

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



**Vliv větrného pole na atmosférické depozice v oblasti  
Longyearbyen a Petuniabukta - souostroví Svalbard**

Bc. Roman Březina



Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků  
na získání titulu Mgr. v oboru  
Ochrana a tvorby krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Zuzana Chládová, Ph.D.  
Mgr. Kamil Láska, Ph.D.

Olomouc 2015



Březina, R. (2015): Vliv větrného pole na atmosférické depozice v oblasti Longyearbyen a Petuniabukta - souostroví Svalbard. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 51 s., 1 příloha, česky.

### **Abstrakt:**

Práce se zabývá povětrnostními podmínkami v centrální části arktického souostroví Svalbard, v oblasti Petuniabukta – Billefjorden a Longyearbyen – Isfjorden. Povětrnostní podmínky byly studovány v letních měsících 2013, 2014 a období 1.1. 2013-31.7. 2014. Dále byla studována akumulace těžkých kovů v druhu *Cortinarius obtusus*, který se běžně vyskytoval na lokalitách. Stanovenými kovy byly (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb). Metoda pro stanovení těžkých kovů, byla použita atomová absorpční plamenová spektrofotometrie (AAS). Lokalita Petuniabukta vykazovala nejnižší obsah kovů v houbách. Lokalita v okolí bývalého města Pyramiden, měla velmi vysoké obsahy všech stanovených kovů. Oblast Longyearbyen vykazovala zvýšené hodnoty všech kovů.

Stanovení relativní četnosti směru větru a rychlosti větru byly použity automatické meteorologické stanice. V letních měsících roku 2013 a 2014 převládaly povětrnostní podmínky v Petuniabukta jižní, v Pyramiden jihovýchodní a Longyearbyen (Svalbard Lufthavn) jihozápadní směry větru. V měsících od 1.1. 2013-31.7. 2014 byly převládající povětrnostní podmínky v Petuniabukta severní, v Pyramiden severozápadní a Longyearbyen (Svalbard Lufthavn) jihovýchodní směry větru. Rychlosti větru se pohybovaly na lokalitách mezi 2-6 m/s za všechna sledovaná období.

Klíčová slova: Arktida, atomová absorpční plamenová spektrofotometrie, houby, kumulace, přízemní směr větru, těžké kovy, Svalbard

Březina, R. (2015): The influence of wind on the field of atmospheric deposition in Longyearbyen and Petuniabukta – Svalbard. Diploma Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University, Olomouc, 51 pp., 1 appendice, in Czech.

### **Abstrakt:**

The thesis deals with weather conditions in the central part of the Arctic islands of Svalbard, in Petuniabukta- Billefjorden and Longyearbyen - Isfjorden. Weather conditions were studied in summer 2013, 2014 and the period 1.1. 2013-31.7. 2014. We also investigated the accumulation of heavy metals in *Cortinarius obtusus* species commonly occurred on the sites. Metals to be determined were (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb). Method for the determination of heavy metals, the use of atomic absorption flame spectrometry (AAS). Habitat Petuniabukta showed the lowest metal content in mushrooms. Location near the former town Pyramiden, had very high levels of specified metals. Area Longyearbyen showed elevated levels of all metals.

Determination of the relative frequency of wind direction and wind speed were used automatic weather stations. In the summer of 2013 and 2014 weather conditions prevailed in Petuniabukta south, southeast and in Pyramiden Longyearbyen (Svalbard Lufthavn) southwest wind directions. In the months since 1.1. 2013-31.7. 2014 were prevalent weather conditions in Petuniabukta northern, northwestern and Pyramiden in Longyearbyen (Svalbard Lufthavn) southeast wind directions. Wind speed ranged at habitat between 2-6 m/s for all the periods.

Keywords: accumulation, Arctic, flame atomic absorption spectrophotometry, heavy metals, surface wind field, mushrooms, Svalbard

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. za použití literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Olomouci 17.4. 2015

.....

podpis

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíle práce .....	3
3. Materiál a metody .....	4
3.1 Charakteristika území .....	4
3.1.1 Longyearbyen .....	6
3.1.2 Petuniabukta .....	9
3.2 Charakteristika houbového organismu .....	11
3.3 Dálkový transport znečišťujících látek .....	13
3.4 Metodika výzkumu .....	16
4. Výsledky .....	18
4.1 Větrné růžice .....	18
4.1.1 Větrná růžice – Svalbard Lufthavn za období červen- červenec 2013 a 2014 .....	18
4.1.2 Větrná růžice – Pyramiden za období červen- červenec 2013 a 2014 .....	19
4.1.3 Větrná růžice – Petuniabukta za období červen- červenec 2013 a 2014 .....	20
4.1.4 Větrná růžice - Porovnání lokalit Svalbard Lufthavn, Pyramiden a Petuniabukta za období 01/2013-07/2014 .....	22
4.2 Obsahy vybraných těžkých kovů .....	24
4.2.1 Kadmium .....	24
4.2.2 Chrom .....	25
4.2.3 Měď .....	26
4.2.4 Nikl .....	27
4.2.5 Zinek .....	29
4.2.6 Olovo .....	30
5. Diskuze .....	32
6. Závěr .....	40
7. Reference .....	41
8. Obrazová příloha .....	51

## Seznam obrázků:

Obr. 1 Situační mapa vymezení hranic Arktidy.....	6
Obr. 2 Situační mapa odběru vzorků Longyearbyen .....	8
Obr. 3 Situační mapa odběru vzorků zátoka Petuniabukta .....	10
Obr. 4 Orientační mapa zdrojů a přenosu znečišťující látek do Arktidy .....	15
Obr. 5 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici Svalbard Lufthavn.....	18
Obr. 6 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Svalbard Lufthavn. ....	19
Obr. 7 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici Pyramiden. ....	20
Obr. 8 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Pyramiden.....	20
Obr. 9 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici AWS 1 Petuniabukta .....	21
Obr. 10 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Petuniabukta .....	21
Obr. 11 Porovnání lokalit Svalbard Lufthavn, Pyramiden a Petuniabukta relativní četnosti (nahore) a průměrná rychlost větru (dole) za období 1.1. 2013 až 31.7. 2014.....	23
Obr. 12 Obsah kadmia v houbách v oblasti Longyearbyen .....	24
Obr. 13 Obsah kadmia v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta.....	25
Obr. 14 Obsah chromu v houbách v oblasti Longyearbyen.....	26
Obr. 15 Obsah chromu v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta .....	26
Obr. 16 Obsah mědi v houbách v oblasti Longyearbyen .....	27
Obr. 17 Obsah mědi v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta.....	27
Obr. 18 Obsah niklu v houbách v oblasti Longyearbyen.....	28
Obr. 19 Obsah niklu v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta .....	28
Obr. 20 Obsah zinku v houbách v oblasti Longyearbyen .....	29
Obr. 21 Obsah zinku v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta.....	30
Obr. 22 Obsah olova v houbách v oblasti Longyearbyen .....	31
Obr. 23 Obsah olova v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta.....	31

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za cenné rady, jak v laboratoři, tak při sepsání této diplomové práce. Zároveň děkuji svým konzultantům, RNDr. Zuzaně Chládové, Ph.D. a Mgr. Kamilu Láskovi, Ph.D., kteří byli přítomni během expedice v arktickém souostroví Svalbard a jejich praktické rady při sepsání této práce a zprostředkování dat z automatických meteorologických stanic. Poděkování patří také Centru polární ekologie (CPE) v Českých Budějovicích, které mi umožnilo pobyt ve zmíněném arktickém souostroví. V neposlední řadě děkuji Mgr. Adéle Zentnerové a své rodině za podporu během celé doby studia na vysoké škole.



## 1. Úvod

Polární oblasti jsou v dnešní době velmi studovaným místem. Důvodem jsou rychle se měnící podmínky prostředí. Tyto oblasti jsou považovány za indikátor probíhajících klimatických změn a je považován za jednu z vědeckých priorit současnosti (Pavel 2012). Problematika těchto oblastí je popisována v mnoha studiích (Berner *et al.* 2005).

Arktida je nejrychleji se měnící část naší planety. Nejvíce bude zasaženo v následujících 100 letech např. ústup zalednění a zkrácení doby sněhového pokryvu povede k větší absorpci sluneční energie a oteplování se bude zrychlovat. V důsledku oteplování se zvýší druhová diverzita a produktivita arktické oblasti. Oteplování a vysušování některých oblastí Arktidy přispěje ke změnám v cirkulaci uhlíku. Změní se diverzita a areál rozšíření živočišných druhů. Na rostliny, živočichy i lidi žijící v Arktidě budou působit zvýšené dávky UV záření. Ústup mořského ledu usnadní námořní dopravu a zpřístupní některé zdroje surovin. Změny zasáhnou do tradičního způsobu života původních obyvatel a mnohé další dopady na planetu Zemi.

Odhaduje se, že změny klimatu ovlivní základní strukturu ekosystémů v Arktidě, kterými jsou struktura vegetace, trofické vztahy a biodiverzita. Struktura společenstev se mění s narůstající zeměpisnou šířkou od lesotundry až po polární poušť ve vysoké Arktidě (Elster 2015).

Studie provedené ve vodních, terestrických biotopech a v atmosféře ukázaly, že se v posledních třiceti letech klima Arktidy výrazně změnilo (Hinzman *et al.* 2005). Analýzy ledovců dokázaly, že nárůst oxidu uhličitého v atmosféře souvisí s nárůstem průměrných globálních teplot. Došlo k tomu od počátku průmyslové revoluce, kdy se začala spalovat fosilní paliva, a tím se zahájilo snižování ploch zeleně. Koncentrace oxidu uhličitého, metanu a ostatních skleníkových plynů se zvýšila o 35%, což se projevilo nárůstem průměrné roční globální teploty o 0,6 °C. Odhaduje se, že nárůst průměrných teplot bude o 1,4 až 5,8 °C. Tento jev se promítne do změn v cirkulaci atmosférických a vodních mas, ve zvýšení hladiny oceánů a intenzitě srážek. Tato tendence se v tomto století nepodaří výrazně změnit, a tak množství vypouštěných skleníkových plynů bude jen velmi pomalé a obrácení tohoto jevu je záležitostí vzdálené budoucnosti (Elster 2015).

Zemské klima se mění a tyto změny budou mít vliv i na zbytek světa. Je tedy nezbytné, aby osoby s rozhodovací pravomocí měly nejnovější a nejlepší dostupné informace týkající se probíhajících změn v Arktidě a jejich globální důsledky (Berner *et al.* 2005).

Znečišťující látky jsou transportovány do polárních oblastí pomocí atmosféry a oceánských proudů. Jedná se o nejběžnější „dopravní prostředek“. Zdroje znečištění v Arktidě jsou převážně z Evropy, Severní Ameriky a Asie. Polutanty se také dostávají do prostředí zvířaty, která se pohybují mezi polárními oblastmi. Dálkový transport polutantů, byl prokázán v řadě studií (March *et al.* 1998, Nilson *et al.* 2002, Evenseta *et al.* 2004).

Na planetě Zemi jsou kovy všudypřítomné, bývají základní složkou života. Kovy nemohou být zcela odstraněny z životního prostředí, neboť jsou jeho součástí. Jejich vstup do prostředí je však ovlivněn antropogenní činností. Některé kovy jako např. měď (Cu) a zinek (Zn) jsou nezbytné pro život, ale ve vysokých koncentracích mohou být toxické. Lidskou činností dochází k rozšíření těžkých kovů do ekosystémů, které následně ovlivňují metabolické funkce organismů (Allan 1997). Některé živočišné a rostlinné organizmy tolerují příjem těžkých kovů v znečištěném životním prostředí (Dallinger 1994, Chützendübel a Polle 2002). Současné vědecké poznatky jsou velice omezené na znalosti transportních mechanismů kovů do houbových organismů. Koncentrace prvků v plodnicích se liší dle druhu houby a také do jaké části těla hub (mycelium, třeň, klobouk) se daný těžký kov ukládá. (Kalač a Svoboda 2000, Nilanjana *et al.* 2008).

Volně rostoucí houby jsou pochoutkou v mnoha zemích a jejich spotřeba byla i několik kilogramů za rok. Výzkumy v posledních třech desetiletích ukázaly, že mnoho druhů hub akumulují stopové prvky. Zjistili, že obsahy těžkých kovů v houbách překračovaly povolené limity. Polutanty v houbách jsou druhově specifické, důležitým faktorem je složení půdního substrátu. Plodnice hub jsou užitečné pro rozlišení mezi znečištěnou a neznečištěnou oblastí. Znečištěnými lokalitami bývají místa, kde je těžký průmysl, ale jsou také nalézány v oblastech s historickou těžbou a tamním zpracováním (Kalač *et al.* 2004).

## 2. Cíle práce

- Analyzovat relativní četnost jednotlivých směrů větru a rychlosti větru na zkoumaných lokalitách.
- Analyzovat, obsahy vybraných těžkých kovů (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb) v *Cortinarius obtusus* (pavučinec tupý) a zjistit zda se shodují koncentrace kovů v houbách s převládajícím směrem větru v daném místě.
- Analyzovat, zda zkoumané lokality Petuniabukta, Longyearbyen a Pyramiden jsou poznamenány lidskou aktivitou a zatíženy těžkými kovy.

Diplomová práce vznikla pod záštitou Centra polární ekologie (CPE), která je součástí Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Výsledky z této diplomové práce budou podkladem pro sepsání odborné publikace.

### 3. Materiál a metody

#### 3.1 Charakteristika území

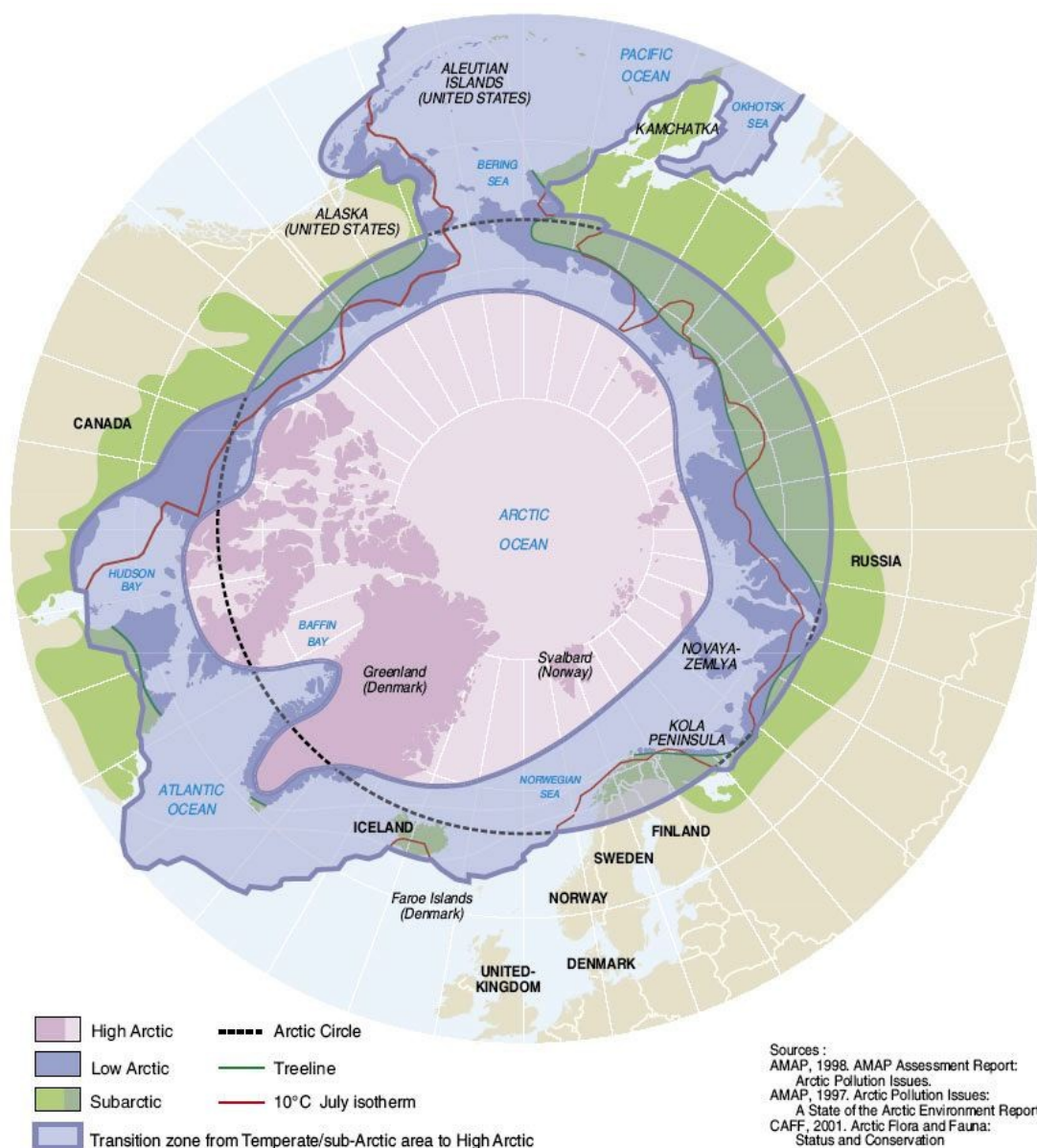
Souostroví Svalbard se skládá z částí: Spitsbergen, Nordaustlandet, Barentsoya, Edgeoya, Kong Karls Land, Hopen, Prins Karls Forland, Kvitoya, Bjornoya, Hopen. Svalbard tvoří téměř tisíc ostrovů, které se rozkládají mezi 74° a 81° severní šířky a 10° a 35° východní délky. Plocha Svalbardu zaujímá 61 020 km<sup>2</sup>, z této plochy je šedesát procent pokryto ledem a méně než deset procent je pokryto vegetací v letních měsících. Ledovce zaujímají přibližně 34 560 km<sup>2</sup>, což z celosvětového hlediska tvoří šest procent plochy ledovců. Svalbard je geograficky zařazen do Arktidy. Souostroví je obklopeno Severním ledovým oceánem, Norským mořem, Barentsovým mořem a Grónským mořem. Město Longyearbyen je považováno za hlavní město, leží na největším ostrově Spitsbergen (Norwegian Polar Institute, 2014), který je zároveň jediným obydleným ostrovem. V české literatuře bývá chybně Svalbard označován jako Špicberky.

Svalbard má arktické klima zmírněné teplým Severoatlantickým prouděním s průměrnými teplotami v létě v rozmezí 4-6 °C a průměrnými zimními teplotami v rozmezí -12 až -16 °C. Vzhledem ke sblížování studeného vzduchu ze severu a mírně vlhkého vzduchu od jihu se může počasí rychle a často měnit. Občasné silné a mrazivé větry v zimě mohou teplotu snížit až na -30 °C. Srážky v oblasti hlavního města nejsou časté, ani vydatné a bývají v podobě horizontálních srážek, které jsou typickým letním jevem. Průměrný roční srážkový úhrn je 180,7 mm (Førland 2009). Obecně platí, že na západní části Svalbardu, kde se nachází Longyearbyen, je tendence k nejteplejší a nejvlhčí části souostroví (Nordic Visitor Svalbard 2014). Celé souostroví Svalbard je orograficky velmi členité. Nejvyšší vrcholy dosahují výšek nad 1700 m n. m. Mnohem četnější jsou pohoří s výškou 900 m n. m., které zaujímají téměř 4,5 % území. Vliv glaciálních a periglaciálních procesů vedl ke vzniku mnoha fjordů oddělených horskými hřbety. Ve fjordech často dochází ke změnám proudění. Proudění vede ke vzniku určitých mikroklimatických podmínek (Ambrožová 2013).

Orografie jednotlivých míst má za následek různé cirkulační proudění, které vedou k odlišnému přízemnímu větru, velmi často jsou ohraničeny horskými hřbety. Orografie usměrňuje rychlost i směr větru ve fjordu. Převažující směr větru se přizpůsobuje ose fjordu (Bruland *et al.* 2004). Větrné podmínky jsou velice ovlivněny svým blízkým okolím, které regionálně mění směr větru (Sobíšek 2000).

Vědecká aktivita na souostroví Svalbard je soustředěna do sídel Longyerbyen, Ny-Ålesund, Barentsburg a v západní části ostrova Spicbergen do Hornsund, kde působí především vědci z Ruska. V městech Longyearbyen a Ny-Ålesund je prováděn mezinárodní výzkum (Norwegian Polar Institute 2014).

Ekosystémy v Arktidě patří k nejvíce ohroženým oblastem pod vlivem antropogenní činnosti. Potravní řetězce, které jsou zde relativně jednoduché, mohou značně ovlivnit chod ekosystému (Jaworowski 1989, Holte *et al.* 1996). Obecně platí, že celá Arktida i Svalbard jsou vystaveny neustálému kontaktu znečišťujících látek (Simoës a Zagorodnov 2001). Nejvíce Arktidu postihuje dálkový transport polutantů. Mezi nejškodlivější znečišťující látky patří těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH). Přítomnost těžkých kovů byla studována v různých složkách životního prostředí voda, půda, rostliny, zvířata (Gulińska *et al.* 2003).



**Obr. 1** Situační mapa vymezení hranic Arktidy

(dostupný: Arctic Climate Impact Assessment 2005)

### 3.1.1 Longyearbyen

Longyearbyen je největším a nejstarším městem Svalbardu, je zde správním centrem pro celé souostroví. Nachází se na západním pobřeží ostrova Spitsbergen ve fjordu Isfjorden. Město leží v údolí Longyeardalen na břehu malého fjordu Adventfjorden, který dále pokračuje jako údolí Adventdalen. Výstavba města začala u pobřeží a v pozdější době se rozrostla až k čelní moréně Longyearbreen. Stálých

obyvatel tohoto města je okolo dvou tisíc lidí. Návštěvnost tohoto města se pohybuje okolo sto tisíc turistů za rok, je to především způsobeno místním letišťem, které zde turisty dopravuje. Longyearbyen není žádným zapadlým městem, je plně funkční a má vlastní univerzitu: The University Centre in Svalbard (UNIS), která funguje během letních měsíců, a dále nemocnice, kostel, obchodní centrum a restaurační zřízení.

Historie toho města začala v roce 1906 a to příchodem tehdejšího nejmocnějšího vlastníka John Munro Longyear z Bostnu, který založil Arktickou uhelnou společnost (Artic Coal Company) a z města vybudoval největší důlní město na Svalbardu. V okolí města bylo vybudováno sedm dolů, ve kterých se těžilo především černé uhlí, ale také azbest, zlato, sádra, měď, železo, olovo, mramor a zinek (Edmunds 2009). Nyní je v provozu pouze důl, s označením 7, ve kterém se těží uhlí. Z dolu číslo 3 se stalo mezinárodní genetické úložiště semen (Svalbard Global Seed Vault), které slouží především pro zemědělské odrůdy. Doly byly průběžně zavírány, dle dostupnosti rud (Dowdall *et al.* 2004).

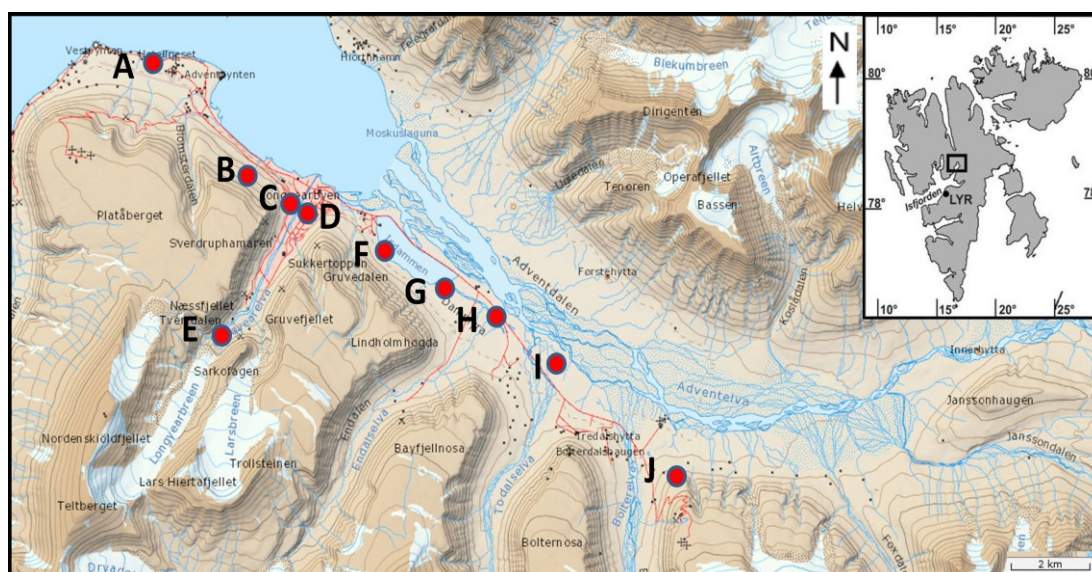
Květena tohoto souostroví se příliš neliší z hlediska flóry od Grónska. Západní Spitsbergen má poměrně bohatou květenu, díky teplému moři na západním pobřeží Svalbardu, protože je omýván Severoatlantickou větví Gofského proudu, který „otepluje“ tuto oblast. Vegetační kryt není zapojen, jak ho známe z našich podmínek. Typická vegetace Svalbardu je tundra, která se liší dle místních specifických půdních a klimatických podmínek. (Humlum *et al.* 2005). Tundrová vegetace vytváří polštářovité bylinné porosty, ve které jsou dominantní druhy jako lomikámen vřdyzelený (*Saxifraga aizoides*), *Saxifraga cespitosa*, vřes čtyřhranný (*Cassiope tetragona*), různé druhy pryskyřníků např. *Ranunculus sulphureus*, *Arenaria pseudofrigida*, polštáře vytvářející silenka bezlodyžná (*Silene acaulis*) z druhů dřevin je velmi dominantní vrba polární (*Salix polaris*) a vrba síťnatá (*Salix reticulata*) (Lid 2011).

Rozmanitost hub v arktickém souostroví Svalbard je přes 1300 druhů hub, uvedené druhy se vyskytují především okolo osad. Vyskytují se zde, jak druhy jedlé tak nejedlé. Zástupci hub jsou např. *Cortinarius chevassutii*, *Cortinarius hinnuleus*, pýchavka obecná (*Lycoperdon palatum*), *Lepista multifforme*, kozák březový (*Leccinum scabrum*), *Lichenomphalia alpina*, *Galerina hypnorum*, *Cortinarius comptulus*, *Cortinarius evernius*, *Laccaria purpureobadia*, *Entoloma atrosericeum* a mnohé další druhy hub (Carlsen *et al.* 2013).

Půdní horizonty na Svalbardu zcela chybí, jedná se většinou o zvětralou mateční horninu (Norwegian Polar Institute 2014), na které rostou typické druhy rostlin. Sukcese, které zde probíhá je velice pomalá. Prach *et al.* (2010) ve své publikaci provedl mapování terénu po 70 letech a nezaznamenal žádnou změnu pokryvnosti vegetace. Viditelná eroze byla pouze důsledkem říční aktivity.

Vegetační období je velmi krátké a rostliny za tu dobu musí vyrůst, vykvést, vyplodit a vysemenit přibližně za tři měsíce, kdy není sněhová pokrývka a teplota vzduchu se nepohybuje pod bodem mrazu. Vegetační období lze rozdělit do dvou základních skupin. Nejprve začíná sezóna květin a za ní následuje sezóna travin a močálů (Gerland *et al.* 1999, Walker 2000).

Město Longyearbyen má průměrnou teplotu v zimě okolo  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v letních měsících se teplota pohybuje okolo  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Díky své poloze daleko na sever za polárním kruhem je charakteristické střídání polárního dne a polární noci. Od 20. dubna do 22. srpna je polární den a Slunce 24 hodin nezapadá za obzor. V Longyearbyen začíná polární noc 28. října a končí 14. února. Pouze v měsících leden a prosinec je absolutní tma (Edmunds 2009).



**Obr. 2 Situační mapa odběru vzorků Longyearbyen**

A- Svalbard Lufthavn, B- Pod meteostanicí, C- Střed města, D- Univerzita UNIS, E- Longyearbreen, F- Za městem 1, G- Za městem 2, H- Za městem 3, I- Za městem 4, J- Za městem 5.  
(zdroj: <http://toposvalbard.npolar.no/>)



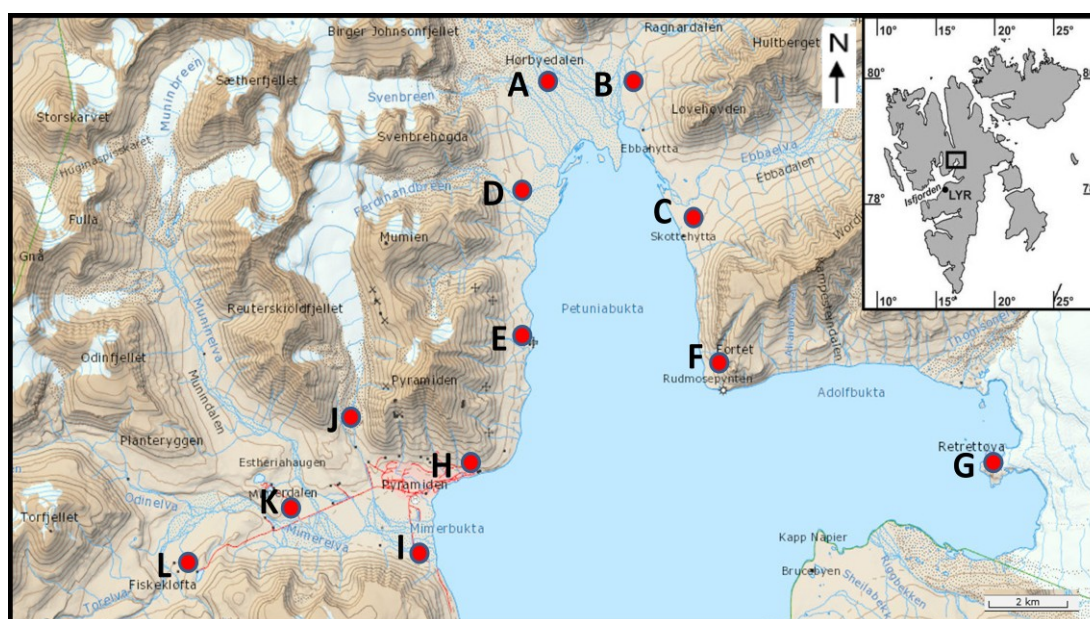
### 3.1.2 Petuniabukta

Zátoka Petuniabukta je severně orientovaný záliv vzdálený od Longyearbyen přibližně 60 km. Nalézá se v severovýchodním směru ve fjordu Billefjorden, který je součástí velkého Isfjorden, který patří mezi nejdelší fjordy na Svalbardu. Billefjorden se skládá ze tří zátok: Mimerbukta, Petuniabukta a Adolfbukta. V zátocce se nachází několik ledovcových údolí, které do ní ústí: Hørbyedalen, Rangardalen a Ebbadalen. Každé zmíněné údolí je odděleno horským hřbetem. Západním pobřežím zátoky Petuniabukta je masiv Pyramiden (939 m n. m.), Mumien Peak (773 m n. m.) a Svenbrehøgda (679 m n. m.) orientované severo-jižně. Východním pobřežím zátoky jsou hřbety orientované východo-západně s výškou okolo 800 m n. m. Toto uspořádání horstev, může způsobovat usměrnění větrného proudění (Láska *et al.* 2012). Vědecká aktivita v této oblasti je již od roku 1984, kde polští vědci z univerzity Adama Mickiewicze v Poznani začali výzkum. Souvislý výzkum Čechů začal v zátocce Petuniabukta v roce 2007 (Elster a Rachlewicz 2012). Oblast Petuniabukta je volně přístupná a hojně navštěvovaná turisty.

Pod vrcholem masivu Pyramiden v zátocce Mimerbukta se rozkládá již dnes bývalé ruské město s totožným názvem Pyramiden. Město vzniklo v roce 1921 a víc jak šedesát let se zde těžilo černé uhlí. Pyramiden mohl mít největší negativní vliv na své okolí. Hornické město bylo opuštěno v roce 1998. Počet obyvatel po druhé světové válce byl přes tisíc lidí, v té době byl počet obyvatel větší než v dnešním hlavním městě Longyearbyen. Uvnitř hory Pyramiden jsou vybudovány chodby v délce 60 km. Ukončení těžby bylo způsobeno především velkými geologickými problémy (sesuvy, eroze) (Edmunds 2009). Pyramiden v dnešní době připomíná město duchů, kde jezdí turisté na prohlídku. Město má svůj specifický charakter a zdá se, jako kdyby bylo opuštěno včera. Nyní slouží jako turistická atrakce (Edmunds 2009).

Pobřežní zóna a nejbližší okolí Petuniabukta je převážně tvořená tundrovou vegetací. Lokalitu pokrývá různorodý terén s vysokou biologickou diverzitou zahrnující všechny dostupné lokální ekosystémy: ledovce, sněžná pole, suché lokality připomínající arktické pouště či polopouště, deglaciovaná území, různé typy podmáčených stanovišť s bohatě vyvinutými rostlinnými společenstvy, až po mělké mokřadní ekosystémy (Prach *et al.* 2012).

Květena a půdní podmínky jsou obdobné jako v okolí města Longyearbyen. Tundrová vegetace tvoří nezapojený polštářovitý porost bylin jako u hlavního města. Dominantními druhy jsou lomikámeny a pryskyřníky, dále pak *Salix polaris*, *Salix reticulata*, *Carex subspatacea*, různé druhy *Carex*, *Cassiope tetragona*, *Dryas octopetala*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Papaver dahlianum*, *Polemonium boreale*, *Potentilla rubricaulis*, *Trisetum spicatum* a mnohé další tundrové druhy rostlin.



**Obr. 3** Situační mapa odběru vzorků zátoka Petuniabukta

A- Hrbyeddalen, B- Ragnaradalen, C- Ebbadalen, D- Meteo stanice AWS 1, E- Terénní chata, F- Fortet, G- Oblík, H- PYR- SEVEROVÝCHOD, I- PYR SEVEROVÝCHOD, J- PYR- Mimerdalen, K- PYR- Bertil, L- Mimer lake. (zdroj: <http://toposvalbard.npolar.no/>)

### 3.2 Charakteristika houbového organismu

Říše: Houby (*Fungi*)

Kmen: Stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: Rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: Pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: Pavučincovité (*Cortinariaceae*)

Rod: Pavučinec (*Cortinarius*)

Podrod: *Telamonia*

Druh: Pavučinec tupý (*Cortinarius obtusus*)

Vybraný popisovaný druh *Cortinarius obtusus* z podrodu *Telamonia*, byl vybrán z jednoznačného důvodu. Jedná se o zcela běžný druh houby, který se vyskytuje, jak v okolí města Longyearbyen, tak v zátocce Petuniabukta.

#### **Pavučinec tupý *Cortinarius obtusus* (Fr.) Fr. (1838)**

Celý rod *Cortinarius* je největším rodem s celosvětovou distribucí, který obsahuje více než tisíc druhů hub. Houby tohoto rodu jsou velmi různorodé, lze je obvykle velmi snadno rozlišit podle jejich morfologických znaků (Soop 1993). I když se jedná o nejpočetnější rod vyskytující se na světě, je v dnešní době jen málo aktuálních a spolehlivých klíčů k determinaci (Niskanen 2008). Rod byl rozdělen do několika málo podrodů na základě morfologických znaků např. tvaru a typu klobouku, lupenů, třeně atd. (Peintner *et al.* 2004).

Prvně se rod *Cortinarius* dělil do šesti podrodů: *Cortinarius*, *Leprocybe*, *Myxacium*, *Phlegmacium*, *Sericeocybe* a *Telamonia* (Niskanen 2008). Brandrud *et al.* (1992) počet rodů snížil na čtyři *Cortinarius*, *Myxacium*, *Phlegmacium* a *Telamonia*. Centrum diverzity tohoto rodu je na Severní polokouli až na určité výjimky (Garnica *et al.* 2005).

Morfologie podrodu *Telamonia* byla studována na čerstvých plodnicích, protože po vysušení houby ztrácejí morfologické znaky a jsou velice křehké. *Telamonia* je charakteristická nahnědlou barvou klobouku, která může mít různé

odstíny při suchém počasí. Klobouk je vláknitý, vlhký a rovnoměrně žilkovaný. Vyskytuje se na živinami chudých půdách s širokou ekologickou preferencí. Podrod je velmi rozšířený v severní Evropě (Niskanen 2008).

Klobouk *Cortinarius obtusus* má v průměru 1 až 4 cm, tupého kuželovitého tvaru připomínající tvar zvonu. Barva klobouku je červenohnědá se světle hnědým až bělavým pruhováním na okraji. Povrch je suchý, matný, mírně hedvábný. Třeň 40-80 x 4-10 mm s větvenovitěho tvaru směrem ke klobouku. Dužina je okrové barvy, připomínající vůni ředkviček. Výtrusy mají, okrově hnědou barvu, eliptického tvaru o velikosti 6-8,5 x 4,5-5,5  $\mu\text{m}$  (Antonín 2006).

*Cortinarius obtusus* roste především v jehličnatých lesích v kyselém prostředí, kde je málo živin (Moser 2002). Najdeme ho od jara do podzimu, zejména pod borovicemi. Hlavní rozšíření je v Severní Americe a Evropě. Druh byl také zaznamenán na Šumavě, v Novohradském podhůří a v Dražanské vrchovině. V roce 2010 byl, zaznamenám pouze v NP České Švýcarsko, Slavkovský les a Javořická vrchovina (Portal nature 2015). Druh byl zařazen do skupiny nejedlých hub (Antonín 2006).

### 3.3 Dálkový transport znečišťujících látek

Atmosféra je nejběžnějším a nejrychlejším způsobem transportu znečišťujících látek do polárních oblastí. Zdroje znečištění v Arktidě jsou převážně z Evropy, Severní Ameriky a Asie. Látky jsou přenášeny do Arktidy větrnými proudy, oceánskými proudy a řekami. Přenos polutantů může trvat jen několik dní nebo týdnů, než se dostanou do Arktidy. Odhaduje se, že přibližně 45 % polutantů se dostává na Svalbard z emisí z letecké dopravy. Některé typy znečištění, zejména organické sloučeniny a rtuť, jsou transportovány v plynné formě a chovají se odlišně od látek, které jsou vázány na aerosoly. Teplota na sever postupně klesá, a tím dochází ke kondenzaci plynných látek, které jsou vázány na částice prachu padající na zem jako déšť nebo sníh. Pokud se tento proces neustále opakuje, označuje se jako sezónní cyklus (Norwegian Polar Institute 2014).

Chod ročních období různě přispívá ke znečištění. Největší je v zimě a na jaře, nejmenší v létě, protože vlastnosti vzduchových hmot se liší v ročním období. Arktická zima se vyznačuje stabilním vysokým tlakem nad severním pólem, kde setrvávají vzdušné masy delší dobu, které mají dostatek času k uložení znečišťujících látek do prostředí (Hung *et al.* 2011), což vede k extrémnímu sněžení nebo suchu. Oteplování Arktidy umožňuje větší tryskové proudění, které přináší studený arktický vzduch dále na jih. Teplý vzduch má možnost proniknout dále na sever, což vede k rekordně vysokým a nízkým teplotám v Arktidě (Overland *et al.* 2011). Tento přirozený proces cirkulace dodává do Arktidy nečistoty, které pocházejí ze zdrojů průmyslových oblastí z celé planety (Førland a Hanssen-Bauer 2000). V letním období změny teploty rozpohybují vzduchové hmoty větší energií, které vytvářejí dynamičtější počasí namísto statického vysokého tlaku (Hung *et al.* 2011).

Svalbard se nachází na půli cesty mezi severním mysem Norska a Severním pólem, a proto je vzdálen od hlavních zdrojů znečištění ovzduší. První studie o tzv. „Arktickém oparu“ ukázaly, že může docházet k dálkovému transportu látek znečišťujících ovzduší na Svalbard (Rose *et al.* 2004). Přepokládá se, že polutanty pocházejí z bývalého Sovětského svazu (především poloostrov Kola), západní Evropy a Severní Ameriky (Grodzinska a Godzik 1991). Ukládání znečišťujících látek na souostroví Svalbard byl připisován dalekonosným zdrojům. Přítomnost místního těžebního průmyslu a uhelných elektráren v oblasti Isfjorden

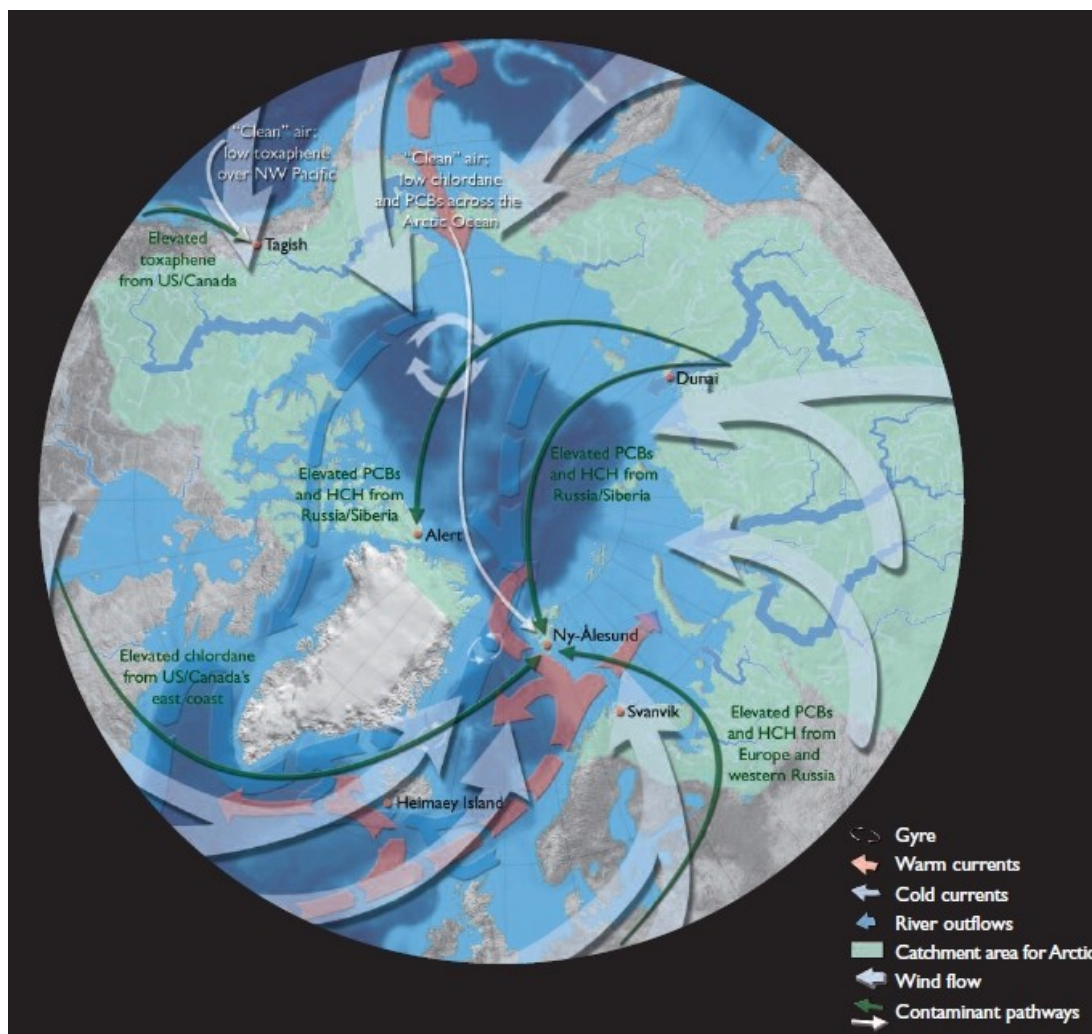
(Longyearbyen, Pyramiden a Barentsburg) nebyl brán zřetel, i když byly aktivní minimálně 40 let. Vzhledem k velké vzdálenosti od hlavních kontinentálních zdrojů znečištění, mohly být tyto malé bodové zdroje v oblasti Isfjorden významným původcem emisí v této citlivé oblasti Arktidy. Z toho důvodu je možné, že tyto lokální zdroje nejsou zanedbatelné, i když může být jejich vliv nebo příspěvek k celkovému zatížení obtížné definovat (Rose *et al.* 2004).

Znečištěné ovzduší na území Svalbard je sledováno v norské výzkumné stanici Ny-Alesund, kde monitorují perzistentní organické látky, skleníkové plyny, organické polutanty a těžké kovy (Kallenborn *et al.* 2013).

Stopy znečišťujících látek se nacházejí v celém arktickém prostředí (ovzduší, půda, sedimenty, sníh, mořský led, ledovce atd.). V mnoha ohledech Arktida působí jako regionální indikátor pro známé i nové znečišťující látky. Pokud se polutanty nachází v Arktidě, je to známkou toho, že látka byla přepravována na dlouhou vzdálenost (Øseth 2011).

Oceánské proudy se pohybují pomalu a transport znečištěných látek z průmyslových aglomerací může trvat i několik desítek let, ale také staletí. Polutanty rozpustné ve vodách jsou transportovány do moří a pomocí oceánských proudů jsou unášeny na sever. Některé znečišťující látky jsou navázány na částice, které klesnou na dno oceánu a zde setrvávají. Studie ukazují, že námořní doprava a zvrstvení v moři je hlavním prostředkem pro přepravu znečišťujících látek. Pomalý pohyb oceánských proudů směrem k pólům poskytuje časové zpoždění, které komplikuje opatření k zabránění donesených polutantů k břehům Arktidy. Látky, které dosáhly k břehům Arktidy, ovlivňují životní prostředí a životní cykly rostlin a živočichů (Stemmler a Lammel 2010).

Sedimenty ze znečištěných řek jsou zabudovány do ledu a přepravovány přes Severní ledový oceán k Fram průlivu, kde led taje a znečišťující látky jsou uvolněny. Největší oblast, kde polutanty se přemění v led je okolo Karského moře, do kterého vtékají největší ruské řeky Jenisej, Ob a Lena. Zmíněné toky zaujímají na pevnině obrovské plochy, v jejichž okolí probíhá intenzivní zemědělství a průmysl. Zcela jasný druh této přepravy ve vztahu k mořským proudům a atmosféry je zatím neznámý (Norwegian Polar Institute 2014).



Obr. 4 Orientační mapa zdrojů a přenosu znečišťujících látek do Arktidy

(dostupný: Arctic Climate Impact Assessment 2005)

### 3.4 Metodika výzkumu

#### Úprava a sběr vzorků hub

Plodnice hub byly sbírány ve stejné velikosti. Následně byly plodnice hub sušeny při teplotě nepřesahující 40 °C. Větší kusy hub byly rozkrájeny keramickým nožem. Usušené vzorky byly před analýzou rozdrceny na jemné částice v kulovém mlýně.

Houby byly sbírány v jednotlivých vzdálenostech 1 km od předešlého sběru hub. Sběry proběhly ve směru od Svalbard Lufthavn za město Longyearbyen do údolí Advetdalen. Některá místa, kde měl být odebrán vzorek hub, byla bez vegetačního pokryvu. Proto sběr hub, byl posunut k nejbližšímu místu, kde se houby vyskytovaly.

Pro úpravu vzorků byla zvolena metoda pseudototální mineralizace. Z každé rozdrcené směsi hub bylo naváženo 0,5 g. Zvážené vzorky se dále zpracovávaly v mikrovlnném mineralizačním zařízení Speedwave® od firmy BERGHOF. Každý vzorek směsi obsahoval složení.

6 ml HNO<sub>3</sub>

2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Při smíchání těchto činidel se vzorek vložil v teflonové patroně do digestoře, kde se samovolně odpěnil. Mineralizace vzorku trvala 40 minut, následné chlazení 15 minut. Do mineralizačního přístroje se najednou vejde 10 teflonových patron. Výsledný mineralizát byl doplněn destilovanou vodou do objemu 50 ml a poté přefiltrován.

Analýza těžkých kovů byla provedena na atomovém spektrofotometru firmy GBC AVANTA  $\Sigma$  v plamenové verzi na plameni acetylen-vzduch. Atomový spektrometr analyzoval šest základních měření těžkých kovů (zinek, nikl, olovo, kadmium, chrom a měď).



## Sběr dat pomocí automatických stanic (AWS)

V oblasti Petuniabukta, která je v centrální části Spitsbergen je od roku 2008 nepřetržitě prováděna série meteorologického měření, pomocí automatických stanic (AWS), které jsou umístěny podél pobřeží v různých nadmořských výškách. Automatické stanice, sledují především základní meteorologické prvky.

Všechny meteorologické stanice (AWS), použité při zpracování, jsou vybaveny shodným typem senzorů na měření teploty vzduchu, atmosférického tlaku a relativní vlhkosti vzduchu ve výšce 200 cm nad povrchem, dále se měří teploty půdy a objemové vlhkosti půdy v hloubkách 5 a 15 cm, intenzitu slunečního záření, rychlost a směr větru a mnohé další parametry. Pro výzkum byly zásadní veličiny: relativní četnost jednotlivých směrů větru v % a jejich rychlost v  $\text{m/s}^{-1}$ . Měření rychlosti přízemního větru a směru větru byly prováděny s použitím 034B anemometru (Met One, USA).

Průměrné hodnoty rychlosti větru byly evidovány každých 30 min, přičemž další údaje ze senzorů byly uloženy jako jednotlivá data (EdgeBox, CZ). Rychlost větru byla sledována s přesností  $\pm 0,1 \text{ m/s}^{-1}$  (výchozí práh na  $0,4 \text{ m/s}^{-1}$ ), zatímco směr větru byl měřen s přesností  $\pm 4^\circ$ .

V současné době neexistuje žádná stabilní meteorologická stanice nacházející se ve městě Longyearbyen. Oficiální meteorologická stanice je pouze na letišti (Svalbard Lufthavn), která je ve vzdálenosti cca 4 km severozápadně od Longyearbyen. Stanice se nachází ve výšce 28 m nad mořem, na pobřežní terase, v Advetfjorden. Meteorologická stanice je vystavena vzdušným hmotám, které volně proudí do Grónského moře Isfjordenu.

Automatická meteorologická stanice v oblasti Petuniabukta byla označena AWS1. Nachází se na staré ploché mořské terase v nadmořské výšce 15 m n. m. Meteorologická stanice v Pyramiden byla umístěna v blízkosti centra města v nadmořské výšce 20 m n. m. Stanice u města Longyearbyen Svalbard Lufthavn je součástí místního letiště. Provozovatelem těchto stanic je Norský meteorologický institut (Norwegian Meteorological Institute).

Data byla přepsána do programu Microsoft Office Excel, kde byla také zpracována do příslušných grafů (větrné růžice, sloupcové grafy).

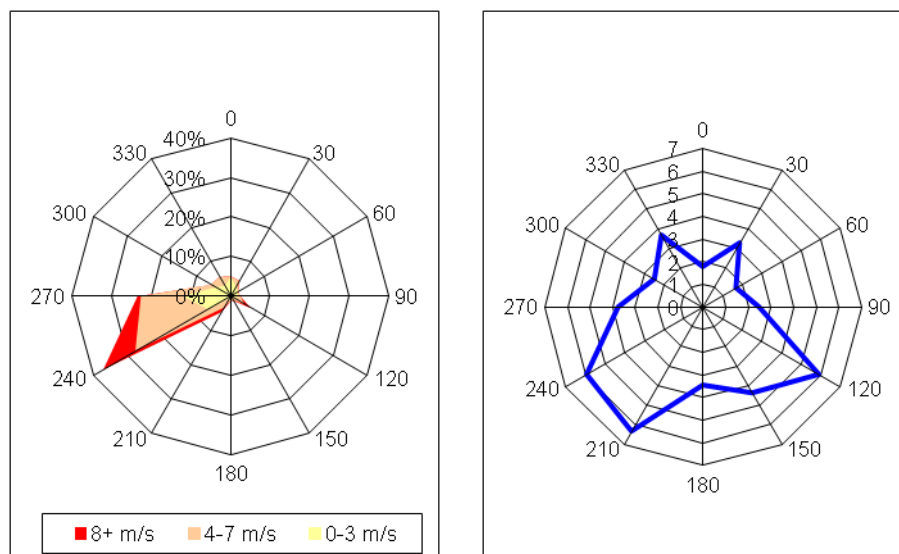
## 4. Výsledky

Výsledky práce jsou rozděleny do dvou navazujících částí. V první části jsem srovnával větrné růžice – relativní četnost jednotlivých směrů větru v % a rychlost větru v m/s. Ve druhé části jsem se zabýval obsahy těžkých kovů a jejich množství. Obsahy šesti těžkých kovů (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn) byly sledovány u druhu pavučinec tupý (*Cortinarius obtusus*).

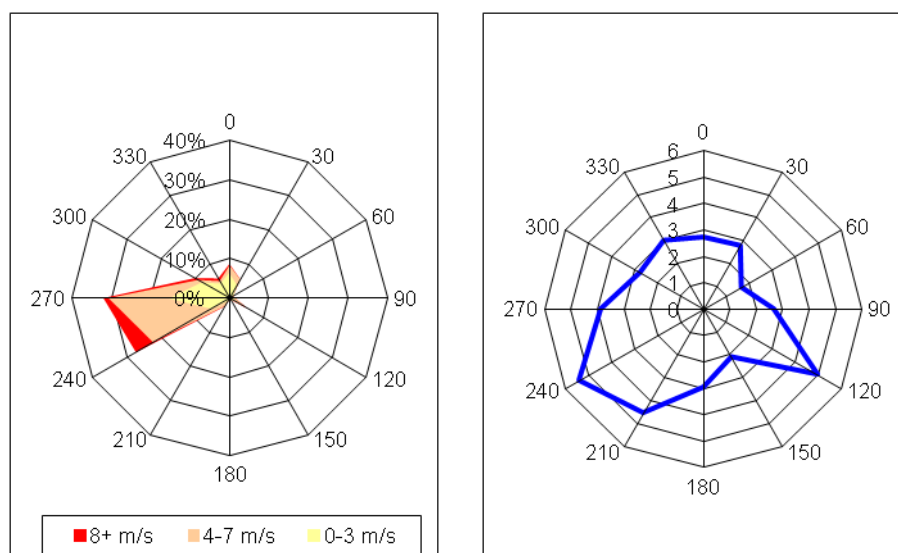
### 4.1 Větrné růžice

#### 4.1.1 Větrná růžice – Svalbard Lufthavn za období červen- červenec 2013 a 2014

Nejčastěji zastoupeným směrem větru v letním období 2013 na stanici Svalbard Lufthavn u Longyearbyen byl jihozápadní (38 %) a západní směr (24 %) (Obr. 5). Při porovnání větrných růžic v letním období 2013 a 2014 má větrná růžice v roce 2014 zastoupený jihozápadní směr (16 %) a vyšší zastoupení západního větru (32 %) než růžice v létě 2013 (Obr. 5, Obr. 6). Rychlosti větru (růžice vpravo) mají obdobný tvar (Obr. 5, Obr. 6). V roce 2013 byly zaznamenány mírně vyšší rychlosti (v průměru o 1 m/s) (Obr. 5). Nejvyšších rychlostí dosahuje na stanici Svalbard Lufthavn vítr ze směrů jihozápadních a jihovýchodních (Obr. 5, Obr. 6).



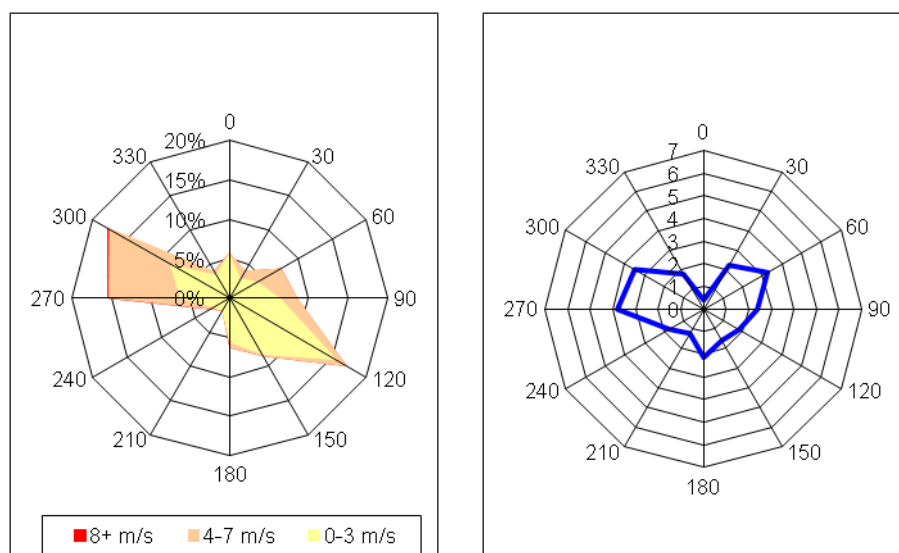
**Obr. 5 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici Svalbard Lufthavn.**



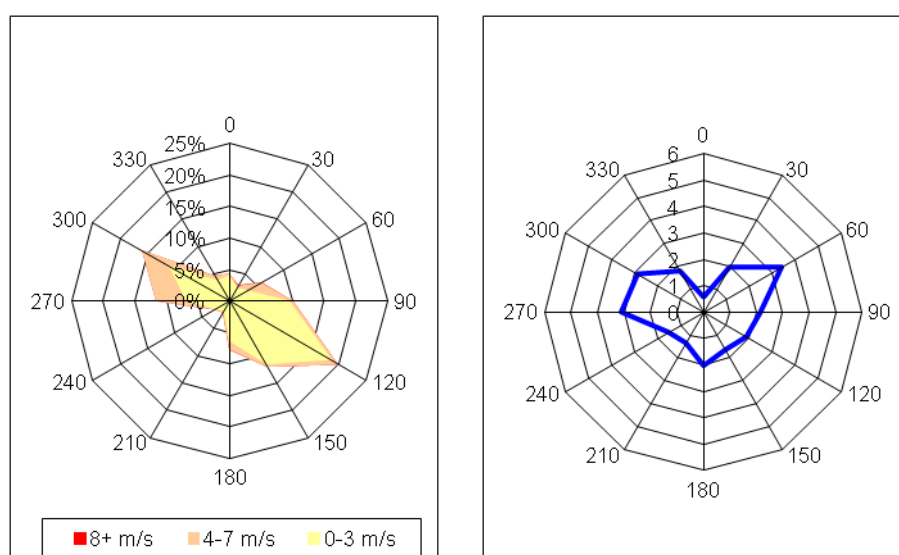
**Obr. 6 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Svalbard Lufthavn.**

#### 4.1.2 Větrná růžice – Pyramiden za období červen- červenec 2013 a 2014

Nejčastěji zastoupeným směrem větru v létě 2013 na měřicí stanici v Pyramiden byl severozápadní (17 %), jihovýchodní (17 %) a západní směr (15 %) (Obr. 7). Větrná růžice zastoupení jednotlivých směrů větru je proto významně protažena ve směru severozápad-jihovýchod (Obr. 7). Při porovnání s větrnou růžicí v létě 2013 (Obr. 7) má větrná růžice v roce 2014 (Obr. 8) méně četné zastoupení severovýchodního směru větru (10 %), jihovýchodního (20 %) i západního směru (7 %) z čehož lze usuzovat na celkově méně větrné léto ve srovnání s létem 2013 (Obr. 7, Obr. 8). Rychlosti větru (růžice vpravo) mají přibližně stejný tvar s mírně vyššími rychlostmi v létě 2013 (v průměru o 1 m/s) (Obr. 7, Obr. 8). Nejvyšších rychlostí dosahuje na měřicí stanici Pyramiden vítr ze západních a severozápadních směrů a dále od severovýchodu - tento směr je ale velmi málo zastoupený (Obr. 7, Obr. 8).



**Obr. 7 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici Pyramiden.**

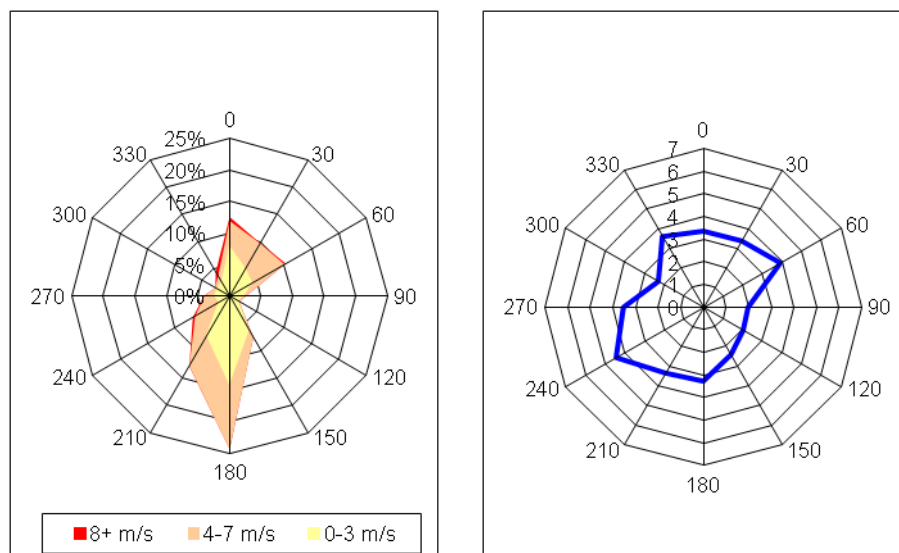


**Obr. 8 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Pyramiden.**

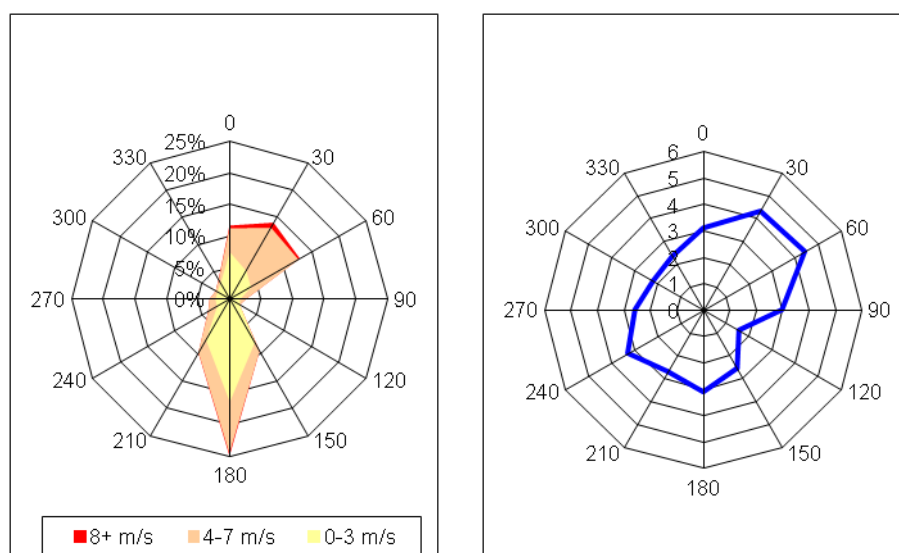
#### 4.1.3 Větrná růžice – Petuniabukta za období červen- červenec 2013 a 2014

Nejčastěji zastoupeným směrem větru v létě 2013 na stanici Petuniabukta byl jižní (23 %), severní (13 %) a severovýchodní směr (10 %) (Obr. 9). Větrná růžice zastoupení jednotlivých směrů větru je protažená ve směru sever-jih (Obr. 9). Při porovnání této větrné růžice s větrnou růžicí v letním období 2014 byl v roce 2014

více četný směr severovýchod (18 %) a směr jižní (25 %) (Obr. 9, Obr. 10). Z uvedených údajů lze vyvodit, že rok 2014 byl celkově méně větrný než rok předešlý (Obr. 10). Rychlosti větru (růžice vpravo) mají přibližně totožný tvar s vyššími rychlostmi v roce 2014 (o 1 m/s) (Obr. 9, Obr. 10). Nejvyšších rychlostí dosahuje v oblasti Petuniabutka vítr ze severovýchodu a jihozápadu (Obr. 9, Obr. 10).



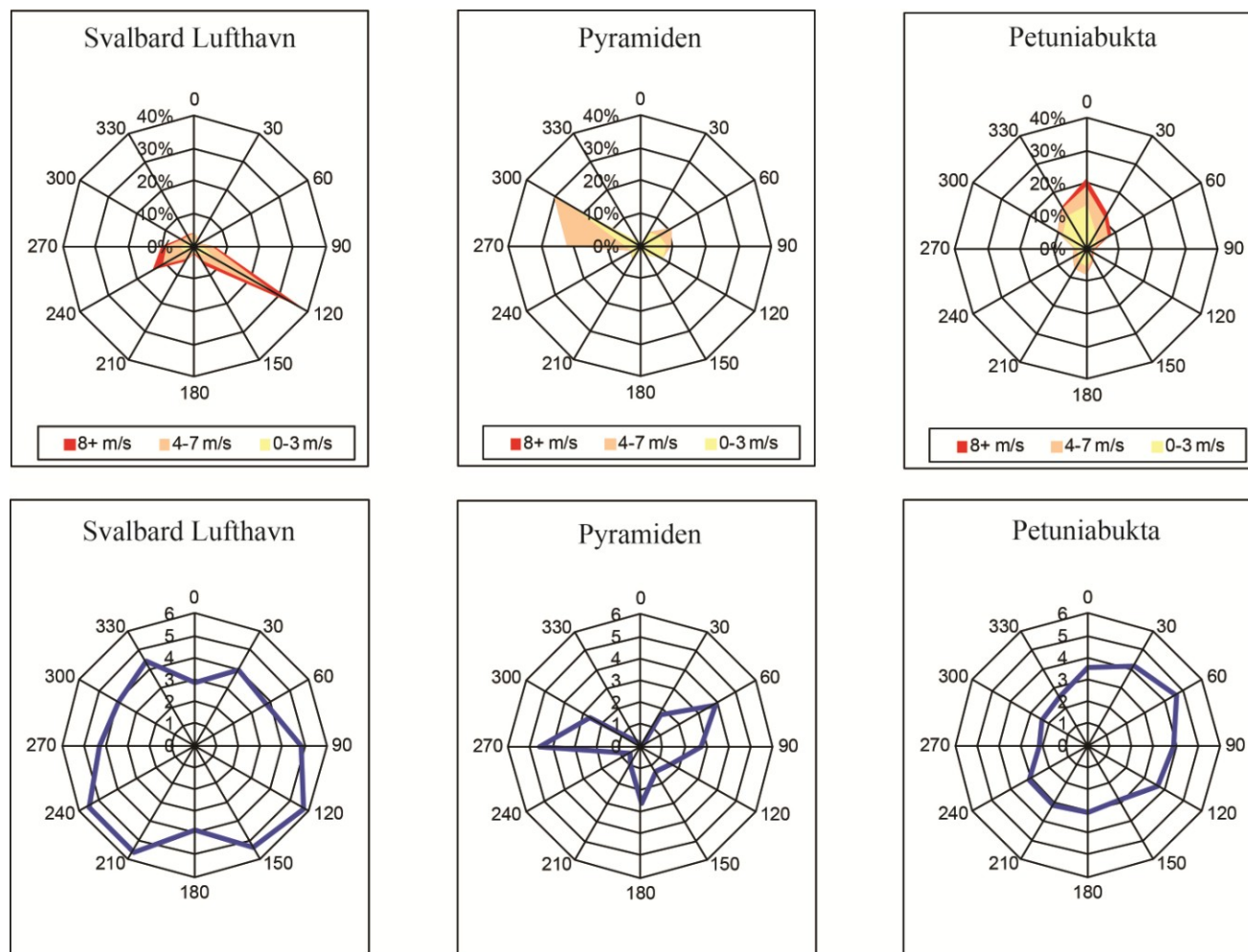
**Obr. 9 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2013 na stanici AWS 1 Petuniabukta**



**Obr. 10 Relativní četnost (vlevo) a průměrná rychlost větru (vpravo) za období červen-červenec 2014 na stanici Petuniabukta**

#### **4.1.4 Větrná růžice - Porovnání lokalit Svalbard Lufthavn, Pyramiden a Petuniabukta za období 01/2013-07/2014**

Nejčastěji zastoupeným směrem větru v tomto období na lokalitě Svalbard Lufthavn u Longyearbyen byl jihovýchod (36 %) a jihozápadní směr větru (13 %) (Obr. 11). Na lokalitě Pyramiden byl převažující směr větru severozápad (30 %) a severovýchodní směr větru je zastoupen v menší míře (11 %) (Obr. 11). V oblasti Petuniabukta byl převažující směr větru sever (21 %) a severozápad (10 %), v menší zastoupení byl směr jižní (8 %) (Obr. 11). Rychlost větru (mapa dole) v zájmovém území Svalbard Lufthavn u Longyearbyen byl směr jihozápadní a jihovýchodní dosahoval v průměru 4,5 m/s (Obr. 11). Oblast Pyramiden a jeho rychlost větru má přibližně totožný tvar s letními obdobími 2013 a 2014 (Obr. 11). Nejvyšších rychlostí dosahuje ve směru západ a severovýchod (Obr. 11). Nejvyšších rychlostí větru v Petuniabukta dosahuje vítr ze severovýchodu (v průměru 4,5 m/s) (Obr. 11). Největřnější lokalitou v tomto období byla lokalita Svalbard Lufthavn, na které vítr dosahuje průměrné rychlosti 5,5 m/s (Obr. 11).

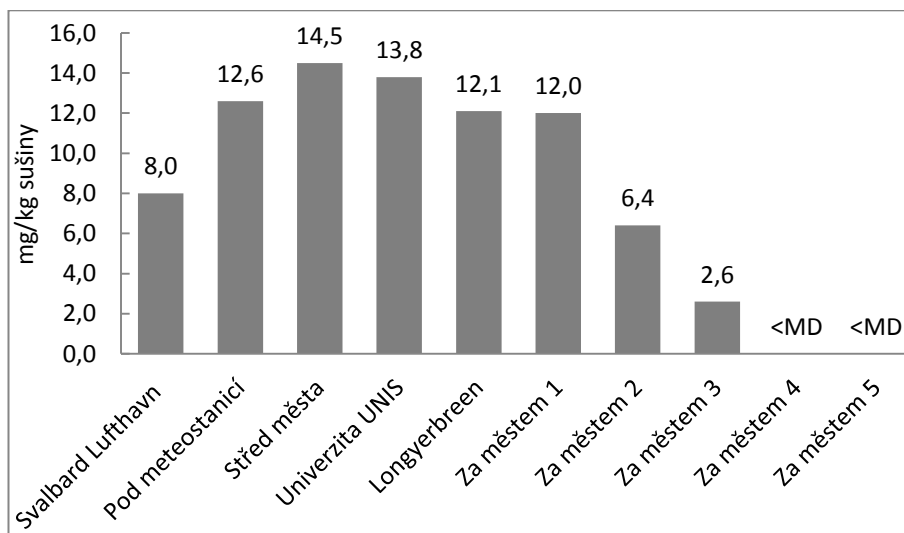


Obr. 11 Porovnání lokalit Svalbard Lufthavn, Pyramiden a Petuniabukta relativní četnosti (nahore) a průměrná rychlost větru (dole) za období 1.1. 2013 až 31.7. 2014

## 4.2 Obsahy vybraných těžkých kovů

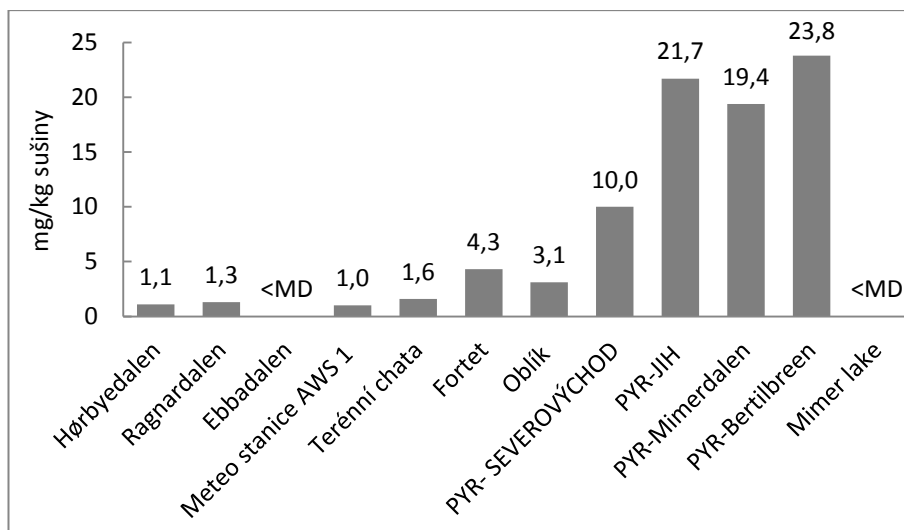
### 4.2.1 Kadmium

Obsah kadmia lze jednoznačně prokázat v zájmovém území Longyearbyen. Houby zde obsahovaly nejvíce těžkého kovu v okolí města. Naměřené koncentrace za hlavním městem mají klesající tendenci. Naměřená koncentrace v nejvzdálenějším odebraném vzorku (5 km za městem) byla pod hranici detekce přístroje. Oblast Petuniabukta je znečištěna velice málo, především v okolí ledovců. Naměřené hodnoty jsou na hranici detekce přístroje. Největší kumulace kadmia byla zaznamenána okolo města Pyramiden, kde se hodnoty pohybují až desetkrát výše než v zátocě Petuniabukta. Vyšší koncentrace kadmia byla zaznamenána na stanovišti Fortet (4,3 mg/kg) a Oblík (3,1 mg/kg). Vzorky hub ze studovaného místa Mimer lake jsou již pod mezí detekce přístroje (1 mg/kg).



Obr. 12 Obsah kadmia v houbách v oblasti Longyearbyen

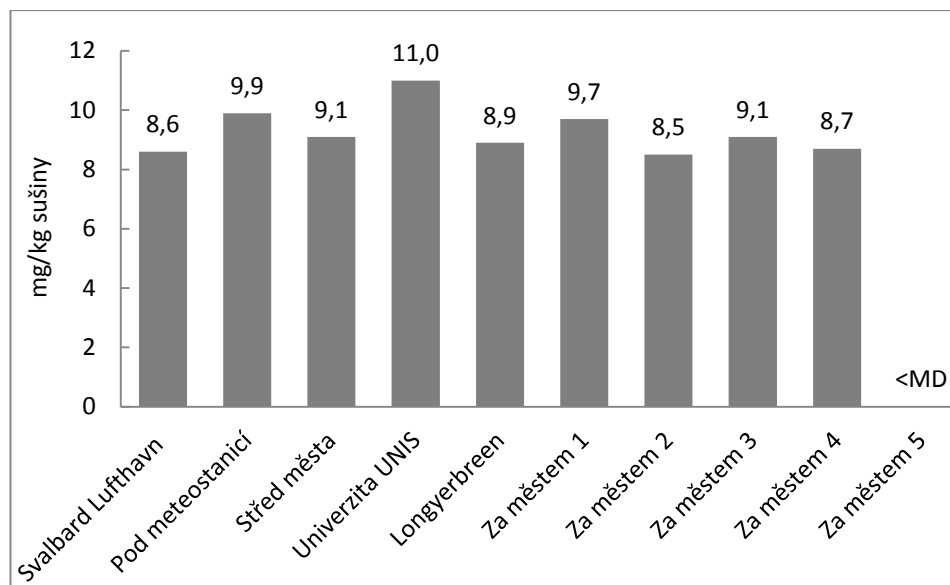




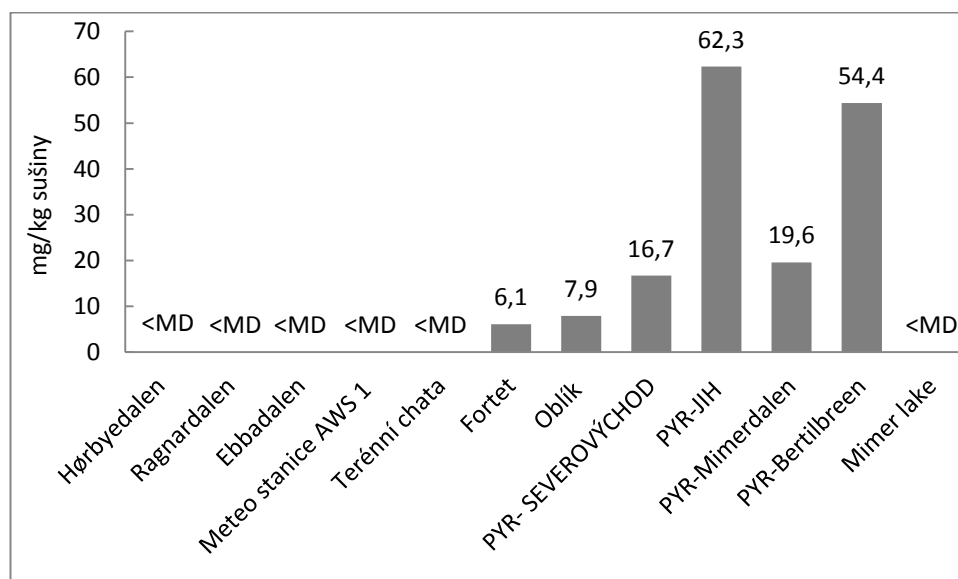
**Obr. 13 Obsah kadmia v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

#### 4.2.2 Chrom

Koncentrace chromu v houbách na studovaném místě Longyearbyen je zastoupen na všech zkoumaných místech. Nejvyšší koncentrace byla zaznamenána u Univerzity UNIS (11 mg/kg), která leží u centra města. Centrum města vykazuje téměř shodné hodnoty koncentrace. Sběr hub, který byl uskutečněn za městem má totožné koncentrace chromu. Nejvzdálenější lokalita od města Longyearbyen vykazuje koncentraci pod hranici detekce přístroje. Koncentrace chromu v zájmové lokalitě Petuniabukta je pod mezí detekce přístroje (6 mg/kg). Lokalita Fortet (6,1 mg/kg) byla na hranici detekce přístroje. Okolí bývalého města Pyramiden byla koncentrace nejvyšší s hodnotou 62,3 mg/kg sušiny.



**Obr. 14 Obsah chromu v houbách v oblasti Longyearbyen**

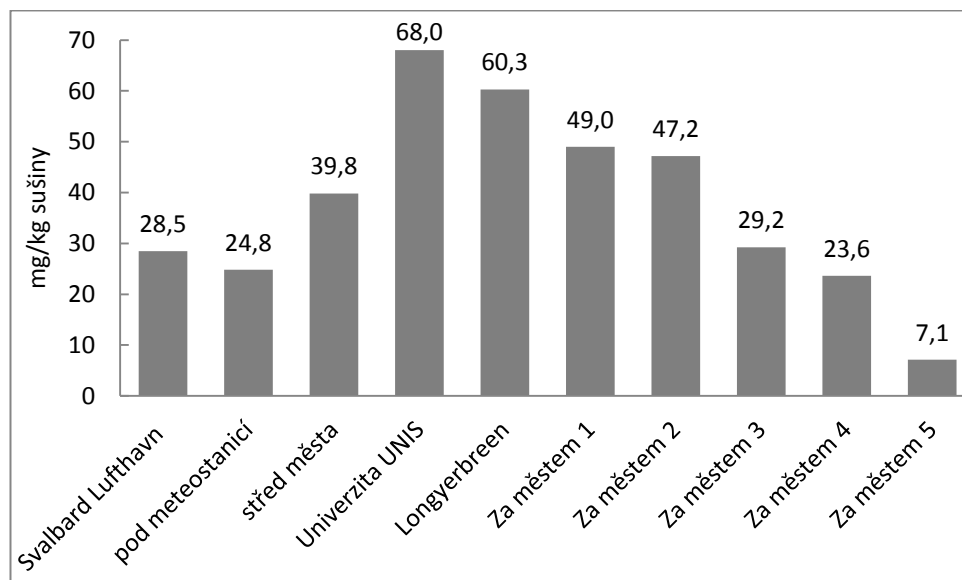


**Obr. 15 Obsah chromu v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

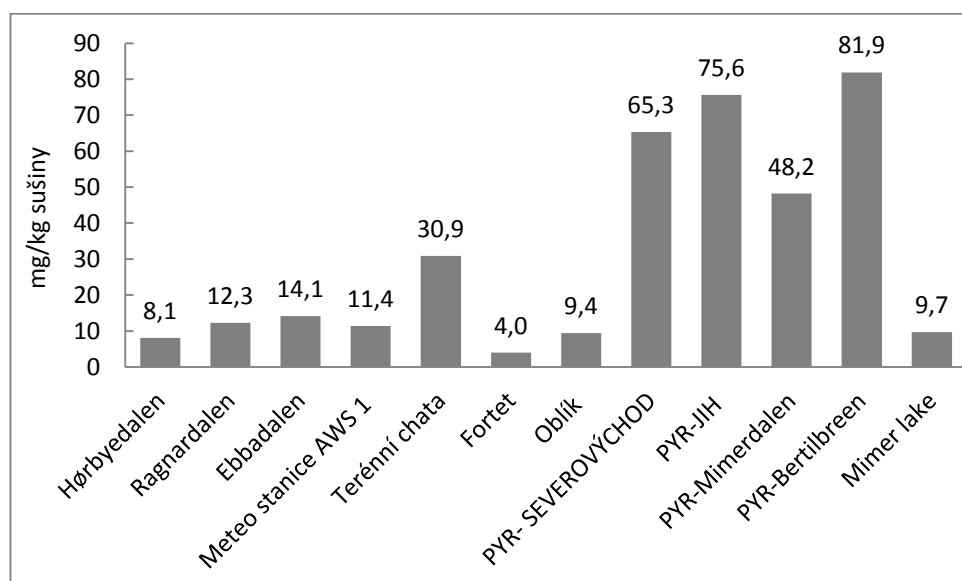
#### 4.2.3 Měď

Na lokalitě Longyearbyen byla koncentrace mědi zaznamenána na všech studovaných místech. Nejvyšší akumulace byla naměřena u Univerzity UNIS (68,0 mg/kg) a u ledovce Longyearbreen (60,3 mg/kg). Koncentrace mědi se snižuje směrem za město Longyearbyen. Nejnižší koncentrace v okolí Longyearbyen byla zaznamenána v nejvzdálenějším odběrovém místě Za městem 5. V oblasti Petuniabukta jsou nízké koncentrace mědi naměřeny v okolí ledovcových údolí, dále

pak v místě Fortet a Oblík. Vysoké koncentrace (81,9 mg/kg) jsou naměřeny v okolí bývalého ruského města Pyramiden. Snižující obsah mědi byl zaznamenán na odběrovém místě PYR-Mimerdalen (48,2 mg/kg) a Mimer lake (9,7 mg/kg).



**Obr. 16 Obsah mědi v houbách v oblasti Longyearbyen**

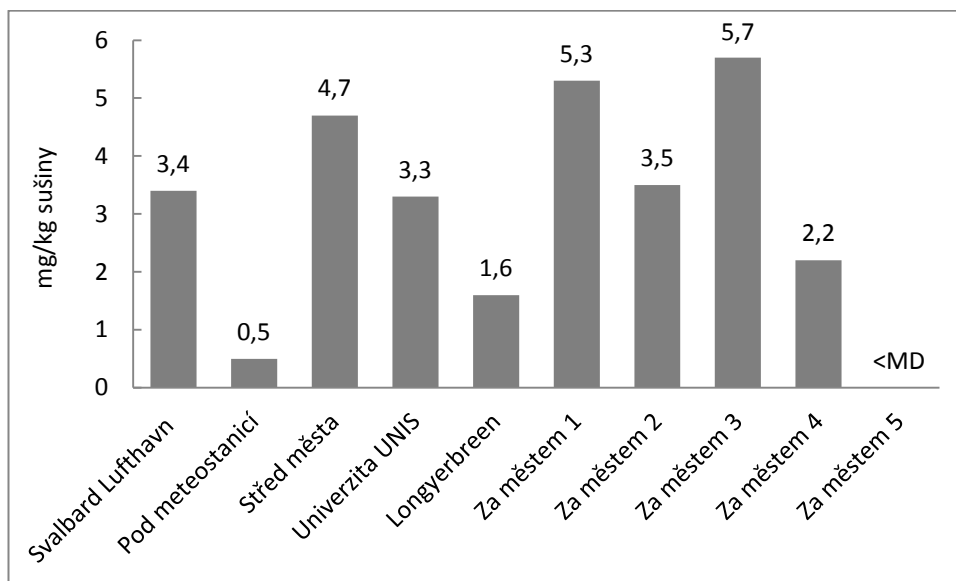


**Obr. 17 Obsah mědi v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

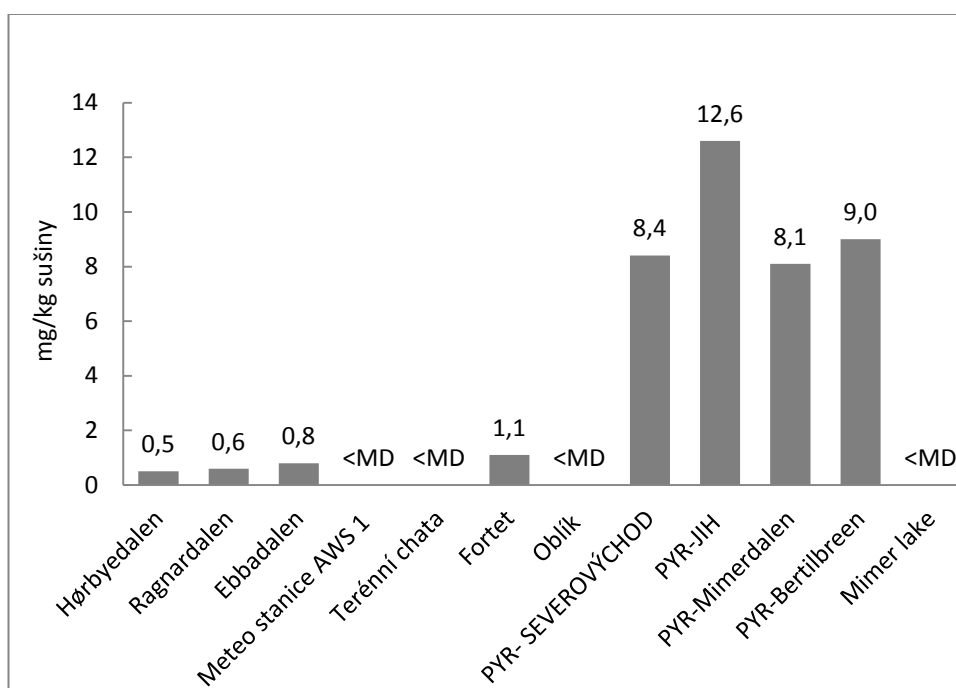
#### 4.2.4 Nikl

Koncentrace niklu v houbách odebraných na zájmovém území Longyearbyen jsou přítomny od lokality Svalbard Lufthavn až do místa odběru Za městem 4.

Nejvyšší koncentrace niklu se pohybuje mezi 5-6 mg/kg sušiny. Pouze nejvzdálenější sběr je pod mezí detekce přístroje. Koncentrace niklu v zájmovém území Petuniabukta jsou většinou na hranici detekce přístroje (0,5 mg/kg). Nejblíže oblast bývalého těžebního města Pyramiden je zatížena nejvíce obsahem mědi 12,6 mg/kg sušiny. Nejvzdálenější sběr Mimer lake, který leží jihozápadním směrem je pod mezí detekce přístroje.



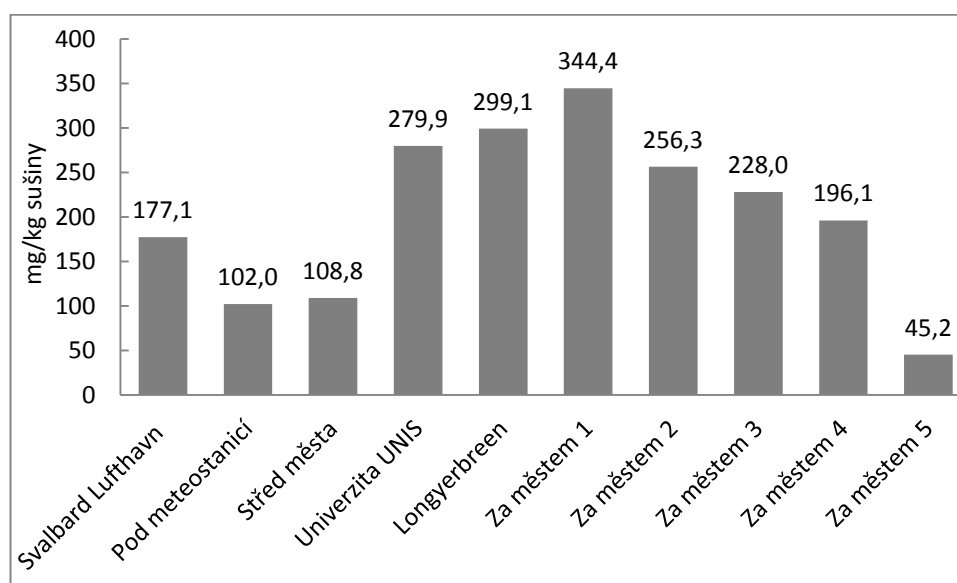
**Obr. 18 Obsah niklu v houbách v oblasti Longyearbyen**



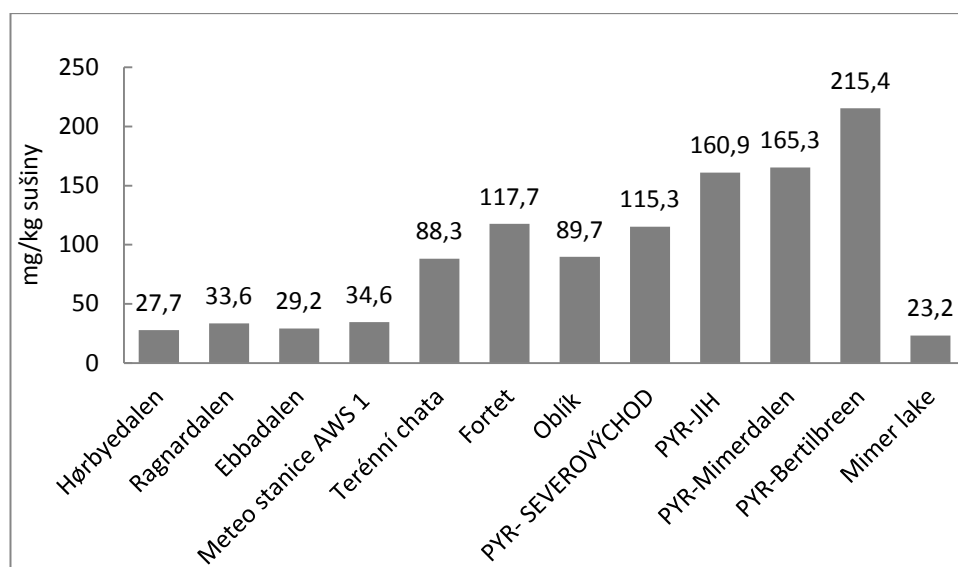
**Obr. 19 Obsah niklu v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

#### 4.2.5 Zinek

Obsah zinku v Longyearbyen byl nalezen ve všech vzorcích hub. Nejvyšší koncentrace byla naměřena na odběrném místě Za městem 1, kde byla koncentrace 344,4 mg/kg sušených hub. Nejvyšší obsahy v houbách byly naměřeny okolo centra města. Snižující trend je na lokalitách Za městem. Nejvzdálenější lokalita má obsah zinku 45,2 mg/kg sušiny. V oblasti Petuniabukta jsou koncentrace nižší, než na předešlé lokalitě. Obsah zinku má zde zvyšující tendenci od sběrného údolí Hørbyedalen až k městu Pyramiden. Opuštěné město vykazuje nejvyšší koncentraci zinku s nejvyšší naměřenou hodnotou 215,4 mg/kg. Nejnižší koncentraci zinku houby akumulovaly v oblasti Mimer lake (23,2 mg/kg).



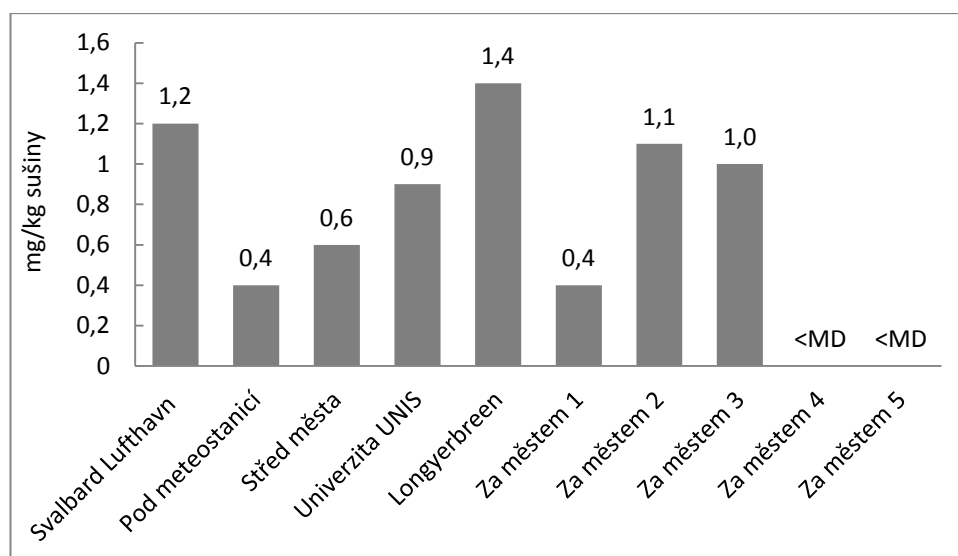
**Obr. 20 Obsah zinku v houbách v oblasti Longyearbyen**



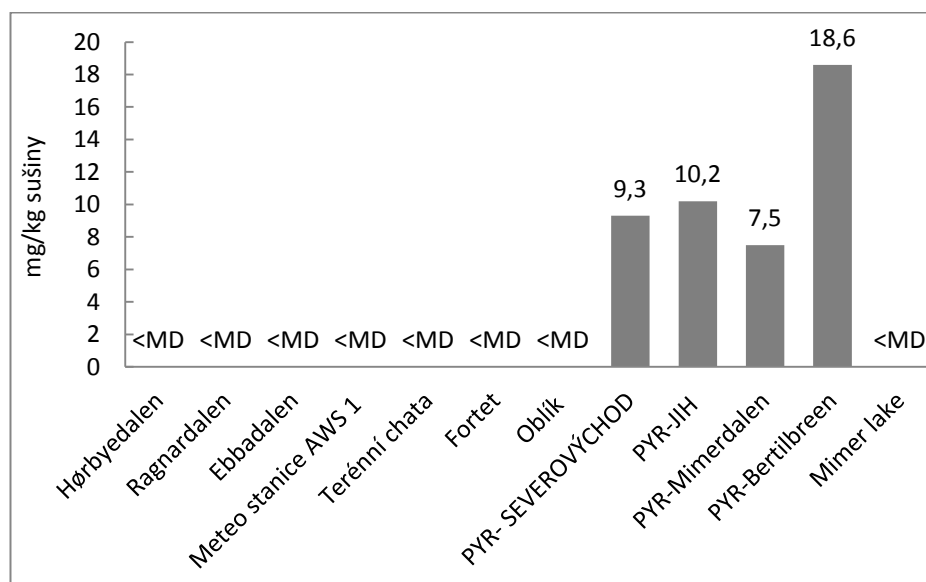
**Obr. 21 Obsah zinku v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

#### 4.2.6 Olovo

Koncentrace olova v houbách na lokalitě Longyearbyen jsou nízké. Nejvyšší obsah byl naměřen u ledovce Longyearbreen (1,4 mg/kg). Nejnižší obsah olova byl naměřen na lokalitách Pod meteostanicí a Za městem 1, kde byly koncentrace shodně na mez detekce přístroje. Místa v okolí Petuniabukta jsou pod mezí detekce přístroje, proto nelze jednoznačně prokázat jeho obsah. Pouze oblast okolo města Pyramiden je zatížena olovem. Nejvyšší obsah byl zaznamenán s hodnotou 18,6 mg/kg sušiny. Okolí jezera Mimer lake (jihozápadní směr) je pod mezí detekce přístroje.



**Obr. 22 Obsah olova v houbách v oblasti Longyearbyen**



**Obr. 23 Obsah olova v houbách v oblasti zátoky Petuniabukta**

## 5. Diskuze

Diskuze je rozdělena do dvou navazujících částí první část se věnuje relativní četnosti a směru větru a druhá těžkým kovům.

### Relativní četnosti a směry větru

#### **Petuniabukta**

Relativní četnost směru větru naměřená v oblasti Petuniabukta byla v letním období červen-červenec 2013 a 2014 nejčastěji jižní, severovýchodní a západní. Totožné výsledky relativní četnosti směru větru v letním období byly popsány v letech 2009 a 2010 (Láska *et al.* 2012). Tento směr převládající směru větru odpovídá ose fjordu Billefjorden. Topografie v oblasti Petuniabukta a směry převažujícího přízemního větru odpovídá údolím Ragnardalen, Ferdinanddalen a Ebbadalen a navazujícím ledovcům. Chladný vzduch klesá údolními z ledovcové oblasti (Lomonosovfonna) do údolí Petuniabukta, který dál proniká do fjordu (Bednorz a Kolendowicz 2010). Západní směr větru a rychlost větru nebyl četný z důvodu blokace horskými masivy Pyramiden a Mumien. Obdobné výsledky zaznamenal také Láska *et al.* (2012) ve své studii.

Rychlosti větru v letním období 2013 a 2014 byly v Petuniabukta velmi podobné, přesahovaly přes 4 m/s ze severovýchodu a jihozápadu. Výzkum Láska *et al.* (2012) naměřil průměrné rychlosti větru ze směru jihozápad 2,8 m/s a severozápad 2,8 m/s. Studie provedená v letním období 2000-2003 na protějším břehu zátoky Petuniabukta ukázala, že nejsilnější vítr převládal ze severu a nepřesáhl 8 m/s. Průměrná rychlost větru byla 4 m/s. Rachlewicz a Szczuciński (2008) zjistili, že převládající směr větru byl z jihu a východu. Analýza rychlosti větru v Petuniabukta v letech 2000 a 2001 ukázala, že v roce 2000 byla naměřena hodnota 4,1 m/s a v roce 2001 3,7 m/s. Relativní četnost směru větru byla z východu a severu (Rachlewicz 2003).

Relativní četnost jednotlivých směru větru za období 1.1. 2013 až 31.7. 2014 byl severní, menší zastoupení z jihu. Letní období 2013 a 2014 měl přesně opačný směr větru. Dominantní frekvence směru větru byla jižní a menší zastoupení bylo ze severu. Rychlost větru dosahovala mezi 4-5 m/s. Hodnota byla shodná ve všech sledovaných obdobích.



## Longyearbyen

Relativní četnost větru v letních měsících červen-červenec 2013 a 2014 byla naměřena na stanici Svalbard Lufthavn u Longyearbyen jihozápadní a západní. Směry větru na západním pobřeží Svalbard jsou ovlivněny místní topografií, proto nelze analyzovat místa, které se od sebe výrazně liší (Przybylak a Aražny 2006). Hall *et al.* (2002) zjistil, že převažující směr větru v letním období byl jižní a jihovýchodní. V roce 2001, byl převažující směr na stanici Svalbard Lufthavn jihozápadní (Bruland *et al.* 2004). Během zatmění Slunce 1. srpna 2008 byl ve městě Longyearbyen zjištěn směr severozápadní, s rychlostí 3-4 m/s (Humlum 2008). Nejvyšší rychlost větru v letním období 2013 byla mezi 6-7 m/s. Rok 2014 měl nejvyšší dosaženou rychlost větru v rozmezí 5-6 m/s.

Relativní četnost větru v období od 1. 1. 2013 do 31.7. 2014 měla převládající směr jihovýchodní a jihozápadní. V letech 1975 až 2000 byl průměrný roční směr větru na stanici Svalbard Lufthavn u Longyearbyen jihovýchodní a východní (Przybylak a Aražny 2006, Bednorz a Kolendowicz 2013). Počasí v Isfjorden ovlivňuje západní směr proudění vzduchu (Bednors *et al.* 2014).

Srovnání relativní četnosti větru v letním období (červen-červenec) 2013 a 2014 ukázala, že nejvyšší frekvence směru větru byla jihozápadní a západní, devatenáctiměsíční měření ukázala jihovýchodní směr. Rychlost větru za období 1. 1. 2013 do 31.7. 2014 byla vyšší o 1 m/s, než v letních měsících.

Mnoho autorů se zaměřilo především na analýzy provedené v letních měsících, protože většina terénních prací se provádí v tomto ročním období. (Przybylak a Aražny 2006).

## Pyramiden

Relativní četnost větrů v letním období 2013 a 2014 měla směr jihovýchodní a severozápadní. Směr odpovídá ledovcovému údolí Bertilbreen a dále pokračoval do fjordu Billefjorden. Rychlosti větru v letním období 2013 a 2014 byly přibližně stejné. Vyšší rychlosti v průměru 1 m/s byly zaznamenány v roce 2013. Převažující směr větru v Pyramiden byl za období 1.1. 2013 až 31.7. 2014 severozápadní a severovýchodní.

Srovnání relativní četnosti větru v letním období (červen-červenec) 2013, 2014 a devatenáctiměsíční měření ukázalo, že směr větru byl v létě hlavně

jihovýchodní. Dlouhodobější měření ukázalo, že směr větru byl severozápadní. Rychlost větru za období 1. 1. 2013 do 31.7 2014 byl rychlejší o 1 m/s.

Automatická stanice v Pyramiden je spravována norským meteorologickým institutem. Meteorologická stanice je v provozu od roku 2013 a doposud z této stanice nebylo publikováno žádné měření.

## **Těžké kovy**

### **Petuniabukta**

Houby z oblasti Petuniabukta (Spitsbergen, vysoká Arktida) měly nejmenší koncentraci těžkých kovů ze všech tří sledovaných lokalit. Obsahy kadmia v houbách byly ve velmi nízkých koncentracích. Většina koncentrací těžkých kovů v zátocě Petuniabukta je na hranici nebo pod hranicí detekce přístroje. Vyšší koncentrace kadmia, chromu, mědi, niklu a zinku byla zaznamenána v místě Fortet a Oblík. Sběrná místa jsou umístěna pod ptačími koloniemi (bazary), kde dochází k vyššímu znečišťování ptačím trusem, který může být příčinou vyšší koncentrace kovů. Studie provedená ve vysoké Arktidě v Kanadě ukázala, že vyšší koncentrace těžkých kovů byly nejbliže ke kolonii a se vzdáleností exponenciálně klesaly (Brimble *et al.* 2009). Skupiny hnízdících ptáků na dálném severu jsou jedním z hlavních ovlivňujících faktorů v této oblasti. Výzkum v Hornsundu (jižní Spitsbergen) ukázal, že trus z ptačí kolonie byl bohatý na makroprvky, které byly nalezeny i ve vyšších rostlinách (Staaland *et al.* 1998). Koncentrace těžkých kovů byly vyšší, než na místech, kde kolonie ptáků nejsou. Tento efekt je omezen na nejbližší okolí kolonie hnízd (Godzik 1991).

V oblasti Petuniabukta nelze u hub jednoznačně prokázat zatížení chromem a olovem, jejich koncentrace byly u všech hub pod hranicí detekce přístroje. Mez detekce u zvolené analýzy byla stanovena na 6 mg/kg u chromu a 0,3 mg/kg sušiny u olova. Candelone *et al.* (1994) našel ještě o řád nižší koncentrace chromu ve sněhu a ledu v Grónsku. Koncentrace chromu se zvyšují v důsledku průmyslového rozvoje. Chrom a jeho sloučeniny se do prostředí dostávají antropogenním zdrojem např. emisemi z průmyslu nebo spalovacími procesy (Bojanowska 2002). Atmosféra se stala hlavní cestou dálkového přenosu do různých ekosystémů (Bielicka *et al.* 2005). Studie provedená v ruské Arktidě došla k opačnému závěru, zjistila nízké koncentrace olova, kde nelze rozeznat přirozené geochemické pozadí od menších

lokálních ložisek rud. Obecně lze říci, že neexistuje žádný důkaz o vlivu vzdálených průmyslových regionů (Zhulidov *et al.* 1997).

Obsah mědi v houbách byl měřitelný ve všech sledovaných vzorcích. V okolí ledovců byly naměřeny podobné koncentrace tohoto kovu. Sběr provedený u terénní chaty vykazoval zvýšenou hodnotu mědi. Přisuzuji to dlouholetému vyššímu využívání chaty a lokálnímu znečištění.

Koncentrace niklu v houbách je velice nízká. Naměřené hodnoty v houbách byly na mezi detekce přístroje. Proto nelze jednoznačně potvrdit znečištění tímto kovem. Obsahy mohou být přirozeně se vyskytující v dané lokalitě, jelikož se jedná o jeden z nejrozšířenějších kovů na Zemi (Nikel a Cempel 2006).

Obsah zinku na lokalitě Petuniabukta byl zaznamenán ve všech sběrech hub. Koncentrace v houbách v okolí ledovců dosahovaly hodnoty okolo 30 mg/kg sušiny. Vzorky hub u terénní chaty vykazují vyšší hodnotu okolo 88,3 mg/kg sušených hub. Zinek je široce distribuován v zemské kůře, nejčastěji ve spojení s kadmíem (Marcy 2005). Proto se domnívám, že tyto nízké koncentrace se mohou považovat za přirozené pozadí kovu.

### **Longyearbyen**

Obsah kadmia ve vzorcích hub byl nejvyšší na lokalitě Střed města (14,5 mg/kg). Okolní lokality, kde byly sebrány houby, vykazovaly obdobné hodnoty. Vysoká koncentrace kadmia, niklu, olova, mědi a zinku byla naměřena v půdě u dolu u města Zacatecas, kde obsahy dosahovaly vysokých hodnot (González a Cháves-González 2005). Koncentrace byly o řád vyšší, než v houbách v Longyearbyen. Pozoruhodné výsledky byly zveřejněny ve Švédsku, kde nebyl nalezen žádný významný rozdíl v obsahu kadmia mezi herbářovými položkami hub za období 1890-1926 a vzorky z roku 1970 (Kalač a Svoboda 2000). V Grónsku zjistili, že na konci 19. a na počátku 20. století byly koncentrace olova 5-10 krát vyšší než v předindustriální době a 2-5 krát vyšší, než v posledních desetiletích (McConnell a Edwards 2008).

Obsahy chromu v houbách byly nejvyšší na sběrném místě Univerzita UNIS, koncentrace dosahovala 11 mg/kg sušiny. Okolní lokality ve městě měly podobné koncentrace chromu. Provedená studie z fjordu Kongsfjorden (Svalbard) ukázala, že chrom v sedimentu byl zastoupen v minimálním množství (Lu *et al.* 2013). Grotti *et*

*al.* (2013) potvrzuje nízké koncentrace ve fjordu Kongsfjorden a hodnotí antropogenní vliv stopových prvků ve zkoumané oblasti jako zanedbatelný.

V blízkosti hlavního města Longyearbyen byla koncentrace mědi v houbách nejvyšší v okolí Univerzity UNIS (68 mg/kg). Sběry hub v okolí vykazovaly podobné koncentrace mědi. V nedalekém regionu Hornsund byly naměřeny koncentrace mědi, kadmia, niklu, zinku a olova v mechu. Obsahy olova a zinku byly několikanásobně nižší, než ve Švédsku, na Islandu a Grónsku. Koncentrace mědi v mechu ze souostroví Svalbard byly srovnatelné se Švédskem a cca třikrát nižší, než koncentrace na Islandu a Grónsku. (Grodzinska a Godzik 1991).

Houby v oblasti Longyearbyen akumulovaly nejvíce nikl na lokalitách Za městem. Nejvyšší koncentrace niklu byla zjištěna na lokalitě Za městem 3. V průběhu šedesáti let těžby v severozápadním Rusku byla koncentrace niklu v jezerním sedimentu cca šestkrát vyšší, než v jiných jezerních biotopech (Dauvalter 2003).

Koncentrace zinku v okolí hlavního města se pohybovala v širokém rozmezí obsahu prvku v houbách. Nejvyšší byla okolo centrální části města a dále za městem se koncentrace v houbách snižovala. Největší přísun polutantů zinku se do Arktidy dostává ze Severní Ameriky a Tajmyrské Sibiře (poloostrov Kola), kde jsou metalurgické komplexy na tavení zinku a dalších kovů. Studie provedená v Arktidě ukázala, že největší koncentrace zinku je v lišejnících, které jsou unikátním zdrojem píce pro většinu sobů v Arktidě (Norheima *et al.* 1992). Bioakumulace těžkých kovů v tělech zvířat byla zkoumána na sobech a ledních medvědech na Svalbardu. Výzkumy zjistily vysoké koncentrace těžkých kovů v játrech a ledvinách těchto živočichů (Norheima *et al.* 1992).

Obsah olova v houbách byl naměřen ve všech sběrech v blízkosti města Longyearbyen. Nejvyšší koncentrace v houbách byla naměřena před ledovcem Longyearbreen (1,4 mg/kg sušiny). Těžba v Maarmorlik (centrum západního Grónska) byla ukončena před 17 lety. Provedená studie našla vysoké koncentrace olova, kadmia a zinku ve svrchní části půdy (Penera *et al.* 2010). Naopak v jižní Skandinávii zjistili vysoké koncentrace olova, ačkoliv zde není žádný průmysl. Pravděpodobně se jedná o přes hraniční transport emisních zdrojů z Evropy (Harmens *et al.* 2004).

## Pyramiden

V okolí bývalého těžebního města Pyramiden byly koncentrace kadmia v houbách cca patnáctkrát vyšší, než v nedaleké zátocce Petuniabukta. Nejvyšší hodnota se pohybuje okolo 23,8 mg/kg sušiny. Vysoké koncentrace kadmia jsou také známé z Kanadské Arktidy, kde obsah kadmia, zinku, niklu a chromu byl daleko vyšší, než u rostlin (Braune *et al.* 1999). Studie ze západního Ruska popisuje, že některé druhy hub mají vysokou selektivní schopnost poutat kadmium i přes nízké koncentrace v substrátu (Koroleva *et al.* 2014). Vysoká míra antropogenního znečištění přispívá k vyšší akumulaci těžkých kovů (Kalač 2010).

Obsahy chromu v houbách v blízkosti města Pyramiden byly značně vysoké. Nejvyšší naměřená hodnota v houbách byla 62,3 mg/kg sušiny. Plošné znečištění těžkými kovy okolo průmyslové oblasti bylo zjištěno severně od polárního kruhu (poloostrov Kola), kde hlavním znečišťovatelem byl místní průmysl (Åyräsa *et al.* 1999).

Koncentrace mědi v houbách na lokalitě Pyramiden dosahovala nejvyšší hodnoty 81,9 mg/kg sušených hub. Nejnižší hodnota byla naměřena u jezera Mimer lake (9,7 mg/kg sušiny), které leží cca 5 km od města. V okolí důlní a hutní oblasti v Kanadě byly zjištěny vysoké koncentrace niklu a mědi v půdě a vegetaci do vzdálenosti 1,1 km od bodu znečištění. Obsahy kovů se snižovaly ve směru převládajících větrů od huti (Huchinson a Whitby 2009).

Znečištění niklem a mědi v huti Monchengorsk (poloostrov Kola) má za následek významné změny rostlinných společenstev v okolí cca 3-8 km od zdroje znečištění (Zobel *et al.* 1999). Těžké kovy v průmyslových oblastech jsou doprovázeny zvýšenou kyselostí, která zvyšuje mobilitu kovů a tím dostupnost pro rostliny a houby (Punz a Sieghart 1993). Emise z huti v Monchengorsk má za následek vyšší koncentrace mědi, niklu a dalších kovů, které byly detekovány ve změně složení vegetace ve vzdálenosti 50 km ve směru převládajících větrů (Lindroos *et al.* 1998).

Houby akumulovaly nikl ve všech sledovaných vzorcích. Nejvyšší akumulace byla naměřena na sběrném místě PYR-JIH, kde obsah niklu dosáhl 12,6 mg/kg sušiny. Okolní lokality měly podobné koncentrace niklu (8,1-9,0 mg/kg sušiny). V severozápadním Rusku (Zapoljarnij) monitorovali nikl, kde nejvyšší obohacení bylo v půdě a ve vzduchu v blízkosti průmyslové oblasti (Volden *et al.* 1997). Houby na hranici tajgy a tundry (Monchengorsk poloostrova Kola) byly v okolí huti

nevhodné k lidské spotřebě. Příčinou byla zvýšená koncentrace niklu emisemi z hutního prachu. Obsahy byly 40 krát vyšší než přirozené pozadí (Barcan *et al.* 1998).

Obsah zinku v bývalém ruském městě Pyramiden byl naměřen ve všech sběrech hub. Nejvyšší koncentrace vykazovaly vzorky hub ve sběru PYR-Bertilbreen (sever) s obsahem 215,4 mg/kg sušiny. Nejnižší koncentraci vykazovaly vzorky hub PYR- SEVEROVÝCHOD 160,9 mg/kg sušených hub. V okolí Murmansk (poloostrov Kola) byl naměřen vysoký rozdíl mezi geochemickým pozadím a znečištěnými místy (Äyräsa *et al.* 1999). Hodnoty těžkých kovů dosahovaly vyšších koncentrací než v Pyramiden.

V okolí města Pyramiden byly koncentrace olova v houbách naměřeny ve všech sběrech hub. Nejvyšší koncentrace olova byla ve vzorcích z lokality PYR-Bertilbreen 18,6 mg/kg sušiny. Vyšší koncentrace olova byly nalezeny u města Faro (Ykon, Kanada), kde po dobu 30 let probíhala důlní těžba. Odebrané rostliny vykazovaly vyšší koncentrace olova v blízkosti těžebního místa. Obsahy mědi a kadmia byly vyšší ve vzdálenějších místech, kde olovo nebylo detekováno (Pugha *et al.* 2002). Koncentrace olova v jiho-centrálním Grónsku ukázaly, že obsah olova byl dvojnásobně vyšší za dob, kdy se používalo olovo v benzínu ve srovnání s érou 1960 a počátkem 20. století. Studie naznačuje, že olovnatý benzín byl hlavním zdroj v Arktidě (McConnell a Edwards 2008).

Znečišťující látky v odlehlé a nedotčené Arktidě jsou vysvětlovány dlouhým doletem kontaminantů z více znečištěných oblastí (Miljeteig a Gabrielsen 2009). Identifikovatelná dopravní cesta polutantů je z atmosféry, mořských proudů, velkých arktických řek a migrace bioty. Lokální zdroje mohou mít také důležitou roli na činnost ekosystému (Wit *et al.* 2004). Lokální zdroje znečištění na Svalbard mohou pocházet z hornické činnosti, hornických osad a cestovního ruchu. Zmíněné aktivity způsobují uvolňování těžkých kovů v důsledku těžby a nesprávné likvidace polychlorovaných bifenyly (Lundkvist *et al.* 2008).

Monitoring znečišťujících látek, především těžkých kovů, je sledován v Zappelin atmosférické výzkumné stanici (Ny-Alesund, Svalbard). Studie ukázala,

že těžké kovy (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, V, As) jsou přítomny v aerosolech a nemají klesající tendenci kromě niklu, který se za poslední desetiletí snižuje. Výsledky studie korelují s národními a mezinárodními právními předpisy (Berg *et al.* 2004).

## 6. Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit převládající směry větru a rychlosti větru v arktickém souostroví Svalbard (Spitsbergen) v oblastech: Petuniabukta, Pyramiden, Longyearbyen. Bylo prokázáno, že povětrnostní podmínky v centrální části Svalbardu se liší v letním období a v celoročním měření. Rychlosti větru byly vyšší v letním období než v devatenáctiměsíčním měření.

Dalším cílem práce bylo stanovit obsah vybraných těžkých kovů (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn a Pb) v plodnicích *Cortinarius obtusus* (pavučinec tupý), na výše uvedených lokalitách. Odběr vzorků probíhal jednorázovým sběrem hub. Vzorky byly zpracovány v laboratoři metodou atomové absorpční spektrofotometrie. Obsahy těžkých kovů se lišily mezi lokalitami.

Antropogenní znečištění oblasti Petuniabukta je velice zanedbatelné. Naměřené hodnoty byly ve velmi nízkých koncentracích, proto lze tuto lokalitu prohlásit za neznečištěnou těžkými kovy. Houby z okolí hlavního města Longyearbyen vykazovaly vyšší koncentrace všech kovů. Lokalita je hodnocena, jako znečištěná. Koncentrace těžkých kovů v nejbližším okolí bývalého ruského města Pyramiden vykazovaly vysoké obsahy všech sledovaných kovů, proto lze tuto oblast označit jako velice znečištěnou těžkými kovy.

Arktické oblasti jsou ekosystémy naší planety, kde probíhají nejvýraznější a nejrychlejší změny v souvislosti s probíhajícími globálními změnami prostředí. V nastávajících 100 letech se projeví v celé Arktidě dramatické změny, které změní přírodní, sociální i ekonomické poměry celé této oblasti. Proto je velmi důležité se z dlouhodobého hlediska polárními oblastmi zajímat.



## 7. Reference

- Allan, R. (1997): Mining and metals in the environment. *Journal of Geochemical Exploration*. 58: 95–100 pp.
- Ambrožová, K. (2013): Teplotní stratifikace atmosféry v zátocce Petunia, souostroví Svalbard. Bakalářská práce. Geografický ústav Masarykova univerzita. 57 pp.
- Antonín, V. (2006): Encyklopedie hub a lišejníků. Academia. 472 pp.
- Arlov, T. B. (1994). A short history of Svalbard. Oslo: Norwegian Polar Institute. 95 pp.
- Äyräsa, M., Niskavaara, H., Bogatyrev, I., Chekushin, V., Pavlov, V., Caritad, P., Halleraker, J. H., Finned, T. E., Kashulin, G., Reimann, C. (1997): Regional patterns of heavy metals (Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V and Zn) and sulphur in terrestrial moss samples as indication of airborne pollution in a 188, 000 km<sup>2</sup> area in northern Finland, Norway and Russia. *Journal of Geochemical Exploration*. 58(2-3): 269–281 pp.
- Barcan, V. Sh., Kovnatsky, E. F., Smetannikova, M. S. (1998): Absorption of Heavy Metals in Wild Berries and Edible Mushrooms in an Area Affected by Smelter Emissions. *Water, Air, and Soil Pollution*. 103(1-4): 173–195 pp.
- Bednorz, E., Kaczmarek, D., Dudlik, P. (2014): Atmospheric conditions governing anomalies of the summer and winter cloudiness in Spitsbergen. *Theoretical and Applied Climatology*. Online publication date: 19-Dec-2014.
- Bednorz, E., Kolendowicz, L. (2010): Summer 2009 thermal and bioclimatic conditions in Ebba Valley, central Spitsbergen. *Polish Polar Research*. 31(4): 327–348 pp.
- Bednorz, E., Kolendowicz, L. (2013): Summer mean daily air temperature extremes in Central Spitsbergen. *Theor Appl Climatol*. 113: 471–479 pp.

- Berg, T., Kallenborn, R., Manø, S. (2004): Temporal Trends in Atmospheric Heavy Metal and Organochlorine Concentrations at Zeppelin, Svalbard. Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 36(3): 284–291.
- Berner, J., Callaghan, T. V., Huntington, H., Instanes, A., Loeng, H., Nuttall, M., *et al.* (2005): Arctic: Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). Cambridge University Press. 1042 pp.
- Bielicka, A., Bojanowska, I., Wiśniewski, A. (2005): Two Faces of Chromium - Pollutant and Bioelement. Polish Journal of Environmental Studies. 14(1):5–10 pp.
- Bojanowska, I. (2002): Recovery of chromium from sludge formed after neutralization of chromic wastewater. Polish Journal of Environmental Studies. 11(2): 117 pp.
- Brandrud, T. E. (1992): Subgenus *Sericeocybe* Orton and Subgenus *Telamonia* (Fr.) Loudon. In: Hansen, L., Knudsen, H. 1992 (ed.): Nordic Macromycetes vol. 2. Nordsvamp, Copenhagen. 297–306 pp.
- Braune, B., Muir, D., March, B., Gamberg, M., Poole, K., Currie, R., Dodd, M., Duschenko, W., *et al.* (1999): Spatial and temporal trends of contaminants in Canadian Arctic freshwater and terrestrial ecosystems: a review. The Science of the Total Environment. 230: 145–207 pp.
- Brimble, S. K., Foster, K., Mallory, M., Macdonald, R., Smol, J., Blais, J. (2009): High arctic ponds receiving biotransported nutrients from a nearby seabird colony are also subject to potentially toxic loadings of arsenic, cadmium, and zinc. Environmental Toxicology and Chemistry. 28(11): 2426–2433 pp.
- Bruland, O., Liston, G. E., Vonk, J., Sand, K., Killingtveit, A. (2004): Modelling the snow distribution at two high arctic sites at Svalbard, Norway, and at an alpine site in central Norway. Nordic Hydrology. 35(3): 191–208 pp.
- Bruland, O., Liston, G. E., Vonk, J., Sand, K., Killingtveit, Å. (2004): Modelling the snow distribution at two high arctic sites at Svalbard, Norway, and at an alpine site in central Norway. Nordic Hydrology. 35(3): 191–208 pp.

- Candelone, J. P., Hong, S., Boutron, C. F. (1994): An improved method for decontaminating polar snow or ice cores for heavy metal analysis. *Analytica Chimica Acta*. 299(1): 9–16 pp.
- Carlsen, T., Eidesen, P. B., Høiland, K., Jenssen, K. M. (2013): *Sopp på Svalbard*. Imprintforlaget AS (v norštině). 168 pp.
- Dallinger, R. (1994): Invertebrate organisms as biological indicators of heavy metal pollution. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 48(1): 27–31 pp.
- Dauvalter, V. (2003): Impact of mining and refining on the distribution and accumulation of nickel and other heavy metals in sediments of subarctic Lake Kuetsjärvi, Murmansk Region, Russia. *Journal of Environmental Monitoring*. 5: 210–215 pp.
- Dowdall, M., Vicat, K., Frearson, I., Erland, S., Lind, B., Shaw, G. (2004): Assessment of the radiological impacts of historical coal mining operations on the environment of Ny-Ålesund, Svalbard. *Journal of Environmental Radioactivity*. 71(2): 101–114 pp.
- Edmunds, D. (2009): *Spitsbergen*. Brand Chalfont St. Peter. 246 pp.
- Elster, J., Rachlewicz, G. (2012): Petuniabukta, Billefjorden in Svalbard: Czech–Polish long term ecological and geographical research. *Polish Polar Research*. 33(4): 289–295 pp.
- Evenseta, A., Christensena, G. N., Skotvolda, T., Fjeldb, E., Schlabach, M., Wartenaar, E., Gregora, D. (2004): A comparison of organic contaminants in two high Arctic lake ecosystems, Bjørnøya (Bear Island), Norway. *Science of The Total Environment*. 318(1-3): 125–141 pp.
- Førland, E. J., (2009). *Climate development in North Norway and the Svalbard region during 1900–2100*. Tromsø: Norsk Polar institut. 128: 44 pp.
- Førland, E. J., Hanssen-Bauer, I. (2000): Increased precipitation in the norwegian arctic: True or false?. *Climatic Change*. 46: 485–509 pp.
- Garnica, S., Weiß, M., Oertel, B., Oberwinkler, F. (2005): A framework for a phylogenetic classification in the genus *Cortinarius* (*Basidiomycota*,

- Agaricales*) derived from morphological and molecular data. *Canadian Journal of Botany*. 83(11): 1457–1477 pp.
- Gerland, S., Winther, J. G., Orbeak, J. B., Liston, G. E., Oritsland, N. A., Blanco, A., Ivanov, B. (1999): Physical and optical properties of snow covering Arctic tundra on Svalbard. *Hydrological Processes*. 13: 2331–2343 pp.
- Godzik, B. (1991): Heavy metals and macroelements in the tundra of southern Spitsbergen: the effect of little auk *Ale Ale* (L.) colonies. *Polar Research*. 9(2): 12–131 pp.
- González, R. C., González-Chávez, M. C. M. (2005): Metal accumulation in wild plants surrounding mining Wales. *Environmental Pollution*. 144(1): 84–92 pp.
- Grodzinska, K., Godzik, B. (1991): Heavy metals and sulphur in mosses from southern Spitsbergen. *Polar Research*. 9(2): 133–140 pp.
- Grodzinska, K., Godzik, B. (1991): Heavy metals and sulphur in mosses from southern Spitsbergen. *Polar Research*. 9(2): 133–140 pp.
- Grottia, M., Soggiaa, F., Iannia, C., Magia, E., Udisti, R. (2013): Bioavailability of trace elements in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard. *Marine Pollution Bulletin*. 77(1-2): 367–374 pp.
- Gulińska, J., Rachlewicz, G., Szczuciński, W., Barańkiewicz, D., Kózka, M., Bulska, E., Burzyk, M. (2003): Soil Contamination in High Arctic Areas of Human Impact, Central Spitsbergen, Svalbard. *Polish Journal of Environmental Studies*. 12(6): 701–707 pp.
- Hall, C. M., Aso, T., Manson, A. H., Meek, C. E., Nozawa, S., Tsutsumi, M. (2002): High-latitude mesospheric mean winds: A comparison between Tromsø (69°N) and Svalbard (78°N). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012). 108(16): 96–103 pp.
- Harmens, H., Buse, A., Ker, P. B., Norris, D., Mills, G., Bronwen W., Reynolds B., Ashenden, T. W., Ruhling, A., Steinnes, E. (2004): Heavy Metal Concentrations in European Mosses: 2000/2001 Survey. *Journal of Atmospheric Chemistry*. 49: 425–436 pp.

- Hinzman, L. D., Bettez, N. D., Bolton, W. R., Chapin, F. S., Dyurgerov, M. B., Fastie, Griffith, B., Hollister, R. D., Hope, A., Huntington, H. P., Jensen, A. M., *et al.* (2005): Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other Arctic regions. *Climatic Change*. 72: 251–298 pp.
- Holte, B., Dále, S., Gulliksen, B., Naes, K. (1996): Some macrofaunal effects of local pollution and glacier-induced sedimentation, with indicative chemical analyses, in the sediments of two Arctic fjords. *Polar Biology*. 16: 549 pp.
- Humlum, O., Elberling, B., Hormes, A., Fjordheim, K., Hansen, O. H., Heinemeier, J. (2005): Late-Holocene glacier growth in Svalbard, documented by subglacial relict vegetation and living soil microbes. *15(3)*: 396–407 pp.
- Hung, H., Jianmin, M., Tian, Ch., Kellenborn, R. (2011): Revolatilization of persistent organic pollutants in the Arctic induced by climate change. *Nature Climate Change*. 1: 255–260 pp.
- Hutchinson, T. C., Whitby, L. M. (2009): Heavy-metal Pollution in the Sudbury Mining and Smelting Region of Canada, I. Soil and Vegetation Contamination by Nickel, Copper, and Other Metals. *Environmental Conservation*. 1(2): 123–132 pp.
- Chützendübel, A., Polle, A. (2002): Plant responses to abiotic stresses: Heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of Experimental Botany*. 53(372): 1–1365 pp.
- Jaworowski, Z. (1989): Pollution of the Norwegian Arctic: A review Rapportserie. Norsk Polarinstitut. 93 pp.
- Kalač P. (2010): Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000–2009. *Food Chemistry*. 122(2): 15 pp.
- Kalač, P., Svoboda, L. (2000): Review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food chemistry*. 69: 273–281 pp.
- Kalač, P., Svoboda, L., Havlíčková, B. (2004): Contents of detrimental metals mercury, cadmium and lead in wild growing edible mushrooms: a review. *Energy Education Science and Technology*. 13(1): 31–38 pp.

- Kallenborn, R., Breivik, K., Eckhardt, S., Lunder, C. R., Manø, S., Schlabach, M., Stohl, A. (2013): Long-term monitoring of persistent organic pollutants (POPs) at the Norwegian Troll station in Dronning Maud Land, Antarctica. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 13: 6983–6992 pp.
- Klail, R. K, Vlasova, T. J. (1992): Lichens, a unique forage resource threatened by air pollution. *Rangifer*. 12(1): 21–27 pp.
- Koroleva, Y., Vakhranyova, O., Okhrimenko, M. (2014): Accumulation heavy metals by wild mushrooms in West part of Russia (South-Eastern Baltic). 11 pp.
- Láska, K., Witoszová, D., Prošek, P. (2012): Weather patterns of the coastal zone of Petuniabukta (central Spitsbergen) in the period 2008–2010. *Polish Polar Research*. 33(4): 297–318 pp.
- Lindroos, A. J., Derome, J., Niska, K. (1998): The effect of emissions from Cu-Ni smelters at Nikel, NW Russia, on the quality of bulk deposition, stand throughfall and percolation water in four Scots pine stands in northern Norway and Finland. *Chemosphere*. 36: 1101–1106 pp.
- Lu, Z., Cai, J., Wang, J., Yin, Z., Yang, H. (2013): Levels and distribution of trace metals in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard, Norwegian Arctic. *Environmental Geochemistry and Health*. 35(2): 257–269 pp.
- Lundkvist, Q., Pedersen, H. R., Ottesen, R. T., Volden, T., Jartun, M., Gabrielsen, W. G., Skåre, J. U., Kallenborn, R., Ruus A., *et al.* (2008): PCBs in Svalbard, status knowledge and management, April 2008. Governor of Svalbard Sysselmannen. 38 pp.
- Marcy, S. (2005): AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. *Arctic Monitoring and Assessment Programme*. 231 pp.
- March, B. G. E., Wit, C., Muir, D. C. G., Braune, B. B., Gregor, D. J., Norstrom, R. J., Olsson, M., Skaare, J. U., Stange, K. (1998.): Persistent organic pollutants. Chapter 6, in: AMAP assessment report: Arctic pollution issues. *Arctic Monitoring and Assessment Programme*. 183–372 pp.

- McConnell, J. R., Edwards, R. (2008): Coal burning leaves toxic heavy metal legacy in the Arctic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America (PNAS)*. 105(34): 12140–12144 pp.
- Miljeteig, C., Gabrielsen, G. W. (2009): Contaminants in black-legged kittiwake eggs from Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden. *Norwegian Polar Institute*. 14: 28 pp.
- Moser, M. M. (2002): Studies in the North American *Cortinari* VII. New and interesting species of *Cortinarius* subgen. *Telamonia* (*Agaricales*, *Basidiomycotina*) from the Rocky Mountains. *Feddes Repertorium*. 113: 48–62 pp.
- Nikel, G., Cempel, M. (2006): Nickel: A Review of Its Sources and Environmental Toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*. 15(3): 375–382 pp.
- Nilanjana, D., Vimala, R., Karthika, P. (2008): Biosorption of heavy metals—An overview. *Indian Jurnal of Biotechnology*. 7: 159–169 pp.
- Nilson, A., Huntington, H., Wilson, S. *et al.* 2002): Arctic pollution 2002. *Arctic Monitoring and Assessment Programme*. 112 pp.
- Niskansen, T. (2008): *Cortinarius* subgenus *Telamonia* p.p. in North Europe. Department of Biological and Environmental Sciences. University of Helsinki Finland. 33 pp.
- Norheima, G., Skaare, J. U., Wiig, Ø. (1992): Some heavy metals, essential elements, and chlorinated hydrocarbons in polar bear (*Ursus maritimus*) at Svalbard. 77(1): 51–57 pp.
- Øseth, E. (2011): Climate change in the Norwegian Arctic – Consequences for life in the north. *Norwegian Polar Institute Report*. 135 pp.
- Overland, J. E., Wood, K. R., Wang, M. (2011): Warm Arctic - cold continents: Climate impacts of the newly open Arctic Sea. *Polar research*. 30(1): 14 pp.
- Pavel, V. (2012): Mendelova polární stanice. V zemi kamení a chladného slunce. *Vesmír*. 5: 29–31 pp.

- Peintner, U., Moncalvo, J. M., Vilgalys, R. (2004): Toward a better understanding of the infrageneric relationships in *Cortinarius* (*Agaricales*, *Basidiomycota*). *Mycologia*. 96: 1042–1058 pp.
- Penera, K., Leipea, T., Dellwiga, O., Kuijpersb, A., Mikkelsenb, N., Andersenc, T. J., Harffa, J. (2010): Contamination of arctic Fjord sediments by Pb–Zn mining at Maarmorilik in central West Greenland. *Marine Pollution Bulletin*. 60(7): 1065–1073 pp.
- Prach, K., Klimešová, J., Košnar, J., Redcheko, O., Hais, M. (2012): Variability of contemporary vegetation around Petuniabukta, Central Svalbard. *Polish Polar Research*. 33(4): 383–394 pp.
- Prach, K., Košnar, J., Klimešová, J., Hais, M. (2010): High Arctic vegetation after 70 years: a repeated analysis from Svalbard. *Polar Biology*. 33(5): 635–639 pp.
- Przybylak, R., Arażny, A. (2006): Climatic conditions of the north–western part of Oscar II Land (Spitsbergen) in the period between 1975 and 2000. *Polish Polar Research*. 27(2): 133–152 pp.
- Pugha, R. E., Dickb, D. G., Fredeenc, A. L. (2002): Heavy Metal (Pb, Zn, Cd, Fe, and Cu) Contents of Plant Foliage near the Anvil Range Lead/Zinc Mine, Faro, Yukon Territory. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 53(3): 273–279 pp.
- Punz, W. F., Sieghart, H. (1993): The response of roots of herbaceous plant species to heavy metals. *Environmental and Experimental Botany*. 33(1). 85–98 pp.
- Rachlewicz, G. (2003): Warunki meteorologiczne w zatoce Petunia (Spitsbergen środkowy) w sezonach letnich 2000 i 2001. *Problemy Klimatologii Polarnej*. 13: 127–138 pp.
- Rachlewicz, G., Szczuciński, W. (2008): Changes in thermal structure of permafrost active layer in a dry polar climate, Petuniabukta, Svalbard. *Polish Polar Research*. 29(3): 261–278 pp.
- Rose, N. L., Rose, C. L., Boyle, J. F., Appleby, P. G. (2004): Lake-sediment evidence for local and remote sources of atmospherically deposited pollutants on Svalbard. *Journal of Paleolimnology*. 31(4): 499–513 pp.



- Simoës, J. C., Zagorodnov, V. S. (2001): The record of anthropogenic pollution in snow and ice in Svalbard, Norway. *Atmospheric Environment*. 35. 403 pp.
- Sobíšek B. 2000: Rychlost a směr větru území České republiky v období 1961–1990. *Národní klimatický program ČR*. 29: 87 pp.
- Soop, K. (1993): On *Cortinarius* in Boreal Pine Forests. *Agarica*. 12(21): 101–116 pp.
- Staaland, H., Brattbakk, D., Ekern, K., Kildemo, K. (1998): Chemical composition of reindeer forage plants in Svalbard and Norway. *Ecography*. 6(2): 109–122 pp.
- Stemmler I., Lammel G. (2010): Pathways of PFOA to the Arctic: variabilities and contributions of oceanic currents and atmospheric transport and chemistry sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 10: 9965–9980.
- Volden, T., Reimann, C., Pavlov, V. A., Äyräs, M. (1997): Overbank sediments from the surroundings of the Russian nickel mining and smelting industry on the Kola Peninsula. *Environmental Geology*. 32(3): 175–185 pp.
- Walker, D. A. (2000): Hierarchical subdivision of Arctic tundra based on vegetation response to climate, parent material and topography. *Global Change Biology*. 6(1): 19–34 pp.
- Wit, C., Fisk, A. T., Hobbs, K., Muir, D., Gabrielsen, G. W., Kallenborn, R., Krahn, M. M., Norstrom, R. J., Skaare, J. U., *et al.* (2004): AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic. *Arctic Monitoring and Assessment Programme*. 310 pp.
- Zhulidov, A. V., Headley, J. V., Robarts, R. D., Nikanorov, A. M., Ischenko, A. A., Champ, M. A. (1997): Concentrations of Cd, Pb, Zn and Cu in pristine wetlands of the Russian Arctic. *Marine Pollution Bulletin*. 35(7-12): 242–251 pp.
- Zobel, M., Pilt, I., Moora, M., Pärtel, M., Liira, J. (1999): Small-scale dynamics of plant communities in an experimentally polluted and fungicide-treated subarctic birch-pine forest. *Acta Oecologica*. 20(1): 29–37 pp.

## E - zdroje

- Elster, J. (2015): Arktida je nejrychleji se měnící část naší planety (současný vývoj a změny v arktickém ekosystému). Citováno 24. 2. 2015 [Online] [http://polar.prf.jcu.cz/docs\\_cz.htm](http://polar.prf.jcu.cz/docs_cz.htm).
- Humlum, O. (2008): Longyearbyen Solar Eclipse, August 1, 2008. Citováno 15. 2. 2015 [Online] <http://www.climate4you.com/Longyearbyen%20SolarEclipse%2020080801.htm>.
- Lid, J. (2011): Flora and Vegetation of Svalbard and Jan Mayen. Encyclopedia Arctica 6: Plant Sciences (Regional). Citováno 20. 1. 2015 [Online] <http://collections.dartmouth.edu/arctica-beta/html/EA06-09.html>.
- Norwegian Polar Institute. (2014): Svalbard. Citováno 18. 12. 2014 [Online] <http://www.npolar.no/en/the-arctic/svalbard/>.
- Nordic Visitor Svalbard. (2014): Svalbard Travel guide. Citováno 12. 1. 2015 [Online] <http://svalbard.nordicvisitor.com/travel-guide/climate-and-daylight/>
- Portal nature (2015): *Cortinarius obtusus*. AOPK ČR, Citováno 18.1. [Online] [http://portal.nature.cz/publik\\_syst/nd\\_nalez-public.php?idTaxon=18201](http://portal.nature.cz/publik_syst/nd_nalez-public.php?idTaxon=18201).
- TopoSvalbard (2015): Kart over Svalbard / Map of Svalbard. Citováno 25.2. 2015 Mapový zdroj [Online] <http://toposvalbard.npolar.no/>.

## 8. Obrazová příloha



Hlavní město Longyearbyen



Zátoka Petuniabukta



Bývalé ruské město Pyramiden





Údolí Adventdalen (za hlavním městem Longyearbyen)



Údolí Mimerdalen s biotopem



Stanice AWS



*Cortinarius obtusus*



Tundrová vegetace



Polštářovitá vegetace (vhodný biotop pro houby)





Lokalita sběru hub u Univerzity UNIS (Longyearbyen)



Obnažená půda bez vegetačního pokryvu



Podmáčený biotop vhodný pro růst hub



Údolí ledovce Ebbabreen



Terénní chata v zátocě Petuniabukta



Bývalé ruské město Pyramiden v pozadí ledovec Nordenskiöldbreen