

GDK 182.5 : 181.21/22 : 181.311 : 181.34 : 542 : (043.3)

Prispelo / Received: 26. 8. 1997

Sprejeto / Accepted: 28. 10. 1997

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

PRIMERJAVA METOD VREDNOTENJA OKOLJSKIH RAZMER GOZDNIH EKOSISTEMOV NA OSNOVI FITOINDIKACIJE

Lado KUTNAR*

Izvleček

Primerjali smo tri metode, ki vrednotijo ekološke lastnosti gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč na osnovi florističnega sestava. Prvo metodo je razvil Landolt (1977) in zajema predvsem švicarsko floro. Avtor druge metode je Ellenberg s sodelavci (1991), tudi ta se, tako kot prva, nanaša na floro srednjeevropskega prostora. Tretjo metodo, ki je nastala na naših tleh, je razvil Košir (1992) in vključuje rastlinske vrste naših najbolj razširjenih gozdnih združb. Metode smo primerjali na treh nivojih. Prvi nivo predstavlja pet hektarskih dobovih raziskovalnih ploskev. Drugi in tretji nivo predstavljajo kvadranti in homogene ploskve raziskovalne ploskve Polom pri Hinjah. Za analizo rezultatov vrednotenja smo uporabili neparametrične statistične metode in postopke multivariatne analize. Rezultati vrednotenja, ki temeljijo na fitocenoloških popisih obravnavanih ploskev, so pokazali na zelo različno stopnjo medsebojnega ujemanja ocen okoljskih dejavnikov in s tem na določena razhajanja med uporabljenimi metodami. Rezultati analiz so opozorili na previdnost pri uporabi fitoindikacijskih metod izven območja, v katerem so jih razvili, in na potrebo po dodatnem testiranju uporabljenih metod na drugih tipih gozdov na osnovi temeljitih ekoloških meritev. Vse tri fitoindikacijske metode na splošno podajajo relativno grobo oceno okoljskih dejavnikov.

Ključne besede: gozdna vegetacija, gozd doba, rastišče, okoljski dejavnik, gozdna tla, fitocenološki popis, fitoindikacija, metoda vrednotenja, klastrska analiza

A COMPARISON OF EVALUATION METHODS REGARDING ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF FOREST ECOSYSTEMS ON THE BASIS OF PHYTOINDICATION

Abstract

The three methods evaluating ecological characteristics of forest phytocoenoses and their sites on the basis of the floristic composition were compared. The first method was developed by Landolt (1977) including mainly the Swiss flora. The authors of the second method are Ellenberg and co-workers (1991) and it refers just like the first one to the flora of the Central European area. The third method, which originated in Slovenia, was developed by Košir (1992) and includes vegetation species of our most frequently occurring forest associations. The methods were compared on three levels. The first level represents five research plots of common oak (each one hectare). The second and the third levels are represented by the quadrant subplots and homogeneous plots of the Polom near Hinje research plot. Non-parametric methods and procedures of the multivariate analysis of the results of evaluation methods were used. The results of evaluation methods based on phytocoenological relevé of the plots mentioned showed a different level of mutual harmony of the evaluations of environmental factors and a certain deviation among the methods used. The results of the analysis called for caution when using phytoindication methods outside of the area where they had been developed and to the need for additional testing of the methods used on other types of forests on the basis of comprehensive ecological measurements. In general three phytoindication methods give a relatively rough evaluation of environmental factors.

Key words: forest vegetation, forest of common oak, site, environmental factor, forest soil, phytocoenological relevé, phytoindication, method of evaluation, cluster analysis

* Mag., dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLO

KAZALO / CONTENTS

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | UVOD IN PREDSTAVITEV PROBLEMA / INTRODUCTION AND PROBLEM PRESENTATION | 7 |
| 2 | RAZISKOVALNI OBJEKTI / RESEARCH OBJECTS | 9 |
| 2.1 | DOBOVE PRIMERJALNE PLOSKVE / COMMON OAK CONTROL RESEARCH PLOTS | 9 |
| 2.2 | RAZISKOVALNA PLOSKEV POLOM / THE POLOM RESEARCH PLOT | 11 |
| 3 | METODE DELA / WORKING METHODS | 13 |
| 3.1 | POPIS VEGETACIJE / VEGETATION INVENTORY | 13 |
| 3.2 | PEDOLOŠKE ANALIZE / PEDOLOGICAL ANALYSIS | 13 |
| 3.3 | METODE EKOLOŠKEGA VREDNOTENJA RASTLIN / METHODS FOR ECOLOGICAL PLANT EVALUATION | 13 |
| 3.3.1 | Metoda po Landoltu (1977) / Method according to Landolt (1977) | 14 |
| 3.3.2 | Metoda po Ellenbergu in sod. (1991) / Method according to Ellenberg. (1991) | 14 |
| 3.3.3 | Metoda po Koširju (1992) / Method according to Košir (1992) | 14 |
| 3.4 | STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV / STATISTICAL DATA ANALYSIS | 16 |
| 4 | REZULTATI ANALIZ / ANALYSIS' RESULTS | 17 |
| 4.1 | ANALIZA FLORISTIČNIH RAZMER KVADRANTOV PLOSKVE POLOM / ANALYSIS OF FLORISTIC CONDITIONS OF THE POLOM PLOT QUADRANTS | 17 |
| 4.2 | ANALIZA RASTIŠČNIH RAZMER PLOSKVE POLOM Z METODAMI FITOINDIKACIJE / ANALYSIS OF SITE CONDITIONS OF THE POLOM RESEARCH PLOT BY MEANS OF PHYTOINDICATION METHODS | 19 |
| 4.2.1 | Primerjava ocenjenih vlažnostnih razmer kvadrantov in homogenih ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju / A comparison of the estimated humidity conditions of the quadrants and homogeneous plots according to Landolt, Ellenberg and Košir | 19 |
| 4.2.2 | Primerjava ocenjene reakcije tal kvadrantov in homogenih ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju / A comparison of the estimated soil reaction in the quadrants and homogeneous plots according to Landolt, Ellenberg and Košir | 22 |
| 4.2.3 | Podobnost rastiščnih razmer kvadrantov na osnovi klastrske analize / Similarity of site conditions in the quadrants on the basis of cluster analysis | 26 |
| 4.3 | ANALIZA RASTIŠČNIH RAZMER DOBOVIH PRIMERJALNIH PLOSKEV / ANALYSIS OF SITE CONDITIONS OF THE COMMON OAK CONTROL PLOTS | 29 |
| 4.3.1 | Primerjava ocenjenih vlažnostnih razmer ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju / A comparison of the estimated humidity conditions of the plots according to Landolt, Ellenberg and Košir | 29 |
| 4.3.2 | Primerjava ocenjene reakcije tal ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju / A comparison of the estimated soil reaction in the plots according Landolt, Ellenberg and Košir | 31 |
| 5 | RAZPRAVA / DISCUSSION | 33 |
| 6 | ZAKLJUČKI / CONCLUSION | 35 |
| 7 | POVZETEK | 36 |
| 8 | SUMMARY | 38 |
| 9 | VIRI / REFERENCES | 41 |

1 UVOD IN PREDSTAVITEV PROBLEMA

Pri proučevanju gozdnih ekosistemov je pomembna informacija tudi vegetacijska slika. Na osnovi vegetacije sklepamo na določen tip rastišča in prevladujoče okoljske dejavnike. Pri tem so nam v pomoč različne metode vrednotenja gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč, ki temeljijo na ocenah ekološkega značaja rastlinskih vrst. Na osnovi pojavljanja posameznih rastlin oz. celotnih skupin lahko sklepamo na okoljske razmere, ki vladajo na določenem rastišču. Rastline so bioindikatorji specifičnih okoljskih razmer določenega rastišča. Obstajajo namreč povezave med pojavljanjem določenih rastlinskih vrst in delovanjem okoljskih dejavnikov.

Metode vrednotenja fitocenoz in njihovih rastišč temeljijo na ugotavljanju ekološkega značaja posamezne rastline. V osnovi je potrebno ekološko ovrednotiti vsako posamezno vrsto, ki se pojavlja na določenem rastišču. Rezultat ekološkega vrednotenja je v rangih oz. številkah izražen odziv (vedenje, reagiranje) rastline glede na različne dejavnike okolja. S temi vrednostmi je označena ekološka niša posamezne vrste glede na obravnavane okoljske dejavnike. Števila, ki izražajo ekološko naravnost vsake posamezne rastline, so t. i. ekološke indikacijske vrednosti.

Prvi, ki je opredelil odzivanje rastlin na relativni skali, je bil Iversen. Leta 1936 je določil indikacijske vrednosti rastlin glede na slanost (ELLENBERG et al. 1991). Z indikacijskimi vrednostmi rastlin se je kasneje v evropskem prostoru ukvarjalo več avtorjev: Ambros (Češkoslovaška), Ellenberg s sodelavci (Nemčija), Ehrendorfer (Avstrija), Karrer (Avstrija), Landolt (Švica), Soó (Madžarska), Zólyomi s sodelavci (Madžarska) (PICHLER / KARRER 1991). Pri nas je posvečal veliko pozornosti ekološkemu vidiku gozdnih združb že Gabriel Tomažič (1940, 1942). Kasneje se je s to problematiko na nivoju mikroreliefnih združb ukvarjal Milan Piskernik (1965, 1969, 1970, 1993). V zadnjem obdobju je indikacijske vrednosti rastlin ocenjeval Živko Košir (1992). Avtorji fitoindikacijskih metod ocenjujejo odzivnost rastlin na rastiščne dejavnike s števili, lestvicami, ki izražajo njihovo večjo ali manjšo naklonjenost ali potrebo po določenih razmerah (svetloba, toplota, vlažnost, količina snovi in drugi.).

Vrste, ki pokažejo določene lastnosti okolja, označujemo kot indikatorske vrste ali bioindikatorje. S pomočjo bioindikatorjev hitro in enostavno ocenimo stanje v okolju, ne da bi instrumentalno merili dejavnike okolja (TARMAN 1992).

Indikacijsko vrednost rastlin lahko razumemo v različnih kontekstih: sinsistematskem, sukcesijskem, geografskem in ekološkem. Indikacijska sposobnost rastlin je še posebej uporabna v slednjem (WESTHOFF / MAAREL 1978). Prisotnost rastlin nakaže določena stanja okolja oz. rastišča. Na osnovi prisotnosti bioindikatorjev lahko sklepamo na določene spremembe v okolju (npr. onesnaženje). Nekatere vrste rastejo izključno ali pretežno na določenem rastišču, ki ima specifične kemijske ali fizikalne lastnosti. Te rastlinske vrste imenujemo vezane rastline (MÄGDEFRAU / EHRENDORFER 1988) in so dobri kazalci rastiščnih razmer. Konkurenčno šibke vrste lahko najdemo le na določenih rastiščih, zato so zelo pomembne za presojo rastišč. Indikacijska vrednost konkurenčno močnejših vrst je zelo omejena ali celo povsem neizražena, saj naseljujejo zelo različna rastišča (SCHÖNHAR 1993). Rastline pritalne plasti gozda so primeren bioindikator razmer in sprememb v določenem ekosistemu (THIMONIER / DUPOUEY / TIMBAL 1992, SCHÖNHAR 1993, THIMONIER et al. 1994, SCHMIDT 1995). Te rastline reagirajo relativno hitro v primerjavi z razmeroma počasnim odzivanjem vrst drevesne plasti. Njihov odziv na spremenjene okoljske dejavnike se odraža v spremembi vrstne sestave ali njihove dominantnosti. Rastline z ožjo ekološko nišo so primernejši bioindikatorji rastiščnih razmer, saj so močno navezane na specifične razmere okolja (SCHÖNHAR 1995). Indikacijske vrednosti rastlin predstavljajo kratke oznake ekološkega odzivanja vrst. To je opredelitev rastišča posamezne rastline ob upoštevanju vpliva konkurentov. Ker se v arealu razširjenosti določene vrste pojavljajo različni konkurenti, se v tem območju spreminja tudi njeno odzivanje na rastiščne razmere (ELLENBERG et al. 1991).

Celotne populacije in združbe organizmov veliko bolje odražajo vse dejavnike okolja kot posamezne vrste, saj rastiščni dejavniki v njih odsevajo kot integrirana celota (ODUM 1971). Skupina vrst veliko bolje nakaže dejavnike okolja kot prevladujoča ali katerakoli druga posamezna rastlinska vrsta (WESTHOFF / MAAREL 1978). Rastlinska komponenta gozdnega ekosistema, ki jo označujemo kot združbo gozdnih rastlin ali gozdno fitocenozo, predstavlja večino biomase tega ekosistema. Zaradi tega je gozdna fitocenoza pomemben vir informacij o dogajanjih v gozdu, še posebej o dejavnikih, ki so vplivali na njen nastanek (ROBIČ 1979). Rastline s podobnim odzivanjem na dejavnike okolja lahko združimo v ekološke skupine. Te so dober pripomoček pri kartiranju gozdnih rastišč (WESTHOFF / MAAREL 1978, KOŠIR 1992, SCHÖNHAR 1993, 1995).

Pri oblikovanju skupin ekološko podobnih vrst imata pomembno vlogo predvsem vlažnost in reakcija tal.

Metode ekološkega vrednotenja gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč, zasnovane na indikacijskih vrednostih rastlin, so geografsko omejene. Pri uporabi teh metod moramo biti pozorni na naslednja vprašanja (PICHLER / KARRER 1991):

- a) na kakšen način so definirane indikacijske vrednosti rastlin;
- b) za katero geografsko območje veljajo indikacijske vrednosti;
- c) pod kakšnimi pogoji so metode zanesljive.

Glavni nameni raziskave so bili:

- primerjava metod vrednotenja gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč po Landoltu (1977), Ellenbergu in sod. (1991) in Koširju (1992);
- primerjava ocen ekoloških dejavnikov, ki so rezultat fitoindikacijskih metod, z nekaterimi rezultati meritev ali drugimi ocenami teh parametrov;
- presoja primernosti uporabe posamezne metode glede na delež neopredeljenih vrst in ostale rezultate.

2 RAZISKOVALNI OBJEKTI

Metode vrednotenja gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč smo primerjali na treh primerjalnih nivojih:

- a) dobove raziskovalne ploskve Polom, Cigonca, Dobrava, Hraščica in Krakovski gozd;
- b) kvadranti raziskovalne ploskve Polom;
- c) homogene ploskve raziskovalnega objekta Polom;

2.1 DOBOVE PRIMERJALNE PLOSKVE

Hektarske dobove trajne raziskovalne ploskve Cigonca pri Slovenski Bistrici, Dobrava pri Brežicah, Hraščica pri Gančanih in Krakovski gozd pri Kostanjevici so objekti Gozdarskega inštituta Slovenije, namenjeni proučevanju doba (*Quercus robur* L.). V obravnavo so vključene zaradi primerjave z raziskovalno ploskvijo Polom pri Hinjah, ki odstopa od ostalih štirih.

Raziskovalna ploskev Cigonca leži na primarnih dobovih rastiščih jugovzhodno od Slovenske Bistrice. Nadmorska višina ploskve je okoli 260 metrov. Nahaja se v ravninskem svetu, kjer so potencialna rastišča gozdov navadnega gabra in doba iz asociacije *Quercus roboris-Carpinetum* M. WRABER 1969. Novo asociacijsko ime *Piceo abietis-Quercetum roboris* (M. WRABER 1969) MARINČEK 1994 še ni povsem uveljavljeno. V gozdnih sestojih je doba (*Quercus robur* L.) poleg navadnega gabra (*Carpinus betulus* L.) močnejše primešana tudi smreka (*Picea abies* (L.) Karsten). Posamično pa se pojavljajo tudi črna jelša (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.) in jelka (*Abies alba* Mill.).

Ploskev Dobrava leži v ravninskem svetu na nadmorski višini okoli 160 metrov, severovzhodno od Brežic. Širše območje ploskve pripada potencialnim rastiščem gozdov navadnega gabra in doba iz asociacije *Quercus roboris-Carpinetum* M. WRABER 1969. Sestoj območja raziskovalne ploskve Dobrava gradita predvsem dob (*Quercus robur* L.) in smreka (*Picea abies* (L.) Karsten). Njima so primešani tudi listavci, značilni za nižinske poplavne dobove gozdove.

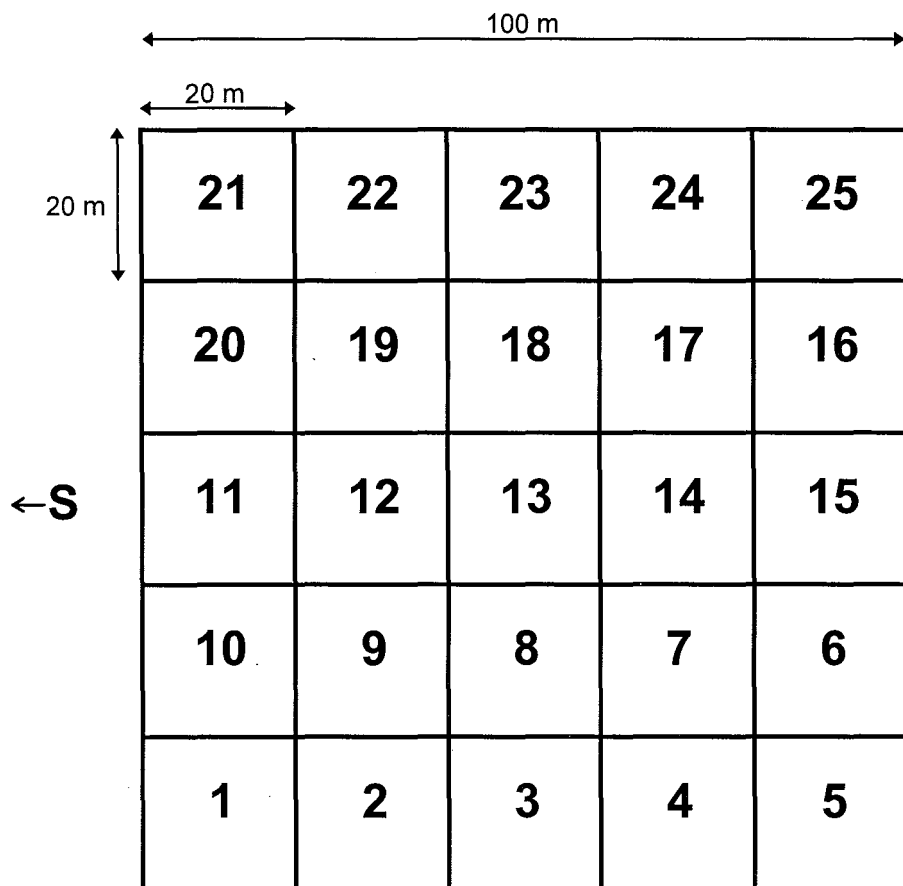
Raziskovalna ploskev Hraščica leži na nadmorski višini okoli 180 metrov v bližini Gančanov v Prekmurju. Potencialno pripada to območje primarnim dobovim rastiščem. To so rastišča združbe navadnega gabra in doba (*Quercus roboris-Carpinetum* M. WRABER 1969). Glavna graditelja sestojev sta dob (*Quercus robur* L.) in navadni gaber (*Carpinus betulus* L.). Posamično pa so jima primešani tudi maklen (*Acer campestre* L.), češnja (*Prunus avium* L.) in drugi listavci nižinskih gozdov.

Raziskovalna ploskev Krakovski gozd se nahaja v kompleksu Krakovski gozd severno od Kostanjevice na Krki. Leži na nadmorski višini okoli 150 metrov. Gozd raste na primarnih dobovih oz. gabrovih rastiščih. V sinsistematskem smislu pripada gozd združbi doba in evropske gomoljčice (*Pseudostellario europeae-Quercetum* ACCETTO 1974) ter združbi navadnega gabra in evropske gomoljčice (*Pseudostellario europeae-Carpinetum* ACCETTO 1974) (ACCETTO 1974). Gozdne sestoj gradijo dob (*Quercus robur* L.), navadni gaber (*Carpinus betulus* L.), maklen (*Acer campestre* L.), črna jelša (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in posamično primešan dolgopecljati brest (*Ulmus laevis* Pallas).

2.2 RAZISKOVALNA PLOSKEV POLOM

Raziskovalna ploskev Polom, na kateri je potekalo težišče raziskav, leži na nadmorski višini okoli 370 metrov v polomskem podolju za Malo goro na Kočevskem. Območje predstavlja južni del Suhe krajine, ki se polagoma spušča proti Kočevju. V neposredni bližini raziskovalne ploskve sta vasi Polom in Seč, nekaj kilometrov stran proti severovzhodu je vas Hinje, severozahodno pa vas Žvirče. Na območju, kjer bi zaradi degradacijskih procesov v preteklosti pričakovali od hrastov predvsem graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in cer (*Quercus cerris* L.), je močno razširjen dob (*Quercus robur* L.). Vzrok za razširjenost doba v večjem kompleksu, kjer leži tudi trajna raziskovalna ploskev, je v njegovem umetnem vnosu v gozdne sestoje. Dobov želod se je namreč izkazal kot primernejša krma domačih prašičev kot gradnov (SMOLEJ / HAGER 1994). Zaradi tega je postal dob na tem območju prevladujoča vrsta gozdnih sestojev. Območje raziskovalne ploskve Polom predstavlja izrazito razgiban kraški teren, kjer se menja več različnih talnih tipov. Talne razmere so relativno heterogene. Območje raziskovalne ploskve pokrivajo apnenčeve golice in tla različnih tipov: rendzina, rjava rendzina, pokarbonatna rjava tla in srednje globoka do globoka sprana tla (KALAN 1996) na krednem apnencu s primesjo dolomitov (Osnovna geološka karta SFRJ, Ribnica, L33-78). Raziskovalna ploskev Polom leži na obrobju preddinarskega fitoklimatskega območja, ki proti zahodu postopoma prehaja v dinarsko območje. Vegetacijski sliki širšega območja raziskovalne ploskve Polom daje najmočnejše obeležje poleg antropogeno vnešenega doba (*Quercus robur* L.) tudi navadni gaber (*Carpinus betulus* L.), lipovec (*Tilia cordata* Mill.), bukev (*Fagus sylvatica* L.), maklen (*Acer campestre* L.), veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.), trepetlika (*Populus tremula* L.) in druge drevesne vrste. Obravnavano območje je potencialno rastišče bukovega gozda z gradnom (*Quercus petraeae-Fagetum* KOŠIR (1961) 1971 (s. lat.)) (SMOLE 1993, SMOLE / KUTNAR 1994b). Gradnovo-bukove gozdove Slovenije kasneje uvršča Košir (1994) v sintaksonomsko enoto s spremenjenim imenom kot *Hedero-Fagetum* KOŠIR 1994 *nomen novum* z asociacijskima variantama *Epimedium alpinum* in *Polystichum setiferum*. Na proučevanem območju domnevno prevladujejo stadijalni gozdovi (stadij z lesko), ki so posledica zaraščanja opuščenih kmetijskih površin.

Raziskovalna ploskev je razdeljena na 25 kvadrantov s površino 400 m² (20 × 20 metrov), ki predstavljajo drugi nivo primerjave (slika 1).



Slika 1: Kvadranti dobove raziskovalne ploskve Polom pri Hinjah.

Figure 1: The quadrants of the Polom near Hinje Common Oak research plot.

Na raziskovalni ploskvi Polom pri Hinjah smo poleg geometrijsko pravilnih delnih ploskev (kvadranti) za primerjavo izločili tudi nepravilne delne ploskve. Glavni kriterij za izločanje je bila relativna homogenost ploskev z vidika skalnatosti in razmeroma nerazgiban teren. Homogene ploskve, ki predstavljajo tretji nivo raziskave, smo izločili znotraj kvadrantov 1, 2, 9 in 10. Glede na stopnjo skalnatosti smo jih poimenovali z A (0 - 20 % skalnatosti), B (21 - 40 % skalnatosti), C (41 - 60 % skalnatosti) in D (81 - 100 % skalnatosti).

3 METODE DELA

3.1 POPIS VEGETACIJE

Na vseh petih primerjalnih dobovih ploskvah smo popisali vrste grmovne, zeliščne in mahovne plasti. Od mahovne plasti smo zajeli le mahove, ki rastejo na tleh, medtem ko nismo upoštevali mahov na drugih substratih (lesni ostanki, panji in koreničniki, skale). Da bi zajeli celotno vegetacijsko sliko, smo popisovali 3-krat v vegetacijski sezoni. Vegetacijo smo popisovali po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet) (WESTHOFF / MAAREL 1978). Fitocenološke popise smo izdelali ločeno po delnih ploskvah (kvadranti vseh dobovih ploskev in homogene ploskve Poloma).

3.2 PEDOLOŠKE ANALIZE

Na homogenih ploskvah A, B, C in D smo opravili pedološke analize. Na 77 mestih, ki so enakomerno razporejena po površini, smo iz globine 5 - 10 cm vzeli vzorce tal za laboratorijsko analizo. Na mestih vzorčenja smo opredelili tudi tip in globino tal. Mesta vzorčenja smo izbirali po strokovni presoji. Vzorčili smo čimbolj različno globoka tla, opazovali smo sestavo pritalne vegetacije, izogibali smo se neposredne bližine debel, steza itn. Zajete vzorce iz homogenih delnih ploskev na Polomu smo analizirali v pedološkem laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije. Izmerjena je bila reakcija talnih vzorcev (pH). Merili smo jo v suspenziji tal z 0,01 M CaCl_2 (razmerje tla : CaCl_2 je bilo 1 : 2,5). Za meritve smo uporabili laboratorijski pH meter ISKRA MA 5740. Raziskava se neposredno navezuje tudi na pedološke analize, ki so bile izvedene na hrastovih ploskvah (SMOLEJ / HAGER 1994). Poleg tega so nam za primerjavo služili tudi rezultati pedološko-kemijskih analiz ploskev Polom in Cigonca (KALAN 1996).

3.3 METODE EKOLOŠKEGA VREDNOTENJA RASTLIN

V raziskavi smo primerjali tri metode ekološkega vrednotenja rastlin. Avtor prve metode je Landolt (1977) in obravnava predvsem švicarsko floro. Drugo metodo je razvil Ellenberg že leta 1974 in je v marsičemu predstavljala tudi osnovo za nastanek Landoltove metode. Ellenbergovo metodo, ki obravnava srednjeevropski prostor, so kasneje izpopolnjevali (ELLENBERG 1979, ELLENBERG et al. 1991). Tretja metoda, katere avtor je Košir (1992), je nastala

pri nas. Prva metoda je po nekaterih navedbah primernejša za določena naša območja, saj vključuje več južnoevropskih vrst (DAKSKOBLER 1994) kot druga, ki pa razpolaga z zelo obširnim seznamom ocenjenih srednjeevropskih vrst (SMOLE 1993). Tretja, ki ima sicer nekoliko drugačna izhodišča kot prvi dve, vključuje rastlinske vrste naših najbolj razširjenih gozdnih združb.

3.3.1 Metoda po Landoltu (1977)

Metoda po Landoltu (1977) ocenjuje rastline glede na naslednje okoljske dejavnike: vlažnost (F), reakcijo tal (R), vsebnost hranil v tleh (N), humus (H), velikost delcev in poroznost tal (D), slanost tal (S), svetlobne razmere (L), toplotne razmere (T), kontinentalnost (K). Poleg tega pa so rastline opredeljene tudi z vidika življenjskih oblik (W). Indikacijske vrednosti rastlin so v razponu med 1 in 5. Izjema je le slanost tal, ki je označena z znakoma "+" oz. "-". Prvi znak označuje rastline, ki se pojavljajo na rastiščih z večjo vsebnostjo soli. Drugi znak pa označuje vrste, ki se izogibajo tovrstnih tal. Rastlinske vrste, ki se pojavljajo na širokem spektru določenega okoljskega dejavnika, so označene z znakom "x".

3.3.2 Metoda po Ellenbergu in sod. (1991)

Rastlinske vrste so v Ellenbergovi metodi opredeljene glede na naslednje okoljske dejavnike: svetlobne razmere (L), toplotne razmere (T), kontinentalnost (K), vlažnostne razmere (F), reakcijo tal (R), dušik v tleh (N), slanost tal (S) in odpornost na težke kovine (B,b). Poleg tega je opredeljena tudi življenjska oblika rastline (Leb.) in obstojnost listov (B) ter fitosociološka pripadnost rastline (Soz. Verh.). Ellenberg (1991) opredeljuje rastline tudi glede na pogostnost in njihovo ogroženost (Häufigkeit). Ekološka reakcija rastlinskih vrst je ovrednotena v devetstopenjski lestvici. Stopnja 1 pomeni najmanjšo in stopnja 9 največjo mero določenega dejavnika. Lestvica za talno vlago je podaljšana na 12 (dodatne so 3 stopnje za vodne rastline). Rastlinske vrste, ki se pojavljajo na širokem spektru določenega okoljskega dejavnika, so označene z znakom "x" in jih označujemo kot "indiferentne za indikacijo".

3.3.3 Metoda po Koširju (1992)

Za opredelitev povezave med indikacijskim pomenom rastlinskih vrst in kvaliteto rastišč je Košir (1992) okoljske dejavnike razvrstili v kvalitetne stopnje in te z

valorizacijskimi koeficienti (Vk) povezal v relativne odnose od najboljših proti najslabšim rastiščem. Posamezni ekološki dejavniki niso obravnavani individualno, v sorazmerju z njihovo izrazitostjo, velikostjo ali izmerjeno vrednostjo, temveč po pomenu vrednosti dejavnika za kvaliteto rastišča. Torej je vse podrejeno ugotavljanju rastiščnega koeficienta, ki nakazuje proizvodno sposobnost rastišča (KOŠIR 1992). Seštevek vseh valorizacijskih koeficientov šestih rastiščnih dejavnikov (petrografski substrat, kislost tal in oblika humusa, globina tal, skeletnost oz. kamnitost, stopnja vlažnosti rastišča, lokalno klimatske značilnosti) nam daje relativno kvaliteto rastišča za posamezno rastlinsko vrsto. Glavni namen raziskave pa ni bilo ugotavljanje rastiščnega koeficienta, temveč opredelitev okoljskih razmer. Zaradi tega smo se v raziskavi omejili predvsem nanje. Za lažjo primerjavo med raziskovalnimi objekti smo Koširjevo metodo nekoliko modificirali. Poleg valorizacijskih koeficientov, ki so odločilni za ugotavljanje rastiščnega koeficienta posamezne rastline in posredno celotne fitocenoze, smo uvedli posebne indikacijske stopnje, ki jasno odražajo gradient posameznega okoljskega dejavnika. Uporabili smo jih pri okoljskih dejavniki, kjer je možno obstoječe kvalitetne stopnje po Koširju (1992) razvrstiti tako, da odražajo naraščanje ali padanje vrednosti dejavnika.

Iz indikacijskih vrednosti vseh rastlin izračunavamo različne srednje vrednosti. Pri tem lahko upoštevamo samo prisotnost rastlin na določenem rastišču (kvalitativen način) ali pa pri izračunu upoštevamo tudi pokrovnost vsake posamezne vrste (kvantitativen način). Prvi način je ne samo enostavnejši, temveč po Ellenbergovem mnenju (1991) tudi pravilnejši. Ellenberg namreč ugotavlja, da pokrovnost in številčnost določene vrste ni odvisna samo od ustreznosti rastišča, temveč tudi od specifičnega načina rasti. Po njegovem mnenju je potrebno upoštevati pokrovnost rastlin le v primeru vrednotenja vrstno revnih rastišč. Izračuni srednjih vrednosti po enem in drugem načinu v primeru vrstno bogatih rastišč zelo malo odstopajo. Pri analizah po Landoltu (1977) in Ellenbergu (1991) smo upoštevali samo prisotnost rastlin na raziskovalnem objektu. Pri uporabi Koširjeve metode (1992) smo upoštevali tudi pokrovnost vrednosti, kot je to predvideno že v sami metodologiji.

3.4 STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

Za analizo florističnega sestava kvadrantov raziskovalne ploskve Polom smo uporabili programski paket FITO (ROBIČ / LEVANIČ 1994). Za primerjavo med fitocenološkimi popisi smo uporabili Hornovo modifikacijo Morisitovega (1959) koeficienta podobnosti za intervalne ocene. Na osnovi tega koeficienta smo izvedli klastersko analizo floristične sestave kvadrantov. Rezultat klastrske analize so skupine (klastri) floristično podobnih kvadrantov. Za analizo odnosov med ocenami razmer raziskovalnih objektov smo uporabili t.i. neparametrične statistične metode. Neparametrične metode uporabljamo zaradi majhnega vzorca in nepoznavanja porazdelitve spremenljivk. Vzrok za uporabo teh metod je nepoznavanje populacij, katerih vzorce obravnavamo. Za ugotavljanje razmerja med spremenljivkami običajno uporabljamo korelacijski koeficient. Ustrezen ekvivalent k standardnemu korelacijskemu koeficientu predstavlja neparametrični Spearmanov korelacijski koeficient. Uporabljamo ga lahko v primeru, da so opazovane spremenljivke izmerjene vsaj na ordinalni skali, ki jo v našem primeru predstavljajo indikacijske vrednosti posameznih ekoloških dejavnikov. Ker frekvenčne porazdelitve težje med seboj primerjamo, smo v ta namen uporabili mediano, ki predstavlja vrednost, od katere ima polovico enot populacije manjšo, polovica pa večjo vrednost (BLEJEC 1961, ELLENBERG et al. 1991). Zaradi te svoje lastnosti mediana dobro služi kot srednja vrednost. Pri obravnavi indikacijskih vrednosti rastlin priporoča uporabo mediane tudi Möller (1992). Za primerjavo ocen po različnih avtorjih smo kvadrante raziskovalne ploskve Polom rangirali na osnovi izračunanih median. Ranžirne vrste kvadrantov glede na naraščajočo ali padajočo vrednost mediane so služile za primerjavo vrednotenij po različnih avtorjih. Za to smo uporabili neparametrični Spearmanov korelacijski koeficient (r_s), ki ga izračunamo po formuli (SACHS 1992):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Pri tem predstavlja:

D_i - razlika med rangi kvadrantov v dveh različnih ranžirnih vrstah (npr. po različnih vrednotenjih);

n - število enot v ranžirni vrsti;

Da bi dobili skupine podobnih kvadrantov na podlagi vseh ocenjenih ekoloških dejavnikov po določeni metodi, smo iz izračunanih podatkov oblikovali matrike. Na osnovi teh matrik pa smo izvedli klastersko analizo, ki je dala skupine kvadrantov s podobnimi ekološkimi razmerami. Za mero podobnosti oz. različnosti smo uporabili enostavno Evklidsko razdaljo, ki predstavlja geometrijsko razdaljo v mnogorazsežnem prostoru. Pri združevanju kvadrantov v klastre smo uporabili t.i. Wardovo metodo (1963). Minimalna zahteva za uporabo te metode je, da so opazovane enote razvrščene vsaj na intervalni skali (FAHRMEIR / HAMERLE 1984). Za vrednotenje razdalje med klastri uporablja Wardova metoda analizo variance.

4 REZULTATI ANALIZ

4.1 ANALIZA FLORISTIČNIH RAZMER KVADRANTOV PLOSKVE POLOM





Analiza je pokazala, da so kvadranti raziskovalne ploskve Polom floristično precej podobni. Koeficienti podobnosti med kvadranti variirajo v intervalu od 0,636 do 0,880. Najpogosteje pa so vrednosti koeficienta med 0,7 in 0,8. Najmanj sta si podobni floristični sestavi kvadrantov št. 3 in št. 23, najbolj pa sta si medsebojno podobna kvadranta št. 4 in št. 5 ter št. 9 in št. 15. Na osnovi klasterske analize smo izdvojili tri skupine (klastre) kvadrantov glede na floristično podobnost (slika 2). Druga skupina je relativno heterogena, zato smo znotraj nje izdvojili dve podskupini.

V posamezne skupine (klastre) smo uvrstili naslednje kvadrante:

- skupina I: kvadranti 1, 2, 6, 9, 14, 15 in 22;
- skupina II: - podskupina IIa: kvadranti 11, 21, 23 in 25;
- podskupina IIb: kvadranti 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20 in 24;
- skupina III: kvadranti 3, 4, 5, 7, 8 in 10.

Kvadrant št. 10 nekoliko izstopa po kriterijih, ki smo jih uporabili za oblikovanje skupin, zato ga lahko uvrstimo v skupino III le pogojno.

LEGENDA / LEGEND

| | |
|---|---------------------------------|
|  | - Skupina I / Group I |
|  | - Podskupina IIa / Subgroup IIa |
|  | - Podskupina IIb / Subgroup IIb |
|  | - Skupina III / Group III |

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Slika 2: Prikaz prostorske razporeditve kvadrantov glede na pripadnost skupinam I, IIa, IIb in III.

Figure 2: A presentation of the quadrants' spatial distribution according to their classification into groups I, IIa, IIb and II respectively.

Analiza skupin (klastrov) I, II in III je pokazala, da obstajajo določene karakteristične vrste, ki kažejo na smiselnost klastrske analize in njene interpretacije. Na osnovi floristične analize skupin lahko zaključimo, da skupina III predstavlja inicialnejšo fazo stadija z lesko, medtem ko kažejo popisi iz skupine II razvitejšo, bolj terminalno fazo leskovega stadija. Popisi iz skupine I pa so v sindinamičnem pogledu vmesni med skupinama II in III.

4.2 ANALIZA RASTIŠČNIH RAZMER PLOSKVE POLOM Z METODAMI FITOINDIKACIJE

4.2.1 Primerjava ocenjenih vlažnostnih razmer kvadrantov in homogenih ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju

Kvadrante, ovrednotene z vidika vlažnostnih razmer po Landoltu (1977), po Ellenbergu in sod. (1991) ter po Koširju (1992), smo razvrstili na osnovi izračunanih median (preglednica 1). Primerjava je pokazala, da so po Landoltu in po Ellenbergu najsušnejši kvadranti št. 8, 3, 2 in 5. Po Koširju pa je kvadrant št. 8 ocenjen kot srednje vlažen in uvrščen na 12. mesto v ranžirni vrsti. Za ta kvadrant je pričakovati, da je med sušnejšimi, saj ima rahlo jugozahodno ekspozicijo. Poleg tega pa močno izstopa tudi po izrazito majhni stopnji zastrtosti. Krošnje dreves zastirajo namreč le dobrih 30 % površine in še to pretežno na severni in vzhodni strani kvadranta. Ostali trije kvadranti so tudi po Koširju ocenjeni kot sušnejši. Po vseh treh avtorjih je najvlažnejši kvadrant št. 23, kar je na podlagi reliefa povsem v skladu s pričakovanji. Kvadrant namreč pokriva izrazito vrtačo.

Primerjava med ocenjenimi kvadranti glede na vlažnostne razmere je pokazala, da se rezultati vseh treh metodologij razmeroma dobro ujemajo. Ocene vlažnostnih razmer se še posebej skladajo, ko gre za vlažnejše kvadrante (preglednica 2). Nekoliko manjšo stopnjo ujemanja pa se kaže med ocenami sušnejših kvadrantov (preglednica 3).

Preglednica 1: Primerjava razvrstitev kvadrantov po naraščajoči vlažnosti po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 1: A comparison of quadrant distribution by increasing humidity according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| | LANDOLT | | ELLENBERG | | KOŠIR | |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| Rang Rank | Mediana Median | Kvadrant Quadrant | Mediana Median | Kvadrant Quadrant | Mediana Median | Kvadrant Quadrant |
| 1 | 2,79 | 8 | 4,79 | 8 | 3,01 | 2 |
| 2 | 2,84 | 3 | 4,84 | 3 | 3,04 | 3 |
| 3 | 2,84 | 2 | 4,86 | 2 | 3,09 | 5 |
| 4 | 2,86 | 5 | 4,88 | 5 | 3,10 | 4 |
| 5 | 2,87 | 7 | 4,88 | 13 | 3,13 | 14 |
| 6 | 2,88 | 22 | 4,88 | 9 | 3,13 | 6 |
| 7 | 2,88 | 13 | 4,90 | 6 | 3,13 | 7 |
| 8 | 2,89 | 4 | 4,90 | 12 | 3,13 | 9 |
| 9 | 2,90 | 10 | 4,90 | 4 | 3,14 | 22 |
| 10 | 2,90 | 6 | 4,91 | 10 | 3,14 | 13 |
| 11 | 2,90 | 12 | 4,91 | 7 | 3,15 | 12 |
| 12 | 2,90 | 1 | 4,92 | 15 | 3,15 | 8 |
| 13 | 2,91 | 9 | 4,93 | 14 | 3,17 | 10 |
| 14 | 2,92 | 14 | 4,96 | 22 | 3,17 | 15 |
| 15 | 2,92 | 16 | 4,96 | 16 | 3,20 | 20 |
| 16 | 2,93 | 11 | 4,97 | 11 | 3,20 | 1 |
| 17 | 2,93 | 15 | 4,98 | 18 | 3,21 | 18 |
| 18 | 2,93 | 21 | 4,99 | 20 | 3,21 | 11 |
| 19 | 2,93 | 17 | 4,99 | 1 | 3,22 | 19 |
| 20 | 2,93 | 25 | 4,99 | 25 | 3,23 | 24 |
| 21 | 2,93 | 20 | 5,00 | 19 | 3,24 | 16 |
| 22 | 2,94 | 18 | 5,01 | 17 | 3,24 | 17 |
| 23 | 2,94 | 19 | 5,03 | 21 | 3,24 | 25 |
| 24 | 2,96 | 24 | 5,04 | 24 | 3,24 | 21 |
| 25 | 2,97 | 23 | 5,06 | 23 | 3,27 | 23 |

Preglednica 2: Število skupnih kvadrantov, opredeljenih po Landoltu, Ellenbergu in Koširju, v skupini vlažnejših.

Table 2: Total number of quadrants defined by Landolt, Ellenberg and Košir in the group of those of higher humidity.

| | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 8 | 7 | 6 |
| ELLENBERG | 7 | 8 | 6 |
| KOŠIR | 6 | 6 | 8 |

Preglednica 3: Število skupnih kvadrantov, opredeljenih po Landoltu, Ellenbergu in Koširju, v skupini sušnejših.

Table 3: Total number of quadrants defined by Landolt, Ellenberg and Košir in the group of those of lower humidity.

| | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 8 | 5 | 5 |
| ELLENBERG | 5 | 8 | 5 |
| KOŠIR | 5 | 5 | 8 |

Na osnovi izračunane korelacije (preglednica 4) lahko sklepamo, da so si ocene vlažnostnih razmer razmeroma podobne. Pri vseh medsebojnih primerjavah je Spearmanov korelacijski koeficient večji kot 0,8.

Preglednica 4: Izračunana korelacija po Spearmanu za ranžirno vrsto na osnovi vlažnostnega gradienta po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 4: Computed correlation according to Spearman for a series arranged on the basis of humidity gradient according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| r_s | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 1,00 | 0,88 | 0,80 |
| ELLENBERG | 0,88 | 1,00 | 0,85 |
| KOŠIR | 0,80 | 0,85 | 1,00 |

Ocene vlažnosti na osnovi florističnega sestava po Landoltu (1977), Ellenbergu in sod. (1991) in Koširju (1992) se relativno dobro ujemajo tudi v primeru homogenih ploskev (preglednica 5). Po metodologijah ocenjevanja po vseh treh avtorjih je najbolj vlažna ploskev D, najmanj vlažna pa ploskev C.

Preglednica 5: Primerjava razvrstitev homogenih ploskev po naraščajoči vlažnosti po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 5: A comparison of the distribution of homogeneous plots by increasing humidity according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| | LANDOLT | | ELLENBERG | | KOŠIR | |
|--------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Rang Rank | Mediana Median | Ploskev Plot | Mediana Median | Ploskev Plot | Mediana Median | Ploskev Plot |
| 1 | 2,81 | C | 4,78 | C | 3,02 | C |
| 2 | 2,86 | A | 4,88 | B | 3,13 | B |
| 3 | 2,90 | B | 4,90 | A | 3,13 | A |
| 4 | 2,93 | D | 4,94 | D | 3,23 | D |

4.2.2 Primerjava ocenjene reakcije tal kvadrantov in homogenih ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju

Razvrščanje kvadrantov na osnovi naraščajoče kislosti tal je pokazalo močno razhajanje ocen (preglednica 6). Po Landoltu in Ellenbergu so najmanj kislila v kvadrantih št. 6 in št. 3, ki pa ju Koširjeva metoda uvršča le v skupino srednje zakisanih kvadrantov. Kot najmanj kisel kvadrant pa Košir ocenjuje kvadrant št. 5, ki je tudi po prvih dveh avtorjih relativno visoko, saj je na četrtem mestu ranžirne vrste. Najbolj kislila imajo na osnovi teh treh metod zelo različni kvadranti, saj naj bi bil po Landoltu to kvadrant št. 1, po Ellenbergu kvadrant št. 23, po Koširju pa kvadrant št. 2.

Preglednica 6: Primerjava razvrstitev kvadrantov po naraščajoči kislosti tal po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 6: A comparison of quadrant distribution by increasing soil acidity according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| Rang Rank | LANDOLT | | ELLENBERG | | KOŠIR | |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | Mediana Median | Kvadrant Quadrant | Mediana Median | Kvadrant Quadrant | Mediana Median | Kvadrant Quadrant |
| 1 | 3,43 | 6 | 7,20 | 6 | 1,85 | 5 |
| 2 | 3,40 | 3 | 7,17 | 3 | 1,86 | 15 |
| 3 | 3,38 | 2 | 7,12 | 7 | 1,86 | 10 |
| 4 | 3,36 | 5 | 7,11 | 5 | 1,86 | 18 |
| 5 | 3,34 | 21 | 7,11 | 12 | 1,87 | 13 |
| 6 | 3,34 | 14 | 7,10 | 21 | 1,87 | 17 |
| 7 | 3,34 | 4 | 7,09 | 10 | 1,88 | 14 |
| 8 | 3,32 | 7 | 7,08 | 22 | 1,88 | 25 |
| 9 | 3,32 | 16 | 7,07 | 14 | 1,88 | 24 |
| 10 | 3,30 | 13 | 7,05 | 1 | 1,88 | 6 |
| 11 | 3,30 | 11 | 7,05 | 4 | 1,88 | 11 |
| 12 | 3,30 | 20 | 7,05 | 8 | 1,88 | 21 |
| 13 | 3,30 | 9 | 7,02 | 17 | 1,88 | 12 |
| 14 | 3,29 | 12 | 7,02 | 15 | 1,88 | 23 |
| 15 | 3,29 | 15 | 7,02 | 16 | 1,89 | 20 |
| 16 | 3,29 | 18 | 7,02 | 9 | 1,90 | 16 |
| 17 | 3,28 | 8 | 6,99 | 16 | 1,92 | 3 |
| 18 | 3,27 | 10 | 6,99 | 2 | 1,92 | 4 |
| 19 | 3,27 | 17 | 6,97 | 13 | 1,93 | 22 |
| 20 | 3,27 | 22 | 6,97 | 24 | 1,93 | 9 |
| 21 | 3,26 | 24 | 6,96 | 11 | 1,94 | 7 |
| 22 | 3,23 | 19 | 6,96 | 20 | 1,95 | 19 |
| 23 | 3,23 | 23 | 6,94 | 19 | 1,96 | 8 |
| 24 | 3,23 | 26 | 6,91 | 25 | 2,01 | 1 |
| 25 | 3,22 | 1 | 6,81 | 23 | 2,03 | 2 |

Primerjava skupnega števila kvadrantov, ki so ocenjeni kot podpovprečno oz. kot nadpovprečno kisli, kaže na to, da dajeta Landoltova in Ellenbergova metoda relativno podobne ocene. Ocene po Koširjevi metodi pa močnejše odstopajo od ocen drugih dveh metod (preglednica 7 in 8).

Preglednica 7: Število skupnih kvadrantov, opredeljenih po Landoltu, Ellenbergu in Koširju, v skupini podpovprečno kislih.

Table 7: Total quadrant number defined by Landolt, Ellenberg and Košir in a less than average acid group.

| | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 8 | 5 | 1 |
| ELLENBERG | 5 | 8 | 2 |
| KOŠIR | 1 | 2 | 8 |

Preglednica 8: Število skupnih kvadrantov, opredeljenih po Landoltu, Ellenbergu in Koširju, v skupini nadpovprečno kislih.

Table 8: Total quadrant number defined by Landolt, Ellenberg and Košir in a more than average acid group.

| | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 8 | 4 | 3 |
| ELLENBERG | 4 | 8 | 2 |
| KOŠIR | 3 | 2 | 8 |

Podobno kaže tudi izračunana korelacija (preglednica 9). Koreliranje razvrstitev ocen po Landoltu in po Ellenbergu je relativno majhno ($r_s = 0,51$). Ocene kislosti tal po Koširju močno odstopajo od drugih dveh, kar kaže zelo majhna pozitivna korelacija (pod 0,1).

Preglednica 9: Izračunana korelacija po Spearmanu za ranžirno vrsto na osnovi stopnje kislosti tal po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 9: Computed correlation according to Spearman for the series arranged on the basis of soil acidity degree according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| r_s | LANDOLT | ELLENBERG | KOŠIR |
|-----------|---------|-----------|-------|
| LANDOLT | 1,00 | 0,51 | 0,04 |
| ELLENBERG | 0,51 | 1,00 | 0,05 |
| KOŠIR | 0,04 | 0,05 | 1,00 |

Primerjava z rezultati laboratorijskih meritev pH za združene vzorce iz kvadrantov št. 1, 5, 13, 21 in 25 po Kalanovi (1996) pa kaže na to, da so rezultati Koširjeve metode boljše ocena rastiščnih razmer kot rezultati drugih dveh metod. Po meritvah je najbolj kisel kvadrant št. 1, najmanj pa kvadrant št. 25 (preglednica 10). Koširjeva metoda podobno kot meritve uvršča kvadrant št. 25 med podpovprečno kisle kvadrante, medtem ko je po tej metodi kvadrant št. 1 drugi najbolj kisel kvadrant. Ta kvadrant je po Landoltu sicer ocenjen kot najbolj kisel kvadrant, vendar pa je kvadrant št. 25 tako po Landoltu kot tudi po Ellenbergu uvrščen na drugo mesto po stopnji zakisanosti tal (preglednica 6), kar pa se ne sklada z rezultati meritev (preglednica 10). Primerjava ni povsem zanesljiva, saj so bili vzorci tal zajeti samo v predelih z najglobljimi tlemi omenjenih petih kvadrantov. Mesta zajema vzorcev so na relativno globokih tleh, ki so sprana in zato je njihov pH relativno nizek (preglednica 10).

Preglednica 10: Rezultati laboratorijskih meritev pH tal v globini 5 - 10 cm za posamezne kvadrante (KALAN 1996).

Table 10: Results of laboratory measurements of soil pH values at a depth of 5 - 10 cm for individual quadrants (KALAN 1996).

| KVADRANT / QUADRANT | 1 | 5 | 13 | 21 | 25 |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| pH | 4,03 | 4,10 | 4,09 | 4,17 | 4,50 |

Ocene reakcije tal za homogene ploskve po Ellenbergu in po Koširju se dobro ujemajo (preglednica 11). Po oceni po Ellenbergovi in po Koširjevi metodi se stopnja kislosti tal povečuje z zmanjševanjem stopnje skalnatosti.

Preglednica 11: Primerjava razvrstitev homogenih ploskev po naraščajoči kislosti tal po Landoltu, Ellenbergu in Koširju.

Table 11: A comparison of the distribution of homogenous plots by increasing soil acidity according to Landolt, Ellenberg and Košir.

| | LANDOLT | | ELLENBERG | | KOŠIR | |
|-----------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| Rang Rank | Mediana Median | Ploskev Plot | Mediana Median | Ploskev Plot | Mediana Median | Ploskev Plot |
| 1 | 3,38 | C | 7,10 | D | 1,73 | D |
| 2 | 3,35 | B | 7,09 | C | 1,91 | C |
| 3 | 3,30 | D | 7,02 | B | 1,91 | B |
| 4 | 3,29 | A | 7,02 | A | 2,01 | A |

Rezultati laboratorijskih meritev pH talnih vzorcev so še potrdili pravilnost ocene stopnje kislosti tal na podlagi metod vrednotenja po Ellenbergu in po Koširju. Tudi izmerjeni podatki kažejo, da se stopnja kislosti tal zmanjšuje z naraščajočo površinsko skalnatostjo (preglednica 12).

Preglednica 12: Rezultati laboratorijskih meritev pH tal za homogene ploskve.

Table 12: *Results of laboratory measurements of soil pH values for homogeneous plots.*

| Ploskev / Plot | A | B | C | D |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Št. Vzorcev / No. of samples | 20 | 15 | 24 | 18 |
| Povprečen pH / Average pH | 4,57 | 5,17 | 5,34 | 5,99 |

4.2.3 Podobnost rastiščnih razmer kvadrantov na osnovi klastrske analize

Na osnovi matrike, ki vsebuje deleže neocenjenih in indiferentnih vrst ter deleže vrst z določenim indikacijskim številom, smo izvedli klastersko analizo. V matriki so bili zajeti vsi okoljski dejavniki, ki so vključeni v posamezni metodi. Rezultat analize so klastri (skupine) podobnih kvadrantov glede na vse obravnavane okoljske dejavnike (grafikon 1-3).

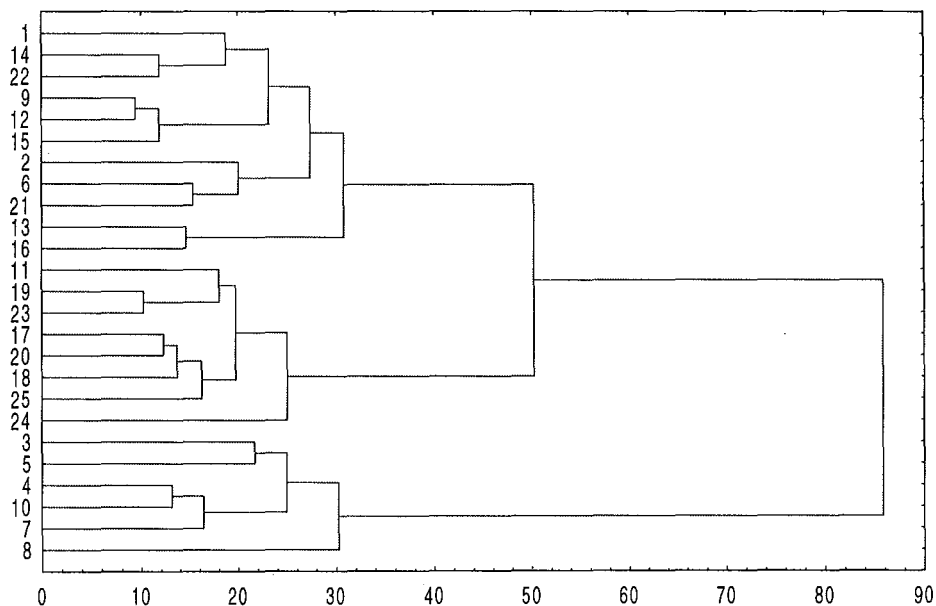
Na osnovi ocen po Landoltu (1977) sta se oblikovali dve izrazitejši skupini (klastra). Prva skupina (L1) je obsežnejša, zato lahko znotraj nje izdvojimo dve podskupini: L1a in L1b. Druga skupina (L2) kvadrantov je manjša.

Skupine vsebujejo naslednje na osnovi vrednotenja po Landoltu podobne kvadrante (grafikon 1):

L1a: 1, 14, 22, 9, 12, 15, 2, 6, 21, 13, 16;

L1b: 11, 19, 23, 17, 20, 18, 25, 24;

L2: 3, 5, 4, 10, 7, 8.



Grafikon 1: Dendrogram kvadrantov na osnovi ocen vseh ekoloških dejavnikov po Landoltu (1977).

Graph 1: Quadrant dendrogram on the basis of the estimates of all ecological factors according to Landolt (1977).

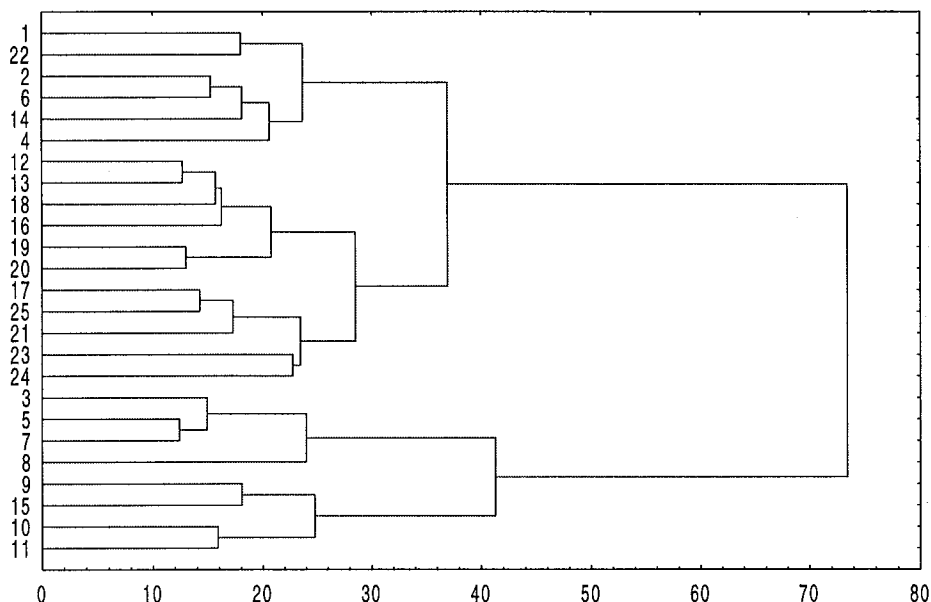
S klastersko analizo sta se na podlagi vrednotenja okoljskih dejavnikov po Ellenbergu in sod. (1991) oblikovali dve večji skupini (klastra), E1 in E2. Znotraj teh je mogoče na približno istem nivoju izdvojiti po dve podskupini, ki zajemata naslednje podobne kvadrante (grafikon 2):

E1a: 1, 22, 2, 6, 14, 4;

E1b: 12, 13, 18, 16, 19, 20, 17, 25, 21, 23, 24;

E2a: 3, 5, 7, 8;

E2b: 9, 15, 10, 11.



Grafikon 2: Dendrogram kvadrantov na osnovi ocen vseh ekoloških dejavnikov po Ellenbergu in sod. (1991).

Graph 2: *Quadrant dendrogram on the basis of the estimates of all ecological factors according to Ellenberg et al. (1991).*

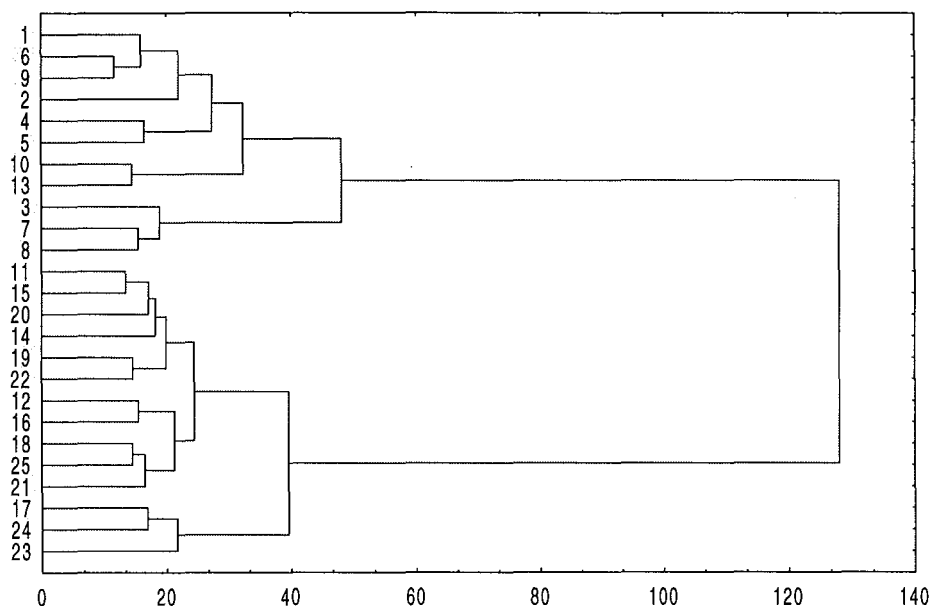
Na osnovi vrednotenja po Koširju (1992) sta se oblikovali dve skupini (K1 in K2), med katerima nastopajo večje razlike kot med skupinami podobnih kvadrantov po ostalih dveh metodah (grafikon 3). Znotraj teh dveh skupin sta po dve podskupini, ki vključujeta različno število kvadrantov:

K1a: 1, 6, 9, 2, 4, 5, 10, 13;

K1b: 3, 7, 8;

K2a: 11, 15, 20, 14, 19, 22, 12, 16, 18, 25, 21;

K2b: 17, 24, 23.



Grafikon 3: Dendrogram kvadrantov na osnovi ocen vseh ekoloških dejavnikov po Koširju (1992).

Graph 3: *Quadrant dendrogram on the basis of the estimates of all ecological factors according to Košir (1992).*

4.3 ANALIZA RASTIŠČNIH RAZMER DOBOVIH PRIMERJALNIH PLOSKEV

4.3.1 Primerjava ocenjenih vlažnostnih razmer ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju

Z vsemi tremi metodami vrednotenja smo ocenili vlažnostne razmere na primerjalnih dobovih ploskvah: Polom, Cigonca, Dobrava, Hraščica in Krakovski gozd (preglednica 13). Raziskovalna ploskev Polom je tako po Landoltu (1977), po Ellenbergu in sod. (1991) in tudi po Koširju (1992) izrazito najbolj sušna ploskev (svetlejša šrafura). Vse metode se ujemajo tudi v oceni druge najmanj vlažne ploskve. To je raziskovalna ploskev Hraščica.

V oceni najvlažnejše primerjalne dobove ploskve pa se ocene že nekoliko razhajajo. Po Landoltovi in po Ellenbergovi metodi so najbolj vlažna tla ploskev Cigonca, po Koširjevi pa tla ploskve Dobrava (temnejša šrafura). Vendar pa je Cigonca po Koširjevi metodi na drugem mestu po vlažnosti z minimalno razliko v oceni (preglednica 13).

Iz ocen vlažnostnih razmer lahko razberemo ekološko amplitudo obravnavanih dobovih gozdov. Po Landoltu (1977) so primerjalne ploskve v območju med zmerno sušnimi in vlažnimi razmerami. Po Ellenbergu in sod. (1991) so ploskve ocenjene v vseh primerih razen Cigonca med indikacijskima vrednostima 5 in 6. Torej so po tej oceni ploskve sveže do prehodne med svežimi in vlažnimi. Po Koširjevi metodologiji je razpon ploskev z vidika vlažnosti mnogo večji kot pri prvih dveh avtorjih. Razpon ocen ekstremnih ploskev predstavlja kar 42 % celotne modificirane lestvice vrednotenja. Po Koširju so ploskve ocenjene v razponu od svežih (Polom), preko zmerno vlažnih (Hraščica in Krakovski gozd) do zmerno mokrih (Cigonca in Dobrava).

Preglednica 13: Ocena vlažnostnih razmer po Landoltu (1977), Ellenbergu in sod. (1991) in Koširju (1992) na primerjalnih dobovih ploskvah.

Table 13: Estimate of humidity conditions according to Landolt (1977), Ellenberg et al. (1991) and Košir (1992) in control Common Oak research plots.

| | Razis. pl. Res. Pl. | POLOM | CIGONCA | DOBRAVA | HRAŠČICA | KRAKOVSKI G. |
|-----------|------------------------|-------|---------|---------|----------|--------------|
| LANDOLT | Mediana Median | 2,92 | 3,34 | 3,13 | 3,03 | 3,25 |
| ELLENBERG | Mediana Median | 5,00 | 5,33 | 5,44 | 5,26 | 5,67 |
| KOŠIR | Mediana Median | 3,17 | 5,70 | 5,73 | 3,81 | 4,00 |

Iz primerjave ocen vlažnosti po različnih metodah lahko ugotovimo, da se vsa tri vrednotenja razmeroma dobro ujemajo. Kot pri primerjavah ocen vlažnosti po kvadrantih ploskve Polom se je tudi v tem primeru pokazala večja podobnost med razvrščanjem ploskev po Landoltu in po Ellenbergu, kot med njima in Koširjevo metodo. Glede na velik razpon vrednosti median bi lahko sklepali, da se je ocena po Koširjevi metodi v večji meri približala dejanskim vlažnostnim razmeram kot drugi dve. Še posebej bi to lahko sklepali na osnovi odstopanja ocene vlažnosti za Polom od ocen ostalih ploskev. Raziskovalna ploskev leži namreč v razgibanem

kraškem svetu, ki je dejansko mnogo slabše preskrbljen z vodo kot ostale ploskve, ki ležijo v ravninskem, večinoma poplavnem območju rek.

Realno je, da je Cigonca ocenjena kot ena izmed najbolj vlažnih. To lahko sklepamo tudi iz zgradbe tal, ki so močno oglejena, močvirna, amfiglejna na aluvialnih ilovicah (KALAN 1996). V talnem profilu se v globini 3 - 40 cm pojavlja rjasto in sivo-rjava marmorirana plast, ki nakazuje občasno zastajanje vode. Težka glinasta tla slabo prepuščajo površinsko vodo.

Ocena vlažnosti tal raziskovalne ploskve Krakovski gozd je po Koširju razmeroma nizka, saj gre za značilno poplaven gozd. Po drugih dveh metodologijah je ploskev ocenjena kot druga najbolj vlažna. Pri Koširju ta ocena močno zaostaja za ocenama prvih dveh najvlažnejših ploskev. Kljub občasnim poplavam in visoki podtalnici kaže, da so tla raziskovalne ploskve Krakovski gozd mnogo bolj prepustna kot npr. Cigonca. Območje Krakovskega gozd pripada dvema združbama: *Pseudostellario europeae-Carpinetum* in *Pseudostellario europeae-Quercetum roboris* (ACCETTO 1974). Prva združba porašča sveža tla, ki so le občasno krajšo dobo poplavljeni in kjer podtalnica ne dosega talnih horizontov blizu površja. Druga združba naseljuje vlažna rastišča, ki so pogostokrat namočena daljšo dobo. Podtalnica se v tej združbi pojavlja blizu površja. Vendar, kot ugotavlja Accetto (1974), je to verjetno oblika najmanj namočenih dobovih gozdov pri nas. To pa potrjuje pravilnost relativno nizke ocene po Koširju.

4.3.2 Primerjava ocenjene reakcije tal ploskev po Landoltu, Ellenbergu in Koširju

Ocene reakcije tal dobovih ploskev se po vseh treh avtorjih zelo dobro ujemajo (preglednica 14). Vse tri metode namreč ocenjujejo, da ima najbolj kislila tla ploskev Cigonca (temnejša šrafura), najmanj kislila tla pa ploskev Polom (svetlejša šrafura).

Tudi sicer se ocene zelo dobro ujemajo, saj ima po vseh treh vrednotenjih druga najbolj kislila tla ploskev Dobrava. Do razhajanj prihaja le v primeru 3. in 2. ploskve po naraščajoči stopnji kislosti. Kot tretja ploskev po stopnji kislosti je po Landoltu in po Koširju opredeljena Hraščica, po Ellenbergu pa Krakovski gozd. Vendar pa se oceni teh dveh ploskev malo razlikujeta.

Po Landoltu (1977) se ploskve nahajajo med zmerno kislim in kislim območjem. Ellenbergova metoda uvršča tla ploskev v območje od prehoda med kislimi in zmerno kislimi ter do prehoda med rahlo kislimi do rahlo bazičnimi. Tudi po Koširjevi metodologiji so tla primerjalnih dobovih ploskev opredeljena kot zmerno kislila do slabo kislila.

Preglednica 14: Ocena reakcije tal po Landoltu (1977), Ellenbergu in sod. (1991) in Koširju (1992) na primerjalnih dobovih ploskvah.

Table 14: *Estimate of soil acidity according to Landolt (1977), Ellenberg et al. (1991) and Košir (1992) in control Common Oak research plots.*

| | Razis. pl. Res. pl. | POLOM | CIGONCA | DOBRAVA | HRAŠČICA | KRAKOVSKI G. |
|-----------|------------------------|-------|---------|---------|----------|--------------|
| LANDOLT | Mediana Median | 3,24 | 2,79 | 2,94 | 3,11 | 3,15 |
| ELLENBERG | Mediana Median | 6,85 | 4,15 | 5,57 | 6,83 | 6,76 |
| KOŠIR | Mediana Median | 1,91 | 2,97 | 2,93 | 2,18 | 1,97 |

Ocene primerjalnih dobovih ploskev se ujemajo v večji meri kot ocene reakcije tal za kvadrante raziskovalne ploskve Polom. To lahko delno pojasnimo z dejstvom, da so razlike v reakciji tal med primerjalnimi ploskvami mnogo bolj očitne kot med kvadranti. O razvrstitvi kvadrantov zato odločajo minimalne razlike.

Ocene reakcije tal primerjalnih dobovih ploskev se relativno dobro ujemajo z rezultati laboratorijskih meritev (KALAN 1996). Za ploskev Cigonca navaja podatek, da je v globini tal 5 do 10 cm povprečni pH 3,6, za ploskev Polom pa pH 4,2 (izmerjeno v CaCl₂). Vzrok za relativno visoko reakcijo tal na ploskvi Polom lahko iščemo predvsem v karbonatni matični podlagi (kredni apnenec s primesjo dolomitov). Verjetno je povprečni pH na tej ploskvi še nekoliko višji, saj je dani rezultat izmerjen izključno na srednje globokih do globokih spranih tleh, ki imajo na splošno nekoliko nižjo reakcijo kot ostali talni tipi na raziskovalni ploskvi (pokarbonatna rjava tla, rendzine).

5 RAZPRAVA

Primerjava dobovih raziskovalnih ploskev je pokazala, da sta oceni vlažnostnih razmer po Landoltu in po Ellenbergu zelo podobni. Razvrstitvi ploskev glede na gradient vlažnosti sta po teh dveh metodah enaki. Razvrščanje ploskev po Koširjevi metodi odstopa od prvih dveh. Vsa tri vrednotenja vlažnostnih razmer se ujemajo v oceni dveh najbolj sušnih ploskev, Poloma in Hraščice. Velik razpon ocen med najbolj vlažno in najbolj sušno ploskvijo po oceni po Koširjevi metodi je realen, saj je območje ploskve Polom izrazito sušno v primerjavi z ostalimi dobovimi ploskvami, ki ležijo v nižinskem svetu, v območju stalnih ali občasnih poplav. Tudi primerjava ocen vlažnostnih razmer kvadrantov ploskve Polom kaže na nekoliko večje ujemanje med Landoltovo in Ellenbergovo metodo kot med njima in Koširjevo metodo. V celoti gledano se ocene vlažnostnih razmer po vseh treh vrednotenjih razmeroma malo razhajajo, saj je v vseh primerih korelacija večja od 0,8. Prav tako se dobro ujemajo ocene vlažnostnih razmer homogenih ploskev. To še posebej velja za ekstreme. Vsa tri vrednotenja opredeljujejo ploskev D (skalnatost 81 - 100 %) kot najbolj vlažno in ploskev C (skalnatost 41 - 60 %) kot najbolj sušno. V celoti se ujemata ranžirni vrsti homogenih ploskev, ocenjenih po Ellenbergovi in po Koširjevi metodi. Iz tega pa ne moremo zanesljivo sklepati o pravilnosti vrednotenja, saj je vzorec majhen, vrednosti izračunanih indikacijskih števil pa med seboj odstopajo zelo malo.

Ocene reakcije tal primerjalnih dobovih ploskev se po vseh treh metodah zelo dobro ujemajo. Vse tri ocenjujejo, da ima ploskev Cigonca najbolj zakisana tla in ploskev Polom najmanj. Tudi razvrstitve ploskev glede na gradient kislosti so po teh treh metodah podobne. V celoti se ujemata ranžirni vrsti na osnovi Landoltovega in Koširjevega vrednotenja. Razlike med njima in Ellenbergovo metodo nastopijo pri ploskvah, ki sta na 2. in 3. mestu po naraščajoči kislosti. Iz izračunov indikacijskih vrednosti je razvidno, da je razhajanje v reakciji tal teh dveh ploskev (Hraščica in Krakovski gozd) zelo majhno. Ocene reakcije tal po različnih metodah so v primeru kvadrantov raziskovalne ploskve Polom mnogo manj skladne. Še posebej odstopa v vrednotenju Koširjeva metoda. Landoltova in Ellenbergova metoda se nekoliko bolje ujemata v oceni kvadrantov s podpovprečno zakisanimi tlemi. Na osnovi rezultatov meritev pH (KALAN 1996) lahko sklepamo, da so ocene kislosti tal kvadrantov po Koširju bližje dejanskim razmeram kot ocene po drugih dveh metodah. V primeru homogenih ploskev se v celoti ujemata razvrščanja na osnovi rezultatov meritev pH in ocen po Koširju. Z

meritvami se ujemajo tudi rezultati Ellenbergovega vrednotenja. Vsa tri vrednotenja ocenjujejo, da so najbolj zakisana tla znotraj homogene ploskve A (skalnatost 0 - 20 %). Tla homogene ploskve A so v povprečju najgloblja in najbolj sprana, zato je njihov pH dejansko najnižji glede na ostale homogene ploskve.

Primerjava rezultatov klastrske analize fitocenoloških popisov kvadrantov ploskve Polom in analize, ki je zajela ocene vseh dejavnikov obravnavanih v posamezni metodi, je pokazala na različno stopnjo ujemanja. Glede na vegetacijo so si najbližje kvadrani št. 9 in št. 15 ter št. 4 in št. 5. V celoti gledano je klastrska analiza na osnovi metod vrednotenja okoljskih dejavnikov in na osnovi rastlinskega sestava kvadrantov dala približno primerljive rezultate. S skupinami kvadrantov na osnovi floristične podobnosti se najbolj ujemajo skupine na osnovi Landoltovega vrednotenja. Ellenbergova in Koširjeva metodologija dajeta nekoliko slabše rezultate, kar je lahko tudi posledica manjšega števila opredeljenih vrst in s tem slabše opredelitve rastišča.

Delež neopredeljenih rastlin - rastline brez opredeljenih indikacijskih vrednosti - (vključno s tistimi, ki niso bile določene do nivoja vrste), je na vseh treh primerjalnih nivojih najmanjši po Landoltovi metodi. To dodatno potrjuje dejstvo, ki ga navaja Dakskobler (1994), da Landolt (1977) obravnava precej več t.i. jugovzhodnoevropskih vrst kot v srednjeevropskem prostoru bolj uveljavljeni Ellenberg (1974, 1979, 1991). Na nivoju primerjalnih dobovih ploskev je po Landoltu delež neopredeljenih vrst od 5,9 do 8,8 %, po Ellenbergu od 7,9 do 11,4 % in po Koširju od 12,3 do 18,3 % vseh obravnavanih vrst. Delež neopredeljenih vrst je odvisen od posameznega dejavnika in je zelo različen od ploskve do ploskve. Na nivoju kvadrantov raziskovalne ploskve Polom je po Landoltu od 1,3 do 2,4 %, po Ellenbergu od 5,8 do 7,1 % in po Koširju po vseh ocenjevanih dejavnikih 7,1 % neopredeljenih vrst. Rastlinski sestav homogenih ploskev Poloma po Landoltu vključuje 4,5 do 7,1 %, po Ellenbergu 9,1 do 11,8 % in po Koširju 10,8 % neopredeljenih vrst. V povprečju je delež neopredeljenih vrst največji pri uporabi Koširjeve metode, kar kaže na pomanjkljiv seznam obravnavanih gozdnih rastlinskih vrst.

Primerjava rezultatov petih dobovih ploskev je pokazala, da so ploskve zelo podobno vrednotene ne glede na vrsto uporabljene srednje vrednosti. Razvrščanje primerjalnih dobovih ploskev na osnovi izračunane mediane iz

frekvenčnih porazdelitev po indikacijskih stopnjah in na osnovi aritmetičnih sredin (SMOLE 1993, SMOLE / KUTNAR 1994a, 1994b) je dalo zelo podobne rezultate. Kljub temu da je uporaba aritmetične sredine pri obravnavi indikacijskih števil v matematičnem smislu sporna (ELLENBERG et al. 1991, MÖLLER 1992), nastopajo v razvstitvi ploskev glede na gradiente okoljskih dejavnikov zelo majhne razlike, če uporabimo eno ali drugo srednjo indikacijsko vrednost. Razlike med ranžirnima vrstama na osnovi mediane in aritmetične sredine se pojavljajo predvsem tam, kjer nastopajo zelo majhne razlike v ocenah okoljskih dejavnikov raziskovalnih ploskev. V celoti gledano je uporaba teh dveh načinov dala podobne rezultate.

6 ZAKLJUČKI

Fitoindikacijske metode so relativno groba ocena okoljskih dejavnikov. Razlike v ocenah posameznih dejavnikov so celo na nivoju petih primerjalnih dobovih ploskev, ki se nahajajo v jugovzhodnem, vzhodnem in severovzhodnem delu Slovenije, v večini primerov relativno majhne. To je v nasprotju s pričakovanji, saj rastiščne razmere raziskovalne ploskve Polom z večih vidikov močno odstopajo od ostalih primerjalnih ploskev.

Metode, ki so nastale v povsem drugačnih fitoekoloških razmerah, kot vladajo pri nas, in temeljijo na indikacijskih vrednostih, ki so bile ocenjene v povsem drugem delu areala razširjenosti rastlinskih vrst, je kljub njihovi temeljitosti vprašljivo uporabljati za oceno naših rastišč in gozdnih fitocenoz. Vrsta se lahko namreč v ločenih delih areala razširjenosti zelo različno odziva. Metode so bile razvite na podlagi drugačnih kombinacij rastlinskih vrst, kjer vladajo poleg povsem specifičnih rastiščnih razmer tudi drugačni konkurenčni odnosi.

Konkurenca odločilno vpliva na ekološko valenco posamezne vrste. Indikacijske vrednosti izražajo sinekološko amplitudo vrste, ki je posledica medsebojnih odnosov v določeni fitocenozi.

Tiste metode, ki izvirajo iz drugih fitogeografskih območij, in tudi domače, bi bilo potrebno testirati na različnih tipih gozdov. Neoporečnost vrednotenja bi morali preverjati s temeljitimi ekološkimi meritvami in ocenami z veliko zanesljivostjo.

Za boljšo oceno okoljskih dejavnikov bi bilo potrebno dopolniti zbir ocenjenih domačih vrst, ki jih vključuje Koširjeva metoda. Omenjeno metodo bi bilo potrebno sistematično testirati z meritvami.

7 POVZETEK

Glavni namen naloge je bila primerjava treh metod vrednotenja ekoloških lastnosti gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč na osnovi floristične sestave. Prvo metodo je razvil Landolt (1977) in zajema predvsem švicarsko floro. Ta metoda ocenjuje naslednje okoljske dejavnike: vlažnost in reakcijo tal, vsebnost hranil v tleh, vrsto humusa, velikost delcev in poroznost tal, slanost tal, svetlobne in toplotne razmere ter kontinentalnost. Avtor druge metode je Ellenberg s sodelavci (1991) in se, tako kot, prva nanaša na floro srednjeevropskega prostora. Ocenjuje pa svetlobne in toplotne razmere, kontinentalnost, vlažnost in reakcijo tal, vsebnost dušika v tleh in slanost tal. Tretjo metodo, ki je nastala pri nas, je razvil Košir in vključuje rastlinske vrste naših najbolj razširjenih gozdnih združb. Metoda je namenjena predvsem posrednemu ugotavljanju rastiščnega koeficienta na osnovi ocen naslednjih dejavnikov: petrografskega substrata, kislosti tal in oblika humusa, globina tal, skeletnosti tal, vlažnosti tal in lokalno klimatske značilnosti.

Metode smo primerjali na treh nivojih. Prvi nivo predstavljajo trajne raziskovalne ploskve Gozdarskega inštituta Slovenije, ki so namenjene za proučevanje problema propadanja hrastov. V analizo smo zajeli pet hektarskih dobovih raziskovalnih ploskev v jugovzhodnem, vzhodnem in severovzhodnem delu Slovenije. Vegetacijo raziskovalnih ploskev Polom pri Hinjah, Cigonca pri Slovenski Bistrici, Dobrava pri Brežicah, Hraščica pri Gančanih in Krakovski gozd pri Kostanjevici smo popisali po standardni srednjeevropski metodi. Drugi primerjalni nivo predstavlja 25 kvadrantov (20 × 20 m), ki tvorijo raziskovalno ploskev Polom pri Hinjah. Tretji nivo predstavljajo na osnovi površinske skalnatosti in reliefa izločene homogene ploskve nepravilnih oblik. Štiri homogene ploskve ležijo na raziskovalni ploskvi Polom. Popisali smo tudi floristično sestavo kvadrantov in homogenih ploskev.

Za primerjavo fitocenoloških popisov kvadrantov raziskovalne ploskve Polom smo uporabili Hornovo modifikacijo Morisitovega (1959) koeficienta podobnosti za intervalne ocene. Na osnovi tega koeficienta smo izvedli klastersko analizo, katere rezultat so skupine floristično podobnih kvadrantov. Znotraj skupin podobnih kvadrantov smo izločili diferencialne rastlinske vrste.

Raziskovalne objekte vseh treh primerjalnih nivojev smo analizirali s fitoindikacijskimi metodami (LANDOLT 1977, ELLENBERG et al. 1991, KOŠIR 1992). Rezultate analiz predstavljajo frekvenčne porazdelitve po indikacijskih stopnjah za vsak obravnavani dejavnik. Strukturo vrst po indikacijskih stopnjah za kvadrante smo med seboj primerjali z neparametričnim korelacijskim koeficientom. Na splošno so si kvadranti raziskovalne ploskve Polom močno podobni, saj so vrednosti korelacijskega koeficienta visoke.

Iz frekvenčnih porazdelitev za obravnavane dejavnike smo izračunali mediane. Te srednje vrednosti so nam služile kot osnova za razvrščanje vseh raziskovalnih objektov glede na gradient posameznega okoljskega dejavnika. Razvrstitve primerjalnih dobovih ploskev, kvadrantov in homogenih ploskev na osnovi mediane smo med seboj primerjali, da smo dobili podobnosti oz. odstopanja v ocenah dejavnikov okolja po različnih metodah. Razmerja med medianami smo primerjali tudi z nekaterimi izmerjenimi podatki in ocenami dejavnikov na osnovi drugih metodologij. Iz razvrstitev ocen kvadrantov smo izračunali neparametrični Spearmanov korelacijski koeficient, ki podaja stopnjo podobnosti ocen dejavnikov. Iz vseh frekvenčnih porazdelitev za dejavnike, ki jih vključuje posamezna fitoindikacijska metoda, smo za kvadrante raziskovalne ploskve Polom izdelali matrike. Na njihovi osnovi smo s pomočjo klastrske analize dobili skupine kvadrantov s podobnimi ekološkimi razmerami.

Rezultati vrednotenja, ki temeljijo na fitocenoloških popisih obravnavanih ploskev, so nakazali zelo različno stopnjo medsebojnega ujemanja ocen dejavnikov in s tem na določena razhajanja med uporabljenimi metodami. Vse tri metode se relativno dobro ujemajo v oceni vlažnostnih razmer na nivoju primerjalnih dobovih ploskev, na nivoju kvadrantov in homogenih ploskev Poloma. Ocene reakcije tal na osnovi vseh treh metod se relativno dobro ujemajo le na nivoju primerjalnih dobovih ploskev. Ocene tega dejavnika se mnogo bolj razhajajo v primeru kvadrantov in homogenih ploskev. Medsebojne primerjave ocen ostalih dejavnikov v večini primerov kažejo na relativno slabo ujemanje metod. V nekaterih primerih je stopnja ujemanja ocen posameznega dejavnika zelo različna od nivoja do nivoja.

V večih primerih se je pokazalo, da ocene vrednotenja po Koširju v večji meri kažejo na pričakovane ekološke razlike kot drugi dve metodi. Iz tega sledi, da je metode, ki so nastale v povsem drugačnih fitoekoloških razmerah, kot vladajo pri

nas, in temeljijo na indikacijskih vrednostih, ki so bile ocenjene v povsem drugem delu areala razširjenosti rastlinskih vrst, tvegano uporabljati za oceno naših rastišč in gozdnih fitocenoz. Vrsta se lahko namreč v ločenih delih areala razširjenosti zelo različno odziva. Metode so bile razvite na podlagi drugačnih kombinacij rastlinskih vrst, kjer vladajo poleg povsem specifičnih rastiščnih razmer tudi drugačni konkurenčni odnosi. Delež neopredeljenih vrst je najmanjši v primeru Landoltove metode, kar potrjuje dejstvo, da ta avtor obravnava precej več t.i. jugovzhodnoevropskih vrst kot Ellenbergova metoda. V povprečju je delež neopredeljenih vrst na vseh treh nivojih največji pri uporabi Koširjeve metode, kar kaže na potrebo po dopolnitvi seznama vrst z indikacijsko vrednostjo. Izračun rastiščnih koeficientov iz ocenjenih dejavnikov okolja po Koširju bi bilo potrebno preveriti z zanesljivejšimi dendrometrijskimi meritvami. Fitoindikacijske metode bi morali testirati na različnih tipih gozdov. Neoporečnost vrednotenja bi morali preverjati s temeljitimi ekološkimi meritvami in ocenami z veliko zanesljivostjo. Vse tri fitoindikacijske metode podajajo relativno grobo oceno okoljskih dejavnikov.

8 SUMMARY

The main aim of the thesis was to compare the three evaluation methods of ecological features of forest phytocoenoses and their sites on the basis of floristic composition. The first method was developed by Landolt (1977); it mainly comprises the Swiss flora. The following ecological factors are evaluated therein: humidity of soil and soil pH, nutrient supply, humus, dispersion and deficiency of aeration, salt content, light, temperature and continentality. Authors of the second method are Ellenberg and co-workers (1991); it is related to the flora of Central Europe. Light, temperature, continentality, moisture, soil pH, nitrogen supply and salt content are the factors evaluated in this method. The vegetation species of Slovenian most widespread forest associations are included in the third method, developed in Slovenia by Košir. The method is mainly intended for the indirect assessment of site coefficient on the basis of the following factors: bedrock, soil acidity, type of humus, depth of soil, rockiness of soil, humidity and local climate characteristics.

The methods were compared on three levels. The first level deals with permanent research plots of Slovenian Forestry Institute intended for the investigation of oak

decline. Five research plots (each one hectare) of common oak were analysed in south-eastern, eastern and north-eastern parts of Slovenia. For the research of the vegetation on plots Polom near Hinje, Cigonca near Slovenska Bistrica, Dobrava near Brežice, Hraščica near Gančani and Krakovski gozd near Kostanjevica, phytocoenological relevé was carried out by means of Braun-Blanquets standard Middle European method. The second comparative level presents 25 quadrant subplots (20 x 20 m) which form the Polom near Hinje research plot. The third level consists of homogeneous subplots of irregular shapes which have been selected on the basis of surface rockiness and relief. Four homogeneous subplots lie on the Polom research plot. Phytocoenological relevé was also carried out for floristic composition of quadrant subplots and for homogeneous subplots.

Tree diameter and height of all trees were measured on the entire Polom research plot. The situation of tree stems and the size of their crowns was drawn on the basis of the measurements. The relief of the subplot was evaluated and a map of surface rockiness was made. Soil samples from a depth of five to ten centimetres were taken from homogeneous subplots. The pH of soil samples was analysed in the pedological laboratory of Slovenian Forestry Institute.

The thesis is directly linked to the analysis results of the project "Oak Decline in Slovenia" (SMOLEJ / HAGER 1994) as well as to the results of pedological and chemical analyses of the Polom and Cigonca research plots (KALAN 1996). The results of phytocoenological analysis are comparatively connected to some previous vegetation research which was performed within that project (SMOLE 1993, SMOLE / KUTNAR 1994a, 1994b).

To compare the phytocoenological relevé of the quadrant subplots of the Polom research subplots, Horns modification of Morisitas (likeness) coefficient (1959) for interval grades was used. On the basis of this coefficient a cluster analysis was carried out; its outcome is several groups of similar quadrant subplots. Within those groups some differential species were selected.

The research objects of all three comparative levels were analysed by means of phytoindicational methods (LANDOLT 1977, ELLENBERG et al. 1991, KOŠIR 1992). Their outcome is shown by frequency distributions divided into indication classes for each individual factor.

The species structure according to indication values for quadrant subplots were interactively compared with a non-parametric correlation coefficient. Generally speaking, the quadrant subplots of the research subplot are very alike because the figures of correlation coefficient are high.

The medians for the factors have been calculated from frequency distributions. These medians were the foundation for ranking the research objects according to gradients of individual environmental factors. The arrangements of the comparative oak plots, quadrant subplots and homogeneous subplots were interactively compared so as to show the similarities or deviations in the assessment of environmental factors with different methods. The relations between medians were also compared with some other measured data and the evaluation of the factors achieved on the basis of other methodologies. The non-parametric Spearman correlation coefficient, which shows the likeness level of evaluating factors, has been calculated from the classification of the evaluation of the quadrant subplots. Matrices were made for the Polom quadrant subplots, based on frequency distributions of all the factors included in each phytoindicational method. Groups of quadrant subplots with similar ecological conditions were formed by means of cluster analysis.

The results of evaluation methods based on phytocoenological relevés of the plots mentioned have shown a different level of mutual harmony of the evaluation of environmental factors and a certain deviation among the methods used. All three methods are relatively equal in their evaluation of humidity at the level of oak plots, quadrant subplots and homogeneous subplots. The evaluation of soil pH based on all three methods rather well matches only at the level of comparative oak plots. The assessment of this factor is much more varied in the instance of quadrant subplots and homogeneous subplots. In the majority of other cases, interactive comparisons of other factors show little correspondence of the methods. In some instances the level of evaluation agreement is different from level to level.

Several examples have proved that the evaluation estimates by Košir show more explicitly to the expected ecological differences than the other two methods. Hence it follows that it is questionable to use methods which originated in totally different phytocoenological conditions from those in our country for the evaluation of our sites and forest phytocoenoses.

The part of the undefined species is the smallest in the case of Landolt's method, which proves that this author much more deals with the so called South European species than the Ellenberg's method. On average the part of undefined species on all three levels is the biggest when using the Košir's method, which indicates the need to complete the list of species with the indication values. The calculation of site coefficients from the evaluated environmental factors by Košir should be checked by more reliable measurements of dendrometric characteristics. Phytoindication methods should be tested on different types of forests. Integrity of evaluation methods should be checked by thorough ecological measurements and highly reliable estimations. The three phytoindication methods give a relatively rough evaluation of environmental factors.

9 VIRI

- ACCETTO, M., 1974. Združbi gabra in evropske gomoljčice ter doba in evropske gomoljčice v Krakovskem gozdu.- Gozdarski vestnik, 32, 10, s. 357-356.
- BLEJEC, M., 1961. Statistične metode v gozdarstvu.- Univerza v Ljubljani, Fakulteta za agronomijo, gozdarstvo in veterino, Univerzitetna založba, Ljubljana, 246 s.
- DAKSKOBLER, I., 1994. Asociacija *Seslerio autumnalis-Fagetum* (Ht. 1950) M. Wraber (1957) 1960 v severozahodnem delu Ilirske florne province.- Doktorska disertacija, Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo, Ljubljana, 186 s.
- ELLENBERG, H., 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- Scripta Geobotanika 9, Verlag Erich Goltze, Göttingen, 97 s.
- ELLENBERG, H., 1979. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- 2. Aufl., Scripta Geobotanika 9, Verlag Erich Goltze, Göttingen, 122 s.
- ELLENBERG, H. / WEBER, E.H. / DÜLL, R. / WIRTH, V. / WERNER, W. / PAULISSEN, D., 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanika 18, Erich Goltze Kg, Göttingen, 248 s.
- FAHRMEIR, L. / HAMERLE, A., 1984. Multivariate statistische Verfahren.- Walter de Gruyter, Berlin, New York, 796 s.
- KALAN, P., 1996. Statistično vrednotenje vzorčenja gozdnih tal za kemijsko analizo.- Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, 70 s.

- KOŠIR, Ž., 1992. Vrednotenje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč in ekološkega značaja fitocenoz.- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Ljubljana, 58 s.
- KOŠIR, Ž., 1994. Ekološke in fitocenološke razmere v gorskem in hribovitem jugozahodnem obrobju Panonije.- Ministrstvo za kmetijstvo in gozdarstvo, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Ljubljana, 149 s.
- KUTNAR, L., 1997. Primerjava vrednotenja lastnosti gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč na primeru Landolta (1977), Ellenberga in sod. (1991) in Koširja (1992).- Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 125 s.
- LANDOLT, E., 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora.- Veröffentlichungen des Geobotanischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule, 64. Heft, Zürich, 208 s.
- MÄGDEFRAU, K. / EHRENDORFER, F., 1988. Botanika.- Školska knjiga, Zagreb, 441 s.
- MORISITA, M., 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities.- Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.), 3, 1, s. 65-80.
- MÖLLER, H., 1992. Zur Verwendung des Medians bei Zeigerwertberechnung nach Ellenberg.- Tuexenia 12, Göttingen, s. 25-28.
- ODUM, E. P., 1971. Fundamentals of Ecology.- W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574 s.
- - -, 1974. Osnovna geološka karta SFRJ, 1: 100 000, Ribnica, L 33-78.- Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PICHLER, F. / KARRER, G., 1991. Comparison of different ecological indicator value systems.- V: 34th Symposium of the Internat. Assoc. for Vegetation Science (IAVS) "Mechanisms in Vegetation Dynamics", 26-30 Aug. 1991, Eger, Hungarian Academy of Sciences, Eger, s. 102-104.
- PISKERNIK, M., 1965. Gozdno rastlinje Slovenskega Primorja.- Zbornik 4, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, Ljubljana, s. 89-137.
- PISKERNIK, M., 1969. Rast jelke na jugovzhodnem slovenskem gorskem krasu in njeno ekološko ozadje.- Zbornik 7, Biotehniška fakulteta, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, s. 163-174.
- PISKERNIK, M., 1993. Mikroreliefne gozdne združbe slovenskega ozemlja.- Strokovna in znanstvena dela 113, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 370 s.

- PISKERNIK, M. / MARTINČIČ, A., 1970. Vegetacija in ekologija gorskih barij v Sloveniji.- Zbornik 8, Biotehniška fakulteta, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, s. 131-203.
- ROBIČ, D., 1979. Gozdna fitocenozoza kot kompleksni indikator naravnih danosti v gospodarjenju s prostorom.- Gozdarski vestnik, 37, 5, s. 223-226.
- ROBIČ, D. / LEVANIČ, T., 1994. Računalniško podprto obravnavanje fitocenoloških popisov.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 43, s. 5-29.
- SACHS, L., 1992. Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden.- Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 846 s.
- SCHMIDT, W., 1995. Waldbodenpflanzen als Bioindikatoren niedersächsischer Naturwalder.- Forstarchiv - Themenheft 66, 4, s. 150-158.
- SCHÖNHAR, S., 1993. Die Waldbodenvegetation als Standortsweser.- Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 164, 9/10, Frankfurt am Main, s. 173-180.
- SCHÖNHAR, S., 1995. Zur Ermittlung des ökologischen Verhaltens von Arten der Waldbodenvegetation.- Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 166, 5, Frankfurt am Main, s. 94-99.
- SMOLE, I., 1993. Vegetacija in rastiščne razmere na trajnih raziskovalnih ploskvah hrasta v Sloveniji.- I. del, Raziskovalna naloga, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti, Ljubljana, 86 s.
- SMOLE, I. / KUTNAR, L., 1994a. Vegetacijske in rastiščne razmere na trajnih raziskovalnih ploskvah hrasta v Sloveniji.- II. del, Raziskovalna naloga, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 50 s.
- SMOLE, I. / KUTNAR, L., 1994b. Vegetacijske in rastiščne razmere na trajnih raziskovalnih ploskvah hrasta v Sloveniji.- III. del, Raziskovalna naloga, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 56 s.
- SMOLEJ, I. / HAGER, H. (eds.), 1994. Oak decline in Slovenia.- Endbericht, Gozdarski inštitut Slovenije, Institut für Waldökologie - BOKU, Ljubljana, Dunaj, 213 s.
- TARMAN, K., 1992. Osnove ekologije in ekologije živali.- DZS, Ljubljana, 547 s.
- THIMONIER, A. / DUPOUEY, J. L. / BOST, F. / BECKER, M., 1994. Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France.- New Phytologist 126, s. 533-539.
- THIMONIER, A. / DUPOUEY, J. L. / TIMBAL, J., 1992. Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under the influence of atmospheric deposition.- Forest Ecology and Management 55, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, s. 149-167.

- TOMAŽIČ, G., 1940. Asociacija borovih gozdov v Sloveniji.- I. Bazifilni borovi gozdi.- Razprave Akademije znanosti in umetnosti I, Ljubljana, s. 77-120.
- TOMAŽIČ, G., 1942. Asociacija borovih gozdov v Sloveniji. II. Acidofilni borovi gozdi.- Razprave Akademije znanosti in umetnosti II, Ljubljana, s. 161-240.
- WESTHOFF, V. / MAAREL, E. VAN DER, 1978. The Braun - Blanquet Approach.- V: Classification of Plant Communities (WHITTAKER, R. H. (ed.)).- Dr W. Jung bv Publishers, The Hague, Boston, s. 287-399.

Prispevek je izsek iz magistrskega dela z naslovom "Primerjava vrednotenja lastnosti gozdnih fitocenoz in njihovih rastišč na primeru Landolta (1977), Ellenberga in sod. (1991) in Koširja (1992)", ki je nastalo pod mentorstvom prof. dr. Andreja Martinčiča. V njem se omejujem na posamezna ključna poglavja in ugotovitve iz omenjene raziskave. V razpravi in zaključkih pa se sklicujem tudi na druge okoljske dejavnike in ugotovitve v zvezi z njimi, ki so bili predmet celotne raziskave.