

GDK: 42+322.2 »1995-2006«(497.4)(045)=163.6

Naravne ujme v gozdovih Slovenije

Natural disasters

Jošt JAKŠA*

Izvleček:

Jakša, J.: Naravne ujme v gozdovih Slovenije. Gozdarski vestnik, 65/2007, št. 3. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 7. Prevod Jana Oštir.

Prispevek opisuje naravne ujme v slovenskih gozdovih. Analizira obseg poškodb in njih prostorsko razprostranjenost. Opisani so tudi pogoji za nastanek naravnih ujm ter smernice za zmanjševanje poškodb v gozdovih.

Ključne besede: naravna ujma, podnebni dejavniki, suša, veter, sneg, žled, plaz

Abstract:

Jakša, J.: Natural disasters in Slovenian forests. Gozdarski vestnik, Vol. 65/2007, No.3. In Slovene, with abstract in English, lit. quot. 7. Translated into English by Jana Oštir.

The article deals with natural disasters in Slovenian forests. The scope of damage and its spatial distribution are analysed. The conditions for the development of natural disasters are described, as are guidelines for the reduction of damage in forests.

Key words: natural disaster, climatic factors, draught, wind, snow, sleet, avalanche

ŠIFRA: 00-3.00

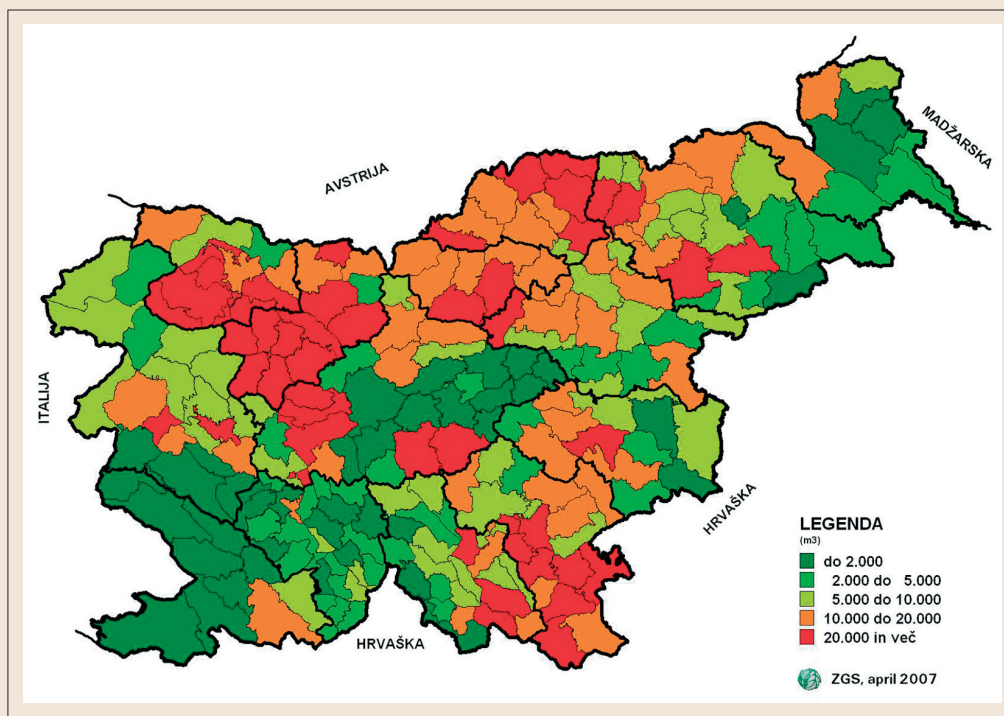
UVOD

Ujme in škode, ki jih le-te povzročajo se spremlja direktno preko površine gozda, ki jo ujme prizadenejo in preko obsega poškodb, ki ga ujme povzročijo v gozdovih. Obseg poškodb se najpogosteje izraža v količini poškodovanega drevja, natančneje v m³. Šifrant skupin vzrokov povzročiteljev škod v gozdu, ki ga uporabljamo pri opisovanju v prilogi Zdravje gozda, je povzet po skupinah vzrokov za posek, ki se uporablja za vodenje evidenc sanitarne sečnje na Zavodu za gozdove Slovenije. Veter, sneg, žled in plaz skupaj tvorijo naravne ujme. Za popolnejše razumevanje vzrokov in posledic naravnih ujm, je potrebno opisu pridati tudi oskrbo rastlin z vodo in posledično sušo, ki je v zadnjih letih eden najpogostejših abiotičnih dejavnikov, ki neposredno in posredno vpliva na zdravje naših gozdov. Zaradi nadaljnjega boljšega razumevanja bo voda in oskrba z vodo opisna kot posebno poglavje.

PREGLED NARAVNIH UJM V SLOVENSKIH GOZDOVIH ZA OBDOBJE OD 1995 DO 2006

Delež sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm, za obdobje od 1995 do 2006 med posameznimi gozdnogospodarskimi območji (v nadaljevanju GGO) zelo variira. Če primerjamo GGO med seboj v absolutnih količinah zaradi naravnih ujm posekanega drevja ugotovimo, da je bilo v omenjenem obdobju povprečno na leto najmanj sanitarnih sečenj zaradi naravnih ujm v GGO Sežana: 2.242 m³, GGO Murska Sobota: 3.551 m³ in GGO Brežice: 9.323 m³. Največ sanitarnih sečenj zaradi naravnih ujm je bilo povprečno na leto v GGO Kranj: 52.714 m³, GGO Ljubljana: 46.610 m³, GGO Novo mesto: 31.417 m³ in v GGO Bled: 28.831 m³. To so absolutne številke, ki pa zaradi različnega obsega sečenj ne povedo relativnih razmerji med posameznimi GGO. Relativna razmerja so prikazana v grafu 1, kjer so za obdobje 1995 - 2006, ločeno za posamezno GGO,

* J. J., univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije CE, Večna pot 2, 1000 Ljubljana



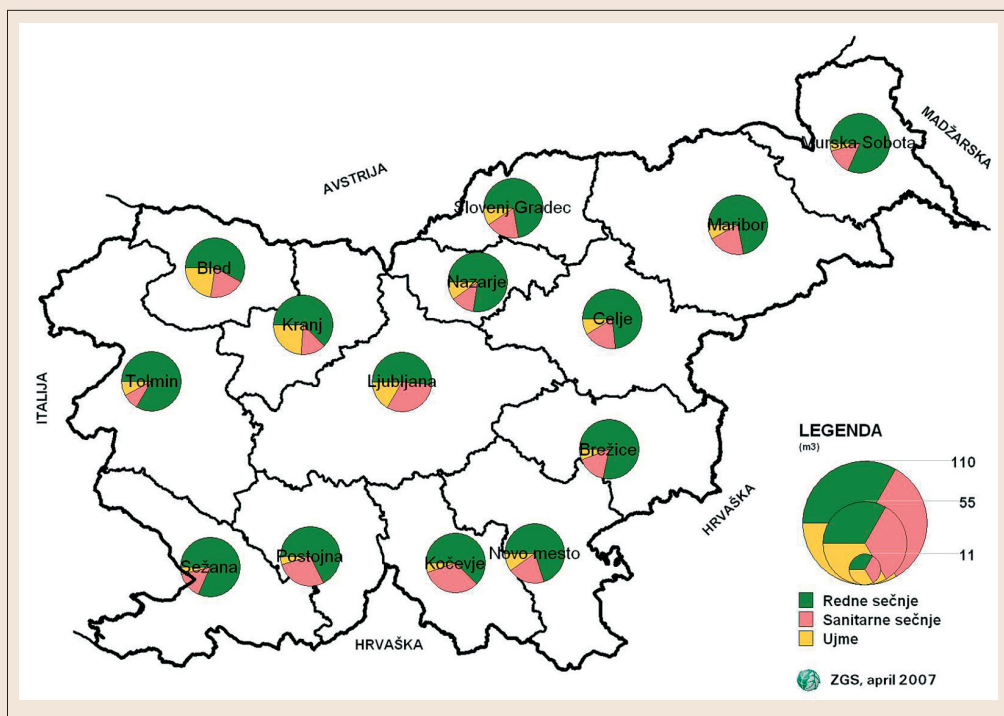
Karta 1: Posek zaradi naravnih ujm po gospodarskih enotah v m³ za obdobje od 1995 do 2006 (izdelal Rok PIŠEK 2007)

prikazani kot delež sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm v primerjavi s celotnim posekom ter kot delež sanitarnega poseka, ki je vezan zgolj na naravne ujme v primerjavi s celotnim sanitarnim posekom posameznega GGO.

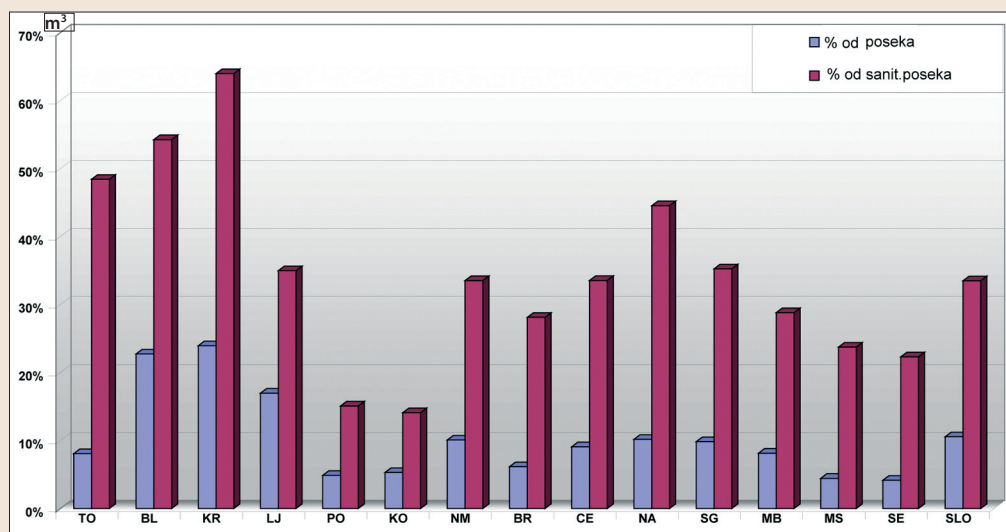
Z grafa je razvidno, da imata največji delež sanitarnih sečen zaradi naravnih ujm, tako primerjalno na celoten posek kot na skupen sanitarni posek GGO, ki pokrivata Alpski predel. To sta GGO Kranj kjer se je v obdobju od 1995 do 2006 posekalo zaradi naravnih ujm kar 23,9 % vsega poseka in GGO Bled kjer se je zaradi naravnih ujm posekalo 22,7 % vsega poseka. Če v omenjenih GGO primerjamo posek zaradi naravnih ujm s skupnim sanitarnim posekom vidimo, da imata tudi v tej primerjavi daleč nadpovprečni delež GGO Kranj 64,0 % in GGO Bled 54,3 %. Podobna razmerja, toda nekoliko nižje vrednosti dosegajo preostala GGO, ki imajo gozdove v gorskem svetu, to so GGO Tolmin, GGO Nazarje in GGO Slovenj Gradec. Skupen jim je predvsem velik delež sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm v primerjavi

z celotnim sanitarnim posekom. To pomeni, da so v gorskih predelih naravne ujme poglavitni moteči dejavnik v razvoju gozda. Seveda se mora tem ugotovitvam prilagoditi načrtovanje gospodarjenja z gozdom. Predlagani ukrepi za gojenje na naravne ujme manj dovzetne gozdove bodo opisani pri opisu posamezne vrste naravne ujme. Najmanj z naravnimi ujmami prizadeta GGO pa so bila v obdobju od 1995 do 2006 GGO Sežana, GGO Murska Sobota, GGO Postojna in GGO Kočevje.

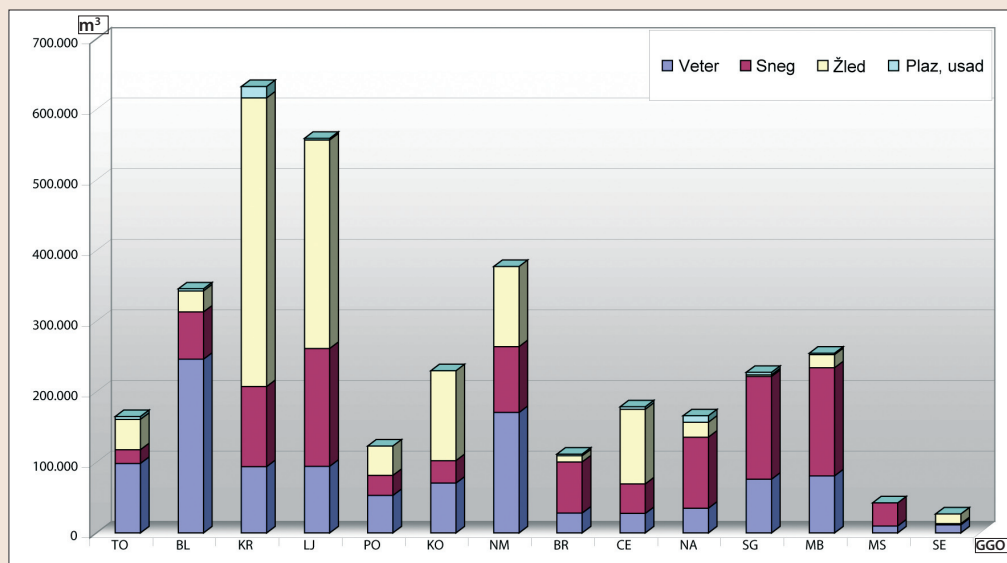
Če za proučevano obdobje primerjamo posamezne vzroke za sanitarni posek v naravnih ujmah poškodovanih gozdov ugotovimo, da so veter, sneg in žled povzročili skoraj enako količino poškodb. Kljub vsemu je bilo največ drevja posekanega zaradi žleda (1.229.302 m³), sledi veter (1.096.720 m³) in sneg (1.069.407 m³). Zaradi plazov in usadov je bilo posekanih le 46.897 m³. Primerjava po GGO pokaže, da je bilo v GGO Kranj, GGO Ljubljana, GGO Kočevje in GGO Celje največ poseka zaradi žledu, v GGO Bled, GGO Novo mesto in



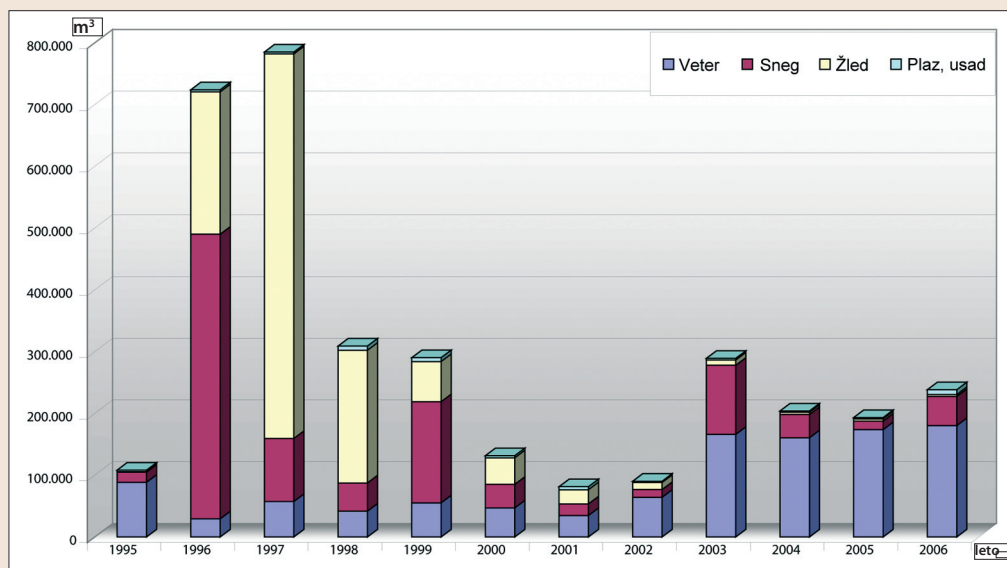
Karta 2: Redni posek, sanitarni posek in posek zaradi naravnih ujm, v deležih od skupnega poseka po GGO za obdobje od 1995 do 2006 (izdelal Rok PISEK 2007)



Graf 1: Delež sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po GGO, primerjalno na celotni posek in primerjalno s skupnim sanitarnim posekom, za obdobje od 1995 do 2006.



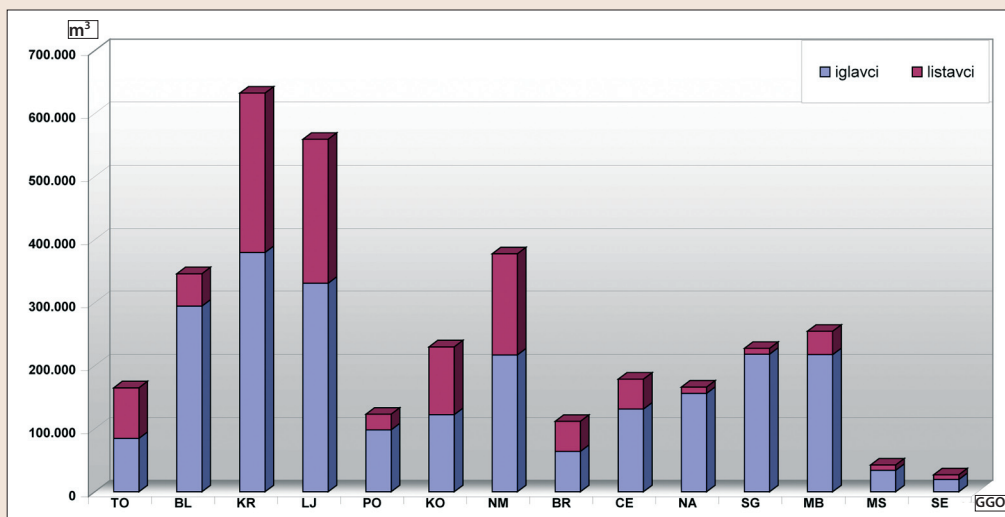
Graf 2: Količine sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po GGO, ločeno po vzrokih poseka, za obdobje od 1995 do 2006.



Graf 3: Količine sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po letih, ločeno po vzrokih poseka, za obdobje od 1995 do 2006.

GGO Tolmin pa zaradi vetra. Največ poseka zaradi snega so imeli v GGO Slovenj Gradec, GGO Maribor, GGO Nazarje, GGO Brežice in v GGO Murska Sobota. V ostalih GGO so deleži približno enaki. Poseka gozdnega

drevja zaradi plazov in usadov so imeli količinsko največ v GGO Kranj in GGO Nazarje. Podrobnejši prikaz količin posekanega drevja zaradi posameznih vrst naravnih ujm, ločeno po GGO je razviden z grafa 2.



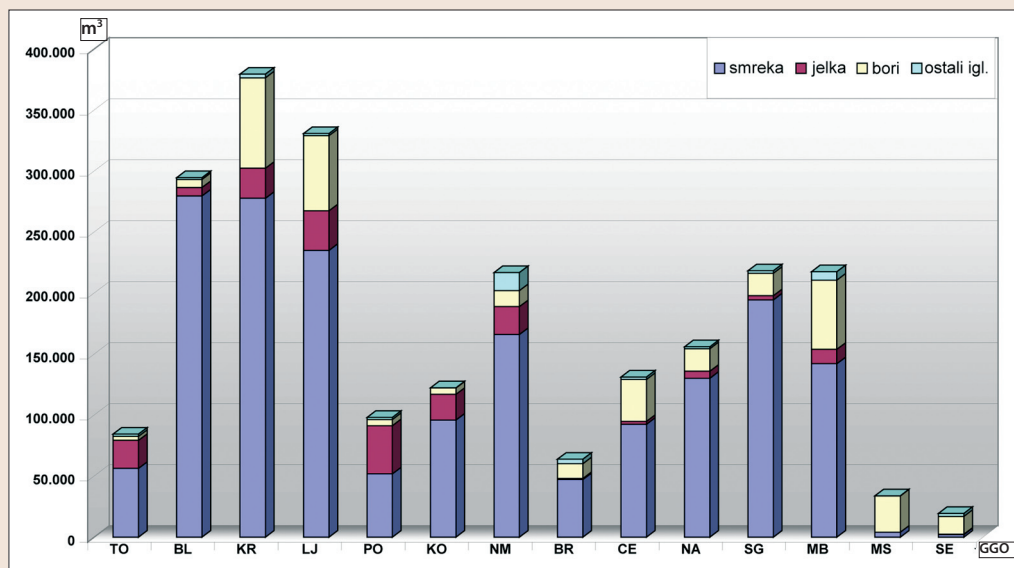
Graf 4: Količine sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po GGO, ločeno na iglavce in listavce, za obdobje od 1995 do 2006.

Po posameznih letih so opazne razlike med količino sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm in strukture vzrokov za posek. Delež oz. količina sanitarnih sečenj, tako skupno, kot vezano na naravne ujme, je v tekočem letu odvisna predvsem od klimatskih razmer in vrste naravnih ujm, ki v posameznem letu prizadenejo gozdove. V letih 1996 in 1997 je bil visok delež sanitarnih sečenj posledica katastrofalnega snegoloma ob koncu leta 1996 in žledoloma, ki je gozdove prizadel koncem leta 1997. Visok delež sanitarnih sečenj kot posledica žledoloma v letu 1998 je tudi še posledica žledu v letu 1997. V letih 2003, 2004, 2005 in 2006 pa je delež sanitarnih sečenj zaradi naravnih ujm velik predvsem zaradi vetrolomov, ki so se pojavljali po vsej Sloveniji. Primerjave med količino poškodovanega in posekanega lesa po posameznih vzrokih naravnih ujm, ločeno po letih, so razvidne z grafa 3.

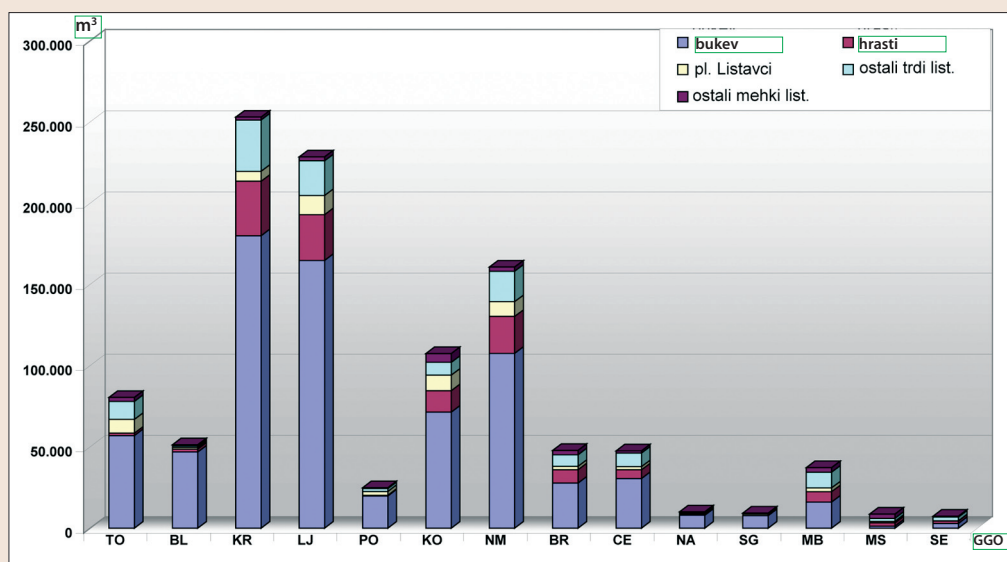
Nadaljnja primerjava med GGO pokaže, da skoraj v vseh GGO med sanitarnim posekom zaradi naravnih ujm prevladujejo iglavci. Podatke moramo ponovno preučiti z vidika absolutnih količin in relativnih deležev. Absolutno največje količine iglavcev so bile zaradi naravnih ujm posekane v GGO Kranj, GGO Ljubljana, GGO Bled, GGO Maribor in v GGO

Novo mesto. Če številke preračunamo v delež pa so na vodilnih mestih poseka iglavcev zaradi naravnih ujm GGO Slovenj Gradec (95,9 %), GGO Nazarje (93,9 %), GGO Maribor (85,4 %), GGO Bled (85,2 %) in GGO Postojna (79,7 %). Najmanjši delež poseka iglavcev med posekom zaradi naravnih ujm ima GGO Tolmin, toda tudi tu je delež še vedno večji kot 50 %, natančneje 51,2 %. Prikazani podatki kažejo, da so iglavci mnogo bolj podvrženi poškodbam zaradi naravnih ujm kot listavci. Hkrati so deleži poseka iglavcev najvišji predvsem v predelih Slovenije, kjer je delež iglavcev v lesni zalogi največji. Kljub naravnim rastiščnim pogojem, ki so v navedenih območjih bolj primerni za iglavce, je velik delež iglavcev v lesni zalogi predvsem posledica spremenjenosti drevesne sestave. Napake preteklosti se odražajo v sedanjosti. V grafu 4 so prikazane količine iglavcev in listavcev, posekanih v obdobju 1995 – 2006 po GGO.

Podrobnejša delitev iglavcev posekanih zaradi naravnih ujm, kaže, da je daleč največ poškodb utrpel smreka. V obdobju od 1995 do 2006 je bilo v slovenskih gozdovih posekanih kar 1.774.728 m³ smreke. Mnogo manj je bilo posekanih borov, kamor sta šteta rdeči bor (*Pinus sylvestris*) in črni bor (*Pinus nigra*),



Graf 5: Količine sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po GGO, po skupinah iglavcev, za obdobje od 1995 do 2006.

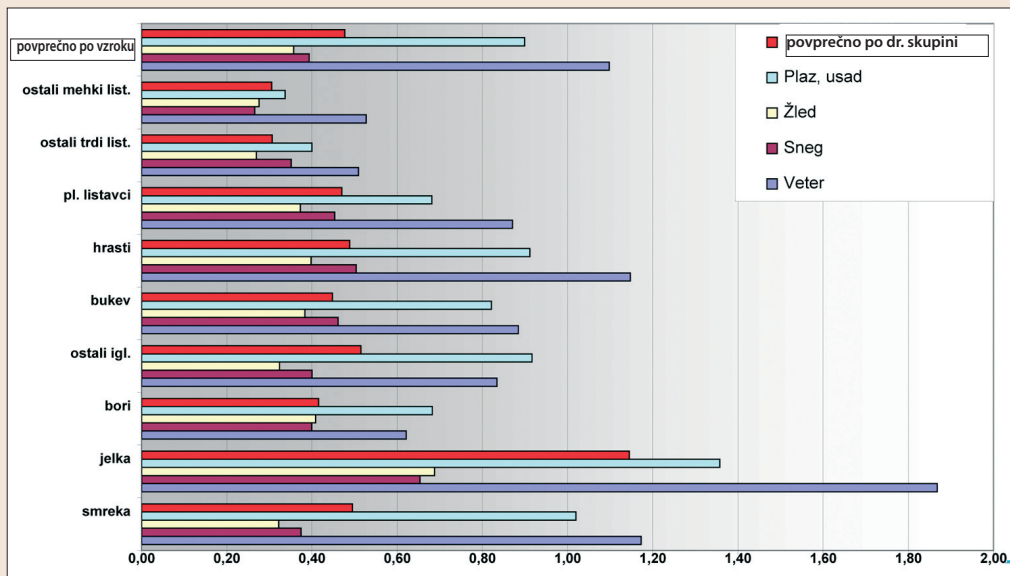


Graf 6: Količine sanitarnega poseka zaradi naravnih ujm po GGO, po skupinah listavcev, za obdobje od 1995 do 2006.

s 353.242 m³. Ostali bori so uvrščeni v skupino ostali iglavci. Jelke je bilo v omenjenem obdobju zaradi naravnih ujm posekane 195.287 m³, vseh ostalih iglavcev pa 44.109 m³. Količine do neke mere odražajo tudi razmerja v lesni zalogi, vendar v večini primerov nakazujejo na

povečano tveganje pri gospodarjenju s smreko. Razmerja po posameznih GGO so za iglavce razvidne z grafa 5.

Če podobno kot pri iglavcih primerjamo sanitarni posek zaradi naravnih ujm tudi po skupinah listavcev, ugotovimo, da je bila naj-



Graf 7: Povprečni volumen drevesnih vrst oz. skupin sanitarno posekanega drevja v odvisnosti od vrste naravne ujme, za obdobje od 1995 do 2006.

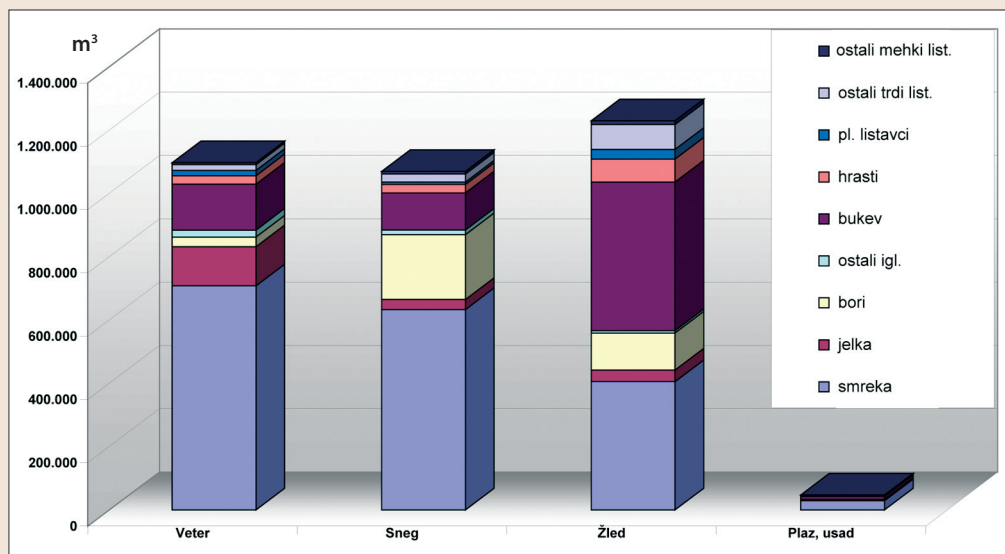
bolj poškodovana drevesna vrsta med listavci bukev. Posekanih je bilo kar 741.571 m³ bukve. Na drugem mestu so hrasti, kamor sta všteta graden (*Quercus petraea*) in dob (*Quercus robur*) s 126.083 m³. Plemenitih listavcev je bilo za 57.079 m³, ostalih trdih listavcev 123.596 m³ in mehkih listavcev 26.628 m³. Velik delež bukve je poleg njenega velikega deleža v lesni zalogi slovenskih gozdov tudi posledica njene široke ekološke niše, tako da porašča mnoga območja, ki jih najpogosteje prizadene žled. Podroben prikaz količin zaradi naravnih ujm posekanih listavcev je razviden z grafa 6.

Različne naravne ujme, povzročajo poškodbe pri isti drevesni vrsti pri različnih povprečnih volumnih, kar posledično pomeni pri različnih višinah drevja, različnih prsnih premerih oz. različnih starostih drevesnih vrst (razvojnih fazah). Veter med vsemi vzroki naravnih ujm pri vseh drevesnih skupinah povzroča poškodbe pri drevju z največjim volumnom. Povprečno drevo, ki ga je poškodoval veter je imelo v obdobju od 1995 do 2006 1,10 m³, če ga je poškodoval sneg je volumen povprečnega drevesa znašal 0,39 m³, pri poškodbah zaradi žleda je povprečni volumen znašal 0,36 m³ in pri poškodbah, ki so jih povzročali plazovi in usadi je povprečni

volumen posekanega drevesa znašal 0,90 m³. Podatki so lažje razumljivi, če si zamislimo oprijemališča sil, ki delujejo na drevo, kadar nanj delujejo sile naravnih ujm. Veter najpogosteje poškoduje nadstojna drevesa, kjer se sile zaradi velike ročice (dolžine debla) povečajo tako, da deblo zlomijo oz. drevo izrujejo s koreninami. Pri velikih silah zaradi velikih količin snega oziroma ledu, ki se je ujel v krošnje pa so lomljenju in ostalim poškodbam pri snegolomih in žledu bolj podvržene mlajše razvojne faze, ki imajo šibkejša debela. Pri plazovih in usadih pa je možno, da se ob neugodnih vremenskih okoliščinah plazenje sproži zaradi prevelike teže rastlinskega pokrova.

Največji povprečni premer, pri vseh vrstah naravnih ujm dosega jelka. Povprečni volumen jelke, ki je bila posekana zaradi vetra je kar 1,87 m³, povprečno za vse vrste vzrokov pa 1,14 m³. Pri vetru izstopata še smreka, ki ima povprečni volumen 1,17 m³ in hrast 1,15 m³. Ostale drevesne vrste oz. skupine imajo pri različnih vrstah vzrokov podobne povprečne volumne. Podrobnejši pregled je razviden z grafa 7.

Naravne ujme različno prizadenejo različne drevesne vrste oz, skupine drevesnih



Graf 8: Količina poškodb v m³, po drevesnih vrstah oz. skupinah drevesnih vrst v odvisnosti od vrste naravne ujme, za obdobje od 1995 do 2006.

vrst. Graf 8 prikazuje količine posamezne drevesne vrste oz. skupine drevesnih vrst, ki so bile posekane zaradi naravnih ujm v obdobju od 1995 do 2006. Vetr, sneg, plazovi in usadi najpogosteje poškodujejo smreko. Med pogostejše poškodovanimi drevesnimi vrstami zaradi vetra sta še jelka in bukev. Sneg poleg smreke pogosto poškoduje bore in bukev. Žled največ poškodb povzroča na bukvi, smreki in borih, ne prizanaša pa niti hrastom in ostalim trdim listavcem.

Sveda so zgoraj navedene analize približek realnega stanja. Naravne ujme redko povzročajo poškodbe v gozdovih zgolj v eni obliki. Najbližje enoznačni opredelitvi vzroka poškodbe so ponavadi posledice vetrolomov, saj večina poškodb zaradi vetrolomov nastane v kratkem času, ko pihajo močni vetrovi in ni prisotnih drugih sil, ki bi povzročale poškodbe na drevju. Ostale poškodbe, ki jih povzročata predvsem težak sneg in žled, pa se lahko prepletata v medsebojni pojavi obliki oz. k še večjim poškodbam prispeva tudi vetr, ki že tako obremenjene krošnje, veje in debla dreves obremeni z dodatno silo.

Ker je večina naravnih ujm povezana z vodo oz. je voda prenašalec energije, ki raz-

giba atmosfero, in ker je preskrba z vodo eden od odločujočih dejavnikov vitalnosti in s tem povezane odpornosti dreves, bo v nadaljevanju najprej opisana voda s svojimi fizikalno-kemičnimi lastnostmi, kroženje vode v atmosferi in pomen vode za rastline, s poudarkom na gozdnem drevju. Opisi posameznih pojavnih oblik naravnih ujm in priporočila za gojenje bodo opisani v nadaljevanju.

VODA

Voda, tekočina brez barve, okusa in vonja, je kemijsko vodikov oksid [H₂O]. Je najbolj razširjena snov na zemlji in je nujna za vse oblike življenja na planetu Zemlja. Voda je poleg svetlobe in toplote (energije) osnovni dejavnik, ki pogojuje biokemične procese v rastlinah. Voda ima več fizikalnih pojavnih oblik, ki za rastline niso vse enako primerne. Tudi preostale oblike naravnih ujm, ki jih bomo obravnavali v nadaljevanju, so v veliki meri povezane z vodo, predvsem vodno paro, ki je vezana v ozračju. Kot kemijska spojina ima voda [H₂O] zaradi svoje posebne zgradbe in vodikovih vezi, ki vežejo dva vodikova atoma na kisikov atom, kar nekaj lastnosti, ki so pomembne za razumevanje last-

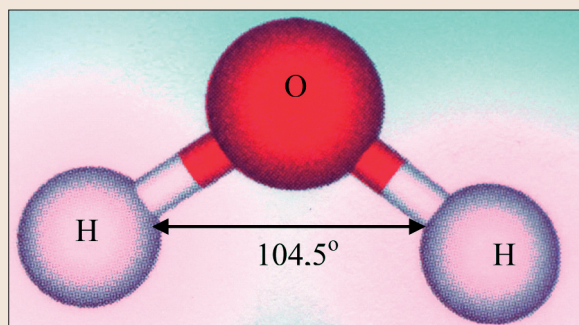
nosti in vloge vode v živem svetu. Razporeditev elektronskih parov okoli centralnega kisikovega atoma je tetraedrična. Idealni tetraedriški kot je $109,5^\circ$, kot med vezema pri molekuli vode pa odstopa od te idealne vrednosti in je $104,5^\circ$. Prav to odstopanje daje vodi večino njenih fizikalnih anomalij.

Zaradi načina vezave atomov v molekuli vode $[H_2O]$, ima ena stran molekule pozitiven naboj, druga pa negativen. Privlačne sile med negativno in pozitivno orientiranimi deli molekul imajo za posledico, da je potrebna količina energije za spremembo agregatnega stanja vode velika.

Osnovne fizikalne lastnosti vode, ki so najpomembnejše za življenje so: gostota vode,

kemije). To omogoča, da v globini ostaja voda v tekočem agregatnem stanju in s tem tudi življenje, tudi ko zaradi nizkih temperatur površina vode zamrzne, saj zaradi svoje manjše specifične teže led, kot pojavn oblika vode v trdnem agregatnem stanju, plava na vodi. Hkrati je led zaradi svojih fizikalnih lastnosti tudi dober toplotni izolator, tako da v povezavi z talilno toploto, torej energijo, ki se sprošča pri spremembi agregatnega stanja ($0,34 \text{ MJ/1 kg}$) zmanjšuje globino do katere zmrzuje voda. Najgostejša voda je najtežja, zato tone proti dnu.

c in d) Specifična toplota je količina toplote (energije), ki je potrebna, da se poviša temperatura masne enote (1 kg) snovi za 1 K (Lek-



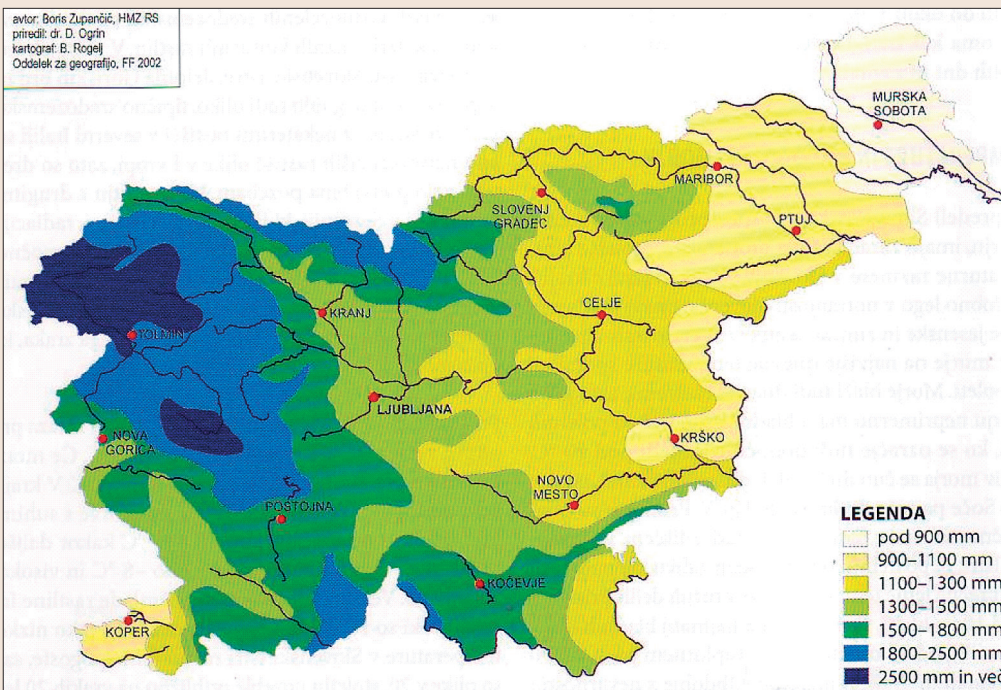
Slika 1: Oblika molekule vode, ki ima kotno obliko, kot med vezema je $104,5^\circ$.

specifična toplota, kondenzacijska in izparilna toplota, talilna toplota in voda kot topilo. Kot fizikalne anomalije, ki so posledica vodikove vezi lahko naštejemo:

- Voda je najgostejša pri 4° C .
- Manjša gostota ledu v primerjavi z vodo v tekočem agregatnem stanju.
- Voda ima nenavadno visoko vrelišče (100° C , pri tlaku $1013,25 \text{ hPa}$) in specifično toploto.
- Nenavadno visoke so talilna toplota, izparilna toplota in specifična toplota.

a in b) Gostota vode je največja pri 4° C , ko je še v tekočem stanju in ne, ko spremeni agregatno stanje v trdno, kar se pri tlaku $1013,25 \text{ hPa}$ dogodi pri 0° C (Leksikon

sikon fizike). Voda ima zelo veliko specifično toploto, torej je količina potrebne energije, da se poveča temperatura vode za 1° K velika, kar $4,16 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ st}^{-1}$. To pomeni, da se v vodi akumulira velika količina energije, ne da bi se pri tem bistveno spremenila temperatura vode. Hkrati velja, da se enaka količina energije sprosti v okolico. Ker je voda najpogostejši element na Zemlji, ima odločilni pomen pri blažitvi temperaturnih nihanj, transportu energije in dogajanjih v atmosferi. Povezano s količino energije potrebne za spremembo agregatnega stanja vode moramo navesti še podatek za izparilno toploto, ki je $2,24 \text{ MJ kg}^{-1}$. Tako kot pri spreminjanju temperature, tudi pri spreminjanju agregatnega stanja velja, da se pri kondenzaciji enake mase vode sprosti enaka količina energije kot je bila porabljena za upar-



Slika 2: Prostorska razporeditev povprečne letne višine padavin, 1961–1990, (Narava Slovenije)

janje. Voda ima lastnost, da lahko prehaja iz trdnega agregatnega stanja direktno v plinasto, kar imenujemo sublimacija. Za direktni prehod vode iz trdnega stanja v plinasto se porablja še več energije (vaporacijska energija) kot za prehod iz tekočega v plinasto stanje. Potrebna količina energije je kar $2,80 \text{ MJ kg}^{-1}$.

Za rastline ima voda poleg zgoraj naštetih procesov še velik pomen pri oskrbi s hranili in v procesu fotosinteze. Za oskrbo s hranili je voda pomembna kot polarno topilo v katerem se raztapljajo mnogi mikro in makro elementi, pomembni za pravilno rast rastlin. Tudi topnost polarnih snovi v vodi je vezana na vodikovo vez in s tem povezano bipolarnost molekule vode. Proces hidratacije delcev, ko molekule vode zmanjšajo privlak med raztopljenimi delci – ioni, lahko razumemo tako, da je privlačna vez posameznih polov vodne molekule do ionov nasprotnega pola večja kot vez med ionoma topljenca, zato se topljenec z nasprotnim polom veže na molekulo vode. Kuhinjska sol, natrijev klorid $[\text{NaCl}]$ v vodi disociira

na Na^+ in na Cl^- , ki se vežeta vsak na svoj pol molekule vode.

Na splošno voda pri rastlinah in vseh ostalih oblikah življenja, omogoča osnovne življenjske procese. Če se omejimo na rastline, in za potrebe tega članka na gozdno drevje, je voda nosilec vseh biokemičnih procesov v rastlini, sodeluje v procesu pridobivanja asimilatov (proces fotosinteze), sodeluje pri transportu asimilatov po tkivih rastline, omogoča sprejemanje hranil iz tal in njih transport po rastlini, omogoča odstranjevanje odpadnih produktov metabolizma rastline, skrbi za oskrbo tkiv rastline s kisikom ter sodeluje pri uravnavanju temperature rastlin (transpiracija). Kot najpomembnejši dejavnik življenja rastlin, voda prispe do rastlin predvsem na tri načine. Najpogostejše pride voda do rastline v obliki padavin, ki ponavadi predstavljajo tudi največji delež vode, ki jo rastlina dobi. Voda lahko pride do rastline tudi v obliki zračne vlage in vlage zemljišča. Oskrba rastlin z vodo ni zgolj seštevek navedenih treh možnosti, temveč je zapleten splet soodvisnosti in povezav, ki še do sedaj niso v celoti proučene,



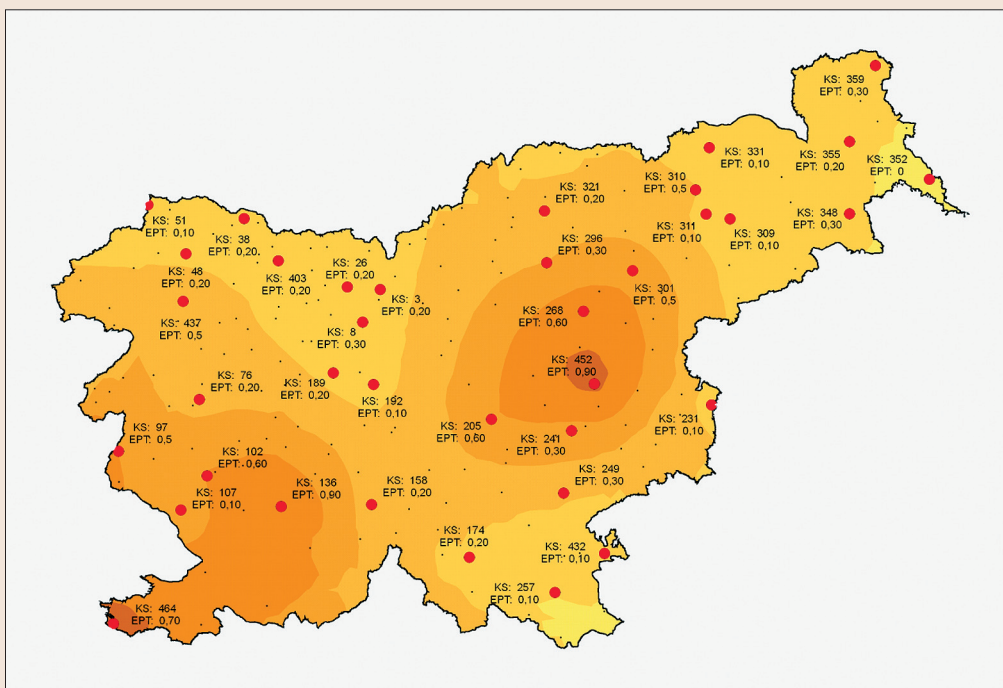
Slika 3: Toča na Pokljuki v 22. julija 2005

zato je posamezno področje oskrbe z vodo potrebno kratko opisati.

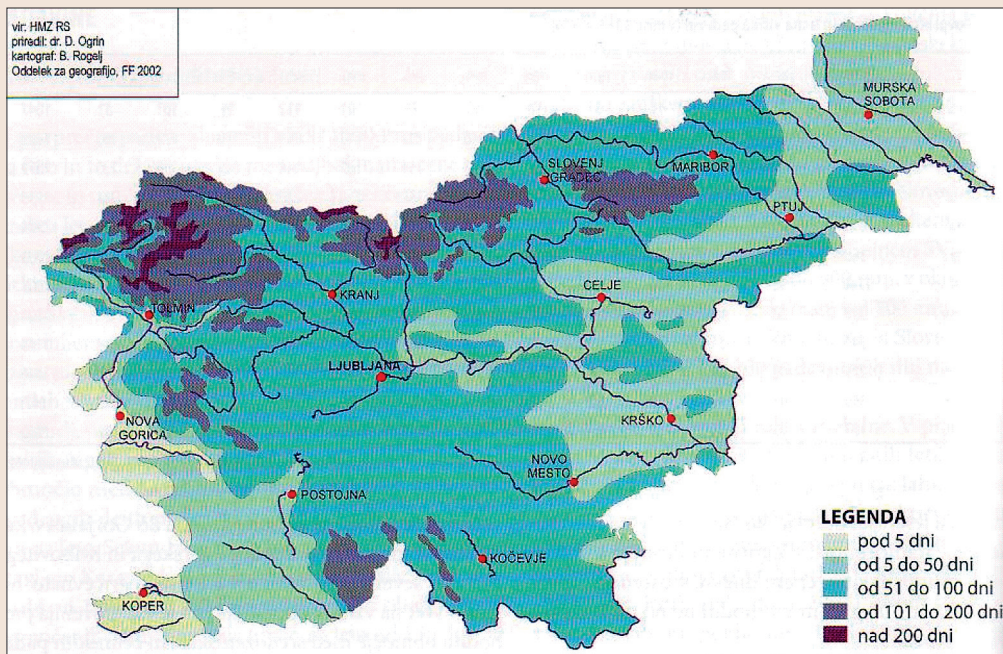
Padavine

Voda je v neprestanem kroženju, ki ga imenujemo vodni krog oz. cikel. Izvor energije za kroženje vode med zemeljskim površjem in atmosfero daje sončno obsevanje. Transport vode s površja v atmosfero poteka z evaporacijo in s transpiracijo, z atmosfere proti zemeljskemu površju pa po kondenzaciji v obliki padavin. Razporeditev padavin po zemeljskem površju je zelo različna in odvisna od mnogih dejavnikov, predvsem o zemljepisne lege in orografije.

Slovenija sodi med v zmerni klimatski pas, ki leži na stiku treh velikih podnebnih sistemov. Z zahoda sega nad Slovenijo vpliv atlantskega podnebnega tipa, z vzhoda vpliv celinskega podnebnega tipa, z jugozahoda pa vpliv sredozemskega podnebnega tipa. Mešanje vplivov dodobra spremeni še orografska podoba Slovenije. V povprečju pade v Sloveniji



Slika 4: Evapotranspiracijski indeks po Sloveniji, v mm / dan (ŠTURM 2007)



Slika 5: povprečno trajanje snežne odeje v Sloveniji (Narava Slovenije)

okoli 1.500 mm padavin na leto, in to uvršča Slovenijo med najbolj namočene dele Evrope in tudi sveta. Nadpovprečna namočenost Slovenije je posledica lege v bližini ciklogenskih območji nad Atlantskim oceanom in Sredozemskim morjem, prevladujoče zahodne cirkulacije zračnih mas in reliefa. Pred prihodom hladnih front in ob nastanku sekundarnih ciklonov nad severnim Sredozemljem priteka nad Slovenijo z JZ vetrovi razmeroma topel in vlažen zrak, ki povzroča ob gorskih pregradah, zlasti v smeri SZ-JZ potekajoči alpsko-dinarski pregradi, močne orografsko pogojene padavine.

V zahodnih Julijskih Alpah je v povprečju več kot 3.000 mm na leto, na ostalih gorskih pregradah pa okoli 1.800 mm. V najbolj namočenih delih Slovenije je 120 do 130 deževnih dni na leto. Količina padavin se s SV zmanjšuje v smeri JZ, to je proti Slovenskemu primorju in v smeri proti SV, to je Panonski nižini. Tako je v Slovenskem primorju količina letnih padavin od 1.200 do 1.300 mm, v Ljubljanski kotlini od 1.300 do 1.400 mm, na Dravsko-Ptujskem polju od 1.100 do 1.200 mm in v Prekmurju od

800 – 900 mm. Padavine tekom let v Sloveniji lahko zelo variirajo. Povprečna variabilnost je okoli 30 %, v posameznih letih pa so pri mesečnih vsotah lahko odstopanja tudi preko 100 %. V zadnjih sto letih so bile hude suše v letih 1921, 1938, 1949, 1963, 1983, 1992, 1993, 2000, 2001, 2003 in 2006.

Padavinski režim je razmeroma enakomerno razporejen tekom celega leta, zato praviloma ni daljših sušnih obdobji. Razlike med JZ in SV Slovenije so posledica vpliva sredozemskega oz. celinskega podnebja. Primorje, Alpe in Dinarske pokrajine imajo primarni višek padavin v jeseni (oktober, november), sekundarnega pa konec pomladi začetek poletja (junij). Za omenjena območja je minimum padavin ob prehodu zime v pomlad (januar, februar, marec ali sušec) in poleti (julij, avgust). Vzhodni in SV deli Slovenije imajo največ padavin poleti, opazen pa je tudi sekundarni submediteranski višek jeseni. Najmanj padavin v SV delu države je pozimi. Poletne padavine so za razvoj vegetacije zelo primerne, bolj neugodno pa je dejstvo, da je večina teh padavin konvekcijskega izvora ter padejo v obliki ploh, nališov in neviht s točo.

Količina padavin, dostopnih rastlinam je v tesni povezavi z evapotranspiracijo in obliko padavin (dež, sneg ...).

V Sloveniji ni pokrajine kjer bi bila potencialna evapotranspiracija večja od količine padavin. Povprečna evapotranspiracija v Sloveniji je med 550 in 650 mm na leto, tako da ima Slovenija v vodni bilanci padavin presežek vode. Primer evapotranspiracije v Sloveniji je razviden s slike 4, kjer se prikazane vrednosti evapotranspiracije nanašajo na 01.01.2005. Slika je izdelana iz podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje. Podatki so v mm na dan. Interpolacija podatkov je izdelana po metodi obratnih uteži (IDW).

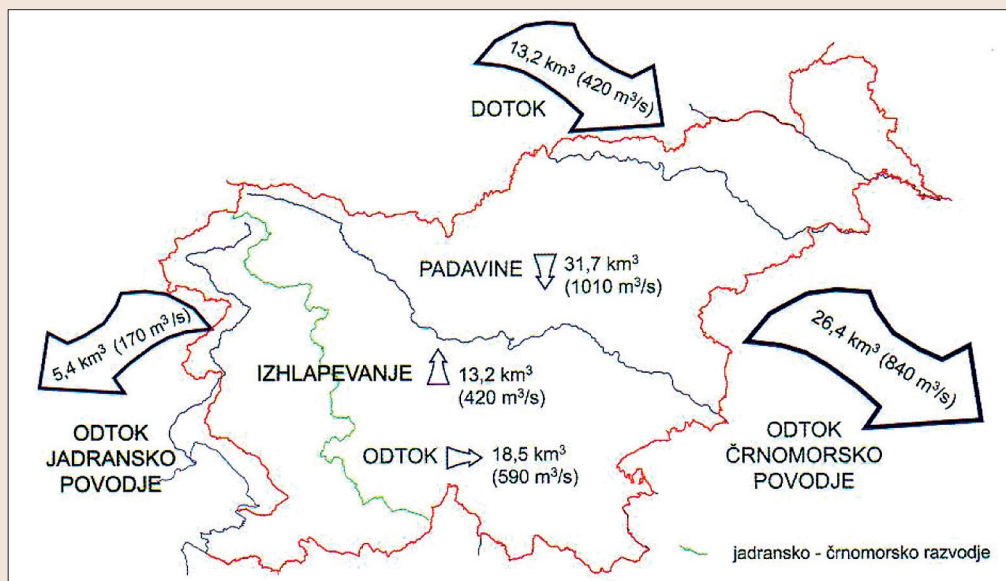
Tudi agregatno tanje padavin vpliva na preskrbo z vodo. Če so padavine v trdnem agregatnem stanju so v rastlinam nedostopni obliki, tako lahko govorimo o fiziološki suši. Po drugi strani, pa počasno taljenje snega, ki se je akumuliral čez zimo, pomeni, da ima rastlina v obdobju, ko ni padavin, zadostno oskrbo z vodo. V hladni polovici leta lahko ob ustreznih temperaturah sneži po vsej Sloveniji. Zaradi visokih temperatur je sneg v Primorju bolj izjema kot pravilo. V notranjosti pa je število dni s snežno odejo odvisno predvsem od lege in nadmorske višine. V osrednji Sloveniji v povprečju leži

sneg do 50 dni na leto, maksimalna debelina snežne odeje pa je 50 – 100 cm. V Alpah in visokih predelih Dinaridov je trajanje snežne odeje med 45 in 150 dni na leto, nad gozdno mejo Julijskih Alp in Kamniško-Savinjskih Alp pa tudi preko 200 dni.

Posebna oblika padavin je megla, ki je v Sloveniji zaradi prevladujočega dolinsko-slemenskega in kraškega reliefa zelo pogosta ob anticiklonih, ko imamo tip radiacijske megle. Megla nastaja predvsem v alpskih in predalpskih kotlinah, dolinah ter na kraških poljih. Povprečje za ta območja je 50 do 100 dni z meglo na leto. Megla je lahko ob ustreznih pogojih tudi posledica velikega števila kondenzacijskih jeder, ki so v onesnaženem zraku nad večjimi mesti.

Celotna vodna bilanca za Slovenijo je prikazana na sliki 6. V bilanco so upoštevane padavine v vseh pojavnih oblikah, dotok iz drugih območji, evaporacija, transpiracija in odtok, deljeno na Jadransko in Črnomorsko povirje. Podano je v km^3 na leto in v m^3 na sekundo. Odtok s območja Slovenije je več kot 2 x večji kot je pritok.

Nekdaj je veljalo, da je v gozdni krajini večja količina padavin. Zaradi večje transpiracije naj bi bilo v zraku več vodne pare, torej naj bi bila zračna vlaga višja, kar bi pomenilo več



Slika 6: Vodna bilanca Slovenije

padavin. Omenjeno velja z omejitvami predvsem za gozdove v zmernem podnebnem pasu. Gozd poveča skupno količino padavin le do 5 % (KOTAR 2005). Ob stiku vlažnega zraka in megla z gozdom se izloči nekaj padavin. Padavine, ki v raznih oblikah prispejo na vrhno plast rastlinske odeje, do tal ne prispejo v celoti. Izgubo med celotno količino padavin in padavin, ki prispejo do tal imenujemo intercepcija. Intercepcijske izgube so odvisne od tipa gozda, jakosti padavin, trajanja padavin, hitrosti vetra, relativne zračne vlage, drevesne vrste in sklenjenosti krošenj (KOTAR 2005). Zaradi omenjenih dejavnikov so intercepcijske izgube v kratki poletni nevihti lahko tudi 100 %, v dolgotrajnih jesenskih deževjih pa skoraj 0 %. Letne izgube zaradi intercepcije lahko glede na skupno količino padavin dosegajo vrednosti od 11 % v mladju smreke pa do 40 % v drogovnjaku duglazije (Kotar 2005). Intercepcija narašča z deležem padavin, ki padejo v obliki snega. Pomembno vlogo pri vodni bilanci posamezne rastline ima tudi odtok po deblu, saj je zaradi odtoka po deblu v neposredni bližini debla lahko do 7x več padavin kot na območjih, ki jih dosežejo zgolj nezadržane padavine.

Evaporacija

Evaporacija je fizikalni pojav, pri katerem voda izhlapeva s površine tal. Da evaporacija poteka mora biti v tleh voda oz. mora biti zagotovljen dotok vode iz nižjih plasti v višje, ter obstajati izvor energije, ki je najpogostejše v obliki sončnega obsevanja. Količina vode, ki evaporira iz tal je odvisna od količine energije, vrste tal, količine vode v tleh, hitrosti transporta vode iz nižjih plasti tal v višje, relativne zračne vlage, hitrosti vetra in od rastlinskega pokrova. Večja ko je količina energije, ki prispe do tal več je evaporacije. Količina evaporacije narašča z nižanjem nasičenosti zraka nad tlemi, drugače povedano, nižja kot je relativna zračna vlaga, večja je evaporacija. Le ta pa narašča tudi s hitrostjo gibanja zraka nad tlemi, ki preprečuje, da bi se relativna zračna vlaga povečala. Vrsta tal tudi pogojuje količino evaporacije. Prenos vode z nižjih plasti tal v višje je v veliki

meri odvisen od teksture tal. Če je v tleh veliko glinenih delcev, finih delcev, se voda dviga s pomočjo kapilarnih sil in se lahko tla osušijo zelo globoko. Kadar v tleh prevladujejo srednje veliki do grobi delci pa se voda iz spodnjih plasti premika v zgornje predvsem s hlapenjem, zato so takšna tla lahko tudi po dolgotrajni suši le nekaj deset cm pod površjem še vedno sveža in vsebujejo dovolj, rastlinam dostopne vode. Rastlinski pokrov nad tlemi preprečuje neposredno obsevanje tal, tako da je evaporacija manjša. Zato moramo pri negi, ko izvajamo obžetev dodobra presoditi kako izvajati obžetev. Popolna odstranitev zeliščnega sloja lahko povzroči izsušitev tal in posledično neuspeh obnove. Priporočljiva je obžetev v lijakih, ko zeliščni sloj odstranjujemo zgolj okoli sadik gozdnega drevja (lahko tudi naravnega pomladka) in to v obliki lijaka.

Po meritvah, je evaporacija z različnih vegetacijskih tipov različna. Meritve za travnik, vrzelast borov gozd in jelov gozd, ki so bile narejene v Nevadi, je bila količina evaporacije s travnika 220 mm na leto, z vrzelastega borovega gozda 120 mm in z jelovega gozda 160 mm vode na leto (KOTAR 2005). Če primerjamo podatke, ki veljajo za Nevado s podatki o povprečni količini padavin v Sloveniji, kar seveda ni popolnoma primerljivo, lahko z zelo grobim približkom ocenimo, da so vodne izgube zaradi evaporacije okoli 10 %.

Transpiracija

Rastline neprestano izmenjujejo snovi s svojim okoljem. Difuzija vodne pare s površine rastlin v atmosfero, torej izguba vode zaradi biološke aktivnosti rastlin, se imenuje transpiracija. Gibanje vode iz tal v atmosfero poteka v sklenjenem vodnem stolpcu, ki sega od talne raztopine preko koreninskega sistema, skozi ksilem do listov in od tu v atmosfero. Vodni stolpci pri rastlinah, torej pri najvišjih drevesih lahko segajo tudi preko 100 m v višino. Ko vodne molekule zapuščajo ksilem, potegnejo za seboj druge, saj so vse vodne molekule povezane z vodikovo vezjo (TORELLI 1998). Ker so vodne molekule zelo adhezivne so kljub velikemu

nategu sposobne vzdržati težo vodnega stolpca in ga celo dvigati. Če prištejemo gravitaciji še trenje ob stene prevodnih sistemov v rastlini, mora biti za premagovanje vsakih 10 m tlak 0,2 Mpa. V rastlinah, ki imajo samo traheide, pa je potreben tlak še večji (TORELLI 1998). Če je suša zelo huda in se oskrba z vodo zmanjša se pojavi tako imenovan vodni stres rastline, ki povzroči, da se listne reže zapro in transpiracija rastlin poteka le še skozi kutikulo. To je naravni obrambni mehanizem zaradi varčevanja z vodo. Ker s tem postaja vodni potencial listov vse bolj negativen, se lahko zgodi, da se vodni stolpec prekine. Na prekinjenem mestu, mestu nastanka embolije, se naredi zračni mehurček. Prekinitev pretoka je lahko reverzibilna, kar se dogodi v ugodnih okoliščinah, ko sosednje celice polne vode in ko se v hladu vlažne noči, listne reže odpor in transpiracija ponovno napolni prevodne sisteme. V večini primerov pa je embolija ireverzibilna, torej prevodni sistem vode ne prevaja več. Tako kot pri evaporaciji je vir energije za transpiracijo sončno obsevanje. Količinsko merjeno prevladuje transpiracija preko listnih rež. Skozi kutikulo je le neznatna, seveda pod pogojem, da kutikula ni poškodovana. Količina transpirirane vode je odvisna od drevesne vrste, količine do listov dospele energije, količine listja na drevesu (letni čas) in količine za rastlino dostopne vode v tleh. Posplošeno lahko rečemo, da so sencoljubne in sencovzdržne drevesne vrste zmerni porabniki

vode, svetloljubne vrste pa veliki porabniki. Zato je potrebno pri gojenju gozdov celovito upoštevati kompleks: potreba posamezne drevesnih vrst po vodi, količina padavin, zmožnosti zadrževanja vode v tleh, evaporacijo in oskrbo z vodo zaradi vode v tleh. Ker različni avtorji podajajo za transpiracijo različne vrednosti so podatki, ki so povzeti po Kimmins-u (KOTAR 2005) v preglednici 1.

S podatkov lahko sklepamo podobno kot pri evaporaciji, da so izgube vode s transpiracijo v Sloveniji, ocenjene z zelo grobim približkom ca. 10 %.

Fotosinteza

Fotosintezo kot kompleksen proces nastajanja glukoze, ne bomo opisovali v podrobnosti, omeniti moramo le, da je voda nepogrešljiv element tudi pri primarni produkciji enostavnega sladkorja, ki je neposredni oz. posredni vir energije za skoraj vse življenje na planetu Zemlja. Fotosinteza je proces pri katerem rastlina pretvarjajo svetlobno energijo v kemično (svetlobna faza fotosinteze), to pa v nadaljnji fazi za pretvorbo ogljikovega dioksida (CO_2) in vode [H_2O] v glukozo [$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$], (temotna faza fotosinteze). S pomanjkanjem vode je okrnjena tudi fotosinteza in posledično preskrba rastline s hranili, kar povzroči nevitálnost rastline ter manjšo odpornost na patogene in naravne ujme.

Preglednica 1: Dnevna in letna transpiracija gozdnih drevesnih vrst (RUTTER v KOTAR 2005)

Drevesna vrsta	Biomasa listja, v kg/ha	Dnevna transpiracija listja, v g $\text{H}_2\text{O g}^{-1}$ zelenih listov	Letna transpiracija 40 do 50 let starega sestoja v mm
Breza	4.900	9,5	170
Bukev	7.900	4,8	140
Macesen	13.950	3,2	170
Bor	12.550	1,9	86
Smreka	31.000	1,4	160
Duglazija	40.000	1,3	190

Zadostna, pravilneje primerna oskrba rastlin in seveda tudi gozdnega drevja z vodo [H_2O] je pogoj za vitalnost in odpornost rastlin. Vitalnost pa je predpogoj za dobro zdravstveno stanje gozdov. Le takšni gozdovi so v okviru fizikalnih zakonov tudi odporni na naravne ujme. Ker je voda v svojih različnih pojavnih oblikah tudi udeležena neposredno pri nastanku poškodb zaradi naravnih ujm v gozdovih, posredno pa tudi kot prenašalec energije v atmosferi, je za nadaljevanje opisovanja naravnih ujm bilo potrebno zapisati tudi nekaj osnovnih lastnosti vode in vloge vode v gozdu.

Literatura:

- BAT, M., 2004. Narava Slovenije, Ljubljana, Mladinska knjiga, str. 84-105.
- KOTAR, M., 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah, Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, str. 39-47.
- PERKO, F., POGAČNIK J., 1996. Kaj ogroža slovenske gozdove, Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, str. 65-78.
- PAPEŽ, J., PERUŠRK, M., KOS, I., 1996. Biotska raznolikost gozdne krajine, Ljubljana, Gozdarska založba, str. 20-26.
- VAJDA, Z., 1974. Nauka o zaščiti šuma, Zagreb, Školska knjiga, str. 32-84.
- TORELLI, N., 1998. Les, letnik 50/6, Ljubljana, Zveza lesarjev Slovenije, str. 169-173.
- ZAVOD ZA GOZOVE SLOVENIJE. Poročilo o gozdovih, za obdobje 1994-2006.

GDK: 42+322.2 »1995-2006«(497.4)(045)=163.6

Naravne ujme v gozdovih Slovenije

Natural disasters in Slovenian forests

Jošt JAKŠA*

Izvleček:

Jakša, J.: Naravne ujme v gozdovih Slovenije. Gozdarski vestnik, 65/2007, št. 4. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 11. Prevod Jana Oštir.

Prispevek opisuje naravne ujme v slovenskih gozdovih v obdobju od 1995 do 2006. Gozdovi so vedno bolj izpostavljeni najrazličnejšim motnjam in obremenitvam. Med motnjami se povečuje delež naravnih ujm, to je predvsem vetrolomov, snegolomov, žledolomov in plazov. Povečanje deleža poškodb, ki so posledica naravnih ujm gre pripisati burnejšemu dogajanju v atmosferi, ki je posledica pričujočih podnebnih sprememb. V prihodnosti se bo delež poškodb, ki jih v gozdovih povzročajo naravne ujme zagotovo povečeval, zato je nujno, da poznamo fizikalne osnove nastanka posameznega tipa naravne ujme, njene posledice na gozdove in možne gozdnogojitvene in varstvene ukrepe, da se možnost nastanka poškodb omeji oz. zmanjša.

Ključne besede: naravna ujma, podnebni dejavniki, suša, veter, sneg, žled, plaz, toča, poplave

Abstract:

Jakša, J.: Natural disasters in Slovenian forests. Gozdarski vestnik, Vol. 65/2007, No. 4. In Slovene, with abstract in English, lit. quot. 11. Translated into English by Jana Oštir.

The article deals with natural disasters in Slovenian forests in the period from 1995 to 2006. Forests are increasingly exposed to various kinds of stress and disturbances. Among disturbances, the share of natural disasters is increasing, especially of windthrows, snow breakage and the breaking of trees by the weight of sleet. This increase in the share of damage caused by natural disasters can be attributed to more intense atmospheric activity which is a consequence of climatic change. In the future, the share of damage to forests caused by natural disasters will no doubt increase, so it is necessary to know the physical fundamentals which control the occurrence of individual types of natural disasters, the effect of each natural disaster on forests and the possible silvicultural and protection measures. Thus the risk of damage should be limited or reduced.

Key words: natural disaster, climatic factors, draught, wind, snow, sleet, avalanche, hail, flood

ŠIFRA: 00-3.04**VETER**

Slovenija leži na zmernih zemljepisnih širinah, na katerih prevladujejo zahodni vetrovi. Zaradi zavetrne lege pod Alpami in kotlinsko–dinarskega značaja površja, je za Slovenijo značilna slaba prevetrenost in velik delež brezvetrja pri tleh. V povprečju je v nižinah, kotlinah in dolinah Slovenije od 30 do 40 % brezvetrja. Povprečna hitrost vetrov se giblje okoli 2 m/s, kar je le tretjina hitrosti, ki jo vetrovi dosegajo nad ravninami zahodne Evrope. Vetrovi, ki pihajo v Sloveniji so večinoma povezani s prehodi ciklonov in ciklonogenezo v severnem Sredozemlju. Pred poslabšanjem vremena in ob prehodu ciklonov ponavadi pihajo jugozahodni vetrovi. Ob nastanku genovskega ciklona se okrepijo jugovzhodni vetrovi, za hladno

fronto in odhajajočim ciklonom pa pihajo severni, severovzhodni ali severozahodni vetrovi, ki so razmeroma hladni in suhi. Nekoliko več vetrov in s tem boljša prevetrenost je v gorskem svetu in na Primorskem. Pogostnosti vetrov po smereh, izmerjene na meteoroloških postajah po Sloveniji so prikazane v preglednici 1.

Krajevni vetrovi v Sloveniji

Krajevni vetrovi so, če izvajamo lokalno pogojene vetrove, ki nastajajo ob nevihtah, posledica reliefnih značilnosti. Najpomembnejša je orografija. Za primer lahko vzamemo dinarsko pregrado, ki pogosto ločuje toplejše zračne mase, ki

* J. J., univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije CE, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Preglednica 1: Pogostnosti vetrov po smereh v %, opazovalnice po Sloveniji za obdobje 1961–1990

Meteorološka postaja	n.m.v. (m)	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	S	Brez-vetrje
Kredarica	2414	4	3	22	2	0	4	36	9	19
Rateče	864	3	9	8	1	4	7	1	1	68
Brnik	362	5	10	9	5	7	14	8	4	38
Črnomelj	196	11	7	5	4	13	7	31	7	43
Ravne	410	3	23	2	0	2	38	12	2	18
Maribor	275	8	3	13	11	3	6	19	6	31
Vedrijan	258	29	24	13	10	9	3	2	2	9
Postojna	533	30	3	5	9	9	3	3	9	28

Podatki: Arhiv HMZ RS (Urad za meteorologijo ARSO), Narava Slovenije 2004

se zadržujejo nad primorjem, od hladnejših, ki so nad celinsko Slovenijo. Zaradi različne orientiranosti in nagnjenosti pobočji, je dotok energije na enoto površine različen, kar ima za posledico različno ogrevanje tal in zraka. Posledica je različna cirkulacija zraka na prisojnih in osojnih legah. Sličen proces se odvija med morjem in kopnim, ki imata različno toplotno kapacitivnost in še nekatere fizikalne lastnosti.

Prehode hladnih front spremljajo krajevne nevihte, ki zaradi velikih temperaturnih razlik zraka razvijejo lastno cirkulacijo. Vetrovi ob nevihtah so prostorsko omejeni, dosejajo pa hitrosti do 40 m/s in več. V zadnjem desetletju je bilo po podatkih ARSO v Sloveniji preko 70 primerov, ko so se ob nevihtah razvili tako močni vetrovi, da so razkrivali strehe, podirali daljnovode in drevje. Izjemoma se z nevihtnega oblaka lahko razvije trombasti zračni vrtnec (mini tornado), ki dosega moč orkana.

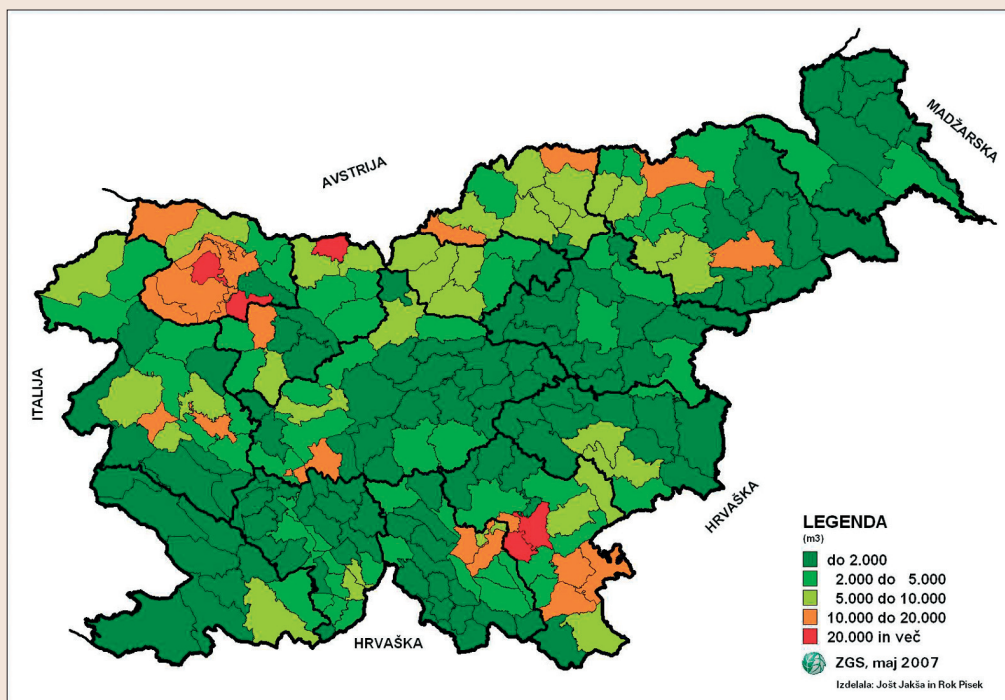
V letu 2006 se je v enem od takšnih neurij, dne 29. junija nad Jelovico razvil veter, ki je v manj kot 20 minutah na površini 106 ha podrl kar 85.000 m³ pretežno smrekovih debeljakov.

Na sliki 2 je shematsko prikazano trajanje sončnega obsevanja juniju 2006 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem za obdobje 1961–1990. Junjsko povprečje je bilo preseženo na celotnem območju Slovenije, z izjemo območja Lovrenca: Največji presežek je bil v Julijcih, kjer je sonce sijalo kar za 33 % več kot običajno. S povečanjem sončnega obsevanja je na površje zemlje dovedeno več energije, ki povzroča segrevanje ozračja in burnejša in intenzivnejša dogajanja v atmosferi.

Ob jasnem vremenu se v gorskem in hribovitem svetu Slovenije razvijejo šibki vetrovi hitrosti do 3 m/s, ki so močnejši le v ozkih grapah. Prisojna pobočja se segrevajo in ker je zrak ob njih redkejši, se dviga kot pobočni veter. Če je zrak vlažen, se zaradi dviganja in s tem povezanega



Slika 1: Zračni posnetek vetroloma na Jelovici in sanirana površina v aprilu 2007



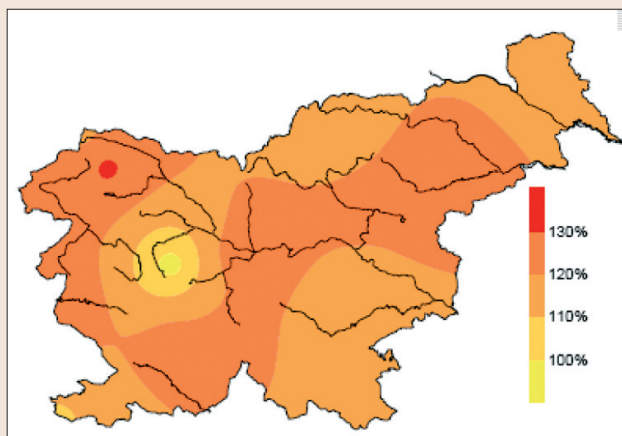
Karta 1: Posek zaradi vetroloma po gospodarskih enotah v m³ za obdobje od 1995 do 2006

ohlajanja nad grebenih naredijo oblaki. Adiabatsno ohlajanje zraka navaja temperaturno spremembo dvigajočega se zraka, če pri tem ne kondenzira ali izhlapeva voda. Suho adiabatsno segrevanje (oz. ohlajanje) padajočega (oz. dvigajočega se) zraka znaša 1 °C na 100 m višinske razlike. Pri izhlapevanju ali kondenzaciji vode se spreminja temperatura po mokri adiabatni, ki znaša 0,6–0,9 °C na 100 m. Če je zrak vlažen se pri dviganju nad

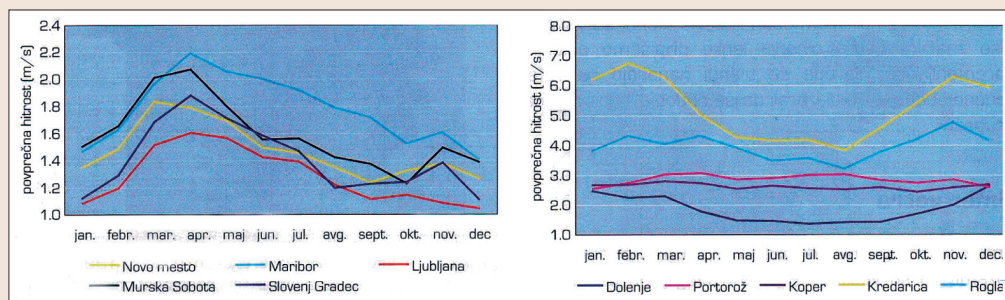
greben naredijo oblaki, ki se ob labilnem ozračju lahko razvijejo tudi v nevihto.

Najbolj znan veter v Sloveniji je burja, močan sunkovit, hladen, večinoma suh veter, ki piha s severnega kvadranta, najpogostejše s severovzhoda. V Sloveniji burja piha v primorju, jugozahodno in južno od visokih dinarskih planot, kjer je s 30–40 % pogostnostjo v vetrni roži tudi najpogostejši veter. Dosega velike hitrosti, pogosto preko 30 m/s, pod

reliefnimi skoki in v Vipavski dolini v sunkih tudi preko 50 m/s (180 km/h). Pihati začne ob prehodu hladne fronte, ko se hladnejši in gostejši zrak, potem, ko zapolni nižinski svet na kontinentalni strani visokih dinarskih planot, začne prelivati preko grebenov na primorsko stran pod tamkajšnji toplejši zrak. Burja je najpogostejša v zimskem času in lahko piha do 6 dni, izjemoma do 10 dni. Poleti je burja praviloma šibkejša in piha le en dan. Za nastanek močne burje je značilno območje nizkega zračnega tlaka nad Primorsko, nad notranjostjo pa v istem času vztraja hladni anticiklon. Nad notranjostjo stalno doteka hladen



Slika 2: Trajanje sončnega obsevanja v juniju 2006, primerjava z obdobjem 1961–1990



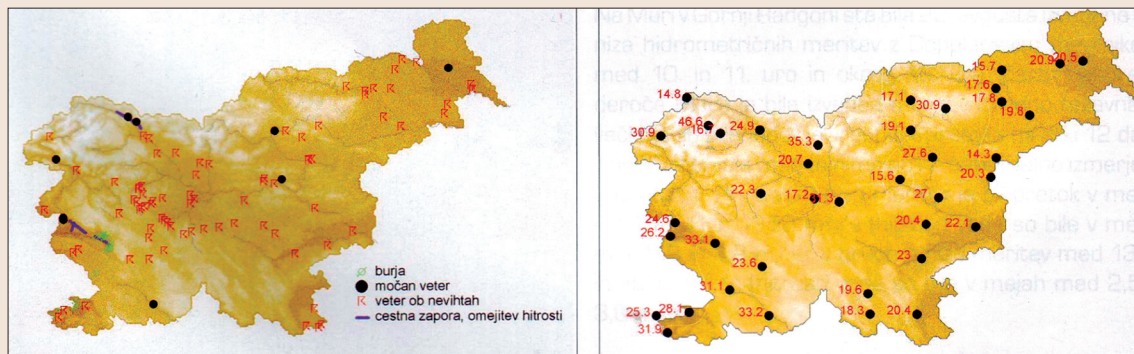
Slika 3: Mesečne povprečne hitrosti vetra za obdobje 1995–2004 (BERTALANIČ 2005)

zrak, nad Primorsko pa toplejši zrak iz Sredozemlja, kar je razlaga za stalno temperaturno razliko. Zaradi svoje pogostnosti in hitrosti burja vpliva tudi na vegetacijo in gozd. Na izpostavljenih delih povzroča zastavne ali vetrne krošnje dreves, ko drevesa na privetrni strani skoraj nimajo vej, so okrnjeni rasti, krošnje se razvijajo v smeri vetra. Poleg fizičnega vpliva na rastline ima burja tudi posredni vpliv, saj povečuje evapotranspiracijo, suši goriva v gozdu ter tako povečuje požarno ogroženost gozdov. Če pa v času burje gozd zagori, burja ogenj hitro razpiha na veliko površino. Ogenj se lahko širi s hitrostjo do 100 m/min oz. s prenašanjem gorečih delcev preskakuje na razdalje nekaj 100 m. Zaradi prilagojenosti vegetacije in gozdov na stalno in močno burjo, le ta praviloma v gozdovih ne povzroča veliko mehanskih poškodb.

Burji podoben veter je karavanški fen. Nastane ob prevladujočih severnih ali severozahodnih vetrovih nad Slovenijo. Zrak se pretaka prek Alp, na južni strani alpskih grebenov pa lahko veter postane zelo močan in piha v sunkih. Dosega hitrosti preko 20 m/s. V zgornji savski dolini pogosto podira drevje in lahko povzroča velike poškodbe v gozdovih. V primerjavi s pravim fenom je suh, a ni tople, ker s severa navadno priteka k

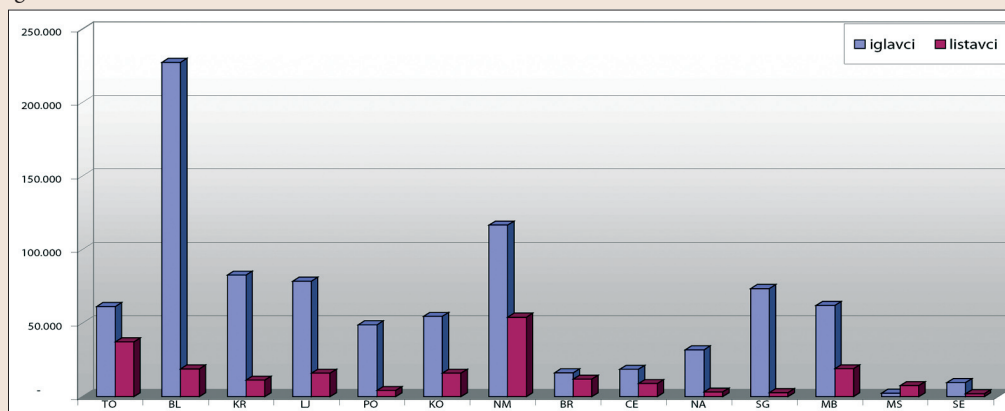
nam hladen zrak. Karavanški fen je najpogostejši na Gorenjskem pod Karavankami, Kamniško-Savinjskimi Alpami in v zgornjem Posočju. Ob južnih vetrovih lokalno piha na zavetrni strani dinarskih grebenov (Gorjanci, Snežnik, Javornik) in Julijskih Alp (Bohinj) tudi dinarski fen, ki pa nima izrazitega fenskega učinka.

Razporeditev vetrovnosti čez leto je različna. V nižinskem in osrednjem delu Slovenije je podobna na celotnem območju, odstopanja med posameznimi vremenskimi postajami so majhna. Najvetrovnejši del leta je konec zime in začetek pomladi, z viškom v aprilu. Vetrovno najbolj umirjen del leta je konec jeseni in začetek zime. Na sliki 3 so v levem delu prikazane mesečne povprečne vrednosti za obdobje 1995–2004 v nižinskem in osrednjem delu Slovenije. V desnem delu slike 3 so prikazane vrednosti povprečnih hitrosti vetra za enako obdobje, toda za vremenske postaje v visokogorju in na Primorskem. Jasno se loči vetrovni profil visokogorja in primorja. Vetrovi v visokogorju pihajo z veliko večjo hitrostjo in imajo dva izrazita maksimuma, to je v zimskem in jesenskem obdobju, ter minimum v poletnem obdobju. Obratno je vetrovnost na Primorskem



Slika 4: Mesta poškodb zaradi vetra in najmočnejši sunki izmerjeni v letu 2005 (BERTALANIČ 2006)

Graf 1: razporeditev in količina sanitarnega poseka zaradi vetra v obdobju 1995–2006, ločeno po GGO ter iglavcih in listavcih



stalna skozi celo leto, z vrednostmi v notranjosti Primorske, ki imajo minimum v poletju.

Na sliki 4 so prikazane vrednosti za maksimalne hitrosti vetra, ki jih je dosegel na posameznih merilnih postajah v letu 2005 (m/s) in mesta kjer je veter v letu 2005 povzročal poškodbe, tako v naravi kot v urbanih naseljih in v prometu.

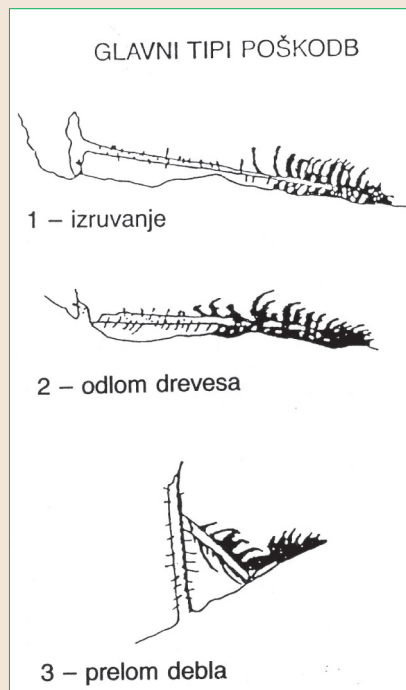
Po poškodbah, ki jih povzroča veter izstopajo gozdnogospodarska območja v Alpskem svetu in območja na robu visokih kraških planot. Daleč največ poškodb je veter v omenjenem obdobju povzročil v GGO Bled. Če primerjamo iglavce in listavce ugotovimo, da je bilo zaradi vetra v omenjenem obdobju posekano kar 81 % iglavcev in zgolj 19 % listavcev

Vpliv vetra na gozd

Vpliv vetra na gozd je zelo raznovrsten. Zelo močni vetrovi lahko povzročajo mehanske poškodbe drevja, stalni zmerni vetrovi vplivajo na morfološke značilnosti drevja, pospešujejo evapotranspiracijo in izsušujejo tako tla kot rastline, zmanjšujejo organsko produkcijo, odnašajo oziroma nanašajo fine talne delce, raznašajo pelodni prah, sodelujejo pri daljinskem transportu onesnaženja ozračja. Vpliv vetra na gozd je torej tako pozitiven kot negativen, odvisno predvsem od hitrosti vetra. Hkrati tudi gozd vpliva na veter, saj zmanjšuje moč vetra. Kljub velikim hitrostim vetra nad krošnjami se hitrost v sestoji zmanjša. Pri nižjih hitrostih je učinek gozda na zmanjševanje hitrosti vetra manjši kot pri večjih. Pri hitrosti vetra 1,7 m/s gozd zmanjša njegovo hitrost na 0,6 m/s pri hitrosti vetra 13,9 m/s pa na hitrost 1,9 m/s (KOTAR 2005). Lastnost gozda, ki vetru predstav-

lja fizično oviro, tako da se hitrost vetra v gozdu in na zavetrni strani tja do dveh sestožnih višin zmanjša, izrabljamo za snovanje protivetrnih pasov za zaščito polj in urbane krajine. Najbolj opazen učinek gozda na zmanjševanje hitrosti vetra je na Krasu, kjer gozd omili učinke burje.

Za nadaljnjo uporabo je potrebno razdeliti tip poškodb, ki jih povzroča na posameznem drevesu veter (enako velja za sneg in žled):



Slika 5: Tipi poškodb na drevju, ki jih povzročajo naravne ujme (ŽGAJNAR 1989)

1–izruvanje: drevo podrto skupaj s koreninami;

2–odlom drevesa: v višini panja oz. do višine 2 m od tal;

3– prelom debla: nad višino 2 m nad tlemi

Veter ima fiziološki in mehanski vpliv na gozd. Ker je zelo kompleksen in ne zajema zgolj problematike varstva gozdov, je pregled celostnega vpliva na gozd povzet po avtorjih Papež J., Perušek M. in Kos I. (1996):

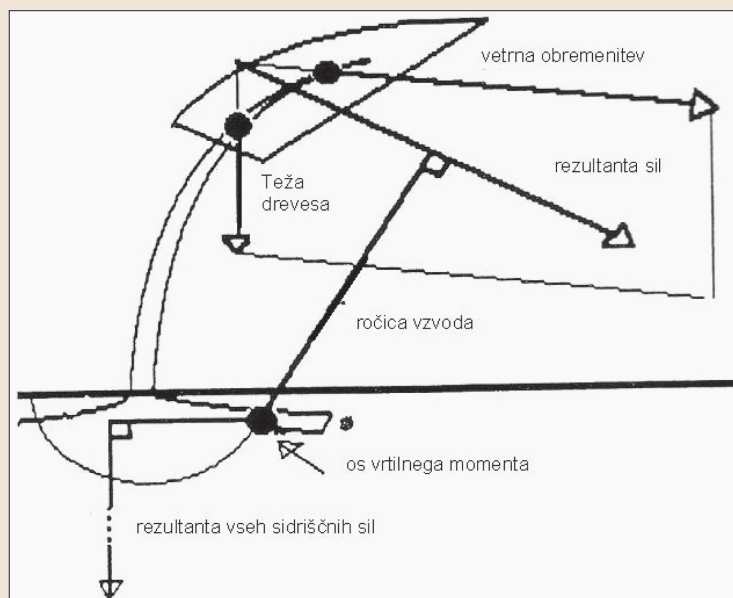
- Veter uravnava evaporacijo in transpiracijo z listne površine ter najbolj vpliva na vodni režim rastlin. Pri tem hladi liste ali pa jih izsušuje. Izguba vode v rastlini narašča z zviševanjem hitrosti vetra s potenco $\frac{1}{2}$ to je s kvadratnim korenem (KOTAR 2005). Izsuševanje rastline kot posledica vetra lahko pripelje celo do vodnega stresa rastline.
- Veter pri manjših hitrostih, do 4 m/s, premeša zrak in s tem dviga ogljikov dioksid [CO_2] iz nižjih plasti do listov. Tako se lahko poveča fotosinteza.
- Ko listje in manjše veje trepetajo v lahнем vetru, se poveča osvetlitev notranjosti krošnje, gozdnih tal in gozda kot celote.
- Stalni veter vpliva v odvisnosti od jakosti na obliko in velikost krošnje, lahko tudi debla, ki se razvijajo na zavetrni strani enostransko in so pogosto krivenčaste.
- Zaradi nihanja, ki ga povzroča pogost in močan veter, razvije drevo kratko in koničasto (malo-

lesno) deblo slabe kvalitete. To je mehanska prilagoditev, ki zagotavlja večjo stojnost.

- Veter ruva in lomi drevje. Pojav je lahko posamičen ali pa veliko površinski.
- Veter na izpostavljenih grebenih in vrhovih pozimi odnaša sneg. Na takšnih izpostavljenih mestih drevje ne uspeva, zato veter znižuje zgornjo drevesno mejo.
- Veter je za mnoge drevesne vrste nujno potreben, saj prenaša pelod in seme ter tako omogoča razmnoževanje drevja.
- Veter odnaša rastlinsko opad in druge delce z izpostavljenih leg in vse to odlaga v zavetrnih legah.

Z vidika varstva gozdov in obsega poškodb, ki jih povzroča veter je daleč najbolj pomembno ruvanje in lomljenje drevja, kar imenujemo vetrolom. Veter lahko lomi posamezne veje, ruva in lomi posamezno drevje, skupine, šope ali cele sestoje. Tip poškodb, ki jih povzroča veter je odvisen od hitrosti vetra, oblike terena, vrste tal, stanja tal, predvsem v povezavi z vodo, drevesnih vrst, razvojne faze, oblike krošnje in oblike sestoja ter zarasti.

Posebno občutljive na veter so drevesna vrste, ki koreninijo plitko, kot so smreka, duglazija in zeleni bor med iglavci ter v povezavi z obliko krošnje bukev med listavci. Na splošno je veter manj nevaren za listavce. Prebiralni sestoji so na veter bolj odporni kot enodobni. Med enodobnimi sestoji so enovrstni gozdovi (monokulturni) bolj



Slika 6: Skica sile, ki delujejo na drevo (po Nielsenu)



Sika 7: V z glivami okuženo deblo so se naselile gozdne mravlje. Žolna si je privoščila izdaten obrok.

ogroženi kot mešani gozdov. Starejši, še posebej vrzelasti sestoji, so bolj občutljivi kot mladi in strnjeni sestoji. Najnevarnejši so vetrov velikih hitrosti (viharni vetrovi), katerih hitrost v višini krošenj in tik nad njimi je veliko večja kot pri tleh. To povzroča vrtničasto gibanje zračnih mas. Uklonske sile na drevje so velike in dovolj hiter veter lahko izruje ali zlomi še tako debelo in dobro ukoreninjeno drevo. Posamezni sunki vetra v višini krošenj zaradi vrtničenja lahko močno presegajo hitrost vetra v višjih plasteh. Na strmih pobočjih, ki so obrnjena proti vetru nastajajo navadno manjše poškodbe, ker ta pobočja predstavljajo vetru oviro in se tu veter zajezi. Toliko hujše poškodbe nastajajo na zavetrni strani grebena. V odvisnosti od oblike terena poškodbe nastajajo različno daleč od grebena, neke nižje na pobočju. Poškodbe gozdov so večje tudi na pobočjih, ki ležijo poševno na smer vetra.

Delovanje vetra na sestoj lahko delimo na frontalno in vrtničasto. Za gozd so najbolj nevarni frontalni udari viharnih vetrov, ki s čelnim udarom, v širšem ali ožjem pasu podirajo drevje v smeri pihanja. Frontalni vetrovi prodirajo drevje v pasovih, ki so lahko dolgi nekaj 100 m ali celo nekaj km. Mnogokrat se poškodbe končajo šele na naravni pregradi, ki spremeni ali omili smer oziroma moč vetra. Frontalni vetrovi najpogosteje podirajo drevje na ostrih gozdnih robovih, gozdnih cestah, presekah in ostalih linijskih objektih v gozdu. Veter se na ostrem robu upre v drevje in ga podira po sistemu domin. Te spoznanja so upoštevali že urejevalci gozdov v začetku prejšnjega stoletja, ko je bila za poključke gozdove že leta 1903 predpisana smer sečnje od vzhoda proti zahodu, to je proti smeri najbolj nevarnih vetrov, tako da načeti

in neutrjeni rob gozda ni bil izpostavljen udarom najpogostejših rušilnih vetrov (ZUPANČIČ 1969). Vrtinčasti viharji vetrovi, so pogojeni s konfiguracijo terena. Praviloma so prostorsko omejeni in podirajo drevje v smeri vrtenja zračnih mas, torej v različne smeri. Pogosto se pojavljajo v vrtačah, kotanjah, lahko pa tudi sredi sestoja.

Sile, ki ob pihanju vetra delujejo na drevo so prikazane na sliki 6. Poleg sile vetra je treba prišteti še silo teže drevesa. Rezultanta sil, ki delujejo na drevo, se z ročico vzvoda, ki se meri do osi vrtilnega momenta, povečuje skladno s formulo »sila navora = sila x oddaljenost oprijemališča od osi vrtenja«, večja z večanjem ročice, torej oddaljenosti oprijemališča od osi vrtenja. Položaj osi vrtenja pa je odvisen od načina ukoreninjenja drevesa. V trenutku ko sile, ki delujejo na drevo, presežejo rezultanto sidriščnih sil drevesa pride do porušitve drevesa. Seveda pa ne prihaja vedno do ruvanja dreves. Pogosto prihaja do lomov debla. Ali bo drevo izruvano ali prelomljeno je odvisno od razmerja sil in obremenitev, ki jih prenese koreninski sistem in deblo. Če je odpornost debla na upogib manjša kot rezultanta sil sidranja se drevo prelomi v deblu, natančneje v najšibkejši točki.

Možnost, da bo drevo izruvano je poleg drevesne vrste odvisno tudi od ukoreninjenosti in stanja zemljišča. Možnost izruvanja narašča z razmočenostjo zemljine v kateri drevo korenini. Kadar je zemljišče suho ali zmrznjeno, narašča verjetnost, da bo prišlo do preloma drevesa. Poleg stanja zemljine pa na tveganje preloma vpliva tudi okuženost drevja s patogenimi glivami, predvsem tistimi, ki povzročajo okužbo in trohnenje korenin in prtalnih delov debla. Glive z razgrajevanjem opornih tkiv v lesu (lignina in celuloznih vlaken) zmanjšujejo mehansko odpornost dreves. Pri smrekah se pogosto v okužena debela sekundarno naselijo mravlje, ki še pospešijo zmanjševanje mehanske stabilnosti drevesa. Pri mlajših sestojih prihaja pogosto do prelomov debel na mestih, ki kjer so bile zaradi obgrizanja in lupljenja divjadi vdorna mesta za glive, ki povzročajo trohnenje lesa. Na slikah 8 in 9 se vidi, da je bilo drevo okuženo z glivo, ki je z razgradnim delovanjem zmanjšala mehansko trdnost debla. Zaradi obremenitev je prišlo do preloma. V teh primerih ne moremo govoriti o bistvenem razvrednotenju lesa, saj je prelomno mesto bilo že predhodno razvrednoteno z delovanjem glive.

Trohnoba: razkroj lesa zaradi delovanja gliv. Belo ali korozijsko trohnobo povzročajo glive oz.



Sliki 8 in 9: Mesta preloma debla zaradi vetra kot posledica okuženosti z glivo

skupine gliv, ki razkrajajo lignin in delno celulozo hkrati, oz. ki sprva razkrajajo le lignin in šele pozneje tudi celulozo; razkrojen les je belkast. Rjavo ali destruktivsko trohno povzročajo glive, ki razkrajajo le celulozo, pri čemer ostane lignin nedotaknjen; razkrojen les je rjav.

Kljub dejstvu, da praviloma prelomi drevja povzročajo večje razvrednotenje lesne mase, pa gledano z vidika ekosistema, ruvanje povzroča večje motnje v delovanju ekosistema. Večinoma se pri ruvanju skupaj z drevesom, ki pade, na območju kjer drevo korenini, uniči tudi rastišče. Pojavijo se krožnikaste poškodbe tal, ki lahko dolgotrajno zmanjšajo ali pa celo uničijo rastišče. Na slikah 10 in 11 je prikazano

ruvanje smrek s krožnikastimi poškodbami tal. Kljub poškodbam rastišča je lesna masa skoraj nepoškodovana in če bo sanacija pravočasna bo ohranila vrednost.

Za razliko od vetrolomov, ko je deblo prelomljeno, in so najvrednejši asortimenti popolnoma oziroma delno razvrednoteni. Sanacija vetrolomov je v obeh primerih nevarno iz zahtevno opravilo, ki zahteva izkušene delavce, dobro opremo in veliko časa. Na slikah 12 in 13 je prikaz razvrednotenja asortimentov, kot posledica vetroloma nad Dolenjskimi toplicami v avgustu 2005.

Pri veliko površinskih vetrolomih, ko je na enem mestu poškodovanega zelo veliko drevja, ne prihaja zgolj do težav, kako izvesti sanitarno



Sliki 10 in 11: Veter je izruval drevje skupaj s koreninami in zemljino.



Sliki 12 in 13: vrtinčasti vetrolom nad vasjo Podturn pri Dolenjskih toplicah (Jelovica, avgust 2005)



Sliki 14 in 15: Frontalni vetrolom na Jelovici in začasna skladišča ob poškodovani gozdni cesti (Jelovica, avgust 2006)

sečnjo. Težave se pojavijo s skladiščenjem lesa ob kamionskih cestah, z odvozom lesa, uničevanje in posledično vzdrževanjem gozd prometnic in režimom prometa na gozdnih prometnicah. Zato celovita sanacija terja kompleksen načrt sanacije, ki ni zgolj zbirka tehničnih ukrepov, temveč je tudi časovno usklajen in izvedljiv. Sanacija in odvoz lesa morata biti dovolj hitra, tako da preprečimo namnožitev škodljivcev, pri iglavcih predvsem podlubnikov, in da ohranimo vrednost lesne mase, predvsem, da lesa ne napadejo glive, ki povzročajo obarvanje lesa. Problem skladiščenja in poškodovanih gozdnih cest je razviden s slike 15.

Gozdnogojitveni ukrepi za zmanjševanje poškodb vetra v gozdu

Po podatkih, je z gozdnogojitvenimi ukrepi v povprečju možno zmanjšati oziroma omiliti negativne posledice mehanskih poškodb vetra na gozd do hitrosti vetra 30 m/s, kar je do 8. stopnje po Bea-

uforovi lestvici (SMUKAVEC 1973). Z gojenjem mešanih sestojev, ki imajo boljšo zakoreninjenost kakor čisti sestoji ene vrste, torej bolje izkoriščajo zadrževalno moč zemljišča (globino tal, skalne razpoke in žepe zemljine, medsebojno prepletanje in dopolnjevanje mehanske opore korenin). Drevje, ki dobro korenini posredno daje oporo drevju, ki slabše korenini. Najbolj so odporni mešani sestoji iglavcev in listavcev, najlabilnejši pa so čisti smrekovi gozdovi. Na veter so zelo občutljivi starejši, močno presvetljeni, enodobni smrekovi sestoji, kjer je sklep krošenj manjši od 0,6. Enako ogroženi so sestoji z visoko nadstojnimi smrekami, kjer ima veter dobro, visoko postavljeno oprijemališče sil. Med talnimi podlagami so na vetrolome najbolj občutljive morene, rečne naplavine in pobočni grušč. Na teh podlagah je zaradi kombinacije vplivov (plitka rodovitna plast prsti, slaba mehanska opora koreninam) ukoreninjenost slaba. Na teh podlagah so v nevarnosti tudi mešani sestoji. Zelo pomembno za mehansko stabilnost sestojev je, da

zagotavljamo ustrezno vitkostno razmerje debel. Najustrežnejša oblika debela je kubični paraboloid (KOTAR 2005). Konična debela prenesejo večje obremenitve kot polnolesna. Debla z visokim dimenzijskim razmerjem prenesejo bistveno manjše uklonske obremenitve kot debela z nizkim dimenzijskim razmerjem. Če se dimenzijsko razmerje poveča za 100 % npr. iz 80 na 160), se zmanjša kritična uklonska sila na eno desetino (KOTAR 2005). Iz navedenega sledi, da je potrebno v sestojih, ki jih želimo osnovati kot odpornejše na veter, izvajati redčenja redno, pričeti zgodaj in zagotavljati zadostno intenziteto. Tako zmanjšujemo vitkostno razmerje in dobivamo tehnološko sicer nekoliko manj zanimive asortimente, imamo pa bistveno stabilnejše sestoj.

Tudi pri načrtovanju uvajanja sestojev v obnovo in pri izvedbi končnih posekov, moramo upoštevati smeri s katerih pihajo najmočnejši vetrovi. V tej smeri pri poseku ne ustvarjamo ostrih robov in sestoj ne oblikujemo v vrzelaste na veter neodporne tvorbe. Pri izbiri drevesnih vrst pa upoštevamo teoretično odpornost posameznih drevesnih vrst na veter. Na veter odpornejše drevesne vrste so: macesen, bor in jelka med iglavci in hrast, javor in gaber med listavci.

Kot smo omenili okuženost z glivami zelo povečuje možnost nastanka poškodb povezanih z vetrom. Zato je v območjih, kjer so vetrolomi pogosti, zelo škodljivo, če imamo v gozdu pašo. Pasoča žival s svojimi parklji poškoduje korenine in povzroča vdorna mesta za glive, ki povzročajo trohnenje. Pri izločanju površin, na katerih je dovoljena paša v gozdu moramo biti pozorni tudi na možnost vetrolomov.

ŠIFRA:00-3.05

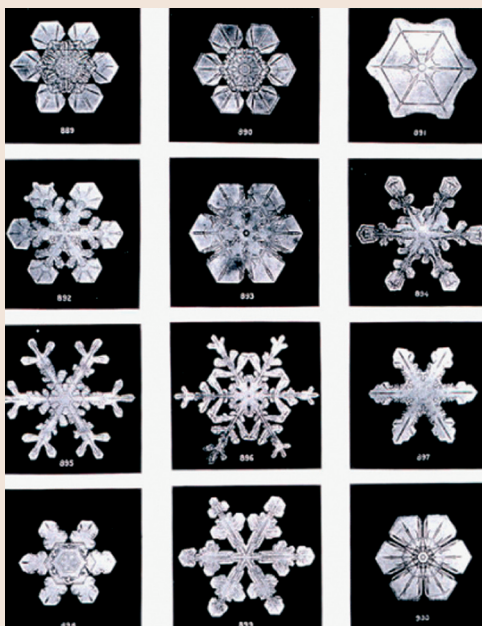
SNEG

Sneg je padavina v trdem stanju (ledene zvezdice, iglice, ploščice ali stebrički), ki padajo pri temperaturi ok. 0 °C in manj. Posamični snežni kristali se lahko med padanjem sprimejo v snežne kosme. Oblika kristalov je odvisna od vsakokratnih razmer (temperatura, relativna vlažnost zraka). Nastaja iz ledenih kristalov, ko je zrak zasičen z vodno paro pod 0 °C temperature. Tedaj vodna para sublimira (takoj preide v trdo stanje). Če je sublimacija postopna, ledeni kristali dobivajo več ali manj pravilno obliko, se pri padanju spajajo in tako nastanejo snežinke.

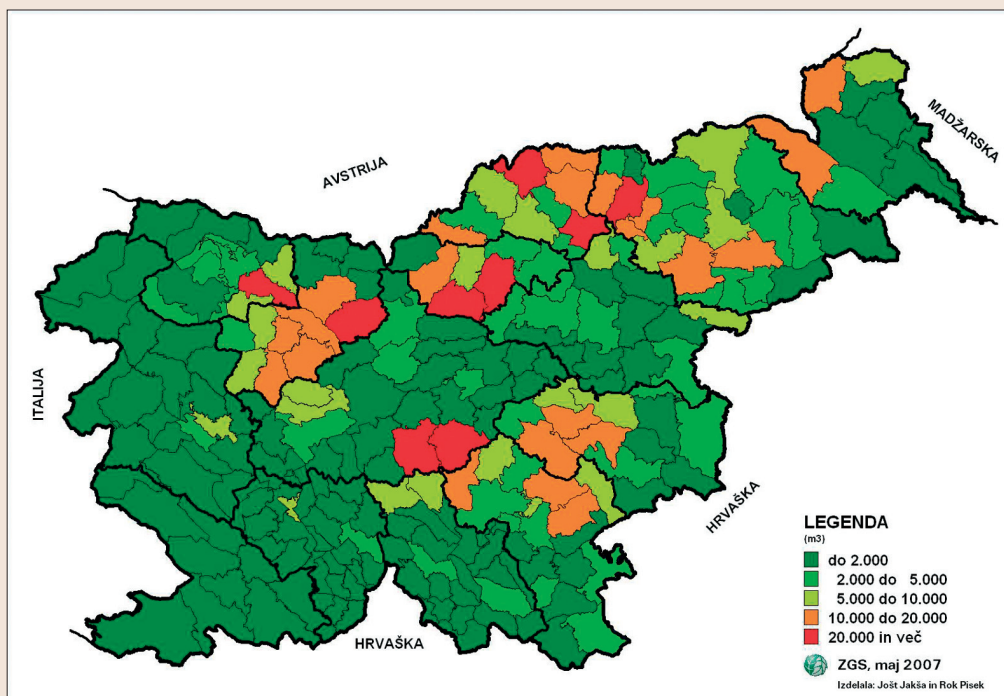
Snegolomi se v naših gozdovih pojavljajo vsako leto, torej pogostejše in enakomernejše razporejeni kot ostale naravne ujme. Pojavljajo se na območju celotne Slovenije, vendar intenzivneje na območju Alp in Pohorja, kjer je tudi več snežnih padavin. Hkrati so to območja z največjim deležem enovrstnih smrekovih, predvsem enomernih sestojev.

Snegolomi nastajajo, ko se sneg oprijema krošnji dreves do obremenitev, ko uklonske sile prelomijo deblo ali izrujejo drevo. Škode povzroča predvsem težak južni sneg, ki ima veliko gostoto, se bolje oprijema vej in hitro pomrzne. Suh sneg povzroča škodo zgolj v brezvetrju, ko se ne otesa s krošnji. Že manjše količine južnega snega, ki se oprime vej in krošnje, povzroča krivljenje in upogibanje vej in tudi debela. Na poškodbe zaradi snega so občutljivejši iglavci, predvsem smreka in bor. Tako kot pri vetru so najbolj občutljivejši čisti, enodobni sestoji smreke. Listavce sneg ogroža predvsem, če zapade preden odvržejo listje oziroma pomladi, ko drevje že olista.

Sneg predstavlja obremenitev za gozdno drevje, ki lahko dosega zelo visoke vrednosti. V preglednici 3 so prikazane obremenitve smrekovih in bukovih sestojev na hektar ob različni debelini snega. Po podatkih je najbolj obremenjen sestoj smreke v starosti od 15–20 let, kar 855 t/ha. Seveda so obremenitve odvisne tudi gostote sestoja in njegove zgradbe. Praviloma velja, da gostejši je



Slika 16: Različne oblike snežnih kristalov



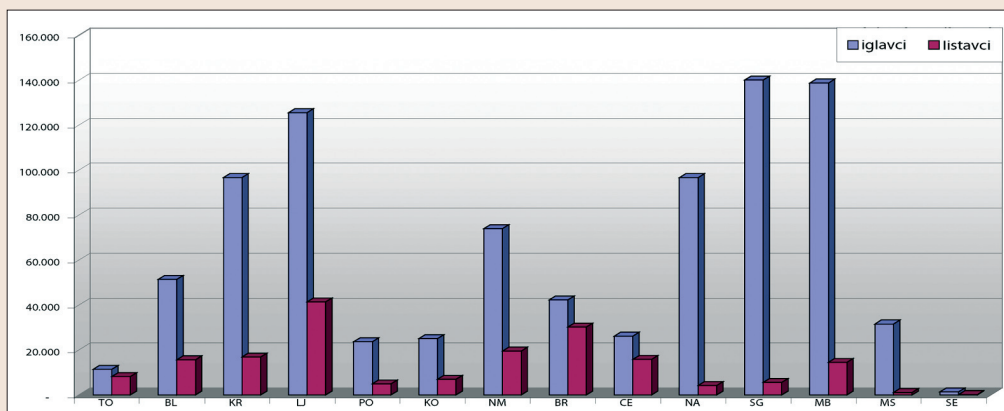
Karta 2: Posek zaradi snegoloma po gospodarskih enotah v m³ za obdobje od 1995 do 2006.

sestoj, več snega se ujame v krošnje in večje so obremenitve.

Sneg v mlajših razvojnih fazah, poleg lomljenja posameznih dreves in večjih skupin, povzroča krivljenje debel, ki je predvsem pogosto v ne redčenih bukovih letvenjakih. Poležana jedra in skupine mlajših razvojnih faz listavce pogosto najdemo na meji, kjer razvojne faze prehajajo iz ene v drugo hitro, v obliki ostrih robov. Debla, ki so se zaradi

obremenitev usločila se tudi po razbremenitvi ne zravnajo, ostanejo ukrivljena debela-lokarice. Sneg pogosto povzroča poškodbe v jedrih mlajših razvojnih faz, ki rastejo po robovih vrtač. Debla so polomljena in izravana v vse smeri. V starejših razvojnih fazah sneg lomi vrhove (smreka in bor), lomi debela, nagiba in ruje cela drevesa. Poškodbe so lahko v jedrih (drevje polomljeno in izravano v vse smeri) ali posamično razporejene po večji

Graf 2: razporeditev in količina sanitarnega poseka zaradi snega v obdobju 1995–2006, ločeno po GGO ter iglavcih in listavcih



Preglednica 2: Gostota snega (ŠEGULA 1978)

Novozapadli sneg	Uležan sneg	Gostota v kg/m ³
puhast pršič, najlažji sneg		10–30
suh pršič		30–60
moker sneg		60–150
	uležan sneg–kristali so vidni	150–300
	Globinski srež	200–500
	Zrnat suh sneg	200–500
	Zrnat moker sneg	400–800

Podatki: Nevarnosti v gorah (Šegula 1978)

Preglednica 3: Obremenitev sestoja zaradi snega pri različni debelini snežne odeje (KOTAR 1996)

Vrsta sestoja	Debelina snežne odeje (cm)	Obremenitev sestoja zaradi snega (t/ha)
Na prostem	90	–
Smreka 15–20 let	33	855
Smreka 40–60 let	47	635
Smreka 70–90 let	48	630
Bukev z ost.list. 15–20 let	57	495
Bukev z ost.list. 40–60 let	59	465
Bukev z ost.list. 70–90 let	64	390
Nekdanji srednji gozd	69	315

Podatki: Leibundgut 1943 (Kotar 1996)

površini. Posebnost poškodb zaradi snega in tudi žleda je, da obremenitev na drevju lahko ostaja več dni. Zaradi trajne obremenitve se upogibanje nadaljuje (pojav lezenja), tako da do poškodb lahko prihaja tudi še nekaj dni, izjemoma

tednov, po tem, ko je zapadel sneg. Nevarnost lomljenja se zelo poveča, če v hladnih dneh, ko je sneg primrznjen na drevesno krošnjo, posije sonce in krošnjo razbremeni obremenitve zgolj enostransko. Takrat se praviloma lomijo vrhovi



Sliki 17 in 18: Snegolom na Pokljuki, poškodbe v drogovnjaku in debeljaku (Pokljuka, april 2006)

Slika 19: Pokljuka v snegu



smreke. Presoja, ali je tako poškodovano smreko potrebno posekati ali ne, je kompleksno opravilo, ki terja celostno presojo. Smreke, ki imajo odlomljene več kot 1/3 krošnje se praviloma odstrani s sestoja. Polomljene vrhove smreke je potrebno razrezati in zložiti v kupe (gozdna higiena), tako, da preprečimo namnožitev podlubnikov. Enako velja tudi za ostalo polomljeno in izrevano drevje iglavcev in bresta.

Snegolomi pogosto povzročajo lomljenje na gozdnem robu, ob infrastrukturnih in linijskih objektih v gozdu, torej povsod, kjer drevje zaradi povečanega dotoka svetlobe z ene strani tvori asimetrične krošnje. Zato so pretrgani električni

daljnovodi in telefonsko omrežje, zaprte ceste in poškodovani objekti pogost spremljevalec snegolomov.

Zakovitosti mehanske trdnosti veljajo enako kot pri poškodbah, ki jih povzroča veter. Poudarek mora biti na mešanih sestojih, kjer imajo drevesa ustrezno vitkostno razmerje. Tudi preventivni gozdnogojitveni ukrepi so enaki, saj mora drevo oz. sestoj v obeh primerih kljubovati uklonskim silam. Med iglavci so najboljčutljivejši na snegolome smreka, rdeči in črni bor. Med listavci pa so snegolomu pogosto izpostavljeni rdeči hrast, lipa, breza in mehki listavci, bukev in javor pa sta v mlajših razvojnih podvržena povijanju.

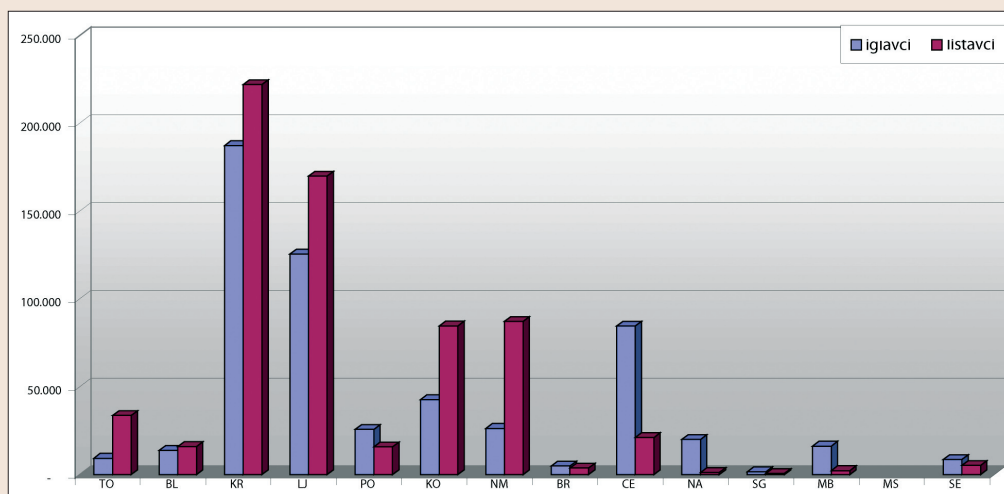
ŠIFRA:00-3.06

ŽLED

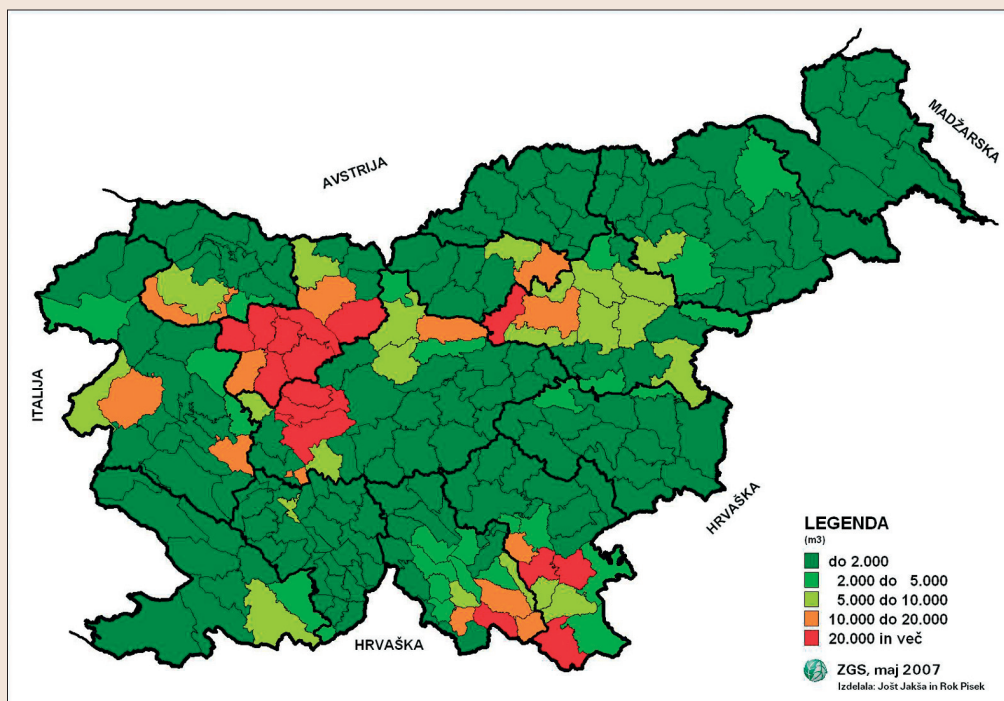
Žled je ledena obloga na drevju, grmovnicah, žicah, stebrih daljnovodov idr. Na tleh je se pojavlja kot poledica. Nastane v posebnih vremenskih razmerah, ko je nad kotlino inverzija. Ob šibkih padavinah, ki se v toplejši vmesni plasti zraka stopijo v dežne kaplje, ki padajo v pritalno hladno plast zraka. Ko se dežne kaplje

dotaknejo podhlajene podlage se razlezejo in nato zmrznejo v gladko prozorno ledeno oblogo. Ta je lahko debela več cm (tudi do 20 cm) in s svojo veliko težo lomi veje, ruje in lomi debla, trga daljnovodne žice, lomi stebre daljnovodov in tako povzroča veliko gmotno škodo. Pri razporeditvi žleda po Sloveniji lahko govorimo o žlednih pokrajinah, kjer se žled v nekajletnih ciklikih redno pojavlja. Najbolj značilno se žled pojavlja v jugozahodnem delu Slovenije, Škofjeloškem hribovju, na Notranjskem, celinski

Graf 3: razporeditev in količina sanitarnega poseka zaradi žleda v obdobju 1995–2006, ločeno po GGO ter iglavcih in listavcih



Sliki 20, 21: Žled na Kambreškem



Karta 3: Posek zaradi žleda po gospodarskih enotah v m³ za obdobje od 1995 do 2006.

strani idrijskega hribovja, na primorski strani Brkinov in Kambreškega, po južnem robu Ljubljanske kotline, v Beli krajini in obronkih Celjske kotline. Pojavlja se tudi v krajih kjer je pogosta burja, tako da žled ni nikakršna redkost na Krasu. Redkeje se pojavlja tudi v alpskih dolinah (Bohinj) kjer lahko povzroča velike škode. Edino gozdnogospodarsko območje, ki v obdobju 1995–2006 ni imelo sanitarnega poseka zaradi žledolomov je GGO Murska Sobota. Žledenje se pojavlja predvsem ob reliefnih pregradah visokih kraških planot, torej ima dinarsko usmerjenost. Praviloma je omejen na višinski pas do 900 m n.m.v. Letna dinamika pojavljanja žleda je v ciklih, ko se pojavi zmerno žledenje na ca. 5–8 let in v ciklih ca. 20–30 let, ko se pojavlja močno žledenje.

Na poškodbe zaradi žleda so občutljivejši listavci, ki imajo veliko površino vej in vejic na katere se oprijema led. Med iglavci je izjema bor, ki mu žled hitro polomi krhke veje. Ob zmernem žledenju so poškodbe omejene predvsem na lomljenje posameznih vej, kadar pa je žledenje intenzivno prihaja do veliko površinskih poškodb drevja. Tudi pri žledu veljajo podobni gozdno-

gojitveni nasveti kot pri vetru in snegu. Razlika je v občutljivost drevesnih vrst na žledenje, kar pomeni ustrezno prilagoditev pri načrtovanju gojitvenih ukrepov. V celoti se škodam zaradi žledu nikakor ne moremo izogniti, lahko pa z vzgajanjem mehansko bolj odpornega drevja le te omilimo.

ZAKLJUČEK

Naravne ujme predstavljajo velike motnje pri gospodarjenju z gozdovi. Niso tako enoznačne kot so opisane v zgoraj navedenih poglavjih. Mnogokrat se prepletajo, kot na primer sneg in žled, sneg ali žled z močnim vetrom, plazovi in usadi z obilnimi padavinami, tako dežjem kot snegom, toča z vetrom ali strela z neurjem in vetrom. Učinek prepletajočih si naravnih ujem ni njihov seštevek, največkrat daje sinergistične učinke, ki daleč presegajo poškodbe, ki bi jih povzročila posamična ujma. Zato moramo pri načrtovanju gospodarjenja z gozdovi na območjih, kjer lahko predvidevamo posamezne vrste naravnih ujem, načrtovati in izvajati vse

gozdnogojitvene in biotehniške ukrepe, da zmanjšamo verjetnost poškodb gozdov na najmanjšo možno mero.

Literatura:

- BAT, M., 2004. Narava Slovenije, Ljubljana, Mladinska knjiga, str. 84-105.
- KOTAR, M., 1996. Gojenje gozdov, ekologija gozda in gozdoslovje, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, str. 52-53.
- KOTAR, M., 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah, Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, str. 39-47.
- PERKO, F., POGAČNIK J., 1996. Kaj ogroža slovenske gozdove, Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, str. 65-78.
- PAPEŽ, J., PERUŠRK, M., KOS, I., 1996. Biotska raznolikost gozdne krajine, Ljubljana, Gozdarska založba, str. 20-26.
- SMUKAVEC, A., 1973. Snegolomi in vetrolomi na Jelovici, Bohinjska Bistrica, 1973
- ŠEGULA, P., 1978. Nevarnosti v gorah, Ljubljana, Planinska založba, str. 272.
- UŠENIČNIK, B., 2002. Posledice in ukrepanje ob nesreči, Ljubljana, Uprava za zaščito in reševanje, str. 67-79.
- VAJDA, Z., 1974. Nauka o zaščiti šuma, Zagreb, Školska knjiga, str. 32-84.
- ZAVOD ZA GOZOVE SLOVENIJE. Poročilo o gozdovih, za obdobje 1994-2006.
- ZUPANČIČ, M., 1969. Vetrolomi in snegolomi v Sloveniji v povojni dobi, Ljubljana, Gozdarski vestnik 8-9, str. 193-210.

GDK: 423 (045)=163:6

Naravne ujme v gozdovih Slovenije

Natural disasters in Slovenia forest

Jošt JAKŠA*

Izvleček:

Jakša, J.: Naravne ujme v gozdovih Slovenije. Gozdarski vestnik, 65/2007, št. 10. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 7. Prevod Jana Oštir.

Prispevek opisuje plazove in ostale naravne dejavnike, ki v slovenskih gozdovih povzročajo poškodbe. Prikaz je za obdobje od 1995 do 2006. Gozdovi, ki so vedno bolj izpostavljeni najrazličnejšim motnjam in obremenitvam, med njimi so na prvem mestu naravne ujme in poškodbe zaradi njih. V I. in II. Delu so bile opisane poškodbe, ki jih povzročajo veter, sneg in žled, v III. Nadaljevanju pa so opisane poškodbe, ki jih povzročajo različni tipi plazov, voda, strela in toča. Tudi povečevanje deleža poškodb, ki so posledica plazov, vode, strele gre pripisati večji količini energije v atmosferi, burnejšemu dogajanju v atmosferi, kar je vse posledica pričujočih podnebnih sprememb. V prihodnosti se bo delež poškodb, ki jih v gozdovih povzročajo naravne ujme z veliko verjetnostjo povečeval, vzporedno s spremembami klime, zato je nujno, da poznamo fizikalne osnove nastanka posameznega tipa naravne ujme, njene posledice na gozdove in gozdnogojitvene ter varstvene ukrepe, ki zmanjšujejo možnost nastanka poškodb v gozdu in gozdni infrastrukturi.

Ključne besede: naravna ujma, podnebni dejavniki, sneg, plaz, usad, strela, toča, poplave

Abstract:

Jakša, J.: Natural disasters in Slovenian forests – Part III. Gozdarski vestnik, Vol. 65/2007, No. 10. In Slovene, with abstract in English, lit. quot. 7. Translated into English by Jana Oštir.

The article deals with avalanches and other natural factors which cause damage in Slovenian forests. The period from 1995 to 2006 is covered. Forests are increasingly exposed to various kinds of stress and disturbances, among which the most important are natural disasters and damage arising from them. Parts I and II described damage caused by wind, snow and sleet, while Part III describes damage caused by various types of avalanches, water, lightning and hail. The increase in the share of damage caused by avalanches, water and lightning can also be attributed to a larger quantity of energy in the atmosphere and to more intense atmospheric activity which are consequences of climatic change. In the future, the share of damage to forests caused by natural disasters will with great probability increase, along with climatic change, so it is necessary to know the physical fundamentals which control the occurrence of individual types of natural disasters, the effect of each natural disaster on forests and the possible silvicultural and protection measures. Thus the risk of damage to forests and forest infrastructure should be reduced.

Key words: natural disaster, climatic factors, snow, avalanche, landslide, lightning, hail, flood

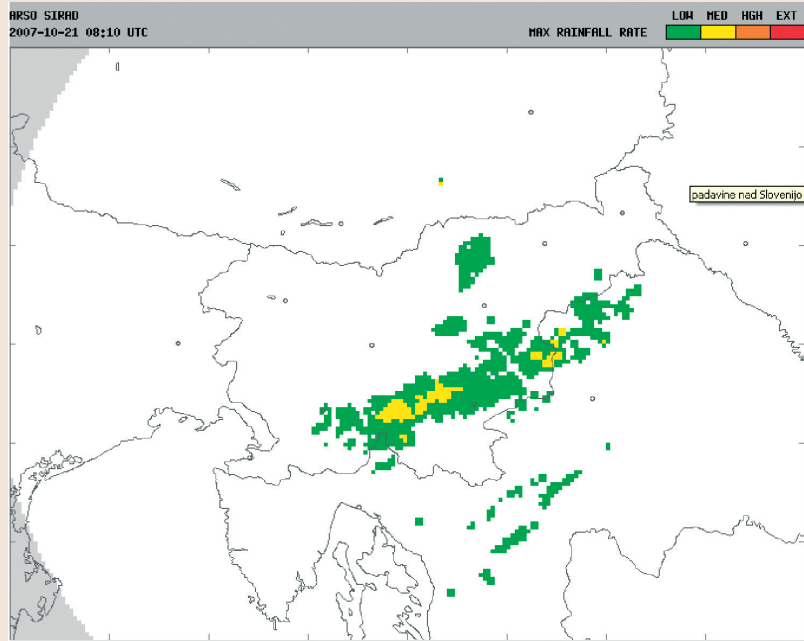
1 SPLOŠNI PODATKI O VREMENU

Za poznavanje možnosti nastanka plazov, predvsem snežnih in zemeljskih, je pomembno, da poleg ostalih dejavnikov, ki vplivajo na nastanek plazov, poplav, poznamo padavinske razmere v preteklosti in v sedanjosti in s tem ocene za prihodnost. Osnova za poročila in napovedi so opazovanja. Zato je v nadaljevanju kratek povzetek dosedanjih opazovanj v Sloveniji, ki je povzet po poročilih Agencije Republike Slovenije za okolje.

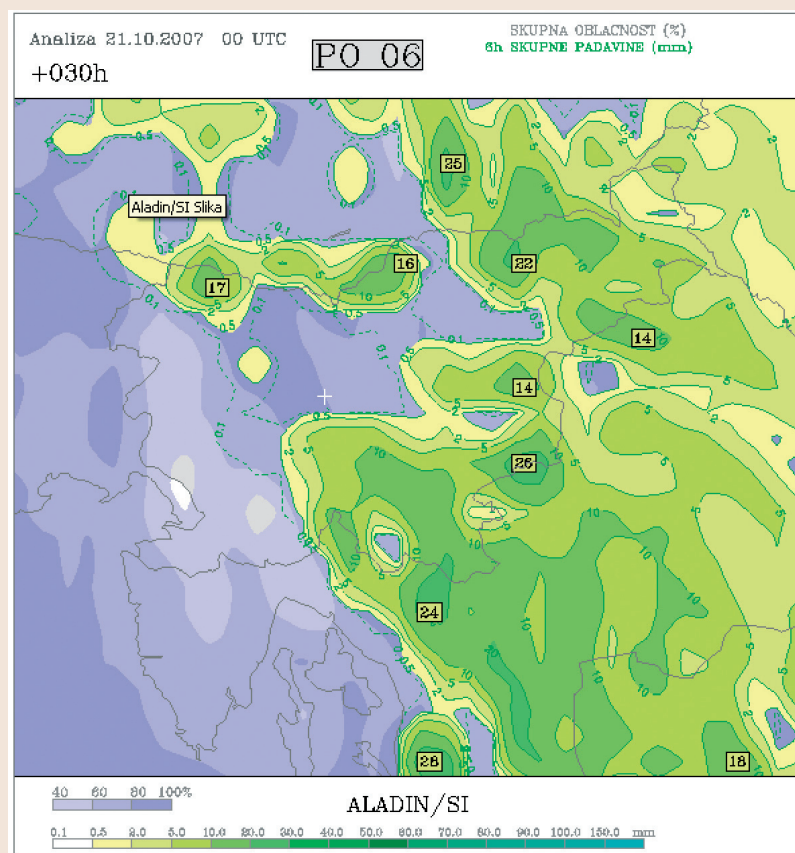
V Sloveniji so se uradne meteorološke meritve, za katere obstajajo zapisi, pričele v Ljubljani leta

1850. Do konca 19. stoletja so bile meteorološke postaje maloštevilne, a se je njihovo število počasi povečevalo. Trend naraščanja se je nadaljeval v prvi polovici 20. stoletja, kmalu po drugi svetovni vojni pa je bilo število postaj že podobno današnjemu. V 60. in 70. letih je bila mreža klasičnih postaj z opazovalci najbolj obsežna, nato se je zaradi pomanjkanja opazovalcev in zniževanja stroškov začela počasi krčiti in se krči še danes. V zadnjih dveh desetletjih je bilo postavljenih nekaj več kot 30 samodejnih meteoroloških postaj ter

* J. J., univ. dipl. inž. gozd., Zavod za gozdove Slovenije CE, Večna pot 2, 1000 Ljubljana



Slika 1: Radarska slika padavin, ki jo najdete na spletni strani ARSO



Slika 2: Napoved zastrtosti neba in količine padavin modela ALADIN, ki je dosegljiva na spletni strani ARSO

nekaj deset ekoloških in hidroloških postaj, ki merijo meteorološke spremenljivke. Te postaje pa le deloma nadomeščajo ukinjene klasične postaje. Posledica omenjenega časovnega poteka števila postaj je, da so bili vsi pglavitni vremenski rekordi doseženi od leta 1950 dalje, čeprav je vsaj pri najnižjih temperaturah veliko bolj verjetno, da so bili dejanski rekordi doseženi pred tem letom. Na klasičnih postajah se za meritve višine padavin uporablja Hellmannov dežemer oz. pluviometer

s presekom 200 cm², na višinskih postajah tudi s presekom 500 cm². Opazovalci vsakodnevno ob 7. uri z menzuro izmerijo količino vode, ki se je natekla v kanglico znotraj dežemera. Jakost in čas trajanja padavin se merita s pluviografom, ki prek peresa zapisuje potek padavin. Na samodejnih postajah so v uporabi dežemeri, ki količino dežja bodisi tehtajo ali štejejo število napolnitev čašic, kamor se stekajo padavine. Opazovalci na padavinskih postajah so poleg meritev padavin

Tabela 1: Velika količina padavin (mm)

Rekordna vrednost	Vrednost	Merilna postaja	Čas
Največje dolgoletno povprečje letne količine padavin	3.016	Žaga (pri Bovcu)	1971-2000
Največja letna količina padavin	4.605	Breginj	1960
Najmanjše dolgoletno povprečje	743	Veliki Dolenci	1971-2000
Najmanjša letna količina padavin	477	Vučja Gomila	1971
Največja mesečna količina padavin	1.497	Soča	november 2000
Največja 2 dnevna količina padavin	584	Bovec	12. 11. 1969, 7:00 14. 11. 1969, 7:00
Največja dnevna količina padavin	363	Bovec	13. 11. 1969, 7:00 14. 11. 1969, 7:00
Največja 12 urna količina padavin	286	Bovec	4. 8. 1987, 13:00 5. 8. 1987, 1:00
Največja 6 urna količina padavin	275	Bovec	4. 8. 1987, 15:40 4. 8. 1987, 21:40
Največja 3 urna količina padavin	191	Kekec nad Novo Gorico	21. 8. 1988, 8:45 21. 8. 1988, 11:45
Največja 2 urna količina padavin	147	Kekec nad Novo Gorico	21. 8. 1988, 8:50 21. 8. 1988, 10:50
Največja urna količina padavin	141	Kekec nad Novo Gorico	21. 8. 1988, 8:50 21. 8. 1988, 9:50
Največja 30 minutna količina padavin	84	Kekec nad Novo Gorico	21. 8. 1988, 9:00 21. 8. 1988, 9:30
Največja 15 minutna količina padavin	56	Ilirska Bistrica	21. 7. 1985, 10:10 21. 7. 1985, 10:25
Podatki: Agencija Republike Slovenije za okolje (www.arso.gov.si)			

Tabela 2: Velika količina padavin (cm)

Rekordna vrednost	Vrednost	Merilna postaja	Čas
Največja višina snežne odeje	700	Kredarica	22. 4. 2001
Največja višina novozapadlega snega	125	Dom na Komni	29. 3. 1951 4. 3. 1970
Največja višina novozapadlega snega v krajih pod 500 m n.m.v.	105	Soča	4. 3. 1970
Največja vsota višin novozapadlega snega v eni sezoni	1.662	Kredarica	2000 / 2001
Povprečno najdaljše sezonsko trajanje snežne odeje (št. dni)	265	Kredarica	1972 / 1973 2000 / 2001
Najdaljše sezonsko trajanje snežne odeje (št. dni)	290	Kredarica	1984 / 1985 1976 / 1977
Najzgodnejše sneženje v krajih pod 500 m n.m.v.	/	Kotlje, Šmartno pri Slovenj Gradcu	11. 9. 1972
Najpoznejše sneženje v krajih pod 500 m n.m.v.	/	Nomenj	10. 06. 1974
Podatki: Agencija Republike Slovenije za okolje (www.arso.gov.si)			

dolžni meriti še višini novega in skupnega snega. Vsako jutro s snežno odejo ob 7. uri s pomočjo lesene ali kovinske palice s centimetrsko skalo odčitajo višino skupnega snega na travnati površini in novega snega na posebni deski, ki je vtisnjena v star sneg.

Ker je količina padavin v tesni vzročni povezavi s proženjem plazov, tako snežnih kot zemeljski ter s poplavi, je dober pripomoček pri pregledu trenutne situacije in napovedi. Napovedi (do 48 ur) za Slovenijo in bližnjo okolico je moč najti na spletnih straneh Agencije Republike Slovenije za okolje.

Kot zanimivost o podnebnju in količinah padavin, ki se lahko sprostijo v kratkem času, so v tabelah 1 in 2 prikazane rekordne vrednosti, ki so povzete po meteorološkem arhivu Agencije RS za okolje. Velike količine padavin v obliki dežja pomenijo veliko nevarnost za zemeljske plazove in zdrse, za poplave in hudourniško erozijo. Velike količine vode rabijo prosto pot za odtok, pri tem pa ima voda veliko kinetične energije, ki na svoji poti povzroča opustošenje. Velike količine novo zapadlega snega pa pomenijo veliko nevarnost snežnih plazov in velike obremenitve za rastlinstvo (predvsem drevje) in objekte. Pri hitrem taljenju snega se sprošča velika količina vode, ki ima podobne posledice kot velika količina padavin v obliki dežja. Kljub temu, da tabela upošteva tudi podatke z leta 2006, bo nekaj rekordnih vrednosti, predvsem tistih za kratko obdobje, po neurju septembra 2007 zagotovo novih.

ŠIFRA: 00-3.07

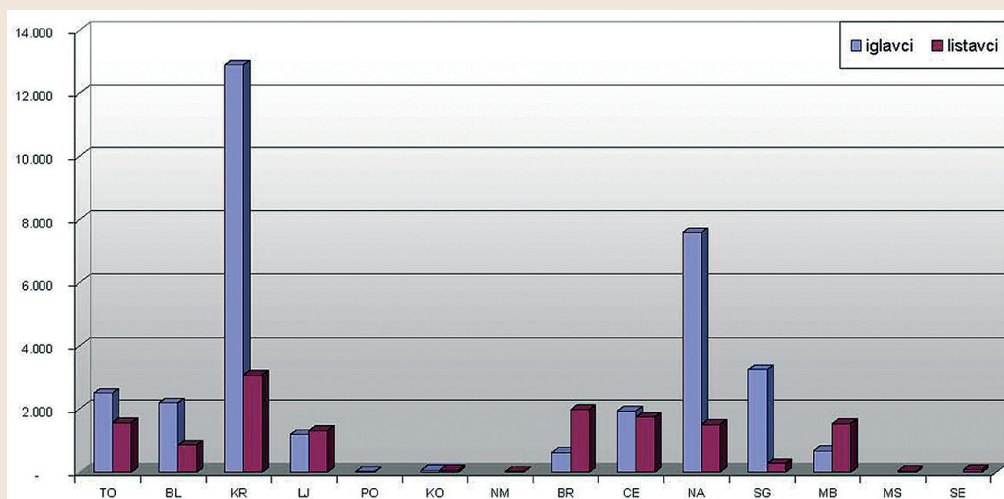
2 PLAZOVI

Plaz je gmota snovi, ki zdrsne s strmega pobočja. Delimo jih na zemeljske plazove, kamnite plazove, snežne plazove in plazove drobirja. V prenesenem pomenu je to velika količina nekega materiala, ki se zaradi sile težnosti pomika po pobočju z višje ležeče točke k nižji. V gozdovih najpogostejše povzročajo poškodbe snežni plazovi, usadi in manjši zemeljski plazovi, občasno pa tudi veliki zemeljski plazovi in plazovi kamenja, ki so ponavadi vezani na potres.

Največ sanitarnega poseka zaradi plazov je v alpskih gozdnogospodarskih območjih, to so: Kranj, Nazarje, Slovenj Gradec, Bled in Tolmin, kjer prevladuje posek zaradi snežnih plazov. Tu so poškodovani predvsem iglavci. V gozdnogospodarskih območjih Brežice, Celje in Maribor prevladuje posek listavcev zaradi zemeljskih plazov. Skupna količina sanitarnega poseka v Republiki Sloveniji je majhna. V letu 2005 je bilo zaradi poškodb plazov posekanih 2.029 m³ iglavcev in 372 m³ listavcev (skupaj 2.401 m³), v letu 2006 pa 3.948 m³ iglavcev in 3.735 m³ listavcev (skupaj 7.683 m³).

2.1 Snežni plazovi

Snežni plazovi nastajajo zaradi kopičenja snega na pobočjih. Ko sila težnosti premaga silo lepjenja se snežne mase premaknejo in zdrsnejo po pobočju. Torej osnovni pogoj za sprožitev



Graf 1: Razporeditev in količina sanitarnega poseka zaradi vseh vrst plazov v obdobju 1995–2006, ločeno po GGO ter iglavcih in listavcih

je ustrezeni naklon površja, ki omogoči začetek gibanja snežnih mas in njihovo pospeševanje. Od naklona in vrste snega je odvisna hitrost plazovine, torej kinetična energija, ki jo ima. Pri presoji plazovitosti lahko s pomočjo naklonov, za neporaščeno površje, na katerem je povprečna višina snežne odeje večja od terenskih ovir, določimo pogoje, pri katerih se lahko sprožijo plazovi. Nevarne so že strmine z več kot 24° naklona. Pri naklonih do 40° prihaja do kopičenja snega in s tem povezanimi prožitvami velikih plazov. Med 40 in 50° naklona prihaja do pogostejšega sproščanja plazov manjših količin plazovine. Na strminah od 50 do 58° prihaja do občasnih razbremenitev, osipanja, ki še vedno povzročajo motnje na nižje ležečih vplivnih območjih. Na strminah nad 58° so tipična območja plazenja, ki pa se odlepijo že med ali tik po sneženju. Največ snežnih plazov se sproži v naklonih pobočji med 30 in 50° , območje odlaganja plazine pa je najpogostejše med 5 in 10° naklona. Na travniških pobočjih s poležano travo so najugodnejši nakloni za splazitev med 15 in 28° (PAVŠEK 2002).

Kdaj pride do zdrsa je poleg naklona odvisno predvsem od vrste in količine snega, zgradbe snežne odeje ter podlage na katero se nalaga sneg. Med vrstami snega v grobem ločimo med snežnimi plazovi suhega in mokrega snega. Snežni plazovi suhega snega se prožijo praviloma na naklonih večjih od 25° , plazovi mokrega snega pa tudi že pri 15° ali celo manj. Velja pravilo, da bolj ko je sneg predelan, manjši so nakloni na katerih se snežni plaz lahko sproži in obratno. Natančneje, naklonski kot splazitve je odvisen od temperature, vlažnosti in oblike zrn snega. Tudi hitrost snežnega plazju je poleg naklona odvisna od vrste snega. Plazovi suhega, nesprijetega lasa lahko dosegajo velike hitrosti, tudi do 350 km/h. Plazovi mokrega snega so veliko počasnejši, toda zaradi svoje velike mase in kinetične energije povzročajo poškodbe daleč od točke splazitve.

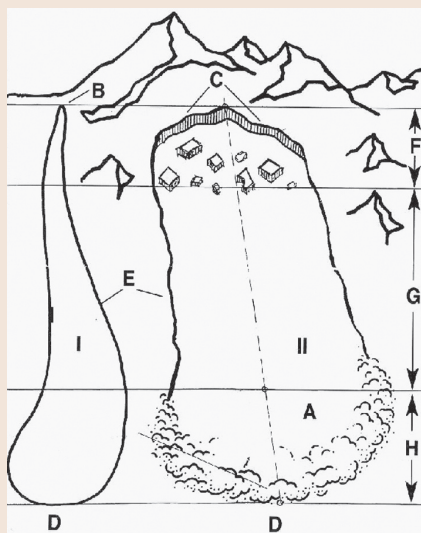
Zaradi boljše predstave in razumevanja je nujno poznati osnovne izraze, ki se vežejo na plazove. To ne velja zgolj za snežne plazove, temveč za vse plazove. Groba delitev je na območje proženja, kjer pride zaradi porušitve ravnotežnega stanja sil do gibanja mas (snega, zemljine ...), območje gibanja, kjer se splazene mase gibljejo in deloma povečujejo svojo maso ter območje odlaganja, kjer se premikajoča masa odloži, torej zaustavi. Sprožitev plazju je lahko v eni točki ali pa v liniji, ko govorimo o napoki.



Slika 3: Pršni snežni plaz suhega snega

Kot je bilo omenjeno, se možnost splazitve ob enakih ostalih pogojih povečuje s predelanoostjo snega. Na hitrost predelave snega najbolj vpliva temperatura ozračja in direktno sončno obsevanje. Zato so na splošno najbolj plazovita prisojna pobočja. Ekspozicija pobočja vpliva na nastanek plazju predvsem zaradi potencialnega sončnega obsevanja in s tem povezano količino prejete energije, ki jo pobočje prejme tekom dneva.

Na nastanek plazju poleg ekspozicije vplivajo še drugi dejavniki, ki imajo od primera do primera različno težo pri splazitvi. Zelo pomembno vlogo ima oblika površja na območju plazju in stabilnost podlage. Naslednji dejavnik, ki vpliva na snežne plazove je poraščenost, skupaj z rastjem in talno podlago na kateri uspeva. Gola neporaščena območja vplivajo na možnost splazitve predvsem v začetku zime, ko snežna odeja šele nastaja. Tu je pomembna hrapavost plaznice. Grmovno rastje in rušje (*Pinus mugo*) daje snežni odeji dobro oporo le do takrat, ko ga sneg prekrije in se pod njegovo težo ukrivi. Gozd je oblika rastja, ki najučinkoviteje preprečuje proženje snežnih plazov. Poleg preprečevanja



- I, II • plaznica, celotna površina od napoke do plaznega stožca;
- A • plazovina, gmota splazenega snega in ostalega materiala, ki je primešan snegu (kamenje, prst, drevje, vejevje ...)
- B • začetna točka
- C • napoka,
- D • čelo plazu
- F • območje proženja
- G • območje gibanja
- H • območje odlaganja
- E • bok plazu

Slika 4: Osnovno poimenovanje območij snežnih plazov (PAVŠEK 2002)

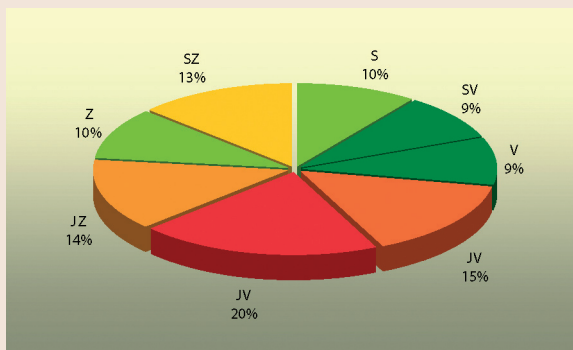
proženja ima gozd tudi ustalitveni pomen, predvsem na območju proženja. Kolikšno vlogo preprečevanja nastanka snežnega plazu ima gozd je odvisno od razvojne faze in zarasti. Najbolje nastanek snežnih plazov preprečujejo starejše razvojne faze s polno zarastjo in obratno.

Snežni plazovi različno ogrožajo različne pokrajinske sestavine. Najpogostejše snežni plazovi ogrožajo gozdove in kmetijska zemljišča. Gozdovi so še posebej ogroženi v Julijskih Alpah, kjer snežni plazovi ogrožajo gozdove v več kot 60 % vse ogroženosti. Kljub temu, da je gozd najpogostejše ogrožen, predstavlja eno najuspešnejših in najcenejših oblik varstva in zaščite pred snežnimi plazovi. Pri težavah in škodah, ki jih povzročajo snežni plazovi, je na prvem mestu ogroženost prometnic. Podatek za Slovenijo je, da kar 57,3 % vseh snežnih plazov zasipava prometnice (22,5 v Julijskih Alpah). Vsi plazovi, ki zasipavajo prometnice, ogrožajo hkrati zemljišča in objekte. Prevladujoča ogroženost zemljišč za Slovenijo in Julijske Alpe je prikazana v grafu 3.

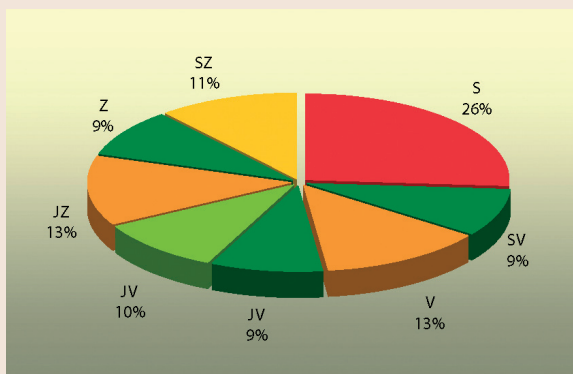
V gozdovih letno povzročajo snežni plazovi relativno malo poškodb. Sani-

Graf 2: Ekspozicija snežnih plazov v Sloveniji in v Julijskih Alpah (PAVŠEK 2002)

Slovenija

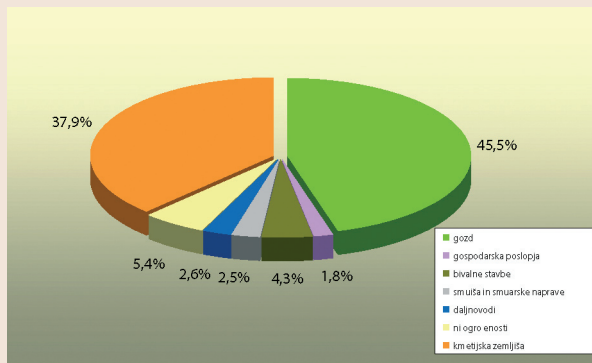


Julijske Alpe

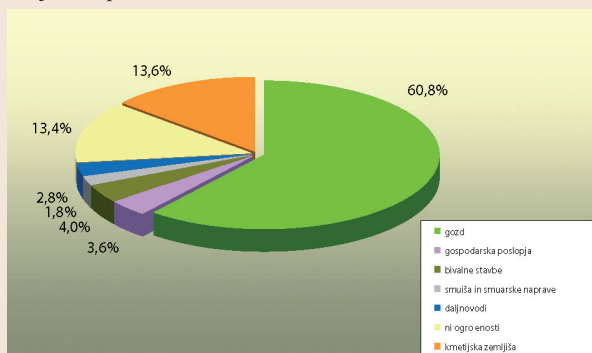


Graf 3: Prevladujoča ogroženost zemljišč in objektov na osnovi lavinskega katastra za Slovenijo in v Julijske Alpe (PAVŠEK 2002)

Slovenija



Julijske Alpe



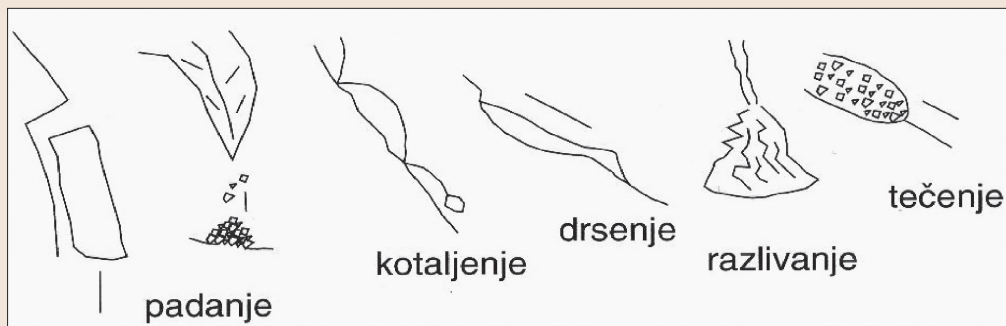
tarna sečnja je nekaj tisoč m³. Ker v Alpah, kjer je največ snežnih plazov, tvorijo zgornjo gozdno in drevesno mejo iglavci, je delež iglavcev v sanitarnem poseku zaradi snežnih plazov velik. Obseg poškodb je odvisen predvsem od količine zapadlega snega. Najbolj ogroženi so visokogorski dolinsko-grebenski reliefi na Bovškem, v Karavankah, Kamniško-Savinjskih Alpah in v Julijskih Alpah. V Alpah in Karavankah je več evidentiranih stalnih plazov, ki ob snežnih zimah prodirajo v doline in povzročajo poškodbe gozdov. Snežni plazovi pa ne ogrožajo zgolj gozdov, temveč tudi ostala zemljišča, ceste, železnico in bivalne objekte, gospodarske objekte in ostalo infrastrukturo. Najenostavnejša in daleč najcenejša zaščita pred snežnimi plazovi je, da ohranjamo gozdno in drevesno mejo in da vsak posek načrtujemo in izvajamo zelo previdno. Na ogroženih območjih moramo skrbeti za zadostno gostoto odraslih dreves na enoto površine. Pri poseku lahko v strminah za zaščito pred zdrsom snega puščamo višje

panje, tudi do 1 m, merjeno z zgornje strani. Tehnični ukrepi za preprečevanje snežnih plazov so zelo zahtevni in dragi. To so predvsem lavinske pregrade, ki se jih v ustreznem razporedi postavi po ogroženem območju, predvsem na mestih splazitve. Pregrade so lahko kovinskih konstrukcij, lesa ali pa različnih kombinacij uporabljenih materialov. V alpskem svetu povzročajo snežni plazovi poškodbe predvsem na stiku z negozdnim svetom, kjer je zaradi podstenjskih melišč gozдна meja zelo nizko.

Omeniti velja, da je v času prve svetovne vojne plaz snega, ki je prihrumel izpod Mojstrovke vzel nekaj sto življenj ruskih vojnih ujetnikov in avstro-ogrskih vojakov, ki so za potrebe Soške fronte gradili cesto čez preval Vršič. Plazovi in padajoče kamenje, ki so bili pogosto posledica topniškega obstreljevanja, so bili mnogokrat vzrok smrti tudi na drugih delih fronte.

2.2 Zemeljski plazovi

Pojave, ki nastanejo zaradi porušenja naravnega ravnovesja na zemeljskem površju zaradi delovanja gravitacije in zunanjih procesov denudacije uvrščamo pod zemeljske plazove (RIBIČIČ 1999). Pojav je vezan na zemeljske površinske sloje. Pobočna premikanja zajemajo poleg zemeljskih plazov tudi vse druge pojave transporta mas po pobočju. Naziv zemeljski plazovi moramo ločiti od naziva zemljinski plazovi. Izraz zemljina definira površinske nevezane sloje, ki so nastali kot posledica preperevanja na mestu samem, ali so transportirani z višjih leg in odloženi kot pobočni oz. dolinski sedimenti. Zemljine se delijo v koherentne in nekoherentne. Nekoherentne zemljine, kot so grušč, prod, vsebujejo tudi večje kose zdrobljenih kamnin, ki plavajo v osnovi drobnih zrn. Zemljine opredeljujemo z opisom njihove geološke sestave in značilnosti. Zemljine so sestavljene pretežno iz drobnih zrn, manjših od 2 mm. Glede na velikost zrn spadajo med peske, melje in gline. Kadar nastopajo brez večjih kosov kamnine so to koherentne zemljine. Zemeljski plazovi so torej plazovi sestavljeni iz zemljin. Usadi so plitki zemljinski plazovi, ki



Slika 5: Različne pojavne oblike plazenja zemljin in hribinskih mas, ki opisujejo način gravitacijskega premikanja po pobočju (RIBIČIČ 2002)

se ob močnih padavinah ali po njih nenadoma utrčajo in zdrsnejo po pobočju v celotni količini. Usadi se prožijo najpogosteje na strmih delih pobočji. Usad nastane hitro, zdrs zemljine se konča v nekaj urah.

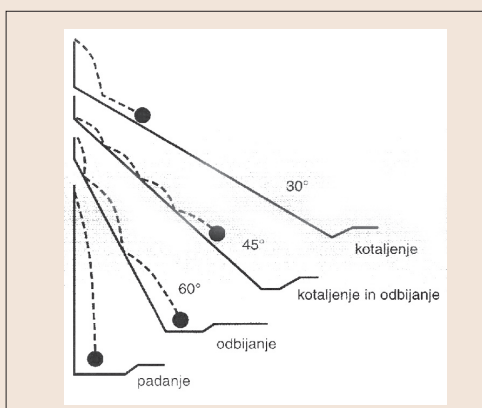
Zemeljski plazovi nastajajo večinoma kot posledica dolgotrajnega deževja, ko se zemljina na nestabilnem pobočju dodatno obremeni, zmanjša se kohezivnost med delci in zemljina zdrsne po pobočju. Pri tem s seboj potegne v dolino vse kar je na zemeljskem površju. Zemeljski plazovi niso vezani na visokogorje, temveč na vrsto zemljine, matične podlage in naklon terena. V Sloveniji so prevladujejo manjši zdrsi zemljine, usadi, ki nastajajo na glinastih zemljinah, na podlagah iz skrilavca, laporja in perm-karbonskih kameninah. Na karbonatnih podlagah so zemeljski plazovi redki. Veliki plazovi se pojavljajo redko. Primeri so plaz Stože (Log pod Mangartom), plaz Lokavec (Ajdovščina) in Macenikov plaz (Solčava).

Gravitacijsko premikanje zemeljskih in hribinskih mas po pobočju lahko razdelimo na pet skupin najbolj značilnih plazenj. Glede na vrsto plazenja se skupine med seboj zelo razlikujejo. Razlikujejo se tako po fizikalnih zakonitostih plazenja kot po posledicah, ki jih povzročajo. Glede na vrsto premikanja jih delimo na (RIBIČIČ 2002):

- padanje (podori, padajoči grušč);
- prevračanje (kotaljenje skal in kamnov po strmih brežinah);
- drsenje (plazenje zemeljskih ali hribinskih mas po šibki ploskvi);
- razlivanje (zlivanje različnih zemeljskih mas ob vznožjih pobočij);
- tečenje (različni blatni in drobrski tokovi).

Grafični prikaz različnih vrst premikanja zemljin in hribinskih mas je razviden v sliki 5.

Pojave porušitve naravnega ravnovesja se deli



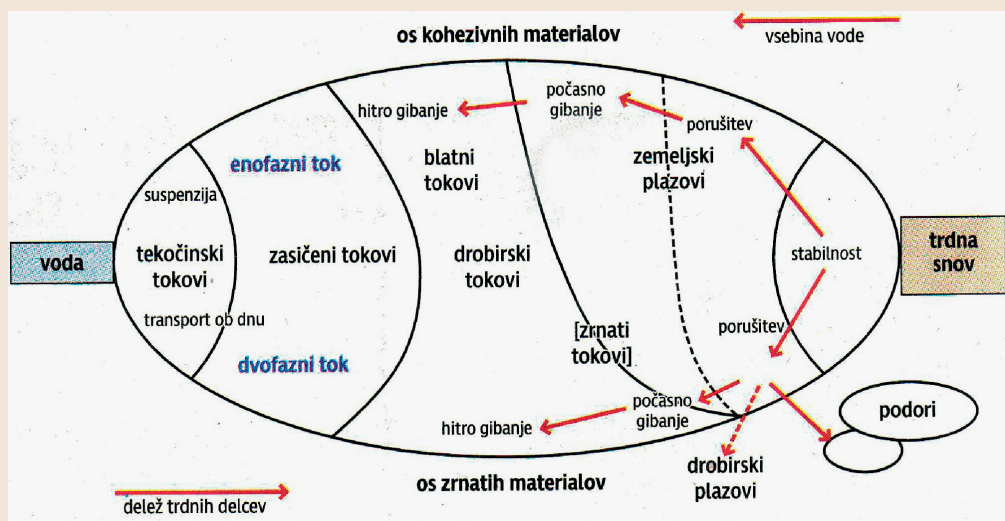
Slika 6: Izpad blokov, skal in kamnov iz hribinskih sten (RIBIČIČ 2002)

na tiste v hribini in tiste v zemljini. Osnovni pojavi naravne porušitve v hribinah so (RIBIČIČ 2002):

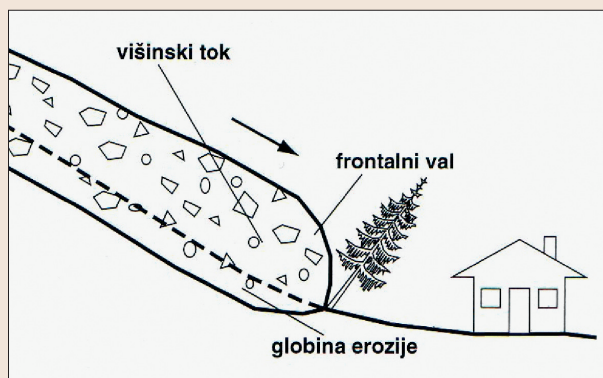
- hribinski zdrsi po široki ploskvi diskontinuitete v hribini, ki so lahko ravninski ali klinasti (shematsko prikazano: — oz. V);
- hribinski podori ob subvertikalalnih stenah iz trdne kamenine;
- drsenje prevračanje kotaljenje in padanje posameznih blokov in kamnov ter zdrsi grušča prek strmih hribskih brežin.

Osnovni pojavi naravne porušitve v zemljinah so sledeči:

- Plazenje po ploskvah v zemljini ali na stiku zemljine s podložno hribino (najbolj pogosto plazenje).
- Polzenje zemeljskih mas, ki iz izvora plazenja polzijo gravitacijsko navzdol (podobno kot med, če ga razlijemo na nagnjeni površini).
- Tokovi, ki tečejo s hitrostjo tekočin ter poleg vode in zraka vsebujejo znaten delež trdne drobne in/ali grobe frakcije zemljin.



Slika 7: Razvrstitev masnih gibanj trdne snovi (zemljine, kamenine, erozijskega drobirja) glede na vsebnost vode oziroma delež trdne snovi (Delo, 27/09/2007, povzeto po Coussot, 1996)



Slika 8: Prerez delovanja zemeljskih plazov

Kakšne je oblika plazenja je v veliki meri odvisna od vrste in velikosti (granulacije) trdnih delcev, kohezivnih sil med delci in vsebnosti vode v plazini. Večji kot je delež vode, bližje je plazenje tečenju. Praviloma se z večjim deležem vode v zemljini in hribskih masah povečuje hitrost premikanja plazine. Kot primer tečenja je tudi drobirski tok, ki se je pojavil pri plazu Stože. Hitrosti pri drobirskem toku so med 5 in 10 m/s.

Zemeljski plazovi povzročajo vzdolž svoje poti tako bočno kot

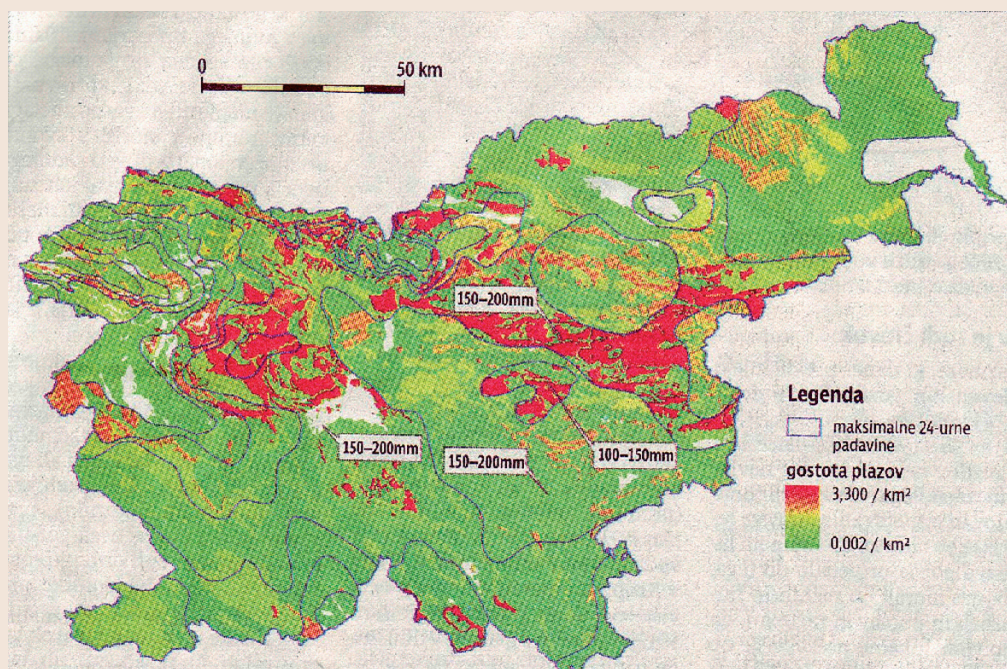
Tabela 3: Delitev zemeljskih plazov po hitrosti premikanja

Kategorija	Značilna hitrost (m/s)	Človeška reakcija	Značilna vrsta plazenja
Izjemno hiter	10 m/s	je ni	hribski podor
Zelo hiter	5 m/s	je ni	drobirski tok
Hiter	10 m/minuto	evakuacija	usad
Srednje hiter	1,8 m/uro	evakuacija	preperinski plaz
Počasen	13 m/mesec	saniranje	drobirski plaz
Zelo počasen	1,6 m/leto	saniranje	glinast plaz
Izjemno počasen	16 mm/leto	je ni	globok plaz

Vir: RIBIČIČ 2002



Sliki 9, 10: Zemeljski plaz Stože, plaz drobirskega toka



Slika 11: Gostota plazov po razdelkih maksimalnih 24-urnih padavin in po inženirsko-geoloških enotah (št. plazov/km²). (Delo, 27/09/2007, vir: Geološki zavod Slovenije)



Sliki 12, 13: Zemeljski plaz na planini Polog (2004) in zemeljski usad v vasi Podlonk (2007) (Foto: Egon Obid)

globinsko erozijo. Pri tem se čelo povečuje in ruši vse pred seboj. Če se splazi zemljina vse do matične podlage, je rodovitnost zemljišča popolnoma uničena. Na sliki 8 je prerez skozi plaz, shematski prikaz globinske erozije. Nazoren prikaz delovanja erozijskih sil je viden tudi na sliki plazu Stože, kjer je po oceni dno območja gibanja plazine kar za 40 m nižje kot pred splazitvijo.

Hitrost premikanja plazine je lahko od več kot 10 m/s do nekaj mm na leto. Od obsega plazine in njene hitrosti gibanja je odvisno kaj lahko človek ukrepa. Ukrepanje ima razpon od nezmožnosti ukrepanja, reševanja golega življenja do saniranja. Poimenovanje plazov glede na njihovo hitrost premikanja, okvirne hitrosti, zmožnost človeške reakcije in ukrepanja ter vrste zemeljskih plazov, ki se premikajo z danimi hitrostmi, je prikazano v tabeli 3.

V gozdovih lahko drevesa s svojo težo na izpostavljenih pobočjih pospešijo drsenje tal. Nagnjena drevesa so nam lahko opozorilo, da se zemljina premika in jih je treba takoj posekati. Enako velja za obrobna drevesa na usadih in plaziščih. Med



največje do sedaj znane zemeljske plazove na Slovenskem štejeemo plaz Stože, ki je po obilnem deževju jeseni 2000, natančneje 17. novembra, sprožil nad Mangartsko planino in pod sabo pokopal 7 življenj domačinov z Loga pod Mangartom. To ni bil klasičen zemeljski plaz temveč drobirski tok, ki z veliko hitrostjo in silo ruši vse pred seboj. Razdejanje je bilo na dolžini 3–4 km. Drobirski tok je poleg smrti prizadejal tudi veliko gospodarsko škodo na stanovanjskih objektih, prometnicah in hidroenergetskih objektih. Plaz je uničil 28,75 ha, pretežno gospodarskega gozda gozdnih združb *Anemone-Fagetum luzuletosum* in *Anemone-Fagetum carisetosum albe*, v manjšem delu pa tudi varovalni gozd. Uničeno je bilo ca 4.840 m³ lesa, od tega 1.390 m³ iglavcev in 3.450 m³ listavcev. Po grobi oceni je znašala teža lesne mase 1,5 promila splazene mase.

Za zavarovanje pred plazenjem zemljin je bistveno, da se uredi odvodnjavanje na območju proženja, tako da se v zemljini in hribinskih masah ne nabira voda, ki bi zmanjševala kohezijske sile v zemljini in povečevala tečenje. Zemljišče se lahko do določene mere stabilizira z izvajanjem biotehniških ukrepov, kot je zasajevanje labilnih brežin z vrstami, ki zemljino hitro in dobro pre-koreninijo, kot so ozkolistne vrbe (*Salix sp.*), in siva jelša (*Alnus incana*), izdelavo popletov in fašin ter z rednim izvajanjem razbremenilnih sečen starega in težkega drevja. Učinkovitejše, a tudi dražje je izvajanje tehniških ukrepov kot so podporni zidovi, kašte in grajeni sistemi odvodnjavanja. Na sliki 10 je prikazan model števila plazov na km², ki bi se sprožil ob 24-urnih maksimalnih padavinah. Na sliki Slovenije, ki je razdeljena po inženirsko-geoloških enotah, so prikazani zgolj razredi, pri katerih je sprememba gostote plazov najbolj očitna.

2.3 Kamniti plazovi

V Sloveniji so relativno redki in so predvsem posledica potresne aktivnosti. Najpogostejši so na bovskem, kjer jo ob zadnjem močnejšem potresu (velikonočni potres), poškodovali nekaj hektarjev gozdov v tamkajšnjih dolinah. Plazovi kamenja so lahko posledica odkrušenja dela stene ali pa zdrs labilnih kamnin na strmih pobočjih oziroma splazitev pobočnih gruščev pod stenami. Plazovi kamenja so zelo nevarni za ljudi in premoženje, saj imajo izredno rušilno moč. Obramba pred plazovi kamenja in napovedovanje le teh je skoraj nemogoče.



Slika 14: Zdrs kamenja pod planino Golobar, maj 2007

ŠIFRA: 00-3. 11

3 OSTALE NARAVNE UJME IN NESREČE

3.1 Poplave

Med ostale naravne ujme in nesreče uvrščamo predvsem poplave, točo in strelo. Po podatkih je 63.000 ha ali 3 % slovenskega ozemlja poplavno ogroženo (PERKO, POGAČNIK 1996). Poplave imajo na gozdove dvojni učinek. Poplavni nižinski gozdovi hrasta in jelše so življenjsko vezani na vsakoletno poplavljanje. Za ostale gozdove pa so poplava motnja. Gozd s svojo zadrževalno sposobnostjo vode lahko dodobra vpliva na odtok vode z določenega območja in tako blaži posledice poplav in hudourniških voda. Večji učinek kot poplave same imajo na gozd spremljajoči dogodki kot so hudourniške vode. Le te spodjedajo brežine, odnašajo drevje in uničujejo gozdne vlake in ceste. Škode na uničeni gozdni infrastrukturi so velike. Zato moramo pri načrtovanju prometnic upoštevati tudi erozijske procese, ki se manjši meri dogajajo vsak dan, ter v velikem obsegu in v kratkem času ob poplavih in zelo povečanem pretoku vodotokov.



Slika 15: Posledica povodni, uničen avtobus, september 2007

3.2 Toča

Toča se pojavlja predvsem v poletnih mesecih, precej enakomerno po vsej Sloveniji. Nevarnost predstavlja predvsem za iglaste gozdove, ker ob padanju lahko oklesti vse iglice. Za razliko od listavcev, iglavci ne morejo hitro in učinkovito nadomestiti asimilacijskega aparata. Drevo z okleščenimi iglicami hitro slabi in kmalu postane vaba za podlubnike. Zato moramo po močnih neurjih s točo pregledati gozdove, ki imajo v svoji sestavi iglavce. Poškodovane iglavce, ki imajo poškodovano več kot 90 % asimilacijskega aparata (iglic) posekamo, ostale pa nadzorujemo in preverjamo



Slika 16: Poškodbe toče na listih

možni nalet podlubnikov. V letih, ko posamezne drevesne vrste dobro semenijo, toča lahko zelo zmanjša obrod. V izjemnih primerih, ko so zrna toče večja, lahko pride do poškodb lubja in posledično vdora patogenih gliv.

3.3 Strela

Strela je pogosta v poletnih mesecih, ko je redna spremljevalka neviht in neurij. Strela povzroča mehanske poškodbe lesa in razvrednotenje sortimentov, povzroča poškodbe in odmiranje v koreninskem sistemu, predvsem odmiranje koreninskih laskov, tako, da je oskrba drevesa z vodo po udaru strela veliko slabša. Posledica slabe preskrbe z vodo je oslabeleost drevesa torej vodni šok. Večina poškodb v gozdovih, ki jih povzroči strela, zabeležimo v gorskem svetu in na visokih planotah. Če strela poškoduje smreko, je zelo velika verjetnost, da bodo smreko napadli smrekovi lubadarji. Na Pokljuki opažajo, da je za ca. 80 % vseh žarišč lubadarjev primarni vzrok v strelu. V tankolubni del poškodovanega drevesa se naseli šesterozobi smrekov lubadar (*Pityogenes chalcographus* L.), ki mu pogosto sledi še osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus* L.). Napadeno



Slika 17: Poškodbe na drevju, ki jih povzroči strela so mnogokrat komaj vidne. Kot posledica oslabiljenosti drevesa je praviloma napad patogenih organizmov.

drevo je začetek žarišča, ki se ustvari okoli njega. Druga nevarnost, ki jo predstavlja strela za gozd pa je gozdni požar. Le ti kot posledica strele so pogosti predvsem v visokogorju in na Krasu. Po podatkih, ki jih vodi Zavod za gozdove Slovenije je ca. 2–5 % gozdnih požarov posledica udara strele. Enake deleže beležijo tudi v sosednjih in primerljivih državah.

3.4 Erozija

Erozija je dejavnik preoblikovanja zemeljskega površja, ki nenehno deluje. Razdelimo jo na plazno, vodno, snežno, porušitveno, veterno in abrazijo morja. Z erozijskimi procesi je neločljivo povezana tvorba tal. Kljub vsemu erozija v vseh pojavnih oblikah predstavlja nenehno grožnjo. Erozija je v Sloveniji prisotna z najopaznejšimi posledicami v gorskih območjih, zaznamo pa jo lahko na kar 9.000 km² oz. kar 44 % slovenskega ozemlja. Pri preprečevanju erozijskih procesov imajo največjo vlogo gozdovi. Neprecenljiva vloga gozda kot blažitelja erozijskih procesov je ponekod zelo krhka. To nam nalaga zelo premišljeno načrtovanje in izvajanje del v gozdovih, tako, da s svojim ravnanjem ne sprožimo erozijskih procesov, posledično s plavinami obremenjenih hudournikov, snežnih plazov, zemeljskih plazov in končno tudi vetrne erozije.

Vodna oz. hudourniška erozija je na območju Slovenije razdeljena v 370 hudourniških območji (4.000 km²), ki so bolj ali manj gosto preprejene z erodiranimi površinami, s katerih je spiranje in odplavljanje erozijskega detritusa (rastlinski in živalski razkrojki, anorganski delci, ki v vodi lebdijo ali se sesedajo na dno) ter zasipavanje rodovitnih zemljišč z jalovimi naplavinami večje od obnove rodovitnih tal. Na teh območjih se letno sprosti povprečno 2,5 milijonov m³, kar je malo manj kot polovica celoletno sproščenega erozijskega drobirja (HORVAT 2002). Učinki hudourniške erozije se kažejo predvsem v:

- ogromnem rušilnem učinku hudourniške lave;
- pogosti verižni reakciji (nova zajezitev ipd) na dolvodnih odsekih hudournika in širšem povodju;
- nenadnem zvišanju struge na mestih zaustavitve masovnega prenosa in s tem povezanim poplavam ali preplavnim učinkom hudournih voda;
- poglobljanjem struge in bočnim odnašanjem materiala (spodkopavanje);
- praktično popolni nemoči za aktivno ukrepanje med pojavom.

Najhujše posledice so, kadar sovpadajo hudourniški izbruh in splazitev, ki zajezi hudourniško strugo ter na ta način ustvarijo pogoje za masovni prenos plavin. Ti dobijo največjo intenziteto s hudourniški lavinami, ki na svoji poti rušijo vse ovire.

Slika 18: Spodkopana cesta nad Železniki, september 2007



Plazna, vodna in porušitvena erozija so bile opisane v prejšnjih poglavjih tako, da za opis ostaneta še veterna erozija in abrazija morja. Vetrna erozija je posledica gibanja zračnih mas, ki lahko dosegajo izjemne hitrosti. Zaradi tega ima gibanje zraka kljub majhni masi ogromno kinetično energijo. Posledice so geomorfološke spremembe, ki imajo v svetovnem merilu po velikosti in intenziteti erozije učinke, ki so takoj za vodno erozijo. Erozija z vetrom v Sloveniji ni kritična. Omejena je na ogolele ravnice (predvsem njive) in gorske grebene, kjer veter lahko spiha sprstene delce do matične podlage. Posledice se kažejo tudi v zmanjšanju plodnosti tal, korodiranju rastlin, ogrožanju prometnic

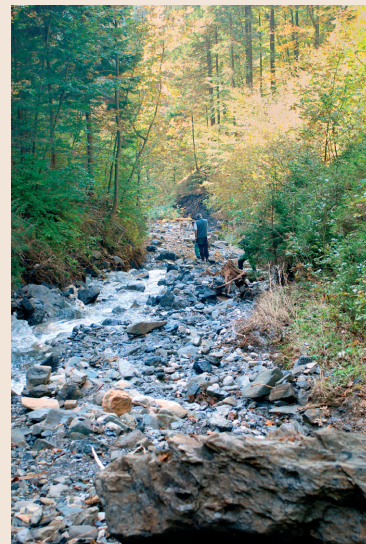
(veterne odkladnine), pozimi pa s snežnimi zameti.

Abrazija morja je posledica delovanja morja, predvsem valovanja. Kaže se v korodiranju, predvsem strme in izpostavljene morske obale. Kljub temu, da valovanje v slovenskem morju ne dosega večje intenzitete, je dovolj, da so nastali flišni klifi, predvsem v okolici Pirana in Strunjana.

4 ZAKLJUČEK

Naravne ujme predstavljajo velike motnje pri gospodarjenju z gozdovi. Niso tako enoznačne kot so opisane v zgoraj navedenih poglavjih. Mnogokrat se prepletajo, kot na primer, poplave s plazovi in usadi in obilnimi padavinami ter vetrom, toča

Slika 19 in 20: Uničena gozdna cesta nad Železniki, september 2007



z vetrom ali strelo z neurjem in vetrom. Učinek prepletajočih si naravnih ujem ni njihov seštevek, največkrat daje sinergistične učinke, ki daleč presegajo poškodbe, ki bi jih povzročila posamična ujma. Zato moramo pri načrtovanju gospodarjenja z gozdovi na območjih, kjer lahko predvidevamo posamezne vrste naravnih ujem, načrtovati in izvajati vse gozdnogojitvene, gozdnovarstvene, biotehniške in tehniške ukrepe, da zmanjšamo verjetnost poškodb gozdov na najmanjšo možno mero.

6 Literatura:

- HORVAT, A., 2002. Erozija, Ljubljana, Nesreče in varstvo pred njimi, Uprava za zaščito in reševanje, str. 267–274.
- PERKO, F., POGAČNIK J., 1996. Kaj ogroža slovenske gozdove, Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, str. 65–78.
- PAPEŽ, J., PERUŠRK, M., KOS, I., 1996. Biotska raznolikost gozdne krajine, Ljubljana, Gozdarska založba, str. 20–26.
- PAVŠEK, M., 2002. Snežni plazovi v Sloveniji, Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, str. 19–91.
- RIBARIČ, M., 2002. Značilnosti drobirskega toka Stože pod Mangartom, Ljubljana, Ujma 2000/2001, str. 102–108.
- RIBARIČ, M., 2002. Zemeljski plazovi, usadi in podori, Ljubljana, Nesreče in varstvo pred njimi, Uprava za zaščito in reševanje, str. 260–266.
- UŠENIČNIK, B., 2002. Posledice in ukrepanje ob nesreči, Ljubljana, Uprava za zaščito in reševanje, str. 67–79.
- VAJDA, Z., 1974. Nauka o zaščiti šuma, Zagreb, Školska knjiga, str. 32–84.
- ZAVOD ZA GOZOVE SLOVENIJE. Poročilo o gozdovih, za obdobje 1994–2006.