

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Primož Grudnik

**RAZVOJ SESTOJEV V VPLIVNEM OBMOČJU
TERMOELEKTRARNE ŠOŠTANJ**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Plešivec, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Primož GRUDNIK

**RAZVOJ SESTOJEV V VPLIVNEM OBMOČJU
TERMOELEKTRARNE ŠOŠTANJ**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**FOREST STANDS DEVELOPMENT IN THE AREA OF INFLUENCE
OF ŠOŠTANJ THERMAL POWER PLANT**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Plešivec, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 25.3.2009 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Jurija Diacija, za recenzenta pa dr. Primoža Simončiča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Primož Grudnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	GDK 181.45:23+524.6(497.4 Šoštanj)(043.2)=163.6
KG	razvoj/sestoji/vplivno območje/termoelektrarna Šoštanj
AV	GRUDNIK, Primož
SA	DIACI, Jurij (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2009
IN	Razvoj sestojev v vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 50 str., 6 pregl., 28 sl., 2 pril., 29 vir.
IJ	sl
JI	sl/en

AI Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ) je vse od svojega začetka onesnaževala bližnjo in daljno okolico Šaleške doline z različnimi zračnimi onesnažili. V tem času so drevesa v gozdovih slabše priraščala v debelino in slabše je bilo njihovo pomlajevanje. Leta 1995 in leta 2000 sta bili na blokih 4 in 5 zgrajeni odžvepljevalni napravi, zaradi česar so se emisije SO₂ zmanjšale na 10% vrednosti v letu 1991, medtem ko se emisije ostalih plinov (NO_x, CO₂) niso bistveno spremenile. Namen naloge je bil oceniti vpliv zmanjšane emisije SO₂ na stanje gozdov na vplivnem območju TEŠ, po isti metodologiji, ki je bila uporabljena leta 1987. Izmere so bile opravljene na 16 ploskvah, ki ležijo na nadmorski višini od 310 do 1130 metrov in kjer so drevesa leta 1987 kazala večinoma 2. in 3. razred poškodovanosti. Matična podlaga na ploskvah sta tonalit in tuf, ki tvorita bolj kislata rastišča. Rezultati so pokazali, da se je po izgradnji čistilnih naprav na TEŠ stanje inicialne faze izboljšalo v primerjavi s predhodnim merjenjem. Spremembe so ugodno vplivale tudi na pomlajevanje listavcev, predvsem bukve in kostanja, ki sta zaželeni drevesni vrsti. Prav tako se je izboljšala splošna vitalnost dreves, ki jo dokazujejo gibanja debelinskega prirastka ter primerjava s priraščanjem dreves na primerljivih rastiščih na Pohorju in Kaštnem vrhu. Nadaljnja usmeritev gojenja gozdov na tem območju bi morala temeljiti na skupinsko postopnem gospodarjenju z gozdom (SPG). Na ta način bi se tvorila jedra, ki bi se nato z robnimi sečnjami širila ter omogočala rast in razvoj inicialnega sloja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	FDC 181.45:23+524.6(497.4 Šoštanj)(043.2)=163.6
CX	development/forest stands/area of influence/Šoštanj thermal power plant
AU	GRUDNIK, Primož
AA	DIACI, Jurij (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2009
TI	Forest stands development in the area of influence of Šoštanj thermal power plant
DT	Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO	VIII, 50 p., 6 tab., 28 fig., 2 ann., 29 ref.
LA	sl
AL	sl/en

AB The forests in the Šalek Valley started to decline after decades of air pollution from the Šoštanj Power Plant (ŠTPP). During this times trees in the forest showed smaller diameter growth and regeneration. The extremely high SO₂ emissions were reduced by the installation of desulphurisation devices at Unit 4 (1995) and at Unit 5 (2000), but emissions of NO_x and CO₂ were almost unchanged. In 2004 SO₂ emission was reduced to 10% of that in 1991. The main aim of this research was to assess the influence of the reduction of SO₂ on condition of forests in the area of influence of ŠTPP, following the same methodology, which was used in the year 1987. Measurements were implemented on 16 plots, which lay at the altitude from 310 to 1130 meters and where trees showed 2. and 3. damage class. Geological substratum on panels are tonalite and tuff. They form more acidic soils. Results showed that condition of initial phase was improved after the installation of desulphurisation devices on ŠTPP. Changes had also positive influence on regeneration of deciduous trees, especially beech and chestnut tree, which are very welcome species. General vitality of trees was also improved, what was indicated from last decade diameter growth and from comparison with diameter growth of trees from similar sites from Pohorje and Kašni vrh. Further orientation of silviculture in this area should be based on irregular shelterwood. Already formed regeneration cones should be extended to enable growth and development of seedlings and saplings.

KAZALO

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO PRILOG	VIII
1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1 Gojenje gozdov.....	7
2.2 Onesnaženje zraka	10
2.2.1 Obseg zračnega onesnaženja	11
2.2.2 Zračna onesnažila	11
2.3 Odgovor rastlin na stres.....	13
2.4 Propadanje gozdov	14
3. CILJI IN HIPOTEZE	16
4. METODE	17
4.1 Izbira ploskev, meritve in ocenjevanje.....	17
4.1.1 Opis lokacije.....	17
4.1.2 Izbor ploskev	18
4.2 Zbiranje informacij.....	20
5. REZULTATI	23
5.1 Stanje inicialnega sloja na opazovalnih ploskvah	23
5.1.1 Primerjava deleža drevesnih vrst v inicialni fazi.....	24
5.1.2 Primerjava zastrtosti inicialne faze po stratumih za drevesne vrste	27
5.1.3 Primerjava mešanja drevesnih vrst v inicialni fazi po stratumih.....	28
5.2 Stanje zgornjega sloja gozda na opazovalnih ploskvah.....	29
5.2.1 Število dreves na hektar.....	29
5.2.2 Delež drevesnih vrst na posamezni ploskvi.....	31
5.2.3 Lesna zaloga	32
5.2.4 Stanje drevesnih vrst po substratumih.....	33
5.3 Analiza izvrtkov	36
6. DISKUSIJA	42
7. ZAKLJUČEK	45
8. POVZETEK	46
9. VIRI.....	48
ZAHVALA.....	51
PRILOGE	52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Letne emisije zračnih onesnažil iz TEŠ in srednje letne imisijske koncentracije zračnih onesnažil v Zavodnjah na proizvedeno električno in toplotno energijo v TEŠ (1) v obdobju pred (1996-2000) in po (2001-2003) delovanju NRDP na bloku 5 (Rotnik in sod., 2004).....	5
Preglednica 2: Osnovni podatki raziskovalnih objektov	20
Preglednica 3: Primerjava zastrtosti inicialnega sloja med primerjalnima letoma za vsako ploskev posebej [%]	23
Preglednica 4: Primerjava zastrtosti posameznega sloja (listavci, iglavci) med letoma 1987 in 2008 (izraženo v odstotnih deležih - %).....	28
Preglednica 5: Delež mešanja vseh drevesnih vrst po stratumu	28
Preglednica 6: Lesna zaloga na posameznih raziskovalnih ploskvah	32

KAZALO SLIK

Slika 1: Potek gradnje TEŠ do leta 2008 (Vrtačnik in Ribarič Lastnik, 2001)	4
Slika 2: Pogled na termoelektrarno Šoštanj (foto: Sinigajda, april 2008)	5
Slika 3: Svetlobni jašek (oktober 2008)	9
Slika 4: Verjetne posledice vpliva SO ₂ na smreko (oktober 2008)	14
Slika 5: Označba mejnih dreves na ploskvah (november 2008)	18
Slika 6: Pregledna karta raziskovalnih ploskev	19
Slika 7: Stanje inicialne faze na 2. ploskvi (oktober 2008)	23
Slika 8: Primerjava zastrtosti med primerjalnima letoma glede na vrsto substratuma (TO-tonalit; TU – tuf)	24
Slika 9: Pomlajenec smreke (oktober 2008)	25
Slika 10 : Primerjava deleža drevesnih vrst med primerjalnima letoma v zeliščnem sloju	25
Slika 11: Primerjava deleža drevesnih vrst med primerjalnima letoma v grmovnem sloju	26
Slika 12: Polnilni sloj grajen z bukvi (oktober 2008)	26
Slika 13: Primerjava deleža drevesnih vrst med letoma 1987 in 2008 v polnilnem sloju...	27
Slika 14: Mešani grmovni sloj smreke, kostanja in bukve (oktober 2008)	29
Slika 15: Število dreves na hektar med primerjalnima letoma	31
Slika 16: Delež posameznih drevesnih vrst na posamezni ploskvi	31
Slika 17: Primerjava lesne zaloge med letoma 1987 in 2008	33
Slika 18: Socialni položaj drevesnih vrst po substratumih	33
Slika 19: Vitalnost drevesnih vrst po substratumih	34
Slika 20: Razvojnja stopnja po substratumih	35
Slika 21: Prikaz vrtnja s prirastnim svedrom na terenu (november 2008)	36
Slika 22: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 1	37
Slika 23: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 2	37
Slika 24: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 8	38
Slika 25: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 9	39
Slika 26: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na območju substratuma 3	39
Slika 27: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na območju substratuma 2	40
Slika 28: Desetletni debelinski prirastek (mm)	41

KAZALO PRILOG

Priloga A.....	52
Priloga B.....	53

1. UVOD

Onesnaženost ozračja in propadanje gozdov predstavljata splošen problem, tako v svetu kot tudi pri nas v Sloveniji. Količina škodljivih snovi v zraku se povečuje z naraščanjem prebivalstva, industrijske proizvodnje in prometa z motornimi vozili ter z naraščanjem porabe energije in surovin.

Varstvo okolja je ena izmed poglobitnejših skrbi, ki se jih moderna družba še kako zaveda. V prejšnjem stoletju je bilo okolje podvrženo hudim pritiskom zaradi neodgovornega ravnanja, zlasti zaradi pretiranega izkoriščanja naravnih bogastev. Nezavedanje dejstva, da se bo narava "maščevala" takšnemu početju, je pripeljalo do posledic, ki jih bodo poleg nas občutile tudi bodoče generacije.

Bogata nahajališča premoga (lignita) pod Šaleško dolino so bila odločilnega pomena za izgradnjo termoelektrarne v Šoštanju. Z rastjo in razvojem termoelektrarne skozi čas je rasla tudi obremenitev okolja, ki jo je s svojo dejavnostjo povzročila. V obremenitev okolja v prvi vrsti spada onesnaženje zraka, vode in tal, v drugi vrsti pa velik odvzem vode iz okolja, vpliv na mikroklimo, povečan hrup.

Eden prvih, ki ga je zaskrbel negativni vpliv TEŠ na okolje in bližnje gozdove, je bil mag. Ivan Kolar, dipl. ing. gozdarstva. S svojo magistrsko nalogo z naslovom Umiranje smreke v gozdovih Šaleške doline, je opozoril javnost o množičnem izumrtju gozdov na vplivnem območju TEŠ in s tem spodbudil Ekološki sanacijski program TEŠ. Za informacijo bi rad podal parametre, ki so bili izračunani v Kolarjevem delu (1989) in sicer, da je 64 % površine I. stopnje poškodovanosti, 26 % površine II. stopnje poškodovanosti, 8 % površine III. stopnje poškodovanosti in samo 2 % površine je brez vidnih poškodb.

TEŠ takrat še ni imela nameščenih čistilnih naprav in je bila vir emisij škodljivih snovi (npr.: SO₂, NO_x, prašni delci...). Zaradi visokih koncentracij rastlinam škodljivih onesnažil (SO₂, O₃ ...) so občasno nastajale škode zaradi ožigov listja drevja in posledično (ožigi, vnos škodljivih snovi v gozdna tla...) do slabljenja drevja in v ekstremnih primerih do odmiranja gozdov.

Zaradi velikih emisij SO₂ iz TEŠ (te so se v letih od 1990-1995 gibale med 80.000 in 90.000 t SO₂, v letu 1983 pa so dosegle celo 120.000 t) je bil sprejet ekološki sanacijski program, katerega najpomembnejši fazi sta bili graditev popolnega odžveplanja dimnih plinov bloka 4 v letu 1995 in bloka 5 v letu 2000 (Vrtačnik in Ribarič Lasnik, 2001). Letna emisija SO₂ se je po postavitvi čistilne naprave na bloku 4 zmanjšala na 51.000 ton, po postavitvi čistilne naprave na bloku 5 pa se je zmanjšala na okoli 8.000 t v letu 2004.

Z izgradnjo čistilnih naprav na blokih TE Šoštanj se je stanje gozdov na vplivnem območju izboljšalo in s to diplomsko nalogo bi rad potrdil, da se je gozd na tako imenovanih Kolarjevih ploskvah izboljšalo.

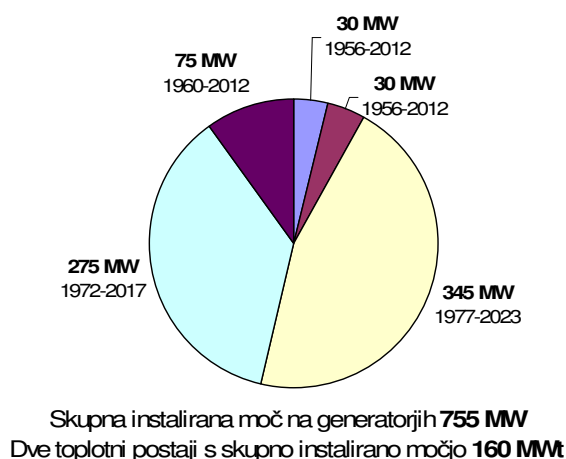
2. PREGLED LITERATURE

Človek s svojo aktivnostjo v kmetijstvu, prometu, industriji in proizvodnji električne energije v ozračje sprošča mnogo strupenih snovi. Odziv rastlin na onesnažen zrak oziroma na posamezne onesnaževalce v zraku se lahko kaže s pospešeno rastjo, množično prisotnostjo ali slabim uspevanjem ter izginjanjem rastlinskih vrst. Izginjanje določenih rastlinskih vrst (Batič in Kralj, 1989) in propadanje gozdov (Kolar, 1989) se pojavlja predvsem v bližini velikih emisijskih centrov. Vendar je vzrokov za propadanje gozdov veliko.

V lanskem letu je TEŠ po več kot tridesetih letih povečala svojo inštalirano moč iz 755 MW na zdajšnjih 809 MW. Uspešno so sinhronizirali generator prve 42 MW plinske enote, kasneje pa nadomestili proizvodnjo 30 MW bloka 2 z drugo 42 MW plinsko enoto. Prišli so na parni plinski proces blokov 4 in 5 in tako oskrbeli Slovenijo za dodatnih 54 MW električne energije. Poleg prehoda na parno plinski proces bodo predvidoma do konca leta 2014 v TEŠ zgradili 600 MW blok 6, ki bo eden najsodobnejših termoenergetskih blokov (Termoelektrarna ..., 2009). TEŠ še vedno za proizvodnjo uporablja velenjski lignit, ki vsebuje okoli 1,4 % žvepla. Pri izgorevanju lignita se skozi tri dimnike izločajo mnoge toksične snovi (SO₂, NO_x, ogljikovodiki in drugi polutanti različne kemijske narave). Leta 1994 in 2000 so zgradili odžveplalni napravi na bloku štiri in pet s čimer so začeli uresničevati ekološko sanacijski program, ki je bil sprejet leta 1987. Močan vpliv emisij iz termoelektrarne vpliva na okoliško vegetacijo, kar je privedlo do propada gozda. V zadnjih letih je to eden izmed resnejših problemov (Kolar, 1989). Med najbolj poškodovanim gozdnim drevjem je smreka (*Picea abies* (L.) Karsten), ki je bila intenzivno sajena na naravna rastišča listavcev.

Vpliv odpadnih plinov termoelektrarne Šoštanj na vegetacijo v Šaleški dolini je raziskovalo več slovenskih raziskovalcev. Raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije opravijo vsako leto (razen leta 1988 in 1992) popis propadanja gozdov. Ta temelji na ocenjevanju vidnih znakov poškodovanosti, kot so osutost krošnje, motnje v razraščanju, znakih propadanja, poraščenost in zastopanost lišajskih tipov (Anonymous, 1987a;

Anonymous, 1988; Batič in sod. 1993; Batič in Kralj, 1989; Batič in sod. 1994, cit. po Ribarič Lastnik, 1999).



Slika 1: Potek gradnje TEŠ do leta 2008 (Vrtačnik in Ribarič Lastnik, 2001)

Potek uresničevanja projektov ekološke sanacije TEŠ:

- Ekološki informacijski sistem (december 1989);
- aditivno razžveplanje na blokih 1-5 (marec 1991);
- primarni ukrepi za znižanje NO_x na bloku 4 (oktober 1991);
- razžveplanje na bloku 4 (februar 1995);
- rekonstrukcija odpepeljevanja – zaprti krogotok (oktober 1994);
- razžveplanje na bloku 5 (november 2000);
- razžveplanje dimnih plinov blokov 1-3 v čistilni napravi bloka 4 (2001);
- primarni ukrepi za znižanje NO_x na bloku 5 (2002).

(Vrtačnik in Ribarič Lasnik 2001).

Magistrska naloga Ekofiziološke lastnosti smreke (*Picea abies* (L.) Karsten) na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj (Ribarič Lasnik, 1991) je pokazala, da je skupna vrednost žvepla v iglicah na vseh vzorčnih mestih v okolici TEŠ presegala normalne vrednosti. Izstopajo vzročna mesta v neposredni bližini TEŠ, pod inverzno plastjo in na mestih, kjer je stopnja poškodovanosti gozdov največja.

Preglednica 1: Letne emisije zračnih onesnažil iz TEŠ in srednje letne imisijske koncentracije zračnih onesnažil v Zavodnjah na proizvedeno električno in toplotno energijo v TEŠ (1) v obdobju pred (1996-2000) in po (2001-2003) delovanju NRDP na bloku 5 (Rotnik in sod., 2004)

Letne vrednosti		PRED ($\bar{a} \pm \text{std.}$)	PO ($\bar{a} \pm \text{std.}$)	$t^{\text{SP}}, p^{(2)}$
Proizvedena energija v TEŠ (MWh)		3884836 \pm 191219	4359106 \pm 159231	-3,58 *
Emisije zračnih onesnažil iz TEŠ na proizvedeno energijo (ton/MWh)	SO ₂	0.01297 \pm 0.00095	0.00414 \pm 0.00101	12,47 ***
	NO _x	0.00273 \pm 0.00019	0.00268 \pm 0.00016	0.37
	CO ₂	0.90981 \pm 0.01581	0.93878 \pm 0.05818	-1.10
	Prah	0.00041 \pm 0.00020	0.00012 \pm 0.00002	2.42
Srednje letne konc. zračnih onesnažil v Zavodnjah na proizvedeno energijo ($\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{GWh}$)	SO ₂	0.00982 \pm 0.00128	0.00414 \pm 0.00066	7.01 ***
	NO ₂	0.00164 \pm 0.00018	0.00122 \pm 0.00023	2.95
	NO _x	0.00200 \pm 0.00029	0.00152 \pm 0.00030	2.27
	O ₃	0.01709 \pm 0.00117	0.01679 \pm 0.00189	0.28
	Prašne usedline ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{dan}/\text{MWh}$)	0.01462 \pm 0.00917	0.01477 \pm 0.00943	-0.02
Srednje letne konc. zračnih onesnažil v Zavodnjah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂	38.20 \pm 5.72	18.00 \pm 2.65	5.63 **
	NO ₂	6.40 \pm 0.89	5.33 \pm 1.15	1.48
	NO _x	7.80 \pm 1.30	6.67 \pm 1.53	1.12
	O ₃	66.40 \pm 5.90	73.00 \pm 6.24	-1.50
	Prašne usedline ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{dan}$)	56.07 \pm 33.51	65.33 \pm 43.00	-0.34

Stopnja značilnosti razlik pri primerjavi povprečnih vrednosti so pri $p < 0,05$ označene z *, pri $p < 0,01$ z ** in pri $p < 0,001$ s ***.



Slika 2: Pogled na termoelektrarno Šoštanj (foto: Sinigajda, april 2008)

Popis propadanja gozdov in z njim povezane prirastoslovne študije so pokazale, katera področja v okolici TEŠ so najbolj poškodovana. Vendar pa način nastanka poškodb s tem še ni bil dokazan. Podatki o celokupni vsebnosti žvepla v npr. smrekovih iglicah nam

povedo (kaj to pomeni za rastlinski organizem), kakšne so emisije SO₂ na obravnavanem rastišču, majhne oz. visoke ter da lahko v primeru visokih vsebnosti celokupnega žvepla v iglicah tekočega letnika pričakujemo poškodbe asimilacijskega aparata drevja.

Obsežno propadanje gozdov v Evropi v zadnjih letih je privedlo do številnih raziskav. Med povzročitelje prav gotovo sodijo SO₂, O₃, NO_x in PAN (peroksi-acetilnitrili) ter aktivacija kloretenov s sončno svetlobo. Povzročajo bledenje iglic (kloroze) do rumene in končno do rjave barve (nekroze), dokler iglice ne odpadejo (Frank in Frank, 1985, cit. po Ribarič Lastnik, 1999). Razpad klorofila in bledenje listov ali iglic je eden vidnih znakov posledic onesnaženega zraka. Bledenje iglic, ki ga povzroča svetloba na vejah, ki so izpostavljene soncu, je zelo pogosto, medtem ko iglice na senčni strani ostanejo normalno zelene.

Kolar (1989) je v svoji magistrski nalogi izdelal na osnovi ocene poškodovanosti gozdov pregledno karto poškodovanosti gozdov v Šaleški dolini.

Študije prirastka smreke (Ferlin, 1990) so prav tako pokazale, da je debelinski prirastek v bolj onesnaženih območjih manjši.

Rodovitnost rastišč vpliva na rast in zdravje gozdov, ki jih poraščajo (Urbančič, 1989). Tla iz objektov z večjo izmerjeno onesnaženostjo zraka (Zavodnje, Veliki vrh, Široko) imajo v organskem horizontu praviloma večje vsebnosti skupnega žvepla v primerjavi z objekti z manjšimi vnosi onesnažil v gozd (Osankarica, Pirešica).

Tom Levanič in Andreja Slapnik sta analizirala širine branik pred obdobjem največjega onesnaževanja z SO₂, v tem obdobju in po sanacijskih ukrepih, opravljenih na termoelektrani Šoštanj in Trbovlje. Analize širine branik so pokazale, da so branike ožje na mestih, kjer so vnosi onesnažil večji od lokacij z manjšimi vnosi onesnažil. Ugotovila sta tudi, da so drevesa, po izgradnji odžveplevalnih naprav, ki so bila bližje termoelektrani, počasneje priraščala kot tista z bolj oddaljenih ploskev. Ugotovila sta, da vpliv termoelektrarn (TEŠ in TET) na debelinski prirastek drevja zaradi onesnaženega zraka ne omogoča izkoristka proizvodne sposobnosti rastišč (Levanič in Slapnik 2006).

Rezultati osutosti drevesnih krošenj ter deleža poškodovanih dreves bukve (*Fagus sylvatica* L.) v vplivnem območju Termoelektrarne Trbovlje kažejo na večjo osutost ter večji delež poškodovanih dreves v Zasavju v primerjavi z rezultati popisa na vseslovenski 16 x 16 km mreži (Bienelli-Kalpič, 2002). Vzorci iz Zasavja odražajo stres zaradi onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom in ne zaradi posrednega vpliva degradacije tal. Nedvomno k temu pripomore velika puferska sposobnost gozdnih tal na karbonatni podlagi v Zasavju, ki nevtralizira vnos kislih depositov zaradi imisij žveplovega dioksida.

2.1 GOJENJE GOZDOV

Sestoje, v katerih prevladuje več kot 90 % ene drevesne vrste, imenujemo *čisti gozdni sestoji*. V naravi se ti gozdovi pojavljajo različno. Pogosto jih najdemo v zaostrenih razmerah, kjer lahko le nekatere drevesne vrste, imenovane tudi "specialisti", uspešno opravljajo svojo življenjsko nalogo. Čisti gozdni sestoji nastajajo v naravi spontano in tudi s človekovo dejavnostjo, kot na primer s čezmernim pospeševanjem neke vrste, snovanjem nasadov ene drevesne vrste ali z degradacijo rastišča. Naravni čisti sestoji so lahko trajni ali prehodni.

Naravni čisti sestoji nastajajo na skrajnostnih, posebnih, ekskluzivnih rastiščih. Tu se uveljavljajo le prilagojene in specializirane drevesne vrste, ki s svojimi lastnostmi lahko naselijo in obvladajo zahtevna rastišča, kot na primer, mokra, grezna tla, izjemno kisl, bazična tla, rastišča s kratko vegetacijsko dobo.

Pri gojenju gozdov razlikujemo dve veliki skupini gozdnih drevesnih vrst, in sicer pionirske in ključne – klimaksne drevesne vrste. Prve se nasemenijo neposredno po naravnih ujmah in hitro zavzamejo prostor, druge jim sledijo z razvojem tal, s sestojno klimo in z vračanjem živalstva. Veliko drevesnih vrst težko razvrstimo v eno ali drugo skupino. Veliko drevesnih vrst sodi po lastnostih v obe skupini, zato govorimo o pol – pionirjih, na primer gorski javor, jerebika, jesen, bor, macesen (Diaci, 1995). Pionirji so glede vezave energije in snovi potratni, klimaksne drevesne vrste so racionalne porabnice energije in hranil, zato so tekmovalno sposobnejše od pionirskih vrst.

Prikazane lastnosti drevesnih vrst povzročajo ob sekundarni gozdni sukcesiji na splošno tako zaporedje:

- ± čisti sestoji pionirjev;
- ± dvoplastni mešani sestoji: v zgornji plasti so pionirji, v spodnji plasti pa klimaksne vrste;
- ± enoplastni mešani ali čisti sestoji klimaksnih drevesnih vrst.

Velika tekmovalna moč neke drevesne vrste pripomore k nastajanju čistih sestojev tudi na povprečnih in odličnih rastiščih, kjer bi lahko potencialno uspevalo veliko drugih drevesnih vrst. V čistih sestojih neke vodilne drevesne vrste najdemo spremljevalne drevesne in grmovne vrste, ki so z vidika lesne zaloge morda manj pomembne, lahko pa imajo ključno vlogo pri razvoju ekosistema. Na splošno lahko na bogatejših rastiščih uspeva več drevesnih vrst, na revnejših in posebnih pa le specialisti. V Sloveniji prevladujejo mešani sestoji, zato je načelna opredelitev za mešane sestoje razumljiva. Poleg tega z mešanimi sestoji najlažje dosežemo dolgoročno ekološko in ekonomsko stabilnost.

Klasično skupinsko postopno gojenje gozdov (SPG) se je razvilo v 19. stoletju kot odpor proti velikopovršinskim sistemom. Je najpomembnejši gozdnogojitveni sistem v Sloveniji in je sistem v nenehnem razvoju.

Sistem prevzema iz zasnove prebiralnega gojenja:

- trajno navzočnost vseh razvojnih faz gozda na majhni površini;
- samovarovalnost in varovalno delovanje gozda v okolju;
- spoštovanje osebnostnih lastnosti dreves in rastišč,
- prebiralno sečnjo kot osnovno orodje nege.

Temelj za razumevanje in uresničevanje sistema je dobro poznavanje ekologije in nege gozda ter njunih medsebojnih odvisnosti. Gre za razmerje med rastišči, sestoji, ekološkimi dejavniki in negovalnimi ukrepi.



Slika 3: Svetlobni jašek (oktober 2008)

Razvojne faze pri SPG si vrstijo mozaično, malopovršinsko, so brez ostrih prehodov. Če je potrebno, jedra in skupine mladovja negujemo, v odraščajočem gozdu izbiralno redčimo in postopno vpeljujemo mladje. Mladja spuščamo v jedra, ta pa z robno sečnjo širimo in postopno združujemo. Mladje se razvija pod zastorom.

DOLOČEVANJE CILJEV

Pri gojitvenem načrtovanju so dolgoročni cilji temeljno izhodišče. Te cilje določamo predvsem na podlagi proučenih rastišč in njihove rodovitnosti oziroma proizvodne sposobnosti rastišč (Kotar, 2005).

Dobro prepoznavanje usmerja gojitelje glede:

- izbire drevesnih vrst;
- intenzivnosti nege;
- načina obnove sestoja;
- vrste in oblike novega sestoja, ki bo nastal med zamenjavo starega.

Vsaka drevesna vrsta ali vsaka zmes drevesnih vrst potrebuje in ustvarja drugačno okolje. Gojiteljeva naloga je, da od številnih možnosti, ki se ponujajo na nekem rastišču, izbere rastišču in potrebam primerno (Diaci, 2006).

2.2 ONESNAŽENJE ZRAKA

Okoljski zrak je sestavljen iz različnih onesnažil, katerih koncentracije se spreminjajo v prostoru in času. Skupen učinek je lahko večji od seštevalnega učinka posameznih onesnažil. Na osnovi fizikalnih in kemijskih lastnosti onesnažil le ta delujejo na različnih ravneh in različno škodljivo pri različnih receptorjih v okolju. Žveplov dioksid (SO_2), ki je primarno onesnažilo, škodljivo deluje na vegetacijo v bližnji okolici izvora (lokalni vpliv), medtem ko sekundarna onesnažila, kot sta ozon (O_3) in odlaganje sulfata (SO_4^{2-}) predstavljajo širši regionalni oziroma meddržavni problem. Nekateri drugi, npr. povečane koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2), predstavljajo problem globalne razsežnosti. Primarna zračna onesnažila so emitirana neposredno iz vira (npr. SO_2), medtem ko sekundarna nastanejo iz primarnih, kot rezultat reakcij v atmosferi (npr. O_3) (Krupa, 1996).

Zračna onesnažila (suha in mokra) kažejo razgibano spremenljivost v prostoru in času. To je posledica variabilnosti v:

- emisijah primarnih onesnažil,
- meteorološko odvisnem transportu in pretvorbi onesnažil,
- vzorcu useda (suh ali moker).

Koncentracije zračnih onesnažil se spreminjajo z nadmorsko višino, v obdobju enega leta in med leti, v času sezone in med sezonami in celo v enem dnevu (Legge in Krupa, 1990).

Naravni viri onesnažil so vulkani, tla, vegetacija, idr..

Antropogeni viri so lahko:

- enkratni izpusti iz točkovnega vira (npr. kemijska izlitja ali nesreče),
- stalni izpusti iz točkovnega vira (npr. termoenergetski objekti, ki za gorivo uporabljajo premog, nafto...),
- transport (npr. avtoceste),
- izvori celotnega področja (urbano naselje ali mesto, industrija, promet...),

- izvori regionalnega značaja (večja geografska regija, ki vključuje vsaj dve področji izvorov) (Krupa, 1996).

2.2.1 Obseg zračnega onesnaženja

Zračno onesnaženje se pojavlja v različnem obsegu od izrazito točkovnega do krajevnega, regionalnega, kontinentalnega ter globalnega onesnaženja. Medtem ko se lokalno onesnaženje pojavlja v premeru 5 km, urbano onesnaženje sega do 50 km, regionalno od 50 do 500 km, kontinentalno od 500 do nekaj 1000 km in globalno po vsem svetu.

- Točkovno zračno onesnaženje povzroči eden, ali nekaj večjih izvorov onesnažil, ali veliko manjših izvorov (npr. termoelektrarne, motorna vozila).
- Pri krajevem onesnaženju obstajata dva glavna problema, in sicer sproščanje primarnih onesnažil ter tvorba sekundarnih onesnažil v ozračju.
- Pri regionalnem zračnem onesnaženju so pomembni trije glavni tipi onesnaženja. Kot prvi tip se pojavlja onesnaženje območij, kjer se stikajo zračne mase večjega števila mest. Drugi tip onesnaženja predstavljajo počasi reagirajoča primarna zračna onesnažila, ki reagirajo šele v času daljinskega transporta na regionalni ravni (SO_2 oksidira na dolge razdalje v SO_3 ta proces vodi v »kisel dež«). Tretji problem predstavlja zmanjšana vidljivost zaradi specifičnih emisij plinov, ki povzročajo motnost ozračja.
- Pri kontinentalnem onesnaženju je pomembno to, da politika glede zračnega onesnaženja v eni državi vpliva na stanje v sosednji državi.
- Globalno onesnaženje predstavlja onesnaženje preko celotne zemeljske poloble.

2.2.2 Zračna onesnažila

Zračno onesnaženje nastaja v povezavi s štirimi tipičnimi pojavi industrializiranih pokrajin:

- povečanje mest,
- naraščanje prometa,
- hiter ekonomski razvoj in

- velika poraba energije.

V urbanih predelih so izvori zračnega onesnaženja termoelektrarne, industrija, promet z motornimi vozili in gospodinjstva (zgorevanje fosilnih goriv) (Yunus in sod., 1996).

Slovenija je dežela z razgibanim reliefom v zavetrju Alp. Z reliefnimi značilnostmi so povezane tudi podnebne značilnosti. V Slovenskih dolinah in kotlinah prevladujejo šibki vetrovi. Pogosto se v nižjih predelih pojavljajo temperaturne inverzije. V takih razmerah že relativno majhne emisije snovi v zrak povzročajo občutno onesnaženost zraka.

Snovi, ki so emitirane v ozračje zaradi različnih aktivnosti človeka ali narave, povzročajo različne ekološke probleme, kot so:

- zakisovanje tal,
- eutrofikacijo ekosistemov,
- slabšanje kvalitete zraka,
- ogrevanje atmosfere/klimatske spremembe,
- poškodbe na organizmih, njihovih združbah in ekosistemih,
- škodljivi vplivi na človeka.

Žveplov dioksid

Je primarno onesnažilo, kar pomeni, da se neposredno sprošča v ozračje. Nastaja največ pri zgorevanju fosilnih – premoga in olja, v industrijskih procesih, topilnicah ter rafinerijah. Letne globalne emisije žveplovega dioksida znašajo 294 milijonov ton, od tega je 160 milijonov ton antropogenega izvora (Urban air ..., 1991). Približno 90 % omenjenih emisij je sproščenih v severnem delu hemisfere. ZDA in Rusija sta največja izvora omenjenega onesnažila, velik delež predstavljajo tudi slabše razvite države (Kitajska, Mehika, Indija).

Velikost vplivnega območja emisij, količina nastalih kislih padavin in učinek žveplovega dioksida so odvisni od številnih dejavnikov, kot so:

- vremenske razmere (veter, oblaki, vlažnost, sončno sevanje),
- prisotnost drugih onesnažil,
- višina, na kateri je sproščen SO₂, in

- čas zadrževanja žveplovega dioksida v ozračju.

V številnih industrijskih državah so se emisije SO₂ zmanjšale kot posledica vgrajevanja čistilnih naprav in zamenjave goriva. V Sloveniji je predpisana mejna imisijska koncentracija žveplovega dioksida za obdobje enega leta 50 µg m⁻³, mejna dnevna imisijska koncentracija pa je 125 µg m⁻³ (Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih snovi v zraku, 1994).

2.3 ODGOVOR RASTLIN NA STRES

Stres je značilno odstopanje od optimalnih razmer za življenje, ki vodi v spremembe na vseh ravneh organizma. Čeprav je lahko stres le začasen, postane vitalnost rastlin tudi po prenehanju stresa šibkejša. Odgovore rastlin na izpostavljenost zračnim onesnažilom delimo na akutne in kronične. Akutni odziv vključuje hitre spremembe v fizioloških in biokemičnih procesih rastlin. V ustreznih razmerah prej omenjene spremembe pogosto vodijo v nastanek simptomov listnih poškodb (Krupa in Manning, 1998):

- Akutni odgovori rastlin se razvijajo pod vplivom relativno velikih urnih koncentracij onesnažila nekaj ur in poškodbe se razvijejo v nekaj dneh po izpostavitvi. Prepoznamo jih po pojavu kloroz, razbarvanju listov, nekroz tkiva in organov ter smrti celotne rastline (Larcher, 1995).
- Za razliko od akutnih reakcij rastlin so kronični odzivi pojavijo kot odgovor rastlin na dolgotrajne izpostavitve onesnažilom (tedne, mesece, celo rastno sezono ali celoten življenjski cikel rastline). Kronično izpostavitve predstavljajo relativno majhne urne koncentracije onesnažil s periodičnimi, prekinjenimi, zelo variabilnimi epizodami relativno velikih koncentracij. Kronične izpostavitve povzročajo nastanek kloroz na listih, zavirajo rast in cvetenje, povzročajo odpadanje listov in cvetov, zmanjšujejo biomaso rastlin in ekonomski pridelek in spreminjajo hranilno vrednost užitnih pridelkov (Kickert in Krupa, 1990).

Vpliv žveplovega dioksida na rastline

Delovanje žveplovega dioksida je lahko kronično ali akutno. Spodnja meja fitoksičnosti naj bi bila 25-30 $\mu\text{g m}^{-3}$ pri dolgotrajnem delovanju. Žveplov dioksid vstopa v rastlino skozi listne reže tako kot ogljikov dioksid. Če so reže zaprte, lahko podobno kot kisik premaga kutikolarno upornost in vstopa v list po tej poti. Najbolj poznan fitotoksičen učinek SO_2 je razgradnja klorofila (Larcher, 1995).



Slika 4: Verjetne posledice vpliva SO_2 na smreko (oktober 2008)

2.4 PROPADANJE GOZDOV

Pomen preučevanja propadanja oz. stanja gozdov je poleg prispevka k poznavanju zgradbe in delovanja gozdnih ekosistemov tudi v tem, da so te raziskave zelo jasno pokazale na povezanost različnih sicer navidezno ločenih dejavnosti človeka, kot so kmetijstvo, gozdarstvo, industrija, promet, na probleme onesnaževanje okolja nasploh v povezavi z rabo prostora in ohranjanjem raznolikosti življenja na Zemlji. Enostranski razvoj industrije, prometa in urbanizacije so usodno vplivali na stanje gozdov, čeprav navidezno brez neposredne povezave (Batič, 1997a).

Zunanji simptomi propadanja gozdov so zelo različni, odvisni od oblike rasti, mesta rasti, tipa tal, geološkega izvora ter prisotnosti drugih stresorjev (biotski stresorji, klimatski dejavniki). Tipični simptomi, ki se pojavljajo s značilno pogostostjo, so anomalije v rasti (krajši internodiji v vrhovih krošenj), razbarvanje iglic in listov, nekroze izoliranih področij iglic, vej, odpadanje iglic (redčenje krošenj, pomanjkanje visečih vej pri smreki), odpadanje iglic, propadanje vrha krošenj in vej, koreninski sistem postaja vse bolj plitek. Za ocenitev škode obstajajo kategorije na osnovi razbarvanosti ter izgube iglic (Larcher, 1995). Pogost vzrok propadanja gozdov je kislina sestava padavin, ki se nalagajo na površini rastlin in se spirajo v gozdna tla.

Poznamo štiri glavne hipoteze vzorčno – posledičnih razmerij med stanjem gozda in rastjo drevja ter stresnimi dejavniki (De Vries, 1999):

- Hipoteza naravnega stresa – se osredotoča na neugodne vremenske razmere, še posebej na sušo, prisotnost bolezni in škodljivcev kot glavne vzroke škod;
- hipoteza neposrednega vpliva onesnaženega zraka – neugoden vpliv povečanih koncentracij SO₂, NO_x in O₃ na krošnje dreves povzroča fiziološko sušo, premeščanje ogljika in s tem oslabitev koreninskega sistema in povečanega spiranja, ki vpliva na foliarne vsebnosti hranil;
- hipoteza zakisanja gozdnih tal – vnos N in S posredno vpliva na zakisovanje tal, kar povzroča spiranje bazičnih ionov – hranil in njihovo pomanjkanje (npr. Mg), prisotnost toksične oblike aluminija, ki vpliva negativno na razvoj finih korenin in mikorize ter posledično na sprejem nujno potrebnih hranil za gozdno drevje, zmanjšanje vrednosti pH deluje tudi na proces mineralizacije in na večjo mobilnost težkih kovin;
- hipoteza evtrofikacije – povečanje imisije N pospešijo rast in povzročijo večje potrebe drevja po ostalih hranilih, povzročijo fiziološko sušo zaradi povečane rasti nadzemne biomase drevja (npr. krošnje) ne pa tudi koreninskega sistema, poveča se občutljivost drevja na naravne stresne dejavnike, npr. zmrzal in bolezni.

3. CILJI IN HIPOTEZE

Cilji naloge:

- ugotoviti današnje stanje smrekovih gozdov na območju tretje, druge in prve faze poškodovanosti leta 1987;
- na osnovi zgradbe in rasti gozdov (priraščanje) v preteklosti in sedanjega stanja predvideti nadaljnje razvojne težnje;
- oceniti inicialno razvojno fazo in s primerjavo podatkov ugotoviti, kateri drevesni vrsti se je njen delež povečal in katera drevesna vrsta izginja zaradi zmanjšanja ravnega prostora in analizirati spremembe v zgradbi na različnih ploskvah;
- analizirati spremembe v zgradbi mladja na različnih ploskvah.

Delovne hipoteze:

- zdravje smrekovih gozdov v Šaleški dolini se je izboljšalo v tolikšni meri, da je omogočeno normalno gospodarjenje z njimi,
- delež inicialne faze na ploskvah se je povečal,
- več zeliščne in grmovne plasti se je razvilo na mestih, kjer je bilo prej zatiranje krošenj zgornjega sloja slabo,
- pod vplivom čistejšega zraka se je debelinski prirastek povečal v primerjavi s prirastkom izpred dvajsetih let;

4. METODE

4.1 IZBIRA PLOSKEV, MERITVE IN OCENJEVANJE

4.1.1 Opis lokacije

Šaleška dolina leži na nadmorski višini od 300 do 400 m z dvema industrijskima centroma, Šoštanjem in Velenjem. Povprečna letna temperatura zraka zadnjih 15. let je 10°C, povprečna letna količina padavin v zadnjih 15. letih znaša med 938 in 1280 mm (ARSO, 2009).

Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ) onesnažuje okolje z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi in prašnimi delci (Hrček in sod. 1988; Stropnik in sod, 1993). Zgrajena je na 300 m nadmorske višine, na dnu alpske doline v centralnem severnem delu Slovenije. Zahodna pobočja doline dosežejo 1550 m nadmorske višine (Smrekovec), medtem ko so vzhodna precej manjša in dosežejo le 900 m nadmorske višine. Dolina je dobro prezračena. Samo v času stabilnih anticiklonskih vremenskih razmer ostane zrak nepremešan. Pojavljata se prizemna temperaturna inverzija do okoli 100 m nad dnom doline in temperaturna inverzija na višini 1000 do 1200 m. Termoelektrarna proizvaja električno energijo že dobrih petdeset let, ob tem pa tudi onesnažuje okolje z SO₂, NO_x in prašnimi delci ter povzroča različne negativne posledice predvsem na okoliških gozdovih (Lešnjak in sod., 1989).

V Velenju oziroma v vzhodnem delu Šaleške doline je zrak običajno razmeroma čist, ker jezero hladnega zraka, ki se pogosto pojavlja, ščiti dno doline pred vplivom škodljivih emisij iz velikih dimnikov TE Šoštanj. Ob intenzivni vertikalni izmenjavi zraka pod subsidenčno inverzijo pa se lahko tudi v tem delu Šaleške doline pojavijo razmeroma velike koncentracije SO₂. Taki primeri so redki. Pogostejše so dosežene velike koncentracije na pobočjih nad Šaleško dolino. Iz analize podatkov ekološkega informacijskega sistema TEŠ (EIS-TEŠ) in vremenskih razmer, ki vplivajo na transport dimnih plinov iz treh dimnikov TE Šoštanj sledi, da so najbolj nevarne tri situacije: temperaturna inverzija v anticiklonu na okrog 1000 m nadmorske višine, močan južni veter in močan severni veter. V Zavodnjah se pojavljajo zelo velike koncentracije SO₂ ponoči in

zjutraj v primeru višinske inverzije in zelo šibkega vetra, podnevi pa ob vetru iz smeri TE Šoštanj, ki piha po pobočju navzgor.



Slika 5: Označba mejnih dreves na ploskvah (november 2008)

4.1.2 Izbor ploskev

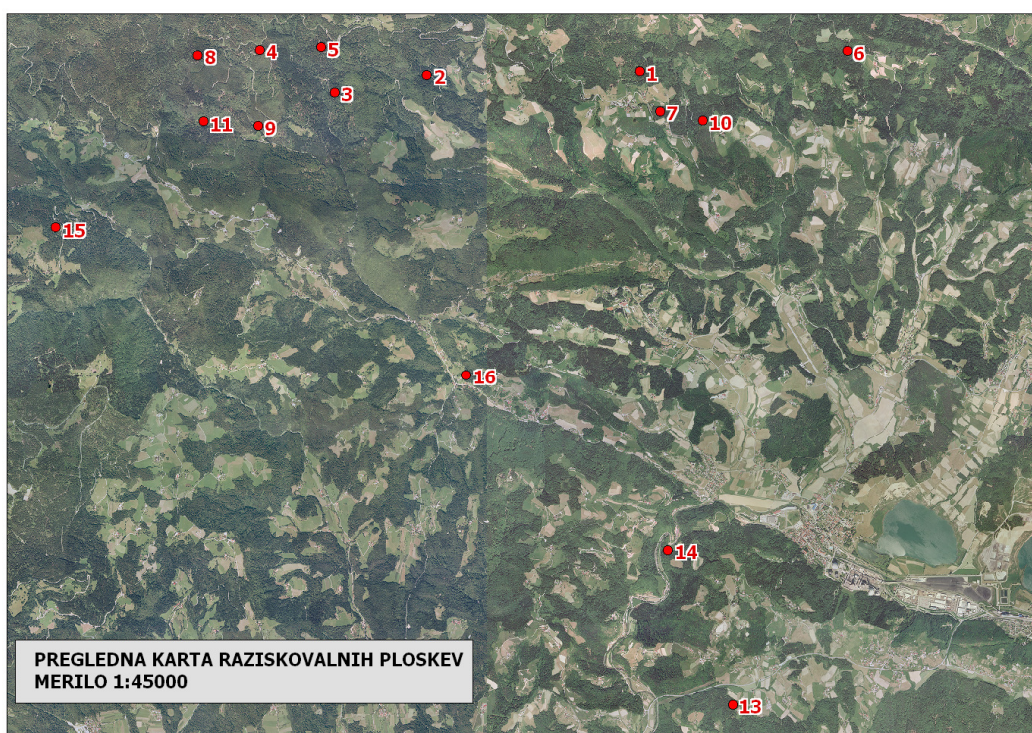
Obnovili smo raziskovalni objekt, ki ga je mag. Kolar leta 1987 izbral v sestojih gozdne združbe gradna, bukve in belkaste bekice – *Quercus-Luzulo – Fagetum typicum* (Mar. & Zup. 79) (novo ime *Castaneo-Fagetum* (Mar. & Zup.79) Mar. & Zup. 95) – kjer je smreka zastopana z najmanj 80 % (po temeljnici). Sestoji so čim bolj enodobni in enomerni. 16 trajnih raziskovalnih ploskev od 25, ki ležijo v nadmorskih višinah med 310 do 1130 m, smo obnovili (Preglednica 2). Velikost ploskve je znašala 30 m × 30 m. Po zakoličenju in prvi izmeri so bile meje ploskev vidno označene in v vseh ploskvah so bila oštevilčena vsa drevesa po zaporednih številkah. Izdelali smo pregledno karto (Slika 6) s pomočjo GPS naprave in obnovili mejne oznake na deblih dreves. Na ostalih 9-tih ploskvah ob prvem merjenju ni bilo vidnih poškodb, zato smo jih izpustili. Izbrane ploskve so bile ob prvem merjenju ocenjene s tretjo in drugo stopnjo poškodovanosti, le ena je bila prve stopnje poškodovanosti. Območje s poškodovanostjo gozdov do 3. stopnje je ležalo pretežno na geološki osnovi, ki jo sestavlja tonalit, sestoji gozdov na tufu pa so bili poškodovani le do 2. stopnje. Zato je bila geološka osnova postavljena kot naslednji kriterij.

Izbor makrolokacij smo določili:

- z rastiščem acidofilnega gozda hrasta, bukve in belkaste bekice;
- z geološko podlago tonalit in andezidni tuf;
- s predeli poškodovanosti.

Tudi mi smo uporabili te kriterije za razdelitev gozdov na stratume in substratume:

- stratum A (geološka podlaga tonalit)
- stratum B (geološka podlaga andezitni tuf)
- substratum I (stopnja poškodovanosti)
- substratum II (stopnja poškodovanosti)
- substratum III (stopnja poškodovanosti)



Slika 6: Pregledna karta raziskovalnih ploskev

- Stratum A zajema gozdove na tonalitu višinskega pasu med 605 in 1130 m nadmorske višine, kjer prevladujejo strmejša in pretežno južnejša pobočja. Zaradi tega so tu tla bolj sušna, skeletna, slabše rodovitna in zelo občutljiva na antropogene vplive (Marinček, 1987). Zaradi visokih vrhov in strmih pobočij nastajajo močni pobočni

vetrovi v času inverzij. Premešanje oziroma kroženje emisij zaradi pobočnih vetrov povzroča močne poškodbe na gozdovih. Značilnost tega območja je predel III. stopnje poškodovanosti gozdov.

- Stratum B zajema gozdove na tufu višinskega pasu od 310 do 945 m nadmorske višine, kjer prevladujejo severna pobočja. Tla so rodovitna in manj občutljiva na antropogene vplive. Tukaj gozdovi niso izpostavljeni direktnemu vplivu termoelektrarne Šoštanj. Tu ne najdemo predelov do III. stopnje poškodovanosti, zato je Kolar izločil samo dva predela poškodovanosti I. in II.

Preglednica 2: Osnovni podatki raziskovalnih objektov

		Nova oznaka ploskve	Stara oznaka ploskve	Koordinate x	Koordinate y	Oddelek	N.m.v. (m)	Nagib (°)	Lega
Stratum A	Substratum III	1	1	501850	142673	100	720	20	JV
		2	2	499265	142632	80	770	29	SV
		3	3	498148	142417	56A	790	32	JZ
		4	4	497242	142930	59	955	33	JZ
		5	5	497981	142969	57A	920	29	J
	Substratum II	6	6	504369	142920	110A	605	19	JZ
		7	7	502097	142190	97	645	12	JV
		8	8	496487	142872	45	1130	33	SV
		9	9	497223	142009	51D	725	34	JZ
		10	10	502612	142074	95	610	25	JZ
	Sub.I	11	15	496554	142068	50B	825	33	J
Stratum B	Substratum II	12	16	505288	133903	209A	445	12	SV
		13	17	502978	134984	204	310	15	SV
		14	18	502189	136851	218A	320	28	SV
		15	19	494765	140776	292B	945	27	S
		16	20	499741	138977	20	520	39	Z

4.2 ZBIRANJE INFORMACIJ

Na vsaki raziskovalni ploskvi smo:

- ocenili zastrtost inicialne faze po višinskih plasteh:
 - zeliščna plast (do 20 cm višine),

- grmovna plast (do 2,5 m višine),
 - polnilna plast (od 2,5 m višine in do praga 10 cm premera v prsni višini);
- ocenili delež drevesnih vrst v % v inicialni fazi ter mešanost drevesnih vrst (1 - posamezna, 2 - šopasta (do 1 ar), 3 - skupinska (1 do 5 ar), 4 - gnezdasta (od 5 ar naprej), 5 - sestojno;
- vsakemu drevesu izmerili prsni premer ($d_{1,3}$) na centimeter natančno in ocenili:
- socialni položaj (1 - prevladujoča drevesa, 2 - vladajoča drevesa, 3 - sovladajoča drevesa, 4 - obvladana drevesa, 5 – prevladana drevesa),
 - vitalnost (1 - zelo vitalno, 2 - vitalno, 3 - nevitalno),
 - razvojno težnjo (1 - nosilec, 2 - koristno drevo, 3 - konkurent, 4 - indiferentno drevo),
 - pri obdelavi podatkov smo si pomagali z metodo, ki jo je za ocenjevanje analize pomladka uporabil Diaci (Diaci, 1994);
- izmerili višine devetih najdebelejših dreves;
- s prirastnim svedrom povrtali šest najdebelejših dreves na štirih izbranih ploskvah. Poskušali smo zajeti obdobje vsaj zadnjih 50-ih let. Prvo drevo leži na ploskvi, kjer je bilo stanje leta 1987 najslabše, drugo pa na ploskvi, kjer je bilo stanje leta 1987 najboljše, ostali dve ploskvi smo določili glede na današnje stanje ploskve, torej tam, kjer je danes stanje najslabše in kjer je danes stanje najboljše. Drevesa smo izbirali iz sredine ploskve, in sicer tri dominantna drevesa v zgornjem sloju in tri kodominantna drevesa prav tako iz zgornjega sloja. Vse izvrtke smo odvzeli na prsni višini ($d_{1,3}$). Povrtanim drevesom smo izmerili prsni premer in višino, socialni položaj, vitalnost in razvojno težnjo. Prirastne izvrtke smo posušili in zalepili na lesene nosilce. Vzorce smo nato zbrusili s tračno brusilko, pri čemer smo uporabili brusne trakove z granulacijo od 180 do 400. V naslednjem koraku smo vse vzorce posneli s sistemom ATRICS (Levanič 2007) in pridobljene slike, ki so v formatu .tiff pripravili za nadaljnjo obdelavo. Širine branik smo izmerili na 0,01 mm

natančno s pomočjo programske opreme WinDENDRO. Nato smo iz dobljenih izmer dobili širino branike, ki smo jo pomnožili z dva, da smo dobili letni debelinski prirastek. Te podatke smo kasneje uporabili za izračune povprečnega debelinskega prirastka po letih in po desetletjih za vsako ploskev posebej, ki smo jih nato združevali v substratum 3 in substratum 2 glede na že prej navedene kriterije.

- ocenili zastrtost zgornjega sloja s pomočjo denziometra (steklo z luknjicami). Zastrtost smo ocenjevali po diagonali ploskve tako, da smo vsakih deset korakov z napravo ocenili razmere.
- ocenili delež posameznih drevesnih vrst in njihovo mešanje v posamezni razvojni fazi ter naredili primerjavo med ploskvami
- opisali različne posebnosti v bližnji okolici, ki bi lahko vplivale na razvoj rastja;
- naredili primerjavo s številom dreves sedaj in številom dreves v času prvega merjenja (izvrednotenje);
- predvideli nadaljnje gospodarjenje z gozdovi na tem območju.

5. REZULTATI

5.1 STANJE INICIALNEGA SLOJA NA OPAZOVALNIH PLOSKVAH

Delež grmovnega sloja (Preglednica 3) se je na večini ploskev močno povečal. Izjema so le 6., 10., 12. in 16. ploskev. Na 2., 3., 4., 5., 9., 11., 12., 15. in 16. ploskvi je v dvajsetih letih prišlo do močnega razraščanja zeliščnega sloja. Omenjene ploskve so se začele pomlajevati, saj se je delež preostalih dveh slojev v dvajsetih letih občutno zmanjšal.

Preglednica 3: Primerjava zastrtosti inicialnega sloja med primerjalnima letoma za vsako ploskev posebej [%]

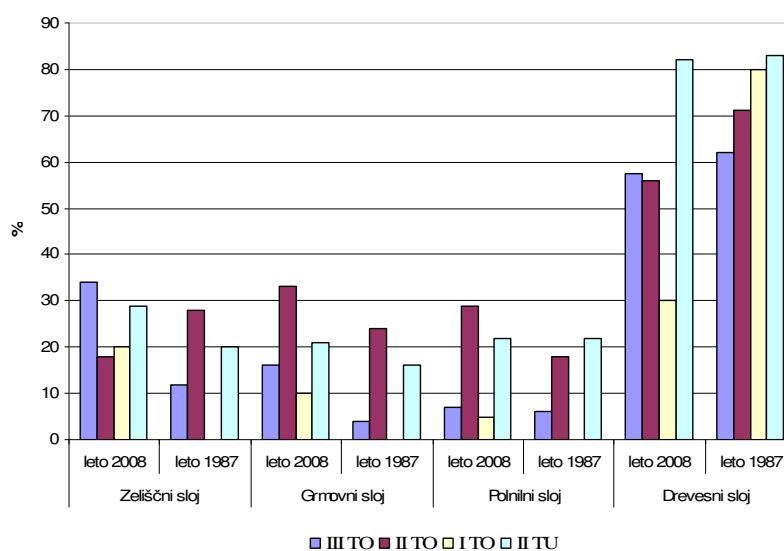
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Zeliščni sloj	2008	30	40	40	40	20	10	20	20	20	20	20	40	25	20	55	5
	1987	40	10	0	10	0	20	60	30	10	20	0	20	20	60	0	0
Grmovni sloj	2008	40	5	5	20	10	25	50	50	10	30	10	20	30	40	10	5
	1987	20	0	0	0	0	30	30	0	0	60	0	30	20	20	0	10
Polnilni sloj	2009	15	5	10	5	0	65	30	0	0	50	5	30	20	30	10	20
	1987	10	0	0	20	0	40	10	10	10	20	0	40	40	10	0	20

Delež polnilnega sloja je na 1., 6., 7., 10. in 14. ploskvi precej večji kot je bil pred dvajsetimi leti. Na ostalih ploskvah je zastopanost polnilnega sloja manjša. Izjema je le 16. ploskev, kjer je delež polnilnega sloja v obeh letih enak.



Slika 7: Stanje inicialne faze na 2. ploskvi (oktober 2008)

Primerjava zastrtosti med primerjalnima letoma (Slika 8) nam pokaže kar nekaj zanimivih razlik. V tretjem substratumu se je v letu 2008 delež zeliščnega sloja povečal, medtem ko je v drugem substratumu na matični podlagi tonalita zastrtost z zeliščnim slojem upadla. V prvem substratumu sta se začela pojavljati zeliščni in grmovni sloj, polnilni sloj pa je ostal praktično nespremenjen.



Slika 8: Primerjava zastrtosti med primerjalnima letoma glede na vrsto substratuma (TO- tonalit; TU – tuf)

V drugem in prvem substratumu je na tonalitu opazna večja zastrtost kot v preteklosti. Zastrtost drevesnih vrst v letu 2008 se je v vseh substratumih zmanjšala, še najbolj pa v substratumu ena. Razlogov za zmanjšanje zastrtosti drevesne plasti je lahko več (sanitarna sečnja, redna sečnja ...). To dobro vpliva na inicialno fazo, ki je s tem dobila več ravnega prostora, in lahko nadaljuje s socialnim vzponom, kar lahko vidimo tudi v zgornjem grafikonu. Na substratumu dva na matični podlagi tufa se je povečal delež zeliščne in grmovne plasti, drevesna plast pa je ostala skoraj nespremenjena.

5.1.1 Primerjava deleža drevesnih vrst v inicialni fazi

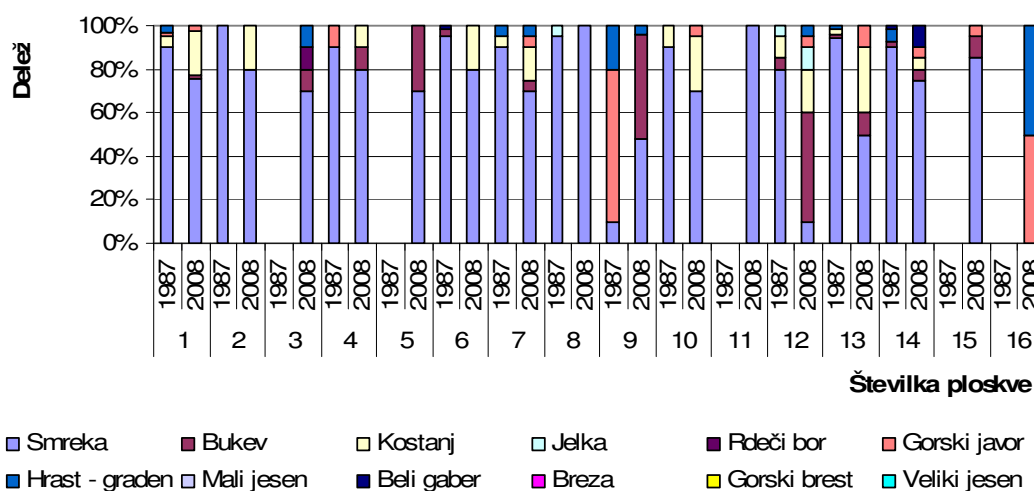
Delež drevesnih vrst smo izračunali glede na zastrtost v inicialni fazi (Slika 10). Kot je razvidno, se je delež smreke v zeliščnem sloju na vseh ploskvah zmanjšal. Izjema je le osma ploskev, kjer je prišlo do 10 % povečanja. Za razliko od leta 1987, ko je bilo pet

ploskev brez zeliščnega sloja, smo 21 let kasneje na vsaki ploskvi našli določen odstotek zeliščnega sloja. Na 16. ploskvi je bil delež zeliščnega sloja najmanjši, in sicer 5-odstotni.



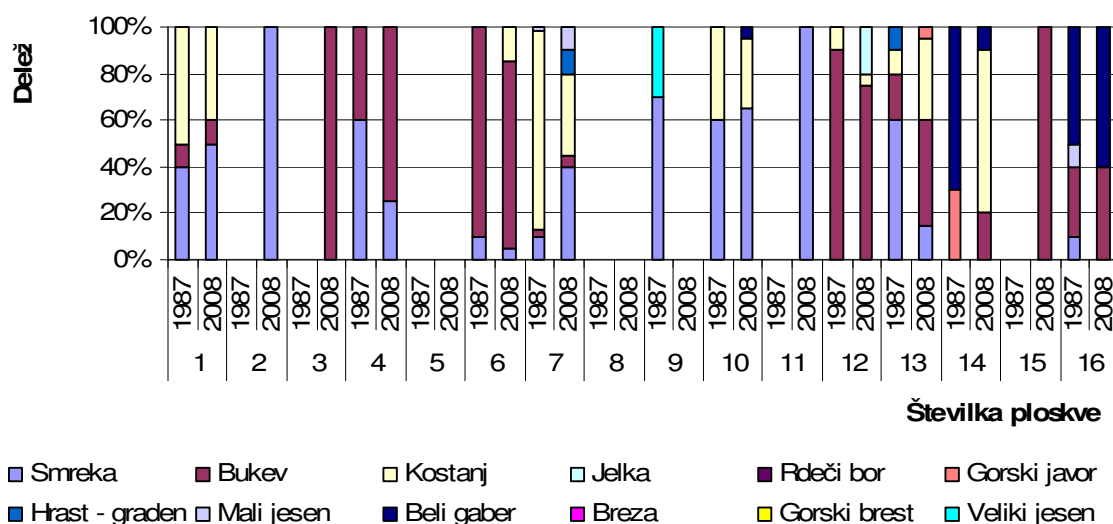
Slika 9: Pomlajenec smreke (oktober 2008)

Na ploskvah 1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 14 se je pojavil ali povečal delež kostanja. Tudi delež bukke se je povečal, in sicer na ploskvah 1, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 13, 14. Izjema je le 6. ploskev, kjer se je količina bukke zmanjšala. Na 9. ploskvi je izginil gorski javor, medtem ko se je na 16. ploskvi pojavil. Na 16. ploskvi se pomlajuje hrast, in sicer graden. V zeliščnem sloju se počasi povečujejo deleži kostanja, bukke in gorskega javorja.

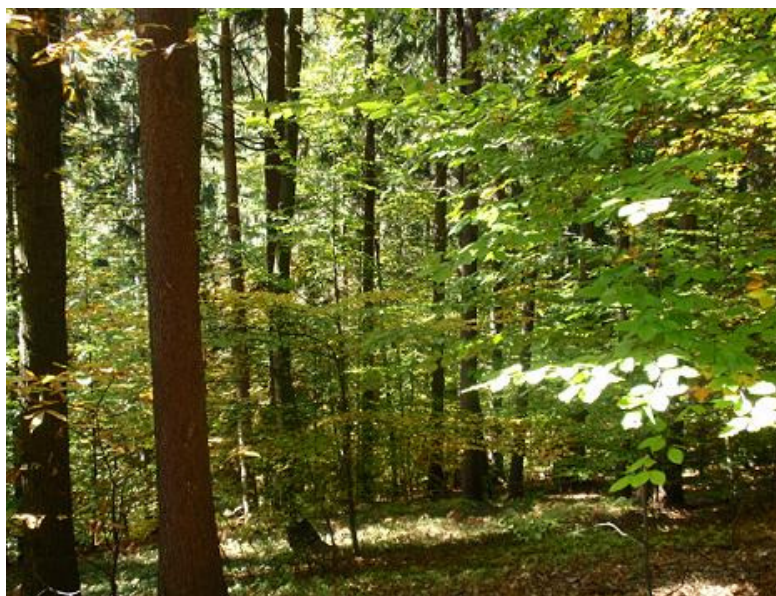


Slika 10 : Primerjava deleža drevesnih vrst med primerjalnima letoma v zeliščnem sloju

Stanje grmovnega sloja v letu 2008 (Slika 11) kaže na boljši razvoj listavcev. Delež smreke se zmanjšuje. Izjema sta le 7. in 10. ploskev, kjer je delež smreke v letu 2008 v primerjavi z letom 1987 večji. Na ploskvah 2, 3, 11 in 15 se je pojavil grmovni sloj, in sicer ga zastopata samo dve drevesni vrsti (smreka in bukev). Na ploskvi 5 in 8 je stanje ostalo nespremenjeno. Močno se povečujeta deleža bukve in kostanja. Gorski javor izgublja boj z ostalimi drevesnimi vrstami.

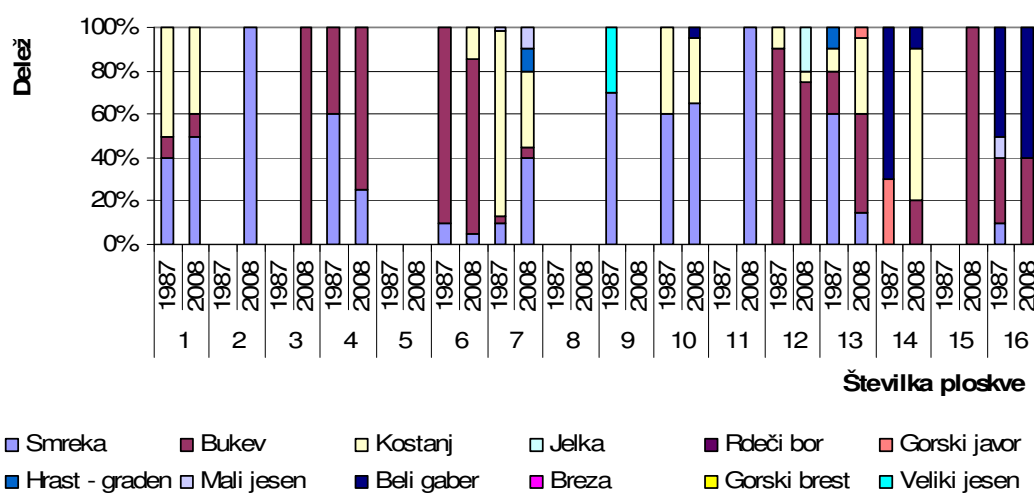


Slika 11: Primerjava deleža drevesnih vrst med primerjalnima letoma v grmovnem sloju



Slika 12: Polnilni sloj grajen z bukviijo (oktober 2008)

Spodnji grafik (Slika 13) nam prikazuje primerjavo deleža polnilnega sloja med letoma 1987 in 2008. Delež smreke se je povečal na ploskvah 1, 2, 7, 10 in 11, medtem ko se je delež na ostalih ploskvah zmanjšal ali pa povsem izginil. Prišlo je do razraščanja bukve, katere delež se je povečal na ploskvah 1, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 15 in 16. Povsem brez polnilnega sloja je osma ploskev. Kostanj na večini ploskev izginja. Ostale drevesne vrste so zastopane le z manjšim deležem in bodo v prihodnosti skrbele le za pestrost v gozdnih sestojih.



Slika 13: Primerjava deleža drevesnih vrst med letoma 1987 in 2008 v polnilnem sloju

5.1.2 Primerjava zastrtosti inicialne faze po stratumih za drevesne vrste

V preglednici 4 je prikazana zastrtost v inicialni fazi, in sicer je prikazana primerjava med letoma 1987 in 2008 ter med drevesi listavcev in iglavcev. S spodnje tabele lahko razberemo, da sta se v letu 2008 v stratumu A v zeliščnem sloju močno povečala tako delež listavcev kot delež iglavcev. Delež grmovnega sloja pa se je za nekaj odstotkov zmanjšal. Delež polnilnega sloja se je občutno zmanjšal, tako pri listavcih kot pri iglavcih.

V stratumu B so se pomladili listavci, ki jih prej v zeliščnem sloju praktično ni bilo, sedaj pa se gibljejo blizu 70 % zastrtosti. Tudi iglavci so povečali svoj delež. Zanimivo je spremljati grmovni sloj, ki je pri listavcih močno nazadoval, saj je iz prejšnjih 49 %

zmanjšal svoj delež na samo 13 %, medtem ko se je pri iglavcih povečal z 19,2 % na 45,9 %.

Preglednica 4: Primerjava zastrtosti posameznega sloja (listavci, iglavci) med letoma 1987 in 2008 (izraženo v odstotnih deležih - %)

	A			B		
	zeliščni sloj	grmovni sloj	polnilni sloj	zeliščni sloj	grmovni sloj	polnilni sloj
Iglavci 2008	40,2	35,0	24,8	46,9	45,9	7,1
Iglavci 1987	24,7	36,7	38,6	29,7	19,2	51,1
Listavci 2008	57,9	20,2	21,9	69,2	12,8	17,9
Listavci 1987	20,6	26,0	53,4	4,2	49,3	46,5

5.1.3 Primerjava mešanja drevesnih vrst v inicialni fazi po stratumih

Zeliščnemu sloju v stratumu A se je v letu 2008 povečal delež posamičnega in šopastega mešanja drevesnih vrst. Medtem ko se je delež skupinskega mešanja zmanjšal za polovico, je gnezdasto mešanje povsem izginilo. Grmovnemu sloju se je v letu 2008 prav tako povečal delež posamičnega mešanja, in sicer za 7 %. Zmanjšala sta se deleža šopastega in gnezdastega mešanja, medtem ko se je delež skupinskega mešanja povečal za dvakratno vrednost. Drevesa v polnilnem sloju se še vedno največ pojavljajo posamično, čeprav se je odstotek v letu 2008 v primerjavi z letom 1989 zmanjšal. V stratumu B se v zeliščnem sloju v največji meri drevesne vrste pojavljajo posamič. Pojavilo se je šopasto mešanje drevesnih vrst, gnezdasto pa je izginilo. V primerjavi s predhodnim stanjem, ko so drevesa tvorila bolj skupinske oblike pojavljanja, sedaj v grmovnem sloju drevesa vedno bolj izoblikujejo šopaste oblike pojavljanja. Drevesa v polnilnem sloju se največ pojavljajo posamično, in sicer v 72 % (Preglednica 5).

Preglednica 5: Delež mešanja vseh drevesnih vrst po stratumu

	A					B				
	PS	ŠP	SK	GN	SS	PS	ŠP	SK	GN	SS
Zeliščni sloj 2008	64	31	6,7			69	28	3,4		
Zeliščni sloj 1987	61	22	13	4,3		75		17	8,3	
Grmovni sloj 2008	68	19	11	2	0	59	33	7,4		
Grmovni sloj 1987	61	28	5,6	5,6		62	7,7	31		
Polnilni sloj 2008	72	16	12			72	28			
Polnilni sloj 1987	79	16	5,3			75	8,3	17		

Drevesne vrste iglavcev in listavcev se v vseh treh slojih v obeh stratumih največ pojavljajo posamično. Nato sledi šopasta oblika pojavljanja, medtem ko se drevesa sestojno ne pojavljajo. Najbolj zastopana drevesna vrsta v inicialni fazi je smreka, sledita ji bukev in kostanj. Se pa skoraj povsod povečuje delež listavcev, predvsem v zeliščnem sloju.



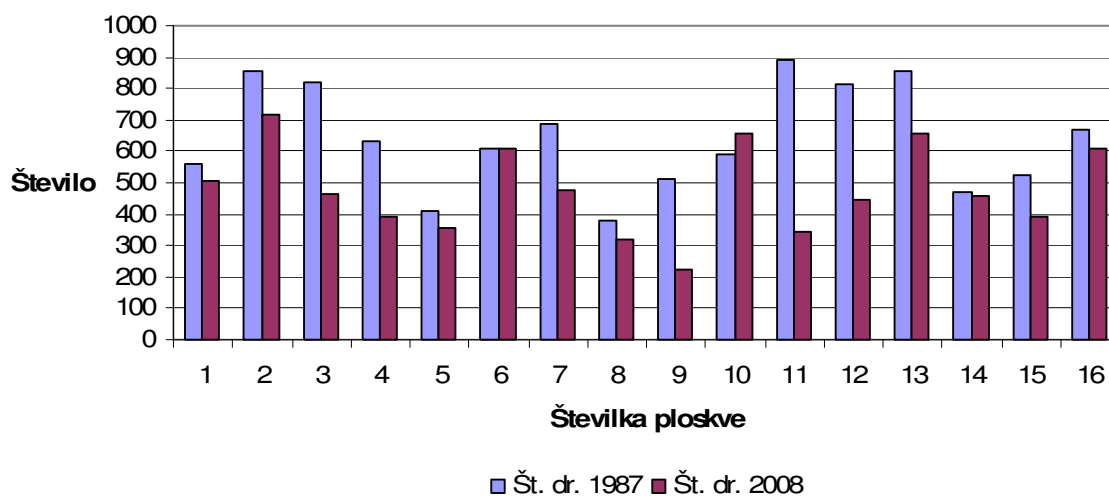
Slika 14: Mešani grmovni sloj smreke, kostanja in bukve (oktober 2008)

5.2 STANJE ZGORNJEGA SLOJA GOZDA NA OPAZOVALNIH PLOSKVAH

5.2.1 Število dreves na hektar

Ob primerjavi podatkov, pridobljenih v dosedanjih raziskavah, vidimo, da je število osebkov kot eden glavnih kazalcev zgradbe sestoja skoraj povsod upadlo (Slika 15). V letu 1987 je bila na prvi ploskvi gostota osebkov 560 osebkov na hektar, v letu 2008, pa je gostota dreves upadla, in sicer za 9,6 %. Na tej ploskvi je danes vidna velika vrzel, ki je zaraščena s praprotnjo in robido. Po letu 1987 je bila na tem območju po vsej verjetnosti izvajana sečnja. Zaradi neizvajanja negovalnih del ni prišlo do pomlajevanja drevesnih vrst. Priraščanja drevesnih vrst v tretjo debelinsko stopnjo praktično ni. Pri drugi ploskvi ravno tako opazimo upadanje števila dreves na hektar, in sicer za 16,5 %. Ploskev je bila v času prvih raziskav ugotovljena za najbolj prizadeto od onesnaženja. Izvajana so bila

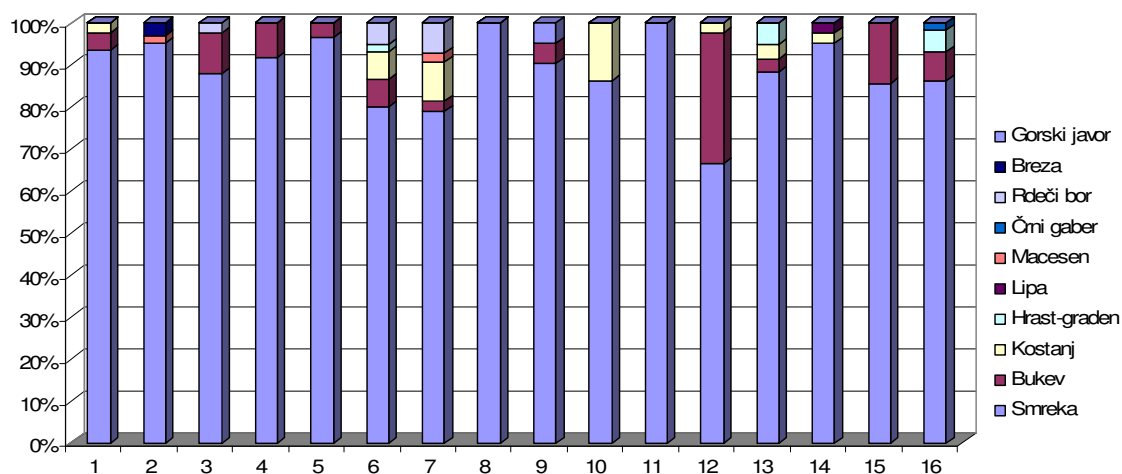
redčenja. Priraščanje dreves v tretjo debelinsko stopnjo ni. V primerjavi s prvimi merjenji se je pri tretji ploskvi za 43,2 % zmanjšalo število dreves na hektar. Izvajana je bila močna sanitarna sečnja. Sestoj je praktično brez grmovnega in polnilnega sloja. Prav tako ja na četrti ploskvi, kjer se je število dreves zmanjšalo za 38,6 %. Vidne so rdeče iglice po celotni površini krošnje smreke. Pri peti ploskvi se je zmanjšalo število drevesnih vrst na hektar za 13,5 %. Označena je sanitarna sečnja smreke zaradi sušenja (rdeče iglice) in nekvalitete. Stanje na šesti ploskvi se glede na predhodno merjenje ni spremenilo, vendar se vidno suši smreka, bor in kostanj. Na sedmi ploskvi je zopet vidno upadanje števila dreves, in sicer za 30,7 %. Izvajana so bila redčenja vendar je bilo zaradi težav z onesnaževanjem pomlajevanje in priraščanje smreke v višje socialne razrede (smreka se je sušila v grmovnem in polnilnem sloju – rdeča krošnja) onemogočena. Sedaj je viden lep grmovni in polnilni sloj smreke z manjšim deležem ostalih drevesnih vrst. Stanje se je močno izboljšalo. Na osmi ploskvi se je število dreves zmanjšalo za 14,8 %. Na deveti ploskvi se je močno poslabšalo stanje. Število dreves je upadlo iz prvotnih 511 dreves na hektar za 56,5 % na 222 dreves na hektar. Izvajana je bila močna sečnja, nato pa je bilo zaraščanje prepuščeno naravi. Ploskev je porasla je s travo, praprotjo, robido, krošnje preostalih dreves so nevitane (polomljeni vrhovi krošenj). Deseta ploskev je edina, kjer se je stanje iz prvotnih 589 dreves na hektar dvignilo za 11,3 % na današnjih 655 dreves na hektar. Na ploskvi je priraslo 7 dreves v tretjo debelinsko stopnjo. Enajsta ploskev je po izmerjenih in izračunanih parametrih najbolj poškodovana v primerjavi z stanjem ploskve leta 1987. Število dreves se je zmanjšalo za 61,3 %. Ploskev je praktično brez inicialne faze. Potrebno bo izvajanje negovalnih del (obžetev ...). Na dvanajsti ploskvi se je prav tako zmanjšalo število dreves, in sicer iz prvotnih 881 dreves na hektar na zdajšnjih 444 dreves na hektar. Izvajana je bila sanitarna sečnja (rdeča trohnoba). Kot na večina prejšnjih se je tudi na trinajsti ploskvi zmanjšalo število dreves za 23,4 % iz prvotnih 856 dreves na hektar. Štirinajsta ploskev je ostala po številu dreves skoraj enaka. Označeno je močno svetlitveno redčenje. Najdlje ležeča ploskev od TEŠ je 15 ploskev, kjer se je stanje števila dreves zmanjšalo iz 522 na 389 dreves na hektar. Tu gre za močen enodoben sestoj smreke. Na šestnajsti ploskvi se je število dreves zmanjšalo za dobrih 8 %.



Slika 15: Število dreves na hektar med primerjalnima letoma

5.2.2 Delež drevesnih vrst na posamezni ploskvi

Kot je razvidno iz grafikona (Slika 16) v tem območju močno prevladuje smreka in sicer je njen delež od 79 % pa tudi do 100 %. Smreki sledita bukev in bor. Največji delež bukve je zastopan na dvanajsti ploskvi, in sicer 31%.



Slika 16: Delež posameznih drevesnih vrst na posamezni ploskvi

Glede na majhno velikost ploskve (30 x 30 m), je na nekaterih ploskvah kar velika pestrost drevesnih vrst; npr. na ploskvi 6 najdemo smreko, bukev, kostanj, hrast-graden in rdeči bor. Povprečno na vseh ploskvah, prevladuje smreka z 88,5 % smreke, sledita ji bukev z 5,6 % in kostanj z 3 %. Ostale drevesne vrste ne presegajo 1 %.

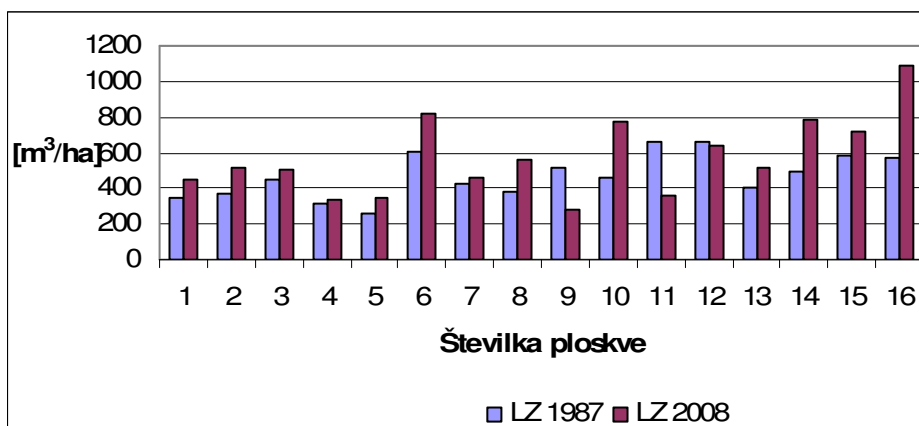
5.2.3 Lesna zaloga

Preglednica 6: Lesna zaloga na posameznih raziskovalnih ploskvah

Ploskev	LZ1987 [m ³ /ha]	LZ 2008 [m ³ /ha]	Delež v [%]
1	348	450,5	29,5
2	373	515,4	38,2
3	450	500,6	11,2
4	314	340,4	8,4
5	259	343,6	32,7
6	611	822,1	34,6
7	421	465,2	10,5
8	376	559,3	48,7
9	511	280,3	-45,1
10	458	773,4	68,9
11	659	362,1	-45,1
12	657	644,6	-1,9
13	401	517,1	28,9
14	493	780,5	58,3
15	587	717,3	22,2
16	570	1092,8	91,7

Ob primerjavi podatkov, pridobljenih v dosedanjih raziskavah, vidimo, da se je kljub upadanju števila dreves lesna zaloga pri večini ploskev povečala (Preglednica 6). Zaradi že prej navedenih lastnosti ploskev, tokrat ne bomo opisovali stanja, saj je razvidno, da prevladujejo starejši debeljaki. Pod zastorom teh debeljakov se razvoj drevesnih vrst upočasni. Največkrat se zgodi, da drevo odmre (zaradi nevitale krošnje) in tako nevitale drevesa odmrejo. Iz dosedanjih ugotovitev lahko sklepamo, da se zaradi teh problemov in seveda redne in sanitarne sečnje število dreves manjša, vendar pa v nasprotju s tem drevesa v zgornjem sloju dobivajo večji rastni prostor. S tem se posledično povečuje lesna zaloga. Lahko pa vidimo, da je večanje ali manjšanje števila dreves na hektar tudi logično vplivalo na rast ali upad lesne zaloge. Zato lahko rečemo, da je z izjemo 9., 11. in 12. ploskve, kjer je bila izvajana različna sečnja (sanitarna, redna), prišlo do vidnega naraščanja lesne

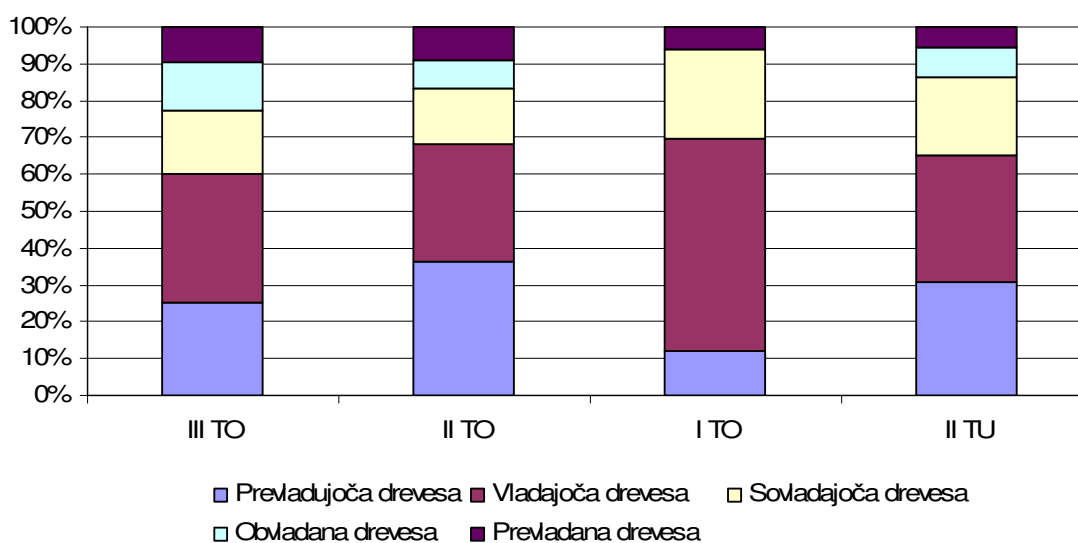
zaloge, in sicer za 45 %. Graf nazorno prikazuje stanje lesne zaloge v letu 1987 in v letu 2008 (Slika 17).



Slika 17: Primerjava lesne zaloge med letoma 1987 in 2008

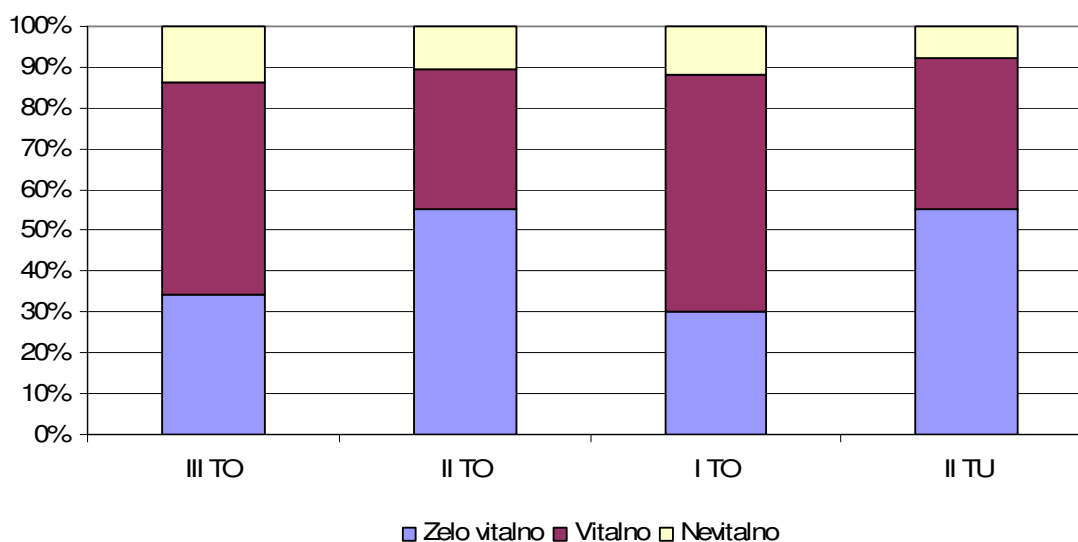
5.2.4 Stanje drevesnih vrst po substratumih

Zdajšnje ocene socialnega položaja sicer ne moremo primerjati z letom 1987, ker je takrat niso ocenjevali, je pa pomembna za planiranje nadaljnjega gospodarjenja z gozdovi. Kot lahko razberemo iz grafikona (Slika 18), je na območju substratuma 2 na matični podlagi tonalita največji odstotek prevladujočih dreves 37 %, medtem ko je na enaki podlagi v substratumu 1 največ vladajočih dreves, in sicer 58 %.



Slika 18: Socialni položaj drevesnih vrst po substratumih

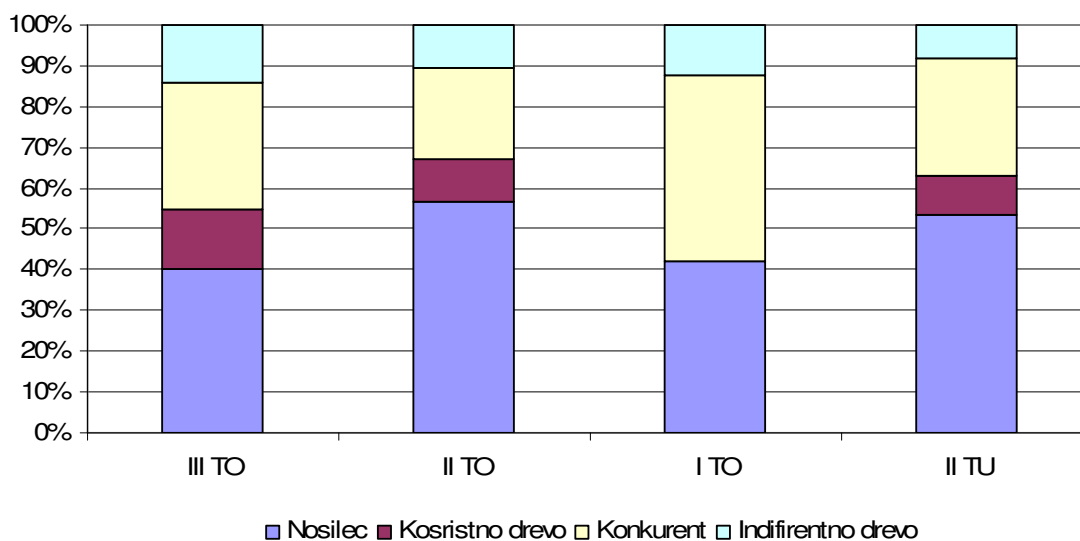
Lahko bi rekli, da je glede socialnega položaja v najboljšem stanju substratum 1, saj ima le 6 % prevladanih dreves. To ugotovitev smo lahko tudi pričakovali, saj je bil že pri prvotnem snemanju podatkov ta substratum najmanj poškodovan od TEŠ. Tudi sedaj je v tretjem substratumu (tonalitu) stanje slabše (za slabih 10 %) kot na ostalih substratumih, vendar na podlagi teh ugotovitev še ne moremo sklepati ali se je stanje popravilo ali poslabšalo.



Slika 19: Vitalnost drevesnih vrst po substratumih

Tudi pri vitalnosti lahko vidimo, da je v drugem substratumu tako na podlagi tonalita kot na podlagi tufa (Slika 19) stanje precej boljše kot v drugih dveh substratumih.

Najslabše stanje prikazuje na tonalitu substratum 1, vendar pa ni nujno, da je takšno stanje nastalo zaradi vpliva TEŠ, ampak mogoče zaradi drugih naravnih vplivov (snegolom, vetrolom ...).



Slika 20: Razvojna stopnja po substratumih

Tudi pri razvojni stopnji lahko vidimo, da je prav tako kot pri vitalnosti tudi tukaj stanje v 2. substratumu najboljše, tako na matični podlagi tonalita kot tudi tufa. Ponovno se pokaže, da je stanje v 1. substratumu najslabše, medtem ko se na 3. substratumu kaže večja borba med drevesnimi vrstami za prevlado v sestoji (Slika 20).

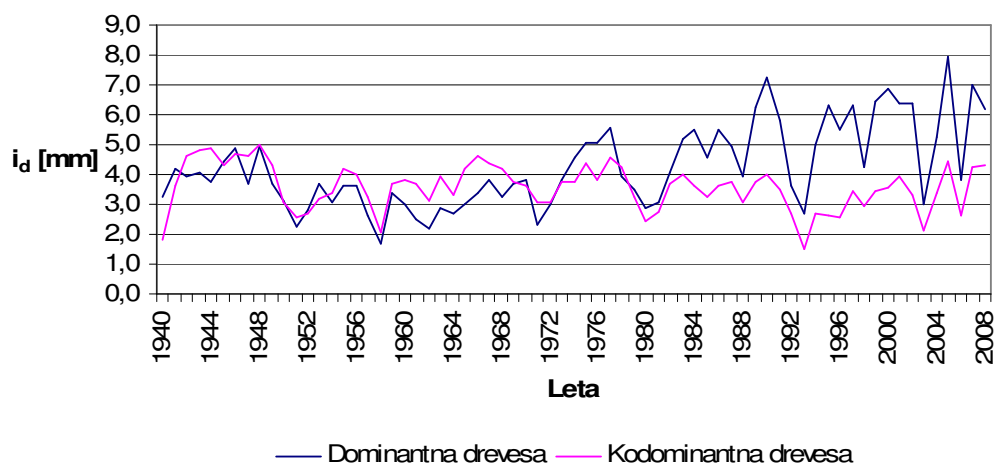
Kot smo lahko opazili, je najboljše stanje prevladovalo na substratumu 2 in to na obeh podlagah. V tretjem substratumu je najboljše prikazan boj za boljši položaj drevesnih vrst.

5.3 ANALIZA IZVRTKOV



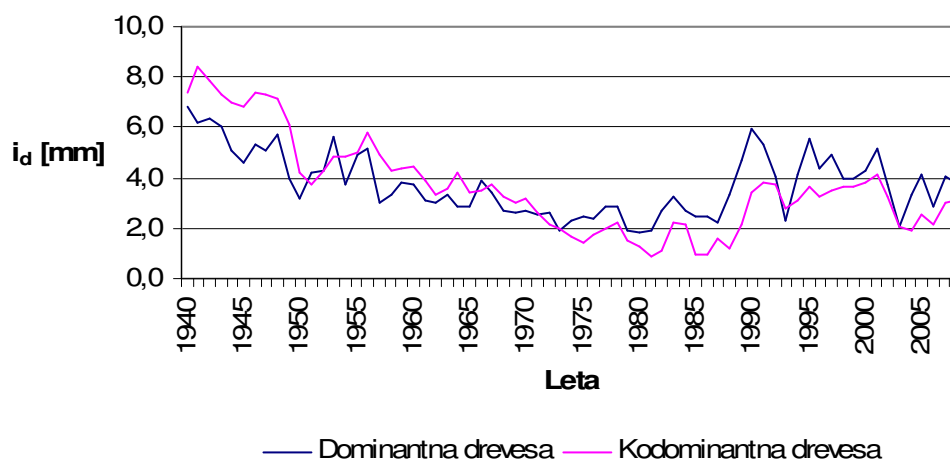
Slika 21: Prikaz vrtanja s prirastnim svedrom na terenu (november 2008)

Spodnja (slika 22) nam prikazuje, da se je velikost letnega debelinskega prirastka (LDP) izboljšala, in sicer pri dominantnih drevesih od 1,7 mm/leto do maksimalno 7,9 mm/leto leta 2005. Prav tako pri kodominantnih drevesih lahko opazimo, da je minimum 1,5 mm/leto (leta 1993) do 5,0 mm/leto (leta 1948). Pri začetnem normalnem naraščanju LDP je prvi veliki padec leta 1951/52 zaradi velike suše. Pri kodominantnih drevesih je bil prirastek leta 1948 5,0 mm/leto, leta 1951 pa samo 2,6 mm/leto. Nato je LDP normalno potekal vse do leta 1958, kjer je vidno prvo nazadovanje. To se je zgodilo zaradi izgradnje prvih dveh blokov TEŠ. Kot naslednjo prelomno točko lahko označimo leto 1973, kjer se je prvič občutno dvignil prirastek dominantnih dreves nad kodominantnimi. Tako poteka vse do zdaj. Po dobri rasti LDP-ja v naslednjih letih je do večjega padca prišlo leta 1980, kar lahko pripisujemo izgradnji bloka 5 in večji koncentraciji emisij v zraku. Leta 1993 je bilo ponovno zmanjšanje LDP-ja zaradi suše. Kasneje so začela drevesa občutno hitreje priraščati zaradi izgradenj čistilnih naprav na bloku 4 in kasneje na bloku 5. Manjši prirastki so bili zaznani še leta 1998, kar lahko pripišemo večjim potrebam po energiji in s tem domnevamo k večjemu kurjenju lignita, v letu 2003 pa je bila suša. Tudi leta 2006 je bilo priraščanje slabše.



Slika 22: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 1

Medtem, ko je bil začetek priraščanja v zgornjem primeru občutno manjši, je na ploskvi 2 začetek priraščanja prikazan z visokim priraščanjem (slika 23). Letni debelinski prirastek pri kodominantnih drevesih je leta 1941 dosegel za te razmere zelo visokih 8,4 mm/leto. To lahko pripisujemo starosti dreves. V zgornjem primeru so izmerjena drevesa starejša za približno 20 let.

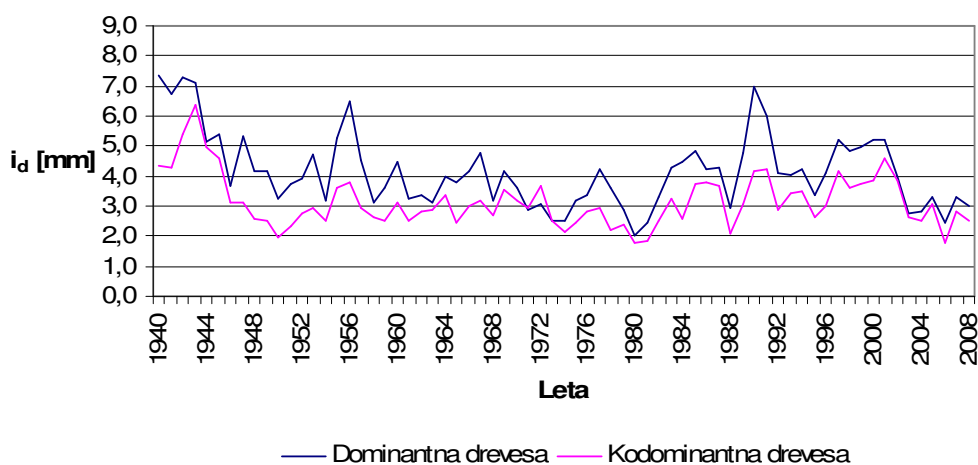


Slika 23: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 2

V tem primeru je vsaj v začetku priraščanje dominantnih dreves večje kot pri kodominantnih, vendar se po večjem padcu prirastka po drugi svetovni vojni krivulje izenačijo. Prav tako se pokažejo negativni vplivi suše leta 1951. Potem trend priraščanja

vse do leta 1988 postopoma pada, najmanjše priraščanje je prav v letu 1981, in sicer 0,9 mm/leto LDP. Po dobrem priraščanju v naslednjih parih letih se ponovno občuti suša leta 1993. Podobna gibanja prirastka se ohranjajo vse do zdaj. Kot zanimivost bi lahko navedel, da se v obeh primerih LDP (ploskev 1 in ploskev 2) v letu 1973 obrne v korist dominantnih dreves. Tako ostane priraščanje dreves vse do danes. To lahko razložimo z domnevo, da so po izgradnji bloka 4, današnja dominantna drevesa (do takrat verjetno kodominantna) imela več moči in so lahko po ponovnem povečanju onesnaženja ozračja in tal zaradi prilagoditve bolje reagirala.

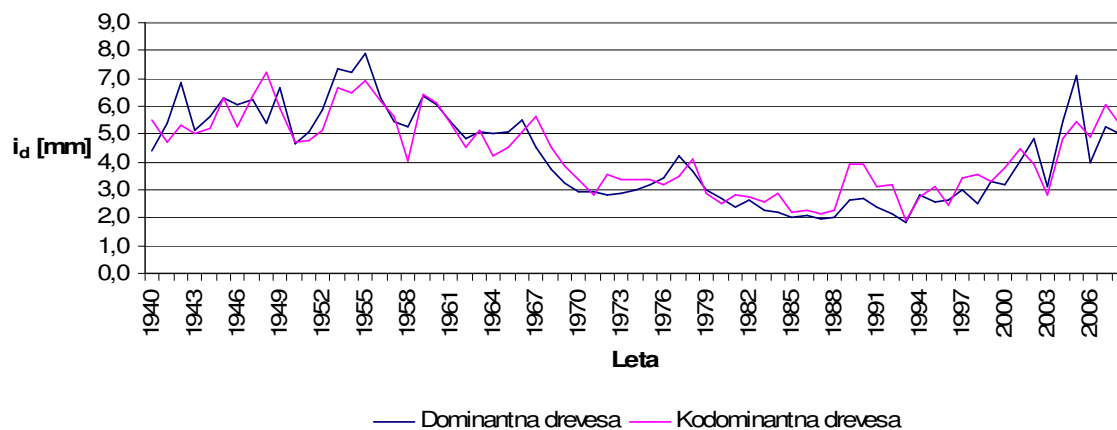
Za razliko od prejšnjih dveh ploskev, ki sta v območju III. stopnje prizadetosti, pa so v II. stopnji prizadetosti dominantna drevesa vedno močnejše priraščala kot kodominantna (Slika 24). Krivulja poteka zelo podobno kot v prejšnjih dveh primerih, le da tukaj ni tako izrazitih ekstremov. Ti se pojavljajo ob sušah in začetku obratovanja novih blokov TEŠ. Kot zanimivost bi lahko izpostavil leto 1990, kjer je bil zelo močan LDP dominantnih dreves, in sicer 7,0 mm/leto.



Slika 24: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 8

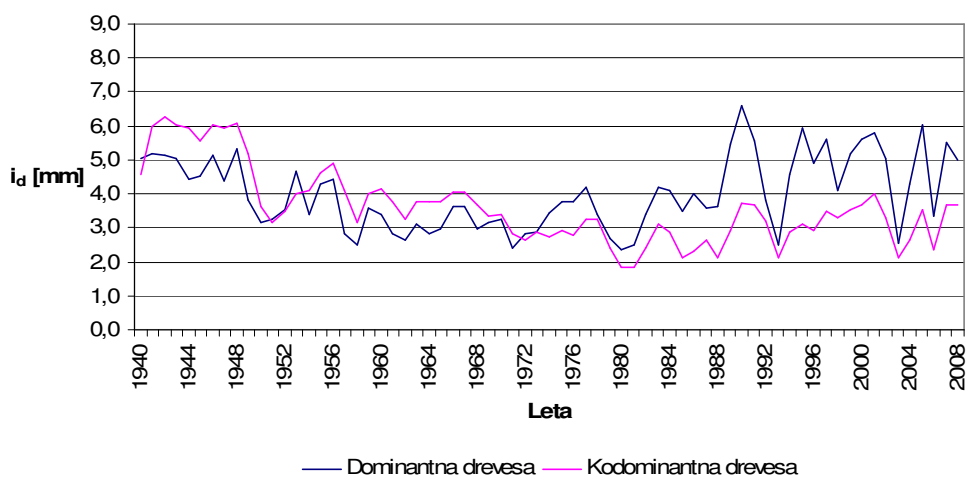
Kot pomemben podatek ploskve 9 lahko navedem trenutno stanje, ki je zelo slabo (Slika 25). Izvajana je bila sečnja. Zanimiva je stabilnost priraščanja dreves v času druge svetovne vojne in po njej v primerjavi z prejšnjimi rezultati analiz LDP-ja. Prav tako je viden vpliv suše leta 1951 in izgradnje bloka 1 in 2. Trend priraščanja nenehno pada vse do

leta 1993 z manjšimi vzponi. Po letu 1993 in kasneje z vgradnjo čistilnih naprav se je stanje izboljšalo. Trenutno stanje priraščanja bi lahko primerjali z obdobjem med drugo svetovno vojno. Stanje se izboljšuje.



Slika 25: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na ploskvi 9

Substratum 3 (Slika 26) zajema parametre vzorca ploskve 1 in 2 in prikazuje stanje priraščanja v najbolj poškodovanem območju zaradi negativnega vpliva termoelektrarne Šoštanj (Kolar, 1989).

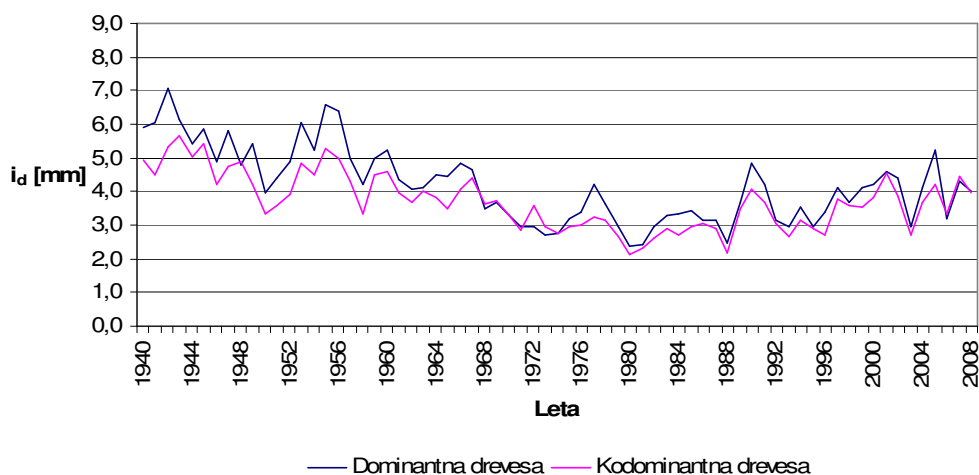


Slika 26: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na območju substratuma 3

Do prve suše, ki sem jo že večkrat omenil, je bilo priraščanje v skladu z kasneje videnimi trendi normalno. Nato pa po rahlem povečanju LDP-ja sledi zmanjšanje priraščanja,

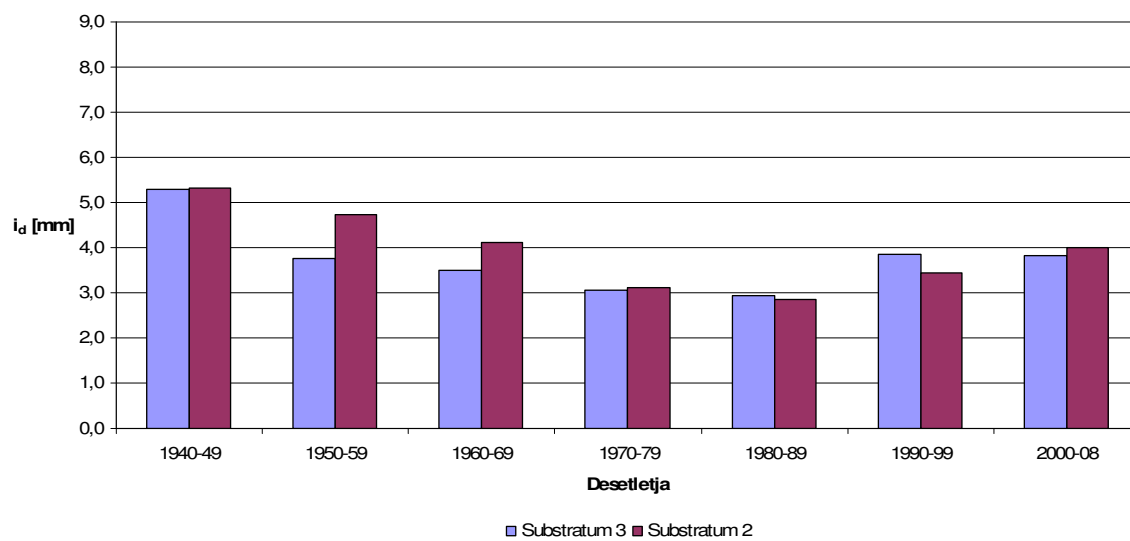
najverjetneje zaradi gradnje in s tem vpliva TEŠ na okolje. Leta 1980 se pojavi tudi ekstrem v minimalnem priraščanju dreves v obdobju od leta 1940 do 2008. Kasneje so si očitno drevesa opomogla od šokov vpliva TEŠ in LDP je počasi pričel pridobivati na svoji moči. Občutno so ga prizadele le suše in leta, kjer so bile povečane koncentracije SO_2 v ozračju (1998). Kot zanimivost se pojavi že prej omenjeno leto 1973.

Na območju substratuma 2 (slika 27) je prav tako vidna depresija priraščanja v obdobju med letoma 1958 in 1988. Ker te dve vzorčni ploskvi (8 in 9) nista na najbolj izpostavljenem področju zaradi vpliva TEŠ, ekstremi priraščanja niso tako izraziti. Stanje se je poslabšalo, vendar lahko pričakujemo, da se bo stanje izboljšalo. Tako vsaj trenutno kaže. Dobro so vidni vplivi suš, ki so na tem območju očitno pred onesnaženjem. Kot posebnost, ki je vidna na tej sliki, bi izpostavil dvig LDP-ja po letu 1988. Od tega leta pa do leta delovanja prve čistilne naprave na bloku 4 leta 1995, se koncentracije SO_2 ni zmanjšala, vendar so si drevesa očitno opomogla po predhodnih sušah in dodatnih obremenitvah okolja zaradi vpliva TEŠ.



Slika 27: Letni debelinski prirastek (mm/leto) na območju substratuma 2

Pri desetletnem debelinskem prirastku (slika 28) lahko vidimo, da je bilo do leta 1980 priraščanje na območju substratuma 2 boljše, vendar so nato dve desetletji drevesa na substratumu 3 boljše priraščala. Sedaj bi lahko rekli, da drevesa enako priraščajo v obeh substratumih.



Slika 28: Desetletni debelinski prirastek (mm)

6. DISKUSIJA

Analizirani gozdovi so v starosti, ko lahko začnemo razmišljati o pomlajevanju. Ukrep, ki ga bi bilo pametno najprej izvesti je redčenje. S tem bi omogočili nosilec več ravnega prostora z odstranitvijo konkurentov pa bi povečali rast tudi v inicialni fazi. Pri redčenju bi se morali držati načela ohranjanja listavcev, ker so le ti na teh rastiščih osnovni graditelji združbe, in načela najprimernejših ukrepanj. Spremljati moramo razvoj mladja v inicialni fazi ter pospeševati listavce.

Če primerjamo leto 1987 z letom 2008 lahko opazimo spremembe v inicialni fazi. Tako delež zeliščnega kot grmovnega sloja se je povečal in začel pojavljati tudi tam, kjer ju prej ni bilo. V zeliščnem sloju se rastišču primerno povečuje delež listavcev. Pomlajujejo se bukev, kostanj, gorski javor in ponekod tudi hrast. Smreka se sicer še vedno pojavlja in tvori kar lep delež v zeliščnem sloju, kar pa je tudi za pričakovati, saj je nadmorska višina tudi čez 1000 metrov, pospešuje pa jo tudi kisl podlaga in semenska drevesa. V grmovnem sloju se nadaljuje trend povečevanja deleža listavcev. Tukaj se smreka ne pojavlja več v tako dominantni vlogi in prepušča prostor drugim za to rastišče bolj primernim drevesnim vrstam. Močno se razraščata bukev in kostanj, ki ga zaradi problemov s kostanjevim rakom ne vidimo kot kandidata za obstoj. Na nekaterih ploskvah se pojavlja beli gaber, ki nima nobene prihodnosti v nadaljnjem razvoju v gospodarskem gozdnem sestoku. Potrebno bi bilo čiščenje negospodarskih drevesnih vrst in s tem omogočiti prostor drugim, bolj pomembnim drevesnim vrstam. Gorski javor izgublja boj z ostalimi drevesnimi vrstami in počasi izginja.

V polnilnem sloju se v večini primerov nahajajo tri glavne drevesne vrste in sicer, smreka, bukev in kostanj. Kakovost teh je ponavadi slabša, zato ne pričakujemo njihovega socialnega vzpona. Na treh ploskvah še zdaj ne opazimo polnilnega sloja kar je razumljivo, saj je bilo stanje inicialne faze v letu 1987 mnogo slabše kot danes. Povečuje se delež listavcev pri katerih je največ bukve. V manjšem deležu se pojavljajo še hrast, beli gaber, mali in veliki jesen. Ponovno je izginil gorski javor. Zastiranje grmovne in polnilne plasti se je zmanjšalo, zato pa se je povečalo zastiranje drevesnih vrst v zeliščni plasti. Zaradi neukrepanja v zadnjih desetletjih je narasla lesna zaloga, svetlobne razmere pa so se

poslabšale. Zato je prišlo do nazadovanja drevesnih vrst v grmovni in polnilni plasti. V tej razvojni fazi potrebujejo polsencozažne vrste kot gorski javor in tudi sencozažne kot bukev že precej več svetlobe kot v zeliščni plasti.

V vseh treh slojih se tako iglavci kot listavci pojavljajo posamič in šopasto. Sestojno se drevesne vrste nikjer ne pomlajujejo.

Za zmanjšanje deleža tako grmovnega kot polnilnega sloja kriva prevelika zastrtost (80 %)

V drevesni plasti (zgornji sloj) s skoraj 90 % prevladuje smreka. Sledita ji bukev (5 %) in kostanj (2 %). Ostale drevesne vrste se pojavljajo le posamično in zato ne tvorijo kakšne pomembne vloge pri gradnji sestojev. Na žalost nimam podatkov iz prejšnjih meritev vendar se stanje verjetno ni bistveno spremenilo, saj razen na nekaterih ploskvah ni opaziti večjih sečenj. Izvajale so se le sanitarne sečnje kostanja (kostanjev rak) in ponekod, kjer so bila žarišča lubadarja (ploskev 5). Delež prevladujočih dreves se giblje nekje pri 30 % medtem ko je največ vladajočih dreves skupno blizu 40 %. Najmanj je obvladanih dreves. Drevesa so vitalna. Kot nosilec se največ pojavlja smreka, saj je še vedno glavna graditeljica sestojev. Velik delež predstavljajo konkurenti (30 %), kar predstavlja velik boj za prevlado v sestojih. Koristna drevesa predstavljajo predvsem listavci (bukvev, kostanj), saj hočemo v tej smeri v prihodnje tudi oblikovati gozd.

Ob primerjavi podatkov, pridobljenih v dosedanjih raziskavah, vidimo, da se je število osebkov kot enega glavnih kazalcev zgradbe sestoja značilno zmanjšalo. To lahko pripisujemo že večkrat omenjeni sanitarni sečnji (lubadar, kostanjev rak, snegolomi in vetrolomi), ponekod so izvajali tudi redčenja. Če primerjamo število osebkov s tega območja s številom osebkov na primerljivi podlagi na Pohorju ali Kaštnem vrhu (Kotar, 1980), potem lahko vidimo, da je povprečje števila dreves na tonalitu pri nas nekje 460 dreves/ha na Pohorju pa 422 dreves/ha, Kaštni vrh 329 dreves/ha. Res pa je, da je na polovici ploskev to število manjše kot na Pohorju ali Kaštnem vrhu. Torej število dreves potrjuje, da so sestoji dobro grajeni.

Ob primerjavi podatkov, pridobljenih v dosedanjih raziskavah, vidimo, da se je kljub upadanju števila dreves lesna zaloga pri večini ploskev povečala in sicer v povprečju za 37 %. Sklepamo lahko, da se je zaradi zmanjšanja števila dreves/ha povečal rastni prostor in s tem zmožnost boljšega priraščanja dreves v debelino. Ponovno smo primerjali lesno zalogo na tem območju s sestoji na primerljivi podlagi na Pohorju in Kaštnem vrhu (Kotar, 1980). Povprečna lesna zaloga dreves na podlagi tonalita (stratum A) znaša 492 m³/ha, medtem ko povprečna lesna zaloga na Pohorju znašala visokih 645 m³/ha na Kaštnem vrhu pa še višjih 763 m³/ha. Po tem lahko sklepamo, da so pogoji za rast tukaj slabši kot na primerjalni površini drugje.

Na podlagi analize izvrtkov lahko razberemo priraščanje dreves v debelino. Po začetni dobri rasti dreves je na vseh štirih analiziranih ploskvah prvi večji padec LDP-ja zgodil leta 1951 zaradi suše, ki je kasneje še vplivala na priraščanje dreves (1992/1993 in 2003). Padec priraščanja pa je viden vse od izgradnje prvih dveh blokov TEŠ in vse do leta 1988. Zadnjih 10 let lahko opazimo izboljšanje priraščanja dreves v debelino. Tudi LDP smo primerjali s primerljivimi podatki na primerljivih površinah. In sicer na Kaštnem vrhu srednja vrednost LDP znašala 3,8 mm medtem ko je srednja vrednost LDP-ja v Šaleški dolini tudi znašala 3,8 mm/leto. Srednja vrednost LDP-ja na Pohorju je bila nekoliko višja in sicer 3,9 mm/leto. Tudi interval širine branik sovпада s podatki na primerljivih površinah na Pohorju in Kaštnem vrhu.

Na koncu lahko naše raziskave primerjamo še z rezultati že prej omenjenega Toma Levaniča in Andreje Slapnik, ki sta delala dendroekološko analizo rasti smreke v okolici dveh termoelektrarn. Našli smo enake ekstreme, ki so nastali zaradi suše ali v tem območju bolj pomembno zaradi vpliva termoelektrarne.

7. ZAKLJUČEK

Kot nam prikazuje raziskave, ki smo jih napravili v gozdovih na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj lahko ugotovimo, da se je stanje inicialne faze izboljšalo v primerjavi s predhodnim merjenjem (Kolar, 1987). Na večini ploskev se lepo pomlajujejo listavci (bukev, kostanj, hrast), medtem ko se iglavci praktično pojavljajo povsod. Prav tako se je izboljšala splošna vitalnost dreves, ki jo nakazujejo gibanja debelinskega prirastka. Obilna zeliščna plast z dobro zastopanimi listavci kaže na dobre zasnove za bodoče gojenje gozdov. Vendar je slabo izvajana nega v preteklem obdobju prispevala k zmanjševanju deleža grmovne in polnilne plasti. Že obstoječe zasnove bi drugače lahko s pridom uporabili pri prevzgoji sestojev v smeri večjega deleža listavcev, raznomernosti in raznodobnosti. Pomemben poudarek v prihodnje je zato v rednih negovalnih sečnjah (svetlitvena sečnja), ki naj zagotovi boljše svetlobne razmere za inicialni sloj, še posebej listavcev.

Nadaljnja usmeritev gojenja gozdov bi morala temeljiti na sodobnih gozdnogojitvenih zvrsteh. V našem primeru bi bila najprimernejša tehnika obnove skupinsko postopno gojenje gozdov (SPG). Tako bi lahko z jedri še naprej pod zastorom ohranjali listavce in jih z saditvijo ali setvijo še pospeševali na območjih, kjer se sami ne morejo uveljaviti. Analize izvrтков nam prikazujejo dobro priraščanje dreves v debelino in izboljšanje glede na stanje pred izgradnjo čistilnih naprav. Dobro bi bilo spremljati razvoj gozda tudi po letu predvidene izgradnje 6. bloka TEŠ, ki bo za svoje delovanje uporabljal plin.

8. POVZETEK

Človek je s svojim nenehnim odkrivanjem in razvijanjem tehnologij prišel tako daleč, da nas narava enostavno ni dohajala več in nam pokazala svoje nezadovoljstvo s propadanjem. Tako so v Šaleški dolini pred več kot pol stoletja pričeli z izkopavanjem premoga, ki so ga kasneje začeli uporabljati za proizvodnjo energije (električne, toplotne). Z izgradnjo začetnih dveh blokov (1956 in 1960) se je vpliv onesnaženja okolja pričel hitreje razvijati. Na vplivnem območju TEŠ je začel vidno propadati gozd. V osemdesetih letih prejšnjega stoletja do te mere, da je začela propadati smreka v vseh slojih. Takrat so pričeli z raziskavami (Kolar, 1989) in še nekateri, ki jih je zanimala problematika propadanja gozdov in sem jih že omenjal v svojem delu. S svojimi raziskavami so prepričali javnost in takratne odgovorne ljudi v TEŠ o propadanju gozdov. Leta 1987 je bil tako sprejet ekološko sanacijski načrt na podlagi katerega so pričeli z izgradnjo prve čistilne naprave na bloku 4 (1995).

Moje diplomsko delo temelji na obdobju po letu 1989. Dokazati želimo, da se je stanje gozdov po tem letu izboljšalo.

Za cilje naloge smo si zadali ugotoviti današnje stanje smrekovih gozdov na območju predvsem tretje in druge stopnje poškodovanosti, ki je bila določena že v večkrat omenjenem delu mag. Ivana Kolarja. Metode, ki jih je Kolar razvil nismo veliko spreminjali prav zaradi primerjave podatkov na katerih sloni praktično celotna diplomatska naloga. Ploskve, ki so bile izbrane naključno tam, kjer je bila smreka zastopana vsaj 80 % po temeljnici smo obnovili oznake na mejnih drevesih in vnesli koordinate v GPS napravo za lažje obnavljanje raziskav.

Na osnovi zgradbe in rasti gozdov v preteklosti in sedanjega stanja smo predvideli nadaljnje razvojne težnje ter ocenili inicialno razvojno fazo in s primerjavo podatkov ugotovili današnje stanje gozdov.

Delovne hipoteze, ki smo si jih zadali smo z rezultati tudi potrdili. Zdravje smrekovih gozdov na vplivnem območju TEŠ se je izboljšalo do te mere, da bomo lahko v prihodnje

normalno gospodarili z gozdovi. To nam dokazujejo opravljene analize inicialne faze. Ta se je povečala in kaže smeri razvoja proti listavcem, ki so tudi primernejša drevesna vrsta za to rastišče. To sicer ne pomeni, da je smreka izginila iz inicialnega sloja ampak se je glede med primerjalnima letoma povečal delež listavcev (bukev, kostanj). Kjer se sestoji slabše pomlajujejo, bi z skupinsko postopnim gojenjem gozdov osnovali jedra, in tako omogočili razvoj pomladka. Kjer bi narava reagirala drugače (zapleveljevanje površine) bi pristopili k sadnji zaželenih drevesnih vrst (bukev, gorski javor, veliki jesen).

Zaradi čistejšega zraka se je povečal tudi letni debelinski prirastek, ki je odličen pokazatelj izboljšanja rasti dreves.

Ta raziskava je pokazala zanimive in obenem tudi pričakovane rezultate. S tem so z ekološko sanacijskim načrtom leta 1987 delno izpolnili načrte, ki so jih pričakovali. Vendar ne smemo pozabiti, da se je v tem letu pričela izgradnja 6. bloka, ki bo deloval na osnovi zemeljskega plina. Tako bomo lahko po dolgem času zopet pričča verjetnega povečanja onesnaženja okolja na vplivnem območju TEŠ. Kakšne bodo dodatne obremenitve na okolje sedaj še ne moremo vedeti bo pa lahko to dober povod za ponovne izmere dreves in ocene inicialnega sloja na teh ploskvah. Zanimivo bo primerjati z rezultati, ki so bili opravljeni leta 1987 in 2008.

9. VIRI

Agencija republike Slovenije za okolje. (2009).

<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/Velenje06.pdf> (25.3.2009).

Batič F., Kralj A. 1989. Osnovni podatki popisa propadanja gozdov v letu 1989. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo.

Batič F. 1997a. Bioindikacija in stresna fiziologija – princip pri ekosistemskih raziskavah gozdnih ekosistemov. V: Znanje za gozd: zbornik ob 50 obletnici. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 93-102.

Bienelli-Kalpič. A. 2002. Ugotavljanje stresa pri bukvi (*Fagus sylvatica* L.) na vplivnem območju Termoelektrarne Trbovlje z izbranimi ekofiziološkimi kazalniki: magistrsko delo. Ljubljana, samozaložba: XV, 146 str.

De Vries W. 1999. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe: evaluation of the programme in view of its objectives and proposals for the scientific evaluation of the data. Brussels, Geneva, UN/ECE, : 32 str.

Diaci J. 1994. Razvojna dogajanja v gozdnem rezervatu Mozirska požganija v četrtem desetletju po požaru. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 5-54.

Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: učbenik za študente univerzitetnega študija gozdarstva. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Ferlin F. 1990. Vpliv onesnaževanja ozračja na rastno zmogljivost odraslih smrekovih sestojev. magistrsko delo. Ljubljana, samozaložba.

Kickert R. N., Krupa S. V. 1990. Forest responses to atmospheric ozone and global climate change: an analyses. Environmental pollution, 68: 29-65.

Kolar I. 1989a. Umiranje smreke v gozdovih Šaleške doline: magistrsko delo (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo). Ljubljana, VTOZD.

Kolar I. 1989b. Umiranje smreke v gozdovih Šaleške doline. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 34: 121-198.

Kopušar N. 2009. Spremljanje kazalnikov oksidativnega stresa pri rastlinah kot tretja raven ekološko informacijskega sistema onesnaženosti zraka: doktorska disertacija. Ljubljana, samozal.: 168 str.

Kotar M. 1980. Rast smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na njenih naravnih rastiščih v Sloveniji: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije.

Krupa S. V. 1996. The role of atmospheric chemistry in the assessment of crop growth and productivity. V: Plant responseto air pollution. Yanus M., Iqbal M. (ur.). Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons: 35-74.

Krupa S. V., Manning W. J. 1998. Atmospheric ozone: formation and effects on vegetation. *Environmental pollution*, 50: 101-137.

Larcher W. 1995. Physiological plant ecology. ecophysiology and stress physiology of functional groups. 3. izd. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag: 506 str.

Legge A. H., Krupa S. V. 1990. Acid deposition: sulphur and nitrogen oxides. Chelsea, Lewis Publishers,

Levanič T., Slapnik A. 2006. Dendrološka analiza rasti smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) v okolici dveh termoelektrarn. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 79: 3-18.

Levanic T. 2007. ATRICS - a new system for image acquisition in dendrochronology. *Tree-Ring Research*, 63, 117-122.

Ribarič-Lasnik C. 1991. Ekofiziološke lastnosti smreke (*Picea abies* (L.) Karsten) na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj. Ljubljana, samozaložba.

Ribarič-Lasnik C. 1996. Ugotavljanje stresa pri smreki (*Picea abies* (L.) Karsten) na osnovi biokemičnih analiz iglic na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj. Ljubljana, samozaložba.

Rotnik U., Ribarič Lasnik. 2004. Poročilo o proizvodnji, vzdrževanju in ekoloških obremenitvah okolja TE Šoštanj v letu 2003. Termoelektrarna Šoštanj – BilTEŠ: 14, 39-41

Termoelektrarna Šoštanj: spletna stran. 2009

<http://www.te-sostanj.si/> (20.3.2009).

Urban air pollution: United Nations environment programme. 1991. Oxford, UNEP, GEMS.

Urbančič. 1989. Poškodbe gozdov zaradi onesnaženja zraka – umiranje gozdov : poročilo o delo 1989. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih sovi v zraku. Ur. l. RS, št. 73/9 1994.

Vrtačnik J., Ribarič Lastnik C. 2001. Ekološka sanacija TEŠ: 1987-2000. Velenje, ERICo: 76 str.

Yanus M., Singh N., Iqbal M 1996. Global status of air pollution: an overview. V: Plant response to air pollution. Yanus M., Iqbal M. (ur.). Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons: 1-34.

ZAHVALA

Mentorju, prof. dr. Juriju Diaciju se iskreno zahvaljujem za pomoč, strokovno usmerjanje in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Dr. Primožu Simončiču se zahvaljujem za recenzijo diplomskega dela in koristne pripombe.

Mag. Ivanu Kolarju se zahvaljujem za strokovno usmerjanje pri obdelavi terenskih ploskev.

Dejanu Firmu univ. dipl. inž. gozdarstva se zahvaljujem za strokovno usmerjanje in pomoč pri analizi prirastnih izvrtkov.

PRILOGE**Priloga A**

Osnovni podatki izvrtkov po substratumih

Lokacija	Razpon Starosti	Min.	Maks.	Srednja vrednost	Standardni odklon	Povprečni premer	Standardni odklon
	Leta	mm	mm	mm	mm	cm	cm
Substratum 3	87-109	2	5,8	3,7	0,9	38,4	3,4
Substratum 2	71-103	2,3	6,3	3,9	1	44,3	8,4

