

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. číslo oboru: Název oboru**

(červeně psané věci přepište podle skutečnosti a změňte jejich barvu na černo.  
Toto doporučení vymažte)

**Plný název práce v češtině**

**Jméno autora/autorky/autorů**

**Oficiální název kraje**

**Město a vročení**

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. číslo oboru: Název oboru**

**Plný název práce v češtině**

**Plný název práce v angličtině**

**Autoři:** Jméno autora/autorky/autorů

**Škola:** Oficiální název, ulice č. p., PSČ město

**Kraj:** Oficiální název kraje

**Konzultant:** Jméno a příjmení konzultantů včetně všech titulů

Město a vročení

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V město dne datum .....

Jméno a Příjmení autora (totéž pro všechny autory)

## **Poděkování**

Na tomto místě můžete vložit poděkování těm, kteří vám s tvorbou práce SOČ pomohli. Poděkování je vaše autorské dílo, nemá předepsanou podobu a není povinnou součástí práce SOČ. Záleží jen na vás, zda, komu a jakým způsobem poděkuujete

## **Anotace**

Shrnutí celého obsahu práce. Často začíná slovy „Ve své práci SOČ jsem se zabýval/a...“ nebo „Tato práce se zabývá...“. Shrnuje téma práce, její cíle, použité metody a dosažené výsledky. Rozsah by se měl pohybovat mezi 5 a 10 větami.

## **Klíčová slova**

3-5 klíčových slov oddělených středníkem

## **Annotation**

Překlad anotace do anglického jazyka

## **Keywords**

Překlad klíčových slov do anglického jazyka

## Obsah

1	Úvod .....	8
	Co chybí.....	8
2	Sluneční skvrny .....	9
2.1	Slunce obecně.....	10
2.2	Tvorba slunečních skvrn .....	11
2.3	Skupiny skvrn .....	12
2.3.1	Polarita skupin .....	12
2.3.2	Relativní číslo .....	12
2.4	Klasifikace aktivní oblasti.....	13
2.4.1	Curyšská klasifikace .....	13
2.4.2	McIntoshova klasifikace .....	14
2.4.3	Mount Wilson klasifikace .....	16
2.5	Kresba Slunce .....	16
2.5.1	Postup kresby.....	17
2.5.2	Informace v protokolu .....	17
3	Strojové učení .....	19
3.1	Neuronové sítě .....	20
3.1.1	Konvoluční neuronové sítě .....	21
3.2	Tvorba strojového učení.....	23
3.2.1	Python .....	23
3.2.2	TensorFlow .....	23
3.2.3	Keras .....	24
3.2.4	Visual studio code.....	24
3.2.5	GitHub .....	24
4	Vlastní práce .....	24
4.1	Pipeline.....	24
4.2	Vstupní data – NECHAT? .....	25
4.2.1	Úprava vstupní kresby .....	25
4.3	Detekce čtyřúhelníků .....	25
4.4	Rozřazení dat podle klasifikace .....	26
4.5	Příprava dat na trénování .....	26
4.6	Tvorba CNN/modelu.....	27

4.7	Chyby .....	27
5	Výsledky práce .....	27
5.1	Modely dvou tříd.....	29
5.1.1	Model Axx-Dai .....	29
5.1.2	Model Axx-Bxo .....	30
5.2	Tři třídy .....	31
5.2.1	Model Axx-Cso-Ekc .....	31
5.2.2	Model Dac-Fkc-Hsx .....	31
5.2.3	Model Axx-Bxi-Hsx .....	31
5.3	Čtyři třídy .....	31
5.3.1	Model Axx-Csi-Eac-Hrx.....	31
5.3.2	Model Axx-Bxo-Cso-Dai .....	31
5.4	Pět tříd .....	31
5.4.1	Model Axx-Cso-Dac-Ekc-Hsx .....	31
5.4.2	Model Axx-Bxi-Cso-Dai-Hsx .....	31
5.5	První písmeno .....	31
5.5.1	Model A-DEF .....	31
5.5.2	Model A-H.....	31
5.5.3	Model A-B .....	31
5.5.4	Model B-DEF-H .....	31
5.5.5	Model B-C-DEF .....	31
5.5.6	Model B-C-DEF-H .....	31
5.5.7	Model A-B-C-DEF-H .....	31
5.6	Druhé písmeno .....	31
5.6.1	Model x-r-sh-ak .....	31
5.7	Třetí písmeno .....	31
5.7.1	Model x-o-i-c .....	31
5.8	Všechna 3 písmena.....	31
5.8.1	Finální model 1 .....	31
5.8.2	Finální model 2 .....	32
6	Implementace hvězdárnami .....	32
7	Závěr .....	32
7.1	Diskuze.....	32

7.2	Nadpis 2. úrovně: Times New Roman, 16 b, tučný, mezera za 16 b .....	33
7.2.1	Nadpis 3. úrovně: Times New Roman, 14 b, tučný, mezera za 14 b.....	33
7.3	Parametry jednotlivých stylů.....	33
7.4	Způsob citování.....	34
7.4.1	Odkazování v textu .....	34
7.4.2	Bibliografický záznam.....	35
7.5	Rozsah práce .....	35
8	Závěr .....	35
9	Citovaná literatura.....	36
10	Použitá literatura.....	36
11	Seznam obrázků a tabulek .....	36
12	Příloha 1: Název přílohy .....	37

# **1 ÚVOD**

Úvod v rozsahu 1 až 2 strany pište písmem Times New Roman velikost 12 b s řádkováním 1,15 zarovananým do bloku. První řádek odstavce se neodsazuje. Místo písma Times New Roman můžete použít jiné, musí být ale patkové (nikoli tedy Calibri nebo Arial). Písmo v celé práci musí být stejné.

Mezi jednotlivými odstavci je mezera o velikosti 12 b, nikoliv volný řádek vytvořený pomocí klávesy Enter!

## **Co chybí**

AI:, batch size

## **CO OPRAVIT**

Umělá inteligence -> neuronové sítě/ strojové učení

Pryč pipeline

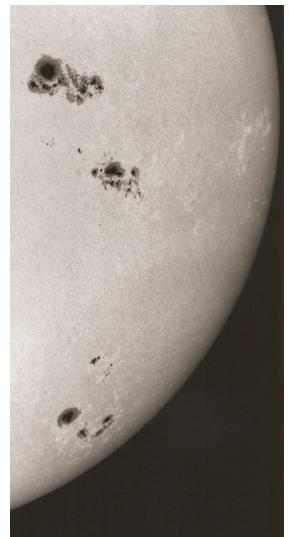
6 implementace hvezdarnam (plán, možnosti implemenace)

## 2 SLUNEČNÍ SKVRNY

Sluneční skvrny jsou tmavé útvary vyskytující se na Slunci. Jejich první pozorování se datuje již začátkem 17. století. Sluneční skvrny jsou místem ve fotosféře Slunce, kde vystupují magnetické indukční čáry na povrch, a jsou pozorovatelné ve viditelném spektru.

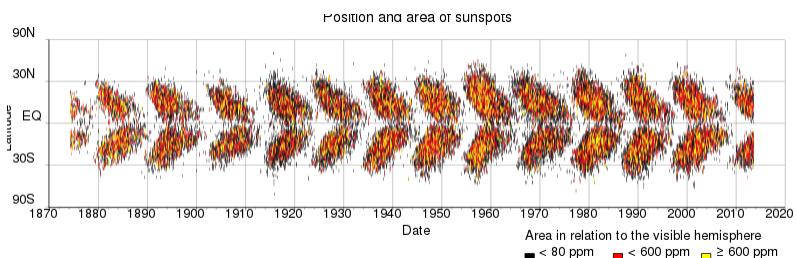
Sluneční skvrny se mohou navzájem velmi odlišovat, jak velikostí, tak tvarem a rozložením v prostoru, což z nich dělá věc vhodnou k důkladné analýze. Pozorováním skvrn můžeme lépe porozumět Slunci a přesněji predikovat případné ohrožující výrony hmoty řítící se na Zemi.

Sluneční skvrny vznikají kvůli magnetickému poli Slunce, které se vlivem diferenciální rotace v průběhu 11letého slunečního cyklu mění a zamotává. Poloha slunečních skvrn se během tohoto cyklu mění. Na začátku cyklu, tedy v době minima, se skvrny vyskytují v oblastech kolem  $+30^{\circ}$  a  $-30^{\circ}$  heliografické šířky a postupem cyklu se skvrny dostávají blíže k rovníku. Skvrny se jen velmi vzácně dostanou nad  $+45^{\circ}$  heliografické šířky nebo pod  $-45^{\circ}$  heliografické šířky. Tato oblast nejpravděpodobnějšího výskytu se nazývá královský pás. Distribuci skvrn popisuje motýlkový diagram, na kterém je vynesena heliografická šířka skupin v čase. Z grafu je patrný posun skvrn k rovníku a rozdelení jednotlivých cyklů, mnohdy se ale cykly na svém konci a začátku překrývají. Na disku se pak mohou vyskytovat skvrny ze dvou cyklů zároveň.<sup>1</sup>



Obrázek 1: Sluneční skvrny na slunečním disku.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfleck#/medi a/Datei:Sunspots.JPG>



Obrázek 2: Motýlkový diagram  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c4/Sunspot\\_butterfly\\_diagram.svg/800px-Sunspot\\_butterfly\\_diagram.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c4/Sunspot_butterfly_diagram.svg/800px-Sunspot_butterfly_diagram.svg.png)

Jak již bylo zmíněno, sluneční skvrny jsou pozorovány přes 4 staletí. Za tu dobu došlo k výrazné změně v jejich pozorování. I přestože první přisouzené pozorování skvrn bylo učiněno Johannem Fabriciem roku 1611<sup>2</sup> dalekohledem, je možné ty největší skvrny spatřit i

pouhým okem. Aby se tak stalo, musí být Slunce bud' kryto vrstvou průsvitných mraků nebo širší vrstvou atmosféry. To nastává při východu nebo západu Slunce, kdy je sluneční disk u obzoru a světlo průchodem atmosféry více slabne. Takto byly skvrny spatřeny už před tisíci lety.

<sup>1</sup> <https://astronomia.zcu.cz/hvezdy/slunce/744-slunecni-skvrny>

<sup>2</sup> [https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD\\_skvrna](https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_skvrna)

## 2.1 Slunce obecně

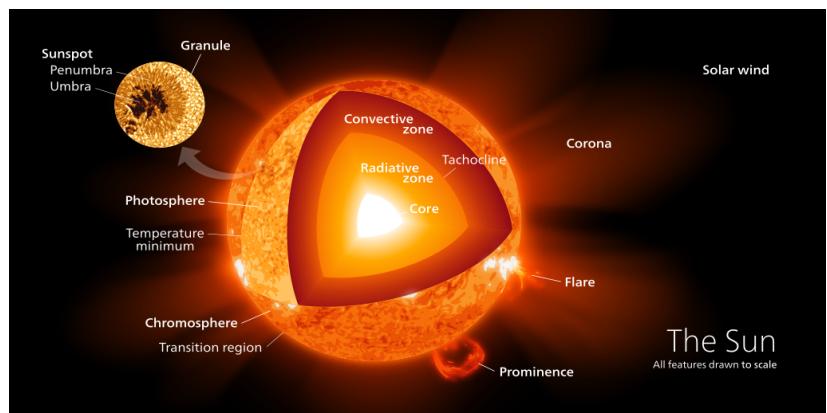
Je jistě všeobecně známo, že Slunce je naši nejbližší hvězdou. Slunce je od nás vzdáleno círka **sto padesát milionu kilometrů**<sup>3</sup> a jeho poloměr činí círka **jeden a čtyři desetiny milionu kilometrů**. Kombinací obou hodnot lze získat úhlový průměr slunečního disku kolem 32', tedy takový, jaký má palec na natažené ruce. Díky takovému velkému průměru se mohou pomocí dalekohledů, družic a dalších zařízení velmi dobře zkoumat i velmi malé detaily, které pak můžou pomoci k detailnímu pochopení sluneční aktivity. Právě jedním z projevů sluneční aktivity jsou sluneční skvrny. Dalšími jsou erupce, protuberance, filamenty, granulace slunečního povrchu a mnohé další.

Stejně jako Země má různé vrstvy, termosféru, kůru, jádro, tak i Slunce lze rozdělit na podobné vrstvy. Ve středu Slunce se nachází jádro, kde dochází ke slučování vodíků na helium a generování energie. Dále se nachází vrstva zářivé rovnováhy, kde se energie z jádra dostává na povrch postupným pohlcováním a opětovným vyzařováním<sup>4</sup>.

Další vrstva se nazývá konvektivní vrstva. Zde se energie přesouvá prouděním plasmy, nikoliv pohlcením a vyzářením. Mezi těmito dvěma vrstvami se ještě vyskytuje relativně nově objevená slupka, tachoklina. Její tloušťka je asi 0,04 poloměru Slunce a podle posledních poznatků dochází ke generování magnetického pole právě zde, a to vlivem rozdílné rotace vrstvy zářivé rovnováhy, která rotuje spíše jako pevné těleso, a konvektivní zóny, jejíž rotaci by se spíše přirovnala k rotaci tekuté látky.

První vrstvou atmosféry Slunce je fotosféra. V této vrstvě lze pozorovat granulaci povrchu nebo sluneční skvrny<sup>5</sup>. Další vrstvou je chromosféra, zde například vznikají erupce a protuberance. Poslední vrstvou se nazývá koróna. Ta je násobně větší než Slunce samotné, a vytváří se v ní koronální díry a kondenzace.

Jak již bylo zmíněno, Slunce má periodicitu ve své aktivitě. Tato perioda je cca 11 let, ale může se pohybovat i mezi 9 a 15 lety a je známa jako Schwabeův sluneční cyklus, nebo Schwabe-Wolfův cyklus, nebo cyklus slunečních skvrn, případně anglicky například solar cycle<sup>6</sup>. Tento



Obrázek 3: Slunce  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Sun\\_poster.svg/1024px-Sun\\_poster.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Sun_poster.svg/1024px-Sun_poster.svg.png)

<sup>3</sup> [https://cs.wikipedia.org/wiki/Astronomick%C3%A1\\_jednotka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Astronomick%C3%A1_jednotka)

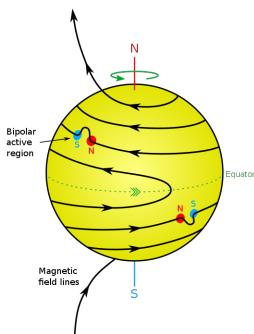
<sup>4</sup> <https://pozorovanislunce.eu/slunce/struktura-slunce.html>

<sup>5</sup> <https://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/slunce.php>

<sup>6</sup> [https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD\\_cyklus](https://cs.wikipedia.org/wiki/Slune%C4%8Dn%C3%AD_cyklus)

cyklus objevil a popsal německý hvězdář Heinrich Schwab roku 1843 na základě napozorovaných dat.

Cyklus úzce souvisí s magnetickým polem Slunce, tedy i s tvorbou a polohou slunečních skvrn. V cyklu také hraje velkou roli diferenciální rotace Slunce. Jedná se o rozdílnou rotaci slunečního rovníku a slunečních pólů. Zatímco se sluneční rovník jednou otočí za 25,4 dne, slunečnímu pólu to trvá o 10,6 dne déle. Vlivem této rotace dochází právě k zauzlovávání magnetického pole a k tvorbě skvrn. Na začátku svého cyklu má Slunce své dva magnetické póly na severním a jižním pólu, tedy tam, kde bychom je čekali, a magnetické indukční čáry vedou přímo mezi oběma póly. Důsledkem diferenciální rotace dochází k různě rychlému pohybu každé magnetické indukční čáry na rovníku a na pólu a magnetické pole se stává komplikovanějším. Takto se magnetické indukční čáry pořád zhušťují. Pokud se stane, že magnetické pole je už moc komplikované, dojde k přepojování jednotlivých čar a k výskytu lokálních pólů v místech tohoto přeplování. Celý cyklus je nakonec dovršen přeplováním celého Slunce a opět se celý systém zjednoduší, tentokrát s opačnou polohou magnetického severního a jižního pólu. Toto nastává přibližně po 11 letech ale lze se také dočít o 22letém cyklu. Touto dobou se myslí čas, za který se magnetické póly opět vrátí na polokoule, kde začínaly.



Obrázek 4: Znázornění diferenciální rotace, na disku jsou patrné dvě skupiny skvrn  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/33/Sun%27s\\_magnetic\\_field\\_after\\_omega\\_effect.svg/768px-Sun%27s\\_magnetic\\_field\\_after\\_omega\\_effect.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/33/Sun%27s_magnetic_field_after_omega_effect.svg/768px-Sun%27s_magnetic_field_after_omega_effect.svg.png)

Sluneční skvrna je místo, kde na povrch vystupují magnetické indukční čáry, které bývají normálně pod povrchem, ale vlivem namotání došlo k jejich zauzlování či případnému přepojení. Tyto změny pak pozorujeme ve fotosféře a nazýváme je slunečními skvrnami nebo skupinami slunečních skvrn. Skvrny, lépe spíše skupiny skvrn, tedy musí mít 2 nebo více pólů. Místo, kde siločáry vystupují na povrch se nám jeví jako černé, i přestože má teplotu kolem 4000 K (wiki). Toto místo nazýváme umbra, česky stín. Kolem umbra je také možné spatřit penumbru, polostín, což je jakýsi přechod mezi klasicky granulovaným slunečním povrchem a umbrou. Penumbra je světlejší, neboť i zde magnetické siločáry zabírají dostatečnému energetickému přesunu z konvektivní vrstvy, ale pouze částečně. Před vznikem a po zániku sluneční skvrny se obvykle na stejném místě vyskytují fakulová pole, která jsou složené z jednotlivých fakulí. Fakule se vyskytují taktéž ve fotosféře a jedná se o body, které jsou jasnější než sluneční disk, neboť mají teplotu cirka o 300 K vyšší

## 2.2 Tvorba slunečních skvrn

Sluneční skvrna je místo, kde na povrch vystupují magnetické indukční čáry, které bývají normálně pod povrchem, ale vlivem namotání došlo k jejich zauzlování či případnému přepojení. Tyto změny pak pozorujeme ve fotosféře a nazýváme je slunečními skvrnami nebo skupinami slunečních skvrn. Skvrny, lépe spíše skupiny skvrn, tedy musí mít 2 nebo více pólů. Místo, kde siločáry vystupují na povrch se nám jeví jako černé, i přestože má teplotu kolem 4000 K (wiki). Toto místo nazýváme umbra, česky stín. Kolem umbra je také možné spatřit penumbru, polostín, což je jakýsi přechod mezi klasicky granulovaným slunečním povrchem a umbrou. Penumbra je světlejší, neboť i zde magnetické siločáry zabírají dostatečnému energetickému přesunu z konvektivní vrstvy, ale pouze částečně. Před vznikem a po zániku sluneční skvrny se obvykle na stejném místě vyskytují fakulová pole, která jsou složené z jednotlivých fakulí. Fakule se vyskytují taktéž ve fotosféře a jedná se o body, které jsou jasnější než sluneční disk, neboť mají teplotu cirka o 300 K vyšší



Obrázek 5: Znatelná světlá fakulová pole a tmavé sluneční skvrny ze srpna 2014  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_facula#/media/File:Faculae\\_and\\_Sunspots\\_at\\_Solar\\_Maximum.tif](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_facula#/media/File:Faculae_and_Sunspots_at_Solar_Maximum.tif)

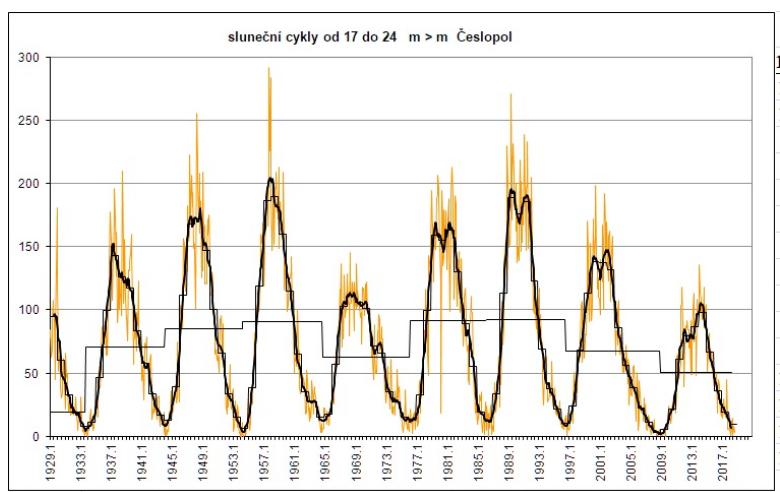
než okolí. Fakulová pole stejně jako sluneční skvrny značí jistou poruchu magnetického pole, ale na rozdíl od skvrn magnetické pole ve fakulových polích zůstává pod povrchem Slunce.

### 2.3 Skupiny skvrn

Paradoxně skupinou skvrn může být i pouze jedna skvrna, neboť hlavním znakem skvrny je, že se jedná o jeden uzavřený systém s póly. Můžeme mít tedy velmi komplikovaný systém několika desítek skvrn a bude se jednat o jednu skupinu skvrn, stejně tak jako můžeme mít pouze jednu skvrnu a bude se také jednat jen o jednu skupinu. Skvrny ve skupině mohou zanikat a přibývat, ale většinou jsou patrné dvě větší skvrny, které mají svůj specifický název na základě své polohy. Skvrna na západě se nazývá vedoucí, skvrna na východě chvostová<sup>7</sup>. Tyto skvrny většinou přetrhají celou dobu výskytu skvrn. Velikost skupiny, skvrny a další parametry skupiny mají vliv na životnost skupiny. Nejčastěji skupiny vydrží několik dní, menší jen několik hodin a větší mohou až několik týdnů.

#### 2.3.1 Polarita skupin

Skupinu skvrn se označuje vždy buď jako unipolární nebo bipolární. Bipolární skupina je ta skupina, která má více než dvě skvrny, a magnetické pole v minimálně jedné z nich vystupuje a v dalších skvrnách nebo skvrně opět vstupuje do Slunce. U této skupin lze poté například pomocí magnetografu určit záporný a kladný pól



Obrázek 6: Graf relativního čísla mezi lety 1929 a 2017 sesbírané skupinou Česlopol

[https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/Slunce/Grafy/graf\\_2009\\_2018/2018\\_SC\\_17-24.jpg](https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/Slunce/Grafy/graf_2009_2018/2018_SC_17-24.jpg)

skupiny. Skvrna vedoucí a chvostová (odkaz) mají vždy opačnou polaritu. Naopak u unipolárních skupin magnetické indukční čáry ze skvrny pouze vystupují a do žádného konkrétního pólu nevstupují. Ve skutečnosti se ale rovnoměrně napojí na celý sluneční disk. Unipolární skupiny by tedy měli mít pouze jednu skvrnu, neboť při více skvrnách se ze systému stane bipolární systém.

#### 2.3.2 Relativní číslo

S velikostí a počtem skvrn ve skupinách velmi úzce souvisí relativní číslo, což je index, který se používá k určení celkové aktivity Slunce. Tento index zavedl astronom Rudolf Wolf někdy v 19. století<sup>8</sup>. Výpočet tohoto indexu je velmi jednoduchý, relativní číslo R dostaneme jakožto součet desetinásobku počtu skupin skvrn na slunečním disku a jednotlivých skupin ve skvrnách.

<sup>7</sup> <https://pozorovanislunce.eu/vykladovy-slovnicek/slunecni-skvrna.html>

<sup>8</sup> <https://www.hvr.cz/2011/09/26/minislovnicek-relativni-cislo/>

Tento index, někdy zvaný Wolfovo číslo, má většinou hodnotu mezi 0 a 300<sup>9</sup>. Díky tomu, že tento index je zaznamenávám už přes dvě století hodí se dobře k pozorování celkové aktivity Slunce. I přesto, ale index není perfektní a existují i jiné indexy k popsání sluneční aktivity.

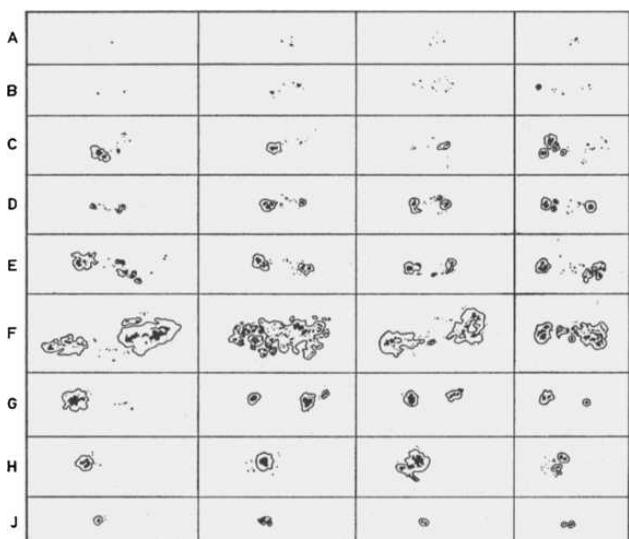
## 2.4 Klasifikace aktivní oblasti

Skupiny skvrn, také nazývány aktivními oblastmi, se navzájem dokáží velmi odlišovat, a proto bylo nutné zavést nějaký systém. Nyní existuje mnoho těchto klasifikací, které zohledňují například velikost skupiny, polaritu skupiny, rozložení skupiny atp. Hlavní motivací ve vytváření nových klasifikací je zlepšení predikce tvorby erupcí na základě struktury skvrny. V tuto chvíli zatím neexistuje vyhovující metoda k přesnému predikování tvorby erupcí, jedná se o velmi komplikovaný úkol.

### 2.4.1 Curyšská klasifikace

Jedna z prvních a používaných klasifikací je Curyšská klasifikace, která byla zavedena v roce 1938 M. Wiedermaierem.

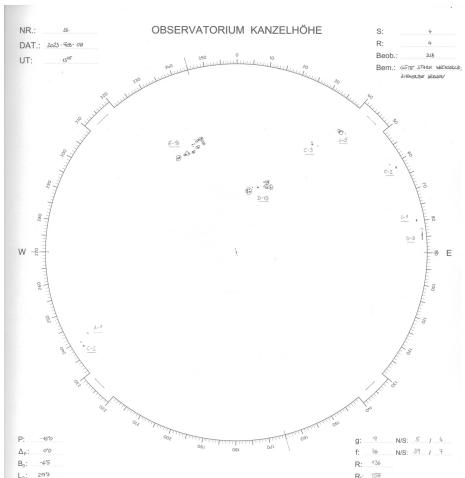
Klasifikace má celkem devět tříd: A, B, C, D, E, F, G, H, J a každá tato skupina má svou definici<sup>10</sup>. Skupina třídy A, sestává z jednoho nebo více skvrn bez penumbry a bez bipolární konfigurace. Třídou B označíme skupinu bez penumbry s bipolární konfigurací. Třída C je bipolární skupina skvrna s jednou skvrnou, která má penumbru. Pokud se jedná o skupinu jejíž největší skvrna má penumbru a celá skupina nepřesahuje velikost přes více než 10 ° (míněno v heliografických souřadnicích na povrchu Slunce), dostane skupina označení D. Jestliže je skvrna větší, konkrétně mezi 10 ° a 15 °, bude se jednat o typ E. Ještě větší skupinu pak označíme písmenem F. Bipolární skupinu obsahující penumbry a žádné malé skvrny mezi hlavními skvrnami a délkou nad 10 ° klasifikujeme jako třídu G. Třídy H i J se také odlišují pouze velikostí skupiny, pokud se bude jednat o jednu skvrnu s penumbrou a velikostí větší než 2,5 °, dostane skupina, ve které je pouze jedna skvrna, označení H. Pokud je skvrna menší než 2,5 °, jedná se o typ J. Uspořádání tříd za sebou má reflektovat vývoj skupiny,



Obrázek 7: Příklady jednotlivých tříd Curyšské klasifikace  
[https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/other/clank\\_y/2021/Examples-of-the-Zuerich-classification-of-sunspot-groups-source-Bray-and-Loughhead.jpg](https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/other/clank_y/2021/Examples-of-the-Zuerich-classification-of-sunspot-groups-source-Bray-and-Loughhead.jpg)

<sup>9</sup> <https://pozorovanislunce.eu/vykladovy-slovnicek/relativni-cislo-slunechnich-skvrn.html>

<sup>10</sup> <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1503/1503.08724.pdf>



Obrázek 8: Zákres z Observatoře Kanzelhöhe

který začíná na třídě A a končí u třídy J, avšak ne všechny skupiny slunečních skvrn projdou všemi třídami.

Pro možnost lepšího analytického zkoumání se jednotlivým kategoriím přidává váhové číslo a po součtu všech těchto čísel jednotlivých skvrn dostaneme Beckovo číslo slunečních skvrn. Jednotlivé váhy kategorií jsou: A = 4; B = 4; C = 8; D = 18; E = 25; F = 36; G = 50; H = 44; J = 37. Beckovo číslo slunečních skvrn, pak vypočteme vztahem:

$$R_B = \sum w_i \cdot f_i$$

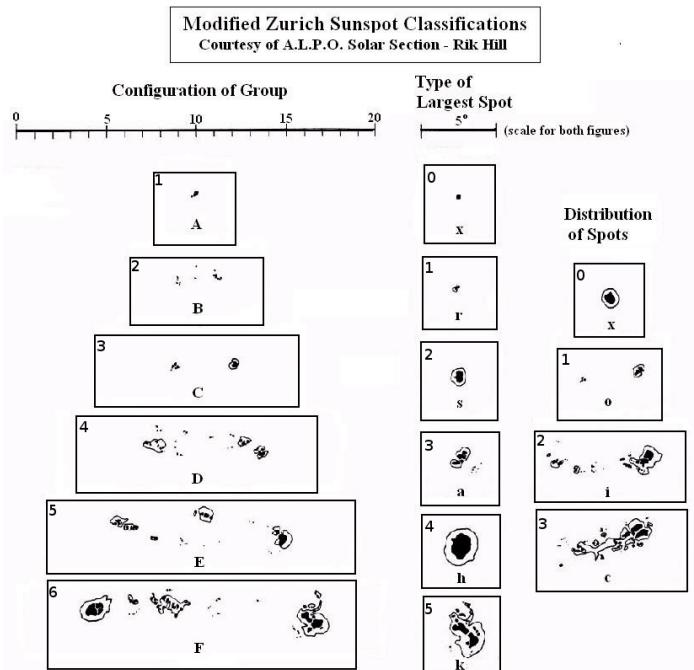
, kde  $w_i$  jsou váhové čísla a  $f_i$  počet skvrn v jednotlivých skupinách.<sup>11</sup>

Klasifikace se bohužel neusvědčila při predikci slunečních erupcí a byla potřeba ji pozměnit. Tak vznikla navazující McIntoshova klasifikace. I přesto se nadále tato klasifikace pořád používá, například v Observatoři Kanzelhöhe v jižním Rakousku, hlavně kvůli dodržení historické řady.

#### 2.4.2 McIntoshova klasifikace

McIntoshova klasifikace, která byla vymyšlena roku 1966, se skládá z tří různých takřka nezávislých klasifikací, které dohromady určují třípísmenné označení skupiny. Skvrny tedy mohou mít označení například Axx, Dai či Eso.

Prvními písmeny jsou A, B, C, D, E, F, H a jejich definice je velmi podobná té předešlé z Curyšské klasifikace. Někdy se tato podklasifikace nazývá modifikovaná curyšská klasifikace právě podle návaznosti. Třída A je unipolární skupina bez penumber. Třida B je bipolární skupina bez penumber. Třídou C pak bude označena ta bipolární skupina, která obsahuje



Obrázek 9: Souhrnný obrázek k McIntoshově klasifikaci  
<https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/other/clanky/zonnevlekclassification-1.jpg>

<sup>11</sup> <https://www.pozorovaniislunce.eu/vykladovy-slovnicek/beckovo-cislo-slunecnich-skvrn.html>

penumbru na jednom ze svých okrajů. Pokud skupina obsahuje více penumber, bude se jednat o jednu za tří tříd – D, E nebo F. Zde opět záleží na velikosti skvrny, pod  $10^\circ$  se jedná o typ D, mezi  $10^\circ$  a  $15^\circ$  sahají skupiny E a větší se pak označují písmenem F. Pokud se jedná o unipolární systém s penumbrou, označíme ho písmenem H.<sup>12</sup>

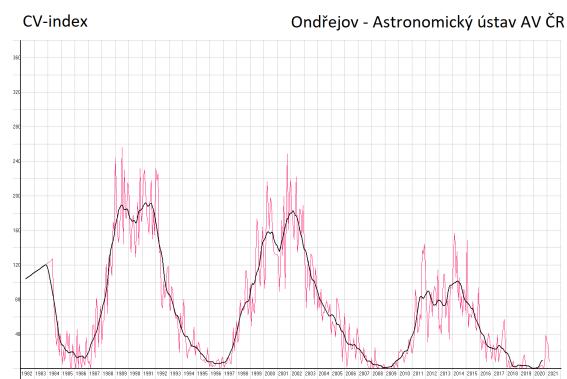
Axx = 1					
Bxo = 2 Bxi = 3					
Hrx = 4  Hax = 7  Hsx = 10  Hkx = 37  Hhx = 40	Hrx = 4	Cro = 5 Cri = 6	Dro = 13 Dri = 16	Ero = 14 Eri = 17	Fro = 15 Fri = 18
	Hax = 7	Cao = 8 Cai = 9	Dao = 19 Dai = 22	Eao = 20 Eai = 23	Fao = 21 Fai = 24
	Hsx = 10	Cso = 11 Csi = 12	Dso = 25 Dsi = 28 Dac = 31 Dsc = 34	Eso = 26 Esi = 29 Eac = 32 Esc = 35	Fso = 27 Fsi = 30 Fac = 33 Fsc = 36
	Hkx = 37	Cko = 38 Cki = 39	Dko = 43 Dki = 46	Eko = 44 Eki = 47	Fko = 45 Fki = 48
	Hhx = 40	Cho = 41 Chi = 42	Dho = 49 Dhi = 52 Dkc = 55 Dhc = 58	Eho = 50 Ehi = 53 Ekc = 56 Ehc = 59	Fho = 51 Fhi = 54 Fkc = 57 Fhc = 60

Obrázek 10: Tabulka s hodnotami CV indexu všech typů McIntoshovy klasifikace  
<https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/other/clanky/2021/tab.png>

změnou velikosti skvrny, a to nad  $2,5^\circ$ . Typ k je stejnou logikou ekvivalentní k typu a, tedy asymetrická penumbra přesahující  $2,5^\circ$ .<sup>13</sup>

Třetí symbol pak charakterizuje rozložení skvrn ve skupině. K označení 4 tříd se používají písmena x, i, o, c. Typ x je unipolární skupina, tedy pokud skupinu označíme jako A nebo H, automaticky dostane písmeno x. Třídou o, z angl. open, otevřené, označíme tu skupinu, ve které jsou skvrny bud' u jednoho nebo u druhého pólu skvrny a nikoliv mezi. Třída i, z angl. intermediate, přechodné, je vyhrazena pro konfiguraci, kde skvrny leží i mezi póly skupiny. Pokud by ale takto mezi vedoucí a chvostovou skvrnou byla skvrna s penumbrou, jednalo by se o třídu c, z angl. compact, kompaktní.

Druhé písmeno klasifikace poté charakterizuje největší skvrnu ve skupině. Na výběr máme z 6 tříd označených x, r, s, a, h, k. Typ x může nastat pouze v kombinaci s třídami A nebo B, jelikož toto označení použijeme, pokud největší skvrna nemá penumbra. Třída r, z angl. rudimentary, základní, označuje situaci, pokud je penumbra nerozvinutá, neúplná a nepravidelná. Typ s, z angl. symmetric, symetrická, značí penumbra symetrickou a menší než  $2,5^\circ$ . Typ a, z angl. asymmetric, nesymetrická, se použije, pokud penumbra nepřesahuje  $2,5^\circ$  a zároveň není symetrická a například v určitých částech nemá jasné hranice. Typ h je poté ekvivalentem pro typ s, se



Obrázek 11: Nasbírané hodnoty CV indexu Astronomickým ústavem AV ČR  
<https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/public/files/other/clanky/2021/UV.png>

<sup>12</sup> [https://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl\\_2010.pdf](https://www.alpo-astronomy.org/solarblog/wp-content/uploads/wl_2010.pdf)

<sup>13</sup> <https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/cs/stranka/kresba>

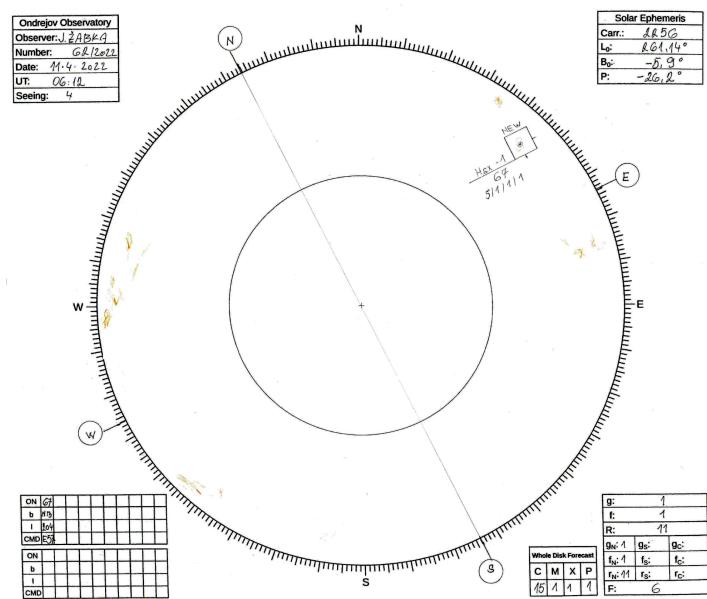
Jak již bylo řečeno, ne všechny kombinace písmen lze nalézt, neboť některá jsou vázány na výskyt penumbry a jiná naopak na absenci její přítomnosti. Proto se na slunečním disku může vyskytnout pouze 60 tříd a každá třída má hodnotu od 1 do 60, která se používá k výpočtu klasifikační hodnoty, spíše známé pod názvem index CV nebo classification value. Jedná se o obměnu Beckova indexu z Curyšské klasifikace. CV index opět slouží k převedení klasifikace na číslo. Jednotlivé hodnoty, včetně všech možných kombinací písmen zobrazuje Obrázek 10.

### 2.4.3 Mount Wilson klasifikace

Další klasifikace vznikla na základě napozorovaných dat magnetogramů mezi lety 1959 a 1962 na Observatoři Mount Wilson. Tato klasifikace má 4 hlavní třídy, které se ale mezi sebou mohou různě kombinovat. Třídy jsou označeny  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\beta\gamma$ ,  $\beta\delta$ ,  $\beta\gamma\delta$ ,  $\gamma\delta$ .  $\alpha$  je označení pro unipolární skupinu. Třída  $\beta$  označuje skupinu slunečních skvrn, kde lze zřetelně rozeznat skvrny z opačnými polaritami. Třídou  $\gamma$  označíme tu skupinu, která už má komplikovanější polaritu. Označení  $\delta$  je velmi specifické. Používá se v případě, že v penumbře jedné skvrny se vyskytuje jak kladná tak záporná polarita. Kombinace  $\beta\gamma$  poté označuje skupinu, která má patrné hlavní skvrny opačné polarity, ale nelze přesně určit hranici mezi kladným a záporným pólem skupiny. Třída  $\beta\delta$  je označení pro skupinu, která má magnetické pole jako  $\beta$  třída, ale vyskytuje se zde alespoň jedna  $\delta$  skvrna (skvrna s penumbrou dvojí polarity). Třída  $\beta\gamma\delta$  má rozložení jako třída  $\beta\gamma$  ale opět se zde objevuje jedna či více  $\delta$  skvrn. Klasifikace  $\gamma\delta$  je poté opět kombinace třídy  $\gamma$  s nejméně jednou  $\delta$  skvrnou.

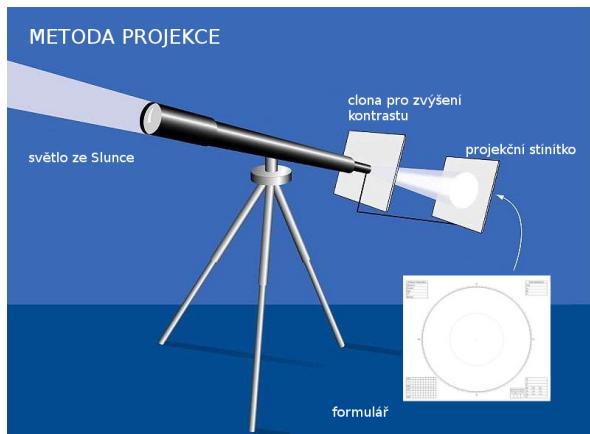
## 2.5 Kresba Slunce

Kresba Slunce je metoda zachycení detailů na Slunci, kterou začal používat již Galileo Galilei. Při této metodě se dalekohled používá jako promítací aparát a Slunce promítá na papír, kde jsou poté skvrny i další úkazy ručně zakresleny. I přestože je s moderními technologiemi možné získat daleko kvalitnější informace, je stále tato metoda nejjednodušší (nejenom) pro amatérské astronomy. Zároveň se také jedná o metodu pozorování Slunce, kterou je pozorováno nejdéle a kombinací nových družicových dat a nových kreseb, dokážeme lépe zpřesnit, co se dělo v době, kdy se Slunce pouze kreslilo. Slunce se standartně kreslí do protokolů s velikostí slunečního disku 25 cm, nikdy by nemělo být kresleno do kotouče menšího než 10 cm. Jelikož je Slunce úhlově velký objekt, lze ke kresbě použít dalekohled s alespoň průměrem objektivu 5 cm a ohniskovou vzdáleností 80 cm. Tento dalekohled by měl mít paralaktickou montáž



Obrázek 12: Názorná ukázka kresby z Ondřejovské hvězdárny  
[https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/new/www/public/files/archive\\_patrol/sunspot\\_drawings/2022/220411dr.jpg](https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/new/www/public/files/archive_patrol/sunspot_drawings/2022/220411dr.jpg)

s pohonem. Nejen že tato montáž sama sleduje Slunce, ale také s ní lze jednoduše zorientovat protokol simulováním denního pohybu, tedy pohybem v rektascenzi.<sup>14</sup>



Obrázek 13: Názorná ukázka využití dalekohledu k promítání Slunce na protokol <https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/new/www/public/fi les/other/projekce.jpg>

### 2.5.1 Postup kresby

Protokol, tedy nakreslený obraz Slunce, který má být výstupem má relativně mnoho náležitostí, které musí mít, aby mohl být vůbec brán v potaz vědeckou komunitou. Pravidelnou kresbou Slunce se v České republice věnuje jen málo hvězdáren, vědeckých ústavů i amatérů. Proto také vznikla síť pozorovatelů z Česka, Slovenska a Polska s názvem Čespol, která má za cíl nejen pokračovat v pozorovací řadě, ale také zdigitalizovat historická data.<sup>15</sup> Tato síť, společně s Astronomickým ústavem AV ČR a Solární patrolou sídlící v Ondřejově sepsala manuál, jak kreslit. Postup zakreslování je následující:

1. Dalekohled bezpečně namíříme na Slunce a na stínítko položíme formulář.
2. Vypneme hodinový stroj případně simulujeme denní pohyb Slunce a tím zorientujeme kresbu.
3. Zpřesníme zorientování formuláře přesunem skvrny na spojnici východu a západu a natočíme protokol tak, aby se skvrna při pohybu v rektascensi hýbala pouze po spojnici.
4. Opět zapneme hodinový stroj a umístíme Slunce přesně na formulář.
5. Zakreslíme úkazy na Slunci. Umbry plně černé, penumbry šedé, případně pouze obrysy a filamenty žlutou nebo červenou pastelkou.
6. Zkontrolujeme správnost zákresu
7. Doplníme informace do tabulek ve formuláři.

### 2.5.2 Informace v protokolu

V protokolu nesmí chybět různé informace, a to datum a čas vyhotovení kresby, místo pozorování a jméno pozorovatele, viditelnost (seeing) na škále od 1 do 5, kde 5 je nejlepší, číslo kresby, obvykle ve formátu číslo kresby v roce/daný rok. Dále také údaje o slunečním disku - heliografická šířka a délka centra slunečního disku a úhel, o který je natočena

<sup>14</sup> <https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/cs/stranka/kresba>

<sup>15</sup> <https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/new/www/cs/clanek/kresby>

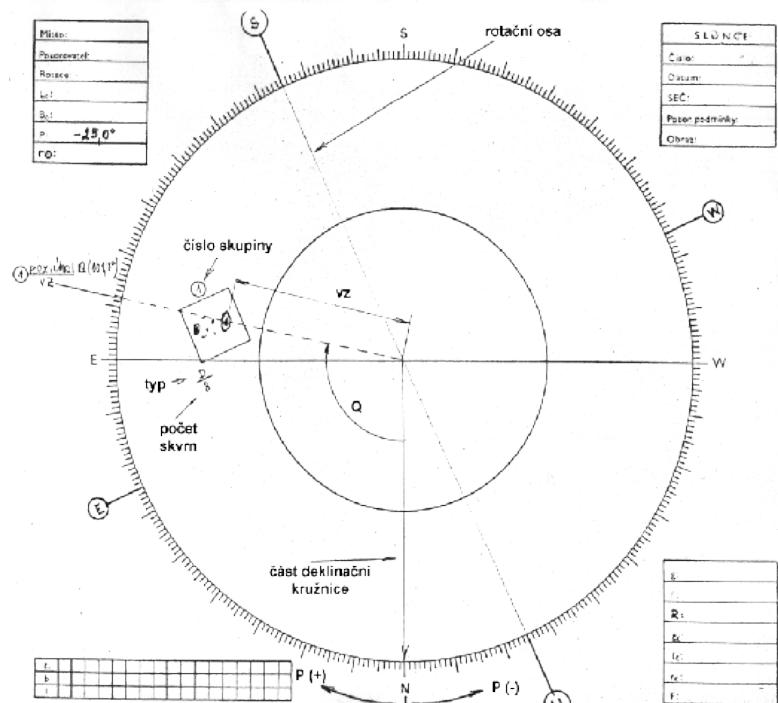
rotační osa Slunce a číslo Carringtonovy rotace, což značí pořadí otočky Slunce kolem své osy od 9. listopadu 1853<sup>16</sup>. Dále by měly být zakreslené skupiny skvrn ohraničené obdélníkem a očíslované, případně i oklasifikované. V protokolu by také měli být informace o aktivitě Slunce. Mezi tyto informace řadíme počet skvrn na disku, počet skupin na disku a Wolfovo číslo (odkaz). Dále je také možné skupiny skvrn rozložit do tří sektorů, centrální, severní a jižní a tyto údaje vypočítat pouze pro daný sektor. V neposlední řadě by také na kresbě měl být uveden počet fakulových polí. Do protokolu se také zapisují informace o poloze každé skupiny. Jedná se o heliografickou šířku a heliografickou délku středu skupiny, případně i jejich polohu vůči středu kresby. Heliografické souřadnice skupiny lze vypočítat pomocí těchto vzorců:<sup>17</sup>

$$\rho = \sin^{-1} \frac{vz}{R}$$

$$b = \sin^{-1} (\sin B_0 \cos \rho + \cos B_0 \sin \rho \cos(P - Q))$$

$$l = \left( \sin^{-1} \frac{\sin \rho \sin(P - Q)}{\cos b} \right) + L_0$$

, kde  $vz$  je vzdálenost středu skvrny od středu kresby,  $R$  je velikost slunečního disku na kresbě,  $B_0$  je heliografická šířka středu kresby,  $L_0$  je heliografická délka středu kresby,  $P$  je poziciční úhel rotační osy Slunce a  $Q$  je poziciční úhel skupiny měřený na kresbě od severu přes východ.  $b$  a  $l$  jsou pak hledanými heliografickými souřadnicemi, šířkou a délkou, skupiny. Znázornění získání potřebných údajů o skupině ukazuje Obrázek 14.



Obrázek 14: Výskyt údajů na kresbě  
<https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/new/www/public/files/other/img40.png>

<sup>16</sup> <https://www.pozorovanislunce.eu/vykladovy-slovnik/carringtonova-rotace.html>

<sup>17</sup> <https://www.asu.cas.cz/~sunwatch/cs/stranka/kresba>

### 3 STROJOVÉ UČENÍ

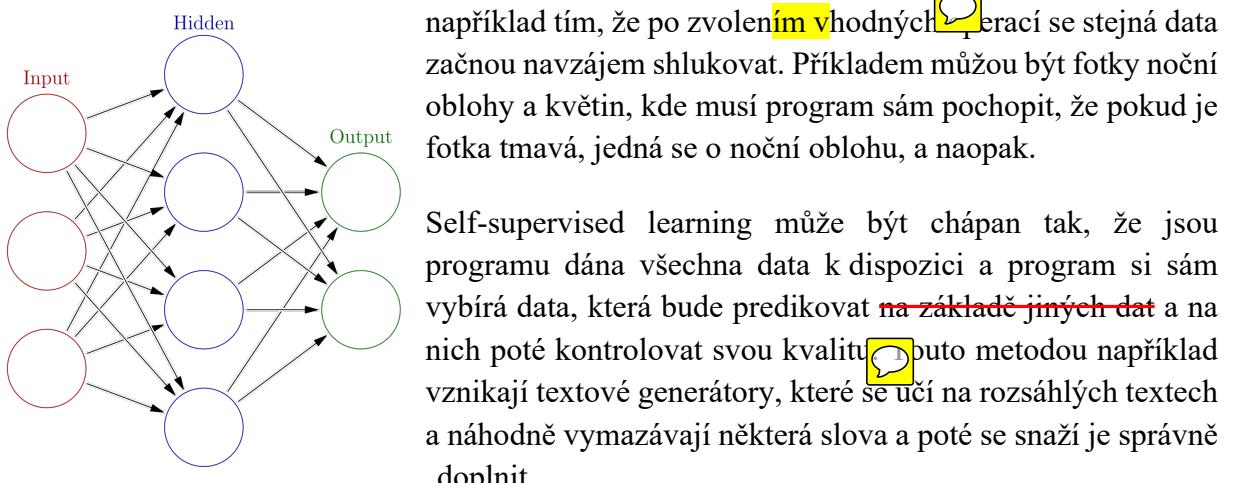
Umělá inteligence nebo také strojové  může být **chápáno** jako komplexní nelineární algoritmus, který má za cíl splnění ruzného úkolu. Tímto cílem pak může být v podstatě cokoliv. Ať už rozřazování do kategorií, predikování **číselné** hodnoty na základě předešlého vývoje, nalezení podobných dat na vstupu nebo vygenerování obsahu. Kategorizace objektů může být využita v chytrých autech na zmapování okolí pomocí kamery, příkladem predikce je model snažící se odhadnout ceny akcií a **umělá intelligence** generující obsah se těší velké popularitě, příkladem může být ChatGPT  model generující text, nebo DALL-E  sloužící ke generaci obrázků.

Pro každou úlohu se hodí individuální přístup . Ten může být rozdělen do 5 kategorií – učení s učitelem, angl. supervised learning, učení bez učitele, angl. unsupervised learning, kombinace těchto metod, angl. označovaná semi-supervised learning, vlastní učení, angl. označované self-supervised learning, a zpětnovazebné učení, angl. reinforcement learning. ~~Rozdíl v těchto metodách trénování strojového učení může být ve formátu vstupních dat nebo výstupu, stylu rozpoznávání své správnosti atd.~~

Princip učení s učitelem je velmi jednoduchý . Je vstupním  datum jsou přiřazeny správné výstupní údaje a program se snaží generalizovat **detekci**. Typicky se může jednat o obrázky auta a psa, rozřazené podle toho, co se na obrázku nachází. Model poté přesně ví, který vstup označil správně a který špatně, a může se díky této informaci zlepšovat.

V případě učení bez učitele dostane model za úkol sám poznat, jaká vstupní data k sobě patří,

například tím, že po zvoleném vhodných  parametrech se stejná data začnou navzájem shlukovat. Příkladem můžou být fotky noční oblohy a květin, kde musí program sám pochopit, že pokud je fotka tmavá, jedná se o noční oblohu, a naopak.



Obrázek 15: Struktura vrstev neuronové síťě  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Neural\\_network\\_\(machine\\_learning\)#/media/File:Colored\\_neural\\_network.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network_(machine_learning)#/media/File:Colored_neural_network.svg)

Self-supervised learning může být chápán tak, že jsou programu dána všechna data k dispozici a program si sám vybírá data, která bude predikovat ~~na základě jiných dat~~ a na nich poté kontrolovat svou kvalitu . Příkladem můžou být například vznikají textové generátory, které se učí na rozsáhlých textech a náhodně vymazávají některá slova a poté se snaží je správně doplnit.

Zpětnovazebné učení se učí na základě pozitivní nebo negativní reakce na dané akce, případně změny. Na rozdíl od učení s učitelem ale nemá informace, které akce byly úspěšné .

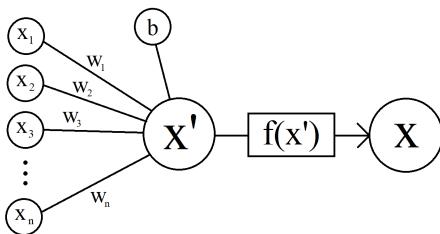
a které ne, ale pouze zdali veškeré změny dohromady přinesly lepší výsledek než ten minulý.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> [https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9\\_u%C4%8Dení%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A9_u%C4%8Dení%C3%AD)

### 3.1 Neuronové sítě



Neuronová síť je algoritmus, díky kterému se dokáže strojově učení učit<sup>19</sup>. Neuronové sítě obsahují neurony. Ty jsou inspirovány neurony v mozku. Neurony tvořící neuronové sítě jsou na sebe vzájemně napojeny a stejně jako mozkové neurony mohou být aktivovány. Neurony svou míru aktivace, svou hodnotu získávají na základě hodnoty předchozích neuronů pomocí jednoduchých matematických operací. Pro neuronové sítě je typické právě uspořádání neuronů v navazujících vrstvách tak, že se vstupní data modulují každou vrstvu.



Obrázek 16: Proces výpočtu hodnoty neuronu

Výpočet hodnoty neuronu je velmi jednoduchý a díky tomu je možné vytvářet rozdílné vrstvy se spoustou neuronů a napojení. Každý neuron ve vyšší vrstvě je napojen na všechny neurony z předešlé vrstvy a má k dispozici všechny předešlé hodnoty neuronů. Mezi neuronem ve vyšší a nižší vrstvě tedy existuje spojení a toto spojení má vždy určitou váhu. Tu lze chápat jako důležitost spojení. Mezi hodnotu neuronu, řekněme  $x'$ , se vypočítá de facto lineární rovnici. Jedná se o součet sumy všech zvážených hodnot předešlých neuronů a hodnoty  $b$  je charakteristickou pro každý neuron a neovlivněnou vstupními daty, tedy:

$$x' = \sum_{i=1}^N (x_i w_i) + b$$

, kde  $x_i$  je hodnota předešlého neuronu,  $w_i$  je váha spojení obou neuronů a  $b$  je bias. Celý proces znázorňuje Obrázek 16<sup>20</sup>. Na tomto obrázku lze vidět, že po výše zmínovaném součtu je na hodnotu  $x'$  aplikována funkce  $f(x')$ . Tato funkce má za cíl standardizovat výslednou hodnotu neuronu  $x$  a značně se tím zlepšuje fungování modelu<sup>21</sup>??? Tato funkce se nazývá aktivační funkce. Přehled těch nejzákladnějších ukazuje Obrázek 17<sup>22</sup>. Výsledná hodnota neuronu  $x$  pak může být vzorcem formulována jako:<sup>22</sup>

$$x = f(x') = f\left(\sum_{i=1}^N (x_i w_i) + b\right)$$

Z předchozího textu vyplívá, že neurony v neuronových sítích jsou uspořádány do vrstev. První vrstva neuronů se nazývá vstupní vrstva. Tato vrstva pouze přebírá data ze vstupních dat a případně je upravuje. Poté následuje několik skrytých vrstev. Každá tato skrytá vrstva může mít jiný počet neuronů. Tento počet se může postupně snižovat, zvyšovat, ~~nebo oboují~~. Pro

<sup>19</sup> <https://cs.strephonsays.com/difference-between-machine-learning-and-neural-networks>

<sup>20</sup> <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/NeuronModel.jpg>

<sup>21</sup> [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/P%C3%A1lsmo\\_citlivosti.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/P%C3%A1lsmo_citlivosti.png)

<sup>22</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Activation\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Activation_function)

každou úlohu je vhodné jiné nastavení????  
Pro tyto vrstvy je charakteristické napojení každého neuronu ve vyšší vrstvě na všechny neurony z předešlé vrstvy. Poslední vrstva neuronové sítě je výstupní vrstva. Má přesně tolik neuronů jako je výstupních tříd. ~~Tyto neurony jsou napojeny na všechny neurony předešlé vrstvy, ale na ně už ne dalšího nemí napojeno.~~ Hodnoty těchto posledních neuronů pak udávají pravděpodobnosti zařazení vstupu do jednotlivých tříd.

Prostup vstupních dat přes vrstvy je označován jako dopředná propagace, angl. forward propagation. Proces učení pak

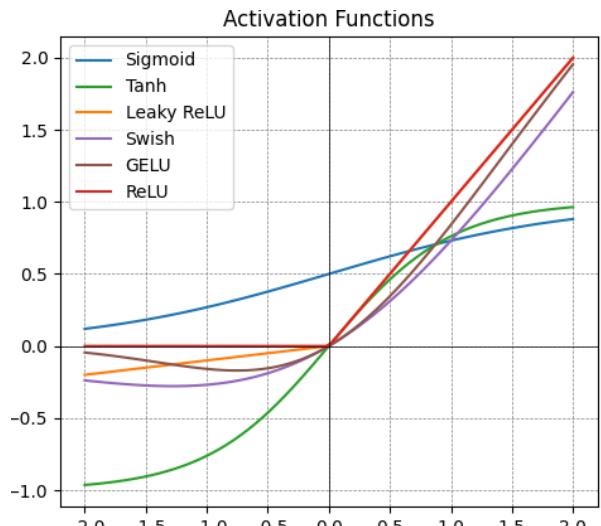
probíhá opačným směrem a je označován jako zpětná propagace, angl. backpropagation. K pochopení konceptu zpětné propagace je nutné zmínit ještě chybovou funkci<sup>24</sup>, angl. loss či cost function. Tato funkce reprezentuje celkovou úspěšnost modelu. Čím nižší její hodnota je, tím méně chyb model dělá. Cílem trénování je dosáhnout nejnižší hodnoty loss, neboť to by mělo odpovídat stavu, kdy je model nejpřesnější. **Výsledná funkce závisí kromě vstupních dat také na všech váhách a biasech modelu.** Matematickými operacemi lze zjistit, jak moc které hodnoty ovlivňují podobu výsledné funkce, a na základě toho mohou být tyto hodnoty pozměněny tak, aby byla predikce úspěšnější<sup>25</sup>. Po změnění parametrů bývají modelu dána nová vstupní data a celý proces běží znova. Tímto lze docílit generalizace modelu pro velké množství vstupních dat.<sup>26</sup>

## OVERFITTING?

### 3.1.1 Konvoluční neuronová síť

#### CNN

Konvoluční neuronová síť je specifický typ neuronové sítě, který se osvědčil na práci s obrázky. Na rozdíl od normální neuronové sítě mají v sobě neurony zabudovanou informaci o poloze vstupních dat, pixelů na obrázku a mohou tedy lépe chápat návaznost různých prvků vstupních datech. Také nebývají v jejich struktuře spojeny všechny neurony mezi sebou což značně urychluje síť a dává prostor pro tvorbu komplexnějších struktur.



Obrázek 17: Ukázka některých aktivačních funkcí

<sup>23</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Tb23YtZ92AE> <https://www.youtube.com/watch?v=Ilg3gGewQ5I>

<sup>24</sup> [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=181536](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=181536)

<sup>25</sup> V podstatě počítáme parciální derivace loss funkce, která závisí na všech váhách a biasech, podle každé této hodnoty. Tím získáme nutný směr a velikost změny parametru, tak abychom našli minimum loss funkce.

<sup>26</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=S5AGN9XfPK4> <https://www.youtube.com/watch?v=z9hJzduHToc>  
<https://www.youtube.com/watch?v=i3qjgJgQqgg>

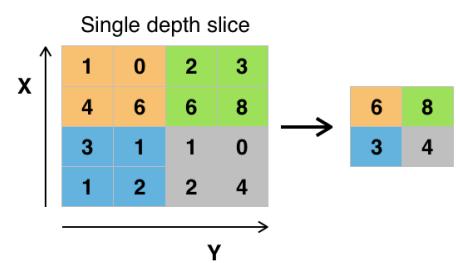
Input	Kernel	Output																																													
<table border="1"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	4	5	0	0	6	7	8	0	0	0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> </table>	0	1	2	3	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>3</td><td>8</td><td>4</td></tr> <tr><td>9</td><td>19</td><td>25</td><td>10</td></tr> <tr><td>21</td><td>37</td><td>43</td><td>16</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>0</td></tr> </table>	0	3	8	4	9	19	25	10	21	37	43	16	6	7	8	0
0	0	0	0	0																																											
0	0	1	2	0																																											
0	3	4	5	0																																											
0	6	7	8	0																																											
0	0	0	0	0																																											
0	1																																														
2	3																																														
0	3	8	4																																												
9	19	25	10																																												
21	37	43	16																																												
6	7	8	0																																												

Obrázek 19: Výpočet hodnot neuronů konvoluční sítě  
<https://i.ibb.co/Lz5Zc0h/nagesh-cnn-intro-7.png> PRÁVA

napojeny na všechny neurony předchozí vrstvy. CNN dostala název konvoluční díky charakteristickým konvolučním vrstvám. Ty fungují tak, že hodnota neuronu vyšší vrstvy je počítána pouze z určité oblasti předchozí vrstvy<sup>27</sup>. Hodnoty vah spojení se pak většinou uspořádávají do matic, nejčastěji velikosti  $3 \times 3$ , které odborně nazýváme filtrem, **anglicky kernel**. Výpočet hodnoty neuronu pak probíhá **jiným** způsobem jako v normálních neuronových sítích, nyní ho ale můžeme také interpretovat jako **násobení dvou matic**, matice filtru a matice výstupních hodnot. Dalšími speciálními vrstvami CNN jsou pooling vrstvy, které mohou snižovat velikost výstupu předešlé vrstvy. Příkladem může být maxpooling vrstva, která ze zadané oblasti vezme pouze nejvyšší hodnotu neuronu. Vznikne tedy vrstva s menší velikostí, přímo úměrnou oblasti, ve které probíhá vybíráni nejvyšší hodnoty.<sup>28</sup> Další operací, která také může být chápána jako vrstva je vyrovnaní dat za sebe, angl. flatten. Zarovnáním dat to řady dojde sice ke ztrátě informace o poloze pixelu, ale je nutné pro správné fungování poslední vrstvy.<sup>29 30</sup>

31 32 33 34

Konvoluční neuronové sítě mohou mít různé vrstvy. Některé jsou stejné jako u klasických neuronových sítích a některé jsou pro CNN typické. První takovou vrstvou je plně propojená vrstva, což je základní vrstva klasických neuronových sítí a neurony v této vrstvě jsou



Obrázek 18: Ukázka maxpooling vrstvy (2x2)  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Max\\_pooling.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e9/Max_pooling.png)

<sup>27</sup> V případě první vrstvy se pak data berou přímo z části vstupního obrázku.

<sup>28</sup>[https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82351/F3-BP-2019-Zacha-Jiri-Konvolucni\\_neuronove\\_sitte\\_pro\\_klasifikaci\\_objektu\\_z\\_LiDARovych\\_dat.pdf](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/82351/F3-BP-2019-Zacha-Jiri-Konvolucni_neuronove_sitte_pro_klasifikaci_objektu_z_LiDARovych_dat.pdf)

<sup>29</sup><https://www.geeksforgeeks.org/introduction-convolution-neural-network/>

<https://towardsdatascience.com/convolutional-neural-networks-explained-9cc5188c4939>

[https://www.researchgate.net/publication/367157330 Understanding of Convolutional Neural Network CNN A Review](https://www.researchgate.net/publication/367157330_Understanding_of_Convolutional_Neural_Network_CNN_A_Review) <https://insightsimaging.springeropen.com/articles/10.1007/s13244-018-0639-9> obrázky:  
<https://www.mdpi.com/2079-3197/11/3/52> <https://www.superdatascience.com/blogs/convolutional-neural-networks-cnn-step-3-flattening>



<sup>30</sup><https://www.upgrad.com/blog/basic-cnn-architecture/>

<sup>31</sup><https://www.geeksforgeeks.org/introduction-convolution-neural-network/>

<sup>32</sup>[https://www.researchgate.net/publication/367157330 Understanding of Convolutional Neural Network CNN A Review](https://www.researchgate.net/publication/367157330_Understanding_of_Convolutional_Neural_Network_CNN_A_Review)

<sup>33</sup><https://insightsimaging.springeropen.com/articles/10.1007/s13244-018-0639-9>

<sup>34</sup><https://www.superdatascience.com/blogs/convolutional-neural-networks-cnn-step-3-flattening>



## 3.2 Tvorba strojového učení

Přestože existuje velké množství možností, jak natrénovat funkční model je tvorba snadná a dostupná. Ovšem je nutné správně definovat svůj cíl, zvolit vhodný typ učení, správně připravit vstupní data a v neposlední řadě vybrat programovací prostředí a jazyk. Po správné identifikaci cíle bývá také dobré se zamyslet, jestli nelze problém řešit jednodušeji bez použití strojového učení. Zároveň je také dobré zamyslet se, jaká přesnost se od modelu očekává. Nesmí být podceňovaná ani příprava vstupních dat. Vstupními dat mohou mít v podstatě jakoukoliv podobu. Může se jednat o obrázky, soubory čísel, videa, audio, texty, velké databáze, dokumenty a mnohé další. Tato data však musí obsahovat informaci, která má relaci na požadovaný cíl, a zároveň by se v datech nemělo vyskytovat velké množství informací bez návaznosti na očekávaný výsledek. Poté je také nutné, aby tato relevantní data byla standardizovaná a obsahovala pouze zanedbatelné množství chyb. Například místo barevných vstupních obrázků je dobré se zamyslet, jestli není výhodnější používat černobílé obrázky. Touto změnou pak místo třech barevných spekter bude model pracovat pouze s jedním, a tedy bude rychlejší.<sup>35</sup> Poté, co jsou data připravená, je možné začít trénovat. K tomu je nutné mít vybraný styl trénování a prostředí. Při tvorbě chatovací bota se může jednat o vybrání self-supervised learning, strukturu neuronové sítě obsahující 64 neuronových vrstev, se snižujícím počtem neuronů od 4096 lineárně do 128 s aktivační funkcí sigmoid v aplikaci Visual studio code programovacím jazykem python. Po natrénování modelu je dobré zamyslet se nad efektivním určením jeho přesnosti. Jakmile je model dostatečně přesný je připraven na masové využívání.



### 3.2.1 Python



Obrázek 20: Logo  
python  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c3/Python-logo-notext.svg/1024px-Python-logo-notext.svg.png>

Python je programovací jazyk, který byl vyvinut v USA roku 1991.<sup>36</sup> Jedná se o open source projekt, tedy je zdarma a je kompatibilní s mnohými operačními systémy, což z něj dělá jeden z nejrozšířenějších programovacích jazyků. Python umožňuje také do kódu importovat knihovny. Knihovna obsahuje kód již někdy napsaný, na který se lze jednoduše odkazovat ve vlastním kódu.



### 3.2.2 TensorFlow

TensorFlow je softwarová knihovna, nástroj pracující s umělou inteligencí. Knihovna je open source a byla vyvinuta a vydaná v roce 2015 společností Google. Knihovna umožňuje snazší trénování, tvorbu, zlepšování a kontrolu nad tvorbou modelu umělé inteligence.<sup>37</sup>

<sup>35</sup> <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/feature/How-to-build-a-machine-learning-model-in-7-steps>

<sup>36</sup> <https://cs.wikipedia.org/wiki/Python>

<sup>37</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow>

### 3.2.3 Keras

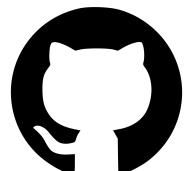
Keras je open source knihovna, umožňující snadnější komunikaci a práci s knihovnou TensorFlow prvně vydaná roku 2015. Keras umožňuje snadnou tvorbu vrstev, používání aktivačních funkcí, získávání dat o struktuře sítě a v průběhu trénování také vyhodnocování úrovně modelu.

### 3.2.4 Visual studio code

Visual studio code je aplikace, umožňující psaní kódu v různých jazycích, lepší organizaci a přehlednost kódu a také hledání a opravování chyb ve zdrojovém kódu. Kromě toho ji lze také propojit s GitHubem.

### 3.2.5 GitHub

GitHub můžeme chápat jako webovou službu poskytující online úložiště, online programovací prostředí, webhosting a mnoho dalšího. GitHub se hojně používá na ukládání a sdílení kódu mezi vybranými spolupracovníky přes takzvané repozitáře, což jsou de facto sdílená úložiště. Jejich velkou výhodou je, že se ukládají informace o změnách provedených se soubory, nejčastěji zdrojovými kódy, a lze tedy zpětně vyvolat již smazaný obsah.



Obrázek 21: L GitHub  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/GitHub\\_Invertocat\\_Logo.svg/1024px-GitHub\\_Invertocat\\_Logo.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/GitHub_Invertocat_Logo.svg/1024px-GitHub_Invertocat_Logo.svg.png)

## 4 VLASTNÍ PRÁCE

Jak už bylo řečeno, motivem práce bylo vytvořit CNN model, který dokáže na základě dosud nasbíraných dat úspěšně predikovat označení skupiny podle McIntoshova systémem. McIntoshův systém byl vybrán z několika důvodů. Prvním je, že Ondřejovská hvězdárna tento systém používá od roku 1992 a všechny její předchozí kresby reklassifikovala z Curyšského klasifikace do McIntoshova systému. Díky tomu mohlo být využito 7170 kreseb z období od roku 1971 do 06. 10. 2023. K práci nám také byla poskytnuta hvězdárnou elektronická data obsahující polohy a klasifikaci skvrn 56375 z období od 1. 11. 1943 do 19. 10. 2023. Dalším důvodem je, že tento systém má 3 na sobě skoro nezávislé podklasifikace a je možné zkoumat úspešnost na každé této skupině zvlášť. V neposlední řadě je možné říci i to, že tento systém je zatím nejdokonalejší při zohlednění jeho celosvětového používání a naproti Mount Wilsonově klasifikaci používá vizuální data sbíraná a zpracovávaná velmi dlouhou dobou, a nikoliv data ze sofistikovanějších a kratší dobu používanějších magnetometrů.

### 4.1 Pipeline

K samotnému natrénování modelu byla potřebná vstupní data v podobě  anotovaných skupin slunečních skvrn. V našem případě se jednalo o 14852 skupin skvrn, které byly  vyextrahovány z 7292 kreseb ve formátu .jpg, které nám poskytla Hvězdárna Ondřejov, a rozřazeny do složek podle jejich klasifikace za pomocí digitalizovaných dat kreseb. Tato data byla následně použita na  natrénování  poměr trénovacích, validačních a testovacích souborů byl ve všech

procesech nastaven na 80:10:10. V průběhu byly vytvořeny různé datasety a vyzkoušeny různé kombinace parametrů AI. Celý tento proces jsme programovali v programovacím jazyce python skrze aplikaci Visual studio code, ke které jsme měli připojený GitHub repozitář tak, abychom mohli práci průběžně ukládat na cloudové úložiště. Právě GitHub jsme zvolili než kromě jednoduchého uživatelského rozhraní nabízí také možnost dívat se zpět v čase a i do jíz smazaných souborů. Další jeho výhodou je, že se cloudové úložiště dá připojit přes aplikaci GitHub Desktop na pevný disk počítače a se soubory lze pracovat jako s normálními daty na disku.

## POZOR NA ČÍSLA OBRÁZKU

### ~~4.2 Vstupní data – NECHAT?~~

Nejprve bylo nutné z kreseb vyříznou všechny skupiny skvrn. Jak je patrné na datech, každá skupina je ohraničena obdélníkem, což velmi ulehčuje strojové vyříznutí těchto částí. Byl sestaven program na automatické rozpoznávání obdélníků na kresbě a jejich vyříznutí.

#### 4.2.1 Úprava vstupní kresby

První úpravou, kterou jsme na vstupní kresbě provedli, bylo změnění její šířky na 2000 px a výšky ve stejném poměru. Tuto šířku jsme zvolili záměrně, neboť círka 99,4 % kreseb je právě 2000 px širokých, a tedy s nimi nemusí být provedena žádná úprava, při které dochází ke změně kvality. Zbylé kresby jsou většinou širší. Změnění dimenzí všech obrázků na téměř stejně hodnoty je důležité, neboť při trénování modelu chceme, aby měl model správný pojem o relativní velikosti skupin. Výsledný obrázek byl vložen na prázdné plátno velikosti  $2000 \times 1800$  px, aby se s obrázkem v dalším kroku mohlo volně hýbat bez oříznutí podstatného okraje.

Dalším krokem jsme strojově detekovali obě pomocné kružnice, našli jejich přesný střed (křížek na kresbě) a pomocí jeho aktuální polohy vystředili. Tím bylo zajištěno dostatečného znormování vstupních kreseb.

Posledním krokem před strojovým hledáním skupin byla aplikace masky, která zakryla tabulky v rozích protokolu, neboť by program detekoval i obdélníkové tabulky. Masku jsme vytvořili ve volně dostupném obrázkovém editoru tak, aby co nejvíce zakrývala tabulky a co nejméně zasahovala do samotného zachycení Slunce.

### 4.3 Detekce čtyřúhelníků

Dalším krokem bylo vytvořit kopii zpracovávané kresby, na které byly provedeny změny za účelem lepšího nalezení obdélníků. Důsledkem rozdílné kvality skenu a různého tlaku na tužku v průběhu kreslení kresby občas dochází k tomu, že je programem detekována pouze část ohraničujícího obdélníku. Aby bylo docíleno zkvalitnění procesu, byl každý pixel světlejší než (220, 220, 220) nahrazen kompletně bílou barvou a pixel, který byl naopak tmavší, byl nahrazen kompletně černou barvou. Dále bylo na kopii aplikováno rozostření a opět pixely světlejší než

(200...) převedeny na bílou a opačně. Tímto krokem se zajistilo, že pokud je čára v některém místě přerušena, případně zeslabena, dojde k jejímu spojení.



Dále byly strojově nalezeny různé tvary na upravené kopii kresby a pokud tyto tvary měli čtyři rohy, jejich šířka i výška<sup>38</sup> byla v rozmezí od 10 do 1000 px, všechny sousedící strany byly na sebe kolmé a vzdálenost mezi vsemi body byla větší než 28 px, tak byla vyříznuta oblast 300×300 px kolem středu nalezeného čtyřúhelníku a uložena. Zároveň jsme také ukládaly souřadnice rohů obdélníku do .csv tabulky, tak aby mohly být dále použity. Takto jsme vyextrahovaly 15494 skupin.

#### 4.4 Rozřazení dat podle klasifikace

Poté jsme na základě časového údaje vypočítali heliografická šířka a délka centra slunečního disku a úhel, o který je natočena rotační osa Slunce. Tyto údaje jsou taktéž uvedeny v protokolu kresby, ale je jednodušší je vypočítat, než je pomocí převodu obrázku na text, tzv. OCR<sup>39</sup>, čist přímo z protokolu. Pro každou skupinu je také zjištěn úhel Q a vzdálenost od skupiny od středu. Z těchto údajů je poté vypočtena heliografická šířka a výška skupiny skvrny a následně podle těchto údajů je nalezena její klasifikace v tabulce poskytnuté z Ondřejova. Takto bylo možné rozřadit 14852 skupin. Vznikla nám tedy struktura složek, jejichž názvy byly klasifikace a jejichž obsahem byly skupiny skvrn právě s touto klasifikací.

#### 4.5 Příprava dat na trénování

Nejprve ze všeho byly programem vymazány stejné obrázky, protože především u historických dat docházelo k tomu, že program detekoval jak vnější obdélník, tak i vnitřní obdélník ohraničující skupinu, a tedy skvrna byla uložena dvakrát. Pro zjednodušení fungování AI jsme rozhodli, že budeme pracovat s černobílým obrázkem. Programově byly odstraněny oranžové části na obrázku (fakulová pole) a obrázek byl převeden do černobílé. Po případné ruční kontrole byla na skupinu aplikovaná bílá maska, která zakryla okolí skupiny a nechala pouze vnitřek obdélníku se skvrnou. Poté jsme data nutná k tvorbě aktuálního modelu AI rozdělili do trénovacích, validačních a testovacích adresářů. Také jsme programem vytvořili adresáře pro jednotlivá písmena jak první, tak i druhé a třetí podklasifikace, abychom také mohli natrénovat model pro automatické klasifikování. Do těchto složek jsme vždy nakopírovali skupiny se stejnou podklasifikací.

---

<sup>38</sup> Jedná se o výšku a šířku branou vzhledem k x a y osám obrázku, nikoliv vlastního nalezeného tvaru. Vlastní výška a šířka nalezeného tvaru může být buď menší nebo stejná než výška a šířka obdélníku, který je tomuto tvaru opsán a jehož výška šířka je v tomto kroku kontrolována.

<sup>39</sup> Optické rozpoznávání znaků či OCR (z anglického Optical Character Recognition) je metoda, která pomocí scanneru umožňuje digitalizaci tištěných textů, s nimiž pak lze pracovat jako s normálním počítačovým textem.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Optick%C3%A9\\_rozpozn%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD\\_znak%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Optick%C3%A9_rozpozn%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD_znak%C5%AF)  
JEN CTRL+C+V

## 4.6 Tvorba CNN/modelu

Když jsme měli požadovanou strukturu pro tvorbu konvoluční neuronové sítě připravenou, mohli jsme začít trénovat jednotlivé modely. Při trénování všech modelů jsme vhodně zvolili batch size, steps per epoch, validation steps a počet vrstev. Každá vrstva byla zakončena maxpooling vrstvou pro zjednodušení neuronové sítě. Model  průběhu trénování ukládal a poté jsme za nejlepší model považovali ten, který měl nejnižší hodnotu **loss**. Vyhodnocení probíhalo automaticky po dovršení 300 epoch nebo po přeskočení člověkem. Výsledky jsme vyhodnocovali na testovacích datech, tedy takových, ke kterým neměl model v průběhu trénování a validace přístup. Kvůli velké variabilitě počtu vzorků jednotlivých skupin jsme nakonec přistoupili k trénování na nerovnoměrně rozdělených datech. Každý třída tedy měla jiný počet vstupních dat v trénovací a validační složce, ale abychom zajistili nezkreslenou přesnost modelu do testovací složky jsme umístili vždy stejný počet skupin z každé třídy. Vážení jednotlivých tříd jsme nakonec nepoužili, neboť modely **bez a s vážením** dosahovali velmi podobných výsledků.

## 4.7 Chyby

Bohužel došlo k různým komplikacím při strojovém zpracovávání, a proto bylo možné vyextrahovat pouze 15494 skupin, což je **cirka 25 %** všech skupin zaevidovaných elektronicky.

Hlavním důvodem ztráty tolka skupin bylo, že skupina, která leží poblíž vnitřní kružnice nebo **OSY**, je ohraničena obdélníkem, který protíná právě nějaká pomocná čára na kresbě, a tento obdélník už není detekovatelný programe, který byl  vroben. Děje se tak, protože proces automaticky tvary rozdělí. Tento problém byl ponechán s možností řešení, neboť pro dokázání funkčnosti modelu není nutné tolik dat jako při důkladném trénování.

Další překážku, kterou bylo nutné v průběhu přípravy překonat, byla orientace kresby. Do 16. 08. 2012 se kresba kreslila se severem dolů, ale od tohoto data se celá o  $180^{\circ}$  otočila a sever byl nahoře. Toto otočení způsobovalo počítání souřadnic skupiny, neboť pro jejich výpočet je nutný úhel vzhledem k **severu**. Různou polohu severu jsme pak zohlednili v kódu, který počítal heliocentrické souřadnice.

Diskutabilním krokem při přípravě vstupních dat je opravování šířky kreseb dat na 2000 px. Při tomto kroku nutně dochází k ztrácení informací, které by mohli být potencionálně využity. Vzhledem k tomu, že se ale změna šířky týkala malého množství obrázků nebylo nutné se tímto problémem více zaobírat.

## 5 VÝSLEDKY PRÁCE

Confuzní matice v příloze

Proč spojení tříd

Konvoluční síť nebo model?





## 5.1 Modely dvou tříd

Obecně by měly být tyto modely velmi přesné, neboť se jedná o otázku buď ta nebo ta třída. Zároveň lze vybrat takové třídy, u kterých máme dostatek dat a mezi kterými jsou značné rozdíly. Další velkou výhodou je, že trénování méně tříd nepotřebuje výkonnou výpočetní techniku a tyto modely tedy lze jednoduše znova trénovat s různými parametry za krátký časový úsek.

### 5.1.1 Model Axx-Dai

Tento model měl být velmi přesný v rozhodování mezi skupinami typu Axx a Dai, protože rozdíl mezi oběma skupinami je markantní. Skupina Axx je osamocená malá skvrna, zatímco skupina Dai již obsahuje penumbry, je značně větší, a na rozdíl od skupiny Axx jsou skvrny rozloženy spíše u pólů skupiny než v jejím středu. Zároveň jsme měli řádově stovky snímků obou skupin, model měl více vstupních dat, což také přidává na přesnosti. Parametry konvoluční sítě jsme zvolili následovně:

Tabulka 1: Vstupní data a parametry CNN modelu Axx-Dai

Počet tříd	Počet vzorků v každé třídě	Batch size	Steps per epoch	Validation steps	Počet vrstev včetně výstupní
2	1668+831	32	24	38	7

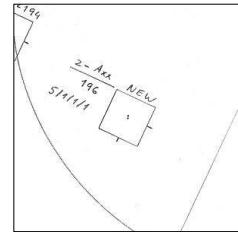
Detailní struktura modelu pak vypadala takto:

Tabulka 2: Struktura CNN modelu Axx-Dai

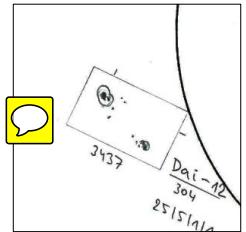
Vrstva	Typ vrstvy	Počet neuronů	Velikost matice	Aktivační funkce
1	Konvoluční	32	3×3	ReLU
2	Maxpooling		2×2	
3	Konvoluční	16	3×3	ReLU
4	Maxpooling		2×2	
5	Flatten <sup>40</sup>			
6	Plně propojená <sup>41</sup>	24		ReLU
7	Plně propojená	2		Softmax

Tuto kombinací parametrů jsme dostali tyto výsledky:

- Celková přesnost: 99,40%
- Nejlepší epocha: 18
- Čas trénování do nejlepší epochy: 10,29 minut



Obrázek 23: Skupina Axx



Obrázek 22: Skupina Dai

<sup>40</sup> <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/27100/1/d1.pdf>

<sup>41</sup> [https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41804/1/Bakalarska\\_prace.pdf](https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41804/1/Bakalarska_prace.pdf)

Není divu, že se model naučil rozhodovat mezi třídami s téměř 100% přesností a za poměrně krátký čas, neboť byly vytvořeny ideální podmínky, tj. znatelná diverzita mezi třídami, velký počet<sup>42</sup> vstupních dat a jednoduchá struktura.

### 5.1.2 Model Axx-Bxo

V porovnání s předchozím modelem Axx-Dai měl být tento model méně přesný, neboť skupiny Axx a Bxo se od sebe odlišují znatelně méně. Hlavním rozdílem mezi skupinami je, že skupina Axx je samotná skvrna, zatímco Bxo obsahuje více skvrn. Tento fakt by se měla konvoluční neuronová síť relativně dobře naučit. Zároveň máme více dostupných dat z obou tříd, a to by také mělo zvýšit přesnost. Parametry konvoluční sítě jsme zvolili následovně:

Tabulka 3: Vstupní data a parametry CNN modelu Axx-Bxo

Počet tříd	Počet vzorků v každé třídě	Batch size	Steps per epoch	Validation steps	Počet vrstev včetně výstupní
2	1668+1761	32	20	60	5

Detailní struktura modelu pak vypadala takto:

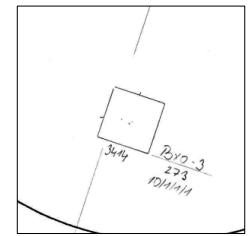
Tabulka 4: Struktura CNN modelu Axx-Dai

Vrstva	Typ vrstvy	Počet neuronů	Velikost matice	Aktivační funkce
1	Konvoluční	16	$3 \times 3$	ReLU
2	Maxpooling		$2 \times 2$	
3	Flatten <sup>43</sup>			
4	Plně propojená <sup>44</sup>	16		ReLU
5	Plně propojená	2		Softmax

Toto kombinací parametrů jsme dostali tyto výsledky:

- Celková přesnost: 90,42 %
- Nejlepší epocha: 29
- Čas trénování do nejlepší epochy: 10,44 minut

Je zřejmé, že se model naučil velmi dobře rozpoznávat obě kategorie. Zvýšit přesnost bychom mohli například přidáním více vrstev. Další možnosti, jak zlepšit výkon modelu by bylo vstupní obrázky oříznout na menší velikost, neboť obě skupiny, jak Axx, tak Bxo, jsou relativně malé.



Obrázek 24: Skupina Bxo

<sup>42</sup> Je třeba poznamenat, že je myšleno v kontextu této práce. Standardní modely jsou obvykle trénovány na datasetech obsahujících řádově sto tisíc dat nebo dokonce více.

<sup>43</sup> <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/27100/1/d1.pdf>

<sup>44</sup> [https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41804/1/Bakalarska\\_prace.pdf](https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41804/1/Bakalarska_prace.pdf)

## **5.2 Tři třídy**

### **5.2.1 Model Axx-Cso-Ekc**

### **5.2.2 Model Dac-Fkc-Hsx**

### **5.2.3 Model Axx-Bxi-Hsx**

## **5.3 Čtyři třídy**

### **5.3.1 Model Axx-Csi-Eac-Hrx**

### **5.3.2 Model Axx-Bxo-Cso-Dai**

## **5.4 Pět tříd**

### **5.4.1 Model Axx-Cso-Dac-Ekc-Hsx**

### **5.4.2 Model Axx-Bxi-Cso-Dai-Hsx**

## **5.5 První písmeno**

### **5.5.1 Model A-DEF**

### **5.5.2 Model A-H**

### **5.5.3 Model A-B**

### **5.5.4 Model B-DEF-H**

### **5.5.5 Model B-C-DEF**

### **5.5.6 Model B-C-DEF-H**

### **5.5.7 Model A-B-C-DEF-H**

## **5.6 Druhé písmeno**

### **5.6.1 Model x-r-sh-ak**

## **5.7 Třetí písmeno**

### **5.7.1 Model x-o-i-c**

## **5.8 Všechna 3 písmena**

### **5.8.1 Finální model 1**

## **5.8.2 Finální model 2**

## **6 IMPLEMENTACE HVĚZDÁRNAMI**

## **7 ZÁVĚR**

### **7.1 Diskuze**

Vážení výsledků

Vyhodnocování na daech kde jsou všechny skjvrny stejněkrát

Pro jednotlivé části textu používejte tzv. styly. Když píšete nadpis, zvolte z nabídky Wordu styl Nadpis 1 (popř. Nadpis 2, Nadpis 3 pro nadpisy dalších úrovní, více než tři úrovně nadpisů byste používat neměli). Usnadní vám to automatické generování obsahu, ale také přispěje k jednotné grafické úpravě celé práce. Pro běžný text je použit styl Normální.

## 7.2 Nadpis 2. úrovně: Times New Roman, 16 b, tučný, mezera za 16 b

Pokud nevíte, jak pracovat se styly, jednoduše si zkopírujte vzorovou kapitolu 1., 2. nebo 3. úrovně a vložte si ji na patřičné místo svého textu. Původní (tyto) ukázkové texty pak přepište textem své práce SOČ.

### 7.2.1 Nadpis 3. úrovně: Times New Roman, 14 b, tučný, mezera za 14 b

Pokud nevíte, jak pracovat se styly, jednoduše si zkopírujte vzorovou kapitolu 1., 2. nebo 3. úrovně a vložte si ji na patřičné místo svého textu. Původní (tyto) ukázkové texty pak přepište textem své práce SOČ.

## 7.3 Parametry jednotlivých stylů

Pro popis tabulek a obrázků použijte styl Titulek, nebo lépe funkci Wordu Vložit titulek. Díky tomu snadno vytvoříte seznam tabulek nebo obrázků a navíc zajistíte, že budete mít tabulky a obrázky číslovány průběžně v celé práci SOČ. Ale pozor, číslování tabulek a obrázků je nezávislé! To tedy znamená, že budete mít Tabulku 1 i Obrázek 1, nikoliv Tabulku 1 a Obrázek 2, jak je zřejmé z následujících ukázek.

Tab. 1: Přehled parametrů jednotlivých stylů textu: Times New Roman, 100000 b

Styl	Písmo	Velikost	Další parametry
Nadpis 1	Times New Roman	18 b	Kapitálky, tučný řez, číslováno, mezera za 18 b
Nadpis 2	Times New Roman	16 b	Tučný řez, číslováno, mezera za 16 b
Nadpis 3	Times New Roman	14 b	Tučný řez, číslováno, mezera za 14 b
Normální	Times New Roman	12 b	12 b, řádkování 1,2, mezera za 12 b, zarovnání do bloku
Poznámka pod čarou <sup>45</sup> Titulek obrázku, tabulky	Times New Roman	10 b	
Bibliografický záZNAM	Times New Roman	12 b	Řádkování 1, zarovnání vlevo

<sup>45</sup> V poznámce pod čarou můžete rozvést myšlenku do větších podrobností, které nejsou pro pochopení textu nezbytné. Poznámky pod čarou se číslují průběžně v celém textu. Uvádějí se vždy na stránce výskytu (tedy ne například na konci kapitoly nebo konci celé práce SOČ).



Obr. 1: Logo soutěže Středoškolská odborná činnost: Times New Roman, 10 b

Při tvorbě a popisu tabulek se řídte [zásadami](#) tvorby součástí odborných textů a prezentací.

## 7.4 Způsob citování

Všechny použité pasáže cizích prací musíte v textu výrazně označit (uvozovkami, nikoliv kurzívou) a opatřit bibliografickým odkazem. V seznamu literatury, který je uveden na konci práce, pak musí být veškerá použitá literatura uvedena v abecedním pořadí v souladu s normou ČSN ISO 690 (odkaz).

### 7.4.1 Odkazování v textu

Za každou cizí myšlenkou, kterou v textu použijete, musí být tzv. bibliografický odkaz. Nezáleží přitom na tom, jestli se jedná o přesný přepis pasáže textu (citace, označeno uvozovkami), nebo volné převyprávění myšlenek vašimi vlastními slovy (parafráze, bez uvozovek).

Existují tři přijatelné způsoby bibliografických odkazů, v celém textu ale musíte zachovat stejný způsob:

1. Uvedení jména, roku a strany použité literatury v kulatých závorkách (autor, rok, s. strana), tzv. Harvardský systém, tedy např.

Více k tématu citací naleznete v různých přehledných textech (Biernatová, Skúpa, 2011, 136).

Při tomto způsobu citování je seznam veškeré použité literatury uveden v abecedním pořadí podle prvního autora.

2. Uvedení čísla bibliografického odkazu, a to buď v hranaté závorce, nebo jako horní index, čísluje se vždy průběžně, tedy např.

Více o pravidlech tvorby dokumentů naleznete ve specializovaných monografiích [1].

Více o pravidlech tvorby dokumentů naleznete ve specializovaných monografiích.<sup>1</sup>

Číslo se uvádí bezprostředně za slovem, pokud se odkaz týká tohoto slova, nebo až za větnou tečkou, pokud se odkaz týká obsahu celé věty.

Při tomto způsobu citování je seznam veškeré použité literatury seřazen podle pořadového čísla bibliografického odkazu v textu.

### 3. uvádění kompletního bibliografického záznamu v poznámce pod čarou

Záleží jen na vás, který způsob bibliografického odkazování použijete, správné jsou všechny tři. Doporučujeme ale, abyste se drželi citačních zvyklostí v oboru, ve kterém budete svou práci předkládat.

## 7.4.2 Bibliografický záznam

Podoba bibliografických záznamů odpovídá normě ČSN ISO 690. K jejich snadnému vytváření doporučujeme použít některý z citačních manažerů (např. [www.citace.com](http://www.citace.com), nebo katalogy knihoven (volte normu ČSN ISO 690), např. [aleph22.nkp.cz](http://aleph22.nkp.cz).

Jednotlivé typy bibliografických záznamů se nedělí do více skupin (např. Internetové zdroje, Články, Knihy...), ale uvádějí v jednom neděleném seznamu.

## 7.5 Rozsah práce

Doporučený rozsah práce SOČ je 20–30 stran. Jedná se o takzvané normostrany, které mají rozsah 1 800 znaků včetně mezer. Do rozsahu práce se počítá pouze hlavní text práce, tzn. text od začátku kapitoly Úvod po konec kapitoly Závěr.

## 8 ZÁVĚR

Kapitola nazvaná povinně Závěr plní v práci SOČ dva úkoly. Za prvé musí stručně shrnout dosažené výsledky, což ovšem neznamená zopakování již dříve uvedených informací. Není potřeba znova vypočítávat všechny dílčí výsledky, kterých jste ve své práci dosáhli. Místo toho stručně zopakujte cíl práce formulovaný v Úvodu, a volně na něj navažte. Např. „V úvodu práce jsem si jako cíl vytkaла ověření čistoty studánek v okrese Bruntál. Tohoto cíle jsem dosáhla; zjistila jsem, že čistota studánek se ve srovnání s předchozím měřením zlepšila.“

Za druhé pak musí provést diskuzi dosažených výsledků. Formulujte také možné návaznosti práce jako inspiraci pro někoho, kdo by ve vaší činnosti chtěl pokračovat. V některých oborech je zvykem oddělit diskuzi do zvláštní kapitoly.

## **9 CITOVARÁ LITERATURA**

1. Sluneční skvrny. [Online] 15. 01 2010. <https://astronomia.zcu.cz/hvezdy/slunce/744-slunecni-skvrny>.

[1] Sluneční skvrny [online]. 2010 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://astronomia.zcu.cz/hvezdy/slunce/744-slunecni-skvrny>

## **10 POUŽITÁ LITERATURA**

BIERNÁTOVÁ, Olga, Jan SKŮPA. Bibliografické odkazy a citace dokumentů dle ČSN ISO 690 (01 0197) platné od 1. dubna 2011. [online]. c2004-2011 [cit. 2016-10-07]. Dostupné z: <http://citace.com/soubory/csniso690-interpretace.pdf>.

[1] RYBIČKA, Jiří, Petra ČAČKOVÁ a Jan PŘICHYSTAL. Průvodce tvorbou dokumentů. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 2011. ISBN 978-80-87106-43-3.

[2] ...

nebo

1. RYBIČKA, Jiří, Petra ČAČKOVÁ a Jan PŘICHYSTAL. Průvodce tvorbou dokumentů. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 2011. ISBN 978-80-87106-43-3.

2. ...

## **11 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK**

Obr. 1: Logo soutěže Středoškolská odborná činnost: Times New Roman, 10 b ..... 34

Tab. 1: Přehled parametrů jednotlivých stylů textu: Times New Roman, 10 b ..... 33

## **12 PŘÍLOHA 1: NÁZEV PŘÍLOHY**

Přílohy musí být průběžně číslovány. Do příloh můžete přesunout v podstatě cokoliv, co překračuje doporučený rozsah práce. Musíte ale pamatovat na to, že práce musí být srozumitelná i bez přečtení příloh.<sup>46</sup> Celková délka příloh by neměla přesahovat 1/3 rozsahu hlavního textu práce.

---

<sup>46</sup> Pokud do přílohy přesouváte plán či schéma, mělo by být v hlavním textu aspoň v blokové podobě. Totéž platí například pro výpis zdrojového kódu nebo návrh dotazníku.