

GDK: 22+176.1 *Fagus sylvatica*:174.7 *Abies alba*+182(045)=163.6

Prispelo / Received: 5.11.2009

Sprejeto / Accepted: 7.4.2010

Pregledni znanstveni članek

Scientific review paper

## Sobivanje jelke in bukve v Dinaridih: usmeritve za ohranitveno gospodarjenje z jelko

Jurij DIACI<sup>1</sup>, Dušan ROŽENBERGAR<sup>2</sup>, Thomas A. NAGEL<sup>3</sup>

### Izvleček

Drevesna sestava jelovo-bukovih gozdov se v prostoru in času spreminja. Nanjo vplivajo številni naravni in antropogeni dejavniki, ki delujejo neposredno ali posredno. Oblikovanje usmeritev za gojenje gozdov zato zahteva dobro poznavanje delovanja lokalnih ekoloških, zgodovinskih, gospodarskih in splošnih okoljskih dejavnikov. V prispevku prikazujemo sintezo štirih skupin raziskav, ki smo jih izpeljali v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih v zadnjem desetletju in obravnavajo: 1) ekologijo pomlajevanja v manjših in srednjih vrzelih, 2) odziv sestojev v pragozdu Peručica na motnje srednjih jakosti (vetrolomi), 3) dolgoročne spremembe v vrstni sestavi pragozdov v jugovzhodni Evropi, in 4) odvisnost pomlajevanja v gospodarskih gozdovih od gozdnogojitvenega sistema. Namen prispevka je prikazati vlogo jelke v razvoju jelovo-bukovega gozda ter poudariti procese, ki vodijo v njeno sobivanje ali izločanje. Raziskave ekologije pomlajevanja nakazujejo, da je jelka uspešnejša na posebnih mikrorastiščih (hladnejše in vlažnejše razmere, odmrli drevesa, večja skalovitost, nižji pH tal, skromne svetlobe razmere). Na vetrolomnih površinah srednjih jakosti prevlada bukev, jelka pa se naseljuje kasneje v strnjena bukova mladovja. Naše raziskave niso potrdile hipoteze o lažjem uveljavljanju jelke v večjih sestojskih vrzelih gospodarskih gozdov. Spremembe vrstne sestave pragozdov v Sloveniji in jugovzhodni Evropi nakazujejo nazadovanje jelke v zadnjih petdesetih letih, kar je posledica več skupin vzrokov, še posebej zračnega onesnaženja in objedanja po divjadi. V Sloveniji je zmanjševanje deleža jelke v Dinaridih izrazito hitro. Primerjave z jugovzhodno Evropo kažejo, da so sicer raznovrstne strategije uveljavljanja jelke v Sloveniji neuspešne zaradi visokih gostot velikih rastlinojedih parkljarjev.

**Ključne besede:** *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, sobivanje, medsebojno nadomeščanje, objedanje mladja, propadanje gozdov, gojenje gozdov

## *Coexistence of silver fir and beech in the Dinaric Alps: implications for conservation and management of silver fir*

### Abstract

The tree species composition of silver fir and beech forests has changed in space and time due to a number of direct and indirect natural and anthropogenic causal factors. Forming silvicultural guidelines, therefore, requires a sufficient understanding of the ecological, historical, economic and general environmental factors that influence silver fir-beech forests. In this paper, we present a synthesis of four research projects carried out in Dinaric silver fir-beech forests in the last decade: 1) regeneration ecology in small and medium canopy gaps; 2) stand response to intermediate wind disturbance in the old-growth silver fir-beech Peručica forest; 3) long-term changes in tree species composition of old-growth forests in South East Europe; and 4) interdependence between regeneration and silvicultural systems. The aim of the paper is to show the role of silver fir in the development of silver fir-beech forest, and to highlight the processes that lead to its coexistence or exclusion. Research on the ecology of regeneration suggests that silver fir regenerates better on special microsites (e.g. cooler sites with more soil moisture, CWD, high rock coverage, lower pH of the soil, poor light conditions). In medium sized gaps beech is dominant, while silver fir establishes itself later under the young beech canopy. Our research did not confirm the hypothesis of better regeneration success of silver fir in larger canopy gaps in managed forests. Repeated inventories from forest reserves in Slovenia and South-Eastern Europe show that silver fir declined in the last fifty years due to a variety of causes, primarily from air pollution and ungulate browsing. In Slovenia in particular, a drastic reduction of the share of silver fir occurred rapidly. Comparisons with South-Eastern Europe suggest that a wide range of regeneration strategies of silver fir in Slovenia failed because of high densities of ungulates.

<sup>1</sup> Prof. dr. J.D., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, jurij.diaci@bf.uni-lj.si

<sup>2</sup> Mag., asist., D.R., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, dusan.rozenberger@bf.uni-lj.si

<sup>3</sup> dr. T.A.N., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, thomasandrew.nagel@bf.uni-lj.si

## 1 Uvod

### 1 Introduction

Jelka bi lahko bila zaradi zadržane rasti, dolgoživosti in varčnosti prispodoba trajnostnega razvoja. Vendar v zadnje pol stoletja njen delež v lesni zalogi slovenskih gozdov vztrajno nazaduje: od 19,4 % leta 1947 do dobrih 7,5 % v začetku 21. stoletja (FICKO / BONČINA 2006). Razlaga nazadovanja jelke ni preprosta, gre za dolgoročen pojav, ki ga povzročajo številni dejavniki, naravni in antropogeni (ŠAFAR 1951, MLINŠEK 1964, LARSEN 1986, ANIČ *et al.* 2009, ELLING *et al.* 2009). Podobna razvojna gibanja so značilna za jelko v njenem celotnem arealu (KRAMER 1992, PRPIČ 2001, HOCKENJOS 2008). Z zmanjšanjem onesnaženja ozračja v začetku devetdesetih let se je življenjska moč jelke izboljšala (PRELC *et al.* 1993, DOBROWOLSKA 1998), v Sloveniji še posebej na silikatni podlagi, kjer se jelka pretežno zadovoljivo pomlajuje. Na apneni podlagi pa je starostna struktura jelovih populacij porušena, pomlajevanje pa oteženo, zato se bo delež jelke v prihodnosti še naprej zmanjševal. Prispevek se zato osredotoča na ekologijo in gojenje jelke v mešanih jelovo-bukovih gozdovih.

Na uveljavljanje jelke poleg ekoloških dejavnikov vpliva tudi tekmovalnost s sorodnimi drevesnimi vrstami, predvsem z bukvijo. S tem v zvezi je v literaturi pogosto omenjen pojav izmenjavanja drevesnih vrst ali medsebojnega nadomeščanja (angl. reciprocal replacement), vendar najdemo med avtorji zelo različna mnenja o njegovem dejanskem vplivu na razširjenost obeh vrst (ŠAFAR 1952, SCHAEFFER / MOREAU 1958, GAŠPERŠIČ 1974, DOBROWOLSKA 1998). Zelo verjetno je nazadovanje jelke posledica sočasnega vpliva različnih dejavnikov, tako tistih, ki jelko neposredno zavirajo (npr. onesnaženo ozračje, prekomerno objedanje mladja), kot tudi tistih, ki delujejo posredno prek zmanjševanja njene tekmovalne moči (npr. spremembe sestojnega podnebja zaradi podnebnih sprememb ali gozdnogojitvenih ukrepov). Razumevanje medsebojnega nadomeščanja jelke in bukve je oteženo tudi zaradi njegovega potekanja v različnih časovnih in prostorskih merilih.

Pogled v zgodovino gozdov nas opozarja, da je na uravnavanje zmesi in tekmovalnega razmerja med vrstama bolj vplival človek kot narava. Po podatkih gozdnogospodarskih načrtov za slovenske in hrvaške Dinaride je bilo razmerje med jelko in bukvijo v lesni zalogi jelovo-bukovih gozdov v drugi polovici devetnajstega stoletja značilno v korist bukve (MATIČ 1983, KORDIŠ 1993). Kasneje je zaradi pospeševanja jelke pri gojenju gozdov, izsekovanja bukve za pepeliko in oglarjenja ter ugodnega pomlajevanja (majhne gostote rastlinojedih parkljarjev) delež jelke značilno presegel delež bukve. Ti antropogeni premiki v drevesni sestavi so ponekod nastali že prej, drugje pa kasneje, odvisno od intenzivnosti industrializacije in gospodarjenja z gozdovi. Tako je v snežniških gozdovih znašalo razmerje med jelko in bukvijo leta 1789 24:76, že leta 1864 pa je delež jelke presegel

bukev v razmerju 51:49 (KORDIŠ 1993). Tudi v Karpatih je VRŠKA s sodelavci (2009) ugotovil podobne spremembe drevesne sestave, a ker je preučeval predvsem pragozdove, bistveno bolj izpostavlja posredne vplive, na primer gozdno pašo in steljarjenje, ki naj bi pospeševala iglavce. Zgodovinsko pomembno je tudi izsekovanje iglavcev iz mešanih gozdov v predelih, kjer izraba bukovine ni bila donosna. Tako so nastali na rastiščih mešanih gozdov bolj ali manj čisti bukov gozdovi (KNEZ 1955, ŠAFAR 1967, GAŠPERŠIČ 1974).

Zaradi zapletenega delovanja lokalnih ekoloških, zgodovinskih, gospodarskih in splošnih okoljskih dejavnikov, ki jelko lahko zavirajo neposredno ali posredno, so gozdnogojitvene usmeritve pogosto nejasne, celo nasprotujoče si. Namen prispevka je: 1) poudariti ekološke dejavnike, ki spodbujajo tekmovalnost jelke, 2) prikazati dejavnike medsebojnega nadomeščanja jelke in bukve ter potek na različnih prostorskih in časovnih ravneh, 3) orisati vplivne možnosti gojenja gozdov, ter 4) nakazati usmeritve za ohranjanje jelke.

## 2 Metode

### 2 Methods

V sklopu raziskave smo uporabili izsledke preteklih in sedanjih raziskav ter pregleda literature. Splošni podatki o objektih raziskave so razvidni iz preglednice 1.

Članek obravnava rezultate raziskav iz pragozdnih rezervatov Rajhenavski Rog (RR), Pečka (PE), Strmec (ST), Krokari (KR) in Bukov vrh (BV) v Sloveniji, Čorkova uvala (CU) in Devčiča tavani (DT) na Hrvaškem, Perućica (PR) in Igman (IG) v Bosni in Hercegovini in Badin (BA) na Slovaškem. V raziskavi smo uporabili tudi podatke iz gospodarskih gozdov na kočevski (ROG) in novomeški strani (CRM) Roga, v okolici Črnega vrha (CV) in Vrhnike (VRH), ter Podgrada (MAR – posestvo Marinšek). V vseh primerih razen MAR in BA gre za jelovo-bukove gozdove (*Omphalodo-Fagetum* (TREG.57) MAR. *et al.* 93) na apneni podlagi. Drugačne rastiščne razmere najdemo na lokaciji MAR, kjer gre za težka kislila tla in združbo *Bazzanio-Abietetum* M.WRAB.(53)58, in na lokaciji BA, kjer prevladujejo rahlo kislila globoka tla na tufu in andezitu in kjer uspeva združba *Abieto-Fagetum* (ZLATNÍK 1959).

Podatki, uporabljeni v članku, so bili zbrani na različne načine. Na lokaciji MAR smo podatke pridobili z vrtnjem 46 dominantnih dreves v prebiralnem jelovo smrekovem gozdu (DIACI *et al.* 2008a). Podatke o svetlobnih razmerah in gostoti, drevesni sestavi in poškodovanosti pomladka za lokacije RR, ROG, CRM, CV, VRH, CU, PE in PR smo dobili z analizo pomladka v sestojnih vrzelih in na transektih (ROZENBERGAR 2007, ROZENBERGAR / DIACI 2007, DIACI *et al.* 2008b). Sestojno dinamiko smo preučevali s pomočjo analize sestojnih vrzeli (NAGEL 2006, TAJNIKAR 2007). Podatki o frekvenčnih porazdelitvah premerov in deležih posameznih drevesnih vrst so bili v večini primerov zbrani kot del redne inventure

s pomočjo polne premerbe (RR, PE, KR, ST, BV, BA, IG)  
ali na podlagi vzorčne mreže ploskev (PR, CU) (DIACI *et al.* 2007/08).

Legenda / Legend: (RR – Rajhenavski rog, ROG – Rog, CRM – Črmošnjice, PE – Pečka, KR – Krokari, ST – Strmec, BV – Bukov vrh, CV – Črni vrh, VRH – Vrhnik, MAR – Marinšek, CU – Črkova uvala, DT – Devčiča tavani, PR – Perućica, IG – Igman, BA – Badin).

Preglednica 1: Bistveni podatki o raziskovalnih objektih

Table 1: Basic characteristics of the research sites

| Objekt raziskave / Research site | Površ. / Area (ha) | Lokacija / Location |         | Nad. višina / Altitude (m) | Letne padavine / Annual precipitation (mm) | Povp. letna temperatura / Average annual temperature | Meteorološka postaja / Meteorological station | Vegetacijska združba / Forest site classification               | Država / Country |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|---------|----------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| RR*                              | 52,1               | 45°40'N             | 15°01'E | 740-880                    | ~1650                                      | 7,0                                                  | Kočevje, Žaga Rog                             | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| ROG                              | -                  | 45°41'N             | 14°59'E | 700-750                    | ~1650                                      | 7,0                                                  | Kočevje, Žaga Rog                             | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| CRM                              | -                  | 45°39'N             | 15°01'E | 800-850                    | ~1650                                      | 7,0                                                  | Kočevje, Žaga Rog                             | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| PE*                              | 59,5               | 45°46'N             | 15°00'E | 795-910                    | ~1220                                      | 14,3                                                 | Novo mesto                                    | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| KR*                              | 74,5               | 45°33'N             | 14°47'E | 840-1170                   | ~1526                                      | 8,4                                                  | -                                             | <i>Omphalodo-Fagetum, Lamio orvalae-Fagetum, Arunco-Fagetum</i> | SLO              |
| ST*                              | 15,6               | 45°38'N             | 14°49'E | 840-940                    | ~1556                                      | 8,3                                                  | GGN Koče                                      | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| BV*                              | 9,3                | 46°00'N             | 13°53'E | 1200-1313                  | ~3000                                      | 6,2                                                  | Vojsko                                        | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| CV                               | -                  | 45°55'N             | 14°08'E | 500-550                    | 1550                                       | -                                                    | Črni vrh                                      | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| VRH                              | -                  | 45°56'N             | 14°17'E | 400-500                    | 1530                                       | -                                                    | Vrhnik                                        | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | SLO              |
| MAR                              | -                  | 46°18'N             | 14°52'E | 400                        | 1440                                       | -                                                    | Gornji grad                                   | <i>Bazzanio-Abietetum</i>                                       | SLO              |
| CU*                              | 79,5               | 44°55'N             | 15°32'E | 860-1030                   | ~1650                                      | 7,0                                                  | -                                             | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | CRO              |
| DT*                              | 100                | -                   | -       | 1192-1295                  | 1875                                       | 5,0                                                  | -                                             | <i>Omphalodo-Fagetum</i>                                        | CRO              |
| PR*                              | 1434               | 43°18'N             | 18°43'E | 1000-1600                  | 1400                                       | -                                                    | Suha                                          | -                                                               | BiH              |
| IG*                              | -                  | -                   | -       | -                          | -                                          | -                                                    | -                                             | -                                                               | BiH              |
| BA*                              | 30,7               | 48°41'N             | 19°02'E | 700-780                    | 850-900                                    | 5,5-6,0                                              | -                                             | <i>Abieto-Fagetum</i> (klasifikacija po Zlatnik-u)              | SK               |

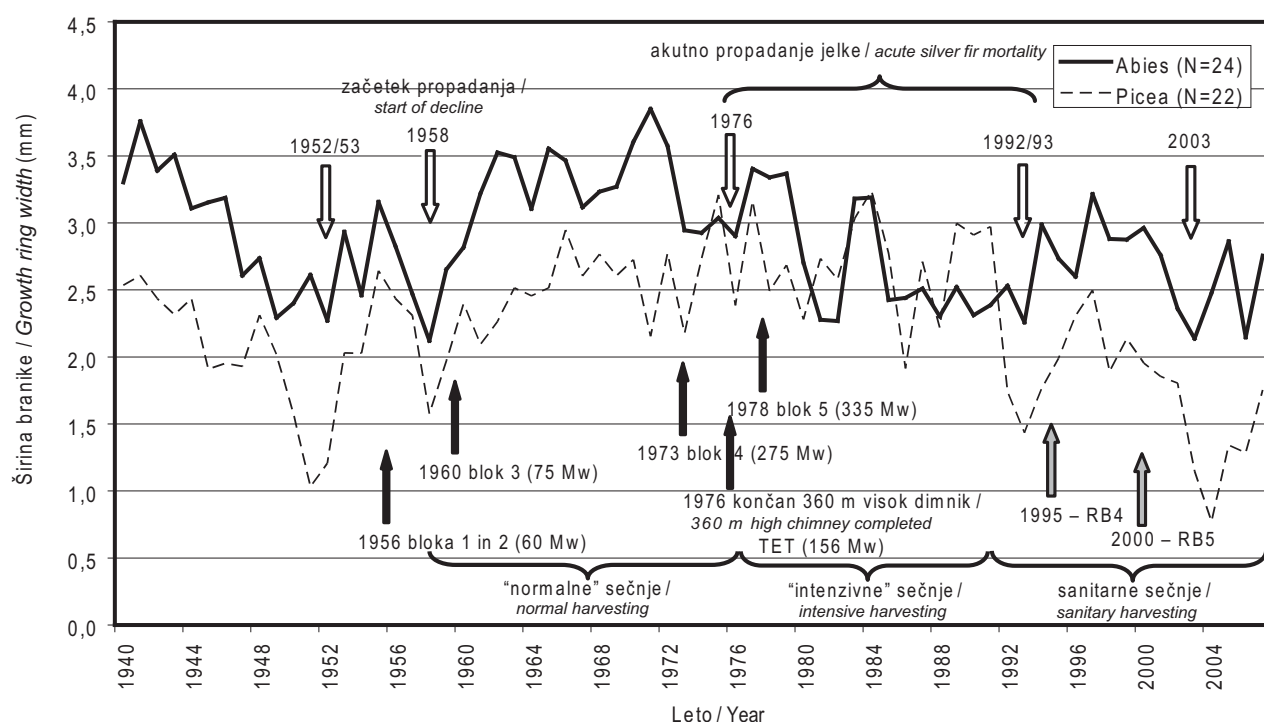
\* pragozdni rezervat / old-growth forest reserve

### 3 Jelka in ekološki dejavniki

#### 3 Silver fir and ecological factors

Tekmovalnost jelke pospešujejo čisto ozračje, skromne svetlobne razmere, vlažnejša in hladnejša rastišča (včasih tudi bolj skalovita in sušna), posebna mikrorastišča in nizke gostote rastlinojedcev (EIBERLE 1975, MATIČ, 1983, KRAMER 1992, KORDIŠ 1993, HOCKENJOS 2008). Jelka se uveljavlja tudi z velikimi dimenzijami, ki jih doseže v visokih starostih. Vloga aleopatije pa še ni povsem pojasnjena (prim. PIZZEGHELLO *et al.* 2006). V nadaljevanju prikazujemo posamezne dejavnike, zavedati pa se moramo, da dejavniki delujejo vzajemno. Jelki nenaklonjene podnebne spremembe (visoke temperature, suše), onesnaženje ozračja in gojitvene napake delujejo vzajemno (LEVANIČ 1997), vendar novejša študija opozarjajo na vplivno moč onesnaženja (ELLING *et al.* 2009). To potrjujejo tudi izsledki primerjalne analize debelinskega priraščanja vladajočih jelovih in smrekovih dreves v prebiralnem gozdu na rastišču *Bazzanio-Abietetum* M.WRAB.(53)58 v Zgornji Savinjski dolini (DIACI *et al.* 2008a). Na sliki 1 so prikazane povprečne širine branik za jelko in smreko na obeh ploskvah v obdobju 1940-2007.

Pri interpretaciji rezultatov je treba upoštevati, da nismo odstranili razvojne komponente (starost dreves), ki ima vpliv na širino branik, saj so izbrana dominantna drevesa v vzorcu podobnih starosti (jelka: aritmet. sred. = 130 let, stand. odklon = 31 let; smreka: aritmet. sred. = 138 let, stand. odklon = 25 let). Rastne depresije zaradi suše so bolj izražene pri smreki, ker gre za težka glinasta tla. Domnevamo, da sta dve zaporedni suši v petdesetih letih prejšnjega stoletja v povezavi z onesnaženim zrakom iz termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) sprožili prvo večje propadanje jelovih gozdov v Sloveniji. Zanimivo je, da je bil prirastek jelke vse obdobje razen v času akutnega propadanja med 1978 in 1995 višji od smreke. Prva letnica zaznamuje postavitev zadnjega - petega bloka TEŠ, leta 1976 pa je trboveljska termoelektrarna dokončala 360 m visoki dimnik. To je začetek obdobja največje koncentracije zračnih onesnažil. Obdobje akutnega propadanja se zaključi v začetku devetdesetih let, ko so pričeli z uveljavljanjem režima obratovanja za zmanjševanje emisij, leta 1995 pa je bila v TEŠ zgrajena čistilna naprava na bloku 4. Pri interpretaciji podatkov je treba upoštevati še upadanje prirastka kot posledica naraščanja zalog in večje utesenjenosti v zgornji plasti krošnji zaradi manjših jakosti sečenj v zadnjih desetletjih.



Slika 1: Priraščanje dominantnih smrekovih in jelovih dreves v prebiralnem gozdu Marinšek na rastišču *Bazzanio-Abietetum* glede na podnebne posebnosti, kazalnike onesnaženega ozračja in gojitvenega ukrepanja. Prikazane so povprečne širine branik za jelko in smreko na obeh ploskvah v obdobju 1940-2007 (prirejeno po DIACI *et al.* 2008). Rastne depresije zaradi suše so označene s praznimi puščicami, postavitev blokov termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) in dimnika termoelektrarne Trbovlje (TET) s črnimi in režim sečenj s sivimi puščicami. Številka v oklepaju ponazarja nazivno moč bloka.

Fig. 1: Average annual ring width (from two plots) of dominant silver fir and spruce trees in the selectively managed Marinšek forest (*Bazzanio-Abietetum*) according to climate, polluted air and silvicultural measures (adapted from DIACI *et al.* 2008). Growth depressions as a result of dry years are marked with empty arrows, different phases of the coal thermo power plant construction with black arrows, and harvesting regimes with grey arrows.



Za povojno obdobje so značilne intenzivne sečnje zaradi obvezne oddaje in prvega propadanja jelke, sledi obdobje normalnih sečenj do začetka akutnega propadanja jelke konec sedemdesetih let, ko se sečnje zopet intenzivirajo. Po letu 1992 pa so lastniki zaradi povečanja prihodkov iz kmetijstva opravljali samo še sanitarni posek (DIACI *et al.* 2008a).

Jelka je v primerjavi z bukvijo tekmovalno uspešnejša na vlažnejših in hladnejših rastiščih. To velja tako za talno kot zračno vlago in tako za gozdno kot regionalno podnebje. Za ponazoritev lahko uporabimo členitev gozdne vegetacije centralnih Alp v smeri od severa proti jugu, kjer je nad pasom jelovo-bukovih gozdov z nižanjem temperatur conalna vegetacija jelovo-smrekovih gozdov (ELLENBERG 1996). Jelko ovira moker sneg, kot na primer v Sloveniji v altimontanskem pasu Dinarskega gorstva. Občasno se jelka dobro uveljavlja tudi na sušnejših, manj razvitih tleh, še posebej na silikatu (BELEC 2009, DAKSKOBLER / MARINŠEK 2009).

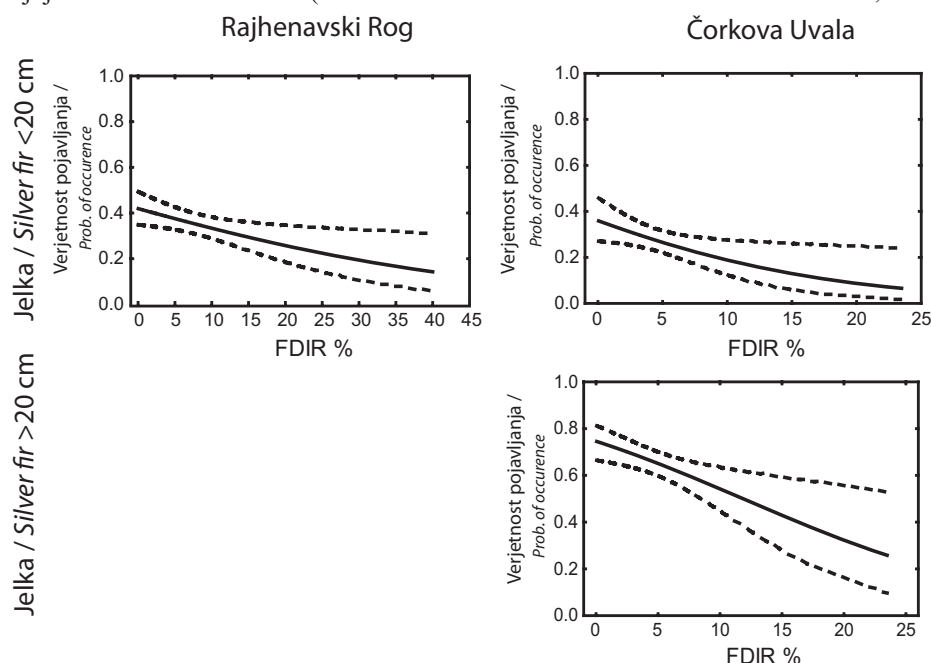
V skupini dejavnikov mikrorastišče bomo prikazali predvsem različne edafske dejavnike. Znano je, da je jelka uspešna na težjih tleh z nižjim pH in na bolj skalovitih tleh (npr. *Omphalodo-Fagetum festucetosum*, *Neckero-Abietetum*) ter na rastiščih z reliefno povzročenim mraziščnim značajem. Vsa omenjena rastišča so skrajnostna tudi za jelko. Na mezofilnih rastiščih imajo listavci, pri nas še posebej bukev, večjo tekmovalno moč. Iglavci se na splošno težje razvijajo v razmerah bujne zeliščne vegetacije. Listavci s hitrejšo rastjo v mladosti in večjo prilagodljivostjo habitusa so v takšnih razmerah uspešnejši. Na najbogatejših rastiščih jelovo-bukovega gozda (na primer *Omphalodo-Fagetum aceretosum*) ima jelka še več težav s pritalno vegetacijo. V takšnih razmerah se pogosto pomlajuje na drevesnih ostankih (LEIBUNDGUT

1982), podobno kot smreka v visokogorskih gozdovih (EICHRODT 1969).

Vendar nam je ta strategija uveljavljanja jelke manj poznana zaradi pomanjkanja velikih drevesnih ostankov v gospodarskih gozdovih in zaradi objedanja rastlinojede divjadi v pragozdovih.

Jelka je sinonim za sencozdržnost, in to v vseh življenjskih fazah. Na sliki 2 je primerjava verjetnosti pojavljanja jelovega pomladka, nižjega in višjega od 20 cm glede na neposredno sončno sevanje v pragozdovih Rajhenavski Rog in Čorkova Uvala (ROŽENBERGAR *et al.* 2007). Vse povezave so bile negativne. Jelke, višje od 20 cm, v Rajhenavskem Rogu nismo zabeležili, zato so podani rezultati le za Čorkovo Uvalo. V isti raziskavi gostota bukve nad 20 cm ni pokazala negativne povezave z neposrednim sončnim sevanjem.

Jelka ohranja sencozdržnost tudi v fazi razvitega mladovja, višine več metrov, ko potrebuje bukev več svetlobe za preživetje (slika 3). Jelovi »čakalci« lahko vztrajajo v zastrti položajih več kot stoletje, potem pa se živahno odzovejo na povečan dotok svetlobe (SCHÜTZ 1969, FERLIN 2002). Jelka učinkovito gospodari s svetlobo (STANCIOIU / O'HARA 2006), zato je tekmovalno uspešnejša od bukve prav v tej življenjski fazi. Značilna prevlada bukve v pomladku jelovo-bukovega pragozda se z razvojem mladovja vse bolj nagiba v korist jelke zaradi bolj izražene sencozdržnosti in posledično manjše mortalitete (MLINŠEK 1967, NAGEL *et al.* 2010). Prav zaradi tega je prebiralno gospodarjenje z razmeroma malo svetlobe ves čas pomladitvenega cikla bistveno bolj naklonjeno jelki. V pragozdovih se jelka živahno uveljavlja v predelih, kjer prevladujejo endogene motnje, oz. pomlajevanje poteka v majhnih vrzelih in pod zastorom (LEIBUNDGUT 1982, ROŽENBERGAR *et al.* 2007, NAGEL *et al.* 2010).



Slika 2: Verjetnost pojavljanja jelovega pomladka, nižjega in višjega od 20 cm, od neposrednega sončnega sevanja v Rajhenavskem Rogu in Čorkovi Uvali (prirejeno po ROŽENBERGAR *et al.* 2007)

Fig. 2: Probability of occurrence of small (<20 cm) and large (>20 cm) silver fir seedlings according to direct radiation in Rajhenavski Rog and Čorkova Uvala (adapted from ROŽENBERGAR *et al.* 2007)

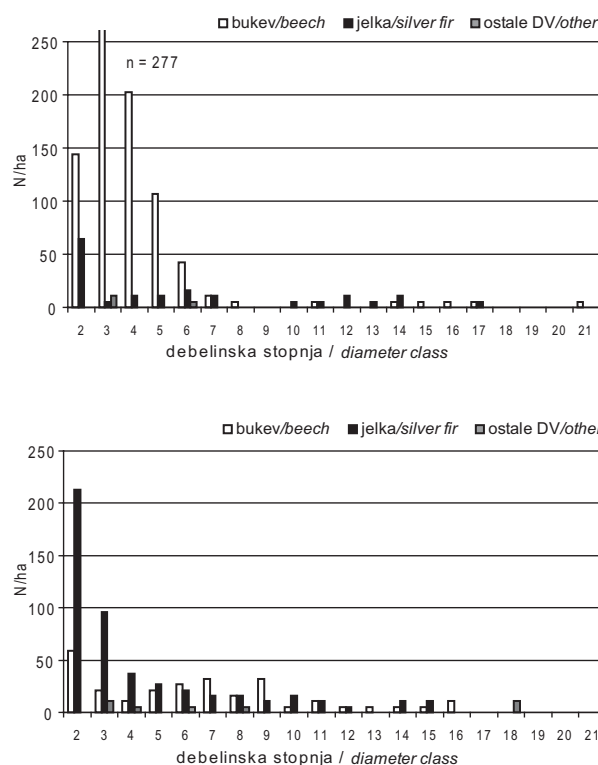


Slika 3 : Jelovi »čakalci« v srednji plasti pod sklenjenimi krošnjami bukev v drevesni plasti pragozdnega ostanka v Lučki Beli

*Fig. 3: Sub-canopy silver fir trees under a beech canopy in the Lučka Bela virgin forest remnant*

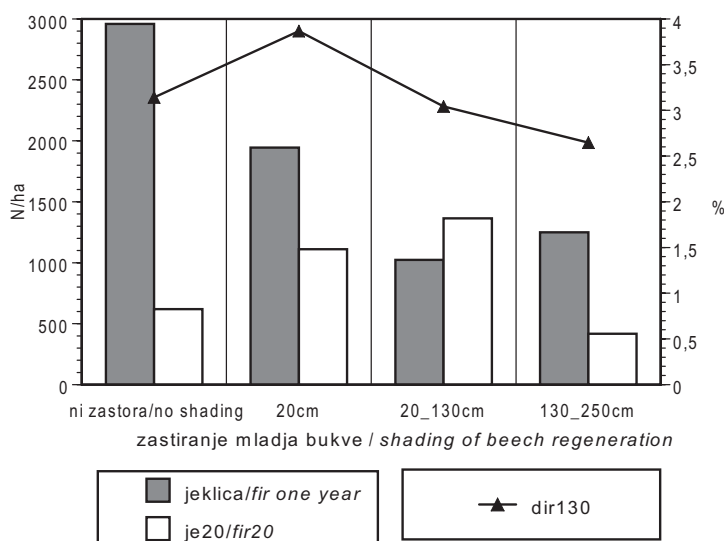
Vendar to ne pomeni, da se jelka ne more uveljaviti po velikopovršinskih motnjah. Na sliki 4 je primerjava sestoja v pragozdu Perućica v Bosni in Hercegovini petdeset let po vetrolomu s kontrolnim sestojem, kjer vetroloma ni bilo (TAJNIKAR 2007). Na vetrolomni površini je v manjših premerih od druge do šeste debelinske stopnje prevladovala bukev, na kontrolni površini pa jelka. Vendar je na vetrolomni površini pod zastorom manjših dreves jelka že vrasla v drugo debelinsko stopnjo, v nižjih razvojnih stopnjah mladja pa je jelka povsem prevladala. Zanimivo je, da se je jelka tudi v holocenu večinoma vračala za bukvijo, se torej priseljevala v bukovje sestoje (BRUS 2009).

Podoben razvoj bi pričakovali tudi v Sloveniji. Zato smo analizirali razmere v pragozdu Pečka, ki sta ga v zadnjih dvajsetih letih prizadela dva vetroloma (NAGEL / DIACI 2006). Na sliki 5 je prikazana jakost neposrednega sončnega sevanja, ki je sorazmerno nizka, v poprečju od 2,5 – 4,0 %. Gostota jelovih klic je majhna zaradi delnega obroda in se zmanjšuje s povprečno višino zastora bukovega mladja. To je verjetno posledica oddaljenosti od semenskih dreves, kajti višje bukovje mladje po vetrolomu je v večjih vrzelih. Jelka do 20 cm višine je sicer razmeroma pogosta pod bukovim mladjem od 20-130 cm višine, vendar se v višjem razredu bukovega mladja njena gostota zopet zmanjša. Jelke, višje od 20 cm, na raziskovalnih ploskvah nismo zasledili. Vse kaže, da je nadomestna strategija jelke v primeru večjih motenj z nasenitvijo pod bukovim mladjem pri nas motena zaradi divjadi.



Slika 4: Primerjava debelinske strukture dreves petdeset let po vetrolomu (zgoraj) s kontrolnim sestojem brez vpliva vetroloma (spodaj) v predelu Osoje pragozda Perućica (TAJNIKAR 2007)

*Fig. 4: Comparison of dbh distributions of a stand 50 years after windthrow (upper figure) and a control stand (no wind break – lower figure) in the Perućica virgin forest (TAJNIKAR 2007)*



Slika 5: Število jelovih klic (jeklica) in mladja do 20 cm (je20) pod vsaj 50% zastorom bukke različnih višinskih razredov v pragozdu Pečka in neposredno sončno sevanje na višini 130 cm (dir130) (DIACI / ROŽENBERGAR 2007)

Fig. 5: The density of silver fir one year old (fir one year) and older (up to 20 cm high) seedlings (fir 20) under at least 50 % coverage of beech in different height classes (20 cm, 20-130 cm, 130-250 cm) together with direct radiation at a height of 130 cm (dir130) (DIACI / ROŽENBERGAR 2007)

## 4 Jelka in veliki rastlinojedi parkljarji

### 4 Silver fir and ungulates

Uravnoteženo razmerje med velikimi rastlinojedimi parkljarji in mladjem jelke je ključno za razvoj jelke (EIBERLE 1975, SENN / SUTER 2003), zato problematiki namenimo posebno poglavje. Jelka ima z vidika interakcij z rastlinojedci več neugodnih lastnosti: je zelo priljubljena hrana, je občutljiva za objedanje (HÄSLER *et al.* 2008) in ima počasno rast. V slovenskih dinarskih jelovo-bukovih gozdovih raziskovalci že več desetletij opažajo zelo redko posamično jelovo mladje v obilju bukovega pomladka (MLINŠEK 1967, KORDIŠ 1993, ROŽENBERGAR *et al.* 2007).

V drugih predelih Dinaridov (izjema je Risnjak blizu slovenske meje), ki segajo na območje držav bivše Jugoslavije, je na primerljivih rastiščih jelovega mladja značilno več, poleg tega se mladje jelke pogosto razvija v skupinah. Zaradi razlik v zakonitostih pomlajevanja jelovo-bukovih gozdov pri nas in v tujini smo izpeljali primerjalno analizo naših pragozdov, gospodarskih gozdov ter pragozdov Čorkova uvala na Hrvaškem in Perućica v Bosni in Hercegovini. V preglednici 2 so prikazane gostote jelke po višinskih stopnjah.

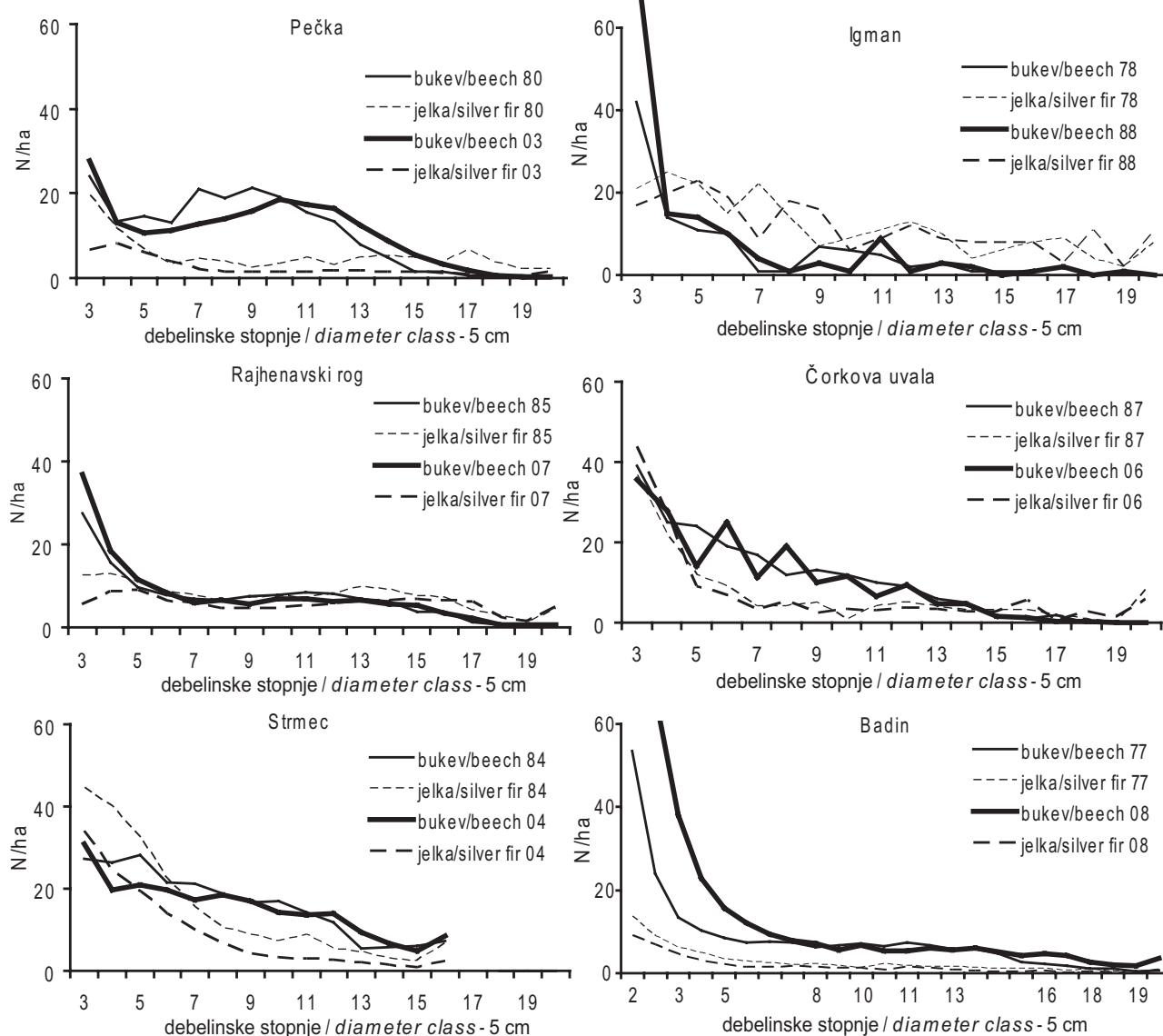
Preglednica 2: Primerjava gostot jelovega mladja po višinskih razredih v slovenskih Dinaridih in primerjava s pragozdom Čorkova uvala na Hrvaškem in Perućica v BiH (N = 2200)

Table 2: Comparison of silver fir density according to height classes in different locations of the Dinaric mountains in Slovenia, Croatia (Čorkova Uvala) and Bosnia-Herzegovina (Perućica) (N = 2200)

| višina (cm) |         | Rajhenav 1 | Rog  | Črmošnjice | Črni vrh | Vrhnika | Čorkova uvala | Rajhenav 2 | Pečka | Perućica |
|-------------|---------|------------|------|------------|----------|---------|---------------|------------|-------|----------|
| N (ploskev) |         | 383        | 366  | 340        | 120      | 120     | 338           | 164        | 164   | 222      |
| klica       |         | 5319       | 2437 | 1190       | 667      | 874     | 4760          | 351        | 2393  | 17416    |
| <30         | <20     | 5052       | 4317 | 3660       | 1741     | 364     | 2117          | 1631       | 716   | 2782     |
| 31-50       | 21-50   | 85         | 220  | 118        | 333      | 36      | 2485          | 0          | 0     | 434      |
| 51-150      | 51-130  | 24         | 70   | 13         | 74       | 0       | 1473          | 0          | 0     | 470      |
| 151-200     | 131-200 | 0          | 0    | 0          | 0        | 0       | 158           | 0          | 0     | 434      |
| >200        | >200    | 0          | 0    | 0          | 0        | 0       | 79            | 30         | 0     | 36       |

V vseh preučevanih sestojih v Sloveniji upade število jelovega mladja v razredu nad 50 cm praktično na nič, še posebej v pragozdih rezervatih Rajhenavski Rog in Pečka, in to kljub sorazmerno visokim gostotam jelovih klic in mladja prvega višinskega razreda. V pragozdovih v tujini je tudi nad 50 cm višine dovolj jelke za nemoteno vraščanje v višje višinske razrede. Prikazano stanje je skladno s podatki, ki jih imamo o gostotah velike rastlinojede divjadi na obravnavanih območjih. Ocenjene gostote za srnjad so 0,9/100 ha v okolici Rajhenavskega Roga (JERINA 2006, 2007, KLOPCIC 2010), 0,8/100 ha v Čorkovi Uvali (ANONYMOUS 2007) in pod temi vrednostmi v Peručici (ANONYMOUS 2004), za jelenjad pa 6,6/100 ha v okolici Rajhenavskega Roga in okoli 0,2/100 ha v Čorkovi Uvali in Peručici.

Izsledke o skoraj popolni izginitvi jelke nad 50 cm višine v Sloveniji dopolnjujejo primerjave frekvenčnih porazdelitev premerov jelovo-bukovih pragozdov v zadnjih desetletjih pri nas in v tujini (slika 6). Pri slovenskih pragozdovih na levi strani (Pečka, Rajhenavski Rog in Strmec) opazimo izrazitejše zmanjševanje jelke v vseh debelinskih stopnjah, kar kaže na intenzivnejše propadanje. Še večje razlike opazimo pri prvih debelinskih stopnjah, kar kaže, da zaradi dolgotrajnega objedanja izgublamo že drevesa v tretji in četrti debelinski stopnji, torej jelove »čakalce«, ki so za uveljavljanje jelke najpomembnejši. Pri hrvaškem (Čorkova Uvala) in bosanskem rezervatu (Igman) se območja naraščanja izmenjujejo z upadanjem (kar priča o sorazmerni stabilnosti zmesi), v slovaškem pragozdu (Badin) pa je upadanje manj izrazito.



Slika 6: Primerjava porazdelitve prsnih premerov za zadnji dve inventarizaciji v šestih izbranih pragozdovih (prirejeno po DIACI et al. 2007/08)

Fig. 6: Dbh distributions for silver fir and beech from two consecutive inventories in selected old-growth forests (adapted from DIACI et al. 2007/08)



#### 4.1 Vpliv gojenja gozdov na uravnavanje razmerja med velikimi rastlinojedci in pomlajevanjem jelke

##### 4.1 Influence of silviculture on the relationship between silver fir regeneration and ungulates

Kaj lahko za izboljšanje razmer naredimo gojitelji? Z gojenjem gozdov vplivamo na primer na kakovost in količino hrane za rastlinojedce, na njihove habitate ter na hitrost rasti mladja (EIBERLE / WENGER 1983, REIMOSER / GOSSOW 1996, VOSPERNIK / REIMOSER 2008, WEISBERG *et al.* 2005). V preglednici 3 je primerjava zvrsti gojenja gozdov glede na kazalnike, ki opisujejo kakovost sobivanja rastlinojedcev in rastlin. Najobčutljivejše za objedanje so zvrsti z umetno obnovo (višja prehranska vrednost mladja, posamična rast). Od zvrsti z naravno obnovo naj bi bile bolj občutljive malopovršinske zvrsti (npr. prebiralni gozd proti skupinsko postopnemu gojenju - SPG ali velikopovršinskim zastornim sečnjam). Iz preglednice 3 je razvidno, da vpliv gojenja ni zanemarljiv in da bi glede na različne cilje upravljanja z

gozdnimi ekosistemi lahko izbrali različne zvrsti. Na primer upravljavci divjadi bi lahko zagovarjali sproščeno tehniko gojenja gozdov, ki naj bi zagotavljala največje nosilne kapacitete za divjad, gojitelji pa prebiralno gojenje zaradi pospeševanja jelke ali skupinsko postopno gojenje zaradi manjše občutljivosti na objedanje.

Da bi preverili omenjene razlike med zvrstmi gojenja gozdov, smo izpeljali dve raziskavi. STERGAR (2005) je v diplomski nalogi z vidika objedenosti mladja primerjal prebiralni in enomerni gozd na Pohorju. Na visokem Krasu (DIACI *et al.* 2009) pa smo v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih primerjali pomlajevanje v majhnih in velikih vrzelih. Male (< 500 m<sup>2</sup>) in velike (> 500 m<sup>2</sup>) vrzeli so lahko približek za gozdnogojitvene sisteme. Rezultati so prikazani na sliki 7. V obeh primerih hipotez, da je prebiralna zgradba (majhne vrzeli) bolj občutljiva za objedanje, nismo potrdili. V večini primerov je bilo v velikih vrzelih objedenega več mladja, vendar pa smo v nekaterih predelih predvsem pri bukvi in javorju opazili večjo poškodovanost tudi v malih vrzelih.

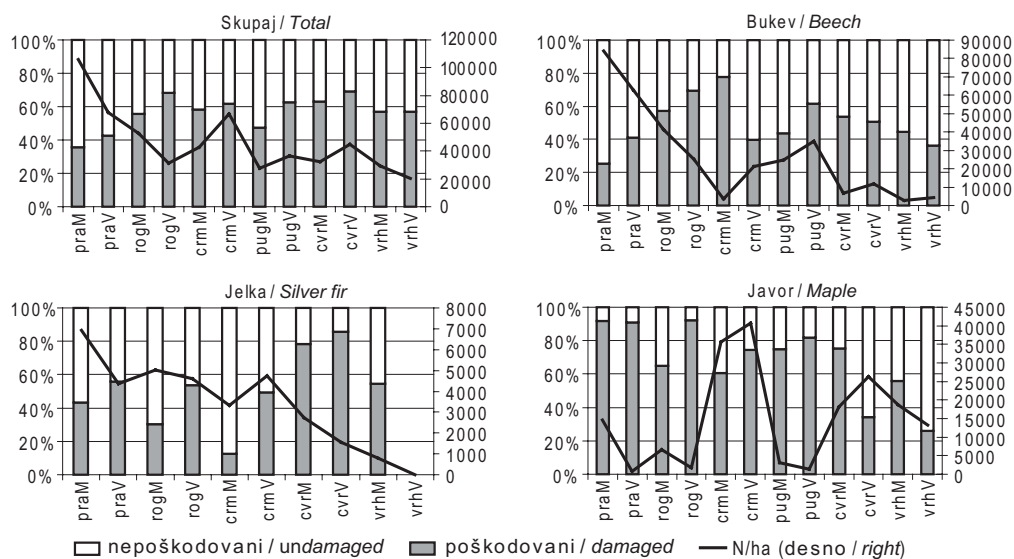
Preglednica 3: Primerjava zvrsti gojenja glede na kazalnike, ki opisujejo kakovost sobivanja rastlinojedcev (poudarek na srnjadi) in rastlin (prirejeno po EIBERLE / WENGER 1983, REIMOSER / GOSSOW 1996)

Table 3: Comparison of silvicultural systems according to factors describing the quality of coexistence of ungulates (particularly roe deer) and plants (adapted from EIBERLE / WENGER 1983, REIMOSER / GOSSOW 1996)

| Kazalnik / factor                 | Prebiralno gojenje (konzervativno, visoke lesne zaloge) / Single tree selection (conservative, high growing stock) | Sproščena tehnika gojenja gozdov, kombinacije (tip: Kočevje) / Free style silviculture, combination (type: Kočevje) | Tradicionalno skupinsko postopno / zastorno gojenje gozdov / Traditional group selection / shelterwood silviculture | Nasadi, velikopovršinska obnova s saditvijo / Monocultures, large scale planting |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| velikost / size                   | << 0,1 ha                                                                                                          | 0,1 - 0,3 (1,0) ha                                                                                                  | >> 1,0 ha                                                                                                           | >> 1,0 ha                                                                        |
| privlačnost / attractiveness      | nizka do srednja / low to intermediate                                                                             | srednja / intermediate                                                                                              | velika / high                                                                                                       | nizka / low                                                                      |
| hrana / food                      | srednja količina, majhna raznolikost / medium quantity, low diversity                                              | velika količina in srednja raznolikost / large quantity, low diversity                                              | velika količina in velika raznolikost / large quantity, high diversity                                              | srednja količina, srednja raznolikost / medium quantity, medium diversity        |
| rast mladja / regeneration growth | počasna / slow                                                                                                     | srednja / intermediate                                                                                              | hitra / fast                                                                                                        | hitra / fast                                                                     |
| kapaciteta / capacity             | majhna / small                                                                                                     | velika / large                                                                                                      | srednja / intermediate                                                                                              | majhna / small                                                                   |
| občutljivost / sensitivity        | velika / high                                                                                                      | srednja / medium                                                                                                    | majhna / small                                                                                                      | velika / high                                                                    |
| lov / hunting                     | majhna / low                                                                                                       | majhna / low                                                                                                        | srednja / intermediate                                                                                              | velika / high                                                                    |

velikost – velikost strukturnih enot; privlačnost – privlačnost habitatov za srnjad, ki je neodvisna od prehrane (npr. termalno kritje, skrivališča, gozdni rob); hrana – ponudba prehrane; rast mladja – hitrost rasti mladja; kapaciteta – nosilna kapaciteta za divjad; občutljivost – občutljivost; lov – možnost lova /

size – size of structural units; attractiveness – attractiveness of habitats for roe deer that is independent of food (e.g. thermal cover, hiding places, forest edge); regeneration growth – intensity of height growth of regeneration; capacity – capacity of habitat to maintain a certain number of deer; hunting – possibility for hunting



Slika 7 : Deleži objedenega mladja (leva os) in skupne gostote (desna os) po drevesnih vrstah, lokacijah (pra – pragozdni rezervat Rajhenavski Rog; rog – gospodarski (g.) gozd Rog; crm – g. gozd Črmošnjice; cvr – g. gozd Črni vrh; vrh – g. gozd Vrhnika; pug – g. gozd Pugled) in velikosti vrzelih (M - mala; V - velika) (N = 1902).

Fig. 7: The proportions (left scale) of browsed silver fir seedlings and total densities (right scale) according to tree species, location (pra – old-growth forest reserve Rajhenavski Rog; rog – managed forest Rog; crm – managed forest Črmošnjice; cvr – managed forest Črni vrh; vrh – managed forest Vrhnika; pug – managed forest Pugled) and size of gaps (M - small; V - large) (N=1902)

Naše raziskave ne potrjujejo izsledkov tujih raziskav, ki so predstavljeni v preglednici 3, zato lahko sklepamo, da so razmerja bolj zapletena, kot je prikazano v preglednici, predvsem pa tuje raziskave ne dajejo jasnih odgovorov na probleme v Sloveniji. Odkloni so lahko posledica več dejavnikov, na primer različnega razumevanja gozdnogojitvenih zvrsti, različne strukture velikih rastlinojedcev (zastopanost jelenjadi v Sloveniji), razmerja razvojnih faz. V preglednici 4 smo zbrali nekatere najpomembnejše kazalnike, ki vplivajo na občutljivost obnovitvenih procesov v malih in velikih vrzelih z vidika objedanja. Delovanje različnih kazalnikov občutljivosti ni istosmerno glede na velikost vrzeli. Poleg tega je še veliko drugih dejavnikov, ki jih v raziskavi težko nadzorujemo in so zajeti le posredno, na primer: starost vrzeli, razporeditev vrzeli, skupna površina vrzeli in struktura okoliškega sestoja. Tudi v sklopu iste gozdnogojitvene zvrsti so lahko razlike, tako je prebiralni gozd z uravnoteženo lesno zalogo na spodnji meji intervala obilno pomlajen, hkrati za divjad težje prehodni in orientacijsko zahteven ter zato manj občutljiv za objedanje kot prebiralni gozd z visoko zalogo in skromnim pomlajevanjem.

Preglednica 4: Primerjava občutljivosti obnovitvenih procesov na objedanje v malih in velikih vrzelih

Table 4: The sensitivity of regeneration processes to browsing in small and large gaps

| Kazalnik / Factor                                                                                              | Male vrzeli / Small gaps<br>(< 0,1 ha) | Velike vrzeli / Large gaps<br>(> 0,1 ha) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| Ponudba prehrane (raznoverstnost, količina, hranilna vrednost) / Food (diversity, quantity, nutritional value) | -                                      | +                                        |
| Privlačnost habitata (kritje - dolžina roba) / Habitat attractiveness (cover - edge length)                    | +                                      | -                                        |
| Privlačnost habitata (orientacija - srnjad) / Habitat attractiveness (orientation - roe deer)                  | -                                      | +                                        |
| Prehodnost / Passability                                                                                       | +                                      | -                                        |
| Nizke gostote mladja (rezerva) / Low density of regeneration                                                   | +                                      | -                                        |
| Hitrost preraščanja mladja / Regeneration height growth intensity                                              | +                                      | -                                        |
| Drugi dejavniki (razvojne faze, starost, struktura) / Other factors (developmental phases, age, structure)     | ?                                      | ?                                        |
| Občutljivost za objedanje / Browsing sensitivity                                                               | ?                                      | ?                                        |

+ ... povečanje občutljivosti / increase of sensitivity

- ... zmanjšanje občutljivosti / decrease of sensitivity

## 5 Medsebojno nadomeščanje jelke in buke

### 5 Reciprocal replacement of silver fir and beech

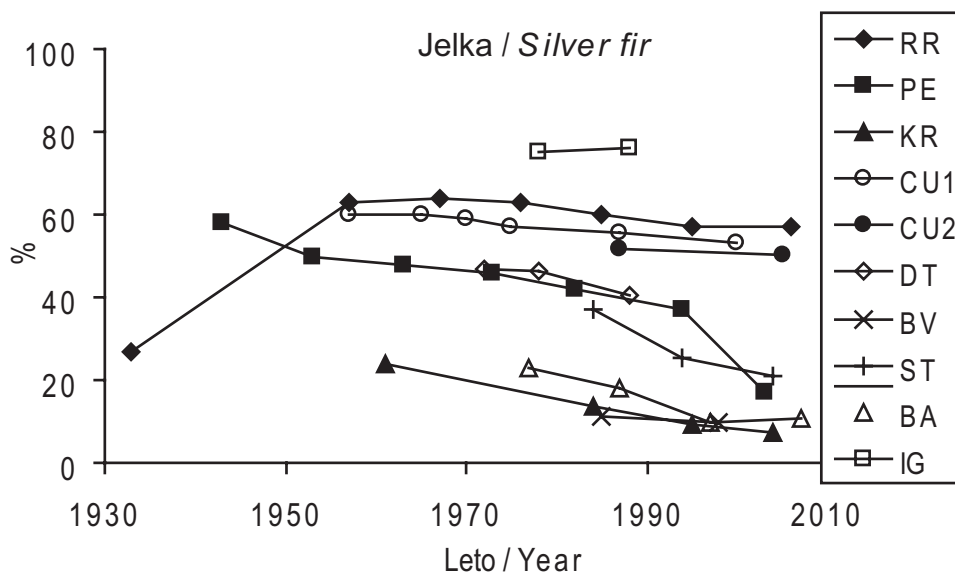
Medsebojno nadomeščanje (izmenjavanje drevesnih vrst, alternacija) so poimenovali, opazovali in opisali že francoski gozdarji pred več kot sto leti (SCHAEFFER / MOREAU 1958). Tema je bila pogosto predmet raziskav v zmernih gozdovih (WATT 1947, FORCIER 1975, FOX 1977, VRŠKA *et al.* 2009). Tudi v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih je bila večkrat obravnavana (ŠAFAR 1952, GAŠPERŠIČ 1974, BONČINA *et al.* 2003). Izraza alternacija in izmenjavanje predpostavljata enakomernost in ponovljivost dogajanja, zato se zdi izraz medsebojno nadomeščanje ustreznejši. Prvotno razmišljanje je bilo, da je medsebojno nadomeščanje vezano na lokalne prostorske ravni velikosti odraslega drevesa do skupine dreves (FOX 1977). Kaže se v večji verjetnosti nasemenitve vrste pod krošnjami drugih vrst (avtoinhibicija). Na nadomeščanje posredno in neposredno vpliva več dejavnikov in mehanizmov: časovne spremembe zgradbe gozda (različne dimenzije dreves in življenjska doba, režimi motenj), variabilnost mikrorastišč in demografski vzroki. Slednji so posledica toksinov, bolezni in zajedavcev, vezanih na starševsko drevo, večje tekmovalnosti za hranila in druge vire med istovrstnimi osebkami, posledica enostranskega izkoriščanja rastišča ipd.

Dopolnjevanje ekoloških niš jelke in buke pomembno vpliva na nadomeščanje. Jelka in bukev prepuščata različno kakovost svetlobe, ki je zaradi listopadnosti buke tudi

sezonsko različno porazdeljena. Jelka pogosto izkorišča pomladitvene niše pod odraslimi bukovimi drevesi, kjer je zaščiten pred močnim poletnim osončenjem in drugimi neugodnimi dejavniki, hkrati pa izkorišča jesensko – spomladansko čas, ko je bukev neolistana za polno asimilacijo. S tega vidika nadomeščanje deluje tudi na večjih prostorskih enotah, na primer v sestoji.

Upoštevati pa je treba tudi regionalne in globalne dejavnike. Razlike v gostotah velikih rastlinojedih parkljarjev ali načinu gojenja gozdov lahko povzročijo razlike na regionalni ravni. Na primer v Sloveniji je iztrebljanje jelenjadi sredi devetnajstega stoletja povzročilo obilno pomlajevanje jelke. Z gozdnogojitvenimi ukrepi so jelko še dodatno pospeševali (KORDIŠ 1993). Od zadnje tretjine dvajsetega stoletja pa jelka zaradi visokih gostot velikih rastlinojedov, onesnaženega ozračja in spreminjanja gojenja gozdov v izraziti regresiji (BONČINA *et al.* 2003, FICKO / BONČINA 2006).

Spreminjanje podnebja in režimov motenj vpliva na tekmovalno razmerje vrst tudi na globalnih ravneh. Zdajšnje podnebje pospešuje bukev. Na sliki 8 je primer postopnega zmanjševanja deleža jelke v jelovo-bukovih pragozdovih v širšem merilu od Karpatov, Alp do Dinaridov. Podobne spremembe deležev vrst lahko zasledimo v poledenodobnem obdobju (BRUS 2009). Medsebojno nadomeščanje vrst je torej zapleten pojav, ki poteka na različnih prostorskih ravneh, nanj pa vplivajo tako naravni kot antropogeni dejavniki. Jasna razmejitev med vplivnimi dejavniki je težavna.



Slika 8: Spreminjanje deleža jelke v lesni zalogi pragozdov v Sloveniji in v tujini (RR – Rajhenavski rog, PE – Pečka, KR – Krokar, ST – Strmec, BV – Bukov vrh, DT – Devčiča tavani, CU – Čorkova uvala, BA – Badin, IG – Igman) (prirejeno po DIACI *et al.* 2007/08)

Fig. 8: The share of silver fir in the total volume of selected old-growth forests in Slovenia and other countries (RR – Rajhenavski rog, PE – Pečka, KR – Krokar, ST – Strmec, BV – Bukov vrh, DT – Devčiča tavani, CU – Čorkova uvala, BA – Badin, IG – Igman) (adapted from DIACI *et al.* 2007/08)

## 6 Zaključek

### 6 Conclusions

V preglednici 5 smo zbrali pomembnejše dejavnike, ki vplivajo na tekmovalnost jelke, možnosti vplivanja nanje s strani upravljavcev in predloge usmeritev za ohranitveno gospodarjenje z jelko. Dejavniki v pretekli zgodovini (> 50 let) so pretežno pospeševali delež jelke na račun bukve, v novejši zgodovini pa so prevladali za jelko neugodni dejavniki (onesnaženje ozračja in podnebne spremembe, visoke gostote rastlinojede divjadi, graditev gozdne

infrastrukture, usmeritev večjepovršinskegozdnogojitvene zvrsti).

Zaradi prevlade negativnih dejavnikov je hitro nazadovanje jelke razumljivo, ni pa opravičljivo. Večina negativnih dejavnikov je namreč antropogenega izvora. Poleg tega je jelka na ozemlju današnje Slovenije staroselec. Pred poledenitvami je bila močno razširjena, med njimi se je zelo verjetno ohranila v zatočiščih, vse do holocena je bila pogostejša od bukve. V holocenu se pelod jelke pojavlja v večini pelodnih diagramov, izrazitejša nazadovanja pa so zelo verjetno povezana s intenzivnejšim delovanjem človeka na okolje (BRUS 2009).

Preglednica 5: Pregled dejavnikov, ki jelko značilno pospešujejo (+) ali zavirajo (-)

Table 5: Overview of factors that promote (+) or hinder (-) silver fir

| Dejavnik / Factor                                                                                | Dozdajšnje vplivanje družbe / Past human impact | Možnosti vplivanja upravljavcev / Possibility to influence with management | Usmeritve za ohranitve / Management guidelines for conservation of silver fir                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zgodovinski dejavniki – sestojne razmere / Historical factors – stand conditions                 |                                                 |                                                                            |                                                                                                                                                                                      |
| - steljarjenje, gozdna paša / litter removal, grazing                                            | +                                               |                                                                            |                                                                                                                                                                                      |
| - oglarstvo, pridobivanje pepelike / charcoal production, potash                                 | +                                               |                                                                            |                                                                                                                                                                                      |
| - preteklo gospodarjenje / past management                                                       | +                                               |                                                                            |                                                                                                                                                                                      |
| - nizke gostote divjadi / low densities of ungulates                                             | +                                               |                                                                            |                                                                                                                                                                                      |
| Onesnaženje ozračja / air pollution                                                              | -                                               | majhne / small                                                             | izboljšanje razmer, nadaljnje osveščanje javnosti / improved air quality and education of public                                                                                     |
| Regionalno podnebje / regional climate                                                           | -                                               | majhne / small                                                             | osveščanje javnosti / education of public                                                                                                                                            |
| Lokalno podnebje, zračna in talna vlaga, vetrovnost / local climate, air and soil moisture, wind | -                                               | velike / large                                                             | prebiralno gojenje gozdov in sproščena tehnika gojenja gozdov / selection and free style silviculture                                                                                |
| Svetlobne razmere, temperatura / light conditions, temperature                                   | +                                               | velike / large                                                             | prebiralno gojenje gozdov in sproščena tehnika gojenja gozdov / selection and free style silviculture                                                                                |
| Tla in mikrorelief (tekstura tal, hranila) / soil and microrelief (soil texture, nutrients)      | o                                               | srednje / medium                                                           | odmrila drevesa, stalnost gozdne infrastrukture / coarse woody debris, permanent infrastructure                                                                                      |
| Vpliv velikih rastlinojedcev / ungulate impact                                                   | --                                              | velike / large                                                             | usklajeno ekosistemsko gospodarjenje / balanced ecosystem management                                                                                                                 |
| - gojenje gozdov / silviculture                                                                  | -                                               | srednje / medium                                                           | uravnotežene razvojne faze, ciljno število mladja, ograje, zvrsti gojenja gozdov / proper proportion of developmental phases, minimum density of regeneration, fencing, silviculture |
| - lovstvo / hunting                                                                              | -                                               | velike / large                                                             | lokalno povečan odstrel / locally increased hunting                                                                                                                                  |
| - drugi / other                                                                                  | -                                               | srednje / medium                                                           | zmanjšati motnje gozdnih ekosistemov / lowering the intensity of disturbance                                                                                                         |
| Visoka starost in dimenzije / old age and large dimensions                                       | +                                               | velike / large                                                             | prebiralno gojenje gozdov in sproščena tehnika gojenja gozdov / selection and free style silviculture                                                                                |



Za ohranitev populacij jelke je pomembno usklajeno ukrepanje vseh področij gozdarstva, od gojenja gozdov in lovstva, izkoriščanja do trženja jelovine. Na lokalno gozdno podnebje, ki bo ustrezno jelki, lahko ugodno vplivamo s prebiralnim gojenjem gozdov, prav tako na velike dimenzije in starosti, ki so za jelko demografsko pomembne. Na talne in reliefne razmere nimamo velikega vpliva, lahko pa jih ohranjamo s prilagojenimi tehnologijami (stabilno omrežje gozdne infrastrukture) in zmernim puščanjem odmrlih dreves. Najpomembnejše se zdi prilagajanje gostot velikih rastlinojedcev, kjer je še posebej pomembno povezovanje ukrepov gojenja gozdov, lovstva, izkoriščanja in naravovarstvenega nadzora. Smiselno bi bilo izbrati zaokrožena gozdna področja, kjer bi uresničevali usmerjene ukrepe za ohranjanje jelke, na primer uravnoteženo razmerje razvojnih faz, intenzivnejše pomlajevanje, začasno povečan odstrel, prenehanje krmljenja, oblikovanje površin za lažji odstrel. Na področju gojenja gozdov bo treba več pozornosti nameniti ciljnim gostotam mladja in uporabljati objedenost mladja le v smislu spremljanja dolgoročnih trendov. V prehodnem obdobju je smiselno ohraniti skupinsko zaščito jelovega mladja.

Jelka je v zadnjih tisočletjih večkrat nazadovala in napredovala. V gozdnogospodarskih načrtih zabeležene spremembe zadnjih dveh stoletij je, najprej v prid jelki, od srede dvajsetega stoletja pa v njeno škodo, sprožil predvsem človek s svojim delovanjem. Kljub hitremu nazadovanju jelke obstaja veliko možnosti za dolgoročno ohranitev njenih populacij. Vendar mora biti ukrepanje hitro in usklajeno. Ohranitveno gospodarjenje z jelko postaja nekakšen preskusni kamen ekosistemske naravnosti slovenskega gozdarstva.

## 7 Summary

Acute silver fir decline started in the 1950s throughout Slovenia. This decline is a long-term phenomenon caused by many natural and anthropogenic factors, which are difficult to be accurately separated. We often encounter one-sided and simplified interpretations of the problem. The purpose of this paper is to show the role of silver fir in the development of silver fir-beech forest, and to highlight the processes that lead to its exclusion or coexistence with other species, particularly beech. Silver fir is generally more competitive in certain conditions, such as unpolluted air, low levels of light, cooler sites with more soil moisture, specific soil conditions, and low densities of ungulates. Silver fir also has particular life history characteristics, such as the ability to reach tall heights and old ages that may contribute to coexistence. The role of other factors for its coexistence, such as allelopathy, remains unclear. Many of these factors likely interact to give fir a competitive advantage. Analysis of diameter growth of dominant silver fir and spruce trees in a selectively managed forest (*Bazzanio Abietetum*) of the upper Savinja valley confirmed

the negative impact of air pollution on growth. The specific soil conditions that favour silver fir include heavy soils with high water content, lower soil pH, skeletal soils with a high proportion of surface rocks, and coarse woody debris. Silver fir is shade tolerant in all stages of its life span. Because of its very effective use of low light conditions, silver fir is more competitive than beech in ecosystems with low level of canopy disturbance. However, this does not mean that silver fir does not regenerate after large scale disturbances. Studies performed in the Perućica old-growth forest show that beech and other broadleaves are the first to regenerate in larger open areas, while after some decades silver fir establishes itself under their canopy. This was not confirmed in a post-disturbance study in the Pečka old-growth forest presumably due to the strong browsing pressure.

There are many unfavourable characteristics of silver fir with regard to ungulate browsing: it is a very popular forage in winter time, it is very sensitive to browsing, and it grows slowly. A comparison of regeneration in silver fir-beech forests among Slovenia and other countries shows that in Slovenia there is an extreme decrease of silver fir seedling density in height classes above 50 cm, while in other countries there is sufficient silver fir for recruitment to upper height classes. This decreasing trend is already reflected in frequency distributions of diameter where, in recent decades, we see a decrease of silver fir density in lower diameter classes. Silvicultural treatment has an impact on the quality and quantity of forage for ungulates, the attractiveness of the habitat, and also the intensity of regeneration height growth. For example, silvicultural systems that include planting are much more prone to browsing damage compared to those with natural regeneration. According to some studies, small scale systems with natural regeneration (e.g. selection system versus irregular shelterwood system) are more problematic. Some recent studies, including our own research, do not confirm this. It seems that there are no major differences among close-to nature silvicultural systems in terms of browsing damage, yet the proportion of stands with different developmental phases in the larger forest matrix is very important.

Neighbourhood interactions between fir and beech, such as reciprocal or self replacement, may also be an important process regulating their coexistence. Reciprocal replacement refers to a higher probability of fir regeneration under beech canopies and vice versa. Various mechanisms can cause reciprocal or self replacement, including species-specific influences of the canopy on light transmission and soil characteristics and nutrient availability, or autoinhibitive processes, which prevent self-replacement due to predators, pathogens, or strong competition for nutrients, water, and light. In the context of long-term species compositional changes, we also need to take into consideration both regional (e.g. the density of ungulates, silvicultural system used) and global factors (e.g. climate change). Changes in tree species composition

in old-growth forests in Slovenia and abroad confirm the decline of silver fir over a larger area, but the reduction of its share in Slovenia is particularly pronounced.

An overview of the factors that influence the competitive strength of silver fir shows that in the past silver fir was promoted for anthropogenic reasons. In the last fifty years, air pollution and a high density of ungulates in conjunction with other factors triggered a rapid decline of silver fir. To maintain populations of silver fir, a coordinated action by all the areas of forestry, including silviculture, game management, hunting, harvesting and marketing, is requisite.

## 8 Zahvala

### 8 Acknowledgements

Raziskavo sta finančno podprla Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (CRP V4 - 0346).

## 9 Literatura

### 9 References

- ANIĆ, I. / VUKELIĆ, J. / MIKAC, S. / BAKŠIĆ, D. / UGARKOVIĆ, D., 2009. Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj.- Šumarski list 133, 3-4: 135-144.
- ANONYMOUS, 2004. Game management plan for Sutjeska National Park, Bosnia and Herzegovina.
- ANONYMOUS, 2007. Popis brojnog stanja divljači u lovačkim udrugama Krivi javor, Golo trlo, Vrhovine i Krekovača. Lovačke udruge republike Hrvatske.
- BELEC, Z., 2009. Fitocenološka analiza in zgodovina jelovih gozdov na Pohorju. Doktorska disertacija.- Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 198 s.
- BRUS, R., 2009. Poledenodobni razvoj navadne jelke (*Abies alba* Mill.) na ozemlju današnje Slovenije. Zbornik gozdarstva in lesarstva 89, 17-23.
- BONČINA, A. / GAŠPERŠIČ, F. / DIACI, J., 2003. Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia.- For. Chron. 79, 227-232.
- DAKSKOBLER, I. / MARINŠEK, A., 2009. Pregled jelovih rastišč v Sloveniji.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 89, 43-54.
- DIACI, J. / ROŽENBERGAR, D., 2007. Svetlobne razmere in razvoj mladja v pragozdu Pečka.- Članek v pripravi.
- DIACI, J. / FIRM, D. / GLUK, A., 2008a. Regeneration response to spatiotemporal dynamics of stand structure in a silver fir-Norway spruce farmer selection forest in northern Slovenia. Abstracts on the conference on Feasibility of silviculture for complex stand structures: designing stand structures for sustainability and multiple objectives.- Shizuoka University, 77.
- DIACI, J. / ROŽENBERGAR, D. / NAGEL T.A., 2008b. Proučevanje stopnje objedenosti gozdnega mladja in možnosti naravne obnove gozda v različnih gozdno-gojitvenih sistemih.- Poglavlje v zaključnem poročilu raziskovalnega projekta: Jerina, K. 2008: Velika rastlinojeda divjad in razvojna dinamika gozdnih ekosistemov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo.
- DIACI, J. / ROŽENBERGAR, D. / MIKAC, S. / ANIĆ, I. / HARTMAN, T. / BONČINA, A., 2007/08. Long-term changes in tree species composition in old-growth Dinaric beech-fir forest.- Glasnik za šumske pokuse 42, 13-27.
- EIBERLE, K., 1975. Ergebnisse einer Simulation des Wildverbisses durch den Triebsschnitt.- Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 126, 821-839.
- EIBERLE, K. / WENGER, C.A., 1983. Zur Bedeutung der forstlichen Betriebsart für das Reh.- Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 134, 191-206.
- EICHRODT, R., 1969. Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald.- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 123 s.
- ELLENBERG, H., 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht.- Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1096 s.
- ELLING, W. / DITTMAR, C. / PFAFFELMOSER, K. / RÖTZER, T., 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany.- Forest Ecology and Management 257, 1175-1187.
- FERLIN, F., 2002. The growth potential of understorey silver fir and Norway spruce for uneven-aged forest management in Slovenia.- Forestry 75, 375-383.
- FICKO A., / BONČINA, A., 2006. Silver fir (*Abies alba* Mill.) distribution in Slovenian forests.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 79, 19-35.
- FORCIER, L. K., 1975. Reproductive strategies and co-occurrence of climax tree species.- Science 189, 808-810.
- FOX, J. F., 1977. Alternation and coexistence of tree species.- The American Naturalist 111, 69-89.
- GAŠPERŠIČ, F. 1974. Zakonitosti naravnega pomlajevanja jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu Snežniško-Javorniškega masiva.- Strokovna in znanstvena dela, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 133 s.
- HÄSLER, H. / SENN, J. / EDWARDS, P.J., 2008. Light-dependent growth responses of young *Abies alba* to simulated ungulate browsing.- Functional Ecology 22, 48-57.
- HOCKENJOS, W., 2008. Tannenbäume - Eine Zukunft für *Abies alba*.- DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen, 231 s.
- JERINA, K., 2006. Prostorska razporeditev, območja aktivnosti in telesna masa jelenjadi (*Cervus elaphus* L.) glede na okoljske dejavnike.- Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 193 s.
- JERINA, K., 2007. The effects of habitat structure on red deer (*Cervus elaphus* L.) body mass.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 82, 3-13.
- JONES, E.W., 1945. The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone.- New Phytologist 44, 130-148.
- KNEZ, A., 1955. Ureditveni načrt za gospodarski enoti Gornji Grad I in Luče I.- Gozdno gospodarstvo Nazarje.

- KORDIŠ, F., 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji.- Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 139 s.
- KLOPCIC, M. / JERINA, K. / BONCINA, A., 2010. Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric unevenaged forests: are red deer an important factor? *European Journal of Forest Research*. doi:10.1007/s10342-009-0325-z
- KRAMER, W., 1992. Die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) in Ost- und Südosteuropa.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- LARSEN, B.J., 1986. Das Tannensterben: Eine neue Hypothese zur Klärung des Hintergrundes dieser Rätselhaften Komplexkrankheit der Weisstanne (*A. alba* Mill.).- *Forstw. Cbl.* 105, 381-396.
- LEIBUNDGUT, H., 1982. Europäische Urwälder der Bergstufe.- Haupt, Bern, 308 s.
- LEVANIČ, T., 1997. Growth depression of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Dinaric phytogeographic region between 1960-1995.- *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 52, 137-164.
- MATIĆ, S., 1983. Utjecaj ekoloških i strukturnih činitelja na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru.- *Glasnik za šumske pokuse* 21, 223-400.
- MLINŠEK, D., 1964. Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki.- *Gozdarski vestnik* 22, 145-159.
- MLINŠEK, D., 1967. Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega jelovega mladovja v pragozdu na Rogu.- *Zbornik Biotehniške fakultete* 15, 7-32.
- NAGEL, T.A. / DIACI, J., 2006. Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in south-eastern Slovenia.- *Can. J. For. Res.* 36, 629-638.
- NAGEL, T. A. / SVOBODA, M. / RUGANI, T. / DIACI, J. 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus-Abies* forest of Bosnia-Herzegovina.- *Plant ecol.*, v tisku, doi: 0.1007/s11258-009-9707-z.
- PIZZEGHELLO, D. / ZANELLA, A. / CARLETTI, P. / , NARDI S., 2006. Chemical and biological characterization of dissolved organic matter from silver fir and beech forest soils.- *Chemosphere* 65, 2: 190-200.
- PRPIĆ, B., (Ed.) 2001. Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj.- Akademija šumarskih znanosti, Zagreb. 889 s.
- REIMOSER, F. / ARMSTRONG, H. / SUCHANT, R., 1999. Measuring forest damage of ungulates: what should be considered.- *Forest Ecology and Management* 120, 47-58.
- REIMOSER, F. / GOSSOW, H., 1996. Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system.- *Forest Ecology and Management* 88, 107-119.
- ROZENBERGAR, D. / MIKAC, S. / ANIC, I. / DIACI, J., 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe.- *Forestry* 80, 431-443.
- SCHAEFFER, R. / MOREAU, R., 1958. L'alternance des essences.- In *Soc. Forest. France-Compté Bull.* 29, 3-12, 76-84, 277-298.
- SCHÜTZ, J-PH., 1969. Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge.- Büchler Buchdruck, Zürich, 114 s.
- SENN, J. / SUTER, W., 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data.- *Forest Ecology and Management* 181 (1-2), 151-164.
- STANCIOIU, P.T. / O'HARA, K.L., 2006. Leaf area and growth efficiency of regeneration in mixed species, multiaged forests of the Romanian Carpathians.- *Forest Ecology and Management* 222 (1-3), 55-66.
- STERGAR, M. 2005. Objedenost mladja drevesnih vrst v odvisnosti od zgradbe sestoja.- Univerza v Ljubljani, BF, diplomsko delo. 70 s.
- ŠAFAR, J., 1951. Ugibanje i obnavljanje jele u prebornim šumama Gorskog Kotara.- *Šumarski list* 75, 299-303.
- ŠAFAR, J., 1952. Problemi izmjene vrsta u šumama.- *Šumarski list* 76, 89-100.
- ŠAFAR, J., 1967. Izmjena bukve i jele na panonskim gorama.- *Šumarski list* 91, 291-298.
- TAJNIKAR, M., 2007. Razvoj sestojev po vetrolomih v pragozdu Perućica.- Diplomsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 52 s.
- VOSPERNIK, S. / REIMOSER, S., 2008. Modelling changes in roe deer habitat in response to forest management.- *Forest Ecology and Management* 255, 530-545.
- VRŠKA, T. / ADAM, D. / HORT, L. / KOLÁR, T. / JANÍK, D., 2009. European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians--A developmental cycle or a linear trend induced by man?- *Forest Ecology and Management* 258, 347-356.
- WEISBERG, P.J. / BONAVIA, F. / BUGMANN, H., 2005. Modeling the interacting effects of browsing and shading on mountain forest tree regeneration (*Picea abies*).- *Ecological Modelling* 185, 213-230.
- ZLATNÍK A., 1959. Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů.- *Spisy Vědecké Laboratoře Biocenologie a typologie lesa Lesnické fakulty VSŽ v Brně*, 3, 1-159.