

Rostlinná společenstva alpinského stupně se smilkou tuhou (*Nardus stricta*) v Hrubém Jeseníku

II. Vztah mezi smilkovými porosty a sněhovou pokrývkou

Alpine plant communities with *Nardus stricta* in the Hrubý Jeseník Mts. (The Sudeten Mts., Czech Republic)
II. Relations between *Nardus stricta* communities and snow-cover

Jitka Klimešová

Botanický ústav AV ČR, Úsek ekologie rostlin, 379 82 Třeboň, Česká republika

Klimešová J. (1993): Alpine plant communities with *Nardus stricta* in the Hrubý Jeseník Mts. (The Sudeten Mts., Czech Republic). II. Relations between *Nardus stricta* communities and snow-cover. - Preslia, Praha, 65:63-75 [in Czech].

Keywords: Alpine vegetation, *Nardus stricta*, snow cover, Sudeten Mts., Czech Republic

The hypothesis was tested that the cover of *Nardus stricta* is proportional to the depth of snowpack in winter and its duration in spring. Depth of snow cover and the pattern of its melting were mapped in the alpine zone of the Hrubý Jeseník Mts. during five subsequent winters. The snow maps were compared with distribution maps of *Nardus stricta*. The relationship between the spatial distribution of snow maxima and the cover of *Nardus stricta* was confirmed.

Úvod

Sněhová pokrývka vytváří na vrcholech našich hor téměř polovinu roku specifické prostředí pro život rostlin. V pracích o alpinské vegetaci je tato skutečnost reflektována většinou jen pokusem o seřazení druhů či společenstev podle gradientu zvětšující se mocnosti či setrvávání sněhové pokrývky; méně prací existuje o konkrétních podmínkách, které sníh rostlinstvu vytváří (např. Billings et Bliss 1959, Jeník 1961, Holway et Ward 1963, Gray et Male 1981, Daly 1984) a jen málo autorů manipulovalo se sněhovou pokrývkou v řízených pokusech (Steinhoff et Ives 1976). Tato studie patří do první skupiny prací, vychází však z několikaletého měření v terénu a ze statistického zhodnocení naměřených dat.

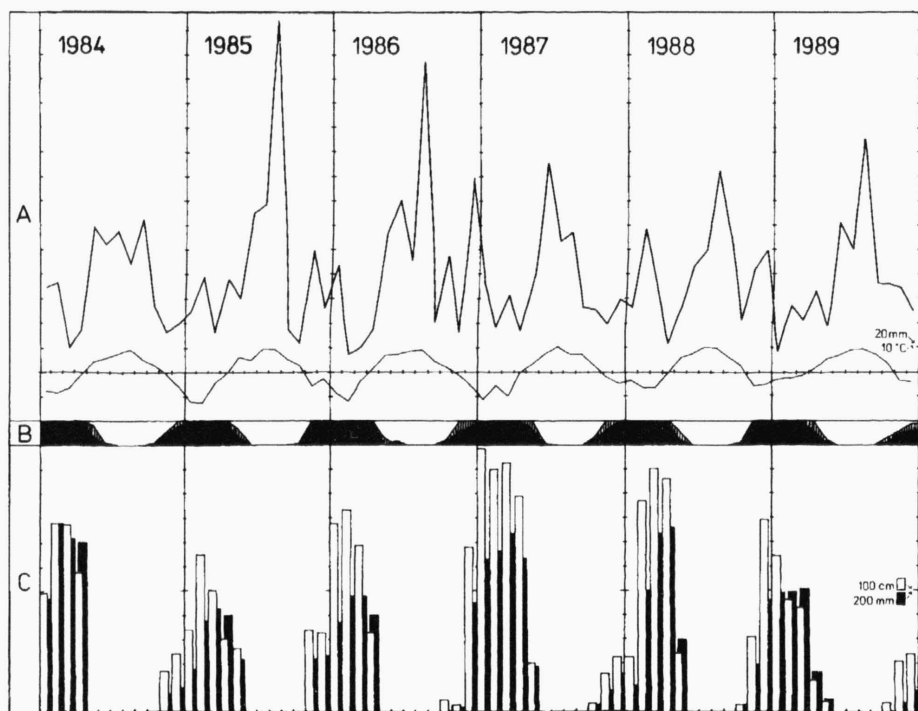
Smilka tuhá (*Nardus stricta* L.) je udávána z alpinských chionofilních společenstev (Burges 1951, Poore et McVean 1957, Jeník 1958, Štursová 1985). Z podrobného mapování porostů se smilkou tuhou v Hrubém Jeseníku je však zjevné, že její výskyt není soustředěn jen do závětrných karů, kde jsou sněhová výležiště, ale že roste i na návětrných hranách hřebene; zde je však její pokryvnost nižší (Klimešová 1992). Na základě tohoto pozorování byla vytvořena pracovní hypotéza: čím má sněhová pokrývka větší mocnost a později odtává, tím větší pokryvnost má ve společenstvu smilka tuhá. Pro testování této hypotézy byla v pěti zimních obdobích mapována mocnost sněhové pokrývky a odtávání sněhu v alpském stupni Hrubého Jeseníku. Cílem práce je zodpovědět následující otázky:

- (1) Liší se alpinská společenstva se smilkou tuhou v Hrubém Jeseníku mocností sněhové pokrývky a délkou vytrvávání sněhu? Jsou tyto sněhové charakteristiky stejné v různých zimách?
- (2) Závisí pokryvnost smilky tuhé v alpských společenstvech Hrubého Jeseníku na mocnosti sněhové pokrývky nebo na postupu odtávání sněhu?

Popis území

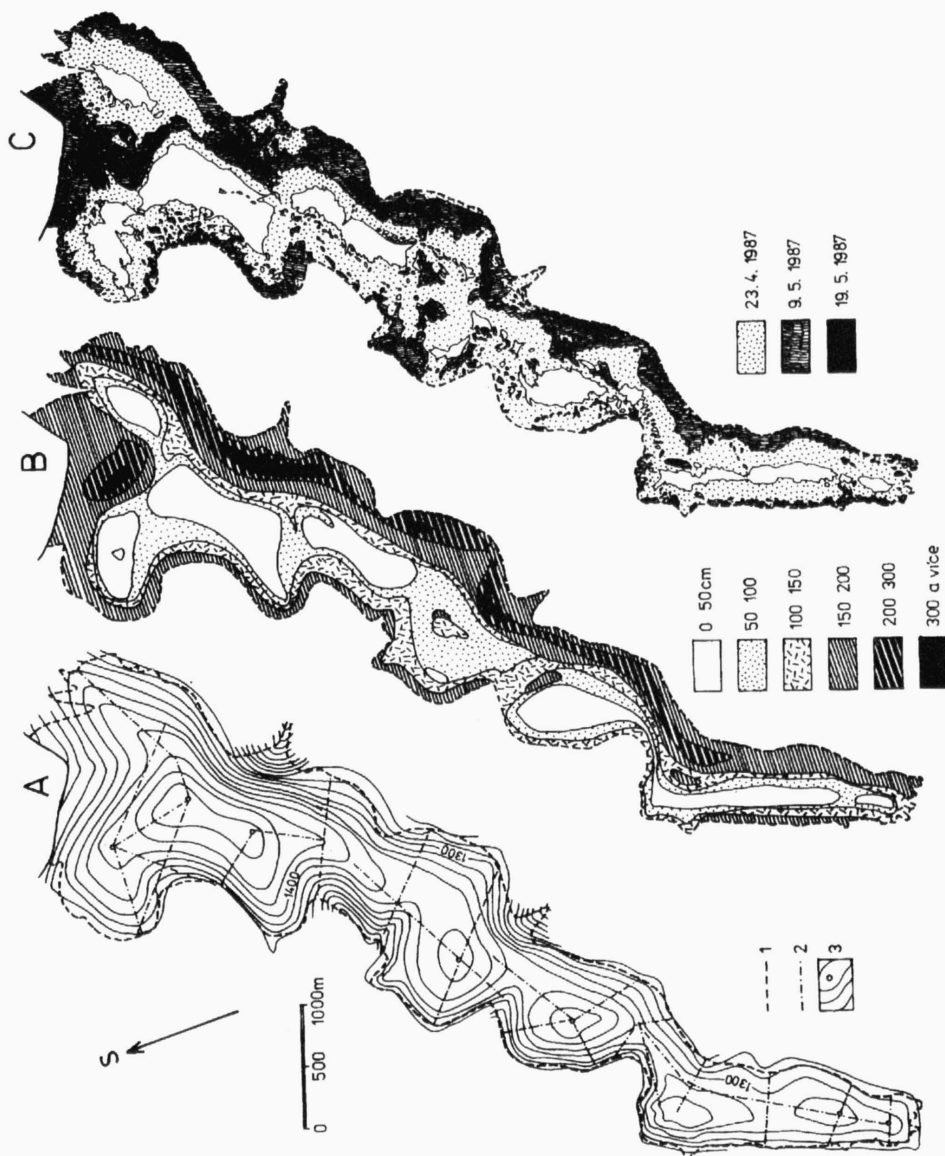
Rozšíření smilky tuhé a sněhové poměry byly studovány na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku nad alpskou hranicí lesa, která je v nadmořské výšce 1250 až 1300 m. Šest kilometrů dlouhý a nejvýše jeden kilometr široký hřeben je orientován ve směru severovýchod - jihozápad, jeho nejvyšším vrcholem je Vysoká hole (1464 m n. m.). Podrobnější popis území a orientační mapka jsou uvedeny v první části této studie (Klimešová 1992).

Klima kulminační části Hrubého Jeseníku řadí Quitt (1971) do oblasti CH 4, která se vyznačuje (1) velmi krátkým, chladným a vlhkým létem, (2) velmi dlouhým přechodným obdobím s chladným jarem a mírně chladným podzimem a (3) velmi dlouhou, velmi chladnou a vlhkou zimou s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky. Období se sněhovou pokrývkou na hřebeni Hrubého Jeseníku trvá průměrně 170 dní v roce (od



Obr. 1. - Průběh počasí v letech 1984 až 1989 podle měření meteorologické stanice Praděd (1492 m n.m.). A - měsíční úhrny srážek (horní křivka) a měsíční průměry teplot (spodní křivka); B - poměrné zastoupení dnů se souvislou (černě), nesouvislou sněhovou pokrývkou (šrafované) a bez sněhové pokrývky (bíle) v měsíci. Osa x je společná s A a C, s měsíci od ledna do prosince daného roku; C - maximální mocnost sněhové pokrývky (prázdné sloupce) a maximální vodní hodnota sněhu (plné sloupce), zaznamenané v jednotlivých zimních měsících.

Fig. 1. - Climatological data 1984-1989 (Praděd meteorological station, altitude 1492 m a.s.l.). A - sum of precipitation (top line) and mean temperature (bottom line) expressed monthly. B - proportion of days with continuous snow cover (solid), discontinuous snow cover (hatched) and without snow cover (empty); C - maximum depth of the snow cover (empty bars) and maximum water equivalents (solid bars) recorded in winter months. Months (January to December) are given on the x-axis.



Obr. 2. - Sněhová pokrývka na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku v zimě 1986/87. A - vrstevnicová mapa alpského stupně jižního hřebene Hrubého Jeseníku. 1 - alpská hranice lesa; 2 - transepty, na kterých byla měřena mocnost sněhové pokrývky; 3 - vrstevnice po 20 m s kótami, z kterých byly vedeny transepty; B - mapa sněhové pokrývky v únoru 1987; C - mapa odtávání sněhové pokrývky na jaře 1987; různou šrafází jsou označeny plochy kryté sněhem k datu mapování.

Fig. 2. - Snow cover on the southern ridge of the Hrubý Jeseník Mts. as recorded in winter 1986/87. A - contour map of the alpine zone. 1 - alpine zone borders; 2 - transepts on which the snow cover depth was measured; 3 - contour lines (interval of 20 m) with points from which the transepts were running; B - map of the snow cover depth, February 1987; C - map of the course of snow melting in spring 1987; different hatching indicates which parts were covered with snow by the dates of mapping.

poloviny října do poloviny dubna); maximum sněhu bývá v březnu (Srový 1958). Ve vrcholových polohách hřebene převládají západní větry (Tejnská et Tejnský 1972).

Konkrétní představu o chodu počasí ve sledovaném území poskytují údaje z meteorologické stanice Praděd (obr. 1).

Z bioklimatologického hlediska můžeme rozlišit během roku v alpském stupni Hrubého Jeseníku 4 období (částečně podle práce Prosová 1961):

(1) Jarní regelační období - začíná na začátku března, kdy se objevují první místa bez sněhové pokrývky a končí v druhé polovině května; charakteristické pro něj jsou záporné noční a kladné denní teploty, málo srážek a jasné počasí. V tomto období dochází k tání sněhu, ronů tavné vody, hromadění tavné vody v terénních depresích a jejímu opakovanému zamrzání, k tvoření jehlového ledu apod.

(2) Vegetační sezóna - trvá asi od poloviny května do začátku října; je charakterizována ročním maximem srážek a teplotami zřídka klesajícími pod bod mrazu. V nejteplejších měsících roku se průměrná měsíční teplota pohybuje kolem 10°C.

(3) Podzimní regelační období - začíná poklesem nočních teplot do záporných hodnot na začátku října a končí v druhé polovině listopadu se vznikem souvislé sněhové pokrývky. Na podzim je regelace méně intenzivní než na jaře, protože není k dispozici voda z tajícího sněhu a radiální počasí je vzácnější.

(4) Zimní období - trvá obvykle od konce listopadu do konce března. Po většinu tohoto období je území kryto souvislou sněhovou pokrývkou a průměrné měsíční teploty vzduchu jsou záporné; teplota půdy závisí na mocnosti sněhové pokrývky.

Metodika

Rostlinná společenstva se smilkou tuhou jsou popsána v první části článku (Klimešová 1992).

Měření mocnosti sněhové pokrývky na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku bylo prováděno v zimách 1984/5 (3.-10.2.1985), 1985/6 (26.1.-1.2.1986), 1986/7 (9.-13.2.1987), 1987/8 (13.-18.2.1988) a 1988/9 (4.-8.2.1989).

Mapy mocnosti sněhové pokrývky byly konstruovány na základě měření na transektech; mocnost sněhové pokrývky byla měřena ve dvacetimetrových intervalech svislými vpichy lavinovou sondou s přesností na 5 cm. Transekty byly vedeny každoročně stejnou trasou, která byla fixována jedním trvalým bodem (nejčastěji triangulační tyčí) a azimutem (polohu transektů viz na obr. 2a).

Mapy odtávání sněhu zachycují zmenšující se plochu krytou sněhovou pokrývkou. Termíny mapování byly voleny podle počasí, protože metoda vyžaduje dobrou viditelnost – sněhové skvrny byly zakreslovány v terénu do mapy 1:5 000. Na jaře 1989 nebylo odtávání mapováno.

Mocnost sněhové pokrývky v jednotlivých společenstvech byla zjišťována z map mocnosti sněhové pokrývky (stejně jako odtávání, viz 1) a z měření mocnosti sněhové pokrývky v terénu (viz 2).

(1) Do mapy společenstev (Klimešová 1992: obr. 2), do mapy rozšíření smilky tuhé (Klimešová 1992: obr. 3) a do mapy mocnosti sněhové pokrývky byla rozmístěna (vždy ve stejných souřadnicích) síť pravidelných bodů. Každému bodu v určitém společenstvu byl přiřazen odpovídající bod na mapě mocnosti sněhové pokrývky. Ze všech bodů jednoho společenstva bylo spočítáno procento plochy kryté určitou vrstvou sněhu. Stejným způsobem byl zjišťován postup odtávání. Pro každé společenstvo bylo zjištěno procento

plochy kryté sněhem k určitému datu mapování odtávání. V tabulce č. 1 bylo pro korekci nadhodnocení mocnosti sněhové pokrývky na svahu (mocnost sněhové pokrývky byla měřena svislými vpichy) použito vzorce: $B = A \cdot \cos(S)$, kde B je skutečná mocnost sněhové pokrývky, A je naměřená mocnost sněhové pokrývky a S je sklon svahu.

(2) Z měření na transektech protínajících mapovací jednotky na mapě společenstev se smilkou tuhou (Klimešová 1992: obr. 2), bylo náhodně vybráno 8 měření pro každý rok, pro každou mapovací jednotku. V této metodě byla využita jen společenstva tvořící velké porosty (viz tab. 1), aby se zmenšila pravděpodobnost chyby, která mohla při mapování vzniknout.

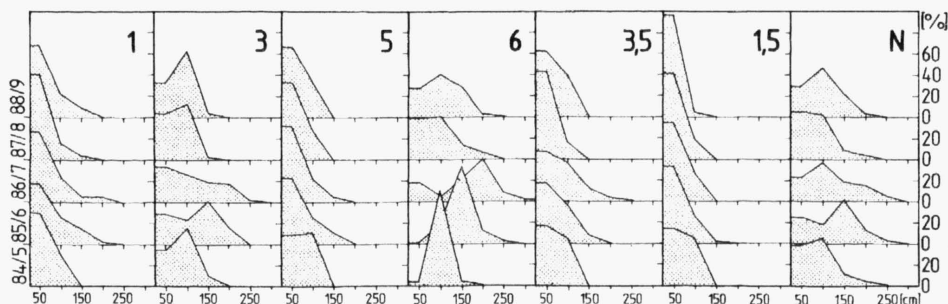
Vodní hodnota sněhu byla zjištěna vážením známého objemu sněhu odebraného z celého profilu sněhové pokrývky vždy na pěti stejných lokalitách na Kamzičníku.

K testování statistických hypotéz byly užity běžné statistické metody (Anděl 1985, Zar 1974).

Výsledky

Sledované zimy se značně lišily v množství srážek spadlých ve formě sněhu i v délce setrvání sněhové pokrývky (obr. 1). Zatímco v zimách 1985/6, 1986/7 a 1988/9 měření mocnosti sněhové pokrývky na začátku února zastihlo roční maximum množství sněhu, v zimách 1984/5 a 1987/8 napadlo velké množství srážek ještě v průběhu února (obr. 1). V době mapování byla vždy vodní hodnota sněhové pokrývky před svým ročním maximum (obr. 1) kromě zimy 1988/9, kdy byly také naměřeny nejvyšší hustoty sněhu (tab. 2).

Příklad distribuce sněhových mas na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku v únoru 1987 a odtávání v tomtéž roce je zachycen na obr. 2. Vlivem převládajících západních větrů jsou větší akumulace sněhu lokalizovány na jihovýchodním svahu (obr. 2b). Přesto, že se



Obr. 3. - Mocnost sněhové pokrývky v alpských společenstvech se smilkou tuhou v jednotlivých letech, vyjádřená jako procento plochy společenstva (osa y) kryté určitou mocností sněhové pokrývky (osa x). 1 - *Carex rigida-Deschampsia flexuosa*; 3 - *Festuca airoides-Deschampsia flexuosa*; 5 - *Vaccinium vitis-idaea-Cetraria islandica*; 6 - *Nardus stricta-Potentilla erecta*; 3,5 - mozaika společenstev *Festuca-Deschampsia* a *Vaccinium-Cetraria*; 1,5 - mozaika společenstev *Carex-Deschampsia* a *Vaccinium-Cetraria*; N - plochy porostlé smilkou tuhou bez ohledu na hranice společenstev.

Fig. 3. - Depth of snow cover in alpine communities with *Nardus stricta* expressed for particular years as a percentage of the community area (y-axis) which was covered with snow layer of a given depth (x-axis). See the Czech caption for numbers of community types. N - parts covered by *Nardus stricta* regardless of boundaries of particular communities.

Tab. 1. - Alpínská společenstva se smilkou tuhou na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku a některé jejich charakteristiky

Table 1. - Alpine communities with *Nardus stricta* on the southern ridge of the Hrubý Jeseník Mts. Selected characteristics are given for particular communities: A - cover of *Nardus stricta*; B - depth of snow cover (cm); C - percentage of the community area from which the snow melted out by the date of the Record 1 (if in parentheses, the data concern Record 2); D - slope steepness; E - real depth of the snow cover (the measured value corrected with respect to the slope steepness).

číslo	název společenstva	A pokryvnost smilký tuhé [%]	B mocnost sněhové pokrývky [cm]	C plocha odtátá k 1. (2.) datu [%]	D sklon svahu [°]	E skutečná mocnost sněhové pokrývky [cm]
1 ¹	<i>Carex</i> [*] <i>rigida</i> - <i>Deschampsia flexuosa</i>	7.6 ^a	46.7 ^b	52 ^c	4,6 ^d	46.5 ^e
2	<i>Carex rigida</i> - <i>Calluna vulgaris</i>	7.5	40.4	63	7.9	40.0
3 ¹	<i>Festuca airoides</i> - <i>Deschampsia flexuosa</i>	1.4	74.6	23	8.9	73.3
4	<i>Molinia caerulea</i> - <i>Nardus stricta</i>	28.1	91.0	4	1.3	91.0
5 ¹	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> - <i>Cetraria islandica</i>	3.8	44.2	46	10.9	43.4
6 ¹	<i>Nardus stricta</i> - <i>Potentilla erecta</i>	26.0	97.2	3	16.5	93.0
7	<i>Molinia caerulea</i> - <i>Calamagrostis villosa</i>	29.3	181.0	(15)	38.6	142.6
8 ²	<i>Nardus stricta</i> - <i>Deschampsia cespitosa</i>			nebylo mapováno		
9	<i>Polytrichum formosum</i> - <i>Homogyne alpina</i>	29.5	110.0	(75)	17.1	105.2
10	<i>Nardus stricta</i> - <i>Thesium alpinum</i>	17.5	137.5	(39)	24.2	125.6
11	<i>Baeothryon alpinum</i> - <i>Pinguicula vulgaris</i>	2.5	165.0	(58)	33.8	136.8

1¹ Velkoplošná společenstva (viz Metodika, Tab. 2, 3, obr. 3, 4).

2² Nebylo mapováno, proto v hodnocení sněhových poměrů chybí.

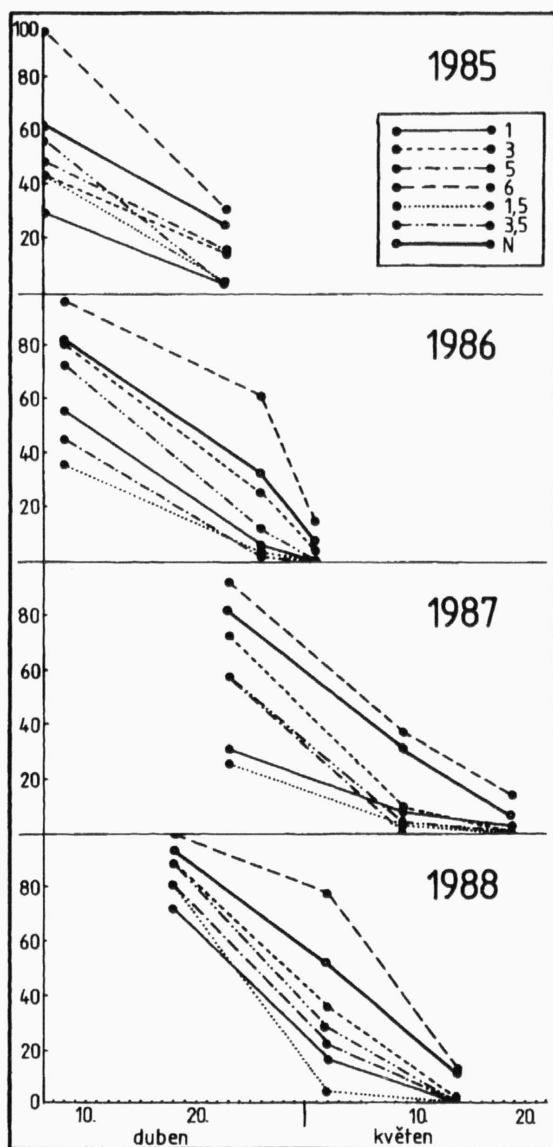
a - průměrné hodnoty (Klimešová 1992: obr. 4); b - průměrné hodnoty z map mocnosti sněhové pokrývky v zimách 1984/5 až 1988/9; c - průměrné hodnoty z map odtávání sněhové pokrývky na jaře 1985 až 1988; d - průměrný sklon svahu z fytoocenologických snímků zaznamenaných v jednotlivých typech porostů (Klimešová 1992: tab. 2); e - průměrná mocnost sněhové pokrývky (b) opravená podle sklonu svahu (viz Metodika).

jedná o výslunnou expozici, jsou to zároveň místa s nejdéle vytrvávající sněhovou pokrývkou (obr. 2c). Průměrné mocnosti sněhové pokrývky zjištěné z map za celé pětileté období a průměrné plochy odtáté k 1. (resp. k 2.) datu mapování pro jednotlivá rostlinná společenstva jsou uvedeny v tab. 1.

Průměrná mocnost sněhové pokrývky v alpínských společenstvech se smilkou tuhou je různá v jednotlivých zimních obdobích mezi roky 1984 a 1989 (tab. 3, 4), různá je také průměrná mocnost sněhové pokrývky ve velkoplošných typech porostů za pět let sledování (tab. 3, 4). Rozdíly v průměrné mocnosti sněhové pokrývky mezi zimami v jednotlivých společenstvech byly nalezeny jen ve společenstvech *Vaccinium vitis-idaea*-*Cetraria islandica* (č. 5) a *Nardus stricta*-*Potentilla erecta* (č. 6) (tab. 4, obr. 3).

V zimách 1984/5 a 1985/6 se začaly objevovat první plochy bez sněhu na konci března. Na začátku května zůstala krytá sněhem už jen sněhová výležiška ve Velké kotlině a v Mezikotli, která v roce 1985 odtála až na konci května. V letech 1987 a 1988 bylo odtávání asi o 14 dní opožděno oproti dvěma předcházejícím rokům (obr. 4).

Rozložení sněhu do mocnostních kategorií a postup odtávání ploch porostlých smilkou tuhou bez ohledu na hranice společenstev (mapa viz Klimešová 1992, obr. 3) jsou podobné



Obr. 4. - Odtávání sněhové pokrývky v alpinských společenstvech se smilkou tuhou v jednotlivých letech, vyjádřené jako procento plochy společenstva kryté sněhem k datu mapování. 1 - *Carex rigida-Deschampsia flexuosa*; 3 - *Festuca airoides-Deschampsia flexuosa*; 5 - *Vaccinium vitis-idaea-Cetraria islandica*; 6 - *Nardus stricta-Potentilla erecta*; 3,5 - mozaika společenstev *Festuca-Deschampsia* a *Vaccinium-Cetraria*; 1,5 - mozaika společenstev *Carex-Deschampsia* a *Vaccinium-Cetraria*; N - plochy porostlé smilkou tuhou bez ohledu na hranice společenstev.

Fig. 4. - Melting of snow cover in alpine communities with *Nardus stricta* expressed for particular years as a percentage of the community area which was covered with snow by the date of mapping. 1-6: community types distinguished. N - parts covered by *Nardus stricta* regardless of boundaries of particular communities.

Tab. 2. - Hustota sněhu a vodní hodnota sněhové pokrývky z několika lokalit na Kamzičnicku v Hrubém Jeseníku v době mapování mocnosti sněhové pokrývky. 1 - les na závětrném svahu v blízkosti alpinské hranice lesa (1200 m n.m.); 2 - alpinská hranice lesa na závětrném svahu (1250 m n.m.); 3 - akumulace sněhu v alpinské zóně na závětrném svahu (kolem 1350 m n.m.); 4 - vrcholová plošina (1400 m n.m.); 5 - návětrný svah nad alpinskou hranicí lesa (kolem 1300 m). N.M. - nebylo měřeno.

Table 2. - Characteristics of snow cover assessed in several localities at Kamzičník, Hrubý Jeseník Mts. during the mapping of snow cover depth. A - date of measurement; B - locality; C - depth of the snow layer (cm); D - water equivalent of snow (mm); E - snow density (g.cm^{-3}); F - mean snow density (g.cm^{-3}). Localities investigated: 1 - forest on the leeward slope close to the alpine zone (1200 m a.s.l.); 2 - timberline on the leeward slope (1250 m); 3 - snow accumulation in the alpine zone on the leeward slope (about 1350 m); 4 - plateau (1450 m); 5 - windward slope above timberline (about 1300 m). N.M. - not measured.

A datum	B lokalita	C mocnost sněhové pokrývky (cm)	D vodní hodnota (mm)	E hustota sněhu (g.cm^{-3})	F průměrná hustota sněhu (g.cm^{-3})
9.2.1985	1	90	N.M.	N.M.	0.28
	2	190	399.6	0.21	
	3	135	527.2	0.39	
	4	20	47.0	0.24	
	5	148	413.6	0.28	
1.2.1986	1	140	322.3	0.23	0.28
	2	170	404.3	0.24	
	3	160	502.5	0.31	
	4	20	56.6	0.28	
	5	43	152.5	0.35	
9.2.1987	1	180	500.2	0.28	0.29
	2	300	775.0	0.26	
	3	384	1510.8	0.39	
	4	15	N.M.	N.M.	
	5	240	564.9	0.24	
17.2.1988	1	75	202.2	0.27	0.32
	2	120	427.4	0.36	
	3	209	831.8	0.40	
	4	25	63.5	0.25	
	5	76	254.2	0.33	
8.2.1989	1	94	332.3	0.35	0.43
	2	98	424.0	0.43	
	3	335	1749.4	0.52	
	4	20	88.6	0.44	
	5	36	144.6	0.40	

jako u společenstva *Nardus stricta-Potentilla erecta* (č. 6) (obr. 3, 4). Tato podobnost je způsobena tím, že společenstvo č. 6 se vyznačuje ve všech svých porostech velkou pokrývností smilky, takže tato mapovací jednotka tvoří podstatnou část všech porostů smilky v mapovaném území.

Tab. 3. - Průměrná mocnost sněhové pokrývky (cm) v alpských společenstvech se smilkou tuhou. Průměry jsou z osmi náhodně vybraných měření na transektech protínajících daný typ porostu. Průměry označené stejnými písmeny nejsou průkazně rozdílné na hladině významnosti 5 % v Neuman-Keulsově testu pro roky (velká písmena) a pro společenstva (malá písmena). Názvy společenstev viz tab. 1.

Table 3. - Mean thickness of snow cover (cm) in alpine communities with *Nardus stricta*. Means from 8 measurements randomly located on transects running through a given community type are shown. Means (X) bearing the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) in Neuman-Keuls test for years (capital letters) and communities (small letters). Numbers of communities in the first column correspond to those used in Table 1 where the names are given.

No.	1984/5	1985/6	1986/7	1987/8	1988/9	X(1984-9)
1	29.8	30.6	48.1	27.5	30.0	33.2 ^{cd}
3	51.0	88.7	48.8	53.1	63.8	61.1 ^b
5	19.3	58.1	56.3	56.9	45.0	47.1 ^c
6	110.0	178.1	165.6	78.1	115.0	129.4 ^a
3, 5	30.5	25.6	25.0	26.5	32.5	28.0 ^d
1, 5	30.6	38.8	40.0	38.8	38.8	37.4 ^{cd}
X	45.2 ^B	70.0 ^A	64.0 ^A	46.8 ^B	54.2 ^{AB}	56.0

Průkazná závislost mezi postupem odtávání a průměrnou mocností sněhové pokrývky ve velkoplošných typech porostů byla zjištěna jen v zimách 1985/6 a 1986/7 (tab. 5). Nepodařilo se najít závislost mezi průměrnou pokrývností smilky ve všech mapovaných společenstvech a průměrnou mocností sněhové pokrývky za 5 let měření. Bylo-li však z testování vyloučeno společenstvo *Baeothryon alpinum-Pinguicula vulgaris* (č. 11), u kterého lze předpokládat, že pokrývnost smilky je určována spíše velkou vlhkostí stanoviště než sněhovými poměry (Klimešová 1992), byla nalezena průkazná korelace mezi pokrývností smilky ve společenstvu a průměrnou mocností sněhové pokrývky (tab. 1, 6). Pro všechny čtyři roky mapování byla nalezena závislost mezi průměrnou pokrývností smilky ve společenstvu a plochou společenstva bez sněhu k 1. (2.) datu mapování pouze bylo-li z testování vyloučeno společenstvo *Baeothryon alpinum-Pinguicula vulgaris* (č. 11) (tab. 1, 6).

Dále byl testován vztah mezi průměrným sklonem svahu společenstev a (1) pokrývností smilky, (2) mocností sněhové pokrývky a (3) plochami odtátými k 1. (resp. 2.) datu mapování (hodnoty viz tab. 1). Sněhové charakteristiky (bod 2 a 3) jsou závislé na sklonu svahu, což vyjadřuje skutečnost, že se jedná o svah závětrný, ale pokrývnost smilky tuhé ve společenstvu na sklonu svahu nezávisí (tab. 6).

Diskuse

Z oblasti Sudet sice existují vegetační studie s konkrétními údaji o sněhové pokrývce (Jeník 1961, Štursa et al. 1973, Burešová 1976, Vacek 1983), přesto se v nich najde jen málo dat, která mají prokazatelně vztah ke smilkovým porostům. V Krkonoších byla naměřena v dubnu na náhorních plošinách porostlých smilkou sněhová pokrývka přes 1m (Štursa et al. 1973); Burešová (1976) naměřila v prosinci na transektu vedeném napříč společenstvem se smilkou tuhou [*Carici (fyllae)-Nardetum* (Zlatník 1928) Jeník 1961] nejvýše 50 cm sněhu, v rámci mapovaných společenstev severního svahu Studniční hory však vytrvával sněh na tomto typu

Tab. 4. - Analýza variance mocnosti sněhové pokrývky v alpských společenstvech se smilkou tuhou (průměrné hodnoty viz tab. 3). A - dvoufaktorová analýza variance s interakcemi, 1. model; B - jednofaktorová analýza variance. DF - počet stupňů volnosti; MS - střední čtverec; F - testovací kritérium; P - pravděpodobnost. * - P<0.05; ** - P<0.01; n.s. - neprůkazný vztah.

Table 4. - A. Two way ANOVA showing the effect of community type and year on the depth of snow cover. 1 - source, 2 - total, 3 - community type, 4 - year, 5 - year x community interaction, 6 - residual. B. Summary of one-way ANOVAs analysing the effect of year on the snow cover depth for particular communities. * - P<0.05, ** - P<0.01, n.s. - non significant.

1 zdroj mělnivosti		DF	MS	F	P
A	2 celkový	239			
	3 společenstva	5	57107.6	71.6	*
	4 roky	4	5568.2	7.0	*
	5 interakce	20	2667.9	3.3	*
	6 reziduální	210	797.3		
B					
<i>Carex rigida</i> - <i>Deschampsia flexuosa</i> (1)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	566.3	1.0	n.s.
	6 reziduální	35	590.2		
<i>Festuca airoides</i> - <i>Deschampsia flexuosa</i> (3)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	2197.4	1.3	n.s.
	6 reziduální	35	1734.3		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> - <i>Cetraria islandica</i> (5)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	2161.7	3.0	*
	6 reziduální	35	714.9		
<i>Nardus stricta</i> - <i>Potentilla erecta</i> (6)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	13798.4	11.7	**
	6 reziduální	35	1176.2		
mozaika <i>Festuca</i> - <i>Deschampsia</i> a <i>Vaccinium</i> - <i>Cetraria</i> (3, 5)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	85.6	0.3	n.s.
	6 reziduální	35	321.6		
mozaika <i>Carex</i> - <i>Deschampsia</i> a <i>Vaccinium</i> - <i>Cetraria</i> (1, 5)					
	2 celkový	39			
	4 roky	4	116.3	0.5	n.s.
	6 reziduální	35	246.7		

porostu nejdéle (Burešová 1976). Za důvod chionofilnosti smilky tuhé je považována její afinita k podzolovaným půdám promývaným vodou z tajícího sněhu (Jeník 1958 a práce tam citované). Pět zim mapování mocnosti a vytrvávání sněhové pokrývky nejen potvrdilo chionofilnost smilky tuhé, ale naznačilo také prostorovou a časovou variabilitu sněhových poměrů v alpském stupni Hrubého Jeseníku, kterou nelze z jednorázových měření vyčíst. Zatímco společenstva na náhorních plošinách hřebene bývají kryta vrstvou sněhu do 50 cm (údaje o sněhové pokrývce v těchto polohách viz také Cudlín et al. 1973, Piňosová 1986), ostatní typy porostů se vyznačují sněhovými poměry prostorově i časově variabilnějšími, celkově však větší mocností sněhové pokrývky (tab. 4, obr. 3).

Tab 5. - Vztah mezi plochou krytou sněhovou pokrývkou v dubnu a její průměrnou mocností na začátku února hodnocený jako pořadí společenstev pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. r_s - Spearmanův korelační koeficient; N = 10. * - $P < 0.05$, n.s. - neprůkazný vztah.

Table 5. - Relationship between the area covered with snow in April and its mean thickness measured at the beginning of February. Spearman rank correlation coefficient (N=10) was used. * - $P < 0.05$, n.s. - non significant.

zima	r_s
1984/5	0.743 n.s.
1985/6	0.943 *
1986/7	0.943 *
1987/8	0.600 n.s.

Tab. 6. - Závislost proměnných uvedených v tab. 1 hodnocená Spearmanovým korelačním koeficientem., + ... všechna mapovaná společenstva; - ... bez společenstva č. 11. * - $P < 0.05$; ** - $P < 0.01$.

Table 6. - Relationships between the cover of *Nardus stricta* (A), depth of snow layer (B), area covered by a community from which the snow has melted out by the date of the measurement (C) and slope steepness (D). Values of Spearman rank correlation coefficient and its significance levels (* - $P < 0.05$, ** - $P < 0.01$) are given. + ... all the communities considered; - ... community no. 11 excluded. See Table 1 for details on the methods of measuring the variables analysed.

	A pokryvnost smilky		B mocnost sněhové pokrývky		C plocha odtátá k 1. (2.) datu	
	+	-	+	-	+	-
B mocnost sněhové pokrývky	0.427	0.833*				
C plocha odtátá k 1. (2.) datu	0.463	0.800*	0.976**	0.825*		
D sklon svahu	0.131	0.434	0.817*	0.750*	0.841*	0.801*

K popisu sněhových poměrů se nejčastěji užívá mocnost sněhové pokrývky, která má, přes výhodu snadné měřitelnosti, dva nedostatky:

(1) Interpretace výsledků ve vztahu k tepelné izolačním vlastnostem, tlaku na podklad atp. závisí na stupni metamorfózy sněhu. Z hlediska metamorfózy sněhu (tj. změny v textuře sněhu způsobené tlakem a teplotními podmínkami, které jsou charakterizovány mimo jiné vzrůstající hustotou sněhu, viz Perla et Martinelli 1976) bylo období mapování v zimách 1984/5 až 1987/8 srovnatelné s hustotami sněhu typickými pro přelom ledna a února (Kwiatkowski et Lucerski 1979, Kňazovický 1960) (tab. 2.). V poslední mapované zimě byly však naměřeny hustoty sněhu vyšší, odrážející postupující tání vlivem teplejšího počasí (obr. 1).

Rozdíly v hustotách sněhu mezi lokalitami odrážejí různý vývoj sněhového profilu v závislosti na osluněnosti, síle větru, vlhkosti půdy apod. Nejnížší hustoty sněhu (viz tab. 2) byly každým rokem zaznamenány na lokalitě č. 1 – les na závětrném svahu, případně na lokalitě č. 5 – návětrný svah, tedy tam, kde se sněh ukládá klidně a není pěchován

větrém (lokalita č. 1) nebo kam nedopadají přímé sluneční paprsky (lokalita č. 5 - severozápadní svah). Naopak nejvyšší hustoty sněhu byly pravidelně naměřeny v závětrné akumulaci (lokalita č. 3), která je na osluněném svahu.

(2) Mocnost sněhové pokrývky je měřena svisle a ne kolmo ke svahu a je na prudkých svazích nadhodnocena. V tab. 1 jsou uvedeny upravené hodnoty průměrné mocnosti sněhové pokrývky podle sklonu svahu. Pořadí společenstev seřazených podle vypočítané skutečné mocnosti sněhové pokrývky (postup viz metodika) zůstává stejné. Závislost pokrývnosti smilky na mocnosti sněhové pokrývky tedy není artefaktem způsobu měření.

Závěr

Ze srovnání výsledků pětiletého mapování sněhové pokrývky s mapou rozšíření smilkových porostů na jižním hřebeni Hrubého Jeseníku vyplývá:

(1) Podle sněhových podmínek lze společenstva se smilkou tuhou rozdělit do dvou skupin: (a) Společenstva na vrcholové plošině hřebene jsou kryta ve všech sledovaných zimách sněhovou pokrývkou o mocnosti do padesáti centimetrů a nejdříve odtávají. Smilka tuhá není zastoupena ve všech porostech těchto typů společenstev; větší pokrývnost má na mikrolokalitách chráněných mocnější sněhovou pokrývkou (závěťtí smrkových skupinek apod.). (b) Společenstva na závětrném svahu hřebene mají ve sledovaných zimách různou mocnost sněhové pokrývky, vždy však větší než 50 cm, a odtávají později. Smilka je v porostech těchto společenstev hojná, pokud její výskyt není limitován jiným faktorem (např. příliš velkou vlhkostí lokality).

(2) Pokrývnost smilky tuhé roste se vzrůstající mocností sněhové pokrývky a délkou jejího vytrvávání.

Poděkování

Jsem zavázána srdečnými díky manželům Burešovům, kteří přišli s nápadem mapovat sněhovou pokrývku a podíleli se i na vypracování metodiky použité v terénu. Na odvedené práci v nehostinných podmínkách mají zásluhu frekventanti zimních geobotanických kursů Přírodovědecké fakulty UK v Praze pod vedením Dr. J. Osbornové. Za pročení předcházejících verzí rukopisu a cenné připomínky děkuji Dr. F. Krahulcovi a L. Klimešovi.

Summary

The following conclusions may be drawn from the comparison of snow-cover maps with distribution maps of alpine plant communities with *Nardus stricta* in the Hrubý Jeseník Mts. (Czech Republic):

(1) According to the characteristics of snow cover, two groups of communities with *Nardus stricta* can be distinguished: (a) Communities of the top plateaus, where the snowpack never reached over 50 cm during the winters investigated and melted out early in spring. *Nardus stricta* is not frequent in these communities and tends to form dense stands in microhabitats protected by a thicker snow cover (e. g. lee side of groups of Norway spruce). (b) Communities of leeward slopes of the crest, where the snowpack depth varied but was always greater than 50 cm during the study period; the snow melted out later than on top plateaus. In these communities, *Nardus stricta* forms dense cover, unless its occurrence is limited by other factors (e.g. high moisture).

(2) The cover of *Nardus stricta* in short-grass alpine communities is related to the depth of snowpack in winter and to its duration in spring.

Literatura

- Anděl J. (1985): Matematická statistika. - Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Billings W. D. et Bliss L. C. (1959): An alpine snowbank environment and its effects on plant development and vegetation. - Ecology, Durham, 40:388-397.
- Burešová Z. (1976): Alpínská vegetace Krkonoš: struktura a ekologie porostů na Luční (1547 m) a Studničné hoře (1555 m). - Opera Corcont., Vrchlabí, 13:67-94.
- Burges A. (1951): The ecology of the Cairngorm. III. The *Empetrum* - *Vaccinium* zone. - J. Ecol., Cambridge, 39:271-284.
- Cudlín P. et al. (1973): Sněhová pokrývka závěru Kotliny Volského potoka v Hrubém Jeseníku (zima 1972/3). - Campanula, Ostrava, 4:225-229.
- Daly C. (1984): Snow distribution patterns in the alpine krumholz zone. - Progress in Physical Geogr. 8:157-175.
- Gray D. M. et Male D. H. [red.] (1981): Handbook of snow. Principles, processes, management and use. - Pergamon Press, Toronto. [502 p.].
- Holway J. G. et Ward R. T. (1963): Snow and meltwater effects in an area of Colorado alpine. - Amer. Midl. Natur., Notre Dame, 69:189-197.
- Jeník J. (1958): Geobotanická studie lavinového pole v Modrém dole v Krkonoších. - Acta Univ. Carol.-Biol., Praha, 5:49-95.
- Jeník J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. - Praha. [409 p.]
- Klímešová J. (1992): Rostlinná společenstva alpského stupně se smilkou tuhou (*Nardus stricta* L.) v Hrubém Jeseníku. I. Charakteristika společenstev ve vztahu k dynamice cenopopulací smilky tuhé. - Preslia, Praha, 64:223-239.
- Kňazovický L. (1960): Lavíny. - Bratislava. [149 p.]
- Kwiatkowski J. et Lucerski P. (1979): Warunki sniegowe i narciarstwo na północnych stokach Karkonoszy. - Opera Corcont., Vrchlabí, 16:51-71.
- Perla R. I. et Martinelli M. (1976): Avalanche handbook. - U. S. Dept. Agric., Agric. Handb. 489, Washington. [238 p.]
- Piňosová J. (1986): Některé výsledky měření sněhové pokrývky v Hrubém Jeseníku. - Zpr. Čs. Bot. Spol., Praha, 21:69-78.
- Poore M. E. D. et McVean D. N. (1957): A new approach to Scottish mountain vegetation. - J. Ecol., Cambridge, 45:401-439.
- Prosova M. (1961): Recentní regelace v horských oblastech Českého masívu. - Přírod. Čas. Slez., Opava, 22:217-222.
- Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. - Stud. Geogr., Brno, 16:1-74.
- Steinhoff H. W. et Ives J. D. [red] (1976): Ecological impacts of snowpack augmentation in the San Juan Mountains, Colorado. - Final Rep., San Juan Ecol. Project, Colorado State Univ., Publ. Fort Collins. [489 p.]
- Syrový S. [red.] (1958): Atlas podnebí Československé republiky. - Praha.
- Štursa J. et al. (1973): Sněhová pokrývka západních Krkonoš v abnormální zimě 1969/70 a její ekologický význam. - Opera Corcont., Vrchlabí, 10:111-146.
- Štursová H. (1985): Antropické vlivy na strukturu a vývoj smilkových luk v Krkonoších. - Opera Corcont., Vrchlabí, 22:79-120.
- Tejnská S. et Tejnský J. (1972): Klimatické poměry na Pradědu. - Campanula, Ostrava, 3:53-60.
- Vacek S. (1983): Mikroklimatický výzkum v Labském dole v zimě 1977/1978 se zaměřením na ekologii sněhové pokrývky. - Opera Corcont., Vrchlabí, 20:37-68.
- Zar J. (1974): Biostatistical analysis. - Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, N. J. [619 p.]

Došlo 16. srpna 1992
Přijato 4. října 1992