

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra: KVHEM

# Halové jevy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. JANA SOUKUPOVÁ

BAKALANT: ZDEŇKA KUBIŠTOVÁ

2011

Prohlášení:

„ Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Jany Soukupové“. „ Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala“.

V Praze dne: 30. dubna 2011

.....

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat Ing. Soukupové za cenné rady, které mi pomohly při psaní této bakalářské práce.

V Praze dne: 30. dubna 2011

.....

## **Abstrakt:**

Halové jevy jsou optické úkazy na obloze. Vytváří nádhernou podívanou a zážitek, který Vás potěší. V této práci bych se chtěla zabývat jejich původem, meteorologickými podmínkami, při kterých vznikají, charakteristikou, četností výskytu a pozorování. Také bych si chtěla položit otázku, zda jsou předzvěstí špatného počasí. Jak známo, vznikají na oblacích vysokého patra, průchodem světla krystalky. Je proto na místě se domnívat, že pokud se objeví např. oblaka typu cirrus a halový jev, měli bychom počítat se zhoršením počasí.

Klíčová slova:

- Ledové krystalky
- Oblačnost
- 22°halo

Halos are optical phenomenon in the sky. It creates a wonderful spectacle and experience that will please you. In this work, I would like to deal with their origin, meteorological conditions by arise, frequency of occurrence and observation. Also, I wanted to ask whether They are the harbinger of bad weather. As is known, formed in the clouds high level by the passage of light crystals. It is therefore appropriate to assume that if there are such type of cirrus clouds and the halo effect, we could calculate the worsening weather.

Keywords:

- Ice crystals
- Clouds
- 22°halo

## Obsah

1	Úvod:.....	1-9
2	Cíl bakalářské práce .....	2-10
3	Atmosféra .....	3-10
3.1	Složení .....	3-10
3.2	Vertikální členění .....	3-12
4	Světlo.....	4-14
4.1	Sluneční záření .....	4-14
4.2	Charakteristika světla:.....	4-14
4.3	Lom a odraz světla .....	4-14
5	Ledové krystaly .....	5-15
5.1	Vznik ledových krystalů.....	5-16
5.2	Tvar ledových krystalů .....	5-16
5.3	Orientace: .....	5-18
5.4	Výzkum ledových krystalků.....	5-19
6	Oblaka .....	6-20
6.1	Vznik oblaků .....	6-20
6.2	Zánik oblaků: .....	6-20
6.3	Klasifikace oblaků:.....	6-20
6.4	Oblaka způsobující halové jevy .....	6-21
6.5	Druhy oblaků:.....	6-21
6.5.1	Cirry .....	6-21
6.5.2	Cirrostratus .....	6-21
6.5.3	Altostratus: .....	6-22
6.5.4	Kondenzační pruhy: .....	6-22
7	Druhy halových jevů.....	7-23
7.1	22°halo .....	7-23
7.2	46°halo .....	7-24
7.3	Parheliem (boční slunce) .....	7-24
7.4	Halový sloup.....	7-25
7.5	Parhelický kruh (Horizontální kruh) .....	7-25
7.6	Cirkumzenitální oblouk .....	7-26
7.7	Dotykové oblouky (tangenciální oblouky) .....	7-26
7.8	Parryho oblouk.....	7-26

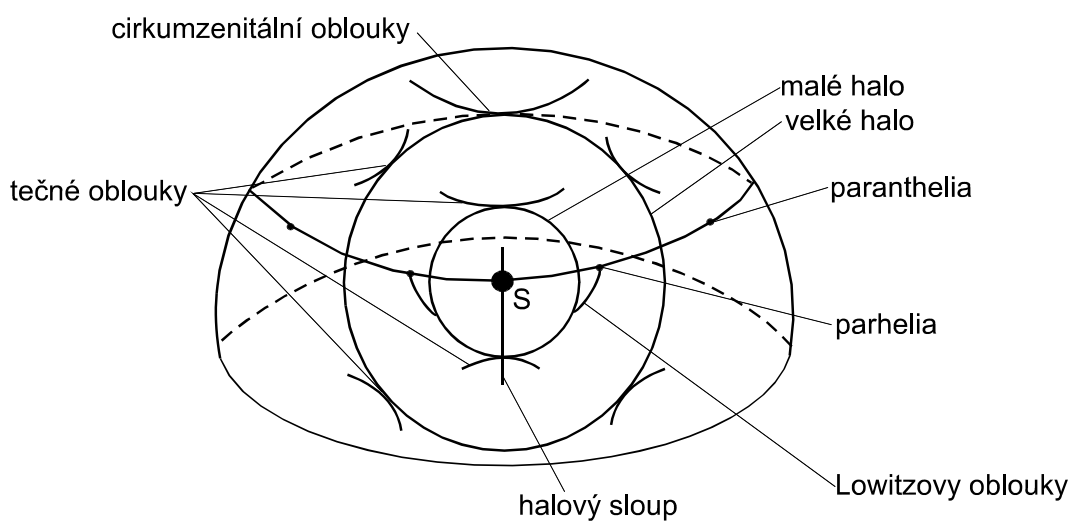
7.9	Moilenův oblouk .....	7-27
7.10	Lowitzovy oblouky .....	7-27
7.11	Další vzácné halové jevy.....	7-27
8	Simulace.....	8-28
8.1	HaloSim 3.6 .....	8-28
8.2	Halosky .....	8-28
8.3	Laboratorní experiment .....	8-29
9	Pozorování .....	9-30
9.1	Historie pozorování.....	9-30
9.2	Současnost .....	9-31
9.3	Samostatné pozorování: .....	9-32
10	Statistika výskytu halových jevů .....	10-33
10.1	Rok 2010/2011.....	10-33
10.2	Rok 2009/2010.....	10-41
10.3	Rok 2008/2009.....	10-43
10.4	Výsledek četnosti pozorování: .....	10-44
11	Závěr.....	11-45
12	Seznam použité literatury.....	12-46
13	Příloha: .....	13-49
13.1	Grafy.....	13-49
13.2	Fotografie:.....	13-50

## 1 Úvod:

Halové jevy jsou optické úkazy, které se na obloze objevují jen za určitých podmínek. Když jsem halový jev viděla, zajímalo mě, které podmínky to jsou a jestli mají nějaký význam pro člověka.

Slovo halo má původ v řečtině a znamená kolo nebo prstenec (Roth, 1999). Halové jevy patří mezi optické jevy vznikající na obloze při průchodu, lomu nebo odrazu světla na různě tvarově rozmanitých a orientovaných krystalech (Soukupová, 2008). Krystaly vznikají při teplotě kolem  $0^{\circ}\text{C}$  a  $-80^{\circ}\text{C}$  a mají hexagonální tvar (Řezáčová, 2007). Halové jevy se nejvíce vyskytují na oblacích typu cirrus, cirrocumulus, cirrostratus, méně na altocumulus a kondenzačních pruzích patřící mezi zvláštní oblaka (Trnčák, 2004).

Halové jevy mají většinou tvar prstence nebo kola, popřípadě sloupu (např. halový sloup) a jsou většinou zbarvené do běla, někdy do oranžova nebo jsou duhové. Podle Bednáře (1989) se halové jevy pozorují na obloze jako světlé, bělavé nebo duhově zbarvené kola, oblouky nebo pruhy. Halových jevů existuje celá řada a spousta je jich vzácná nebo teoretická. Mezi nejčastější a nejznámější hala patří malé halo (halo  $22^{\circ}$ ), velké halo (halo  $46^{\circ}$ ), parhelia (vedlejší slunce), cirkumzenitální oblouky, paranthelia, tečné oblouky, halový sloup, Lowitzovy oblouky, Parryho oblouk (obr.1).



Obr.1 Základní halové jevy (Bednář, 1989)

## 2 Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je seznámení s halovými jevy, jejich původem, vznikem a jejich výzkumem. Dále bych se chtěla v této práci zabývat otázkou, zda jsou spojené se zhoršeným počasím, a jestli jsou jeho předzvěstí na základě statistiky výskytu halového jevu, výskytu špatného počasí a přechodu teplé fronty.

## 3 Atmosféra

Kobzová (1998) uvádí, že zemská atmosféra je plynný obal naší Země, která je k ní připoutána gravitační silou a účastní se ve velké míře zemské rotace.

Atmosféra je důležitá pro život na Zemi. Chrání nás před nebezpečným zářením, nebezpečnými meteority a udržuje, díky skleníkovým plynům, optimální teplotu pro život. Vertikálně se člení na pět vrstev a mezi nimi jsou tzv. pauzy (Burroughs et al, 1999).

### 3.1 Složení

Atmosféra je složena především z plynů, mezi nejdůležitější patří dusík a kyslík. Ostatní plyny tvoří cca 1%. Dále obsahuje vodní páru, která je velmi důležitým prvkem ovzduší, protože má velký význam pro počasí. Atmosféra také obsahuje kapalně a pevně částice (např. prachové částičky, pylová zrna, mořskou sůl, průmyslové produkty, aj.) a ledové krystalky (Kobzová, 1998).

V důsledku automobilové dopravy, průmyslu a dalších škodlivých látek vypouštěných do ovzduší se atmosféra mění – globální oteplení, ozonová díra, aj.

Chemické složení čisté atmosféry:

<u>Plyn</u>		<u>objemová procenta</u>
dusík	N <sub>2</sub>	78
kyslík	O <sub>2</sub>	20,9476
argon	Ar	0,934
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0,0314
neon	Ne	0,001818
hélium	He	0,000524
metan	CH <sub>4</sub>	0,0002



krypton	Kr	0,000114
vodík	H <sub>2</sub>	0,00005
oxid dusný	N <sub>2</sub> O	0,00005
xenon	Xe	0,0000087
oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>	0 až 0,0001
ozón	O <sub>3</sub>	0 až 0,000007 (léto) 0 až 0,000002 (zima)
oxid dusičitý	NO <sub>2</sub>	0 až 0,000002
amoniak	NH <sub>3</sub>	stopy
oxid uhelnatý	CO	stopy
jód (páry)	I <sub>2</sub>	stopy

(Bednář et al, 1993)

#### Dusík:

Dusík se v atmosféře vyskytuje volný ve formě N<sub>2</sub> v 4/5 objemového procenta nebo v malém množství vázaný ve formě amoniaku (NH<sub>3</sub>), který se do atmosféry dostává z tlejících organických látek a kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>), která vzniká při bouřkách (Rosický, 1994).

#### Kyslík:

Kyslík se vyskytuje v atmosféře jako dvouatomová molekula O<sub>2</sub> nebo jako trojatomová molekula jako ozón O<sub>3</sub>. Ozón je jedovatý plyn, který má modré zabarvení. Ve stratosféře tvoří ozónosféru a chrání tak Zemi před UV zářením. Vzniká buď účinkem UV záření, nebo při bouřce díky výbojům (Benešová et al, 2002). Kyslík je nepostradatelný faktor pro život. Dospělý jedinec spotřebuje přibližně 20 litrů za hodinu (Rosický, 1994).

Skoro všechny plyny, kromě oxidu uhličitého a ozónu, mají do výšky 100 kilometrů stejné procentuální složení. Oxidu uhličitého je ve dne a nad oceány méně než v noci a nad pevninou, kdy je ho více (Bednář et al, 1993).

Atmosféra je poměrně tenká. Buckley (2004) píše, že na to, jaký má pro život na Zemi obrovský význam, je atmosféra tak tenká, že pokud bychom Zemi přirovnali k cibuli, odpovídala by výška atmosféry tloušťce slupky.

## 3.2 Vertikální členění

Atmosféru vertikálně členíme podle teploty se stoupající výškou, podle chemického složení, podle koncentrace iontů a volných elektronů a podle ovlivnění spodních vrstev atmosféry zemským povrchem (Kobzová, 1998).

### Členění podle teploty se stoupající výškou.

Atmosféra má pět vrstev – troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra a exosféra.

**Troposféra** je nejspodnější vrstva atmosféry sahající od 10 do 15 kilometrů. Velikost závisí na lokalitě. Saifert (1987) uvádí, že nejvýše je v rovníkových oblastech, kde dosahuje kolem 16 až 18 kilometrů, v oblastech mírného pásu stoupá do výšky 10 až 12 kilometrů a nad póly dosahuje pouze 7 až 9 kilometrů.

Probíhají zde téměř všechny povětrnostní jevy – fronty, srážky, proudění vzduchu, bouře, aj. a vyskytují se zde téměř všechny oblaka. Teplota s výškou klesá zhruba 0,65°C na 100 metrů. Pokud nastane izotermie (stav, kdy se teplota již nemění), končí troposféra a začíná tropopauza, která přechází ve stratosféru (Seifert, 1987).

**Stratosféra** je vrstva sahající až do výšky 50 kilometrů. Do výšky kolem 20 kilometrů je teplota stálá (kolem -51 až -80°C), pak stoupá. Je to způsobeno tím, že vrstva od 20-25 kilometrů až do 50 kilometrů obsahuje velké množství ozonu (je zde ozonosféra), který pohlcuje sluneční záření (Seifert, 1987). Obsahuje malé množství vodní páry, proto zde najdeme velmi málo oblaků např. kolem 25 kilometru se vyskytují perleťová oblaka, která můžeme pozorovat v zimě kolem pólů (Soukupová, 2008). Vzduch je tu mnohonásobně řidší než je u hladiny moře, proto tu letadla nebo meteorologické balóny dosahují maximální provozní výšky (Dvořák, 2004). Nad stratosférou je stratopauza.

**Mezosféra** je vrstva dosahující do 85 kilometrů. Zde je nejchladnější část atmosféry. Teplota tu dosahuje až -95°C (Seifert, 1987). Mezosféra je nejméně prozkoumaná vrstva, protože je obtížné ji prozkoumat. Meteorologické balóny a letadla nemohou létat tak vysoko a družice na oběžné dráze jsou nad vrstvou ([www.windows2universe.org](http://www.windows2universe.org)). Můžeme zde pozorovat jeden typ oblak. V létě se tu můžou vyskytovat noční svítící oblaka (stříbřitá oblaka), která jsou tvořena

kosmickým a vulkanickým prachem a obsahují také ledové krystalky (Soukupová, 2008). Nad mezosférou se nachází mezopauza.

**Termosféra** stoupá do výšky 500 kilometrů a teplota tu dosahuje až 1500°C. Je to zapříčiněno silnou sluneční aktivitou. Díky teplotě je Země chráněna před družicemi a kosmickými tělesy, které v této vrstvě shoří (Burroughs, 2003). Zde můžeme pozorovat polární záři (Soukupová, 2008). Termosféra obsahuje velké množství elektricky nabitých částic, proto je dobře vodivá (Dvořák, 2004). Nad termosférou se nachází termopauza.

**Exosféra** je nejvyšší vrstva začínající od 800 kilometrů a přechází volně do kosmu, kam také unikají plynné částice (Seifert, 1987). Hustota vzduchu tu již nelze změřit (Dvořák, 2004).

#### Podle chemického složení:

**Homosféra** je vrstva atmosféry do výšky cca 100 km, kde se chemické složení mění jen minimálně. Od heterosféry ji odděluje homopauza.

**Heterosféra** je vrstva nad homosférou a její chemické složení se mění (Kobzová, 1998).

#### Podle koncentrace iontů a volných elektronů:

**Neutrosféra** sahá do výšky cca 70 km a vyskytují se zde jen minimálně ionty a volné elektrony.

**Ionosféra** obsahuje vysokou koncentraci iontů a volných elektronů, které jsou významné při přenosu radiových signálů (Soukupová, 2008).

#### Podle ovlivnění spodních vrstev atmosféry zemským povrchem:

Rozlišujeme **mezní vrstvu atmosféry** a **volnou atmosféru** (Kobzová, 1998).

## 4 Světlo

### 4.1 Sluneční záření

Zdroj slunečních paprsků Slunce, je od Země vzdáleno 150 milionů kilometrů a jeho teplota je přibližně 5700°C (Karas et al, 2007).

Sluneční záření je složeno ze 7% ultrafialového záření, 48% viditelného záření a 45% infračervené záření. Díky ozónosféře se ultrafialové záření pohltí a na Zemi dopadají především viditelné a infračervené záření. Viditelné záření způsobuje optické úkazy, jako jsou halové jevy, koróny, zrcadlení, glorie, duhy, zelené záblesky a další (Karas et al, 2007).

### 4.2 Charakteristika světla:

Světlo je elektromagnetické vlnění. Tuto skutečnost poprvé popsal anglický fyzik James Clerk Maxwell (1831 – 1879). Mezi elektromagnetické záření zařazujeme ještě rádiové, infračervené, ultrafialové, rentgenové a záření gama.

Lepil (1993) et al uvádí, že elektrony v atomech mění svoji energii, která je pak vyzařována jako elektromagnetické záření, které označujeme jako světlo.

Světlo má vlnovou délku ( $\lambda$ ) od 390 do 790 nanometrů (nm). Podle vlnové délky světla rozlišujeme barvy. Od 390 – 430 nm vnímáme barvu fialovou, 430 – 490 nm vnímáme barvu modrou, 490 – 560 nm barvu zelenou, 560 -600 nm barvu žlutou, 600 – 640 nm barvu oranžovou a 640 – 790 nm barvu červenou. Tento interval tvoří spektrum světla. Naše oko je nejcitlivější na žlutozelenou barvu o vlnové délce 550 nm (Lepil, 1993).

Rychlost světla ve vakuu je  $c = 299\,792\,458$  m/s, ve vzduchu je rychlost stejná.

Šíření světla závisí na prostředí, kterým prochází. Pokud prochází čirým sklem, prochází světlo bez změny, pokud barevným sklem, nastává absorpce a projde světlo pouze určitých vlnových délek, u matného skla dochází k rozptylu světla.

Zdrojem světla je Slunce popřípadě Měsíc (Lepil, 1993).

### 4.3 Lom a odraz světla

#### Odraz světla:

Světelný paprsek dopadá na hranu pod úhlem dopadu  $\alpha$ , který svírá s kolmicí dopadu. Odražené světlo se šíří pod úhlem odrazu  $\alpha'$ .

Zákon o odraz světla definujeme tedy:

$$\alpha' = \alpha$$

Úhel odrazu se rovná úhlu dopadu (Lepil, 1993).

### Lom světla:

Zde platí Snellův zákon lomu:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v} = n$$

Úhly  $\alpha$  a  $\beta$  jsou úhly dopadu,  $c$  je poměr rychlosti světla ve vakuu,  $v$  je rychlost světla v daném prostředí a  $n$  = index lomu. Index lomu ledu  $n = 1,31$ , vody  $n = 1,33$ , u skla kolem  $1,5 - 2$  (podle druhu skla). Štoll (1996) dále uvádí: „*Při přechodu z prostředí o menším indexu lomu (opticky řidšího) do prostředí o větším indexu lomu (opticky hustšího) se paprsek láme „ke kolmici“, v opačném případě „od kolmice“.*

Na tomto zákoně je založen lom světelných paprsků v ledových krystalcích. Kde vzduch a ledové krystaly jsou odlišné prostředí.

Při průchodu světelného paprsku (bílé světlo) ledovým krystalkem, se světlo rozloží na barevné spektrum od nejmenšího indexu po největší (červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, fialová). Tento jev nazýváme disperze světla (Lepil, 1993).

Tento zákon můžeme použít i při průchodu světelných paprsků atmosférou, jelikož je atmosféra složena z pěti vrstev, které se navzájem odlišují fyzikálními vlastnosti. Každá vrstva je tedy považována za různé prostředí. Takto vzniká takzvaná astronomická refrakce, kdy člověk pozoruje nějaký objekt na obloze, světelný paprsek prochází vrstvami atmosféry a lomí se ke kolmici. Pozorovatel pak vnímá objekt v jiném místě, než se nachází (Bednář, 1988).

## 5 Ledové krystaly

Ledové krystaly vznikají z vodních kapek při teplotě mezi  $0^{\circ}\text{C}$  a  $-80^{\circ}\text{C}$ . Mají tvar hexagonálního hranolu se dvěma základnami a šesti bočními stěnami (Řezáčová et al, 2007). Tvary mohou být rozmanité. Např. jehlice, sloupek, destička. Řezáčová (2007) zmiňuje, že pokud převažuje růstová rychlost základny, vznikají ledové sloupky nebo jehlice, ale pokud převažuje růstová rychlost bočních stěn, vznikají ledové destičky. Tape (1994) zase uvádí, že existuje mnoho druhů ledových

krystalků. Při laboratorních experimentech bylo prokázáno, že druh krystalků závisí na teplotě a vlhkosti, podle kterých se krystalky vyvíjí.

Nejčastěji se setkáváme s dendritem neboli sněhovou vločkou (Řezáčová et al, 2007).

Ledové krystalky mají stejné povrchové úhly. Je to dáno uspořádáním molekul vody do pravidelné mřížky ([www.atoptic.co.uk](http://www.atoptic.co.uk)).

## 5.1 Vznik ledových krystalů

Jak jsem již zmínila, ledové krystalky vznikají z vodních kapek při teplotě mezi 0°C a -80°C. Jde však o energeticky náročný děj, proto i pod bodem mrazu nezmrznou kapičky vody a zůstávají v oblacích ve formě přechlazených vodních kapek. Přítomnost vody v kapalném skupenství v oblacích je dokázáno teoreticky i experimentálně nejméně až k teplotám okolo -42°C (Bednář, 1988). Řezáčová (2007) zase uvádí, „...takže při teplotách kolem -20°C už jenom asi 10% oblaků sestává pouze z přechlazených vodních kapek.“

Při určité kritické hodnotě (pod 0°C) je třeba, aby existovala nějaká tuhá částice, která by sloužila jako jádro krystalizace a začal proces mrznutí vodních kapek. Tyto částice označujeme jako ledová jádra. Ledové kapky se vyskytují již při -4 až -5°C a se snižující se teplotou jejich počet vzrůstá (Bednář, 1988).

Ledové krystalky mají nižší hustotu než led. Je to dáno žebrovitou kostrou ledových krystalků. Čím větší ledový krystal, tím nižší hustota.

## 5.2 Tvar ledových krystalů

Tvar ledových krystalků je závislý na teplotě a nasycení vodní páry. Podle toho se mění rychlost růstu podstavy a bočních stěn. S klesající teplotou se mění tvar ledových krystalů od destičky, jehel, sloupků, sektorových destiček, dendritů a zpátky k sektorovým destičkám a sloupkům. Dalším faktorem způsobující různorodost krystalů je frekvence vzniku a rychlosti šíření růstových stupňů u ledových krystalů. Na růstových stupních se totiž dobře zachycují molekuly vodní páry. I když je šestiboký hranol základní tvar ledových krystalů, v laboratoři byly uměle vytvořené i trojstěnné tvary nebo pyramidové sloupky. Existuje mezinárodně neuznávaná klasifikace 80 tvarů krystalů od jednoduchých tvarů po úlomky krystalů (obr. 2) (Řezáčová et al, 2007).

Sloupek:

má boční strany delší než strany podstavy. Většinou jsou orientované náhodně nebo horizontálně.

Destička:

má strany podstavy mnohem větší než boční strany. Nejčastěji mají vodorovnou orientaci.

Sloupek s Parryho orientací:

Sloupkovitý krystalek, který má hlavní osu orientovanou horizontálně a dvě z jeho bočních stěn jsou také horizontální.

Destička s Parryho orientací:

Velmi vzácné destičky. Jejich orientace je podobná, jako u sloupků s Parryho orientací.

Destička s Lowitzovou orientací:

Destička, která rotuje kolem své osy probíhající bočními stěnami postavené naproti sobě.

Slepence:

Nepravidelně tvarované útvary, které jsou složeny z více ledových krystalků stejných nebo různých tvarů. Na tomto typu krystalků se halové jevy tvoří velmi zřídka.

Tabulový krystalek:

Tabulový krystalek má horní a dolní stěnu podstavy mnohem větší než jiné stěny.

Kubický krystalek:

Jde o čtyřúhelníkový ledový krystalek, který je velmi vzácný. Vzniká při nízkých teplotách.

Jehličky:

Jejich boční stěny jsou mnohem delší než podstavy.

Pyramidální krystalky:

Ledové krystalky, které jsou složeny ze tří částí. Na horní a dolní části jsou pyramidální stěny s vrcholovým úhlem  $56^\circ$ , které spojuje uprostřed sloupek nebo destička (Trnčák, 2004).

Nejostřejší hala jsou z krystalů, které jsou větší než 0,1 mm. Pokud jsou menší než 0,01 mm hala jsou slabá a hůře pozorovatelná, pokud jsou kolem 0,05 mm jsou hala dobře vidět. Na druhou stranu pokud jsou krystaly větší než 1 mm jsou nedostatečně kvalitní a mívají vady (Hong and Baranovsky, 2003).

Paprsky mohou dopadat na krystaly pod různými úhly, na boční stranu nebo podstavu, může se odrážet a lámat. Krystaly mohou být různě orientovány a mít rozmanitý tvar, mohou se pohybovat. To vše má za následek různorodost halových jevů (Štoll, 1998).



Obr. 2 Tvary ledových krystalků (Řezáčová et al, 2007)

### 5.3 Orientace:

#### Různě orientované krystaly

pokud nejsou krystaly ovlivněné vnějšími vlivy, jsou destičky orientovány vodorovně a sloupce horizontálně. Pokud nastane nějaký povětrnostní vliv např. turbulence, jsou krystalky orientované různě v prostoru ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)) Různě orientované krystaly vytváří  $22^\circ$ halo (malé halo) a  $46^\circ$ halo (velké halo) (Liu C. et al, 1996).

#### Horizontální orientace

pokud nejsou destičky ničím ovlivněny, jsou orientovány vodorovně (Trnčák, 2004). Je zde refrakční úhel  $60^\circ$  a  $90^\circ$ . Takto jsou orientované krystaly tvořící např. cirkumzenitální oblouk ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)). Mezi další halové jevy, které jsou



tvořeny těmito krystaly patří parhelia, 120° parhelia nebo parhelický kruh (Borovoi A. G. Et al, 2008).

#### Jednoduše orientované sloupce

mají opět refrakční úhel 60° a 90°. Sloupce vytvářejí např. horní a dolní tečný oblouk ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

#### Parryho orientace

Parryho suncave a sunvex, Parryho supralateral a infralaterální oblouky (Tapeho oblouky), cirkumzenitální a cirkumhorizontální oblouky, anthelické oblouky. Jsou pojmenované po Williamu Edwardu Parrym (Trnčák, 2004).

#### Lowitzova orientace

Osa otáčení je mezi dvěma protilehlými body. Horní, střední, dolní Lowitzovy oblouky. Jsou pojmenovány po Tobiasu Lowitzovi, který je poprvé popsal v roce 1790 (Trnčák, 2004).

Poté existuje ještě orientace náhodně orientovaných pyramidálních krystalů (9°halo, 18° a 24°halo) a vertikálně orientovaných pyramidálních krystalů (Liu C. et al, 1996).

## **5.4 Výzkum ledových krystalků**

Ledové krystalky jsou často zkoumané vědci zabývajícími se atmosférou. Například se pomocí různých přístrojů zkoumá tvar, množství a velikost krystalků až do velikosti 1 mikromu. Důvodem je jejich schopnost odrazu nebo lomu světla. To může mít vliv na klimatické změny (Coffey, 2008).

Další možnost zkoumání je polarizace krystalků. Takový výzkum se konal v roce 1997-1998 na jižním pólu na stanici U.S. Amudsen-Scott, kdy se pořídily snímky halového jevu a následně se vytvořily repliky krystalků na skleněnou desku o rozměrech 5x5 cm, která byla pokryta akrylovým sprejem. Poté se měřila polarizace při jejich pádu o rychlosti 1 m/s (Können et al, 2003).

Tým britských vědců zkoumal 17 měsíců pomocí vertikálně polohovacího Dopplerova radaru vlastnosti rovinných ledových krystalků v Chiboton observatoři v Hampshiru. Tyto krystaly se vyskytují při -15°C ve smíšených oblacích, jsou složeny z jádra, velmi rychle rostou, padají 0,3 m/s a mají intenzivnější odraz, než ledové

krystalky, vznikajících při teplotě  $-22^{\circ}\text{C}$ . Pro měření se používal 1.5  $\mu\text{m}$  Doppler lidar, který je nepřetržitě v provozu od září 2006 (Wewstbrook et al, 2010).

## 6 Oblaka

### 6.1 Vznik oblaků

Oblaka vznikají kondenzací vodní páry. Ohřátý teplý vzduch od zemského povrchu (např. asfaltová silnice má  $48^{\circ}\text{C}$ , půda bez vegetace  $36^{\circ}\text{C}$  a les  $28^{\circ}\text{C}$ ) začne stoupat díky tomu, že teplý vzduch je lehčí než studený. Když dosáhne rosného bodu tj. je nasycený, přestane se ochlazovat a začne kondenzace, při které vznikají oblaka. Výška, kde začíná kondenzace, nazýváme kondenzační hladina (Häckel, 2004).

Rozlišujeme tři mechanismy způsobující stoupání vzduchu:

- konvekce
- střet teplé a studené fronty
- setkání vzduchu s horskou překážkou (Burroughs et al, 2003).

Teplý vzduch stoupá ve formě tzv. vzduchových bublin, které mají průměr od 200 m až do 1 km a stoupají rychlostí od 3 do 5 m/s. Teplý vzduch se ochlazuje o  $9,8^{\circ}\text{C}$  na 1 km (Häckel, 2004).

### 6.2 Zánik oblaků:

Oblaka zanikají, pokud dojde k oslabení procesů vzniku oblaků nebo pokud dojde ke zvýšení tlaku vzduchu. Při prvním procesu se mohou vodní kapky odpařovat, a pokud není oblak ze spodu doplňován vodní párou, zanikne. Ve druhém případě vzniká vysoký tlak vzduchu, v atmosféře dochází k sestupným pohybům, zvýšení teploty vzduchu a oblaka zanikají (Häckel, 2004).

### 6.3 Klasifikace oblaků:

Podle Mezinárodního atlasu oblaků (International Cloud Atlas) dělíme oblaka do deseti základních druhů (Karas, 2007).

Podle výšky rozdělujeme oblaky vysokého patra, které jsou složeny z ledových krystalků (Cirrus, Cirrocumulus, Cirrostratus), oblaky středního patra, obsahující ledové krystalky i vodní kapičky (Altostratus, Altostratus), oblaky nízkého patra, obsahující vodní kapičky (Cumulus, Stratocumulus, Stratus), oblaky přesahující hranice pater (Cumulonimbus, Nimbostratus) (Häckel, 2004).

## 6.4 Oblaka způsobující halové jevy

Halové jevy vznikají na oblacích vysokého patra, které dosahují až do výšky 13 km a teplotě  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $-50^{\circ}\text{C}$ , někdy i na oblacích středního patra a na kondenzačních pružích. Mezi oblaka vysokého patra patří oblaka typu cirrus, cirrocumulus, cirrostratus. Mezi oblaka středního patra především altocumulus. Kondenzační pruhy patří mezi zvláštní antropogenní oblaka (Häckel, 2004).

Roth (2001) uvádí, že se halové jevy vyskytují jak na řasnatých oblacích při vysokém tlaku, tak i po pěkném počasí, kdy se objevuje cirrostratus a postupně zakrývá celou oblohu.

## 6.5 Druhy oblaků:

### 6.5.1 Cirry

Jsou oblaky vysokého patra atmosféry a vyskytují se ve výškách 6 – 10 km při teplotě  $-30$  až  $-60^{\circ}\text{C}$ , často na hranici troposféry a stratosféry (Soukupová, 2008). V důsledku toho, že studený vzduch neobsahuje tolik vody jako teplý vzduch, kondenzuje se zde jen malé množství vodní páry. To vede k tomu, že oblaka jsou v této výšce velmi tenká, průsvitná pro sluneční a měsíční světlo, průhledné, mají vláknitý vzhled a hedvábný lesk. Vytváří na obloze takový jemný závoj. Často jsou zakončeny vzhůru směřujícími háčky. Podle polohy Slunce se mění jejich barva přes bílou, oranžovou nebo žlutou až po růžovou až červenou ([www.mraky.astronomie.cz](http://www.mraky.astronomie.cz)).

Cirry jsou složeny pouze z ledových krystalů, proto zde vznikají halové jevy. Oblaka typu cirrus mohou být předzvěstí přicházejícího špatného počasí (Häckel, 2004).

Některé cirry se vyskytují v centrální části tlakové výše.

Cirrová oblačnost a ledové krystalky, které jsou v ní obsažené, jsou předmětem různých zkoumání ohledně jejich působení na klimatické změny. A díky nim se vytváří různé klimatické modely. (Ulanowski Z., 2005).

Mezi cirry zařazujeme:

Cirrus uncinus, Cirrus fibratus, Cirrus fibratus intortus, Cirrus fibratus radiatus, Cirrus fibratus vertebratus, Cirrus spissatus, Cirrus castellanus, Cirrus floccus (Häckel, 2004).

### 6.5.2 Cirrostratus

Cirrostratus se vyskytuje jako tenká, průsvitná mlha pokrývající celou oblohu. Světelné paprsky touto tenkou vrstvou prochází a přispívají k tvorbě halových jevů

(Karas et al, 2007). Vzniká, když vlhký vzduch stoupá a ochlazuje se. Po dosažení rosného bodu se začínají tvořit ledové krystalky (Burroughs et al, 1999). Cirrostratus je složen také z ledových krystalů a bývá předzvěstí špatného počasí. Häckel (2008) uvádí, že se cirrostratus vytváří v první řadě při nasouvání teplého vzduchu na studený, který je těžší. Je tedy jakousi mezifází před příchodem velké oblačnosti a je předzvěstí zhoršeného počasí.

Cirrostraty:

Cirrostratus fibratus, Cirrostratus nebulosus (na tomto druhu se tvoří nejčastěji halové jevy) (Häckel, 2004).

### 6.5.3 Altocumulus:

Patří do oblak středního patra a dosahuje výšek od 2 do 4 km. Je složen z buď z vodních kapiček, nebo může být smíšený – složený z vodních kapiček a ledových krystalků (Dvořák, 2004). Proto se na altocumulusu halové jevy tvoří velmi málo.

Altocumulus již má ucelenější vzhled. Může být spojen s ostatními nebo jsou mezi sebou oddělené. Soukupová (2008) píše, že existují v různých formách tvarů podle svého vzniku. Například vlnovým prouděním v atmosféře, prouděním přes horskou překážku, na frontálním rozhraní nebo z jiného oblaku jako je altocumulus cumulogenitus nebo cumulonimbogenitus.

Pro pozorovatele počasí nemá příliš velký význam, neboť z něho padají slabé srážky, až když je vrstva dostatečně hustá. Burroughs (2003) et al uvádí, že pokud altocumulus postupně zatahuje oblohu, můžeme se domnívat, že se blíží frontální systém.

Altocumulus:

Altocumulus stratiformis undulatus, Altocumulus castellanus, Altocumulus floccus, Altocumulus floccus virga, Altocumulus lenticularis, Altocumulus lenticularis duplicatus, Altocumulus stratiformis undulatus radiatus, Altocumulus stratiformis translucidus perlucidus, Altocumulus stratiformis translucidus perlucidus (Häckel, 2004).

### 6.5.4 Kondenzační pruhy:

Kondenzační pruhy patří mezi zvláštní oblaka. Tvoří se ve stopě letadla, pokud je vzduch chladný. Vodní pára se v důsledku ochlazení kondenzuje a vznikají kondenzační pruhy, které obsahují ledové krystalky, a proto jsou podobné cirrovým

oblakům (Burroughs, 2003). Na kondenzačních pruzích lze dobře pozorovat vedlejší slunce – parhelia (Häckel, 2004).

Přítomnost kondenzačních pruhů poukazuje na zvýšenou vlhkost vzduchu a tudíž blíží se zhoršení počasí (Burroughs, 2003).

Jejich existence bývá zpravidla velmi krátká, někdy však – zejména při cirrové a cirrostratové oblačnosti – mohou trvat až několik hodin ([www.mraky.astronomie.cz](http://www.mraky.astronomie.cz)).

## 7 Druhy halových jevů.

Halových jevů je celá škála. Od nejčastějších, vzácných, uměle vytvořených experimentálně v laboratoři a teoretických. Mezi nejčastější a nejznámější halové jevy patří bezesporu 22°halo, také nazýváno malé halo, 46°halo – velké halo, parhelia – boční slunce, parhelický kruh, halový sloup, horní a dolní dotykové oblouky, cirkumzenitální oblouk, Parryho oblouky, méně časté Lowitzovy oblouky, spodní slunce, aj. Trnčák ve své publikaci z roku 2004 uvádí celkem 202 halových jevů.

Halové jevy také rozlišujeme podle toho, jestli se tvoří odrazem světelných paprsků o stranu ledového krystalku, to mají halové jevy bělavou barvu nebo jestli působí lom světelných paprsků, to jsou poté barevně zbarvené (Bednář, 1988).

### 7.1 22°halo

Malé halo (foto č. 2) je nejčastěji se vyskytující halový jev. Je to bělavý kruh okolo Slunce nebo Měsíce. Často není vidět celý kruh, ale pouze jeho část. Je podobný koróně, ale rozdíl je, že malé halo je tvořeno ledovými krystalky a koróna vodními kapičkami. Rozdíl je také ve zbarvení. 22°halo je na vnitřní straně načervenalé a na vnější bělavé až namodralé. U koróny je to obráceně. To je způsobeno rozdílným lomem a ohybem světelného paprsku (Burroughs, 2003).

22°halo vzniká na náhodně orientovaných krystalcích, do kterých vniká světelný paprsek boční stěnou, láme se a při výstupu se opět láme na další stěně (Greenler, 1990). Jelikož většina ledových krystalků je šestibokých, je úhel lomu 22°. To je případ i 22°hala. Pokud jsou ledové krystalky jiného tvaru nebo jinak natočené, vzniká jiný úhel a např. halo s menším kruhem - 9°halo nebo s větším - 46°halo (Burroughs, 2003).

Kolem Měsíce můžeme pozorovat 22°lunární halo (Kobzová, 1998). Obecně můžeme kolem Měsíce pozorovat také halové jevy, ale díky tomu, že Měsíc nemá takovou intenzitu světelných paprsků jako Slunce, jsou jevy dosti slabé (Bednář, 1989).

Pro orientaci můžeme říci, že 22°halo odpovídá přibližně úhlu mezi palcem a málo rozevřenými prsty a s nataženou rukou. Měli bychom se vyhýbat oslepení při pozorování Slunce. Měli byste stát tak, že Slunce je zastíněno objektem např. sloupem pouličního osvětlení. 22°halo pozorujeme 80 – 120 dní v roce. ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.2 46°halo

Má tvar celého nebo částečného kruhu, který má kolem slunce poloměr 46°. Sluneční paprsky vnikají do ledového krystalku podstavou a vycházejí boční stranou. Od 22°hala se tedy liší průchodem paprsku. Vyskytuje se mnohem méně než 22°halo a je i méně jasné (Brož et al, 2000). Proto je hůře pozorovatelné a často zaměnitelné se supralaterálním obloukem. Nejlépe se pozoruje v čistém vzduchu na horách. 46°halo pozorujeme vzácně 4- 10 dní v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.3 Parheliium (boční slunce)

Parhelia (foto č. 1) vznikají za stejných podmínek jako 22°halo. Jsou to dvě, na každé straně slunce, světlé skvrny, které jsou nejčastěji ve stejné výškové úrovni jako Slunce. Parheliium má úhlovou výšku pro pozorování 22°. Se Sluncem se může zvedat až do 45°nad obzorem, poté již lomené světlo nevidíme. (Burroughs, 2003). Pokud se objeví jedno a velmi výrazné, můžeme ho zaměnit i se Sluncem. Většinou mají zbarvení na vnitřní straně červené, žlutavé ve střední části a modré nebo bílé na vnější straně (Skřehot, 2004).

Jsou často na vnější straně 22°hala. Sluneční paprsky vnikají do ledového krystalku ve tvaru destičky, které mají horizontální orientaci, boční stranou. Parheliium se vzácně může objevit i kolem Měsíce. Tento jev nazýváme paraselenia (Burroughs, 2003).

Parhelia se často objevují po několika dnech jasného počasí při příchodu tlakové výše (Maunder, 2007).

Parheliium můžeme pozorovat 60- 80 dní v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.4 Halový sloup

Halový sloup patří mezi nejčastější halové jevy (foto č. 5). Jeví se jako vertikální sloup vycházející ze Slunce. Pokud se současně objeví horní i dolní sloup současně a je součástí horizontálního kruhu, má tvar jako kříž – halový kříž (Bednář, 1989). V minulosti to lidé považovali za znamení od Boha ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)). Häckel (2008) uvádí: „*Pověst praví, že císaři Konstantinovi se v roce 313 v blízkosti Trevíru zjevil kříž na obloze, a tak mocně ho to zasáhlo, že se obrátil na křesťanskou víru.*“

Rozdílné podmínky jsou i při východu nebo západu Slunce. Při východu bývá jasná obloha, při západu Slunce svítí přes jemnou oblačnost. Proto jsou halové sloupy při západu kratší a méně jasné než při východu (Maunder, 2007).

Halový sloup může vzniknout stejně jako parhelium, ale s tím rozdílem, že světelné paprsky se odrážejí od horizontálně orientovaných destiček na podstavě, také odrazem světelných paprsků od stěn ledových krystalků ve tvaru sloupků, které jsou orientovány vodorovně nebo Lowitzovou orientací ([ukazy.astro.cz](http://ukazy.astro.cz)).

Při západu Slunce je barva oranžová nebo bílá, po západu se barva změní na oranžovočervenou a může vyblednout až za 20 – 60 minut po západu Slunce (Maunder, 2007).

Nejčastěji pozorujeme horní sloup, protože nejlepší pozice Slunce pro vytvoření hala je těsně nad obzorem. Halový sloup pozorujeme 20 – 30 dní v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.5 Parhelický kruh (Horizontální kruh)

Parhelický kruh je bílý kruh, který má stejnou úhlovou výšku nad obzorem jako Slunce. Vzniká odrazem slunečních paprsků na podstavách ledových krystalů ve tvaru sloupků orientovaných svisle nebo odrazem na bočních stěnách ledových destiček orientovaných vodorovně ([www.ukazy.astro.cz](http://www.ukazy.astro.cz)).

V některých jeho částech bývají pozorovány jasné body. V průsečíku 22°hala je to parhelium, v úhlové vzdálenosti 60° od Slunce je paranhelia a velmi výjimečně naproti Slunci jsou antihelium. Stejně je to i u Měsíce – paraselénický kruh (paraselénia, parantselénia, antiselénium) (Kobzová, 1998).

Parhelický kruh patří mezi málo časté halové jevy a bývá též neúplný. Parhelický kruh pozorujeme 1- 3 dny v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.6 Cirkumzenitální oblouk

Cirkumzenitální oblouk (foto č.3) je poměrně častý jev, který má sytě duhové zbarvení. Vnitřní strana je modrá, vnější je červená. Někdy si ho můžeme splést s obrácenou duhou. Vyskytuje se vysoko nad Sluncem, se středem v zenitu, proto ho často přehlédneme. Dobrým indikátorem je, že se objevuje v přítomnosti parhelia, protože vznikají ze stejných ledových krystalků. Ve většině případů pozorujeme pouze jeho čtvrtinu ([www.ukazy.astro.cz](http://www.ukazy.astro.cz)).

Cirkumzenitální oblouk je podobný cirkumhorizontálnímu oblouku, který se nachází pod Sluncem. Jeho horní okraj má červené zbarvení. V našich zeměpisných šířkách patří mezi vzácné úkazy (Bednář, 1989).

Vzniká průchodem světelných paprsků na horizontálně orientovaných ledových krystalcích ve tvaru destiček (Häckel, 2008).

Cirkumzenitální oblouk pozorujeme 20- 30 dní v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.7 Dotykové oblouky (tangenciální oblouky)

Dotykové oblouky rozlišujeme na horní (foto č. 4) a dolní dotykový oblouk. Vznikají na svrchní a spodní části 22°hala (Bednář, 1989). Jeho délka tvar závisí na výšce Slunce nad obzorem (Kobzová, 1998). Pokud je Slunce nízko, má tvar písmene „V“. Se stoupající výškou Slunce se více rozevívá a objevuje se spodní část 22°hala a dolní dotykový oblouk, který je hůře pozorovatelný. Když Slunce dosáhne výšky 32°, horní a dolní dotykové oblouky se spojí a vytvoří oválné halo, které se na horní a dolní části 22°hala dotýká. To označujeme jako opsané halo. Při výšce 55° již nelze rozlišit 22°halo a dotykové oblouky ([www.ukazy.astro.cz](http://www.ukazy.astro.cz)).

Tvoří se na ledových krystalcích ve tvaru sloupků, jejichž hlavní osa je orientována vodorovně. Působí tu lom světla, proto jsou dotykové oblouky duhově zbarvené (Trnčák, 2004).

Horní dotykový oblouk můžeme pozorovat 20- 30 dní v roce, dolní dotykový oblouk jen vzácně ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

## 7.8 Parryho oblouk

Parryho oblouk patří mezi vzácné halové jevy. K jeho tvorbě je nutná speciální orientace ledových krystalků ve tvaru sloupků. Dvojice stěn sloupků jsou vodorovné. (Greenler, 1990).

Paprsek vstupuje do ledového krystalu vrchní částí sloupku a vychází opačnou stranou. Takto vzniká horní dotykový oblouk. Pokud paprsek vstupuje horní šikmou



stěnou a vychází spodní stěnou, vzniká dolní dotykový oblouk. U obou jevů musí mít ledové krystalky Parryho orientaci. Parryho dolní sunvex oblouk je velmi vzácný halový jev, protože potřebuje určitou výšku Slunce a velmi jasný dolní dotykový oblouk. Nejlépe je pozorovatelný z letadla nebo na horách při tzv. diamantovém prachu (Trnčák, 2004).

Poprvé ho popsal anglický admirál a polárník William Edward Parry (1790-1855) během výpravy na Melvillově ostrově 8.4.1820 (Brož et al, 2000).

Opět zde působí lom světla, proto je jev duhově zbarvený. Vnitřní část je načervenalá, vnější část je namodralá. Pozorujeme ho 2 - 6 dní v roce ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

### 7.9 Moilenův oblouk

Má tvar „V“ a může se vyskytnout s 22°halem, ale častěji je viděn při zasněžování svahu, kdy se tvoří diamantový prach. Zasněžováním se dostanou ledové krystaly do ovzduší a mohou tvořit halové jevy. Při simulaci používáme hranol o vrcholovém úhlu 34°. I když se zpracovávají zdokumentované Moilenovy oblouky a odebrané vzorky, stále víme o tomto halovém jevu málo. Patří mezi vzácné halové jevy ([www.atoptic.co.uk](http://www.atoptic.co.uk)). Moilenův oblouk je pojmenovaný podle objevitele Jarma Moilenena z Finska, který ho poprvé popsal v roce 1995 (Trnčák, 2004).

### 7.10 Lowitzovy oblouky

Lowitzovy oblouky poprvé popsal Tobias Lowitz v roce 1790, ale jejich existence byla až do roku 1990 sporná, protože neexistovala žádná dokumentace a ani zřetelné pozorování. Jeví se jako slabý a nejasný oblouk a bývá ve spojení Parryho oblouku. Většinou se nachází mezi Parryho obloukem a horním dotykovým obloukem ([www.atoptic.co.uk](http://www.atoptic.co.uk)). Je tvořen na ledových krystalcích ve tvaru destiček orientovaných vodorovně, které kolem hlavní osy rotují. Tyto destičky mají tzv. Lowitzovou orientaci. Patří mezi vzácné halové jevy (Trnčák, 2004).

### 7.11 Další vzácné halové jevy

- 9°, 18°, 24°hala tvořená na pyramidových krystalcích
- Wegenerův oblouk, Trickerův oblouk vytvořený na sloupku
- Spodní slunce tvořené destičkami, aj.
- 46°parhelium tvořící se na 46°halu

- 120°parhelium, Liljequistova parhelia, Parryho horní suncave oblouk a Parryho horní sunvex oblouk, Pyramidální hala, Hastingsovy oblouky, Infralaterální oblouky
- Kernův oblouk, který patří mezi nejvzácnější jevy. Byl spatřen pouze dvakrát ([www.halo.astronomie.cz](http://www.halo.astronomie.cz)).

Většina těchto halových jevů se vyskytuje vzácně, protože potřebují složitější orientaci nebo jsou krystalky nedokonalé.

## 8 Simulace

Teoretické jevy jsou takové, které mohou vzniknout v přírodě, ale zatím se je nepodařilo zachytit. Pouze jsou známé ze simulací. Mezi ně patří např.:

Protisluneční oblouky náhodného poloměru, zářící parhelia, 46°kontaktní oblouky, aj. (Trnčák, 2004).

Pro simulaci můžeme zvolit různé programy. Například HaloSim 3.6, Halo 2.0, Halosky nebo experimentálně v laboratoři.

### 8.1 HaloSim 3.6

HaloSim je program na simulování halových jevů díky matematickým modelům ledových krystalů. Vypočítává dráhu slunečních paprsků. Vytvořili ho Les Cowley a Michael Schroeder. Tento program si můžete zadarmo stáhnout na [www.atoptic.co.uk/halo/download.htm](http://www.atoptic.co.uk/halo/download.htm). Všechny hodnoty a parametry jako orientace a tvar ledových krystalků, poloha Slunce, typ halového jevu se stáhnou s programem.

### 8.2 Halosky

Program pro simulaci halových jevů. Program nepočítá simulace, pouze ukazuje obraz simulace. Obsahuje:

- 46 halo simulace 0 – 90° ve 2°krocích
- Halosky.exe.: hlavní program
- Cities.txt.: seznam měst
- Sterne.txt.: hvězdná databáze
- Land.txt.: databáze památek
- Readme.txt.: další informace

<http://www.meteoros.de/halosky/halosky.htm>

V těchto programech se sleduje paprsek, který prochází nebo se odráží různými typy a různou orientací ledových krystalků (Brož et al, 2000). Hlavní metoda se nazývá Monte Carlo, kterou poprvé představili veřejnosti v roce 1984 Pattloch a Tränkle. Simuluje halové jevy na principu Fresnelovy rovnice (Hong et al, 2008).

Po zvolení orientace ledových krystalků a dopadu paprsku se na každém rozhraní počítají Fresnelovy reflexní a transmisní koeficienty, které se porovnávají s čísly. Poté se zjistí, zda paprsek projde ledovým krystalkem nebo se od něj odrazí. Tento proces trvá tak dlouho, dokud paprsek neprojde krystalem nebo nepřekročí předem daný limit odrazů a průchodů. Proces končí vynesemím výsledku na displej obrazovky po opakování postupu, což je  $10^4$  až  $10^7$  krát (Brož et al, 2000).

Například simulace byla použita při analýze kruhového hala a pyramidálních krystalků, které tento halový jev vytváří. Vyskytují se v malé míře, proto byly cílem zkoumání. Z pozorování v nizozemském Haagu a finského pozorování v Oulu, kdy byl tento jev zaznamenán, byla vytvořena počítačová simulace kruhového hala a poté se určil typ krystalků, které by je mohly způsobovat (Riikonen et al, 2003).

### 8.3 Laboratorní experiment

Při laboratorních experimentech můžeme simulovat halové jevy. Například boční slunce, parhelický kruh, Parryho oblouk a mnoho dalších. Michael Vollmer a Robert Greenler ve svém článku popisují tuto simulaci pomocí vrtačky, baterie, držáku na šestiboký hranol a zdroje světla. Velkou roli zde hraje index lomu, který je u každého materiálu odlišný. Proto můžeme použít hranol složený ze skla (polymethylmetakrylát), jehož index lomu  $n=1,5$  nebo z dutého těla naplněného vodou ( $n=1,33$ ). Ten se blíží ledovému krystalku, který má index lomu  $n=1,31$ . Šestiúhelníkový hranol se otáčí kolem jedné osy vertikálně nebo horizontálně podle toho, jaký halový jev chceme simulovat. Pro dokonalý obraz na promítacím plátně, musí být rotace kolem osy dostatečně rychlá – nesmí být menší než 4000 otáčky/minutu (Vollmer et al, 2003).

## 9 Pozorování

### 9.1 Historie pozorování

Nejspíše první zmínka o halových jevech se nachází v textech klínového písma z roku 668 – 627 př. n. l. od asyrského kronikáře Ashurbanipala.

Kolem roku 464 př. n. l. se objevuje záznamy o parhelii nebo různých kruzích či křížích od starověkých Římanů. Roku 345 př. n. l. Corinthian Timoleon viděl na své cestě „hořící pochodeň“ – první zaznamenaný halový sloup. V roce 313 se měl císaři Konstantinovi zjevit kříž na obloze, a proto se obrátil na křesťanskou víru. Pravděpodobně to byl parhelický kruh a halový sloup současně.

Babyloňané jako první měří kruhy kolem Slunce. Je to napsáno ve svitcích Magické astrologie.

V období 348 – 322 př. n. l. se halovými jevy zabývá Aristoteles, který je také pojmenuje Alos (halo).

První čínské halo bylo popsáno v období 248 – 420 př. n. l.

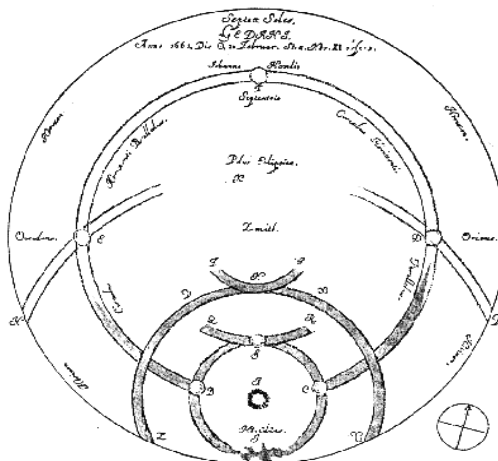
V šestém století jsou datovány svatozáře v indické encyklopedii Brihat Samhita: parhelium na severní straně Slunce značí déšť, na jižní straně silný vítr, na obou stranách znamená záplavy ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).

U nás je datované první pozorování 7. 3. 1135 v Praze, kdy bylo nejspíše pozorováno 22° a 46° halo, parhelia a dotykové oblouky (Trnčák, 2004).

První správná kresba hala je z roku 1233 z Anglie.

René Descart poprvé vysvětlil princip vzniku halových jevů a v roce 1681 francouzský přírodovědec Edme Marriottem popsal soubor halových jevů (Brož et al, 2000).

Nejznámější středověká kresba pochází z roku 1661 od Johannesa Heveliusa (obr. 3), která je zobrazena v knize „Mercirius in Sole visus“ ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de)).



Obr.3 Nejznámější středověká kresba ([www.meteoros.de](http://www.meteoros.de))

V roce 1717 Mariotte poukazoval na to, že hala souvisí s ledovými krystalky. Zjistil, že 22°hala se tvoří z náhodně orientovaných krystalků a parhelium je tvořeno z horizontální orientace krystalů.

V roce 1790 byly objeveny v Petrohradu Lowitzovy oblouky Tobiasem Lowitzem (Brož et al, 2000).

Začátkem 19. století Thomas Young zjistil, že horní dotkový oblouk je tvořen horizontálně orientovanými krystalky, odrazem světelného paprsku vzniká parhelický kruh a jakou dráhu má světelný paprsek u 46°hala (Trnčák, 2004).

8. 4. 1820 na ostrově Melville popsal Sir William Edward Parry oblouk nad Sluncem. Je to vzácný halový jev a je pojmenován Parryho oblouk (Greenler, 1990).

Na začátku 20. století jsou známi práce od C. S. Hastingsse a Alfréda Wegenera. Vysvětlili Parryho oblouk, použili Parryho orientaci pro analýzu Parryho oblouku. Hastings vysvětlil Hastingsovy oblouky.

V roce 1925 vydal A. Wegener knihu Theorie der Haupthalos, kde popisuje halové jevy (Trnčák, 2004).

Druhá polovina dvacátého století je spojena především s prvními fotografiemi.

V roce 1974 bylo poprvé zdokumentované 9° a 20°horní parhelium R. Scorerem a Frank Nieuwenhuys zdokumentoval 23°horní parhelium.

Další významné roky:

1980 – vyfotografované 18°parhelium, Greenler vydal knihu Rainbows, Halos, and Glories, ve které uvádí metodu pro simulaci svatozáře pomocí počítače

1984 – Patlloch a Träkle zavedli metodu pro simulaci Monte Carlo, které využívá Fresnelovy rovnice.

1986 – vyfotografovány Hastingsův oblouk a Tapeho oblouk Walterem Tapem

1989 – vyfotografován Waltrem Tapem 24°horní parhelium

1993 – vyfotografovány Markem Riikonem 9°a 24° dolní parhelium

1994 – první dokumentace zelené skvrny na parhelickém kruhu

1995 – Moilanenův oblouk

1997 – první fotografie 20°dolní parhelium

1998 – první fotografie 6°a 12°hala (Trnčák, 2004).

## 9.2 Současnost

Mezi dnešní významné pozorovatele patří bezesporu Jarmo Moilanen, Walter Tape, Robert Greenler z našich je to Roman Maňák, Patrik Trnčák. Dnešní pozorovatelé nejsou jenom vědci, studující mimo jiné na pólech nebo Grónsku, ale také široká veřejnost.

U nás najdeme mnoho odkazů na různé organizace a spolky, pozorující halové jevy, které ucelují informace o výskytu halových jevů. Mezi nejznámější patří skupina HOP (Halo Observation Project), která sdružuje pozorovatele a snaží se objasnit tyto úkazy. Pokud se budete chtít stát členy, musíte se nejprve zaregistrovat a poslat nějakou fotografii halového jevu. Projekt funguje od roku 2004 a mimo jiné vydává zpravodaj Parhelium. Další významný projekt je na stránce: [ukazy.astro.cz](http://ukazy.astro.cz), kde Vám po zaregistrování posílají na email aktuální výskyt halových jevů. Ze zahraničních programů bych zmínila finskou sekci astronomie FHON – Finnish Halo Observing Network.

### 9.3 Samostatné pozorování:

Pro úspěšné pozorování je důležité znát meteorologickou situaci. Stačí se dívat na oblohu, jestli nejsou optimální podmínky (oblačnost, ledové krystalky v ovzduší, a další) pro pozorování nebo sledovat počasí. Při pozorování jsou důležité sluneční brýle, které Vám chrání zrak a halové jevy jsou lépe viditelné. Obzvláště ty méně výrazné. Další pomůckou je nějaký předmět, kterým zakryjeme Slunce a tím zvýrazníme jevy. Může to být i nějaký bod na ulici nebo v přírodě např. pouliční osvětlení nebo strom (Trnčák, 2004).

Nezbytnou součástí, bez které by nemělo smysl zaznamenávat halové jevy je fotoaparát. Trnčák uvádí, že nejlepší je mít tzv. fisheye objektiv, který zachytí celou oblohu. Kvalita fotoaparátu se samozřejmě odráží v kvalitě snímku (Trnčák, 2004).

Při spatření úkazu je nejlepší začít fotit ihned a nehledat vhodné místo, protože jsou úkazy proměnlivé a nevíme, kdy zmizí z oblohy. Když jsem fotila parhelium, stačila jsem vyfotit dva snímky a úkaz zmizel. Proto doporučuji být rychlý.

Dalším nepsaným pravidlem je fotografovat halové jevy, které jsou méně intenzivní než ostatní, protože opět brzy zmizí nebo jde o vzácný halový jev (Trnčák, 2004).

Pro zapisování je dobré mít zápisník nebo formuláře, které jsou k dispozici na [www.ursa.fi/halot/havaitseminen/lomakkeet/aform\\_A4.pdf](http://www.ursa.fi/halot/havaitseminen/lomakkeet/aform_A4.pdf). Na nich je uvedeno místo, datum, čas a druh úkazu.

## 10 Statistika výskytu halových jevů

Z internetového zdroje [www.ukazy.astro.cz](http://www.ukazy.astro.cz) jsem vypsala halové jevy z období 2007 - 2011, které uvedl na stránky Tomáš Tržický. Z údajů jsem zjistila četnosti výskytu halových jevů. U roku 2010/2011 jsem uvedla z internetového zdroje [www.in-pocasi.cz](http://www.in-pocasi.cz) i počasí v den výskytu halového jevu a dni poté, u roků 2008/2009 a 2009/2010 jsem zjišťovala přechod teplé fronty přes Prahu, abych zjistila, zda je opravdu návaznost výskytu halového jevu na zhoršené počasí.

### 10.1 Rok 2010/2011

Úkaz: 27. 2. 2011 Jizerské hory – malé halo

Počasí (27. 2. 2011) – Skoro jasno až polojasno, na západě oblačno až zataženo s ojedinělým sněžením nebo sních s deštěm. Denní teploty 1°C až 5°C.

Počasí (28. 2. 2011) – Jasno až skoro jasno, ojediněle zataženo. Denní teploty 4°C až 8°C.

Úkaz: 24. 2. 2011 Praha – parhelia

Počasí (24. 2. 2011): Skoro jasno, na západě polojasno, na severovýchodě oblačno. Denní teploty -5°C až 0°C.

Počasí (25. 2. 2011): Skoro jasno, na severovýchodě oblačno s ojedinělým sněžením. Denní teploty -3°C až 1°C.

Úkaz: 12. 2. 2011 Praha – cirkumzenitální oblouk

Počasí (12. 2. 2011): Polojasno až skoro jasno, na západě oblačno, na jihozápadě místy sněžení. Denní teploty -1°C až 3°C.

Počasí (13. 2. 2011): Oblačno až zataženo, od západu sněžení, na západě místy smíšené srážky, ve Slezsku ojediněle srážky. Denní teploty -1°C až 3°C.

Úkaz: 9. 2. 2011 Praha – halový sloup

Počasí (9. 2. 2011): Skoro jasno. Denní teploty 3°C až 7°C.

Počasí (10. 2. 2011): Polojasno až jasno. Denní teploty 4°C až 8°C.

Úkaz: 7. 2. 2011 Praha – vedlejší slunce

Počasí (7. 2. 2011): Jasno až skoro jasno, na severu ojediněle nízká oblačnost. Denní teploty 9°C až 13°C.

Počasí (8. 2. 2011): Polojasno až oblačno, na severozápadě ojediněle slabý déšť, na horách sněžení. Odpoledne protrhávání oblačnosti. Denní teploty 5°C až 9°C.

Úkaz: 1. 2. 2011 Jizerské hory – halový sloup, malé halo, parhelia, cirkumzenitální oblouk

Počasí (1. 2. 2011): Skoro jasno, na horách zataženo s nízkou oblačností nebo mlhou. Denní teploty -5°C až 1°C.

Počasí (2. 2. 2011): Oblačno až zataženo, ojediněle slabé sněžení. Denní teploty -4°C až 0°C.

Úkaz: 26. 11. 2010 Praha (kolem Měsíce) – malé halo

Počasí (26. 11. 2010): Oblačno nebo zataženo s nízkou oblačností, na východě Moravy a Slezska polojasno. Večer od jihozápadu postupně sněžení na většině území ČR. Denní teploty -1°C až 2°C.

Počasí (27. 11. 2010): Oblačno až zataženo, místy sněžení. Od jihozápadu postupné ustávání srážek a protrhávání oblačnosti. Denní teploty -3°C až 1°C.

Úkaz: 9. 11. 2010 Praha – vedlejší slunce

Počasí (9. 11. 2010): Oblačno nebo polojasno, ráno na severovýchodě ustávající déšť, na Moravě a ve Slezsku navečer místy přeháňky. Denní teploty 6°C až 11°C.

Počasí (10. 11. 2010): Polojasno až oblačno, místy mlhy nebo zatažená nízká oblačnost. Denní teploty 8°C až 11°C.

Úkaz: 2. 11. 2010 Praha – halový sloup

Počasí (2. 11. 2010): Oblačno až polojasno, místy zatažená nízká oblačnost nebo mlhy se slabým mrholením. Denní teploty 11°C až 16°C.

Počasí (3. 11. 2010): Polojasno, na severu oblačno a ojedinělé přeháňky, ráno zatažená nízká oblačnost nebo mlhy. Denní teploty 10°C až 15°C.

Úkaz: 27. 10. 2010 Praha – parhelia

Počasí (27. 10. 2010): Skoro jasno, odpoledne od západu postupně přibývání oblačnosti, ráno mlhy. Denní teploty 6°C až 9°C.



Počasí (28. 10. 2010): Polojasno až oblačno, na východě skoro jasno, ráno ojediněle mlhy nebo zatažená nízká oblačnost, odpoledne protrhávání oblačnosti od severozápadu. Denní teploty 7°C až 11°C.

Úkaz: 17. 10. 2010 Praha – horní a dolní dotykový oblouk, malé halo, parhelia

Počasí (17. 10. 2010): Na jihu a východě oblačno až zataženo, večer ojediněle déšť a mrholení, na severu polojasno až skoro jasno. Denní teploty 6°C až 11°C.

Počasí (18. 10. 2010): Oblačno, místy déšť a mrholení, odpoledne ubývání oblačnosti od západu. Denní teploty 7°C až 10°C.

Úkaz: 8. 10. 2010 Praha – halový sloup

Počasí (8. 10. 2010): Skoro jasno až jasno, ve Slezsku dopoledne zatažená nízká oblačnost. Denní teploty 13°C až 17°C.

Počasí (9. 10. 2010): Skoro jasno až jasno, ve Slezsku dopoledne mlhy nebo nízká oblačnost. Denní teploty 12°C až 16°C.

Úkaz: 20. 9. 2010 Praha – vedlejší slunce cirkumzenitální oblouk

Počasí (20. 9. 2010): Polojasno, na severu oblačno, na východě skoro jasno. Denní teploty 16°C až 19°C.

Počasí (21. 9. 2010): Jasno, na severu skoro jasno až polojasno, ráno ojediněle mlhy. Denní teploty 18°C až 22°C.

Úkaz: 17. 9. 2010 Praha – vedlejší slunce

Počasí (17. 9. 2010): Polojasno až oblačno, místy přeháňky. Denní teploty 13°C až 17°C.

Počasí (18. 9. 2010): Polojasno, na severu oblačno s ojedinělými přeháňkami. Denní teploty 14°C až 18°C.

Úkaz: 12. 9. 2010 Praha – vedlejší slunce

Počasí (12. 9. 2010): Jasno až skoro jasno, na východě polojasno až oblačno. Denní teploty 20°C až 24°C.

Počasí (13. 9. 2010): Oblačno až zataženo, na východě zpočátku skoro jasno, postupně přeháňky, k večeru ustávání srážek. Denní teploty 18°C až 22°C.

Úkaz: 3. 9. 2010 Jizerské hory – parhelický kruh, vedlejší slunce, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk

Počasí (3. 9. 2010): Polojasno, odpoledne oblačno, na horách přeháňky. Denní teploty 15°C až 19°C.

Počasí (4. 9. 2010): Polojasno až oblačno, místy přeháňky, k večeru protrhávání oblačnosti od severozápadu. Denní teploty 14°C až 19°C.

Úkaz: 29. 8. 2010 Jizerské hory – vedlejší slunce

Počasí (29. 8. 2010): Oblačno až polojasno, místy přeháňky, v noci od západu déšť. Denní teploty 14°C až 19°C.

Počasí (30. 8. 2010): oblačno až zataženo, místy déšť nebo přeháňky, na západě bouřky. Denní teploty 13°C až 16°C.

Úkaz: 14. 8. 2010 Ctěnice – halový sloup

Počasí (14. 8. 2010): Polojasno, ráno oblačno, ojediněle přeháňky, na severu déšť. Denní teploty 21°C až 25°C.

Počasí (15. 8. 2010): Skoro jasno, polojasno až oblačno, místy přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 24°C až 29°C.

Úkaz: 5. 8. 2010 Praha – malé halo

Počasí (5. 8. 2010): Polojasno až skoro jasno, od západu postupně oblačno až zataženo, místy přeháňkami nebo deštěm, v noci déšť, na západě trvalý, ojediněle bouřky. Denní teploty 21°C až 25°C.

Počasí (6. 8. 2010): Oblačno až zataženo, místy déšť nebo přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 19°C až 23°C.

Úkaz: 26. 7. 2010 Mnichovo Hradiště – horní dotykový oblouk, vedlejší slunce

Počasí (26. 7. 2010): Oblačno až zataženo, místy přeháňky, na horách ojediněle bouřky. Denní teploty 17°C až 21°C.

Počasí (27. 7. 2010): Polojasno až oblačno, místy přeháňky, ojediněle bouřky, na Slezsku až zataženo, na východě ojedinělý déšť. Denní teploty 21°C až 25°C.

Úkaz: 25. 7. 2010 Drhleny – malé halo, horní a dolní dotykové oblouky, cirkumzenitální oblouk, vedlejší slunce

Počasí (25. 7. 2010): Oblačno až zataženo, ojediněle přeháňky, na východě Moravy a Slezska místy déšť. Denní teploty 14°C až 18°C

Počasí (26. 7. 2010): Oblačno až zataženo, místy přeháňky, na horách ojediněle bouřky. Denní teploty 17°C až 21°C.

Úkaz: 14. 7. 2010 Jizerské hory – malé halo

Počasí (14. 7. 2010): Jasno až skoro jasno. Denní teploty 30°C až 34°C.

Počasí (15. 7. 2010): Jasno až skoro jasno, od západu místy přeháňky, zejména odpoledne na východě a jihu. Během dne od západu ubývání oblačnosti a srážek. Denní teploty 27°C až 31°C.

Úkaz: 5. 7. 2010 Jizerské hory – malé halo, parhelia

Počasí (5. 7. 2010): Na západě polojasno až oblačno, místy přeháňky nebo bouřky. Na ostatním území polojasno až skoro jasno, na severovýchodě místy přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 24°C až 28°C.

Počasí (6. 7. 2010): Oblačno až zataženo, místy přeháňky nebo bouřky. Odpoledne od západu protrhávání oblačnosti. Denní teploty 20°C až 24°C.

Úkaz: 2. 7. 2010 Třeboň – opsané halo, malé halo, parhelický kruh

Počasí (2. 7. 2010): Jasno až skoro jasno, na východě ojediněle přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 28°C až 32°C.

Počasí (3. 7. 2010): Jasno až skoro jasno. Denní teploty 28°C až 32°C.

Úkaz: 19. 6. 2010 Károv – Horní dotykový oblouk

Počasí (19. 6. 2010): Zataženo až oblačno, odpoledne polojasno. Zpočátku dne na východě a jihu místy přeháňky nebo déšť. Denní teploty 15°C až 20°C.

Počasí (20. 6. 2010): Oblačno až zataženo, na jihozápadě občasný déšť. Denní teploty 14°C až 18°C.

Úkaz: 15. 6. 2010 Praha - horní a dolní dotykové oblouky malého hala

Počasí (15. 6. 2010): Polojasno, od jihozápadu oblačno místy se slabým deštěm. Denní teploty 18°C až 22°C.

Počasí (16. 6. 2010): Na jihu zataženo, místy déšť. Na ostatním území polojasno až skoro jasno. Denní teploty 17°C až 20°C.

Úkaz: 6. 6. 2010 Jizerské hory – horní a dolní dotykové oblouky, parhelia

Počasí (6. 6. 2010): Jasno až skoro jasno, v noci ojediněle na západě přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 24°C až 27°C.

Počasí (7. 6. 2010): Ráno a dopoledne oblačno, místy přeháňky. Odpoledne od západu protrhávání oblačnosti. Denní teploty 21°C až 24°C.

Úkaz: 30. 5. 2010 Mladá Boleslav – vedlejší slunce

Počasí (30. 5. 2010): Oblačno až zataženo, přechodně polojasno, na většině území přeháňky, déšť nebo bouřky. Denní teploty 16°C až 20°C.

Počasí (31. 5. 2010): Oblačno až zataženo, zpočátku dne místy přeháňky nebo občasné déšť, v noci na východě častější srážky. Denní teploty 13°C až 16°C.

Úkaz: 22. 5. 2010 Praha – malé halo

Počasí (22. 5. 2010): Polojasno až oblačno, odpoledne na většině území místy přeháňky nebo bouřky. Na východě bouřky s ojediněle přívalovými srážkami. Denní teploty 17°C až 21°C.

Počasí (23. 5. 2010): Polojasno, odpoledne místy na východě přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 18°C až 22°C.

Úkaz: 17. 5. 2010 Praha – malé halo

Počasí (17. 5. 2010): Zataženo, na východě déšť. Odpoledne na západě oblačno až polojasno. Denní teploty 7°C až 11°C.

Počasí (18. 5. 2010): Oblačno až zataženo, místy déšť nebo přeháňky. Na východní Moravě a ve Slezsku trvalý déšť. Denní teploty 9°C až 13°C.

Úkaz: 12. 5. 2010 Praha – malé halo

Počasí (12. 5. 2010): V Čechách polojasno až oblačno, na západě ojediněle přeháňky, na Moravě a ve Slezsku dopoledne občasné déšť odpoledne místy přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 16°C až 19°C.

Počasí (13. 5. 2010): Oblačno až zataženo s deštěm nebo přeháňkami, ojediněle bouřky. Denní teploty 14°C až 16°C.

Úkaz: 11. 5. 2010 Praha – malé halo

Počasí (11. 5. 2010): Polojasno až oblačno, postupné přeháňky nebo bouřky. Navečer v Čechách bouřky s kroupami a přívalovými srážkami. Denní teploty 18°C až 21°C.

Počasí (12. 5. 2010): V Čechách polojasno až oblačno, na západě ojediněle přeháňky, na Moravě a ve Slezsku dopoledne občasné déšť odpoledne místy přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 16°C až 19°C.

Úkaz: 8. 5. 2010 Chrudim – malé halo, parhelia

Počasí (8. 5. 2010): Polojasno až oblačno, na východě místy přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 15°C až 158°C.

Počasí (9. 5. 2010): Polojasno až oblačno, odpoledne místy přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 16°C až 19°C.

Úkaz: 29. 4. 2010 Praha – vedlejší slunce

Počasí (29. 4. 2010): Jasno až skoro jasno. Denní teploty 20°C až 24°C.

Počasí (30. 4. 2010): Skoro jasno až polojasno, ojediněle místy přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 22°C až 27°C.

Úkaz: 23. 4. 2010 Praha – malé halo (části)

Počasí (23. 4. 2010): Jasno až polojasno, na jihovýchodě polojasno. Denní teploty 13°C až 16°C.

Počasí (24. 4. 2010): Jasno až skoro jasno. Denní teploty 16°C až 20°C.

Úkaz: 18. 4. 2010 Praha – malé halo

Počasí (18. 4. 2010): Skoro jasno až polojasno, odpoledne od jihu polojasno. V noci na jihu a východě místy déšť. Denní teploty 15°C až 19°C.

Počasí (19. 4. 2010): Skoro jasno až jasno, na východě zpočátku oblačno. Odpoledne ojediněle přeháňky. Denní teploty 15°C až 19°C.

Úkaz: 12. 4. 2010 Praha – malé halo

Počasí (12. 4. 2010): Oblačno až zataženo, místy s deštěm, od východu srážky čtenější a trvalejší. Denní teploty 8°C až 10°C.

Počasí (13. 4. 2010): Oblačno až zataženo, na severu zpočátku skoro jasno, místy přeháňky nebo déšť, na jihu a východě srážky čtenější a trvalejší. Denní teploty 8°C až 11°C.

Úkaz: 28. 3. 2010 Praha – parhelia, horní dotykový oblouk

Počasí (28. 3. 2010): Oblačno až polojasno, místy dešťové přeháňky, na horách sněhové. Denní teploty 8°C až 12°C.

Počasí (29. 3. 2010): Oblačno až zataženo, na severu místy přeháňky nebo déšť. Denní teploty 10°C až 13°C.

Úkaz: 25. 3. 2010 – parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk

Počasí (25. 3. 2010): Jasno až skoro jasno, ojediněle až polojasno. Denní teploty 16°C až 20°C.

Počasí (26. 3. 2010): Skoro jasno, k večeru od západu přibývání oblačnosti, později přeháňky nebo bouřky. Denní teploty 18°C až 22°C.

Úkaz: 20. 3. 2010 Praha – malé halo parhelia

Počasí (20. 3. 2010): Polojasno, od západu oblačno, od severozápadu místy déšť nebo přeháňky. Denní teploty 12°C až 15°C.

Počasí (21. 3. 2010): Oblačno až zataženo, místy déšť, odpoledne v Čechách přechodně polojasno, místy přeháňky, ojediněle bouřky. Denní teploty 11°C až 15°C.

Úkaz: 19. 3. 2010 Praha – horní dotykový oblouk

Počasí (19. 3. 2010): Skoro jasno, od západu a severu přechodně polojasno až oblačno. Denní teploty 11°C až 15°C.

Počasí (20. 3. 2010): Polojasno, od západu oblačno, od severozápadu místy déšť nebo přeháňky. Denní teploty 12°C až 15°C.

Úkaz: 18. 3. 2010 Praha – vedlejší slunce

Počasí (18. 3. 2010): Skoro jasno. Denní teploty 11°C až 15°C.

Počasí (19. 3. 2010): Skoro jasno, od západu a severu přechodně polojasno až oblačno. Denní teploty 11°C až 15°C.

Úkaz: 17. 3. 2010 Praha – malé halo

Počasí (17. 3. 2010): Oblačno až zataženo, ojediněle dešťové přeháňky, od 800m sněhové. Denní teploty 5°C až 8°C.

Počasí (18. 3. 2010): Skoro jasno. Denní teploty 11°C až 15°C.

Úkaz: 10. 3. 2010 Praha – malé halo

Počasí (10. 3. 2010): Skoro jasno, na jihu odpoledne polojasno až oblačno. Denní teploty -1°C až 3°C.

Počasí (11. 3. 2010): Oblačno až zataženo, na jihu a jihovýchodě místy sněžení. Denní teploty -1°C až 2°C.

Úkaz: 4. 3. 2010 Praha – vedlejší slunce, horní dotykový oblouk malého hala

Počasí (4. 3. 2010): Oblačno, dopoledne polojasno, na severu a severovýchodě slabé sněhové přeháňky. Denní teploty 1°C až 4°C.

Počasí (5. 3. 2010): Oblačno až polojasno, místy sněhové přeháňky. Denní teploty -4°C až 0°C.

Úkaz: 2. 3. 2010 Praha – malé halo

Počasí (2. 3. 2010): Polojasno až oblačno, odpoledne na jihozápadě ojediněle přeháňky, od 400 m sněhové. Denní teploty 4°C až 7°C.

Počasí (3. 3. 2010): Polojasno, dopoledne skoro jasno, na severu a severovýchodě až oblačno, místy sněhové přeháňky. Denní teploty 3°C až 6°C.

Úkaz: 27. 2. 2010 Praha – malé halo kolem Měsíce

Počasí (27. 2. 2010): Polojasno až skoro jasno, na východě slabý déšť nebo přeháňky, na horách sněhové. Denní teploty 7°C až 11°C.

Počasí (28. 2. 2010): Oblačno až zataženo, na Moravě dopoledne skoro jasno, postupně místy déšť nebo přeháňky, odpoledne na západě ustávání srážek a protrhávání oblačnosti. Denní teploty 7°C až 11°C.

#### Souhrn:

22°halo – 24

Parhelia – 23

Cirkumzenitální oblouk – 6

Horní dotykový oblouk – 5

Dolní dotykový oblouk – 1

Horní a dolní dotykový oblouk – 3

Halový sloup – 5

Parhelický kruh – 2

Opsané halo – 1

## **10.2 Rok 2009/2010**

Úkazy:

20. 2. 2010 Praha – malé halo

8. 2. 2010 Praha – halový sloup

27. 1. 2010 Praha – vedlejší slunce

27. 12. 2009 Praha – malé halo, vedlejší slunce, malé halo kolem Měsíce

10. 12. 2009 Praha – vedlejší slunce

5. 12. 2009 Praha – malé halo

29. 11. 2009 Praha – vedlejší slunce

27. 11. 2009 Praha – malé halo, vedlejší slunce

9. 10. 2009 Praha – malé halo

7. 10. 2009 Praha – horní dotykový oblouk – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**
28. 9. 2009 Jizerské hory – malé halo, parhelia
27. 9. 2009 Jizerské hory – parhelia
7. 9. 2009 Praha – cirkumzenitální oblouk
29. 8. 2009 Jizerské hory – malé halo
23. 8. 2009 Praha – parhelia, halový sloup
17. 8. 2009 Praha – horní dotykový oblouk
16. 8. 2009 Drhleny – horní dotykový oblouk, parhelia, cirkumzenitální oblouk
12. 8. 2009 Praha – malé halo, parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**
9. 8. 2009 Drhleny – malé halo, horní dotykový oblouk, parhelia
7. 8. 2009 Praha – malé halo, parhelia
31. 7. 2009 nad ČR – spodní parhelický kruh, spodní 120°parhelium, spodní Liljequistovo parhelium, oblouky spodního protislunce
7. 7. 2009 Praha – malé halo
5. 7. 2009 Jizerské hory – malé halo
27. 6. 2009 Praha – malé halo
20. 6. 2009 Jizerské hory – malé halo, dotykový oblouk
18. 6. 2009 Praha – horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**
8. 6. 2009 Praha – parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk
1. 6. 2009 Praha – malé halo, parhelia
16. 5. 2009 Praha – horní část hala
14. 5. 2009 Praha – horní dotykový oblouk
12. 5. 2009 Praha – malé halo, parhelia, cirkumzenitální oblouk
10. 5. 2009 Jizerské hory – malé halo
9. 5. 2009 Jizerské hory – malé halo, horní a dolní dotykový oblouk, parhelický kruh
4. 5. 2009 Praha – malé halo
3. 5. 2009 Turnov – halový sloup
27. 4. 2009 Praha – malé halo – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**
26. 4. 2009 Nová Bystřice – malé halo
14. 3. 2009 Praha – malé halo, dotykový oblouk, vedlejší slunce
5. 3. 2009 Jizerské hory – malé halo

Souhrn:

Malé halo – 25

Parhelia – 16



Horní dotykový oblouk – 10  
Cirkumzenitální oblouk – 6  
Halový sloup – 3  
Horní a dolní dotykový oblouk – 1  
Parhelický kruh – 1  
Spodní parhelium – 1  
Spodní 12°parhelium -1  
Spodní Lijjequistovo parhelium – 1  
Oblouky spodního protislunce – 1

### 10.3 Rok 2008/2009

22. 1. 2009 Praha – vedlejší slunce  
9. 12. 2008 Praha – malé halo, parhelia – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
27. 10. 2008 Jizerské hory – malé halo  
19. 10. 2008 Uherský Brod – malé halo  
18. 10. 2008 Brno – halový sloup  
12. 10. 2008 Praha – vedlejší slunce  
10. 10. 2008 Praha – vedlejší slunce – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
6. 9. 2008 Mladá Boleslav – cirkumzenitální oblouk  
1. 9. 2008 Praha – parhelia, horní dotykový oblouk  
22. 8. 2008 Jizerské hory – parhelia, část parhelického kruhu, horní dotykový oblouk, malé halo  
21. 8. 2008 Jizerské hory – parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk  
18. 8. 2008 Jizerské hory – malé halo  
17. 8. 2008 Holešov – horní dotykový oblouk, malé halo, parhelia  
14. 8. 2008 Praha – parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk  
10. 8. 2008 Drhleny – malé halo, parhelia  
9. 8. 2008 Drhleny – halový sloup  
7. 8. 2008 Praha – parhelia  
6. 8. 2008 Praha – parhelia, cirkumzenitální oblouk – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
30. 7. 2008 Praha – horní dotykový oblouk  
28. 6. 2008 Praha – parhelia  
22. 6. 2008 Praha – malé halo – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
20. 6. 2008 Praha – parhelia, horní dotykový oblouk, cirkumzenitální oblouk, malé halo

29. 5. 2008 Praha – malé halo – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
 27. 5. 2008 Praha – parhelia, malé halo, cirkumzenitální oblouk  
 26. 5.2008 Praha – horní dotykový oblouk, parhelia – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
 17. 5. 2008 Praha – malé halo, parhelia – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
 1. 5. 2008 Praha – dotykové oblouky malého hala  
 28. 4. 2008 Praha – malé halo  
 26. 4. 2008 Praha – parhelium  
 30. 3. 2008 Praha – malé halo – **PŘECHOD TEPLÉ FRONTY**  
 7. 3. 2008 Praha – vedlejší slunce

Souhrn:

- Parhelia – 19  
 Malé halo – 15  
 Horní dotykový oblouk - 8  
 Cirkumzenitální oblouk – 6  
 Halový sloup – 2  
 Parhelický kruh – 1

**10.4 Výsledek četnosti pozorování:**

Druh halového jevu	2010/2011	2009/2010	2008/2009	Celkem
Malé halo (22°halo)	24	25	15	64
Parhelia	23	16	19	58
Cirkumzenitální oblouk	6	6	6	18
Horní dotykový oblouk	5	10	8	23
Dolní dotykový oblouk	1	0	0	1
Horní a dolní dotykový oblouk	3	1	0	4
Halový sloup	5	3	2	10
Parhelický kruh	2	1	1	4
Spodní parhelický kruh	0	1	0	1
Spodní 120°parhelium	0	1	0	1
Spodní Liljequistovo parhelium	0	1	0	1
Oblouky spodního protislunce	0	1	0	1
Opsané halo	1	0	0	1

Z pozorování je zřejmé, že nejvíce pozorovatelné halové jevy v období 2008-2011 v České republice jsou 22°halo a parhelia, dále pak horní dotykový oblouk a

cirkumzenitální oblouk. Méně častý je halový sloup. Další halové jevy jsou pozorovány ojediněle (graf č. 1).

Dále z roku 2010/2011 bylo ze 47 pozorování u 42 případů zhoršené počasí v den výskytu halového jevu nebo den poté (graf č.3). A z roků 2008/2009 a 2009/2010 jsem zaznamenala případy, kdy se nad Prahou současně objevil halový jev a teplá fronta, která přináší zhoršené počasí. V roce 2008/2009 byl nad Prahou pozorovaný halový jev 21krát a z toho 8krát i teplá fronta, v roce 2009/2010 byl 26krát halový jev a 4krát teplá fronta (graf č. 2).

## 11 Závěr

Halové jevy patří mezi optické úkazy, které se objevují na obloze. Jsou způsobeny průchodem nebo lomem světelného paprsku. Ledové krystalky jsou obsaženy v oblacích vysokého patra, kde vznikají z vodních kapek. Nejlepší jsou krystalky malé, protože čím větší, tím větší je jejich nedokonalost.

Ze zkoumaných roků 2008/2009, 2009/2010 a 2010/2011, kdy jsem sledovala, jak počasí v den výskytu halového jevu nebo dni poté, tak současného výskytu halového jevu a teplé fronty nad Prahou můžeme usoudit závěr, že je možná souvislost mezi halovými jevy a zhoršeným počasím. Je to dáno především příchodem teplé fronty, která s sebou přináší oblaka vysokého patra. Nicméně to nemusí být vždy, neboť přicházející oblaka se mohou rozptýlit nebo změnit směr, protože teplá fronta je charakteristická projevy počasí už daleko před čarou fronty, i několik set kilometrů.

Pozorování halových jevů je uváděno již ve starověkých kulturách a mnohdy byly vykládány jako božská znamení. V dnešní době se pozorovatelé sdružují po celém světě na různých webových stránkách a organizacích, kde přispívají svými pozorováními. Existují také programy pro simulaci jak všedních úkazů, tak vzácných a samozřejmě teoretických.

Mezi nejčastěji pozorované halové jevy patří 22°halo – malé halo a parhelia.

## 12 Seznam použité literatury

### Knihy:

- Bednář J., 1989: Pozoruhodné jevy v atmosféře. Academia, Praha.
- Bednář J., Černava S., Flux J., Frühbauer J., Gottwald A., Hodan L., Jurčovič P., Kakos V., Kalvová J., Koldovský M., Kopáček J., Krejčí J., Krška K., Munzar J., Nedelka M., Otruba A., Panenka I., Papež A., Pícha J., Podhorský D., Popolanský F., Pretel J., Pribiš J., Rein F., Setvák M., Schoberová E., Slabá N., Sládek I., Sobíšek B., Strachota J., Štekl J., Táborský Z., Trefná E., Trhlík M., Vesecký A., Zeman M., Zikmunda O., 1993: Meteorologický slovník výkladový terminologický. Academia, Praha.
- Benešová M., Satrapová H., 2002: Odmaturuj z chemie. Didaktis spol. s.r.o., Brno.
- Buckley B., Hopkins E. J., Whitaker R., 2004: Weather. Weldon Owen Pty Limited, Sydney.
- Burroughs W., Crowder B., Robertson T., Vallier- Talbotová E., Whitaker R., 2003: Encyklopedie počasí. Svojtka & Co., Praha.
- Dvořák P., 2004: Letecká meteorologie. Svět křídel, Cheb.
- Greenler R., 1990: Rainbows, halos, and glories. CUP Archive, Cambridge.
- Häckel H., 2008: Atlas oblaků. Academia, Praha.
- Hong S. M., Baranoski G., 2003: A Study on Atmospheric Halo Visualization. University of Waterloo, Waterloo.
- Karas P., Míková T., Zárybnická A., 2007: Skoro jasno. Edice ČT, Praha.
- Kobzová E., 1998: Počasí. Rubico, Olomouc.
- Lepil O., Bednařík M., Hýblová R., 1993: Fyzika pro střední školy. Prometheus Praha, Praha.
- Maunder M., 2007: Lights in the Sky. Springer, London.
- Rosický J., 1994: Anorganická chemie pro biology- II. systematická část. Univerzita Karlova, Praha.
- Roth G. D., 2000: Malá encyklopedie počasí – Jak porozumět počasí a meteorologickým předpovědím. Euromedia Group k. s., Praha.
- Řezáčová D., Novák P., Kašpar M., Setvák M., 2007: Fyzika oblaků a srážek. Academia, Praha.
- Seifert V., 1987: Rozumíme počasí?. Artia, Praha.
- Skřehot P., 2004: Atmosférické optické jevy. Meteorologická Operativní Rada, Praha.

- Soukupová J., 2008: Atmosférické procesy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Štoll I., 1996: Svět očima fyziky. Prometheus, Praha.
- Štoll I., 1998: Podivuhodné přírodní úkazy. Fragment, Havlíčkův Brod.
- Tape W., 1994: Atmospheric Halos. American Geophysical Union, Washington.
- Trnčák P., 2004: Halové jevy. Nepublikováno.

#### Časopis:

- Brož M., Kujal J., 2000: Povětroň. Astronomická společnost, Hradec Králové.

#### Článek:

- Borovoi A. G., Burnashov A. V., Opiel U. G., 2008: Scattering matrices for horizontály oriented ice. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative, číslo 109, 2648-2655.
- Coffey V. C., 2008: Laser Focus World, číslo 8, 42-44.
- Können G. P., Wessels H. R. A., Tinbergen J., 2003: Halo polarization profiles and sampled ice crystals: observations and interpretation. Applied Optics, číslo 3, 309-317.
- Lui C., Jonas P. R., Saunders C. P. R., 1996: Pyramidal ice crystal scattering phase functions and concentric halos. Annales Geophysicae, číslo 14, 1192-1197.
- Riikonen M., Moilanen J., Sillanpa M., Nieuwenhuys F., 2003: Rare odd-radius column arcs. Royal Meteorological Society, číslo 57, 346-351.
- Westbrook C. D., Illingworth A. J., O'Connor E. J., Hogan R. J., 2010: Doppler lidar measurements of oriented planar ice crystals falling from supercooled and glaciated laver clouds. Royal Meteorological Society, číslo 136, 260-276.
- Vollmer M., Greenler R., 2003: Halo and mirage demonstrations in atmospheric optics. Applied Optics, svazek 42, číslo 3, 394-398.
- Ulanowski Z., 2005: Ice analog Halos. Science and Technology Research Institut. University of Hertfordshir, číslo 44 (27), 5754-5758.

#### Internetové zdroje:

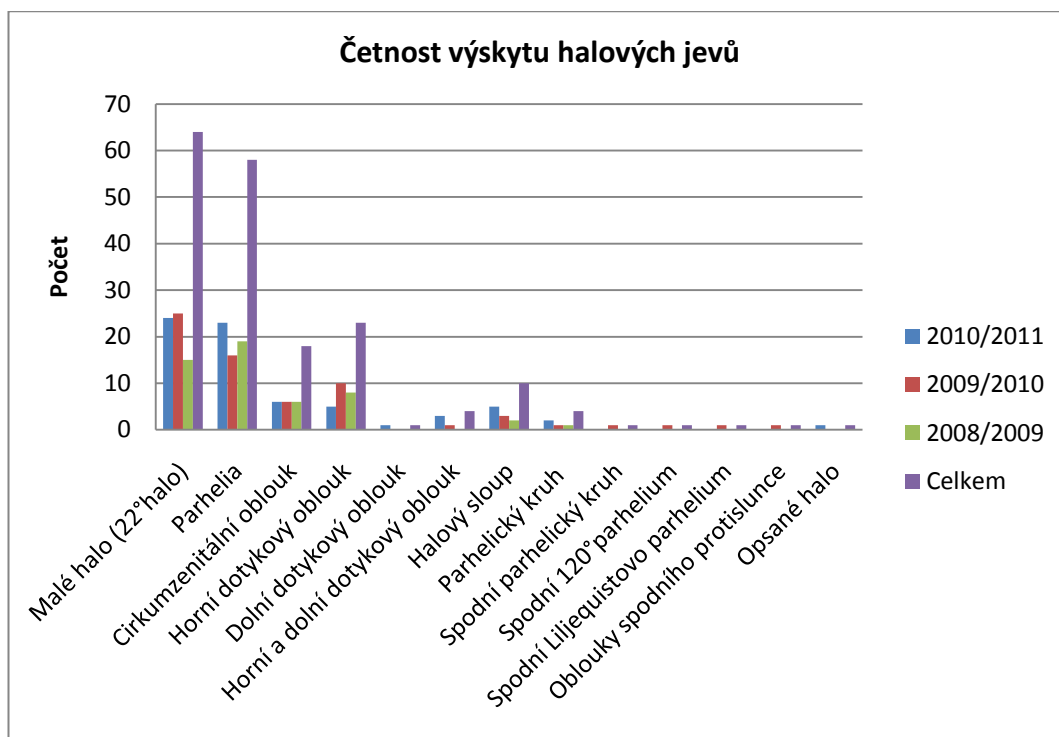
- AKM, 2010: Arbeitskrie Meteore e.V., online: [www.meteoros.de/halo.htm](http://www.meteoros.de/halo.htm), cit. 2. 2. 2011.

- Atmospheric Optics, 1998: Ice halos, online: [www.atoptics.co.uk/halosim.htm](http://www.atoptics.co.uk/halosim.htm)., cit. 7. 11. 2010.
- ČHMÚ 2011: Český hydrometeorologický ústav, online: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz), cit. 9. 4. 2011.
- HOP, 2010: Halo Observation Project, online: [www.halo.astronomie.cz/atlas.php](http://www.halo.astronomie.cz/atlas.php)., cit. 8. 11. 2010.
- In-počasí, 2011: Historie počasí v ČR, online: [www.in-pocasi.cz/archiv/index.php](http://www.in-pocasi.cz/archiv/index.php), cit. 22. 2. 2011.
- Maňák L., 2005: Halové jevy, online: [www.halo.kvalitně.cz](http://www.halo.kvalitně.cz), cit. 15. 10. 2010.
- National Earth Science Teachers Association, 2011: Windows to the Universe. National Earth Science Teachers Association (NESTA), online: [www.windows2universe.org/earth/Atmosphere](http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere), cit. 15. 10. 2010.
- Skřehot P., 2005: Atlas oblaků, online: [www.mraky.astronomie.cz](http://www.mraky.astronomie.cz), cit. 4. 2. 2011
- Tržický T., 2010: Optické úkazy v atmosféře, online: [www.ukazy.astro.cz/halo.php](http://www.ukazy.astro.cz/halo.php), cit. 23. 2. 2011.

## 13 Příloha:

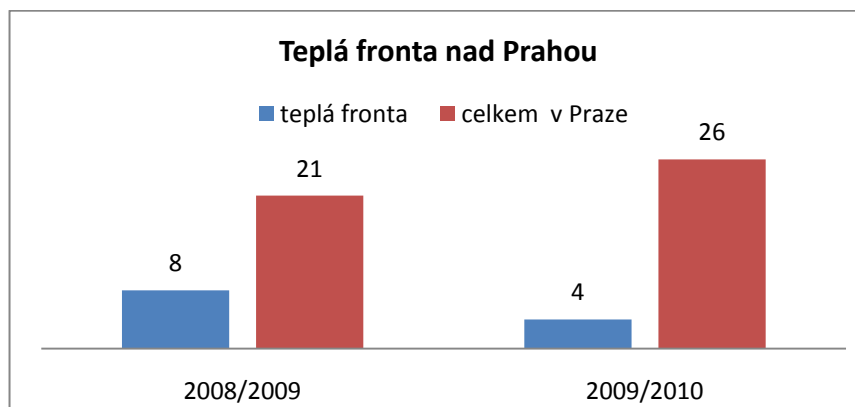
### 13.1 Grafy

Graf četnosti pozorování halových jevů v období 2008-2011 v České republice



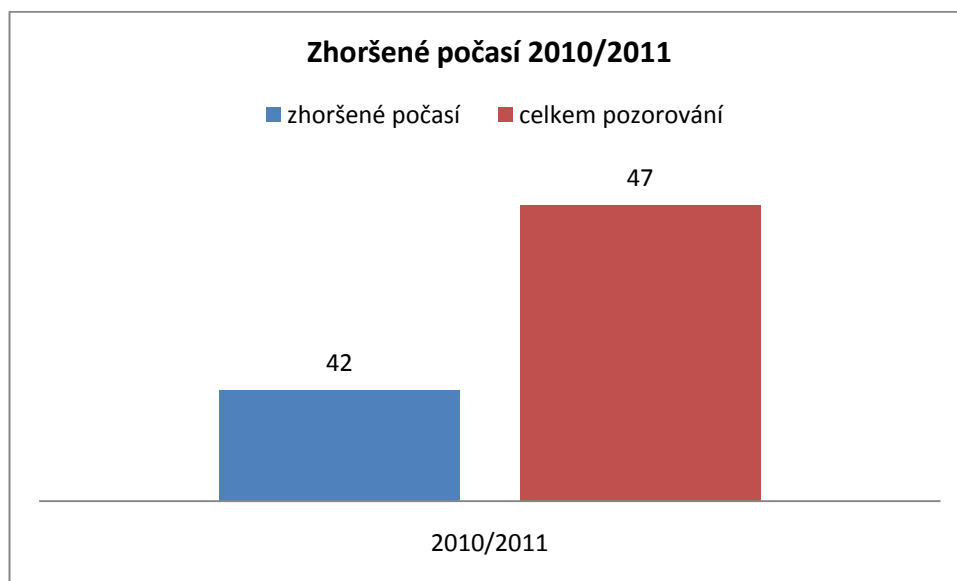
Graf č. 1

Graf četnosti teplé fronty nad Prahou



Graf č. 2

## Zhoršené počasí v roce 2010/2011



Graf č. 3

## 13.2 Fotografie:

### Parhelium



Foto č.1: Zdeňka Kubišová, 2010



22° halo (malé halo)



Foto č.2: Jan Jelínek, 2006

Cirkumzenitální oblouk



Foto č.3: Tomáš Tržický, 2006

### Horní dotykový oblouk



Foto č.4: Martin Vilášek, 2005

### Halový sloup



Foto č.5: Radek Svatoň, 2005