

GDK 120

## VPLIV MOTENJ NA GOZDNI EKOSISTEM IN NA GOSPODARJENJE Z NJIM

Boštjan ANKO\*

### *Izvleček*

Motnje so sestavni del življenja gozda, njegovih sukcesijskih procesov in dinamike nasploh. Dosedanje obravnave motenj se omejujejo pretežno na akutne motnje. Stresi so pomembni, ker zmanjšujejo plastičnost gozdnega ekosistema za gozdnogospodarske ukrepe, katerih cilj je oblikovanje mnogonamenskega gozda. Prikazan je tudi shematski pregled vprašanj, pomembnih za ekosistemsko obravnavanje učinkov stresov na gozdni ekosistem.

*Ključne besede: motnja, globalna motnja, akutna motnja, kronična motnja, stres, mnogonamenski gozd*

## THE INFLUENCE OF DISTURBANCES ON THE FOREST ECOSYSTEM AND THE MANAGING THEREOF

Boštjan ANKO\*

### *Abstract*

Disturbances represent a constituent part of the forest life, its succession processes and the dynamics on general. The dealing with disturbances carried out up till now has primarily been limited to acute ones. Stresses are important because they reduce the susceptibility of a forest ecosystem for forest managing measures, the goal of which is the formation of a multiple forest. There is also a schematic survey of the questions important for ecosystematic dealing with the impacts of stresses on the forest ecosystem.

*Keywords: disturbance, global disturbance, acute disturbance, chronic disturbance, stress, multiple-use forest*

---

\* dr., dipl. ing., izredni profesor, Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, SLO

**KAZALO**

|     |                                                      |     |
|-----|------------------------------------------------------|-----|
| 1   | UVOD.....                                            | 87  |
| 2   | TEORETSKE OSNOVE.....                                | 90  |
| 3   | SPLOŠNA DELITEV MOTENJ.....                          | 93  |
| 3.1 | Definicije.....                                      | 96  |
| 3.2 | Primeri .....                                        | 99  |
| 4   | SPLOŠNO O VPLIVIH MOTENJ NA GOZDNI<br>EKOSISTEM..... | 101 |
| 5   | ZAKLJUČEK.....                                       | 104 |
|     | SUMMARY .....                                        | 105 |
|     | VIRI.....                                            | 107 |

## 1 UVOD

Sodobna teorija sonaravnega, mnogonamenskega in trajnega gozda je intuitivno zasnovana na podmeni, da je gozd kot najpopolnejši kopenski ekosistem sorazmerno blizu naravnemu pristanju in zato vitalen ter sposoben razmeroma predvidljivo reagirati na najrazličnejše gozdnogospodarske ukrepe.

Vse več objav v strokovni literaturi pa opozarja, da je gozd izpostavljen najrazličnejšim motnjam in obremenitvam, ki ne le omejujejo njegovo življenjsko moč in reakcijsko sposobnost, ampak tudi že ogrožajo njegov obstoj.

Motnje so bile od nekdanj sestavni del življenjskega cikla gozda in mnogokrat gonilna sila njegove dinamike ter pestrosti. Vendar se zdi, da jih gozdarska znanost še vedno obravnava kot nepredvidene in nepredvidljive dogodke, ki razvoj gozda le odvrčajo od neke "idealne" poti in niso njen sestavni del. Tak (antropocentričen) odnos do motenj izraža že tradicionalno uporabljeni izraz "kalamiteta" - nesreča. O takih kalamitetah navsezadnje poročajo že viri iz leta 1449 za Nürnberški državni gozd (NIESSLEIN, HAUFF 1984, s. 155): insekti, ogenj in različni vremenski pojavi so od nekdanj rušili gozdove (oz. drevesa kot osnovne nosilce gozdnih funkcij, gledanih s človekovega zornega kota). Zato so gozdovi v svoji evolucijski preteklosti razvili homeostatske mehanizme, prilagojene naravi, velikosti, intenzivnosti in pogostosti motenj. Take prilagoditve pa mnogokrat niso mogoče v primerih antropogenih motenj, ki preprosto onemogočajo razvijanje adaptivnih mehanizmov gozdnega ekosistema zaradi svoje narave (npr. neprilagojenost različnim polutantom kot evolucijskim agansom), obsega (npr. svetovne klimatske spremembe) ali hitrosti, s katero se motnje pojavljajo (prim. THOMASIUS 1991).

Poleg globalnih in akutnih motenj, katerih neposredne vzročno-posledične zveze so sorazmerno lahko razpoznavne, pa v novejšem času postaja vse očitneje, da imamo opraviti še s tretjo kategorijo tim. kroničnih motenj ali stresov, ki so v učinkih posameznih stresorjev morda zanemarljive, a postajajo kljub nizkim intenzitetam zaradi stalnosti ali medsebojnih povezav

za delovanje in obstoj gozda enako kritične kot motnje prvih dveh kategorij.

Naravne motnje je znanost šele v novejšem času priznala kot pomembne ekološke sile (PLATT, STRONG 1989, s. 535). S stresom v ožjem pomenu besede se je najprej ukvarjala fiziologija - v avtekološkem smislu. Pomena naravnih motenj za populacijsko dinamiko so se razmeroma zgodaj zavedli populacijski ekologi (prim. CLARK 1991). Obravnava motenj je postala pogosta tema v raziskovalnem delu ekologov (prim. MOONEY, GODRON 1983; PICKETT, WHITE 1985) in tudi krajinskih ekologov (prim. HARRIS 1984; FORMAN, GODRON 1986; GOIGEL TURNER 1987).

Kako sprejema teorijo motenj in probleme, povezane z njimi, gozdarstvo? Zdi se, kot da bi pojem kalamitete v klasičnem smislu najraje razširili tudi na motnje, ki se pojavljajo v svetovnem merilu in tiste, ki jih lahko označujemo kot kronične. Tak odnos je seveda neprimeren, - ker izraža nekakšen fatalizem, prepogost, kadar gre za obravnavanje ujm in ker spregleduje, da ne gre le za naravne, ampak največkrat za antropogene motnje in da je temu dejstvu treba prilagoditi ne le kurativno ampak tudi preventivno ukrepanje. Temu vidiku se izogibajo seveda tudi biološko usmerjeni ekologi, oziroma ga v svojem delu ne upoštevajo.

Ravno gozd kot kompleksna naravna dobrina pa je odličen primer za celovito obravnavanje problematike obremenjenega okolja. Ob osnovah, ki temelje na naravoslovnih znanostih, se namreč v primerih (antropogenih) motenj gozda srečujejo tudi etične, ekonomske, pravne in druge razsežnosti, ki se pojavljajo tudi v vsej problematiki motenega ali (pre)obremenjenega okolja.

Klasična in povsem razumljiva reakcija gozdarske znanosti na motnje je bilo izražanje prizadetosti lesnoproizvodne funkcije v hektarih in kubičnih metrih (prim. BLEIWEIS 1983, NIESSLEIN 1984, FERLIN 1991a). Vendar je že BORMANN (1985) opozoril na potrebo po ekosistemskem in družboslovnem obravnavanju imisijske problematike, povezane z gozdovi. Žal so bile doslej take obravnave v gozdarski literaturi redke.

Še redkejšje so tiste, ki bi se ukvarjale z vplivom motenj na druge (nelesne) funkcije gozda, čeprav so tudi te povezave očitne. To je pripisati tudi slabi proučenosti teh funkcij in težavnemu kvantificiranju njihovih učinkov oz. prizadetosti. Dokaj redek primer s tega področja je npr. študija Pröbstlove (PRÖBSTL 1989) o učinkih umiranja gozdov na rekreacijo in turizem v nekaterih predelih Bavarske. Zanimiv poskus širšega obravnavanja vplivov motenj na nelesne funkcije gozda v slovenski literaturi predstavlja tudi Ferlinova študija o vplivih onesnaževanja ozračja na rastnost odraslih smrekovih sestojev, ki naj bi zajela tudi metodo kvantificiranja ogroženosti drugih funkcij (FERLIN 1991b). Pri vsej razumljivi nedorečenosti podobne obravnave ostajajo še vse preveč izjeme. V praksi ocenjujemo učinke stresov še vedno zgolj po osutosti krošenj oz. prizadetosti asimilacijskega aparata in s tem povezanim upadom prirastka. Navsezadnje tudi bioindikacijskih metod z uporabo npr. lišajev ali poškodovanostjo genskega materiala v praksi ne poskušamo integrirati v ekosistemski, mnogovzročni in mnogoposledični prikaz problematike motenj in obremenjenosti naših gozdov. Ob intenzivnosti in vseprisotnosti najrazličnejših naravnih in antropogenih motenj oz. obremenitev in tistih, ki nastopajo iz njihovih funkcionalnih povezav (npr. sinergijskih učinkov), bomo motnje in obremenitve gozda morali sprejeti ne kot nepredvidene odklone v načrtovanem razvoju gospodarskega gozda (kot smo doslej npr. obravnavali ujme), ampak kot danost, s katero je treba računati tako v teoriji kot praksi.

Kisle padavine so samo v Evropi uničile ali oslabile 50 milijonov hektarov zmerne gozda (WWF, 1992). Ob takem obsegu je logično, da o teh motnjah ni mogoče več razmišljati zgolj v okvirih lesnoproizvodne ali posameznih drugih funkcij gozda, ampak postaja to vprašanje kakovosti kontinentalnega okolja - še posebej, ker gre v bistvu za kompleksno antropogeno motnjo.

Pri nadaljnjem delu bomo torej izhajali iz naslednjih podmen:

1. Gozd je vse bolj ogrožen od naravnih in antropogenih vplivov ter njihovih skupnih učinkov (PARSONS 1990, s. 316).
2. O motnjah oz. obremenjenosti gozdov ne vemo dovolj in do njih že v osnovi nimamo pravičnega odnosa (= ekosistemskega pogleda).

3. Obremenjenost gozda je treba obravnavati celostno. Glede na vse večji delež antropogene komponente te obremenjenosti se njeno obravnavanje nujno širi tudi na družboslovno področje.
4. Motnje prizadevajo celoten gozdni ekosistem (ne le dreves) in vse njegove funkcije.
5. V gozdarski znanosti in praksi je treba obravnavanje motenj vseh vrst povsem konkretno obravnavati z vidika njihovih vplivov na trajnost, mnogomamenskost in sonaravnost gozda.

## 2 TEORETSKE OSNOVE

Kljub rastočemu zanimanju za teorijo motenj konsistentna, splošno sprejeta teorija motenj ne obstaja. PICKETT in WHITE (1985, s. 383) npr. govorita zgolj o zametkih teorije motenj. Različni avtorji npr. MOONEY in GODRON (1983), PICKETT in WHITE (1985), FORMAN in GODRON (1986), GOIGEL TURNER (1987), PARSONS (1990) posredno ali neposredno navajajo pomen, ki jih imajo določeni parametri za študij motenj. Z nekaj dodatki bi te parametre lahko povzeli takole:

- a) *Poreklo motnje*: naravna, antropogena, kombinirana (, ki nastaja kot rezultat interakcije naravnih in antropogenih motenj)
- b) *Raven motnje*: motnje se lahko pojavljajo na vseh ekoloških integracijskih ravneh - od osebkov do biosfere
- c) *Prostor kot parameter motnje*:
  - Najočitnejša prostorska razsežnost je obseg motnje, ki se zopet razteza od globalnih do mikrorastiščnih dimenzij, ali kot pravi PARSONS (1990, s. 315) od biogeografskih do encimatskih razsežnosti
  - S (krajinsko)ekološkega vidika je zanimiva tudi uporaba teorije zaplat - v tem primeru motenih površin - njihove velikosti, oblike, disperzije in notranje heterogenosti (PICKETT in WHITE 1985, s. 374)

Zanimiva je tudi povezava med vzrokom motnje in velikostjo zaplate. SPIES in FRANKLIN (1989) v tej zvezi uvajata pojma "drobno" in "grobozrnatost" in ugotavljata za gozdove ameriškega Severozahoda, da so v njih manjše zaplate posledice motenj, ki jih predstavljajo npr. insekti ali vetrolomi, medtem ko so večje zaplate rezultat požarov.

- d) *Časovne razsežnosti motnje* - trajanje, pogostost, cikličnost so bolj ali manj očitne. PARSONS (1990, s. 315) pa opozarja, da se te razsežnosti (podobno kot intenzivnost motnje same) lahko znatno spreminjajo od središča (= optima) neke vrste do njenih robnih con, kjer količina energije, ki je potrebna za kompenzacijo motnje, že izključuje preživetje.

Upoštevanje časovnih razsežnosti motnje je bistveno za razumevanje njenih posledic: v pragozdnih ekosistemih ameriškega severozahoda se rušilne motnje lahko pojavljajo le vsakih 1000 let (LORIMER 1989, s. 565), v vzhodnem delu severnoameriških prerij na 100-200 let (BAZZAZ 1983, s. 260), medtem ko so iglavci lahko izpostavljeni imisijskim obremenitvam praktično neprestano.

- e) *Intenzivnost*: moč (in posledice) motnje je mogoče izraziti na različne načine - s hitrostjo orkanskega vetra, temperaturo, ki se razvije ob požaru, s številom izpadlih vrst ali preprosto (kot predlagata PICKETT in WHITE, 1985, s. 376) s količino uničene (odmrle) organske snovi. Zanimiv način ugotavljanja intenzivnosti stresa predlaga PARSONS (1990, s. 315), ki skuša njegovo moč (posledice) izraziti s količino energije, ki jo ekosistem potrebuje, da kompenzira posledice motnje.

Pojav, intenzivnost in pogostost motnje v nekem ekosistemu so pogosto v veliki meri odvisni od sosednjih ekosistemov (FORMAN 1987, s. 219)

- f) *Možnost interakcij med motnjami*:

Kljub temu, da se motnje lahko znatno razlikujejo po naravi, izvoru, obsegu, intenzivnosti ali npr. po tem, na kateri del ekosistema neposredno in najbolj vplivajo, obstaja velika možnost, da med njimi prihaja do interakcij (kumulativnih, aditivnih, sinergijskih učinkov), katerih posledice so za gozdni ekosistem še težje. Motnje različnih časovnih in prostorskih razsežnosti se med seboj lahko potencirajo (prim. BORMANN 1985, s. 436). Umiranje gozda v Evropi povzroča (interakcija) več primarnih in množica sekundarnih stresnih dejavnikov (HINRICHSSEN 1986, s. 258; PARSONS 1990, s. 316). Do interakcij med dejavniki motenj pa ne prihaja le v primeru imisij: različni dejavniki globalnih ali akutnih motenj lahko delujejo sinergijsko ali interagirajo s stresom. Stres lahko osebek (drevo) predisponira npr. za napad gliv.

Stres, gradacije insektov, vetrolomi, suša in ogenj pa lahko vplivajo drug na drugega tudi sinergijsko (PICKETT, WHITE 1985, s. 376). Močno različna narava sinergijsko delujočih stresov bi torej zahtevala izrazito interdisciplinarno proučevanje, do katerega pa zaenkrat (, kot je razvidno iz literature,) ne prihaja.

Za celovitejši pogled na vpliv motenj je pomembno, da se pri vsakem primeru motnje vprašamo, na katere dele ekosistema učinkuje, predvsem pa, kako v celoti vpliva na sonaravnost, mnogonamenskost in trajnost konkretnega (gospodarskega) gozda.

Za kompleksnejše razumevanje motenj in njihovih posledic je usodno, da je glavna pozornost - ne le v praksi, ampak tudi teoriji - osredotočena le na lesnoproizvodno funkcijo gozda oziroma na nekaj gospodarsko zanimivih drevesnih vrst. Raziskav vpliva motenj na druge funkcije ali na druge populacije npr. na razgrajevalce in s tem na celotne biogeokemične cikle praktično ni.

Nadalje motnje lahko močno vlivajo na sonaravnost gospodarskih gozdov in na naša prizadevanja zanje. Daljinski transporti imisij npr. ogrožajo že mnoge od funkcij narodnih parkov in rezervatov kot npr. ohranjanje biološke raznovrstnosti, zaščito oskrbe z vodo, vzgojno-izobraževalno vlogo, turizem in rekreacijo. Nekatera zaščitena območja je onesnaženje tako močno prizadelo, da v njih prihaja do naglih bioloških in krajinskih sprememb, ki silijo upravljalce, da radikalno spreminjajo načrte upravljanja (FRY 1990, s. 1). Če povedano velja za zaščitena območja, je mogoče logično sklepati, da bo sonaravnost gospodarskega gozda toliko bolj ogrožena s sinergističnim delovanjem motenj, in sicer normalnega gospodarjenja, ki je vsaj stres že samo po sebi.

Tudi o vplivih motenj na mnogonamenski značaj gozda zaenkrat lahko le sklepamo. Gotovo je, da pri tem ne bomo mogli upoštevati zgolj neposredne prizadetosti posameznih funkcij, ampak tudi manjšo fleksibilnost in nosilno kapaciteto gozda zanje.

Razmišljanje o vplivih motenj na trajnost gozda so bila doslej omejena predvsem na ekstremne primere, v katerih je šlo resnično za fizični obstoj

gozda. Dolgi časovni horizonti, v katerih se kažejo npr. učinki kroničnih motenj, pa opozarjajo, da je trajnost gozda kot funkcionalne celote ogrožena že z ogroženostjo posameznih funkcij, do katere pa zaradi njihovih časovnih dimenzij in druge specifikacije lahko pride mnogo pred samim propadom gozda. To predpostavko jasno ilustrira primer vizuelno razvrednotenega gozda ali funkcija ohranjanja vrstne pestrosti. V razmišljanju o trajnosti in obremenljivosti (= nosilni zmogljivosti) gozda za posamezne funkcije moramo upoštevati, da je gozd v bistvu neelastično stabilen sistem v smislu Haberja (HABER 1978, s. 87), čeprav motnje začasno lahko povečajo vrstno pestrost v ekosistemu (ARMESTO, PICKETT 1985, s. 230).

### 3 SPLOŠNA DELITEV MOTENJ

Čeprav se je interes za proučevanje motenj kot ekološkega dejavnika v zadnjem času povečal, nimamo še delitve, ki bi omogočala njihovo ustrezno razvrstitev in nadaljnje sistematično obravnavanje.

Tuja literatura uporablja za splošno oznako teh pojavov - brez posebnega razlikovanja - izraze kot so npr. Störung, Belastung, catastrophic disturbance (BORMANN, LIKENS 1979), perturbation (PICKETT, WHITE 1985), stress, severe stress, multiple environmental stress (PARSONS 1990, s. 316), slovenska pa ujme (BLEIWEIS 1983), kalamitete in naravne nesreče (GAMS 1983).

Pri poskusu take delitve, ki upošteva ekosistemski vidik obravnavanja motenj, izhajamo iz naslednjih podmen:

- skupna lastnost motenj je, da moteče vplivajo na zgradbo (gozdnih) ekosistemov ter na tokove snovi in energije v njih;
- motnje lahko delimo:
  - a) po intenzivnosti na akutne in kronične,
  - b) po časovnem trajanju na kratkotrajne (npr. orkan) in dolgotrajne (npr. vplivi imisij),
  - c) po predvidljivosti na predvidljive (ciklične) in nepredvidljive,
  - d) po poreklu pa na naravne, antropogene in kombinirane,

- e) po prostorskem obsegu npr. na globalne, regionalne, krajinske, ekosistemske in mikrorastiščne.

Motnjo definira Risser (cit. FORMAN, GODRON 1986, s. 591) kot "dogodek, ki povzroči značilno spremembo normalne zgradbe in/ali delovanja ekološkega sistema", PICKETT in WHITE (1985, s. 7) pa kot "katerikoli diskreten dogodek v času, ki zmoti ekosistem, življenjsko skupnost ali populacijsko strukturo in spremeni vire, razpoložljivost substrata ali fizično okolje." SSKJ (II., s. 850) definira motnjo kot "pojav, ki ni usklajen s pravilnim, normalnim delovanjem".

Stres definira ODUM (1983, s. 114) kot "motnjo, ki povzroči odstopanje od normalnega poteka neke pomembne ekosistemske funkcije". HOFFMANN in PARSONS (cit. MCGRAW 1992, s. 381) ga označujeta kot "okoljski dejavnik, ki povzroča potencialno škodljivo spremembo v biološkem sistemu". Podobno definicijo uporablja PARSONS (1990, s. 315), ki stres definira kot "okoljski dejavnik - navadno nežive narave - ki v biološkem sistemu povzroči potencialno škodljivo spremembo". Nasprotno pa TROMMER (1983, s. 97) (avtekološko) definira stres kot "alarmno stanje organizma, ki nastopi z delovanjem kombinacije dražljajev, ki osebek ogrožajo". Na dvojno rabo besede stres kot motnje ali kot nespecifične reakcije (stresor) opozarja tudi TESCHE (1991, s. 56) in v ta kontekst uvaja pojem eustres (organizma) kot stabilizacijsko reakcijo na motnjo, omejeno glede na čas in intenzivnost, ki se kaže v povečani odpornosti (organizma). SSKJ (IV., s. 977) podobno definira stres kot "odziv organizma na škodljive (zunanje) vplive."

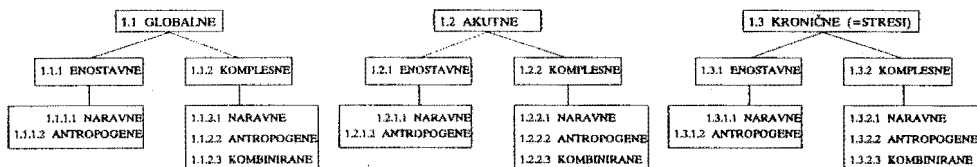
Pojem perturbacije (pretresa, motnje) ODUM (1983) sicer uporablja vendar ga ne definira. Definicijo zanj dajeta PICKETT in WHITE (1985, s. 6) s poudarkom, da gre za pojem, ki je uporaben v treh razmeroma ozkih kontekstih: a) kadar so bili parametri ali vedenja, ki definirajo sistem eksplicitno definirani, b) kadar je znano, da je dana motnja za ekosistem nova in c) kadar je motnja pod neposrednim nadzorom tistega, ki izvaja poskus. Jasno je, da takih pogojev konkretne situacije v gozdu praktično nikdar ne izpolnjujejo.

Definicije, ki nam jih torej ponuja literatura, po eni strani ne razlikujejo med motnjo in stresom: med RISSERJEVO, ODUMOVO, HOFFMANOVO in PARSONSOVO (opera citata) definicijo praktično ni razlik. Po drugi strani pa uporabljene definicije predstavljajo stres kot: a) eksogen dogodek (ODUM, 1983), b) potencialno škodljiv okoljski dejavnik (HOFFMAN in PARSON, cit. MCGRAW, 1992) ali c) stanje oz. odziv (TROMMER, 1983; TESCHE, 1991).

Tudi za perturbacije PICKETT in WHITE (1985, s. 6) ugotavljata, da je pojem uporabljen predvsem v eksperimentalnih situacijah, modeliranju ali obravnavanju sestavin naravnih sistemov, sicer pa da razlikovanje med motnjo in perturbacijo ne prihaja v poštev.

Predlagamo naslednjo delitev motenj na tri kategorije na treh nivojih (preglednica 1). Delitev je sorazmerno pregledna in upošteva trenutno znanje o motnjah in njihovih posledicah. Pri tem moramo upoštevati, da se iste motnje glede na intenziteto, časovne in prostorske razsežnosti lahko pojavijo v več kategorijah in na različnih nivojih oz. znotraj njih v različnih zvrsteh. Imisije določenega polutanta lahko tako nastopajo kot globalne (splošna kemizacija okolja), akutne (lokalno omejen ožig) ali kronične motnje (stresi), kot enostavne (direkten ožig) ali kompleksne (kisle padavine), kot naravne (npr. vulkanizem kot izvor  $\text{SO}_2$ ), antropogene (industrijske emisije  $\text{SO}_2$ ) ali v kombinaciji z drugimi stresi. Prav tako moramo upoštevati, da se nam predvsem zaradi očitnih sinergizmov, prostorskih in časovnih zamikov ter nerazvitega monitoringa (oz. ustreznih merilnih tehnik) v vseh kategorijah pojavljajo motnje, ki jih zaenkrat lahko označimo le z "neznane izvora".

*Preglednica 1: Shematski prikaz možnega načina delitve motenj, ki vplivajo na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim*



Nakazana delitev torej omogoča uvrstitev nekega konkretnega primera motenj v določeno kategorijo in nivo, pri čemer moramo upoštevati tudi možne sinergizme med različnimi kategorijami in zvrstmi. Šele taka opredelitev omogoča konkretno obravnavo dane motnje v študijske in praktične namene.

### 3.1 Definicije

#### MOTNJA

Za potrebe nadaljnjega dela v tem kontekstu definiramo *motnjo* gozda (v najširšem pomenu) skladno z Risserjevo (op.cit.) definicijo kot *dogodek, ki povzroča ali v določenih okoliščinah lahko povzroči znatno spremembo v normalni zgradbi in/ali normalnem delovanju gozdnega ekosistema*.

Gre za dokaj splošno definicijo, ki namenoma ne opredeli časovnega okvira delovanja motnje: zaradi akutnega ali kroničnega značaja motenj je namreč to praktično nemogoče. Iz podobnega razloga ta definicija pušča neomejen pojem "znatno". Posledice akutnih motenj (npr. vetroloma, imisijskega ožiga, gradacije insektov) so lahko pogubne ne le za drevje, ampak za celoten gozdni ekosistem in njegove funkcije takorekoč naenkrat. Podobno usodne motnje pa se tudi lahko pojavijo šele po dolgotrajnih učinkih posamičnih dokaj neintenzivnih kroničnih motenj ali njihovih poljubnih kombinacij. Sporna bi bila tudi beseda "normalno" (v tem kontekstu = naravno = od človeka nemoteno) - vsaj pri motnjah naravnega izvora, ki bi jih v ekološkem smislu sicer morali obravnavati kot del naravnega življenjskega cikla gozdnega ekosistema ali njegovih delov. V tem kontekstu "normalno" pomeni bolj ali manj pričakovan potek ("normalnega") razvoja, ki bi ga bilo mogoče predvidevati, če motnja ne bi nastopila.

#### 1. nivo: GLOBALNE, AKUTNE IN KRONIČNE MOTNJE

##### a) GLOBALNE MOTNJE

*Definicija:* motnje zemeljskih (ali vsaj kontinentalnih) razsežnosti, pretežno kroničnega značaja. Njihovi vzroki, intenzivnost, dejanski časovni in prostorski obseg ter posledice so le delno znani ali neznan.

*Komentar:* V tem primeru gre praviloma za sinergijske motnje, katerih proučevanje še posebej ovirajo razmeroma nizke stopnje intenzivnosti

njegovih posameznih komponent ter njihovi široki časovni in prostorski okviru. Reševanje s temi motnjami povezanih problemov praviloma presega okvire posameznih držav. V svetovnem okviru ga še posebej ovira globalna neosveščenost, neznanje ali nepripravljenost za sodelovanje in podrejanje parcialnih interesov.

**b) AKUTNE MOTNJE:**

*Definicija:* prostorsko, časovno in vzročno-posledično jasno opredeljivi dogodki, ki razmeroma hitro in radikalno vplivajo na zgradbo in/ali delovanje gozdnega ekosistema.

*Komentar:* Čeprav gre za sorazmerno jasna in vsaj občasno bolje proučena vzročno-posledična razmerja, je treba pri obravnavanju tovrstnih motenj proučiti možnost sinergijskih delovanj na vzroke njihovega nastanka ter na njihove nadaljnje posledice. Ta vrsta motenj je sorazmerno najboljše proučena, vendar le z enovzročnega vidika.

**c) KRONIČNE MOTNJE:**

*Definicija:* časovno, prostorsko in vzročno-posledično težje opredeljive motnje nizke intenzivnosti, pogosto sinergijske narave. Za to kategorijo motenj v ožjem pomenu lahko uporabimo tudi naziv stres.

*Komentar:* Zaradi sorazmerno nizke intenzivnosti posameznih agensov, ki ne dosega kritičnih meja in jih pogosto dosežejo le v sinergijskem delovanju, so te motnje doslej le slabo proučene in upoštevane v upravljanju z gozdom. Njihovo konkretno obravnavanje je toliko bolj pomembno, ker so pogosto v celoti ali vsaj delno rezultat antropogenih vplivov, ki jim doslej sploh nismo posvečali zadostne pozornosti. Prav glede na to dejstvo lahko ocenjujemo to področje boja proti posledicam motenj kot dokaj obetavno. Taka perspektiva širi področje obravnavanja stresov s področja naravoslovnih zelo konkretno tudi na področje družboslovnih ved. Tudi na tem področju so metode monitoringa praktično nerazvite.

## **2. nivo: DELITEV MOTENJ PO KOMPLEKSNOSTI**

Ta delitev je pomembna tako za proučevanje motenj kot za ukrepanje v zvezi z njimi, saj nam odkriva vzročno-posledične povezave, ki se jih

prepogosto ne zavedamo in nam zato ostaja skrito bistvo nastanka motenj in njihovega reševanja.

a) **ENOSTAVNE MOTNJE:**

*Definicija:* motnje, ki jih povzroči en dejavnik ne da bi druga motnja katerekoli kategorije pred tem dani gozdni ekosistem napravila dovzetnejši za take enovzročne motnje.

*Komentar:* Ta tip motenj je sicer najpogostejši pri akutnih motnjah, vendar obstaja nevarnost, da ob akutnosti motnje spregledamo predisponiranost sistema zaradi kake druge motnje, kar pomeni, da je šlo v bistvu za kompleksno motnjo.

b) **KOMPLEKSNE MOTNJE:**

*Definicija:* motnje, ki nastopajo kot rezultanta medsebojnega delovanja (aditivnega, sinergističnega, redkeje antagonističnega) posameznih agensov motnje.

*Komentar:* Pri proučevanju in praktičnem obravnavanju motenj se prepogosto ustavljamo pri zadnji v verigi motenj, ki je navidezni vzrok sprememb v gozdnem ekosistemu. Gradacija podlubnikov na Sorškem polju l. 1992 in 1993 je npr. jasno povezana s sušnim poletjem, ki je bilo ugodno za njihovo prenamnožitev in je hkrati oslabilo iglavce (zlasti smreko). Pri tem seveda ne bi smeli spregledati, da je (antropogena) prisotnost smreke na njej tujih rastiščih v bistvu že ekosistemski stres. Kompleksnost motenj (s svojimi časovnimi in prostorskimi razsežnostmi) je bila doslej vse preveč podcenjena oz. sploh neobravnavana.

### *3. nivo: DELITEV MOTENJ PO POREKLU*

a) **NARAVNE MOTNJE:**

*Definicija:* motnje izključno naravnega izvora, ki bi nastopile tudi brez človekovih vplivov.

*Komentar:* Poreklo motenj narekuje tudi zakonitosti, po katerih se bodo odvijale in vplivale na gozdni ekosistem - oz. vpliva na načine, kako naj bi proučevali in reševali posledice motenj. V tej kategoriji gre za dve pojavnosti obliki motenj, ki se v intenzivnosti močno razlikujeta: za ujme in

počasne premike v količini in kakovosti dejavnikov, pomembnih za preživetje in razvoj gozda.

#### b) ANTROPOGENE MOTNJE

*Definicija:* motnje, katerih povzročitelj in nosilec je izključno človek

*Komentar:* Glede na številčnost in splošno naraščanje vpliva teh motenj (posamič ali v interakciji z naravnimi) je njihova kontrola oz. obvladovanje posebnega pomena v prizadevanjih za zmanjšanje okoljskih motenj in ogroženosti gozda nasploh.

#### c) KOMBINIRANE MOTNJE

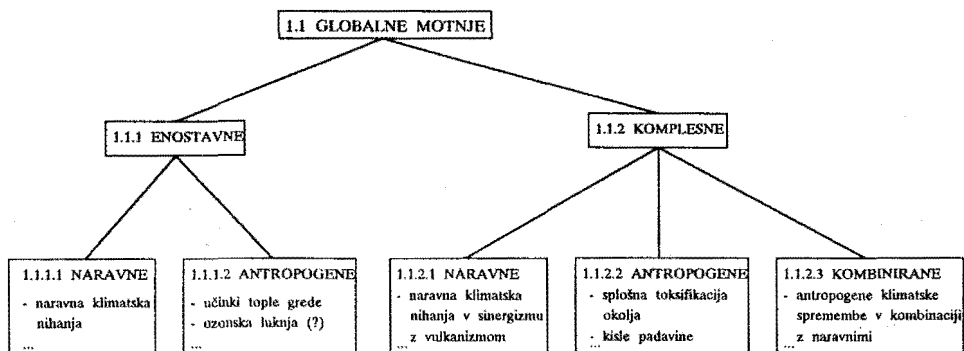
*Definicija:* motnje, ki nastopajo kot rezultat katere koli kombinacije kumulativnih, sinergijskih (v ožjem pomenu besede) ali celo antagonističnih medsebojnih vplivov dveh ali več naravnih in antropogenih motenj katere koli vrste.

*Komentar:* Dopustna je domneva, da so številne motnje, katerih poreklo ni znano, sinergijskega izvora in da gre lahko za kombinirane procese, ki jih sicer lahko sproži naravni ali antropogeni agens, a kasneje privzamejo "svoje lastno življenje" - tj. se razvijajo po svojih lastnih zakonitostih, ki le v osnovi slede zakonitostim sestavin motnje.

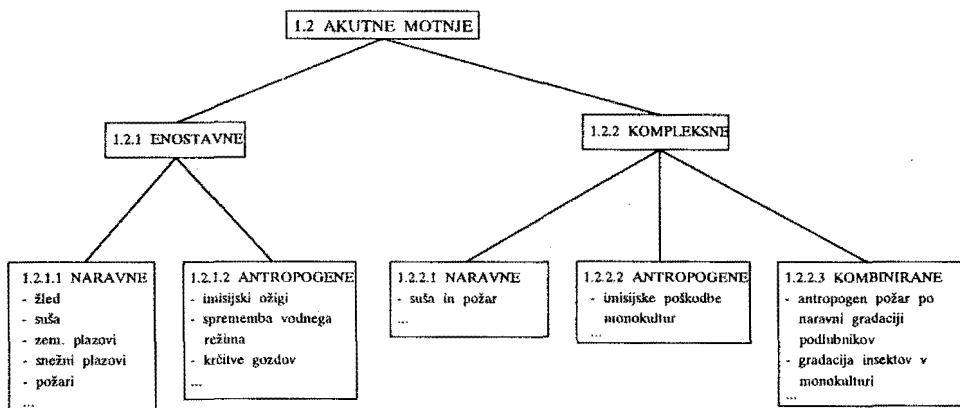
### 3.2 Primeri

Številčnost in heterogenost motenj, hkrati pa tudi potrebnost in primernost v preglednici št. 1 predlagane njihove delitve naj bi s primeri pokazale naslednje tri preglednice posameznih kategorij motenj:

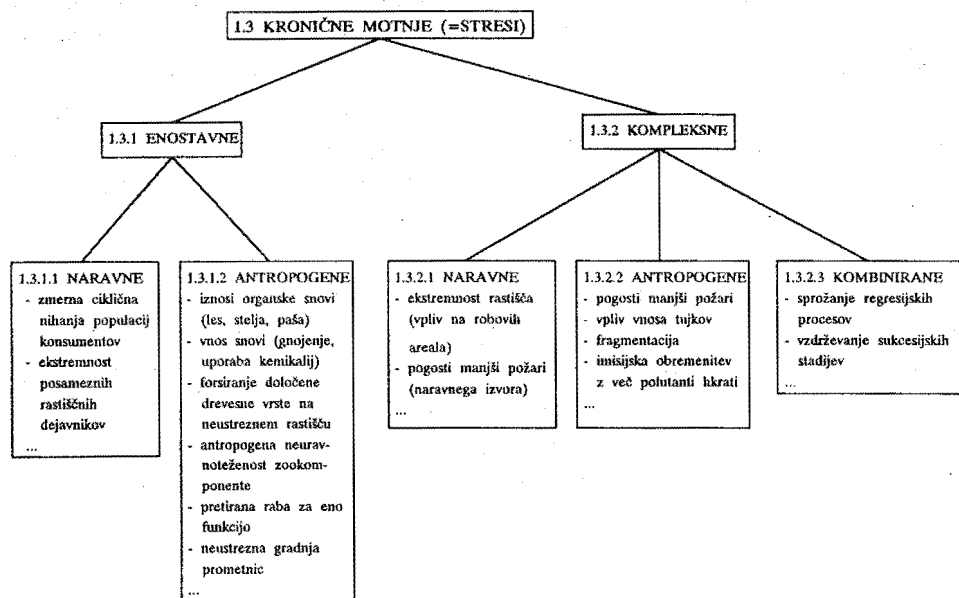
Preglednica 2: Pregled globalnih motenj (s primeri)



Preglednica 3: Pregled akutnih motenj (s primeri)



Preglednica 4: Pregled stresov = kroničnih motenj (s primeri)



#### 4 SPLOŠNO O VPLIVIH MOTENJ NA GOZDNI EKOSISTEM

Dosedanje obravnavanje motenj (naravnih ali antropogenih) je bilo omejeno pretežno na akutne motnje. Proučevani parametri (kolikor smo jih že proučevali) so obsegali čas (pogostost, trajanje, cikličnost), obseg prizadete gozdne površine in količine uničene lesne mase. Gozdarska literatura obravnava akutno motnjo na splošno kot nepredvidljiv dogodek, ki pomeni izpad lesne proizvodnje. Tak pristop seveda ne ponuja ekosistemske perspektive v obravnavanju motenj. Prvič, (naravna) motnja nikakor ni tujek v gozdnem sistemu: je gibalno njegovega sukcesijskega razvoja in dinamičnosti njegovega ravnotežja. Drugič, učinki motenj nikakor niso omejeni zgolj na drevesa, ampak tudi na druge producente ter populacije višjih trofičnih ravni, katerih niše v znatni meri premikajo. Ekosistemski pristop, za katerega trdimo, da smo ga uveljavili v gospodarjenju z gozdom, bi zato morali uveljavljati tudi v obravnavanju motenj.

Če je bilo doslej obravnavanje akutnih motenj na splošno pomanjkljivo, pa je mogoče trditi, da obravnavanja stresov praktično sploh ni bilo. Vzroke za to smo že našli, bistvo problema pa je v tem, da gre za kompleksen (gozdni eko-) sistem, največkrat izpostavljen kompleksu sinergijsko (nepoznano) med seboj delujočih agensov nizkih intenzitet, ki so prostorsko, časovno in glede na simptomatiko težko razpoznavni. Vse te značilnosti vplivajo na nerazvitost monitoringa stresov, kar seveda sinergijsko prispeva k njihovemu nepoznavanju.

Razvoj monitoringa pa ne bo mogoč, dokler ne bomo razvili resnično ekosistemskega pristopa k obravnavanju stresov. Če razumemo stres kot motnjo, ki povzroči zaznaven in konsistenten odklon v zgradbi in delovanju ekosistema, potem skladno z Odumovim pojmovanjem (ODUM 1971, s. 8) ekosistemske zgradbe in delovanja postavimo kot okvir ekosistemskega delovanja stresov naslednje sklope vprašanj:

#### a) ZGRADBA

- Kako stres vpliva na posamezne populacije producentov, konzumentov (vseh ravni) in razgrajevalcev?  
Stresi vplivajo na posamezne populacije selektivno (različno močno), kar nujno pomeni premike niš, izginotja starih in pojav novih vrst, ki so med seboj soodvisne, kar lahko sproža verižne reakcije premeščanj vseh populacij na vseh trofičnih nivojih. Na splošno je treba oceniti tudi vpliv stresa na vrstno pestrost ekosistema.
- Kako stres vpliva na strukturo organske snovi in premike v njej?  
Odmiranje nekaterih populacij (npr. drevesnih vrst), možen vdor novih, predvsem pa vplivi na razgrajevalce morajo povzročiti tudi spremembe v strukturi organske snovi, čeprav je to zaenkrat neraziskana hipoteza.
- Katere anorganske snovi (če) s stresom prihajajo v ekosistem?  
Atmosferski, geološki in antropogeni vektorji lahko predstavljajo premike znatnih količin snovi, ki jih zaenkrat ne obravnavamo kot neposredne snovne vhode, ampak le kot (potencialno) škodljive snovi. Posebej zanimivo je vprašanje odlagališč ("sinks") teh snovi.
- Kako kronična motnja vpliva na klimatski režim?

Vplivi globalnih motenj na makro in mezo klimo gozdnega ekosistema (razen vplivov trdnih delcev) so verjetno zanemarljivi, selektivni izpadi posameznih (skupin) dreves, ki jih povzročajo akutne in kronične motnje, pa zagotovo povzročajo zanimive premike v topo- in mikroklimi prizadetih ekosistemov.

## **b) DELOVANJE**

- Vpliv stresa na funkcionalno pestrost v prostoru in času, ki izvira iz strukturnih sprememb (siromašenje funkcionalnih medpopulacijskih vezi) po številčnosti in intenzivnosti.
- Vpliv stresa na energetske tokove. Premiki v zgradbi nujno povzročijo odmike od trenda, ki vodi h klimaksu, kar pomeni zmanjševanje števila možnih energetskih tokov, čeprav PICKETT in WHITE (1985, s. 378) omenjata, naj bi bila vrstna pestrost (s tem pa ne nujno tudi funkcionalna) največja v zmerno motenih ekosistemih.
- Vpliv stresa na prehranjevalne spletke. Spremembe v populacijah proizvajalcev, ki so zaradi svoje imobilnosti mnogo bolj izpostavljeni učinkom stresov, se morajo odraziti tudi v vertikalnih energijskih tokovih.
- Vpliv stresa na kroženje snovi. Najšibkejši člen v tem kontekstu so verjetno razgrajevalci, o katerih prizadetosti pa zaenkrat ne vemo mnogo.
- Vpliv stresa na razvoj in evolucijo. Z ekosistemske perspektive je jasno, da stres mora vplivati na sukcesijske procese celotnega ekosistema (v skrajnih primerih gre lahko tudi za premikanje meja sistema).
- Razvitost in moč kontrolnih mehanizmov ekosistema, ki se odziva na stres. Dejstvo, da so za stres značilne nizke intenzitete in dolgotrajni učinki naj bi omogočalo tudi ustrezno razvitje kontrolnih (homeostatskih) mehanizmov gozdnega ekosistema.

Stres smo vajeni obravnavati s fiziološkega vidika in perspektive osebnosti - torej avtekološko. Premik v obravnavanju stresov na višjo integracijsko raven ekosistema v nekem smislu spominja na preskok iz avtekološkega na sinekološko obravnavanje vplivov okolja. Medtem ko gre pri stresnih stanjih organizmov za slabitev vitalnosti in v končni fazi (če ne pride do adaptacije

ali speciacije) za odmrtnje, lahko domnevamo, da se sistemi na strese lahko odzivajo z obširnejšim registrom prilagoditev, ki praviloma lahko pomenijo vrsto degradacijskih stanj in šele na koncu prehod v nižje razvit ekosistem.

Dejansko gre pri obravnavanju vplivov (številnih antropogenih) stresov na mnogonamenskost (javne funkcije) gozda še za več: problematika izvora, posledic in preprečevanja stresov jasno posega že v območje sociosfere. Ekosistemsko obravnavanje stresov očitno postaja zanimiv izziv intedisciplinarnemu raziskovanju.

## 5 ZAKLJUČEK

Ob vsesplošni obremenjenosti okolja (in gozda) stres postaja dejavnik v življenju gozda, ki ga ni več mogoče prezreti. Treba ga bo spoznavati, spremljati in upoštevati v gospodarjenju ne le za lesnoproizvodno funkcijo ampak za celoten mnogonamenski gozd.

Dosedanje proučevanje motenj se je omejevalo na spremljanje akutnih motenj. V opisih sestojev po veljavnem obrazcu upoštevamo naslednje motnje, ki jih lahko uvrščamo med akutne, oz. bi jih lahko (vsaj nekatere) opredelili kot strese, če bi bilo mogoče jasno določiti prag med akutno in kronično motnjo: bolezn, škodljivci, divjad, glodalci, paša, vetrolom, snegolom, ledolom, požar, plaz, usad, poplave, osuševanje tal, gradnja prometnic, posek in transport, imisija, rekreacija, nepoznan vzrok, divjad in sušenje jelke, krčitev za gradnjo gozdnih cest, krčitev za gradnjo daljinskih plinovodov, krčitev za druge gradnje, golosek za direktno premeno, golosek za sanacijo kalamitet, golosek za gozdarske dejavnost, golosek za gradnjo druge infrastrukture. Drugi podatki tega obrazca kažejo na potencialno možnost stresa le posredno (npr. stopnja obremenjenosti, zgradba sestoj, zasnova, sklep, razvojna težnja, vitalnost ipd.) - za podrobnejšo registracijo očitno manjka (med drugim) tudi teoretskih izhodišč - ki pa se bodo lahko oblikovala šele na temelju ustreznih opazovanj stanj in procesov.

Življenje s stresom mnogonamenskega gozda in potreba po njegovem vključevanju v obravnavanje gozda nasploh (od zaščitenega rezervata do mnogonamenskega gozda) sta dejstvo - in izziv, ki radikalno spreminja meje

klasično pojmovanega varstva gozdov. Stres pač ne pomeni nujno (takojšnjega) propada lesnoproizvodne funkcije gozda (kot npr. pri akutni motnji), ampak neizbežno zmanjševanje njegove plastičnosti, tj. sposobnosti reagiranja na gozdnogospodarske ukrepe, ki je toliko pomembnejša, čim bolj mnogonamenski naj bi gozd bil.

## SUMMARY

Disturbances are integral part of the life of the virgin forest. With all the environmental stresses, disturbances have become a fact that has to be lived with and considered in the measures in the managed forest as well.

Too strong accentuating of the timber production function does not give disturbances a proper position. Above all it does not lead into the ecosystematic dealing with disturbances, which is a precondition for considering of their influence on the multiple-use management of the forest.

So far the forestry science and practice have been dealing primarily with acute disturbances (calamities) of the timber production function. From a broader point of view, acute disturbances can be defined as occurrences clearly definable as far as the space, time and cause-effect are concerned. They have a relatively fast and radical effect on the structure and/or the functioning of the forest ecosystem.

Great influence of global disturbances (e. g. of climatic changes) on world forests has more and more become the topic of our reflections. These disturbances are defined as those of worldwide (or at least continental) dimensions, which are primarily of chronic character. Their causes, intensity, the actual time and spatial extent as well as the consequences are only partially known or even unknown. The opinion prevails that essentially nothing can be done about them directly and in short term.

A sphere that has especially been neglected are chronic disturbances (=stresses) which are defined as the disturbances of low intensity and

frequently of synergetic nature, which are more difficult to define with regard to time, space and cause and effect.

These kinds of disturbances deserve special attention in the managing measures for the multiple-use forest because they reduce platicity and responsiveness of the forest ecosystem to forest management measures and of its carrying capacity for various functions.

The classification of disturbances, which is necessary for the development of the theory and praxis of the dealing with disturbances, put forward is:

a) according to the category

- global
- acute
- chronic

b) according to complexity

- simple
- complex

c) according to the origin

- natural
- anthropogenic
- combined

The further dealing with disturbances should be based on the following suppositions:

1. The forest has been under increasing endangerment by natural and anthropogenic influences and by their synergetic effects
2. The disturbances or the stress of forests have not been known enough because of which there has been no appropriate approach established towards them (=ecosystematic aspect).
3. The entire forest ecosystem (not only trees) and all its functions have been affected by disturbances.
4. The forest's stress has to be dealt with integrally. Regarding the increasing anthropogenic component within this stress, the dealing therewith also necessarily extends to the social sphere.
5. In forestry science and practice, the disturbances of all types have to be treated concretely from the aspect of their influences on the permanent, multiple and co-natural character of the forest.

Ecosystematic perspective demands that disturbances (especially chronological ones) be analysed and dealt with as to their effects on individual elements of the structure and functioning of forest ecosystems.

## VIRI

- ARMESTO, J.J./ PICKETT, S.T.A., 1985. Experiments in disturbance in old-field plant communities: impact on species richness and abundance. - *Ecology*, 66, št. 1, s. 230-248.
- BAKER, W.L., 1989. Effect of scale and spatial heterogeneity on fire-interval distributions. - *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 19, št. 6, s. 700-706.
- BAZZAZ, F. A., 1983. Characteristics of populations in relation to disturbance in natural and man-modified ecosystems. V: Mooney, Godron 1983.
- BLEIWEIS, S., 1983. Ujme - povzročiteljice škod v slovenskih gozdovih. *Sodobno kmetijstvo*, št. 2, s. 92-94.
- BORMANN, F.H., 1985. Air pollution and forests: an ecosystem perspective. *Bio Science*, Vol. 35, št. 7, s. 434-441.
- BORMANN, F.H./ LIKENS, G.E., 1979. Catastrophic disturbances and the steady state in northern hardwood forests. - *Am. Sci.* 67, št. 6, s. 660-669.
- BROOKS, D.J./ GRANT, G.E., 1992. New approaches to forest management. - *Journal of Forestry*, Jan. s. 25-28 in Feb. s. 21-24.
- CLARK, J.S., 1991. Disturbance and population structure on the shifting mosaic landscape. - *Ecology*, Vol. 72, št. 3, s. 1119-1137.
- FERLIN, F., 1991a. Nekateri značilnosti pojava umiranja smreke in njenega prirastnega odzivanja na imisijske strese. - *Zb.gozd.in les.* 37, s. 125-156.
- FERLIN, F., 1991b. Vpliv onesnaženja ozračja na rastnost odraslih smrekovih sestojev - metoda kvantificiranja ogroženosti fizioloških funkcij gozda. - *Zb.gozd.in les.* 38, s. 97-124.
- FORMAN, R.T.T./ GODRON, M., 1986. *Landscape ecology*. - John Wiley&Sons. New York, 619 s.
- FRY, G., 1990. The management of protected areas under the influence of atmospheric emissions in the temperate zone. - *IUCN Commission on Natural Parks and Protected Areas*, mnsr., 11 s.
- GLATZEL, G., 1992. *Waldökosystemsanierung*. - Universität für Bodenkultur. Dunaj, 40 s.
- GOIGEL TURNER, M. (ured.), 1987. *Landscape heterogeneity and disturbance*. - Springer Verl., New York, 211 s.
- GOSZ, J.R., 1992. Sustainable forest ecosystem management: interpretations from the Sustainable Biosphere Initiative. - *School of Forestry, NAU. Flagstaff*

- GROSS, M.R., 1991. Salmon breeding behaviour and life history evolution in changing environments. - *Ecology*, Vol. 72, št. 4, s. 1180-1186.
- HABER, W., 1978. Ökosystemforschung - Ergebnisse und offene Fragen. - V: Buchwald, K. in Engelhard, W. (ured.): *Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt*, I. zv. BLV München, 288 s.
- HARRIS, L.D., 1984. *The fragmented forest*. - The University of Chicago Press. Chicago, 211 s.
- HINRICHSSEN, D., 1986. Multiple pollutants and forest decline. - *Ambio*, Vol. 15, št. 5, s. 258-265.
- HURT, L. A., 1992. Forgotten forests. - *WWF News* 79, s.4.
- LORIMER, C.L., 1989. Relative effects of small and large disturbances on temperate hardwood forest structure. - *Ecology*, Vol. 70, št. 3, s. 565-567.
- MCGRAW, J.B., 1992. Dealing with stress. *Ecology*, Vol. 73, št. 1, s. 381
- MOONEY, H.A./ GODRON, M (ured.), 1983. *Disturbance and ecosystems*. - Springer-Verlag. Berlin, 292 s.
- NIESSLEIN, E./ HAUFF, D., 1984. Forstgeschichtliche Untersuchungen zum Waldsterben. - *Forstw. Cbl.*, 103, št. 3, s. 153-163.
- ODUM, E.P., 1971. *Fundamentals of ecology* (3.izd.). - W.B. Saunders Co., Philadelphia, 574 s.
- ODUM, E.P., 1983. *Basic ecology*. - CBS College Publishing, Ed. Italiana, Piccin, Padova.
- PARSONS, P.A., 1990. The metabolic cost of multiple environmental stresses: implications for climatic change and conservation. - *Trends in ecology and evolution*. Vol. 5, št. 9, Elsevier Sci. Publishers Ltd. (U.K.), s. 315-317.
- PEET, R.K./CHRISTENSEN, N.L., 1980. Succession: a population process. - *Vegetatio*, Vol. 43, št. 1-2, s. 131-139.
- PETERS, R.L., 1990. Effects of global warming on forests. - *Forest Ecology and Management*, 35 (1990), s. 13-33.
- PICKET, S. T. A./ WHITE, P.S. (ured.), 1985. *The Ecology of natural disturbance and patch dynamics*. - Academic Press. Orlando, 472 s.
- PLATT, W.J./STRONG, D.R., 1989. Gaps in forest ecology. - *Ecology*, Vol. 70, št. 3, s. 535.
- POJBIČ, J., 1988. Ranjeni gozdovi se celijo stoletja - bo prekmurska jelša žrtev melioracij? - *Delo*, 9.IV.1988, s. 28.
- PRÖBSTL, U., 1989. Auswirkungen des Waldsterbens auf Erholung und Fremdenverkehr in walddreichen Mittelgebirgslandschaften Bayerns. - *Forstw. Cbl.*, 108, s. 56-65.
- RADINJA, D., 1983. Žledne ujme v Sloveniji. - *Naravne nesreče v Sloveniji*. SAZU. Ljubljana, s. 107-115.
- RKKGK Slovenije/SZG Slovenije, 1990. *Aktivno varstvo gozdov in kriza v gozdarstvu*, mnsr.

- 
- RUNKLE, J.R., 1985. Disturbance regions in temperate forests. - V: Pickett in White, 1985, s. 17-34.
- Slovar slovenskega knjižnega jezika (SSKJ), II. del 1975, III. del 1979, IV. del 1985, DZS, SAZU, Ljubljana.
- SPIES, T.A./FRANKLIN, J.F., 1989. Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific Northwest. - Ecology, Vol. 70, št. 3, s. 543-545.
- SUKOPP, H., 1972. Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. - Berichte über Landwirtschaft 50. Paul Parey. Hamburg, s. 112-139.
- TESCHE, M., 1991. Stress und Decline bei Waldbäumen. - Forstw. Cbl. 110 (1991), s. 56-65.
- THOMASIUS, H., 1990. Dynamik natürlicher Waldgesellschaften im Osterzgebirge, ihre Modifikation durch Umweltveränderungen und deren Bedeutung für Rekonstruktionsmassnahmen. - Arch. Nat. Schutz Landsch. Forsh.. Berlin, 30, zv. 3, s. 161-176.
- THOMASIUS, H., 1991. Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. - Forstw. Cbl. 110 (1991), s. 305-330.
- TROMMER, G., 1983. Ökologie. - Aulis Verlag. Köln, 182 s.

