

PREDVIDENE KLIMATSKE SPREMEMBE V SLOVENIJI IN NJIHOV VPLIV NA RASTLINSKE BOLEZNI IN ŠKODLJIVCE

Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ¹

Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za agrometeorologijo, Ljubljana

IZVLEČEK

Meritve meteoroloških spremenljivk v zadnjih 50 letih kažejo spremembe nekaterih klimatskih značilnosti našega planeta. Povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju se je v 20. stoletju zvišala za 0.6 ± 0.2 °C. Tudi v Sloveniji se je povprečna temperatura zraka v zadnjih 50 letih dvignila za 1 ± 0.6 °C, bistvenih sprememb v letni količini padavin pa ni. Klimatski modeli napovedujejo v prihodnjih 50 letih dvig povprečne temperature na zemeljskem površju za 0,8 do 2,6 °C, predvsem kot posledico naraščanja števila prebivalstva (od 8,4 do 11,3 milijarde) in človeških aktivnosti, ki spreminjajo transmissijske lastnosti atmosfere. Ogrevanje bo izrazitejše v hladni polovici leta in v severnih geografskih širinah. Količina padavin bi se globalno povečala, a ne v vseh regijah. Čeprav so dolgoročne klimatske napovedi nezanesljive, še zlasti bodoči scenariji podnebja v regionalni prostorski skali, lahko predvidevamo, da bodo klimatske spremembe močno vplivale na rastlinske bolezni in škodljivce. Zaradi milih zim bo prezimilo več škodljivcev, z naraščanjem temperatur se bo njihova življenjska sposobnost povečala, večje bo število letnih generacij in upravičeno pričakujemo pritisk do sedaj tipičnih predstavnikov emtomofavne toplejših območij proti krajem, kjer jih do sedaj ni bilo. Verjetni bodo tudi premiki insektov na višje ležeče predele, kjer bo posredno večja škoda na krmnih rastlinah. Globalno ogrevanje bo pomembno vplivalo na parazitske glive, ki povzročajo rastlinske bolezni. Toplejše in bolj vlažno podnebje bo ugodnejše za rastlinske bolezni, kar bo vodilo k večji porabi sredstev za varstvo rastlin.

Ključne besede: globalno ogrevanje, vpliv klimatskih sprememb na kmetijstvo, varstvo rastlin

ABSTRACT

PESTS AND DISEASE RESPONSE TO CLIMATE CHANGE IN SLOVENIA

Increasing greenhouse gas concentrations in the atmosphere are expected to have significant impacts on the world's climate on a timescale of decades to centuries. Evidence from long-term monitoring studies is now accumulating and suggests that the climate of the past few decades is anomalous compared with past climate variation. Global mean surface temperatures have increased for more than 0.6°C since the late 19th century. In Slovenia average air temperature has increased by 1 ± 0.6 °C in the last 50 years. Climate models predict that the mean annual global surface temperature will increase 0,8–2,6°C by 2050, mainly due to human activity which is perturbing the Earth's energy balance by altering the properties of the atmosphere and the surface. Warming will be more pronounced during winter and at higher latitudes. All climate models predict an increase in global mean precipitation, but some regions might get drier. Forecasts of climate change are inevitably uncertain, especially multi decadal forecasts and regional climate change predictions. Among biotical consequences of global warming pest and diseases problems will certainly increase with climate change. Plant diseases are particularly sensitive to warmer and wetter weather conditions. As climate changes we can expect pest insects to expand their range and changing climate may also put organisms into contact with new, vulnerable hosts. Since temperature directly affects many attributes of insect biology, population responses may vary dramatically in response to anticipated warmer climates. Shifts may favor more rapid developmental and growth rates, increased survival or higher fecundity. The change in temperature will have direct effects on insects by affecting their development, and also indirect effects via their host plants and natural enemies. Many species will extent their northern boundary and rising temperatures will encourage the uphill spread of insects. Climate change could lead to an increasing need to use pesticides, with accompanying health risks and economic costs.

Key words: global warming, impacts on agriculture, plant protection

¹ Prof. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana

1 UVOD

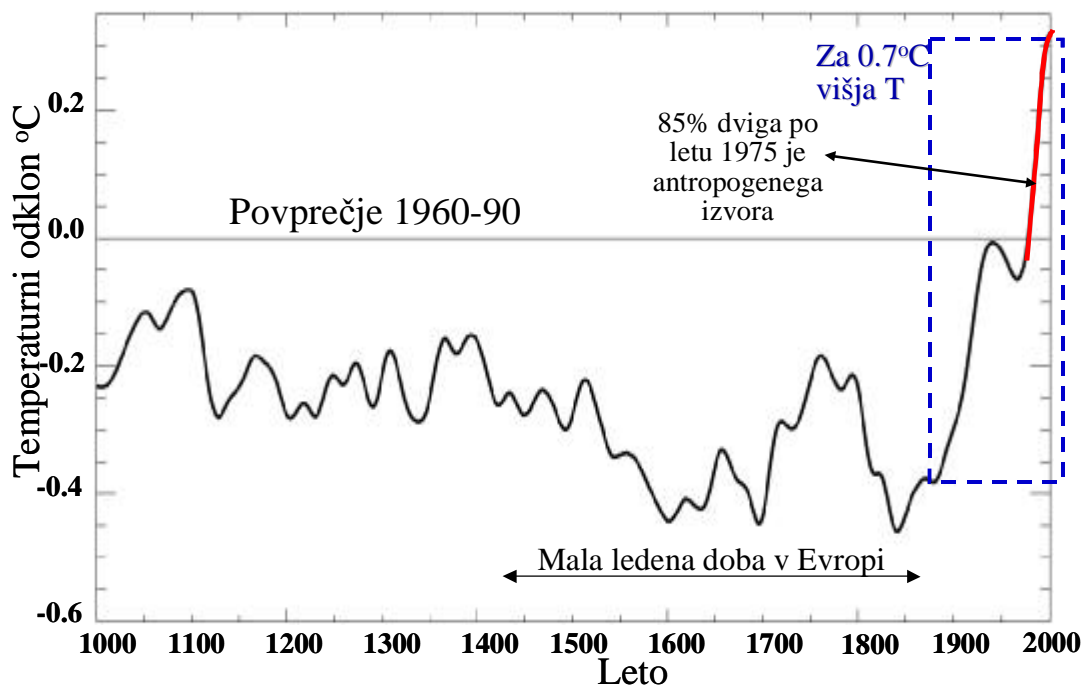
Na spremembo energijske bilance med Zemljo in vesoljem in s tem na podnebne spremembe lahko vpliva tudi človek s svojimi aktivnostmi. Človekov poseg v klimatske razmere ocenjujemo po njegovem vplivu na transmisijske lastnosti atmosfere in na spreminjanje značilnosti zemeljske površine. Spremenjene transmisijske lastnosti atmosfere povzročajo raba fosilnih goriv, krčenje in požiganje gozdov, kmetijske dejavnosti (fermentacija, gnojenje in raba tal, namakanje, pridelava riža, kopičenje organskih gnojiv, sežig ostankov pridelave), industrijske emisije in skladišča odpadkov (deponije, komunalne čistilne naprave).

Koncentracije toplogrednih vplivov, ki vplivajo na absorpcijo sevanja, ki ga oddaja Zemlja, naglo naraščajo. Od pojave človeške civilizacije do začetka industrijske revolucije je bila po sedanjih ocenah koncentracija CO₂, ki je napomembnejši toplogredni plin, med 280 in 300 ppm, danes pa že presega 370 ppm. Kmetijstvo znatno prispeva k povečani koncentraciji CO₂ v zraku. Do leta 1970 je kmetijski prispevek celo presegal delež CO₂, ki ga je doprineslo kurjenje fosilnih goriv. Danes je razmerje v prid drugim virom CO₂, še vedno pa je sproščanje C iz biomase v tleh zaradi obdelave veliko. Zato ne čudi, da meritve meteoroloških spremenljivk v zadnjih 50 letih že kažejo na spremembe nekaterih klimatskih značilnosti našega planeta (slika 1).

Povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju se je v 20. stoletju zvišala za 0.6 ± 0.2 °C (Ahmad *et al.*, 2001), pa tudi v Sloveniji se je povprečna temperatura zraka v zadnjih 50 letih dvignila za 1 ± 0.6 °C, bistvenih sprememb v letni količini padavin pa ni (Kajfež-Bogataj, 2001). Klimatski modeli napovedujejo v prihodnjih 50 letih, da se bo povprečna temperatura na zemeljskem površju dvignila za 0,8 do 2,6 °C, predvsem kot posledica naraščanja števila prebivalstva (od 8,4 do 11,3 milijarde) in človeškega spreminjanja transmisijskih lastnosti atmosfere. Ogrevanje bo izrazitejše v hladni polovici leta in v severnih geografskih širinah (Carter *et al.*, 2000). Količina padavin naj bi se globalno povečala, a ne v vseh regijah. Globalno segrevanje, ki prinaša tudi večjo absolutno vlažnost zraka, milejše zime, daljše rastne dobe, strese zaradi suše, poškodbe rastlin zaradi neurij, prinaša tudi večje pritiske zaradi škodljivcev, bolezni in plevelov (Fox, 2000; Kajfež-Bogataj, 2002). Po nekaterih ocenah že danes škodljivci, bolezni in pleveli povzročijo do 40 % izgube pridelka hrane in krme, kljub uporabi 2,5 milijona ton fitofarmaceutskih sredstev na svetu vsako leto. Na bolezni rastlin pade krivda za 13 % izgube, na insekte 15 % in na plevela 13 %; dodatnih 1 % izgub pridelkov nastane zaradi skladiščnih škodljivih organizmov (FAO, 2001).

Podnebne spremembe in povečana vsebnost CO₂ v ozračju bodo vplivali na rastline in živali. Šlo bo za neposreden vpliv na metabolizem in razvoj pri številnih živalih ter na fotosintezo, dihanje, transpiracijo, rast in sestavo tkiv pri rastlinah (Kajfež-Bogataj, 1998). Povečane temperature in spremenjeni prostorski vzorci padavin bodo vplivali na prostorsko razširjenost različnih rastlinskih in živalskih vrst (Hódar *et al.*, 2003). V zmernih geografskih širinah namreč sprememba temperature zraka za 3°C pomeni premik izoterm za približno 300-400 km v geografski širini, oziroma premik za 500 m v nadmorski širini. Zaradi tega se bodo rastlinske in živalske vrste premaknile k višjim nadmorskim višinam in proti polom, delno se bodo tako premaknila tudi območja, kjer bo mogoče gojiti določene kmetijske rastline oziroma pasti živino. Višje temperature bodo skrajšale obdobja med posameznimi fenofazami, ter pogojevale zgodnejši nastop prvih

fenofaz pri kmetijskih rastlinah. Poleg tega bo razvojni krog škodljivcev krajši, razmere pa ugodne za razvoj večjega števila generacij v istem letu.



Slika 1: Temperatura vegetacijskega obdobja na severni polobli (April-September), določena z analognimi ocenami do leta 1860 in z instrumentalnimi merjenji od 1860 naprej

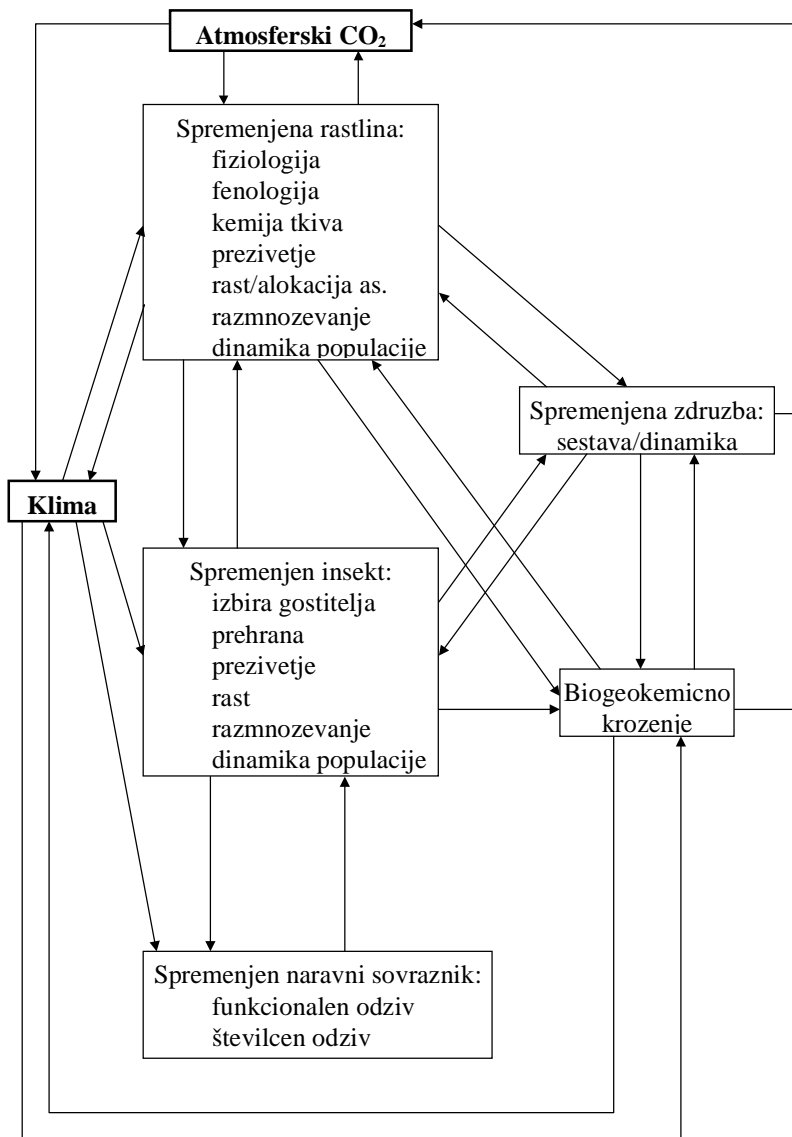
Zaradi časovnih premikov fenofaz, se lahko dogodi razklop fenološke odvisnosti med različnimi živalskimi in rastlinskimi vrstami - npr. škodljivci in gostiteljskimi rastlinami. Vrste s kratko življenjsko dobo in hitro rastjo populacije, kamor sodi tudi večina rastlinskih škodljivcev, se bodo na podnebne spremembe lahko prilagodile evolucijsko, brez selitve na območja ugodnejših razmer. Seveda pa bodo lahko naselila tudi ta območja (Baker *et al.*, 2000).

Povečana vsebnost CO₂ ter ostalih plinov tople grede v ozračju bo tako učinkovala na rastlinske in živalske vrste neposredno zaradi vpliva na fiziološke procese in posredno preko podnebnih sprememb (slika 2). Posamezne vrste se bodo na to predvidoma odzvale preko sprememb v fiziologiji, v fenologiji, v prostorski razporeditvi in preko mikroevolucijskih prilagoditev na podnebne spremembe. Posledica tega bodo spremenjeni odnosi med različnimi vrstami, kar bo dodatno vplivalo na prostorsko razporeditev vrst. Nekatere vrste bodo verjetno izumrle zaradi fiziološkega stresa ali zaradi neugodnih sprememb v odnosih z ostalimi vrstami. Vse to pa se bo odražalo v spremenjeni strukturi in sestavi združb tudi na kmetijskih območjih (Goudriaan and Zadoks, 1994).

2 ŠKODLJIVCI

V Sloveniji je že danes pridelava mnogih gojenih rastlin ob zadovoljivi kakovosti mogoča le ob uporabi fitofarmaceutskih sredstev. Ko se bo temperatura povečala, se bo v Slovenijo razširilo več južnih vrst škodljivcev, ki danes živijo na našem obrobju, dodatno bi se povečal pritisk vrst, ki so drugod zelo škodljive, pri nas pa so zaradi klimatskih omejitev redke. Glavne poti širjenja novih vrst v Slovenijo bi bile iz območja Furlanije, od koder je

k nam že prispelo veliko škodljivih vrst, ki jih še pred kratkim nismo poznali. Druga pot je iz smeri Balkana ob jadranski obali na sever (predvsem vrste iz skupin Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera in Saltatoria), tretja smer je podonavska smer - po porečju reke Donave z juga navzgor (škodljivci, ki so razširjeni v stepskem delu Panonske nižine, na Madžarskem in še nižje na jugu).



Slika 2: Vpliv pričakovanih klimatskih sprememb na insekte

Največ novih vrst med škodljivci smo v zadnjem času dobili iz Furlanije. Med temi je najbolj znan medeči škržat (*Metcalfa pruinosa*), ki je danes razširjen v vsem nižinskem delu širše Primorske, ob dvigu temperature pa obstaja nevarnost, da se bo razširil tudi v celinski del Slovenije. Omenimo naj še kaparje, orehovo muho (*Rhagoletis completa*), cvetličnega resarja (*Frankliniella occidentalis*) ter škržata *Scaphoideus titanus*. Med škodljivci, ki so se k nam razširili iz podonavske smeri, je porova muha (*Napomyza gymnostoma*), pa kostanjev zavrtač (*Cameraria ohridella*), ki je bil v Sloveniji prvič evidentiran leta 1994, in je danes najresnejši škodljivec divjega kostanja.

Poleg pritiska iz omenjenih območij se bo povečal še pritisk domačih termofilnih škodljivcev, ki so v Sloveniji že razširjeni in so pri razvoju bistveno omejeni s temperaturo.

Največ teh vrst je danes razširjenih na Primorskem. Lep primer med temi je koruzni molj (*Sitotroga cerealella*), ki ima ob višji temperaturi precej povečan razmnoževalni potencial. V skladiščih se lahko razširi še krompirjev molj (*Pthorimea operculella*), lahko pa izbruhnejo nekatere vrste, ki se sedaj pojavljajo le sporadično, ker pri nas ne morejo uspešno prezimiti. Med temi je nevarna škodljivka zelenjave in okrasnih rastlin sovka *Helicoverpa armigera*.

Druga velika skrb bo tudi povečanje števila generacij nekaterih običajnih škodljivih vrst. Koruzna vešča (*Ostrinia nubilalis*), ima na Primorskem in v spodnji Savski dolini 2 generaciji na leto, povsod drugod pa eno. S povečanjem temperature bo tudi v teh območjih razvila dodatno generacijo, kar pomeni bistveno večji potencial števila osebkov na gojenih raslinah in veliko večjo škodo na pridelku kot doslej. Tudi nekatere vrste, ki so znani talni škodljivci, lahko razvijejo večje število generacij.

Zelo pomemben dejavnik je tudi povečanje uspešnosti prezimitve mnogih vrst, ki prezimijo izpostavljene zunanjim razmeram. Če se uspešnost preživetja poveča samo za 10 % od populacije, ki se odpravi na prezimovanje, pomeni povečanje pritiska škodljivcev vsaj za dvakrat. Termofilne vrste, ki so pri nas že zastopane, bodo ob dvigu temperature imele uspešnejše razmere za svoj razvoj. Zelo pozitivno se npr. odzivajo pršice, kaparji in nekatere vrste kobilic. Kobilice so npr. v 16. stoletju že pustošile v Srednji Evropi, ko je bila globalna klima podobno topla kot je danes. V glavnem so med temi vrstami nekatere škodljivke žit ter krmnih in travniških rastlin (*Caliptamus italicus*, *Doclostaurus marrocanus*, *Chorthippus biguttulus*, *Ch. brunneus*, *Ch. parallelus*). Termofilne so tudi mehkožne pršice iz družine Tetranychidae. Ob porastu globalne temperature se bo prav tako povečal pritisk skladiščnih škodljivcev, ki jih zmeren porast temperature pospešuje v razvoju. Tako je pričakovati večje težave pri skladiščenju žit ter drugih semen in njihovih proizvodov. Tovrstne težave bodo v bodoče lahko zelo resne in bo veliko več energije potrebno posvetiti pripravi materialov za ustrezno skladiščenje, manipulacijo in transport blaga. Močnejši vetrovi so tudi lahko pomemben dejavnik prenašalcev patogenov (npr. letečih insektov) na daljavo.

Sklenemo lahko, da nas med škodljivci čaka kar nekaj novih, večje težave pa bodo nastopile tudi z že prisotnimi škodljivci.

3 RASTLINSKE BOLEZNI

Globalno ogrevanje ozračja bo lahko močno vplivalo na pojav, razvoj in širjenje rastlinskih bolezni (Sutherst *et al.*, 1995; Chakraborty *et al.*, 2000). Za pojav in potek bolezni pa ni pomemben samo vpliv temperature na razvoj parazita temveč tudi njen vpliv na rastlino gostiteljico. Npr. gliva *Fusarium graminearum* se razvija med 9 in 35 °C z optimumom med 24 in 26 °C. Okužuje vrsto trav v prvi fazi njihovega razvoja. Najhujše okužbe nastopijo med 9 in 18 °C, pri temperaturi 26 °C pa okužb sploh ni. Za okužbo je koruza najbolj občutljiva pri nizkih temperaturah, čeprav te niso najbolj ugodne za parazita. Najbolj nevarne so torej tiste temperature, ki so neustrezne za rastline gostiteljice.

Scenariji bodočega podnebja napovedujejo tudi višje temperature in manjšo snežno odejo pozimi. Problem bodo predstavljale torej mile zime. Zimske otoplitve, ki so vse pogostejši pojav pri nas (Sušnik, 2003), neugodno vplivajo na prezimovanje rastlin, še posebej, če so te okužene. Če trajajo več kot 5 dni, pri zelenih rastlinah znižujejo odpornost na mraz in jih slabijo.

Visoka zračna vlažnost je ugodna za širjenje in razvoj skoraj vseh rastlinskih boleznih (Celar in Knapič, 2002). Zračna in talna vlaga delujeta hkrati na parazita in gostitelja in imata odločujoč pomen za nastanek glivičnih boleznih. Zlasti pri glivah, ki imajo v svojem razvojnem krogu zoospore (npr. rodovi *Plasmopara*, *Phytophthora*, *Albugo*) je okužba je možna le, če se na površju rastline nahaja voda - dežne kapljice ali rosa. Voda je nujno potrebna za bruhanje spor iz spolnih plodišč (peritecijev) in nespolnih vrčastih plodišč (piknidijev). Voda omogoča razsejavanje oz. širjenje spor gliv (npr. pri škrlupu) in bakterijskih boleznih. Zato je poznavanje omočenosti listov bistveno za prognozo začetka infekcije (Royer *et al.*, 1989). Voda na površju lista pomaga prodreti patogenu v rastlino. Ko parazit dospe v rastlino, vlaga sicer nima več neposrednega vpliva nanj, lahko pa vpliva posredno prek gostiteljske rastline. V primeru sprememb v intenzivnosti padavin, ki bi vodile v večje število dneževnih dni, bodo klimatske spremembe povzročale več glivičnih okužb (Sutherst *et al.*, 2000).

Pri talnih parazitskih glivah je njihova patogenost odvisna od zasičenosti tal z vodo (npr. *Plasmodiophora brassicae* 60 %, *Tilletia* spp. 22 %). Bolj ko so tla mokra, lažje se bolezen širi: npr. padavica sadik *Pythium* povzroča največje okužbe pri točki zasičenosti tal z vodo. Tudi pomankanje vode ob hkratni okužbi rastline s patogenom lahko povzroči velike škode (npr. traheobakterioze, traheomikoze, rje). Tako kot pri temperaturnem stresu velja tudi pri vodnem stresu: pri sistemskih okužbah rastlin ima neugodna preskrba z vodo za rastline gostiteljice hude posledice. Na primer izraženost simptomov boleznih tipa trsnih rumenic (Bois noir), se ujema z zabeležko katastrofalnih suš v Sloveniji (1983, 1985, 1988, 1992, 1993, 1994 in 2000) in zimskih otoplitev z maksimalno temperaturo nad 5 °C več kot 5 dni (1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 2000 in 2001). Najbolj toplih 10 let prejšnjega stoletja z vrsto temperaturnih in vodnih stresov je oslabilo vinsko trto, ki je bila ves čas latentno kužena s fitolazmo Bois noir, tako da je patogen dobil premoč in povzročil škodo, ki je v normalnih razmerah ne bi (Nacionalno poročilo, 2002). V Sloveniji bo spremenjeno podnebje verjetno prineslo več sušnih poletij (Bergant in Kajfež-Bogataj, 1998), kar bo omenjene probleme še povečalo.

4 SKLEP

Slovenija se kot podpisnica Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja še premalo zaveda pomena podnebnih sprememb. Vlada je sprejela prvo državno poročilo za Konferenco pogodbenic in ustrezno politiko za zmanjšanje obremenjevanja ozračja. V prihodnje pa bo nujno upoštevati posledice podnebnih sprememb pri prostorskem načrtovanju in rastlinski pridelavi. V vseh segmentih gospodarstva, vključno s kmetijstvom bo za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov potrebno uvesti energetske učinkovite metode.

Ker sta vreme in klima odločujoča dejavnika pri kmetijski pridelavi, je nujna bolj gosta agrometeorološka mreža ter vključevanje v svetovni meteorološki opazovalni sistem. Za neposredne odzive in prilagoditve kmetijske pridelave na podnebno spremenljivost pa je potrebno meriti trenutne vremenske razmere tudi neposredno v bližini polj in sadovnjakov in se nanje odzvati s škropljenjem, namakanjem, gnojenjem, oroševanjem ipd. Kakorkoli se že bo klima spreminjala: z dobro opazovalno mrežo je mogoče slediti povečanemu številu infekcij ali večjemu številu razvojnih krogov škodljivcev in z ustreznimi prognoznimi modeli napovedati ustrezen čas in način ukrepanja. Zavedati pa se moramo, da bodo predvidoma višje temperature zraka v prihodnosti vodile do ugodnejših razmer za

obsežnejši in hitrejši razvoj bolezni in škodljivcev. Zato se bodo povečali tudi stroški varstva rastlin pred škodljivci in boleznimi ter verjetno tudi celotne rastlinske pridelave.

5 LITERATURA

- Ahmad, Q. A. *et al.*, 2001. Summary for Policymakers. Climate Change 2001: Impact, Adaptation, and Vulnerability. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland
- Baker, R. H. A., C. E. Sansford, C. H. Jarvis, R. J. C. Cannon, A., MacLeod and K. F. A., Walters, 2000. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol.82, 1-3, pp.57-71.
- Bergant, K. in Kajfež-Bogataj, L., 1998. Možen vpliv klimatskih sprememb na prostorsko porazdelitev območij s potencialnim primanjkljajem vode v tleh v Sloveniji. V: Tajnšek, A. (ur.), Šantavec, I. (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu '98: zbornik simpozija*, SAD, s. 136-140
- Carter, T. R., Hulme, M., Crossley, J. F., Malyshev, S., New, M. G., Schlesinger, M. E., and Tuomenvirta, H. 2000. Climate Change in the 21st Century: Interim Characterizations based on the New IPCC Emissions Scenarios. *The Finnish Environment* 433, Finnish Environment Institute, Helsinki. 150 pp.
- Celar, F., Knapič, V. 2002. Pomen rastlinskih kužnih bolezni. V: Ušeničnik, B.: *Nesreče in varstvo pred njimi*, Ministrstvo za obrambo, Ljubljana s. 365-371
- Chakraborty, A., V. Tiedemann and P. S. Teng, 2000. Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*, Vol. 108, Issue 3, p. 317-326.
- FAO, 2001. The state of food and agriculture: economic impacts of transboundary plant pests and animal diseases. Food and Agriculture Organization of the UN, p. 199– 276.
- Fox, S. J., 2000. Some agrometeorological aspects of pest and disease management for the 21st century, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 103, Issues 1-2, p. 73-82.
- Goudriaan, J. and Zadoks, J.C., 1994. Global climate change: modeling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection. *Environmental Pollution* **87**, pp. 215–224.
- Hódar, J. A., J. Castro and R. Zamora, 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming, *Biological Conservation*, Vol. 110, Issue 1, pp.123-129.
- Kajfež-Bogataj, L., 1998. Vpliv podnebnih sprememb na kmetijstvo. *Sodob. kmet.*, 31 (1998)12, s. 559-562.
- Kajfež-Bogataj, L., 2000. Vpliv globalnega ogrevanja na trajanje vegetacijskega obdobja in temperaturne vsote. *Novi izzivi v poljedelstvu 2000: zbornik simpozija*, s. 54-60.
- Kajfež-Bogataj L., 2001. Kakšna bo klima 21. stoletja?. *Zb. Bioteh. fak. Univ. Ljubl., Kmet.*, letn. 77, št. 2, str. 309-318.
- Kajfež-Bogataj, L. 2002. Pripravimo krizne scenarije: izzivi sodobe agrometeorologije. *Delo*, priloga Znanost, 21. okt. 2002, l. 44, št. 243, s. 10-11.
- Nacionalno poročilo o pojavu in gibanju rastlinskih škodljivih organizmov, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava RS za varstvo rastlin in semenarstvo, Ljubljana, 2002
- Royer, M. H., Russo, J. M. and Kelley, J. G. W., 1989. Plant disease prediction using a mesoscale weather forecasting technique. *Plant Disease* **73**, pp. 618–624.
- Sutherst, R.W., Yonow, T., Chakraborty, S., O'Donnell, C. and White, N., 1995. A generic approach to defining impacts of climate change on pests, weeds and diseases in Australasia. In: Bouma, W. J., Pearman, G. I. and Manning, M. R. Editors, 1995. *Greenhouse: coping with Climate Change* CSIRO, Melbourne, p. 281–307.
- Sutherst, R. W., G. F. Maywald and B. L. Russell, 2000. Estimating vulnerability under global change: modular modelling of pests, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 82, Issues 1-3, p. 303-319.
- Sušnik, A., 2003. Pogostejše zimske otoplitve.- *Sodobno kmetijstvo*, januar 2003, s. 39
- United Nations Environment Programme. World Meteorological Organization. Common Questions about Climate Change. <http://www.gcrio.org/ipcc/qa/cover.html>