

K vlastnostem atmosféry z hlediska šíření rádiových vln

Bc. Aneta Zikešová

Ing. Maria Kovalchuk

doc. Ing. Ondřej Fišer, CSc.



Obsah

- ◇ **Výpočty indexu lomu atmosféry**
- ◇ **Citlivost vzorců pro index lomu na vstupních parametrech**
- ◇ **Efektivní poloměr Země a vertikální gradient indexu lomu**
- ◇ **Výsledky měření**

Úvod

Šíření vln se prakticky uplatňuje v radiokomunikacích všeho druhu, ale také při šíření optických vln.

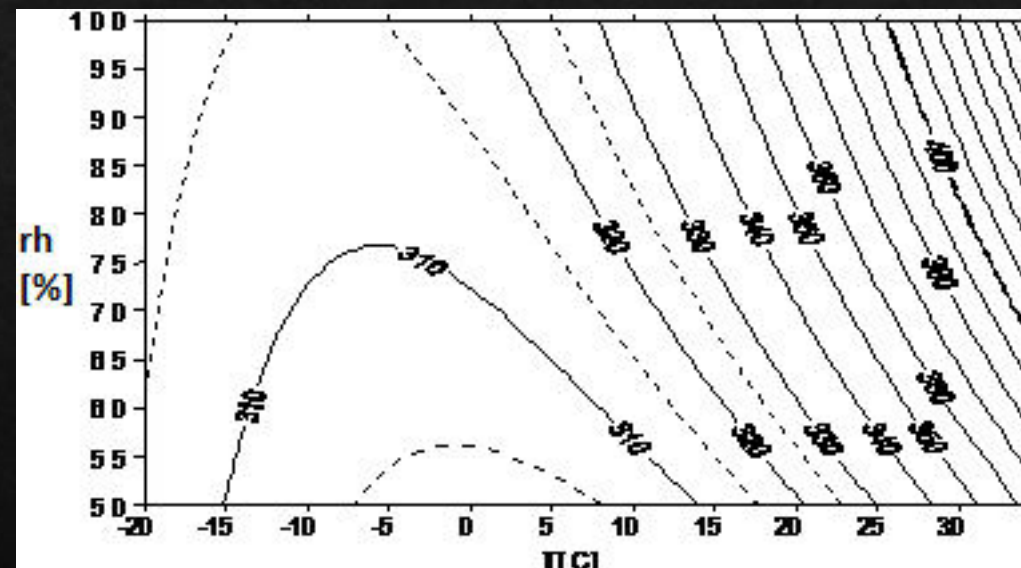
Tato studie se soustřeďuje na:

- ◇ určování indexu lomu v troposféře,
- ◇ jeho vertikálního gradientu
- ◇ koeficientu refrakce k

odhad trajektorie dráhy paprsku → plánování směrových spojů

Výpočty indexu lomu atmosféry

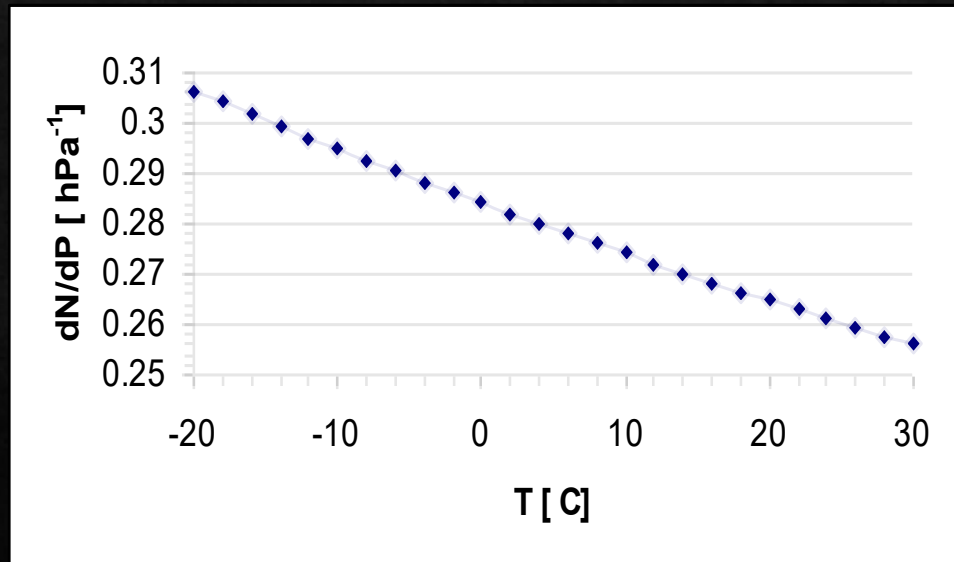
- ◇ Index lomu n ze znalosti relativní vlhkosti vzduchu rh [%]), teploty t a atmosférického tlaku p
- ◇ Je podíl rychlosti šíření vln ve vakuu c ku rychlosti šíření vln v dané látce v
- ◇ Z praktických důvodů se používá modifikovaný index lomu N



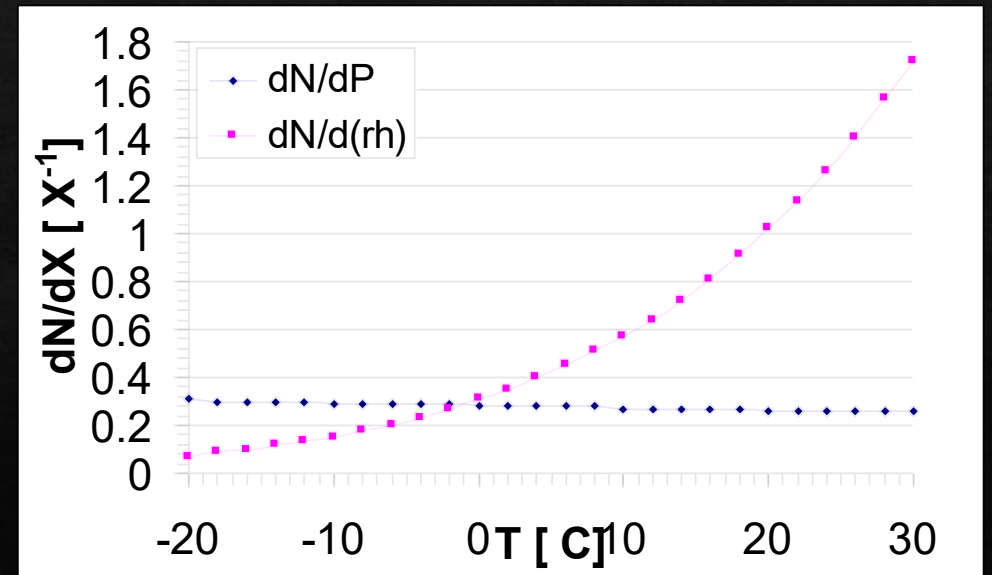
Závislost modifikovaného indexu lomu N na teplotě t [°C] a relativní vlhkosti rh při standardním atmosférickém tlaku 1013,25 hPa.

Citlivost vzorců pro index lomu na vstupních parametrech

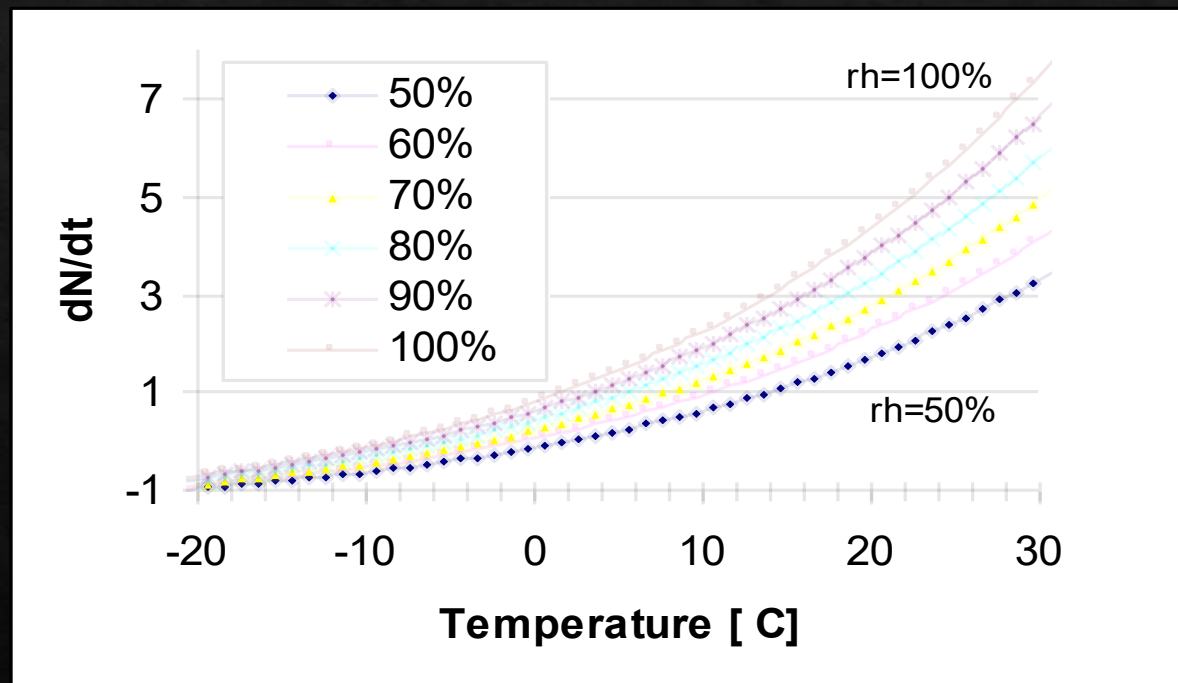
a) Citlivost N na tlak jako funkce teploty dN/dt ukazuje:



b) Citlivost N na relativní vlhkost rh ($dN/d(rh)$) ukazuje:



c) Citlivost N na teplotu pro různé teploty a různé relativní vlhkosti ukazuje:

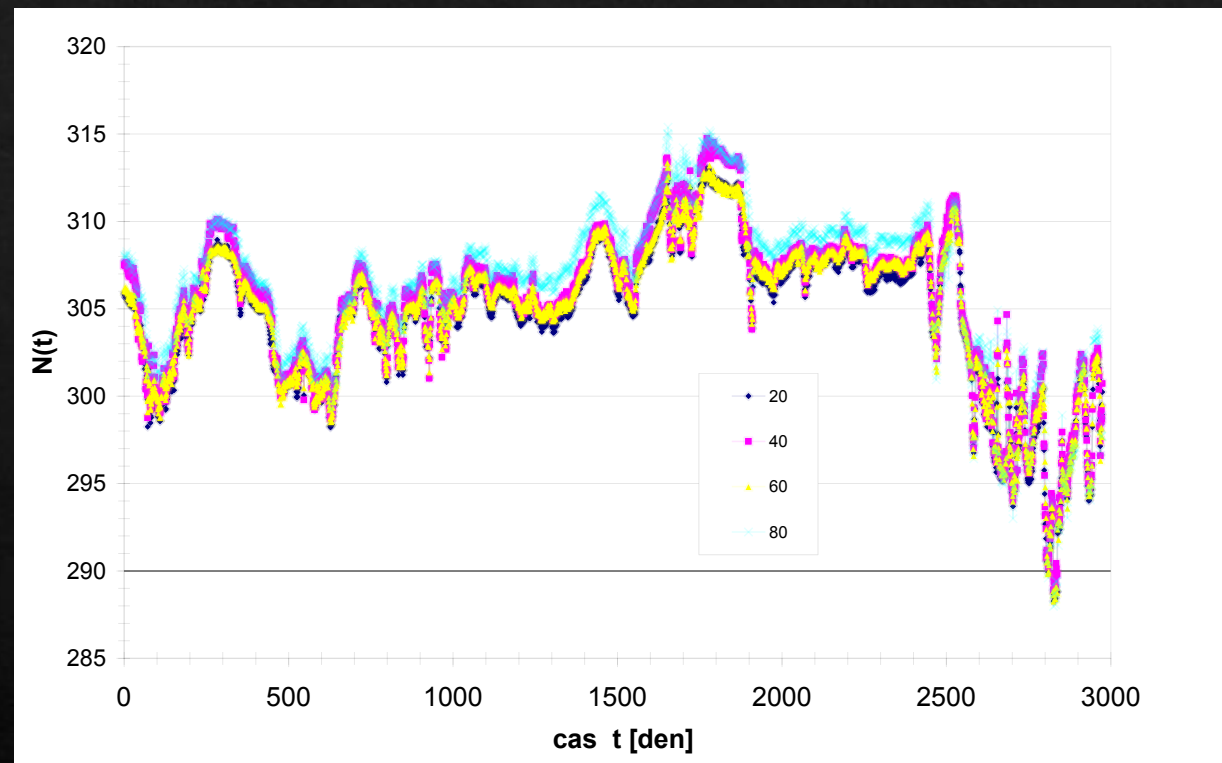


Výsledky měření

- ◆ Období měření: rok 2010 – 2011 (do konce září)
- ◆ Měření tlaku, relativní vlhkosti vzduchu a teploty probíhalo a probíhá na observatoři v Kopistech u Mostu každých 10 minut.
- ◆ + vertikální gradient indexu lomu počítaný z rozdílu jeho hodnot v dvojicích výšek 80-20 m, 40-20 m, 60-40 m a 80-60 m

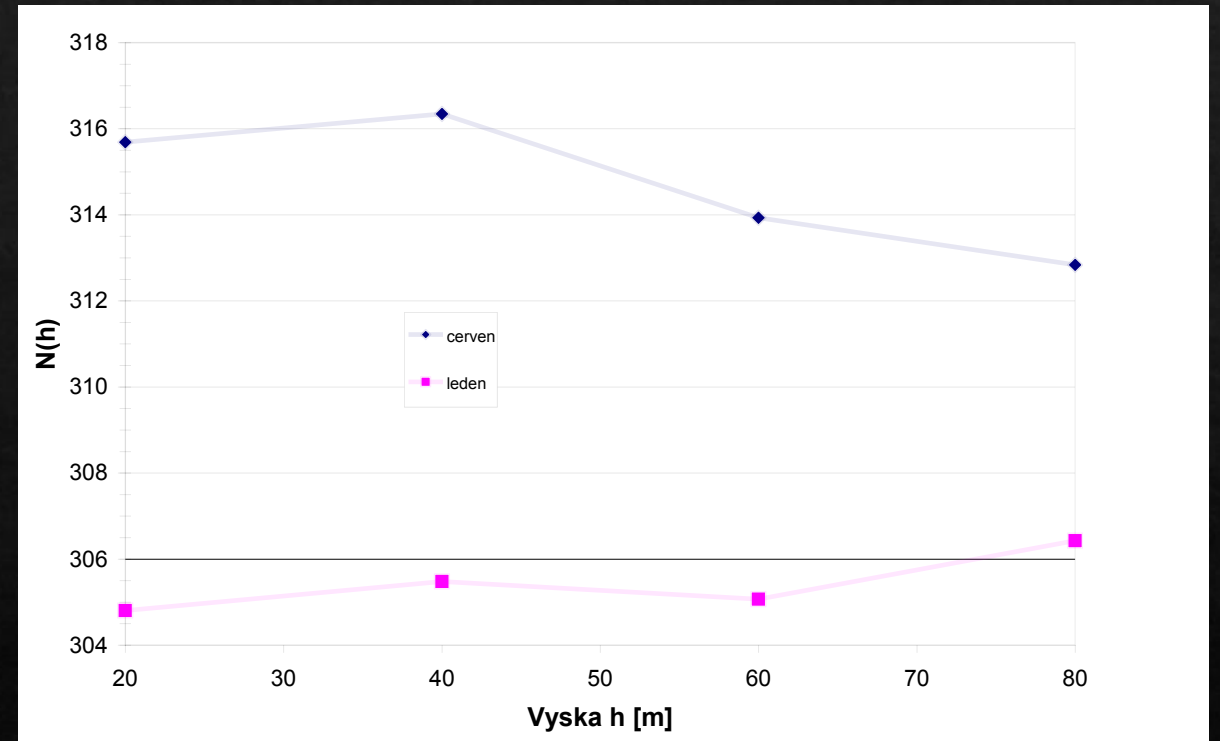


- ◇ časový chod modifikovaného indexu lomu v různých výškách
- ◇ Na vodorovné ose je čas odpovídající celému lednu 2010. Hodnoty se pohybují mezi 257 a 315
- ◇ Ve většině případů je vidět tendence k tomu, že ve větší výšce je i vyšší číselná hodnota modifikovaného indexu lomu. To odpovídá častým inverzním situacím v lednu.



Časové chody (leden 2010) modifikovaného indexu lomu na stožáru v Kopistech v různých výškách (20, 40, 60 a 80 m).

- ◇ Ve standardní atmosféře klesá hodnota indexu lomu s výškou. Tomu celkem odpovídají např. průměrné hodnoty za červen 2010 (modré hodnoty na Obr. 8), ale pro lednové hodnoty (fialová křivka) index lomu s výškou roste. To bývá, jak již bylo řečeno, spojováno s teplotními inverzemi, které jsou u nás v lednu časté. Je také vidět, že v červnu jsou hodnoty N vyšší.



Průměrný výškový profil modifikovaného indexu lomu za leden 2010 (zimní měsíc) a červen 2010 (letní měsíc).

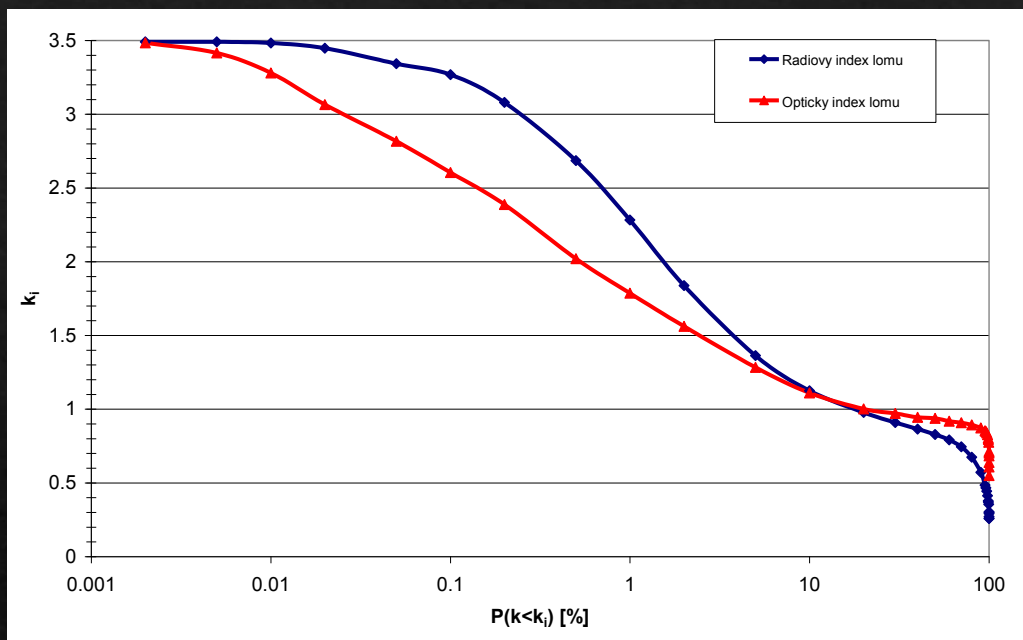
Významné statistické parametry vertikálního gradientu indexu lomu (km⁻¹) a k-faktoru v určitých měsících roku 2010

	Leden 2010			Květen 2010			Červen 2010			Srpen 2010		
	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k
	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m
Průměr	27.02	0.86	0.84	10.62	1.02	0.91	-15.29	1.19	0.79	-67.66	1.71	0.40
SM odchylka	14.93	0.08	0.10	38.89	0.65	2.73	68.25	30.92	14.20	96.58	26.91	8.24
Medián	28.81	0.84	0.83	11.41	0.93	0.85	-18.14	1.09	0.80	-52.82	1.25	0.54
Minimum	-59.94	0.59	0.58	-191.39	-4.56	-95.86	-263.43	-1057.30	-700.87	-530.30	-265.73	-221.08
Maximum	109.51	1.62	1.57	109.74	18.11	94.75	256.89	1166.25	279.46	349.42	1161.51	150.85

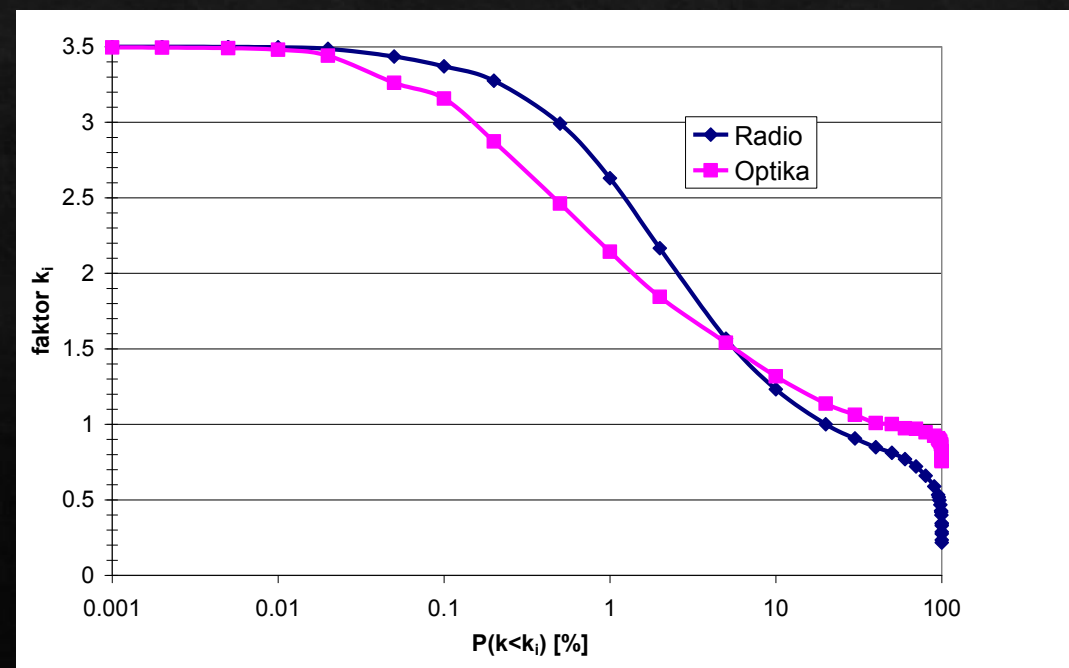
Významné statistické parametry vertikálního gradientu indexu lomu (km⁻¹) a k-faktoru v určitých měsících roku 2011

	Leden 2011			Květen 2011			Červen 2011			Srpen 2011		
	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k	dN/dh	k	k
	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m	80-20m	80-20m	40-20m
Průměr	52.65	0.77	0.76	-21.84	1.22	0.28	-22.99	1.35	0.73	1.50	1.26	0.74
SM odchylka	40.00	0.13	0.56	64.13	25.48	29.14	90.10	48.82	9.33	128.11	19.10	10.40
Medián	47.41	0.77	0.80	-21.90	1.15	0.80	-30.09	1.19	0.78	-31.44	1.20	0.76
Minimum	-55.24	0.33	-10.16	-235.58	-1106.67	-1554.67	-381.66	-1433.10	-272.84	-425.17	-352.64	-289.59
Maximum	315.08	1.54	18.55	246.38	293.56	211.79	372.84	1445.60	302.78	580.17	570.85	342.63

Vzhledem k tomu, že se v datech vyskytly i extrémní hodnoty pravděpodobně neodpovídající skutečným parametrům atmosféry, je medián ve srovnání s průměrem spolehlivější statistickou veličinou



Distribuční funkce indexu refrakce k za leden 2010. Modrá barva platí pro rádiové vlny, červená pro vlny optické.



Distribuční funkce indexu refrakce k za prvních 8 měsíců roku 2011. Modrá barva platí pro rádiové vlny, fialová pro vlny optické.

Závěr

- ◆ Index lomu velmi závisí na relativní vlhkosti a teplotě, na druhé straně jeho závislost na tlaku je poměrně menší.
- ◆ Hodnoty modifikovaného indexu lomu byly zjištěny v rozmezí 250 až 320 N -jednotek, zatímco jeho vertikální gradient se pohyboval kolem -20 km^{-1} .
- ◆ Naše měření ukázala, že průměrná hodnota koeficienta refrakce (k -faktor) je kolem 1,35, což dobře odpovídá Mezinárodní standardní atmosféře (4/3).
- ◆ Měření i zpracování atmosférického indexu lomu pokračují.