

Jozef Šibík

**Botanický ústav SAV,
Bratislava**

**Život horských rastlín –
ekológia rastlín vysokohorských
ekosystémov**



Zóna alpínskeho života

- Alpine = Latinský pôvod (albus = biely, + odkaz na severotaliansky vrch v Alpách, cf. Löve 1970)
- alebo pre-románsky pôvod, „alp“ alebo „alb“ = všeobecný výraz pre hory
- v súčasnosti všeobecný výraz pre horské oblasti, často nie len pre alpínsku zónu.
- „Alpine life zone“ – vegetácia nad prirodzenou hornou hranicou lesa (v Afrike sa používa aj termín „afro-alpine“, v Andách „high-andean“ ...)



Hory predstavujú akési nebeské ostrovy - Sky islands



- **Rastliny tu musia čeliť (resp. prispôbiť sa) mimoriadne rozmanitým klimatickým podmienkam, v závislosti od reliéfu výrazne sa meniacim často už na nepatrných vzdialenostiach**

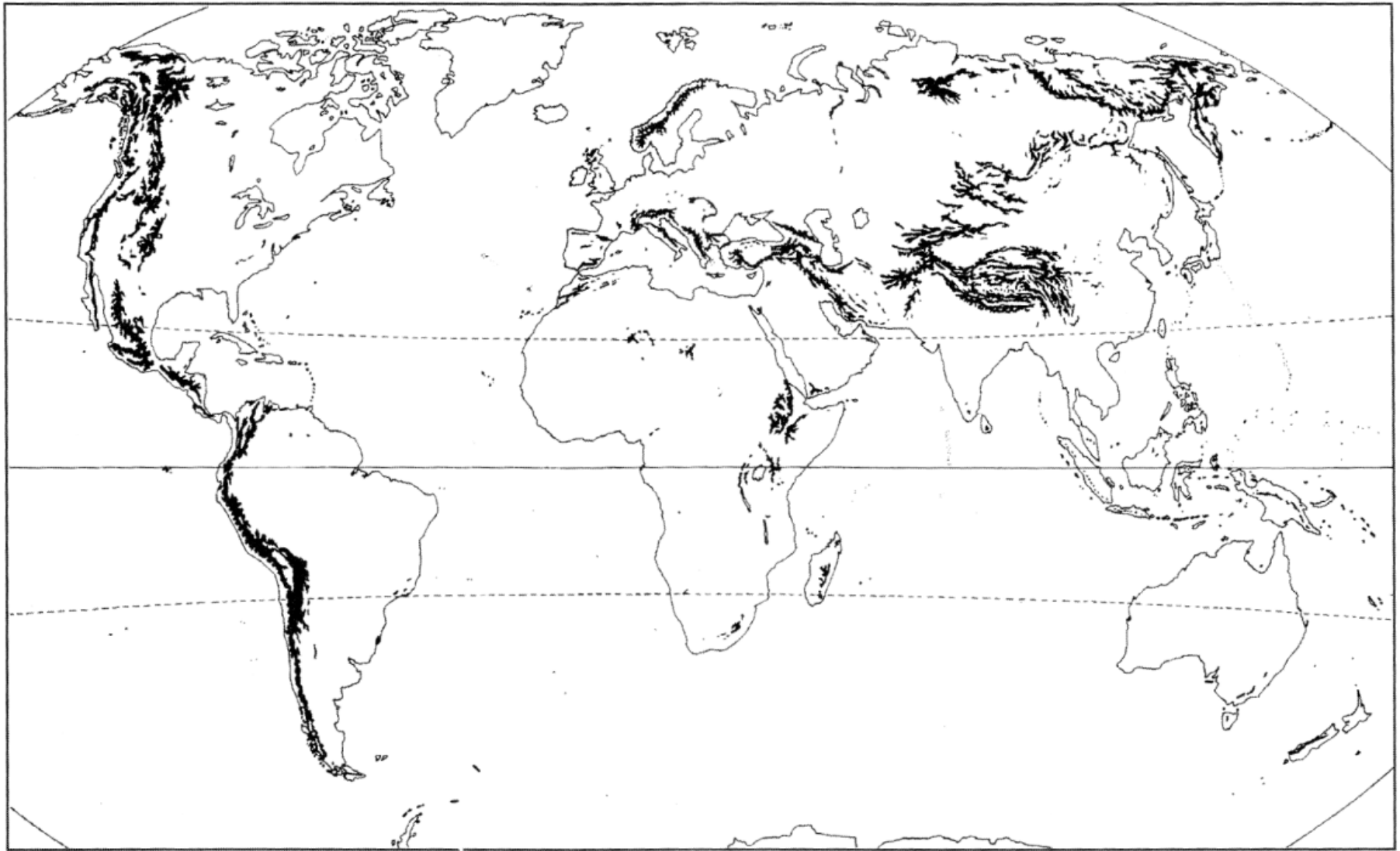
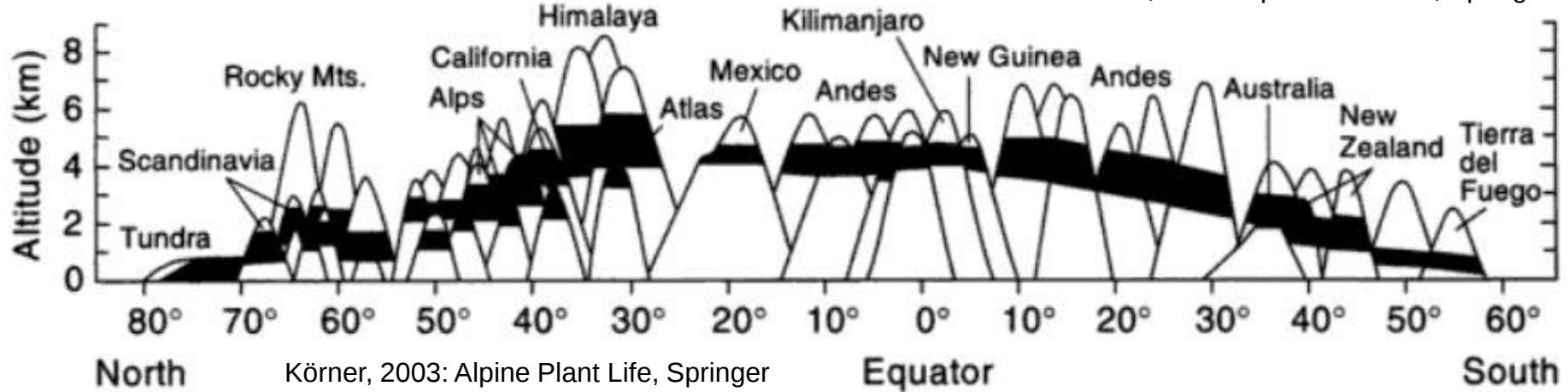


Fig. 2.2. The global distribution of the alpine life zone. Nearly 3% of the terrestrial land area is covered by true alpine vegetation, which includes approximately 10 000 species or 4% of all known higher plant species. (Körner 1995a)

Alpine life zones

Körner, 2003: Alpine Plant Life, Springer

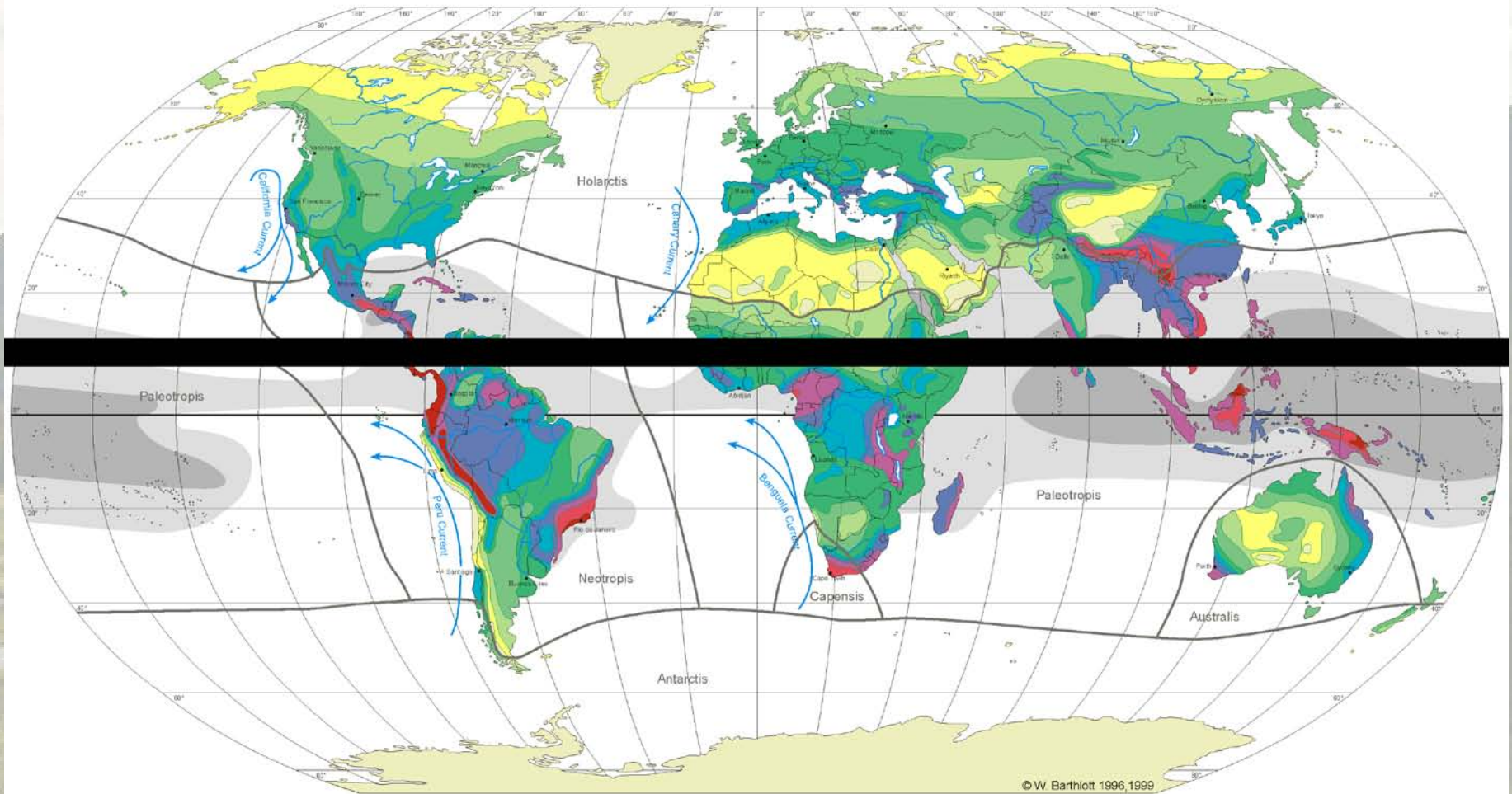


Hranica sa pohybuje v rozmedzí od **niekoľkých stoviek** metrov nad morom v **subarktických** zemepisných šírkach až po asi 4 000 m v **tropických a subtropických** oblastiach



Svetová diverzita rastlinstva

GLOBAL BIODIVERSITY: SPECIES NUMBERS OF VASCULAR PLANTS



Robinson Projection
Standard Parallels 38°N and 38°S

Diversity Zones (DZ): Number of species per 10 000km²



sea surface temperature



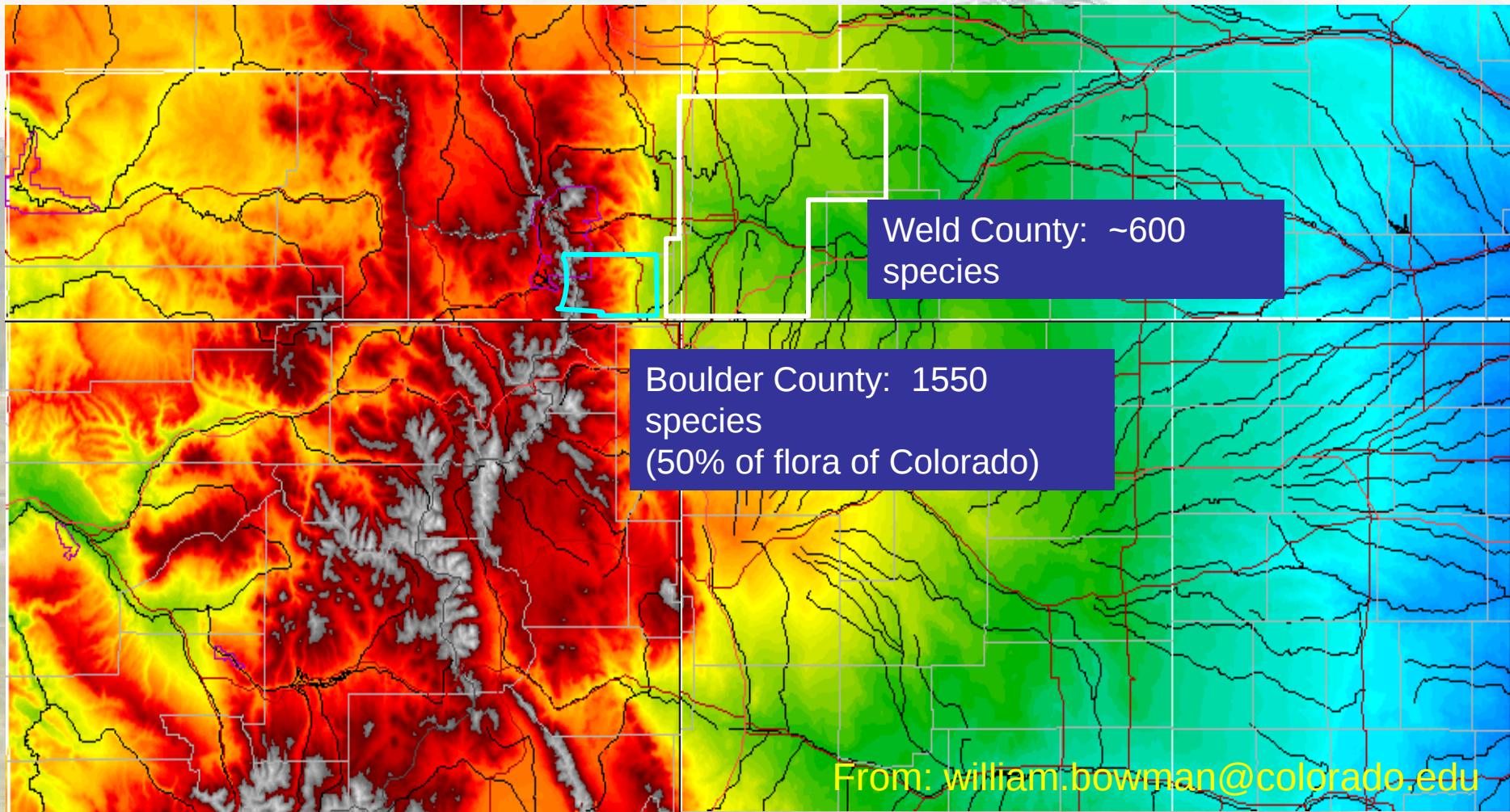
cold currents

Capensis floristic regions

W. Barthlott, N. Biedinger, G. Braun, F. Feig, G. Kier, W. Lauer & J. Mulke 1999
modified after
W. Barthlott, W. Lauer & A. Pläcke 1996
Department of Botany and Geography
University of Bonn
German Aerospace Research Establishment, Cologne
Cartography: M. Gref
Department of Geography University of Bonn

Diverzita (druhové bohatstvo) na regionálnej úrovni: vplyv horských oblastí (Rocky Mountains)

Geografická izolácia, tektonický zdvih, klimatické zmeny, zaľadnenie, výrazná mikrostanovištná diferenciácia a rôzna história migrácie a/alebo evolúcia viedla k vysokému stupňu taxonomického bohatstva v alpínskom stupni



From: william.bowman@colorado.edu

Alpínska zóna – dobre definovateľná, alpínske druhy – ťažšie (ekologická valencia niektorých druhov je široká)

Druhy vyskytujúce sa v alpínskej zóne:

- Nížinné druhy zasahujúce k hranici lesa a vyššie
- Druhy zasahujúce z centra v montánnom stupni do nižších aj vyšších nadmorských výšok
- Druhy s centrom rozšírenia v alpínskom stupni, ktoré môžeme nájsť aj v nižších nadmorských výškach
- Druhy obmedzené na alpínsky stupeň

Gjaerevoll (1990): iba posledné dva typy predstavujú alpínske druhy rastlín v pravom zmysle

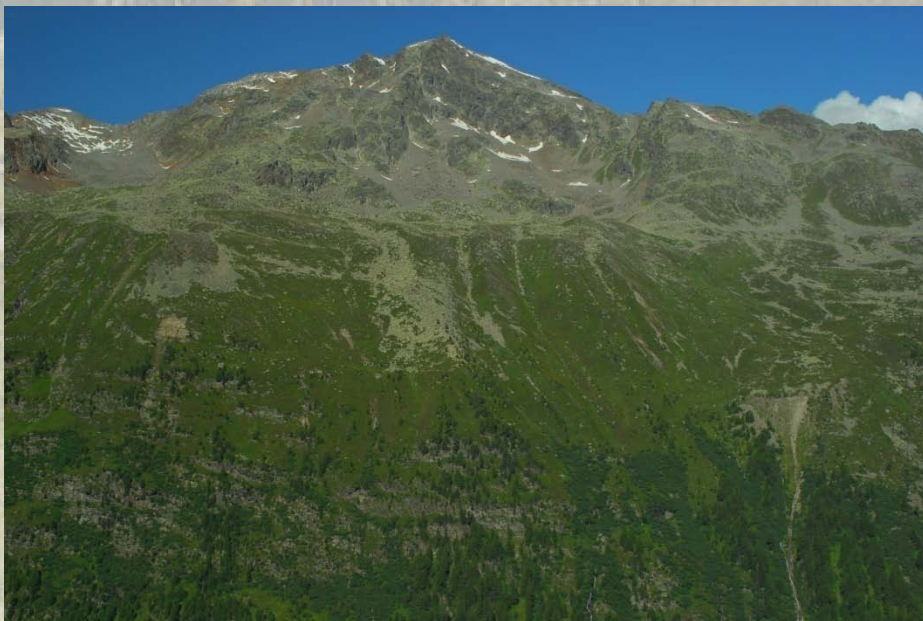


Výškové hranice: Horná hranica lesa

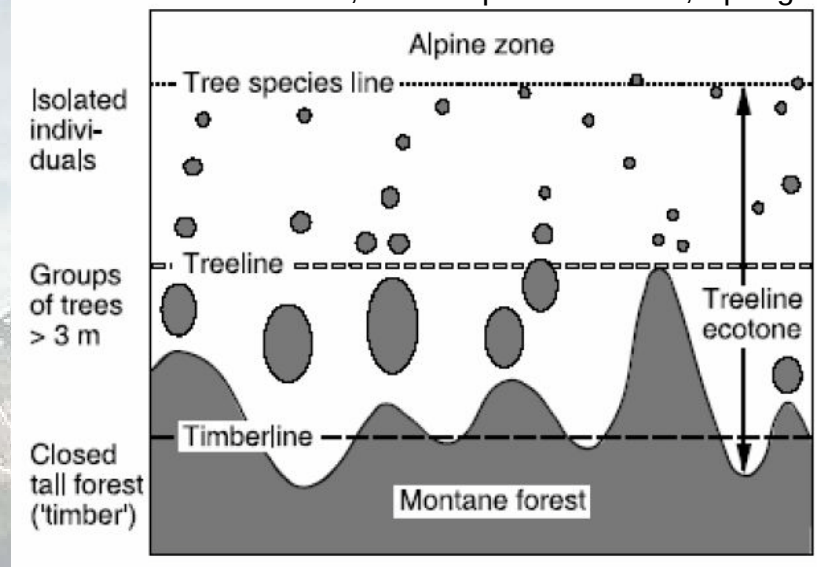
Forest-alpine transition zone – treeline-ecotone

- zóna medzi zapojenými horskými lesmi a najvyššími hranicami zakrpatených a nízkych jedincov stromov sa nazýva **subalpínskym stupňom**. Hranice však nie sú priame, jednoznačné, sú ťažko definovateľné

Ötztal Alps (Rakúsko)
ca 2 000 – 2 150 m n. m.



Körner, 2003: Alpine Plant Life, Springer



Canadian Rockies – Kanannaskis Country
ca 2 100 – 2 200 m n. m.



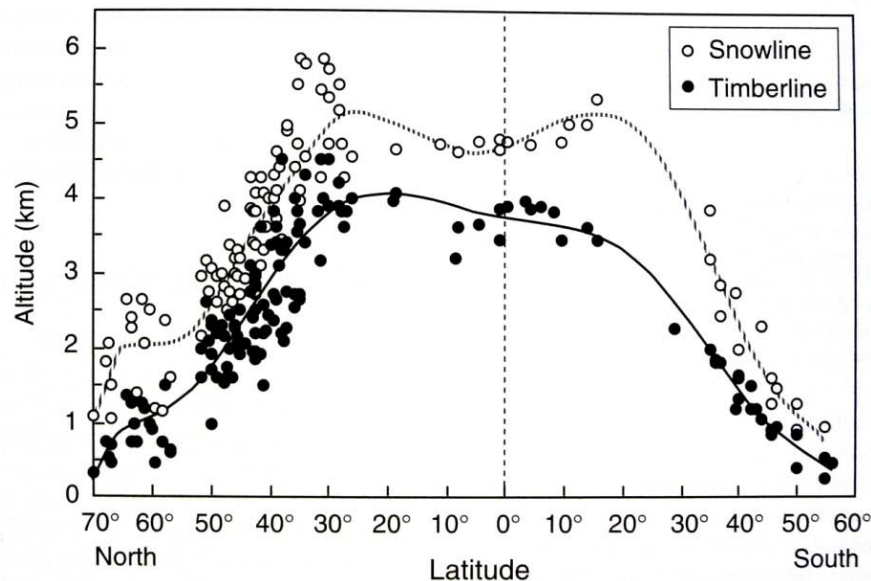


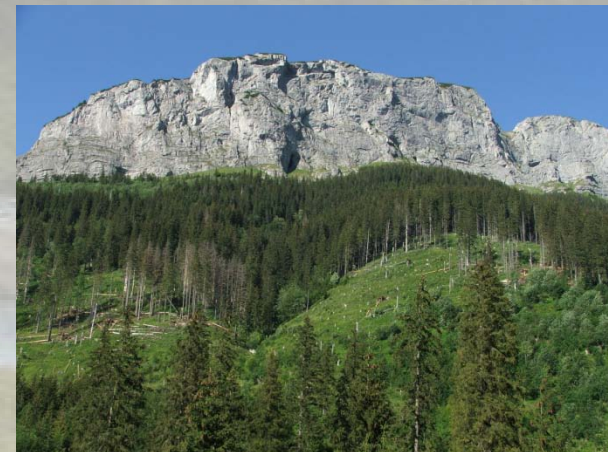
Fig. 7.2. The latitudinal position of treeline and snowline taken from a worldwide survey by Hermes (1955), completed using data from various other sources. Further details in the text

Körner, 2003: Alpine Plant Life, Springer

Výška hornej hranice lesa závisí najmä od letných teplôt v priebehu denného svetla (fotosyntéza) a teploty pôdy, od ktorej závisí aktivita koreňov a príjem vody.

HHL varíruje v závislosti od:

- zemepisnej šírky
- kontinentality (nižšia v prímorských, vlhkejších oblastiach, v kont. obl. menej oblakov = viac slnečného svitu = rast, dozrievanie ihlíc a púčikov)
- geologického substrátu a pôdy
- členitosti reliéfu
- masívnosti pohoria
- smeru prevládajúcich vetrov
- orientácie
- sklonu
- vplyvu človeka



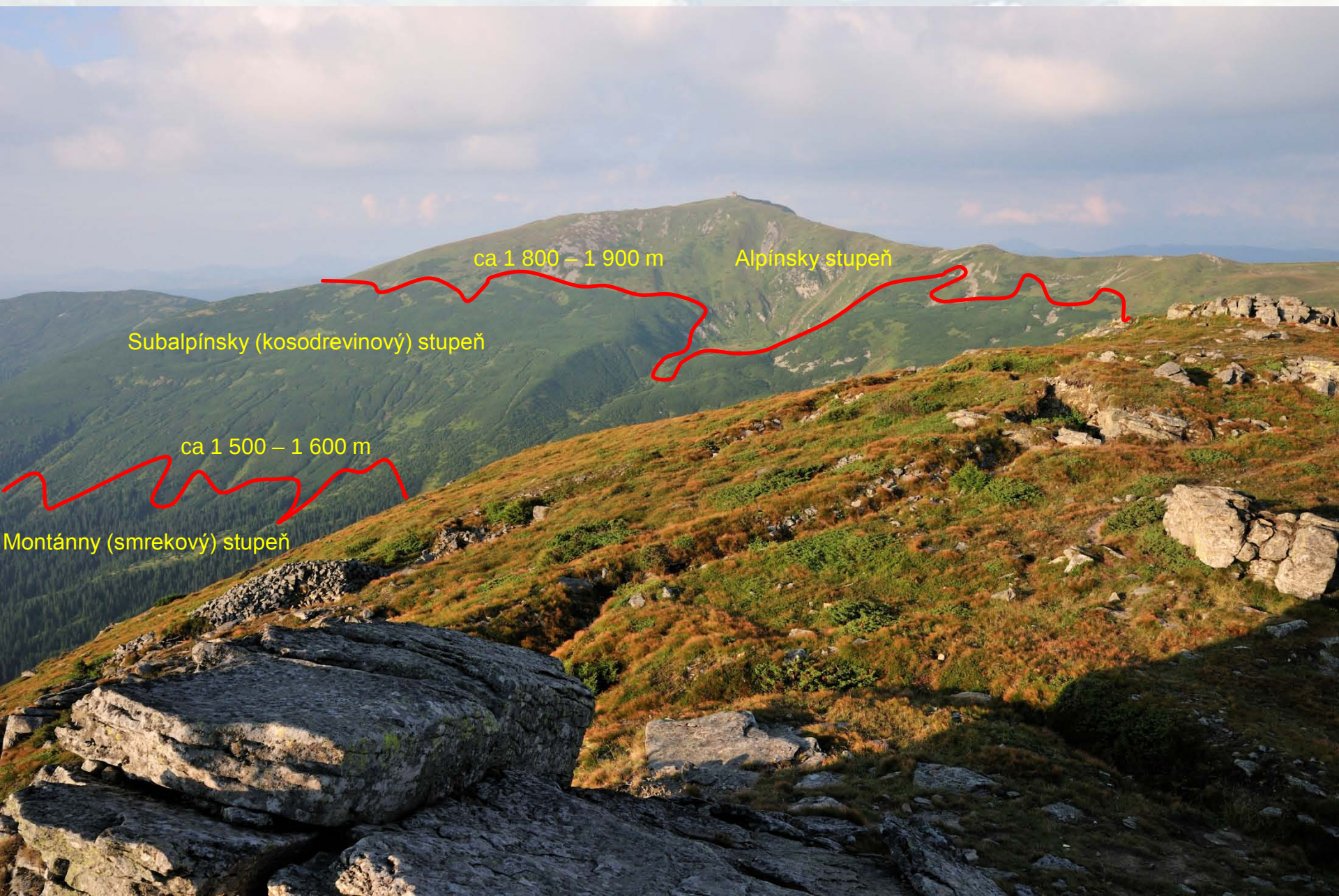
Belianske Tatry, Havran (2 151 m n. m.) a Ždiarska vidla (2 141 m n. m.)



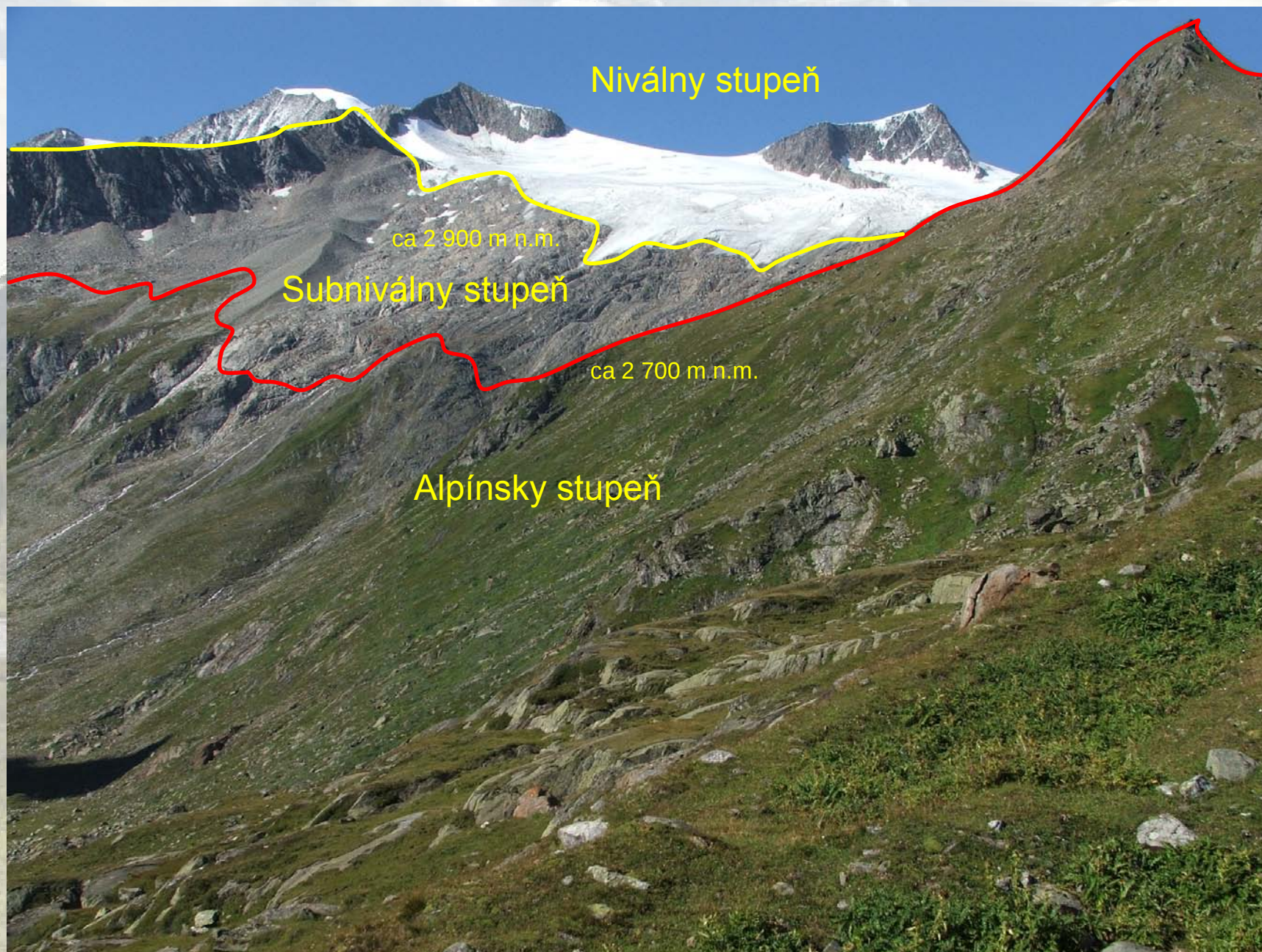
Bieszczady – Poľsko, Tarnica 1 346 m n. m. = umelo znížená horná hranica lesa



Čornogora – Ukrajinské Karpaty, Pop Ivan (2 022 m n. m.)

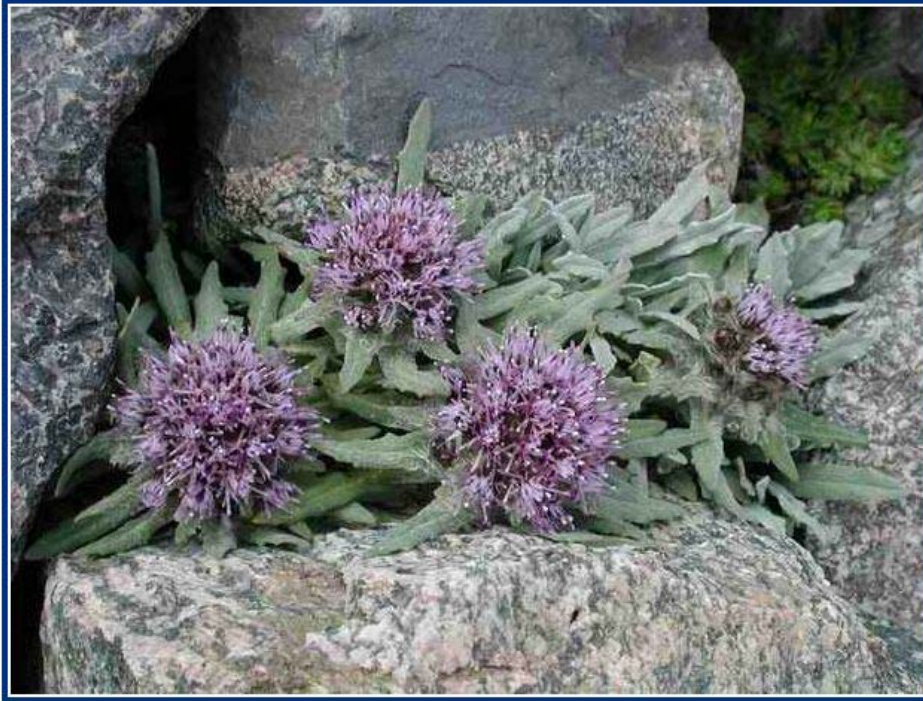


Vysoké Taury, Rakúsko, Großvenediger (3 662 m n.m.)



Najvyššie zaznamenaný druh je *Saussurea gnaphalodes* na sutinách na severnom úbočí Mt. Everestu v Himalájach v namorskej výške 6 400 m.

Saussurea gnaphalodes



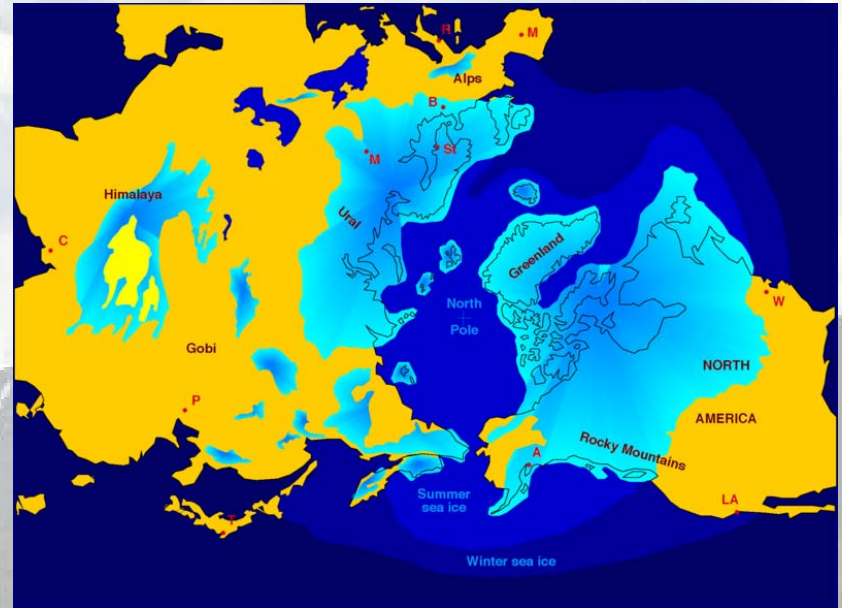
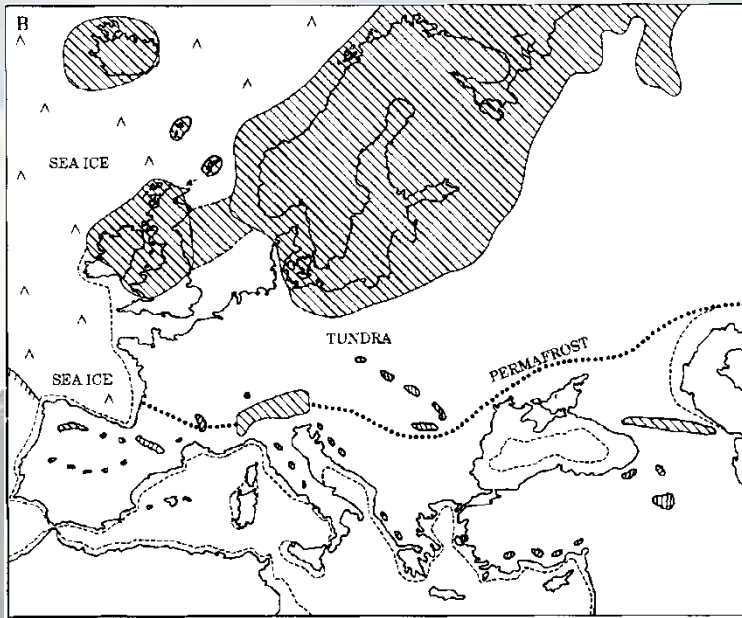
- Mikroenvironmentálne podmienky sú ovplyvnené makroklímou počas poludňajších hodín
- Izolované rastlinné jedince tak môžu rásť v extrémnych nadmorských výškach na mikrostanovištiach predstavujúcich habitaty ktoré sú svojim tepelným režimom podobnejšie stanovištiam aj viac než o 1 000 m nižšie

• V Alpách bol najvyššie zaznamenaný druh *Saxifraga biflora* v 4 450 m n. m.

• Limit pre spoločenstvá a zapojenú vegetáciu je však oveľa nižší



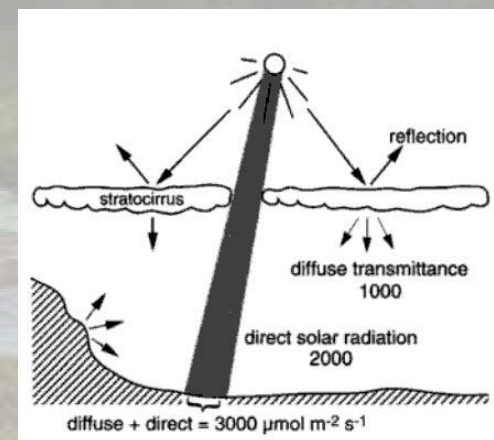
Pôvod vysokohorskej (alpínskej) flóry



- Historický pôvod súčasných alpínskych druhov – zmes starých, prevažne štvrtohorných (začiatok pred ca 1.8 mil. rokmi) elementov, prisťahovalcov z rôznych zdrojov (flór) a nové evolučné línie
- Geografická fragmentácia, rýchlosť tektonických zdvihov a zaľadnenie predstavujú najdôležitejší selektívny faktor v kontinentálnom merítku.
- Zaľadnenie neodstránilo celú alpínsku flóru z oblastí, ale rastliny tu mohli prežiť v mikroklimaticky vhodných stanovištiach, ktoré predstavovali refúgiá nad alebo medzi pohybujúcimi časťami ľadovca. Z týchto refugiálnych stanovišť mohli potom druhy („nunatakker“) re-invadovať, rekolonizovať habitaty uvoľnené po ustupujúcom ľadovci.

Všeobecné črty alpínskej klímy

- atmosférický tlak klesá s rastúcou nadmorskou výškou (vo výške 5 500 – 6 000 m, kde je život veľmi limitovaný, žijú rastliny a živočíchy iba pri polovičnom tlaku ako pri hladine mora)
- atmosférická teplota klesá s nadmorskou výškou v priemere o $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (priemerne o $0,8\text{ K}$ na 100 m v pobrežných a ostrovných oblastiach; približne o $0,4\text{ K}/100\text{ m}$ v kontinentálnejších oblastiach, v extrémnych prípadoch to môže byť aj o 0 alebo 1 K , napr. v inverzných polohách dolín v určitých obdobiach roku)
- dostatok zrážok – vertikálnych al. horizontálnych, tieto stúpajú po $3\,000\text{ m n.m.}$, s redukciou teploty súvisí redukcia obsahu vlhkosti vo vyparovanom vzduchu
- silný výpar, výrazné kolísanie vzdušnej vlhkosti pri zamračenej a jasnej oblohe
- tok slnečnej **radiácie** stúpa s nadmorskou výškou ako pri čistej oblohe tak aj zamračených podmienok, množstvo UV žiarenia je stúpajúce s nadmorskou výškou v závislosti od sklonu, oblasti, obdobia a uhlu dopadu slnečného žiarenia = v zime môže dôjsť k deštrukcii chlorofilu a fotosyntetizujúcich štruktúr



- Krátka vegetačná perióda, celoročná nízka teplota vzduchu
- Teplotná inverzia
- Povrch pôdy a vrstva vzduchu tesne nad ním sú viac zahrievané slnečným svetlom
- Značné poklesy teplôt v noci (obmedzenie respirácie = uchovanie produktov fotosyntézy, obmedzenie cukrov premieňajúcich sa na škrob = zvýšenie odolnosti listov voči chladu a vytváranie antokyánov)
- Prudké teplotné výkyvy medzi dňom a nocou (prehrievanie povrchu pôdy cez deň, silné vyžarovanie tepla z pôdy počas noci)
- Výrazné rozdiely teploty vzduchu a pôdy v závislosti od orientácie a sklonu svahov
- Extrémne fluktuácie = náhle zmeny
- Vplyv silného vetra (*Rhododendron ferrugineum*) pri rýchlosti vetra $> 1,5 \text{ ms}^{-1}$ uzatvára prieduchy aj pri dostatku vody
- Stanovištia sú nestabilné = soliflukcia, odnos pôdy



Sneh – rozhodujúci ekologický činiteľ

➤ Príliš dlho trvajúca snehová pokrývka či naopak jej viac-menej úplná absencia

➤ Pretrvávajúce snehu až do neskorých letných mesiacov = v období striedania zamrzania a topenia ochrana pred výkyvmi teplôt, po roztopení majú rastliny dostatok tepla k začatiu rastovej periódy

➤ Izolácia snehovej pokrývky s hrúbkou > 50 cm = zamedzenie poklesom teplôt pod 0°C , ochrana listov pred vyschnutím

➤ Obrus snehom, kízanie snehovej pokrývky, lavíny



Aká studená je studená klíma alpínskych rastlín?

To záleží na troch komponentoch:

- slnečnej radiácii
- sklone a expozícii
- rastlinnom vzraste



Life form	Temperature (° C)		ΔT (K)
	900 m	2050 m	
2 m air	33.7	20.0	-13.7
	40.7	21.7	-19.0
	37.3	—	—
	—	40.8	—
	46.8	31.2	-15.6
	47.7	44.0	-3.7
	48.8	44.0	-4.8
	—	49.6	—
	68.0	61.9	-6.1
	81.0	81.9	+0.9

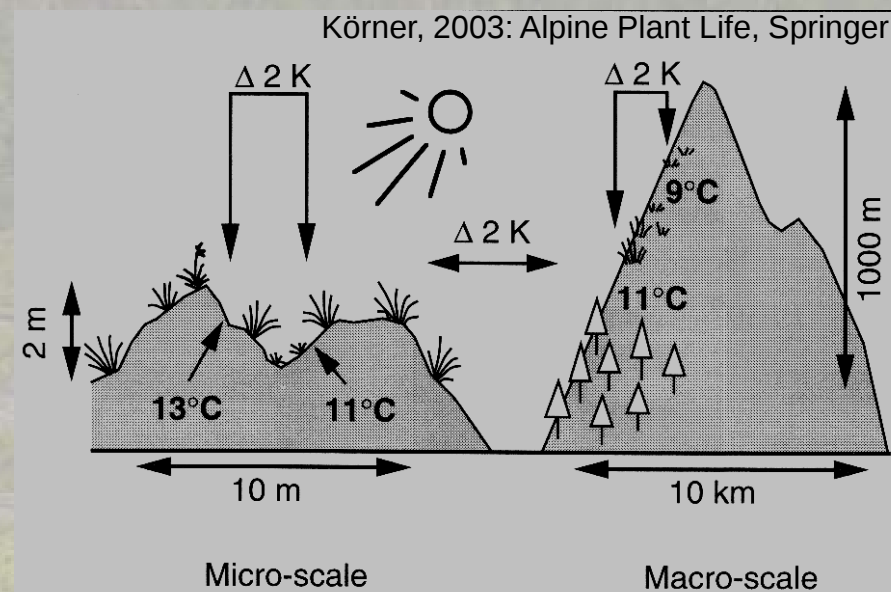
Prídavné komponenty ktoré menia súhru týchto troch faktorov sú **rýchlosť vetra**, **okolitá teplota vzduchu** nad vegetáciou a **pôdne vlastnosti** ako je štruktúra povrchu, vlhkosť a tepelná vodivosť

Slnečná radiácia v alpínskom stupni je silnejšia ako pod čistou, tak zatiahnutou oblohou, ale väčšie množstvo zamračených podmienok môže túto znížiť.

Počas jasnej noci, rastlinný povrch môže ochladnúť o niekoľko stupňov pod teplotu vzduchu vďaka strate tepla vyžarovaním

Interakcie reliéfu, vetra a slnka

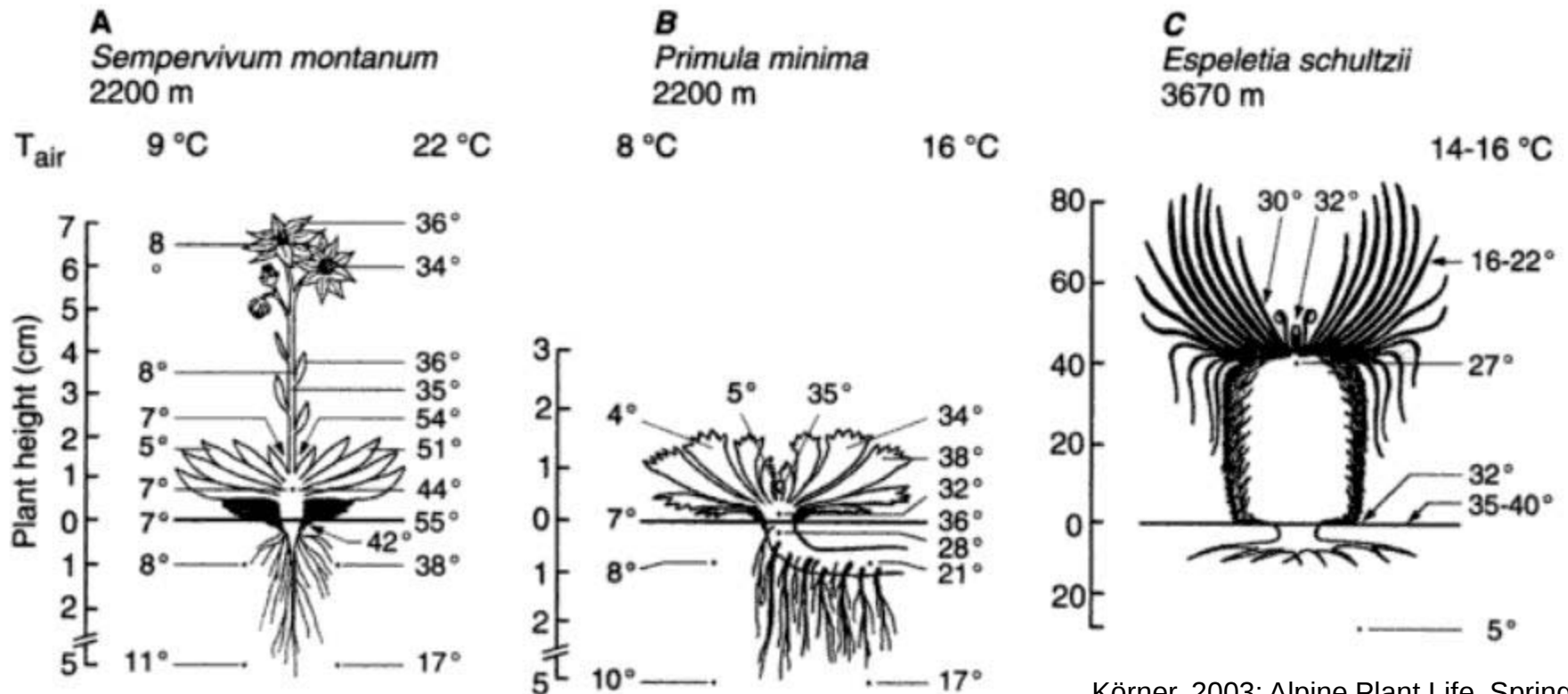
- Kľúčovým elementom života alpínskych rastlín je **sklon**, ktorý môže spôsobiť, hocikde na svete, že uhol dopadu slnečného žiarenia je podobný ako na rovníku alebo permanentný tieň
- Vietor a gravitácia tiež vzájomne pôsobia so sklonom a expozíciou
- Zatiaľ čo gravitačné sily sú dôležitejšie pre pôdne procesy, vietor - v interakcii s reliéfom – ovplyvňuje mikroklimu priamo (časté víchrice, rôzna distribúcia zrážok, obrusovanie povrchu rastlín, odvievanie snehu, humusu, vysušovanie vzduchu)



Ako rastliny ovplyvňujú ich mikroklima

Rastliny aj samotné ovplyvňujú klímu okolo seba. Výška (vzrast), usporiadanie listov, výška na zemou, povrchová drsnosť rastlinnej klenby (koruny) to všetko vplýva na okolitú atmosféru.

Popri akumulácii tepla pod listovou klenbou, sú rastliny vystavené extrémnym rozdielnostiam teplôt vnútri rastlinného organizmu. Kým v listoch môže teplota vystúpiť až na 30 °C, korene v pôde sa musia vysporiadať s teplotami blízskymi bodu mrazu.



Geologický substrát a pôda

Horniny: **silikátové, karbonátové**

- Pôdotvorné faktory: reliéf, klíma, organizmy, voda, čas
- V horách sa stretávame s odnosom pôdy vodou a vetrom, pohybom ľadovcov, soliflukciou, kĺzaním sutí, padaním skál, tečúcim blatom a inými eróznymi procesmi
- Hromadenie organickej odumretej hmoty v dôsledku krátkej periódy a nízkej teploty
- Pôdy na kryštaliniku majú väčšiu schopnosť zadržiavať vodu než vápencové podložie



- so vzrastajúcou nadmorskou výškou stúpa počet druhov indiferentných k pôdnemu typu a geologickému substrátu
- kompetícia sa stáva slabšou
- pre rastlinu sa stáva rozhodujúca prítomnosť pôdy skôr než geologického podkladu



Na mäkkých horninách sú hlbšie pôdy



Mrazové procesy

hlavný činiteľ = podzemný ľad

regelácia = striedavé rozmrzanie a zamrzanie

Trvale nízke teploty, rozrušenie pôdy, skelet je vynášaný na povrch pôdy, po oteplení vzniká kašovitá hmota, ktorá tečie po povrchu = **soliflukcia**

Zúčastňuje sa tiež vietor, dochádza k pretrhaniu vegetačnej pokrývky

- **Girlandové pôdy** – pásové pôdy až stupňovité terasy
- **Dláždené pôdy** – vytlačanie skeletu ľadom na povrch, vytvorenie „dlažby“
- **Tufury** – kopčekovité pôdy, vznikajú vplyvom striedania teplôt, premrzania a rozmrzania

Körner, 2003: Alpine Plant Life, Springer

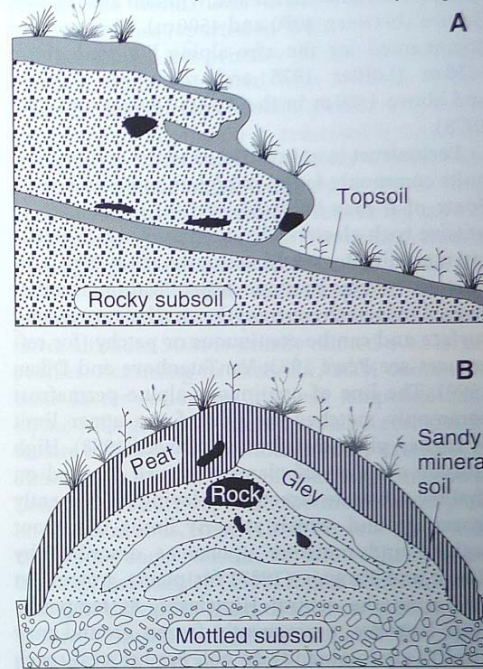


Fig. 6.9. Solifluction (A) and frost hummock formation (B), two typical cryopedogenic phenomena in alpine terrain of higher altitudes or latitudes. (Johnson and Billings 1962)



Schopnosť prispôbiť sa špecifickým environmentálnym podmienkam môžu rastliny dosiahnuť 3 spôsobmi:

- I) Evolučnými (fylogenetickými) adaptáciami
- II) Ontogenetickými modifikáciami, ktoré sú nevratné v priebehu života (uplatňujú sa o.i. tiež procesy epigenetické = zásadný význam pre zvýšenie evolučného potenciálu druhu a tiež zvýšený vývinový potenciál jedinca. Jediniec tak môže účelne prispôbiť svoj fenotyp podmienkam v ktorých vyrastá
- III) Vratnými prispôbeniami, nazývanými tiež aklimatizáciami alebo moduláciami



Prispôsobenia rastlín extrémnym podmienkam

➤ Živorodosť

➤ Urýchlenie kvitnutia

➤ Nápadné, pestrofarbené kvety, často intenzívne voňajúce

➤ Vždyzelenosť, schopnosť fotosyntézy aj pri nižších teplotách, prípadne pod tenšou vrstvou snehu



© Craig Robson



Salix ketelebeana



Salix reticulata



Silene acaulis



Draba aizoides



Galium anisophyllum



Vaccinium vitis-idaea



Saxifraga bryoides



Dryas octopetala

➤ **Nízky vzrast** (nanizmus) – UV žiarenie inhibuje auxíny, obmedzenie rastu; pomalšia fotosyntéza, vplyv na menšiu tvorbu hmoty



➤ **Zástavovité formy**

- **Xeromorfne znaky** – hrubá kutikula, redukcia čepeľovej časti, listy zvinuté dovnútra
- **Výrazné ochlpenie** = ochrana pred intenzívnym žiarením, zamedzenie vyparovania ...



Prevládanie určitých rastových foriem

Čím sú jedn. listy viac pri sebe, tým viac chránia rastlinu pred výkyvmi teplôt

Lepšie sa zhromažďuje a uchováva voda

Odumreté časti sa akumulujú vo vnútri ružíc, trsov, vankúšov
= tvorba humusu a získavanie živín

Ochrana pred vetrom, tlakom a pohybom snehu, stratou tepla

Maximálne využitie teploty pôdy





Najčastejšie:

- kroviny nízkeho vzrastu al. poliehavé kry
- trsnaté tráv a ostrice (Graminoids)
- bylinné trváce rastliny často vytvárajúce ružice
- vankúšovité rastliny rôznych typov



Menej časté:

- obrie ružicovité formy prevažne tropických hôr
- geophyty
- sukulenty (ako listového tak aj stonkového pôvodu)
- jednoročné rastliny

Giant Rosette Plant (*Lobelia keniensis*)



© Dítě



Lloydia serotina



Gentiana nivalis @ Flora.cyberia

Kryptogamy:

- machorasty (v niektorých oblastiach tiež paprade a plavúne)
- lišajníky



Rastové a životné formy

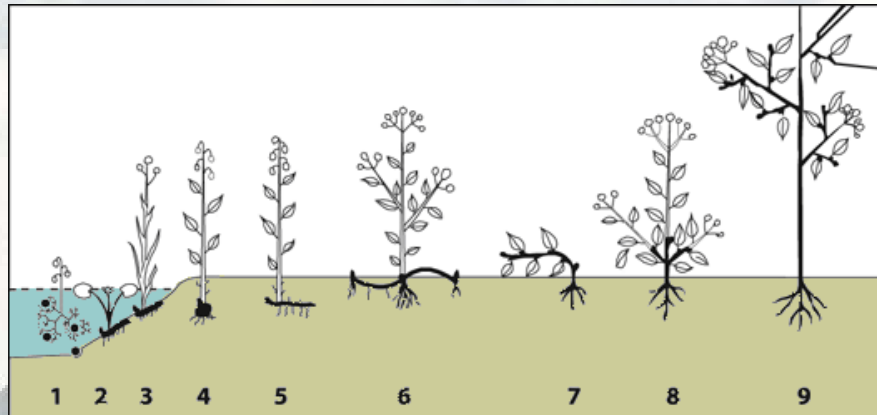


Diagram of the most important life forms based on the classification by Raunkiaer (1934)

1 + 2 3	Hydrophytes Helophytes	(Hydr.) (Helo.)	water plants winter buds under water flowering plants above water
4 + 5 6	Cryptophytes or geophytes Hemicryptophytes	(Geof.) (Hemi.)	winter buds below ground winter buds above or just below ground
7 + 8 9	Chamaephytes Phanerophytes	(Cham.) (Phan.)	winter buds up to 50 cm above ground winter buds at least 50 cm above ground (i.e. trees, shrubs and lianes)

„Rastová forma je ‚plán‘, životná forma je výsledok súhry medzi plánom a prostredím“

Körner, 2003: Alpine Plant Life, Springer

Prostredie môže zmeniť rastovú formu napr. stromovitý vzrast na krovitý



Increasing drought (cold) of the climate	Type of climate	Large Phanerophytes	Small Phanerophytes	Chamaephytes	Hemicryptophytes	Crypto- or geophytes	Helo- and hydrophytes	Therophytes	Total
Seychelles	Humid, tropical	10	50	6	12	3	2	17	100
Spitsberg	Cold, arctic	-	1	22	60	13	2	2	100
Tripoli	Dry, subtropical	-	6	13	19	9	2	51	100
“Normal spectrum”		6	39	9	28	3	1	14	100

Ružicovité typy



Vankúšovitité typy

Polguľovité vankúše



Ploché vankúše



Uvoľnenejšie typy vankúšov



Nízke kríčky

Plazivé kríčky (Creeping dwarf shrubs)

Vystúpavé kríčky (Prostrate dwarf shrubs)



Trsnaté typy



Pri trávach, ostriciach a sitinách, prípadne tiež iných druhoch kt. vytvárajú husté trsy pozorujeme **vytváranie vegetatívnych odnoží (klonov) na jednom konci**, zatiaľ čo na **druhom konci staršie odumierajú**

- v závislosti na druhu toto môže po počiatočnej fáze viesť k rozpadávaniu trsov a vytváraniu kruhov a vencov (gírlánd) a pohybu rastlín po krajine



**Pravdepodobne najdôležitejšia stratégia
v neskoršom sukcesnom štádiu
alpínskej vegetácie na celom svete**

Relikty a endemity

- Mimoriadne členitý vysokohorský reliéf
- Pestrý geologický podklad
- Rýchlo sa meniaci mezo-a mikroklima a vlastnosti pôd



- Vplyv na **vysokú diverzitu stanovišť** vrátane refúgií, poskytujúcich vysokohorským rastlinám a ich spoločenstvám útočisko v obdobiach pre ne nepriaznivých
- Ostrovný charakter vysokých pohorí, ich výšková a substrátová členitosť vytvorili vhodné podmienky pre **vznik a zachovanie populácií početných endemických taxónov**



Elyna myosuroides



Saxifraga wahlenbergii



Dianthus nitidus



Delphinium oxysepalum



Carex rupestris

Rastlinné spoločenstvá

Vo vhodných podmienkach sa rastliny samovoľne rozmnožujú, rozrastajú a postupne osídľujú dostupný priestor



Hustota populácií prítomných druhov stúpa po určitú hranicu, kedy sa zloženie a štruktúra porastu stabilizuje a porast dosiahne určitej rovnorodosti
= Rastlinné spoločenstvá

Spoločenstvo = jedna alebo viac druhových populácií spoločne osídľujúcich určité životné prostredie, ktorého abiotické vlastnosti im umožňujú samovoľne sa rozmnožovať a ktoré sú navzájom v určitej dynamickej rovnováhe



➤ RS = indikátory ekologických faktorov ako klimatických tak aj edafických



Ďakujem za pozornosť