorem (2) je nutno použít adaptér, který má výstupní hodnoty rovné hodnotám na obrázku 10.



Obrázek 10: Napájení Arduino

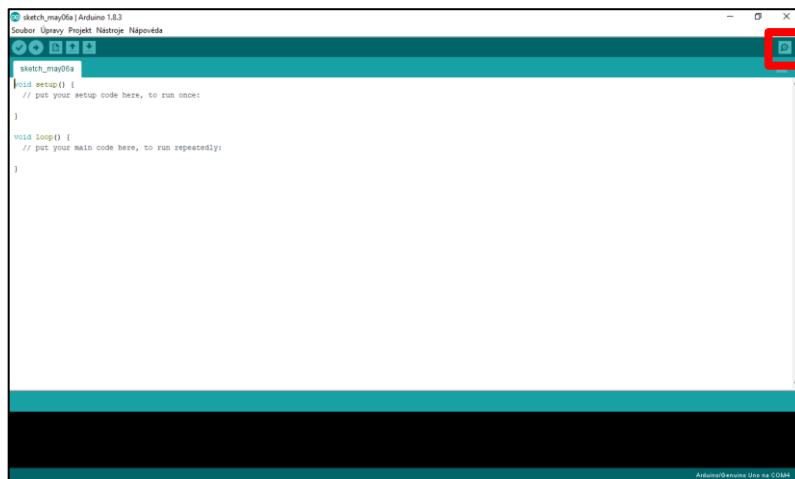
Připojení Arduina k PC

Pokud je Arduino napájeno konektorem USB-B z osobního PC zařízení, lze sledovat průběh měření přes program. Pro tento návod byl použit program Arduino 1.8.3.

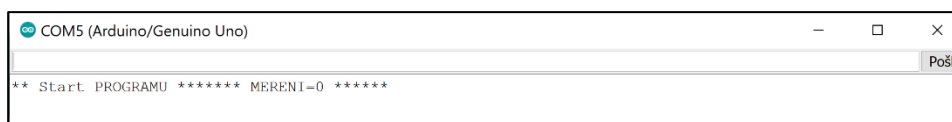
POZOR: Při napájení tohoto typu se musí zamezit režimu spánku PC během měření. Může dojít k přerušení napájení a měření nebude úspěšné.

POZOR: Nutnost dodržení následujícího sledu operací

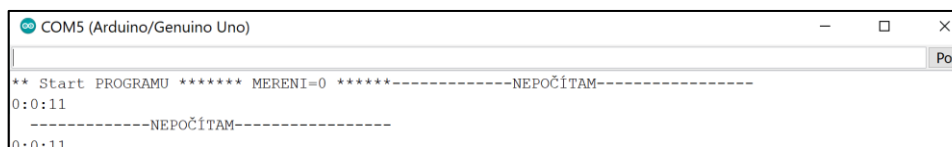
- Před zapojením je nutno otevřít program Arduino v PC.
- Po otevření programu propojit PC s Arduinem přístroje
- Kliknout na ikonku lupy (obrázek 11) a počkat na příkaz startu měření (obrázek 13)



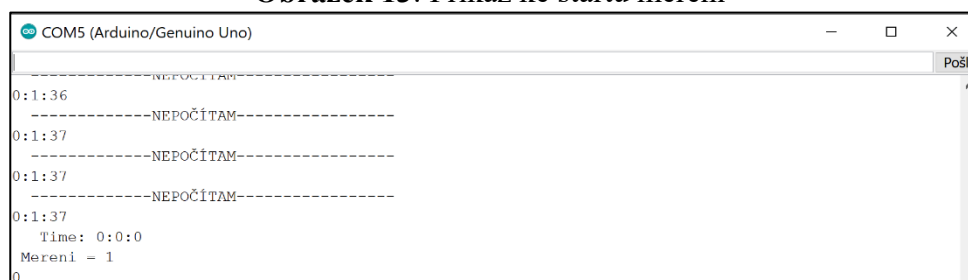
Obrázek 11: Otevření informačního okna



Obrázek 12: Informační okno



Obrázek 13: Příkaz ke startu měření



Obrázek 14: Průběh měření

Postup měření

1. Uchycení vzorku do čelistí.

Postupuje se podle kapitoly uchycení vzorků.

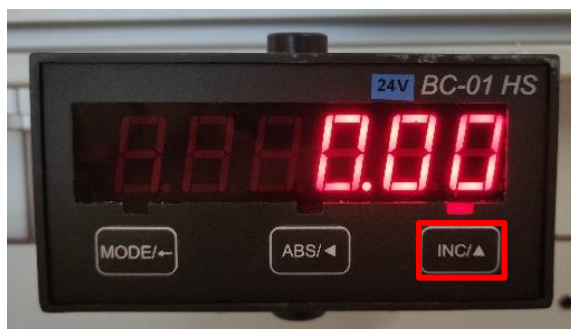
2. Zapojení digitální indikace do sítě

POZOR: Digitální indikaci napájíme pouze zdrojem k tomu určeným (obrázek 15).

Po připojení digitální indikace do napájení je potřeba nastavit její nulový bod zmáčknutím tlačítka INC/▲.



Obrázek 15: Napájení DI



Obrázek 16: Nulování DI

3. Zavěšení závaží

POZOR: Závaží se na čelisti zavěšuje ještě před startem programu Arduina na podepřenou spodní čelist (obrázek 20).

POZOR: Přístroj je testován pouze pro maximální zátěž 12 Kg. Přidáním větší zátěže může dojít k poškození přístroje.

4. Vložení SD karty do Arduina

POZOR: Karta se do Arduina zasouvá rubem nahoru, tudíž jsou viditelné vodivé plošky SD karty. Místo pro vložení karty se nachází na pravém boku krabičky s Arduinem (obrázek 9, pozice 5). Při zasunutí SD karty se musí z Arduina ozvat cvaknutí, které signalizuje pevné uchycení karty. Při nesprávném vložení karty se hodnoty nezapišou.

5. Zapnutí Arduina

- a) Napájení pomocí USB-B přes PC

Kapitola připojení Arduina k PC.

- b) Napájení pomocí konektoru

Připojením Arduina k napájení se rozsvítí jeho displej (obrázek 9, pozice 4), kde se zobrazí aktuální stav programu. Uživatel pracuje pouze s příkazy Arduina.

POZOR: **Start PROGRAMU** na displeji oznamuje načítání programu. Není ještě připraveno k měření (obrázek 17).

POZOR: Druhá informace **STISKNI TLAČÍTKO** (obrázek 18) vyzývá ke stisknutí tlačítka **START** (obrázek 9, pozice 3), které zahájí zapisování hodnot. Tlačítkem **START** se tedy zahájí měření.

POZOR: Po stisknutí tlačítka **START** se na displeji zobrazí informace o průběhu měření ve formě hodnoty prodloužení a času uběhnutém od začátku měření (obrázek 19).



Obrázek 17: Start programu



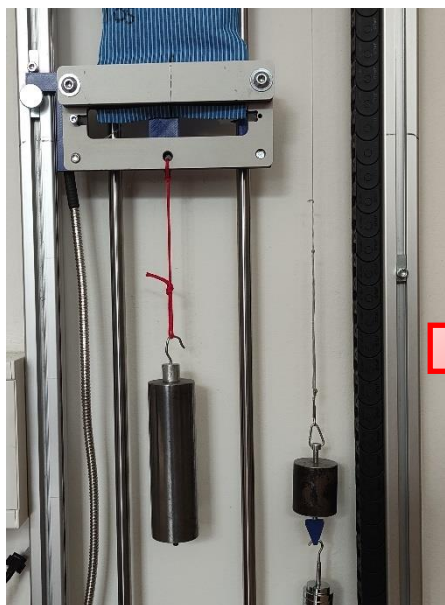
Obrázek 18: Stiskni tlačítko



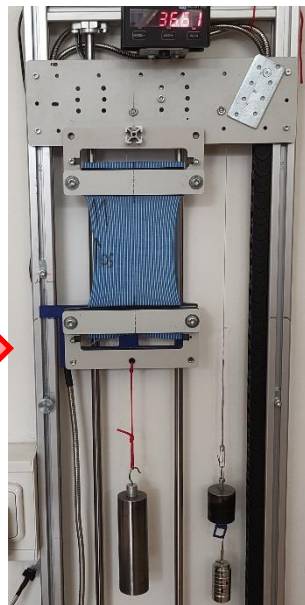
Obrázek 19: Měření

6. Povolení aretačního šroubu

POZOR: Od zmáčknutí tlačítka **START** se snažte co nejdříve povolit aretační šroub pod spodní čelisti (obrázek 4, pozice 4), aby došlo k zatížení vzorku.



Obrázek 20: Zavěšené závaží



Obrázek 21: Zatížení vzorku

7. Odebrání závaží

Pro zaznamenání relaxace vzorku se závaží odebírá po uplynutí 15 minut od započatí zkoušky.

POZOR: Závaží se odebírá tak, že je uchopeno a směrem nahoru pomaličku zvedáno. Pokud je tento pohyb příliš rychlý, nedojde ke správnému zaznamenání relaxace vzorku.

8. Ukončení zkoušky

Po uplynutí 30 minut se na displeji Arduina objeví informace, jako je na obrázku 18. Tato informace znamená, že je měření dokončeno. Pokud je potřeba měření dalších vzorků, pouze se vymění vzorek v čelistech a zkouška se opakuje stisknutím tlačítka **START**.

POZOR: Není potřeba vypnutí Arduina.

POZOR: Pokud je zkouška u konce, je nutno vypnout Arduino vyjmutím napájecího konektoru a až potom vyjmout kartu SD, kde jsou zapsané hodnoty měření v TXT souboru.